

B.2 烟花爆竹工厂的危险场所类别和防雷分类

烟花爆竹工厂生产、加工、研制危险品的工作间危险场所类别和防雷分类见表 B.2。

表 B.2 烟花爆竹工厂生产、加工、研制危险品的工作间危险场所类别和防雷分类

序号	危险品名称	工作间名称	危险场所类别	防雷分类
1	黑火药	药物混合(硝酸钾与碳、硫球磨),潮药装模(或潮药包片),压药,拆模(撕片),碎片、造粒、抛光,浆药,干燥,散热,筛选,计量包装	F0	—
		氧化剂(还原剂)粉碎、筛选、干燥、称料、硫、碳二成分混合	F2	二
2	烟火药及效果件	药物混合,造粒,筛选/摊晾,压药,干燥/散热,计量包装	F1	—
		湿法混药,浆药,湿法制开球药、梢药柱(药块),湿药调制,烟雾药干燥、散热、计量包装	F1	—
		氧化剂(还原剂)粉碎、筛选、干燥、称料	F2	二
3	笛音/爆音效果件	药混合,装(压)药、驱残药	F1	—
		氧化剂(还原剂)粉碎、筛选、干燥、称料	F2	二
4	引火线	浆药,干法或有机溶剂湿药配制,拉线蘸药,漆引/牵引裁割,浆引,干燥/散热,绕引,定型/捆扎,切引,包装	F1	—
		水溶剂湿法配制、制引	F2	二
5	爆竹类	混药及装药	F1	—
		黑火药混合装药,有机溶剂湿药调制	F1	—
		水溶剂湿药配制、空筒插引(注引),挤引/点胶,干燥(晾干),封口,点药(擦火头),擦炮吹灰,结鞭,封装,产品包装	F1	二
6	吐珠类、组合烟花类、小礼花类(烟花效果,漂浮型)	装(压)药(含裸药效果件)	F1	—
		装(压、筑)黑火药,已装药部件钻孔,装/筑吐珠(花束),外筒封口(机械压制片),装发射药,组装(单筒药量 $\geq 25\text{g}$ 非裸药或雷药 $> 2\text{g}$),半成品干燥	F1	—
		空桶点尾、蘸药、安引,空筒组盆串引,外筒封口(手工压纸片),组装(单筒药量 $< 25\text{g}$ 非裸药件且雷药 $\leq 2\text{g}$),产品包装	F2	二
7	礼花弹、小礼花类(柱/球型)	装球	F1	—
		切/剖引(引线钻孔),包发射药/接引药,组装(含安引、组发射药包、串球),点药,球干燥,散热,礼花弹产品包装(装箱)	F1	—
		空壳安引,敷球,组盆串引,小礼花类产品包装(装箱)	F2	二
8	升空类(含火箭、双响、旋转升空)	装(筑、压)药	F1	—
		黑火药装(筑、压)药/封口,已装药部件钻孔,安引(已装药),组装	F1	—
		小火箭安引/组装,产品包装 双响(二脚踢)安引、过节、拔底、缙头、绑把、包装	F2	二
9	喷花类、架子烟花	装(压)药、封口,已装药部件的钻孔	F1	—
		安引,组盆串引,组装,产品包装	F2	二

表 B.2 烟花爆竹工厂生产、加工、研制危险品的工作间危险场所类别和防雷分类 (续)

序号	危险品名称	工作间名称	危险场所类别	防雷分类
10	旋转类	装(筑、压)药	F1	一
		装(筑、压)黑火药,已装药部件钻孔,压塑	F1	一
		安引,组装(含引线、配件、旋转轴、架),包装	F2	二
11	线香类	装药	F1	二
		产品点药,裹药线香产品晾干	F1	二
		蘸药线香产品干燥、散热、取钎,水溶剂蘸药线香产品调湿药、蘸药,产品包装	F2	二
12	摩擦型	雷酸银药物配制	F0	一
		拌药砂,药物调湿,机械蘸药(点药),产品干燥	F1	一
		包药砂,手工蘸药,封装,产品包装	F2	二
13	烟雾型	烟球制作,装(压)药	F1	一
		烟球干燥/散热,裹烟球,钻孔,安引,组装,包装	F2	二

B.3 民用爆破器材工厂的电气危险场所类别和防雷分类

民用爆破器材工厂危险工作间(或建筑物)的电气危险场所类别及防雷分类见表 B.3。民用爆破器材工厂危险品库房和仓库的电气危险场所类别及防雷分类见表 B.4。

表 B.3 民用爆破器材工厂危险工作间(或建筑物)的电气危险场所类别及防雷分类

序号	危险品名称	危险工作间(或建筑物)内生产工序的名称	电气危险场所类别	防雷分类
工业炸药及其制品				
1	铵梯(油)类炸药	梯恩梯粉碎、梯恩梯称量、梯恩梯熔化、混药、筛药、凉药、装药、包装	F1	一
		硝酸铵粉碎、干燥、废水处理	F2	二
2	粉状铵油类炸药(含膨化硝酸铵炸药、改性铵油炸药、粉状铵油炸药、铵松蜡炸药、铵沥蜡炸药)	膨化(改性)、混药、筛药、凉药、装药、包装	F1	一
		硝酸铵粉碎、干燥、溶解,硝酸铵水溶液储存	F2	二
3	多孔粒状铵油炸药	混药、包装	F1	一
4	黏性粒状炸药	混药、包装	F1	一
		硝酸铵粉碎、干燥	F2	二
5	水胶炸药	硝酸铵制造、浓缩和储存、混药、凉药、装药、包装	F1	一
		硝酸铵粉碎、溶解,硝酸铵水溶液储存	F2	二
6	浆状炸药	梯恩梯粉碎、炸药熔药、混药、凉药、包装	F1	一
		硝酸铵粉碎	F2	二

表 B.3 民用爆破器材工厂危险工作间(或建筑物)的电气危险场所类别及防雷分类(续)

