

# 建筑工程电气设计

下册

北京市建筑设计研究院  
洪元颐 李宏毅 编著



中国电力出版社

[www.cepp.com.cn](http://www.cepp.com.cn)

## 内 容 提 要

为满足当代科技发展和入世后与国际接轨的需要,编写了《建筑工程电气设计》,共分上下两册。上册以设计程序(工程调研、设计准备、方案设计、初步设计、施工图设计、图纸校审、配合施工,工程回访及程序实例)为主线,撰写典型建筑(医疗、居住、教学、观展、办公、旅游、商业、娱乐、体育)工程的强、弱电系统设计理论、方法和实例。本书为下册,它以设计新技术为主线,描述了10kV小电阻接地系统、高次谐波抗干扰、电热采暖、可编程控制、加装漏电保护器、电涌保护器,智能建筑以及太阳能光伏发电等几个系统的设计要领及设备选型。

本书可供从事建筑电气设计、施工、建设、开发等企业及部门的专业技术人员参考,亦可供大中专院校师生参阅。

### 图书在版编目(CIP)数据

建筑工程电气设计.下册/洪元颐,李宏毅编著.北京:中国电力出版社,2002.12

ISBN 7-5083-1248-1

I.建… II.①洪…②李… III.房屋建筑设备:电气设备-建筑设计 IV.TU85

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 080965 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

北京密云红光印刷厂印刷

各地新华书店经售

\*

2003年4月第一版 2005年7月北京第二次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 44.75印张 1106千字 4插页

印数4001—6500册 定价68.00元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

# 前 言

Qian yan

程为例，讲述把握程序、按设计步骤办事的可行性。

《建筑工程电气设计 下册》撰写内容难度较大，欲反映社会进步及与国际接轨而涌现出来的一系列建筑电气新理念和设计方法，这些鲜为人们关注的技术亟待解决，有利于人们全方位地认识、汲取和实施。具体可分为三大类别：

首先是供配电的 10kV 小电阻接地，双路电源切换及高次谐波抗干扰等系统；电气设备的可编程控制器，四极断路器设置范围，住宅总进线的漏电保护以及设备的正确选型。

其次是智能建筑，从澄清基本概念和科学技术用语出发，简述建筑设备自动化（建筑设备监控、火灾自动报警、安全防范）、通信网络、办公自动化、综合布线等几个系统及其集成的理论和应用实例。以使国内设计部门，不但在强电领域占有一席之地，弱电方面也与国外设计事务所具有同等竞争力。

其三是建筑内的局部新技术，包括电热采暖的电热膜、电锅炉、电热线的工作原理和应用；建筑照明里的室内照明方式，室外照明的突破性进展和光源灯具及其启动设备方面的新品种；建筑防雷章在扼要讲述有关理论后，侧重于对工程加装电涌保护器设计要领的深层次理解和纯熟应用，保障安全；面临国内娱乐场所的兴起，本书特别叙述其相关术语，剖析两座专业剧团的照明、舞台机械全新设计和改造的实景。同期展现国外丰富多彩的一系列娱乐设施供借鉴采纳。最后讲述可再生能源中的太阳能光伏发电技术，它由独立、并联和并网发电系统组成。光电板组件是贴在建筑物立面、屋顶上，通过光电转换供楼内用电，以及地面电站和太阳能路灯等应用。

本书在编写过程中，得到北京市建筑电气研究所领导和同行们的关心和帮助，在此表示衷心的感谢。

# 目 录

## 第五章 建筑防雷接地

第一节	基本概念	418
第二节	防雷措施	422
第三节	实施细则	426
第四节	接地保护	438

## 第六章 建筑娱乐设施

第一节	剧院专用术语及设施	452
第二节	新建娱乐场所	459
第三节	改建剧院设计剖析	467
第四节	娱乐方式借鉴	494

## 第七章 建筑电气设备

第一节	设备控制	503
第二节	供配电装置	529

附录 A	首规委办、供电局关于城镇住宅电气设计实施一户一表通知 (1999.7.15)	650
附录 B	市规委、市发委、市建委、市国管局关于印发《北京市住宅区及住宅建筑有线广播电视设施建设管理规定》的通知 (2000.7.13)	651
附录 C	首规委办、市规委关于《北京市区民用建筑近期市政能源规划指标》的通知 (1997)	658
附录 D	图纸校审	660
附录 E	《工程建设标准强制性条文》建筑电气部分摘录	680
附录 F	低温辐射电热膜供暖技术规程 (黑龙江省地方标准 DB23/T 696—2000)	693
附录 G	补充内容	701
参考文献		708

