

教育部推荐教材 ● 21世纪高职高专系列规划教材 ● 高职高专“工学结合”试点教材



电机与电控实训

主 编 陈宝玲

副主编 王锁庭 王亚欣 郭鲜宇

主 审 刘 沂

21SHIJI GAOZHI GAOZHUAN XILIE GUIHUA JIAOCAI

DIANJI YU DIANKONG
SHIXUN



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
北京师范大学出版社

教育部推荐教材

21世纪高职高专系列规划教材

高职高专“工学结合”试点教材

电机与电控实训

主 编 陈宝玲

副主编 王锁庭 王亚欣 郭鲜宇

参 编 赵立新 徐克敏

主 审 刘 沂



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
北京师范大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

电机与电控实训/陈宝玲主编. —北京:北京师范大学出版社, 2008. 8
ISBN 978-7-303-09357-1

I. 电… II. 陈… III. ①电机学—高等学校: 技术学校—教材②电气控制—高等学校: 技术学校—教材
IV. TM3 TM921.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 091478 号

出版发行: 北京师范大学出版社 www.bnup.com.cn
北京新街口外大街 19 号
邮政编码: 100875

印 刷: 唐山市润丰印务有限公司
经 销: 全国新华书店
开 本: 170 mm × 230 mm
印 张: 21.75
字 数: 352 千字
版 次: 2008 年 9 月第 1 版
印 次: 2008 年 9 月第 1 次印刷
定 价: 34.00 元

责任编辑: 周光明 装帧设计: 李葆芬
责任校对: 李 菡 责任印制: 马鸿麟

版权所有 侵权必究

反盗版、侵权举报电话: 010-58800697

北京读者服务部电话: 010-58808104

外埠邮购电话: 010-58808083

本书如有印装质量问题, 请与印制管理部联系调换。

印制管理部电话: 010-58800825

出版说明

随着我国经济建设的发展,社会对技术型应用人才的需求日趋紧迫,这也促进了我国职业教育的迅猛发展,我国职业教育已经进入了平稳、持续、有序的发展阶段。为了适应社会对技术型应用人才的需求和职业教育的发展,教育部对职业教育进行了卓有成效的改革,职业教育与成人教育司、高等教育司分别颁布了调整后的中等职业教育、高等职业教育专业设置目录,为职业院校专业设置提供了依据。教育部连同其他五部委共同确定数控技术应用、计算机应用与软件技术、汽车运用与维修、护理为紧缺人才培养专业,选择了上千家高职、中职学校和企业作为示范培养单位,拨出专款进行扶持,力争培养一批具有较高实践能力的紧缺人才。

职业教育的快速发展,也为职业教材的出版发行迎来了新的春天和新的挑战。教材出版发行为职业教育的发展服务,必须体现新的理念、新的要求,进行必要的改革。为此,在教育部高等教育司、职业教育与成人教育司、北京师范大学等的大力支持下,北京师范大学出版社在全国范围内筹建了“全国职业教育教材改革与出版领导小组”,集全国各地上百位专家、教授于一体,对中等高等职业院校的文化基础课、专业基础课、专业课教材的改革与出版工作进行深入的研究与指导。2004年8月,“全国职业教育教材改革与出版领导小组”召开了“全国有特色高职教材改革研讨会”,来自全国20多个省、市、区的近百位高职院校的院校长、系主任、教研室主任和一线骨干教师参加了此次会议。围绕如何编写出版好适应新形势发展的高等职业教育教材,与会代表进行了热烈的研讨,为新一轮教材的出版献计献策。这次会议共组织高职教材50余种,包括文化基础课、电工电子、数控、计算机教材。2005年~2006年期间,“全国职业教育教材改革与出版领导小组”先后在昆明、

哈尔滨、天津召开高职高专教材研讨会，对当前高职高专教材的改革与发展、高职院校教学、师资培养等进行了深入的探讨，同时推出了一批公共素质教育、商贸、财会、旅游类高职教材。这些教材的特点如下。

