



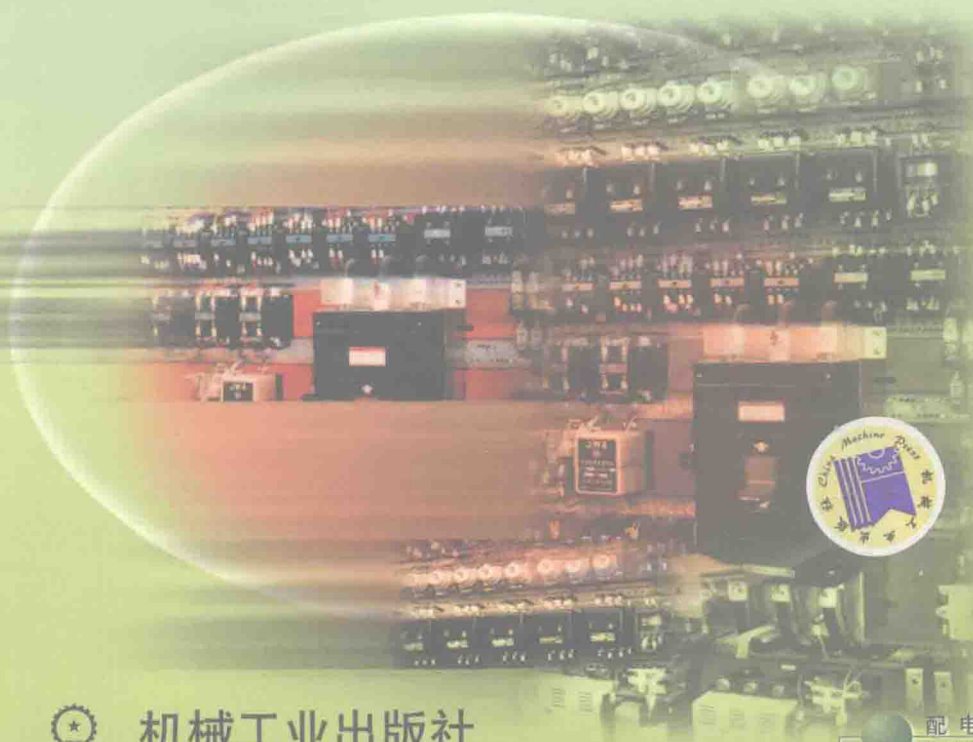
中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

设备电气控制与维修

(机电设备安装与维修专业)

第2版

晏初宏 主编



机械工业出版社



配电子教案
WWW.cmpedu.com

中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

设备电气控制与维修

(机电设备安装与维修专业)

第2版

主 编	晏初宏	
副主编	赵红顺	
参 编	冯其毅	胡细东
	蒋庆斌	周秦源



机械工业出版社

本书是中等职业教育国家规划教材,是在第1版的基础上修订而成的。全书共六章,主要介绍了设备电气控制与维修的基本知识,继电器、接触器控制基本环节电路,常用机床的电气控制系统,可编程序控制器,数控机床维护及数控系统故障诊断,普通机床的数控化改造等内容。各章后均附有思考与练习。本书在深入的调查研究基础上,总结了最近几年来课程改革的经验,以适应经济发展、科技进步和生产实际对教学内容提出的新要求。本书注意反映生产实践中的新知识、新技术、新工艺和新方法,突出职业教育特色,紧密联系生产实际;体现创新意识,渗透当代科学思维,反映当代科学技术发展对人才素质的要求。

本书可供中等职业技术学校、技工学校和职业高中机电设备安装与维修专业及其相关专业使用,也可供从事机电设备安装与维修工作的工程技术人员阅读参考,或作为工厂电气维修、安装工人的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

设备电气控制与维修(机电设备安装与维修专业)/晏初宏主编. —2版.
—北京:机械工业出版社,2013.5
中等职业教育国家规划教材
ISBN 978-7-111-42363-8

I. ①设… II. ①晏… III. ①机械设备—电气控制—中等专业学校—教材②机械维修—中等专业学校—教材 IV. ①TB4

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第091052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:汪光灿 责任编辑:汪光灿 张云鹏 版式设计:霍永明
责任校对:申春香 封面设计:姚毅 责任印制:杨曦
北京圣夫亚美印刷有限公司印刷
2013年7月第2版第1次印刷
184mm×260mm·10.25印张·246千字
0001—3000册
标准书号:ISBN 978-7-111-42363-8
定价:24.00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

中等职业教育国家规划教材出版说明

为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神，落实《面向 21 世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划，根据《中等职业教育国家规划教材申报、立项及管理意见》（教职成〔2001〕1 号）的精神，教育部组织力量对实现中等职业教育培养目标和保证基本教学规格起保障作用的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教材进行了规划和编写，从 2001 年秋季开学起，国家规划教材将陆续提供给各类中等职业学校选用。

国家规划教材是根据教育部最新颁布的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教学大纲编写而成的，并经全国中等职业教育教材审定委员会审定通过。新教材全面贯彻素质教育思想，从社会发展对高素质劳动者和中、初级专门人才需要的实际出发，注重对学生的创新精神和实践能力的培养。新教材在理论体系、组织结构和阐述方法等方面均做了一些新的尝试。新教材实行一纲多本，努力为教材选用提供比较和选择，满足不同学制、不同专业和不同办学条件的教学需要。