## 第五章

续表

序号	名称	含义
16	静电感应	由于雷云先导的作用,使附近导体上感应出与先导通道符号相反的电荷,雷云主放电时,先导通道中的电荷迅速中和,在导体上的感应电荷得到释放,如不就近泄入地中就会产生很高的电位
17	电磁感应	由于雷电流迅速变化在其周围空间产生瞬变的强电磁场,使附近导体上感应出很高的电动势
18	电磁屏蔽	用金属材料减少交变电磁场向指定区域穿透的屏蔽
19	雷电波侵入	由于雷电对架空线路或金属管道的作用,雷电波可能沿着这些管线侵入屋内,危及人身安全或损坏设备
20	雷电防护区	根据被保护设备的位置,所能承受的电磁场强度及要求相应采取的防护措施而划分的防护区域
21	过电压保护器	用来限制存在于某两物体之间的冲击过电压的一种设备,如放电间隙、避雷器或半导体器具
22	等电位连接网	由对一个信息系统的外露导电部分做等电位连接的导体组成的网
23	共用接地系统	一建筑物接至接地装置的所有互相连接的金属装置,包括外部防雷装置
24	雷击电磁脉冲	作为干扰源的直接雷击和附近雷击所引起的电磁感应,绝大部分是通过连接导体的干扰,如雷电过电压或部分雷电流,被雷电击中的装置的高电位以及电磁辐射干扰
25	闪电对地闪击	大气雷云与大地之间的放电,它具有一次雷击或多次雷击
26	等电位连接	内部防雷装置的这一部分,其目的在于减小雷电流所引起的电位差
27	等电位连接	一能收合层装置 从或已由物 由导线 通信线和其他由级连接到防雷装置

续表

序号	名称	含义
37	Ⅱ级分类试验	用标称放电电流 $I_n$ 、 $1.2/50\mu\text{s}$ 冲击电压和最大放电电流 $I_{\text{max}}$ 做的试验
38	Ⅲ级分类试验	用混合波 ( $1.2/50$ 、 $8/20\mu\text{s}$ ) 做的试验
39	混合波	发生器产生 $1.2/50\mu\text{s}$ 冲击电压加于开路电路和 $8/20\mu\text{s}$ 冲击电流加于短路电路, 开路电压的符号为 $U_{oc}$
40	$1.2/50\mu\text{s}$ 电压脉冲	具有 $1.2\mu\text{s}$ 视在波前 (由峰值 10% ~ 90%) 时间及 $50\mu\text{s}$ 半值时间的电压脉冲
41	$8/20\mu\text{s}$ 电流脉冲	具有 $8\mu\text{s}$ 视在波前 (由峰值 10% ~ 90%) 时间及 $20\mu\text{s}$ 半值时间的电流脉冲
42	$10/350\mu\text{s}$ 电流脉冲	具有 $10\mu\text{s}$ 视在波前 (由峰值 10% ~ 90%) 时间及 $350\mu\text{s}$ 半值时间的电流脉冲
43	互相连接的钢筋网	认为在电气上是贯通的建筑物钢筋体

## 2. 雷云

无论直击雷还是感应雷都与带电云层的雷云分不开。有关雷云形成的假设很多, 但至今尚未有一种被公认为无懈可击的完整学说。当太阳把地面晒得很热时, 其部分水化为蒸气, 一方面是地面空气受热变轻而上升, 在上空遇冷凝成小水滴, 形成积云。另一方面则是当水平移动的冷、暖气流相遇时, 冷气团下降, 暖气团上升在高空凝成小水滴, 形成宽度达几千米的积云, 易形成较大范围的雷害。云中悬浮水滴增多时, 便成了乌云, 其起电机理有三种效应理论。

