



电工电子名家畅销书系

图解

家装电工 技能一点通

周志敏 纪爱华 等编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



电工电子名家畅销书系

图解家装电工技能一点通

周志敏 纪爱华 等编著



机械工业出版社

本书结合国内家装电工技术的发展和最新施工技术,以从事家装电气施工人员为读者对象,系统、全面地讲解了家装电工必备的基础知识及施工中的操作技能,全书共分为5章,系统地讲解了家装电工识图技能、家装电工强电布管、布线技能、家装电工弱电综合布线技能、家装电工安装及检测技能、家装电工的安全操作规程及触电急救方法等内容。本书题材新颖实用,内容丰富,文字通俗,具有很高的实用价值。

本书可供具有初中以上文化水平的家装电气施工人员阅读,也可供家装电工培训及职业技术学院相关专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

图解家装电工技能一点通/周志敏,纪爱华等编著. —北京:机械工业出版社,2013.10(2014.8重印)

(电工电子名家畅销书系)

ISBN 978-7-111-44256-1

I. ①图… II. ①周…②纪… III. ①住宅—室内装修—电工—图解
IV. ①TU85—64

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第235378号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:林春泉 责任编辑:赵 任

版式设计:常天培 责任校对:闫玥红

封面设计:路恩中 责任印制:李 洋

中国农业出版社印刷厂印刷

2014年8月第1版第2次印刷

184mm×260mm·13印张·294千字

标准书号:ISBN 978-7-111-44256-1

定价:33.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010)68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203 封面无防伪标均为盗版

出版说明

我国经济与科技的飞速发展，国家战略性新兴产业的稳步推进，对我国科技的创新发展和人才素质提出了更高的要求。同时，我国目前正处在工业转型升级的重要战略机遇期，推进我国工业转型升级，促进工业化与信息化的深度融合，是我们应对国际金融危机、确保工业经济平稳较快发展的重要组成部分，而这同样对我们的人才素质与数量提出了更高的要求。

目前，人们日常生产生活的电气化、自动化、信息化程度越来越高，电工电子技术正广泛而深入地渗透到经济社会的各个行业，促进了众多的人口就业。但不可否认的客观现实是，很多初入行业的电工电子技术人员，基础知识相对薄弱，实践经验不够丰富，操作技能有待提高。党的十八大报告中明确提出“加强职业技能培训，提升劳动者就业创业能力，增强就业稳定性”。人力资源和社会保障部近期的统计监测却表明，目前我国很多地方的技术工人都处于严重短缺的状态，其中仅制造业高级技工的人才缺口就高达400多万人。

秉承机械工业出版社“服务国家经济社会和科技全面进步”的出版宗旨，60多年来我们在电工电子技术领域积累了大量的优秀作者资源，出版了大量的优秀畅销图书，受到广大读者的一致认可与欢迎。本着“提技能、促就业、惠民生”的出版理念，经过与领域内知名的优秀作者充分研讨，我们打造了“电工电子名家畅销书系”，涉及内容包括电工电子基础知识、电工技能入门与提高、电子技术入门与提高、自动化技术入门与提高、常用仪器仪表的使用以及家电维修实用技能等。

整合了强大的策划团队与作者团队资源，本丛书特色鲜明：①涵盖了电工、电子、家电、自动化入门等细分方向，适合多行业多领域的电工电子技术人员学习；②作者精挑细选，所有作者都是行业名家，编写的都是其最擅长的领域方向图书；③内容注重实用，讲解清晰透彻，表现形式丰富新颖；④以就业为导向，以技能为目标，很多内容都是作者多年亲身实践的看家本领；⑤由资深策划团队精心打磨并集中出版，通过多种方式宣传推广，便于读者及时了解图书信息，方便读者选购。

本丛书的出版得益于业内顶尖的优秀作者的大力支持，大家经常为了图书的内容、表达等反复深入地沟通，并系统地查阅了大量的最新资料 and 标准，更新制作了大量的操作现场实景素材，在此也对各位电工电子名家的辛勤的劳动付出和卓有成效的工作表示感谢。同时，我们衷心希望本丛书的出版，能为广大电工电子技术领域的读者学习知识、开阔视

野、提高技能、促进就业，提供切实有益的帮助。

作为电工电子图书出版领域的领跑者，我们深知对社会、对读者的重大责任，所以我们一直在努力。同时，我们衷心欢迎广大读者提出您的宝贵意见和建议，及时与我们联系沟通，以便为大家提供更多高品质的好书。

机械工业出版社



前言

随着人们生活水平的提高，人们更加注重居住环境的智能化、人性化。社会的需求带动了家装市场的升级，家装电工作为一个新型的电气作业工种，越来越受到社会的关注，已成为电工行业中不可缺少的重要岗位。家装电工与人们生活密切相关，并已成为一种从事技能操作的“智能”型的特殊工种，其处于家装电气施工第一线，是保证人们生活便利及安全的关键工种。家装电工的技术素质将直接影响人们的生活质量和用电的安全，因此，提高家装电工的操作技能是十分必要的。

对于家装电工操作技能的提高，涉及了很多电工基础知识、施工方法、对新设备及新材料性能及操作技能的掌握。考虑到目前家装电工的知识结构和阅读能力，作者在写作上力求做到有针对性和实用性，力求深入浅出，在保证科学性的同时，注重通俗性。通过大量“图解”的形式将家装电工必备的基础知识和操作技能展示出来，让读者能够轻松、快速地阅读及系统地掌握家装电工的基础知识和基本操作技能。考虑到家装电工的特殊性和危险性，本书在附录中简述了家装电工必备的电气测量知识及触电急救方法等内容。

参加本书编写工作的还有周纪海、刘建秀、顾发娥、刘淑芬、纪和平、纪达安、陈爱华等，在本书资料的收集和技术信息交流等方面，得到了国内的专业学者和家用电器制造商的大力支持，使本书具有技术前沿、实用等特点。

由于本书编写时间短，作者水平有限，难免有错误之处，敬请读者批评指正。

作者
2013年9月

目 录

出版说明

前言

第 1 章 家装电工识图技能	1
1.1 家装电工识图基础	1
1.1.1 电气施工图组成及特点	1
1.1.2 家装电气施工图组成及特点	4
1.1.3 家装电气施工图中的图形符号及字母	12
1.2 家装电工识图技能	22
1.2.1 识图基础知识及程序	22
1.2.2 家装电工识图技巧	25
1.2.3 家装电工识图实例	28
第 2 章 家装电工强电布管、布线技能	34
2.1 布管、布线材料特性及选用	34
2.1.1 PVC 电线管性能及选用	34
2.1.2 电线性能及选用	40
2.2 布管、布线要求及工艺	47
2.2.1 布管、布线施工前准备	47
2.2.2 布线方式及定位	51
2.2.3 开槽技术要求及工艺	52
2.2.4 预埋底盒要求及工艺	55
2.2.5 布管技术要求及工艺	56
2.2.6 电线管穿带线及穿电线工艺	61
2.2.7 封槽工艺	64



2.3 电线连接方法及操作工艺	65
2.3.1 电线连接操作技能	65
2.3.2 电线与接线端子连接技能	72
第3章 家装电工弱电综合布线技能	75
3.1 家居弱电综合布线系统及线缆特性	75
3.1.1 家居弱电综合布线系统及组成模块	75
3.1.2 家居弱电综合布线系统的线缆	80
3.2 弱电导线性能及选用	83
3.2.1 视频传输线的性能及选用	83
3.2.2 弱电线缆的性能及选用	86
3.3 家居弱电布线及工艺	91
3.3.1 家居弱电布线	91
3.3.2 家居组网技术	95
3.4 家居弱电综合布线（管）施工及接线	100
3.4.1 家居弱电综合布线（管）施工	100
3.4.2 家居信息箱、插座安装接线	104
第4章 家装电工安装及检测技能	112
4.1 家居配电箱安装及接线	112
4.1.1 家居配电箱安装	112
4.1.2 家居配电箱接线	114
4.2 家居灯具分类及安装	117
4.2.1 灯具分类及安全标志	117
4.2.2 灯具安装	119
4.3 开关、插座安装接线及检测	126
4.3.1 开关、插座安装准备及要求	126
4.3.2 开关、插座安装接线	128
4.3.3 家装电气检测及验收	131
4.4 家居安全设施安装及接线	135
4.4.1 家居漏电保护器安装及接线	135
4.4.2 家居电源、信号端口防雷	137
4.4.3 家居等电位连接	142
第5章 家装电工的安全操作规程及触电急救方法	150
5.1 家装电工上岗条件及手持电动工具安全操作	150



5.1.1 家装电工上岗条件	150
5.1.2 手持电动工具安全操作	152
5.1.3 冲击钻安全操作	156
5.1.4 手电钻安全操作	158
5.1.5 手持水电开槽机安全操作	159
5.2 家装电工触电急救方法	163
5.2.1 触电者脱离电源的方法及急救措施	163
5.2.2 触电者急救方法	165
附录	171
附录 A 万用表使用技巧	171
A.1 万用表基础知识及使用技巧	171
A.2 万用表的正确使用	174
A.3 MF50 型万用表	178
A.4 4DT-830 型数字式万用表	184
附录 B 绝缘电阻表的使用技巧	187
B.1 绝缘电阻表的工作原理及类型	187
B.2 绝缘电阻表的正确使用	190
B.3 BC2000D 数字绝缘电阻表	193
参考文献	198

第1章

家装电工识图技能

1.1 家装电工识图基础

1.1.1 电气施工图组成及特点

设计部门用图样表达设计思想和设计意图；生产部门用图样指导加工与制造；建设部门用图样作为编制招标标书的依据，或用以指导使用和维护；施工部门用图样作为编制施工组织计划、编制投标报价及准备材料、组织施工等的依据。在工程领域，任何工程技术人员和管理人员及施工人员都要求具有一定的绘图能力和识读图样的能力，读不懂图样就不可能胜任工作。

图样的种类很多，常见的工程图样分为两类：建筑工程图和机械工程图。在建筑过程中使用的图样是建筑工程图。它按专业可划分为建筑图、结构图、采暖通风图、给排水图、电气图、工艺流程图等。各种图样都有各自的特点及各自的表达方式。在不同的设计单位，尤其是各大设计院，往往有着不同的规定画法和习惯做法。但是也有许多基本规定和格式是各种图样统一遵守的，比如国家标准的图例符号。

电气施工图是阐述电气工程的构成和功能，描述电气装置的工作原理，提供安装接线和使用维护信息的施工图。由于一项电气工程的规模不同，反映该项工程的电气图的种类和数量也是不同的。

1. 电气施工图

电气施工图一般由图样目录、电气设计说明、电气总平面图、电气系统图、电气平面布置图、电路图、接线图、安装大样图、电缆清册、图例及设备材料表等组成。

(1) 图样目录

图样目录用于检索整套电气施工图，由序号、图样名称、编号、张数等构成。

(2) 设计说明

设计说明主要阐述该电气工程设计的依据、基本指导思想与原则，补充图中未能表明的工程特点、安装方法、工艺要求、特殊设备的使用方法及其他使用与维护注意事项等。设计说明主要标注图中交代不清或没有必要用图表示的要求、标准、规范等。

(3) 设备明细表及材料表

设备明细表只列出该项电气工程中主要电气设备的名称、型号、规格和数量等。材料表一般列出该项电气工程中主要材料的规格、型号、数量、具体要求或产地。但是表中的数量一般只作为概算估计数，不作为设备和材料的供货依据。

(4) 电气总平面图

电气总平面图是在建筑总平面图上表示电源及电力负荷分布的图，主要表示各建筑物的名称或用途、电力负荷的装机容量、电气线路的走向及配电装置的位置、容量和电源入户的方向等。通过电气总平面图可以了解该项工程的概况，掌握电气负荷的分布及电源装置等。一般大型工程都有电气总平面图，中小型工程则由动力平面图或照明平面图代替。

(5) 电气系统图

电气系统图主要表示整个工程或其中某一项目的供电方式和电能输送之间的关系，有时也用来表示一装置和主要组成部分的电气关系。电气系统图是用单线图表示电能或电信号按回路分配出去的图，主要表示各个回路的名称、用途、容量以及主要电气设备、开关元件及导线电缆的规格型号等。通过电气系统图可以知道该系统的回路个数及主要用电设备的容量、控制方式等。电气施工图中系统图用的很多，动力、照明、变配电装置、通信广播、有线电视、火灾报警、防盗保安等都要用到系统图。

(6) 电气平面图

电气平面图是表示各种电气设备与线路平面布置位置的，是进行电气设备安装的重要依据。电气平面图包括外部电气平面图和各专业电气平面图。外部电气平面图是以建筑总平面图为基础，绘出变电所、架空线路、地下电力电缆等的具体位置并注明有关施工方法的图样。在有些外部电气平面图中还注明了建筑物的面积、电气负荷分类、电气设备容量等。专业电气平面图在建筑平面图的基础上绘制。由于电气平面图缩小的比例较大，因此不能表现电气设备的具体位置，只能反映电气设备之间的相对位置关系。

电气平面布置图是在建筑物的平面图上标出电气设备、元件、管线实际布置的图，主要表示其安装位置、安装方式、规格型号、数量及防雷装置、接地装置等。通过电气平面图可以知道每幢建筑物及其各个不同的标高上装设的电气设备、元件及其管线等。电气平面图按专业分为动力、照明、变配电装置、各种机房、通信广播、有线电视、火灾报警、防盗保安、微机监控、自动化仪表、防雷接地平面图等。

(7) 设备布置图

设备布置图是表示各种电气设备平面与空间的位置、安装方式及其相互关系的，由平面图、立面图、断面图、剖面图及各种构件详图等组成。设备布置一般都是按三面视图的原理绘制，与一般机械工程图没有原则性的区别。

(8) 电路图

电路图常被称为控制原理图，电路图是表示某一具体设备或系统的电气工作原理，用来指导某一设备与系统的安装、接线、调试、使用与维护。电路图是单独用来表示电气设备及元件控制方式及其控制线路的图，主要表示电气设备及元件的启动、保护、信号、联锁、自动控制及测量等。通过控制原理图可以知道各设备元件的工作原理、控制方式，掌握建筑物的功能实现方法等。控制原理图用的很多，动力、变配电装置、火灾报警、防盗



保安、电梯装置等都要用到控制原理图，较复杂的照明及声光系统也要用到控制原理图。

(9) 接线图

接线图是表示某一设备内部各种电气元件之间位置关系及接线关系，用来指导电气安装、接线、查线。接线图是与电路图配套的图，用来表示设备元件外部接线以及设备元件之间的接线。通过接线图可以知道系统控制的接线方式和控制电缆、控制线的走向及其布置等。动力、变配电装置、火灾报警、防盗保安、电梯装置等都要用到接线图，一些简单的控制系统一般没有接线图。

(10) 电气安装大样图

电气设备中的某些零部件、接点等结构，做法、安装工艺需要详细表明时，可将这部分单独放大，详细表示，这种图称为电气安装大样图。电气设备的某一部分电气安装大样图可画在同一张图样上，也可画在另外一张图样上，这就需要用有一个统一的标记将它们联系起来。标注的总图某位置上的标记称为电气安装大样图索引标志。

电气安装大样图是表明电气工程中某一部位的具体安装节点详图或安装要求的图，通常参见现有的安装手册，除特殊情况外，图样中一般不予画出。通过电气安装大样图可以了解该项工程的复杂程度。一般非标的配电箱、控制柜等的制作安装都要用到大样图，大样图通常均采用标准通用图集。

(11) 电缆清册

电缆清册是用表格的形式来表示该系统中电缆的规格、型号、数量、走向、敷设方法、头尾接线部位等内容的清册，一般使用电缆较多的工程均有电缆清册，而简单的工程通常没有电缆清册。

(12) 图例

图例一般是列出本套图样涉及的一些特殊图例，图例是用表格的形式列出该系统中使用的图形符号或文字符号，其目的是使读图者容易读懂图样。

电气施工图的类别具体到某一工程上，则由于工程的规模大小、安装施工的难易程度等原因，而并非全部都存在，但其中电气系统图、电气平面图是必不可少的，所以它们是读图的重点内容。

2. 电气施工图的特点

电气施工图具有不同于机械图、建筑图的特点，掌握电气施工图的特点，对识读电气施工图将会带来很多方便。电气施工图的主要特点是：

1) 电气施工图大多是采用统一的图形符号并加注文字符号绘制出来的。图形符号和文字符号就是构成电气工程语言的“词汇”。因为构成电气工程的设备、元件、线路很多，结构类型不一，安装方式各异，只有借用统一的图形符号和文字符号来表达，才比较合适。所以，绘制和识读电气施工图，首先就必须明确和熟悉这些图形符号所代表的内容和含义，以及它们之间的相互关系。

2) 电气施工图反映的是电工、电子电路的系统组成、工作原理和施工安装方法。分析任何电路都必须使其构成闭合回路，只有构成闭合回路，电流才能够流通，电气设备才能正常工作。一个电路的组成，包括4个基本要素，即：电源、用电设备、导线和开关控

制设备。因此,要真正读懂图样,还必须了解设备的基本结构、工作原理、工作程序、主要性能和用途等。

3) 电路中的电气设备、元件等,彼此之间都是通过导线连接起来,构成一个整体的电气通路,导线可长可短,能够比较方便地跨越较远的空间距离。正因为如此,电气施工图有时就不像机械工程图或建筑工程图那样表达内容比较集中,比较直观;有时电气设备安装位置在A处,而控制设备的信号装置、操作开关则可能在B处。这就要将各有关的图样联系起来,对照识读。一般而言,应通过系统图、电路图找联系;通过电气平面图、接线图找位置;交错识读,这样读图效率才可以提高。

4) 电气施工图往往与主体工程(土建工程)及其他安装工程(给排水管道、工艺管道、采暖通风等安装工程)施工相互配合进行。例如,电气设备的布置与土建平面布置、立面布置有关;线路走向与建筑结构的梁、柱、门窗、楼板的位置、走向有关,还与管道的规格、用途、走向有关;安装方法与墙体结构有关,特别是一些暗敷线路、电气设备基础及各种电气预埋件更与土建工程密切相关。因此,识读建筑电气施工图时应与有关的土建工程图、管道工程图等对应起来识读。

5) 识读电气施工图的一个主要目的是用来编制施工方案和工程预算,指导工程施工,指导设备的维修和管理。而一些安装、使用、维修等方面的技术要求不能在图样中完全反映出来,而且也没有必要一一标注清楚,因为这些技术要求在有关的国家标准和规范、规程中都有明确的规定,所以有的电气施工图对于安装施工要求仅在说明栏内注出“参照××规范”的说明。因此,在读图时,尚应了解、熟悉有关规程规范的要求。

1.1.2 家装电气施工图组成及特点

1. 家装电气施工图组成

家装电气施工图采用统一的图形符号并加注文字符号绘制而成,在进行电气施工图识读时应识读相应的土建工程图及其他安装工程图,以了解相互间的配合关系。家装电气施工图对于设备的安装方法、质量要求以及使用维修方面的技术要求等往往不能完全反映出来,所以在识读图样时有关安装方法、技术要求等问题,要参照相关图集和规范。

家装电气施工图的作用是说明家庭配电系统的构成和功能,描述住宅配电系统和用电设备之间的关系,是提供安装技术数据和使用维护的依据。在家装电气施工图中,各种装置或设备中的元部件都不按比例绘制它们的外形尺寸,而是用图形符号表示,同时用文字符号、安装代号来说明电气装置和线路的安装位置、相互关系和敷设方法。

家装电气施工图是建筑电气工程的子系统,具体到家装电气施工图,按其表现内容不同可分为:配电系统图、电气平面图等,在配电系统图中标注出计量设备、开关、导线型号、根数及敷设方法等。电气平面图中反映出灯具的型号、功率、数量、平面位置、高度布置、安装方式以及设计照度,另外还有:配电箱编号、安装方式、数目、室内布线的导线型号、截面、根数、敷设方式和平面布置等。家装电气施工图通常由以下部分组成:

(1) 图样目录与设计说明及图例

1) 目录表明电气施工图的编制顺序及每张图的图名,便于查询检索图样,由序号、



图样名称、编号、张数等构成。前言中包括设计说明、图例、设备材料明细表、工程经费概算等。

2) 设计说明的主要目的在于阐述电气工程设计依据、基本指导思想与原则。设计说明中主要说明电源来路、线路材料及敷设方法、材料及设备规格、数量、技术参数、供货厂家、施工中的有关技术要求等。设计说明是对图中未能清楚表明工程特点、安装方法、工艺要求、特殊设备的安装使用,如供电电源的来源、供电方式、电压等级、线路敷设方式、防雷接地、设备安装高度及安装方式、工程主要技术数据以及有关的施工注意事项等的补充说明。

3) 图例即图形符号,一般只列出本套图样涉及的一些特殊图例,主要用于说明图上符号所对应的元件名称和有关数据,应与图样联系起来识读。

(2) 主要材料设备表

设备材料明细表列出该项电气工程所需的主要电气设备和材料的名称、型号、规格和数量,它是编制购置设备、材料计划的重要依据之一。设备元件和材料明细表是把电气工程所需主要设备、元件、材料和有关的数据列成表格,表示其名称、符号、型号、规格、数量。

(3) 照明配电系统图

照明配电系统图是用图形符号、文字符号绘制的,用以表示照明配电系统供电方式、配电回路分布及相互联系的电气施工图,能集中反映家庭用电设备的安装容量、计算容量、计算电流、配电方式、导线或电缆的型号、规格、数量、敷设方式及穿管管径、开关及熔断器的规格型号等。通过照明配电系统图,可以了解建筑物内部照明配电系统的全貌,它也是进行电气安装调试的主要图样之一。

照明配电系统由照明配电箱、配电线路、照明配电保护装置、计量仪表、开关及插座、灯具及家用电器等组成。配电系统图用于反映配电系统内各种设备相互之间的网络联系,通过照明配电系统图可以了解家庭用电的规模和层次。用于表示家庭配电系统的关系或配电方案,照明配电系统图通常用单线条表示。从配电系统图中可以看出该工程配电的规模、各级控制关系、各级控制设备及保护设备的规格容量、各路负荷用电容量和导线规格等。住宅配电系统图有集中抄表和住户抄表之分。照明系统图的主要内容包括:

1) 建筑物内的配电系统的组成和连接原理,电源进户线、各级照明配电箱和供电回路,表示其相互连接形式。

2) 配电箱型号或编号,总照明配电箱及分照明配电箱所选用计量装置、开关和熔断器等器件的型号、规格。

3) 各回路配电装置的组成,各回路的去向,用电容量。各供电回路的编号,导线型号、根数、辐射方法、穿电线管的名称、管径,以及敷设导线长度等;线路中设备、器材的接地方式。

4) 照明器具等用电设备或供电回路的型号、名称、计算容量和计算电流等。

集中抄表住宅配电系统图如图 1-1 所示,住户抄表住宅配电系统图如图 1-2 所示。

1) 照明配电箱。照明配电箱主要结构部件有:盖板、面框、底箱、金属支架、安装

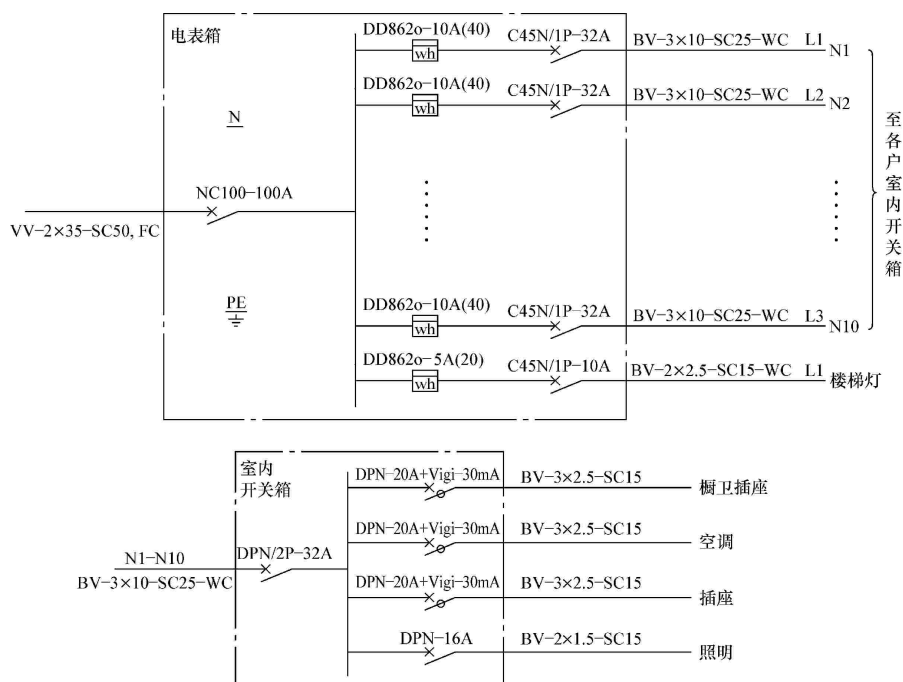


图 1-1 集中抄表住宅配电系统图

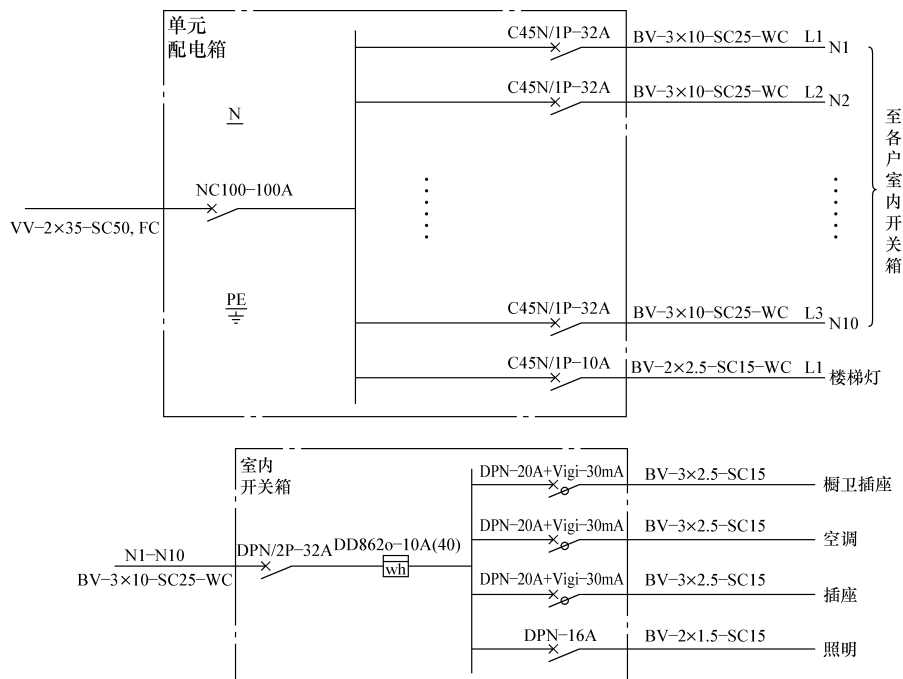


图 1-2 住户抄表住宅配电系统图

轨、汇流排、接零排、接地排和电器元件等。边框设有按开键，可自动打开盖板，底箱设



有进线孔, 电器元件(断路器)任意相合, 拆装方便, 带电部件安全地设置在底箱内部。公共接地板应与保护接地装置可靠连接, 确保使用安全。照明配电箱内设的断路器及漏电断路器分路出线, 分别控制照明、插座等, 其回路应确保负荷正常使用, 配电箱内设的计量仪表用于电量计量。配电箱的箱体上下、左右侧板有敲落孔, 使用中可任意选择, 明装配电箱体的箱体底部有安装孔。照明配电箱的标注如图 1-3 所示。

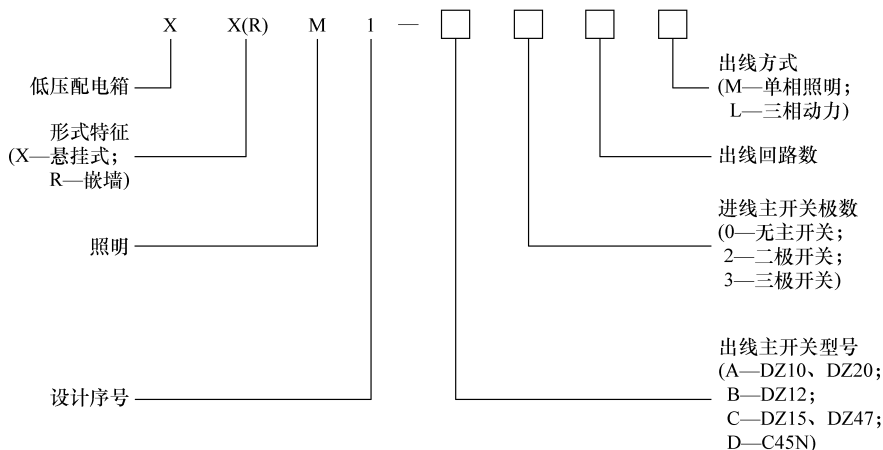


图 1-3 照明配电箱的标注

例如: 型号为 XRM1 - A312M 的配电箱, XRM 表示该配电箱为低压照明配电箱, 为嵌墙安装, 箱内装设一个型号为 DZ20 的出线主开关, 进线主开关为 3 极开关, 出线回路 12 个, 单相照明。

2) 进户线是指从住宅总配电箱到单元照明配电箱之间的一段导线。

3) 配电线路是为了将电能从照明配电箱安全、合理、经济、方便地引向各盏灯具和插座等所有用电设备。

4) 配电保护装置。住宅线路的保护主要有短路保护、过载保护和接地故障保护。

在照明配电系统中开关设备文字标注格式一般为

$$a \frac{b}{c/i} \text{ 或 } a - b - c/i \quad (1-1)$$

例如: 标注 Q3DZ10 - 100/3 - 100/60, 表示编号为 3 号开关设备, 其型号为 DZ10 - 100/3, 即装置式 3 极低压空气断路器, 其额定电流为 100A, 脱扣器整定电流为 60A。

在照明配电系统中开关设备需要标注引入线的规格时, 则标注为

$$a \frac{b - c/i}{d(e \times f) - g} \quad (1-2)$$

式中, a 为设备编号; b 为设备型号; c 为额定电流; i 为整定电流; d 为导线型号; e 为导线根数; f 为导线截面积; g 为导线敷设方式。

5) 电能表(俗称电表)是用来计量每个家庭用电的计量仪表。在电表的铭牌上标有 5 (20) A 或 10 (40) A 等字样, 它表示的是电能表的规格。其中, 括号前的数字代能电

能表的额定电流，括号内的数字则表示电能表允许通过的最大电流。一般来说，电能表的规格反映了住宅设计用电负荷的大小。

在系统图或平面图的图线旁标注一固定的文字符号，用以说明线路的用途、导线型号、规格、根数、线路敷设方式及敷设部位等，通常采用英文字母表示。配电线路的标注格式为

$$a - b(c \times d) - e - f \quad (1-3)$$

式中， a 为线路编号或者线路功能符号； b 为导线型号； c 为导线根数； d 为导线截面积； e 为导线敷设方式或者穿管管径； f 为导线敷设部位。

例如：BV(3×50+1×25)SC50—FC 表示线路是铜芯塑料绝缘导线，三根为 50mm²，一根为 25mm²，穿管径为 50mm 的钢管沿地面暗敷。

例如：BV(3×60+2×35)SC70—WC 表示线路为铜芯塑料绝缘导线，3 根为 60mm²，两根为 35mm²，穿管径为 70mm 的钢管沿墙暗敷。

例如：WP₁—BV(3×50+1×35)—K—WE，即表示 1 号电力线路，导线型号为 BV（铜芯聚氯乙烯绝缘导线），共有 4 根导线，其中 3 根截面积为 50mm²，1 根截面积为 35mm²，采用瓷瓶配线，沿墙明敷设。

例如：BX(3×4)G15—WC

表示有 3 根截面积分别为 4mm² 的铜芯橡皮绝缘导线，穿直径为 15mm 的水煤气钢管，沿墙暗敷设，在此未标注线路的用途也是允许的。

对配电系统的一般要求是：

- 1) 照明供电电压一般采用 220V，若负荷电流超过 30A 时，应采用 220/380V 电源。
- 2) 在触电危险较大的场所，所采用的局部照明，应采用 36V 及以下的安全电压。
- 3) 照明系统的每一单相回路，线路长度不宜超过 30m，电流不宜超过 16A，灯具为单独回路时，数量不宜超过 25 个（大型的建筑物不超过 25A，光源数量不宜超过 60 个）。
- 4) 插座应单独设回路，若插座与灯具混为一回路时，插座的数量不宜超过 5 个。

住宅室内配电线路最常用的方式是配管布线，即把绝缘导线穿在管内进行暗敷设。在进行施工之前应进行住宅用电估算。而后选取适当的配电器材采用适当的线路结构来布线。住宅配电系统常用的几种配电方式有：放射式，树干式，链式，混合式，如图 1-4 所示。住宅室内配电线路主要采用放射式和树干式两种。

1) 放射式布线：优点是配电线路相对独立，发生故障时互不影响，供电可靠性高。但由于放射式布线需要设置的回路较多，因此工程量和耗材都相对要多，一次性投资较大。对于容量较大或是比较重要的设备宜采用放射式布线。

2) 树干式布线：它的优点是线路简化，耗材少，相对比较省时又节省材料。但当干线发生故障时影响范围大，而且在采用树干式配电时需要考虑干线的电压质量（线路长、压降大）。一般情况下适用于用电设备的布置比较均匀、容量不大又无特殊要求的场合。有两种情况不宜采用树干式布线：一种是容量较大的用电设备，因为它将导致干线的电压质量明显下降，影响到接在同一干线上的其他用电设备的工作；另一种是对电压质量有较



高要求的用电设备。

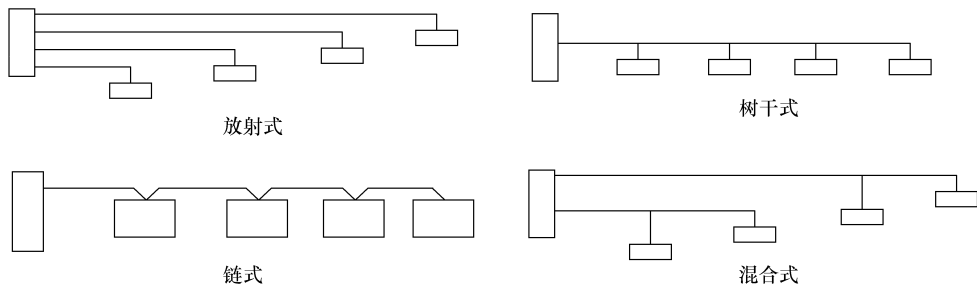


图 1-4 住宅配电系统常用的几种配电方式

(4) 照明平面图

照明平面图主要用来表示电源进户装置、照明配电箱、灯具、插座、开关等电气设备的数量、型号规格、安装位置、安装高度，表示照明线路的敷设位置、敷设方式、敷设路径、导线的型号规格等。

在照明平面图中应标出电源进线位置、各配电箱位置及出线回路、灯具和插座所布置导线的根数等，用于表示建筑物各层的照明、网络、有线电视、电话等电气设备的平面位置和线路走向。它是安装电器和敷设支路管线的依据。平面图分为照明平面图、插座平面图、网络平面图、有线电视平面图、电话平面图等。照明平面图如图 1-5 所示，插座平面图如图 1-6 所示。

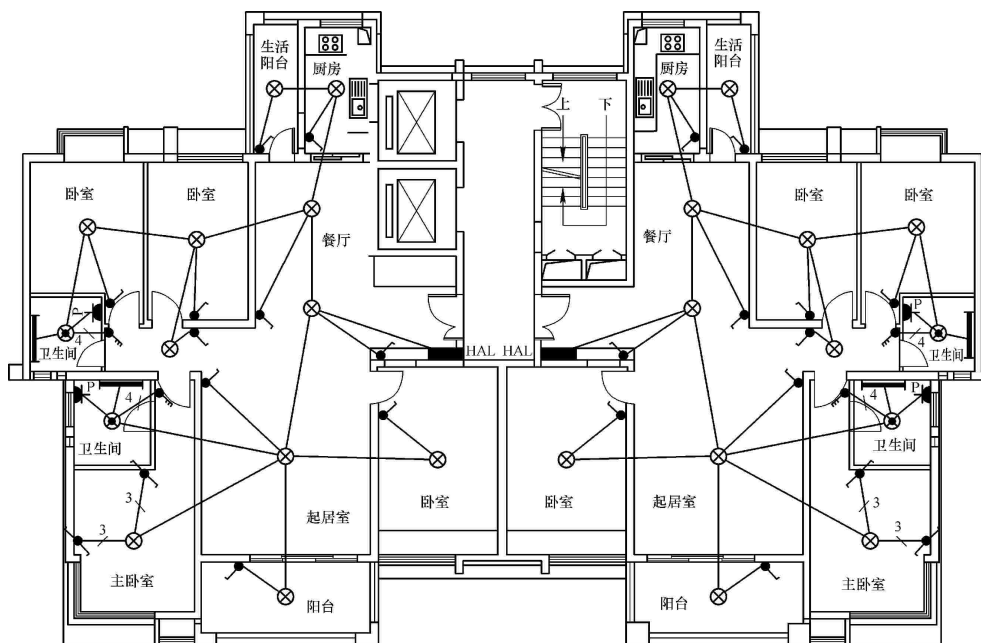


图 1-5 照明平面图

(5) 接线图

接线图是表示某一设备内部各种电气元件之间位置关系及接线关系的，用来指导电气

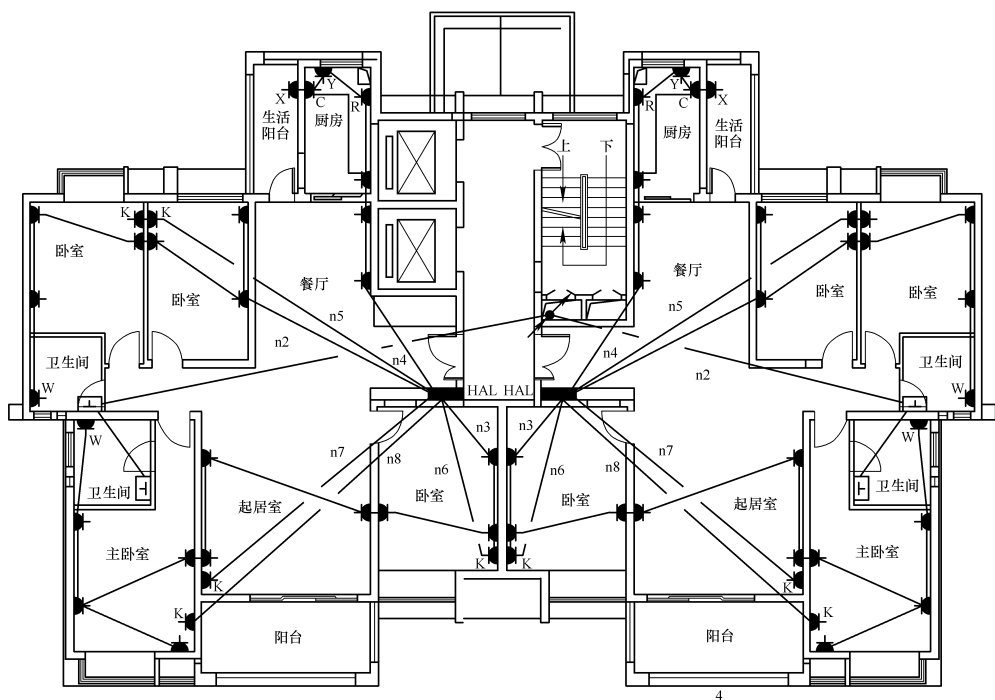


图 1-6 插座平面图

设备的安装、接线、查线。例如，电能表接线图、聚光灯接线图、灯头盒接线图等。电能表接线图如图 1-7 所示。

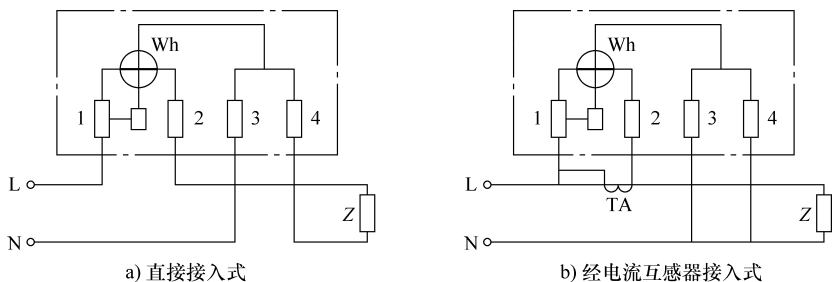


图 1-7 电能表接线图

Wh—单相功率表；Z—负荷；TA—电流互感器

在低压小电流电路中，电能表可直接接在线路上，如图 1-7a 所示。在低压大电流电路中，若线路负荷电流超过电能表的量程，接线应按电流互感器的一次侧与负荷串联，二次侧与电能表的电压线圈并联的原则，如图 1-7b 所示。

单相电能表有专门的接线盒，接线盒内设有 4 个端钮。电压和电流线圈在电能表出厂时已在接线盒中连好，4 个接线桩从左至右按 1、2、3、4 编号，配线时 1、3 端接电源，2、4 端接负荷即可（少数也有 1、2 端接电源，3、4 端接负荷的，接线时要参看电能表的



接线图)。若负荷电流很大或电压很高,则应通过电流或电压互感器才能接入电路。

(6) 防雷接地与等电位连接图

20 世纪 60 年代起,国际上推广等电位连接安全技术的应用,现在的新建建筑物基本上都采用了等电位连接。等电位连接的定义有以下几种,但都是强调有可能带电伤人或物的导体被连接并和大地电位相等的连接就称为等电位连接。美国国家电气法规对等电位连接所下的定义是:“将各金属体做永久的连接以形成导电通路,它应保证电气的连续导通性并将预期可能加于其上的电流安全导走。” GB 50057—2010 对等电位连接定义:“将分开的装置、诸导电物体等用等电位连接导体或电涌保护器连接起来以减小雷电流在它们之间产生的电位差。”

低压配电系统若采用 TN-C-S 系统,其工作零线和保护地线在电源进线箱后要严格分开。电源进户处做重复接地。户内进线处设置总等电位端子箱,电、水、气等金属管道应在进出建筑物处做总等电位连接。卫生间均做局部等电位连接,卫生间局部等电位连接示意图如图 1-8 所示。

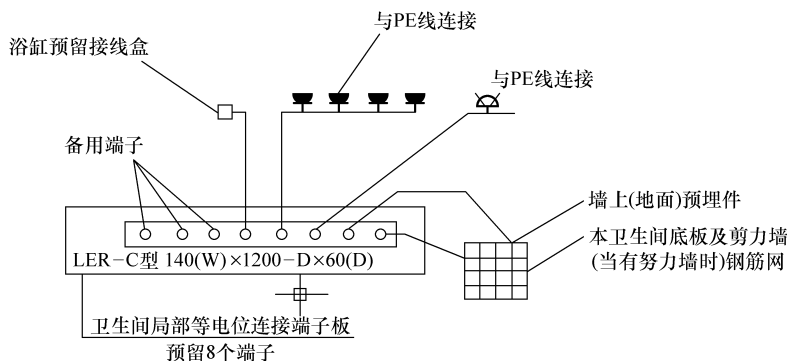


图 1-8 卫生间局部等电位连接示意图

2. 家装电气施工图特点

家装电气施工图的特点如下:

1) 图幅尺寸。电气图样的幅面一般分为 0~5 号共 6 种,各种图样一般不加宽,只在必要时可按照 L/8 的倍数适当加长。常见的 2 号加长图,规格为 420×891,0 号图样一般不加长。

2) 图标。图标相当于电器设备的铭牌,一般放在图样的右下角,主要包括图样的名称、比例、设计单位、制图人、设计人、校审人、审定人、电器负责人、工程负责人和完成日期等。

3) 图线。图样中使用的各种线条,根据不同的用途可分为以下 8 种。

粗实线:建筑图的立面图、平面图与剖面图的截面轮廓线、图框线等。

中实线:电气施工图的干线、支线、电缆线及架空线等。

细实线:电气施工图的底图线。建筑平面图要用细实线,以便突出用中实线绘制的电气线路。

粗点划线：通常在平面图中大型构件的轴线等处使用。

点划线：用于轴线、中心线等，如电器设备安装大样图的中心线。

粗虚线：适用于不可见的轮廓线。

虚线：适用于不可见的轮廓线。

折断线：用在被断开部分的边界线。

此外，电气专业常用的线还有电话线、接地母线、电视天线和避雷线等。

4) 尺寸标注。工程图样上标注的尺寸通常采用毫米（mm）作单位，只有总平面图或特大设备用米（m）作单位。电气图样一般不标注单位。

5) 比例和方位标志。电气施工图常用的比例有 1:200、1:100、1:60、1:50 等；大样图的比例可以用 1:20、1:10、1:5。外线工程图常用小比例，在做概算、预算统计工程量时就需要用到这个比例。图样中的方位按照国际惯例通常是上北下南，左西右东。有时为了使图面布局更加合理，也可能采用其他方位，但必须标明指北针。

6) 标高。建筑图样中的标高通常是相对标高，一般将 ± 0.00 设定在建筑物首层室内地坪，往上为正值，往下为负值。电气图样中设备的安装标高是以各层地面为基准的，室外电气安装工程常用绝对标高，这是以海平面为零点而确定的高度尺寸，又称海拔。

7) 图例。为了简化作图，国家有关标准和一些设计单位有针对性地对常见的材料构件、施工方法等规定了一些固定画法式样，有的还附有文字符号标注。要看懂电气安装施工图，就要明白图中这些符号的含义。电气图样中的图例如果是由国家统一规定的则称为国标符号，由有关部委颁布的称为部协符号。另外，一些大的设计院还有其内部的补充规定，即院标，或称为习惯标注符号。电气符号的种类很多，国际上通用的图形符号标准是 IEC（国际电工委员会）标准，中国新的国家标准图形符号（GB）和 IEC 标准是一致的，国标序号为 GB4728，这些通用的电气符号在施工图册内都有，故在电气施工图中不再介绍其名称及含义了。但如果电气设计图中采用了非标准符号，就应列出图例表。

8) 平面图定位轴线。凡是建筑物的承重墙、柱子、主梁及房架等都应设置轴线，纵轴编号是从左起用阿拉伯数字表示，而横轴则是用大写英文字母自下而上标注的。轴线间距是由建筑结构尺寸确定的。在电气平面图中，为了突出电气线路，通常只在外墙外面绘制出横竖轴线，而不在建筑平面内绘制。

9) 设备材料表。为了便于施工单位计算材料、采购电器设备、编制工程概（预）算及编制施工组织计划等，在电气施工图样上要列出主要设备材料表。表内应列出全部电气材料的规格、型号、数量及有关的重要数据，要求与图样一致，而且要按照序号编写。

10) 设计说明。电气图样说明是用文字叙述的方式说明一个建筑工程（如建筑用途、结构形式、地面做法及建筑面积等）和电气设备安装有关的内容，主要包括电气设备的规格型号、工程特点、设计指导思想，以及使用的新材料、新工艺、新技术和对施工的要求等。

1.1.3 家装电气施工图中的图形符号及字母

在电气工程中使用的元件、设备、装置、连接线很多，结构类型千差万别，安装方法



多种多样。因此,在电气施工图中,元件、设备、装置、线路及安装方法等,都要用图形符号和文字符号来表示。识读电气施工图,首先要了解和熟悉这些符号的形式、内容、含义以及它们之间的相互关系。

电气施工图中的文字和图形符号均按国家标准规定绘制,我国在20世纪60年代初制定了一套符号标准,为了与国际标准一致,在2000年又颁布了一套新的符号标准,现行的工程图全部使用新符号。

在照明平面图上,应该标出配电箱、开关、灯具的具体位置,照明配线的具体走向。配电箱应该按照作用及楼层分别进行编号,进出配电箱的配线应该按照回路进行编号。干线及分支线要标注导线规格型号、敷设方式及敷设部位。照明灯具的位置和安装高度应该标出,并标明灯具内部光源类型、功率和数量。照明平面图上不能表现灯具、开关等的具体形状,只能反映照明设备的具体位置。

1. 电气施工图中图形符号和文字符号

(1) 图形符号

电气图形符号是电气技术领域的重要信息语言。

(2) 文字符号

图形符号提供了一类设备及元件的共同符号,为了更明确地区分不同的设备、元件,尤其是区分同类设备或元件中不同功能的设备或元件,还必须在图形符号旁标注相应的文字符号。文字符号通常由基本符号、辅助符号和数字序号组成,文字符号中的字母为英文字母。

1) 基本文字符号。基本文字符号用来表示电气设备、装置和元件以及线路的基本名称、特性。分为单字母符号和双字母符号。

- 单字母符号。单字母符号用来表示按国家标准划分的23大类电气设备、装置和元器件。

- 双字母符号。双字母符号由单字母符号后面另加一个字母组成,目的是更详细和更具体地表示电气设备、装置和元器件的名称。

2) 辅助文字符号。辅助文字符号用来表示电气设备、装置和元器件,也表示线路的功能、状态和特征。

(3) 文字符号的组合

文字符号的组合形式一般为基本符号+辅助符号+数字序号。如FU2表示第二组熔断器。在读文字符号时,同一个字母在组合中的位置不同,可能有不同的含义。即文字符号只有明确了它在组合中的具体位置才有意义。如F表示保护器件,U表示调制器,这两个意思组合起来是无意义的,只有熔断器FU是有意义的。

(4) 特殊文字符号

在电气施工图中,一些特殊用途的接线端子、导线等,常采用一些专用文字符号标注。

(5) 设备、元件的型号

电气施工图中的设备、元件,除了标注文字符号外,有些还标注了设备、元件的型号。

型号中的字母为汉语拼音字母。这里所列型号为国家标准产品型号，进口产品、合资企业生产的产品，型号往往与国家标准产品型号不同，型号含义需要参阅厂家产品说明书。

2. 电气图形符号的构成和分类

电气图形符号包括一般符号、符号要素、限定符号和方框符号。

1) 一般符号是用来表示一类产品或此类产品特征的简单符号，如电阻、开关、电容等。

2) 符号要素是一种具有确定意义的简单图形，必须同其他图形组合构成一个设备或概念的完整符号，符号要素一般不能单独使用，只有按照一定方式组合起来才能构成完整的符号。符号要素的不同组合可以构成不同的符号。

3) 限定符号是用以提供附加的信息加在其他符号上的符号。限定符号一般不代表独立的设备、器件和元件，仅用来说明某些特征、功能和作用等。限定符号一般不单独使用，当一般符号加上不同的限定符号，可得到不同的专用符号。

4) 方框符号用以表示元件、设备等的组合及其功能，是既不给出元件、设备的细节，也不考虑所有连接的一种简单的图形符号。方框符号在框图中使用最多。

《电气简图用图形符号第1部分：一般要求》的国家标准代号为 GB/T 4728.1—2005，采用国际电工委员会（IEC）标准，在国际上具有通用性，电气简图用图形符号共分13部分：

1) 总则，有标准内容提要、名词术语、符号的绘制、编号使用及其他规定。

2) 符号要素、限定符号和其他常用符号。符号要素、限定符号和其他常用符号包括轮廓和外壳、电流和电压的种类、可变性、力或运动的方向、流动方向、材料的类型、效应或相关性、辐射、信号波形、机械控制、操作件和操作方法、非电量控制、接地、接机壳和等电位、理想电路元件等。

3) 导体和连接体。导体和连接体包括电线、屏蔽或绞合导线、同轴电缆、端子导线连接、插头和插座、电缆终端头等。

4) 基本无源元件。基本无源元件包括电阻器、电容器、电感器、铁氧体磁心、压电晶体、驻极体等。

5) 半导体管和电子管。如二极管、晶体管、电子管等。

6) 电能的发生与转换。电能的发生与转换包括绕组、发电机、变压器等。

7) 开关、控制和保护器件。开关、控制和保护器件包括触点、开关、开关装置、控制装置、起动器、继电器、接触器和保护器件等。

8) 测量仪表、灯和信号器件。测量仪表、灯和信号器件包括指示仪表、记录仪表、热电偶、遥测装置、传感器、灯、电铃、蜂鸣器、扬声器等。

9) 电信：交换和外围设备。交换和外围设备包括交换系统、选择器、电话机、电报和数据处理设备、传真机等。

10) 电信：传输。传输包括通信电路、天线、波导管器件、信号发生器、激光器、调制器、解调器、光纤传输。

11) 建筑安装平面布置图。建筑安装平面布置图包括发电站、变电所、网络、音响和



电视的分配系统、建筑用设备、露天设备。

12) 二进制逻辑元件。二进制逻辑元件包括计数器、存储器等。

13) 模拟元件。模拟元件包括放大器、函数器、电子开关等。

家装电气图中常用电气设备图例见表 1-1。

表 1-1 家装电气图中常用电气设备图例

名 称	图 例	名 称	图 例
手动开关		电能表	
断路器		箱(盒)一般符号	
熔断器		连接盒或接线盒	
刀熔开关		照明配电箱	

3. 导线根数及敷设方式表示

(1) 导线根数表示

导线根数的表示方法是：只要走向相同，无论导线的根数多少，都可以用一根图线表示一束导线，同时在图线上打上短斜线表示根数；也可以画一根短斜线，在旁边标注数字表示根数，所标注的数字不小于 3，对于两根导线，可用一条图线表示，不必标注根数。导线根数表示见表 1-2。

表 1-2 导线根数表示

导线根数		图 形 符 号	备 注
一根导线			可以表示导线、电缆 可以标注附加信息，如：电压、导线根数、每根导线的截面积等 导线数后标其截面积，并用“×”隔开，若截面积不同时，应用“+”分别将其隔开
两根导线			
三根导线	形式 1		
	形式 2		
四根以上导线			

平面图中导线根数的确定：

1) 水平敷设管内导线的数量已有标示，根据导线斜短线数量或导线旁边数字即可判断。

2) 连接开关的竖直线内的导线数量。

- “联”数加一：如双联开关有三根线。
- “极”数翻倍：如单极开关有两根线，双极需四根线。

3) 插座穿电线管内的导线数量：由 n 联中的极数最多的插座决定。

(2) 导线走向表示

导线走向表示见表 1-3。

表 1-3 导线走向表示

名称	图 例	名称	图 例
导线引上去		导线由上引来并引下	
导线引下来		导线由下引来并引上	
导线引上并引下		电源引入线	

(3) 导线敷设表示

电气线路在平面图中采用线条和文字标注相结合的方法，表示出线路的走向、用途、编号、导线的型号、根数、规格及线路的敷设方式和敷设部位。线路敷设方式代号见表 1-4，线路暗敷部位代号见表 1-5。

表 1-4 线路敷设方式代号

代号	线路敷设方式	代号	线路敷设方式
PVC	用阻燃塑料管敷设	SP	用金属线槽敷设
DGL	用电工钢管敷设	KRG	用可挠型塑制管敷设
PP	用塑制线槽敷设	SC	穿焊接钢管敷设
RC	穿水煤气管铺设	PC	穿硬聚氯乙烯管敷设
TC	穿电线管敷设	KPC	穿聚氯乙烯波纹软管敷设
CP	穿金属软管管敷设	CT	用电缆桥架敷设

表 1-5 线路暗敷部位代号

代号	线路暗敷部位	代号	线路暗敷部位
LA	暗设在梁内	PA	暗设在屋面内或顶棚内
ZA	暗设在柱内	DA	暗设在地面或地板内
QA	暗设在墙内	PNA	暗设在不能进入的吊顶内

4. 灯具的标注

灯具在平面图中采用图形符号表示，在图形符号旁标注文字，说明灯具的名称和功能。灯具的标注是在灯具旁按灯具标注规定标注灯具数量、型号、灯具中的光源数量和容量、悬挂高度和安装方式。灯具光源按发光原理分为热辐射光源（如白炽灯和卤钨灯）和气体放电光源（荧光灯、高压汞灯、金属卤化物灯）。照明灯具的标注格式为：

一般标注方法为

$$a - b \frac{cdl}{e} f \quad (1-4)$$

灯具吸顶安装标注方法为



$$a - b \frac{cdl}{f} \quad (1-5)$$

式中, a 为同类灯具个数; b 为灯具的型号或者编号; c 为灯具中的光源数; d 为光源的功率 (W); e 为灯具安装高度 (m); f 为灯具安装方式; l 为光源的种类 (一般不标注)。

例如: 5 - YZ402 × 40/2.5Ch, 表示 5 盏 YZ40 直管型荧光灯, 每盏灯具中装设 2 只功率为 40W 的灯管, 灯具的安装高度为 2.5m, 灯具采用链吊式安装方式。

如果灯具为吸顶安装, 那么安装高度可用 “—” 号表示。在同一房间内的多盏相同型号、相同安装方式和相同安装高度的灯具, 可以标注一处。

例如: 20 - YU601 × 60/3CP, 表示 20 盏 YU60 型 U 形荧光灯, 每盏灯具中装设 1 只功率为 60W 的 U 形灯管, 灯具采用线吊安装, 安装高度为 3m。

灯具的类型及代号见表 1-6, 灯具安装方式表示方法见表 1-7。

表 1-6 灯具的类型及代号

灯具的类型	拼音代号	灯具的类型	拼音代号
普通吊灯	P	卤钨探照灯	L
壁灯	B	投光灯	T
花灯	H	工厂灯	G
吸顶灯	D	防水、防尘灯	F
柱灯	Z	陶瓷伞罩灯	S

表 1-7 灯具安装方式表示方法

安装方式	拼音代号	英文代号	安装方式	拼音代号	英文代号
线吊式	X	CP	吸顶式或直敷式	D	S
固定线吊式	X ₁	CP ₁	吸顶嵌入式 (能进人的棚顶)	DR	CR
防水线吊式	X ₂	CP ₂	嵌入式 (不能进人的棚顶)	R	R
链吊式	L	CH	支架上安装	J	SP
管吊式	G	P	柱上安装	Z	CL
壁装式	B	W	台上安装	T	T
墙壁内装式	BR	WR	座装	ZH	HM

光源种类代号见表 1-8。

表 1-8 光源种类代号

光源的类型	标准代号	光源的类型	标准代号
白炽灯	IN	电弧灯	ARC
荧光灯	FL	红外线灯	IR
卤 (碘) 钨灯	IN	紫外线灯	UV
汞灯	Hg	发光二极管	LED
钠灯	Na	电致发光	EL
氖灯	Ne		

灯具图例见表 1-9。

表 1-9 灯具图例

名称	符号	名称	符号
灯具一般代号		防水防尘灯	
深照灯		荧光灯一般符号	
广照灯		三管荧光灯	
球形灯		五管荧光灯	
吸顶灯		专用电路上的事故照明灯	
壁灯		自带电源的事故照明灯	
花灯		墙上灯座	

5. 灯具开关的分类

灯具开关按照面板上的开关数量分为单联、双联、三联、四联和五联开关；灯具开关按照安装方式分为明装式开关、暗装式开关、半暗装式开关等。灯具开关按照控制方式分为单控、双控开关；灯具开关按照操作方式分为拉线、翘板、声控、节能开关等。灯具开关图例见表 1-10。

表 1-10 灯具开关图例

名称	符号	说明	名称	符号	说明
开关		一般符号			明装
单极开关		明装	三极开关		暗装
		暗装			密闭（防水）
		密闭（防水）			防爆
		防爆	双控开关		
双极开关		明装	单极拉线开关		
		暗装	单极双控拉线开关		
		密闭（防水）	多拉开关		用于不同照度控制
		防爆			



照明开关分解图及开关功能件分解图如图 1-9 所示, 照明开关的表示及含义如下:

1) 开关“极”数意义。开关一次能同时控制的线路数, 单极开关一次只能控制一条线路, 双极一次能同时控制两条独立的线路。在平面图中用开关符号上的短线数来表示, 一条短线表示单极开关, 两条短线表示双极开关, 依次类推。

2) 开关“联”数的意义。表示开关能分别独立控制的线路数, 等于开关面板上的按钮数。也可理解为几个独立开关连在一起的意思。两联开关表示可以分别独立控制两路灯具, 开关面板上有两个按钮, 其分别独立工作。在照明平面图上用开关旁边的数字来表示。

3) 开关“控”数的意义。开关的控数表明有几个开关可以同时控制一条线路。如楼梯的双控开关就表明楼梯的某一个灯具可以由两个开关分别控制它的开和关。再如卧室吊灯的双控开关, 就表示在进门处可以控制, 在床头也可以控制。

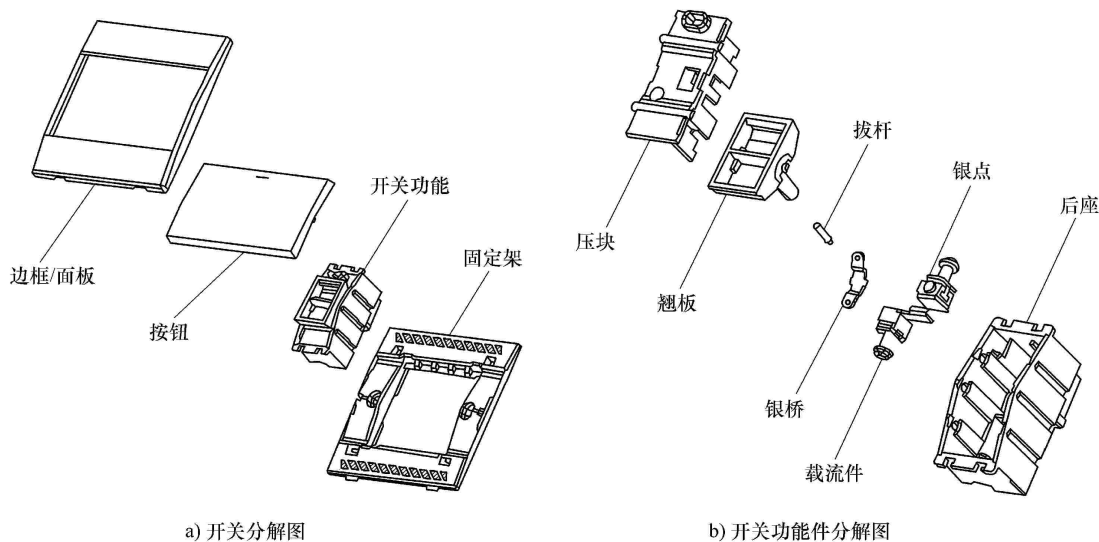


图 1-9 照明开关分解图及开关功能件分解图

6. 插座文字表述及符号

插座按插孔形状分为:

1) 扁插。二极扁插、三极扁插, 使用国家有: 中国、美国、加拿大、日本等亚洲、北美洲国家。

2) 方插。二极方插、三极方插, 使用国家和地区有: 中国香港、英国、新加坡、澳大利亚、印度等。

3) 圆插。二极扁圆插、三极圆插, 主要在欧洲一些国家使用。

插座按额定电流分为: 10A 二极圆扁插座、16A 三极插座、13A 带开关方脚插座、16A 带开关三极插座等。扁插、方插、圆插的插头如图 1-10 所示。

在《建筑电气工程设计常用图形和文字符号》中有关图中插座的文字表述是: 根据需

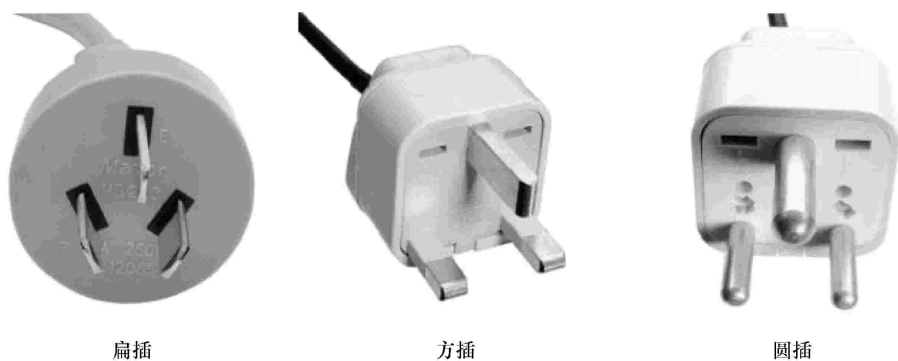


图 1-10 扁插、方插、圆插的插头

要可在“*”处用下述文字区别不同插座：1P－单相（电源）插座；3P－三相（电源）插座；1C－单相暗敷（电源）插座；3C－三相暗敷（电源）插座；1EX－单相防爆（电源）插座；3EX－三相防爆（电源）插座；1EN－单相密闭（电源）插座；3EN－三相密闭（电源）插座。插座的一般符号见表 1-11。

表 1-11 插座的一般符号

名 称	符 号	名 称	符 号
单相插座		带保护接点插座，带接地插孔的单相插座	
单相插座暗装		带保护接点插座，带接地插孔的单相插座暗装	
密闭（防水）单相插座		密闭（防水）带保护接点插座，带接地插孔的单相插座	
防爆单相插座		防爆带保护接点插座，带接地插孔的单相插座	
带接地插孔的三相插座		插座箱（板）	
带接地插孔的三相插座暗装		多个插座（示出 3 个）	
密闭（防水）带接地插孔的三相插座		具有保护板的插座	
防爆带接地插孔的三相插座		具有单极开关的插座	
具有联锁开关的插座		具有隔离变压器的插座（如电动剃须刀用的插座）	



插座分解图及插座功能件产品分解如图 1-11 所示。TN-S 供电系统中，插座接线示意如图 1-12 所示。

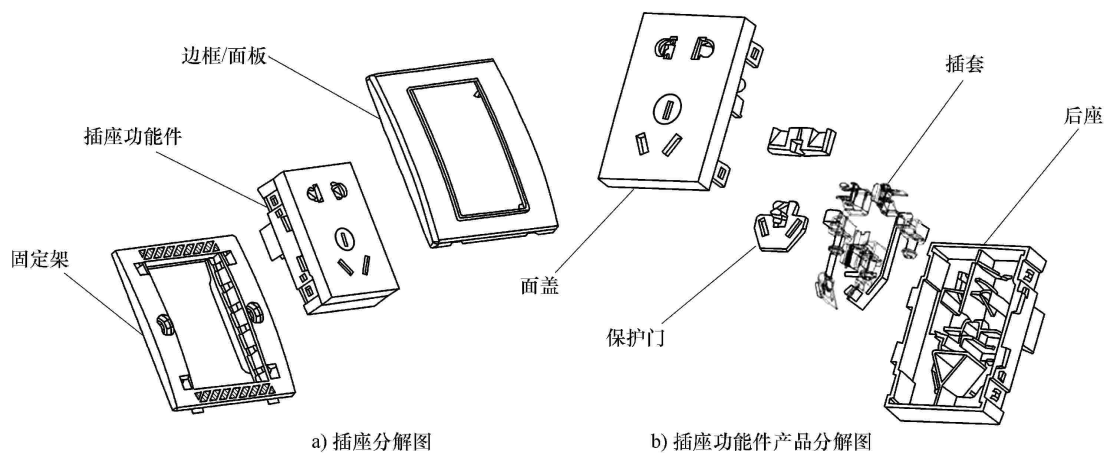


图 1-11 插座分解图及插座功能件产品分解图

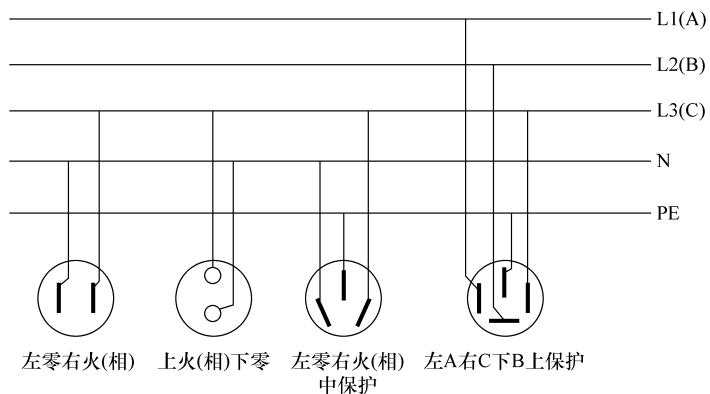


图 1-12 TN-S 供电系统中，插座接线示意图

常见的几种插座接线如图 1-13 所示，图 1-13a 为单相二极暗插座图（零线，一相线），图 1-13b 为单相三极暗插座图（上孔接保护地线 PE；左孔接零线 N；右孔接相线 L），图 1-13c 为三相四极暗插座图（上孔 PE 线，另三孔相线 L1，L2，L3）。

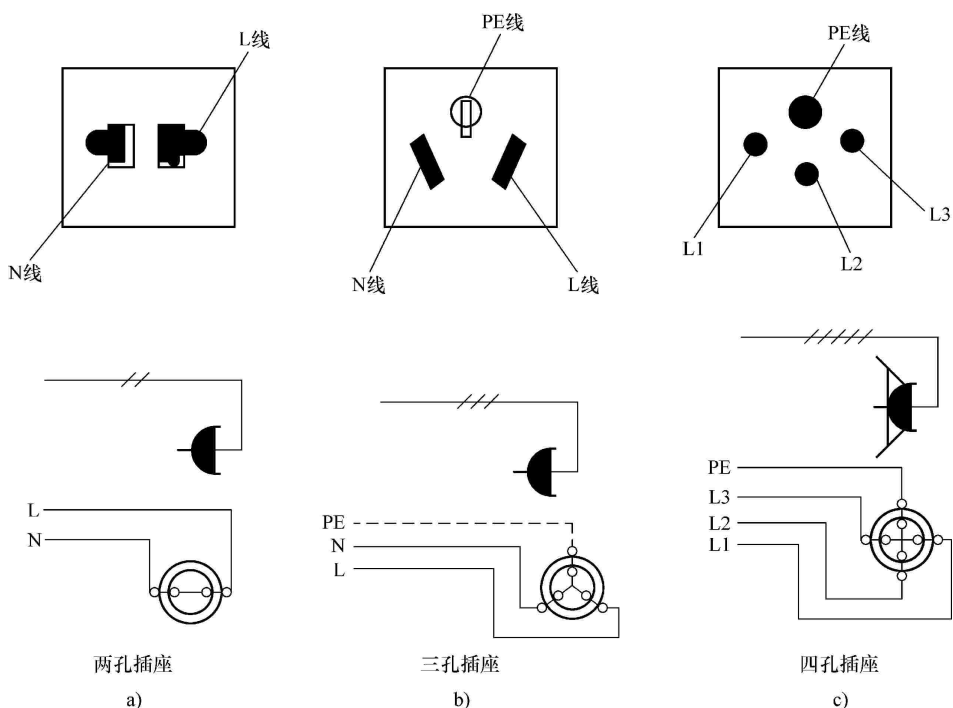


图 1-13 常用插座接线

1.2 家装电工识图技能

1.2.1 识图基础知识及程序

1. 识读电气施工图基础知识

识读电气施工图不但要具有一定的电工基础知识，还要掌握有关电气施工图绘图的基本知识，了解各种电气图形符号、电气施工图的种类，弄清图例、符号所代表的内容、特点以及在电气工程中的作用，还要了解电气施工图的基本规定和常用术语，了解建筑物的基本情况，如房屋结构、房间分布与功能等。而且还要掌握电气施工图的识读程序，这是识读电气施工图的基础。电气施工图的基本规定如下：

1) 图样的格式与幅面大小。一个完整的图面由边框线、图框线、标题栏、会签栏等组成。由边框线所围成的图面，称为图样的幅面。幅面的尺寸共分五类：A0 ~ A4。A0、A1、A2 号图样一般不得加长，A3、A4 号图样可根据需要加长。

2) 标题栏、会签栏。标题栏又名图标，是用以确定图样的名称、图号、有关人员签署等内容的栏目。标题栏的方位一般在图样的下方或右下方，也可放在其他位置。但标题栏中的文字方向为看图方向，即图中的说明、符号均应以标题栏的文字方向为准。

标题栏的格式，我国还没有统一的规定，各设计单位的标题栏格式都不一样。常见的格式应有以下内容：设计单位、工程名称、项目名称、图名、图别、图号等。会签栏要供相关的给排水、采暖通风、建筑、工艺等相关专业设计人员会审图样时签名用。



3) 图幅分区。图幅分区的方法是将图样相互垂直的两边各自加以等分,分区的数目视图的复杂程度而定,但每边必须为偶数。每一分区的长度为25~75mm,分区信号,竖边方向用大写拉丁字母从上到下标注,横边方向用阿拉伯数字从左往右编号。分区代号用字母和数字表示,字母在前,数字在后。

4) 方位。电气平面图一般按上北下南,左西右东来表示建筑物和设备的位置和朝向。但在外部电气总平面图中都用方位标记(指北针方向)来表示朝向。方位标记的箭头指向表示正北方向。

5) 安装标高。在电气平面图中,电气设备和线路的安装高度是用标高来表示的,标高有绝对标高和相对标高两种表示法。

绝对标高是我国的一种高度表示方法,是以我国青岛外黄海平面作为零点而确定的高度尺寸,所以又可称为海拔。如海拔1000m,表示该地高出海平面1000m。

相对标高是选定某一参考面为零点而确定的高度尺寸。建筑工程图上采用的相对标高,一般是选定建筑物室外地坪面为 $\pm 0.00\text{m}$ 。

在电气平面图中,还可选择每一层地坪或楼面为参考面,电气设备和线路安装,敷设位置高度以该层地坪为基准,一般称为敷设标高。

6) 定位轴线。在建筑平面图中,建筑物都标有定位轴线,一般是在剪力墙、梁框等主要承重构件的位置画出轴线,并编上轴线号。定位轴线编号的原则是:在水平方向采用阿拉伯数字,由左向右注写;在垂直方向采用拉丁字母(其中I、O、Z不用),由下往上注写,数字和字母分别用点划线引出。通过定位轴线可以帮助人们了解电气设备和其他设备的具体安装位置,部分图样的修改、设计变更用定位轴线可很容易找到位置。

2. 识读家装电气施工图的一般程序

识读家装电气施工图必须掌握电气图样基本知识(表达形式、通用画法、图形符号、文字符号)和家装电气施工图的特点,同时掌握一定的识读方法,还应该按照一定识读程序进行识读,才能比较迅速全面地读懂图样,以实现读图的目的。一套电气施工图所包括的内容比较多,图样往往有很多张,一般应按以下顺序依次识读,有时还要进行相互对照识读。识读电气施工图的方法没有统一规定,但当拿到一套家装电气施工图时,通常可按以下程序识读:

1) 看图样目录及标题栏。了解工程名称项目内容、设计日期、工程全部图样数量、图样编号和内容等。

2) 看设计说明。了解工程总体概况及设计依据,了解图样中未能表达清楚的各有关事项。如供电电源的来源、电压等级、线路敷设方式、设备安装高度及安装方式、补充使用的非国标图形符号、施工时应注意的事项等。有些分项局部问题是在各分项工程的图样上说明的,在看分项工程图样时,也要先看设计说明。

3) 看电气系统图。各分项工程的图样中都包含有系统图,如变配电工程的供电系统图、电力工程的电力系统图、电气照明工程的照明系统图等。看系统图的目的是了解系统的基本组成,主要电气设备、元件等连接关系及它们的规格、型号、参数等,掌握该系统的基本概况。

4) 看电气平面布置图。平面布置图是电气施工图样中的重要图样之一,如电气设备安装平面图(还应有剖面图)、电力平面图、照明平面图、防雷与接地平面图等,它们都是用来表示设备安装位置、线路敷设部位、敷设方法以及所用导线型号、规格、数量、管径大小的,通过识读系统图了解系统组成概况之后,就可依据平面图编制工程预算和施工方案,具体组织施工了。所以对平面图必须熟读。识读平面图时,一般可按此顺序:进线→总配电箱→干线→支干线→分配电箱→用电设备。

