

智能制造基础技术系列教材
“互联网+”新形态一体化教材

电工电子 实训教程

主编◎马国伟 吴力佳 朱 冬



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

智能制造基础技术系列教材
“互联网+”新形态一体化教材

电工电子 实训教程

主编◎马国伟 吴力佳 朱 冬



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

内容提要

本书紧密围绕电工电子技术核心能力培养的主线展开,参照职业标准,根据职业能力要求选择实训教学内容,书中所选实例贴近生产实际,具有较强的可操作性和较高的实用价值。本书既可作为高职高专机电一体化技术、电气自动化技术、数控技术等专业的电工技能实训教材,也可作为电气维修技术人员和操作人员的培训教材,还可供其他相关技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电工电子实训教程 / 马国伟, 吴力佳, 朱冬主编.

上海: 上海交通大学出版社, 2025. 12. -- ISBN 978-7-313-33940-9

I. TM; TN

中国国家版本馆 CIP 数据核字第 2025EN9521 号

电工电子实训教程

DIANGONG DIANZI SHIXUN JIAOCHENG

主 编: 马国伟 吴力佳 朱 冬

地 址: 上海市番禺路 951 号

出版发行: 上海交通大学出版社

电 话: 021-6407 1208

邮政编码: 200030

印 制: 北京荣玉印刷有限公司

经 销: 全国新华书店

开 本: 787 mm × 1092 mm 1/16

印 张: 18

字 数: 427 千字

版 次: 2025 年 12 月第 1 版

印 次: 2025 年 12 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-313-33940-9

定 价: 49.80 元

版权所有 侵权必究

告读者: 如发现本书有印装质量问题请与印刷厂质量科联系

联系电话: 010-6020 6144



前言

习近平总书记在党的二十大报告中对“实施科教兴国战略，强化现代化建设人才支撑”进行了战略部署，再次强调“科技是第一生产力、人才是第一资源、创新是第一动力”。在科教兴国战略深入实施、现代化产业体系加速构建的时代背景下，电工电子技术作为现代工业文明的基石与智能时代的核心动力，其基础性与支撑性作用日益凸显。为响应国家关于深化新工科建设、培养高素质复合型工程技术人才的要求，紧密对接制造业转型升级对一线技能人才的迫切需求，我们组织编写了这本《电工电子实训教程》。本书旨在为相关专业学生及工程技术人员提供一套科学、系统、实用的电工电子基础技能训练指导，架设从理论通向实践、从课堂连接产业的坚实桥梁。

本书在编写上具有以下特点。

(1) 本书的编写始终贯彻“以国家职业标准为依据，以企业需求为导向，以职业能力为核心”的理念，把提高学生能力放在突出位置，明确职业岗位对职业能力核心能力的要求，重点培养学生的技术运用能力和岗位实践能力，注重对学生创新能力和综合素质的培养。

(2) 在理论教学上，本书以“够用”为原则，对理论知识的介绍以简明、扼要为特点，重点讲解基本理论，同时介绍新元件、新技术、新标准。

(3) 在实训内容上，除注重电工传统的基本技术能力训练外，本书还突出对新技术的学习和训练，力求实现传统基本技术与现代先进技术相结合，与时俱进，不断适应和满足现代社会对电工人才的需求。

(4) 思政引领、案例鲜活。本书将课程思政有机融入实训全过程，以增强学生的民族自豪感和使命感。

本书共分为七个项目，包括电工基本知识、电工基本技能、室内线路安装、变压器与电动机的检修、典型电动机控制线路的装调与检修、电气控制线路的设计与制作、典型机床电气控制线路的分析与故障排除。书中每个项目开篇均提出了知识目标、能力目标和素质目标，各任务最后还配有思考与练习模块，供学生复习巩固。各专业可根据相关专业课的开设情况进行适当的删减。

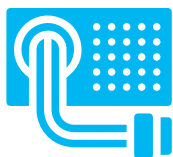
本书由长期耕耘在教学科研一线的教师团队及企业工程师合作完成。唐立伟担任主审，马国伟、吴力佳、朱冬担任主编，王税睿、柴斌、陈小明担任副主编。具体分工如下：娄底职业技术学院马国伟负责整体架构设计、思政主线贯穿及最终统稿定稿，并负责项目六、项目七的编写，项目一由湖南人文科技学院吴力佳编写，项目二由娄底职业技术学院朱冬编写，项目三由娄底职业技术学院王税睿编写，项目四由娄底职业技术学院柴斌编写，项目五由深圳市未来感知科技有限公司经理陈小明编写，娄底职业技术学院教研室主任唐立伟教授负责对书稿的政治性和专业性问题进行把关。全体成员在编写过程中反复研讨，交叉审阅，力求内容科学严谨，表述清晰准确，思政融入自然。