序号	危险品名称		危险工作间(或建筑物)内生产工序的名称	电气危险场所类别	防雷分类
7	乳化炸药	粉状	制粉、装药、包装	F1	一
			乳化	F2	一
			硝酸铵粉碎、溶解,硝酸钠粉碎、溶解,硝酸铵水溶液储存,油相制备	F2	一
		胶状	乳化、乳化基质冷却、敏化、敏化后的保温(凉药)、装药、药卷冷却、包装	F2	一
			硝酸铵粉碎、溶解,硝酸钠粉碎、溶解,硝酸铵水溶液储存,油相制备	F2	二
8	药柱(注装)、起爆具	熔药、混药、装药、凉药、退模、检验、包装、暂存	F1	一	
9	药柱(压制)	压制、退模、炸药和药性暂存	F1	一	
		检验、包装	F1	一	
10	震源药柱	炸药准备、熔混药、装药、压药、凉药、钻孔、装配、检验、装箱	F1	一	
工业雷管					
11	工业雷管(含电雷管、数码电子雷管、磁电雷管、导爆管雷管、地震勘探电雷管等)、基础雷管、继爆管	黑索今或太安的造粒、干燥、筛选、包装	F1	一	
		继爆管的装配、包装	F1	一	
		二硝基重氮酚制造(中和、还原、重氮、过滤)、暂存、分盘	F1	一	
		二硝基重氮酚的干燥、凉药、筛选、暂存	F1	一	
		其他起爆药的化合、分盘、干燥、凉药、筛选、暂存	F1	一	
		基础雷管装药、压药、暂存	F1	一	
		雷管装配、雷管编码	F1	一	
		雷管检验、包装、装箱	F1	一	
		雷管试验站	F1	一	
		引火药头用和延期药用的引火药剂制造	F1	一	
		引火元件制造	F1	一	
		延期药混合、造粒、干燥、凉药、筛选、暂存、装药、延期元件制造	F1	一	
		起爆药废水处理	F2	二	
12	导爆索	炸药的筛选、混合、干燥、暂存	F1	一	
		导爆索制索、涂塑、烘索、盘索、普检、组批、包装	F1	一	
		导爆索性能测试	F2	二	
13	塑料导爆管	炸药的粉碎、干燥、凉药、筛选、混合	F1	一	
		导爆药暂存	F1	二	
		塑料导爆管制造、检验、组批、包装	F2	二	
14	爆裂管	爆裂管的切索、包装	F1	一	
		爆裂管炸药	F1	一	

表 B.3 民用爆破器材工厂危险工作间(或建筑物)的电气危险场所类别及防雷分类(续)

序号	危险品名称	危险工作间(或建筑物)内生产工序的名称	电气危险场所类别	防雷分类
油气井用起爆器材				
15	射孔弹、穿孔弹	炸药准备(筛选、烘干、称量、保温、暂存)	F1	—
		压药、装配、包装	F1	—
		成品试验	F1	—
安全气囊用点火具				
16	点火具	混药、装药、压药	F1	—
		装配(含焊封、注塑等,且装药斗及点火药暂存在防护装置内)、检验、包装	F2	二
海上救生烟火信号				
17	海上救生烟火信号	烟火药的配药、混药和压药	F1	—
		装配、产品试验、成品检验	F1	—
增雨防雹火箭弹				
18	增雨防雹火箭弹	点火药制造、点火器装药装配、功能药剂的混药、功能药剂播撒装置的装药、装配、推进剂药柱包覆、整形、固化、成品装配、喷漆	F1	—
		引火药配制、引火药头制造	F1	—
火药、炸药及其制品				
19	危险品	理化分析	F2	二
<p>注 1: 危险品中转站台的电气危险场所为 F1 类, 防雷类别为一类。</p> <p>注 2: 危险品性能试验塔(罐)试验准备间的电气危险场所为 F1 类, 防雷分类为三类。</p>				

表 B.4 民用爆破器材工厂危险品库房和仓库的电气危险场所类别及防雷分类

序号	危险品库房、仓库名称	电气危险场所类别	防雷分类
1	黑索今、太安、奥克托金、梯恩梯、苦味酸、药柱(注装、压制)、起爆具、震源药柱 工业炸药[铵梯(油)类炸药、粉状铵油类炸药(含膨化硝酸铵炸药、改性铵油炸药、铵油炸药、铵松蜡炸药、铵沥蜡炸药)、多孔粒状铵油炸药、黏性粒状炸药、水胶炸药、浆状炸药、粉状乳化炸药等]、含火药含水工业炸药	F0	—
2	胶状乳化炸药	F1	—
3	硝酸铵(含硝酸铵水溶液)、硝酸钠	F2	二
4	小粒发射药(2/1 樟等、水含量不小于 12%)、单基发射药(水含量不小于 12%)、双基发射药(水含量不小于 12%)	F1	—
5	工业雷管(含电雷管、数码电子雷管、磁电雷管、导爆管雷管、地震勘探电雷管等)、基础雷管、继爆管	F1	—
6	爆裂管	F1	—

表 B.4 民用爆破器材工厂危险品库房和仓库的电气危险场所类别及防雷分类（续）

序号	危险品库房、仓库名称	电气危险场所类别	防雷分类
7	导爆索、射孔弹、穿孔弹	F1	一
8	起爆药、点火药、引火药、导爆药	F0	一
9	延期药、延期元件	F1	一
10	点火具	F2	二
11	海上救生烟火信号	F1	一
12	黑火药	F0	一
13	硝化纤维素(水及醇类含量不小于 25%)	F2	二
14	增雨防雹火箭弹	F1	一
15	推进剂及其制品	F0	一
注：覆土库门斗内的电气危险场所为 F1 类，防雷类别为一类。			

附录 C

(资料性)

