

电工实用技术丛书



实用 电工电路



陈玉芝 王 建 主编

电工实用技术丛书

实用电工电路

陈玉芝 王 建 主编

辽宁科学技术出版社

内容简介

本书根据国家职业标准《维修电工》，结合企业生产实际，详细介绍了常见的电工电路的组成和原理。主要内容包括：常用电工电路基础、照明及供配电电路、三相异步电动机典型控制电路、直流电动机典型控制电路、电动机保护及电动机控制电路的设计与测绘等内容。

本书内容取材于生产一线，实用性强，可供广大生产一线的维修电工使用，也可供电气技术人员参考，更是各级各类职业教育与培训的理想教材。

图书在版编目(CIP)数据

实用电工电路 / 陈玉芝, 王建主编. —沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2010.11

(电工实用技术丛书)

ISBN 978-7-5381-6672-9

I. ①实… II. ①陈… ②王… III. ①电路—基本知识 IV. ①TM13

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 184060 号

出版发行: 辽宁科学技术出版社

(地址: 沈阳市和平区十一纬路 29 号 邮编: 110003)

印刷者: 沈阳市北陵印刷厂有限公司

经销者: 各地新华书店

幅面尺寸: 140mm × 203mm

印 张: 10.375

字 数: 260 千字

印 数: 1 ~ 4000

出版时间: 2010 年 11 月第 1 版

印刷时间: 2010 年 11 月第 1 次印刷

责任编辑: 韩延本

封面设计: 杜 江

版式设计: 于 浪

责任校对: 李淑敏

书 号: ISBN 978-7-5381-6672-9

定 价: 20.00 元

联系电话: 024-23284360

邮购热线: 024-23284502

本书网址: www.lnkj.cn/uri.sh/6672

编 委 会

主 编 陈玉芝 王 建

副主编 朱彦齐 张 凯 张 宏

徐小明 郭 军 常卫花

参 编 蒲国辉 潘永刚 孙进海

吴 琛 王春晖

主 审 李 伟

参 审 徐洪亮

目 录

第一章 常用电工电路基础	1
第一节 电路图	1
一、电路图的概念	1
二、电路图的识读	2
第二节 电工室内线路配线工艺	5
一、瓷瓶配线	5
二、护套线配线	11
三、槽板配线	15
四、管线配线	18
第三节 电动机控制线路配线	31
一、元器件安装要求	31
二、硬线配线	35
三、软线配线	36
第二章 照明及供配电电路	38
第一节 白炽灯控制电路	38
一、白炽灯的一般电路	38
二、白炽灯的其他控制电路	42
第二节 日光灯控制电路	52
一、单管日光灯照明电路	52
二、双管日光灯照明电路	52
三、三管日光灯照明电路	53
四、由四线镇流器构成的日光灯电路	53
五、两只双联开关两地控制一支日光灯的电路	53
六、一只镇流器启动两支不同容量日光灯的电路	54
七、具有低温低压启动特性的日光灯电路	54

八、具有快速延寿启动特性的日光灯电路	55
九、具有电子快速启动特性的日光灯电路	56
十、无触点启辉器电路	56
十一、日光灯使用直流电源的电气线路	56
第三节 调光灯和节能灯类控制电路	57
一、调光灯控制电路	57
二、节能灯控制电路	63
第四节 碘钨灯、钠灯、高压水银灯与 紫外线灯控制电路	71
一、碘钨灯电路	71
二、高压汞灯电路	72
三、钠灯电路	74
四、管形氙灯电路	75
五、金属卤化物灯电路	75
六、紫外线杀菌灯电路	76
七、黑光杀虫灯电路	76
第五节 室内配电电路	77
一、低压供电系统	77
二、动力配电电路	83
三、家用配电线路	95
第六节 电工仪表测量电路	99
一、功率测量电路	99
二、电能测量电路	106
第七节 安全保护电路	115
一、漏电保护电路	115
二、接地、接零和防雷保护	126
第三章 三相异步电动机典型控制电路	131
第一节 三相笼型异步电动机的正转控制电路	131
一、手动正转控制电路	131

