

# 建筑物接地及布线工艺的改进与优化

毛韶华

(西昌学院(东校区), 四川 西昌 615000)

**【摘要】** 接地是为了保护人身的安全,设备的正常运行与不遭破坏。在电力系统中、各种设备上和预防雷电事故的技术里,都被广泛的使用。在今天,城镇化建设不断推进,人口集中程度更大,建筑楼层普遍提高,各种强功能高价值的设备在办公室、家庭等场所广泛使用的大发展时期,合理选用接地方式、接地体、布线工艺和确定接地参数对建筑物来说,是至关重要的。本文就是结合实际,对建筑物中接地方式、接地体、布线工艺及接地参数的选择进行改进优化分析。

**【关键词】** 接地; 接地方式; 接地体; 接地参数; 布线工艺; 改进; 优化

**【中图分类号】** TM05 **【文献标识码】** B **【文章编号】** 1008-6307(2004)01-0064-05

## The Way to Improve Building Grounding and Wiring

MAO Shao-hua

(Xichang College, Xichang, 615000, Sichuan, P R china)

**Abstract:** the purpose of grounding are to protect personal safety, to ensure the normal working of machines and to avoid being destroyed. In power system, various kinds of equipments and lighting protection, grounding is used widely. At the moment when cities and towns developing quickly and population get more centralized and building grow taller and taller, many powerful valuable equipments have been put in greed use in offices, families and so on. It is vital to choose reasonable grounding and wiring to a building. The essay analyses the methods to select building grounding, wiring, grounding object and grounding parameter.

**Key Words:** grounding; grounding methods; grounding object; grounding parameter; wiring act; improvement

为了保护人身或设备的安全,把电力电讯等装置的金属底盘或外壳接上地线,将大地串入电流回路,就是接地。如电力系统方面的接地、弱电设备接地和防雷接地等。可以这样说,无论是我们的建设,还是我们对建设成果享受,在这个科学技术日新月异的时代,都是离不开电的,而凡是电力到达的地方就离不开接地,所以,接地工程的广泛性、重要性便非常明显。特别是随着我国城镇化建设的不断推进,人口的集中程度愈来愈大,建筑楼层的普遍提高,高性能高价值设备的广泛使用,接地和选用合理的接地体、布线工艺对建筑物来说就更是一项十分重要的工作。

根据近几年的设计施工经验,在民用建筑接地工程中,尤其应注意以下两方面的问题:①接地方式

与接地参数(主指接地电阻)应该并重;②以减小或消除同系统中不同性质接地(如防雷接地、工作接地、外壳接地和信号接地等)之间的电位差为目的而选用适当的布线工艺。以下就是对这两方面的内容进行分析。

### 1 接地方式、接地体与接地参数

在建筑物中,除建筑物本身外,与建筑物融为一体电机、变压器、家用电器、照明设备的底座和外壳、互感器的二次线圈、配电屏的框架、室内外配电装置的金属和钢筋混凝土构架、电缆盒的金属外壳和电缆的金属外皮、布线的钢筋等均应接地。根据接地的不同目的,可以将接地分为工作接地、保护接地、保护接零、重复接地、防雷接地等。下面我们就先

收稿日期:2004-02-16

作者简介:毛韶华,男,西昌学院(东校区)教师,西南交通大学电气学院在读硕士研究生。

分析这几种接地方式与接地体、接地电阻之间的关系。

### 1.1 接地方式

#### 1.1.1 接地方式概述

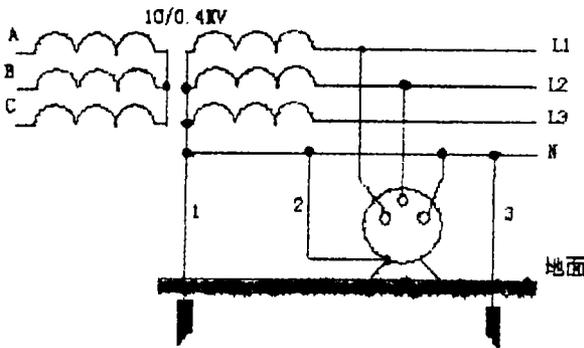
在电力系统中,为保证电气设备在正常或事故情况下都能可靠地运行而在电力系统中某一点进行接地,称作工作接地。如在380/220V三相四线制中,将配电变压器二次侧三相绕组的中性点直接接地,如图A中1所示。这样,可以带来许多好处。首先,可以同时获得相电压与线电压;其次,降低了人体的接触电压;再次,降低了电气设备和输电线路的绝缘水平;最后,在保证故障相迅速切除的同时,非故障相可以继续工作。