常用检测仪器的主要性能和参数指标

C.1 接地电阻测试仪

C.1.1 工频接地电阻测试仪

测试电流： ≥ 20 mA。
量程： $\geq (0 \sim 2\,000)\Omega$ 。
分辨力(d)： $\leq 0.01\Omega$ 。
最大允许误差： $\pm(5\% \text{rdg} + 2d)$ 。
注：rdg 指显示值。

C.1.2 大电流接地电阻测试仪

测量大型接地地网时，选用大电流接地电阻测试仪。
测试电流： ≥ 3 A(异频 40 Hz~60 Hz)、 ≥ 50 A(工频 50 Hz)。
量程： $\geq (0 \sim 100)\Omega$ 。
分辨力(d)： $\leq 0.001\Omega$ 。
最大允许误差： $\pm(1\% \text{rdg} + 2d)$ 。

C.2 土壤电阻率测试仪

测试电流： ≥ 20 mA。
量程： $\geq (0 \sim 20)\text{k}\Omega \cdot \text{m}$ 。
分辨力(d)： $\leq 0.01\Omega \cdot \text{m}$ 。
最大允许误差： $\pm(5\% \text{rdg} + 2d)$ 。

C.3 过渡电阻测试仪(毫欧表)或等电位测试仪

空载电压： $(4 \sim 24)\text{V}$ 。
测试电流： ≥ 0.2 A。
量程： $\geq (0 \sim 100)\Omega$ 。
分辨力(d)： $\leq 0.001\Omega$ 。
最大允许误差： $\leq \pm(2\% \text{rdg} + 2d)$ 。

C.4 兆欧表或绝缘电阻测试仪

测试电压： ≥ 500 V。
量程： $\geq (0 \sim 1\,000)\text{M}\Omega$ 。
分辨力(d)： $\leq 0.1\text{M}\Omega$ 。
最大允许误差： $\pm(5\% \text{rdg} + 2d)$ 。

C.5 防雷元件测试仪(压敏电压测试仪/泄漏电流测试仪)

量程： $\geq (0 \sim 1\,800)\text{V}$ 。

压敏电压分辨力(d_U): ≤ 0.1 V。

泄漏电流分辨力(d_I): ≤ 0.1 μ A。

压敏电压最大允许误差: $\pm(5\% \text{rdg} + 1 d_U)$ 。

泄漏电流最大允许误差: $\pm(2\% \text{rdg} + 1 d_I)$ 。

C.6 SSD 最小瞬时动作电流动作特性测试仪(SSD 测试仪)

测试电流: ≥ 1 A。

量程: $\geq (0.01 \sim 1)$ S。

分辨力(d): ≤ 0.01 S。

最大允许误差: $\pm(5\% \text{rdg} + 2d)$ 。

附录 D
(规范性)
过渡电阻的测量

D.1 基本要求

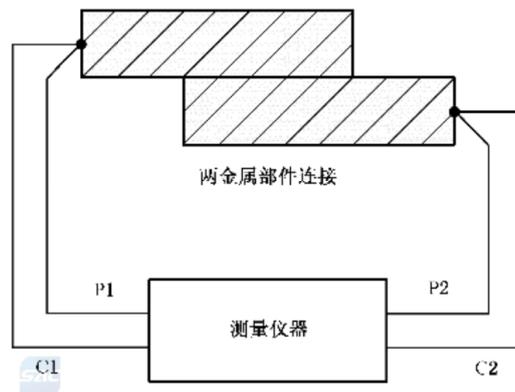
D.1.1 过渡电阻用于表征建筑物金属部件或构件电气连接、等电位连接、跨接连接的性能以及两相邻接地装置间电气贯通性的参数。为减小或消除测试线直流电阻引入的测量数据叠加,宜选用具有四线法测试功能或可直接消除测试线直流电阻的设备仪器。

D.1.2 测量中宜尽量减小测试线与被测部位接触点之间接触电阻的影响。

D.2 电气连接性能的过渡电阻测量

D.2.1 电气连接性能的过渡电阻测量适用于将同类功能或不同类功能的金属部件直接连接在一起的情形,连接方式如焊接、夹接、压接或螺栓连接等。

D.2.2 电气连接性能过渡电阻测量示意图见图 D.1。



标引符号说明:

C1、C2——电流测试极;

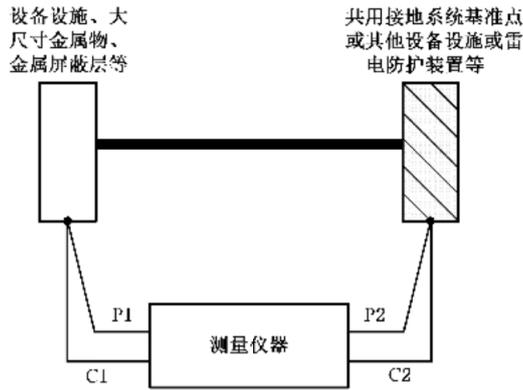
P1、P2——电压测试极。

图 D.1 电气连接性能的过渡电阻测量示意图

D.3 等电位连接性能的过渡电阻测量

D.3.1 等电位连接性能的过渡电阻测量适用于通过等电位连接导体将分开的设备、设施连接到等电位连接带、等电位端子板或接地端子等,进而连接到防雷装置或接地系统的情形,连接方式如焊接、夹接、压接、螺栓连接等。

