

看图学技术丛书

电工技术类

看图学

电气控制设备故障检修

齐占伟 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

看图学技术丛书——电工技术类

看图学电气控制设备故障检修

齐占伟 编著



机械工业出版社

本书是看图学技术丛书——电工技术类之一。本书以电气控制电路为中心,控制元器件的结构原理为基础,常见的典型控制电路为实例,介绍了电气控制设备的结构、控制功能的实现、一般设计分析方法、故障查找和维修方法等。此外,还介绍了电子电路的构成、强电和弱电的接口电路、可编程控制器的应用方法以及电路故障的特点。

本书理论联系实际,重点突出,插图丰富,实用性强,可供电气控制设备运行、维修的初中级技术人员、职业学校学员和工人阅读,也可供大专院校电气专业类师生参阅。

图书在版编目 (CIP) 数据

看图学电气控制设备故障检修/齐占伟编著. —北京:机械工业出版社, 2003.11

(看图学技术丛书·电工技术类)

ISBN 7-111-13235-1

I. 看... II. 齐... III. 电气控制—电气设备—检修—图解 IV. TM762-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 095221 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:边萌 版式设计:张世琴 责任校对:张媛

封面设计:姚毅 责任印制:路琳

北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2004 年 4 月第 1 版·第 2 次印刷

890mm×1240mm A5·9.5 印张·277 千字

定价:16.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

前 言

如何在短期内快速掌握电工技术理论及操作技能，一直是广大读者所关心的问题。特别是进入 21 世纪，工作、学习、生活节奏不断加快，知识化浪潮滚滚而来，繁忙的人们必须以更快的速度、更高的效率掌握各种知识，这正是我们编写这套“看图学技术丛书——电工技术类”的目的。

这套丛书的读者对象主要是初中级技术工人、职业学校的学生、农村电工及业余读者。在形式编排上，突出以图代文；在内容安排上，突出以简代繁。在介绍实际操作方法的基础上，适当增加部分理论知识 and 高级工应知的知识，以提高本书的系统性。

由于电气设备种类繁多，原理复杂，控制元器件各种各样，加上电气控制新技术的应用，因此要在短期内快速掌握电气设备维修方法有一定困难。本书试图从众多类型的电气控制电路中抓住重点，找出规律，并在电气控制设备的电路分析、使用与维修中加以应用，为读者快速掌握电气设备维修方法提供了有效途径。

本书重点介绍了电气控制电路的结构、原理、设计思路、分析技巧以及电气设备的构成、故障查找方法、故障处理方法等。本书还简要介绍了电子电路的原理、电子电路与电气控制电路的接口（输入、输出）、可编程控制器的应用，并介绍了可编程控制器电路的故障特点。

编写本书的指导思想是：简明扼要，思路清晰，内容实用，水平适中。具体来说，就是理论分析上不求过深，以实际中需要的理论水平为准；叙述上不求过泛，以实际中涉及的知识范围为主；内容上不求过多，以实用性、可行性为限；文字上不求平均，以电气控制电路设计分析和故障查找为中心。总之一句话，深入浅出地介绍电气控制电路中的实用知识，使没有掌握很深专业知识的电气工作者，甚至是其他行业中的技术人员也能在较短的时间内掌握电气控制设备检修的

IV

一般规律和方法。

本书力求从感性认识入手，把复杂的理论知识简单化、通俗化。文中穿插一些“使用技巧”、“试一试”、“你知道吗”、“专家提醒”等小栏目，不仅突出了实际工作中的重点，提高了可读性，而且使全书形式活泼，内容丰富，使读者在轻松的阅读中掌握电气设备的维修知识。

在编写中，王维同志负责本书的绘图、资料收集和整理工作。机械工业出版社的边萌编辑为本书的结构和内容提出了许多颇有开创性的建议；何利民教授、张金城教授在百忙中悉心指导并仔细审稿；作者还参阅了近年来出版的各种国内外期刊、产品说明书和有关著作；征求过许多电气工作者的意见。限于篇幅，恕不一一列举，请予谅解，并谨致谢意。

由于作者水平有限，经验不足，书中肯定有许多不妥和错误之处，热忱欢迎读者批评指正。

作者

目 录

前言

第一章 电气控制设备维修的基本知识	1
第一节 常用维修工具及其使用方法	1
一、验电笔	1
二、螺钉旋具	3
三、钳子	4
四、剥线钳	5
五、活扳手	6
第二节 常用维修仪表及其使用方法	7
一、电压表	7
二、电流表	9
三、电阻表	9
四、万用表	11
五、绝缘电阻表	13
六、电能表	17
七、接地电阻表	20
八、直流电桥	24
第三节 常用电气计算公式和计算方法	28
第四节 常用电工材料	31
一、导电材料	31
二、绝缘材料	40
第二章 电路中常用的低压电器	50
第一节 低压开关	50
一、刀开关	50
二、组合开关	56
三、空气断路器	59
第二节 主令电器	64
一、按钮	65

