

高等职业学校电子信息类、电气控制类专业系列教材

电工基础

程 周 主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

高等职业学校电子信息类、电气控制类专业系列教材

电 工 基 础

程周 主编



高等教育出版社

内容提要

本书是从 21 世纪高素质劳动者和高等专门人材培养的目标出发,根据教育部最新制订的“高职高专教育电工基础课程基本要求”编写的。

本书对传统内容进行了压缩,加强电工基础在工业生产和日常生活中应用方面的内容,注重提高学生素质和继续学习的能力。主要内容有:学习本书所需要的基本概念、电路的基本理论、电场与电容、磁场与磁路、电磁感应、交流电、单相正弦交流电路与功率、谐振与滤波电路、三相交流电路、电路定理、电路的瞬态等。

本书适用于高职高专学校电类各专业使用。也可作为岗位培训用书。

图书在版编目(CIP)数据

电工基础/程周主编. —北京:高等教育出版社,
2004.7

ISBN 7-04-014924-9

I. 电... II. 程... III. 电工学—高等学校:
技术学校—教材 IV. TM1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 031505 号

策划编辑	韦晓阳	责任编辑	李刚	封面设计	于涛	责任绘图	吴文信
版式设计	张岚	责任校对	胡晓琪	责任印制	朱学忠		

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-82028899

购书热线 010-64054588
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>

经 销 新华书店北京发行所
印 刷 北京京科印刷有限公司

开 本 787×1092 1/16
印 张 12.5
字 数 300 000

版 次 2004 年 7 月第 1 版
印 次 2004 年 7 月北京第 1 次印刷
定 价 15.70 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

前 言

本书是从 21 世纪高素质劳动者和高等专门人才培养的目标出发,根据教育部最新制订的“高职高专教育电工基础课程基本要求”编写的。本书在继承的基础上进行了内容和体系的更新,始终贯穿适当降低深度、扩大知识面和加强应用性。

在本书编写过程中,充分考虑到我国职业教育的特点,广泛吸收国外同类教材的长处,坚持以就业为导向,以职业岗位训练为主体,理论上不坚持所谓系统的完整性,强调知识点为专业技能服务,并在此基础上淡化过细的理论推导过程,适当降低理论高度,注重知识的应用和实践。对一些必要的推导过程,考虑到读者不同的数学基础,作法可不同。对数学不扎实的读者,作者提出合理的建议,跳过这些数学推导直接应用其结论。根据作者多年教学经验,一般来说这对知识点的掌握和理解不会造成很大的影响。

本书内容从结构上,考虑到适应不同层次(高中后、初中后)学生的学习,在编写内容时将知识点分散在不同章节中,以便这两个不同层次的学生选用。另外,为了适应教学体系的改革,特别是学分制的改革,在内容编排上还进行了一些探索,以便教师和学生更大自由度的空间中选用教学内容。

要特别提醒各位教师的是,本书内容是从整个电类专业以及高中后、初中后都适用的角度选取素材,建立知识点网络体系。在使用时务必根据实际情况选用不同内容(例如阅读教材),使本书与各校具体实际相结合,才能起到事半功倍的效果,这一点也是作者的心愿。

本书由安徽职业技术学院程周主编,四川职业技术学院官泳华、安徽职业技术学院周洪颖参编。官泳华编写第三章及第四章的第一、二、三、四、五、六、七、八、十二节,周洪颖编写第六、七章。程周编写概述、第一、二、五、八、九、十、十一章,第四章的第九、十、十一节。全书由程周统稿。

本书由湖南铁道职业技术学院赵承荻主审。主审以严谨的科学态度和高度负责的精神,认真审阅书稿,提出许多宝贵的修改意见,为提高本书的质量起到关键的作用。在此表示衷心的感谢。

由于编者学识和水平有限,对本书中存在的缺点和疏漏,恳请使用本书的教师和其他读者批评指正。联系电子信箱:ahchzh@163.com

程 周
2004. 1

郑 重 声 明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010) 58581897/58581896/58581879

