

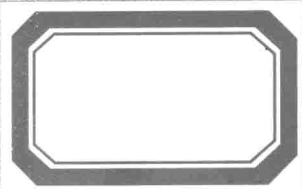


现代装备制造业
技能大师技术技能精粹

XIANDAI ZHUANGBEI ZHIZAO YE JINENG DASHI JISHU JINENG JINGCUI

电工

主编：沈玉梅 王 亮



国家出版基金项目
NATIONAL PUBLICATION FOUNDATION



现代装备制造业
技能大师技术技能精粹

XIANDAI ZHUANGBEI ZHIZAO YE JI JIANENG DASHI JISHU JINENG JINGCUI

电 工

主 编：沈玉梅 王 亮

副主编：陈志红 武昌俊 龙善寰

参 编：鲁业安 吴德刚 周正鼎 梅 巍 肖 磊

CS K 湖南科学技术出版社

图书在版编目 (C I P) 数据

现代装备制造业技能大师技术技能精粹 电工 / 沈玉梅, 王亮主编.
— 长沙 : 湖南科学技术出版社, 2013. 12

ISBN 978-7-5357-7996-0

I. ①现… II. ①沈… ②王… III. ①电工—技术培训—教材 IV. ①TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 300665 号

现代装备制造业技能大师技术技能精粹 电工

主 编: 沈玉梅 王 亮

责任编辑: 徐 为 杨 林 龚绍石

出版发行: 湖南科学技术出版社

社 址: 长沙市湘雅路 276 号

<http://www.hnstp.com>

印 刷: 长沙瑞和印务有限公司

(印装质量问题请直接与本厂联系)

厂 址: 长沙市井湾路 4 号

邮 编: 410004

出版日期: 2013 年 12 月第 1 版第 1 次

开 本: 710mm×1000mm 1/16

印 张: 20

字 数: 400000

书 号: ISBN 978-7-5357-7996-0

定 价: 42.00 元

(版权所有·翻印必究)

专家介绍



王 亮：全国人大代表、大连重工起重集团有限公司高级技师。第九届（2008 年）中华技能大奖获得者。1993 年以来，他主持或指导了百余台（套）企业设计制造的大型设备电气控制系统的安装调试工作，其中有 13 种产品是填补国家空白的重大技术装备。他曾先后被授予集团公司劳动模范、特等劳动模范，大连市劳动模范、特等劳动模范、基层个人学习型标兵、十大发明家，全国五一劳动奖章、中国青年五四奖章和全国劳动模范等多项荣誉。

《现代装备制造业技能大师技术技能精粹》丛书是由国家设立的专项出版基金支持，本社负责组织编写的一套高技能人才实用培训读物。丛书编写组荟萃了国内数十位企业技能大师和高等职业学院教授专家，以行业实际案例为载体，介绍了本行业高技能人才在实际工作中碰到技术难点时的解决思路，生产过程中的经验、技巧、创新发明以及必须具备的实践操作技艺等内容，同时辅以“大师指导技术要领”的重要内容，汇集了技能大师们丰富实践经验和高超技艺的实用技术。整套丛书以典型案例为单元，形成了模块化、条目化的内容结构，内容层次清晰，逻辑性强，文字简洁精练，图文并茂，是一套具有极高的指导意义和可操作性的培训用书和自学读物。

责任编辑 / 徐 为 杨 林 龚绍石
装帧设计 / 谢 颖

《现代装备制造业技能大师技术技能精粹》

丛书编委名单

荣誉主任：于清笈

主 任：陈晓明 黄一九

副 主 任：房志凯 徐 为

委 员：戴 勇 魏 崑 曹根基 韩峻峰 刘亚琴
沈玉梅 王茂元 邓志辉 管 平 王洪军
王 亮 袁政海 杨 林 龚绍石 周劲松
桂志红 赵 卫 陈留贯

丛书前言

装备制造业是国家的基础性和战略性产业，体现了一个国家的综合国力和国际竞争力。改革开放以来，特别是近十多年来，我国的装备制造业得到了迅猛发展，产业规模跃居世界首位，成为名符其实的装备制造业大国。然而，我国高端装备还大量依靠进口，自主创新能力明显薄弱；基础工艺、基础零部件发展严重滞后；现代制造服务业发展缓慢；装备制造产业发展方式还较为粗放。我国还不是装备制造业强国。造成装备制造业“大而不强”的因素很多，其中重要原因之一，就是缺乏大批掌握现代装备制造业典型技术技能的高技能人才。

