

城市轨道交通职业技能鉴定培训系列教材



CHENGSHI GUIDAO JIAOTONG  
CHEZHAN JIDIAN SHEBEI  
JIANXIUGONG  
——DIYA GONGDIAN SHEBEI JIANXIU

城市轨道交通车站机电设备检修工

# ——低压供电设备检修

蒋芳芳 主编  
宋维华 主审



中国铁道出版社  
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

城市轨道交通职业技能鉴定培训系列教材

# 城市轨道交通车站机电设备检修工 ——低压供电设备检修

蒋芳芳 主 编  
胡海燕 副主编  
宋维华 主 审

中国铁道出版社

2016年·北京

## 内 容 简 介

本书是城市轨道交通职业技能鉴定培训系列教材之一。全书共分十四章,主要包括:电气安全知识;常用电工工具、仪表和材料;电气制图和识图;维修电工基本技能;变压器和互感器;电动机;典型电动机控制电路;可编程程序控制器(PLC)的应用;变频器的应用;自动化技术基础;工业控制计算机与综合布线;电磁兼容技术和电气生产环境保护知识;城市轨道交通低压配电及照明系统;低压配电及照明系统的设计与应用。

本书可作为机电设备电气自动化专业检修的技术工种岗位培训、技能鉴定的培训教材,也可作为城市轨道交通职业院校学生的教学参考用书。

### 图书在版编目(CIP)数据

城市轨道交通车站机电设备检修工. 低压供电设备  
检修/蒋芳芳主编. —北京:中国铁道出版社,2016.7

城市轨道交通职业技能鉴定培训系列教材

ISBN 978-7-113-20500-3

I. ①城… II. ①蒋… III. ①城市铁路—车站设备—  
低压—供电装置—设备检修—职业技能—鉴定—教材  
IV. ①U239.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 094063 号

书 名:城市轨道交通车站机电设备检修工——低压供电设备检修

作 者:蒋芳芳 主编

策 划:金 锋

责任编辑:亢丽君

编辑部电话:010-63589185-3097

电子信箱:kanglijun@tqbooks.net

封面设计:时代澄宇

责任校对:苗 丹

责任印制:郭向伟

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市西城区右安门西街8号)

印 刷:虎彩印艺股份有限公司

版 次:2016年7月第1版 2016年7月第1次印刷

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16 印张:29 字数:742 千

书 号:ISBN 978-7-113-20500-3

定 价:66.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社读者服务部联系调换。电话:(010)51873174(发行部)

打击盗版举报电话:市电(010)51873659,路电(021)73659,传真(010)63549480

# 城市轨道交通职业技能鉴定 培训系列教材

## 审定委员会

主任:余才高  
副主任:王虹 朱斌  
委员:钱吉奎 张建平 刘盛焯 刘颖 张元春  
刘乐毅 周平 吕健 张永慨

## 编辑委员会

主任:朱斌 钱吉奎  
副主任:张建平 刘盛焯  
委员:(按姓氏笔画排序)  
王华 王金山 刘颖 刘乐毅 刘虎  
刘海英 华彤天 吕健 江斌 何忠韬  
吴海超 宋奇吼 宋维华 张元春 张永慨  
李玉斌 李宇辉 李作奇 沈艳丽 陈立江  
陈国强 周平 苗因山 俞辉 娄树蓉  
赵丽花 郝文璐 倪硕 夏世鸣 徐彩霞  
郭满鸿 童岩峰 蒋伟 蒋芳芳 韩小平  
韩春梅 魏连峰



# 序

随着我国城市轨道交通行业的蓬勃发展,培养一支技能型、实操型、有一技之长的高级蓝领队伍,打造企业的脊梁型人才,已成为行业内的当务之急。同时,建立一套完善的职业技能鉴定体系,打通企业技能员工晋升通道,引导和激励员工爱岗学技,岗位成才,保持员工队伍的稳定,对企业具有至关重要的意义。

