

电子与电气控制专业



职业教育职业培训**改革创新教材**

全国高等职业院校、技师学院、技工及高级技工学校规划教材

工业电能变换 与控制技术

◎ 赵维城 吴春燕 主 编
◎ 王为民 徐湘和 郭志元 副主编
◎ 李荣华 李乃夫 主 审



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

职业教育职业培训 改革创新教材

全国高等职业院校、技师学院、技工及高级技工学校规划教材

电子与电气控制专业

工业电能变换 与控制技术

	赵维城	吴春燕	主 编
王为民	徐湘和	郭志元	副主编
	李荣华	李乃夫	主 审

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 · BEIJING

内 容 简 介

本书根据高等职业院校、技师学院“电子与电气控制专业”的教学计划和教学大纲,以“国家职业标准”为依据,按照“以工作过程为导向”的课程改革要求,以典型任务为载体,从职业分析入手,切实贯彻“管用”、“够用”、“适用”的教学指导思想,把理论教学与技能训练很好地结合起来,并按技能层次分模块逐步加深工业电能变换与控制相关内容的学习和技能操作训练。本书较多地编入新技术、新设备、新工艺的内容,还介绍了许多典型的应用案例,便于读者借鉴,以缩短学校教育与企业需求之间的差距,更好地满足企业用人需求。

本书可作为高等职业院校、技师学院、技工及高级技工学校、中等职业学校电子与电气相关专业的教材,也可作为企业技师培训教材和相关设备维修技术人员的自学用书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

工业电能变换与控制技术 / 赵维城, 吴春燕主编. —北京: 电子工业出版社, 2013.7

职业教育职业培训改革创新教材 全国高等职业院校、技师学院、技工及高级技工学校规划教材. 电子与电气控制专业

ISBN 978-7-121-17865-8

I. ①工… II. ①赵… ②吴… III. ①电能—变换器—自动控制—高等职业教育—教材 IV. ①TN712

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 185254 号

策划编辑: 关雅莉 杨 波

责任编辑: 郝黎明 文字编辑: 裴 杰

印 刷: 北京京师印务有限公司

装 订: 北京京师印务有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编: 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 24 字数: 615 千字

印 次: 2013 年 7 月第 1 次印刷

定 价: 44.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zllts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

职业教育职业培训改革创新教材
全国高等职业院校、技师学院、技工及高级技工学校规划教材
电子与电气控制专业 教材编写委员会

主任 委员：史术高 湖南省职业技能鉴定中心（湖南省职业技术培训研究室）

副主任委员：（排名不分先后）

尹南宁	衡阳技师学院
罗亚平	衡阳技师学院
屈美凤	衡阳技师学院
许泓泉	衡阳技师学院
唐波微	衡阳技师学院
谭 勇	衡阳技师学院
彭庆丽	衡阳技师学院
王镇宇	湘潭技师学院
黄 钧	湖南省机械工业技术学院（湖南汽车技师学院）
刘紫阳	湖南省机械工业技术学院（湖南汽车技师学院）
谢红亮	湖南省机械工业技术学院（湖南汽车技师学院）
郑生明	湖南潇湘技师学院
冯友民	湖南潇湘技师学院
何跃明	郴州技师学院
刘一兵	邵阳职业技术学院
赵维城	冷水江市高级技工学校
吴春燕	冷水江市高级技工学校
李荣华	冷水江市高级技工学校
叶 谦	湖南轻工高级技工学校
凌 云	湖南工业大学
王荣欣	河北科技大学
李乃夫	广东省轻工业技师学院（广东省轻工业高级技工学校）
黄晓华	广东省南方技师学院
廖 勇	广东省南方技师学院
王 湘	永州市纺织厂
吴荣祥	肥城市职业教育中心校

委 员：（排名不分先后）

刘 南	湖南省职业技能鉴定中心（湖南省职业技术培训研究室）
李辉耀	湖南省机械工业技术学院（湖南汽车技师学院）
陈锡文	湖南省机械工业技术学院（湖南汽车技师学院）
马果红	湖南省机械工业技术学院（湖南汽车技师学院）
王 炜	湖南工贸技师学院

