

21
世纪

高职高专新概念教材

李中发 主 编

胡 锦 谢胜曙 方厚辉 杨 华 副主编

电工电子技术基础

21 Shi Ji Gao Zhi Gao Zhuan Xin Gai Nian Jiao Cai



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

21 世纪高职高专新概念教材

电工电子技术基础

李中发 主 编

胡 锦 谢胜曙 方厚辉 杨 华 副主编

中国水利水电出版社

内 容 提 要

本书是依据教育部最新制定的《高职高专教育电工电子技术课程教学基本要求》编写的。主要内容包括：电路分析方法，正弦电路分析，磁路和变压器，电动机，继电—接触器控制系统，电工测量，基本放大电路，集成运算放大器，直流稳压电源，组合逻辑电路，时序逻辑电路。

本书充分体现了高职高专教育的特点，集电工电子技术和应用于一体。全书层次分明，条理清晰，结构合理，重点突出，概念阐述清楚准确，内容深入浅出，通俗易懂。

本书可作为各类高等学校非电专业电工电子技术课程（少学时）的教材或参考书，也可供有关工程技术人员参考。

本书为授课教师免费提供电子教案，此教案用 PowerPoint 制作，可以任意修改。需要者请与北京万水电子信息有限公司联系。联系电话：(010)82564395。

图书在版编目(CIP)数据

电工电子技术基础 / 李中发主编. —北京：中国水利水电出版社，2003
(21 世纪高职高专新概念教材)
ISBN 7-5084-1608-2

I. 电… II. 李… III. ①电工技术—高等学校：技术学校—教材②电子技术—高等学校：技术学校—教材 IV. ①TM②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 058708 号

书 名	电工电子技术基础
主 编	李中发
副 主 编	胡 锦 谢胜曙 方厚辉 杨 华
出 版、发 行	中国水利水电出版社（北京市三里河路 6 号 100044） 网址：www.waterpub.com.cn E-mail：mchannel@public3.bta.net.cn (万水) sale@waterpub.com.cn 电话：(010) 63202266 (总机)、68331835 (营销中心)、82562819 (万水)
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	北京蓝空印刷厂
规 格	787×1000 毫米 16 开本 21 印张 449 千字
版 次	2003 年 8 月第一版 2003 年 8 月北京第一次印刷
印 数	0001—5000 册
定 价	28.00 元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

21 世纪高职高专新概念教材

编委会名单

主任委员 刘 晓 柳菊兴

副主任委员 胡国铭 张栾勤 王前新 黄元山 柴 野

张建钢 陈志强 宋 红 汤鑫华 王国仪

委 员 (按姓氏笔画排序)

马洪娟	马新荣	尹朝庆	方 宁	方 鹏
毛芳烈	王 祥	王乃钊	王希辰	王国思
王明晶	王泽生	王绍卜	王春红	王路群
东小峰	台 方	叶永华	宁书林	田 原
田绍槐	申 会	刘 猛	刘尔宁	刘慎熊
孙明魁	安志远	许学东	闫 菲	何 超
宋锦河	张 晞	张 慧	张弘强	张怀中
张晓辉	张浩军	张海春	张曙光	李 琦
李存斌	李作纬	李珍香	李家瑞	李晓桓
杨永生	杨庆德	杨名权	杨均青	汪振国
肖晓丽	闵华清	陈 川	陈 炜	陈语林
陈道义	单永磊	周杨姊	周学毛	武铁敦
郑有想	侯怀昌	胡大鹏	胡国良	费名瑜
赵 敬	赵作斌	赵秀珍	赵海廷	唐伟奇
夏春华	徐凯声	徐雅娜	殷均平	袁晓州
袁晓红	钱同惠	钱新恩	高寅生	曹季俊
梁建武	蒋金丹	蒋厚亮	覃晓康	谢兆鸿
韩春光	詹慧尊	雷运发	廖哲智	廖家平
管学理	蔡立军	黎能武	魏 雄	

项目总策划 雨 轩

编委会办公室 主 任 周金辉

副主任 孙春亮 杨庆川

参编学校名单

(按第一个字笔划排序)

