



对防雷标准中 若干技术问题的探讨

铁道科学研究院通
信信号研究所防护研究室
邱传睿 研究员

铁道科学研究院通信信号研究所

- 1问题的提出
- 强制性国家建设规范GB 50057-94（2000）版第六章已经生效使用四年。该标准的名称为《建筑物防雷设计规范》，94年版本在总则里说，该标准“适用于新建建筑物的设计”，也就是说，适用于建筑物本身的设计，不包括建筑物里所包含的物体、物质、设备。该标准为建筑物设计人员提供了雷电防护系统的设计规范，也将IEC的一些防护理念介绍给我国设计人员，无疑，对规范建筑物本身的防雷设计有积极意义。2000年增加的第六章，涉及到建筑物内的电气和电子设备的雷电电磁脉冲防护，该标准的编制者在第六章的条文说明中说，该章是参考国际电工委员会IEC国际标准的相关条款编制成的。随着我国防雷界对国外交往的增加，IEC对防雷标准的整合和修订，以及我国防雷工作者逐渐积极参与IEC防雷标准的编制工作，发现该标准也有修订的必要。本文拟对该修订的问题提出，希望大家提出批评，以便将国家强制性标准编好。



2 可供探讨的技术问题

2.1 关于雷害源

雷电可能对建筑物及建筑物内所有的东西造成危害，国际电工委员会标准IEC 52305-1指出，雷电流是建筑物损害的原因（The lightning current is the source of damage.）。

在描述雷电对建筑物的损害(这里用的是Damages due to lightning, 而不是Damages due to lightning strike, 因此, 是雷电产生的损害而不是雷击产生的损害)时说, 雷电可以使建筑物本身和建筑物内的居住人员及物品遭到损失, 也包括内部系统失效。这种损坏和失效可能扩展到建筑物周围, 甚至影响局部环境。扩展的范围取决于建筑物的特征以及雷闪的特性 (Lightning affecting a structure can cause damage to the structure itself and to its occupants and contents, including failure of internal systems. The damages and failures may also extend to the surroundings of the structure and even involve the local environment. The scale of this extension depends on the characteristics of the structure and on the characteristics of the lightning flash) 。



大家注意，原文的几个关键词：

- 1、 the structure itself — 建筑物本身；
- 2、 internal systems — 内部系统；
- 3、 the characteristics of the lightning flash — 雷闪的特性。



雷电对建筑物的影响可导致三种基本类型的损害：

- D_1 ：由于接触和跨步电压对生命的伤害(Injuries of living beings due to touch and step voltages) — 这是对人的影响；
- D_2 ：由于雷电流效应，包括打火造成的实体损害（火灾、爆炸、机械损坏、化学能释放）(Physical damages (fire, explosion, mechanical destruction, chemical release) due to lightning current effects including sparking) — 这是对物的影响，并且是非电影响；
- D_3 ：由于雷电磁冲击（LEMP）使内部系统失效(Failure of internal systems due to LEMP)—这是对物的影响，并且是电的影响。



因此，雷电对建筑物的影响可分为对人的影响和对物的影响，对人的影响是指由电阻性和电感性耦合产生的接触电压和跨步电压对人身的伤害；对物的影响是建筑物本身的损害和对与建筑物连接的公共设施的损害，而这些损害又可分为对电气及电子设备的影响和对非电设备的影响。对非电设备的影响包括由于雷电电弧本身炽热或者由雷电流在导体上产生的电阻热（过热导体）以及由电弧侵蚀（熔化金属）引起的电荷产生的即刻的机械损害、火灾和/或爆炸；由电阻性和电感性耦合以及部分雷电流通路上过电压引起的火花所诱发的火灾和/或爆炸；对电气及电子设备的影响则是由于雷电电磁冲击（LEMP）使内部系统失效或工作失常。



只有电气及电子设备的雷电防护才可以与电磁兼容挂钩。因为**电磁兼容定义为“设备或系统在其电磁环境中能正常工作且不对该环境中任何事物构成不能承受的电磁骚扰的能力”**，电磁兼容的典型模型由干扰源（source of interference这里是雷电电磁脉冲）；耦合方式（coupling mechanism这里是雷电侵入途径）；潜在的易损设备（potentially susceptible equipment这里是电气及电子设备）组成。电气及电子设备的雷电电磁冲击防护符合电磁兼容定义和电磁兼容的典型模型。



这里只谈及与电磁兼容有关的雷电对电气电子设备的影响。



根据雷击点相对与建筑物的位置（ depending on the position of the point of strike relative to the structure considered ） ，

IEC62305-1列出了4种类型的雷害源（ Sources and types of damages to a structure ）：

S_1 ：雷击建筑物（ flashes to the structure ）；

S_2 ：建筑物邻近区域的雷闪（ flashes near the structure ）；

S_3 ：雷击与建筑物连接的公共设施（ flashes to the services connected to the structure ）；

S_4 ：与建筑物连接的公共设施邻近区域的雷闪（ flashes near the services connected to the structure ）。



S1和S3的英文原文都有flashes to的表述，这里flashes是名词，to是介词，明白的告诉我们，雷闪是朝向建筑物的，因此，可以理解为雷击建筑物。S2和S4都有flashes near the 的表述，是指的 邻近区域的雷闪。比如，建筑物邻近区域的雷闪。

建筑物邻近区域的雷闪是否仅仅是雷击建筑物邻近区域的地面呢？

不是。



IEC 62305系列标准的委员会草稿
(CD) (81/194/CD、 81/213/CD等) 曾
将雷害源表述为：

- – S1 : flashes striking the structure,
- – S2 : flashes striking near the structure,
- – S3 : flashes striking the services entering
the structure,
- – S4 : flashes striking near the services
entering the structure.



这里用的是动名词striking，与介词to比较，方向不强，有动词的效果，容易产生误会，后来的稿子，如81/216/CDV等，根据征求意见，改为现在的说法。目前的说法，更加明确了S1、S3是向建筑物或与建筑物连接的服务设施的雷闪，可以理解为直击雷，也可称雷击。S2、S4 是建筑物或与建筑物连接的服务设施附近的雷闪，该雷闪不都是对地面的闪击，因此，不能称之为雷击。



因为无论是IEC标准还是美国标准、英国标准、法国标准、澳大利亚标准、加拿大标准等，对雷击都有明确的定义，如**lightning flash to earth**—electrical discharge of atmospheric origin between cloud and earth consisting of one or more strokes (IEC 62305-1 3.1) (对地雷闪：雷云与大地间的大气放电，由一个或多个雷击组成)。 **lightning stroke** — single electrical discharge in a lightning flash to earth (雷击：雷电对地闪击中的一次放电)。显然，S2：flashes near the structure和S4：flashes near the services connected to the structure没有特指“对地雷闪”。



在电磁兼容范畴研究的雷闪除了雷云对地闪击外还有雷云间的闪击。根据雷击的定义雷云间的闪击不叫“雷击”，叫雷闪。



在描述对通信设备的雷害源时，国际电信联盟ITU的建议ITU-K K.11 《过电压过电流防护原则》是这样说的：

“1.1.1 Direct lightning strikes : Such strikes may cause currents of some thousands of amperes to flow along wires or cables for some microseconds. Physical damage may occur and overvoltage surges of many kilovolts may apply stress to the dielectrics of line plant and terminal equipment(直击雷：这种雷击可以在几微秒的时间内使数万安培的电流流过电线或电缆，在线路或终端设备的电介质上施加的数千伏的电压浪涌可以引起物理损害)”、



“1.1.2 Lightning **strikes nearby** :

Lightning currents flowing from cloud to earth or cloud to cloud cause overvoltages in overhead or underground lines near to the strike. The area affected may be large in districts of high earth resistivity (附近落

雷：从雷云流到大地的雷电流或雷云间流动的雷电流引起落雷点附近的架空或地下电缆上出现过电压。电阻率高的地区这种影响较大)”



ITU 明确告诉我们，造成电信系统雷害的源有雷电直击和线路或终端设备附近落雷，而附近落雷包括云地放电和云间放电两种情况。注意这里 **strikes nearby** 的用法



IEC 如何理解附近雷闪的呢？

我们看一看IEC 61312-1：1995的主编 Peter Hasse对雷害源的看法。Peter Hasse 先生在他的著作《Overvoltage protection of low voltage system的3.1章Atmospheric overvoltages(大气过电压)》说：



“Surges of atmospheric origin are basically due to either a direct-/close-up strike or a remote strike. In the case of a direct strike, lightning strikes the protected building; but in the case of a close-up strike lightning strikes an extended system or a line(e.g ,a pipeline ,data or power transmission line) leading directly into the protected system . However , in the case of a remote strike, for example, the overhead line is struck..‘Reflected surges’ (traveling waves) are produced in transmission lines by cloud-to- cloud lightning, and overvoltages are induced by lightning in the surrounding area



(起源于大气的浪涌基本上都是直接雷击/近旁雷击或远处雷击造成。直接雷击是雷电直击被保护建筑物，近旁雷击是雷击与被保护系统直接连接的延伸系统或管线（例如管道、数据或电力传输线）。然而架空线被雷击则是远处雷击的实例。“反射浪涌”（行波）是云间放电在传输线上产生的，同时，周围区域的雷电放电会在传输线上产生过电压）”。



在“3.1.1 Direct and close-up strike(直击雷和近旁落雷)”中，他说：“Lightning between thunderstorm cells in clouds generates conducted surge voltages and currents on power lines and on other wide-ranging line system due to interfering electromagnetic radiation(由于电磁辐射的原因，雷云中各雷暴中心间的雷电在电力线和其它范围大的线路系统上产生传导浪涌电压和电流)”。这两段文字中，第一段讲了cloud-to- cloud lightning在传输线上产生反射浪涌，第二段讲了Lightning between thunderstorm cells in clouds，即云内的放电在电力或其它大范围的线路上产生的浪涌。



ITU和IEC都没有认为，S1、S2、S3、S4“这四种类型均是指直击雷(云地闪)，而不包括云内闪或云际闪（关象石语—对GB 50343若干技术问题的质疑）”也不认为“云内闪或云际内对电气系统和电子系统的影响甚微”（关象石语—对GB 50343若干技术问题的质疑）。图1是Peter Hasse先生在他的著作《Overvoltage protection of low voltagesystem》的3.1章Atmospheric overvoltages(大气过电压)里为了说明产生雷电浪涌的原因，特意绘制的图3.1。对于了解防雷产品的读者，一定在许多厂家的宣传资料里见过该图。



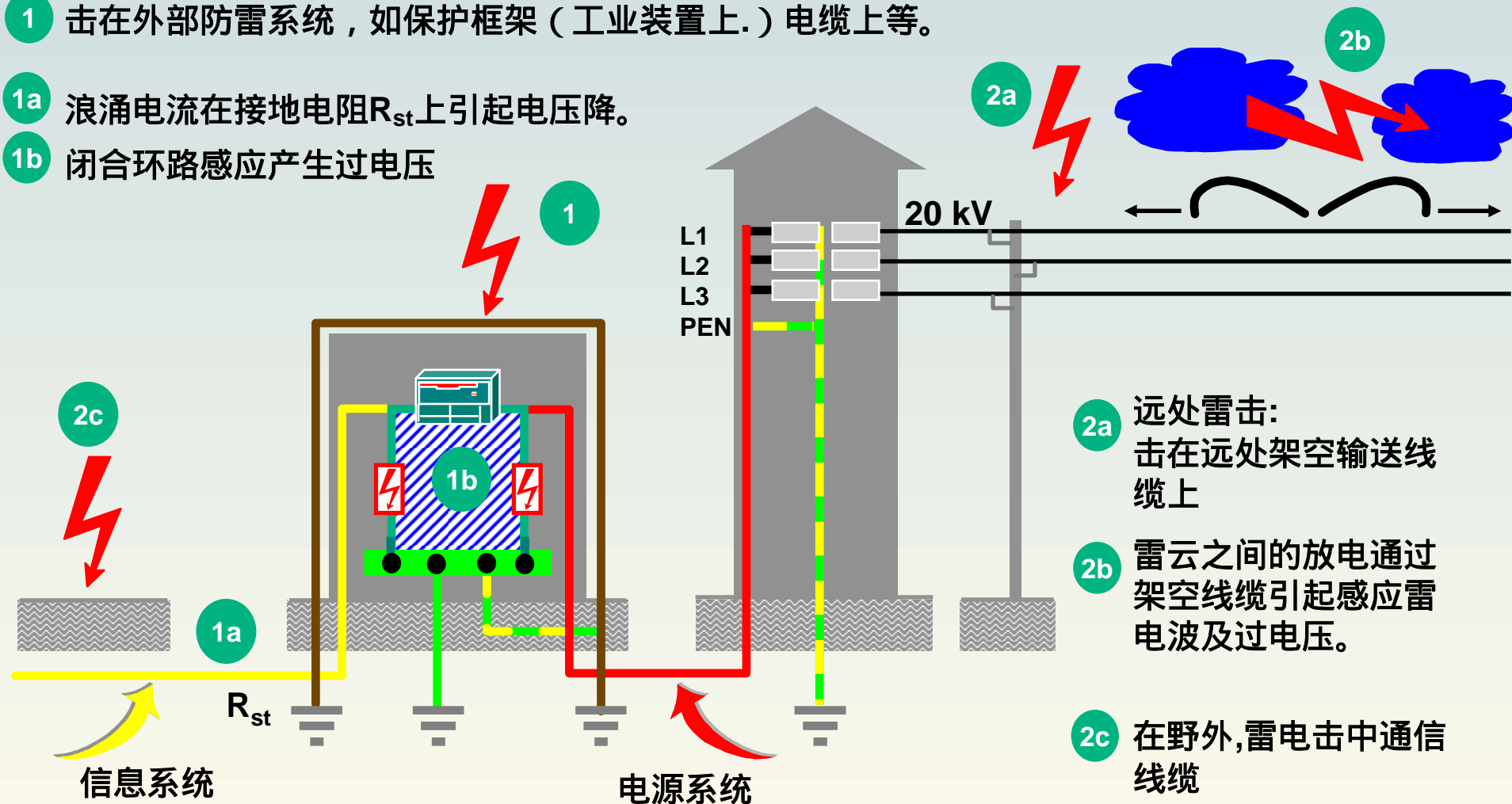
雷暴引起感应雷击及过电压

直击雷或邻近雷击:

1 击在外部防雷系统, 如保护框架 (工业装置上.) 电缆上等。

1a 浪涌电流在接地电阻 R_{st} 上引起电压降。

1b 闭合环路感应产生过电压





图中的说明2b表明，云间放电也是雷电放电产生浪涌的重要原因之一。图中画的由云闪而诱发的浪涌由静电感应和电磁感应两部分，以行波的方式往两方向传播，这也是传导雷电侵入设备的一种方式，几乎国内外所有阐述雷电侵入电源线和电话线机理的著作都会提及云间放电对电源线和通信线的影响。下图复制与英国的防雷资料“电子设备防雷手册”

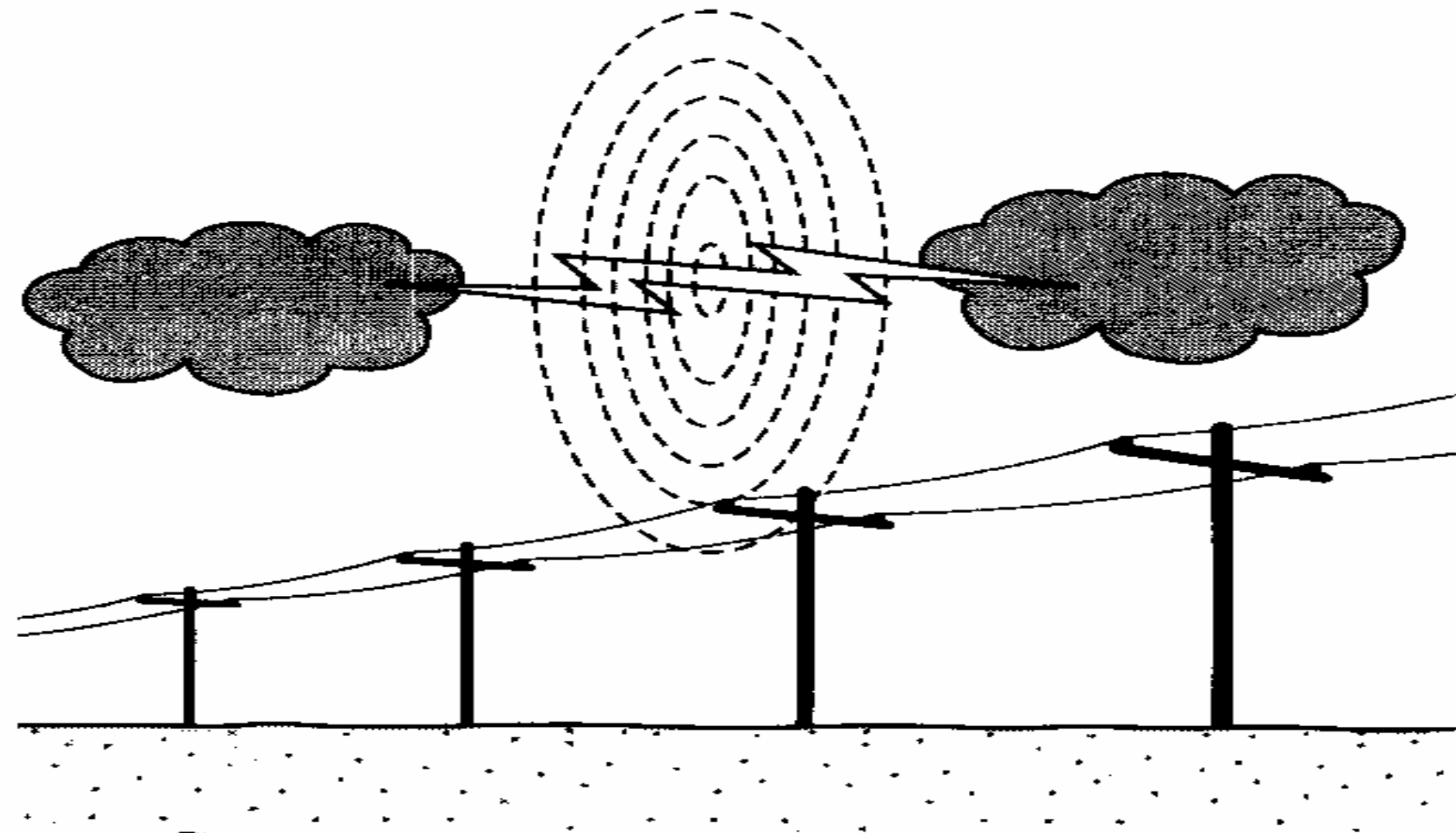


图1-1：云间放电对线路的电感耦合

铁道科学研究院通信信号研究所



图1中画的是中压电力线，实际上，通信线遭受由云闪产生的雷电电磁脉冲入侵是非常频繁的。Peter Hasse先生在他的著作《Overvoltage protection of low voltage system》里说，雷闪对电子系统设备的危害距离可达1km，甚至3km（请参阅该书P28）。而夏日许多低雷云距地面不足1km，其云间放电时雷电流产生的电磁脉冲对电子设备的影响可想而知。在电气电子设备的防雷理论中，一直将云间放电和云内放电作为雷害源，这已是定论，你可以提出“云内闪或云际内对电气系统和电子系统的影响甚微”，否定云闪对电子设备的影响，推翻前人的“定论”，但必须要举证，证明前人的论断是错的。因此，将“**Lightning electromagnetic impulse（雷电电磁脉冲）**”说成是“雷击电磁脉冲”是与IEC标准编制者的本意不符的。



2.2 关于 $LPZ0_A/LPZ01$ 区 交界处和 $LPZ0_B/LPZ01$ 区交界 处设置SPD的差别



GB 50057-94 (2000) 第6.4.7条说：“在LPZ0_A或LPZ0_B区与LPZ1区交界处，在从室外引来的线路上安装的SPD，应选用符合Ⅱ级分类试验的产品”

GB 50057-94 (2000) 没有将LPZ0_A/LPZ01区交界处和LPZ0_B/LPZ01区交界处设置的SPD的差别进行区别，而是在LPZ0_A/LPZ01区交界处或是LPZ0_B/LPZ01区交界处，一律使用“Ⅱ级分类试验的产品”。

IEC对电源用SPD的选择和安装位置有明确的规定。IEC 61312-3 : 2000 《 Protection against lightning electromagnetic impulse- Part 3: Requirements of surge protective devices (SPDs) (雷电电磁脉冲的防护 第3部分:浪涌保护器的要求) 》第5章“用防雷区概念装设SPD (Arrangement of SPDs within the Lightning Protection Zones concept)”规定,“SPD是按顺序安装,并按穿越点的要求选择SPD”。在第6章“SPD的性能要求 (SPD performance requirement)”之6.1 “从LPZ_{0A}到LPZ1的过渡”“穿越LPZ_{0A}的线路将承载部分雷电流。该接口处的SPD (Ⅰ类测试) 应当转移这些电流的大部分”。该标准之6.2 “从LPZ_{0B}到LPZ1的过渡”说;“在LPZ_{0B}区内,雷电流引起的电磁场起支配作用,不考虑直接雷击。这种情况,应当根据IEC 61643-1规定用8/20 μs波形浪涌电流 (Ⅱ类测试) 或合适的组合波 (Ⅲ类测试) 模拟感应效应”



可见，IEC 在处理装设LPZ0_A/LPZ01区交界处和LPZ0_B/LPZ01区交界处的SPD是有很大差别的。

在此之前，德国的Peter Hasse博士和他的同事 Johannes W. Iesinger 教授、Peter Zahlmann 博士、Wolfgang Zischank 博士1993年12月在DEHN出版物No.SD27/E 发表了著作《Overvoltage protection even in case of a direct lightning stroke, According to EMC》（用电磁兼容观点研究直击雷时的过电压防护），该文献提供了两张图，图2是“雷电分区的概念”

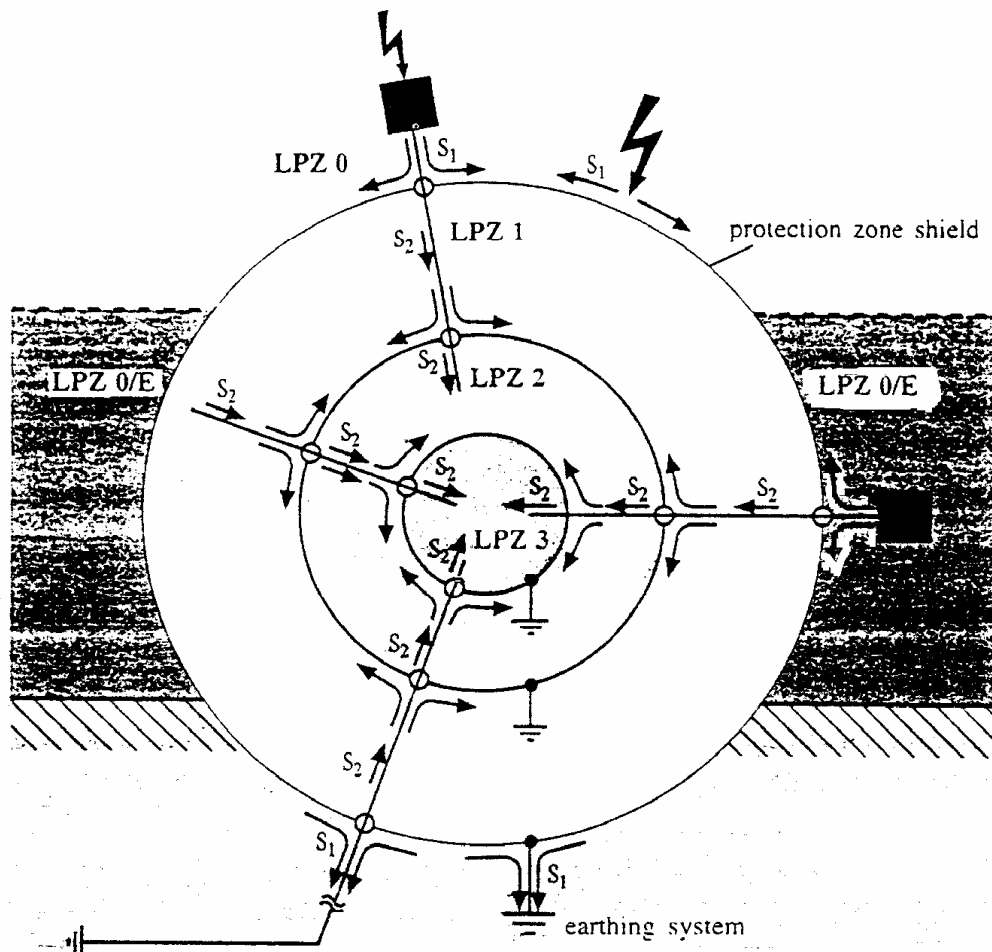


图2 (Hasse 等论文的图1) 防雷区的概念

LPZ : 雷电防护区

干扰源 S_1 : 10/350 μ s冲击电流、0.5s长持续时间电流和0.25/100 μ s冲击电流的部分雷电流。

干扰源 S_2 : 1.5/50 μ s开路冲击电压干扰、8/20 μ s短路冲击电流干扰。干扰源虚拟内阻为2



- 从图中可知，图中的LPZ0区是IEC 61312-1 1995第一版发展成熟的LPZ0_A区，LPZ0/E是LPZ0_B区。该文献的说明论述：“供电系统部分雷电流或者其导线上的部分雷电流在雷电防护0区与1区的界面被恰当合适的避雷器（浪涌保护器）分流。a.c电源导线或通信导线上的雷电流避雷器（lightning current arrester）可以完成该工作”。“产生在雷电防护区0/E中系统上的干扰是由雷电电磁场引起的。若没有进行分析，可以假定每一导线上的干扰用10kV的开路冲击电压1.2/50 μ s与5kA的短路冲击电流8/20 μ s（图3）表示。在雷电防护区0/E和1区的界面，该干扰必须用过电压避雷器（overvoltage arrester）来加以限制，以使雷电防护区1的过电压值不超过容许值。

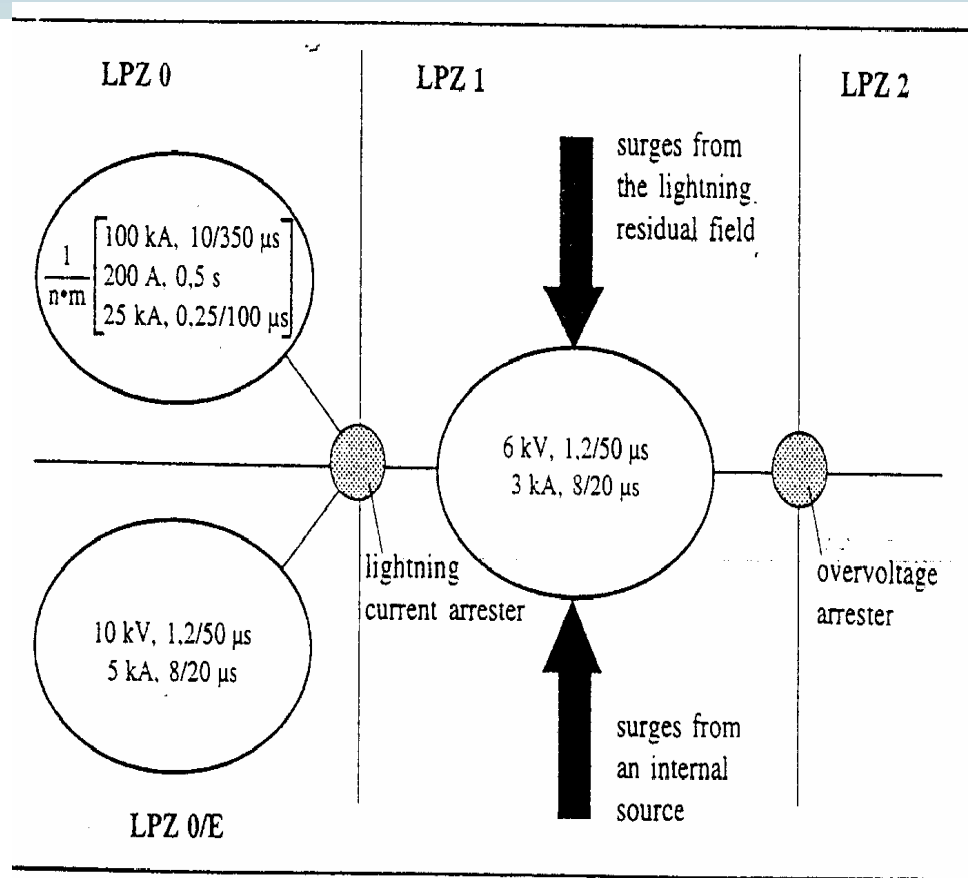


fig. 2: Requirements for the Arresters (from [7])

a
f
i
a
s

T
b
i
r
b
n

A
s
a
e
a
(
a
n
a
'
g
t

图3 (Hasse 等论文的图2) 避雷器的需求 (原文避雷器用的是Arrester一词 , 该词现行国标译为“避雷器”)