1. 紧紧围绕教育改革，适应新的教学要求。过渡时期具有新的教学要求，这批教材是在教育部的指导下，针对过渡时期教学的特点，以3年制为基础，兼顾2年制，以“实用、够用”为度，淡化理论，注重实践，消减过时、用不上的知识，内容体系更趋合理。

2. 教材配套齐全。将逐步完善各类专业课、专业基础课、文化基础课教材，所出版的教材都配有电子教案，部分教材配有电子课件和实验、习题指导。

3. 教材编写力求语言通俗简练，讲解深入浅出，使学生在理解的基础上学习，不囫圇吞枣，死记硬背。

4. 教材配有大量的例题、习题、实训，通过例题讲解、习题练习、实验实训，加强学生对理论的理解以及动手能力的培养。

5. 反映行业新的发展，教材编写注重吸收新知识、新技术、新工艺。

北京师范大学出版社是教育部职业教育教材出版基地之一，有着近20年的职业教材出版历史，具有丰富的编辑出版经验。这批高职教材的编写得到了教育部相关部门的大力支持，部分教材通过教育部审核，被列入职业教育与成人教育司高职推荐教材，并有25种教材列为“十一五”国家级规划教材。我们还将开发电子信息类的通信、机电、电气、计算机、工商管理等专业教材，希望广大师生积极选用。

教材建设是一项任重道远的工作，需要教师、专家、学校、出版社、教育行政部门的共同努力才能逐步获得发展。我们衷心希望更多的学校、更多的专家加入到我们的教材改革出版工作中来，北京师范大学出版社职业教育与教师教育分社全体人员也将备加努力，为职业教育的改革与发展服务。

全国职业教育教材改革与出版领导小组
北京师范大学出版社

参加教材编写的单位名单

(排名不分先后)

沈阳工程学院

山东劳动职业技术学院

济宁职业技术学院

辽宁省交通高等专科学校

浙江机电职业技术学院

杭州职业技术学院

西安科技大学电子信息学院

西安科技大学通信学院

西安科技大学机械学院

天津渤海职业技术学院

天津渤海集团公司教育中心

连云港职业技术学院

景德镇高等专科学校

徐州工业职业技术学院

广州科技贸易职业学院

江西信息应用职业技术学院

浙江商业职业技术学院

内蒙古电子信息职业技术学院

济源职业技术学院

河南科技学院

苏州经贸职业技术学院

苏州技师学院

苏州工业园区职业技术学院

苏州江南赛特数控设备有限公司

苏州机械技工学校

浙江工商职业技术学院

温州大学

四川工商职业技术学院

常州轻工职业技术学院

河北工业职业技术学院

陕西纺织服装职业技术学院

唐山学院

江西现代职业技术学院

江西生物科技职业学院

黄冈高级技工学校

深圳高级技工学校

徐州技师学院

天津理工大学中环信息学院

天津机械职工技术学院

西安工程大学

青岛船舶学院

河北中信联信息技术有限公司

张家港职教中心

太原理工大学轻纺学院

浙江交通职业技术学院

保定职业技术学院

绵阳职业技术学院

北岳职业技术学院

天津职业大学

石家庄信息工程职业学院

襄樊职业技术学院

九江职业技术学院

青岛远洋船员学院
无锡科技职业学院
广东白云职业技术学院
三峡大学职业技术学院
西安欧亚学院实验中心
天津机电职业技术学院
中华女子学院山东分院
漯河职业技术学院
济南市高级技工学校
沈阳职业技术学院
江西新余高等专科学校
赣南师范学院
江西交通职业技术学院
河北农业大学城建学院
华北电力大学
北京工业职业技术学院
湖北职业技术学院
河北化工医药职业技术学院
天津电子信息职业技术学院
广东松山职业技术学院
北京师范大学
山西大学工程学院
平顶山工学院
黄石理工学院
广东岭南职业技术学院
青岛港湾职业技术学院
郑州铁路职业技术学院
北京电子科技职业学院
北京农业职业技术学院
宁波职业技术学院
宁波工程学院
北京化工大学成教学院