二、点动控制电路	132
三、自锁控制电路	132
四、连续与点动混合控制电路	134
第二节 三相笼型异步电动机的正反转控制电路	136
一、由倒顺开关构成的正、反转电路	136
二、接触器联锁正反转控制电路	138
三、按钮联锁正反转控制电路	139
四、接触器、按钮双重联锁正反转控制电路	140
五、其他正反转控制电路	141
第三节 位置控制与自动循环控制电路	146
一、位置开关	146
二、位置控制电路	147
三、自动循环控制电路	150
第四节 顺序控制与多地控制电路	152
一、顺序控制电路	152
二、多地控制电路	161
第五节 三相笼型异步电动机降压启动控制电路	163
一、串电阻降压启动电路	164
二、自耦变压器降压启动控制电路	168
三、Y- Δ 降压启动控制电路	176
四、延边 Δ 降压启动控制电路	182
第六节 三相笼型多速异步电动机的控制电路	186
一、双速异步电动机的控制电路	186
二、三速异步电动机的控制电路	191
三、四速异步电动机的控制电路	196
第七节 三相异步电动机的制动控制电路	197
一、机械制动	197
二、电力制动	200

第八节 三相绕线转子异步电动机的启动与	
调速控制电路	216
一、三相绕线转子异步电动机的启动控制电路	217
二、凸轮控制器控制的绕线转子异步电动机启动与	
调速电路	227
第四章 直流电动机典型控制电路	232
第一节 他励、并励直流电动机的基本控制电路	232
一、他励、并励直流电动机的启动控制电路	232
二、他励、并励直流电动机的正反转控制电路	236
三、他励、并励直流电动机的调速控制电路	239
四、并励直流电动机的制动控制电路	241
第二节 串励直流电动机的基本控制电路	248
一、串励直流电动机的启动、调速控制电路	248
二、串励直流电动机的正反转控制电路	250
三、串励直流电动机的制动控制电路	252
第五章 电动机保护及电动机控制电路的设计与测绘 ...	257
第一节 电动机保护电路	257
一、缺相保护电路	257
二、过载、失压、欠压保护电路	276
三、多功能保护电路的电动机控制电路	281
第二节 电动机控制电路的设计与测绘	291
一、电动机控制电路的设计	291
二、电动机控制电路的测绘	315
参考文献	323

第一章 常用电工电路基础

第一节 电路图

一、电路图的概念

电路图种类繁多，常见的有电气原理图、安装接线图、展开接线图、平面布置图和剖面图。维修电工以电气原理图、安装接线图和平面布置图最为重要。

1. 电气原理图

电气原理图简称为电路图。电气原理图能充分表达电气设备和电器元件的用途、作用和工作原理（不考虑其实际位置），是电气线路安装、调试和维修的理论依据。

2. 电气安装接线图

电气安装接线图是根据电气设备和电器元件的实际位置和安装情况绘制的，只用来表示电气设备和电器元件的位置、配线方式和接线方式，而不明显表示电气动作原理。主要用于安装接线、线路的检查维修和故障处理。

3. 平面布置图

平面布置图是根据电器元件在控制板上的实际安装位置，采用简化的外形符号（如正方形、矩形、圆形）而绘制的一种简图。它不表达各电器的具体结构、作用、接线情况以及工作原理，主要用于电器元件的布置和安装。图中各电器的文字符号必须与电路图和电气安装接线图的标注相一致。

在实际中，电路图、电气安装接线图和平面布置图要结合起来使用。

二、电路图的识读

识读电路图的基本步骤如下。

1. 看图样说明

图样说明包括图样目录、技术说明、元件明细表和施工说明书等。识图时，首先看图样说明，搞清设计内容和施工要求，这有助于了解图样的大体情况，抓住识图重点。

2. 看电路图

电路图是根据生产机械运动形式对电气控制系统的要求，采用国家统一规定的电气图形符号和文字符号，按照电气设备和电器的工作顺序，详细表示电路、设备或成套装置的全部基本组成的连接关系，而不考虑其实际位置的一种简图。

电路图能充分表达电气设备和电器的用途、作用和工作原理，是电气线路安装、调试和维修的理论依据。

识读电路图时应遵循以下原则。

(1) 电路图一般分电源电路、主电路和辅助电路三部分绘制。

①电源电路画成水平线，三相交流电源按相序 L1、L2、L3 自上而下依次画出，中线 N 和保护地线 PE 依次画在相线之下。直流电源的“+”端画在上边，“-”端在下边画出。电源开关要水平画出。

②主电路是指受电的动力装置及控制、保护电器的支路等，由主熔断器、接触器的主触头、热继电器的热元件以及电动机等组成。主电路通过的电流是电动机的工作电流，其电流较大。主电路图要画在电路图的左侧并垂直于电源电路。