希望各地、各部门积极推广和选用国家规划教材，并在使用过程中，注意总结经验，及时提出修改意见和建议，使之不断完善和提高。

教育部职业教育与成人教育司

第2版前言

本书是中等职业教育国家规划教材，体现了对学生的创新精神和实践能力为重点的教育教学指导思想。本书自2002年2月出版以来，受到了广大师生的喜爱和支持，为全面贯彻素质教育思想，培养高素质劳动者和中、初级专门人才做出了贡献。

为适应当今高新技术的迅猛发展，满足当今职业教育改革需求，编者进行了本次修订工作。

修订后的《设备电气控制与维修第2版》主要有以下特点：

1) 在保留本书第1版整体框架的基础上，删除了三相异步电动机的电力拖动、桥式起重机的电气控制系统等内容，增添了数控机床维护及数控系统故障诊断、普通机床的数控化改造等内容。在教学内容方面，降低了理论深度，加强了技能实践环节，基本上满足了“理论浅、内容新、应用多和学得活”的要求。

2) 按教育部的要求，突出了中等职业教育培养特色。本书遵循以应用为主的原则，围绕设备电气维修电工基本工艺、故障诊断方法和检修等技术问题组织内容，注重培养学生对设备电气进行维修和故障分析的能力，解决设备电气现场维修技术问题的能力，在设备电气维修过程中采用新知识、新技术、新材料、新工艺和新方法的能力。

3) 适应了“准确服务于培养目标，更新技术方法和提高技术应用水平”的社会新形势，本书所阐述的设备电气维修的基本理论、设备电气故障诊断方法、设备电气维修工艺等内容，突出了“实际、实用、实效”的原则，体现了以能力为本位培养学生创新精神和实践能力的教育教学思想。

本书的修订工作，主要由张家界航空工业职业技术学院晏初宏主持完成。张家界航空工业职业技术学院的周秦源负责了第二、三、四章的修订工作，胡细东设计和制作了本书的电子教案。

由于编者水平有限，书中的缺点在所难免，恳请读者能一如既往地给予批评指正。

编 者

第1版前言

本书是中等职业技术教育机电设备安装与维修专业的适用教材,是根据国家教育部面向21世纪职业教育课程改革和教材建设规划以及中等职业学校机电设备安装与维修专业教学改革方案、指导性教学计划和课程教学大纲的要求,并参照有关行业的职业技能鉴定规范及中级技术工人等级考核标准编写的,除供中等专业学校、技工学校和职业高中等有关专业选用外,也可供从事机电设备安装与维修工作的工程技术人员参考,或作为工厂电气维修、安装工人的自学教材。

本书在较深入的调查研究基础上,反映了近几年来课程改革的经验,适应经济发展、科技进步和生产实际对教学内容提出的新要求。突出了职业教育特色,紧密联系生产实际,具有广泛的实用性。在课时、教学内容和要求等方面安排适当,有较大的灵活性。全书既安排了教学中必须完成的基本模块的内容,又安排了可供选择的选用模块(有“*”的章节)内容。编写了紧密联系实际、形式多样的例题、习题和思考题,方便教学。同时注意反映生产实际中的可编程序控制器等新知识、新技术、新工艺和新方法。

本书旨在突破传统的、繁杂的教学内容体系,根据科学事业的迅速发展对人才素质的需要思考该课程的整体改革,因而保留工程实际中高素质劳动者和中初级专门人才所必须具备的设备电气控制与维修的基本知识和基本技能,体现了创新意识和实践能力为重点的教育教学指导思想。在书中渗透当代科学思维,反映了当代科学事业发展对人才素质的要求。

全书共六章,分别介绍了设备电气控制与维修的基本知识、三相异步电动机的电力拖动、继电器—接触器控制基本环节电路、常用机床的电气控制系统、桥式起重机的电气控制系统和可编程序控制器等内容。

本书的绪论、第一、二章由张家界航空工业学校晏初宏老师编写,第三章由贵州省机械工业学校冯其毅老师编写,第四、五章分别由常州机械学校蒋庆斌、赵红顺老师编写,第六章由张家界航空工业学校胡细东老师编写,晏初宏老师为主编。

本书由黑龙江省机械制造学校谭有广高级讲师主审。参加审稿会者除编审人员外,还有沈阳市机电工业学校孙成普高级讲师、广东省机械学校李锡雯高级讲师、华北机电学校庞建跃高级讲师、张家界航空工业学校张云瑞高级讲师等。他们在审稿会前和会中对书稿提出了许多宝贵的意见。在此谨向他们表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,经验不足,时间仓促,书中的缺点和错误在所难免,恳请读者给予批评指正。

编 者

目 录

中等职业教育国家规划教材出版说明

第2版前言

第1版前言

绪论	1
思考与练习	5
第一章 设备电气控制与维修的基本知识	6
第一节 电工基本工艺	6
第二节 低压电器的基本知识	19
第三节 断路器与电动机的综合保护	36
第四节 机械设备电气故障的诊断方法和检修步骤	41
思考与练习	51
第二章 继电器、接触器控制基本环节电路	53
第一节 生产机械的机械特性	53
第二节 三相异步电动机点动控制和自动往复循环控制电路	54
第三节 三相笼型异步电动机减压起动控制电路	57
第四节 绕线转子三相异步电动机起动控制电路	62
第五节 三相异步电动机的电气制动及其自动控制电路	65
第六节 其他典型环节的控制电路	69
思考与练习	73
第三章 常用机床的电气控制系统	75
第一节 M7130型卧轴矩台平面磨床的电气控制系统	75
第二节 Z3040型摇臂钻床的电气控制系统	79
第三节 X6132型万能卧式升降台铣床的电气控制系统	85
思考与练习	95
第四章 可编程序控制器	96
第一节 可编程序控制器的组成及工作过程	96
第二节 可编程序控制器的分类和特点	99
第三节 小型可编程序控制器的硬件组成和性能	100
第四节 F系列可编程序控制器的指令系统	102