天津交通职业技术学院
济南电子机械工程学院
山东职业技术学院
济南职业技术学院
山东省经济管理干部学院
鲁东大学
山东财政学院
山东省农业管理干部学院
浙江工贸职业技术学院
天津中德职业技术学院
天津现代职业技术学院
天津青年职业技术学院
无锡南洋学院
北京城市学院
北京经济技术职业学院
北京联合大学
北京信息职业技术学院
北京财贸职业学院
华北科技学院
青岛科技大学技术专修学院
山东大王职业学院
大红鹰职业技术学院
广东华立学院
广西工贸职业技术学院
贵州商业高等专科学校
桂林旅游职业技术学院
河北司法警官职业学院
黑龙江省教科院
湖北财经高等专科学校
华东师范大学职成教所
淮南职业技术学院
淮阴工学院

黄河水利职业技术学院

南京工业职业技术学院

南京铁道职业技术学院

黔南民族职业技术学院

青岛职业技术学院

陕西财经职业技术学院

陕西职业技术学院

深圳信息职业技术学院

深圳职业技术学院

石家庄职业技术学院

四川建筑职业技术学院

四川职业技术学院

太原旅游职业技术学院

泰山职业技术学院

温州职业技术学院

无锡商业职业技术学院

武汉商业服务学院

杨凌职业技术学院

浙江工贸职业技术学院

郑州旅游职业技术学院

淄博职业技术学院

云南机电职业技术学院

山东省贸易职工大学

聊城职业技术学院

山东司法警官职业学院

河南质量工程职业学院

山东科技大学职业技术学院

云南林业职业技术学院

云南国防工业职业技术学院

云南文化艺术职业学院

云南农业职业技术学院

云南能源职业技术学院

云南交通职业技术学院

云南司法警官职业学院

云南热带作物职业技术学院

西双版纳职业技术学院

玉溪农业职业技术学院

云南科技信息职业学院

昆明艺术职业学院

云南经济管理职业学院

云南爱因森软件职业学院

云南农业大学

云南师范大学

昆明大学

陕西安康师范学院

云南水利水电学校

昆明工业职业技术学院

云南财税学院

云南大学高职学院

山西综合职业技术学院

温州科技职业技术学院

昆明广播电视大学

天津职教中心

天津工程职业技术学院

天狮职业技术学院

天津师范大学

天津管理干部学院

天津滨海职业技术学院

天津铁道职业技术学院

天津音乐学院

天津石油职业技术学院

渤海石油职业技术学院

天津冶金职业技术学院

天津城市职业学院

常州机电职业技术学院
天津公安警官职业技术学院
武警昆明指挥学院
天津工业大学
天津开发区职业技术学院
黑龙江大兴安岭职业学院
黑龙江农业经济职业技术学院
黑龙江农业工程职业技术学院
黑龙江农业职业技术学院
黑龙江生物科技职业技术学院
黑龙江旅游职业技术学院
中国民航飞行学院
四川信息职业技术学院
四川航天职业技术学院
四川成都纺织高等专科学校

四川科技职业学院
四川乐山职业技术学院
四川泸州职业技术学院
四川成都农业科技职业技术学院
四川宜宾职业技术学院
江西省委党校
齐齐哈尔职业学院
深圳安泰信电子有限公司
维坊教育学院
德州科技职业技术学院
天一学院
成都烹饪高等专科学校
四川教育学院汽车应用技术学院
河南质量工程职业技术学院

前言

本书是参照电气自动化专业“电机与电气控制技术”课程教学大纲,根据高职高专课程的基本要求,并结合我国高等职业教育的现状和发展趋势,本着“淡化理论,突出实践,培养技能,重在应用”的原则编写而成的。适合作为高等职业教育电气自动化、机电一体化、电子技术应用等专业的基础教材。