VI

二、行程开关	68
三、万能转换开关	73
四、主令控制器	75
第三节 接触器	76
一、交流接触器	76
二、直流接触器	85
第四节 继电器及其他控制元件	92
一、时间继电器	92
二、热继电器	95
三、中间继电器	100
四、温度继电器及温度检测元件	101
五、压力继电器	103
六、速度继电器	104
七、电压继电器	106
八、电流继电器	107
第五节 熔断器	109
一、熔断器的特性	109
二、常用熔断器	110
第三章 电气控制电路的设计与分析	116
第一节 控制系统概述	116
一、控制系统和电气控制电路	117
二、电气控制电路的构成	117
三、对电气控制电路的要求	118
第二节 电气控制电路的构成	120
第三节 控制电路的绘图原则	123
一、控制电路图的布局	125
二、电气原理图的线条	125
三、元器件图形符号	126
四、文字符号	127
第四节 控制电路的基本控制环节	129
一、点动控制环节	129
二、自保持控制环节	130
三、多地控制环节	131

四、可逆控制环节	132
五、顺序起动控制环节	133
六、顺序停止控制环节	135
七、延时控制环节	136
八、保护环节	137
第五节 基本控制环节的选择和组合	139
第六节 控制电路的设计步骤	143
第七节 控制电路的图形简化方法	150
一、图形简化法采用的规则	150
二、图形简化的 Δ/Y 问题	151
第八节 控制电路元器件的选用方法	152
一、空气断路器	152
二、接触器	154
三、熔断器	156
四、热继电器	156
第四章 电器控制电路的检查维修方法	158
第一节 电器控制电路故障的种类	158
一、电源故障	158
二、环境因素引起的故障	160
三、设备内部因素引起的故障	162
四、其他因素引起的故障	163
第二节 电气设备故障的查找方法	164
一、检测法	164
二、经验法	169
第三节 电气设备故障的处理步骤	173
一、电气设备故障的检查步骤	173
二、电气设备故障的处理步骤	177
第四节 低压电器的常见故障及处理	183
一、接触器和电磁式继电器	183
二、低压断路器	184
三、熔断器	185
四、主令电器	186
五、热继电器	187

六、时间继电器	188
七、异步电动机	190
八、小型变压器	193
九、移相电容器	195
第五章 常用生产设备的电气检修	197
第一节 C620 普通车床的电气检修	197
一、控制电路	197
二、常见电气故障	199
第二节 C6140 普通车床的电气检修	201
一、控制电路	201
二、常见电气故障	204
第三节 Z35 摇臂钻床的电气检修	205
一、控制电路	206
二、常见电气故障	208
第四节 Z3040 摇臂钻床的电气检修	211
一、控制电路	212
二、常见电气故障	216
第五节 X62W 型万能铣床的电气检修	219
一、控制电路	221
二、常见电气故障	222
第六节 M7130 平面磨床的电气检修	226
一、电气控制电路原理	226
二、常见电气故障	228
第七节 T68 镗床的电气检修	230
一、控制电路	231
二、常见电气故障	236
第八节 15/3t 交流桥式起重机的电气检修	238
一、控制电路	239
二、常见电气故障	249
第六章 电子电路与可编程控制器基础	252
第一节 电子电路基础	252
一、二极管	252
二、三极管	253

三、晶闸管	254
四、单结晶体管	256
五、场效应晶体管	258
六、运算放大器	259
第二节 电子电路的构成	261
一、整体构成	261
二、电源部分	261
三、输入部分	263
四、输出部分	268
第三节 电子电路的检修步骤	270
一、电子元件的焊接与拆卸方法	270
二、电子线路的检修步骤	273
三、电子线路的故障处理方法	274
第四节 可编程控制器基础	274
一、可编程控制器的基本结构	274
二、可编程控制器的软件和工作过程	279
第五节 PLC 的指令系统与电路检修特点	281
一、基本指令	281
二、专用指令	284
三、可编程控制器电路检修的特点	288
参考文献	291

第一章 电气控制设备维修的基本知识

电气控制设备维修中，经常使用的工具很多，涉及到的材料也很多。正确地使用这些工具，掌握常用电工材料的基本知识，对电气控制设备维修具有十分重要的意义。

第一节 常用维修工具及其使用方法

一、验电笔

1. 工作原理

验电笔是一种用来检测被测试体是否带电的工具，一般可分为高压和低压两类。高压验电笔因体积较大，通常称为验电器。低压验电笔又称试电笔，常做成钢笔或螺钉旋具式，主要为氖管式和电子式。验电笔的外形如图 1-1 所示。

