



防雷指南

第二版



上海圖書館
Shanghai Press.org





防雷指南

第二版



德和盛 – 防雷指南

第二版

ISBN 978-988-18386-6-7

雷击保护

电涌保护

安全设备

德和盛电气（上海）有限公司

上海市莘庄工业区元山路

318号6幢

201108

电话 +86 21 64423736

传真 +86 21 64423705

www.dehn.cn

info@dehn.cn

编辑日期：2009年8月

在技术进步过程中，产品性能、大小及材料有所变化，我们将保留修改的权利。

未经我公司的授权，不得进行任何形式的复制。

出版物编号：DCN702 / 2009

© 版权：2009 德和盛电气（上海）有限公司

前言

自从1980年国际电工委员会（IEC）的IEC TC 81（雷电防护技术委员会）成立以来，制定了各种各样的雷电防护标准，其中有关于建筑物的、电子系统的、风险分析的和模拟雷电效应的，等等。这些标准是出于需要先后制定出来的，并在不同的标准号下发布，一直没有形成一个共识的体系。以这种方式编写的有关标准给使用者造成了越来越多的混淆。为此，IEC TC 81在2000年9月决定引进一个新的、脉络结构清晰的雷电保护标准系列（IEC 62305）。修订和全新的标准将被整合进这个新的架构。

新的国际雷电防护标准IEC 62305（Part 1~4）已于2006年初发布。几乎在同一时间，形成了新的欧洲雷电防护标准EN 62305-1~4。

IEC 62305和EN 62305标准提供了建筑及其室

内电气和电子系统雷电防护的一整套信息。由此，复杂的防护系统被成功地分割成一系列明确的防护措施，这样使设计者和施工者能够针对每个被保护目标，制定出一个适合整体系统的保护方案。

今后，在签订设计和安装雷电防护系统的合同时，承包商必须遵从IEC 62305和EN 62305标准系列。为了行之有效，承包商应熟知新的雷电防护的内容。

我们作为这个领域的专业技术人员，希望通过这本修订的《防雷指南》为您提供技术支持。无论您是从事设计还是施工工作，此书将帮助您逐渐熟悉新的雷电防护标准系列。

DEHN + SÖHNE



DEHN + SÖHNE公司全貌



注册商标

- BLITZDUCTOR®
- BLITZPLANER®
- DEHNALU-DRAHT®
- DEHNbloc®
- DEHNfix®
- DEHNgrip®
- DEHNguard®
- DEHNport®
- DEHNQUICK®
- DEHNrapid®
- DEHNsnap®
- DEHNventil®
- HVI®
- LifeCheck®
- ... 您的安全 我们关注

我们的标志



为德和盛公司的已注册商标

书中有些产品术语虽然未标注商标，但仍然具有专利效力，不可侵权。因此若术语中缺少符号™或®，不可认为它为未注册。同样，不能从文本中判断产品是否有专利或实用专利保护。



目录

符号说明	9
缩写	10
1 雷电防护装置的最新技术水平	11
1.1 标准的建立	11
1.2 劳务合同	12
1.3 产品标准	12
2 雷电流的特征值	14
2.1 雷击放电及其波形	14
2.2 雷电流峰值	16
2.3 雷电流上升的陡度	18
2.4 雷电的电荷量	20
2.5 特征能量	21
2.6 雷电参数与防雷等级的对应关系	22
3 雷电保护系统的设计	23
3.1 安装防雷装置的必要性 – 法律规定	23
3.2 风险损失的评估及保护装置的选择	28
3.2.1 风险管理	28
3.2.2 风险评估的原理	28
3.2.3 雷击的频率	30
3.2.4 损失概率	33
3.2.5 损失类型及损失原因	33
3.2.6 损失因子	33
3.2.7 各种雷击下相关风险的组成	35
3.2.8 雷击损失中可承受的风险值	36
3.2.9 防雷保护措施的选择	36
3.2.10 经济损失/保护措施的经济性	38
3.2.11 总结	38
3.2.12 规划帮助	39
3.3 检验与维修	39
3.3.1 检验种类和检验者的资质	39
3.3.2 检查措施	41
3.3.3 文献资料	42
3.3.4 维护	43
4 雷电防护系统	44
5 外部防雷	46
5.1 接闪装置	46
5.1.1 接闪装置的种类和布置方法	46
5.1.2 尖屋顶建筑上的接闪装置	56
5.1.3 平屋顶建筑物上的接闪装置	58

5.1.4	金属屋顶的接闪装置	59
5.1.5	茅屋上接闪装置的安装原则	61
5.1.6	可行走、行驶的屋顶	65
5.1.7	植被、平顶屋上的接闪装置	66
5.1.8	隔离的接闪装置	67
5.1.9	教堂及其尖塔的接闪装置	71
5.1.10	用于风能设备中的接闪装置 (WT)	72
5.1.11	防雷系统中避雷针上承受的风荷载	73
5.2	引下线	78
5.2.1	引下线数量的确定	78
5.2.2	非隔离的防雷系统中的引下线	79
5.2.2.1	引下线的设置	80
5.2.2.2	引下线的天然组成部分	80
5.2.2.3	测试点	82
5.2.2.4	内置引下线	82
5.2.2.5	庭院	83
5.2.3	隔离的外部防雷的引下线	83
5.2.4	耐高压、绝缘的引下线 – HVI线缆	84
5.2.4.1	绝缘的HVI引下线的安装及其工作方式	85
5.2.4.2	安装举例	87
5.2.4.3	学校和住宅楼的工程实例	89
5.2.4.4	隔离距离	91
5.3	接闪装置和引下线的材料和最小尺寸	93
5.4	接闪装置和引下线的安装尺寸	93
5.4.1	金属线长度的变化	94
5.4.2	工业建筑物和住宅楼的外部防雷	95
5.4.3	屋顶线缆支撑架安装的操作说明	97
5.5	接地系统	99
5.5.1	依据DIN EN 62305-3 (VDE 0185-305-3) 设立的接地系统	112
5.5.2	接地系统、基础接地、特殊建筑的基础接地	114
5.5.3	环形接地 – B类接地体	120
5.5.4	垂直接地体 – A类接地极	120
5.5.5	岩土上的接地体	121
5.5.6	接地装置的配合使用	121
5.5.7	接地体的防腐蚀问题	122
5.5.7.1	具有特殊防腐考虑的接地系统	122
5.5.7.2	直流腐蚀电池的形成及其腐蚀过程	124
5.5.7.3	接地体材料的选择	128
5.5.7.4	不同材料接地体的组合	128
5.5.7.5	特殊的防腐措施	129

5.5.8	接地体的材料和最小尺寸	129
5.6	外部防雷系统的电气隔离 – 隔离距离	129
5.7	跨步电压和接触电压	136
5.7.1	控制防雷保护装置中导体的接触电压	139
6	内部防雷	142
6.1	金属设施的等电位连接	142
6.2	低压供电设备的等电位连接	146
6.3	信息技术设备的等电位连接	146
7	电气和电子系统防雷击电磁脉冲 (LEMP) 的保护	150
7.1	雷电保护分区概念	150
7.2	雷击电磁脉冲防护的管理	151
7.3	建筑物及房间的屏蔽对磁场的衰减的计算	153
7.3.1	电缆的屏蔽	155
7.4	等电位连接网	159
7.5	LPZ 0 _A 和LPZ 1边界上的等电位连接	161
7.5.1	金属装置的等电位连接	161
7.5.2	供电设备的等电位连接	162
7.5.3	信息技术设备的等电位连接	163
7.6	LPZ 0 _A 和LPZ 2边界上的等电位连接	165
7.6.1	金属装置的等电位连接	165
7.6.2	供电设备的等电位连接	166
7.6.3	信息技术设备的等电位连接	166
7.7	LPZ 1和LPZ 2以及更高边界上的等电位连接	168
7.7.1	金属装置的等电位连接	168
7.7.2	供电设备的等电位连接	168
7.7.3	信息系统中设备的等电位连接	169
7.8	不同防雷区边界上保护措施的配合	169
7.8.1	供电设备	169
7.8.2	信息系统中的设备	170
7.9	防雷击电磁脉冲 (LEMP) 的检查与维护	173
8	电涌保护器 (SPD) 的选择、安装以及装配	175
8.1	供电系统 (依据IEC 62305-4 (EN 62305-4)) 的防雷分区概念	175
8.1.1	SPD的技术特性	175
8.1.2	SPD在各种系统中的应用	177
8.1.3	TN系统中SPD的使用	179
8.1.4	SPD在TT系统中的应用	179
8.1.5	SPD在IT系统中的应用	187
8.1.6	SPD的连接导线长度的确定	190
8.1.7	端子的截面积和电涌保护器的后备保护装置	196
8.2	技术信息系统	199



8.2.1	测控装置	207
8.2.2	建筑设施管理技术	209
8.2.3	通用电缆系统（EDP网络、TC装置）	210
8.2.4	本安电路	212
8.2.5	电涌保护器安装的特殊性	217
9	应用实例	221
9.1	变频器的电涌保护	221
9.2	室外照明系统的雷击和电涌保护	224
9.3	沼气厂的雷击和电涌保护	227
9.4	污水处理厂防雷和电涌保护的改造	236
9.5	有线网络和天线系统、视频信号、语音信号和互动服务的雷击和电涌保护	242
9.6	现代农业的雷击和电涌的保护	247
9.7	视频监控系统的雷击和电涌保护	251
9.8	公共广播系统（PA系统）的电涌保护	253
9.9	报警系统的电涌保护	255
9.10	KNX系统的雷击及电涌保护	258
9.11	以太网和快速以太网的电涌保护	262
9.12	M-Bus 的电涌保护	263
9.13	PROFIBUS FMS、PROFIBUS DP以及PROFIBUS PA的电涌保护	267
9.14	通信设备的电涌保护	271
9.15	本质安全电路的雷击和电涌保护	274
9.16	兆瓦级风力涡轮机的雷击和电涌保护	278
9.17	无线发射和接收系统（移动通信）的雷击和电涌保护	283
9.17.1	电源230/400 V AC	283
9.17.2	电信连接（如果存在）	284
9.17.3	无线传输系统	285
9.17.4	雷击保护、接地、等电位连接	285
9.18	光伏系统/太阳能电站的雷击和电涌保护	285
9.18.1	光伏系统的雷击和电涌的保护	285
9.18.2	太阳能发电站的雷击和电涌的保护	291
	德和盛资料册	296
	索引	297

符号说明

符号	名称	符号	名称	符号	名称
	PEN线		气体放电管		本地等电位连接电涌保护器
	N线		电阻 通用耦合元件		防雷保护 - 等电位连接 防雷电流保护器
	PE线		变压器		防雷保护 - 等电位连接 防雷电流保护器 黄线系列产品, I级
	可移动导线 如: 膨胀件		二极管, 单级		本地等电位连接 电涌保护器 黄线系列产品, II-IV级
	膨胀圈		电容		防雷保护-等电位连接 防雷电流保护器 (1级SPD)
	可变电阻		电感		本地等电位连接 电涌保护器 (2级SPD, 3级SPD)
	可变温控电阻器		节点		火花间隙
	插座 (插座盒或插入件)		夹子 外部防雷		压敏电阻
	双向瞬态电压抑制二极管		带端子的外壳		复合型防雷保护器 用于供电系统和信息系统
	通用接地		防雷保护区		用于危险防爆区 电涌保护器
	信号指示灯		防爆危险区域		等电位连接排
	半导体器件		雷电电磁脉冲		LifeCheck功能
	通用熔丝		操作过电压		光纤/同轴电缆转换器

*依据 IEC 62305-3 (EN 62305-3) 和 EN 60617: 1997-08 (德国: DIN EN 62305-3 (VDE 62305-3; 2006 和 DIN EN 60617: 1998-07)

特性参数	单一符号	说明
SPD放电能力 (依据IEC 61643-21/EN61643-21)		D1 (10/350 μs), 雷电冲击电流 ≥ 2.5kA/线, 或总电流 ≥ 5kA · 超过 TYPE 2 - TYPE 4 的放电能力
		C2 (8/20 μs), 冲击负载 ≥ 2.5kA/线, 或总电流 ≥ 5kA · 超过 TYPE 3 - TYPE 4 的放电能力
		C1 (8/20 μs), 冲击负载 ≥ 0.25kA/线, 或总电流 ≥ 0.5kA · 超过 TYPE 4 的放电能力
		负载 < TYPE 3
SPD防护效果 (依据EN 61000-4-5)		终端设备需要的测试等级: 1或更高
		终端设备需要的测试等级: 2或更高
		终端设备需要的测试等级: 3或更高
		终端设备需要的测试等级: 4
能量协调 (连接下级Yellow/Line SPD)		SPD带退耦电阻, 适用于标记 的能量协调SPD
		SPD带退耦电阻, 适用于标记 的能量协调SPD

缩写

a.c	交流	MEBB	主等电位连接排
ADSL	非对称数字用户线路	MOEB	运行中的网状结构的等电位连接
ATM	异步传输模式	MSC	移动交换中心
BA	楼宇自动化	NTBA	ISDN 基本速率接口的网络终端
BTS	基站	NTPM	一次群速率接口的网络终端
CHP	热电联产	PABX	自动小交换机
d.c	直流	PE	保护接地
DDV	直接数字控制	PEB	保护等电位连接
DNO	配网运行商	PEN	保护线和中线
EB	等电位连接	PEX	聚乙烯
EBB	等电位连接排	PSU	供电单元
EDP	电子数据处理	PV	光伏
EMC	电磁兼容	PVC	聚氯乙烯
ERP	接地基准点	RBS	无线基站
FEM	有限元法	RCD	漏电保护器
GDT	气体放电管	SAK	屏蔽接线端子
GDV	德国保险协会	SD	子配电
GPS	全球定位系统	SDB	子配电板
GRP	玻璃增强热固性塑料或玻璃钢	SEB	进线盒
HVI	耐高压绝缘引下线	SEMP	操作电磁脉冲
ISDN	综合业务数字网	SLK	保护线端口
IT	信息技术	SPC	存储程序控制
KNX	住宅和楼宇控制系统开放标准	SPD	电涌保护器
LEMP	雷击电磁脉冲	TC	通信
LPC	防雷器件	TEI	终端设备接口
LPL	防雷等级	TOV	暂态过电压
LPMS	防雷保护系统	UPS	不间断电源
LPZ	防雷保护分区	VDN	德国网络运营商协会
l.v	低压	Vds	德国专业安全协会
MDB	主配电柜	WT	风力涡轮机
MEB	主等电位连接排		

1. 雷电防护装置的最新技术水平

1.1 标准的建立

2006年初发表了雷电防护新的IEC标准，即IEC 62305系列的1至4部分。几乎同时，它也作为新的欧洲标准EN 62305-1/2/3/4生效。

新标准系列以统一的、最新的欧洲标准的形式，将雷电保护领域的技术水平展现出来。实用的保护标准（EN 62305 3至4部分）被放在了通用的保护标准（EN 62305 1至2部分）之前。（表1.1.1）

IEC 62305-1（EN 62305-1）：

通则

这部分包含了有关雷电的危害、雷电的特征值及由此导出的、用于模拟雷电效应的参数。另外，概览了IEC 62305（EN 62305）标准系列，同时解释了作为后面几部分的基础的一些操作方法和保护原则。

IEC 62305-2（EN 623 06-2）：

风险管理

在IEC 62305-2（EN 62305-2）的风险管理中，首先，采用风险分析的方法来说明雷电防护的必要性。随之，确定了在技术和经济上得到优化的保护措施。最后，确定留存的剩余风险。从建筑物未受保护的状态出发，不断降低留存的剩余风险，直至达到可接受的风险值。使用这种方法，既可以依据IEC 62305-3（EN 62305-3）简单地确定一个防雷保护系

统的保护等级，又可以依据 EN 62305-4 制定一个防止电磁干扰（LEMP）的复杂的保护系统。

IEC 62305-3（EN 62305-3）：

建筑物的物理损坏和生命危险

在此章中讲述了保护建筑设施及人员，防止物理损害、以及通过雷电流的作用或者危险的火花-特别是由直接雷击产生的火花，对生命的威胁。一个作为保护措施的雷电防护系统，由外部保护（接闪装置、引下线装置和接地装置）和内部保护（雷击等电位连接和安全隔离距离）组成。在雷电保护系统中定义了保护等级，保护效果从I级保护等级到IV级保护等级逐级递减。依据IEC 62305-2，除非有其它的规范（如：建筑法规）的限定，所需的保护等级是通过风险分析确定的。

IEC 62305-4（EN 62305-4）：

建筑物内的电气与电子系统的保护

这部分讨论了对装有电气与电子系统的建筑设施的保护，用以消除雷击电磁脉冲的影响。在依据IEC 62305-3（EN 62305-3）建立的保护措施的基础上，还应同时兼顾电场、磁场及通过直接/间接雷击引起的感应电压和电流的作用。

随着信息系统中多样化的电气与电子系统应用的增多，更突显了制定这些标准的意义和必要性。为保护信息系统，需要对建筑设施划分防雷保护区（LPZ）。

这样，在选择保护措施时，可根据电气与电子设备安装地点的不同，将设备的类型、数量及灵敏度考虑进去。依据 IEC 62305-2（EN 62305-2中）的风险分析，在最低花费的情况下，针对每个保护区选择最优的保护措施。

分类	名称
DIN EN 62305-1 (VDE 0185-05 Teil 1): 2006-10	雷电保护第一部分： 一般通则
DIN EN 62305-2 (VDE 0185-05 Teil 2): 2006-10	雷电保护第二部分： 风险管理
DIN EN 62305-3 (VDE 0185-05 Teil 3): 2006-10	雷电保护第三部分： 建筑物的物理损坏和生命管理
DIN EN 62305-4 (VDE 0185-05 Teil 4): 2006-10	雷电保护第四部分： 对建筑物内的电气及电子系统的保护

表1.1.1 至2006年10月1日有效的雷电保护标准



这些标准可用于规划、安装、检查和维护防雷系统，保护建筑物及其内部的安装设备、设施和人员。

1.2 劳务合同

劳务合同制定者应确保其提供的服务是完美无缺的。而要做出一个完善产品，关键在于要遵从公认的技术规则。这里所涉及的“技术规则”，就是极其重要的VDE和DIN的标准，满足它的基本特征要求，有时是性命攸关的。只有遵守了这个重要的标准，期望的完美无缺的产品才能实现。其实际意义在于：如果合同的承包者能提出证明，证实他遵守了重要的技术标准，则顾客向厂商提出控告，认为他制造出有缺陷产品（例如：设立雷电防护装置）的成功概率不是很高。从这个效用看，现标准和前标准的价值是等同的。当然，当标准被撤销，或者被证明标准中的具体内容已与现代的技术水平不符，那么，技术标准的评估效能也将消失。标准不可能将公认的技术规则一成不变地固定下来，因为实现技术的前提条件和实现的可能性都随着时间而改变。当标准被撤销，并由新标准或暂行标准来替代时，那么在新标准中首要的是要与最新的技术水平保持一致。

通常，一项产品的制造商和订购商都不需要被特别提醒，该产品必须与通行的技术标准相一致。若该产品不符合现行的技术标准，它就是有缺陷的，这有可能导致因产品缺陷而投诉制造商。而投诉产品具有

缺陷的时间，只能是在产品验收时！这样就出现了后续的理解，如：随着技术水平的进步，那些已被接受的产品成为带有缺陷的产品。

关于产品缺陷的问题，公认的技术规范对于当时的验收是起决定性作用的。因为未来雷电防护装置的生产和验收，是唯一地由新的雷电防护标准来决定的，因而雷电防护装置要按照这个标准建立。在技术规范的引入之时，就要求产品与之相符，这种做法是不可行的，因为在签订合同期间、在提供服务时、在检验设计成果时，科技水平及技术规范都可能都已经被改变。

依据旧的已被取消的标准制造的产品，将不因标准的更新而被要求“更高的技术水平”，并成为缺陷产品。

除了用于核技术的雷电保护装置，其它的雷电防护装置，只要符合当时的安装技术标准即可，也就是说，它们不必和当前的技术水平相一致。已有的装置将依据它们安装时的产品标准进行重复性测试。

1.3 产品标准

雷电防护系统所使用的材料、元件和装置必须考虑到它在应用时预期的电气、机械和化学的要求，并要通过检验。这既涉及到外部防雷器件，同时也与内部防雷器件相关。

	定义 根据 IEC 61643	定义 根据 EN 61643
耐受部分雷电流的SPD所需要的典型波形10/350 μ s及相应的冲击测试电流 I_{imp} 合适的测试电流 I_{imp} 定义在IEC 61643-1 Class I测试步骤中	SPD class I	SPD Type 1
耐受感应电涌电流的SPD所需要的典型波形8/20 μ s及相应的冲击测试电流 I_n 合适的测试电流 I_n 定义在IEC 61643-1 Class II测试步骤中	SPD class II	SPD Type 2
耐受感应电涌电流的SPD所需要的典型波形8/20 μ s及相应的冲击测试电流 I_{sc} 合适的混合波测试定义在IEC 61643-1 Class III测试步骤中	SPD class III	SPD Type 3

表1.1.2 SPD分类定义（后面的防雷指南中采用SPD Type 1, SPD Type 2, SPD Type 3）

EN 50164-1:

对连接件的要求

在这个标准中，描述了对金属连接件的检验和测试方法。属于这个标准范围的有：

- ⇒ 夹子
- ⇒ 连接器
- ⇒ 终端连接件
- ⇒ 桥接件
- ⇒ 扩展件
- ⇒ 测试点

我公司生产的夹子和连接器都满足这个标准的各项要求。

EN 50164-2:

对于导线和接地极的要求

在这个标准中详细地说明了有关对导线、接闪器、接地连接装置及接地极的要求。

EN 61643-11:

低压系统中的电涌保护器

从2002年12月1日起，EN 61643-11标准，即关

于低压系统的电涌保护器要求及测试开始生效。这个产品标准作为IEC和CENELEC标准的一部分，是标准国际化的结果。

EN 61643-21 :

电涌保护器在通信及信号网络中的应用

在这个标准中，阐述了电信及信号网络中电涌保护器性能的要求及其测试方法：

- ⇒ 数据网络
- ⇒ 语音传输网络
- ⇒ 警报系统
- ⇒ 自动化系统

CLC/TS 61643-22 (IEC 61643-22: 2004, 修订版):

2006-04; 低压电涌保护器，第二十二部分:

连接到电信及信号网络的电涌保护器 – 选择及应用原理

EN 61663-1

雷击防护 – 电信线路 – 光纤传输设备

EN 61663-2

雷击防护 – 电信线路 – 金属导线



2. 雷电流的特征值

2.1 雷击放电及雷电流波形

每年在德国境内发生的雷击放电次数平均约为一百五十万次。在35,042平方公里的面积内，它对应的雷击密度是4.2次/每平方公里、每年。而实际发生的雷电密度还与地理条件密切相关，作为初步概括了解，可从图3.2.3.1中的雷电密度分布图中获取。在雷电密度分布图中，若预先设定的网格越小，则在所观察的范围内得到的实际的雷电发生的频率的结果就越准确。

在德国，依靠雷电检测系统BLIDS，可实现200米内雷击定位。为此，在德国境内分布了18个测试站，通过GPS（全球定位系统）的高精度时间信号实现相互同步。在测试站的接收端，雷电放电电磁波出现的时间点将被记录下来。通过在各个接收端记录的电磁波出现时间的差值及与此相关的电磁波传播时间的不同，通过计算可确定雷击地点。这样得到的数据，被数据中心存档并以各种服务套餐的形式提供给用户。对于这种服务的详细信息可从互联网www.blids.de上得到。

出现雷暴雨的前提条件是在高空中要有足够的、高湿度的热空气流动。这种流动可以以不同的方式进行。对于热气流形成的雷暴雨，地面经太阳暴晒后温度上升，靠近地面空气层升温并上升。对于锋面雷暴雨，作为部分侵入的寒流前沿的冷空气层将移至热空气层的下方，并强迫这部分空气层上升。对于由于山岳形态而形成的雷暴雨，地面附近的热空气层通过逐渐上升的地势而向上攀升。通过其它的物理效应，对空气的垂直提升作用还会进一步加强。它形成了一个上升气流管道，其速度高达100公里/小时，产生强大的向上翻卷的积雨云，其典型参数为：高度：5-12公里、直径：5-10公里。通过静电电荷分离过程，例如：摩擦和溅射，小水滴和冰粒将积聚在云层里。

积雨云的上部将堆积带正电荷的颗粒，而下部将堆积带负电荷的颗粒。另外在云层底端还存在一个小

的正电荷中心。这最初是由于电晕放电而形成的，从积雨云下部的尖端向地面物体（如：植物）溅射，通过风力还会向更高处流动。

如果在一个雷暴云单体里，由于空间电荷密度的随机存在，当大地的电场强度达到几百千伏/米，就会产生先导放电，即引发了一个雷电放电过程。云对云的放电导致在正、负云层电荷中心之间形成电荷平衡，而不会直接击中地面上的任何物体。但由于它辐射雷击电磁脉冲，对电气和电子系统形成危害，却要予以考虑。

对地放电致使在云层电荷和地面感应的电荷之间形成电荷平衡。其中要区分两种对地放电类型：

- ⇒ 下行放电（云对地放电）
- ⇒ 上行放电（地对云放电）



图2.1.1 下行闪击（云对地放电）



图2.1.2 带负电荷的下行先导的放电机理
(云对地放电)

当下行放电时，雷电将通过下行先导从云到地引导放电。它们多出现在平原地带，及较低建筑物附近。云对地放电可通过对地方向伸展的分枝来辨认（图2.1.1）。最经常出现的是带负电荷的下行放电，这时积雨云带负电荷，从云端向地面逐渐移动，形成一个电荷通道（先行放电）（图2.1.2）。这些先导以300公里/小时的速度，每步几十米地集聚增长。两步之间的时间间隔大约为几十微秒。一旦先导接近地面（几百米至几十米），地面物体（如：树木、建筑物顶端）上靠近先导部分的电场强度升高。一旦场强达到一定程度，空气绝缘被击穿，则从该点起上行先导开始反相增长，直至与下行先导相遇，主放电过程开始。

正电荷的下行放电是由积雨云下端的正电荷区域产生的。（图2.1.3）极化电荷比例大约是90%的负闪对10%的正闪，这个比例与地理位置有关。

在极高、暴露的物体上（如：无线电桅杆、通信塔、教堂）或者在山顶上，可能产生上行放电（地对

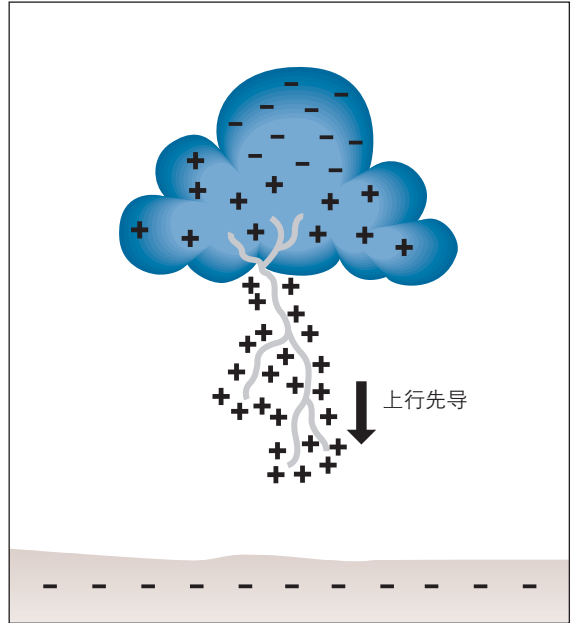


图2.1.3 带正电荷的下行先导的放电机理
(云对地放电)

云放电)。这可从向上方向伸展的分枝来辨认它们（图2.1.4）。当上行放电时，引起先导放电所必需的强大的电场强度不是来自于云层，而是来自于暴露物体上的电场畸变，以及与此相联的强电场强度。从这些地点，先导及其放电通道向云层移动。上行放电既有负极极化（图2.1.5）、也有正极极化（图2.1.6）。因为在上行放电时，先行从地面上暴露的物体向云端成长，当雷电发生时，高处的物体有可能多次被雷电击中。



图2.1.4 上行放电（地对云放电）

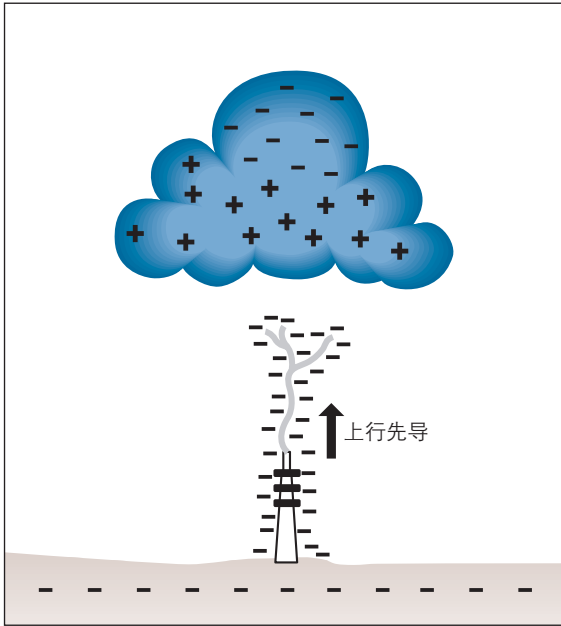


图2.1.5 带负电荷的上行先导的放电机理
(地对云放电)

物体被雷电击中时受到的压力，在下行放电（云对地放电）时比上行放电（地对云放电）时更为严重。因而在确定雷电保护措施时，应将下行放电的参数作为基准值来考量。

根据雷电的类型，闪电由一次或多次雷击组成。它分为小于2毫秒的冲击电流（短时间雷击）和大于2毫秒的持续电流（长时间雷击）。其它的识别特征有：极性（正极性或负极性），和在雷电放电中的时间次序（首次雷击、后续雷击或者重复雷击）。

图2.1.7展示了下行放电中可能的雷击组合，图2.1.8为上行放电的情况。

由冲击电流和持续电流组成的雷电流为负载独立电流，这意味着被击中的物体不能对雷电流实施反作用。从图2.1.7和图2.1.8所示的雷电流曲线可推断出四个对于雷电防护技术有重要意义的参数：

⇒ 雷电流 I 的峰值

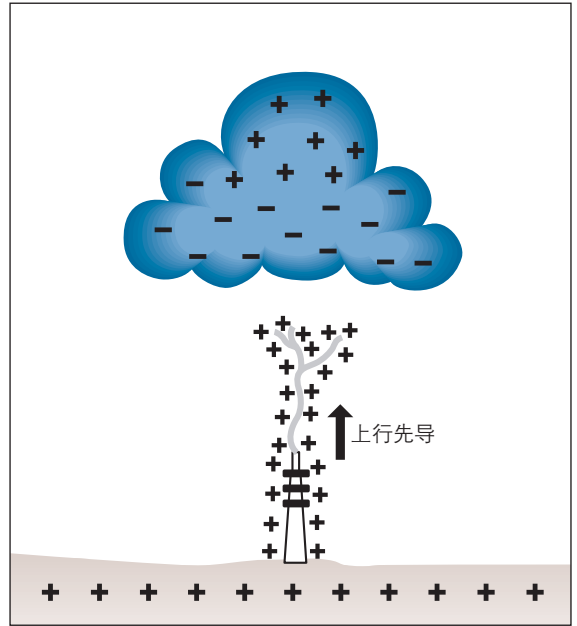


图2.1.6 带正电荷的上行先导的放电机理
(地对云放电)

⇒ 雷电流的电荷 Q_{flash} ，由冲击电流的电荷 Q_{short} 和持续电流的电荷 Q_{long} 组成。

⇒ 雷电流的特征能量 W/R

⇒ 雷电流陡度 di/dt

在下面的几章中，将阐述每个有效参数所起到的作用，以及它们对雷电防护系统的影响。

2.2 雷电流峰值

雷电流是独立负载电流，即雷电流可理解为理想电流源。当独立负载电流通过导体时，根据电流的幅值和通过导体的电阻，在导体两端会出现一定的电压降。对于最简单的情况，可用欧姆定律来描述此关系：

$$U = I \cdot R$$

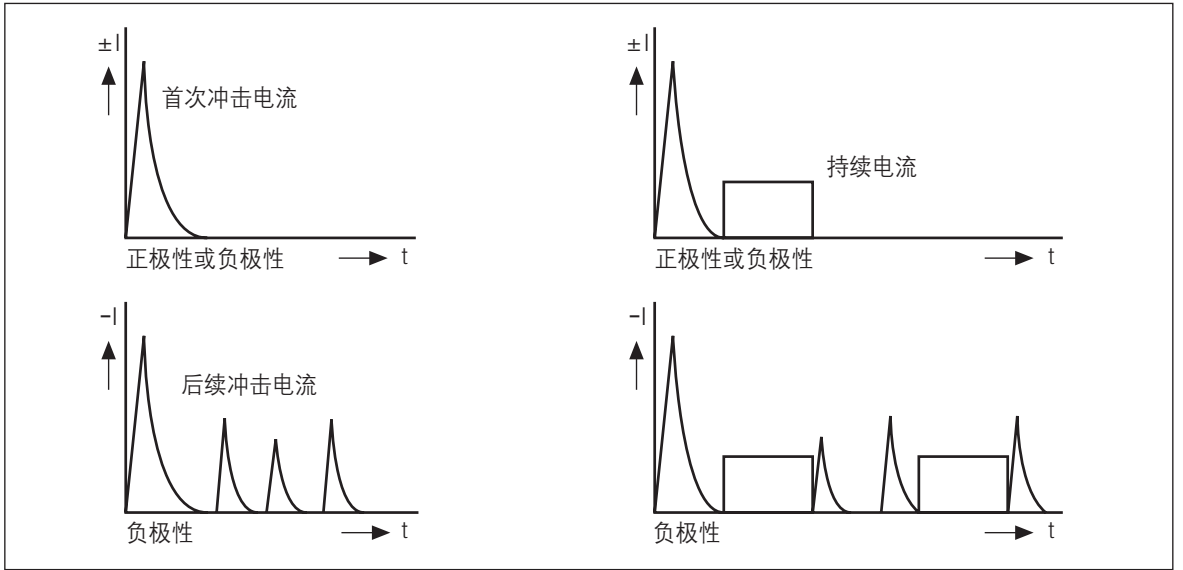


图2.1.7 下行闪击可能的组成部分

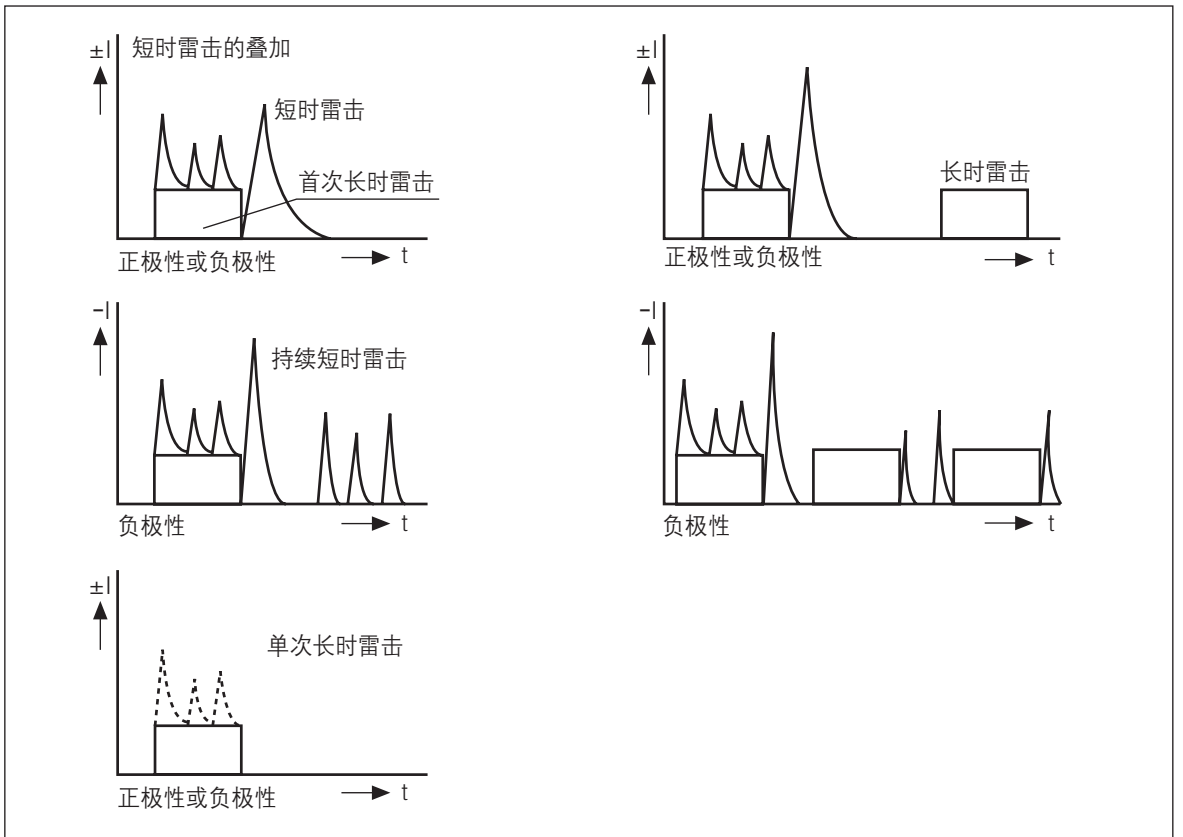


图2.1.8 上行闪击可能的组成部分

如果电流出现在均匀导体表面的某一点上，即产生了众所周知的电势梯度。这种效应在雷击时也出现在均匀的土壤中。（图2.2.1）导致电流通过生物，造成极其危险的后果（图2.2.2）。土壤的导电性能越好，电势梯度下降得越平缓，跨步电压的风险也将同样地降低。

若雷击发生在具有雷电保护装置的建筑物上，雷电流将流入建筑物的接地装置，在建筑物接地装置的接地电阻 R_E 上产生相应的电压降（图2.2.3）。在建筑物内，只要所有可触及的导电部分的电势同时被升高，就不会对建筑物内的人员构成任何危险。因此，

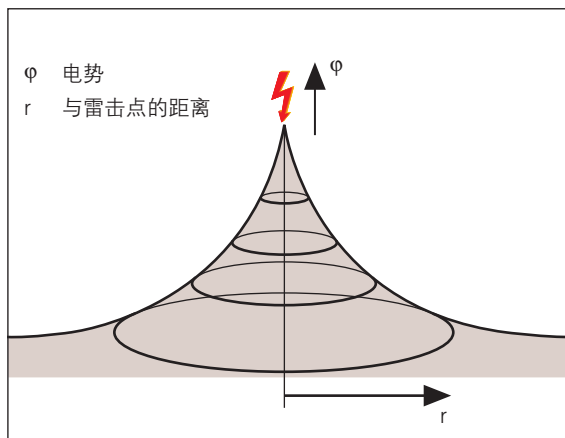


图2.2.1 雷击时在均匀土壤中电势分布图



图2.2.2 跨步电压致动物死亡

使建筑物内的所有可触及的导电部分和所有引入建筑物内的其它的导电部分形成等电位，是必不可少的。如果忽略了这一点，雷击时危险闪光电压的风险就无法避免。

由于雷电流的作用而使接地装置的电势升高，会给电子设备带来危险（图2.2.4）。在所示的例子中，低压供电电网中的工作地在处于雷电流造成的电势梯度之外的区域，这样当雷击这幢建筑物时， R_B 工作地的电势与这个建筑物内使用设备的电势不同。在当前的这个例子中，它们的电势差达到1000kV。这样就使电气设备及其和其它相连接的仪器存在绝缘击穿的危险。

2.3 雷电流上升的陡度

在有效的时间内，雷电流上升的陡度决定了电磁感应电压的大小。在所有的被雷电流流过的导体周围的开路及闭路导电环路中，

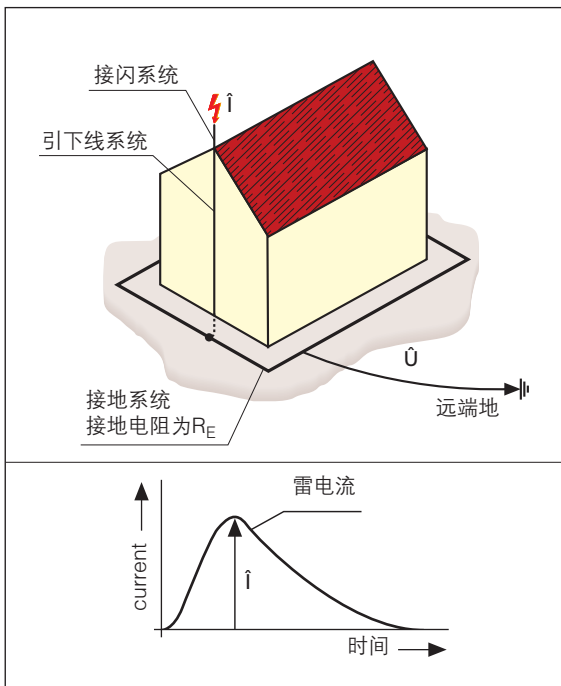


图2.2.3 由于雷电流峰值，使建筑物接地装置相对远端的大地电势升高

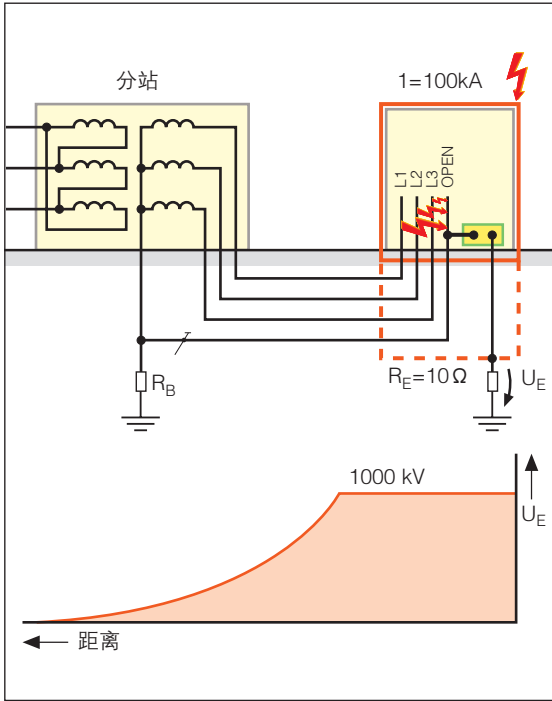


图2.2.4 由于接地装置的电势升高，而使电气设备受到危害

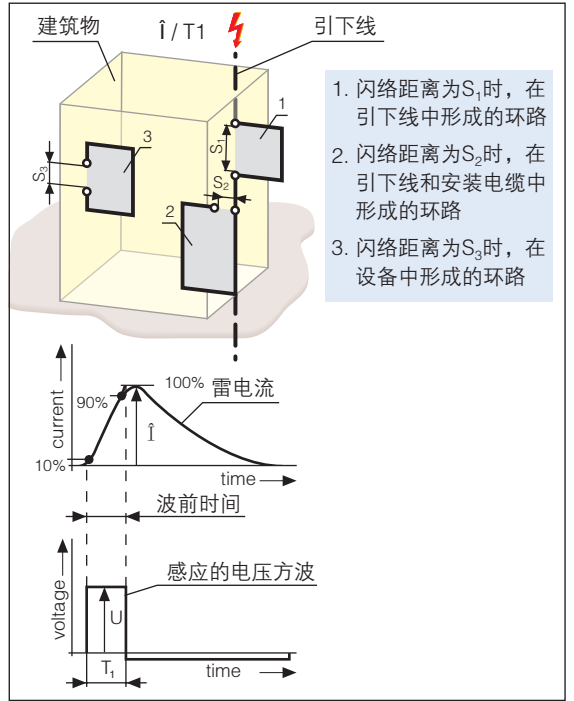


图2.3.1 通过雷电流陡度，在线圈中感应的电压方波

都会生成这个感应电压。图2.3.1展示了由雷电流产生感应电压的导电环路的形状。

在时间间隔 Δt 内，在导电环路内感应的电压 U 是：

$$U = M \cdot \Delta i / \Delta t$$

M 互感系数

$\Delta i / \Delta t$ 雷电流上升的陡度

正如上面已经提及的，闪电是由一定数量的部分闪电组成的。根据时间先后的不同，雷击过程又分为首次雷击和后续雷击。两种类型的主要区别在于，在首次雷击形成的雷电流通道中，冲击电流的陡度明显地小于后续雷击，而在后续雷击中已经存在完整的雷电通道。雷电流在导电环路中产生的感应电压的最大值，将通过后续雷击的雷电流上升陡度来进行估算。在图2.3.2中列举了对导电环路中感应电压进行估算的一个例子。

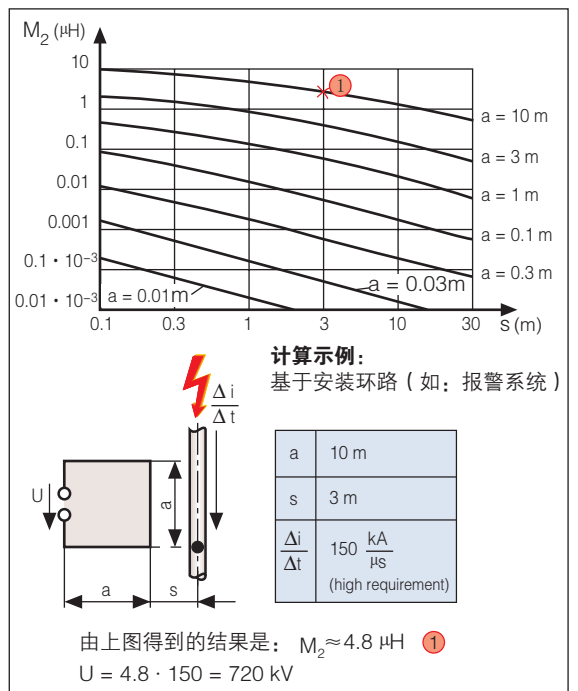


图2.3.2 在方形环路中感应的电压方波的计算

2.4 雷电的电荷量

雷电的电荷量 (Q_{flash}) 是由冲击电流形成的电荷量 Q_{short} 和持续电流形成的电荷量 Q_{long} 组成。雷电的电荷量决定了雷电流在直接雷击点上以及在一段封闭的路径上, 雷电以电弧形式通过的各个点上所释放的能量。

$$Q = \int i dt$$

在电弧放电点上释放的能量 W 为电荷量与在微米范围内在阳极与阴极之间的电压降 $U_{A,K}$ 的乘积 (图 2.4.1)。

$U_{A,K}$ 的平均值约为几十伏, 并与电流大小和电流形式有关。

$$W = Q \cdot U_{A,K}$$

Q 雷电流的电量

$U_{A,K}$ 阳极/阴极电压降

这样, 雷电的电荷作用于直接遭受雷击的防雷保护系统的器件上, 可使之熔化。同样, 电荷的大小对

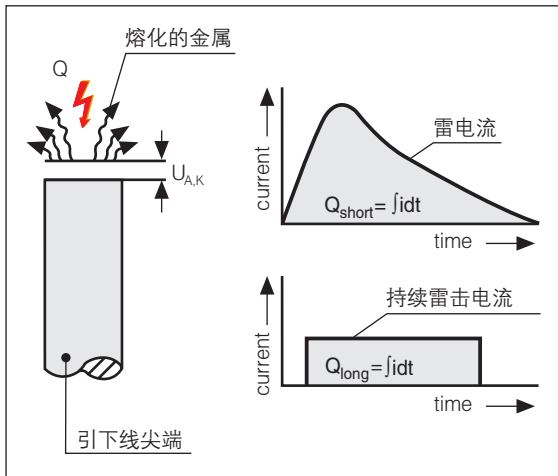


图2.4.1 由于雷电流放电, 在雷击点处能量的转换

于隔离型和保护型火花间隙, 以及以火花间隙为基础的电涌保护装置的选择与使用也是十分重要的。新的调查显示, 在电弧长时间的作用下, 主要是持续电流电荷的作用, 它能够大量的材料熔化或蒸发。图 2.4.2 和图 2.4.3 比较了冲击电流形成的电荷作用和持续电流形成的电荷作用。

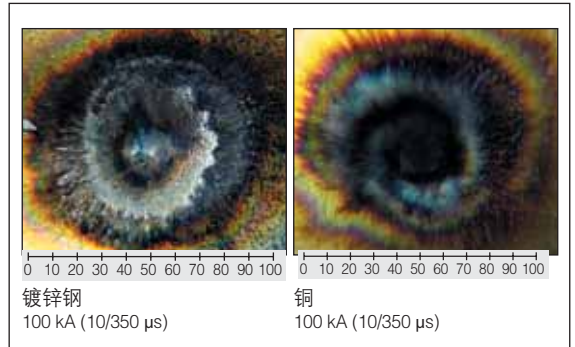


图2.4.2 冲击电流在金属表面产生的电弧作用



图2.4.3 由于长持续时间电弧的作用, 使金属薄板穿孔

2.5 特征能量

雷电流的特征能量 W/R 是冲击电流在1欧姆电阻上的能量。这个能量是电流平方值对时间的积分：

$$W/R = \int i^2 dt$$

此特征能量通常也被称为电流的平方脉冲。它对雷电冲击电流通过导体而产生热效应，以及雷电流流过时导线之间力的相互作用，都起到关键性的作用。

(图2.5.1)

在一段电阻为 R 的导体中转换的能量 W 为：

$$W = R \cdot \int i^2 dt = R \cdot W/R$$

R (与温度有关的)导体的直流电阻

W/R 特征能量

面对生命、火灾和爆炸危险，在设计和建立雷电保护装置时，计算雷电冲击电流通过导体产生的热效

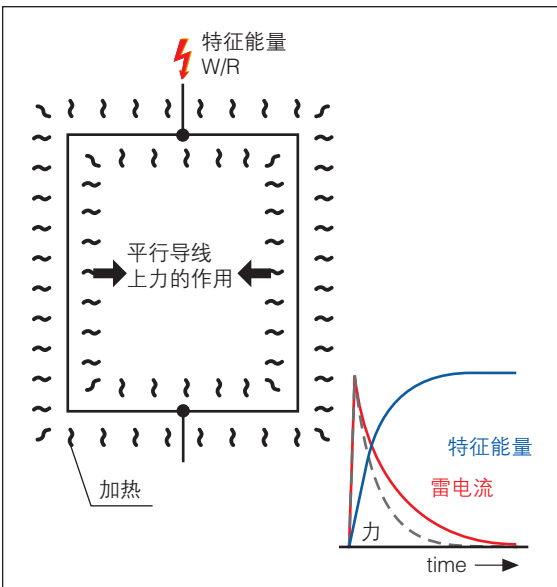


图2.5.1 由雷电流特征能量而产生的热效应及力的作用

应，是十分必要的。在计算时，雷电冲击电流通过雷电保护系统各部件，在所有欧姆电阻所产生的热能都应予以考虑。另外，由于这个过程十分短暂，与周围环境的热能交换可以忽略不计。

在长度为 l 、距离为 d 的平行导线中，由于电流 i 而产生的电动力，可近似地按照下列公式进行计算：

$$F(t) = \mu_0 \cdot 2\pi \cdot i^2(t) \cdot l/d$$

式中：

$F(t)$ 电动力

i 电流

μ_0 磁导率

l 长度

d 平行导线之间的距离

横截面 [mm ²]		4	10	16	25	50	100	
材料	铝 W/R [MJ/Ω]	2.5	-	564	146	52	12	3
		5.6	-	-	454	132	28	7
		10	-	-	-	283	52	12
	铁 W/R [MJ/Ω]	2.5	-	-	1120	211	37	9
		5.6	-	-	-	913	96	20
		10	-	-	-	-	211	37
	铜 W/R [MJ/Ω]	2.5	-	169	56	22	5	1
		5.6	-	542	143	51	12	3
		10	-	-	309	98	22	5
不锈钢 W/R [MJ/Ω]	2.5	-	-	-	940	190	45	
	5.6	-	-	-	-	460	100	
	10	-	-	-	-	940	190	

表2.5.1 在不同的导电介质中温度的变化 ΔT (单位: K)

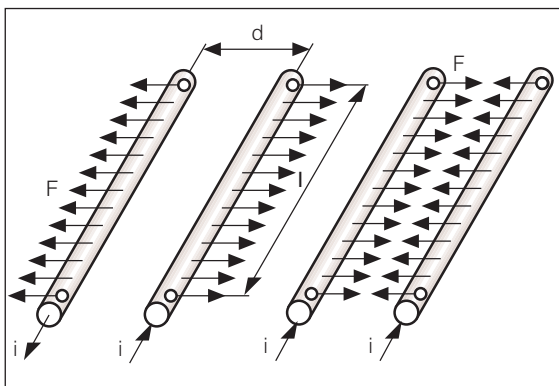


图2.5.2 两根平行导线之间电动力的作用

当通过两个导线上的电流方向相同时，产生的力使它们相互吸引；当通过两个导线上的电流方向相反时，产生的力使它们相互排斥。它们和导线中电流的乘积成正比，和两者之间的距离成反比。即使在单个弯曲的导线中，也存在力的作用，而且力的大小与弯曲导线中电流的平方成正比。

雷电流的特征能量决定了应力的大小，它造成雷电保护系统的组件可恢复性或不可恢复性变形，同时它也确定了雷电防护系统的规模。这些作用应在产品标准的测试装置中，对防雷保护系统的连接构件的要求中，予以考虑。

2.6 雷电参数与防雷等级的对应关系

为了将雷击定义为一种干扰源，需确定防雷等级 I 至 IV 且每个防雷等级应满足：

⇒ 雷电流参数的最大值（尺寸准则：应用此准则，

设计雷电保护组件，使之符合期望的要求。）

⇒ 雷电流参数的最小值（拦截准则：在确定直接雷击的安全保护范围（雷击半径）时，此准则是必不可少的。）

防雷等级	最大值 (尺寸准则)	
	最大雷电流峰值	实际发生的雷电流小于最大雷电流峰值的概率
I	200 kA	99 %
II	150 kA	98 %
III	100 kA	97 %
IV	100 kA	97 %

表2.6.1 雷电流参数的最大值及其概率

防雷等级	最小值 (拦截准则)		
	最小雷电流峰值	实际发生的雷电流大于最小雷电流峰值的概率	滚球半径
I	3 kA	99 %	20 m
II	5 kA	97 %	30 m
III	10 kA	91 %	45 m
IV	16 kA	84 %	60 m

表2.6.2 雷电流参数的最小值及其概率

表2.6.1和表2.6.2列出了防雷等级和雷电流参数的最大值/最小值之间的对应关系。

3. 雷电保护系统的设计

3.1 安装防雷装置的必要性 - 法律规定

一个雷电保护装置的主要任务就是防止建筑物遭受直接雷击，最终引起火灾，或者防范雷电流（非点火闪电）的作用。

当国家法规要求实施防雷保护措施时，如：以前联邦各州的地区建筑规则（LBO）和一些特殊的法律规定，这些保护装置就必须被安装。

若在这些法规中不包含有关雷电保护措施的特殊规定，建议至少采用IEC 62305-3（EN 623053）中的III级防雷保护系统。

如果与上述情况相反，那么就要确定保护的必要性，并通过应用风险管理来选择相应的保护措施。

有关风险管理将在IEC 62305-2（EN 62305-2）中描述（见3.2.1章）。

当然，其他相关的国家标准及合法要求也可适用并被考虑。下面举例说明德国指令，标准和合法准则。为了确定普通建筑物防雷等级，可参考：

Vds - 2010指导：“面向风险的防雷和电涌保护，防止损害的指导”

例如：汉堡的地方法规在第十七章第三节中规定，当设备由于下列原因易受雷击时，要强制建立雷电保护装置：

- ⇒ 长度
- ⇒ 高度
- 或者，当
- ⇒ 雷击可能造成严重的后果

这意味着：

“只要符合其中之一的先决条件，就要设立雷电保护装置。”

雷击发生时，由于建筑物所处的地理位置、建筑类型和用途的不同，都可能导致严重的后果。例如：幼儿园就属于可能因雷击造成严重后果的建筑物之一。

如何解释这些法规，下面的法律评判将清楚地给出说明。

巴伐利亚州的行政法庭于1984年7月4日作出如下规定：（编号：Nr. 2 B 84 A. 624-。）

1. 幼儿园被强制要求安装有效的雷电保护装置。
2. 建筑法规要求，在设计建筑物的楼梯过道和大门时，至少要设有一个防火门，这也适用于其中设有幼儿园的住宅楼房。

原因阐述：

巴伐利亚州的建筑法规要求（BayBO），根据建筑物的地理位置、建筑类型、是否易受雷击或雷击是否可能造成严重的后果等实际情况，来装备长效的雷电保护装置。对此，针对以下两种情况，规定必须使用有效的保护装置。第一种情况是：（因建筑设施的高度或所处的地理位置）极易遭受雷击；第二种情况是：（因建筑类型或用途）雷击可能导致严重后果。被告的建筑物由于它的多种用途而属于后者的情况。幼儿园由于它的用途属于因雷击有可能导致严重后果的建筑物。根据巴伐利亚州建筑法规，对此可做如下解释：在所列举的名单中，虽然幼儿园并未被明确地认定为公众集会场所，但这并不能改变什么。幼儿园因白天聚集了众多还没上学的年幼孩子，而成为可能因雷击而造成严重后果的场所，这是毋庸置疑的。

其中有一段被告的表述，即“孩子们的逗留空间在楼房的底层，他们有可能通过许多的窗户逃到户外去”，对此案起不到关键性的作用。因为对于这个年龄段的孩子，在着火的情况下，是无法确保他们能够理智地做出反应，并且在紧急情况下通过窗户逃生的。建立必要的防雷保护装置，对于幼儿园的经营也不是难以接受。



巴伐利亚州建筑法规中另外要求，楼梯过道及通向地下室的门必须具有自动关闭功能或防火功能。此项要求不适用于具有两间以上的住宅楼房。被告辩称说，当前住宅楼房被改变使用用途，即改造成幼儿园是经过批准的。但条文中规定，下述情况不能作为例外而被豁免，即：住宅楼房建有两间以上的住房，虽然其中至少一间另作它用，但不符合巴伐利亚州建筑法规的安全要求。本案例就是这种情况。

雷击时，在集会场所、学校、医院可能发生严重的（恐慌）后果。

出于这些原因，所有存在这种危险的建造物都应配备防雷保护装置。

防雷保护装置必不可缺

在建筑设施中都应设置雷电保护装置，在德国的法律中明确了它的必要性，规定中包括如下的场所：

1. 建有舞台的集会场所、屋顶封闭的活动场所以及电影放映场所。无论是单体建筑或整体综合建筑，当容纳人数超过100人时；
2. 带有会议厅的集会场所，无论是单间或多间建筑，当容纳的参加人数超过200人时；对于学校、博物馆或类似的建筑物，这些规定的目的在于检验超过200人的大厅中的技术设施以及安全逃离通道；
3. 购物场所，其购物空间的使用面积超过2000平方米；
4. 购物街，其中许多的购物商场直接相邻或者通过安全逃离通道连接在一起，并且每间购物商场的使用面积可小于2000平方米，而它们的整体使用面积大于2000平方米；
5. 展览会场，它的单间或多间建筑使用面积大于2000平方米；

6. 餐厅宾馆，其客座超过400个或者客房超过60间；
 7. 高层建筑，依据汉堡建筑规范（HbauO）
 8. 医院和其它具有类似目的的建筑设施；
 9. 大型或中型的停车场；
 10. 建筑设施；
 - 10.1 带有爆炸性物质的建筑设施，如：火药制造工厂及爆破材料仓库；
 - 10.2 存有爆炸危险物的工业场所，如：油漆和染料工厂、化学企业、存有可燃液体及大量装有气体容器的大型仓库；
 - 10.3 极易引起火灾的建筑设施，如：
 - 大型木料加工厂，
 - 采用软材料屋顶的建筑物；以及
 - 具有较大火灾隐患的仓库及生产车间
 - 10.4 建筑物内人数众多的，如：
 - 学校
 - 养老院及托儿所
 - 兵营
 - 监狱
 - 火车站
 - 10.5 存放文物的建筑物，如：
 - 具有历史意义的建筑物
 - 博物馆及档案馆
 - 10.6 突出于周围环境的建筑物，如：
 - 高耸的烟囱
 - 塔楼
 - 高层建筑
- 下面列出了由联邦德国制定的重要的“通用规定”，这些规定涉及了雷电保护装置实施的必要性、执行时的技术要求及检验标准。

通用规定

DIN 18384: 2000 – 12

制定建筑工程合同的规定

C部分：建筑工程的一般性技术合同条款

雷电防护装置

《建筑工程的标准服务手册》(StLB)

服务范围：050，即防雷保护及接地装置

编写这些标准服务手册的目的是，在对服务项目进行描述时，确保使用统一的文字（名称、词汇）性同时也有利于处理数据。

这些文字（名称、词汇）主要被联邦、各州和当地的建筑规划部门在公开招标时使用。

IEC 62305-1: 2006-01

DIN EN 62305-1: 2006-02

雷电保护第一部分：通则

IEC 62305-2: 2006-01

DIN EN 62305-2: 2006-02

雷电保护第二部分：风险管理

IEC 62305-3: 2006-01

DIN EN 62305-3: 2006-02

雷电保护第三部分：建筑物的物理损坏和生命危险

IEC 62035-04: 2006-01

DIN EN 62305-4: 2006-02

雷电保护第四部分：对建筑物内电气及电子系统的保护

DIN 48805 ... 48828

用于外部防雷保护的器件

这些标准系列指定了保护装置的尺寸及材料强度
该标准将逐步被后续标准所代替。

EN 50164-1: 1999-09

雷电保护元件 (LPC)

第一部分：对连接件的要求

其中明确了雷电保护系统中对金属连接器，如：连接器、端子、桥接器、温度膨胀补偿器以及测试点等的要求。

EN 50164-2: 2002-08

第二部分：对线缆及接地的要求

在这个标准中描述了金属线缆和接地装置的尺寸、容差，以及对材料的电气和机械性能的检测要求。

用于接地装置的特殊标准：

DIN 18014: 2007-09

基础接地

该指导手册给出了有关基础接地的安装和布置的建议，并附有实际应用的范例。

DIN VDE 0151: 1986-06

防止腐蚀，接地地极的材料和最小尺寸

在建立或扩建接地极及接地装置时，可依据VDE指导手册进行防腐保护。为了避免或降低接地极以及与之同时铺设的其它装置被腐蚀的危险，在VDE手册中提供了很多著有成效的建议。它同时也为正确的选择接地极的材料及采取特殊的防腐措施给出了提示。

EN 50162: 2004-08

防止直流设备中杂散电流造成的腐蚀。

如果埋地的存储容器与建筑物内的电气装置由于绝缘铺设而被电气隔离，那么，在这个标准中，要求存储容器与防雷保护装置通过绝缘火花间隙进行连接。

HD 637 S1: 1999-05

标称电压大于1千伏的电力装置

EN 50341-1: 2001-10

标称电压大于1千伏的强电流设备的接地。

在第六章“防雷电接地”中，可找到防雷保护时应予以考虑的特殊要求。

在这里指出了雷电地电位反击的危害，并建立了电线桅杆及支架的接地电阻、绝缘材料的冲击电压和雷电流的峰值之间的关系。

在6.3章中指出，多个单一的接地体（网格状的、放射状的）与较长的垂直/水平接地体，其效果是等同的。

用于内部防雷、电涌保护和等电位连接的专项标准:

IEC 60364-4-41: 2005 mod

HD 60364-4-41: 2007

电力设备安装-4-41部分: 电弧防护

IEC 60364-5-54: 2002, mod

HD 60364-5-54: 2007

低压电气设备安装

5-54部分: 电气设备的选型及安装-接地、保护线、等电位连接线

其中包括确定建立接地装置以及等电位连接（主等电位连接、辅助等电位连接）的措施。

IEC 60364-5-53/A2: 2001

IEC 64/1168/CDV: 2001-01

建筑物的电气设施-第5部分: 电气装置的选择及安装; 53章: 开关柜及控制柜; 534部分: 电涌保护装置的选择和安装

在这个标准中探讨了I级、II级、III级电涌保护装置在低压用户设备中的使用及防止间接触电的保护。

IEC 60364-4-44: 2001+A1: 2003, mod

HD 60364-4-443: 2006

低压设备的安装-第4部分: 防护安全性; 44章: 过电压防护; 443部分: 保护措施-对因大气的影响或操作过电压的保护

IEC 109/44/CD: 2005

EN 60664-1: 2003-04

低压设备中的电气绝缘的配合

第一部分: 基本原理、要求及测试。

在这个标准中，确定了最小绝缘距离、最小绝缘距离的选择，以及过电压分类（I至IV级）中相应的冲击电压。

VDEW 指导: 2004-08

用于供电系统总电流中的1级过电压保护装置

其中描述了配电盘中过电流保护装置的应用与安装。

用于电子系统的规范，如：电视系统、无线通信系统、数字技术（通信设备）

IEC 60364-5-548: 1996

建筑物电气装置-第5部分: 电气装置选型及安装-548章: 信息技术系统接地设置和等电位连接。

IEC/DIS 64 (CO) 1153: 1981

MOD IEC 60364-4-41: 1982

接地和等电位连接

在第二部分中总结了无线通信系统中对接地和等

电位连接的各种要求。

DIN VDE 0800-10: 1991-03

设备建立和运行中过渡期的确定。

第10部分中包含了对通信设备的建立、扩建、改建及运行的要求。

在这部分的6.3章中，对电涌保护提出了要求。

IEC 61643-21: 2000-08

EN 61643-11: 2001-07

低压电涌保护器 – 第21部分：通信及信号处理网络中电涌保护装置的应用，功能要求及测试方法

IEC 60728-11: 2005-01

EN 60728-11: 2006-05

传输电视信号、语音信号及互动服务信息的电缆网络 – 第11部分：网络安全要求

在第一部分的第11章中，为防止大气放电（天线系统的接地、等电位连接）要求采取的保护措施。

VDE 0855-300: 2002-07

对小型发射 – 接收设备的安全要求。

第300部分的第12章，描述了雷电/电涌保护及天线装置的接地。

IEC 61663-1: 1999-07

EN 61663-1: 1999-11

通信电缆雷击保护，

第一部分：光缆设备

这个标准描述了可能的损坏数量的计算方法，适用的保护措施的选择，并说明了允许的损害率。其中只考虑了主要损坏（运行中断），而没有将次要损坏（电缆包皮的损坏，出现孔洞）考虑在内。

IEC 61663-2: 2001-03

EN 61663-2: 2001-06

通信线缆雷击保护，

第二部分：由金属导线构成的通信电缆

这个标准的应用仅适用于金属导线构成的通信电缆和信号电缆的防雷保护，这些电缆位于建筑物外（如：固定电话网络的接入网，穿梭于建筑物之间的电网）。

特殊设备：

EN 1127-1: 1997-08

防爆保护，第一部分：原理和方法

这个标准是防爆保护的一个操作手册，在设计和制造设备、保护系统和保护元件时，通过采取相应的措施来防止爆炸带来的严重后果。

第一部分针对雷击损害设备，提出了防护要求。

pr EN 1127-1: 2004-12

易爆炸环境：防爆及保护 – 第一部分：基本概念及方法。

IEC 60079-14: 2002

EN 60079-14: 2003-08

在具有气体爆炸危险区域内，对电气设施的保护在6.5章中指出，必须考虑雷击的影响。

在12.3章中描述了对处于防爆0区设备的具体要求。

在所有的防爆区中都要求有全面的等电位连接。

IEC 31J/120/CDV: 2006

pr EN 60079-14: 2006-06

易爆炸环境，第14部分：电气装置设计，选型及安装

IEC 61241-17: 2005-01

EN 61241-17: 2005-05

应用于可燃性粉尘区域中的电气设备

第17部分：易爆区域中的电气设备的检验与维修
(除露天矿)

VDE第65期刊：“依据DIN VDE 0165，对电气设备的防爆保护”；VDE柏林出版社，附录9：
“PTB – 雷电防护宣传册：在可燃液体的容器中，对本质安全电路的保护”

标准可通过以下的地址获取：

VDE 出版公司
Bismarckstr.33
10625 柏林
德国
电话：+49 30 34 80 01-0
传真：+49 30 341 70 93
eMail: vertrieb@vde-verlag.de
Internet: www.vde-verlag.de

或者：

Beuth 出版公司
Burggrafenstrasse 4-10
10787 柏林
德国
电话：+49 30 2601-2240
传真：+49 30 2601-1724
Internet: www.din.de/beuth

3.2 风险损失的评估及保护装置的选择

3.2.1 风险管理

一个前瞻性的风险分析应包括为企业进行的风险估算。这样做，可以降低风险，为决策提供理论依据，并明确了哪些风险应由保险公司承担。在考虑风险管理时，应当牢记，为达到某一目的（例如：保持持续供货的能力），保险并非总是一个适合的手段。因为某一风险出现的概率，并不会因为保险而改变。

生产大量电气设备或提供多种与电气设备相关服务的企业（当今多数企业都从事此类工作），必须特别关注雷击的风险。因为，由于电子设备完全无法使用，不能提供生产、服务，或者因数据的丢失而造成的损失，远比设备因某些硬件损坏造成的损失，要大得多。

针对直接或间接雷击，风险分析客观地量化了对建筑设施造成的风险。这种新的思维已具体体现在国际标准 IEC 62305-2: 2006 或欧洲标准 EN 62305-2: 2006中。

在IEC 62305-2 (EN 62305-2) 中阐述的风险分析，确保了所建立的雷电保护措施能够被所有的参与者理解，满足了优化技术和经济的要求，即使用尽可能少的花费来保障必要的保护。由风险分析得到的保护措施，在标准系列IEC 62305 (EN 62305) 的后面章节中有详细的描述。

3.2.2 风险评估的原理

根据IEC 62305-2 (EN 62305) ，通常雷电损害的风险R由下面的关系来确定：

$$R = N \cdot P \cdot L$$

式中：

N 防雷保护对象的年雷击次数，即在所观察范围内的雷击发生的频率（每年在所观察的范围内出现

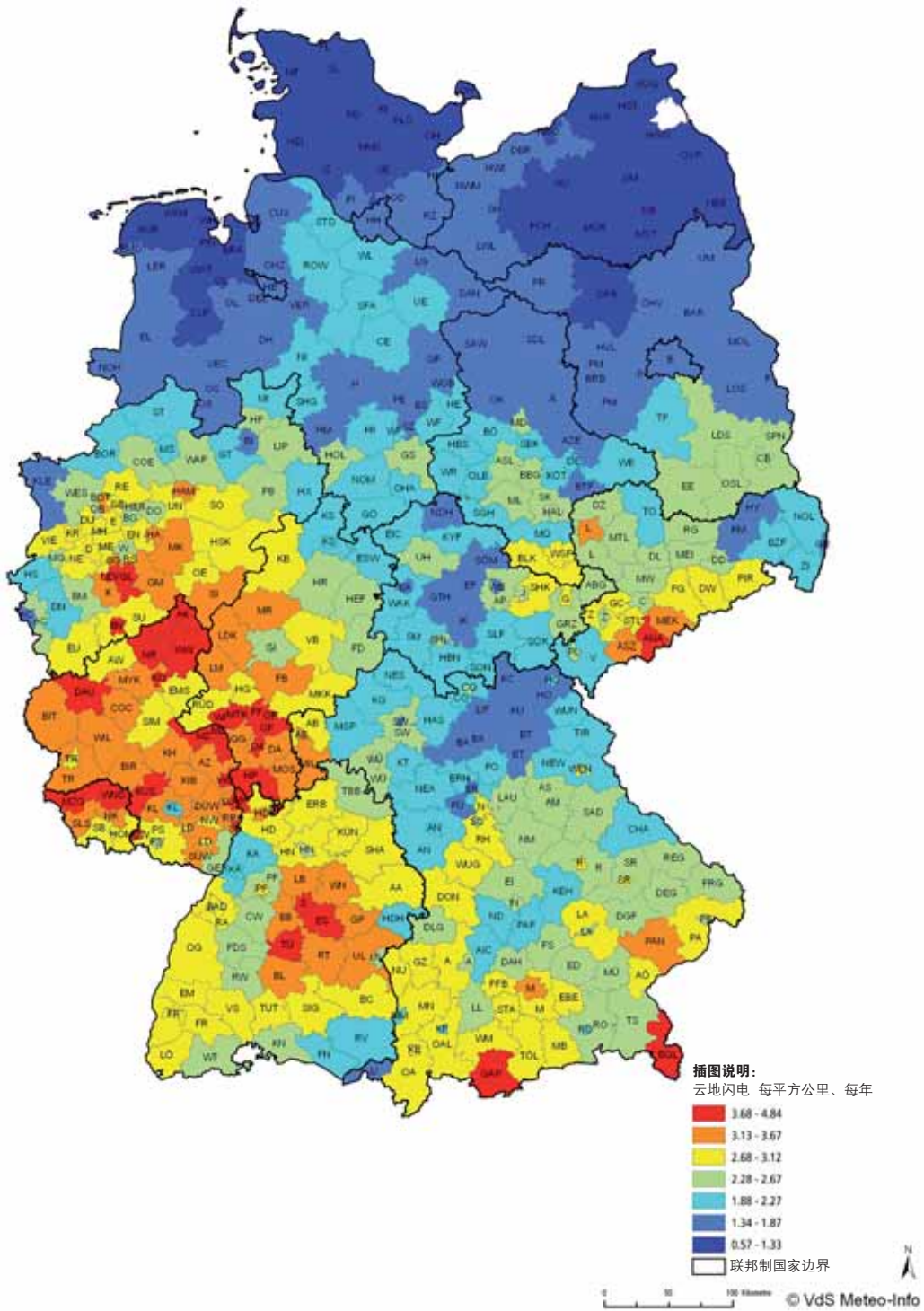


图3.2.3.1 德国境内的雷击密度（1999年至2005年平均值）

多少次雷击?)

P 雷击损坏概率 (雷击引起某种确定损坏的概率有多大?)

L 雷击损坏后果, 即对损坏的量化评估 (某一确定的损坏会有什么样的后果? 损失的数量和规模大小?)

风险评估的任务就是找出所有相关的风险因素, 并确定这三个参数: N、P、L 的大小, 其中包括许多个别参数的确定。通过比较总风险值R和风险容许值 R_T , 即可确定雷电保护措施及其规模、要求等。

对经济损失的评估不在上述范围之内。因为针对这一类损失所采用的保护措施, 必须从纯粹的经济观察方法出发。对此不能使用风险容许值, 而应采用“消费-使用-分析”的方法。

3.2.3 雷击的频率

与建筑物相关的雷击频率 (年均雷击次数) 可分为以下几种:

N_D 建筑物遭受直接雷击的雷击频率

N_M 在邻近雷击形成的磁场作用下, 建筑物遭受的雷击频率

N_L 入户线路上的直接雷击频率

N_I 毗邻入户线路附近的雷击频率

在IEC 62305-2 (EN 62305-2) 的附录A中详细地阐述了如何计算雷击频率。实际计算时, 建议采用所观察地区的年平均雷击密度 N_g , 可从图3.2.3.1中读

出。如果图中所设的网格进一步减小, 则某地的雷击密度值可能明显地偏离这些平均值。因为绘制此图所进行的数据采集, 只有短暂的七年, 并且取值时做了大面积的平均, 因而在选取安全因子值时, 建议采用图3.2.3.1中所给出的25%。

这样, 建筑物遭受直接雷击时, 雷击频率 (年平均雷击次数) N_D 计算公式为:

$$N_D = N_g \cdot A_d \cdot C_d \cdot 10^{-6}$$

式中:

A_d 孤立建筑物的截收面积。(图3.2.3.2)

C_d 建筑物所在地的位置因子。

因所处地点周围环境 (房屋建筑、高地、树木等) 不同而应分别予以考虑。(表3.2.3.1)

同样, 附近雷击时形成的电磁场作用于周围建筑设施, 间接造成雷击频率的计算公式为:

$$N_M = N_g \cdot A_m \cdot 10^{-6}$$

式中:

A_m 建筑物的邻近截收面积。

围绕建筑物四周画一条长度为250米的线, 由此得到的封闭的面积减去建造物的截收面接与位置因子的乘积 $A_d C_d$, 即得到这个面积值 (图3.2.3.3)。在面积 A_m 内发生的雷击, 在建筑设施内部设备的安装环路内, 最终会因磁场感应而产生电涌。

雷击入户线路年均雷击频率 N_L 的计算公式为:

$$N_L = N_g \cdot A_l \cdot C_e \cdot C_i \cdot 10^{-6}$$

建筑设施的位置	C_d
建筑物周围的物体或树木高于建筑物	0.25
建筑物周围的物体和树木和建筑物高度相同或低于建筑物	0.5
孤立的建筑物: 建筑物周围无其它的物体 (在3倍建筑物高度的范围内)	0.1
山顶上孤立的建筑物	2

表3.2.3.1 位置因子 C_d



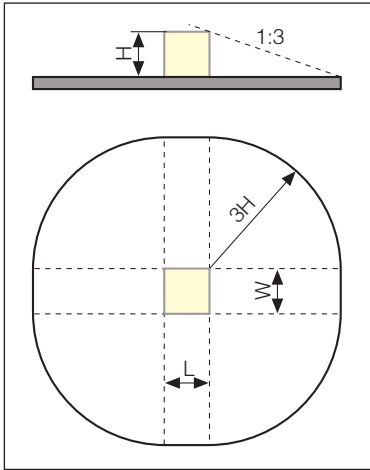


图3.2.3.2 直接雷击时，孤立建筑物的截收面积 A_i

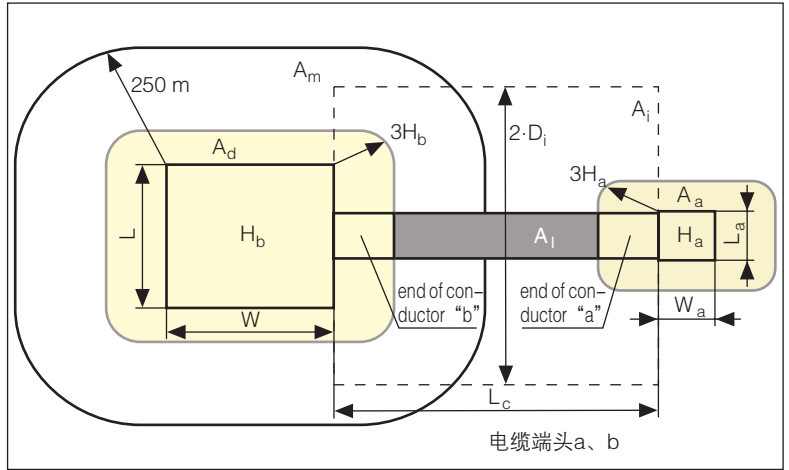


图3.2.3.3 间接雷击时，建筑物的截收面积 A_d, A_m, A_i, A_l

式中：

A_l 线路截收面积（图3.2.3.3），取决于线缆的类型（架空线、电缆线）和线缆的长度。

使用电缆时，线路截收面积与接地电阻的大小有关；当使用架空线时，线路截收面积与导线离地面的高度有关。（表3.2.3.2）如果导线的长度未知，或者查明所需成本过高，可将 L_c 设为1000米。

H_c 导线距离地面的高度，单位：米。

ρ 地表的电阻率，单位：欧姆·米。

如果导线在地面上，则电阻率的最大值为500欧姆·米。

L_c 线缆的长度，单位：米。从建筑物到第一个配电节点，也即电涌保护器安装的位置。最大长度为1000米。

H 建筑物的高度，单位：米。

H_b 建筑物的高度，单位：米。

H_a 通过线缆连接的邻近建筑物的高度，单位：米。

若在面积 A_l 的区域内不存在低压或中压线缆，则需要通过在建筑物进口处的变压器将电压降低。在这种情况下，应将修正因子 C_t 考虑进去。修正因子 C_t （环境因素）与建筑物的密度有关。（表3.2.3.3）

雷击入户服务设施的雷击频率 N_l ，应针对每条供电线缆分别地确定。在 A_l 平面内发生的雷击，通常导致在被观察的建筑物内出现高能量的放电过程，这很可能产生起火、爆炸、机械效应或化学效应。因而，伴随它而带来的不仅仅是因电涌而造成的故障，或电气和电子系统的损坏，更糟糕的是，可能出现的是雷击作用下的机械效应和热效应。

雷击入户设施附近的雷击频率 N_l 可用下式表示：

$$N_l = N_g \cdot A_i \cdot C_t \cdot C_e \cdot 10^{-6}$$

	架空线	埋地电缆
A_l	$[L_c - 3 \cdot (H_a + H_b)] \cdot 6 \cdot H_c$	$[L_c - 3 \cdot (H_a + H_b)] \cdot \sqrt{\rho}$
A_i	$1000 \cdot L_c$	$25 \cdot L_c \cdot \sqrt{\rho}$

表3.2.3.2 截收面积 A_l 和 A_i ，单位：平方米



环境	C_e
城市（建筑物高度大于20米）	0
城市（建筑物高度在10米至20米之间）	0.1
近郊（建筑物高度小于10米）	0.5
农村	1

表 3.2.3.3 环境因子 C_e 。

建筑设施的特征	雷电防护等级 (LPS)	P_B
建筑设施无防雷保护系统	—	1
建筑设施具有防雷保护系统	IV	0.2
	III	0.1
	II	0.05
	I	0.02
依据防雷保护系统的设置，建筑物具有接闪装置和金属外立面或钢筋铸件作为天然的引下线装置		0.01
建筑设施具有金属屋顶或接闪装置，包括所有的天然组件，如：金属外立面和钢筋铸件，用来作为天然的引下线装置，防止直接雷击		0.001

表3.2.4.1 雷击建筑物导致物理损害的概率 P_B 。

防雷等级LPL	损害因子 P_{SPD}
无能量协调的电涌保护	1
III-IV	0.03
II	0.02
I	0.01
电涌保护器的保护特性比I级防雷等级（LPL I）更好（高泄放能力，保护水平低，等等）	0.005-0.001

表3.2.4.2 损害因子 P_{SPD} ，与防雷等级LPL之间的关系

其中，面积 A_1 仍与导线的类型（架空线、埋地电缆）及导线的长度有关。对于埋地电缆，它与接地电阻率有关；对于架空线，它与导线距离地面的距离有关。（表3.2.3.2）

在极端（最糟糕）的情况下，使用上述规定的数值。

A_1 的面积要远比 A_0 的面积大得多。因而，当电涌引起故障或者给电气及电子系统造成损害时，也应将远端雷击对线缆造成的不利因素计算在内。

修正因子 C_1 和 C_e 如同上述。同样，对每条引入建筑物的线缆，应分别给出雷击频率。

3.2.4 损害概率

损害概率给出了一个假定的雷击造成某种确定的损坏的可能性有多大。首先假设雷击发生在相关的某一区域内；损害概率的最大值不会超过1。损害概率可分为以下八种：

- P_A 雷击建筑物导致生物伤害的概率
- P_B 雷击建筑物导致起火，爆炸，机械或化学反应的概率
- P_C 雷击建筑物导致内部系统失效的概率， $P_C = P_{spd}$
- P_M 雷击建筑物附近地面导致内部系统失效的概率
- P_U 雷击入户设施导致生物伤害的概率
- P_V 雷击入户设施导致起火，爆炸，物理及化学反应的概率
- P_W 雷击入户设施导致内部系统失效的概率
- P_Z 雷击入户设施附近地面导致内部系统失效的概率

这些损害概率在 IEC 62305-2 (EN 62305-2) 的附录B中有详细的说明。这些损害概率值，或者直接可以从表中读出，或者可以表示为其它综合影响因子的函数。它还可被进一步地细化为简单（基础）概率和缩减因子。

有些缩减因子在附录C中被称为损失（以前也称为损失因子）。而这里“新”的损失因子用 P_B 和 P_C 表示。这两个参数的值可从表3.2.4.1和表3.2.4.2中读出。另外还要指出，如果对此做更详尽的调查和评估，则所得之值还会有偏差。

3.2.5 损失类型及损失原因

根据建筑的类型、使用和性质的不同，损失类型及其相关参数有可能差别很大。在 IEC 62305-2 (EN 62305-2) 中划分了以下四类损失类型：

- L1 人员生命损失 (人员受伤或死亡)；
- L2 公众服务损失；

- L3 文化遗产损失；
- L4 经济损失。

以上描述的损失类型具有不同的损失原因。造成这些损失的“根本原因”都是有一定的因果关系的，损失类型是损失原因的“作用效果”。（见图3.2.5.1）对于一种损失类型的损失原因是多种多样的。

因而首先必须为建筑设施定义相关的损失类型。在此基础上才能明确相应的损失原因。

3.2.6 损失因子

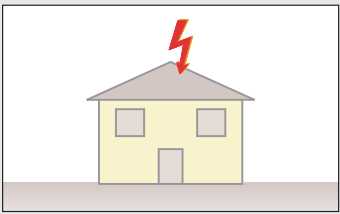
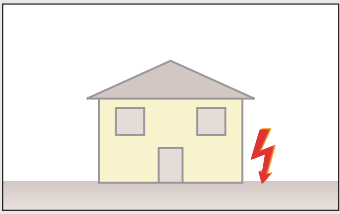
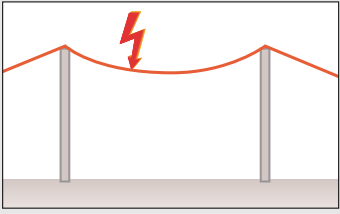
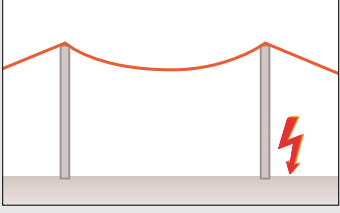
当在建筑设施内出现某种损坏，就要对此做出评估。例如：当某个数字设备（损失类型L4：经济损失）出现故障或损坏，造成的后果可能差别很大。如果没有丢失与商业相关的数据，那么，只能得到几千欧元硬件损坏的赔偿。当然，如果一个企业的整个经营都取决于该数字设备的连续可用性（电话交换中心、银行、自动化服务设施），那么，由硬件损坏引起的一系列的损坏就会叠加而变得十分严重。（例如：顾客不满意、顾客流失、中断商业活动、产品故障等）

损失因子L是用来判断损失的后果。它主要划分为以下几种：

- L_t 由于存在接触电压或跨步电压而受伤造成的损失；
- L_f 由于物理损坏而造成的损失；
- L_0 由于电气或电子系统故障而造成的损失。

根据每种损失类型将对损失大小、损坏程度及造成的后果进行评估。在 IEC 62305-2 (EN 62305-2) 的附录C中为四种损失类型给出了计算损失的基本方法。

通常，应用公式计算特别费时，因而建议在有些

			建筑物	
雷击点	示例	损害源	损害类型	损失类型
建筑物		S1	D1 D2 D3	L1, L4 ^b L1, L2, L3, L4 L1 ^a , L2, L4
建筑物附近大地		S2	D3	L1 ^a , L2, L4
入户设施 (供电线缆)		S3	D1 D2 D3	L1, L4 ^b L1, L2, L3, L4 L1 ^a , L2, L4
入户设施附近的 (供电线缆) 大地		S4	D3	L1 ^a , L2, L4

a 医院、具有爆炸危险的建筑物
b 农牧业（牲畜的伤亡）

与雷击点相关的损害源：

- S1 — 雷击建筑物
- S2 — 雷击建筑物附近大地
- S3 — 雷击入户设施
- S4 — 雷击入户设施附近大地

损害类型：

- D1 接触或跨步电压导致人身遭受闪击
- D2 雷击放电导致起火，爆炸，机械或化学反应
- D3 电涌导致电气电子系统故障

损失类型：

- L1 人身伤害损失（受伤或死亡）
- L2 公众服务损失
- L3 文化遗产损失
- L4 经济损失

表3.2.5.1 与雷击点相关的损失原因和损失类型

情况下，以损失类型为依据,使用上述附录C中典型的损失因子值。另外，除了损失因子，在附录C中还探讨了缩减因子r和提高因子h：

r_a 表示跨步电压和接触电压作用的缩减因子，其值与土壤类型和地面类型有关。

r 表示降低火灾后续损失的缩减因子

r_f 表示建筑物火灾风险的缩减因子

h 当存在特殊危险（如：恐慌、周围建筑物可能存在的危险）时，增大损失相对值的因子。

缩减因子在 IEC 62305-2 (EN 62305-2) 的附录B的表中给出，在现行标准中，已从附录B（损失因子）移至附录C中。但其中的参数值并未做任何改变。

3.2.7 各种雷击下相关风险的组成

在损害类型、损失类型和由此得出的相关风险之间存在着密切的关系。首先，应将雷电放电与雷击点的关系搞清，由此导出风险分量。

如果雷电直接击中建筑物，那么就产生了如下的风险成份：

R_A 直接雷击下，在建筑物外2m以内由接触电压和跨步电压造成的生命损失的风险分量；

R_B 直接雷击下，物理损害的风险分量；

R_C 直接雷击下，电气与电子系统因电涌而失效的风险分量。

如果雷击建筑物附近大地或邻近的建筑物，则产生如下的风险分量：

R_M 当雷击建筑物附近大地时，引起的电涌造成电气电子系统失效的风险。

如果雷电直接击中入户设施时，则产生下列风险

分量：

R_U 当雷电直接击中入户设施时，造成的人身损失的风险。

R_V 当雷电直接击中入户设施时，造成的物理损失的风险。

R_W 当雷电直接击中入户设施时，引起的电涌造成电气电子系统故障的风险。

如果雷击入户设施附近的大地，则产生如下风险分量：

R_Z 当雷电击中入户设施附近的大地时，引起的电涌造成电气电子系统故障的风险。

所有这八种风险分量（原则上必须针对每种损失类型分别得出），现可根据雷击位置和损害类型这两个指标综合得出。

如果以雷击位置为主要考虑因素，也即用表 3.2.7.1 中的各列来进行评估，则得到的风险如下：

⇒ 直接雷击建筑物的风险分量：

$$R_d = R_A + R_B + R_C$$

⇒ 间接雷击建筑物附近的风险分量：

$$R_i = R_M + R_U + R_V + R_W + R_Z$$

另一方面，如果从调查损害类型出发，那么风险的组成如下：

⇒ 雷击人或动物，由产生的接触电压和跨步电压形成的风险分量：

$$R_s = R_A + R_U$$

⇒ 雷击时，由于起火、爆炸、机械或者化学作用造成机械和热效应的风险分量：

损害源 损害类型	雷击 (建筑物)				
	直接雷击	间接雷击			
	S1 雷击建筑物	S2 雷击建筑物 附近大地	S3 雷击入户设施	S4 雷击入户设施 附近大地	
D1 由于接触和跨步电压 造成生物触电	$R_A = N_D \cdot P_A \cdot r_a \cdot L_t$		$R_U = (N_L + N_{DA}) \cdot P_U \cdot r_a \cdot L_t$		$R_s = R_A + R_U$
D2 物理损害 (火灾、爆 炸、机械损坏和化学 反应等)	$R_B = N_D \cdot P_B \cdot r \cdot h \cdot r_f \cdot L_f$		$R_V = (N_L + N_{DA}) \cdot P_V \cdot r \cdot h \cdot r_f \cdot L_f$		$R_f = R_B + R_V$
D3 电气和电子系统由于 过电压而失效或故障	$R_C = N_D \cdot P_C \cdot L_o$	$R_M = N_M \cdot P_M \cdot L_o$	$R_W = (N_L + N_{DA}) \cdot P_W \cdot L_o$	$R_Z = (N_I - N_L) \cdot P_Z \cdot L_o$	$R_o = R_C + R_M + R_W + R_Z$
	$R_d = R_A + R_B + R_C$	$R_i = R_M + R_U + R_V + R_W + R_Z$			

表3.2.7.1 在风险分量 R_U 、 R_V 和 R_W 中,除了与引入设施中的直接雷击频率 N_L 有关之外,还与相邻建筑物上的直接雷击频率 N_{DA} 有关。(比较图3.2.3.3)为此,计算风险分量 R_Z 时,必须将引入设施附近的雷击频率 N_I ,减去引入设施的雷击频率 N_L

$$R_f = R_B + R_V$$

$$R = \sum R_V$$

⇒ 因电涌而造成电气和电子系统故障的风险分量:

在IEC 62305-2 (EN 62305-2) 针对三种损失类型,给出了最大可承受的风险值 R_T 。(表3.2.8.1)

$$R_o = R_C + R_M + R_W + R_Z$$

3.2.8 雷击损失中可承受的风险值

在决定选择雷电保护措施时,应检查对应于某种损失类型的损坏风险 R 是否超出可承受的风险值 R_T (也即风险允许值)。当然,这只适用于L1至L3这三种有关公共利益的风险类型。这里,为了防止雷电作用,充分地保护建筑物,必须满足下式:

$$R \leq R_T$$

R 代表L1至L3损失类型的风险分量的总和:

3.2.9 防雷保护措施的选择

雷电保护措施的目的,就是将损失风险 R 限制在低于可承受的风险值 R_T 的范围内。针对某一具体建筑物的损失类型,详尽地计算其损失风险,即将风险分量 R_A 、 R_B 、 R_C 、 R_M 、 R_U 、 R_V 、 R_W 和 R_Z 分别计算出来,就可实现有针对性地选则雷电保护措施的目的。

IEC 62305-2 (EN 62305-2) (图3.2.9.1)中所示的流程图,指明了雷电保护措施的选择方法。假如计算得到的损失风险 R 大于风险的允许值 R_T ,那么另外还需做进一步的调查,判断直接雷击建筑物造成

损失类型		R_T
L1	人身伤害损失（受伤或死亡）	$10^{-5}/\text{年}$
L2	公众服务损失	$10^{-3}/\text{年}$
L3	文化遗产损失	$10^{-3}/\text{年}$

表3.2.8.1 可承受风险的典型值 R_T

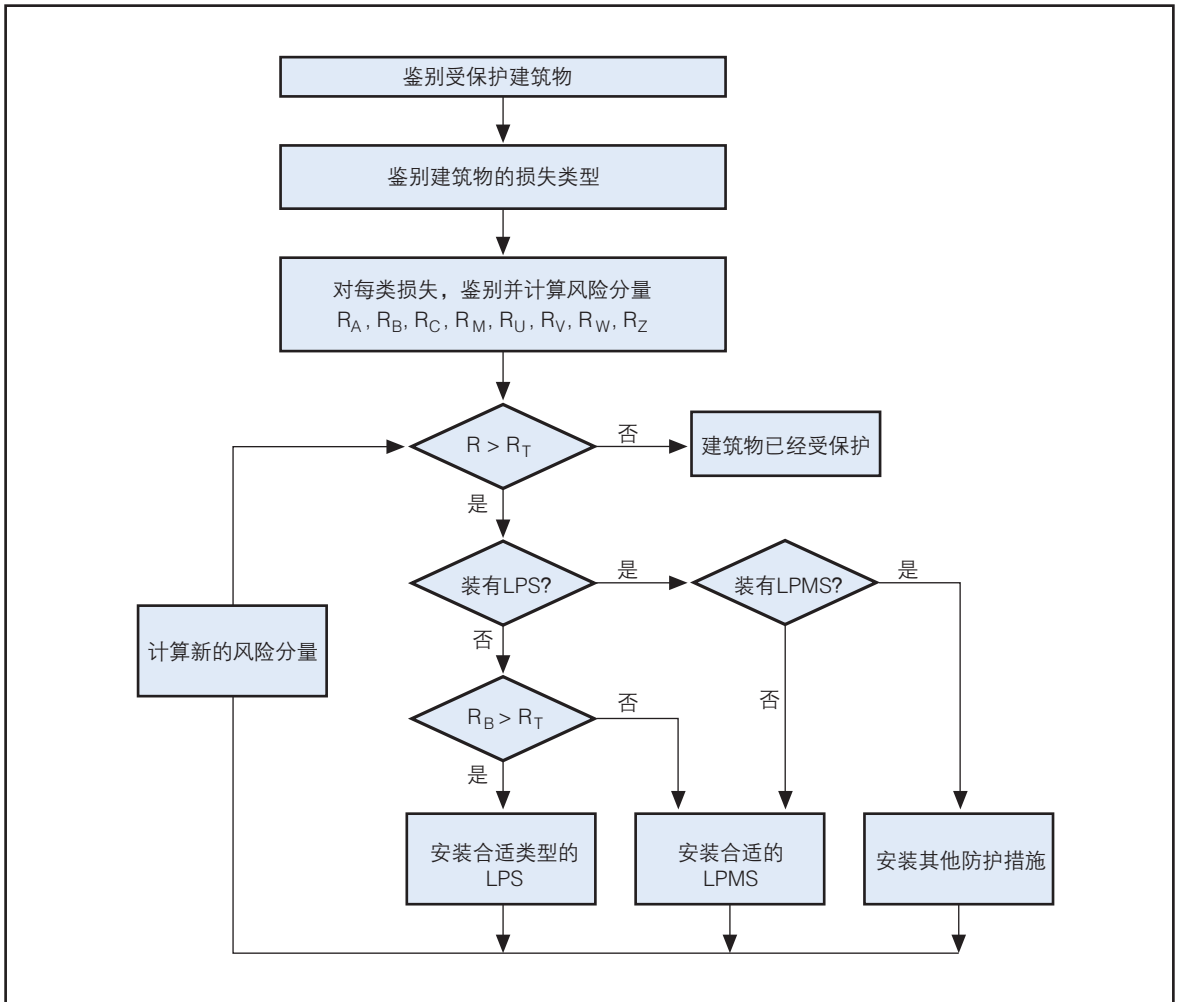


图3.2.9.1 为损失类型L1...L3选择防护措施的流程图

的物理损坏的风险 R_B 是否超出了可承受的风险值 R_T 。

为第二步，还要检查，通过采取防止雷电电磁脉冲的保护措施，风险是否能够被大大地降低。

如果出现这种情况，那么整个防雷保护系统必须建立适当的外部 and 内部防雷保护。当 R_B 足够小时，做

根据图3.2.9.1所示的操作步骤，应选择那些能够

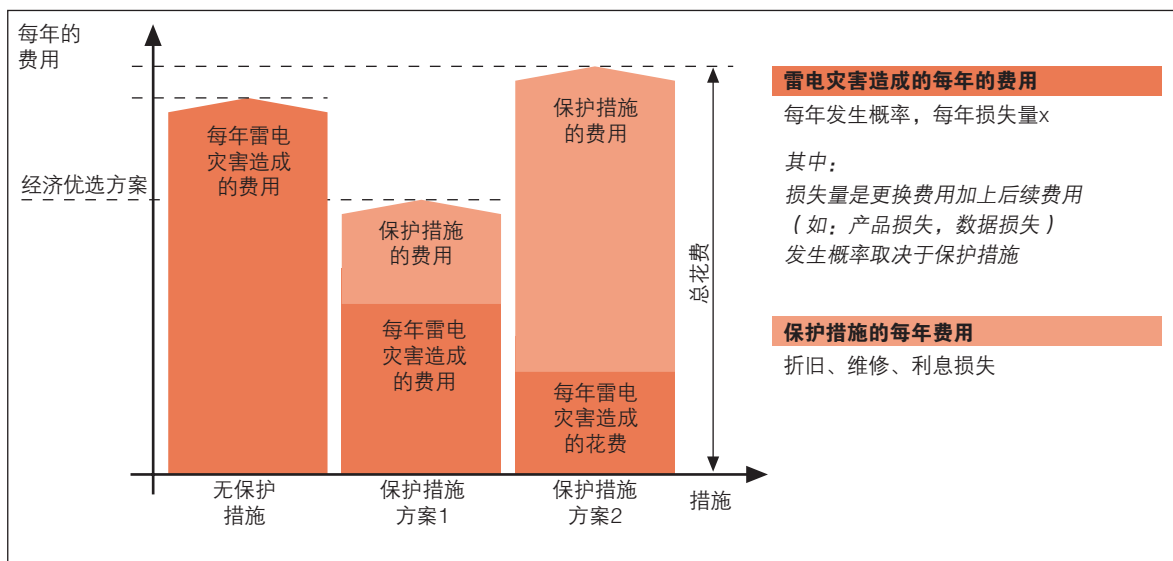


图3.2.10.1 从纯经济角度出发，基本流程及每年花费的计算

降低风险值的保护措施，也就是说，根据目前所调查的情况，需要对原来那些风险值相对较高的保护措施进行改进。

3.2.10 经济损失/保护措施的经济性

对于许多建筑设施来说，损失类型L4是与经济损失相关连的。在这里就不能再使用可承受的风险值，而要更多的从经济角度出发，比较保护措施是否有利于经济。所以，比较的尺度不再是一个绝对的值（比如前面给出的风险允许值），而是一个相对值。其方法是：对建筑设施的各种不同的“保护-形”进行相互比较并优化，即用最少的成本，实现防止雷电危害的目的。为此，对许多相关的变量需要并应该进行研究。

基本的做法如图3.2.10.1所示。图3.2.10.2画出了与此相应的流程图，该图摘自IEC 62305-2（EN 62305-2）。这些新的方法一开始就在专业圈内激发了新一轮的讨论。所有的方法都假定，在计划雷电保护之初就可以粗略地将所有费用估计出来。同时，这些新方法提供了一个具体而详尽的估算费用的数据库。

通常，除损失类型L4之外，建筑设施损还有一个或多个L1至L3的损失类型。对于这些情况，应首先应用图3.2.9.1所示的操作方法，也就是说，L1至L3损失风险 R 必须小于可承受风险 R_T 。如果这种情况成立，那么，做为第二步，就要依据图3.2.10.1和图3.2.10.2，检查所规划的保护措施的经济合理性。当然，这里面也有许多保护方法可选，而最终实现的保护措施应是最经济合理的。它的前题条件当然也是假定：对所有公众利益相关的损失类型L1至L3，总是满足条件 $R < R_T$ 。

3.2.11 总结

实际应用上述方法和数据的成本很高，而且不容易。然而，防雷保护领域的专家，尤其是有实际经验的人，不会因此而却步，进而会详细研究相关资料。对建筑物进行雷电损害风险的量化评估，是对过去状况的一个实质性的改善，因为在过去，对雷电保护系统作出的支持或反对的决定，往往是主观人为的，甚至有些连参与者都无法理解。

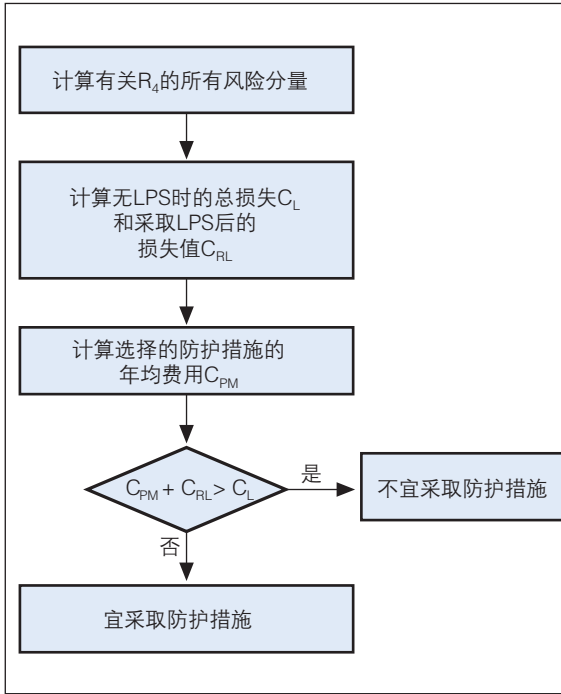


图3.2.10.2 选择保护措施的流程图，用于经济损失类型

对于作出正确的决定，这样一种量化评估是必不可少的先决条件。只有这样，才能决定是否需要为建筑物实施防雷保护措施，以及采取何种措施。从长远上看，这也有助于人们接受防雷保护观念，预防雷电造成的损害。

3.2.12 规划帮助

使用对建筑物进行风险评估的方法，花费较大，困难较多；在实际应用时，通过计算机得到解决方案，是一条更好的途径。DEHN+SÖHNE公司将从IEC 62305-2 (EN 62305-2) 得到的数据和方法，移植到了软件“DEHNsupport”中。在规划上，DEHNsupport为用户提供了有针对性的支持。

规划帮助可用于以下几种计算：

- ⇒ 根据IEC 62305-2 (EN 62305-2) 进行的风险分析
- ⇒ 隔离距离的计算
- ⇒ 接地体长度的计算
- ⇒ 接闪装置长度的计算

3.3 检验与维修

3.3.1 检验种类和检验者的资质

这里需要考虑其它国家标准或法律规范。

为了确保对建筑物的长期有效保护，并保护位于其内的人员和电气、电子系统，防雷保护系统的机械及电气性能（特征值）在其使用寿命期间必须保持不变。为了测试和维护防雷保护系统，需要制定一个协调一致的计划。该计划应由政府、防雷系统的规划者和建筑设施的业主共同制定并执行。如果在检查防雷保护系统时，发现了缺陷和问题，则该建筑设施的经营者/所有者有责任当即改进不足。防雷系统的检查必须由防雷保护专家来完成。

原则上，要满足“防雷专业出身、具有防雷的知识和经验”这一判据，必须是从事过多年与防雷相关职业或者正在从事防雷领域工作的人。防雷保护系统的规划、设立和检验，从不同的方面，对防雷专业技术人员提出了不同的要求。

防雷内行人士是一位具有丰富的防雷知识的人，

他熟知一些重要的工作保护条例、指导守则和标准，能够对工作安全状态、采用的技术手段等进行分析判断。作为防雷内行人士，能够为客户解决如安装等方面的问题。德国保险业联合会（GDV）中损失预防组织（Vds），和 VDE（ABB）雷电保护、研究委员会共同参与，制定了鉴定防雷专业技术人员（雷电和电涌保护的内行人士以及电气设备的电磁兼容方面的内行人士（EMV内行））的具体方法和措施。

注意：一个防雷内行人士不是一个防雷专家。

一个防雷专家，他拥有相关专业的培训和经验，特别是检测技术领域的专业知识。他精通工作保护条例、指导守则和标准，能够对工作安全状态、采用的复杂技术手段等进行分析 and 评判。他能够使用检测技术手段并给出专业性的意见。作为一个防雷专家，他可以是技术监督委员会的工程师，或者其它相关行业的专业工程师。通常，对设备的检测工作都要求由防雷专家来承担。

与资格审核无关，雷电检测者应通过检测，确保雷电保护系统的防护功能，使该系统能够抵抗直接和间接雷击，保护建筑设施内的生命、财产安全，保障建筑物中的技术装备、安全体系及其维护措施的实施。因此，检测人员手头应备有防雷保护系统的设计报告、设计标准、设计规格和技术图纸。

交付测试的内容如下：

完成对规划的检查

通过检查规划，以确保防雷系统及其组成部分符合当今的技术水平。该项检查必须在规划执行前完成。

与建筑相关的检测：

防雷系统的某些部分，不能在建筑工程完成之后再安装。因而如果可能，在此之前就要进行检查。它们包括：

- ⇒ 基础接地
- ⇒ 接地装置
- ⇒ 保护端子
- ⇒ 钢筋混凝土
- ⇒ 引下线及其在混凝土中的连接

检查包括对技术资料的审核，视察并判断工艺的完成是否符合要求。

产品验收

在雷电保护系统完成后，要进行产品的验收。完整的验收包括：

- ⇒ 是否遵守了规范中的保护概念（计划）
- ⇒ 工艺的完成情况（专业技术的正确性）

并且做了以下的考虑：

- ⇒ 建筑物的用途
- ⇒ 建筑物的技术装配
- ⇒ 建筑物的地理位置

重复检查

定期重复检查是维持长期有效的防雷保护系统的前提条件。该项检查应在1至4年内完成一次。在表 3.3.1.1 中包含了，在常规环境条件下，对防雷保护系统进行一次完整的检查，所推荐的检查时间间隔。如果官方已经指定或规定了检查的期限，那么这些期限被视为最低要求。如果官方已经明确规定，必须要对建筑物中的电气设备做定期检查，那么这项检查可作为对内部防雷保护措施功能性方面的一次检查。

目视检查

对建筑物的防雷系统，以及雷电防护系统的关键部分（如：由于周围恶劣环境对保护系统的某些部件



雷电保护等级	目视检查 (年)	全面检查 (年)	全面检查 系统关键部分 (年)
I和II	1	2	1
III和IV	2	4	1

注意：对具有爆炸危险建筑物的防雷保护系统，应每隔6个月进行一次目视检查。对装置的电气测试应每年进行一次。年检计划允许推迟至每隔14/15个月进行一次，如果测量年内不同时间的大地导电率，取得其随季节变化的规律，那么就更有意义。

表3.3.1.1 依据IEC 62305-3 (EN 62305-3) 表E.2, LPS规定的最长检查时间间隔

影响较大) 必须进行反复的目视检查 (表3.3.1.1) 。

额外检查

除了重复检查，如果被保护建筑物另行完成以下工程，那么，还需对防雷系统进行额外的检查：

- ⇒ 建筑物的使用用途发生根本变化
- ⇒ 建筑物的改造
- ⇒ 增建
- ⇒ 扩建
- ⇒ 修缮

当确知雷电保护系统受到雷击时，此项检查也应进行。

3.3.2 检查措施

检查包括对技术资料的审核，现场视察和测量。

对技术资料的审核，主要是检查：

- ⇒ 完整性
- ⇒ 与标准的一致性

关于现场视察

- ⇒ 现场检查应审查以下内容：

- ⇒ 整体系统是否与技术资料一致
- ⇒ 完整的外部 and 内部防雷系统是否处于正常状态
- ⇒ 防雷系统的线缆是否存在任何松动和断裂
- ⇒ 接地连接 (可见部分) 是否正常
- ⇒ 所有线缆和系统组件是否正常，保护性功能的机械部件是否工作正常
- ⇒ 建筑如被改造，要求采取额外的保护措施
- ⇒ 在供电系统和信息系统中安装的电涌保护器是否被正确安装
- ⇒ 电涌保护器是否损坏或已脱扣
- ⇒ 电涌保护器上游的过流保护装置是否已动作
- ⇒ 前一次检查之后，在建筑物内部新安装或增加的电源连接端子是否做了等电位连接
- ⇒ 在建筑物内部的等电位连接是否实现，并且完整无缺
- ⇒ 在防雷保护系统附近是否已实施必要措施

提示：对于现存的、十年以上的接地装置，其接地导线的状况、特征以及连接情况，只能通过暴露在外面的各点来进行评估。

测量

通过测量，可检查电气连接和接地装置的状态。



⇒ 电气连线

必须测量所有的连接（包括接闪装置、引下线、等电位连接）和屏蔽都应是低阻抗的电气连接。（参考值：小于1欧）。

⇒ 接地装置的状况

为确定电缆及其电气连接性能，在所有的测量点均要测量接地装置的接触电阻。（参考值：小于1欧）

此外，对金属装置（如煤气，水，通风，暖气）的导电性，防雷系统的总接地电阻，以及单接地体和部分环形接地体的接地电阻，都要进行测量。

测量结果必须与以前的测量数据进行比较。如果和以前的测量有较大的偏离，必须要做进一步的调查。

3.3.3 文献资料

每一次检查后都必须起草一份报告。这份报告及相应的技术资料、连同以前的报告等，将由设施/系统的运营商或者有关的管理处来保管。

检查人员在对防雷保护系统作出评估时，必须提供以下的技术资料：

⇒ 设计标准

⇒ 规划说明

⇒ 外部和内部防雷保护的技术图纸

⇒ 之前的检查和维护报告

检查报告必须包含以下的内容：

⇒ 一般信息

a) 所有者的名称及其地址

b) 防雷保护装置的生产商及其地址

c) 建筑年代

⇒ 有关建筑物的信息

a) 位置

b) 用途

c) 建筑类型

d) 屋顶类型

e) 防雷等级（LPL）

⇒ 有关防雷保护的信息

a) 线缆的材料和横截面积

b) 引下线的数量，如：隔离距离（图中相关项标定的值）；计算的安全隔离距离

c) 接地装置的类型（如：环形接地体、垂直接地体、基础接地等），以及连接接地体的线缆的材料和横截面积

d) 完成至金属装置、电气装置及现有的等电位排的等电位连接

⇒ 检查的基本内容

a) 防雷保护系统的说明和图纸

b) 设立防雷保护系统时的标准和规定

c) 安装时其它要求检查的基本内容（例如：法规，命令）

⇒ 检查的形式

a) 规划的检查

b) 施工阶段的检查

c) 验收阶段的检查

d) 重复检查

e) 额外检查

f) 目视检查

⇒ 检查结果

a) 确定建筑物或/和防雷保护系统的改变

- b) 与设立之初相关标准、法规和应用准则的偏离
- c) 缺陷的确定
- d) 在每个隔离点上接地电阻值或回路电阻值，并给出测试方法和测试仪器的类型
- e) 总接地电阻（测量可分为：有或无保护线和建筑物的钢筋结构的测量）

⇒ **检查者**

- a) 检查人的姓名
- b) 检查人所在的公司/组织
- c) 陪同检查人的姓名
- d) 检查报告的页数
- e) 检查日期
- f) 检查人所在的公司/组织的签字

⇒ 所观察的建筑物的保护等级

维护措施应针对不同的防雷保护系统而制定，并成为建筑物整体维护不可分割的组成部分。

应建立一套完整的维护制度。只有这样，才能将当前得到的结果和以前的维护情况进行比较，它也将作为后续维护的参考依据。

⇒ 一个例行的维护应包括以下的检查措施：

- ⇒ 检查防雷系统所有的电缆和组成部分
- ⇒ 测量防雷系统装置的电气连接
- ⇒ 测量接地装置的接地电阻
- ⇒ 目视检查所有电涌保护器（包括电涌保护器引入供电系统和信息系统的所有连接导线）
- ⇒ 确定是否有任何损坏或断开
- ⇒ 对建筑物进行了修建或改建后，要检查防雷系统的有效性

这些完整的记录，是评估防雷保护系统中组成部件和装置的有效手段。有了它，例行维护将变得更加有效和实际。维护记录将与防雷保护系统的设计和检查报告一起被妥善保管。

3.3.4 维护

防雷保护系统的维护和检查是相辅相成的。

因此，除了检查所有的雷电保护系统外，还要对它做定期的维护。维护的周期依赖于以下因素：

- ⇒ 雷雨天气和周围环境
- ⇒ 直接雷击和由此产生的损害

4 雷电防护系统

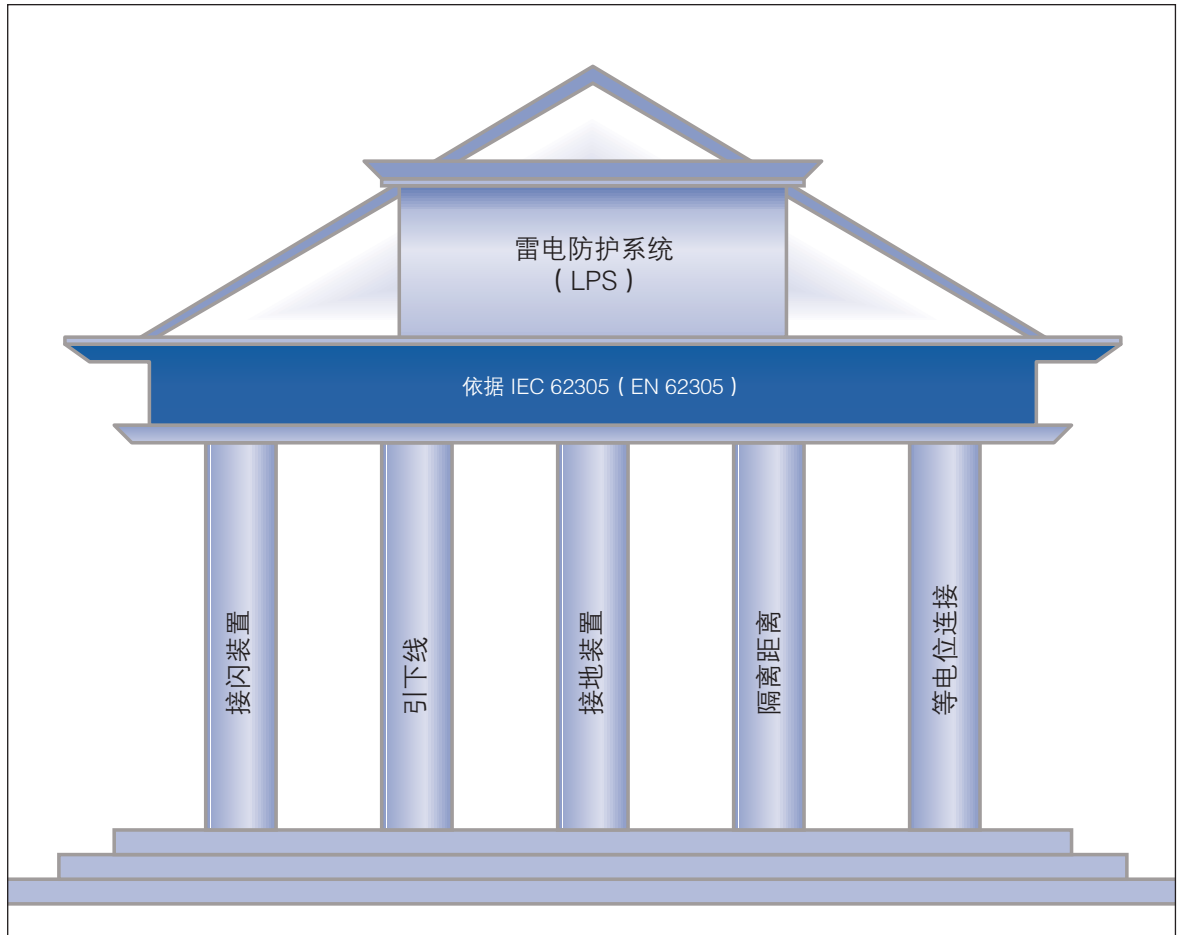


图4.1 雷电防护系统的组成

雷电防护系统保护建筑物内的设施，避免火灾或机械损害；同时保护建筑物中的人员，避免人员受伤甚至死亡。

雷电防护系统由外部防雷和内部防雷两部分组成。（图4.1）

外部防雷的作用：

- ⇒ 接闪器引导直接雷击
- ⇒ 通过引下线将雷电流安全地传导入地
- ⇒ 通过接地装置将雷电流分流入地

内部防雷的作用：

- ⇒ 防止在建筑物内的设备中发生危险的火花放电
- 内部防雷是通过等电位连接，或在建筑物内、在雷电防护系统的器件与其它导体之间设置安全隔离距离来实现的。

防雷保护的等电位连接的目的是减少雷电流造成的电势差。这是通过连接导线或过电压（电涌）保护器（SPD）将所有分离的导电设备部件连接起来而实现的。（图4.2）

根据有关建筑物防护的系列规则，雷电防护系

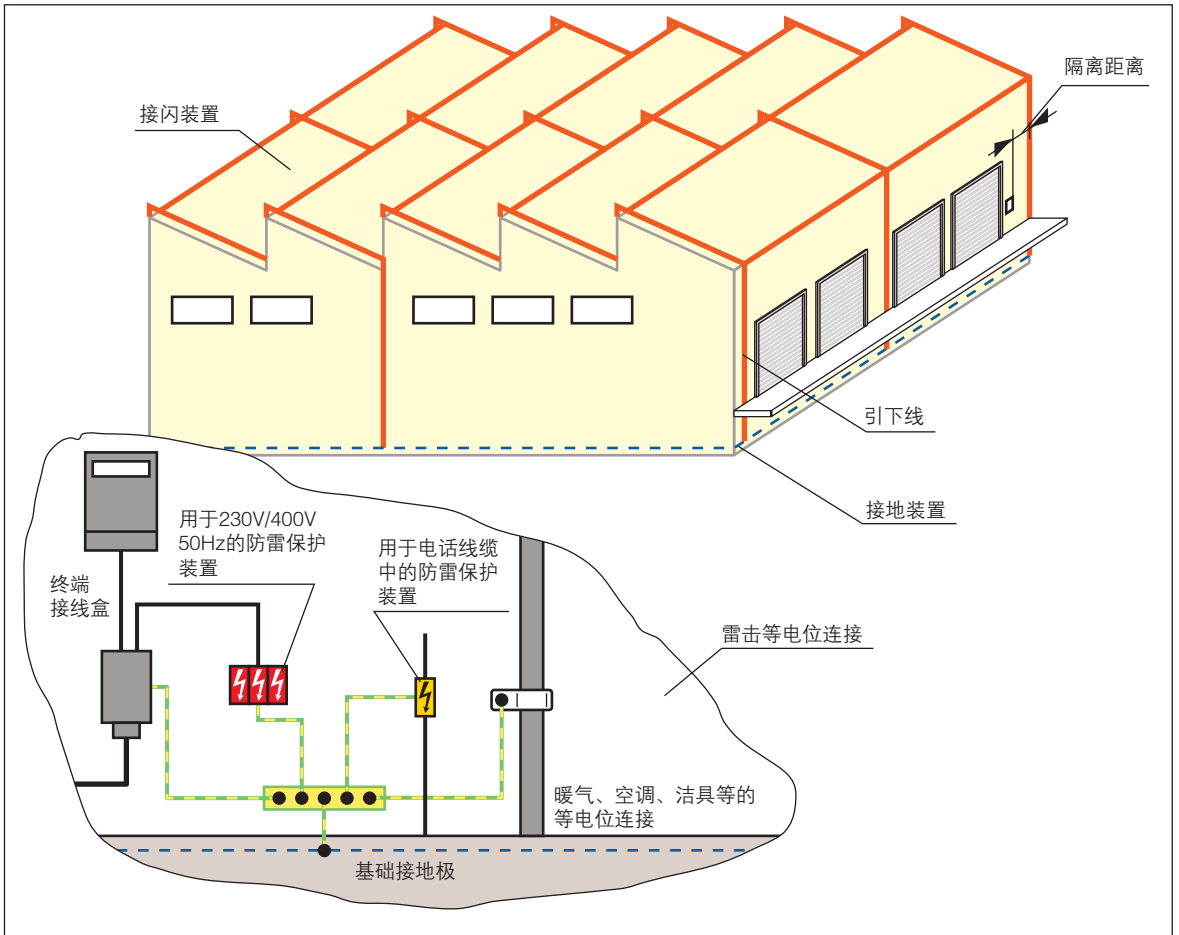


图4.2 雷电防护系统（LPS）

统（LPS）定为I，II，III，IV四个防护等级，它是根据有关建筑物防护的系列规则，雷电防护系统（LPS）定为I，II，III，IV四个防护等级，它是根据相应的危险等级（LPL）为依据的。每个规则都包含了依赖于保护等级的建造规则，如：滚球半径、网格尺寸）和不依赖于保护等级的建造规则。（如：横截面积、材料）

在直接雷击的作用下，为确保复杂的信息技术系统持续的可用性，在已有的保护系统的基础上，对电器设备进一步采取防电涌的保护措施，是十分必要的。关于全面防护措施的细节将在第七章中描述。

5. 外部防雷

5.1 接闪装置

雷电防护系统的接闪装置的任务是对被保护对象实施整体保护，防止它们受到直接雷击的危害。接闪装置的设计理念是，防止雷击肆意地侵害被保护的建筑物及其内部的设备。

通过正确地测量、规划接闪装置的尺寸可控制和降低在建筑物上产生雷击的效应。

接闪装置可由以下几部分组成，也可以是它们的任意组合：

- ⇒ 避雷针
- ⇒ 避雷带
- ⇒ 避雷网

确定雷电防护系统中接闪装置的位置时，应该特别注意建筑物的角落和边缘区域，尤其是在建筑物的顶部和侧面上部（如女儿墙）。接闪装置应首先安装

在建筑物的这些区域上。（图5.1.1）

利用以下三种方法，可确定接闪装置的尺寸和保护范围：

- ⇒ 滚球法
- ⇒ 网格法
- ⇒ 保护角法

其中滚球法是通用的确定接闪装置的方法，该方法特别推荐使用于具有复杂几何图形的情况。

下面分别介绍这三种不同的方法。

5.1.1 接闪装置的种类和布置方法

滚球法 - 几何-电气模型

当云对地发出闪电时，从云层到地面逐渐形成下行先导。将穿透地面附近的空气绝缘层。另一个与下行先导类似的、与下行先导方向相反的“先导”开始放电，形成上行先导。这样雷击点就被确定下来。

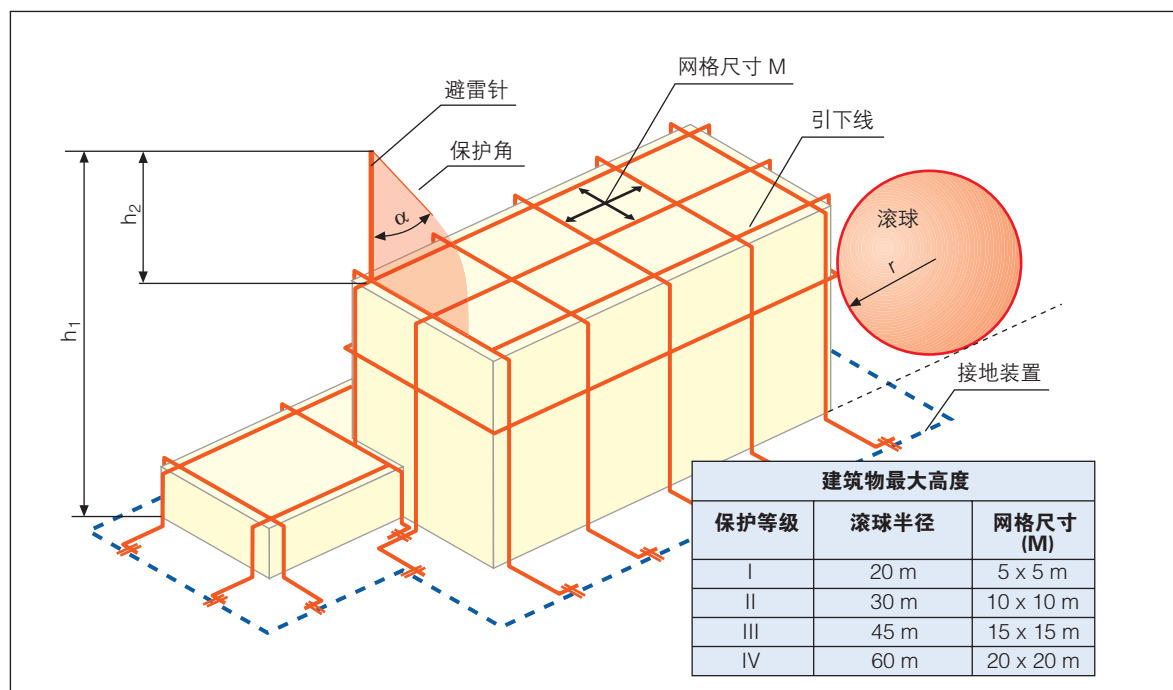


图5.1.1 在高层建筑物上确定接闪装置位置的方法

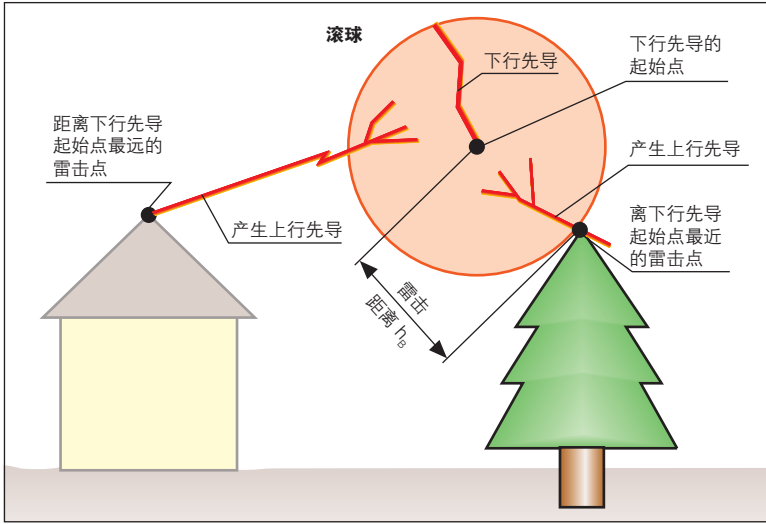


图5.1.1.1 上行先导的产生确定雷击点



图5.1.1.2 滚球法的模型

上行先导的起始点以及后续的雷击点主要是由下行先导的起始点来确定的。下行先导只能到达距离地面一定高度的范围内。这个距离是由下行先导接近地面时不断增强的地面的电场强度来确定的。下行先导和上行先导起始点之间的最小距离称为雷击距离 h_B 。（相当于滚球半径）

某一位置上的电气绝缘一旦被击穿，即发生闪电，即雷电对地放电，并由此形成雷击距离。这个“几何-电气模型”的建立，是通过观察架空线和高压输电线上的防雷效果得到的。

它是建立在如下假设的基础上：即下行先导未到达雷击距离时，不会影响地面上的物体。雷击点将由物体到下行先导的最短距离来确定。从雷击点开始，上行先导将“全力通过”（图 5.1.1.2）。

防雷系统的划分及滚球半径

作为第一个近似值，在雷电流峰值和下行先导中储存的电量之间存在一个比例常数。另外，对于第一个近似值而言，当下行先导不断增强时，地面的电场强度与下行先导中的电荷量之间被视为存在线性关系。

因此，雷电流峰值 I 与雷击距离 h_B （=滚球的半径）之间存在一个比例常数：

$$r = 10 \cdot I^{0.65}$$

r 单位：米（m）

I 单位：千安（kA）

在IEC 62305-1（EN 62305-1）中阐述了有关建筑物的雷电防护。在这个标准中定义了保护等级并确定了由此而得出的防雷措施。

保护级别共划分为四个等级。其中I级为最高保护等级，IV级为最低保护等级。由保护等级可确定的有效拦截 E_i （即：预期雷电击中接闪装置，而被接闪装置完全控制的概率）。由此得到雷击距离和“滚球”半径。保护等级、接闪装置的有效拦截 E_i 、雷击距离/“滚球”半径及最小雷电流峰值之间的相互关系见表5.1.1.1。

在“几何-电气模型”中假设，下行先导以任意

保护等级	接闪装置的有效拦截		滚球半径 (雷击距离 h_B) 单位: m	雷电流 最小峰值 I (单位: kA)
	<最大值, 依据 IEC62305-1 (EN62305-1)表5	>最小值, 依据 IEC62305-1(EN62305-1)表6		
IV	0.84	0.97	60	16
III	0.91	0.97	45	10
II	0.97	0.98	30	5
I	0.99	0.99	20	3

表5.1.1.1 保护等级、接闪装置的有效拦截 E_s 、雷击距离 h_B / 滚球半径及最小雷电流峰值 I 之间的相互关系
来源: IEC 62305-1 (EN62305-1) 中表5, 6, 7

方式接近地面上的物体时, 在未达到雷击距离之前, 对地面上的物体是没有影响的。由此导出了“滚球”这一通用的方法, 通过该方法, 可以对任何建筑格局内的接闪装置的安装位置进行检验。为完成滚球法, 首先, 需要人们对被保护的建筑物建立一个模型, (例如, 比例尺为: 1: 100), 然后, 依据这个仿制建筑物外部结构的模型, 来确定接闪装置的安装位置。另外, 将周围的建筑物及其所处地理环境予以一并考虑也是十分重要的。因为, 作为“自然保护措施”建筑物周围的环境将会影响到该建筑物。

另外, 准备一个与保护等级相对应的以雷击距离为半径 (根据防雷系统的保护等级, “滚球”半径 r 必须与半径20, 30, 45, 60米成比例) 的比例球。“滚球”的中心就是下行先导的起始点与相应的上行先导结合点。

当“滚球”围绕建筑物模型滚动时, 每个滚球触及的点相当于可能的雷击位置而被标记下来。最终, “滚球”要沿建筑物的所有的方向滚过, 再将所有滚球触及的点标记下来。同时, 侧面雷击点也可以用同样的方法确定。由此, 根据被保护建筑物的几何形状及其周边环境而得到的自然保护空间, 将清晰可见。在这些位置上可以不需要安装接闪装置。(图 5.1.1.3)

当然, 还应注意, 在尖塔上滚球滚过时不会被接触到的部分, 仍然发现了雷击痕迹。这是因为在多次雷击时, 雷击点会随风向而改变。雷击落在预先确定的雷击点周围1m的范围内是完全可能的。

例1: 慕尼黑新建的一个行政大楼

在行政大楼的规划阶段, 由于该建筑物结构复杂, 设计人员决定采用滚球法来确定可能遭受雷击的危险区域。

因为有一个1: 100的建筑模型可供使用, 使滚球法成为可行的方法。

按照防雷系统的规定, 该建筑物的保护等级被定为I级, 即滚球的半径为20m。(图 5.1.1.4)

建筑物上被“滚球”触及的部位, 可能会遭受直接雷击, 其雷电流的最小峰值为3 kA。因此, 要求在这些位置上安装适宜的接闪装置。如果在这些位置上或者靠近这些位置上安装电气设备 (如: 在建筑物的房顶), 那么需要安装附加的接闪装置, 并应采取进一步的防雷措施。

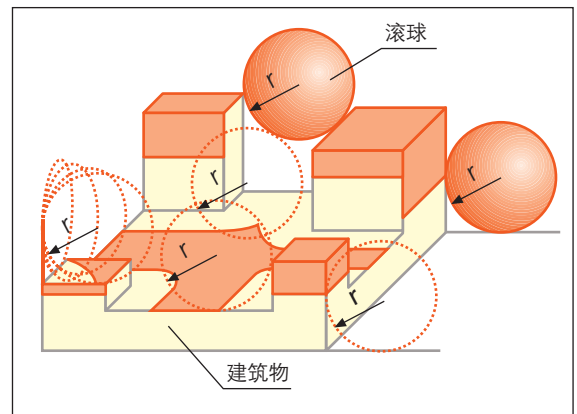


图5.1.1.3 “滚球”使用示意图, 用于外部结构复杂的建筑物

通过应用滚球法，将避免在那些从保护技术角度来讲不需要的部位安装接闪装置。另一方面，在需要安装的位置做进一步的完善，更好地防止直接雷击。

(图5.1.1.5)

例2：亚琛的大教堂

大教堂矗立在亚琛老城区的中心部位，周围有许多很高的建筑物。在大教堂旁边，设有一个1:100的模型，它使参观者能够更好地了解这个建筑的几何形状。周围的建筑在一定程度上赋予这个大教堂一个自然的防雷保护。

另外，为了说明防雷保护措施的有效性，又以同样的模型比例将周围主要的建筑塑造出来。(图5.1.1.6)

此外，在图5.1.1.6所示模型上也展示了II级保护等级和III级保护等级的“滚球”。(即滚球半径为30厘米和45厘米)

这样做的目的是为了阐明如下的理论，即：当滚球半径逐渐减小时，接闪装置的数量将增多。从亚琛大教堂的模型中可见，当采用了更高的保护等级，即II级保护等级时，将有更多的区域被视为雷击的危险地带。

具有较小半径的滚球(相当于较高的保护等级)肯定会触及模型中所有具有较大半径的滚球已经触及的位置。因此，只要再确定那些额外的接触点即可。

在为建筑物或屋顶上的建筑规划接闪装置的尺寸时，滚球的下凹部分十分关键。

当滚球沿某一“轨道”滚动时，用下面的公式可以计算出滚球的渗透深度P。例如，这可以通过使用两条悬索来实现。

$$p = r - \left[r^2 - (d/2)^2 \right]^{1/2}$$

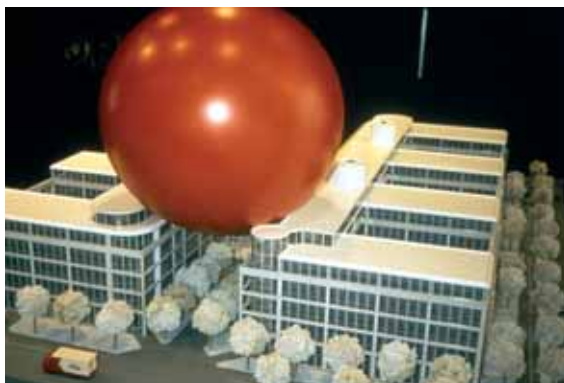


图 5.1.1.4 新建的行政大楼：采用了I级保护等级的“滚球”模型
来源：WBG 维辛格



图 5.1.1.5 新建的DAS的行政大楼：保护等级为I级时的雷击危险区域，俯视图(截图)
来源：WBG 维辛格

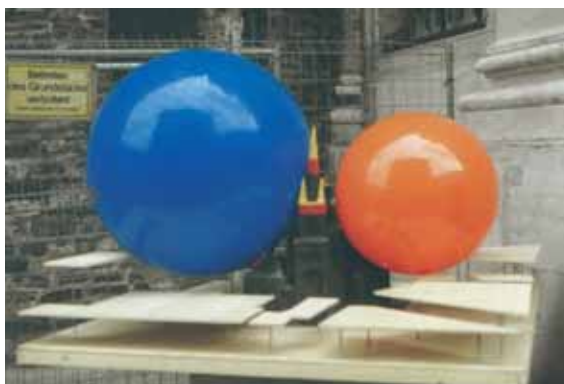


图 5.1.1.6 亚琛大教堂及周围建筑的模型，及保护等级为II级和III级的“滚球”
来源：亚琛大学教授，A.Kern博士

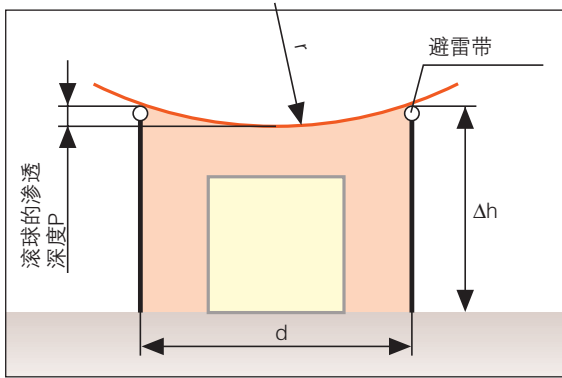


图5.1.1.7 滚球的渗透深度p

- r 滚球的半径
- d 两个接闪装置之间的距离，或两个平行的避雷带之间的距离。

图5.1.1.7 形象地说明了这种思考方法。

避雷针经常用来防止直接雷击，以保护屋顶及在屋顶上安装的设施。如果避雷针呈正方形布置，在避雷针之间没有跨接线时，通常使滚球不能沿着它的“轨道”滚动继续跨过，而是被深深地卡入了网格中间，这样就使它的渗透深度加大。（图5.1.1.8）