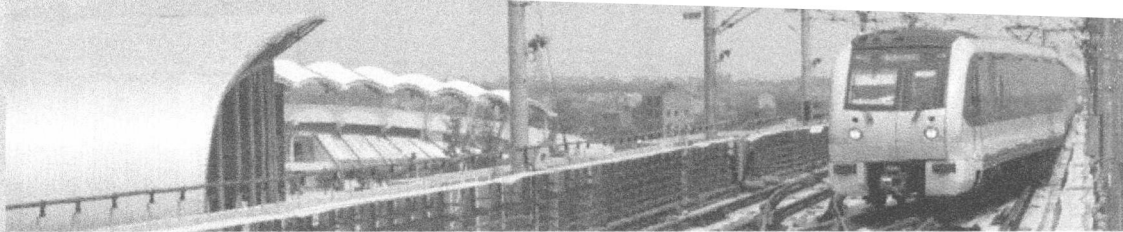
南京地铁集团有限公司和南京铁道职业技术学院依托联合成立的“地铁学院”一体化办学平台,整合双方优质资源,共同开展了城市轨道交通企业职业技能鉴定体系开发工作。在编制完成南京地铁各岗位职业标准、鉴定要素细目表、题库的基础上,以南京地铁运营实践和南京铁道职业技术学院城市轨道交通专业建设为基础,结合国内上海、广州等地铁公司培训教材开发的情况,推出了城市轨道交通职业技能鉴定培训系列教材。

这套教材的推出,是在城市轨道交通行业职业资格证书建设方面进行的一个尝试,旨在为我国城市轨道交通行业的职业教育发展探索一条可持续发展之路。

本系列教材力求在以下方面有所突破:

一是力求教材内容具有较强的针对性。根据岗位职业标准中的基础知识及技能要求,结合鉴定要素细目表,教材内容覆盖了各工种需掌握的完整知识点和技能,将理论知识和实际操作有机结合,力求符合实际工作要求,具有较强的实操性。

二是力求教材系统完整,系统之间有机衔接。教材力避职业标准中不连续、比较原则和简略等弊端,按照连接性和扩展性的知识和技能要求进行必要的细化和展开,使相关的技能和知识连成线、织成片;并注重各专业的有机衔接,补充必需的基础性、辅助性知识和技能,形成一个相对独立、有利于学员、学生学习的培训教材体系。



三是力求教材编排融合度高。根据对应职业标准中五个等级的内容及考核比重表的要求,按培训规范中对应培训科目的培训目标、培训内容、培训学时等要求,将五个等级的内容要求融合为一体进行编写。

四是力求教材通用性好。教材对各岗位通用的基础知识、专业基础知识编写形成统一的通用教材,供各岗位使用,确保通用知识内容的准确性,使员工在转岗时能适应多个岗位的学习需要。

五是力求教材适用性广。教材内容以南京地铁运营公司的技术装备和运营实践为主,同时,结合各地铁公司使用的设备和运营管理情况,保证教材除满足南京地铁培训需要外,还可供其他地铁公司作为培训教材参考使用,相互交流。同时,教材可满足高级、中级、初级不同级别员工的培训、学习需要,既可作为普及型教材,亦可作为高技能人才培养教学用书。

由于编写时间仓促,且城市轨道交通行业尚未形成国家统一的标准和体系,教材中一定有许多不妥之处,恳请读者和广大同行批评指正、补充完善。另外,在教材的编写过程中参阅了大量书籍、报刊、学术论文、网站等有关资料,虽已尽可能在参考文献中加以注明,但仍有可能存在遗漏,在此特别说明并致谢!

2014年8月8日



# 前

# 言

城市轨道交通具有快速、安全、准时、舒适、运量大、污染小等优点,已日益成为当今世界现代化城市解决交通问题的首选模式。城市轨道交通的发展,完善了城市功能,促进了整个城市的可持续发展,带动了国民经济的迅速提升。

运营管理及维修保养技术的完善与先进性,将是城市轨道交通正常运营的重要保障。整个城市轨道交通运营线路的正常运作,依靠各专业系统包括车辆、车站机电设备、接触网、通信、信号、自动售检票等的正常运作及良好协同。其中,车站机电设备肩负着为乘客提供安全、舒适、便利的车站乘车环境,在灾害发生情况下及时报警并协助救灾等重任。