罗少华	湘潭技师学院
苏石龙	湘潭技师学院
田海军	湘潭技师学院
陈铁军	湘潭技师学院
何钻明	郴州技师学院
黄先帜	郴州技师学院
刘志辉	郴州技师学院
刘建华	湖南轻工高级技工学校
伍爱平	湖南轻工高级技工学校
易新春	湖南轻工高级技工学校
蔡蔚蓝	湖南轻工高级技工学校
严均	湖南轻工高级技工学校
石冰	湖南轻工高级技工学校
徐金贵	冷水江市高级技工学校
刘矫健	邵阳市商业技工学校
王向东	邵阳市高级技工学校
刘石岩	邵阳市高级技工学校
何利民	湖南省煤业集团资兴矿区安全生产管理局
唐湘生	锡矿山闪星锑业有限责任公司
唐祥龙	湖南山立水电设备制造有限公司
石志勇	广东省技师学院
梁永昌	茂名市第二高级技工学校
刘坤林	茂名市第二高级技工学校
卢文升	揭阳捷和职业技术学校
李明	湛江机电学校
刘竹明	湛江机电学校
魏林安	临洮县玉井职业中专
郭志元	古浪县黄羊川职业技术中学
王为民	广东省技师学院
徐湘和	湖南郴州技师学院
耿立迎	肥城市高级技工学校

秘 书 处：刘南、杨波、刘学清

出版说明

百年大计，教育为本。教育是民族振兴、社会进步的基石，是提高国民素质、促进人的全面发展的根本途径，寄托着亿万家庭对美好生活的期盼。2010年7月，国务院颁发了《国家中长期教育改革和规划纲要（2010~2020）》。这份《纲要》把“坚持能力为重”放在了战略主题的位置，指出教育要“优化知识结构，丰富社会实践，强化能力培养。着力提高学生的学习能力、实践能力、创新能力，教育学生学会知识技能，学会动手动脑，学会生存生活，学会做人做事，促进学生主动适应社会，开创美好未来。”这对学生的职前教育、职后培训都提出了更高的要求，需要建立和完善多层次、高质量的职业培养机制。

为了贯彻落实党中央、国务院关于大力发展高等职业教育、培养高等技术应用型人才的战略部署，解决技师学院、技工及高级技工学校、高职高专院校缺乏实用性教材的问题，我们根据企业工作岗位要求和院校的教学需要，充分汲取技师学院、技工及高级技工学校、高职高专院校在探索、培养技能应用型人才方面取得的成功经验和教学成果，组织编写了本套“全国高等职业院校、技师学院、技工及高级技工学校规划教材”丛书。在组织编写中，我们力求使这套教材具有以下特点。

以促进就业为导向，突出能力培养：学生培养以就业为导向，以能力为本位，注重培养学生的专业能力、方法能力和社会能力，教育学生养成良好的职业行为、职业道德、职业精神、职业素养和社会责任。

以职业生涯发展为目标，明确专业定位：专业定位立足于学生职业生涯发展，突出学以致用，并给学生提供多种选择方向，使学生的个性发展与工作需要一致，为学生的职业生涯和全面发展奠定基础。

以职业活动为核心，确定课程设置：课程设置与职业活动紧密关联，打破“三段式”与“学科本位”的课程模式，摆脱学科课程的思想束缚，以国家职业标准为基础，从职业（岗位）分析入手，围绕职业活动中典型工作任务的技能和知识点，设置课程并构建课程内容体系，体现技能训练的针对性，突出实用性和针对性，体现“学中做”、“做中学”，实现从学习者到工作者的角色转换。

以典型工作任务为载体，设计课程内容：课程内容要按照工作任务和工作过程的逻辑关系进行设计，体现综合职业能力的培养。依据职业能力，整合相应的知识、技能及职业素养，

实现理论与实践的有机融合。注重在职业情境中能力的养成，培养学生分析问题、解决问题的综合能力。同时，课程内容要反映专业领域的新知识、新技术、新设备、新工艺和新方法，突出教材的先进性，更多地将新技术融入其中，以期缩短学校教育与企业需要之间的差距，更好地满足企业用人的需要