第五节 可编程序控制器的程序设计	108
第六节 可编程序控制器的应用	112
思考与练习	120
第五章 数控机床维护及数控系统故障诊断	122
第一节 数控机床的维护	122
第二节 数控机床的故障处理	126
第三节 数控系统故障诊断的方法	128
第四节 电源维护及故障诊断	130
第五节 数控机床的抗干扰	133
思考与练习	136
第六章 普通机床的数控化改造	138
第一节 普通机床能够改造成数控机床	138
第二节 机床数控化改造的一般途径	140
第三节 普通卧式车床的数控化改造	144
思考与练习	151
参考文献	153

绪 论

一、电气控制技术的发展概况

19 世纪末，在生产机械的拖动系统中，电动机逐渐代替了蒸汽机，出现了电力拖动。

在 19 世纪初，常以一台电动机通过天轴拖动多台生产机械，如图 0-1 所示；或使一台机床的多个运动部件由一台电动机拖动，称为“成组拖动”或“集中拖动”。

随着生产发展的需要，20 世纪 20 年代，电力拖动由集中拖动（成组拖动）发展为单独拖动，即“单电动机拖动系统”，就是一台生产机械由一台单独的电动机拖动，如图 0-2 所示。这样，电动机与生产机械在结构上配合密切，可以用电气设备调节每台生产机械的转速，从而进一步简化机械结构，而且易于实现生产机械运转的自动化。

为了进一步简化机械传动机构，更好地满足生产机械各运动部件对机械特性的不同要求，在 20 世纪 30 年代出现了多电动机拖动，即机械的各运动部件分别采用不同的电动机拖动。例如，具有四个主轴的龙门铣床用四台电动机拖动，如图 0-3 所示，每台电动机拖动一个主轴运动。某些生产机械的生产过程长而连续，如造纸、印刷、纺织、轧制等机械，也都采用

多电动机拖动系统。因为这些机械一般由多个部分组成，每一部分可由单独电动机拖动。这种多电动机拖动简化了机械结构，使机械的工作性能日趋完善，更为重要的是为机械的自动化控制创造了良好条件。此外，在生产过程中要求对影响产品质量的各种参数能自动检测与调整，反过来又促使电气自动控制技术迅速发展。

在电力拖动方式的演变过程中，电力拖动的控制方式由手动控制逐步向自动控制方向发展。最初的自动控制是用数量不多的继电器、接触器及保护元件组成的继电器—接触器控制系统。这种控制系统具有使用的单一性，即一台控制装置只适用于某一固定程序的生产机

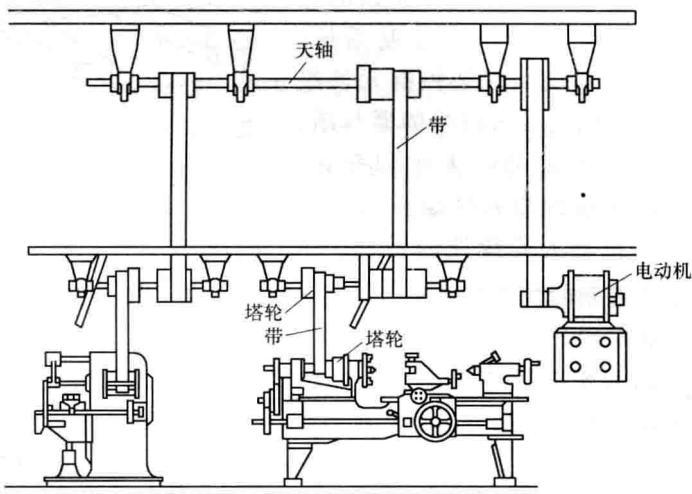


图 0-1 天轴、带、塔轮拖动生产机械

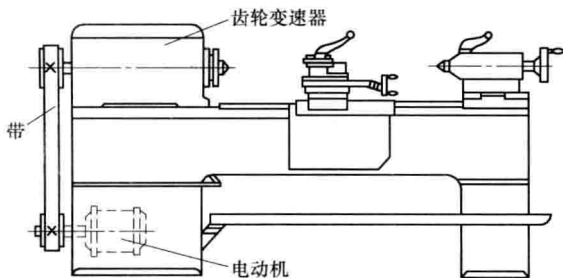


图 0-2 单独电动机拖动的卧式车床

械，若程序发生变动，必须重新设计电路，而且这种控制的输入、输出信号只有通和断两种状态，因而这种控制系统是断续的，不能连续反映信号的变化，故称为断续控制。

为使控制系统获得更好的静态与动态特性，完成更复杂的控制任务，常采用反馈控制系统。反馈控制系统由连续控制元件组成，它不仅能反映信号的通与断，而且能反映信号的大小和变化。这种由连续控制元件组成的反馈控制系统称为连续控制系统。用

作连续控制的元件有电机扩大机、磁放大器、晶闸管等，尤其是晶闸管控制系统，它的应用越来越广泛。

20 世纪 60 年代出现了一种能够根据生产需要，灵活改变控制程序的顺序控制器，使控制系统具有较大的灵活性和通用性，但它仍然使用硬件手段，而且装置体积大，功能也受到一定限制。