车站机电设备检修工是从事保障地铁正常运营的照明设备、通风空调设备、给排水设备、屏蔽门系统、自动扶梯以及紧急状态下的报警、乘客疏散、救灾的火灾报警系统、气体灭火系统、防排烟系统的维护和管理,处理突发事件的工作人员。机电设备检修工应能够熟练操作、维护各种机电系统设备,并有一定的分析、判断、推理能力和语言表达能力,较强的事物反应能力和应急处理能力。

城市轨道交通机电设备技术先进、结构复杂。为有效适应城市轨道交通在车站机电设备检修管理组织方面的不同需求,在总结城市轨道交通车站机电设备检修管理职能的基础上,将机电设备检修工职业技能培训教材分册编写,本书主要面向城市轨道交通车站机电设备检修工中的低压供电设备检修岗位人员。

本书编写的原则是在当前新一代地铁技术的基础上,依托南京地铁运营模式,结合现场岗位职能要求以及现场技术人员的基础知识,以南京地铁1号线和2号线设备为核心,详细叙述低压供电设备的操作、维护、检修和施工的规范与方法。全书共分为14章,主要内容包括两部分:第一部分为第1至12章,介绍了电气安全知识,常用电工工具、仪表和材料,



电气制图和识图,维修电工基本技能,变压器和互感器,电动机,典型电动机控制电路,可编程序控制器(PLC)的应用,变频器的应用,自动化技术基础,工业控制计算机与综合布线,电磁兼容技术和电气生产环境保护知识;第二部分为第13、14章,介绍了城市轨道交通低压配电及照明系统,低压配电及照明系统的设计与应用。

本书适合从事机电设备电气自动化专业检修的技术工种人员使用。本书是依托城市轨道交通机电设备检修工岗位标准、鉴定要素细目表及培训规范进行编写,内容涵盖了机电设备检修工种五个等级知识和技能要求。每一部分内容都不分级别,相关人员在学習时需要参照相应等级的岗位职业标准及细目表。本书也适合城市轨道交通大专院校、职业学校学生使用。

本书由南京铁道职业技术学院和南京地铁运营有限责任公司共同合作开发,南京铁道职业技术学院蒋芳芳担任主编,南京铁道职业技术学院胡海燕担任副主编,南京地铁运营有限责任公司宋维华担任主审,具体编写分工如下:第1章至第9章由南京铁道职业技术学院蒋芳芳编写,第10、11章由南京铁道职业技术学院胡海燕编写,第12章由南京铁道职业技术学院汪维东编写,第13、14章由南京地铁运营有限责任公司杨思甜编写。

本书在编写过程中,得到了南京地铁机自中心的大力帮助,在此谨表感谢!

由于编写时间仓促,编者水平有限,书中难免有错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

编者

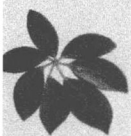
2015年11月





# 目 录

<b>第一章 电气安全知识</b> .....	1
第一节 维修电工安全操作规程及基本安全用电措施 .....	1
第二节 接地与接零 .....	3
第三节 电气设备的防火措施和灭火要求 .....	8
第四节 触电与救护 .....	9
复习题 .....	13
<b>第二章 常用电工工具、仪表和材料</b> .....	15
第一节 维修电工常用工具 .....	15
第二节 常用电工材料 .....	20
第三节 常用低压电器元件 .....	27
复习题 .....	40
<b>第三章 电气制图和识图</b> .....	41
第一节 电气制图基本知识 .....	41
第二节 电工应用识图 .....	59
第三节 电气测绘 .....	64
复习题 .....	65
<b>第四章 维修电工基本技能</b> .....	67
第一节 钳工基本知识 .....	67
第二节 焊接的基本操作 .....	82
第三节 导线的基本连接 .....	83
复习题 .....	93
<b>第五章 变压器和互感器</b> .....	95
第一节 变压器基础 .....	95
第二节 变压器常见故障与处理 .....	97
第三节 互感器 .....	99
复习题 .....	104
<b>第六章 电动机</b> .....	105
第一节 三相异步电动机 .....	105
第二节 直流电动机 .....	113
复习题 .....	121