传 真：(010) 82086060

E - mail：dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街 4 号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100011

购书请拨打电话：(010)64014089 64054601 64054588

目 录

概 述	1
第一章 学习本书所需要的基本概念	3
第一节 原子结构	3
阅读材料一 导电材料	4
阅读材料二 绝缘材料	5
第二节 电荷与电流	6
第三节 电压、电位差和电动势	8
阅读材料三 如何产生电动势	9
第四节 电阻、电导与欧姆定律	10
阅读材料四 压敏电阻	12
阅读材料五 与磁场变化有关的电阻	12
第五节 电能与电功率	13
第六节 参考方向	15
第七节 电阻的连接	17
阅读材料六 电阻器	19
习题	21
第二章 电路的基本理论	23
第一节 串联电阻的分压	23
第二节 并联电阻的分流	24
第三节 基尔霍夫定律	26
第四节 理想电压源和理想电流源	29
第五节 实际电压源和实际电流源	30
习题	32
第三章 电场与电容	35
第一节 静电	35
阅读材料七 摩擦起电序列	36
阅读材料八 雷云的产生	36
阅读材料九 静电复印机	37
第二节 电场及电场强度	39
阅读材料十 场——一种特殊形态的物质	39
第三节 静电屏蔽	40

第四节 电容	41
第五节 电容器的类型和额定值	43
阅读材料十一 电容器	44
阅读材料十二 用万用表判断电容器	46
第六节 电容器的连接	47
第七节 电容器中的储能	50
习题	51
第四章 磁场与磁路	53
第一节 磁场和磁感应强度	53
第二节 磁感应线和磁通量	54
第三节 磁通势和磁场强度	56
第四节 磁导率	56
第五节 铁磁材料的磁化曲线	58
阅读材料十三 居里温度及应用	60
第六节 铁磁材料的磁滞回线	60
阅读材料十四 磁畴	61
第七节 磁性材料的分类和磁滞损耗	62
阅读材料十五 磁致伸缩	63
第八节 磁路及磁路欧姆定律	64
第九节 串联磁路	66
第十节 并联磁路	68
第十一节 漏磁通和边缘磁通	69
第十二节 磁屏蔽	70
习题	71
第五章 电磁感应	73
第一节 电磁感应及电磁感应定律	73
第二节 楞次定律和右手定则	75
阅读材料十六 微型直流电动机	77
阅读材料十七 瓦时计的原理	78
第三节 电感	79
第四节 互感及耦合系数	81
阅读材料十八 互感线圈同名端的判别	84
习题	85
第六章 交流电	86
第一节 交流波形	86
阅读材料十九 电波的种类	87
第二节 简单的交流发电机(交流电的产生)	89

第三节 正弦交流电	90
第四节 正弦交流电的有效值和平均值	92
第五节 正弦交流量的旋转矢量	94
第六节 正弦交流量的相加和相减	97
习题	100
第七章 单相正弦交流电路与功率	101
第一节 纯电阻电路	101
第二节 纯电感电路	102
第三节 纯电容电路	104
第四节 电阻与电感串联电路	106
第五节 电阻与电容串联电路	108
阅读材料二十 荧光灯电路	109
第六节 电阻、电感和电容串联电路	111
第七节 纯电阻与纯电感并联电路	114
第八节 纯电阻与纯电容并联电路	115
第九节 电感线圈与电容并联电路	117
第十节 交流电路的功率	119
第十一节 功率因数的校正	126
习题	130
第八章 谐振与滤波电路	133
第一节 串联谐振	133
阅读材料二十一 收音机的调谐电路	137
第二节 并联谐振	138
第三节 滤波电路	141
习题	145
第九章 三相交流电路	147
第一节 三相交流电源	147
第二节 三相负载的连接	149
阅读材料二十二 架空配电线路	155
第三节 三相电功率	156
第四节 三相电功率的测量	158
第五节 二表法测量对称负载的功率因数	160
阅读材料二十三 相序器	162
习题	163
第十章 电路定理	165
第一节 戴维宁定理	165
第二节 诺顿定理	167