D.3.2 等电位连接性能过渡电阻测量示意图见图 D.2。



标引符号说明：

C1、C2——电流测试极；

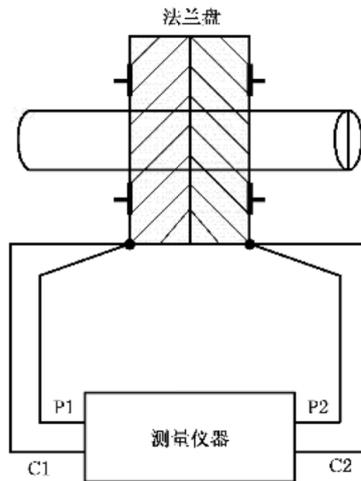
P1、P2——电压测试极。

图 D.2 等电位连接性能的过渡电阻测量示意图

D.4 跨接连接性能的过渡电阻测量

D.4.1 跨接连接性能的过渡电阻测量适用于将电气绝缘的导电部件之间用导体相互连接的情形。

D.4.2 跨接连接性能的过渡电阻测量示意图见图 D.3、图 D.4。

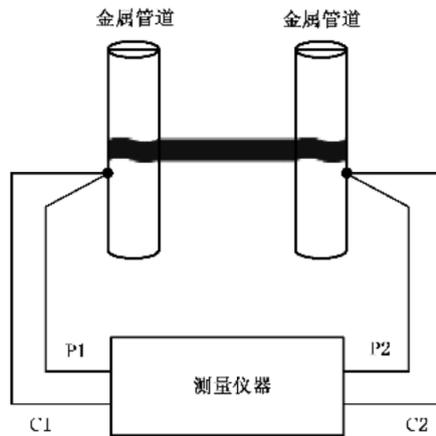


标引符号说明：

C1、C2——电流测试极；

P1、P2——电压测试极。

图 D.3 法兰盘之间跨接连接性能的过渡电阻测量示意图



标引符号说明：

C1、C2——电流测试极；

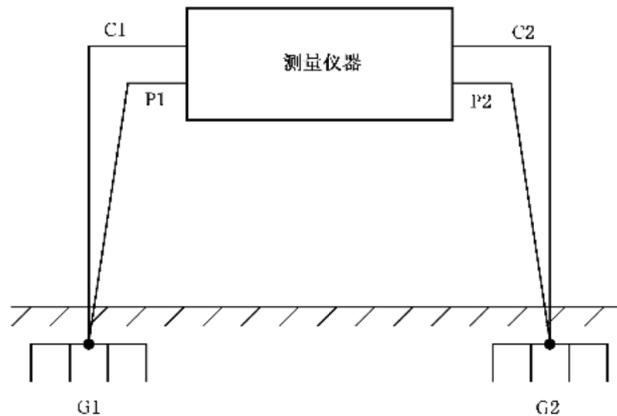
P1、P2——电压测试极。

图 D.4 金属管道之间跨接连接性能的过渡电阻测量示意图

D.5 电气贯通性能的过渡电阻测量

D.5.1 电气贯通性能的过渡电阻测量适用于判断相邻建筑物的接地装置之间的连接情形或金属管、金属格栅或钢筋成格栅形的混凝土管道两端的电气贯通情形。

D.5.2 电气贯通性能的过渡电阻测量示意图见图 D.5、图 D.6。



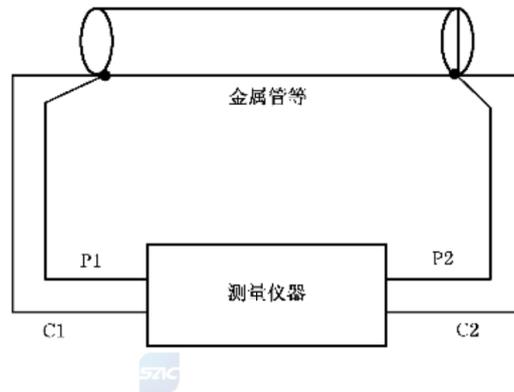
标引符号说明：

C1、C2——电流测试极；

P1、P2——电压测试极；

G1、G2——两处相邻的接地装置。

图 D.5 两相邻接地装置之间电气贯通性能的过渡电阻测量示意图



标引符号说明：

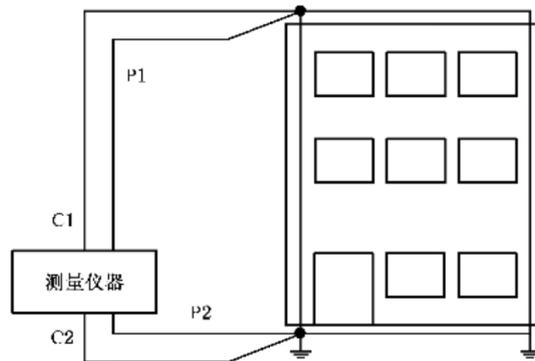
C1、C2——电流测试极；

P1、P2——电压测试极。

图 D.6 金属管等两端电气贯通性能测量示意图

D.6 引下线电气连接性能的过渡电阻测量

引下线电气连接性能的过渡电阻测量示意图见图 D.7。



标引符号说明：

C1、C2——电流测试极；

P1、P2——电压测试极。

图 D.7 引下线电气连接性能的过渡电阻测量示意图

D.7 高层建筑物接地基准点(ERP)接地性能的过渡电阻检测

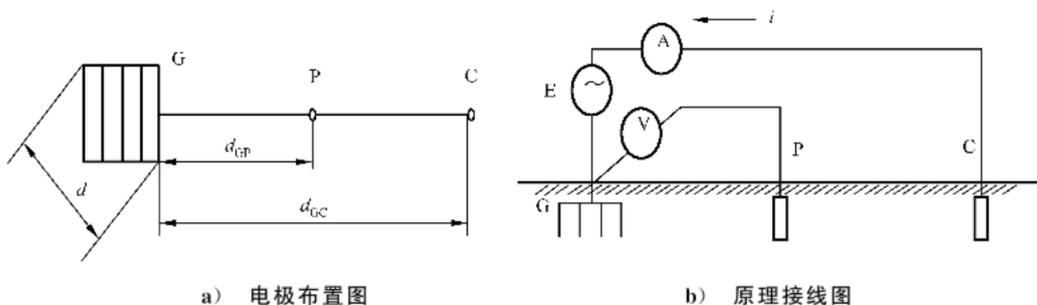
可通过逐级测量过渡电阻方式进行。首先测量第一基准点与接地装置的过渡电阻,确认该基准点符合接地要求,而后依次测量后一基准点与前一基准点的过渡电阻,以保证它们符合接地要求。