此外，本书作者还为广大一线教师提供了服务于本书的教学资源库，有需要者可发邮件至教学助手 2393867076@qq.com 领取。

由于编者水平有限，书中疏漏与不足之处在所难免，恳请广大师生和读者不吝赐教。

编者

2025年7月



目 录

项目一 电工基本知识 001

任务一 电工安全用电知识 002

- 一、电工安全操作常识 002
- 二、电工安全操作技术措施 003
- 三、电气火灾消防知识 003
- 四、电气设备安全知识 004
- 五、触电与急救 005

任务二 电工材料 010

- 一、导电材料 010
- 二、绝缘材料 019
- 三、磁性材料 022
- 四、电气安装材料 022
- 五、电机用电刷 023

项目二 电工基本技能 025

任务一 常用电工工具的使用 026

- 一、验电器 026
- 二、钢丝钳 027
- 三、尖嘴钳 028
- 四、螺钉旋具 028
- 五、电工刀 029
- 六、剥线钳 029
- 七、活络扳手 029
- 八、断线钳 030
- 九、电工工具夹 030

十、电烙铁	030
十一、梯子	031
任务二 常用电工仪表的使用	034
一、电工测量基本知识	034
二、电工测量仪表基本知识	035
三、常用电工测量仪表	035
任务三 导线连接和绝缘层的去除与恢复	045
一、导线绝缘层的去除	046
二、导线的连接	048
三、导线绝缘层的恢复	054
任务四 常用电子元器件的识别与检测	056
一、电阻器	056
二、电容器	060
三、电感器	062
四、晶体二极管	062
五、晶体三极管	063
六、晶闸管	066
任务五 电子线路的安装与调试	068
一、锡焊技术	068
二、电子元器件的引线成形和插装	069
项目三 室内线路安装	077
任务一 护套线配线	078
一、室内配线基本知识	078
二、室内护套线配线	080
任务二 线管配线	085
一、线管配线技术要求	085
二、线管的线路施工	086
任务三 导线及熔断器选择	090
一、导线选择	090

二、熔断器选择	092
任务四 单相电能表的安装	094
一、电能表的作用和分类	094
二、电能表的结构与原理	094
三、单相电能表	095
四、新型特种电能表简介	096
任务五 三相电能表的安装与调试	098
一、三相电能表的分类	098
二、三相电能表的安装	099
三、带互感器的三相电能表的接线	101
任务六 配电板的安装	105
一、配电箱和配电板	105
二、低压隔离开关和总开关的应用和安装	106
三、配电板、配电箱及总开关的制作和安装	107
任务七 常用照明装置的安装	112
一、常用电光源的种类	112
二、照明装置安装的一般规定和要求	113
三、常用照明装置的安装方法	113
四、开关和插座安装	120
任务八 室内照明电路的检修	123
一、照明供电线路简介	123
二、照明电路施工图	125
任务九 接地装置的制作与安装	128
一、接地的基本概念	128
二、接地体的制作与安装	131
三、接地电阻的测量	133

项目四 变压器与电动机的检修 **137**

任务一 小型变压器的故障检修	138
一、变压器的基本工作原理	138

二、变压器的基本结构	139
任务二 直流电动机的拆装及特性的测量	144
一、直流电动机的结构	144
二、直流电动机的基本工作原理	146
三、他励（并励）电动机的工作特性	147
四、串励电动机的工作特性	148
五、直流电动机的机械特性	148
任务三 三相交流异步电动机的拆装	154
一、三相交流异步电动机的结构	154
二、三相异步电动机的工作原理	156
任务四 单相交流异步电动机的运行与检修	160
一、单相交流异步电动机的基本原理	160
二、单相交流异步电动机的分类	161
三、单相交流异步电动机的反转与调速	163
任务五 三相异步电动机定子绕组首尾端的判别	169