LPZ : 雷电防护区

n : 进入防护目标的外部导电系统数

m : 每一外部导电系统内部导线数



以上的论述，用了“雷电防护区0/E和1区的界面”的说法。在原文图1（本文图2）中，也标注了LPZ0/E区，并且标明LPZ0/E和LPZ1区界面上的“lightning current arrester”的要求为“10kV，1.2/50 μ s、5 kA，8/20 μ s（图中椭圆内数值）。以后，2000年伦敦“Michael Faraday House”出版的Peter Hasse 先生的专著《Overvoltage protection of low voltage system》第2版91页的图4.1.3.1.5a 雷电防护区的边界（Interface at lightning protection zone boundaries）中，将LPZ0/E区标为LPZ0_B区。对比本文图1和图3，也可了解LPZ0/E区改标为为 LPZ0_B区的过程。

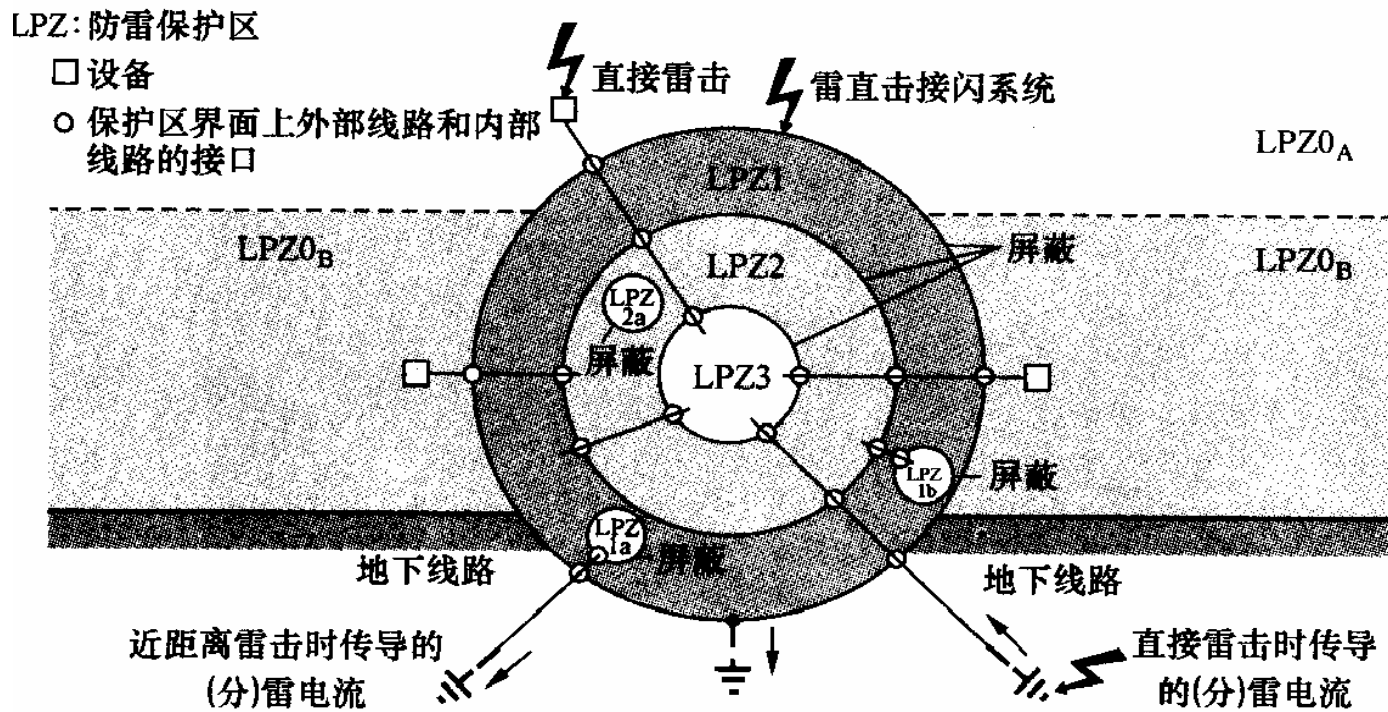


图 4.1.3.1.5a 防雷保护区边界上的接口

图4 Hasse 专著Overvoltage protection of low voltage system的图4.1.3.1.5a 防雷区的界面



图4可以看出，Peter Hasse博士对LPZ0_A区与LPZ1区的交界面的部分雷电流以及LPZ0_B区与LPZ1区的交界面的部分雷电流是不同的，因此该位置安装的SPD有很大差异。Peter Hasse先生的专著《Overvoltage protection of low voltage system》第2版还有多处提到LPZ0_B区与LPZ1区界面选择Ⅱ类测试的SPD或Ⅲ类测试的SPD。例如，该书的第99页的表4.1.3.2a Typical test values of arresters installed at the line interfaces of lightning protection zones(安装在防雷区线路接口处的避雷器典型测试值)也明确说明了LPZ0_A/LPZ01区交界处和LPZ0_B/LPZ01区交界处设置SPD的差别。



表1 Hasse 专著 Overvoltage protection of low voltage system 的表4.1.3.2a

Interface of lightning zone 防雷区界面	$0_A/1$	$0_B/1$	1/2
Arrester test values (per conductor) 避雷器测试值 (每线)	$[1/n \cdot m] \cdot 100kA$ $10/350\mu s$ $[1/n \cdot m] \cdot 25kA$ $0.25/100\mu s$ $[1/n \cdot m] \cdot 200A$ $0.5s$	Hybrid 组合波 10 kV	Hybrid 组合波 6kV

注：组合波：开路电压 u 1.2/50 μs ；短路电流 i 8/20 μs ； $u_{max} / i_{max} = 2$

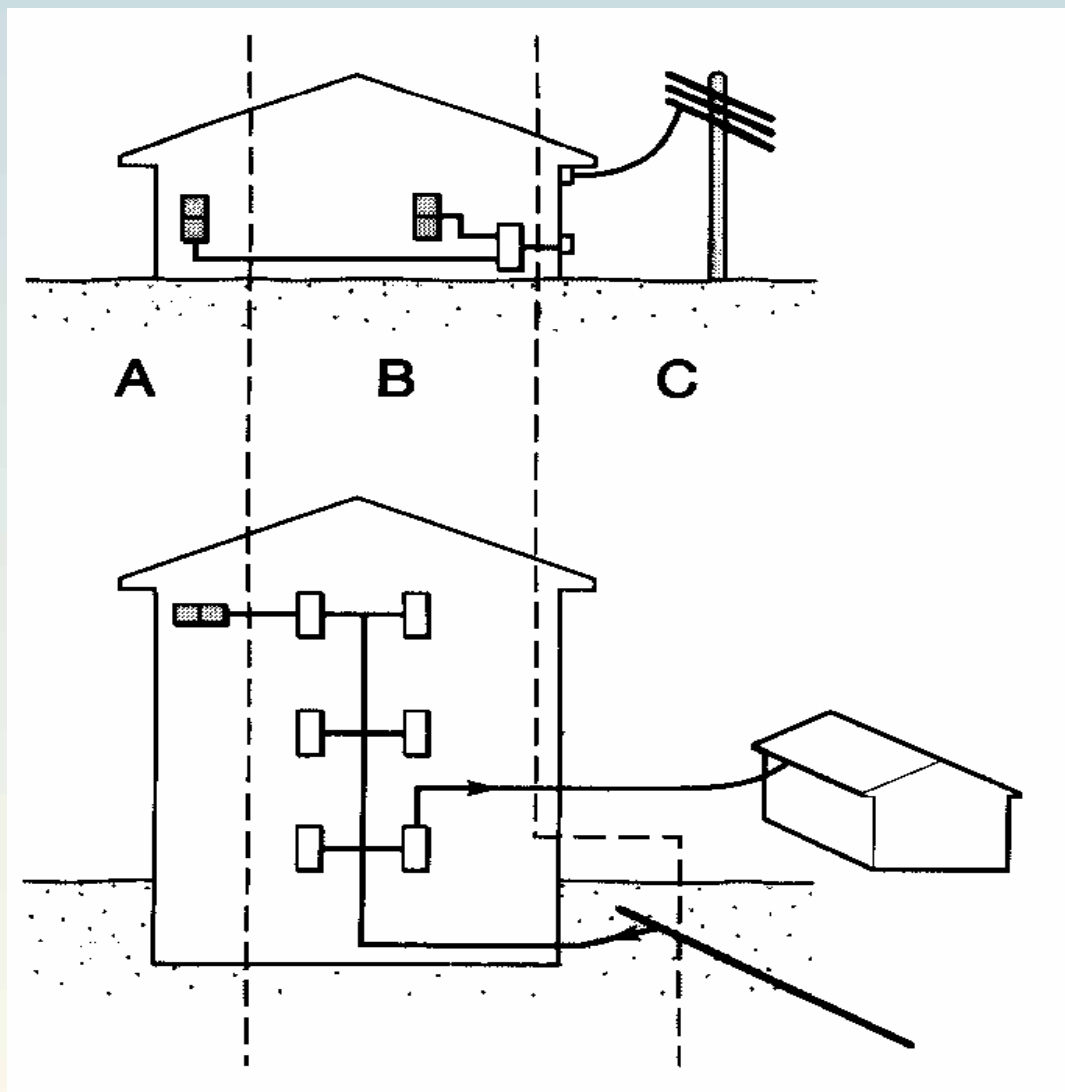
典型测试顺序：0.1；0.2；0.5；1；2；5；6或10 kV

n ：进入防护目标的接地的线路系统数； m ：每一线路系统安装的避雷器数



以上已经说明，安装在LPZ0_A/LPZ01区交界处和LPZ0_B/LPZ01区交界处的SPD由很大的差别。关于电源线路的SPD安装位置和选用，美国标准、英国标准和澳大利亚标准都根据“安装位置类别（Categories）”原则实施，并都用同一标准：

- “**Categories A** — 电源插座和长的用户线路：所有与Categories B相距10m以上的电源插座、所有与Categories C相距20m以上的电源插座。
- “**Categories B** — 主要的电源子系统，短的用户线路和用户中心：工厂的电源子系统、与设备连接的大电流插座、商用建筑物的照明系统。
- “**Categories C** — 建筑物外和设施入口：架空线由电线杆进入建筑物入口处、电表与配电板之间、架空线进入孤立的建筑、与水泵相连的地下电缆。”



英国标准BS6651的图
防护装置的安装场合



- 2005年6月即将通过的IEC 62305系列标准中，也采用了“安装位置类别”原则，IEC 62305-4:2004年07月31日Landers稿（62305-4-v24-1nd FDIS）附录D（资料性附录）《Selection and installation of a coordinated SPD protection（协调配合的SPD防护组合的选择和安装）》的第D.1.2 Selection with regard to location and to discharge current（选择时考虑安装位置和放电电流）由如下的论述：“**IEC 62305-1附录E规定，SPD应能在安装点上承受的预期的放电电流。SPD的选用，取决于它们的耐受能力。电源用SPD由IEC 61643-1分类，通信系统的SPDIEC 61643-21分类。**”



- SPD的安装点如下：
- a) 在建筑物的外线入口（在LPZ 1边界，即在电力线路主配电盘MB上）：
 - 用 I_{imp} 测试的SPD(典型波形 10/350，即 I 类测试的 SPD)；要求SPD的冲击电流 I_{imp} 应当根据IEC 62305-1附录E.1和/或E款选择LPL后安装点预期的（部分）雷电流（典型的 10/350浪涌）。
 - 用 I_n 测试的SPD(典型波形 8/20，即II 类测试的 SPD)；
- 外线完全在LPZ0_B或损害源S1和S3造成的失效风险可以忽略时采用这种类型的SPD。应当包含根据IEC 62305-1附录E.1和/或E.2款，要求SPD的标称放电电流 I_n 安装点预期的浪涌（典型的 8/20电流波形）。



- b) 靠近被保护设备（在LPZ2或更高的边界，即在分配电盘SB上，或在插座SA）。
- ● 用 I_n 测试的SPD(典型波形 8/20，即II类测试的 SPD)；要求SPD的标称放电电流 I_n 应当包含根据IEC 62305-1附录E.3选择LPL（雷电防护水平）确定的安装点预期的浪涌（典型的 8/20 电流波形）。
- ● 用组合波测试的SPD(典型电流波形 8/20，即III类测试的 SPD)：
- 选择组合波发生器所要求的开路电压 U_{oc} 时应当保证其相应的短路电流包含根据IEC 62305-1附录E.3选择LPL（雷电防护水平）确定的安装点预期的浪涌。”



(SPD system)浪涌保护器系统”对安装位置类别有如下的解释：

- “SPD应当能够承受它们安装点可能出现的放电电流。SPD系统的有下列安装点：
- “**MB 主配电板**，该位置在线路进入LPZ1区或LPZ0_A/LPZ1或LPZ0_B/LPZ1 的边界。
- “**SB 副配电板**（或译第二配电板），该位置在LPZ1/LPZ2 或更高的边界。
- “**SA 插座**，该位置电子电气设备或电子电气设备终端。
- 虽然在后面62305-4-v24-lnd FDIS一稿中，没有上述的明确解释，但，IEC的基本观点是明确和始终如一的。
- Pater hasse 先生在《Overvoltage protection of low voltage system》第2版 第5.8.1“Arresters for power engineering电力系统用避雷器”的图5.8.1a “Application of arresters in a power technical network(避雷器在电源设备中的应用)”已经明确了电源SPD的安装位置。
- 实际上，声称将SPD安装在两防雷区的界面处，操作性较差，受电缆成端的和位置的影响。之所以要强调“安装位置类别”原则，就是考虑安装的可操作性。