③辅助电路一般包括控制主电路工作状态的控制电路，显示主电路工作状态的指示电路，提供机床设备局部照明的照明电路等，由主令电器的触头、接触器线圈及辅助触头、

继电器线圈及触头、指示灯和照明灯等组成。辅助电路通过的电流都较小，一般不超过 5A。辅助电路应画在电路图的右侧，且电路中与下边电源线相连的耗能元件（如接触器和继电器的线圈、指示灯、照明灯等）要画在电路图的下方，而电器的触头要画在耗能元件与上边电源线之间。为读图方便，一般应按照自左至右、自上而下的排列来表示操作顺序。

(2) 电路图中，各电器的触头位置都按电路未通电或电器未受外力作用时的常态位置画出。分析原理时，应从触头的常态位置出发。

(3) 电路图中不画各电器元件实际的外形图，而采用国家统一规定的电气图形符号。

(4) 电路图中，同一电器的各元件不按它们的实际位置画在一起，而是按其在线路中所起的作用分画在不同电路中，但它们的动作却是相互关联的，因此，必须标注相同的文字符号。若图中相同的电器较多时，需要在电器文字符号后面加注不同的数字，以示区别，如 KM1、KM2 等。

(5) 画电路图时，应尽可能减少线条和避免线条交叉，对有直接电联系的交叉导线连接点，要用小黑圆点表示；无直接电联系的交叉导线则不画小黑点。

(6) 电路图采用电路编号法，即对电路中的各个接点用字母或数字编号。

①主电路在采用电源开关的出线端按相序依次编号为 U11、V11、W11。然后按从上至下、从左至右的顺序，每经过一个电器元件后，编号要递增，如 U12、V12、W12，U13、V13、W13，……单台三相交流电动机（或设备）的三根引出线按相序依次编号为 U、V、W。对于多台电动机引出线的编号，为了不致引起误解和混淆，可在字母前用不同的数字加以区别，如 1U、1V、1W，2U、2V、2W，……

②辅助电路编号按“等电位”原则从上至下、从左至右用数字依次编号，每经过一个电器元件后，编号要依次递增。控制电路编号的起始数字必须是 1，其他辅助电路编号的起始数字依次递增 100，如照明电路编号从 101 开始，指示电路编号从 201 开始等。

(7) 看电路图时，首先要分清主电路和辅助电路，交流电路和直流电路。其次按照先看主电路，再看辅助电路的顺序读图。看主电路时，通常从下往上看，即从电气设备开始，经控制元件，顺次往电源看；看辅助电路时，则自上而下、从左向右看，即先看电源，再顺次看各条回路，分析各条回路元件的工作情况及其对主电路的控制关系。

通过看主电路，要搞清用电设备是怎样取得电源的，电源经过哪些元件到达负载等。通过看辅助电路，要搞清它的回路构成，各元件间的联系、控制关系和在什么条件下回路构成通路或断路，并理解动作情况。

3. 看安装接线图

绘制、识读接线图应遵循以下原则。

(1) 接线图中一般示出如下内容：电气设备和电器元件的相对位置、文字符号、端子号、导线号、导线类型、导线截面积、屏蔽和导线绞合等。

(2) 所有的电气设备和电器元件都按其所在的实际位置绘制在图纸上，且同一电器的各元件根据其实际结构，使用与电路图相同的图形符号画在一起，并用点划线框上，其文字符号以及接线端子的编号应与电路图中的标志一致，以便对照检查接线。

(3) 接线图中的导线有单根导线、导线组（或线扎）、电缆等之分，可用连续线和中断线来表示。凡导线走向相同的可以合并，用线束来表示，达到接线端子板或电器元件的连接点时可以再分别画出。在用线束来表示导线组、

电缆等时可用加粗的线条表示，在不引起误解的情况下也可部分加粗。另外，导线及线管的型号、根数和规格应标注清楚。

(4) 看安装接线图时，也要先看主电路，再看辅助电路。看主电路时，从电源引入端开始，顺次经控制元件和线路到用电设备。看辅助电路时，要从电源的一端到电源的另一端，按元件的顺序对每个回路进行分析研究。

(5) 安装接线图是根据电气原理绘制的，对照原理图看安装接线图是有帮助的。回路标号是电器元件间导线连接的标记，标号相同的导线原则上都是可以接到一起的。要搞清接线端子板内外电路的连接方式，内外电路相同标号的导线要接在端子板的同号接点上。另外，搞清安装现场的土建情况和设备分布情况，对安装工作有很大的帮助。

4. 看布置图

布置图是根据电器元件在控制板上的实际安装位置，采用简化的外形符号（如正方形、矩形、圆形等）而绘制的一种简图。它不表示各电器元件的具体结构、作用、接线情况以及工作原理，主要用于电器元件的布置和安装。图中各电器的文字符号必须与电路图和接线图的标注相一致。