5) 看电路图和接线图。了解各系统中用电设备的电气控制原理,用来指导设备的安装和控制系统的调试工作。因电路图多是采用功能布局法绘制的,看图时应依据功能关系从上至下或从左至右一个回路一个回路地识读。若能熟悉电路中各电器的性能和特点,对读懂图样将是一个很大的帮助。看接线图了解设备或电器的布置与接线,应与电路图对应识读,在进行控制系统的配线和调校工作中,还可配合识读接线图中的端子图。

6) 看安装大样图。安装大样图是按照机械制图方法绘制的用来详细表示设备安装方法的图样。安装大样图是用来详细表示设备安装方法的图样,也是用来指导施工和编制工程材料计划的重要图样。特别是对于初学安装的人员更显重要,甚至可以说是不可缺少的。安装大样图多采用全国通用电气装置标准图集。

7) 看设备材料表。设备材料表提供了该工程所使用的主要设备、材料的型号、规格和数量,是编制工程预算,编制购置主要设备、材料计划的重要参考资料。

严格地说,识读工程图样的顺序并没有统一的硬性规定,可以根据需要,自己灵活掌握,并应有所侧重。有时一张图样需反复识读多遍。为了更好地利用图样指导施工,使之安装质量符合要求,识读图样时,还应配合识读有关施工及检验规范、质量检验评定标准以及全国通用电气装置标准图集,以详细了解安装技术要求及具体安装方法。识读家装电气施工图的程序框图如图 1-14 所示。在识图过程中,找出平面图、系统图、接线图的共同点和区别后,再看复杂的平面图就容易懂了。在实际施工中,关键是掌握原理接线图,不论灯具、开关位置如何变动,线路接线图始终不变,而透视接线图随开关位置、灯具位置、线路并头位置的变动而变动,所以一定要理解线路图,才能看懂任何复杂的平面图和系统图。

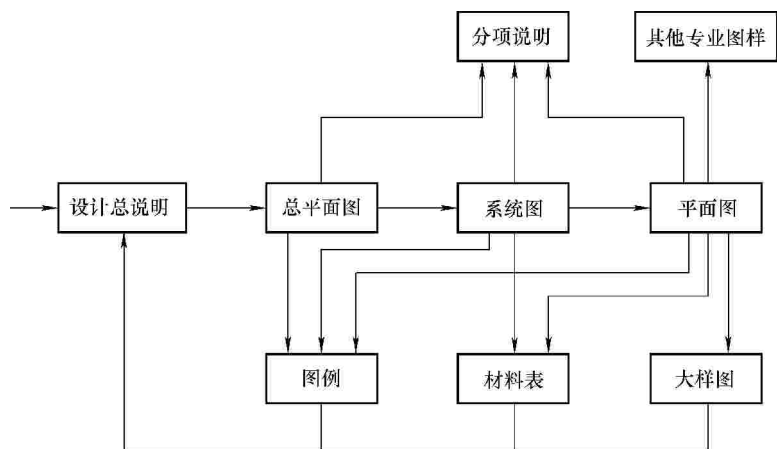


图 1-14 识读家装电气施工图的程序框图



照明平面图能清楚地表现灯具、开关、插座和线路的具体位置及安装方法,但同一方向的导线只用一根线表示,这对初学者来说,在线路的施工和接线时有一定的难度,这时要结合系统图来分析,并且画出灯具、开关、插座的线路接线图或透视接线图,这样在施工中穿线、并头、接线就不会搞错了。

1.2.2 家装电工识图技巧

1. 识读电气施工图脉络及要点

(1) 识读电气施工图脉络

一般来说,室内照明线路的看图脉络是:设计说明→系统图→平面图→接线图→原理图等。从设计说明了解工程概况,本图样所用的图形符号,该工程所需要的设备、材料型号、规格和数量等;然后再看系统图、平面图、接线图和原理图,看图时,平面图和系统图要结合起来看,电气平面图找位置,电气系统图找联系;安装接线图与原理图结合起来看,安装接线图找接线位置,电气原理图分析工作原理。为了读懂电气施工图,识图时应掌握以下技能:

1) 掌握电气照明设备的图形符号及其标注形式,当看到某个图形符号时,就要联想到该图形符号所代表的电气设备或具体意义,初学者可以在识图过程中边对照边读。

2) 要结合电气系统图和照明平面图(非电工还应结合实际施工图)及施工说明一起识读,弄清整体和局部、原理接线图和安装接线图的关系。首先识读每个房间的情况,再识读整座房屋的全貌;也可以先识读整座房屋的情况,再识读每个房间及局部的细节。

3) 识图时应按“进户线—电能表、配电箱—干线—分支线及各路用电设备”这个顺序来识读。

4) 弄清每条线路的根数、导线截面积、布线方式、灯具与开关的对应关系、插座引线的走向(从哪个接线盒引出)以及各种电气设备的安装位置和预埋件位置等。

5) 在对现有房子做电气装修、装饰而涉及布线改造(如将明线敷设改为暗线敷设,改动或增加线路、插座、开关、灯具),也应绘制电气施工图,因为这是指导实施电气改造所必需的。

(2) 识读电气施工图要点

1) 建筑概貌、结构类型以及其他专业工程情况简介。

2) 电气施工图的设计范围、供电方式和相数,是高压还是低压供电,低压配电系统的接地形式,单相还是三相,进户方式等。

3) 电能的计量方式;线路分配情况。

4) 电缆与导线的选择及具体敷设方式。

5) 照明设备器具的布置:安装方式、安装高度及平面位置。

6) 接地防雷情况。

2. 识读电气施工图方法及技巧

针对一套电气施工图,一般应先按以下顺序识读,然后再对某部分内容进行重点识读。

1) 看标题栏及图样目录了解工程名称、项目内容、设计日期及图样内容,按目录核对图样数量,查出涉及的标准图。

2) 识读一套电气施工图,应首先仔细识读设计说明,因设计说明表达了图中无法表示或不易表示,但又与施工有关的问题。通过识读设计说明,可以了解到工程的概况、施工所涉及的内容、设计的依据、施工中的注意事项以及在图样中未能表达清楚的事宜。详细识读设计说明,了解材料表内容及电气设备型号含义。熟记图例符号,一般要从说明中清楚各照明电路、灯具、开关的导线截面积,配电箱安装高度(离地的距离),开关、插座的安装高度(距地离地的距离)等。

3) 看设备材料表了解工程中所使用的设备、材料的型号、规格和数量。

4) 通过识读电气系统图可以了解建筑物内部电气照明配电系统的全貌,它也是进行电气安装调试的主要图样之一。电气系统图是用以表示照明配电系统供电方式、配电回路分布及相互联系的电气施工图,能集中反映照明的配电方式、导线或电缆的型号、规格、数量、敷设方式及穿管管径的规格型号等。再对照平面图识读系统图,分析线路的连接关系,明确配电箱的位置、相互关系及箱内电气设备安装情况。识读照明系统图,了解进户线规格型号、干线数量和规格型号、各支路的负荷分配情况和连接情况。一般从进线开始,经过配电箱后,一条支路一条支路地看。

5) 平面布置图,如照明平面图、插座平面图、防雷接地平面图等。电气平面图主要用来表示电源进户装置、照明配电箱、灯具、插座、开关等电气设备的数量、型号规格、安装位置、安装高度,表示照明线路的敷设位置、敷设方式、敷设路径、导线的型号规格等。仔细识读电气平面图,了解和掌握电气设备的布置、线路编号、走向、导线规格、根数及敷设方法,对照平面图,分析上下、内外、干支线的关系,明确配电箱包含的电气设备等。

导线的走向始终是:进户线—配电盘(板)—干线—支线—用电设备,在识读电气平面图时,可以沿着导线布置程序循序渐进;了解电气设备的规格、型号、数量及线路的起始点、敷设部位、敷设方式和导线根数等。平面图的识读可按照以下顺序进行:电源进线—总配电箱—干线—支线—配电箱—电气设备。识读照明平面图,可熟悉电气设备、灯具等在建筑物内的分布及安装位置,同时明确它是属于哪条支路的负荷,从而弄清它们之间的连接关系。

由于照明灯具控制方式的多样性,使得导线之间的连接关系较复杂,需注意的是,相线必须经开关后再接灯座,而零线则可直接进灯座,保护线则直接与灯具金属外壳相连接。

平面图只表示设备和线路的平面位置而很少反映空间高度,但在识读平面图时,必须建立起空间概念。这对造价技术人员特别重要,可以防止在编制工程预算时,造成垂直敷设管线的漏计。

相互对照、综合看图可避免建筑电气设备与电气线路与其他建筑设备及管路在安装时发生位置冲突,在识读照明平面图时要对照识读建筑设备安装工程施工图,同时还要了解规范,如电气线路与管道间的距离应符合规定。



防雷平面图是指导具体防雷接地施工的图样,防雷接地平面图表明防雷带的布置、室外接地极的位置及有关材料安装要求。通过识读,可以了解本工程的防雷接地装置所采用设备和材料的型号、规格、安装敷设方法、各装置之间的连接方式等情况,在识读的同时还应结合相关的数据手册、工艺标准以及施工规范,从而对该建筑物的防雷接地系统有一个全面的了解和掌握。

6) 识读安装接线图可了解电气设备的布置与接线,识读电气安装大样图细节,并了解标准图集,对照详图、标准图,了解电气设备的具体安装方法、安装部件的具体尺寸等。

7) 识读有关土建方面的图样(如标高)。首先看懂图样和说明文字,这是编制材料计划单的依据,此外还应看懂一般建筑施工图。这是因为照明灯头盒、开关盒、配电箱及管线等电气设备与土建结构的关系十分密切。它们的布置与建筑平面、立面图有关;线路走向与建筑构件中的梁、柱等的位置有关;安装方法与墙的结构、楼板材料有关,特别是需要暗装的设备,需与建筑施工同时进行。在进行材料计划单编制中,特别要清楚各层层高,及各用电设备的安装高度等,以便计量。

在识读电气施工图时,要抓住电气施工图的要点进行识读,如:

- 1) 在明确负荷等级的基础上,了解供电电源的来源、引入方式及路数。
- 2) 了解电源的进户方式,电源是由总配电箱引入还是由单元配电箱引入。
- 3) 明确各配电回路的相序、路径、管线敷设部位、敷设方式以及导线的型号和根数。
- 4) 明确电气设备、器件的平面安装位置。

结合土建施工图进行识读,电气施工与土建施工结合得非常紧密,施工中常涉及各工种之间的配合问题。电气施工平面图只反映了电气设备的平面布置情况,结合土建施工图的识读可以了解电气设备的立体布置情况。

在识读时各图样应协调配合识读,对于具体工程来说,为说明配电关系时需要有配电系统图;为说明电气设备、器件的具体安装位置时需要有平面布置图;为说明设备工作原理时需要有控制原理图;为表示元件连接关系时需要有安装接线图;为说明设备、材料的特性、参数时需要有设备材料表等。这些图样各自的用途不同,但相互之间是有联系并协调一致的。在识读时应根据需要,将各图样结合起来识读,以达到对整个工程或分部项目全面了解的目的。

3. 识读电气施工图应注意的事项

在识读电气安装施工图时,应注意以下事项:

1) 电气照明施工图有较多的图例符号,在识读前必须熟悉电气施工图的图例、符号、代号、标注、画法、含意。

2) 电气照明施工图有很强的原理性,且首尾连贯。识读时可按主干、支干、分支、用电设备、灯具等循序进行,逐项逐支进行识读。

3) 电气照明施工图是以建筑施工图为基础绘制的,对建筑构造不清楚时要查阅有关建筑图,识读时要结合建筑施工图,找到各用电设备在建筑中的位置,并弄清楚其电源来源,建立空间思维,正确确定线路走向。

4) 电气图与土建图对照识读。

5) 明确施工图识读的目的, 电气照明施工图总体上反映了一个建筑的电气照明布置情况、设备内部结构性能、详细安装方法, 在电气照明施工图中不可能一一列出, 施工时还要参见产品的说明及有关电气的安装规范、规定。

6) 善于发现图中的问题, 在施工中加以纠正。

1.2.3 家装电工识图实例

1. 识读配电系统图实例

某住宅的配电系统如图 1-15 所示, 系统采用三相四线制, 架空引入, 三根 35mm^2 加一根 25mm^2 的橡皮绝缘铜线 (BX) 引入后穿直径为 50mm 的水煤气管 (SC), 引入到第一单元的总配电箱。

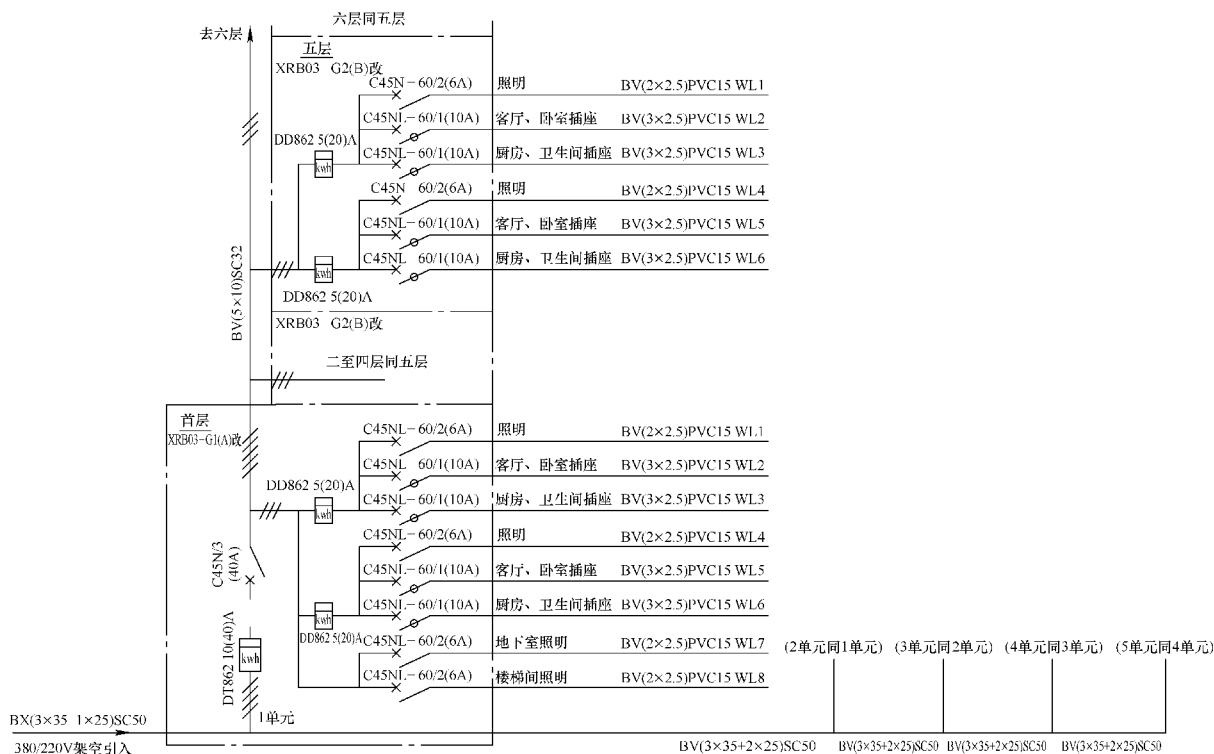


图 1-15 某住宅的配电系统图

第二单元总配电箱的电源是由第一单元总配电箱经导线穿管埋地板引入的, 导线为三根 35mm^2 加两根 25mm^2 的塑料绝缘铜线 (BV), 35mm^2 的导线为相线, 两根 25mm^2 的导线一根为工作零线, 一根为保护零线。穿管均为直径 50mm 的水煤气管。其他 3 个单元总配电箱的电源的取得与上述相同, 这里需要说明一点, 经重复接地后的工作零线引入第一单元总配电箱后, 必须在该箱内设置两组接线板, 一组为工作零线接线板, 各个单元回路的工作零线必须由此接出, 另一组为保护零线接线板, 各个单元回路的保护零线必须由此接出, 两组接线板的接线不得接错, 不得混接。最后将这两组接线板的第一个端子用



25mm² 的铜线可靠连接起来。这样,就形成了 TN-C-S 保护方式。

(1) 照明配电箱

照明配电箱分为两种,首层采用 XRB03-G1(A) 型改制,其他层采用 XRB03-G2(B) 型改制。其主要区别是前者有单元的总计量电能表,并增加了地下室照明和楼梯间照明回路。

XRB03-G1(A) 型配电箱配备三相四线总电能表一块,型号为 DT862-10(40)A,额定电流为 10A,最大电流为 40A;配备总控三极断路器一台,型号为 C45N/3(40A),整定电流为 40A。该箱有 3 个回路,其中两个配备电能表的回路分别是供首层两个住户使用的,另一个没有配备电能表的回路是供该单元各层楼梯间及地下室公用照明使用的。其中,供住户使用的回路,配备单相电能表一块,型号为 DD862-5(20)A,额定电流为 5A,最大电流为 20A,不设总开关。

每个回路又分 3 个支路:

- 1) WL1: 照明。
- 2) WL2: 客厅及卧室插座。
- 3) WL3: 厨房及卫生间插座。

支路标号为 WL1、WL2、WL3、WL4、WL5、WL6。照明支路设双极断路器作为控制和保护用,型号为 C45N-60/2,整定电流为 6A;另外两个插座支路均设单极漏电断路器作为控制和保护用,型号为 C45NL-60/1,整定电流为 10A。

公用照明回路分两个支路,分别供地下室和楼梯间照明用,支路标号为 WL7 和 WL8。每个支路均设双极断路器作为控制和保护,型号为 CN45-60/2,整定电流为 6A。

从配电箱引自各个支路的导线均采用塑料绝缘铜线穿阻燃塑料管(PVC),管径为 15mm,其中,照明支路均为两根 2.5mm² 的导线,即一零一火(相),插座支路均为三根 2.5mm² 的导线,即相线、工作零线、保护零线各一根。XRB03-G2(B) 型配电箱不设总电能表,只分两个回路,供每层的两个住户使用,每个回路又分 3 个支路,其他内容与 XRB03-G1(A) 型相同。

(2) 相序分配

该住宅为 6 层,相序分配上 A 相 1~2 层, B 相 3~4 层, C 相 5~6 层, 1~6 层竖直管路内导线分配如下:

- 1) 进户四根线,三根相线一根工作零线。
- 2) 1~2 层管内五根线,三根相线(1~2 层使用 A 相),一根工作零线,一根保护零线。
- 3) 2~3 层管内四根线,两根相线(B、C),一根工作零线,一根保护零线。
- 4) 3~4 层管内四根线,两根相线(B、C),一根工作零线,一根保护零线。
- 5) 4~5 层管内三根线,一根相线(C),一根工作零线,一根保护零线。
- 6) 5~6 层管内三根线,一根相线(C),一根工作零线,一根保护零线。

这里需要说明一点,如果支路采用金属保护管,管内的保护零线可以省掉,而利用金属管路作为保护零线。

2. 识读照明平面图实例

1) 在一个建筑物内，有许多灯具和插座，一般有两种接线方法：

① 直接接线方法。开关、灯具、插座直接从电源干线上引接，导线中间允许有接头。直接接线方法适用于瓷夹配线、瓷柱配线等。直接接线法如图 1-16 所示。

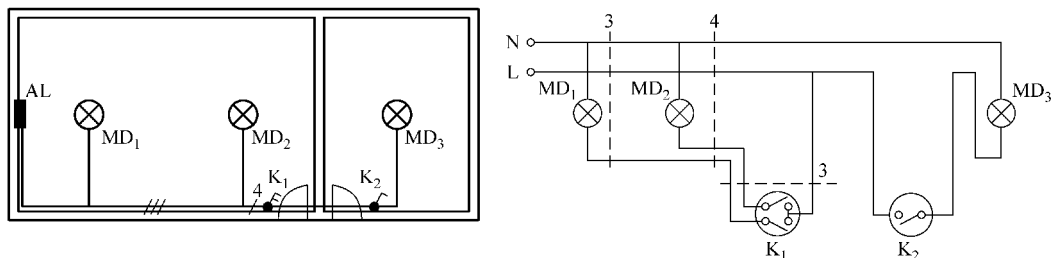


图 1-16 直接接线法

② 共头接线法。目前，工程广泛采用的是电线管配线、塑料护套线配线，电线管内不准有接头，导线的分路接头只能在开关盒、灯头盒、接线盒中引出，这种接线法称为共头接线法。这种接线法比较可靠，但耗用导线较多，变化复杂。

当灯具和开关的位置改变，进线方向改变，开关的位置改变，都会使导线根数变化。因此，要真正看懂照明平面图，就必须了解导线根数变化的规律。共头接线法如图 1-17 所示。

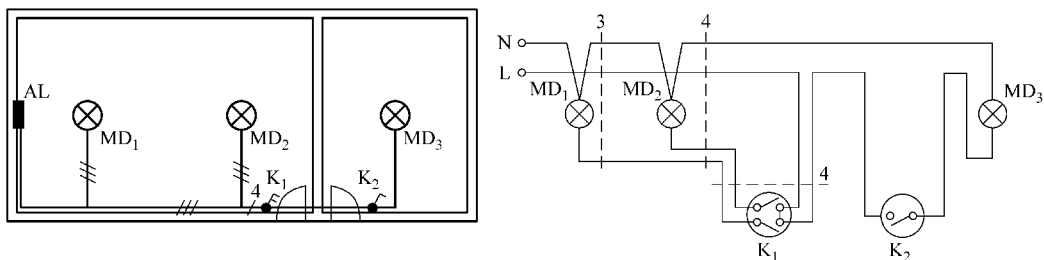


图 1-17 共头接线法

2) 常用照明基本线路在照明平面图中清楚地表现了灯具、开关、插座的具体位置、安装方式，但同一方向的导线只用一根线表示，这对初学者来说，在线路的施工和接线时有一定的难度，这时要结合系统图来分析，并且画出灯具、开关、插座的线路接线图或透视接线图，这样在施工中穿线、并头、接线就不会搞错了。看懂平面图、系统图、接线图的共同点和区别后，再识读复杂的平面图就容易了。

看懂电气照明平面图就能立即布置灯具穿线，可是要做到这一点也并不容易，因为设计图样上的电气照明平面图与实际接线图上的表示法有一定的区别。在布置灯具及放线时，“相线进开关，零线进灯头”，这是最基本的知识。但仅知道这些还不够，还要知道灯具与灯具之间的放线根数。如果图样上已标注出导线根数（即图中灯具之间以短斜线标注



根数), 在安装时即可据此放线; 如果没有标注根数, 则需要电工独立思考来完成放线工作。若是穿暗管敷设, 更要慎重, 以免少穿、漏穿导线, 给施工造成困难。

在实际施工中, 关键是掌握原理接线图, 不论灯具、开关位置如何变动, 线路接线图始终不变, 而透视接线图随开关位置、灯具位置、线路并头位置的变动而变动, 所以一定要理解线路图, 才能看懂任何复杂的平面图和系统图。常用照明控制基本线路有下面几种。

(1) 一只开关控制一盏灯或多盏灯

在一个房间内, 一只开关控制一盏灯, 如图 1-18 所示。这是最简单的照明布置图, 采用电线管配线。图 1-18a 为照明平面图, 到灯座的导线和灯座与开关之间的导线都是两根, 但其意义不同。如图 1-18c 所示的透视接线图, 到灯座的两根导线, 一根为中线 (N), 一根为控制线 (G)。图 1-18b 为系统图, 简单明了。图 1-18d 为原理图, 分析其原理, 在实际布线和接线中要注意导线根数的变化。

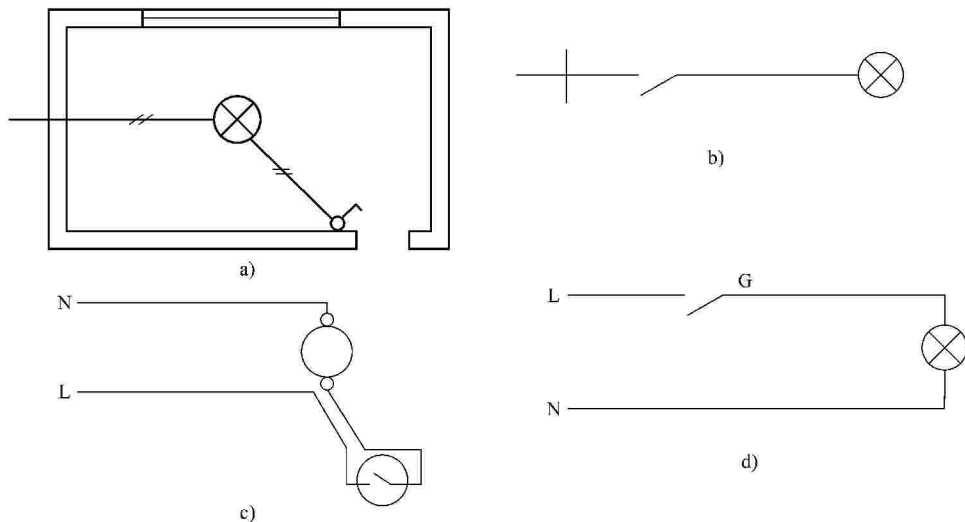


图 1-18 一只开关控制一盏灯

一只开关控制两盏灯, 如图 1-19 所示。在识图中可以发现电气平面图与实际电气接线图的区别, 在实际电气接线时要清楚以下几点:

- 1) 电源进线是两根线, 接入开关和灯座的也是两根线。
- 2) 开关必须串接在相线上, 一进一出, 其出线接灯座; 零线不进开关, 直接接灯座。
- 3) 一只开关控制多盏灯时, 几盏灯均应并联接线, 而不是串联接线。

(2) 多个开关控制多盏灯

图 1-20 所示是两个房间的照明图, 图中有一个照明配电箱、三盏灯、一个单控双联开关和一个单控单联开关, 采用电线管配线方式。图 1-20a 为其平面图, 图中左图两盏灯之间为三根线, 中间一盏灯与单控双联开关之间为三根线, 其余都是两根线, 因为电线管的中间不允许接头, 接头只能放在灯盒内或开关盒内。如图 1-20d 所示为透视接线图。图

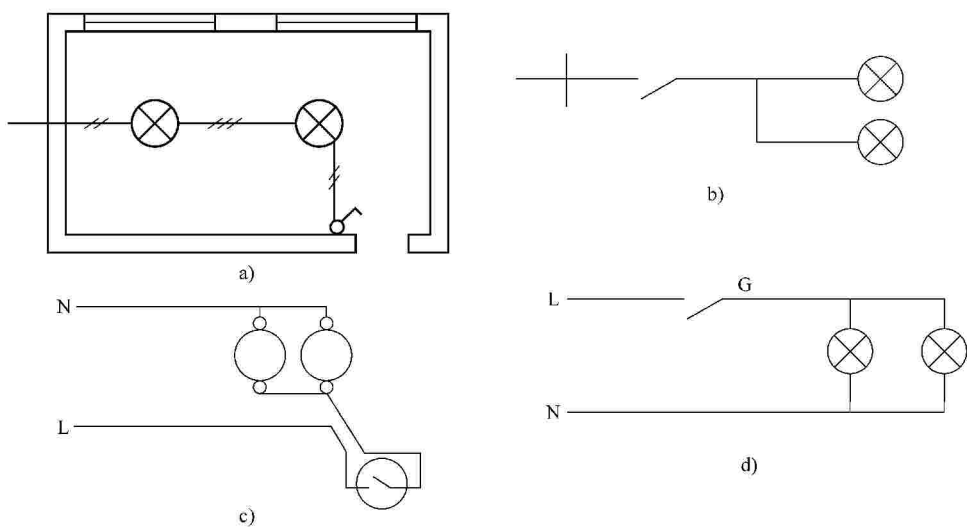


图 1-19 一只开关控制两盏灯

1-20b 为系统图，简单明了。图 1-20c 为原理图，分析其原理，在实际中要注意导线根数的变化。

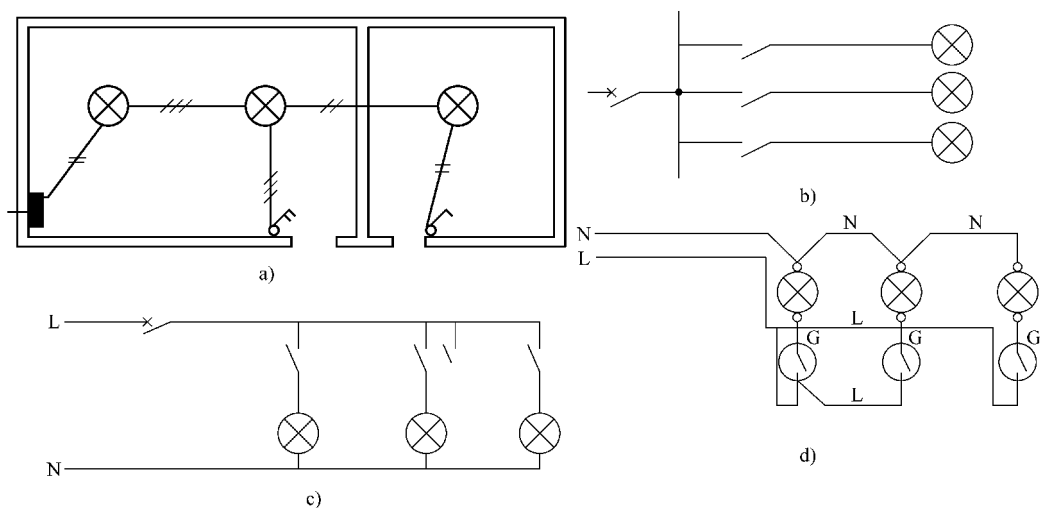


图 1-20 两个房间的照明

(3) 两个开关控制一盏灯

用两只双控开关在两处控制一盏灯，通常用在楼梯灯、楼上楼下灯的控制，对走廊灯在走廊两端进行控制的线路图、平面图、透视接线图如图 1-21 所示。在图示开关位置时，灯不亮，但无论扳动哪个开关，灯都会亮。分析平面中线路导线的多少，可以画出透视接线图，如图 1-21c 所示。

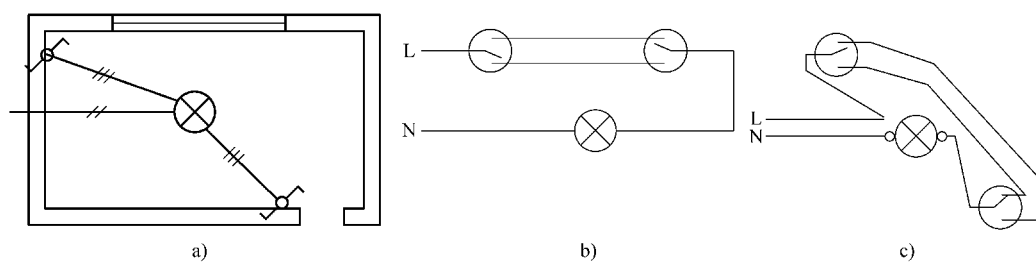


图 1-21 两个开关控制一盏灯

第2章

家装电工强电布管、布线技能

2.1 布管、布线材料特性及选用

2.1.1 PVC 电线管性能及选用

1. PVC 电线管

现代居民住宅的电气线路一般采用电线穿 PVC 电线管暗敷设，为了安全和防止电气火灾，当电线敷设于墙内、楼板内和吊顶内时要穿管敷设，护套绝缘电线在正常环境下可以直敷，但不能直敷于吊顶、墙壁和顶棚内。PVC 电线管与传统金属管道相比，具有自重轻、耐腐蚀、耐压强度高、卫生安全、节约能源、节省金属、改善生活环境、使用寿命长、安装方便等特点。家装电气工程中常用的是 PVC 电线管和 PVC 波纹管。PVC 电线管通常分为：普通聚氯乙烯 PVC、硬聚氯乙烯（PVC-U）、软聚氯乙烯（PVC-P）、氯化聚氯乙烯（PVC-C）四种。

PVC 全名为 Poly Vinyl Chlorid，主要成分为聚氯乙烯，另外加入其他成分来增强其耐热性、韧性、延展性等。这种表面膜的最上层是漆，中间的主要成分是聚氯乙烯，最下层是背涂黏合剂。它是当今世界上深受喜爱、颇为流行并且也被广泛应用的一种合成材料。

PVC 电线管是由聚氯乙烯树脂与稳定剂、润滑剂等配合后用热压法挤压成型，是最早得到开发应用的 PVC 电线管材。PVC 电线管性能指标见表 2-1。

表 2-1 PVC 电线管性能指标

项目	标准要求
拉伸屈服强度	≥40MPa
维卡软化温度	≥90℃
扁平试验	无破裂
落锤冲击试验	≤10%
外观	内外壁光滑、平整，不允许有气泡、裂口和明显的痕纹、凹陷、色泽不均及分解变色线
规格尺寸	符合 GB/T 5836.1—2006
外景壁厚	同一截面壁厚偏差≤14%
纵向回缩率	≤5%



PVC 可分为软 PVC 和硬 PVC, 其中硬 PVC 大约占市场的 2/3, 软 PVC 占 1/3。软 PVC 一般用于地板、天花板以及皮革的表层, 但由于软 PVC 中含有增塑剂 (这也是软 PVC 与硬 PVC 的区别), 物理性能较差 (如上水管需要承受一定水压, 软质 PVC 就不适合使用), 所以其使用范围受到了局限。硬 PVC 不含增塑剂, 因此易成型, 物理性能佳, 因此具有很大的开发应用价值。在聚氯乙烯材料生产过程中, 势必添加几种助剂, 如稳定剂、增塑剂等, 倘若全部采用环保助剂, 那么 PVC 电线管材亦是无毒无味的环保制品。

2. PVC 电线管性能

电气线路穿管保护的作用在于防止电气线路的绝缘层不受高温、潮湿或腐蚀等作用的影响而失去绝缘能力, 避免绝缘层陈旧老化或受损致使线芯裸露。现代家装电线埋墙敷设时必须穿电线管, 一般可选的有穿金属电线管和穿 PVC 电线管两种: 穿金属电线管比较贵, 但抗干扰性能强于穿 PVC 电线管, 不怕火, 日后对电线的保护性也会强于穿 PVC 电线管 (比如使用穿 PVC 电线管可能在以后往墙上钉钉子的时候不小心打穿); 穿 PVC 电线管价格实惠, 拐弯比金属管容易, 绝缘性能好。同时, PVC 电线管可以隔离电线电缆与可燃物接触, 抑制火灾蔓延。家装电气布线一般都采用 PVC 电线管作电线保护管材, 根据 PVC 电线管的特点, 主要应用于明装或暗装配线工程中, 使用 PVC 电线管能对电线起到非常好的保护作用, 避免酸碱对电线的侵害, 并能防止鼠、虫对电线的啃食, 而当电线因过热起火时, 它能有效的阻燃, 防止火灾的发生。

(1) PVC 电线管分类

PVC 电线管根据管型可分为: 圆管、槽管、波形管。圆形 PVC 电线管实物图如图 2-1 所示。

PVC 电线管根据管壁的薄厚可分为: 轻型 - 205 外径 $\Phi 16\text{mm} \sim \Phi 50\text{mm}$, 主要用于挂顶; 中型 - 305 外径 $\Phi 16\text{mm} \sim \Phi 50\text{mm}$, 用于明装或暗装; 重型 - 305 外径 $\Phi 16\text{mm} \sim \Phi 50\text{mm}$, 主要用于埋藏混凝土中。家庭装修主要选择轻型和中型管。

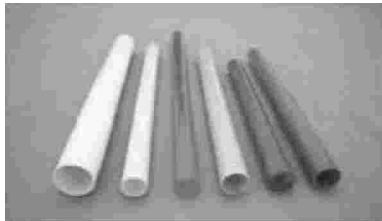


图 2-1 圆形 PVC 电线管实物图

PVC 电线管根据颜色可分为: 灰色、白色、黄色、红色等。

(2) PVC 电线管性能指标

PVC 电线管性能指标见表 2-2。

表 2-2 PVC 电线管性能指标

项目	JG/T 3050—1998 标准要求
外观	套管内外表面应光滑, 无明显的气泡、裂纹及色泽不均匀等缺陷, 端口垂直平整, 颜色为白色
尺寸	最大外径量规自重能通过; 最小外径量规自重不能通过; 最小内径量规自重能通过
抗压性能	相应载荷, 加载 1min, 变形 $<25\%$; 卸载 1min, 变形 $<10\%$
冲击性能	-15°C 或 -5°C 低温下, 相应冲击能量, 12 根试样至少 9 根无肉眼可见裂纹
弯曲性能	-15°C 或 -5°C 低温下, 弯曲, 无可见裂纹
弯扁性能	弯管 90° 角, 固定于钢架上, 在 $60 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 条件下, 量规能自重通过

(续)

项目	JG/T 3050—1998 标准要求
耐热性能	在 $60 \pm 2^\circ\text{C}$ 条件下, 直规 5mm 的钢珠施以 2kg 压力在管壁上, 管表面压痕直径 $< 2\text{mm}$
跌落性能	无震裂、破碎
电绝缘强度	$20 \pm 2^\circ\text{C}$ 水中, AC2000V、50Hz 保持 15min 不击穿
绝缘电阻	$60 \pm 2^\circ\text{C}$ 水中, DC500V, 电阻 $> 100\text{M}\Omega$
阻燃性能	离开火焰后 30s 内熄灭
氧指数	≥ 32

(3) PVC 电线管特点

PVC 电线管具有以下特点:

1) 阻燃性能好。PVC 电线管在火焰上烧烤离开后, 自燃火能迅速熄灭, 避免火势沿管道蔓延; 同时, 由于它传导火势性能差, 在火灾情况下, 能在较长时间内有效地保护电气线路, 保证电气控制系统正常运行, 便于人员疏散。

2) 绝缘性好。能承受高电压而不被击穿, 有效避免漏、触电危险。

3) 耐腐蚀。防虫害 PVC 电线管具有耐一般酸碱性能, 同时, 由于 PVC 电线管内不含增塑剂, 因此无虫鼠危害。

4) 拉压力强。PVC 电线管可以明装, 也可以暗装, 能承受强压力而不爆裂。

5) 施工简便。PVC 电线管重量轻, 便于车辆运输和人工搬运, 施工安装时轻便、省力。PVC 电线管容易弯曲, 可热弯, 也可冷弯。冷弯时只要插入一根弯弹簧, 可以在室温下人工弯曲成形。剪接方便, 用剪管器可以方便地剪断直径为 32mm 以下的 PVC 电线管, 用黏合剂和有关附件, 可以迅速、方便地把 PVC 电线管连接成所需的形状。质量好的 PVC 电线管的管壁表面光滑, 无明显气泡、裂纹和色泽不均, 颜色为白色。质量差的 PVC 电线管表面有明显的裂纹、气泡, 壁厚不达标。

(4) PVC 电线管的壁厚

PVC 电线管公称外径分别为: 16、20、25、32、40, 其产品厚度如下:

1) 16 外径的轻、中、重厚度分别为: 1.00 (轻, 允许差 $+0.15$)、1.20 (中, 允许差 $+0.3$)、1.6 (重, 允许差 $+0.3$)。

2) 20 外径的中、重 (没有轻型的) 厚度分别为: 1.25 (中, 允许差 $+0.3$)、1.8 (重, 允许差 $+0.3$)。

3) 25 外径的中、重 (没有轻型的) 厚度分别为: 1.50 (中, 允许差 $+0.3$)、1.9 (重, 允许差 $+0.3$)。

4) 32 外径的轻、中、重厚度分别为: 1.40 (轻, 允许差 $+0.3$)、1.80 (中, 允许差 $+0.3$)、2.4 (重, 允许差 $+0.3$)。

5) 40 外径的轻、中、重厚度分别为: 1.80 (轻、中型, 允许差 $+0.3$)、2.0 (重, 允许差 $+0.3$)。



(5) PVC 电线管型号及规格

PVC 电线管型号及规格见表 2-3。

表 2-3 PVC 电线管型号及规格

型号	规格/mm	每支米数	型号	规格/mm	每支米数
F521L16	$\Phi 16$	3.03m/支	F521M32	$\Phi 32$	3m/支
F521L20	$\Phi 20$	3.03m/支	F521M40	$\Phi 40$	3m/支
F521L25	$\Phi 25$	3.03m/支	F521M50	$\Phi 50$	3m/支
F521L32	$\Phi 32$	3m/支	F521G16	$\Phi 16$	3.03m/支
F521L40	$\Phi 40$	3m/支	F521G20	$\Phi 20$	3.03m/支
F521L50	$\Phi 50$	3m/支	F521G25	$\Phi 25$	3.03m/支
F521M16	$\Phi 16$	3.03m/支	F521G32	$\Phi 32$	3m/支
F521M20	$\Phi 20$	3.03m/支	F521G40	$\Phi 40$	3m/支
F521M25	$\Phi 25$	3.03m/支	F521G50	$\Phi 50$	3m/支

3. PVC 电线管质量检测

家装电线管应选用性价比高,质量优的 PVC 电线管。在选用时可采取直观法检测 PVC 电线管质量,也可参照以下内容检查 PVC 电线管的质量。

1) 阻燃测试。用明火使 PVC 电线管连续燃烧 3 次,每次 25s,间隔 5s,在 PVC 电线管撤离火源后自熄为合格。

2) 弯扁测试。将 PVC 管内穿入弯管弹簧,将管子弯成 90° ,弯曲半径为管径的 3 倍,弯曲处外观应光滑。

3) 冲击测试。用圆头锤子敲击无裂缝(可用于现场检查)。

4) PVC 电线管外壁应有间距不大于 1m 的连续阻燃标记和厂家标记。

5) PVC 电线管制造厂应具有消防认可的使用许可证。

优质 PVC 电线管具有以下特性:

1) 首先观察 PVC 电线管的外观,表面的光泽度较好且油性很大为优质产品。质量优的 PVC 电线管的内、外壁应平滑,无明显气泡,无裂纹及色泽不均等缺陷;内外表面应没有凸棱及类似缺陷。

2) 观察管壁厚度(管壁较厚),PVC 电线管的壁厚应均匀,壁厚要求达到手指用劲捏不破的强度,至少在 1.2mm 以上。管壁越薄,力学性能越差,燃烧性能越好(加入的阻燃抑烟剂越多),管壁容易出现脆、裂、断的现象。

3) 用脚踹和车碾,只会扁,不会裂开也不会碎。

4) 管口边缘应平滑,韧性较好,管体弯曲时不会造成管体起皱或开裂。

劣质 PVC 电线管具有以下特性:

1) 劣质的 PVC 电线管的钙粉添加量过大(钙粉廉价),颜色发白。

2) 用脚踹和车碾都容易碎裂。

3) 壁厚很薄。

4) 弯曲时容易裂口。

阻燃 PVC 电线管是以聚氯乙烯为主要原料, 加入其他添加剂挤出成型, 可用于 2000V 以下工业与建筑工程中作为电线电缆保护管。根据机械应力, 可将其分为轻型管 (1 型或 A 型)、中型管 (2 型或 B 型) 和重型管 (3 型或 C 型) 三类。轻型管可承载较轻机械应力, 重型管可承载较重机械应力。阻燃 PVC 电线管除了需满足一定的机械应力条件外, 还应满足消防安全的要求, 常出现的缺陷是抗压强度等理化性能不过关, 氧指数偏低, 烟密度超标等。在选购时, 应注意以下几点:

1) 检查阻燃 PVC 电线管外壁是否有生产厂标记和阻燃标记, 对无上述两种标记的保护管不能采用。阻燃 PVC 电线管上面的字体清晰, 每隔 1m 范围内应标明每批产品的制造厂名称、商标或其他识别符号, 如型号、外径尺寸、导管长度、性能标准编号等。如果阻燃 PVC 电线管上没有这些标识, 就说明是伪劣产品, 不能选用。

2) 要选用符合国家标准或行业标准的产品。一般来说, 在阻燃 PVC 电线管的标识中应标明产品的执行标准。目前, 阻燃 PVC 电线管执行的标准有公安部行业标准 GA305—2001、建设部标准 JG 3050—1998 以及一些企业标准。执行公安部标准的阻燃 PVC 电线管质量最优, 符合该标准的产品特别在消防安全上最可靠, 执行建设部标准的阻燃 PVC 电线管质量次之, 执行地方标准和企业标准的阻燃 PVC 电线管质量又次之。普通家庭用户安装选用的阻燃 PVC 电线管只要能达到建设部的标准即可。如果是在建筑工程领域使用的阻燃 PVC 电线管, 则一定要达到公安部行业标准。另外, 阻燃 PVC 电线管作为阻燃建筑材料产品在用于有防火要求的建筑物或部位时, 还应满足国家标准 GB 8624—2012《建筑材料及制品燃烧性能分级》中相应的防火级别的要求。

3) 检验生产厂家当年或上一年的有效检验报告。国家防火建筑材料质量监督检验中心是国家法定检验机构, 用户可通过上网或电话查询检验报告的真实性和有效期。

4) 观察阻燃 PVC 电线管的外观。质量优的阻燃 PVC 电线管内、外壁平滑, 无明显气泡、裂纹及色泽不均等缺陷; 内外表面没有凸棱及类似缺陷; 管口边缘平滑, 不损伤电线、电缆的绝缘层; 壁厚均匀。反之则质量较差。

5) 比较电气力学性能和燃烧性能。包括抗压能力、抗冲击能力、抗弯曲能力、抗弯折能力、耐热能力、电气绝缘性能以及氧指数、水平燃烧性能、烟气密度等级等。一般来说, 管壁越薄, 力学性能越差; 燃烧性能越好 (加入的阻燃抑烟剂越多), 力学性能越差, 容易出现脆、裂、断的现象。在选购时可根据使用场所不同的燃烧性能要求来选用电气力学性能较好的阻燃 PVC 电线管。

6) 选购质量信誉度高的企业生产的产品。目前, 国内几个大的生产企业都已经通过 ISO9000 国际质量管理体系认证和名牌产品认证, 产品质量较稳定, 售后服务好, 而小厂生产的产品容易因配方调整和节约成本等原因造成质量不稳定或销售产品质量远低于送检产品的情况。

4. PVC 电线管操作注意事项

1) 使用 PVC 电线管, 弯曲时, 管内应穿入专用弹簧。试验时, 把管子弯成 90° , 弯曲半径为 3 倍管径, 弯曲后外观应光滑。在弯曲 PVC 电线管时应注意:



- 弯曲应慢慢进行，否则易损坏 PVC 电线管及其弯曲弹簧。
- 弯管弹簧未取出之前，不要用力使 PVC 电线管回复，以防损坏弹簧。
- 弯管弹簧不易取出时，可一边逆时针旋转弹簧，一边向外拉出弹簧。
- 当 PVC 电线管较长时，可在弹簧上系上绳子。
- 寒冷天气施工时，可将 PVC 电线管弯曲处适当升温。

2) PVC 电线管超过下列长度时，其中间应装设分底盒或放大管径：

- 管子全长超过 20m，无弯曲时。
- 管子全长超过 14m，只有一个弯曲时。
- 管子全长超过 8m，有两个弯曲时。
- 管子全长超过 5m，有 3 个弯曲时。

3) 预埋 PVC 电线管时，禁止用钳将管口夹扁、拗弯，应用符合管径的 PVC 塞头封盖管口，并用胶布绑扎牢固。

4) 线路有接头必须在接头处留暗盒扣面板，日后更换和维修都方便。

5) 在铺设 PVC 电线管时电线的总线截面积，不能超出 PVC 电线管内直径的 40%。

6) 不同电压等级、不同信号的电线不能穿在一根 PVC 电线管内，以避免相互干扰。

5. PVC 电线管常用附件

由于 PVC 电线管管径的不同，因此配件的口径也不同，应选择同口径的与之配套。根据布线的要求，管件的种类有：

1) 底盒。暗装底盒一般在新建项目和装饰工程中使用，暗装底盒常见的有金属和塑料两种。塑料底盒一般为白色，一次注塑成型，外表面比较粗糙，外形尺寸比面板小一些，常见尺寸为长 80mm，宽 80mm，深 50mm，底盒的 5 个面都预留有进出线孔，以方便进出线，底盒的底板上有两个安装孔，用于将底盒固定在墙面，正面有两个 M4 螺孔，用于固定面板，如图 2-2a 所示。金属底盒一般一次冲压成型，表面都进行电镀处理，避免生锈，尺寸与塑料底盒基本相同，如图 2-2b 所示。

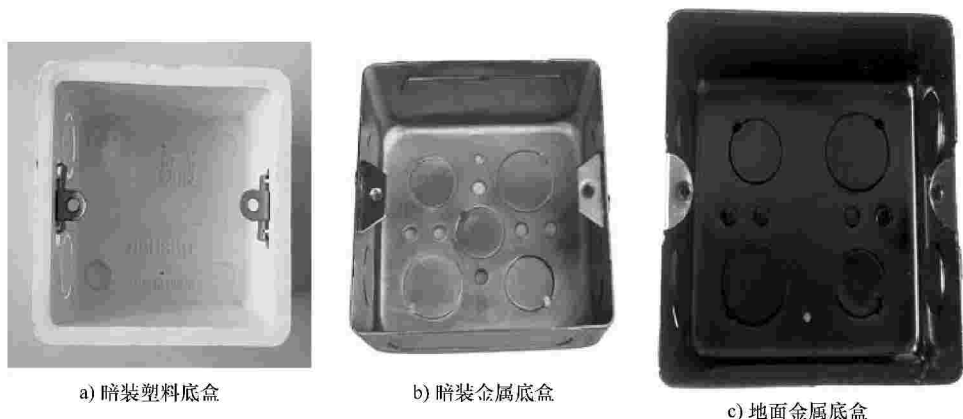


图 2-2 暗装底盒

需要在地面安装插座时，盖板必须具有防水、抗压和防尘功能，一般选用 120 系列金

属面板，配套的底盒宜选用金属底盒，一般金属底盒比较大，常见规格为长 100mm，宽 100mm，中间有两个固定面板的螺钉孔，5 个面都预留有进出线孔，方便进出线，如图 2-2c 所示。地面金属底盒安装后一般应低于地面 10 ~ 20mm（这里的地面是指装修后的地面）。

在选用时可采取直观法检测 PVC 电线管附件的质量，优质底盒具有以下特性：①内表面光滑，无毛边；②棱角分明；③底盒壁厚；④底盒重量相比较重；⑤不易破裂，韧性较好。

劣质底盒：①做工粗糙；②棱角不分明；③重量较轻；④韧性不好，比较脆，易破裂。

- 2) 管卡。用于固定电线管。
- 3) 锁扣。用于底盒与电线管相接处，又叫杯梳或螺接。
- 4) 直接。用于电线管与电线管连接，又称束接。
- 5) 入盒接头。用于电线管与底盒连接。
- 6) 弹簧：用于弯曲电线管。
- 7) 螺钉：一般长为 2cm，加长型的为 4 ~ 5cm。

2.1.2 电线性能及选用

1. 电线分类

电线一般可分为以下几种：

1) 塑铜线。一般是配合电线管一起使用，多用于建筑装修电气施工中的隐蔽工程。为区别不同的线路的零、相、地线，设计有不同的表面颜色，一般多以红线代表“相”线，双色线代表“地”线，蓝线代表“零”线，但由于不同场合的施工和不同的条件要求，颜色的区分也不尽相同。

2) 护套线。一种双层绝缘外皮的电线，它可用于露在墙体之外的明线施工，由于它有双层护套，使它的绝缘性能和防破损性能大大提高，但是散热性能相对塑铜线有所降低，所以不提倡将多路护套线捆扎在一起使用，那样会大大降低它的散热能力，时间过长会使电线老化。

3) 橡套线。橡套线又称水线，顾名思义是可以浸泡在水中使用的电线，它的外层是一种工业用绝缘橡胶，可以起到良好的绝缘和防水作用。橡套线具有良好的防破损性能和防水性能，被许多建筑、工业、航天、航海等部门广泛应用。

家装常用的电线按适用范围分为绝缘电线、耐热线、屏蔽电线几种。

- 1) 绝缘电线。用于一般动力和照明线路，例如型号为 BLV - 500 - 25 的电线。
- 2) 耐热线。用于温度较高的场所，供交流 500V 以下、直流 1000V 以下的电工仪表、电信设备、电力及照明配线用。例如型号为 BV - 105 的电线。
- 3) 屏蔽电线。供交流 250V 以下的电器、仪表、电信电子设备及自动化设备屏蔽线路用。例如型号为 RVP 的铜芯塑料绝缘屏蔽软线。



2. 电线型号、名称及规格

电线型号的含义如图 2-3 所示，家装常用电线型号、名称及规格见表 2-4。

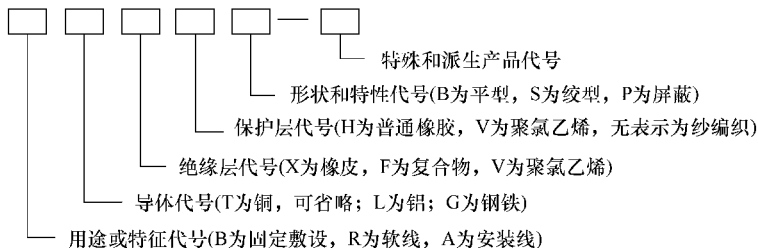


图 2-3 电线型号的含义

表 2-4 家装常用电线型号、名称及规格

型号	名称	额定电压/V	芯数	规格范围/mm ²
BV	铜芯聚氯乙烯绝缘电缆（电线）	300/500	1	0.5 ~ 1
		450/750	1	1.5 ~ 400
BLV	铝芯聚氯乙烯绝缘电缆（电线）	450/750	1	2.5 ~ 400
BVR	铜芯聚氯乙烯绝缘软电缆（电线）	450/750	1	2.5 ~ 70
BVV	铜芯聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套圆型电缆	300/500	1	0.75 ~ 10
			2, 3, 4, 5	1.5 ~ 35
BLVV	铝芯聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套圆型电缆	300/500	1	2.5 ~ 10
BVVVB	铜芯聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套扁型电缆（电线）	300/500	2, 3	0.75 ~ 10
BLVVB	铝芯聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套平型电线	300/500	2, 3	2.5 ~ 10
BV - 105	铜芯耐热 105℃ 聚氯乙烯绝缘聚电线	450/750	1	0.5 ~ 6
RV	铜芯聚氯乙烯绝缘连接软电缆（电线）	300/500	1	0.3 ~ 0.1
		450/450		1.5 ~ 70
RVB	铜芯聚氯乙烯绝缘平行连接软电缆（电线）	300/300	2	0.3 ~ 1
RVS	铜芯聚氯乙烯绝缘绞行连接软电缆（电线）	300/300	3	0.3 ~ 0.75
RV - 105	铜芯耐热 105℃ 聚氯乙烯绝缘连接软电线	450/750	1	0.5 ~ 6
RVV - 105	铜芯耐热 105℃ 聚氯乙烯绝缘和护套软电线	300/300	2, 3	0.5 ~ 0.75
		300/500	2, 3, 4, 5	0.75 ~ 2.5

注：阻燃型电线型号和阻燃标志“ZR”。

家装常用电线的型号有：

1) BV：铜芯聚氯乙烯绝缘电线（单股铜芯线），芯线比较硬，走线容易成形，与开关连接时容易把开关螺钉上花丝（溢扣），操作不方便，适用于交流额定电压 450 ~ 750V 及以下的动力、日用电器的、仪器仪表及电信设备等。铜芯聚氯乙烯绝缘电线长期允许工作温度不超过 70℃。

2) BVR：铜芯聚氯乙烯绝缘软电线（多股铜线，比 RV 的股数少），芯线杂质较少，

中等软硬，走线较容易，适用于交流额定电压 450 ~ 750V 及以下的动力、日用电器、电气工程装配、仪器仪表及电信设备等，多用于家装。铜芯聚氯乙烯绝缘软电线长期允许工作温度不超过 70℃。

3) RV：铜芯聚氯乙烯绝缘连接软电线（多股铜线），芯线杂质很少，芯线比较软，适用于交流额定电压 450 ~ 750V 及以下的动力、日用电器、仪器仪表及电信设备等，多用于电气工程装配及家装。铜芯聚氯乙烯绝缘连接软电线长期允许工作温度不超过 70℃。

3. 电线技术参数

1) 允许载流量。家装电线的允许载流量是指电线在额定的工作条件下，允许长期通过的最大电流。不同材质、截面积、敷设方法、绝缘材料、环境温度和穿不同材料的保护管都会影响电线的载流量。

2) 导体电阻。国家有关规定明确指出，电线电缆中的铜电线应该使用电解铜，而不合格产品的生产企业由于使用再生铜，杂质过高，致使其导体电阻严重超标，致使电线发热过大，易引发火灾。

3) 绝缘厚度、绝缘最薄点厚度。某些电线生产厂生产设备陈旧，生产出的电线电缆绝缘层厚薄不均，随着使用时间的推移或日晒雨淋，绝缘体断裂，露出导体，极易发生触电危险，造成短路、停电、损坏电器设备等严重事故。

4) 70℃时绝缘电阻、浸水电压试验。一些企业由于生产条件差，绝缘层含有杂质或气泡孔，从而降低了产品的安全防护等级，无法经受耐压试验。

5) 老化前拉力试验。电线所使用的绝缘材料应达到国标 APS 塑料的要求，原本起防止漏电保证安全作用的绝缘层，如果使用了再生塑料或含杂质较高的材料制成的电线，其抗拉张强度和断裂伸长率无法达到标准要求，安装时极易出现绝缘体断裂，使带电导体裸露。

4. 电线的选择

(1) 材质选用

如果装修的是旧房，原有的铝线一定要更换成铜线，因为铝线极易氧化，其接头易打火。据调查，使用铝线的电气火灾的发生率为铜线的几十倍。如果只换换开关和插座，那会为住户今后的用电埋下安全隐患。

家装中使用的电线一般为单股铜芯线，也可以选用多股铜芯线，比较方便穿线。其截面积主要有 4 个规格，1mm²、1.5mm²、2.5mm²和 4mm²。1mm²的铜芯电线最大可承受 5 ~ 8A 电流。1.5mm²的电线一般用于灯具和开关线，电路中地线一般也用。2.5mm²铜芯线一般用于插座线和部分支线。4mm²铜芯线用于电路主线和空调、电热水器等的专用线。

(2) 电线截面积的选择

电线的截面积以 mm²为单位，电线的截面积越大，允许通过的安全电流就越大。在选择电线截面积时，主要是根据电线的安全载流量来选择电线的截面积。在考虑电线截面积的时候，还要看线路距离，如果线路距离短，可以按长期最大负荷电流加裕度按电线额定电流选择电线，要满足发热、电压损失和安全供电的要求，线路越长，需要的电线截面积



就越大,如果从电能表箱到家里面的线路由供电部门或房产商已经安装到家中,如果截面积小于所需要的截面积一个等级以下,不能满足现在负荷的要求,要向供电部门或房产商提出申请换线,才能保证正常用电。电线截面积选择的原则:

1) 按允许电压损失选择。电压损失必须在允许范围内,不能大于5%,以保证供电质量。

2) 按发热条件选择。发热系数应在允许范围内,不能因过热导致绝缘损坏,影响使用寿命。

3) 按机械强度选择。要保证有一定的机械强度,保证在正常使用下不会断线。

电线选择的主要内容如下:

1) 型号。反应电线的材质和绝缘方式。

2) 截面积。电线截面积的选择是电线选择的主要内容,直接影响电线的使用安全和工程造价。

3) 电压。电线的绝缘电压必须等于或大于线路的额定电压值。

4) 在选择电线时,还要考虑电线的机械强度。

BV 绝缘电线明敷及穿管持续载流量见表 2-5, BX 绝缘电线明敷及穿管持续载流量见表 2-6。

表 2-5 BV 绝缘电线明敷及穿管持续载流量

环境温度/℃	30	35	40	30				35				40			
电线根数	1	1	1	2~4	5~8	9~12	>12	2~4	5~8	9~12	>12	2~4	5~8	9~12	>12
标称截面积/mm ²	明敷载流量 A			电线穿管载流量 A											
1.5	23	22	20	3	9	8	7	12	9	7	6	11	8	7	6
2.5	31	29	27	17	13	11	10	16	12	10	9	15	11	9	8
4	41	39	36	24	18	15	13	22	17	14	12	21	15	13	11
6	53	50	46	31	23	19	17	29	21	18	16	30	20	16	15
10	74	69	64	44	33	28	25	41	31	26	23	38	29	24	21
16	99	93	86	60	45	38	34	57	42	35	32	52	39	32	29

表 2-6 BX 绝缘电线明敷及穿管持续载流量

环境温度/℃	30	35	40	30				35				40			
电线根数	1	1	1	2~4	5~8	9~12	>12	2~4	5~8	9~12	>12	2~4	5~8	9~12	>12
标称截面积/mm ²	明敷载流量 A			电线穿管载流量 A											
1.5	24	22	20	13	9	8	7	12	9	7	6	11	8	7	6
2.5	31	28	26	17	13	11	10	16	12	10	9	15	11	9	8
4	41	38	35	23	17	14	13	21	16	13	12	20	15	12	11
6	53	49	45	29	22	18	16	28	21	17	15	25	19	16	15
10	73	68	62	43	32	27	24	40	40	25	22	37	27	23	20
16	98	90	83	58	44	36	33	53	55	33	30	49	37	31	28

电线的截面积选择与所在支路的开关有关，开关的电流整定值小于电线的载流量时才能起到保护作用，否则过负荷时会出现电线过热甚至绝缘破坏而开关却不跳闸，造成安全事故。当开关的电流整定值为 16A 时，应采用不小于 2.5mm^2 的铜电线。绝对不能随意减小电线截面积或将铜线改为同截面积的铝线，绝对不能为了不跳闸而随便将开关的电流整定值加大。

有些负荷小的设备，虽然选择很小的截面积就能满足允许电流的要求，但还必须验证是否满足电线机械强度所允许的最小截面积，如果这项要求不能满足，就要按电线机械强度所允许的最小截面积选择。

一般铜电线的安全载流量是根据所允许的线芯最高温度、冷却条件、敷设条件来确定的。一般铜电线的安全载流量为 $5 \sim 8\text{A}/\text{mm}^2$ 。

例如： 2.5mm^2 BVV 铜电线安全载流量的推荐值为 $2.5 \times (5 \sim 8) \text{A}/\text{mm}^2 = 12.5 \sim 20\text{A}$ ； 4mm^2 BVV 铜电线安全载流量的推荐值为 $4 \times (5 \sim 8) \text{A}/\text{mm}^2 = 20 \sim 32\text{A}$ 。

计算铜电线截面积时，可利用铜电线的安全载流量的推荐值 $5 \sim 8\text{A}/\text{mm}^2$ ，计算出所选铜电线截面积 S 的上下范围：

$$S \leq I / (5 \sim 8) \quad (2-1)$$

$$S \geq 0.125I \sim 0.2I (\text{mm}^2) \quad (2-2)$$

式中， S 为铜电线截面积 (mm^2)； I 为负荷电流 (A)。

负荷（如白炽灯、日光灯、冰箱等）分为两种，一种是电阻性负荷，一种是电感性负荷。对于电阻性负荷功率的计算公式为

$$P = UI \quad (2-3)$$

对于日光灯负荷功率的计算公式为

$$P = UI \cos \phi, \quad (2-4)$$

式中，日光灯负荷的功率因数为 0.5。

不同电感性负荷功率因数不同，统一计算家庭用电器时可以将功率因数 $\cos \phi$ 取 0.8。也就是说如果一个家庭所有用电器加上总功率为 6000W，则最大电流是

$$I = P / (U \cos \phi) = 6000 / (220 \times 0.8) = 34 (\text{A})$$

但是，在一般情况下，家中的电器不可能同时使用，所以加上一个同时系数 K ， K 一般 0.5。所以，上面的计算应该改写成：

$$I = PK / (U \cos \phi) = 6000 \times 0.5 / (220 \times 0.8) = 17 (\text{A})$$

也就是说，这个家庭总的电流值为 17A。则总开关不能使用 16A，应该用大于 17A 的。

在家装电气工程中，为了防火、维修及安全，最好选用有长城标志的“国标”塑料或橡胶绝缘保护层的单股铜芯电线，电线截面积一般是：照明、插座用线选用 2.5mm^2 ，空调用线不得小于 4mm^2 ，接地线选用绿黄双色线，相线（火线）用红、白、黑、紫等任一种，但在同一家装工程中用线的颜色用途应一致。

从电气安全的角度考虑，国家住宅设计规范中规定分支回路截面积不小于 2.5mm^2 。



空调等大功率电器应单独敷设电线截面积为 4mm^2 的线路，考虑到厨房及卫生间电器种类、功率及安全性，厨房和卫生间也应单独敷设电线截面积为 4mm^2 的线路。

绝缘电线的选择分三部分的内容：其一是相线截面积的选择；其二是中性线（N 线、工作零线）截面积的选择（一般不应小于相线截面积的 50%）；其三是保护线（PE 线、保护零线、保护导体）截面积的选择。

通常使用的电源有单相 220V 和三相 380V，不论是 220V 供电电源，还是 380V 供电电源，电线均应采用耐压 500V 的绝缘电线；而耐压 250V 的聚氯乙烯塑料绝缘软电线（俗称胶质线或花线），只能用作吊灯用电线，不能用于布线。

（3）电线颜色的选择

在国内，家庭用电绝大多数为单相进户，进每个家庭的线为三根：相线、中性线和接地线。电线颜色：相线为黄（或红、绿），中性线为淡蓝，接地线为绿/黄双色线。这三根线进住户配电箱后，其出线的颜色在家庭装潢中应根据标准选用。由住户配电箱引出的接地线，必须采用绿/黄双色线。中性线的颜色必须采用淡蓝色，相线和进线颜色可一致，也可选用几种色线，以区别不同的输出回路。例如进线为黄线，出线有 4 个回路，可全部用黄色电线，也可用黄、绿、红三种颜色的电线，以便在检查线路时，可迅速查出故障线路。电线颜色的相关规定见表 2-7。

表 2-7 电线颜色的相关规定

类别	颜色标志	线别	备注
一般用途电线	黄色	相线 L1 相	A 相 B 相 C 相
	绿色	相线 L2 相	
	红色	相线 L3 相	
	浅蓝色	零线或中性线	
保护接地（接零） 中性线（保护接零）	绿/黄双色	保护接地（接零） 中性线（保护接零）	颜色组合 3:7
二芯（供单相电源用）	红色 浅蓝色	相线 零线	
三芯（供单相电源用）	红色 浅蓝色（或白色） 绿/黄色或黑色	相线 零线 保护零线	
三芯（供三相电源用）	黄色、绿色、红色	相线	无零线
四芯（供三相四线制电源用）	黄色、绿色、红色 浅蓝色	相线 零线	

1) 相线颜色：相线宜采用黄、绿、红三色，以三相进线的住宅为例，三相电源引入三相电能表箱内时，相线宜采用黄、绿、红三色；单相电源引入单相电能表箱时，相线宜分别采用黄、绿、红三色。由单相电能表箱引入到住户配电箱的三芯护套线，其相线颜色没有必要和所接的进户线相线颜色一致。只有当用户采用三相电能表箱时，从三相电能表箱引入到住户配电箱的相线颜色应和进三相电能表箱的相线颜色一致。



2~4 室住宅的配电箱（单相进线）的相线可用黄、绿、红中的任意一种。

例如，2 室的用户出现断电时，根据 2 室的单相电能表箱的进线是红色，只要用验电笔检查进建筑物的红色相线是否有电，即可判断故障。

从电能表箱到各住户配电箱的电线，住宅设计规范规定其截面积不得小于 10mm^2 。如果住户配电箱至单相电能表箱的相线颜色采用和单相电能表箱的进线同色，那么就要购买三种颜色 10mm^2 的护套线。如按相线采用两种颜色施工，只要购买一种 10mm^2 的三芯护套线，其中一根是淡蓝色中性线，一根是黄绿双色的 PE 线，第三根是黄、绿、红三色中任意一色相线。

2) 中性线颜色：规范规定中性线宜采用淡蓝色绝缘电线，“宜”的含义是：在条件许可时首先应采用淡蓝色。有的国家中性线采用白色，如果其建筑物因业主要求采用白色作同性线，那么该建筑物内所有的中性线都应采用白色。如果中性线的颜色是深蓝色，那么相线颜色不宜采用绿色，因为在暗淡的灯光下，深蓝色与绿色差别不大，此时相线颜色应采用红色或黄色。

3) 保护地线的颜色：规范规定应采用黄绿颜色相间的绝缘电线，“应”的含义是必须，在正常情况下均必须采用黄绿相间的绝缘电线。

在家装电气施工中，若因条件限制或其他因素，往往不能按规定要求选择电线颜色，但应遵照以下要求使用电线：

① 相线可使用黄色、绿色或红色中的任一种颜色，但不允许使用黑色、白色或绿/黄双色的电线。

② 零线可使用黑色电线，没有黑色电线时，也可用白色电线，零线不允许使用红色电线。

③ 保护零线应使用绿/黄双色的电线，如无此种颜色电线，也可用黑色的电线。但这时零线应使用浅蓝色或白色的电线，以便两者有明显的区别，保护零线不允许使用除绿/黄双色线和黑色线以外的其他颜色的电线。

(4) 电线选择注意事项

选择优质电线的方法：

1) 看电线是否符合国家电工委员会产品质量认可（或有 CCC 认证）。看有无质量体系认证书；看合格证是否规范；看有无厂名、厂址、检验章、生产日期；看电线上是否印有商标、规格、电压等。电线是否有产品检验合格证书，产品质量专用标识。

2) 绝缘皮包裹比较紧凑，绝缘皮包裹铜芯比较均匀，用手撸皮时难以撸动。

3) 绝缘皮韧性较好，高质量铜线的绝缘材料光泽度佳，质地均匀且有很好的韧性。

4) 铜芯为紫红色，有光泽，手感软，看铜的纯度，纯度越高质量越好。可取一根电线头用手反复弯曲，凡是手感柔软、抗疲劳强度好、塑料或橡胶手感弹性大，且电线绝缘体上无裂痕的是优等品。电线外层塑料皮应色泽鲜亮、质地细密，用打火机点燃应无明火。而伪劣的铜芯线的铜芯为紫黑色、偏黄或偏白，杂质多，机械强度差，韧性不佳，稍用力即会折断，而且电线内常有断线现象。检查时，只要把电线一头剥开 2cm，然后用一张白纸在铜芯上稍微搓一下，如果白纸上有了黑色物质，说明铜芯里杂质比较多。另外，伪



劣电线绝缘层看上去似乎很厚实，实际上大多是用再生塑料制成的，时间一长，绝缘层会老化而漏电。

5) 铜芯线直径是否达到国家规定的标准，还要看电线铜芯的横断面，优等品铜芯的颜色光亮、色泽柔和，铜芯黄中偏红，表明所用的铜材质量较好，而黄中发白则是低质铜材，高质量电线的铜芯外表光亮且稍软。

6) 看每一卷电线的长度标准、重量是否达到国家规定的标准，质量好的电线，一般都在规定的重量范围内。如截面积为 1.5mm^2 的塑料绝缘单股铜芯线，每 100m 重量为 $1.8 \sim 1.9\text{kg}$ ； 2.5mm^2 的塑料绝缘单股铜芯线，每 100m 重量为 $3 \sim 3.1\text{kg}$ ； 4.0mm^2 的塑料绝缘单股铜芯线，每 100m 重量为 $4.4 \sim 4.6\text{kg}$ 等。质量差的电线重量不足，要么长度不够，要么电线铜芯杂质过多。

7) 截取一段电线，看其线芯是否位于绝缘层的正中，不居中的是由于工艺不高而造成的偏芯现象。再看绝缘层厚薄是否不均匀和表面是否有气孔、疙瘩。

劣质电线判断方法：

1) 绝缘层包裹不均匀，并且绝缘皮较厚（使用生塑料制成，时间长容易老化漏电），表面看上去电线很粗，但铜芯很细，劣质铜线的实际截面积要比标称截面积少一个等级（比如标称 6mm^2 的，实际只有 4mm^2 ），达不到规定标准。

2) 绝缘皮包裹不紧，用手容易撸动。劣质铜线的绝缘材料很多是使用回收的再生塑料，颜色较黯淡，厚薄不匀，字迹不清晰，黏性不好，绝缘差，容易老化开裂。

3) 劣质电线的铜芯采用再生铜原料，由于制造工艺不过关，铜芯线颜色为紫黑色，偏黄偏白，杂质多，电阻率高，同样的长度电阻大，导电能力差，机械强度差，韧性不佳，且线芯常有折断现象。

2.2 布管、布线要求及工艺

2.2.1 布管、布线施工前准备

1. 施工前检查及测试

(1) 配电箱检查和测试

查看配电箱内的电能表、进线和出线开关，目前应用于住宅的电能表有 5（20）A、5（30）A 和 10（40）A 等，按负荷功率因数为 0.85 计算，分别可带 3.7kW、5.6kW 和 7.5kW 负载。进线断路器的整定值决定了住户最大用电负荷，在装有上述容量的电能表时，其相应进线断路器整定值分别为 20A、32A 和 40A 时，才能带动上述负荷。当负荷超过时，进线断路器跳闸。同样，当断路器电流整定为 16A 时，如果负荷超过 3kW，也会出现跳闸断电，所以不能将大容量用电负荷集中装于一条支路上。出线回路的数量也很重要，在照明、插座和空调 3 个支路的基础上，当住户家用电器较多时，增加厨房、电热水器等支路也是必要的。除空调外的插座支路应装有漏电保护装置，用于住宅的漏电开关动作电流为 30mA，动作时间为 0.1s，是为了保证人身安全而设定的。



检查原电路是否有漏电保护装置，电源分几个回路供电，分别是什么回路，是否有地线，电路总负荷是多少（见如何计算电路总负荷）。配电箱检测流程如下：

1) 打开箱盖。用十字螺钉旋具（一字螺钉旋具）拧出固定配电箱箱盖的螺钉，将箱盖置于稳妥的地方，为防止螺钉丢失，宜将其拧在原来的丝扣上。

2) 查看、试验。原电路总负荷是多少，进线电线的线径是多大，是三相五线制，还是单相三线制，电源分几个回路，分别是什么回路，是否有地线，且地线接触是否良好，原有线路的老化程度等。

3) 若原电路有漏电保护器，在通电状态下按动试验按钮，检查漏电保护器动作是否可靠，同时试验其他自动开关，看其是否灵活、正常。

4) 摇测绝缘。断开总开关，用绝缘电阻表摇测各线对地电阻，以及线与线间的绝缘电阻，看各线路的绝缘是否正常。

5) 装上箱盖。确认各项检测正常，装上箱盖。

(2) 线路测试

住宅的电气线路一般为穿电线管暗敷设，其线路走向和畅通的状况，不能直接从外观看出，因此应对线路进行测试。电线管在暗敷设过程中被压扁或堵死，电线无法穿过，造成局部电路不通；家里插座不少，电能表容量不小，可大容量用电器一开就断电，设计中对支路虽有明确的划分，但施工中可能没有按图施工或将住户空调、电热水器等用电量大的电器都装于同一支路；更重要的是用电安全，如果把移动电器（如电吹风、电熨斗）或潮湿场所的电器（如电热水器）接于无漏电保护的支路上，就会留下安全隐患。