<b>第七章 典型电动机控制电路</b> .....	122
第一节 三相电动机控制电路 .....	122
第二节 绕线转子异步电动机控制电路 .....	138
第三节 直流电动机控制电路 .....	140
第四节 单相电动机控制电路 .....	152
复习题 .....	162
<b>第八章 可编程序控制器(PLC)的应用</b> .....	163
第一节 可编程序控制器简介 .....	163
第二节 施耐德 Unity 硬件体系架构 .....	176
第三节 施耐德 Unity Pro 编程 .....	199
第四节 施耐德 PLC 通信技术及网络架构 .....	231
第五节 PLC 系统维护 .....	242
复习题 .....	248
<b>第九章 变频器的应用</b> .....	250
第一节 变频器基本结构 .....	250
第二节 变频器的分类 .....	252
第三节 交一直一交变频器的工作原理 .....	255
第四节 交—交变频器的工作原理 .....	257
第五节 通用变频器的面板结构 .....	258
第六节 通用变频器的接线端子 .....	260
第七节 变频器的操作和运行 .....	263
第八节 变频器的维护与保养 .....	265
第九节 通用变频器的基本检测和测量方法 .....	271
复习题 .....	276
<b>第十章 自动化技术基础</b> .....	277
第一节 自动控制原理 .....	277
第二节 传感器 .....	282
复习题 .....	296
<b>第十一章 工业控制计算机与综合布线</b> .....	298
第一节 工业控制计算机 .....	298



# 目 录

第二节 综合布线 .....	306
复习题 .....	311
<b>第十二章 电磁兼容技术和电气生产环境保护知识 .....</b>	<b>312</b>
第一节 电磁兼容技术概述 .....	312
第二节 屏蔽技术 .....	319
第三节 瞬态干扰的抑制 .....	322
第四节 电气生产环境保护知识 .....	329
复习题 .....	332
<b>第十三章 城市轨道交通低压配电及照明系统 .....</b>	<b>333</b>
第一节 城市轨道交通供电系统概述 .....	333
第二节 城市轨道交通供电系统的供电方式 .....	334
第三节 中压环网网络 .....	340
第四节 低压照明系统 .....	343
第五节 低压配电系统 .....	350
第六节 低压配电系统设备简介 .....	354
第七节 EPS 应急电源 .....	372
第八节 电 动 门 .....	377
复习题 .....	385
<b>第十四章 低压配电及照明系统的设计与应用 .....</b>	<b>386</b>
第一节 照明基础知识 .....	386
第二节 照明电光源 .....	388
第三节 照明电气设计 .....	406
第四节 照明线路计算 .....	413
第五节 常见照明故障及现场处理 .....	431
第六节 电气火灾监控系统 .....	433
复习题 .....	438
<b>附 录 .....</b>	<b>440</b>
<b>参考文献 .....</b>	<b>450</b>

# 第一章 电气安全知识



## 培训目标

通过本章学习,使学员了解用电安全知识、电气文明生产基本知识、接地与接零知识。掌握触电急救的方法。达到在生产中能正确、规范、安全使用电气设备的目标。

## 第一节 维修电工安全操作规程及基本安全用电措施

### 一、维修电工安全操作规程

安全文明生产是每个职工不能忽视的重要内容。违反安全操作规程,会造成人身事故和设备事故,不仅对国家和企业造成经济损失,而且也直接关系个人的生命安全。维修电工安全技术操作规程一般包括以下内容。

#### (一)工作前的检查和准备工作

1. 上班前必须按规定穿戴好工作服、工作帽、工作鞋。女同志应戴工作帽,披肩发、长辫必须罩入工作帽内。手和脖子不准佩戴金属饰品,防止操作时触电。
2. 在安装或维修电气设备前,要清扫工作场地和工作台面,防止灰尘等杂物侵入电气设备内造成故障。
3. 上班前不准饮酒,工作时应集中精力,不准做与本职工作无关的事。
4. 必须检查工具、测量仪表和防护用具是否完好。