在实际中，电路图、接线图和布置图要结合起来使用。

第二节 电工室内线路配线工艺

一、瓷瓶配线

瓷瓶适用于负荷较大而又比较潮湿的场合，又称为绝缘子。瓷瓶一般有鼓形瓷瓶（又称瓷柱）、蝶形瓷瓶（又称茶台式瓷瓶）、针式瓷瓶（又称伞形瓷瓶）和悬式瓷瓶（又称盒子瓷瓶）等，其外形如图 1-1 所示。

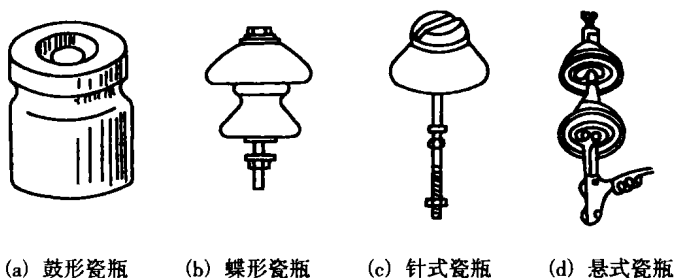


图 1-1 绝缘子的种类

瓷瓶配线是利用瓷瓶支持导线的一种配线方式。导线截面较细的，一般采用鼓形瓷瓶配线；导线截面较粗的，一般采用其他几种瓷瓶配线。

瓷瓶配线的方法和步骤如下。

(1) 定位。定位工作应在土建抹灰前进行。首先按施工图确定电气设备的安装地点，然后再确定导线的敷设位置，穿过墙壁和楼板的位置，以及起始、转角和终端瓷瓶的固定位置，最后再确定中间瓷瓶的安装位置。

(2) 画线。画线可采用粉线袋或边缘刻有尺寸的木板条。画线时，尽可能沿房屋线脚、墙角等处敷设，用铅笔或粉袋画出安装线路，并在每个电器设备固定点中心处画一个“×”号。如果室内已粉刷，画线时注意不要弄脏建筑物表面。

(3) 凿眼。按画线定位进行凿眼。在砖墙上凿眼，可采用小扁凿或电钻，在混凝土结构上凿眼，可用麻线凿或冲击钻，在墙上凿穿通孔，可用长凿，在快要打通时要减小锤击力，以免将墙壁的另一方打掉大块的砖。

(4) 安装木樁或埋设缠有铁丝的木螺钉。所有的孔眼凿好后，可在孔眼中安装木樁或埋设缠有铁丝的木螺钉。埋设缠有铁丝的木螺钉时，先在孔眼内洒水淋湿，然后将缠有铁丝的木螺钉用水泥灰浆嵌入凿好的孔中，当灰浆干燥至相当硬度后，

旋出木螺钉，待以后安装瓷瓶等元件。

(5) 埋设穿墙瓷管或过楼板钢管。最好在土建砌墙时预埋穿墙瓷管或过楼板钢管。过梁或其他混凝土结构预埋瓷管，应在土建设铺模板时进行，预埋时可先用竹管或塑料代替，待土建拆去模板刮糙后，将竹管拿去换上瓷管，若采用塑料管，直接代替瓷管使用。