目前，在我国装备制造业职工队伍中，技师和高级技师占全部技术工人的比例不到4%，高技能人才严重短缺，已经远不能满足装备制造业发展的需要。为了传承机械行业技能大师长年积累的高超技艺，提高高技能人才培养的针对性和实效性，更好地服务我国装备制造业实现“由大变强”，中国机械工业联合会、机械工业教育发展中心决定组织我国装备制造领域中的技能大师参与编写一套《现代装备制造业技能大师技术技能精粹》丛书。丛书汇集了机械行业中多位技能大师的实际工作经验、技能技巧以及技术创新成果；同时，邀请了多名具有丰富撰稿经验的高等职业学院教授进行整理总结，确保了该丛书的编写质量和水平。

《现代装备制造业技能大师技术技能精粹》丛书是由国家设立的专项出版基金支持，湖南科学技术出版社负责组织编写，丛书编写组荟萃了国内数十位企业技能大师、高等职业学院教授专家，共同编写的一套高技能人才实用培训读物。丛书第一辑将出版《车工》、《钳工》、《电工》、《焊工》、《数控工》、《汽车调整工》、《模具工》、《汽车钣金工》共8个分册。

《现代装备制造业技能大师技术技能精粹》丛书以行业实际案例为载体，介绍了本行业高技能人才在实际工作中碰到技术难点时的解决思路，生产过程中的经验、技巧、创新发明以及必须具备的实践操作技艺等内容，同时辅以“大师指导技术要领”的重要内容，汇集了技能大师们丰富实践经验和高超技艺的实用技术。整套丛书以典型案例为单元，形成了模块化、条目化的内容结构，内容层次清晰，逻辑性强，文字简洁精练，图文并茂，是一套具有极高的指导意义和可操作性的培训用书和自学读物。

《现代装备制造业技能大师技术技能精粹》丛书编写时间总共长达1年多，编写过程中，各方专家、学者为此套丛书付出了长时间的努力和心血。在此，向相关领导、各位技能大师、高职院校教授专家及编者表示最诚挚的感谢！

机械工业教育发展中心

2013年11月

前 言

随着我国改革开放的不断深入和国民经济的不断发展，我国的工业化进程也不断地得到推进，而在现代的工业体系和社会发展中，电气工程已经成为高新技术产业的重要组成部分，广泛应用于工业、农业、国防等领域，在国民经济中发挥着越来越重要的作用。为了使电工技术人员更好地了解 and 掌握电工领域的新知识、新技术，特编写了《电工》一书。

本书为《现代装备制造业技能大师技术技能精粹》丛书的一个分册，主要介绍了常用电工工具、仪表、仪器的使用、导线的连接与选择、常用低压电气元器件的使用、电工识图与图例、三相异步电动机基本控制电路的运行与检修、常用机床电气控制线路的故障分析与处理、PLC 实用技术、变频器的使用维护等基本知识和操作技能。

本书在组织编写时充分考虑了电工的实际情况，将电工必备知识和技能进行归纳提炼，以通俗易懂的语言、图文并茂的形式，深入浅出地讲解了新时期电工必备的知识和技能。全书从最简单的电工基本知识和操作入手，循序渐进，以实用、够用的原则，尽量简化理论内容，突出理论与实践的结合，使电工技术人员既了解一定的电工技术理论知识，又掌握电工技能操作，体现了科学性和应用性。

本书由大连职业技术学院沈玉梅、大连重工起重集团王亮担任主编。大连职业技术学院陈志红，安徽机电职业技术学院武昌俊、鲁业安，武汉机电工程学校龙善寰、吴德刚、周正鼎、梅巍，武汉第一轻工业学校肖磊等参加了编写工作；陈志红老师参与部分单元的审校工作。本书在编写过程中，参考了有关的书籍和研究成果，并引用其中的一些内容，在此一并表示衷心的感谢！

由于编者水平有限，书中不当之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编 者

目 录

项目一 常用电工工具及仪器、仪表的使用	(1)
任务一 常用电工工具的使用	(1)
案例一 验电笔的使用	(1)
案例二 螺丝刀的使用	(4)
案例三 钳类工具的使用	(6)
案例四 活络扳手的使用	(8)
案例五 电工刀的使用	(9)
任务二 常用电工仪器、仪表的使用	(10)
案例六 电流表的使用	(10)
案例七 电压表的使用	(11)
案例八 万用表的使用	(12)
案例九 电度(能)表的使用	(14)
案例十 钳形电流表的使用	(16)
案例十一 兆欧表的使用	(17)
案例十二 接地电阻测量仪的使用	(18)
案例十三 转速表的使用	(20)
项目二 导线的配线、选择与连接	(23)
任务一 常用导线基础知识	(23)
任务二 导线的配线、选择与连接	(24)
案例一 导线的配线	(24)
案例二 导线和电缆的选择	(28)
案例三 导线的连接	(33)
案例四 导线绝缘层的恢复与绑扎固定	(44)

