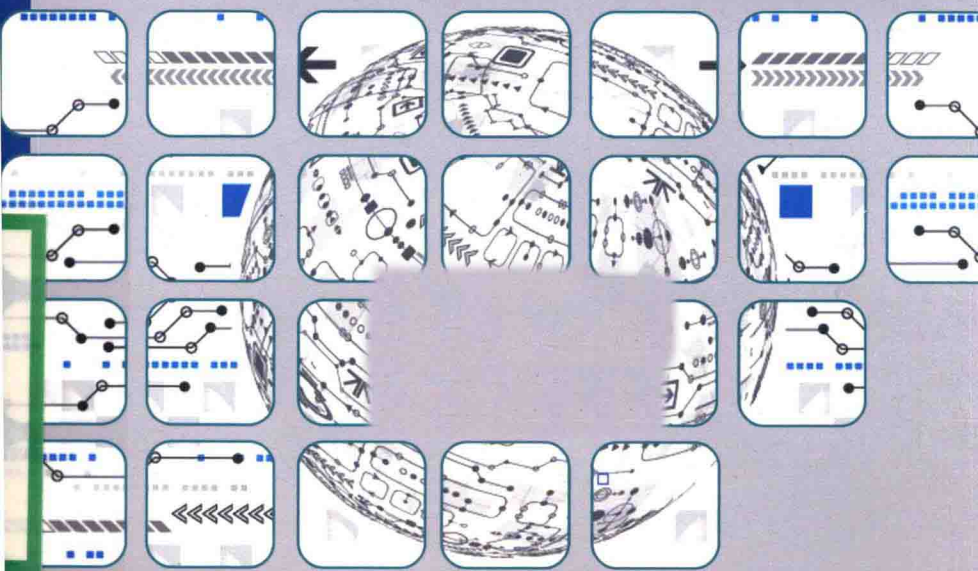


电气自动化工程

冯景文 著



光明日报出版社

电气自动化工程

冯景文 著

光明日报出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

电气自动化工程 / 冯景文著. -- 北京: 光明日报出版社, 2016.6

ISBN 978-7-5194-0784-1

I. ①电… II. ①冯… III. ①电气工程—自动化技术
IV. ① TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 112236 号

电气自动化工程

著 者: 冯景文

责任编辑: 李 娟

封面设计: 信利文化

责任校对: 邓 贝

责任印制: 曹 净

出版发行: 光明日报出版社

地 址: 北京市东城区珠市口东大街 5 号, 100062

电 话: 010-67022197 (咨询), 67078870 (发行), 67019571 (邮购)

传 真: 010-67078227, 67078255

网 址: <http://book.gmw.cn>

E-mail: gmcbs@gmw.cn lijuan@gmw.cn

法律顾问: 北京德恒律师事务所龚柳方律师

印 刷: 永清晔盛亚胶印有限公司

装 订: 永清晔盛亚胶印有限公司

本书如有破损、缺页、装订错误, 请与本社联系调换

开 本: 889×1194 1/32

字 数: 200千字

印 张: 9.5

版 次: 2016年8月第1版

印 次: 2016年8月第1次印刷

书 号: ISBN 978-7-5194-0784-1

定 价: 45.00 元

版权所有 翻印必究

前 言

电气自动化工程包括电气工程、电力系统、电器系统、电工电子技术、自动控制、微机原理与应用以及智能化电气原理与应用，涉及到机械、电子、电力、冶金、建筑、建材、化工、军工、汽车、环保、农林、矿业等各类工业和民用的方方面面的自动化工程。

《电气自动化工程》共分八章：（1）概述，主要介绍电气自动化工程的发展历史，现状以及发展趋势；（2）电气工程及其自动化，主要介绍了电气工程基础，发展历史，现状以及发展趋势和电气自动化的应用；（3）电力系统及其自动化，主要介绍了电力系统及其自动化的发展历史，现状以及发展趋势和应用；（4）自动控制原理与应用，主要介绍了自动控制的发展历史，现状以及发展趋势，并对自动控制在电气自动化工程中的应用做了详细的介绍；（5）计算机的发展与应用，主要介绍了计算机的发展历史，现状以及发展趋势，并且详细介绍了计算机在电气自动化工程中的应用；（6）PLC 可编程逻辑控制器，主要介绍了 PLC 可编程逻辑控制器的发展历史，现状以及发展趋势和 PLC 可编程逻辑控制器在电气自动化工程中的应用；（7）点起至动画工程中的智能化，主要介绍了智能化技术的基本知识以及智能化技术在电气自动化工程中的应用；（8）电气自动化工程的应用，主要介绍了电气自动化控制系统的设计，应用以及电气自动化在工业、冶金、电力系统、军事、航天等国防民生方面的应用。

本书适合对电气自动化工程感兴趣，想对我国电气自动化工程有所了解的初学者使用，同时也可用作电气自动化工程的资料用书。通过本书的学习，可以对电气自动化工程所涵盖的内容、发展状态及其在国防民生中的作用有所了解。