住宅电气改造的第一步是要检查每一盏灯、每一个插座是否通电，记录下配电线路的现状 & 连接情况，哪些插座接在有漏电保护的支路上，哪些插座接在无漏电保护的支路上。测试线路的绝缘是否完好，电线间和电线对地间的绝缘电阻不得低于 $0.5\text{M}\Omega$ ，测一下保护线是否接地良好（特别是旧住宅楼）。如果三孔插座的保护端没有接好，如果建筑物的进户接地出了问题或电阻值过高，户内三孔插座的保护端也就失去了作用。检查每个开关、插座是否通电，电线的载荷能力是多大，电线的布置是否分色，电源插座是否是左零右火（相）。电线的线径应符合以下要求：照明回路用 $\geq 1.5\text{mm}^2$ 的铜芯线，插座回路用 $\geq 2.5\text{mm}^2$ 的铜芯线，空调回路用 $\geq 4\text{mm}^2$ 的铜芯线。如所测数据不符合相关标准和要求，则要告知业主。

接通照明回路电源，按每个房间的开关，看灯是否亮。如配电箱有两个或两个以上照明回路，则确定每个回路分别对应的线路。

在勘察原有线路的基础上，在考虑好家用电器的摆放位置和线路的电流容量的情况下，可以利用已经布置好的开关、插座和线路，如果位置改动较大，在合理设计下也是可以利用原来的插座、开关和线缆的。在改动中，照明布线改动可能较多的，各种壁灯、吊顶灯、柜橱灯等会有较多的变化，在这方面，应与业主交流，应充分考虑安全和性价比。

按照与业主的交流确定电线走向、标高及开关、插座等基本位置。与业主确定开关、插座品牌，核对图样跟实际要求是否相符，不符时经业主同意进行相应调整；根据设计、业主要求及使用功能，计算出各房间电气设备功率及相应的布线规格，并列出材料计划单。



2. 定位准备

要求业主提供原有强电布置图、相关电路、电器图样与资料，并认真阅读审查。以下几个方面的图样与定位相关：

- 1) 平面布置图。平面布置图是对功能的定位，它包括开关、插座等。
- 2) 天花布置图。天花布置图对于电工来说，主要确定灯的位置，安装在什么地方，什么样的灯，安装的高度。
- 3) 家具、背景立面图。一般来说，家具中酒柜、装饰柜、书柜安装灯具可能性效大，且大多数为射灯。
- 4) 电气设备示意图。该图的作用是对灯具、开关、电器插座进行定位。但该图仅作参考，具体定位以实际为准。
- 5) 橱柜图样。橱柜图样主要是立面图，它的作用是对厨房电器进行定位，如消毒柜、微波炉、抽油烟机、电冰箱等。

结合图样与业主进行交流、沟通，询问下列电器功率及安装位置：

- 1) 热水器、饮水机、空调、计算机、电视、音响、洗衣机、餐厅电火锅、客厅或娱乐室的电热器等的位置。
- 2) 楼上、楼下、卧室、过道等灯具是否双控或多点控制。
- 3) 对顶面、墙面以及柜内的灯具的位置、控制方式和业主进行沟通。

在家装电气工程中，分为包工包料和包工不包料两种。不论电工材料是包工包料还是业主自购，电工材料必须填表，表内有品名、品牌、相关说明及数量四栏，必须认真填写。电工电料及辅助材料计划见表2-8。根据施工图编制开关、插座及辅料计划，灯具计划应和业主充分沟通，如有特殊情况应充分说明。开关、插座及辅料计划见表2-9。

表 2-8 电工材料及辅助材料计划

品名	数量及规格	品牌	相关说明
1.5mm ² 线	红色/圈/m		
	蓝色/圈/m		
	黄色/圈/m		
	绿色/圈/m		
	黑色/圈/m		
2.5mm ² 线	红色/圈/m		
	蓝色/圈/m		
	双色/圈/m		
4mm ² 线	红色/圈/m		
	蓝色/圈/m		
	双色/圈/m		
6mm ² 线	红色/圈/m		
	蓝色/圈/m		
	双色/圈/m		

(续)

品名	数量及规格	品牌	相关说明
$\Phi 16$ 直通	个		
$\Phi 20$ 直通	个		
$\Phi 16$ 锁扣	个		
$\Phi 20$ 锁扣	个		
$\Phi 16$ 线卡	个		
$\Phi 20$ 线卡	个		
$\Phi 16$ 三通底盒	个		
$\Phi 20$ 三通底盒	个		
$\Phi 16$ 四通底盒	个		
$\Phi 20$ 四通底盒	个		
$\Phi 16$ 阻燃冷弯电线管	m		
$\Phi 20$ 阻燃冷弯电线管	m		
$\Phi 6$ 黄蜡套管	根		
$\Phi 8$ 黄蜡套管	根		
$\Phi 10$ 黄蜡套管	根		
$\Phi 12$ 黄蜡套管	根		
绝缘布胶带	圈		
防水胶带	圈		
单联底盒	个		
双联底盒	个		
明装底盒	个		
146 底盒	个		

表 2-9 开关、插座及辅料计划

名称	数量	型号及规格
单联开关	个	
双联开关	个	
三联开关	个	
单联双控开关	个	
双联双控开关	个	
三联双控开关	个	
多点控制开关	个	
五孔插座	个	



(续)

名称	数量	型号及规格
单开五孔插座	个	
空调插座	个	
86 盖板	个	
146 盖板	个	
塑料膨胀管	个	$\Phi 6\text{mm}$
塑料膨胀管	个	$\Phi 8\text{mm}$
开关面板螺钉	个	$\Phi 4\text{mm} \times 4.5\text{cm}$
自攻螺钉	个	$\Phi 4\text{mm} \times 4\text{cm}$
膨胀螺钉	个	$\Phi 6\text{mm} \times 5\text{cm}$
膨胀螺钉	个	$\Phi 12\text{mm} \times 8\text{cm}$
膨胀螺钉	个	$\Phi 14\text{mm} \times 8\text{cm}$

2.2.2 布线方式及定位

1. 布线方式

家庭电气布线方式主要有以下几种:

1) 顶棚布线。布线主要走顶上,这种布线方式最有利于保护电线,是最方便施工的方式,电线管主要隐蔽在装饰面材或者天花板中,不必承受压力,不用打槽,布线速度快,是非常好的一种布线方式。这种方式唯一的缺点就是家中需要走线的地方需要有天花板或者装饰面材才能实现这种布线方式。

2) 墙壁布线。布线主要走墙壁,这种布线方式的优点是电线管本身不需要承重,它的承重点在管子后面的水泥上。缺点有3个:第一是线路较长;第二是墙壁上有大量的区域以后不能钉东西;第三是如果水泥工和漆工不能处理好墙面的开槽处,那么将来有槽的地方一定会出现裂纹。这种布线方式主要做顶上和地上的补充。

3) 地面布线。布线主要走地上,这种布线方式的缺点是,必须使用较为优良的穿电线管,因为地上的穿电线管将要承受人体还有家具的重量(管子表面上那层水泥并不能完全承重,因为它不完全是一个拱桥的形式,管子其实和水泥是一体的,所以必须自身要承担一定重量)。布线走地上的优点是,对于家庭装修的环境没有特殊要求,不需要天花板和装饰面材。

2. 定位

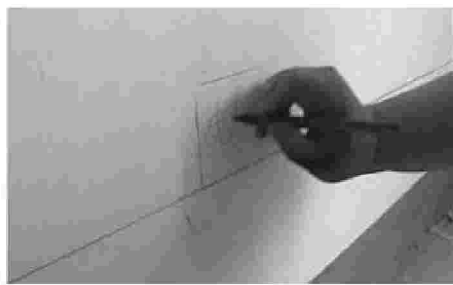
若业主没有家庭的电装图样,必须征求业主的意见,听取业主的要求,综合业主意见和检测原电气布线的实况,确定各电器的准确位置,并用彩色粉笔(不用红色)在墙面做

好记录。家居电气布线定位的相关标准和要求如下：

- 1) 精准、全面、一次到位。
- 2) 厨房线路定位应全面参照橱柜图样，整体浴室的定位应结合浴室设备完成。
- 3) 电视机插座及相关定位，应考虑电视机柜的高度，以及业主所用电视机的类型。
- 4) 客厅花灯的灯泡个数较多，应询问业主是否采取分组控制。
- 5) 空调定位时，应考虑是单相还是三相。
- 6) 热水器定位时，一定要明确所采用的具体类型。

询问业主床头开关插座是装在床头柜上、柜边还是柜后，询问业主是否有音响，如有，则明确音响的类型、安装方位，是前置、中置还是后置，是壁挂还是落地以及是否由厂家布线等。确定线路终端插座、开关、面板的位置，在墙面标画出准确的位置和尺寸。

用彩色粉笔（不用红色）记录时，字迹要清晰、醒目，文字须写在不开槽的地方，粉笔颜色应一致，如图 2-4 所示。



根据施工图或与业主确定的布线方案要求，确定盒、箱轴线位置，以土建标出的水平线为基准，标出盒箱的实际安装位置。若没有施工图，则根据草拟的布线图画线。确定线路终端插座、开关、面板的位置，在墙面标画出准确的位置和尺寸。

图 2-4 用彩色粉笔确定盒箱的实际安装位置

电气线路与煤气、热水管间距宜大于 500mm，与其他管路宜大于 100mm。同一房间的开关插座如无特殊要求，应安装在同一标高，同一地方的成排开关插座顶标高相同。为了便于施工穿线，电线管应尽量沿最短线路敷设，并减少弯曲。当电线管敷设长度超过有关规定时，应在线路中间装设分底盒或底盒。电源插座底边距地宜为 300mm，平开关板底边距地宜为 1300mm，同一室内的插座面板应在同一水平标高上，高差应小于 5mm。

2.2.3 开槽技术要求及工艺

1. 开槽技术要求

(1) 确定开槽路线

确定开槽路线应根据以下原则：

- 1) 路线最短原则。
- 2) 不破坏原有电线管原则。
- 3) 不破坏防水原则。

(2) 确定开槽宽度

根据电线根数、规格确定 PVC 电线管的型号、规格及根数，进而确定槽的宽度。

(3) 确定开槽深度

若选用 16mm 的 PVC 电线管，则开槽深度为 20mm；若选用 20mm 的 PVC 电线管，则开槽深度为 25mm。



(4) 线槽测量及外观要求

1) 线槽测量：暗盒的槽独立计算，所有线槽按开槽起点到线槽终点测量，线槽宽度如果放两根电线管，应按两倍以上来计算开槽宽度。

2) 线槽外观要求：横平竖直，大小均匀。

2. 开槽工具及工艺流程

(1) 开槽工具与器材准备

准备以下开槽工具与器材：

手锤、尖錾子、扁錾子、电锤、切割机、开凿机、墨斗、卷尺、水平尺、平水管、铅笔、灰铲、灰桶、水桶、手套、防尘罩、风帽、垃圾袋等。

(2) 开槽工艺流程

开槽工艺流程如下：

1) 弹线。首先要根据用电器及控制电器位置进行线路定位；比如，开关位置、插座位置、灯具位置等，再根据线路走向弹墨线，所弹线必须横平竖直，且清晰，如图 2-5 所示。根据所注明的回路选择电线及电线管，计算出开槽的宽度和深度，所开槽必须横平竖直，强电与弱电开槽距离必须 $\geq 500\text{mm}$ 。

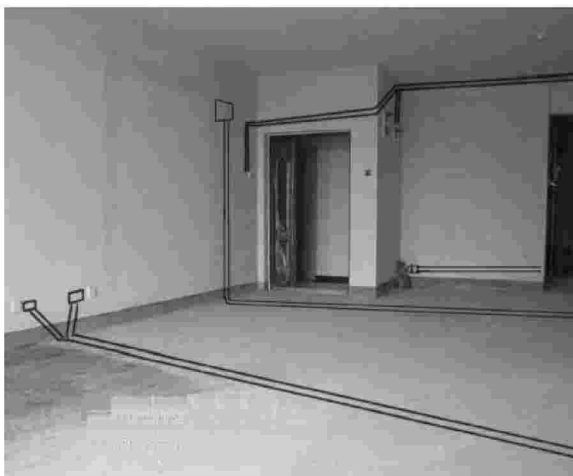


图 2-5 弹上墨线示意图

2) 开槽。开凿可直接用凿子凿，也可用切割机、开凿机、电锤。用切割机、开槽机切到相应深度，然后用电锤或用手锤修凿到相应深度，允许把边凿毛。开槽深度应一致，一般槽深为 PVC 电线管直径 + 10mm。

3) 清理。确认所开线槽完毕后，及时清理，清理时应洒水防尘。

3. 开槽相关标准和要求

开槽相关标准和要求如下：

1) 所开线槽必须横平竖直。

2) 砖墙开槽深度为电线管管径 + 12mm。

- 3) 同一槽内有两根以上电线管时，电线管与电线管之间必须有 $\geq 15\text{mm}$ 的间缝。
- 4) 顶棚是空心板的，严禁横向开槽。
- 5) 混凝土上不宜开槽，若开槽不能伤及钢筋结构。
- 6) 开槽应遵循就近及开槽原则。
- 7) 开槽次序宜先地面后顶面，再墙面；同一房间、同一线路宜一次开到位。

开槽打洞时应避免用力过猛，造成洞口或槽剔的过大、过宽，以免造成墙壁面周围破碎，甚至影响土建结构质量。沙灰墙体走线时，一定要用开槽机开槽，否则线槽周围由于电锤的振动，易产生空鼓、开裂等问题。墙立面的开槽要求用切割机将建筑物表面的抹灰层，按照略大于布管的直径切割线槽（严禁将承重墙体和受力钢筋切断以及在墙上横向开槽）。墙槽高度应根据用电设备而定，开槽时不要把原电线管路破坏，所有线路开槽横平竖直，电线管敷设低于墙面 5mm 。开槽规范工艺如下：

1) 根据定位和线路走向弹好线后，用切割机沿着弹线双面切割，槽的深度要和管材的直径匹配，不允许开横槽，因为会影响墙的承受力。

2) 在开槽时尽量避免影响槽边的墙面，以免造成空鼓，留下隐患。

3) 沿走向线凿去砂浆层与砖角以形成线槽，为避免崩裂，以多次斜凿加深为宜。混凝土结构部位开槽时，开槽深度以可埋下PVC电线管为标准，深度不易过深，以免切断结构层的钢筋，对结构层强度造成破坏。

4) 开槽时在 90° 角的地方应切去内角，以便电线管铺设，如图2-6所示。

5) 线槽尽可能保持宽度一致，转弯处应以圆弧连接，如图2-7所示。

6) 在槽底以冲击钻钻孔，以便敲入木楔，以固定电线管，木楔顶部应与槽底平齐。

不规范的开槽施工，通常是不使用切割机切割（甚至不用弹线），直接在墙面凿槽，这样施工，容易造成槽边的墙面松动和空鼓，会导致槽面破损度加大，增加封槽的难度。在混凝土墙面（剪力墙）开槽时，不考虑深度，会对结构层强度产生影响。

开槽时应注意以下事项：

1) 槽不要开得过深、过宽，影响墙体的强度。槽的深度只要达到电线保护管与墙砖面齐平即可。

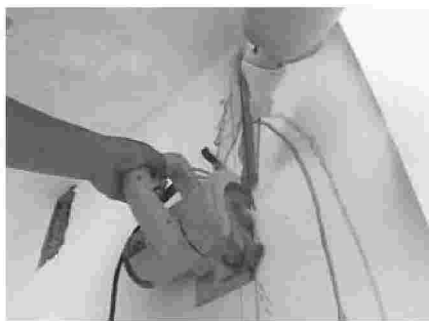


图2-6 开槽时在 90° 角的地方切去内角示意图

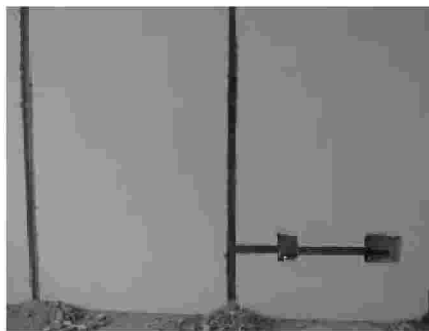


图2-7 经修平的线槽示意



2) 家庭装潢时, 砖墙上通常已有水泥砂浆抹面, 在采用 PVC 电线管时, 电线管埋入后应用强度不小于 M10 的水泥砂浆抹面保护, 其目的是防止在墙面上钉入铁钉等物件时, 损坏墙内的电线保护管。在砖墙内敷设管子时应注意不要过分损伤墙的力度, 尤其是三孔砖。

2.2.4 预埋底盒要求及工艺

1. 底盒预埋工具及工艺流程

(1) 工具与器材的准备

卷尺、水平尺、平水管、铅笔、钢丝钳、小平头烫子、灰铲、灰桶、水桶、手套、底盒、锁扣、水泥、沙子等。

(2) 工艺流程

弹线、定位→底盒安装前的处理→湿水→底盒的稳固→清理。

1) 弹线、定位。以开关的高度为基准, 在装底盒的每个墙面弹一水平线, 以该水平线为基准, 向上或下确定插座、开关等高度。根据图样上开关、插座的具体位置, 用事先准备好的插座外盒框画出一个大致的框架, 这个工具对定位的整齐很有帮助。测量垂直方向上的电线管的走向距离墙边的距离。在墙角测出同样宽度的位置。底盒预埋方法如下:

- 画框线: 根据需要在墙面的合适处画出预埋位置, 并比照底盒大小 (四周放大 2 ~ 3mm), 画出开凿范围框线 (两个装盖孔应保持水平)。
- 凿框线: 以平口凿沿框线垂直凿出深沟, 然后从框内向框外斜凿去砖角, 反复进行, 并注意不得崩裂框线。
- 凿穴孔: 将框内多余砖角凿去, 直至深度略大于底盒高度, 不得过浅或过深。
- 修整穴孔: 凿平穴孔四周与穴底, 应大于底盒的外形尺寸, 以放入底盒端正、适合为宜。装在护墙板内的底盒, 盒口应靠近护墙板, 便于面板固定。

2) 底盒安装前处理。将对应的敲落孔敲去, 并装上锁扣; 底盒后面的小孔, 须用纸团堵住。装正底盒, 敲去安装孔盖, 对准线槽, 并使装盖面稍稍伸出砖砌面, 且低于粉刷面 3 ~ 5mm。

3) 湿水。用水将安装底盒的洞湿透, 并将洞中杂物清理干净。

4) 底盒的稳固。用 1:3 水泥砂浆将底盒稳入洞中, 并确保其平正, 并与墙面相平。调整位置后, 在底盒的周围填上混凝土, 待混凝土完全干固后, 方可布管。对于预埋盒应先注入适量的水泥浆, 再用线锤找正坐标再固定稳理, 然后用水泥砂浆将盒周围的缝隙填实。暗装盒口应与墙面平齐, 不出现凹凸墙面的现象。预留的暗盒贴面与墙面的缝隙应用水泥砂浆将盒四周填实抹平, 盒子收口平整。若墙厚度较薄, 盒体厚度与墙厚度相差无几, 盒底抹灰处开裂, 在盒底处加金属网固定后, 再抹灰找平齐。

5) 清理。将刚稳固的底盒及锁扣里的水泥砂浆及时清理干净。

2. 底盒安装相关标准和要求

1) 进门开关底盒边距地面 1.2 ~ 1.4m, 侧边距门套线必须 $\geq 70\text{mm}$, 距门口边为 150 ~ 200mm, 开关不得置于单扇门后, 并列安装相同型号开关距水平地面高度相差

≤1mm，特殊位置（床头开关等）的开关按业主要求进行安装，同一水平线的开关≤5mm。开关、插座应采用专用底盒，四周不应有空隙，盖板必须端正、牢固。

2) 底盒安装时，开口面须与墙面平整牢固且方正，不凸出墙面，如图 2-8 所示。底盒安装好以后，必须用钉子或者水泥砂浆固定在墙内。

3) 在贴瓷砖的地方，应尽量装在瓷砖正中，不得装在腰线和花砖上，一个底盒不能装在两块、四块瓷砖上。

4) 并列安装的底盒与底盒之间，应留有缝隙，一般情况为 4~5mm。底盒必须平面垂直，同一室内底盒必须安装在同一水平线上。

5) 开关、插座要避开造型墙面，非要不可的尽量安装在不显眼的地方。底盒尽量不要装在混凝土上，非要不可的地方，若遇到钢筋，标准型底盒装不进，则须将底盒锯掉一部分或明装。

6) 如底盒装在石膏板上，则需用至少两根 20mm × 40mm 木方，将其稳固于龙骨架上。

7) 地面插座盒预埋时应将盒口高出毛地坪 1.5~2cm，以便于后期施工时依靠地插座本身可调余量与地面找平。

8) 为使底盒的位置正确，应该先固定底盒，然后再布管。

3. 底盒安装常见缺陷

底盒安装质量通病有：底盒安装标高不一致，底盒开孔不整齐，安装电器后，底盒内脏物未清除；预埋的底盒有歪斜；暗底盒有凹进、凸出墙面现象；底盒破口；坐标超出允许偏差值。产生的原因有：安装底盒时未参照土建施工预放的统一水平线控制标高，施工时未计划好进入底盒电管的数量及方向，安装电器时没有清除残存底盒内的脏污和灰砂。对上述缺陷采取的预防处理措施有：

1) 严格按照室内地面标高确定底盒标高。对于预埋底盒应先用线坠找正，坐标正确再固定；暗装底盒口应与墙面平齐，不出现凹凸墙面的现象。

2) 用水泥砂浆将底盒底部四周填实抹平，底盒收口应平整。

3) 穿线前，先将底盒内灰渣清除，以保证底盒内干净。

4) 穿线后，用接线盒的盖板将盒子临时盖好，盒盖周边要小于开关面板或灯具底座，但应大于盒子，待土建装修面完成后，再拆除盒子盖安装电器、灯具，这样可以保持盒内干净。

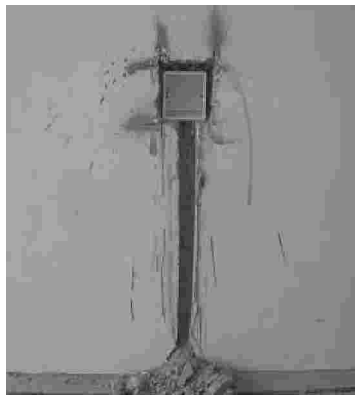


图 2-8 底盒安装示意图

2.2.5 布管技术要求及工艺

1. 布管技术要求

在家装电气施工中，不允许将塑料绝缘电线直接埋置在水泥或石灰粉层内作暗线敷设。因埋置在水泥或石灰粉层内的电线绝缘层易损坏，造成大面积漏电，危及人身安全，



如图 2-9 所示。家装电气配线应采用硬质阻燃 PVC 电线管。

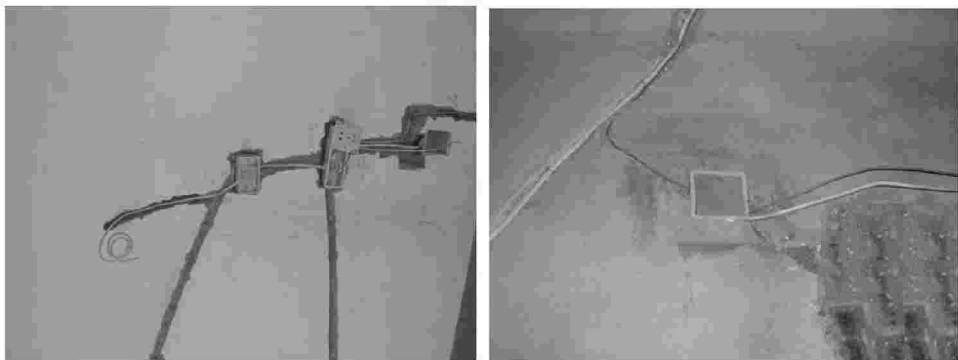


图 2-9 导线直接埋入抹灰层示意图

硬质阻燃 PVC 电线管适用于室内或有酸、碱等腐蚀介质的场所作为电线的保护管（不得在 40℃ 以上的场所和易受机械冲击、碰撞摩擦等场所敷设），也适用于在混凝土结构内及砖混结构暗布管的布线工程（不得在高温场所及顶棚内敷设）。

所使用的阻燃型 PVC 电线管，其材质均应具有阻燃、耐冲击性能，并应有检定检验报告单和产品出厂合格证。其外壁应有间距不大于 1m 的连续阻燃标记和制造厂厂标。管内外壁应光滑，无凸棱、凹陷、针孔、气泡；内外径尺寸应符合国家统一标准，管壁厚度应均匀一致。所用阻燃型 PVC 电线管附件如各种灯头盒、开关盒、底盒、插座盒、管箍等，必须使用配套的阻燃型塑料制品。黏合剂必须使用与阻燃型 PVC 电线管配套的产品，黏合剂必须在使用限期内使用。

在家装电气施工中，电线管（PVC 阻燃管）在使用前要进行严格检查，其管壁表面应光滑，壁厚要求达到手指用劲捏不破的强度，而且应有合格证书。要符合国家标准，标准规定应使用管壁厚度为 1.2mm 的电线管，标准要求管中电线的总截面积不能超过 PVC 电线管内截面积的 40%。例如：直径 20mm 的 PVC 电线管只能穿 1.5mm² 截面积电线 5 根，2.5mm² 截面积电线 4 根。电线与燃气管道距离不能超过标准规定的允许范围；按照标准规定在布管的每个施工阶段结束后，都要进行质量验收，并应做好验收记录。

PVC 电线管不应有折扁、裂缝，管内无杂物，切断口应平整，管口应刮光。PVC 电线管的连接采用胶水粘接，牢固严密，并在管口塞上 PVC 电线管塞，防止杂物进入管内。布管时要注意每根电缆管弯头不宜超过 3 个，直角弯不宜超过 2 个。管路超过一定长度，应加装底盒，其底盒位置应便于穿线。布管要尽量减少转弯，沿最短路径，需综合考虑确定合理管路敷设部位和走向，确定盒箱的正确位置。

2. 管径选择

电线保护管的管径选择依据是管内电线（包括绝缘层）的总截面积不应大于管内截面积的 40%。BV 塑铜线穿 PVC 电线管时的管径选择表见表 2-10。虽然各厂对同一规格的 PVC 电线管的产品编号不同，但其外径和壁厚基本相同，例如顾地牌 PVC 电线管的规格见表 2-11。

表 2-10 BV 塑铜线穿 PVC 电线管时的管径选择表

管径/mm		电线截面积/mm ²					
		1	1.5	2.5	4	6	10
电 线 根 数	2	16	16	16	16	16	20
	3	16	16	16	16	16	25
	4	16	16	16	20	20	25
	5	16	16	16	20	20	32
	6	16	16	20	20	25	32
	7	16	16	20	20	25	32
	8	16	20	20	25	25	32
	9	16	20	20	25	25	40
	10	16	20	20	25	32	40
	11	16	20	20	25	32	40
	12	16	20	20	25	32	40

表 2-11 顾地牌 PVC 电线管的规格

产品编号	规格/mm	尺寸/mm	
		外径 <i>D</i>	壁厚 <i>S</i>
GB16	16	16	1.6
GB20	20	20	1.8
GB25	25	25	1.9
GB32	32	32	2.2
GB40	40	40	2.3
GB50	50	50	2.8
GB63	63	63	3.0

3. 布管工具及工艺流程

(1) 布管工具

应准备的布管工具和器材有：钢丝钳、电工刀（墙纸刀）、弯管器、剪切器、手锤、阻燃冷弯电线槽管、电线、线卡、电线管直接、黄蜡套管、人字梯等。

(2) 工艺流程

1) 加工管弯。预制管弯可采用冷煨法和热煨法，阻燃电线管敷设与煨弯对环境温度的要求如下：阻燃电线管及其配件的敷设、安装和煨弯制作，均应在原材料规定的允许环境温度下进行，其温度不宜低于 -15℃。

根据所定的线路，将电线管配好，转弯处用弯管器冷弯。冷弯管是家装布线的最好选择，因为它的转角是有弧度的，线可以随时更换，而不用开墙。冷弯管要用弯管工具，电线保护管的弯曲处通常容易出现断面变形、折皱、凹陷等质量通病。弯曲电线管时，其半径不小于管外径的 10 倍，这样穿线或拆线，才能顺利，如图 2-10 所示。PVC 电线管弯曲



处，不应有折皱、凹陷与裂缝，且弯曲程度不应大于管外径的 10%。

- 冷煨法：管径在 25mm 及其以下可以用冷煨法。弯管前，管内应穿入弯管弹簧，弯管弹簧有四种规格：16mm、20mm、25mm、32mm，分别适用于相应的电线管弯管用。弯管弹簧内穿入一根绳子，绳子与弹簧两端的圆环打结连接后留有一定的长度，用绳子牵动弹簧，使其在电线管内移动到需要弯曲的位置。弯曲时用膝盖顶住电线管需弯曲处，用双手握住电线管的两端，慢慢使其弯曲，如果速度过快，易损坏管子及其电线管内的弹簧。弯曲后，一边拉露在管子外栓弹簧的绳子，一边按逆时针方向转动电线管，将弹簧拉出。弹簧出现松股后不能使用，否则在电线管的弯曲处会出现折皱。当弯曲较长的管子时，可将弯簧用镀锌铁丝拴牢，以便拉出弯簧。

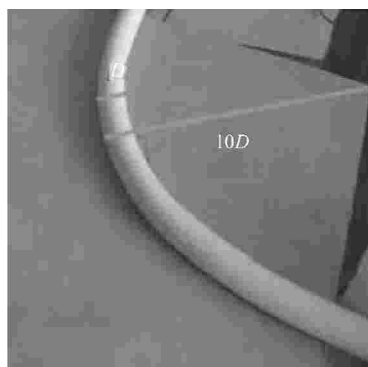
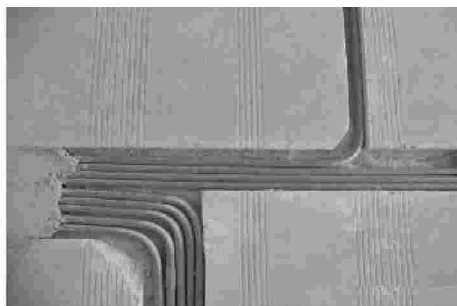


图 2-10 PVC 电线管冷弯管示意图

- 热煨法：用电炉子、热风机等加热均匀，烘烤电线管煨弯处，待管子被加热到随意弯曲时，立即将管子放在木板上，固定管子一头，逐步煨出所需管弯度并用湿布抹擦使弯曲部位冷却定型。然后抽出弯簧。不得使电线管出现烤伤、变色、破裂等现象。标准施工弯曲的电线管布管如图 2-11a 所示。采用与管径不匹配的弯管器进行弯管，会导致管体变形、起皱、弯曲不自然，造成电线无法抽动，难以更换，不规范的弯管施工将导致电线管煨弯处变形、起皱，如图 2-11b 所示。



a)标准



b)不规范

图 2-11 标准与不规范弯管示意图

2) 布管。电线管切割宜用专用剪刀，亦可用钢锯锯断。PVC 电线管厂提供的剪刀，可以切割 16~40mm 的圆管。用剪刀切割管子时，先打开手柄，把管子放入刀口内，握紧手柄，棘轮锁住刀口；松开手柄后再握紧，直到管子被切断。用专用剪刀切割管子，管口光滑。若用钢锯切割，管口处应加以光洁处理后再进行下一道工序。小管径可使用剪管器，大管径可使用钢锯断管，断口应挫平、铣光。当直线段长度超过 15m 或转弯超过 3 个时，必须增设底盒。暗管在墙体内严禁交叉，严禁未有底盒跳槽，严禁走斜道。在布线布管时，同一槽内电线管如超过 2 根，管与管之间留 $\geq 15\text{mm}$ 的缝。

3) 固定。布管完毕，用线卡将其固定，如图 2-12 所示。

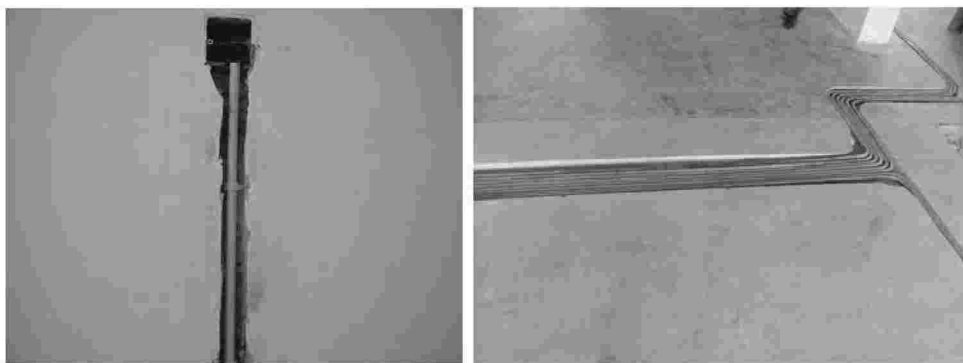
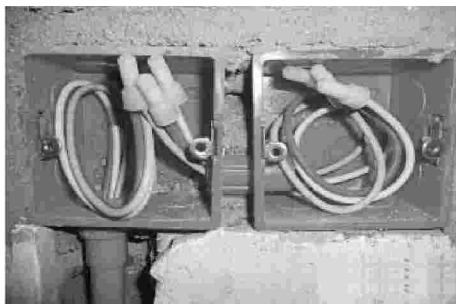


图 2-12 布管完毕示意图

4) 接头。管与管，管与箱（盒）连接时，应符合下列条件：

- 管与管之间采用套管连接，套管长度宜为管外径的 1.5 ~ 3 倍，管与管的对口应位于套管中心。
- 管与器件连接时，插入深度为 2cm，管与底盒连接时，必须在管口套锁扣。
- 盒、箱孔应整齐并与管径相吻合，管与盒箱的连接一般采用锁扣连接。进入配电箱、接线箱盒的电线管路，应排列整齐，一管一孔，插入与管外径相匹配的箱盒的敲落孔内，管线要与盒箱壁垂直，再在盒箱内的管端采用锁扣固定，多根管线同时入盒箱时注意入盒箱部分的管端长度一致，管口平齐。

规范的底盒与电线管连接如图 2-13a 所示，电线管与底盒接头时必须采用锁扣，其目的是起到电线管与底盒固定的作用，在穿线时不容易造成挪位，同时也避免了对电线绝缘层的损伤。底盒与电线管接头不规范施工如图 2-13b 所示，电线管与底盒连接时不采用锁扣，容易造成错位，由于电线管的断截面比较锋利，穿线时容易划伤电线绝缘层。



a) 规范的底盒与电线管连接



b) 底盒与电线管接头不规范施工

图 2-13 底盒与电线管连接图

5) 整理。电线管的管口、管子连接处均应做密封处理，槽内的电线管离表面的净距离不应小于 15mm。电线管和箱盒连接后，应使箱盒端正、牢固。



4. PVC 电线管的保护

在地面敷设的电线管施工完毕后，应在 PVC 电线管两侧放置木方，或用水泥砂浆做护坡，以防止 PVC 电线管在工人施工中因来回走动而被踩破。

5. PVC 电线管线敷设常见缺陷

PVC 电线管线敷设常见缺陷有：接口不严密，电线管、箱盒内有杂物堵塞，电线管煨弯处出现扁、凹、裂等，电线管在槽内固定不牢固，电线管离表面的净距小于 15mm。

缺陷原因是：接口不严是因为接口处未加套；电线管接口做得太短，又未涂黏合剂。PVC 电线管煨弯时未加热或加热不均匀，造成电线管扁、凹、裂现象。固定电线管的线卡间距过大，开槽未到达要求的深度或管径选择过大。

预防处理措施如下：

1) 购置 PVC 电线管时，须同时购置相应的接头等附件，以及适应不同管径的冷弯弹簧，以备煨弯时使用。

2) 管与管连接一定要用接头并涂黏合剂，管与盒连接应用螺接并涂黏合剂。

3) 煨弯时，使用与管径匹配的冷弯弹簧，必要时可将煨弯处局部均匀加热，均匀用力，弯成所需弧度，以防出现扁、凹、裂现象。

4) 长距离的电线管尽量用整管；电线管如果需要连接，要用接头，接头和管要用胶粘好。当布线长度超过 15m 或中间有 3 个弯曲时，在中间应该加装一个底盒，否则在穿线或拆线时，因太长或弯曲多了，使穿线或拆线困难。

5) 按标准要求的间距用线卡固定电线管，选择电线管的管径应规范，并应根据电线管的管径进行开槽。

2.2.6 电线管穿带线及穿电线工艺

1. 电线管穿带线工艺

(1) 管内穿带线

穿带线前应检查管路是否畅通，管路的走向及盒、箱的位置是否符合设计及施工图的要求；带线采用直径 $\Phi 1.2 \sim \Phi 2.0\text{mm}$ 镀锌铁丝或钢丝，带线应顺直无背扣、扭结等现象，并有相应的机械拉力。先将钢丝的一端弯成不封口的圆圈，以防止在管内遇到管接头时被卡住，再利用穿线器将带线穿入管路内，在管路的两端应留有 200 ~ 250mm 的余量。当穿带线受阻时，可用两根钢丝分别穿入管路的两端，可采取两头对穿的方法，具体做法是一人转动一根钢丝，感觉两钢丝相碰时则反向转动，待铰合一起，则一拉一送，将带线拉出。当管路较长和转弯处较多时，可在敷设管路前穿好带线，并留有 20cm 的余量后，将两端的带线盘入盒内或缠绕在管头上固定好，防止被其他人员随便拉出。

(2) 清扫管路

布管完毕后，在穿线之前，必须对所有的管路进行清扫。清扫管路的目的是清除管路中的灰尘、泥水等杂物。具体方法为：将布条的两端牢固地绑扎在带线上，两人来回拉动带线，将管内的浮锈、灰尘、泥水等杂物清除干净。

(3) 带护口

在电线管清扫后,根据电线管的直径选择相应规格的护口,将护口套入管口上。在电线管穿线前,检查各个管口的护口是否齐全,如有遗漏或破损均应补齐和更换。

2. 电线管穿电线工艺

(1) 材料要求

电线的规格、型号必须符合设计要求,并应有出厂合格证、“CCC”认证标志和认证证书复印件及生产许可证。电线进场时要检验其规格、型号、外观质量及电线上的标识,并用卡尺检验电线直径是否符合国家标准。配线的布置及其电线型号、规格应符合设计规定。在配线工程施工中,当无设计规定时,电线最小截面积应满足机械强度的要求。所用电线的额定电压应大于线路的工作电压,电线的绝缘应符合线路的安装方式和敷设环境条件。低压电线的线间和线对地间的绝缘电阻值必须大于 $0.5\text{M}\Omega$ 。

(2) 电线与带线的绑扎

当电线根数为 $2\sim 3$ 根时,可将电线前端的绝缘层剥去,然后将线芯直接与带线绑回头压实绑扎牢固,使绑扎处形成一个平滑的锥体过渡部位。

当电线根数较多或电线截面积较大时,可将电线前端的绝缘层削去,然后将线芯斜错排列在带线上,用绑线缠绕绑扎牢固,使绑扎接头处形成一个平滑的锥体过渡部位,便于穿线。

(3) 穿线及断线

1) 放线。放线前应根据设计图对电线的规格、型号进行核对,放线时电线应置于放线架或放线车上,不能将电线在地上随意拖拉,更不能野蛮使力,以防损坏绝缘层或拉断线芯。穿线需要两个人各在一端,一人慢慢地抽拉带线钢丝,另一人将电线慢慢地送入管内。如管线较长,弯头太多,应按规定设置底盒,但不可用油脂或石墨粉作润滑,以防渗入线芯,造成电线短路。

2) 断线。剪断电线时,电线的预留长度按以下情况予以考虑:底盒、开关盒、插座盒及灯头盒内电线的预留长度应大于 150mm ,小于 250mm ;配电箱内电线的预留长度为配电箱箱体周长的 $1/2$;干线在分支处,可不剪断电线而直接作分支接头,应根据实际长度留线。

当管路较长或转弯较多时,要在穿线的同时向管内吹入适当的滑石粉。穿线时应注意下列问题:

1) 管内配线必须按设计要求,选用相应的线径及配线的根数。不同回路、不同电压、交流与直流回路的电线不得穿入同一根管子内,但下列几种情况或设计有特殊规定的除外:照明花灯的所有回路,同类照明的几个回路,可穿于同一根管内,但管内电线总数不应多于 8 根。

2) 电线在管内不得有接头和扭结,其接头应在接续底盒内连接。

3) 管内电线包括绝缘层在内的总截面积不应大于管子内空截面积的 40% 。

4) 管口处应装设护口保护电线。

电线管中的电线应一次穿入,穿入电线管内的电线应分色,为了保证安全和施工方



便,在电线管出口处至配电箱、盘总开关的一段干线回路及各用电支路应按色标要求分色, L_1 相为黄色, L_2 相为绿色, L_3 相为红色, N (中性线) 为淡蓝色, PE (保护线) 为绿/黄双色。规范工艺如图 2-14a 所示, 不规范施工如图 2-14b 所示。不按颜色标准使用电线, 会导致零线与地线无法确定 (相线可以用电笔测量, 零线与地线无法测量), 如果接错, 会造成电器损坏和电源跳闸, 同时也给以后换线维修带来一定困难。



图 2-14 电线颜色标准

凡进入底盒以及开关箱的线, 线头均需用绝缘胶布缠好, 用 $\Phi 16\text{mm}$ 的电线管卷圈, 整齐地卷放入盒内, 如图 2-15 所示。

为了减少由于电线接头质量不好引起各种电气事故, 电线敷设时, 应尽量避免电线管内有接头, 接头应在底盒 (箱) 内。为了防止火灾和触电等事故发生, 在顶棚内由底盒引向器具的绝缘电线, 应采用可挠金属电线保护管或金属软管等保护, 电线不应有裸露部分。有时必须要接头时应采取以下方式处理:

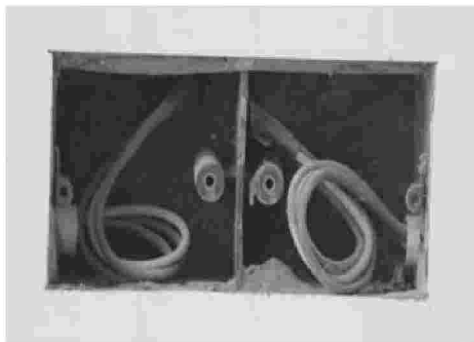


图 2-15 底盒内线头用绝缘胶布缠好示意图

1) 套管接线。先剪一段长 3~4cm 的热收缩管套在待接线的一端, 将待接线头分别剥去 4~5cm, 接好线头。

2) 焊锡。用 50W 电烙铁将线头焊牢 (用带松香芯的细焊锡丝), 使其充分吸锡。

3) 加热收缩管。套上热收缩管, 用烙铁直接加热使其收缩。

管内穿线常见缺陷有: 先穿线后带护口或根本不带护口; 电线背扣或死扣; 损伤绝缘层; 相线未进开关; 未按相色配线; 线芯损伤等。预防管内穿线常见缺陷及处理措施如下:

1) 认真查阅图样, 按照电气系统图的分相要求配线。一般规定: 相线 A、B、C 分别为黄色、绿色、红色, 零线为浅蓝色, PE 保护线为黄绿相间花色。据此穿线, 既可保证分相准确, 又可避免相线、零线和保护线间的混淆。

2) 穿线前应严格带好护口, 放线时严禁电线在地面任意拖拉, 应采用放线车, 以防电线背扣。

2.2.7 封槽工艺

1. 封槽工具及工艺流程

(1) 封槽工具及材料

封槽工具及材料有：水平头烫子、木烫子、灰桶、灰铲、水泥、中砂、细砂、801 胶等。

(2) 封槽工艺流程

封槽工艺流程如下：

1) 调制水泥砂浆。调制封槽用的水泥砂浆，调制配比为 1:3 的水泥砂浆补槽。顶面补槽用 801 胶和水泥砂浆，再掺入少许细砂。

2) 湿水。墙、地面开槽处用水将所封槽处湿透。

3) 封槽。用烫子将调制好的水泥砂浆补槽。

2. 规范封槽施工方法

规范封槽施工方法如下：

1) 补槽之前，须核对电气施工图，确认布管、布线正确，并和业主进行隐蔽工程验收，并要求业主签字、认可。

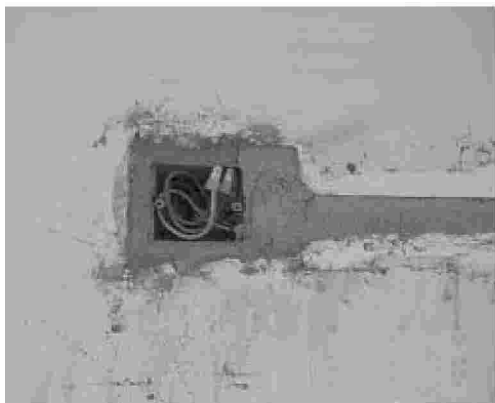
2) 补槽前，必须确定电线管固定牢固，对松动的电线管必须使其稳固。

3) 补槽前，在槽内喷洒一定量的水，必须将所封槽之处用水湿透，让槽内结构层充分吸收。

4) 用于墙面补槽的水泥砂浆比为 1:3，随后用水泥砂浆抹平，用搓板搓光。

5) 顶棚的补槽，用 801 胶和水泥，并在其间掺入 30% 的细砂。

6) 补槽不能凸出墙面，也不能低于墙面 1~2mm，封槽的水泥，应略低于原墙面，以便添加石膏粉找平（砂浆中有一定的水分，挥发后会有所收缩，用石膏粉找平避免以后线槽处开裂）。槽宽 10cm 须钉钢丝网，规范施工如图 2-16a 所示。



a)规范施工



b)不规范施工

图 2-16 规范及不规范施工封槽图

不规范的封槽施工如图 2-16b 所示，通常是在封槽时不喷洒水，直接用水泥砂浆封槽



(由于水泥砂浆凝固需要一定的时间,若槽内未喷水,会导致水泥没达到凝固时其水分让槽内的结构层吸干,会出现封槽水泥强度不够,易开裂松动甚至脱落),封槽时,没有考虑槽面收光(未用搓板搓光),由于槽面高低不平,给后期墙面修复带来了一定难度。

2.3 电线连接方法及操作工艺

2.3.1 电线连接操作技能

1. 电线连接的基本要求

电线连接是家装电工作业中一项基本工序,也是一项十分重要的工序。电线连接的质量直接关系到整个线路能否安全可靠地长期运行。对电线连接的基本要求是:

- 1) 电线连接应采用哪种方法应根据线芯的材质而定。
- 2) 连接牢固可靠。电线连接应接触紧密,接头电阻小,稳定性好。与同长度同截面积电线的电阻比应不大于1。
- 3) 机械强度高。电线接头的机械强度不应小于原电线机械强度的80%。
- 4) 电气绝缘性能好。电线接头的绝缘强度应与非连接处的绝缘强度相同。
- 5) 电线采用压接时,压接器材、压接工具和压模等应与电线线芯规格相匹配;压接时,其压接深度、压口数量和压接长度应符合有关规定。

2. 电线接头包缠绝缘

所有电线的线芯连接好后,均应用绝缘带包缠均匀紧密,以恢复绝缘。常用绝缘材料和绝缘恢复的主要性能指标有以下几项:击穿强度、绝缘电阻、耐热性、黏度、固体含量、酸值、干燥时间及胶化时间。根据各种绝缘材料的具体要求,规定了相应的抗张、抗压、抗弯、抗剪、抗撕、抗冲击等各种强度指标。

绝缘包扎带主要用作包缠电线和电缆的接头。常用的有下面两种:黑胶布带、聚氯乙烯带。常用的斜叠绝缘包扎法是在包缠时每圈压叠带宽的半幅,第一层绕完后,再用另一斜叠方向缠绕第二层,使绝缘层的缠绕厚度达到电压等级绝缘要求为止。包缠时要用力拉紧,使之包缠紧密坚实。

3. 电线的连接

(1) 电线绝缘层的剖削

1) 塑料硬线绝缘层的剖削。剥削电线时注意不要损伤线芯,芯线截面积为 4mm^2 及以下的塑料硬线,其绝缘层用钢丝钳剖削,如图2-17所示。

2) 芯线截面积大于 4mm^2 的塑料硬线,可用电工刀来剖削其绝缘层,如图2-18所示。

3) 多层绝缘线剥削。多层绝缘线分层剥切,每层的剥切方法与单层绝缘线相同。对绝缘层比较厚的电线,采用斜剥法,即像削铅笔一样进行剥切。

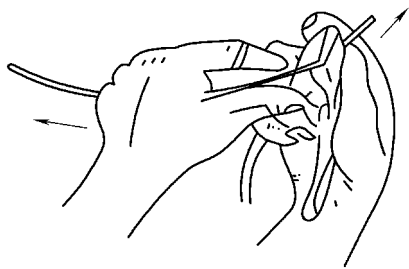


图 2-17 用钢丝钳勒去导线绝缘层示意图

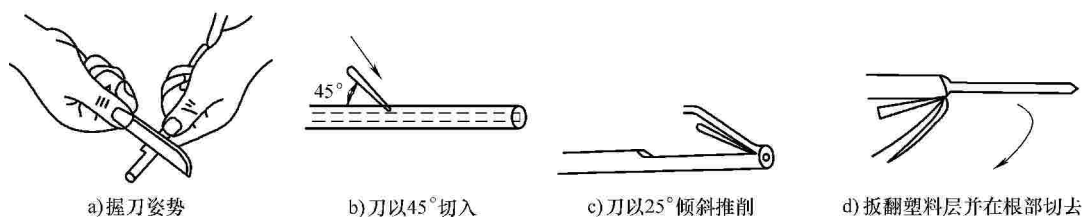


图 2-18 用电工刀来剖削绝缘层示意图

4) 塑料多芯软线绝缘层的剖削。用剥线钳或钢丝钳剥离塑料绝缘层，不要用电工刀剖削，否则容易切断芯线。

5) 塑料护套线绝缘层的剥削。塑料护套线只有端头连接，不允许进行中间连接。其绝缘层分为外层的公共护套层和内部芯线的绝缘层。公共护套层通常都采用电工刀进行剖削。用电工刀来剖削塑料护套线绝缘层的示意图，如图 2-19 所示。

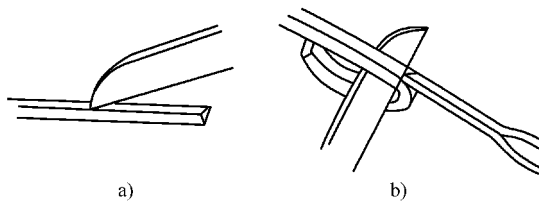


图 2-19 用电工刀来剖削塑料护套线绝缘层示意图

6) 花线绝缘层的剥削。花线的结构比较复杂，多股铜质细芯线先由棉纱包扎层裹捆，接着是橡胶绝缘层，外面还套有棉织管（即保护层）。剖削时先用电工刀在线头所需长度处切割一圈拉去，然后在距离棉织管 10mm 左右处用钢丝钳按照剖削塑料软线的方法将内层的橡胶层勒去，将紧贴于线芯处的棉纱层散开，用电工刀割去。

7) 橡胶套软电缆绝缘层的剥削。用电工刀从端头任意两芯线缝隙中割破部分护套层，然后把割破已分成两片的护套层连同芯线（分成两组）一起进行反向分拉来撕破护套层，直到所需长度。再将护套层向后扳翻，在根部分别切断。

(2) 单股铜电线的直线连接

通常把截面积 10mm^2 以下的电线称为独股线，单股铜电线的直线连接步骤如下：

1) 把两线线头的芯线成 X 形相交（两线剥绝缘层约 10cm），如图 2-20a 所示，再互相绞合 2~3 圈，如图 2-20b 所示。

2) 然后扳直两线头，如图 2-20c 所示。

3) 将每个线头在芯线上紧贴并绕 6 圈，如图 2-20d、图 2-20e 所示，用平口钳切余下的芯线，并钳平芯线的末端。

(3) 单股铜芯电线的 T 字形连接

单股铜芯电线的 T 字形连接的两种方法如下：

方法 1，将支路芯线的线头与干线芯线十字相交，使支路芯线根部留出约 2~5mm，然后按顺时针方向绕支路芯线，缠绕 6~8 圈后，用平口钳切去余下的芯线，并钳平芯线末端，如图 2-21a、图 2-21b 所示。

方法 2，较小截面积的芯线可先环绕成结状，然后再把支路芯线线头抽紧板直，紧密地缠绕 6 圈，剪去多余芯线，钳平切口毛刺（干路剥绝缘层 3~5cm，支路 10cm），如图 2-21c 所示。

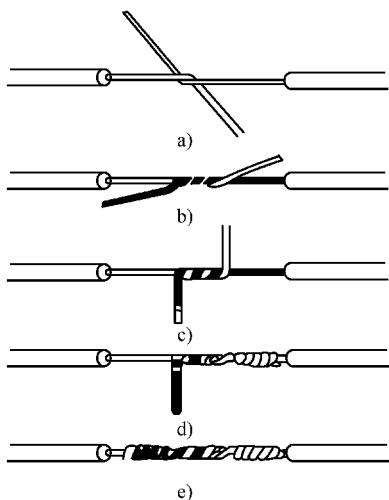


图 2-20 单股铜电线的直线
连接步骤示意图

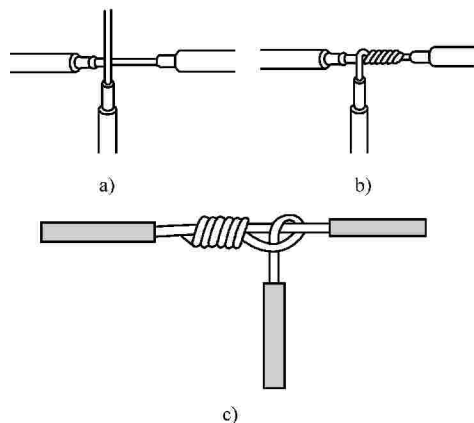


图 2-21 单股铜芯导线的 T 字形连接示意图

(4) 多股铜芯电线的直线连接

多股铜芯电线的直线连接步骤如下：

1) 先将剥去绝缘层（剥绝缘层长度为 20~25cm）的芯线头散开并拉直，再把靠近绝缘层 1/3 线段的芯线绞紧，然后把余下的 2/3 芯线头按图示分散成伞状，并将每根芯线拉直，如图 2-22a 所示。

2) 把两个伞状芯线隔根对叉，必须相对插到底，并拉平两端芯线，如图 2-22b 所示。

3) 捏平叉入后的两侧所有芯线，并理直每股芯线和使每股芯线的间隔均匀；同时用钢丝钳钳紧叉口处消除空隙，如图 2-22c 所示。把一端的 7 股芯线按 2、2、3 根分成三组，接着把第一组 2 根芯线扳起，垂直于芯线，并按顺时针方向缠绕，如图 2-22d 所示。

4) 缠绕 2 圈后，将余下的芯线向右扳直，如图 2-22e 所示，再把下边第二组的 2 根芯线扳直，也按同一方向紧紧压着前 2 根芯线缠绕，如图 2-22f 所示。先在一端把邻近两股芯线在距叉口中线约 3 根单股芯线直径宽度处折起，并形成 90°，如图 2-22g 所示。

5) 缠绕 2 圈后，也将余下的芯线向右扳直，再把下边第三组的 3 根芯线扳直，按顺时针方向紧紧压着前 4 根扳直的芯线向右缠绕。缠绕 3 圈后，切去每组多余的芯线，钳平线端，如图 2-22h 所示。

6) 接着把处于紧挨平卧前邻近的 2 根芯线折成 90°，并按步骤 5) 加工。

7) 用同样的方法再缠绕另一边。

(5) 多股铜芯电线的 T 字形连接

多股铜芯电线的 T 字形连接步骤如下：

1) 把分支芯线散开并拉直，接着把近绝缘层 1/8 的芯线绞紧，如图 2-23a 所示。把支路线头 7/8 的芯线分成两组，一组 4 根，另一组 3 根，并排齐，把 3 根芯线的一组放在干线芯线的前面，把 4 根芯线的一组放在干线芯线的后边，如图 2-23b 所示。

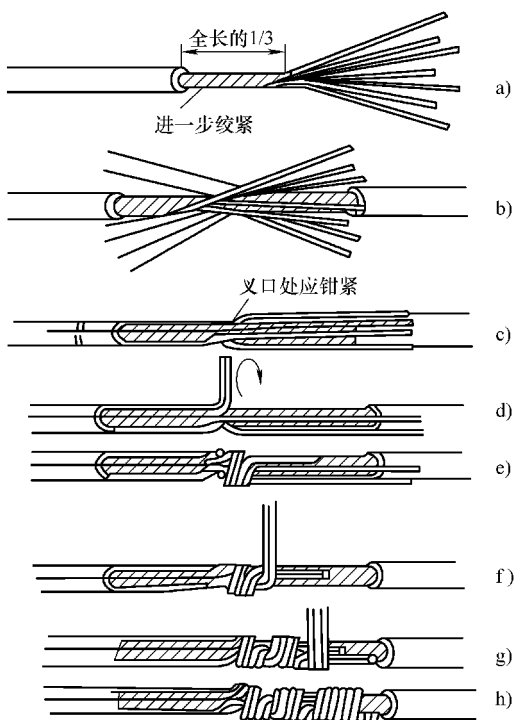


图 2-22 多股铜芯导线的直线连接示意图

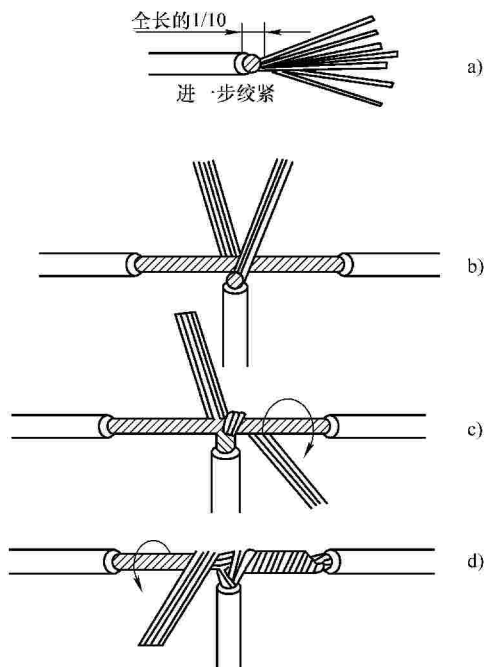


图 2-23 多股铜芯导线的 T 字形连接示意图

2) 把右边 3 根芯线在干线右边按顺时针紧紧缠绕 3~4 圈，钳平线端，如图 2-23c、图 2-23d 所示。

3) 再把左边 4 根芯线按逆时针方向缠绕 3~4 圈，并钳平线端。

(6) 单股线与多股线的 T 字分支连接

单股线与多股线的 T 字分支连接步骤如下：

1) 在离多股线的左端绝缘层口 3~5mm 处的芯线上，用螺钉旋具把多股芯线分成较均匀的两组（如 7 股线的芯线 3、4 分），如图 2-24a 所示。

2) 把单股芯线插入多股芯线的两组芯线中间，但单股芯线不可插到底，应使绝缘层切口离多股芯线约 3mm 的距离。接着用钢丝钳把多股芯线的插缝钳平钳紧，如图 2-24b 所示。

3) 把单股芯线按顺时针方向紧缠在多股芯线上，应使线圈紧挨密排，绕足 10 圈；然后切断余端，钳平切口毛刺，如图 2-24c 所示。

(7) 不等径铜电线的对接

把细电线线头在粗电线线头上紧密缠绕 5~6 圈，弯折粗线头端部，使它压在缠绕层上，再把细线头缠绕 3~4 圈，剪去余端，钳平切口。不等径铜电线的对接示意图如图

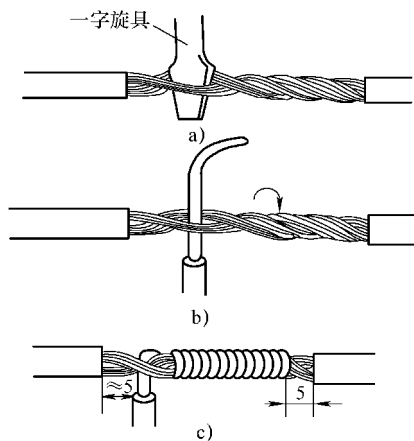


图 2-24 单股线与多股线的 T 字分支连接示意图



2-25所示。

(8) 多股软线和单股线连接

先将软线拧成单股电线，再在单股硬电线缠绕7~8圈，最后将单股硬线向后弯曲以防止绑脱落。多股软线和单股线连接示意图如图2-26所示。

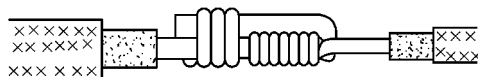


图 2-25 不等径铜电线的对接示意图

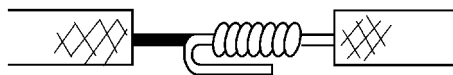
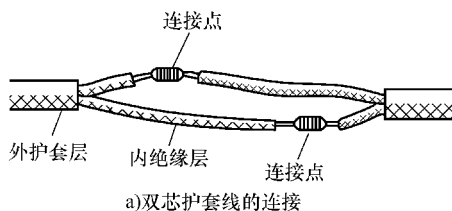


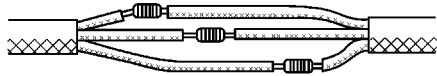
图 2-26 多股软线和单股线连接示意图

(9) 双芯或多芯电线电缆的连接

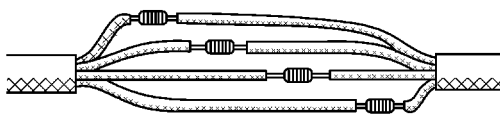
双芯护套线、三芯护套线或电缆、多芯电缆在连接时，应注意尽可能将各芯线的连接点互相错开，这样可以更好地防止线间漏电或短路。双芯或多芯电线电缆的连接示意图如图2-27所示。



a) 双芯护套线的连接



b) 三芯护套线的连接



c) 四芯电力电缆的连接

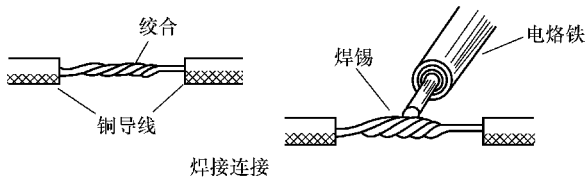


图 2-27 双芯或多芯电线电缆的连接示意图

(10) 电线并头连接

电线截面积为 4mm^2 及以下的电线并头连接可采取搪锡后包缠绝缘带、瓷接头连接和压接三种方法。工程实践证明：搪锡后包缠绝缘带的质量得不到保证，其原因是搪锡麻烦且易发生事故。搪锡后接头必须用绝缘带包缠，包缠前必须把接头部位的焊剂揩干净，否则易产生铜绿。绝缘带可用 PVC 粘胶带，但此粘胶带易老化，黏性与季节、出厂时间长短有关。工程中禁止用黑胶布带直接包缠，若用黑胶布带则应先包无黏性的黄蜡带或塑料带，再包黑胶布带，此方法容易出现质量问题。

瓷接头仅局限于电源线与灯具之间的连接，对并联灯具不能用瓷接头并头，否则连接会不可靠。采用压接帽用于电线并头时，接头耐压可达到 2000V ，接触电阻小于 0.0029Ω ，能经受 $160\sim 200\text{N}$ 的拉力，在工程中已得到广泛的采用。压接帽的规格见表 2-12。

表 2-12 压接帽的规格

规格	铜管内径/mm	可压线径
小号	3.0	$1\text{mm}^2 \times 4$; $1\text{mm}^2 \times 2 + 2.5\text{mm}^2 \times 1$; $1.5\text{mm}^2 \times 4$; $2.5\text{mm}^2 \times 3$
中号	3.6	$1\text{mm}^2 \times 6$; $1.5\text{mm}^2 \times 3 + 1.5\text{mm}^2 \times 2$; $1.5\text{mm}^2 \times 4$; $2.5\text{mm}^2 \times 3$
大号	5.4	$2.5\text{mm}^2 \times 5$; $2.5\text{mm}^2 \times 3 + 1.5\text{mm}^2 \times 3$; $4\text{mm}^2 \times 3$

压接帽使用时要注意如下问题:

1) 必须使用经有关部门鉴定合格的压接帽。目前市场上有一些价廉的压接帽,未经有关部门鉴定,外壳不阻燃,且极易压破,抗拉强度差,稍一用力,内管与外壳就分离,这类产品不能在工程中使用。

2) 用专用压接钳。由于各制造厂生产的压接帽,铜管内径有差异,因此使用哪一家厂生产的压接帽,就应当使用该厂配套的压接钳,严禁用钢丝钳压接。

3) 电线并头时,应该按电线的规格和根数选用适合的压接帽;逐根剥去电线适当长度的外皮,不必扭绞,直接插入帽内,使裸线不外露。若电线根数不足以塞满压接帽内孔时,把电线弯折 180° 后塞入,达到塞满压接帽内孔的目的。

4) 压接时,压接帽必须放入相应的钳口内压到底,压接后应检查电线是否松动,如有电线未插到底而引起松动,应予以纠正,以确保正常供电。

(11) 电线连接质量通病分析及预防措施

1) 电线连接的质量通病有:剥除绝缘层时损伤线芯;焊接时,焊料不饱满,接头不牢固;多股电线连接设备、器具时未用接线端子,压接头松动。

2) 引起电线连接的质量通病的原因有:用刀刃切割电线绝缘层伤及线芯,电线焊接时,清理表面不彻底,焊接不饱满,表面无光泽,电线和设备、器具压接时,压得不紧,不加弹簧垫。

3) 预防电线连接质量通病的措施有:剥切电线塑料绝缘层时,应用专用剥线钳,剥切橡皮绝缘层时,刀刃禁止直角切割,要以斜角剥切;多股电线与设备、器具连接时,必须压接线鼻子,而且压接时必须加弹簧垫,所有电气用的连接螺栓、弹簧垫圈必须镀锌处理,不允许将多股线自身缠圈压接。

4. 电线绝缘层的恢复

(1) 单股铜电线接头的恢复方法

一字形连接的电线接头绝缘恢复方法可按图 2-28 所示进行绝缘处理,先包缠一层黄蜡带,再包缠一层黑胶布带。将黄蜡带从接头左边绝缘完好的绝缘层上开始包缠,包缠两圈后进入剥除了绝缘层的芯线部分,如图 2-28a 所示。包缠时黄蜡带应与电线成 55° 左右的倾斜角,每圈压叠带宽的 $1/2$,如图 2-28b 所示,直至包缠到接头右边两圈距离的完好绝缘层处。然后将黑胶布带接在黄蜡带的尾端,按另一斜叠方向从右向左包缠,如图 2-28 c、图 2-28d 所示,仍每圈压叠带宽的 $1/2$,直至将黄蜡带完全包缠住。包缠处理中应用力拉紧胶带,不可稀疏,更不能露出芯线,以确保绝缘质量和用电安全。对于 220V 线路,也可不用黄蜡带,只用黑胶布带或塑料胶带包缠两层。在潮湿场所应使用聚氯乙烯绝缘胶带或涤纶绝缘胶带。

(2) 多股铜电线接头的绝缘恢复方法

电线绝缘层被破坏或电线连接以后,必须恢复其绝缘性能。恢复后绝缘强度不应低于原有绝缘层。首先用橡胶绝缘带从电线接头处始端的完好绝缘层开始,缠绕 $1\sim 2$ 个绝缘带宽度,再以半幅宽度重叠进行缠绕。在包扎过程中应尽可能地收紧绝缘带(一般将橡胶绝缘带拉长 2 倍后再进行缠绕),而后在绝缘层上缠绕 $1\sim 2$ 圈后进行回缠,最后用胶布包扎,包扎时要搭接好,以半幅宽度边压边进行缠绕。绝缘带的包扎方法如图 2-29 所示。

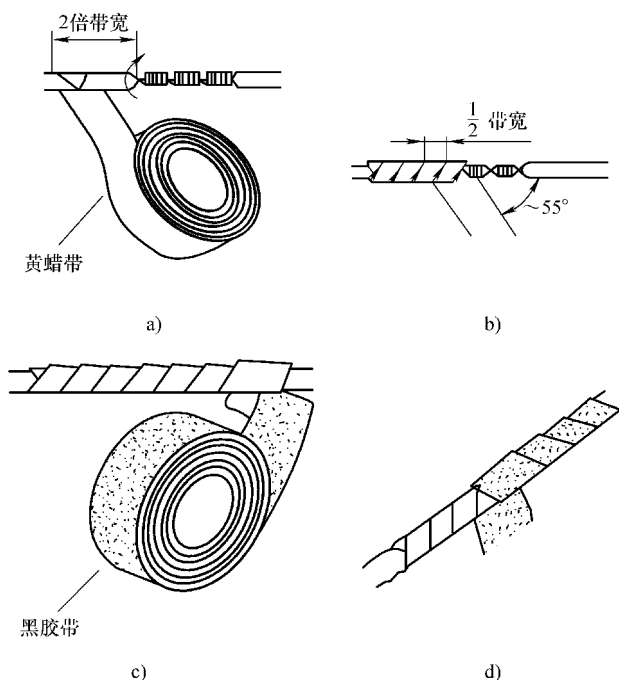


图 2-28 一字形连接的电线接头绝缘恢复方法

(3) 电线丁字分支接头的绝缘恢复方法

电线丁字分支接头的绝缘处理方法同黑胶布，丁字分支接头的包缠方向如图 2-30 所示，走一个下字形的来回，使每根电线上都包缠两层绝缘胶带，每根电线都应包缠到完好绝缘层的两倍胶带宽度处。

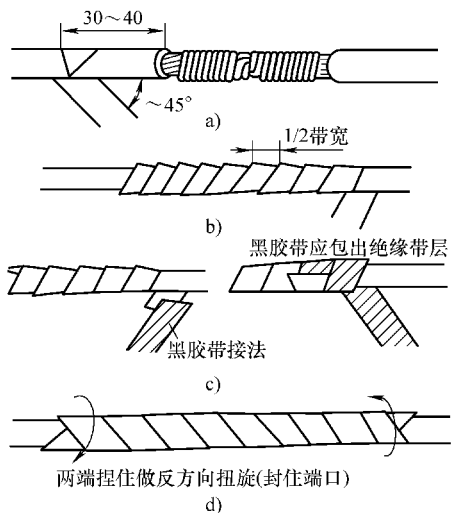


图 2-29 多股铜电线接头的绝缘恢复方法

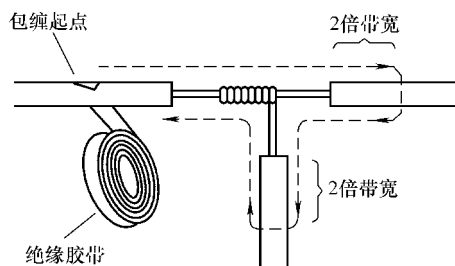


图 2-30 导线丁字分支接头的绝缘恢复方法

恢复电线绝缘应注意的事项如下：

- 1) 在 380V 线路上恢复电线绝缘时，必须先包扎 1~2 层黄蜡带，然后再包扎 1 层黑胶布。

2) 在 220V 线路上恢复电线绝缘时, 先包扎 1 层黄蜡带, 然后再包 1 层黑胶布, 或者只包 2 层黑胶布。

3) 绝缘带包扎时, 各层之间应紧密相接, 不能稀疏, 更不能露出芯线。

4) 存放绝缘带时, 不可放在温度很高的地方, 也不可被油类浸蚀。

5. 线路检查绝缘摇测

电线接、焊、包全部完成后, 要进行自检和互检, 检查电线接、焊、包是否符合设计要求及有关施工规范和质量验评标准的规定。电线连接完毕后, 应再用绝缘电阻表测线路, 照明回路采用 500V 绝缘电阻表, 绝缘电阻值不小于 $0.5\text{M}\Omega$ 。

线路摇测应在管内电线穿后在电气器具未安装前进行各支路电线绝缘摇测, 摇测前将灯底盒内的电线分开, 开关底盒内的电线连通, 分别摇测照明(插座)支线、干线的绝缘电阻。一人摇测, 一人及时读数, 摇动速度应保持在 $120\text{r}/\text{min}$ 左右, 读数应采用 1min 后的读数为宜, 并应做好记录。

2.3.2 电线与接线端子连接技能

1. 单股芯线与针孔接线端子连接

单股芯线与针孔接线端子连接时, 最好按要求的长度将线头折成双股并排插入针孔, 使压接螺钉顶紧在双股芯线的中间。如果线头较粗, 双股芯线插不进针孔, 也可将单股芯线直接插入, 但芯线在插入针孔前, 应朝着针孔上方稍微弯曲, 以免压紧螺钉稍有松动线头就脱出, 如图 2-31 所示。

2. 单股芯线与平压式接线端子连接

单股芯线与平压式接线端子连接时, 先将线头弯成压接圈(俗称羊眼圈), 再用螺钉压紧, 羊眼圈弯制方法如图 2-32 所示, 步骤如下: ①离绝缘层根部约 3mm 处向外侧折角。②按略大于螺钉直径弯曲圆弧。③剪去芯线余端。④修正圆圈成圆形。

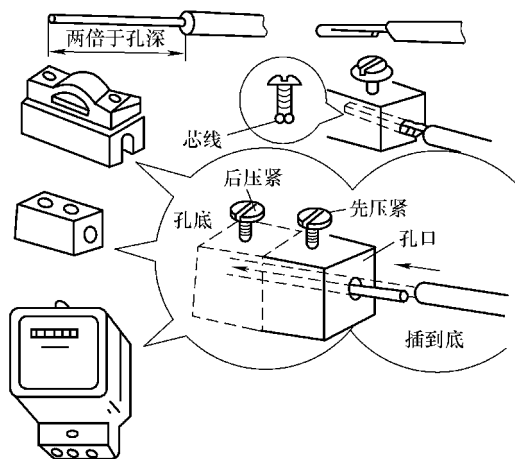


图 2-31 单股芯线与针孔接线端子连接

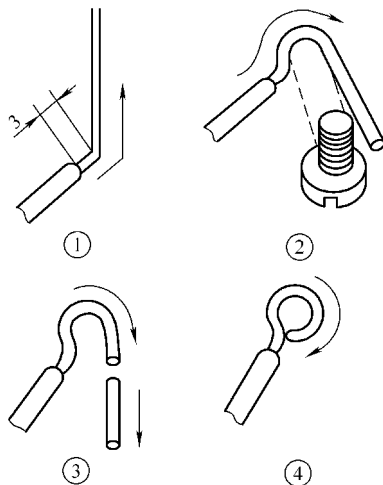


图 2-32 羊眼圈弯制方法



3. 多股芯线与针孔接线端子连接

连接时,先用钢丝钳将多股芯线进一步绞紧,以保证压接螺钉顶压时不致松散。如果针孔过大,则可选一根直径大小相宜的电线作为绑扎线,在已绞紧的线头上紧紧地缠绕一层,使线头大小与针孔匹配后再进行压接。如果线头过大,插不进针孔,则可将线头散开,适量剪去中间几股,然后将线头绞紧就可进行压接,多股芯线端头处理方法如图 2-33 所示。



图 2-33 多股芯线端头处理方法

4. 多股芯线与平压式接线端子连接

多股芯线与平压式接线端子连接的压接圈制作方法如下:

- 1) 先弯制压接圈,把离绝缘层根部约 $1/2$ 处的芯线重新绞紧,越紧越好,如图 2-34a 所示。
- 2) 绞紧部分的芯线,在离绝缘层根部 $1/3$ 处向左外折角,然后弯曲圆弧,如图 2-34b 所示。
- 3) 当圆弧弯曲得将成圆圈(剩下 $1/4$)时,应将余下的芯线向右外折角,然后使其成圆形,捏平余下线端,使两端芯线平行,如图 2-34c 所示。
- 4) 把散开的芯线按 2、2、3 根分成三组,将第一组 2 根芯线扳起,垂直于芯线(要留出垫圈边宽),如图 2-34d 所示。
- 5) 按 7 股芯线直线对接的自缠法加工,如图 2-34e 所示。
- 6) 成形,如图 2-34f 所示。

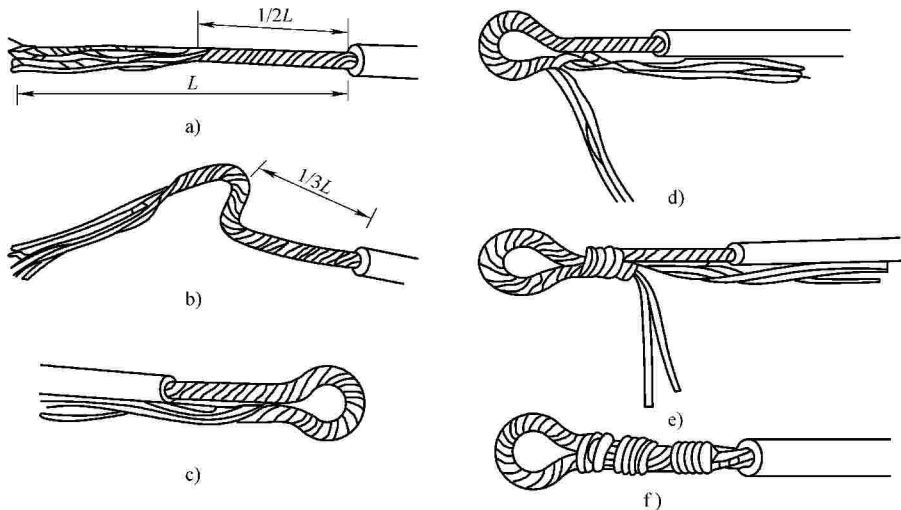


图 2-34 多股芯线与平压式接线端子连接的压接圈制作方法

5. 软线线头与针孔接线端子连接

1) 把多股芯线做进一步绞紧，全根芯线端头不应有断股芯线露出端头而成为毛刺，如图 2-35①所示。

2) 按针孔深度折弯芯线，使之成为双根并列状，如图 2-35②所示。

3) 在芯线根部把余下芯线按顺时针方向缠绕在双根并列的芯线上，排列应紧密整齐，如图 2-35③所示。

4) 缠绕至芯线端头口剪去余端，并钳平不留毛刺，然后插入接线桩针孔内，拧紧螺钉，如图 2-35④所示。

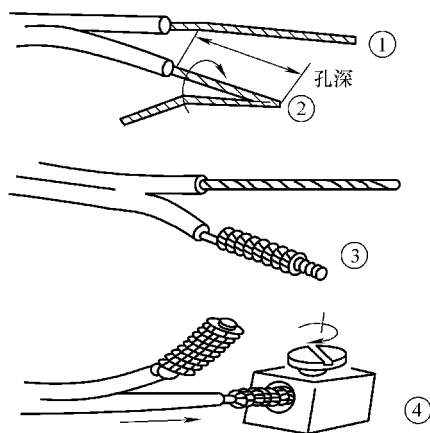


图 2-35 软线线头与针孔接线端子连接

6. 电线与接线桩不规范连接

图 2-36 所示的为 8 种不规范压接，图 2-36a 的压接圈不完整，接触面积太小；图 2-36b 的线头根部太长，易与相邻电线碰触造成短路；图 2-36c 的电线余头太长，压不紧，容易造成接触面积小；图 2-36d 的压接圈径太小，装不进螺钉；图 2-36e 的压接圈不圆，压不紧，容易造成接触不良；图 2-36f 的余头太长，容易发生短路或触电事故；图 2-36g 只有半个圆圈，压不住；图 2-36h 的软线线头未拧紧，有毛刺，容易造成短路。

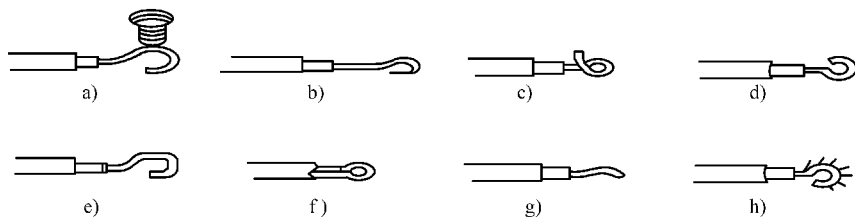


图 2-36 8 种不规范压接

第 3 章

家装电工弱电综合布线技能

3.1 家居弱电综合布线系统及线缆特性

3.1.1 家居弱电综合布线系统及组成模块

1. 家居弱电综合布线系统

家居弱电综合布线系统是继水、电、气之后第四种必不可少的家居基础设施。家居弱电综合布线系统的处理对象是信息，即信息的传送和控制，其特点是电压低、电流小、功率小、频率高，主要考虑的是信息传送的效果问题，如信息传送的保真度、速度、广度、可靠性。

家居弱电综合布线系统是指将电视、电话、计算机网络、多媒体影音中心、自动报警装置等设计进行集中控制的信息系统，即家居中由这些线缆连接的设备都可由一个设备集中控制。因为与提供电能的配电系统不同，其传输信号的电压不高（一般在 12V 左右），故将这类线缆组成的系统称为弱电布线系统。一般的弱电综合布线系统主要由信息接入箱、信号线和信号端口组成，如果将综合布线系统比作家居的神经系统，信息接入箱就是大脑，而信号线和信号端口就是神经和神经末梢。信息配线箱的作用是控制输入和输出的信息信号；信号线传输信息信号；信号端口接驳终端设备，如：电视机、电话、计算机等。一般比较初级的信息接入箱至少能控制有线电视信号（当然包括卫星电视）、电话语音信号和网络数字信号；而较高级的信息配线箱则能控制视频、音频（或 AV）信号，如果所在的社区提供相应的服务，还可实现电子监控、自动报警、远程抄水电煤气表等一系列功能。一个典型的家居弱电综合布线系统示意图如图 3-1 所示。

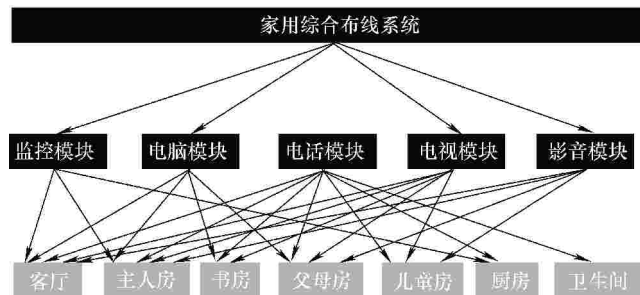


图 3-1 家用综合布线系统示意图

家居弱电综合布线系统是一个分布装置以及各种线缆以及各个信息出口的集成,各部件采用模块化设计和分层星形拓扑结构,各个功能模块和线路相对独立,单个家电设备或线路出现故障,不会影响其他家电的使用。家居弱电综合布线系统的分布装置主要由监控模块、计算机模块、电话模块、电视模块、影音模块及扩展接口等组成,功能上主要有接入、分配、转接和维护管理。根据用户的实际需求,可以灵活组合、使用,从而支持电话/传真、上网、有线电视、家居影院、音乐欣赏、视频点播、消防报警、安全防盗、空调自控、照明控制、煤气泄漏报警和水/电/煤气三表自动抄送(后两项功能需要社区能提供相应的服务)等各种应用。

家居弱电综合布线系统管理着各种信号输入和输出的连接,所有接口插座上的线路集中接入各个对应功能模块。与传统的布线方式比较,采用家居弱电综合布线系统具有如下优势:

- 1) 规范施工,能确保质量和性能。能确保家装中弱电在现在和将来的使用,不会再因为将来有新的应用而对装修进行破坏。
- 2) 采用统一控制和管理,在以后的日常生活中,使用、管理和维修十分方便。
- 3) 系统兼容性很好,无论选择哪家的网络布线设备,都可提供支持。系统中的网络布线,不仅可以支持网络,还可以支持电话、安防报警。
- 4) 扩展性强,即插即用,能灵活组合,所有的“信息点”都是通用的,只要有新的家电和信息设备,只要插上相应接口,并在信息接入箱作相应跳线,就能组成通路,可以马上接通使用。

2. 家居综合布线管理系统

(1) 居家通 HCM—2000B 豪华型家居多媒体配线系统

HCM—2000B 豪华型家居多媒体配线系统由机箱和六大模块组成,机箱的安装尺寸为 $340\text{mm} \times 420\text{mm} \times 155\text{mm}$,六大模块分别为:电话交换模块:提供 3 进线 8 分机的小总机功能,即系统已内置有一个小型的电话交换机;计算机数据模块:提供 100M 的 8 口 HUB 局域联网功能;有线电视模块:提供两个一分四的标准功率分配功能;家居影音模块:提供四组视音频插头自由组合连接;红外转发模块:提供对不同房间的卫星接收机、空调、DVD 等的遥控功能;电源模块:为以上模块提供电源。HCM—2000B 豪华型家居多媒体配线系统箱如图 3-2 所示。

(2) 一家通 YJT—C04 豪华型多媒体布线箱

YJT—C04 豪华型家居信息接入箱的箱体由 ABS 工程塑料盖板和钢板底盒组成,外形尺寸为 $393\text{mm} \times 280\text{mm} \times 112\text{mm}$,盒体内置 8 个模块安装空间,可实现如下功能:网络共享:5 口网络集线器,可将室内不同地点的计算机与室外的宽带网络信号连接,实现不同地点同时上网,同时,可将家居多台计算机联网组建家居局域网,实现网络资源共享;电话保密:2 进 6 出的电话保密模块,可实现不同地点打电话、接电话、呼叫转接电话功能,用户使用电话保密模块时,当室内外通话时,家中同号码的其他分机听不到;电视分配:1 进 5 出电视分配,5 ~ 1000MHz 双向传输,可将电视信号均衡分配到室内各个房间的电视机,实现不同地点同时看电视;视频音响:可将家居的 DVD/VCD 视音频信号分配到家

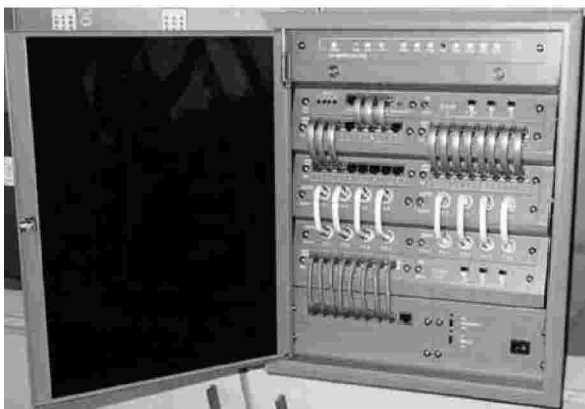


图 3-2 HCM—2000B 豪华型家居多媒体配线系统箱

居不同的电视机，实现家居影院共享；防盗对讲：5 进 5 出，包含视频 1 进 1 出，防盗报警转接 4 组进线 4 组出线，每组进出线有 3 个接线端子，可实现防盗对讲、监控、抄表信号的转接管理；预留 ADSL MODEM、防盗报警主机安装位置，便于用户功能扩充。YJT - C04 豪华型家居信息接入箱如图 3-3 所示。

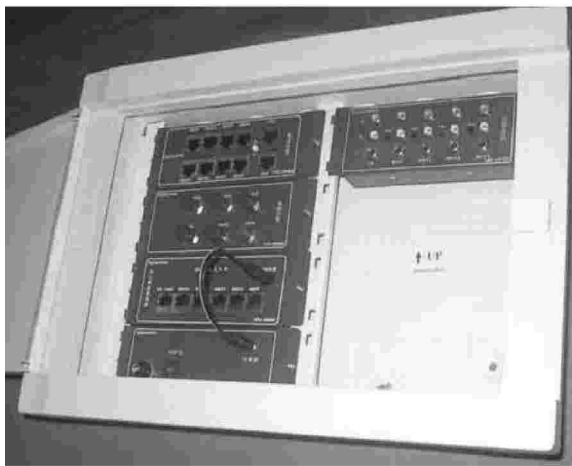


图 3-3 YJT - C04 豪华型家居信息接入箱

(3) E 家缘 V9 型智能多媒体箱

E 家缘 V9 型智能多媒体箱的底箱尺寸为 235mm × 210mm × 100mm，底箱材质是钢板，面板为塑料。该箱共有 5 个模块：电源模块、HUB 模块、电话模块、电视模块、音视频模块。可实现功能：电话模块实现 1 ~ 4 条外线接入，6 条分线随意分配；HUB 模块为 1 个输入口，4 个输出口，可作电信、网通、联通等宽带接入，实现四台计算机 10M 带宽同时上网；电源模块提供可靠稳定的直流 +5V 电压，供 HUB 使用；有线电视模块有 1 个 CATV 有线电视信号输入端子，4 个输出口，5 ~ 1000MHz（双向传输），实现有线电视信号放大与分配功能；音视频：输入口 1 个，输出口 3 个，实现 VCD/DVD 音视频信号共享。E 家缘 V9 型智能多媒体箱如图 3-4 所示。



图 3-4 E 家缘 V9 型智能多媒体箱

数字家居弱电箱犹如家中的“神经系统管家”，集宽带网络路由、程控电话交换、有线电视分配等功能于一体，实现对电话、计算机、电视、网络家电等设备的管理，与未来发展趋势保持同步，搭建数字家居平台。

各种电缆都是根据不同的用途设计的，每种电缆的性能一般都不一样，哪怕就是同一种电缆，它也会分为很多的规格，性能也有所不同。所以在弱电布线时一定要正确选用，否则轻者会造成干扰，不稳定，重者可能就会导致设备不能工作。

3. 家居弱电综合布线系统的组成模块

(1) 网络模块

网络模块由一组 5 类 RJ45 插孔组成，如图 3-5 所示，主要实现对进入室内的计算机网络线的跳接。来自房间信息插孔的五类网线按线对的色标打在模块的背面对应插座上，前面板的 RJ45 插孔通过 RJ45 跳线与小网络交换机连接。可以将 5 口的小型交换机装在信息箱内，最好是铁壳的交换机，有利于通过箱体散热和屏蔽，ADSL、MODEM 也可放在信息箱内。

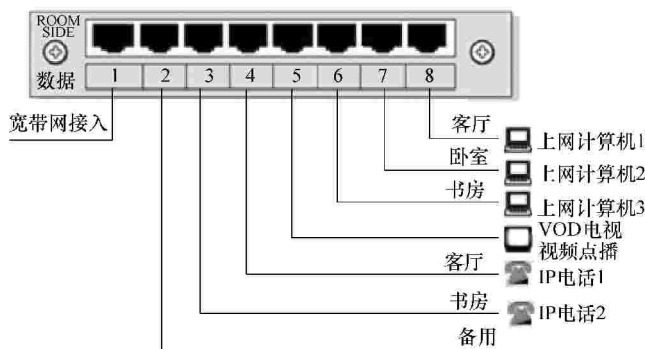


图 3-5 网络模块

网络模块可以分为三类：信息端口模块、集线器/交换机、路由器。信息端口模块主要负责将家居内的计算机设计成一个局域网，在同一时间内，只能提供一台计算机上网。集线器/交换机因为原理相同，简单说来就是可以共享上网，几台计算机同时上网，不同的是集线器是“按劳分配”的，交换机是完全共享的。例：同样的集线器及交换机提供 10M 的带宽，有五台计算机同时连接，那么集线器就是给每台计算机分配 2M 的带宽，而



交换机则是 10M 的带宽。路由器也称 IP 共享器，能够让几台计算机共享一个 IP 地址，也就是拉一条宽带则可以几台计算机同时共享上网。如 ZDTN8H5 超五类 RJ45 模块是依据 ISO/IEC11801、EIA/TIA568 国际标准设计制造的，一端用于端接 8 芯 UTP 双绞线，另一端为 RJ45 接口用于连接数据通信设备，其性能优于 TIA 增强五类的标准。

(2) 电话模块

电话模块与数据模块其实是一样的，也是采用一组 5 类 RJ45 插孔将进入室内的电话外线复接输出，为一进多出，输出口连接至房间的电话插座，再由插座接至电话机。此模块采用 5 类 RJ45 接口标准，如室内布线使用五类双绞线，亦可用于计算机网络连接。如 ZDN6/2 电话插座模块是专用于语音通信的两芯接线模块，其安装方式等同于超五类 RJ45 插座模块，一端为旋接式端子排，用于端接各种规格的线缆，另一端为 RJ12 接口，用于连接电话/传真等设备（符合电信接入要求）。

电话模块在一般的家居中经常用到，一个家居的电话一般都是一个号码几台分机，几台分机都可以同时接听，并可实现电话屏蔽功能。在实际布线工程中经常采用网络线作为电话的水平布线，安装时将 4 对五类双绞线中的一对蓝白线当作电话使用，使用时只需在两端的 RJ45 插孔插上 RJ11 电话线即可，即网络和电话可通用，互相备份，它是一举两得的做法。电话模块如图 3-6 所示。

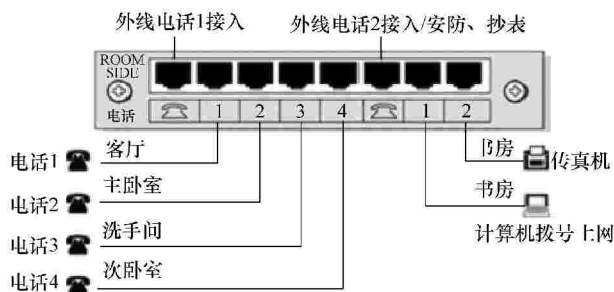


图 3-6 电话模块

(3) 电视模块

电视模块其实是一个有线电视分配器。电视模块由一个专业级射频一分四的分配器构成，如图 3-7 所示。电视模块的功能就是将一条有线电视进口分出几个出口分布到不同的地方，也可应用于卫星电视和安全系统，其安装方式等同于超五类 RJ45 插座模块，使用灵活方便。

(4) 影音模块

影音模块主要用于家庭音乐系统的应用，采用标准的 RCA 或 S 视音频插座，安装方式也等同于超五类 RJ45 插座模块，如图 3-8 所示。将视音频（视：V、右声道：R、左声道：L）输入信号线接入端口，输出信号线也接入相应输出端口。每个输出端口在面板上有一组三位的可上下拨动的开关（相应数字“1”、“2”、“3”，往下为闭合，标示为“ON”）可分别控制 3 路输出信号与输入信号的复接、断开，这样可以多个房间共享一台 VCD/DVD 机影音播放。

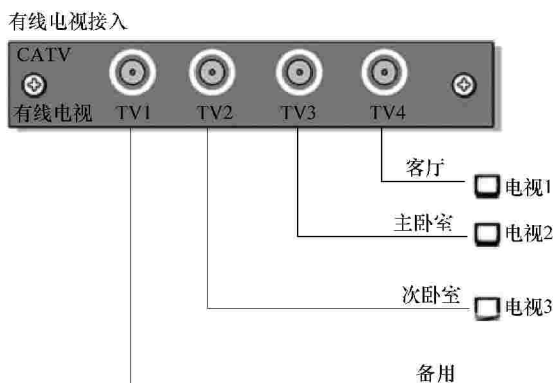


图 3-7 电视模块

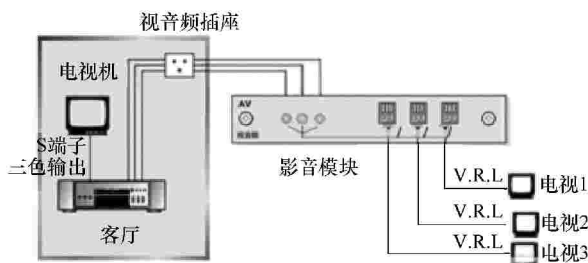


图 3-8 影音模块

(5) 其他模块

1) ST 光纤模块专门用于光纤到桌面的高速数据通信应用，采用与 ST 头相匹配的耦合器，其安装方式也等同于超五类 RJ45 插座模块。

2) SC 光纤模块同上述模块类似，采用与 SC 头相匹配的耦合器。

3) 音响接线模块配置具有夹接功能的音箱接口模块，在家庭音乐系统中，使音箱位置的配置更灵活方便。

3.1.2 家居弱电综合布线系统的线缆

1. 电话线

电话已成为人们生活中不可缺少的通信工具，电话线的芯数可决定可接电话分机的数量，与信号传输速率无关（信号传输速率取决于铜芯的纯度及横截面积）。电话线有 2 芯、4 芯、6 芯三种，我国的电话线网络及电话插口多为 2 芯、4 芯可接分机，而欧美国家的电话插口多为 6 芯。

2 芯独股电话线就可满足一般需求，一般使用 4 芯的双绞线较好，可以串连，也可以并联，串连铺设简单，成本低，并联采用星形连接，铺设工序多，成本高，将来扩展性强，还可以使用家居 4 或 8 口的交换机。4 芯线可满足家中安装两部不同号码电话机的需要。且 4 芯独股电话线有两根线备用，坏了可用其他线，相对风险较小。



结合电话交换机模块可实现家居自己的通信网络,一条(或三条外线接入)分配到2~8个房间内可进行分机间相互通话、转接、代答,具有来电显示、自动语音应答留言、设定权限、密码锁定设置等功能。

由市话网进入小区,小区内设有电话总交接箱,每单元一层楼梯间内设有电话分线箱,由分线箱引出两对线、穿PVC管暗设到住户客厅和主卧室的电话插座,电话分线盒或楼层公用分线箱,应设置在楼道等公共地方,便于维护检修。

目前,运营商们相继推出针对不同家居的优惠政策。可以把各运营商的外线接进综合布线箱,以后想享受哪家运营商的服务只要在箱内接一下插头就可以了,甚至可以同时享受不同运营商的服务。室内可以利用交换机组成内网,特别适合一些复式、别墅的家居,可以非常方便地与家居的各成员进行联系。

2. 有线电视线、数字电视线

有线电视同轴电缆采用双屏蔽,主要用于有线电视信号的传输,用于传输数字电视信号时会有一定的损耗,传输数字电视信号应采用数字电视电缆。数字电视采用的是四屏蔽电缆。在抗干扰性方面,四屏蔽电缆优于双屏蔽电缆。良好的抗干扰性是数字电视对网络的最基本的要求,数字电视同轴电缆也可传输有线电视信号。

有线电视的布线在家居布线中一般采用进线经一分二的分配器分成两路后再分别进行一分二,这样电视信号经过两次分配器的衰减,电视机的信号就很差了,图像自然就不清晰了。外线进户后,应根据房间的多少,直接用一只(一分三或一分四)分配器分配后在接入各房间。若要实现有线电视广播HFC接入方式,需要将其中一路接到多口路由器附近。

有线电视或数字电视分配应采用有线电视分配模块,一分六(八)双向隔离分配器可对有线电视实行放大后再分路,实现6(8)台电视机同时收看电视,保证电视图像质量。

分配器能将一路输入信号的功率均等地分成几路输出,它具有一个输入端和几个输出端。通常,分配器一般都按输出路数的多少来进行分类,即所谓的二分配器、三分配器、四分配器和六分配器等。分配器的其他分类方法也很多,按使用场所不同可分为室内型和室外防水型,馈电型和普通型,明装型和暗装型,普通塑料外壳和金属屏蔽型;按基本电路组成可分为集中参数型和分布参数型,其中集中参数型又可分为电阻型和磁心耦合变压器型两种。

分支器的作用是从传输线路中取出一部分信号并馈送到用户终端盒,它一般有一个主路输出端和多个分支输出端,其分类方式也是根据分支输出端口的多少来划分,分支器也有集总参数型和分布参数型之分。

由于分支器在能量的分配上与分配器截然不同(分配器的输出无主次之分,各路输出均分能量;而分支器的输出有主次之分,主路所分得的能量较分支器输出端来说占绝对主导地位),因而两者在作用、使用场合、电路结构、技术要求上都完全不一样。

3. 计算机网络线

计算机网络线主要用于家居宽带网络的连接,内部有8根线,家居常用的网络线有5类和超5类两种。家居局域网采用5口(或8口)路由数据模块,实现计算机互联网网,可以几台计算机共享资源,还可以同时上网但只交一条链路的费用。

计算机网络同电话网络一样有多种接入方式可供选择,目前主要有:固定电话网、ADSL 接入方式、有线电视广播 HFC 接入方式、以太网接入方式。在西方家居办公十分普及,国内也有这个趋势。现在每个家居的计算机能达到 2~3 台,甚至更多。把这些计算机组成局域网再连接到 Internet 不但可以节省资金,更可以共享资源,达到资源的有效利用。室内的网络一般选用星形结构,外线接入综合布线箱内后通过多口路由器传递到各个终端。

5 类和超 5 类网线的品牌非常多,它们的性能差别非常大,判断网线的好坏,主要还是靠仪器,在没有仪器的情况下,靠直观也能够看出一些问题,但不是很准确。

- 1) 一般不好的网线很硬,弯曲起来很费劲。
- 2) 看网线线芯铜的颜色,越好的网线,铜的质量越好,看起来越亮。
- 3) 将包在铜线外面的塑料皮取下一块,然后用力往两头拉,好的网线,保护铜线的塑料皮可以拉开一段距离,差的网线一拉就断了,韧性不好。包在整个网线外面的灰色皮的质量也可以用此方法测试一下。

以上只是简单的直观判断,具体还是要用仪器。网线和电话线通常可以一起布设,因为网络只用到网线 8 根线中的 4 根,所以可将剩下的 4 根用作电话线,但是将来不易扩展,所以建议网线和电话线单独布设较好。

弱电线路要达到共享、互通的要求,必须使用分频或交换设备,网络内外的交换设备有路由器或调制解调器,内网的交换设备是交换机或集线器。电话的交换分频设备是交换机或分线盒,交换机较好,分线盒相对便宜,但各个房间不能互通,只能接三部电话。电视的分频设备是分频器,又叫分支器,这些都是较常用到的分频交换设备。音频与视频也有所不同,虽然也能分频共享,但在家居中一般同一时间内只能为一个终端提供信号,所以不必每个房间都布置接口。

4. 音视频线

音视频线主要用于家居影院中功率放大器和音箱之间的连接。音视频线是由高纯度铜作为导体制成的,音视频线的常用规格有 32 支、50 支、70 支、100 支、200 支、400 支、504 支。这里的“支”是指该规格音视频线由相应的铜芯根数所组成,如 100 支就是由 100 根铜芯组成的音视频线。一般而言,200 芯就可满足基本需要。如果对音响效果要求很高,如声音异常逼真等,可考虑 300 芯音视频线。如果需暗埋音视频线,应采用 PVC 管进行埋设。

音响系统主要分为音频设备和视频设备,音频设备包括信号源、功率放大器和音箱,用 $2\sim 6\text{mm}^2$ 的音频线连接。从信号源到功效一般用单股音频线,也称话筒线;从功效到音箱一般用双股音频线,也称音箱线。装音箱时注意使用配套的接线柱。从功效到主音箱应直接接线无接头,到环绕的线应尽量短且尽量使它们等长。视频设备包括信号源(电视、计算机、监视器、投影仪等)、视频输出及终端设备,视频输入线缆接口的种类很多,主要有 D-sub 接口(和计算机一样的 VGA 插头和插座)、复合视频接口、S 端口(五芯莲花口)、分量视频端口等。效果上 D-sub 最好,以后的 HDTV(高清晰电视)设备要使用 D-sub 端口和线缆。



在家居影院和背景音乐系统中,可把客厅里家居影院中激光 CD 机、DVD 等输出信号传输到背景音乐功率放大器的信号输入端子。背景音乐设计根据需要,在包括厨房、卫生间、书房、阳台的任何一个房间布上音乐点,通过一个或多个音源,将高保真的音乐传送到每个房间,可以根据需要独立控制每个房间的音量大小。

音视频线可把 DVD/卫星接收机/数字电视机顶盒输出的信号送到每个房间,音视频线表面看起来是一根线,实际上是三根线并在一起(一根细的左声道屏蔽线,一根细的右声道屏蔽线,一根粗的视频图像屏蔽线)。若选择 AV 影视交换中心产品,能够同时输入计算机、DVD、卫星接收机、数字机顶盒、MP3 等信号源,输出到家里所有房间,而且可以在各房间独立地遥控选择信号源,可以远程开机、关机、换台、快进、快退等,是音视频、背景音乐共享和远程控制的最佳性价比设计方案。

5. VGA 线 + 音频线 + 网线

计算机上的内容丰富多彩,但屏幕太小,不能多人同时欣赏。致力倡导的家居终极娱乐方式,是把计算机作为家居的媒体中心、网络中心和控制中心,客厅的高清数字电视作为家居数码产品的显示中心和视听中心,利用互联网海量的音乐资源、影视资源、电视节目资源、游戏资源、信息资源,就可以足不出户,在客厅就可轻松操作键盘、鼠标控制书房的计算机;还可以视频聊天,与远方的亲人沟通,可搜索到想要的一切,并可在客厅里享受到娱乐生活和学习的乐趣,它只需要音视频线和网线就可把书房的计算机和客厅的高清数字电视连接起来。

6. HDMI 高清线缆

随着高清数字电视的普及,需要高清数字信号源和传输高清数字信号源的线缆,目前一些高档的显卡已经具有 HDMI 输出,计算机的视频到高清电视要用 HDMI 线缆,现在高档的 DVD,包括高清播放机和蓝光 DVD、HDDVD 都已具备 HDMI 输出,将其连到高清电视需要通过 HDMI 线缆连接。高清机顶盒,一般也有 HDMI 输出,HDMI 设备以后越来越多,为了以后使用这些高清设备而不必再开槽布线,应在装修初期预先埋设。

7. 其他线缆

楼宇、远程抄表、防盗报警信号线用于楼宇对讲设备,三表抄送可以用网络线,安防系统可用多芯线缆。

3.2 弱电导线性能及选用

3.2.1 视频传输线的性能及选用

1. 弱电缆缆组成

弱电缆缆由内而外由内导体、绝缘、外导体以及护套组成。

- 1) 内导体:由于衰减主要是由内导体电阻引起的,内导体对信号传输影响很大。
- 2) 绝缘:影响衰减、阻抗、回波损耗等性能。
- 3) 外导体:回路导体、屏蔽作用。

2. 弱电电缆命名原则

弱电电缆产品名称中包括的内容如下：

- 1) 弱电电缆产品应用场合或大小类名称。
- 2) 弱电电缆产品结构材料或形式；产品结构描述按从内到外的原则：导体→绝缘→内护层→外护层。
- 3) 弱电电缆产品的重要特征或附加特征。

弱电电缆基本按上述顺序命名，有时为了强调重要或附加特征，将特征写到前面或相应结构描述前。在不会引起混淆的情况下，有些结构描述省写或简写。

例如：SYV75-5-1（A、B、C）；S：射频；Y：聚乙烯绝缘；V：聚氯乙烯护套；75：75Ω；5：线径为5mm；1：代表单芯；A：64编；B：96编；C：128编。

SYWV75-5-1；S：射频；Y：聚乙烯绝缘；W：物理发泡；V：聚氯乙烯护套；75：75Ω；5：线缆外径为5mm；1：代表单芯。

RVVP2×32/0.2；R：软线；VV：双层护套线；P屏蔽；2：2芯多股线；32：每芯有32根铜丝；0.2：每根铜丝直径为0.2mm。

ZR-RVS2×24/0.12；ZR：阻燃；R：软线；S：双绞线；2：2芯多股线；24：每芯有24根铜丝；0.12：每根铜丝直径为0.12mm。

3. 弱电线缆结构

1) SYV系列实芯聚乙烯绝缘75Ω电缆结构如图3-9所示。SYV系列实心聚乙烯绝缘75Ω电缆通常用于电视监控系统的视频传输，适合视频图像传输。表示方法：SYV75-5-1（A、B、C）；S：射频；Y：聚乙烯绝缘；V：聚氯乙烯护套；75：75Ω；5：线径为5mm；1：代表单芯；A：64编；B：96编；C：128编。

2) SYWV（Y）、SYKV有线电视、宽带网专用电缆结构如图3-10所示。SYWV（Y）、SYKV有线电视、宽带网专用电缆通常用于卫星电视传输以及有线电视传输等，适合射频传输。表示方法：SYWV75-5-1；S：射频；Y：聚乙烯绝缘；W：物理发泡；V：聚氯乙烯护套；75：75Ω；5：线缆外径为5mm；1：代表单芯。

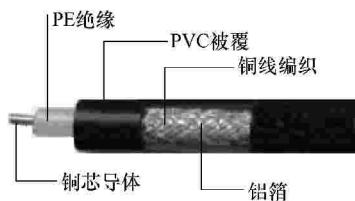


图 3-9 SYV 系列实芯聚乙烯绝缘 75Ω 电缆结构



图 3-10 SYWV（Y）、SYKV 有线电视、宽带网专用电缆结构

3) RG-58-96#-镀锡铜编织-50Ω 电缆结构如图 3-11 所示。RG-58-96#-镀锡铜编织-50Ω 电缆通常用于视频图像传输或 HFC 网络等。

4) AVVR 或 RVV 聚氯乙烯绝缘软电缆结构如图 3-12 所示。RVV 和 AVVR 里面采用



的线为多股细铜丝组成的软线，即 RV 线组成，通常用于弱电电源供电等。



图 3-11 RG-58-96#-镀锡铜
编织-50Ω 电缆结构



图 3-12 AVVR 或 RVV 聚氯乙烯
绝缘软电缆结构

5) AVVR 或 RVV 圆形双绞聚氯乙烯绝缘软电缆结构如图 3-13 所示。RVV 表示铜芯聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套圆形连接软电缆，AVVR 或 RVV 圆形双绞聚氯乙烯绝缘软电缆适用于楼宇对讲、防盗报警、消防、自动抄表等工程、弱电电源供电等。

AVRB 扁型无护套软电线或电缆结构如图 3-14 所示。AVRB 扁型无护套软电线或电缆通常用于背景音乐和公共广播，也可做弱电供电电源线。



图 3-13 AVVR 或 RVV 圆形双绞
聚氯乙烯绝缘软电缆结构



图 3-14 AVRB 扁型无护套
软电线或电缆结构

6) AVRS 绞型双芯电源线、RVS 铜芯聚氯乙烯绞型连接电线结构如图 3-15 所示。AVRS 绞型双芯电源线、RVS 铜芯聚氯乙烯绞型连接电线常用于家居电器、小型电动工具、仪器仪表、控制系统，通常用于公共广播系统/背景音乐系统布线、消防系统布线、照明及控制用线。表示方法：ZR-RVS2×24/0.12；ZR：阻燃；R：软线；S：双绞线；2：2 芯多股线；24：每芯有 24 根铜丝；0.12：每根铜丝直径为 0.12mm。

7) RIBYXB 音箱连接线（发烧线、金银线）结构如图 3-16 所示。RIBYXB 音箱连接线（发烧线、金银线）用于功放机输出至音箱的接线。



图 3-15 AVRS 绞型双芯电源线、RVS
铜芯聚氯乙烯绞型连接电线结构

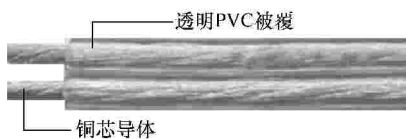


图 3-16 RIBYXB 音箱连接线
（发烧线、金银线）结构

8) UTP 局域网电缆结构如图 3-17 所示。UTP 局域网电缆适用于传输电话、计算机数据、防火、防盗保安系统、智能楼宇信息网、计算机网络线，有 5 类、6 类之分，有屏蔽与不屏蔽之分。

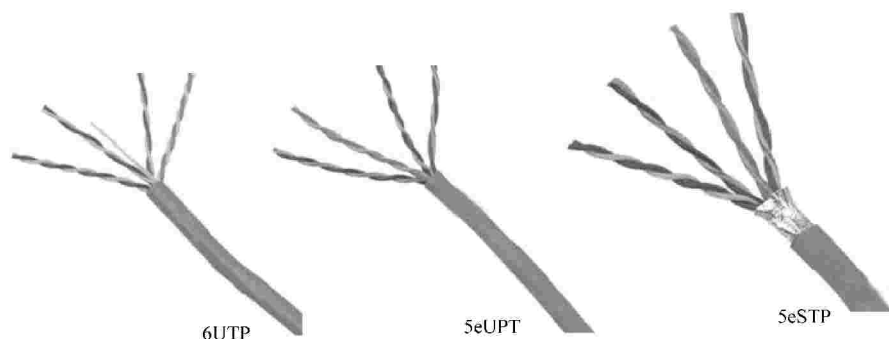


图 3-17 UTP 局域网电缆结构

9) HBV4X1/0.5 电话线结构如图 3-18 所示。HBV4X1/0.5 电话线适用于室内外电话安装用线。RVB2X1/0.4 电话线结构如图 3-19 所示。RVB2X1/0.4 电话线适用于室内外电话安装用线。

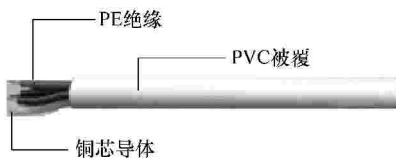


图 3-18 HBV4X1/0.5 电话线结构

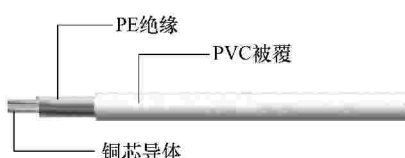


图 3-19 RVB 2X1/0.4 电话线结构

3.2.2 弱电缆线的性能及选用

1. 弱电缆线性能

1) SEG - NET 五类 4 对非屏蔽对绞线缆 (UTPCAT5E) 在综合布线系统中能远距离传输高比特率信号, 既传输高速数据, 并能保证良好的数据完整性。其机械物理性能、电气性能、传输特性等满足 ANSITIA/EIA - 568A 标准和 YD/T 838—2003 标准对五类对绞线缆的要求。其中, 近端串扰和等效远端串扰性能符合传输延迟、延迟失真和平衡 (LCL) 性能要求, 支持 10/100Base - T、ATM、令牌环、语音、电话、图像等应用。SEG - NET 五类 4 对非屏蔽对绞线缆 (UTPCAT5E) 产品特性及典型应用见表 3-1。

表 3-1 SEG - NET 五类 4 对非屏蔽对绞线缆 (UTPCAT5E) 产品特性及典型应用

产品特性	典型应用
适应环境温度: -20 ~ 60℃	10BASE - T
导体使用单根或多股绞合裸软铜线	100BASE - T4
标准阻燃聚氯乙烯或低烟无卤线缆护套 (PVC)	100BASE - TX
阻水型电缆采用单层或双层阻水材料	100VG - AnyLAN
聚乙烯绝缘 (PE)	1000BASE - T
可选择撕拉线	155MbpsATM
难燃程度: CMX, CM, MP, CMG, MPG, CMR, MPR	
无轴成卷包装	



2) SGE - NET 超五类 4 对非屏蔽对绞线缆 (UTPCAT5) 在综合布线系统中能远距离传输高比特率信号, 其频率性能可达到 155MHz。其机械物理性能、电气性能、传输特性等大大超过 ANSITIA/EIA - 568A 标准和 YD/T 838—2003 标准对五类对绞电缆的要求。该电缆具有很好的功率和近端串扰、衰串比 (ACR) 和等效远端串扰值以及低延迟性能, 以确保高速多协议局域网的运行, 支持 10/100Base - T、ATM、令牌环、语音、电话、图像等应用。SGE - NET超五类 4 对非屏蔽对绞线缆 (UTPCAT5) 产品特性及典型应用见表 3-2。

表 3-2 SGE - NET 超五类 4 对非屏蔽对绞线缆 (UTPCAT5) 产品特性及典型应用

产品特性	典型应用
适应环境温度: -20 ~ 60℃	10BASE - T
导体使用单根或多股绞合裸软铜线	100BASE - T4
标准阻燃聚氯乙烯或低烟无卤线缆护套 (PVC)	100BASE - TX
聚乙烯绝缘 (PE)	100VG - AnyLAN
可选择撕拉线	1000BASE - T
难燃程度: CMX, CM, MP, CMG, MPG, CMR, MPR	155MbpsATM
无轴成卷包装	622MbpsATM

3) SGE - NET 六类 4 对非屏蔽对绞线缆 (UTPCAT6) 为现有网络应用提供最高的线缆性能并符合未来网络的需求, 其频率性能可达到 200MHz, 通常可达 300MHz。其电气性能、传输特性等满足 ANSITIA/EIA - 568A 标准和 ISO11801 标准对六类对绞电缆的要求。该电缆具有很好的功率和近端串扰、衰串比 (ACR) 和等效远端串扰值以及低延迟性能以确保高速多协议局域网的运行, 支持 10/100/1000Base - T、ATM、令牌环、语音、电话、图像等应用。SGE - NET 六类 4 对非屏蔽对绞线缆 (UTPCAT6) 产品特性及典型应用见表 3-3。

表 3-3 SGE - NET 六类 4 对非屏蔽对绞线缆 (UTPCAT6) 产品特性及典型应用

产品特性	典型应用
适应环境温度: -20 ~ 60℃	10BASE - T
导体使用单根或多股绞合裸软铜线	100BASE - T4
标准阻燃聚氯乙烯或低烟无卤线缆护套 (PVC)	100BASE - TX
聚乙烯绝缘 (PE)	100VG - AnyLAN
可选择撕拉线	1000BASE - T
难燃程度: CMX, CM, MP, CMG, MPG, CMR, MPR	155MbpsATM
无轴成卷包装	622MbpsATM

4) SGE - NET 三/五类 25 对非屏蔽对绞电缆 (UTPCAT3/CAT5) 在综合布线系统中能远距离传输多组高比特率信号, 既传输高速数据并保证良好的数据完整性。其机械物理性能、电气性能、传输特性等满足 ANSITIA/EIA - 568A 标准和 YD/T 838—2003 标准对三/五类主干对绞电缆的要求, 具有良好的近端串扰、衰减和等效远端串扰性能, 支持 10/100Base - T、ATM、令牌环、语音、电话、图像等应用。SGE - NET 三/五类 25 对非屏蔽对绞电缆 (UTPCAT3/CAT5) 产品特性及典型应用见表 3-4。

表 3-4 SGE - NET 三/五类 25 对非屏蔽对绞电缆 (UTPCAT3/CAT5) 产品特性及典型应用

产品特性	典型应用
适应环境温度: $-20 \sim 60^{\circ}\text{C}$	10BASE - T
导体使用 24 线规实心铜导体, 2 芯一对, 5 对一组	100BASE - T4
标准阻燃聚氯乙烯或低烟无卤线缆护套 (PVC)	100BASE - TX
聚乙烯绝缘 (PE)	100VG - AnyLAN
采用胶带绑组, 围绕中心加强芯分布	155MbpsATM
难燃程度: CMX, CM, MP, CMG, MPG, CMR, MPR	
有轴成卷包装	

5) 同轴射频电缆, 又叫同轴电缆, 同轴电缆一般是由轴心重合的铜芯线和金属屏蔽网这两根导体以及绝缘体、铝复合薄膜和护套 5 个部分构成的。内导体铜芯是一根实心导体; 绝缘体选用介质损耗小、工艺性能好的聚乙烯等材料制成; 铝复合薄膜和镀锡屏蔽网共同完成屏蔽与外导电的作用, 其中, 铝复合薄膜主要完成屏蔽作用, 而镀锡屏蔽网则完成屏蔽与外导电双重作用; 护套是减缓电缆的老化和避免损伤。

在有线电视系统的不同位置或不同的场合应采用不同种类和规格的电缆, 以尽量满足有线电视系统的技术指标要求。因此, 电缆的种类和规格繁多。为了规范电缆的生产与使用, 我国对同轴电缆的型号实行了统一的命名, 通常它由 4 个部分组成, 其中, 第二、三、四部分均用数字表示, 这些数字分别代表同轴电缆的特性阻抗 (Ω)、芯线绝缘的外径 (mm) 和结构序号。

依据对内、外导体间绝缘介质的处理方法不同, 同轴电缆可分为如下四种: 第一种是实芯同轴电缆, 这种电缆的介电常数高, 传输损耗大, 属于早期生产的产品, 目前已淘汰不用; 第二种是藕芯同轴电缆, 这种电缆的传输损耗比实心电缆要小得多, 但防潮防水性能差, 以前使用较普遍, 现在已不多见; 第三种是物理发泡同轴电缆, 这种电缆的传输损耗比藕芯电缆还要小, 且不易老化和受潮, 是目前使用最广泛的电缆; 第四种是竹节电缆, 这种电缆具有物理发泡线缆同样或更优的性能, 但由于制造工艺和环境条件要求高, 产品的价格也偏高, 因此一般仅作为主干传输线用。例如, 型号为 SYWV - 75 - 5 - 1 的同轴电缆的含义是: 同轴射频电缆, 绝缘材料为物理发泡聚乙烯, 护套材料为聚氯乙烯, 特性阻抗为 75Ω , 芯线绝缘外径为 5mm, 结构序号为 1。特征: 实心普通铜导体, 网眼状聚乙烯绝缘, 普通铜编织层, PVC 护套。有线电视同轴电缆的产品特性见表 3-5。

表 3-5 有线电视同轴电缆产品特性

	普通 - 5	低损耗 - 7	普通 - 7
特性阻抗/ Ω	75	75	75
电容	56pF/m	56pF/m	56pF/m
衰减	10M	0.4dB	
	100M	1.1dB	0.75dB
	900M	4dB	2.6dB
全径/mm	5.1	7.25	7



6) 卫星电视同轴电缆是为抛物面卫星天线和控制器/接收器间卫星电视互连而设计的,适用于多数系统,其有两种类型,单同轴电缆或由数根缆芯和一根同轴电缆组成的复合电缆。可适用于闭路电视系统的视频传输和监控摄像系统。特征:实心高导电性铜导体,半(全)空隙聚乙烯绝缘体,高导电性铜带和编织层,PVC或PE外层护套。卫星电视同轴电缆产品特性见表3-6。

表 3-6 卫星电视同轴电缆产品特性

		CT-100	CT125	CT167
特性阻抗/ Ω		75	75	75
电容		56pF/m	56pF/m	56pF/m
衰减	100M	6.1dB	4.9	3.7
	860M	18.7dB	15.5dB	12dB
	1000M	20dB	16.8dB	13.3dB
	3000M	36.2dB	31dB	25.8dB
回波 损耗 (RLR)	10~450M	20	20	20
	450~1000M	18	18	18
	1000~1800M	17	17	17
全径/mm		6.65	7.25	7

7) 音频电缆为镀锡铜双芯外裹聚烯烃绝缘层结构,每条线股分别采用粘接 BELFOIL 铝聚酯屏蔽罩。因为线股护套和屏蔽层粘接在一起,所以使用自动电缆剥线钳可同时剥去这两层外皮。音频电缆适用于连接到录音棚、电台和电视台中所用的多重音频信道设备上,也可用于语音系统,可长距离敷设。音频电缆产品特性见表3-7。

表 3-7 音频电缆产品特性

		阻抗/ Ω	外径/mm	截面积/ mm^2	电容	备注
低温 特柔型	1芯	50	3.33			
	2芯	50	7.29			
对绞型	20 (7×28)		4.6	0.5		
	18 (7×28)		5.9	0.8		
	16 (19×29)		7.0	1.3		
单绞型			5.95		43pF/m	适用于移动数字音频设备间的互连,500m的扩展传输

2. 弱电缆的选用

(1) 视频信号传输线缆的选用

视频信号传输一般采用直接调制技术,以基带频率(约8MHz带宽)的形式,最常用的传输介质是同轴电缆;同轴电缆是专门设计用来传输视频信号的,其频率损失、图像失真、图像衰减的幅度都比较小,能很好地完成传送视频信号的任务。

一般采用专用的 SYV75 欧姆系列同轴电缆；常用型号为 SYV75-5（它对视频信号的无中继传输距离一般为 300~500m）；距离较远时，需采用 SYV75-7、SYV75-9 同轴电缆（在实际工程中，粗缆的无中继传输距离可达 1km 以上）。

（2）通信线缆的选用

通信线缆一般采用 2 芯屏蔽通信电缆（RVVP）或 3 类双绞线（UTP），每芯截面积为 $0.3 \sim 0.5\text{mm}^2$ 。选择通信电缆的基本原则是距离越长，线径越大。RS-485 通信规定的基通信距离是 1200m，但在实际工程中选用 RVV2-1.5 的护套线可以将通信长度扩展到 2000m 以上。

（3）控制电缆的选用

控制电缆通常指的是用于信号控制，有屏蔽和非屏蔽控制之分。控制电缆通常传输的是直流或交流电压或电流信号。控制电缆的选用需要根据传输距离及工作环境选择线径和是否需要屏蔽。

（4）声音监听线缆的选用

声音监听线缆一般采用 4 芯屏蔽通信电缆（RVVP）或 3 类双绞线（UTP），每芯截面积为 0.5mm^2 ，监控系统中监听头的音频信号传到中控室是采用点对点布线方式，用高压小电流传输，因此采用非屏蔽的 2 芯电缆即可，如 RVV2-0.5。

前端探测器至报警控制器之间一般采用 RVV2 $\times$ 0.3（信号线）以及 RVV4 $\times$ 0.3（2 芯信号+2 芯电源）型号的线缆；报警控制器与终端安保中心之间一般采用的也是 2 芯信号线。

信号线用屏蔽线或者双绞线还是普通护套线，需要根据各种不同品牌产品的要求来定。信号线线径的选择依据是报警控制器与中心的距离和信号传输指标。报警控制器的电源一般采用本地取电而非控制室集中供电，线路较短，一般采用 RVV2 $\times$ 0.5 以上规格。若采用集中供电模式，线路较长，一般采用 RVV2 $\times$ 1.0 以上规格。

（5）楼宇对讲系统线缆的选用

楼宇对讲系统所采用的线缆大都是 RVV、RVVP、SYV 等线缆，具有：传输语音、数据、视频图像，同时对线缆提出语音传输的质量、数据传输的速率、视频图像传输的质量及速率等方面的要求。

- 1) 传输语音信号及报警信号的线缆主要采用 RVV4-8 $\times$ 1.0。
- 2) 视频传输主要采用 SYV75-5 的线缆。
- 3) 有些系统因怕外界干扰或不能接地时，应选用 RVVP 类线缆。
- 4) 直接按键式楼宇可视对讲系统的室内机视频、双向声音及遥控开锁等接线端子都以总线方式与门口机并接，但各呼叫线则单独直接与门口机相连，应选用 3 类双绞线（UTP），芯线截面积为 0.5mm^2 。

3. 弱电电缆的区别

1) SYV 与 SYWV 的区别：SYV 是视频传输线，采用聚乙烯绝缘。SYWV 是射频传输线，采用物理发泡绝缘。用于有线电视信号传输。

2) RVS 与 RVV2 的区别：RVS 为双芯 RV 线绞合而成，没有外护套，用于广播连接。RVV2 芯线直放成缆，有外护套，用于电源、控制信号等方面。



3) RVV 与 KVV、RVVP 与 KVVP 的区别: RVV 和 RVVP 里面采用的线为多股细铜丝组成的软线, 即由 RV 线组成。KVV 和 KVVP 里面采用的线为单股粗铜丝组成的硬线, 即由 BV 线组成。

4) AVVR 与 RVVP 的区别: AVVR 是指线径小于 0.5mm 的不带屏蔽的电缆。RVVP 是指线径大于或等于 0.5mm 的带屏蔽的电缆。

3.3 家居弱电布线及工艺

3.3.1 家居弱电布线

确定网络布线设计草图

在进行布线前, 首先应该了解居室环境及各房间的用途。然后根据电源配电箱、有线电视进线口和电话线、网线入户口的位置, 确定信息接入箱及分线器的位置, 一般信息接入箱不要轻易移动(如果已有信息接入箱)。电话线及网络线的配线箱应选一个既隐蔽又方便操作的地方(不影响美观), 考虑到要放路由器和交换机, 所以应设计一个较大的配线箱。有线电视则在进线口设计一个能摆放两只电视分配器的盒子。

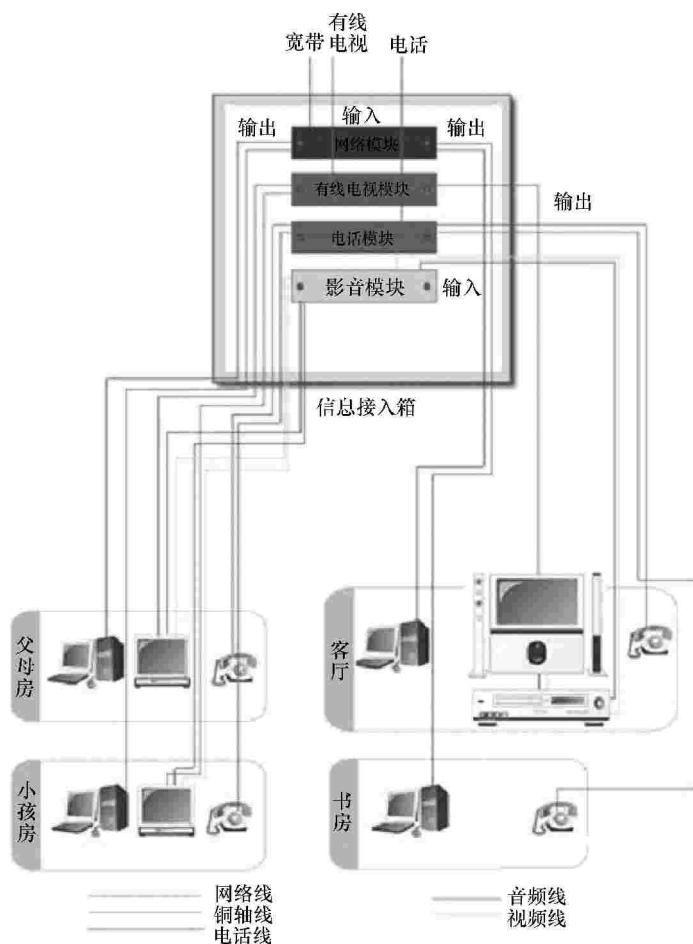
信息接入箱的作用是集中控制输入和输出的电子信号, 各种线路可以在箱内跳接达成通路。在综合布线投入使用以后, 平时会按需要进行线路的调配, 以控制线路的具体属性和作用, 这样就可以不必更改线路甚至破坏原有装修。

普通的信息接入箱至少能控制有线电视信号、电话语音信号和网络数字信号, 而较高级的配线箱则能控制视频、音频信号, 如果房子所在的社区提供相应的服务, 还可以实现电子监控、自动报警、远程抄水电煤气表等一系列功能。各种信号在信息接入箱里都有相应的功能接口模块来管理各自线路的连接, 信息接入箱管理原理与计算机网络的中心机柜非常类似。

信号线传输各种信息信号, 这些信号线包括: 双绞线(网线)、同轴电缆、电话线、音频线、视频线及各种安防和水电煤气自动抄表的信号线、控制线。信号端口接终端设备, 如: 电视机、电话、计算机、交换机、防盗报警器、自动抄表器等。典型的普通家居弱电综合布线系统组成如图 3-20 所示。

该系统是由一个信息接入箱、各种线缆以及各个信息出口的标准接插件组成, 各个功能部件采用模块化设计和星形拓扑结构, 各个模块和各个线路相互独立, 单个线路出现故障, 不会影响其他信息家电的使用。家居弱电综合布线系统的分布装置由模块化的信息接入箱来承担, 主要包括: 网络模块、电话模块、电视模块、影音模块, 有的还可以增加防盗报警的监控模块。根据用户的实际需求可以在各个功能模块上接入、分配、转接和维护管理, 从而支持电话、上网、有线电视、家居影院、音乐欣赏、视频点播、安防报警等各种应用。

信息接入箱一般采用嵌入墙壁里安装的方式, 管线及插座的安装位置根据用户的生活



习惯及家电、家具的摆放位置确定。在进行家居弱电布线时，从每一个信息面板到综合信息箱处都需要一条五类线（或一条五类线 + 一条双绞线），不要选择普通电话线。信息化家居平面图如图 3-21 所示。

信息线采用并联布线方式，如图 3-22 所示，并且电话线和网线分别采用 4 芯和 8 芯（五类线）线，为了方便，电话线和网络线穿在同一根 PVC 电线管内（理论上电话线和网络线应分开布线，间距 10cm 以避免相互干扰），考虑到家居电话和网络同时使用的时间很短，不会造成大的干扰。各五类线应采用直联方式，相互之间不能串接或混接。图 3-23 所示为普通的 3 室 2 厅家居住宅综合布线平面图。以普通的 3 室 2 厅家居住宅为例，有以下信息点：4 部电话插口（客厅 + 主卧室 + 书房 + 卫生间）；4 台电视插口（客厅 + 主卧室 + 书房 + 客房）；4 个网络数据口（客厅 + 主卧室 + 书房 + 客房）；3 个视音频插口（客厅 + 主卧室 + 客房）。

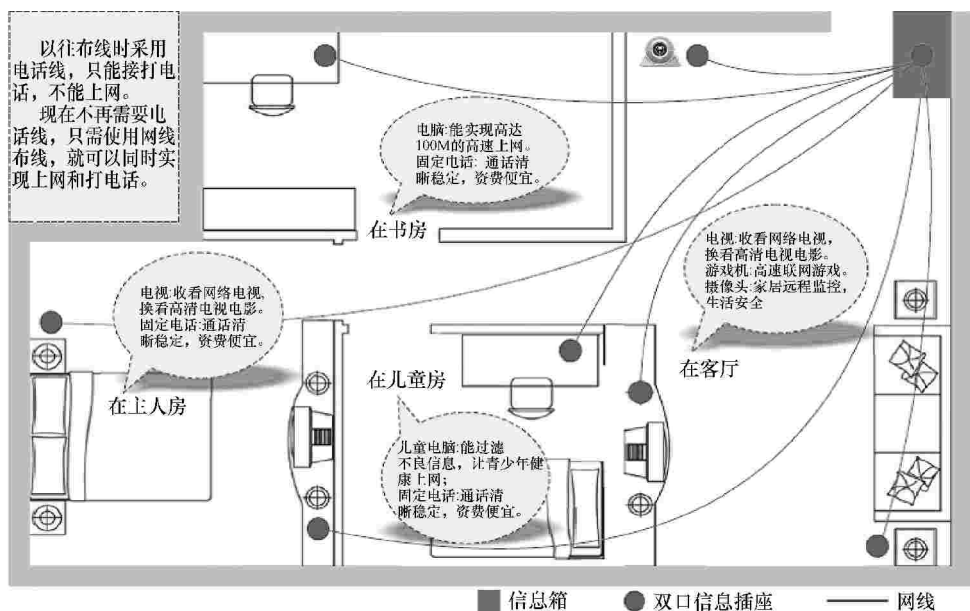


图 3-21 信息化家居平面图

PVC 电线管敷设在地板下，信息插座安装在离地 30cm 的墙壁上。实际安装过程中，信息线应考虑留有余量，底盒一般留有 30cm，信息接入箱内留有 50cm。假设各种信息插座到信息接入箱的平均距离为 25m，简单计算即可得出材料清单。材料清单见表 3-8。

目前，数字电视可以实现交互式功能，这个过程是用户可告诉电视台想看什么节目，然后电视台播放用户所指定的节目，原先的有线电视同轴电缆只能实现单向传播，也就是说电视台放什么节目，用户只能看什么节目，为实现双向通信，在数字电视中，下行用同轴电缆传送电视信号，上行用五类线传送交互式信号。数字电视设备布线示意图如图 3-24 所示。

有线电视布线应根据房间的多少，直接用一只（一分三或一分四）分配器经分配后接入各房间。如果进户有两路线的话，应一路直接接客厅，这样客厅电视机的清晰度会更好；另一路经分配器接各房间。总之，根据具体情况具体对待。另外，布线应采用质量较好的双层屏蔽的宽频视频线。



图 3-22 并联布线方式

表 3-8 材料清单

安装材料名称	单位	数量	安装材料名称	单位	数量
超 5 类非屏蔽双绞线	m		超五类 RJ45 信息插座	个	
75Ω 同轴电缆	m		75Ω 电视插座	个	
视音频线	m		三孔视音频插座		
电话线	m		电话插座	个	
PVC 管	m		墙内插座暗装盒等辅材		

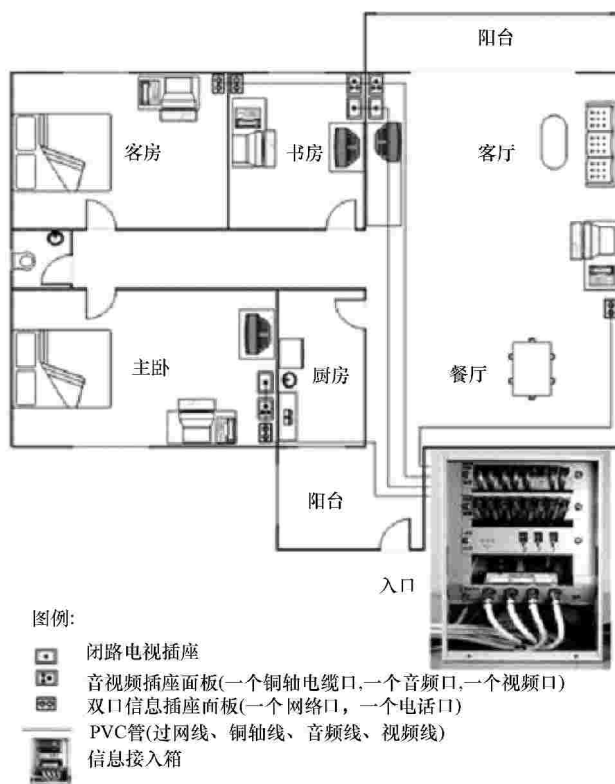


图 3-23 普通的 3 室 2 厅家居住宅综合布线平面图

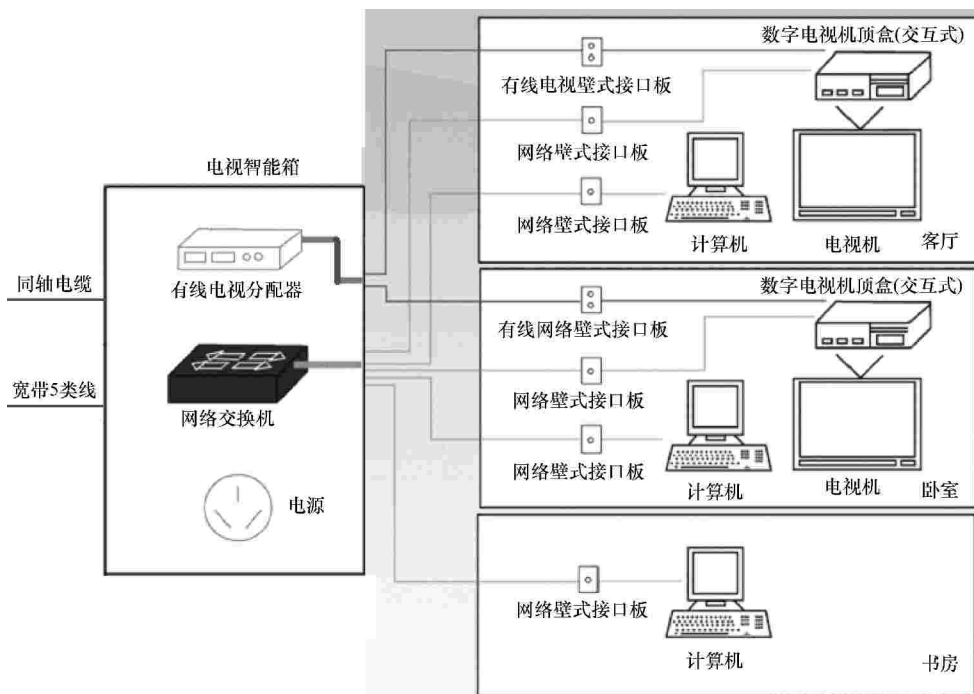


图 3-24 数字电视线设备及布线示意图



信息箱与有线电视终端之间预埋的 PVC 电线管,应尽量减少直角转弯,信息箱与每只有有线电视终端盒之间都必须穿入两根电缆(一根为同轴电缆,一根为五类线),另外再接一根五类数据线到房间里供计算机上网用。布线时应注意有线电视同轴电缆与五类线的完好性,切忌因线路长度不够等原因,中间采用人工对接方式延长线路。

3.3.2 家居组网技术

以太网线布线可实现高达千兆的局域网,是家居组网首选传输介质。用户要完成多个房间的以太网布线,需要精心设计网络拓扑(包括网络架构、交换节点、汇聚节点等),并进行布线施工。

1. 家居网络

(1) 局域网系统

信息网时代对家居生活产生了重要的影响,应跟上时代的脚步为家居组建小型局域网,以应对家人上网、信息家电接入网络、远程网络监控等需求。在家居组建小型局域网,只需申请一根上网宽带线路,让每个房间都能够用计算机同时上网。另外,随着家电网络化的趋势,网络影音中心、网络冰箱、网络微波炉、网络视频监控会陆续出现,这些设备都可以在就近网络接口接入网络。

要建的局域网是一个星形拓扑结构,任何一个节点或连接电缆发生故障,只会影响一个节点,在信息接入箱安装起总控作用的 RJ45 配线面板模块,所有网络插座来的线路接入配线面板的后面,信息接入箱中还应装有小型网络交换机,通过 RJ45 跳线接到配线面板的正面接口。

并应为现在上网和以后大量面世的网络信息家电预留网络信息接口,每间房都需要至少有两个网络接口,一个口可用作网络,一个口可用作电话,这是基于网络和电话复用和互相线路备份的要求。包括 RJ45 配线面板、双绞线、RJ45 信息模块,要选择目前流行的超五类,可以应对现在和将来的需要。

(2) 有线电视系统

现代家居生活中不可能只在客厅中有一部电视机,卧室房间中也应有电视机,有线电视系统可传输模拟或数字电视信号,将信号送到每一个房间,既能收看模拟电视节目,也能收看数字信号电视节目。

家居的有线电视系统应使用专用双向、高屏蔽、高隔离 1000MHz 同轴电缆和面板、分配器、放大器(多于 4 个分支时需要)。分配器应选用标有 5~1000MHz 技术指标的优质器件。电缆应选用对外界干扰信号屏蔽性能好的 75-5 型、四屏蔽物理发泡同轴电缆,保证每个房间的信号电平;有线电视图像清晰、无网纹干扰。有线电视的布线相对简单,对于普通商品房,只需在家居信息箱中安装一个一分四的分配器模块就可以将外线接入的有线电视在这里分到客厅和各个房间。

(3) 电话系统

目前,国产的小型一拖四、二拖八电话程控交换机的性价比已非常高,因此在家居安装小型电话程控交换机已经成为可能。家里安装小型电话程控交换机后,只需申请一根外

线电话线路，让每个房间都能拥有电话。而且既能内部通话，又能拨接外线，外电进来时巡回震铃，直到有人接听，如果不是你的电话，你可以在电话机上按房间号码，转到另外一个房间。

当然还有普通的只用信息接入箱配套的电话语音模块面板，但是这种面板只能共享接入电话外线，电话进来时，铃声同响，一房通话，别房可监听，没有通话保密功能。

电话系统和局域网络系统布线按照“复用和双备份”的要求一起布线，在线缆和接口插座上用材是一样的，不同的是在信息接入箱的连接方法不同。用作电话的网络双绞线，采用色标为蓝和蓝白的线对打上 RJ11 水晶头，若采用小型程控交换机，直接插入程控交换机的接口；若采用普通的一拖几电话模块，就将 RJ11 水晶头插入电话模块。

(4) 家居影院系统

家居影院系统是现代家居娱乐的首选，组建家居影院系统应是众多家居的选择。家居影院是指在家中能够享受到与电影院相同或相近的清晰而绚丽多彩的图像，充满动感和如同现场的声音效果。家居影院器材分为视频与音频两大部分，视频部分是整套系统中非常重要的一环，通常由大屏幕彩电或投影机担任。

AV 功放是音频重放的中心，其特点是多声道的声音重放。谈到多声道的重放就离不开环绕声的标准。现在流行的环绕声标准有：

- 1) 杜比数码 (Dolby Digital) 环绕声 (5.1 声道)。
- 2) DTS 环绕声 (5.1 声道)。
- 3) DTS - ES Discrete 环绕声 (6.1 声道)。
- 4) THX Surround EX 环绕声 (7.1 声道)。

家居影院中音箱由五只、六只、七只等各加一个重音箱构成。前方左右两边的主音箱和中置音箱可以不用布线，而后方的环绕音箱和后置音箱等就应布线。家居影院系统布线主要包括投影机的视频线（如 VGA、色差线、DVI、HDMI）和音箱线。既然是顶级的家居影院系统，这些线缆是没有接续的，也就是一条线走到底，接头和线都是订做的，因此与其他布线系统独立，一般只在客厅或书房中布线。在设计时要精确计算走线的长度以便定制合适长度的线缆。

在布线时，要将线缆的一端接头仔细用多层塑料包好，绑上铁线，接着用胶布再绑一次，然后牵引穿过 PVC 套管，一端拉，另一端送，不能使用蛮力。另外，PVC 管径可以选稍大一些，以便可以顺畅地拉过，管中间线不被绞结。

(5) AV 系统

AV 是影音的集合体，因信号的输出包括一路视频、一路左声道、一路右声道。一般 AV 设备都是在客厅里，若需要在各房间里都能欣赏这些 AV 影音设备播放的影音就必须通过家居综合布线将上述三种线路接到各房间。家居里的 AV 系统包括：DVD 系统、卫星接收机 AV 系统、数字电视 AV 系统。通过 AV 信号传输系统，可以在其他房间看影碟、看卫星电视节目、看数字电视节目，无需重复添置多台 DVD、卫星接收机、数字电视机顶盒等设备。

AV 系统需要同时布三条线缆，插座面板是三孔 AV 接口，信息接入箱中采用 AV 模块



面板,总接入影音中心的AV信号,分接出到各房间。来自房间的一组三线分别接入AV模块面板后面的各组接线柱,通过面板的拨位开关实现接通或关闭。

2. 组网方案

针对一些有线路改造需求,但以太网布线又不充足的用户,可借助其他几种传输介质实现家居内组网,包括:WiFi无线、同轴电缆、电力线。

1) WiFi适用于在家居内部组建无线网络,是各种智能终端的主要联网方式。理想情况下WiFi能提供数百兆无线带宽,使得无线承载多媒体应用尤其是视频媒体成为可能。但在用户家中的无线覆盖效果通常有所差异,在部分用户家中,由于障碍物阻挡(例如家具、墙体)以及通信距离较远,无线信号的覆盖范围和强度会大大下降,影响了组网效果。我国有2.4GHz和5.8GHz两种频段规格的WiFi产品,前者主要用于无线上网,后者更适合进行无线视频传输。

2) 同轴电缆在国内主要用于有线电视广播的传输,通过调制解调也可以用来传输数据业务。但所能使用的数据传输频段暂被划归广电运营商。

3) 电力线传输数据业务的技术通过多年的发展已较成熟,可以提供近百兆的应用层带宽,足以承载上网和IPTV业务。电力插座遍布于家居各个房间,接入点选择比较灵活,因此基于电力线完成组网是电信业务家居部署的有效手段。

用户可综合运用以太网线、WiFi、电力线等家居组网技术手段并结合成本因素,合理选择配套终端。推荐的组网原则为:以太网线为首选,WiFi提供移动性,电力线通信实现穿墙覆盖。推荐的组网产品包括:外置AP、AP外置型网关、电力线通信产品等。

3. 光纤到信息箱

用户使用WiFi无线上网业务,家居内的线缆汇聚点(如大尺寸家居信息箱)能满足PON上行e8-C设备的放置,但信息箱对外部的无线覆盖效果不能满足用户无线上网需求。推荐的组网方案是以AP外置型网关+外置AP产品组合,可提供家居内无线上网覆盖。在用户住宅内选择无线AP覆盖效果能满足用户业务使用的位置,从该位置敷设1条五类线至线缆汇聚点(家居网关的放置点),并提供电源插座(为无线AP设备供电)。布线方式示意和终端连接如图3-25所示。

4. 光纤到客厅

用户有2路IPTV,分别在客厅和卧室使用,但客厅电视墙和卧室的电视机附近没有以太网端口资源,除非敷设较长的明线,否则无法使用IPTV业务。推荐的组网方案是以5.8GAP+APClient产品组合或者使用电力猫实现IPTV业务部署。

5.8GAP+APClient产品组合承载IPTV,选择适合5.8GAP放置的位置,敷设1条五类线至线缆汇聚点(网关的放置点),并提供电源插座(为无线AP设备供电),机顶盒通过5类线连接5.8GAPClient(无线客户端)。布线方式示意和终端连接如图3-26所示。

电力猫方案承载IPTV,网关通过电力猫把IPTV数据调制到家居电力线上(同时为网关设备12V直流供电),机顶盒通过五类线连接到附近的电力猫解调出IPTV数据。布线方式示意和终端连接如图3-27所示。