IEC的“安装位置类别”是

1) 主配电盘**MB**，与英、美、澳标准的Categories C相似。主配电盘**MB**处的外线有可能是架空引入，这时用防雷区的概念来解释是LPZ0_A与LPZ1的界面附近。若外线不是架空引入，这时用防雷区的概念来解释是LPZ0_B与LPZ1的界面附近。

2) 分配电盘**SB**，与英、美、澳标准的Categories B相似。这时用防雷区的概念来解释是LPZ1与LPZ2的界面附近或LPZ1区内部。3) 插座**SA**，与英、美、澳标准的Categories A相似，用防雷区的概念来解释是LPZ1与LPZ2的界面附近或LPZ2区内部。

大家可以看出，用“安装位置类别”这种描述，比直接用“安装在防雷区界面”描述SPD的安装位置 and 选择，更好操作。



结论：

IEC 规定：在LPZ0_A/LPZ01区交界处的交流配电线路上安装Ⅱ类测试的 SPD，而LPZ0_B/LPZ01区交界处的交流配电线路上安装Ⅰ类测试的 SPD产品。



2.3关于LPZ0_A/LPZ01区交界处的SPD 上预期负载部分雷电流数值

- 2.3.1 简单数学模型估算的雷电流分配
- IEC是如何考虑LPZ0_A/LPZ01区交界处SPD的预期部分雷电流数值的呢？
- 在IEC 61312-1 雷电电磁脉冲防护 第1部分：通则的3.4.1.1 有这样的叙述：“由地面进入建筑物的外来导电部件及电力线、通信线，应计算等电位连接点的部分雷电流。可按以下方法估算。



- 当对个案不可能进行计算时，可假设总电流 i 的50%流入所考虑建筑物LPS的接地装置， i 的50%，即 i_s 在进入建筑物的各种设施（外来导电部件及电力线、通信线等）间分配。流入每一种设施的电流 i_1 为 i_s/n ， n 为上述设施的数量（参阅图14）。无屏蔽电缆每条芯线上的电流 i_v 则为电缆电流 i_1 和电缆芯线数量 m 之商，即 $i_v = i_1/m$ 。”

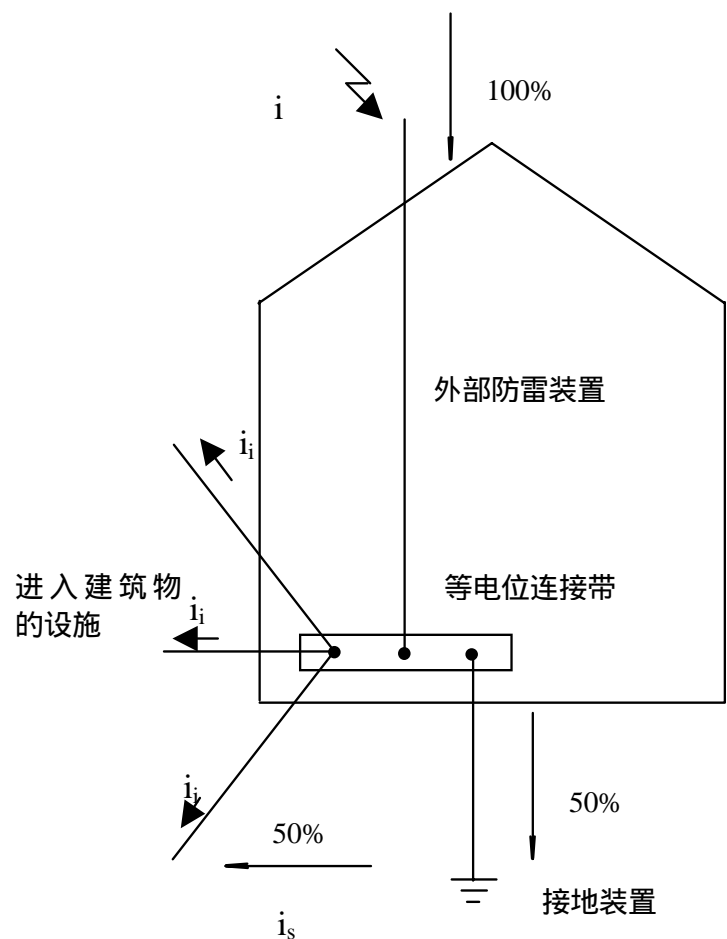


图5 (IEC 61312-1的图13) 建筑物和入户设施间雷电流的分配 (IEC 442/94)



100% 的雷电流：
根据IEC 61024-1防
护等级确定的雷电
流参数：I、Q、
W/R等
LPZ：防雷区

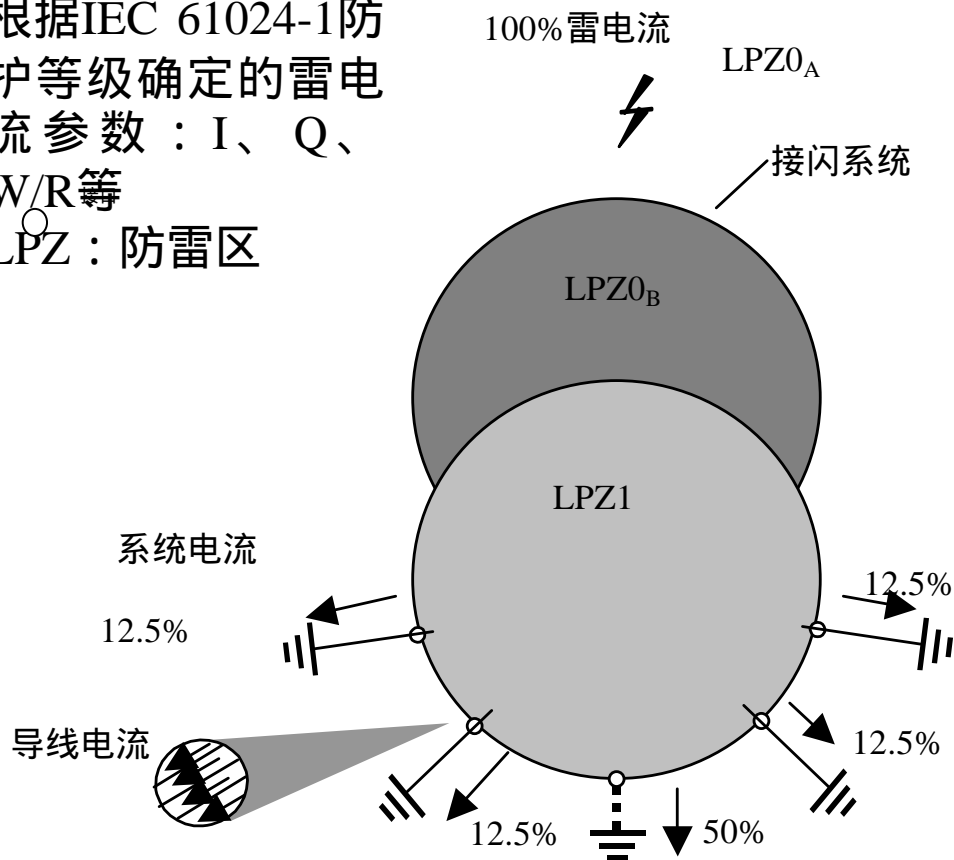


图6 Hasse 专著Overvoltage protection of low voltage system的图4.1.3.1.5b 防雷系统遭雷击时，外引供给系统中的部分雷电流



图6的模型是一个简单的模型，该模型中，全部雷电流的50%可能在建筑物接地系统中流向大地，余下的约50%会通过入户设施流出建筑物，在远方入地。图中的“入户设施”画了三种，理由是：

- 1) 一般建筑物不会孤立只有电力线一种入户设施，应当还要与外界通电话吧，还有卫生间，应当有金属水管吧。因此，图中画了三种入户设施。图中的三种入户设施都直接接地或通过SPD接地，每种设施分配的电流是总电流50%的三分之一，约总电流的16.7%。
- 2) 入户电力线至少有相线和中性线两条，这时每条电力线上的雷电流最大为总雷电流的8.4%。最坏的条件下，只有两条电源线入户，这时每条装有SPD的电源线上分担的部分雷电流将是总电流的25%。



电力系统这种计算方法可以在Peter Hasse先生的专著《Overvoltage protection of low voltage system》第2版找到，该书第92页说：“雷击时，雷电流不仅通过接地系统泄放，并且有相当一部分在由外部地面进入防雷区1的供给系统上流动。这些（注意原文用的复数——笔者注）系统在入口处和防雷区1的屏蔽层连接，若**规划人员不做任何详细的计算**，则可根据DIN VDE 0185-103（与IEC 61312-1等同——笔者注）”假设总雷电流的**50%必须通过外出的供给系统泄放**。还可进一步假设雷电流在所有金属以及电线路系统均匀分配（图4.1.3.5b），若电线路系统包含多条芯线时（如电缆的外导体和保护导体、电源线或多心多芯信息线），也可假设部分雷电流在线路系统中各导体和芯线上均匀分配。”。



图6中，Peter Hasse博士画了4个外引供给系统（电源、通信、进出的金属水管、），每个系统分得总雷电流12.5%的部分雷电流。他又画了一个有4条芯线的电缆，电缆中每条导线分得的部分雷电流是总雷电流的3.1%。该例中，并未考虑屏蔽电缆的情况，Peter Hasse博士还说“**最坏的情况**，屏蔽层也被当作导线。这种情况必须逐一确定电流的分配（特别注意，其分配与转移电阻有关）”。“屏蔽层也被当作导线”的情况十分普遍，因为，按照IEC 61312-1 雷电电磁脉冲防护 第1部分：通则的3.4.1.1规定，“进入建筑物的所有外来导电部件都应在LPZ0_A、和LPZ0_B与LPZ1间界面处作等电位连接”。3.4.1.1还说了：“对于屏蔽电缆，雷电流将沿屏蔽层流动”（原文在P19：For shielded cables, the current will flow along the shield），即屏蔽电缆的屏蔽层也将分担部分雷电流。与Peter Hasse博士的论述一致。



- **2.3.2 IEC介绍的估算方法**
- **2.3.2.1 线路为非屏蔽电缆时的情况**
- 2.2.1的论述应当说只是比较粗的定性分析，实际情况比较复杂，但可以用近似计算的方法估算电流分配的数值。IEC 62305-1附录E“SPD不同安装点的雷电浪涌”提供了一个简洁而科学的计算方法。



- 当雷击建筑物时，雷电流将在接地终端系统、外部导电部件及入户的直接或通过SPD接地的线路间分流后传导至大地。若 I_f 为流过每一外部导电部件或线路的部分雷电流，则：

- $I_f = k_e I \quad (1)$

- 系数 k_e 是与平行路径的数量、地下部件的等效接地阻抗、接地终端系统的等效接地阻抗有关的系数。可以如下求得：



- 地下设备

$$k_e = \frac{Z}{Z_1 + Z(n_1 + n_2 \frac{Z_1}{Z_2})} \quad (2)$$

- 地面设备

$$k_e = \frac{Z}{Z_2 + Z(n_2 + n_1 \frac{Z_2}{Z_1})} \quad (3)$$

- 式中：

- Z 是接地终端系统的等效接地阻抗

- Z_1 是地下外部部件或线路（表1）的等效接地阻抗；

- Z_2 是架空线路的接地电阻。若接地点的接地电阻未知，可以用表1的 Z_1 值，该电阻值是相对与接地点的值；

- 注：假定上述公式的该值对每一接地点都相同。否则需要更复杂的算式。

- n_1 是地下外部部件或线路的全部数量；

- n_2 是地面外部部件或线路的全部数量

- I 是所考虑LPS等级相应的雷电流值。



表 2 由土壤电阻率计算的等效接地阻抗 Z 和 Z_1 值

ρ Ωm	Z_1 Ω	与LPS有关的等效接地阻抗值 Z Ω		
		I	II	III – IV
≤ 100	8	4	4	4
200	11	6	6	6
500	16	10	10	10
1 000	22	10	15	20
2 000	28	10	15	40
3 000	35	10	15	60

注：本表所列数值是埋地导体在冲击条件下（ $10/350 \mu\text{s}$ ）的等效接地阻抗



假设 $Z=Z_1=Z_2$ ；这时，且 $n_2 = 0, n_1 = 1$ 时，作为一次近似， $k_e = 0,5$ （4）；

也可以承认2.2.1的假设，当建筑物遭直接雷击时，全部雷电流的50%流入外部部件或线路。

- $k_e = 0,5 / (n_1 + n_2)$ （5）

这与IEC 61312-1的3.4.1.1所描述的“对个案不可能进行计算时”的假设一致，但一般都不会出现“不可能进行计算”的情形。这种假设与实际有较大差异。



- 由式(2)和(3)可见, k_e 与建筑物防护等级有关, 与大地电阻率有关。一般, 防护等级越高, 考虑的雷电流幅值越大, 电流上升率高, 波头越陡 (di/dt) 越大, 因此线路的电感不可忽视。同时, 大地电阻率越高, 雷电流幅值对冲击接地电阻的影响越大。以 $\rho = 3\ 000\ \Omega\text{m}$ 为例, I级防护的建筑物, 外部部件或线路分担的部分雷电流的比例比III级防护的建筑物小许多。



2.3.2.2 线路为屏蔽电缆时的情况

- 前面说到，屏蔽电缆的屏蔽层接地时将分担部分雷电流。IEC 62305-1附录E提供了屏蔽电缆每一条芯线分担电流的计算方法，系数 k'_e 在上述 k_e 计算的基础上计算。 n' 条导线中的每一条的分担全部雷电流的比例按照并联电路分流计算为：