第三节	戴维宁定理和诺顿定理的等效变换	168
第四节	叠加定理	169
第五节	电阻性负载的最大功率定理	171
习题		172
第十一章	电路的瞬态	174
第一节	RC 电路的瞬态	174
第二节	RL 电路的瞬态	180
第三节	积分与微分电路	185
习题		188
参考书目		189

概述

学习目标

通过概述学习,学生应能:

了解电工技术所涉及的工作领域。

懂得电工职业的职业道德。

描述电工职业所必备的从业资格。

当你开始这门新课程的学习时,应该知道此时的学习将会涉及到你终身职业的培养,对你今后的职业生涯起着巨大的、不可替代的作用,甚至会影响你的一生。

一、职业与岗位

电工是工业中的一种基础职业,它可以面对很多岗位,因为电工职业涉及的范围很广泛,例如:建筑物中的电气安装,机床电气维护与检修,自动流水线安装与调试,电气设备及装置的故障诊断与维修。

电工作为一种基础职业,个人的能力和技术在这一职业中可以得到充分的承认和丰厚的回报。

在整个电工领域中,电工工作与电工技能及电工理论的联系非常紧密,所以只有经过专门的培训才能从事这一职业。并且,电工知识已逐步渗透到电子领域,随着越来越多的电子设备的广泛应用,电子技术岗位的工作人员必须掌握有关的电工技能,了解有关的电工理论,才能更好地从事电子设备的安装、维护及使用。

总之,电工是一个既充满挑战,又极富魅力的职业,电工的各种岗位为青年提供了极大的施展个人才华的空间。

二、良好的工作环境

电工这一职业既有室内工作也有户外工作,无论哪种工作环境都会使你在工作中感到这是一项令人愉快的一流工作。在这项工作中你能有机会与各种用户接触,在你为他们提供完善服

务的同时,会受到人们的称赞和敬意。显然,这个职业的工作环境和条件都是令人向往的。

三、职业道德

因为电工职业的从业人员担负着建设和维护复杂电气系统的重要职责,所以要求他们应具有高度的责任感——任何的差错都会带来巨大的经济损失,甚至危及人身安全。

对一个优秀电工的判断可以通过其自身工作质量及同事、雇主、公众对他的评价来进行。

一个优秀的电工为自己高质量的工作而骄傲,他应该始终诚实工作,保质保量地完成各项任务,追求在不需要别人监督的情况下独立完成工作。坚持诚信待人和工作。

四、就业机会

随着经济的快速发展,社会需要更多的受过专门训练的电工技术人员。现代化的工厂、日趋发达的第三产业、生活水平迅速提高的农村和农产品加工都需要大量高素质的电工技术人员,为有资格的电工技术人员提供了大量的就业机会。另外,就工业生产设备中不断增多的电子设备的应用也显示出对电工技术人员日益增长的需求。

作为电工会有很多的就业机会,例如电气设备安装、电机运行与检修、电力电子技术、自动控制系统等。随着人类文明的发展和社会需求的增长,必定会不断出现许多新的就业机会。

五、必须具备的从业资格

作为电工职业的从业人员,必须具备相关的理论与技术水平、身体素质和道德品质。

学习本课程应该具备工作所需要的基础知识(例如数学知识),理解电工技术中一些重要、必需的公式和定理。理解电工、电子设备的工作原理,掌握各种具体的操作技术。随着社会、科学技术的发展,还应该不断提高自己的职业水平,以适应社会不断发展的需要。

电工从业人员应有健康的体魄,因为他们在工作中需要进行操作、攀登等体力活动,这也是该行业的特点之一。

电工从业人员应喜欢电工职业,乐意与电气设备打交道,并且对基础理论有兴趣;道德品质要高尚;要有协作精神,以便和同事配合共同完成工作;要有主见,能够独立完成工作;对工作充满热情,既要适应室内工作,还要愿意进行一些电工职业所从事的体力劳动。