由于编者水平有限，书中难免有不足和错漏之处，敬请批评指正！

目 录

| | |
|-----------------------|------------|
| 第一章 概述 | 1 |
| 第一节 电气自动化工程的发展历史 | 1 |
| 第二节 电气自动化工程的现状 | 3 |
| 第三节 电气自动化工程的前景 | 6 |
| 第二章 电气工程及其自动化 | 8 |
| 第一节 电气工程概述 | 8 |
| 第二节 电气工程基础理论 | 10 |
| 第三节 电机 | 63 |
| 第四节 电气工程及其自动化 | 94 |
| 第三章 电力系统及其自动化 | 100 |
| 第一节 电力系统 | 100 |
| 第二节 电力系统的安全性及防治措施 | 121 |
| 第四章 自动控制原理与应用 | 131 |
| 第一节 概述 | 131 |
| 第二节 自动控制系统 | 135 |
| 第三节 自动化控制系统的网络结构和网络通讯 | 146 |
| 第四节 自动化控制系统中的抗干扰措施 | 148 |
| 第五节 工业以太网在自动控制中的应用 | 150 |
| 第五章 计算机的发展与应用 | 161 |
| 第一节 计算机的发展历程 | 161 |

| | | |
|------------|------------------------|------------|
| 第二节 | 计算机 | 165 |
| 第三节 | 计算机编程 | 182 |
| 第四节 | 计算机辅助系统 | 185 |
| 第五节 | 计算机辅助制造 | 188 |
| 第六节 | 计算机与工业控制 | 199 |
| 第七节 | 嵌入式系统 | 201 |
| 第八节 | 计算机的应用 | 202 |
| 第九节 | 计算机的发展趋势与前景 | 205 |
| 第六章 | PLC 可编程逻辑控制器 | 210 |
| 第一节 | PLC 可编程逻辑控制器的发展 | 210 |
| 第二节 | PLC 可编程逻辑控制器 | 211 |
| 第三节 | PLC 可编程逻辑控制器的系统集成与选型规则 | 215 |
| 第四节 | PLC 可编程逻辑控制器型号的选择 | 221 |
| 第五节 | PLC 编程 | 223 |
| 第六节 | PLC 的应用领域 | 231 |
| 第七节 | PLC 的发展趋势 | 233 |
| 第七章 | 电气自动化工程中的智能化 | 239 |
| 第一节 | 概述 | 239 |
| 第二节 | 智能化技术的特点和趋势 | 239 |
| 第三节 | 智能化电气的应用 | 240 |
| 第四节 | 电器智能化 | 241 |
| 第八章 | 电气自动化工程的应用 | 251 |
| 第一节 | 工业自动化 | 251 |
| 第二节 | 电力系统自动化 | 268 |
| 第三节 | 冶金工业自动化 | 271 |

| | | |
|-----|-----------------------------|-----|
| 第四节 | 人工智能在航天领域的应用 | 279 |
| 第五节 | 军事自动化——自动化技术在现代军事 领域中的应用 | 283 |
| 第六节 | 其他应用 | 288 |

第一章 概述

电气自动化工程是电气信息领域的一门新兴学科，也是一门专业性很强的学科，主要研究在工程中如何对电进行管理。它的研究内容主要涉及工程中的供电设计、自动控制、电子技术、运行管理、信息处理与计算机控制等技术，是一门综合性较强的学科。

电气自动化工程专业在很多领域均有广泛的应用，小到日常生活中的电灯、开关，大到航空航天器材、国防军事设备。从专业的要求上来说，自动控制理论和电网理论是基础，电力电子技术、计算机技术为其主要技术手段，电力电子与电力传动、电力系统及其自动化、高电压与绝缘技术、电机与电器及其控制为其主要内容，该专业的特点在于点在于“四个结合”，即强电和弱电结合，电工技术和电子技术结合，软件和硬件结合，元件和系统结合，是一种涉及多种方面的、综合性很强的学科。

通过本专业的学习，可以了解国家供电部门是如何构架电力网络系统、如何将电输送给企业和家庭，大型施工工程如何保障电力系统畅通等内容。通过实践，不仅可以掌握电工理论、电子技术、自控控制、信息处理等方面的专业知识，还可以得到很好的工程实验基础训练，获得解决电气工程类问题的基本能力，也将具备科学研究、科技开发和组织管理的实际工作能力。

第一节 电气自动化工程的发展历史

希腊学者米利都是最早对电有认识的人，他观察用布摩擦琥珀后，会吸引如羽毛等轻小的东西。但是最早对静电有系统和科学的研究则是从17世纪开始的。17世纪的英国医生吉尔伯特所著的书中，对“电”进行了最早的论述，英语“E-lectric”一词即起源于希腊语“Electrica”

和拉丁语“Electrum”。随后，英国人格雷发现了电的导体和绝缘体。法国人杜菲在众多实验中发现，几乎所有物质都可以摩擦生电，并且他更仔细地发现，所产生的电有两种，带有异种电者会相互吸引，带有同种电者会相互排斥。