5. 光纤到书房

用户使用的上网业务在书房汇聚点能满足PON上行e8-C设备的放置,但由于没有敷设五类线接口,在其他房间不能上网。推荐组网设备为电力猫。

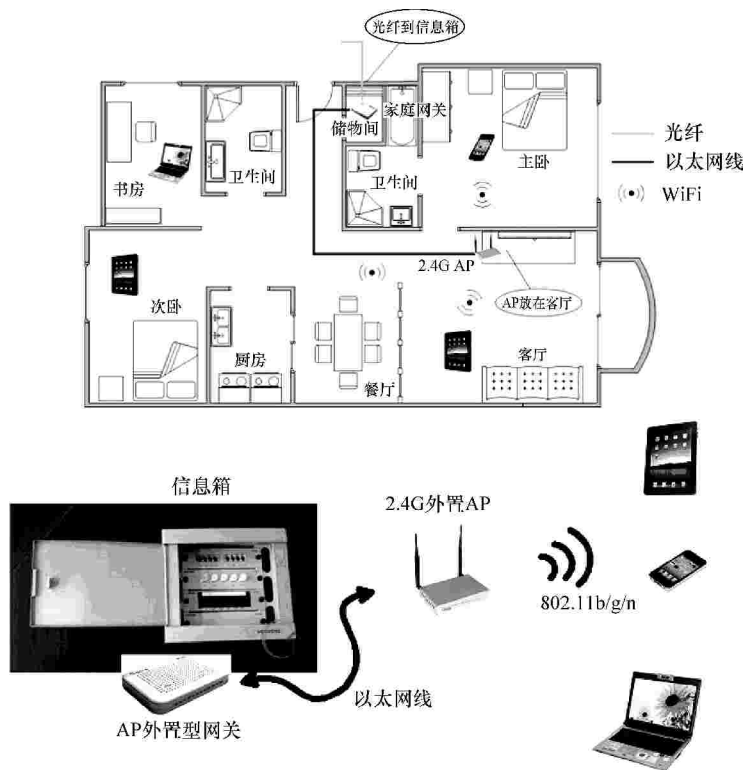


图 3-25 布线方式示意和终端连接

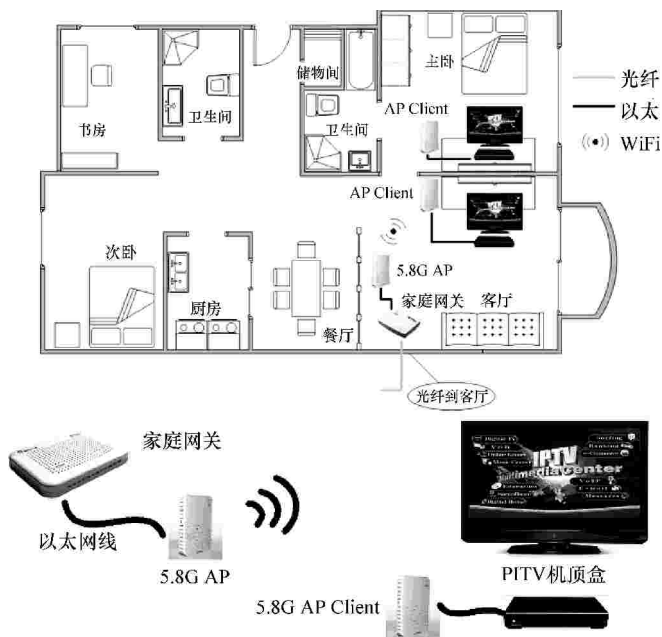


图 3-26 布线方式示意和终端连接

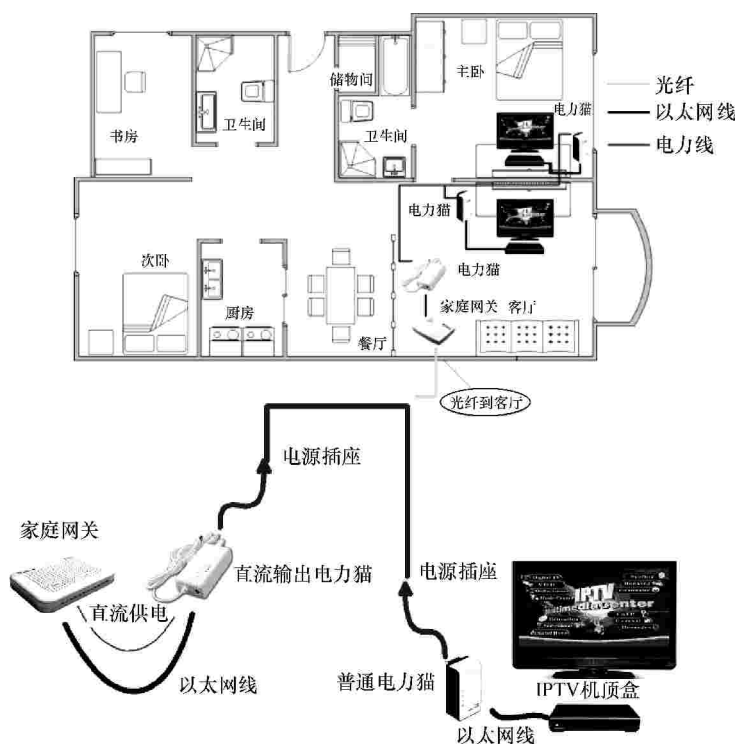


图 3-27 布线方式示意和终端连接

网关通过电力猫把网络数据调制到家居电力线上（同时为网关设备 12V 直流供电），其他房间的上网设备（PC、WiFi 手机、Pad 等）通过电力猫解调出上网数据。布线方式示意和终端连接如图 3-28 所示。

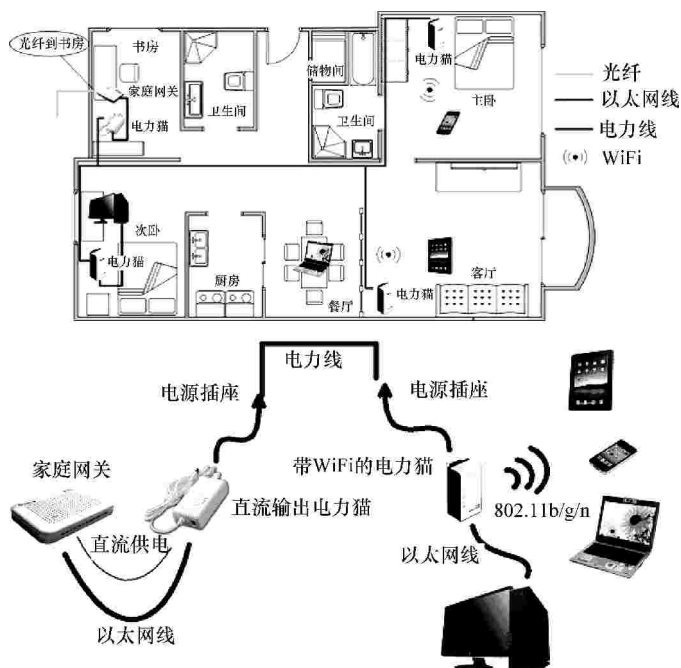


图 3-28 布线方式示意和终端连接

上述提到的家居综合布线产品（外置 AP、5.8GAPClient、电力猫）信息见表 3-9。

表 3-9 家居综合布线产品（外置 AP、5.8GAPClient、电力猫）信息

产品名称	应用场景概述	形态	业务应用
外置 AP	入户点无法满足家居无线覆盖需求	2.4G	无线上网
		5.8G（需与 5.8Gclient 配对使用）	无线 IPTV
5.8GAPClient	用于连接高清机顶盒	5.8G（需与 5.8GAP 配对使用）	无线 IPTV
电力猫	没有家居五类布线	带 12V 直流供电	有线 IPTV 或有线上网
		不带 12V 直流供电	有线 IPTV 或有线上网
		支持 2.4GWiFi	有线 IPTV 或有线无线上网

注：为确保电力线通信设备组网效果，用户应选择同厂商设备配套使用。

3.4 家居弱电综合布线（管）施工及接线

3.4.1 家居弱电综合布线（管）施工

1. 弱电布线施工材料要求

电器、电料

电器、电料的规格、型号应符合设计要求及国家现行电器产品标准的有关规定，电器、电料的包装应完好，材料外观不应有破损，附件、备件应齐全。

1) 线缆。电源线：根据国家标准，单个电器支线、开关线用标准 1.5mm^2 ，主线用标准 2.5mm^2 。背景音乐线：标准 $2 \times 0.3\text{mm}^2$ 。环绕音响线：标准 100 – 300 芯无氧铜。视频线：标准 AV 影音共享线。网络线：超五类 UTP 双绞线。有线电视线：宽带同轴电缆。

2) 塑料电线保护管及接线盒、各类信息面板必须是阻燃型产品，外观不应有破损及变形。电线保护管及接线盒外观不应有折扁和裂缝，管内应无毛刺，管口应平整。

3) 通信系统使用的终端盒、接线盒与配电系统的开关、插座，选用与各设备相匹配的产品。

2. 接插件的检验要求

1) 接线排和信息插座及其他接插件的塑料材质应具有阻燃性。

2) 保安接线排的保安单元过电压、过电流保护各项指标应符合有关规定。

3) 光纤插座的连接器使用型号和数量、位置与设计相符。

4) 光纤插座面板应有发射（TX）和接收（RX）明显标志。

3. 弱电布线施工要点

目前家居弱电线的种类有：电话线、网络线、有线电视信号线和音响线，弱电线由于其信号电压低，如与电源线并行布线，易受 220V 电源线干扰。弱电布线施工要点有：

1) 应根据设备位置，确定管线走向、标高及插座的位置。

2) 暗盒接线头留长 30cm，所有线路应贴上标签，并标明类型、规格、日期和弱电工程施工负责人。



3) 穿线管与暗盒连接处,暗盒不许切割,须打开原有管孔,将穿线管穿出。穿线管在暗盒中保留 5mm。

4) 弱电施工中暗线敷设必须穿电线管。

5) 同一回路电线应穿入同一根电线管内,但电线管内总根数不应超过 4 根。

6) 弱电施工中电源线与通信线不得穿入同一根管内。

7) 家庭弱电施工中电源线及插座与电视线、网络线、音视频线及插座的水平间距不应小于 500mm。根据综合布线系统的设计规范要求,综合布线系统的线缆必须与电磁干扰源保持一定的距离,以减少电磁干扰的强度。对于综合布线系统常用的非屏蔽双绞线,没有屏蔽层,抗干扰能力较弱,因此在布线时必须注意与建筑物内的电力线等干扰源保持一定的间距。双绞线缆与干扰源最小的距离见表 3-10。

表 3-10 双绞线电缆与干扰源最小的距离

干扰源类别	线缆与干扰源接近的情况	间距/mm
小于 2kVA 的 380V 电力线缆	与电缆平行敷设	130
	其中一方安装在已接地的金属线槽或管道	70
	双方均安装在已接地的金属线槽或管道	10
2~5kVA 的 380V 电力线缆	与电缆平行敷设	300
	其中一方安装在已接地的金属线槽或管道	150
	双方均安装在已接地的金属线槽或管道	80
大于 5kVA 的 380V 电力线缆	与电缆平行敷设	600
	其中一方安装在已接地的金属线槽或管道	300
	双方均安装在已接地的金属线槽或管道	150
荧光灯等带电感设备	接近电缆线	150~300
配电箱	接近配电箱	1000
电梯、变压器	远离布置	2000

8) 穿入配管的导线接头应设在接线盒内,接头搭接应牢固,绝缘带包缠应均匀紧密。

9) 在总进线点设立接线盒,每个网点需放射线布线,在离网络总接头底盒处 500mm 预留电源。

10) 有线电视线在分支处必须用分支器连接,若为等离子挂式电视机,宜在电视机屏幕后以及下边底盒间预埋一根 $\Phi 75\text{mm}$ 的线管,屏后及下边底盒出口处各做一个底盒。

4. 室内弱电施工工艺要求

家居布线中需要注意的地方很多,如弱电线与强电线的布线距离、方向、位置关系应参考有关的国家标准,网线应尽量使用 PVC 电线管保护,并且在拐角处使用圆角双通以便于线路抽换。在家居网络中,有线和无线不是一个矛盾体,WLAN 仍然可以作为以太网的延伸和补充而存在。在必要时,AP 可以连接任何一个信息点,实现有线网络的空间拓展。室内弱电施工工艺要求如下:

1) 严格按图样或与业主交流确定的草图施工,在保证系统功能质量的前提下,提高工艺标准要求,确保施工质量。



2) 按图样或与业主交流确定草图的布线路径及信息插座的位置准确、无遗漏。

3) 电线管路两端设备处导线应根据实际情况留有足够的冗余,导线两端应按照图样提供的线号用标签进行标识,根据线色来进行端子接线,并应在图样上进行标识,作为施工资料进行存档。

4) 设备安装牢固、美观、墙装设备应端正一致。

5. 施工顺序

(1) 确定点位

1) 识读弱电布线施工图,若没有弱电布线施工图,应与业主交流确定布线方案。

2) 点位确定的依据。根据弱电布线施工图或与业主交流确定布线方案,结合点位示意图,用铅笔、直尺或墨斗在墙上将各点位处的暗盒位置标注出来。

3) 暗盒高度的确定。除特殊要求外,暗盒的高度与原强电插座一致,背景音乐调音开关的高度应与强电开关的高度一致。若有多个暗盒在一起,暗盒之间的距离至少为10mm。

4) 确定各点位用线长度。测量信息箱到各信息插座的长度;加上信息插座及信息箱处的冗余线长度,信息箱处的线缆冗余长度为信息箱周长的一半,各点信息插座处线缆冗余长度为200~300mm。

5) 确定标签。将各类线缆按一定长度剪断后在线的两端分别贴上标签,并注明:弱电种类—房间—序号。

6) 确定管内线数。电线管内线缆的横截面积不得超过电线管的横截面积的40%。

因为不同的房间环境要求不同的信息插座与其配合,在施工设计时,应尽可能考虑用户对室内布局的需要,同时又要考虑从信息插座连接设备(如计算机、电话等)方便和安全。墙上安装信息插座一般考虑嵌入式安装,在国内采用的是标准的86型底盒,该墙盒为正方形,规格为80mm×80mm,螺丝孔间距为60mm。信息插座与电源插座的间距应大于20cm。桌上型插座应考虑和家具、办公桌协调,同时应考虑安装位置的安全性。

(2) 开槽

1) 确定开槽路线。根据以下原则:路线最短原则;不破坏原有布线原则;不破坏防水原则。

2) 确定开槽宽度。根据信号线的多少确定PVC电线管的管径,进而确定槽的宽度。

3) 确定开槽深度。若选用16mm的PVC电线管,则开槽深度为20mm;若选用20mm的PVC电线管,则开槽深度为25mm。

4) 开槽外观要求:横平竖直,宽窄均匀,90°转弯处应为圆弧形,不能为直角。

(3) 底盒安装及布管

底盒安装时,开口面须与墙面平整、牢固,且方正,在贴砖处也不宜凸出墙面,底盒安装好以后,必须用钉子或者水泥砂浆固定在墙内。在贴瓷砖的地方,应尽量装在瓷砖正中,不得装在腰线和花砖上,一个底盒不能装在两块、四块瓷砖上。并列安装的底盒与底盒之间,应留有缝隙,一般为4~5mm。底盒必须平面垂直,同一室内底盒必须安装在同一水平线上。为使底盒的位置正确,应该先固定底盒,然后再布管。



电线管内若布放的是多层屏蔽电缆、扁平缆线和大对数主干光缆时，直线段电线管的管径利用率为50%~60%，转弯处管径利用率应为40%~50%。布放4对对绞线缆或4芯以下光缆时，电线管的截面利用率应为25%~30%。电线管弯曲半径应符合下列规定：

- 1) 穿非屏蔽4对对绞线电缆的电线管弯曲半径应至少为电线管外径的4倍。
- 2) 穿屏蔽4对对绞线电缆的电线管弯曲半径应至少为电线管外径的6~10倍。
- 3) 穿主干对绞电缆的电线管弯曲半径应至少为电线管外径的10倍。
- 4) 穿光缆的电线管弯曲半径应至少为电线管外径的15倍。

(4) 布线

弱电缆敷设要求如下：

1) 在敷设线缆之前，先检查所有电线管是否已经敷设完成，并符合要求，路由器与拟安装信息口的位置是否与设计相符，确定有无遗漏。检查电线管是否畅通，电线管内带丝是否到位，若没有应先处理好。

2) 穿线前应进行管路清扫，清除管内杂物及积水，有条件时应使用0.25MPa压缩空气吹入滑石粉，以保证穿线质量，并在电线管口套上护口。

3) 核对线缆的规格和型号应与设计规定相符。

4) 做好放线保护，不能伤保护套和踩踏线缆，线缆不应受外力的挤压和损伤。穿线宜自上而下进行，在放线时线缆要求平行摆放，不能相互绞缠、交叉，不得使线缆放成死弯或打结。

5) 在管内穿线时，要避免线缆受到过度拉引，每米的拉力不能超过7kg，以便保护线对绞距。

6) 线缆两端应贴有标签，应标明编号、型号、规格、图位号、起始地点、长度等内容，标签书写应清晰、端正和正确。标签应选用不易损坏的材料，标线号时要求以左手拿线头，线尾向右，以便于以后线号的确认。

7) 光缆在信息箱端应盘留，预留长度宜为3~5m，有特殊要求的应按设计要求预留长度。

8) 光缆应尽量避免重物挤压。

9) 安装在地下的同轴电缆须有屏蔽铝箔片以隔潮气，同轴电缆在安装时要进行必要的检查，不可损伤屏蔽层。

10) 敷设线缆时要注意确保各线缆的温度要高于5℃，敷设线缆时应填写好放线记录表，记录中主干铜缆或光纤的编号、序号。线缆敷设完毕后，应对线缆进行整理，在确认符合设计要求后方可掐断。

在布线施工中经常可以看到下列情况：

1) 双绞线外包覆皮起皱或撕裂，这是由于拉力过大和电线管连接处不符合要求造成的。

2) 双绞线外包覆皮光滑，看不出问题，但用仪表测量时发现传输性能达不到要求，这是由于拉线时拉力过大，使双绞线的长度拉长，绞合拉直造成的。这种情况用于语音和10Mbit/s以下的数据传输时，影响也许不太大，但用于高速数据传输时则会产生严重的

问题。

3) 光纤没有光信号通过,这是由于拉线时操作不当,线缆严重弯折使纤芯断裂造成的,这种情况常见于光纤布线的弯折处。

为了避免施工中出现上述问题,在 ISO/IEC11801 标准、EIA/TIA569 标准中规定:双绞线(尤其是超五类双绞线)拉线时的拉力不能超过 20kg。光纤的拉力不能超过 8kg。为了保证施工的质量,作如下规定:

1) 拉线时每段线的长度不超过 20m,超过部分必须有人接送。

2) 在线路转弯处必须有人接送。

(5) 封槽

1) 固定底盒:底盒与墙面要求齐平,几个底盒在一起时要求在同一水平线上。

2) 固定 PVC 电线管:PVC 电线管应每间隔 1m 必须固定;并在距 PVC 电线管端部 0.1m 处必须固定。电线管由底盒、信息箱的敲落孔引入(一管一孔),并用锁扣锁紧。

3) 封槽:封槽后的墙面、地面不得高于所在平面。

3.4.2 家居信息箱、插座安装接线

1. 家居信息箱安装接线

(1) 家居信息箱安装

家居信息箱是家居弱电设备管理中心,信息箱里面含有不同的模块,例如有线电视的分支器,可以把一条有线电视线分支为四五条分布到不同的房间里而不影响其传输性能。常用的模块一般有有线电视分支器、电话分支器、网络集线器等。

在选择家居信息箱之前,可以先根据业主的需要选择,家里需要几部电话,需不需要屏蔽功能,几台电视,计算机有几台,是否全部都需要上网,还要考虑到房间的背景音乐、家居安防系统、水电自动抄表系统等。

信息箱有明装和暗装两种安装方式,明装信息箱的整个箱体都露在墙壁外面,这样既占空间也不美观。暗装就是将信息箱的箱体埋进墙壁里面,只露出面板部分。在暗装时需要注意的一个问题是箱体的尺寸,如果箱体厚度超过 90mm,暗装时要考虑墙的厚度问题,倘若墙的厚度是 12cm,那么是无法暗装进去的。墙厚是 12cm,那么其中 8cm 就是砖,剩下的 4cm 分别是砖两侧的抹灰,所以只有墙体厚度超过 12cm 才能考虑暗装信息箱。目前大部分的建筑主墙厚度都是 18~24cm,所以一般用户都可选择安装信息箱。

信息箱作为家居网络的汇聚点(部分小区在交房时已安装有综合信息箱),信息箱预留有光缆或系列出入孔,门上应留有散热孔。信息箱内应设有交流 220V 电源插座(2 孔、3 孔插头至少各 1 个),在安装时应做好电源引接。综合信息箱及线缆平面图如图 3-29 所示。

确定信息箱安装位置后,箱体埋入墙体时其面板露出墙面约 1cm,方便以后抹灰。两侧的出线孔不要填埋,当所有布线完成并测试后,才用石灰砂浆封平。穿线时,至少应预留一定长度在信息接入箱体内,具体要求如下:从进线孔起计算,75Ω 同轴电缆预留 25cm,五类双绞线预留 30cm,外线电话线预留 30cm,视音频线预留 30cm。



如果居住的小区为光纤到户小区，线路入户处已布放有入户光纤。在安装信息箱的箱体时应注意不要弯曲或折断入户光纤，以免影响网络开通和上网速率。

(2) 信息箱箱内线缆整理

将各种线缆分组，进线（一般为3条）为1组，电话出线每4根分成1组，计算机出线（3根）分成1组，有线电视出线（4根）分成1组。这样共有5组线，每组线有3~4根，在每根线上做2个标识，一个标识做在这根线刚进入箱内的5cm处，另一个标识做在离线头5cm处。将每组线用扎线带固定在箱底，并从边上向上用扎线带固定在箱边中间位置上。

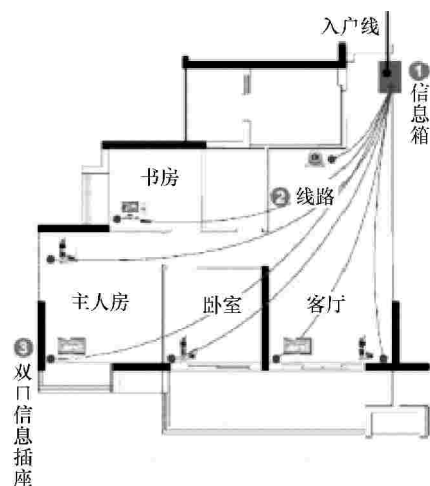


图 3-29 综合信息箱及线缆平面图

2. 家居信息插座安装接线

信息插座常见的有电话、计算机、电视等信号源接入插座，一般因接入线的不同而分为5类和6类两种。

(1) 电视插座

一位宽频电视插座（有线网络用）如图3-30所示，有线电视插座只能用于有线电视，而宽频电视插座则可以用于有线电视、数字和卫星电视、有线上网等，考虑到今后的升级，宽频电视插座更实用。它的隐蔽性能优良，可有效防止外界电磁波干扰，保证信号传输质量。

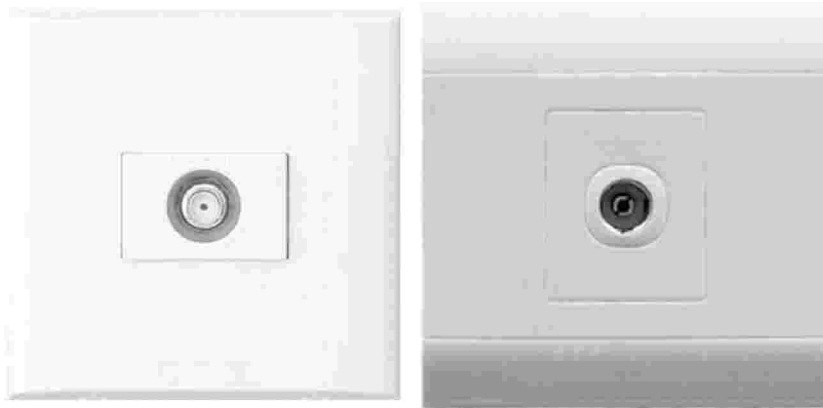


图 3-30 一位宽频电视插座（有线网络用）

宽频电视插座（5~1000MHz）适应高频有线电视信号，外形与普通电视插座相近，但对抗干扰能力要求更高，频带覆盖范围也更宽。TV-FM插座功能与电视插座一样，多出的调频广播功能用的很少，但可以作为两位电视使用，接线十分方便，只需接一个进线用户端，两个终端可以同时使用。串接式电视插座（也称电视分支）面板后带一路或多路电视信号分配器。

(2) 视听设备的信号传输插座

视听设备的信号传输用插座如图 3-31 所示，主要在 5.1、6.1、7.1 声道等多音箱场合使用。音响信号线从功放出来后，需要在墙壁内走暗线，铺设到各音箱位置。音响信号插座用于信号线进入墙壁内以及从墙壁内引出的地方。

(3) 电话插座

二位二芯电话插座如图 3-32 所示，其由两个二芯电话插座组成。在布线工程实践中，通常对数据和语音布线采用统一的超五类网线布线方法，这样线路的两端也采用相应的 RJ45 信息模块来端接。因此数据/语音插座是采用统一的 RJ45 双口插座，一口用作网络，一口用作电话。



图 3-31 视听设备的信号传输用插座



图 3-32 二位二芯电话插座

(4) 数据/语音插座

数据/语音插座如图 3-33 所示，视/音频插座面板包含一个视频口，一个左声道，一个右声道（V/R/L），如图 3-34 所示。

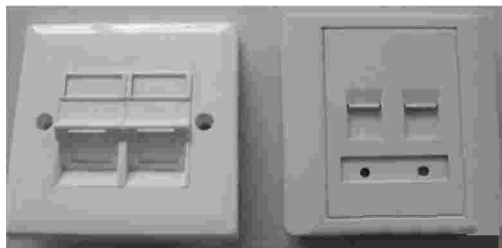


图 3-33 数据/语音插座



图 3-34 视/音频插座

为了满足随时随地的通话、上网、视频、娱乐等信息化家居要求，应安装双口信息插座，信息插座的安装位置既要便于使用，不被家具挡住，又要比较隐蔽、美观而不显眼。



卧室中可考虑放在床头两侧或书桌旁,客厅中可设置在沙发附近,书房则应位于写字台附近,电视机、信息家电附近也应设置信息插座。

(5) 信息插座安装

信息插座安装要求如下:

1) 安装在活动地板或地面上的信息插座,应固定在接线盒内,插座面板有直立和水平等形式;接线盒盖可开启,并应严密防水、防尘,接线盒盖应与地面齐平。

2) 安装在墙体上,宜高出地面 300mm,如地面采用活动地板时,应加上活动地板内净高尺寸。

3) 信息插座底座的固定方法以施工现场条件而定,宜采用扩张螺钉、射钉等方式。

4) 固定螺钉需拧紧,不应产生松动现象。

5) 信息插座应有标签,以颜色、图形、文字表示所接终端设备类型。

6) 安装位置应符合设计要求,布线时暗盒中的线缆要留 10cm 左右的头,在接插头时如果出错,还可以挽回。

3. 线缆终端要求

线缆终端的一般要求有:

1) 线缆在终端前,必须检查标签颜色和数字含义,并按顺序标注。

2) 线缆中不得产生接头现象。

3) 线缆终端处必须卡接牢固,接触良好。

4) 线缆终端应符合设计和厂家安装手册要求。

5) 对绞电缆与插件连接应认准线号、线位色标,不得颠倒和错接。

对绞电缆芯线终端应符合下列要求:

1) 对绞电缆芯线终端应保持扭绞状态,非扭绞长度对于五类线不应大于 13mm,四类线不大于 25mm。

2) 剥除护套均不得刮伤绝缘层,应使用专用工具剥除。

3) 对绞线在与信息插座(RJ45)相连时,必须按色标和线对顺序进行卡接,插座类型、色标和编号应符合规定。

4) 对绞电缆与 RJ45 信息插座的卡子连接时,应按先近后远,先上后下的顺序进行卡接。

5) 对绞电缆与接线模块(IDC、RJ45)卡接时,应按设计和厂家规定进行操作。

6) 屏蔽对绞电缆的屏蔽层与接插件处的屏蔽罩应可靠接触,线缆屏蔽层应与接插屏蔽罩 360°圆周接触,接触长度不宜小于 10mm。

4. 线缆终端插头制作

(1) RJ45 头的做法

RJ45 型网线插头又称水晶头,广泛应用于局域网和 ADSL 宽带上网用户的网络设备间网线(称作五类线或双绞线)的连接。在具体应用时,RJ45 型插头和网线有两种连接方法(线序),分别称为 T568A 线序及 T568B 线序。

1) RJ45 的 8 条线作用。

1、2 用于发送数据 (TX)，3、6 用于接收数据 (RX)，4、5，7、8 是双向线。1、2 线必须是双绞，3、6 线双绞，4、5 线双绞，7、8 线双绞。

在 10M 交换机网络中，只需要 2、6 两条线就可以通信。因此在使用测线仪测试 10M 交换机的时候，只显示 2、6 灯亮。

在 100M 交换机网络中，只需要 1、2、3、6 四条线就可以通信。因此在使用测线仪测试 100M 交换机的时候，只显示 1、2、3、6 灯亮。

在 1000M 交换机网络中，需要 1、2、3、4、5、6、7、8 八条线才可以达到 1000M 的数据通信。因此在使用测线仪测试 1000M 交换机的时候，显示 1、2、3、4、5、6、7、8 灯亮。

2) T568A 线序的适用范围。

T568A 线序适用于网络设备需要交叉互连的场合，所谓交叉是指网线的一端和另一端与 RJ45 网线插头的接法不同，一端按 T568A 线序接（见图 3-35），另一端按 T568B 线序接（见图 3-36），即有几根网线在另一端是先做了交叉才接到 RJ45 插头上去的，适用的连接场合有：计算机 $\longleftrightarrow$ 计算机，称对等网连接，即两台计算机之间只通过一条网线连接就可以互相传递数据；集线器 $\longleftrightarrow$ 集线器；交换机 $\longleftrightarrow$ 交换机。

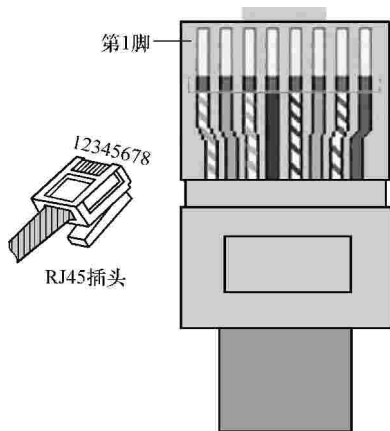


图 3-35 RJ45 型网线插头的 T568A 线序接法示意图

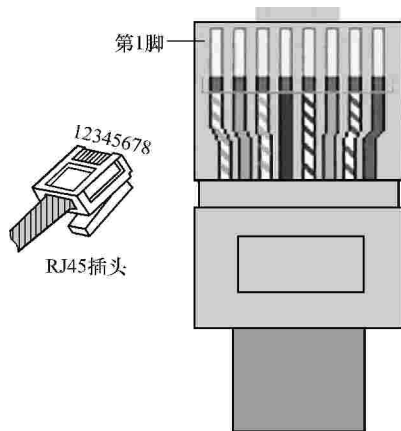


图 3-36 RJ45 型网线插头的 T568B 线序接法示意图

T568A 线序的接法如图 3-35 所示，RJ45 型网线插头各脚与网线颜色标志的对应关系是：插头脚号及网线颜色：1 脚为绿白；2 脚为绿；3 脚为橙白；4 脚为蓝；5 脚为蓝白；6 脚为橙；7 脚为棕白；8 脚为棕。

3) T568B 线序的适用范围。

① 直连线互连。网线的两端均按 T568B 线序端接：计算机 $\longleftrightarrow$ ADSL 猫；ADSL 猫 $\longleftrightarrow$ ADSL 路由器的 WAN 口；计算机 $\longleftrightarrow$ ADSL 路由器的 LAN 口；计算机 $\longleftrightarrow$ 集线器或交换机。

② 交叉互连。网线的一端按 T568B 线序端接，另一端按 T568A 线序端接：计算机 $\longleftrightarrow$ 计算机，即对等网连接；集线器 $\longleftrightarrow$ 集线器；交换机 $\longleftrightarrow$ 交换机。



T568B 线序的接法如图 3-36 所示, RJ45 型网线插头各脚与网线颜色标志的对应关系是: 1 脚为橙白; 2 脚为橙; 3 脚为绿白; 4 脚为蓝; 5 脚为蓝白; 6 脚为绿; 7 脚为棕白; 8 脚为棕。

RJ45 型网线插头引脚号的识别方法是: 手拿插头, 有 8 个小镀金片的一端向上, 有网线装入的矩形大口的一端向下, 同时面对没有细长塑料卡销的那个面, 从左边第一个小镀金片开始依次是第 1 脚、第 2 脚、…、第 8 脚。

4) RJ45 头的制作步骤。

RJ45 头用于数据 (计算机) 链路的连接。RJ45 头有 8 把刀, 对应数据线的 8 芯线, 按 T568B 标准是正面看从左到右依次为: 1 橙白, 2 橙, 3 绿白, 4 蓝, 5 蓝白, 6 绿, 7 棕白, 8 棕。

① 将 UTP 线缆套管自端头剥去 20mm。

② 定位数据线的 8 芯, 将芯线按 1: 2、3: 6、4: 5、7; 8 次序整理好, 为防止插头弯曲时对套管内的线对之间造成损伤, 线缆应并排排列至套管内至少 8mm, 形成一平整部分, 平整部分之后的交叉部分呈椭圆形。

③ 为绝缘导线解扭, 使其按正确的顺序平行排列, 导线 6 跨过导线 4 和 5, 在套管里不应有未扭绞的导线。

④ 导线经修整后 (导线端面应平整, 避免毛刺影响性能), 距套管的长度为 14mm, 从线头开始, 至少 $10 \pm 1\text{mm}$ 导线之间不应有交叉, 导线 6 应在距套管 4mm 之内跨过导线 4 和 5。

⑤ 将导线插入水晶头, 导线在水晶头前端应插到最前端, 套管内的平坦部分应从水晶头后端延伸直至初始张力消除, 套管伸出水晶头后端至少 6mm。

⑥ 压好水晶头, 再一次测量导体和套管长度, 以确保它们满足几何要求。

⑦ 目测水晶头上镀金的 8 把刀是否插入线中, 8 把刀面是否平整。

(2) RJ11 头的做法

RJ11 头用于语音 (电话) 链路的连接, RJ11 头有 4 芯和 2 芯两种, 相对应的是 4 芯线或 2 芯线电话线。水晶头中的电话线只用中间 2 芯。RJ11 通常指的是 6 个位置 (6 针) 的模块化插孔或插头。这种接插件没有国际化的标准, 但在通用综合布线标准中提及。而且, 这个名称往往也用于 4 针版本的模块化接插件, 从而引起混乱。4 芯电话线线序: 中间两根是红绿, 其他两根随便放; 2 芯电话线无线序, 随便放。

1) 将电话线的 4 芯按次序整理好, 用中间 2 芯, 另 2 芯随便。用手指 (食指和拇指) 把线头捏紧, 另一只手用剪刀将线头剪平。留出 8mm 长的线头。

2) 将线插进水晶头中 (一定要插到底)。

3) 将插有数据线的水晶头插入专用夹具中 (一定要插到底)。

4) 将专用夹具中的水晶头用适当力夹紧。

5) 目测水晶头上镀金的 4 (2) 把刀是否插入线中, 4 (2) 把刀面是否平整。

如采用每个双口信息面板到信息箱只布放一条五类线的方式, 每条五类线均同时连接信息面板的电话口和上网口, 其中蓝、蓝白两根线用于电话接口 (RJ11), 绿、绿白、橙、

橙白四根线用于上网接口（RJ45），具体连接方式如图 3-37 所示。

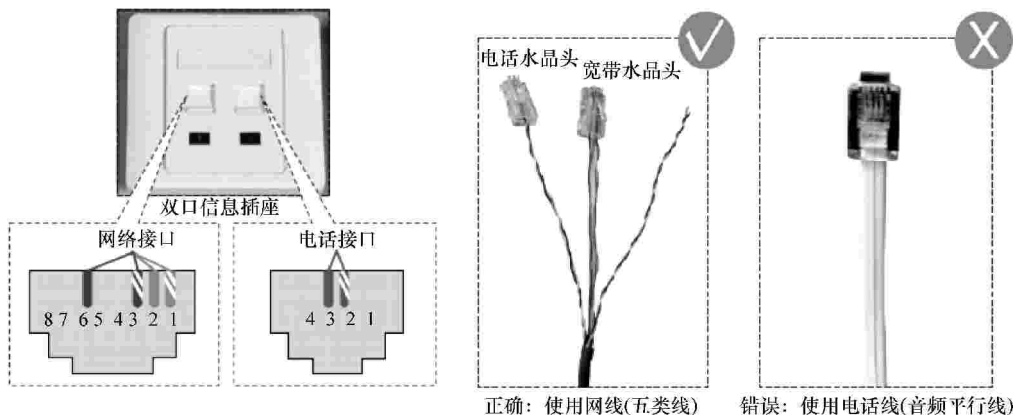


图 3-37 连接方式

如在布线时从双口信息面板到信息箱采用一条五类线 + 一条双绞线的布线方式，则五类线的两端都应采用 T568B 标准线序。

（3）有线电视插头制作

首先，剥去电缆的外层护套，在做这一步操作时，一定注意不要伤到屏蔽网，因为收视质量的好坏完全依赖于屏蔽网，如果镀锡屏蔽网损伤过大，会直接影响最终的收视效果。理想的状态应该如图 3-38 所示。剥去电缆的外层护套后，再将屏蔽层取散，外折，如图 3-39 所示。铝复合薄膜由于内层为绝缘层，一旦折翻过来，反而会影响正常导通，所以这一段铝复合薄膜需要剪掉，如图 3-40 所示。

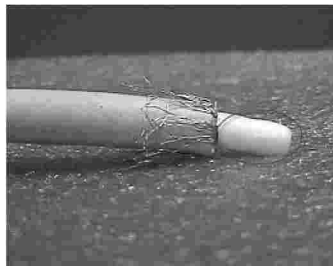
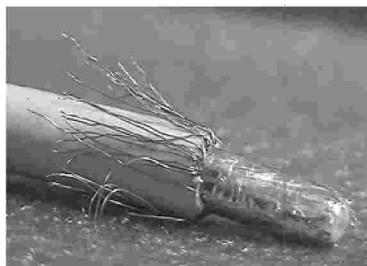


图 3-38 剥去电缆外层护套 图 3-39 屏蔽层取散、外折示意图 图 3-40 铝复合薄膜剪掉示意图

再剥去芯线的绝缘层（图 3-40 中圆圈所示部分），剥的时候需要注意，芯线长度应该和插头的芯长一致，如图 3-41 所示。接好插头，将铜芯用固定螺钉拧紧，并检查屏蔽层固定器是否与金属屏蔽丝良好接合，如图 3-42 中黑圆圈处。屏蔽层固定器在这里的作用可以说是至关重要，除了起到固定金属屏蔽丝的作用，同时还是屏蔽层与插头的金属外壳相连接的桥梁，如图 3-42 中白圆圈处。插头的金属外壳再与电视卡天线接口的金属外壳相接。至此，一条完整的屏蔽通道完成，可以使镀锡屏蔽网的外导电作用得以真正发挥，最后将插头拧紧。



图 3-41 芯线长度应该和插头的芯长一致



图 3-42 插头组装示意图

5. 线缆端头与接线端子连接

- 1) 将线头铜芯剥出 10 ~ 15mm。
- 2) 将剥出的铜芯对折以使线径增加。
- 3) 将接线端子螺钉旋松。
- 4) 将对折线头插入接线端子方形垫下面。
- 5) 将螺钉旋紧，使方形垫将线头压紧，保持良好接触。

6. 模块的接法

1) RJ45 插座数据模块的卡接：按 T568B 标准，该模块背视图卡座左列自下而上依次为绿白、绿、棕白、棕。右列自下而上依次为橙、橙白、蓝、蓝白。将 8 芯 4 对双绞线按上述颜色分别放入卡座上，用卡线刀将线卡入卡座内即可。

2) 电话 RJ11 插座模块的端接：电话模块有两种，一种是一个圆盘，四角有 4 个接线端子，相对应 4 芯电话线；一种是与 RJ45 相似的 4 脚（或 2 脚）卡座，对应 4 芯电话线。按照接线盘上的 4 个端子的颜色（红、黄、绿、黑），将 4 芯电话线分别接上即可。按照卡线座上的 4 个端子的颜色（红、黄、绿、黑），将 4 芯电话线分别卡接上即可。如果 4 根电话线不按颜色次序，就将 2 根有信号的线接到 RJ11 插座模块中间的 2 芯上。

第 4 章

家装电工安装及检测技能

4.1 家居配电箱安装及接线

4.1.1 家居配电箱安装

1. 配电箱验收

1) 铁制配电箱的箱体应有一定的机械强度，周边平整无损伤，油漆无脱落，二层底板厚度不小于 1.5mm，但不得采用阻燃型的塑料板做二层底板，配电箱内各种开关、电能表、漏电保护器应安装牢固，导线排列整齐，压接牢固，应为两部定点厂产品，并有产品合格证。

塑料配电箱的箱体应有一定的机械强度，周边平整无损伤，阻燃塑料二层底板的厚度不应小于 8mm，并有产品合格证。

2) 配电箱二层底板后的布线不要挤压太紧，不得将电线压在二层底板的边缘，接地应符合要求。配电箱内导线颜色为：黄（L1 相），绿（L2 相），红（L3 相），淡蓝（N 零线），黄绿相间双色线为保护地线。导线接头平齐，不得绞接。配电箱内导线应绝缘良好、排列整齐、固定牢固，严禁露出铜线。

3) 配置的漏电保护器应符合装接容量，测试灵敏、可靠，断路时应同时断开相线、中性线。在配电箱内应分别设置零线和保护地线（PE 线）汇线排，零线和保护线应在汇流排连接，不得绞接，并应有编号。

4) 目前住宅配电箱的电能表已与配电箱分体安装，电能表由供电部门统一安装，统一管理，室内配电箱，主要是控制和保护开关。用电器的保护和控制应分路控制，有照明回路、插座回路、空调回路等。配电箱内总开关容量应低于电表箱内开关及电能表容量。各回路开关应与该回路容量匹配。配电箱内的漏电开关、自动开关，排列整齐，并标明各照明、空调、插座等用电回路名称及编号，如图 4-1 所示。配电箱内各回路接线整齐、成束，不得裸露，一个端子上压接的导线不多于 2 根，防松垫圈等部件齐全。

5) 配电箱内开关动作灵活、可靠，漏电断路的漏电动作电流不应大于 30mA，动作时间不大于 0.1s。有超负荷保护功能，其回路应确保负荷正常使用，照明及插座导线线径截面的安全电流值应大于该分路内所有电器额定电流之和。



图 4-1 配电箱回路标示

6) 配电箱的箱体及二层金属板均应与保护接地电路连接, 不可拆卸的接地螺栓的保护接地线截面按规定选择, 并应与其专用接地螺栓有效连接。PE 线不允许利用箱体、金属底板串接。

在照明配电工程中, 当采用 TN-C 系统时, N 线干线不应设接线端子板(排)。当采用 TN-C-S 系统时, 一般应在进线总配电箱设有 PEN 母线和 PE 母线, 并自此分开。电源进线的 PEN 线应先接到 PE 母线上, 再以连接板或其他方式与 N 母线相连, N 线应与地绝缘, PE 线应采用专门的导线, 并应尽量靠近相线敷设。照明配电箱中 N 线及 PE 线端子排的设置有以下两种方式:

1) GB 50259—2008 中规定: 配电箱内应分别设置零线和保护地线(PE 线)汇流排, 各支路零线和保护地线应在汇流排上连接, 不得绞接, 并应有编号。

2) 质监总站 037 号文中规定: 民用住宅照明总配电箱、盘、板内应设置 N 线和 PE 线端子排, 各照明支路 N 线及 PE 线应经端子排配出。层箱及户箱、盘不宜设 PE 线端子排, 各用电器具 PE 线支线与 PE 线干线采用直接连接并包好绝缘放于二层板后。

2. 配电箱安装前检查

1) 安装配电箱前应核对图样, 确定型号是否符合设计要求, 核对配电箱内部电气元件、规格、名称是否齐全完好。检查外观有无锈蚀及损坏等, 确定无误后方可进行安装。

2) 应对配电箱内接线的每个回路绝缘进行测试, 并记录数值。进线电源线应根据相线、零线、地线严格分色敷设, 出线回路应按图样的标准套上相应的异型三角塑料套管, 标明回路编号。

3) 对箱体和管线和预埋质量进行检查, 确定符合设计要求后再进行安装。暗装配电箱的安装高度一般为箱底边距地面不宜小于 1.5m; 导线引入配电箱, 均应套绝缘管。

照明配电箱的保护线要做到位。配电箱(板)的保护线要从端子排列出, 不能利用箱体构架串接。照明配电箱(板)内可拆卸的金属板, 要与保护地线系统连接。如果照明配电箱内的可拆卸的金属板上装配有各种电器配件, 若可拆卸金属板不接保护地线, 容易引发触电事故。

3. 施工准备

在安装住宅配电箱前，必须做好如下准备工作：

1) 工器具。铅笔、卷尺、水平尺、方尺、线坠、手锤、錾子、剥线钳、尖嘴钳、压接钳、电钻、液压开孔器、锡锅、锡勺、电器仪表等。

2) 材料。熔丝（或熔片）、端子板、绝缘嘴、卡片框、软塑料管、木砖射钉、塑料带、黑胶布、防锈漆、灰油漆、焊锡、焊剂、电焊条（或电石、氧气）、水泥、砂子。

4. 配电箱安装

配电箱的安装程序是：配电箱箱体现场预埋→管与箱体连接→安装盘面→装盖板。配电箱应安装在安全、干燥、易操作的场所，如设计无特殊要求，暗装配电箱底边距地高度应为 1.4m。安装配电箱盘面时，抹灰、喷浆及油漆工程应全部完成。根据设计要求检查箱体洞口尺寸与配电箱安装尺寸，并按照箱外形尺寸进行弹线定位，确定固定点位置，用电锤在固定点位置钻孔，孔的大小应刚好将金属膨胀螺栓的胀管部分埋入墙内，将配电箱调整平直后固定，如图 4-2 所示。配电箱垂直度允许偏差为 1.5mm。

箱体与墙面距离 1cm（墙面抹灰层为 1cm），配电箱与墙面接触四周应无空隙，其面板四周边缘应紧贴，墙面配管与箱体连接应做到一管一孔，顺直入箱，露出长度小于 5mm，管孔吻合，不用的敲落孔不应敲落。配电箱的进线口和出线口宜设在配电箱上端口和下端口，接口牢固，如图 4-3 所示。进户导线严禁同分路导线穿一根电线管，进箱体线管排列整齐并设锁扣。

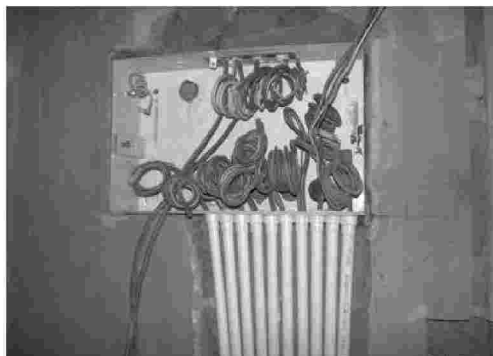


图 4-2 配电箱箱体安装示意图

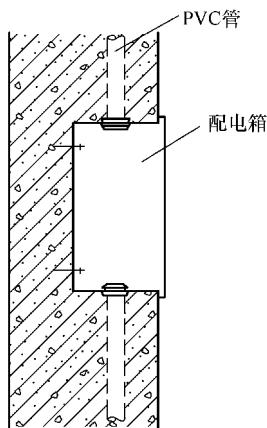


图 4-3 配电箱与配管连接示意图

4.1.2 家居配电箱接线

1. 导线与箱内设备的连接

导线与箱内设备连接之前，应对箱体的预埋质量、线管配置情况进行检查，确认符合设计要求及施工验收规范的规定后，先清除箱内杂物，再进行安装接线。整理好配管内的电源线和负荷导线，引入、引出线应有适当余量，以便检修。管内导线引入盘面时应理顺整齐。多回路之间的导线不应有交叉现象。导线应以一线一孔穿过盘面，并一一对应于开



关、电能表及漏电保护器的端子，盘面上接线应整齐美观，同一端子上的导线应不超过两根，芯线压头应牢固。工作零线经过汇流排（或零线端子板）后，其分支回路排列位置应与开关或熔断位置对应，面对配电箱从左到右编排为1, 2, 3…，零母线在配电箱内不得串联。将入箱导线理顺，分清支路和相序，绑扎成束，剥削导线端头，逐个压在对应的电气设备上。

按配电箱的接线图正确接线，要求配线长短适度，不能出现压皮、露铜等现象；线头要尽量避免交叉，必须交叉时应在交叉点架空跨越，两线间距不小于2mm。削电线绝缘层时应分层（两次）完成，第一次削去绝缘层，且削出裸线，长度要适当；第二次削去电线保护层，其长度不得大于10mm。导线剥削处不应损伤线芯或线芯过长，导线压头应牢固可靠，如多股导线与端子排连接时，应加装压线端子（鼻子），然后一起刷锡，再压接在端子排上。如与压线孔连接时，应把多股导线刷锡后穿孔用顶丝压接，注意不得减少导线股数。

导线压头应牢固可靠，多股导线不应盘圈压接，应用压线端子（有压线孔者除外）。所有接线要拧紧每个固定螺栓，防止线头松动。接完线后，应清扫箱内杂物，绘出配电板的单线系统图，贴在箱门的背后，或在板面做出回路标志。导线引出面板时，面板线孔应光滑无毛刺，金属面板应装设绝缘保护套。

箱内排线应整齐，绑扎成束，扎带距离相等，无绞接现象，不伤芯线，不断股，保持工艺美观。垫圈下螺钉两侧压的导线截面积相同，同一端子上导线连接不多于2根，防松垫圈等零件齐全，导线连接紧密。配电箱内的接地应牢固良好。保护接地线的截面积应按规定选择，并应与设备的主接地、端子有效连接。外露部位应该两端固定，盘面引出线及引导线应留有适当余度，以便维修。

配电箱安装完毕后进行送电调试，最后在箱内开关下方用标签纸标上每个回路所控制的具体负荷名称、位置，以便用户使用、检修。

2. 单相电能表接线

单相电能表既可以单表安装在配电箱内或多表安装在专用电能表箱内，也可以与断路器、漏电保护器等一起装在配电箱上。家庭一般使用单相电能表，单相有功电能表的接线端子按进出线有两种排列形式：一种是1、3接进线，2、4接出线；另一种是1、2接进线，3、4接出线。国产单相有功电能表统一规定采用前一种排列形式，如图4-4所示。电能表接线完毕，在接电前，应由供电部门把接线盒盖加铅封，用户不可擅自打开，单相电能表与电流互感器配合的接线如图4-5所示。电流互感器与有功电能表配用时，有以下几点要求：

1) 与电流互感器一次侧接线端子连接时，应采用铜芯导线或铜排；与二次侧接线端子连接的导线必须采用铜芯导线。

2) 与二次侧接线端子连接的导线的截面积，应选用 1.5mm^2 或 2.5mm^2 的单股铜芯绝缘线；中间不得有接头，不可采用软线；并应把进出线穿入电线管内加以保护（不可同穿在电压回路的一根电线管内，以利安全和便于区别），管径不可小于15mm。

3) 电流互感器二次侧标有“K1”或“+”的接线端子要与电能表电流线圈的进线端

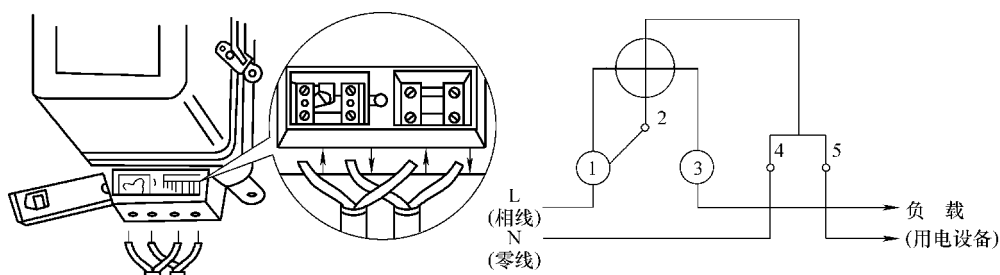


图 4-4 单相电能表接线

子连接；标有“K2”的或“-”的接线端子要与电流线圈的出线端子连接，不可接反（在实际连接时，应把3个电流线圈出线端子、3个K2分别先进行Y形联结，然后把两个Y形联结的中点用一根导线连在一起），每个接点必须连接得牢固可靠。电流互感器的一次侧接线端子分别标有“L1”（或“+”）和“L2”（或“-”），其中，L1接主回路的进线，L2接出线，不可接反。

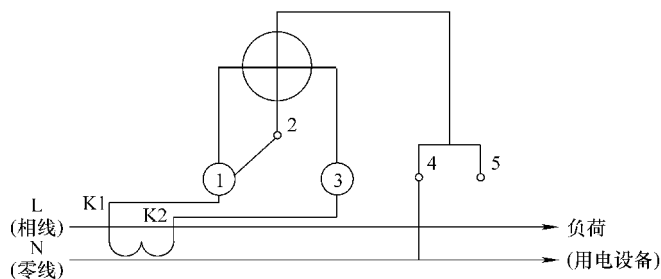


图 4-5 单相电能表与电流互感器配合的接线

4) 电流互感器二次侧的“K2”（或“-”）接线端子、外壳和铁心都必须进行妥善而可靠的接地。

5) 电流互感器宜装在电能表板上方。

3. 质量标准保证项目

低压配电器具的接地保护措施和其他安全要求必须符合施工验收规范规定。

检验方法：观察和检查安装记录。

基本项目：

1) 配电箱安装位置正确，部件齐全，箱体开孔合适，切口整齐。暗式配电箱箱盖紧贴墙面；中性线经汇流排连接，无绞接现象；回路编号齐全，PE保护地线不串接，牢固，导线截面积、线色符合规范规定。

2) 导线与器具连接牢固紧密，不伤线芯。压板连接时压紧无松动；螺栓连接时，在同一端子上导线不超过两根，防松垫圈等配件齐全。

3) 电气设备、器具和非带电金属部件的保护接支线连接紧密、牢固，截面积选用正确，防腐部分涂漆均匀无遗漏。走向合理，色标准确，涂刷后不污染设备和建筑物。



检验方法：观察。

允许偏差：1.5mm。

检验方法：吊线、尺量检查。

4. 成品保护

安装箱（盘）面板时（或贴脸），应注意保持墙面整洁。土建二次喷浆时，注意不要污染配电箱（盘）。配电箱（盘）安装后，应采取成品保护措施，避免碰坏、弄脏电具、仪表。

4.2 家居灯具分类及安装

4.2.1 灯具分类及安全标志

1. 照明灯具分类

照明灯具的分类方法繁多，如按用途分类、按国际照明委员会（CIE）推荐的根据光通量分配比例分类和按防尘、防潮、防触电等级分类等。根据 CIE 的建议，灯具按光通量在上下空间分布的比例分为以下五类：

1) 直接型灯具。此类灯具绝大部分光通量（90% ~ 100%）直接投照下方，所以灯具的光通量的利用率最高。

2) 半直接型灯具。这类灯具大部分光通量（60% ~ 90%）射向下半球空间，少部分射向上方，射向上方的分量将减少照明环境所产生的阴影的硬度并改善其各表面的亮度比。

3) 漫射型或直接—间接型灯具。灯具向上向下的光通量几乎相同（各占 40% ~ 60%），最常见的是乳白玻璃球形灯罩，其他各种形状的漫射透光的封闭灯罩也有类似的配光。这种灯具将光线均匀地投向四面八方，因此光通利用率较低。

4) 半间接灯具。灯具向下光通占 10% ~ 40%，它的向下分量往往只用来产生与天棚相称的亮度，此分量过多或分配不当也会产生直接或间接眩光等一些缺陷。上面敞口的半透明罩属于这一类。它主要作为建筑装饰照明，由于大部分光线投向顶棚和上部墙面，增加了室内的间接光，光线更为柔和宜人。

5) 间接灯具。灯具的小部分光通（10% 以下）向下。设计得好时，全部天棚成为一个照明光源，达到柔和无阴影的照明效果。由于灯具向下光通很少，只要布置合理，直接眩光与反射眩光都很小。此类灯具的光通利用率比前面四种都低。

照明灯具按安装方式分为：嵌入式、移动式和固定式三种。

照明灯具按用途方式分为：民用灯具、建筑灯具、工矿灯具、投光照明灯具、公共场所灯具、船用照明灯具、道路照明灯具、汽车摩托车飞机照明灯具、特种车辆标志照明灯具、电影电视舞台照明灯具、防爆灯具、水下照明灯具。

照明灯具按采用的光源分为：白炽灯具、荧光灯具、高压气体放电灯具、LED 灯具等。

照明灯具按照建筑物的安装情况分类：吸顶灯、吊灯、壁灯、嵌入式灯、地脚灯、庭院灯、自动应急照明灯、移动式灯、道路广场灯等。

照明灯具按使用场所分为：开启型灯具、闭合型灯具、密封型灯具、防爆型灯具、安全型灯具、防震型灯具等。

2. 灯具安全标志

(1) 长城标志

长城标志又称 CCEE 安全认证标志，为电工产品专用认证标志。中国电工产品认证委员会（CCEE）是国家技术监督局授权，代表中国参加国际电工委员会电工产品安全认证组织（IECEE）的唯一合法机构，代表国家组织对电工产品实施安全认证（长城标志认证）。

按照《中华人民共和国标准化法》和《中华人民共和国产品质量认证管理条例》，电工产品开展安全认证是以等效转化国际电工委员会（IEC）安全标准的强制性国家标准和行业标准为依据，按此类标准开展的认证必须进行强制性监督管理，凡未经安全认证的此类产品，不准出厂、销售、进口和使用。

(2) PRC 标志

PRC 标志为电子元器件专用认证标志，其颜色及其印制必须遵守国务院标准化行政主管部门，以及中国电子元器件质量认证委员会有关认证标志管理办法的规定。

(3) UL 认证标志

UL 是美国保险商实验室的缩写，它是一个国际认可的安全检验及 UL 标志的授权机构，对机电包括民用电器类产品颁发安全保证标志。一百多年来，一直致力于对有关材料、工具、产品、设备、构造、方法和系统等对生命财产的危险性进行评估实验。美国安全检测实验室提出了为公众所接受的科学测试方法和要求，它制订了七百多种安全标准，其中部分 UL 安全标准被美国政府采纳为国家标准。产品要行销美国市场，UL 认证标志是不可缺少的条件。

(4) CE 标志

CE 标志是欧洲共同市场安全标志，是一种宣称产品符合欧盟相关指令的标志。使用 CE 标志是欧盟成员对销售产品的强制性要求。目前欧盟已颁布 12 类产品指令，主要有玩具、低压电器、医疗设备、电信终端（电话类）、自动衡器、电磁兼容、机械等。

(5) GS 标志

GS 标志是德国安全认证标志，它是德国劳工部授权由特殊的 TUV 法人机构实施的一种在世界各地进行产品销售的欧洲认证标志。GS 标志虽然不是法律强制要求，但是它确实能在产品发生故障而造成意外事故时，使制造商受到严格的德国（欧洲）产品安全法的约束，所以 GS 标志是强有力的市场工具，能增强顾客的信心及购买欲望，通常 GS 认证产品销售单价更高而且更加畅销。

欧共体 CE 规定，从 1997 年 1 月 1 日起管制“低电压指令（LVD）”。GS 已经包含了“低电压指令（LVD）”的全部要求。所以获得 GS 标志后，TUV 会例外免费颁发该产品 LVD 的 CE 证明（COC），TUV Rheinland 在 1997 年后的证书则在 GS 证书中包含了 LVD 证



书。厂商申请 GS 标志的同时获得了 LVD 证明,瑞士和波兰产品安全认证标志产品范围同 GS 标志。

(6) TUV 标志

TUV 标志是德国零部件产品形式认证标志,适用于电气零部件,如:电源、变压器、调光器、继电器、插接件、插头、导线等机械产品零部件及运动器材零部件。随着电气电子技术的发展,家用电器产品日益普及。广播电视、信息通信和计算机网络的日益发达,电磁环境日益复杂和恶化,使得电气电子产品的电磁兼容性问题受到各国政府和生产企业的日益重视。欧共体政府规定,从 1996 年 1 月 1 日起,所有电气电子产品必须通过 EMC 认证,加贴 CE 标志后才能在欧共体市场上销售。此举在世界上引起广泛反响,各国政府纷纷采取措施,对电气电子产品的 EMC 性能实行强制性管理。国家标准 GM4343《家用和类似用途电动、电热器具、电动工具以及类似电器无线电干扰特性测量方法和限值》已于 1996 年 12 月 1 日起强制实施,国内的家用电器生产厂家必须尽早行动起来,重视 EMC 认证工作,了解和提高产品的 EMC 性能,紧随 EMC 认证的新形势,以取得市场上的主动地位。

(7) JIS 标志

JIS 标志是日本标准化组织(JISC)对经指定部门检验合格的电器产品、纺织品颁发的产品标志。

(8) BEB 标志

BEB 标志是英国家用电器审核局对电器及电器设备经指定的第三方认证机构确认合格后,颁发的安全质量认证标志。

(9) NF 标志

NF 标志是法国认证标志,这种标志可单独用于电器及非电器类产品,也可与其他标志或字母图案共同使用,主要指安全标准要求 and 效能特征。

(10) CB 标志

CB 检验为全球性相互认证体系,全世界有 34 个会员。在共同的 IEC 标准下,各验证单位均相互承认彼此核发的 CB 证书及报告,据此,可以迅速地转换他国证书。

(11) Nordic 标志

Nordic 标志是北欧四国安全认证标志,产品范围同 CB 标志。

4.2.2 灯具安装

1. 灯具的安装方式

灯具的安装方式有三类,即吊式、吸顶式、壁装式。其中,吊式又有线吊式、链吊式、管吊式三种方式;吸顶式又有一般吸顶式、嵌入吸顶式两种方式。

2. 灯具安装前检查

根据住宅灯具的选型设计及安装场所检查灯具是否符合以下要求:

1) 有腐蚀性气体及特别潮湿的场所应采用封闭式灯具,灯具的各部件应做好防腐处理。



- 2) 多尘的场所应根据粉尘的浓度及性质, 采用封闭式或密闭式灯具。
- 3) 除开敞式外, 其他各类灯具的灯泡容量在 100W 及以上者均应采用瓷灯口。

检查灯内配线是否符合以下要求:

- 1) 灯内配线应符合设计要求及有关规定。
- 2) 穿入灯具的导线在分支连接处不得承受额外应力和磨损, 多股软线的端头需盘圈、刷锡。
- 3) 灯具内的导线不应过于靠近热光源, 并应采取隔热措施。
- 4) 使用螺灯口时, 相线必须接在灯芯柱上。

3. 灯具组装

(1) 组合式吸顶花灯组装

- 1) 首先将灯具的托板放平, 如果托板为多块拼装而成, 就要将所有的边框对齐, 并用螺钉固定, 将其连成一体, 然后按照说明书及示意图把各个灯口装好。
- 2) 确定出线和走线的位置, 将端子板(瓷接头)用木螺钉固定在托板上。
- 3) 根据已固定好的端子板(瓷接头)至各灯口的距离掐线, 把掐好的导线削出线芯, 盘好圈后, 进行刷锡。然后压入各个灯口, 理顺各灯头的相线和零线, 用线卡子分别固定, 并且按供电要求分别压入端子板。

(2) 吊顶花灯组装

- 1) 首先将导线从各个灯口穿到灯具本身的接线盒里, 一端盘圈、刷锡后压入各个灯口。
- 2) 理顺各个灯头的相线和零线, 另一端刷锡后根据相序分别连接, 包扎并甩出电源引入线。
- 3) 将电源引入线从吊杆中穿出。

4. 施工准备

(1) 灯具准备

在所有灯具安装前, 先和业主一道检查验收灯具, 查看配件是否齐全, 有玻璃的灯具玻璃是否破碎, 和业主一起注明各个灯的具体安装位置, 并注明于包装盒上。灯具的型号、规格必须符合设计要求和国家标准的规定, 灯内配线严禁外露, 灯具配件齐全, 无机械损伤、变形、油漆剥落、灯罩破裂、灯具歪翘等现象。所有灯具应有产品合格证, 并详读产品说明书。

- 1) 灯具吊钩。花灯的吊钩其圆钢直径不小于吊挂销钉的直径, 且不得小于 6mm。
- 2) 灯具吊管。采用钢管做灯具的吊管时, 钢管内径一般不小于 10mm, 管壁厚度不应小于 1.5mm。
- 3) 灯具瓷接头。应完好无损, 所有配件齐全。
- 4) 灯具支架。必须根据灯具的重量选用相应规格的镀锌材料做成支架。
- 5) 灯具卡具(爪子)。塑料灯卡具(爪子)不得有裂纹和缺损现象。

(2) 其他材料及工器具准备

- 1) 应准备的其他材料有: 胀管、木螺钉、螺栓、螺母、垫圈、弹簧、吊链、线卡子、



灯罩、尼龙丝网、焊锡、焊剂（松香、酒精）、橡胶绝缘带、粘塑料带、黑胶布、防水胶带、砂布、抹布、石棉布等。

2) 应准备的工器具有：铅笔、卷尺、小线、线坠、水平尺、手套、安全带、扎锥、手锤、錾子、钢锯、锯条、压力案子、扁锉、圆锉、剥线钳、扁口钳、尖嘴钳、丝锥、一字螺钉旋具、十字螺钉旋具、活扳子、套丝板、电炉、电烙铁、锡锅、锡勺、台钳、台钻、电钻、冲击钻、射钉枪、验电笔、绝缘电阻表、万用表、工具袋、工具箱、高凳等。

(3) 作业条件

在装饰施工中做好预埋工作，混凝土板应按图样预埋螺栓，吊顶内应预装吊杆。木台、木板油漆完。顶棚、墙面的抹灰工作、室内装饰浆活及地面清理工作均已结束。

5. 灯具安装流程及要求

(1) 工艺流程

定位→打孔或开孔→接线→固定件稳固→安装灯具。

(2) 灯具安装要求

1) 定位。根据图样，确定所装灯具的准确位置，并用铅笔在其所装位置的中心点做记号。

2) 打孔或开孔。直接装在顶棚和墙面的灯具，根据其定位确定打孔的具体点，并用铅笔做好记号，然后用冲击钻打孔，将胶塞敲进或将膨胀螺钉固定，并将固定灯架的固定件稳固装于其上。嵌入式灯具，根据其定位，在相应的位置开孔。

3) 接线。根据控制方式，接好控制线和零线。

4) 固定。将灯具固定在顶棚、墙面上或嵌入式灯具固定在专设框架上。

(3) 灯具相关标准和要求

1) 灯具组装必须合理、牢固，导线接头必须牢固、平整。有玻璃的灯具，固定其玻璃时，接触玻璃处须用橡皮垫子，且螺钉不能拧得过紧。

2) 日光灯管组合的开启式灯具，灯管排列应整齐，其金属或塑料的间距片不应有扭曲和缺陷。

3) 吊链式灯具的灯线不受拉力，灯线的长度必须超过吊链的长度，灯线与吊链美观的编结在一起。

4) 同一室内或场所成排安装的明置灯具，在安装成排灯具前，应先定位再安装，其中心偏差 $\leq 0.5\text{cm}$ 。

5) 射灯应配备相应的变压器，当安装空间狭窄或用 $\Phi 40\text{mm}$ 的灯架时，安装时须检查灯杯或灯珠是否为12V。

6) 当灯具重量大于2kg时，应采用膨胀螺栓固定。

7) 嵌入式灯具的安装须符合下列要求：

- 灯具应固定在专设的框架上，导线在灯盒内应长出吊顶底面15cm，以方便维修拆卸。

- 灯具的边框应紧贴顶棚面且完全遮盖灯孔，不得有露光现象。圆形嵌入式灯具开孔宜用锯齿型开孔器开孔。

- 矩形灯具的边框宜与顶棚的装饰直线平线，其偏差 $\leq 2\text{mm}$ 。

8) 室内安装壁灯、床头灯、台灯、落地灯、镜前灯等灯具时，高度低于 2.4m 及以下的，灯具的金属外壳均应接地可靠，以保证使用安全。螺口灯头相线应接在中心触点端子上，零线接在螺纹端子上。台灯等带开关的灯头，为了安全，开关手柄不应有裸露的金属部分。

9) 卫生间及厨房装矮脚灯头时，宜采用瓷螺口矮脚灯头，相线（开关线）应接在中心触点端子上，零线接在螺纹端子上。

10) 在吊平顶装饰的各类灯具时，应按灯具安装说明的要求进行安装。灯具重量大于 3kg 时，应采用预埋吊钩或从屋顶用膨胀螺栓直接固定支吊架安装（不能用吊平顶吊龙骨支架安装灯具）。从箱盒引出的导线应用软管保护至灯位，防止导线裸露在平顶内。

11) 灯具安装的位置应正确牢固，外观美观，吊灯应采用膨胀螺栓固定，中小型吸顶灯采用膨胀管固定，需开孔安装的灯具应用开孔器开孔，开孔尺寸适合，所有安装灯具灯孔在油工施工前开出来。

6. 灯具安装

(1) 普通灯具的塑料（木）台安装

1) 塑料（木）台的安装。将接灯的电线从塑料（木）台的出线孔中穿出，将塑料（木）台紧贴住建筑物表面，塑料（木）台的安装孔对准灯头盒螺孔，用木螺钉将塑料（木）台固定牢固。

2) 把从塑料（木）台甩出的导线留出适当维修长度，削出线芯，然后推入灯头盒内，线芯应高出塑料（木）台的台面。用软线在接灯电线的线芯上缠绕 5~7 圈后，将灯线芯折回压紧。用黏塑料带和黑胶布分层包扎紧密。将包扎好的接头调顺，扣于法兰盘内，法兰盘（吊盒、平灯口）应与塑料（木）台的中心找正，用长度小于 20mm 的木螺钉固定。

3) 灯具固定应牢固可靠，每个灯具固定用的木螺钉或螺栓不应少于两个，绝缘台直径为 75mm 以下，可采用一个木螺钉或螺栓固定。

(2) 自吊灯具安装

1) 自吊灯具安装时应根据灯具的安装高度及数量，把吊线全部预先掐好，应保证在吊线全部放下后，其灯泡底部距地面高度在 800~1100mm 之间。将电线绝缘层削出线芯，然后盘圈、刷锡、砸扁。

2) 根据掐好的吊线长度断取软塑料管，并将塑料管的两端管头剪成两半，其长度为 20mm，然后把吊线穿入塑料管。

3) 将吊盒盖和灯口盖分别套入吊线两端，挽好保险扣，再将剪成两半的软塑料管端头紧密搭接，加热黏合，然后将灯线压在吊盒和灯口螺柱上。如为螺钉口，找出相线，并做好标记，最后按塑料（木）台安装接头方法将吊线灯安装好。

(3) 直接装在顶棚和墙面上的灯具安装

1) 根据其定位确定打孔的具体点，并用铅笔做好记号，然后用冲击钻打孔，将胶塞敲进或将膨胀螺钉固定，并将固定灯架的固定件稳固装于其上。



2) 嵌入式灯具, 根据其定位, 在相应的位置开孔。将灯具固定在顶棚、墙面上或嵌入式灯具固定在专设框架上。

(4) 壁灯的安装

先根据灯具的外形选择合适的木台或灯具底托把灯具摆放在上面, 四周留出的余量要对称, 然后用电钻在木板上开好出线孔和安装孔, 在灯具的底板上也开好安装孔, 将灯具的灯头线从木台的出线孔中甩出, 在墙壁上的灯头盒内接头, 并包扎严密, 将接头塞入盒内。

把木台或木板对正灯头盒, 贴紧墙面, 可用木螺钉将木台直接固定在盒子耳朵上, 如为木板就应用胀管固定。调整木台(板)或灯具底托使其平正不歪斜, 再用螺钉将灯具拧在木台(板)或灯具底托上, 最后配好灯泡、灯伞或灯罩。

(5) 吸顶灯安装

吸顶灯的灯体直接安装在房顶上, 适合作整体照明用, 通常用于客厅和卧室。吸顶灯在安装和使用中应注意以下几点:

1) 在砖石结构中安装吸顶灯时, 应采用预埋螺栓, 或用膨胀螺栓、尼龙塞或塑料塞固定; 不可使用木楔, 并且上述固定件的承载能力应与吸顶灯的重量相匹配, 以确保吸顶灯固定牢固、可靠, 并可延长其使用寿命。

2) 当采用膨胀螺栓固定时, 应按产品的技术要求选择螺栓规格, 其钻孔直径和埋设深度要与螺栓规格相符。固定灯座螺栓的数量不应少于灯具底座上的固定孔数, 且螺栓直径应与孔径相配。底座上无固定安装孔的灯具(安装时自行打孔), 每个灯具用于固定的螺栓或螺钉不应少于2个, 且灯具的重心要与螺栓或螺钉的重心相吻合。只有当绝缘台的直径在75mm及以下时, 才可采用1个螺栓或螺钉固定。

3) 吸顶灯不可直接安装在可燃的物件上, 有的家庭为了美观在油漆后的三夹板衬上安装吸顶灯, 灯具表面高温部位靠近可燃物时存在不安全因素, 对此必须采取隔热或散热措施。

4) 安装吸顶灯前应检查引向每个灯具的电线线芯的截面积, 铜芯软线不小于 0.4mm^2 , 否则必须更换引线; 还应检查导线与灯头的连接、灯头间并联导线的连接是否牢固, 电气接触是否良好, 避免由于接触不良在导线与接线端之间产生火花而发生危险。

5) 如果吸顶灯中使用的是螺口灯头, 则其相线应接中心触点的端子, 零线应接螺纹的端子; 同时灯头的绝缘外壳不应有破损和漏电, 以防更换灯泡时触电。

6) 装有白炽灯泡的吸顶灯具, 灯泡不应紧贴灯罩; 灯泡的功率应按产品技术要求选择, 不可太大, 以避免灯泡温度过高、玻璃罩破裂后溅落伤人。

7) 与吸顶灯电源进线连接的两个线头, 电气接触应良好, 并分别用黑胶布包好, 保持一定的距离, 尽量不将两线头放在同一块金属片下, 以免短路发生危险。

(6) 日光灯安装

1) 吸项日光灯安装。根据设计图确定日光灯安装位置, 将日光灯贴紧建筑物表面, 日光灯的灯箱应完全遮盖住灯头盒, 对着灯头盒的位置打好进线孔, 将电源线甩入灯箱, 在进线孔处应套上塑料管以保护导线。找好灯头盒螺孔的位置, 在灯箱的底板上用电钻打

好孔，用木螺钉拧牢固，在灯箱的另一端应使用胀管螺栓加以固定。如果日光灯是安装在吊顶上的，应该用自攻螺钉将灯箱固定在龙骨上。灯箱固定好后，将电源线压入灯箱内的端子板（瓷接头）上。把灯具的反光板固定在灯箱上，并将灯箱调整顺直，最后把日光灯管装好。

2) 吊链日光灯安装。根据灯具的安装高度，将全部吊链编好，把吊链挂在灯箱挂钩上，在建筑物顶棚上安装好塑料（木）台，将导线依顺序编叉在吊链内，并引入灯箱，在灯箱的进线孔处应套上软塑料管以保护导线，压入灯箱内的端子板（瓷接头）内。将灯具导线和灯头盒中甩出的电源线连接，并用黏塑料带和黑胶布分层包扎紧密。理顺接头扣于法兰盘内，法兰盘（吊盒）的中心应与塑料（木）台的中心对正，用木螺钉将其拧牢固。将灯具的反光板用螺钉固定在灯箱上，调整好灯脚，最后将灯管装好。

吊链式日光灯安装的常见缺陷有：灯具不整齐，高度不一致；吊链上下档距不一致，出现梯形；灯具漆皮被划伤等。

预防处理方法是：

- 1) 配线定位时，先弹十字中心线，必要时，可加装灯位调节板。
- 2) 吊灯安装完毕，拉一水平线测定中心位置，使灯具成行、高低一致。
- 3) 遇见灯具档距不一致的状况，应改变灯架吊环间距，使吊链上下一致。
- 4) 灯具外包装不宜过早拆除，以免在储运、安装过程中划伤灯具漆皮。

(7) 各型花灯安装

1) 组合式吸顶花灯安装。根据预埋的螺栓和灯头盒的位置，在灯具的托板上用电钻开好安装孔和出线孔，安装时将托板托起，将电源线和从灯具甩出的导线连接并包扎严密。应尽可能地把导线塞入灯头盒内，然后把托板的安装孔对准预埋螺栓，使托板四周和顶棚贴紧，用螺母将其拧紧，调整好各个灯口，悬挂好灯具的各种装饰物，并上好灯管和灯泡。

2) 吊式花灯安装。将灯具托起，并把预埋好的吊杆插入灯具内，把吊挂销钉插入后要将其尾部掰开成燕尾状，并且将其压平。导线接好头，包扎严实，理顺后向上推起至灯具上部的扣碗内，将扣碗紧贴顶棚，拧紧固定螺钉。调整好各个灯口。上好灯泡，最后再配上灯罩。

花灯及组合灯具安装时，常见缺陷有：灯具金属花架带电；安装不牢固，甚至脱落；灯位不准或不对称；吊灯法兰盖不住孔洞而影响美观；在木结构吊顶下安装组合式吸顶灯，防火处理不当，有烧焦木顶板现象等。其原因是：