项目五 典型电动机控制线路的装调与检修 175

任务一 常用低压电器的拆装与检修	176
一、接触器	176
二、中间继电器	180
三、热继电器	182
四、熔断器	183
任务二 三相异步电动机单向运行控制线路的装调与检修	186
一、点动正转控制线路	187
二、自锁正转控制线路	187
三、既能点动又能连续运转的控制线路	188
任务三 三相异步电动机正反转控制线路的装调与检修	195
一、接触器联锁的正反转控制线路	195
二、接触器按钮双重联锁的正反转控制线路	196

任务四	三相异步电动机降压启动控制线路的装调与检修 …	202
	一、手动 Y- Δ 启动控制	202
	二、按钮转换的 Y- Δ 启动控制	202
	三、时间继电器转换的 Y- Δ 启动控制	203
任务五	三相异步电动机制动控制线路的装调与检修 …	209
	一、能耗制动控制线路	210
	二、反接制动控制线路	211
任务六	双速电动机控制线路的装调与检修 …	216
	一、双速异步电动机定子绕组的连接	216
	二、按钮转换的双速电动机控制线路	217
	三、时间继电器转换的双速电动机控制线路	219
任务七	工作台自动往返控制线路的装调与检修 …	224
	一、识读电路图	224
	二、工作原理	225

项目六 电气控制线路的设计与制作 …… **229**

任务一	多地控制线路的设计与制作 …	230
	一、多地控制线路	230
	二、电气控制设计的一般原则	230
	三、电气控制设计的内容	231
	四、电气控制设计的一般过程	231
	五、电路的保护环节	231
任务二	电动机顺序控制线路的设计与制作 …	234

项目七 典型机床电气控制线路的分析与故障排除 …… **237**

任务一	CA6140 普通车床线路分析与故障排除 …	238
	一、CA6140 车床的结构	238
	二、CA6140 车床的运动情况	238

三、CA6140 车床电气控制线路分析	238
四、CA6140 车床电气控制线路常见故障分析	241
任务二 Z3040 摇臂钻床线路分析与故障排除	244
一、Z3040 摇臂钻床的结构	244
二、Z3040 摇臂钻床的运动情况	244
三、Z3040 摇臂钻床电气线路分析	245
四、Z3040 摇臂钻床电气线路常见故障分析	248
任务三 X62W 万能铣床线路分析与故障排除	251
一、X62W 万能铣床的主要结构及运动形式	251
二、X62W 万能铣床电气线路分析	252
三、X62W 万能铣床常见故障分析	255
任务四 M7120 磨床电气控制线路的分析与故障排除	257
一、M7120 磨床的结构	257
二、M7120 磨床的控制要求	258
三、M7120 磨床电气线路分析	259
四、M7120 磨床常见故障分析	261
任务五 T68 镗床电气控制线路的分析与故障排除	263
一、T68 镗床的结构及运动情况	263
二、T68 镗床电气线路分析	264

附录 常用电气图形符号	272
--------------------------	------------

参考文献	276
-------------------	------------

项目三

室内线路安装

目标导航

知识目标

1. 掌握室内电气配线的基本原理。
2. 理解照明电路安装方法。

能力目标

1. 能独立完成基本电气安装。
2. 能掌握常见故障排查方法。
3. 能规划室内配线方案。
4. 能设计、安装、检修常用家庭用电线路。

素质目标

1. 增强环保与节能意识：合理选择节能灯具，优化配线以减少电能损耗。
2. 树立职业责任感：确保配线工艺规范，避免因施工不当引发电气火灾或触电事故。

任务一 护套线配线

一、室内配线基本知识

1. 室内配线的种类和选用

室内配线有明配线和暗配线两种。导线沿墙壁、天花板、桁架及柱子等明敷设称为明配线；导线穿管埋设在墙内、地坪内或装设在顶棚内称为暗配线。

常用线路装置的类型和适用范围如表 3-1 所示。

表 3-1 常用线路装置的类型和适用范围

敷设类型	敷设场所					
	干燥	潮湿	户外	有可燃物质	有腐蚀性物质	有易燃易爆物质
绝缘子	适用	适用	适用	适用	适用	不适用
塑料护套线	适用	适用	适用	适用	适用	不适用
明、暗线管	适用	适用	适用	适用	适用	适用
电缆线	适用	适用	适用	适用	适用	适用