为了保护人身安全、防止触电,将电气设备的某部分接零,称为保护接零。比如电气设备正常工作时不带电的金属外壳等,如图A中2所示。

在中性点直接接地的三相四线制中,为确保零线的安全可靠,除在电源端进行工作接地外,再在其它地方(如建筑物的进线端)接地,称为重复接地,如图A中3所示。

还有就是将电气设备的某部分直接接地的保护接地,有时也叫安全接地。

为了防止雷电对建筑物及其与之有关的人和设备造成危害,建筑物通常要设立一套防雷系统,对防雷系统的接地就是防雷接地。这种接地,可以防止雷电直接击在建筑物上,或是感应雷传到建筑物上等各种不同情况的雷电伤害。它对建筑物,特别是高层建筑建筑物非常重要。



图A 接地方式

#### 1.1.2 接地方式的选用

在前面谈到的几种接地方式中,对建筑物来说,有些是可以共用一个接地装置的,有些则不能混用,所以我们设计时要特别注意。

通常情况下,对于没有爆炸危险的建筑物,允许多种性质的接地共用。但是,弱电接地线与防雷接地线一定要单独分开。一般情况下,如果建筑物是砖混结构,防雷装置就需要与建筑物内的电气管道及其它金属管道保持一定的距离,而且防雷接地也要求与零线的重复接地或设备的保护接地分开,以防雷电反击乱窜而引起电气设备上的电位升高;如果建筑物是钢筋混凝土框架结构的高层建筑,防雷接地就必须与一般的接地连接起来,否则就会造成不同系统间存在电位差,从而发生闪络。

### 1.2 接地体

接地体是接地装置的主要组成部分,有自然接地体和人工接地体两大类。自然接地体有建筑物的钢结构和钢筋、行车的钢轨、埋地的金属管道(存放易燃易爆的建筑物除外)等。人工接地体有电化接地体、混凝土包封接地体、板状接地体等。

一般情况下,为了施工的方便和整个接地系统取得较好的经济性,我们在选择接地体时都是先选择自然接地体,在自然接地体不能满足技术上的要求时再选用合适的人工接地体。人工接地体有垂直埋设和水平埋设两种基本结构形式。最常用的是直径 $\phi=50$ 毫米,长 $l=2.5$ 米的钢管作为垂直接地体,从流散电阻、耗材的多少以及施工的难易程度看,这种规格都是较经济合理的。考虑到温度对流散电阻的影响,所以在埋设人工接地体时,其上端距地面不应小于0.5米。

常规条件下,我们选用的钢接地体和接地线的最小尺寸规格如表一:

(表一)

材料	规格及单位	地上尺寸		
		建筑物内	建筑物外	地下尺寸
圆钢	直径(毫米)	5	6	8
扁钢	截面(毫米 <sup>2</sup> )	24	48	48
扁钢	厚度(毫米)	3	4	4
角钢	厚度(毫米)	2	2.5	4
钢管	管壁厚度(毫米)	2.5	2.5	3.5

当然,对于敷设在腐蚀性较强的建筑物场所的接地体或接地线,我们可以通过热镀锌、热镀锌或适当加大截面积等办法来改善接地效果。

另外就是,对于占地面积大的建筑物,我们通常要埋设多个接地体。这时候,只要有入地电流,接地

体之间就会出现屏蔽效应,为了减小这种屏蔽效应,保证更好的接地效果,我们规定:垂直接地体之间的间距不应小于接地体长度的2倍;水平接地体之间的距离不应小于5米。

### 1.3 接地电阻

#### 1.3.1 接地电阻概述

接地电阻是接地技术中十分重要的参数。从物理构成看,接地电阻是接地体的电阻、接地线的电阻和接地体的流散电阻的总和。由于接地体的电阻和接地线的电阻都很小,所以可以近似认为,接地体的流散电阻便是接地电阻。从电气组成看,接地电阻通常由工频接地电阻和冲击接地电阻两部分组成。冲击接地电阻是由雷电流经接地体引起的接地电阻;工频接地电阻是除雷电流以外的其它接地电流引起的接地电阻。