1) 高级花饰灯具功率大，灯泡温度高，使用过程中因导线被烤而过早老化，致使绝缘损坏而使金属构件长期带电。

2) 预埋吊钩过小或没有足够的安全系数，造成灯具脱落。在木结构吊顶下安装吸顶灯而未留气孔，开灯时间过长后，灯泡产生的温度越积越高，使木结构碳化，当达到一定温度后，易起火燃烧。

3) 确定灯位时，没有参阅土建工程建筑装饰图，易出现灯位不准或不对称，土建施工时，灯位开孔过大等。



预防及处理花灯及组合灯具的安装常见缺陷的措施有:

1) 花饰灯具的金属构件应接入保护线。花灯吊钩加工成型后要镀锌处理,并能悬挂灯具自重6倍的重物,吊钩安装要做到绝对安全可靠。

2) 加强图样会审,施工中各专业应密切配合,凡在木结构上安装的吸顶灯具,均应做到隔热防火处理。

3) 在以装饰为主的施工中,应根据装饰图核准灯具尺寸和分格中心,定出灯位,安装吊钩。

4) 在顶板安装灯群及吊式花灯时,应先确定灯位中心线,在吊顶夹板上开灯位孔洞时,应先钻一小的孔,并将小孔对准灯头盒,待吊顶夹板钉上后,再根据花灯法兰盘大小扩孔,以保证法兰盖住孔洞。

5) 灯具安装完毕,且各条支路的绝缘电阻摇测合格后,方允许通电试运行。通电后应仔细检查和巡视,检查灯具的控制是否灵活、准确;开关与灯具控制顺序相对应,如果发现问题必须先断电,然后查找原因进行修复。

7. 灯具安装质量标准

(1) 保证项目

灯具的规格、型号及使用场所必须符合设计要求和施工规范的规定。3kg以上的灯具,必须预埋吊钩或螺栓,预埋件必须牢固可靠。低于2.4m以下的灯具的金属外壳部分应做好接地或接零保护。

检验方法:观察和检查安装记录。

(2) 基本项目

灯具安装牢固端正,位置正确,灯具安装在木台的中心。灯具清洁干净,吊杆垂直,吊链日光灯的双链平行,排列整齐。

导线进入灯具处的绝缘保护良好,留有适当余量。连接牢固紧密,不伤线芯。压板连接时压紧无松动,螺栓连接时,在同一端子上导线不超过两根,吊链灯的引下线整齐美观。

检验方法:观察、通电检查。

允许偏差项目:灯具成排安装的中心线允许偏差5mm。

检验方法:拉线、尺量检查。

(3) 成品保护

搬运灯具时应轻拿轻放,以免碰坏表面的镀锌层、油漆及玻璃罩。安装灯具时不要碰坏建筑物的墙面。灯具安装完毕后不得再次喷浆,以防止灯具污染。

灯具安装过程中应注意的质量问题如下:

1) 成排灯具的中心线偏差不应超出允许范围,在确定成排灯具的位置时,必须拉线,最好拉十字线。

2) 木台固定不牢,与建筑物表面有缝隙。木台直径在150mm及以下时,应用两个木螺钉固定;木台直径在150mm以上时,应用3个木螺钉成三角形固定。

3) 法兰盘、吊盒、平灯口应在塑料(木)台的中心,其偏差不超过1.5mm。安装时应先将法兰盘、吊盒、平灯口的中心对正塑料(木)台的中心。

4) 吊链单管无罩日光灯链长不超过1m时,可使用爪子链;带罩或双管日光灯以及单管无罩日光灯链长超过1m时,应使用铁吊链。

灯具安装过程中应出示质量记录有:

- 1) 灯具、绝缘导线产品出厂合格证。
- 2) 灯具安装工程预检、自检、互检记录。
- 3) 设计变更洽商记录,竣工图。
- 4) 电气照明器具安装的分项工程质量检验评定记录。
- 5) 电气绝缘电阻测试记录。

4.3 开关、插座安装接线及检测

4.3.1 开关、插座安装准备及要求

1. 开关、插座安装准备

(1) 施工准备

- 1) 开关、插座的规格型号必须符合设计要求,并有产品合格证。
- 2) 其他材料:金属膨胀螺栓、塑料胀管、镀锌木螺钉、镀锌机螺钉、木砖等。
- 3) 主要机具:铅笔、卷尺、水平尺、线坠、绝缘手套、工具袋、手锤、錾子、剥线钳、尖嘴钳、扎锥、丝锥、套管、电钻、冲击钻、钻头、射钉枪、钢丝钳、十字螺钉旋具、一字螺钉旋具、试电笔、绝缘布胶带、防水胶带、电工刀(墙纸刀)等。

(2) 作业条件

- 1) 各种管路已经敷设完毕,底盒已安装完毕。
- 2) 线路的导线已穿完,并已做完绝缘摇测。
- 3) 墙面的浆活、油漆及壁纸等内装修工作均已完成。

2. 开关、插座安装要求

开关、插座安装要求如下:

- 1) 暗装开关的面板应端正、严密并与墙面平齐。
- 2) 开关位置应与灯位相对应,同一室内开关方向应一致。
- 3) 成排安装的开关、插座高度应一致,高低差不大于2mm,成排安装的面板之间的缝隙 $\leq 1\text{mm}$ 。

- 4) 各种开关、插座应安装牢固,位置准确,高度一致。

开关接通和断开电源的位置应一致,面板上有指示灯的,指示灯应在上面,跷板上有红色标记的应朝上安装,“ON”字母是开的标志,当跷板或面板上无任何标志时,应装成开关往上扳是电路接通,往下扳是电路切断,如图4-6所示,开关不允许横装。

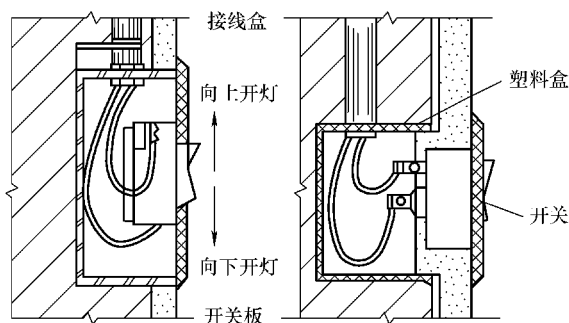


图4-6 开关安装示意图

3. 开关面板、插座的选择要求

选择开关插座面板时应配合家里的整体风格。家庭装修流行风格主要有新西式、欧式传统（还包括包豪司风格、田园式、欧陆风尚）和中国传统式等。安装在同一建筑物、构筑物内的开关，宜采用同一系列的产品，开关操作灵活，接触可靠。面板的尺寸应与预埋的接线盒的尺寸一致；开关、插座表面光洁，品牌标志明显，有防伪标志和国家电工安全认证的长城标志；开关开启时手感灵活，插座铜片要有一定的厚度及弹性；面板的材料应为阻燃性，并且坚固。

插座的规格很多，有两孔、三孔的，有圆插头、扁插头和方插头的，有 10A、16A 的，有中国、美国和英国标准的，有带开关的、带熔丝的、带安全门的、带指示灯的，有防潮的，有尺寸为 86mm×86mm 的，也有尺寸为 80mm×123mm 的等。在选型时要按国家标准选型，但对具体用户来说，为了避免加转换接线板，要选择与家用电器电流、插头及接线盒规格相匹配的插座面板。

在潮湿场所（如卫生间）应采用密封良好的防水防溅插座，如图 4-7 所示。选开关插座产品的要点如下：

1) 接线端子。常见的有传统的螺钉端子和从日本引进并逐渐流行的速接端子两种，后者虽然生产较为困难，但使用更为可靠，且接线非常简单快速，即使是非专业施工人员，只要简单将电线插入端子孔，连接即告完成，且绝不会脱落。与速接端子相比，螺钉端子接线质量容易受施工人员的技术水平的影响，而且接线以后，在受到震动或外力拉拽时容易发生松动，造成虚接甚至脱落。



图4-7 防水防溅插座安装示意图

2) 开关手感。手感是普通消费者判断开关好坏最简单的办法，好的开关一般弹簧较硬，在开关时比较有力感，而普通开关则非常软，甚至经常发生开关手柄停在中间位置的现象。

3) 荧光开关。荧光开关一般有涂料型和电源发光型（如氖泡），前者价格较低，但

由于荧光粉是靠有外界光源时储备的光量发光，在晚间外界光源消失后，能量很快耗尽，无法起到荧光作用。而正规厂商的产品一般采用电源发光技术，可长期发光，价格相对较贵，适用于中高档装修或某些特定位置，如房间入口、厕所灯、楼梯等处。

4) 铜材。作为铜材，在购买时虽然无法看清楚，但对于插座来说却至关重要。判断的最简单办法就是用插头试一试插拔力度是否适中，然后用手掂一下，看插座是否有点沉。

5) 绝缘材料。绝缘材料对于开关插座的安全性来说非常重要，但普通消费者却较难判断，购买时如果能对其核心部件做一下燃烧实验当然最好，如果没条件，从外观上来说，好的材料一般质地较为坚硬，很难划伤，成型后结构严密，且分量较重。如采用尿素树脂材料，阻燃、抗电弧、耐热、坚硬。

6) 开关触点。一般好的开关触点有纯银和银钨合金两种。银的导电性非常好，但由于纯银熔点低，质地软，因此在使用中容易发生高温熔化或反复使用后变形等问题，而采用银钨合金正好可以解决这个矛盾，既保证了银的良好导电性，又有效提高了其熔点和硬度。

4.3.2 开关、插座安装接线

1. 开关、插座安装接线工艺流程

清理→接线→安装→固定。

1) 清理。用镊子轻轻地将盒子内残存的灰块剔掉，同时将其他杂物一并清出盒外，再用湿布将盒内灰尘擦净。

2) 接线的一般规定：

- 同一场所的开关切断位置应一致，且操作灵活，接点接触可靠。
- 电器、灯具的相线应经开关控制。
- 多联开关不允许拱头连接，应采用 LC 型压接帽压接总头后，再进行分支连接。
- 先接开关的相线，再连接控制线端。插座接线顺序为相线、零线、地线。
- 连接多联开关的时候，一定要有逻辑标准，或者是按照灯方位的前后顺序，一个一个渐远。

先将盒内甩出的导线留出维修长度，削出线芯，注意不要碰伤线芯。将导线按顺时针方向盘绕在开关、插座对应的接线柱上，然后旋紧压头。如果是独芯导线，也可将线芯直接插入接线孔内，再用顶丝将其压紧，注意线芯不得外露。将开关或插座推入盒内（如果盒子较深，大于 2.5cm 时，应加装套盒），对正盒眼，用螺钉将面板平正地固定于墙面上，固定面板时，应先拧底盒活动的那边，拧螺钉时，须用手按住面板。开关、插座安装牢固，位置正确，盖板端正，表面清洁，紧贴墙面，四周无缝隙，同一房间开关或插座高度一致。地插座面板与地面齐平或紧贴地面，盖板固定牢固，密封良好。

开关的安装应在灯具安装完成后，开关必须串联在相线上，零线不得串接开关。两只双联开关控制一只白炽灯的接线原理图如图 4-8 所示，三控开关的原理和接线图如图 4-9 所示。



面对插座面板，左侧零线，右侧相线，开关插座接线示意图如图 4-10 所示，确定了相线、零线、地线的颜色，任何时候颜色都不能用混。

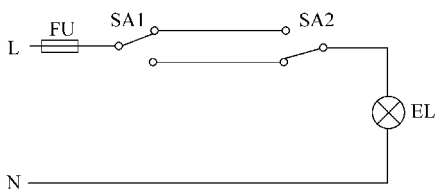


图 4-8 两只双联开关控制一只白炽灯的接线原理图

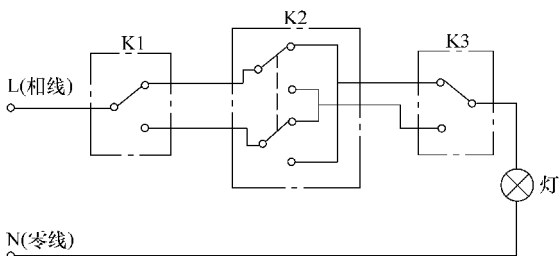


图 4-9 三控开关的原理和接线图

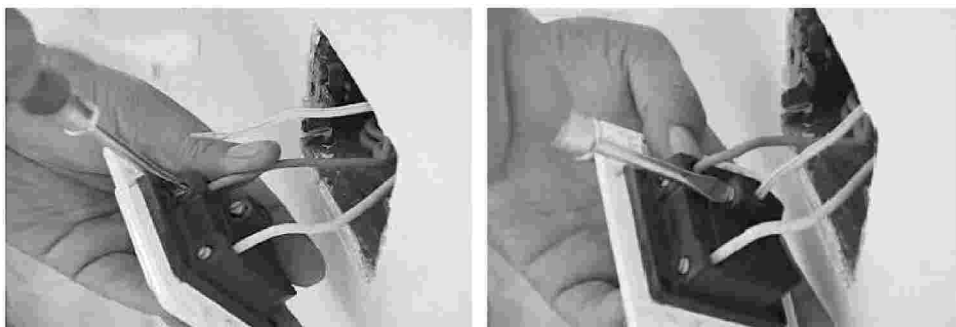


图 4-10 开关、插座接线示意图

扳把开关接线时，把电源相线接到静触点接线柱上，动触点接线柱接灯具导线。双联开关有 3 个接线柱，其中两个分别与两个静触点连通，另一个与动触点接通。双控开关的共用极（动触点）与电源的 L 线连接，另一个开关的共用桩与灯座的一个接线柱连接，灯座另一个接线柱应与电源的 N 线相连接，两个开关的静触点接线柱再用两根导线分别进行连接。

单相两孔插座有横装和竖装两种，横装时，面对插座的右极接相线，左极接中性线；竖装时，面对插座的上极接相线，下极接中性线。单相三孔、三相四孔及三相五孔插座的接地（PE）或接零（PEN）线接在上孔。插座的接地端子不与零线端子连接。同一场所的三相插座接线的相序一致。插座箱内多个插座导线连接时，不允许拱头连接，应采用 LC 型压接帽压接总头后，再进行分支线连接。接地（PE）或接零（PEN）线在插座间不串联连接。插座插孔排列顺序图如图 4-11 所示。规范安装的插座面板如图 4-12 所示。开关、插座面板规范安装工艺如下：

- 1) 墙面施工完毕以后，再安装面板。
- 2) 面板与线盒固定要紧密。
- 3) 要保持面板水平，面板与墙面四周结合严密。
- 4) 安装面板时，应套上手套，以防安装时对墙面造成污染。

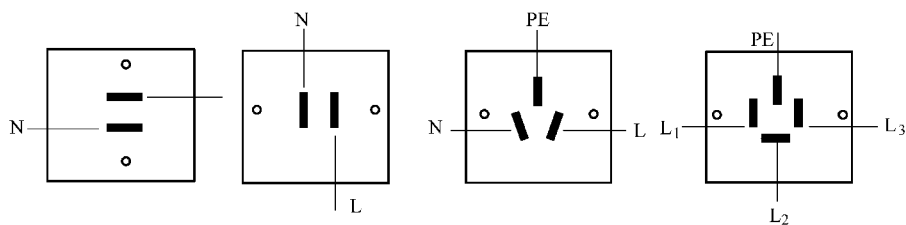


图 4-11 插座插孔排列顺序图

插座面板不规范施工如下：

1) 先安装面板，再做墙面漆（先安装面板时，由于线盒底部的墙面未处理平整，墙面漆做完后，面板四周有缝隙，无法处理。若采取先装面板，发现有缝隙时让油工先做处理，再刷墙面漆，会避免面板四周有缝隙，但刷漆后，面板四周会留下保护面板的胶带印记）。

2) 安装时不采用水平工具辅助安装，只凭目测安装。

3) 面板安装时没有采取相应的保护措施，对墙面造成污染。

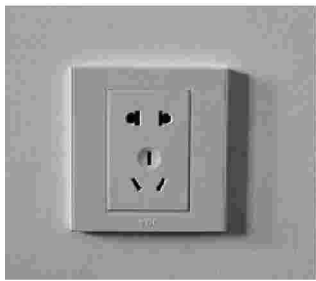


图 4-12 规范安装的插座面板

通电对开关、插座进行试验，开关的通断设置应一致，且操作灵活，接触可靠；插座左零、右火（相），上保护应无错接、漏接；三连开关应设置正确且一致；灯具开启工作正常。

2. 开关、插座安装质量标准

(1) 主控项目

1) 相线与中性线的连接导线位置必须符合施工验收规范有关规定。

2) 插座连接的保护接地线及相线与中性线的连接导线位置必须符合施工质量验收规范有关规定。

3) 插座使用的漏电开关动作应灵敏可靠。

检验方法：观察和检查安装记录。

(2) 一般项目

1) 开关、插座的安装位置正确。盒子内清洁，无杂物，表面清洁，不变形，盖板紧贴建筑物的表面。

2) 开关切断相线。导线接入开关、插座处的绝缘良好，不伤线芯，插座的接地线单独敷设。

检验方法：观察和通电检查。

3) 开关、插座的面板并列安装时，开关、插座的高度差允许为 0.5mm；同一场所的高度差为 5mm；面板的垂直允许偏差为 0.5mm。

检查方法：吊线、尺量检查。

(3) 成品保护

1) 安装开关、插座时不得碰坏墙面，要保持墙面的清洁。



2) 开关、插座安装完毕后,不得再次进行喷浆,以保持面板的清洁。

3) 其他工种在工时,不要碰坏和碰歪开关、插座。

开关、插座安装时应注意的质量问题如下:

1) 开关、插座的面板不平整,与建筑物表面之间有缝隙,应调整面板后再拧紧固定螺钉,使其紧贴建筑物表面。

2) 开关末端相线,插座的相线、零线及地线压接混乱,应按要求进行改正。

3) 多灯房间开关与控制灯具顺序不对应。在接线时应仔细分清各路灯具的导线,依次压接,并保证开关方向一致。

4) 固定面板的螺钉不统一(有一字和十字螺钉),为了美观,应选用统一的螺钉。

5) 同一房间的开关、插座的安装高度之差超出允许偏差范围,应及时更正。

6) 开关、插座箱内拱头接线,应采用 LC 安全型压线帽压接总头后,再分支进行导线连接。

(4) 应具备的质量记录

1) 各型开关、插座及绝缘导线产品的合格证。

2) 开关、插座安装工程、预检、自检、互检记录。

3) 设计变更洽商记录、竣工图。

4) 电气绝缘电阻测试记录。

5) 开关、插座安装分项工程质量检验评定记录。

4.3.3 家装电气检测及验收

1. 家装电气检测

配电箱、开关、插座安装前必须确认合格证,并进行检测。电气布线在封槽之前检测,并在封槽之前绘制出强电布置图,图样必须字迹清晰,图样上须有线路标高、走向以及相关的配电说明和图例。

(1) 接线检查

插座接线的检查是一项十分重要的工作,在家装电气安装中,对插座的接线检查通常采取四种方法:电压表法、灯泡法、发光二极管法和氖泡法。这四种方法的原理相同,即检查插座三根线间的电压,工程中常用的插座接线检查器如图 4-13 所示,其中,图 4-13a 为国外产品的原理图;图 4-13b 为国内使用的插座接线检查器;图 4-13c 为简化的插座接线检查器。

用图 4-13 所示的任何一种插座检查器都可查出插座的 L、N 接线是否接反。当插座接线正确时,接于 L、N 和 L、PE 间的指示灯,如发光二极管、氖泡(或者电压表指示电压)受到 220V 电压的作用而发光;若 L、N 接反,接于 L、N 端子间的指示灯仍发光,而接于 L、PE 端子间的指示灯实际接在 N、PE 之间,因此不发光。针对图 4-13a 和图 4-13b,此时接于 N、PE 端子间的指示灯也发光,由此可判断出 L、N 是否接反。

利用图 4-13 所示的插座接线检查器还可查出 L、PE 是否接反,当发生 L、PE 接反时,接于 L、PE 间的指示灯仍发光,而接于 L、N 间的指示灯,实际接在 N、PE 之间,因

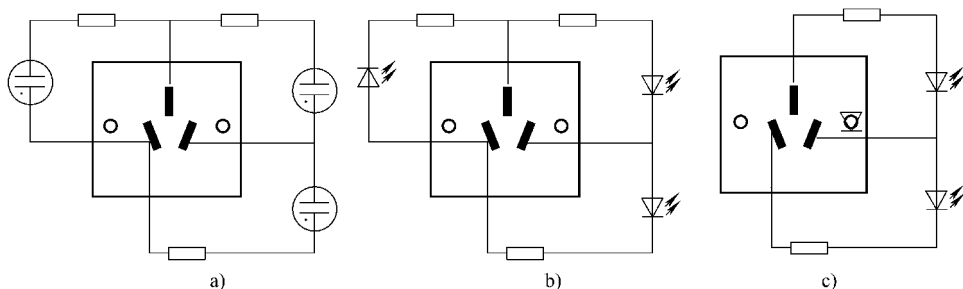


图 4-13 插座接线检查器

此不发光，由此判断出 L、PE 是否接反。

利用图 4-13 所示的插座接线检查器还可查出是否断线，若 PE 线断，接于 L、PE 间的指示灯不亮；若 N 线断，接于 L、N 之间的指示灯不亮；若 L 线断，插座检查器的指示灯全灭，由此可判断是否断线。

图 4-13 所示的插座接线检查器无法直接查出 N、PE 是否接反，也无法查出 N、PE 间是否短路。因为 N 和 PE 处于同一电位，插座接线正确时，N、PE 间的指示灯是不亮的，N、PE 接反或者短路，接于 N、PE 之间的指示灯仍旧和接线正确时一样，指示灯不亮。

可利用图 4-13 所示的插座检查器分两步检查来判断 N、PE 是否接反，即在排除 L、N 和 L、PE 接反及断线错误后，在配电箱处人为切断总 N 线，再用图 4-13 所示的插座接线检查器检查一遍，若显示的结果和断 N 线的结果一致，则可认为 N、PE 没有接错，也没有短路。

更快速地判断插座的 N、PE 是否短路的方法是可在住户配电箱内进行，切断电源后，测量总开关输出端的 N 线和 PE 排之间的绝缘即可，因为标准规定，住户配电箱的总开关必须同时切断 L 线和 N 线，因此 N 线在电源端和地之间的联系切断了，N 和 PE 之间应该是绝缘的。

利用插座接线检查器可检查插座的 PE 线是否漏接或者断线，但无法检查 PE 线的接触电阻是否符合要求。以往检查插座 PE 线的几种方法如图 4-14 所示。这些方法不仅不正确，还会造成误判，甚至有发生电击的危险。

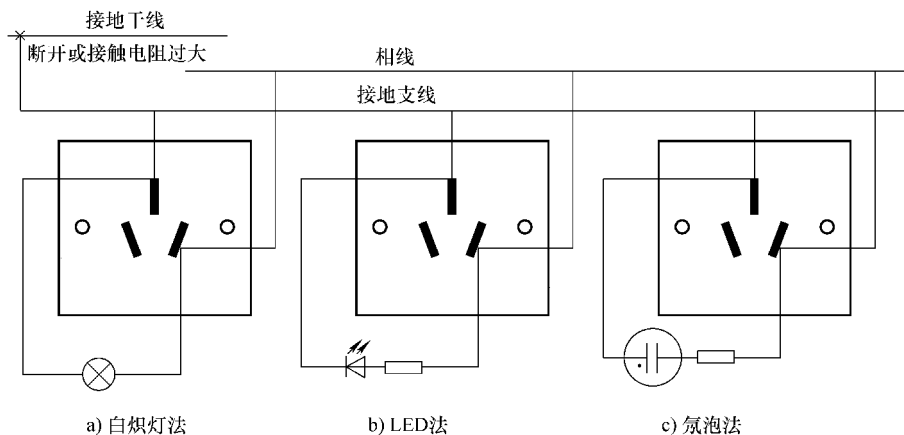


图 4-14 检查插座 PE 线接线图



图 4-14 中的接地支线和接地干线连接点如果发生断裂,此时用白炽灯法检查插座的接地线,如图 4-14a 所示,对地电压为 220V 的相线通过灯泡施加到接地支线上,由于接地支线和接地干线发生断裂,因此接地支线的对地电位亦为 220V,在这种情况下人触及与接地支线相连的设备外壳就会遭到电击的危险。

如果接地支线和接地干线的连接不良,造成接触电阻过大,例如接触电阻达到 $1\text{k}\Omega$,此时用图 4-14b 或图 4-14c 所示的插座接线检查器检查,由于插座接线检查器的限流电阻达到 $50\text{k}\Omega$,因此串入 $1\text{k}\Omega$ 的接触电阻,测量结果仍判为正确,线路的电阻通常要求在 10Ω 左右,现在电阻大了 1000 倍,仍然认为正确,这显然是误判。为了检查插座 PE 线的接触电阻,应采用图 4-15 所示的方法。

在住户配电箱内,同时切断电源的 L 线和 N 线,把 PE 线和 N 线短接,用万用表 $R \times 1\Omega$ 档测量插座 PE 和 N 之间的电阻,此时读数为 PE 线和 N 线的电阻之和,若为几欧以内,则合格。

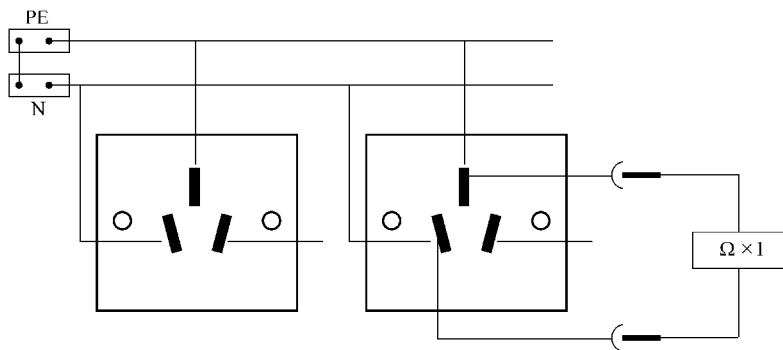


图 4-15 检查插座 PE 线的接触电阻接线

更为简便的方法是,不需要断开电源,在带电的情况下,用 HT234E 接地电阻测试仪测量插座的 PE 线和 N 线之间的电阻。对 TT 系统,如图 4-16 所示,此时测出的读数是四项电阻之和:PE 线电阻、N 线电阻、PE 线的保护接地极电阻、与 N 线相连的工作接地电阻。用 HT234E 带电测量时,若误接到 N 和 L 之间,测试仪不会损坏,此时显示的读数为 220V,并显示测量错误的警告信号。

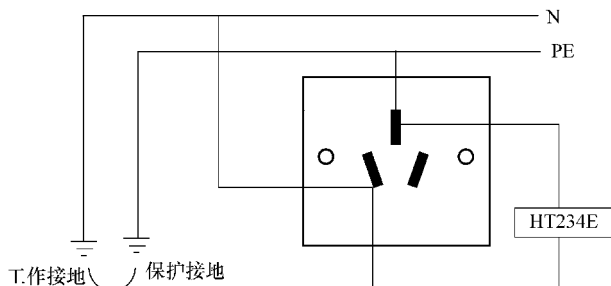


图 4-16 接地电阻测试仪测量插座 PE 线和 N 线之间的电阻

(2) 线路绝缘测量

线路绝缘测量是确保线路正常和安全的关键工作,线路绝缘若出现不良情况,轻则电

气设备不能正常工作，重则短路跳闸，甚至引起电气火灾。为了保证线路绝缘良好，必须选用绝缘性能优良的导线。导线主要存在如下问题：单股导线的线径不符合标准，或多股导线缺股；绝缘层有明显厚薄或偏心；绝缘层内导线有接头；长度短缺。

除了选用绝缘性能优良的导线外，施工时还要避免导线的绝缘层损坏。诸如：管内不准有垃圾；管口要光滑；穿线时，管口要先套护圈；导线不能扭绞等。为了正确判断施工后线路绝缘是否良好，绝缘测试工作必须认真进行，不能遗漏一根导线，并正确记录测试数据后妥善保存。测量线路绝缘用的绝缘电阻表属强制性检定的仪表，必须经检定合格且在检定的有效周期内方可使用。对照明线路的绝缘测试工作要分两步进行：第一步是在导线敷设后（例如管内穿线完成后）进行；第二步是在灯具、开关及插座接线完成而灯泡尚未装入时进行。

对穿管敷设的线路，因为导线并在一起，故必须逐根测试，不能遗漏。导线在金属管内敷设时，除了要测量线与线之间的绝缘外，还必须测量线与金属管或金属线槽间的绝缘。导线在塑料管或塑料线槽内敷设时，只需测量线间绝缘。

绝缘测量时应选用精确度为 0.1 级的 500V 绝缘电阻表。绝缘测量前，对所用的绝缘电阻表应进行开路及短路试验，以判别该仪表工作是否正常。开路试验时，测试端子不接导线，摇动手柄至规定速度，指示值应为无穷大；短路试验时，两个测试端子用导线短接，慢慢摇动手柄，指示值应为“0”。

线间绝缘或线与地之间的绝缘必须在 $0.5\text{M}\Omega$ 以上，线路敷设后绝缘测试合格，并不能保证接线后绝缘仍旧合格，因为在接线过程中存在着使导线绝缘下降甚至短路的可能。

灯具接线时，如果相线绝缘层受损且与灯具金属外壳相碰，就造成 L 与 PE 短路。如果 N 线绝缘受损且与灯具金属外壳相碰，就造成 N、PE 短路。插座接线时也会造成导线绝缘损坏短路等情况，最常见的是：插座面板固定时，当面板螺钉过长，螺钉端部又正好顶在导线上，就会损坏导线绝缘，如果插座盒是金属的，就会使导线与地间发生短路；导线并头后，接头绝缘未处理好，例如用黑包布直接包缠接头，又用金属接线盒时，就会造成导线与地之间的绝缘不良。

除了上述情况外，还有其他情况可能使导线绝缘下降甚至短路，例如管线受到外力破坏后造成导线短路。这些情况在安装过程中都出现过，为了确保线路绝缘，接线后必须进行绝缘测试。接线后的绝缘测试在总开关箱或分开关箱内进行。例如检查照明线路，切断电源，解开进照明开关箱的 N 线，用绝缘电阻表进行测量：

1) L 线与 PE 线间的绝缘电阻。1kV 及以下馈电线路的绝缘电阻值不应小于 $0.5\text{M}\Omega$ 。这是指单根导线。当同一相的相线多路输出时，如果绝缘电阻小于 $0.5\text{M}\Omega$ ，就无法判别是哪一路导线对地绝缘不良，此时应把相线逐根解开，单独进行测量。应注意的是：测量时如果开关处于打开位置，那么开关至灯具一段导线（俗称开关线）对地绝缘未测量。为测量这一段导线的绝缘情况，可把所有灯具的开关全部扳到闭合状态，则此时的测量结果为相线和中性线对地的绝缘。

2) N 线对 PE 线间的绝缘电阻。测量前必须解开来自电源的总 N 线，然后测量负荷端的 N 线与 PE 线之间的绝缘电阻，其值应在 $0.5\text{M}\Omega$ 以上。如果测量结果小于 $0.5\text{M}\Omega$ 时，



首先应把 N 线逐根从 N 排上解下,然后再单独测量每根 N 线与 PE 线之间的绝缘电阻。

2. 家装电气工程验收标准

(1) 验收的前提条件

暗敷的电线必须用 PVC 套管敷设,每户应设置分线配电箱。即使一户拥有相近的两套房也不能随意并箱。配电箱内应设置漏电保护器装置。漏电动作电流应不大于 30mA,有过负荷、过电压保护功能。根据实际用途,可分几路出线,各回路均应确保负荷正常使用。各回路的绝缘电阻值应 $\geq 0.5\text{M}\Omega$ 。保护地线与非金属部件连接应可靠。电线及电器的质量必须符合现行国家标准规定,有生产厂名、厂牌、产品合格证、质保书等。

(2) 验收要求

- 1) 交工验收必须有电气施工图。
- 2) 电线敷设,电路改造必须作隐蔽验收。
- 3) 照明线使用 2.5mm^2 铜线,空调使用 4mm^2 铜线。
- 4) 吊平顶内的电气配管,应按明管设置,不得将配管固定在平顶的吊架或龙骨上。出墙线管要用管卡与墙面固定。各种导线均不得在吊平顶内出现裸露,灯具处要有接线盒。
- 5) 接地保护应连接可靠,导线间和导线对地间的绝缘电阻值应大于 $0.5\text{M}\Omega$ 。
- 6) 开关、插座要有暗盒,盒表面平整,外观完好,绝缘器件无裂纹,安装牢固,安装方式符合规定。并列安装的开关、插座终端盒除按规定安装外,必须整齐,安装牢固。
- 7) 漏电开关安装要正确,灵敏度试验符合规定。过于敏感跳闸过频或过量超载不能启动跳闸的均为不合格。
- 8) 电器验收应作通电实验,灯具试亮及灯具控制性能良好,试验等应按程序逐个调试验收。
- 9) 卫生间插座应选用防水溅式。
- 10) 插座离地面一般为 30cm,开关一般距地 1.3m 高度,开关、插座接线正确。

(3) 验收方法与常识

电气系统图布线走向应标明,验收时逐段检验,中途变更要在图样上做好记录。竣工验收后应标明暗管走向、高度、具体位置、导线截面积的规格、型号,以备一旦出现电气线路断路或再装修时确定暗敷设电线所在位置。

所有与开关、插座、漏电保护装置、配电箱及其他用电器连接的接头应留有一定余量,一般为 15cm。电线在管内的截面积之和不应超过管内直径面积的 40%,管内不得有接头和扭结。插座的相线、零线、接地应按规定标准接线。

4.4 家居安全设施安装及接线

4.4.1 家居漏电保护器安装及接线

1. 漏电保护装置安装原则

漏电保护器是一种利用检测被保护供电回路内部所发生的相线对地漏电或触电电流的

大小而作为发出跳闸信号并完成跳闸任务的保护电器。正常情况下，相线对地漏电电流（对三相电网则是不平衡泄漏电流）较小，达不到漏电保护器的动作值，因此漏电保护器不会动作。当被保护供电回路内发生漏电或人身触电等故障时，通过漏电保护器检测元件的电流达到其漏电或触电动作电流值时，这时漏电保护器就会发出跳闸指令，使其所控制的电路断开，从而起到漏电或触电保护的作用。

漏电保护器的类型很多，按工作原理可分为：电压型与电流型漏电保护器。按极数和线数来分，有单极二线、二极二线、三极三线、三极四线、四极四线等数种漏电保护器。按脱扣器方式可分为：电磁型与电子型漏电保护器。漏电保护器在技术上的基本要求：

- 1) 触电保护的灵敏度要正确合理，一般启动电流应在 $15 \sim 30\text{mA}$ 范围内。
- 2) 触电保护的动作时间一般情况下不应大于 0.1s 。

保护器应装有必要的监视设备，以防运行状态改变时失去保护作用，如对电压型触电保护器，应装设零线接地装置。

漏电保护器在我国应用已多年，积累了不少经验，但是在住宅的电气设计、安装及调试中尚不够重视。强制性国家标准《住宅设计规范》的实施，进一步强调了居民用电的安全性和可靠性。

装有漏电保护装置的电气线路和设备的泄漏电流必须控制在允许范围内，所选用漏电保护装置的额定不动作电流应不小于电气线路和设备的正常泄漏电流最大值的 2 倍。当电气线路或设备的泄漏电流大于允许值时，必须更换绝缘良好的电气线路或设备。当电气设备装有高灵敏度的漏电保护装置时，电气设备单独接地装置的接地电阻可适当放宽，但应限制预期的接触电压在允许范围内。

安装漏电保护装置前，应仔细检查其外壳、铭牌、接线端子、试验按钮、合格证等是否完好。装设在进户线上的带有剩余电流动作保护的断路器，其室内外配线的绝缘电阻，晴天不应小于 $0.5\text{M}\Omega$ ，雨天不应小于 $0.08\text{M}\Omega$ 。配电变压器低压侧中性点的工作接地电阻，一般不应大于 4Ω ，但当配电变压器容量不大于 100kVA 时，接地电阻可不大于 10Ω 。绝缘电阻以及接地电阻这两项规定是保证配电系统安全运行及保护器能否正确动作所不可忽视的问题。

用于防止触电事故的漏电保护装置只能作为附加保护，加装漏电保护装置的同时不得取消或放弃原有的安全防护措施。安装带有短路保护的漏电开关，必须保证在电弧喷出方向留有足够的飞弧距离。漏电保护装置不宜装在机械振动大或交变磁场强的位置。安装漏电保护装置应考虑到水、尘等因素的危害，采取必要的防护措施。

2. 漏电保护装置接线

漏电保护装置的接线必须正确，接线错误可能导致漏电保护装置误动作，也可能导致漏电保护装置拒动作。接线前应分清漏电保护装置的输入端和输出端、相线和零线，不得反接或错接。输入端与输出端接错时，电子式漏电保护装置的电子线路可能由于没有电源而不能正常工作。

组合式漏电保护装置控制回路的外部连接应使用铜导线，其截面积不应小于 1.5mm^2 ，连接线不宜过长。漏电保护装置负荷侧的线路必须保持独立，即负荷侧的线路（包括相线



和工作零线)不得与接地装置连接,不得与保护零线连接,也不得与其他电气回路连接。在保护接零线路中,应将工作零线分开;工作零线必须经过保护器,保护零线不得经过保护器,或者说保护装置负荷侧的零线只能是工作零线,而不能是保护零线。

应当指出的是,漏电保护器后方设备的保护线不得接在保护器后方的零线上。否则,设备漏电时的漏电流经保护器返回,保护器将拒动。

3. 保护器动作值的确定

首先测量低压网络中的泄漏电流,测试步骤为:先将配电变压器中性点的接地线断开,在N线与PE线之间串入一个内阻较小的毫安表,先送出一分路,其他分路停用,所测的不平衡泄漏电流为这一分路的泄漏电流,用这种方法测出其他分路的泄漏电流以及低压网络总泄漏电流。需要注意的是,由于低压网络绝缘电阻值受气候影响变化幅度大(指一年内的变化),现场实测值应给予修正后,才能作为动作电流值,即:

$$I_{\Delta n} = KI_0 \quad (4-1)$$

式中, $I_{\Delta n}$ 为剩余电流动作总保护器的动作电流值 (mA); I_0 为现场实测的不平衡泄漏电流 (mA); K 为季节修正系数,非阴雨季测量, K 取 3.0, 阴雨季测量, K 取 1.5。

这样确定的动作电流值,虽然能避免保护器的误动,但降低了保护功效,最好的办法是选用可调动作电流值的保护器,即在非阴雨季时,将动作电流值调低,到了阴雨季时,将动作电流值调高,这样动作电流值的确定应为:非阴雨季和阴雨季实测的不平衡泄漏电流分别乘以系数 1.5,就是非阴雨季和阴雨季保护器的实际动作值。这样整定的数值,触电危害后果会减轻。

为了避免总保护器发生频繁的误动作及对供电回路上的直接接触电击有较大的保护功能,其动作电流在躲开正常泄漏电流的情况下,应尽量选小,那么低压电力网络的允许最大泄漏电流应为多大,这应从我国低压网络的实情考虑,又要兼顾人身和设备安全,在有关规程中明确规定:凡安装剩余电流动作总保护的低压电力网,其泄漏电流不应大于保护器的额定剩余电流动作电流的 50%。

4.4.2 家居电源、信号端口防雷

随着电子信息技术的发展,家居中均有大量较贵重的家用电器,如个人计算机已在家庭中普及应用。由于家用电器耐冲击电压水平低于低压配电装置,所以必须加强家居低压电源系统的防雷措施。

根据 IEC 的统计,自然界中首次雷击电流幅值超过 200kA 的几率不到 2%,首次雷击电流波形为 10/350 μ s。由于外部防雷的接闪和电磁的衰减,约有 50% 的雷电能量入地,因此 IEC-61312 规定了作为处在 LPZO-A 和 LPZO-B 防雷区之间的首级避雷器的放电电流,应达到 100kA (10/350 μ s)。考虑到符合电气安全的设备,其耐过电压能力一般是工作电压的 2~3 倍,因此作为最内部的防雷器的残压要求在 600V 左右,末级的电子设备要求残压更低。由于雷击电磁脉冲的强度与设备的耐压水平相差悬殊,IEC 经过长期实践证明,只有分级保护才能达到这一要求。低压配电系统由于其线路的架空距离长,线径也大于其他线路,一般情况下,电源线路将耦合大部分的雷电电磁能量。

目前对家居电源系统的雷电防护仅在进线处设有一级保护，所以当选用避雷器件时，要选用冲击残压不大于 1.3kV、响应时间短的产品，通流容量为 8/20 μ s 时，应选用大于 30kA 的产品，这样有利于覆盖大多数家用电器电源安全保护范围，可一定程度地减少家用电器遭雷电波侵入危害而造成的损失。

从 GB 50057—2010 防雷规范条文的说明来看，着重倾向于低压电气装置不因高电位引入而损坏绝缘，当前建筑物防雷普遍推广了防直击雷接地同电气接地共用接地装置的措施，所以在 GB 50057—2010 防雷规范条文中把住宅归类于三类防雷，在三类防雷中解决共用接地装置上雷电流经电阻耦合产生的高电位引入是有必要的，以将保护范围扩大到家用电器的电源保护。

1. 电源端口防雷及过电压保护器

(1) 电源一级防雷

三相四线制供电系统的一级防雷保护如图 4-17 所示，采用高能避雷器 4 个，在三相相线上和零线上各并联一个高能避雷器与地连接。

当供电回路熔断器 F1（或断路器）额定电流大于 250A 时，需在高能避雷器并联支路上（相线）加装 250A 熔断器 F2（或断路器），反之则不需要。

(2) 电源二级防雷

第二级电源防雷采用过电压保护器 4 个，在三相相线和零线上各并按一个过电压保护器与地连接，如图 4-18 所示。

在正常情况下，保护器处于高阻状态，当电网由于雷击或开关操作出现瞬时脉冲电压时，过电压保护器模块内的氧化锌压敏电阻元件立即在毫秒时间内迅速导通，将该脉冲电压短路到大地泄放，从而保护所有设备，当该脉冲电压流过保护器后，保护器又变为高阻状态，从而不影响对设备的供电。

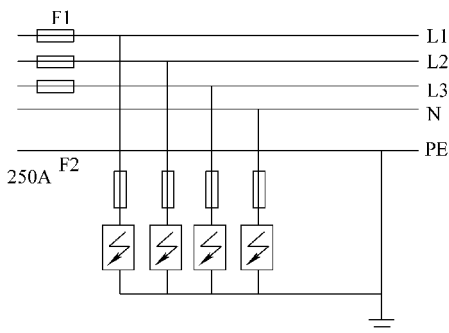


图 4-17 电源一级防雷保护

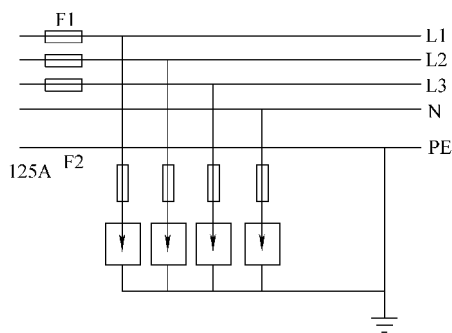


图 4-18 电源二级防雷保护

当供电回路熔断器 F1（或断路器）额定电流大于 125A 时，需在过电压保护器并联支路上（相线）加装 125A 熔断器 F2（或断路器），反之则不需要。

(3) 电源三级防雷

第三级防雷保护用于保护家居电子设备的精细过电压保护，安装在重要设备的电源插座上，如图 4-19 所示。



2. 信号端口防雷及过电压保护器

低电平数据信号部分包括：通信信号线、卫星接收器天线、计算机网络线、同轴电缆、串口等。低电平数据信号的防雷保护是在端口处安装信号防雷保护器，信号系统防雷应采用过电压型保护器。

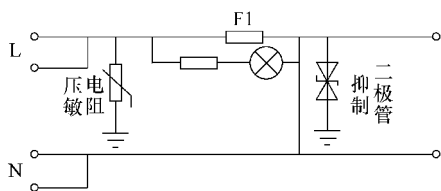


图 4-19 电源三级防雷保护

(1) 信号一级保护

1) 双绞线保护器。用于保护使用双绞线传输的信号系统，安装于电子信号系统引入线路前端。额定电压为 100V (AC/DC)，每线最大放电电流 I_{smax} 为 10kA (8 ~ 20 μ s)，响应时间 ≤ 10 ns。

2) 接口保护器。用于通信信号线、网络保护和串口保护。最大容通电流为 750A，动作时间小于 10ns。

(2) 信号二级保护

1) 带过电压保护电路的插入串口保护器，主要用来保护设备的信号传输系统，可应用于高速传输的信号系统。例如将其安装于主机及服务器的串口前端，可有效地抑制各种干扰由串口侵入。额定电压为 8V、12V 的串口保护器，最大放电电流 I_{smax} 为 15kA，数据传输速率为 1Mbit/s。作为信号传输系统的末级保护，可选用额定直流电压为 12V，额定放电电流为 100A (8 ~ 20 μ s)，数据传输速率为 1Mbit/s 的串口保护器。数据信号系统避雷器装置示意图如图 4-20 所示。

2) 同轴电缆信号保护器。用于保护使用 75 ~ 93 Ω 接口的计算机系统，装于粗、细同轴电缆网卡前，最大放大电流 I_{smax} 为 20kA (8 ~ 20 μ s)，数据传输速率为 16Mbit/s。

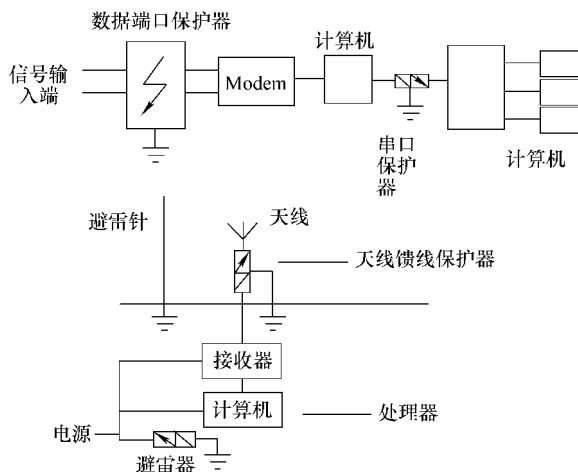


图 4-20 数据信号系统避雷器装置示意图

(3) 信息系统避雷器

信息系统避雷器是防感应雷的有效措施之一，也是一种比较先进的保护方法，它不仅适用于雷电过电压保护，而且可以对工频过电压、操作过电压、谐振过电压进行抑制。从

目前发展趋势来看,世界各国都在大力推广使用,以提高信息系统的安全。各国在逐渐完善标准体系的同时,各种信息系统避雷器需求量日益增加。

信息系统避雷器是一种安全保护器,对可靠性的要求很高,生产厂家必须有严格的质量管理体系,以保证产品质量。同时,希望有关部门能监督检查,实行产品生产许可证或质量认证制度,决不能让不合格的产品流入市场。

3. 家居电器的防雷和浪涌防护

随着高科技的发展,尤其是微电子设备的日益普及,雷电的危害日益严重,家庭现在也成了雷击的重灾区。因此家用电器的防雷问题也越来越受到人们的重视。雷电及浪涌对家庭用电的影响是多方面的,这里主要指对家用电器的影响。这些影响有的是容易被人们察觉的,有的却不易察觉。总的来讲其影响有以下几个方面。

(1) 雷电及浪涌对家用电器的显性损害

这种损害是指雷电及浪涌对家用电器直接造成损伤或损坏,它可能是多次小浪涌的累计,也可能是一次大的浪涌(比如雷击)直接导致家用电器不能使用。

(2) 雷电及浪涌对家用电器的隐性损害

1) 破坏原有的家用电器参数平衡。一般情况下,家用电器在出厂前,需要对各个参数进行一次统调,使得家用电器能够获得最佳工作状态。而当浪涌电压不断地侵袭家用电器时,出厂前调整好的家用电器参数就可能会发生变化,从而影响家用电器的性能。

2) 浪涌损伤或损坏家用电器部分非关键元件。例如浪涌电压不断冲击电容器,使得电容量下降,造成滤波不足或谐振频率偏移,或者灵敏度降低,整机性能下降,使用寿命大幅缩短。同时,此类损害往往很难查出原因,也很难维修。

(3) 家用电器浪涌的防护

家用电器(如电视、冰箱等)通常都是使用220V/50Hz的正弦交流电,由家居配电箱引入用电器。而这条供电的线路,在连接到家用电器之前,从发电厂、变电站开始,需经过很长一段空间距离,也就有可能遭受雷击,或者在线路中有大型感性、容性设备在使用,从而产生大的浪涌电流。因此,通常家用电器使用的电源,其波形并不是标准的220V/50Hz的正弦交流波,而是可能含有各种浪涌的电源,因此各种家用电器需要进行电源防雷、防浪涌保护。

随着通信现代化的提高,电话线上连接的设备也越来越多,如电话机、家用计算机、传真机等。而家用计算机又有可能和电视机、电冰箱、家庭影院、Hi-Fi音响等其他家用电器相连。电话线在从电信设备的信号端口接入到用户的过程中,这些线路遭受雷击或其他干扰的可能性一样很高。因此,电话线路的防浪涌也同样十分重要。

家庭的有线电视端口,由于有线电视的线路传输距离较长,线路架空敷设或穿越场合较为复杂,这些线路遭受雷击或其他干扰的可能性一样很高。因此,有线电视线路的防浪涌也同样十分重要。

1) 家用电器浪涌防护。

浪涌对家用电器的影响如此之大,而且几乎是无孔不入,通过分析浪涌入侵的途径可以发现,家庭防浪涌主要应从电源线路、电话线路、有线电视信号线路等几个方面考虑。



电源线路是防护的重点,以前我国一直沿用前苏联的三相四线制的供电线路,这种方法虽然节约了一根电线,但由于缺少一根单独的地线,常能见到三相插头的地线接孔是空着的,或者没有接线,要不与零线连在一起,这样做是不安全的。随着经济的发展,现在基本都已采用三相五线制的供电线路,除三相一零外,还有一条保护接地线。而正是这根接地线的存在,使得可以在线路上加装避雷器,从而避免了单独做接地的必要。通常的做法是在每个家庭的总电源开关处安装电源避雷器,并将家中的电源插座采用防雷型插座。对于智能家居还应在总进线处安装一台电源避雷箱,作为防雷的前级保护。电源避雷设备能对雷电流及浪涌进行很好的拦截,并通过地线将过电流泄放入大地。

家庭防雷的另一重点则是电话线路,现在的电话线路所起的作用已不再是过去接打电话这样一个简单的功能。电话线的保护通常采用串联型信号避雷器的方法,对于连有 Modem 等传输数据的线路,则需单独选用插入损耗小的专用避雷器,如专用的 ADSL 避雷器、ISDN 避雷器等。与电源避雷器一样,线路上的浪涌也是通过地线引入大地。

还有类似有线电视线、卫星电视线、信息线路等也应在线路与设备的连接处安装相应的避雷器。

综上所述可以看出家庭防雷防浪涌是十分必要,而且切实可行的。同时,还应注意到,家用电器大都有多条可能遭受损害的途径,因此防雷防浪涌也是一个综合的系统,不能仅考虑或防护一方面,而应整体计划,全面防护。

2) 个人计算机防雷措施。

沿着数据信号线侵入的主要是感应雷造成的雷电浪涌,感应雷一般来自对地雷击和云间放电,其中,对地雷击产生的感应浪涌电压较高,一般 500m 范围的电子信息设备均可能遭其破坏。根据雷电电磁脉冲理论和实践经验证明:计算机及其他信息设备损坏的主要原因是雷电感应浪涌电压造成,它可以通过各种信号引线把感应浪涌电压波引入设备内部,破坏其芯片和接口。所以应在数据信号线间加装信号防雷装置,家居防雷击示意图如图 4-21 所示。具体地说,在个人计算机联网系统上可以采取如下措施:

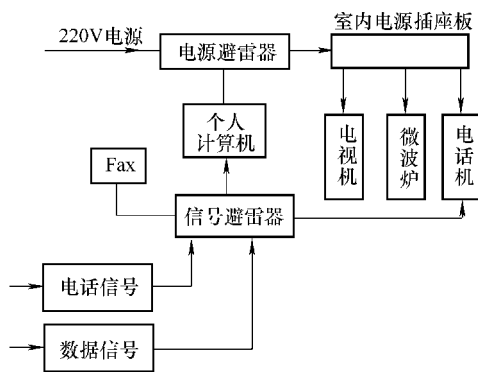


图 4-21 家居防雷击示意图

① 在调制解调器的接入线与入户信号线(如电话线)之间,安装信号防雷器。

② 如果使用了 UPS 作为个人计算机不间断电源,在 UPS 之前加装电源避雷器对 UPS 予以保护。对于普通的个人计算机用户,计算机的电源插座应采用防雷型电源插座。

③ 对于宽带进户的数据线,虽然宽带传输网的骨干线均采用光纤传输,但我国目前仍未做到光纤到户,故在宽带数据接入线和入户线之间应加装信号防雷器。

3) 室外空调的防雷措施。

对于近年来高层住宅家庭空调的广泛应用,对于安装在室外的空调主机及其支架的防

雷往往为人们所忽视。国家相关规范和标准目前无相应的规定。因室外的空调主机部分与建筑物楼体的法拉第笼引下线无关联,有可能将分体式空调室外机电源保护接地 PE 线变成了空调室外机防雷引下线将雷电流引入室内配电接地系统,非常危险。对于建筑物空调室外机的防雷,由于设计规范的滞后性,只能采用明装处理的补救措施。其施工方法具体如下:

从屋顶避雷带引出 $4\text{mm} \times 25\text{mm}$ 镀锌扁钢,将其垂直敷设于空调室外机的安装处,扁钢经调直后,采用搭接焊连接,垂直引下,用铁胀管每隔 1.5m 将镀锌扁钢固定在外墙上,而后再在镀锌扁钢上开孔,引出 10mm^2 的 PE 线 (PE 线为两端压铜鼻子刷锡的塑铜线),与空调支架的自带螺栓相连,用以防护直击和侧击雷。这种做法的缺点是:从安全方面看,由于搬运铁件和焊接固定增加了高空作业的工作量,从技术质量方面来看,镀锌扁钢在使用一段时间后容易发生锈蚀,对裸露的镀锌扁钢要做防腐处理和定期涂刷油漆,维护方面存在着问题;另一方面,柱筋的作用未能充分发挥;从美观的角度来看,它破坏了建筑物的整体美观;从施工作业上看必然会增加施工难度和时间。

目前对于设计中或施工中的建筑物,在施工中,应在窗洞口下方 $30 \sim 50\text{cm}$ 处预先埋设 IP 等级较大、密封性能良好的金属分线盒,盒内敷设已做防腐处理的镀锌扁钢。扁钢的一端与建筑物主体内均压环或钢筋引下线焊连,一端与带铜接线端子的多股导线相连接 (导线最好选用绝缘软铜截面积大于 10mm^2 的 PE 线),该导线的另一端用螺栓来连接空调室外机及其支架。同时,金属盒内壁要求涂防锈漆。为防止雨水渗入金属盒内,安装时将金属分线盒加盒盖封闭;所有螺栓 (包括箱门、螺栓) 均应用防水油脂封闭。待使用时,将盒内的 PE 线经蛇皮管引出,接至空调及其支架。从安全性方面来看,避免了高空作业;从技术质量方面来看,简单易行且不存在定期维护的问题;从经济角度来看,充分利用了楼内的柱筋引下线,降低了施工成本;从施工角度来看,由于和土建施工同步,因而不存在滞后性;从美观方面来看,保证了大楼整体的美观。

4.4.3 家居等电位连接

1. 等电位连接

等电位连接,顾名思义是“使各外漏可导电部分和装置外可导电部分电位基本相等的电气连接”。通常把等电位连接分为 3 个层次,即总等电位连接、局部等电位连接和辅助等电位连接,是 IEC 的最新观念,也是为了实际工作中好操作,并且不同层次的连接导体面积也不同。

国际上非常重视等电位连接的作用,它对用电安全、防雷以及电子信息设备的正常工作和安全使用,都是十分必要的。根据理论分析,等电位连接作用范围越小,电气上越安全。

等电位连接分为总等电位连接 (MEB) 和局部等电位连接 (LEB),国家建筑标准设计图集《等电位连接安装》(02D501-2) 对建筑物的等电位连接具体做法做了详细介绍。

在 IEC 标准中指出等电位连接是内部防雷装置的一部分,其目的在于减少雷电流所引起的电位差。等电位是用连接导线或过电压 (电源) 保护器将处在需要防雷空间内的防雷



装置、建筑物的金属构架、金属装置、外来导线、电气装置、电信装置等连接起来，形成一个等电位连接网络，以实现均压等电位，以防止防雷空间内的火灾、爆炸和设备损坏。

总等电位连接是将建筑物每一电源进线总等电位母排与进出建筑物的金属管道、金属结构件连成一体，一般采用总等电位连接端子板，等电位连接端子板与各辅助等电位板采用放射连接方式或链接方式。

总等电位连接的做法是通过每一进线配电箱旁的总等电位连接母排将下列导电部分互相连通：进线配电箱的 PE (PEN) 母排、公用设施的上/下水、热力/煤气等金属管道、建筑物金属结构和接地引出线。它的作用在于降低建筑物内间接接触电压和不同金属部件间的电位差，并消除自建筑物外经电气线路和各种金属管道引入的危险故障电压的危害。

辅助等电位连接一般是电气装置的某部分接地故障保护不能满足切断回路的时间要求时，作辅助等电位连接，把两导电部分之间连接后能满足降低接触电压，只要能满足式 $R \leq 50/I_a$ (R —可同时触及的外露可导电部分和装置外可导电部分之间，故障电流产生的电压降引起接触电压的一段线段电阻，单位为 Ω ， I_a —切断故障回路时间不超过 5s 的保护电器动作电流，单位为 A。) 即可。

局部等电位连接一般是在浴室、游泳池、医院手术室等特别危险的场所，发生电气事故危险性较大，要求更低的接触电压，在这些局部范围内有多个辅助等电位连接才能达到要求，这种连接称为局部等电位连接。一般局部等电位连接也有一个端子板或者在局部等电位范围内构成环形连接。简单地说，局部等电位连接可以看成是在局部范围内的总等电位连接。

局部等电位连接的做法是在一局部范围内通过局部等电位连接端子板将下列部分用 6mm^2 黄绿双色塑料铜芯线互相连通：柱内墙面侧钢筋、壁内和楼板中的钢筋网、金属结构件、公用设施的金属管道、用电设备外壳（可不包括地漏、扶手、浴巾架、肥皂盒等孤立小物件）等，要求等电位连接端子板与等电位连接范围内的金属管道等金属末端之间的电阻不超过 3Ω 。

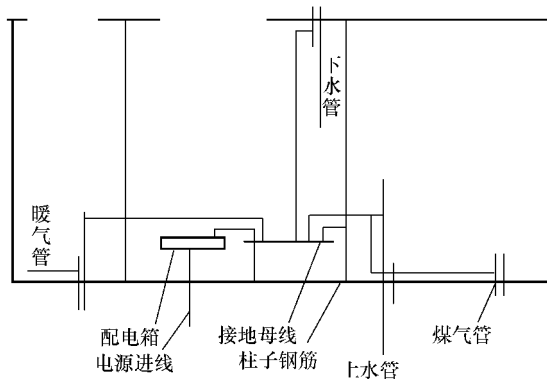


图 4-22 等电位连接示意图

安全接地系统也包含于等电位连接含义之中，不过它是以大地电位为参考电位的大范围的等电位连接。如果在住宅楼的范围内做等电位连接，其效果当然远优于安全接地系

统。等电位连接示意图如图 4-22 所示。当住宅楼内有人工接地极时，接地极引入线应首先接至接地母排。

为保证等电位连接可靠导通，等电位连接线和接地母排应分别采用铜线和铜板。等电位连接这一电气安全措施并不需要复杂昂贵的电气设备，它所耗用的不过是一些导线，它不像埋在地下的人工接地极易受土壤腐蚀而失效（实际上在实施等电位连接的同时也实现了接地，因它所连接的水管和基础钢筋等本身已起到低电阻的接地作用），它在保证电气安全的作用上远优于过去习惯采用的专门打入地下的人工接地。在发达国家不要求住户打入人工接地，但住宅楼内必须做总等电位连接和浴室内的局部等电位连接。

2. 等电位连接作用

等电位连接可起到的保护作用有：

1) 雷击保护。在 IEC 标准中指出，等电位连接是内部防雷措施的一部分。当雷击建筑物时，雷电传输有梯度，垂直相邻层金属构架节点上的电位差可能达到 10kV 量级，危险极大。但等电位连接将本层柱内主筋、建筑物的金属构架、金属装置、电气装置、电信装置等连接起来，形成一个等电位连接网络，可防止直击雷、感应雷，避免火灾、爆炸和设备损坏。

2) 静电防护。静电是指分布在电介质表面或体积内，以及在绝缘导体表面处于静止状态的电荷。传送或分离固体绝缘物料，输送或搅拌粉体物料，流动或冲刷绝缘液体，高速喷射蒸汽或气体，都会产生和积累危险的静电。静电电量虽然不大，但电压很高，容易产生火花放电，引起火灾、爆炸或电击。等电位连接可以将静电电荷收集并传送到接地网，从而消除和防止静电危害。

3) 电磁干扰防护。在供电系统故障或直击雷放电过程中，强大的脉冲电流对周围的导线或金属物形成电磁感应，若敏感电子设备处于其中，可以造成数据丢失、系统崩溃等。通常，屏蔽是减少电磁波破坏的基本措施，实施等电位连接可保证所有屏蔽和设备外壳之间实现良好的电气连接，最大限度地减小了电位差，外部电流不能侵入系统，得以有效防护电磁干扰。

4) 触电保护。在新的建设部《住宅设计规范》中，有一项不太引人瞩目的条款：城镇新建住宅中的卫生间宜做等电位连接。专家通俗的解释是：浴室等电位连接就是保护你不会在洗澡的时候被电着。电热水器、坐浴盆、电热墙、浴霸以及传统的电灯都有漏电的危险，电气设备外壳虽然与 PE 线连接，但仍可能会出现足以引起伤害的电位，发生短路、绝缘老化、中性点偏移或外界雷电而导致浴室出现危险电位差时，人受到电击的可能性非常大，倘若人本身有心脑方面疾病，后果将更严重。等电位连接使电气设备外壳与楼板墙壁电位相等，可以极大地避免电击的伤害，其原理类似于站在高压线上的鸟，因身体部位间没有电位差而不会被电击。

5) 接地故障保护。若相线发生完全接地短路，PE 线上会产生故障电压。有等电位连接后，与 PE 线连接的设备外壳及周围环境的电位都处于这个故障电压，因而不会产生电位差引起的电击危险。



3. 等电位连接用材料

等电位连接的导线及端子板推荐采用铜质材料,是因为其导电性和强度都比较好,但用铜材料与基础钢筋或地下的钢材管道相连接时,应充分注意,铜和铁具有不同的电位,由于土壤中的水分及盐类形成电解液,从而形成原电池,产生电化学腐蚀,基础钢筋和钢管就会被腐蚀掉,因此在土壤中,应避免使用铜线或带铜皮的钢线作为连接线,与基础钢筋连接时,建议连接线选用钢材,这种钢材最好也用混凝土保护,连接部位应采用焊接,并在焊接处做以相应的防腐保护,这样与基础钢筋的电位基本一致,不会形成电化学腐蚀。在与土壤中钢管等连接时,也应采取防腐措施。

TD22 等电位连接端子箱的推出,对等电位连接的施工和日常检查带来了极大的方便。TD22 的规格和外形尺寸见表 4-1。

表 4-1 TD22 的规格和外形尺寸

使用场所 (I)、(II) 明装 (M)、暗装 (R)	外形尺寸/mm			进出线端子数 /路	备注
	宽	高	深		
I 型 M	300	200	10	10	适用于进线处
I 型 R	320	220	10	10	适用于进线处
II 型 M	165	75	4	4	适用于卫生间
II 型 R	180	90	4	4	适用于卫生间

等电位连接端子箱暗装在墙内,其进线为来自电源系统的 PE 线,其出线与所有要作等电位连接的金属体(例如浴缸、毛巾架、水管等)相连。等电位连接线和等电位连接端子板采用铜质材料,等电位连接端子板截面积不得小于所接等电位连接线截面积。常规端子板的规格为:260mm×100mm×4mm 或 260mm×25mm×4mm。等电位连接板采用螺栓连接,便于拆卸和定期检查。做等电位连接时应符合下列要求:

1) 扁钢的搭接长度不小于其宽度的 2 倍,三面焊接(当扁钢宽度不同时,搭接长度以宽的为准)。

2) 圆钢的搭接长度不小于其直径的 6 倍,双面焊接(当直径不同时,搭接长度以直径大的为准)。

3) 扁钢与圆钢连接时,其搭接长度不小于圆钢直径的 6 倍。

4) 等电位连接线与金属管道的连接采用抱箍,金属管道接触表面须刮干净,安装完毕后刷防护涂料,抱箍内径等于管道外径。

等电位连接线应有黄绿相间的色标,在等电位连接端子板上应刷黄色底漆并标以黑色记号,其符号为“▽”。金属管道连接处用 BVR 多股铜芯软导线($\geq 4\text{mm}^2$)作接地跨接线,采用专用接地卡,管与管、管与线盒必须可靠连接。卡箍连接应去除连接处的油污或油漆,确保接地跨接处的可靠性。等电位连接的螺栓、垫圈、螺母等应进行过热镀锌处理,螺栓连接时,应紧固有防松(弹簧垫)措施。

4. 等电位连接的施工

等电位连接是现代雷电防护的重点,只有做好等电位连接,在浪涌电压产生时才不会

在各金属物或系统间产生过高的电位差并保持与地电位基本相等的水平，从而使设备及人员受到保护。在做好外部雷电防护工程的基础上，要将所保护的设备做好等电位连接，才能有效地对设备起到保护作用。在《规范》中引入了防雷分区概念，并要求“穿过各防雷区界面的金属物和系统，以及在一个防雷区内部的金属物和系统均应在界面处做符合要求的等电位连接”。

在施工时，应按《规范》规定的等电位连接用的各种金属导体的最小截面积选用符合要求的导线，将系统内所有可导电的金属物以最短的路径与等电位连接带进行多次连接。为达到良好的连接效果，一般选用 $4 \sim 16\text{mm}^2$ 的铜质多股导线，将建筑内的水管、气管、金属支架、等电位带等可导电物在防雷分区的界面处进行连接。同一防雷区内独立的金属物可与其相距最近的已做等电位连接的其他金属物连接达到等电位的目的。

电击人身伤害事件的发生，是由于出现了危险的间接接触电压。建筑物接地的目的是为了减少接触电压，而现代住宅建筑施工中，须按规范要求等进行等电位连接，这样便获得了相当低的接触电阻，极大地降低了接触电压。进行等电位连接后，还消除了建筑物外沿 PE 线窜入的危险故障电压，消除了电磁场干扰，减少了保护器动作不可靠所带来的危害以及雷电危害等。另外，通常情况下，卫生间是电击危险最大的地方，因采用了局部等电位后，将身体有可能接触到的任何导电部分做了等电位连接，使故障电流引起的电压降至更小。而且在《民用建筑电气设计规范》中明确规定：卫生间内应为防溅插座；在淋浴区域内（淋浴区及深盆的沿 0.6m 内）严禁设置插座；换气扇接线盒应距地 2.25m 以上等措施。等电位连接有以下两种基本形式：

1) S 型星形结构。当采用 S 型等电位连接网络时，系统中的所有金属组件，除等电位连接点外，应与共用接地系统的各组件有大于 10kV 、 $1.2/50\mu\text{s}$ 的绝缘。通常，S 型等电位连接网络可用于相对较小、限定于局部的系统，而且所有设施管线和电缆宜从 ERP 处附近进入该系统。

S 型等电位连接网络应仅通过唯一的一点，即接地基准点 ERP 组合到共用接地系统中，构成 S_s 型等电位连接。在这种情况下，设备之间的所有线路和电缆当无屏蔽时宜按星形结构与各等电位连接线平行敷设，以免产生感应环路。用于限制从线路传导来的过电压的电涌保护器，其引线的连接点应使加到被保护设备上的电涌电压最小。

2) M 型网形结构。当采用 M 型等电位连接网络时，系统中的各金属组件不应与共用接地系统各组件绝缘。M 型等电位连接网络应通过多点连接组合到共用接地系统中去，并形成 M_m 型等电位连接。通常，M 型等电位连接网络宜用于延伸较大的开环系统，而且在设备之间敷设许多线路和电缆，以及设施和电缆从若干点进入该系统。

在复杂系统中，可将 M 型和 S 型等电位连接网络的优点组合在一起。一个 S 型局部等电位连接网络可与一个 M 型网形结构组合在一起。

S 型均压带中只有一点直接接地，所有设备均与其放射状的分支连接；M 型均压带呈网格状连接，可用多条接地线与主接地系统相连，设备的保护地线可就近接到均压带的任意一点。在应用中应根据系统的实际特点选用不同的等电位均压带或两者结合使用，具体选用原则可参阅《规范》中的有关内容。



等电位均压带通常选用铜排互相连接而成, M 型均压带的网络尺寸一般选用 $2\text{m} \times 2\text{m}$, 以减小网格间的跨步电压。各交叉点间及其与接地干线、设备保护地线间均应采用焊接及螺栓压接两种方法连接。在要求均压带对系统其他部分绝缘的场所, 可将均压带用绝缘胶带缠绕或使用沥青层覆盖并在其与地面间使用绝缘物(如木块、橡胶垫等)隔开。

等电位连接是防止触电危险的一项重要安全措施, 它可大幅度地降低在接地放电的情况下人所遭受的接触电压。由分析结果可知, 它比重复接地降低接触电压的效果要好很多。这样, 即使在接地故障保护失灵的情况下, 也能达到在较大限度范围内消除触电伤亡事故。

(1) 总等电位连接 (NEB)

在做总等电位连接后, TN 系统中的重复接地的接地极, 已处在总等电位连接区之外, 规定接地电阻值已无意义了。因为住宅用户全在总等电位连接区内, 人身所能遇到因接地故障引起的接触电击电压由 PE 线的电压降决定, 已和有无重复接地无关。建筑物的钢筋和各种公用设施的金属管道本身就是极好的接地体(接地电阻不到 1Ω), 已经起到了比重复接地更好的作用。通过分析, 做等电位连接后, PE 线上的电压降, 仅为重复接地的 $1/4 \sim 1/3$ 。

(2) 局部等电位连接

卫生间因其特别潮湿的原因成为电击概率最大的场所, 卫生间做局部等电位连接的目的是在局部范围内将人体可同时触及的有可能同时出现危险电压差的不同导电部分再做一次连接, 可使故障电流引起的电压降更小, 使接触电压低于接触的限压值。

5. 等电位连接施工工艺

(1) 适用范围及材料要求

本工艺标准适用于一般工业与民用建筑电气装置防间接接触电击和防接地故障引起的爆炸和火灾的等电位连接施工。材料应有材质检验证明及产品出厂合格证, 等电位连接线和等电位连接端子板宜采用铜质材料, 热镀锌钢材有圆钢、扁钢、螺栓、螺母、垫圈等。

(2) 作业条件

进行厨、卫间等房间的等电位连接施工时, 金属管道、厨卫设备等应安装结束; 进行金属门窗等电位连接应在门窗框定位后, 墙面装饰层或抹灰层施工之前进行。

(3) 工艺流程

总等电位端子箱→局部等电位端子箱→等电位连接线→连接工艺设备外壳等。

(4) 操作工艺

1) 总等电位端子箱、局部等电位端子箱施工。根据设计图样要求, 确定各等电位端子箱位置, 如设计无要求, 则总等电位端子箱宜设置在电源进线或进线配电盘处。

2) 等电位连接线施工。等电位连接线可采用 $\text{BV}-4\text{mm}^2$ 塑料绝缘导线穿塑料管暗敷设, 或用镀锌扁钢、圆钢暗敷设。等电位连接线施工如图 4-23 所示。

3) 厨、卫间等电位施工。具体有两种做法, 一是在厨房、卫生间内便于检测的位置设置局部等电位端子板, 端子板与等电位连接干线连接。地面内钢筋网宜与等电位连接线连通, 当墙为混凝土墙时, 墙内钢筋网也宜与等电位连接线连通。厨房、卫生间内金属地

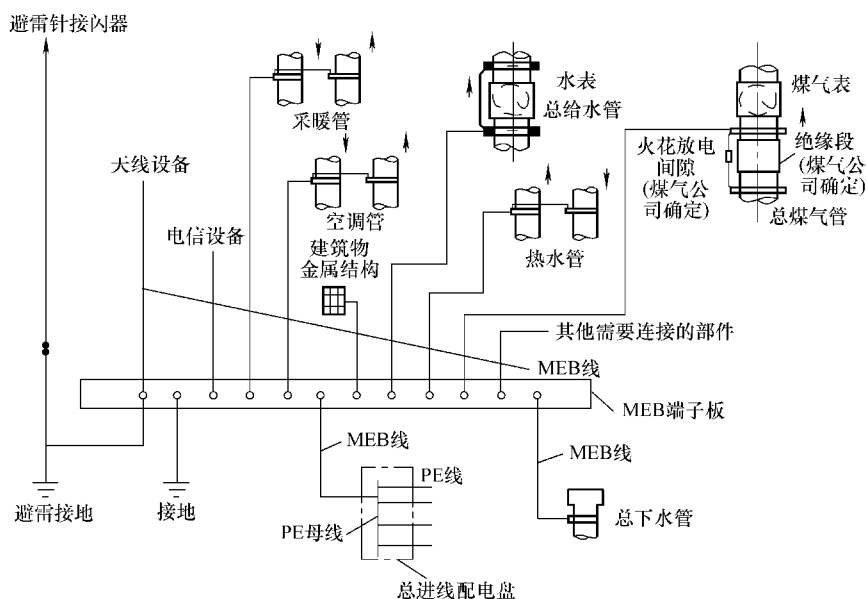


图 4-23 等电位连接线施工

漏、下水管等设备通过等电位连接线与局部等电位端子板连接。等电位连接线采用 $BV-1 \times 4\text{mm}^2$ 铜导线穿塑料管于地面或墙内暗敷设，如图 4-24 所示。二是在厨房、卫生间地面或墙内暗敷不小于 $25\text{mm} \times 4\text{mm}$ 镀锌扁钢构成环状。厨房、卫生间内金属地漏、下水管等设备通过等电位连接线与扁钢环连通。连接时抱箍与管道接触处的接触表面须刮拭干净，安装完毕后刷防护漆。抱箍内径等于管道外径，抱箍大小依管道大小而定，等电位连接线采用截面积不小于 $25\text{mm} \times 4\text{mm}$ 的镀锌扁钢。