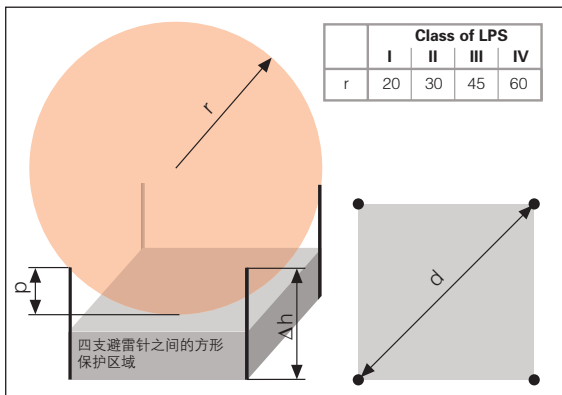


图5.1.1.8 屋顶的接闪装置及其保护空间

避雷针的高度应大于给出的渗透距离，即大于滚球的凹陷深度。避雷针高出的部分确保滚球不会触及被保护的物体。

另外一种确定接闪针高度的方法可从表5.1.1.2中得到。滚球的渗透深度主要取决于避雷针之间的距离。若避雷针之间具有较大的距离，可从表中对应找出渗透深度p（即滚球的凹陷深度）。避雷针的高度必须根据安装在房顶上设施的高度（参照避雷针的位置）和两支避雷针间滚球的渗透深度渗透深度做相应的选取。（图5.1.1.9）

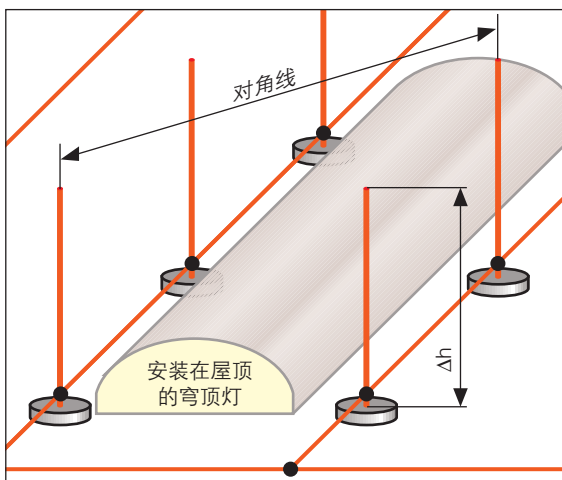


图5.1.1.9 多个接闪装置时，按照滚球法计算Δh

d	滚球的渗透深度			
	保护等级 / 滚球半径			
	I (20 m)	II (30 m)	III (45 m)	IV (60 m)
避雷针之间距离 [m]				
2	0.03	0.02	0.01	0.01
4	0.10	0.07	0.04	0.03
6	0.23	0.15	0.10	0.08
8	0.40	0.27	0.18	0.13
10	0.64	0.42	0.28	0.21
12	0.92	0.61	0.40	0.30
14	1.27	0.83	0.55	0.41
16	1.67	1.09	0.72	0.54
18	2.14	1.38	0.91	0.68
20	2.68	1.72	1.13	0.84
23	3.64	2.29	1.49	1.11
26	4.80	2.96	1.92	1.43
29	6.23	3.74	2.40	1.78
32	8.00	4.62	2.94	2.17
35	10.32	5.63	3.54	2.61

表5.1.1.2 两支避雷针之间滚球的渗透深度

例如：若计算得出或从表中查出的避雷针的高度为1.15m，通常习惯上使用高度为1.5m的避雷针。

网格法

接闪装置中使用避雷网格因其不依赖于建筑物的高度和屋顶的外形，可被广泛应用，比如可将避雷网格布置在屋房顶上；它的网格尺寸按照相应的保护等级而定。（表 5.1.1.3）

为简单起见，对于避雷网格，假设滚球的渗透深度为零。

当使用建筑物的屋脊、外沿及建筑构件中的金属作为接闪装置时，采用避雷网格是理想的保护方式。

建筑物外沿处的接闪装置必须尽可能地靠近边沿安装。

如果金属的建筑拦墙满足所要求的最小尺寸，可将其作为天然的接闪装置或引下线使用。（图 5.1.1.10）

保护角法

保护角法来源于电气-几何模型。保护角的大小是由滚球半径决定的。在相同的滚球半径的条件下，当一个斜面截取滚球所得的表面积相同时，即得到了与这个滚球半径所对应的保护角。（图5.1.1.11）

这个方法适用于具有几何对称的建筑物，或是屋顶上的一些设施。（如：卫星天线，通风管）

对于同一参考平面，保护角取决于保护等级和接闪装置的高度。（图5.1.1.12）

避雷带、避雷针、电杆和电线的布置应使建筑物及其所有的设施均在接闪装置保护的范围内。

保护范围可以是圆锥形的，或者象一个用钢索撑开的“帐篷型”的。（图5.1.1.13至5.1.1.15）

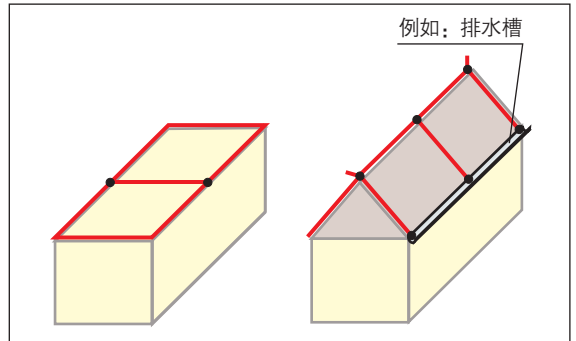


图 5.1.1.10 网状接闪装置

当避雷针被安装在屋顶上用来保护其上的一些设施时，保护角的大小可以是不同的。在图5.1.1.16中，屋顶是保护角 α_1 的参考平面，而保护角 α_2 的参考平面是地面，因而，根据图5.1.1.12和表5.1.1.4，保护角 α_2 小于保护角 α_1 。

在表5.1.1.4中，根据保护等级和相应的距离（保护范围）可得到保护角。

保护角法用于保护屋顶设施的隔离的接闪装置

如果在屋顶上经常进行后续安装，就可能产生一些特殊的问题，例如：超出了避雷网的保护范围。若在这些屋顶上还有电气或电子装置，如：顶部排气扇、卫星天线、测量系统或电视摄影机等，则必需增加额外的保护措施。

雷电发生时，部分雷电流将通过这些直接连接到外部防护系统的装置进入建筑物内，造成对过电压敏感的设备损坏。而通过使用有隔离的接闪装置，可避免直接雷击作用于这些突出于建筑物的设备上。

图5.1.1.17所示的避雷针，适合保护屋顶上小型

保护等级	网格尺寸
I	5 x 5 m
II	10 x 10 m
III	15 x 15 m
IV	20 x 20 m

表5.1.1.3 避雷网格尺寸



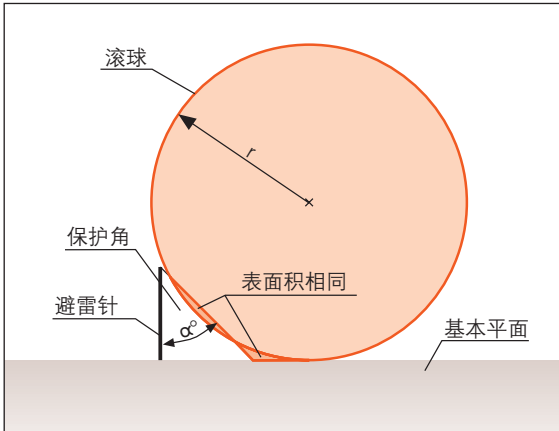


图5.1.1.11 保护角及其相对应的滚球半径

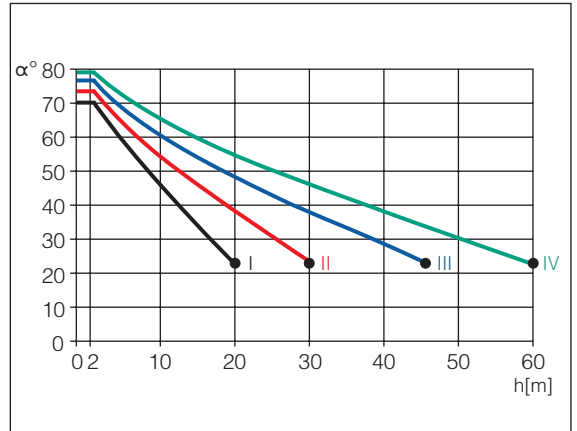


图5.1.1.12 保护角 α 与保护等级、接闪装置高度的关系

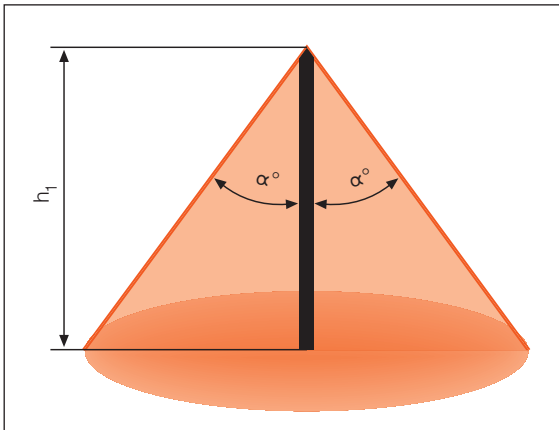


图5.1.1.13 锥形的保护范围

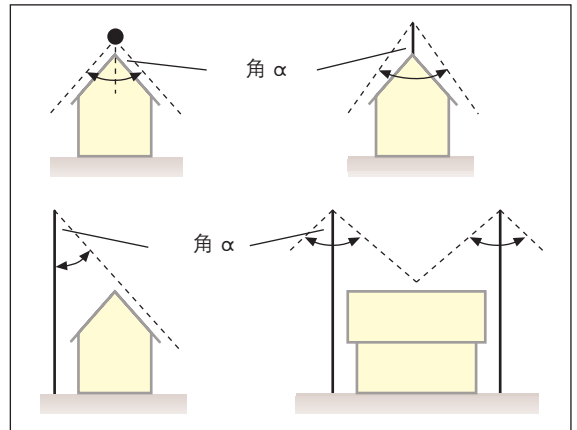


图5.1.1.14 保护角为 α 的接闪装置

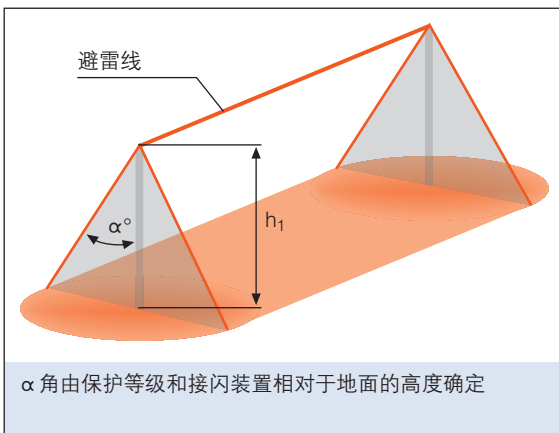


图5.1.1.15 避雷线的保护空间

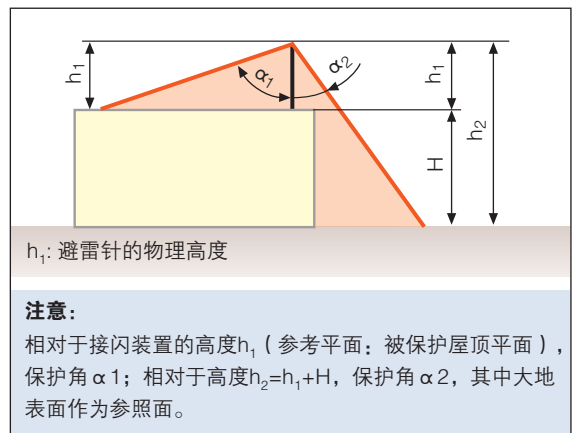


图5.1.1.16 垂直方向的避雷针保护的範圍

接闪装置的高度 h (米)	保护等级LPS I		保护等级LPS II		保护等级LPS III		保护等级LPS IV	
	角 α	距离 a (米)	角 α	距离 a (米)	角 α	距离 a (米)	角 α	距离 a (米)
1	71	2.90	74	3.49	77	4.33	79	5.14
2	71	5.81	74	6.97	77	8.66	79	10.29
3	66	6.74	71	8.71	74	10.46	76	12.03
4	62	7.52	68	9.90	72	12.31	74	13.95
5	59	8.32	65	10.72	70	13.74	72	15.39
6	56	8.90	62	11.28	68	14.85	71	17.43
7	53	9.29	60	12.12	66	15.72	69	18.24
8	50	9.53	58	12.80	64	16.40	68	19.80
9	48	10.00	56	13.34	62	16.93	66	20.21
10	45	10.00	54	13.76	61	18.04	65	21.45
11	43	10.26	52	14.08	59	18.31	64	22.55
12	40	10.07	50	14.30	58	19.20	62	22.57
13	38	10.16	49	14.95	57	20.02	61	23.45
14	36	10.17	47	15.01	55	19.99	60	24.25
15	34	10.12	45	15.00	54	20.65	59	24.96
16	32	10.00	44	15.45	53	21.23	58	25.61
17	30	9.81	42	15.31	51	20.99	57	26.18
18	27	9.17	40	15.10	50	21.45	56	26.69
19	25	8.86	39	15.39	49	21.86	55	27.13
20	23	8.49	37	15.07	48	22.21	54	27.53
21			36	15.26	47	22.52	53	27.87
22			35	15.40	46	22.78	52	28.16
23			36	16.71	47	24.66	53	30.52
24			32	15.00	44	23.18	50	28.60
25			30	14.43	43	23.31	49	28.76
26			29	14.41	41	22.60	49	29.91
27			27	13.76	40	22.66	48	29.99
28			26	13.66	39	22.67	47	30.03
29			25	13.52	38	22.66	46	30.03
30			23	12.73	37	22.61	45	30.00
31					36	22.52	44	29.94
32					35	22.41	44	30.90
33					35	23.11	43	30.77
34					34	22.93	42	30.61
35					33	22.73	41	30.43
36					32	22.50	40	30.21
37					31	22.23	40	31.05
38					30	21.94	39	30.77
39					29	21.62	38	30.47
40					28	21.27	37	30.14
41					27	20.89	37	30.90
42					26	20.48	36	30.51
43					25	20.05	35	30.11
44					24	19.59	35	30.81
45					23	19.10	34	30.35
46							33	29.87
47							32	29.37
48							32	29.99
49							31	29.44
50							30	28.87
51							30	29.44
52							29	28.82
53							28	28.18
54							27	27.51
55							27	28.02
56							26	27.31
57							25	26.58
58							25	27.05
59							24	26.27
60							23	25.47

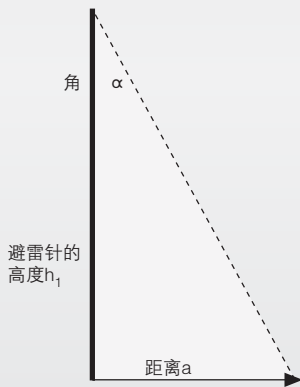


表 5.1.1.4 保护角和保护等级的关系

(具有电气装置的)电气设施。

这些接闪装置形成“圆锥形”的保护区域，因而可防止屋顶上的直接雷击。

在确定避雷针高度时，应考虑安全隔离距离 s 。(见5.6章)



图5.1.1.17 使用避雷针保护小型屋顶设施



图5.1.1.18 带有线束支架的坡面屋顶

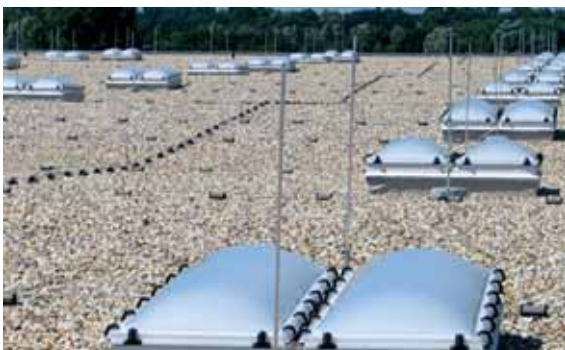


图5.1.1.19 带有避雷针和线束支架的平面屋顶，保护穹顶

隔离及未隔离的接闪装置

在对建筑物实施外部保护措施时，应区分以下两种接闪装置：

- ⇒ 有隔离的接闪装置
- ⇒ 未隔离的接闪装置

两种类型的接闪装置可相互配合使用。

一个用于外部防雷的非隔离接闪装置可通过以下几种方式来达到保护建筑物及其设施的目的：

若建筑物的顶部是由非易燃材料构成的，接闪器的引下线可置于建筑屋顶的表面（例如：尖顶屋或平顶屋）。通常屋顶使用的是非易燃材料。这样，可将外部防护装置直接安装于建筑物上。（图5.1.1.18和图5.1.1.19）

如果屋顶是由易燃材料制成的，例如茅草屋顶，那么屋顶的易燃部分与接闪装置（避雷针、带、网格）之间的距离必须保持在0.4米以上。被保护的建筑设施中的易燃部分不允许直接与外部保护装置连接。也不允许设置在屋顶下，否则，它们会被直接雷击击穿的。（见5.1.5章中的茅草屋顶）

对于有隔离的接闪装置，为了防止直接雷击，使用避雷针、避雷短针，或者用桅杆支撑的钢缆来对整个建筑物实施保护。安装接闪装置时，一定要注意与建筑物之间的安全隔离距离。（图5.1.1.20和图5.1.1.21）

接闪装置和建筑物要保持的一定的安全隔离距离。

这些与建筑物有隔离的接闪装置经常用于可燃材料构成的屋顶（如：茅草屋顶），或者存在易燃危险的设施（如：储油设施）中。

见5.1.5章 具有“茅草屋顶”建筑物上的接闪装置”。

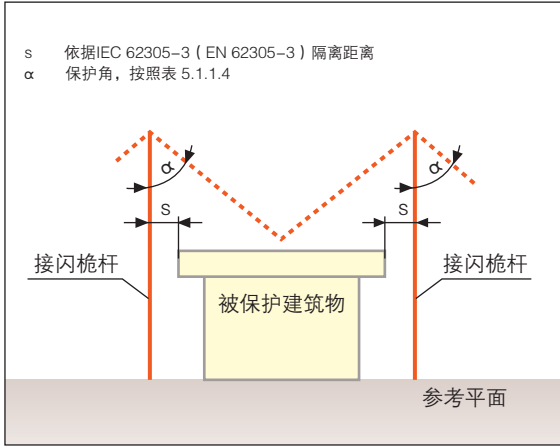


图5.1.1.20 有隔离的外部防雷, 根据保护角的方法, 由两个隔离的避雷针组成, 投影在一个垂直的平面上

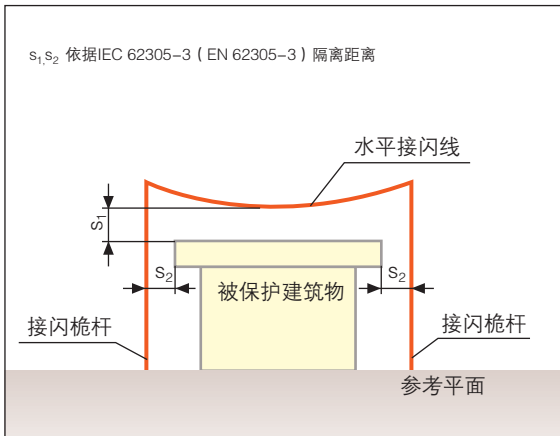


图5.1.1.21 有隔离的外部防雷, 两个隔离的避雷针被一个水平方向的避雷线连接起来, 投影在通过两个避雷针的垂直平面上

另外一种设立隔离接闪装置的方法是, 在被保护的物体周围, 用电绝缘的材料, 如: GRP (玻璃纤维增强塑料, 俗称玻璃钢) 固定接闪装置 (避雷针、避雷线或避雷网)。

这种隔离方式可以用于部分限定的区域内, 也可以用于整个设施。该隔离方式经常被使用在屋顶上的设施, 如: 通风、冷却设施等, 这些设施都具有引入建筑物内的导线。(见5.1.8章)

接闪装置的天然组件

可以使用金属的建筑构件, 如: 金属屋顶、雨水槽、栏杆或衬里钢板等作为接闪装置的天然组成部分。

具有金属屋顶和金属外墙钢筋结构的建筑物, 在一定的条件下, 可作为外部防雷保护的一部分。

如果建筑物顶部或侧面的金属钢板的各部分之间做了永久性的电气连接, 那么, 它们就可作为天然的接闪装置。永久性的电气连接是指通过硬焊接、软焊接、冲压、拧紧螺丝或铆接形成起来的连接。

如果不具备这种电气连接, 这些建筑构件必须通过电缆桥接、金属编织带连接起来。

若金属板的厚度不小于表5.1.1.5中的 t' 值, 那么在雷击点附近, 建筑物外部金属板的击穿融化或易燃物质的引燃就无需考虑, 这些钢板就可以作为接闪装置使用。

材料厚度与防雷等级无关。

防雷系统等级	材料	厚度 ^a t mm	厚度 ^b t' mm
I至IV	铅	-	2.0
	钢 (不锈钢、镀锌)	4	0.5
	钛	4	0.5
	铜	5	0.5
	铝	7	0.65
	锌	-	0.7
^a t 防止击穿、过热和引燃 ^b t' 仅指金属板, 如果击穿、过热和引燃可忽略不计			

表5.1.1.5 金属板的最小厚度

但是，必须制定防止雷击点熔化或高温引燃的预防措施。金属板的厚度不允许小于表5.1.1.5中的t值。

一般情况下，这个要求的材料厚度t（如：金属屋顶）不一定能满足。

对于金属管或金属容器，这个最小厚度（壁厚）是有可能满足的。但是，当金属管或罐装容器的内壁温度升高（过热）时，就会危及其内部的介质（引起火灾或爆炸的危险），因此，它们都不能作为接闪装置使用。（见5.1.4章）

当不满足相应的最小厚度的要求时，建筑构件如：金属管或容器，应放置在直接雷击保护的范围内。

一个很薄的涂层，如：1毫米的沥青或0.5毫米的PVC，在直接雷击时不能认作是绝缘的。因为在直接雷击时的能量很高，此类涂层将被击穿。

作为引下线的天然部件，它们之间的连接处不能有涂层。

若屋顶上存在导电部件，当没有任何导电连接通向建筑物内部时，导电部件可以作为天然的接闪装置使用。

通过连接，如：引入建筑物内部的金属管或电缆，有可能使雷电流进入建筑物的内部，并影响到敏感的电气/电子设备，甚至彻底毁坏它们。为了阻止这部分雷电流的侵入，应在前面谈到的屋顶设施上设立隔离的接闪装置。

可以使用滚球或保护角法来计算和设置有隔离的接闪装置。当整体布置的尺寸都大于所要求的安全隔离距离（绝缘）时，一个对应于某个保护等级的、具

有一定的网格尺寸的接闪装置就建立起来了。

在5.1.8章中将描述如何为一个普通的建筑系统建立隔离的接闪装置。

5.1.2 尖屋顶建筑上的接闪装置

一个屋顶上的接闪装置，指的是金属建筑构件组成的总体，例如：避雷针的传导线、针体及尖端。

最易受到雷击的部位都应装上接闪装置，如：女儿墙顶端及边缘、烟囱、屋脊、外棱、屋檐、低墙及其它突出的屋顶建筑物。

通常，在尖顶屋顶上，根据保护等级设立网状的防雷网。（例如：III级保护等级的网格尺寸为：15米×15米）（图5.1.2.1）

当利用了屋脊、屋顶外棱及金属的建筑构件作为接闪装置后，可任意安置每个网格的位置。在建筑物外沿部分的接闪装置必须尽可能地直接靠近其边沿安装。

为了使接闪装置的网格在屋顶区域内闭合，通常使用金属的排水槽。假设排水槽本身已做导电连接，那么，檐槽压板（水槽钳）将被安装在接闪装置和排水槽的交叉处。

如果屋顶上的设施由非导电的材料构成，（如：由PVC材料构成的通风管），当它的高度不超过网格平面 $h=0.5$ 米，就认为它足以被保护。（图5.1.2.2）

若设施的高度大于0.5米，那么就需要加装接闪装置，并与最近的引下线相连接。其中可使用如：直径为8毫米、最大长度为0.5米的金属线，如图5.1.2.3所示。

如果金属构造的屋顶设施没有导线进入建筑物的内部，并满足下列条件，则不需将其连接到接闪装置：



图5.1.2.1 斜面屋顶上的接闪装置

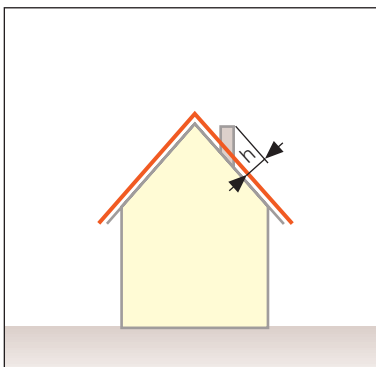


图5.1.2.2 由非导电材料（如：PVC）构成的屋顶上的突出物的高度， $h \leq 0.5\text{m}$



图5.1.2.3 为通风管加装的接闪装置

- ⇒ 屋顶设施最大允许高出屋顶平面0.3m
- ⇒ 屋顶设施最大允许出现 1m^2 的封闭的面积
- ⇒ 屋顶设施最大允许的长度为2m（如：铝板顶盖）

只有当上述的三个前提条件均得到满足时，才可放弃安装接闪装置。此外，在上述条件中，必须保证其与接闪装置和引下线之间的安全隔离距离。（图 5.1.2.4）

对于烟囱，接闪装置应使烟囱的整体处于保护范围之内。具体可使用保护角法来设计接闪装置的尺寸。



图5.1.2.4 安装了光伏设备的建筑物
来源：Wettingfeld, Krefeld地区的雷电防护

如果烟囱是砌成的或由异型砖建成的，那么接闪装置可直接安装在烟囱上。

在烟囱内部若存有金属的套管，如：在对老建筑进行维修时，必须保持烟囱套管导电部分的安全隔离距离。在此要使用隔离接闪装置，其中，设立的避雷针应带有隔片或隔套。金属套管应连接到等电位连接装置中。

对特殊抛物线型天线的保护与具有金属套管的烟囱的保护是类似的。

当直接雷击天线时，通过同轴电缆的屏蔽层，部分雷电流可能进入被保护的建筑物的内部，并造成前



图5.1.2.5 带有接闪装置的天线
来源：Oberosterreichischer, Linz的防雷保护

面提及的影响和破坏。为了避免这种情况的发生，应配备隔离接闪装置（如：避雷针）。（图5.1.2.5）

在屋脊上的接闪装置具有一个帐篷形的保护范围（依据保护角法）。保护角的大小依赖于相对参考平面的高度（如：地面）和所选择的保护等级。

5.1.3 平屋顶建筑物上的接闪装置

在平屋顶建筑物上（图5.1.3.1和图5.1.3.2），使用网格法设计安装接闪装置。按照相应的保护等级，在房顶上应布置一个具有一定网格宽度的网状避雷网。（表5.1.1.3）

图5.1.3.3展示了网格状的接闪装置与避雷针连接的实际应用，用以保护屋顶上的设施，如：霓虹灯、光伏电池或通风装置。针对这些屋顶设施，在5.1.8章中将讲述如何布置这些接闪装置。

平面屋顶上的线束支架以1m的间隔放置。引下线应与作为接闪装置天然组件的屋顶拦墙相连接。由于楼顶拦墙使用的材料的长度随温度而热胀冷缩，因此它的每段都配有“滑动钢板”。

如果将屋顶拦墙作为接闪装置，每段相互之间都要做永久性的导电连接，且不能影响拦墙的伸缩能力。这些可以通过桥接编织带、鱼尾板或电缆来实现。（图5.1.3.4）

对接闪装置和引下线，也要考虑由于温度变化造成的长度改变。（见 5.4章）

当雷电击中屋顶拦墙时，可能导致使用材料的熔断。为避免这种情况的发生，应在此安装一个额外的接闪装置，如：使用滚球法确定安装位置的接闪棒。（图5.1.3.5）

均匀焊接在平屋顶上的线束支架

由于一些屋顶板是机械固定/铺设的，在风力的作用下，屋顶板会在屋顶平面上做水平移动，为了使在光滑表面上的接闪装置的线束支架不移动，需要一个专用的接闪装置的位置固定器。而传统的线束支架不能永久地附着在屋顶板上，因为，在大多数情况下粘合剂不能长期粘合在屋顶板上。

一个简单、安全的固定位置的方法是使用KF型线

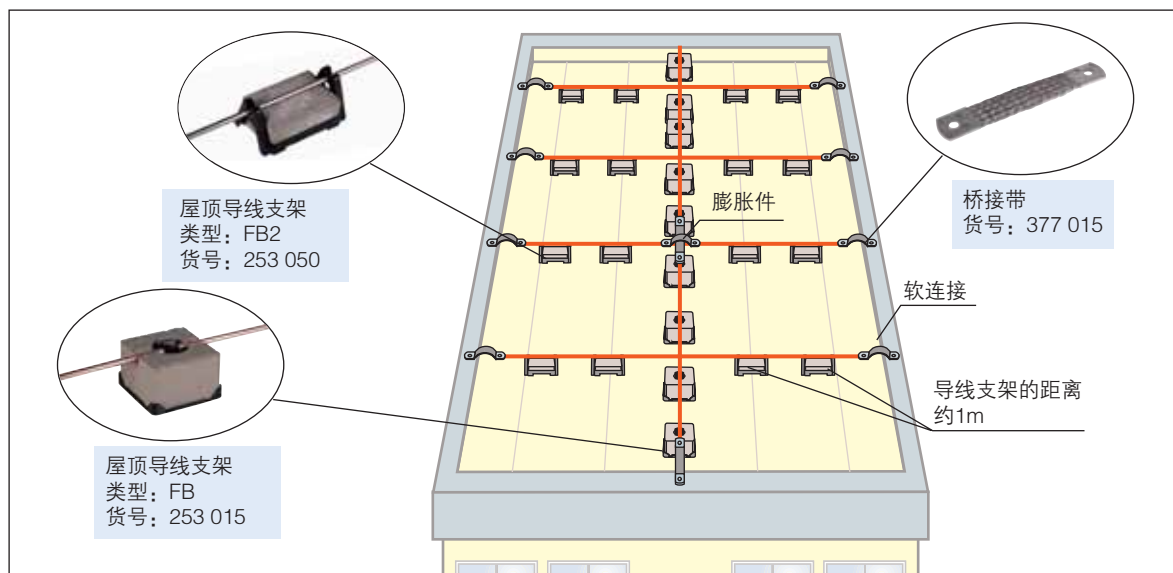


图5.1.3.1 接闪装置



图5.1.3.2 在平屋顶上的接闪装置



图5.1.3.3 接闪装置的应用



图5.1.3.4 建筑拦墙的桥接

束支架，以及与屋顶板材料相同的鱼尾板（板条宽度可根据尺寸大小裁剪）。鱼尾板将被夹到塑料支架上，两边密封焊接。支架和鱼尾板直接放置于屋顶板的接缝附近约 1m 的地方。金属条要根据生产屋顶板的厂商给出的说明焊接到屋顶板上。由此，将避免接闪装置在平屋顶上的移动。

当房顶倾斜度大于 5° 时，每个平屋顶上的线束支架必须要装上位置固定器。屋顶线束支架必须排列在临近机械固定点的、以机械方式固定的塑料屋顶板上。

完成这项工作时要注意，进行的封闭焊接和粘合可能会影响屋顶质量并减低建造者对建筑承诺的质量保障。

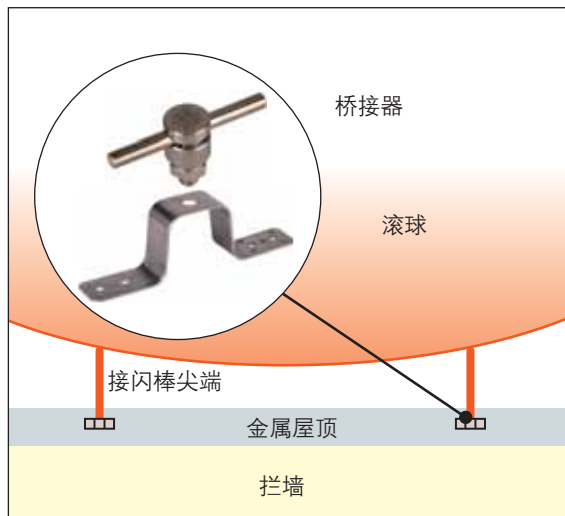


图5.1.3.5 当屋顶金属板不允许完全熔断时，对金属屋顶拦墙进行保护的实例（正视图）

所以，在执行此项工作时，必须征得当时房屋建造者的同意，或者由他们去完成。

5.1.4 金属屋顶的接闪装置

在现代化的工业和商业专用大楼的结构中，经常使用金属材质的屋顶和侧立面。通常，金属外皮或钢板的厚度为：0.7毫米-1.2毫米。

作为范例，**图5.1.4.1**展示了一个金属屋顶的建筑类型。

当闪电直接击中金属屋顶，在雷击点上，由于高温熔化和汽化，会击穿形成一个洞。这个洞的大小取决于闪电的能量和材料的特性（如：厚度）。更严重的问题是后续的损害，例如：在击穿点上的渗水问题，这个损害可能要经过几天甚至几周才会被发现。这时屋顶的隔离层将变得潮湿，而且天花板也可能被浸湿，这样，也就失去了安全防雨的保障。

在西门子雷电信息服务部门（BLIDS）评估的一个损害例子中，指出了这些问题。（**图5.1.4.2**）一个电流为两万安培的闪电打到了一幢建筑物的金属顶板

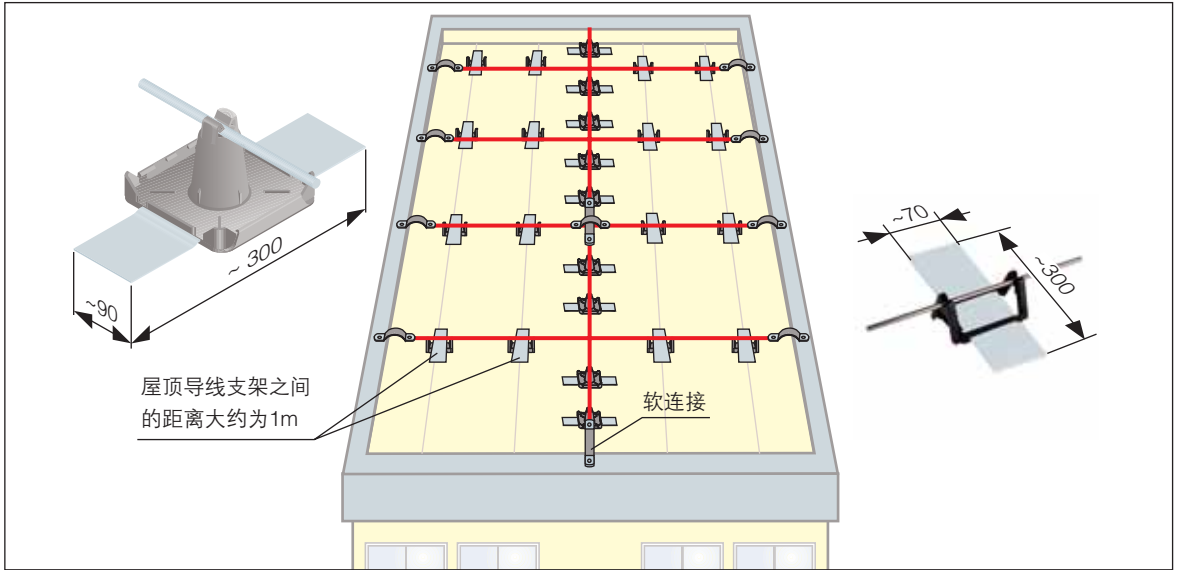


图5.1.3.6 人造材料构成的平顶屋顶上的导轨 ->屋顶的导轨支撑装置，类型为：KF/KF2

上，并造成一个洞（图5.1.4.2：放大图A）。因为金属顶板没有通过引下线接地，对飞檐附近墙中的金属又产生了电弧（图5.1.4.2：放大图B），造成了另一个洞。

为了避免这样的损害，必须在“薄”金属屋顶上安装符合外部防雷要求且具有雷电流承载能力的电缆及夹子。

在雷电保护标准 IEC 62305-3 (EN 62305-3) 中，清楚地指出了可能造成这种损害的危险。当实施

外部保护时，屋顶上的金属板的厚度必须符合在表 5.1.1.5中规定的最小值。

屋顶板的厚度 t 的大小原本并非十分重要。只有当它作为天然的接闪装置使用，并且允许出现穿孔、过热、熔化时，才规定了金属板的厚度应为 t' 。因为不能安全防雨，对于这种类型的屋顶损害，一定要与建筑设施的所有者达成共识。而且，德国屋顶建造手工业协会在其制定的有关“屋顶的防雷”规定中，也要求与业主协商。



图5.1.4.1 金属屋顶的实现方式如：带有圆形凹槽的屋顶



图5.1.4.2 损坏实例：金属薄板的屋顶

适用于所有防雷等级	
水平导线之间的距离	避雷针的高度*
3 m	0.15 m
4 m	0.25 m
5 m	0.35 m
6 m	0.45 m
*) 推荐值	

表5.1.4.1 对金属屋顶的防雷保护 - 避雷针的高度

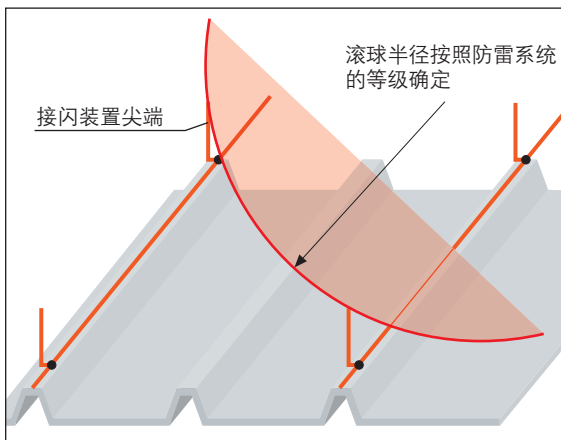


图5.1.4.3 金属屋顶上的接闪装置 - 防止屋顶出现孔洞

如果业主不能接受因雷击造成的屋顶损坏，那么必须在金属屋顶上安装单独的接闪装置。相应于所选的保护等级来设置接闪装置，应使滚球（半径 r ）不会触碰到金属屋顶。（图5.1.4.3）

在安装接闪装置时，建议安装成带有纵向避雷线和避雷针的所谓“刺猬屋顶”。

表5.1.4.1中所列避雷针的高度值是经实践检验得到的，不依赖于保护等级。

不允许为了固定电缆和避雷针而在金属屋顶上钻

孔。对于不同类型的金属屋顶（如：圆形咬口接缝、梯形桁架）应配有不同的线束支架。在图5.1.4.4a中展示了用于圆形咬口接缝的金属屋顶的一种可行的做法。

要注意在线束支架中电缆的走向，在屋顶最高处，要用固定的电缆支架，而在其它位置，要考虑由温度改变而引起的线性补偿，应使用松紧可调的电缆支架。（图5.1.4.4b）

在图5.1.4.5中，除了线束支架，还展示了避雷针。为了防水，线束支架必须安装在屋顶盖板之上，并穿入夹紧螺栓的孔中。

图5.1.4.5中列举了一个在梯形金属板上，用于固定一定直径线缆的线束支架。

在图5.1.4.6中列举了在咬合接缝钢板构成的屋顶上，线缆松紧可调的电缆支架。

同时，在图5.1.4.6中也展示了在咬合接缝钢板构成的屋顶边缘上一个具有电流承载能力的连接端子。

矗立在屋顶上、未受保护的装置，如：霓虹灯、烟囱，是雷电泄放时暴露的雷击点。为了避免这些装置遭受直接雷击，必须在这些突出于屋顶的装置的附近安装避雷针。避雷针的高度由保护角的大小决定。（图5.1.4.7）

5.1.5 茅屋上接闪装置的安装原则

通常，对这样的建筑物采用III级保护等级就能满足要求。对于一些较为特殊的个别情况，可依据IEC 62305-3（EN 62305-3）进行风险分析。

在这些由芦苇、稻草或者芦草建成的屋顶上，接闪装置必须安装在绝缘支撑点上。而且，在屋檐的范围内要保持一定的距离。

如果屋顶上的防雷系统是后续安装的，则应选择

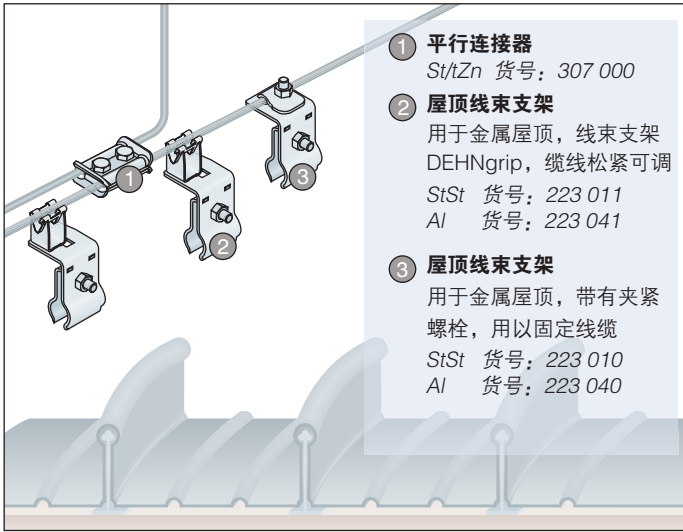


图5.1.4.4a 金属屋顶上的线束支架 - 在圆形凹槽上架设

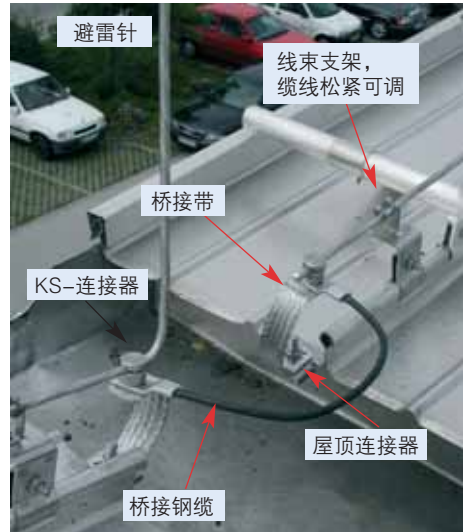


图5.1.4.4b 金属屋顶上的线束支架 - 在圆形凹槽上架设

较大的安全隔离距离, 这样改造屋顶时, 无论出现何种情况, 最小距离都能得到满足。对于III级的防雷保护系统来说, 引下线系统距离的典型值是15m。

引下线系统之间的确切距离要依据IEC 62305-3 (EN 62305-3) 安全隔离距离的计算得出。

关于如何计算安全隔离距离, 可从5.6章中得悉。

屋脊下避雷线的跨度最大为15米, 在没有附加的

支撑点的情况下, 引下线的跨度可达10米。

固定的支架必须使用通孔螺栓和垫圈牢固地连接到屋顶的架构(椽木, 横木)上。(图5.1.5.1至图5.1.5.3)

若屋顶上有金属部件(如: 风向标、灌溉设施、天线、金属板、导线), 那么它们全部都安置在隔离接闪装置的保护范围内。

若无法做到上述要求, 那么, 在这种情况下, 需新建一个有效的防雷保护措施, 如通过在建筑物旁设



图5.1.4.5 梯形金属板上, 带有夹紧螺栓的线束支架的构造



图5.1.4.6 在圆形凹槽的屋顶上, 线束支架的构造



图5.1.4.7 在圆形凹槽的屋顶上, 避雷针对穹顶的保护

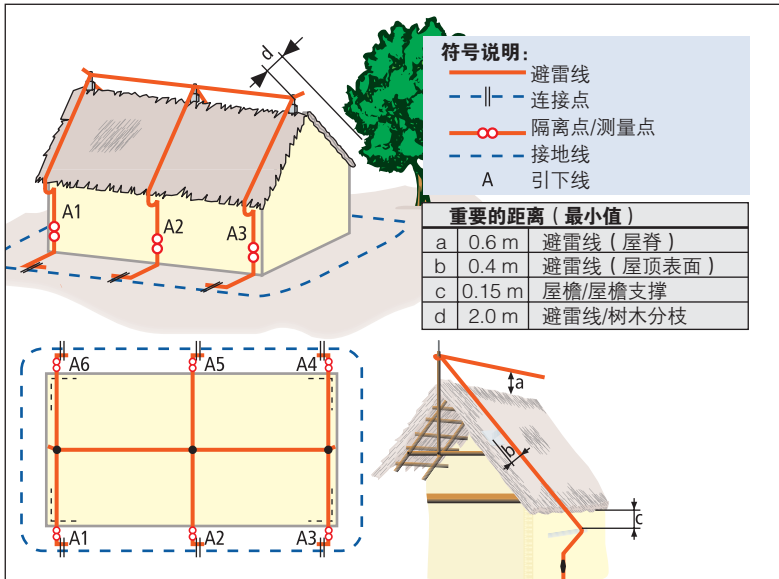


图5.1.5.1 软屋顶建筑上的接闪装置

立一个有的隔离的避雷针或避雷带的外部防雷保护，或通过在建筑物周围设置相连的接闪杆来实现。

若软屋顶的顶盖周边由金属构成，则对该建筑物必须实施外部防雷，在软盖屋顶和其它的屋顶之间必须用非金属材料接合，如：塑料合成材料，并保持最小 1 m 的宽度。

树枝与建筑物之间至少要保持 2m 以上的距离。当树木非常靠近建筑物并高出它时，面向树木侧的屋顶边缘（屋檐、山墙）必须安装与防雷保护装置相连的避雷带并保证必要的距离。

另外一种保护软顶建筑物、防雷击的可行方法是设置接闪杆，使整个建筑物都在其保护范围之内。

在 5.1.8 章中将会讨论到有关隔离接闪装置（金属-伸缩防雷杆）。

一个新的、对于防雷要求非常高的建筑物也适用的方法，是运用绝缘的引下线。

下面举一个安装绝缘引下线的例子：下萨克森州一个古老农舍翻修的屋顶。（图 5.1.5.4）

关于是否安装防雷系统，是由负责住房和城市发展的部门决定的，即以前联邦地区的建筑立法部门

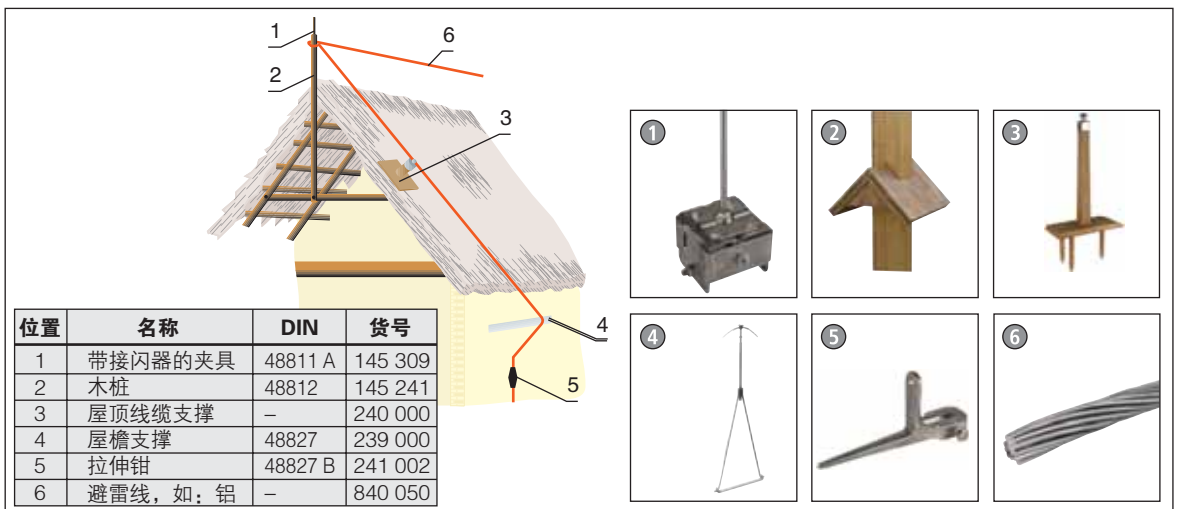


图5.1.5.2 软屋顶的建筑构件



图5.1.5.3 茅草屋顶



图5.1.5.4 具有外部防雷的历史性建筑物
(来源: Hans Thormahlen 公司)

这样在屋脊上的两个烟囱和在屋顶一侧的三个新的天窗都在保护范围之内。(图5.1.5.5)

为了使接闪装置达到应有的高度,并对绝缘的引下线起到支撑作用,这里选择了一个GFK(玻璃纤

(LBO),并由模板建筑立法部门(MBO)参与建议。

下萨克森州的建筑立法部门(NBauO)的建筑标准中在第20章第三节中做了如下的阐述:

“建筑设施,根据它的位置、建筑类型、使用情况、是否极易受到雷击,及可能造成严重后果来做出决定是否必须装备长期有效的防雷保护装置。”

由于雷击或浪涌造成的损害事件的不断增加,在签订或调整已有保险合同时,财产继承人要求将防雷和电涌保护措施增添进去。风险评估的基础来自于IEC 62305-2(EN 62305-2)中的风险分析。

对这个古老的农舍,采用了III级防护等级的防雷系统。这符合对软屋顶的建筑物保护规范的要求。IEC 62305-3(EN 62305-3)。

这个建筑体上有一个石南花覆盖的屋脊,上面撑着一张由塑料绳编织成的网,用来保护屋顶,防止被鸟剥食。

在规划接闪装置时,首先应使用滚球法来确定保护范围。根据标准的规定,III级保护等级使用的滚球半径为45米。其中给出的接闪装置的高度为2.30米,

维加强型塑料)-支撑管。为确保支撑管的机械稳定,其下部是铝制的。由于对近处金属部件的感应,在这部分上,将可能出现火花。为了避免这种现象,在离此接闪装置1m的范围内,不要安置接地的导体或电气设备。

接闪装置和引下线的电气绝缘以及建筑设施内的金属装置、供电系统及信息技术系统的保护,都是通过保持导电部件之间的安全隔离距离s来实现的。该距离s必须依据IEC 62305-3(EN 62305-3)来确定。绝缘的HVI-避雷线是为此特制的,它在空气中的隔离距离为s=0.75米;相应地,它在固体建筑材料中的隔离距离为s=1.5米。图5.1.5.6描绘了如何布置引下线系统。

安装时,HVI-接闪线穿在一个支撑管中。HVI-接闪线的下行安装随建筑形式不同,通过中央接地母排来调控,其中,等电位来连接措施采用灵活的H07V-K 1x16mm 导线来完成。为了固定支撑管,制造完成了一个特殊的辅助结构(横梁),而引下线被安装在屋顶的条板下,沿着现有屋顶构造中的椽木向下延伸。(图5.1.5.6)

在屋檐下,HVI-接闪线穿入檐口木板条内。(图5.1.5.7)



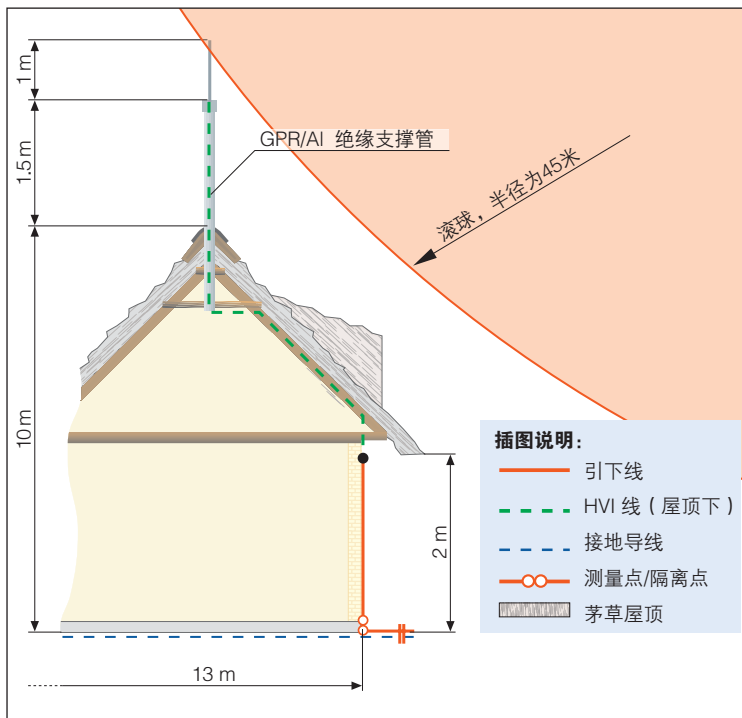


图5.1.5.5 中心建筑物的剖面图

出于建筑结构上的考虑，檐口以下安装的引下线为铝制材料。在接地装置附近，HVI避雷线过渡到非绝缘的、裸露的引下线的安装，如同整体安装一样，具体请要参照 DEHNconductor 产品系列的安装指南。这里无需使用接地端子。

5.1.6 可行走、行驶的屋顶

在可通行的屋顶上不能安装接闪装置（如：混凝土块）。一个行之有效的解决方法是：接闪装置安装于水泥混凝土内，或安装在路基板块接缝处。如果接闪装置安装在此接缝处，则此交叉点将被视为预期的雷击点，网状蘑菇头式接闪装置适用于此处的安装。

网格的大小不允许超过相应的保

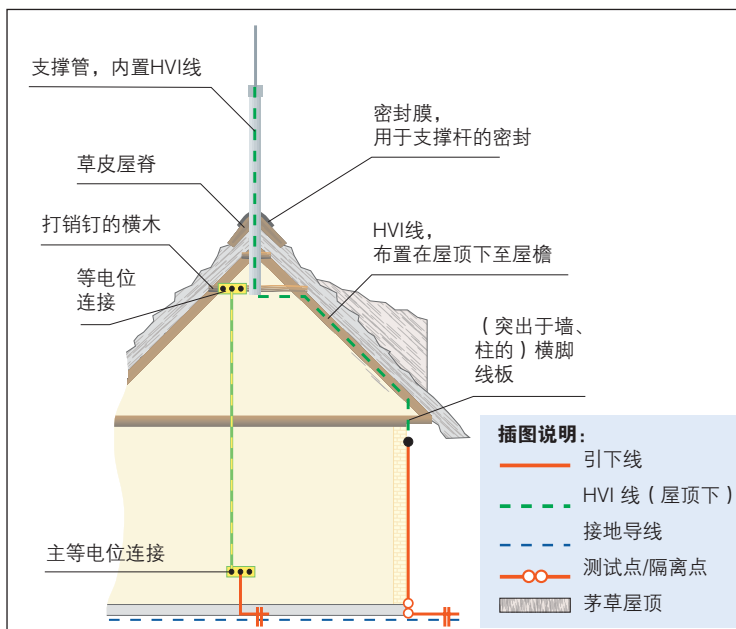


图5.1.5.6 沿椽布置引下线的图示及原理说明

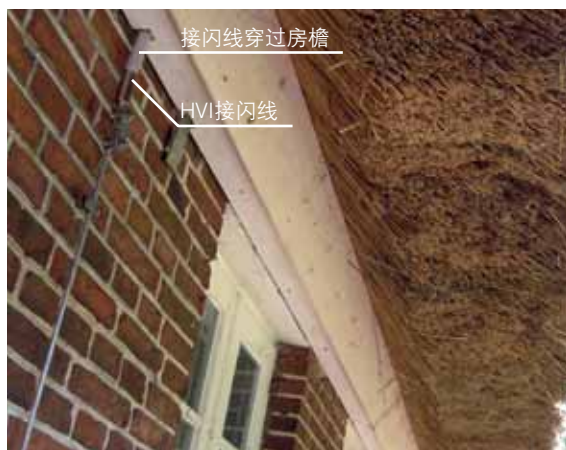


图5.1.5.7 HVI-接闪线穿入檐口木板中

护等级所规定的值。(见章节5.1.1, 表5.1.1.3)

如果能够确保在雷雨天没有人经过这些区域, 则以上所述的措施已经足够。

对于那些有可能进入顶层停车场的人, 要通过指示牌通知他们。在雷雨天, 顶层停车场必须清场, 不允许人员进入。(图5.1.6.1)

若在雷雨天还允许有人进入屋顶, 那么, 设计安

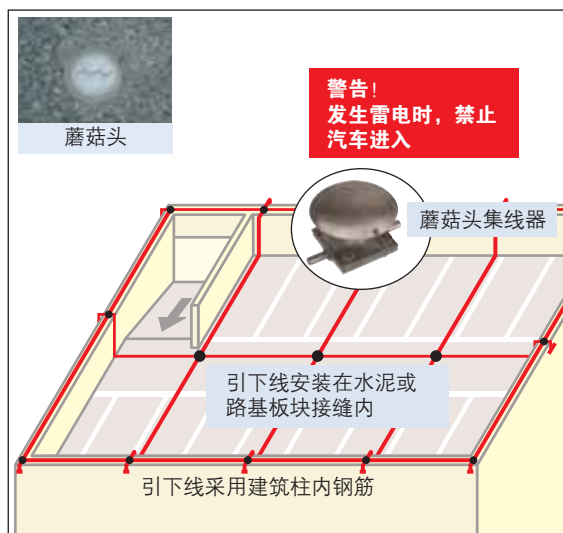


图5.1.6.1 顶层停车场的防雷 - 对建筑物的保护

装接闪装置时应假设, 身高为2.5米(胳膊高举时)的人仍能在直接雷击下得到保护。

接闪装置的尺寸可根据保护等级, 及对应的滚球法或保护角法来确定。(图5.1.6.2)

这些接闪装置可由拉紧的钢丝或避雷短针来构成, 避雷短针要固定在建筑构件上, 如: 栏杆或者类似的物体。

另外, 也可以把电线桅杆作为接闪器来保护人员的安全。这样做时, 要注意部分雷电流通过电源线侵入建筑物的内部设施。雷电防护中的等电位连接措施对于这类电源线是必不可少的。

5.1.7 植被、平顶屋顶上的接闪装置

从经济和生态的角度出发, 绿化屋顶意义重大。原因是: 它能抑制噪音、保护屋顶外表面、吸收周围空气中的灰尘、遮蔽余热、过滤并储存雨水, 以自然的方式改善居住和工作环境。与此同时, 在许多地区, 屋顶绿化得到了官方的资助。分散的绿化比集中绿化需要更多的照顾, 照看工作, 如: 施肥、浇灌、

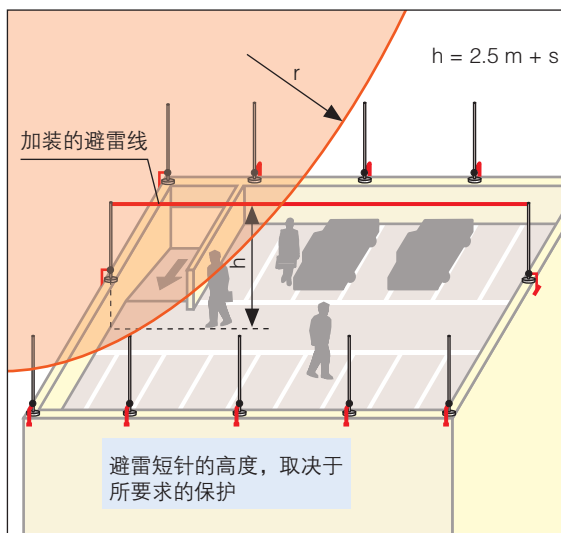


图5.1.6.2 顶层停车场的防雷 - 对建筑物和人员的保护 IEC 62305-3 (EN 62305-3)



图5.1.7.1 植被屋顶



图5.1.7.2 植被屋顶的接闪装置



图5.1.7.3 在屋顶覆盖层中电缆的走线

剪枝等。两种形式的屋顶绿化都要将培土及颗粒铺垫在屋顶上。若因遭受雷击而铲平、拆除这些颗粒和培土，则成本就更高了。

在没有外部防雷的情况下，在雷击点可能造成屋顶泄漏的灾害。

实践证明，无论是何种栽培形式，外部保护的接闪装置必须、而且应该设立在绿化的屋顶上。

雷电保护标准IEC 62305-3 (EN 62305-3) 给出了网格状接闪装置的网格尺寸，这不依赖于所选的保护等级（见5.1.1章，表5.1.1.3）。过了一些年后，对屋顶顶层内放置的避雷线就很难进行检查了，因为由于植物的疯长，避雷针或蘑菇头式接闪装置很难辨认，并且在工作中经常受到损伤。此外，屋顶顶层放置的避雷线还存在腐蚀的危险。但是，尽管植物茂密生长，在顶板上均匀布置的避雷网，却很容易受到控制，因为随时都可以调高接闪针或接闪棒的高度，使它和植物一起“长高”。另外，接闪装置的外形可以是多种多样的。不依赖于屋顶表面上建筑物的高度，通常安装的网格状避雷网，其尺寸为5米×5米（I级保护等级），最大为15米×15米（III级保护等级）。网格的位置应首选屋顶外沿，以及在屋顶安装的建筑物的金属构件处，它可被用作天然的接闪装置。

不锈钢线缆（材料号为：1.4571）作为植被屋顶

的接闪装置被证明是十分合适的。

在屋顶顶层中铺置线缆时，不允许使用铝制的线缆。（图5.1.7.1至图5.1.7.3）

5.1.8 隔离的接闪装置

屋顶设施，如：空调装置、大型计算机的冷却装置等，经常被放置在大型办公楼或工业建筑的屋顶上，对它们一定要采取防雷措施。同样，对于天线、电子控制的霓虹灯/广告灯、及其它突出于建筑屋顶的设备等，也要进行保护，因为它们都有导电连接，如：通过电缆或管道，通向建筑物内。

根据最新的雷电保护技术，为防直接雷击，这些屋顶的设施都要用隔离的接闪装置来保护。这样可以避免部分雷电流侵入建筑物内部，影响甚至毁坏灵敏的电子/电器设备。

过去，这些屋顶设施是直接连接的。

由于这种直接连接，部分雷电流将传导进入建筑物内部。后来，采用了火花间隙，将它们进行“间接连接”。这意味着，直接雷击对屋顶设施所产生的雷电流，有一部分将通过“内部导线”被导走。这样，当在较远距离发生雷击时，火花间隙不会因达到了一定的电压而动作。可是，有时还是会超过这个大约是4KV的电压，使部分雷电流进入建筑物内部，例如：通过电缆。这样就对建筑物内的电子或电气设备造成了影响，甚至会毁坏它们。

唯一避免雷电流进入的方法就是设置有一定安全距离隔离的接闪装置。

图5.1.8.1显示了部分雷电流侵入建筑设施内部的情况。

这些多种多样的屋顶设施，可以通过设置不同的隔离接闪装置来进行保护。

避雷短针

对于小型的建筑设施保护，（如：小型通风装置）可通过单一避雷短针，或多支避雷短针的组合来完成。

高度达2m的避雷短针，可用一个或两个落在一起的水泥柱子（如：货号为102 010）独立固定。（图5.1.8.2）

若避雷短针的高度达到2.5m至3m，则必须由电隔离材料制成的距离保持装置（如：DEHNisoDistanzhalter）固定在被保护的物体上。（图5.1.8.3）

（图5.1.8.3）

如果要使避雷短针能够抵抗猛烈的侧风，加角度支撑架是一个实用的解决方案。（图5.1.8.4和图5.1.8.5）

如果避雷短针需要设立得很高，（如：高大的屋

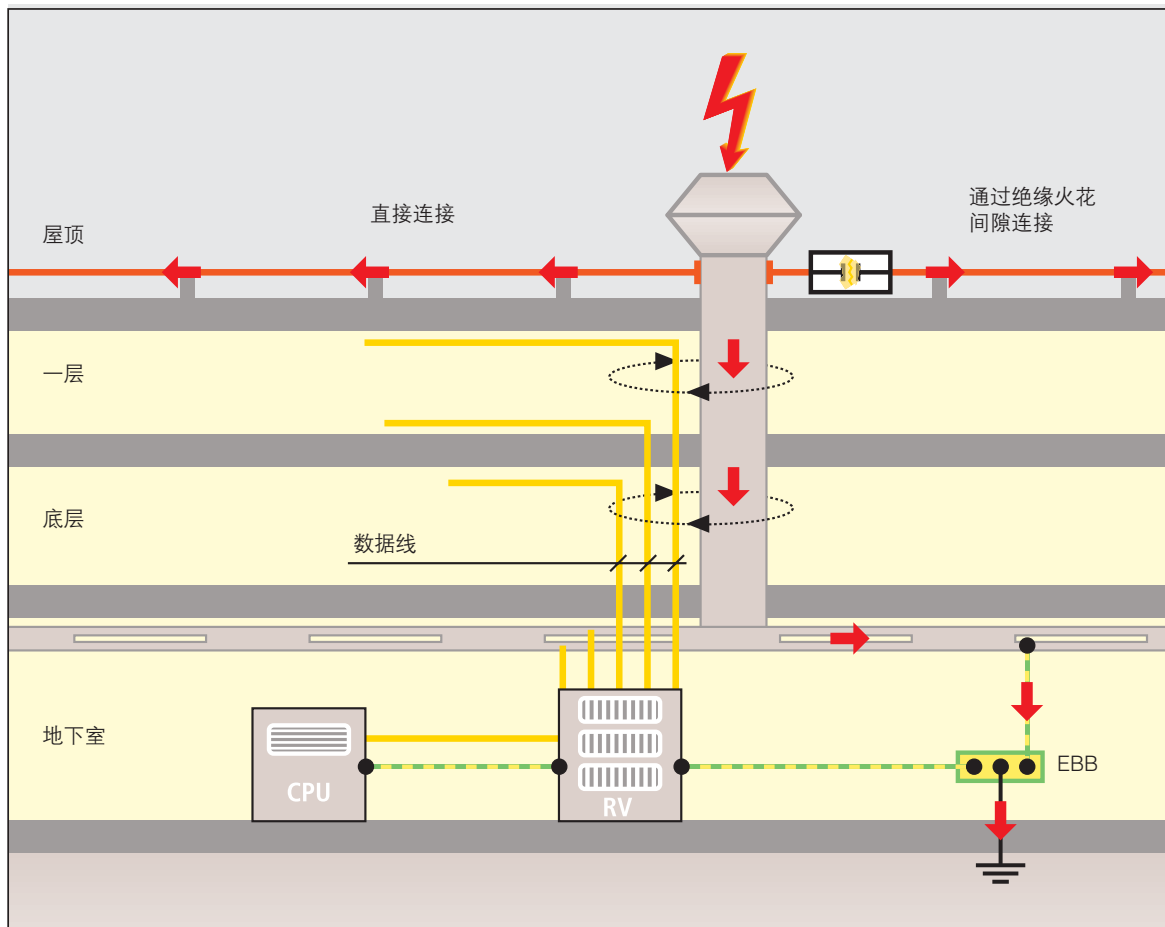


图5.1.8.1 直接与屋顶设施相连的结构



图5.1.8.2 隔离的接闪装置



图5.1.8.3 带有隔离支撑的接闪装置

顶设施)而本身没有被固定,则避雷短针的安装要使用特殊的固定装置。

使用三角架,可使避雷短针的独自矗立高度达8.5m。这些支架靠通用的水泥柱(相互落在一起)固定在地上。物体高于6m时,为了使它在强风下够立住不倒,需要增加辅助支撑。

这些独立的避雷短针适用于不同的应用领域(如:天线装置、光伏设备)。这种接闪装置,因其所需安装时间短而著称,因为不需要钻孔,也无需很多的螺钉。(图5.1.8.6至图5.1.8.7)

若整个建筑物或整个设备(如:光伏设备、弹药库)都要使用接闪器来进行保护时,可使用防雷天线

杆。这些天线杆插在水泥基座中。其绝对高度可高于水平地面19m,若是特制的,其高度还可以更高。将电缆架设在这些天线杆之间也是可行的,不过要为它们进行专门的设计。不锈钢、可伸缩的防雷保护天线杆的标准长度是由几段组合起来的,这对运输特别有利。

关于这些不锈钢、可伸缩的防雷天线杆的更详细的信息(如:安装、组装)可从1574号安装说明中查得。(图5.1.8.8和图5.1.8.9)

跨接线缆或导体

依据IEC 62305-3(EN 62305-3)避雷线的安装应高于被保护设备。



图5.1.8.4 接闪装置的角形支撑



图5.1.8.5 接闪杆的支撑件



图5.1.8.6 用于光伏设备的隔离接闪装置



图5.1.8.7 屋顶上的隔离接闪装置



图5.1.8.8 在连接区中，用于地下的防腐保护带



图5.1.8.9 防雷杆的设立

避雷线在侧边形成帐篷形的保护区域，而在后面形成圆锥形的保护区域。保护角依赖于保护系统的等级和接闪装置相对于参照平面的高度、线缆尺寸的大小。具有相应半径（根据防雷系统等级）的滚球法，也可用于计算导体或线缆的尺寸。

对于“网格状”接闪装置，必须要保持设备与接闪装置之间相应的安全隔离距离 s 。在这种情况下，固定在水泥柱中独立的距离保持装置要垂直设立，这样可使“网格”增高。（图5.1.8.10）

DEHNiso-Combi

对应于接闪装置的三种不同的方法（滚球法、保

护角法、网格法），DEHNiso-Combi 提供了一个布置电缆或线缆的简捷的方法。

通过将带有“绝缘段”的铝制支撑管（GRP – 玻璃纤维增强塑料，简称玻璃钢）固定在被保护的物体上，引出线缆。借助GRP制成的距离保持装置，可分别引导至引下线或其它的接闪装置（如接闪网）。



图5.1.8.10 已安装的接闪装置
来源：德国 Krefeld，Wettingfeld 的雷电保护



图5.1.8.11 独立支撑的三脚架



图5.1.8.12 带有DEHNiso-Combi 的隔离接闪装置



图5.1.8.13 DEHNiso-Combi 的细节

更详细使用的信息可从DS123、DS111印刷资料及1475号中安装说明得到。

为了使独立的接闪装置与安装位置的实际情况相适应，可任意组合上述操作方法。（图5.1.8.11至图5.1.8.14）

5.1.9 教堂及其尖塔的接闪装置

外部保护

依据DIN EN 62305-3 附页2中的18.1章，防雷系统中的III级保护等级满足教堂及其尖塔的一般系要求。



图5.1.8.14 带有DEHNiso-Combi 的隔离接闪装置

在个别情况，如建筑物具有很高的人文价值，则可依据IEC 62305-2（EN 0185-305-2）做特别的风险分析。

教堂的大殿

依据DIN EN 62305-3附页2中的18.5章，教堂的大殿自身必须具备雷电防护系统，若其上建有尖塔，则该系统必须以最短的距离与尖塔的引下线相连接。若教堂有十字型翼部，则接闪装置必须沿着横向屋脊，在每端都要安装引下线。

教堂的尖塔

20m以上的尖塔必须装备引下线。若教堂尖塔和大殿建在一起，那么引下线必须以最短的距离和大殿的外部防雷系统连接。（图5.1.9.1）假如教堂尖塔的



图5.1.9.1 在教堂上布置闪电线

引下线和教堂大殿的引下线在一起，则只需使用一条公用的引下线即可。依据DIN EN 62305-3附页2中的18.3章，20m以上的教堂尖塔必须至少配备两条引下线。至少有一个引下线必须与大殿的防雷保护以最短距离相连。

教堂尖塔的引下线基本上是在塔外向下引导的。不允许将引下线移至塔内（DIN EN 62305-3附页2），与塔内金属部件和电气设备（如：钟表、钟塔）一定要保持规定的安全隔离距离 s ，并合理安排屋檐下的（如：空调设备、通风设备、暖气设备）的外部防雷系统。特殊情况下，所要求的到尖塔钟表的安全隔离距离有可能成为问题。这种情况下，为避免在外部保护的局部中出现危险的火花闪络，引入建筑物内部的导电连接采用绝缘件（如：玻纤增强塑料管）替代。

新建筑形式的教堂，常以钢筋水泥铸成，当建筑

物中加固的钢筋能确保长期保持导电连接时，可将其作为引下线使用。如果新型教堂中使用了预制钢筋混凝土构件，并且该混凝土构件的端子与加固钢筋能保持长期连接，则这个加固的钢筋也可作为引下线使用。

依据DIN EN 62305-3附页2，在建筑物入口处的电气装置（电源设备、电话设备、扬声器...）、塔顶上的铃声控制系统和计时系统，都应做等电位连接。

5.1.10 用于风能设备中的接闪装置（WT）

防雷保护的要求

IEC 61400-24提供了风能设备的防雷保护方法。在德意志·劳埃德的认证指导书中规定，风能设备的轮毂高度低于60m，防雷系统的保护等级应为III级；高度超过60m时，要求的保护等级为II级。近海离岸设备的保护等级提高到I级。这样，对雷击电流高达200kA的雷击，仍在风险考虑范围内。这项要求是以风能设备运行的实际经验和依据IEC 62305-2（EN 62305-2）损害风险的评估为基础的。

风能设备外部防护的原则

外部保护由接闪装置、引下线和接地装置组成，用来防止机械损害和火灾。风能设备中，雷击主要发生在转子叶片上。因此，应在叶片的预期雷击点上安装接闪器。（图5.1.10.1）

为了控制耦合的雷电流向大地，将叶片中的接闪器用金属连接线（30mm x 3.5 mm的扁平带或50平方mm的铜缆）和轮毂相连。为了避免与旋转构件进行焊接，在机舱头部的滚珠轴承上，用碳纤维刷或空气火花间隙桥接。

为了防止雷击，保护机舱上的设施，（如：风速



图5.1.10.1 在风叶上安装了感应器

仪) 安装了避雷短针或“接闪笼”。(图 5.1.10.2)

可将金属塔身作为引下线, 或者在构筑预应力混凝土构件时, 在混凝土中埋入引下线(直径为8...10mm的St/tZn圆导线或者30mmx3.5mm的St/tZn的扁钢)。风能设备的接地是通过塔基的基础接地体及与操作室的基础接地做网状连接来实现。这样就形成一个“等势面”, 避免了雷击时出现电势差。



图5.1.10.2 风能设备上的风力测试仪的直击雷防护

5.1.11 防雷系统中避雷针上承受的风荷载

屋顶被越来越多地用作安装技术设备的平面。尤其是在扩充技术设备时, 众多的设备被安装在办公大厦和工业楼宇的楼顶上。因而, 屋顶上的设施需要重点保护, 其中包括: 空调和制冷设备、无线移动设备的天线、灯具、烟道排气装置和连接到低压电源系统的其它装置。(图5.1.11.1)

依据有效的雷电保护标准系列 IEC 62305 (EN 62305), 为防止直接雷击, 对这些屋顶设施可使用隔离接闪装置来保护。其中的接闪装置, 如: 避雷短针、避雷带、避雷网, 以及引下线都要隔离, 这意味着, 要和保护区域内放置的屋顶设备保持足够的隔离距离。

通过建立隔离的防雷系统, 形成一个无直接雷击发生的保护空间。这样避免了雷电流对低压系统的侵入, 也即向建筑物内部的侵入。这非常重要, 因为部分雷电流的入侵会影响或毁坏灵敏的电气设备。

对于扩充的屋顶设施, 需要建立一个隔离的接闪装置。这些装置相互之间、以及和接地装置都应做电



图5.1.11.1 独立式接闪装置, 用于防范直接雷击

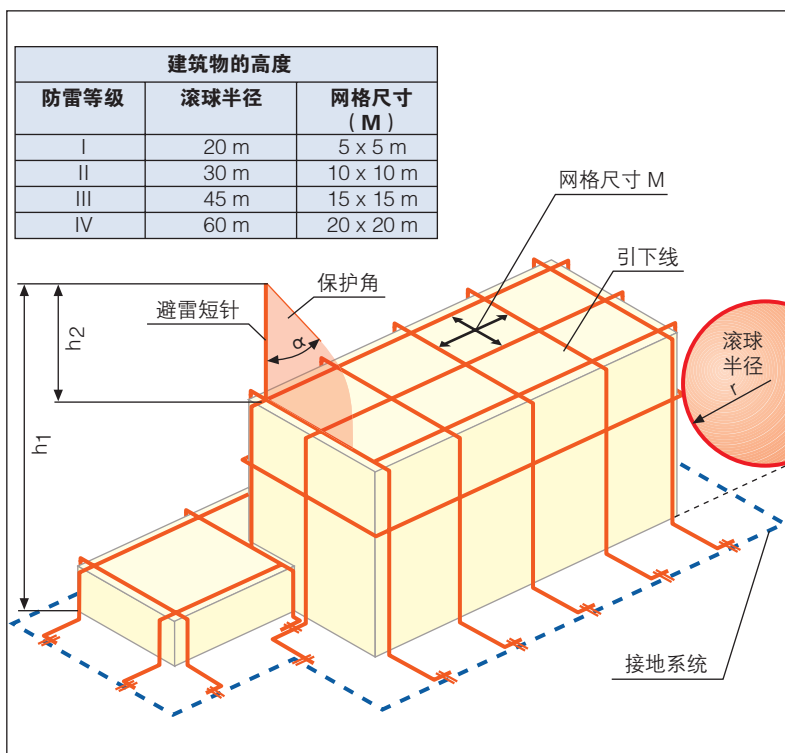


图5.1.11.2 按照DIN EN 62305-3 (VDE 0185-305-3), 接闪装置的设立方法

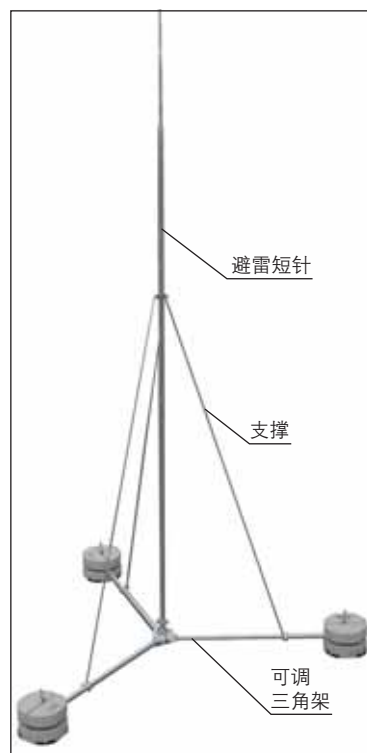


图5.1.11.3 独立接闪器, 带可折叠的三角架

气连接。建立的保护空间的大小取决于接闪装置的数量和高度。

对于小型的屋顶设施, 可通过设立单一的避雷短针来实现保护。这里的应用是依据IEC 62305-3 (EN 62305-3) 中的滚球法。(图5.1.11.2)

滚球法是(其半径依赖于所选的保护等级)在被保护的设施上, 将滚球沿所有可能的方向滚动。滚球只允许触及大地表面(参照平面)和/或接闪装置。

使用这种方法可形成一个保护的空間, 在此保护空间之内将排除直接雷击。

为了实现尽可能大的保护空间, 或为了保护屋顶上的大型建筑设施, 防止直接雷击, 每个接闪装置要安装在相应的高度上。其中独立的避雷短针通过一定造型的基座和辅助支撑杆来防止倾倒和折断。(图5.1.11.3)

是尽可能高, 更高的避雷针独立式避雷短针安装高度的要求, 对风荷载能力提出了更高的要求。这意味着, 例如: 若风速提高40%, 则在避雷短针施加的倾斜矩将加倍。然而, 从减轻运输压力的角度考虑, 要求轻型的安装系统。因此, 为确保屋顶上的安全使用, 要求必须提供避雷短针稳定性的证明。

由风荷载产生的机械应力

独立式避雷短针安装在露天位置(如: 屋顶)时, 在同一位置、同一风速下, 它所受的机械应力与天线架相当。因此, 在机械稳定性方面, 对独立式避雷短针的要求原则上和DIN 4131中对天线架提出的要求是一致的。

依据DIN 4131将德国划分成四个风区, 每个风区有各自的风速。(图5.1.11.4)

在计算实际的风荷载应力时，除了与风区有关的风荷载外，也与建筑物的高度、地理位置相关特性（建筑物在空旷地带单独矗立或嵌入其它建筑物中）有关。在图5.1.11.4中可见，大约德国国土面积95%被I级和II级风区覆盖。出于这个原因，通常避雷短针设计为适用于II级风区。在III级和IV级风区中使用的避雷短针，必须根据出现的负荷分别进行检验。

依据DIN 4131，建筑高度在50m内的，将动态压力视为与建筑高度无关的常量。计算时，假设建筑高度最大为40m，这样整体高度（建筑高度加上接闪装置的高度）将保持在50m以下。

在设计独立式避雷短针时，从风荷载应力的角度出发，必须要满足以下的要求：

- ⇒ 防止避雷短针倾倒的安全要求
- ⇒ 防止避雷短针折断的安全要求
- ⇒ 保持与被保护物体之间的必要的隔离距离，即使在有风压的情况下也应满足这一要求（避免过度弯曲）

确定避雷针抗倾倒的性能

通过出现的动态压力（依赖于风速）、避雷针的阻尼系数 c_w 和风力接触面积，将在表面产生分段负载力 q' ，由它在独立避雷针上产生倾斜力矩 M 。为了确保独立避雷针稳定地竖立，必须要有一个反作用力矩来平衡这个倾斜力矩，这个反作用力矩是通过重力脚产生的。反作用力矩的大小取决于支撑物的重量及重力脚的半径。若倾斜力矩大于反作用力矩，避雷针

将因风负载力而倾倒。

独立避雷针稳定性的证明是通过统计计算得出的。计算中，除了所用材料的机械参数外，还包括以下参数：

- ⇒ **避雷针的风力接触面积：**由避雷针各个部件的长度和直径决定。
- ⇒ **支撑物体的风力接触面积：**较高建筑物上的避雷针将通过三个在周围分布均匀的支撑物体来支持。这些支撑物体的风力接触面积大小为它们到与风向垂直的平面的投影的面积，即支撑物体的长度在计算中将相应地缩短。
- ⇒ **接闪装置和支撑物体的重量：**接闪装置本身的重量和支撑物体的重量在计算时也应包括在内。
- ⇒ **重力脚的重量：**重力脚为三角架结构，并用水泥柱加重。这些重力脚的重量是由三角架自身重量及每块叠放其上的水泥柱的重量组成的。

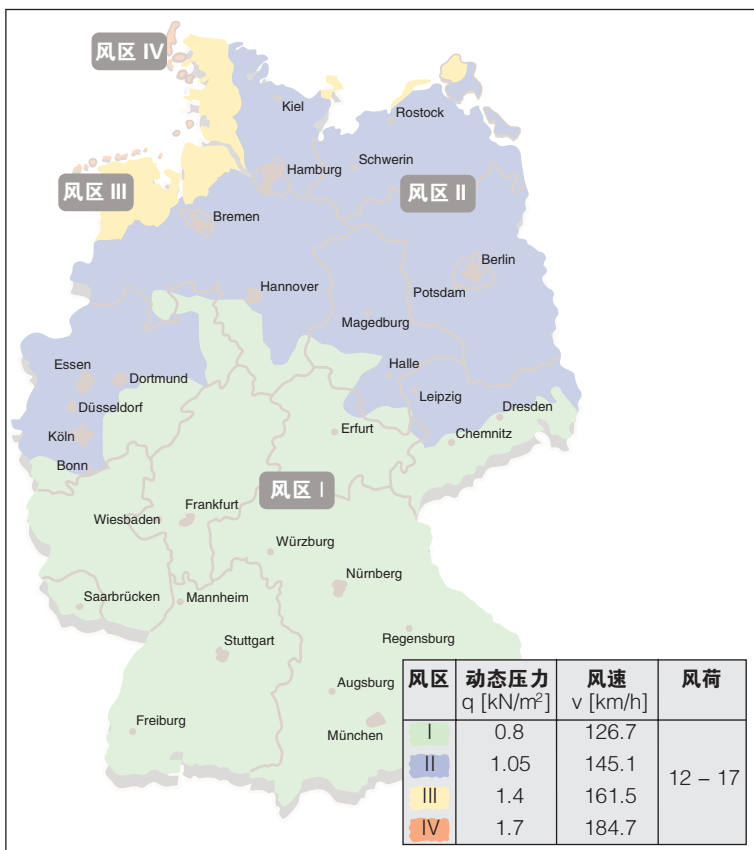


图5.1.11.4 德国风区的划分及其动态压力、最大风速
来源：DIN 4131；1991-11；天线的钢筋支撑结构
柏林：Beuth出版社



⇒ **重力脚的杠杆力矩**：杠杆力矩为三角架重心到边线的最短距离，也即整个系统倾倒时所围绕的点。

稳定性的证明由比较以下的力矩得出：

⇒ **倾倒地矩**：由作用在避雷针上与风荷载相关的力、支撑物体和避雷针上的杠杆臂组成。

⇒ **反作用力矩**：由重力脚的重量、避雷针和支撑物体的重量、以及通过重力脚的杠杆力矩的长度组成。

当反作用力矩与倾倒地矩的比值 > 1 ，则达到了稳定性。原则上，反作用力矩与倾倒地矩的比值越大，稳定性就越好。

实现所要求的稳定性，有以下几种可行性：

⇒ 为了使避雷针的风力接触面积较小，将使用尽可能小的横截面。这样，避雷针上负载会减小了，但同时，避雷针的机械强度也随之减小（存在避雷针折断的危险）。因此，在为减小风荷载所要求的尽可能小的横截面和为达到必要的强度要求的尽可能大的横截面之间，作出折衷是十分关键的。

⇒ 增加基座重量和/或增大安装的三角架的半径，都可提高稳定性。但是，在受限的占地面积、最轻的重量、以及有利于运输这些要素之间经常产生矛盾。

实现

为了给出尽可能小的风力接触面积，避雷针的横截面应根据计算结果优化。为减轻运输和安装负担，避雷针由铝管（可随意分装）和铝制接闪针组成。我公司提供的安装避雷针的三角架可折叠，并且有两个尺寸。可对屋顶斜面进行补偿至 10° 。

确定避雷针抗断的性能

除了稳定性外，还要提供避雷针抗断强度（安全系数），因为出现风荷载时，会在避雷针上产生弯曲应力。弯曲应力不允许超过所规定的应力值。在避雷针上的弯曲应力随针体增长而增加。避雷针应这样设置：在出现风荷载时（设在II级风区里）不会造成避雷针永久性的变形。

避雷针精确的几何形状及所使用材料的非线性关系，都要予以考虑。独立避雷针的抗断强度，是通过“有限元方法（FEM）”计算模型确定的。有限元方法是一种数值计算方法，用它可以计算复杂几何形体的应力和形变。通过虚拟的面和线，研究对象将被分为所谓“有限元”，这些“有限元”通过节点相互连接。

计算时，需要提供以下参数值：

⇒ FEM 计算模型

将独立避雷针简化的几何形式与FEM计算模型相对应。

⇒ 材料特性

材料的性能取决于给出的横截面的值、弹性模量、密度和横向收缩。

⇒ 负载

风荷载将通过施加在几何模型上的负荷压力来表示。

抗断强度将通过比较允许的弯曲应力（材料的特征值）和出现的最大的弯曲应力（由弯曲力矩和在最大应力点的有效横截面积计算得出）来确定。

当允许的和出现的弯曲应力的比值 > 1 时，抗断强度得到满足。在这里原则上是：允许的弯曲应力越大于出现的弯曲应力，则抗断强度就越高。

在FEM计算模型中，对于带与不带支撑架的两支避雷针（长度为8.5米），将比较计算其出现的弯曲力

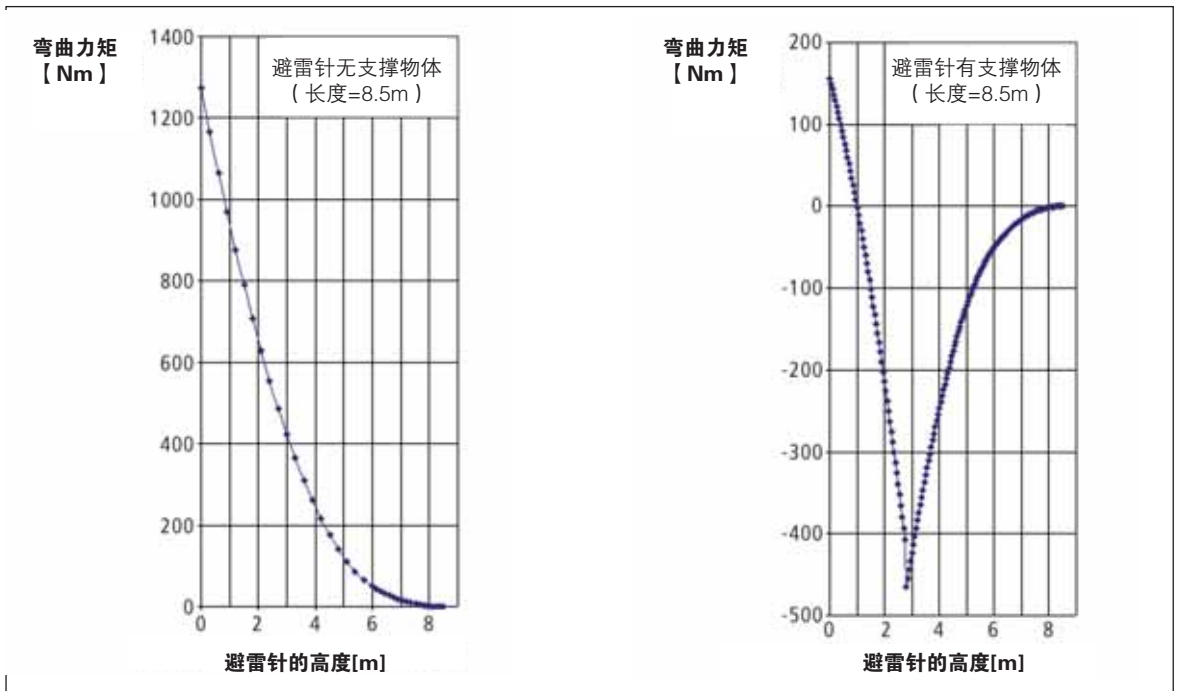


图5.1.11.5 有/无支撑物体的独立避雷针（长度=8.5米），其弯曲力矩曲线的比较

矩与高度的函数关系。（图5.1.11.5）由此可得支撑架对力矩的影响是非常明显的。避雷针在固定点上的最大弯曲力矩为1270Nm（牛顿米），通过支撑，弯曲力矩减小到460Nm。这种支撑能够尽量地减小在避雷针上的应力，这样，即使风负荷达到最大时，也不会由于超出使用材料的强度而导致避雷针损坏。

实现：

由于支撑会产生一个附加的支点，它使避雷针上出现的弯曲应力明显地减少。如果没有附加的支撑，在II级风区中避雷针将经受不住施加于其上的应力。出于这个原因，如果避雷针高于6m，就需要配备支撑架。

除了弯曲力矩外，FEM计算中还提供了有支撑时在避雷针上出现的应力的计算，它的强度大小同样需要被验证。

确定风负荷条件下避雷针的偏移

FEM模型的另一个重要的计算结果，是避雷针的偏移。在风负荷的作用下，避雷针会发生弯曲。避雷针的弯曲会造成保护区域的变更。这使被保护物体超出保护范围，并失去原有的保护作用。

上图的结果展示了带/不带支撑的独立避雷针计算模型的应用。（图5.1.11.6和图5.1.11.7）

在对应示例中的计算结果显示，带支撑的避雷针尖端的移动大约为1150mm；若无支撑，它的偏移大约是3740mm。这是一个理论值，实际上，这个值已超出了所观察的避雷针的断裂极限。

实现：

附加的一定针长的支撑，会起到显著地减少偏移的效果。而且这也减小了在避雷针上的弯曲负载力。

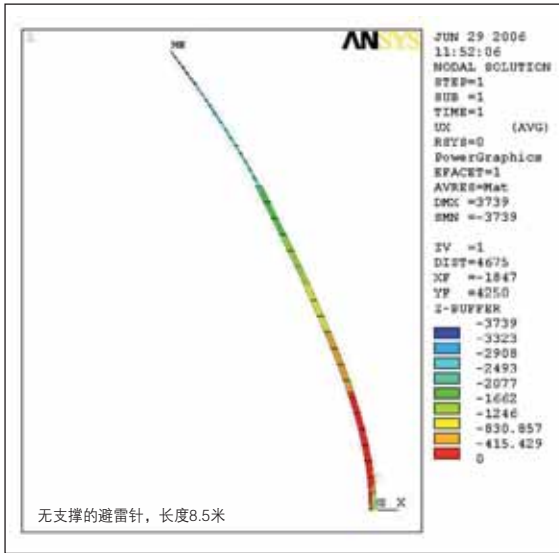


图5.1.11.6 独立避雷针的FEM模式，无支撑（长度 = 8.5 米）

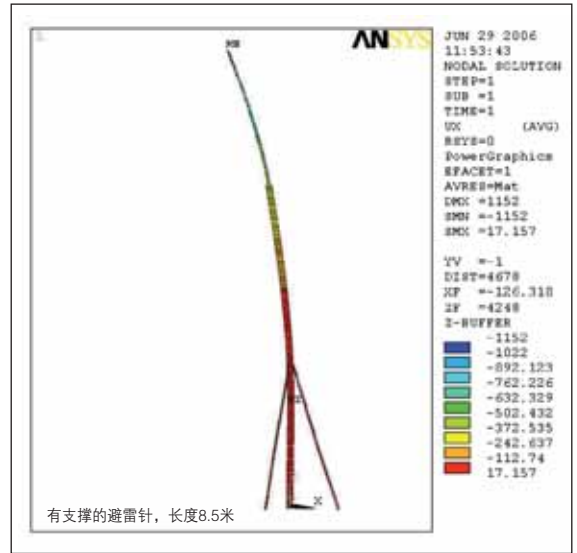


图5.1.11.7 独立避雷针的FEM模式，有支撑（长度 = 8.5 米）

总结：

在避雷针的设计中，防止避雷针倾倒、断裂、偏移，这些都是决定性的要素。支撑脚与避雷针应相互协调，即使相当于II级风区中风速出现，在避雷针上的负荷，也不会导致避雷针倾倒和/或造成避雷针的损坏。

另外需要注意的是，避雷针的偏移过大将使隔离距离减少，致使超出允许范围。因此避雷针高度过高时，需增设辅助支撑，以避免这种过大的偏移。

如果达到以上所述的要求，则独立的避雷针就能经受住DIN 4131（德国标准）中规定的II级风区中的风速。

5.2 引下线

引下线是在接闪装置和接地装置之间所做的电气连接。引下线应能将截获的雷电流传导入地，且不会因过热造成对建筑物的损害。

为了减小雷电流在传导至接地装置过程中的出现的损坏，安装于雷击点至接地体之间的引下线，应：

- ⇒ 由多条平行的电流通路组成
- ⇒ 电流流经的长度应尽可能地短（平直、垂直、不形成环路）
- ⇒ 在建筑设施中需要的地方（距离 $< s$ ； s =隔离距离）建立与导电物体的连接。

5.2.1 引下线数量的确定

引下线数量遵循屋顶外沿的周长来进行确定。（在基本平面上投影的周长）

布置引下线时，从建筑物的一角开始，尽可能地向外四周均匀地排列。

视建筑构件的结构特点（如门，预制构建等），引下线相互之间的距离可以有所不同。但无论如何，引下线的总数至少满足相应的防雷系统等级的要求。

在IEC 62305-3（EN 62305-3）标准中，给出了引下线之间的典型距离，以及环形导体与保护等级之间的相互关系。（表5.2.1.1）

保护等级	典型距离
I	10 m
II	10 m
III	15 m
IV	20 m

表5.2.1.1 引下线之间的距离，依据IEC 62305-3 (EN 62305-3)

引下线的确切数量，需由计算隔离距离 s 得到。如果从建筑设施上计划安装的引下线的数量计算得到的隔离距离太小，那么，一个可行改进方案，就是增加引下线的数量。

通过增加电流导电通道，将使电流分布系数 k_c 得到改善。由于这些措施，降低了引下线中的电流，使得所要求的隔离距离得以保持。

当然，建筑物的天然组成部分（如钢筋混凝土支柱，钢筋骨架等），如果它们自身导电性可以得到保障，同样可以作为引下线来使用。

通过在地面横向互连的引下线，以及高层建筑物的环形导体，形成一个均匀对称的雷电流的分布结构，这同样可以起到减小隔离距离的作用。

在现行系列标准IEC 62305 (EN 62305) 中，隔离距离得到了极大的重视。通过上述的措施，使建筑设施的隔离距离朝有利的方向改变，确保了雷电流通道的安全。

如果这些措施仍然不足以维持所需的距离，可以

使用一种新型的耐高压的绝缘导体（HVI）。具体内容将在5.2.4章讲述。

关于如何确定隔离距离，也将在5.6章中介绍。

5.2.2 非隔离的防雷系统中的引下线

首先，引下线应直接安装在建筑物上（无需距离）。布置的准则是，当雷击防雷系统时，其温度的变化可以控制在一定的范围内。

如果墙体是由阻燃或常规建材构成的，一般允许引下线直接安装在墙上。依据德国各州的建筑法规，通常不允许使用易燃的建筑材料。因此，在绝大多数是情况下，引下线可以直接安装在建筑物上。

如果木材的容积密度大于 400kg/m^3 ，厚度大于 2mm ，即可认为它是防火的。这样，木工就可以直接将引下线安装在这种木材上。

如果墙体是由轻度阻燃材料构成的，那么，允许引下线直接安装在墙体表面的前提条件是：当雷电流存在时，温度的升高不会造成危险。

根据保护等级，不同导电材料允许的最大温升，可从表5.2.2.1中读出。依据这些值，将引下线布置在绝热装置下通常是被允许的。因为温度升高时，这些绝热装置不会引起火灾。所以，它们也就起到了消防的作用。

另外，在绝热装置之后，使用PVC制成的线缆护套，可（在表面上）降低温度。PVC铠装的铝线也可以使用。

q mm^2	\varnothing	保护等级											
		铝			铁			铜			不锈钢		
		III + IV	II	I	III + IV	II	I	III + IV	II	I	III + IV	II	I
16		146	454	*	1120	*	*	56	143	309	*	*	*
50	8 mm	12	28	52	37	96	211	5	12	22	190	460	940
78	10 mm	4	9	17	15	34	66	3	5	9	78	174	310

* 熔化/蒸发

表5.2.1.2 不同导电材料最大升温 ΔT (单位: K)



如果墙体是轻度防燃材料构成，并且引下线的升温会造成危险，那么，布置引下线时引下线和墙体之间的距离必须确保大于0.1米，但固定件可以接触墙体。建筑设施的建造者必须说明布置引下线的墙体是否由易燃材料构成的。

在DIN EN 62305-3 (VDE 0185-305-3) 附页1中，确切地定义了阻燃、常规、易燃材料。

5.2.2.1 引下线的设置

引下线是接闪装置的延续，它们必须被横平竖直地排列，与地极相连的路径应做到尽可能短地。

引下线要避免在屋檐或走廊、阳台处构成环形。如果这种情况无法回避，那么必须要测量引下线最近的两点之间的距离，并且要检查这两点之间引下线的长度 l ，是否达到所要求的隔离距离 s 。

(图5.2.2.1)

隔离距离 s 通过长度的总和来计算。 $l = l_1 + l_2 + l_3$

引下线不允许被布置在雨水导槽及排水管处，即使它们有绝缘护套。在雨水导槽处潮湿的环境将导致引下线被严重地腐蚀。

如果采用铝制引下线，不允许它们被直接布置在石膏、砂浆、混凝土之上（之内或之下），也不应布置在地面上。如果是配备了PVC护套，要确保该护套未受机械损伤，也没有因过冷而出现绝缘断裂的情况。建议安装的引下线与所有门窗保持要求的安全隔离距离。(图5.2.2.1.2)

金属排水管必须在与引下线交叉点与其相连接。

(图5.2.2.1.3)

金属排水管，即使它不作为引下线，也应在底部将其与等电位连接排或接地装置相连。通过与传导雷电的雨水导槽相连接，使得排水管也成为传导雷电

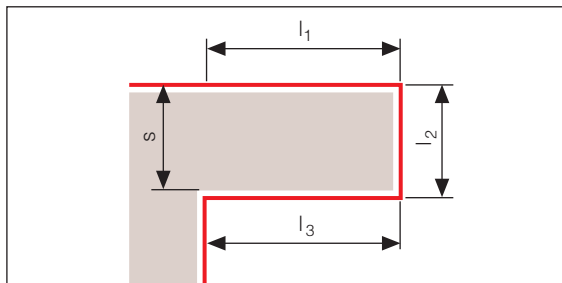


图5.2.2.1 环形引下线

流的一部分，由此将雷电流导入接地装置。具体方法见图5.2.2.1.4。

5.2.2.2 引下线的天然组件

使用建筑设施的自然组件作为引下线，可减少安装的引下线的数量，在某些情况下，甚至可以完全免除安装引下线。

以下建筑设施的“天然组成部分”可以作为引下线装置使用：

⇒ 金属装置，前提条件是：能够确保这些不同的金属部件之间安全、长效地连接在一起，并且它们的尺寸距离应符合对引下线的最低要求。

对这些金属装置，也可外加绝缘护套。含有易燃、易爆材料的排水管，不容许被用作引下线。若法兰连接器的密封不是金属的，或者与金属管相连的法兰连接器没有和其它的导体做电气连接，也不容许被用作引下线。

⇒ 建筑设施的金属骨架结构

当用建筑物的钢筋骨架或相互连接的钢筋结构作为引下线时，就不再需要环形导体，因为额外的环形导体对改善电流的分布起不到作用。

⇒ 建筑设施的互连加固结构

建筑设施现有的加固结构不能作为天然接闪装置的组成部分，除非它们做了相互连接。不然，必须分

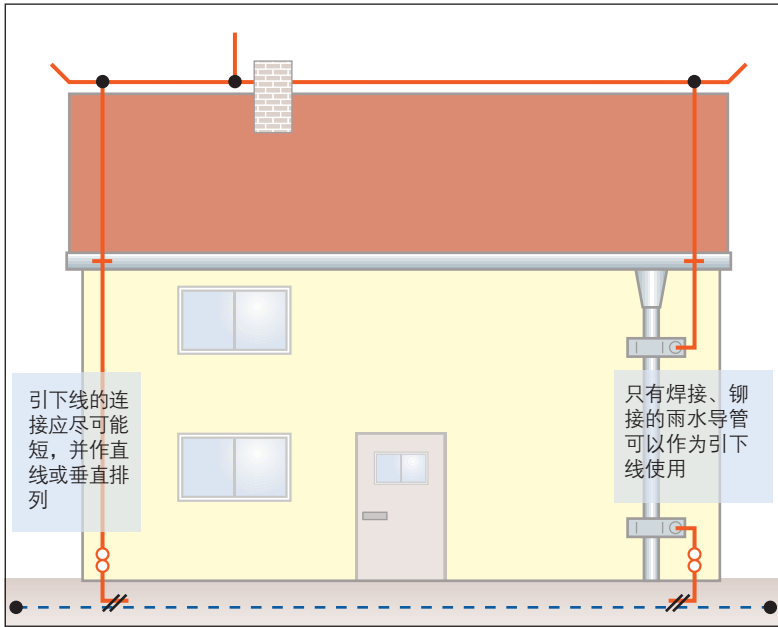


图5.2.2.1.2 引下线



图5.2.2.1.3 接闪装置，连接在屋顶排水管道上



图5.2.2.1.4 排水管接地

别对它们做外部防雷保护。

⇒ 混凝土预制件

混凝土预制件必须在其钢筋固件上预设终端连接端子，并在所有的这些连接部位之间都要实现电气导电连接。每个零部件在安装过程中就必须做到相互连接。（图5.2.2.1）

说明：

对于预应力混凝土，必须注意特定的风险，即由于雷电流而产生的难以承受的力学效应。并且，在防雷系统的连接部件上，还要注意观察是否显现了雷电作用效果。

预应力混凝土中钢棒和钢绞线处所设的端子必须在张紧范围之外。在计划使用钢棒和钢绞线作为引下线之前，一定要获得建筑设施建造者的同意。

如果现有的建筑设施的钢筋不能相互安全连接，则它们不能作为引下线使用。那么，就必须铺设外部的引下线。

此外，外墙的构件、导轨和房屋外墙分支金属结构都可以作为引下线使用，前提条件是：

- ⇒ 它们的尺寸要满足对引下线的最低要求。金属板材的厚度不得小于0.5毫米。在其垂直方向电导率必须得到保证。如果金属外墙用来作为引下线，那么，它们必须相互连接，每块板通过螺钉、铆钉或桥接，确保它们安全地连接在一起。必须在接闪装置和接地装置中建立一个安全的、具有一定电流承载能力的终端连接。
- ⇒ 如果金属板没有按照前面所提出的要求相互连接在一起。但如果从接闪装置的端子至接地装置的端子都是电气导通的，那么它们可以作为引下线使用。（图5.2.2.2.2 和 图5.2.2.2.3）

金属的排水管也可以作为天然的引下线使用，只要它们是相互连接的（钎焊或铆接），并且管壁的最小厚度维持在0.5mm以上。如果排水管没有安全的连接，则它可以以支撑物的形式作为辅助引下线。这种类型的应用在图5.2.2.2.4中做了说明。因为引下线仅

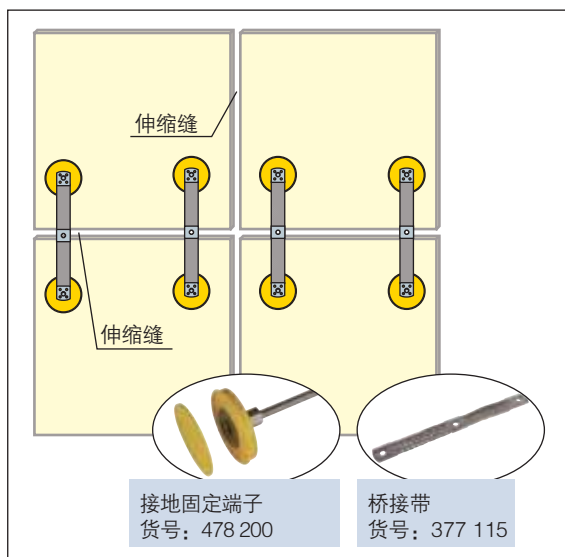


图5.2.2.2.1 利用建筑设施天然组成部分 – 由预制混凝土构成的新型建筑物



图5.2.2.2.2 金属分支结构，通过桥接实现电气导通

依附与排水管安装，所以排水管与接地系统之间的连接必须有能力承载雷电流。

5.2.2.3 测量点

引下线在接地装置的每一个端子都要留出测试点（尽可能在引入接地之前）。

为了检查防雷系统的以下几个特征，测试点是必要的：

- ⇒ 引下线通过接闪装置至下一个引下线的连接
- ⇒ 接线端子通过接闪装置相互连接，如：环形接地体或基础接地体（B型接地极）。
- ⇒ 单极接地体的接地电阻（A型接地极）

如果建筑物（如钢筋混凝土结构或钢筋骨架）“天然”的引下线与接地装置之间的“电气”隔离无法实现，则无需测量点。

测量点只能为了测试的目的通过工具开启，否则

它们是关闭的。

在规划防雷保护系统时，每个测量点都必须明确指定。通常，所有测量点都用数字标明。（图 5.2.2.3.1）

5.2.2.4 内置引下线

如果建筑物的边缘（长度和宽度）比一定保护等



图5.2.2.2.3 金属墙面的接地端子



图5.2.2.2.4 排水管的引下线



图5.2.2.3.1 测试点处标有号码

级对应的引下线的距离要大的多，则应安装额外的内置引下线。(图5.2.2.4.1) 内置引下线的网格尺寸为40m x 40m。

对于大型平顶建筑，常常需要安装内置引下线，如：大型生产车间或分发中心。在这种情况下，通向屋面的导管应由盖屋顶的人安装，因为他负责保证屋顶的防水性能。

局部雷电流通过内置引下线进入建筑设施的内部而产生的效应必须加以考虑。在规划内部防雷保护系统时，在引下线附近产生的电磁场（耦合进入电气/电子系统），也应予以考虑。

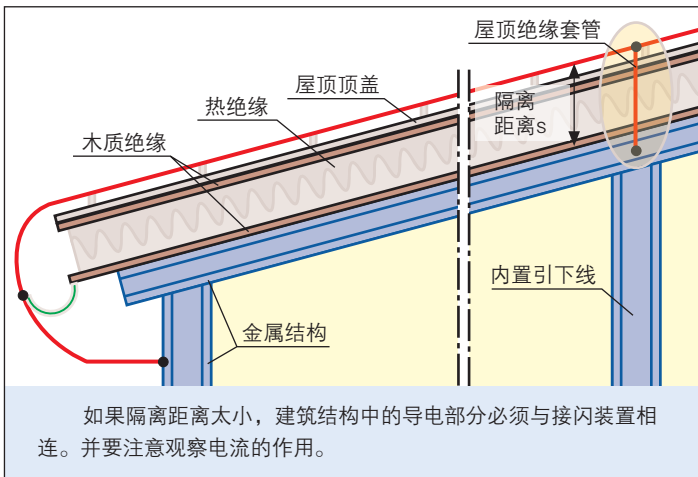


图5.2.2.4.1 大型屋顶上的引下线（内部引下线）

5.2.2.5 庭院

带有内部封闭的庭院的建筑，若周长大于30米，必须按照表5.2.1.1安装引下线。(图5.2.2.5.1)

5.2.3 隔离的外部防雷的引下线

如果接闪装置由隔离矗立的一组（或一个）桅杆组成，那么它们同时既作为接闪系统，又作为引下线。(图5.2.3.1)

这种桅杆，每个至少需要一条引下线。钢桅杆或连接钢筋的桅杆，无需额外的引下线。

出于美化景观的原因，一个金属旗杆也可以作为接闪装置。

必须保持接闪装置和引下线与建筑物之间的隔离距离s。

如果接闪装置由一个或多个张开的电线或电缆组成，那么在每条线缆被固定的尾端，都需要安装引下线。(图5.2.3.2)

如果接闪装置形成一个网格状电缆，即跨越的电线或电缆相互交织，构成网状结构（横向连接），则至少需要一条引下线安装在固定电缆的终端。(图5.2.3.3)

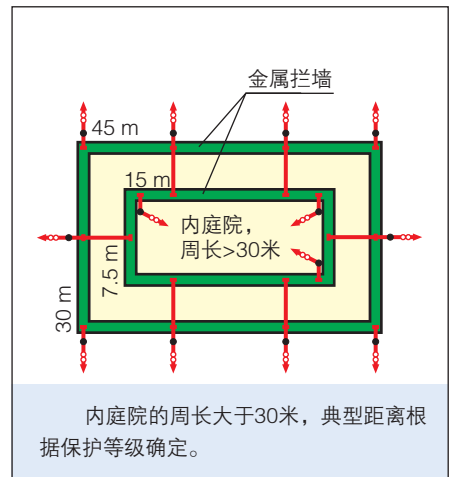


图5.2.2.5.1 庭院中引下线的设置

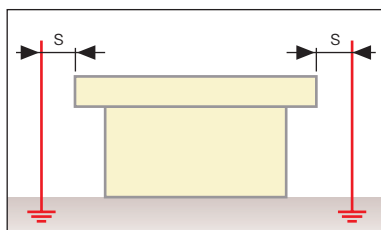


图5.2.3.1 建筑物的隔离接闪桅杆

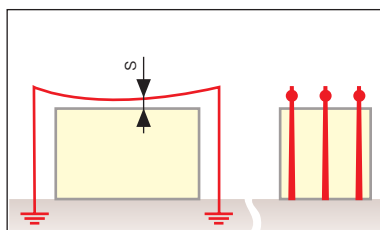


图5.2.3.2 通过电缆连接的接闪桅杆

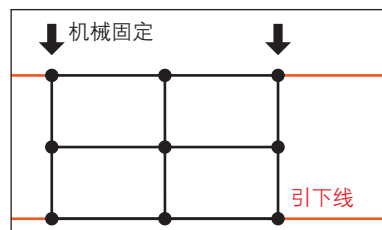


图5.2.3.3 通过电缆连接，且带有横向连接的（网格状的）接闪桅杆

5.2.4 耐高压、绝缘的引下线 – HVI线缆

无线移动基站覆盖面极广，设立时经常利用众多的建筑物，而只有部分建筑物具备防雷保护设施。按照标准，规划和建设基站的基础设施时，必须要针对实际情况，予以考虑。而且要根据所使用的不同标准，严格加以区分。例如：DIN EN 62305-3（VDE 0185-305-3）和DIN VDE 0855-300的保护目的（无线移动基站的防雷保护和接地）是不同的，绝对不允许将它们混为一谈。

站在基站经营者的角度看，基本上可区分为以下三种不同情况：

- ⇒ 建筑物不具备防雷保护系统
- ⇒ 建筑物虽然配备了防雷保护系统，但其功能不完善，已不能再运作
- ⇒ 建筑物配备了完善的防雷保护系统

建筑物不具备防雷保护系统

在德国，无线移动基站的建设须按照标准DIN VDE 0855-300进行。该标准是有关无线移动基站的接地系统的。按照这个标准提出的防止电涌的保护概念，无线网络运营商再将其它补充的保护内容整合进去。

建筑物的防雷保护系统的功能不完备

无线移动基站应按照相应的防雷保护等级（LPS）设立外部防雷。同时需要调查、评估雷电流

所经路径。那些传导雷电流所必要的、而现有设备缺少的部分要及时更换补充，确保它们与接地系统的电气连通。对于那些冗余的设施及视察找出的缺陷，必须以书面形式通知建筑物的所有者。

建筑物配备了完善的防雷保护系统

经验表明，多数的防雷保护系统都是依据III级防雷保护等级（LPS）设计的。对建筑物进行定期检查，必须根据相应的防雷保护等级（LPS）与移动基站的安装相结合。保护等级为I级和II级的设施，要对其周围的设施进行拍照记录，以便今后可以参考当时建造时的位置，为后续近似问题的解决提供证明。如果要在建筑物上为无线移动基站设立有效的外部防雷设施，则它的架设应依据最新的防雷标准IEC 62305（EN 62305）。

在这种情况下，只有当天线电缆做等电位连接时，德国的VDE 0855-300标准才会被涉及。所有机械部件，必须能够抵抗预期的雷电流。出于标准的需要，无线网络运营商对所有天线的固定刚体和支架构件均采用I级的防雷保护。连接应采用最短的路线，这对于平顶屋顶上多数的网格状接闪装置是不成问题的。但是事实上，在建筑物上具备一个功能完善的防雷保护设施，比在其上为天线安装接地装置要重要的多。

在建设之初的讨论阶段，应根据规划的建筑物类型来确定防雷保护的类型：

- ⇒ 如果系统技术应用于屋顶，则电力电缆的铺设应优先选取建筑物的外墙。
- ⇒ 如果系统技术应用于屋顶，并且规划建筑中有中心支柱，应为设备设立隔离的防雷保护系统。
- ⇒ 如果系统技术应用于室内，那么应优先采用隔离的防雷保护系统。其中必须注意无线移动基站基础设施的几何设计尺寸，使隔离的防雷保护系统的实施在经济上可行。

经验表明，在很多情况下，现有的防雷保护系统存在因老化而带来的各种缺陷问题，这影响了设备的有效使用。尽管无线移动基站与外部防雷保护系统做了“连接”，这些缺陷仍有可能导致建筑物内设备的损坏。

过去，为了使无线网络规划者在复杂的环境下仍能按照标准建立天线等设施，只能选用隔离的防雷保护系统，并在水平方向应用间隔保持器。在这种情况下，从建筑美学出发来设计天线的安装是完全不可能的。（图5.2.4.1）在一些特殊的需要美化景观的地方，如图5.2.4.1所示的天线就不适用了。

随着绝缘的HVI线缆的应用，为防雷保护系统的建设者带来了一个创新的解决方案，并提供了一个新型的防雷装置设立方式，使隔离距离通过一种简单的方式得以实现。（图5.2.4.2）

5.2.4.1 绝缘的HVI引下线的安装及其工作方式

绝缘的引下线的基本原理是：传导雷电流的线缆用绝缘材料包裹，使它与其它导电的建筑物构件、供电线缆及金属管道保持必需的隔离距离 s 。隔离距离因过短而出出允许范围的情况须加以避免。为避免这种情况而采用绝缘材料时，对绝缘的引下线，原则上要满足以下要求：

- ⇒ 通过使用夹具，引下线在接闪装置（避雷针、避



图5.2.4.1 带有间隔保持器的隔离接闪装置



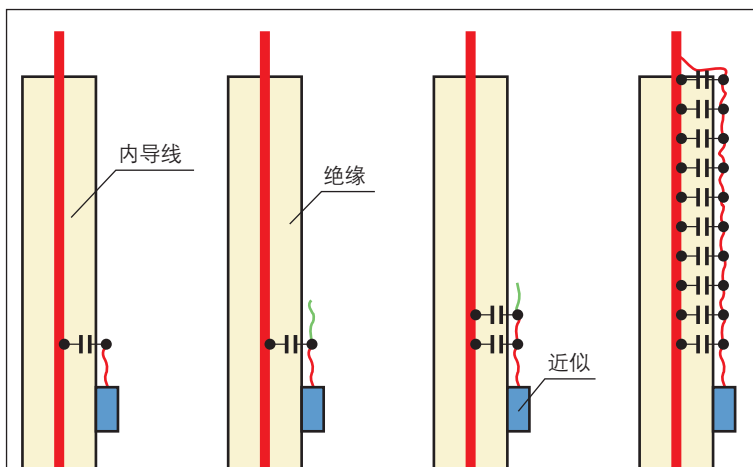
图5.2.4.2 DEHNconductor系统，用于移动通信系统的隔离接闪装置

雷带、避雷线等）处要尽可能地被牢固地固定，以抵抗由雷电流而产生的机械力。

- ⇒ 在引下线的各个接入点及其整条引下线应具有足够的绝缘强度，来保持必要的隔离距离 s 。
- ⇒ 引下线应具有—定横截面积，使它有足够的载流能力。
- ⇒ 应尽可能地连接到接地系统或等电位连接排中。

因引下线的护套为绝缘材料，抗电磁干扰能力强，所以原则上可相应地减少隔离距离。但一定要遵守高压技术的边界条件。这是必要的，因为引下线的电气绝缘性能是由它的分布排列情况和爬电电荷来决定的。

为了使其不依赖于引下线的排列布置，应用非屏蔽的、绝缘的引下线不失为一种解决办法。但仅仅靠一条用绝缘材料包裹的导线是不能解决问题的。在相对较小的感应冲击电压下，在较近的范围内（如：在金属、接地的导线支架和线缆接入位置）就会出现沿面放电现象，这可能会导致整条线的表面上出现绝缘闪络。



5.2.4.1.1 在无特制包覆层的隔离引下线上，沿面放电的形成过程

最可能出现沿面放电的区域是绝缘材料、金属（处于高电势或接地状态）和空气同处一处的地方。从高压技术的角度出发，这一范围是重点防范区域，因为在此范围内极有可能出现沿面放电，使导线的耐高压的性能降低。当在电场强度法线方向（垂直于绝

缘材料表面）形成的电压超出了沿面放电的触发电压，而在电场强度切线（平行于绝缘材料表面）方向上发生局部游离放电，则沿面放电必然随之出现。（图5.2.4.1.1）

沿面放电的触发电压决定了导线的绝缘强度，它的大小大约等于250-300千伏的雷电冲击电压。

图5.2.4.1.2画出了以同轴电缆构成的引入导线-HVI线缆，它可阻止沿面放电的产生，使雷电流安全入地。

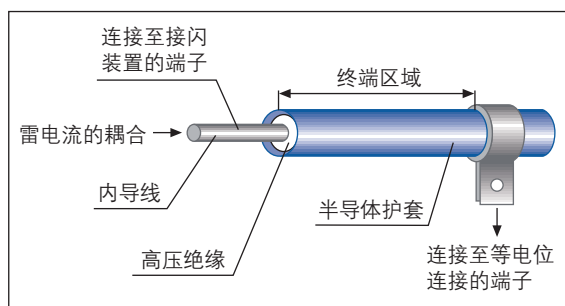


图5.2.4.1.2 HVI 线缆的结构

通过人为地影响输入点的电场，受电场控制的绝缘引下线及其半导体材料制成的护套阻止了沿面放电的出现。引下线的这种构成使雷电流能够顺利地导入特殊的电缆，并在保持必要的隔离距离的前提下，确保了雷电流的安全传导。同轴电缆的半导体护套将输入电缆的电场屏蔽掉。但是，因电流流经内部导线，在其周围感应的磁场却不会受到影响。

通过优化电场控制，使一个长度为1.50米的电缆封装单元，近似的等效距离为：在空气中，隔离距离为 $s \leq 0.75$ 米；或者，在固体结构物质中，隔离距离为 $s \leq 1.5$ 米。（图5.2.4.1.3）

通过调整接闪装置、以及以固定距离到等电位连接系统（电源输入点）的连接器，来实现对这些特殊电缆的封装。与同轴电缆的金属屏蔽相比，半导体护套的电阻值要明显地大得多。这样，即使将电缆护套多次连接到等电位连接中，也会有微量的雷电流泄漏到建筑物中。

通过必要的隔离距离 s ，导线的最大长度 L_{max} 计算如下：

$$L_{max} = \frac{k_m \cdot s}{k_i \cdot k_c}$$

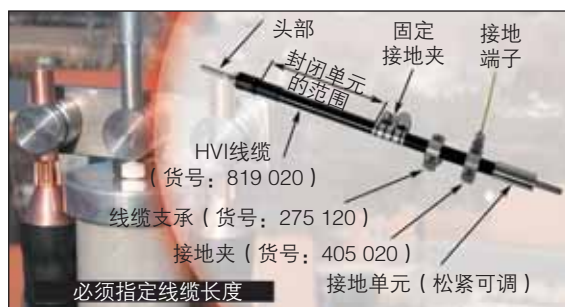


图5.2.4.1.3 I型HVI线缆及DEHNconductor的构件

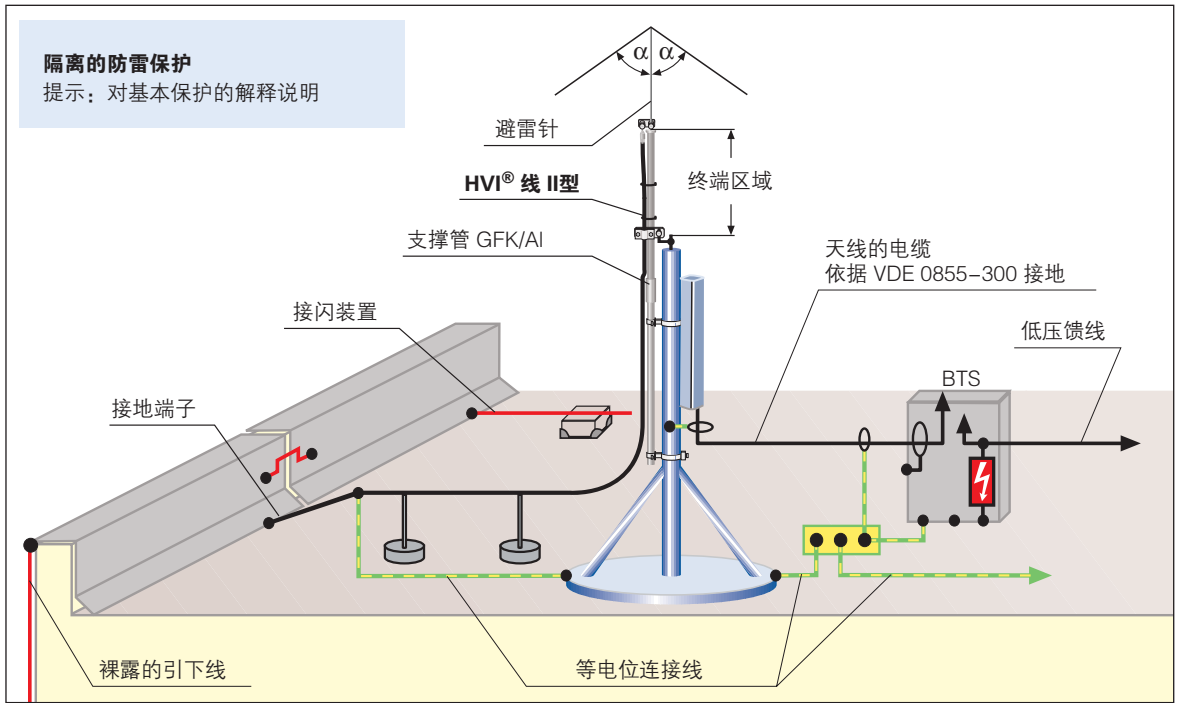


图5.2.4.2.1 通过应用HVI线缆，新的2G/3G的天线整合到现有的防雷保护装置中

5.2.4.2 安装实例

在无线移动通信中的应用

无线移动设备通常设立在其它的建筑物上。在无线移动设备的经营者和建筑物的所有者之间，通常要签订协议，通过无线移动设备的设立，不会给建筑设施增加额外的风险。这对雷电防护尤其意味着，当雷电击中建筑物的支撑主体结构时，不允许有雷电流侵入建筑物的内部。因为部分雷电流进入建筑物内，会将电气和电子设备置于危险之中。

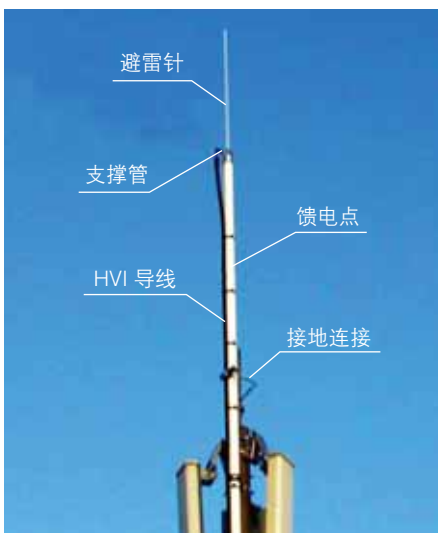


图5.2.4.2a 用在天线区域内的绝缘管

图5.2.4.2.1描绘了框架结构式设立“隔离的接闪装置”的一种解决方案。

避雷针必须通过非导电材料制成的支撑架绝缘固

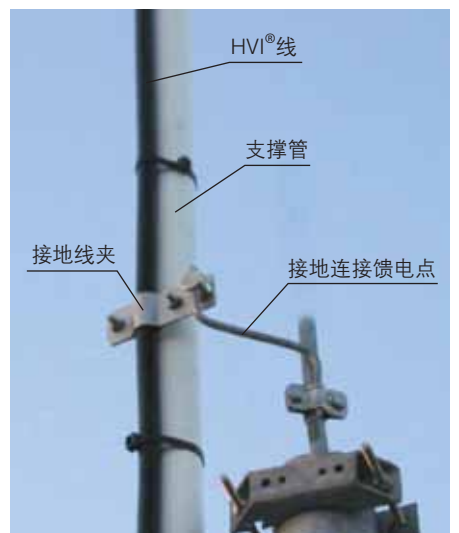


图5.2.4.2b 到天线骨架的直接连接



图5.2.4.2.3a 带有避雷针和横跨避雷线的通风设备



图5.2.4.2.3b 避雷针和建于支架上的环形导线，与绝缘引下线系统相连

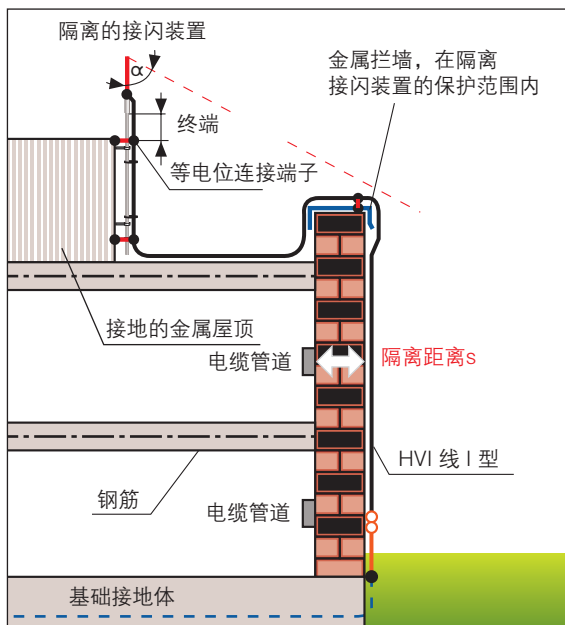


图5.2.4.2.4 采用电压控制的绝缘导线（HVI线），来保持必要的隔离距离

定在天线支承主体结构上。设立的避雷针的高度是根据BTS中对电子设备要求和支承主体结构所在的雷电保护区而定的。如果在建筑物上安装了多个天线系统，那么应设立多个“隔离的接闪装置”。在图5.2.4.2.2a和b中，展示了在天线支撑管上的安装。

屋顶建筑

屋顶上金属和电气装置突出于建筑屋顶平面之外，成为雷击的暴露点。由于那些进入建筑物内的金属导管和电气设备的导电连接，存在雷电流进入建筑物内部的危险。为了防止这种情况，用简单的方法为整个建筑设施设立必要的隔离距离，带有绝缘引下线的隔离接闪装置的安装是必要的（图5.2.4.2.3a和5.2.4.2.3b）

如此，所有突出的金属和电气设备都在防雷保护区域内。雷电流将从被保护的建筑设施旁边“绕道引走”，并通过接地装置分流。

如果在屋顶上有多个建筑设施，基本构造如图5.2.4.2.4所示，那么就必须要安装多个隔离接闪装置。作法是，将所有突出的设施都安置在防雷保护区之内。（雷电保护区LPZ 0_B）

引下线

从美观的角度出发，既要安装引下线，又要保持



图5.2.4.2.5 带有避雷线和绝缘导线的接闪装置

必要的隔离距离，通常会影响建筑物的外观。

例如：对于HVI线缆的布置，即可以把它放置在建筑物外墙表面，也可以将它整合到外墙内。（图5.2.4.2.5）这样，这种新型绝缘线为古建筑提供了一种美化外观的可行性，使其功能和设计融合为一体。因而这些革新的技术是现代建筑的重要标志。

5.2.4.3 学校和住宅楼的工程实例

建筑物的位置

在图5.2.4.3.1中的建筑物，它的底层到六层都是采用传统的建筑形式建立的。之后又在已有的屋顶表面加盖了第七层。第七层的外墙面是由金属板构成的。媒体中心位于第三层，底层用于行政管理。除第七层外的其它各层用于酒店式公寓。由第六层的屋顶表面至第七层构成一个金属的拦墙，其组成部分没有做相互的电气连接。至七层的屋顶，整个建筑物（不包括女儿墙）的高度是25.80米。随后，多家无线网络经营者在第七层的屋顶上为无线移动通信和微波设立了五个天线系统。天线分别架设在屋顶的四个角落和中央位置。

在屋顶角落处的四个天线的电缆（同轴电缆）都会聚到西南方向的女儿墙里。从这里，金属电缆导管从屋顶的女儿墙连至第六层，电缆将穿入金属电缆导管内，被引入位于六层的BTS控制室。

中央天线的电缆，也是借助金属电缆的导管，从建筑物的东北面直接引入位于第六层的第二个BTS控制室。这个电缆的导管也是和周围的女儿墙相连接的。

整座建筑物配备了防雷保护系统。新安装的外部防雷系统，是根据雷电保护标准DIN VDE V 0185-3设计的，用来保护建筑物和人员的安全。

在设立天线设备时，根据DIN VDE 0855-300，采取了等电位连接和接地措施。

在实施系统接地时，并没有与已有的外部防雷保护（地面上的接地装置）相隔离，而是直接连接到了接闪装置上。

由此，在发生雷电放电时，部分雷电流通过同轴电缆的屏蔽层，直接进入建筑物的内部。这些雷电流不仅危及生命，同时也威胁到建筑物内现有的技术装备的安全。

新概念

我们需要的是这样一个防雷保护装置，它不仅能够阻止部分雷电流通过天线的部件（天线的支撑结构，电缆屏蔽层和布线系统）进入建筑物内部，同时，需实现在天线的支撑结构和第七层屋顶的接闪装置之间保持必要的隔离距离 s 。



图5.2.4.3.1 总体概览

依靠传统形式的防雷装置，是无法做到的。通过应用HVI线缆，可建立一个具有隔离接闪装置的防雷保护系统。这需要下列组件：

⇒ 在玻璃钢（GFK）材料构成的绝缘支撑管上的避雷针，直接固定在天线桅杆上。（图5.2.4.2.2a）

⇒ 避雷针的引下线，借助一支HVI线缆，连接到隔离的环形导体上。（图5.2.4.3.2）

⇒ 密封馈线接点，以防止输入端的爬电和闪络。

（图5.2.4.2.2a和图5.2.4.2.2b）

⇒ 在玻璃钢制成的绝缘支撑上、隔离的环形导体，支撑物的高度由计算所得的隔离距离而定

⇒ 从隔离的环形导体，通过金属的女儿墙或金属房屋正面至第六层金属板的引下线，要保持至女儿墙下端所要求的隔离距离s。

（图5.2.4.3.3）

⇒ 额外的环形导体，用于所有引下线之间的相互连接，在高度为15m的建筑物中，用来减少在接闪装置和引下线之间所需的隔离距离。（图5.2.4.3.4和图5.2.4.4.1）



图5.2.4.3.2 隔离接闪装置和隔离环形导体
来源：H.Bartels 公司，奥登堡



图5.2.4.3.3 隔离环形导体用作引下线



图5.2.4.3.4 新安装的外部防雷保护装置总览

对于各种不同的执行步骤的详细描述，总结在图5.2.4.3.4中。特别应该注意的是，应将拟议的防雷设计概念，和设备的安装者进行详细地讨论，以避免执行中的过失。

在设计外部防雷保护系统时还要注意：第六层的屋顶露天（图5.2.4.3.1）和较矮的建筑物（图5.2.4.3.4）也要被安置在接闪装置的保护范围/保护角内。

5.2.4.4 隔离距离

在计算所需的隔离距离时，不仅需要考虑到建筑物的高度，还应将带有独立接闪装置的各个天线高度考虑进去。

位于四个角落的天线，均突出屋顶平面3.6m以上。中央的天线，超出屋顶平面6.6m。

包括建筑物高度在内，在计算设备安装尺寸时，以下整体高度都应予以考虑：

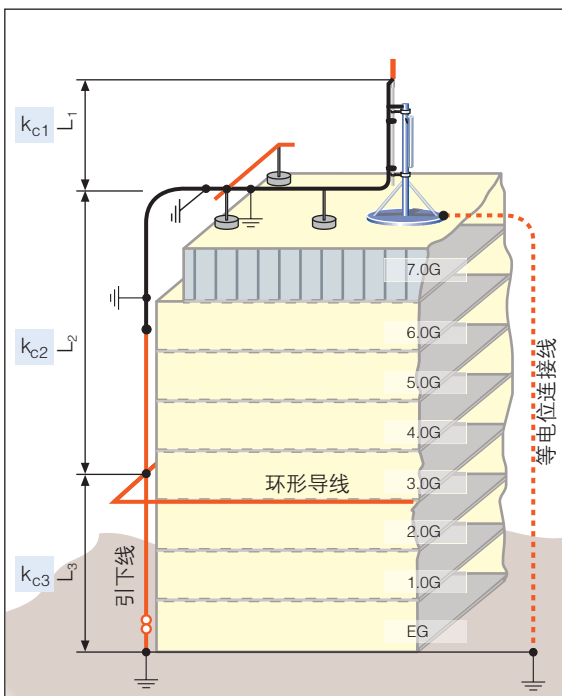


图5.2.4.4.1 必要的隔离距离的计算

⇒ 到避雷针的底端，四个边角的天线的整体高度为 +29.40m

⇒ 到避雷针的底端，中央的天线的整体高度为 +32.40m

⇒ 西侧屋顶表面的另外三个独立的避雷针的高度以及两个在第六层南侧的接闪桅杆的高度，实现了对屋顶表面的完整保护。

具有特殊HVI电缆的DEHNconductor 被用来作为隔离的引下线，其等效的隔离距离为： $S=0.75m$ （空气）/ $1.5m$ （固体建材）

计算所需的隔离距离，将按照图5.2.4.4.1，划分为三个领域：

1. 分段高度分别为：+ 32.4m和 + 29.4m（天线）至 + 27.3m（隔离的环形导体）
2. 分段高度分别为：+ 27.3m至 + 15.0m（屋顶隔离的环形导体，直下端额外的环形导体）
3. 分段高度分别为：从15.0 m至 ± 0 m（接地环形导体直至水平地面的距离）