项目三 常用低压电器的安装与使用	(48)
案例一 刀开关的使用	(48)
案例二 低压断路器的使用	(51)
案例三 低压熔断器的使用	(54)
案例四 交流接触器的使用	(57)
案例五 中间继电器的使用	(60)
案例六 时间继电器的使用	(61)
案例七 速度继电器的使用	(64)
案例八 过电流继电器的使用	(65)
案例九 固态继电器的使用	(66)
案例十 控制按钮的使用	(67)
案例十一 位置开关的使用	(69)
项目四 电工识图与图例	(72)
任务一 电工识图基础知识	(72)
任务二 电工识图案例	(75)
案例一 电气原理图的绘制	(75)
案例二 电气施工图的绘制	(76)
案例三 电工识图图例	(81)
项目五 三相异步电动机基本控制电路的运行与检修	(84)
任务一 三相异步电动机的基本控制电路	(84)
案例一 单向、点动和多地控制电路的运行	(84)
案例二 正、反转控制电路的运行	(87)
案例三 顺序控制电路的运行	(88)
案例四 自动往复控制电路的运行	(90)
案例五 电气控制系统常用的保护环节	(92)
案例六 降压启动控制电路的运行	(94)
案例七 双速电动机调速控制电路的运行	(96)
案例八 制动控制电路的运行	(99)
任务二 三相异步电动机基本控制线路的检修	(104)
案例九 三相异步电动机基本控制线路的检修技术	(104)

项目六 常用机床电气控制线路的故障分析与处理	(111)
任务一 电气控制线路故障检测方法	(111)
任务二 常用机床电气故障的分析与处理	(116)
案例一 车床常见电气故障的分析与处理	(116)
案例二 钻床常见电气故障的分析与处理	(120)
案例三 铣床常见电气故障的分析与处理	(126)
案例四 镗床常见电气故障的分析与处理	(134)
案例五 起重机常见电气故障的分析与处理	(142)
项目七 PLC 实用技术	(152)
任务一 PLC 基础知识	(152)
案例一 PLC 的安装与使用	(162)
案例二 PLC 应用系统设计基础	(175)
案例三 系统功能流程图到梯形图的转换	(178)
任务二 PLC 应用实例	(190)
案例四 电动机 Y/ Δ 减压启动系统的 PLC 控制	(190)
案例五 交通信号灯的 PLC 控制	(193)
案例六 传送工件机械手的 PLC 控制	(196)
案例七 组合机床的 PLC 控制	(202)
案例八 除尘室的 PLC 控制	(204)
案例九 PLC 控制水塔水位的模拟系统	(208)
案例十 PLC 的温度检测与控制系统	(211)
案例十一 PLC 常见故障的诊断与检修	(214)
项目八 变频器的使用与维护	(218)
任务一 变频器基础知识	(218)
案例一 变频器的安装	(226)
案例二 变频器的使用	(239)
案例三 变频器常见故障的检修及维护	(263)
任务二 变频器的应用实例	(284)
案例四 变频器在冷却塔风机控制中的应用	(284)
案例五 变频器在高炉卷扬机中的应用	(291)

附表 A 常用电工图形符号（新旧对照表） (298)

附表 B 表示电气设备、装置和元器件种类的单字母符号 (302)

附表 C 电气设备、装置和元器件常用基本文字符号 (303)

附表 D 电气设备、装置和元器件常用辅助文字符号 (307)

项目一 常用电工工具及仪器、仪表的使用

任务一 常用电工工具的使用

电工工具是电气操作的基本工具。工具不合规格、质量不好或使用不当，都将影响施工质量、降低工作效率，甚至造成事故。电工工具的正确使用是电工基本操作的基本功。常用电工工具分为三大类。