附录 E

(规范性)

接地电阻的测量

E.1 三极法宜采用直线法进行电极布置,即被测接地装置 G,测量用的电压极 P 和电流极 C 布置在一条直线上且垂直于地网,接线原理图见图 E.1。测量用电流极 C 和电压极 P 离被测接地装置 G 边缘的距离为 $d_{GC}=(4\sim 5)d$ 和 $d_{GP}=(0.5\sim 0.6)d_{GC}$,点 P 可认为是处在实际的零电位区内。为了较准确地找到实际零电位区时,可把电压极沿测量用电流极与被测接地装置之间连接线方向移动三次,每次移动的距离约为 d_{GC} 的 5%,测量电压极 P 与接地装置 G 之间的电压。如果电压表的三次指示值之间的相对误差不超过 5%,则可把中间位置作为测量用电压极的位置。被测接地装置的工频接地电阻 R_G 按公式 (E.1) 进行计算。使用接地阻表(仪)进行接地电阻值测量时,宜按选用仪器的要求进行操作。



标引符号说明:

- G —— 被测接地装置;
- P —— 测量用电压极;
- C —— 测量用电流极;
- E —— 测量用的工频电源;
- A —— 交流电流表;
- V —— 交流电压表;
- d_{GP} —— 被测接地装置至电压极的长度;
- d_{GC} —— 被测接地装置至电流极的长度;
- d —— 被测接地装置的最大对角线长度;
- i —— 测试电流。

图 E.1 三极法的接线原理图

$$R_G = U_G / I \quad \dots\dots\dots (E.1)$$

式中:

- R_G —— 被测接地装置的工频接地电阻,单位为欧姆(Ω);
- U_G —— 电压表指示值,单位为伏特(V);
- I —— 电流表指示值,单位为安培(A)。

E.2 当被测接地装置的面积较大而土壤电阻率不均匀时,为了得到较可信的测试结果,宜将电流极离被测接地装置的距离增大,同时电压极离被测接地装置的距离也相应地增大。

E.3 测量工频接地电阻时,如 d_{GC} 取 $4d\sim 5d$ 值有困难,当接地装置周围的土壤电阻率较均匀时, d_{GC} 可取 $2d$ 值;当接地装置周围的土壤电阻率不均匀时, d_{GC} 可取 $3d$ 值。

E.4 测量大型接地地网时,应选用大电流接地电阻测试仪。使用接地电阻表(仪)进行接地电阻值测量时,宜按选用仪器的要求进行操作。

附录 F
(规范性)
土壤电阻率的测量

F.1 通则

F.1.1 土壤电阻率是土壤的一种基本物理特性,是土壤在单位体积内的正方体相对两面间在一定电场作用下,对电流的导电性能。一般取每边长为 10 mm 的正方体的电阻值为该土壤电阻率 ρ ,单位为欧姆·米($\Omega \cdot m$)。

F.1.2 土壤电阻率的影响因子有:土壤类型、含水量、含盐量、温度、土壤的紧密程度等化学和物理性质,同时土壤电阻率随深度变化较横向变化要大很多。因此,对测量数据的分析应进行相关的校正。本文件只对接地装置所在的上层(几米以内)土壤层进行测量,不考虑土壤电阻率的深层变化。

F.1.3 在进行土壤电阻率测量之前,宜先了解土壤的地质期和地质构造(见表 F.1),对所在地土壤电阻率进行估算。

表 F.1 地质期和地质构造与土壤电阻率

土壤电阻率/($\Omega \cdot m$)	第四纪	白垩纪 第三纪 第四纪	石炭纪 三叠纪	寒武纪 奥陶纪 泥盆纪	寒武纪前 和寒武纪
1(海水)					
10(特低)		砂质黏土			
30(甚低)		黏土			
100(低)		白垩	白垩		
300(中)			暗色岩		
1 000(高)			辉绿岩		
3 000(甚高)			页岩		页岩
			石灰石	石灰石	
			砂岩	砂岩	砂岩
				大理石	石英岩
10 000(特高)					板石岩
					花岗岩
					片麻岩

F.1.4 土壤电阻率的测量方法有:土壤试样法、三极法(深度变化法)、两极法(西坡 Shepard 土壤电阻率测定法)、四极法等,本文件主要介绍四极法。

F.1.5 在采用四极法测量土壤电阻率时,注意如下事项:

- a) 试验电极应选用钢接地棒,且不应使用螺纹杆。在多岩石的土壤地带,宜将接地棒按与铅垂方向成一定角度斜行打入,倾斜的接地棒应避开石头的顶部。
- b) 试验引线应选用挠性引线,以适用多次卷绕。在确定引线的长度时,要考虑到现场的温度。引

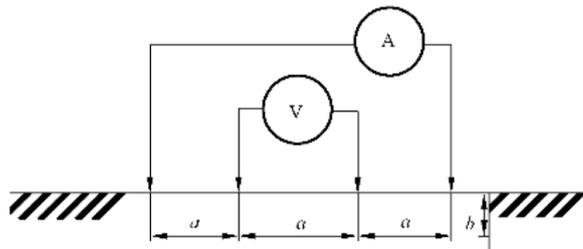
线的绝缘不应因低温而冻硬或破裂。引线的阻抗应较低。

- c) 对于一般的土壤, 因需把钢接地棒打入较深的土壤, 宜选用质量为 2 kg~4 kg 的手锤。
- d) 为避免地下埋设的金属物对测量造成的干扰, 在了解地下金属物位置的情况下, 可将接地棒排列方向与地下金属物(管道)走向呈垂直状态。
- e) 在测量变电站和避雷器接地极的时候, 应使用绝缘鞋、绝缘手套、绝缘垫及其他防护手段, 要采取措施使避雷器放电电流减至最小时, 才可测试其接地极。
- f) 不应在雨后土壤较湿时进行测量。

F.2 测量方法(四极法)

F.2.1 等距法[温纳(Wenner)法]