- $$k'_e = k_e \cdot R_s / (n' \cdot R_s + R_c) \quad (6).$$

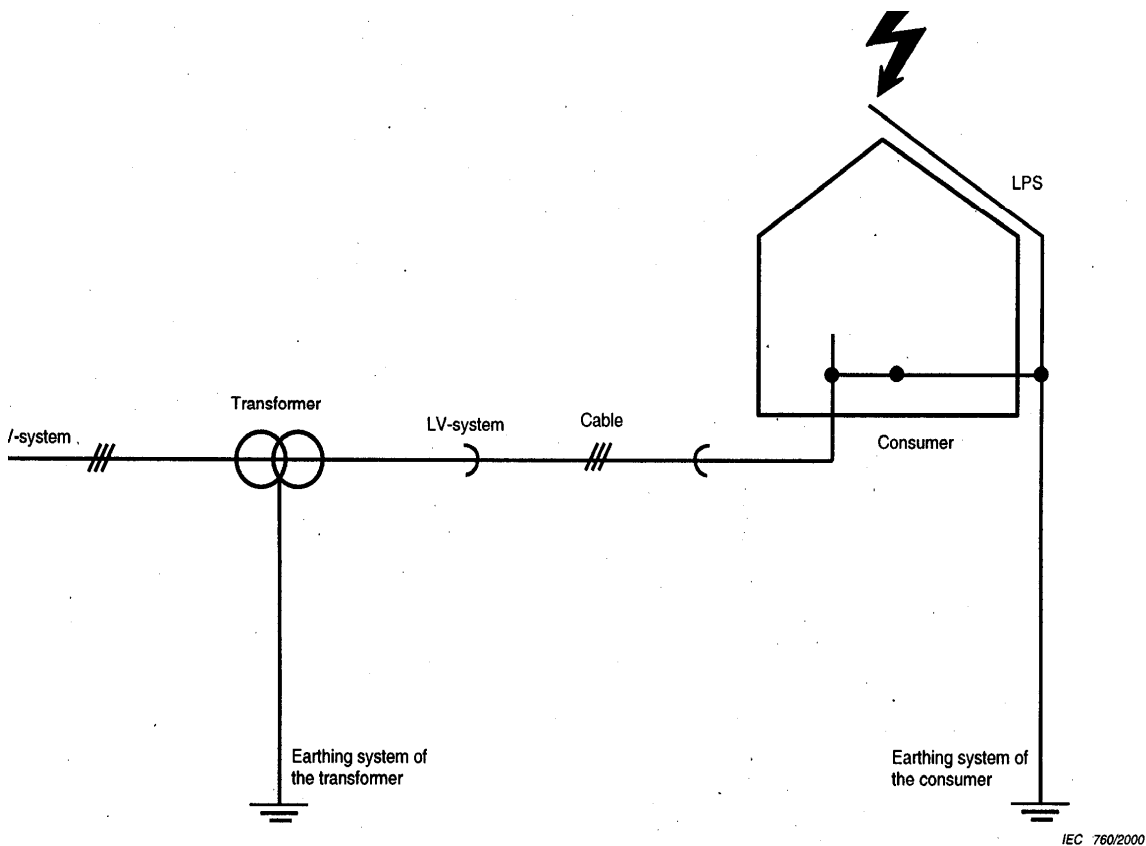
- 式中：

- R_s 屏蔽层单位长度的欧姆电阻；

- R_c 内导体单位长度的欧姆电阻；



该公式忽略了芯线和屏蔽层间的互感，可能低估了屏蔽层转移雷电流的作用。但可计算出常用低压电力电缆屏蔽层与芯线间雷电流分配。例如，配线电缆使用每芯线标称截面为 35mm^2 的铠装四铜芯电缆时，每芯线的电阻为 $0.524 \text{ } \Omega/\text{km}$ ，钢带铠装的电阻为 $1.9 \text{ } \Omega/\text{km}$ ，带入(6)中， $k'_e = 0.234 k_e$ 。这个结果比GB 50057所规定的“线路有屏蔽时，通过每个SPD的雷电流”是全部电缆流过的部分雷电流“的30%”低。



! the parameters in the following diagrams are chosen for demonstration purpose only.
 s have to be considered as examples to show basic principles of overvoltage protection within a complex system.

图 7 IEC 61312-3的图B.1雷电流分配的基本模型



2.3.3 影响低压电力系统雷电流分配的因素

IEC 61312-3 雷电电磁脉冲的防护 第3部分：对浪用保护器的要求附录B 提供了影响低压电力系统雷电流分配的因素的资料。用图7的模型和图7进行分析后，得出：

- 1) 电源配线电缆的长度对流过线路的部分雷电流的时间特性有影响。因为雷电的波头较陡，线路越长，线路的固有感抗对波头的延时作用越强。
- 2) 电源配线电缆的长度对导线间的电流分布的影响，线路越长，配电变压器阻抗的作用减少，其主要作用的是线路等效阻抗，因此长线路中每条相线和中性线上分担的电流相等。
- 3) 接地系统的影响。变压器系统的接地电阻和用户系统（建筑物）接地电阻是电源线路中雷电流分配的最关键因素。式（2）（3）就是按照接地系统的影响推算的。IEC 62066：2002 “General basic information regarding surge over voltages and surge protection in low-voltage a.c power circuit(低压交流电路浪涌电压及防护的基本资料)”通过分析还提出**不是变压器系统的接地电阻和用户系统接地电阻的绝对值，而是相对值确定了电源线路中雷电流的分配。**

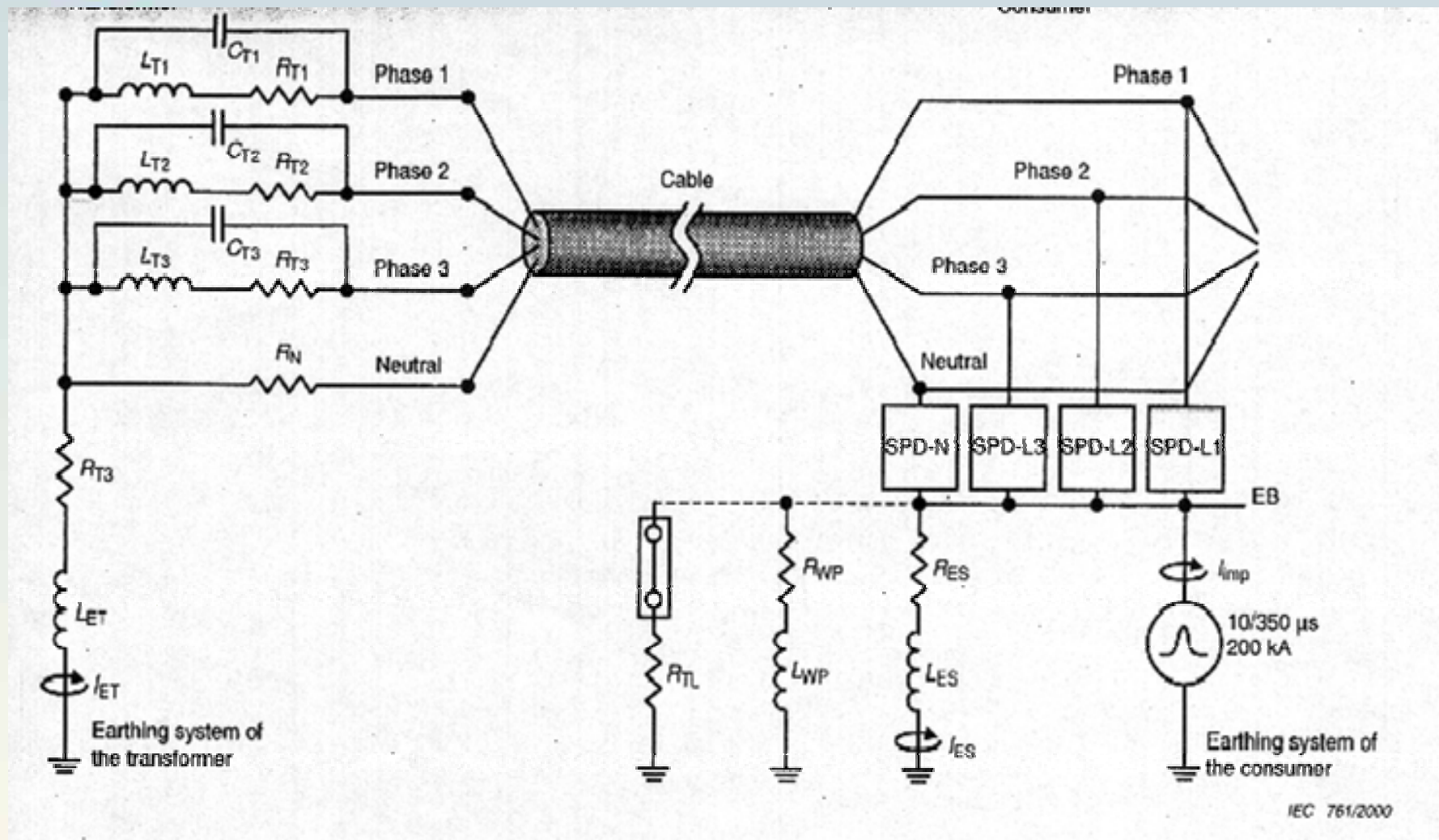


图 8 IEC 61312-3的图B.2雷电流分配的基本模型的电路图

用该模型分析时，采用10/350 μ s、200kA的模拟直接雷击，该例子仅为说明低压电力系统雷电流的分配关系，因此，未考虑信号线、金属水管、金属煤气管道等其它外引服务系统的接地。