第一章

学习本书所需要的基本概念

第一节 原子结构

学习目标

通过本节学习,学生应能:

描述原子结构。

解释导体、绝缘体和半导体。

区分日常生活中的导体、绝缘体和半导体。

一、原子

构成物质(元素)的微小粒子(成分)称为原子,原子结构如图1-1所示。原子是由原子核(质子和中子)和电子组成的,其结构就如同太阳系中一系列行星以太阳为中心旋转。中子、质子和电子就电工技术领域而言,其主要差别在于它们的相对尺寸和所携带的电荷。

二、质子和中子

质子和中子组成原子核,质子携带正电荷并吸引电子轨道上的电子,原子质量是电子质量的1 840 倍。中子不带电,其质量与质子相当。

三、电子

原子中有一个或多个电子绕原子核旋转。电子带负电,其质量比质子小得多,在一般情况下可以忽略不计。原子中电子数量与质

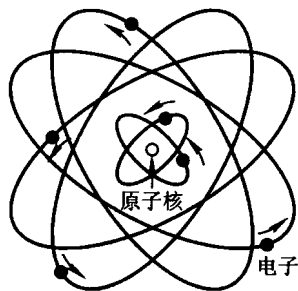


图 1-1 碳的原子结构

子的数量一样。正是由于原子具有相同数量的质子(带正电)和电子(带负电),所以其带电荷的总和为零。

在原子结构中,比较重的质子(和中子)集中在原子核的中心(原子核内),比较灵活的电子绕原子在层(又称能带)中沿轨道旋转。电工技术与理论感兴趣的是最外层电子,因为这些电子受原子核的束缚力较弱,它们很容易脱离原子而在电路中“流”动。

四、导体

金属通常都是导体。导体对电流呈现的阻力较小,这是因为导体中的电子轨道层数重叠,在最外层的电子容易转移。

从导电角度来看,银是最好的,但从价格及机械性能等方面来考虑,通常用铜,其次是铝或它们的合金。

五、绝缘体

非金属材料通常是绝缘体(例如玻璃和塑料)。绝缘体对电流呈现很大的阻力,有一种理论解释是绝缘体原子的外层电子轨道不重叠,电子受原子核的束缚力较强,电子转移困难。

为了电气及电子设备的安全,使其实现预期的功能,必须采用适合不同情况及用途的绝缘材料。绝缘材料对有效安全用电起着非常重要的作用。另外,由于绝缘体材料具有介电性质,所以还可以用作电容器的电介质。

六、半导体

目前半导体材料主要是硅、锗、硒等。就导电基本性能来说,半导体的电阻介于导体和绝缘体之间。从原子结构上看,半导体最外层电子数为4个,其电子受原子核的束缚力及电子转移的情况介于导体和绝缘体之间。

半导体与一般金属相反,随着温度升高,电阻率将减少。另外,一旦有光照射或混入杂质,其导电性能会大幅度提高。除此之外,还有许多特征,如在外部刺激(电、热、光、磁、压力等)作用下,其电气特性会有很大变化,正是利用这些性质,半导体被广泛使用在电子技术中并起着特殊作用。



阅读材料一 导电材料

导电材料在电气和电子工业技术中起着特别重要的作用,几种重要的导电材料见表1-1。由于微量的杂质影响,便能大大地降低它们的导电性能,所以要将它们提炼成尽可能高的纯度。

表 1-1 几种重要的导电材料

材料名称	特 性	应 用
铜	导电和导热性能位居第二,较软,易变形(轧制和延伸),可切削性差。在冷却成型后易碎裂,而退火后重新变软 在潮湿的空气中会生成铜绿,但铜绿可以防止其他的腐蚀	电解铜作为导体应用于导线、线圈和印制电路中。用作输电线和汇流母线。用作导热体:如半导体器件的散热器、烙铁头、散热管。用于制造开关的触点