将测试电极插入被测土壤呈一字排列, 电极均匀布置时示意图如图 F.1 所示。土壤电阻率 ρ 按公式(F.1)进行计算:



标引符号说明:

- A —— 交流电流表, 指示值 I ;
- V —— 交流电压表, 指示值 U ;
- a —— 两相邻电极间距;
- b —— 电极深度。

图 F.1 电极均匀布置时示意图

$$\rho = 4\pi aR / \left(1 + \frac{2a}{\sqrt{a^2 + 4b^2}} - \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}} \right) \dots\dots\dots (F.1)$$

式中:

- ρ —— 土壤电阻率, 单位为欧姆米($\Omega \cdot m$);
- R —— 所测电阻(U/I), 单位为欧姆(Ω);
- a —— 两相邻电极间距, 单位为米(m);
- b —— 电极深度, 单位为米(m)。

当测试电极入地深度 b 不超过 $0.1a$, 可设定 $b=0$, 则计算公式可简化为公式(F.2):

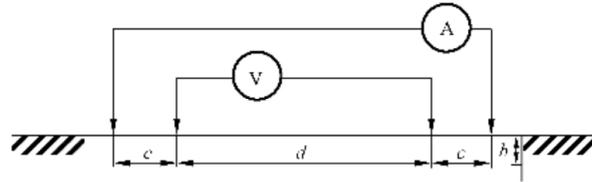
$$\rho = 2\pi aR \dots\dots\dots (F.2)$$

- ρ —— 土壤电阻率, 单位为欧姆米($\Omega \cdot m$);
- R —— 所测电阻(U/I), 单位为欧姆(Ω);
- a —— 电极间距, 单位为米(m)。

F.2.2 非等距法[施伦贝格—巴莫(Schlumberger—Palmer)法]

对于土壤结构不均匀的场地, 当电极间距增大到 40 m 以上, 采用非等距法。为方便测量, 跨度较小的场地其布置方式可采用图 F.2 所示对称非等距法。对称非等距土壤电阻率测量方法中建议两个电

压极的距离要求大于电流极与邻近电压极的两倍。此时电压极布置在相应的电流极附近,可升高所测的电位差值。



标引符号说明:

- A —— 交流电流表,指示值 I ;
- V —— 交流电压表,指示值 U ;
- c —— 电流极与电压极的间距;
- b —— 电极深度;
- d —— 两电压极的间距。

图 F.2 电极非均匀布置时采用对称非等距法示意图

这种布置,当电极的埋地深度 b 与其距离 d 和 c 相比较甚小时,则所测得电阻率可按公式(F.3)计算:

$$\rho = \pi c(c + d)R/d \quad \dots\dots\dots(F.3)$$

式中:

- ρ —— 土壤电阻率,单位为欧姆米($\Omega \cdot m$);
- R —— 所测电阻(U/I),单位为欧姆(Ω);
- c —— 电流极与电压极的间距,单位为米(m);
- b —— 电极深度,单位为米(m);
- d —— 两电压极的间距,单位为米(m)。

F.3 测量数据处理

F.3.1 为了了解土壤的分层情况,在用等距法测量时,可取不同的 a 值进行测量,如 $a = 2\text{ m}$ 、 4 m 、 5 m 、 10 m 、 15 m 、 20 m 、 25 m 、 30 m 等。

F.3.2 根据需要采用非等距法测量,测量电极间距可选择 40 m 、 50 m 、 60 m 。按公式(F.3)计算相应的土壤电阻率。根据实测值绘制土壤电阻率 ρ 与电极间距的二维曲线图。采用兰开斯特—琼斯(The Laneaste-Jones)法判断在出现曲率转折点时,即是下一层土壤,其深度为所对应电极间距的 $2/3$ 处。

F.3.3 土壤电阻率应在干燥季节或天气晴朗多日后进行,因此土壤电阻率应是所测的土壤电阻率数据中最大的值,为此应按公式(F.4)进行季节修正:

$$\rho = \psi\rho_0 \quad \dots\dots\dots(F.4)$$

式中:

- ρ —— 土壤电阻率,单位为欧姆米($\Omega \cdot m$)
- ρ_0 —— 所测土壤电阻率,单位为欧姆米($\Omega \cdot m$);
- ψ —— 季节修正系数,见表 F.2。

表 F.2 根据土壤性质决定的季节修正系数表

土壤性质	深度/m	ψ_1^a	ψ_2^b	ψ_3^c
黏土	0.5~0.8	3	2	1.5
黏土	0.8~3	2	1.5	1.4

表 F.2 根据土壤性质决定的季节修正系数表 (续)

土壤性质	深度/m	ψ_1^a	ψ_2^b	ψ_3^c
陶土	0~2	2.4	1.36	1.2
砂砾盖以陶土	0~2	1.8	1.2	1.1
园地	0~3	1.7	1.32	1.2
黄沙	0~2	2.4	1.56	1.2
杂以黄沙的砂砾	0~2	1.5	1.3	1.2
泥炭	0~2	1.4	1.1	1.0
石灰石	0~2	2.5	1.51	1.2
<p>^a 在测量前数天下过较长时间的雨时选用。</p> <p>^b 在测量时土壤具有中等含水量时选用。</p> <p>^c 在测量时,可能为全年最高电阻,即土壤干燥或测量前降雨不大时选用。</p>				

附录 G

(规范性)