因此,我们可以总结得出,接地电阻的大小与下列等因素有关:①选用接地体的种类;②埋设接地体的土壤条件;③建筑物所处地的气候状况;④建筑物的结构类型及其内部金属管道等的布设;⑤建筑物的占地面积。诚然,我们的建筑物是处在各种各样的环境之中,但无论是在哪种环境中,建筑物的接地电阻都必须满足规程的规定才能达到接地的效果(规程中常见的建筑物接地电阻值如表二)。

(表二)

序号	接地类型	接地电阻
1	交流工作接地	≤4Ω
2	直流工作接地	通常≤4Ω
3	电气设备的安全接地(或保护接地)	≤4Ω
4	重复接地	≤10Ω
5	一、二类建筑物防直击雷接地	≤10Ω
6	一、二类建筑物防感应雷接地	≤5Ω
7	三类建筑物防雷接地	≤30Ω
8	屏蔽接地	≤10Ω

#### 1.3.2 接地电阻的计算

##### 1.3.2.1 单根接地体的计算

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left[ \ln \frac{2L}{r} (1+2K) \right] \quad (1)$$

式中:R——接地电阻(欧);

ρ——平均土壤电阻率(欧·米);

L——接地体长度(米);

r——接地体半径(米);

k——系数(通常随面积的长宽比值的减小

在90—140之间取值)。

实际工程中,经常用平均土壤电阻率ρ与接地体的长度L之比看作接地电阻。

##### 1.3.2.2 多根垂直接地体的计算

$$R_n = \frac{R}{n} + \frac{\rho}{2s} \left( \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \dots + \frac{1}{n} \right) \quad (2)$$

式中:R——公式(1)中计算的单根接地体的电阻(欧);

Rn——n个接地体的并联电阻(欧);

n——接地体的根数;

ρ——平均土壤电阻率(欧·米);

s——接地体的间距。

##### 1.3.2.3 环形接地系统的计算

环形接地系统一般由埋在建筑物周围的镀锌铜线和与其联接的一组接地体组成。通常建筑物周围的镀锌铜线埋深至少46厘米,距离建筑物的基础至少60厘米,垂直接地体要用热熔焊接在环形导线上,然后再用多股铜芯软线引入建筑物,并且与室内的接地母线(米GB)连接在一起。环形排列的多根接地体的接地电阻按下式计算:

$$R = \frac{\rho}{2\pi n l} \left( \ln \frac{4l}{r} - 1 + \frac{2l}{s} \ln \frac{2n}{\pi} \right) \quad (3)$$

式中:R——接地电阻(欧);

ρ——平均土壤电阻率(欧·米);

L——接地体长度(米);

r——接地体半径(米);

k——系数(通常随面积的长宽比值的减小在90—140之间取值)。

n——接地体的根数;

s——接地体的间距。

##### 1.3.2.4 混泥土包封接地体的计算

一般情况下,一个长度为L、半径为r0的金属接地体包封在半径为r1、电阻率为ρ0的混泥土内,当埋设在电阻率为ρ1的土壤内时,可以按下式计算其接地电阻:

$$R = \frac{\rho_0}{2\pi L} (\ln r_1 - \ln r_0) + \frac{\rho_1}{2\pi L} (\ln 4L - 1 - \ln r_1) \quad (4)$$

这一概念可以推广到钢筋混凝土板结地电阻的计算。

## 2 土壤的化学处理

通过对接地电阻的分析,我们明显看出土壤条件是影响接地电阻的重要因素。比如,在沙漠、山脉、

大面积高降雨量或基岩接近地表的地方,其电阻率都比较高,如果建筑物所在地又不可能深埋接地,则接地电阻就很难达到要求。这时,我们就可以用加入离子生成物质的办法改善接地体周围的土壤(通常是一个圆柱体)条件,从而改良导电途径,降低接地体周围的土壤电阻率,最终降低接地电阻并使之满足要求。这种处理办法的物理本质是增大接地体的有效半径。采用的离子生成物质有盐类和化学凝胶两大类。