续表

材料名称	特 性	应 用
铝	是较好的导电和导热材料。铝在空气中会形成一层具有一定密度、导电性能极差的氧化层,此氧化层可保护铝不再受到其他的腐蚀 抗拉强度弱,易于加工,能承受弱碱的腐蚀	作为导体用于汇流母线和架空输电线以及集成电路中。可作为电缆外套、电容器薄膜、外壳、天线的板材、半导体器件的散热器
银	是最好的导电和导热材料。耐腐蚀,较软,氧化层导电,易被硫化 与铜、铂、铱、钯或镉组成的合金具有特别的性能(硬度高、耐电弧等)	用于高频电子技术中作导体。作继电器及接触器的触点、双金属片触点、汽车闪光灯信号接触片
金	化学性能稳定、较软、延伸性好	在集成电路中用作触点和引出端连接
铜锌合金 (黄铜)	抗拉强度大于铜,含铜量为 56% ~ 95%。具有较大的韧性	用来制造螺钉、接线夹、铆钉、插座以及开关中的触点
铜锡合金 (锡青铜)	有较大的抗拉强度,含铜量为 80% ~ 98%。耐腐蚀性好	用作触点弹簧
铝合金	铝与铜、锰、硅、镁组成的合金,有很好的铸造和锻造性能,易被加工切削	用作室外架空线、导线、汇流母线、铝质螺钉、仪器外壳、笼型电机的转子



阅读材料二 绝缘材料

绝缘材料分为天然材料和塑料两类,其特性及应用见表 1-2。

表 1-2 绝缘材料(选列)的特性及应用

材料名称			特 性	应 用
天然材料	纯天然物	云母	弹性柔韧的矿石,耐高温,透明,不透水	电容器中的介质材料。大功率半导体器件的绝缘片
		石英	较好的导热体,能通过氧化形成氧化薄层	在熔断器中用来消除电火花。在集成电路中用作绝缘
	经加工的	玻璃	由石英矿砂构成,坚硬,脆性大,不透水	用作灯泡、电子管、二极管的外壳及绝缘子,薄膜电路的基片、光导纤维。印制电路的胶木板
		陶瓷	较好的绝缘体,耐电弧,不透水,耐高温,耐化学腐蚀,耐老化	用作大功率半导体的绝缘体、外壳。用作薄膜电路的基片。用作开关及电源插座的附件。用作电介质及电阻器

续表

材料名称			特 性	应 用
塑料	热塑性塑料	聚氯乙烯	耐碱、盐、稀酸、油和汽油,不易燃。本质坚硬。采用增塑剂能使其变软且增加弹性	用作导线的绝缘、绝缘软管、伸缩软管、管材黏合带
		聚苯乙烯	在纯净的状态时呈透明色,脆性大,易燃	在高频技术中用作线圈骨架、接线板、绝缘薄膜和导线绝缘子
		聚乙烯	电气性能几乎与温度无关,化学性能稳定,不吸水,易燃	用于天线馈线的绝缘,用作绝缘薄膜、包装用薄膜、导线护管、电缆护套
	热固性塑料	环氧树脂	具韧性,耐化学腐蚀,电气性能相当好,耐热	作为树脂:浇铸树脂、黏合树脂、树脂清漆、用于线圈、变压器的绝缘浇铸作为层压塑料;胶木板作为模压塑料材料;开关部件、外壳

第二节 电荷与电流

学习目标

通过本节学习,学生应能:

描述电荷间的相互作用。

解释电荷与电流的关系及电流强度。

描述电流的类型,大致说明其应用场合。

一、电荷

如果一个物体能吸引轻小物体,说明这个物体带有电荷。带有电荷的物体之间有力的作用,带有同种电荷的两个物体(都带正电荷或都带负电荷)相互排斥,带有异种电荷的两个物体相互吸引。

由于某种原因(例如摩擦),失去电子的分子或原子就带上正电荷,得到电子的一方就带负电荷。

电荷用 Q 表示,其单位为库,符号为 C。一个电子携带非常少的电荷,其值为 $-1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$ 。