原有的木槽板和瓷夹线路，多作为照明线路或小容量的电热和动力线路使用，现在已被塑料护套线线路代替，它们的适用范围与护套线线路相同。

2. 室内配线的技术要求

室内配线不仅要使电能传送安全、可靠，还要使线路布置合理、整齐、安装牢固，其技术要求如下。

(1) 所使用导线的额定电压应大于线路的工作电压。应选用绝缘电线作为敷设有线，导线的绝缘性应符合线路的安装方式和敷设环境的要求。线路中绝缘电阻一般规定为：相线对大地或对中性线之间不应小于 $0.22\text{ M}\Omega$ 、相线与相线之间不应小于 $0.38\text{ M}\Omega$ ，在潮湿、具有腐蚀性气体或水蒸气的场所，导线的绝缘电阻要求允许降低一些。

导线线芯的截面积应满足供电安全电流和机械强度的要求，一般的家用照明线路以选用 2.5 mm^2 的铝芯绝缘导线或 1.5 mm^2 的铜芯绝缘导线为宜，500 V 单芯橡皮、聚氯乙烯绝缘电线在常温下的安全载流量如表 3-2 所示。

表 3-2 500 V 单芯橡皮、聚氯乙烯绝缘电线在常温下的安全载流量

线芯截面积 / mm^2	橡皮绝缘电线安全载流量 / A		聚氯乙烯绝缘电线安全载流量 / A	
	铜芯	铝芯	铜芯	铝芯
0.75	18	—	16	—
1.0	21	—	19	—

(续表)

线芯截面积 / mm ²	橡皮绝缘电线安全载流量 / A		聚氯乙烯绝缘电线安全载流量 / A	
	铜芯	铝芯	铜芯	铝芯
1.5	27	19	24	18
2.5	33	27	32	25
4	45	35	42	32
6	58	45	55	42
10	85	65	75	59
16	110	85	105	80

(2) 配线时应尽量避免导线有接头, 因为常常会由于导线接头连接不良而造成事故, 必须有接头时应采用压接和焊接的方法进行连接。导线连接和分支处不应受到机械力的作用。穿在管内的导线在任何情况下都不能有接头, 必要时应将接头放在接线盒或灯头盒内。

(3) 明配线路在建筑物内应水平或垂直敷设。水平敷设时, 导线距地面不应小于 2.5 m; 垂直敷设时, 导线距地面不应小于 2 m, 否则应将导线穿在管内加以保护, 以防机械损伤。配线位置应便于安装和检修。

(4) 当导线穿过楼板时, 应设钢管加以保护, 钢管长度应从离楼板面 2 m 高处到楼板下出口处为止。

导线穿墙要有瓷管保护, 瓷管的两端出线口应伸出墙面不小于 10 mm, 这样可防止导线和墙壁接触, 以免墙壁潮湿而产生漏电等现象。

当导线沿墙壁或天花板敷设时, 导线与建筑物之间的距离一般不小于 10 mm。在通过伸缩缝的地方, 导线敷设应稍有松弛。

当导线互相交叉时, 为避免碰线, 应在每根导线上套以塑料或其他绝缘套管, 并将套管牢靠地固定, 以防其移动。

(5) 为确保安全用电, 室内电气管线和配电设备与其他管道、设备间的最小距离都有一定规定, 详见表 3-3 (表中有两个数字者, 分子为电气管线敷设在管道上的距离, 分母为电气管线敷设在管道下的距离)。施工时, 如不能满足表中所规定的距离, 则应采取其他保护措施。

表 3-3 室内电气管线和配电设备与其他管道、设备间的最小距离

单位: m

类别	管线及设备名称	管内导线	明敷绝缘导线	裸母线	滑触线	配电设备
平行	煤气管	0.1	1.0	1.0	1.5	1.5
	乙炔管	0.1	1.0	2.0	3.0	3.0
	氧气管	0.1	1.0	1.0	1.5	1.5
	蒸气管	1.0/0.5	1.0/0.5	1.0	1.0	0.5
	暖气管	0.3/0.2	0.3/0.2	1.0	1.0	0.1

(续表)

类别	管线及设备名称	管内导线	明敷绝缘导线	裸母线	滑触线	配电设备
平行	通风管	—	0.1	1.0	1.0	0.1
	上、下水管	—	0.1	1.0	1.0	0.1
	压缩气管	—	0.1	1.0	1.0	0.1
	工艺设备	—	—	1.5	1.5	—
交叉	煤气管	0.1	0.3	0.5	0.5	—
	乙炔管	0.1	0.5	0.5	0.5	—
	氧气管	0.1	0.3	0.5	0.5	—
	蒸气管	0.3	0.3	0.5	0.5	—
	暖气管	0.1	0.1	0.5	0.5	—
	通风管	—	0.1	0.5	0.5	—
	上、下水管	—	0.1	0.5	0.5	—
	压缩气管	—	0.1	0.5	0.5	—
	工艺设备	—	—	1.5	1.5	—