以学生为中心，实施模块教学：教学活动以学生为中心、以模块教学形式进行设计和组织。围绕专业培养目标和课程内容，构建工作任务与知识、技能紧密关联的教学单元模块，为学生提供体验完整工作过程的模块式课程体系。优化模块教学内容，实现情境教学，融合课堂教学、动手实操和模拟实验于一体，突出实践性教学，淡化理论教学，采用“教”、“学”、“做”相结合的“一体化教学”模式，以培养学生的能力为中心，注重实用性、操作性、科学性。模块与模块之间层层递进、相互支撑，贯彻以技能训练为主线、相关知识为支撑的编写思路，切实落实“管用”、“够用”、“适用”的教学指导思想。以实际案例为切入点，并尽量采用以图代文的编写形式，降低学习难度，提高学生的学习兴趣。

此次出版的“全国高等职业院校、技师学院、技工及高级技工学校规划教材”丛书，是电子工业出版社作为国家规划教材出版基地，贯彻落实全国工作会议精神和《国家中长期教育改革和发展规划纲要（2010~2020）》，对职业教育理念探索和实践的又一步，希望能为提升广大学生的就业竞争力和就业质量尽自己的绵薄之力。

电子工业出版社 职业教育分社

2012年8月

前 言

本书根据高等职业院校、技师学院“电子与电气控制专业”的教学计划和教学大纲，以“国家职业标准”为依据，按照“以工作过程为导向”的课程改革要求，以典型任务为载体，从职业分析入手，切实贯彻“管用”、“够用”、“适用”的教学指导思想，把理论教学与技能训练很好地结合起来，并按技能层次分模块逐步介绍工业电能变换与控制技术相关内容的学习和技能操作训练。本书较多地编入新技术、新设备、新工艺的内容，还介绍了许多典型的应用案例，便于读者借鉴，以缩短学校教育与企业需求之间的差距，更好地满足企业用人需求。

本书可作为高等职业院校、技师学院、技工及高级技工学校、中等职业学校电子与电气相关专业的教材，也可作为企业技师培训教材和相关设备维修技术人员的自学用书。

本书的编写符合职业学校学生的认知和技能学习规律，形式新颖，职教特色明显；在保证知识体系完备，脉络清晰，论述精准深刻的同时，尤其注重培养读者的实际动手能力和企业岗位技能的应用能力，并结合大量的工程案例和项目来使读者更进一步灵活掌握及应用相关的技能。

● 本书内容

全书共分为 7 个模块 44 个任务，内容由浅入深，全面覆盖了工业电能变换与控制技术的知识，包括各种工业电气设备和工业生产系统的电能变换与测控技术。

本书作为技师院校电工专业系列教材之一，以适应职业技能教育大发展的新形势和新要求，可供电气技师相关课程使用。本书采用任务驱动、案例剖析、模块培训、用中求学的方式组编，力求体现职业技能教育的新经验、新方法。作者基于长期的工程实践经验，力图反映当前工业电能变换与控制技术发展的新潮流。模块一总揽了工业电力电子技术革命的总体形势和历史过程及基本矛盾。模块二以作者创立的逻辑空间理论和逻辑表方法为工具，以机械和液压传动系统时序逻辑控制设计问题为论题，讨论适用于继电器控制、数字集成电子器件控制和 PLC 控制的通用逻辑设计方法。模块三在基本逻辑控制的基础上，进一步综合和讨论了电力电子变换的逻辑控制与连续调节两大问题，为统一理解作为工业电能变换与控制的核心的电力电子变换及其控制与调节奠定基础。模块四至模块七为工业电能变换与控制典型案例的分析解剖，是前三个基本模块的实际应用和发展，是进一步培养和锻炼学生分析解决

实际问题的才能的“现场”。

● 配套教学资源

本书提供了配套的立体化教学资源，包括专业建设方案、教学指南、电子教案等必需的文件，读者可以通过华信教育资源网（www.hxedu.com.cn）下载使用或与电子工业出版社联系（E-mail: yangbo@phei.com.cn）。

● 本书主编

本书由冷水江市高级技工学校赵维城、吴春燕主编，广东省技师学院王为民、湖南郴州技师学院徐湘和、古浪县黄羊川职业技术中学郭志元副主编，冷水江市高级技工学校李荣华、广东省轻工业技师学院（广东省轻工业高级技工学校）李乃夫主审，锡矿山闪星锑业有限责任公司唐湘生、冷水江市高级技工学校徐金贵等参与编写。由于时间仓促，作者水平有限，书中错漏之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