三门峡职业技术学院	华东交通大学
山东大学	华北电力大学工商管理学院
山东交通学院	华北航天工业学院
山东建工学院	江汉大学
山东省电子工业学校	江西渝州电子工业学院
山东农业大学	江西赣西学院
山东省农业管理干部学院	西安外事学院
山东省教育学院	西安欧亚学院
山西阳泉煤炭专科学校	西安铁路运输职工大学
山西运城学院	西安联合大学
山西经济管理干部学院	孝感职业技术学院
广州市职工大学	杨陵职业技术学院
广州铁路职业技术学院	昆明冶金高等专科学校
中华女子学院山东分院	武汉大学动力与机械学院
中国人民解放军第二炮兵学院	武汉大学信息工程学院
中国矿业大学	武汉工业学院
中南大学	武汉工程职业技术学院
天津市一轻局职工大学	武汉广播电视大学
天津职业技术师范学院	武汉化工学院
长沙大学	武汉电力职业技术学院
长沙民政职业技术学院	武汉交通管理干部学院
长沙交通学院	武汉科技大学工贸学院
长沙航空职业技术学院	武汉商业服务学院
长春汽车工业高等专科学校	武汉理工大学
北京对外经济贸易大学	武汉铁路职业技术学院
北京科技大学职业技术学院	河南济源职业技术学院
北京科技大学成人教育学院	郑州工业高等专科学校
石油化工管理干部学院	陕西师范大学
石家庄师范专科学校	南昌水利水电高等专科学校
辽宁交通高等专科学校	哈尔滨金融专科学校
华中电业联合职工大学	济南大学
华中科技大学	济南交通高等专科学校

济南职业技术学院
荆门职业技术学院
贵州无线电工业学校
贵州电子信息职业技术学院
恩施职业技术学院
黄冈职业技术学院
黄石计算机学院
湖北工学院
湖北丹江口职工大学
湖北交通职业技术学院
湖北汽车工业学院
湖北经济管理大学
湖北药检高等专科学校

湖北经济学院
湖北教育学院
湖北鄂州大学
湖北水利水电职业技术学院
湖南大学
湖南工业职业技术学院
湖南计算机高等专科学校
湖南省轻工业高等专科学校
湖南涉外经济学院
湖南郴州师范专科学校
湖南商学院
湖南税务高等专科学校

序

根据 1999 年 8 月教育部高教司制定的《高职高专教育基础课程教学基本要求》(以下简称《基本要求》)和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》(以下简称《培养规格》)的精神,由中国水利水电出版社北京万水电子信息有限公司精心策划,聘请我国长期从事高职高专教学、有丰富教学经验的教师执笔,在充分汲取了高职高专和成人高等学校在探索培养技术应用性人才方面取得的成功经验和教学成果的基础上,撰写了此套《21 世纪高职高专新概念教材》。

为了编写本套教材,出版社进行了广泛的调研,走访了全国百余所具有代表性的高等专科学校、高等职业技术学院、成人教育高等院校以及本科院校举办的二级职业技术学院,在广泛了解情况、探讨课程设置、研究课程体系的基础上,经过学校申报、征求意见、专家评选等方式,确定了本套书的主编,并成立了编委会。每本书的编委会聘请了多所学校主要学术带头人或主要从事该课程教学的骨干,教学大纲的确定以及教材风格的定位均经过编委会多次认真讨论。

本套《21 世纪高职高专新概念教材》有如下特点:

(1) 面向 21 世纪人才培养的需求,结合高职高专学生的培养特点,具有鲜明的高职高专特色。本套教材的作者都是长期在第一线从事高职高专教育的骨干教师,对学生的基本情况、特点和认识规律等有深入的了解,在教学实践中积累了丰富的经验。因此可以说,每一本书都是教师们长期教学经验的总结。

(2) 以《基本要求》和《培养规格》为编写依据,内容全面,结构合理,文字简练,实用性强。在编写过程中,作者严格依据教育部提出的高职高专教育“以应用为目的,以必需、够用为度”的原则,力求从实际应用的需要(实例)出发,尽量减少枯燥、实用性不强的理论概念,加强了应用性和实际操作性强的内容。

(3) 采用“问题(任务)驱动”的编写方式,引入案例教学和启发式教学方法,便于激发学习兴趣。本套书的编写思路与传统教材的编写思路不同:先提出问题,然后介绍解决问题的方法,最后归纳总结出一般规律或概念。我们把这个新的编写原则比喻成“一棵大树、问题驱动”的原则。即:一方面遵守先见(构建)“树”(每本书就是一棵大树),再见(构建)“枝”(书的每一章就是大树的一个分枝),最后见(构建)“叶”(每章中的若干小节及知识点)的编写原则;另一方面采用问题驱动方式,每一章都尽量用实际中的典型实例开头(提出问题、明确目标),然后逐渐展开(分析解决问题),在讲述实例的过程中将本章的知识点融入。这种精选实例,并将知识点融于实例中的编写方式,可读性、可操作性强,非常适合高职高专的学生阅读和使用。本书读者通过学习构建本书中的“树”,由“树”找“枝”,顺