通用电工工具：指电工随时都可能使用的常备工具，包括验电笔、螺丝刀、钢丝钳、活络扳手、电工刀和镊子。

线路装修工具：指电力内外线装修工程必备的工具，它包括冲击电钻、管子钳、剥线钳、紧线钳、弯管钳切割器具和套丝器具。

设备维修工具：指在电气设备维修中需使用的常用工具，如拉具、套筒扳手、喷灯等工具。

案例一 验电笔的使用

验电笔也叫测电笔或低压验电器，简称“电笔”。是电工常用的一种辅助安全用具，用来判断照明电路中的火线和地线、检验低压电气设备是否漏电的常用工具。

一、验电笔的种类

(1) 螺丝刀式验电笔：一端为一字螺丝刀，可以兼作试电笔和一字螺丝刀用。

(2) 感应式验电笔：采用感应式测试，无需物理接触，可检查控制线、导体和插座上的电压或沿导线检查断路位置，因此极大地保障了维护人员的人身安全。

(3) 数显式试电笔：用来测试电线中是否带电。数显式试电笔笔体带LED显示屏，可以直观读取测试电压数字。

二、验电笔的正确使用方法

(1) 普通验电笔的使用方法。普通验电笔常做成钢笔式结构或小型螺丝刀结构。它的前端是金属探头，后部塑料外壳内装有氖泡、安全电阻和弹簧，尾端有金属端盖或钢笔型金属挂鼻。测试时验电笔的握法如图 1-1 所示。

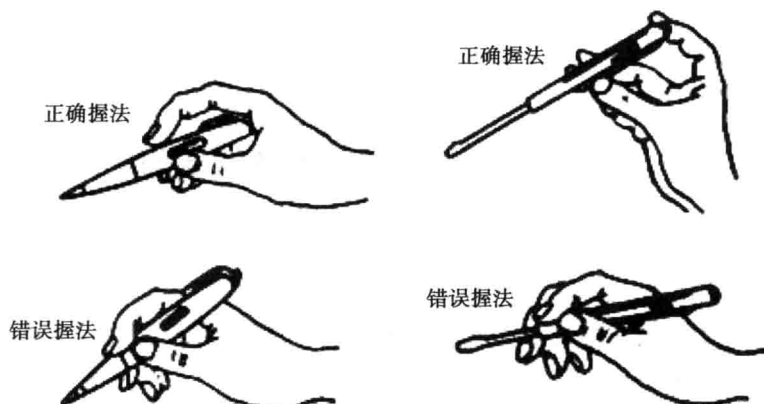


图 1-1 验电笔的握法

(2) 普通验电笔的使用技巧：

①判断交流与直流电口诀：电笔判断交直流，交流明亮直流暗。交流氖管通身亮，直流氖管亮一端。

说明：使用低压验电笔之前，必须先在已确认的带电体上验测；在未确认验电笔正常之前，不得使用。判别交、直流电时，测交流电时氖管两端同时发亮，测直流电时氖管只有一端发亮。

②判断直流电正负极口诀：电笔判断正负极，观察氖管要心细。前端明亮是负极，后端明亮为正极。

说明：氖管的前端指验电笔笔尖一端，氖管后端指手握的一端，前端明亮为负极，反之为正极。测试时要注意：电源电压为 110V 及以上。若人与大地绝缘，一只手摸电源任一极，另一只手持测电笔，电笔金属头触及被测电源另一极，如氖管前端极发亮，所测触的是电源负极；若是氖管的后端极发亮，所测触的是电源正极。

③判断直流电源有无接地，正负极接地的区别口诀：变电所的直流系，电笔触及不发亮；若亮靠近笔尖端，正极接地有故障；若亮靠近手指端，接地故障在负极。

说明：发电厂和变电所的直流系统，是对地绝缘的。人站在地上，用验电笔去触及正极或负极，氖管是不应当发亮的，如果发亮，则说明直流系统有接

地现象；如果发亮在靠近笔尖的一端，则是正极接地；如果发亮在靠近手指的一端，则是负极接地。

④判断同相与异相口诀：判断两线相同异，两手各持一支笔；两脚与地相绝缘，两笔各触一要线；用眼观看一支笔，不亮同相亮为异。

说明：此项测试时，切记两脚与地必须绝缘。因为我国大部分是 380/220V 供电，且变压器普遍采用中性点直接接地，所以测试时人体与大地之间一定要绝缘，避免构成回路，以免误判；测试时，两笔亮与不亮显示一样，故只看一支则可。