### 2.1 盐类

在接地系统中,用来降低土壤电阻率的盐类物质一般有氯化钠(NaCl),又名食盐;硫酸铜(CuSO<sub>4</sub>),又名蓝色硫酸盐;硫酸镁(MgSO<sub>4</sub>),又名泻利盐。

这三种物质中NaCl的导电性能最好,但腐蚀性也最强;CuSO<sub>4</sub>居中;MgSO<sub>4</sub>的导电性能最差,但腐蚀性也最弱。所以,在盐类物中,MgSO<sub>4</sub>是首选的剂料。通常情况下,在离子生成化学成分的浓度达到6%(按重量计算)时,各种化学剂料所需的重量(单位:千克)按下式计算:

$$W=KPL^3$$

式中:K——与所选剂料相关的系数(详见表三);

P——土壤的含水量(%);

L——接地体的长度(单位:米)。

表三:

剂料名称	氯化钠(NaCl)	硫酸铜(CuSO <sub>4</sub> )	硫酸镁(MgSO <sub>4</sub> )
K	4.136505353	4.667567612	2.06897521

特别要注意的就是,盐可以溶解于水,因而降雨和地下水可以引起剂料中有效成分的流失。因此我们在处理时最好做到以下几方面的工作:

#### 第一:合理改造填充剂料的结构

通常情况下,我们只是在接地体周围挖沟,然后填上预先配好的新土壤。现在我们可以将接地体附近对称地设置四口井,井的深度最少是接地体长度的一半,如个土壤疏松,还应在井身衬套穿孔管。

#### 第二:定期检测接地电阻

首先,在装好接地后的第三天应测量接地电阻,并以此作为今后是否补充化学剂料的标志。一般条件下,接地电阻增加不到20%时,可以不增加化学剂

料。当然,时间长了,对该接地有了规律性的掌握,我们便可以确定出补充化学剂料的间隔时间。

第三:整个接地装置的地表面必须用混泥土浇盖。

### 2.2 化学凝胶

上面已经分析到,盐类物质的导电性能受雨水等的较严重影响。在近几年里,为了减小雨水对接地剂料导电性能的影响,产生了一些新材料。这些材料的导电性能受雨水的影响即使有也是很小的,它们是丙烯酰胺凝胶、硅酸盐凝胶、亚铁氰化铜凝胶及石墨和水。

当然,化学凝胶物质是根据需要,按照一定的比例,在使用时将其混合而成。由于有些物质有剧毒(如丙烯酰胺凝胶的组成成分)或其他危险(如硅酸盐凝胶中的盐酸),所以在施工时要特别小心。

## 3 布线工艺的改进与优化

前面我们对建筑物的接地方式以及各种接地方式对接地参数的要求、不同接地的接地参数的计算进行了分析,下面是对不同的建筑物如何改进各种接地的布线工艺的分析。所谓布线工艺,其本身包括布线方式的选择和如何实施所选择的布线方式两部分的内容。前者在前面已经分析,下面主要分析后者。

首先,我们必须明确,无论怎样改进布线的工艺,其目的都是为了在特定的条件下,使建筑物的接地参数(主要是接地电阻)满足要求,从而保证建筑物及与之有关的人和设备等的安全。由于接地装置大部分都是金属,所以要保证接地的效果,保证接地装置的防腐性就至关重要,同时,这也是布线工艺的要命的一环。而且,接地体本身与接地体之间的相对位置及其布线也是不可忽视的重要一面。所以,布线工艺的改进与优化关键在于接地装置防腐技术和接地体的位置选择与布线的改进与优化。