● 特别鸣谢

特别鸣谢湖南省人力资源和社会保障厅职业技能鉴定中心、湖南省职业技术培训研究室对本书编写工作的大力支持，并同时鸣谢湖南省职业技能鉴定中心（湖南省职业技术培训研究室）史术高、刘南对本书进行了认真的审校及建议。本书编著过程还得到冷水江市高级技工学校刘祖应校长及教务科、实习科的宝贵支持，得到电工教研组的老师们及机械教研组、计算机教研组陈建军、张松青、邹卫湘、刘永恒等老师，以及一些在校学生的热情帮助，特在此一并致谢！

主 编

2013年6月

学习导言

在学习过电工基础、电子技术、电力拖动与控制技术、电机与变压器技术、电动机调速技术、PLC 控制技术、电工制图与设计(EDA)技术、电力电子变换与控制技术等电工技术之后,来学习一门新的课程——工业电能变换与测控技术。它包括各种工业电气设备和工业生产系统的电能变换与测控技术。

工业电能变换与测控技术是一门综合性的技术,或者说是一门立足于分析基础之上的综合性的技术。因而它也是一门理论性和实践性都很强、两者密切结合在一起的技术,是把电能变换与测控系统的基本原理与实际的工业电气设备及其负载的特性和控制要求密切结合在一起来的整体性、综合性的技术。

学习这样一门技术,特别要强调采用理论联系实际的方法。它要求把已经学过的各门技术融会贯通。它还要学习工业控制的基本原理。它特别要求将实际的工业控制对象作为一个整体来进行分析与综合,分解与合成,解剖与复原。为了这样做,它还要采用一种最有用的工具——电气工程制图。要善于把实物变成工程图来进行学习、理解、研究和处理。要善于把实际空间中的电气设备、系统和图纸空间中的工程图建立起一一对应的关系,既善于根据实物测绘图纸,又善于根据图纸理解实物。测绘的本领要通过反复的练习才能得到。解读图纸的本领也要在读图的实践中反复领悟。在实践中总结出来的“电工读图口诀”,以供参考。

原理心中藏,框图作指南。能量何处流?信息怎样转?

负载提要求,变换定大盘。输入到输出,特性待测量。

核心在控制,驱动作桥梁。反馈闭环稳,关键赖感传。

找准源头处,顺着接口转。等效繁化简,替换易代难。

叠加常有效,分解亦良方。至理曰守恒,解题派用场。

静态再动态,定性到定量。事事皆蕴理,时时用心想。

工业电气设备与其负载共同组成电能用户,成为一个工业控制的对象。电气设备为了向负载供给所需质和量的电能,必须对电能进行变换与相应的控制。所以,每一个工业电气设备及其负载都是一个电能变换与控制系统,这样就有了电能/电能变换与控制系统,电能/机械能变换与控制系统,电能/流体能变换与控制系统,电能/热能变换与控制系统,电能/化学能变换与控制系统,电能/光能变换与控制系统,电能/声能变换与控制系统等。能量变换是这些系统的主题和主体,信息控制是这些系统的主导与核心。这些系统的控制多是逻辑控制与连续调节相结合的综合控制。本教材选择一些典型的、常用的系统作为分析研究的对象,

帮助读者学会怎样去进行学习。不仅授人以鱼，更授人以渔。

把每一个工业电能变换与控制系统作为一个整体，把电气设备及其负载作为一个整体，把能量变换与信息控制作为一个整体，把控制装置与受控对象作为一个整体，从整体上出发去分析它，解剖它，认识它，把握它，就能收到事半功倍的效果。可以运用学过的每一门技术去展开分析，但一定不要忘记从整体出发。

学为用，用要学。要学中用，用中学。在工作中学习工作，“在战争中学习战争”。人所做的一切，都是认识世界，改造世界。每一个人都按自己的方式去认识世界，改造世界。学习就是为了认识世界，改造世界。因此，在实践中才能认识世界，在实践中才能改造世界。只有正确的认识世界，才能成功的改造世界。只有勇敢的改造世界，才能成功的认识世界。