图10得知，线路越长，在配电线上统上分配的总雷电流越小。

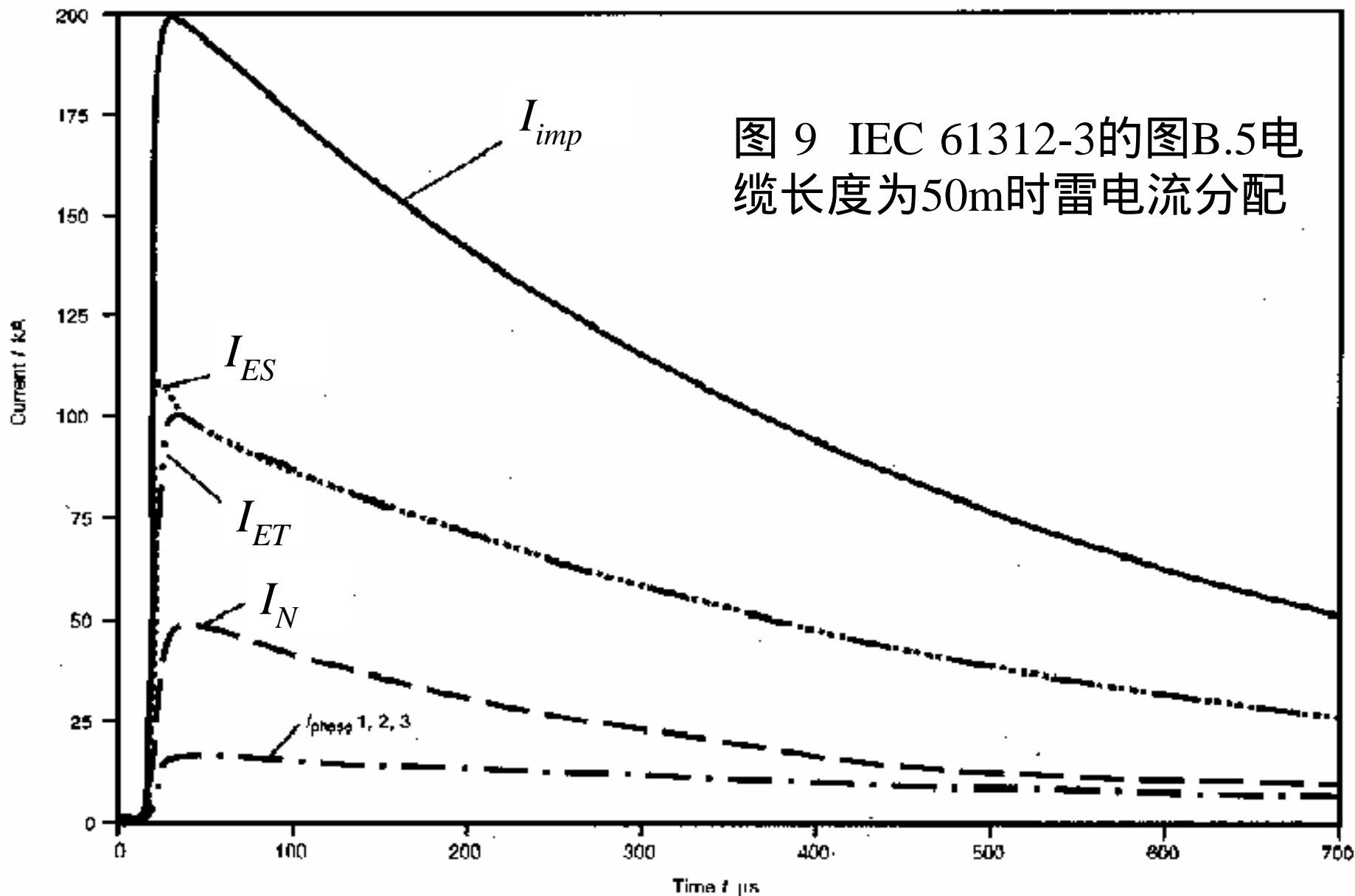


图 9 IEC 61312-3的图B.5电
缆长度为50m时雷电流分配

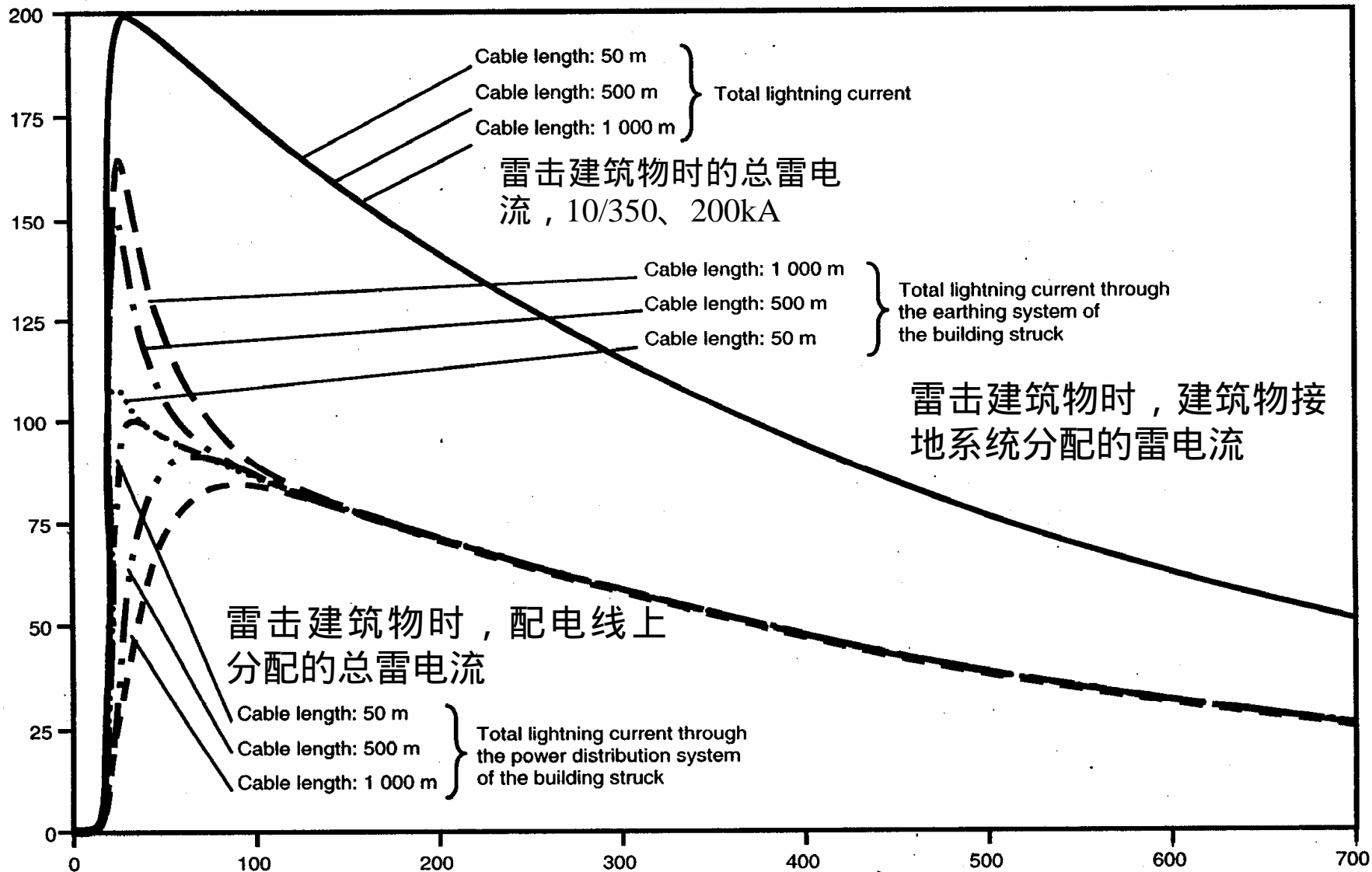


图 10 IEC 61312-3的图B.3雷电流分配的基本模型的电路图

2000

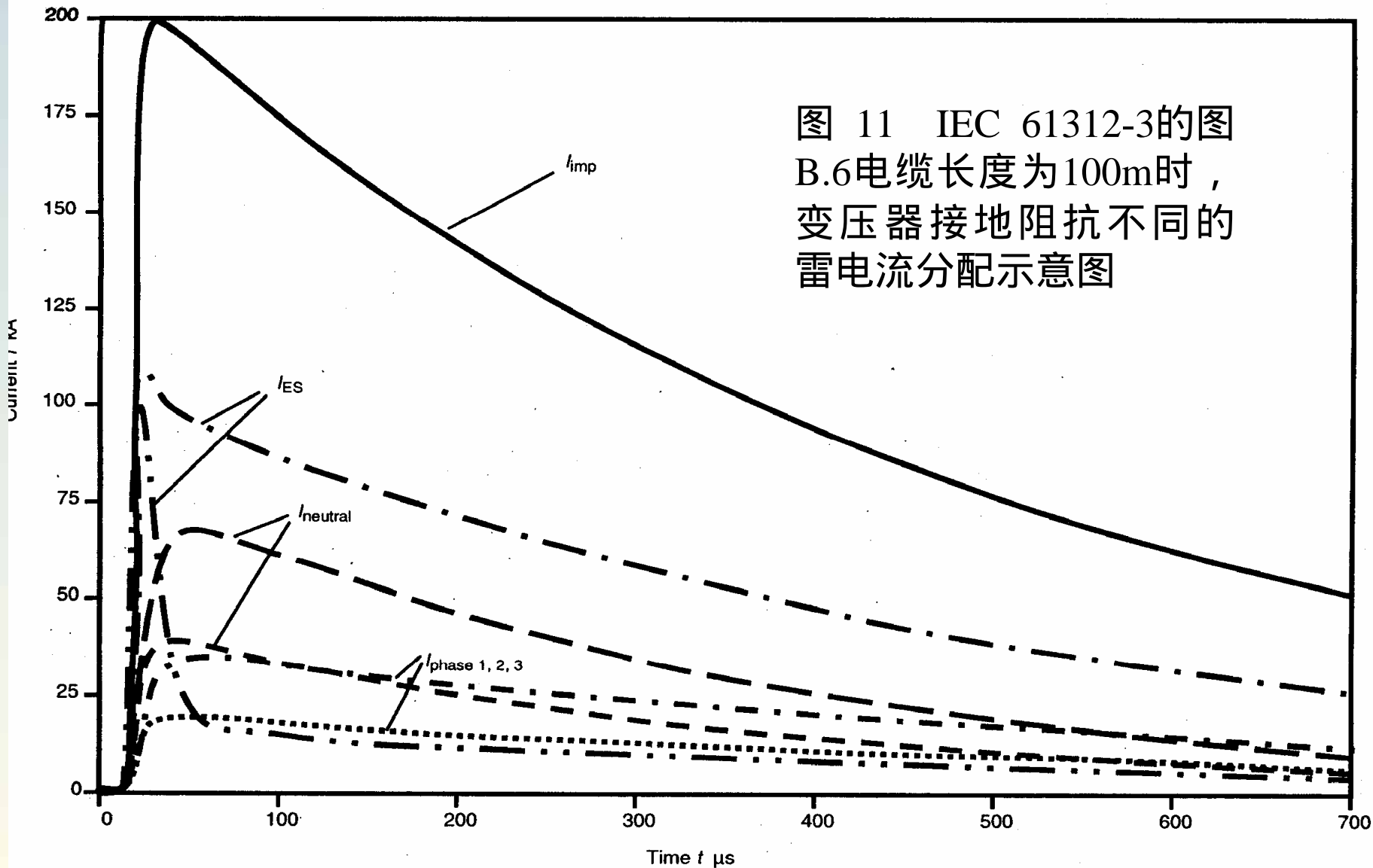
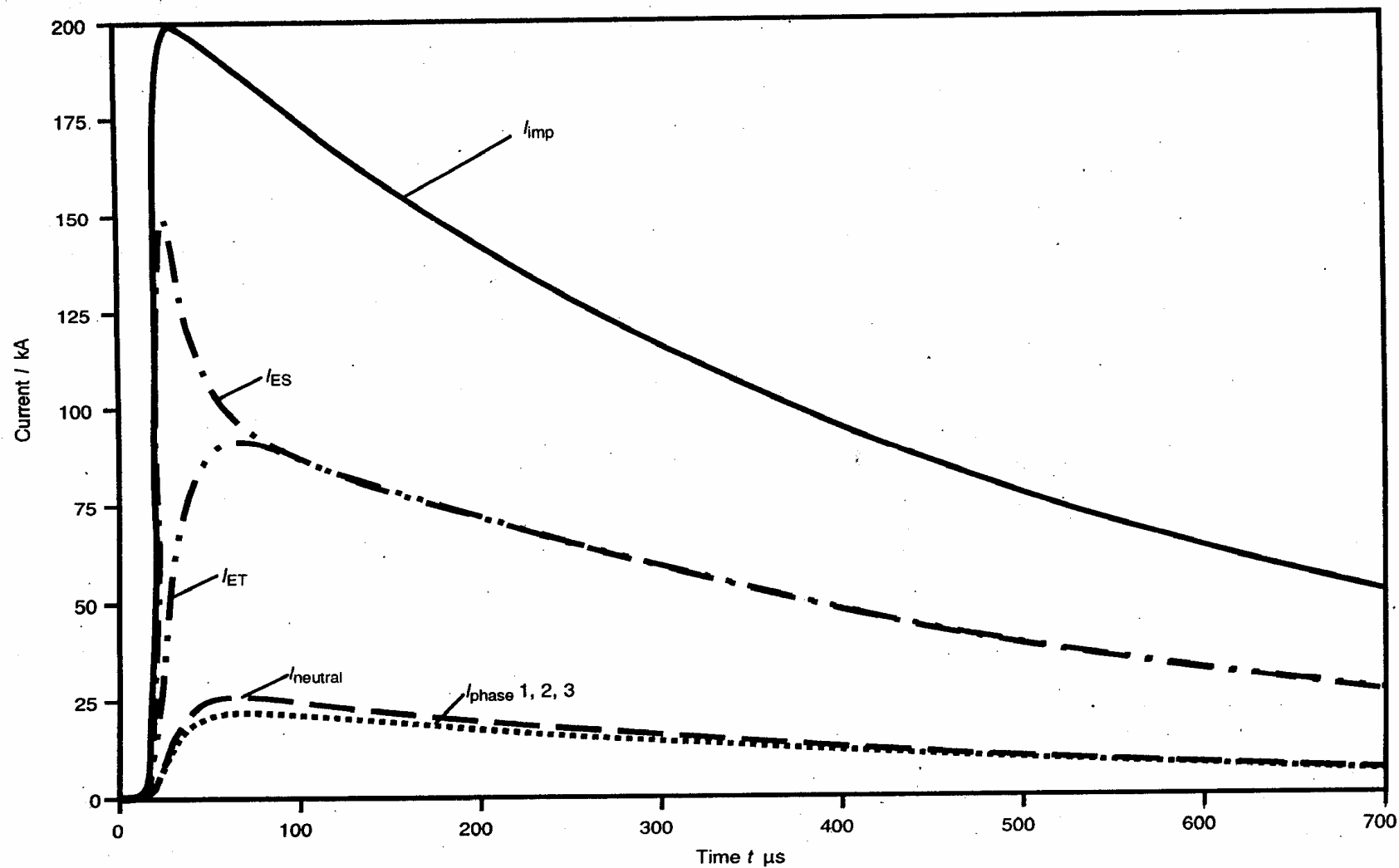


图 11 IEC 61312-3的图 B.6电缆长度为100m时，变压器接地阻抗不同的雷电流分配示意图



IEC 763/200

图 12 IEC 61312-3的图B.4电缆长度为500m时雷电流分配图



图9、12分别为配电电缆长50m、500m时雷电流分配示意图。图9中，三条相线分配的电流相等，而中性线分配的电流是相线的2倍多。当配电电缆长500m时，雷电流几乎在中性线和相线间均分。说明随着电缆长度的增加，配电变压器阻抗（也就是远方的接地阻抗）的影响减弱，甚至无影响。使得电缆内部电流分配均衡。

图12为电缆长度为100m时，变压器接地阻抗不同的雷电流分配示意图。较低的虚线是变压器接地阻抗为 $0.3\ \Omega$ ，建筑物接地阻抗为 $3\ \Omega$ 时的电流分配，较高的虚线是变压器接地阻抗为 $3\ \Omega$ ，建筑物接地阻抗为 $3\ \Omega$ 时的电流分配。该例也看出，建筑物接地阻抗和电源线远方（变压器）接地阻抗间相对关系对电流分配的影响。

由图可见，当变压器接地阻抗和建筑物接地阻抗都为 $3\ \Omega$ 时，即 $R_{ES}=R_{ET}$ 时，几乎是建筑物接地系统和电源系统几乎各分总雷电流的一半入地。而变压器接地阻抗极低时，如图中/的 $R_{ES}=3\ \Omega$ ， $R_{ET}=0.3\ \Omega$ ，即 $R_{ES}/R_{ET}=10$ 时，建筑物接地系统分配的雷电流是总雷电流的约10%。