本书将“电机学”、“电力拖动技术”、“工厂电气控制设备”以及“维修电工技能训练”等课程的内容有机结合起来,采取理论知识与技能训练一体化的模式,使教材内容更加符合学生的认知规律,保证理论与实践的密切结合。

本书内容体系主要包括直流电机拖动及电气控制,变压器,三相异步电动机及拖动的基本知识、电气控制基本环节,控制电机,机床的电气控制系统及故障检修等。内容上注重理论与实践、使用与维修相结合,加强实践教学和现场教学环节,突出专业技术能力的培养,教学内容具有针对性和可选择性,便于不同专业选修。

本书参考学时 130 课时,建议课时分配如下。

序 号	内 容	课 时	课时分配	
			讲授	实训
	绪论			
第 1 章	直流电机	14	10	4
第 2 章	变压器	10	6	4
第 3 章	交流电动机	22	16	6
第 4 章	常用控制电机	8	4	4
第 5 章	常用低压电器	12	8	4
第 6 章	电气控制电路基本环节	34	18	16
第 7 章	典型设备的电气控制	30	16	14

本书由天津冶金职业技术学院陈宝玲任主编和统稿，王锁庭、王亚欣、郭鲜宇任副主编。参加编写的有天津石油职业技术学院郭鲜宇（第1章）、天津石油职业技术学院王锁庭（第2章、第3章）、天津石油职业技术学院赵立新（第4章）、天津石油职业技术学院徐克敏（第5章训练部分等）、天津冶金职业技术学院陈宝玲（绪论、第5章、第6章）、渤海石油职业技术学院王亚欣（第7章）。

天津冶金职业技术学院刘沂教授在审阅过程中提出了许多宝贵的修改意见和建议，本书在编写过程中还参考了大量文献资料，在此一并致谢。

尽管在编写过程中编者付出了许多心血，但由于水平有限，疏漏之处在所难免，殷切希望各位读者和专家批评指正。

编 者

2008年5月

目录

Contents

绪 论	(1)
第 1 章 直流电机	(4)
1.1 直流电机的基本原理和结构	(4)
1.1.1 直流电机的基本原理	(4)
1.1.2 直流电机的结构	(6)
1.1.3 直流电机的系列和额定值	(9)
1.2 直流电机的电枢电动势和电磁转矩	(11)
1.2.1 直流电机的电枢电动势	(11)
1.2.2 直流电机的电磁转矩	(12)
1.3 他励直流电动机的运行原理与机械特性	(13)
1.3.1 直流电动机的励磁方式	(13)
1.3.2 他励直流电动机的基本方程式	(14)
1.3.3 他励直流电动机的工作特性	(15)
1.3.4 他励直流电动机的机械特性	(16)
1.3.5 电力拖动系统稳定运行的条件	(20)
1.4 他励直流电动机的起动和反转	(22)
1.4.1 他励直流电动机的起动	(22)
1.4.2 他励直流电动机的反转	(24)
1.5 他励直流电动机的电气制动	(25)
1.5.1 能耗制动	(25)
1.5.2 反接制动	(27)
1.5.3 回馈制动	(30)
1.6 他励直流电动机的调速	(31)
1.6.1 电枢串联电阻调速	(33)
1.6.2 改变电枢电源电压调速	(33)
1.6.3 弱磁调速	(34)
技能训练 1.1 直流电机拆装及常见故障处理	(34)
技能训练 1.2 直流电机特性	(38)