目 录

模块一 从整体上理解工业电能变换与测控技术	1
任务 1 到工厂去寻找问题的答案	1
1.1.1 从整体上理解工业电能变换与测控技术	1
1.1.2 从历史发展的内在逻辑上认识和把握工业电能变换与测控技术	4
1.1.3 正确认识和把握工业电能变换与测控系统中的各种矛盾	6
任务 2 看图、交流、讨论、写作	13
本模块参考文献	13
模块二 工业逻辑控制系统的分析与综合	14
任务 1 认识工业，认识工厂，认识设备，认识机器	14
任务 2 用工程逻辑的观点来理解描述机/电转换元件	16
2.2.1 机液电一体化的运动控制系统	16
2.2.2 机械运动控制系统中的元件分析	17
任务 3 认识组合机床的传动部件	32
2.3.1 组合机床具有单一运动功能的通用动力部件的分析与控制	32
2.3.2 组合机床具有复合运动功能的通用动力部件的分析与控制	33
任务 4 通过案例掌握时序逻辑控制电路的分析与综合方法	35
2.4.1 根据对传动系统的分析提取控制逻辑程序	35
2.4.2 根据控制逻辑程序建立控制逻辑式	39
2.4.3 集控制逻辑式组成控制逻辑表	40
2.4.4 由控制逻辑结构表推演最简单控制逻辑结构表	41
2.4.5 把控制逻辑结构表翻译成控制逻辑线路	42
2.4.6 核心电路控制功能的逻辑检验与验证	43
2.4.7 通用控制功能的添加	48
2.4.8 控制逻辑的实现	50
任务 5 通过案例学习电气-液压控制系统分析与综合方法	55
2.5.1 根据动力滑台的要求设计传动主回路，根据主回路的要求设计 液压控制回路	55
2.5.2 根据控制油路的要求设计控制电路	59

2.5.3	由继电器控制电路到 PLC 控制电路	77
2.5.4	由继电器控制电路到数字集成电子控制电路	79
	本模块参考文献	82
模块三	电力电子变换的逻辑控制与连续调节	83
任务 1	系统与控制的定性认识	84
3.1.1	系统与控制	84
3.1.2	系统的扰动与调节：由开环控制到闭环控制	86
3.1.3	闭环控制系统的基本结构和功能	88
3.1.4	控制系统的调节品质	89
3.1.5	认识调节对象的各种传递特性	90
3.1.6	对调节过程进行信息采样	91
3.1.7	传感器的特性测量	93
3.1.8	电压采样和电流采样	94
3.1.9	信号调理变送器和信号的规范化	95
3.1.10	控制信号的给定	98
3.1.11	给定信号、反馈信号、保护信号的综合	100
任务 2	调节算法和调节器	102
3.2.1	控制策略与调节算法	102
3.2.2	调节算法的实现——电子调节器	104
3.2.3	调节器的串联——多环反馈、主从调节	108
3.2.4	调控指令——指向电力电子变换装置	109
任务 3	半控型电力电子变换和移相控制	110
3.3.1	三类电力电子开关	110
3.3.2	晶闸管移相控制	112
3.3.3	TC 787/TC 788 集成移相触发器	120
任务 4	全控型电力电子变换和 PWM 控制	123
3.4.1	全控型电力电子变换	123
3.4.2	全控型 DC/DC 变换拓扑	124
3.4.3	DC/DC 变换的 PWM 控制器原理	126
3.4.4	全控型单相 AC/DC 变换拓扑	127
3.4.5	全控型单相 DC/AC 变换拓扑	128
3.4.6	全控型三相 DC/AC 变换拓扑	131
3.4.7	PWM 控制逻辑的实现	133
任务 5	集成 PWM 控制器及其应用	134
3.5.1	TL494 集成 PWM 控制器	134
3.5.2	TC25C25/35C25 集成 PWM 控制器	139
任务 6	驱动电路和集成驱动器	160
3.6.1	驱动电路和集成驱动器	160