“枝”摸“叶”，最后达到构建自己所需要的“树”的目的。

(4) 部分教材配有实验指导和实训教程，便于学生练习提高。

(5) 部分教材配有动感电子教案。为顺应教育部提出的教材多元化、多媒体化发展的要求，大部分教材都配有电子教案，以满足广大教师进行多媒体教学的需要。电子教案用 PowerPoint 制作，教师可根据授课情况任意修改。相关教案的具体情况请到中国水利水电出版社网站 www.waterpub.com.cn 下载。

(6) 提供相关教材中所有程序的源代码，方便教师直接切换到系统环境中教学，提高教学效果。

总之，本套教材凝聚了数百名高职高专一线教师多年的教学经验和智慧，内容新颖，结构完整，概念清晰，深入浅出，通俗易懂，可读性、可操作性和实用性强。

本套教材适用于高等职业学校、高等专科学校、成人及本科院校举办的二级职业技术学院和民办高校。

新世纪吹响了我国高职高专教育蓬勃发展的号角，新世纪对高职教育提出了新的要求，高职教育占据了全面素质教育中所不可缺少的地位，在我国高等教育事业中占有极其重要的位置，在我国社会主义现代化建设事业中发挥着日趋显著的作用，是培养新世纪人才所不可缺少的力量。相信本套《21 世纪高职高专新概念教材》的出版能为高职高专的教材建设和教学改革略尽绵薄之力，因为我们提供的不仅是一套教材，更是自始至终的教育支持，无论是学校、机构培训还是个人自学，都会从中得到极大的收获。

当然，本套教材肯定会有不足之处，恳请专家和读者批评指正。

21 世纪高职高专新概念教材编委会

2001 年 3 月

前 言

本书是依据教育部最新制定的《高职高专教育电工电子技术课程教学基本要求》编写的。全书集电工电子技术和应用于一体,在内容和结构上对电工电子技术课程进行了优化整合。主要内容包括:电路分析方法,正弦电路分析,磁路和变压器,电动机,继电—接触器控制系统,电工测量,基本放大电路,集成运算放大器,直流稳压电源,组合逻辑电路,时序逻辑电路。

在本书编写过程中,作者根据自己多年的教学经验及对课程改革的实践尝试,从时代发展、技术进步、知识结构、课程体系上进行总体考虑,力图实现以下目标:内容精练,基本概念清楚;系统性强,使学生建立完整有序的概念;知识结构合理,为进一步学习有关后续课程和实际应用打下良好的基础;理论教学与实践教学紧密结合,注重学生的智力开发和能力培养;力图反映新技术、新动向,以适应电工电子技术发展和变化的需要。

本教材的理论教学时数约为 60 学时,实践教学时数约为 20 学时。在教学时可根据各专业的实际情况进行适当取舍。

本书是在教育部“高职高专教育电工课程教学内容体系改革、建设的确定与实践”(项目编号 III31-1)课题组和中国水利水电出版社指导下编写完成的。参加本书编写工作的有:杨华(第 1 章、第 2 章),谢胜曙(第 3 章、第 4 章),方厚辉(第 5 章、第 6 章),谢沙天(第 7 章),李中发(第 8 章、第 9 章),胡锦(第 10 章、第 11 章),周少华参加了部分习题的选编工作。全书由李中发任主编,负责全书的组织、修改和定稿工作;胡锦、谢胜曙、方厚辉、杨华担任副主编。

限于编者水平,书中缺点错误在所难免,恳请广大读者提出宝贵意见,以便修改。

编 者

2003 年 5 月

目 录

序

前言

第 1 章 电路分析方法	1
学习要求	1
1.1 电路基本物理量	1
1.1.1 电流	1
1.1.2 电压、电位和电动势	2
1.1.3 电功率	3
1.2 电路基本元件	4
1.2.1 无源元件	4
1.2.2 有源元件	6
1.3 基尔霍夫定律	8
1.3.1 基尔霍夫电流定律 (KCL)	9
1.3.2 基尔霍夫电压定律 (KVL)	10
1.4 电路分析方法	11
1.4.1 电阻的串联及并联	11
1.4.2 支路电流法	13
1.4.3 节点电压法	14
1.4.4 实际电源模型及其等效变换	16
1.5 电路定理	18
1.5.1 叠加定理	18
1.5.2 戴维南定理	19
1.6 电路过渡过程分析	20
1.6.1 过渡过程与换路定理	20
1.6.2 RC 电路的过渡过程分析	21
1.6.3 RL 电路的过渡过程分析	26
本章小结	26
习题一	28
第 2 章 正弦电路分析	32
学习要求	32