(6) 使用不同电价的用电设备, 其线路应分开安装, 如照明线路、电热线路和动力线路。使用相同电价的用电设备, 允许安装在同一线路上, 如小型单相电动机和小容量单相电炉, 并允许其与照明线路共用线路。具体安排线路时, 还应考虑到后期检修和事故照明等工作需要。

(7) 不同电压和不同电价的线路应有明显区别, 安装在同一块配电板上时, 应用文字注明, 便于检修。

(8) 低压网络中的线路, 严禁利用与大地连接的接地线作为中性线, 即禁止采用三线一地、二线一地和一线一地制线路。

3. 室内配线工序

室内配线主要包括以下几道工序。

- (1) 按设计图纸确定灯具、插座、开关、配电箱、启动设备等设备的位置。
- (2) 沿建筑物确定导线敷设的路径、穿过墙壁或楼板的位置。
- (3) 在土建未抹灰前, 将配线所有的固定点打好孔眼, 并预埋绕有铁丝的木螺钉、螺栓或木砖。
- (4) 装设绝缘支持物、线夹或管子、接线盒等。
- (5) 敷设导线。
- (6) 进行导线的连接、分支和封端处理, 并将导线出线接头和设备连接。

二、室内护套线配线

塑料护套线是一种具有塑料保护层的双芯或多芯绝缘导线, 具有防潮、耐酸和耐腐蚀

等特性。塑料护套线可以直接敷设在空心楼板内、墙壁等建筑物上。以前一般用铝片线卡作为导线的支持物，现在常用塑料线卡来支持。

1. 技术要求

(1) 护套线线芯的最小截面积规定：户内使用时，铜芯的截面积不小于 1.0 mm^2 ，铝芯的截面积不小于 1.5 mm^2 ；户外使用时，铜芯的截面积不小于 1.5 mm^2 ，铝芯的截面积不小于 2.5 mm^2 。

(2) 护套线接头要放在开关、灯头和插座等设备内部，以求整齐美观；否则应装设接线盒，将接头放在接线盒内，接线盒也可用木台代替，护套线接头的连接方法如图 3-1 所示。

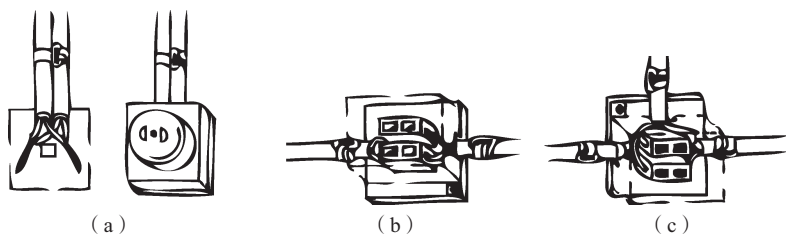


图 3-1 护套线接头的连接方法

- (a) 在电气装置上中间或分支接头；(b) 在接线盒上进行中接头；
(c) 在接线盒上进行分支接头

(3) 护套线必须采用专用的线卡进行支持。

(4) 护套线支持点的定位：直线部分，两支持点之间的距离为 0.2 m ；转角部分、转角前后各应安装一个支持点；两根护套线十字交叉时，叉口处的四方各应安装一个支持点，共四个支持点；进入木台前应安装一个支持点；在穿入管子前或穿出管子后，均需各安装一个支持点。护套线支持点的各种安装位置如图 3-2 所示。