(1) 水滴破裂。云中水滴受强气流的吹袭, 分裂成一些带正电的较大水滴和带负电的小水滴, 后者同时被气流携走, 于是云就由于电荷的分离而各自带有不同的电荷。

(2) 吸收电荷。由于宇宙射线的作用, 大气中存在着两种离子, 而空间存在自上而下的电场, 使得云层上部积聚负电荷, 下部积聚正电荷, 在气流作用下云层分离从而带电。

(3) 水滴冻结。资料表明, 雷云中正电荷处于由冰晶组成的云区中, 而负电荷则处于冰

由于云中可能同时存在几个电荷中心，所以第一个电荷中心的上述放电完成之后，可能引起第二个、第三个中心向第一个通道放电，因此雷电往往是多重性的，重复放电的数目记录到数十次之多，平均为3~4次。

#### 4. 闪击

大气中一部分带电的云层与另一部分带异种电荷的云层之间，或者它们与大地之间迅猛的放电，称为闪击，有时称为雷击。这种迅猛的放电过程产生强烈的闪光并伴随巨大的声音。前者主要对飞行器、敏感电子设备发生危害，对地面建筑物、人、畜影响不大；后者则对建筑物、人、畜以及敏感电子设备危害甚大，建筑物的防雷主要考虑这种放电效应。

大气雷云与大地之间的放电，即闪电对地闪击，它具有正极性放电的一次雷击或负极性放电的多次雷击。所谓雷击是指一个闪电对地闪击中的一次放电，在实际应用上它包括主放电及其余光阶段的放电。

闪电对地闪击的四种类别（图5-1）：通称为地对云闪击，通常发生于山顶、高塔和高建筑物上。负极性闪击约占全部闪击的90%，正极性闪击约占10%；向下闪击通称为云对地闪击。

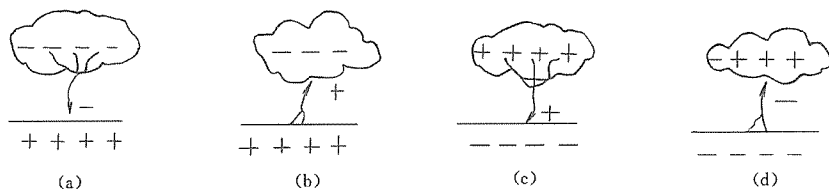


图 5-1 闪电对地闪击

(a) 负极性向下；(b) 正极性向上；(c) 正极性向下；(d) 负极性向上

## 二、雷电危害

### 1. 电流热效应

强大的雷电流通过遭雷击树木或建（构）筑物，瞬间产生大量热能，若不能及时散开，物体内部的水分变成蒸汽并迅速膨胀，而产生巨大的爆破力，损坏严重。雷电流通过金属会

### 3. 雷击后果

既可能是火灾、机械破坏、人畜伤亡、电气和电子设备损坏,还可能引起人们惊慌,甚至造成爆炸,并使危险物(放射性物质、化学药剂、有毒物质、生物化学污染物、细菌和病毒)泄漏。还可能危及供电、计算机、控制及调节系统,而造成供电中断、数据消失、生产和商业停顿。所以建筑物内的重要敏感电子设备需要特殊的保护。

## 第二节 防雷措施



### 一、规范标准

GB50057—1994 仍采用防直击雷(含防反击)、雷电感应和雷电波侵入;IEC1024-1 和有的国家建筑物防雷标准将防雷分为外部防雷(防直击雷,不包括防止防雷装置受到直接雷击时可能产生向其他物体的反击)和内部防雷(防雷电感应、防反击、防雷电波侵入和防生命危险)。

GB50057—1994 和 IEC1024-1:1990 仍然规定采用建筑物防直击雷的常规方法。至于近年来国内外推向市场销售的一些产品,由于其价高、效果得不到承认等,而没有得到以上规定的推荐。

由于电子系统(计算机、通信设备、控制等信息)的应用日渐增多,闪电可能使其运转中断,从安全和代价来讲都是极其严峻的。闪电产生很高能量,远远超过电子设备能予承受的能量级。所以,需要有一种合理的工程保护方法。我国在这方面尚无国家标准,仍以 IEC1312-1 为主,它试图解释闪电瞬变耦合机理,并给予信息系统减少瞬变干扰的原理。