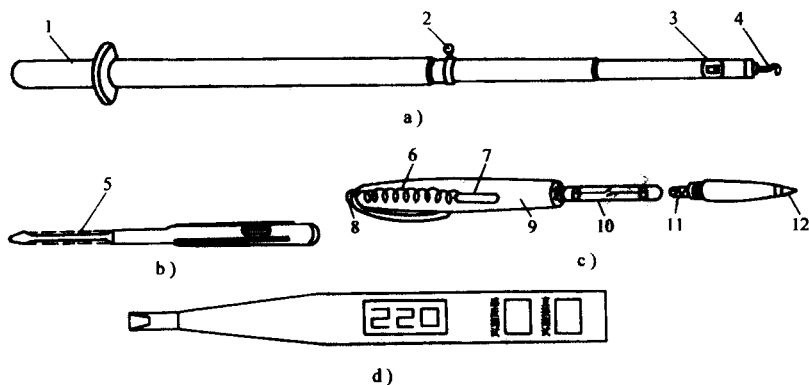


图 1-1 验电笔的外形图

a) 高压验电器 b) 螺钉旋具形验电笔 c) 笔形验电笔 d) 电子式验电笔

1—把柄 2—紧固螺钉 3—氖管窗 4—触钩 5—绝缘套管

6—弹簧 7—小窗 8—笔握的金属体 9—笔身 10—氖管

11—电阻 12—笔尖的金属体

氖管式低压验电笔由接触金属体、电阻、氖管、弹簧和壳体组成，使用时，电流通过验电笔头部金属、电阻、氖管、弹簧、人体和大地构成回路，氖管放电而发出红光，起到是否带电的指示作用。

电子式低压验电笔的种类很多，基本原理是将金属体感应的信号进行衰减、放大等处理，驱动液晶（LCD）或发光二极管（LED）进行指示。由于这种验电笔灵敏度较高，因此可以用来进行非接触式检测，如判断墙内暗敷导线的走向等。

2. 使用方法

手握验电笔，以一个手指触及验电笔尾部的金属部分，用验电笔的头部金属触及被测试物体，氖管发光为被测试体带电，否则为不带电。验电笔的使用方法如图 1-2 所示。

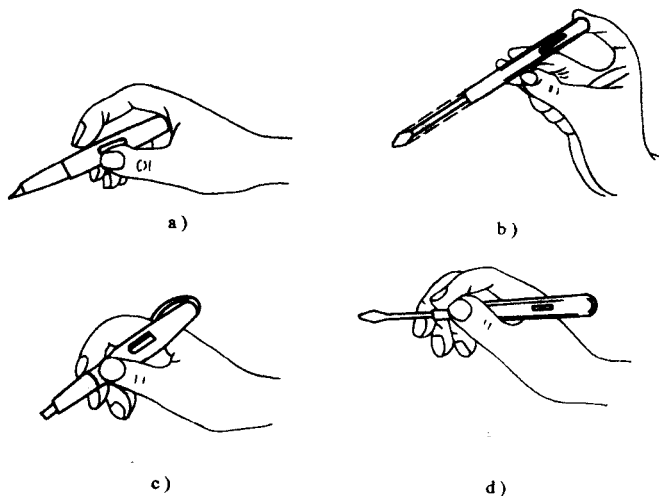


图 1-2 验电笔的使用方法

a)、b) 正确 c)、d) 错误

◎试一试

用低压试电笔分别测试插座内的各个端子，观察氖管的发光情况。分别用手指触及和不触及验电笔尾部的金属部分时，氖管的发光强度有何变化？

►你知道吗

氖管内充满了惰性气体氖气，两端封有电极。当电极上电压高于一定值时，氖气被击穿导电。由于低压试电笔内氖气的击穿电压在 70~150V 左右，所以电压较低时不易测出。

氖管发光时光团集中于负极，因此：

1. 氖管单端发光时，被测物体带直流电。
2. 氖管前端亮时，被测物体带负电；氖管后端亮时，被测物体带正电。

☑判断正误

验电笔测试后不带电，就可以用手触摸被测物体，验电笔测试后带电，绝对不能用手触摸被测物体。

答案：错误。目前市售验电笔寿命较短，极易漏氖而失效。同时，验电笔对低压并不灵敏，而在有些情况下，低电压对人体也有较大的危害作用（耐电能力因人而异，因环境不同而异）。