20 世纪 70 年代，出现了用软件手段来实现各种控制功能，以微处理器为核心的工业通用自动控制装置——可编程序控制器（Programmable Controller），简称·PC，如图 0-4 所示。它是将传统的继电器、接触器控制技术、计算机技术和通信技术融为一体，专门为工业控制而设计的一种新型的通用自动控制装置。它不仅充分利用微处理器的优点来满足各种工业领域的实时控制要求，同时也照顾到目前电气操作维护人员的技能和习惯，摒弃了微机常用的计算机编程语言的表达形式，独具风格地形成一套以继电器梯形图为基础的形象编程语言和模块化的软件结构，使用户程序的编制清晰直观、方便易学，且调试和查错容易。

国际电工委员会（IEC）在 1987 年 2 月颁发的可编程序控制器标准草案第三稿中对 PC

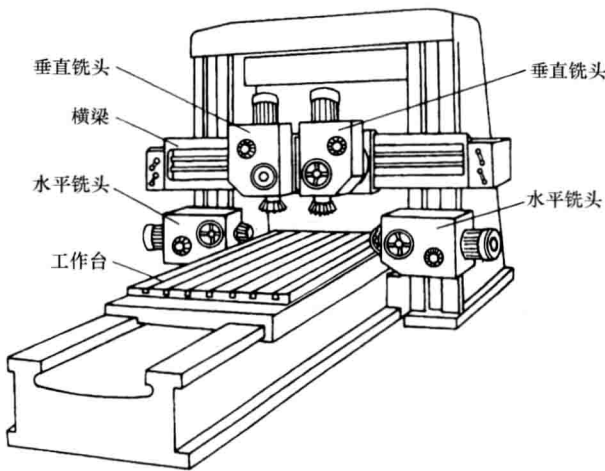


图 0-3 龙门铣床

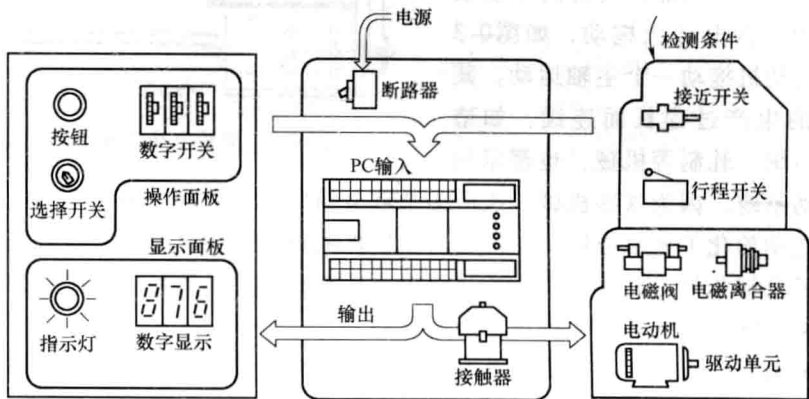


图 0-4 PC 控制系统图

作了如下定义：“可编程序控制器是一种数字运算操作的电子系统，专为在工业环境下应用而设计。它采用了可编程序的存储器，用来在其内部存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作的指令，并通过数字式和模拟式的输入和输出，控制各种类型机械的生产过程。可编程序控制器及其有关外围设备，都按易于与工业系统联成一个整体、易于扩充其功能的原则设计。”

由于可编程序控制器具有功能强、通用灵活、可靠性高、环境适用性好、编程简单、使用方便及体积小、重量轻、功耗低等一系列优点，因此目前世界各国已将它作为一种标准化通用设备普遍应用于工业控制。

随着计算机技术的发展，20 世纪 50 年代初，数控设备研制成功，它是由电子计算机按照预先编好的程序，对机床实现自动化的数字控制。随着微型计算机的出现，数控机床得到很快的发展，先后出现了硬件逻辑电路构成的专用数控装置 NC、小型计算机控制的 CNC 数控系统、计算机群控系统 DNC、自适应控制系统 AC、微型计算机数控系统 MNC。20 世纪 80 年代又发展成柔性制造系统 FMS，如图 0-5 所示。最新发展起来的以数控机床为基本单元的计算机集成制造系统，即 CIMS，用以实现无人自动化工厂。