接地装置冲击接地电阻与工频接地电阻的换算

G.1 接地装置冲击接地电阻与工频接地电阻的换算应按公式(G.1)确定：

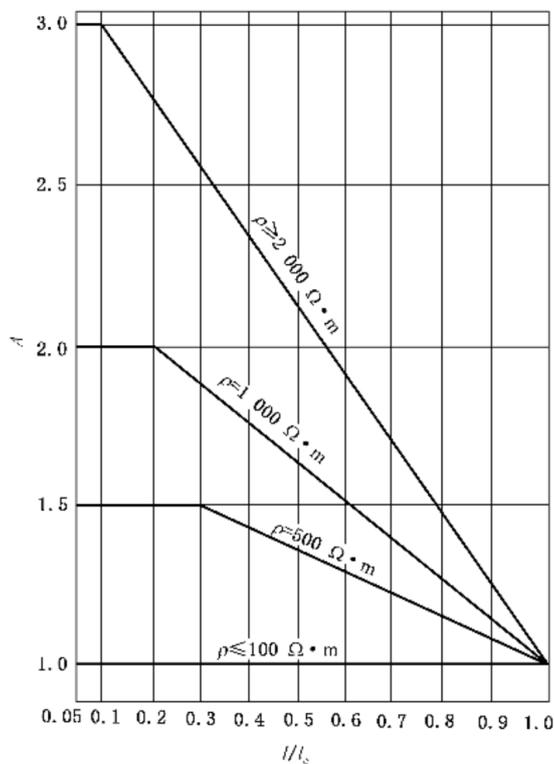
$$R_{\sim} = AR_i \quad \dots\dots\dots (G.1)$$

式中：

R_{\sim} ——接地装置各支线的长度取值小于或等于接地体的有效长度 l_e 。或者有支线大于 l_e 。而取其等于 l_e 时的工频接地电阻,单位为欧姆(Ω)；

A ——换算系数,其数值宜按图 G.1 确定；

R_i ——接地装置冲击接地电阻,单位为欧姆(Ω)。



注： l 为接地体最长支线的实际长度,其计量与 l_e 类同。当 $l > l_e$ 时,取其等于 l_e 。

图 G.1 换算系数 A

G.2 接地体的有效长度应按公式(G.2)确定：

$$l_e = 2\sqrt{\rho} \quad \dots\dots\dots (G.2)$$

式中：

l_e ——接地体的有效长度,应按图 G.2 计量,单位为米(m)；

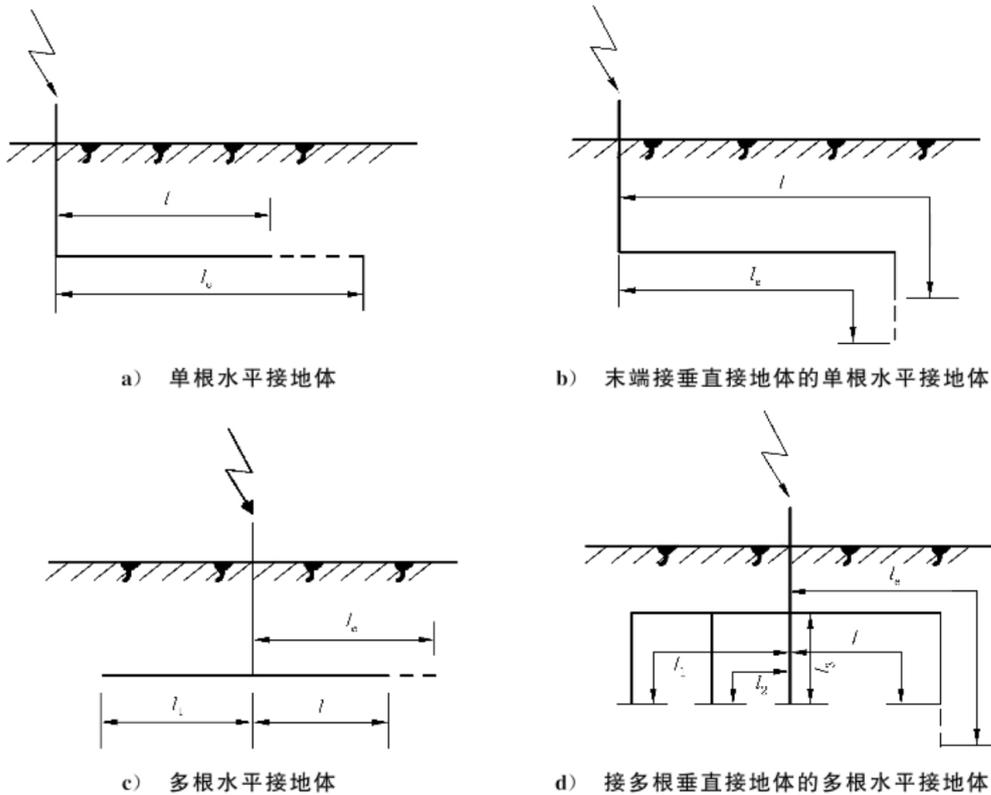
ρ ——敷设接地体处的土壤电阻率,单位为欧姆米($\Omega \cdot m$)。

G.3 环绕建筑物的环形接地体应按以下方法确定冲击接地电阻：

- a) 当环形接地体周长的 1/2 大于或等于接地体的有效长度 l_e 时,引下线的冲击接地电阻应为从与该引下线的连接点起沿两侧接地体各取 l_e 长度算出的工频接地电阻(换算系数 A 等于 1)；
- b) 当环形接地体周长的 1/2 小于 l_e 时,引下线的冲击接地电阻应为以接地体的实际长度算出工

频接地电阻再除以 A 值。

G.4 与引下线连接的基础接地体，当其钢筋从与引下线的连接点量起大于 20 m 时，其冲击接地电阻应为以换算系数 A 等于 1 和以该连接点为圆心、20 m 为半径的半球体范围内的钢筋体的工频接地电阻。