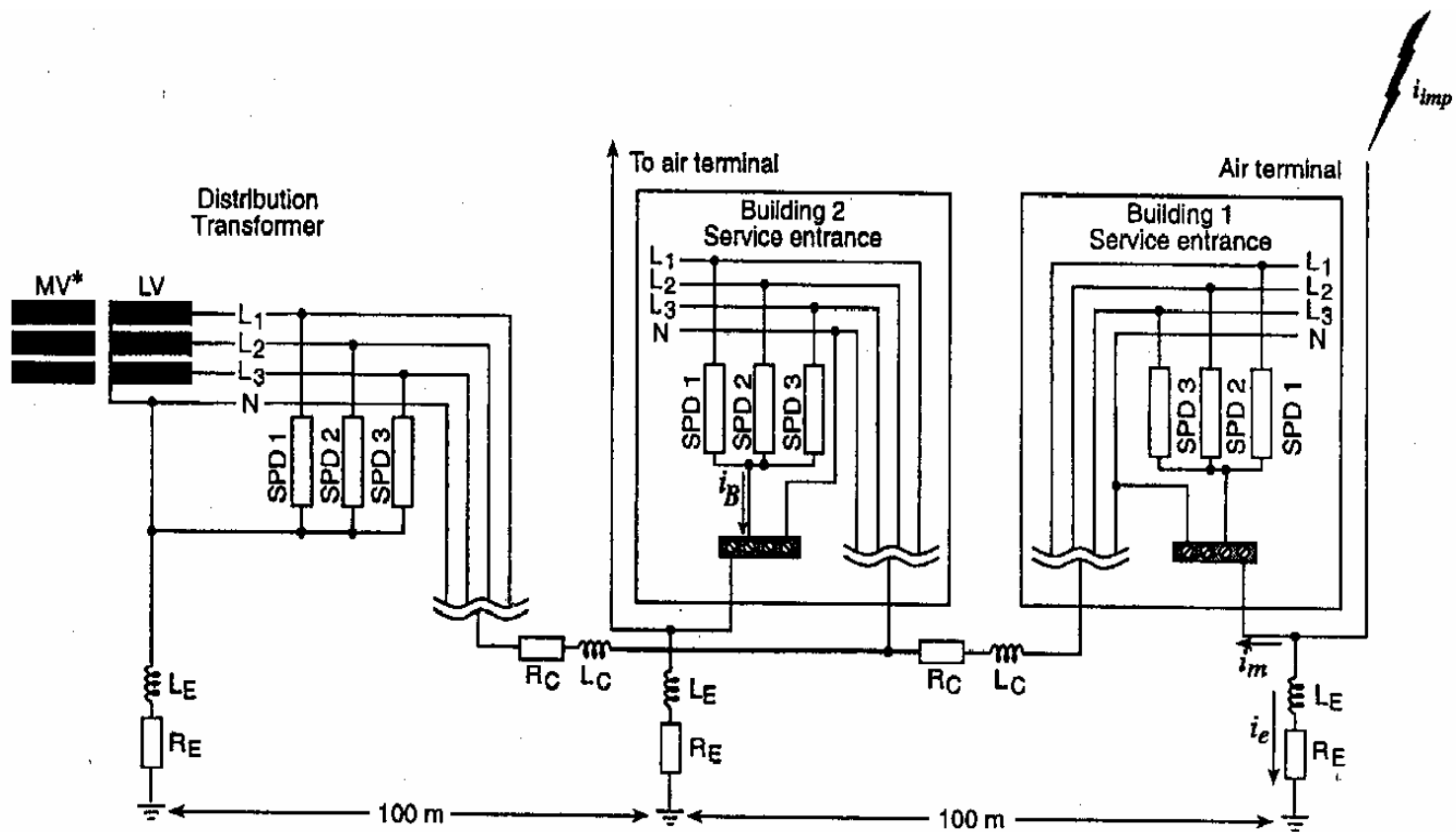
- 以上的例子比较极端，现实中，采用了综合接地系统的建筑物接地阻抗与变电站的接地阻抗的差别不会如此的大。还有一点要说明的是，在分析 $10/350\mu\text{s}$ 波形的模拟雷电流对建筑物接地系统和电力配电接地系统电流分配的影响时，看出雷电波头时间段，建筑物接地系统分担的雷电流大大的多于配电接地系统。这是因为在模拟雷电流的波头时间内，由于波形陡， di/dt 较大，电源线路的感抗不可忽视，电流分配随时间变化，到了模拟雷电流的波尾时间时，波形变缓，仅电阻起作用，因此，这段时间，电流分配是常数。



2.3.4两个建筑物由一台配电变压器供电时雷电流在建筑物和配 电线路中的分配

IEC 62066：2002低压交流电路浪涌过电压及防护的基本这资料中由这样的例子：

图13的模型中，两个建筑物由一台配电变压器供电，雷电击中第一个建筑。表2所示为在假定浪涌的情况下，在各回路上出现的电流。根据IEC 61312-3：2000的假设，雷电峰值为10/350 μ s波形，100kA。电源电缆长度各为100m，变压器和两建筑物的接地电阻相等，都为10 Ω 。



*Coupling of MV side
not specified

$R_C = 1 \text{ m}\Omega/\text{m}$ $R_E = 10 \Omega$
 $L_C = 1 \mu\text{H}/\text{m}$ $L_E = 2 \mu\text{H}$

i_{imp} :
 100 kA,
 10/350 μs

图 13 计算两并行建筑物时雷电流消散的模型



- 图中的建筑物1流入的电流 i_{imp} 从防雷系统LPS的接闪系统经引下线流入接地终端系统。该点雷电分成两部分： i_e 流进本建筑的地， i_m 通过电力电缆流向远端的地。这两个地的分配与阻抗成反比。在冲击电流的初始阶段，电流的分配由感抗的比例确定，在电流的消散阶段，电流的分配由接地电阻确定。值得充分注意的是，不是接地电阻的绝对值而是相对值确定了电流的消散比例。



几个电气上相互连接的建筑物，其 i_m 会减少，换句话说，通过遭雷击建筑物流入低压系统的电流将会随供电的建筑物增加而增加。图14和A.2的例子表示回路与地间的电流幅值（在电感支配阶段之后）。

作为一般结论，某地区建筑物密度越高，雷电通过入户低压电源系统电缆入地的部分越高。这一结论包含建筑物附近遭雷击的情况。



表3 在10/350 μ s波形，100kA时，图13可能的入地回路的电流消散值

可能的入地回路	电流幅值近似值（初始阶段以后）kA	电荷近似值C
建筑物1的接地极（ i_{Earthing} ）	33	165
从建筑物1流向建筑物2的电源电缆		
总电流（ i_{mains} ）	66	33
中性线直接流动	17	9
通过SPD1流动	16	8
通过SPD2流动	16	8
通过SPD3流动	16	8
建筑物2的接地极		
总电流（ i_{mains} ）	34	16.5
中性线直接流动	9	4.7
通过SPD1流动	8	4
通过SPD2流动	8	4
通过SPD3流动	8	4
从建筑物2流向变电站电源电缆		
总电流（ i_{mains} ）	33	16
中性线直接流动	9	4.5
通过SPD1流动	8	4
通过SPD2流动	8	4
通过SPD3流动	8	4

表中看出，在一台变压器为两个建筑物并行供电的情况下，建筑物接地系统分担的部分雷电流只有33%。不足总雷电流的50%，电源线上的部分雷电流几乎在四条芯线上均分。

A.2.3.5 中性线接地时的影响

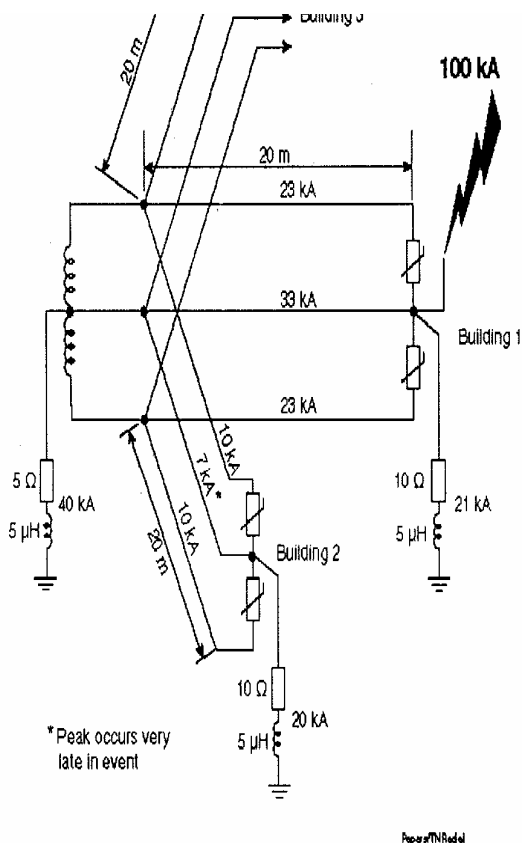


Figure A.32—Dispersion of the lightning current in a radial configuration

图13：雷电流在放射形结构时的消散

不同的国家中性线接地的实际情况不同，因此可以预料雷电流在可能的路径上消散有所差异。美国Mansoor和Martzloff在《低压系统中性线接地时雷电流的消散》论文中提供了几种配电系统的接地实践。图13是中性线在每一建筑物接地的TN-C-S系统模型，由于中性线回路中无SPD，使其它的与导线连接的SPD压力缓解。



图中表示配电变压器的二次侧对三个用户呈放射状配置。假设其中一个建筑物遭 $10/350 \mu s$ 波形， $100kA$ 电流的雷击，接地阻抗值如图中标注，图中还标出了通过三条导线流出建筑物的雷电流峰值。上面已提到，是阻抗的相对值确定了通过供电系统流出的雷电流数量。注意中性线和相线所分担的电流虽然不特别大，但足以在用户入口处SPD上产生附加压降。该模型中，假设变压器处接地电阻为 5Ω ，两个建筑物的接地电阻为 10Ω 。若电源配电系统（PDS）的中性线多重接地并有许多接地体，那么，中性线的相对阻抗比相线低得多，因此减少了流出路径上SPD的压力。



2.3.6 结论及IEC 62305-1对LPZ0_A/LPZ01区交界处SPD的预期部分雷电流数值的描述

上分析说明LPZ0_A/LPZ01区交界处SPD的预期分担的部分雷电流受诸多因素制约，不是简单的用建筑物接地系统与外来导电部件各分担50%便能说清楚的。因此，应当尽量避免这种描述。IEC 61312-1采用“50%说”时特别说明，使用这一“假设”的条件是“对个案不可能进行计算时”。其实，大多数情况是可以估算的。同时，如上引用的文献说明，IEC 各工作组在以后的许多标准和著作中阐明了影响LPZ0_A/LPZ01区交界处SPD的预期分担的部分雷电流的各个因素。以后的标准应当将IEC的这些考虑进行完整的描述。



IEC 62305-1 FDIS POSTROMA
附录E 之E.1.2总结了影响雷电流
在电流线内分配的因素。提出，
在对LPZ0_A/LPZ01区交界处SPD
详细计算时分担的部分雷电，必
须注意这种浪涌的幅值和波形的
因素：



- 1) 由于L/R比，电缆长度可能影响电流分配和波形特性
- 2) 中性线和相线的阻抗差异能影响线路导体的电流分配。例如，中性线（N）多点接地，则N的阻抗比L1、L2和L3低，结果使50%的电流流过N线，其余50%在另三条线上分配（每线17%）。若N, L1, L2, 和 L3阻抗相同，则每线大约分配25%的电流。
- 3) 变压器阻抗不同影响电流分配（若变压器用SPD防护，则这种影响可以忽略）
- 4) 变压器常规接地电阻和负载侧的设备的关系影响电流分配（变压器阻抗越低，流过低压系统的浪涌电流越大）。
- 5) 并行用户使低压系统的有效阻抗降低，因此可能增加流入该系统的雷电流。

与上文的分析完全相同。



IEC 62305-1 FDIS POSTROMA 附录E 之E.2 提供了与建筑物连接的公共设施有关的浪涌。当雷电直击与建筑物连接的公共设施时，即损害源S3 — flashes to the services connected to the structure 雷击与该建筑物连接的公共设施) 时，对公共设施伤害最大。Peter Hasse先生的专著《Overvoltage protection of low voltage system》第94页说：“公共设施遭直接雷击时，可能有比雷电直击建筑物大得多得雷电流通过单个供给系统引入LPZ1区边界”。

表4是IEC 62305-1 FDIS POSTROMA 附录E 之表E 3。可以根据表3来选择 I_{imp} 值。 I_{imp} 的优选值和雷电防护级别 (LPL) 有关。



表4 雷电引起的在与建筑物连接的公共设施上的浪涌过电流的期望值

LPL	低 压 系 统			通 信 线 路		
	对公共设施的直接雷击和间接雷击		建筑物附近雷击	对公共设施的直击雷击和间接雷击		建筑物附近雷击
	损害源 S3 (雷电直击) 波形： 10/350 μ s [kA]	损害源 S4 (间接雷击) 波形： 8/20 μ s [kA]	损害源 S1 或 S2 (S1的感应电流) 波形： 8/20 μ s [kA]	损害源 S3 (雷电直击) 波形： 10/350 μ s [kA]	S4 (间接雷击) 用 5/300 μ s 测试 (用 8/20 μ s 评估) [kA]	损害源 S2 (感应电流) 波形： 8/20 μ s [kA]
III 至IV	5	2,5	0,1	1	0,01 (0,05)	0,05
I 至 II	10	5	0,2	2	0,02(0,1)	0,1



假设屏蔽电缆的屏蔽层电阻与所有公共设施的并行导线的电阻近似相等，对屏蔽线的过电流，表4的数值应乘以系数0.5。



3、对使用术语上的一点看法

- 3.1 使用术语必须规范化
- 许多科技名词和设备名词由外来名词翻译，因此特别容易每个译者根据自己的理解译为中文，还有的望文生义，使一个名词有许多中文译法，使其余的人不知所以。为了规范统一，1996年，我国科技部委托“全国科技名称审定委员会”专门审定了科学技术名词，出版了《科技名词》。该书分卷出版，其中统一了1996年以前的外来名词术语的标准译法。



如“protector”译为“保安器”，1978年，我国国家标准 GB 1417-1978 《常用电信名词术语》8.5.6条将“protector”汉语名定为“保安器”，国家标准GB/T 7400.3—1987 《广播电视名词术语 有线广播》将“protector”译为“保安器”。再如“surge”《科技名词》中译为“浪涌”；GB/T 4365-1995 《电磁兼容术语》中第8.11条，将“surge”译成中文“浪涌”（该标准是IEC 50（161）-90的采标）；GB/T 10194-1997 《电子设备用压敏电阻器 第2部分：分规范 浪涌抑制型压敏电阻器》将“surge”译成“浪涌”（该标准是IEC 61051-2：1991 采标）。国家标准GB /T 17626.5-1999 《电磁兼容试验和测量技术 浪涌（冲击）抗扰度试验》也将将“surge”译为“浪涌”，并且在4.13对“surge”定义为“浪涌（冲击：沿线路传送的电流、电压或功率的瞬态波）”（该标准是，采自于IEC 61000-4-5：1995采标）。GB 50057-94（2000）在以上标准和文献面世之后。



3.2 国际标准中的名词解释 或术语定义的翻译原则

国际标准中的名词解释或术语定义必须忠实原义，与原文内涵一致，不可任意增减或按自己的理解去演绎。本文已经谈到，将“**lightning electromagnetic impulse(LEMP)**”译为“雷击电磁脉冲”是不符合IEC 81系列标准编制者的原意，也不符合电磁兼容所描述的6种干扰源的定义。（LEMP、电力系统操作过电压、电力系统骚扰、静电放电、无线电干扰、核致电磁脉冲）