### 二、防雷分类及问题

#### 1. 分类

分类方式见表 5-2。

#### 2. 防雷分类

(1) 当一栋建筑物兼有一~三类防雷要求时,其防雷分级和防雷措施宜符合下列规定。

续表

序号	类别	内容
2	二	<p>国家级重点文物保护的建筑物</p> <p>国家级的会堂、办公建筑物、大型展览和博览建筑物、大型火车站、国宾馆、国家级档案馆、大型城市重要给水水泵房等特别重要的建筑物</p> <p>国家级计算中心、国际通信枢纽等对国民经济有重要意义，且有大量电子设备的建筑物</p> <p>制造、使用或贮存爆炸物质的建筑物，且电火花不易引起爆炸或不致造成巨大破坏和人身伤亡者</p> <p>具有 1 区爆炸危险环境的建筑物，且电火花不易引起爆炸或不致造成巨大破坏和人身伤亡者</p> <p>具有 2 区或 11 区爆炸危险环境的建筑物</p> <p>工业企业内有爆炸危险的露天钢质封闭气罐</p> <p>预计雷击次数 <math>&gt; 0.06</math> 次/a 的部、省级办公建筑物及其他重要或人员密集的公共建筑物</p> <p>预计雷击次数 <math>&gt; 0.3</math> 次/a 的住宅、办公楼等一般性民用建筑物</p>
3	三	<p>省级重点文物保护的建筑物及省级档案馆</p> <p>预计雷击次数在 <math>0.012 \sim 0.06</math> 次/a 的部、省级办公建筑物及其他重要或人员密集的公共建筑物</p> <p>预计雷击次数在 <math>0.06 \sim 0.3</math> 次/a 的住宅、办公楼等一般性民用建筑物</p> <p>预计雷击次数 <math>\geq 0.06</math> 次/a 的一般性工业建筑</p> <p>根据雷击后对工业生产的影响及产生的后果，并结合当地气象、地形、地质及周围环境等因素，确定需要防雷的 21 ~ 23 区火灾危险环境</p> <p>在平均雷暴日 <math>&gt; 15d/a</math> 的地区，高度 <math>\geq 15m</math> 的烟囱、水塔等孤立的高耸建筑物。在平均雷暴日 <math>\leq 15d/a</math> 的地区，高度 <math>\geq 20m</math> 的烟囱、水塔等孤立的高耸建筑物</p>

注 指遇到表列情况之一时，应划归的防雷建筑物类别。

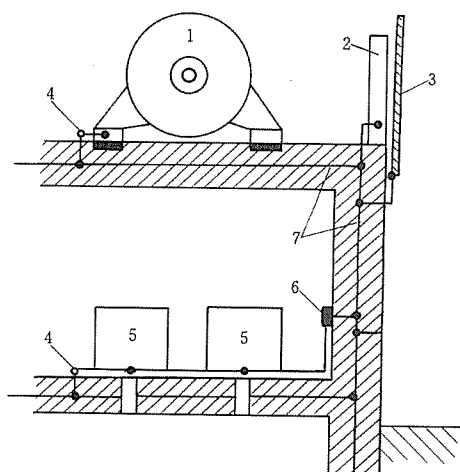
3) 第一、二类防雷建筑物的面积之和  $< 30\%$  建筑物总面积，且不可能遭直接雷击

时，该建筑物可确定为二类防雷建筑物。但对第一、二类防雷建筑物的防雷电感应和防

端作等电位连接,且与其他同样做了等电位连接的导体构成环路,感应出电流,以此减少磁通,从而基本上抵消掉无外屏蔽层时所感应的电压。

(2) 接地、等电位连接。为改进电磁环境,除一类防雷建筑物的独立避雷针及其接地装置外,所有与建筑物组合在一起的金属件(屋顶立面、金属表面,混凝土内钢筋和金属门窗框架)应作等电位连接,并与防雷装置相连,如。在需要保护的空間内,当采用屏蔽电缆时,其屏蔽层应至少在两端并宜在防雷区交界处做等电位连接。当系统要求只在一端做等电位连接时,应采用两层屏蔽,外层屏蔽按前述要求处理。