引下线系统由六条引下线组成，它们从高度 +27.3m至环形导体所在的高度为15.0m的平面。从这个平面开始，六条该建筑物的引下线和四条比邻建筑物的引下线均与接地环形导体相连接。

这样，在每个分段区域内的电流的分布是不同的，这在设计防雷保护系统时要予以充分考虑。

对于屋顶的天线（包括电缆导管、金属外墙和两个屋顶平面上女儿墙），它们所需的等电位连接和接地，是用两个额外的接地电缆（NYY 1×25平方毫米）连接到每个BTS基地的等电位连接中。

隔离接闪装置架设在屋顶上的天线系统的支承架构中，以及建筑物金属部分周围的引下线，都是为了防止部分雷电流进入建筑物内。

材料	外形	最小横截面积mm ²	注意事项 ¹⁰⁾
铜	固体平面材料 固体圆形材料 ⁷⁾ 线缆 固体圆形材料 ^{3), 4)}	50 ⁸⁾ 50 ⁸⁾ 50 ⁸⁾ 200 ⁸⁾	最小厚度: 2mm 直径: 8mm 每线最小厚度: 1.7mm 直径: 16mm
镀锡铜 ¹⁾	固体平面材料 固体圆形材料 ⁷⁾ 线缆	50 ⁸⁾ 50 ⁸⁾ 50 ⁸⁾	最小厚度: 2mm 直径: 8mm 每线最小直径: 1.7mm
铝	固体平面材料 固体圆形材料 线缆	70 50 ⁸⁾ 50 ⁸⁾	最小厚度: 3mm 直径: 8mm 每线最小直径: 1.7mm
铝合金	固体平面材料 固体圆形材料 线缆 固体圆形材料 ³⁾	50 ⁸⁾ 50 50 ⁸⁾ 200 ⁸⁾	最小厚度: 2.5mm 直径: 8mm 每线最小直径: 1.7mm 直径: 16mm
热镀锡钢 ²⁾	固体平面材料 固体圆形材料 ⁹⁾ 线缆 固体圆形材料 ^{3), 4), 9)}	50 ⁸⁾ 50 50 ⁸⁾ 200 ⁸⁾	最小厚度: 2.5mm 直径: 8mm 每线最小直径: 1.7mm 直径: 16mm
不锈钢 ⁵⁾	固体平面材料 ⁶⁾ 固体圆形材料 ⁶⁾ 线缆 固体圆形材料 ^{3), 4)}	50 ⁸⁾ 50 70 ⁸⁾ 200 ⁸⁾	最小厚度: 2mm 直径: 8mm 每线最小直径: 1.7mm 直径: 16mm

- 1) 热镀锡或电镀锡, 最小镀层厚度为1 μm
- 2) 镀层应光滑、均匀, 并且无残留的焊剂, 最小厚度至少为50 μm
- 3) 可用于接闪器。如果在应用中, 机械应力, 如: 风载荷不是关键因素, 可使用最大长度为1m、直径为10mm的接闪器和一个辅助支撑物。
- 4) 可应用于接地的桅杆。
- 5) 铬≥16%, 镍≥8%, 碳≤0.03%
- 6) 在水泥中的不锈钢, 或/与阻燃材料直接接触的不锈钢, 对于固体圆形材料, 最小横截面应提高为78mm², 对于固体平面材料, 最小横截面应提高为75mm²。
- 7) 在某些特定的、对于机械强度要求不高的应用中, 可将横截面积从50mm² (8直径: mm) 降低至28mm² (直径: 6mm)。在此, 要注意加固件之间的距离。
- 8) 如果对热效应和机械效应有特殊要求, 那么, 应相应地提高这些尺寸。对固体平面材料, 应提高至60mm²; 对固体圆形材料, 应提高至78mm²。
- 9) 如果比能达到10, 000kJ/Ω, 为防止金属熔化, 对应的最小横截面分别为: 60mm² (铜), 25mm² (铝), 50mm² (钢) 和50mm² (不锈钢)。详细信息, 请参见附录E。
- 10) 厚度、宽度和直径的容差定义为10%。

表5.3.1 依据IEC 62305-3 (EN 62305-3) 表6, 避雷线、避雷针和引下线的材料、外形和最小横截面积的规定

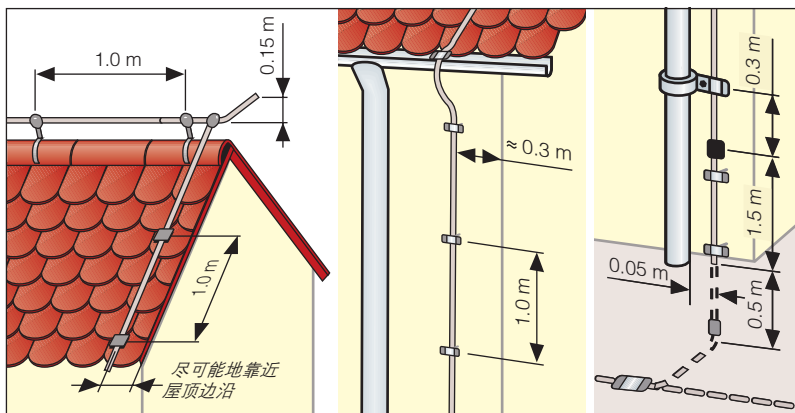


图5.4.1 举例：砖瓦屋顶的建筑物外部防雷系统的各种部件

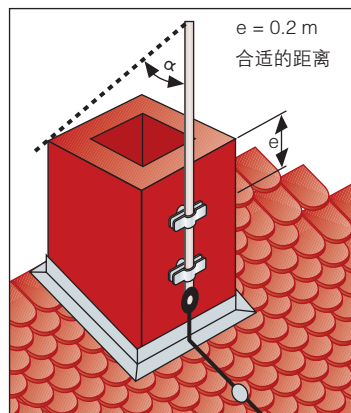


图5.4.2 为烟囱设立的接闪器

5.3 接闪装置和引下线的材料和最小尺寸

在表5.3.1中给出了接闪装置的最小横截面积、外形和材料。

这些要求是根据传导雷电流时，对材料的导电性能（温升情况）和机械特性的所提出的。

当使用直径为8mm的圆形导体作为避雷针时，其最大允许的自由高度是0.5m。而对直径为10mm的圆形导体，其最大允许的自由高度为1m。

注意：

根据IEC 62305-3 (EN 62305-3) 第1章中的表8，连接两个等电位连接排的导线，应使用最小截面积为 14mm^2 的铜线。

当使用100 KA (10/350 μs)的冲击电流测试PVC (聚氯乙烯) 绝缘铜导线时，测定的温升约为56开尔

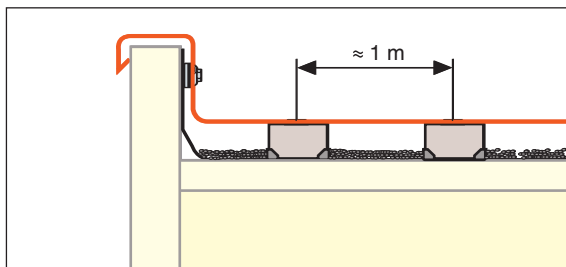


图5.4.3 在平屋顶上的应用

文 (K)。因此，直径为 $1 \times 16\text{mm}^2$ 的铜电缆 NYY可被用来作为地上及地下的连接导线。

在 IEC 62305-3 (EN 62305-3) 中也做出了同样的规定。

5.4 接闪装置和引下线的安装尺寸

以下尺寸 (图5.4.1) 已被实践所验证，这些尺寸主要是由作用于外部防雷保护各部件的机械力所决定的。

在这些机械力中，由雷电流流过产生的电动力很少出现，更多出现的是压力和拉伸力，例如：由温度引起材料长度的变化，风荷载或积雪导致重量的增加，等等。

两个线束支架之间最大1.2m的距离，这主要是针对St/tZn (相对较硬的线缆) 给出的。在实际应用中，常使用铝制线缆，它的最大距离规定为1m。

在IEC 62305-3 (EN 62305-3) 中，为外部防雷保护推荐了以下的安装尺寸，它们已标注在图5.4.1和图5.4.2中。

图5.4.3展示了一个在平屋顶上的应用实例。

在可能的情况下，布置引下线时，应保持引下线到窗户、门和其它开口处的隔离距离。其它重要的安

装尺寸，在图5.4.3-5.4.5中做了说明。

埋地的接地体（如环形接地体），应布置在建筑物的周围，深度>0.5m，距建筑物约为1m。（图5.4.4）

当线缆引入地下或连接到基础接地体（环形接地体）时，要注意防腐保护。要采取有效措施，如：使用防腐带，或者应用具有PVC护套的电缆，铺设在草坪（地表）上下0.3m处。（图5.4.5）

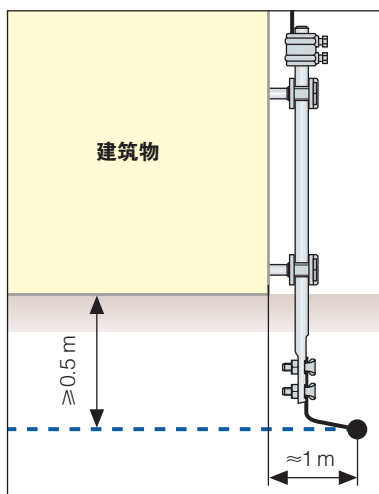


图5.4.4 环形接地体的尺寸

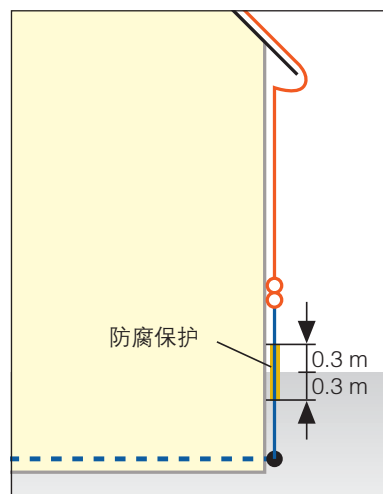


图5.4.5 有腐蚀危险的位置

一个既美观又防腐的可行性方法，是将不锈钢制成的固定接地终端，敷设在混凝土中。

此外，在潮湿的环境下，用于建筑物内部等电位连接的端子也应做防腐保护。

在没有特殊的腐蚀环境的前提下，按照表5.4.1，（为接闪装置、引下线以及结构部件）选择一些材料的组合，是不成问题的。这主要来自实践的经验。

5.4.1 金属线长度的变化

在实践中，经常低估了由温度引起的接闪装置和引下线长度的变化。

在旧的章程和规定中，建议每20m设一个膨胀

卡。这一规定主要是针对以前一贯使用的钢制线缆，而对于膨胀片具有较高的膨胀系数值的不锈钢、铜和大量使用的铝制材料，却没有予以顾及。

一年之中，在屋顶及屋顶上方的温度变化预计有100K。表5.4.1.1给出了在各种不同材料制成的金属线缆中出现的长度变化。值得注意的是，铝制材料因温度而引起的长度变化大约是钢制材料的两倍。

实际应用时应选择的膨胀片在表5.4.1.2中给出。

在使用膨胀片时，必须注意它们在长度上的补偿要具有柔软性。仅仅将这些金属线作‘S’形弯曲是不够的，因为这些在现场手工制成的“膨胀片”缺乏柔软性。

	钢 (tZn)	铝	铜	优质钢	钛	锡
钢 (热浸锌)	是	是	否	是	是	是
铝	是	是	否	是	是	是
铜	否	否	是	是	否	是
优质钢	是	是	是	是	是	是
钛	是	是	否	是	是	是
锡	是	是	是	是	是	是

表 5.4.1 材料的组合

材料	线性膨胀系数 α	ΔL
	$\frac{1}{10^6} \frac{1}{K}$	计算公式 $\Delta L = \alpha \cdot L \cdot \Delta T$ 假设屋顶的温度变化： $\Delta T = 100 K$
钢	11.5	$\Delta L = 11.5 \cdot 10^{-6} \cdot 100\text{cm} \cdot 100 = 0.115\text{cm} = 1.1\text{mm/m}$
优质钢	16	$\Delta L = 16 \cdot 10^{-6} \cdot 100\text{cm} \cdot 100 = 0.16\text{cm} = 1.6\text{mm/m}$
铜	17	$\Delta L = 17 \cdot 10^{-6} \cdot 100\text{cm} \cdot 100 = 0.17\text{cm} = 1.7\text{mm/m}$
铝	23.5	$\Delta L = 23.5 \cdot 10^{-6} \cdot 100\text{cm} \cdot 100 = 0.235\text{cm} = 2.3\text{mm/m}$

表 5.4.1.1 在防雷保护中，金属导线的长度L随温度变化的计算



图5.4.1.1 接闪装置
- 采用桥接带进行膨胀补偿

在引下线的连接端子处，例如：环绕在屋顶边沿的金属避雷带，应注意采取适当的措施，选用柔软性合适的建筑构件。如果连接的柔软性无法实现，金属避雷带的长度随温度而改变，那么就存在墙体外表受损的风险。

为了解决接闪装置在长度上的变化，采用膨胀片来进行补偿。（图5.4.1.1）

5.4.2 工业建筑物和住宅楼的外部防雷

图5.4.2.1a给出了一所带有车库的住宅楼的外部防雷系统的设计，图5.4.2.1b为一工业建筑物。在图5.4.2.1a和图5.4.2.1b以及表5.4.2.1a和b所展示的都是现代通用的一些建筑构建。这里，所需的内部防雷保护系统，如：等电位连接和防止过电压的保护，还

没有加以考虑。（见第六章）

德和盛公司（DEHN）生产的两款产品：DEHNSnap和DEHNgrip，适用于此。

DEHNSnap是新一代合成材料制成的支撑器（图5.4.2.2），适合作为建筑物（屋顶和墙的）的基础部件。通过简单地转动螺帽，即可将导线固定在支撑器内。特殊的锁定技术不会对紧固件施加任何机械压力。

DEHNgrip（图5.4.2.2）是一个不上螺丝的、不锈钢支撑系统。它也适用于直径为8毫米的屋顶或墙上的支撑器。

只要对导线轻压一下，就将导线固定在DEHNgrip中了。（图5.4.2.2）

材料	固定接闪装置和引下线的屋顶基础材料		膨胀片之间的距离 单位【m】
	软材料， 如：沥青或合成材料 制成的屋顶护板	硬材料， 如：砖瓦 或砌砖	
钢	X		≈ 15
		X	≤ 20
优质钢/铜	X		≈ 10
		X	≤ 15
铝	X	X	≤ 10

在没有其它长度补偿的情况下使用膨胀片

表 5.4.1.2 防雷保护中推荐应用的膨胀片



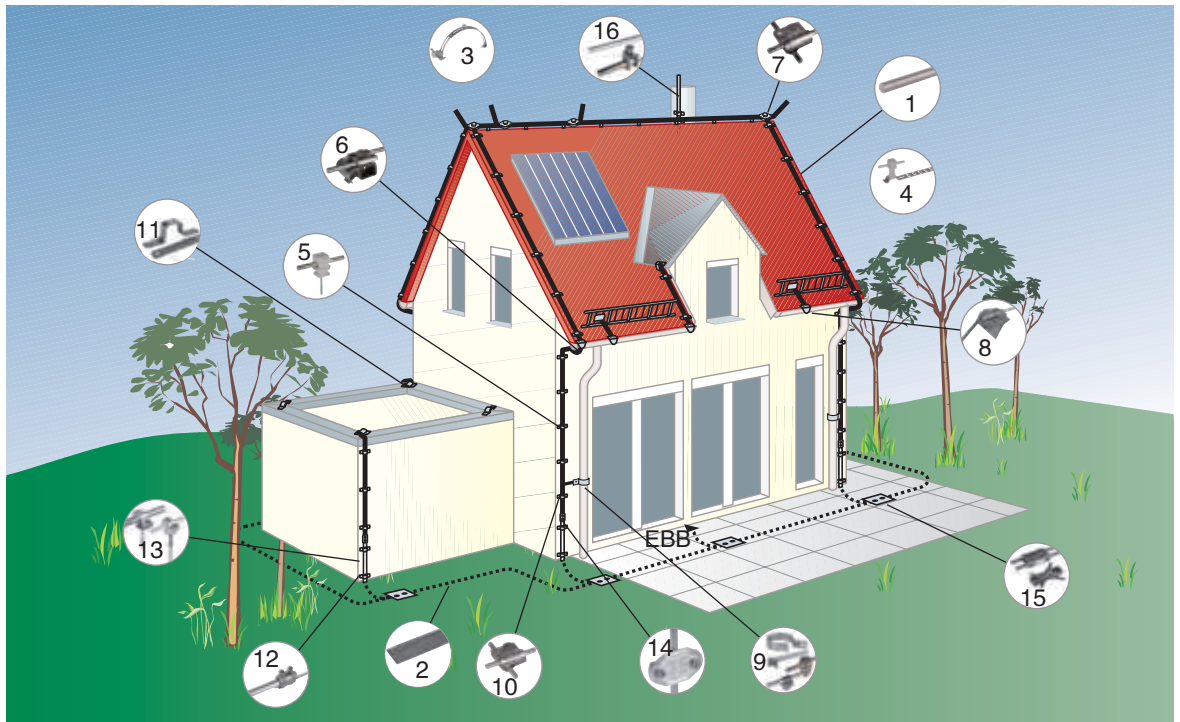


图5.4.2.1a 住宅楼的外部防雷

标号	产品名称	货号	标号	产品名称	货号
1	圆缆 $\varnothing 8\text{mm}$ – DEHNALU, 半软材料或软材料, 可弯曲	840 008	7	MV夹 MV夹	St/tZn 390 050
		840 018			StSt 390 059
2	带钢 30 x 3.5mm 圆缆 $\varnothing 10\text{mm}$	St/tZn 810 335	8	槽沟板夹	St/tZn 343 000
		StSt V4A 860 010			9
3	屋顶导线支架 用于屋脊和屋脊盖瓦	St/tZn 202 020	423 200		
		StSt 204 109	301 000		
		StSt 204 249	301 009		
		StSt 204 269	10	KS夹 MV夹	StSt 390 051
		StSt 206 109	11		桥接板 桥接带
		StSt 206 239	铝 377 015		
4	屋顶线缆支架 用于屋顶上的线缆	StSt 204 149	12	接地棒 $\varnothing 16\text{mm}$ 整套	480 150
		StSt 204 179			480 175
		St/tZn 202 010	13	檐杆支架, 带夹板和覆盖带 檐杆支架, 带夹板和覆盖带	275 260
		St/tZn 202 050			273 730
		St/tZn 202 080	14	檐杆支架, 用于热隔离 距离标识牌	480 006
		StSt 206 209			480 005
St/tZn 206 309	15	平行连接器 十字件 SV夹 SV夹	305 000		
5			DEHNSnap DEHNgrip 导线支架, 带夹板和覆盖带 导线支架, 用于热隔离	306 020	
				204 006	319 201
207 009			St/tZn 308 220		
6	屋檐水槽夹 用于屋顶凸缘 屋檐螺纹水槽夹	St/tZn 339 050	16	接闪装置, 带锻接的凸缘 接闪装置, 两端半球形隆起 檐杆夹具	100 075
		StSt 339 059			483 075
		St/tZn 339 100	StSt 308 229		
		StSt 339 109	380 020		

表5.4.2.1a 住宅楼的外部防雷系统部件

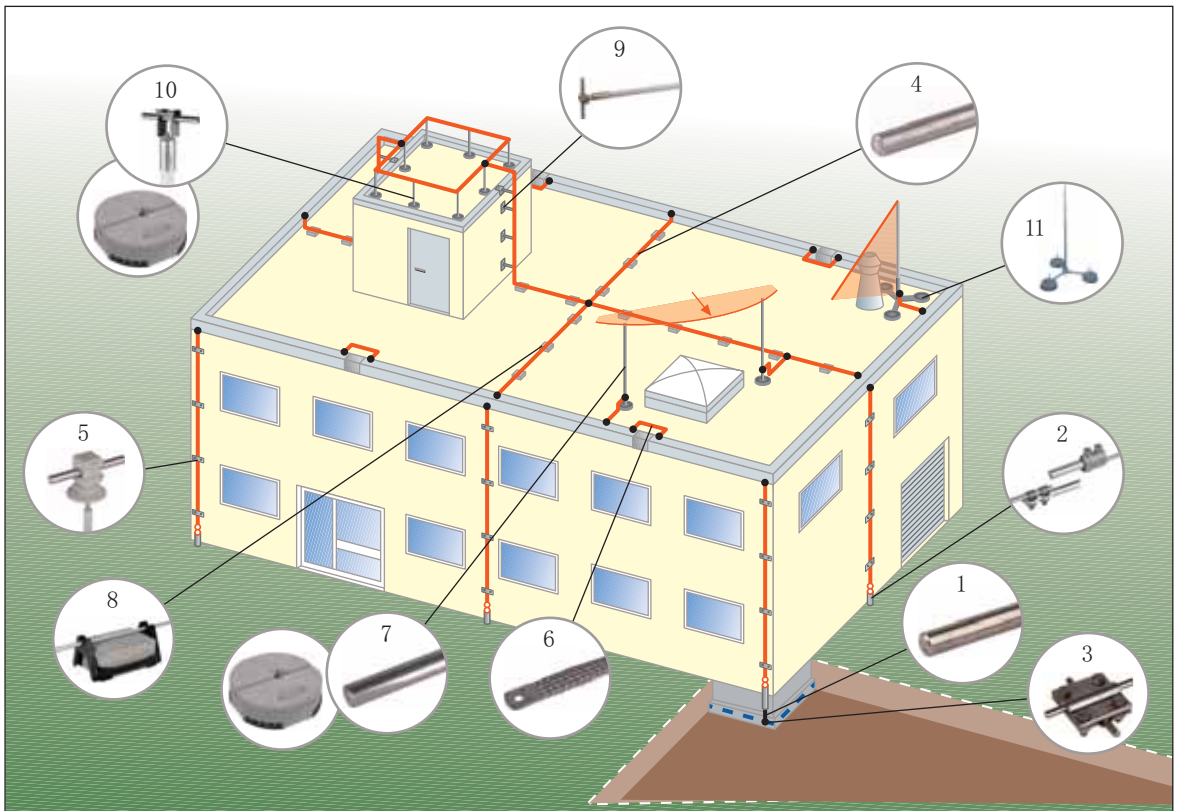


图 5.4.2.1b 工业建筑物的外部防雷

标号	产品名称	货号	标号	产品名称	货号
1	不锈钢缆 $\varnothing 10\text{mm}$	StSt 860 010	8	屋顶线缆支架, 用于平顶屋顶	253 050
2	接地棒-套	St/tZn 480 150	9	DEHNiso 距离保持器 ZDC-St/tZn	106 100
3	十字件	StSt 319 209	10	建于支架上的环形导体, 带有适配垫板	102 340
4	DEHNALU-DRAHT®	AlMgSi 840 008		和距离保持器	StSt 106 160
5	线缆支架 DEHNsnap®	204 120	11	隔离避雷针	105 500
6	桥接带	Al 377 015			
7	避雷针	AlMgSi 104 200			
	水泥底座, 带有适配垫板	120 340			

表5.4.2.1b 工业建筑物的外部防雷部件

5.4.3 屋顶线缆支撑架安装的操作说明

屋脊和屋脊砖瓦

调节螺钉, 使屋顶的支撑器与屋脊砖瓦的尺寸相适应。(图5.4.3.1)

布置导线时, 可通过导线支架, 从顶部中心至下部逐步调整。

(松开导线支架可以通过旋转支撑器或拧开紧固

螺钉来进行。)

⇒ 屋顶支撑器SPANNsnap和合成支撑器DEHNsnap或不锈钢线缆支架DEHNgrip的配合使用。(图5.4.3.2)

⇒ 通过不锈钢拉力弹簧获得持久的张力。一般的张紧范围为180 – 280mm。带有侧面可调的引下线, 线径为8mm。



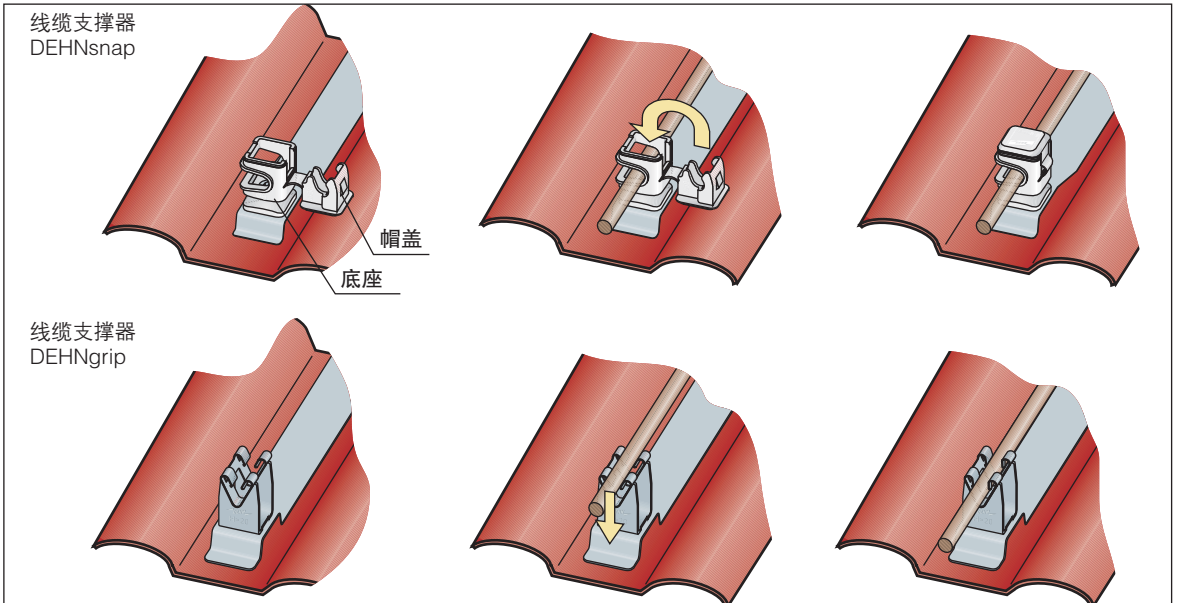


图5.4.2.2 线缆支撑器 DEHNSnap 和 DEHNgrip

⇒ 线缆支撑器FIRSTsnap，及合成材料制成的线缆支架DEHNSnap，置于现有的、干燥的墙脊夹具上。

将线缆支撑器DEHNSnap（1）（图5.4.3.3）插入建筑边沿上已有的、干燥的屋脊夹具（2）上，并手动拧紧。

波形瓦的底衬瓦：

屋顶线缆支撑器UNIsnap带有预制横条，用于固定在屋顶表面上。先将线缆支撑器手动弯曲，再将其挂在屋顶的横梁上。也可用钉子辅助固定。（图5.4.3.4）

光面砖瓦（图5.4.3.5）

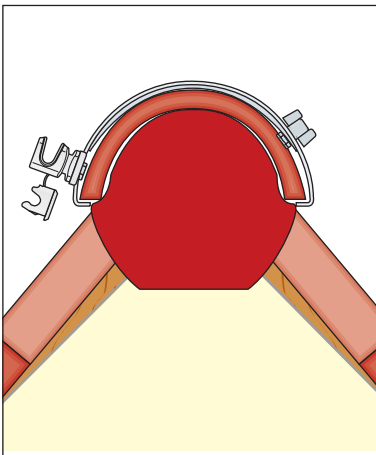


图5.4.3.1 屋脊砖瓦上的线缆支撑器 DEHNSnap

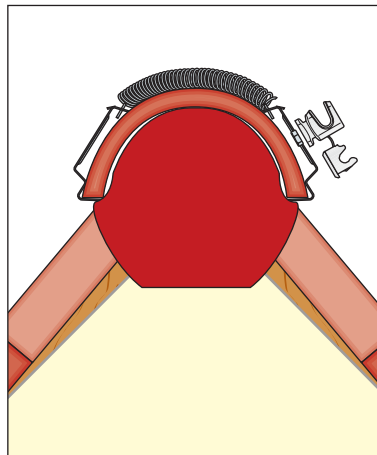


图5.4.3.2 SPANNsnap 和带有合成材料的线缆支撑器 DEHNSnap

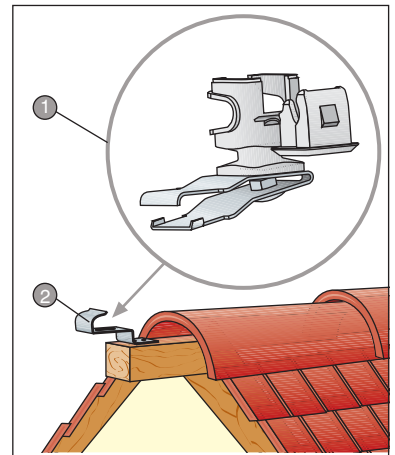


图5.4.3.3 FIRSTsnap，放置于已有的屋脊砖瓦上

石板屋顶：

石板屋顶上内部的钩连系统都是弯曲（图 5.4.3.6）可配备辅助的夹具。（货号：204 089）

波形砖瓦：

⇒ FLEXIsnap 线缆支撑器用于波形瓦，直接安装在凹槽上。（图 5.4.3.7）灵活的不锈钢支架，可在波形瓦之间的移动。

不锈钢支架随波形瓦的形状紧压在最上面的波形瓦上。因此，它能紧密固定在砖瓦上。在此应用中采用铝制支架，更容易适应波形瓦的形状。

⇒ 为窗钩预留了安装位置。另外，支架的牵条可用铁钉固定（横条上留有孔）。带有预制横条的屋顶导线支架，用于与下面的屋顶底衬瓦的挂接（图 5.4.3.8）。

平面砖瓦或石板：

线缆支撑器 DEHNSnap（1）（图 5.4.3.9）及其夹紧装置（2），可在平面砖瓦（如：无楞瓦）（3）或

板石之间移动，并手动拧紧（仅 DEHNSnap 可转动）。

具有重叠结构的建筑构件：

若将线缆支撑器 DEHNSnap（1）（图 5.4.3.10）与环箍（2）固定在具有重叠结构的建筑构件（3）（如石板和天然板岩）上时，应采取从侧面推移的方式固定，并将松开的支架用螺丝刀固定拧紧。

对于斜置的石板，DEHNSnap 还可以转动，有利于垂直地布置线缆。

5.5 接地系统

关于接地技术所使用的术语的详细解释，可在 IEC 62305-3（EN 62305-3）“防雷-保护建筑设施及人员”，HD 637 S1“额定交流电压超过 1KV 的强电流设备”，IEC 60050-826“国际电工手册 826 部分：电气安装”和 IEC 60364-5-54“建筑物的电气安装-5-54 部分”找到；在安装基础接地体时，还要兼顾标准 DIN 18014。下面，我们仅对需要了解的术语作出解释。

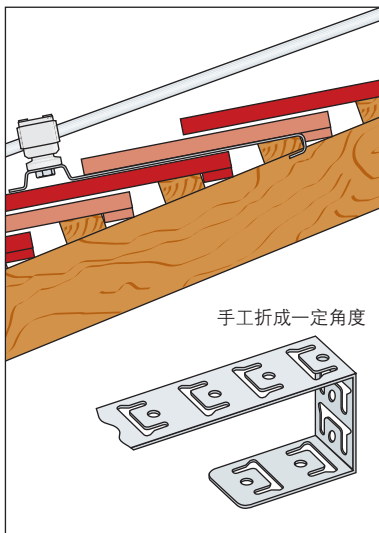


图 5.4.3.4 屋顶的线缆支撑器 UNIsnap，带有预制横条，用于底衬瓦

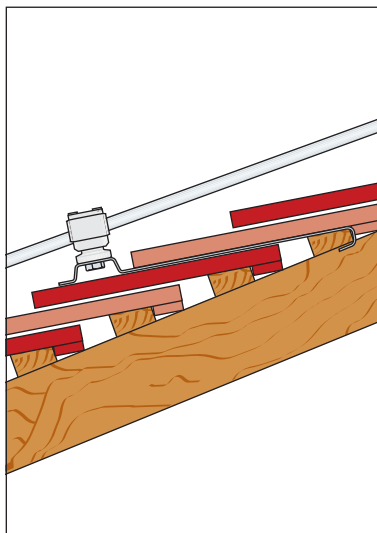


图 5.4.3.5 屋顶的线缆支撑器 UNIsnap，带有预制横条，用于光面瓦，如：平瓦

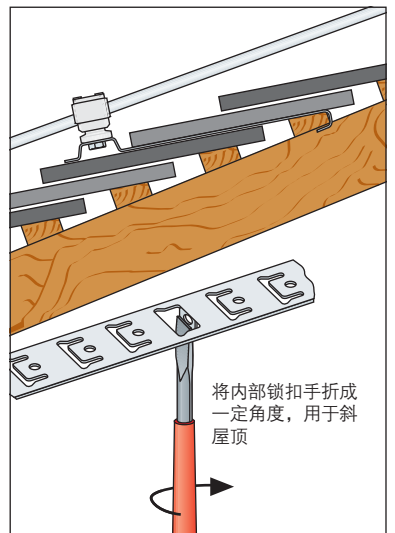


图 5.4.3.6 屋顶的线缆支撑器 UNIsnap，带有预制横条，用于斜屋顶

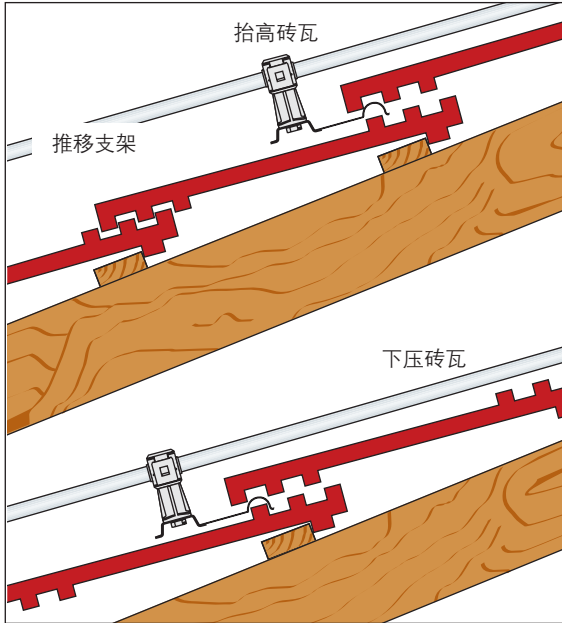


图5.4.3.7 线缆支撑器直接安装在波形瓦上

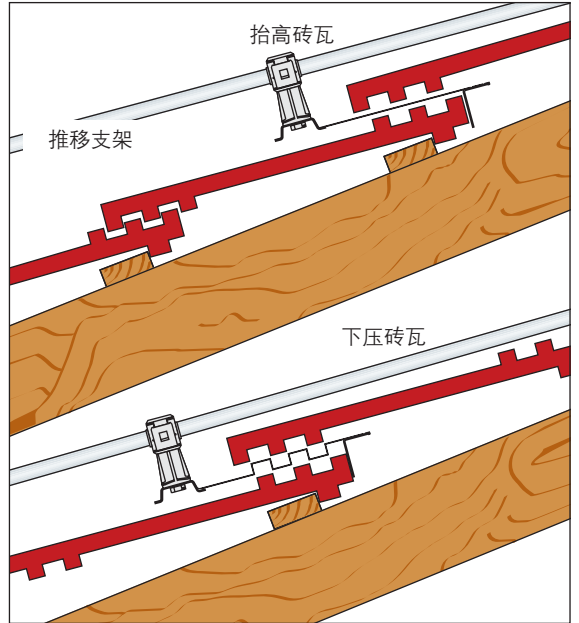


图5.4.3.8 屋顶线缆支撑器与下面的底衬瓦挂接

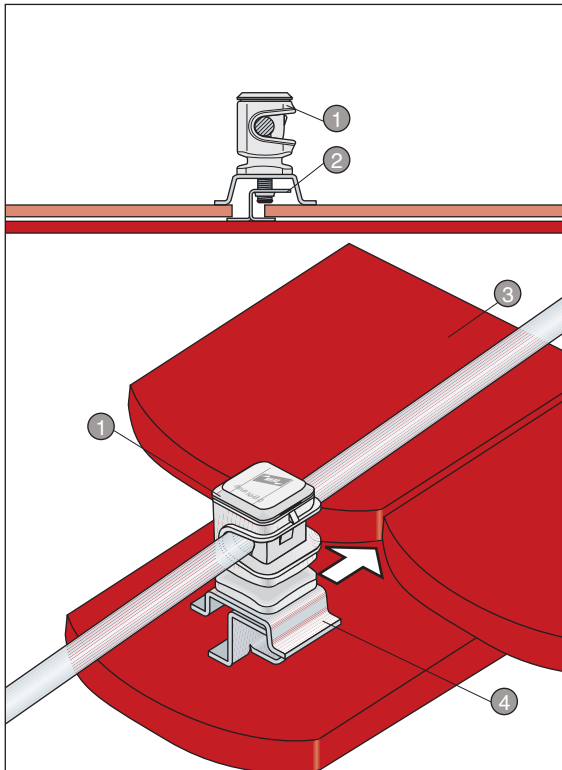


图5.4.3.9 ZIEGELsnap, 用于平面瓦或石板之间的固定

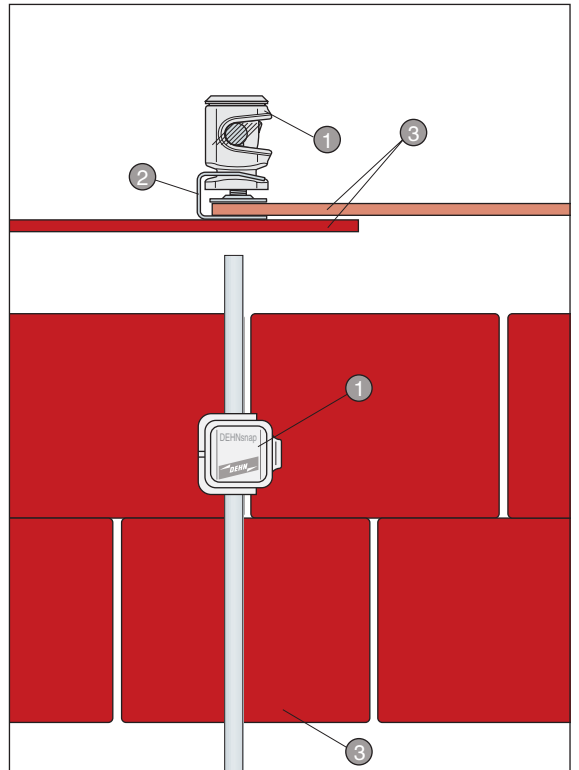


图5.4.3.10 屋顶线缆支撑器，用于具有重叠结构的建筑构件

术语解释

大地

大地是导电的土壤，它各个点上的电势被人为地规定为零。“地”这个字，既是地点的称谓，也被作为一种物质的称谓，例如：土壤的类型有：腐殖质土壤，沙，砾石和岩石。

基准地（中性地）

它是地的一个部分，特别是指接地极或接地装置影响范围之外的大地表面，在它的任意两点间不会因接地电流流过而出现明显的电压。（图5.5.1）

接地体

接地体为一个或多个导体，它与大地电气接触，并由此建立了电气连接。（包括基础接地体）

接地装置

接地装置是受地点束缚的、由相互导电连接的电极组成的一个整体，或者是以同样方式作用的金属部件（例如：钢筋混凝土基础，接地的金属铠装电缆）。

接地线

接地线将需要接地的电气设备与接地极连接起来，接地极一般敷设在土壤之上，也可绝缘埋设在土壤中。

防雷保护接地

防雷保护装置的接地装置，目的是将雷电流导入地。

以下将讲述接地体的种类，以及根据它的位置、形状和特征的分类。

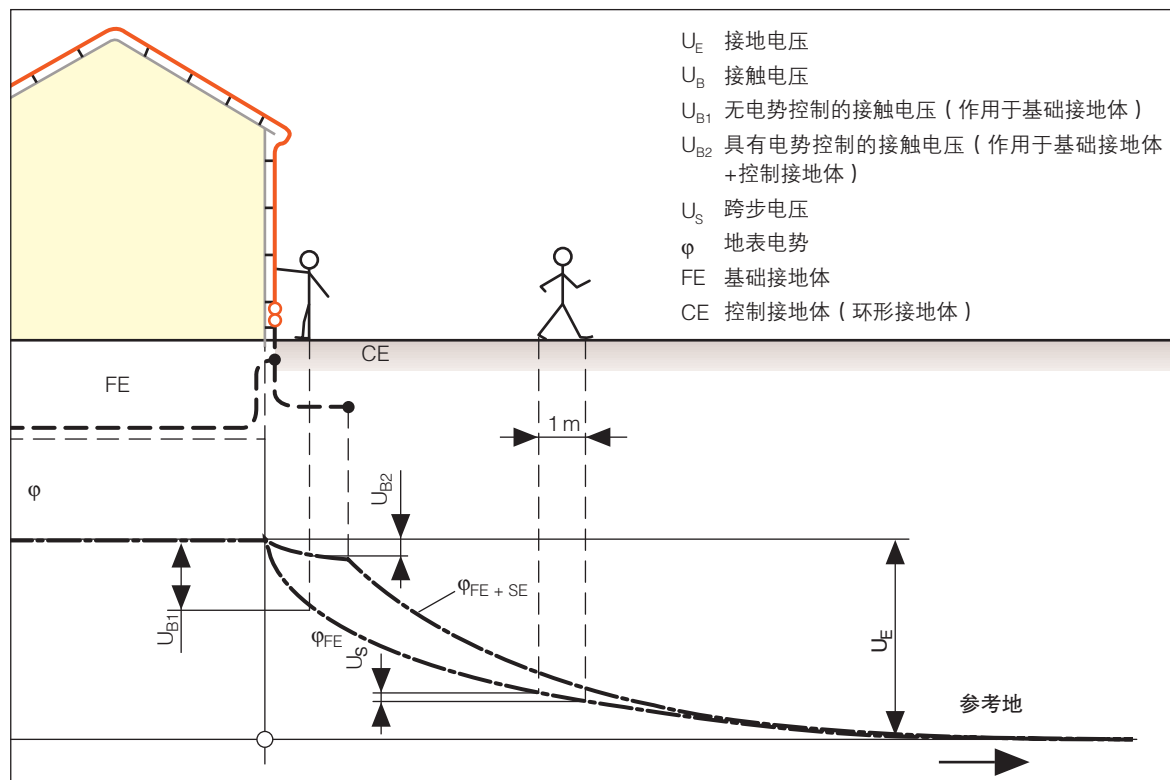


图5.5.1 地表电势及电流流过基础接地体FE和控制接地体SE时的电压

依据位置划分

水平接地体

这种接地体一般埋设深度较浅，距地面的深度小于 1 m。它们可以是圆形或扁平条状的，也可以是放射形、环形或网状的，或是各种形状的组合。

垂直接地体

这种接地体一般垂直埋设深度较深。它们可以由圆形或其它形状的材料构成。

基础接地体

由一个或多个嵌入混凝土的导体组成，与大地接触范围较大。

控制接地体

这种接地体的形状和排列大小，有助于控制电势，而不是用于保持一定的接地体电阻。

环形接地体

这种接地体埋在地下或地表，环绕建筑设施，形成封闭的环形结构。

天然接地体

天然接地体直接与大地或水接触，或通过混凝土中的金属铸件，其最初功能不是作为一个接地体，而是作为一个接地电极而使用（如：混凝土中的钢筋、管道等）。

依据形状和特征划分

一般可划分为带状接地体、十字形接地体及镀锌钢板或不锈钢接地体。

电阻/电阻率的分类

大地电阻率

ρ_E 为大地电阻率。单位为 Ωm ，表示在 1 m^2 大地

的两个相对面之间测量到的电阻。

接地体电阻

R_A 是指在接地体和基准地之间的电阻。 R_A 实际上是一个有效电阻。

冲击接地电阻

R_{St} 是雷电流从接地装置的某点至基准地之间的有效作用电阻。

电流流过接地装置时的电压和电势控制

接地电压

U_E 是在接地装置和基准地之间出现的电压。
(图5.5.1)

地表电势

ϕ 是地面某点和基准地之间的电压。(图5.5.1)

接触电压

U_B 为地表电势的一部分，它是作用于人体的电压。(图5.5.1) 其中电流流经人体的路径是：从手至脚或两手之间。(接触部分的水平距离约1m左右)

跨步电压

U_S 为地表电势的一部分，当人的步长为1m时，它作用于人体的电压。其中电流流经人体的路径是：从脚至脚。(图5.5.1)

电势的控制

接地体对大地电势的控制，尤其是对地表电势的控制。

等电位连接

防雷系统的等电位连接，就是通过电缆、雷电流

电涌保护器或隔离火花间隙，将金属装置和电气设备相连。

接地电阻/大地电阻率

接地电阻 R_A

通过接地体将雷电流传导入地，这不是发生在一个点，而是在环绕接地体的某一特定区域内。

在选择接地体的外形和布置方式时，应确保作用于地表的电压（接触电压和跨步电压）不超出设定的危险值。

关于一个接地体的接地电阻 R_A ，可通过一个埋没在地下的金属球，做出最好的解释。

如果金属球埋得足够深，那么电流就在球的表面沿径向均匀分布。在图5.5.2a中表明了这种情况，作为比较，图5.5.2b说明了金属球直接埋没在地表的情况。

球面周围的同心圆表示等电势的平面。接地体的电阻由金属球每个截层的分布电阻串联组成。金属球各截层的电阻计算公式如下：

$$R = \rho_E \cdot \frac{l}{q}$$

其中， ρ_E ：是大地电阻率，并假定大地为均匀介质

l 设定的金属球截层的厚度

q 金属球截层的平均表面积

为了说明这一点，我们假设一个金属球的直径为20cm，埋没深度为3m，计算可得，大地电阻率为200 Ω m。

如果计算球体不同截层的电阻，则根据到球体中心的距离，可得到图5.5.3所示的曲线图。

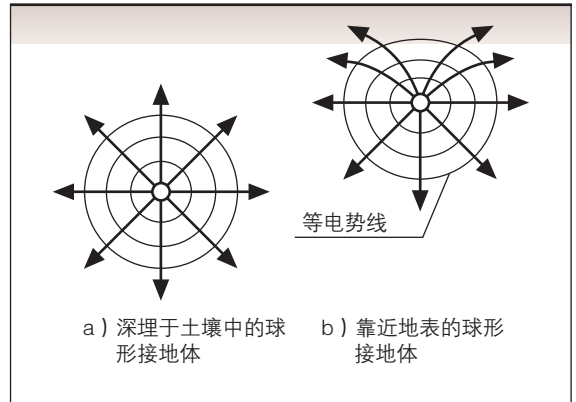


图5.5.2 球形接地体的电流分布

球形接地体的电阻 R_A ，（直径为20cm，埋没深度为3m，大地电阻率 $\rho_E = 200 \Omega m$ ）与距球体中心的距离的关系曲线图

$$R_A = \frac{\rho_E \cdot 100}{2\pi \cdot r_k} \cdot \frac{1 + \frac{r_k}{2t}}{2}$$

ρ_E 大地电阻率，单位：欧米（ Ωm ）

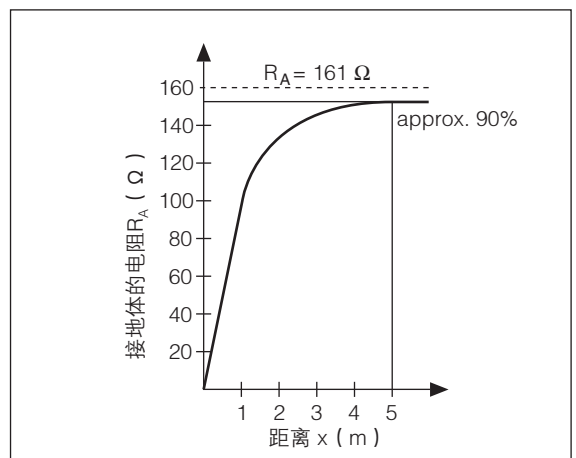


图5.5.3 球形接地体的电阻 R_A ，（直径为20cm，埋没深度为3m，大地电阻率 $\rho_E = 200 \Omega m$ ）与距球体中心的距离的关系曲线图

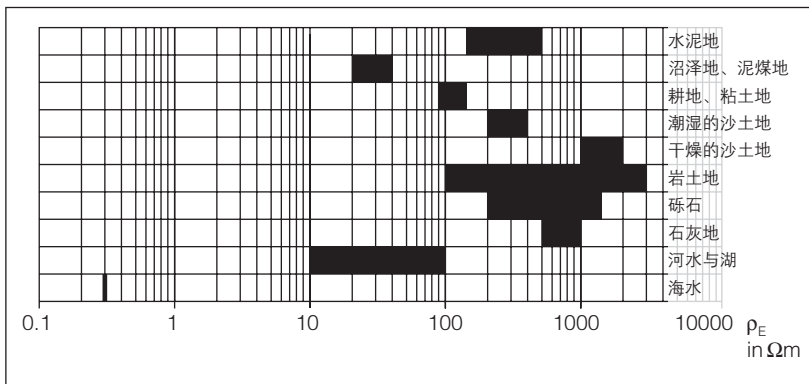


图5.5.4 不同类型土壤的大地电阻率

定的。它有可能在一些极限值之间波动。

不同类型土壤的取值

在图5.5.4中给出了不同类型土壤对应的大地电阻率的波动幅度。

季节性波动

t 埋入深度，单位：cm

r_k 球形接地体的半径，单位：cm

按此公式可计算得出球形接地体的接地电阻为 $R_A=161\Omega$ 。

从图5.5.3中的曲线得知，接地电阻中的绝大部分电阻出现在接地体的附近。例如，在距离球体中心点5m的区域中，已达到了总接地电阻 R_A 的90%。

大地电阻率 ρ_E

与某一接地体的接地电阻 R_A 相对应的大地电阻率 ρ_E 是由土壤的成分、土壤的水分含量及温度共同决

大量的测量（资料文档）表明，随接地体埋设深度的不同，大地电阻率变化很大。由于土壤具有负的温度系数（ $\alpha=0.02\dots 0004$ ），因而大地电阻率在冬季达到最高值，而在夏季达到最低值。因此，建议应将接地体的测量值转换为最大期望值，这样即使在不利的条件下（非常低的温度），也不会超出允许值的范围。大地电阻率 ρ_E 随季节变化（土壤温度）的曲线可近似地用正弦曲线表示，曲线中的最大值大约出现在2月中旬，而最小值大约出现在八月中旬。调查进一步表明，如果接地体的埋设深度小于1.5m，则大地电阻率的最大偏差平均约为 $\pm 30\%$ 。（图5.5.5）当接地体（特别是垂直接地体）埋设较深时，波动值在 $\pm 10\%$ 左右。从图5.5.5中的大地电阻率正弦曲线可以看出，接地系统中接地极的电阻率 R_A 在某一天会转变为最大预期值。

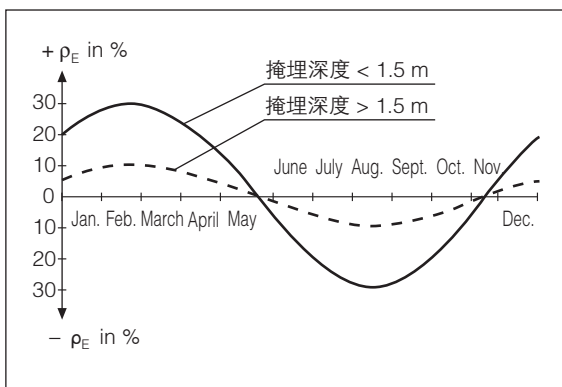


图5.5.5 不考虑下雨的影响，大地电阻率随一年中月份的变化（接地体埋设深度<1.5m）

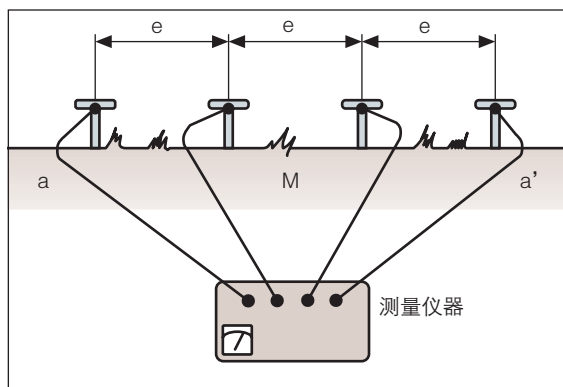


图5.5.6 利用纳纳（Wenner）四极法，测量大地电阻率

测量

为了得到大地电阻率 ρ_E ，可采用四极法，该方法中的四个接地电极组成电桥，通过零值法测量。

图5.5.6展示了这个以温纳 (WINNER) 名字命名的测量方法。测量从一个固定的中心点M进行，并在其后的测试中保持该点不变。在一段a-a'区域内，四个测量探针 (30...50厘米长的接地体的尖端) 将被埋入地下。从测量得到的电阻值R，可确定该土壤的大地电阻率 ρ_E ：

$$\rho_E = 2\pi \cdot e \cdot R$$

R 测量电阻值，单位：欧 (Ω)

e 探针的间距，单位：米 (m)

ρ_E 平均大地电阻率，单位：欧米 (Ωm)，其深度与探针距离e相当。

通过增加探针间的距离e，并重新调整接地测量桥，可得到大地电阻率 ρ_E 与深度的关系曲线。

接地体	经验定律	辅助变量
水平接地体 (星形接地体)	$R_A = \frac{2 \cdot \rho_E}{l}$	-
垂直接地体	$R_A = \frac{\rho_E}{l}$	-
环形接地体	$R_A = \frac{2 \cdot \rho_E}{3 \cdot d}$	$d = 1.13 \cdot \sqrt[2]{A}$
网格状接地体	$R_A = \frac{\rho_E}{2 \cdot d}$	$d = 1.13 \cdot \sqrt[2]{A}$
平板接地体	$R_A = \frac{\rho_E}{4.5 \cdot a}$	-
半球接地体/基础接地体	$R_A = \frac{\rho_E}{\pi \cdot d}$	$d = 1.57 \cdot \sqrt[3]{V}$
<p>R_A 接地电阻 (单位：Ω)</p> <p>ρ_E 大地电阻率 (单位：Ωm)</p> <p>l 接地体的长度 (单位：m)</p> <p>d 环形接地体的直径，等效圆形面积或半球接地体的面积 (单位：m)</p> <p>A 环形接地体或网格状接地体的围绕的面积 (单位：m²)</p> <p>a 正方形平板接地体的边长 (单位：m)，对长方形平板接地体，用$\sqrt{b \cdot c}$替代，其中，b、c为长方形的两个边长</p> <p>V 单体基础接地体的容积 (单位：m³)</p>		

表5.5.1 对于不同接地体，其接地电阻 R_A 的计算公式

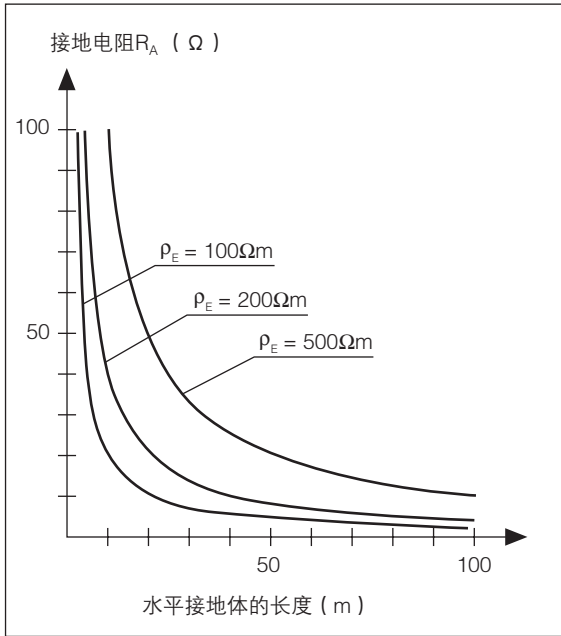


图5.5.7 在不同的大地电阻率下，接地体电阻 R_A 与水平接地体的长度 l 的关系

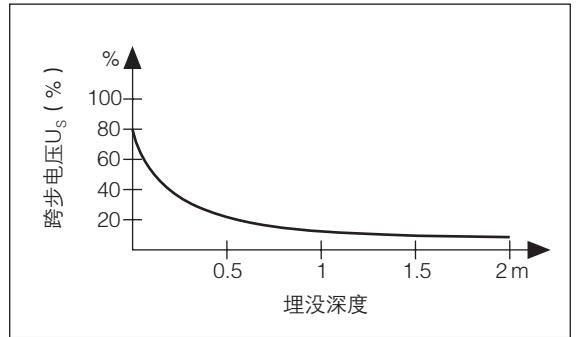


图5.5.9 带状接地体，在某一地段内，最大跨步电压 U_s 与埋没深度的关系

接地体电阻的计算

对于最常见类型的土壤，表5.5.1给出了接地体电阻的计算公式。在实际应用中，这些近似公式已足够满足要求。精确的公式计算将在后面的章节中给出。

直线形水平接地体

水平接地体通常水平埋在离地面0.5m至1m的深度。由于接地体上面的土层在夏季干燥而在冬季结冰，所以在计算水平接地体电阻时，常认为它处于地表。

$$R_A = \frac{\rho_E}{\pi \cdot l} \cdot \ln \frac{l}{r}$$

R_A 某一地段内的接地电阻，

单位：欧（ Ω ）

ρ_E 大地电阻率，单位：欧米（ Ωm ）

l 水平接地体的长度：米（m）

r 四分之一带钢的宽度或圆形金属线缆的半径，单位：米（m）

从图5.5.7可得到接地电阻 R_A 与接地体长度的关系。

在图5.5.8中展示了8m长的带状接地体，其横向和纵向的接地电压。

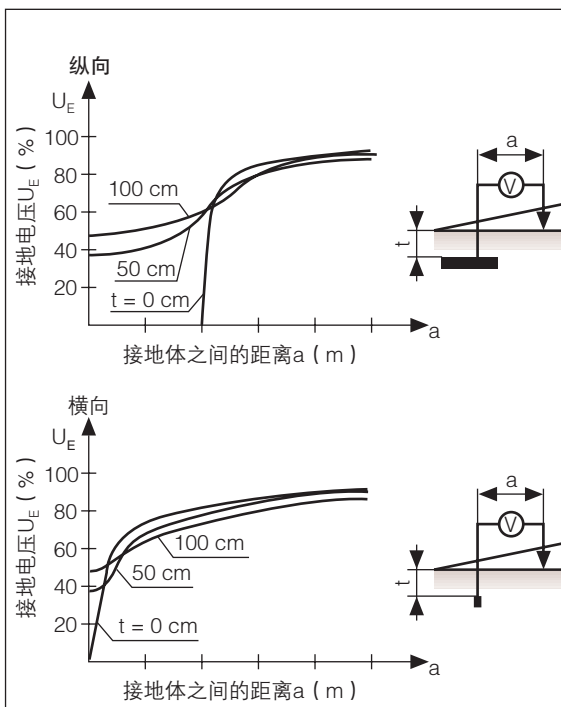


图5.5.8 埋没深度不同的带状接地体（长8m），接地线和大地表面之间的接地电压 U_E 与接地体之间的距离的关系

从这里可以清晰地看到埋设深度对接地电压的影响。

在图5.5.9画出了跨步电压与埋设深度的关系。

在实际应用中，表5.5.1的近似计算公式已能满足要求：

$$R_A = \frac{2 \cdot \rho_E}{l}$$

垂直接地体

垂直接地体的接地电阻计算公式如下：

$$R_A = \frac{\rho_E}{2\pi \cdot l} \cdot \ln \frac{l}{r}$$

R_A 接地电阻，单位：欧（ Ω ）

ρ_E 大地电阻率，单位：欧米（ Ωm ）

l 接地体的长度，单位：米（m）

r 垂直接地体的半径，单位：米（m）

接地体的电阻可近似地用表5.1.1中所给的近似公式计算：

$$R_A = \frac{\rho_E}{l}$$

接地电阻 R_A 与接地棒的长度 l 以及大地电阻率 ρ_E 的关系请参考图5.5.10。

组合型接地体

当需要并排引入多个接地体时（由土壤条件决定），那么接地体之间的距离至少要与接地体埋设的

深度相当。每个接地体必须相互连接。

根据公式计算得到的接地电阻以及在图表中给出的测量结果，在假定接地体的膨胀相对较小的前提下，可适用于直流或低频交流系统。对于较长的接地体，如：水平接地体，除了交流电流，还应考虑感应电流。

此外，所计算的接地体电阻不适用于雷电流。对于雷电流，感应电流将发挥作用，当接地装置膨胀较大时，将形成极高的冲击接地电阻。

即使拉长水平接地体和垂直接地体至30m，对减小冲击接地电阻所起的作用也是微不足道的。这也就是将多个短的接地体组合使用的目的。必须注意，由于它们之间的相互作用，实际上总的接地电阻值比并列多个单一接地体的电阻值大。

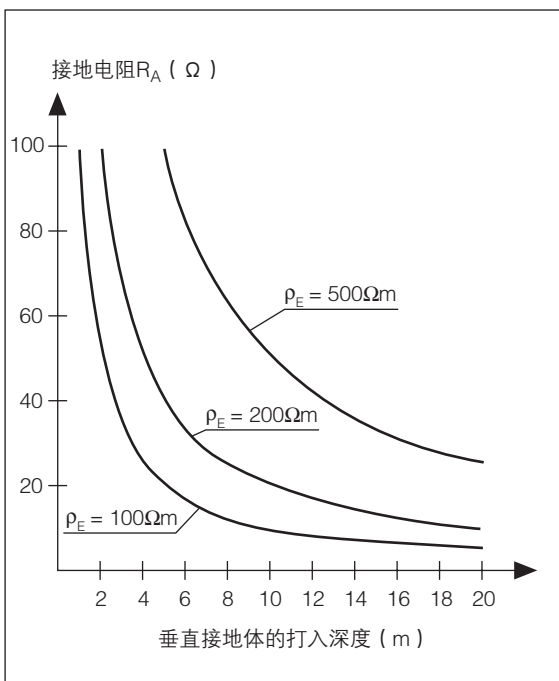


图5.5.10 大地电阻率不同的情况下，垂直接地体的接地电阻 R_A 与它的长度 l 的关系

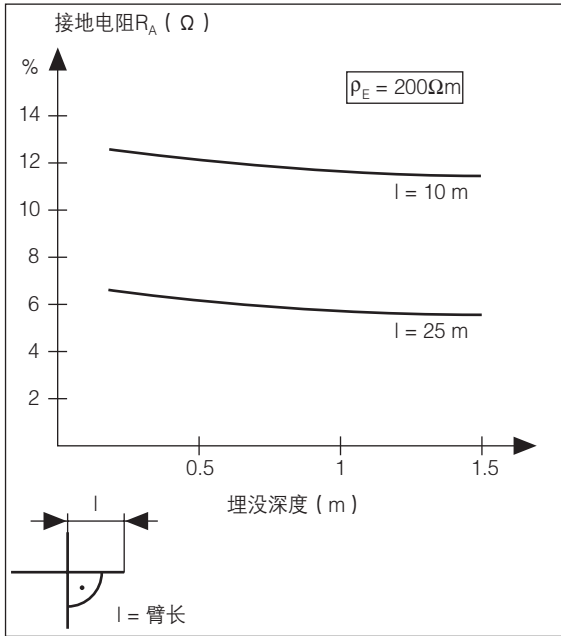


图5.5.11 十字形水平接地体（90°）的接地电阻 R_A 与埋设深度的关系

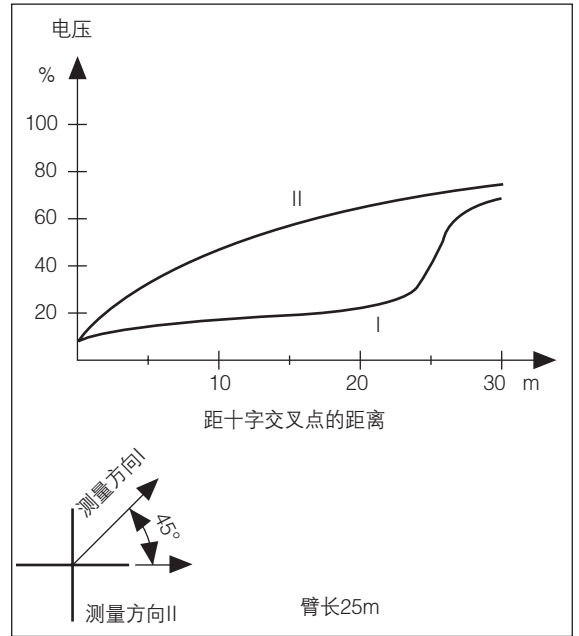


图5.5.12 在接地线和十字交叉的水平接地体（90°）之间的接地电压 U_E ，与距十字交叉点的距离关系（埋设深度0.5m）

放射形接地体

放射形接地体为交叉的水平接地体，在质地较差的土壤中，当接地电阻较小，并且在希望花费较经济时，一般采用这种接地体。

一个各边相互交叉成90度的水平接地体的接地电阻 R_A 的计算公式如下：

$$R_A = \frac{\rho_E}{4\pi \cdot l} \cdot \ln \frac{l}{r} + 1.75$$

R_A 交叉的水平接地体的接地电阻，
单位：欧（ Ω ）

ρ_E 大地电阻率，单位：欧米（ Ωm ）

l 接地体的边长，单位：米（m）

d 一个圆形金属线缆的半径
或1/2钢带宽度，单位：米（m）

作为粗略近似，对于较长的放射形接地体（ $l > 10m$ ），将放射形接地体的整个长度代入表5.5.1中的公式，即可计算获得它的接地电阻 R_A 。

图5.5.11展示了十字交叉的水平接地体的接地电阻与埋设深度的关系曲线。

图5.5.12给出了接地电压的曲线。

对于放射形接地体，单一接地体之间的角度应大于60度。

根据图5.5.12，网状接地体的接地电阻计算公式如下：

$$R_A = \frac{\rho_E}{2 \cdot d}$$

其中 d 是与网状接地体面积等效的圆的直径。

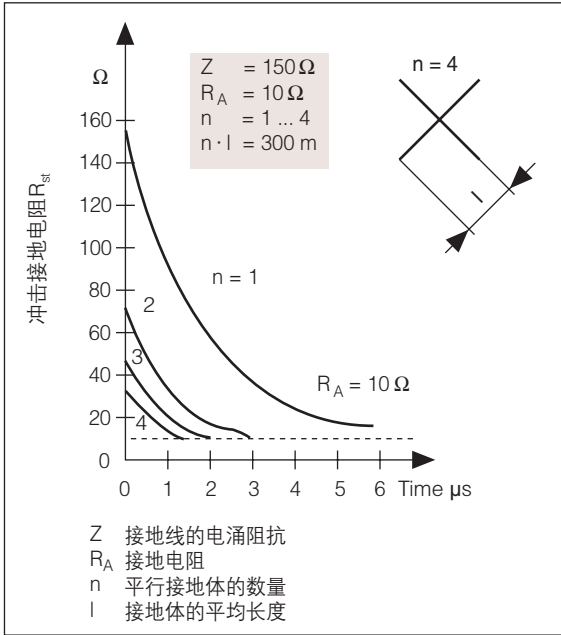


图5.5.13 一个或多个星形水平接地体在相同长度下的冲击接地电阻 R_{st}

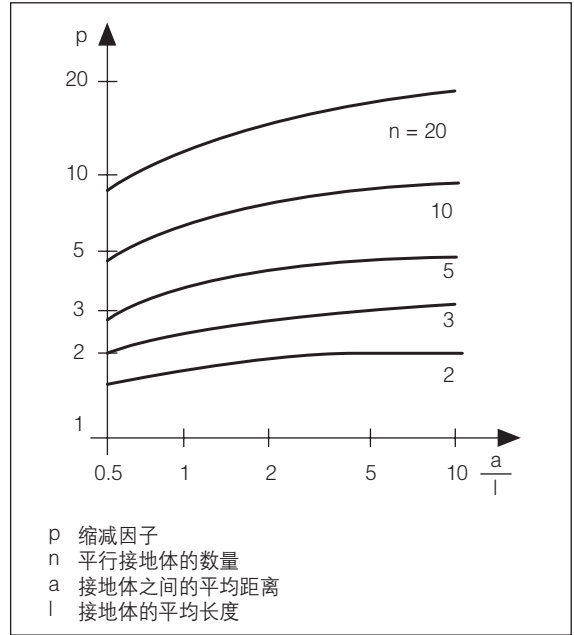


图5.5.14 计算多个垂直接地体并联的总接地电阻时，所用到的缩减因子 p

矩形或多边形的网状接地体，其等效直径的计算公式如下：

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}}$$

式中：

A 网状接地体的面积

具有正方形（边长为 b ）网格的接地体，其等效直径计算公式如下：

$$d = 1.1 \cdot b$$

图5.5.13说明了在矩形冲击电压作用下，一个或多个放射形水平接地体的冲击电阻。

从这张图中可以看出，敷设具有相同长度的星形接地体比敷设单一的接地体更加有效。

基础接地体

在混凝土基础中金属导线的接地电阻，可以近似地当作半球形接地体进行计算：

$$R_A = \frac{\rho_E}{\pi \cdot d}$$

其中 d 是混凝土基础中，与接地体的容积等效的半球的直径：

$$d = 1.57 \cdot \sqrt[3]{V}$$

V 混凝土基础的容积

在计算接地电阻时应注意，只有当混凝土基础与周围土壤的接触面积很大时，基础接地体才有效。防水和屏蔽隔离都会使接地电阻大大地增加。（见 5.5.2）

并联的垂直接地体

为了将相互影响维持在可接受的限度内，接地体之间的距离尽可能小于它们埋设的深度。

如果将接地体近似地布置成圆形，且接地体的长度大致相同，则它的接地电阻可以按下式计算：

$$R_A = \frac{R_{A'}}{p}$$

其中 $R_{A'}$ 为单一接地体的平均接地电阻。缩减因子 p 作为接地体之间的距离和接地体数量的函数，可从图5.5.4中获得。

带状接地体和垂直接地体的组合

如果垂直接地通过，如：沙质土壤下的深层地下水，而又希望取得足够小的接地电阻，那么就要将垂直接地体尽可能密集地布置在被保护的物体周围。如果需要在地下埋设较长的馈线，则要平行安装多个星形摆放的放射形接地体，以便当电流增加时，可减小接地电阻。

带有接地棒的带状接地体，在计算其接地电阻时，可近似地认为它是垂直接地体的延伸。

$$R_A \approx \frac{\rho_E}{l_{flat\ strip} + l_{cath\ rod}}$$

环形接地体

对于较大直径的圆环形接地体（ $d > 30$ 米），它的接地电阻可近似地使用带状接地体的计算公式（其中接地体的长度采用周长 $\pi \cdot d$ ）：

$$R_A = \frac{\rho_E}{\pi^2 \cdot d} \cdot \ln \frac{\pi \cdot d}{r}$$

r 圆形金属线缆的半径或带状接地体的1/4宽度，单位：米（m）

对于非圆环形的接地体，在计算接地电阻时，使用面积等效的圆形接地体的直径 d ，计算公式如下：

$$R_A = \frac{2 \cdot \rho_E}{3 \cdot d}$$

$$d = \sqrt{\frac{A \cdot 4}{\pi}}$$

A 被圆环形接地体所环绕的封闭的面积

详细解释

根据标准，每个被保护的物体都要安装合适的接地装置，即便在不兼用金属水管或电气设备作为接地装置，它自身的接地功能也是完备的。

对于建筑物的防雷保护，接地电阻 R_A 的大小是无足轻重的。重要的是，保持地面的电势不变，雷电流安全传导入地，并在土壤中均匀分布。

通过抵消雷电流 i 所引起的相对于基准地的接地电压 U_E ，被保护物体得到了保护。

$$U_E = i \cdot R_A + \frac{1}{2} \cdot L \cdot \frac{di}{dt}$$

随着距离接地体越来越远，地面电势将逐渐降低。（图5.5.1）

当雷电流升高时，只对延伸较长的接地装置（如：在导电性很差的土壤基岩中的长的水平接地体），才考虑接地体感应的电压降。一般来说，接地体电阻仅用欧姆部分（阻抗的实部）来确定。

与绝缘导线引入建筑物的情况相反，整个地电势 U_E 都有可能被引入建筑物内。

为了避免击穿和闪络危险，根据防雷保护和等电位连接，这种导线都连接了隔离火花间隙，或者通过

电涌保护装置（见DEHN主要产品目录-电涌保护部分）与接地系统相连。

为了尽可能地降低接触电压和跨步电压，接地电阻必须加以限制。

接地装置在设计时，可采用基础接地体、环形接地体，当建筑物地基的面积较大时，还可以采用网状接地体，在特殊情况下，也可用单一接地体。

在德国，根据DIN 18014，基础接地体必须采用封闭的环形，布置在建筑物外墙的地基内，或者在地基地板内。对于大型建筑物，基础接地体中应进行横向互连，网格的最大尺寸不超过 20m × 20m。

基础接地体的四周必须要被混凝土包裹。在非钢筋结构的混凝土中，条形钢接地体必须放置在边缘。

在大楼的入口处，一定要建立基础接地体和等电位连接排的连接。按照IEC 62305-3（EN 62306-3），基础接地体必须配备相应的终端连接，使它与外部防雷的引下线在接地装置中得以连接。

由于存在腐蚀的风险，在混凝土中露出的接线耳端子应考虑额外的防腐保护。（用聚氯乙烯（PVC）护套或使用材料号码为1.457的不锈钢）。

如果所需的接线耳端子连接在加固筑件上，并且加固件在接头处互相连接，那么，这种加固板或条形基础就可以作为基础接地体使用。

水平接地体埋设深度应大于0.5m。

接地体的冲击接地电阻是雷电流和大地电阻率的函数，见图5.5.13。在雷电流的作用下，接地体的有效长度可按如下公式做近似计算：

水平接地体：

$$l_{\text{eff}} = 0.28 \sqrt{\hat{i} \cdot \rho_E}$$

垂直接地体：

$$l_{\text{eff}} = 0.2 \sqrt{\hat{i} \cdot \rho_E}$$

l_{eff} 接地体的有效接地长度

\hat{i} 雷电流的峰值，单位：千安（kA）

ρ_E 大地电阻率，单位：（ Ωm ）

冲击接地电阻 R_{st} 可按照（表5.5.1）中的公式计算，其中的长度用有效长度 l_{eff} 来替代。

当土壤上层的大地电阻率小于下层时，采用水平接地体更具有优势。

在相对均匀的土壤中（即：土壤表层的大地电阻率与深层大致相等），那么在相同的接地电阻值的情况下，水平接地体和垂直接地体的建造费用也大致相同。

根据图5.5.15，垂直接地体所要求的长度大约只有水平接地体的一半。

如果垂直接地体具有更好的导电性能，（例如：由于地下水），那么垂直接地体的经济效益通常比水平接地体更好。

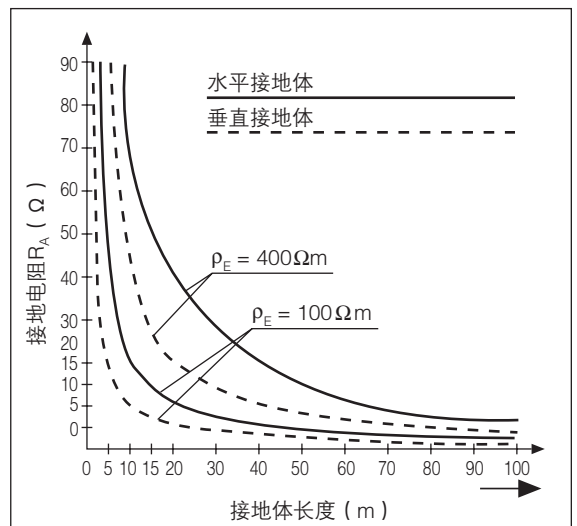


图5.5.15 水平接地体的接地电阻 R_A ，与接地体长度的关系

在特定情况下，采用垂直接地体，还是水平接地体更为经济，往往只能通过测量大地电阻率和深度的关系，来作出决定。

由于安装垂直接地体不需要挖掘工作，并且对农作物的损失小、安装容易，接地电阻可保持常数，所以这些接地体适用于改善现有的接地装置。

5.5.1 依据 DIN EN 62305-3 (VDE 0185-305-3) 设立的接地系统

接地装置是接闪装置和引下线的后续装置，用来引导雷电流入大地。接地装置的其它功能包括：在引下线之间建立等电位连接，并在建筑设施的外墙附近控制电势。

必须牢记，各种电气系统（防雷保护，低电压设备和电信设备）要有一个共同的地。这些接地装置必须做等电位连接。（MEBB - 主等电位连接排）

因为IEC 62305-3 (EN 62305-3) 假设雷电保护系统是等电位连接的，对接地电阻值没有做特别的要求。但是，总的来说，建议采取较小的接地电阻值（在低频测量中，小于10 Ω）。

标准按照接地体长度将其划分为A型和B型。

A型和B型接地体，其最小长度 l_1 与保护等级有

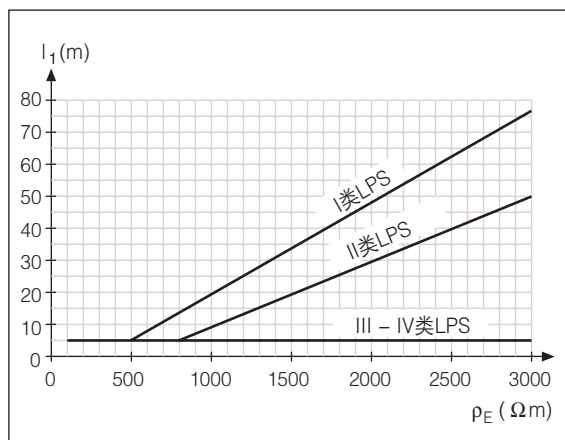


图5.5.1.1 接地体的最小长度

关。（图5.5.1.1）

具体的大地电阻率只能通过“温纳（WENNER）方法”（四极法）测量确定。

A型接地体

A型接地体包括：单体的水平方向放射形接地体（水平接地体）或垂直方向的接地体（垂直接地体），其中的每种接地体都必须与引下线相连。

A型接地体的最少数量为2个。对于保护等级为III级和IV级的接地体，要求它们的长度不低于5m。对于保护等级为I级和II级的接地体，它的长度是通过与大地电阻率的关系来确定的。最小长度 l_1 可从图5.5.1.1中获得。

每个接地体的最小长度是：

$l_1 \times 0.5$ 垂直或倾斜的接地体

l_1 星型接地体

这些给出的值适用于每个单一的接地体。对于组合的各种不同的接地体（垂直和水平），应考虑等效总长度。

如果接地电阻小于10Ω，则最小长度可以忽略不计。

垂直接地体通常被垂直埋置在很深的地下。它们通常位于基础之下的自然土壤中。长度为9m的接地体被证明更具优势，因为它们位于较深的土壤层中，其大地电阻率普遍低于地面表层土壤中的大地电阻率。

在严寒条件下，建议将垂直接地体的距离地表的第一个100cm视为无效。

A型接地体不符合在引下线和电势控制之间的等电位连接的要求。A型接地体的每个单体之间必须是相互连接的，以达到电流的均匀分布的目的。这对于计算隔离距离是非常重要的。A型接地体之间的连接可在地下或地上进行。当在现有设施上进行改建或重

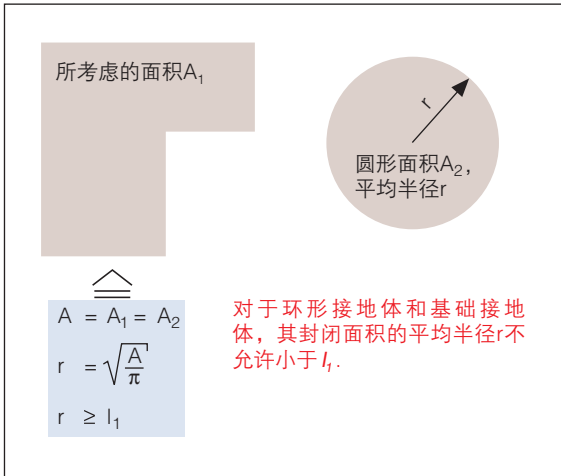
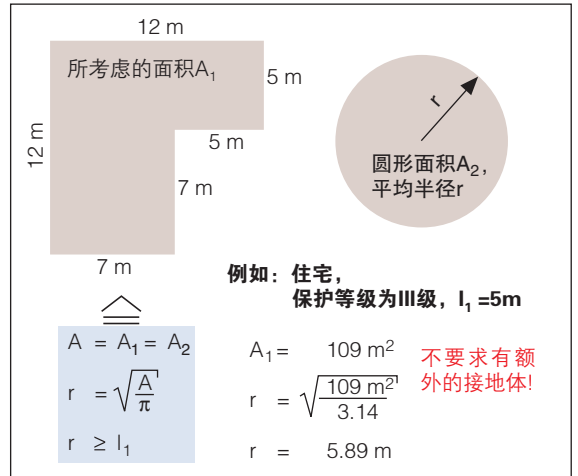


图5.5.1.2 B型接地体 - 平均半径的计算举例



5.5.1.3 B型接地体 - 平均半径的计算举例

建时, 每个接地体之间的互连可通过建筑设施内部电缆的铺设实现。

B型接地体

B型接地体为围绕被保护物体布置的环形接地体或基础接地体。在德国, 这些接地体应满足DIN 18014中的要求。

如果围绕建筑物的外部封闭的环形结构无法实现, 那么必须要建立完整的内部环形结构。为此, 可以使用管道或其它具有永久导电性的金属部件被使用。至少接地体长度的80%必须与大地接触, 这是计算隔离距离的基本要求。B型接地体的最小长度与保护等级有关。保护等级为I级和II级的接地体的长度还要参考其相应的大地电阻率。(见图5.5.4)

对于B型接地体, 被该接地体包围的封闭区域的平均半径 r 须不小于所给的最小长度 l_1 。

为了得到平均半径 r , 应将所观察的区域的面积转换成等效的圆形面积, 其半径由图5.5.1.2和图5.5.1.3中给出。

下面是计算实例:

如果所要求的值 l_1 大于建筑设施相应的值 r , 必须增设额外的放射型接地体或垂直接地体(或倾斜的接地体), 它们各自的长度 l_r (径向/水平)和 l_v (垂直)由下列公式计算得出:

$$l_r = l_1 - r$$

$$l_v = \frac{l_1 - r}{2}$$

附加的接地体的数量不允许超出引下线的数量, 其最低限度为2个。这些附加的接地体应均匀地分布在四周, 并与环形接地体相连。

如果将附加的接地体连接到基础接地体上, 则必须注意接地体及基础接地体的连接端子的材质。最好使用不锈钢材料, 材料号为1.4571。(图5.5.2.1)

以下系统对接地装置可能会有更多的要求:
 ⇒ 电气系统 - 不同组网形式(TN系统、TT系统、IT系统)的供电系统断开的条件, 应按照IEC 60364-4-41: 2005, 和HD60364-4-41: 2007(德国: VDE 0100-410)

- ⇒ 等电位连接，应按照 IEC 60364-5-54 : 2002 年和 HD 60364-5-54 : 2007 年 (德国: VDE 0100-410)
- ⇒ 电子系统 - 数据信息技术
- ⇒ 天线的接地装置，应按照德国 VDE 0855 (德国标准)
- ⇒ 电磁兼容 (EMV)
- ⇒ 建筑物内或附近的变电站，应按照 HD 637 S1 和 EN 50341-1 (德国: VDE 0101 和 VDE 0141)

5.5.2 接地系统、基础接地、特殊建筑的基础接地

基础接地体 - B型接地体

在标准 18014 (德国标准) 中对基础接地体做了规定。在许多国家和国际标准中，都首选基础接地体，因为在专业安装时，它是被混凝土完全包裹的，因此耐腐蚀。由于混凝土的吸湿特性，使它通常具备了足够低的接地电阻。

基础接地体必须封闭在环形的带状基础或加固板中，(图 5.5.2.1) 从而也在根本上满足了等电位连接

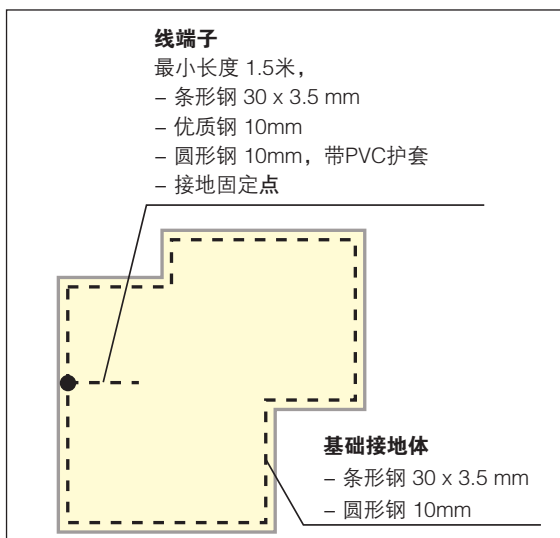


图5.5.2.1 基础接地体，带有接地端子

的要求。同时应考虑，网格的划分应 $\leq 20\text{m} \times 20\text{m}$ ；接线端子向外应与外部防雷的引下线相连接，向内应与等电位连接排相连接。(图 5.5.2.2)

按照 DIN 18014，敷设基础接地体是一项电气工程措施，必须由认可的专业电气工程师监督及实施。

如何安装基础接地体的问题，也即是要决定是否有必要安装，及采取什么措施，可以保障基础接地在灌注混凝土时能够被完全封闭于其内。

基础接地体置于未加钢筋的混凝土中

在未加钢筋的地基中，例如：住宅的带状基础中 (图 5.5.2.3)，需要使用间隔保持器。

只有通过使用间隔保持器 (其距离大约为 2 米)，才可以确保基础接地体被“抬起”，并且周围全部被混凝土包裹。

基础接地体置于钢筋加固的混凝土中

在建筑基础中使用钢垫、加固钢条时，接地体一定要与这些天然构件相连。这样，基础接地体的功能发挥的更好，而且也不必再使用间隔保持器。

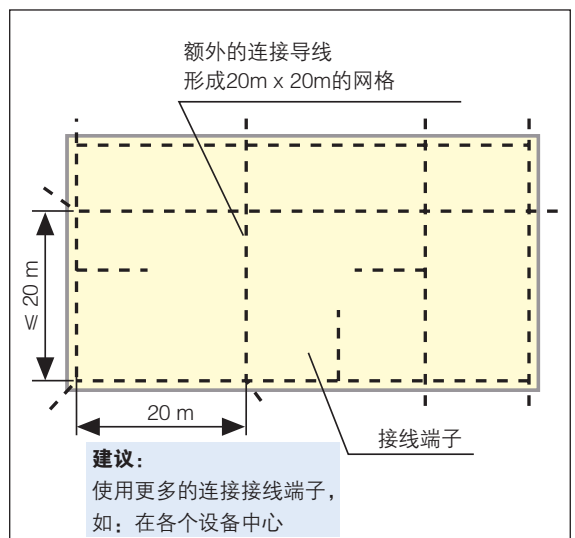


图5.5.2.2 基础接地体的网格



图5.5.2.3 基础接地体



图5.5.2.4 基础接地体的应用

在铺设混凝土时，通过振动、压实的现代方法，确保在接地体下混凝土“流动”使其被完全包裹。

图5.5.2.4说明了一种应用的可能性，即一个水平安装的平板做为基础接地体。基础接地体的交叉点的连接必须能够承载雷电流。镀锌钢材用作基础接地体是完全满足要求的。

端子銜套向外与土壤接触的位置必须具备防腐保护。例如，合适的材料可以是带有塑料护套的钢丝（由于塑料护套在低温条件下有折断的风险，在安装过程中必须特别注意），高合金不锈钢，材料号1.4571，或固定的接地端子。

在专业施工后，由于接地体是全封闭的，因此它具有一定的耐腐蚀性。

在设计基础接地体时，网格的尺寸不得超过20m×20m。该网格尺寸与外部防雷保护的保护等级无关。

现代建筑技术在各种各样的设计中采用不同类型的基础和密封。在带状基础和基础板的设计中，应将热保护的规定也一并予以考虑。

基于DIN 18014基础建立的新建筑，它的基础接地体的引入和布置兼顾了密封/绝缘的影响。

周边隔离/基础隔离

“周边”是指与土壤相接触的墙和地面部分。周边隔离主要是指与建筑物外部的热隔离。在密封层外部所设的周边隔离，将建筑主体包裹隔热，同时保护了密封层，防止它受到机械损伤。

在地基（带状地基、基础底板）中以传统的方式布置接地体，当考虑周边隔离对基础接地体的接地电阻的影响时，周边隔离板的大地电阻率是一个决定性的因素。例如，容重为30kg/m²的聚氨酯硬质泡沫的大地电阻率是5.4×10¹²Ω·m。而混凝土的大地电阻率介于150Ω·m和500Ω·m之间。仅此一点表明，在无缺陷的周边隔离的情况下，以传统方式布置的地基中的接地体实际上已经没有任何影响。周边隔离也是电气绝缘的。

在带状基础中布置接地体时，应考虑建筑的外墙立面和底板的隔热。（**图5.5.2.5**和**图5.5.2.6**）

要使基础底板完全绝缘隔热，接地体必须安装在地板之下。这里应使用的材料是：V4A（材料号：1.4571）。

特别是对钢筋结构，安装固定的接地端子，十分重要。在这种情况下，必须注意，在施工阶段进行的安装应具备专业水准。（**图5.5.2.8**）

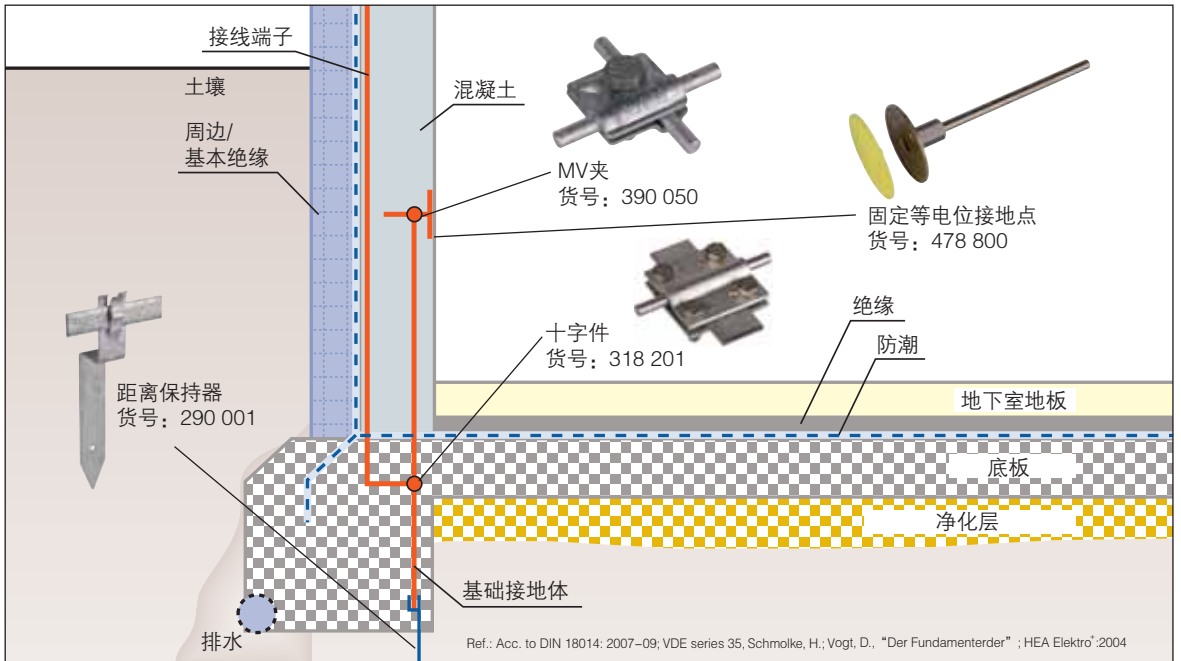


图5.5.2.5 基础接地体在条形基础中的敷设（地下室的墙采用绝缘隔离）

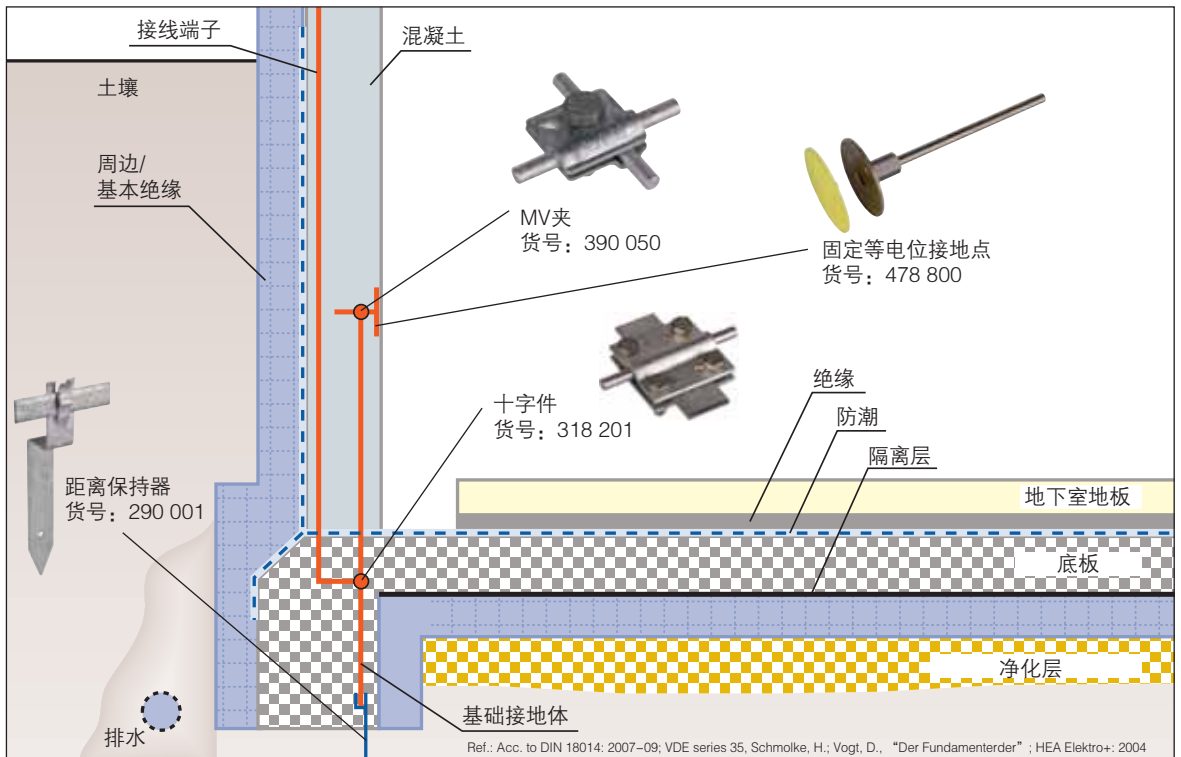


图5.5.2.6 基础接地体在条形基础中的敷设（地下室的墙和基础板采用绝缘隔离）

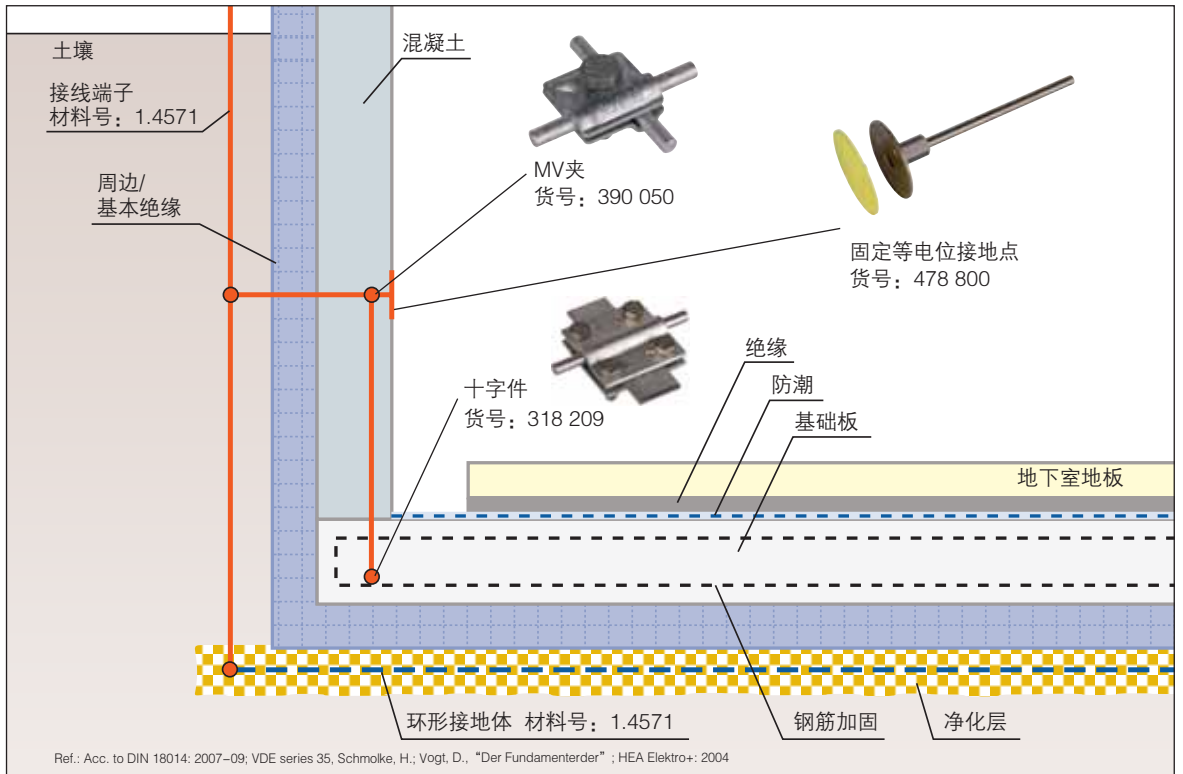


图5.5.2.7 基础接地体在一个封闭的基础板中的敷设（完全隔离）

黑白水泥池

（注：建筑物的地下室外墙，用黑白水泥制成）

如果建筑物所在地区的地下水位较高，或在一些水压较高的地方，例如山坡上，那么在地窖里都应采取特殊的措施，以防止水分渗透。

被土壤包裹的外墙以及基础底板要进行防水密闭处理，以确保内墙无任何潮气。

现代建筑技术提供了上述的两种方法，用以密闭外墙，防止水分的渗透。

与此相关的问题应予以特别关注，即：按照IEC 60364-4-41（德国：DIN VDE 0100-410）基础接地体能否起到保护生命的作用，并按照IEC 62305 - 3（EN 62305-3）（德国：DIN EN 62306-3（VDE 0185

-305-3）基础接地体能否起到防雷保护的作用。



图5.5.2.8 固定接地端子

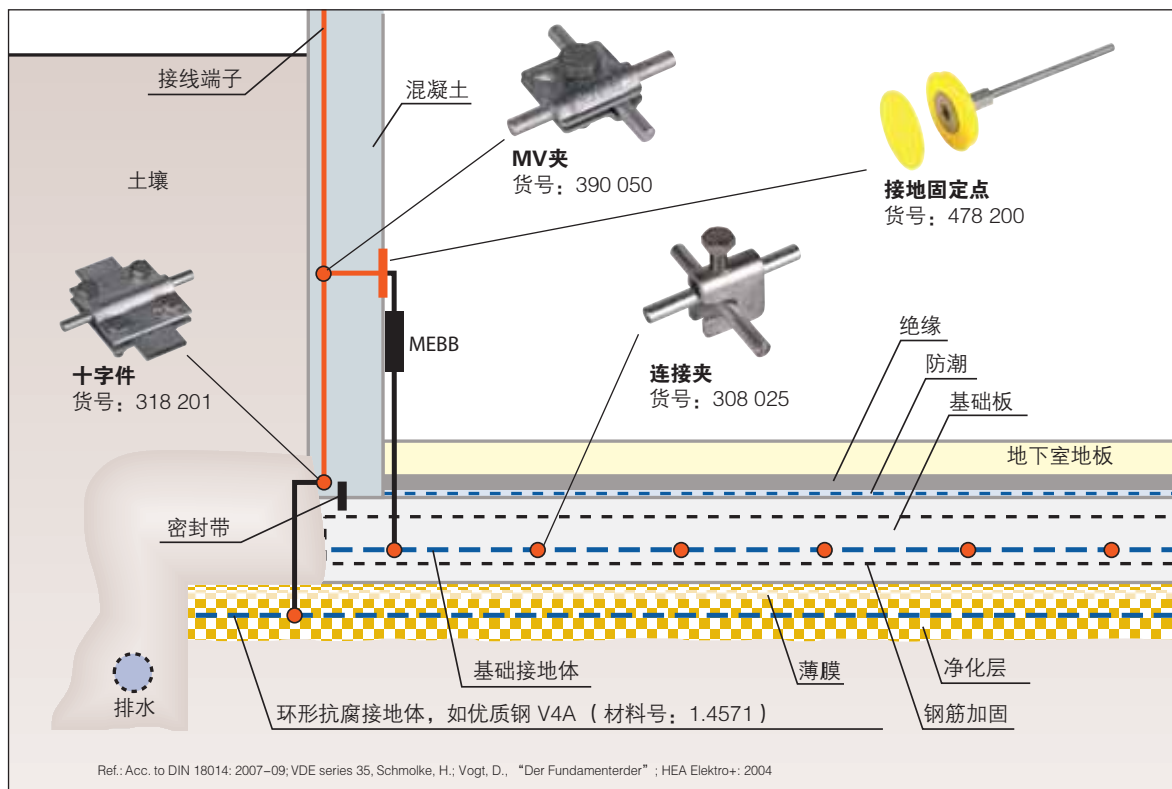


图5.5.2.9 基础接地体在封闭的白水泥池中的敷设。

具有白水泥池的建筑物的基础接地体

与名字“白水泥池”相反的是“黑水泥池”：一个“白水泥池”，即建筑物地下室与土壤相接一侧没有做额外的处理。因此被叫作“白色”。

在“白水泥池”制造的混凝土阶段，加入了添加剂，这样使混凝土整体具有防水能力。与早些年相比，如今在白水泥池中不再存在能够被潮气穿透几厘米的区域。因此，在具有白水泥池的建筑物中，接地体可以敷设在它的外部。

图5.5.2.8展示了具有接地固定点的接地端子。

图5.5.2.9说明了基础接地体在封闭的白水泥池中的敷设。

具有黑水泥池的建筑物的接地体

“黑水泥池”名字的由来，是因在建筑物地下室外部与土壤相接一侧被涂上多层黑色的沥青。

将建筑物的地下主体用沥青/焦油涂抹，然后，通常再覆盖最多3层的条状沥青。

在基础板防水层之上敷设的环形导体可以作为电势控制。由于环形导体对外高阻抗绝缘，所以它不具备接地作用。

为了符合各种标准中规定的接地要求，将安装的接地体，例如：围绕建筑物的环形接地体，布置在所有的防水层之下，是十分必要的。对于具有黑水泥池的建筑物，网格的最大尺寸为10m x 10m。

在建筑物内部额外敷设外部接地体时，应尽可能地在建筑物的防水层之上进行，以确保建筑物地下室

外墙的气密性长期有效。(图5.5.2.10)穿过防水渗透的“黑水泥池”来布置接地体,只能通过特殊的接地体-建筑物-连接器,才有可能实现。

由纤维混凝土制成的基础板

纤维混凝土是这样一种类型的混凝土,在液体混凝土中加入钢纤维,待其硬化后,形成具有较高强度的混凝土板。

钢纤维的长度大约为6cm,直径为1-2mm。钢纤维较易弯曲,并在液体状态的混凝土中均匀混合。钢纤维在混凝土中的比例大约为20-30kg/m³。

通过加入混合物,混凝土板不仅耐压,而且伸缩性很强,和传统的水泥板相比,它还具备相当高的弹性。

液态的混凝土在现场被不断地摇动,这使它有一个非常光滑的表面,且无接缝。这样,它们可做为大型会堂基础中的底板使用。

钢纤维混凝土没有加入钢筋,所以在实施接地措施时,必须额外安装环形导体或网格。接地体可设置在混凝土中,如果是镀锌材料的,必须全方向被包裹。对于现场制作,这是非常难以做到的。

因此,建议在后续安装的水泥板之下铺设耐腐蚀的、高合金不锈钢,材料号为1.4571。相应的端子衔套必须加以考虑。

注意:

在混凝土中安装接地体和连接件必须由专业技术人员完成。如果做不到这一点,只有在专业技术人员的监督下,建筑承包商才允许承担这部分工作。

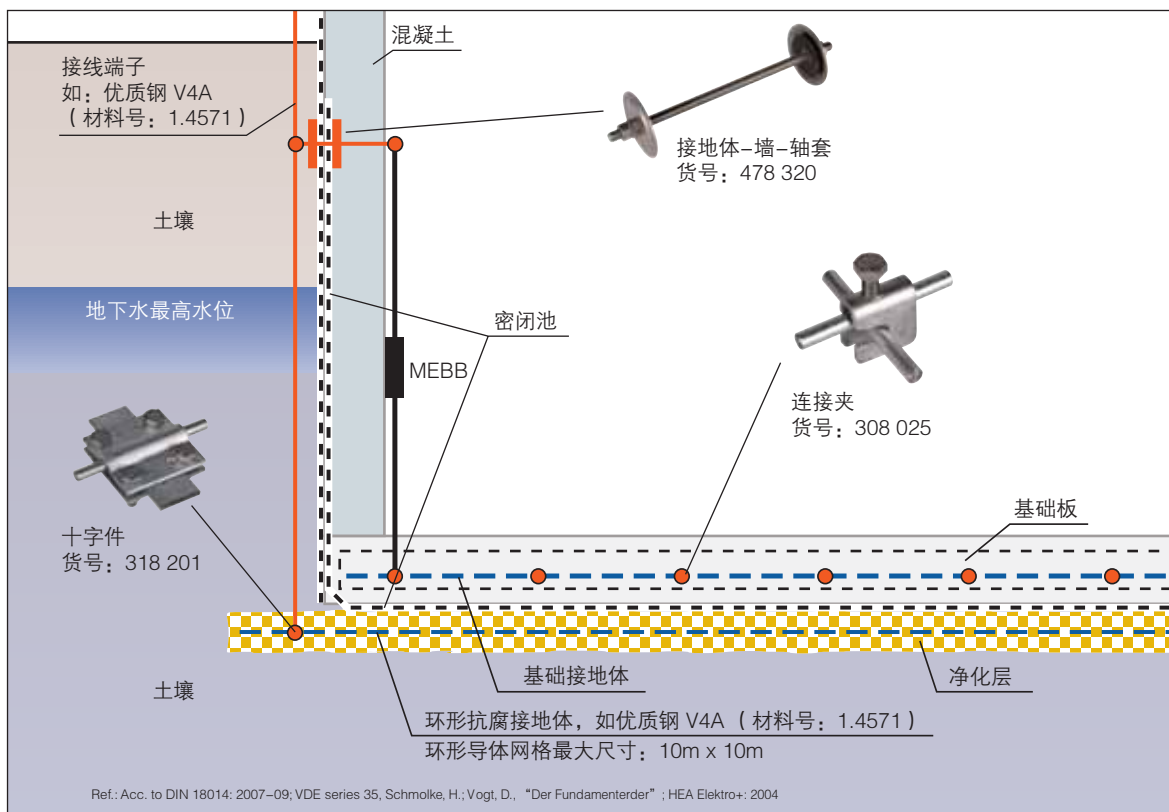


图5.5.2.10 基础接地极在封闭的黑水泥池中的敷设

5.5.3 环形接地 – B类接地体

在德国国家标准DIN 18014中规定，所有新的建筑物，必须有基础接地体。现有建筑物中的接地装置可采用环形接地体。（图5.5.3.1）

这些接地体必须以封闭的环形围绕建筑物，如果无法做到这一点，应在建筑物内部建立封闭的环形连接。

80%的接地体必须与大地接触，如果这个80%无法实现，就必须进行检查，辅助的A型接地体是否有必要安装。

按照防雷的保护等级，必须考虑到对接地体最小长度的要求。（见5.5.1章）。

在安装环形接地体时，必须注意，安装深度>0.5m，与建筑物的距离为1m。

如果接地体按照以上描述进行，那么它可以进一步减少跨步电压，从而成为围绕建筑物的电势控制装置。

环形接地体应安装在自然土壤中。因为岩屑堆积的土壤或用建筑碎料填充的土壤，它们的接地电阻值将会恶化。

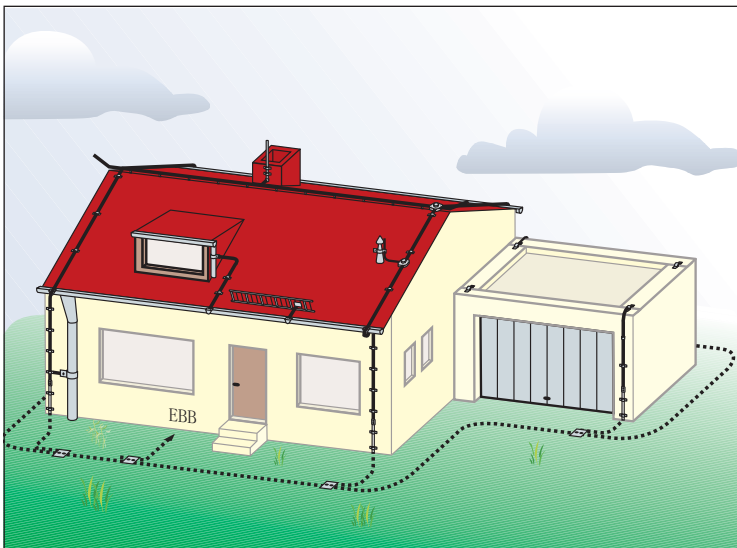


图5.5.3.1 住宅的环形接地体

当选择接地体的材料时，必须考虑当地土壤的腐蚀性因素。使用不锈钢具有优越性，因为这种材料不会腐蚀，免去了为接地装置采取后续维护措施所需的时间和昂贵的费用，如去除灰泥，焦油涂层，或铺设新的扁平带钢所需的步骤。

此外，特别是端子衔套，必须具备防腐蚀保护。

5.5.4 垂直接地体 – A类接地体

组合的垂直接地体-System DEHN，是由特殊钢材制成的，经热浸镀锌或由高合金不锈钢组成，材料号为1.4571（由高合金不锈钢制成的接地体，应用在具有特殊腐蚀风险的领域）。此类接地体的特别功能在于它们的接合点，这使得它与接地棒连接时，无需加大其直径。

每根棒在其低端有一个钻孔，而棒的另一端具有栓钉。（图5.5.4.1）

采用“S”型接地体时，在钻孔中捶打加入了软金属，这样就创造了一个良好的电气和机械连接。

采用“Z”型接地体时，通过对栓钉进行多次压

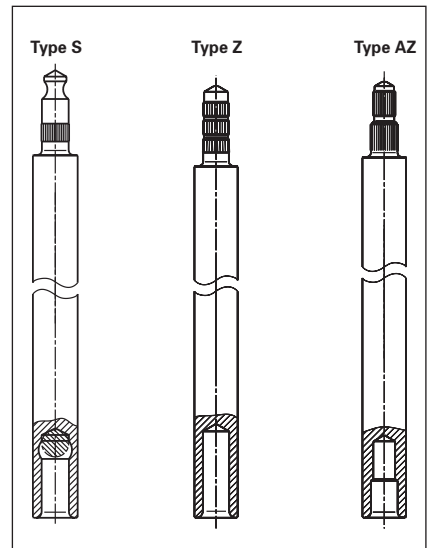


图5.5.4.1 DEHN-垂直接地体的结合方式

花，可得到高质量的结合部件。

采用“AZ”型接地体时，高质量的结合部件是通过反复压花和多级顶锻来实现的。

DEHN垂直接地极的主要优势有：

- ⇒ 特殊的结合部件：不增加接地体的直径，接地体的整体长度都与土壤紧密接触
- ⇒ 打入棒体时自行关闭
- ⇒ 使用震动锤或手锤，打入简便（图5.5.4.2）
- ⇒ 得到恒定的电阻值，因为垂直接地体穿透土层，不受季节变化引起的湿度和温度的影响
- ⇒ 由于热浸镀锌（锌层厚度70 μm），具有高耐腐蚀性
- ⇒ 垂直接地体的结合部件也进行了热浸镀锌处理
- ⇒ 易于储存和运输，因为单个棒长为1.5m或1m。



图5.5.4.2 使用工作架和震动锤，将垂直接地体打入地下

5.5.5 岩土上的接地体

对于基岩或石质地面，通常建立接地装置的唯一可行性是使用水平接地体，如：环形接地体或星形接地体。在建立接地体时，将扁带状或圆形的材料放在石质地面或岩石上。接地体应采用砾石、矿质混凝土或类似材料覆盖。

最好是使用不锈钢作为接地体的材料，材料号为1.4571。连接端子处应予以特别考虑，使其具有防腐蚀保护（防腐带）。

5.5.6 接地装置的配合使用

一个接地装置有多种多样的用途。

保护接地的任务是确保电气装置及设备与大地做等电位连接，当出现电气故障时，防止危险、确保人身和财产的安全。

防雷保护的接地系统就是要将雷电流经引下线，安全入地。

接地的作用是确保电器及电子装置安全、无故障运行。

一个建筑物的接地装置必须能够被各种类型的接地所公用，即该接地装置能够处理所有的接地。如果不是这样，在不同的接地装置之间就可能出现电势差。

在以前的实践中，为了得到一个“干净的地”，有时将电子设备的功能接地与雷电保护的地分开。这是极其不利的，甚至是十分危险的。当雷电作用于接地装置时，可能出现高达数百千伏电势差，这可能导致电子装置的损坏，同时也危及生命。

因此，IEC 62305-3和-4（EN 62305-3和-4）（德国：DIN VDE 62305-3和-4（VDE 0185-305-3和-4））标准要求，建筑设施中必须具备完备的等电位连接。

电子设备的接地可以在建筑设施的内部进行，它

可设计为星型的、集中的或网状的、也可以是平面的。但将优先考虑网状结构。这些都取决于电磁环境和电子设备的特征。如果一个大型建筑是由几个建筑物构成的，并且它们之间存在电子和电气连接，那么，通过共同连接到一个共有的接地系统，可以减小（总）接地电阻。（图5.5.6.1）这使建筑物之间的电势差显著地减小，其中，电子和电气设备连接导线上的电压负荷将明显地被削弱。各个建筑的接地系统的相互连接应构成一个网状。构建网状接地系统时，应使引下线垂直连接至接地装置。设立的接地体的网格尺寸越小，雷电发生时，在建筑物之间产生的电势差就越小。这还取决于建筑物的总体面积，网格尺寸为20m x 20m至40m x 40m，证明是比较经济的。举例来说，对于一个很高的烟囱（雷击的主要目标），应围绕这一易遭受雷击的部分，尽可能地安装紧密的带有环形横向连接（等电势控制）的星型接地装置。在选择应用于接地网中的接地导线的材料时，应考虑防腐和材料的相容性。

5.5.7 接地体的防腐蚀问题

5.5.7.1 具有特殊防腐考虑的接地系统

金属直接接触土壤或水（电解质）可能被由杂散电流、腐蚀性土壤形成的电离电荷所腐蚀。一个完美无缺的、防腐的包裹外壳，即将金属和土壤完全隔离是不可能的，因为现已发现的外壳都拥有高电阻，因此影响了接地体的作用。

由一种材料构成的接地体容易被腐蚀性土壤形成的高浓度电离电荷所腐蚀。腐蚀的风险取决于材料的种类、材料的类型和土壤组成成份。

由于形成腐蚀电池而造成的腐蚀现象，被越来越多地观察到。这种在不同的金属之间，由于金属/电解质存在较大的电势差，而形成的腐蚀电池，已经被认知许多年了。然而，目前仍然未知的是，为什么加入钢筋的混凝土也可以形成腐蚀电池的阴极，并造成对其它设备的腐蚀。

随着建筑形式的改变，即：越来越大的钢筋混凝土

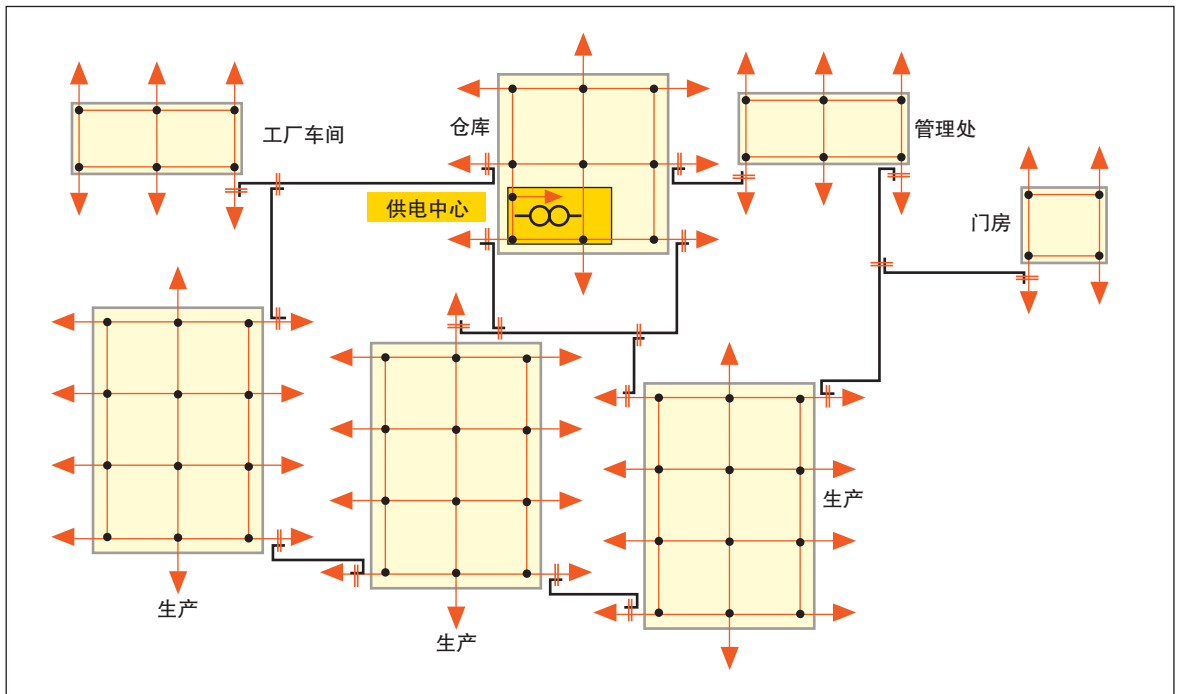


图5.5.6.1 工业企业中使用的网格布置的接地装置

土结构，对应于越来越小的“自由金属面积（free Metal area – 阳极/阴极表面的比例变得越来越不利），不可避免地增加了非贵重金属被腐蚀的危险。

只有在特殊情况下，才可对设备进行阳极隔离，防止腐蚀电池形成。现在，力争做到将所有的接地体以及所有与接地体相连的设备的金属部分全部连接在一起，以实现等电位连接，从而在雷击和发生电气故障时防止接触电压的作用，最大限度地确保安全。

依据IEC 60364 – 4 – 41（德国：DIN VDE 0100 –410），在高电压装置中，应将高电压设备的保护接地与低电压运行设备的接地装置相连接。依据HD 60364-4-41（德国：DIN VDE 0100-410），针对触电危险所采取的保护措施中，要求管道和其它设施相连。因此，为了避免或减少接地体以及与其相连设备被腐蚀的危险，只有通过为接地体选择合适的材料这一途径来实现。

在德国，DIN VDE 0151“关于接地体防腐蚀的材料，以及所采取的最低限度的措施”已于1986年6月印刷出版。在此书中，除了阐述几十年来在接地技术领域中的经验外，同时也将大量实验中失败的原因公布于众，而这些对于接地体以及雷电保护设施具有重大意义。

下面将阐述导致腐蚀的基本进程，此外，VDE工作组编辑的“接地体的材料”一书中也提供了详细的论证。由此，我们将总结出实用的防腐措施，尤其是针对防雷保护接地的防腐措施。

防腐和防腐测量所使用的术语

腐蚀

腐蚀是金属材料与周围环境发生的反应，它导致金属材料及其环境特性的损坏。这些反应通常是电化学性质的。

电化学腐蚀

电化学腐蚀是一种伴有电化学过程的腐蚀。它们

只存在于有电解质的地方。

电解液

电解液是一个离子导电的腐蚀介质（如土壤，水，熔融盐）。

电极

电极是电解质中的一种导电材料。该系统的电极-电解液构成了半个腐蚀电池。

阳极

阳极是在电解液中出现直流电流时的一种电极。

阴极

阴极是在电解液中出现直流电流时的另一种电极。

参比电极

参比电极是测量电极，以确定电解质中金属的电势。

硫酸铜电极

硫酸铜电极是一种几乎非极化的参比电极，它由铜制成，存在于饱和的硫酸铜溶液中。

硫酸铜电极是一种最常见的参比电极，用于地下金属物体电势的测量。（图5.5.7.1.1）

腐蚀电池

腐蚀电池是一个发电单元，起到溶解金属的作用，它的分布电流密度随地点的不同而不同。阳极和阴极构成的腐蚀单元可由以下方面来确定。

材料方面

⇒ 取决于不同的金属（接触腐蚀）或不同的结构元件（选择性或晶间腐蚀）。

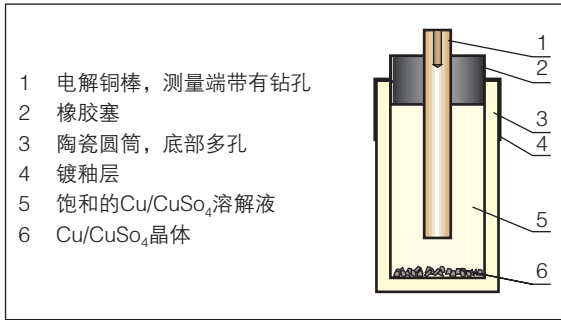


图5.5.7.1.1 非极化的测试电极（铜/硫酸铜电极）在电解液中形成电势的实例（剖视图）

⇒ 电解质方面

取决于材料的不同浓度，该材料是对金属的溶解起到激励或抑制作用。

电势

参考电势

一个参比电极的电势是以标准的氢电极作为参考点的。

电子电势

电子电势指的是电解质中金属的电势，或固体中的导电电子的电势。

5.5.7.2 直流腐蚀电池的形成及其腐蚀过程

腐蚀过程可以通过一个直流腐蚀电池来解释。举例来说，如果一个金属棒浸入在电解溶液中，带正电荷的离子进入电解液中，或者相反，电解溶液中的正电荷的离子被金属所吸收。人们称上述情况为“溶解压”和“渗透压”。根据这两种压力的大小，或者有更多的金属离子溶解进入溶液（电解棒因这种溶解而发生负效应），或者，电解液中有大量离子堆积在电解棒上（相对电解溶液，电解棒发生正效应）。这样，在电解溶液中的两根金属棒之间产生了电压。

在实践中，土壤中金属的电势可借助硫酸铜电极

来测量。做法是将一个铜棒浸入在饱和的硫酸铜溶液中（比较电极的参考电势保持不变）。

让我们来观察这样一种情况，用两个不同的金属棒浸入到同一种电解溶液中。在电解溶液中的每个金属棒都产生一定的电压。人们可以用电压表测量金属棒间的电压。这个电压值是每个电极相对电解溶液的电势差。

在电解溶液中如何形成电流，从而形成物质传输，也即发生腐蚀呢？

正如这里所演示的，在电解溶液中，人们将铜电极和铁电极通过一个安培表连接起来，那么将得到如下确定的结果：（图5.5.7.2.1）：在外部电流回路中，电流*i*从正极（+）流到负极（-），根据表5.5.7.2.1，即从“贵重”的铜电极流向铁电极。

在电解溶液中刚好相反，电流从“负的”铁电极流向铜电极，这样就形成了一个封闭的回路。作一个总体的概括，这意味着负极向电解溶液给出正离子，

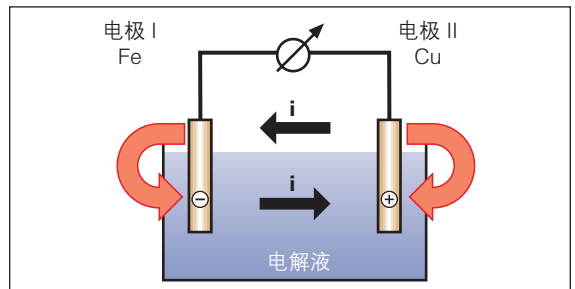


图5.5.7.2.1 腐蚀电池：铁/铜

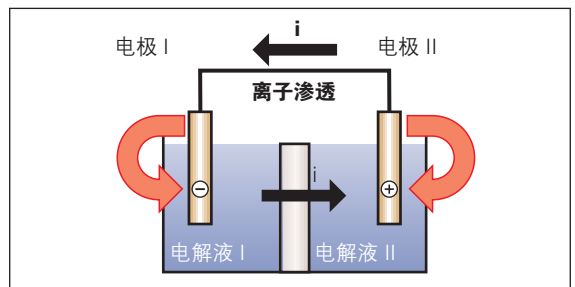


图5.5.7.2.2 浓差电池

并因此成为腐蚀电池的阳极，也就是说，它溶解了。金属的溶解可能发生在电解溶液的任何点，这样就在电解溶液中出现了电流。

腐蚀电流也可以通过浓差电池产生。（图 5.5.7.2.2）在这种情况下，两个由相同的金属制成的电极浸在不同的电解溶液中。在电解溶液II中的电极具有更高的金属离子浓度，与另外一个比较，成为正极。这个过程将被称为极化。通过连接两个电极，将形成电流 i ，并且电化过程中，负电极将被溶解。

这样的浓差电池，例如，可以是两个金属电极，

其中的一个电子被包裹在混凝土中，另一个在土壤中。（图 5.5.7.2.3）

当连接这样两个电极时，在混凝土中的铁将成为浓差电池的阴极，而在土壤中的电极将成为阳极。而且后者将由于给出离子而被分解。

通常对于电化腐蚀，它的电流 i 与金属的搬移有关，离子越大，并且它的电量越小，则电流越大。（即电流 i 与金属中原子的质量成正比）。

在实践中，人们计算在一定的时间内（如：一年）流过的电流强度。在表 5.5.7.2.1 中，腐蚀电流

名称	符号	铜	铅	锡	铁	锌
1 土壤中的自由腐蚀电势 ¹⁾ [V]	$U_{M-Cu/CuSO_4}$	0至-0.1	-0.5至-0.6	-0.4至-0.6 ²⁾	-0.5至-0.8 ³⁾	-0.9至-1.1 ⁵⁾
2 土壤中的阴极保护电势 ¹⁾ [V]	$U_{M-Cu/CuSO_4}$	-0.2	-0.65	-0.65 ²⁾	-0.85 ⁴⁾	-1.2 ⁵⁾
3 等效的电化腐蚀 [kg/(A·year)]	$K = \frac{\Delta m}{It}$	10.4	33.9	19.4	9.1	10.7
4 线性腐蚀率 [mm/year] (J = 1mA/dm ²)	$W_{lin} = \frac{\Delta s}{t}$	0.12	0.3	0.27	0.12	0.15

- 1) 通过测量饱和的铜电极或硫酸铜 (Cu/Cu SO₄)
- 2) 测量值应通过实验不断地进行检验。镀锡铜的电势由镀层的厚度决定。通常，镀锡的厚度为几微米，这与在土壤中锡和铜之间的厚度相仿。
- 3) 此值也是用于低合金钢。混凝土中钢（基础中的钢筋加固）的电势取决于外部的影响。通过测量饱和的铜电极或硫酸铜电极，其值约为-0.1V至-0.4V。对于地下设备中大面积使用的金属导线连接，金属将作为阴极极化的负极，其值约为-0.5V。
- 4) 对于厌氧的土质，保护电势为-0.95V。
- 5) 热镀锌钢，其镀锌层的厚度如上表所示，具有外部封闭的纯锌镀层。土壤中热镀锌钢的电势与上表中给出的土壤中锌的值大致相同。当镀锌层逐渐损失时，其电势会变得更趋于正电势；当它全部耗损完时，其值就接近钢的值。

在混凝土中热镀锌钢的电势值也与以上给出的值基本相同。随着时间的推移，其电势值更趋于正电势值，大约为-0.75V，但具体数值大小待定。

对于强热镀锌铜，若其镀锌厚度达到70 μm，则也具有外部封闭的纯锌镀层。土壤中热镀锌铜的电势与土壤中镀锌层的电势大致相同。如果镀锌层变薄或受损，则其电势将趋于正电势，其值大小未知。

表5.5.7.2.1 常用金属的电势值和腐蚀率



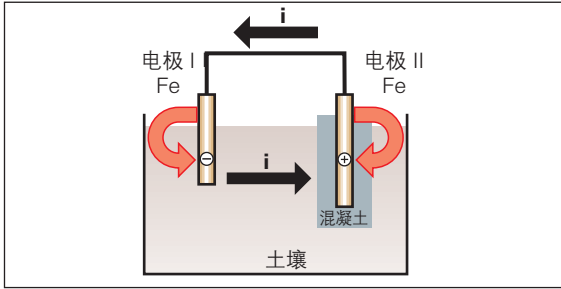


图5.5.7.2.3 浓差电池：土壤中的铁/混凝土中的铁

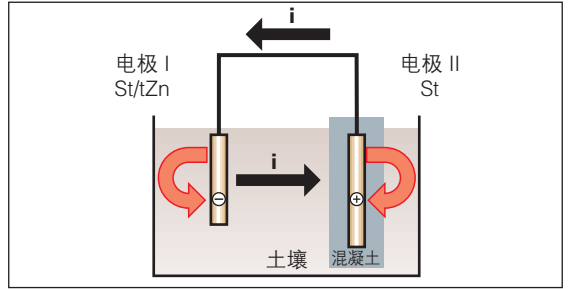


图5.5.7.2.4 浓差电池：土壤中的镀锌钢/混凝土中的钢（黑色）

（电流密度）的作用通过分解的金属的数量来表示。从而，腐蚀电流测量可以被预先计算出来，即在一定的时间内有多少克的金属被剥蚀了。

更让人感兴趣的是：可否事先预测，是否出现或者在多大的时间内接地体、金属容器、管道因腐蚀而出现穿孔或蚀槽，电流是否会形成平面均匀分布，或者在某点击穿。

对于腐蚀的侵害，腐蚀电流不是唯一决定性的，更重要的是它的密度，即通过单位面积的电流。

这一电流密度往往无法被直接确定。在这种情况下，人们借助电势的测量，从而得到存在的“极化”量。这里仅简单地讨论一些电极的极化行为。

让我们考虑这样一种情况，一个放置在土壤中镀锌的钢条连接到钢筋混凝土地基的钢筋中（黑色）（图5.5.7.2.4）。根据我们的测量，相对硫酸铜电极出现了以下的电势差：

在混凝土中的钢筋（黑色）：-200mV

在沙土中的钢筋：-800mV

因此，在这两个金属之间有600mV的电势差。如果在土壤以外对它们进行连接，那么就有电流*i*从钢筋混凝土的外环流向土壤中的钢筋，而在土壤中从沙土中的钢筋流向混凝土中的钢筋。

电流*i*的大小取决于电压差、土壤的导电率和两个金属的极化。

一般来说，土壤中的电流*i*被认为是由于物质的变化而产生的。

物质的变化也意味着，相对于土壤，每个金属上的电压发生了变化。这种由于腐蚀电流*i*所造成的电势的漂移称为极化。极化的强度与电流密度成正比。极化现象仅发生在电极的负极和正极。当然，在两个电极的电流密度是不同的。

为了说明，请参照以下的例子：

一个良好隔离的钢制煤气管道被铺设在地下，并与铜电极相连。

虽然这个绝缘的煤气管道只在几个小点上出现绝缘不好的现象，但在这些位置上会形成一个高的电流密度，迅速造成钢的腐蚀。

与此相反，如果铜电极的横截面积较大，则电流密度就会较低。

因此，在负极绝缘钢管上出现的极化比在正极的铜电极上出现的极化更大。钢管上开始了趋于正值的电位移，这样也减少了电极间的电势差。腐蚀电流的大小取决于电极的极化特性。

极化强度可以通过测量分隔的电流回路中电极的电势来进行估计。人们将电流回路分离，以避免在电解质中的电压降。通常此类测量使用规定的仪器，因为往往在中断腐蚀电流后，会出现一个快速的极化。

如果在阳极（更负的电极）测出较强极化（即有明显的趋于正电势的电位移），那么阳极就存在很大的腐蚀风险。

现在让我们回到有关腐蚀电池的问题，即在混凝土中的钢铁（纯铜）和在沙土中的镀锌的钢铁（图 5.5.7.2.4）。对于一个远处的硫酸铜电极，人们可以根据阳极区与阴极区的比例和电极的可极化性，测量出连接物的电势约在 200mV 至 800mV 之间。

举例来说，钢筋混凝土基础的表面积比镀锌钢要大得多，如果在后者阳极上出现一个较高的电流密度，这样，它几乎极化的电势趋近于钢筋混凝土上的电势，并在相对较短的时间内被腐蚀坏。

一个较高的正积极化总是意味着存在较高的腐蚀危险。

在实践中，知道这个极限值，即从哪个正电势位移值开始，会出现严重的腐蚀，当然是十分重要的。不幸的是，不可能给出一个明确的、适用于任何情况的值，因为仅仅是土壤特性的影响就已经很大了。相反，自然土壤中的电势位移是可以被确定的。

总结：

低于20mV的极化一般没有危险。电势位移超过100mV是十分危险的。在20mV至100mV之间，当极化引起显著的腐蚀现象时，才会变得危险。

总体概括，可以规定如下：

形成腐蚀电池（发电电池）的先决条件始终是在与金属和电解质导电相关的阴极和阳极。

阳极和阴极的形成：

⇒ 材料

- 不同的金属或金属表面的不同特性（接触腐蚀）
- 不同的结构元件（选择性或晶间腐蚀）

⇒ 电解质

- 不同浓度（如含盐度，通风）

对于腐蚀电池，阳极区总是比阴极区具有更多的负极性金属电势或电解质电势。

测量金属电势或电解质电势时，总是使用饱和硫酸铜电极，将它直接安装在金属或土壤附近。如果在电解溶液的阳极和阴极之间，由于电势差的作用而形成直流电流，那么，金属溶解时，它从阳极进入电解质溶液，并重新出现在阴极。

阳极的平均电流密度 J_A ，常使用“面积法则”：

$$J_A = \frac{U_C - U_A}{\varphi_C} \cdot \frac{A_C}{A_A} \quad (\text{A/m}^2)$$

J_A 阳极的平均电流密度

U_A, U_C 阳极和阴极的电势，单位：伏（V）

φ_C 阴极的极化电阻，单位： Ωm^2

A_A, A_C 阳极或阴极表面积，
单位：平方米（ M^2 ）

极化电阻是极化电压和混合电极（在一个电极上发生多个电极反应）的总电流的比值。

在实践中，为估计腐蚀速度，电池的电压 $U_K - U_A$ 和面积 A_K 、 A_A 虽然可以近似计算，但足够精确的阳极和阴极的极化电阻值却无法给出。它取决于电极的材料，电解质和阳极、阴极的电流密度。从现今的调查结果来看， φ_A 比 φ_K 小得多。