### 3.1 接地位置的选择

接地效果的好坏以及其是否安全可行与接地位置的选择有着非常重要的关系。通常情况下,我们要满足下面的条件。

①对于建筑物内固定机械和电器设备的接地,安装位置对地面或可能对被人触及的接地金属物体的距离垂直方向上至少要245厘米,水平方向至少150厘米。金属走线架、外壳、机架和电气设备的非载

流金属部分与避雷针引下线至少应保持180厘米的距离,否则就必须与之搭接在一起。

②接地体的安装位置距离建筑物至少应保持60厘米的距离。

③对于占地面积较大的建筑物,要埋设多个接地体,各个接地体除了满足单个接地体的条件,其相互之间也应该满足因建筑物自身结构等原因引起的一些要求。

④建筑物如选用了多种接地方式且不能共用接地,则不同接地方式的接地线、接地体的相对位置必须符合NEC相关条款的规定。

### 3.2 布线方式的确定

在选择接地位置如何对既定接地材料布线也是直接关系的接地装置质量的重要一步。诚然,这里面包含了接地线的选择与接地线的铺设方式两个内容。

#### 3.2.1 接地线的选择

根据不同的建筑物、不同的接地方式、不同的接地体和不同的土壤条件等因素合理地选用适中的接地线是整个接地装置有效发挥其作用的重要保证之一。首先是接地线材料的选择,由于接地线基本上是埋设在地下或暴露在空中,所以,通常选铜或铝作为材料;而后,才是接地线规格(AWG)的选用。在实际工作中,我们一般按照表四(以铜质材料为例)来选择接地线。

表四:

引入线的最大线号或并联引入线的等效线号(AWG)	接地体连接线的线号(AWG)
2或更小	8
1或1/0	6
2/0或3/0	4
3/0—350MCM	2
350—600MCM	1/0
600—1100MCM	2/0
1100MCM以上	3/0

对选好的接地线,可以是实心的或多股绞线,绝缘(如米I型和ALS型的电缆)或是裸的。但必须注意,无论是那种,在一个连续长度内必须没有接头。

#### 3.2.2 布线方式的改进与优化

对于不同环境的不同接地,布线方式的改进与优化对于接地有效作用的保证是十分重要的。比如,在选用同样的接地线时,我们对一幢民用住房和一个发电厂厂房的就会采用不同的布线方式。再比如,

占同样地面积的20米楼房与100米高楼的接地的布线方式也是不同的。布线的改进与优化就是征对具体的建筑物合理的选用布线方式。

一般情况下,对于重要的建筑物(如发电厂厂房、变电所和特殊物品存放地等),为了减小接触电压和跨步电压,都要装设接地网来保证地面电位的均匀。而且,地网外缘应闭合,各角也应做成圆弧形。但是,对于情况更特殊的建筑物,除装设接地网外,还应该装设水平均压带(如图B所示)。在有人经常出入的走道处,为保证人身安全,应采用高绝缘路面(如沥青碎石路面)或加装帽檐式均压带。此外,接地体与建筑物基础之间的距离应保持不小于1.5米的水平距离,在2—3米之间为宜。

在施工工艺上,必须保证整个接地的电气连续性与安全传导故障电流的能力。为此,我建议对传统的施工工艺做如下改进:

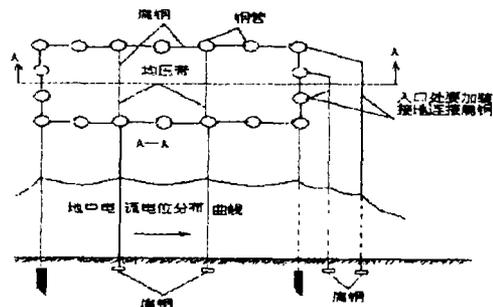
①除非断开时可以切断所有电源,布线系统中一般不准设置自动开关。如特殊情况下要用插拔式设备和连接插头,都必须采用先合后离的方式来保证接地线的连续性。