标引序号说明：

l ——接地体最长支线的实际长度；

l_e ——接地体的有效长度；

l_1, l_2, l_3 ——多根接地体的实际长度, $l_1 \leq l, l_2 \leq l, l_3 \leq l$ 。

l_e 应按图 G.2 计量。

图 G.2 接地体有效长度的计量

附 录 H
(规范性)
雷电电磁脉冲磁场的测量

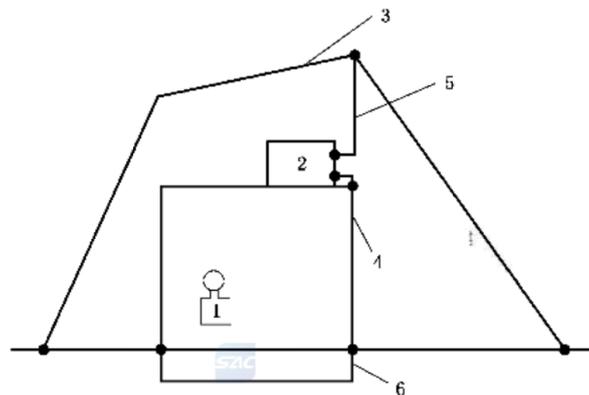
H.1 雷电电磁脉冲磁场强度指标

由于雷电电磁脉冲的干扰,对计算机而言,在无屏蔽状态下,当环境磁场感应强度大于 5.57 A/m ($0.07G_s$)时,计算机机会误动作;当环境磁场感应强度大于 191 A/m ($2.4G_s$)时,设备会发生永久性损坏。

H.2 雷电电磁脉冲磁场的测量方法

H.2.1 雷电流注入法

H.2.1.1 雷电流注入法用来表征雷击直接建筑物的 LPS 后建筑物内部的脉冲磁场大小。雷电流注入法的原理见图 H.1 所示。

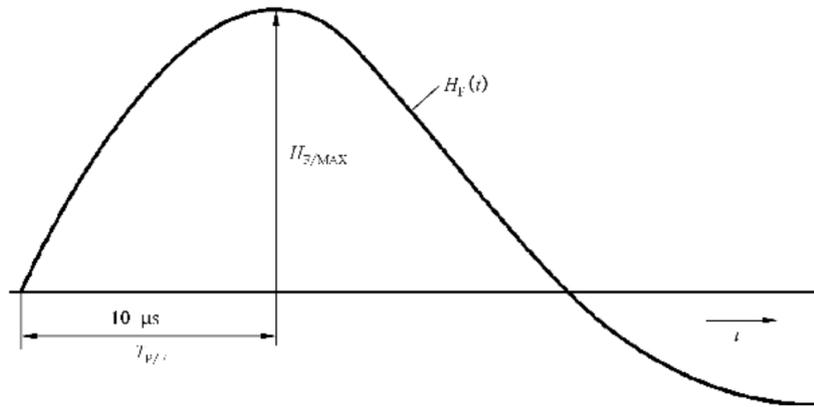


标引序号说明:

- 1——磁场测试仪;
- 2——雷电流发生器;
- 3——(发生器)多支回路馈线;
- 4——建筑物屏蔽;
- 5——模拟雷电流通道邻近建筑物的部分(10 m 范围内);
- 6——与屏蔽多处连接的接地极。

图 H.1 雷电流注入法原理图

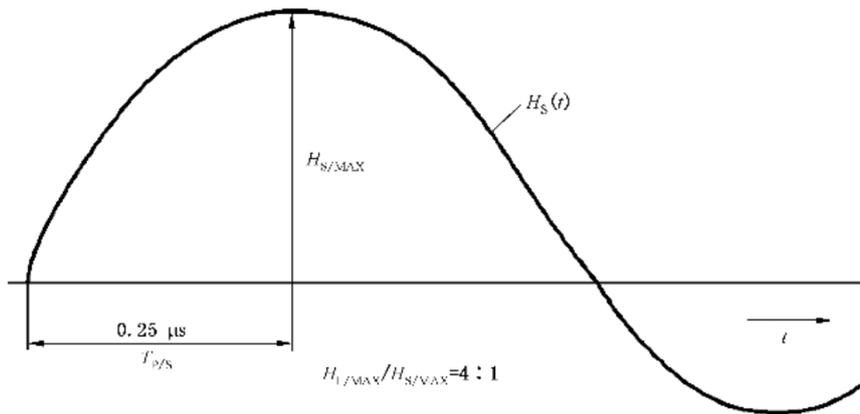
H.2.1.2 根据 GB/T 21714.1—2015 规定,雷击可能出现短时首次雷击电流 $i_1(10/350 \mu\text{s})$ 和后续雷击电流 $i_s(0.25/100 \mu\text{s})$ 。首次雷击产生磁场强度 H_F , 后续雷击产生磁场强度 H_s , 见图 H.2 和图 H.3:



标引符号说明：

- $H_{F/MAX}$ —— 首次雷击磁场强度峰值；
- $T_{P/F}$ —— $H_{F/MAX}$ 达到最大值的上升时间；
- H_F —— 首次雷击磁场强度；
- t —— 时间。

图 H.2 模拟首次正雷击(10/350 μ s)的磁场上升沿



标引符号说明：

- $H_{S/MAX}$ —— 后续雷击磁场强度峰值；
- $H_{F/MAX}$ —— 首次雷击磁场强度峰值；
- $T_{P/S}$ —— $H_{S/MAX}$ 达到最大值的上升时间；
- H_S —— 后续雷击磁场强度；
- t —— 时间。

图 H.3 模拟后续雷击(0.25/100 μ s)的磁场上升沿

H.2.1.3 磁感应效应主要是由磁场强度升至其最大值的上升时间规定的,首次雷击磁场强度 H_F 可用最大值 $H_{F/MAX}$ (25 kHz)的阻尼振荡场和升至其最大值的上升时间 $T_{P/F}$ (10 μ s) 来表征。同样后续雷击磁场强度 H_S 可用 $H_{S/MAX}$ (1 MHz)和 $T_{P/S}$ (0.25 μ s)来表征。

H.2.1.4 雷电流注入法在实际测量过程中应充分考虑可能由电涌电流产生的人身伤害和物理损害,并做好相应的安全措施。

H.2.2 空间辐射法

H.2.2.1 空间辐射法用来测量建筑物结构(如墙体,格栅形屏蔽网等)对雷电电磁脉冲磁场的衰减作