在工业发达的国家，可编程序控制器、机器人和数控机床已成为现代控制的三大支柱。

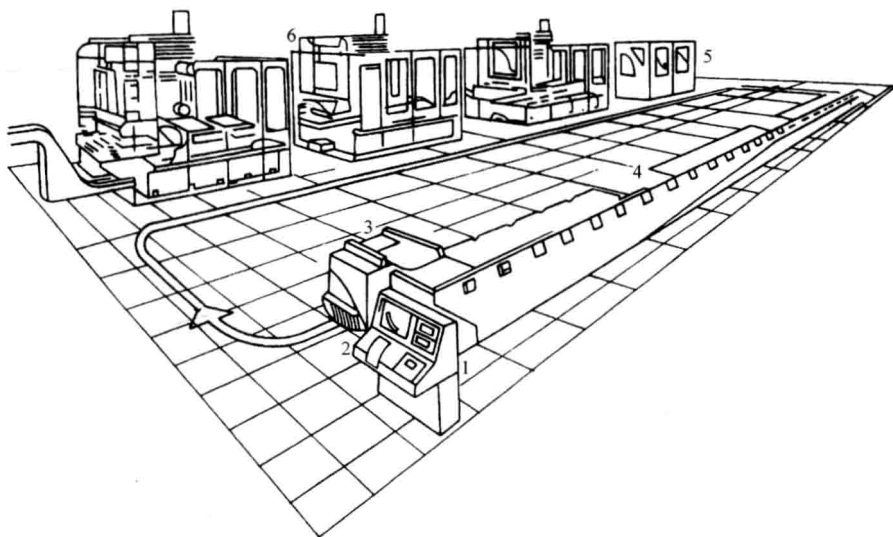


图 0-5 加工箱体零件的柔性制造系统

- 1—带有记录生产数据的主计算机系统与主计算机接口 2—生产数据记录打印
3—感应式无轨小车 4—托盘与上、下工作站 5—零件清洗站 6—卧式镗铣加工中心

二、电气化远景

当电动机、电话、电灯三大发明照亮人类实现电气化的道路时，混沌初开的世界便迅速踏上了现代化的旅程，一切与电相关的发明创造相继问世，完整的电气工业体系得到了建立，从而铸就了电气时代的辉煌，也铸就了电子信息时代的根基，人类工业文明史便翻开了新的一页。从此，曾经“脸朝黄土背朝天”的农耕文明开始慢慢褪色，曾经机器轰鸣、污染严重的“蒸汽工厂”被宁静整洁的“电气工厂”取而代之，曾经驿站相连的马车时代随

着无线电的发明悠然隐没，更是在网络时代来临后成为遥远的回忆。整个人类社会的生产和生活面貌因电气时代的到来而彻底改变，生产走向自动化，生活走向便捷化。在 20 世纪，电气化成为工业经济时代的必要条件、基础设施，而今人类已步入信息和知识经济时代，但整个世界仍将以电力为主要二次能源，电已是人们生活、生产、工作不可缺少的基本支撑。

展望未来，新的电气技术将不断突破诞生，新的电气产业将不断延展分化。可以预料，由于高新技术的驱动和社会发展需要的拉动，电气高新技术的产业化道路将更加宽广。

1. 新能源发电技术

采用新型高效能源是电力建设和开发的方向。核能、太阳能、燃料电池等技术的实用化将彻底解决人类面临的能源和环境危机。从长远来看，核能将是继石油、煤和天然气之后的主要能源，人类完全有可能从“石油文明”走向“核能文明”。继核裂变发电之后，更高能级的核聚变发电正在一些发达国家竞相开发应用，并被预言为“最终能源”，可以一劳永逸地解决社会发展出现的能源危机。科学家们估计，到 2025 年以后，示范型核聚变发电有可能出现；2050 年前后，受控核聚变发电有可能投入商业运营。

2. 输变电技术

无阻的、能传输高电流密度的高温超导材料的相继问世，将带动超导电力设备的全面进展。

电力电子技术是电力、控制和电子技术的集成，是在半导体问世后发展起来的，可以应用到发电、输电、配电和用电等各种领域。柔性交流输电技术就是输电系统的主要部分，它采用各种电力电子装置，对输电系统的重要参数（如电压、相位角、电抗等）进行调整控制，使输电能力提高，并且更加稳定可靠。

近年来，随着大量新型电力电子装置的出现（如新型静止无功发生器、可控串联电容补偿器、综合潮流控制器、固态断路器、故障电流限制器、有源滤波器等），使柔性交流输电技术和装置发展十分迅速。

3. 电气传动技术

20 世纪 50 年代末，第一只晶闸管的问世标志着电气传动领域电力电子新技术的诞生。电力电子器件经过一代又一代的创新，特别是以绝缘栅双极晶体管（IGBT）为代表的第三代电力电子器件，正向复合化、模块化、智能化、高频化和功率集成化的方向发展，从而使电气设备的体积与重量大大减小，不仅使电气设备在制造时节约了大量材料，而且运行时节电明显，设备的系统性能亦大为改善，并且对航空、航天工业也有着十分深远的意义。电力电子技术的发展与创新是 21 世纪可持续发展战略纲领的重要组成部分。随着新世纪现代电力电子技术转化为生产力的速度的加快，必将形成一条高科技产业链，从而推动整个工业领域的技术创新向前发展。

4. 电气控制和应用技术

目前前景看好的智能化、信息化产品有机顶盒、平板电脑、智能手机、车载盒、工业控制产品等。机顶盒不仅可使模拟电视能接收数字电视节目和上网，还可能成为未来家庭的控制中心。平板电脑是计算机微型化、专业化趋势的产物，由于平板电脑易用、便携、低价，因此未来几年将快速发展。从功能上看，平板电脑还将扩充通信功能，甚至会具有手机的功能。车载盒用于汽车上的通信，随着全球定位技术的成熟和广泛应用，车载盒将会成为有汽车家庭的消费时尚。此外，信息电器还可广泛用于工业控制，如数控机床、电梯及其他工业

控制设备和仪器都可采用芯片技术、嵌入式软件、通信技术等，以提高作业效率，促进企业技术改造，为企业带来新的活力。

5. 电工材料技术

先进材料技术已成为世界各国科技竞争的焦点，高温超导、纳米和环保材料是电工材料的重要研究方向，是构成 21 世纪信息社会的基石和电气工业的支柱。新材料中最具活力的是信息功能材料，耐高温、高比强度、高比刚度的结构材料，高温超导材料，纳米材料，能源材料和环保材料等。信息功能材料指用于信息的获取、传输、存储、显示及处理有关事宜的材料，信息功能材料品种多、涉及面广。其中，单晶硅片由于直径越来越大、性能好、价格低，成为发展最快的先进信息材料，21 世纪上半叶仍将占主导地位。纳米材料具有很多异乎寻常的特点，纳米技术已成为先进材料的前沿技术。例如，乙烯球，除材料本身外，还为新材料合成开辟了一条新途径；纳米碳管的强度比钢高 100 倍，密度仅为钢的 1/10，其导电性超过铜，有可能成为纳米级电子电路的主要材料。纳米技术有望成为核心技术，从而引起新的产业革命，给人类带来无数的新产品和新工艺。还有被称为绿色材料的环保材料等，都将成为有发展前景的新型电工材料。