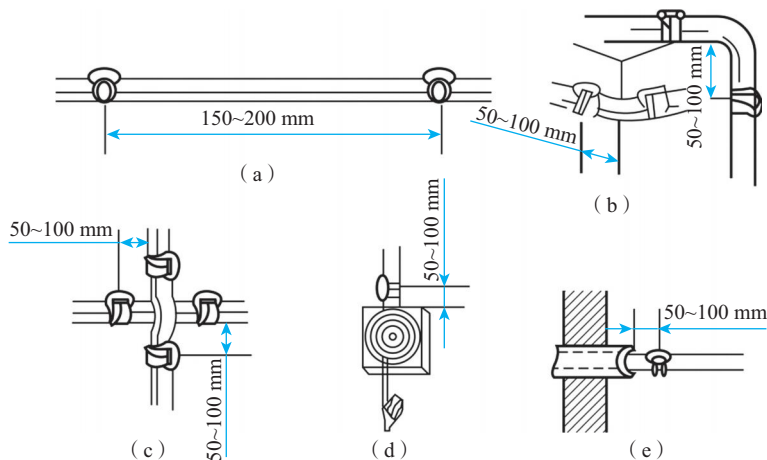


图 3-2 护套线支持点的各种安装位置

- (a) 直线部分；(b) 转角部分；(c) 十字交叉；(d) 进入木台；(e) 进入管子

(5) 护套线线路的离地距离不得小于 0.15 m ；在穿越楼板的一段及在离地 0.15 m 以下部分的导线，应加钢管（或硬塑料管）进行保护，以防导线遭受损伤。

2. 施工步骤

- (1) 准备施工所需的器材和工具。
- (2) 标画线路走向，同时标出所有线路装置和用电器具的安装位置，以及导线的每个支持点。
- (3) 凿打整个线路上的所有木榫安装孔和导线穿越孔，安装好所有木榫。
- (4) 安装所有铝片线卡。
- (5) 敷设导线。
- (6) 安装各种木台。
- (7) 安装各种用电装置和线路装置的电气元件。
- (8) 检验线路的安装质量。

3. 施工方法

1) 放线

整圈护套线不能紊乱，不可使线的平面产生小半径的扭曲，在冬天放塑料护套线时尤应注意。

2) 敷线

(1) 勒直：在护套线敷设之前，应把有弯曲的部分用纱团裹捏后来回勒平，使之挺直，如图 3-3 所示。



图 3-3 护套线勒直方法

(2) 直敷：水平方向敷设护套线时，如果线路较短，为便于施工，可按实际需要长度将导线剪断，将它盘起来。敷线时，可先固定牢一端，拉紧护套线使线路平直后再固定另一端，最后固定中间段；如果线路较长，可用瓷夹板先将导线多处初步固定，然后再逐段固定并拆除相应瓷夹板，如图 3-4 所示。

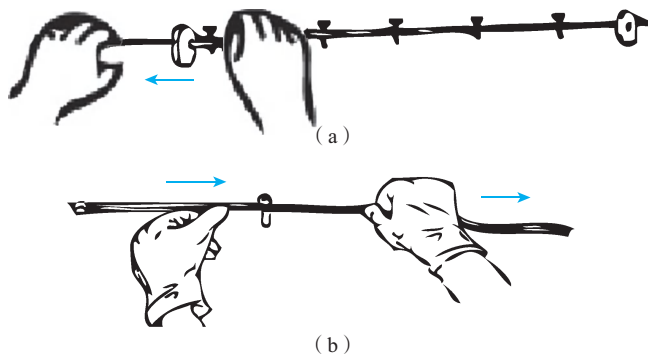


图 3-4 护套线敷线方法

(a) 长距离护套线敷线方法；(b) 短距离护套线敷线方法

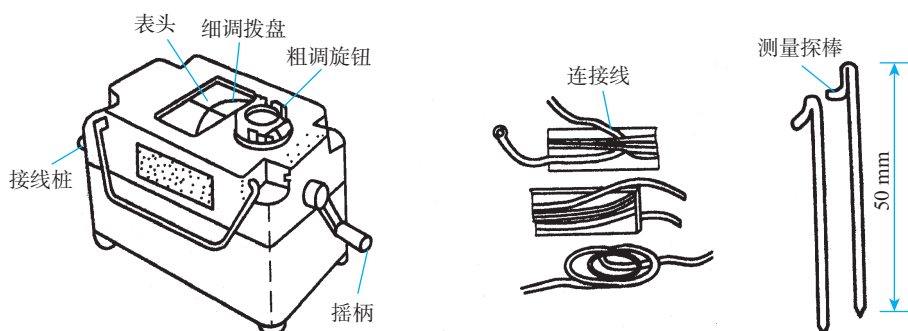


图 3-66 ZC-8 型接地电阻测试仪及其附件

(1) 首先拆开接地干线与接地体的连接线, 使断线卡处断开, 或拆下接地干线上所有接地支线上的连接线。

(2) 将一支探棒(电流探棒 C) 插入离接地体 40 m 远的地中, 把另一支探棒(电位探棒 P) 插在离接地体 20 m 远的地中。要使被测接地体 E 与两根测量探棒 P、C 在同一条直线上, 应将 P、C 两支探棒垂直插入地下至少 400 mm 深的位置。