②接地线与相关的导线和设备的连接,必须采用压力式连接器、接线夹或其它经保险研究部门同意的的方法。而且连接装置或配件不得锡焊。

③几条接地线同时进入同一机箱时,接地线之间必须要有良好的电气连接,在断开或移动任何从机箱配电的器件时,不能影响或破坏接地的连续性。

④接地线与接地体的连接,必须采用适当的接线片、压力式连接器、接线夹或热熔焊。

并且,要为了保证电气的连续性,我们通常采用的办法有:将设备搭接在接地的的工作导线上;在设备外壳上用螺纹连接器和罗纹轴套连接;刚性的金属导管或电力金属管用无螺纹连接方法紧密连接;在拼装处用跨接片瘡接;采用防松螺母或垫片等其它器件。



图B 加装均压带以及地中电流电位分布图

(下转74页)

注释及参考文献:

- [1] Human Factors in Air Traffic Control By V. David Hopkin Taylor & Francis.
- [2] David Robson Human Performance and Limitations for the professional pilot Airlife 2001.
- [3] 朱祖祥. 工业心理学[M]. 浙江教育出版社, 2000.5.
- [4] 人为因素训练手册[Z]. 中国民航总局航空安全办公室, 2000.
- [5] 民航总局空中交通管理局“中国民航空中交通管理人为因素学术研讨会论文集”[Z](第一届), 2000.
- [6] 民航总局空中交通管理局“中国民航空中交通管理人为因素学术研讨会论文集”[Z](第二届), 2002.
- [7] 罗晓利. 飞行中人的因素[M]. 西南交通大学出版社, 1998.

(上接51页)

总之, 大学生心理亚健康状态是普遍存在的现实问题, 对其进行探讨和研究, 降低大学生心理患病

的可能性, 培养大学生健康的心理、塑造健全人格、促进全面发展都具有重要的现实意义。

注释及参考文献:

- [1] 胡振开. 教师实用心理学[M]. 吉林教育出版社, 1987.
- [2] 拓维文化. 大学生心理问题调查[M]. 中国纺织出版社, 2000.
- [3] 葛操. 当代大学生心理分析[M]. 工商出版社, 2000.
- [4] 邢莹、吴敏. 大学生心理健康教育[M]. 郑州大学出版社, 2002.

(上接68页)

3.2.3 搭接方法的改进与优化

搭接方法的正确选择, 对于接地装置来说是非常重要的, 它可以保证电位的正常分布。对于建筑而言, 在选用适当搭接方法后, 将搭接技术进行合理改进, 对建筑物接地目的的实现非常重要。通常选用的搭接方法有卡箍 (如依附在建筑物上的接地线)、高强度螺栓搭接等方法。其中, 卡箍是用得最多的, 然后是高强度螺栓搭接, 但要注意, 无论采用那种方法, 由于建筑物的接地多数是裸露在外面的, 所以必须保证其尽量不被氧化 (比如在搭接处涂上油漆和氧化物等)。而且, 如用卡箍的办法一定要满足 AN735 或 AN742 的要求, 如采用高强度螺栓搭接就必须满足受力要求。

对于特殊的建筑物, 我们可以综合运用多种搭

接方法对其接地进行优化组合, 以保证最佳的接地效果。比如: 在必要时, 可以在满足 AST 米的条件下使用熔焊或铜焊的方法, 在满足 MIL—S—12204 的要求下使用焊接 (如接地线与接地体的连接) 的方法。

当然, 不同的材料, 不同的搭接方法, 选用的搭接材料应该有所不同, 以保证最佳的搭接效果。

此外, 防腐技术的合理选用也是接地装置的一项重要内容。因为金属的腐蚀可以看作一种金属精炼的反过程, 是金属电子的释放。从某种意义上讲, 这也是一种正常的现象。但是作为接地装置本身, 我们要尽量减小它的腐蚀。首先, 我们可以从金属的质量和活性程度来选择适当的材料, 然后再选用适当的处理技术。

注释及参考文献:

- [1] 胡国文等. 民用建筑电气技术与设计[M]. 北京: 清华大学出版社, 2001.7.
- [2] 杨光臣. 建筑电气工程施工[M]. 重庆: 重庆大学出版社, 1996.
- [3] 蔡玄章. 电气安装施工技术[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1996.8.
- [4] 丁明往等. 高层建筑电气工程[M]. 北京: 水利电力出版社, 1988.
- [5] 建筑电气设计手册编写组. 建筑电气设计手册[Z]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1991.