各自分开的建筑物之间,其非屏蔽电缆应敷设在金属管道内,如敷设在金属管、金属格栅或钢筋成格栅形的混凝土管道内,这些金属物从一端到另一端应是导电贯通的,并分别连到各分开的建筑物的等电位连接带上。电缆屏蔽层应分别连到这些带上。



## 2. 连接方式

(1) 钢筋混凝土建筑物。其等电位连接的例子见图 5-2。

(2) 对办公建筑物设计防雷区、屏蔽、等电位连接和接地示例。见图 5-3。

(3) 电源进线。鉴于干扰的严重性,必须在电源进入建筑物后将 TN-C-S 改为 TN-S 系统。干扰的路径见图 5-4。当电源采用 TN 系统时,从建筑物内总配电盘(箱)开始引出的配电线路和分支线路必须采用 TN-S 系统。

1) TN-C 系统。该系统中的中性线电流常会

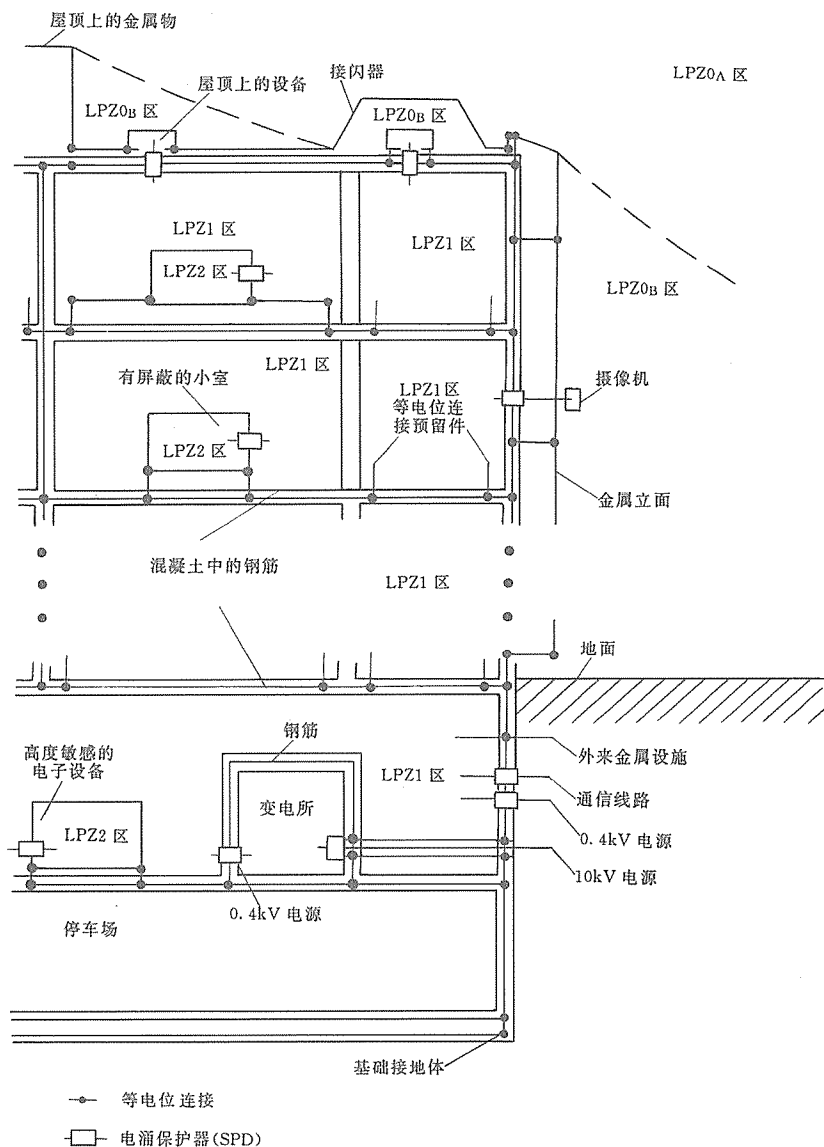


图 5-3 办公建筑屏蔽、接地、等电位连接示例

(3) 应经常检测 TN-S 系统是否局部或全部转变为 TN-C 系统及漏电电流的变化，以便及时修复、防止工频电流的干扰。

(4) 目前，由于国内的一些规定、制造商的要求与 IEC61312-1 等标准有矛盾，应说清楚在共用接地系统中不应采用独立接地体和引至远处做单点接地，否则，由此可能引发的事故，检查者和设计人无法负责。