2.1 正弦量的基本概念及其相量表示法.....	32
2.1.1 周期与频率	33
2.1.2 相位、初相和相位差	33
2.1.3 有效值	34
2.1.4 正弦量的相量表示法	36
2.2 KCL、KVL 及元件伏安关系的相量形式	38
2.2.1 相量运算规则	38
2.2.2 KCL、KVL 的相量形式	38
2.2.3 元件伏安关系的相量形式	39
2.3 正弦交流电路的一般分析方法.....	42
2.3.1 阻抗的串联与并联	42
2.3.2 RLC 串联电路	44
2.3.3 RLC 并联电路	46
2.4 正弦电路的功率	47
2.4.1 二端网络的功率	48
2.4.2 功率因数的提高	49
2.5 电路中的谐振	50
2.5.1 串联电路的谐振	51
2.5.2 并联电路的谐振	52
2.6 三相电路	53
2.6.1 三相电源	53
2.6.2 对称三相电路的计算	55
本章小结	58
习题二	59
第 3 章 磁路和变压器	64
学习要求	64
3.1 磁路	64
3.1.1 磁路的基本物理量	64
3.1.2 磁路的基本定律	66
3.1.3 铁磁材料的磁性能	67
3.1.4 交流铁心线圈电路	69
3.2 变压器	72
3.2.1 变压器的工作原理	72
3.2.2 变压器的使用	76
3.2.3 特殊变压器	77

本章小结	79
习题三	80
第4章 电动机	82
学习要求	82
4.1 三相异步电动机的结构及转动原理	82
4.1.1 三相异步电动机的结构	82
4.1.2 旋转磁场的产生	83
4.1.3 三相异步电动机的转动原理	85
4.2 三相异步电动机的电磁转矩和机械特性	86
4.2.1 三相异步电动机的电路分析	86
4.2.2 三相异步电动机的电磁转矩	87
4.2.3 三相异步电动机的机械特性	88
4.3 三相异步电动机的运行与控制	90
4.3.1 三相异步电动机的起动	90
4.3.2 三相异步电动机的调速	92
4.3.3 三相异步电动机的反转	92
4.3.4 三相异步电动机的制动	93
4.4 三相异步电动机的选择与使用	94
4.4.1 三相异步电动机的铭牌	94
4.4.2 三相异步电动机的选择	96
4.4.3 电动机的安装原则和接地装置	97
4.5 单相异步电动机	98
4.5.1 单相异步电动机的工作原理与特性	98
4.5.2 单相异步电动机的起动	99
4.6 直流电动机	101
4.6.1 直流电动机的结构及分类	102
4.6.2 直流电动机的工作原理和机械特性	104
4.6.3 直流电动机的运行与控制	106
本章小结	107
习题四	108
第5章 继电—接触器控制系统	111
学习要求	111
5.1 常用控制电器	111
5.1.1 手动电器	111
5.1.2 自动电器	113

5.2 三相异步电动机的基本控制电路.....	118
5.2.1 三相异步电动机的简单起停控制.....	118
5.2.2 行程控制	120
5.2.3 时间控制	122
5.3 安全用电	123
5.3.1 触电方式	123
5.3.2 接地与接零	125
本章小结	126
习题五	126
第6章 电工测量	129
学习要求	129
6.1 电工仪表的类型、误差和准确度.....	129
6.1.1 电工仪表的分类	129
6.1.2 电工仪表的误差和准确度	131
6.2 指针式仪表的结构及工作原理.....	132
6.2.1 磁电式仪表	132
6.2.2 电磁式仪表	133
6.2.3 电动式仪表	134
6.3 电流、电压、功率及电能的测量.....	135
6.3.1 电流的测量	135
6.3.2 电压的测量	136
6.3.3 功率的测量	136
6.3.4 电能的测量	138
6.4 电阻的测量	139
6.4.1 万用表	139
6.4.2 兆欧表	142
本章小结	143
习题六	144
第7章 基本放大电路	146
学习要求	146
7.1 半导体二极管	146
7.1.1 PN 结	146
7.1.2 半导体二极管	148
7.1.3 稳压管	150
7.2 半导体三极管	151