对于 φ_K ：

土壤中的钢 大约：1 Ωm^2

土壤中的铜 大约：5 Ωm^2

混凝土中的钢 大约：30 Ωm^2



通过平面规则人们清楚地认识到，即使连接铜电极的钢导线或容器被包裹起来，且它们的包裹外壳上只有很小的缺陷；或由镀锌钢材制成的接地线，连接到铜制的接地装置上，或者连接到非常大的钢筋混凝土基础上，都有可能出现严重的腐蚀现象。

通过选择合适的材料，可避免或减少接地体的腐蚀风险。为了达到一个令人满意的使用寿命，必须严格遵守材料的最小尺寸的要求。（表5.5.8.1）

5.5.7.3 接地体材料的选择

在表5.5.8.1中总结了现今通用的接地体材料和它们的最小尺寸。

热浸镀锌钢材

热浸镀锌钢也适用于嵌入混凝土中。对于基础接地体，由镀锌钢材制成的接地导线和等电位连接导线，允许与混凝土中的钢筋相连。

铜包钢

对铜包钢的要求与对护套材料为纯铜的要求是一致的。铜护套的损坏会造成钢芯腐蚀的高风险，因此必须具备一个完整的封闭铜层。

纯铜

纯铜由于它的电动序，因而特性十分稳定。此外，连接土壤中“非贵金属”材料（如：钢）构成接地体或其它设施，它可以起到保护阴极的作用，当然这要以“非贵重”金属为代价。

不锈钢

依据DIN 17440，某些高合金不锈钢具有惰性和耐腐蚀性。在通风的地下，高合金不锈钢的自然腐蚀电位接近铜的值。

在几个星期内，将不锈钢组成的接地体材料的表

面进行钝化，它们相对于其它材料（贵重和非贵金属）表现出中性。

不锈钢应至少包含16%的铬、5%的镍和2%的钼。

大量的测量表明，只有高合金不锈钢，如材料号为1.4571的不锈钢，才具有足够的抗腐蚀能力。

其它材料

对于其它材料，只有证明它在特定的环境中具有耐腐蚀特性，或者与表5.5.8.1所列的材料等效时，才可被使用。

5.5.7.4 不同材料接地体的组合

将在地下放置的两种不同的金属做导电连接，则电池产生的电流密度会导致金属阳极的腐蚀。（表5.5.7.4.1）这基本上取决于阴极表面积 A_K 与阳极表面积 A_A 的比例。

通过“接地体材料的腐蚀行为”项目的研究，对于接地体材料的选择，特别是不同材料组合的选择，给出了以下方面的结论：

当满足下式时，才会出现强腐蚀：

$$\frac{A_C}{A_A} > 100$$

通常，我们假设材料相对阴极具有正电势。真正存在的腐蚀电池的阳极由此辨别，即当出现金属导电连接时，它具有负电势。

连接地下放置的钢制设施，以下的接地体材料在（具有覆盖层）地下总是表现为阴极：

- 纯铜，
- 镀锌铜，
- 高合金不锈钢

混凝土基础中的钢筋

混凝土基础中的钢筋具有（与铜类似的）正电势。直接连接到大型钢筋混凝土基础中的接地体和接地导线，也应该是由不锈钢或铜制成的。这特别适用于直接靠近基础、用短线连接的电缆。

隔离火花间隙的安装

正如已经提到的，对于放置于地下的设备，它们的电势可能存在较大的差别，可以通过安装隔离火花间隙，来中断它们之间的导电连接。这样，在通常情况下，就不再有腐蚀电流流过。当出现过电压时，隔离火花间隙开始动作，并使设备在过电压的时间范围内相互连接。然而，隔离火花间隙绝对不允许安装在保护接地体和工作状态下的保护接地体中，因为这些接地体必须始终连接到运行的设备中。

5.5.7.5 特殊的防腐措施

从基础接地体至引下线的连接导线采用镀锌钢材

从基础接地体至引下线的镀锌钢材的电缆应埋在混凝土或砖墙中，直至穿出地面。

如果连接电缆布线时与土壤接触，则必须采用混凝土或人造护套的镀锌钢材，或者必须使用带有NYY电缆的端子衔套、不锈钢或接地固定端子。在砖砌墙体内部，接地导线的布线也可以没有腐蚀保护。

面积较小的材料	面积较大的材料			
	镀锌钢	钢	混凝土中的钢	铜
镀锌钢	+	+ 脱锌	-	-
钢	+	+	-	-
混凝土中的钢	+	+	+	+
铜包钢	+	+	+	+
铜、优质钢	+	+	+	+
+ 可组合 - 不可组合				

表5.5.7.4.1 不同面积比例下，接地装置的材料组合
($A_C > 100 \times A_A$)

镀锌钢材的入地敷设

入地敷设镀锌钢材时，从地面向上向下必须至少有0.3m的防腐蚀保护。

一般来说，仅仅使用沥青涂料是不够的。保护时应提供不吸湿的护套，例如：丁基橡胶带或热收缩套。

地下端子和连接

设计地面上的连接切面和连接点时，必须确保它们耐腐蚀的保护层和接地体的材料是相同的。土壤中的连接点还必须具有合适的涂层，例如：有防腐带的护套。

腐蚀性废物

当接地体被放置在沟中和坑中，并被回填时，绝对不允许矿渣及煤渣与接地体直接接触，建筑废料同样也不行。

5.5.8 接地体的材料和最小尺寸

表5.5.8.1中给出了接地体的材料、形状和最小横截面积。

5.6 外部防雷系统的电气隔离-隔离距离

如果在接闪装置和引下线之间，及被保护的建筑物内部的金属和电气装置之间，没有足够的距离，那么，在外部防雷系统的各部分与建筑物内部的金属和电气设备之间，就存在无法控制的雷击危险。

通过金属设施的安装，如供水管、空调管道和电力线，在建筑物中会形成感应回路，这是由快速变化的雷电电磁场感应出来的冲击电压形成的。必须防止这些冲击电压，避免造成失控的雷击，这有时甚至可能导致火灾。

由于雷击，例如，雷击电力线，可能会对装置和使用电器造成巨大破坏。图5.6.1说明了隔离距离的原理。



材料	外形	最小尺寸			注意事项
		棒状接地体 直径: mm	接地线	板状接地体 mm	
铜	线缆 ³⁾ 圆形材料 ³⁾ 平面材料 ³⁾ 圆形材料 铜管 平板 栅栏板	15 ⁸⁾ 20	50 mm ² 50 mm ² 50 mm ²	500 x 500 600 x 600	每线最小直径为 1.7 mm 直径: 8 mm 最小厚度: 2 mm 管壁最小厚度: 2 mm 最小厚度: 2 mm 每段: 25mm x 2mm 结构: 4.8米
钢	镀锌圆形材料 ^{1), 2)} 镀锌钢管 ^{1), 2)} 镀锌平面材料 ¹⁾ 镀锌板 ¹⁾ 镀锌栅栏薄板 ¹⁾ 铜包圆形材料 ⁴⁾ 裸露圆形材料 ⁵⁾ 裸露或镀锌圆形材料 ^{5), 6)} 镀锌缆线 ^{5), 6)}	16 ⁹⁾ 25 14	直径 10mm 90 mm ² 直径 10mm 75 mm ² 70 mm ²	500 x 500 600 x 600	管壁最小厚度: 2 mm 最小厚度: 3 mm 最小厚度: 3 mm 每段: 30mm x 3mm 最小250 μm 铜层中铜的含量为99.9% 最小厚度: 3mm 每线最小直径为 1.7 mm
不锈钢	固体圆形材料 固体圆形材料	15	直径 10mm 100 mm ²		最小厚度: 2 mm

- 1) 涂层必须光华、分布均匀，且无液体残留。圆形材料的最小厚度为50 μm，平面材料的最小厚度为70 μm。
- 2) 在镀锌前必须磨去螺纹。
- 3) 可以镀锌。
- 4) 铜和钢的结合应不可分。
- 5) 只有完全埋植于混凝土中，方可允许。
- 6) 至少每隔5米与钢筋加固件相连接，才允许在基础中与土壤接触的部分使用。
- 7) 铬≥16%，镍≥5%，钼≥2%，碳≤0.08%。
- 8) 某些国家允许使用12mm的材料。
- 9) 在一些国家中使用引入接地棒，用以连接引下线和接地体。

表5.5.8.1 接地体的材料、形状和最小横截面积

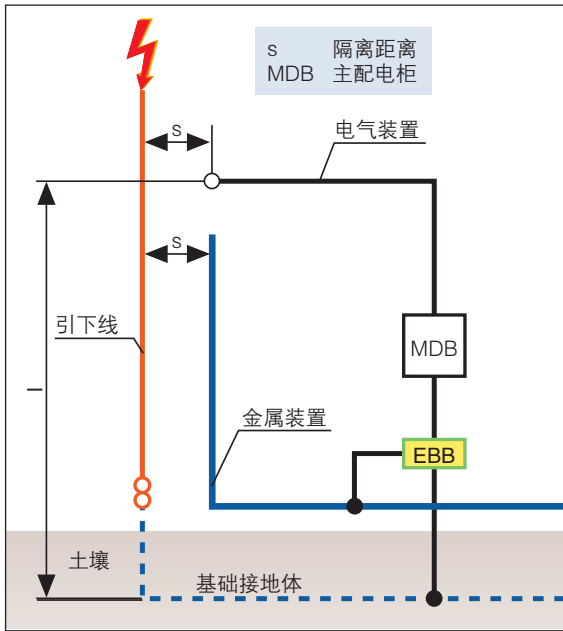


图5.6.1 隔离距离的原理图

隔离距离的计算公式很难在实际工作中应用。

计算公式为：

$$s = k_i \frac{k_c}{k_m} \cdot l(m)$$

其中：

K_i 取决于所选的防雷保护系统的保护等级（感应系数）

K_c 取决于几何形状（电流分布系数）

K_m 取决于靠近点的材料（材料因素）

$l(m)$ 从隔离距离确定点起至下一个等电位连接点之间，沿接闪装置或引下线的长度。 单位：米

相应保护等级的系数 K_i （感应系数）代表了因电流的陡度而造成的危险。

系数 K_c 考虑了外部防雷系统的引下线中电流的分

布。在标准中对 K_c 给出了不同的确定公式。为了在实际应用中使高层建筑物的隔离距离仍得以保持，建议安装环形导体，即将引下线交叉成网格状。这种网状结构使电流形成对称，从而降低了所需要的隔离距离。

材料系数 K_m 考虑了周围环境的绝缘特性。假定空气的电气绝缘特性在计算中取值为1。在建筑行业使用的其它固体材料（如砖石，木材等）的绝缘特性大约仅为空气绝缘特性的一半。

其它的材料因素不再考虑。偏差值必须通过测试来证实。对于德和盛公司（DEHN+SÖHNE）所使用的材料GFK（玻璃纤维增强塑料）的产品（DEHNiso-Distanzhalter, DEHNiso-Combi），其系数特定为0.7。这一系数同其它的材料系数一样，可用于计算公式中。

长度 l 是沿接闪装置或引下线的实际长度，是指从隔离距离确定点起至下一个等电位连接点或防雷保护的等电位连接点之间的长度。

在每个建筑物的防雷保护的等电位连接在接在靠近地面处，都存在一个基础接地体或接地体的等电势平面。这个平面是参考平面，用以确定距离 l 。

如果要为高层建筑物建立防雷的等电位连接，例如：建筑物的高度为20m，建立的等电位连接必须包括所有电子和电气设备的导线，以及所有的金属装置。防雷保护的等电位连接要按照I级的防电涌保护装置来设立。

即使是高层建筑，基础接地体/接地的等势面也应被用来作为参照点，且基础长度为 l 。若建筑物过高，则遵守要求，保持隔离距离将变得越来越困难。

在靠近地面处，建筑物中的装置和引下线之间的电势差几乎为零。随着高度的增加，该电势差会越来越大。这可以想象为一个尖头朝下的锥形。（图5.6.2）

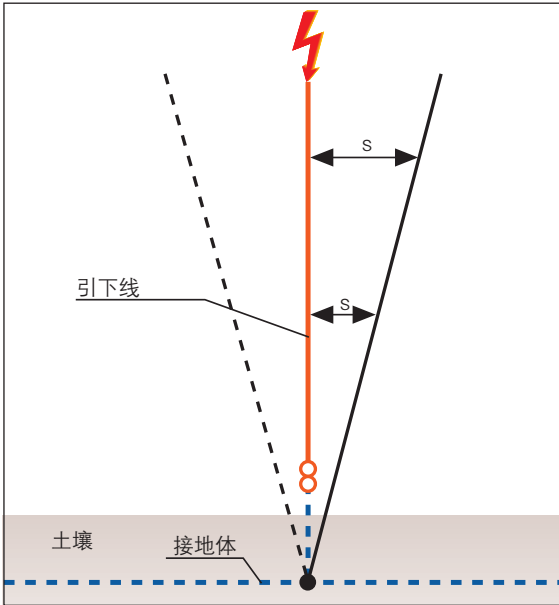


图5.6.2 随高度而增加的电势差

因此，在建筑物的顶端或屋顶表面保持的隔离距离是最大的，向着接地装置方向，其值逐渐减小。

这就需要针对不同的距离 l 进行多次计算。

由于不同的建筑结构，目前计算电流分布系数 K_C 往往是困难的。

例如，如果在建筑物旁设立一个单一的接闪棒，那么，雷电流将全部流过接闪线和引下线，系数 K_C 等于1。

这种情况下，雷电流不能分流，因此，隔离距离往往难以保持。在图5.6.3中，当树立的桅杆远离建筑物时，就能做到这一点。

同样类似的情况也出现在屋顶的避雷针上。直至到达下一个避雷针的连接，在接闪线和引下线中这一特定的路径中流过100% ($K_C = 1$) 的雷电流。(图5.6.4)

如果电缆横跨在两个避雷针或接闪桅杆之间，那么雷电流被分流在两条路径中。(图5.6.5) 然而，由

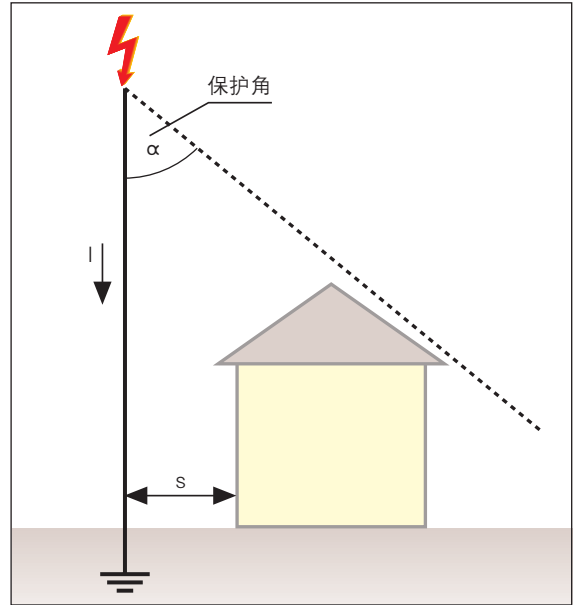


图5.6.3 接闪桅杆, $K_C=1$

于阻抗不同（线缆的长度），分流并不总是50%，因为闪电并不总是击中在所布置的接闪装置的中心位置，而可能是沿接闪装置的任何一点。

在计算系数 K_C 时要考虑到最不利的情况。

计算时，假设使用的是一个B型的接地装置。如果用的是单个的A型接地体，它们必须相互连接。

$$k_c = \frac{h+c}{2h+c}$$

- h 引下线的长度
- c 避雷针或接闪桅杆的间距

对于一个具有两条引下线的双坡屋顶，下面的例子说明了如何计算系数 K_C 。(图5.6.6) 设定接地装置为B型（环形接地体或基础接地体）。

$$k_c = \frac{9+12}{2 \cdot 9+12} = 0.7$$

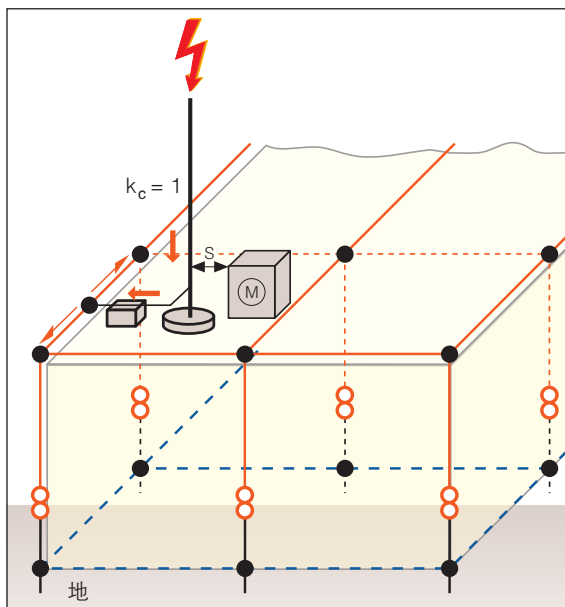


图5.6.4 平屋顶上的避雷针和通风装置

对于单户住宅，按照图5.6.6来布置引下线是无法实现的。通过增设另外两个引下线，即四条引下线，可以大大改善电流分布系数。（图5.6.7）计算时，可使用下列公式。

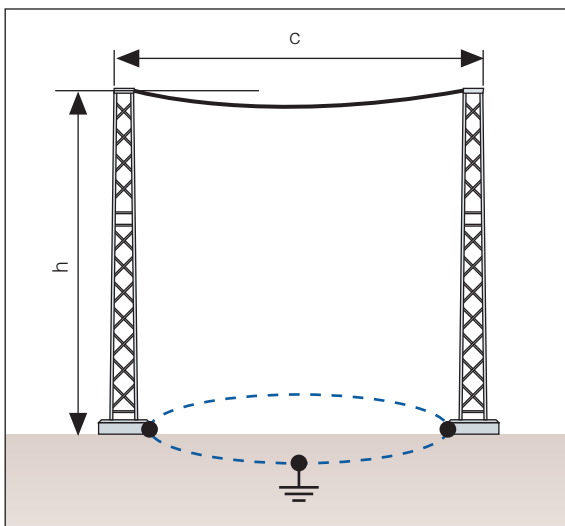


图5.6.5 电缆横跨两个接闪桅杆、接地体为B型时，系数 K_c 的测定

$$k_c = \frac{1}{2n} + 0.1 + 0.2 \sqrt[3]{\frac{c}{h}}$$

- h 引下线至屋檐排水管的高度，是雷电耦合的不利点。
- c 引下线的间距
- n 引下线的总数

$$k_c = \frac{1}{2 \cdot 4} + 0.1 + 0.2 \sqrt[3]{\frac{12}{4}}$$

计算结果是： $K_c \approx 0.51$

对于平面屋顶结构的建筑，电流分布系数的计算方法如下。在这种情况下，假设接地体为B型。（图5.6.8）

式中：

- h 距离，或环形导体的高度

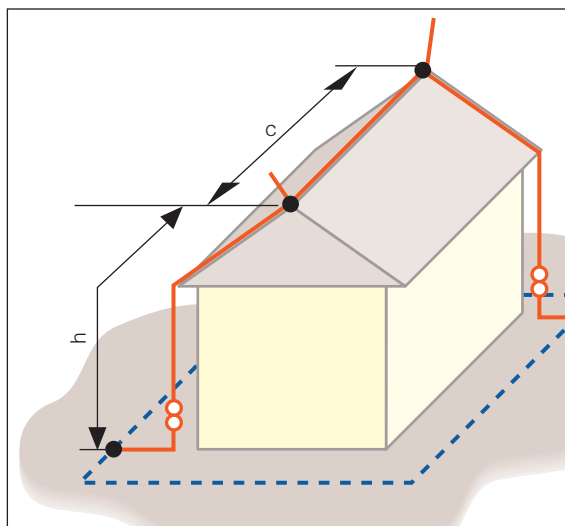


图5.6.6 具有引下线的双坡屋顶，系数 K_c 的测定

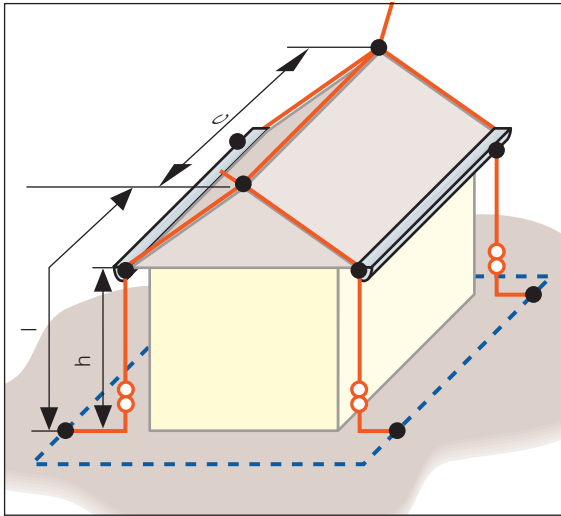


图5.6.7 具有四条引下线的双坡屋顶

- c 一个引下线至下一个引下线的距离
- n 引下线的总数

引下线间的距离被假定为是均等的。如果不是，那么 c 选定为最大的距离。

如果平屋顶上有电器或穹顶灯（图5.6.9），在计算隔离距离时，应考虑两种电流分布系数。避雷针至下一个接闪线 / 引下线，选取 $K_C = 1$ 。

对于后续的接闪装置和引下线，其电流分布系数 K_C 的计算如上述所述。对于带有屋顶安装设备的平屋顶，确定它的隔离距离 s 的实例如下。

举例：

在一个建筑屋顶上安装穹顶灯等设备，其风险等级为III级。并且这些设备具有电驱动装置。

建筑物的数据：

- ⇒ 建筑物的长度：40m
- 建筑物的宽度：30m
- 建筑物的高度：14m

- ⇒ 接地装置，B型基础接地体
- ⇒ 引下线的数量：12 条
- ⇒ 引下线的距离：
 - 最小：10m
 - 最大：15m
- ⇒ 具有电驱动装置的穹顶灯的高度：1.5m

该建筑物的电流分布系数计算如下：

$$k_c = \frac{1}{2 \cdot 12} + 0.1 + 0.2 \sqrt[3]{\frac{15}{14}}$$

计算结果是： $K_C \approx 0.35$

对于接闪装置，因 $K_C = 1$ ，不必再计算。

在计算电流分布时假定，避雷针处于屋顶的边缘，而不在接闪装置的网格内，如果避雷针处于网格内，那么必须另外考虑电流分布和网格的最小长度。

在建筑物的屋顶边缘上，隔离距离的计算：

对于材料因子 k_m ，将选用固体建筑材料，系数值为： $k_m = 0.5$ 。

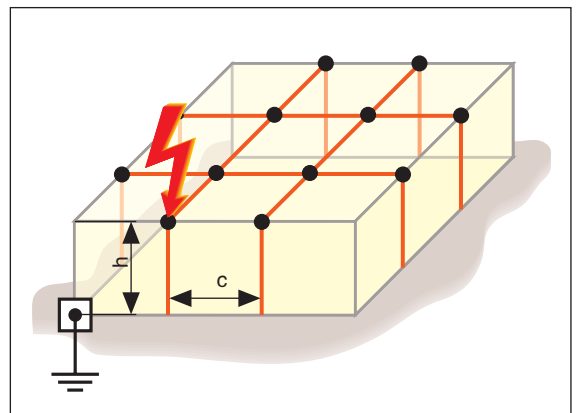


图5.6.8 交织的接闪网，B型接地体的系数值 K_C

$$s = 0.04 \frac{0.35}{0.5} 14 (m)$$

计算结果是： $s \approx 0.39m$

避雷针隔离距离的计算：

根据平顶屋顶上避雷针的位置，选择材料因子为： $k_m=0.5$ 。

$$s = 0.04 \frac{1}{0.5} 1.5 (m)$$

计算结果是： $s = 0.15m$

如果避雷针被竖立在地面上（防雷保护的等电势面），这样计算隔离距离是正确的。

为了获得完全正确的隔离距离，应把建筑物的隔离距离补充进去。

$$\begin{aligned} S_{tot} &= S_{structure} + S_{air-termination\ rod} \\ &= 0.39\text{ m} + 0.12\text{ m} \end{aligned}$$

$$S_{tot} = 0.51\text{ m}$$

通过这些计算，穹顶灯最高点应在空中保持0.64m的隔离距离。在大气中，对于固体材料，这一隔离距离将乘以0.5的材料因子来进行换算。

在（固体材料的）屋顶上设立具有混凝土底座的避雷针，会使避雷针的底座不具备“完全的绝缘特性”。（图5.6.9）混凝土底座的隔离距离保持 $S_{structure} = 0.39m$ （固体物质）已足够。

如果高层建筑物上的雷击等电位连接平面设立在不同的 height，在每个高度，所有的金属装置和所有电气及电子设备的导体都通过雷电流保护器（I型SPD）相连接，那么，就可以进行如下的计算。其中至导线的距离的计算，其中的导线，既包括了一个

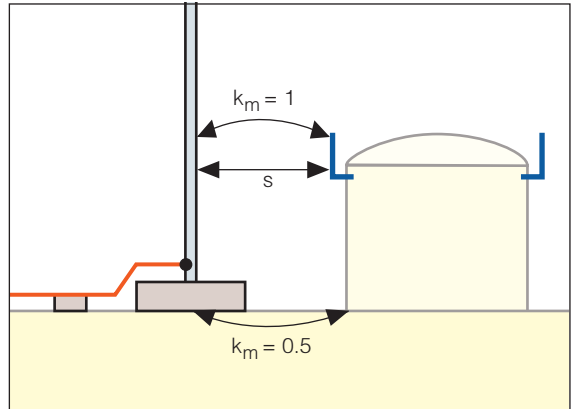


图5.6.9 平顶屋顶上避雷针的材料因子

雷击等电位连接平面上的导线，同时也包括了跨接在多个平面上的导线。

在此，假设接地装置和等电位连接采用基础接地或环形接地体（B型）或网状连接。（图5.6.10）

正如前面提到的，围绕建筑物设立的辅助的环形导体（桁架）可以平衡雷电流，这对隔离距离也起到积极的影响。图5.6.10是围绕建筑物的环形导体的原理图。在环形导体的高度上，设立防雷保护-等电位连接-平面时，没有连接防雷保护器。

不同路径上所规定的电流分布系数 K_c 是不同的。要给出屋顶上的隔离距离，必须要得到从接地体的等电势面至屋顶建筑的最高尖端的总长度（部分长度的总和）。如果要给出总的隔离距离 S_0 ，必须使用下列公式计算：

$$S_{tot} = \frac{k_i}{k_m} (k_1 \cdot l_{tot} + k_{c3} \cdot l_3 + k_{c4} \cdot l_4)$$

一如既往，围绕建筑物的辅助环形导体这一形式的结构，不会使任何部分雷电流传导进入建筑物的内部。

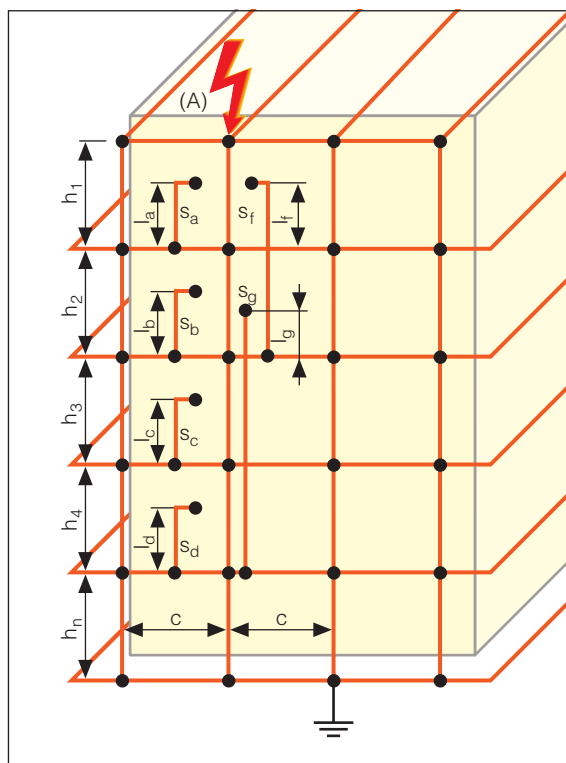


图5.6.10 交织的避雷网的系数值 K_C ，引下线连接环形导体和B型接地体

如果，即使安装了多条引下线 and 辅助环形导体，整体设施仍然不能保持所规定的隔离距离，那么，还有一种可行方案，就是将建筑物的上缘定义为防雷保护 - 等电势平面 (+ / -0)。这些防雷保护 - 等电势面通常实施在高层建筑物上，在那里，由于物理条件的限制，隔离距离无法保持。

这就需要将所有的金属装置和所有的连接电气及电子设备的导线通过雷电流保护器 (I型SPD) 连接至等电位连接。这些等电位连接也要直接连接到外部防雷系统中。通过上述的措施，建筑物上缘的隔离距离即可设置为零。这种结构形式的缺点是，所有的导线和金属装置，例如，建筑物的钢筋结构、电梯的升降导轨以及引下线都将传导雷电流。这部分雷电流对电气和电子系统的影响，在设计内部防雷保护系统

对电气和电子系统的影响，在设计内部防雷保护系统 (浪涌保护) 时，都必须考虑到。

而它的优点是，雷电流分布的面积较大。

5.7 跨步电压和接触电压

在 IEC 62305-3 (EN 62305-3) (德国: DIN EN 62305-3 (VDE 0185-305-3) 标准中提请注意，在特殊情况下，在建筑物的外部靠近引下线的地方，即使防雷保护系统是根据最新的标准规划的，接触电压或跨步电压仍然可能会危及生命。

一些特别情况，例如，在建筑物的入口处，或经常有人光顾的大型设施的屋檐下，如：剧院、电影院、购物中心、幼儿园等，在那里裸露的引下线和接地体直接相邻。

尤其是一些暴露的 (具有雷击危险的) 建筑设施，并且是可以自由出入的公共设施，同样需要有防止过高的接触电压和跨步电压的措施。

这些措施 (如：电势的控制)，首先要用于教堂、观光塔、避难所、体育场的照明桅杆以及桥梁的等处。

公众集会可能因地点而不同 (如：商场的门口或观光塔的楼梯)。因此，只需要在这些特别危险的区域采取措施，以减少接触电压和跨步电压。

可能采取的措施有：电势控制、隔离危险区域以及下面介绍的其它措施。各种的措施也可以相互结合使用。

接触电压的定义

接触电压是人在触碰引下线时，在人体的手和地面上的两脚之间的电位差。

电流的路径是从手，经身体流向双脚。(图 5.7.1)

钢架或钢筋混凝土这些建筑形式，如果满足以下的前提条件，那么超出允许范围的、过高的接触电压的危险就不会存在。即将所有钢筋都安全地相互连接在一起，或者在混凝土中敷设了引下线。

另外，对于金属的外墙，如果它们被连接到等电位连接中，和/或使用了天然构件作为引下线，那么，接触电压可忽略不计。

如果在建筑物外部的危险区域内，在地下的钢筋混凝土已经和基础接地体做了安全的连接，那么，这一措施已经改善了电势梯度，并起到了控制电势的作用。因此，跨步电压可以被排除，不做考虑。

以下措施可减少风险，防止有人因触摸引下线而受伤：

- ⇒ 引下线采用绝缘材料制成的外套（至少用3mm 网格编织的聚乙烯，冲击电压为100kV，1.2/50μs）。
- ⇒ 引下线的位置可以改变，例如：不安装在建筑物的入口。
- ⇒ 通过设置指示牌或禁止标志牌，以及使用障碍物等方法来减少人流密度。
- ⇒ 围绕引下线3m左右的接地体，其表层的大地电阻率不小于5000Ωm。

通常，厚度为5厘米的沥青层，满足这一要求。

- ⇒ 通过电势控制，使网状接地装置更加密集。

注意：

排水管，即使不用作引下线，人触碰它，仍可造成危害。在这种情况下，可用聚氯乙烯（PVC）管取代金属管（高度：3m）。

跨步电压的定义

跨步电压是接地电压的一部分，当人的步长为1m时，这时两脚之间的电位差称作跨步电压，其中电流的路径是通过人体，从一只脚流向另一只脚。

跨步电压取决于电势梯度的大小。

显而易见，跨步电压随着与建筑物的距离的增大而减小。因而，随着距离的增大，人们所受的风险会降低。

采取以下措施，可以减小跨步电压：

- ⇒ 阻止人们进入危险区域（例如，通过设置障碍物或栅栏）
- ⇒ 降低接地网的网格尺寸 – 电势的控制
- ⇒ 距引下线3m左右的接地体，其表层的大地电阻率不小于5000Ωm。

通常，厚度为5cm的沥青层或15cm厚的砾石床，满足这一要求。

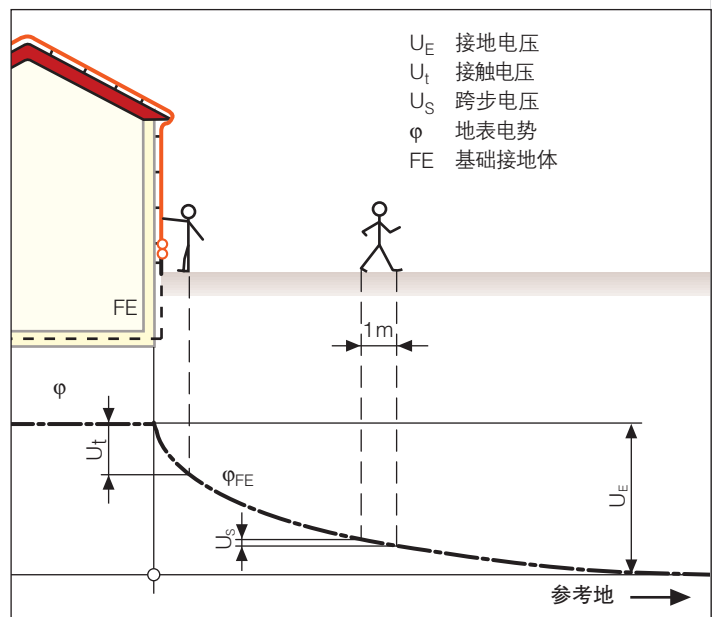


图5.7.1 跨步电压和接触电压的原理图

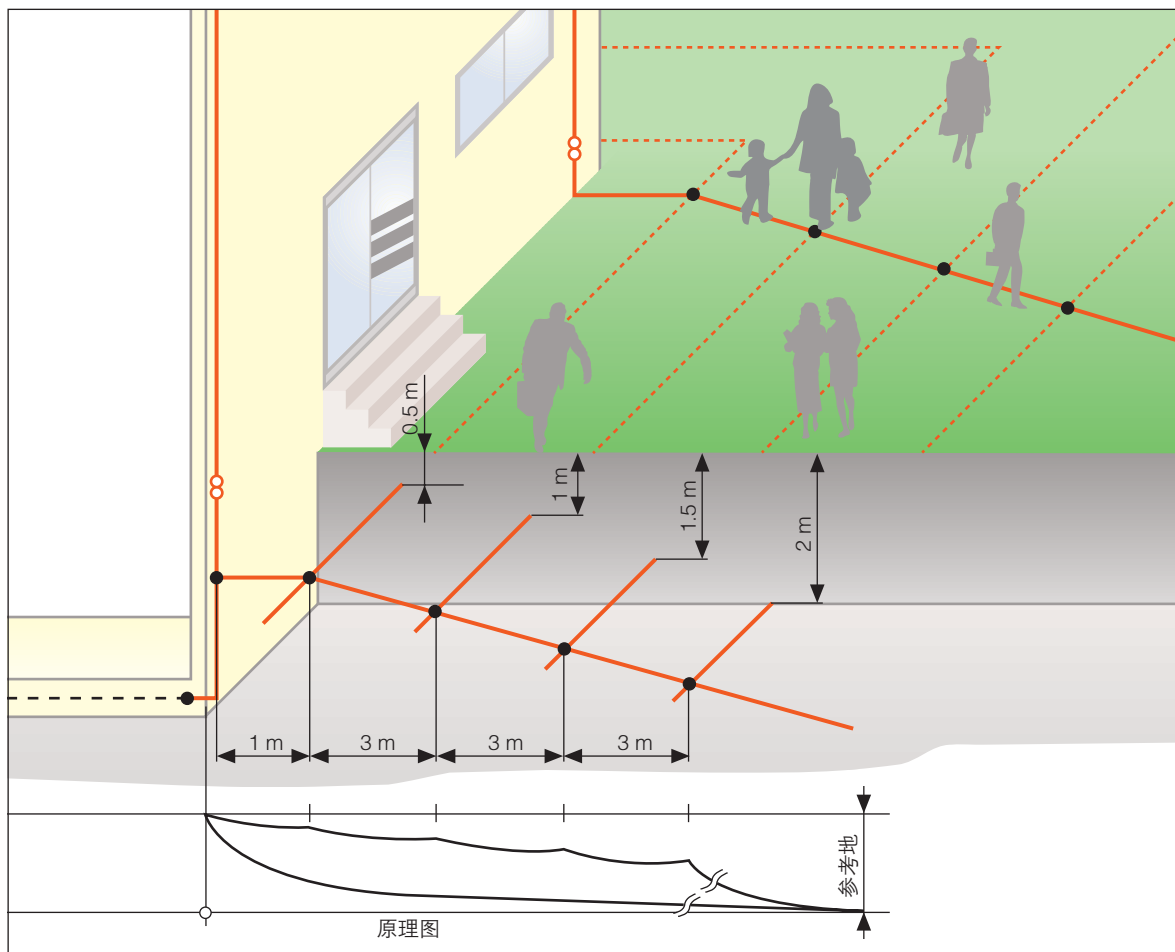


图5.7.2 电势控制 - 原理描述和电势梯度曲线

如果在被保护的建筑物附近，经常有大量的人群聚集，则必须提供保护这些人群的电势控制装置。

如果在被保护的范围内，地表电阻率的下降不超过 $1\Omega/\text{m}^2$ ，那么电势控制已经足够。为此，在现有的基础接地体上，还要辅以环形接地体，它们的间隔距离为1m，深度为0.5m。如果建筑结构中已经设有环形接地体，那么，它们已经是电势控制的“第一环”。

第二个环形接地体，应安装在距第一个环形接地体3m的地方。随着与建筑物的距离的增加，应加深

(每环0.5m)它们埋设的深度。(见**表5.7.1**)

如果需要为建筑物设立电势控制，则必须做如下的安装连接(**图5.7.2**和**图5.7.3**)：

导体要与所有的环形接地体和电势控制相连接。

与每个环形接地体应至少有两个连接。(**图5.7.4**)

如果环形接地体(控制接地体)不能设计为圆形，那么，在它们的末端要与其它环形接地体的末端相连。在一个环内应至少建立两个连接。(**图5.7.5**)

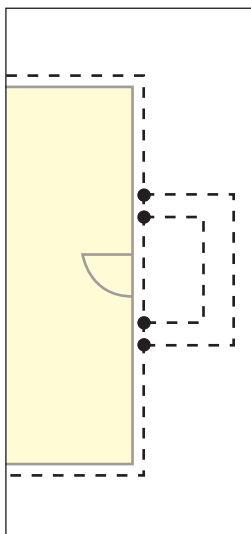


图5.7.3 在建筑物入口处可行的电势控制

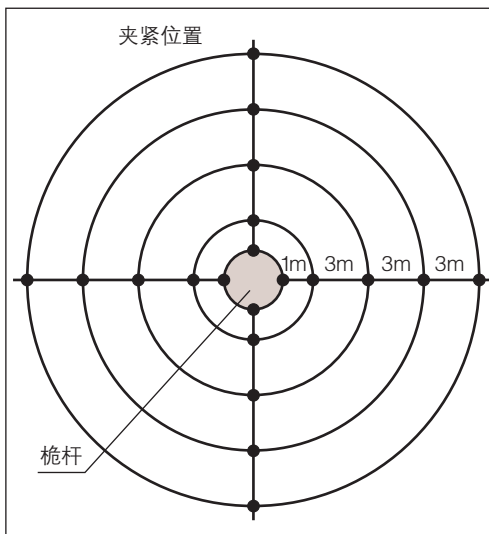


图5.7.4 对于强照明或无线移动通信的桅杆，电势控制的做法

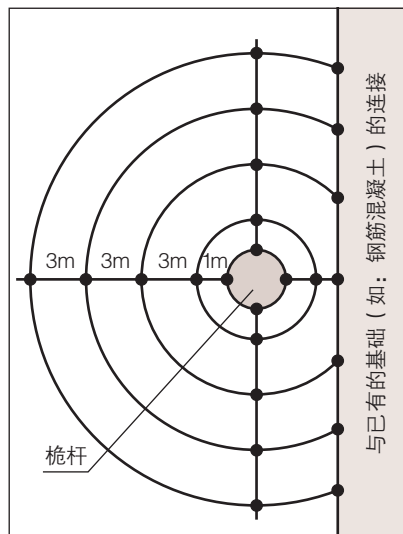


图5.7.5 环形接地体或基础接地体的终端控制的

对于环形接地体材料的选择，必须注意可能的腐蚀影响。（5.5.7章）

考虑到在基础接地体和环形接地体之间可能形成腐蚀电池，材料 NIRO V4A（材料号：1.4571）已被证明是一个很好的选择。

环形接地体可采用直径为10mm的圆形金属线或30mm × 3.5mm的金属带。

5.7.1 控制防雷保护装置中导体的接触电压

在建筑物外部，接触电压和跨步电压的危险区域是在距离建筑物3m，高度3m的范围内。这个高度相当于一个人举起手臂所能达到的最高的高度再加上隔离距离s。（图5.7.1.1）

对于一些公众经常出入的建筑设施，如：剧院、电影院、购物中心、幼儿园等，如果其上的绝缘的引下线和防雷接地装置相邻很近，那么，在这些建筑的下线和防雷接地装置相邻很近，那么，在这些建筑的入口处或屋檐下，采取特殊的保护措施是必要的。

对于一些暴露的（具有雷击危险的）特殊建筑设施，并且在这些建筑物中公众可以自由出入，例如：避难所，还需要有防止过高的接触电压的措施。

另外，按照 IEC 62305-2（EN 62305-2）（德国：DIN EN 62305-2（VDE 0185-305-2）中关于建筑设施的风险分析，生命危险作为参数L1（人员受伤或死亡）来考察。

通过以下的措施，可减小接触电压的风险：

⇒ 导线将以绝缘材料作为外套（网状聚乙烯，直径至少3mm；冲击电压的耐受能力为100KV（1.2/50 μs）

	距建筑物的距离	深度
第一环	1 m	0.5 m
第二环	4 m	1.0 m
第三环	7 m	1.5 m
第四环	10 m	2.0 m

表5.7.1 电势控制，圆环的间距和埋设深度

- ⇒ 改变引下线的安装位置（例如：不在建筑物的入口处安装引下线）。
- ⇒ 距引下线3m左右的接地体表层的大地电阻率至少是 $5\text{ k}\Omega\text{ m}$ 。
- ⇒ 通过设置指示牌或禁止标志牌，以及使用障碍物等措施，来减少人流聚集的程度。

为防止接触电压所采取的这些措施，不可能在任何情况下都起到有效保护人员安全的目的。例如，如果在绝缘的表面上没有采取任何防止闪络击穿的措施，那么，对裸露的引下线套装耐高压的绝缘护套仍是不够的。如果将环境因素，如：降雨（湿度）予以考虑，这一点显得特别重要。

与裸露的引下线一样，带有绝缘护套的引下线在雷击时也会出现高电压。由于绝缘，这些电压被隔离，不会有人接触。因为与绝缘材料相比，人体被认作是良好的导体，在这个“绝缘体-人体”上几乎加载了整个接触电压。如果这个绝缘体抵抗不住所施加的电压，就像发生在裸露的引下线上一样，部分雷电流就会通过人体流向大地。为了安全保护，防止接触电压对生命的威胁，因此，一定要采取必要的措施，防止绝缘击穿和闪络击穿的发生。

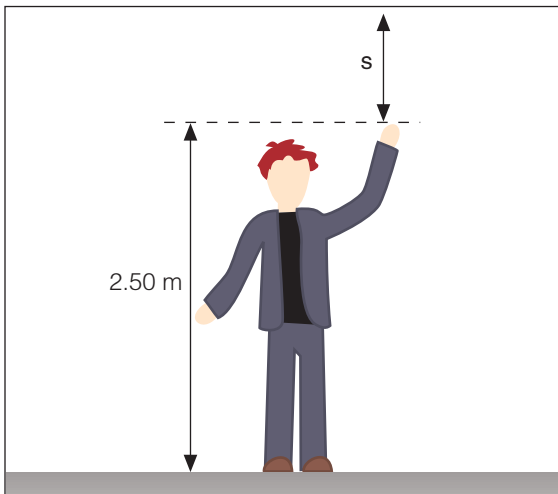


图5.7.1.1 一个人的待保护范围

一个改进的系统解决方案，提供了如何使CUI导线满足这些击穿强度和闪络强度的要求，以防止接触电压。

CUI导线的结构

CUI导线是由横截面积为 50mm^2 的铜制内部导线，及由耐电压冲击的交织成网格状的聚乙烯（PEX产品）绝缘层构成，绝缘层的厚度约为 6mm 。（图5.7.1.2）

为了起到保护作用，防止外部的影响，该绝缘导线还有一层薄的聚乙烯（PE）保护层。这些绝缘

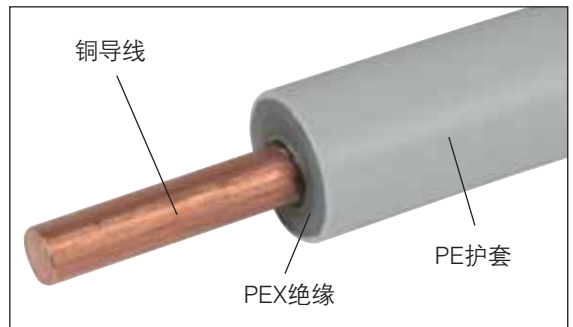


图5.7.1.2 CUI导线的结构



图5.7.1.3 人工降雨条件下的耐受电压测试

电缆被敷设在整个危险区域内，这意味着，从地面往上，将垂直安装3米的CUI导线。导线的最高端连接到从接闪装置下来的引下线上，而最下端连接到接地装置中。

不仅是绝缘材料的击穿强度，在裸露导线的终端和接触的人手之间的闪络击穿也应加以考虑。

闪络放电，这个在高压技术中众所周知的问题，如果再有其它的外层附着其上时，如：雨水层，情况会变得更加恶化。试验表明，在没有额外的措施的情况下，超过1m的绝缘引下线上实施人工喷雨，有可能发生击穿现象。通过对绝缘导线引入适当的屏蔽，在CUI导线上形成一定的干燥区域，即可避免绝缘表面上的闪络击穿。依据IEC 60060-1（德国：VDE 0432-1）中有关CUI导线的工作的安全性的阐述，无论是对击穿强度，还是闪络强度而言，经证实，它的耐冲击电压都高达100KV（1.2/50us）以上。在防雨实验中，具有一定的导电率的定量的水，以45°角度泼洒到引下线上。（图5.7.1.3）

为了连接到引下线的端子上(隔离位置)，CUI导线带有预制的连接端子，并且如果需要，在现场也可以被截短连接到接地装置上。产品的长度为3.5m至5m，可用塑料或金属制成的导线支架固定。（图5.7.1.4）

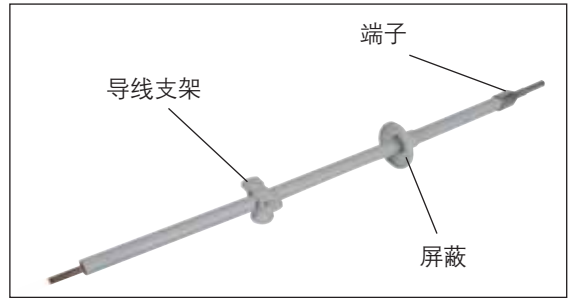


图5.7.1.4 CUI导线的产品图

引下线和人体构成的系统起到的效果正如变压器一样。

这些耦合的电压主要降于绝缘体上，因为人体和大地被假设为导体。如果电压负荷过高，那么就会导致绝缘体的绝缘击穿或闪络击穿。感应电压在这个回路中形成电流，它的大小取决于回路中的电阻和自感的大小，这可能会危及到其中人员的生命。因此，绝缘体必须能够承担起这些电压的负荷。规范给出，在电流上升的时间范围内（0.25 μs的负的后续雷击），只允许幅值很高，但极短的冲击电压出现。（100KV, 1.2/50 μs）绝缘导线埋设的越深，形成的环路就越大，因而自感也越大。因此，感应电压和绝缘体的负荷相应地增大，对此，必须考虑电感耦合的影响。

在极高电流陡度下的电感耦合

关于人员伤害问题，在引下线周围较近的范围内，磁场对其的影响，也必须要考虑。在扩大的设备安装回路中，靠近引下线的部分可能出现高达几百KV的电压，这会造成极大的经济损失。人体由于它的导电特性，也可能与引下线和导电的大地形成回路，其互感为M，而产生的感应电压为U_i。（图5.7.1.5a和图5.7.1.5b）

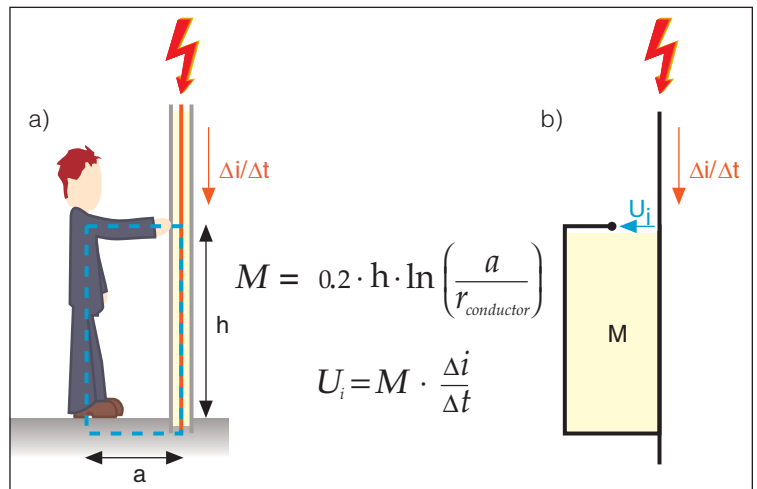


图5.7.1.5 (a) 引下线和人形成的回路 (b) 互感M和感应电压U_i

6. 内部防雷

6.1 金属设施的等电位连接

等电位连接，依据IEC 60364-4-41和IEC 60364-5-54

所有最新建立的电气设施都要求有等电位连接。依据IEC 60364系列标准，等电位连接克服了电势差，也即防止了危险的接触电压，如：存在于低压用电设备中保护线和金属水管、天然气管及暖气管之间的电势差。

依据IEC 60364-4-41，等电位连接由以下部件

构成：

主等电位连接（今后亦称为保护性等电位连接）和

辅助等电位连接（今后亦称为辅助保护性等电位连接）

依据上述标准，每个建筑物都必须包含一个主等电位连接。（图6.1.1）

只有当电源线路的开断条件无法满足，或者依据IEC 60364第7部分，在一些特殊的领域中，才需有辅助的等电位连接排。

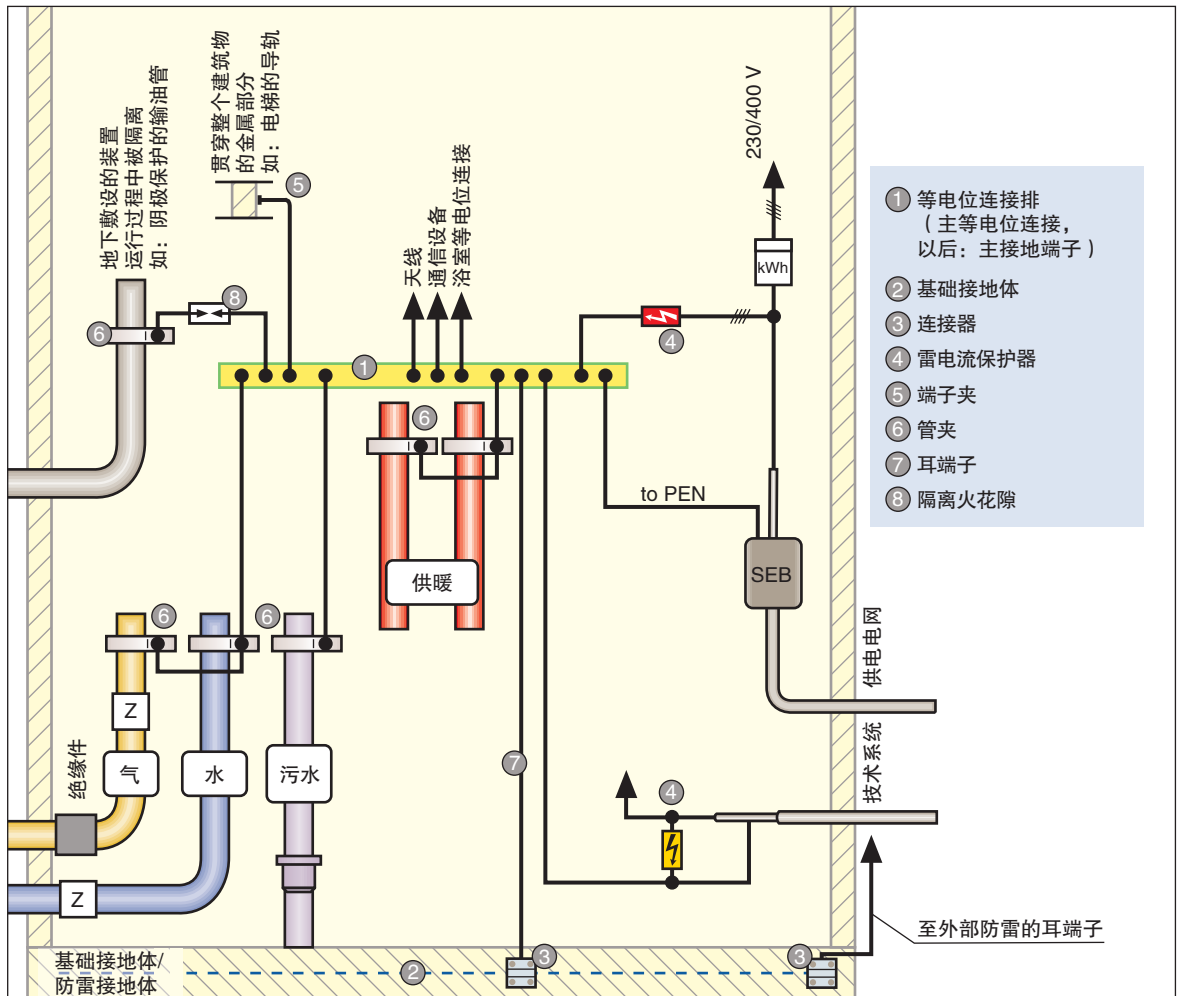


图6.1.1 雷击等电位连接原理图，由雷击等电位和主等电位连接组成

主等电位连接

下面所列的非电气装置的导电部件必须直接连接到主等电位连接中：

- ⇒ 依据 IEC 60364-4-41，主等电位连接导体（今后称为：接地导体）
- ⇒ 基础接地体或防雷保护接地体
- ⇒ 中央供暖设备
- ⇒ 金属供水管
- ⇒ 建筑构件中的导电部分（如：电梯导轨、钢筋骨架、通风和空调管道）
- ⇒ 金属排水管
- ⇒ 内部天然气管道
- ⇒ 天线的接地导线（在德国依照VDE 0855-300）
- ⇒ 通信设备的接地导体（依据DIN VDE 0800）
- ⇒ 电气设备的保护地线（依据DIN VDE 0100，TN系统的PEN线及TT/IT系统的PE线）
- ⇒ 电气和电子设备导线的金属屏蔽
- ⇒ 电压在1000V以内的电缆的金属护套
- ⇒ 当未出现超出允许范围的接地电压时，依据HD 637 S1，超过1千伏强电流设备的接地装置。

IEC 60050-826对非电气装置的导电部件的标准定义：一个非电气装置的导电部件，它虽然不属于电气设备，但通过它可能引入电势，包括地电势。

注意：导电的地板及墙壁也属于非电气装置的导电部件，可能通过它引入电势，包括地电势。

下面的设备部件，通过隔离火花间隙，间接地连接到主等电位连接排中：

- ⇒ 依据EN 50162，具有阴极防腐保护和具有杂散电流防护措施的设备
- ⇒ 依据 HD 637 S1，超出1千伏的强电流设备的接

地装置，如果出现过高的接地电压。

- ⇒ 依据EN 50122-1，交流和直流电气化铁路的接地（需经书面同意，德国铁路公司的铁轨线路才可连接）
- ⇒ 实验室的测试设备的接地，如果这个接地是和保护线分开的

图6.1.1画出了主等电位连接的端子和不同的部件。

等电位连接的接地装置的设计

低压用电设备要求特定的接地电阻（保护性器件的断开条件），而基础接地体铺设成本比较经济，提供了较低的接地电阻，因而基础接地体成为等电位连接的一个最佳和有效补充。在德国，基础接地的具体做法可参照 DIN 18014，例如，其中要求在接地母线上应有终端盒。

关于基础接地的更确切的描述和设计可参见第5.5章。

当应用基础接地体作为防雷保护接地极时，还要关注一些额外的要求，这部分内容包含在第5.5章中。

等电位连接线（今后称：保护性连接线）

等电位连接线，应该象保护地线那样，用绿/黄色标识，因为等电位连接线是在执行保护性的功能。

等电位连接线不承载工作电流，因此它们可以是裸露或绝缘的。

依据 IEC 60364-5-54和HD 60364-5-54，主等电位连接导体的设计的决定因素是导体的横截面积。主保护导线来自供电电源、进线箱或总配电箱。

无论如何，主等电位连接线的最小横截面积应为6平方毫米（铜线）。最大值为25平方毫米（铜线）。

	主等电位连接	辅助等电位连接	
		正常	0.5 × 装置中保护地线的最大的横截面积
		在一个物体和外来的导电体之间	0.5 × 保护地线横截面积
最小	6 mm ²	具有机械保护	2.5 mm ² 的铜或同等的导体
		没有机械保护	4 mm ² 的铜或同等的导体
受限	25 mm ² 的铜或同等的导体	–	–

表6.1.1 等电位连接线的横截面积

辅助等电位连接的最小横截面积（表6.1.1），对于受保护的装置要求为2.5mm²线，对于不受保护的装置要求为4mm²铜线。

对于天线的接地线（依据 IEC 60728-11（EN 60728-11）），其最小截面为16mm²的铜线，25mm²的铝线，或50mm²的钢线。

等电位连接排

等电位连接排是等电位连接中的一个重要组成部分，在实践中应用中，必须将所有连接导线的横截面与等电位连接排完全接触连接，并具备足够的承载电流和防腐蚀的能力。

在标准DIN 0618-1: 1989-08（德国标准）中详细描述了对主等电位连接中等电位连接排的要求。其中对端子的连接，规定了以下方面的最低要求：

- ⇒ 1 × 扁导体4 × 30毫米，或直径10毫米的圆导体
- ⇒ 1 × 50 mm²
- ⇒ 6 × 6 mm² 至 25 mm²
- ⇒ 1 × 2.5 mm² 至 6 mm²

等电位连接排K12能够满足这些要求。（图6.1.2）

这一标准还包括了对横截面积为16mm²以上的导线，在其夹紧位置处雷电流承载能力测试的内容。其中对防雷保护装置的测试，是按照标准EN 50164-1进行的。

如果这些部件满足上述标准中的要求，那么，它也可以用于IEC 62305-1至4（EN 62305-1至4）所要求的雷击等电位连接中。

等电位连接端子

等电位连接端子必须提供一个良好的、永久性的连接。



图6.1.2 等电位连接排 K12，货号：563 200



图6.1.3 接地管夹，货号：408 014



图6.1.4 接地管夹，货号：407 114



图6.1.5 接地管钳，货号：540 910

将管道接入等电位连接

为了将管道连接至等电位连接，根据对应管道的直径，使用管道接地夹。（图6.1.3和图6.1.4）

由不锈钢制成的带状管道接地夹，可普遍适用于任何直径的管道，这为安装带来了巨大的便利。（图6.1.5）

这些带状管道接地夹，可安装于不同材料的管道（如钢铁管道，铜管道和不锈钢管道）。这些组件还可以直接连通。

图6.1.6展示了使用直接连通方式的供暖管道的等电位连接的实例。

等电位连接的测试和检查

在电气设备运行前，应检查各种连接，以确保其性能和效应的完美无缺。

至设备的各个部分及等电位连接，建议采用低阻



图6.1.6 用于直通连接的等电位连接

抗连接。等电位连接时，只有当其阻抗应小于 1Ω 的参考值时，才被认作是合格的。

辅助等电位连接

如果与供电系统的网络形式相关的开断条件与电气设备或其中的一些部件不匹配，那么就需要本地安装辅助等电位连接。安装的主导思想是，将可触摸的部件与固定的运行设备，及其它的导电部分相互连接。这样做的目的是，尽量降低接触电压值。

此外，用于IT系统的各种设备或设备部件的辅助等电位连接，必须具有绝缘监测装置。

对于一些特殊的设备或设备部件，若因环境条件影响而具有一定的危险，则必须使用辅助等电位连接。

在IEC 60364系列第7部分指出了某一特定类型的辅助等电位连接。

它们有：

- ⇒ 依据 IEC 60364-7-701 带浴缸或淋浴的房间
- ⇒ 依据 IEC 60364-7-702 游泳池和其它的水池
- ⇒ 依据 EN 60364-7-705 农业或园艺设施

辅助等电位连接与主等电位连接的差异在于，它可选择较小的导线截面（表6.1.1），并且辅助等电位连接被限定在某些特定的位置。

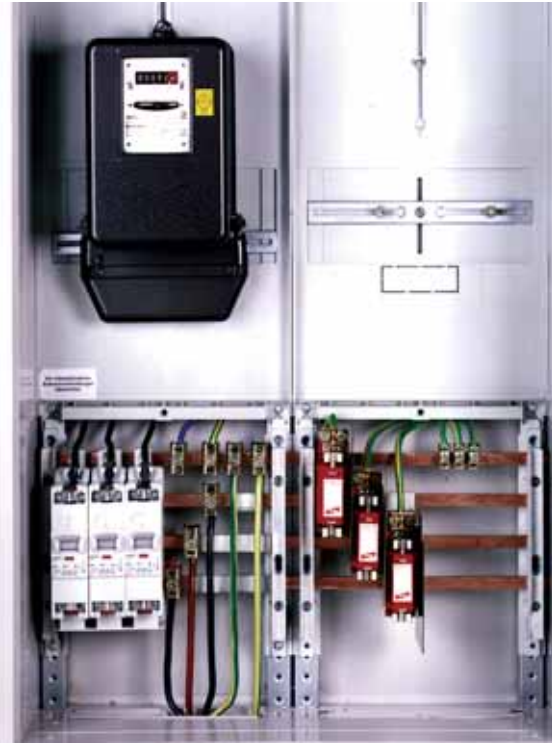


图6.2.1 安装在电表控制柜母线端子上的雷电流保护器 DEHNbloc NH (参见图6.2.2)



图6.2.2 直接接在母线排上，安装在电表控制柜的复合型电涌保护器 DEHNventil ZP

6.2 低压供电设备的等电位连接

依据 IEC 60364-4-41，低压用电设备的等电位连接是内部防雷保护的一部分，也是主等电位连接的进一步延伸。（今后称：保护性等电位连接）（图 6.1.1）

另外，除了所有的导电系统，低压供电系统的电源线也被接入等电位连接。这些等电位连接的特殊之处在于，只能通过合适的电涌保护器连接到等电位连接中。对这种电涌保护器的要求，在 IEC 62305-3（EN 62305-3）附录 E 的第 6.2.1.2 条和第 7 条，以及 IEC 62305-4（EN 62305-4）附件 C 和 D 中做了详细的描述。

与金属装置的等电位连接相似（见第 6.1 章），低压用电设备的等电位连接也应直接安装在保护对象的引入点处。在低压用电设备（主配电系统）的电表的上游区域安装的电涌保护器，其安装要求可参照 VDN（德国电网运营商协会）指令，即“I 级电涌保护器-在总配电系统中的应用”中所描述的要求。（见第 7.5.2 条和第 8.1 条）（图 6.2.1 和图 6.2.2）

6.3 信息技术设备的等电位连接

雷击等电位连接要求，所有的金属导电部件，如在建筑物入口处的电缆线和屏蔽线都应纳入等电位连接中，其接入阻抗应尽可能地小。例如，这些部件包括天线电缆，（图 6.3.1）带有金属导体的电信线缆，也包括具有金属部件的光纤系统。这些线缆的连接是借助于能够承载雷电流的器件（电涌保护器和屏蔽线端子）。一个便利的安装地点，是线缆从建筑物的外部进入建筑物的内部的边界处。无论是对于电涌保护器，还是对于屏蔽线端子，都必须适当的选择以承受预期通过的雷电流。

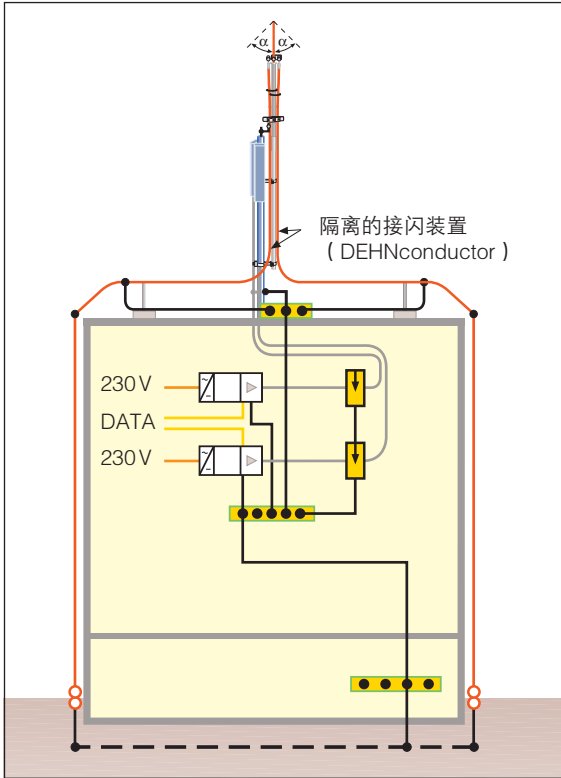


图6.3.1 雷击等电位连接，带有隔离的接闪装置，产品系列 DEHNconductor，依据IEC 62305-3（EN 62305-3）用于专业的天线装置。

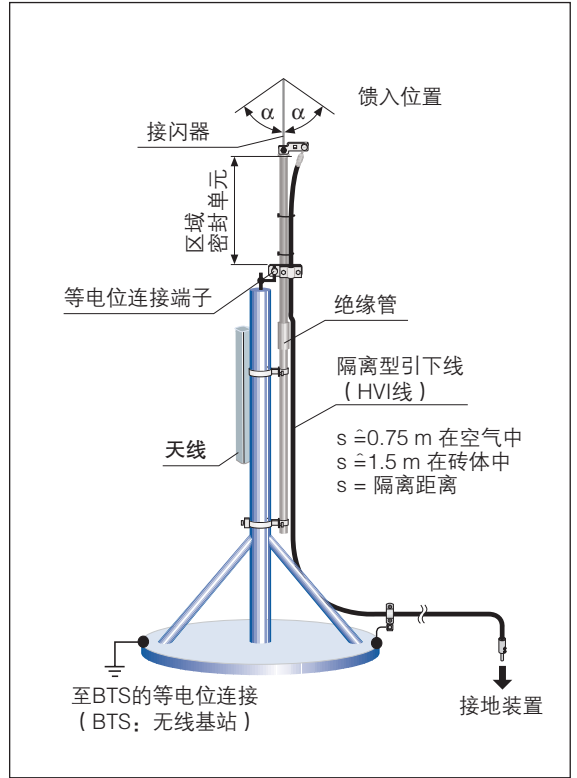


图6.3.2 通信基站雷击防护系统的隔离结构

为了尽量减小建筑物内的感应环路，建议额外地实行下列的步骤：

- ⇒ 电缆和金属管应从同一位置进入建筑物
- ⇒ 电源线和数据线的布线应该靠近，但是应带屏蔽
- ⇒ 通过直接敷设，避免出现的过长的电缆线

天线设备：

出于无线电技术的需要，天线设备一般都安装在一个暴露的位置。因此，他们更易遭受电涌的影响，尤其是在发生直接雷击的情况下。依据 DIN VDE 0855-300（德国标准），它们必须集成到等电位连接中，并通过它们的设计结构（电缆结构、连接器及配件）或适当的补充措施，以减少雷击的风险。天线元件和

天馈线相连接，它们不能直接连入等电位连接系统，因为这将会影响其正常工作，因此应该使用电涌保护器来保护。

简单的讲，可以假定，通过所有天线的屏蔽层导走的雷电流为直接雷击电流的50%。如果预期落在天线装置的雷电流最大到100kA（10/350 μs）（防雷保护级别 III（LPL III）），那么其中50kA通过接地导体流走，另外50kA将通过所有天馈线屏蔽层流走。因此，对于不具备雷电流承载能力的天线装置必须在天线所处的保护区内安装接闪装置。通过选择合适的电缆，可以确定每一条天馈线实际承担的部分雷电流的大小。天馈线所必须的介电强度可由耦合电阻、天馈线长度以及雷电流的幅值的大小共同决定。



依据现行标准 IEC 62305-3 (EN 62305-3)，安装在建筑物上天线装置，可采用以下的方式进行保护：

- ⇒ 接闪棒
- ⇒ 悬线
- 或
- ⇒ 横跨线

在以上每种情况下，在该防雷保护区内必须保持隔离距离 s_0 。

通过防雷保护装置和建筑结构中导电部分（金属构件、钢筋等）的电气绝缘，以及与建筑物中的导电电缆的绝缘，将阻止雷电流侵入控制线和电源线，避免对灵敏的电气和电子设备的影响和损害。（图6.3.1和图6.3.2）

光纤设备：

带有金属构件的光纤设备，通常可以分为以下几种类型：

- ⇒ 电缆，不含金属芯线，但具有金属护套（如：金属防潮层）或金属支承构件
- ⇒ 电缆，带有金属芯线和金属护套或金属支承构件。
- ⇒ 电缆，带有金属芯线，但不含金属护套。

对带有金属构件的所有类型的电缆，必须确定影响光纤传输特性的雷电流的最低峰值。应选择具有雷电流承载能力的电缆，并且金属构件必须直接或通过电涌保护器连接到等电位连接排。

- ⇒ 金属护套：终端连接方式应采用终端屏蔽技术，如：在建筑物入口处通过屏蔽连接端子，例如SAK，将屏蔽层终端连接。
- ⇒ 金属芯线：通过接地夹子在终端连接，如：SLK，靠近电缆分线箱

⇒ 避免补偿电流：终端不是直接接地，而是间接地通过火花间隙接地，如：DEHNgap CS, BLITZDUCTOR CT 的底座等。

通信线缆：

具有金属导线的通信线缆主要由以下类型的平衡电缆或同轴电缆组成：

- ⇒ 不包含额外的金属层的电缆
- ⇒ 具有金属护套的电缆（如：金属防潮层）和/或金属支承构件
- ⇒ 具有金属护套和额外的防雷击加强筋的电缆

可根据 IEC 62305-1 (EN 62305-1) 中的附录 E，确定雷电流在信息技术线路中的分流。应将单个电缆接入等电位连接中。如下所列：

- a) 非屏蔽的电缆应连接具有部分雷电流承载能力的电涌保护器。导线中部分雷电流的大小除以导线中芯线的数量等于每根芯线中雷电流的大小。
- b) 如果导线的屏蔽具有雷电流承载能力，则雷电流将流经屏蔽线。但是由于感性或容性的干扰耦合可以进入内部导线，因此必须接入电涌保护器。要求是：
 - ⇒ 屏蔽必须在两端分别接入等电位连接中，以承载雷击电流。（图 6.3.3）



图6.3.3 具有雷电流承载能力的屏蔽层连接系统 SAK

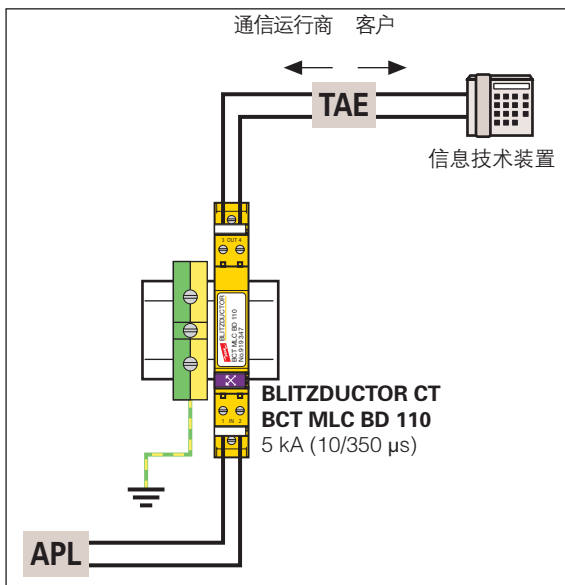


图6.3.4 用BLITZDUCTOR CT接于通信装置中，实现雷击等电位连接。（允许用于德国电信）



图6.3.5 DEHN-等电位连接箱（DPG LSA），用于LSA-2/10技术，具有雷电流承载能力

- ⇒ 当电缆两端分别位入两个建筑物时，建筑物必须使用防雷保护分区概念，并且导线必须连接在同一防雷电保护分区中。（通常LPZ 1区）
- ⇒ 如果一个非屏蔽电缆埋设在金属管道中，那么可把它当作具有雷电流承载能力的屏蔽电缆看待。

c) 如果屏蔽电缆无法承载雷电流，则：

- ⇒ 对于两端的线路端子如同非屏蔽的信号线一样处理。整个电缆的部分雷电流的大小除以内含导线的数量加上 1 条屏蔽线，等于每线中的雷电流的大小。
- ⇒ 如果线路屏蔽在两端并未连接，那么就应看作没有屏蔽：电缆的部分雷电流的大小除以导线的数量等于每线中的雷电流的大小。

如果无法确定每线的负荷，那么最好是采取IEC 61643-22中推荐的威胁参数。由此得出电信线路中最大的负荷是2.5kA每线。（10/350 μs）

当然不仅是电涌保护器必须能够经受预期的雷电流负载，而且连接至等电位连接的导电路径也必须这样。

通过以下假设的多芯线电信线路的实例，可以清楚地看出：

- ⇒ 一条有100对线的通信电缆从LPZ 0_A区进入建筑物，连接于建筑物的LSA配线箱中，应该用电涌保护器进行防护。
- ⇒ 假定流过这条电缆的雷电流为30kA（10/350μs）
- ⇒ 分流到每一条芯线上的雷电流值为30kA/ 200线 = 150A /线。

首先，这意味着，对所使用的电涌保护装置的通流能力不需要特殊要求。其次，在放电元件导通后，所有导线的雷击电流叠加至30kA，这就增加了下游导电路径的负载，例如：夹子的连接外壳，接地夹或等电位连接导线。为了安全起见，使导电路径不受任何损害，可以采用测试过的、能抵抗雷电流的外壳系统。（图6.3.5）

7. 电气和电子系统防雷击电磁脉冲 (LEMP) 的保护

7.1 雷电保护分区概念

依据 IEC 62305-3 (EN 62305-3)，虽然防雷保护系统 (LEMP保护系统 (LPMS)) 可以保护建筑物内的人员和财物的安全，但它不能保护建筑物内的电气和电子系统，而这些设备对由雷电放电引起的瞬态、高能量的电涌，十分敏感。这些电气和电子设备几乎应用于所有的住宅和建筑领域，也正是这些系统正在以建筑管理、通讯、控制和安全系统等形式迅猛增长。因而，对所有者/经营者提出的关于系统长期可用性和可靠性的要求，也是越来越高。

在建筑物内，防止由雷击电磁脉冲 (LEMP)形成的电涌、对电气和电子系统的保护，其基础是防雷保护分区的原则。根据这一原则，在内部防雷保护区中被保护的建筑设施，必须按照LEMP所构成的不同的

威胁值来进行划分 (图7.1.1)。因而，为了与电子系统的抗力相匹配，可以对具有不同的LEMP风险级别的区域进行调整。

根据这一灵活的概念，按照电子设备/系统的数量，类型和敏感性，定义适合的防雷保护分区 (LPZ)。这种定义，从小的局部区域到大的整体区域，可涵盖整个建筑物。根据不同类型的雷电威胁，可定义以下的防雷保护区：

外部分区

⇒ LPZ 0_A - 遭受直接雷击的区域，在该区域内，冲击电流可高达全部的雷电流，受到全部的雷电电磁场的威胁。

⇒ LPZ 0_B - 免遭直接雷击的区域，受到全部的雷

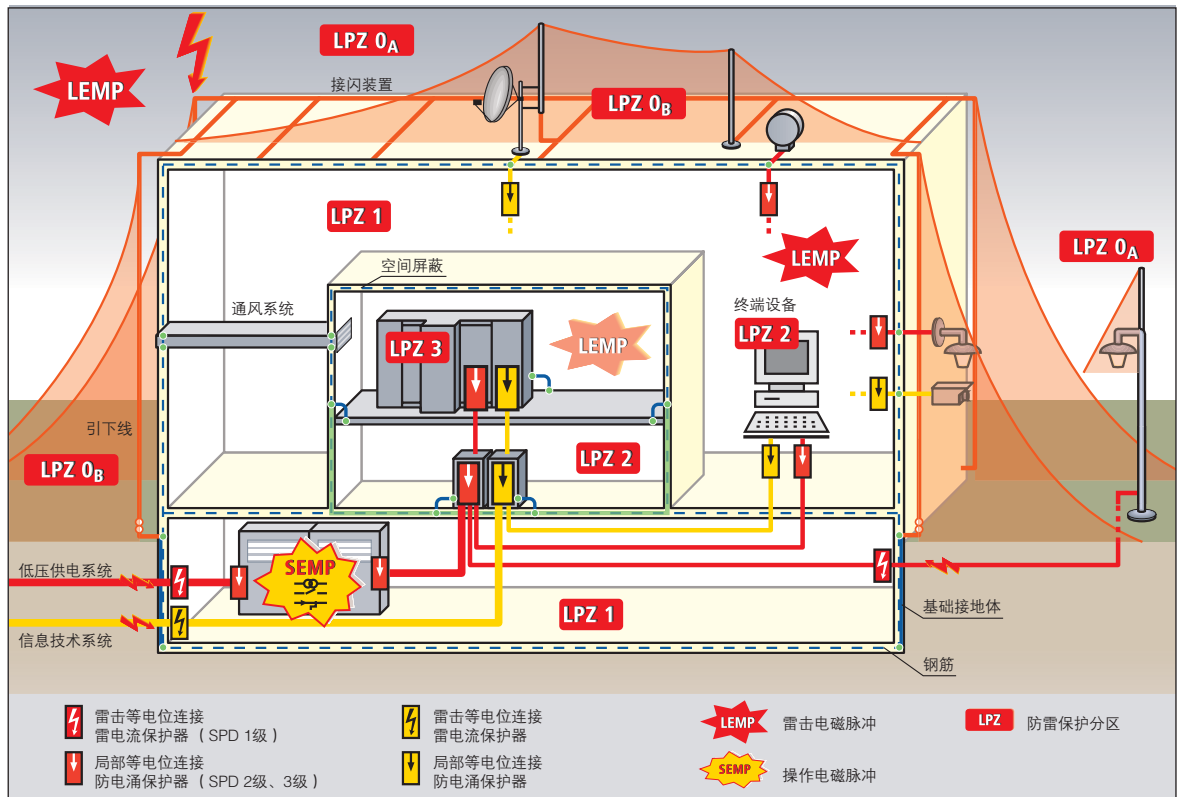


图7.1.1 防雷保护分区概念，依据 IEC 62305-4 (EN 62305-4)

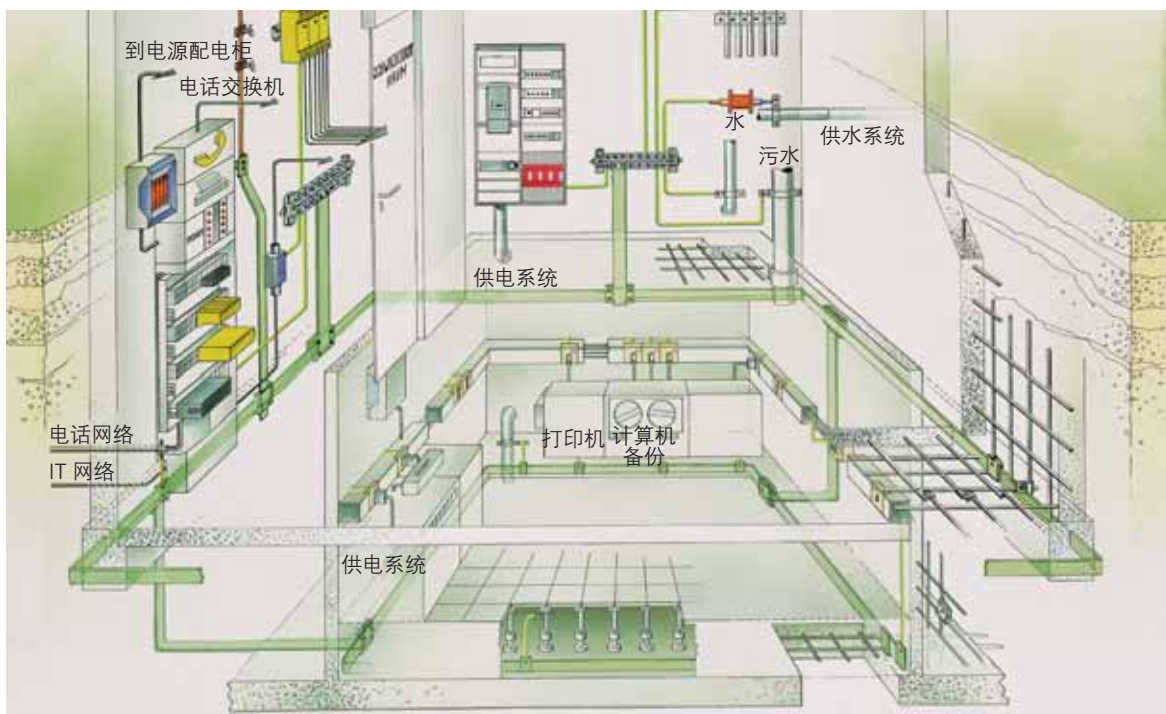


图7.1.2 实现防雷保护分区概念的实例

电电磁场的威胁。内部系统可能受到（部分）雷电电流的威胁。

图7.1.2举例说明了如何通过防雷保护分区概念，实现所述各项措施。

内部分区

- ⇒ **LPZ 1** - 脉冲电流在分区的边界上通过分流作用和安装电涌保护器得到了限制。由于空间的屏蔽，雷电电磁场被衰减。
- ⇒ **LPZ 2 ... n** - 脉冲电流在分区的边界上通过分流和电涌保护器受到进一步限制。通过空间的屏蔽，雷电电磁场得到较大的衰减。

7.2 雷击电磁脉冲防护的管理

对于新建的建筑物和构筑物，如果电子系统是和建筑物一起设计的，并且还未开工，那么仅需最小的费用就可以实现对电子系统的最优的保护。用这种方式，建筑物的部件，例如钢筋、金属梁和桥墩都可以包含在LEMP防护的管理之中。

按照被保护的电气和电子系统抵抗干扰的能力，来规定内部防雷分区的具体要求。

对于已有的建筑物，用于防止雷电电磁脉冲的保护费用，通常高于新建建筑物。但是，如果选择了适当的防雷保护分区（LPZ），并充分利用已有的装置或进行升级，也可以做到降低成本。

在内部分区的边界上，对所有的金属部件和电源电缆必须做等电位连接。这可以通过直接连接，或者通过适当的SPD来进行。分区的边界是通过屏蔽装置形成的。

如果依据 IEC 62305-2（EN 62305-2）做出的风险分析，要求进行雷击电磁脉冲的保护，在实施这些保护时，应当满足：

步骤	目标	措施执行人 (所涉及的)
初步的风险分析 ^a	评估雷击电磁脉冲防护的必要性。 如果需要, 根据风险评估, 选择合适的雷击电磁脉冲防护的措施 (LMPS)。	<ul style="list-style-type: none"> · 防雷保护专家^b · 所有者
最终的风险分析 ^a	通过风险评估, 对所选保护措施的成本/收益比率应再次予以优化, 确定以下结果: <ul style="list-style-type: none"> · 雷击防护级别 (LPL) 和雷电参数 · 防雷保护分区 (LPZs) 和它们的边界 	<ul style="list-style-type: none"> · 防雷保护专家^b · 所有者
雷击电磁脉冲防护措施 (LPMS) 的规划	雷击电磁脉冲防护措施的定義: <ul style="list-style-type: none"> · 空间屏蔽措施 · 等电位连接网络 · 接地装置 · 导线的布线和屏蔽 · 电涌保护系统 	<ul style="list-style-type: none"> · 防雷保护专家^b · 所有者 · 建筑师 · 电子系统的规划者 · 重要设备的规划者
雷击电磁脉冲防护措施的设计	总体图纸和描述 准备招标的材料 详细的安装图纸和时间表	<ul style="list-style-type: none"> · 工程施工办公室或同等的办事机构
雷击电磁脉冲防护装置的安装和检查	安装质量 文档资料 详细图纸的复核	<ul style="list-style-type: none"> · 防雷保护专家^b · 雷击电磁脉冲防护装置的安装者 · 工程施工办公室 · 检查专员
雷击电磁脉冲防护装置的验收	检查系统相关文档	<ul style="list-style-type: none"> · 独立的防雷专家^b · 检查专员
重复检查	确保雷击电磁脉冲防护系统的合理性	<ul style="list-style-type: none"> · 防雷保护专家^b · 检查专员
^a 见 IEC 62305-4 (EN 62305-4) ^b 具有电磁兼容 (EMC) 的深厚知识和安装实践经验		

表7.2.1 雷击电磁脉冲防护的管理规划, 用于新建筑物和全面改造的建筑物, 依据 IEC 62305-4 (EN 62305-4)

⇒ 这些措施, 应由深刻了解电磁兼容 (EMC) 的防雷专家来规划

⇒ 在建筑专家和防止电磁脉冲的保护专家之间 (如: 建筑工程师和电气工程师) 应紧密协调、相互配合工作

⇒ 管理规划可根据表7.2.1 (IEC 62305-4 (EN 62305-4)) 中的第8.1章。

最终, 风险分析必须证明, 余存的风险小于可接受的风险。



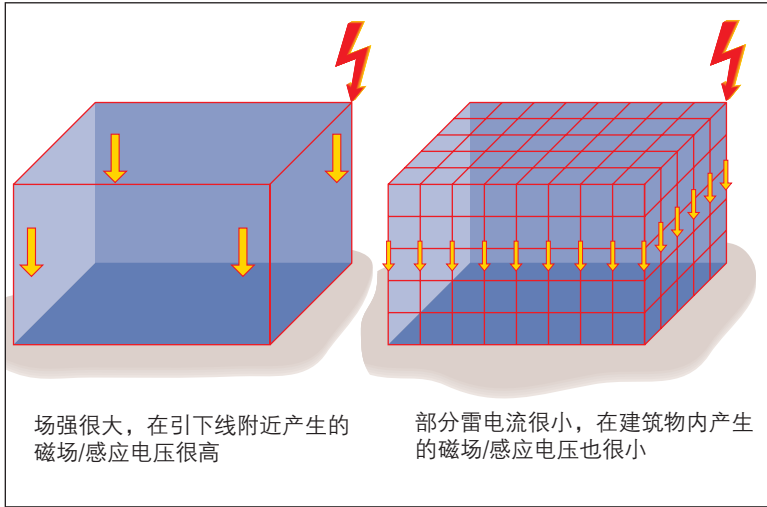


图7.3.1 通过网格屏蔽，磁场得到了衰减

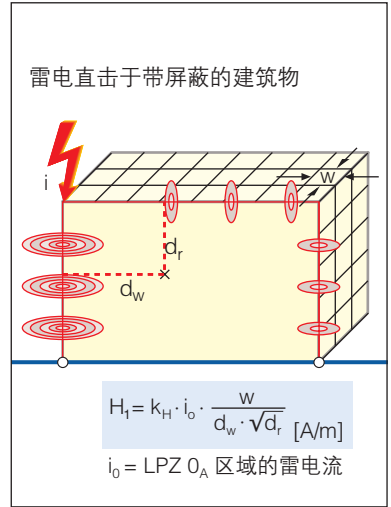


图7.3.2 雷击时的磁场（LEMP），IEC 62305-4（EN 62305-4）

7.3 建筑物及房间的屏蔽对磁场的衰减的计算

在某一建筑物内对被保护装置和设备的主要干扰来自雷电流和与此相关的电磁场。在图7.3.1中，给出了网格结构屏蔽作用的原理图。其中的原理计算参见标准 IEC 62305-4（EN 62305-4）。

计算的原理是基于假设和评估。在网格状屏蔽内对复杂分布的磁场的计算，是通过初步近似的方法确定的。评定磁场的大小是基于磁场的数值计算。计算时，应考虑网格状屏蔽的每根棒与其它棒之间磁场的耦合，包括模拟的雷电通道。

由于电磁场是由两种雷击引起的，一种是首次部分雷击，另外一种是后续雷击。对需要保护的电气设备来说，后续雷击的电磁效应是更具危险的干扰变量，因此在计算时，必须使用与雷击保护级别相对应的短时雷击的最大值（ $i_{f/\max}$ ）和长时间雷击的最大电流值（ $i_{s/\max}$ ），参考表5，IEC 62305-1（EN 62305-1）。

在直接雷击下，网格状屏蔽的屏蔽作用可以通过图7.3.2给出的公式来计算。这种观点是基于一个事

实，即雷击可能发生在屋顶上的任何一点。

磁场的计算值适用于网格状屏蔽内的安全空间VS，VS与通过安全距离ds/...定义的。（图7.3.3）

这个安全空间考虑了直接在网格结构上的最大的磁场强度，而在近似公式中并未充分考虑到这一值。IT设备只允许安装在VS空间内。

近点雷击时，网状屏蔽的屏蔽作用的计算原理在图7.3.4和图7.3.5中做了说明。

图7.3.4说明了电磁场的形成，其场强随距离Sa

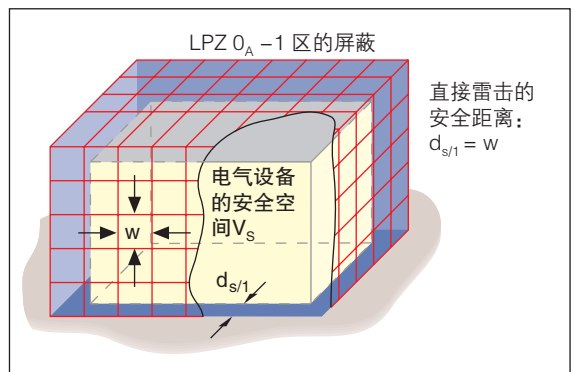


图7.3.3 在LPZ 1区内，电子设备的安全空间

的增加而减小。在保护空间内，如：防雷保护分区1区，其磁场强度的大小由屏蔽的质量来决定。

屏蔽因子SF按照表7.3.1来计算。这些磁场计算的结果适用于安全空间 V_S (图7.3.3)，该空间位于防雷保护分区内，安全空间至屏蔽的安全距离为的 $d_{s/1}$ 。

安全距离 $d_{s/1}$ 计算如下 (当 $SF < 10$ 时)：

$$d_{s/1} = w [m]$$

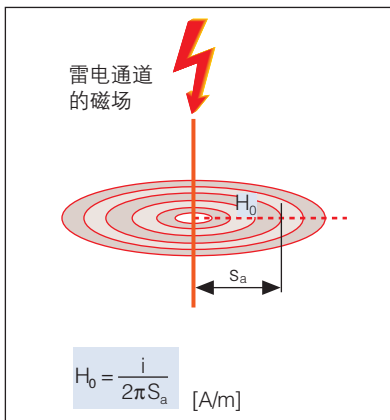


图7.3.4 雷击时的磁场 (LEMP)，IEC 62305-4 (EN 62305-4)

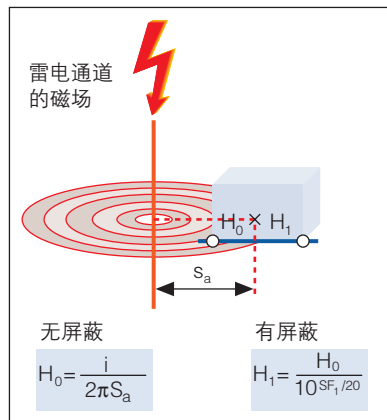


图7.3.5 远处雷击时的磁场 (LEMP)，IEC 62305-4 (EN 62305-4)

W 网格状屏蔽的网格宽度，单位：米

用于降低磁场强度的建筑物/房间屏蔽措施的设计

对于磁场屏蔽以及对于防雷保护分区的建立特别重要的是，建筑物上已有的大面积的金属部件，如：金属屋顶和外墙、混凝土中的钢筋、墙中的隐蔽的建筑构件、网格、金属的支撑结构和管道系统。网状的连接形成了一个有效的电磁屏蔽装置。

图7.3.6是原则说明，指出了钢筋结构是如何形成一个法拉第笼 (有洞的屏蔽)。

然而，在实践中，对大型建筑物，将所有的节点都焊接或夹紧在一起是不可能的。通常的做法是，在钢筋中设置一个网状的导电连通系统，其典型的网格尺寸是 $a \leq 5$ 米。在这些网格的交叉点上，做了电气的连接，如：使用夹子。在这些网格上，钢筋以典型的 $b \leq 1$ 米的距离，被“电结合”上去。例如，可通过钢筋绑扎。

材料	屏蔽因子 SF (dB)		网格尺寸 (米) ($w \leq 5$ m) 棒的半径 (米) $\mu_r \approx 200$ (导磁率)
	25 kHz (首次短时雷击)	1MHz (后续雷击)	
铜或铝	$20 \cdot \log(8.5/w)$	$20 \cdot \log(8.5/w)$	
钢	$20 \cdot \log \frac{8.5 \cdot w}{\sqrt{1 + 18 \cdot 10^{-6} / r^2}}$	$20 \cdot \log(8.5/w)$	
示例：钢筋网格			
w (m)	r (m)	dB (25 kHz)	dB (1 MHz)
0.012	0.0010	44	57
0.100	0.0060	37	39
0.200	0.0090	32	33
0.400	0.0125	26	27

表 7.3.1 近点雷击时，网格对电磁场的衰减，根据 IEC 62305-4 (EN 62305-4)

混凝土中的钢筋网适于作屏蔽之用。当升级现有设备时，往往也会随后设置这样的钢筋网。对于这种结构型式，在钢筋网中为防腐而进行镀锌就很重要了。这些镀锌的钢筋网将被重叠铺置在屋顶上，或者作为建筑物的屏蔽，也可置于在外墙和内墙内。

图7.3.7a和图7.3.7b展示了镀锌的钢筋网在建筑物屋顶上的后续安装。

为了桥接伸缩接头，连接钢筋混凝土预制组件和外部接地系统或内部等电位连接系统，必须配备足够的固定接地点。

图7.3.8表明，这种类型的安装，在建筑工程的初步设计中，就必须考虑到。

建筑物内部的磁场是由于网状的等电位连接网而产生的，通过减小电磁环路，可在很宽的频带范围内被衰减。典型的网目尺寸是： $a \leq 5$ 米。

通过所有金属部件在建筑物上面和内部的相互连接，形成了一个三维的、网状的等电位连接网络。

图7.3.9展示了等电位连接网及相应的终端端子。

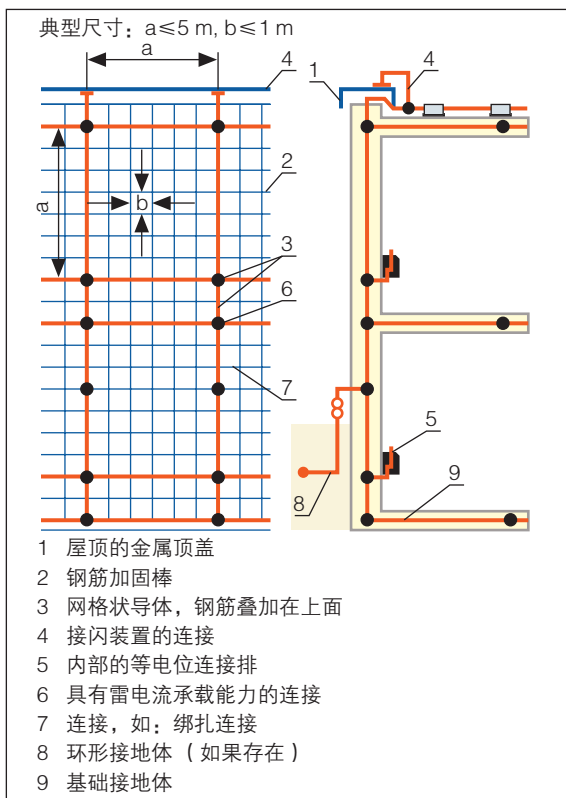


图7.3.6 建筑物或构筑物上钢筋条的使用，用于屏蔽和等电位连接

如果等电位连接网安装在防雷保护分区中，那么，按照上面给出的公式计算得到的磁场，通常可以再减少一倍。（相应为 6dB）

7.3.1 电缆的屏蔽

电缆屏蔽是用来减少对工作线路的干扰，并降低工作线路对周边系统的辐射干扰。为防止雷击和电涌，必须注意以下的屏蔽的应用：

⇒ 屏蔽不接地

有些系统，虽然推荐使用屏蔽电缆，但禁止屏蔽接地。（如：智能建筑控制系统（KNX））。如果不带屏蔽端子，屏蔽是不能抗干扰的，也即被视为不存在。（图7.3.1.1）



图7.3.7a 镀锌的钢筋网，用于建筑物的屏蔽



图7.3.7b 利用镀锌的钢筋网做屏蔽，如：在绿化的屋顶上

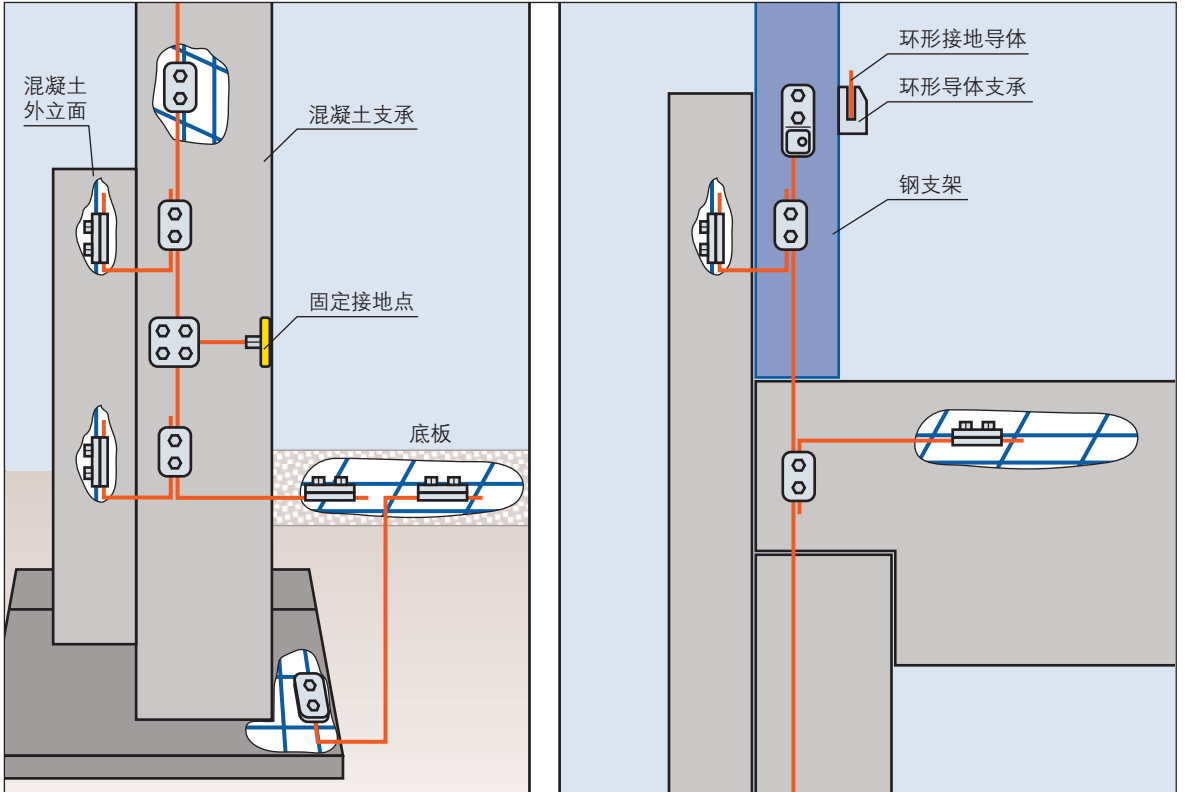


图7.3.8 建筑物/构筑物的屏蔽

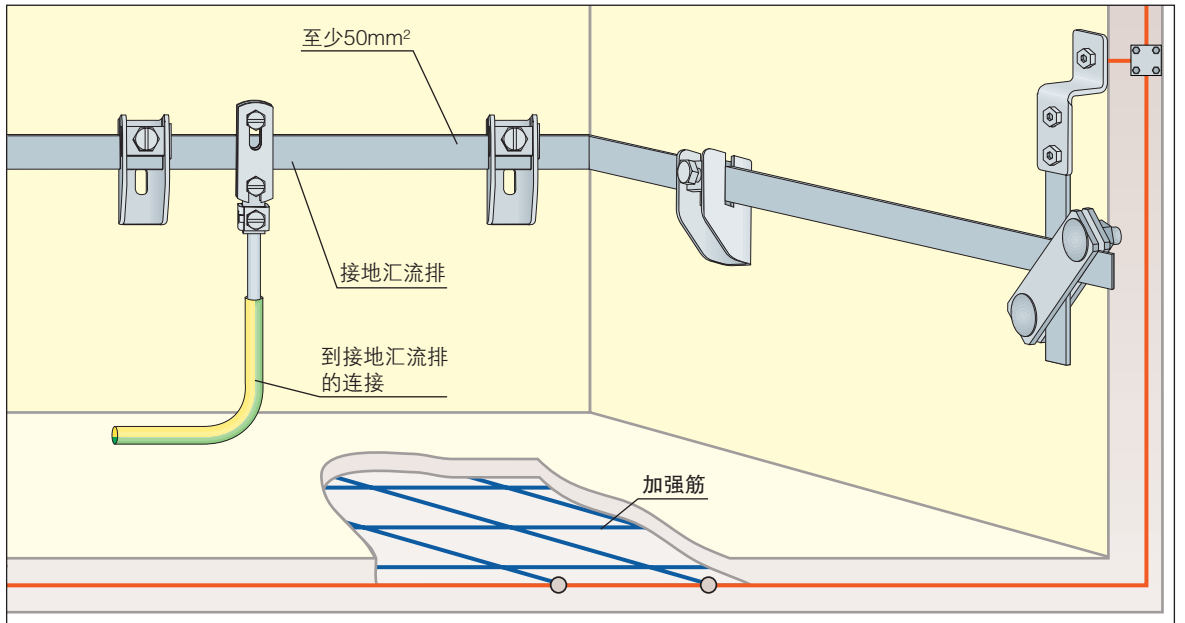


图7.3.9 接地汇流排，依据 DIN VDE 0800-2（德国标准）

⇒ 双端屏蔽接地

一条电缆的屏蔽必须沿其整个长度都具有良好的导电性能，并且至少在两端接地。只有在两端进行了屏蔽，才可以降低电感和电容的耦合。

为了避免火花放电危险，进入建筑物内的电缆必须具有一定的横截面积。否则，这些屏蔽被认为不具有承载雷电流的能力。

一个对地绝缘或者架空的屏蔽电缆，其最低横截面积 (S_{cmin}) 取决于它的屏蔽电阻率 (ρ_c) (表 7.3.1.1)、流过的雷电流 (I_f)、系统的冲击耐受电压 (U_w) 和电缆的长度 (L_c)。

$$S_{cmin} = (I_f \cdot \rho_c \cdot L_c \cdot 10^6 / U_w) [mm^2]$$

I_f 可以按照 IEC 62305-1 (EN 62305-1) 进行计算。对屏蔽连接技术的测试通常最大到 10kA (10/350 μ s)，总的来说，这个值可以作为最大值应用。

U_w 可以有不同的解释。如果从内部系统出来的电缆屏蔽在建筑物的入口处中断了，那么电缆的抗电压的强度是决定性的。如果电缆屏蔽没有被中断，一直接至设备终端，那么终端设备的抗电压强度是非常重要的。(表 7.3.1.2)

我们通过两个例子来说明其中的差异：

电信 (TC) 电缆的屏蔽，直到建筑物的入口端，铝制电缆，承载雷电流：10kA，长度 100 米，则： $S_{cmin} \approx 6mm^2$ 。此外还应注意，至主等电位连接排的屏蔽连接端子，必须能够承载雷电流。

总线电缆的屏蔽，直到终端设备，使用铜线，承载雷电流是 5kA，长度 100 米，则： $S_{cmin} \approx 17mm^2$ 。但是这样的总线电缆的屏蔽在实际应用时将带来不便，因此总线电缆被视为不能够承载雷电流。

屏蔽材料	ρ_c (Ωm)
铜	$17.241 \cdot 10^{-9}$
铝	$28.264 \cdot 10^{-9}$
铅	$214 \cdot 10^{-9}$
钢	$138 \cdot 10^{-9}$

表 7.3.1.1 不同材料的屏蔽的电阻率 ρ_c 。

举例	耐压强度
低压电缆	15 kV
电信电缆	5 kV
电信用户端	1.5 kV
测试和控制装置	0.5 - 1 kV

表 7.3.1.2 抗电压强度

单端屏蔽接地和间接屏蔽接地

出于操作技术的原因，有时电缆屏蔽接地只能在一端实现。这样，虽然对某些电容性干扰进行了衰减，但在雷电流出现时，不能提供防止电磁感应的保护。单端屏蔽接地的原因是为了避免低频补偿电流的影响。例如：在网状结构的系统中，一条总线电缆常常可以在建筑物之间延伸几百米。而在陈旧的设备中，经常出现，它的部分接地装置无效，或者没有网状的等电位连接。在这种情况下，由于屏蔽的多次接地，可能会形成干扰。不同的建筑物接地系统的电势差，可使低频补偿电流 ($n \times 50$ Hz) 及其暂态叠加的电流分量形成环路。其电流强度高达几安培，在极端的情况下，可能会造成电缆起火。此外，如果信号频率与干扰信号频率相近，这种串音还可能造成对信号的干扰。

单端屏蔽的目的是，同时做到电磁兼容 (EMC) 和防止补偿电流的出现。实现对此类屏蔽的防护的一种可行方法是：把单端接地和间接屏蔽接地结合起来。例如：在一个中心位置，如控制室，将所有的屏蔽直接连至等电位连接中。在远端的线缆终端，将屏蔽通过火花间隙间接连接到地电位。由于火花间隙的阻抗大约是 $10G\Omega$ ，在没有电涌出现的工作状态下，阻止了补偿电流。如果出现 EMC 的干扰，比如在雷击发

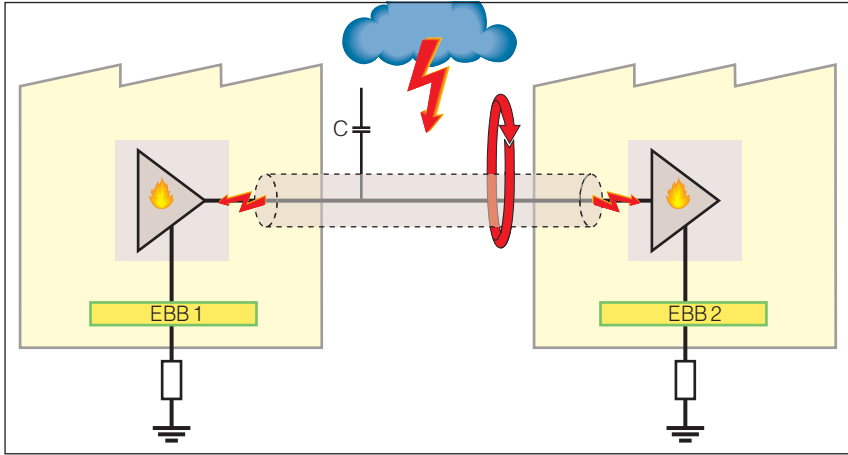


图7.3.1.1 屏蔽不接地 - 对容性/感性耦合无屏蔽

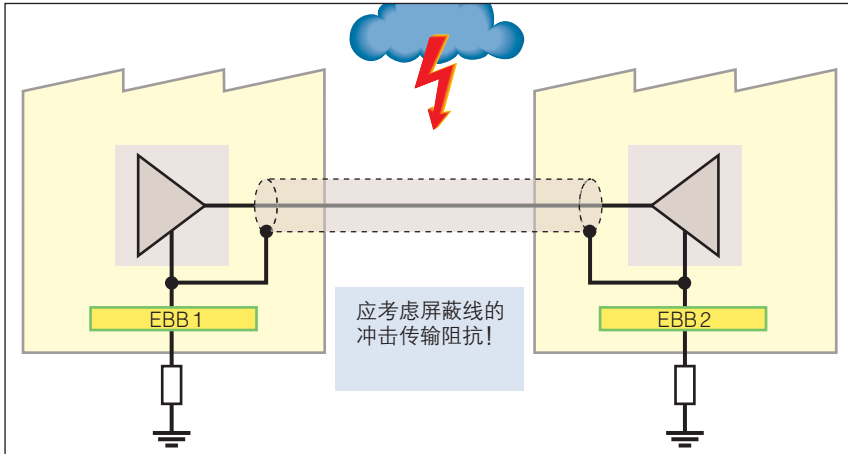


图7.3.1.2 两端屏蔽接地 - 对容性/感性耦合的屏蔽

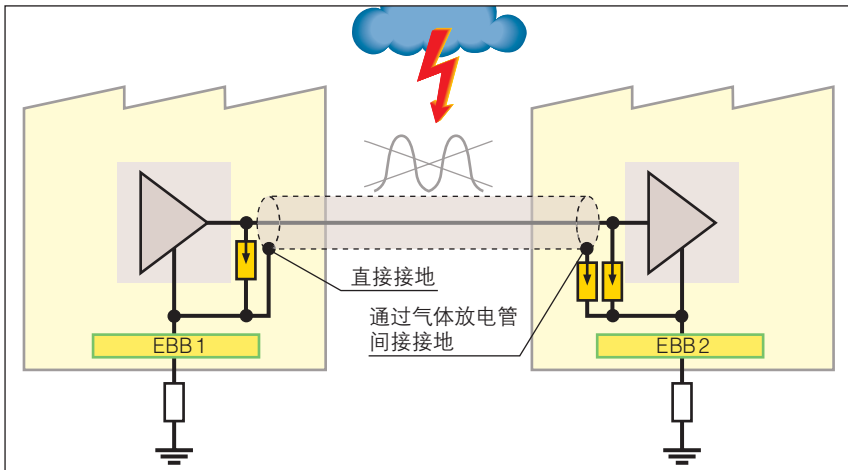


图7.3.1.3 两端屏蔽接地 - 解决方法：直接和间接屏蔽接地

生时，火花间隙放电，并将脉冲干扰无损害泄放。这减少了在工作线路上的剩余冲击，并使终端设备受到较小的压力。

电涌保护器BLITZDUCTOR CT配备了一个插件，如有必要，可在其中放置气体放电管。它接在电缆屏蔽和就近的接地之间。气体放电管可以在后续装备或维护时插入或取出。实现了在直接和间接的接地屏蔽之间进行转换。（图7.3.1.3）

低阻抗屏蔽接地

电缆屏蔽可能传导冲击电流高达数千安培。冲击电流在放电过程中通过屏蔽和屏蔽连接端子流向大地。由于电缆屏蔽和屏蔽端子存在阻抗，因此在屏蔽和地电位之间的存在电势差。在这种情况下，电压可高达几千伏，造成绝缘导线或连接设备的损坏。粗网眼的屏蔽和扭转后的屏蔽线（Pig-Tail）接到轨道夹端子这种情况尤为危险。使用的电缆屏蔽的质量会影响屏蔽接地的次数。在某些环境下，为了实现有效屏蔽，要求每隔10米进行接地。对于屏蔽端子，建议采用适合的大面积接触的夹具，并具备滑动的弹簧特性。这一点很重要，以弥补合成绝缘导线的流变特性。（图7.3.1.4）

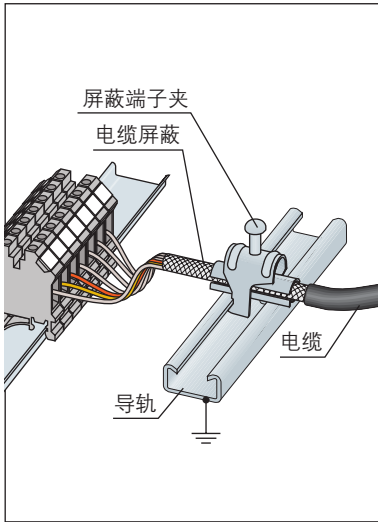


图7.3.1.4 屏蔽的连接

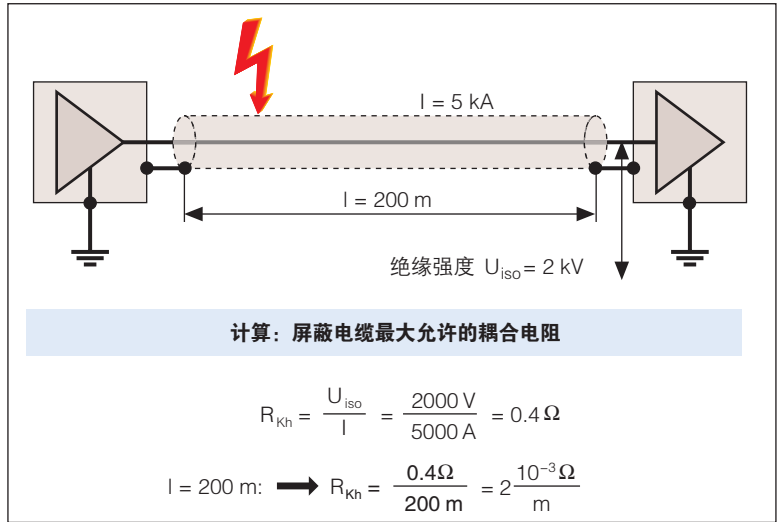


图7.3.1.5 两端屏蔽接地 – 防止容性和感性的耦合

⇒ 屏蔽电缆的最大长度

屏蔽电缆具有所谓的耦合阻抗，大致相当于电缆制造商提供的直流阻抗。当有干扰冲击电流时，在屏蔽电缆的电阻上产生一个电压降。根据终端设备和电缆的耐电压强度，以及电缆长度，确定电缆屏蔽允许的耦合电阻的大小。至关重要，电压降应小于系统的绝缘强度。如果不是这样，则必须使用电涌保护器。（图7.3.1.5）

⇒ 依靠屏蔽电缆，延伸防雷保护分区（LPZs）

IEC 62305-4（EN 62305-4）指出，对于在两个相同的防雷保护分区（LPZ）之间使用的屏蔽电缆，可以省掉电涌保护器的设置。该声明的应用条件是：预期的干扰是来自于屏蔽电缆周围的空间（如电磁场），而且按照标准实施了网状等电位连接。但是应注意，根据设备安装条件的不同，这样做仍然会有危险存在，因而有必要使用电涌保护器。典型的潜在危险是：终端设备的供电是由不同的低压主配电盘（MDB）提供的；TN-C系统；电缆屏蔽的高耦合阻抗，或屏蔽接地不充分。另外，还要考虑到质量差的屏蔽，这常常是出于经济方面的原因。其结果是在信号线上有残余的干扰。这种干扰可以通过使用高品质

的屏蔽电缆，或电涌保护器来控制。

7.4 等电位连接网

等电位连接网的主要功能是，在防雷保护分区（LPZ）内，避免在所有终端设备/仪器之间出现危险的电势差，并减小雷电的磁场。

借助建筑物或构筑物的防雷保护分区内部的等电位连接导体，把所有金属部件互相连接，就实现了一个低阻抗的等电位连接网。由此将形成一个三维网。

（图7.4.1）此网的典型组成部分是：

- ⇒ 所有金属装置（如管道，锅炉），
- ⇒ 混凝土内的钢筋（在地板内，墙壁内和天花板内）
- ⇒ 格子形栅板（如：中间层地板），
- ⇒ 金属楼梯，金属门，金属框架，
- ⇒ 电缆管道，
- ⇒ 通风管道，
- ⇒ 电梯导轨，
- ⇒ 金属地板，
- ⇒ 供电电缆。

理想的是，网格结构的等电位连接网，其网格尺寸是：5米×5米。这样在防雷保护分区内的雷电的电磁场将减少一倍（相应为6分贝）。

电子设备和系统的外壳和机架应当以短线接入等电位连接网中。这需要在建筑物或构筑物中有足够数量的等电连接排和/或环形等电位连接排，（图7.4.2）并且它们也要连接到等电位连接网中。（图7.4.3）

保护地（PE）以及电子设备和系统的数据线的屏蔽必须按照制造商的说明接入等电位连接网中。该连接可以是网状或星形的。（图7.4.4）

当使用S型星形结构时，电子系统的所有的金属部件必须以适当的方式方法与等电位连接网相绝缘。星形结构通常被限于在较小的本地系统中应用。在这种情况下，所有线路必须从单一的位置进入建筑物或构筑物，或建筑物内的一个房间。S型星形结构必须通过单一的接地参照点（ERP）连接到等电位连接网中。由此生产了 S_S 的排列结构。

当使用M型网状结构时，电子系统的所有的金属部件不必与等电位连接网相绝缘。所有的金属部件都应接入等电位连接网中，等电位连接点越多越好。由此产生的 M_m 型结构，可用于扩展和开放的系统，它在单一设备之间存在许多线缆。这一排列的另外一个优点是，系统的线缆可以从不同位置进入建筑物/构筑物或某一房间。

对于复杂的电子系统，也允许星形结构和网状结构的组合使用（图7.4.5），这是为了结合两种结构的优点。

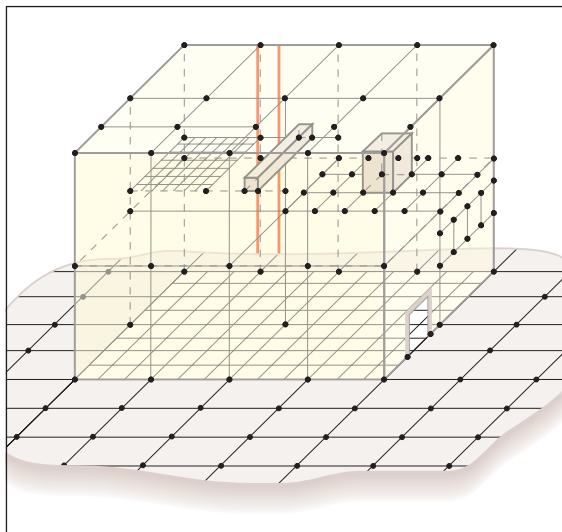


图7.4.1 建筑物/构筑物内的等电位连接网



图7.4.2 机房中的环形等电位连接排



图7.4.3 通过固定接地点，连接环形等电位连接排和等电位连接网

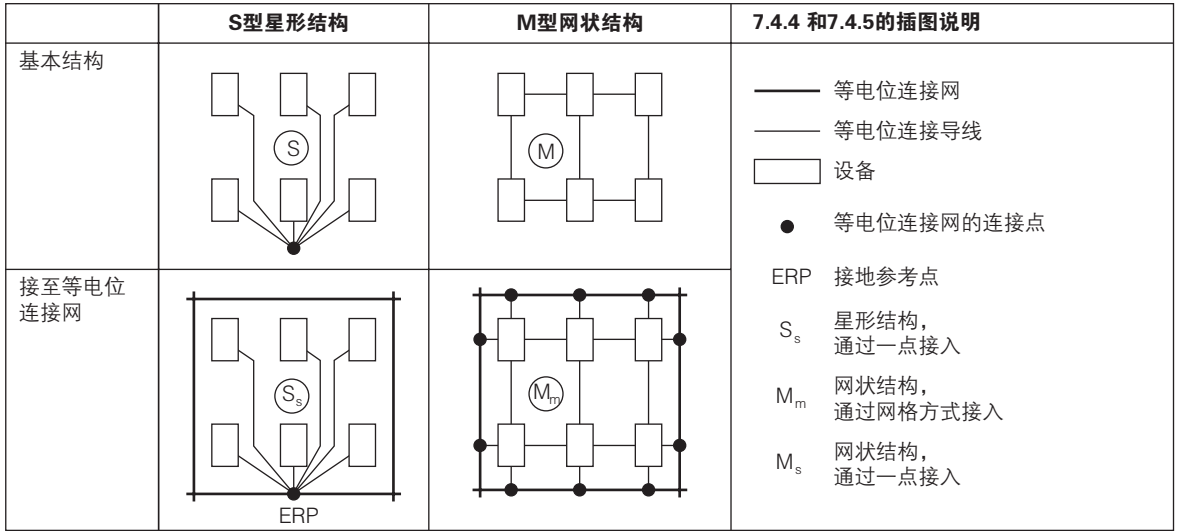


图7.4.4 将电子系统接入等电位连接网

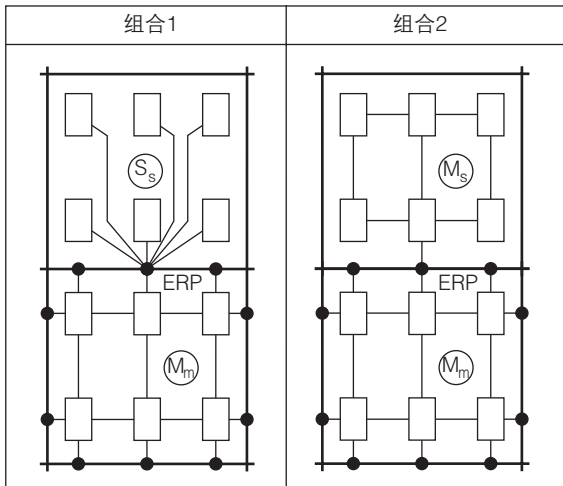


图7.4.5 依据图7.4.4，接入等电位连接网的方式的组合

7.5 LPZ 0_A和LPZ 1边界上的等电位连接

7.5.1 金属装置的等电位连接

在EMC防雷保护区的边界，要采取措施，减少辐射的电磁场，毫无例外地，所有穿过分区界面的金属线路和电气线路/系统，必须接入等电位连接中。

此处等电位连接的要求，基本上与IEC 60364 -4 -41，IEC 60364-5-54和HD 60364-5-54中，关于主等电位连接的要求相符合。

此外，对于主等电位连接，在该防雷保护区的边界上，雷击等电位连接也必须实施于电气和电子系统的电缆。（见第7.5.2章）

这些等电位连接必须尽可能地就近安装在线缆和金属装置进入建筑物的入口处。等电位连接的导线应尽可能地短（低阻抗）。

对于等电位连接排至接地系统的连接、不同的等电位连接排相互之间的连接、以及金属装置至等电位连接排的连接，以下列出了在上述连接中对最小横截面积的要求：

材料	横截面积
Cu	14 mm ²
Al	22 mm ²
Fe	50 mm ²

下面的金属装置，必须接入等电位连接：

- ⇒ 金属电缆管道
- ⇒ 屏蔽电缆和导线
- ⇒ 建筑物内的钢筋
- ⇒ 金属供水管道
- ⇒ 线路的金属套管
- ⇒ 其它金属管道系统或导电部件（如：压缩空气管道）

通过使用固定接地点，可以很容易地实现无腐蚀的接地连接。在此过程中，同时也将钢筋一并连接至等电位连接中。（图7.5.1.1）

连接等电位连接排至固定接地点，以及连接管道至等电位连接的方式，参见图7.5.1.1所示。

屏蔽电缆至等电位连接的安装，已在第7.3章中说明。

7.5.2 供电设备的等电位连接

与金属装置的等电位连接相似，在建筑物的入口处（防雷保护分区LPZ 0_A区至1区的边界），所有的电源线和数据线也应连接至等电位连接中。

关于数据线的详细说明将在第7.5.3章中描述，下面着重讲解对电源线进行等电位连接的具体做法。等电位连接在防雷保护分区0_A区至1区的边界的交汇处的确定，与被保护装置的特定设置有关。如果整个被保护设施是低压供电，那么LPZ 0_A/LPZ 1的边界通常采用建筑物的边界。（图7.5.2.1）

如果建筑物设施是直接由中压电网供电的，那么防雷保护区LPZ 0_A应延伸至变压器的二次侧。等电位连接在变压器的230V/400 V侧进行。（图7.5.2.2）

为了避免变压器的损坏，建议在变压器的高压侧安装额外的电涌保护器。

为了防止部分雷电电流从LPZ 0区进入LPZ 1区内的部分设备/系统，对于引入建筑物/构筑物的中压线，需采取额外的屏蔽措施。

为了避免在电气设施中不同的等电位连接点之间出现补偿电流，建议对进入建筑物或构筑物的所有的金属导线、电力线、数据线，在一点集中进行雷击等电位连接。如果现场环境不允许，建议使用环形等电位连接排。（图7.5.2.3和图7.5.2.4）



图7.5.1.1 等电位连接排（EBB）连至固定接地点

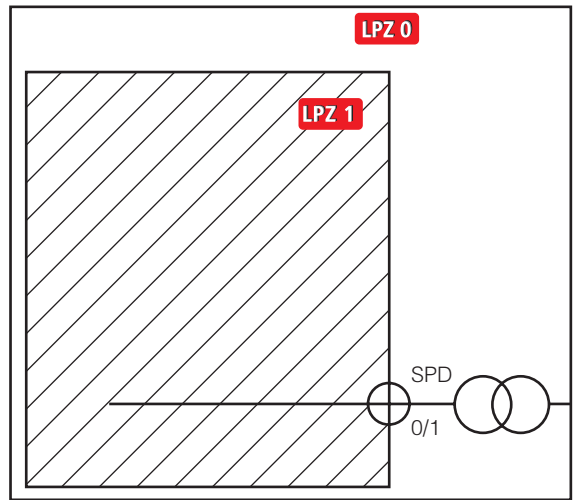


图7.5.2.1 变压器位于建筑物/构筑物外

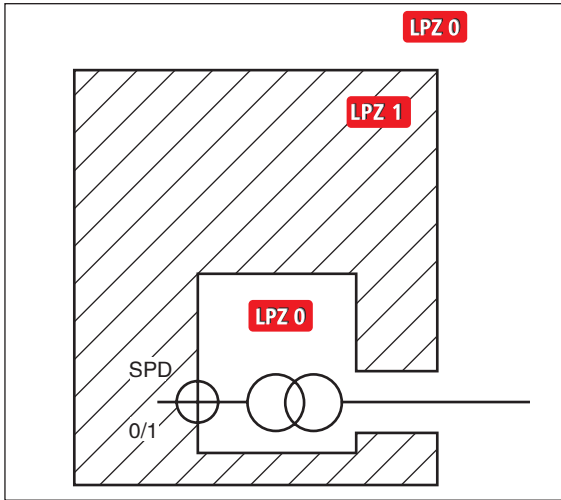


图7.5.2.2 变压器在建筑物/构筑物内 (LPZ 0 延伸至LPZ 1)

使用的雷电流保护器 (1级SPD) 的泄放能力, 必须符合安装地点的负载要求, 与该建筑物防雷保护等级相一致。每个建筑物的防雷保护等级要根据风险评估来选择。如果不能实施风险评估, 或者, 在防雷保护分区边界 0_A 区至1区, 对雷电流的分布, 不能作出详细的说明, 建议使用满足最高要求的防雷保护等级 (I级)。由此给出每条导电通路中雷电流的负载, 列于表7.5.2.1中。

在德国, 当在防雷保护分区 0_A 区至1区的边界安装雷电流保护器时, 还应注意, 如果推荐的安装位置直接在进线箱, 通常要经供电公司 (新: 配电网运营) 的同意方可实施。在供电系统对雷电流保护器的要求, 来自于德国电网运营商协会 (VDN) 指导 2004-08: “I级 (B级) 电涌保护器在供电系统中的应用指导” 和 IEC 60364-5-53/A2 (IEC 64 / 1168 / CDV: 2001)。

在防雷保护分区 0_A 区和1区的边界处选择雷电流保护器时, 除了通流能力外, 还应关注在安装地点处的预期短路电流。依据IEC 62305-3 (EN 62305-3) 附录E的第6.2.1.2章节, 火花间隙型雷电流保护器应具备高的续流遮断能力和续流限制能力, 以确保自动切断工频续流, 而且防止过电流保护装置引发故障动作, 如: 保险丝的跳断。(图7.5.2.5 - 图7.5.2.7)

有关选择安装雷电流保护器 (1级SPD) 的一些专门问题, 将在第8.1章中详尽描述。

7.5.3 信息技术设备的等电位连接

LPZ 0 - LPZ 1

从LPZ 0区至LPZ 1区的雷击等电位连接, 必须对所有进入建筑物的金属系统进行。信息技术中使用的线缆, 必须在尽可能接近其引入位置的地方安装具备合适通流量的雷电流保护器。对于信息技术的电缆, 在LPZ 0至1区的边界, 要求每线的总通流量为2.5 KA (10/350 μ s)。

但是, 如果是为带有很多电信线缆的设备设计电涌保护器的通流量时, 这种大致估计的方法就不再采

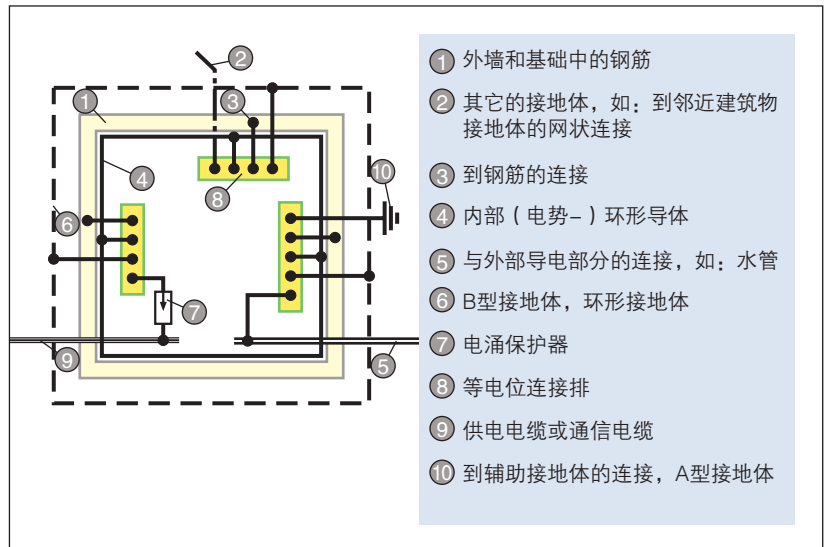


图7.5.2.3 建筑物/构筑物内等电位连接实例, 具有多个引入点或有外部导电部件, 内部环形导体作为等电位连接排之间的连接

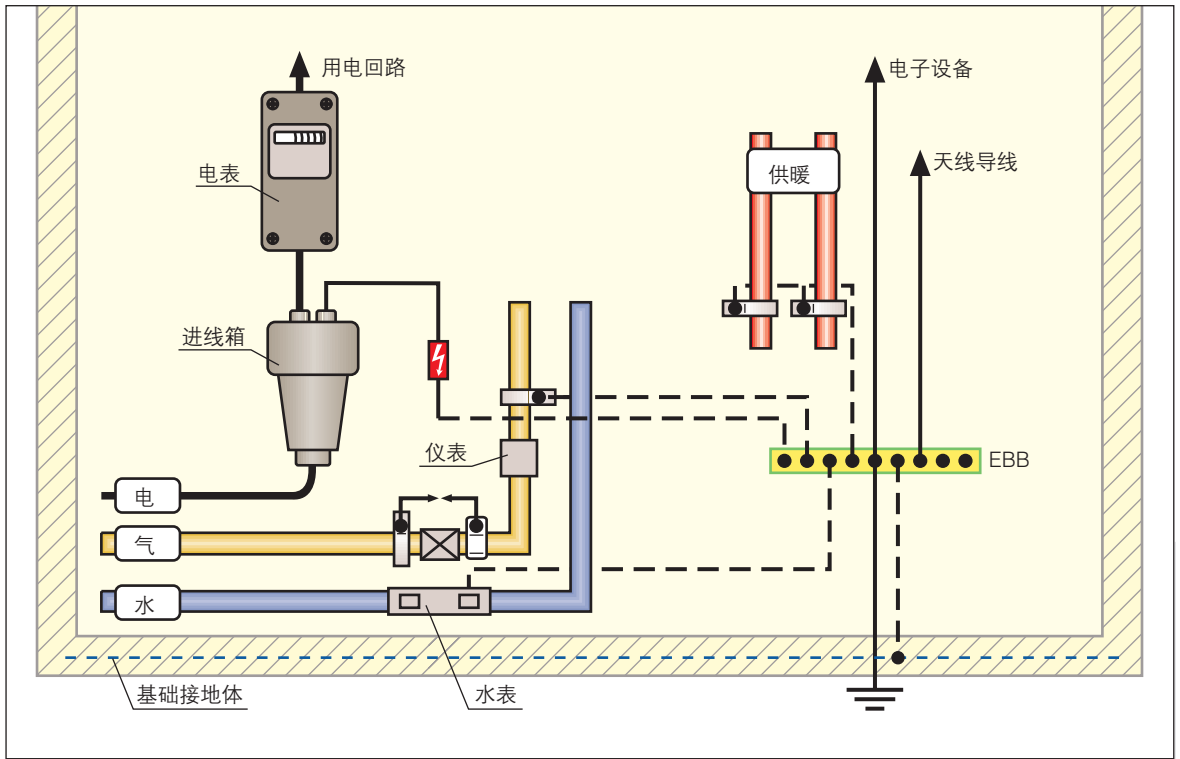


图7.5.2.4 内部防雷保护的具体做法，所有的电源线从同一位置引入

用了。经过计算得到IT电缆中预期的部分雷电流后（见 IEC 62305-3 (EN 62305-3)，将此雷电流除以电缆中的实际使用的线数，以得到每线中的雷电流的大小。对于线数多的电缆，每线上部分雷电流的负载比线数少的电缆每线的雷电流负载小。如需其它信息，请参阅第6.3章。

1. 能够泄放 (10/350 μ s) 冲击电流的电涌保护器
 2. 能够泄放 (8/20 μ s) 冲击电流的电涌保护器
- ⇒ 电涌保护器不含作为去耦元件的电感
- ⇒ 每线8/20 μ s波形的标称放电电流>25倍的10/350 μ s波形的放电电流。(图7.5.3.1)