3.6.2 IR2110 集成驱动器	161
本模块参考文献	170
模块四 电弧炉炼钢系统的控制与调节	171
任务 1 认识钢铁联合企业, 认识电弧炉炼钢	171
4.1.1 走进钢铁联合企业	171
4.1.2 用了多少电, 先算一算	174
任务 2 鸟瞰电弧炉的功率控制与电极升降自动调节	174
任务 3 通过源载分析认识工作点控制与调节的要求和方法	176
4.3.1 系统主体——电弧炉炼钢功率变换	176
4.3.2 抓住本质——实现功率控制	178
任务 4 深入分析电弧阻抗测量、给定与调节的原理和方法	180
4.4.1 阻抗如何测量——通过弧压与弧流之比来测量	180
4.4.2 阻抗如何给定——通过弧压与弧流之比来给定	181
4.4.3 阻抗的给定与反馈——解开平衡桥之谜	181
4.4.4 弧阻抗的调节方法——平衡桥调节之谜	183
4.4.5 由厚到薄, 神奇化易	184
4.4.6 胸有成竹, 操作自如	185
任务 5 认识电压内环的设置目的、线路原理和特性测试	185
4.5.1 先找第一个源头: 能量(控制电能)从何而来	186
4.5.2 再找第二个源头: 输入信息从何而来	186
4.5.3 再找第三个源头: 输出信息奔何而去	188
4.5.4 分析调节器的正向通道	189
4.5.5 分析调节器的反向通道	189
4.5.6 进行调节器、反馈网络的输入、输出传递特性的测试	190
任务 6 解析直流电机晶闸全桥伺服电路与控制逻辑	192
4.6.1 可逆调速, 伺服重任堪与谁	192
4.6.2 全桥驱动, 功率开关作何选	192
任务 7 分析调控信号 u_{PI} 是怎样控制电枢电压 u_{ZD} 的	195
4.7.1 触发电路方案	195
4.7.2 实现正、反转触发的方法	195
4.7.3 调节指令 u_{PI} 如何决定 ZD 的旋转方向	196
4.7.4 调节指令 u_{PI} 的大小, 如何决定 ZD 旋转的快慢	196
4.7.5 晶闸管单元的输入、输出特性	198
4.7.6 晶闸管单元的在线输入、输出特性	199
任务 8 综合整理认识, 制定系统调试方案	199
任务 9 扩展视野——电弧炉技术发展的现在和未来	202
4.9.1 炼钢技术的竞争与电弧炉炼钢控制技术的发展	202
4.9.2 调节器——由分立元件走向集成元件	203

4.9.3	伺服电路——由 SCR 到 IGBT	203
4.9.4	系统控制——由硬件实现到软件实现	204
4.9.5	伺服机构——由机械走向液压	205
4.9.6	功率变换主电路——由交流电弧炉到直流电弧炉	205
4.9.7	控制策略——由传统走向现代	207
	本模块参考文献	209
模块五	中频感应电炉电能变换与控制	210
任务 1	建立中频感应熔炼的感性认识	210
任务 2	建立中频感应加热锻造的感性认识	213
任务 3	建立中频感应加热热处理的感性认识	214
任务 4	把你看到的東西都浓缩到一张总图上	215
任务 5	弄清负载的六大特点和对电源的六大特殊要求	217
任务 6	首先搞清楚怎么获得中频有功功率	219
任务 7	再搞清楚 LC 振荡与无功功率供给	222
任务 8	解决单相逆变桥实现电流换相的问题	224
任务 9	把理性认识从定性认识提高到定量认识	226
任务 10	学会计算和调试逆变桥换相过程的技术参数	229
5.10.1	换相过程的组成	229
5.10.2	换流过程的分析、计算、观测和调试	229
5.10.3	反压恢复过程的分析、计算、观测和调试	231
5.10.4	在调试时处理好 γ 与 δ 之间的辩证关系	232
5.10.5	调试时还要处理好安全可靠和充分出力的关系	232
5.10.6	频率自动跟踪控制—— θ_1 点的生成和调试方法	234
5.10.7	用电压电流交点法实现频率自动跟踪控制的电路原理和调试方法	235
任务 11	认识干扰的危害, 学习抗干扰技术	236
5.11.1	认识干扰的严重危害, 认识抗干扰的重要性	236
5.11.2	干扰的来源和抗干扰的系统方法	237
5.11.3	中频电炉三相晶闸管整流桥抗干扰的关键措施	238
5.11.4	跟踪信号的抗干扰措施	239
任务 12	激发振荡与捕捉信息——认识启动过程的本质	240
任务 13	解剖中频电炉输出功率控制与故障保护的关键部	241
任务 14	大结局: 仔细读懂一套图纸	243
5.14.1	总图——读懂全套图纸的指南	243
5.14.2	解析主电路的内部结构和外部连接关系与功能	243
5.14.3	分析控制电路电源和触发电路同步信号源的作用和电路构成特点	244
5.14.4	分析测量、控制、保护电路的工作原理和各种信号流之间的关系及操作与整定方法	244