#### (二)文明操作和安全技术

1. 检修电气设备时,应先切断电源,并用试电笔(低压验电器)测试是否带电。在确定不带电后,才能进行检查修理。
2. 在断开电源开关检修电气设备时,应在电源开关处挂上“有人工作,严禁合闸”的标牌。
3. 电气设备拆除送修后,对可能来电的线头应用绝缘胶布包好,线头必须短路接地。
4. 严禁非电气作业人员装修电气设备和电路。
5. 严禁在工作场地,特别是易燃、易爆物品的生产场所吸烟及明火作业,防止火灾发生。
6. 使用起重设备吊运电动机、变压器时,要仔细检查被吊重物是否牢固,并有专人指挥,不准歪拉斜吊。吊物下或旁边严禁站人。





7. 在检修电气设备内部故障时,应选用 36 V 的安全电压灯泡作为照明。

8. 电动机通电试验前,应先检查绝缘是否良好、机壳是否接地。通电试验时,应注意观察转向,听声音,测温度。工作人员要避开联轴节旋转方向,非操作人员不许靠近电动机和试验设备,防止高压触电。

9. 拆卸和装配电气设备时,操作要平稳,用力应均匀,不要强拉硬敲,防止损坏电气设备各部分。

10. 在烘干电动机和变压器绕组时,不许在烘房或烘箱周围存放易燃、易爆物品,不准在烘箱附近用易燃溶剂清洗零件或喷刷漆。定子、转子绕组浸漆后烘干时,应按工艺规程进行。必须在漆滴尽后放入烘箱内的铁网架上,严禁与电阻丝直接接触,严禁超量、超载。烘烤时要有专人值班,随时注意温度变化,并做好记录。