因此，下列的电涌保护器都可以应用：

如果线路是在LPZ 0_B至1区的边界进行等电位连

雷击保护等级LPL (旧: LPS类型)	雷电流承载能力		
	TN 系统	TT 系统 (L-N)	TT 系统 (N-PE)
I	≥ 100 kA / m	≥ 100 kA / m	≥ 100 kA
II	≥ 75 kA / m	≥ 75 kA / m	≥ 75 kA
III / IV	≥ 50 kA / m	≥ 50 kA / m	≥ 50 kA

m: 导线数, 如: L1、L2、L3、N和PE, 则 m = 5

表7.5.2.1 根据防雷保护等级LPL和低压用电系统的类型，I级电涌保护器所要求的雷电流承载能力。



图7.5.2.5 复合型雷电流/电涌保护器DEHNventil

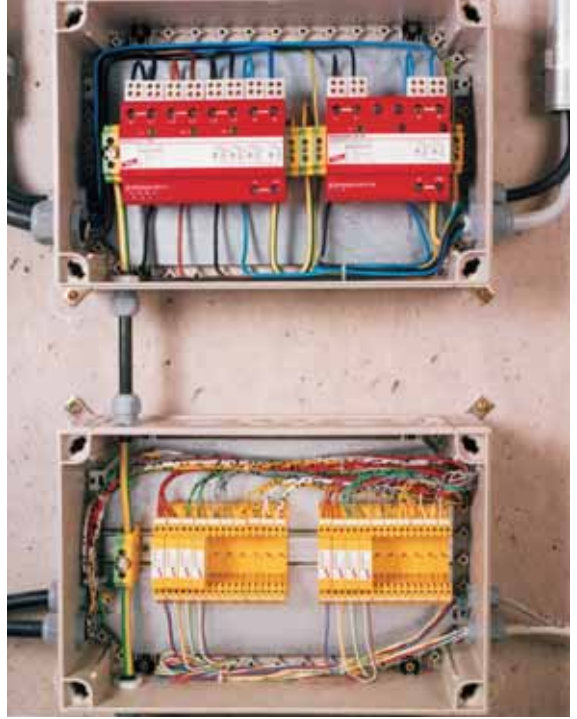


图7.5.2.6 供电线路和信息线路的雷击等电位连接，集中在一个位置上连接



图7.5.2.7 在LPZ 0_A-1 区边界的雷电流保护器

接，那么安装通流量为20kA（8/20 μs）的电涌保护器已经足够，因为线路上没有电气耦合的部分雷电流的流过。

7.6 LPZ 0_A和LPZ 2边界上的等电位连接

7.6.1 金属装置的等电位连接

见7.5.1章

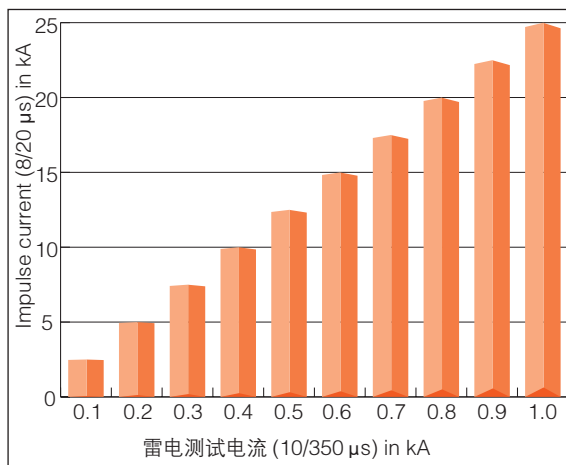


图7.5.3.1 负荷相同时，电流波形10/350 μs 和波形 8/20 μs 的电流幅值的比较

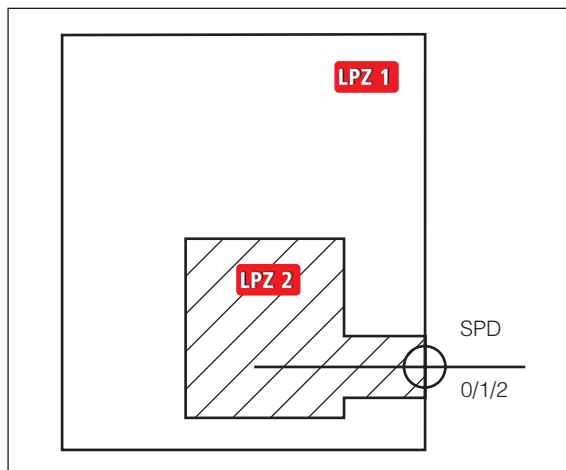


图 7.6.2.1 只需一个SPD, (0/1/2) (LPZ 2区延伸至LPZ 1区)

7.6.2 供电设备的等电位连接

LPZ 0_A – LPZ 2

由于建筑物或构筑物的设计条件所限，经常不可避免地出现防雷保护区LPZ 0_A到LPZ 2区的边界，特别是在紧凑安装的电气系统中。（图7.6.2.1）

在处理这样的防雷分区的转换时，就需要对所安装的电涌保护器和装置周围的环境有更高的要求。除了先前在7.5.2章描述的参数外，还必须要达到一定的

保护水平，以确保在LPZ 2区的设备和系统的安全运行。低的电压保护水平和对通过的干扰能量的大幅度的限制，是与LPZ 2区的电涌保护器或者被保护设备的电源输入侧的能量抑制元件之间达到安全的能量协调的基础。复合型雷电流和电涌保护器DEHNventil M系列是专为这类应用设计的，在单个保护器内，可以完成雷击等电位连接的功能，以及能量协调地保护终端设备的功能。（图7.6.2.2）

由于在LPZ 0和 LPZ 2的边界上，两个分区直接相邻，在分区边界处采取屏蔽是必须的。原则上，建议两区（LPZ 0 和 LPZ 2）相邻的面积做到尽可能地小。只要建筑物或构筑物的条件允许，则对LPZ 2区应装备额外的屏蔽，该屏蔽不同于在0区边界上的导走雷电流的区域屏蔽，如图7.6.2.1可见，其中LPZ 1区是为其它地方的设备而建立的。在LPZ 2区内的这种屏蔽措施实现了电磁场的衰减，这样在LPZ 2区内的系统和导线就无需设置专门的屏蔽了，否则的话就仍需要屏蔽。

7.6.3 信息技术设备的等电位连接

LPZ 0_A – LPZ 2

一般来说，雷电流保护器从LPZ 0区至 LPZ 1区的行为就像一种断路器。它导走了大部分的干扰能量，从而保护了安装在建筑物内的设备，以避免受到损害。然而，残余的干扰对于终端设备往往仍然太高。为了保护终端设备所采取的进一步的防护措施，就是在LPZ 1区和LPZ 2区的边界，安装额外的电涌保护器，来降低残余干扰水平，使之与终端设备抗干扰能力相匹配。

当实施从LPZ 0至 LPZ 2的等电位连接时，首要的是选择安装地点，并确定单个电缆和屏蔽上部分雷电流的大小，正如在第6.3章所描述的那样。

然而，对安装在边界上的SPD的要求以及对布线



图7.6.2.2 DEHNventil M TT 255

的要求却有所改变。此处的电涌保护器必须是设计为复合型的可防雷电流和电涌的保护装置，并且与终端设备必须能量协调。（图7.6.3.1）对于复合型雷电流和电涌保护器，一方面，它具有极高的泄放能力，另一方面，具有极低的残余干扰水平，以保护终端设备。此外，必须注意，电涌保护器至终端设备的出线

应是屏蔽的，而且屏蔽线缆的两端应接入等电位连接中。

建议下述情况使用复合型雷电流/电涌保护器：

- ⇒ 如果终端设备靠近电缆进入建筑物的入口处
- ⇒ 如果从电涌保护器至终端设备可以实现低阻抗的等电位连接
- ⇒ 如果从电涌保护器至终端设备的电缆是持续屏蔽的并且在两端接地
- ⇒ 如果寻求一个特别经济的解决方案

建议下述情况分别使用雷电流保护器和防电涌保护器：

- ⇒ 如果从保护器到终端设备的电缆较长

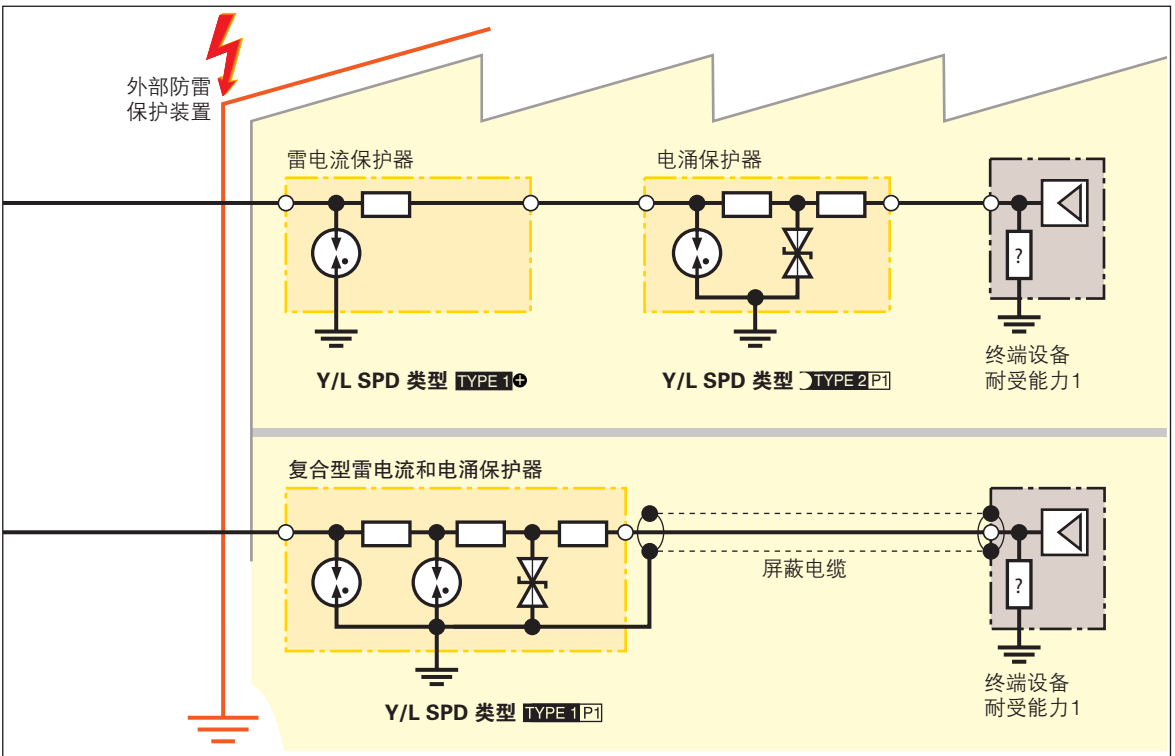


图7.6.3.1 不同类型Y/L SPD的配合使用



- ⇒ 如果电力系统和IT系统的电涌保护器是通过不同的等电位连接排接地的
- ⇒ 如果使用非屏蔽线
- ⇒ 如果在LPZ 1区内可能有大量的干扰。

7.7 LPZ 1 和 LPZ 2 以及更高边界上的等电位连接

7.7.1 金属装置的等电位连接

这些等电位连接必须尽可能地接近线缆和金属装置进入该区的入口处。

所有系统和导电部件的连接，如第7.5.1章所述。

等电位连接导线应做到尽可能地短（低阻抗）。

区域内的环形等电位连接排有利于低阻抗连接至等电位连接中。

图7.7.1.1说明了在分区边界上，将电缆槽连接至环形等电位连接中。

下面的金属装置，必须接入等电位连接中：

- ⇒ 金属电缆管道
- ⇒ 屏蔽电缆和导线
- ⇒ 建筑物的钢筋
- ⇒ 金属供水管道
- ⇒ 金属导线的套管
- ⇒ 其它金属管道系统或导电部件（例如压缩空气管道）

如第7.5.1章所述，在接地装置中连接至等电位连接排的导线横截面和连接至其它的等电位连接排中的是相同的。



图7.7.1.1 环形等电位连接和连接金属装置的固定接地点

在这些防雷分区边界，将金属装置连接至等电位连接的线路，可以使用较小横截面的电缆。

材料	横截面
铜	5 mm ²
铝	8 mm ²
铁	16 mm ²

7.7.2 供电设备的等电位连接

LPZ 1 – LPZ 2和更高分区

在LPZ 1至LPZ 2和更高分区的边界，电涌的限制和场强的衰减，也是通过持续地在每个防雷保护分区（LPZ）的边界，将电力线 and 数据线做等电位连接来实现的，就如对金属设施所做的那样。（**图7.7.2.1**）空间屏蔽和设备屏蔽起到了衰减电磁效应的作用。

在LPZ 1至LPZ 2或更高分区的边界上安装的电涌保护器的功能，是可以进一步地减小上游电涌保护器上的残余电压。该保护器用于减小在LPZ区内的电缆上感应的电涌和在LPZ区内自身产生的电涌。根据保护措施的安装位置的不同，它们可以用来保护一台设备（设备保护）（**图7.7.2.2**）或者用于对设备或系统的运行提供基础防护。（**图7.7.2.3**）

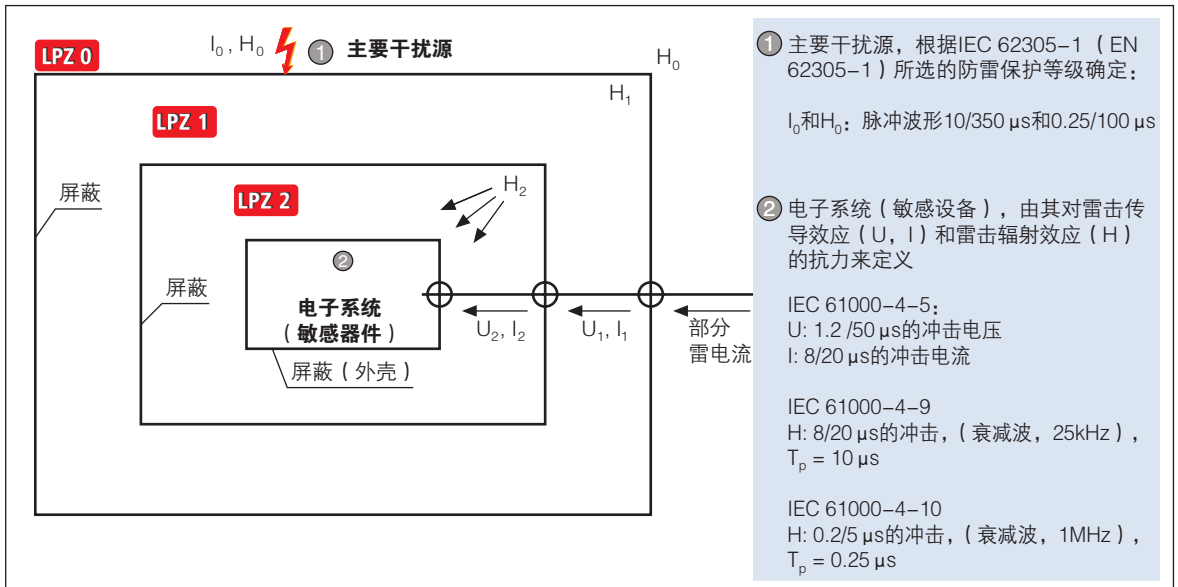


图7.7.2.1 雷击时的电磁兼容性

7.7.3 信息系统中设备的等电位连接

LPZ 1-LPZ 2和更高分区

在建筑物内LPZ边界处, 必须进一步采取措施, 减少干扰 (图7.7.3.1)。因为通常终端设备安装在LPZ 2或更高分区内, 保护措施必须确保残余干扰值低于终端设备可以承受的。



图7.7.2.2 用于终端电路的电涌保护器, DEHNflex M

- ⇒ 在终端设备附近使用电涌保护器
- ⇒ 将屏蔽电缆接入等电位连接
- ⇒ 信息系统中至终端设备的SPD和电力系统中的SPD, 采用低阻抗等电位连接
- ⇒ 注意SPD与终端设备之间的能量协调
- ⇒ 电信电缆和气体放电灯泡之间的安装距离至少必须是130毫米
- ⇒ 电气线路和数据线缆的配线柜应设在不同的柜子中
- ⇒ 低压线和电信线的交叉必须是90度
- ⇒ 线缆的连接必须以最短距离进行

7.8 不同防雷区边界上保护措施的配合

7.8.1 供电设备

在终端设备中或直接安装在其上游的电涌保护器, 很明确是直接执行对设备的保护, 而安装在设备周围的电涌保护器的功能是双重的。一方面, 它们保



图7.7.2.3 多极电涌保护器 DEHNGuard M TT

护安装的设备，另一方面，它们在系统整体的风险级别和需要保护的机器设备和系统的抗力之间形成电涌保护链条中的一环。因此，对于电涌保护链的设计，系统的风险参数和被保护设备的抗干扰能力是进行衡量的重要参数。为使电涌保护链的每一级，即从雷电流保护器开始至终端设备的保护，都能发挥作用，必须确保选择的每个保护器的有效性，这意味着，每个保护等级只需要承担为它所设计的那部分的干扰能量。在不同的保护等级之间所做的协调，通常称为能量协调，在IEC 62305-4 (EN 62305-4) 的第7章中有详细的解释。为了实现所描述的保护装置的选择性，每个保护等级的参数是以这样一种方式确定的，即：如果一个保护等级面临超负荷能量的威胁，在其上游的更强大的电涌保护器将作出“响应”，从而承载了这部分的干扰能量。在设计电涌保护器的能量协调时，应假定整个电涌保护器链受到最大冲击脉冲长度的威胁。

根据规定，虽然防雷电涌保护器只需要采用8 / 20 μ s的脉冲测试波形进行测试，为了防雷电涌保护器和雷电流保护器之间的能量协调，对于电涌保护器，用10/350 μ s的脉冲测试波形来确定它对雷电流的承载能力，也是绝对必要的。为了避免因能量协调的缺陷而导致的在低能量保护阶段的过载风险，我们设计了能量协调的红线系列产品。这些电涌保护器，不但相互之间是能量协调的，而且与被保护的终端设备也是



图7.7.3.1 BLITZDUCTOR CT和SPS电涌保护器, 用于工业电子设备的保护 (如: SPC)

能量协调的，因而为使用者提供最大的安全性。通过把它们设计为雷电流保护器、防雷电涌保护器，以及复合型雷电流和电涌保护器，使它们可以与不同防雷保护分区 (LPZ) 的边界的要求相匹配。(图7.8.1.1-图7.8.1.3)

7.8.2 信息系统中的设备

当在建筑物内实施保护措施，防止近处、远处和直接雷击的干扰时，建议采用电涌保护器分级保护的概念。这可在多个保护等级中减少高能量的干扰 (部分雷电流)，其中前置的第一级保护装置吸收了干扰中的大部分能量，而后续的保护装置又将残余的干扰降低到设备可承受的水平以下。根据不同的安装条件，借助复合型保护电路，多级保护也可以集成到一个电涌保护器中。

多级电涌保护器每一级的安装位置是由防雷保护概念而设定的防雷保护分区 (LPZ) 的边界，应符合标准 IEC 62305-4 (EN 62305-4)。

多级保护中不同级别的电涌保护器必须按照能量协调的标准进行。

依据IEC 61643-22确定的能量协调的条件，有各种方法 (IEC 60364-5-53/A2 (IEC 64/1168/CDV: 2001))，其中一些需要电涌保护器结构的专门知识。

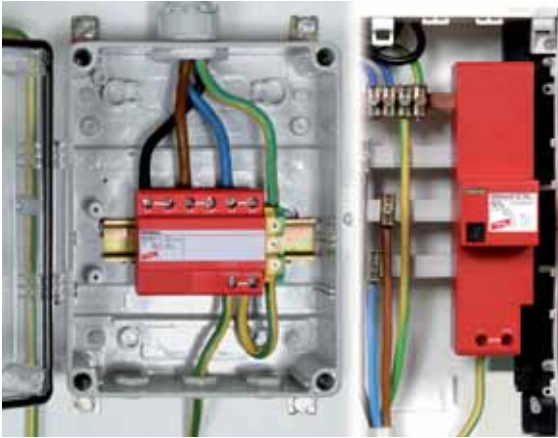


图7.8.1.1 DEHNbloc, 3极 - 雷电流保护器
DEHNventil ZP - 复合型保护器



图7.8.1.2 DEHNguard TT H LI - 多极电涌保护器, 具有使用寿命三段指示



图7.8.1.3 DEHNventil M TNS - 模块式复合型保护器

一个“黑盒子”的方法是所谓的“允许通过能量”法，这是基于标准的脉冲参数，因而既可以从理论的角度，也可以从实践的角度来理解。

按照图7.8.2.1，如果在短路输出时的残余电流 I_p 和开路输出时的残余电压 U_p 小于输入量 I_{in}/U_{in} ，那么，级联的各个部分被认为是能量协调的。

这些方法对于使用者来说难以操作，因为它们非常费时。为了节省时间和工作，标准允许使用制造商所提供的SPD能量协调的说明。

安装在防雷保护分区LPZ 0 / 1或更高分区的雷电电流保护器，对其泄放能力，通常规定要能通过10 / 350 μ s的冲击波。相比之下，对于防电涌保护器，只要求通过8 / 20 μ s的冲击波。这源于一个事实，即防电涌保护器主要用于抗感性或容性的耦合干扰。然而，如果在进入建筑物的线缆上安装了级联的雷电电流保护器，那么就一定要遵循以下能量协调的原则。

- ⇒ 最敏感的器件 - 防电涌保护器首先作出响应
- ⇒ 防电涌保护器也必须能够承载部分10 / 350 μ s波形的雷电流，尽管这部分雷电流很小。
- ⇒ 在防电涌保护器过载前，雷电电流保护器必须响应，来承担主要能量的泄放。

黄线系列产品的电涌保护器相互之间以及与终端设备之间可以能量协调地搭配。为此，提供了相应的标志来表示SPD的分类。（图7.8.2.2，表7.8.2.1和表7.8.2.2）。

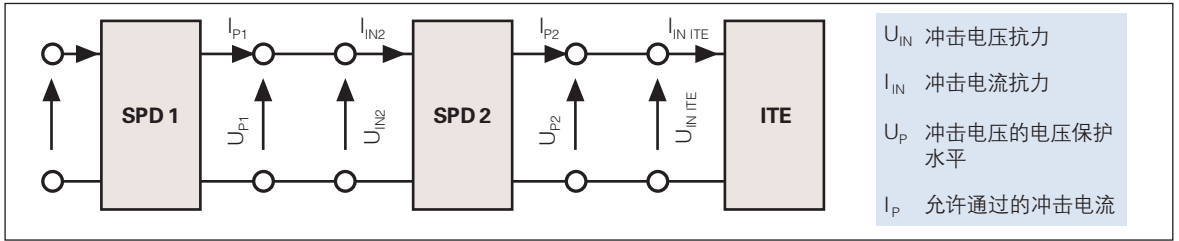


图7.8.2.1 按照允许通过的方法，两个电涌保护器和一个终端设备之间的能量协调，（依据 IEC 61643-21）

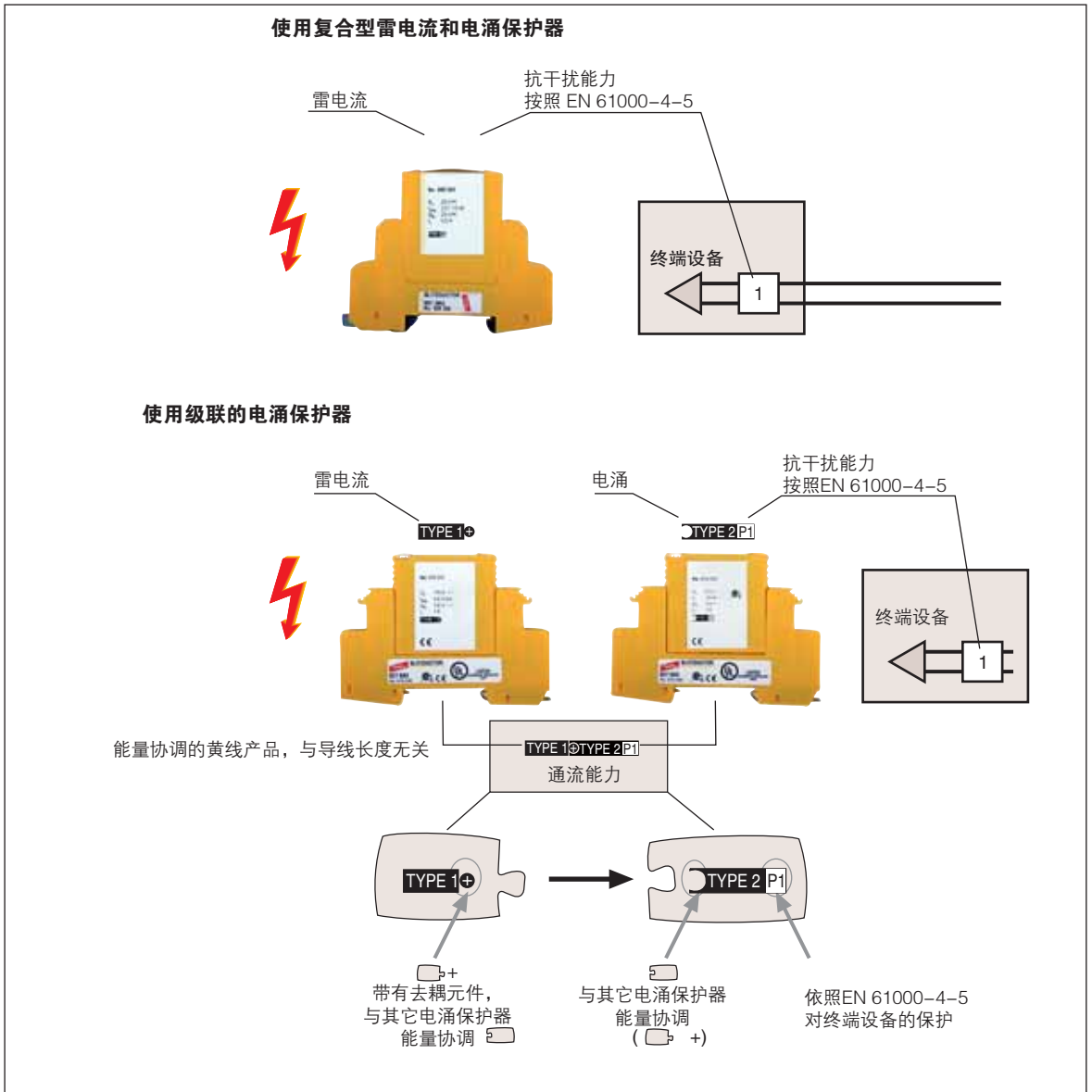


图7.8.2.2 按照黄线系列电涌保护器类型和结构的图示符号，能量协调地应用电涌保护器



特性参数	单一符号	说明
SPD放电能力 (依据IEC 61643-21/ EN 61643-21)	TYPE 1	D1 (10/350 μs), 雷电冲击电流 ≥ 2.5kA/线, 或总电流 ≥ 5kA · 超过 TYPE 2 – TYPE 4 的放电能力
	TYPE 2	C2 (8/20 μs), 冲击负载 ≥ 2.5kA/线, 或总电流 ≥ 5kA · 超过 TYPE 3 – TYPE 4 的放电能力
	TYPE 3	C1 (8/20 μs), 冲击负载 ≥ 2.5kA/线, 冲击负载 ≥ 0.25kA/线, 或总电流 0.5kA · 超过 TYPE 4 的放电能力
	TYPE 4	负载 < TYPE 3
SPD防护效果 (依据EN 61000-4-5)	P1	终端设备需要的测试等级: 1或更高
	P2	终端设备需要的测试等级: 2或更高
	P3	终端设备需要的测试等级: 3或更高
	P4	终端设备需要的测试等级: 4
能量协调 (连接下级 Yellow/Line SPD)	⊕	SPD带退耦电阻, 适用于标记 □ 的能量协调SPD
	□	SPD带退耦电阻, 适用于标记 ⊕ 的能量协调SPD

表7.8.2.1 SPD的分类符号

进线	SPD	在防雷分区边界上布置SPD的等级的示例		
		到 LPZ 1 区	到 LPZ 2 区	到 LPZ 2 区
从LPZ 0 _A 区	复合型SPD	TYPE 1 P1		
	级联的SPD	TYPE 1 ⊕	TYPE 2 P1	
		TYPE 1 □	⊕ TYPE 3 P1	
从LPZ 0 _B 区	与LPZ 0 _A 区同	s.a.		
	电涌保护器	TYPE 2 P1 或 TYPE 2 P1		
	级联的SPD	TYPE 2 □	⊕ TYPE 3	
从LPZ 1 区	复合型SPD	–	TYPE 1 P1	
	电涌保护器	–	TYPE 2 P1 或 TYPE 2 P1	
从LPZ 2 区	与LPZ 1 区同	–	s.a.	
	电涌保护器	–	–	TYPE 2 P1
		–	–	TYPE 3 P1
		–	–	TYPE 4 P1

表7.8.2.2 黄线产品SPD类别与防雷保护分区边界的对应关系

7.9 防雷击电磁脉冲 (LEMP) 的检查与维护

防雷击电磁脉冲 (LEMP) 的检查与维护管理的基础及先决条件, 和在第3.4章描述的雷击保护系统

的检查与维护管理的基础及先决条件是一样的。

防雷击电磁脉冲 (LEMP) 的测试中特别重要的是, 建筑物建设期间的测试检查, 因为在建筑物完成之后, 许多防雷击电磁脉冲的组成部分无法再进行检

查。必要的措施（如：连接加强筋）必须有摄像记录，包括检查报告。

⇒ 如有必要，在雷击建筑物或构筑物之后。

应进行的检查：

检查完成后，所有发现的缺陷必须立即予以纠正。在必要时，技术文件必须予以更新。

⇒ 在防雷击电磁脉冲保护装置的安装过程中，

防雷击电磁脉冲的全面检查，应按照电气安装的工作条例，作为电气装置检查的一部分，至少每四年进行一次。

⇒ 在防雷击电磁脉冲保护装置安装后

⇒ 定期

⇒ 每次在与防雷击电磁脉冲保护有关的部件改动后，

8.电涌保护器（SPD）的选择、安装以及装配

8.1 供电系统（依据IEC 62305-4（EN 62305-4））的防雷分区的概念

为电气设备建立先进的雷击和电涌保护系统，是保障复杂的电气、电子设备无故障、无损害工作不可缺少的基本条件。对于IEC 62305-4（EN 62305-4）所规定的防雷保护分区中雷击和电涌保护系统的SPD的要求，在IEC 60364-5-53/A2（IEC 64/1168/CDV: 2001）有相关规定。

作为建筑物固定装置的一部分使用的SPD，依据IEC 61643-1（EN 61643-11），被划分为“Ⅰ级”、“Ⅱ级”和“Ⅲ级”SPD。根据他们所选的安装地点的不同，针对不同的要求和它的负载，分别进行测试。

第一级SPD的泄放能力的要求是最高的。主要用于雷击和电涌保护系统中LPZ 0_A~LPZ 1及更高雷电保护区的保护，如图8.1.1所示。这些保护装置必须能够

多次泄放波形为10/350 μs的雷电冲击电流并保证其自身不会损坏。第1级SPD也被称为雷电流保护器，其主要任务是阻止具有破坏性的部分雷电冲击电流侵入到建筑物内的电气设备。

在LPZ 0_B到LPZ 1以及更高雷电保护区的界面，或是LPZ 1到LPZ 2以及更高的防雷保护区的界面，使用放电能力约为几十千安（8/20 μs波形）的第2级电涌保护器。

供电设备的雷击和电涌保护系统的最后一环是对终端设备的保护（位于LPZ 2~LPZ 3以及更高防雷分区）。第3级保护（终端保护）主要是防止供电系统中线间剩余电涌（如L-N之间的电涌）和各种操作过电压。雷击和电涌器的不同功能、布置以及要求见表8.1.1。

8.1.1 SPD 的技术特性

最大持续运行电压 U_c

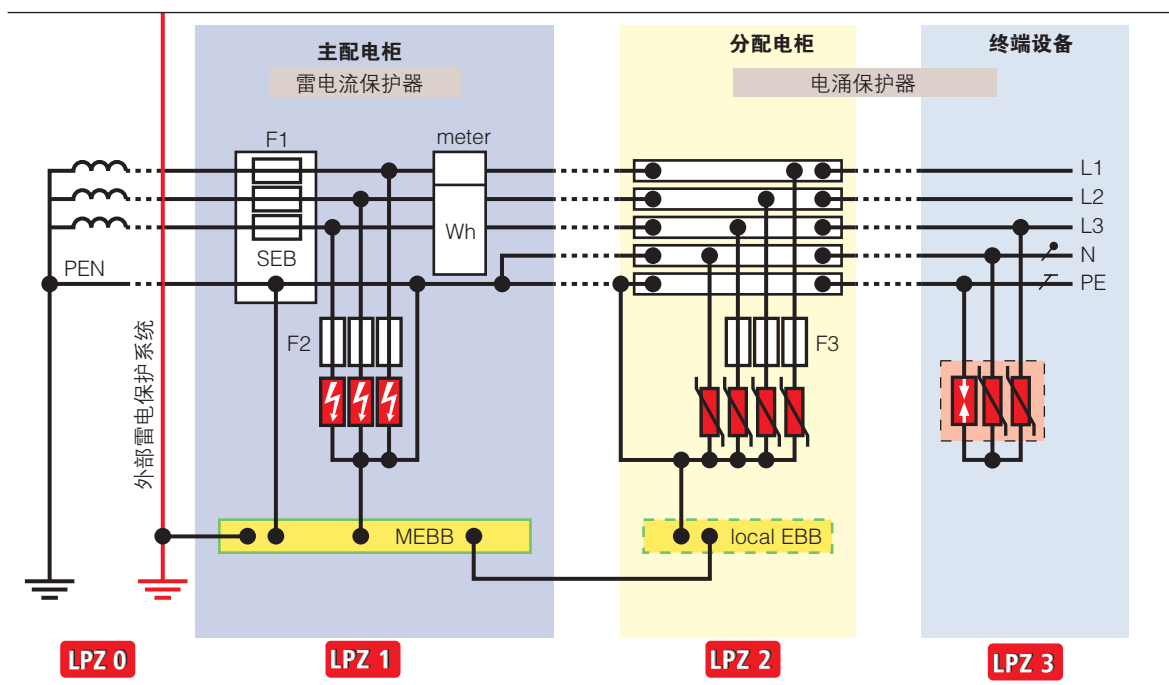


图8.1.1 SPD在电源系统中的应用（原理图）

类型/名称	标准	E DIN VDE 0675 6 附录 A1、A2 (已废止)	IEC 61643-1: 2005	EN 61643 - 11: 2002
雷电流保护器; 复合型雷电流/电涌保护器		B类	I级SPD	1级 SPD
用于配电柜、分配电柜以及固定装置 的电涌保护器		C类	II级SPD	2级 SPD
用于插座/终端装置的电涌保护器		D类	III级SPD	3级 SPD

表8.1.1 根据VDE、IEC以及EN对SPD分类

最大持续运行电压（旧：额定电压）是在工作状态下，施加于电涌保护器两端允许的最大电压均方根值（rms）。该值是电涌保护器处于所定义的非导通状态时的最大电压，电涌保护器响应并泄放雷电流后，应能恢复此状态。

U_C 值应根据被保护系统的标称电压和相应的安装规范的要求选取（IEC 60364-5-53/A2（IEC 64/1168/CDV：2001））。对于TN和TT系统，应考虑10%的电压波动，即230/400V系统的最大持续电压 U_C 不能低于253V。

雷电冲击电流 I_{imp}

波形为10/350 μ s的冲击试验电流。其各项参数（峰值、电量、比能量）均模拟自然界雷击时产生的负载电流。

雷电冲击电流（10/350 μ s）应用于1级SPD测试。此类SPD必须能够多次泄放雷电冲击电流，且不会发生损坏。

标称放电电流 I_n

标称放电电流 I_n 是流过SPD具有8/20 μ s波形的电流峰值。用于2级试验的SPD分级以及1级，2级试验的SPD的预处理试验。

电压保护水平 U_p

在SPD接线端测得的最大电压峰值，表征SPD抑制电涌的能力。

根据SPD的类型，电压保护水平可通过以下各项试验来确定：

- ⇒ 1.2/50 μ s（100%）时的雷电冲击跳火电压
- ⇒ 标称放电电流的残压（根据EN 61643-11：
 U_{res} ）

根据 IEC 60664-1（EN 60664-1）中描述的过电压类别选择适合现场环境的电涌保护器；注意：230/400V三相系统中要求的最小值为2.5kV仅适用于固定的电气设备；而用于终端电源保护的电涌保护器的电压保护水平则要远小于2.5kV。

IEC 60364-5-53/A2（IEC 64/1168/CDV：2001）也规定用于保护230/400V低压用电设备的SPD的最小电压保护水平必须小于2.5kV；最小电压保护水平可以通过1级和2级SPD的能量协调来实现，或直接使用复合型雷电流/电涌保护器实现。

短路耐受能力

在电涌保护器的上游安装后备保护熔丝时，该电涌保护器能够控制的预期工频短路电流的值。

U_C 时的续流遮断能力（ I_{fi} ）

续流遮断能力也称为灭弧能力，在施加 U_C 时，电涌保护器可自动遮断预期续流的均方根值（rms）。

根据IEC 62305-3（EN 62305-3）和IEC 60364-5-53/A2（IEC 64/1168/CDV：2001），SPD的续流抑制能力应与SPD安装现场的最大预期短路电

流值相对应；对于短路电流非常大的配电系统，为了保护设备，必须选择相应的后备熔丝，以切断流过保护设备的工频续流。

根据 IEC 60364-5-53/A2 (IEC 64/1168 CDV: 2001) 和 EN 61643-11, 当连接在中性线和PE线之间的SPD动作后，可能会出现工频续流（例如：火花间隙），其续流遮断能力必须满足 $I_{fi} \geq 100 A_{rms}$ 。

续流抑制能力（基于“1级”的火花间隙）

续流抑制是基于火花间隙的SPD的一项重要性能指标，它能大幅度地限制工频续流，使流过设备的实际电流比安装现场可能出现的短路电流明显减小。

高的续流抑制能力可以防止上游保护元件（例如：保险丝）由于工频续流电流过大而跳断。

工频续流的抑制能力是电气设备的可靠性中非常重要的参数之一，尤其是低电压保护水平的火花间隙型电涌保护器。

能量协调

为了确保各种类型SPD的选择性，各级SPD之间的能量配合至关重要。能量协调的基本原则的特征如下：每个保护等级只能泄放一定的干扰能量，该能量不能超出SPD设计时的规定值。如果出现更高的干扰能量，上级的SPD（例如“1级”SPD）必须能够迅速泄放该雷电流，以减轻后级SPD的负担，从而避免其过载损坏。这种配合必须考虑到所有可能出现的干扰，如由开关产生的电涌、部分雷电流等。根据IEC 62305-4（EN 62305-4）制造商必须验证其SPD的能量协调性能。

Red/Line系列的产品相互间是能量协调的，这已通过了实验验证。

暂态过电压（TOV）

暂态过电压TOV（Temporary Over Voltage）这

个术语用于描述中压和低压电网故障引起的电涌。

对于TN、TT系统中的L-N回路，当测量时间为5秒时： $U_{TOV} = 1.45 \times U_0$ ，（ U_0 表示相线对地的额定交流电压）。

对于230/400V系统，在L和N之间的SPD要考虑的TOV是 $U_{TOV}=333.5V$ 。

对于由于接地故障而在高压系统中产生的TOV，在TT系统的N-PE回路中，200ms的时间内，需要考虑的暂态过电压值为： $U_{TOV} = 1200 V$ 。在IEC 60364-5-53/A2（IEC 64/1168/CDV: 2001）要求安装在低压用电设备的SPD必须具备TOV耐受能力。

根据EN 61643-11标定的TOV值，Red/Line系列的产品完全满足此要求，同时满足IEC 60364-5-53/A2（IEC 64/1168/CDV: 2001）的要求。

8.1.2 SPD在各种系统中的应用

保护人身安全的措施比电涌保护更为重要。由于这两种措施与供电系统的组网方式和由此选择的浪涌保护器（SPD）直接相关，下文描述TN、TT和IT系统以及各种SPD的使用。流经人体的电流可能对人体造成危害，因此每个电气装置都要求有防止有害电流通过人体的保护措施。对正常工作状态下带电部分应进行绝缘、覆盖、铠装保护，或其它防止触电危险的措施。这种保护措施称为“正常条件下的电击防护”。此外，也不允许由于绝缘失效、电压转移到其它金属构件（如电力设备的外壳）等故障引起的人体触电危险。这种在发生故障的情况下，可能由于接触到设备外壳或外露带电部分的保护措施称为“故障条件下的电击防护”。

一般来说，长时间允许的接触电压极限值 U_L ：交流电压在50 V以内，直流电压在120 V以内。

在电路中包括插座、长时间在运行状态下手持使用的一类设备等，在故障情况下可能出现较高的接触电压必须在0.4秒内自动断开。对于其它的电路，则须在5秒内自动断开。



IEC 60364-4-41: 2005-12描述了防止间接电击的保护措施。当发生故障时, 这些保护措施起到自动断开或发出讯息的作用。建立“故障条件下电击防护”的措施时, 必须根据系统组网方式和保护设备类型来确定。

根据IEC 60364-4-41: 2005-12, 整个低压配电系统从电气装置的电源到装置的最后部分的主要特征如下:

⇒ 电气装置的电源接地类型(如: 变压器低压侧)

以及:

⇒ 用户电气系统中裸露的导电部分的接地方式。

目前, 主要有以下三种基本类型的配电系统:

TN系统、**TT**系统以及**IT**系统。

字母的含义如下解释:

第一个字母描述电气装置的供电电源的接地情况:

T 电源一点直接接地(通常是变压器的中性点);

I 所有带电部分和大地绝缘(通常指变压器中性点), 或电源的一点通过阻抗接地。

第二个字母描述电气装置的设备外壳的接地情况:

T 设备外壳直接接地, 该接地与电源的接地无关。

N 电气设备的外壳接地与电源地共用。

后续字母描述中性线和保护线的关系:

S 中性线和保护线分开。

C 中性线和保护线合用(一条导线)

因此, TN系统可进一步细分为三种接线方式:

TN-S 系统、TN-C 系统以及 TN-C-S 系统。

安装在各种系统中的保护装置有:

⇒ 过电流保护装置,

⇒ 剩余电流(漏电流)保护装置,

⇒ 绝缘监视装置,

⇒ 故障电压动作保护装置(特殊情况)。

如上所述, 保护装置必须与系统的结构类型相匹配。基本配置如下:

TN 系统

⇒ 过电流保护装置,

⇒ 剩余电流(漏电流)保护装置。

TT 系统

⇒ 过电流保护装置,

⇒ 剩余电流(漏电流)保护装置,

⇒ 故障电压动作保护装置(特殊情况)。

IT 系统

⇒ 过电流保护装置,

⇒ 剩余电流(漏电流)保护装置,

⇒ 绝缘监视装置。

这些装置在建立供电系统时保护人身安全是最为重要的。而其它保护措施,如保护电力系统及其设备的雷击和电涌保护, 相对于在考虑范围内的防止间接触电危险的系统配置与保护装置的接地保护措施而言是次要的,当然,也不能忽略雷击和电涌保护措施; SPD 出现故障的情况即使很少发生,但也应该加以考虑,这具有特别重要的意义, 因为电涌保护装置总是对保护接地而言的。

因此, 在以下章节中, 我们将描述如何在不要用于用户引入线的配电箱中, 即仪表的上游。IEC

60364-5-53/A2 (IEC 64/1168/CDV; 2001) 规定：雷电流保护器的安装位置定义为“靠近设备端”。

在德国，对仪表的上游使用雷电保护器，在VDN-Richtlinie 2004-08（中文：德国电网运营商协会的条文）中给出了规定：

“Überspannungs-Schutzeinrichtungen Typ 1. Richtlinie für den Einsatz von Überspannungs-Schutzeinrichtungen (ÜSE) Typ 1 (bisher Anforderungsklasse B) in Hauptstromversorgungssystemen.”（中文：“I级”电涌保护装置在主配电系统中的使用规定）

在VDN制定的条例中明确了基本要求，根据“配电网运营商”（DNO）不同，制定了相应的技术规范。

在每个供电系统中，优先使用的技术规范（系统接地形式）必须获得配电网的责任运营商的确认。

8.1.3 TN系统中SPD的使用

对于TN系统，过流保护装置和剩余电流保护装置作为“在故障条件下防止电击的保护”的保护装置，已经被确认使用。这意味着，在使用电涌保护器（SPD）时，这些保护装置（SPD）只能用于“在故障条件下防止电击的保护”保护装置的下游，以确保即使SPD发生故障的情况下，保护人身安全的措施也能起作用。

在剩余电流保护装置的下游安装1级或2级的电涌保护器（SPD）必须考虑与上游剩余电流保护器的配合，因为当SPD导通泄放时，冲击电流流向保护线（PE）的过程，将可能被剩余电流保护器（RCD）误当作故障电流，从而切断电路。

此外，如果1级电涌保护器（SPD）承载部分雷电流，由于雷电流的峰值、陡度、能量非常大，可能导致剩余电流保护装置发生机械损坏（图8.1.3.1）。

这将使“在故障条件下防止电击的保护”失效。这是必须避免的。因此，1级和2级电涌保护器必须在剩余电流装置的上游使用。但“在故障条件下防止电击的保护”唯一可行的措施是使用剩余电流保护装置。

所以SPD必须考虑与作为过电流保护的保险丝配合使用。而是否在电涌保护器的支路中额外安装后备保险丝，取决于前置（主回路）的保险丝和SPD允许的保险丝的规格。在TN系统中，1级、2级以及3级SPD的最大持续电压规定如下：（图8.1.3.2和8.1.3.3a到b）

图8.1.3.4阐释了在TN-C-S系统中使用雷电流保护器和电涌保护器的连接示例。可以看出，3级SPD用于剩余电流保护器（RCD）的下游；在此环境下，还应注意：

在终端电路中，由于开关操作而导致的电涌经常出现，3级SPD主要用于保护各种不同的电涌过电压。这些电涌通常产生在L和N之间，限制L和N之间的电压意味着冲击电流不会流向PE线，因此，RCD不会误认作漏电流而动作。另外，3级SPD设计的标称放电能力是1.5KA，只要在其前级的1级和2级SPD能够泄放高能量的冲击电流，这个放电能力已经可以满足要求。当使用能够耐受冲击电流的RCD后，这些冲击电流不会使RCD跳闸或导致机械损坏。图8.1.3.5 ~ 8.1.3.9阐述了在防雷保护分区概念下，SPD的使用，以及在TN-C-S系统中雷击和电涌保护措施的要求。

8.1.4 SPD在TT系统中的应用

对于TT系统，作为“在故障条件下防止电击”的保护措施，使用过电流保护装置和剩余电流保护装置（RCD），在特殊情况下，也允许使用故障电压保护装置。这意味着，在TT系统中，1级和2级雷电流和电涌保护器只允许安装在上述保护装置的上游，以便在SPD发生故障时确保“在故障条件下防止电击”的措施有效。



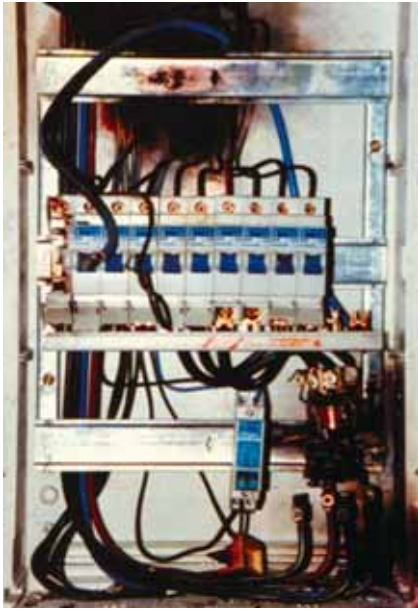


图8.1.3.1 因雷电冲击电流而毁坏的剩余电流保护装置 (RCD)

如前面的“第8.1.3章”所述，在RCD下游布置1级或2级SPD时，由于冲击电流对PE线泄放，这个泄放过程可被RCD误认为是漏流而将电路切断，这种情况必须予以考虑。如果使用1级SPD，正如在TN系统中发生的一样，还须进一步假设，1级SPD动作时，由于部分雷电流的动态特性，可能造成RCD的机械损坏。因而使“在故障条件下防止电击”的保护装置失效。出现这种状态，可能会危及人身安全，必须避免。

因此，在TT系统中，1级和2级SPD必须安装在故障电流保护装置的下流。1级和2级SPD在TT系统中的布置必须符合过流保护装置的使用条件，以满足“在故障条件下防止电击”的保护要求。

在发生故障（例如，SPD发生故障）的情况下，过电流保护装置必须能

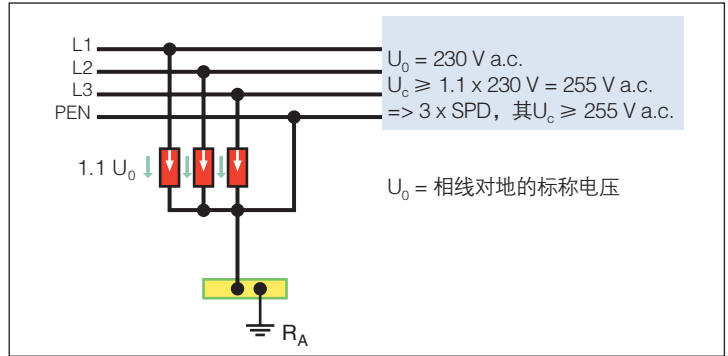


图8.1.3.2 TN-C 系统中的“3+0”电路

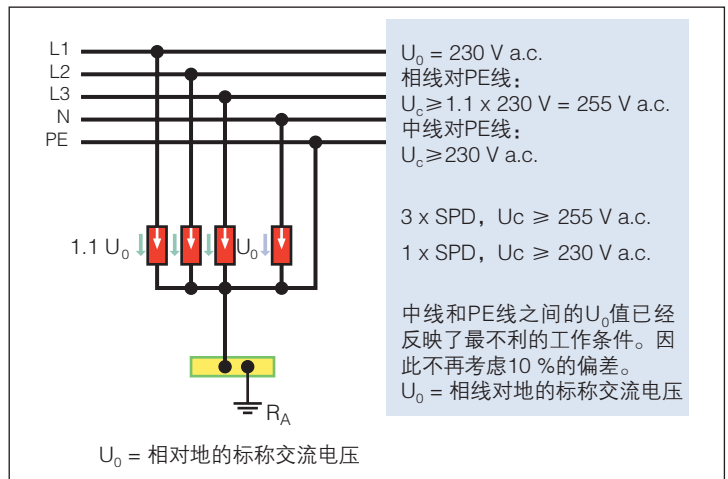


图8.1.3.3a TN-S 系统中的“4+0”电路

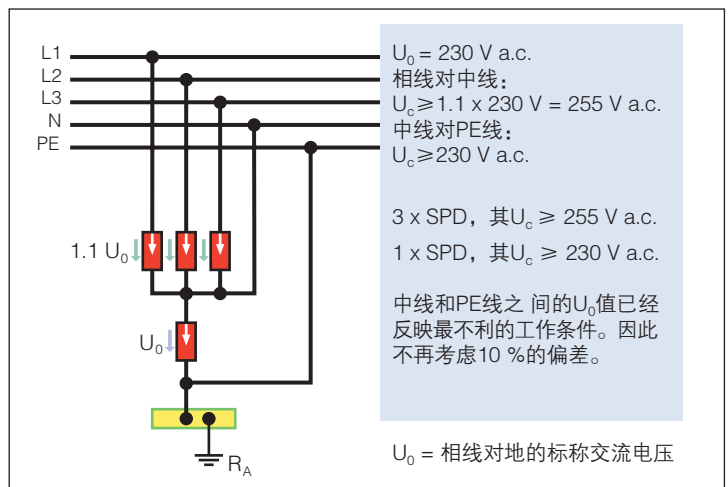


图8.1.3.3b TN-S 系统中的“3+1”电路

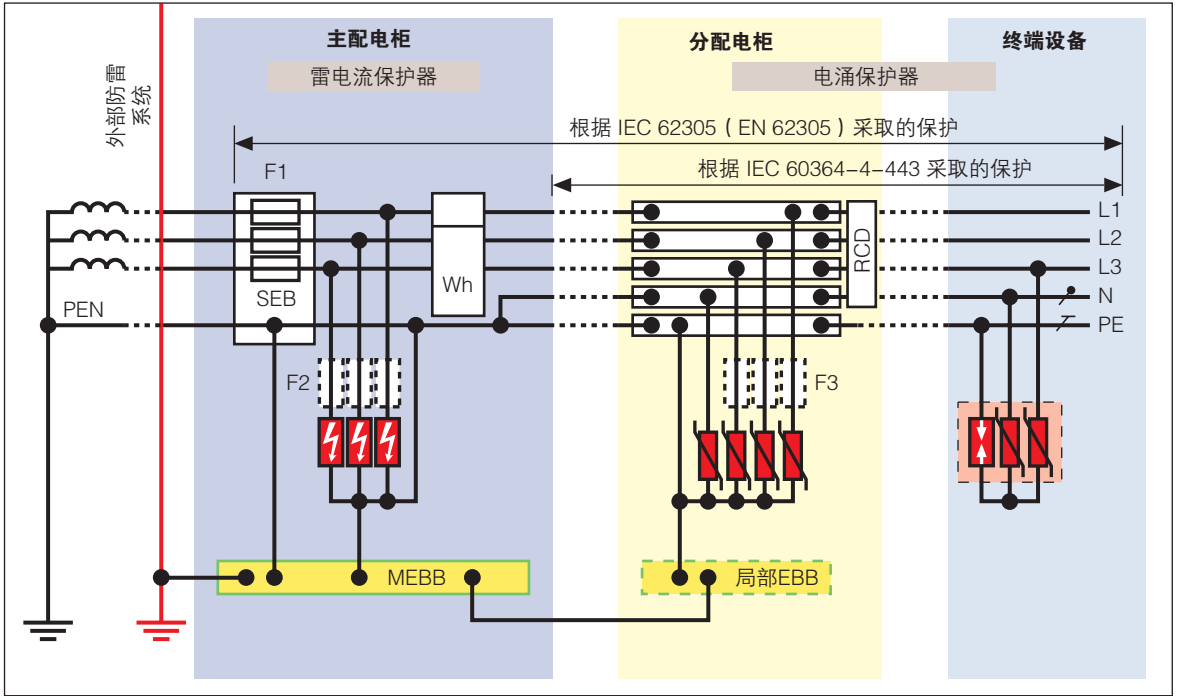


图8.1.3.4 SPD在TN-C-S系统的应用

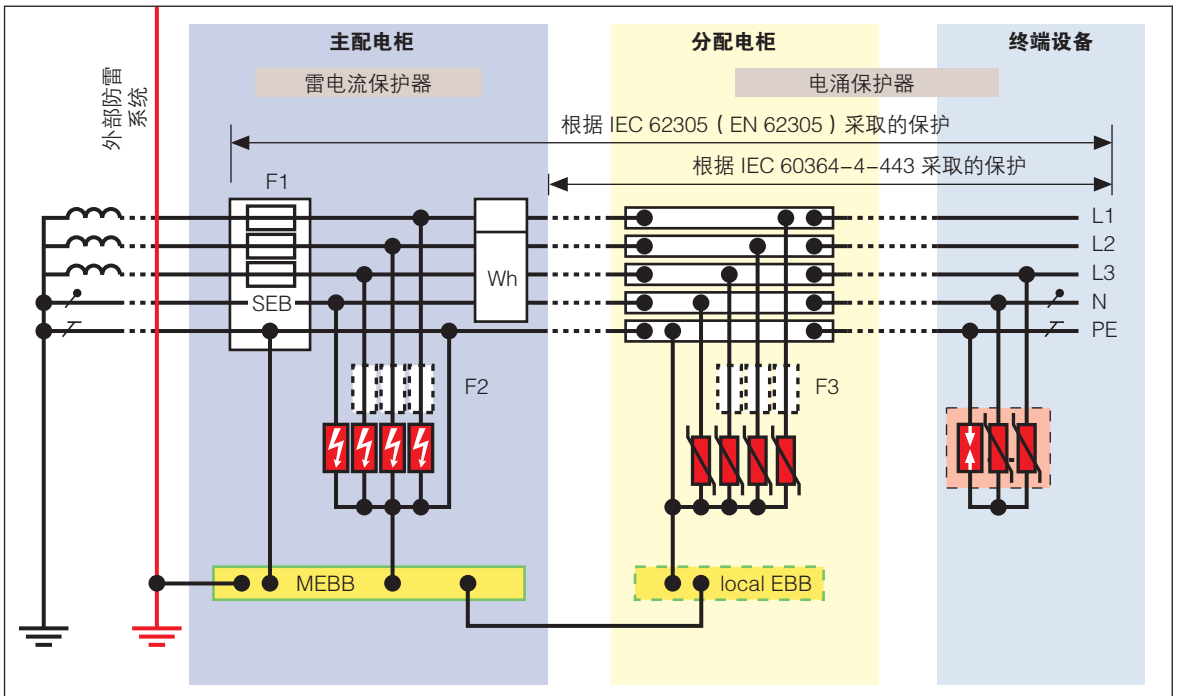


图8.1.3.5 SPD在TN-S系统的应用

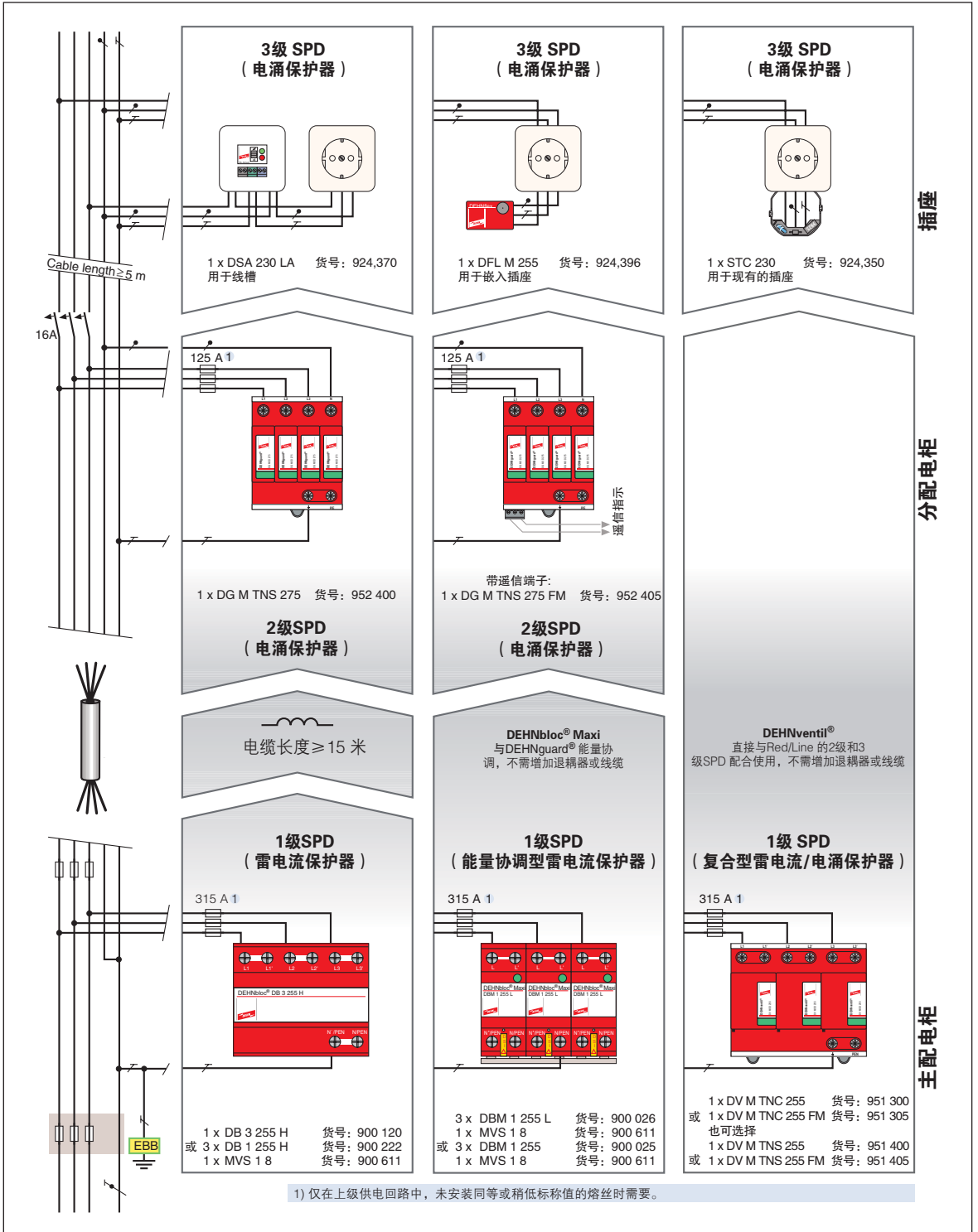


图8.1.3.6 SPD在TN系统的应用 - 示例: 办公大楼 - 在主配电盘中PE线和N线分开

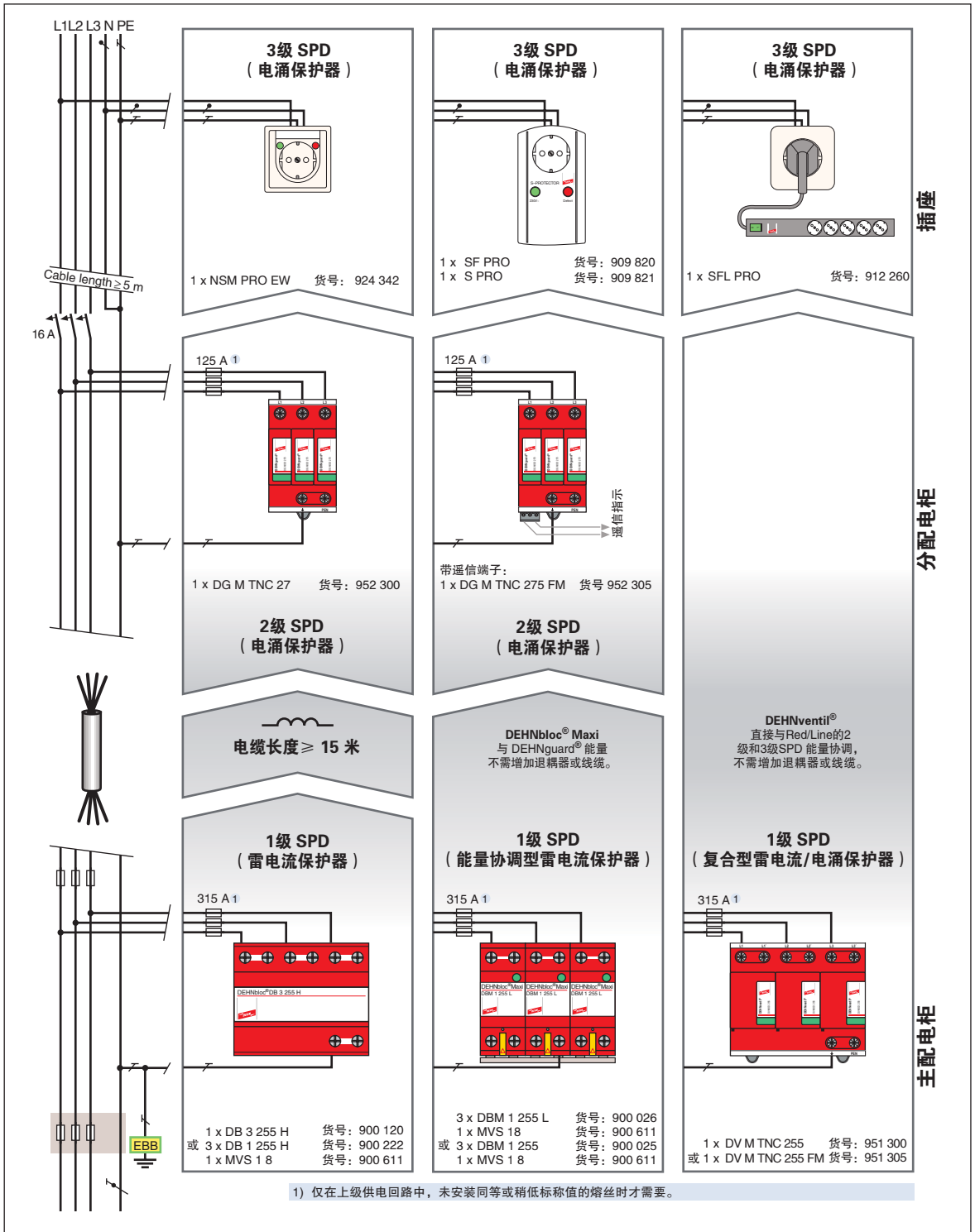


图8.1.3.7 SPD在TN系统中应用- 示例: 办公大楼 - 在分配电盘中分为PE线和N线

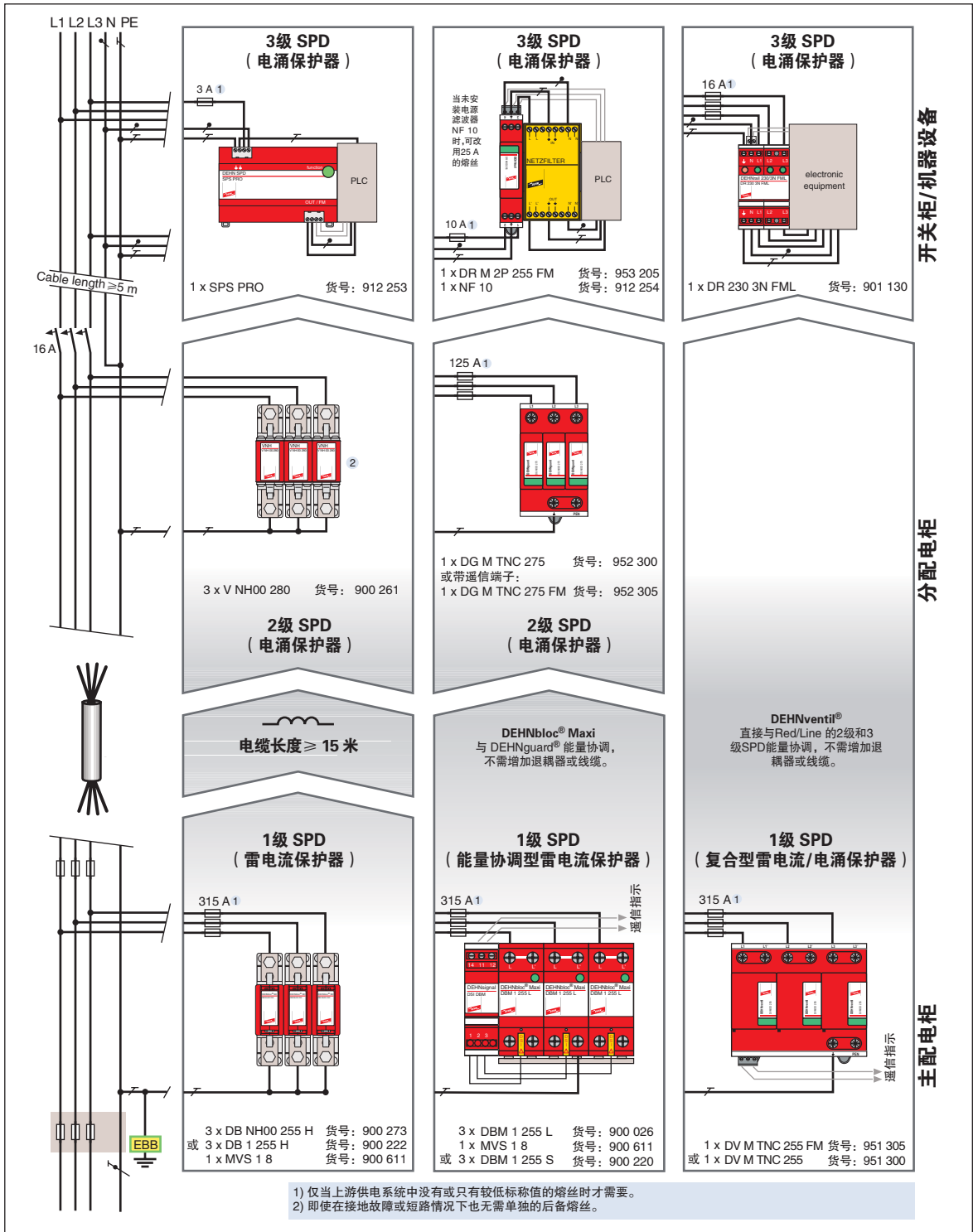


图8.1.3.8 SPD在TN系统的使用 - 示例: 工厂 - 在分配电盘中分开PE线和N线



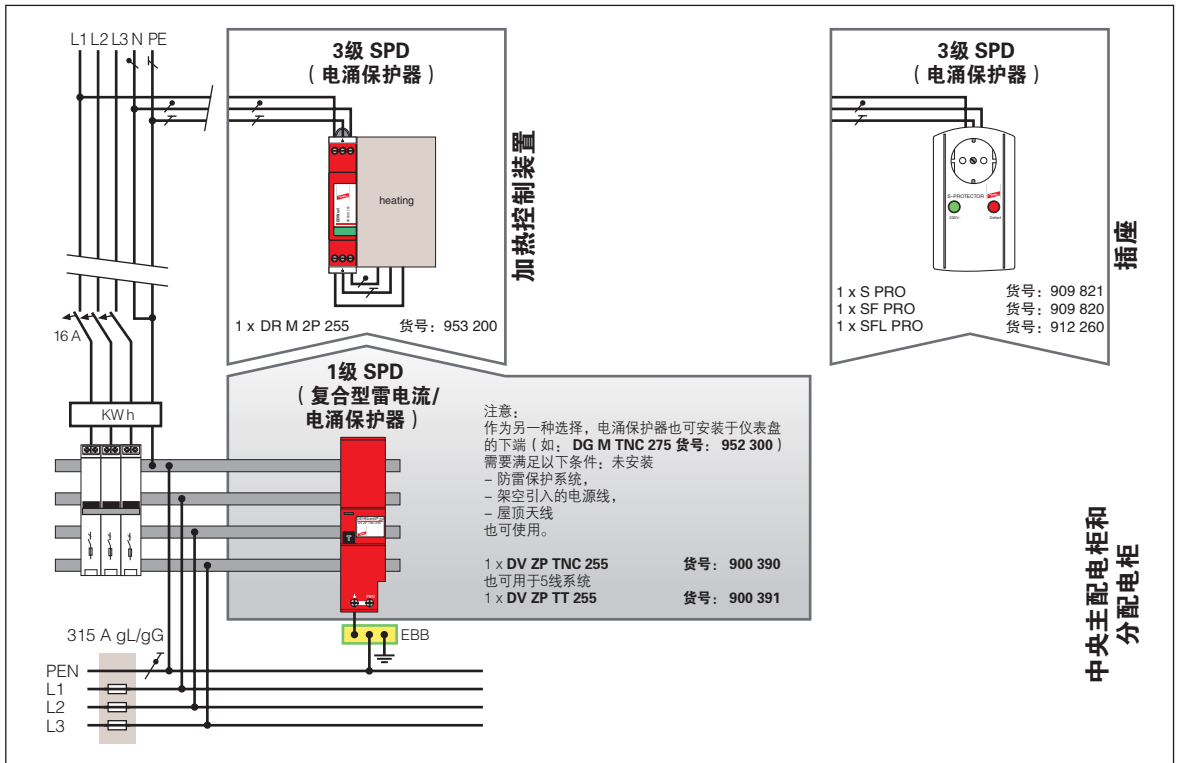


图 8.1.3.9 SPD在TN系统的应用 - 示例:居民住宅

够将出现的短路电流在5秒内自动切断。如果按照TN系统的方式在TT系统中布置防雷保护器,如图8.1.3.4和8.1.3.5所示,则在发生故障的情况下,只会产生接地故障电流,而不会产生短路电流。但是,在某些情况下,这些接地故障电流不会在要求的时间内使上游过电流保护装置跳闸。

这些所谓的“N-PE避雷器”必须满足一些特殊要求,一方面,必须能够承载经L1、L2、L3线的部分雷

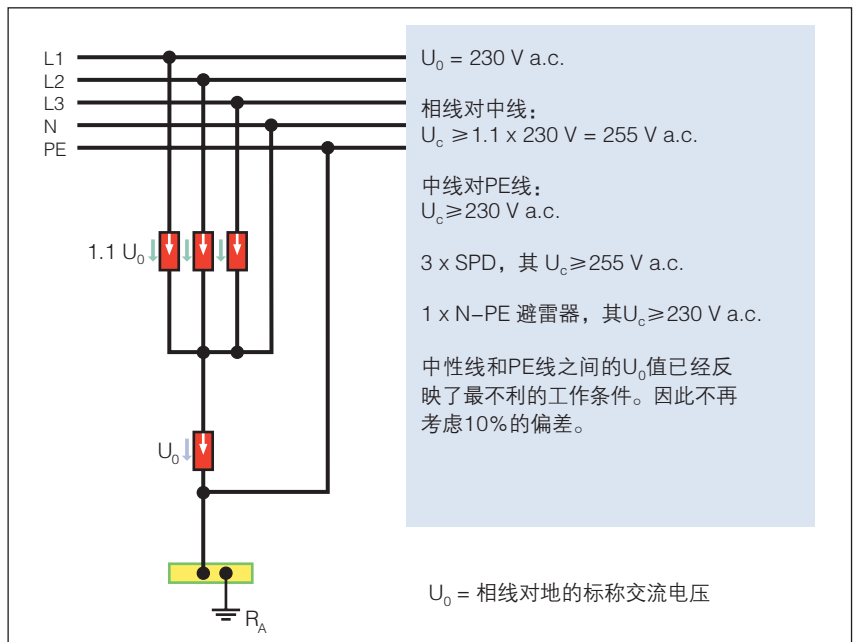


图8.1.4.1 TT系统(230/400V);“3+1”电路

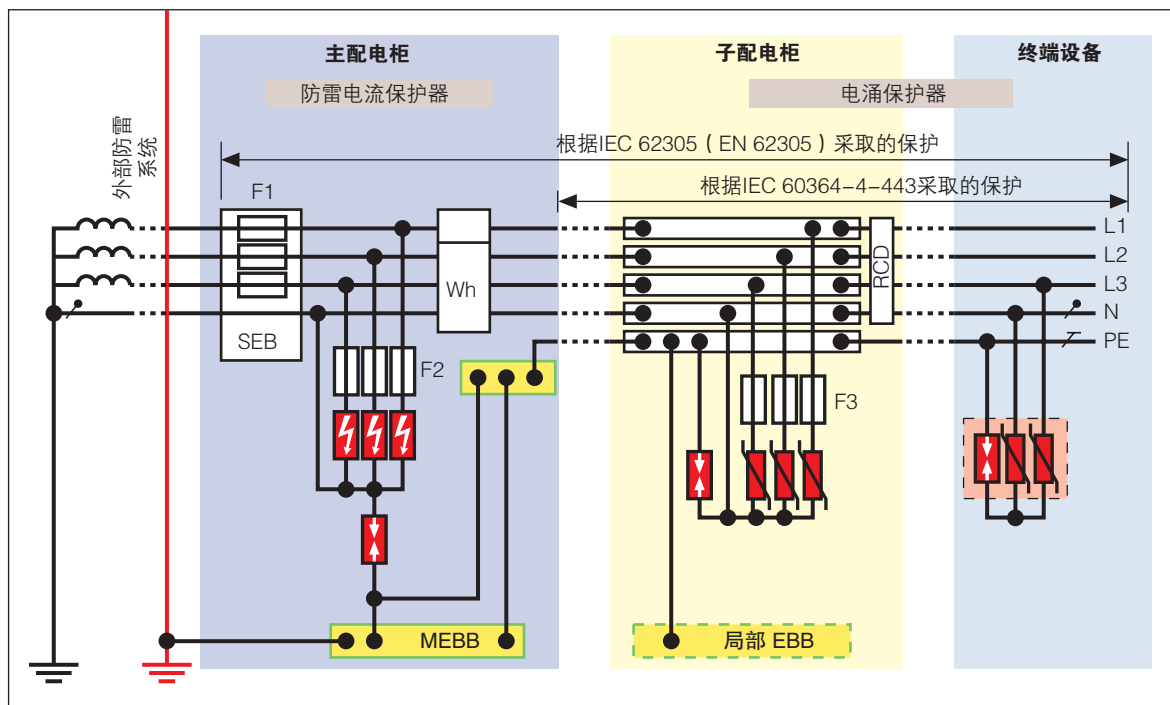


图 8.1.4.2 SPD在TT系统中的应用

的总和，另一方面，由于中性点可能发生偏移，必须具备 $100 A_{rms}$ 以上的续流抑制能力。

下列的最大持续工作电压适用于TT系统中L和N之间使用的SPD（图8.1.4.1）：

1级SPD的雷电流承载能力必须按照IEC 62305-1（EN 62305-1）规定的雷电保护等级I、II、III/IV进行设计。

对于N和PE之间的SPD的雷电流承载能力，必须满足以下值：

雷电保护等级：

- I $I_{imp} \geq 100 \text{ kA} (10/350 \mu\text{s})$
- II $I_{imp} \geq 75 \text{ kA} (10/350 \mu\text{s})$
- III/IV $I_{imp} \geq 50 \text{ kA} (10/350 \mu\text{s})$ 。

2级SPD也安装在L和N之间以及N和PE之间。对于N和PE之间的SPD，三相系统其放电能力不小于 $I_n \geq 20 \text{ kA} (8/20 \mu\text{s})$ ，单相系统其放电能力不小于： $I_n \geq 10 \text{ kA} (8/20 \mu\text{s})$ 。

基于能量协调中可能出现的最坏情况（如：10/350 μs 波形雷击电流），Red/Line系列产品的2级N-PE避雷器基准值设置为 $12 \text{ kA} (10/350 \mu\text{s})$ 。

图8.1.4.2到图8.1.4.6例举了在TT系统中SPD的连接方式。对于3级电涌保护装置，如同在TN系统中的情况一样安装在RCD的下游。一般而言，3级SPD泄放的冲击电流非常低，以致这个过程不会被RCD视为剩余电流。

但是，使用能够耐受一定的冲击电流的RCD仍然非常重要。

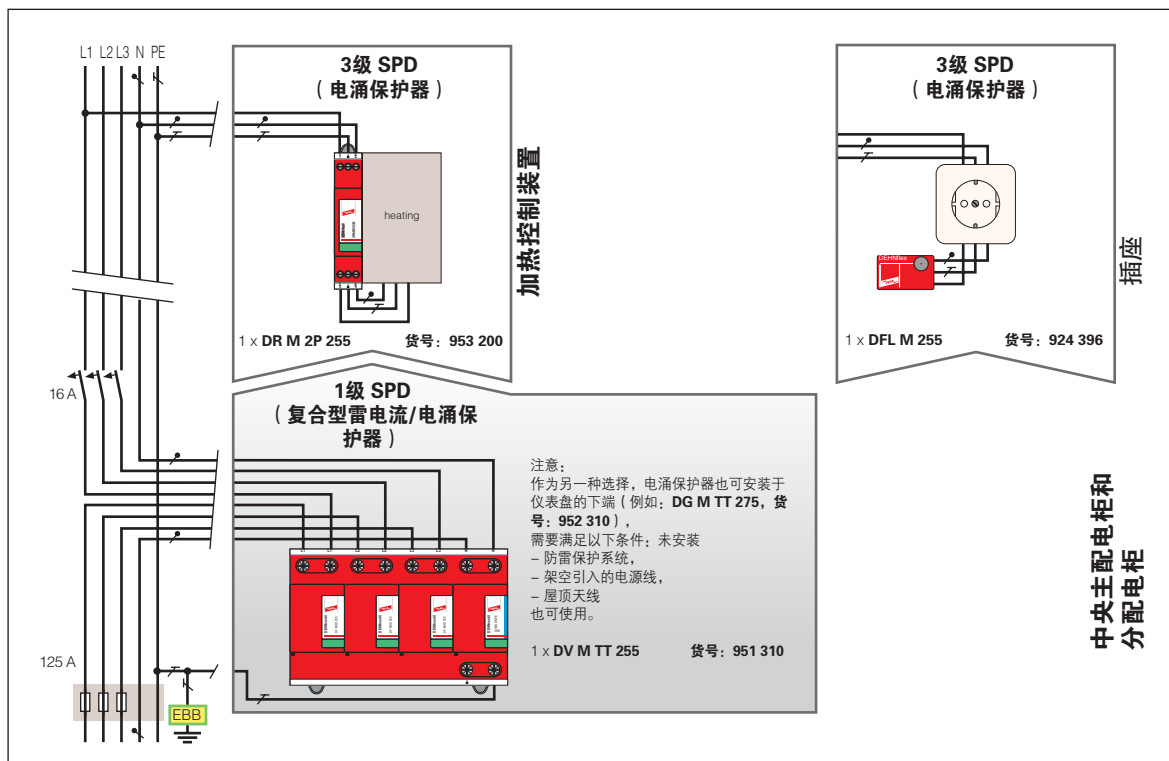


图8.1.4.3 SPD在TT系统中的应用 - 示例：居民住宅

8.1.5 SPD在IT系统中的应用

对于IT系统，允许使用过电流保护设备、剩余电流漏电流保护装置（RCD）以及绝缘监控装置作为“故障条件下防止电击”的保护装置。

在TN或TT系统中，单相故障时“故障条件下防止电击的保护”由相应的过电流保护设备或RCD，通过自动断开电源来保证，然而在IT系统中只有故障告警。由于IT系统在发生单相故障时会构成参考地，所以不会出现太高的接触电压。IT系统能够在单相故障后继续运行，因此那些在发生单相故障前已经开始运行的过程处理或生产（如：化学工业）仍可继续进行。在单相故障时，保护地线（PE线）可带有故障相的电位，但这并不危险，因为所有该相裸露导电部分和能触摸到的金属部分都通过了保护地线的连接而

具有相同的电位，因此人不会有被电势差击中的危险。但尽管如此，必须考虑在单相故障的情况下，在IT系统中非故障相对地电位等于相间电压的情况。因此，在230/400V IT系统中，在电涌保护器失效的情况下，加在非故障相的电涌保护器的电压会达到400V。在根据最大持续工作电压选择SPD时，必须考虑这种可能的运行状态。

在考虑IT系统的保护时，要区分以下两种系统：不带中线的和带中线的IT系统。对于不带中线的IT系统，SPD在所谓的“3+0”电路中，连接于相线和PE线之间。而后者可以使用“4+0”和“3+1”电路。当使用“3+1”电路时，必须注意，在N-PE之间，必须使用与系统条件相适配的、具有续流抑制能力的SPD。

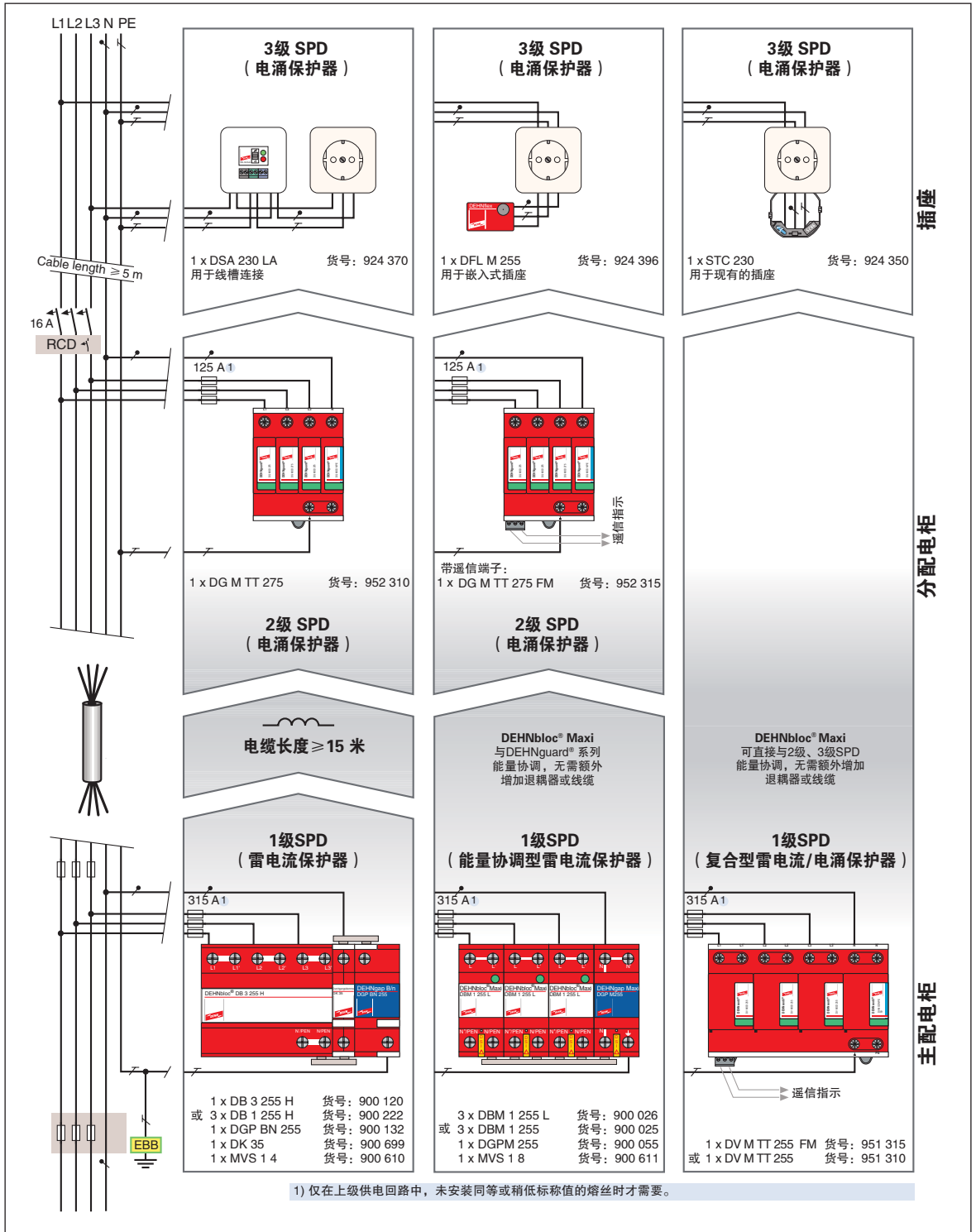


图8.1.4.4 SPD在TT系统中的应用 - 示例: 办公大楼

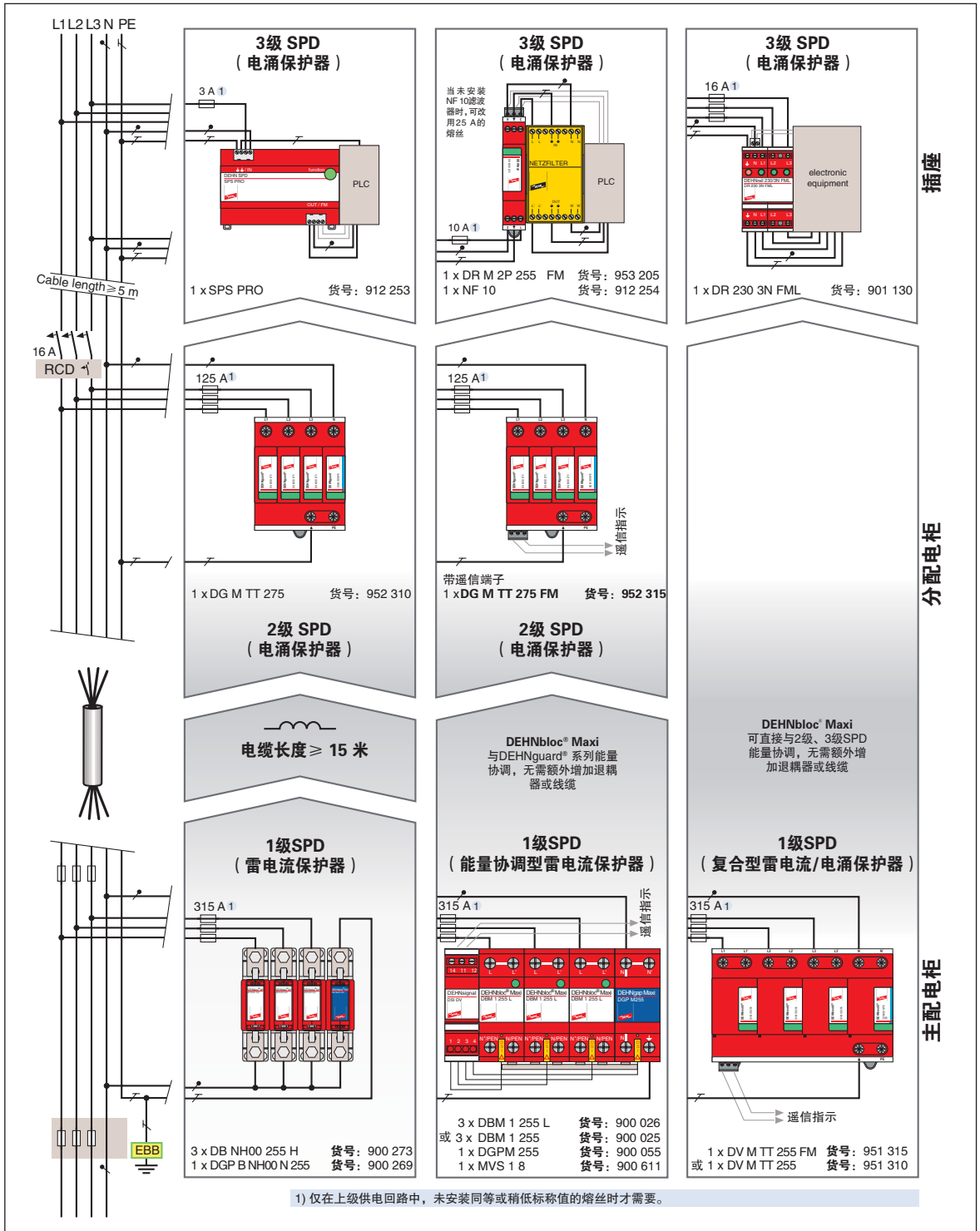


图8.1.4.5 SPD在TT系统中的应用 - 示例：工业大楼的保护

对于带有和不带中线的IT系统中使用1级、2级和3级SPD时，其最大持续工作电压有如下规定。（图8.1.5.1a - c）。

对于IT系统中的第二98884作。在第8.1章和第8.2章中，关于TN和TT系统的系统中SPD的使用，以及“故障条件下防止电击”的保护装置的关系，对于IT系统同样适用。因此，在RCD的上游使用1级、和2级SPD的做法也推荐用于IT系统。图8.1.5.2和图8.1.5.3给出了在无中线的IT系统中SPD使用的示例。

图8.1.5.4给出了在有中线的IT系统中，SPD的使用。

8.1.6 SPD的连接导线长度的确定

确定电涌保护器连接导线的长度主要依据IEC 60364-5-53/A2 (IEC 64/1168/CDV: 2001) 安装规范中相关部分。

下文所述的几个方面也是一些技术审核专家、技术检查员常常投诉的问题。

串联式接法（V-形凯文接线），根据IEC 60364-5-53/A2 (IEC 64/1168/CDV: 2001)

对于系统、设备的保护而言，至关重要的是实际加载在被保护设备上的冲击电压水平。最佳的保护效果是实际加载在被保护设备的冲击电压水平和防雷保护装置提供的电压保护水平相匹配。因此，IEC 60364-5-53/A2 (IEC 64/1168/CDV: 2001) 建议使用图8.1.6.1所示的电涌保护器的串联式（V形凯文）接线。这样电涌保护器就不需要另外增加单独连接导线。

并联接法，根据IEC 60364-5-53/A2 (IEC 64/1168/CDV: 2001)

串联式接法（V形凯文接线）并不是所有的系统

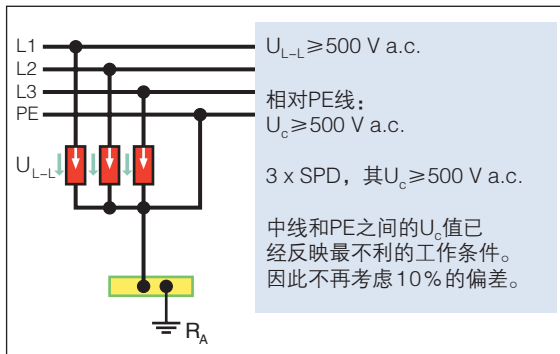


图8.1.5.1a 无中性线的IT系统；“3+0”电路

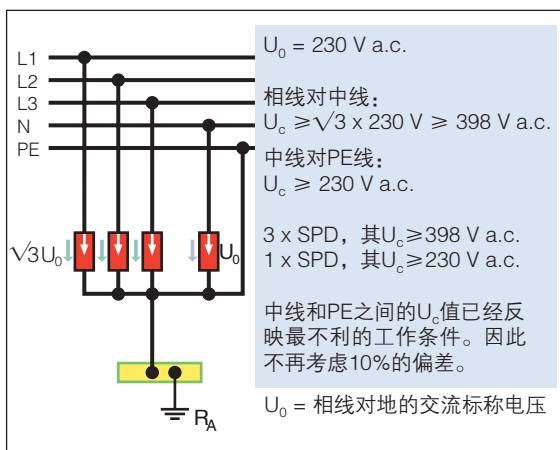


图8.1.5.1b 带有中线的IT系统；“4+0”电路

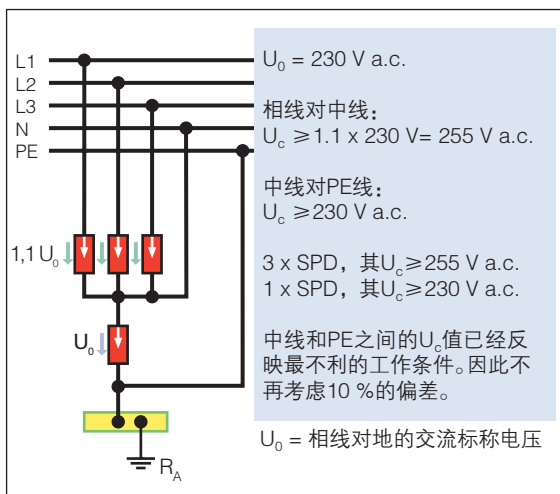


图8.1.5.1c 带有中线的IT系统；“3+1”电路

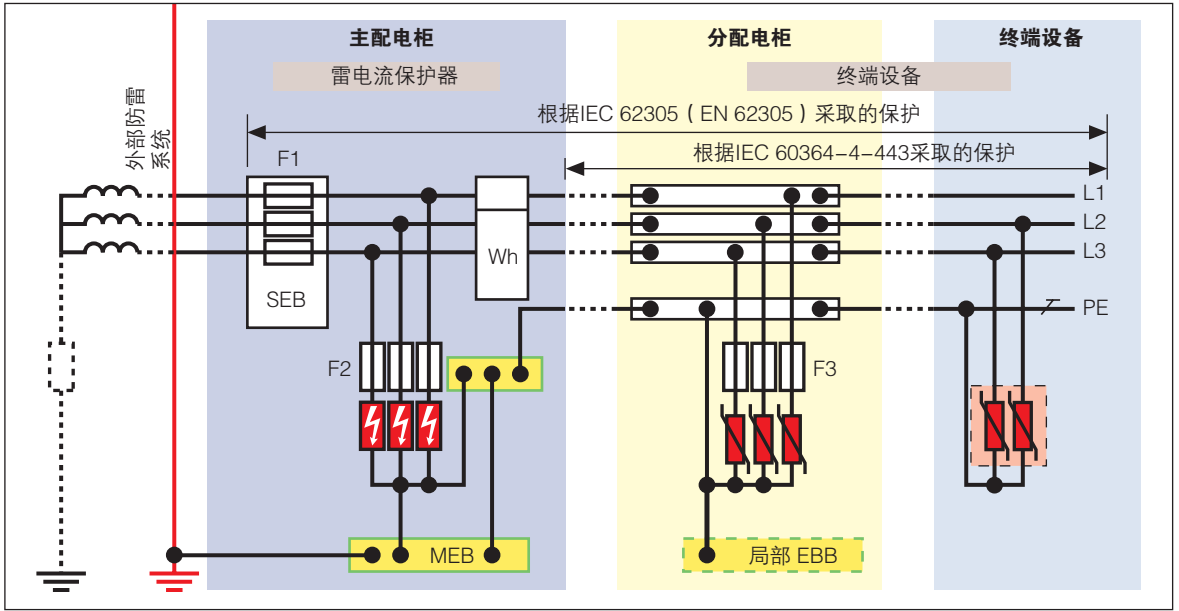


图8.1.5.2 SPD在无中线的IT系统的应用

对于IT系统中的第二个故障，保护设备必须动作。在第8.1章和第8.2章中，关于TN和TT系统的系统中SPD的使用，以及与“故障条件下防止电击”的保护装置的关系，对于IT系统同样适用。因此，在RCD的上游使用1级、和2级SPD的做法也推荐用于IT系统。图8.1.5.2和图8.1.5.3给出了在无中线的IT系统中SPD使用的示例。

图8.1.5.4 给出了在有中线的IT系统中，SPD的使用。

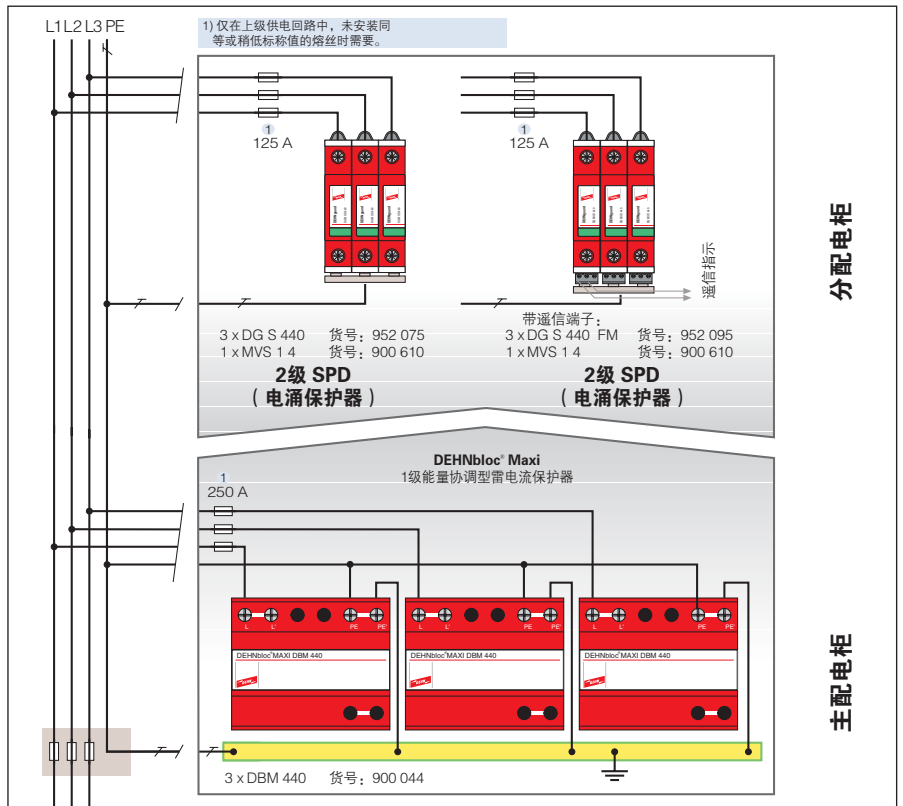


图 8.1.5.3 SPD在无中线400 V IT系统中的应用

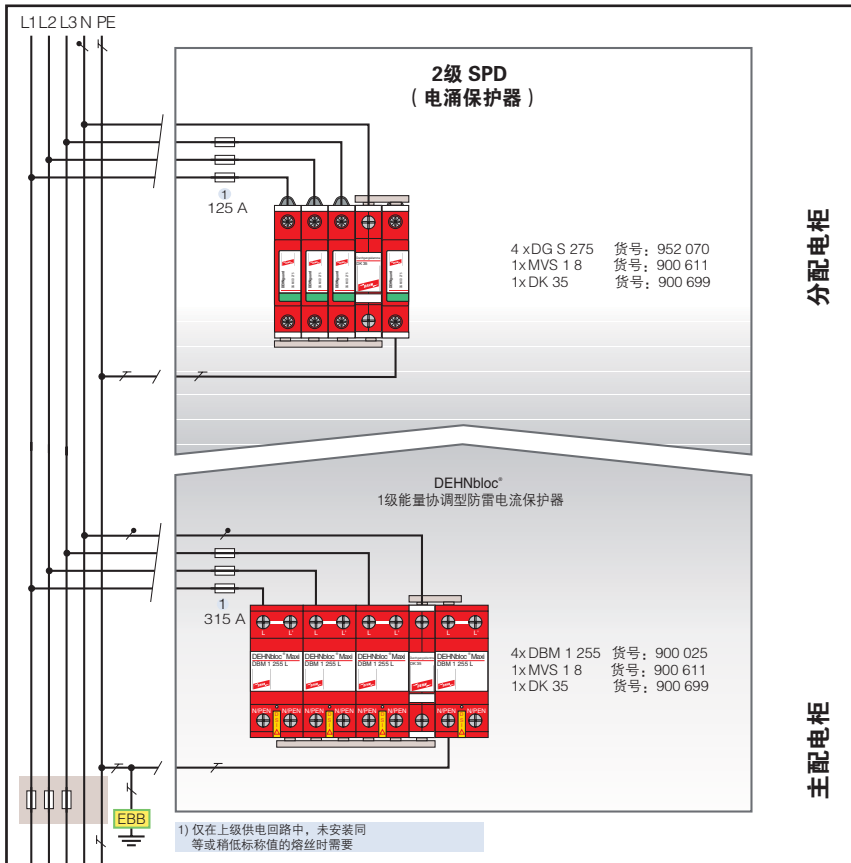


图8.1.5.4 SPD在带中线的 230/400 V IT 系统中的应用示例

都可以使用。

电涌保护器上用于凯文接线的两个端子存在标称电流允许范围, 也就是说会受到热负载能力的限制。由于这个原因, 电涌保护器的制造商需要对后备熔丝特定最大允许值, 这就意味着, 当系统的额定工作电流很高时, 串联式接法 (V形凯文接线) 将不能使用。

一些厂家采用了称为“双导线端子”来解决此问题。这样, 即便增加标称电流, 电缆长度仍然可以保持很短。不过, 当使用双导线端子时必须注意, 一定要选用制造商针对这种特定应用环境所规定的后备熔丝值。(图8.1.6.2和图8.1.6.3)

如果确实不能使用串联式 (凯文) 接线方式, 电

涌保护器则必须并联接到被保护电路上。如果上游装置的保险丝的额定值超过了电涌保护器最大允许的后备保险丝的额定值, 则必须在该支路上为电涌保护器加装一个后备熔丝 (图8.1.6.4), 或者使用带有内置后备熔丝的SPD (图8.1.6.5和图8.1.6.6)。

当电涌保护器动作时, 冲击电流会流过该支路上的附加的元件 (如导线、保险丝), 并在这些阻抗上产生额外的动态电压降。

在这种情况下, 和电感量比较, 阻性分量可以忽略不计。

其关系如下:

$$u_{dyn} = i \cdot R + \left(\frac{di}{dt} \right) L$$

如果电流变化率 (di/dt) 约为几10 kA/ μ s, 则动态电压降 U_{dyn} 主要由电感量确定。

为了将动态电压降保持在较低水平, 安装人员必须尽可能将连接导线的电感量 (电缆的长度) 保持在最小值。因此, IEC 60364-5-53/A2 (IEC 64/1168/CDV: 2001) 建议将电涌保护器的连接电缆总长度设计为不大于0.5米 (图8.1.6.7)。

接地侧连接导线的设计

对于这个看上去难以实现的要求可以通过图8.1.6.8a和b所示的图例得到解释。这些图例解释了根据IEC 60364-4-41和IEC 60364-5-54规定的用于低

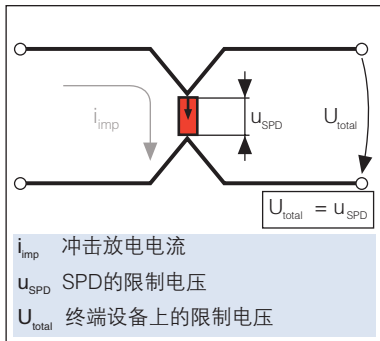


图8.1.6.1 采用V形端子的防电涌保护装置

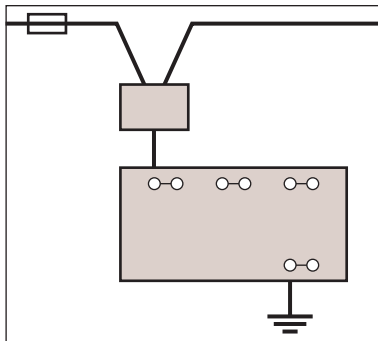


图8.1.6.2 “双导线端子”的工作原理—单极接线示意图



图8.1.6.3 引脚连接端子 (PCT) STAK 2x16

压用电设备的主等电位联结（今后称：保护等电位连接）。图中所示，通过改变1级电涌保护器连接线的布线方式将等电位连接排等效延长成为防雷等电位连接带。

在图8.1.6.8a中所示，分别采取了两种措施。其中，PEN线直接连接到等电位连接排中，电涌保护器的接地是通过单独的等电位装置实现。

这样，电涌保护器有效的电缆长度（ l_a ）是从电涌保护器的安装位置（例如，在进线盒、主配电柜）至

等电位连接排之间的距离。这种连接方式只能在极少数情况下对设备起到有效的保护作用。当然，也可以按图8.1.6.8b所示来布线，以减少电涌保护器的有效电缆长度（ $l_b < 0.5 \text{ m}$ ）。这是通过使用“旁路”导线（y），从电涌保护器的接地侧的输出端连至PEN线来实现。从电涌保护器的接地侧的输出端至等电位连接排（x）的连接保持原样。

根据VDN-Richtlinie2004-08 [中文：德国电网运营商协会的规定]：“Überspannungs-Schutz

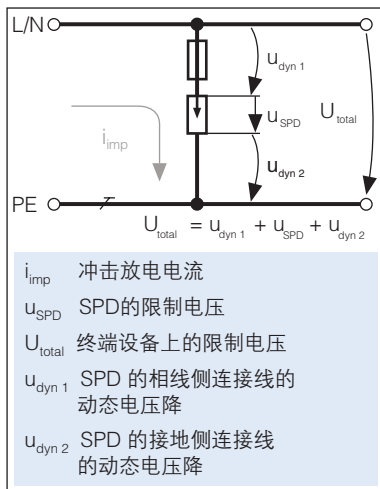


图8.1.6.4 电涌保护器在电缆分支中的连接



图8.1.6.5 DEHNbloc Maxi S: 带有内置后备熔丝的能量协调型雷电流保护器，用于汇流排安装



图8.1.6.6 用在NH保险丝底部的2级电涌保护器V NH

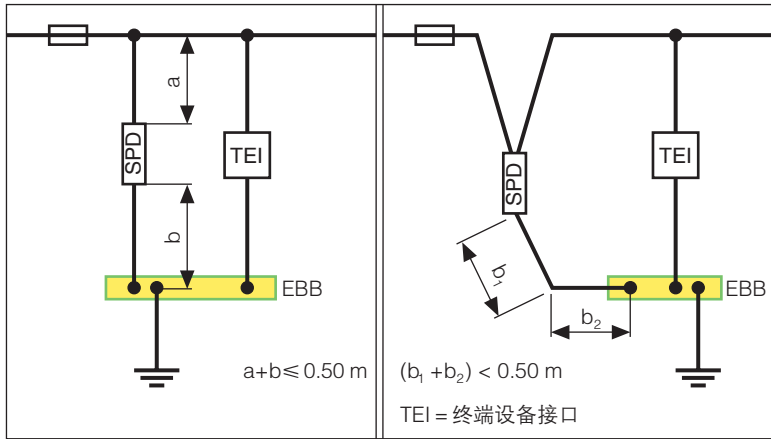


图8.1.6.7 电涌保护器最大电缆长度

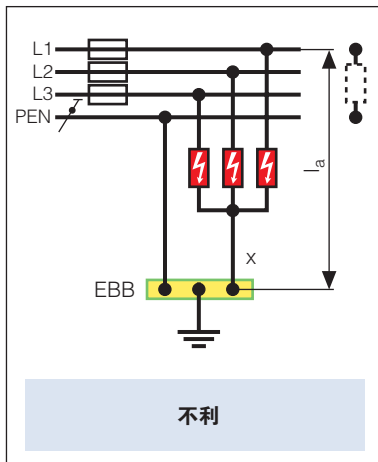


图8.1.6.8a 从“用电设备的角度”来看，不利的导线布线

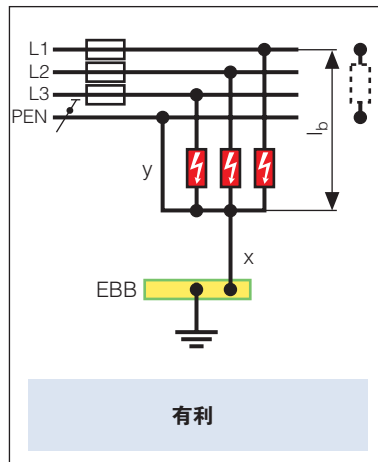


图8.1.6.8b 从“用电设备角度”来看，有利的导线布线

einrichtungen Typ 1. Richtlinie für den Einsatz von überspannungs – Schutzeinrichtungen(ÜSE) Typ 1 (bisher Anforderungsklasse B) in Hauptstromversorgungssystemen. “[中文：“‘1级’电涌保护装置使用规定-‘1级’电涌保护装置（目前要求‘B类’）在供电系统中的使用”], 仅当电涌保护器邻近配电盘安装（≤0.5m），并且也邻近等电位端子时，旁路导线（y）才能省略。

这样，在安装了y旁路线时，入线箱或主配电柜

和等电位连接带之间的距离便可以忽略。这个解决方案主要涉及如何设计电涌保护器接地侧的连接导线的问题。

相线侧连接导线的设计

相线侧的电缆长度也必须考虑。以下案例对这个问题做专门说明：

在扩展的配电系统中，母线系统和其所连接的后续电路及其用电设备（A到D）都需要提供电涌保护（图8.1.6.9）。

在这种情况下使用电涌保护装置，可选用安装位置1和位置2。安装位置1是直接安装在电源的母排上。这可以确保为所有用电设备提供相同的电涌保护水平；对于所有用电设备而言，采用安装位置1的电涌保护器的连接导线的有效长度为 l_1 ，但当安装位置1没有足够的空间时，电涌保护器可以选在母线系统的其它位置安装。在极端情况下，还可以选择安装位置2，按照图

8.1.6.9所示进行布置。这样电路A的有效电缆长度为 l_2 。由于母线的电感事实上比电缆和导线更低（约为1/4），因此感性电压降也更低。但是，母线的长度不能忽略。

连接导线的设计对电涌保护器的有效性具有重大影响，因此在装置的设计阶段时就必须加以考虑！

IEC 60364-5-53/A2 (IEC 64/1168/CDV: 2001) 对上述内容有明确描述，同时对于DEHN新研

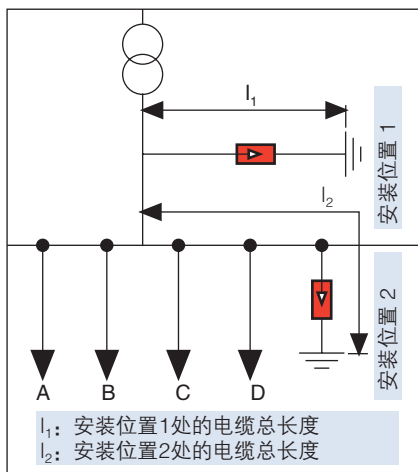


图8.1.6.9 系统中电涌保护器的布置，以及由此得到的有效电缆长度

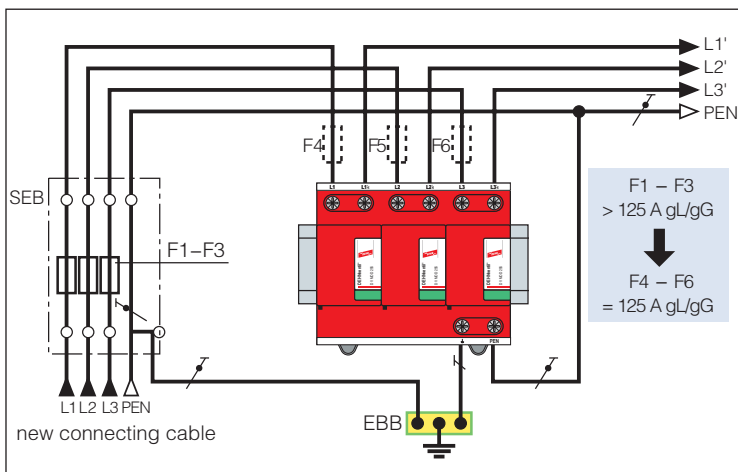


图8.1.6.10 串联接线

发出来的DEHNventil复合型雷击及过电压保护器而言也是重要的指导准则，符合IEC 62305第1-4部分（EN 62305第1-4部分）系列标准对DEHNventil复合型雷击及过电压保护器定义为单一装置，而非组合装置。

DEHNventil可以通过自带的端子实现凯文接线。

图8.1.6.10画出了凯文接线的有效接线图。

从图8.1.6.11中可以看出，通过汇流排接线体现出凯文接线的众多优势。

由于双端子的热负载能力的问题，凯文接线（即所谓的直通式接线）最大只能使用至125A。

对于>125A的负载电流，电涌保护器应采用分支导线连接（即所谓的并联接线）。其中电缆最大长度，依据IEC 60364-5-53/A2（IEC 64/1168/CDV；2001）来确定。并联式接线可以参照图8.1.6.12。

在这种环境下，还应确保在接地侧提供双端子以有利于接地导线的连接。如图8.1.6.12所示，通常简单地借助接地侧的双端子，从电涌保护器的“PEN”端至PEN的接线，其有效连接长度可控制在 $l < 0.5$ 米内。

在配电系统中安装电涌保护器时，要尽可能地让承载冲击电流的导线和未承载冲击电流的导线分开。在任何情况下，都必须避免这两种导线平行敷设（图8.1.6.13）。



图8.1.6.11 通过汇流排，复合型雷击及过电压保护器DEHNventil M TNC的凯文接线

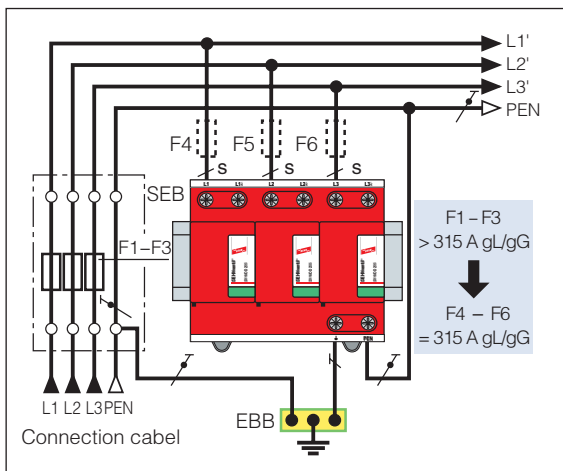


图8.1.6.12 并联接线

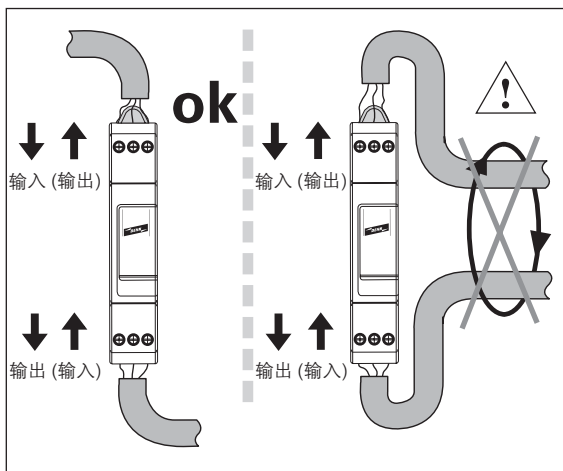


图8.1.6.13 电缆布线

8.1.7 端子的截面积和电涌保护器的后备保护装置

电涌保护器的连接电缆要考虑承受来自冲击电流、工作电流以及短路电流的负载能力。各个负载取决于多种因素：

⇒ 保护电路的类型：单端口/双端口（图8.1.7.1）/ 两个端（图8.1.7.2）

⇒ 电涌保护器的类型：雷电流保护器、复合型雷击及电涌保护器

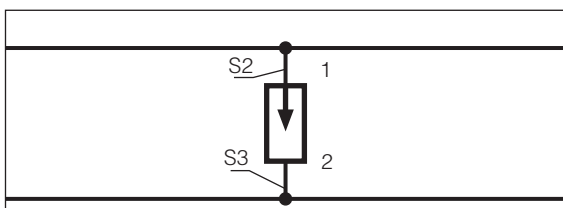


图8.1.7.1 单端口保护电路

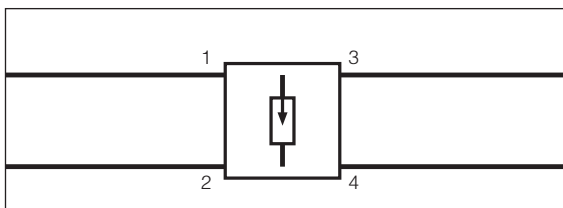


图8.1.7.2 双端口保护电路

⇒ 电涌保护器的续流性能：续流抑制/续流限制

如果按照图8.1.7.1所示安装电涌保护器，则S2和S3连接导线的短路保护及冲击电流承载能力要按照IEC 60364-4-43规定确定。保护装置的参数表提供的最大允许的过电流保护，可以作为电涌保护器后备保护的应用。

安装设备时，必须确保实际流过的短路电流能够使后备保护装置跳闸。导线横截面积的尺寸可按照以下公式确定：

$$k^2 \cdot S^2 = I^2 \cdot t$$

t 发生短路时允许的断开时间，单位：秒

S 导体截面积，单位：平方毫米

I 完全短路时的电流，单位：安培

k 材料系数，单位：安培秒/平方毫米，根据表8.1.7.1

此外，还必须注意，在电涌保护器的参数表中关于电涌保护器的最大允许过电流保护仅在该保护装置规定的短路耐受能力值范围内有效。

导体材料	绝缘材料		
	PVC	EPR / XLPE	橡胶
铜	115	143	141
铝	76	94	93

表8.1.7.1 铜和铝与不同绝缘材料之间的材料系数k (依据 IEC 60364-4-43)

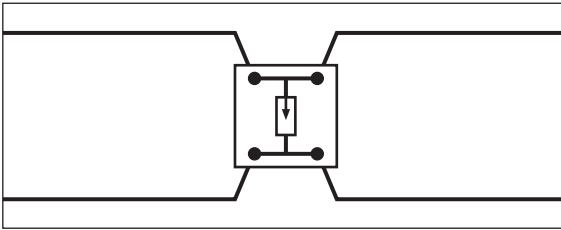


图8.1.7.3 直通接线的 SPD

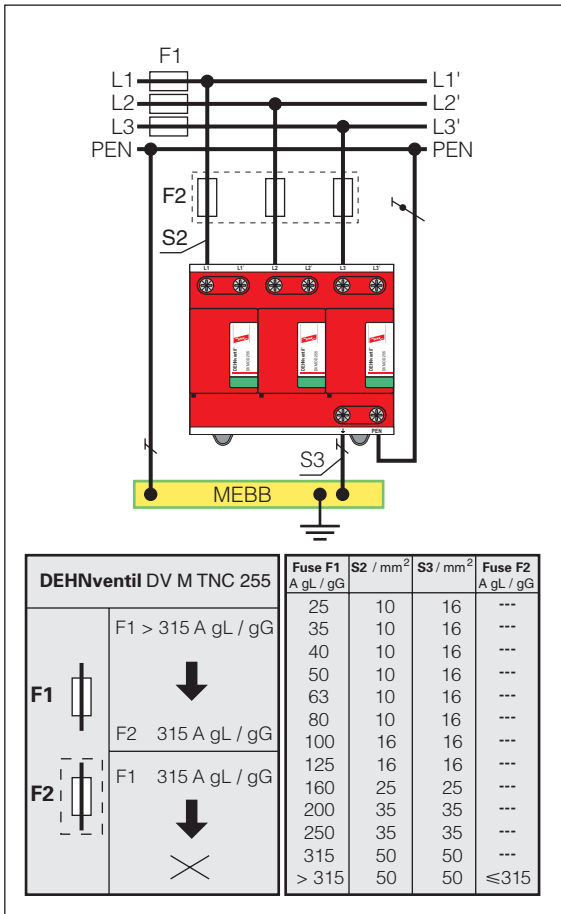


图8.1.7.4 示例: DEHNventil, DV TNC 255

如果安装处的短路电流大于电涌保护器的短路耐受能力, 则必须按照1:1.6选用一个比电涌保护器参数表中规定的最大后备熔丝更小的后备熔丝。

对于按照图8.1.7.2所示安装的电涌保护器, 最大工作电流不得超过保护装置规定的额定负载电流。对于串联式接线的电涌保护器, 由于采用了直通接线, 其通过的电流是最大的。(图8.1.7.3)

图8.1.7.4给出了1级雷电流保护器和复合型雷击及电涌保护器的接线截面积与后备熔丝的对应值。

图8.1.7.5给出了2级雷电流保护器和复合型雷击及电涌保护器的接线截面积与后备熔丝的对应值。图8.1.7.6是3级电涌保护器的示例。

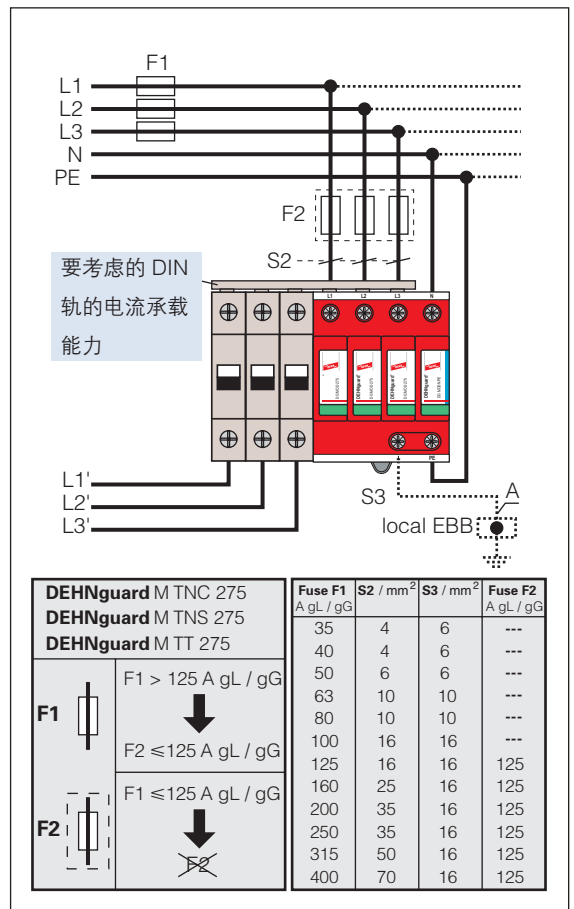


图8.1.7.5 示例: DEHNgard(M)T NC/TNS/TT



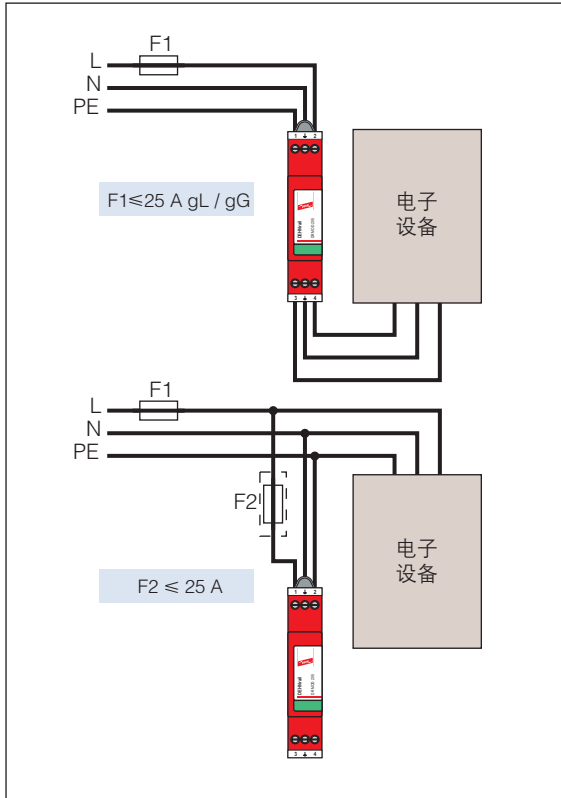


图8.1.7.6 示例：DEHNrail

选择电涌保护器后备熔丝值时，必须考虑冲击电流的特性。熔丝切断短路电流和切断负载冲击电流的方式具有明显区别，尤其是10/350 μs波形的雷电冲击电流。

熔丝的性能与雷电冲击电流峰值的大小有关。（图 8.1.7.7）。

状态1：不熔断

由于流过熔丝的雷电冲击电流的能量太低，不致将熔丝熔断。

状态2：熔断

雷电冲击电流的能量足以将熔丝熔断，从而切断电路。（图8.1.7.8）

熔丝的性能特性是，外加的雷电冲击电流可以流过而不受熔丝性能的影响。只有当雷电冲击电流衰减后熔丝才会断开。熔丝也因此无法根据雷电流来选择切断。所以，必须注意的是，由于冲击电流的行为特性，熔丝一般按照电涌保护器的参数表和/或安装说明书中所规定的最大允许的后备熔丝值来选择。

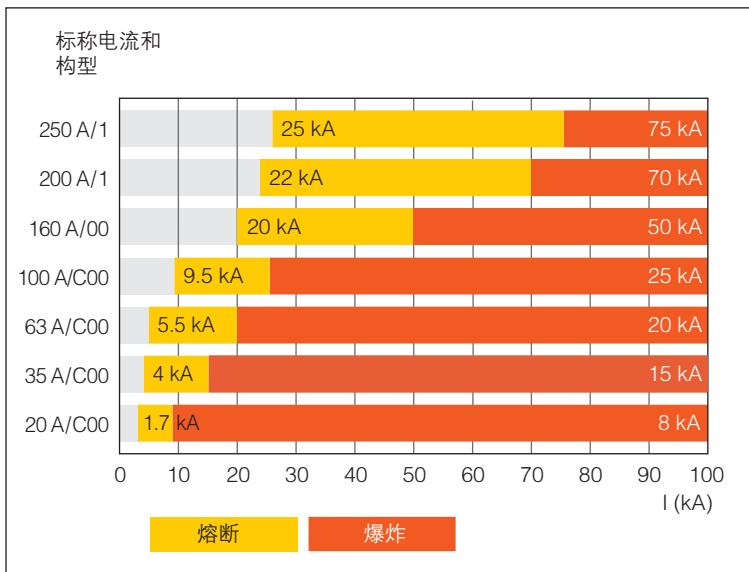


图8.1.7.7 10/350 μs冲击电流负荷下NH 熔丝的性能

从图8.1.7.8看到，在熔丝融化过程中，其上的电压降明显地高于1kV。如图8.1.7.9中的说明，熔丝的融化也导致该装置的电压保护水平也远远地高于电涌保护器的电压保护水平。

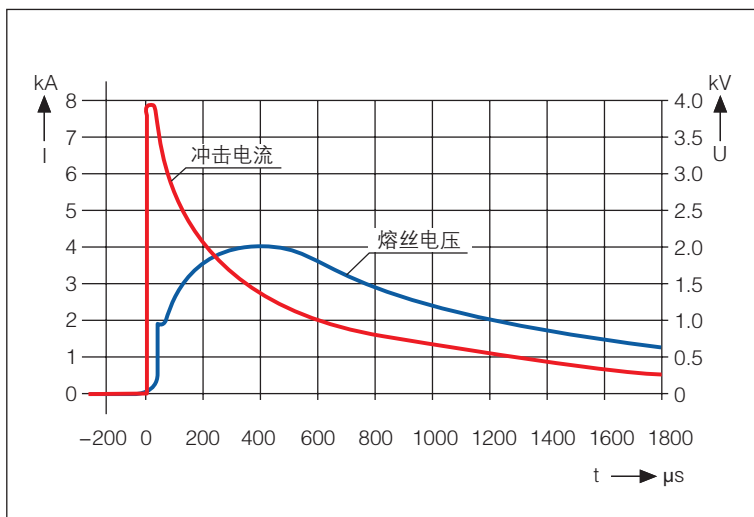


图8.1.7.8 雷电冲击电流负荷（10/350 μs）下，25 A NH熔丝熔化时的电流和电压

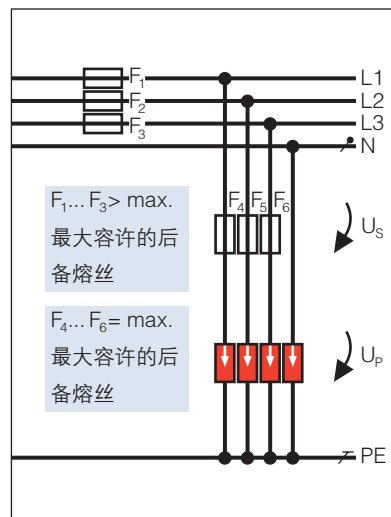


图8.1.7.9 单独的后备熔丝与电涌保护器的配合

熔丝状态3：爆炸

如果雷电冲击电流的能量远远高于熔丝的弧前积分值，则熔丝会发生爆炸性地电气化。这常常导致熔丝外壳爆裂。除机械后果之外，还必须注意的是，雷电冲击电流会以电弧形式继续流过已爆炸的熔丝；因此，雷电冲击电流既无法切断，也无法减小作用在电涌保护器上的冲击电流承载力。

保护装置的选择性

使用基于火花间隙的电涌保护器时，必须注意，要尽量将工频续流限制在一定范围内，避免过电流保护装置（如保险丝和/或保护雷器的后备熔丝）动作。电涌保护器的这种特性称为续流限制或续流抑制。只有通过利用如RADAX Flow灭弧技术，才能开发出即使在较高的短路电流下，也能够将较大的预期短路电流减小并熄灭的避雷器或复合型避雷器，并且不至使较低额定电流的上游熔丝动作。（图 8.1.7.10）

依据EN 60439-1系统有效性的要求，即便是在电涌保护器响应的情况下，可以通过上述设备的“续

流抑制”特性来实现。特别是对于点火电压很低的电涌保护器，设计时不但要有防雷保护等电位连接功能，而且还要具有浪涌防护的辅助装置，续流抑制能力对于电气装置的可用性显得更为重要（图 8.1.7.11）。

8.2 信息技术系统

电涌保护器的主要功能是保护下游终端设备。同时降低电缆被损坏的风险。

电涌保护器的选择主要根据以下的几个因素：

- ⇒ 安装位置所在的防雷分区
- ⇒ 预期雷电流能量大小
- ⇒ 保护装置的布线
- ⇒ 终端设备的抗干扰水平
- ⇒ 防止差模干扰和/或共模干扰
- ⇒ 系统自身要求，例如传输速率
- ⇒ 符合产品和用户的特定标准
- ⇒ 满足现场环境/安装条件

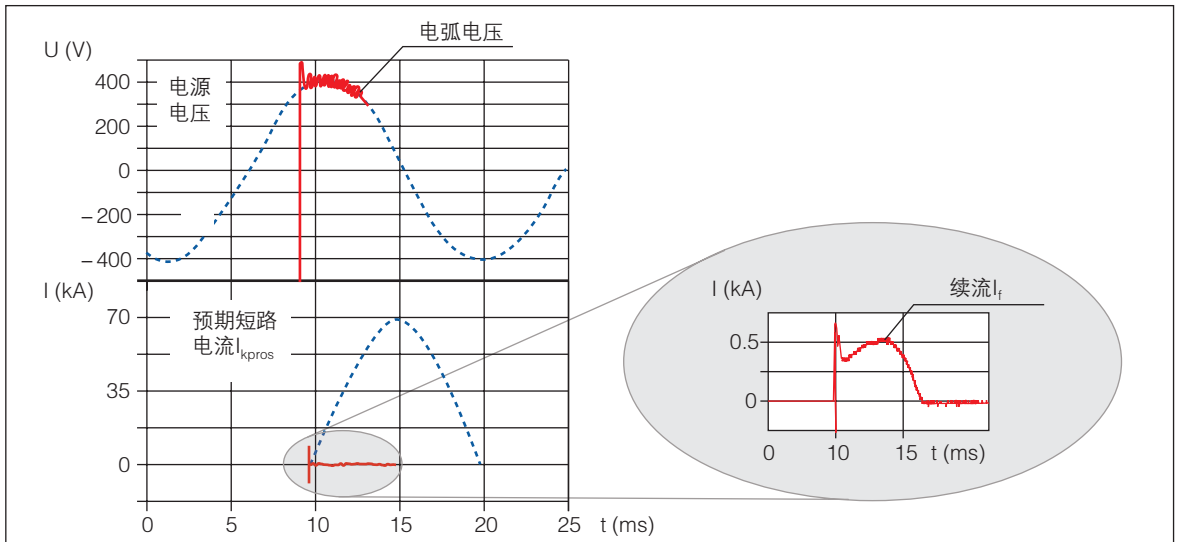


图8.1.7.10 RADAX Flow火花间隙专利技术的工作原理

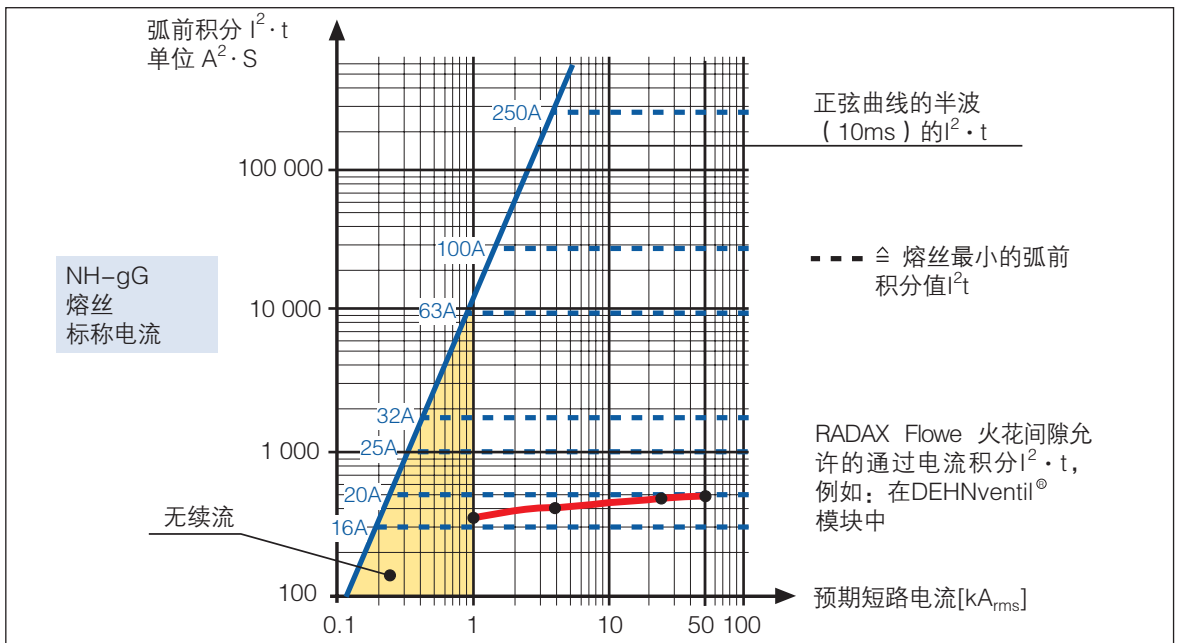


图8.1.7.11 不同额定电流下DEHNventil M与NH熔丝的开断选择性

用于天馈线保护的电涌保护器的类别，主要依据同轴电缆、平衡导线或馈管等馈线结构来区分，这取决于天馈线的物理设计。

对于同轴和馈管系统，外层导体通常可以直接连接到等电位系统。但接地方式要与其接地目的相符。

选择和安装防雷保护器的方法：

示例：BLITZDUCTOR CT

选择电源系统的防雷保护器时，（请参阅第8.1章），如：在230/400V系统中，系统中的电压和频率条件是一致的，而在信息系统中传输的信号类型不

一，包括如下参数：

- ⇒ 电压（例如0 – 10 V）
- ⇒ 电流（例如0 – 20 mA、4 – 20 mA）
- ⇒ 信号源（对称、不对称）
- ⇒ 频率（直流、低频、高频）
- ⇒ 信号类型（模拟、数字）。

上述每一种传输的有效信号的变量都可以包含所要传输的信息。

因此，在信息技术系统中使用的电涌保护器决不能影响信号的正常传输。为信息技术系统选择电涌保护器时，必须注意几个重要的因素。这些因素我们可以通过BLITZDUCTOR CT系列电涌保护器的性能和应用加以阐述。（图8.2.1 – 8.2.4和表8.2.1）

保护模块的类型说明

- C** 限制额外的横向电涌，BLITZDUCTOR CT输出端的去耦电阻，用于BLITZDUCTOR的保护二极管与保护设备的输入端的二极管（如：钳制二极管、光耦合二极管）之间的解耦。
- HF** 用于高频传输的保护（使用二极管矩阵来限制电涌的精密保护），限制纵向电涌和横向电涌。
- EX** 经ATEX和FISCO批准的用于本质安全电路的保护。（对地交流耐受电压为500 V a.c.）