不难想象，正是由于有这五个方面的电气高新技术的突破及产业化道路的铺就，电气工业将继续演绎本世纪的辉煌。

三、课程的性质和任务

本课程是一门实践性很强的主要专业课程。其任务是：通过设备电气控制的基本知识、机械设备的电力装备、基本电路、控制系统及可编程序控制器等基本内容的教学，应使学生具备高素质劳动者和中初级专门人才所必需的设备电气控制与维修的基本知识和基本技能，初步形成解决实际问题的能力，逐步培养学生的职业技能，提高全面素质，增强适应职业变化的能力。

1. 基本知识教学目标

- 1) 设备电气控制与维修的基本概念和基本分析方法。
- 2) 电气电路及电气设备的工作原理、结构及用途。
- 3) 常用低压电器的特性、结构、原理、主要参数及其选用、调整和故障维修方法。
- 4) 可编程序控制器的特性和应用范围。

2. 能力目标

- 1) 能正确使用常用电工仪表。
- 2) 能阅读和分析简单的电气控制电路原理图及通用设备电气控制电路系统图。
- 3) 具有借助手册等工具书和设备铭牌、产品说明书、产品目录等资料，查阅低压电器元件及产品的有关数据、功能和使用方法的能力。
- 4) 初步具有装配和调试简单电气控制电路的能力。
- 5) 能处理一般通用设备电气控制电路的简单故障。

思考与练习

- 0-1 试述电气控制技术的发展概况。
- 0-2 展望未来，电气高新技术将会有哪些方面的发展？
- 0-3 试述本课程的性质和任务。

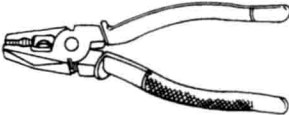
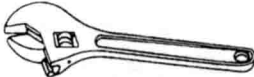
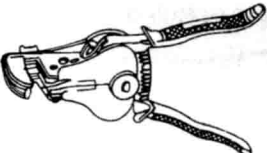
第一章 设备电气控制与维修的基本知识

第一节 电工基本工艺

一、电工常用工具

在机械电气设备的安装、维护和检修过程中，必须具备一些常用的电工工具并掌握其正确的使用方法，才能够顺利进行电气设备的安装、维护和检修工作。电工常用工具见表 1-1。

表 1-1 电工常用工具

工具名称	构造及用途	使用注意事项
钢丝钳 	由钳头和钳柄两部分组成，钳柄一般带绝缘套管。钢丝钳有多种用途。钳口用来夹持或弯绞导线线头；刀口用来剪切导线或剖切软导线绝缘层；铡口用来铡切电线线芯和钢丝等较硬金属。钳柄有绝缘套管的钢丝钳可在有电的场合下使用，允许电压为 500V	1) 握钳时，要握钳柄的后部，这样夹起来才有力 2) 不要用钢丝钳松、紧螺母，否则螺母和钳口都会受到损伤 3) 不要用钢丝钳代替锤子敲击或撬东西 4) 带电作业时，不能一次剪断带电的双股胶线，否则会引起电源短路
电工刀 	电工刀在电工装修工作中，用于割削电线电缆绝缘层、纸张、木片或软性金属。有普通式和三用式两种，三用式电工刀增加了锯片和锥子，用来锯小木板和锥孔	1) 避免切割坚硬的材料，以保护刀口 2) 刀口用钝后，可用油石磨 3) 刀刃部分损坏严重，可用砂轮磨，但要防止退火
活扳手 	活扳手的头部由定、动扳唇，蜗轮和轴销等构成，旋动蜗轮可调节扳口的大小	1) 根据螺母的大小选用适当规格的扳手 2) 松动和旋紧规格较大的螺母（或锈住螺母）时，必须将动扳唇放在用力方向的内侧 3) 旋动螺母时，必须先调节两扳唇，将螺母夹持得松紧适度
剥线钳 	剥线钳用来剥削线芯截面为 6mm^2 以下的塑料、橡胶电线的绝缘层。钳头部分由压线口和切口构成，切口上有 $\phi 0.5 \sim \phi 3\text{mm}$ 的多个切孔，以适用于不同规格的线芯	1) 剥线时，电线必须放在稍大于线芯直径的切孔上切剥，否则会切伤线芯 2) 当需剥削较长一段绝缘层时，应分段进行
试电笔 	试电笔能检查低压导体和电气设备外壳是否带电，其检测电压的范围为 $60 \sim 500\text{V}$ 。为了便于使用和携带，常做成钢笔状，前端是金属探头，内部依次装有安全电阻、氖泡和弹簧。弹簧与后端外部的金属部分接触。使用时，手应与笔尾的金属部分相接触	1) 使用试电笔前，务必先在正常的电源上检查氖泡能否正常发光，以确认试电笔验电可靠 2) 由于氖泡发光微弱，在明亮的光线下测试时，往往不易看清氖泡的辉光，所以应当避光检测 3) 试电笔的金属探头一般都制成一字旋具形状，只能承受很小的转矩，不可随意作旋具使用