(3) 将接地电阻测试仪置于接地体附近平整的地方后准备接线。

(4) 擦去接地体的污垢, 用一根最短的连接线连接测试仪上的接线端子“E”和接地体连接点。

(5) 用一根最长的导线连接测试仪上的接线端子“C”与 40 m 远处的电流探棒 C。

(6) 用一根中等长度的导线连接测试仪上的接线端子“P”和 20 m 远处的电位探棒 P。

(7) 根据被测接地体接地电阻估计值, 调节好粗调旋钮(表上有三挡可调范围)。

(8) 以 120 r/min 左右的转速匀速摇动测试仪的手柄。当表针偏离中心时, 应边摇动手柄, 边调节细调拨盘旋钮, 直至表针居中。此时细调拨盘的读数乘以粗调定位倍数得出的结果即是被测接地体的接地电阻值。例如细调拨盘的读数是 0.4, 粗调定位倍数是 10, 则被测接地体的接地电阻值是 4 Ω。

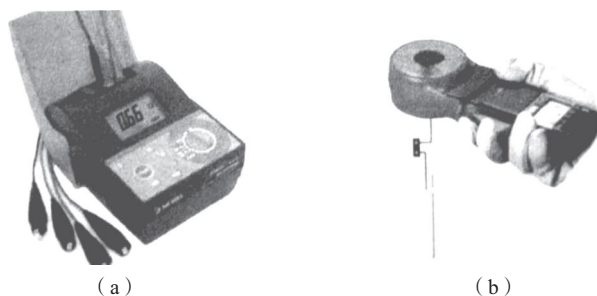


图 3-67 常用电子式接地电阻测试仪的实物外形

(a) MI2124 通用接地电阻测试仪; (b) CA6412 钳形接地电阻测试仪

常用电子式接地电阻测试仪的实物外形如图 3-67 所示。



技能实训 |

1. 实训器材

(1) 角钢 50 mm×50 mm×5 mm, 若干。

(2) 扁钢 20 mm×4 mm, 若干。

(3) 接地电阻测试仪, 1 台。

(4) 接地体制作工具, 1 套。

2. 实训内容及要求

(1) 按工艺要求制作接地装置。

(2) 按工艺步骤安装接地装置。

(3) 测量接地电阻。

①焊接接地体与连接干线前, 用接地电阻测试仪逐一测量两个接地体的接地电阻并进行比较。

②焊接后用接地电阻测试仪测量多级(两极)接地体接地电阻。

3. 技能考核

技能考核评价标准与评分细则如表 3-18 所示。

表 3-18 接地装置制作与检测实训评价标准与评分细则

评价内容	配分	考核点	评分细则	得分
工作准备	10	清点电工工具, 并摆放整齐	工具准备少一项扣 2 分, 工具摆放不整齐扣 5 分	
操作规范	10	①行为文明, 有良好的行为规范; ②安全用电, 操作符合规范; ③实训结束后清理、清扫工作现场	①迟到、做其他事酌情扣 10 分以内; ②违反安全用电规范, 每处扣 2 分; ③未清理、清扫工作现场扣 5 分	
工作内容	80	①接地装置的制作; ②接地装置的安装; ③接地电阻测试仪的正确使用及接地电阻的正确测量; ④接地电阻达不到要求时的处理	①接地体尺寸不合要求, 每处扣 5 分; 制作操作方法不正确扣 15 分; ②接地体安装方法不正确扣 15 分; ③接地电阻测试仪操作方法不正确扣 10 分, 接地电阻测量不准确扣 10 分; ④接地电阻达不到要求时未处理扣 20 分	
工时			150 分钟	



思考与练习

(1) 接地有什么作用? 电力系统的接地有哪几种?

(2) 接地装置由哪几部分组成? 各组成部分分别用什么材料制作?

(3) 接地装置有哪几种类型? 各应用于什么场合?