技术数据：电压保护水平 U_p

电压保护水平这个参数描述电涌保护器在限制其两端的电压方面的性能特征。电压保护水平必须高于实际测量的最大限制电压。

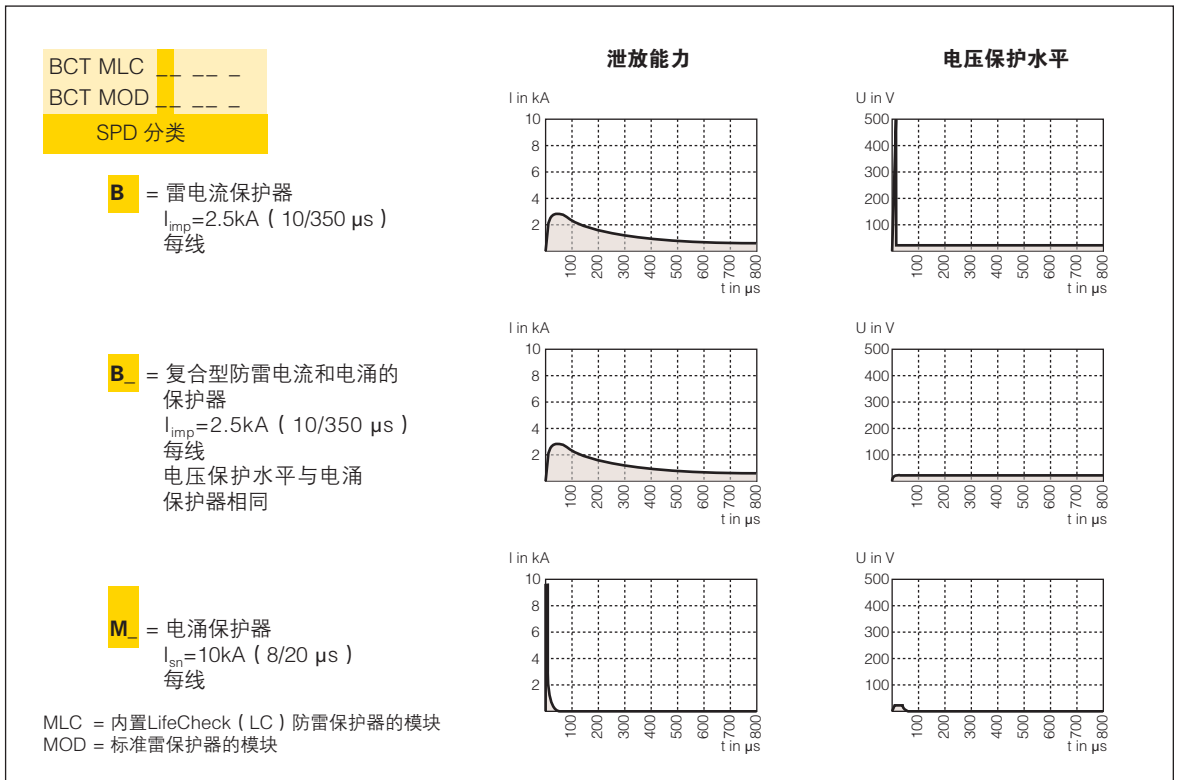


图8.2.1 信息系统SPD的分类

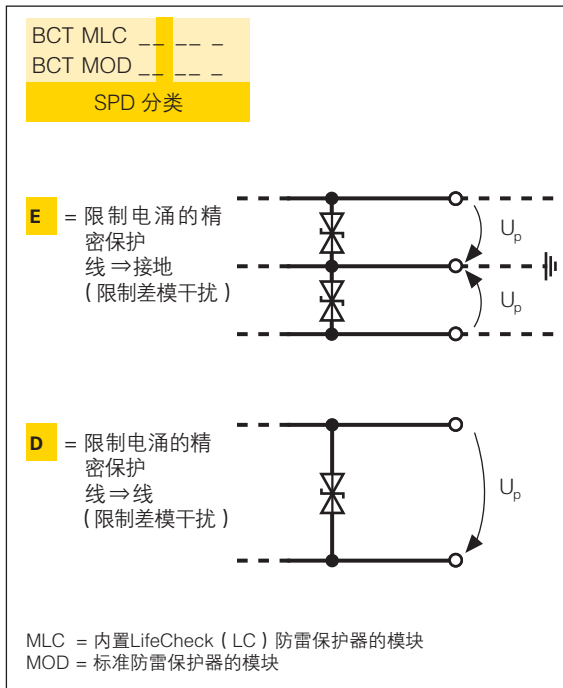


图8.2.2 限制特性

测量的限制电压是电涌保护器在特定波形和幅值的冲击电流或冲击电压的冲击下，在其两端测量到的最大电压。

施加 1 kV/μs 波形的试验电压来测量电涌保护器的限制电压

此项试验旨在确定气体放电管 (GDT) 的响应特性。这些保护元件具有“开关特性”。GDT的功能模式可以被描述为一个开关：当超过特定电压值时，电阻会从 > 10 GΩ (未点火状态) 切换到 < 0.1 Ω (点火状态)，并且使施加的过电压接近于短路。GDT点火电压取决于所施加的电压陡度 (du/dt)。

一般性规律：

陡度 du/dt 越大，气体放电管的点火电压越高。要比较不同的气体放电管，可以在气体放电管上施加陡度为 1kV/μs 的电压，以确定其动态响应电压。(图

8.2.5和图8.2.6)

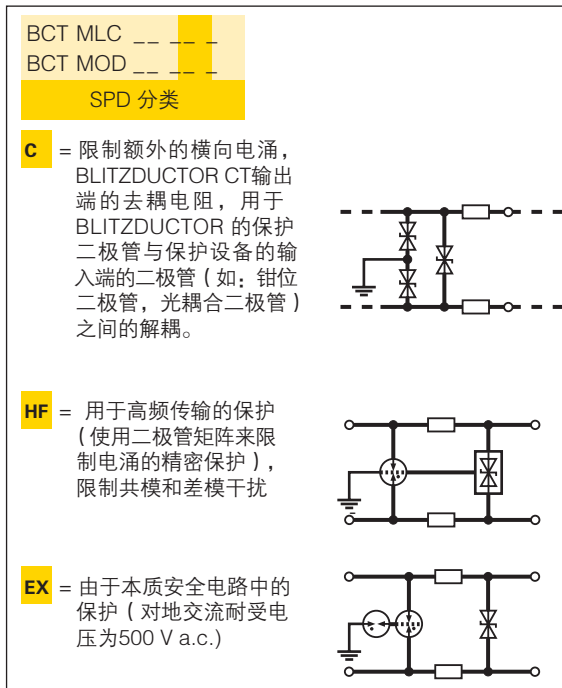


图8.2.3 特殊应用场合的说明

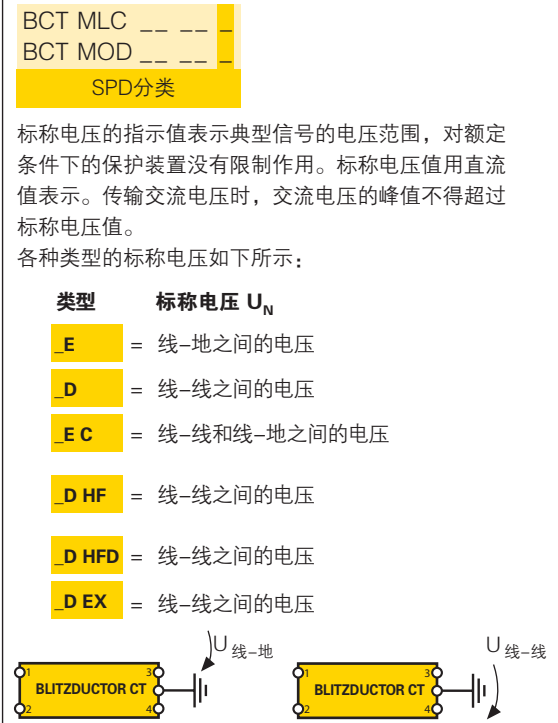


图8.2.4 标称电压

MLC B	110	MOD B	110
MLC BE	5	MOD ME	5
MLC BE	12	MOD ME	12
MLC BE	15	MOD ME	15
MLC BE	24	MOD ME	24
MLC BE	30	MOD ME	30
MLC BE	48	MOD ME	48
MLC BE	60	MOD ME	60
MLC BE	110	MOD ME	110
MLC BD	5	MOD MD	5
MLC BD	12	MOD MD	12
MLC BD	15	MOD MD	15
MLC BD	24	MOD MD	24
MLC BD	30	MOD MD	30
MLC BD	48	MOD MD	48
MLC BD	60	MOD MD	60
MLC BD	110	MOD MD	110
MLC BD	250	MOD MD	250
MLC BE C	5	MOD ME C	5
MLC BE C	12	MOD ME C	12
MLC BE C	24	MOD ME C	24
MLC BE C	30	MOD ME C	30
MLC BD HF	5	MOD MD HF	5
MLC BD HFD	5	MOD MD HFD	5
MLC BD HFD	24	MOD MD HFD	24
		MOD MD EX	24
		MOD MD EX	30
		MOD MD EX HFD	6

表 8.2.1 保护模块的类型

标称放电电流下的限制电压

执行此项测试旨在确定保护元件的限制特性。

(图8.2.7和8.2.8)

标称电流 I_L

BLITZDUCTOR CT的标称电流是指允许持续流过保护装置的工作电流。BLITZDUCTOR CT的标称电流值由以下方面确定：电流承载能力、在气体放电管和精细保护元件之间的去耦电阻上的插入损耗、以及续流抑制能力。该值用直流值表示。(图8.2.9)

对于不同类型的BLITZDUCTOR CT保护模块，其标称电流值可参考表 8.2.2:

截止频率 f_G

截止频率描述的是SPD频率特性。它是在特定测

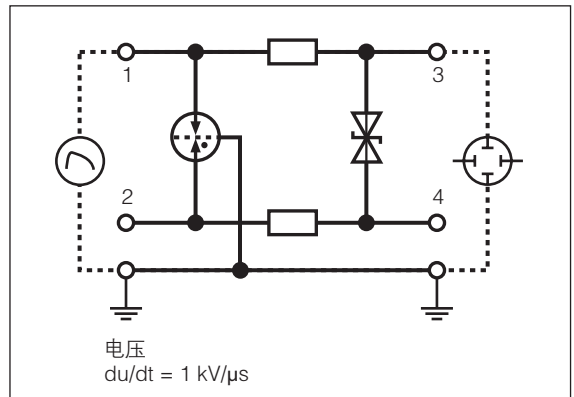


图 8.2.5 在电压陡度为 $du/dt = 1 \text{ kV}/\mu\text{s}$ 时，用于确定限制电压的试验

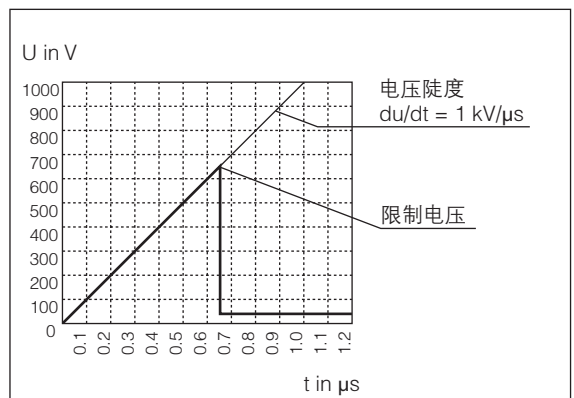


图8.2.6 $du/dt = 1 \text{ kV}/\mu\text{s}$ 时SPD的响应特性

B	1 A		
BE	1 A	ME	1 A
BD	1 A	MD	1 A
BE C	0.1 A	ME C	0.1 A
BD HF	0.1 A	MD HF	0.1 A
BD HFD	0.1 A	MD HFD	0.1 A
		MD EX	0.5 A
		MD EX HFD	4.8 A

表 8.2.2 保护模块BCT的标称电流

试条件下，造成3dB插入损耗 (a_E) 时的频率 (请参阅EN 61643-21)。

如果产品目录中没有特别指明，则该频率通常是适用于50欧姆的系统。(图8.2.10)

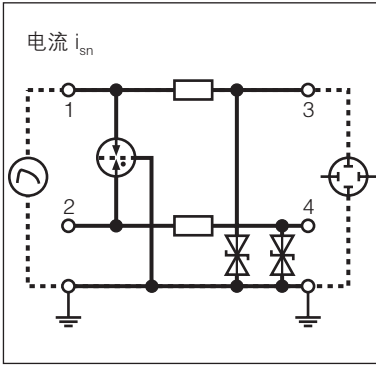


图8.2.7 确定在标称放电电流下限制电压的试验

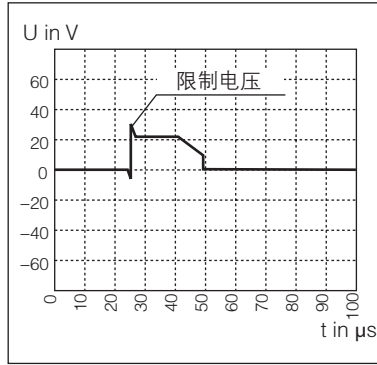


图8.2.8 标称放电电流下的限制电压试验

案例b：案例b类似于案例a，只是要保护的终端设备所在的建筑物没有外部防雷系统：此外不假设会产生雷电流或部分雷电流。仅当测量和控制电缆有可能受邻近建筑物的雷击影响时，才有必要安装能够承载雷电流的1级电涌保护器。如果可以排除这种情况，则可以使用2级电涌保护器，如BLITZDUCTOR CT系列的模块：**BCT MOD M...**（图8.2.12）。

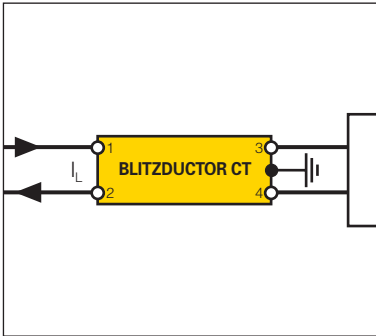


图8.2.9 BLITZDUCTOR CT的标称

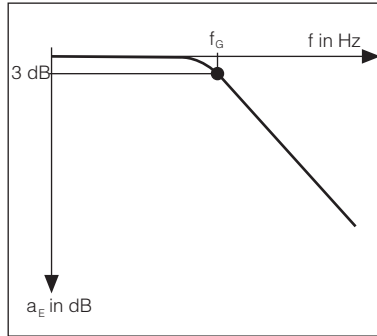


图8.2.10 BLITZDUCTOR CT的典型频率响应

案例c：在案例c中，数据和电信系统的电缆均未安装在建筑物的外部。建筑物配有外部防雷系统，且没有直接雷击电流耦合进入通信系统所在区域。因此，可在此处安装BLITZDUCTOR CT系列的电涌保护器：**BCT MOD M...**（图8.2.13）。

选择系数 (SF)

1. 需要多大的泄放能力？

BLITZDUCTOR CT的泄放能力由其需要实现的保护目的来决定。为了方便选择，列出了以下a至d的情况。

案例a：在此应用中，被保护的终端设备位于具有外部防雷系统的建筑物内，或是该建筑物的天面上具有雷击风险的金属物体（例如天线、空调风机）。从室外引入的测量、控制及通信电缆与室内的终端设备直接相连（图8.2.11）在建筑物装设有外部防雷系统的情况下，有必要安装1级雷电流保护器。BLITZDUCTOR CT产品系列的**模块 BCT MLC B...或 B...**可用于此类环境。

案例d：案例d和案例c的差异在于，在建筑物外部既没有安装外部防雷保护系统，也没有安装进出建筑物的数据和通信系统的电缆。因此，只需要安装防电涌保护器就足够了。与案例b和c一样，可安装BLITZDUCTOR CT产品系列的保护模块**BCT MOD M...**（图8.2.14）

2. 哪些干扰必须加以控制？

干扰一般分为**共模干扰**和**差模干扰**。**共模干扰**总是发生在**信号线和地之间**，而**差模干扰**仅发生在**两条信号线之间**。通信/信号系统中发生的大多数干扰属于共模干扰。因此，通常应该选择信号线和地之间的电涌保护器（**类型...E**）。某些装置的输入端（例如：隔离变压器），可以不做线-地之间的精细保护。只需要使用气体放电管来保护设备的共模干扰。

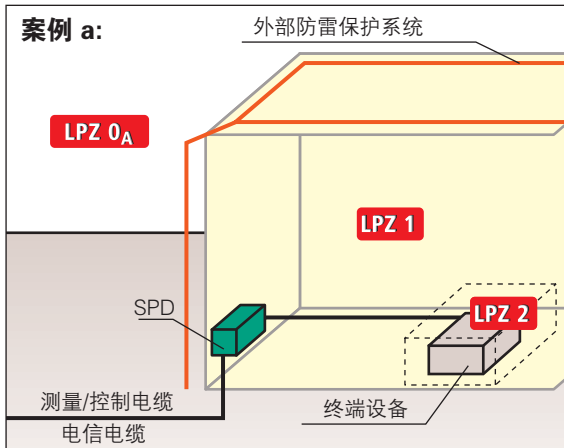


图8.2.11 建筑物具有外部防雷系统，有电缆进出建筑物

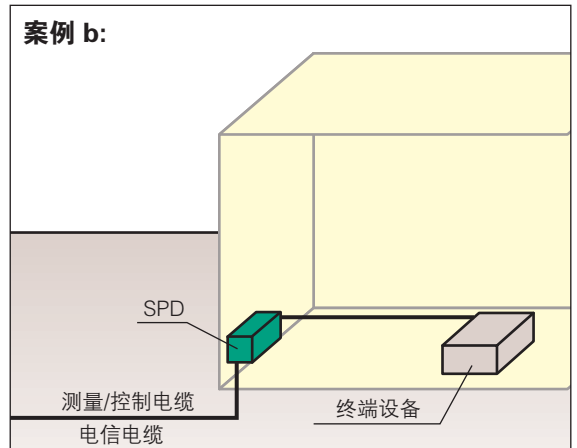


图8.2.12 建筑物无外部防雷系统，无电缆进出建筑物

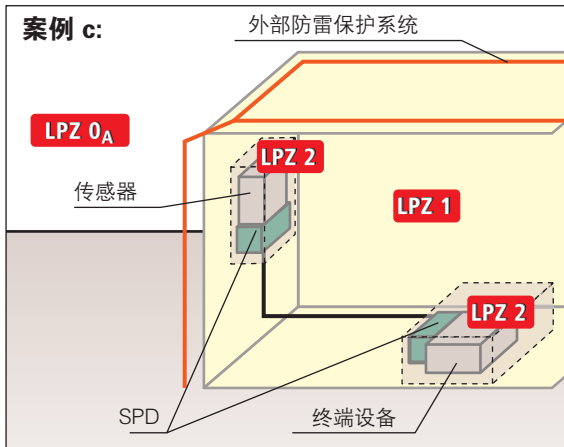


图8.2.13 建筑物具有外部防雷保护系统，电缆安装在建筑物内部

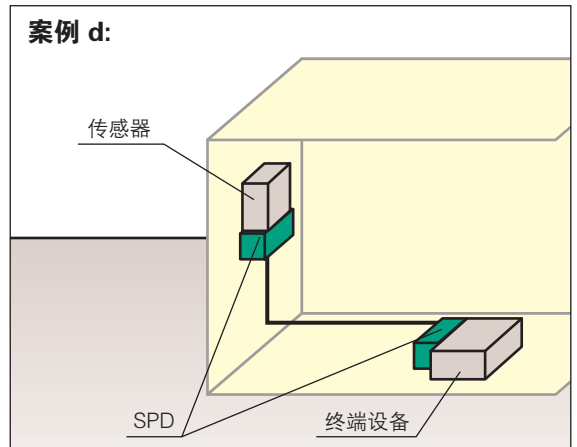


图8.2.14 建筑物无外部防雷保护系统，电缆安装在建筑物内部

由于气体放电管的时间响应特性不尽相同，也可能引起差模干扰。因此在这种情况下，信号线之间要做精细保护。（类型...D）。

3. 对于保护电路与被保护设备的输入端的匹配方面是否有特殊要求？

在某些情况下，需要对设备进行防共模和差模干扰的保护。此类电子设备的输入端通常配有自己的保护电路，或是具有光耦隔离装置。因此，需要采取额外措施将BLITZDUCTOR CT和被保护设备的输入电

路之间实现退耦功能。BLITZDUCTOR CT则是通过在精细保护元件和输出端之间增加额外的退耦元件实现。

4. 信号传输频率/数据传输速率多高？

与每一种传输系统一样，BLITZDUCTOR CT的保护电路具有低通特性。截止频率指明，从哪个传输频率开始，振幅将被衰减（3dB以上）。为了将通信/信号系统上的BLITZDUCTOR CT的反作用限制在允许的范围内，信号电路中的信号频率必须低于

BLITZDUCTOR CT的截止频率。截止频率是针对正弦信号给出的。不过，正弦信号在数据传输中并不常见。考虑到这一事实，选择的BLITZDUCTOR的截止频率应该高于信号的传输频率。当传输脉冲信号时，它的上升或下降沿必须在特定的时间间隔内，从上升沿转到下降沿，或者从下降沿转到上升沿。此时间间隔对于边沿的识别和“禁区”的通过，非常重要。因此，信号的带宽要远远高于基波的频率。这就是保护器的截止频率必须如此之高的原因。作为一项通用规则，截止频率必须不低于基波频率的五倍。

5. 被保护设备的工作电流是多大？

由于BLITZDUCTOR CT的保护电路中的元件的电气特性，该保护器可以通过的工作电流是有限的。对于实际应用而言，信号系统的工作电流必须小于或等于电涌保护器的标称电流。

6. 被保护装置中可能出现的最大工作电压值？

信号系统中的最大工作电压必须低于或等于BLITZDUCTOR CT最大持续工作电压，以确保电涌保护器在正常工作条件下不受到影响。

信号系统中的最大工作电压通常是传输系统的额定电压加上容差。当使用电流环路（例如0-20 mA）时，最大持续工作电压一般视为系统的开路电压。

7. 最大工作电压的参考点是什么？

不同的信号电路具有不同的信号参考点，信号源可以是对称的或非对称的。一方面，系统的工作电压可以用线/线电压标示，另一方面，又可以用线/地电压标示。这一点在选择电涌保护器时要考虑。在BLITZDUCTOR CT保护模块中，由于精细保护元件的电路不同，标示的标称电压也不同。这些情况如图8.2.4和表8.2.1中所示。

8. BLITZDUCTOR CT 内置的去耦元件是否会影响信号传输？

为了保护元件之间的能量配合，在BLITZDUCTOR CT 中内置了去耦阻抗。它们被直接安装在信号电路中，在不利情况下可能会产生干扰。尤其是对于电流环路（0 ... 20 mA、4 ... 20 mA），如果系统已经在最大负载情况下工作，接入BLITZDUCTOR CT，则可能会导致信号电流环路出现过载。在使用之前必须考虑这一点！

9. 需要哪一种保护水平？

原则上，电涌保护器的保护水平必须低于自动化/电信技术设备的抗扰水平。不过，这个抗干扰水平常常是未知的。因此有必要使用其它比较方法。在电磁兼容性（EMC）的测试中，电气和电子设备对线传导脉冲干扰必须具有特定的抗扰水平。试验要求和试验装置按IEC 61000-4-5：2005中的规定。对于在不同的电磁环境条件下使用的装置，针对其对脉冲干扰的抗扰能力，采用不同的严酷度等级。测试严酷度定为1~4级，其中1级的抗扰度要求最低（对被保护的设备），4级要求的抗扰度最高。

考虑到电涌保护器提供的保护效率，这意味着，与保护水平相关的“允许通过的能量”必须低于被保护设备的抗扰度。因此，“Yellow/Line”系列的产品根据与被保护系统的协调特性分为不同的类别。这些装置的抗扰试验，作为确定“Yellow/Line”SPD类别的基础（表7.8.2.1）。例如，如果按照1级严酷度对自动化控制设备进行测试，则电涌保护器的“允许通过的能量”将与这个设备的抗干扰水平相对应。在实践中，电涌保护器的输出有对应于测试严酷度1、2、3或4级的电压保护水平，能够通过4级严酷度测试的自动化控制装置就可以无干扰地工作。这使得用户很容易就能选出合适的保护器。

10. 应该配备单级还是两级保护?

取决于建筑物的结构和“防雷保护区概念”所规定的保护要求,可能有必要分开或是在设备的同一个位置安装雷电和电涌保护器。在第一种情况下,使用 BLITZDUCTOR CT 和保护模块 BCT MLC B作为防雷电流的保护装置,使用 BLITZDUCTOR CT 和保护模块 BCT MOD M... 作为防电涌的保护装置。如果在设备的同一个位置需要采取防雷电流和电涌的保护措施,则需要使用复合型雷电流电涌的保护装置 BLITZDUCTOR CT, Type B...

注:

下面的解决方案示例说明如何根据表8.2.3中描述的10项标准来选用BLITZDUCTOR CT系列的电涌保护器。每个单一选择步骤的结果在“中间结果”给出。

“最终结果”列,给出了中间结果对总结果的影响。

温度测量系统的电涌保护

过程控制技术中介质的温度测试在所有工业领域中都有应用,并且在各个领域应用的差异很大:如化学反应、食品加工以及建筑物的空调系统和控制系统。不过,它们也有相同的地方:测量传感器和显示器或数据处理设备间的距离很长。由于连接电缆很长,过电压可能会耦合进来(并不仅仅是由大气放电引起)。因此,应该按照如下步骤进行过电压保护,其中在温度的测量时采用了标准的电阻温度计Pt 100。而测量仪器所在的建筑物并没有外部防雷系统。

温度的测量是通过测量电阻来确定的。Pt 100电阻温度计在 0°C 时的电阻为 $100\ \Omega$ 。该值会随温度而改变,其变化幅度大约为 $0.4\ \Omega/\text{K}$ 。为了测量温度,施加一个恒定的独立电流源(测量电流),它在电阻

温度计上产生的电压降和温度成正比。为了防止电阻温度计由于测量电流而引起自身发热,测量电流被限制到 $1\ \text{mA}$ 。在这种情况下, 0°C 时Pt 100上的电压降为 $100\ \text{mV}$ 。这个现场测量值必须被传送到显示器或处理器(图8.2.15)。在Pt 100测量传感器到测量转换器的各种连接方式中,四线连接是其中的一种典型、最佳连接方式。通过这种接线,排除了导线电阻及其温度波动对测量结果的干扰。Pt 100电阻温度计由外部电源供电。导线电阻的变化可由电源电压的调节自动补偿。如果导线电阻不变,则测量得到的电压 U_m 也保持不变。这些测量电压,仅随温度引起的电阻变化而改变,并在测量转换器的高电阻转换装置处获得其测量值。因此,在此连接方式中没有必要使用线补偿。(表8.2.3)

注:

为便于统一装配,温度测量系统的电源线和测量线应配备相同类型的电涌保护器。实践已经证明,对用于电源和测量的每对线,都应配备一个电涌保护装置。(图8.2.3)。

对于Pt 100 – 测量转换器的 $230\ \text{V}$ 电源以及 $4\ \dots\ 20\ \text{mA}$ 电流环路,也是有必要进行电涌保护的,但为了清晰起见,在这里没有图示。

8.2.1 测量和控制系统

由于测量和控制系统中测量传感器和数据接收单元及数据处理单元之间距离很远,可能会产生电涌。而由此产生的相关干扰和整个调节控制单元的故障可严重地干扰系统的运行。由雷电引起的电涌所造成的损坏规模常常在几周之后才被确认,因为有越来越多的电子元件,由于不能够安全地工作而必须更换。对于使用现场总线系统的工厂业主来说,这种损坏可能会产生更严重的后果,因为位于电涌干扰区域的所有智能现场总线元件可能会同时失灵。

SF	应用	中间结果	最终结果
1	测量传感器位于生产车间的流程设备中，测量转换器安装在厂房的控制室。该厂房没有外部防雷系统。测量线在厂房内。此示例对应于 案例d (图8.2.14)。	BLITZDUCTOR CT BCT MOD M...	BLITZDUCTOR CT BCT MOD M...
2	Pt 100测量传感器、转换器的信号线和地之间存在电涌过电压威胁。这 需要抑制共模干扰的精细保护 。	BLITZDUCTOR CT BCT MOD ME	BLITZDUCTOR CT BCT MOD ME
3	保护电路与被保护设备 (Pt 100、Pt 100测量转换器) 的输入端电路匹配，无特别要求。	没有影响	BLITZDUCTOR CT BCT MOD ME
4	被保护的测量设备是由直流电源供电的。与温度相关的测量电压也是一个直流电压变量。 这样就不需要考虑信号的频率。	没有影响	BLITZDUCTOR CT BCT MOD ME
5	根据Pt 100的物理测量原理，电源的工作电流限制在1mA。由于测量端的高阻，测量信号的工作电流为几μA。	I_L 类型ME = 1 A $1 \text{ mA} < 1 \text{ A} \Rightarrow$ 可用 $\mu\text{A} < 1 \text{ A} \Rightarrow$ 可用	BLITZDUCTOR CT BCT MOD ME
6	此系统中的最大工作电压，根据以下因素决定： 根据IEC 60751 (德国：DIN IEC 751)，Pt 100测量电阻的最高温度设为850°C。相对应的电阻值为340Ω。因此考虑1mA的测试电流，得到的测量电压约为340 mV。	BLITZDUCTOR CT BCT MOD ... 5 V	BLITZDUCTOR CT BCT MOD ME 5
7	系统的工作电压是 线间 电压。	BCT MOD ME 5 V的标称电压为5 V直流。 线 \Rightarrow 地，这允许线 \Rightarrow 线10 V直流 \Rightarrow 不会干扰测量信号	BLITZDUCTOR CT BCT MOD ME 5
8	通过使用四线电路，用Pt 100测量温度彻底消除电缆电阻及与温度相关的波动对测量结果的干扰。这种方法对BLITZDUCTOR CT的去耦电阻引起的导线电阻升高也有效。	没有影响	BLITZDUCTOR CT BCT MOD ME 5
9	Pt 100 - 测量转换器对传导式干扰具有一定的抗扰能力，符合IEC 61000-4-5: 2005 (德国：DIN EN 61000-4-5) 规定的2级严酷度。与电涌保护器的电压保护水平相关的“允许通过的能量”不能超过IEC 61000-4-5: 2005的2级严酷度。	BLITZDUCTOR CT BCT MOD ME 5 TYPE 2 P1 “允许通过的能量”对应于1级严酷度 保护装置的“允许通过的能量”小于终端设备的抗扰能力 \Rightarrow TYPE 2 P1 可用	BLITZDUCTOR CT BCT MOD ME 5
10	电涌保护应该 一步到位 。	BLITZDUCTOR CT BCT MOD ME 5 \Rightarrow 电涌保护器	BLITZDUCTOR CT BCT MOD ME 5
		选择结果：	BLITZDUCTOR CT BCT MOD ME 5

表8.2.3 温度测量设备的电涌保护的选择程序

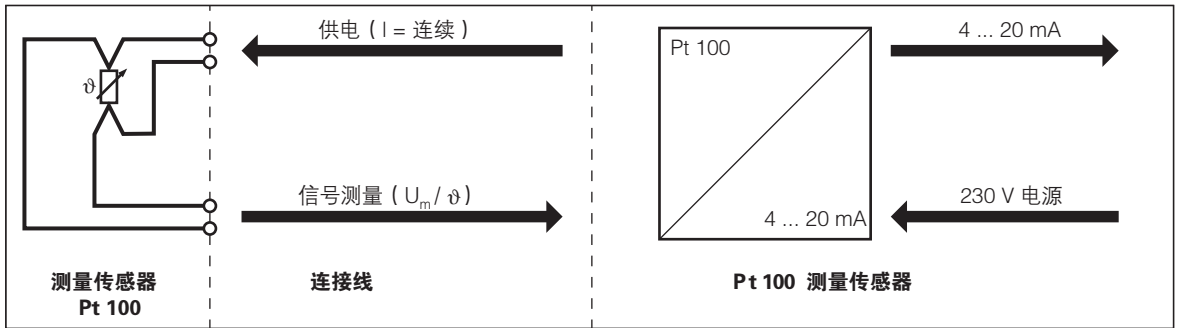


图8.2.15 温度测量方框图

补救的措施是根据接口类型选择、使用雷电和电涌保护器（SPD）。

适用于该系统的典型接口和保护装置可以在我们的产品目录或在 www.dehn.de 网站找到。

使用光耦合器进行电气隔离：

通常，过程控制设备传输信号时，在现场侧和控制侧使用光电元件隔离输入和输出之间几百伏到几十千伏的过电压，（图8.2.1.1）。它在功能上与传输器相似，可以用来抵挡少量的纵向电涌。不过，当雷击的影响超过发送器/接收器-冲击电压耐受能力（>10 kV），光耦合器是无法提供足够的保护来免受出现的横向和纵向电涌过电压。

许多设计师和工厂业主都误以为光耦合器可以实现雷击和电涌保护。在这一点上，现可明确强调，此装置仅可以限制输入和输出之间的纵向电涌。也就是说，光耦合器在传输系统中使用时，除了纵向电涌，还必须考虑能够充分地抑制横向电涌。此外，在SPD的输出端内置额外的去耦电阻，可以实现与光耦合二极管的能量协调。

因此，在这种情况下，必须安装具有抑制纵向和横向电涌的SPD，例如：使用 BLITZDUCTOR XT 系列产品中的 BXT ML BE C 24。

测量和控制系统电涌保护器的选择与应用，可以

“第9章”找到。

8.2.2 建筑设施管理技术

成本上升压力正迫使公有、私有建筑物的业主和运营商越来越积极地为建筑物设施的管理寻找节约成本的机会。建筑设施管理可以有效持续削减成本。建筑设施管理技术是一个综合性的手段，可以使建筑物中的相关设备持续可用、保持功能的运转，并根据不断变化的组织、部门要求进行调整。这有助于优化管理，从而增加物业的经济利润。

建筑设施自动化（BA）已经发展成测量和控制系统和中央控制系统。建筑设施自动化的任务是实现建筑设施整体功能的自动化。这包括，在管理层上，将房间自动化系统、M总线测量系统、供暖-通风-空调系统和报警系统，通过功能强大的计算机连成网络（图8.2.2.1）。在管理层中进行数据存储归档，通过长期存储的数据获得关于能量消耗的评估，并对建筑物内的设备做出合理调整。

在自动化层上进行设备的调控。越来越多的DDC站（Direct Digital Control，中译“直接数字控制”）投入使用，它们从软件方面完善了全面的控制和切换功能。自动化管理层中包括了所有操作模式、控制参数、标称值、切换次数，以及报警警戒值和相应的软件。

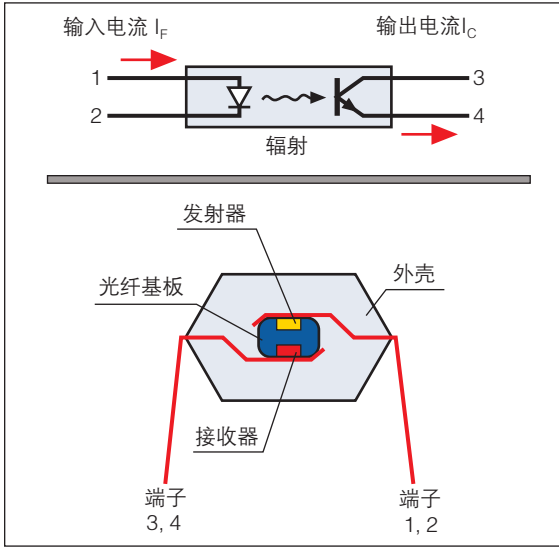


图8.2.1.1 光耦合器 - 原理图

在最下层，即现场层上，有现场设备，诸如执行器和传感器之类。它们位于电气控制和过程操作之间的接口处。执行装置将电气信号转换成其它物理量（引擎动力、阀门等）。传感器将物理值转换成电信号（温度传感器、限位开关等的读值）。

正是由于DDC站的分支网络不断的扩大，以及与此相关的建筑物中央控制系统的膨胀，为由雷电流和电涌引起的建筑物中央控制系统的膨胀，为由雷电流和电涌引起的干扰提供了巨大侵入面积。如果因雷电流和电涌导致整个照明、空调或供暖控制失效，不但会增加设备的原始成本，而且设备故障引起的后续结晶果更是无法预计。这样会显著增加资源成本，因为控制电子设备发生故障时负载峰值将无法被分析和优化。如果生产过程也被整合在BA中，则BA的损坏可能会导致停产，从而很可能造成巨大的经济损失。为确保设备长期可用性，必须根据所要控制的风险，采取必要的保护措施。

8.2.3 通用电缆系统（EDP网络、TC装置）

欧盟标准EN 50173 “Information technology – Generic cabling systems”（中译“信息技术 – 通用电缆系统”）定义了可以用在一个或多个建筑物的现场中的通用电缆系统。它们主要是对称的铜质电缆和光纤电缆（OF cable）系统。这种通用电缆系统支持多种服务，包括语音、数据、文本以及图像传输。

它提供以下项目：

- ⇒ 为用户提供独立的通用电缆系统和电缆元件的开放市场（主动和被动）；
- ⇒ 为用户提供灵活的电缆网络拓扑结构，能够以简单又经济的方式进行改动；
- ⇒ 在明确具体要求之前（即在建造或整改的初始设计阶段），为建筑物专业人士（例如建筑师）提供电缆安装指南为工业和标准化机构提供网络应用方面的电缆系统，建立当前产品支持和未来产品开发的基础。

通用电缆系统由以下功能元件组成：

- ⇒ 建筑群的分线器（CD），
- ⇒ 建筑群的主干电缆（第一级电缆），
- ⇒ 建筑物的分线器（BD），
- ⇒ 建筑物的主干电缆（第二级电缆），
- ⇒ 楼层的分线器（FD），
- ⇒ 水平电缆（第三级电缆），
- ⇒ 电缆转接器（可选），
- ⇒ 通信插座（TO）。

通过这些功能单元组可连接成电缆子系统。

通用电缆系统包含三个子系统：建筑群子系统、

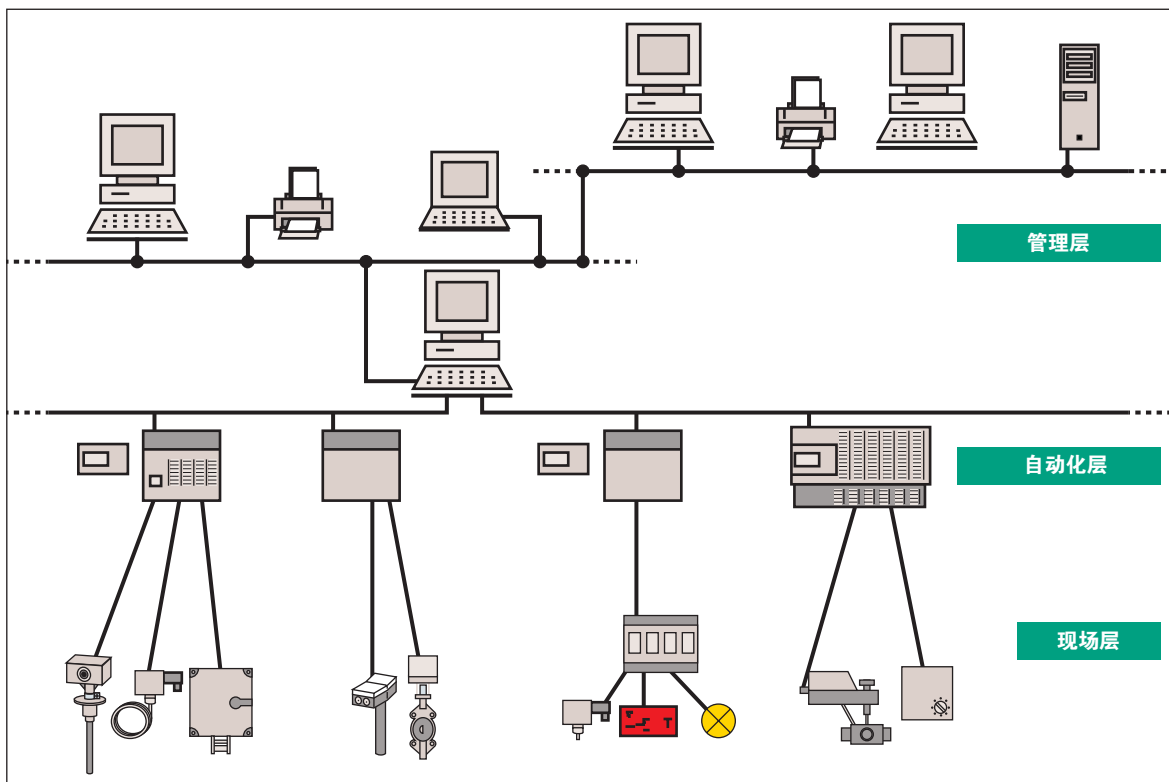


图8.2.2.1 建筑设施自动化的各个层面

建筑子系统和水平子系统。电缆子系统可分为多种连接结构，如图8.2.3.1所示。利用分线器，可实现不同的网络拓扑结构，如：总线、星形、树形和环形结构。

建筑群子系统，从园区的分线器至建筑物的分线器，可至不同的建筑物。该子系统包括主干电缆、主干电缆的支点（在园区和建筑物的分线器处），以及在分线器处的交叉连接器。

建筑子系统从建筑的分线器至楼层分线器。该子系统包括次级电缆、次级电缆的机械支点（在建筑和楼层分线器处）以及建筑分配器处的交叉连接器。

水平子系统，从楼层分线器至通信插座。该子系统包含三级电缆、电缆在楼层分线器处的机械支点、

楼层处的交叉连接器和通信插座。

在园区和建筑物的分线器之间通常使用光纤作为数据连接。这意味着园区侧不需要电涌保护器（SPD）。不过，如果OF电缆带有金属防鼠咬装置，则必须将其整合安装到防雷保护系统内。在电源侧，供给光纤电缆分配器的电压是230V，可以使用电源系统的SPD。

现今，用于数据传输的第二级电缆几乎都是光缆。而用于语音传输（如：电话）的介质还是对称的铜质电缆。

对于第三级电缆系统，基本上都采用对称的铜质电缆。对于长约500米的第二级电缆（建筑物主干电缆）或100米的第三级电缆（水平电缆），在直接雷

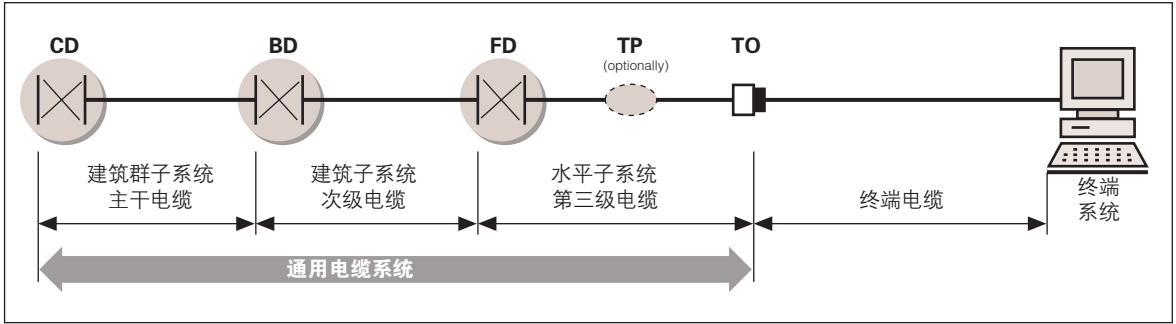


图8.2.3.1 通用电缆的连接结构

击时 (图8.2.3.2) 可感应很高的纵向电涌, 当该电涌超出路由器或PC中的ISDN卡的绝缘能力时可造成过载损坏。在这种情况下, 对建筑物/楼层的分线器 (集线器、交换机、路由器) 和终端设备, 都必须采取电涌保护措施。

目前的水平电缆 (FD到TO) 基本上都使用平衡式铜缆。

此处要求的电涌保护器必须根据网络实际应用进行选择。常见的网络有:

- ⇒ 令牌环,
- ⇒ 以太网 10 Base T,
- ⇒ 快速以太网 100 Base TX,
- ⇒ 千兆以太网 1000 Base TX。

有关如何选择适当的电涌保护器及如何确立正确的保护概念的信息, 可参照第9.11章的“以太网的电涌保护”。

8.2.4 本安电路

在所有工业场所处理或运输易燃材料时会产生可燃气体、蒸汽、烟雾或粉尘, 当它们和空气混合达到一定比例后可形成危险的爆炸性气体。因此必须采取特殊措施防止发生爆炸。

根据产生爆炸性气体的几率和持续时间, 将危险设备划分在某个区域内 - 即所谓的危险区域。

危险区域:

由气体、蒸汽或烟雾而形成的危险的爆炸性空气的区域分类为0到2类爆炸区域, 由粉尘造成的危险爆炸性空气的分类为20、21或22爆炸区域。

根据不同材料的爆炸危险性, 区分为I、IIA、IIB以及IIC四类爆炸危险品。分类准则是“最大实验安全间隙 (MESG)”和“最小点火电流 (MIC)”。各种气体和蒸汽的MESG和MIC由规定的试验装置确定。IIC类爆炸危险品含有最具爆炸性的材料, 如氢和乙炔。遇热后, 这些材料具有不同的燃点, 因而被分在不同的温度组别中 (T1 ... T6)。

为了避免电气设备成为爆炸性气体的点火源, 必须按照不同的保护类型来完成对它们的保护目的。目前, 世界上 (尤其是在测量和控制系统中) 广泛使用“本质安全”Ex (i) 这种保护类型。

防爆类型 - 本质安全型:

本质安全是基于电路中的电流和电压的限制原理。在本安电路里面, 将可能导致爆炸性气体引燃的电路或电路的一部分的能量限制在一个很低的水平, 使电气元件的火花或表面发热情况都不足以点燃周围的爆炸性气体。除电气设备的电压和电流之外, 整个

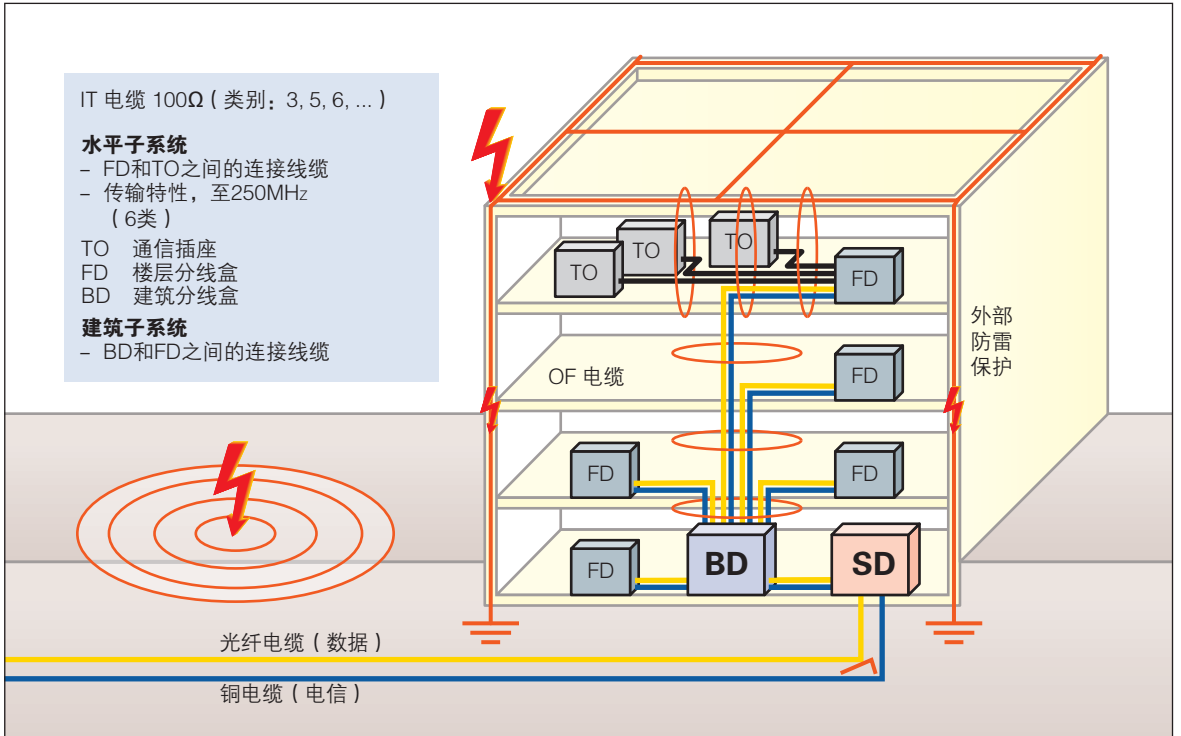


图8.2.3.2 雷电对IT电缆系统的影响

电路中储能电感和储能电容最大值也必须限制在安全范围内。

例如，为了测量控制系统能够安全工作，电路的断开与闭合（例如：本质安全电路中触点的接通或断开）以及发生故障（例如：短路或接地故障）都不可引起火花。而且，无论是在正常工作，还是发生故障时，必须排除本质安全电路中的设备和电缆过热而引起的引燃风险。

基本上，本质安全电路作为一种保护电路，其功率水平保持很低。它们可以是测量控制系统和数据系统的电路，通过限制电路中可产生的能量来确保安全。与其他的保护类型相比，本质安全涉及的不是单一的设备，而是整个电路。与其它防爆类型相比具有很多明显的优点：

首先，现场使用的电气设备不需要具备昂贵的特

殊构造（例如，隔爆封闭仓或嵌入模铸树脂中），从而得到更经济实惠的解决方案。

其次，是在爆炸危险区域中，本质安全是唯一的保护类型，在不影响其它的防爆保护的情况下，用户可自由使用可带电工作的本质安全装置。

最后，即便在危险区域中，未被认证的传统设备也可以使用。这样，这种保护类型也是最简单的装置类型之一。

本质安全非常重要，尤其是在测量控制系统中，这并不只是因为电子自动化系统使用量日增。而且相比其它防爆类型，本质安全对设备的设计师和建造师提出了更高要求。

电路的本质安全不仅要求个别设备必须符合设计原则，而且要求在本质安全电路中正确连接及安装所有设备。

危险区域中的瞬态电涌：

作为防爆类型的本质安全，考虑了系统中的所有储能元件，但未考虑来自外部的能量，例如：由于大气放电耦合进入系统的电涌。

各种工业设备耦合的电涌，主要是由邻近和远处雷击引起的。在发生直接雷击的情况下，在接地装置上将会产生10千伏至100千伏的电压降。该电压降作为电势差作用于远处与接地系统相连的所有电气设备上。当电势差大于设备的绝缘电阻时，很容易发生反击击穿。而在远处雷击的情况下，导线会产生耦合电涌，并以横向电涌（线间电势差）方式破坏电子设备的输入端。

电气设备的防爆类型 ia 或 ib

防爆类型中的本质安全型的一个重要方面，是对电压和电流限制（即便发生特定的故障）的可靠性问题。人们按可靠性划为两个等级。

ib等级，规定在本质安全电路中发生一个故障时必须保持本质安全。

ia等级，要求在发生两个独立故障时必须保持本质安全。

BLITZDUCTOR CT 或 DEHNconnect DCO 属于 ia最高级别。所以，BLITZDUCTOR可以和位于0级与20级防爆区的其它电气设备一起使用。必须特别注意的是0级和20级防爆区的特殊条件，每个特殊条件都必须加以阐述注意事项。

图8.2.4.1 展示SPD在测量控制系统的应用原理

电流 I_0 、电压 U_0 、电感 L_0 以及电容 C_0 的最大值

在危险区域和安全区域的边界处，使用安全栅或带有Ex (i) 输出电路的测量转换器来进行隔离这两个不同的分区。

安全栅或带有Ex (i) 输出电路的测量转换器的最大安全值，要与授权的测试中心给出的测试证明书的电气参数相符：

⇒ 最大输出电压 U_0

⇒ 最大输出电流 I_0

⇒ 最大外部电感 L_0

⇒ 最大外部电容 C_0

设计师/建造师必须对每个个别情况进行检查，以确定连接到或位于本质安全电路中的设备（即现场设备、导线和SPD）保持在最大的允许值范围之内。相应值必须取自有关设备铭牌或型式检验证书上的额定值。

爆炸性危险气体分类

爆炸性气体、蒸汽以及烟雾按照爆炸气体混合物所需要的引起火花能量进行分类。电气设备按照其所使用的气体进行分类。

“II组”适用于所有应用领域，例如：化学工业、煤炭业和食品加工。（地下采矿除外）

“IIC”的爆炸危险性最高，因为该组中混合物需要点燃能量最低。

BLITZDUCTOR通过了爆炸组IIC的认证，即它满足防止氢气的空气混合物爆炸的最高（即最敏感）要求。

防爆温度组别

爆炸性气体必须达到特定的最低温度才会由于设备表面的热效应而被引燃。引燃温度是材料特性参数，它表征气体、蒸汽或粉尘在表面上的热效应。因此，将气体和蒸汽分成特定的温度组别。T6温度组别规定，在工作或发生一个故障的情况下，元件的最高表面温度不得超过85°C，并且气体和蒸汽的引燃温度必须高于85°C。

BLITZDUCTOR CT 属于T6组别，也满足所规定中的最高要求。

按照KEMA颁发的验证证书，还必须考虑以下所述的电气参数。

SPD 的选择准则 – BLITZDUCTOR XT

以BLITZDUCTOR XT, BXT ML4 BD EX 24为例说明这些元件特定的选择准则（图 8.2.4.2 a 和 8.2.4.2b）。

该产品已经取得KEMA颁发的合格证书。

编号为：

II 2(1) G EEx ia IIC T4 ,T5, T6

此编号说明：

- II** 设备组 – 该SPD可以用在除采矿之外的所有领域。
- 2(1)G** 设备类别 – 该SPD可以安装在1区的爆炸性气体环境中，也可以安装在0区引出的导线中（用以保护0区的终端设备）
- EEx** 经测试中心认证，此电气设备完全符合有关的欧洲标准。
- EN 50014：总则
- EN 50020：本质安全 “i”
- BLITZDUCTOR CT设备已经成功通过型式检验。

ia 防爆类型 – 该SPD可以控制本安电路中任意两种组合的故障，仍保持本质安全。

IIC 防爆组 – 该SPD满足防爆组IIC的要求，可以在易燃气体（如氢气或乙炔）环境中使用。

T4 在-40 °C和+80 °C之间

T5 在-40 °C和+75 °C之间

T6 在-40 °C和+60 °C之间

其它重要的电气数据：

⇒ 最大外部电感（ L_0 ）和最大外部电容（ C_0 ）：

在BLITZDUCTOR XT中对器件做特殊选择，可使单一元件的内部电感和电容值小到可以忽略不计。

⇒ 最大输入电流（ I_i ）：通过连接端子的最大允许电流为500mA，但不得超过本质安全所规定的要求。

⇒ 最大输入电压（ U_i ）：可以施加到BLITZDUCTOR XT的最大电压为30 V，但不得超过本质安全所规定的要求。

绝缘强度

本质安全电路和电气设备的框架或其它可以接地

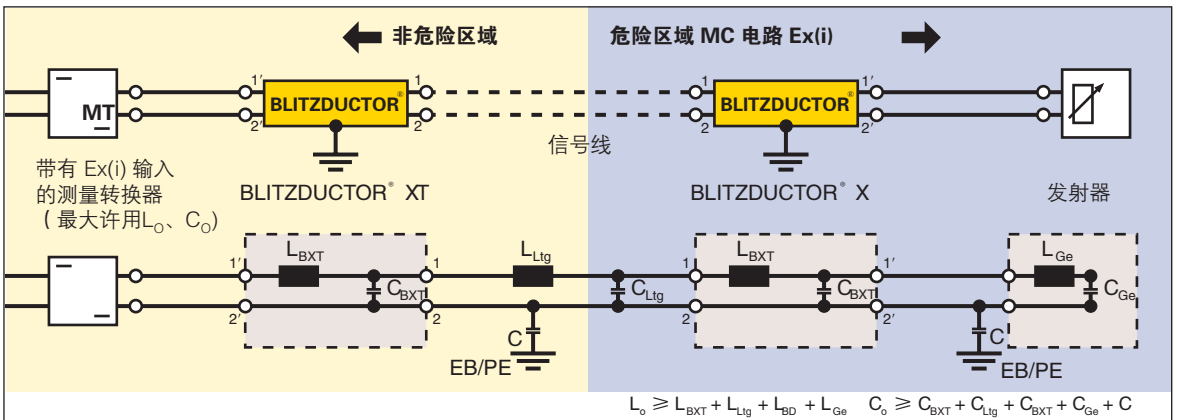


图8.2.4.1 计算 L_0 和 C_0

的部件之间的绝缘，应能够耐受2倍以上的交流测试电压的有效值或 500 V 电压（取最高值）。

绝缘强度 < 500 V a.c.的电气设备被视为是接地的。

本质安全型电气设备（例如：电缆、测量转换器、发射器）的绝缘强度通常 >500 V a.c.（图 8.2.4.3）。

出于安全原因需要，本质安全型的电路必须接地。而且出于功能上的需要，也要求它们接地。这种接地可以通过等电位系统单点连接来实现。如果SPD的对地的点火电压 < 500 V d.c.，则该SPD为本安电路提供了接地。

如果SPD的点火电压 > 500 V d.c.，则本质安全电路被视为未接地。BLITZDUCTOR XT、BXT ML4 BD EX 24符合此项要求。

为了使被保护设备（测量转换器或发射器）的电压强度与SPD的电压保护水平相配合，必须确保被保护设备的绝缘强度明显地大于试验电压 500 V a.c. 的要求。

为了避免接地连接中的干扰电流引起电压降影响电压保护水平，必须确保被保护设备和SPD之间持久的等电位连接。

图8.2.4.4代表了一种特殊的应用类型。如果被保护的终端设备的绝缘强度 <500 V a.c.，则会出现这种情况。在这种情况下，本质安全测量电路应不会浮动接地。

在危险区域中亦可使用未经认证的电涌保护器 BLITZDUCTOR XT, BXT ML4 BE, 在线与地/等电位连接之间，这些产品的保护水平明显地小于500V。这一点在这种特定应用中是必要的，因为转换器的绝缘强度 < 500 V a.c.。

这些示例以特殊方式说明了考虑本质安全性的条件和电磁兼容（EMC）/电涌保护的重要性，使它们在系统工程设计中保持彼此的协调一致。

接地/等电位连接

在危险区域中，必须要具备持久稳定的等电位连接和网状接地系统。

等电位连接的接地导线的横截面积为不应小于4 mm² 的铜线。

在Ex (i) 电路中安装 SPD BLITZDUCTOR CT

对于Ex (i) 电路，从防爆和电磁兼容性（EMC）角度标准都从不同的出发点给出了规定，有时这会给设计师和建设者造成混淆。



图8.2.4.2a 本质安全型 SPD

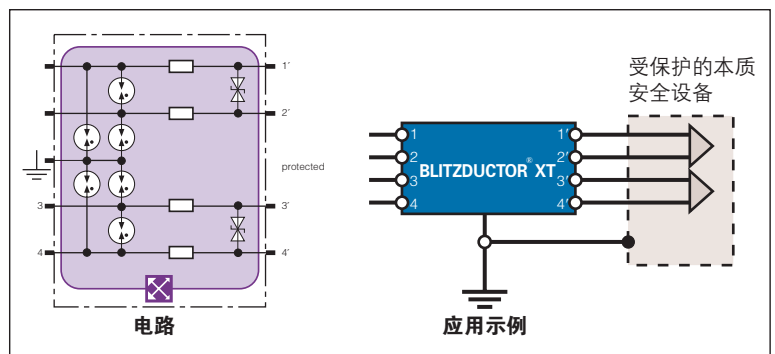


图8.2.4.2b BXT ML4 BD EX 24的原理图

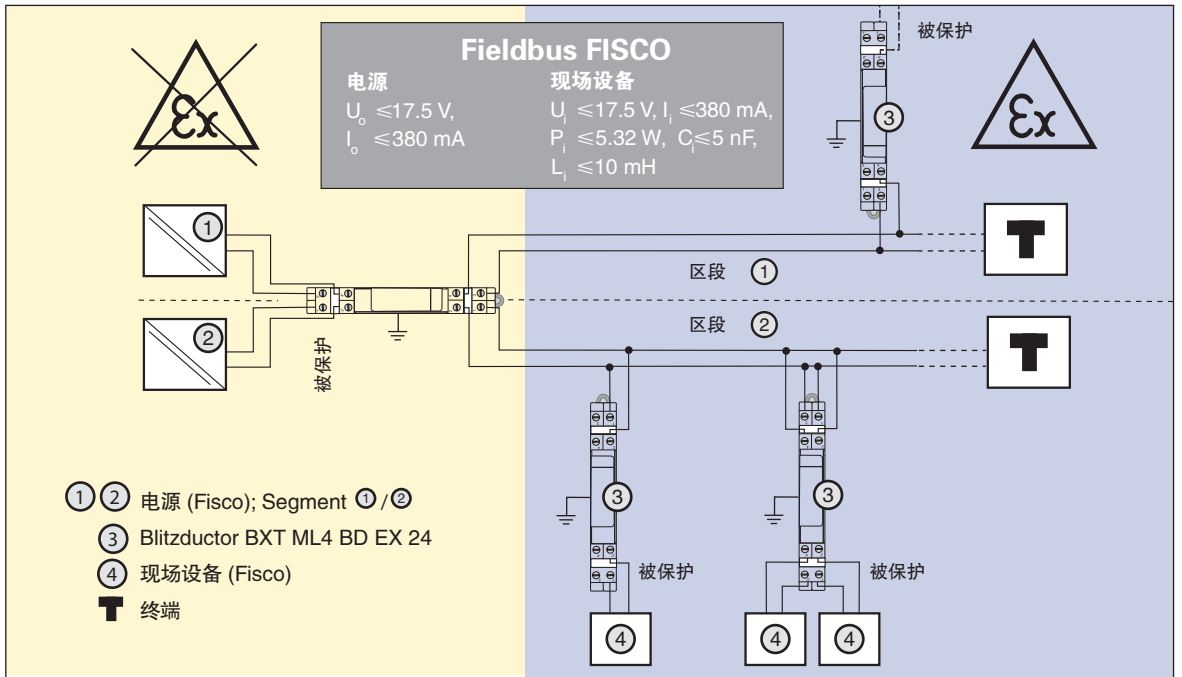


图8.2.4.3 易爆设备中的SPD – 绝缘电阻 > 500 V a.c.

第9.15章“电涌保护器在本质安全电路中应用”列出了选择本质安全型和EMC/电涌保护器的重要准则，以便清楚了解各个方面要求的交叉作用。

8.2.5 电涌保护器安装的特殊性

如果通过安装电涌保护器使干扰减小至低于被保护设备的耐受极限值以下，并高于被保护的设备的最大工作电压时，可以说SPD对被保护的设备提供了有效果保护。一般而言，电涌保护器的保护效果由制造商以电压保护水平 U_p 的形式给出（请参阅IEC 61643-21、EN 61643-21）。不过，SPD的有效性还与安装时的其它参数有关。在导通电期间，流过设备（例如，等电位连接中的L和R）的电流会导致产生电压降 $U_L + U_R$ ，再加上保护电压 U_p ，即得到在终端设备上的残压 U_r 。

$$U_r = U_p + U_L + U_R$$

在以下条件下可以实现最优的电涌保护：

⇒ SPD的最大工作电压 U_c 应稍高于系统的开路电压

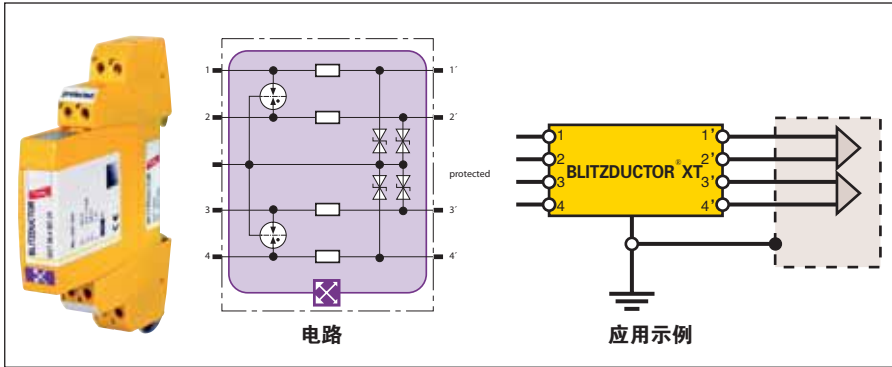


图8.2.4.4 应用 - 绝缘电阻 < 500 V a.c.

端设备。为了阻止干扰从等电位连接耦合进入被保护线，及保持较小的残压，此等电位连接必须单独安装（如果可能的话），或设计成具有极低的阻抗（例如：金属的安装板）。对I级保护等级的终端设备，这种形式的安装

- ⇒ SPD 的 U_p 应尽可能地低，使设备上的额外电压降尽量小
- ⇒ 等电位连接中的阻抗应尽可能地低
- ⇒ SPD 尽可能地靠近终端设备安装，这有利于降低残压。

在实际安装中证明也是可行的。

$$U_r = U_p + U_v$$

例3：错误的等电位连接

(图8.2.5.3)

例如，终端设备仅通过保护地线直接接地。与电涌保护器的低阻抗的电位连接不存在。从SPD至与终端设备的保护地线的并线处（例如，等电位连接排）这段电缆对残压有显著的影响。根据导线的长度，可能会产生高达几千伏的电压降与 U_p 叠加，并可能导致终端设备的损坏。

$$U_r = U_p + U_L + U_R$$

例4：错误的布线

(图8.2.5.4)

即便做了正确的等电位连接，错误的布线也可能影响保护效果，甚至会导致终端设备损坏。如果在SPD上游的未受保护的电缆与SPD下游受保护电缆没有保持严格的隔离和保护的话，通过电磁干扰，可能会导致受保护侧的电缆发生二次干扰脉冲耦合。

安装示例：

例1：正确的安装

(图8.2.5.1)

通过电涌保护器的接地，终端设备也被直接接地。这样SPD的电压保护水平也即是终端设备上的。这种安装形式对终端设备形成最佳的保护。

$$U_r = U_p$$

$U_L + U_R$ 对终端设备的保护没有影响

例2：最常见的安装

(图8.2.5.2)

终端设备通过电涌保护器的接地线接地。根据阻抗比例关系，部分冲击放电电流通过该连接线流入终



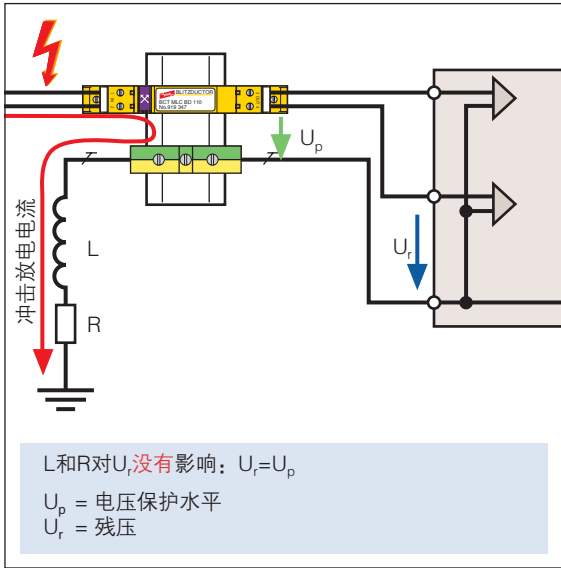


图8.2.5.1 正确的安装

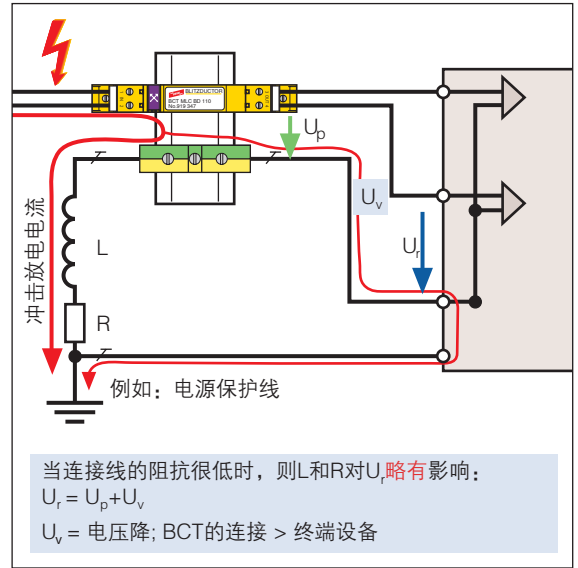


图8.2.5.2 常用的安装

屏蔽

电缆的屏蔽在7.3.1章中描述。

安装建议：

使用屏蔽电缆或金属电缆线槽可以减少导线与周围物体之间的相互干扰。对于屏蔽电缆，请注意以下

几项：

- ⇒ 单端屏蔽接地可以减少电场的辐射
- ⇒ 两端的屏蔽接地可以减少电磁场的辐射
- ⇒ 传统的屏蔽对低频磁场没有明显的保护效果。

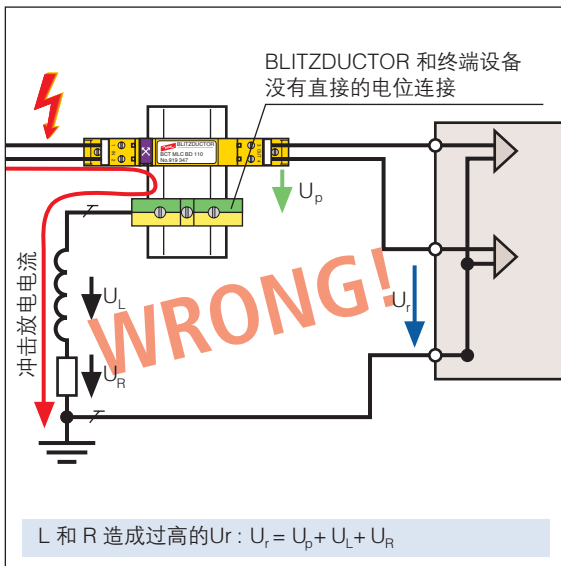


图8.2.5.3 错误的等电位连接

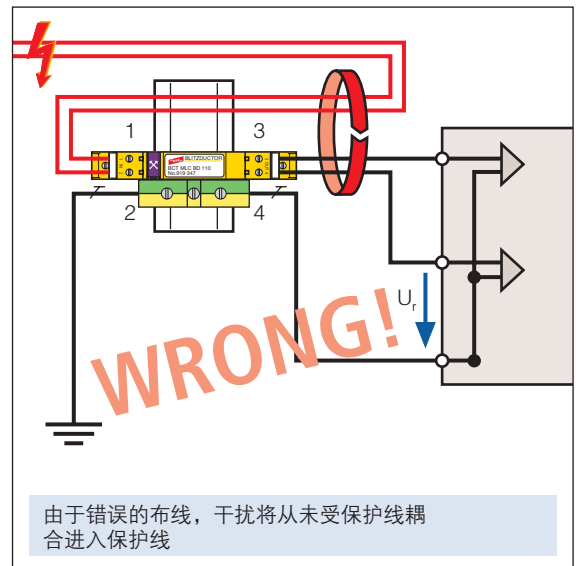


图8.2.5.4 错误的布线

安装类型	间隔距离		
	没有隔离层或非金属隔离层	铝制隔离层	钢制隔离层
未屏蔽的低压电源线和未屏蔽的信号线	200 mm	100 mm	50 mm
未屏蔽的低压电源线和屏蔽的信号线	50 mm	20 mm	5 mm
屏蔽的低压电源线和未屏蔽的信号线	30 mm	10 mm	2 mm
屏蔽的低压电源线和屏蔽的信号线	0 mm	0 mm	0 mm

表8.2.5.1 信号线和低压电源线的间隔距离（根据EN 50174-2）

建议：

条件允许的话，在IT设备中应有屏蔽措施，屏蔽装置应与四周其它接地装置保持良好的电气连接，并应具有很小的耦合电阻。屏蔽层应完整地包裹导线，电缆的屏蔽层高阻抗接地以及电缆“抽头”等状况都应该加以避免。

低压电力电缆对通信电缆的影响程度取决于多种

因素。推荐的与低压电力电缆的空间距离见EN 50174-2。对于长度小于35米的电缆，一般不需要隔离距离。对于其它情况，由表8.2.5.1给出适用的隔离距离。

建议将通信电缆安装到完全封闭的、电气连接的金属管中。金属电缆布线系统应该尽可能多点（至少在起始端和结束端）接地（图8.2.5.5）。

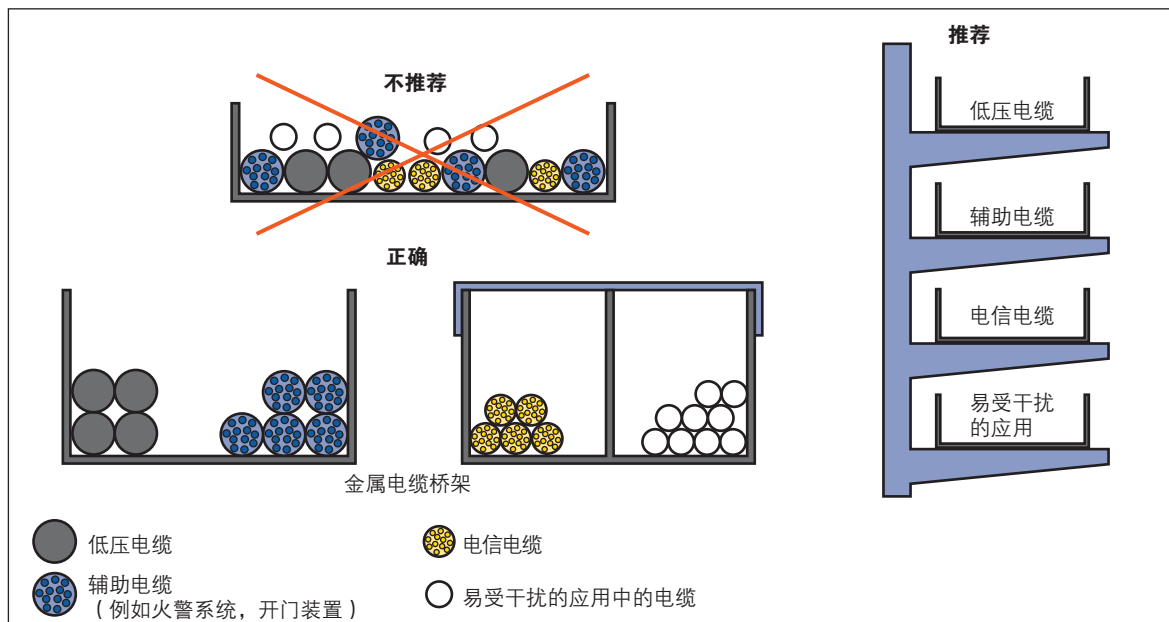


图8.2.5.5 电缆布线系统中的电缆隔离

9. 应用实例

9.1 变频器的电涌保护

变频器由整流器、中间直流环节、逆变器以及电子控制电路组成（图9.1.1）。

在逆变器的输入端，单相或三相交流电压转换为脉冲式直流电压，并进入中间直流环节，该处也充当储能器件（缓冲器）。

由于中间直流环节中含有电容和接地的LC网络滤波器，若在上游再连漏电保护装置（RCD）可能会出现。而在电涌保护器的应用中，往往经常错误诊断这种问题的原因。

这些问题实际上源于流过变频器感应的暂态故障电流。这个故障电流已经足以使敏感的漏电流保护器（RCD）动作。解决办法之一是使用耐冲击电流的漏电保护器，其动作电流为 $I_{\Delta n} = 30 \text{ mA}$ 、泄放能力为 $3 \text{ kA} (8/20 \mu\text{s})$ 。

通过电子控制电路，逆变器可以提供时钟脉冲触发的输出电压。在脉冲宽度调制中，电子控制的时钟频率越高，输出电压的正弦性越好。在每次时钟触发中，都会产生一个叠加在基频曲线上的峰值电压。此峰值电压值可高达1200V以上（具体取决于变频器。）

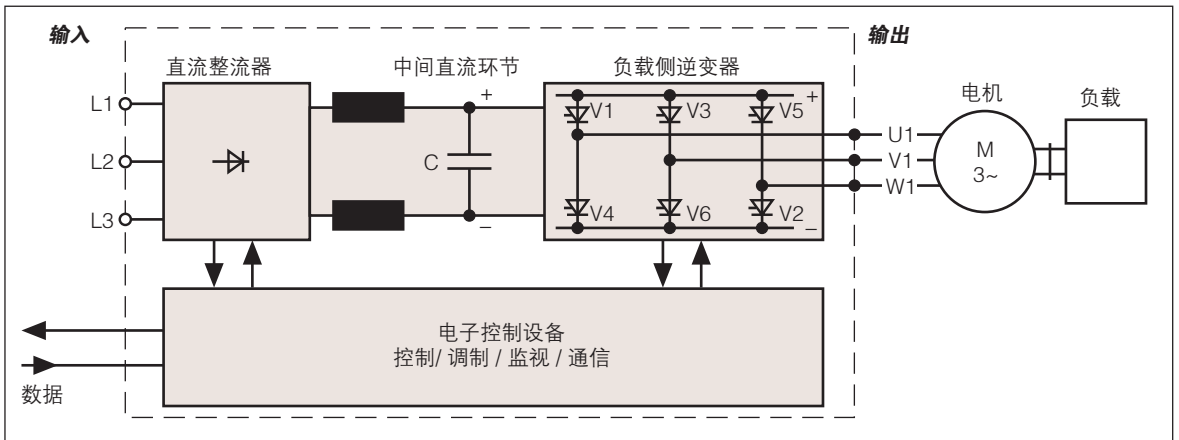


图9.1.1 变频器原理

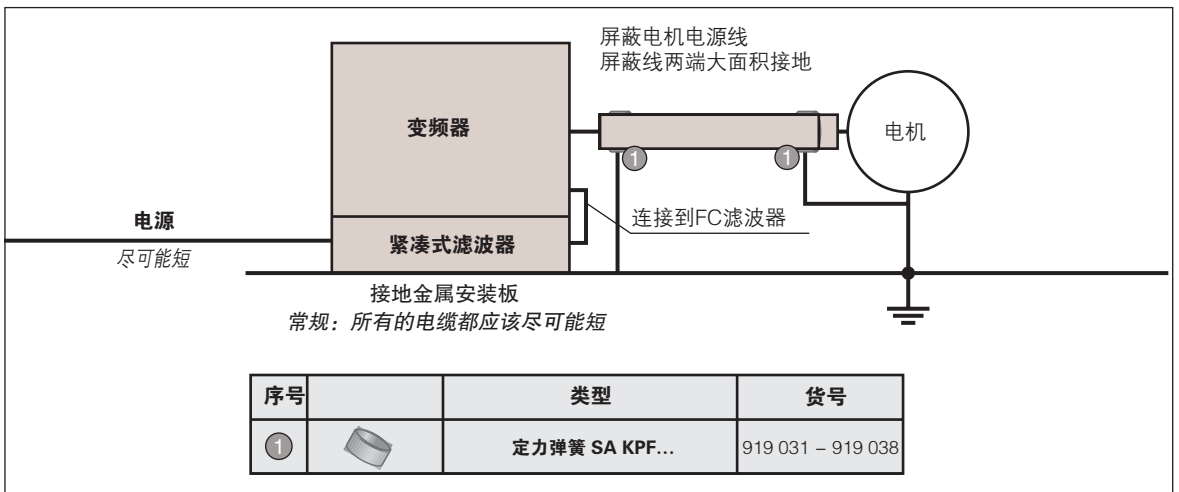


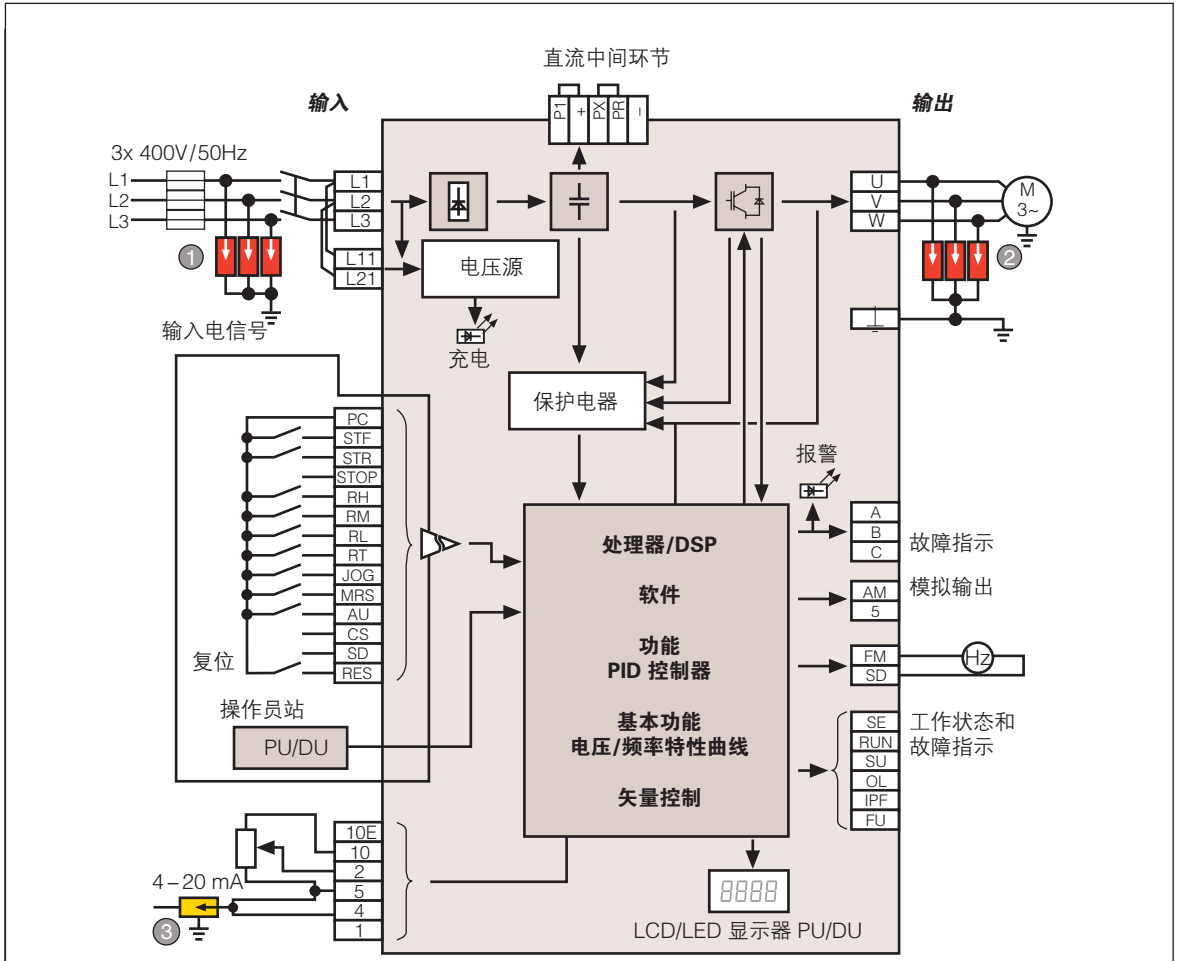
图9.1.2 电机电源线的屏蔽终端，符合电磁兼容（EMC）



输出处模拟的正弦曲线越好，电机的性能和控制响应也越好。不过，这也意味着电压峰值会更频繁地出现在变频器的输出端。

在选择防电涌保护器时，必须考虑最大持续工作电压 U_C 。它指定了电涌保护器允许接入的最大工作电压。

这意味着在变频器的输出端的电压幅值不应高于电涌保护器相应的最高 U_C 值。避免电涌保护器在“正常”工作状态及由与此相关的峰值电压作用下，因持续发热而“人为地”加快老化。电涌保护器发热会缩短使用寿命，并可能因此与被保护设备脱离。



序号.	产品图	产品类型	货号
①		DEHGuard S DG S 275	952 070
②		DEHGuard S DG S 600	952 076
③		BLITZDUCTOR XT BXT ML4 BE 24 + BXT BAS	920 324 + 920 320

图9.1.3 带有SPD的变频器的电路结构图



变频器输出端的电压是可变的，它比输入端的标称电压稍高。例如，在持续工作状态下通常约高+5%，以便补偿接线处的电压降。否则可以简单地说，变频器输入端的最大电压等于变频器输出端的最大电压。

变频器输出端高的时钟频率会产生磁场干扰，因此必须使用屏蔽电缆来防止其干扰邻近的系统。

为了屏蔽电机的电源线，必须确保屏蔽层两端接地，即在变频器和电机处。其中要保证屏蔽体的大面积接触，这是源于电磁兼容（EMC）的要求。这种情况使用定力弹簧更具优势（图9.1.2）。通过相互交织

的网状接地系统（即终端接地系统），连接了变频器和驱动电机的接地系统，减小了设备各部件之间的电势差，从而避免平衡电流通过屏蔽层。

如图9.1.3所示，在电源侧使用电涌保护器DEHNguard；在信号侧使用0-20mA的BLITZDUCTOR。电涌保护器必须根据接口类型专门配置。

变频器集成到建筑物智能控制系统中，为了避免系统故障，所有处理器和通信接口都要配备电涌保护器，这是非常必要的。

9.2 室外照明系统的雷击和电涌保护

室外照明可以安装在建筑物的外墙和露天场地。在上述情况下，都必须考虑室外照明是位于防雷分区LPZ 0_A还是防雷分区LPZ 0_B。在LPZ 0_A区中，室外照明可能遭受直接雷击、其脉冲电流接近整个雷电流，全部区域都受到雷击的威胁。在LPZ 0_B区中，有防护直接雷击的保护，不过，由于脉冲电流为部分甚至是整个雷击电流，全部区域也受到雷击的威胁。

防雷分区LPZ 0_A中的照明电灯杆，必须在地下做接地保护，并且通过接地线和建筑物的接地系统相连接。关于使用材料的尺寸及截面积，我们建议采用IEC 62305-3 (EN 62305-3) 中的“表7”的要求。

材料	外形	接地导线	说明
铜	电缆 圆线 扁线	50 mm ² 50 mm ² 50 mm ²	最小线径 1.7 mm Ø 8 mm 最小线径 2 mm
钢	电镀 50 µm 的圆线 电镀 70 µm 的扁线	Ø 10 mm 90 mm ²	- 最小线径 3 mm
不锈钢	圆线 扁线	Ø 10 mm 100 mm ²	- 最小线径 2 mm

表9.2.1 接地导线的最小尺寸，用于LPZ 0_A区中照明电灯杆的互连，和与建筑物的接地系统的连接

表9.2.1是其中的节录，很实用。使用的材料还必须根据可能的腐蚀情况进行选择。

减小由于直接接触或跨步电压而发生雷击风险的措施，根据具体情况而定。

例如，依据IEC 62305-3 (EN 62305-3)，减小接触电压的措施，应在照明灯电线杆周围3m范围内，要求至少要有5cm厚的沥青层或15cm厚的砂砾 (图9.2.1)。

同样，在IEC 62305-3 (EN 62305-3) 中，也提到减小跨步电压的措施，如电势控制。这里，在照明电灯杆周围，按照距离1.0 m、4.0 m、7.0 m以及10.0 m，相应安装四个深度为0.5 m、1.0 m、1.5 m以及2.0

m的环形接地体。这些环形接地体相互间的交角为90°彼此间通过连接导线连接，并与照明灯杆连接。(图9.2.2)。

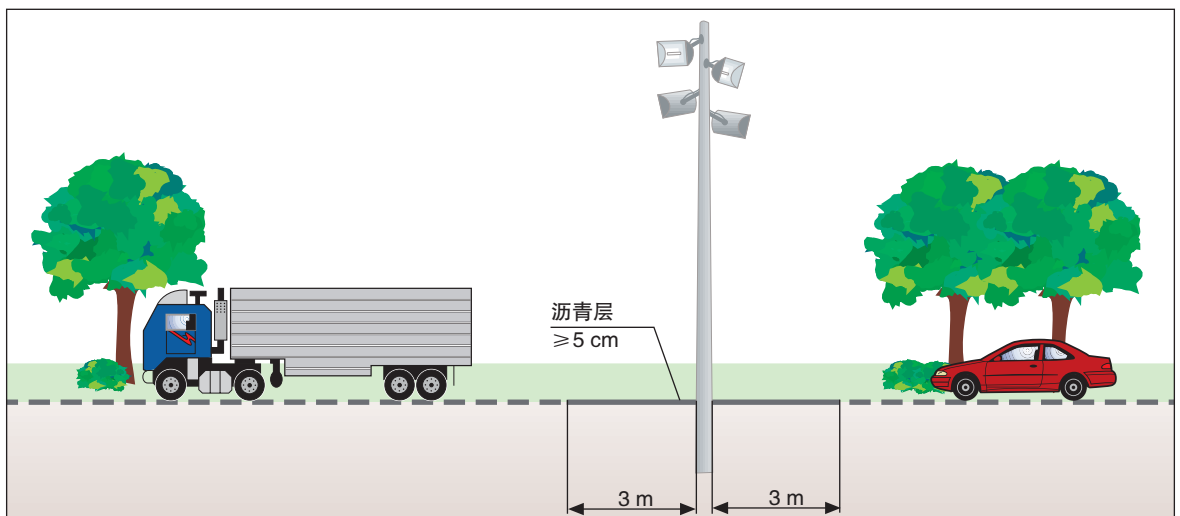


图9.2.1 绝缘照明电灯杆与周围的绝缘，以减少雷击时的接触电压

以下所述类型的电涌保护器适合安装在防雷分区LPZ 0_A – LPZ 1或LPZ 0_B – LPZ 1的边界上。

防雷分区LPZ 0_A中的所有室外照明，都应该使用1级雷电流保护器，安装在建筑物的入口处。为确定它的防雷分区范围，可使用滚球法：在所有室外照明可能的方向上“滚动”，如果接触到滚球，则该室外照明处于防雷分区LPZ 0_A区（图9.2.3和图9.2.4）。

在安装1级雷电流保护器之前，必须检查室外照明电路中是否在配电柜中已安装了能量协调的2级电涌保护器，如果没有，则建议在防雷分区边界安装复合型雷电流电涌保护器。

所有在防雷分区LPZ 0_B中的室外照明，都应在建筑入口处安装2级电涌保护器。为确定此防雷分区，使用滚球法沿室外照明系统所有可能的方向“滚动”，此时，滚球不允许接触到室外照明系统（图9.2.5和图9.2.6）。

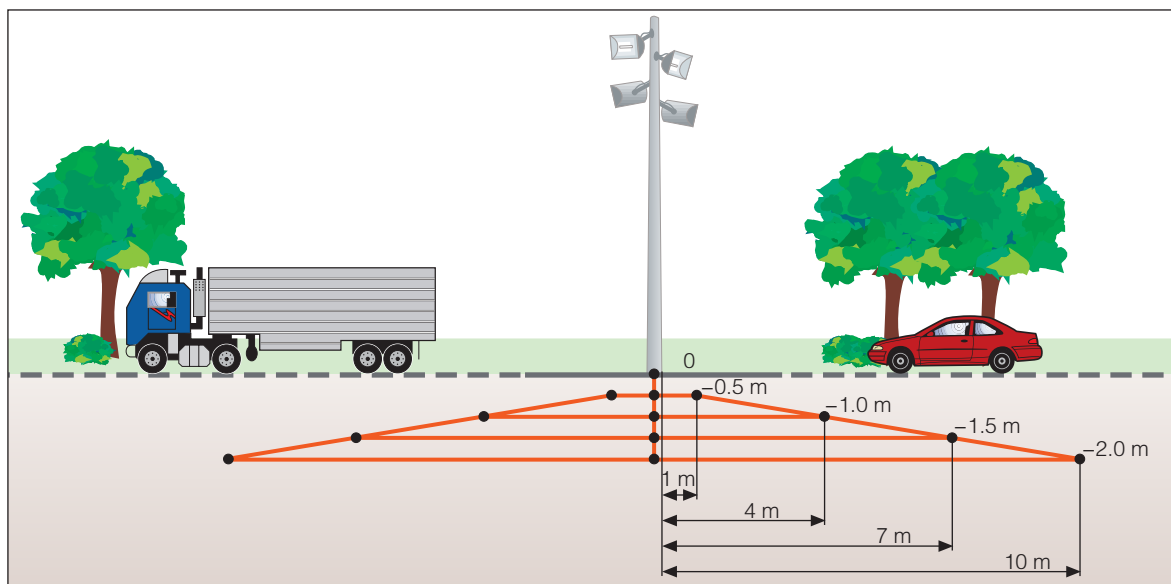


图9.2.2 用于照明电灯杆，减小雷击时出现的跨步电压的电势控制

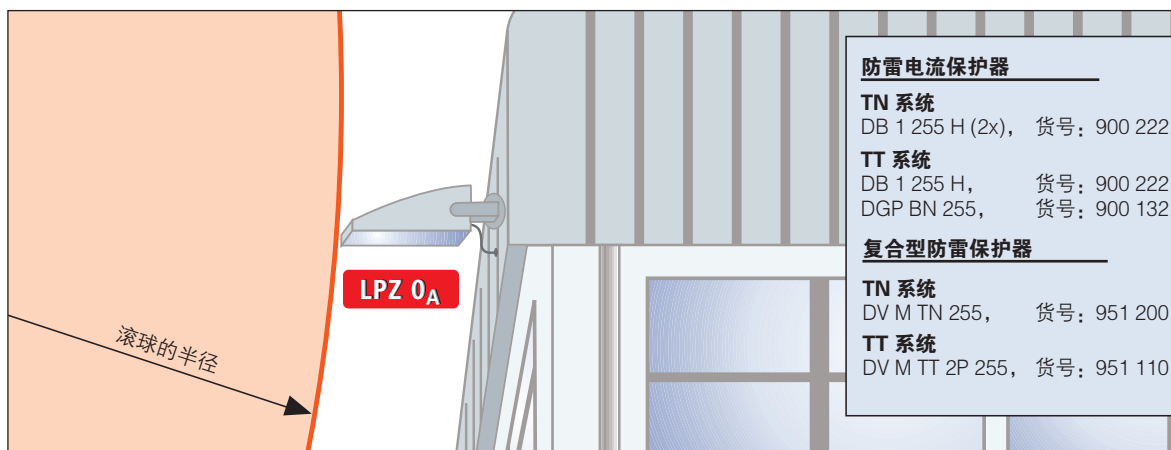
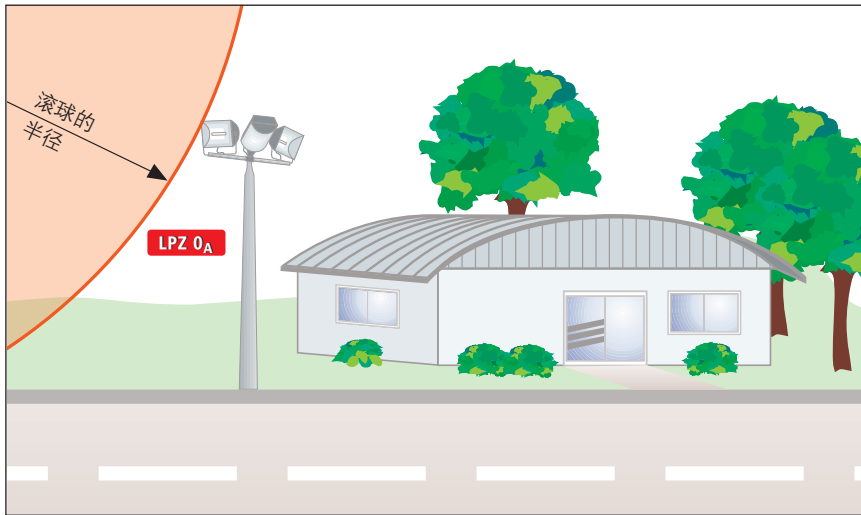


图9.2.3 在防雷区域LPZ 0_A区中，用于的室外照明的230V墙灯。



防雷电流保护器

TNC 系统

DB 3 255 H, 货号: 900 120

TNS 系统

DB 3 255 H, 货号: 900 120

DB 1 255 H, 货号: 900 222

TT 系统

DB 3 255 H, 货号: 900 120

DK 35, 货号: 900 699

DGP BN 255, 货号: 900 132

复合防雷保护器

TNC 系统

DV M TNC 255, 货号: 951 300

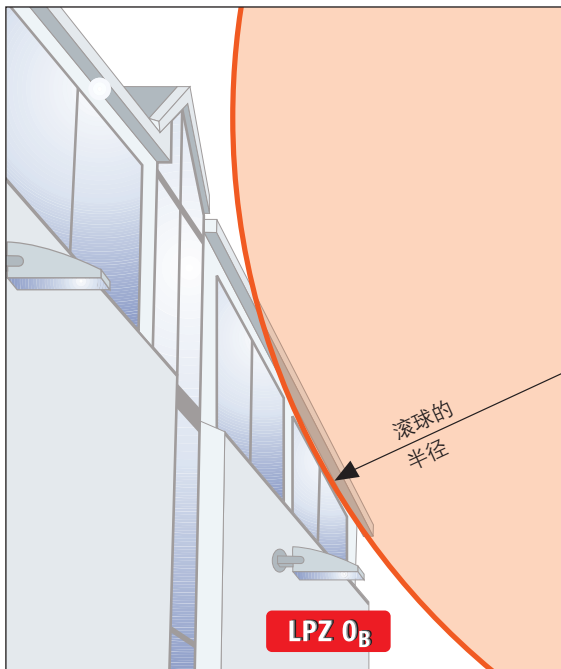
TNS 系统

DV M TNS 255, 货号: 951 400

TT 系统

DV M TT 255, 货号: 951 310

图9.2.4 在 LPZ 0_A 防雷分区中, 用于 3 × 230/400 V 的室外照明系统



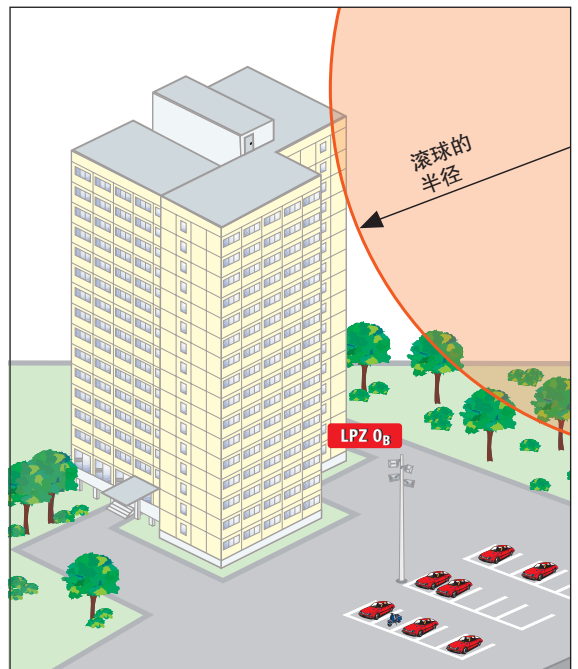
TN 系统

DG M TN 275, 货号: 952 200

TT 系统

DG M TT 2P 275, 货号: 952 110

图9.2.5 在 LPZ 0_B 防雷分区中, 用于 230V 墙灯的室外照明



TNC 系统

DG M TNC 275, 货号: 952 300

TNS 系统

DG M TNS 275, 货号: 952 400

TT 系统

DG M TT 275, 货号: 952 310

图9.2.6 在 LPZ 0_B 防雷分区中, 用于 3 × 230/400 V 的室外照明

9.3 沼气的雷击和电涌保护

在现代沼气厂中，厩液、畜粪、草、麦杆、生物废弃物、糖渣、酒渣、啤酒生产残渣、剩菜以及脂肪等生物可降解的有机原料都是在密闭的容器（发酵桶/发酵罐）中发酵。在这种没有氧气的环境中，细菌产生可发酵的、有机物构成的沼气。这种沼气用于产生热和电。

图9.3.1是典型的沼气的系统布局，它通常由浆槽（集水池）、卫生系统、一个或多个可加热的发酵桶、储料罐组成，可能还包括二次发酵桶、储气器以及气体调节器。谷物（举例）储藏在图9.3.1所示的储液器（储液罐）中。带有热交换器的气动马达和连接的发电机构成热电联产机组（CHP）。根据沼气的能量成分，CHP约以30%的效率产生电流，约以60%的效率产生热。热的一部分用于发酵桶，而剩余的部分用于（举例）给居民楼房和农用建筑物供暖。

防雷系统的必要性

在2003年1月之前，一直沿用的El exV “Verordnung über elektrische Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen”（电气设备在爆炸危险区域中使用的规定），该规定已被Betriebssicherheitsverordnung（BetrsichV，中译“德国工作场所健康与安全条例”）取代。其中，有关对雇主提供的工作设备的规定，以及对雇员使用工作设备的规定。（参照BetrsichV中的第一章第一款）。它还包括按照“设备安全法案”（德文：Gerätesicherheitsgesetz）第二章第2a条款规定的对需要监控设备的要求。根据“设备安全法案”，对有爆炸危险的设备需要进行监控。例如，由于沼气厂的储气器和气罐的周围存在爆炸性气体/空气混合物，沼气厂归入具有爆炸危险的设施。根据“德国工作场所健康与安全条件”（BetrsichV § 12），沼气厂必须按照最新技术水平建造、安装以及运转。因此防雷系

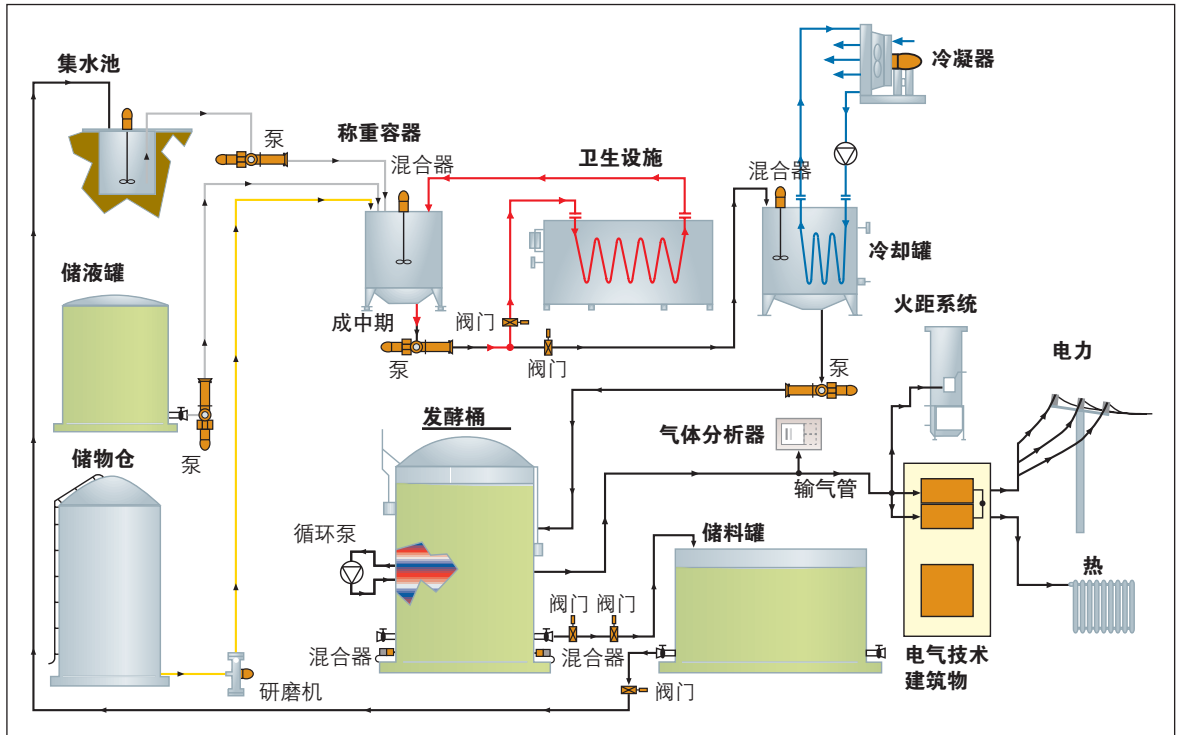


图9.3.1 沼气的系统布局

统也必须满足BetrSichV的要求。

在德国农用沼气厂安全条例BGR 104章节E 2中指出，在爆炸危险区域中，为避免出现点火源，必须采取“在危险的爆炸性大气环境中，避免点燃危险的措施”。

根据EN 1127-1的子条款5.3.1，存在十三种不同的点火源。在EN 1127-1的子条款5.3.8和德国安全条例BGR 104中，将雷电定义为点火源：“在爆炸危险环境中，雷击总是能够致燃。此外，雷电通道中的高温也有致燃的可能。从雷击点处流过大电流，这些电流可能会在雷击点任何方向上，甚至在远距离的地方，产生火花。即使没有直接雷击，雷电也可能在设备、仪器和元件中引起很高的感应电压。”

BetrSichV明确要求雇主全面确定和评估运营设施发生爆炸危险的风险因素。按照BetrSichV的§ 5，雇主必须在考虑到风险评估结果的情况下，将爆炸危险区域划分成几个分区。防爆分区的确定参照相关的关于防爆的文档。

在防雷标准IEC 62305-3“附录D”中给出了“具有爆炸危险建筑物的防雷保护系统的进一步信息”，它要求对此类系统采用II级防雷保护等级。

不过，在特殊情况下，需要根据IEC 62305-2检查是否需要采取额外的措施。通过IEC 62305-2中规定的计算方法，可以进行风险分析。对于此项风险分析（根据IEC 62305-2），可以使用软件DEHNsupport。由此可以确定直接或间接雷击给该区域的建筑物以及人员、设备造成损坏的风险。如果损坏风险高于容许风险，则有必要通过防雷措施，最大限度降低雷击引起损坏的风险，以便不超过容许风险。

在DIN EN 62305-3（VDE 0185-305-3）的附录2中给出了关于特殊建筑物的补充信息，并更确切地规定了沼气厂的防雷要求。这样，如果不能排除接

头和连接点处的火花被点燃的风险，则沼气厂的设备应由隔离的接闪系统和引下线系统来进行保护。

外部雷电保护

发酵桶是每个沼气厂的核心。市场上的各种发酵桶和发酵系统，其设计构造有所不同。要求防雷系统务必根据沼气厂的结构条件进行调整。一个相同的保护目标可以有不同的解决方案。正如前文所述，II级保护等级的防雷系统可以满足具有爆炸危险设备的一般要求，因此也满足沼气厂设备的一般要求。

防雷系统由外部防雷和内部防雷组成。外部防雷的功能是拦截所有的雷击，包括建筑物的侧面雷击，将雷电流从雷击点导入并分散到大地中，使被保护的建筑物设施不会由于热、机械或电效应而发生任何损坏。

带有薄膜穹顶的发酵桶

在沼气厂中常常使用带有薄膜穹顶的发酵桶，它可能遭到雷击损坏。雷击点处的熔化和飞溅效应会导致火灾和爆炸的风险。防雷措施的设计，必须确保没有直接雷击打到发酵桶的薄膜穹顶（图9.3.2）。

在农业沼气厂的安全条例中，爆炸危险分区2区确定为，在发酵桶薄膜穹顶周围的3米的区域内。在2分区中，爆炸性气体环境是极少出现，并且只是暂时的。这意味着，在2分区中，爆炸性环境只在极少数、无法预料的工作条件（在发生故障和进行维修/维护工作的情况下）下才可能预见发生。因此，根据IEC 62305-3，可以在2分区中放置接闪装置。

滚球半径法用于确定接闪装置的高度和数量。滚球的下垂度对于接闪系统的尺寸具有决定性作用，该尺寸可以根据IEC 62305-3来确定。具有爆炸危险设备对应于II级保护等级，其滚球半径为30米（图9.3.2）。

根据气体量，发酵桶的储气器中的内隔膜会更紧

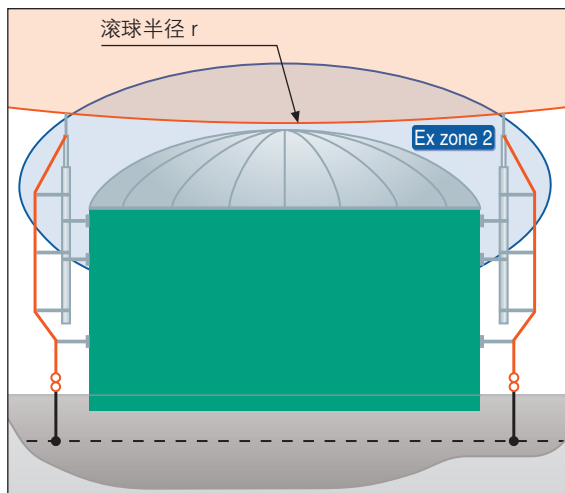


图9.3.2 使用PEHNiso-Combi 系统来保护带有薄膜穹顶发酵桶

DEHNiso-Combi 装置 (货号: 105 455)	
	单件装置, 总长 5700 mm 由以下组成:
	1x 铝制接闪针, L = 1000 mm (货号: 105 071)
	1x 支撑管, L = 4700 mm (货号: 105 301)
	3x 墙壁固定支架 StSt (V2A) (货号: 105 340)
	2x 距离保持器 GRP/Al, L = 1030 mm (货号: 106 331)

表 9.3.1 DEHNiso-combi 装置

或更松地压在发酵桶的金属内壁上。必须安装一个隔离的引下线系统, 以便避免从引下线到发酵桶的金属壁发生不受控制的闪络。通过由GRP (玻璃纤维增强塑料) 制成的距离保持器, 引下线被隔离引导, 确保发酵桶的导电部分实现与防雷系统的电气绝缘。距离保持器的长度是根据IEC 62305-3确定的隔离距离。

根据表9.3.1确定的“DEHNiso-Combi系列”用在如图9.3.2所示的应用中。

避免发酵桶的薄膜穹顶遭到直接雷击危害的另一种可行办法是使用钢制防雷伸缩杆 (图9.3.3)。这些桅杆安装在天然土壤或水泥基础中。根据客户定制的

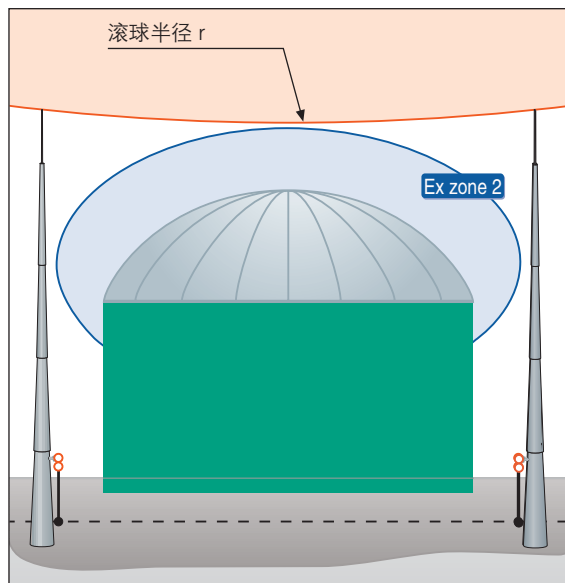


图9.3.3 使用钢制防雷伸缩杆, 保护带薄膜穹顶的发酵桶

桅杆, 其高度可以达到地面以上21米或更高的自由高度。提供的钢制防雷伸缩杆每节的标准长度是3.5米, 这给运输带来极大便利。关于使用钢制防雷伸缩杆的进一步信息, 可以在1574号安装说明中找到。

保护带薄膜穹顶的发酵桶免遭直接雷击的第三种可能方法是使用DEHNconductor系统。DEHNconductor系统是由HVI导线和经过专门调整的连接固定件组成的。HVI导线是受电压控制的高压绝缘导线, 具有特殊的外涂层。它的典型用途是在防雷保护中用作隔离引下线, 根据IEC 62305-3来掌控隔离距离。为此, 首先要根据IEC 62305-3计算隔离距离。接着, 必须检查这个计算出来的隔离距离, 是否可以用HVI导线等效的间隔距离来实现。

使用DEHNconductor系统, 可有两种不同的解决方案:

方案1: 带有一个HVI导线的接闪杆 (图9.3.4)。接闪装置从等电连接面 (接地系统) 到接闪针的最大

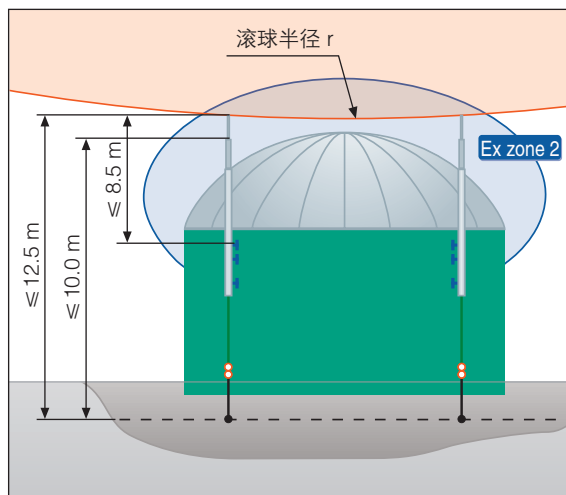


图9.3.4 发酵桶的保护，借助1条HVI导线的接闪杆隔离

接闪装置从等电连接面（接地系统）到接闪针的最大总长度是12.5米，其中，发酵桶的顶边之上的最大自由高度不得超过8.5米（出于机械的原因）。

方案2：带有两条HVI导线的接闪杆（图9.3.5）。

接闪装置从等电位连接面（接地系统）到接闪针的最大总长度是16米，发酵桶的顶边之上的最大自由高度是8.5米。

注意：两条HVI导线之间必须平行，距离大于20厘米。

关于DEHNconductor系统的进一步信息，可以在www.dehn.de上的安装说明中找到：

- ⇒ 安装说明1565：带有内置HVI导线的接闪杆，用于沼气厂
- ⇒ 安装说明1501：Ex-区域中的HVI导线

设计服务

由于隔离接闪装置是非常复杂、涉及范围很广的

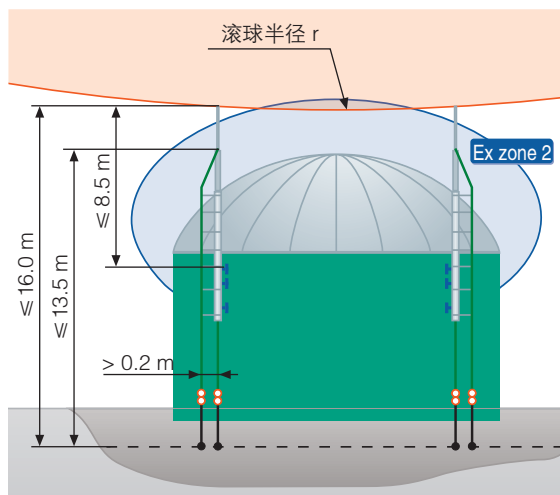


图9.3.5 发酵桶的保护，借助2条HVI导线的接闪杆隔离

系统，德和盛公司（DEHN + SÖHNE）将非常乐意为您提供帮助。对此，DEHN可提供基于DEHNconductor系统、DEHNiso-Combi系统或钢制防雷伸缩杆的有偿设计服务。此项设计服务的费用由以下项目组成：

- ⇒ 绘制防雷图纸（总布局图纸），
- ⇒ 隔离接闪装置的详细图纸（部分为三维剖析图），
- ⇒ 隔离接闪系统完整的组件列表，
- ⇒ 基于此组件列表的报价。

如果您对此感兴趣，请与当地的顾问联系，或与上海总部联系。（www.dehn.cn）

由金属板制成的发酵桶

由金属板制成的发酵桶的壁厚通常在0.7到1.2毫米之间。各块金属板用螺丝紧固在一起（图9.3.6）

如果将金属板用作天然接闪装置，请根据IEC 62305-3的“表3”确定厚度。如果不符合所要求的值，发生雷击时，可能会在雷击点处出现熔穿或是超常过热，有引发火灾和爆炸的风险。因此，这些发酵

桶必须有附加的接闪装置保护，以避免雷击点处的熔断。接闪装置的分布将由滚球法确定。引下线系统必须按照规定的间隔距离，通过距离保持器，沿金属板安装布线。（图9.3.7）。

钢罐

图9.3.8展示了完全由焊接而成的沼气罐，其钢板外壳至少4mm厚。满足IEC 62305-3的“表3”中关于材料的要求。因此，对于防雷系统，适用IEC 62305-3附录D “Additional information for LPS in case of structures with risk of explosion”（中译“对有爆炸风险的建筑物，关于防雷保护系统（LPS）的补充内容”）的要求。如果废气出口处的危险区域位于保护区内，并有能够承载雷电流的金属外壳，则不需要额外的接闪装置。否则必须安装补充性的接闪系统，以保护废气出口免遭直接雷击。

接地概念

为防止在单一设备上产生很高的电势差，可将它们连接到总接地系统中（图9.3.9和表9.3.2）。这可通过网状连接单一的建筑物及系统接地装网格尺寸在20m×20m到40m×40m之间，在经济上和技术上都证明是最合理的。通过相互交织地布置所有的接地系统，装置的各个部分之间的电势差明显减小。而且，在发生雷电效应的情况下，从建筑物引出的电缆的电压负载也将降低。

功率馈入

通过气体发电机或喷射引擎，将产生的沼气转变成电流和热。在此上下文中，引擎称为热电联产机组（CHP）。这些CHP安装在单独的操作间中，开关柜和控柜制在同一房间或单独房间内。CHP产生的电



图9.3.6 用螺丝紧固金属板制成的发酵桶



图9.3.7 使用隔离式接闪装置保护由金属板制成的发酵桶（来源：Büro für Technik, Hösbach）



图9.3.8 焊接的钢罐（来源：Eisenbau Heilbronn GmbH）

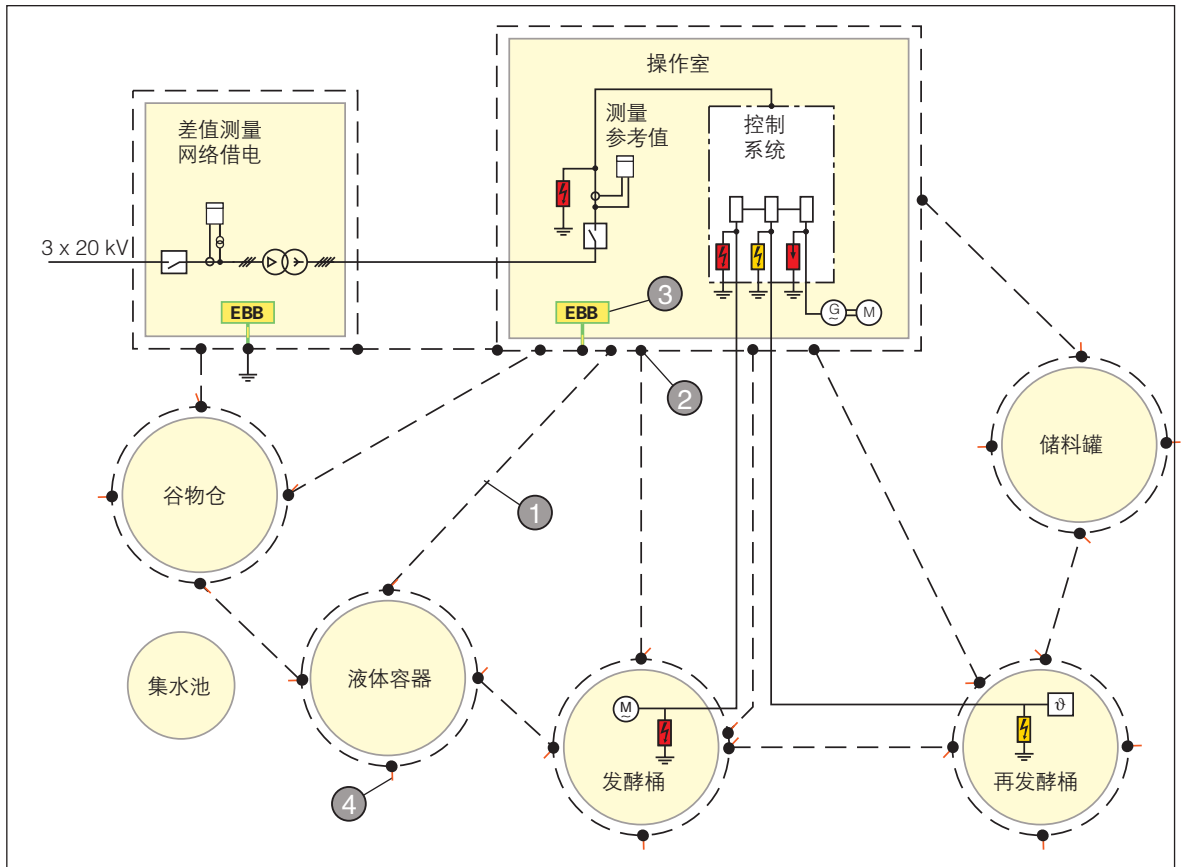


图9.3.9 用于沼气厂的网格状接地系统

流馈入公共供电系统（请参阅“图9.3.10”）。

防雷系统的关键部分是等电位连接，所有从外部进入建筑物的导电系统都要靠它来完成。防雷保护的

等电位连接要求所有的金属系统都应低电阻连接至等电位连接中，并且所有带电工作的系统都应通过1级电涌保护器间接连接。防雷保护的等电位连接应尽可能靠近建筑物的入口，以防止部分雷电流侵入建筑物。因此，从外部引入和用电系统侧及低压主配电系统的230/400V的交流电缆（图9.3.10）应由1级电涌保护器（SPD）保护。DEHNbloc就是用于供电系统的基于RADAX Flow火花间隙专利技术的1级电涌保护器。这个雷电流保护器的泄放能力每极可达50kA（10/350 μs）。并且通过这个获得专利的RADAX Flow技术原理，可将高达50kA_{rms}设备短

序号		货号
1	不锈钢钢条（V4A）30 mm x 3.5 mm 备选：不锈钢圆导线（V4A），∅ 10 mm	860 335 860 010
2	不锈钢十字接头（V4A） 备选：不锈钢SV-终端夹（V4A） 注意：防锈带	319 209 308 229 556 125
3	不锈钢等电位连接排 备选：接地母排	472 209 472 139
4	端子，带不锈钢扁平导线（V4A） 备选：端子，带不锈钢圆导线（V4A）	860 215 860 115

表9.3.2 接地和等电位连接中推荐使用的材料

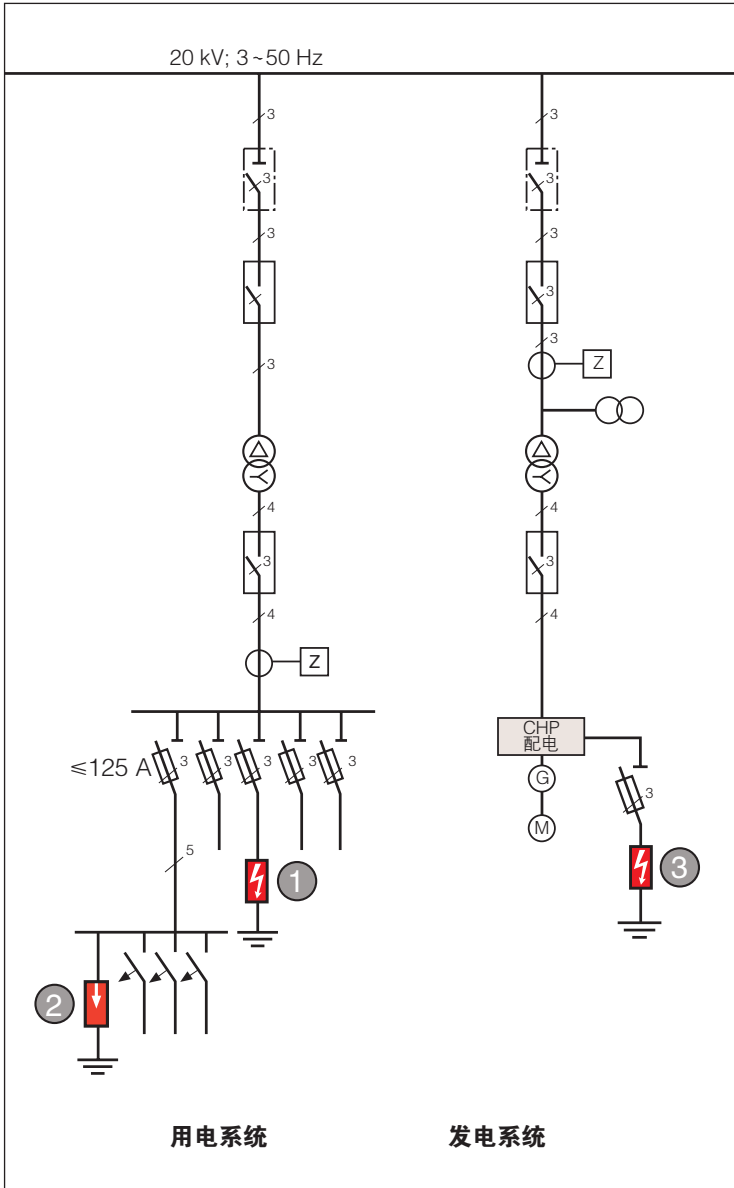


图9.3.10 沼气厂总电路剖视图

路电流减小到振幅约到500A，并在约5ms内遮断。因此，在系统采用低值熔丝的情况下，也可以选择性地开断电涌保护器。这样可以避免主熔丝跳闸引起的供电中断。在后续分支电路中可安装2级电涌保护器（例如：DG TNS H230 400 LI）（表9.3.3）。该电涌保护器配备有三级可视通信信号功能，可在任何

时候报告SPD的待机性能。

DEHNventil 是多极模块化复合型雷电流和电涌保护器，具有很高的续流限制能力，安装在CHP配电系统中（图9.3.10）。此复合型电涌保护器由底座和可拔插的保护模块组成。DEHNventil可以确保最高的系统可用性，并且在使用20 A gL/gG熔丝的情况下，可以选择性地断开高达50k_Arms短路电流。

DEHNventil 和用电设备之间距离很小时（≤5），终端设备受到保护。

远程监控

通过远程监控系统，可以随时获得沼气厂的性能数据。某些设备特有的测量数据可以直接在数据收集单元上读取。数据收集单元具有RS 232或RS 485接口，可用于连接PC和/或调制解调器以便进行远程查询和维护。远程监控功能（例如：通过调制解调器）可以使维修人员在发生故障的情况下，登录到现有系统并为操作员提供直接的协助。调制解调器连接到ISDN网络终端装置（NTBA）。由电信网络通过ISDN调制解调器转发测量数据的功能也必须提供，以便持续控

制和优化设备的性能。在NTBA的前端，连接ISDN调制解调器的U_{k0}接口，使用电涌保护适配器NT PRO来进行保护（图9.3.11）。此适配器同时为NTBA的230V电源提供保护。此外，推荐使用电涌保护器BLITZDUCTOR VT ISDN 来保护电信终端设备和带有RJ插头的电话系统（表9.3.4）。

序号	保护对象:	电涌保护器型号	货号:	注
1级雷电流保护器				
1	TN-C 系统	3 x DB 1 255 H	900 222	1极雷电流保护器, 具有很高续流限制能力
	TN-S 系统	4 x DB 1 255 H	900 222	
	TT 系统	3 x DB 1 255 H + 1 x DGP BN 255	900 222 + 900 132	
备选:				
1	TN-C 系统	3 x DBM 1 255 S	900 220	具有能量协调的雷电流保护器, 带有内置后备熔丝, 适用于工业母线系统
	TN-S 系统	4 x DBM 1 255 S	900 220	
	TT 系统	3 x DBM 1 255 S + 1 x DGPM 1 255 S	900 220 + 900 050	
2级电涌保护器				
2	TN-C 系统	DG TNC H230 400 LI	950 160	多级电涌保护器, “动态热脱扣” 带有三级可视指示
	TN-S 系统	DG TNS H230 400 LI	950 170	
	TT 系统	DG TT H230 400 LI	950 150	
复合型雷电流/电涌保护器				
3	TN-C 系统	1 x DV M TNC 255	951 300	模块化、复合型SPDs, 具有很高的续流限制能力, 并且保护水平 ≤ 1.5 kV
	TN-S 系统	1 x DV M TNS 255	951 400	
	TT 系统	1 x DV M TT 255	951 310	

表9.3.3 用于供电系统的电涌保护

图9.3.11是对视频监控的保护。电涌保护器 UKGF BNC用于保护视频传输系统的同轴电缆 (**表9.3.4**)。关于保护视频监控系统的更多信息包含在第9章应用方案中的“视频监控系统防电涌的保护”。

过程控制

沼气厂的核心部分之一是过程控制。所有的泵和搅拌器都应集中控制, 获取的数据包括: 气体量和气体质量等过程数据, 温度监控数据和所有加入材料的数据。所有的数据都可显示并记录在案。

如果过程控制因电涌而发生故障, 将会导致沼气产生过程程序被干扰和中断。这些过程可能非常复杂, 并引起计划外的停工, 也可能会增加额外的困难, 致使停顿时间可能长达几周以上。

控制单元安装在控制柜中。除数字输入和输出之外, 还会得到T 1000信号、20 mA信号。为确保无扰动、连续地将测量数据传输到控制柜中的控制单元, 进出建筑物的控制线和信号线 (例如: 来自变频器和伺服驱动的导线) 都必须尽可能地在靠近建筑物入口处安装电涌保护器, 如采用BLITZDUCTOR XT进行保护 (**图9.3.12**)。在这个电涌保护器中, 内置了无需接触的快速检测装置, 称为LifeCheck。借助无线RFID技术及其手持读写器DEHNrecord DRC LC只需几秒钟就可以安全地检测并读出极端的热或电负载数值。用于IT系统的电涌保护器, 主要根据最大工作电压、标称电流、信号类型 (直流DC、低频NF、高频HF) 以及参考信号 (平衡、非平衡) 进行选择。

表 9.3.5 例举了信号线和控制线的电涌保护器。



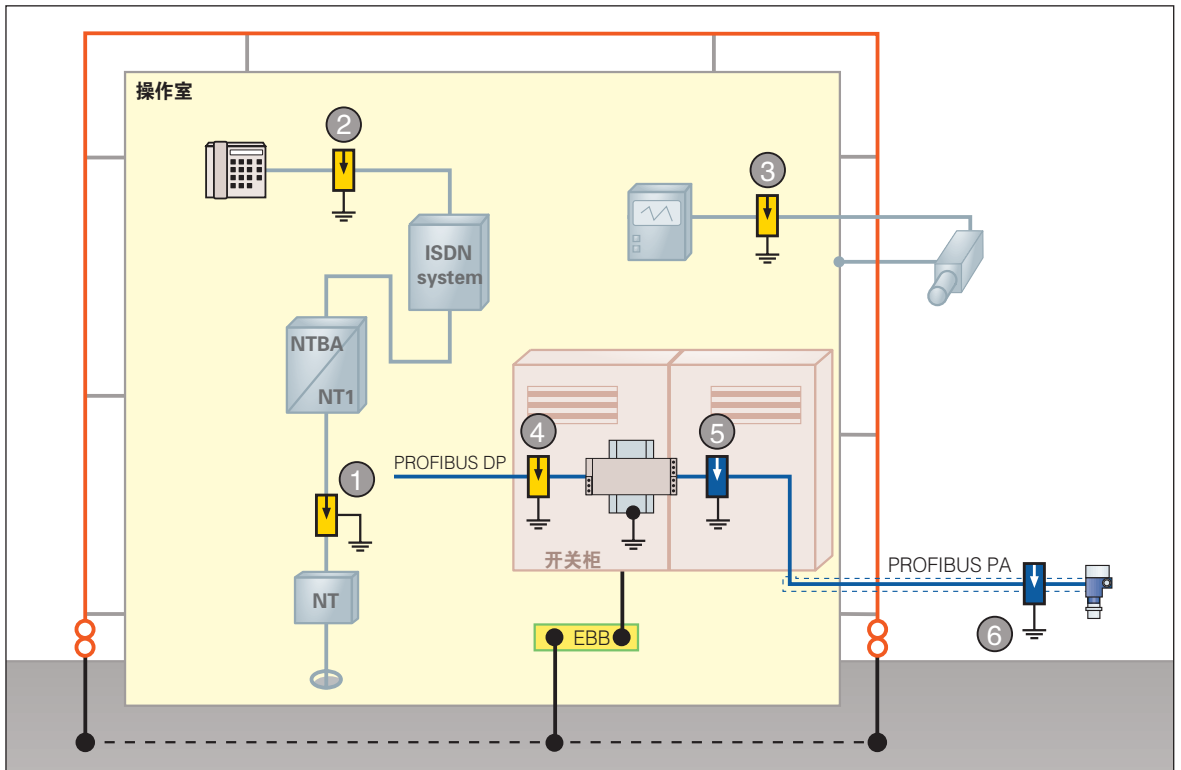


图9.3.11 信息技术系统中电涌的保护

序号	保护对象	电涌保护器型号	货号
1	NTBA网络 and 数据的输入	NT PRO	909 958
2	电信终端设备和电话系统，带RJ插拔连接器	BLITZDUCTOR BVT ISDN	918 410
3	同轴电缆（帧传输）	UGKF BNC	929 010

表9.3.4 信息技术系统中的电涌保护

序号	保护对象	BLITZDUCTOR XT 类型	货号
	4 - 20 mA	BXT ML4 BE 24 + BXT BAS	920 324 + 920 300
	0 - 10 V	BXT ML4 BE 12 + BXT BAS	920 322 + 920 300
4	Profibus DP/FMS	BXT ML4 BD HF 5 + BXT BAS	920 371 + 920 300
	温度测量 PT 100、PT 1000、Ni 1000	BXT ML4 BE 5 + BXT BAS	920 320 + 920 300
5	Profibus PA; Ex (i)	BXT ML4 BD EX 24 + BXT BAS EX	920 381 + 920 301

表9.3.5 用于测量和控制技术的电涌保护器

序号	DEHNpipe 类型	应用/认证	螺纹	货号
6	DPI MD EX 24 M 2	4 - 20 mA, Profibus PA, Fieldbus Foundation; Ex (i)	M20 x 1,5; 内/外螺纹	929 960

表9.3.6 现场设备的电涌保护器





图9.3.12 带LifeCheck的复合型雷电流和电涌器的保护模块

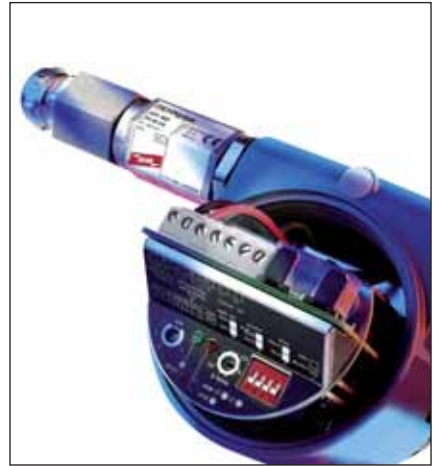


图9.3.13 室外使用的电涌保护器 DEHNpipe，可用螺丝固定到2线的现场设备中

为了保护2线的现场设备（如：压力传感器或料位传感器、阀门、压力变送器、流量计），推荐使用电涌保护器DEHNpipe（图9.3.13、表9.3.6）。此保护器为室外的现场设备提供能量协调的电涌保护，而所需的安装空间最小。

德国安全条例BGR 104和欧洲标准 EN 1127，均适用于存在爆炸危险的沼气厂。

在BGR 104和EN 1127中，雷电被视作点火源。如果确定了雷击风险，则根据BGR 104要求，必须采取适当的防雷措施来保护所有的分区。

对于有爆炸危险的设备，依据防雷标准IEC 62305-3的要求，至少采取“II级”防雷系统。外部防雷要做到无任何雷电流流入存在爆炸危险的区域。通过采用分离的接闪装置可实现此保护目标。为了提高敏感的电子设备的可用性，应采取补充的措施，如安装电涌保护器。

9.4 污水处理厂防雷和电涌保护的改造

饮用水资源日益短缺，需要更经济有效的治理。因此，污水处理厂在饮用水循环中起着核心作用。污水处理厂（图9.4.1）在减少成本的同时，对整个系统

高效率的要求下，迫切需要优化运行过程。为此，近年来，人们在电子测量设备、分散式电子控制和自动化系统上的投资相当可观。不过，与传统的技术相比，新的电子系统对电涌的抵抗能力很差。污水处理厂露天范围广阔，其测量设备和控制装置分布分散，进一步增加由于雷电放电或浪涌侵袭所带来的风险。因此，如果没有有效的防护措施，一个完整的过程控制系统或它的一部分遭受损坏的概率之高是显而易见的。这种损坏后果的影响也十分深远，它们涉及了从功能恢复的安装成本，到为清除水体污染的不可预知的费用。

为了有效地应对这种威胁、提高系统的可利用性，必须采取外部和内部防雷措施。

防雷分区概念

为了获得技术上和经济上最优的保护，将污水处理厂的监控中心分在几个防雷分区（LPZ）。然后对每个防雷分区（LPZ）和相关的损坏类型进行风险分析。对于此项风险分析（根据IEC 62305-2）可以通过软件工具DEHNsupport具体实现。最后，检查各防雷分区（LPZ）的相互关系，并确定最终需要的保护

措施，以便在所有的防雷分区中达到必需的保护目标。以下区域被指定为防雷分区LPZ 1和防雷分区LPZ 2:

- ⇒ 测量监控室中的测量电子系统 (LPZ 2)
- ⇒ 曝气池中的氧测量系统 (LPZ 1)
- ⇒ 测量监控室内部 (LPZ 1)