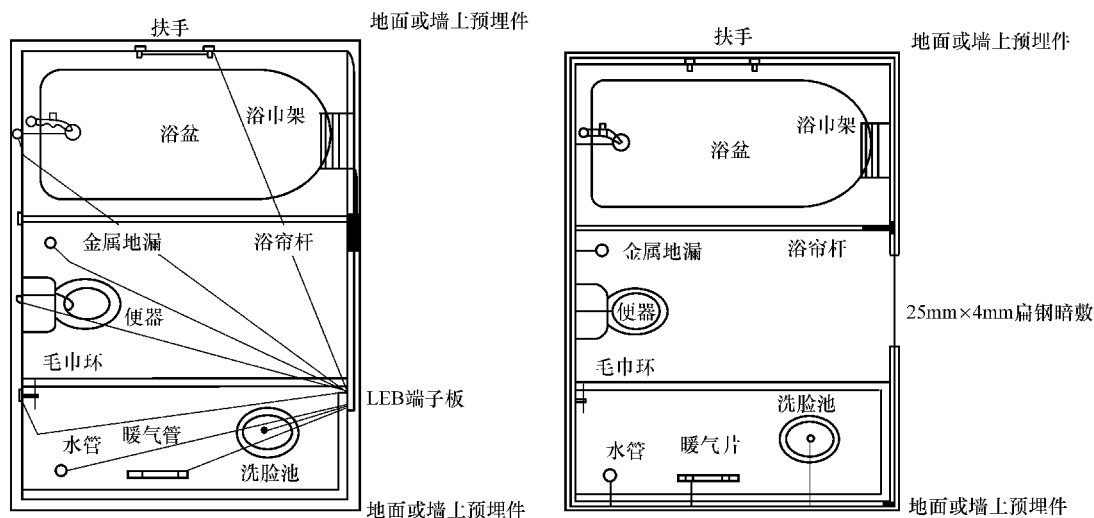


图 4-24 厨、卫生间等电位连接

4) 金属门窗等电位施工。根据设计图样在柱内或圈梁内预埋铁件，预埋铁件应预留于柱角或圈梁角，并与柱内或圈梁内主钢筋焊接。使用 $\Phi 10$ 镀锌圆钢或 $25\text{mm} \times 4\text{mm}$ 镀锌



扁钢做等电位连接线连接预埋件与钢窗框、固定铝合金窗框的铁板或固定金属门框的铁板连接,连接方式采用双面焊接。采用圆钢焊接时,搭接长度 $\geq 100\text{mm}$ 。所有连接导体宜暗敷,并在门窗框定位后,墙面装饰层或抹灰层施工前进行。

等电位连接安装完毕应进行导通性测试,测试用电源可采用空载电压为 $4\sim 24\text{V}$ 的直流或交流电源,测试电流不应小于 0.2A ,当测得的等电位连接端子板与等电位连接范围内的金属管道等金属体末端之间的电阻不超过 3Ω ,可认为等电位连接是有效的,如不合格应做跨接线,使用后也应对等电位连接做定期测试。

6. 等电位连接施工质量标准

(1) 主控项目

住宅等电位连接干线应从与接地装置有不少于两处直接连接的接地干线或总等电位箱引出,等电位连接干线或局部等电位箱间的连接线形成环形网路,环形网路应就近与等电位连接干线或局部等电位箱连接,支线间不应串联连接。

(2) 一般项目

住宅内的外裸露导体或其他金属部件、构件与等电位支线连接应可靠,若采用熔焊、钎焊或机械紧固方式,应牢固,导通正常。需做等电位连接的设备及金属部件或零件,应有专用接线螺栓与等电位连接支线连接,且有标识;连接处螺帽紧固、零件齐全。

第 5 章

家装电工的安全操作规程及触电急救方法

5.1 家装电工上岗条件及手持电动工具安全操作

5.1.1 家装电工上岗条件

1. 家装电工上岗硬件条件

家装电工应具备必要的电气知识，熟悉《电业安全工作规程》，经考试合格，持有国家劳动部颁发的“特种作业操作许可证”和供电部门颁发的“进网电工安规考试合格证”，并按期复审培训考试，复审考试不合格不得上岗作业。电工三证是：特种作业操作证、电工进网作业许可证、职业资格证书。

(1) 特种作业操作证

作业种类：电工（特种作业操作证俗称操作证、上岗证），分类：高压运行维护作业、高压安装修造作业、低压电工作业、安装、维修、发电、配电。自 2010 年后，老版特种作业操作证（IC 卡）样本改用二代身份证似的 IC 卡类新版，中华人民共和国特种作业操作证为三年一审。

国家规定特种作业操作人员必须要做到持证上岗，电工特种作业操作证的作用相当于上岗证，是必须要具备才能从事电工作业的，主要证明持证人具有电工安全操作的知识 and 能力。电工特种作业操作证是由国家安全生产监督管理局颁发的，有效期三年，到期后必须复审。

(2) 电工进网作业许可证

拥有电工进网作业许可证后，就代表已经成为一名真正的电工了，负责的范围在“用电设备以前”，如：发电站、变电站（输电站）、厂内（社区）变电站、变压器、开关柜。电工进网作业许可证是在用户的受电装置或者送电装置上，从事电气安装、试验、检修、运行等作业的许可凭证。进网作业电工应当在电工进网作业许可证确定的作业范围内从事进网作业。电工进网作业许可证，分低压、高压和特种三类，是由国家电力监管委员会颁发，有效期三年，到期后必须复审。

(3) 职业资格证书

从事职业：电工（职业资格证书俗称等级证），分类：我国职业资格证书分为 5 个等



级：初级（五级）、中级（四级）、高级（三级）三级/高级职业资格证书（英文）、技师（二级）二级职业资格证书（技师）和高级技师（一级）新版一级职业资格证书。

职业资格证书是表明劳动者具有从事某一职业所必备的学识和技能的证明，由劳动保障部门职业技能鉴定中心对电工的技能水平或职业资格进行客观公正、科学规范的评价和鉴定，对合格者颁发相应的国家职业资格证书。国家职业资格证书是全国通用的，是不需要进行年审的。

（4）三证要求的不同点

有的单位要求电工持三证上岗，就是要求电工操作人员要同时具有电工特种作业操作证、国家职业资格证书和电工进网作业许可证，3个证的区别在于：

1）电工特种作业操作证，是主管部门对单位进行安全生产检查的重要内容之一，是追究单位和作业人员安全事故责任的重要依据，因而也是用人单位招聘和录用的首要依据。从事低压电气操作、安装、维修等，必须取得电工特种作业操作证方可上岗工作。

2）电工职业资格证书，是表明从事电工职业的等级资格的证明，是证明持证人电工知识和技能水平高低的，是持证人求职、任职、开业的资格凭证，是用人单位在招聘、录用、招调的过程中能力体现、工资定级的重要依据。它不能代替电工特种作业操作证，单独持此证是不能从事电工工作的。

3）电工进网作业许可证，是表明电具有进网作业资格的有效证件，进网作业电工应当按照规定取得电工进网作业许可证，未取得电工进网作业许可证或者电工进网作业许可证未注册的人员，不得进网作业。

需要注意的是，这3个证书都必须按国家的法令法规执行和操作，并且这三证在全国范围内通用，任何私人机构没有权力发放相关证书。

2. 家装电工的上岗软件条件

1）必须身体健康、精神正常。凡患有高血压、心脏病、哮喘、神经系统疾病、色盲疾病、听力障碍及四肢功能有严重障碍者，不能从事家装电工工作。

2）家装电工必须接受安全教育，在掌握电工基本知识和工作范围内的安全操作规程后，才能参加电工的实际操作。严格执行《电业安全工作规程》所规定的保证安全的技术措施和组织措施，不得随意更改操作程序和简化安全措施。

3）掌握电气防、灭火和触电事故的处理方法。

3. 易燃易爆环境

在家装电工工作的场所中，存在的易燃易爆物质有：石油液化气、煤气、天然气、汽油、柴油、酒精、棉、麻、化纤织物、木材、塑料等，另外一些设备本身可能会产生易燃易爆物质，如设备的绝缘油在电弧作用下分解和气化，喷出大量油雾和可燃气体；酸性电池排出氢气并形成爆炸性混合物等。一旦这些易燃易爆环境遇到电气设备和线路故障导致的火源，便会立刻着火燃烧。

5.1.2 手持电动工具安全操作

1. 手持电动工具的合理选用

手持电动工具在施工中被广泛地使用，但是需要注意的是如果不能正确地使用这类手持电动工具，就会造成诸如触电和肢体伤害等事故。使用者应学会识别不同类型的手持电动工具可能带来的伤害，并知道怎样采取措施防止事故的发生。手持电动工具应使用双重绝缘或者接地保护，对手持电动工具上可能构成危险的移动部位都必须加以防护。

在《手持式电动工具的管理、使用、检查和维修安全技术规程》（GB 3787 - 2006）中，将手持电动工具按触电保护措施的不同分为三类：

1) I类手持电动工具的防止触电保护不仅依靠基本绝缘，而且还有一个附加的安全保护措施，如保护接地，使可触及的导电部分在基本绝缘损坏时不会变为带电体。I类手持电动工具是靠基本绝缘外加保护接零（地）来防止触电的，采用保护接零的I类手持电动工具，保护零线应与工作零线分开，即保护零线应单独与电网的重复接地处连接。为了接零可靠，最好采用带有接零芯线的铜芯套软电缆作为电源线，其专用芯线用作接保护零线。保护零线应采用截面积不小于 1.5mm^2 的铜线。I类手持电动工具所用的电源插座和插头，应有专用的接零插孔和插头，不得乱插，防止把零线插入相线造成触电事故。

应当指出的是，I类手持电动工具虽然采取了保护接零措施，但仍可能有触电的危险。这是因为单相线路分布很广，相线和零线很容易混淆，这时，相线和零线上一一般都装有熔断器，零线熔断器熔断，而相线熔断器尚未熔断，就可能使设备外壳呈现对地电压，以酿成触电事故。因此，这种接零不能保证安全，尚须采用其他安全措施。

2) II类手持电动工具的防止触电保护不仅依靠基本绝缘，而且还包含附加的安全保护措施（但不提供保护接地或不依赖设备条件），如采用双重绝缘或加强绝缘。它的基本形式有：

① 绝缘材料外壳型，手持电动工具具有坚固的基本上连续的绝缘外壳。

② 金属外壳型，它有基本连续的金属外壳，全部使用双重绝缘，当应用双重绝缘不安全时，应加强绝缘。

③ 绝缘材料和金属外壳组合型。

3) III类手持电动工具是靠安全特低电压供电，所谓安全特低电压，是指在相线间及相对地间的电压不超过42V，由安全隔离变压器供电。

随着手持电动工具的广泛使用，其电气安全的重要性更显突出。使用部门应按照国家标准对手持电动工具制定相应的安全操作规程。其内容至少应包含：手持电动工具的允许使用范围、正确的使用方法、操作程序、使用前的检查部位及项目、使用中可能出现的危险和相应的防护措施、手持电动工具的存放和保养方法、操作者应注意的事项等。此外，还应对使用、保养、维修人员进行安全技术教育和培训，重视对手持电动工具的检查、使用维护的监督，防震防潮防腐蚀。

一般作业场所，在使用I类手持电动工具时，应配漏电保护器、隔离变压器等。如采用I类手持电动工具，必须装设动作电流不大于 $30\mu\text{A}$ 、动作时间不大于0.1s的漏电保



护器。

一般场所,为保证安全,应选Ⅱ类手持电动工具并应装设额定触电动作电流不大于15mA,额定动作时间小于0.1s的漏电保护器。若采用Ⅰ类手持电动工具,还必须做接零保护,操作人员必须戴绝缘手套、穿绝缘鞋或站在绝缘垫上。

在潮湿场所或金属构架上等导电良好的作业场所,必须选用Ⅱ类手持电动工具,并装设漏电保护器,严禁使用Ⅰ类手持电动工具。

狭窄场所宜选用带隔离变压器的Ⅲ类手持电动工具;若选用Ⅱ类手持电动工具,必须装设漏电保护器,并要把隔离变压器或漏电保护器装设在狭窄场所外面,工作时应有人监护。

在特殊环境如湿热、雨雪、存在爆炸性或腐蚀性气体等作业环境,应使用具有相应防护等级和安全技术要求的手持电动工具。手持电动工具的电源线必须采用耐气候型的橡皮护套铜芯软电缆,中间不得有接头,不得任意接长或拆换。保护接地电阻不得大于4Ω。

2. 手持电动工具的安全要求

1) 电源开关灵活、牢固,接线无松动。

2) 电源线应采用橡皮护套多股铜芯软线,电缆各部分应保证完好,不得有中间接头,不得破损。

3) Ⅰ类设备应有良好的接地或接零措施。

4) 机械防护装置无损伤、变形、松动。

5) 绝缘电阻合格:Ⅰ类不低于2MΩ;Ⅱ类不低于72MΩ;Ⅲ类不低于12MΩ。

3. 手持电动工具的使用注意事项

每次使用前都要进行外观检查和电气检查。

外观检查包括:

1) 外壳、手柄有无裂缝和破损,紧固件是否齐全有效。

2) 软电缆或软电线是否完好无损,保护接零(地)是否正确、牢固,插座、插头、电源线有无损坏。

3) 开关动作是否正常、灵活、完好。

4) 检查电源的电压、相数正确,电气保护装置和机械保护装置是否完好。

5) 长期不用的手持电动工具,使用前检查转动部分是否灵活无障碍,卡头牢固,然后测试绝缘电阻是否合格。

电气检查包括:

1) 接通电源时,先对外壳进行验电。通电后反应正常,开关控制有效。

2) 通电后外壳经试电笔检查应不漏电。

3) 信号指示正确,自动控制功能正常。

4) 对于旋转手持电动工具,通电后观察电刷火花和声音应正常。

4. 手持电动工具的管理

1) 手持电动工具必须由具备电气技术和安全知识的人员管理,手持电动工具不用时应存放于干燥处。

2) 手持电动工具在发出及收回时必须进行日常检查,定期进行全面检查和试验,保

持良好的工作状态。

3) 建立安全技术管理档案,使用说明书、合格证、手持电动工具台账、检验和维修记录、使用记录。

4) 每季度至少一次(雷雨季节前及时检查)检查试验,检查的项目有:外壳、手柄、接地、插头、电源线、机械防护和保护装置、转动部分、绝缘电阻。

5) 非专业人员不得擅自拆卸和修理,维修时内部的绝缘材料不得任意调换、漏装,绝缘部分修理后进行绝缘的耐压试验,达不到要求必须报废处理。

6) 保持手持电动工具机身整体的清洁,保持手持电动工具的通风孔顺畅。

7) 由专业人员定期检查手持电动工具各部件是否损坏,对损伤严重的及时更换。应定期更换新碳刷,定期检查手持电动工具的电源线及触点部位的导电性能是否完好,及时增补作业中手持电动工具机身上丢失的螺钉。定期检查传动部分的轴承、齿轮及冷却风叶是否灵活完好,适时对转动部位加注润滑油,以延长手持电动工具的使用寿命。

8) 手持电动工具使用完毕后及时归还并妥善保管。

5. 手持电动工具安全操作规程

手持电动工具使用起来非常方便,但是,由于操作时要在操作人员的紧握下使用,所以,一旦外壳漏电,电流将通过人体,造成非常严重的后果。因此,使用手持电动工具应加倍注意用电安全问题。适用于手持电动工具(手电钻、切割机、电锤)的安全操作规程如下。

(1) 使用前

1) 使用任何手持电动工具时都必须按照安全技术规程和厂家提供的使用说明书操作,操作者上岗前必须穿戴齐防护用品,如要穿戴好绝缘鞋、绝缘手套等劳动保护用品,以确保使用时的人身安全。

2) 检查手持电动工具外壳、手柄应无裂缝、破损,保护接地(接零)连接正确、牢固可靠,手持电动工具的电源要安装漏电保护器和良好的接地线,电缆软线及插头等应完好无损,插头一定要使用配套的插座,使用220V三脚插头时,不可把地线插脚折弯,直接在二孔插座上使用,防止手持电动工具外壳漏电,造成触电事故。

3) 检查电气保护装置良好、可靠,机械防护装置是否齐全、完好,安装是否牢固。应检测其接零和绝缘情况,确认无误后才能使用。

4) 手持电动工具的电源线必须使用橡胶护套线,禁止用塑料护套线,导线两端连接要牢固,内部接头要正确,特别是手柄尾部的电缆护套要完好。电缆线不应有接头,长度不宜超过5m,以免受到机械伤害。开关动作应正常,并注意开关的操作方法。

5) 在雨后或潮湿的场地作业时,必须使用双重绝缘或加强绝缘的手持电动工具。

(2) 使用时

1) 手持电动工具起动后,先空载运行,检查并确认手持电动工具运转灵活无阻时再作业;作业时加力应平稳,不得用力过猛。

2) 手持电动工具应在设计工作范围内使用,严禁超载使用,作业中应注意音响及温升,发现异常应立即停机检查。在作业时间过长,手持电动工具温升超过60℃时,应停



机，自然冷却后再进行作业。

3) 作业中，不得用手触摸刀具、模具和钻头，发现其有磨钝、破损情况时，应立即停机或更换，然后再继续进行作业。

4) 手持电动工具时，脚要站稳并保持身体平衡。手持电动工具转动时，不得同时做其他事情，更不得撒手不管。

5) 出现意外停机时，应立即关断手持电动工具上的开关，防止因没关断开关突然运转而造成的伤害。

6) 使用冲击钻打孔时，先将钻头抵在工作表面，然后开动，用力适度，避免晃动；转速若急剧下降，应减少用力，防止电动机过载，严禁用木杠及其他物件下压；钻孔时，应注意避开混凝土中的钢筋。

7) 电钻和冲击钻为40%断续工作制，不得长时间连续使用。

8) 严禁无安全防护装置作业；严禁手持电动工具带故障作业；严禁钻头弯曲、变形，刃具有缺口、破损作业。

9) 对手持电动工具进行紧固时要使用专用的夹子或卡子，并应防止手持电动工具被意外起动。

10) 在使用中不要使导线受拉，避免拉断电源线。发现电源线缠卷打结时，要耐心解开，不得手提电源线或强行拉动。也不要过分翻转，避免手柄内电源接头缠、扯脱落，使机壳带电或发生短路。拔插头时不要猛拽电源线，手持电动工具不用时要将插头拔下。

11) 挪动手提式手持电动工具时，只能手握握柄，不得提电源线、卡头。在高空作业时应有相应的安全保护措施。在易燃易爆工作点不要使用手持电动工具，以免发出的火花酿成火灾。

(3) 维修保养

日常保养包括以下内容：

1) 保持手持电动工具的干净整洁，已损坏的手持电动工具不能继续使用并贴上“禁用”标签。

2) 外壳、手柄是否有裂缝和破损；手持电动工具转动部件是否灵活、轻快无阻。

3) 保护接地线连接是否正确、牢固；软电缆线是否完好无损；插头是否完整无破损。

4) 开关动作是否正常、灵活，有无缺陷、破损。

5) 电器保护装置是否良好；机械防护装置是否完好、牢固。

(4) 定期保养

1) 在日常保养的基础上，每年至少应由专职人员定期检查一次，在湿热和温度常有变化的地区或使用条件恶劣的地方，应相应缩短检查周期。梅雨季节前应及时检查，检查内容除上述检查外，还必须测量手持电动工具的绝缘电阻值（用500V绝缘电阻表测量），其中，Ⅰ类手持电动工具的绝缘电阻值为 $2\text{M}\Omega$ ，Ⅱ类手持电动工具的绝缘电阻值为 $7\text{M}\Omega$ ，Ⅲ类手持电动工具的绝缘电阻值为 $1\text{M}\Omega$ ，否则应进行干燥处理或维修。

2) 长期搁置不用的手持电动工具，在使用前必须测量其绝缘电阻，经检查合格后方可使用。

3) 非金属壳体的手持电动工具在存放和使用时应不受压、受潮, 并不得接触各类油质溶剂。

4) 非专职人员不得擅自拆卸和修理手持电动工具。

5.1.3 冲击钻安全操作

1. 冲击钻特性

冲击钻依靠旋转和冲击来工作, 单一的冲击是非常轻微的, 但每分钟 40000 多次的冲击频率可产生连续的力, 冲击钻可用于天然的石头或混凝土。冲击钻工作时在钻头夹头处有调节旋钮, 可工作于普通手电钻和冲击钻两种方式。冲击钻是利用内轴上的齿轮相互跳动来实现冲击效果, 但是冲击力远远不及电锤。手持冲击钻如图 5-1 所示。



图 5-1 手持冲击钻

冲击钻的冲击机构有犬牙式和滚珠式两种, 滚珠式冲击钻由动盘、定盘、钢球等组成。动盘通过螺纹与主轴相连, 并带有 12 个钢球; 定盘利用销钉固定在机壳上, 并带有 4 个钢球, 在推力作用下, 12 个钢球沿 4 个钢球滚动, 使硬质合金钻头产生旋转冲击运动, 能在砖、砌块、混凝土等脆性材料上钻孔。脱开销钉, 使定盘随动盘一起转动, 不产生冲击, 可作普通电钻用。

冲击钻为双重绝缘设计, 操作安全可靠, 使用时不需要采用保护接地(接零), 使用时可以不戴绝缘手套或穿绝缘鞋。为使操作方便、灵活和有力, 冲击钻上一般带有辅助手柄。由于冲击钻采用双重绝缘, 没有接地(接零)保护, 因此应特别注意保护橡胶套电缆。手提移动冲击钻时, 必须握住冲击钻手柄, 移动时不能拖拉橡胶套电缆, 橡胶套电缆不能让车轮轧辗和足踏。

2. 冲击钻的正确使用方法

- 1) 操作前必须检查电源是否与冲击钻铭牌上的规定额定电压相符, 以免错接。
- 2) 使用冲击钻前请仔细检查机体绝缘防护、辅助手柄及深度尺调节等情况, 有无螺钉松动现象。
- 3) 冲击钻必须按材料要求装入 $\Phi 6 \sim 25\text{mm}$ 允许范围的合金钢冲击钻头或打孔通用钻头, 严禁使用超越范围的钻头。钻孔时, 应注意避开混凝土中的钢筋; 打孔时将钻头抵在工作表面, 然后开动, 用力适度, 避免晃动; 转速若急剧下降, 应减少用力, 防止电动机过载, 严禁用木杠加压。
- 4) 冲击钻的电源线要保护好, 严禁满地乱拖, 防止轧坏、割破, 更不准把电线拖到油水中, 防止油水腐蚀电线。
- 5) 使用冲击钻的电源插座必须配备漏电开关装置, 并检查电源线有无破损现象, 使用当中发现冲击钻漏电、振动异常、高热或者有异响时, 应立即停止工作。
- 6) 冲击钻更换钻头时, 应拔下电源插头, 用专用扳手及钻头锁紧钥匙, 杜绝使用非



专用工具敲打冲击钻。

7) 使用冲击钻时切记不可用力过猛或出现歪斜操作,应装紧合适钻头并调节好冲击钻深度尺,垂直、平衡操作时要徐徐均匀的用力,不可强行使用超大钻头。

8) 熟练掌握和操作顺逆转向控制机构、松紧螺钉及打孔攻牙等功能。

3. 冲击钻安全操作规程

1) 使用时戴防护眼镜,工作时务必要全神贯注,不但要保持头脑清醒,更要理性地操作手持电动工具。

2) 冲击钻的开关是否灵敏可靠。

3) 检查冲击钻的绝缘是否完好。

4) 装夹钻头用力适当,使用前应空转几分钟,待转动正常后方可使用。

5) 钻孔时应使钻头缓慢接触工件,不得用力过猛,折断钻头,损坏电动机。钻孔时必须垂直地顶在工件上,不得在钻孔中晃动。

6) 注意工作时的站立姿势,操作机器时要确保立足稳固,并要随时保持平衡。使用时用双手握持冲击钻,并使用冲击钻所附的辅助把手。

7) 在干燥处使用冲击钻,严禁戴手套,防止钻头绞住发生意外。在潮湿的地方使用电钻时,必须站在橡皮垫或干燥的木板上,以防触电。

8) 使用中如发现冲击钻漏电、振动、高温过热时,应立即停机待冷却后再使用。

9) 冲击钻未完全停止转动时,不能卸、换钻头,出现异常时其他任何人不得自行拆卸、装配,应交专人及时修理。

10) 如用力压冲击钻时,必须使冲击钻垂直,而且固定端要牢固可靠。

11) 中途更换新钻头,沿原孔洞进行钻孔时,不要突然用力,防止折断钻头发生意外。

12) 使用冲击钻登高或在防爆等危险区域内作业时,必须做好安全防护措施。

13) 停电、休息或离开工作地时,应立即切断电源。

14) 不许随便乱放。工作完毕时,应将冲击钻及绝缘用品一并放到指定地方。

4. 冲击钻使用注意事项

1) 操作冲击钻的人员要穿好合适的工作服,不可穿过于宽松的工作服,更不要戴首饰或留长发,严禁戴手套及袖口不扣操作冲击钻。

2) 冲击钻一般情况下是不能用作电钻使用的,因为冲击钻在使用时方向不易把握,容易出现误操作,开孔偏大;钻头不锋利,使所开的孔不工整,出现毛刺或裂纹;即使上面有转换开关,也尽量不用来钻孔,除非使用专用的钻头,但是由于冲击钻的转速很快,很容易使开孔处发黑并使钻头发热,从而影响钻头的使用寿命。

3) 冲击钻为 40% 断续工作制,不得长时间连续使用。

4) 作业孔径在 25mm 以上时,应有稳固的作业平台,周围应设护栏。

5. 冲击钻维护与保养

1) 由专业人员定期检查冲击钻各部件是否损坏,对损伤严重的部件要及时更换,定期检查电源线及触点部位的导电性能是否完好,定期检查冲击钻的碳刷及弹簧压力,若超

出规定值应及时更换和调整。

- 2) 保障冲击钻机身整体完好及清洁, 保证冲击钻运转正常。
- 3) 及时增补作业中机身上丢失的机体螺钉紧固件。
- 4) 定期检查传动部分的轴承、齿轮及冷却风叶是否灵活完好, 适时对转动部位加注润滑油, 以延长冲击钻的使用寿命。
- 5) 使用完毕后要及时将冲击钻归还并妥善保管。

5.1.4 手电钻安全操作

1. 手电钻特性

手电钻就是以交流电源或直流电池为动力的用于钻孔的手持电动工具, 是手持电动工具的一种。手电钻广泛用于建筑、装修、家具等行业, 用于在物件上开孔或洞。手电钻外形示意图如图 5-2 所示。

手电钻适用于金属材料、木材、塑料等的钻孔, 当装有正反转开关和电子调速装置后, 可用来作电螺钉改锥。有的型号配有充电电池, 可在一定时间内, 在无外接电源的情况下正常工作。手电钻的主要构成: 钻夹头、输出轴、齿轮、转子、定子、机壳、开关和电缆线。



图 5-2 手电钻外形示意图

2. 手电钻使用注意事项

- 1) 不可以用来钻水泥和砖墙, 否则, 极易造成电动机过载, 烧毁电动机。关键在于电动机内缺少冲击机构, 承力小。
- 2) 电源线长度一般不宜超过 5m, 中间不应有接头。当长度不够时可使用插座板, 插座板的引线也不准有接头。临时使用时, 当电源的电缆线不够长时, 可以用胶质线、塑料电线连接, 但接线头必须包缠好绝缘胶带, 使用中切勿受水浸及乱拖乱踏, 也不能触及热源和腐蚀性介质。使用完毕必须及时拆除连接导线。
- 3) 电源线必须使用橡皮电缆, 不可使用胶质线(花线)、塑料电线。因为这类电线不耐热、不耐湿, 抗拉抗磨强度差, 在使用中很容易损坏绝缘, 不安全。
- 4) 存放时间久的手电钻, 在使用前应测试绝缘电阻, 电阻值一般应不小于 $0.5\text{M}\Omega$, 最低不小于 $0.25\text{M}\Omega$ 。
- 5) 手电钻使用的电源电压不得超过所规定的额定电压的 $\pm 10\%$ 。
- 6) 作业前要确认手电钻开关处于关断状态, 防止插头插入电源插座时手电钻突然转动。
- 7) 使用前要认真检查电源线和插头是否完好, 对于金属外壳的手电钻必须采取保护接地(接零)措施。通电后用试电笔检查外壳是否有电。如果不做保护接地(接零), 在使用时要格外小心, 必须戴绝缘手套、穿绝缘鞋或站在干燥的木板上操作, 并与其他工作人员保持一定距离。在某些易发生触电事故的场所, 需装设额定动作电流 $\leq 15\text{mA}$ 、动作



时间 $\leq 0.1\text{s}$ 的漏电保护器,以保护操作者安全。

8) 手电钻在使用前应先空转 $0.5 \sim 1\text{min}$, 检查传动部分是否灵活, 有无异常杂音, 螺钉等有无松动, 换向器火花是否正常。

9) 使用时切勿将电源线缠绕在手臂上, 以防万一电源线破损或漏电造成触电事故。

10) 钻孔时不宜用力过猛, 转速异常降低时应放松压力, 以免电动机过载造成损坏。

11) 在往墙上、地板上、吊顶上钻孔时, 事先应充分了解其内部的情况, 搞清是否埋有电缆、管线、金属预埋件等, 以免造成损失。

12) 不使用时应及时拔掉电源插头。手电钻应存放在干燥、清洁的环境。手电钻应定期维护与保养, 保持整流子清洁, 做到定期更换电刷和润滑油。

13) 使用手电钻时要注意观察电刷火花的大小, 若火花过大, 手电钻过热, 必须停止使用, 进行检查, 如清除污垢、更换磨损的电刷、调整电刷架弹簧压力等。

3. 手电钻安全操作规程

1) 使用的手电钻若属于 I 类手持电动工具时, 应配置漏电保护器及绝缘橡皮手套或配用隔离变压器。若使用的手电钻属于 II 类手持电动工具, 在潮湿环境、容器内或狭窄的金属壳体内工作时, 应配置漏电保护器或配用隔离变压器。

2) 钻不同直径的孔时, 要选择相应规格的钻头。钻头必须锋利, 钻孔时用力要适度, 不要过猛。安装钻头或其他工件时, 把钻头或其他工作头完全放进钻头夹中, 并务必用夹头扳手把钻头完全拧紧。手电钻发生故障, 应找专业人员检修, 不得自行拆卸、装配。

3) 手电钻外壳要采取接零或接地保护措施, 插上电源插头后, 先要用试电笔测试, 外壳不带电方可使用。在潮湿的地方使用手电钻, 必须戴绝缘手套, 穿绝缘鞋站在绝缘垫或干燥的木板上。

4) 使用的电源要符合电钻铭牌规定, 插接电源之前需检查开关是否切断, 电气线路中间不应有接头。电源线严禁乱放、乱拖。

5) 手电钻未完全停止转动时, 不能卸、换钻头。不使用时或维修前以及更换附件时必须拔下电源插头。停电、休息或离开工作地时, 应立即切断电源。

6) 如用力压手电钻时, 必须使手电钻垂直工件, 而且固定端要特别牢固。

7) 不要戴有诸如棉纱、毛绒等织物构成的手套进行作业。胶皮手套等绝缘用品, 不许随便乱放。工作完毕时, 应将手电钻及绝缘用品一并放到指定地方。

8) 使用时双手紧握电钻, 在操作过程中或操作完毕后的瞬间, 不要触及钻头。在使用过程中, 当手电钻的转速突然降低或停止转动时, 应赶快放松开关, 切断电源, 慢慢拔出钻头。当孔将要钻通时, 应适当减轻手臂的压力。

9) 在有易燃、易爆气体的场合, 不能使用手电钻。

10) 不得以拖动电缆的方法移动手电钻, 也不得强行拉扯电线从电源插座拆除插头。

5.1.5 手持水电开槽机安全操作

1. 水电开槽机的特性

手持水电开槽机的产品性能可靠, 经久耐用, 新型水电开槽机采用流体力学原理, 螺

旋推进技术，人性化手柄，配以自动去尘装置，采用特制的宽边错峰刀片自动掘槽去渣，从而产生快速推进力，达到环保降噪降尘，一次成型的自动生产标准。水电开槽机外壳为全模、全塑、全模块式，防震、防尘、防锈，耐磨、耐长久使用。

水电开槽机能根据施工需要一次操作开出不同角度、宽度、深度的线槽，而且线槽美观实用不会损害墙体。切割粉尘为颗粒状，低转速不扬尘，切槽时粉尘较小，减少了污染，最大限度地减少了灰尘对施工安装人员的伤害，水电开槽机减轻了水电安装工人的劳动强度，又大大提高了工作效率，给使用者带来了几十倍的工作效率和经济收益。是旧房明线改暗线、新房装修、电话线、网线、水电路等等的理想开槽手持电动工具。水电开槽机示意图如图 5-3 所示。



图 5-3 水电开槽机示意图

2. 水电开槽机的功能

1) 水电开槽机只需换一下档位和刀头，可开硬墙、红砖墙、水泥覆盖的红砖墙、混凝土墙。

2) 水电开槽机采用强劲动力、人性化设计的手柄开关，使用灵活安全。

3) 使用水电开槽机无需再用其他辅助手持电动工具。

4) 开槽时不用加水无尘环保，使用专业配套工业吸尘器。

3. 水电开槽机的技术参数

1) 工作速度：每分钟可开槽 3 ~ 5m，切割刀片针对不同砖石使用寿命为：标准空心砖 6000m，红砖，白砖 5000m，水泥覆盖砖墙 3000m。

2) 输入功率：1100W；空载转速：2000r/min；电压：220V。

3) 开槽深度：20 ~ 55mm；开槽宽度可调节：直线 16 ~ 55mm；曲线：自由尺寸任意调节。

4) 开槽副机额定输入功率：1200 ~ 1400W；电压：220V。

5) 去渣量：30 ~ 60L/桶。

6) 净重：7.2 ~ 8.3kg。

4. 水电开槽机的使用注意事项

水电开槽机使用时必须注意以下事项：

1) 开启水电开槽机前，应检查夹头和主轴的螺帽是否牢固，电源线不允许有破损，电源线不能受碰压，工作前应开机空载运行 1min，观察水电开槽机运转情况，使用电源电压波动不大于 10%。



2) 水电开槽机移动时,不允许提电源线,必须用手握外壳移动。

3) 保持水电开槽机的内部清洁,风口挡要畅通,清除灰尘和油污,应防止铁屑等杂物进入风挡,铁屑和杂物进入风口挡,会打碎电动机风叶,损坏电动机。

4) 要定期对电动机进行保养,换向器要清洁,当换向火花增大,换向器表面上黑痕较多时,应及时修磨换向器。电刷过短时,要及时更换,使电刷与换电器有一定接触压力,因电刷与换向器接触不良会烧毁电动机。

5) 水电开槽机受潮后应进行干燥处理,可用 500V 绝缘电阻表测绝缘电阻,绝缘电阻超过 $72\text{M}\Omega$ 才能继续使用。

6) 夹板钳(高度硬质钢)不要随意乱放,需妥善保管,以免损坏。

在水电开槽机起动之前,刀具不应同墙壁接触,要以前导向滚轮为支撑点贴住墙壁,后导向轮悬空,后导向轮悬空的距离要以不能让蜂窝轮齿刀接触到墙壁的状态下才能开起机器,并且将后手柄慢慢向下压,直到刀具切割最大深度时才开始向前开槽。

5. 水电开槽机维护

为了避免产生严重的人身伤害,在进行维护之前应切断电源。为了确保产品安全和可靠性,更换维修中损坏的部件并应使用原装部件。

卸下刀片步骤如下:①在开槽完毕后刀具变得很热,在取下刀具之前应让它冷却;②将电源切断;③用专用扳手 1 卡住输出扁方,防止刀具转动;④使用专用扳手 2 松开刀具;⑤小心取下刀具;⑥必要时对水电开槽机进行清灰尘处理。

水电开槽机与吸尘器的连接步骤如下:①将开槽机电源断开;②把集尘口盖打开;③将吸尘器的连接管插在后导向轮的集尘器口上。

调节水电开槽机的开槽深度步骤如下:①切断电源;②将前导向轮的两颗锁紧螺母松开;③调节刀片数量;④将前滚轮的两颗锁紧螺母锁紧。

要保持水电开槽机的清洁以获得开槽效果并保证操作安全,清洁水电开槽机步骤如下:①将水电开槽机电源切断;②使用一块干燥柔软的布擦拭水电开槽机;不要使用湿布或清洁剂进行清洗;否则会损伤水电开槽机的外观;③拆卸刀具并清除粉尘。为了避免对后导向轮造成的伤害,不要将水电开槽机的任何部位浸入液体中。

水电开槽机的碳刷一般可以使用 200h 左右。应及时更换碳刷,否则会损坏后导向轮上的换向器。更换碳刷步骤如下:①将水电开槽机电源切断;②用十字螺钉旋具将防尘罩盖卸下;③用一定螺钉旋具将碳刷盖卸下;④将碳刷从机器上取出,将新碳刷装回机器中;⑤将碳刷盖、防尘罩按原位置装好。

6. WKS8000 水电开槽机安全操作规程

1) 使用水电开槽机时应穿好工作服,戴好护目镜,佩戴耳罩,连接好排尘管,作业时随时观察机壳温度,当机壳温度过高及炭刷火花产生时,应立即停机检查处理。

2) 在开槽过程中用力应均匀适当,推进刀片时不得用力过猛。当发生刀片卡死时,应立即停机,慢慢退出刀片,应在重新对正后方可再切割。

3) 在使用水电开槽机前应检查刀具与接触盘间的垫片是否牢固。

4) 使用的电源电压应是后导向轮铭牌上标示的相同电压,WKS8000 水电开槽机采用

安全开关，使用时应先按下安全锁，再推动开关启动水电开槽机，安全开关操作如图 5-4 所示。



图 5-4 安全开关操作

5) WKS8000 水电开槽机适用于实心砖墙、空心砖墙、室内混凝土地面等的开槽，不要在爆燃性空气中使用水电开槽机，比如易燃的液体、气体或粉尘中，因水电开槽机使用过程中的火花有可能点燃粉尘或气体。

6) 当碳刷用完（短于 5mm 时）应及时更换碳刷，更换的碳刷必须是配套备件的碳刷。

7) 开槽时，必须使水电开槽机的工作面紧贴需要开槽的墙面（地面）。开横槽时，以左手控制开关，右手向前推动水电开槽机进行开槽，如图 5-5 所示。开竖槽时，以右手控制开关，左手向下推动水电开槽机进行开槽，如图 5-6 所示。



图 5-5 开横槽操作示意图



图 5-6 开竖槽操作示意图

8) 工作时必须用双手握紧水电开槽机，并要确保立足稳固。开槽完毕，关闭控制开关后，应等水电开槽机完全静止后，才能放下水电开槽机。

9) 可根据操作需要更改手柄角度，如图 5-7 所示，以方便在狭小的空间内工作。

10) 可采用增减刀片的方式来调节开槽的宽度，如图 5-8 所示。合适的开槽宽度能提高开槽效率并能延长水电开槽机的使用寿命。

11) 工作完成后必须清除干净水电开槽机上的灰尘。

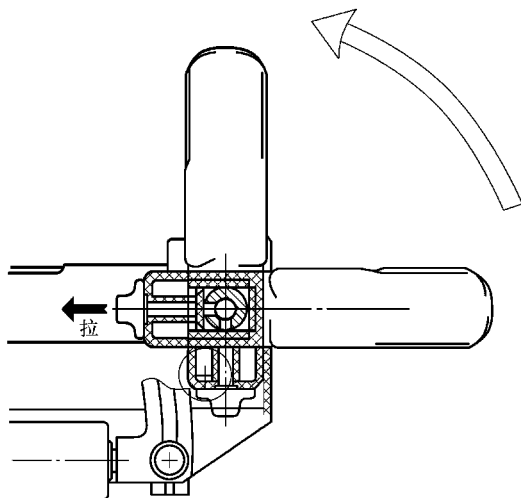


图 5-7 调节手柄角度示意图

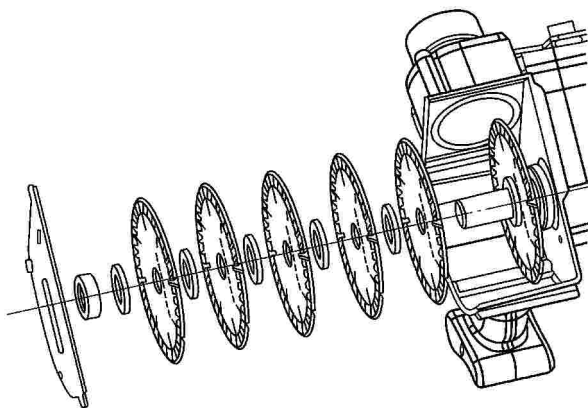


图 5-8 调节开槽的宽度示意图

5.2 家装电工触电急救方法

5.2.1 触电者脱离电源的方法及急救措施

发生人身触电事故时，为了抢救生命紧急停止设备运行，使触电人尽早脱离电源的伤害是压倒一切的中心。在其他条件都相同的情况下，触电者触电时间越长，造成心室颤动乃至死亡的可能性也越大。而且，人触电后，由于痉挛或失去知觉等原因，会紧握带电体而不能摆脱电源。因此，若发现有人触电，应采取一切可行的措施，迅速使其脱离电源，这是救活触电者的一个重要因素。

实验研究和统计都表明，如果从触电后 1min 即开始救治，则 90% 可以救活；如果从



触电后 6min 开始救治, 则仅有 10% 的救活机会; 而从触电后 12min 才开始救治, 则救治的可能性就极小了。因此, 当发现有人触电时, 应争分夺秒, 采用一切可能的办法迅速进行救治, 以免错过时机。

现场电气工作人员, 应沉着迅速地做出决断, 果敢地断开与触电处电源有联系的所有各侧电源的断路器, 根据现场表计指示及其他信号, 证明触电者触及的电气设备确已断电, 然后, 做好自我保护措施, 尽可能地利用现场绝缘用具, 如穿绝缘靴、戴绝缘手套, 设法让触电者身体与导体脱开, 将其救至安全地点, 迅速施行触电急救。

对为解救触电者紧急停电而造成的设备事故在《电业生产事故调查规程》中有明确规定, 所进行的事故调查与分析, 主要是为了全面总结经验与教训, 只作为统计事故向上级报告, 上级亦不作为安全指标对生产单位进行考核。

触电者被救离电源后, 如果现场再无其他救护人员, 施救应争分夺秒用心肺复苏法坚持不停地抢救, 方法力求正确、有效, 待触电者呼吸恢复, 抢救告一段落, 立即向上级报告。如果现场还有其他救护人员可以替代抢救, 应立即通知医疗机构派医生来现场抢救并向有关部门领导报告, 讲明事故简况及设备状态, 以便于及早恢复援救现场用电。

1. 触电人迅速脱离电源的方法

使触电者脱离电源的方法一般有两种: 一是立即断开触电者所触及的导体或设备的电源; 二是设法使触电者脱离带电部分。

(1) 低压触电时脱离电源的措施

低压触电时, 可采取以下脱离电源的措施:

- 1) 如果电源开关或插座在触电地点附近, 应立即拉开开关或拔出插头。但应注意, 单极开关和手开关只能控制一根导线, 有时可能切断零线而没有真正断开电源。
- 2) 如果触电地点远离电源开关, 可使用有绝缘柄的电工钳或有干燥木柄的斧子等手持工具切断导线。
- 3) 如果导线搭落在触电者身上或者触电人的身体压住导线, 可用干燥的衣服、手套、绳索、木板等绝缘物作手持工具, 拉开触电者或移开导线。
- 4) 如果触电者的衣服是干燥的, 又没有紧缠在身上, 则可拉着他的衣服后襟将其拖离带电部分; 此时救护人不得用衣服蒙住触电者, 不得直接拉触电者的脚和躯体以及接触周围的金属物品。

5) 如果救护人手戴绝缘良好的手套, 也可拉着触电者的双脚将其拖离带电部分。

6) 如果触电者躺在地上, 可用木板等绝缘物插入触电者身下, 以隔断电流。

(2) 高压触电时脱离电源的措施

高压触电时, 可采取以下脱离电源的措施:

- 1) 立即通知有关部门停电。
- 2) 戴上绝缘手套, 穿好绝缘靴, 使用相应电压等级的绝缘手持工具按顺序拉开电源开关。
- 3) 使用符合电压等级的绝缘手持工具切断导线。
- 4) 在架空线路上不可能采用上述方法时, 可用抛挂接地线的方法, 使线路短路跳闸。



在抛挂接地线之前,应先把接地线一端可靠接地,然后把另一端抛到带电的导线上,此时抛掷的一端不得触及触电者和其他人。

2. 救护触电者脱离电源时应注意的事项

救护触电者脱离电源时应注意以下事项:

1) 救护人员不得直接用手、金属物体或其他潮湿物品作为救护工具,而必须使用适当的绝缘工具。为了使自己与地绝缘,在现场条件允许时,可穿上绝缘靴或者站在干燥的木板上或不导电的台垫上。

2) 在实施救护时,救护人最好一只手施救,以防自己触电。

3) 如果是高空触电,应采取防摔措施,防止触电者脱离电源后摔伤。平地触电也应注意触电者倒下的方向,特别要注意保护触电者头部不受伤害。

4) 如果触电事故发生在夜间,应迅速解决临时照明问题,以便于抢救,并避免事故扩大。

3. 发生触电事故时的救护措施

各种救护措施应因地制宜,灵活运用,以快为原则。发生触电事故时,在保证救护者本身安全的同时,必须首先设法使触电者迅速脱离电源,然后进行以下抢救工作:

1) 解开妨碍触电者呼吸的紧身衣服。

2) 检查触电者的口腔,清除口腔中的黏液,取下假牙(如果有的话)。

3) 立即就地进行急救。

如果现场除救护者之外,还有第二人在场,则应立即进行以下工作:

1) 提供急救用的工具和设备。

2) 劝退现场闲杂人员。

3) 保持现场有足够的照明和保持空气流通。

4) 向领导报告,并请医生前来抢救。

5.2.2 触电者急救方法

如果伤者有神智不清、抽搐、颈动脉摸不到搏动、心跳停止、瞳孔放大、呼吸停止、面色苍白等症状时,可判断为心跳骤停。心跳骤停是临床时最紧急的情况,必须分秒必争、不失时机地进行抢救。触电后的急救方法,应随触电者所处的状态而定。通常,救护者必须立即进行以下各项工作:

1) 使触电者仰面躺在木板或地板上。

2) 检查触电者有无呼吸(根据其胸部有无呼吸运动或用其他方法来判断)。

3) 检查触电者手腕大动脉或颈部大动脉是否跳动。

4) 检查瞳孔状态(缩小或扩大),如果瞳孔扩大,表明大脑供血严重不足。

在所有触电情况下,无论触电者的状况如何,都必须立即请医生前来救治。在医生到来之前,应迅速实施以下相应的急救:

1) 如果触电者尚有知觉,但在此之前曾处于昏迷状态或者长时间触电,应使其舒适地躺在木板上,并盖好衣服;在医生到来之前,应保持安静,不断地观察其呼吸状况和测

试脉搏。

2) 如果触电者已失去知觉, 但仍有平稳的呼吸和脉搏, 也应使其舒适地躺在木板上, 并解开他的腰带和衣服, 保持空气流通和安静, 有可能时要让他闻氨水和往其脸上洒些水。

3) 如果触电者呼吸困难(呼吸微弱、发生痉挛, 发现唏嘘声), 则应进行人工呼吸和心脏按摩。

4) 如果触电者已无生命的特征(呼吸和心脏跳动均停止, 没有脉搏), 也不得认为他已死亡, 因为触电者往往有假死现象。在这种情况下, 应立即进行人工呼吸和心脏按摩。

急救一般应在现场就地进行, 只有当现场继续威胁着触电者, 或者在现场施行急救存在很大困难(黑暗、拥护、下雨、下雪等)时, 才考虑把触电者抬到其他安全地点。

1. 人工呼吸法

(1) 人工呼吸法的种类

较通用的人工呼吸法有以下几种:

第一种人工呼吸法。先使触电者俯卧在地板上, 将他的一只手弯曲枕在头下, 另一只手沿头旁伸直, 脸倒向一方, 下面垫一些较软的物品, 使其口部和鼻部不致与地面接触, 并把舌头拉到嘴唇外; 然后救护者跨跪于触电者两腿外侧, 将两手平伸放在他的背后和下部肋骨内侧, 从侧旁用并拢的手指将其抱住; 心里默数“一、二、三”, 并使身体逐渐前倾, 压向其下部肋骨, 再使身体抬起后仰, 但双手不离开触电者的背部, 同时默数“四、五、六”。如此反复有节奏地做下去, 一直到触电者能自行呼吸为止。这种方法较简单, 但触电者肋骨受伤时, 不得采用。

第二种人工呼吸法。这种方法实施的方式和加压节奏与第一种方法完全相同, 所不同的是使触电者仰面平卧, 而救护者从前面压向其下部肋骨处。按这种方法进行人工呼吸时, 应有助手在旁协助, 将触电者的舌头拉住伸直, 以使其喉部呼吸器官畅通。

第三种人工呼吸法。实施这种人工呼吸法时, 使触电者仰面平卧, 在其两肩胛下面垫以衣服卷或其他柔软物品, 使触电者的头向后仰; 然后清除口腔内的黏液, 把舌头拉出, 不让其缩回。

救护者在触电者的头前屈膝跪下, 双手握住他的两只手腕, 使他的两臂弯曲地压在前胸两侧, 亦即压向下部肋骨处, 以完成呼气, 同时心里默数“一、二、三”; 然后将他的两手臂绕向前, 在头上方拉直, 并引向头的后部, 以完成呼气, 同时默数“四、五、六”。如此反复地进行。如果能听到触电者喉管中空气出入的微小声音, 并看到他胸廓开始起伏, 则表明这种方法实施有效。否则, 不正确, 或者是舌头缩回, 未将其拉直。如果触电者的锁骨摔伤或折断, 或者发生脱臼或强力活动可能导致骨折, 均不得采用这种方法。

第四种人工呼吸法。即口对口人工呼吸法, 这种方法有许多优点, 主要是换气比较充分, 有效呼吸量较大; 其次是易于学习和掌握。因此, 口对口呼吸法得到普遍采用。

进行口对口人工呼吸时, 救护者首先要进行深呼吸, 然后, 嘴紧紧贴在触电者的嘴上(可在触电者的嘴上垫一块纱布或手帕), 往其嘴中吹气。此时要用面颊或手指压堵触电者



的鼻孔,然后,救护者的头部往后仰,离开触电者的口,并松开触电者的鼻孔,使其自然地呼出胸腔内的空气。吹气时用力程度应因人而异,过大和过小都不妥。合适的用力程度是在吹气时能见到触电者的胸廓像正常人呼吸那样的舒展和隆起。吹气速度由慢到快,最后缩短到 10~20 次/min。

如果每次吹气后,触电者的胸部扩张,则表明空气已进入他的肺部。如果吹气后,触电者的胸部不舒展,应向上扬起他的下颚。此时救护者用大拇指插入触电者的嘴中即可将其下颚轻轻地扬起。

如果触电者有微弱的吸气动作,则应使人工吹气时间与触电者自行吸气时间相吻合。当触电者恢复呼吸,能自行深呼吸和有节奏地呼吸时,即可停止人工呼吸。进行人工呼吸时,要防止触电者受凉,即避免让其躺在潮湿的土地上、石板上、混凝土地面上或金属地板上。

如果触电者的脉搏停止跳动,为了使其血液循环,在进行人工呼吸(吹入空气)的同时,还应施以胸外心脏按摩。

在上述四种人工呼吸法中,以第四种口对口呼吸法最为简单易行,效果较好。

(2) 进行人工呼吸前应做的准备工作

如果触电者已完全停止呼吸,或者呼吸非常困难,逐渐短促并继续恶化,显出痉挛现象,发出唏嘘声(如垂死状态),则必须对其进行人工呼吸。施行人工呼吸以前,应迅速做好以下准备工作:

1) 解开妨碍触电者呼吸的紧身衣服(松开领口、领带、上衣、裤带、围巾等)。具体措施:清除伤员口内的异物,采用仰头抬下颌法,通畅气道,如图 5-9 所示。

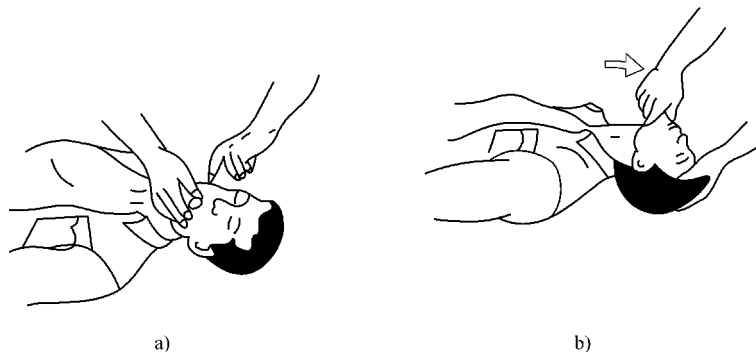


图 5-9 清除伤员口内异物及仰头抬下颌法示意图

2) 保证触电者的呼吸道畅通。由于触电者的呼吸道往往被反卷的舌头所堵塞,因此,应使触电者的头部最大限度地往后仰。此时,救护者用一只手枕在触电者的颈部,用另一只手按压触电者的前额。当触电者的头部仰到一定位置时,其口便会张开,为使其头部保持后仰位置和后仰姿势,可在其肩胛骨下面垫一卷紧的衣服或枕头等。

3) 如果触电者口中有血块、黏液和唾液,则必须转动其头部,使其肩膀朝向一侧,用手巾或缠在食指上的衬衣袖角等擦净其口腔和咽喉,除去口腔中的异物,取下假牙等。

如果触电者的牙齿咬紧,救护人员可用两手的4个指头从其下颚的两边扣住下颚,用两个大拇指压在下颚两边轻轻地向上端起,往前移动,使下牙移到上牙前,此时触电者的嘴便会张开。

如果上述方法仍不能使触电者的嘴张开,可用小木板、小金属片等插入上下齿缝中,但要避免损坏牙齿。

(3) 图解口对口(鼻)人工呼吸法

1) 触电者仰卧,迅速解开其衣领和腰带。

2) 触电者头偏向一侧,清除口腔中的异物,使其呼吸畅通,必要时可用金属匙柄由口角伸入,使口张开。

3) 救护者站在触电者的一边,一只手捏紧触电者的鼻子,一只手托在触电者颈后,使触电者颈部上抬,头部后仰,然后深吸一口气,用嘴紧贴触电者嘴,大口吹气,接着放松触电者的鼻子,让气体从触电者肺部排出,如图5-10所示。每5s吹气一次,不断重复地进行,直到触电者苏醒为止。

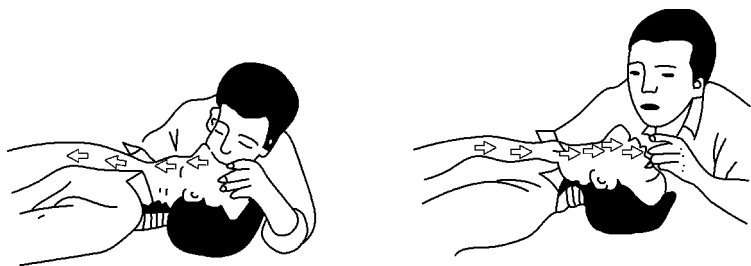


图5-10 口对口(鼻)人工呼吸法示意图

2. 胸外心脏按摩

胸外心脏按摩是由救护者用手掌在触电者的胸部有节奏地加压,以促使其心脏恢复跳动。胸外心脏按摩的步骤如下:

1) 触电者仰卧在结实的平地或木板上,然后解开其腰带、背带和上衣的纽扣,使其胸部裸露,并使其头部充分后仰(最好用一只手托在触电者颈后或枕垫软物)至鼻孔朝上,以利呼吸道畅通,抢救者跪跨在触电者腰部两侧。

触电者呼吸和心跳都停止时,允许同时采用口对口人工呼吸法和胸外心脏按摩法。单人救护时,可先吹气2~3次,再挤压10~15次,交替进行。双人救护时,每5s吹气一次,每秒钟挤压一次,两人同时进行操作。

抢救既要迅速又要有耐心,即使在送往医院的途中也不能停止急救。此外不能给触电者打强心针、泼冷水或压木板等。

2) 救护者把一只手的手掌根部叠放在另一只手的手背上,手掌根正放在触电者外胸的心脏部位,即胸骨的下半段、两个乳头中间稍靠下的地点。

3) 抢救者将右手掌放在触电者胸骨处,中指指尖对准其颈部凹陷的下端,左手掌复压在右手背上(对儿童可用一只手)。



4) 抢救者两个手臂都伸直,利用身体的重心,连同两手的力量一起下压,将胸骨压下约3~4cm(肥胖者5~6cm),然后突然放松手掌,使胸部弹回,挤压和放松动作要有节奏,每次挤压时间约1s,每分钟挤压60次,不可中断,直至触电者苏醒为止。挤压次数不得太少,否则,不足以使血液循环。

每次迅速挤压后,双手仍保持原来位置约0.5s,然后轻轻把手摆平并放松,让触电者胸部自动复原,血液充满心脏,但双手并不离开胸部。

按压时定位必须准确,用力要适当,切忌用力过大,以免挤压出胃中的食物,堵塞气管,影响呼吸,或者造成肋骨折断、气血胸和内脏损伤,但也不得用力过小,否则,不能发挥挤压作用。胸外心脏按摩法示意图如图5-11所示。

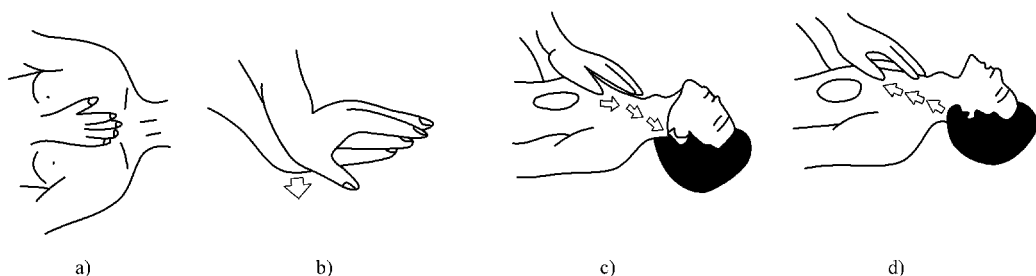


图5-11 胸外心脏按摩法示意图

在挤压心脏的同时,还要进行人工呼吸(吹气)。如果由两人来抢救,则其中经验较少者进行人工呼吸,经验较丰富者进行胸外心脏按摩。吹气应在每挤压5次的间隔时间内进行。

如果由一人来抢救,则救护者应交叉进行胸外心脏按摩和人工呼吸,每吹两次气要进行15次心脏按摩。通常,胸外心脏按摩要连续不断地进行下去,直到触电者心跳恢复(可根据他能否自行呼吸来判断)。为了检查触电者有无脉搏,每2min应停止按摩2~3s,以观察其脉搏是否跳动。

人工呼吸和心脏按摩一般要进行到触电者恢复正常呼吸或者经医生鉴定触电者已真正死亡为止。触电者恢复呼吸后可停止按摩,但人工呼吸仍应继续进行5~10min。

3. 对触电者进行急救的结果判断

如果正确进行人工呼吸,则每进行一次口对口吹气,触电者的胸腔就会舒展和隆起,而停止吹气,其胸腔就会下陷。在这种情况下,触电者会通过嘴和鼻孔从肺部往外排气,发出特有的声音。如果难以吹入空气,则应检查触电者的呼吸道是否畅通。

进行胸外心脏按摩时,其效果首先表现在每次按压触电者的胸腔,都可使触电者的手腕大动脉和颈部大动脉出现脉搏。

如果正确地进行人工呼吸和胸外心脏按摩,则触电者的脸色就会变好;其脸部由抢救前的土灰色(带青色)变为玫瑰色(脸部红润)。

4. 触电者电弧灼伤及外伤处理

(1) 电弧灼伤处理

电弧灼伤一般分为三度：一度，灼伤部位轻度变红，表皮受伤；二度，皮肤大面积烫伤，烫伤部位出现水泡；三度，肌肉组织深度灼伤，皮下组织坏死，皮肤烧焦。

当触电者的皮肤严重灼伤时，必须先将其身上的衣服和鞋袜特别小心地脱下，最好用剪刀一块块剪下。救护人员的手不得接触触电者的灼伤部位，不得在灼伤部位上涂抹油膏、油脂或其他护肤油。

灼伤的皮肤表面必须包扎好。包扎时如同包扎其他伤口一样，应在灼伤部位覆盖消毒的无菌纱布或消毒的洁净亚麻布。包扎前既不得刺破水泡，也不得随便擦去粘在灼伤部位的烧焦衣服碎片，如果需要除去，则应使用锋利的剪刀剪下。对灼伤者进行急救后，应立即将其送往医院治疗。

（2）触电者所受外伤的处理

对于触电者受到的外伤，应分情况酌情处理：

- 1) 凡是不危及生命的轻度外伤，可在触电急救之后进行处理。
- 2) 严重的外伤，应在现场与急救同时进行处理。
- 3) 一般损伤性创伤，在受伤时几乎都有细菌侵入。为了防止感染，必须用无菌生理食盐水彻底冲洗。然后用急救包中的防腐绷带或其他洁净布条包扎伤口。消毒时要防止碘酒、酒精等进入伤口内，因为它们会使人体组织细胞坏死。
- 4) 如果伤口大量出血，应立即进行止血。通常，可按下述方法临时止血：将出血的肢体举高，或用防腐绷带叠成几层盖在伤口上压紧；若情况严重，则可压迫伤口的出血部位，即紧压供给创伤部位血液的血管，或者卷曲肢体后，再用手指及止血带压迫止血。如果大量流血不止，应立即请医务人员进行急救。

附录

附录 A 万用表使用技巧

A.1 万用表基础知识及使用技巧

万用表是一种具有多用途和多量程的直读式仪表，通常可用来测量直流电流、直流电压、交流电压、电阻等电量。目前，市面上的万用表种类和形式都很多，表盘上的旋钮、测量范围各不相同。因此，在使用万用表以前，必须先了解该表的性能及各种旋钮、刻度和其他部件的功能，熟悉各种标记。

1. 万用表的基本结构

万用表是公用一个表头，集电压表、电流表和欧姆表于一体的仪表。万用表具有用途多、量程广、使用方便等优点，是电工测量中最常用的工具。它可以用来测量电阻、交流电压和直流电流。有的万用表还可以测量晶体管的主要参数及电容器的电容量等。

万用表的直流电流档是多量程的直流电压表，表头并联闭路式分压电阻即可扩大其电流量程。指针式万用表的直流电压档是多量程的直流电压表，表头串联分压电阻即可扩大其电压量程。分压电阻不同，相应的量程也不同。指针式万用表的表头为磁电系测量机构，它只能通过直流，利用二极管将交流变为直流，从而实现交流电的测量。在电流接法的基础上，加上电池、电阻和选择开关就构成了一个欧姆表。

万用表种类很多，外形各异，但基本结构和使用方法是相同的。指针式万用表面板上主要有表头（显示屏）和选择开关，还有欧姆档调零旋钮和表笔插孔。

1) 灵敏电流计。指针式万用表的表头是灵敏电流计，表头上的表盘印有多种符号、刻度线和数值。符号 A、V、 Ω 表示这只表计是可以测量电流、电压和电阻。表盘上印有多条刻度线，其中右端标有“ Ω ”的是电阻刻度线，其右端为零，左端为 ∞ ，刻度值分布是不均匀的。符号“-”或“DC”表示直流，“~”或“AC”表示交流，“~/ -”表示交流和直流共用的刻度线。刻度线下的几行数字是与选择开关的不同档位相对应的刻度值。表头上还设有机零位调整旋钮，用以校正指针在左端指零位。

2) 选择开关。万用表的选择开关是一个多档位的旋转开关，用来选择测量项目和量程。一般的万用表测量项目包括：“mA”：直流电流；“V -”：直流电压；“V ~”：交流

电压；“ Ω ”：电阻。每个测量项目又划分为几个不同的量程以供选择。

3) 表笔和表笔插孔。表笔分为红、黑两只，使用时应将红色表笔插入标有“+”号的插孔，黑色表笔插入标有“-”号的插孔。

现在常见的万用表主要有数字式万用表和指针式万用表两种。

(1) 数字式万用表

普通数字式万用表转换开关的档位有：

- 1) V $\sim$ ：表示测量交流电压的档位。
- 2) V-：表示测量直流电压的档位。
- 3) mA：表示测量直流电流的档位。
- 4) Ω (R)：表示测量电阻的档位。
- 5) HFE：表示测量晶体管的档位。

万用表的红表笔表示接外电路正极，黑表笔表示接外电路负极。数字式万用表的优点是：防外磁场能力强；数字式万用表的测量值由液晶显示屏直接以数字的形式显示，读取方便准确，有些还带有语音提示功能。

(2) 指针式万用表

指针式万用表的外观和数字式万用表有一定的区别，但它们的转档旋钮及档位也基本相同。指针式万用表是以指针式表头为核心部件的多功能测量仪表，测量值由表头指针指示读取。在指针式万用表的表盘上一般有八条刻度尺：

- 1) 标有“ Ω ”标记是测量电阻时用的刻度尺。
- 2) 标有“ $\sim$ ”标记是测量交直流电压、直流电流时用的刻度尺。
- 3) 标有“HFE”标记是测量晶体管时用的刻度尺。
- 4) 标有“LI”标记是测量负荷的电流、电压的刻度尺。
- 5) 标有“DB”标记是测量电平的刻度尺。

2. 万用表的工作原理

(1) 指针式万用表的工作原理

指针式万用表的基本原理是利用一只灵敏的磁电式直流电流表（微安表）做表头，当微小电流通过表头，就会有电流指示。但表头不能通过大电流，所以，必须在表头上并联与串联一些电阻进行分流或降压，从而测出电路中的电流、电压和电阻。

1) 测量直流电流原理。如图 A-1a 所示，在表头上并联一个适当的电阻（叫分流电阻）进行分流，就可以扩展电流量程。改变分流电阻的阻值，就能改变电流测量范围。

2) 测量直流电压原理。如图 A-1b 所示，在表头上串联一个适当的电阻（叫分压电阻）进行降压，就可以扩展电压量程。改变分压电阻的阻值，就能改变电压的测量范围。

3) 测量交流电压原理。如图 A-1c 所示，因为表头是直流表，所以测量交流时，需加装一个并、串式半波整流电路，将交流进行整流变成直流后再通过表头，这样就可以根据直流电的参数来测量交流电压，扩展交流电压量程的方法与直流电压量程相似。

4) 测量电阻原理。如图 A-1d 所示，在表头上并联和串联适当的电阻，同时串接一节电池，使电流通过被测电阻，根据电流的大小，就可测量出电阻值。改变分流电阻的阻

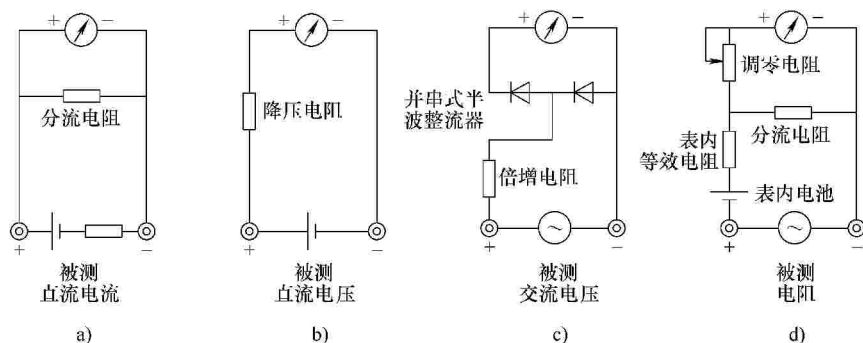


图 A-1 万用表测量电压、电流、电阻电路图

值，就能改变电阻的量程。

(2) 数字式万用表的工作原理

数字式万用表是目前被广泛使用的一种先进的测量仪表，它能对多种电量进行直接测量并将测量结果用数字显示。与指针式万用表相比，其各项性能指标均有大幅度提高。从结构上看，数字式万用表与指针式万用表的主要差别有两点：

1) 数字式万用表是在数字电压表的基础上扩展而成的，而指针式万用表则是在电流表的基础上扩展而成的。

2) 在数字式万用表中，用模 - 数转换、显示逻辑以及显示器等三块独立的逻辑组件来代替指针式万用表的表头。

直流数字电压表的构成如图 A-2 所示。直流数字电压表主要由模 - 数 (A - D) 转换器、计数器、译码显示器和控制器等组成。在此基础上，利用交流 - 直流 (AC/DC) 转换器、电流 - 电压 (I/V) 转换器、电阻 - 电压 (Ω/V) 转换器即可把被测电量转换成直流电压信号。这样就构成了一块数字式万用表，如图 A-3 所示。

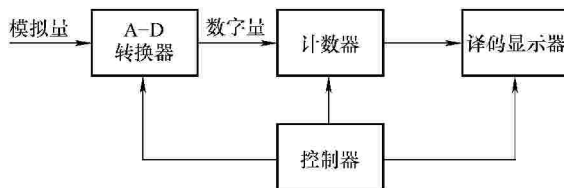


图 A-2 直流数字电压表的构成

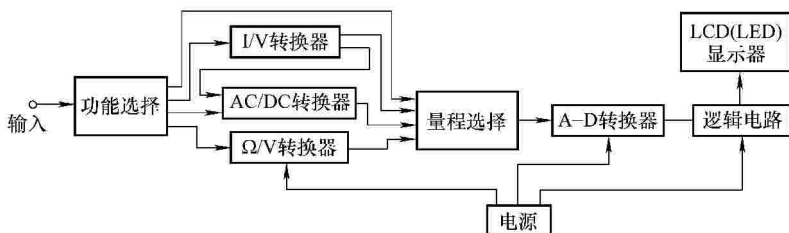


图 A-3 数字式万用表的构成

数字式万用表的显示位数一般为4~8位,若最高位不能显示0~9所有数字,即称作“半位”,写成“ $\frac{1}{2}$ ”位。例如袖珍式万用表共有4个显示单元,习惯上叫“ $3\frac{1}{2}$ ”位(读作“三位半”)数字式万用表。同样道理,具有8个显示单元的数字式万用表,称为“ $7\frac{1}{2}$ ”位数字式万用表。也有少数数字式万用表,没有半位,全是整数。

DT-830型数字式万用表的模拟量-数字量的转换是通过单片大规模集成电路7106来完成的,显示器LCD采用了交流(50Hz方波)供电方式,即将两个相位相反的方波信号分别加至显示器内笔划的两端,利用两者间的电位差驱动笔划显示。对直流数字式电压表加以扩展,就成为多功能、多量程的数字式万用表,DT-830型数字式万用表的各种功能就是通过切换不同的测量电路来实现的。

A.2 万用表的正确使用

1. 指针式万用表和数字式万用表的特点

指针式万用表读取精度较差,但指针摆动的过程比较直观,其摆动速度幅度有时也能比较客观地反映被测量的大小;数字式万用表读数直观,但数字变化的过程看起来很杂乱,不太容易观看。

指针式万用表内一般有两块电池,一块是低电压的1.5V,一块是高电压的9V或15V,其黑表笔相对红表笔来说是正端。数字式万用表则常用一块6V或9V的电池。在电阻档,指针式万用表的表笔输出电流相对数字式万用表来说要大很多,用 $R \times 1\Omega$ 档可以使扬声器发出响亮的“哒”声,用 $R \times 10k\Omega$ 档甚至可以点亮发光二极管(LED)。

指针式万用表内阻相对数字式万用表来说比较小,测量精度相比较差,某些高电压微电流的场合甚至无法测准,因为其内阻会对被测电路产生影响。数字式万用表电压档的内阻很大,至少在兆欧级,对被测电路影响很小。但极高的输出阻抗使其易受感应电压的影响,在一些电磁干扰比较强的场合测出的数据可能是虚的。

在测量中,可通过转换万用表的转换开关的旋钮来改变测量项目和测量量程。指针式万用表机械调零旋钮用来保持指针在静止时处在左零位。“ Ω ”调零旋钮是用来测量电阻时使指针对准右零位,以保证测量数值准确。普通万用表的测量范围如下(以105型为例):

- 1) 直流电压:分5档:0~6V;0~30V;0~150V;0~300V;0~600V。
- 2) 交流电压:分5档:0~6V;0~30V;0~150V;0~300V;0~600V。
- 3) 直流电流:分3档:0~3mA;0~30mA;0~300mA。
- 4) 电阻:分5档: $R \times 1\Omega$; $R \times 10\Omega$; $R \times 100\Omega$; $R \times 1k\Omega$; $R \times 10k\Omega$ 。

2. 数字式万用表的选用

数字式万用表由于具有准确度高、测量范围宽、测量速度快、体积小、抗干扰能力强、使用方便等特点而广泛地应用于国防、科研、工厂、学校、计量测量等技术领域,但其规格不同,性能指标多种多样,使用环境和工作条件也各有差别,因此应根据具体情况



选择合适的数字式万用表。选择数字式万用表一般从以下几个方面来考虑：

1) 功能。现在的数字式万用表除了具有测量交、直流电压，交、直流电流，电阻等五种功能外，还有数字计算、自检、读数保持、误差读出、二极管检测、字长选择、IEEE-488 接口或 RS-232 接口等功能，使用时要根据具体要求选用。

2) 范围和量程。数字式万用表有很多量程，但其基本量程准确度最高。很多数字式万用表有自动量程功能，不用手动调节量程，使得测量方便、安全、迅速。还有很多数字式万用表有过量程能力，在测量值超过该量程但还没达到最大显示时可不用换量程，从而提高了准确度和分辨力。

3) 准确度。数字式万用表允许的最大误差不仅要看它的可变项误差，还要看它的固定项误差。选择时还要看稳定误差和线性误差的要求是多少，分辨力是否符合要求。若要求数字式万用表的级别为 0.0005 ~ 0.002 级，至少应有 $6\frac{1}{2}$ 位数字显示；0.005 ~ 0.01 级，至少应有 $5\frac{1}{2}$ 位数字显示；0.02 ~ 0.05 级，至少应有 $4\frac{1}{2}$ 位数字显示；0.1 级以下，至少应有 $3\frac{1}{2}$ 位数字显示。

4) 输入电阻和零电流。数字式万用表的输入电阻过低或零电流过高都会引起测量误差，关键要看测量装置所允许的极限值是多少，即要看信号源的内阻大小。信号源阻抗高时应选择高输入阻抗、低（零）电流的仪表，其影响可以忽略。

5) 串模抑制比和共模抑制比。在测量环境存在各种干扰（如电场、磁场）和各种高频噪声或进行远距离测量时，容易混进干扰信号，造成读数不准，因此应根据使用环境选择串、共模抑制比高的数字式万用表，尤其是进行高精度测量时，应选择带保护端 G 的数字式万用表，能很好地抑制共模干扰。

6) 响应时间、测量速度、频率范围。响应时间越短越好，但有一些数字式万用表的响应时间比较长，要等一段时间后读数才能稳定下来。测量速度应根据是否与系统测量联用来选择，如联用时，速度就很重要，而且速度越快越好。频率范围则根据需要适当选择。

7) 交流电压转换形式。交流电压测量分平均值转换、峰值转换和有效值转换。当波形失真较大时，平均值转换和峰值转换不准确，而有效值转换可不受波形的影响，使测量结果更加准确。

8) 电阻测量接线方式。电阻测量接线方式有四线制、两线制。进行小电阻和高精度测量时，应选择四线制的电阻测量接线方式。随着大规模集成电路和显示技术的发展，数字式万用表逐渐向小型化、低功耗、低成本方向发展，数字式万用表分为便携式和台式两种。便携式一般为 $3\frac{1}{2}$ 位或 $4\frac{1}{2}$ 位数字显示，体积小，重量轻，耗电少，适合生产车间或野外使用；台式可达 $6\frac{1}{2}$ 位或 $7\frac{1}{2}$ 位数字显示，具有高的准确度和分辨力，采用微处理器和 GP-IB 接口设备，在计量、科研和生产部门作为标准表和精密测量用。总之，选择数