二、电流

电流是单位时间内通过导体横截面的电荷,用 I 表示,单位为安(符号为 A)。1 A 电流表示电路中每秒钟通过 6×10^{18} 个电子。单位时间内通过电路中某一横截面的电子数目越多,电流就越大。电荷、电流和时间关系为

$$Q = It$$

式中, I 为电流,单位为安(A); Q 为电荷,单位为库(C); t 为时间,单位为秒(s)。

例 1-1 在 2 min 内通过电路的电流为 2 A,求通过电路的电荷。

解 总时间 $t = 2 \times 60 \text{ s} = 120 \text{ s}$, 则通过电路的电荷为

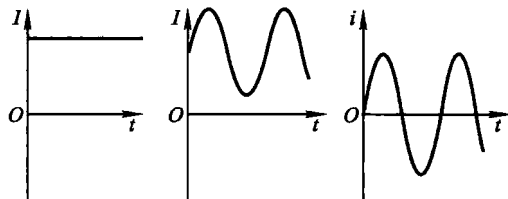
$$Q = It = 2 \times 120 \text{ C} = 240 \text{ C}$$

导体中电流的形成是由于导体中的每个电子,在电池或发电机施加电的压力(电压)给导体时,被迫沿着导体长度方向做定向移动,因此就形成了电流。

电流可以由几种方法来测量,其中较简单的是使用电流表测量,电流表必须串联在被测电路中。

三、电流的类型

电流的类型一般有三类,其波形如图 1-2 所示。



(a) 直流电流 (b) 脉动直流电流 (c) 交流电流

图 1-2 电流的类型

1. 直流电流

直流电流仅在一个方向上流动,即电流是单向的。其波形如图 1-2(a) 所示。电池的电流即属于这种类型。

2. 脉动直流电流

脉动直流电流的特点是,电流的方向不变,电流的大小随时间做周期性的变化。其波形如图 1-2(b) 所示。某些蓄电池充电电流即属于这种类型。

3. 交流电流

交流电流的方向和大小都随时间作周期性变化,即电流是交变的。其波形如图 1-2(c) 所示。日常生活中家用电器及照明使用的电流即属于这种类型。

第三节 电压、电位差和电动势

学习目标

通过本节学习,学生应能:

解释电压、电位差和电动势。

描述电压和电位差的相同点和不同点。

说明电流、电压和电动势的相互关系。

一、电压 U

电压是引起电路中电流流动的“位能”,或者说电流产生的条件是电路闭合并且有电源产生电的压力,这个电的压力就是电压。电压的单位是伏(V)。

测量电压大小的仪器为电压表,电压表必须并联在被测电路两端。

二、电位差

电路中某点与参考点(零电位点)之间的电压称为电位,某两点之间的电位差值称为电位差,可见电位差就是电压。电位的单位与电压一样是伏(V)。

三、电动势

简单地说电动势是电路中产生电流的力。电动势可以由包括化学(蓄电池)、磁(发电机)、热(热偶元件)、光(光电器件)、机械压力(石英晶体)在内的许多效应产生。电动势的单位是伏(V)。

四、电流、电压与电动势之间的关系

为了便于说明电流、电压与电动势之间的关系,我们用水流、水压差和水位构成的水路,来对照描述电路中这几个量之间的关系。

在图 1-3 中,水之所以从水槽 A 流向水槽 B,是因为存在着 A 的水位 H_A 和 B 的水位 H_B 之差 $H_A - H_B$ 而产生的压力。所谓水压,是指水槽 A 和 B 中的水高度相对于作为基准的某一位置而言的。

电的情况与水相似,将某一点相对于某一基准的电的“压力”称为电位。这里指的某一基准一般为大地或电源的负极,称为“地”。在图 1-4 中,设电池 A 点的电位为 V_A , B 的电位为 V_B ,则由于电位差 $V_A - V_B$ 的所谓的“压力”作用下,电路中有电流(电荷)流过。这种电位之差称为