根据IEC 62305-4 (EN 62305-4) 的防雷分区概念, LPZ边界处的所有导体都必须采取适当的电涌保护措施 (图9.4.2)。

对污水处理厂测控设备的风险评估

以下示例参考IEC 62305-2 (EN 62305-2) 进行计算。应该指出的是, 该规程仅作为示例描述。给出的解决方案绝对没有任何约束力, 可以由任何其它的等效解决方案替代。下文仅叙述该示例的基本特性。

首先, 通过调查问卷, 与运营商一起讨论建筑设施及其使用情况的相关问题, 并以书面形式确定下来。此种方式确保所有的参与者能够建立并领会防雷保护概念。此概念代表最低的要求, 不过这些要求仍然随时可以在技术上改进。

设备描述

完整的过程控制系统集中于位于污水处理厂的测量监控室中。连绵蔓延的电缆连接到测量站和/或测量站, 在发生雷击时, 有相当部分的雷电流和浪涌电流通过这些电缆导入测控室。在过去这种情况一而再的导致设备损坏和系统故障。同样也发生在供电线和电话线上 (图9.4.3)。

污水处理厂测控设备本身必须受到保护, 避免遭受火灾 (直接雷击) 的损坏; 电气和电子系统 (控制和自动化系统、遥控系统) 要防御雷电电磁脉冲 (LEMP) 的影响。

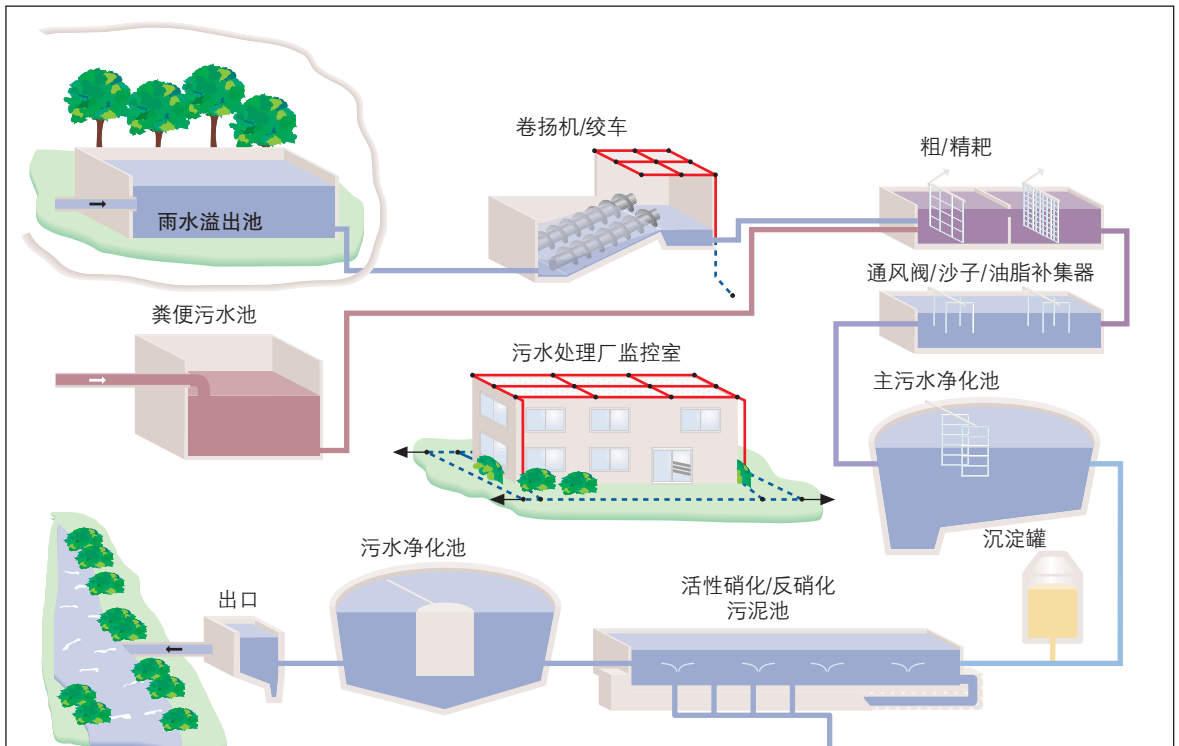


图9.4.1 污水处理厂的拓扑结构图

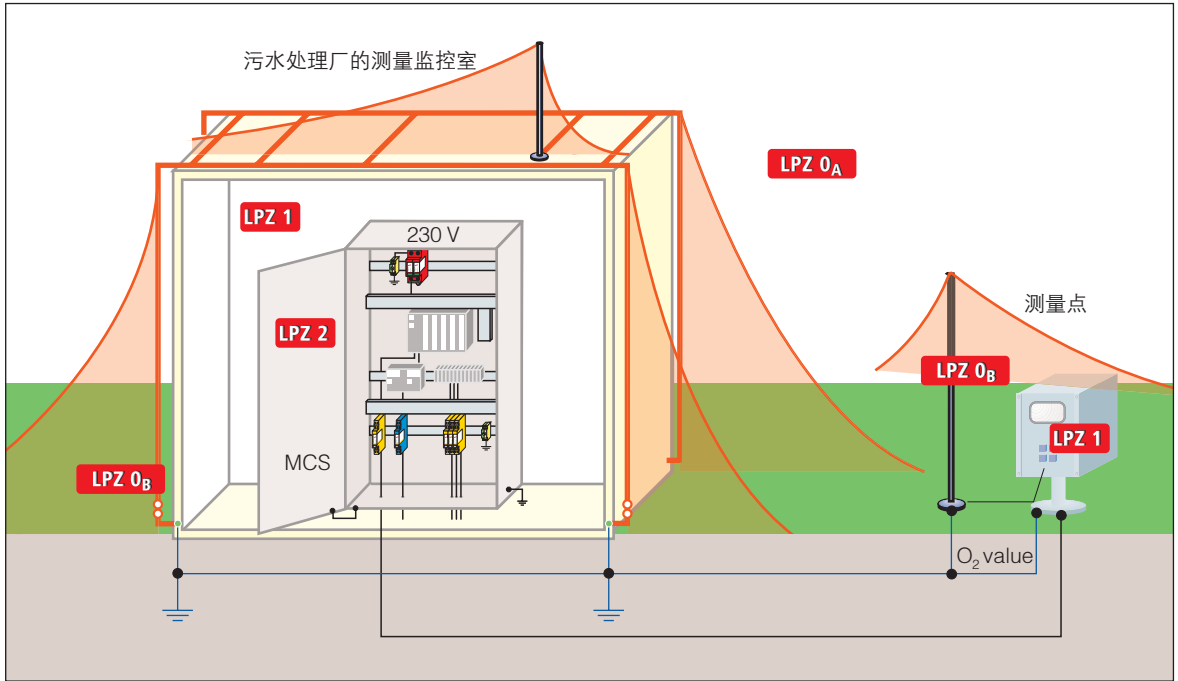


图9.4.2 污水处理厂测量监控装置的防雷分区

额外条件:

- ⇒ 防护雷电的措施实际上已经存在，（230/400V供电线进线处的第1级（以前也称B级）雷击电涌保护器（SPD）的型号是VGA 280/4，测量和控制系统的开关柜中的2级SPD（以前也称C级），型号是VM 280）。
- ⇒ 相关的损坏类型如下：公众服务损失（供水和污水处理）L2，经济损失（建筑及其内部设施）L4。损失类型L1：人员生命损失可以排除，因为将来设备应完全自动运行。

对实际状态进行计算的结果表明，对于损失类型为L2和L4的情况，计算得到的雷电损坏风险 R 仍是大大高于可承受的损坏风险 R_T 。

现在，为了实现 $R < R_T$ ，同时使选择的解决方案对于经济损失类型L4最为“低成本高效”，可以采取的保护措施有：

- ⇒ 根据IEC 62305-3（EN 62305-3），建立“III级”防雷保护系统（这与VdS出版物2010中叙述的相同）
- ⇒ 根据EN 61643-11（供电系统）安装1级SPD，根据IEC 61643-21安装用于信息系统数据线（测量线 and 控制系统信号线）的“D1类”SPD
- ⇒ 根据EN 61643-11（供电系统）安装2级SPD，根据IEC 61643-21安装用于信息系统数据线（测量线 and 控制系统信号线）的“C2类”SPD

防雷系统

污水处理厂控制室现有的防雷系统已经按照“III类”防雷系统的要求进行升级（图9.4.4）。现有的通过火花间隙间接接地的屋顶装置（空调系统）将被拆除。对直接雷击的防护将通过接闪装置，按照隔离距离和保护角的要求来实现。这样，在控制室遭受直接雷击的情况下能够防止部分雷电流流入建筑物并造成

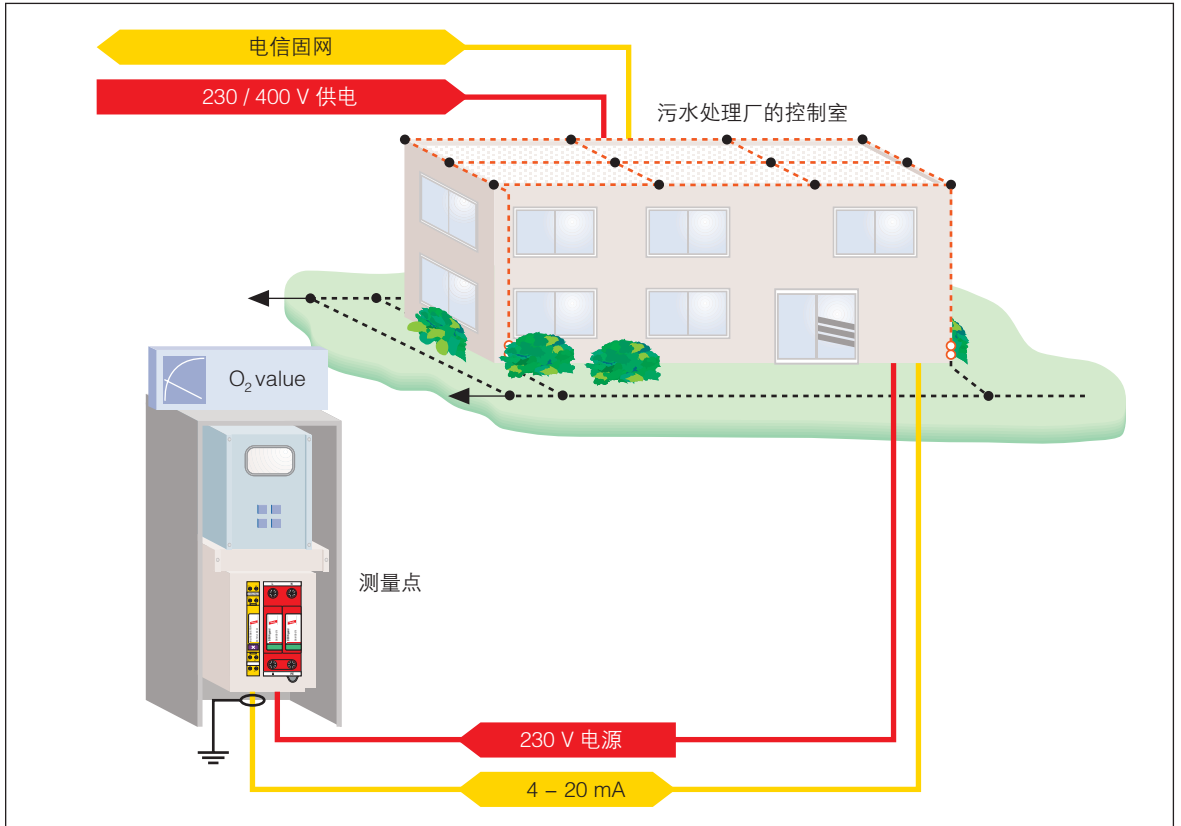


图9.4.3 进入污水处理厂测控室的电缆

损坏。由于控制室的尺寸较小（15 米 x 12 米），不必更改引下线（4）的数量。但必须通过检查局部接地系统的所有的测量点了解污水处理厂监控室的接地情况，并将所有测量值记录在案。若经检查完全符合要求，可不用整改。

对所有外部引入电缆的防雷保护

- 等电位连接

原则上，所有从外部引入污水处理厂的可以导电的设施都必须连接至等电位系统中（图9.4.5）。防雷保护-等电位连接的要求是将平时不带电的金属构件直接连接到接地系统，并通过电涌保护器间接连接带电工作的导体至等电位系统。1级SPD（供电系统）和“D1类”SPD（信息技术）必须具有10/350 μ s测试

波形的雷电流泄放能力。防雷保护-等电位连接最好安装在建筑物的入口附近，以防止雷电流侵入到建筑物的内部。

等电位连接

在整个污水处理厂监控室中，根据IEC 60364-4-41和IEC 60364-5-54进行了连贯的等电位连接，并检验了现有的等电位连接，以避免不同的或外来的导体之间的电势差。此外，建筑物的支撑部件和结构部件、管道、容器等金属架构也都接至等电位系统中，这样，即使发生故障也不会产生电压差。在使用电涌保护器时，等电位连接的接地导线的截面积，对于供电系统，至少必须为6mm² Cu（铜线）；对于信息技术，至少必须为4 mm² Cu（铜线）。此

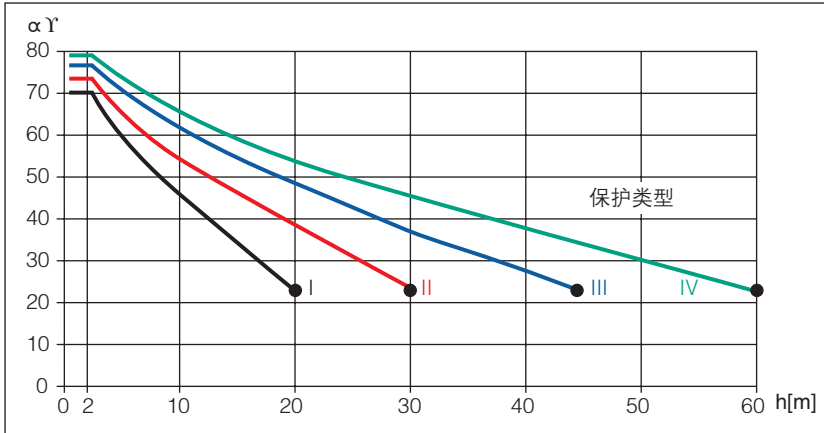


图9.4.4 根据IEC 62305-3 (EN 62305-3) 的保护角方法

外，在可能发生爆炸的区域中，等电位连接的端子（如等电位连接排）应采取安全措施（例如，通过弹簧垫圈），以防止自行松动。

围内，因此没有理由换掉该SPD。在上述情况下，如果安装了更多的SPD来保护终端设备，则它们彼此之间以及和被保护的终端设备之间必须能量协调。必须遵照随附的安装说明中给出的相应说明进行操作。

低压供电系统的电涌的保护

在所描述的应用中，在建筑物的入口处安装型号为DEHNventil M TNS 255的SPD，来替代1级SPD - VGA 280/4（图9.4.6），因为“旧的”SPD已不符合IEC 62305-3（EN 62305-3）对防雷系统的要求。2级SPD（以前也称C级）“VM 280”在使用PM 10型电涌保护器的试验装置进行检验后发现试验值仍在容许范

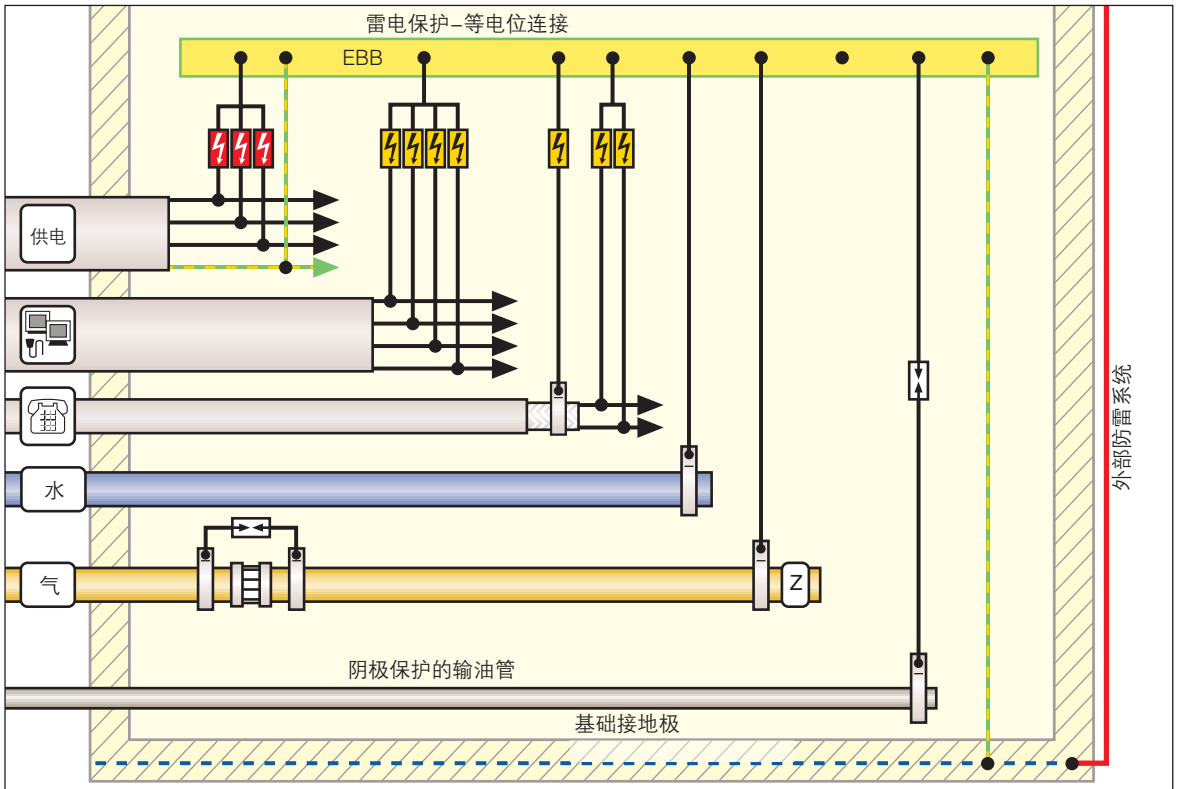


图9.4.5 根据IEC 62305-3 (EN 62305-3) 的防雷保护 - 等电位连接



图9.4.6 安装在开关柜中、用于保护供电系统的DEHNVentil

此外，污水处理厂的电源系统的电涌保护与其它应用比较，在低压供电设备中使用电涌保护器并没有什么特别之处，对此已经叙述过很多次（如需更多信息，另请参阅出版物DS 649 E “Surge Protection – Easy Choice”（中译“电涌保护-轻松选择”））。

信息系统的电涌保护

从保护角度看，接到污水处理厂的所有数据线的接入点均应设在建筑物的入口处。此处可以使用具有雷电流承载能力的DRL 10B 180 FSD型 SPD（D1类）进行雷击保护。从接入点到开关柜的布线必须合理。根据之前所进行的风险分析，引入的电缆必须安装型号为DCO RK ME 24（20 mA信号）或DCO RK MD 110（遥控信号）的SPD。它们的使用都符合防雷分区概念（C2类），并且与系统兼容（图9.4.7和9.4.8）。

这样，就为信息系统的传输电缆建立了一个完整的电涌保护概念。

关于保护污水处理厂的其它的应用请查阅出版物DS107 E。该出版物可以从我们的网站下载：www.dehn.de。



图9.4.7 电涌保护器DCO ME 24，安装在开关柜中，用于整个测量和控制系统的保护



图9.4.8 电涌保护器DCO ME 24，安装在开关柜中，从双层底板进线

9.5 有线网络和天线系统、视频信号、语音信号和互动服务的雷击和电涌保护

EC 60728-11: 2005反映了目前最新技术水平, 并提供简单、有效的标准化保护机制来防止雷击天线系统。

照此标准建立的天线, 不会增大雷击被保护物的概率, 也不能替代建筑物的防雷系统。此标准主要针对固定的系统和设备的安全防护, 范围包括有线电视网络 (CATV网络)、卫星共用天线电视系统以及单独接收网络, 如果实际条件符合标准的相关要求, 对一些移动或临时系统 (例如: 大型宿营式旅行车) 也有效。

以下所述的保护措施, 不包含安装在垂直距离屋顶或屋缘下方2米以上, 水平距离建筑物不到1.5米的室外天线 (图9.5.1), 以及室内天线。不过, 强烈建议将同轴电缆的屏蔽层连接到等电位连接带中。装置的所有相互连接、导电部分和可触及部分的金属构件都应包涵于等电位连接中。

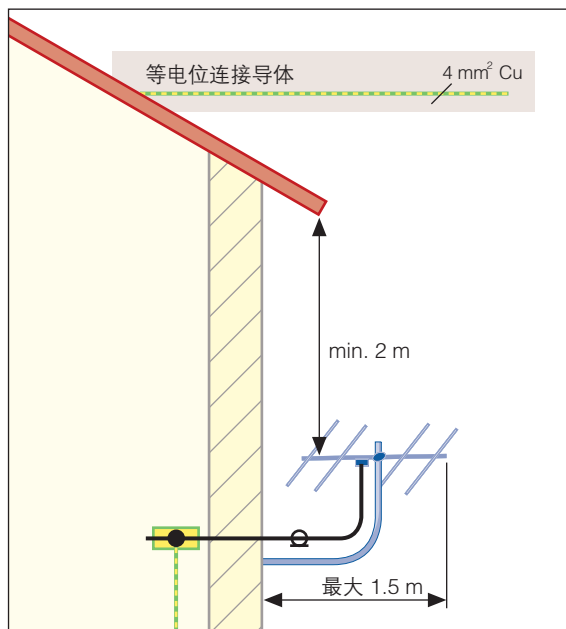


图9.5.1 天线安装的水平 and 垂直距离, 无需接地端子

天线不得安装在易燃屋顶 (例如: 茅草或类似材料)。天线电缆和接地导线的布线不得经过贮藏干草、麦秆或类似的易燃材料, 或是可能出现爆炸性环境的房间。

等电位连接带必须具有稳定的机械性能, 其最小横截面积应为 4mm^2 (铜导线)。进、出建筑物的同轴电缆的屏蔽层必须用等电位连接线沿最短路径连接至总等电位接排中。

能够承载雷电流的接地导线可以是单根实心导线, 其最小截面积为 16mm^2 的绝缘或裸铜线, 或 25mm^2 的绝缘铝线, 或 50mm^2 的铝制塑性合金 (不能直接安装在灰泥(涂墙用的)上或灰泥中, 也不能直接安装在水泥上或水泥中), 或是 50mm^2 的钢线 (首选外部安装)。

同时可以使用以下例举的“天然”构件, 如:

- ⇒ 建筑设施的金属支撑件,
- ⇒ 建筑设置的相互连接的钢筋加强件,
- ⇒ 建筑物的金属外立面, 金属扶杆和建筑外立面的底部构件,

前提条件是:

- ⇒ 它们的尺寸达到引下线系统的要求, 并且它们的厚度不小于 0.5mm ,
- ⇒ 它们在垂直方向上的电气连接 (这些永久性连接必须通过铜焊接、熔接、压接、螺丝联接或铆接方式实现) 或是金属构件之间的距离不超过 1mm , 并且两个构件的重叠部分至少达到 100cm^2 。

如果确实不能按规定将金属板重叠的话, 其底部结构在垂直方向上做到电气导通也是允许的。如果不是这样, 则重叠的金属板之间必须根据IEC 62305-3的要求可靠地相互连接起来。

注意: 必须避免形成环形结构。

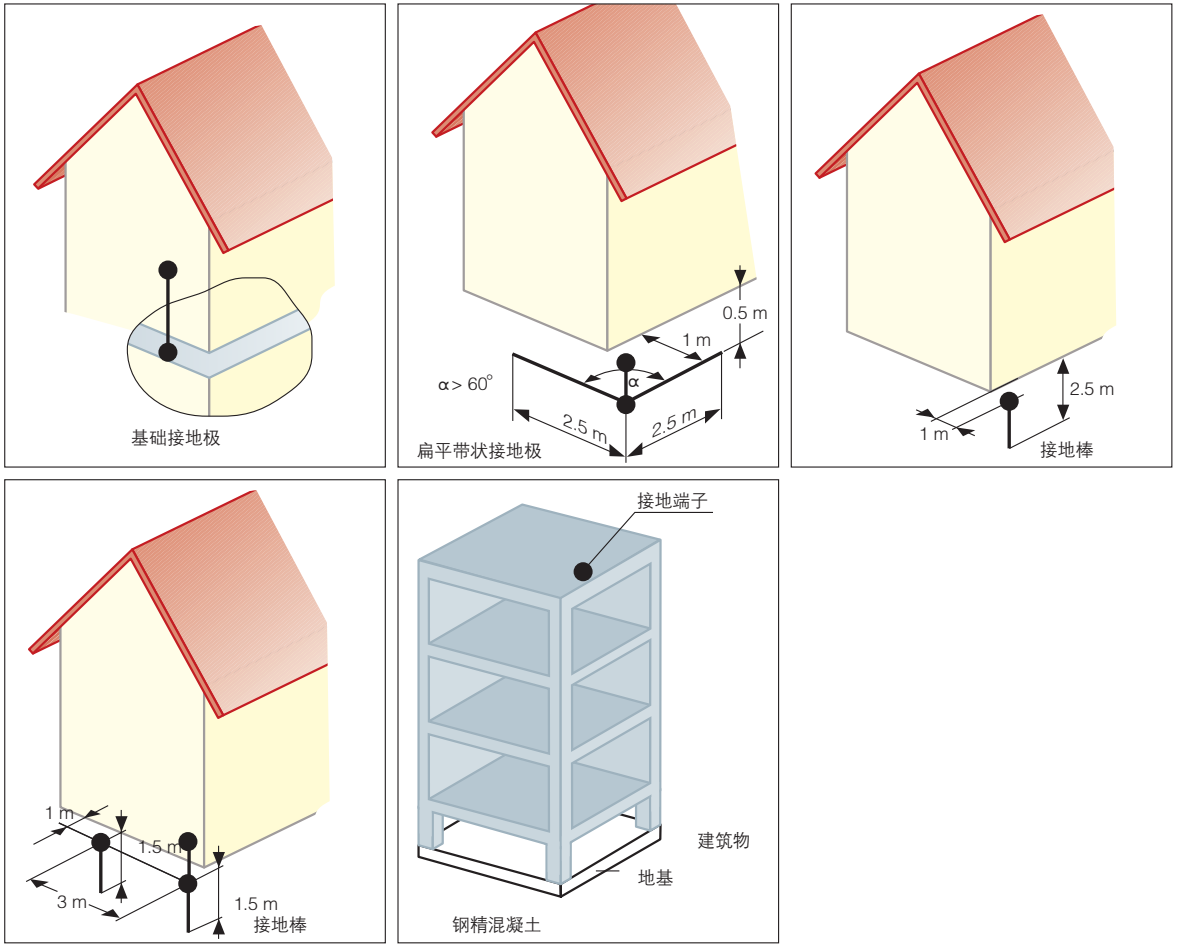


图9.5.2 示例：可以使用的接地极

接地系统必须按照以下方式之一进行设计（图 9.5.2）：

- ⇒ 与建筑物的外部防雷系统连接；
- ⇒ 与建筑物的接地系统连接；
- ⇒ 连接两个水平接地极：其长度不小于 2.5 米，角度大于 60° ，深度至少 0.5 米，与地基之间相距 1 米以上；或连接一个垂直或倾斜的接地极，其长度不低于 2.5 米；又或连接两个垂直接地极：其长度不小与 1.5 米，相距 3 米，与地基之间相距大于 1 米；

每个接地极的最小横截面积为 50mm^2 （铜）或 80mm^2 （钢）。

“天然”构件，如：钢筋混凝土加强件，或其它埋置于建筑物地基中的、适合的地下金属构件（如基础梁钢筋），其尺寸符合上述限定值时，也可以使用。

其它符合 IEC 62305-3 的接地系统也可以使用。如果建筑物的接地系统邻近区域安装了辅助接地极，则这些接地极必须相互连接。

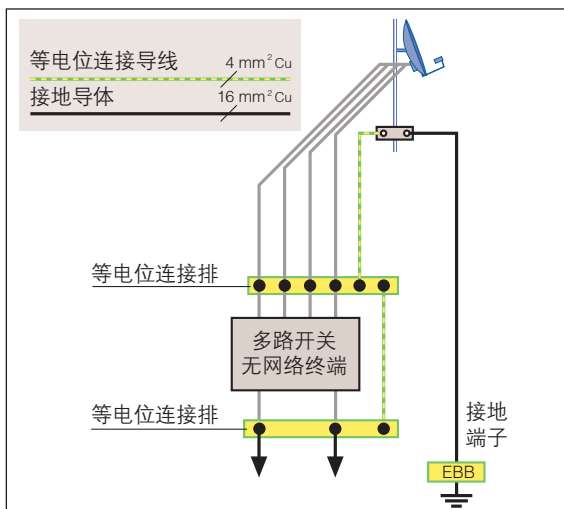


图9.5.3 天线的接地和等电位连接（在无外部防雷系统的建筑物天面上）

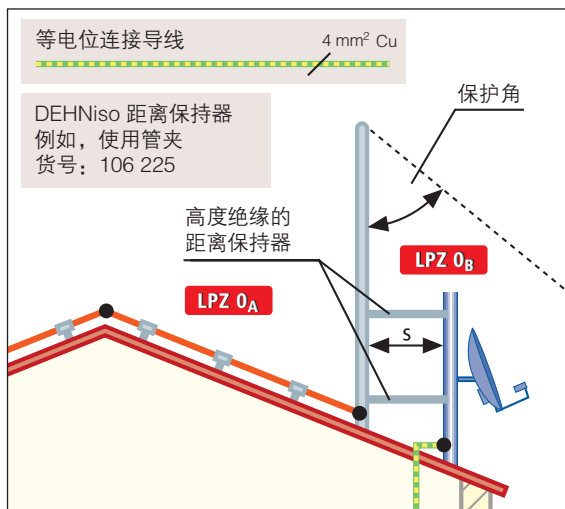


图9.5.5 带接闪器和高度绝缘距离保持器的天线（在具有外部防雷系统的尖屋顶上）

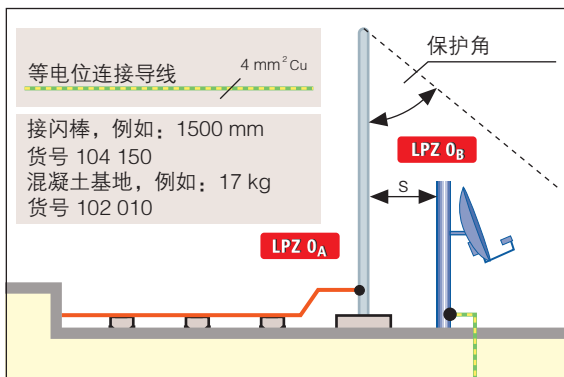


图9.5.4 带接闪器的天线（在具有外部防雷系统的平屋顶上）

若建筑物无雷电保护系统（LPS），带有接地导线的桅杆必须沿最短路径连接至接地极。其中接地导线必须以直线方式垂直安装。同轴电缆的屏蔽层必须通过等电位连接导线和桅杆连接起来（图9.5.3）。

若建筑物带有防雷保护系统（LPS），天线最好应该安装在接闪装置的保护范围内，也就是在现有保护分区或隔离接闪系统的保护范围内。仅当不可能这样做时，方采取与外部防雷保护系统直接连接的方式。在这种情况下，通过各个同轴导线的部分雷电流

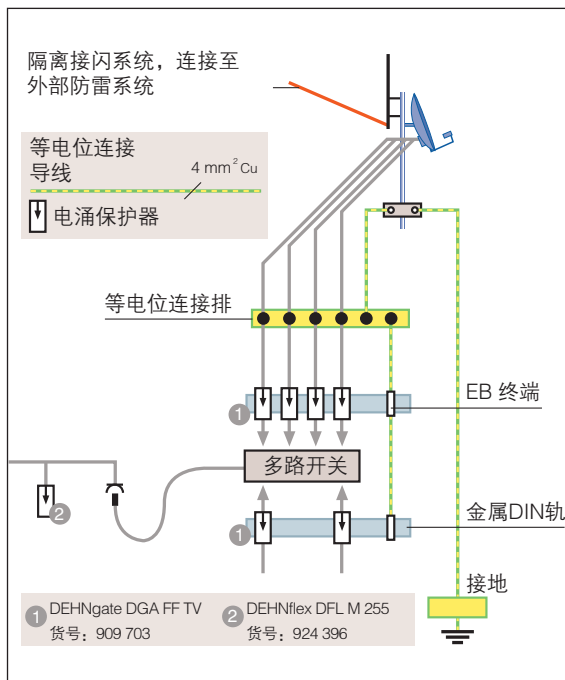


图9.5.6 在天线系统配备有外部防雷系统和隔离接闪装置时，电涌保护器安装于等电位连接排的下游，用于同轴电缆的屏蔽

将分别予以考虑。对于进入建筑物内的导线，必须做等电位连接。

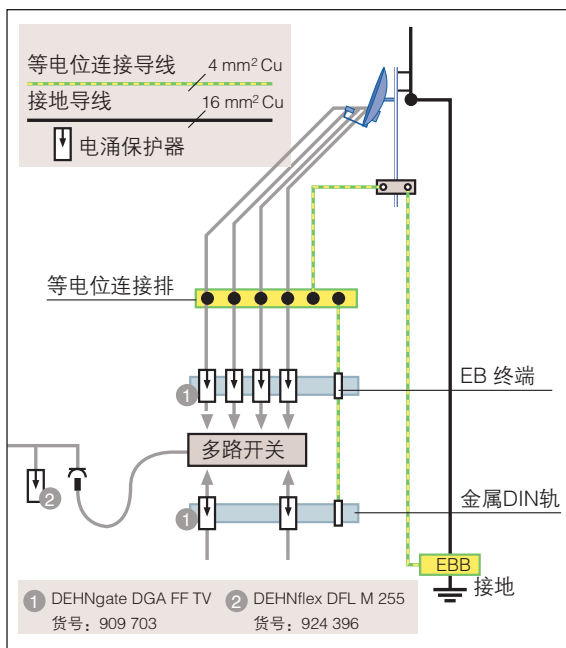


图9.5.7 在天线系统没有配备外部防雷系统而配备有隔离接闪装置时，电涌保护器安装于同轴电缆屏蔽层等电位连接排的下游

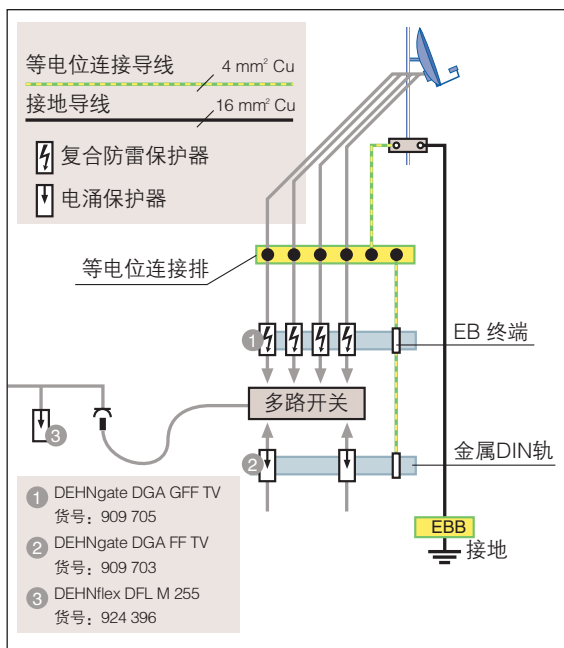


图9.5.8 在天线系统没有配备外部防雷系统时，复合型雷电流电涌保护器安装于同轴电缆屏蔽层等电位连接排的下游

如果天线由隔离接闪系统保护，则意味着：

⇒ 在平屋顶上，接闪器将按照所要求的隔离距离 s 进行安装，并将整个天线装置（桅杆和天线）置于保护角的保护范围内（图9.5.4）。这样，天线装置不再处于防雷分区LPZ 0_A 区中（直接雷击风险），而是处于防雷分区LPZ 0_B 区中（间接脉冲电流和未衰减的雷击电磁场风险）。

⇒ 在尖屋顶上，接闪器将按照所要求的隔离距离 s 进行安装，安装时使用高度绝缘的距离保持器（DEHNiso距离保持器）将其固定到天线桅杆上，并将整个天线装置（桅杆和天线）置于保护角的保护范围（根据LPS的保护等级）（图9.5.5）。此处天线装置也不再处于防雷分区LPZ 0_A （直接雷电流风险）区中，而是处于防雷分区LPZ 0_B （间接脉冲电流和雷电的未衰减电磁场风险）区中。

为了防止电涌，无论是否安装了隔离接闪装置，

都必须在电位连接排的下游安装电涌保护器（图9.5.6）。既可使用单个电涌保护器，也可将其以串联形式安装在DIN轨中用于保护下游设备，防止由云间闪电、远处雷击或直接雷击产生的 $8/20 \mu s$ 波形冲击电流（感性和/或容性耦合方式）侵入下游设备。

电位连接排下游的任何230 V / 50Hz电气设备，都必须安装第3级电涌保护器。必须注意，对所有进入建筑物的系统都要做等电位连接。

如果没有安装防雷系统，建议按以下办法处理：

⇒ 和绝缘距离保持器绑定安装的接闪器可以防止天线遭受直接雷击。为此，该接闪器必须由分开安装的接地导线（引下线）连接到接地极（图9.5.7），该布线方式主要用于建筑物的外部，并且在水平地面上与接地极连接。天线的桅杆和屏蔽层的等电位连接排必须通过等电位连接导线连接至接地极。

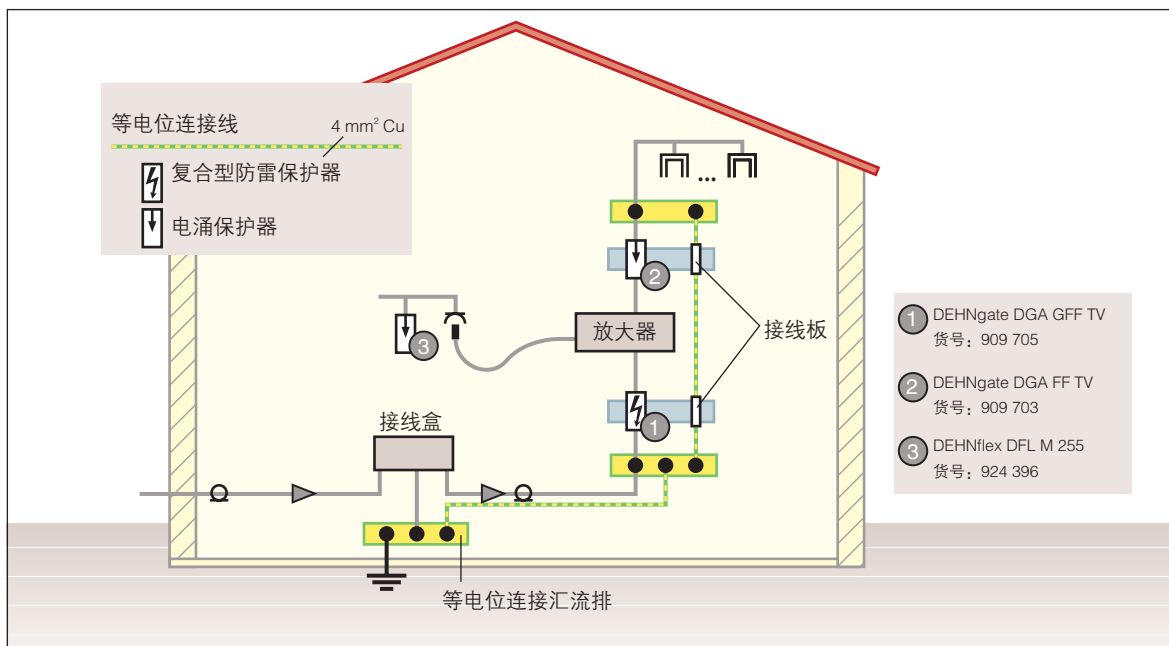


图9.5.9 在地下电缆网络中，复合型雷击及电涌保护器安装于同轴电缆屏蔽层等电位连接排的下游

⇒ 如果天线的桅杆直接接地，则必须使用复合型雷击及电涌保护器（图9.5.8），因为在这种情况下，电涌保护器将无法控制流入到同轴电缆的部分雷电流。为此，天线桅杆必须通过接地导线连

接至接地极。

地面设备的电缆，需要具有雷电流承载能力的复合型雷击及电涌保护器的保护，这些SPD也必须安装在建筑物的入口附近（图9.5.9）。



图9.6.1 现代自动挤奶系统

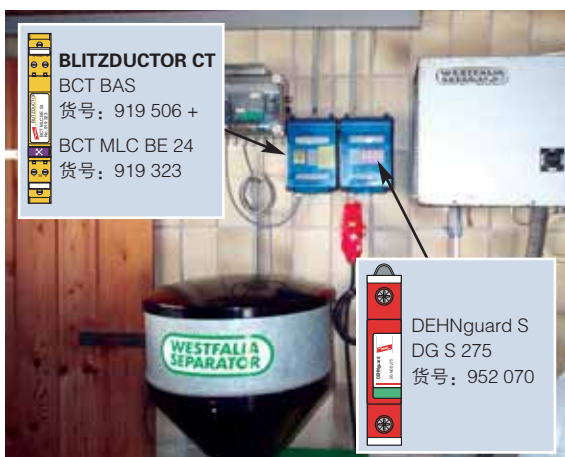


图9.6.2 自动喂料系统



图9.6.3 通风和清洗系统



图9.6.4 带有回流换热和工业用水的供暖设备

9.6 现代农业的雷击和电涌的保护

复杂的电气和信息技术是现代农业的真实写照。许多流程都是自动化的，并通过计算机控制和监视。当今，在市场上，完整的数据网络不但对于工业而言是生存的重要因素，对农业也是如此。

为了保护设备和系统，防止它们被强大的瞬态电涌破坏，必须使用电涌保护器。在该领域，现在仅具备外部防雷措施是远远不够的。

结构

养牛场是农业高度自动化的一个范例。自动挤奶系统（图9.6.1）、自动喂料器（图9.6.2）、通风系统和清洗厂（图9.6.3）以及供暖设备、回流换热和工业用水系统（图9.6.4）等高度现代化的电气和电子装置都必须确保无故障的运行。

例如：在现代农场中，挤奶系统（图9.6.5）几乎是完全自动地运行。奶牛按照自然规律每天早、晚各



图9.6.5 挤奶系统的电气控制箱



图9.6.6 带有记录芯片项圈的奶牛

由电子伺服系统获取、保存、并在线传输到现有的计算机网络中进行管理。

每头奶牛都配有一个带记录芯片的项圈以便识别（图9.6.6）。该项圈除可获取产奶量之外，还可获取并存储奶牛的名称、出生日期、世系、疾病、喂料量、怀孕期等信息。例如，在产奶量变化时，奶农可以立即通过更改相应的喂料量，以便尽快弥补损失。

即便只有一个设备的元件由于电涌而发生故障，也会给农场主和奶牛造成不可预料的后果。例如：

- ⇒ 损害奶牛的健康，
- ⇒ 系统停工，
- ⇒ 产量损失，
- ⇒ 额外的动物医疗成本，
- ⇒ 高昂的数据重建费用
- ⇒ 更换故障设备的花费和所需的时间。

关于此类损坏的报道如下：

[Donaukurier Online] 2001年6月29日

**雷电击毙畜棚中的奶牛
电力故障：猪窒息而死**

慕尼黑讯。在周四夜间持续的雷暴中，雷电击中Roth地区一处畜棚，导致起火。在Hötingen（Weißenburg-Gunzenhausen地区）的一处畜棚中，一头奶牛被雷电击毙。最强的暴雨出现在Kempten，那里一个小时的雨量超过了21升每平方米。Weißenburg的雨量为20升每平方米。

在Kitzingen的一处育肥棚中，约450头猪因窒息和惊慌致死。警方报告说，显然是周四夜间持续的雷暴引起电力故障，致使厩栏的通风系统无法工作。畜棚的主人虽然打开了窗户，但仍然无法挽救这些动物。

[Oberpfalznet] 2003年6月16日

**60头奶牛在畜栏中烧伤
雷击导致 Kainsricht 地区的农场着火 – 损失达50万欧元**

Kainsricht讯。周六黄昏时分，雷电击中农场，导致厩栏和两处邻近建筑着火。60头奶牛在火灾中丧生。该农场70岁的老主人大为震惊。损失金额至少50万欧元。

[Stuttgarter Nachrichten Online] 2003年5月9日

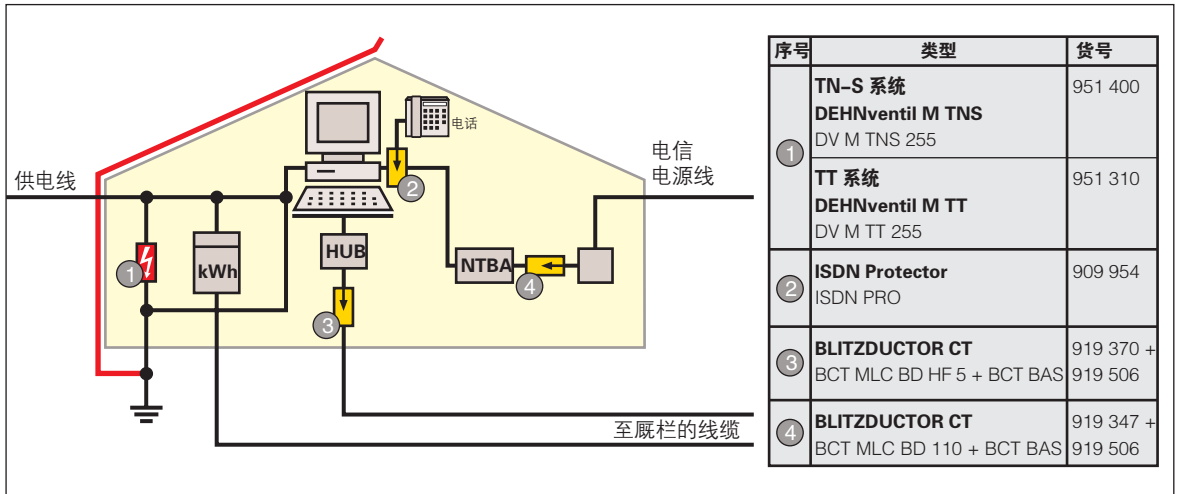


图9.6.7 对农业设施、住宅、办公室的雷击和电涌保护

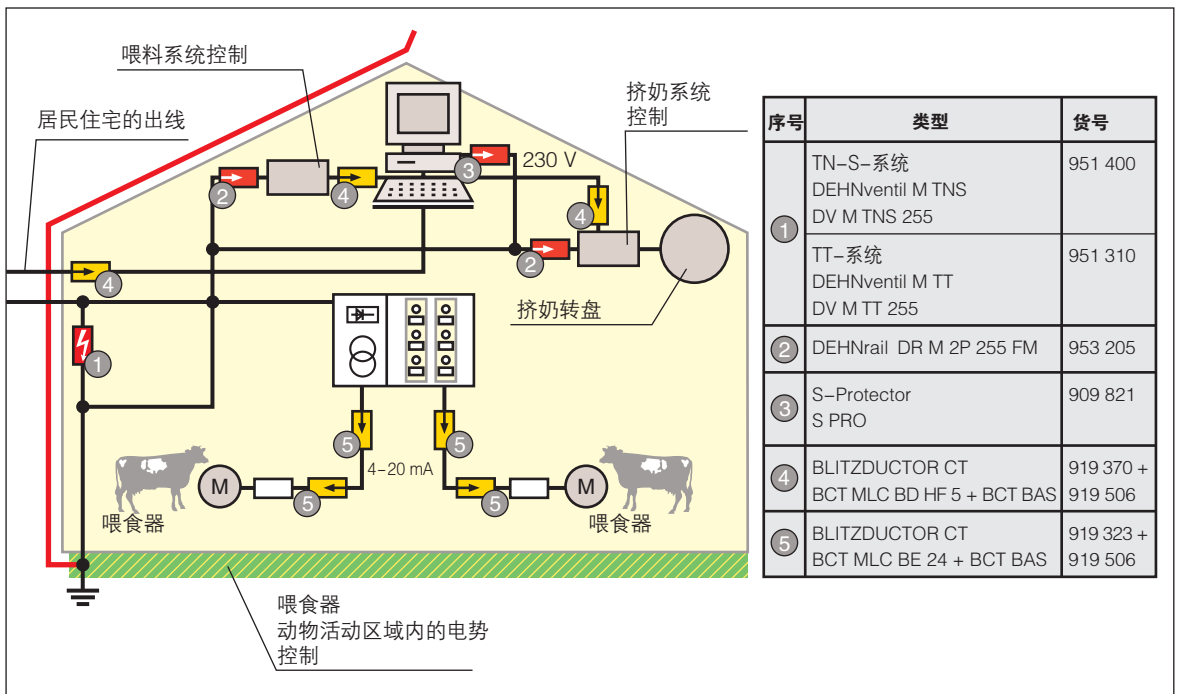


图9.6.8 对农业设施的雷击和电涌保护 - 厩栏

火灾频繁、庇护所拥挤不堪

Freiburg的消防队出警60多次。Breisgau市消防局在两小时内接到150通紧急电话。在Oberwolfach (Ortenau的一个区), 雷电引起一处农场着火, 造

约15万欧元的损失。将近100年的老建筑烧成了断壁残垣。没有人员受伤。

从这些示例可以清晰地看到农用设施的雷击和电涌保护的重要性。一个全面的保护, 必须同时能够保

护供电系统和信息系统（电信网络、计算机网络、测量和控制线）中的各个元件。在分布式网络中，网络分支处的风险最高。

图9.6.7和**图9.6.8**给出了雷击和电涌保护在农用设施中的实施情况。在此，供电侧的雷击和电涌保护的设计以分散布置方式，通过使用复合型雷击和电涌保护器来实现保护。

9.7 视频监控系统的雷击和电涌保护

无论是在工业领域，还是在私人空间，视频监控设备的使用越来越频繁用于对人员和物流的监控。

针对视频监控系统可用性的要求，下文讲述了应采取的防雷保护措施。

视频监控系统至少由一个摄像机、一个监视器和一个视频传输线路组成。可遥控的摄像机通常配有倾斜和旋转功能，这样操作员便可以调整每个摄像机的位置和视角。

如图9.7.1所示，摄像机的视频传输和供电是通过在接线盒与摄像机之间的电缆实现的。

接线盒与监控台之间的通信线缆可以是同轴电缆或平衡双绞线。通过同轴电缆传输视频信号无疑是视频技术中最常见的类型。在这种情况下，使用了非平衡传输，也就是说，视频信号通过同轴电缆的芯线

(内导线)进行传输。外屏蔽层(接地)为信号传输的参考点。除用同轴电缆传输之外，双绞线传输也是一种可行的方式。如果被监控对象周围具有全面覆盖的电信基础设施，则可以使用电信电缆中空置的双绞线来传输视频信号。

视频监控系统可由配电盘直接供电，也可通过UPS供电。

电涌保护器的选用

具有外部防雷系统的建筑物

在图9.7.1中，摄像机被安装在桅杆上。通过安装在桅杆顶端的接闪棒，可以防止摄像机遭受直接雷击。应注意，摄像机及其传输电缆，都必须与外部防雷装置保持足够的隔离距离(IEC 62305-3(EN 62305-3))。

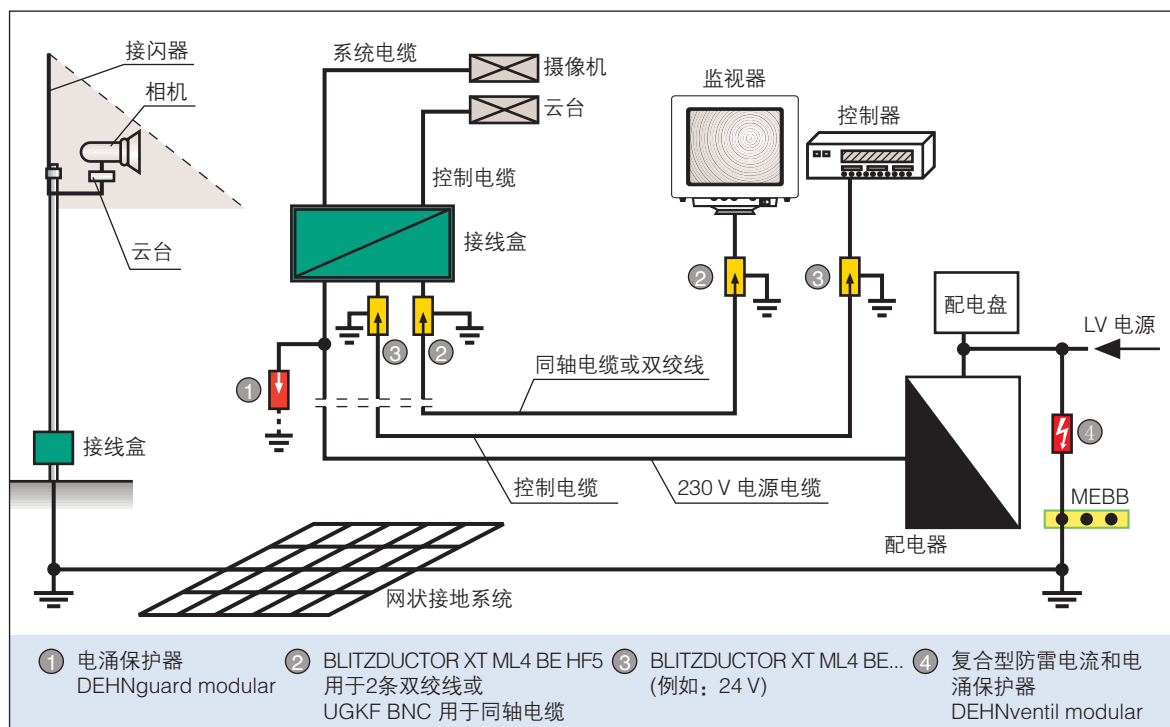


图9.7.1 视频监控系统 - 防雷电和电涌保护

通常情况下，接线盒与摄像机之间的连接电缆放置在金属杆内部敷设。

如果无法这样做，则摄像机的电缆必须放置到一个金属管中，并将金属管两端做等电位接地处理。对于仅几米长的电缆，接线盒可以不做电涌保护，但需做等电位连接。

对于从桅杆处接线盒接至具有外部防雷系统的建筑物的同轴电缆或双绞线以及控制电缆，必须实施等电位连接（表9.7.1）。这包括将视频监控的防雷系统连接到管道系统、建筑物中的金属装置以及接地系统中。此外，供电系统和信息系统的所有接地部件都必须连接到等电位连接系统中。所有引入建筑物内的电源线和数据线都通过雷电流保护器（1级SPD）间接



图9.7.2 在接闪器保护范围内的监控摄像机

图9.7.1和9.7.3中的序号	保护对象...	电涌保护器型号	货号:
②	双绞线 (视频传输)	BLITZDUCTOR XT, BXT ML4 BE HF 5 + BXT BAS	920 370 920 300
②	同轴电缆 (视频传输)	UGKF BNC	929 010
③	控制电缆 (例如: 24 V DC)	BLITZDUCTOR XT, BXT ML4 BD 24 + BXT BAS	920 324 920 300

表 9.7.1 信号线的雷击和电涌保护

图9.7.1和9.7.3中的序号	复合型SPD (防雷电流和电涌保护器)		
	保护对象...	电涌保护器型号	货号:
④	3相 TN-C 系统	DEHNventil DV M TNC 255	951 300
	3相 TN-S 系统	DEHNventil DV M TNS 255	951 400
	3相 TT 系统	DEHNventil DV M TT 255	951 310
	单相 TN 系统	DEHNventil DV M TN 255	951 200
	单相 TT 系统	DEHNventil DV M TT 2P 255	951 110
图9.7.1和9.7.3中的序号	电涌保护器		
	保护对象...	型号	货号:
①	3相 TN-C 系统	DEHNguard DG M TNC 275	952 300
	3相 TN-S 系统	DEHNguard DG M TNS 275	952 400
	3相 TT 系统	DEHNguard DG M TT 275	952 310
	单相 TN 系统	DEHNguard DG M TN 275	952 200
	单相 TT 系统	DEHNguard DG M TT 2P 275	952 110

表 9.7.2 供电线路的雷击和电涌保护

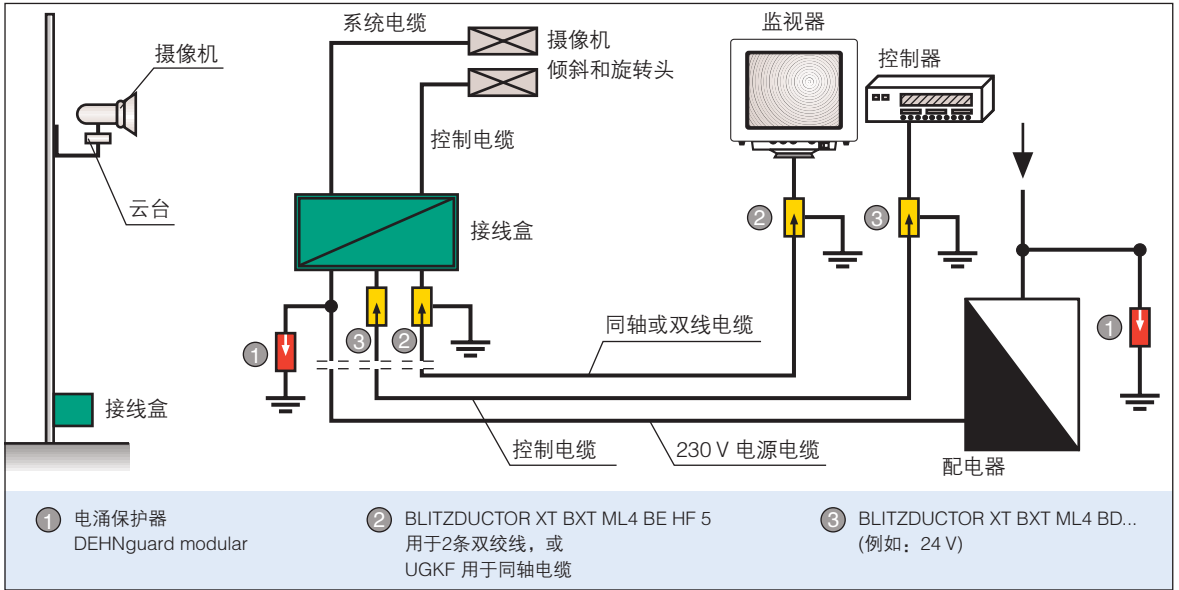


图9.7.3 视频监视系统 - 电涌保护

连接到等电位连接排。如果低压主配电盘中没有安装雷电流保护器（1级SPD），则运营商必须指明需要加装。

在表 9.7.1 和表 9.7.2 中，根据图 9.7.1 所标的序号，列出了用于信号线和电源线的电涌保护器。

图9.7.1（序号4）给出了复合型雷电流和电涌保护器DEHNventil modular的应用（表9.7.2）。此复合型SPD将雷电流保护器和电涌保护器（1级+2级SPD）整合在一个设备中，不需要去耦线圈，作为完整预接线单元，用于各种低压系统（TN-C、TNS、TT）中。

在DEHNventil和终端设备之间的电缆长度不超过5米的情况下，不需要额外的电涌保护器就能提供足够的保护。对于更长的电缆，终端设备需要加装额外的电涌保护器，例如：DEHnrail模块。

将摄像机安装在建筑物的外立面时，应该确保将摄像机固定在屋顶外缘的下方，并且处于保护分区内。如果无法这样做，必须通过额外的外部雷电保护措施，形成一个防雷保护区。这可以通过如图9.7.2中所示的接闪装置来实现，以保护摄像机免遭直接雷击。

没有外部防雷系统的建筑物

如果因直接或邻近雷击给建筑物造成损坏的风险很低，那么建筑物即使没有外部防雷系统也是允许的。

如果这种风险对于后续安装的视频传输设备也能够被接受，则可以通过安装SPD来提供足够的保护。

用于图9.7.3中保护电源线的电涌保护器可从表 9.7.2 中选出。

用于图9.7.3中保护信号线的电涌保护器可从表 9.7.1 中选出。

9.8 公共广播系统(PA系统)的电涌保护

公共广播系统采用紧凑结构,标准化特性以及19"模块化设计,用于语音、音乐以及其他信号传输。为此,有效信号将被调制到载波电压(50V、70V、100V),并通过发射机发送到扬声装置。

转发器将扬声装置的低阻值转换成更高的值,以此降低信号电流。这使采用电信电缆传输(直径

0.6mm或0.8mm) 成为可能。

使用的扬声装置有很多不同的类型。暗装或明装扬声器的额定功率约为6-30W，柱式扬声器的额定功率约为20-100W，音箱的额定功率约为10-60W。模块结构的功率放大器,其最低额定功率从100W到600W不等，甚至更高。

在线或组中，可以同时使用不同功率的扬声器。放大器的最小功率等于各个扬声器功率的总和。对总和起决定性作用的不是扬声器标称功率的总和，而是

在发射机的控制钮上实际选择的功率等级。

公共广播系统的导线系统的设计要符合EN 50174-2。

在上述的EN标准中，电涌的保护在6.11.3章的安装指导中有描述。除所提到的对导线的保护之外，还指出了主要任务是保护电力（输送）网中的设备安全。

在下面的讲述中，我们不再引用可能适用的任何其他条例（例如，建筑条例、公共广播系统的急救系统、发生火灾和袭击时的危险警报等）。

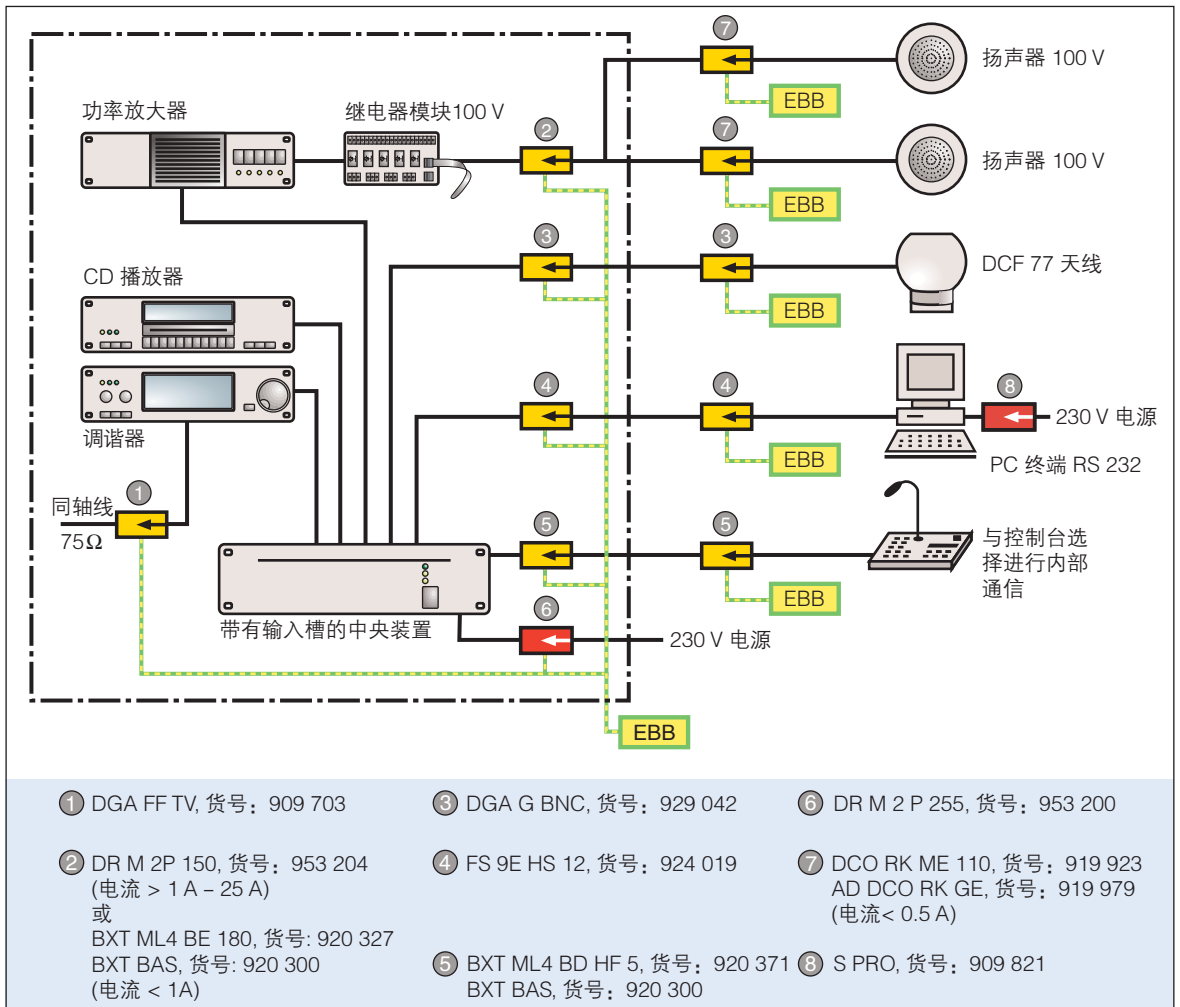


图9.8.1 具有电涌保护器的公共广播系统的模块组装方式

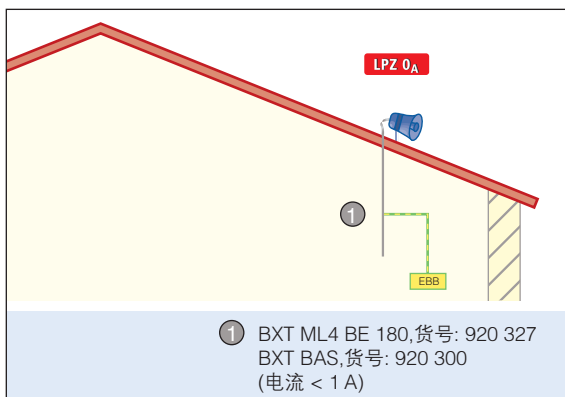


图9.8.2 建筑物没有外部防雷保护，在LPZ 0_A区中的喇叭通过复合型雷电流和电涌保护器进行保护

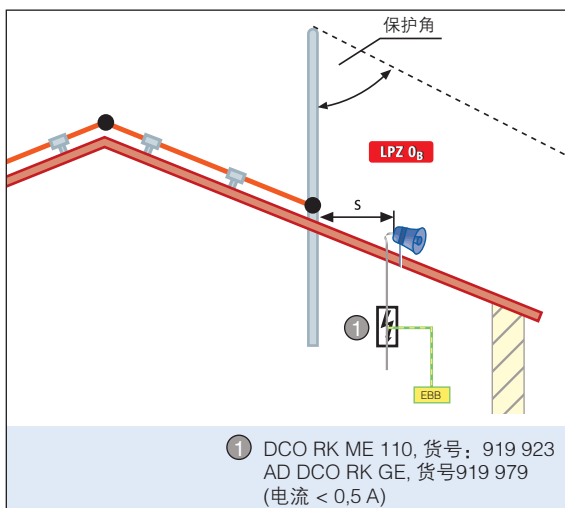


图9.8.3 建筑物有外部防雷保护，在LPZ 0_B区中的喇叭通过电涌保护器进行保护

大多数PA系统都是19“模块化设计”（图9.8.1），并且靠近长期占用的工位安装。

因此，重要的是，通过使用④和⑤连接到PC或对讲现场的连接线的长度，如果距离>5m，则通常需要安装电涌保护器。

为了确定②和⑦的电涌保护器的尺寸，需要知道相应线路分支中的最大电流I。这由公式 $I=P/U$ 可

得，其中U是载波电压，P是放大器功率（用于确定电涌保护器②型号）或扬声器功率（用于确定电涌保护器⑦型号）。如果邻近处有多个扬声器，P是各个扬声器的功率的总和。

建议将靠近设备的电涌保护器①~⑥的所有接地终端都连接到邻近的等电位连接带中（小型EB）。

如果建筑物无外部防雷系统，位于其中的扬声器在防雷分区LPZ 0_A（直接雷击的区域）中，必须安装复合型雷电流和电涌保护器（图9.8.2）。如果此处只安装了雷电流保护器，则建筑物内安装在线路中的扬声器仍可能会损坏。

如果建筑物具有外部防雷系统，其中扬声器在防雷分区LPZ 0_B（无直接雷击的区域）中，则必须在建筑物的入口处安装电涌保护器（图9.8.3）。

9.9 报警系统的电涌保护

报警系统（火灾报警系统或防盗报警系统）在危险情形下应该主动发出信号，而在安全情形下保持警戒状态。这些系统发生故障（在危险情况下没有响应，或是在没有危险的情况下发出报警信号）是人们不希望的，并且代价高昂。在工业化国家，危险报警系统因误报产生的费用，每年高达几百万欧元。另一方面，故障还有可能直接或间接地危害人身安全。与此相关的，我们还记得1992年法兰克福机场塔楼的火灾报警系统发生的故障，当时由于雷击而误将灭火系统启动。空中交通管制员不得不在几分钟内撤离控制室。在此紧急情形下，飞临的飞机只得转而飞往其它机场。空中交通发生严重延迟。

危险报警系统的误报还会在另一方面引起混乱：
→ 误报越来越多时，运营商便不再信赖系统，并且会质疑安装系统的必要性。

- ⇒ 守卫人员开始忽视报警。
- ⇒ 邻居将饱受报警声之扰。
- ⇒ 行动队伍（例如消防队）将无谓地出警。
- ⇒ 灭火系统造成企业的停工。
- ⇒ 因对存在的危险未发出信号而导致的损失。

所有这些因素都会导致不必要的花费，如果在设计阶段就已经确定出误报的可能原因，并采取适当的预防措施加以消除，则可以避免这些情况。为此，“德国保险协会”（Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. – GDV）发布了VdS指导（VdS 2095、VdS 2311、VdS 2833）。在VdS指导中也要求有雷击和电涌保护措施。

能量协调的雷击和电涌保护，可以防止大气放电引起的误报，提高危险的早期识别和报警系统的可用性。

安装类似的报警系统时，如果由于财力上的原因而没有进行VdS认可（例如，居民住宅），指导原则仍可用于该项目设计和施工，以及在施工商和运营商之间就个别措施达成一致。

实际上，根据IEC 61000-4-5，现今的大多数已安装的火警系统对于主电缆和次级电缆以及电网输入出现的暂态电压都具有越来越高的抗扰能力。不过，要全面防护雷电放电和电涌所引起的损坏，只有通过外部和内部防雷措施才能实现（图9.9.1至图9.9.4）。

监控原理

危险报警系统可通过不同的监控原理实现：

⇒ 脉冲线性技术

触发的报警信息将以数字形式传输。这样便于识别报警和准确定位危险的根源（图9.9.1）。

⇒ 直流线性技术

根据闭合电路原理，每条报警信号线都处于持续的监控中。如果有一条报警线发生响应，则此线被中断，并在中心监控中触发一个报警。不过，只能识别报警线路，而不能识别单个的报警装置。（图9.9.3和图9.9.4）。

不论使用哪一种监控原理，危险报警系统的线路都必须涵盖在整个系统的雷击和电涌保护中。

保护建议

对于保护采用直流线性技术的报警线路，建议使用BLITZDUCTOR XT的BXT ML4 BE ... 类型。根据报警线路的电压进行选择，此电压通常为12V或24 V。为了避免报警环路中电阻的显著改变，也建议使用BLITZDUCTOR XT的BXT ML4 BE类型。

不论拓扑结构如何，控制和指示设备的输出（例如：声音信号和光信号）都必须由BLITZDUCTOR XT保护。注意SPD的标称电流不应过高。在标称电流 > 0.5 A的情况下，可使用DEHnrail的DR M 2P 30保护。

控制和指示装置一般通过电话拨号装置连接到固网运营商（例如，Deutsche Telekom（中译“德国电信”））的交换线路。对于这种应用，电涌保护器BLITZDUCTOR XT中的BXT ML4 BD 180适用于此。（另请参阅第9.14章“通信设备的电涌保护”）

电源系统的电涌保护也非常重要。建议在此处使用DEHNgard系列的SPD（请参阅表9.9.2）。

对于经“德国保险协会”认证的报警系统（由VdS认可的系统），需要与报警系统的制造商联系。这些装置以及雷击和电涌保护器必须按照VdS 2095、VdS 2311或VdS 2833进行安装。

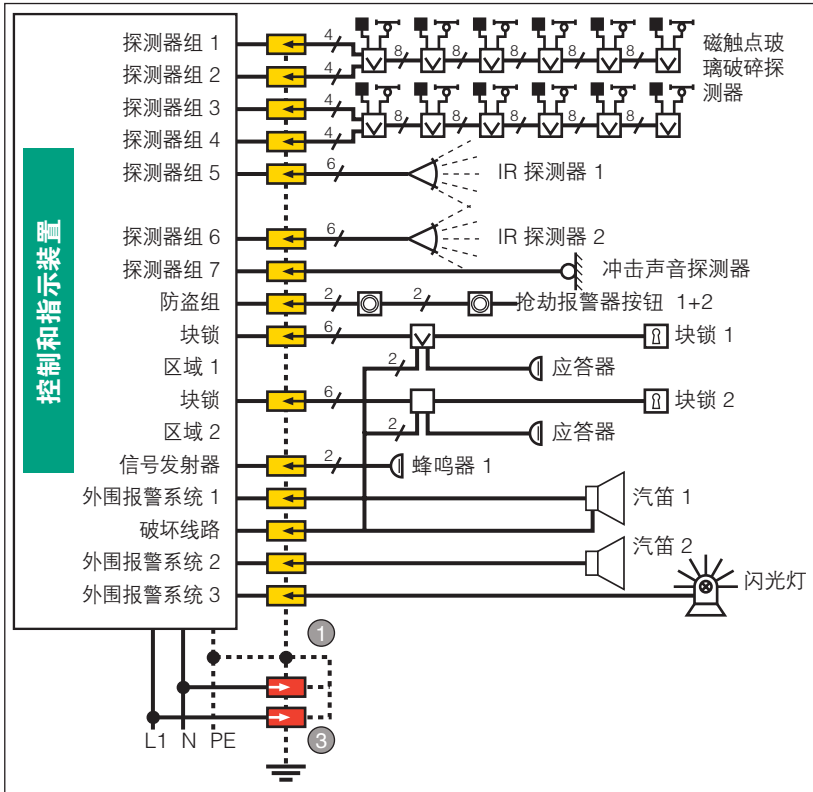


图9.9.1 采用脉冲线性技术的防盗报警系统，其控制装置的雷击和电涌保护

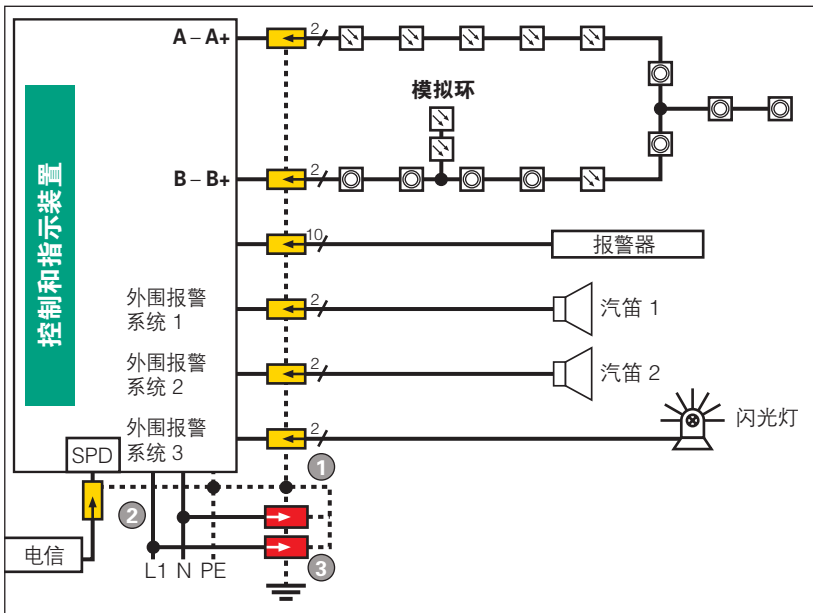


图9.9.2 带模拟环的火警系统，其控制装置的雷击和电涌保护

上图的示例，是火警和防盗报警系统中的控制和指示装置的电涌保护建议方案，主要针对工作原理为直流线性技术或脉冲线性技术的报警系统。

如果火灾和防盗报警的控制装置整合到雷电保护系统中，则进入建筑物的所有线缆都应该连接雷电流保护器或复合型雷电流和电涌保护器。请参阅表9.9.1和表9.9.2。

对危险报警系统特定的雷电和电涌保护，可以显著提高这些系统工作的可靠性。一方面，在不存在危险时防止误报和由此产生的费用；另一方面，通过可靠信号的传递可有效地控制灾害范围，用以应对可能发生的灾害（例如：人身安全、环境污染等）。请注意，在发生人身伤害或环境破坏的情况下，设备的运营商是要承担法律责任的。通常，这种全面的安生责任是由企业的执行主席或执行层的人来承担的。不过，企业的运营者在很多技术上是外行，没有能力去评估一个技术解决方案是否增加了安全隐患。因此，作为技术解决方案的提供方的电气技术人员，必须确保在每种情况下，他所提供的解决方案都能符合相应的要求。如果最新的技术表明已经存在更高质量的

序号	电涌保护器型号	简短描述	货号:
	BLITZDUCTOR XT ...	四线通用电涌保护器，由底座和内置LifeCheck的保护模块组成，用于保护IT系统和设备	
①	BXT ML4 BE 12 or BXT ML4 BE 24 + BXT BAS	复合型雷电流电涌保护器：在电磁兼容（EMC）的防雷分区概念中，用于 LPZ 0_A 至LPZ 1 或LPZ 0_A到LPZ 2 边界上的雷电流和电涌的保护器	920 322 或 920 324 + 920 300
②	BXT ML4 BD 180 + BXT BAS	复合型雷电流和电涌保护器：在电磁兼容（EMC）的防雷分区概念中，用于 LPZ 0_A 至LPZ 1 或 LPZ 0_A到LPZ 2 边界上的雷电流和电涌的保护器	920 347 + 920 300

表9.9.1 SPD的简述

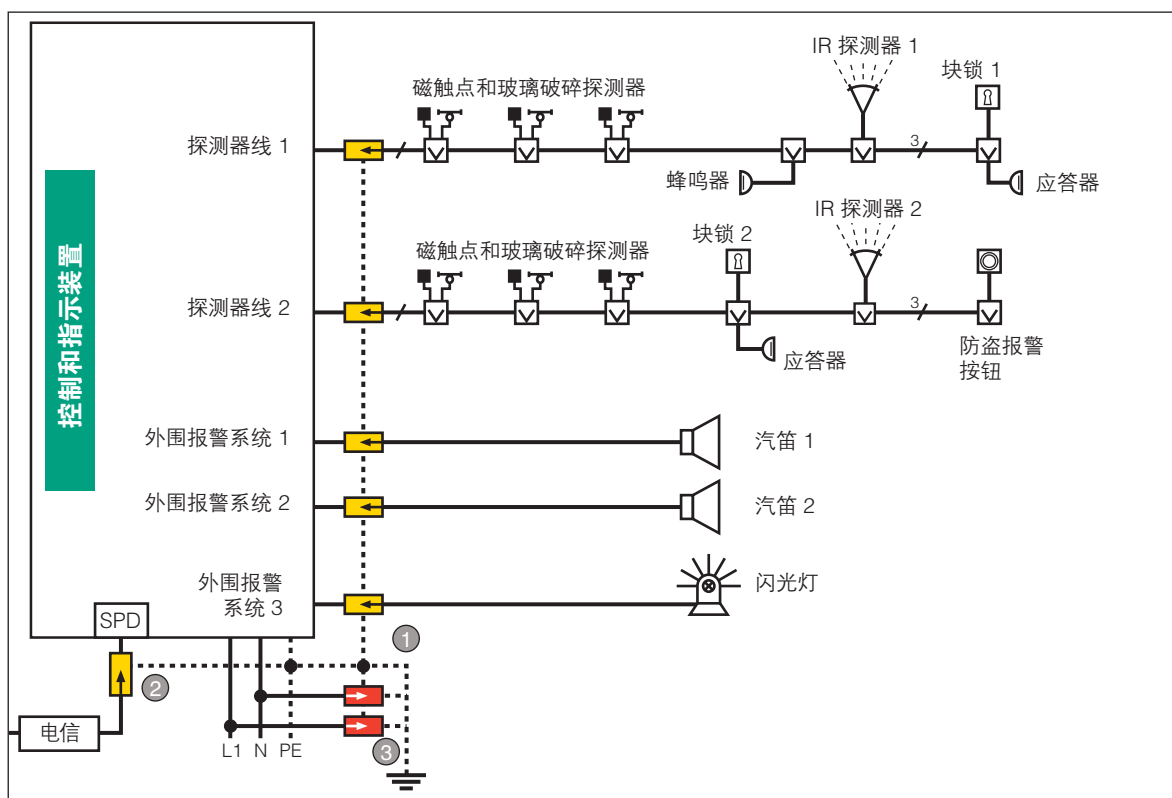


图9.9.3 采用直流线性技术的防盗报警系统，其控制装置的雷击和电涌保护

解决方案，则仅仅是遵循公认的技术规则是不够的。
企业运营者有权对此进行追求。

9.10 KNX系统的雷击及电涌保护

事实上，不论火警系统是否经VdS认证，这些系统都必须配备电涌保护装置。

在现代办公大楼和公共设施（如：学校）中，使用KNX总线系统来实现建筑物控制系统的自动化连续

序号	1级多极模块化复合型雷电流和电涌保护器 (LPZ 0 _A - LPZ 2)		
	保护对象	电涌保护器型号	货号:
	TN 系统	DEHNventil DV M TN 255	951 200
	TT 系统	DEHNventil DV M TT 2P 255	951 110
2级多极模块化电涌保护器, (LPZ 0 _B - LPZ 1及更高分区)			
	保护对象...	电涌保护器型号	货号:
③	3相 TN-C 系统	DEHNguard DG M TNC 275	952 300
	3相 TN-S 系统	DEHNguard DG M TNS 275	952 400
	3相 TT 系统	DEHNguard DG M TT 275	952 310
	单相 TN-S 系统	DEHNguard DG M TN 275	952 200
	单相 TN-C 系统	DEHNguard DG S 275	952 070
	单相 TT 系统	DEHNguard DG M TT 2P 275	952 110

表9.9.2 SPD的选型

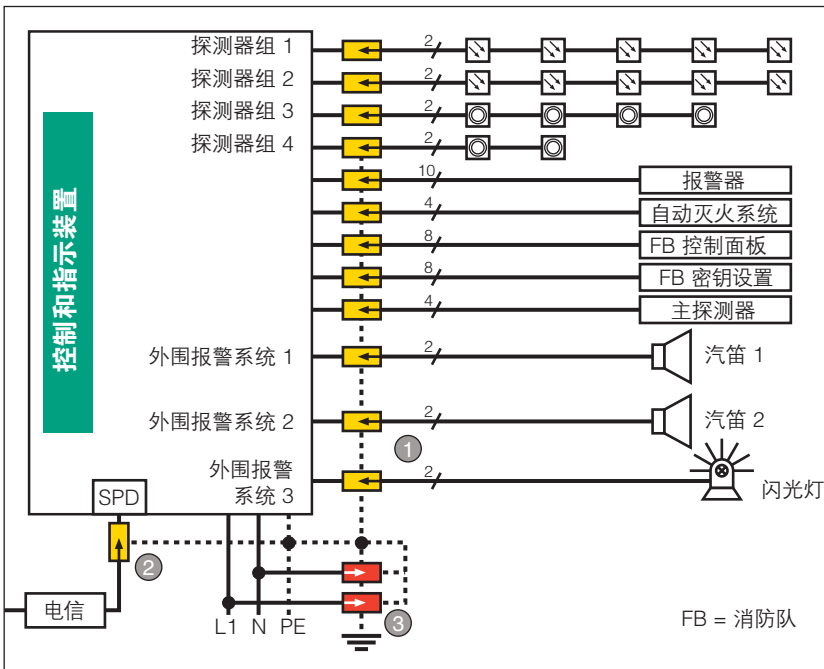


图9.9.4 采用直线性技术的火灾报警系统，其控制装置雷击和电涌保护

在现代办公大楼和公共设施（如：学校）中，使用KNX总线系统来实现建筑物控制系统的自动化连续工作。采用KNX系统，使复杂的过程通过单一的、向上兼容的系统来实现。不过，这种极具未来的投资却有可能很快因雷击而彻底损毁。这样，建筑物自动化就

无用武之地，并且，由于更换和重新配置系统，还会进一步增加费用。因此，在设计和安装如此复杂的系统时，应该采取措施，避免雷电放电造成的直接和间接后果。（图9.10.1）

防雷保护，还是防电涌保护？

要正确选择电涌保护器，必须注意一些基本条件，其中不但包括系统特定的电气参数（如标称电压、标称电流、频率），还包括必须加以控制的威胁风险系数。直接雷击建筑物时，对其中安装的KNX采取全面的防雷保护措施，还是希望

仅对其实施防电涌保护，应分别予以考虑。

如果需要控制直接雷击及其巨大的损毁可能性，则KNX系统的基本设施必须按照防雷分区概念进行设计。





图9.10.1 BUStector的应用 (货号: 925 001)

防雷分区概念在IEC 62305-4 (EN 62305-4) 中有标准化的规定, 并且描述对抗雷电电磁脉冲的保护措施。重要的是将被保护的基本设施划分归入防雷分区。防雷分区的序号越高, 电磁威胁风险系数越低。电气和电子系统 (如KNX系统) 必须按照它们的抗电磁干扰性能归入防雷分区, 即使在直接雷击的电磁环境下, 确保设备不受干扰甚至毁坏。

如果按照IEC 62305-3 (EN 62305-3) 安装了外部防雷系统, 则必须按照防雷分区概念为KNX实施

有效的雷击和电涌保护。对于KNX系统, 所采取的措施通常称为主要和辅助保护措施。

如果保护措施的目标仅仅是为了防护电涌 (辅助保护), 则无需考虑直接雷击可能造成的危害。在发生直接邻近雷击的情况下, 建筑物内安装的KNX遭受损坏是完全可以预见的。在这里只能控制感性或容性的感应干扰 (就如在几千米外发生雷电放电或是进行开关操作的情况)。雷电放电会形成电磁场干扰, 这可能会在装置环路中产生危险的高电压和电流。

建筑物间的布线

在不断扩建的具有防雷保护的建筑物群中, 应将KNX整合进去, 以防护瞬间电涌。门房和主楼之间相距大于50米, 两座建筑都配有防雷系统。由于门房是通过总线连接到主楼的KNX装置, 所以必须为230/400V电源线和总线采取内部防雷保护措施。

基本条件1:

使用埋地电缆 (铜质电缆) 连接两座建筑物。

解决方案1: 图9.10.2和 表9.10.1

基本条件2:

连接两座建筑物之间的非屏蔽电缆使用金属管道敷设, 如埋地电缆穿过50mm²的接地钢管, 钢管两端

序号	保护对象...	电涌保护器型号	货号:
①	3相 TN-C 系统 3相 TN-S 系统 3相 TT 系统	DEHNventil DV M TNC 255 DEHNventil DV M TNS 255 DEHNventil DV M TT 255	951 300 951 400 951 310
②		BLITZDUCTOR XT, Typ BXT ML4 BD 180 + BXT BAS	920 347 920 300
③	3相 TN-C 系统 3相 TN-S 系统 3相 TT 系统	DEHNguard DG M TNC 275 DEHNguard DG M TNS 275 DEHNguard DG M TT 275	952 300 952 400 952 310
④		BUStector BT 24	925 001

表9.10.1 SPD 的简述

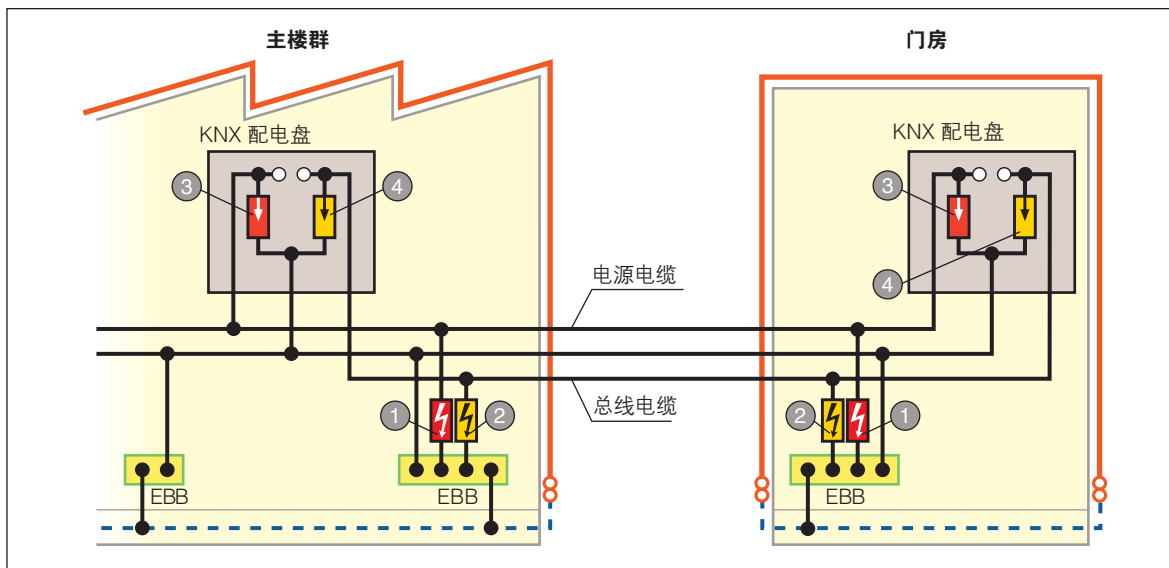


图9.10.2 进出建筑物电缆的雷击和电涌保护，与基础接地极未做直接连接

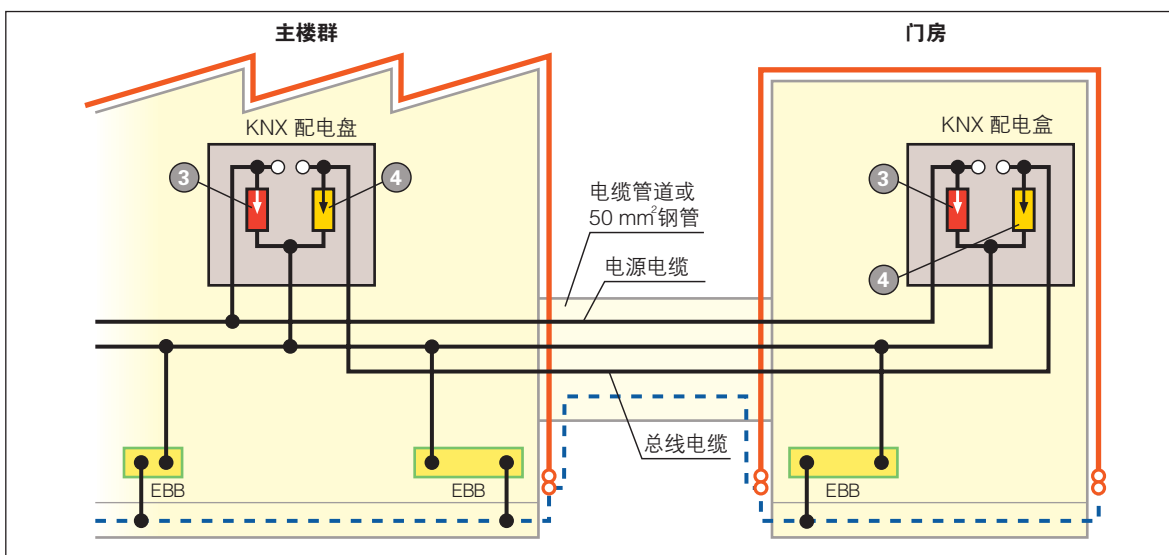


图9.10.3 进出建筑物电缆的雷击和电涌保护，与基础接地极已做直接连接

做等电位连接。铠装电缆的两端也连接至等电位连接系统。

解决方案2: 图 9.10.3和 表 9.10.1

基本条件3:

两座建筑物之间的KNX通过光纤连接（OFC）来实现。如果光纤电缆内部具有金属编织层（防鼠咬），则该编织层必须在建筑物入口处连接至等电位连接系统上。

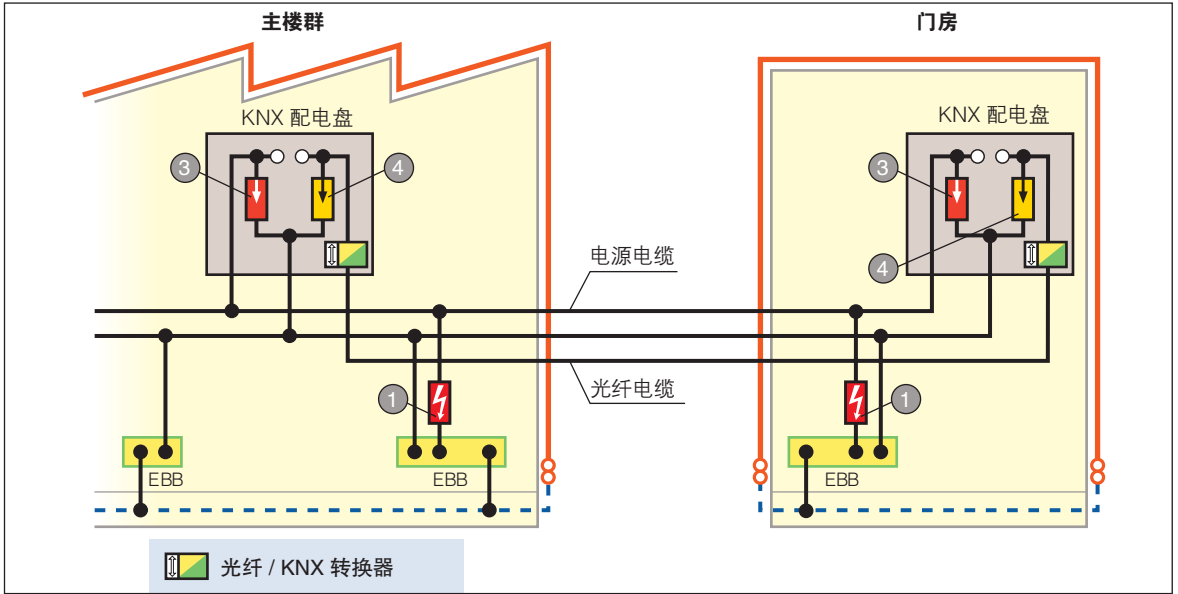


图9.10.4 进出建筑物电缆的雷击和电涌保护，与基础接地极未做直接连接，KNX配有光缆

解决方案3：图 9.10.4和 表 9.10.1

对于KNX系统的设计和实施，设计师和承包商务必采取适当的措施来确保系统的正常工作。应该特别注意KNX系统所在的周围环境。为防止受到干扰甚至毁坏，该系统与和其它基础设施（如：低电压系统、电信和数据系统）之间的接口也必须进行保护。

9.11 以太网和快速以太网的电涌保护

电涌不但干扰设备，还会造成毁坏，因此，一旦IT系统发生故障，则会由于长时间的停机而影响系统工作。为使IT系统安全可靠，除保护电源和定期进行数据备份之外，还需要加强电涌保护的概念。

损坏的原因

IT系统发生故障的原因通常有：

- ⇒ 远处雷击在电源线、数据线或通信线中产生暂态过电压

- ⇒ 邻近雷击产生电磁场，瞬间电涌耦合到电源线、数据线或通信线
- ⇒ 直接雷击在建筑物内的设备中引发过高的电势差，形成部分雷电流

电涌保护器的选用

有效的电涌保护，要求参与的专家（如电气工程技术人员、IT专业人员、电信技术人员以及制造商）的协调配合，针对不同系统，采取相应的措施。对于大型工程项目，有必要进行专家咨询（例如：咨询工程公司的专家）。

电源设备的保护

图9.11.1以行政大楼为例。对于供电系统，可以安装1级雷电流保护器（例如 DEHNbloc Maxi）和2级电涌保护器（例如：DEHNguard modular）。保护终端设备，可使用DEHNrail、SFL-Protector或DEHNflex M等保护装置。

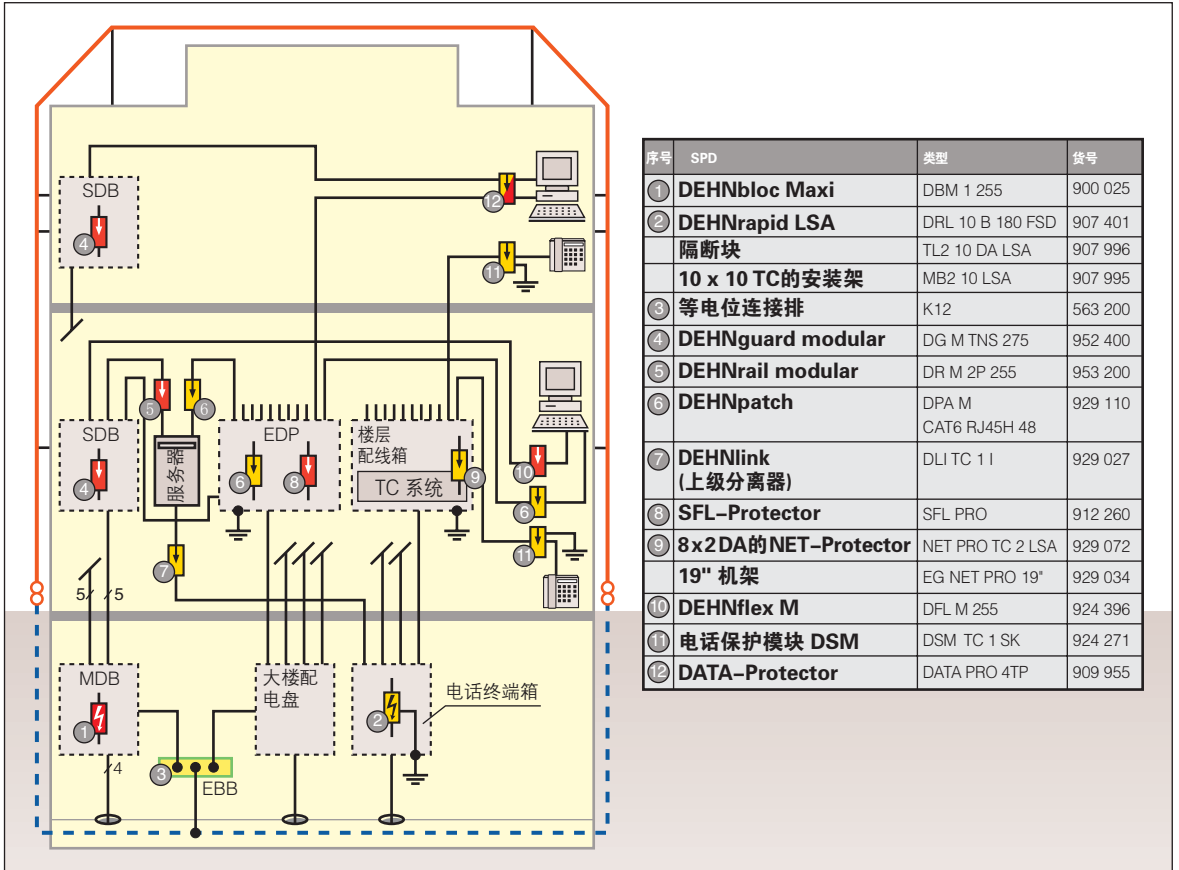


图9.11.1 配备高效用设备的行政大楼

数据和电话线的保护

不论是数据还是语音传输，都需要使用适当的保护元件才能确保设备安全运行。尽管在建筑物配线箱和楼层配线箱之间使用光纤电缆是标准的做法，但从楼层配线箱至终端设备仍在用铜质电缆。因此，有必要使用DEHNpatch（举例）保护主要元件。终端设备也同样由DEHNpatch（举例）保护。

9.12 M-Bus 的电涌保护

M-Bus用于传输用电设备的能耗计量读数。所有连接到M-Bus系统的设备都可以实现集中的数据读取，即：在现场直接读取数据，或从控制中心通过数据传输读取。这样可以提高承租者的居住质量，并且

随时可以控制整座建筑物的能量预算。

下文针对这些系统的可用性要求，描述了对这些系统所采取的电涌保护措施。

M-Bus

M-Bus（仪表总线）是一种经济实惠的现场总线，用于传输消耗的能量数据。如图9.12.1所示，中央主控装置（在最简单的情况下，由计算机PC和串联的电平转换器组成）通过总线与共享该总线的各个装置通信。通过使用M-Bus的转发器，可以将该系统分成多个M-Bus总线段。每个总线段最多可包含250个从属装置，如计热器、水表、电表、气表，以及各种类型的传感器和执行器。越来越多的制造商在他们

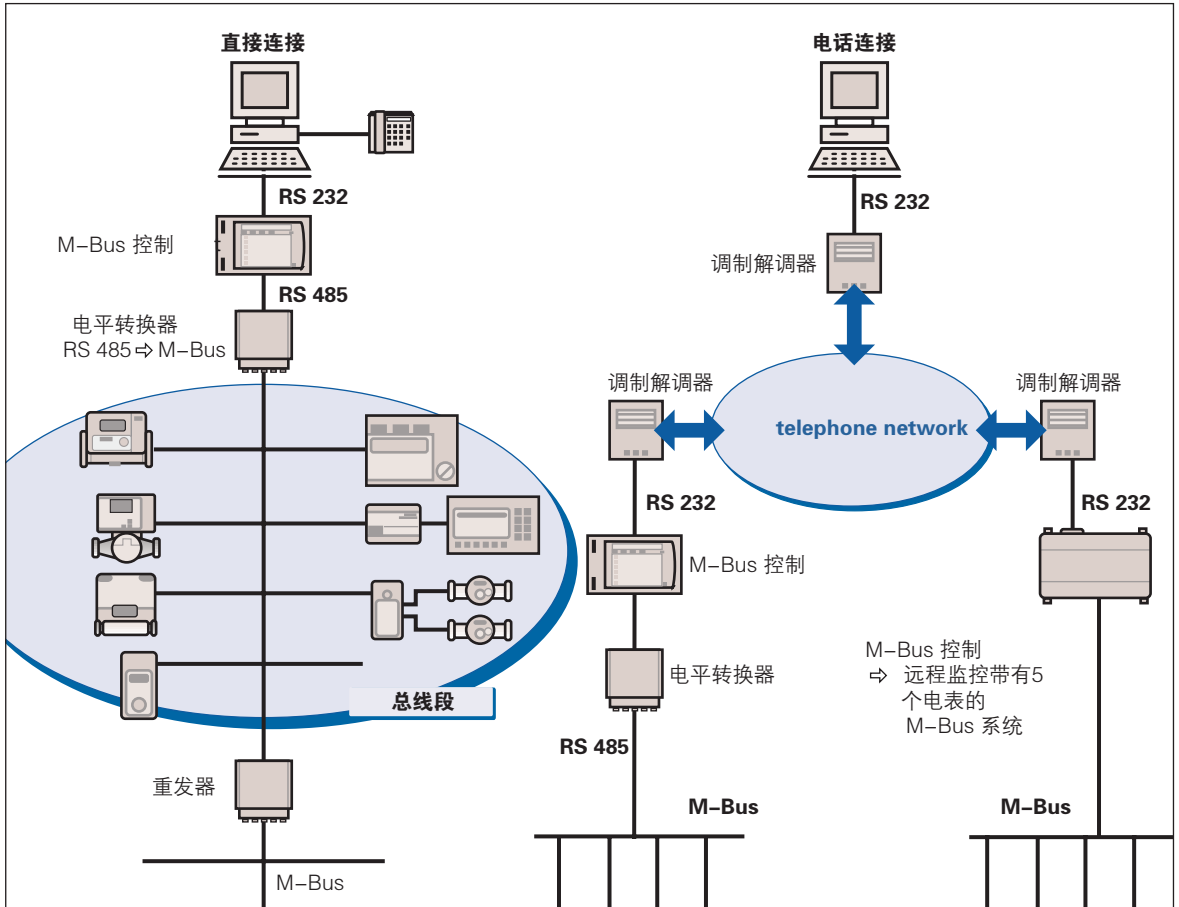


图9.12.1 M-Bus 系统示例

生产的能耗计量器中补充完善了电气的M-Bus接口，包括协议层的内容。

M-Bus 是欧洲标准，在标准EN 1434中有相关描述。

以前，每个建筑物的能耗数据通过网络传输电缆从传到主控站。而在建筑群分布很广的情况下，常常通过连接调制解调器进行数据传输。

用于能耗费用结算和远端监控的M-Bus系统，主要应用于：

⇒ 当地和区域供暖系统

⇒ 多户居民住宅

电表数据的读取可以由中央或分散系统完成。如果这些电表的安装位置邻近，则选用简单而经济的中央系统架构。在此采用了每个电表到控制中心的星形连接。对于分散系统，数据首先通过安装在现场的计量器收集到子站中，然后再通过总线发送到控制中心。

M-Bus 总线段的电容	最大数据传输速率
最大382 nF	9600 波特
最大1528 nF	2400 波特
最大12222 nF	300 波特

表9.12.1 最大数据传输速率

M-Bus是双线总线系统，由总线主控装置供电，且对地绝缘。在工作状态下，对于共享M-Bus的所有其它装置，不存在参考地。最大总线电压值为42 V。

网络的扩展能力以及最大传输速率受限于连接于M-Bus的设备数量、保护接线、电缆走线以及使用的电缆类型。

所有连接M-Bus设备的电缆以及保护接线在M-Bus的总线段中形成一个等效电容。此电容量大小决定了传输速率。

M-Bus总线段每线的最大传输速率可以根据下表确定（表9.12.1）。

如果使用电涌保护器，则必须注意电涌保护器的电容和串联阻抗，在设计网络接入设备时，应予以考虑。下表给出了电涌保护器的电容和串联阻抗值（表9.12.2）。

M-Bus 系统的电涌保护器的选型

为了建立M-Bus系统，在建筑物外面也要敷设总线。因此，雷电放电的瞬间电涌可能危及这些设备，所以必须进行相应的保护。下面通过两个应用实例，来详细描述M-Bus系统的防电涌保护。

应用实例：具有外部防雷系统的建筑物

如果建筑物具有外部防雷系统，则必须实施等电

位连接。这包括将雷电保护系统、金属管道系统、建筑物中的金属装置连接到共用接地系统。首先，供电系统和信息系统的所有接地的部件都必须连接到等电位连接系统中。所有进出建筑物的电源线和数据线及其他导线将通过电涌保护器间接连接到等电位连接系统中。如果在建筑物进口处未安装电涌保护器（例如：在低压配电的低压用电系统中），则必须通知运营商，添加这些保护装置。

保护电气设备和系统的进一步措施是采取电涌保护。在直接雷击的情况下，它可作为等电位连接的附加措施。

如果等电位连接、过电压保护措施和外部防雷措施均得到有力地实施，那么，电气系统的可靠性则大大提升。即便出现直接雷击，也可以减少故障的发生。

雷电流和电涌保护器的级联使用

雷电流和电涌保护器的级联应用的原则是能量协调。能量协调一般通过SPD之间至少15 m长的连接电缆的阻抗来实现。如果无法这样做，则可以通过安装能量协调的雷电流保护器DEHNbloc Maxi系列和电涌保护器DEHNguard系列，使电涌保护概念与设备的实际情况相符合。

另一种可能是使用复合型雷电流电涌保护器DEHNventil。该保护器将雷电流和电涌整合在一个装

SPD	货号：	电容：线/线	每线的串联阻抗
BLITZDUCTOR CT BCT MLC BD 48	919 345	≤ 0.6 nF	2.2 Ω
BLITZDUCTOR CT BCT MLC BE 24	919 323	≤ 0.7 nF	2.2 Ω
BLITZDUCTOR CT BCT MLC BE 5	919 320	≤ 3 nF	1.4 Ω
DEHNconnect DCO RK MD 48	919 942	≤ 0.6 nF	0.4 Ω
DEHNconnect DCO RK ME 24	919 921	≤ 0.5 nF	1.8 Ω
DEHNconnect DCO RK MD HF 5	919 970	≤ 19 pF	1 Ω

表9.12.2 电涌保护器的电容和串联阻抗值



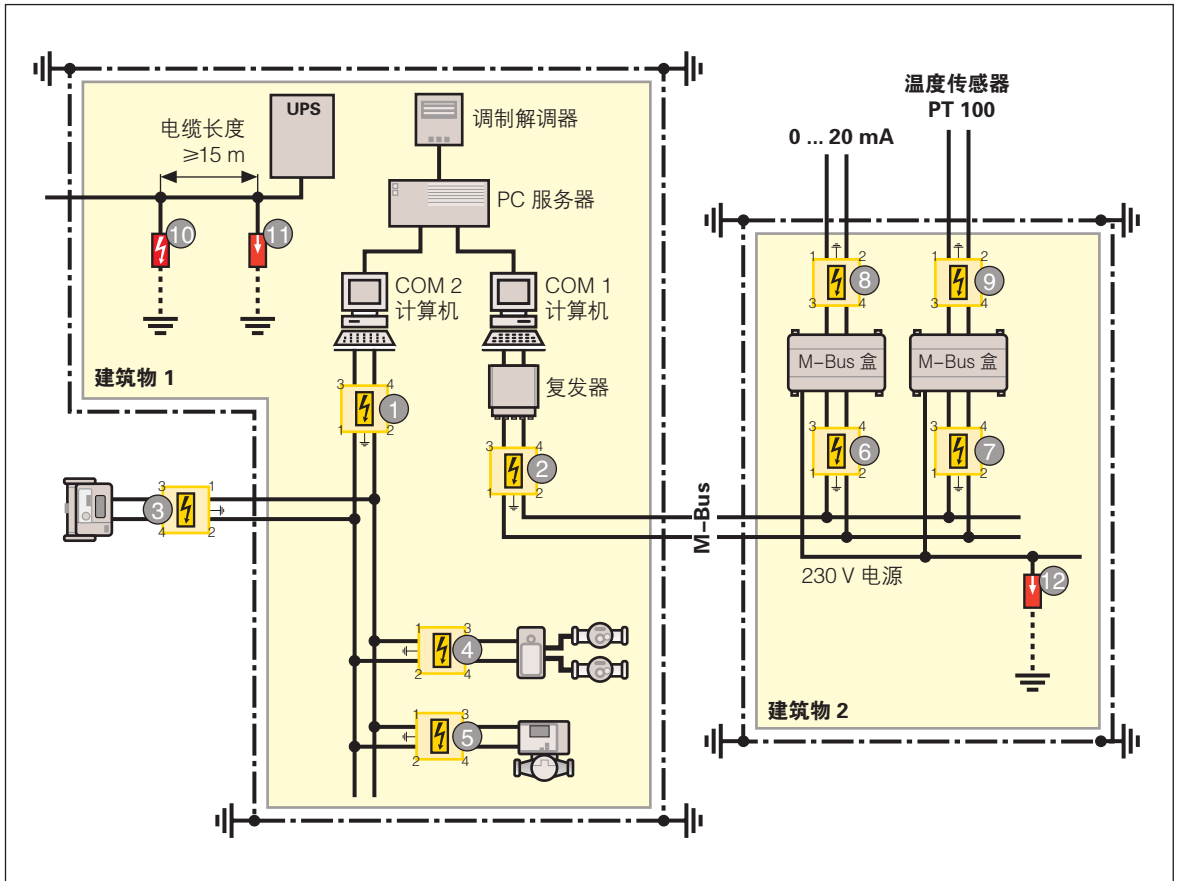


图9.12.2 具有外部防雷保护系统的建筑物中，M-Bus系统的保护概念

图9.12.2中的序号	保护对象	电涌保护器型号	货号
⑩	3相TN-C系统	DEHNventil DV M TNC 255	951 300
	3相TN-S系统	DEHNventil DV M TNS 255	951 400
	3相TT系统	DEHNventil DV M TT 255	951 310
	单相TN系统	DEHNventil DV M TN 255	951 200
	单相TT系统	DEHNventil DV M TT 2P 255	951 110

表9.12.3 根据供电系统的接地类型，选择复合型电涌保护器

图9.12.2中的序号	保护对象	电涌保护器型号	货号
① 到 ⑦	M-Bus	BCT MLC BD 48 + 底座 BCT BAS	919 345 + 919 506
⑧	0 - 20 mA, 4 - 20 mA	BCT MLC BE 24 + 底座 BCT BAS	919 323 + 919 506
⑨	温度测量 PT 100, PT 1000	BCT MLC BE 5 + 底座 BCT BAS	919 320 + 919 560

表9.12.4 信号接口的电涌保护

图9.12.2中的序号	保护对象	电涌保护器型号及说明	货号
⑩	3相TN-C系统	DEHNbloc DB 3 255 H - 相L1/L2/L3 到 PEN	900 120
	3相TN-S系统	DEHNbloc DB 3 255 H - 相L1/L2/L3 到 PE +	900 120
		DEHNbloc DB 1 255 H - N to PE	900 222
	3相TT系统	DEHNbloc DB 3 255 H - 相L1/L2/L3 到 N + DEHNgap DGP BN 255 - N to PE	900 120 900 132
	单相TN系统	2 x DEHNbloc DB 1 255 H - 相L + N 到 PE	900 222
	单相TT系统	DEHNbloc DB 1 255 H - 相L 到 N + DEHNgap DGP BN 255 - N 到 PE	900 222 900 132
⑪ ⑫	3相TN-C系统	DEHNguard DG M TNC 275	952 300
	3相TN-S系统	DEHNguard DG M TNS 275	952 400
	3相TT系统	DEHNguard DG M TT 275	952 310
	单相TN系统	DEHNguard DG M TN 275	952 200
	单相TT系统	DEHNguard DG M TT 2P 275	952 110

表9.12.5 230V供电系统的电涌保护

置中，不需要去耦线圈，可作为完整预接线装置，用于各种低压系统（TN-C、TNS、TT）中。（表9.12.3）

在DEHNventil和终端设备之间的电缆长度不超过5m的情况下，不需要额外的电涌保护器就能提供足够的保护。对于更长电缆，终端设备处必须安装额外的电涌保护器，例如DEHNrail。

表9.12.3、表9.12.4以及表9.12.5按照图9.12.2中的编号列出应用的电涌保护器。

应用实例：

无外部防雷系统的建筑物

为了获得有效的电涌保护，M-Bus系统的接线如图9.12.3所示。

表9.12.6和表9.12.7列出所使用的电涌保护器。

9.13 PROFIBUS FMS、PROFIBUS DP 以及PROFIBUS PA的电涌保护

无论PROFIBUS在相关领域中作为通信系统的应用，还是作为数据单元和介质存取控制的使用，都要求这个总线系统具有高度的可用性。而根据这些可用性的要求，必须在现场采取有力措施避免电涌的风险。

PROFIBUS

PROFIBUS是西门子公司（Siemens）对通信产品（硬件/软件）的标准命名，在DIN 19245和EN 50170中将其标准化。PROFIBUS FMS和PROFIBUS DP是西门子公司SINEC L2和SINEC L2-DP产品的代用名称。PROFIBUS FMS的设计传输速率最大仅为500 kBit/s，而PROFIBUS DP的传输速率可高达12 MBit/s。PROFIBUS FMS（SINEC L2）的应用难点主要在于批量数据的过程管理和分组控制。快速PROFIBUS DP设计用于可编程控制系统的分散外围设备。



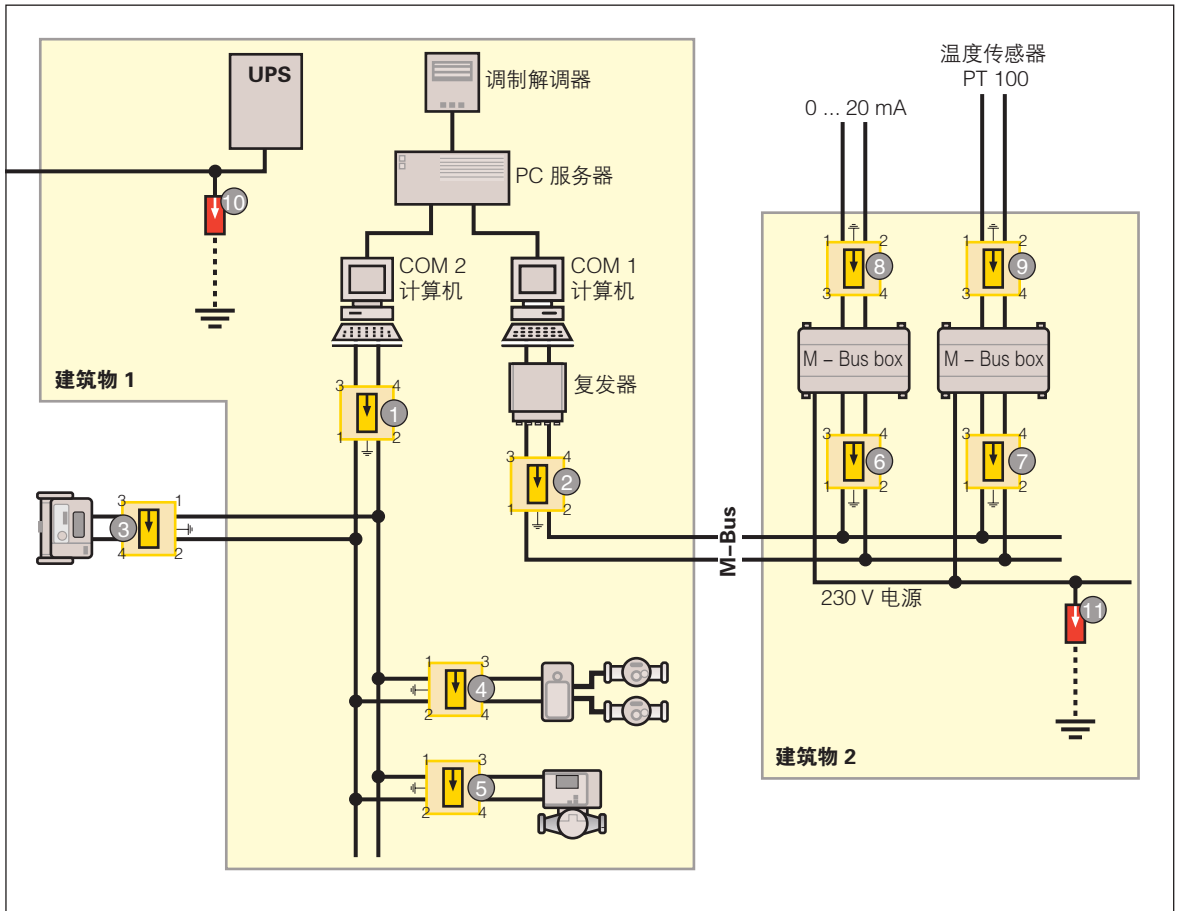


图9.12.3 无外部防雷系统建筑物的M-Bus系统的保护

图9.12.3 中的序号	保护对象...	电涌保护器型号	货号
① 到 ⑦	M-Bus	DEHNconnect DCO RK MD 48	919 942
⑧	0 - 20 mA, 4 - 20 mA	DEHNconnect DCO RK ME 24	919 921
⑨	温度测量 PT 100, PT 1000	DEHNconnect DCO RK MD HF 5	919 970

表9.12.6 信号接口的电涌保护

图9.12.3中的序号	保护对象...	电涌保护器型号	货号
⑩ ⑪	3相TN-C系统	DEHNguard DG M TNC 275	952 300
	3相TN-S系统	DEHNguard DG M TNS 275	952 400
	3相TT-S系统	DEHNguard DG M TT 275	952 310
	单相TN系统	DEHNguard DG M TN 275	952 200
	单相TT系统	DEHNguard DG M TT 2P 275	952 110

表9.12.7 供电系统的电涌保护

PROFIBUS 领域最新的进展是本质安全的 PROFIBUS PA，它用于过程工程中，也可以在可能发生爆炸危害的区域使用。

双线总线电缆通常充当传输介质。总线系统的物理特性基本上对应于 RS485 标准。

接入总线的共享设备可以采用以下的多种连接方式：

- ⇒ 通过 9 针 D 形微型连接器（通常占用 3/8 针）
- ⇒ 通过螺丝端子连接
- ⇒ 通过总线接线端连接。

电涌保护器的选型

具有外部防雷系统的建筑物

如果建筑物具有外部防雷系统，则必须实施等电位连接。这包括将防雷系统、管道系统、建筑物的金属装置以及接地系统相互连接起来。此外，所有供电系统和信息技术设备的接地部件都必须连接到等电位连接系统中。供电和数据处理电缆的所有带电导线，以及所有进出建筑物的电源线和信号线都要通过电涌保护器间接连接至等电位连接系统。如果在低压用电系统中没有安装电涌保护器，则必须通知运营商后续

加装。

保护电气设备和系统的进一步措施是安装电涌保护装置，它可作为等电位连接的额外措施。即便在发生直接雷击的情况下，这些措施也可以起到保护电气设备和系统的作用。

外部防雷系统一样，如果精心地实施了等电位连接，并安装了电涌保护装置，那么，即便有直接雷击也可以减少故障的发生。

从外部引入的在低压配电柜处的 230/400 V AC 电源线将由 1 级 SPD DEHNventil modular 保护。该产品可以提供完整的预接线装置，适用于低压系统（TN-C、TN-S、TT）的雷击和过电压保护（表 9.13.3）。除了工作状态/故障指示之外，此 1 级 SPD 还具有用于远程监控的遥信端子。

在 DEHNventil 和终端设备之间的导线长度不超过 5m 的情况下，不需要额外的保护器就能提供足够的保护。如果导线较长，则要求在终端设备处使用额外的电涌保护器，例如：DEHNrail。

表 9.13.1 和表 9.13.2 给出了总线的电涌保护器，表 9.13.3 列出了用于电源系统的电涌保护器。

图 9.13.1 中的序号	SPD	DEHN 产品型号	货号
①	在建筑物入口	BLITZDUCTOR XT BXT ML4 B 180 + 底座 BXT BAS	920 310 920 300
②	在接入总线的设备处	BLITZDUCTOR XT BXT ML4 BE HF 5 + 底座 BXT BAS	920 370 920 300

表 9.13.1 PROFIBUS DP/PROFIBUS FMS 总线的电涌保护

图 9.13.2 中的序号	安装位置	DEHN 产品型号	货号
⑤	在接入总线的设备处	BLITZDUCTOR XT BXT ML4 BD EX 24 + 底座 BXT BAS EX 或 DEHNpipe DPI MD EX 24 M 2	920 381 920 301 929 960

表 9.13.2 PROFIBUS PA 总线的电涌保护

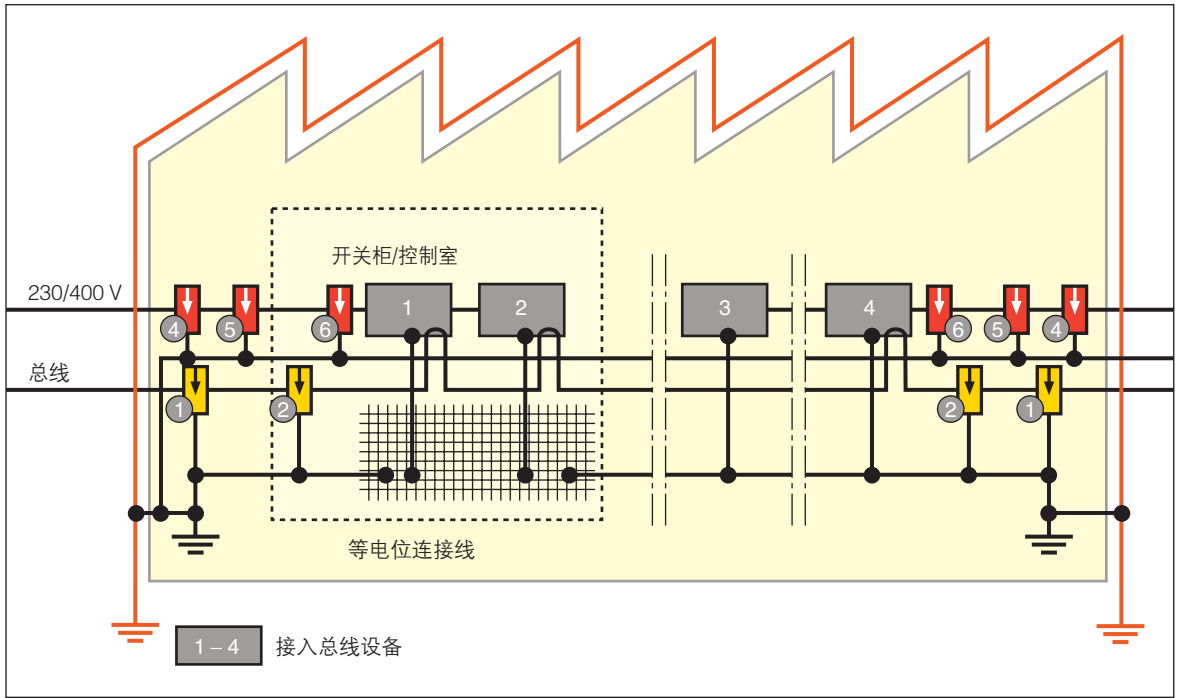


图9.13.1 SIMATIC NET PROFIBUS FMS和DP的雷击和电涌保护

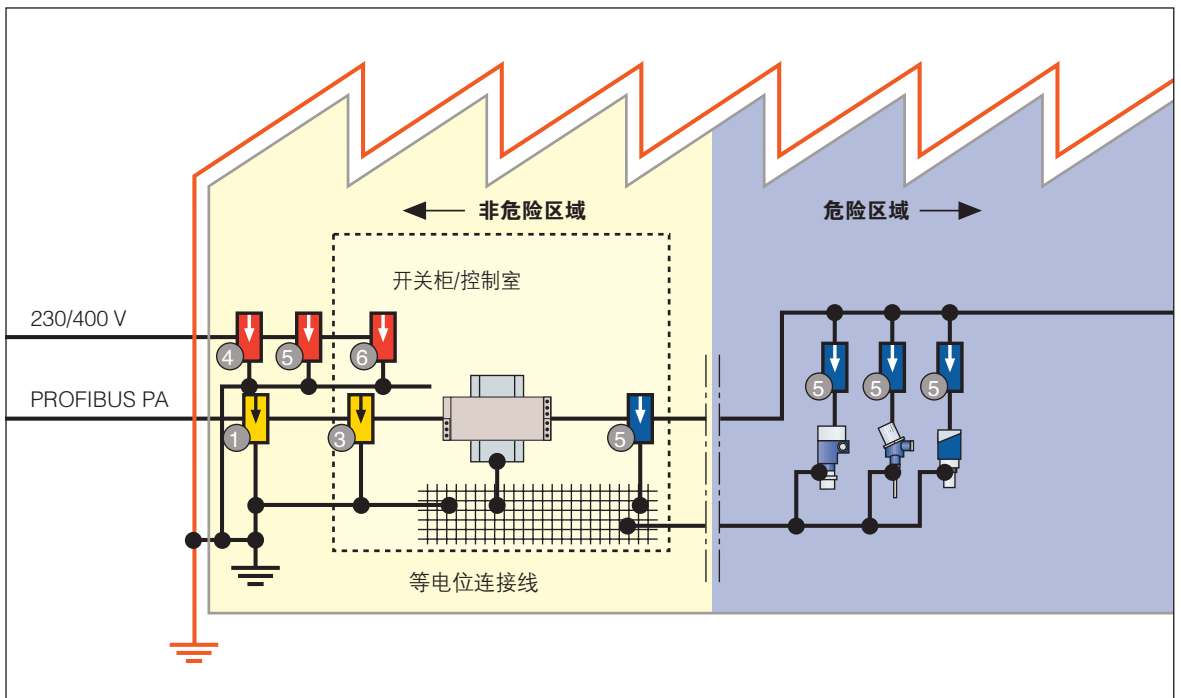


图9.13.2 在本质安全的PROFIBUS PA中使用的电涌保护器

图9.13.1 和 9.13.2中的序号	保护对象...	电涌保护器型号	货号
复合型雷电流/电涌保护器 - 1 级			
④	3相 TN-C 系统	DEHNventil DV M TNC 255	951 300
		DEHNventil DV M TNC 255 FM	951 305
	3相 TN-S 系统	DEHNventil DV M TNS 255	951 400
		DEHNventil DV M TNS 255 FM	951 405
	3相 TT 系统	DEHNventil DV M TT 255	951 310
		DEHNventil DV M TT 255 FM	951 315
单相 TN 系统	DEHNventil DV M TN 255	951 200	
	DEHNventil DV M TN 255 FM	951 205	
单相 TT 系统	DEHNventil DV M TT 2P 255	951 110	
	DEHNventil DV M TT 2P 255 FM	951 115	
电涌保护器 - 2 级			
⑤	3相 TN-C 系统	DEHNguard DG M TNC 275	952 300
		DEHNguard DG M TNC 275 FM	952 305
	3相 TN-S 系统	DEHNguard DG M TNS 275	952 400
		DEHNguard DG M TNS 275 FM	952 405
	3相 TT 系统	DEHNguard DG M TT 275	952 310
		DEHNguard DG M TT 275 FM	952 315
单相 TN 系统	DEHNguard DG M TN 275	952 200	
	DEHNguard DG M TN 275 FM	952 205	
单相 TT 系统	DEHNguard DG M TT 2P 275	952 110	
	DEHNguard DG M TT 2P 275 FM	952 115	
电涌保护器 - 3 级			
⑥	对于230 V电源	DEHNrail DR M 2P 255	953 200
		DEHNrail DR M 2P 255 FM	953 205
	对于24 V直流电源	DEHNrail DR M 2P 30	953 201
		DEHNrail DR M 2P 30 FM	953 206

表9.13.3 供电系统的电涌保护选型表

无外部防雷系统的建筑物

如果没有外部雷电系统，则接入设备的总线必须连接电涌保护器。这里不需要在电源线和数据线上使用电涌保护器。在图9.13.1和图9.13.2中，电源线上编号为（4）的1级复合型雷电流/电涌保护器，以及总线上编号为（1）的电涌保护器也不需要。

9.14 通信设备的电涌保护

除电源线之外，通信线是接到“外部”最重要的连接线缆。对于具有高技术含量的工厂和办公室设备来说，功能完备的“外部”接口一直是生死攸关的。一旦用户无法使用这些服务就会面临巨大的问题。由于电涌而对电信网络终端NT（NTBA、NTPM或数据网络终端）的设备产生干扰，仅仅是人们设想的损失

的一个方面。在很短时间内，就会给用户造成高昂的停机代价，因为客户的订单无法处理（举例），或公司的数据只能在本地更新，而无法在区域范围内共享。关于是否值得保护的问题，着重点不在于对硬件的保护，而是在于能否确保固网运营商某项重要服务的长期可用性。

据统计，电子设备的损坏保险中最频繁的损坏原因是电涌。电涌是由直接雷击或远处雷电作用所形成的。由直接雷击而侵入建筑物的电涌是最严重，但不常见。

电信线形成的网络，其覆盖面通常是几平方公里。举例来说，在德国，如果每平方公里每年发生雷击的频率是约1到5次，则在大面积网络中感应出现电涌是必然的预期结果。

一个对建筑物内的设备起到雷电保护的安全系统，必然是一个包含了外部和内部防雷措施的完整的防雷系统。

不过，整体措施的实施是建筑物的拥有者的责任，它不仅包含了内部防雷中完整的等电位连接系统，还将电信电缆的接地线也纳入了等电位连接的保护要求中。这在雷电保护标准IEC 62305-3（EN 62305-3）和IEC 62305-4（EN 62305-4）中有描述。

存在的威胁

接到市话交换网和企业内部的电缆，均采用屏蔽效果差的铜质电缆。在多座建筑物之间交叉铺设的电缆，可能会在引入建筑物的电缆和建筑物内的设备之间产生很高的电势差。因此必须考虑由于电容耦合和电感耦合在导线上引起的电势抬升。若以平行方式布置电源线和通信线，则在电网中由于设备开关形成的电涌也会对电信线造成干扰。为避免设备故障的发生，在网络终端安装电涌保护器是一条必经之路。

为避免电涌侵入或流经网络终端，在输入端安装电涌保护装置，不仅是客户的需求，也是提供可靠性

服务的关键所在。建议对a/b线和调制解调器的230 V电源进行电涌保护。相同的做法也适用于电话系统，在此，对扩展的输出端也须进行保护。

带有模拟端口的 ADSL 或 ISDN 的电涌保护

ADSL 端口连接的要求

除常规的电话端口之外，ADSL的端口或PC中的ATM卡、特定的ADSL调制解调器，以及用来分离电话和数据通信流量的分路器，根据其端口类型往往需要配置网卡。电话端口可以选择模拟接口或ISDN接口。

在兼顾了所有重要的系统参数（如阻抗、衰减、电平）的情况下，分路器将ADSL数据的模拟语音信号与数字ISDN信号分离。即它实现了网络分频的功能。分路器的输入端连接到电话插座；其输出端一方面为ADSL调制解调器提供高频率信号，另一方面它使用NTBA或模拟终端设备控制低频范围内的通信。由于分路器小巧而且经济实惠，因此通常设计成被动元件形式，也就是说，它本身是无源的。

ADSL调制解调器有不同的类型。外置的设备常常使用单独的分路器。ADSL调制解调器通过以太网（10MBit/s）、ATM25或USB接口连接到计算机（PC）上。此外，该调制解调器要求使用230V的电源电压（图9.14.1和图9.14.2）。

对远端数据传输的电涌保护

对ISDN主速率多路复用接口保护

ISDN（综合业务数字网络）可在公共网络中提供各种不同的服务。语音和数据都可以通过数字方式传输。对于用户来说，网络终端（NT）是传输接口装置。本地的数字交换设备使用4线制电源线。此外，NT的电源是230 V。

图9.14.2所示的是使用相应的电涌保护器对ISDN端口的保护。

for Primary rate Multiplex access, NTPM) 具有30个64 kBit/s的B通道和一个64 kBit/s的D通道。通过主速率多路复用接口, 数据传输速率可达2MBit/s。NT的接口是U_{2m} - 用户的接口是S_{2m}。程控交换机(PABX)及其周边设备将通过这些接口传输大量数据。

主速率多路复用接口

“主速率多路复用接口”(Network Termination

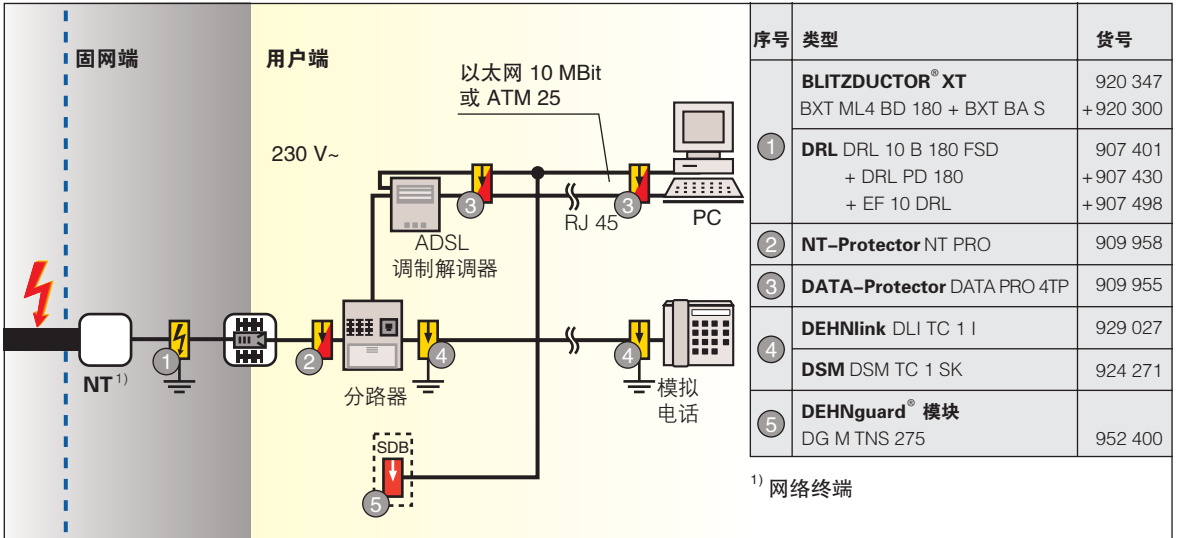


图9.14.1 带有模拟端口的ADSL的雷击和电涌保护

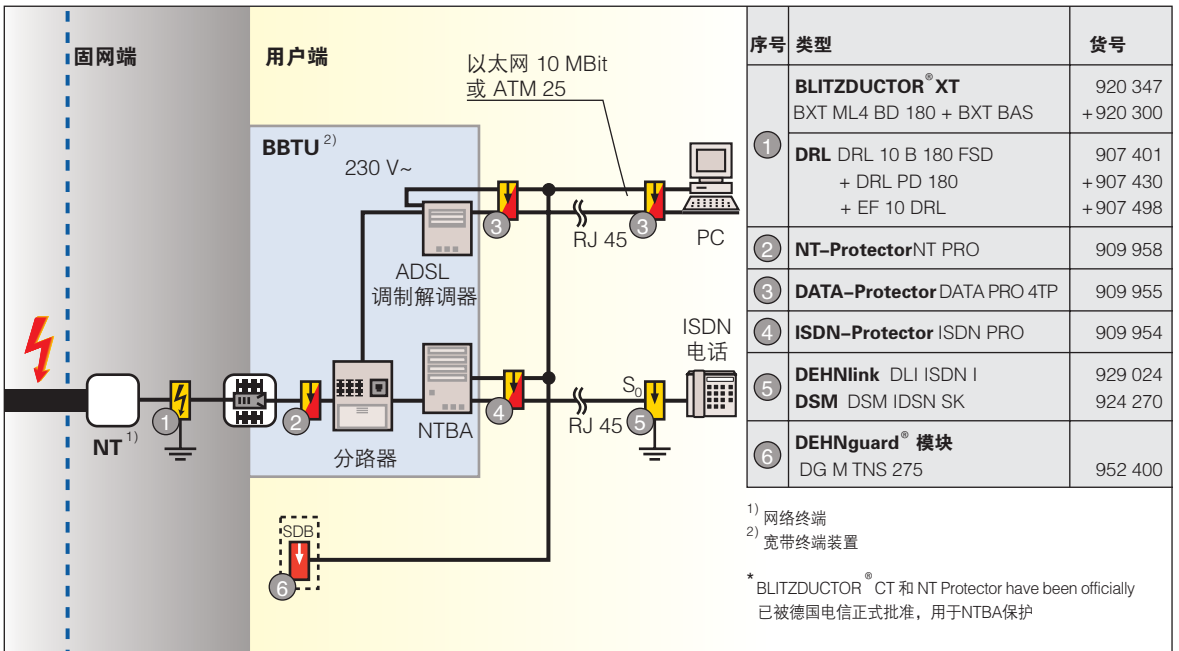


图9.14.2 ISDN和ADSL端口的雷击和电涌保护



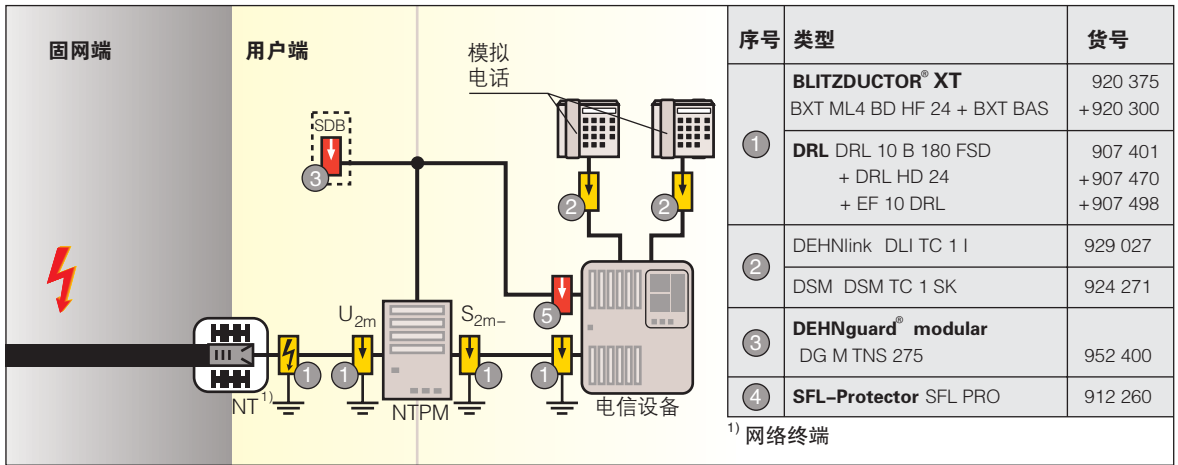


图9.14.3 电信系统“ISDN主速率多路复用接口”的电涌保护

图9.14.3 展示了此类连接设备的电涌保护。

9.15 本质安全电路的雷击和电涌保护

在化工和石化企业的制造、加工、贮藏以及运输易燃材料（例如：汽油、酒精、液化气、爆炸性粉尘）过程中，经常会出现爆炸危险区域。为防止爆炸

的发生，在这些区域中应避免任何点火源。相关的保护条例指出，大气放电（雷电）将会对此类设备造成威胁。由于此类设备分布较广，因此必须考虑到直接或间接雷电放电可能引发的火灾和爆炸危害。

为了实现设备的可用性，并确保系统的安全，必

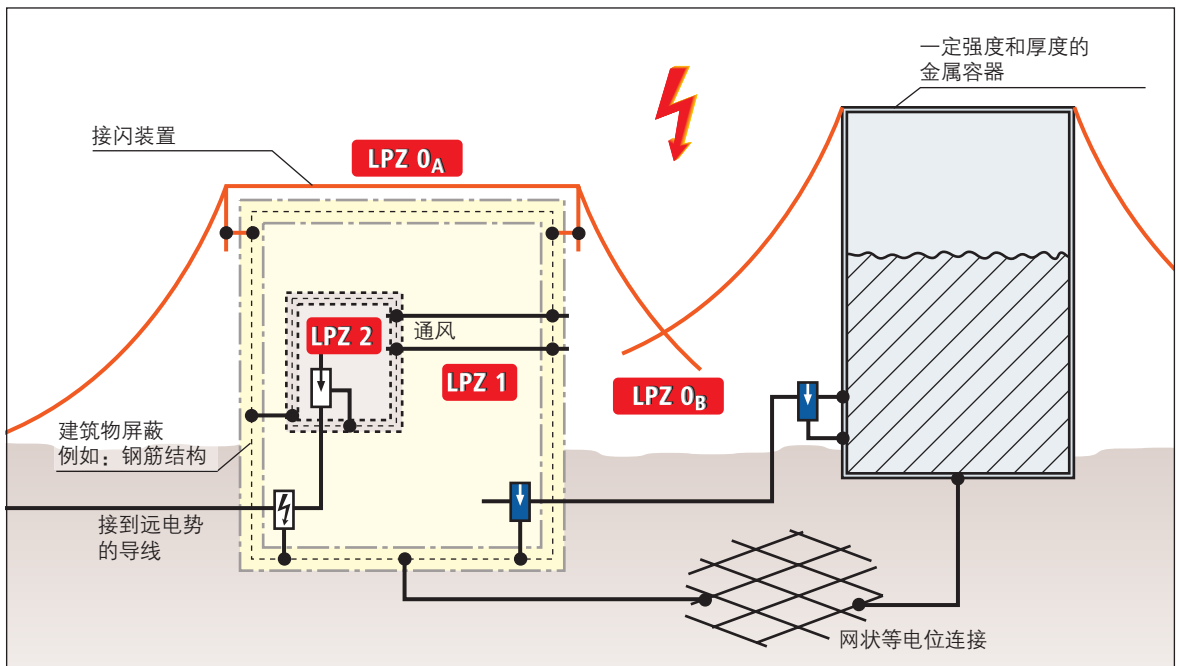


图9.15.1 将爆炸危险位置分为多个防雷分区（LPZ）

须保护过程技术中的电气和电子设备免受雷电流和电涌的损坏。

防雷分区概念

在可能发生爆炸危险的区域，常常使用本质安全电路。**图9.15.1**展示了此类系统的原理图以及防雷分区的划分。由于系统可用性的要求很高，并且为了达到爆炸危险区域内安全性的高要求，下面划分了防雷分区LPZ 1区和防雷分区LPZ 2区：

- ⇒ 控制室的电子处理器（LPZ 2）
- ⇒ 油罐处的温度传感器（LPZ 1）
- ⇒ 油罐的内部（LPZ 1）

根据IEC 62305-4（EN 62305-4）的防雷分区概念，在LPZ边界处的所有电缆都必须具备相应的电涌保护措施，下面将对此进行阐述。

外部防雷

外部防雷是指除安装在被保护设备之上和之内的其它整体单元的直击雷保护，它由接闪装置和引下线及接地系统构成。

在正常情况下，用于爆炸危险区域的防雷系统对应于“II级”防雷保护装置。在特殊条件下（法规），对于有事实根据的个别情况，或是根据IEC 62305-2（EN 62305-2）进行的风险分析的结果，电涌保护器的选择可以和标准有所不同。

为了防止直接雷击油罐，通常借助避雷针来保护这些油罐，在较大距离的情况下，还通过额外加装避雷线进行保护（**图9.15.2**）。

以下的要求基于“II级”防雷电系统。和所有的防雷电系统一样，这里也必须遵守隔离距离的要求。

防爆危险区域的外部防雷措施-等电位连接

和其它的应用场合相比，在防爆危险区域外（控

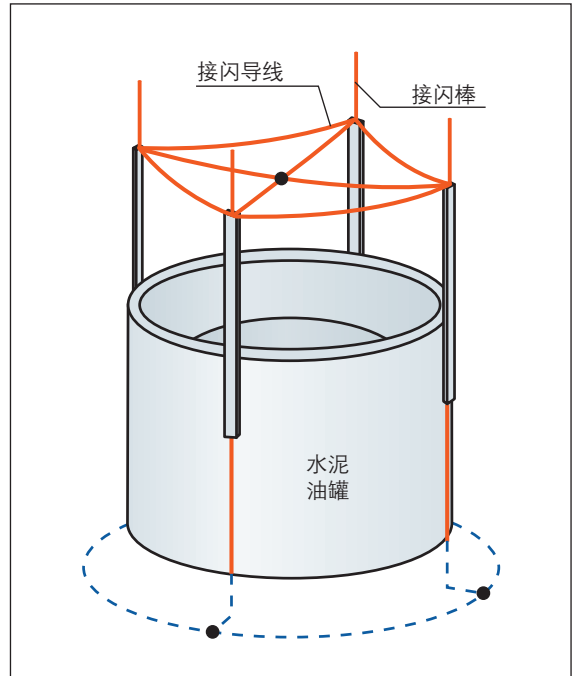


图9.15.2 储油罐上带避雷针的和避雷线的接闪装置

制室）的低压用电设备和电信设备中应用的电涌保护器没有特别之处。应该注意的是，用于LPZ 0_A到LPZ 1（**图9.15.3**和**图9.15.4**）的电涌保护器必须具有测试波形为10/350 μs的雷电流泄放能力。不同等级的电涌保护器彼此间必须能量协调。

等电位连接

在所有存在爆炸危险的区域都必须实施等电位连接。此外，建筑物的支撑件、结构件、管道、容器等都必须引入等电位连接系统中，以避免故障情况下的电势差。等电位连接端子必须防止自行松动。必须按照IEC 60364-4-41、IEC 60364-5-54以及IEC 60364-6-61认真执行并仔细检查。在使用BLITZDUCTOR产品系列的电涌保护器时，其用于等电位连接的导线截面积至少应为4 mm²（铜缆）。

本质安全电路的电涌保护

在规划设计时，就应协调统一防雷区域和防爆危

险区域。这样，在防爆危险区域和在LPZ边界处使用电涌保护器的要求同时得到了满足，电涌保护器的安装位置也能精确地确定下来，即位于LPZ 0_B和LPZ 1的边界。这样，干扰脉冲在进入防爆危险区域0分区或20分区之前就被泄放了。这种方式也显著地提高了温度传感器的可用性。此外，它还必须满足EN 60079-14中规定的要求（图9.15.5）：

- ⇒ 使用最小泄放能力为10kA的电涌保护器，冲击10次（8/20 μs）电涌保护器无任何功能故障或损坏（表9.15.1）。
- ⇒ 将电涌保护器安装到具有屏蔽的金属外壳中，并使用最小截面积为4mm²的铜质电缆接地。
- ⇒ 将连接电涌保护器和设备之间的导线放置在两端接地的金属管中，或使用长度不超过1米屏蔽电缆。

根据保护区概念的定义，控制室中的可编程控制器被划分在LPZ 2区。从温度传感器接出的本质安全电缆，在从LPZ 0_B到LPZ 1的边界上，也应通过安装电涌保护器BLITZDUCTOR XT, BXT ML4 BD EX 24做间接等电位连接。位于建筑物另一端引出的现场导

线也必须安装保护装置，其泄放能力与安装在油罐上的保护装置相同。本质安全电路在电涌保护器之后，通过一个隔离放大器接入（图9.15.5和图9.15.6）。从那里起，屏蔽电缆一直铺设到LPZ 2中的可编程控制器。由于电缆屏蔽层两侧都接地，因此在LPZ 1到LPZ 2边界上不需要安装任何保护装置，因为预期的残余电磁干扰通过两端接地的电缆屏蔽后大幅度地被衰减。

本质安全电路中的防电涌保护器的选用准则

通过温度传感器的示例（表9.15.1）给出了在选用电涌保护器（SPD）时需要考虑的因素：

设备的绝缘强度

为了防止漏电流引起的测量误差，来自油罐传感器的信号常常被电气隔离。当本质安全的4...20 mA电流环和接地的温度传感器之间的变送器的绝缘强度为500 V a.c.，则此设备可被视作悬浮接地（不接地）。使用电涌保护器后，不应影响这种悬浮接地的状态。如果变送器的绝缘强度< 500 V a.c.，则本质安全电路被视为接地。对于这种情况，应使用10kA（8/20 μs）标称放电电流下保护水平低于变压器绝缘强度（如：Up（线/PG）≤35 V）的保护装置。

防爆类型

本质安全 – 防爆类型ia 或 ib?