第2章 变压器	(44)
2.1 变压器的基本原理和结构	(44)
2.1.1 变压器的用途和分类	(44)
2.1.2 变压器的基本结构	(45)
2.1.3 变压器的基本工作原理	(48)
2.1.4 变压器的型号和额定值	(49)
2.2 单相变压器的空载运行与负载运行	(51)
2.2.1 单相变压器的空载运行	(51)
2.2.2 单相变压器的负载运行	(55)
2.2.3 单相变压器的空载与短路试验	(57)
2.2.4 变压器的运行特性	(60)
2.3 三相变压器	(61)
2.3.1 三相变压器的磁路系统	(62)
2.3.2 变压器的连接组	(63)
2.3.3 三相变压器的并联运行	(66)
2.4 其他用途变压器	(69)
2.4.1 仪用互感器	(69)
2.4.2 自耦变压器	(71)
2.4.3 电焊变压器	(72)
技能训练 2.1 单相变压器的同名端判别及认识特殊变压器	(73)
技能训练 2.2 电力变压器的检修及维护	(75)
第3章 交流电动机	(81)
3.1 三相异步电动机的结构与工作原理	(81)
3.1.1 三相异步电动机的结构	(81)
3.1.2 旋转磁场	(83)
3.1.3 三相异步电动机的基本原理	(84)
3.2 三相异步电动机的空载运行	(86)
3.2.1 空载运行时的电磁关系	(86)
3.2.2 空载运行时的电压平衡方程	(87)
3.3 三相异步电动机的负载运行	(88)
3.3.1 负载运行时的电磁关系	(88)
3.3.2 转子绕组各电磁量	(89)
3.3.3 磁动势平衡方程	(92)
3.3.4 电动势平衡方程	(92)

3.4 三相异步电动机的等效电路和相量图	(92)
3.4.1 折算	(93)
3.4.2 等效电路	(95)
3.4.3 相量图	(97)
3.5 三相异步电动机的功率平衡、转矩平衡和工作特性	(98)
3.5.1 功率平衡和转矩平衡	(98)
3.5.2 三相异步电动机的工作特性	(100)
3.6 三相异步电动机的机械特性	(102)
3.6.1 三相异步电动机机械特性的3种表达式	(102)
3.6.2 三相异步电动机的固有机械特性和人为机械特性	(106)
3.7 电力拖动基本知识	(109)
3.7.1 电力拖动系统的运动方程式	(109)
3.7.2 负载的转矩特性	(111)
3.8 单相异步电动机	(112)
3.8.1 电容分相式单相异步电动机	(113)
3.8.2 罩极式电动机	(117)
技能训练 3.1 三相异步电动机的测试	(117)
技能训练 3.2 三相异步电动机的检修	(122)
第4章 常用控制电机	(129)
4.1 伺服电动机	(129)
4.1.1 直流伺服电动机	(130)
4.1.2 交流伺服电动机	(134)
4.2 测速发电机	(138)
4.2.1 直流测速发电机	(139)
4.2.2 交流异步测速发电机	(141)
4.3 步进电动机	(142)
4.3.1 步进电动机的工作原理	(143)
4.3.2 步进电动机的驱动电源	(146)
技能训练 4.1 伺服电机安装调试	(147)
技能训练 4.2 步进电动机测试	(151)
第5章 常用低压电器	(158)
5.1 概 述	(158)
5.1.1 电器的分类	(158)
5.1.2 电器的基本结构	(159)

5.2	低压开关	(159)
5.2.1	闸刀开关	(159)
5.2.2	铁壳开关	(161)
5.2.3	组合开关	(161)
5.2.4	倒顺开关	(162)
5.3	熔断器	(163)
5.3.1	常用的熔断器	(165)
5.3.2	熔断器的选用	(167)
5.4	主令电器	(168)
5.4.1	按钮开关	(168)
5.4.2	位置开关	(169)
5.4.3	万能转换开关	(170)
5.5	断路器	(172)
5.5.1	结构和工作原理	(172)
5.5.2	低压断路器的类型	(173)
5.5.3	低压断路器的选用	(174)
5.5.4	DZ47 系列小型断路器简介	(174)
5.6	接触器	(175)
5.6.1	结构和工作原理	(176)
5.6.2	交流接触器	(178)
5.6.3	直流接触器	(179)
5.6.4	CJX2 系列接触器	(179)
5.7	继电器	(180)
5.7.1	电磁式继电器	(180)
5.7.2	热继电器	(183)
5.7.3	时间继电器	(186)
5.7.4	速度继电器	(188)
	技能训练 5.1 组合开关、接触器等拆装与检修	(189)
	技能训练 5.2 继电器的调整与试验	(193)
第 6 章	电气控制电路基本环节	(198)
6.1	电气控制系统图的绘制及线路安装	(198)
6.1.1	电气原理图	(198)
6.1.2	电气元件布置图	(200)
6.1.3	电气安装接线图	(201)