字式万用表时不一定要具备以上所有条件，应根据使用的具体要求来选择最适当的数字式万用表。

3. 指针式万用表的正确使用

(1) 测量电阻

首先通过转换开关选择适合的欧姆档量程，再将表笔搭在一起短路，使指针向右偏转，随即调整“ Ω ”调零旋钮，使指针恰好指到0。然后将两根表笔分别接触被测电阻（或电路）两端，读出指针在欧姆刻度线（第一条线）上的读数，再乘以该档的倍率，就是所测电阻的阻值。例如用 $R \times 100\Omega$ 档测量电阻，指针指在80，则所测得的电阻值为 $80 \times 100 = 8k\Omega$ 。由于“ Ω ”刻度线左部读数较密，很难看准，所以测量时应选择适当的欧姆档。使指针在刻度线的中部或右部，这样读数比较清楚准确。每次换档，都应重新将两根表笔短接，重新调整指针到零位，才能保证测量准确。

(2) 测量直流电压

首先估计一下被测电压的大小，然后将转换开关拨至适当的V量程，将正表笔接被测电压“+”端，负表笔接被测电压“-”端。然后根据该档量程数字与标有直流符号“DC-”刻度线（第二条线）上的指针所指数字，来读出被测电压的大小。如用300V档测量，可以直接读0~300的指示数值。如用30V档测量，只需将刻度线上300这个数字去掉一个“0”，看成是30，再依次把200、100等数字看成是20、10既可直接读出指针指示数值。例如用6V档测量直流电压，指针指在15，则所测得电压为1.5V。

(3) 测量直流电流

先估计一下被测电流的大小，然后将转换开关拨至合适的mA量程，再把万用表串接在电路中，即正表笔接被测电路的高电位端，负表笔接被测负荷。同时观察标有直流符号“DC”的刻度线，如电流量程选在3mA档，这时，应把表面刻度线上300的数字，去掉两个“0”，看成3，再依次把200、100看成是2、1，这样就可以读出被测电流数值。例如用直流3mA档测量直流电流，指针在100，则电流为1mA。

(4) 测量交流电压

测量交流电压的方法与测量直流电压相似，所不同的是因交流电没有正、负之分，所以测量交流电压时，表笔也就不需分正、负。读数方法与上述的测量直流电压的读法一样，只是数字应看标有交流符号“AC”的刻度线上的指针位置。

4. 使用万用表应注意的事项

万用表是一种具有多用途和多量限的直读式仪表，通常可用来测量直流电流、直流电压、交流电压、电阻等电量。目前，市面上的万用表种类和形式都很多，表盘上的旋钮、测量范围各不相同。万用表是比较精密的仪器，如果使用不当，会造成测量不准确且极易损坏。因此，在使用万用表以前，必须先了解该表的性能及各种旋钮、刻度和其他部件的功能，熟悉各种标记。使用时一般应注意以下几点：

1) 万用表在使用时，必须水平放置于无振动的地点，以免造成误差。同时，还要注意避免外界磁场对万用表的影响。

2) 在使用指针式万用表之前，应先进行“机械调零”，即在没有被测电量时，使万



用表指针指在零电压或零电流的位置上。测电阻以前及变换电阻档位时要重新调零。测量电阻时，被测设备必须断电。

3) 使用万用表首先应选择要测量的项目和大概数值（若不清楚大概数值时，应选择本项的最大量程档，然后再放置近似档测量），选用的测量范围应使指针指在满刻度的 $2/3$ 处。因此，应对测量的大致范围有所了解，以及选择合适的档位，读数应注意所测量项目和量程档的相应刻度盘上的刻度标尺及倍率。

4) 表笔插入表孔时，应按表笔颜色插入正、负孔：红表笔插入“+”孔，黑表笔插入“-”孔；尤其在测量直流电压或电流时，更要注意极性不要接错。万用表的红表笔是接表内电池负极的，黑表笔是接表内电池正极的。这样做的目的是使万用表不论测电压、电流或电阻时，电流均统一由红表笔进，黑表笔出，表针均可正常顺向偏转，不致反打。在使用万用表的过程中，不能用手去接触表笔的金属部分，这样一方面可以保证测量的准确，另一方面也可以保证人身安全。

5) 测量电流与电压不能旋错档位。如果误用电阻档或电流档去测电压，就极易损坏万用表。使用万用表电流档测量电流时，应选择合适的量程档位，并将万用表串联在被测电路中。测量时，应断开被测支路，将万用表红、黑表笔串接在被断开的两点之间，并注意被测电量极性。

当选取用直流电流的 2.5A 档时，万用表红表笔应插在 2.5A 测量插孔内，量程开关可以置于直流电流档的任意量程上。

如果被测的直流电流大于 2.5A ，则可将 2.5A 档扩展为 5A 档。即在“ 2.5A ”插孔和黑表笔插孔之间接入一支 0.24Ω 的电阻，这样该档位就变成了 5A 电流档了。接入的 0.24Ω 电阻应选取用 2W 以上的线绕电阻，如果功率太小会使之烧毁。

使用万用表测量直流高压电路时，首先应了解电路的正、负极。如果事先不知道，则应选择高于被测电压数倍的量限进行判断测量，即将两只表笔快接快离。如果指针正转说明接线正确，否则应调换表笔。

测交流电压时，要了解交流电压频率是否在万用表工作频率范围内，一般万用表工作频率范围为 $45 \sim 1500\text{Hz}$ 。超出 1500Hz ，测量读数将急剧偏低。交流电压刻度是针对正弦波有效值来刻度的，因此万用表不能用于测三角波、方波、锯齿波等非正弦波电压。当交流电压中叠加有直流电压时，应串一只耐压值足够的隔直电容再测量。

测某一负荷上的电压时，要考虑万用表内阻是否远大于负荷电阻，否则由于万用表的分流作用，读数就会远低于实际值，这时就不能直接用万用表测量，应改用其他方法。万用表电压档内阻等于电压灵敏度乘满度电压值，如MF-30万用表在DC100V档电压灵敏度为 $5\text{k}\Omega$ ，该档内阻是 $500\text{k}\Omega$ 。一般来说，低量程档内阻小，高量程档内阻大，当用低压档测量某一电压因内阻较小致使分流作用较大时，应用高量程档测量，这样，虽然指针偏转角度较小，但由于分流作用小，有可能精度反而更高。测电流也有类似情况，万用表作为电流表使用时，大量程档内阻小于小量程档内阻。

6) 在测量某一电量时，不能在测量的同时换档，尤其是在测量高电压或大电流时，更应注意。否则，会使万用表损坏。如需换档，应先断开表笔，换档后再去测量。开关转

到电流位置时，两个表笔不应跨接在电源上，以防烧毁万用表。

7) 用万用表测量电阻时，应选适当的倍率，使指针指示在中值附近，最好不使用刻度左边 $1/3$ 的部分。用万用表不同倍率的欧姆档测量非线性元件的等效电阻时，测出的电阻值是不相同的。这是由于各档位的中值电阻和满量程电流各不相同所造成的，在指针式万用表中，一般倍率越小，测出的阻值越小。测量电阻前，将万用表两个测量表笔短接，调节万用表的零位调节器，使万用表指零后再测量。如果调“零欧姆”旋钮至最大，指针仍然达不到 0 点，这种现象通常是由于表内电池电压不足造成的，应换上新电池方能准确测量。变换电阻档位时要重新调零。测量电阻时，被测设备必须断电。测量时不要用手触及元件的裸体的两端（或两支表笔的金属部分），以免人体电阻与被测电阻并联，使测量结果不准确，被测电阻不能有并联支路。

8) 测电容器时，必须首先将电容器的存储电容量放净。

9) 万用表不用时，不要旋在电阻档，因为内有电池，如不小心易使两根表笔相碰短路，不仅耗费电池，严重时甚至会损坏表头。应将其转换开关拨至“0”档或交流电压最大档。如果长期不使用，还应将万用表内部的电池取出来，以免电池腐蚀表内其他器件。

A.3 MF50 型万用表

MF50 型万用表为磁电式整流系仪表，通过转换开关可用来测量交直流电压、交直流电流、电阻及音频电平、晶体管静态直流放大倍数 H_{FE} 、 I_{CEO} 、 L_1 、 L_V 、电容、电感等。图 A-4 为 MF50 型万用表面板图。

1. 主要技术性能

直流电流：0 ~ 100 μ A ~ 2.5mA ~ 25mA；250mA ~ 2.5A，精度： $\pm 2.5\%$ 。

直流电压：0 ~ 2.5V ~ 10V ~ 50V ~ 250V ~ 1000V，精度： $\pm 2.5\%$ 。

交流电压：0 ~ 10V ~ 50V ~ 250V ~ 1000V，精度： $\pm 4\%$ 。

电阻：0 ~ 2k Ω ~ 20k Ω ~ 200k Ω ~ 2000k Ω ~ 20000k Ω ，精度： $\pm 2.5\%$ 。

晶体管共发射极静态电流放大倍数 H_{FE} ：0 ~ 200。

负荷电流 L_1 ：0 ~ 145 μ A ~ 1.45mA ~ 14.5mA ~ 145mA。

负荷电压 L_V ：0 ~ 1.5V。

晶体管穿透电流 I_{CEO} ：同 L_1 。

电容 C ：0 ~ 0.03 ~ 0.1 ~ 0.5 μ F。

电感 L ：2 ~ 200 ~ 2000H。

音频电平：-10dB ~ 22dB ~ 36dB ~ 50dB ~ 62dB。

灵敏度：直流电压：0 ~ 250V、10000 Ω /V；1000V、4000 Ω /V；交流电压：0 ~ 1000V、4000 Ω /V。



图 A-4 MF50 型万用表面板图



环境温度：0 ~ 40℃。

频率范围：45 ~ 1000Hz。

2. MF50 型指针式万用表的工作原理

MF50 型指针式万用表主要由三部分组成：表头、测量电路和转换装置。MF50 型指针式万用表表头是一只直流微安表，它是万用表的核心，万用表的很多重要性能，如灵敏度、准确度等级、阻尼及指针回零等大都取决于表头的性能。表头的灵敏度是以满刻度时的测量电流来衡量的，此电流又称满偏电流，表头的满偏电流越小，灵敏度就越高。一般万用表表头的灵敏度大多在 10 ~ 100 μ A 范围内。MF50 型万用表表头的灵敏度是 83.3 μ A。

测量电路的作用是把被测电量转化为适合于表头要求的满偏电流以内，对 MF50 型万用表来说，在通过测量电路转化之后，应该使通过表头的电流限定在 83.3 μ A 以内。测量电路一般包括分流电路、分压电路和整流电路等。分流电路的作用是把被测量的大电流通过分流电阻变成表头所需的微小电流；分压电路是将被测高电压通过分压电阻分压变成表头所需的低压；整流电路将被测的交流通过二极管整流变成表头所需的直流。

万用表的各种测量种类及量程的选择是靠转换开关来实现的，转换开关的好坏直接影响万用表的使用效果，好的转换开关应转动灵活、手感好、旋转定位准确、触点接触可靠，这也是选购万用表时应重点检查的一个项目。

(1) 直流电流的测量

由于表头最大只能流过 83.3 μ A 的直流电流，为了能测量较大的电流，一般采用并联电阻分流法，使多余的电流从并联的电阻中流过，而通过表头的电流保持在 83.3 μ A 以内。并联的电阻越小，可测量的电流就越大。其多量程的测量是通过转换开关及不同的插孔来改变分流电阻的大小而实现的。图 A-5 是 MF50 型万用表直流电流档的电路原理图。

从图 A-5 中可看出，当使用 2.5A 量程时，电流主要流过 0.3 Ω 电阻，只有不超过 83.3 μ A 的电流经 2.7 Ω 、27 Ω 、270 Ω ……510 Ω 、1000 Ω 等流过微安表头；当使用 250mA 量程时，电流主要流过 0.3 Ω 、2.7 Ω 电阻等。

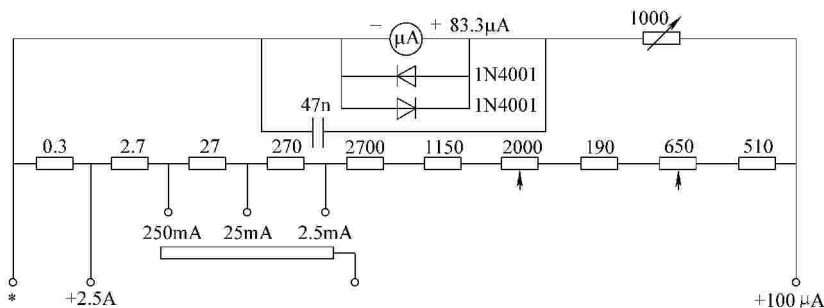


图 A-5 MF50 型万用表直流电流档的电路原理图

图中与表头相并联的两个二极管是为保护表头设置的，平时不起作用。图中电容主要起阻尼作用，也起一定的保护作用，如将其增大，则指针转动会变慢。1000 Ω 可调电阻是用来校正读数偏差的，即校准用。

图 A-5 所示电路原理图是 MF50 型万用表的核心电路，也是 MF50 型万用表的等效表头。图 A-5 中任何一个电阻或电位器有变值或短路、断路、接触不良等故障，都将影响万用表所有量程的测量。

(2) 直流电压的测量

在直流电路中，电流、电阻、电压是密不可分的，既然表头可流过电流使指针偏转，而表头自身又有一定的电阻，所以万用表的表头实际上也是一只直流电压表 ($U = IR$)，只不过测量范围很小，一般只有零点几伏。在实际电路中，万用表是通过串联电阻分压来达到扩大量程的目的。所串联电阻越大，则可测量的电压就越高，电压档不同的量程就是通过转换开关获得不同的分压电阻来实现的。图 A-6 就是 MF50 型万用表直流电压档的电路原理图。

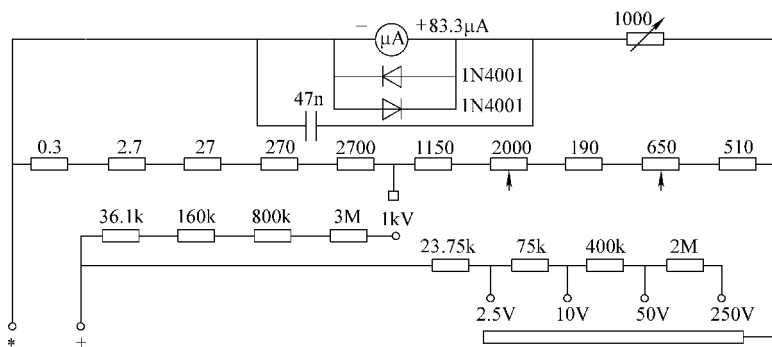


图 A-6 MF50 型万用表直流电压档的电路原理图

(3) 交流电压的测量

由于表头只能流过直流电，因此测量交流时还需要一个整流电路。在万用表中一般采用二极管半波整流电路将交流变为直流。MF50 型万用表交流电压档的电路原理图如图 A-7 所示，在图 A-7 中，当被测交流电处于正半周时，电流经分压电阻（如 50V 为 36.1kΩ + 160kΩ）及整流二极管 V2 流经等效表头，表针偏转；而在被测交流电的负半周，电流直接从二极管 V1 流过分压电阻，而不经表头。从图中可看出，调节 650Ω 电位器即可调节交流电压档的读数偏差。

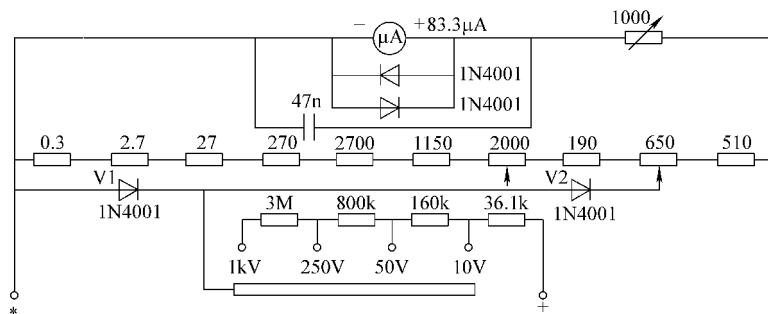


图 A-7 MF50 型万用表交流电压档的电路原理图

(4) 电阻的测量

采用万用表测量电阻是依据欧姆定律进行的, 利用通过被测电阻的电流及其两端的电压来反映被测电阻的大小, 电路中的电流大小取决于被测电阻的大小即流经表头的电流由被测电阻所决定, 此电流反映在表盘上, 通过欧姆标度尺即为被测电阻的阻值。

MF50 型万用表测量电阻的电路原理图如图 A-8 所示, 由图 A-8 可知, $R \times 1$ 、 $R \times 10$ 、 $R \times 100$ 3 个量程的等效表头实际上是取 9Ω 、 100Ω 、 $1.1k\Omega$ 3 个电阻两端的电压为测量对象的。以 $R \times 10$ 量程为例, 当被测电阻阻值较大时, 电路中电流较小, 则 100Ω 电阻两端的电压也较低, 通过 $7.78k\Omega$ 电阻流过等效表头的电流也不大, 指针偏转角度小; 反之, 当被测电阻较小时, 电路中电流较大, 如调零时的短接, 此时 $1.5V$ 电压全部加在 100Ω 电阻上, 再通过 $7.78k\Omega$ 电阻也加在了等效表头两端, 使表头中电流最大, 指针停在了欧姆标度尺的零位。很明显, 调节 2000Ω 电位器可改变流经表头的电流大小, 此 2000Ω 电位器就是欧姆档的调零电阻。当用 $R \times 1k$ 和 $R \times 10k$ 档时, 流过被测电阻的电流也全部流经等效表头, 只不过 $R \times 10k$ 档用的是 $15V$ 电源 (有些生产厂家将 $15V$ 电源改为 $9V$, 相应电阻阻值也有所改变, 但电路结构没变)。

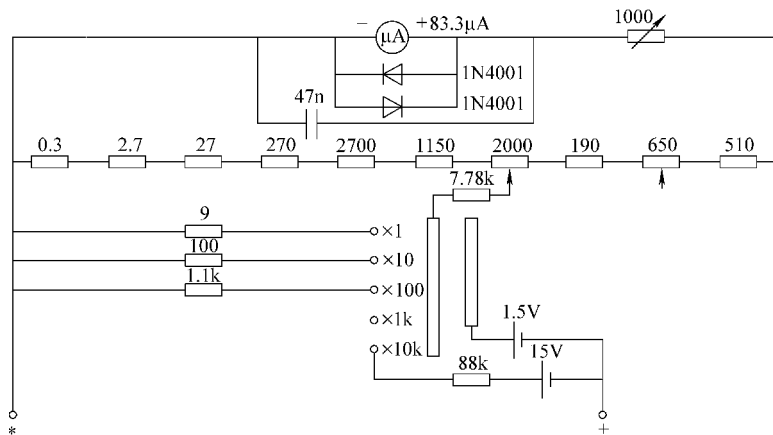


图 A-8 MF50 型万用表测量电阻的电路原理图

(5) HFE 的测量

MF50 型万用表对晶体管 HFE 的测量除利用了晶体管基本放大电路外, 基本原理与测量电阻相同。由于 MF50 型万用表在面板上将 e、b、c 3 个插孔排在一条线上, 在实际使用中, 当晶体管的引脚排列顺序与之不相同时, 测量晶体管的 HFE 就显得不太方便。

将以上各测量电路结合在一起, 即是 MF50 型万用表的整机电路原理图, 如图 A-9 所示。

3. 使用方法

1) 测量前的准备: 使用之前应注意指针是否指在零位, 如不指零位, 可调整机械调零的螺钉, 使指针指在零位。

2) 直流电流测量: 根据所测电流的大小, 把转换开关转到相应的电流档上, 测量时

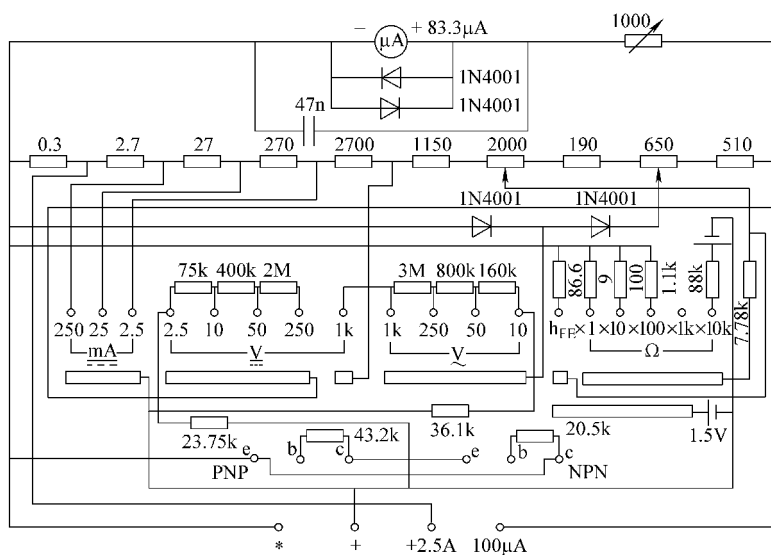


图 A-9 MF50 型万用表的整机电路原理图

把万用表串接在被测电路中，红表笔接触电路的正端，黑表笔接触电路的负端。当使用 $100\mu\text{A}$ 档或是 2.5A 档时，开关应转到 250mA 位置上，但红表笔的短杆在使用 $100\mu\text{A}$ 档时应插在 $+100\mu\text{A}$ 插座内，在使用 2.5A 档时应插在 $+2.5\text{A}$ 插座内。电流测量时看第二条刻度线。

3) 直流电压测量：把转换开关转到被测电压相应的直流电压档上，红表笔接触电路的正端，黑表笔接触电路的负端，测出的电压在第二条刻度线上读出。

4) 交流电压测量：与直流电压测量相似，只需把转换开关转到交流电压范围内。交流 10V 档刻度看第三条刻度线，其他各档看第二条刻度线。

5) 直流电阻测量：先将开关转到电阻档范围内，把红、黑表笔短路，调整“ Ω ”调整器，使指针指在 0Ω 位置上（即满刻度位置），再用红、黑表笔去可靠接触被测电阻的两端，即可测出被测电阻的阻值。电阻的读数在第一条刻度线上读出，并须乘上该档的倍率。

6) 负荷电流 L_I 和负荷电压 L_V 的测量：在测量元件的电阻时，在该被测元件中流过的电流和它两端存在的端电压简称为负荷电流 L_I 和负荷电压 L_V 。 L_I 、 L_V 的刻度实际上是电阻档辅助刻度。 L_I 、 L_V 和 R 之间的关系为 $L_I = L_V/R$ 。 L_I 看第六条刻度线， L_V 看第七条刻度线。其读数与欧姆档各档的关系见表 A-1。

表 A-1 读数与欧姆档各档的关系

电阻档	$R \times 1$	$R \times 10$	$R \times 100$	$R \times 1k$	$R \times 10k$
负荷电流 L_I	$0 \sim 145\text{mA}$	$0 \sim 14.5\text{mA}$	$0 \sim 1.45\text{mA}$	$0 \sim 145\mu\text{A}$	$0 \sim 14.5\mu\text{A}$
负荷电压 L_V	$0 \sim 1.5\text{V}$	$0 \sim 1.5\text{V}$	$0 \sim 1.5\text{V}$	$0 \sim 1.5\text{V}$	$0 \sim 15\text{V}$

例如用 $R \times 100$ 电阻档来测定某元件电阻时，如果测出的阻值为 1000Ω ，同时在 L_I ，

L_V 刻度上读出 L_I 为 0.75mA , L_V 为 0.75V 。即表示该元件在两端电压为 0.75V 时其内部流过的电流为 0.75mA 。

7) 晶体管 H_{FE} 、 I_{CEO} 及极性测定: 万用表转换开关转到 $R \times 1k$ 档, 调好欧姆零位, 把晶体管 c、e 两极插入万用表的晶体管插座 c、e 两孔内 (PNP 管插在 PNP 插座内, NPN 管插在 NPN 插座内), 这时测出的 L_I 即为 I_{CEO} 。如果指针走出 L_I 的刻度线, 可把开关转到 $R \times 100$ 档再测, 但测前仍须从新调好欧姆零位, 这时 L_I 的满度值为 1.45mA 。

测量 H_{FE} 时, 应把转换开关转到 $R \times 1k$ 档, 调好欧姆零位, 再把转换开关转到 H_{FE} 处, 把晶体管 c、b、e 三极插入万用表上的 c、b、e 插座内, 这时在 H_{FE} 刻度上即可读出 H_{FE} 的大小。但应注意 PNP 管看第四条刻度线, NPN 管看第五条刻度线 (H_{FE} 及 I_{CEO} 为参考值, H_{FE} 仅供小功率管测定)。

8) 电感电容的测量: 把万用表与交流电源串联后, 红、黑表笔两端即可测量电感或电容。万用表转换开关的位置及所串联的电源电压可从表 A-2 中查得。

表 A-2 万用表转换开关的位置及所串联的电源电压

开关位置	串联电源	测量范围	读数
10 ∇	10 ∇	0 ~ 0.5 μF	第三条刻度线
50 ∇	50 ∇	0 ~ 0.1 μF	第二条刻度线
250 ∇	250 ∇	0 ~ 0.03 μF	
10 ∇	10 ∇	20 ~ 2000H	第三条刻度线
10 ∇	10 ∇	2 ~ 200H	

9) 音频电平 (dB 值) 测量: 在一定的负荷阻抗上, 测量出音频电压称为“电平”, 用于测量放大级的增益和线路输送的损耗, 测量单位用“dB”来表示。“dB”对电压与功率的关系是

$$\text{dB} = 10\log P_2/P_1 = 20\log U_2/U_1 \quad (\text{A-1})$$

刻度的 dB 数值以 10V 为标准 ($-10 \sim 22\text{dB}$), 读数大于 22dB 时可换用 $50 \sim 1000\text{V}$ 档, 并加上表 A-3 中所列的校正值。测量时将转换开关旋转至交流电压档即可测量, 电路上如有直流电压时需串一只大于 $0.1\mu\text{F}$ 的隔直电容器。

表 A-3 读数校正值

量限	读数校正值	测量的范围	读数
50 ∇	+14dB	4 ~ 36dB	第八条刻度线
250 ∇	+28dB	18 ~ 50dB	
1000 ∇	+40dB	30 ~ 62dB	

使用万用表测量时, 不应任意旋转转换开关。若不知被测量的大小范围, 则应先放在最大量程档, 然后减小量程到合适为止。测量直流电压、电流时, 应注意极性, 否则反接后, 表针反走易损坏。如果不知极性, 宜放在大量程档判断极性。万用表不宜测量较高频率的信号。测量完毕后, 应将转换开关放至交流档位置, 使测量笔与万用表和电路脱离,

以防止误置测量档而损坏万用表。

A.4 4DT-830 型数字式万用表

DT-830 是一种三位半数字式万用表, 可用来测量直流和交流电压、电流、电阻和二极管、电容、晶体管的 HFE 参数及电路通断检查。DT830 型数字式万用表面板图如图 A-10 所示。

1. DT-830 型数字式万用表的技术性能

DT-830 型数字式万用表的 28 个基本档技术性能如下:

1) 直流电压 (DCV) 分 5 档: 200mV、2V、20V、200V、1000V; 测量范围为 0.1mV ~ 1000V。

2) 交流电压 (ACV) 分 5 档: 200mV、2V、20V、200V、750V; 测量范围为 0.1mV ~ 750V。

3) 直流电流 (DCA) 分 5 档: 200mA、2mA、20mA、200mA、10A; 测量范围为 0.1mA ~ 10A。

4) 交流电流 (ACA) 分 5 档: 200mA、2mA、20mA、200mA、10A; 测量范围为 0.1mA ~ 10A。

5) 电阻 (Ω) 分 6 档: 200 Ω 、2k Ω 、20k Ω 、200k Ω 、2M Ω 、20M Ω 。

6) 测量晶体管的 HFE 档: NPN: 测量 NPN 型晶体管的 HFE, 测量范围为 0 ~ 1000, 测量条件: $V_{ce} = 2.8V$, $I_B = 10mA$; PNP: 测量 PNP 型晶体管的 HFE, 测量范围为 0 ~ 1000, 测量条件同上。

7) 线路通断检查: 被测电路电阻小于 $20 \pm 10\Omega$ 时蜂鸣器发声。

DT-830 型数字式万用表有两个附加档: 直流电流 (DCA): 10A; 交流电流 (ACA): 10A。DT-830 型数字式万用表的时钟脉冲频率为 40kHz, 测量周期: 0.4s, 测量速率: 2.5 次/s, 工作温度: 0 ~ 40 $^{\circ}C$, 相对湿度: $\leq 80\%$ 。DT-830 型数字式万用表整机功耗约为 17.5 ~ 25mW。

2. DT-830 型数字式万用表的使用方法

由于 DT-830 型数字式万用表应用了大规模集成电路, 使操作变得更简便, 读数更精确, 而且还具备了较完善的过电压、过电流等保护功能。DT-830 型数字式万用表的面板布置有:

1) 电源开关。测量完毕应立即关闭电源。若长期不用, 则应取出电池, 以免漏电。

2) LCD 显示屏。最大显示 1999 或 -1999, 有自动调零及极性自动显示功能。

3) 量程转换开关。开关周围用不同颜色和分界线标出各种不同测量种类和量限。

4) 输入插口。共有 10A、mA、COM、V、 Ω 4 个孔, 黑表笔始终插在 COM 孔内; 红表笔则根据具体测量对象插入不同的孔内。在使用各电阻档、二极管档、通断档时, 红表



图 A-10 DT-830 型数字式万用表面板图



笔接“V. Ω ”插孔（带正电），黑表笔接“COM”插孔。这与指针式万用表在各电阻档时的表笔带电极性恰好相反，使用时应特别注意。

面板下方还有“10MAX”或“MAX200mA”和“MAX750 ~ 1000V”的标记，前者表示在对应的插孔间所测量的电流值不能超过 10A 或 200mA；后者表示测交流电压不能超过 750V，测直流电压不能超过 1000V。

3. 基本使用方法

1) 测直流电压。将电源开关拨至“ON”（下同），转换开关拨至“DCV”范围内的合适量程（应选到比估计值大的量程档），如果预先无法估计被测电压的大小，则应先拨至最高量程档测量一次，再视情况逐渐把量程减小到合适位置（下同）。将红表笔插入“V. Ω ”孔内，黑表笔插入“COM”孔内，再把 DT-830 型数字式万用表与被测电路并联，即可进行测量。但量程不同，测量精度也不同。例如，测量一节 1.5V 的干电池，分别用“2V”、“20V”、“200V”、“1000V”档测量，其测量值分别为 1.552V、1.55V、1.6V、2V。所以不能用高量程档去测量低电压。数值可以直接从显示屏上读取，若显示为“1.”，则表明量程太小，那么就要加大量程后再测量。如果在数值左边出现“-”，则表明表笔极性与实际电源极性相反，此时红表笔接的是负极。

2) 测交流电压。黑表笔插入“V. Ω ”孔内，开关拨至“ACV”范围内的合适位置，表笔插孔与直流电压的测量一样，要求被测电压频率为 45 ~ 500Hz（实测约为 20Hz ~ 1kHz）。交流电压无正、负之分，测量方法与测量直流电压相同。无论测交流还是直流电压，都应注意人身安全，不要随便用手触摸表笔的金属部分。

3) 测直流电流。量程开关拨至“DCA”范围内的合适档。红表笔接“mA”孔（<200mA）或“10A”孔（>200mA）。黑表笔接“COM”孔。若测量大于 200mA 的电流，则要将红表笔插入“10A”孔，并将转换开关打到直流“10A”档；若测量小于 200mA 的电流，则将红表笔插入“200mA”孔，将旋钮打到直流 200mA 以内的合适量程。调整好后，就可以测量了。将万用表串进电路中，保持稳定，即可读数。若显示为“1.”，那么就要加大量程；如果在数值左边出现“-”，则表明电流从黑表笔流进万用表。

4) 测交流电流。转换开关拨至“ACA”范围内的合适档，表笔接法同测量直流电流。

5) 测量电阻。转换开关拨至“ Ω ”范围内的合适档。红表笔改接“V. Ω ”孔。200 Ω 档的最大开路电压约为 1.5V，其余电阻档约为 0.75V。电阻档的最大允许输入电压为 250V（DC 或 AC），这个 250V 指的是操作人员误用电阻档测量电压时仪表的安全值，决不表示可以带电测量电阻。用表笔接在电阻两端金属部位，测量中可以用手接触电阻，但手不要同时接触电阻两端，这样会影响测量精确度。读数时，要保持表笔和电阻有良好的接触；在“200”档时单位是“ Ω ”，在“2k”到“200k”档时单位为“k Ω ”，“2M”以上的单位是“M Ω ”。

6) 测量二极管。用数字式万用表可以测量发光二极管、整流二极管。测量时，转换开关拨至标有二极管符号的位置。红表笔插入“V. Ω ”孔，接二极管正极；黑表笔插入“COM”孔，接二极管负极。此时为正向测量，若二极管正常，测锗管时显示值为 0.150 ~ 0.300V，测硅管时显示值为 0.550 ~ 0.700V。进行反向测量时，二极管的接法与上相反，



若二极管正常，将显示出“1”；若二极管已损坏，将显示“000”。

7) 测晶体管的 HFE 值。根据被测晶体管的类型 (PNP 或 NPN) 的不同，把转换开关转至“PNP”或“NPN”处，再把被测管的 3 个脚插入相应的 e、b、c 孔内，此时，显示屏将显示出 HFE 值的大小。

8) 判断晶体管电极。表笔插位同二极管。先假定 A 脚为基极，用黑表笔与该脚相接，红表笔与其他两脚分别接触其他两脚；若两次读数均为 0.7V 左右，然后再用红表笔接 A 脚，黑表笔接触其他两脚，若均显示“1”，则 A 脚为基极，且此管为 PNP 管，否则需要重新测量。

集电极和发射极可以利用 HFE 档来判断：先将转换开关打到 HFE 档，HFE 档位旁有一排小插孔，分为 PNP 管和 NPN 管的测量。前面已经判断出管型，将基极插入对应管型“b”孔，其余两脚分别插入“c”，“e”孔，此时可以读取数值，即， β 值；再固定基极，其余两脚对调；比较两次读数，读数较大的引脚插入位置与表面“c”，“e”相对应。

9) MOS 场效应晶体管的测量。N 沟道的有国产的 3D01，4D01，日产的 3SK 系列。G 极（栅极）的确定：利用万用表的二极管档，若某脚与其他两脚间的正、反压降均大于 2V，即显示“1”，此脚即为栅极 (G)。再交换表笔测量其余两脚，压降小的那次中，黑表笔接的是 D 极（漏极），红表笔接的是 S 极（源极）。

10) 检查线路的通、断。转换开关拨至蜂鸣器档，红、黑表笔分别接“V、 Ω ”和“COM”。若被测线路电阻低于规定值 ($20 \pm 10\Omega$)，蜂鸣器可发出声音，说明电路是通的。反之，则不通。由于操作中不需读出电阻值，仅凭听觉即可作出判断，所以利用蜂鸣器来检查线路，既迅速又方便。

4. 注意事项

1) 测量电压时，应将数字式万用表与被测电路并联。数字式万用表具有自动转换极性的功能，测直流电压时不必考虑正、负极性。但若误用交流电压档去测量直流电压，或误用直流电压档去测量交流电压，将显示“000”，或在低位上出现跳数。

2) 测量晶体管 HFE 值时，由于工作电压仅为 2.8V，且未考虑 U_{be} 的影响，因此，测量值偏高，只能是一个近似值。

3) 测交流电压时，应当用黑表笔（接模拟地 COM）去接触被测电压的低电位端（例如信号发生器的公共地端或机壳），以消除仪表对地分布电容的影响，减少测量误差。

4) 数字式万用表的输入阻抗很高，当两支表笔开路时，外界干扰信号会从输入端窜入，显示出没有变化规律的数字。

5) 袖珍式 $3\frac{1}{2}$ 位数字式万用表的频率特性较差，例如按照规定，DT-830 型只能测 45~500Hz 的交流电压或交流电流。实际测出的工作频率范围是 20Hz~1kHz，说明该项指标在设计时留有一定余量。

6) 测量电流时，应把数字式万用表串联到被测电路中。如果电源内阻和负荷电阻都很小，应尽量选择较大的电流量程，以降低分流电阻值，减小分流电阻上的压降，提高测量准确度。



7) 严禁在测高压 (220V 以上) 或大电流 (0.5A 以上) 时旋转转换开关, 以防止产生电弧、烧毁开关触点。

8) 测量焊在线路上的元件时, 应当考虑与之并联的其他电阻的影响。必要时可焊下被测元件的一端再进行测量, 对于晶体管则需焊开两个极才能做全面检测。

9) 严禁在被测线路带电的情况下测量电阻, 也不允许测量电池的内阻。在检查电器设备上的电解电容器时, 应切断设备上的电源, 并将电解电容上的正、负极短路一下, 防止电容上积存的电荷经万用表泄放, 损坏仪表。

10) 仪表的使用和存放应避免高温 ($>400^{\circ}\text{C}$)、寒冷 ($<0^{\circ}\text{C}$)、阳光直射、高湿度及强烈振动环境; 测量完毕, 应将转换开关拨到最高电压档, 并关闭电源。若长期不用, 还应取出电池, 以免电池漏液。

附录 B 绝缘电阻表的使用技巧

B.1 绝缘电阻表的工作原理及类型

1. 绝缘电阻表的工作原理

绝缘电阻表是由高压手摇发电机及磁电式双动圈比率表组成, 具有输出电压稳定, 读数正确, 噪声小, 摇动轻的特点, 且装有防止测量电路泄漏电流的屏蔽装置和独立的接线柱。绝缘电阻表是用来测量大电阻 (主要是绝缘电阻) 的直读式仪表。绝缘电阻表的标尺以兆欧 ($1\text{M}\Omega = 1000000\Omega$) 为单位。

绝缘电阻表是电工常用的一种测量仪表, 绝缘电阻表主要用来检查电气设备、家用电器或电气线路对地及相间的绝缘电阻, 以保证这些设备、电器和线路工作在正常状态, 避免发生触电伤亡及设备损坏等事故。

手摇式绝缘电阻表主要由手摇直流发电机、磁电比率表以及测量线路组成。绝缘电阻表的组成及工作原理如图 B-1 所示。手摇直流发电机的额定电压主要有 500V、1000V、2500V 等几种。绝缘电阻表主要是根据所测设备的电压和要测量的范围来选择。一般选择原则是: 额定电压 500V 及以下的电气设备一般选用 500 ~ 1000V 的绝缘电阻表, 500V 以上的电气设备选用 2500V 绝缘电阻表, 高压设备选用 2500 ~ 5000V 绝缘电阻表。

直流发电机 (或交流发电机与整流电路配合的装置) 的容量很小, 但输出电压很高。绝缘电阻表就是以发电机所能发出

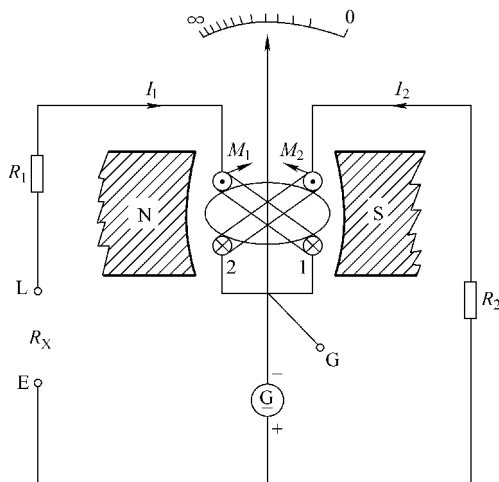


图 B-1 绝缘电阻表的组成及工作原理

的最高电压来分类的，电压越高，能测量的绝缘电阻值就越大。

磁电系比率表是一种特殊的磁电系测量机构，它的形式有几种，但基本结构和工作原理是相似的，磁电系比率表是由固定的永久磁铁和可在磁场转动的两个线圈组成，没有产生反作用力矩的游丝。线圈的电流是通过柔软的细金属丝引入的，简称“导丝”。两个线圈彼此间成一固定的角度，并连同指针固定于同一转轴上。铁心上开有缺口，因此，磁路系统的空气隙内的磁场是不均匀的，这也是它和一般磁电系仪表不同的地方。

绝缘电阻表工作时，直流发电机发出的电压一部分接到测量机构的电压线圈，使可动部分产生反作用力矩。另一部分由端钮通过被测物接到测量机构的电流线圈，使可动部分发生转动，此转角的大小与被测物的绝缘电阻成反比。当转动力矩与作用力矩相等时，可动部分的转动达到平衡，同时带动指针指出被测物的绝缘电阻值。

当以 120r/min 的速度均匀摇动手柄时，绝缘电阻表内的直流发电机输出该表的额定电压，在线圈 1 与被测电阻间有电流 I_1 ，在线圈 2 与表内附加电阻 R_2 有电流 I_2 ，两种电流与磁场作用产生相反的力矩，当 I_1 电流最大（即被测电阻为 0），指针指向刻度 0。当 I_2 电流最大（即开路状态），指针指向刻度无穷大 ∞ ，当被测电阻为一定值时，指针指在被测电阻的数值，由于绝缘电阻表没有游丝，不能产生反作用力矩，所以绝缘电阻表在不测量时可停留在任意位置（即不定位），而不是回到零，这跟其他指针式的仪表是有区别的。

被测电阻 R_x 接在“L”与“E”端钮之间。摇动直流发电机的手柄，发电机两端产生较高的直流电压，线圈 1 和线圈 2 同时通电。通过线圈 1 的电流 I_1 与气隙磁场相互作用产生转动力矩 M_1 ；通过线圈 2 的电流 I_2 也与气隙磁场相互作用产生反作用力矩 M_2 ， M_1 与 M_2 方向相反。

由于气隙磁场是不均匀的，所以转动力矩 M_1 不仅与线圈 1 的电流 I_1 成正比，而且还与线圈 1 所处的位置（用指针偏转角 α 表示）有关。绝缘电阻表指针的偏转角 α 只取决于两个线圈电流的比值，而与其他因素无关。所以绝缘电阻表能够克服手摇发电机电压不太稳定而对仪表指针偏转角产生影响的缺点。由于 I_1 的大小一般不变，而只随被测绝缘电阻 R_x 的改变而变化，所以可动部分的偏转角 α 能直接反映被测绝缘电阻的数值。绝缘电阻表的标度尺如图 B-2 所示（绝缘电阻表的标度尺为反向刻度）。

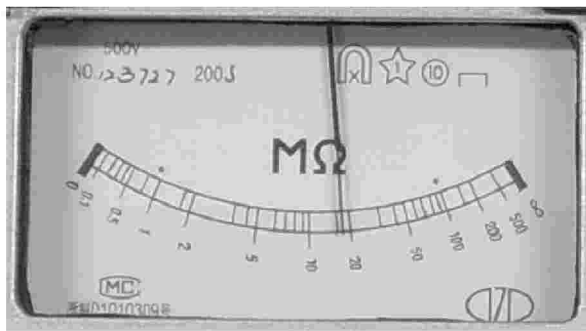


图 B-2 绝缘电阻表的标度尺

2. 绝缘电阻表的类型

(1) 手摇式绝缘电阻表

手摇式绝缘电阻表如图 B-3 所示, 电源为手摇发电机, 测量机构为磁电式比率表。优点是方便, 缺点是输出电压难以保证。

(2) 电动式绝缘电阻表

电动式绝缘电阻表如图 B-4 所示, 电动式绝缘电阻表利用 6 ~ 12V 电池直流电压, 经过直流变换器, 反馈、稳压后得到一个稳定的直流输出电压 (100 ~ 5000V), 测量机构是一个简单的电流表头。



图 B-3 手摇式绝缘电阻表



图 B-4 电动式绝缘电阻表

(3) 数字式绝缘电阻表

数字式绝缘电阻表根据数字仪表的原理, 采用 D - A 转换器将所测绝缘电阻值转换为数字显示, 如图 B-5 所示。

(4) 智能化绝缘电阻表

智能化绝缘电阻表是在数字化的基础上, 使用单片机研制的智能化绝缘电阻表, 测量数据采集、计时、计算、打印全部自动化, 智能化绝缘电阻表如图 B-6 所示。



图 B-5 数字式绝缘电阻表



图 B-6 智能化绝缘电阻表

B.2 绝缘电阻表的正确使用

1. 使用前的准备

绝缘电阻表在使用前要做好以下准备：

- 1) 必须切断被测设备电源，并对地短路放电，不允许在设备带电的情况下进行测量。
- 2) 对那些可能感应出高电压的设备，必须消除这种可能性后，才能进行测量。
- 3) 注意被测物表面需保持清洁，减小表面电阻，确保测量结果的正确性。
- 4) 应检查绝缘电阻表是否处于正常状态，主要检查其“0”和“ ∞ ”两点。即摇动手柄，使发电机达到额定转速，在短路绝缘电阻表时指针应指在“0”位置，而开路时指针应指在“ ∞ ”位置。
- 5) 注意平稳、牢固地放置绝缘电阻表，且远离较大电流导体及强磁场。

2. 正确测量

在测量时，要注意绝缘电阻表的正确接线，否则将引起不必要的误差。绝缘电阻表的接线柱有3个：一个为“L”，即线端；一个为“E”，即地端；另一个为“G”，即屏蔽端（也叫保护环）。一般被测绝缘体接在“L”、“E”之间，但当被测绝缘体表面严重漏电时，必须将被测物的屏蔽端或不需测量的部分与“G”端相连接。这样漏电流就经由屏蔽端“G”直接流回发电机的负端形成回路，而不再流过绝缘电阻表的测量机构（流比计）。从根本上消除了表面漏电流的影响，特别应该注意的是测量电缆线芯和外表之间的绝缘电阻时，一定要接好屏蔽端“G”。因为当空气湿度大或电缆绝缘表面有污物时，其漏电流将很大，为防止被测物因漏电而对其内部绝缘测量所造成的影响，一般在电缆外表加一个金属屏蔽环，与绝缘电阻表的“G”端相连。

用绝缘电阻表测量电器设备的绝缘电阻时，一定要注意“L”和“E”端不能接反。正确的接法是：“L”端接被测设备导体，“E”端与接地的设备外壳相连，“G”端接被测设备的绝缘部分。如果接反了“L”和“E”端，流过绝缘体内及表面的漏电流经外壳汇集到地，由地经“L”流进比率表，使“G”失去屏蔽作用而给测量带来较大误差。另外，因为“E”端内部引线同外壳的绝缘程度低于“L”端与外壳的绝缘程度，将绝缘电阻表放在地上，采用正确的接线方式时，“E”端对仪表外壳和外壳对地的绝缘电阻相当于短路，不会造成测量误差；而当“L”与“E”接反时，“E”对地的绝缘电阻就会与被测绝缘电阻并联，使测量结果偏小，造成较大的误差。

3. 不同绝缘电阻表测出示值的差异

由于高压绝缘电阻表测量电源是非理想电压源，内阻 R_i 不同，测量回路串接电阻 R_m 不同，动态测量准确度不同，以及现场测量操作的不合理或失误等，不同型号绝缘电阻表对同一被测量的测量结果会存在差异。实际测量时，应结合绝缘电阻表绝缘试验条件的特殊性尽量降低可能出现的各种测量误差：

- 1) 不同型号的绝缘电阻表测量同一试品时，应采用相同的电压等级和接线方法。例如在测量电力变压器高压绕组绝缘中，当绕组引出端始终接绝缘电阻表L端钮时，E、G



端有如下接法：

- E 端钮接低压绕组和外壳，而 G 端钮采用悬空的直接法。
- E 端钮接低压绕组，而 G 端钮采用接外壳的外壳屏蔽法（低电位屏蔽）。
- G 端钮接在高压绕组套管的表面，而 E 端钮先接低压绕组，然后分别再和外壳相连或不相连（高电位屏蔽）。
- E 端钮接外壳，而 G 端钮采用接低压绕组等接线方法。

不同结构、制式的绝缘电阻表，G 端电位不同，G 端在套管表面的安放位置也应随之改变（KD2677 为低电位屏蔽，即 G 端钮为低电位）。

2) 不同型号绝缘电阻表的量程和示值的刻度方法不同，刻度分辨力不同，测量准确度等级不同，都会引起示值间的差异。

3) 试品大多含容性分量，并存在介质极化现象，即使测量条件相同也难以获得理想的数据重复性。

4) 测量时，绝缘介质的温度应与环境温度一致，一般允许相差 $\pm 5\%$ 。

5) 应在特定时间段的允许时间差范围内，尽快地读取测量值。为使测量误差不高于 $\pm 5\%$ ，读取 $R\ 60s$ 的时间允许误差 $\pm 3s$ ，而读取 $R\ 15s$ 的时间不应相差 $\pm 1s$ 。

6) 因高压测量电源是非理想电压源，重负荷（被测量品绝缘电阻值小）时，输出电压低于其额定值，这将导致单支路直读测量法绝缘电阻表测量准确度因转换系数的改变而降低，这种改变因绝缘电阻表测量电源负荷特性不同而异。

7) 不同动态测量容量指标的绝缘电阻表，试验电压在试品上（及采样电阻上）的建立过程与对试品的充电能力均存在差异，测量结果也会不同，使用低于动态测量容量指标门限值的绝缘电阻表测量时，由于仪表存在惯性网络（包括指针式仪表的机械惯性），导致示值响应速度较慢，来不及正确反映试品实际绝缘电阻值随时间的变化规律，尤其是在测量的起始阶段，电容充电电流未完全衰减为零，更会使 $R\ 15s$ 和吸收比读测值产生较大误差（偏小）。

8) 试品绝缘介质极化状况与外加试验电压大小有关。由于试验电压不能迅速达到额定值，或因绝缘电阻表测量电源负荷特性不同导致施加于试品上的试验电压的差异，使试品初始极化状况不同，导致吸收电流不同，使绝缘电阻测量的示值不同。

9) 国外某些绝缘电阻表的试验高电压连续可调，开机后先由零调节至额定值。绝缘电阻表读数起始时间的不确定性，以及高压达到额定值时间的不确定性，使试品初始极化不同，也将引起示值间的差别。

10) 不同绝缘电阻表现场干扰的敏感度和抗干扰能力不同，对同一试品的读测值会存在差异。

11) 数据随机起伏的常规测量误差和绝缘电阻表使用方法误差不同等引起示值间的差异。

12) 介质放电不充分是重复测量结果存在差异的重要原因之一。根据试品充电吸收电流与其反向放电电流对应和可逆的特点，若需对同一试品进行第二次重复测量，第一次测量结束后的试品短路放电间歇时间一般应长于测量时间，以放尽所积聚的电荷量，使试品

绝缘介质充分恢复到原先无极化状态，否则将影响第二次测量数据的准确度。为使被试品上无剩余电荷，每一次试验前也应该将测量端对地短路放电，有时甚至需时近 1h，并应拆除与无关设备间的连线。总之，同一试品不同时期的绝缘测量，应采用相同的试验电压等级和接线方法，并尽可能使用同一型号或性能相近的绝缘电阻表，以保证测量数据的可比性。

最后还应特别强调的是，选用动态测量准确度较低和高压测量电源容量较低的仪表，由于电容充电电流尚未完全衰减为零，以及仪表示值不能准确地实时跟随试品视在绝缘电阻值的变化，读测 R_{15s} 阻值偏低，出现较大误差，导致试品吸收比测量值虚假偏高，应引起测量人员特别重视。这也可能是各种型号的高压绝缘电阻表测量同一试品时吸收比读测值存在差异的主要原因，由此也说明吸收比判比指标不如极化指数科学和客观。

4. 绝缘电阻表使用应该注意的事项

使用绝缘电阻表测量绝缘电阻时应注意的事项有：

1) 应按设备的电压等级选择绝缘电阻表，对于低压电气设备，应选用 500V 绝缘电阻表，若用额定电压过高的绝缘电阻表去测量低压绝缘，可能把绝缘击穿。

2) 绝缘电阻表引线应用多股软线，而且应有良好的绝缘，两条线应为单根线（最好是两色），应不使连线与地面接触，以免因连线绝缘不良而引起误差；接线柱与被试品之间的两根导线不能缠绞在一起，应分开单独连接，以防止绞线绝缘不良而影响读数。

3) 测量设备的绝缘电阻时，必须先切断电源。对具有较大电容的设备（如电容器、变压器、电动机及电缆线路）必须先进行放电。

4) 绝缘电阻表应放在水平位置，在未接线之前，使用绝缘电阻表时，首先鉴别绝缘电阻表的好坏，在未接被试品时，先摇动绝缘电阻表，其指针应上升到“ ∞ ”处，然后再将两个接线端钮短路，慢慢摇动绝缘电阻表，其指针应指到“0”处，符合上述情况说明绝缘电阻表是正常的，否则不能使用。对于半导体型绝缘电阻表不宜用短路校检。

5) 用绝缘电阻表测量绝缘电阻时应由两人进行。在测量时，一手按着绝缘电阻表外壳（以防绝缘电阻表振动）。当表针指示为 0 时，应立即停止摇动，以免损坏绝缘电阻表。

6) 不在被测回路的感应电压超过 12V 时，或当雷雨发生时禁止进行绝缘电阻测量。

7) 测量电容器、电缆、大容量变压器和电动机时，要有一定的充电时间，电容量愈大，充电时间应愈长。一般以绝缘电阻表转动 1min 后的读数为准；应在取得稳定值读数后，先取下测量线，再停止转动手柄，测完后立即对被测设备接地放电。

8) 在摇测绝缘时，应使绝缘电阻表保持额定转速，一般为 120r/min。当测量物电容量较大时，为了避免指针摆动，可适当提高转速（如 150r/min）；测量时转动手柄应由慢渐快并保持 150r/min 转速，待调速器发生滑动后，即为稳定的读数，一般应取 1min 后的稳定值，如发现指针指零时不允许连续摇动，以防线圈损坏。如果测吸收比，应将绝缘电阻表与被试设备间的连线 L 或 E 断开一根，达到额定转速时，方可与被试设备接通，同时开始计时，读取 15s 及 60s 两个数值。

9) 被测物表面应擦拭清洁，不得有污物，以免漏电影响测量的准确度。

10) 在绝缘电阻表未停止转动或被测设备未进行放电之前，不要用手触及被测部分和

仪表的接线柱或拆除连线，以免触电。

11) 如遇天气潮湿或测电缆的绝缘电阻时，应接上屏蔽接线端子 G（或叫保护环），以消除绝缘物表面泄漏电流的影响；屏蔽端子应与所测设备的金属屏蔽相接。与绝缘电阻表的相线端子 L 串接的部件都有良好的屏蔽，以防止绝缘电阻表的泄漏电流造成测量误差；而 E 端子处于“地”电位，没有考虑屏蔽。正常摇测时，表的泄漏电流不会造成误差；但是，如果 E、L 端子接错，则由于 E 没有屏蔽，流过测量对象的电流中多了一个绝缘电阻表的泄漏电流，一般测出的绝缘电阻都比实际值偏低，所以，E、L 端子不能接错。

12) 禁止在雷电或潮湿天气和在邻近有带高压电设备的情况下，用绝缘电阻表测量设备绝缘。只有在设备不带电，而又不可能受到其他感应电而带电时，才能进行。

13) 仪表在不使用时应放在固定的地方，环境温度不宜太热和太冷，切勿放在潮湿、污秽的地面上，并避免置于含有腐蚀性气体的环境中。应避免剧烈长期振动，使表头轴尖、受损而影响刻度指示。

B.3 BC2000D 数字绝缘电阻表

1. BC2000D 数字绝缘电阻表的技术特性

BC2000D 数字绝缘电阻表具有以下技术特性：

1) 有两种电压输出可供选择 2500V/5000V，测量电阻量程范围可达 $0 \sim 200\text{G}\Omega$ ，电阻量程范围可自动转换，并有相应的指示。

2) 两种方式可同步显示绝缘阻值，机械指针采用超薄型张丝结构，抗振能力强，容易观察绝缘电阻的变化范围，点阵液晶屏的采用可指导用户操作仪表并可精确得出测量结果。

3) 机械表头与液晶屏合二为一，双刻度显示，量程自动转换。彩色刻度易于读识，并有 LED 显示相应色彩。

4) 采用嵌入式工业单片机和实时操作软件系统，自动化程度高、抗干扰能力强，可自动计算吸收比和极化指数，无须人工干预。

5) 操作界面友好，各种测量结果具有防掉电功能，可连续存储 99 次的测量结果。

6) 仪表产生高压时，有提示音输出。内置残留高压放电电路，测量完毕可自动放掉被测设备上的残留高压。

7) 交直流两用，内置可充电电池和智能充电模块。整机输出功率大。

8) 仪表采用便携式设计，便于室外使用。

2. BC2000D 数字绝缘电阻表面板

BC2000D 数字绝缘电阻表面板如图 B-7 所示，面



图 B-7 BC2000D 数字绝缘电阻表面板



表 B-1 BC2000D 数字绝缘电阻表面板说明

序号	名称	功 能
1	线路端 (LINE)	高压输出端口, 接于被试设备的高压导体上
2	屏蔽端 (GUARD)	接于被试设备的高压护环, 以消除表面泄漏电流的影响
3	地端 (EARTH)	接于被试设备的外壳或地上
4	机械调零	调整机械指针位置, 在电源关闭下使其对准 ∞ 刻度线
5	交流电源输入端	外部电源输入端, 输入电压为 $AC220V \pm 15\%$
6	电源状态灯 (红)	该灯闪亮时, 仪器自动断电, 需要充电或改用交流电测量
7	充电指示灯 (红)	红灯亮表示正在快速充电
8	充满指示灯 (绿)	该灯亮, 电池充满, 进入慢充程序
9	电源开关	仪表工作电源开关, 接通电源后, 开关上指示灯亮
10	高压输出指示灯 (红)	仪表进入测量状态输出高压时, 该灯亮
11	2.5kV 电压选择指示灯 (绿)	该灯亮时, 仪表输出电压为 2.5kV
12	5kV 电压选择指示灯 (黄)	该灯亮时, 仪表输出电压为 5kV
13	翻页键	按动该键可翻阅每次测量结果
14	测量键	依次按动测量、停止两种工作状态轮换
15	设置键	在准备测量状态下, 按动该键可调阅历史测量数据
16	电压选择键	在准备测量状态下, 按动该键可进行电压选择, 按动依次转换电压, 相应的电压指示灯亮
17	图形点阵液晶显示屏	显示各种参数、结果、操作提示等信息
18	红色发光二极管	发光时读红档 (下档) 刻度
19	绿色发光二极管	发光时读绿档 (上档) 刻度
20	带双排刻度线的张丝机械表头	上档为绿色, 阻值范围 $2.5kV/1G\Omega \sim 100G\Omega$, $5kV/2G\Omega \sim 200G\Omega$ 下档为红色, 阻值范围 $2.5kV/0 \sim 2G\Omega$, $5kV/0 \sim 4G\Omega$

3. BC2000D 数字绝缘电阻表的技术指标

BC2000D 数字绝缘电阻表的技术指标见表 B-2。

表 B-2 BC2000D 数字绝缘电阻表的技术指标

测量电压		DC2. 5kV		DC5kV	
测量范围		0 ~ 2GΩ/1 ~ 100GΩ （自动换档）		0 ~ 4GΩ/2 ~ 200GΩ （自动换档）	
精度	测量温度	23℃ ± 5℃			
	绝缘电阻	0. 01 ~ 20GΩ	± 5%	0. 05 ~ 40GΩ	± 5%
		满刻度 ±0. 5%			
		其他范围 ± 10%			
	输出电压	2. 5kV ± 5% (0. 1 ~ 100GΩ)		2. 5kV ± 5% (0. 2 ~ 200GΩ)	
高压短路电流		> 1mA			
工作电源		AC220V ± 15% 或机内电池供电			

(续)

工作温度及湿度	-10 ~ 50℃ 最大相对湿度 85%
保存温度及湿度	-20 ~ 70℃ 最大相对湿度 90%
绝缘性能	电路与机箱间电压为 DC1000V 时, 最大 2000M Ω
耐压性能	电路与机箱间电压为 AC5000V 时, 承受 1min
尺寸	300 (长) mm $\times$ 200 (宽) mm $\times$ 220 (高) mm
重量	3kg
附件	电源线、测量高压线、接地线、说明书、合格证

4. BC2000D 数字绝缘电阻表的测量原理

(1) 数字绝缘电阻表的工作原理

BC2000D 数字绝缘电阻表由中大规模集成电路组成, 输出功率大, 短路电流值高, 输出电压等级多 (有 4 个电压等级)。仪表内电池作为工作电源, 经 DC/DC 变换产生的直流高压, 由 E 极出经被测量品到达 L 极, 从而产生一个从 E 极到 L 极的电流, 经 I/V 变换、除法器完成运算直接将被测的绝缘电阻值由 LCD 显示出来。

(2) 数字绝缘电阻表的特点

1) 输出功率大, 带载能力强, 抗干扰能力强。

2) 仪表外壳由高强度铝合金组成, 仪表内设有等电位保护环和四阶有源低通滤波器, 对外界工频及强电磁场可起到有效的屏蔽作用。在进行容性试品测量时, 由于输出短路电流大于 1.6mA, 很容易使测量电压迅速上升到输出电压的额定值。在低阻值测量时, 由于采用比例法设计, 电压下落并不影响测量精度。

3) 量程可自动转换, 面板操作和 LCD 显示使得测量十分方便和迅捷。

BC2000D 数字绝缘电阻表高压产生部分采用高频开关脉冲宽度调制 (PWM), 由单片机控制调节输出负极性直流高压, 具有节能、电压线性度好、稳定、纹波系数小等特点。

BC2000D 数字绝缘电阻表原理框图如图 B-8 所示, 由仪表线路端 (LINE) 产生的高压经过负荷电阻 R_x , 流回仪表地端 (EARTH)。经内部电路采样分两路信号, 一路经 V/I 转换驱动指针表头, 另一路经 A-D 转换, 由单片机进行处理, 结果由液晶屏显示。采用工业高速单片机处理高压幅值及电源电压信号, 使得指针与数显值完全同步。电源充电采用智能充电模块, 无须人工调节充电参数。

5. BC2000D 数字绝缘电阻表的使用方法

(1) 准备工作

当第一次使用仪表时, 需充电 6h, 否则仪表不能正常工作。测量前应拆除被试设备电源及一切对外连线, 并将被试物短接后接地放电 1min, 电容量较大的应至少放电 2min, 以免触电和影响测量结果。校验仪表指针是否在无穷大上, 否则需调整机械调零螺钉。在调整机械调零螺钉时, 左右调整量为半圈。用干燥清洁的柔软布擦去被试物的表面污垢, 以免表面漏电流影响测量结果。

将带屏蔽高压测量线一端 (红色) 插入 LINE 端, 另一端 (红色) 接于被试设备的高

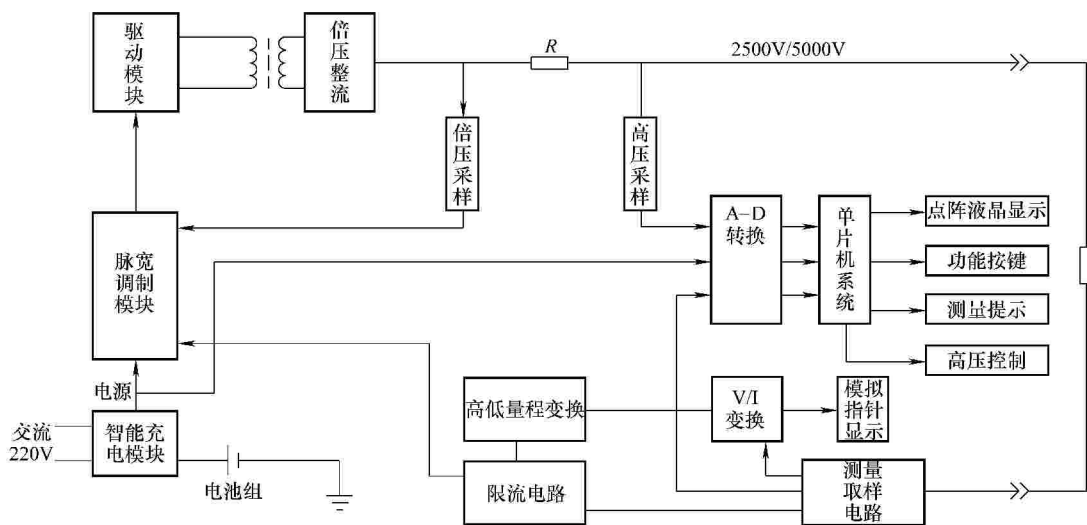


图 B-8 BC2000D 数字绝缘电阻表原理框图

压导体上，将带屏蔽高压测量线屏蔽端（黑色）插入 GROUND 端，另一端接于被试设备的高压护环上，以消除表面泄漏电流的影响。将另外一根黑色测量线插入地端（EARTH），另一头接于被试设备的外壳或地上。在接线时，特别注意 LINE 与 GUARD 的接法，不要将其接反，以免高压屏蔽线的外层带电。并且严禁将 LINE 与 GUARD 短路。

(2) 开始测量

1) 打开电源开关（开机时自动选择在 2.5kV 电压档），这时开关上的电源指示灯应亮，整机开始自检，液晶屏幕上出现操作提示。

2) 按动电压选择键选择需要的测量电压（2.5kV 或 5kV），如不选择电压可进入下一步操作。

3) 按动翻页键可选择测量编号。如不选择编号可进入下一步操作，编号在该次测量完成后自动累加。

4) 按动测量键，开始测量。这时高压状态指示灯亮并且仪表内置蜂鸣器每隔 1s 响一声，代表 LINE 端有高压输出。在测量过程中，严禁触摸 LINE 端裸露部分以免发生触电危险。这时液晶屏进入测量状态显示模式，如图 B-9 所示。仪表每隔一定时间发出提示音（15s、1min、10min）。

根据所需要的测量结果（普通测量、吸收比测量、极化指数测量），再次按下测量键。这时仪表停止高压输出，并自动计算、显示测量结果（各个时间状态的电阻值、吸收比、极化指数）。

5) 按动翻页键可调阅此次测量结果（当前阻值、15s 阻值、60s 阻值、10min 阻值、吸收比、极化指数）。吸收比测量时间应大于 1min，极化指数的测量时间应大于 10min。

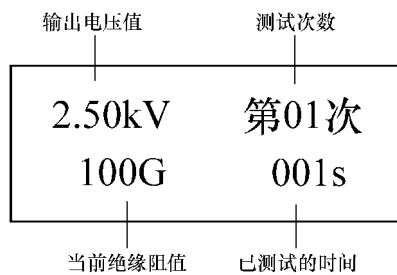


图 B-9 测试状态显示模式



每次测量的时间最长为 10min，10min 以后仪表会自动关闭高压，并自动计算、显示测量结果。

测量完毕或重复进行测量时，必须将被试物短接后对地充分放电（仪表也有内置自动放电功能，不过时间较长）才能保证人身安全和下次测量的准确性。需连续进行第二次测量时，再次按下测量键，返回选择测量编号状态时可按 3）~5）步骤进行操作。仪表可连续进行 99 次测量，超过 99 次从第一次开始。每次测量结果都自动保存，以便日后调阅。

（3）调阅测量结果

在选择测量编号状态下，可按动功能键进入历史测量结果状态。按动翻页键和电压选择键来增加和减少测量结果的编号。选择好编号后，按动测量键可进入该编号的测量结果，按动翻页键可调阅该次测量结果（当前阻值、15s 阻值、60s 阻值、10min 阻值、吸收比、极化指数）。查阅完毕，按动功能键返回准备测量状态。

（4）屏蔽端（GUARD）的使用方法

在进行电力电缆等绝缘测量或外界电磁场干扰时，为了消除表面漏电和外界电磁场的干扰，在实际测量过程中，采用仪表的屏蔽端来消除漏电电流、屏蔽干扰。

6. 电池充电

当开机时，仪表电源状态灯闪亮，表示电池电量快要耗尽，应立即充电。仪表可采用交直流两种方式供电，但在现场电源干扰较大或不稳定时，应使用仪表的内部电源供电。

充电电路采用专用智能充电管理模块，可自动停止充电并监视电池电量，在测量过程中发现电源状态指示灯亮时表示电池电量快要用尽，需充电，但这时不影响仪表的正常使用。在充电之前，应确认交流输入电压范围应为 $AC220V \pm 15\%$ ，以免接错电源造成不必要的损失。插入仪表所配电源线，接通交流电源，充电指示灯亮，充电开始。电池充满后，充满指示灯亮，快速充电完成，这时可适当延长充电时间。仪表不使用时，应确保电源开关关闭，长期（1~2 月）不使用时，要定期充电一次，以延长电池的使用寿命。

参 考 文 献

- [1] 陈积民. 电力安全生产 [M]. 北京: 中国电力出版社, 1999 年.
- [2] 周志敏, 周纪海. 电子信息系统防雷接地技术 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2004.
- [3] 周志敏, 周纪海, 纪爱华. 电气电子系统防雷接地实用技术 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2005.
- [4] 周志敏, 周纪海, 纪爱华. 电工上岗应试必读 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2003.
- [5] 周志敏, 纪爱华. 农村供电设备运行实用技术问答 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2006.
- [6] 周志敏, 周纪海. 电工测量与试验实用技术问答 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2006.
- [7] 周志敏, 周纪海, 等. 低压电器实用技术问答 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2004.
- [8] 周志敏, 周纪海, 等. 电工控制实用电路 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2005.
- [9] IEC 标准译文集. TC64 建筑物电气装置. IEC/TC64 国内归口委员会.
- [10] 低压配电设计规范 (GB 50054—2011).
- [11] 剩余电流动作保护器的一般要求 (GB /Z 6829—2008).

电工实用工具书系列

书名	书号	定价	出版时间	条形码
实用电工手册	36408 -5	188	201204	
简明实用电工手册 (第3版)	37061 -1	49.8	201206	
电工实用技能手册 (第2版)	32980 -0	98	201201	
维修电工技能手册 (第2版)	29264 -7	88	201106	
简明农村电工手册 (第2版)	31135 -5	19.8	201104	
袖珍简明电工手册	32981 -7	10	201107	
电气技师实用手册	18720 -2	80	200711	

电工口诀类

书名	书号	定价	出版时间	条形码
电力施工及用电安全口诀	35043 -9	19.8	201108	
静电安全防护要诀 (第2版)	33171 -1	23	201103	
电工安全禁忌口诀	33015 -8	20	201103	
电工口诀 (第3版)	29416 -0	24.8	201205	
农电安规速记口诀	26764 -5	10	201205	
电气线路安装与检修要诀	23125 -7	20	200806	
电工安全知识要诀	21583 -7	13	200902	

轻轻松松学电工系列

书名	书号	定价	出版时间	条形码
电工技能9天速成	38894 -4	29	201208	
电动工具维修速成	38143 -3	44.8	201207	
运行电工操作要点与操作实例	38389 -5	28	201207	
电线电工实用操作技术	37332 -2	44	201205	
家装电工上岗技能一本通	37966 -9	36	201206	
维修电工从业上岗一本通	36861 -8	29.8	201202	
电焊工从业上岗一本通	37118 -2	38	201203	
初中级电焊工上岗应试必读	37701 -6	38	201205	
电焊工工艺与操作技术	27609 -8	45	201011	
电工技能随身读	35768 -1	28	201206	
图说电工识图入门	3563 -8	29.8	201110	
图说万用表使用入门	35279 -2	33	201111	
图说电工实用技能入门	34722 -4	39.8	201108	
常用电工技能一本通	34515 -2	29.8	201208	
常用电动工具使用维护修理速成	34771 -2	49.8	201107	

(续)

书名	书号	定价	出版时间	条形码
从零开始学电工	30676 - 4	39.8	201205	
电工检修一点通	30304 - 6	26	201206	
电工入门一点通	30405 - 0	28	201204	
诗画学电工	29776 - 5	26	201102	
怎样做一名合格的电工 (第2版)	29415 - 3	40	201003	
电工技能快速入门	27400 - 1	28	201003	
工业企业供电实用技术速培指南	26795 - 9	40	200907	
低压电器应用技术	27237 - 3	39	201101	
电工实习教程	23264 - 3	29.5	201206	
电类课程实操技能训练教程	23270 - 4	26	200802	
维修电工职业技能鉴定、操作技能试题精编	27564 - 0	30	200909	
电工安全操作禁忌实例	24378 - 6	18	200808	

问答系列

书名	书号	定价	出版时间	条形码
新标准电工安全技术 365 问	38845 - 6	88	201207	
建筑电工入门问答	36649 - 2	28	201205	
维修电工入门问答	36406 - 1	28	201205	
低压电工入门问答	36201 - 2	28	201201	
高压电工入门问答	36200 - 5	28	201201	
学好电工技术 495 问与答	25552 - 9	40	201001	
PLC 应用技术问答	17982 - 5	23	200809	

图书零售:

网上订购: 中国科技金书网 (机械工业出版社旗下大型科技图书网站)

网 址: www.golden-book.com

E-mail: service@golden-book.com

电话订购: 010-88379203 010-88379202 010-88379639

传真订购: 010-68990188

邮局汇款: 地 址: 北京市 100037 信箱 30 分箱

收款人: 网络销售部

邮 编: 100037

银行转账: 户 名: 北京百万庄图书大厦有限公司

账 号: 341556020680

开户行: 中国银行北京百万庄支行

图书团购: 联系人: 李红勇

电 话: 010-88379766

E-mail: dgdzcmp@sina.com

电工电子名家畅销书系

书 名	作者 (主编)
图解电工口诀	才家刚
图解电工基础	郎永强
图解电工技能入门	杨清德
图解维修电工技能一点通	黄海平
图解家装电工技能一点通	周志敏
图解当代电工室内电气配线与布线一点通	流 耘
图解电动机使用入门与技巧	孙克军
图解低压电工上岗跟我学 (双色版)	秦钟全
双色图解电工识图入门	郑凤翼
双色图解万用表检测电子元器件	韩雪涛
双色图解电子元器件核心知识与选用	胡 斌
图解电子电路一点通	姜有根
图解万用表使用从入门到精通	孙立群
图解LED应用从入门到精通	刘祖明
图解小家电维修从入门到精通	阳鸿钧
图解液晶彩色电视机检修从入门到精通	杨成伟
图解液晶彩电开关电源维修技能快训	张新德
图解电动自行车/三轮车维修从入门到精通	刘遂俊
全彩图解空调器维修从入门到精通	李志锋
图解PLC技术问答	张运刚
图解变频器技术问答	咸庆信
图解PLC技术一点通	李长军
图解数控技术一点通	李方园
图解变频器使用与电路检修	蔡杏山
电工电子实用电路365例	王兰君
简明实用电工查算手册	方大千
常见电气故障排除技术技能手册	白玉岷

地址:北京市百万庄大街22号
 邮政编码:100037

电话服务
 社服务中心:010-88361066
 销售一部:010-88326294
 销售二部:010-88379649
 读者购书热线:010-88379203

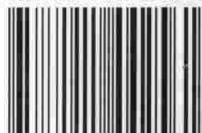
网络服务
 教材网: <http://www.cmpedu.com>
 机工官网: <http://www.cmpbook.com>
 机工官博: <http://weibo.com/cmp1952>
 封面无防伪标均为盗版

上架指导 工业技术 / 电工技术

ISBN 978-7-111-44256-1

策划编辑◎林春泉

ISBN 978-7-111-44256-1



9 787111 442561 >

定价: 33.00元