11. 在过滤变压器油时,应先检查好滤油机并接好地线,滤油现场严禁烟火。

### (三)下班前的结束工作

1. 下班前清理好现场,擦净仪器和工具上的涂油和灰尘,放入规定位置或归还工具室。

2. 下班前要断开电源总开关,防止电气设备起火造成事故。

3. 修理后的电气设备应放在干燥、干净的工作场地,并摆放整齐。

4. 做好检修电气设备后的故障记录,积累修理经验。

## 二、基本安全用电措施

为防止发生触电事故,必须采取一些基本安全措施加以防范。

### (一)对配电电路的安全措施要求

1. 应有能切断本车间(库房)全部电气设备电源的总开关。

2. 每台机床均应有电源开关,不用时应处于断开位置。

3. 电气设备金属外壳的保护接地线应良好。

4. 220 V 灯头的离地高度一般应不低于 2 m,危险场所应不低于 2.5 m,否则应采用 36 V 以下的安全电压。

5. 220 V 灯线的相线必须经开关装设。用螺口灯头时,相线应拉在灯头中心弹簧的端头上。检查时,用 220 V 试电笔测量螺口,氖管不发光为正确。

6. 安装单相 220 V 三眼插座及插头的接线要正确,插座板上的插座必须分别标明其使用电源电压,防止插错造成事故。

7. 开关的接线应牢固,胶盖闸刀开关和铁壳开关必须在进线部位装有插式熔断器,铁壳开关的外壳必须有可靠的保护接地线。

8. 对易燃、易爆场所的电气设施必须采用密闭式和防爆型。

### (二)对变配电设备的安全措施要求

1. 对配电装置应严格按照规程安装,并在加入运行前应进行下列检查。

(1)所有瓷瓶无裂纹,母线清洁无杂物,接触良好。测定母线绝缘电阻,每 4 kV 不低于 1 M $\Omega$ ,门窗上防鼠网栏要完好。

(2)油开关的油面应有标准位置,各接线螺钉应紧固,电力操作回路熔断器符合规定值,合拉闸试验合格。



(3)互感器的母线,二次电路及接地线应连接牢固。测定绝缘电阻时,一次侧每1 kV不低于1 M $\Omega$ ,二次侧应接地良好。

(4)避雷器的瓷管应清洁、无裂纹,接线及接地完好。

(5)电力电缆头应无漏油,外表清洁,接地线接触良好。室内电缆外部涂漆良好,钢铠不生锈,不断裂。

(6)电力电容器的外壳应无膨胀漏电,绝缘良好,熔丝完整。

2. 在正常运行中,应严格执行规定,遵守操作规程。发现异常情况,及时检查,迅速处理。

3. 应配备消防设施,符合安全要求。

### (三)对车间电气设备的安全要求

1. 每台机床应有单独的电气控制装置,以便随时切断本机电源。

2. 各电气设施的罩壳和电动机的风叶罩壳等应保持完好。电气设备金属外壳应有保护接地线。

3. 各电气设备的熔体应选择适当。

4. 机床工作灯或局部照明灯的电压不得高于36 V。

5. 开关板上和电气柜内不准悬挂和储放杂物,电气控制柜的底部应有底板,以免金属进入产生事故。

### (四)临时线安全规程

1. 临时线应有严格的审批制度,一般应经过动力部门和安装部门审批。临时线最长使用期限为7天,使用完毕应立即拆除。

2. 电源开关、插座等若装在户外,应有防雨的箱子保护,电器应安装牢固,防护罩壳应齐全、完好。

3. 装置临时线的一般安全要求如下:

(1)装置临时线须用绝缘良好的橡皮线,要采取悬空架设和沿墙敷设,禁止在树上或脚手架上挂线。

(2)全部临时线装置必须有一个总开关控制,第一分路需装熔断器。

(3)所有电气设备、金属外壳须有良好接地线。

(4)临时线放在地面上的部分,应加以可靠保护,如果用胶皮线橡胶套电缆,则应在过路处设硬质的套管保护,管口要安装护圈,以防割破电线。

为了保障人身、设备及社会财产的安全,国家有关部门按照安全技术的要求,颁布了一系列的规程、规范和制度。这些规定为电气安装规程、电气装置检修规程、电气设备运行规程、安全操作规程及各种制度等。除此以外,各单位所在地区的电力部门也都有明确的规定,因此必须严格遵守,严禁违章作业。

## 第二节 接地与接零

保护接地和保护接零是防止因设备意外带电而造成触电事故的重要和主要措施,也是电气安全技术措施的重点。

## 一、保护接地

保护接地适用于 1 000 V 以上的电气设备及电源中线不直接接地的 10 000 V 以下的电气设备。保护接地是将电气设备的金属外壳及金属支撑物件通过良导体与大地之间(即接地装置)良好连接而成的。接地装置的制作有其特定的规程。

采用了保护接地措施后,即使偶然触及漏电的电气设备也能避免触电,因为这时金属外壳已与大地可靠连接,且对地电阻很小,相对于人体电阻要小很多。当人触及电气设备时,人体电阻与接地电阻是并联的,漏电电流几乎全部经接地体流入大地,从而保证了人身安全。

### (一)接地装置的分类

在三相四线供电系统中,变压器中性点直接进行接地时,称为工作接地,对办公楼、厂车间的电源进线,往往要求重复接地。此外,有些电气设备还必须进行保护接地。这几种接地,都要通过接地装置进行,接地装置包括接地体与接地线。

#### 1. 接地体

接地体是将导体埋入大地中而成,接地体的材料通常采用钢管、圆钢、角钢和扁钢等,有垂直安装和水平安装两种。

垂直埋入地下的接地体,它的直径对接地电阻的影响很小,但是为了满足机械强度的要求,一般采用直径 50 mm 以上,长 2.5 m 的厚壁钢管,或长为 2.5 m 左右,50 mm×50 mm 的等边角钢。接地体的接地电阻值与接地体埋入土壤的深度有关,也与土层的化学、物理性质有关。埋入的深度大,则接地体的接地电阻小。接地体垂直敷设时,垂直打入地下的深度不应小于 2 m,一般为 2.5~3 m。接地体应不少于两根,相互间的距离一般为接地体长度的 1~3 倍,角钢或钢管之间的距离不应小于 3 m。距离过近会产生屏蔽作用,影响接地电阻的下降。