再例如GB 50057-94 (2000) 将Residual current protective device (RCD)译为“剩余电流保护器”。其实，我国国家标准定义的该产品名称为“漏电保护器”(GB 4776-1984《电气安全名词术语Electrical safety terminology》的3.3.14条Residual current circuit-breaker 漏电断路器)。Residual的原意有“what is left、left over (剩余、残余、残留)”的意思，但Residual还有“difference between、deviation (偏差、偏离)”的意思。在清华大学编撰的《英汉科技词典》的1765页就有“偏差、偏离”的解释。实际上，所谓“Residual current protective device”是这样—个装置：它介入相线和中性线中，内部是一个差动放大器，正常时相线和中性线上的电流完全相等。当人触及相线时，相线就会通过人体漏掉很微小的电流，使相线和中性线间出现电流偏差 I ，RCD的差动放大器检出了这个电流偏差 I 并放大驱动开关，使电源电路在RCD处断开。因此还是称RCD为“漏电保护器”好。



还举一个例子，50057-94
(2000)的图6.4.5-1到6.4.5-4
的四幅图，分别来自与IEC
383/02、IEC382/02、

IEC 384/02、IEC 385/02四幅
图。图14是50057-94 (2000)
的图6.4.5-3，也是IEC 384/02
(IEC1 484/97)。

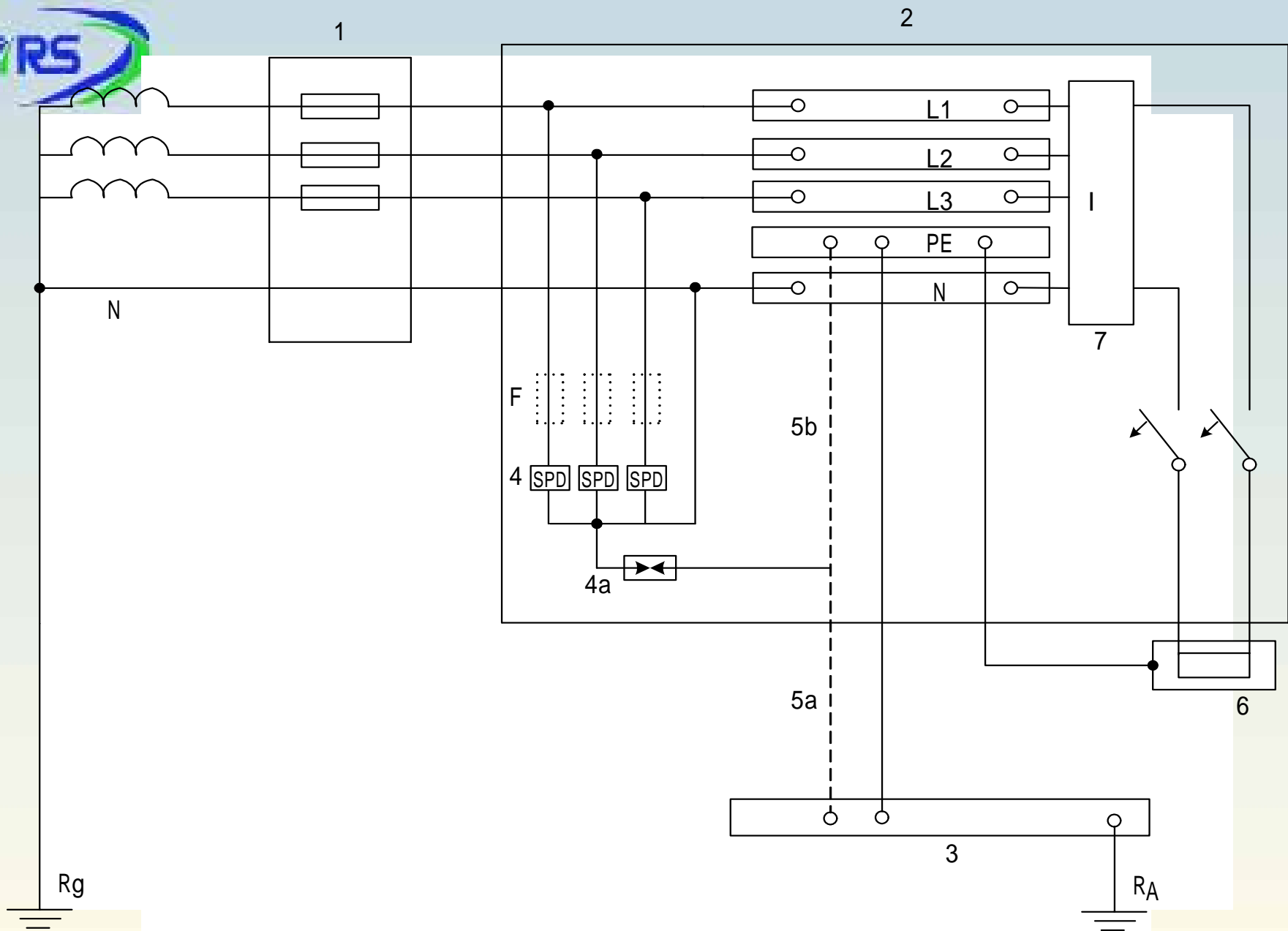
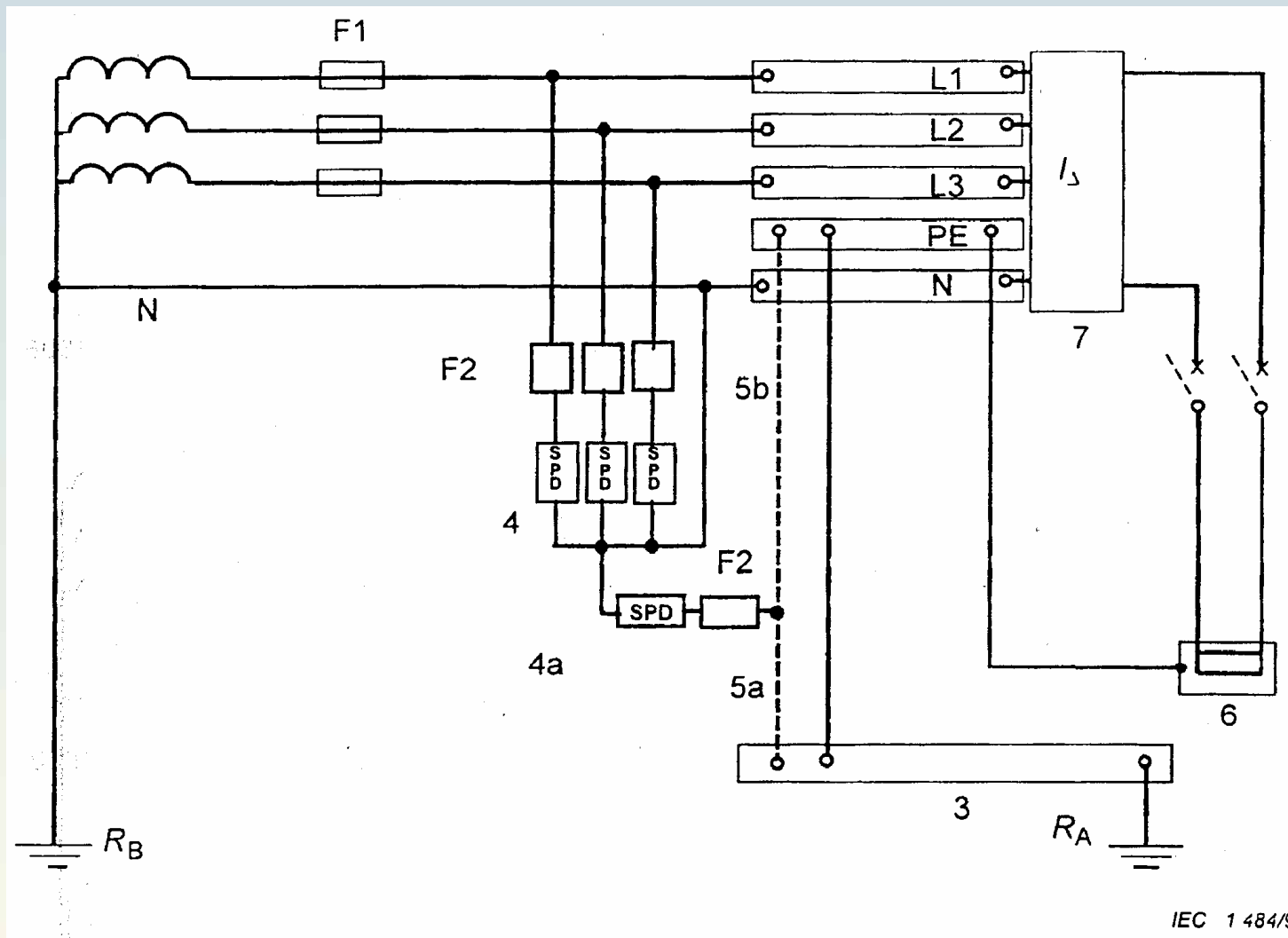


图14 IEC 384/02 图，与50057-94 (2000) 的图6.4.5-3相同



IEC 1484/97

图15 IEC 1484/97

Key

- 1 Origin of the installation
- 2 Distribution board
- 3 Main earthing terminal or bar
- 4 Surge protective devices
- 4a Surge protective device in accordance with IEC 60364-5-534 (2.3.2) or spark gap
- 5 Earthing connection of surge protective devices, either 5a or 5b
- 6 Equipment to be protected
- 7 Residual current protective device (RCD)
- F Protective device indicated by the manufacturer of the SPD (for example, fuse, circuit-breaker, RCD)
- R_A Earthing electrode (earthing resistance) of the installation
- R_g Earthing electrode (earthing resistance) of the supply system

**Figure K.3 – Installation of surge protective devices in TT-systems
(SPD upstream of the RCD)**

IEC 384/02的原注释

IEC 1 484/97的原注释：

- | | | | |
|----|---|-------|---|
| 3 | Main earthing terminal or bar | F1 | Protective device at the origin of the installation |
| 4 | Surge protective devices | F2 | Protective device required by the manufacturer of the SPD |
| 4a | Surge protective device
(a combination 4-4a, providing protection against overvoltages of category II) | R_A | Earthing electrode (earthing resistance) of the installation |
| 5 | Earthing connection of surge protective devices, either 5a and/or 5b | R_B | Earthing electrode (earthing resistance) of the supply system |
| 6 | Equipment to be protected | | |
| 7 | Residual current protective device (RCD), placed either upstream or downstream of the busbars | | |

Figure B.2 – SPDs on the supply side of RCD [according to 534.2.5 b)]



与原意的比较

GB 50057-94(2000) 图6.4.5-3的原注释：

图6.4.5-3 TT系统中电涌保护器安装在剩余电流保护器的电源侧

1—装置的电源；2—配电盘；3—总接地端或总结地连接带

4—电涌保护器（SPD）；4a—电涌保护器或放电间隙；

5—电涌保护器的接地连接，5a或5b；6—需要保护的设备；

7—剩余电流保护器，可位于母线的上方或下方；

F—保护电涌保护器推荐的熔丝、断路器或剩余电流保护器；

R_A —本装置的接地电阻； R_B —供电系统的接地电阻

• IEC 1484/97的原注释译文：

1—装置的入口；2—配电盘；3—总接地端或接地排

4—浪涌保护器（SPD）；4a—根据IEC 60364-5-534（2.3.2）设置的

浪涌保护器或放电间隙；

5—5a或5b，浪涌保护器的接地线；6—被保护的设备；

7—漏电流保护器（RCD）；

F—SPD厂家规定的保护装置（例如，熔丝、断路器、RCD）

R_A —设备接地体（电阻）； R_B —供电系统接地体（电阻）

图K.3 TT系统中浪涌保护器的安装（SPD安装在RCD的上位）



3	Main earthing terminal or bar	F1	Protective device at the origin of the installation
4	Surge protective devices	F2	Protective device required by the manufacturer of the SPD
4a	Surge protective device (a combination 4-4a, providing protection against overvoltages of category II)	R_A	Earthing electrode (earthing resistance) of the installation
5	Earthing connection of surge protective devices, either 5a and/or 5b	R_B	Earthing electrode (earthing resistance) of the supply system
6	Equipment to be protected		
7	Residual current protective device (RCD), placed either upstream or downstream of the busbars		

Figure B.2 – SPDs on the supply side of RCD [according to 534.2.5 b)]

- 3、总接地端或接地排；4、浪涌保护器；4 a、浪涌保护器（4与4 a结合，提供了II类过电压防护）
- 5、5a和/或5b浪涌保护器的接地线；6、需要保护的设备；
- 7、漏电流保护器（RCD），可位于母排的上位（前）或下位（后）；
- F1、设备入口处的保护装置；
- F2、SPD需要的保护器
- R_A —本装置的接地电阻； R_B —供电系统的接地电阻



• 几个英文词的研究：

- 1、origin of installation:中，origin：the start point起点、原点。坐标的原点的O就是取的该词第一个字母。所以为该装置的起点，即入口，图15的该处标了F1，并说明是“设备入口处的保护装置”，在《Overvoltage protection of low voltage system》中，该位置标的是SEB—进线箱。GB 50057-94（2000）将其译为“装置的电源”不知何故？
- 2、Bar:a solid material that is longer than it is wide,always stiff metal 板,严格的讲，大多数指是金属板，不是“带”，“带”是软的，一般是tape或ribbon。所以译为“带”有待商榷。同理，铁路和通信词典都将busbar译为母排，图15的说明用的是busbars，是复数，指的是图中配电盘上的L1、L2、L3、PE、N（在I 的上位，即前部）等连接母排，决不是“母线”。
- 3、upstream 和downstream:upstream：tch forehead、front position, 前部、downstream：tch rear、back position,后位。计算机系统、通信等都称其为“上位”“下位”，如自动控制（PLC）系统有“上位机”“下位机”。若译为“上游”“下游”就有点“生硬”。大家以为如何？



想说的话很多，占了大家许多宝贵的时间。目的是抛砖引玉。希望造成一种各抒己见，生动活泼的学术气氛，将我国的防雷事业做好。多有不当，敬希批评。

谢谢大家

铁道科学研究院通信信号研究所



铁道科学研究院通信信号研究所