(5) 在电子设备较多之处，为了避免单相接地短路电流较多地流过共用接地系统而产生

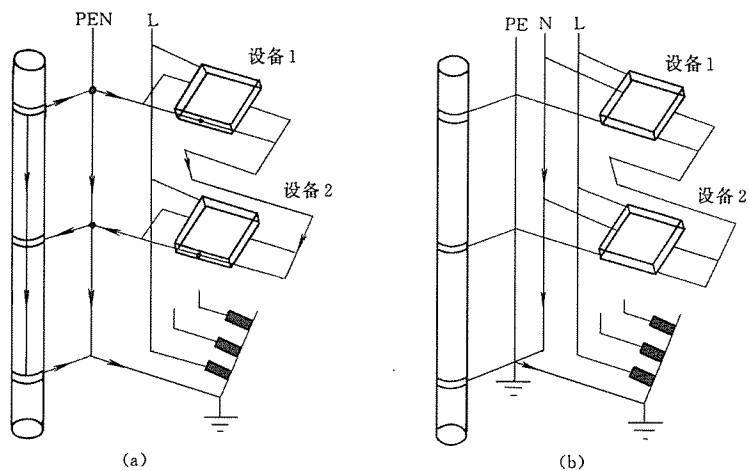


图 5-4 TN-S 系统避免中性线电流流入等电位连接系统示例  
(a) TN-C 系统; (b) TN-S 系统

### 第三节 实施细则

近年来,随着现代化水平的不断提高,民用建筑物内安装的信息和电脑等设备越来越多,它们一般工作电压较低,耐压水平也很低,极易受到雷电电磁脉冲的危害,因此这类建筑物具有防直击雷措施外,还应有雷电电磁脉冲的防护措施:接闪、分流、屏蔽、接地、等电位连接,其中等电位连接是重要的防护措施。

对于不能直接参加等电位连接的带电体,如电源相线和中性线、信号线等使用电涌保护器(SPD)进行等电位连接,它们能起到限制瞬态过电压,分流电涌电流,保护信息系统设备的作用。

下面分别阐述民用建筑加装电涌保护器(SPD)的设计要点。

#### 一、选型原则

##### 1. 雷电保护区划分

雷电保护区划分见表 5-3。

表 5-3

雷电保护区划分

序号	保护区	内容
1	LPZ <sub>0A</sub>	各物体完全暴露在外部防雷装置的保护范围之外,都可能遭受到直接雷击 本区内的电磁场强度没有衰减,属完全暴露的不设防区
2	LPZ <sub>0B</sub>	各物体处在外部防雷装置的保护范围之内,应不可能遭到大于所选滚球半径对应的雷电流直接雷击 本区内电磁场强度没有衰减,属暴露的直击雷防护区

续表

序号	保护区	内容
3	LPZ1	各物体不可能遭到直接雷击, 流经各导体的雷电流已经分流, 比 LPZ0 <sub>B</sub> 区减小, 且由于建筑物的屏蔽措施, 本区内的电磁场强度已初步衰减
4	LPZ <sub>n+1</sub>	当需要进一步减小流入的电流和电磁场强度时, 应增设后续防雷区, 并需要按保护的对象所要求的环境区选择后续防雷区的要求条件

注 1. 防雷区 (LPZ) 的划分参见 GB50057—1994。

2. LPZ<sub>n+1</sub> 区为后续防雷区。

## 2. 雷电流分流计算

在 LPZ0<sub>A</sub> 与 LPZ<sub>1</sub> 区的界面处做等电位连接用的 SPD, 应根据 GB50057—1994《建筑物防雷规范》(2000 年版) 附录六的附表 6.1~6.3 的雷电流参量估算通过它们的分流值。尚应考虑沿各种设施引入建筑物的雷电流, 应采用两值中较大者。SPD 仅按上述方法考虑雷击中建筑物防雷装置时通过其雷电流, 不含沿全长处在 LPZ0<sub>B</sub> 区的各种设施引入建筑物的雷电流。