水平敷设的接地体可采用圆钢或扁钢,埋设深度不应小于 0.6 m。在有强烈腐蚀性的土壤中接地体应镀锌或镀铜,但不能涂漆。

#### 2. 接地线

接地体通常焊上镀锌扁钢作为引线。在出线处焊上螺栓以便导线连接。引出线高出地面时,必须加塑料管等作穿管保护,保护管高度不应小于 2 m。接地线可用绝缘导线(铜或铝芯)或裸导线(包括圆钢、扁钢),所用的接地导线不得有折断现象,明敷的接地裸干线应涂黑色漆。三芯、四芯塑料护套线中的黑色线按规定做接地用。

接地线的截面积由电源容量来决定,通常其载流能力不应小于相线允许载流量的二分之一。接地线的最小截面,绝缘铜线为 1.5 mm,裸铜线为 4.0 mm,而绝缘铝线为 2.5 mm,裸铝线为 6.0 mm,这是为了保持接地线具有一定的机械强度。

用做接地线的裸铝导体,严禁埋入大地。如果用电设备保护接地时,其接地装置的埋设深度及要求与上述相同。

注意:各地电力部门对接地装置都有专门的规程,这里仅说明一些基本概念。

#### 3. 接地线与接地体的连接要求

牢固可靠、接触良好,应露在明处便于检查。设备的接地线不准和其他设备的接地线串联,应当用并联方法连接。

## (二) 接地装置的技术要求

接地装置的技术要求是接地电阻,原则上接地电阻越小越好,考虑到经济合理,接地电阻以不超过规定的数值为准。

对于地理位置特殊、工作性质重要、数量多和价格高时的情况,接地电阻应越小越好。例如,避雷针和避雷线单独使用时的接地电阻应小于  $10\ \Omega$ ,而配电变压器低压侧中性点接地电阻应为  $0.5\sim 10\ \Omega$ ,一般不大于  $4\ \Omega$ 。保护接地的接地电阻应小于  $4\ \Omega$ ,重复接地的电阻应小于  $10\ \Omega$ ,几个设备共用一个接地装置,接地电阻应以要求最高的为准。

## (三) 接地装置的检查与维修

### 1. 定期检查

工作接地的接地电阻每隔半年或一年检查一次,保护接地电阻每隔一年或两年检查一次。接地电阻增大时,不可勉强使用,应及时修复。

接地装置的每个连接点,尤其是螺钉压接的连接点应每隔半年或一年检查一次,发现松动,随即拧紧。采用电焊连接的连接点也应定期检查是否完好。

要定期检查接地体和接地体连接干线有无严重锈蚀,若有严重锈蚀,应及时修复或更换,不可勉强使用。

### 2. 常见故障排除方法

连接点松散或脱落:容易出现松脱情况的地方有移动电气设备的接地支线与金属外壳(或插销)间的连接处;工作时振动的设备的接地线连接处。松动或脱落处应及时拧紧或重新接好。

遗漏接地或接错位置:在设备维修或更新后重新安装时,因疏忽而把接地线线头漏接或接错位置,发现有接错位置或漏接时应及时纠正。

接地线局部电阻增大:一般由于连接点或跨接过渡线存在轻度松散,或者连接点的接触面存在氧化层或存在污垢,引起电阻增大。应重新拧紧螺钉或清除氧化层及污垢。

接地体的接地电阻增大:通常是由于接地体严重锈蚀或接地体与接地干线之间的接触不良引起的。应重新更换接地体或重新把连接处接好。

## 二、保护接零

保护接零就是在电源中性点接地的低压系统中,把电气设备的金属外壳、框架与零线相连接,称为保护接零。在采用保护接零的电力系统中,所有用电设备的金属外壳都与零线有良好的连接。当电气设备绝缘损坏,发生碰壳短路时,就将形成单相短路,如图 1-1 所示。由于短路回路不包括接地装置的接地电阻,且短路电流很大,所以有足够的短路电流使熔断器迅速熔断或继电保护装置动作。另外,即使在熔断器熔断前的时间内,人体如果接触到带电的外壳时也很安全,这是由于零线的电阻很小,其电阻远小于人体的电阻,大量的电流将沿线路流通,而通过人体的电流极其微小。为此,通常在变压器的低压侧中性点直接接地的  $380/220\ \text{V}$  三相四线制电网中,不论环境如何,凡因绝缘损坏而可能出现危险的相对地电压的金属部分,