6.1.4	基本控制线路的安装步骤及要求	(201)
6.2	三相异步电动机的起动	(202)
6.2.1	三相笼形异步电动机的起动方法	(203)
6.2.2	三相笼形异步电动机的正转控制线路	(204)
6.2.3	三相笼形异步电动机的正反转控制线路	(209)
6.2.4	位置控制与自动循环控制线路	(211)
6.2.5	顺序控制与多地控制线路	(214)
6.2.6	星形—三角形 (Y— Δ) 减压起动	(218)
6.3	三相绕线转子异步电动机的起动	(221)
6.3.1	三相绕线转子异步电动机转子串电阻起动	(221)
6.3.2	三相绕线转子异步电动机转子串频敏变阻器起动	(224)
6.4	三相异步电动机制动控制线路	(226)
6.4.1	机械制动	(226)
6.4.2	电气制动	(229)
6.5	异步电动机的调速	(236)
6.5.1	变极调速	(236)
6.5.2	变频调速	(237)
6.5.3	改变转差率调速	(240)
6.5.4	三相笼形异步电动机变极调速控制	(241)
技能训练 6.1	接触器自锁正转控制线路的安装	(244)
技能训练 6.2	接触器联锁正反转控制线路的安装	(247)
技能训练 6.3	自动往返控制线路的安装与检修	(253)
技能训练 6.4	两台电动机顺序起动逆序停止控制线路的安装	(256)
技能训练 6.5	时间继电器自动控制 Y— Δ 降压起动控制线路 的安装与检修	(257)
技能训练 6.6	单向起动反接制动控制线路的安装	(260)
技能训练 6.7	无变压器半波整流单向起动能耗制动线路的安装 和检修	(261)
技能训练 6.8	时间继电器控制双速电动机控制线路的安装	(263)
第7章	典型设备的电气控制	(271)
7.1	工业机械电气设备维修的一般方法	(271)
7.1.1	电气设备的日常维护和保养	(271)
7.1.2	电气故障检修的一般方法	(274)
7.2	卧式车床的电气控制线路	(279)

7.2.1	CA6140 型车床主要结构及运动形式	(279)
7.2.2	CA6140 型车床电力拖动特点及控制要求	(280)
7.2.3	CA6140 型车床电气原理图分析	(281)
7.3	Z35 型摇臂钻床的电气控制线路	(283)
7.3.1	摇臂钻床的主要结构和运动情况	(284)
7.3.2	Z35 型摇臂钻床电气原理分析	(285)
7.4	M7130 型磨床的电气控制线路	(290)
7.4.1	M7130 型平面磨床主要结构和运动情况	(291)
7.4.2	电气原理图分析	(292)
7.5	万能铣床的电气控制线路	(296)
7.5.1	X62W 型万能铣床的主要结构和运动情况	(297)
7.5.2	X62W 型万能铣床的电气原理图分析	(298)
7.6	T68 型卧式镗床的电气控制电路	(306)
7.6.1	卧式镗床的主要结构和运动形式	(306)
7.6.2	卧式镗床的电力拖动形式和控制要求	(308)
7.6.3	T68 型卧式镗床电气控制电路的分析	(308)
技能训练 7.1	CA6140 型车床控制线路的检修	(313)
技能训练 7.2	Z35 型摇臂钻床的电气控制线路安装	(317)
技能训练 7.3	Z35 型摇臂钻床的电气控制线路故障检修	(319)
技能训练 7.4	M7130 型平面磨床的电气控制线路故障检修	(322)
技能训练 7.5	X62W 型万能铣床的电气控制线路故障检修	(325)
技能训练 7.6	T68 型镗床电气控制线路的检修	(328)
参考文献		(332)