(4) 简述接地电阻的测量步骤。

拓展阅读

张国云：择一事终一生

1999年，从克拉玛依职业技术学院毕业后，张国云入职特变电工股份有限公司，成为一名绕线工。

扎根生产车间20余年间，张国云完成了从一名学徒工到变压器绕线核心技术员，再到世界首台产品绕制能手、高级技师，最终成为大国工匠的蜕变。

靠着一双手、一把量尺、一只皮锤、一个手电筒，仅用8年时间，张国云完成了同行技术人员花费15年才能够达到的技能水平，创下一个班绕制6只圆筒式线圈的最高纪录。

20多年来，张国云参与绕制的线圈达到上万个，绕制总长度达4万公里。哪怕是在科技发达的今天，特高压变压器线圈绕制由于线圈结构工艺的复杂性和质量可靠性保障，绕线工作仍然只能靠手工完成。

线圈绕制工作看似简单，6000多圈的导线需要层层叠加缠绕，导线位置、尺寸、紧度、间隙都有着严格要求，每一次的锤击力度、每一个绝缘件的加放、每条绝缘纸的包裹都不能有丝毫偏差，而在一个线圈制作过程中，这样的细节处理就有上万个。

这让张国云练就了“精准控制”绕线本领，铜线总长几万米，手工绕制成重达20到30吨的线圈，只要经他手都能将每只线圈公差精准控制在正负1毫米以内，比行业标准提高一倍，他也由此被同事们亲切地称为“张大师”。

张国云的徒弟文武讲起他的故事总是滔滔不绝：“每当线圈绕制完成准备下线的时候，我师傅都会掏出手机详细拍下线圈的结构和细节，研究每一个细节，这为以后的技术提升提供了重要的参考。”20多年来，光这些图片资料张国云电脑里就保存了几十万张。

“全国技术能手”、新疆“有突出贡献高技能人才”……一个又一个荣誉，见证了张国云的努力。

2018年，突如其来的白血病扰乱了张国云的工作和生活。2次手术、9次化疗、10次骨髓穿刺术、6次腰椎穿刺……1年后，张国云战胜病魔，返回岗位。

“我热爱这个工作，并当作一生的事业去追求。”张国云说。

（资料来源：《张国云：择一事终一生》，工人时报，2024-03-18，有删改）

附录 常用电气图形符号

图例	名称	备注	图例	名称	备注
	双绕组变压器	形式 1		电源自动切换箱 (屏)	
		形式 2		隔离开关	
	三绕组变压器	形式 1		接触器 (在非动作位置触头断开)	
		形式 2			
	电流互感器	形式 1		断路器	
		形式 2			
	电压互感器	形式 1		熔断器一般符号	
		形式 2			
	屏、台、箱柜一般符号			熔断器式开关	
	动力或动力—照明配电箱			熔断器式隔离开关	
	照明配电箱 (屏)			避雷器	
	事故照明配电箱 (屏)			总配线架	

(续表)

图例	名称	备注	图例	名称	备注
	室内分线盒			中间配线架	
	室外分线盒			壁龛交接箱	
	球型灯			单极开关(暗装)	
	顶棚灯			双极开关	
	花灯			双极开关(暗装)	
	弯灯			三极开关	
	荧光灯			三极开关(暗装)	
	三管荧光灯			单相插座	
	五管荧光灯			暗装	
	壁灯			密闭(防水)单相插座	
	广照型灯(配照型灯)			防爆单相插座	
	防水防尘灯			带保护接点插座	
	开关一般符号			带接地插孔的单相插座(暗装)	
	单极开关			带接地插孔的密闭(防水)单相插座	
	指示式电压表			带接地插孔的防爆单相插座	

(续表)

图例	名称	备注	图例	名称	备注
	功率因数表			带接地插孔的三相插座	
	有功电能表(瓦时计)			带接地插孔的三相插座(暗装)	
	电信插座的一般符号可用以下的文字或符号区别不同插座: TP—电话; FX—传真; M—传声器; FM—调频; TV—电视			插座箱(板)	
	单极限时开关			指示式电流表	
	调光器			匹配终端	
	钥匙开关			传声器一般符号	
	电铃			扬声器一般符号	
	天线一般符号			感烟探测器	
	放大器一般符号			感光火灾探测器	
	两路分配器一般符号			气体火灾探测器(点式)	
	三路分配器			缆式线型定温探测器	
	四路分配器			感温探测器	
   	电线、电缆、母线、传输通路一般符号 三根导线 三根导线 n 根导线			手动火灾报警按钮	

(续表)

图例	名称	备注	图例	名称	备注
	接地装置 (1) 有接地极 (2) 无接地极			水流指示器	
	电话线路			火灾报警控制器	
	视频线路			火灾报警电话机(对讲电话机)	
	广播线路			应急疏散指示标志灯	
	消火栓			应急疏散照明灯	