(1) 雷击大地的年平均密度 ( $N_g$ )。按式 (5-1) 确定

$$N_g = 0.024 T_d^{1.3} \quad (5-1)$$

式中  $T_d$ ——年平均雷暴日, 根据当地气象台、站资料确定, d/a。

(2) 建筑物年预计雷击次数 ( $N$ )。按式 (5-2) 确定

$$N = KN_g A_e \quad (5-2)$$

式中  $N$ ——建筑物预计雷击次数, 次/a;

$K$ ——校正系数, 在一般情况下取 1, 位于旷野孤立的建筑物取 2, 金属屋面的砖木结构建筑物取 1.7, 位于河边、湖边、山坡下或山地中土壤电阻率较小处、地下水露头处、土山顶部、山谷风口等处的建筑物, 以及特别潮湿的建筑物取 1.5;

$N_g$ ——建筑物所处地区雷击大地的年平均密度, 次/( $\text{km}^2 \cdot \text{a}$ );

$A_e$ ——与建筑物相同雷击次数的等效面积,  $\text{km}^2$ 。

筑物的等效面积应按式 (5-5) 确定

$$A_e = [LW + 2H(L + W) + \pi H^2] \times 10^{-6} \quad (5-5)$$

3) 当建筑物各部位高度不同时。应沿建筑物周边逐点算出最大扩大宽度, 其等效面积 ( $A_e$ ) 应按每点最大扩大宽度外端的连接线所包围的面积计算。

## 二、雷击风险评估分级

信息系统雷击电磁脉冲的防护应按其所处的建筑物条件、信息设备的重要程度、发生雷击事故严重程度等进行雷击风险综合评估, 将信息系统雷击电磁脉冲的防护分为 A、B、C、D 四级, 分别采用相应防护措施, 见表 5-4。

表 5-4 信息系统雷击电磁脉冲防护级别

序 号	防护等级	适宜系统	电涌保护器级别
1	A	低压	3~4
2	B	低压	2~3
3	C	低压	2
4	D	低压	≥1

(1) 雷击风险评估计算实例。某设有信息系统的办公大楼, 楼高  $H = 50\text{m}$ , 楼长  $L = 60\text{m}$ , 楼宽  $W = 40\text{m}$ 。北京地区一年平均雷暴日  $T_d 36.7\text{d/a}$ 。

(2) 信息系统雷击电磁脉冲防护分级。

1) 雷击大地的年平均密度  $N_g$  [次 / ( $\text{km}^2 \cdot \text{a}$ )] 确定

$$\begin{aligned} N_g &= 0.024 \times T_d^{1.3} \\ &= 2.6[\text{次} / (\text{km}^2 \cdot \text{a})] \end{aligned}$$

2) 建筑物年预计雷击次数  $N$  (次/a) 确定

$$N = KN_g A_e$$

$$\begin{aligned} A_e &= [LW + 2(L + W) \cdot \sqrt{H(200 - H)} + \pi H(200 - H)] \times 10^{-6} \\ &= [(2400 + 200 \times 86.8) + 23550] \times 10^{-6} \\ &= 43310 \times 10^{-6} = 0.0433(\text{km}^2) \end{aligned}$$

$$N = K \cdot N_g \cdot A_e (\text{取 } K = 1)$$

$$= 2.6 \times 0.0433 = 0.11(\text{次} / \text{a})$$

$A_e$ ——应为其实际面积向外扩大或后的面积, 其计算方法应符合下列规定:

a 当建筑物的高度  $< 100\text{m}$  时: 其每边的扩大宽度和等效面积应按式 (5-3) 和式 (5-4) 计算确定。

b 当建筑物的高度  $H \geq 100\text{m}$  时: 其每边的扩大宽度应按等于建筑物的高计算; 建筑物的等效面积  $A_e$  应按式 (5-5) 计算确定。

c 当建筑物各部分的高度不同时: 应沿建筑物周边逐点算出最大扩大宽度, 其等效面积