⑤判断 380/220V 三相三线制供电线路相线接地故障口诀：星形接法三相线，电笔触及两根亮；剩余一根亮度弱，该相导线已接地；若是几乎不见亮，金属接地的故障。

说明：电力变压器的二次侧一般都接成 Y 形，在中性点不接地的三相三线制系统中，用验电笔触及三根相线时，如有两根比通常稍亮，而另一根上的亮度要弱一些，则表示这根亮度弱的相线有接地现象，但还不太严重；如果两根很亮，而剩余一根几乎看不见亮，则是这根相线有金属接地故障。

三、高压验电器

高压验电器又称为高压测电器。它主要用来检验设备对地电压在 250V 以上的高压电气设备。主要类型有发光型高压验电器、声光型高压验电器和风车式高压验电器。发光型高压验电器由握柄、护环、固紧螺钉、氖管窗、氖管和金属钩组成。如图 1-2 所示。

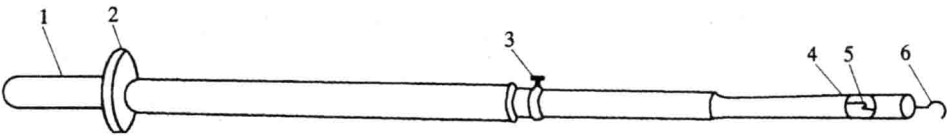


图 1-2 10kV 高压验电器

1. 握柄；2. 护环；3. 固紧螺钉；4. 氖管窗；5. 氖管；6. 金属钩

在使用高压验电器进行验电时，必须认真执行操作监护制，一人操作，一人监护。操作者在前，监护人在后。使用验电器时，必须注意其额定电压要和被测电气设备的电压等级相适应，否则会危及操作人员的人身安全或造成错误判断。验电时应先在有电设备上进行检查，以验证验电器的性能完好。验电时，操作人员一定要戴绝缘手套，穿绝缘靴，手握在护环以下的握手部分，防止跨步电压或接触电压对人体的伤害。检验时，将性能完好的验电器渐渐向设备移近，如过程中突然有发光或发声指示，即应停止验电。同杆架设的多层线

路验电时，应先验低压，后验高压；先验下层，后验上层。

在室外使用高压验电器时，必须在气候良好的情况下进行，以确保验电人员的人身安全。测电时人体与带电体应保持足够的安全距离，10kV 以下的电压安全距离应为 0.7m 以上。验电器应每半年进行一次预防性试验。

需要特别说明的是，在使用高压验电笔验电前，一定要认真阅读使用说明书，先检查一下试验是否超周期、外表是否损坏、破伤。此外，高压验电器不能检测直流电压。在保管和运输中，不要使其强烈振动或受冲击，不准擅自调整拆装；凡有雨雪等影响绝缘性能的环境，一定不能使用。应保存在干燥通风处，不要用带腐蚀性的化学溶剂和洗涤剂进行擦拭或接触。

案例二 螺丝刀的使用

螺丝刀也称螺丝起子、螺钉旋具、改锥等，是用来旋紧和松开头部带沟槽的螺丝钉的专用工具。

螺丝刀的种类很多，按照刀头部的形状的不同，可分为一字、十字、米字、星型（电脑）、方头、六角头、Y 形头部等，其中一字形和十字形螺丝刀是最常用的；按照手柄的材料和结构的不同，可分为木柄、塑料柄、夹柄和金属柄四种；按照操作形式可分为自动、电动和风动等形式。

一、普通螺丝刀

普通螺丝刀分为一字形和十字形，常称为一字起子和十字起子。

螺丝刀使用注意事项：

(1) 螺丝刀较大时，除大拇指、食指和中指要夹住握柄外，手掌还要顶住柄的末端以防旋转时滑脱。

(2) 螺丝刀较小时，用大拇指和中指夹着握柄，同时用食指顶住柄的末端用力旋动。

(3) 螺丝刀较长时，用右手压紧手柄并转动，同时左手握住起子的中间部分（不可放在螺钉周围，以免将手划伤），以防止起子滑脱。

(4) 带电作业时，手不可触及螺丝刀的金属杆，以免发生触电事故。

(5) 作为电工，不应使用金属杆直通握柄顶部的螺丝刀。

(6) 为防止金属杆触到人体或邻近带电体，金属杆应套上绝缘管。

二、电动螺丝刀

电动螺丝刀，就是以电动马达代替人手拧紧和旋松螺钉用的电动工具，通常是组合螺丝批，简称为电批。它主要用于装配线，是大部分生产企业必备的工具之一。如图 1-3 所示。