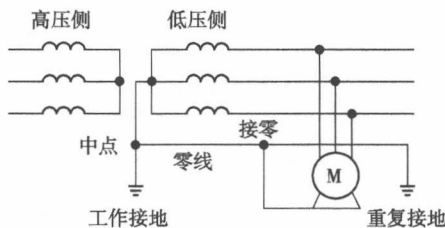


图 1-1 保护接零原理图





均应接零。应当指出,在保护接零用的零线上,决不允许装熔断器或开关。这一点对于家用电器的接零保护来说特别重要。

### 三、工作接地

在电力系统中,为保证电气设备运行的可靠性将电路中的某一点接地,称为工作接地。例如,变压器和互感器低压侧的中性点接地,可以减轻高压电窜入低压电的危险,还有防雷设备和耦合电容器底座的接地,都是工作接地。

### 四、重复接地

在变压器低压侧中性点接地的配电系统中,将零线上一处或多处通过接地装置与大地再次连接,称为重复接地。重复接地的作用是系统中发生中性线断路时,仍能保证人与断路处后面的电气设备接触时的安全,以及确保接零的安全可靠。另外,由于中性线的截面积不可能选得很大,中性线的电阻不可能为零,当三相负载不对称时,中性线中有电流,并产生电压降。为了降低中性线对地电压,往往使用中性线重复接地。

### 五、TN 系统

电源的中性点接地,负载设备的外露可导电部分通过保护线连接到此接地点的低压配电系统,统称为 TN 系统。第一个大写英文“T”表示电源中性点直接接地,第二个大写英文“N”表示电气设备金属外壳接零。依据零线 N 和保护线 PE 不同的安排方式,TN 系统可分为 TN-S、TN-C 和 TN-C-S 三种形式,分述如下。

#### (一)TN-S 系统

TN-S 系统如图 1-2 所示,系统中用电设备外露可导电部分通过 PE 线连接到电源中性点,与系统中性点共用接地体。TN-S 系统的最大特征是 N 线与 PE 线在系统中性点分开后,不能再有任何电气连接,这一条件一旦破坏,TN-S 系统便不再成 TN。TN-S 系统由于其较高的安全可靠而成为我国现在应用最为广泛的一种系统,在自带变配电所的建筑中几乎无一例外地采用了 TN-S 系统。

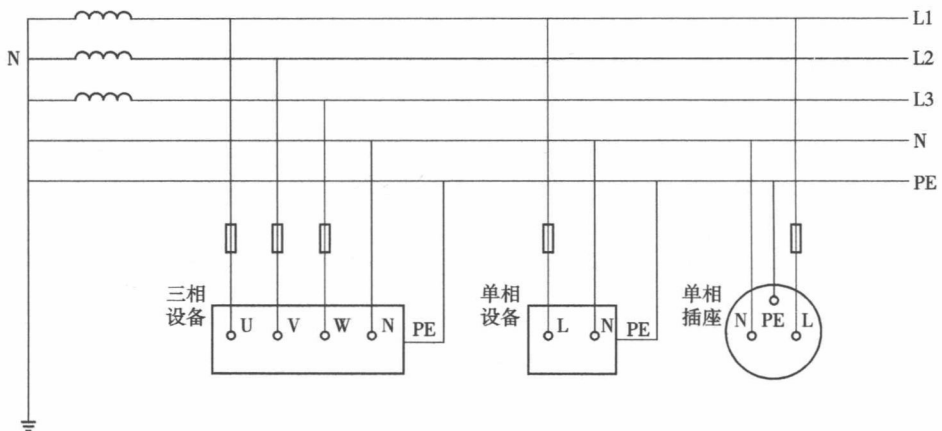


图 1-2 TN-S 系统