另一方面，验电笔对感应电压比较灵敏，例如冰箱的外壳、电视机的天线，都会使验电笔发光，但对人体并不造成危害。所以验电笔只具有参考作用。

二、螺钉旋具

螺钉旋具是用来拧动螺钉的工具，通常分为一字槽和十字槽两类。一字槽螺钉旋具不含握柄的工作长度有 50、65、75、100、125、150、200、250、300、350 和 400mm 等，工作直径有 3、4、5、6、7、8、9 和 10mm 等；十字槽螺钉旋具的规格比一字槽螺钉旋具的规格略少。螺钉旋具如图 1-3 所示。

使用时，只需将螺钉旋具卡入螺母上的槽内，拧动即可。

☑判断正误

在使用过程中，只要螺钉旋具可以卡入螺钉帽上的槽，就可以正常使用。

答案：错误。螺钉旋具的口有厚、薄、宽、窄之分，只有螺钉旋具的口正好卡入并卡满螺母上的槽，才能将螺钉槽的损伤降到最低，

并延长螺钉旋具的使用寿命。

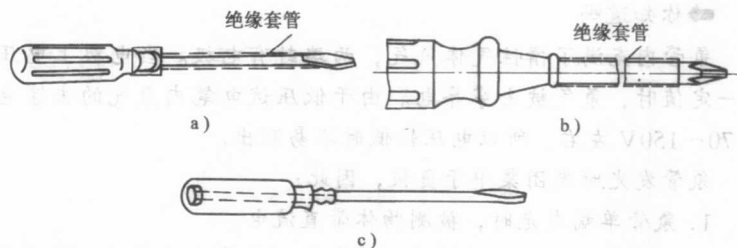


图 1-3 螺钉旋具

a) 一字槽螺钉旋具 b) 十字槽螺钉旋具 c) 穿心螺钉旋具

●使用技巧

螺钉旋具磁化后，可以吸引小螺钉，增加操作的方便性。

螺钉的螺纹绝大部分采用正螺纹，亦即符合“右手螺旋定则”，据此可以方便地判断出螺钉的拧动方向。方法是握住右手，以四指指向螺钉（螺钉旋具）的旋转方向，则大拇指所指为螺钉（螺钉旋具）的移动方向。顺时针时为拧入，逆时针时为拧出，简记为“顺进逆出”。

专家提醒

并不是所有的螺钉旋具都适用于电气维修，某些机修螺钉旋具采用穿心式或金属式，如钟表旋具，不具有绝缘性能，在电气维修中应特别注意，最好禁止使用。

三、钳子

钳子是用来钳夹、捏弯和剪切的工具，种类较多。常见的有钢丝钳、尖嘴钳、圆嘴钳、弯嘴钳、斜口钳、鲤鱼钳等，分别用于不同场合。其中钢丝钳的长度可分为 150、175、200mm 3 种；尖嘴钳分带刃口和不带刃口两类，长度有 130、160、180、200mm 几种；圆嘴钳长度略短，分别为 110、130、160mm 几种；弯嘴钳、斜口钳长度规格和尖嘴钳规格相同。各式钳子如图 1-4 所示。

☑判断正误

钳子的手柄都套有绝缘护套，具有绝缘作用，所以可以夹持带电导体。

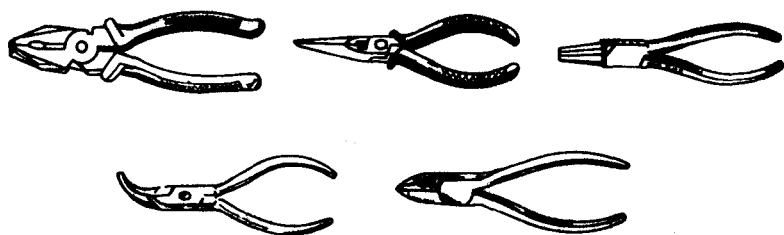


图 1-4 各式钳子

答案：错误。并不是所有的钳子手柄上都套有绝缘护套，使用时应加以区分。此外，由于使用不当，绝缘护套有时有破裂现象，因此正确的做法是：夹持带电物体时，应先检查绝缘护套，只有绝缘护套完整才能使用。

●使用技巧

使用中，钢丝钳或尖嘴钳的手柄护套常常会旋转，造成护套口部的凸出部分相抵，钳口不易闭合。这时可用手将护套转向正确的方向。拧不动时，将钳柄在开水中烫一烫，就容易拧动了。