(6) 瓷瓶的固定。瓷瓶的固定方法如图 1-2 所示，可根据实际情况选用。

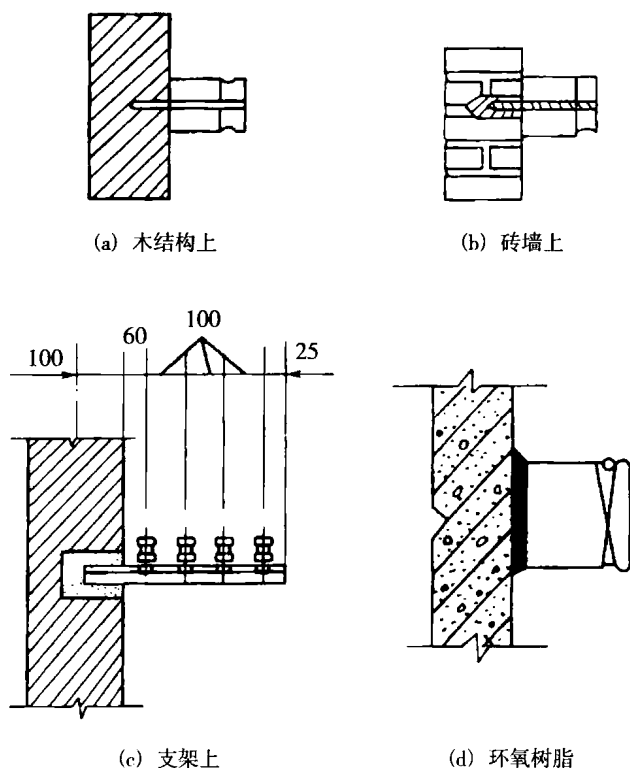


图 1-2 瓷瓶的固定

①在木结构上只能固定鼓形瓷瓶，可用木螺钉直接拧入。

②砖墙上固定瓷瓶，可利用预埋的木樨和木螺钉来固定鼓形瓷瓶，或用预埋的支架和螺钉来固定鼓形瓷瓶、蝶形瓷瓶和针式瓷瓶等。

③在混凝土墙上，也可用缠有铁丝的木螺钉和膨胀螺栓来固定鼓形瓷瓶，或用预埋的支架和螺栓来固定鼓形瓷瓶、蝶形瓷瓶或针式瓷瓶，也可用环氧树脂黏接剂来固定瓷瓶。

(7) 敷设导线及导线的绑扎。在瓷瓶上敷设导线，也应从一端开始，只将一端的导线绑扎在瓷瓶的颈部，如果导线弯曲，应事先校直，然后将导线的另一端收紧绑扎固定，最后把中间导线也绑扎固定。导线在瓷瓶上绑扎固定的操作要点方法如下。

①终端导线的绑扎。

终端导线的绑扎如图 1-3 所示。导线的终端可用回头线绑扎，绑扎线宜用绝缘线，绑扎线径和绑扎圈数如表 1-1 所示。

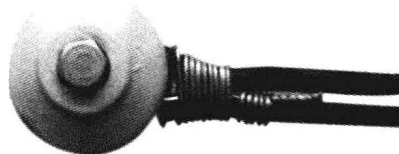


图 1-3 终端导线的绑扎

表 1-1 绑扎线的线径和绑扎圈数

导线截面 (mm ²)	绑线直径 (mm)			绑线圈数	
	纱包铁芯线	铜芯线	铝芯线	公圈数	单圈数
1.5~10	0.8	1.0	2.0	10	5
10~35	0.89	1.4	2.0	12	5
50~70	1.2	2.0	2.6	16	5
95~120	24	2.6	3.0	20	5

②直线导线的绑扎。鼓形和蝶形瓷瓶直线段导线一般采用单绑法或双绑法，截面在 6mm^2 及以下的导线可采用单绑法，截面为 10mm^2 及以上的导线须采用双绑法。其绑扎方法如图 1-4 和图 1-5 所示。

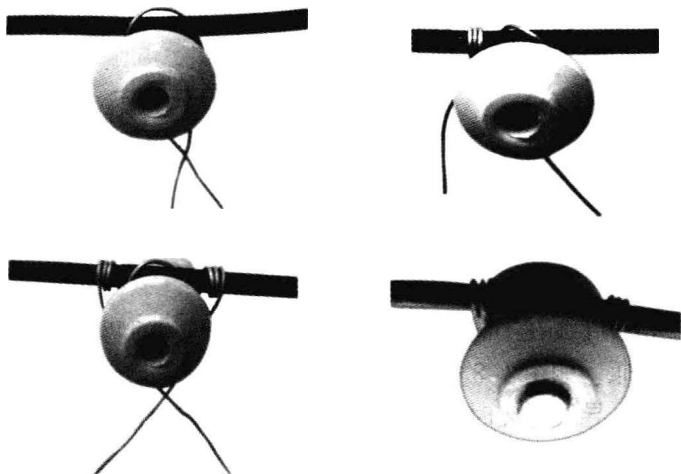


图 1-4 直线导线的单绑法

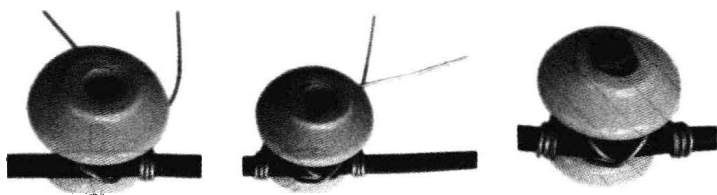


图 1-5 直线导线的双绑法

注意事项。

(1) 在建筑物的侧面或斜面配线时，必须将导线绑扎在瓷瓶的上方，如图 1-6 所示。