7.2.1	三极管的结构及类型	151
7.2.2	电流分配和电流放大作用	151
7.2.3	三极管的特性曲线	152
7.2.4	三极管的主要参数	154
7.3	三极管单管放大电路	155
7.3.1	共发射极基本放大电路的组成和工作原理	155
7.3.2	共发射极基本放大电路的静态分析	155
7.3.3	共发射极基本放大电路的动态分析	157
7.3.4	工作点稳定的放大电路	163
7.3.5	射极输出器	164
7.4	场效应晶体管及其放大电路	167
7.4.1	绝缘栅型场效应管	167
7.4.2	场效应管放大电路	170
7.5	多级放大电路	172
7.5.1	阻容耦合多级放大电路	172
7.5.2	直接耦合多级放大电路	174
7.6	差动放大电路	174
7.6.1	差动放大电路的工作原理	175
7.6.2	差动放大电路的输入输出方式	176
7.7	互补对称功率放大电路	178
7.7.1	功率放大电路的特点及类型	178
7.7.2	互补对称功率放大电路	179
	本章小结	181
	习题七	182
第 8 章	集成运算放大器	189
	学习要求	189
8.1	集成运算放大器简介	189
8.1.1	集成运算放大器的组成	189
8.1.2	集成运放的主要参数及种类	190
8.1.3	集成运放的理想模型	191
8.2	模拟运算电路	192
8.2.1	比例运算电路	192
8.2.2	加法和减法运算电路	194
8.2.3	积分和微分运算电路	196
8.3	放大电路中的负反馈	197

8.3.1	反馈的基本概念	198
8.3.2	负反馈的类型及其判别	199
8.3.3	负反馈对放大器性能的影响	201
8.4	信号处理电路	203
8.4.1	有源滤波器	203
8.4.2	采样保持电路	204
8.4.3	电压比较器	205
8.5	正弦波振荡器	206
8.5.1	自激振荡条件	207
8.5.2	RC 正弦波振荡器	207
	本章小结	209
	习题八	209
第 9 章	直流稳压电源	217
	学习要求	217
9.1	整流电路	217
9.1.1	单相半波整流电路	217
9.1.2	单相桥式整流电路	218
9.2	滤波电路	221
9.2.1	电容滤波电路	221
9.2.2	电感滤波电路	223
9.2.3	复合滤波电路	223
9.3	直流稳压电路	224
9.3.1	并联型稳压电路	224
9.3.2	串联型稳压电路	225
9.3.3	集成稳压器	226
	本章小结	227
	习题九	228
第 10 章	组合逻辑电路	231
	学习要求	231
10.1	数字电路概述	231
10.1.1	数字信号与数字电路	231
10.1.2	数制与编码	232
10.2	逻辑门电路	235
10.2.1	基本逻辑关系及其门电路	235
10.2.2	集成门电路	239

10.3	逻辑函数及其化简	241
10.3.1	逻辑代数的公式和定理	241
10.3.2	逻辑函数的表示方法	243
10.3.3	逻辑函数的化简	244
10.4	组合逻辑电路的分析与设计	245
10.4.1	组合逻辑电路的分析	245
10.4.2	组合逻辑电路的设计	247
10.5	组合逻辑部件	249
10.5.1	加法器	249
10.5.2	数值比较器	251
10.5.3	编码器	252
10.5.4	译码器	256
10.5.5	数据选择器	260
10.5.6	数据分配器	261
	本章小结	262
	习题十	263
第 11 章	时序逻辑电路	271
	学习要求	271
11.1	双稳态触发器	271
11.1.1	基本 RS 触发器	271
11.1.2	同步 RS 触发器	272
11.1.3	主从 JK 触发器	274
11.1.4	触发器逻辑功能的转换	276
11.2	寄存器	277
11.2.1	数码寄存器	277
11.2.2	移位寄存器	277
11.3	计数器	279
11.3.1	二进制计数器	280
11.3.2	十进制计数器	282
11.3.3	N 进制计数器	284
11.4	555 定时器	291
11.4.1	555 定时器的结构和工作原理	291
11.4.2	555 定时器的应用	292
11.5	数/模和模/数转换	297
11.5.1	D/A 转换器	297

11.5.2 A/D 转换器	300
本章小结	302
习题十一	303
部分习题答案	311
参考文献	318