(续)

工具名称	构造及用途	使用注意事项
电烙铁 	电烙铁是锡焊的电热工具,它由手柄、套管、电热元件和铜头组成。按铜头受热方式分有外热式电烙铁和内热式电烙铁两种。电烙铁的规格以其消耗的电功率表示,通常为 20 ~ 500W。常用的起清除污垢和抑制工件表面氧化作用的焊剂有松香、松香混合剂、焊膏、盐酸等	1) 电烙铁的金属外壳必须妥善接地,以防电烙铁漏电,发生意外 2) 当焊接弱电元件时,宜采用 45W 以下的电烙铁;焊接强电元件时,则需 45W 以上的电烙铁 3) 电烙铁一旦使用完毕,应随即断电,让其自然冷却

二、电工基本操作技术

电工基本操作技术的内容包括导线线头加工工艺、锡焊的方法、穿铁管布线和各种开关的操作方法等。

1. 导线线头加工工艺

(1) 导线分类和用途 机械电气设备常用的导线分电磁导线和绝缘导线两大类。

1) 电磁导线。按绝缘材料分为漆包线、丝包线、丝漆包线、纸包线、玻璃纤维包线和纱包线等多种。按截面几何形状分为圆形和矩形两种。导线的线芯又有铜芯和铝芯之分。机械电气设备常用的电磁线为漆包线和纱包线,多用于各种接触器、继电器的线圈,电动机、电磁铁等的电感线圈。

2) 绝缘导线。按绝缘导线的绝缘材料和用途的不同,分为塑料线、塑料护套线和各种电缆等。机械电气设备中常用的为塑料线、塑料护套线等,多用于控制电盘配线或作盘外各电盘与电器之间的连线。

(2) 电磁导线线头绝缘层的去除 去除直径 $> \phi 0.1\text{mm}$ 的漆包线线头绝缘层时,宜用细砂布擦去绝缘层。直径 $> \phi 0.6\text{mm}$ 的线头,可用电工刀轻轻刮去绝缘层。直径 $< \phi 0.1\text{mm}$ 的线头(尤其是线圈抽头或断头)较难处理,可用细砂布轻轻擦去绝缘层,也可用火轻轻一烧,然后用细砂布擦去。采用后一种方法时,绝缘层去除得较为干净,但火烧时间要短,轻轻掠过即可,否则会将线头烧熔。

去除纱包线线头绝缘层时,是将纱层松散到所需长度,打结扎住,防止纱层继续散开,然后用细砂布擦去线芯表面的氧化层。

(3) 绝缘导线线头绝缘层的剥削 剥削塑料线绝缘层可用电工刀、钢丝钳或剥线钳进行。用剥线钳剥削塑料层,只限于线芯直径 $< \phi 3\text{mm}$ 的导线,并且多在电盘集中配线时用。用钢丝钳剥削,适合于线芯截面为 4mm^2 以下的塑料线。剥削时,根据线头所需长度,用钳头刀口轻切塑料层(不可切伤线芯),然后用右手握住钳子头部,用力向外勒去绝缘层。与此同时,左手握紧导线反向用力,如图 1-1 所示。如果所需线头较长,可分成两段或三段剥削。线径较粗的塑料线,可用电工刀剥削绝缘层,如图 1-2 所示。剥削时,根据所需的线端长度,将刀口以 45° 倾斜角切入塑料绝缘层(图 1-2a),不可切

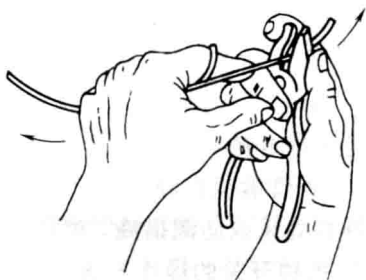


图 1-1 用钢丝钳剥离导线塑料层的方法

伤线芯。然后刀面与线芯保持 25° 角左右，刀口向外削出一条缺口（图 1-2b）。将绝缘层剥离线芯，用电工刀取齐切去（图 1-2c）。

塑料护套线的护套层用电工刀剥离，如图 1-3 所示。方法是按所需长度用刀尖在线芯缝隙间划开护套层（图 1-3a），然后剥离导线绝缘层，用刀口切齐（图 1-3b）。其导线绝缘层的去除方法与塑料护套层剥离法相同，但绝缘层的切口与护套层的切口间应留 $5 \sim 10\text{mm}$ 的距离。

2. 锡焊的方法及注意事项

使用电烙铁锡焊时必须将焊点焊透、焊牢，以减小连接点的接触电阻。要注意焊锡的熔化温度，焊液必须充分渗透，锡结晶部位要细而光滑。

造成虚焊的原因是焊件表面不干净或使用焊剂太少，以致于焊件表面没有充分焊上锡层。另外，烙铁温度不够或烙铁留焊时间过短，焊锡未被充分熔化，也会造成虚焊。

焊接电子元件引出线头时，焊接时间一般不超过 2s ，使用的电烙铁以 25W 为宜，焊头要修整得稍尖些，含锡量要适当，避免焊锡过多而使焊点粗大。焊接电子元件，忌用酸性焊剂，以防降低介质绝缘性能和加剧腐蚀。