钳子不灵活时，可在转轴部分滴几滴煤油，闷一段时间后加以活动，就会灵活起来。

四、剥线钳

剥线钳是用来剥削绝缘导线绝缘层的一种工具，外形上常见为两种，钳体长度上分为 140 和 180mm，分别可剥削直径为 0.6、1.2、1.7mm 和 0.6、1.2、1.7、2.2mm 的导线。剥线钳如图 1-5 所示。

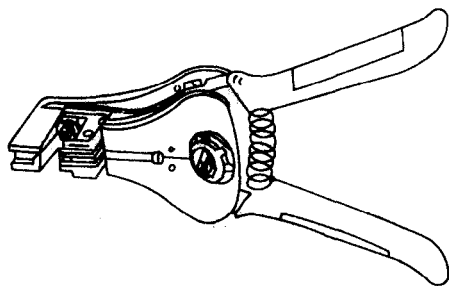


图 1-5 剥线钳

使用时，只需将不同的导线卡入剥线钳的相应的槽中，捏动手柄即可。

☒判断正误

用剥线钳剥线时，可用力拉动导线，以提高剥线能力。

答案：错误，只需捏动手柄即可。用力拉导线，容易损坏剥线钳。如果确需用力拉动导线才能剥削，则多是钳体本身配合不佳所造成。

►你知道吗

剥线钳的刃口和导线夹口（即剥线钳的左右两部分）配合动作，共同完成剥线功能。在松开剥线钳的手柄时，一般刃口打开比导线夹口要晚。这样在需要剥除较长绝缘外层时，只需连续捏动手柄（注意松开力度）即可将绝缘外层推到较远的位置。

五、活扳手

活扳手是用来拧动螺母或螺杆的工具，又称为活动扳手。活动扳手由固定扳唇、活动扳唇、蜗轮和轴销组成。其长度有 100、150、200、250、300、375、400 和 600mm 等，最大开口宽度为 14、19、24、30、36、46、55、65mm 等。活动扳手及其用法如图 1-6 所示。

使用活扳手时，旋转蜗轮以调整扳手开口大小，使其正好卡在螺母上，扳动手柄使螺母旋转。螺母较大时，力矩较大，手应放在手柄的端部。

☒判断正误

使用时，扳手应紧密地卡住螺母，不能太松。

答案：正确。扳手开口过松，容易损坏螺母外缘。

●使用技巧

扳手开口的内部较大，而头部较小，使用时应将螺母卡入扳手开口内部，调整开口大小，使其卡紧螺母，再将扳手外拉后拧动。取下扳手时，前推扳手，向上取出。重新套上螺母时与此动作相反。可简记为“内套后拉，取时前推”。

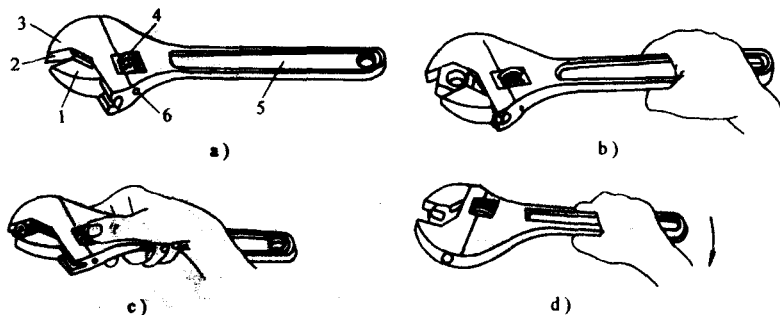


图 1-6 活扳手及其用法

a) 外形 b) 螺母拧动方法 c) 开口大小调整方法 d) 错误用法

1—活动扳唇 2—扳口 3—固定扳唇 4—蜗轮

5—手柄 6—轴销

蜗轮调整开口大小的方向判定：“定唇在右，前紧后松”。即手握扳手，开口朝前，固定唇在右时，向上转动蜗轮，开口变小，向下转动蜗轮，开口变大。

第二节 常用维修仪表及其使用方法

电压表、电流表和电阻表有着基本相同的外形，使用时可根据刻度盘上的 V、A 和 Ω 标志来进行区分。它们都是由高灵敏度的检流计外加电阻网络组成的。仪表外形及表头结构如图 1-7 所示。

一、电压表

电压表主要用来测量电源电压，可分为交流电压表和直流电压表。电压表内串接了较大阻值的电阻，以限制流过检流计的电流。串入的阻值越大，电压表可测量的电压越高，表的量程也越大。电压表的内部接线图如图 1-8 所示。

测量时，将表的两端分别接到电路中不同电位的两点，电压表所指示的读数即为该两点间的电压。如果用于交流场合，电压表内的电阻网络中可加入整流电路，将交流电压整流成直流后再进行测量。