转换器和电涌保护器都安装在保护分区LPZ 1中，因此防爆类别ib对于4...20mA电流环就已经足够。使用的电涌保护器能够满足ia认证的最高要求，因此对ib应用场合也适用。

技术参数：	测量传感器 TH02	电涌保护器 BCT MOD MD EX 30
安装现场	分区1	分区1
保护类型	ib	ia
电压	U _i max. = 29.4 V d.c.	U _c = 34.8 V d.c.
电流	I _i max. = 130 mA	I _N = 500 mA
频率	f _{Hart} = 2200 Hz调频	f _G = 6 MHz
抗扰性	依据 NE 21， 例如：0.5 kV 线/线	泄放能力10 kA（8/20 μs）Y/L SPD TYPE 2 P1
试验标准	ATEX, CE	ATEX, CE, IEC 61643-21
与地绝缘 500V	是	是
内电容C _i	C _i = 15 nF	小到可以忽略
内电感L _i	L _i = 220 μH	小到可以忽略

表9.15.1 温度传感器示例



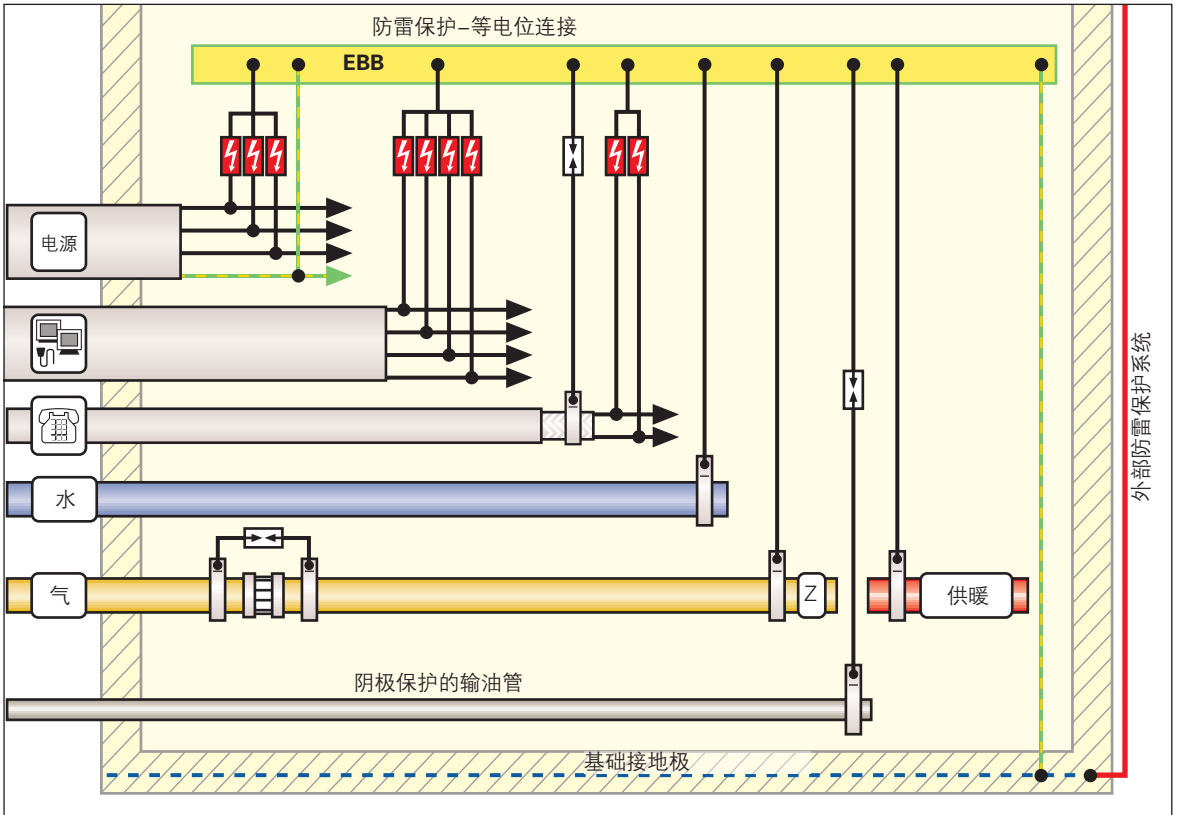


图9.15.3 按照 IEC 62305-3 (EN 62305-3)、IEC 60364-4-41 和 IEC 60364-5-54 所做的等电位连接



图9.15.4 开关柜中用于保护 供电系统的 DEHNventil DV TT 255

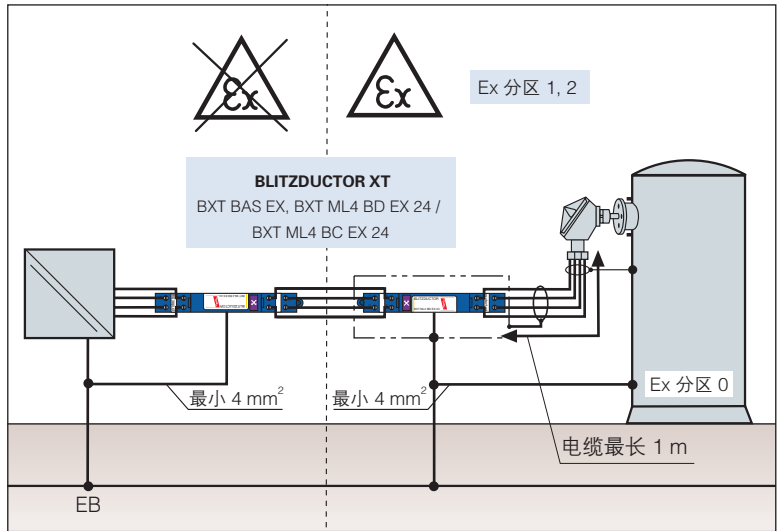


图9.15.5 本质安全电路中的电涌保护器



L_0 和 C_0 许用的最大值

在本质安全电路处于工作状态之前，必须保证它是本质安全的。为此，电源装置、转换器、使用的电缆以及电涌保护器都必须符合相关条件。如有必要，还必须考虑被保护设备的电感和电容。根据EC型式检验证书（PTB 99 ATEX 2092），在DEHN + SÖHNE的BCT MOD MD EX 24（图9.15.6）类型的电涌保护器，其内部电容和电感可以忽略不计，在考虑互接条件时不需要计算在内。

电压 U_i 和电流 I_i 的最大值

根据本质安全电路的技术规格，被保护的变流器具有最大电源电压值 U_i 和最大短路电流值 I_i （表9.15.1）。SPD的最大持续工作电压 U_C 值必须和电源装置的开路电压值相同。此外，SPD的标称电流也必须和转换器发生故障时预期短路电流 I_i 一样。在选择电涌保护器时，如果这些参数与上述基本要求不符，则保护装置可能过载，甚至发生故障，还有可能由于SPD的温升超出允许值而使电路丧失本质安全性。

电涌保护器和终端设备的能量协调

NAMUR 建议 NE 21 确定了过程技术和过程控制中通用设备（例如：变流器）的抗干扰要求。此类设备的信号输入端必须耐受一定的暂态电压：0.5 kV 线/线（差模干扰），1.0 kV 线/地（共模干扰）。试验装置和波形在标准 EN 61000-4-5 中有描述。根据试验脉冲的振幅证实指定的终端设备是否具有一定的抗扰能力。此终端设备的抗扰能力通过测试的严酷度（1-4）来标识。1表示抗扰能力最低，4表示最高。当存在雷电和电涌干扰风险时，与电缆相关的干扰脉冲（电压、电流以及能量）值必须限制在终端设备的抗扰能力范围内。电涌保护器上的能量协调标志 **TYPE 2 P1** 指明终端设备的测试严酷度的参考。P1表示终端设备要求的严酷度等级，“2级”表示该电涌保护器的泄放能力为10 kA（8/20 μ s 波形）。

雷电放电及其产生的电磁干扰对化学和石化设备造成的威胁在相关的指导手册中有叙述。在应用防雷保护分区概念和为此类设备设计和实施防雷保护时，对于直接雷击或电缆感应中的干扰能量泄放而引起火花的风险，应通过采用安全技术，在合理的经济条件下，尽可能地降至最低。使用的电涌保护器必须既满足防爆的要求、又要与终端设备能量协调，而且符合测量和控制电路的工作参数要求（表9.15.2）。

9.16 兆瓦级风力涡轮机的雷击和电涌保护

获得再生能源的趋势一直都是有增无减。获取的途径主要有：风力发电、太阳能/光伏发电，以及利用沼气或地热发电。在全球范围内，无论是对能源企业，还是对供应商或从事电力贸易者来说，这个市场的潜力都是十分巨大的。

在德国，现今约有19000个风电设备供应商，总功率近21000兆瓦，已经超出了对能源总需求的百分之三。



图9.15.6 用于本质安全电路的BCT MOD MD EX 24



图9.15.7 现场设备的电涌保护器 - DEHNpipe, DPI MD EX 24 M 2

对未来的预测，也呈现十分积极态势。据德国风能研究所的预言，至2030年，在公海上将安装约4000个风电设备。这样，离岸风力发电场产生的额定功率约为2万千瓦，风电设备的重要性由此显而易见。另外，展望电力市场的增长率，提供可靠的能源也是一个重要方面。

雷击的危害

风电设施的经营者是无法承受停机所造成的损失的。与此相反，对风电设备的高额投资却必须在几年之内分期偿还。

每个风电设备都在极小空间里集中了完备的电气、电子装置，所有在电气、电子工程中经常用到的

装置都可以在这里找到：开关柜，马达和驱动器、变频器、总线系统及其传感器和驱动器。毋庸置疑的是，电涌的出现会给系统带来相当大的损害。雷击的风险与设备高度的平方成正比，而兆瓦级的风力涡轮机的叶片总高度达150米，因此遭受雷击的风险极大，对该设备进行全面的雷击及电涌保护是十分必要的。

雷击频率

某地区每年的云地闪电的数量可从知名的等雷频率线 (isokeraunic level) 中得到。在欧洲，海岸地区和中等高度的山脉地区的雷击频率为：每年每平方公里1至3个云地闪电。

此外，还应考虑防雷装置的空间尺寸。如果物体的高度大于60米，并暴露在雷击的风险下，那么除了云地闪电外，还存在地云闪电，即所谓的上行先导。这就造成了实际值比上述公式计算所得理论值要大。

地云闪电的发生，起始于高空的暴露物体，雷电流的泄放强度一般都很大，因而这对转子桨叶的保护和雷电流保护器的设计都提出了更高的要求。

标准化

德国劳埃德 (Lloyd) 准则是雷电保护概念设计的基础。

德国保险协会 (GDV) 在其出版物 - VdS 2010

的“风险导向的雷击和电涌保护”中建议，风力发电设备应实施二级以上的防雷保护，以满足保护这些设施的最低要求。

保护措施

在这一科技文献中，更主要关注的是如何实施防雷保护措施，尤其是对风电设备中的电气和电子仪器采取怎么样的

本质安全接口	经FISCO ¹⁾ 批准的SPD类型	货号
0 - 20 mA, 4 - 20 mA (还带有HART)	BCT MOD MD EX 24 + BCT BAS EX	919 580 + 919 507
数字输入/输出	BCT MOD MD EX 30 + BCT BAS EX	919 581 + 919 507
NAMUR 信号	DCO RK MD EX 24	919 960
PROFIBUS-PA	DPI MD EX 24 M 2	929 960
基础现场总线		
PROFIBUS-DP	BCT MOD MD HFD EX 6 + BCT BAS EX	919 583 + 919 507

¹⁾ FISCO = 现场总线的本质安全概念

表9.15.2 用于本质安全电路和总线系统的电涌保护器





图 9.16.1 德和盛公司 (DEHN + SÖHNE) 的冲击电流实验室
- 最大的雷电冲击电流是200 kA，波形为10/350 μ s

保护措施防止电涌的干扰。

对转子的桨叶和旋转部件实施保护是十分复杂的，需要分别针对不同的生产商及其特定的产品类型进行详细地考察。

DEHN+SÖHNE可以充分利用它先进的雷电流冲击实验室，针对每个客户的特殊需求，寻找最佳的解决方案。它能够提供以下工程和测试服务：（图 9.16.1）

- ⇒ 为保护电气装置，为客户测试特定的预接线单元
- ⇒ 测试轴承的雷电流承载能力
- ⇒ 对引下线和转子桨叶上的传感器进行相关的雷电流测试

通过在冲击电流实验室进行的这些试验，可验证所选保护措施的有效性，并有助于优化“整体保护方案”。

防雷分区概念

防雷分区概念是在某一界定范围内，为了创造一个特定的抗电磁干扰的环境（抗EMC环境），所采取的结构性的措施。（图9.16.2）特定的抗EMC环境，是通过所使用的电气设备的抗电磁干扰的能力来衡量。

防雷分区概念作为一个保护措施，它限定了其所定义的边界上的传导及电磁干扰，并力求降至最低。出于这个目的，我们将被保护的物体划分在不同的保护分区内。在划分风电设备的防雷分区时，应充分考虑其结构上的特征。重要的是，要将从外部进入雷电保护区LPZ 0_A区的起直接作用的雷电通过屏蔽以及配置相应的电涌保护装置措施来尽可能将其隔离和泄放，以确保风电设备中的电力和电子系统能够无干扰地正常运行。

屏蔽措施

机舱应设计为一个封闭的金属屏蔽体。在机舱内，相对于外部它的电磁场应得到极大的衰减。机舱中的，以及可能存在于在操作间中的开关柜和控制柜，都应由金属制成。与其相连接的电缆也应配备相应的外部连接和屏蔽，并具有雷电流承载能力。从抗干扰的角度出发，只有当屏蔽线的两端都连接到等电

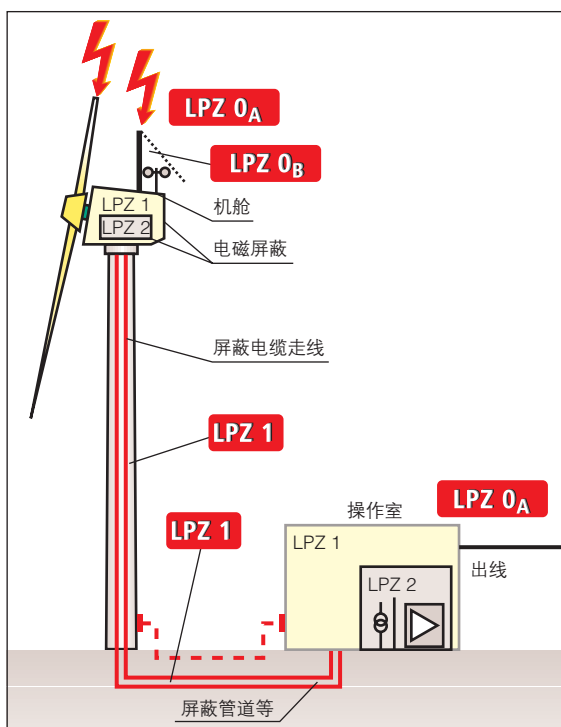


图9.16.2 风电设备的防雷分区概念

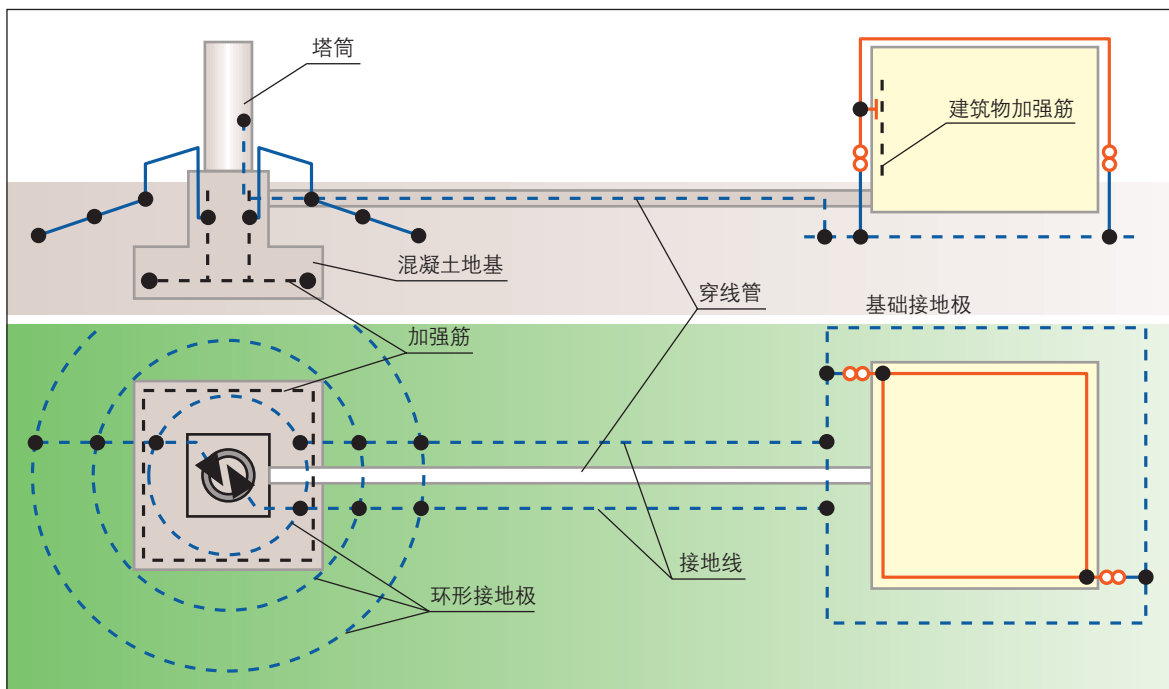


图9.16.3 风电设备的接地网

位连接中，屏蔽电缆才能有效地隔离电磁干扰。屏蔽接地线必须就近接到连接端子上，以避免过长的“辫形导线”造成不利的电磁干扰（EMC）。

接地系统

在任何情况下，风电设备的接地系统都应利用铁塔的钢筋架构。在铁塔的塔基以及在操作间地基的接地体，首先应考虑其腐蚀风险。

塔基和操作间的接地装置（图9.16.3）应通过接地网相互连接，以尽可能地获得最大面积的接地系统。

在塔基周围需要敷设多大的额外环形接地体，取决于在发生雷击时，最终可能形成的跨步电压和接触电压的大小以及如何能达到保护生命的目的。

在防雷分区LPZ 0_A至LPZ 1或更高分区的边界处，对进入LPZ 0_A区的线缆应采取保护措施。

为了电气和电子仪器的安全运行，在防雷保护分区（LPZ）的边界处，除了应屏蔽与场强相关的干扰源外，还应防止与电缆相关的干扰源。



图 9.16.4 能量协调的雷电流保护器的应用，DEHNbloc Maxi 用于400/690V的 TNC系统



图9.16.5 电涌保护器 DEHNgaurd, DG MOD 750 + DG M WE 600

在防雷分区的LPZ 0_A 至LPZ 1边界处（通常也称为等电位连接界面）必须使用具备传导雷电流能力的保护装置。这些保护装置为雷电流保护器（I级SPD），其测试电流波形为10/350 μs。

在防雷保护分区的LPZ 0_B 至LPZ 1及更高分区的边界处，要控制来自外部的感应电压引起的较低能量的冲击电流和系统自身产生的电涌。这些保护装置被称为电涌保护器（II级 SPD），其测试电流的波形为8/20 μs。

应根据电气和电子系统的工作参数选择相应的电涌保护器。

用于供电系统的电涌保护器，在雷电流泄放后，必须能够安全地遮断工频续流。这是继冲击电流承载能力后，第二个重要的设计参数。

图9.16.4展示的是带有密封式火花间隙的雷电流保护器DEHNbloc Maxi。

雷电流保护器的安装可不考虑最小距离，即使在设备部件带电的情况下，它们也可以被安装到被保护的设备中。例如：电涌保护器DEHNbloc可安装在风电设备的低压线路中。



图9.16.6 复合型雷电流/电涌保护器 BLITZDUCTOR XT的应用

电涌保护器应能承受当发生电感耦合和开关操作时出现的负荷（**图9.16.5**）。并通过能量协调与下游的雷电流保护器级联。金属氧化锌压敏电阻做成的电涌保护器，必须含有热量监控和隔离的装置（脱扣装置）。

与供电系统中使用的电涌保护器相反，用于信息系统的电涌保护器应特别注意系统的兼容性，以及测控线、数据线相关的特性参数。这些电涌保护装置应串联在信息技术系统的线路中。它们的干扰电平必须低于被保护设备的灵敏度。

依据防雷保护概念，我们来观察单独的一条电话线，并假设流经该电话线的部分雷电流为总雷电流的5%。对于III/IV级保护等级，部分雷电流的大小是5KA（10/350 μs）。

如**图9.16.6**所示，BLITZDUCTOR XT, BXT ML4 BD是复合型雷电流/电涌保护器，这些电涌保护器可以在电磁兼容性（EMC）-防雷保护区I区及更高分区中使用。BLITZDUCTOR XT为设计有一个四线端口的SPD，它同时具有抗共模干扰和差模干扰的能力，它可以直接固定在接线端子或DIN轨上，并且它的特殊设计可节省空间。



9.17 无线发射和接收系统（移动通信）的雷击和电涌保护

按照DIN VDE 0855-300，在德国境内的无线发射/接收系统设计中，要求将耦合的雷电流通过接地导线安全地导入接地极。此外，对发射/接收系统（无线移动基站RBS）还必须防护由于雷电流而产生的电涌。无线移动基站（RBS）包括电源（电源单元PSU）、无线传输系统以及通信固网的传输系统（可选）等部分。



图9.17.1 基站

9.17.1 电源230/400 V AC

RBS的电源是独立的，与建筑物的电源无关，应避免通过分配电柜/楼层配电柜为其供电。能耗计量表安装在进户线入口附近。电源的分配在RBS的上游或是直接在其内部进行。（在德国，几乎所有的分配电柜都直接靠近RBS安装。）

基于火花间隙的复合型雷电流和电涌保护器DEHNventil DV M TT 255可以保护RBS的电源单元（PSU）。它归类为1级电涌保护器，专为保护发射/接收系统的电源装置而设计。DEHNventil DV M TT 255可直接安装在RBS上游的分配电柜中，也可安装在进线入口附近。通过分配电柜中的电涌保护器将电缆耦合的雷电流在进线入口处泄放。

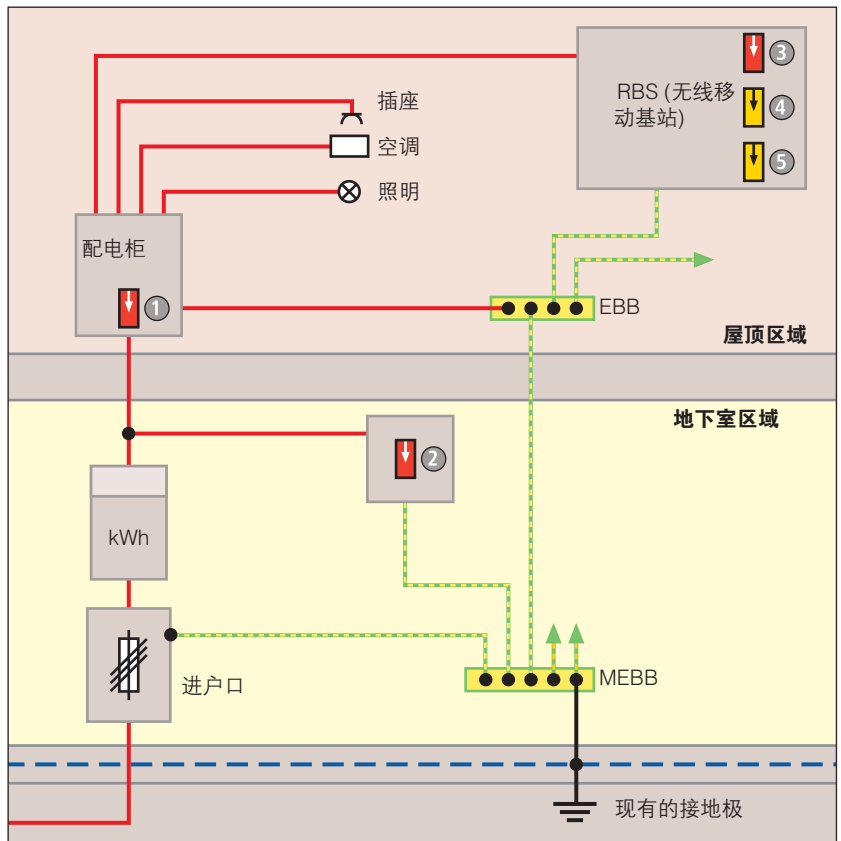


图9.17.2 电路原理图

图9.17.2给出了电涌保护器的电路图和安装位置。此外，图9.17.3展示了屋顶上RBS的结构图以及DEHNventil DV M TT 255的应用。发射/接收系统的生产商可以根据表9.17.2，应用标准化设计的2级电涌保护器。在图9.17.3中也给出了DEHNgard系列的-DG M TT 275的安装位置。

雷电流和电涌保护器的应用取决于低压供电系统的接地方式（TT系统、TN-C系统或TN-S系统）。国际标准IEC 60364-5-53描述了如何使用雷电流和电涌保护器与低压用电系统中“对间接触电的保护”协调一致。除了保护人身安全这一要求之外，在使用电涌保护器时还必须注意，与被保护的终端设备之间要保持能量协调。通过与不同厂商生产的电源单元（PSU）进行全面测试，证实DEHNventil DV M TT 255具有能量协调特性。这样，即使在RBS中不使用第2级电涌保护器，也具备了足够的保护能力。

为了在所有运营商的安装现场实现统一的雷电保

护，并且在设计时独立于不同的供电系统之外，带有“3+1”的保护电路的DEHNventil DV M TT 255可以为TN-C、TN-S以及TT系统提供通用的解决方案。

对于使用复合型雷电流和电涌保护器，特别重要的一项质量特征，是足够的续流遮断能力和续流抑制能力。只有这样，才可避免系统熔丝的误跳闸和电源被切断。这也被称为复合型雷电流和电涌保护器的“选择性”，DEHN的复合型SPD必须具备这一质量特性。如果应用在发射/接收系统领域，则要求符合表9.17.1所列的选择性。

9.17.2 电信连接（如果存在）

根据网络运营商的不同，可选择固网链路（铜缆）或无线链路，将RBS接入主交换技术（基站控制（BSC）、移动交换中心（MSC））。在采用固网连接的情况下，如果天线系统遭到直接雷击，则部分雷

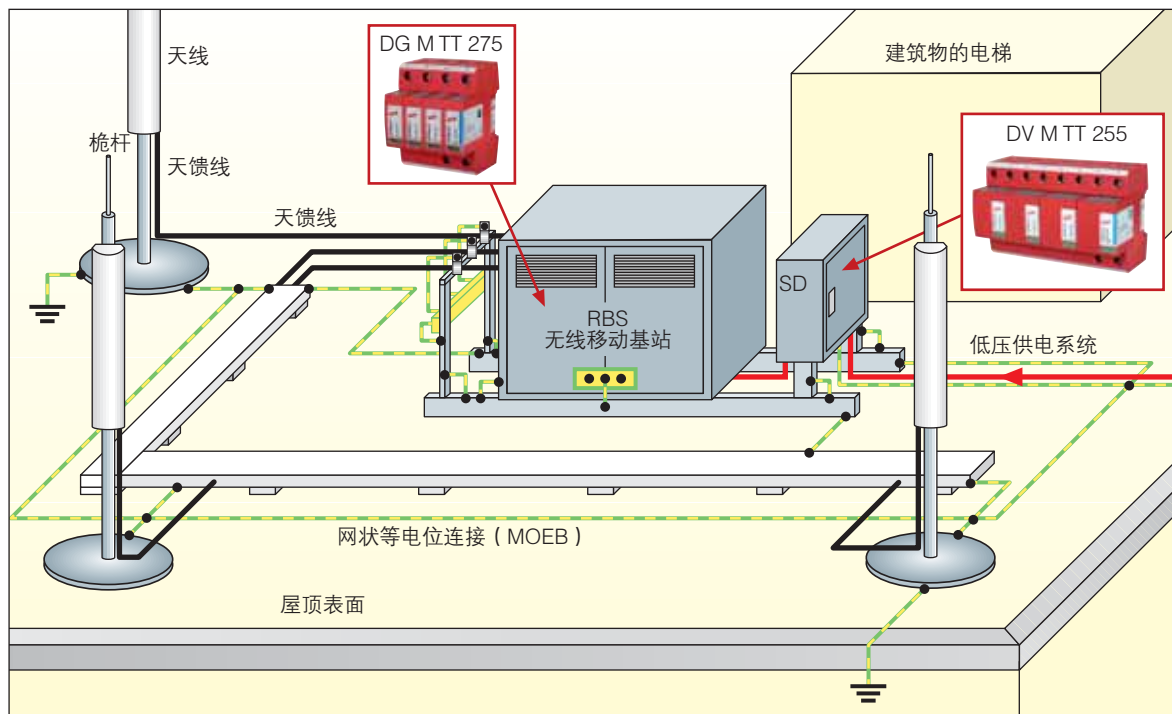


图9.17.3 配有DV M TT 255和DG M TT 275的RBS的原理图

电流也将流过电信电缆。对此，复合型SPD也能够提供足够的保护。可参照表9.17.3选取相应的电涌保护装置。

9.17.3 无线传输系统

为保护无线传输系统，在选择适配的电涌保护装置时，无线传输频段（频率）和终端端口类型（连接器）是决定性的因素。还必须考虑足够的泄放能力、点到点（PTP）无线系统的远程电源电压、与应用相关的无源互调（PIM）。表9.17.4给出了可选的DEHN+SHÖNE的保护产品。

9.17.4 雷击保护、接地、等电位连接

在设计规划和建立发射/接收系统时，应依据DIN VDE 0855-300（德国）和IEC 62305-3（EN 62305-3）注重实施接地、等电位连接和雷击及电涌保护。同时应区别对待以下两种情况，第一种情况是，发射/接收系统安装在已经存在或计划实施雷击保护系统的建筑物上，另一种情况是，安装对象上没有防雷系统。对应上述划分的情况，制定符合DIN VDE 0855-300或IEC 62305-3（EN 62305-3）要求的接地和等电位连接措施。在本书的5.2.4.2章中描述了可行的、适用于无线移动基站的防雷措施。

图9.17.2中的序号	熔丝未跳闸...	...接地故障时/最大短路电流至：	货号
① ②	20 A gL/gG	50 kA _{eff}	DEHNventil DV M TT 255 951 310

表9.17.1 1级雷电流和电涌保护器的选择性

图9.17.2中的序号	使用目的	产品类型	货号
③	“基本防雷保护”	DEHNguard modular DG M TT 275	952 310

表9.17.2 标准化设计的2级电涌保护器

图9.17.2中的序号	连接装置	型号	货号
④	LSA-Plus, 序列2	DEHNrapid DRL 10 B 180 FSD	907 401
	螺丝端子（推荐）	BLITZDUCTOR XT BXT BD 180 BLITZDUCTOR XT 底座 BXT BAS 180	920 347 920 300

表 9.17.3 固定网络连接的电涌保护

图9.17.2中的序号	频带/频率	产品类型	货号
⑤	GSM/876 ... 960 + GSM/1710 ... 1880 UMTS	DEHNgate DGA L4 7 16 B 或 DEHNgate DGA L4 N B	929 048 929 049
	微波链路/2400	DEHNgate DGA G N	929 044
	WLAN/2400	DEHNgate DGA G BNC	929 042
	TETRA/380 ... 512	DEHNgate DGA L4 7 16 S	929 047

表9.17.4 传输系统的电涌保护器

9.18 光伏系统/太阳能电站的雷击和电涌保护

9.18.1 光伏系统的雷击和电涌的保护

由于光伏设备暴露在户外，并且逆变器的电子元件又非常敏感，为确保其20年的使用寿命，有效的雷击和电涌保护是必不可少的。不仅房屋的业主决定在他们的屋顶上安装光伏设备，而且一些私人企业在社区中对此类设备的投资也越来越大，通常这些设备被架设在大面积的屋顶、公共建筑或未使用的开阔区域上。由于光伏设备占用大量户外空间，因此在雷暴发生时极易受到雷电的威胁。光伏设备中产生电涌的原

因主要是：由于雷电放电和上游电源系统的开关操作引起感性或容性的耦合电压。雷电引起的电涌可能会损坏光伏模块和逆变器，这将给设备的运转造成严重后果：首先，逆变器的修理费高昂；其次，系统故障可能会大幅削减电厂运营商的利润。

防雷的必要性

通常，在建立光伏系统时必须明确区分所设立的建筑物是否具有防雷系统。出于安全原因，对于集会场所、学校、医院等公共建筑，在德国建筑条例中是要求配备防雷系统的。其中，对于建筑物，还要根据它们的位置、建筑结构或使用情况判断是否易受雷击或雷击是否可能造成严重的后果。对于那些需要保护的建筑物，必须配备长效的防雷系统。私人建筑物常常因未采取雷电保护措施而被雷击。发生这种情况，部分是由于财力的原因，也有是由于对此类风险缺乏敏感性。如果为光伏系统选择了没有外部防雷的建筑物，那么，就出现了一个问题，即在屋顶上安装太阳能发电板时，是否应该为整个建筑物提供防雷保护？根据最新的科技理论，在建筑物上安装光伏模块不会增加发生雷击的风险，因此不能仅仅根据现有的光伏设备就直接得出需要防雷的结论。但是，在发生雷击时，建筑物上的电气设备遭到损坏的危险会增加。这是基于以下事实：由于将光伏系统的电缆被引入建筑物内，由雷电流引起的电磁干扰（传导干扰和辐射干扰）可耦合到现有的插座和电缆。因此有必要评估遭受雷击的风险，并且在设计时将得到的结果考虑在内。IEC 62305-2 (EN 62305-2) 给出了如何计算雷击建筑物的风险，以及选择防雷系统的规程和数据。为此，DEHN+SÖHNE公司提供了软件DEHNsupport。该软件给出的风险分析可确保得出有关各方都认同的防雷保护概念，并且满足最优的技术和经济要求，即以最小的花费提供必要的保护。

德国保险协会已在其指导原则VdS 2010 “Risiko orientierter Blitz – und überspannungsschutz für

Objekte”（中译“面向风险的防雷和电涌保护”）引入IEC 62305-2 (EN 62305-2) 的风险分析，并从保险行业的角度出发提出为建筑物采取防雷措施。在“表3”中照此指导原则，以简化方式将保护等级及其对应的防雷措施进行了划分。此外，该指导原则还适用于具有备用供电设备的建筑物，例如：配有光伏设备 (>10kW) 的建筑物。根据这些标准，对此类物体必须考虑采用III级防雷等级 (LPL) 进行保护。此外，还要求具有其它的电涌保护措施。

针对III级设计的雷电保护系统 (LPS) 满足光伏/太阳能系统的常规要求：“建筑物上的光伏/太阳能系统不得对现有的防雷保护措施造成影响。根据IEC 62305-3 (EN 62305-3) 的5.2和6.3，光伏/太阳能系统应该由隔离的接闪装置提供保护，以防遭到直接雷击。如果无法避免直接连接，则必须顾及部分雷电流进入建筑物产生的后果。

直接雷击时，光伏逆变器的雷击保护

如果光伏系统安装在具有外部防雷系统的建筑物上，则对其基本要求之一是：光伏设备要在隔离接闪装置的保护区域内。此外，必须保持光伏设备支架和外部防雷系统之间的隔离距离，以防止发生失控的闪弧。否则，可能会有大量的雷电流进入建筑物内部。

运营商常常希望整个屋顶都铺上光伏板，以便获得尽可能高的经济利润。在这些情况下，常常无法实现所要求的隔离距离，不得不将光伏设备的支架整合到外部防雷电保护系统中。在此，必须考虑耦合到建筑物内的雷电流所带来的后果，因而必须提供等电位连接。这意味着，直流电缆中也将有可能流过雷电流，所以必须实施等电位连接。按照IEC 62305-3，该直流电缆必须由1级电涌保护器 (SPD) 保护。目前，基于火花间隙、用于直流电压侧的1级电涌保护器还无法提供。这个问题在于，一旦火花间隙被击穿，便无法熄灭，因此电弧仍会持续存在。

德和盛公司 (DEHN+SÖHNE) 已成功地开发了
可以遮断直流电弧的火花间隙型的电涌保护器 – 复
合型雷电流和电涌保护器DEHNlimit PV 1000 (图
9.18.1.1)。这样, DEHNlimit PV 1000成为用于光
伏电站的理想的电涌保护器。在发生直接雷击的情
况下, 密封的爬电火花间隙技术也能为光伏设备的
发电机和逆变器提供安全保护。此复合型SPD适用
于最高1000 V $U_{OC\ STC}$ 的光伏系统。DEHNlimit PV
1000的雷电流泄放能力高达50 kA 10/350 μ s。

2级单极光伏电涌保护器, 带内置短路装置

在2级电涌保护器DEHNGuard PV 500 SCP的内
部构造中, 设定了新的安全模式。在此SPD中具有双
监控和动态热脱扣装置, 并结合一个额外的短路装
置。即使设备过载, 如: 在光伏发电回路中发生绝
缘故障, 该电涌保护器仍能确保安全而不会出现火
灾的危险。

以下示例用来解释DEHNGuard PV 500 SCP中的
短路装置的作用:

1. 图9.18.1.3: 在光伏设备运转期间光伏发电机上
出现绝缘故障。
2. 图9.18.1.4: 这导致电涌保护器因超过允许的最
大连续电压 U_c 而过载。



图9.18.1.1 1级复合型电涌保护器DEHNlimit PV, 在发生直接雷击的情况下, 能保护光伏逆变器免遭雷击冲击电流的损坏



图9.18.1.2 2级单极光伏电涌保护器DEHNGuard PV 500 SCP, 带有内置短路装置

3. 图9.18.1.5: DEHNGuard PV 500 SCP的脱扣和短
路组合装置动作。短路电流可达50A, 直至光伏
设备处于自动修复状态。这样, 即使在光伏发电
机的电路中出现绝缘故障, 也能确保安全隔离而
没有火灾危险。

应用示例

无外部防雷系统的建筑物

图9.18.1.6所示, 是在无外部防雷系统的建筑物
上为光伏设备设立的电涌保护概念。电涌保护器的可
能的安装位置是:

- ⇒ 逆变器的直流输入端
- ⇒ 逆变器的交流输出端
- ⇒ 供电系统的低压侧

2级电涌保护器DEHNGuard安装在建筑物的低压
供电系统中。DEHNGuard M具有一个完整的预接线
装置, 针对每一种低压系统 (TN-C、TN-S、
TT), 都有相应的产品 (表9.18.1.1)。如果光伏逆
变器和DEHNGuard (低压电源侧) 的安装位置之
间的距离不大于5米, 则逆变器的交流输出便得到了足
够的保护。如果导线较长, 则需要在逆变器的交流输
入端的上游安装额外2级电涌保
护器 (表9.18.1.1)。

在逆变器的直流输入端,
在每个进线端的正极和负极之
间都必须安装“DEHNGuard
PV 500 SCP”电涌保护器。
采用这个保护装置, 即使发电
机的直流电压高达1000V, 也
能为光伏设备提供安全的电涌
保护。

所选的电涌保护器的工作

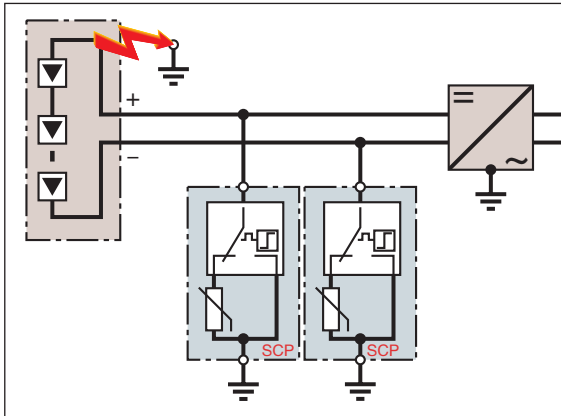


图9.18.1.3 光伏发电机处的绝缘故障

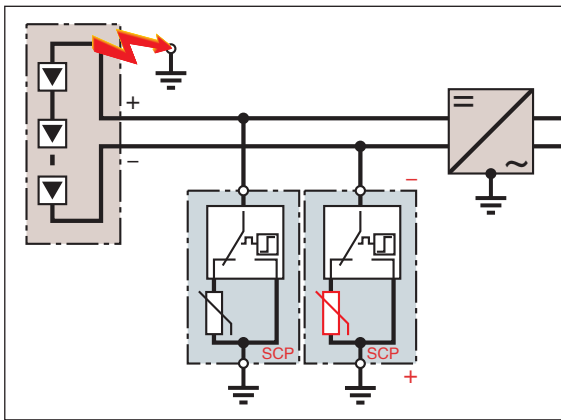


图9.18.1.4 SPD由于绝缘故障发生过载

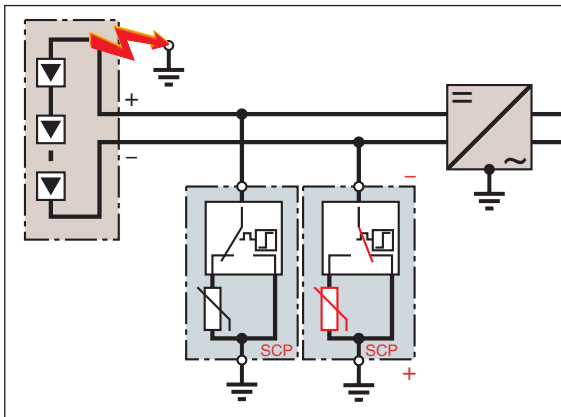


图9.18.1.5 DEHNguard PV 500 SCP的脱扣短路装置动作；在光伏发电机电路中发生绝缘故障的情况下，同样可以确保设备安全运转

电压应该比在寒冷冬日的最强日晒期间太阳能发电预期开路电压约高10%。

具有外部防雷系统并且保持隔离距离的建筑物

防雷系统的正常工作状态须经已有的试验报告或维护检查来证实。如果在检查时发现外部防雷系统存在缺陷（例如：严重腐蚀、松动和端子脱落），则光伏设备的建设者有责任将这些缺陷书面通知建筑物的所有者。

在屋顶表面上搭建光伏设备时，应该考虑到现有的外部防雷系统。为此，光伏设备必须安装在外部防雷系统的保护分区内防止被直接雷击。举例来说，通过使用适当的接闪装置（如：避雷针），可以防止光伏板遭到直接雷击。避雷针的布置必须使在形成的保护空间内放置的光伏模块可以避免遭到直接雷击，其次，必须防止任何阴影投射到光伏板上。务必注意，在光伏组件和金属部件（如：防雷装置、雨水槽、天窗、太阳能电池或天线系统）之间必须依据IEC 62305-3（EN 62305-3）保持隔离距离 s 。隔离距离按照IEC 62305-3（EN 62305-3）3进行计算。图9.18.1.7中所示的光伏设备位于外部防雷系统的保护区内。

图9.18.1.7展示了具有外部防雷系统的建筑物上的光伏设备的电涌保护概念，其中，光伏板与外部防雷系统保持足够的隔离距离。

防雷系统的关键部分是要对所有从外部进入建筑物的导电部件进行等电位连接。完成等电位连接要求的办法是：正常情况下不带电的金属构件直接接到等电位系统上，带电电缆或导体通过安装电涌保护器间接接到等电位系统上。等电位连接应尽可能靠近系统的入口或建筑物的进线处，以便防止部分雷电流以侵入建筑物。建筑物的低压供电系统可由DEHNventil ZP保护，它是采用了火花间隙技术的多极复合型雷电流和电涌保护器。它是为电表箱中40 mm DIN轨安装而

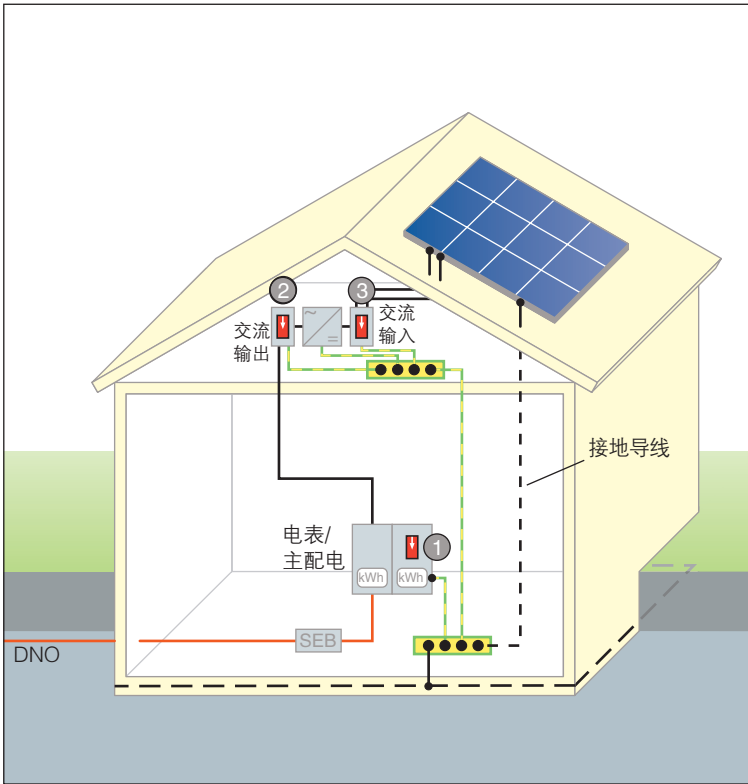


图9.18.1.6 无外部防雷系统的建筑物上光伏设备的防雷保护概念

专门设计的。SPD必须根据电源系统的接地方式进行选择。（表 9.18.1.2）

此复合型SPD将雷电流和电涌保护功能整合在一个装置内，无需去耦，并具备完整预接线装置，可用于各种低压系统（TN-C、TNS、TT）。若DEHNventil和终端设备之间的距离 < 5 m，则其保护能力已经足够，不需要额外安装保护装置。对于更长的电缆，必须加装2级或3级SPD。如果逆变器的交流输出端和DEHNventil的安装位置之间的距离不大于5m，则交流侧不需要加装额外的保护装置。

在逆变器的直流输入端，每条进线正极和负极对地之间都必须安装PV 500 SCP电涌保护器。

图 9.18.1.6	保护对象	电涌保护器型号	货号
交流低压供电系统			
①	TN-C 系统	DEHNguard M, DG M TNC 275 DEHNguard M, DG M TNC 275 FM	952 300 952 305
	TN-S 系统	DEHNguard M, DG M TNS 275 DEHNguard M, DG M TNS 275 FM	952 400 952 405
	TT 系统	DEHNguard M, DG M TT 275 DEHNguard M, DG M TT 275 FM	952 310 952 315
交流电源/逆变器的交流输出(逆变器安装在阁楼上)			
②	TN 系统	DEHNguard M, DG M TN 275 DEHNguard M, DG M TN 275 FM	952 200 952 205
	TT 系统	DEHNguard M, DG M TT 2P 275 DEHNguard M, DG M TT 2P 275 FM	952 110 952 115
逆变器的直流输入			
③	2 x (正极和负极到接地 各一个)	DEHNguard, DG PV 500 SCP DEHNguard, DG PV 500 SCP FM	950 500 950 505

表9.18.1.1 在无外部防雷系统的建筑物上光伏系统电涌保护器选型表



具有外部防雷系统但未保持隔离距离的建筑物

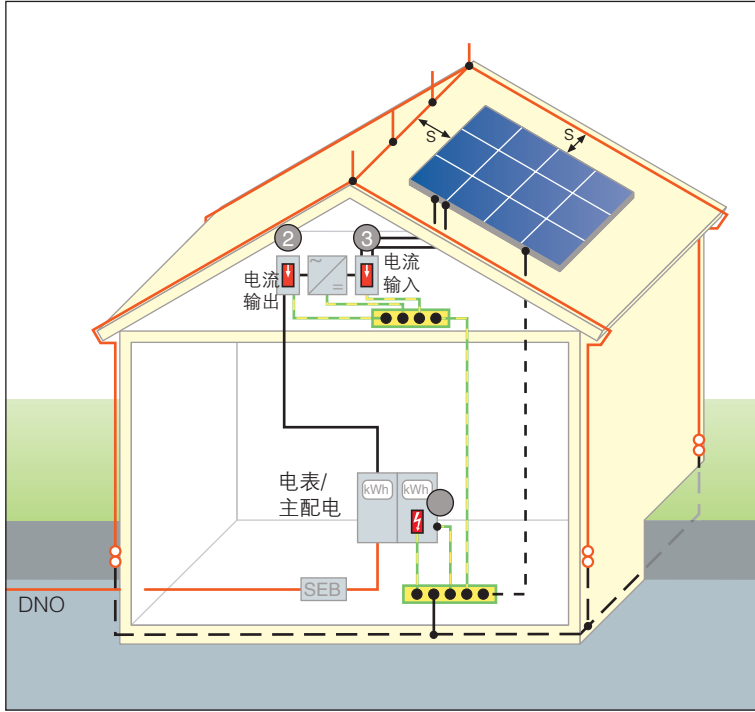


图9.18.1.7 具有外部防雷系统并且保持隔离距离 s 的建筑物上光伏设备的防雷概念

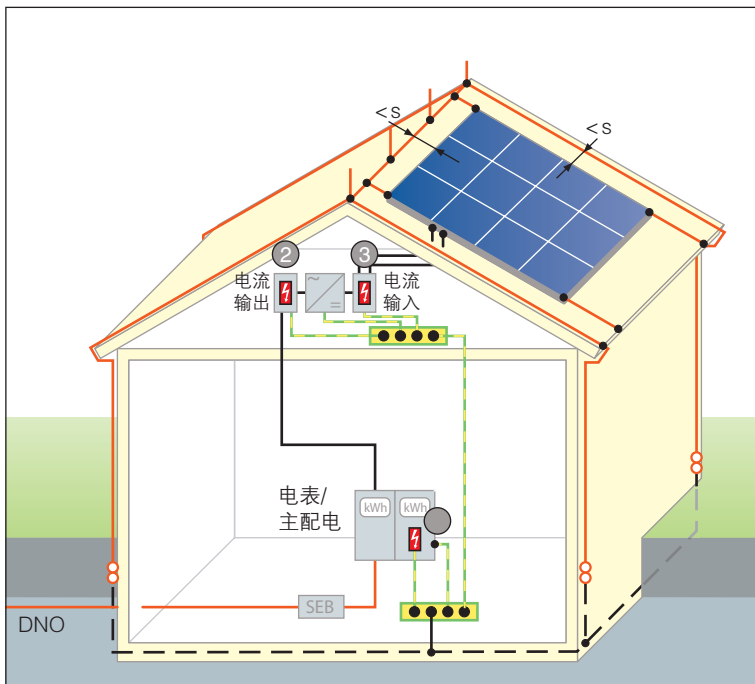


图9.18.1.8 具有外部防雷系统并且保持隔离距离 s 的建筑物上光伏设备的防雷概念

为获得最大经济利润，通常整个屋顶都铺设光伏板。不过，从安装技术角度看，常常无法保持所要求的隔离距离。因此在这些位置必须建立外部防雷系统和金属光伏组件之间的直接等电位连接。在这种情况下，雷电流侵入建筑物内部的直流母线的风险必须予以考虑，因此必须进行合理等电位连接。（图9.18.1.8）

按照IEC 62305-3（EN 62305-3），直流母线必须安装1级雷电流保护器。在此可使用复合型雷电流和电涌保护器DEHNlimit PV 1000，并联在直流母线中。DEHNlimit PV 1000是专门针对光伏发电厂的应用场合而开发的。即便在直接雷电流作用下，密封的间隙技术也能为光伏发电机提供安全保护。

对低压供电系统也必须进行等电位连接。该处可以采用基于火花间隙技术的雷电流和电涌保护器DEHNventil ZP（表9.18.1.3）。如果光伏逆变器和低压供电系统配电柜之间的距离不大于5m，则逆变器的交流输出端也受到了保护。防雷措施只是在一定区域内有效，对光伏逆变器的保护也如此，如果光伏逆变器安装在阁楼中，则需要使用额外的电涌保护器来保护逆变器的交流输出。在此种情况中，同样可以由1级复合型雷电流和电涌保护器DEHNventil来完成。之所以使用这个保护装置，是

因为必须将串入电缆的部分雷电流加以限制。

发电站保护目标是，保护发电站的厂房和光伏阵列免遭火灾（直接雷击）损坏，并且保护电气和电子系统（逆变器、远程诊断系统、发电机主干线）免遭雷电电磁脉冲（LEMP）的影响。

注意

对所谓的“薄膜光伏模块”的防雷不在此考虑范畴之内。

接闪装置和引下线系统

为了防止光伏阵列遭到直接雷击，有必要将太阳能模块布置在隔离的接闪装置的保护范围内。遵照VdS指导原则2010，大于10kW的光伏设备，应设计为“III级”防雷电系统。对相应的保护等级，使用滚

9.18.2 太阳能发电站的雷击和电涌的保护

对于像太阳能发电站这种复杂的系统，有必要按照IEC 62305-2 (EN 62305-2) 评估因雷击导致损坏的风险，其结果要在设计时加以考虑。对于太阳能

图 9.18.1.7	保护对象	电涌保护器型号	货号
L.v.电源			
①	TN-C系统	DEHNventil ZP, DV ZP TNC 255	900 390
	TN-S系统和TT系统	DEHNventil ZP, DV ZP TT 255	900 391
交流电源/逆变器的交流输出			
②	TN系统	DEHNguard M, DG M TN 275 DEHNguard M, DG M TN 275 FM	952 200 952 205
	TT系统	DEHNguard M, DG M TT 2P 275 DEHNguard M, DG M TT 2P 275 FM	952 110 952 115
逆变器的直流输入			
③	2 x (正极和负极到接地各一个)	DEHNguard, DG PV 500 SCP DEHNguard, DG PV 500 SCP FM	950 500 950 505

表9.18.1.2 在具有外部防雷系统并且保持隔离距离s的建筑物上光伏系统电涌保护器选型表

图 9.18.1.8	保护对象	电涌保护器型号	货号
L.v.电源			
①	TN-C系统	DEHNventil ZP, DV ZP TNC 255	900 390
	TN-S系统和TT系统	DEHNventil ZP, DV ZP TT 255	900 391
交流电源/逆变器的交流输出(逆变器安装在阁楼上)			
②	TN-C系统	DEHNventil M, DV M TN 255 DEHNventil M, DV M TN 255 FM	951 200 951 205
	TT-S系统和TT系统	DEHNventil M, DV M TT 255 DEHNventil M, DV M TT 255 FM	951 110 951 115
逆变器的直流输入			
③	正极/负极输入电缆	DEHNlimit, DLM PV 1000	900 330

表9.18.1.3 在具有外部防雷系统但未并保持隔离距离s的建筑物上光伏系统电涌保护器选型表



球法来确定避雷针的高度和数量。此外，按照IEC 62305-3 (EN 62305-3)，还应注意保持光伏支架和避雷针之间的隔离距离。同样，操作室的防雷也采用“III级”等级。引下线通过接地母排连接至接地系统。由于接地母排端口存在土壤或水泥腐蚀的风险，所以必须使用耐腐蚀材料（不锈钢V4A，料号：1.4571），或者在使用镀锌钢的情况下采取相应的措施（例如：贴密封胶带或套热缩管）进行保护。

接地系统

光伏设备的接地系统设计为环形接地极（水平接地电极），网格大小为20 m x 20 m（图9.18.2.1）。固定光伏模块的金属支架大约每隔10 m连接至接地系统。厂房的接地系统按照DIN 18014（德国标准）采用基础接地极。光伏设备和厂房的接地系统通过导体（V4A钢条，30 mm x 3.5 mm，料号：1.4571，或镀锌钢）相互连接。将各个接地系统相互连接起来可以

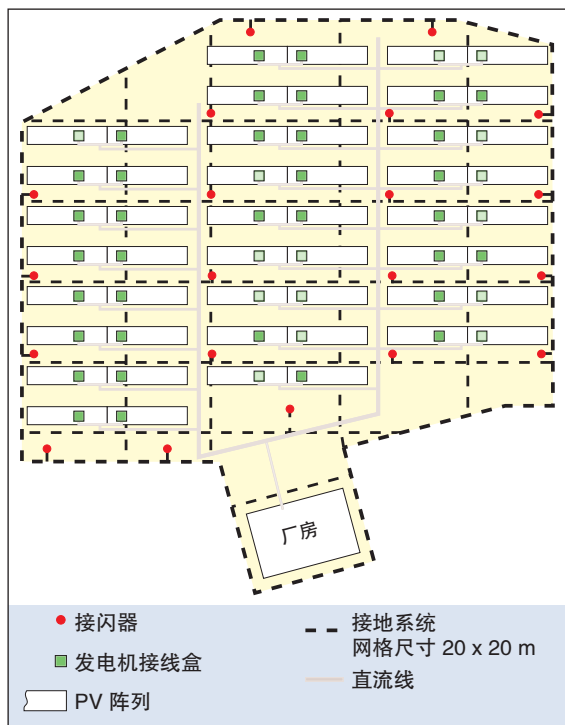


图9.18.2.1 露天场地的太阳能发电站平面图

显著地减小总接地电阻。通过相互网状交织连接的接地系统可形成一个等电位面，它能够显著减小雷电作用在光伏阵列和厂房建筑之间的连接电缆上所产生的过电压。水平接地极铺设在至少0.5m深的土壤中，使用十字夹相互连接成网格状。在土壤中的连接头必须用耐腐蚀带包裹起来。这也适用于铺设在土壤中的V4A钢条。

等电位连接

原则上说，从外部进入建筑物的所有导电部件一般都必须接入等电位连接系统中。完成这些等电位连接要求的办法是：所有不带电的金属部件直接连接到等电位系统，带电部件（如电缆）则通过安装电涌保护器间接接入等电位连接系统。等电位连接最好在建筑物入口附近执行，以便防止部分雷电流侵入建筑物。在这种情况下（图9.18.2.2）下，厂房中的低电压供电系统可用多极复合型雷电流和电涌保护器DEHNventil保护。（请参阅表9.18.2.1）

此外，厂房中光伏逆变器的输入直流导线必须由适配的基于火花间隙的雷电流保护器保护，例如：使用复合型雷电流和电涌保护器DEHNlimit PV 1000。

光伏阵列的防雷措施

在接闪装置遭到雷击时，为了减小在太阳能模块产生的机械应力，在发电机接线盒中尽可能靠近光伏发电机的地方安装了具有热监控功能的电涌保护器。对于电压高达1000 V直流发电机电压，在正极和负极对地之间安装电涌保护器DEHNguard PV 500 SCP。因为光伏板处于外部防雷装置的保护范围内，该SPD已足以满足保护要求。

为延长保护装置周期性现场检查的时间间隔，根据实践证明，使用带有浮动触点的电涌保护器来指示热脱扣装置的工作状态是一个行之有效的方法。

发电机接线盒中的电涌保护器基本掌控了对光伏

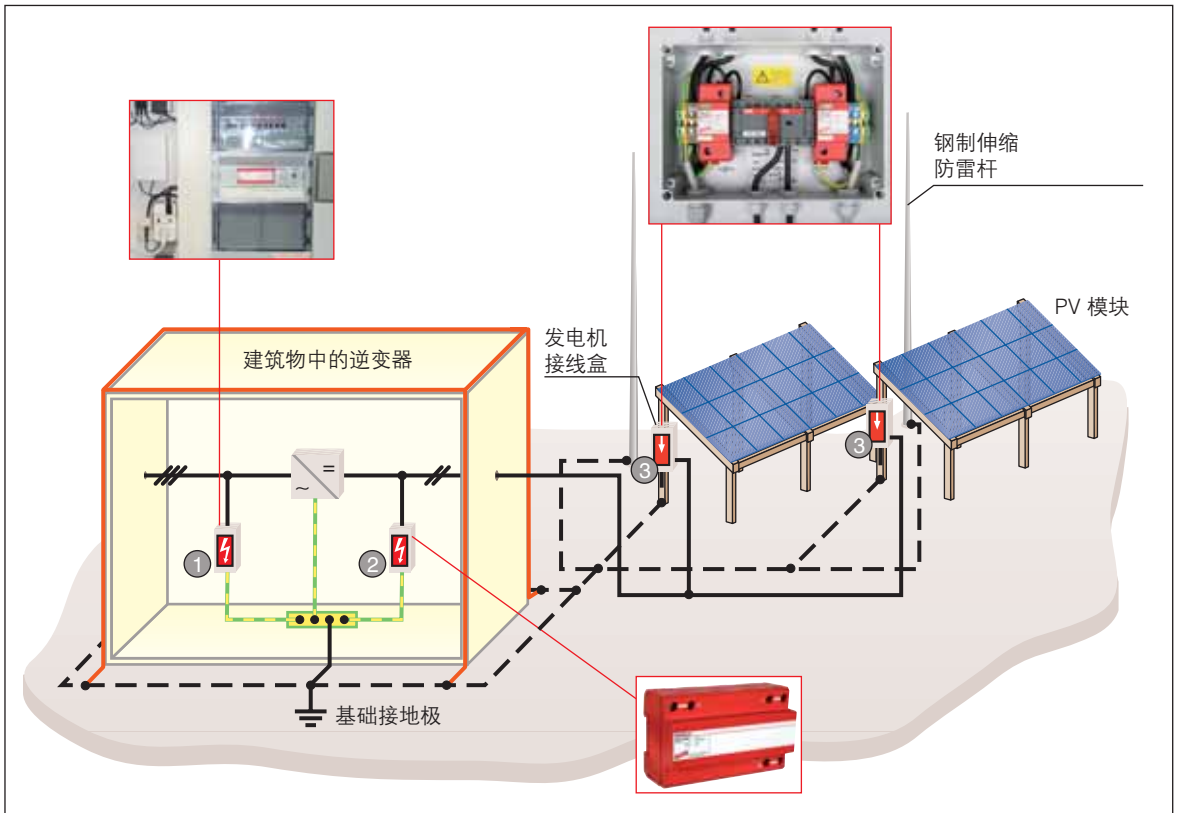


图9.18.2.2 基本电路图 - 太阳能发电站的雷电保护

图9.18.2.2 中的序号	保护对象	电涌保护器型号	货号
①	TN-C 系统 TN-S 系统 TT 系统	DEHNventil, DV M TNC 255 DEHNventil, DV M TNS 255 DEHNventil, DV M TT 255	951 300 951 400 951 310
②	逆变器的直流输入	DEHNlimit, DLM PV 1000	900 330
③	发电机接线盒	DEHNguard DG PV 500 SCP DEHNguard DG PV 500 SCP FM	950 500 950 505

表9.18.2.1 太阳能发电站的电涌保护器的选型

设备的区域性保护，并且确保与导线和电磁场相关的干扰不会在光伏设备中引起闪弧的发生。

注意

对所谓的“薄膜光伏模块”的防雷不在此考虑范畴之内。

信息系统的防雷措施

厂房内具有远程诊断系统，用于对光伏设备进行简单而快速的功能检查。对光伏设备的干扰可以及早被操作员发现并排除。远程监控系统可以连续不断地提供光伏设备的性能数据，以便优化光伏设备的输出。



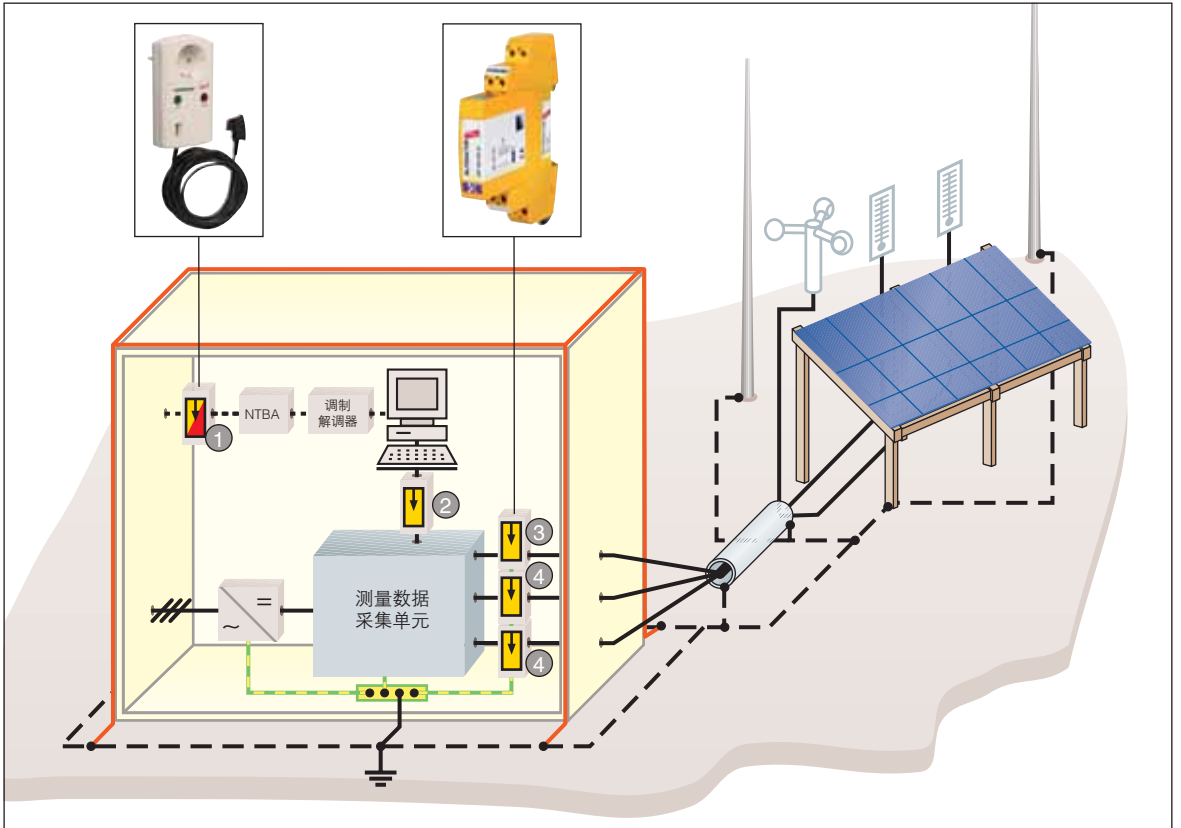


图9.18.2.3 数据采集和处理系统的防雷设计

图9.18.2.3 中的序号	保护对象...	电涌保护器选型	货号
①	NTBA的网络和数据输入	NT PRO	909 958
②	四线数据传输的测控系统与设备， 例如：RS 485总线系统	BLITZDUCTOR VT, BVT RS 485 5	918 401
③	风向指示器，例如：模拟的4到20mA测量值传输	BLITZDUCTOR XT, BXT ML4 BE 24 + 底座 BXT BAS	920 324 920 300
④	用于环境和模块的温度传感器	BLITZDUCTOR XT, BXT ML4 BE 5 + 底座 BXT BAS	920 320 920 300

表9.18.2.2 用于数据采集和处理系统的电涌保护器选型

如图9.18.2.3中所示，通过光伏设备处的外部传感器，可进行风速、模块温度以及环境温度的测量。

这些测量值可以直接从数据采集单元中读取。数据采集单元也可通过RS 232或RS 485等接口，连接

至计算机PC和/或调制解调器，以便维修工程师便可以通过远程诊断确定故障原因并消除故障。图9.18.2.3中的调制解调器连接到ISDN接入端口的网络终端设备（NTBA）。如光伏模块一样，风速和模块温度测量传感器也安装在雷电防护的范围中。这样，

测量线中便不会出现雷击电流，但有可能出现与连接导线相关的暂态过电压，这是雷击时在隔离的接闪装置中产生的感应作用。为了可靠、无故障且连续地将测量数据传输到测量单元，在引入建筑物内的传感器的电缆中，有必要安装电涌保护器（表9.18.2.2）。在选择电涌保护器时，必须确保测量值不会受到影

响。经由电信网络转发测量数据的ISDN调制解调器同样要确保安全可靠，以便持续控制和优化设备的性能。为了这个目的，在网络终端设备的上游，ISDN调制解调器的 U_{k0} 接口安装电涌保护器。此电涌保护器还可对网络终端设备（NTBA）的230V电源提供保护。

德和盛资料册

雷击保护	
产品目录 (英文)	DS 427
电涌保护	
产品目录	DCN 570
DEHN 保护风力涡轮机	DCN 103
DEHN——基站的保护	DCN 104
电涌保护: 污水处理厂	DCN 107
DEHN 保护光电系统	DCN 109
DEHN保护石油和燃气工业	DCN 122
DEHN 保护中压系统 (英文)	DS 125 E
您的电涌保护器会思考吗? (英文)	DS 136 E
DEHN保护天馈线 (英文)	DS 137
工业应用的创新产品 (英文)	DS 142 E
BLITZDUCTOR CT with LifeCheck	DCN 143
DEHN 保护沼气厂 (英文)	DS 144
具有雷击电流承载能力的LSA (英文)	DS 145 E
Yellow/Line 电涌保护——轻松选择	DCN 150
DEHN 阻止电涌 (英文)	DS 614 E
能量协调型电涌保护 (英文)	DS 641 E
Red/Line 电涌保护——轻松选择	DCN 649
符合标准的实用电涌保护 (英文)	SD 61 E
P296 通信和信号网络的雷击和电涌保护 (英文)	SD 63 E
安全设备	
产品目录 (英文)	DS 396 E
DEHN 安全设备——成功需要安全 (英文)	DS 695 E
其它	
DEHN测试与分析 (英文)	DS 113
DEHN 保护	DCN 509
视频 (DVD)	
DEHNtour	DS 707

索引

ADSL端口连接	272	不同导电材料最大温升 ΔT (单位: K)	79
A型接地体	112	不锈钢	128
安装在屋顶的没有导电性连接的金属结构	56		
B		C	
BLITZDUCTOR CT	148, 149, 175, 206	UI导线	140
BLITZDUCTOR XT	215	材料的组合	94
B型接地体	113	材料系数 K_m	131
白水泥池	118	参比电极	123
保护措施的经济损失	38	参考地	101
保护措施的经济性	38	参考电势	124
保护的等电位连接导体	142	测量系统	207
保护的分段	207	差模干扰	199, 204, 278
保护电路	205	产品标准	12
保护角法	51	产品验收	12, 40, 42
保护空间	48	长时间雷击	16
保护模块的类型	201	常用金属的电势值与腐蚀率	125
保护区域	50	冲击接地电阻	102
保护人身安全	177	矗立在屋顶上	6
保护水平	206	串联式接法 (V形)	190
保护性等电位	147	垂直接地体	102, 107, 110, 120
报警系统	255	纯铜	127, 128
爆炸	199, 214	磁场	153
爆炸危险区域	274	磁场	158
爆炸性危险气体分类	214	刺猬屋顶	60
爆炸性危险气体分类	220		
本安电路	212	D	
本质安全型SPD	216	EHNBloc	146, 171
避雷线、避雷针和引下线的材料、外形和最小横截面积	92	DEHNflex	169, 262
避雷针的风力接触面积	75	DEHNgrip	62, 95, 97
避雷针的高度	50	DEHNguard	170
避雷针的偏移	77	DEHNsnap	95
变频器	221	DEHNventil	146, 165
标称电流 I_L	203	大地	101
标称放电电流 I_n	176	大地电阻率	102, 103, 104
标准的建立	11	带有隔离支撑的接闪装置	69
并联的垂直接地体	110	带状接地体和垂直接地体的组合	110
并联接法	190	等电位连接	102, 143
波形瓦的底衬瓦	98	等电位连接的接地装置	143
波形砖瓦	99	等电位连接端子	144
补偿电流	148	等电位连接排	144
不熔断	198	等电位连接网	159
		等电位连接线	143
		低压供电设备的等电位连接	146

地表电势	102	防盗报警系统	255
地对云放电	14,15,16	防腐	123
地下端子和连接	129	防腐措施	123,129
电磁屏蔽	154,280	防腐带	94,121,129
电感耦合	141	防雷保护措施的选择	36
电荷	14,15,16,20	防雷保护接地	101
电化学腐蚀	123	防雷等级	22
电极	123	防雷击电磁脉冲 (LEMP) 的检查和维护	173
电解液	123	防雷内行人土	39
电缆布线系统	220	防雷天线杆	69
电缆屏蔽	155	防雨	60
电流波形	166	放射形接地体	108
电流分布系数 K_c	79,131	非导电材料构成的屋顶设施	56
电气隔离	129	非隔离的防雷系统	79
电气连接	42	风力涡轮机	278
电气设备的防爆类型	214	风能设备外部防护	72
电势	124	风能设备中的接闪装置 (WT)	72
电势的控制	102	风险分量	35
电势控制, 圆环的间距和埋设深度	143	风险管理	28
电势升高	18	风险评估	28
电势梯度	18	风载荷	75
电压保护水平 U_p	176,201	风载荷产生的机械应力	74
电涌保护器	176	峰值	16
电子电势	124	辅助保护性等电位连接	142
陡度	16,18,202	辅助等电位连接	142,145
独立避雷针的抗断性能	76	腐蚀	123
独立式接闪装置	73	腐蚀电池	122
镀锌钢材的连接导线	129	腐蚀电流的作用	125
镀锌钢筋网	154	腐蚀性废物	129
端子的截面积	196	复合型防雷器	167
端子的截面积	196		
短路耐受能力	176	干扰	204,280
短时间雷击	16	干扰类型	204
对规划的检查	40	感应的电涌	168
		感应系数 K_i	131
额外检查	41	钢罐	231
		钢筋混凝土	114
FEM 计算模型	76	钢筋混凝土基础	129
发酵桶	228,230	钢筋网	154
法律规定	23	隔离的外部防雷系统	83
防爆温度组别	214	隔离火花间隙	129

隔离及未隔离的接闪装置	54	季节性波动	104
隔离接闪装置	70	尖屋顶建筑上的接闪装置	56
隔离距离	54,57,62,85,91,129,134	检测	40
工作电流	206	检测点	86
公共广播系统	253	检查报告	42
功率馈入	231	检查的形式	42
供电设备	162	检验者的资质	39
供电系统	175	建筑规则	23
共模干扰	199,204	建筑设施管理技术	209
固定接地点	155	建筑物的隔离接闪桅杆	84
故障条件下的电击防护	178	建筑物间的布线	260
光电元件	209	建筑物入口处	139,148
光伏系统	285	教堂及其尖塔的接闪装置	72
光纤设备	148	接触电压	102,136,139,224
滚球半径	47	接地	217
滚球的下凹部分	49	接地侧的连接电缆	195
滚球法	46	接地端子	114
HVI 线缆	84	接地概念	231
黑水泥池	118	接地连接	13,41,162,261
后备保护装置	196	接地体	101
互动服务	242	接地体材料	128
环形	80	接地体的材料、形状和最小横截面积	130
环形等电位连接	168	接地体的防腐蚀	122
环形等电位连接排	160	接地体电阻	102,106
环形接地体	102	接地线	101
环形接地体的尺寸	94	接地装置	42,101,102,121,143
火灾报警系统	255	接地装置的材料组合	129
I SDN接口	272	接地装置的配合使用	121
IT电缆系统	213	接地装置的状况	42
IT系统	178,187	接闪装置	46,93,94,95
基础 隔离	115	接闪装置的角形支撑	69
基础接地体, 带有接地端子	114	接闪装置的天然组件	55
基础接地体	102,109,118	接闪装置的位置固定器	58
基础接地体的等电势平面	131	接闪装置和引下线的安装尺寸	93
极限值	22	截收面积	31
几何-电气模型	46	截止频率 f_G	203
计算 Δh	50	金属板的最小厚度	55
技术资料	42	金属分支结构	82
		金属墙面的接地端子	82
		金属设施的等电位连接	142
		金属屋顶	56

金属屋顶的防雷保护	61	雷击电磁脉冲防护的管理	151
金属屋顶的接闪装置	59	雷击距离	48
金属装置	161,168	雷击损失中可承受的风险值	36
紧凑安装	166	硫酸铜电极	123
厩栏	249	M -bus	263
具有白水泥池的建筑物的基础接地体	118	茅草屋顶	64
具有黑水泥池的建筑物的接地体	118	茅屋上接闪装置	61
具有雷电流承载能力的屏蔽层连接系统	148	目视检查	40
绝缘的引下线	84	NTBA	272
绝缘强度	215,276	NTPM	273
开断选择性	200	内部防雷保护	44
抗断性能	76	内部分区	151
抗倾倒	75	内置的去耦元件	206
可行驶的屋顶	65	内置引下线	82
控制 接地体	101,102,138	能量协调	177,278
控制系统	207	逆变器	286
跨步电压	106,140,230	农业	247
快速以太网	262	浓差电池	124
L₀ 和 C₀ 的计算	215	PROFIBUS	267
LPZ 0 _A	150	抛物线型天线	57
LPZ 0 _B	150	平顶屋上的线束支架	58
LPZ 1	151	平面屋顶上的线束支架	58
LPZ 2...n	151	平面砖瓦或石板	99
劳动合同	12	平屋顶建筑物	58
雷电保护分区	150	屏蔽	219,280
雷电保护分区概念	150	屏蔽措施	162
雷电保护系统	23	屏蔽电缆	159
雷电保护系统的维护	38	屏蔽对磁场的衰减	153
雷电参数	22	屏蔽接地	155
雷电冲击电流 <i>I_{imp}</i>	176	屏蔽因子	154
雷电对IT电缆系统的影响	213	屏蔽作用	153
雷电放电	14	汽化	58
雷电放电地点	14	热 浸镀锌钢材	128
雷电流保护器	167	熔穿	58
雷电流波形	14	熔断	198
雷电流承载能力	164	入地敷设	129
雷电流的特征值	14		
雷击的频率	30		
雷击电磁脉冲防护的风险级别	150		

软屋顶的建筑构件	63	庭院	83
SPD 的技术特性	175	庭院中的引下线	83
SPD的连接导线的长度	190	通过电缆连接的接闪桅杆	84
SPD的选择准则	215	通信设备	271
SPD分类定义	12	通信线	148
SPD在各种系统中的应用	177	通用电缆系统	210
SPS电涌保护器	170	通用规定	25
3级SPD	197	铜包钢	128
三角架	70	V 形	190
上行闪击	17	外部防雷保护	44
施工阶段的检查	42	外部防雷保护系统的尺寸	93
石板屋顶	99	外部分区	150
使用光耦合器进行电气隔离	209	网格法	51,58
视频监控系統	251	网格屏蔽	153
视频信号	242	网格状接地系统	232
试验电压波形	202	网状等电位连接网	155
室外照明系统	224	网状结构	160
输入端电路	205	网状结构	161
数据传输	205,272	危险区域	212
数据传输速率	205	危险区域的瞬态电涌	214
数据和电话线的保护	263	维护	43
双导线端子	192	未加钢筋的地基	114
水平接地体	102	未加钢筋的混凝土	114
损害概率	33	位置固定器	58
损害因子	32	温度测量系统	207
损失类型	33	温度测量系统的电涌保护	207
损失因子	33	温度组别	214
TN-C-S 系统	181	污水处理厂	236
TN-C 系统	180	屋顶的导轨支撑装置	62
TN-S 系统	181	屋顶建筑	88
TN 系统	179,180	屋顶线缆支撑器	100
TOV	177	屋脊和屋脊砖瓦	97
TT 系统	179,185	屋脊砖瓦上的线缆支撑器	98
特征能量	16	无线传输系统	283
天然接地体	102	无线发射/接收系统	283
天线设备	89,147	下行放电	14
天线系统	242	先导	15
天线移动通信的应用	87	现场检查	41
条形基础	116		

现场设备	236	由温度引起的接闪装置和引下线长度的变化	94
限制电压	202	由纤维混凝土制成的基础板	119
相线侧连接导线	194	有腐蚀危险的线位置	94
协调	209, 182	有线网络	242
泄放能力	204	有线形水平接地体	106
信号传输	206, 253	圆形凹槽的金属屋顶	62
信号频率	205	远程监控	233
信息技术设备	146, 163, 166	云对地放电	15, 16
信息技术设备的等电位连接	146, 163, 166	云对云放电	14
信息技术系统	199	沼气厂	227
信息系统中的设备	170	正常条件下的电击防护	177
星形结构	161	支撑物体的风力接触面积	75
续流抑制能力 (基于“1级”的火花间隙)	177	直流腐蚀电池	124
续流遮断能力	176	植被、平屋顶上的接闪装置	66
选择系数	204	终端设备的保护	175
烟囱	56	重叠结构的建筑材料	99
延伸防雷保护分区	159	重复检查	42
岩土上的接地体	121	周边隔离	115
阳极	123	主等电位连接	142
移动通信	283	主速率多路复用接口	273
以太网	262	住宅楼的外部防雷	96
阴极	122	住宅楼的外部防雷系统部件	100
引下线	83	专家	40
引下线的设置	80	锥形的保护范围	52
引下线的天然组件	80	组合型接地体	107
引下线数量	8	最大持续操作电压	206
引下线之间的距离	79	最大持续电压 U_c	176

图片与表格

DEHN + SÖHNE公司全貌.....3	图5.1.1.19 带有避雷针和线束支架的平面屋顶, 保护穹顶.....54
图2.1.1 下行闪击(云对地放电).....14	图5.1.1.20 有隔离的外部防雷, 根据保护角的方法, 由两个隔离的避雷针组成, 投影在一个垂直的平面上.....55
图2.1.2 带负电荷的下行先导的放电机理(云对地放电).....15	图5.1.1.21 有隔离的外部防雷, 两个隔离的避雷针被一个水平方向的避雷线连接起来, 投影在通过两个避雷针的垂直平面上.....55
图2.1.3 带正电荷的下行先导的放电机理(云对地放电).....15	图5.1.2.1 斜面屋顶上的接闪装置.....57
图2.1.4 上行放电(地对云放电).....15	图5.1.2.2 由非导电材料(如:PVC)构成的屋顶上的突出物的高度, $h \leq 0.5m$57
图2.1.5 带负电荷的上行先导的放电机理(地对云放电).....16	图5.1.2.3 为通风管加装的接闪装置.....57
图2.1.6 带正电荷的上行先导的放电机理(地对云放电).....16	图5.1.2.4 安装了光伏设备的建筑物 来源:Wettingfeld, Krefeld地区的雷电防护.....57
图2.1.7 下行闪击可能的组成部分.....17	图5.1.2.5 带有接闪装置的天线 来源:Oberosterreichischer, Linz的防雷保护.....57
图2.1.8 上行闪击可能的组成部分.....17	图5.1.3.1 接闪装置.....58
图2.2.1 雷击时在均匀土壤中电势分布图.....18	图5.1.3.2 在平屋顶上的接闪装置.....59
图2.2.2 跨步电压致动物死亡.....18	图5.1.3.3 接闪装置的应用.....59
图2.2.3 由于雷电流峰值, 使建筑物接地装置相对远端的大地电位升高.....18	图5.1.3.4 建筑拦墙的桥接.....59
图2.2.4 由于接地装置的电势升高, 而使电气设备受到危害.....19	图5.1.3.5 当屋顶金属板不允许完全熔断时, 对金属屋顶栏墙进行保护的实例(正视图).....59
图2.3.1 通过雷电流陡度, 在线圈中感应的电压方波.....19	图5.1.3.6 人造材料构成的平屋顶上的导轨 ->屋顶的导轨支撑装置, 类型为: KF/KF2.....60
图2.3.2 在方形环路中感应的电压方波的计算.....19	图5.1.4.1 金属屋顶的实现方式如: 带有圆形凹槽的屋顶.....60
图2.4.1 由于雷电流放电, 在雷击点处能量的转换.....20	图5.1.4.2 损坏实例: 金属薄板的屋顶.....60
图2.4.2 冲击电流在金属表面产生的电弧作用.....20	图5.1.4.3 金属屋顶上的接闪装置 - 防止屋顶出现孔洞.....61
图2.4.3 由于长持续时间电弧的作用, 使金属薄板穿孔.....20	图5.1.4.4a 金属屋顶上的线束支架 - 在圆形凹槽上架设.....62
图2.5.1 由雷电流特征能量而产生的热效应及力的作用.....21	图5.1.4.4b 金属屋顶上的线束支架 - 在圆形凹槽上架设.....62
图2.5.2 两根平行导线之间电动力的作用.....22	图5.1.4.5 梯形金属板上, 带有夹紧螺栓的线束支架的构造.....62
图3.2.3.1 德国境内的雷击密度(1999年至2005年平均值).....29	图5.1.4.6 在圆形凹槽的屋顶上, 线束支架的构造.....62
图3.2.3.2 直接雷击时, 孤立建筑物的截收面积 A_d31	图5.1.4.7 在圆形凹槽的屋顶上, 避雷针对穹顶的保护.....62
图3.2.3.3 间接雷击时, 建筑物的截收面积 A_d , A_m , A_1 , A_231	图5.1.5.1 软屋顶建筑上的接闪装置.....63
图3.2.9.1 为损失类型L1...L3选择防护措施的流程图.....37	图5.1.5.2 软屋顶的建筑构件.....63
图3.2.10.1 从纯经济角度出发, 基本流程及每年花费的计算.....38	图5.1.5.3 茅草屋顶.....64
图3.2.10.2 选择保护措施的流程图, 用于经济损失类型.....39	图5.1.5.4 具有外部防雷的历史性建筑物 (来源: Hans Thormahlen 公司).....64
图4.1 雷电防护系统的组成.....44	图5.1.5.5 中心建筑物的剖面图.....65
图4.2 雷电防护系统(LPS).....45	图5.1.5.6 沿缘布置引下线的图示及原理说明.....65
图5.1.1 在高层建筑上确定接闪装置位置的方法.....46	图5.1.5.7 HVI - 接闪线穿入槽口木板中.....66
图5.1.1.1 上行先导的产生确定雷击点.....47	图5.1.6.1 顶层停车场的防雷 - 对建筑物的保护.....66
图5.1.1.2 滚球法的模型.....47	图5.1.6.2 顶层停车场的防雷 - 对建筑物和人员的保护 IEC 62305-3 (EN 62305-3).....66
图5.1.1.3 “滚球”使用示意图, 用于外部结构复杂的建筑物.....48	图5.1.7.1 植被屋顶.....67
图5.1.1.4 新建的行政大楼: 采用了I级保护等级的“滚球”模型 来源: WBG 维辛格.....49	图5.1.7.2 植被屋顶的接闪装置.....67
图5.1.1.5 新建的DAS的行政大楼: 保护等级为I级时的雷击危险区域, 俯视图(截图) 来源: WBG 维辛格.....49	图5.1.7.3 在屋顶覆盖层中电缆的走线.....67
图5.1.1.6 亚琛大教堂及周围建筑的模型, 及保护等级为II级和III级时的“滚球” 来源: 亚琛大学教授, A.Kern 博士.....49	图5.1.8.1 直接与屋顶设施相连的结构.....68
图5.1.1.7 滚球的渗透深度p.....50	图5.1.8.2 隔离的接闪装置.....69
图5.1.1.8 屋顶的接闪装置及其保护空间.....50	图5.1.8.3 带有隔离支撑的接闪装置.....69
图5.1.1.9 多个接闪装置时, 按照滚球法计算 Δh50	图5.1.8.4 接闪装置的角形支撑.....69
图5.1.1.10 网状接闪装置.....51	图5.1.8.5 接闪杆的支撑件.....69
图5.1.1.11 保护角及其相对应的滚球半径.....52	图5.1.8.6 用于光伏设备的隔离接闪装置.....69
图5.1.1.12 保护角 α 与保护等级、接闪装置高度的关系.....52	图5.1.8.7 屋顶上的隔离接闪装置.....70
图5.1.1.13 锥形的保护范围.....52	图5.1.8.8 在连接区中, 用于地下的防腐保护带.....70
图5.1.1.14 保护角为 α 的接闪装置.....52	图5.1.8.9 防雷杆的设立.....70
图5.1.1.15 避雷线的保护空间.....52	图5.1.8.10 已安装的接闪装置 来源: 德国 Krefeld, Wettingfeld 的雷电保护.....70
图5.1.1.16 垂直方向的避雷针保护的范图.....52	
图5.1.1.17 使用避雷针保护小型屋顶设施.....54	
图5.1.1.18 带有线束支架的坡面屋顶.....54	



图5.1.8.11	独立支撑的三脚架	70	图5.4.1	举例：砖瓦屋顶的建筑物外部防雷系统的各种部件	93
图5.1.8.12	带有DEHNiso-Combi的隔离接闪装置	71	图5.4.2	为烟囱设立的接闪器	93
图5.1.8.13	DEHNiso-Combi的细节	71	图5.4.3	在平屋顶上的应用	93
图5.1.8.14	带有DEHNiso-Combi的隔离接闪装置	71	图5.4.4	环形接地体的尺寸	94
图5.1.9.1	在教堂上布置接闪线	72	图5.4.5	有腐蚀危险的位置	94
图5.1.10.1	在风叶上安装了感应器	73	图5.4.1.1	接闪装置 - 采用桥接带进行膨胀补偿	95
图5.1.10.2	风能设备上的风力测试仪的直击雷防护	73	图5.4.2.1a	住宅楼的外部防雷	96
图5.1.11.1	独立式接闪装置，用于防范直击雷	73	图5.4.2.1b	工业建筑物的外部防雷	97
图5.1.11.2	按照 DIN EN 62305-3 (VDE 0185-305-3)，接闪装置的设立方法	74	图5.4.2.2	线缆支撑器DEHNsnap和DEHNgrip	98
图5.1.11.3	独立接闪器，带有可折叠的三角架	74	图5.4.3.1	屋脊砖瓦上的线缆支撑器DEHNsnap	98
图5.1.11.4	德国风区的划分及其动态压力、最大风速 来源：DIN 4131:1991-11；天线的钢筋支承结构 柏林；Beuth出版社	75	图5.4.3.2	SPANnsnap和带有合成材料的线缆支撑器 DEHNsnap	98
图5.1.11.5	有/无支撑物体的独立避雷针（长度=8.5米），其弯曲力矩曲线的比较	77	图5.4.3.3	FIRSTsnap，放置于已有的屋脊砖瓦上	98
图5.1.11.6	独立避雷针的FEM模式，无支撑（长度=8.5米）	78	图5.4.3.4	屋顶的线缆支撑器UNIsnap，带有预制横条，用于底衬瓦	99
图5.1.11.7	独立避雷针的FEM模式，有支撑（长度=8.5米）	78	图5.4.3.5	屋顶的线缆支撑器UNIsnap，带有预制横条，用于光面瓦，如：平瓦	99
图5.2.2.1	环形引下线	80	图5.4.3.6	屋顶的线缆支撑器UNIsnap，带有预制横条，用于斜屋顶	99
图5.2.2.1.2	引下线	81	图5.4.3.7	线缆支撑器直接安装在波形瓦上	100
图5.2.2.1.4	排水管接地	81	图5.4.3.8	线缆支撑器与下面的底衬瓦挂接	100
图5.2.2.2.1	利用建筑设施天然组成部分 - 由预制混凝土构成的新型建筑物	82	图5.4.3.9	ZIEGELsnap，用于平面瓦或石板之间的固定	100
图5.2.2.2.2	金属分支结构，通过桥接实现电气导通	82	图5.4.3.10	屋顶线缆支撑器，用于具有重叠结构的建筑构件	100
图5.2.2.2.3	金属墙面的接地端子	82	图5.5.1	地表电势及电流流过基础接地体FE和控制接地体SE时的电压	101
图5.2.2.2.4	排水管的引下线	83	图5.5.2	球形接地体的电流分布	103
图5.2.2.3.1	测试点处标有号码	83	图5.5.3	球形接地体的电阻 R_A ，（直径为20cm，埋设深度为3m，大地电阻率 $\rho_E = 200 \Omega m$ ）与距球体中心的距离的关系曲线图	103
图5.2.2.4.1	大型屋顶上的引下线（内部引下线）	83	图5.5.4	不同类型土壤的大地电阻率	104
图5.2.2.5.1	庭院中引下线的设置	83	图5.5.5	不考虑下雨的影响，大地电阻率随一年中月份的变化（接地体埋设深度<1.5m）	104
图5.2.3.1	建筑物的隔离接闪桅杆	84	图5.5.6	利用温纳（Wenner）四极法，测量大地电阻率	104
图5.2.3.2	通过电缆连接的接闪桅杆	84	图5.5.7	在不同的大地电阻率下，接地体电阻 R_A 与水平接地体的长度 l 的关系	106
图5.2.3.3	通过电缆连接，且带有横向连接的（网格状的）接闪桅杆	84	图5.5.8	埋设深度不同的带状接地体（长8m），接地线和大地表面之间的接地电压 U_E 与接地体之间的距离的关系	106
图5.2.4.1	带有间隔保持器的隔离接闪装置	85	图5.5.9	带状接地体，在某一段内，最大跨步电压 U_S 与埋设深度的关系	106
图5.2.4.2	DEHNconductor系统，用于移动通信系统的隔离接闪装置	85	图5.5.10	大地电阻率不同的情况下，垂直接地体的接地电阻 R_A 与它的长度 l 的关系	107
图5.2.4.1.1	在无特制包覆层的隔离引下线上，沿面放电的形成过程	86	图5.5.11	十字形水平接地体（90°）的接地电阻 R_A 与埋设深度的关系	108
图5.2.4.1.2	HVI线缆的结构	86	图5.5.12	在接地线和十字交叉的水平接地体（90°）之间的接地电压 U_E ，与距十字交叉点的距离关系（埋设深度0.5m）	108
图5.2.4.1.3	I型HVI线缆及DEHNconductor的构件	86	图5.5.13	一个或多个星形水平接地体在相同长度下的冲击接地电阻 R_{st}	109
图5.2.4.2.1	通过应用HVI线缆，新的2G/3G的天线整合到现有的防雷保护装置中	87	图5.5.14	计算多个垂直接地体并联的总接地电阻时，所用到的缩减因子 ρ	109
图5.2.4.2a	用在天线区域内的绝缘管	87	图5.5.15	水平接地体的接地电阻 R_A ，与接地体长度的关系	111
图5.2.4.2b	到天线骨架的直接连接	87	图5.5.1.1	接地体的最小长度	112
图5.2.4.2.3a	带有避雷针和横跨避雷线的通风设备	88	图5.5.1.2	B型接地体 - 平均半径的计算举例	113
图5.2.4.2.3b	避雷针和建于支架上的环形导线，与绝缘引下线系统相连	88	图5.5.1.3	B型接地体 - 平均半径的计算举例	113
图5.2.4.2.4	采用电压控制的绝缘导线（HVI线），来保持必要的隔离距离	88	图5.5.2.1	基础接地体，带有接地端子	114
图5.2.4.2.5	带有避雷线和绝缘导线的接闪装置	88	图5.5.2.2	基础接地体的网格	114
图5.2.4.3.1	总体概览	89	图5.5.2.3	基础接地体	115
图5.2.4.3.2	隔离接闪装置和隔离环形导线 来源：H.Bartels公司，奥登堡	90	图5.5.2.4	基础接地体的应用	115
图5.2.4.3.3	隔离环形导体用作引下线	90			
图5.2.4.3.4	新安装的外部防雷保护装置总览	90			
图5.2.4.4.1	必要的隔离距离的计算	91			

图5.5.2.5	基础接地体在条形基础中的敷设(地下室的墙采用绝缘隔离).....116	图6.3.2	通信基站雷击防护系统的隔离结构.....147
图5.5.2.6	基础接地体在条形基础中的敷设(地下室的墙和基础板采用绝缘隔离).....116	图6.3.3	具有雷电流承载能力的屏蔽层连接系统SAK.....148
图5.5.2.7	基础接地体在一个封闭的基础板中的敷设(完全隔离).....117	图6.3.4	用BLITZDUCTOR CT接于通信装置中,实现雷击等电位连接。(允许用于德国电信).....149
图5.5.2.8	固定接地端子.....117	图6.3.5	DEHN-等电位连接箱(DPG LSA),用于LSA-2/10技术,具有雷电流承载能力.....149
图5.5.2.9	基础接地体在封闭的白水泥池中的敷设.....118	图7.1.1	防雷保护分区概念,依据IEC 62305-4(EN 62305-4).....150
图5.5.2.10	基础接地体在封闭的黑水泥池中的敷设.....119	图7.1.2	实现防雷保护分区概念的实例.....151
图5.5.3.1	住宅的环形接地体.....120	图7.3.1	通过网格屏蔽,磁场得到了衰减.....153
图5.5.4.1	DEHN-垂直接地板的结合方式.....120	图7.3.2	雷击时的磁场(LEMP),IEC 62305-4(EN 62305-4).....153
图5.5.4.2	使用工作架和震动锤,将垂直接地板打入地下.....121	图7.3.3	在LPZ 1区内,电子设备的安全空间.....153
图5.5.6.1	工业企业中使用的网格布置的接地装置.....122	图7.3.4	雷击时的磁场(LEMP),IEC 62305-4(EN 62305-4).....154
图5.5.7.1.1	非极化的测试电极(铜/硫酸铜电极)在电解溶液中形成电势的实例(剖视图).....124	图7.3.5	远处雷击时的磁场(LEMP),IEC 62305-4(EN 62305-4).....154
图5.5.7.2.1	腐蚀电池:铁/铜.....124	图7.3.6	建筑物或构筑物上钢筋条的使用,用于屏蔽和等电位连接.....155
图5.5.7.2.2	浓差电池.....124	图7.3.7a	镀锌的钢筋网,用于建筑物的屏蔽.....155
图5.5.7.2.3	浓差电池:土壤中的铁/混凝土中的铁.....126	图7.3.7b	利用镀锌的钢筋网做屏蔽,如:在绿化的屋顶上.....155
图5.5.7.2.4	浓差电池:土壤中的镀锌钢/混凝土中的钢(黑色).....126	图7.3.8	建筑物/构筑物的屏蔽.....156
图5.6.1	隔离距离的原理图.....131	图7.3.9	接地汇流排,依据DIN VDE 0800-2(德国标准).....156
图5.6.2	随高度而增加的电势差.....132	图7.3.1.1	屏蔽不接地-对容性/感性耦合无屏蔽.....158
图5.6.3	接闪桅杆, $K_C=1$132	图7.3.1.2	两端屏蔽接地-对容性/感性耦合的屏蔽.....158
图5.6.4	平屋顶上的避雷针和通风装置.....133	图7.3.1.3	两端屏蔽接地-解决方法:直接和间接屏蔽接地.....158
图5.6.5	电缆横跨两个接闪桅杆、接地体为B型时,系数 K_C 的测定.....133	图7.3.1.4	屏蔽的连接.....159
图5.6.6	具有引下线的双坡屋顶,系数 K_C 的测定.....133	图7.3.1.5	两端屏蔽接地-防止容性和感性的耦合.....159
图5.6.7	具有四条引下线的双坡屋顶.....134	图7.4.1	建筑物/构筑物内的等电位连接网.....160
图5.6.8	交织的接闪网,B型接地体的系数值 K_C134	图7.4.2	机房中的环形等电位连接排.....160
图5.6.9	平顶屋顶上避雷针的材料因子.....135	图7.4.3	通过固定接地点,连接环形等电位连接排和等电位连接网.....160
图5.6.10	避雷的避雷网的系数值 K_C ,引下线连接环形导体和B型接地体.....136	图7.4.4	将电子系统接入等电位连接网.....161
图5.7.1	跨步电压和接触电压的原理图.....137	图7.4.5	依据图7.4.4,接入等电位连接网的方式的组合.....161
图5.7.2	电势控制-原理描述和电势梯度曲线.....138	图7.5.1.1	等电位连接排(EBB)连至固定接地点.....162
图5.7.3	在建筑物入口处可行的电势控制.....139	图7.5.2.1	变压器位于建筑物/构筑物外.....162
图5.7.4	对于强照明或无线移动通信的桅杆,电势控制的做法.....139	图7.5.2.2	变压器在建筑物/构筑物内(LPZ 0延伸至LPZ 1).....163
图5.7.5	环形接地体或基础接地体的终端控制.....139	图7.5.2.3	建筑物/构筑物内等电位连接实例,具有多个引入点或有外部导电部件,内部环形导体作为等电位连接排之间的连接.....163
图5.7.1.1	一个人的待保护范围.....140	图7.5.2.4	内部防雷保护的具体做法,所有的电源线从同一位置引入.....164
图5.7.1.2	CUI导线的结构.....140	图7.5.2.5	复合型雷电流/电涌保护器DEHNventil.....165
图5.7.1.3	人工降雨条件下的耐受电压测试.....140	图7.5.2.6	供电线路和信息线路的雷击等电位连接,集中在一个位置上连接.....165
图5.7.1.4	CUI导线的产品图.....141	图7.5.2.7	在LPZ 0 _A -1区边界的雷电流保护器.....165
图5.7.1.5	(a)引下线和人形成的回路 (b)互感M和感应电压 U_i141	图7.5.3.1	负荷相同时,电流波形10/350 μ s和波形8/20 μ s的电流幅值的比较.....166
图6.1.1	雷击等电位连接原理图,由雷击等电位和主等电位连接组成.....142	图7.6.2.1	只需一个SPD,(0/1/2)(LPZ 2区延伸至LPZ 1区).....166
图6.1.2	等电位连接排K12,货号:563 200.....144	图7.6.2.2	DEHNventil M TT 255.....167
图6.1.3	接地管夹,货号:408 014.....145	图7.6.3.1	不同类型Y/L SPD的配合使用.....167
图6.1.4	接地管夹,货号:407 114.....145	图7.7.1.1	环形等电位连接和连接金属装置的固定接地点.....168
图6.1.5	接地管钳,货号:540 910.....145	图7.7.2.1	雷击时的电磁兼容性.....169
图6.1.6	用于直通连接的等电位连接.....145	图7.7.2.2	用于终端电路的电涌保护器,DEHNflex M.....169
图6.2.1	安装在电表控制柜母线端子上的雷电流保护器DEHNbloc NH(参见图6.2.2).....146	图7.7.2.3	多极防电涌保护器DEHNguard M TT.....170
图6.2.2	直接接在母线排上,安装在电表控制柜的复合型电涌保护器DEHNventil ZP.....146	图7.7.3.1	BLITZDUCTOR CT和SPS电涌保护器,用于工业电子设备的保护(如:SPC).....170
图6.3.1	雷击等电位连接,带有隔离的接闪装置,产品系列DEHNconductor,依据IEC 62305-3(EN 62305-3)用于专业的天线装置.....147	图7.8.1.1	DEHNbloc,3极-雷电流保护器 DEHNventil ZP-复合型保护器.....171

图7.8.1.2	DEHNguard TTH LI-多极电涌保护器, 具有使用寿命三段指示	171	图8.1.7.6	示例: DEHNrail	198
图7.8.1.3	DEHNventil M TNS-模块式复合型保护器	171	图8.1.7.7	10/350 μ s冲击电流负荷下NH熔丝的性能	198
图7.8.2.1	按照允许通过的方法, 两个电涌保护器和一个终端设备之间的能量协调, (依据 IEC 61643-21)	172	图8.1.7.8	雷电冲击电流负荷 (10/350 μ s) 下, 25 A NH熔丝熔化时的电流和电压	199
图7.8.2.2	按照黄线系列电涌保护器类型和结构的图示符号, 能量协调地应用电涌保护器	172	图8.1.7.9	单独的后备熔丝与电涌保护器的配合	199
图8.1.1	SPD在电源系统中的应用 (原理图)	175	图8.1.7.10	RADAX Flow火花间隙专利技术的工作原理	200
图8.1.3.1	因雷电冲击电流而损坏的剩余电流漏电流保护装置 (RCD)	180	图8.1.7.11	不同额定电流下DEHNventil M与NH熔丝的开断选择性	200
图8.1.3.2	TN-C系统中的“3+0”电路	180	图8.2.1	信息系统SPD的分类	201
图8.1.3.3a	TN-S系统中的“4+0”电路	180	图8.2.2	限制特性	202
图8.1.3.3b	TN-S系统中的“3+1”电路	180	图8.2.3	特殊应用场合的说明	202
图8.1.3.4	SPD在TN-C-S系统的应用	181	图8.2.4	标称电压	202
图8.1.3.5	SPD在TN-S系统的应用	181	图8.2.5	在电压陡度为 $du/dt = 1kV/\mu s$ 时, 用于确定限制电压的试验	203
图8.1.3.6	SPD在TN系统的应用-示例: 办公大楼-在主配电盘中PE线和N线分开	182	图8.2.6	$du/dt = 1kV/\mu s$ 时SPD的响应特性	203
图8.1.3.7	SPD在TN系统中的应用-示例: 办公大楼-在分配电盘中分为PE线和N线	183	图8.2.7	确定在标称放电电流下限制电压的试验	204
图8.1.3.8	SPD在TN系统的使用-示例: 工厂-在分配电盘中分开PE线和N线	184	图8.2.8	标称放电电流下的限制电压	204
图8.1.3.9	SPD在TN系统的应用-示例: 居民住宅	185	图8.2.9	BLITZDUCTOR CT的标称	204
图8.1.4.1	TT系统 (230/400 V); “3+1”电路	185	图8.2.10	BLITZDUCTOR CT的典型频率响应	204
图8.1.4.2	SPD在TT系统中的应用	186	图8.2.11	建筑物具有外部防雷系统, 有电缆进出建筑物	205
图8.1.4.3	SPD在TT系统中的应用-示例: 居民住宅	187	图8.2.12	建筑物无外部防雷系统, 无电缆进出建筑物	205
图8.1.4.4	SPD在TT系统中的应用-示例: 办公大楼	188	图8.2.13	建筑物具有外部防雷保护系统, 电缆安装在建筑物内部	205
图8.1.4.5	SPD在TT系统中的应用-示例: 工业大楼的保护	189	图8.2.14	建筑物无外部防雷保护系统, 电缆安装在建筑物内部	205
图8.1.5.1a	无中性线的IT系统; “3+0”电路	190	图8.2.15	温度测量方框图	209
图8.1.5.1b	带有中线的IT系统; “4+0”电路	190	图8.2.1.1	光耦合器-原理图	210
图8.1.5.1c	带有中线的IT系统; “3+1”电路	190	图8.2.2.1	建筑设施自动化的各个层面	211
图8.1.5.2	SPD在无中线的IT系统的应用	191	图8.2.3.1	通用电缆的连接结构	212
图8.1.5.3	SPD在无中线400 V IT系统中的应用	191	图8.2.3.2	雷电对IT电缆系统的影响	213
图8.1.5.4	SPD在带中线的230/400 V IT系统中的应用示例	192	图8.2.4.1	计算 L_O 和 C_O	215
图8.1.6.1	采用V形端子的防电涌保护装置	193	图8.2.4.2a	本质安全型 SPD	216
图8.1.6.2	“双导线端子”的工作原理-单极接线示意图	193	图8.2.4.2b	BXT ML4 BD EX 24的原理图	216
图8.1.6.3	引脚连接端子 (PCT) STAK 2x16	193	图8.2.4.3	易爆设备中的SPD-绝缘电阻 > 500 V a.c.	217
图8.1.6.4	电涌保护器在电缆分支中的连接	193	图8.2.4.4	应用-绝缘电阻 < 500 V a.c.	218
图8.1.6.5	DEHNbloc Maxi S, 带有内置后备熔丝的能量协调型雷电流保护器, 用于汇流排安装	193	图8.2.5.1	正确的安装	219
图8.1.6.6	用在NH保险丝底部的2级电涌保护器V NH	193	图8.2.5.2	常用的安装	219
图8.1.6.7	电涌保护器最大电缆长度	194	图8.2.5.3	错误的等电位连接	219
图8.1.6.8a	从“用电设备的角度”来看, 不利的导线布线	194	图8.2.5.4	错误的布线	219
图8.1.6.8b	从“用电设备角度”来看, 有利的导线布线	194	图8.2.5.5	电缆布线系统中的电缆隔离	220
图8.1.6.9	系统中电涌保护器的布置, 以及由此得到的有效电缆长度	195	图9.1.1	变频器原理	221
图8.1.6.10	串联接线	195	图9.1.2	电机电源线的屏蔽终端, 符合电磁兼容 (EMC)	221
图8.1.6.11	通过汇流排, 复合型雷击及过电压保护器 DEHNventil M TNC的凯文接线	195	图9.1.3	带有SPD的变频器的电路结构图	222
图8.1.6.12	并联接线	196	图9.2.1	绝缘照明电灯杆与周围的绝缘, 以减少雷击时的接触电压	224
图8.1.6.13	电缆布线	196	图9.2.2	用于照明电灯杆, 减小雷击时出现的跨步电压的电势控制	225
图8.1.7.1	单端口保护电路	196	图9.2.3	在防雷区域 LPZ 0_A 区中, 用于的室外照明的230V 墙灯	225
图8.1.7.2	双端口保护电路	196	图9.2.4	在 LPZ 0_A 防雷分区中, 用于 $3 \times 230/400$ V 的室外照明系统	226
图8.1.7.3	直通接线的 SPD	197	图9.2.5	在 LPZ 0_B 防雷分区中, 用于230V墙灯的室外照明	226
图8.1.7.4	示例: DEHNventil, DV TNC 255	197	图9.2.6	在 LPZ 0_B 防雷分区中, 用于 $3 \times 230/400V$ 的室外照明	226
图8.1.7.5	示例: DEHNguard(M)T NC/TNS/TT	197	图9.3.1	沼气管的系统布局	227
			图9.3.2	使用 PEHNiso-Combi 系统来保护带有薄膜穹顶发酵桶	229

图9.3.3	使用钢制防雷伸缩杆, 保护带薄膜穹顶的发酵桶	229	图9.9.1	采用脉冲线性技术的防盗报警系统, 其控制装置的雷击和电涌保护	257
图9.3.4	发酵桶的保护, 借助1条HVI导线的接闪杆隔离	230	图9.9.2	带模拟环的火警系统, 其控制装置的雷击和电涌保护	257
图9.3.5	发酵桶的保护, 借助2条HVI导线的接闪杆隔离	230	图9.9.3	采用直流线性技术的防盗报警系统, 其控制装置的雷击和电涌保护	258
图9.3.6	用螺丝紧固金属板制成的发酵桶	231	图9.9.4	采用直流线性技术的火灾报警系统, 其控制装置雷击和电涌保护	259
图9.3.7	使用隔离式接闪装置保护由金属板制成的发酵桶 (来源: Büro für Technik, Hüsbach)	231	图9.10.1	BUSector的应用 (货号: 925 001)	260
图9.3.8	焊接的钢罐 (来源: Eisenbau Heilbronn GmbH)	231	图9.10.2	进出建筑物电缆的雷击和电涌保护, 与基础接地极未做直接连接	261
图9.3.9	用于沼气厂的网格状接地系统	232	图9.10.3	进出建筑物电缆的雷击和电涌保护, 与基础接地极已做直接连接	261
图9.3.10	沼气厂总电路剖视图	233	图9.10.4	进出建筑物电缆的雷击和电涌保护, 与基础接地极未做直接连接, KNX配有光缆	262
图9.3.11	信息技术系统中电涌的保护	235	图9.11.1	配备高效用设备的行政大楼	263
图9.3.12	带LifeCheck的复合型雷电流和电涌器的保护模块	236	图9.12.1	M-Bus 系统示例	264
图9.3.13	室外使用的电涌保护器 DEHNpipe, 可用螺丝固定到2线的现场设备中	236	图9.12.2	具有外部防雷保护系统的建筑物中, M-Bus系统的保护概念	266
图9.4.1	污水处理厂的拓扑结构图	237	图9.12.3	无外部防雷系统建筑物的M-Bus系统的保护	268
图9.4.2	污水处理厂测量监控装置的防雷分区	238	图9.13.1	SIMATIC NET PROFIBUS FMS和DP的雷击和电涌保护	270
图9.4.3	进入污水处理厂测控室的电缆	239	图9.13.2	在本质安全的PROFIBUS PA中使用的电涌保护器	270
图9.4.4	根据IEC 62305-3 (EN 62305-3) 的保护角方法	240	图9.14.1	带有模拟端口的ADSL的雷击和电涌保护	273
图9.4.5	根据IEC 62305-3 (EN 62305-3) 的防雷保护 - 等电位连接	240	图9.14.2	ISDN和ADSL端口的雷击和电涌保护	273
图9.4.6	安装在开关柜中、用于保护供电系统的DEHNventil	241	图9.14.3	电信系统“ISDN主速率多路复用接口”的电涌保护	274
图9.4.7	电涌保护器DCO ME 24, 安装在开关柜中, 用于整个测量和控制系统的保护	241	图9.15.1	将爆炸危险位置分为多个防雷分区 (LPZ)	274
图9.4.8	电涌保护器DCO ME 24, 安装在开关柜中, 从双层底板进线	241	图9.15.2	储油罐上带避雷针的和避雷线线的接闪装置	275
图9.5.1	天线安装的水平和垂直距离, 无需接地端子	242	图9.15.3	按照IEC 62305-3 (EN 62305-3)、IEC 60364-4-41和IEC 60364-5-54所做的等电位连接	277
图9.5.2	示例: 可以使用的接地极	243	图9.15.4	开关柜中用于保护供电系统的DEHNventil DV TT 255	277
图9.5.3	天线的接地和等电位连接 (在无外部防雷系统的建筑物天面上)	244	图9.15.5	本质安全电路中的电涌保护器	277
图9.5.4	带接闪器的天线 (在具有外部防雷系统的平屋顶上)	244	图9.15.6	用于本质安全电路的BCT MOD MD EX 24	278
图9.5.5	带接闪器和高度绝缘距离保持器的天线 (在具有外部防雷系统的尖屋顶上)	244	图9.15.7	现场设备的电涌保护器 - DEHNpipe, DPI MD EX 24 M 2	279
图9.5.6	在天线系统配备有外部防雷系统和隔离接闪装置时, 电涌保护器安装于等电位连接排的下游, 用于同轴电缆的屏蔽	244	图9.16.1	德和盛公司 (DEHN + SÖHNE) 的冲击电流实验室 - 最大的雷电冲击电流是200 kA, 波形为10/350 μs	280
图9.5.7	在天线系统没有配备外部防雷系统而配备有隔离接闪装置时, 电涌保护器安装于同轴电缆屏蔽层等电位连接排的下游	245	图9.16.2	风电设备的防雷分区概念	280
图9.5.8	在天线系统没有配备外部防雷系统时, 复合型雷电流电涌保护器安装于同轴电缆屏蔽层等电位连接排的下游	245	图9.16.3	风电设备的接地网	281
图9.5.9	在地下电缆网络中, 复合型雷击及电涌保护器安装于同轴电缆屏蔽层等电位连接排的下游	246	图9.16.4	能量协调的雷电流保护器的应用, DEHNbloc Maxi 用于400/690V的TNC系统	281
图9.6.1	现代自动挤奶系统	247	图9.16.5	电涌保护器DEHNguard, DG MOD 750+DG M WE 600	282
图9.6.2	自动喂料系统	247	图9.16.6	复合型雷电流/电涌保护器BLITZDUCTOR XT的应用	282
图9.6.2	通风和清洗系统	247	图9.17.1	基站	283
图9.6.4	带有回流换热和工业用水的供暖设备	247	图9.17.2	电路原理图	283
图9.6.5	挤奶系统的电气控制箱	248	图9.17.3	配有DV M TT 255和DG M TT 275的RBS的原理图	284
图9.6.6	带有记录芯片项圈的奶牛	248	图9.18.1.1	1级复合型电涌保护器DEHNlimit PV, 在发生直接雷击的情况下, 能保护光伏逆变器免遭雷击冲击电流的损坏	287
图9.6.7	对农业设施、住宅、办公室的雷击和电涌保护	249	图9.18.1.2	2级单极光伏电涌保护器DEHNguard PV 500 SCP, 带有内置短路装置	287
图9.6.8	对农业设施的雷击和电涌保护 - 厩栏	249	图9.18.1.3	光伏发电机处的绝缘故障	288
图9.7.1	视频监控系统的防雷电和电涌保护	251	图9.18.1.4	SPD由于绝缘故障发生过载	288
图9.7.2	在接闪器保护范围内的监控摄像机	252	图9.18.1.5	DEHNguard PV 500 SCP的脱扣短路装置动作: 在光伏发电机电路中发生绝缘故障的情况下, 同样可以确保设备安全运转	288
图9.7.3	视频监视系统 - 电涌保护	253	图9.18.1.6	无外部防雷系统的建筑物上光伏设备的防雷保护概念	289
图9.8.1	具有防电涌保护器的公共广播系统的模块组装方式	254	图9.18.1.7	具有外部防雷系统并且保持隔离距离s的建筑物上光伏设备的防雷概念	290
图9.8.2	建筑物没有外部防雷保护, 在LPZ 0 _区 中的喇叭通过复合型雷电流和电涌保护器进行保护	255			
图9.8.3	建筑物有外部防雷保护, 在LPZ 0 _区 中的喇叭通过电涌保护器进行保护	255			

图9.18.1.8	具有外部防雷系统并且保持隔离距离s的建筑物上光伏设备的防雷概念	290	表7.5.2.1	根据防雷保护等级LPL和低压用电系统的类型, I级电涌保护器所要求的雷电流承载能力	164
图9.18.2.1	大型光伏系统在开阔区域的布局	292	表7.8.2.1	SPD的分类符号	173
图9.18.2.2	基本电路图-太阳能发电站的雷电保护	293	表7.8.2.2	黄线产品SPD类别与防雷保护分区边界的对应关系	173
图9.18.2.3	数据采集和处理系统的防雷设计	294	表8.1.1	根据VDE、IEC以及EN对SPD分类	176
表1.1.1	至2006年10月1日有效的雷电保护标准	11	表8.1.7.1	铜和铝与不同绝缘材料之间的材料系数k(依据IEC 60364-4-43)	197
表1.1.2	SPD分类定义(后面的防雷指南中采用SPD Type 1, SPD Type 2, SPD Type 3)	12	表8.2.1	保护模块的类型	203
表2.5.1	在不同的导电介质中温度的变化 ΔT (单位: K)	21	表8.2.2	保护模块BCT的标称电流	203
表2.6.1	雷电流参数的最大值及其概率	22	表8.2.3	温度测量设备的电涌保护的选择程序	208
表2.6.2	雷电流参数的最小值及其概率	22	表8.2.5.1	信号线和低压电源线的间隔距离(根据EN 50174-2)	220
表3.2.3.1	位置因子	30	表9.2.1	接地导线的最小尺寸, 用于LPZ 0 _A 区中照明电灯杆的互连, 和与建筑物的接地系统的连接	224
表3.2.3.2	截面积 A_1 和 A_2 , 单位: 平方米	31	表9.3.1	DEHNiso-combi 装置	229
表3.2.3.3	环境因子 C_e	32	表9.3.2	接地和等电位连接中推荐使用材料	232
表3.2.4.1	雷击建筑物导致物理损害的概率 P_B	32	表9.3.3	用于供电系统的电涌保护	234
表3.2.4.2	损害概率 P_{SPD} , 与防雷等级LPL之间的关系	32	表9.3.4	信息技术系统中的电涌保护	235
表3.2.5.1	与雷击点相关的损失原因和损失类型	34	表9.3.5	用于测量和控制技术的电涌保护器	235
表3.2.7.1	在风险分量 R_U 、 R_V 和 R_W 中, 除了与引入设施中的直接雷击频率 N_d 有关之外, 还与相邻建筑物上的直接雷击频率 N_{Da} 有关。(比较图3.2.3.3)为此, 计算风险分量 R_T 时, 必须将引入设施附近的雷击频率 N_d , 减去引入设施的雷击频率 N_L	36	表9.3.6	现场设备的电涌保护器	235
表3.2.8.1	可承受风险的典型值 R_T	37	表9.7.1	信号线的雷击和电涌保护	252
表3.3.1.1	依据IEC 62305-3(EN 62305-3)表E.2, LPS规定的最长检查时间间隔	41	表9.7.2	供电线路的雷击和电涌保护	252
表5.1.1.1	保护等级、接闪装置的有效拦截 E_e 、雷击距离 h_b /滚球半径及最小雷电流峰值之间的相互关系 来源: IEC 62305-1(EN 62305-1)中表5, 6, 7	48	表9.9.1	SPD的简述	258
表5.1.1.2	两支避雷针之间滚球的渗透深度	50	表9.9.2	SPD的选型	259
表5.1.1.3	避雷网格尺寸	51	表9.10.1	SPD的简述	260
表5.1.1.4	保护角和保护等级的关系	53	表9.12.1	最大数据传输速率	264
表5.1.1.5	金属板的最小厚度	55	表9.12.2	电涌保护器的电容和串联阻抗	265
表5.1.4.1	对金属屋顶的防雷保护-避雷针的高度	61	表9.12.3	根据供电系统的接地类型, 选择复合型电涌保护器	266
表5.2.1.1	引下线之间的距离, 依据IEC 62305-3(EN 62305-3)	79	表9.12.4	信号接口的电涌保护	266
表5.2.1.2	不同导电材料最大升温 ΔT (单位: 开尔文K)	79	表9.12.5	230V供电系统的电涌保护	267
表5.3.1	依据IEC 62305-3(EN 62305-3)表6, 避雷线、避雷针和引下线的材料、外形和最小横截面积的规定	92	表9.12.6	信号接口的电涌保护	268
表5.4.1	材料的组合	94	表9.12.7	供电系统的电涌保护	268
表5.4.1.1	在防雷保护中, 金属导线的长度L随温度变化的计算	95	表9.13.1	PROFIBUS DP/PROFIBUS FMS总线的电涌保护	269
表5.4.1.2	防雷保护中推荐应用的膨胀片	95	表9.13.2	PROFIBUS PA总线的电涌保护	269
表5.4.2.1a	住宅楼的外部防雷系统部件	96	表9.13.3	供电系统的电涌保护选型表	271
表5.4.2.1b	工业建筑物的外部防雷部件	97	表9.15.1	温度传感器示例	276
表5.5.1	对于不同接地体, 其接地电阻 R_A 的计算公式	105	表9.15.2	用于本质安全电路和总线系统的电涌保护器	279
表5.5.7.2.1	常用金属的电势值和腐蚀率	125	表9.17.1	1级雷电流和电涌保护器的选择性	285
表5.5.7.4.1	不同面积比例下, 接地装置的材料组合($A_C > 100 \times A_A$)	129	表9.17.2	标准化设计的2级电涌保护器	285
表5.5.8.1	接地体的材料、形状和最小横截面积	130	表9.17.3	固定网络连接的电涌保护	285
表5.7.1	电势控制, 圆环的间距和埋设深度	139	表9.17.4	传输系统的电涌保护器	285
表6.1.1	等电位连接线的横截面积	144	表9.18.1.1	在无外部防雷系统的建筑物上光伏系统电涌保护器选型表	289
表7.2.1	雷击电磁脉冲防护的管理规划, 用于新建建筑物和全面改造的建筑物, 依据IEC 62305-4(EN 62305-4)	152	表9.18.1.2	在具有外部防雷系统并且保持隔离距离s的建筑物上光伏系统电涌保护器选型表	291
表7.3.1	近点雷击时, 网格对电磁场的衰减, 根据IEC 62305-4(EN 62305-4)	154	表9.18.1.3	在具有外部防雷系统但未保持隔离距离s的建筑物上光伏系统电涌保护器选型表	291
表7.3.1.1	不同材料的屏蔽的电阻率 ρ_c	157	表9.18.2.1	太阳能发电站的电涌保护器的选型	293
表7.3.1.2	抗电压强度	157	表9.18.2.2	用于数据采集和处理系统的电涌保护器选型	294

ISBN 978-988-18386-6-7



9 789881 838667 >

定价: 128.00元