3. 穿铁管布线的注意事项

在进行机械设备的电气安装和维修时，布线多采取穿铁管敷设的方法。操作不当，易造成导线间或导线与地短路的故障。铁管常埋于地下，一旦有故障，不易维修，因此，穿管时一定要注意以下问题：

1) 铁管内部及管口应光滑无毛刺，管口要加护口，以防伤线。

2) 铁管要有可靠的接地或接零，与接线盒连接处须用导线连接好，且有良好的接地保护。

3) 铁管内部导线的总面积要小于铁管截面积的 40% ，铁管内不许有导线接头，两出口处的导线最好套上绝缘软管。

4) 铁管敷设的弯曲角应大于 90° ，明管弯曲半径应大于管径的 4 倍，暗管弯曲半径应大于管径的 6 倍。

5) 铁管敷设在潮湿场所或地下时，应使用壁厚大于 2mm 的铁管，并在导线的出口、铁管的连接处采取防潮措施。

4. 各种开关的操作方法

1) 瓷底胶盖刀开关的分、合操作均应敏捷利落。若分断速度过慢，会产生强烈电弧，轻则烧伤触点，重则使动、静触点焊在一起。合闸时，要向上推到位，使动触点（刀片）完全插入静触点中，上下胶盖要完整无损。

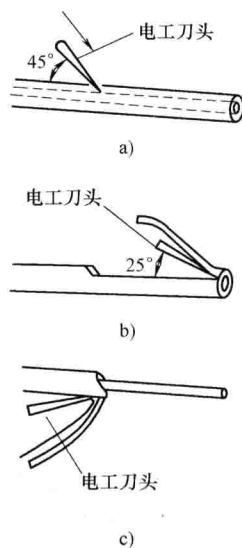


图 1-2 用电工刀剥离导线塑料层的方法

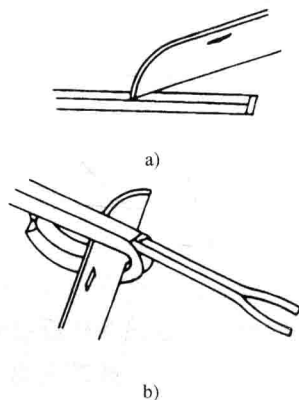


图 1-3 塑料护套层的剥离方法

2) 负荷开关(即铁壳开关)一般不可开盖合闸,以防电弧灼伤人体。拉闸正常时,能听到弹簧的跳动声,否则说明动触点没有分断。

3) 手动自耦减压起动器合闸时用手柄操作,手柄的位置有三挡,中间位置标“停”,是空位,外挡是“起动”位,内挡是“运转”位。开车时,应把手柄推向“起动”位,但不可松手,同时注意电动机的起动运转情况。待转速稳定、声音均匀时,再把手柄趁势拉到“运转”位置。手柄停在“起动”挡的时间不可过短,否则达不到减压起动的目的,造成热继电器触点跳开或熔体熔断,对电动机运转会造成影响。停车时,只需按一下停止按钮,脱扣线圈失压,开关分断,电动机停转。

三、电工仪表

机械电气设备的电量指示和机械设备电气维修所用的仪表,主要用来测量电路的电流、电压、电阻及绝缘电阻等,借以了解电气设备的性能、运行情况以及发生故障时各种电量参数的变化。

1. 电工仪表的分类

电工仪表的种类很多,按测量方法分,有直接测量和比较测量两类。采用直接测量方法的仪表称为直读式仪表,可从表盘上读出电量的数值。采用比较测量方法的仪表是将被测电量与“较量仪器”中的已知标准电量进行比较,从而确定电量的大小。直读式仪表使用比较方便,但测量的准确度不太高。较量仪器的测量可获得很高的准确度,但仪器笨重,测量不太方便,价格较贵,平时较少使用。

按工作原理的不同,电工仪表可分为磁电系、电磁系、感应系、整流系、静电系和热电系等类型。

按被测电量的名称(或单位)可分为电流表(千安表、安培表、毫安表、微安表)、电压表(千伏表、伏特表、毫伏表)、功率表(瓦特表)、兆欧表(摇表)、欧姆表和电能表等。

按使用方法的的不同,电工仪表可分为开关板式和可携式仪表。开关板式仪表一般安装在机械设备电气箱(或电盘)外壳的前部。可携式仪表有万用表、兆欧表和钳形电流表等。

根据工作电流种类的不同,电工仪表还可分为直流表、交流表和交直流两用表。

2. 电工仪表符号

电工仪表的表盘上面标有各种符号和文字,用以表示仪表的结构形状、测量对象、准确度等级、灵敏度、防磁防震度等。常用电工仪表表盘的标记符号见表1-2。

3. 电工仪表的构造及工作原理

机械电气设备电量指示和维修常用的仪表有磁电系仪表和电磁系仪表。

(1) 磁电系仪表的构造和原理 磁电系仪表的构造由固定和可动两大部分组成,如图1-4所示。固定部分由一个马蹄形永久磁铁1、磁极6及软铁铁心2组成。磁极为半圆形软铁,连接马蹄形磁铁的两极。软铁铁心呈圆柱形,固定在两磁极中间。由于软铁铁心的磁导率很高,与磁极间的空气隙很小,所以磁力线几乎全部穿过软铁铁心,并均匀地分布在空气隙中。可动部分主要由绕在铝框骨架上的活动线圈7和支承在轴承上的转轴8组成。线圈骨架与轴相连,轴的两端各装有一个盘形游丝5,轴上还装有零点调节器4和指针3,指针能随轴转动,在标度盘上指示出读数来。