5.14.5 进入数字式三相桥触发电路：看 199 点的控制信号执行其 调控任务	245
5.14.6 续数字式三相桥触发电路：频率信号调控计数式数控触发 脉冲生成	247
5.14.7 逆变桥触发电路的原理和调试——现在几乎已经唾手可得	253
5.14.8 操作监控——轻舟已过万重山	253
本模块参考文献	262
模块六 电焊机的革命——由工业电能的电磁变换到电力电子变换	263
任务 1 简单认识交流手弧焊机	263
6.1.1 交流手弧焊机的基本原理	263
6.1.2 交流手工弧焊机的电源特性、负载特性和工作点	264
6.1.3 通过电路换挡来设置交流弧焊机的工作区	266
6.1.4 通过磁路调整来设置交流弧焊机的工作区	267
6.1.5 面对电力电子技术革命的交流弧焊机	267
任务 2 认识电焊机革命——频率革命的内涵	267
6.2.1 传统电工技术是建立在电磁变换基础之上的技术	267
6.2.2 电磁变换的性质和特点及频率革命	268
任务 3 认识电力电子逆变焊机的基本结构和优异性能	269
6.3.1 电焊机革命的两个基本目标	269
6.3.2 关键是如何提高电焊变压器的频率 f	270
6.3.3 逆变电焊机的基本结构与功能	270
6.3.4 高效率还要高性能——逆变焊机源特性的控制与制作	272
任务 4 读懂电焊机图纸，学会调试、修理逆变焊机	276
6.4.1 以通用的方框图为指导，从总图入手进行分析	276
6.4.2 在总图的指导下，先易后难，从工频整流单元 ARC160-1 开始	277
6.4.3 在总图的指导下，读高频整流单元 ARC160-3	278
6.4.4 再看看照片，增加一点感性认识	280
6.4.5 “肃清”外围后，向逆变单元 ARC160-2 发起“总攻”	282
6.4.6 控制电源	294
6.4.7 读图由分析回到综合	297
本模块参考文献	305
模块七 电力传动革命——走向高性能和高效率	306
任务 1 初步认识电力传动革命的主角——电力变频器	306
7.1.1 传动技术的变革——从遥远的历史中走过来	306
7.1.2 变频器与逆变焊机的比较	308
7.1.3 变频器的基本电路和应用系统的构成	308
7.1.4 变频器的外部接线图	310
7.1.5 由变频器的发明到变频控制理论的发展	311

任务 2 认识高性能变频调速技术对生产发展的革命性影响·····	313
7.2.1 变频器革命的重大成果和电力变频技术的应用方向·····	313
7.2.2 高性能变频调速技术的应用领域·····	313
任务 3 认识变频调速对功率调节技术的革命性影响·····	323
7.3.1 广义“流体”及功率流概念·····	323
7.3.2 “流体”功率流的流阻和负载及其特性·····	323
7.3.3 “流体”功率流的功率源及其特性·····	324
7.3.4 “流体”功率流的工作点——功率流的源载分析方法·····	327
7.3.5 “流体”功率调节的传统方法和现代方法·····	327
7.3.6 负载功率和系统效率的计算·····	328
7.3.7 机械负载种类和不同种类机械负载变频调速的节能效果·····	329
任务 4 学习做技术改造工程的方法,多争取工程实践的锻炼·····	330
5#锅炉风能系统节能改造方案设计说明书·····	333
附:电路原理设计图(全套)及调试方案、调试记录和竣工记录·····	347
施工中的设计改进及竣工记录·····	360
5#锅炉鼓引风机变频系统调试方案(征求意见稿)·····	361
引风机调试记录(2011-11-26)·····	362
鼓风机调试记录(2011-11-26)·····	363
竣工记录:×××××有限公司低压变频器·····	363
本模块参考文献·····	367