18世纪美国人富兰克林用“风筝实验”证明了电的存在。19世纪上半叶，安培发现电流的磁效应、法拉第发现电磁感应定律。19世纪下半叶，电磁理论集大成者麦克斯韦的理论为电气工程奠定了基础。

19世纪末到20世纪初，西方国家的大学陆续设置了电气工程专业。1908年，南洋大学堂（交通大学前身）设置了电机专科，这是我国大学最早的电气工程专业，至今已有一个世纪。1920年，东南大学设置了电机工程系。1932年，清华大学设置了电机系。1949年后，我国出现了一大批以工科为主的多科性大学，也出现了一批机电学院，这些学院基本上都有电机工程系。1958年，在北京电力学校的基础上成立了北京电力学院，当时的电力工程系设有“发电厂电网及电力系统专业”、“高压电技术专业”等，它们就是现在的“电气工程及其自动化专业”的前身。1961年，哈尔滨工业大学的发电教研室部分教师和学生并入北京电力学院，充实了该专业的力量。1961至1962年，哈尔滨工业大学又有发电、高压和电自三个专业的10名研究生转入北京电力学院，开启了研究生培养的先河。1977年，恢复高考后，大部分学校的“电机工程系”陆续改为“电气工程系”。1986年，国务院批准“电力系统及自动化”为博士学位授权学科。1988年，我国高校进行了大规模专业目录调整，将电工类专业和电子与信息类专业和电子与信息类专业合并为“电气信息类”，专业数大大减少，专业口径大大拓宽。1986年，国务院批准“电力系统及其自动化”为博士学位授权学科。1994年，电力系统及其自动化学科的学术带头人杨奇逊教授被遴选为中国工程院首批院士。1995年，华北电力学院“电力系统及其自动化”学科被批准为博士学位授予点，同年华北电力大学成立。1998年，华北电力大学电力系统及其自动化学科被批准为博士学位授权一级学科。2002年，“电力系统及其自动化”学科被评为国家级重点学科。2003年，“电力系统及其自动化”学科博士后流动站获得批准，通过“211工程”验收。2004年“高电压

与电磁兼容北京市重点实验室”挂牌。2006年“电力系统保护与动态安全监控教育部重点实验室”正式评审通过。

第二节 电气自动化工程的现状

当前,我国电气工程及其自动化已经取得了长足的发展,逐步实现了由多岛自动化向系统集成进行转变,新型的系统集成化的电气工程自动化成功实现了通道共用、功能互补、信息共享,弥补了多岛自动化的互不连接、功能单一和信息独享的不足。透过计算机的模拟操作,能够对电力系统的运行状况进行判断和监控,从而达到精密有效的控制。目前,PC技术和网络手段已经慢慢地渗透到工商管理中了,采用PC的人机界面可以灵活地、直观地掌握数据的动态运动。在传统的测量仪表中放置微处理器,就可以让原始的数据设备具备数字通信和计算的现代化功能,大大地优化工作的效率和工作方式,并且极大地节约生产成本。再使用总线将数个测量控制仪表相互连接,遵循规范公开的通信协议,将远程监控计算机与仪表及微机化测量控制设备相互连接起来,完成信息与数据传输交换程序,建立实际性的自动控制系统。

1.2.1 电气自动化工程的发展现状

电气自动化工程学科自成立至今,已逾两个多世纪,电气工程学科的发展已日趋精细化。电气自动化工程的延伸学科包括:电力电子与电力传动、电力系统及其自动化、高电压与绝缘技术、电机与电器及其控制。随着电力电子器件的发展,电力电子技术经历了由电器件、半导体器件、集成电路、到超大规模集成电路的变革,电力电子与电力传动广泛应用于电能变换、钢铁、冶金、电力牵引、船舶推进等领域;电机与电器及其控制主要研究步进电机、无刷励磁直流电机、感应同步器等特种电机的控制、调速,在电机驱动方面,如电动汽车、高性能可靠电机等领域有较好的发展前景;电力系统及其自动化作为电气工程及其自动化的另一个延伸学科也获得了长足的发展。

21世纪是知识与科技的时代,科学技术作为第一生产力在社会发展中起着核心作用。无论是国家的进步还是个人的发展,只有依靠科技的进步和知识的力量,才能立足于世界,在社会中谋得一席之地。近年来,

随着科技的不断更新和发展,电气工程及其自动化的技术平台也取得了长足的发展,电气设备的设计周期越来越短,设备工作效率越来越高。PLC 工业控制技术、单片机技术等计算机技术使电气工程学科涉足更多领域,使工业控制更加精益化、智能化。

电气自动化工程在电力系统中的应用。电网调度自动化主要通过安全分析与对策提出(SA)、数据采集与安全监控(SCADA)和自动发电控制(AGC)与经济调度控制(EDC)三个手段来实现对电网安全经济运行调整。发电厂自动化系统主要包括了动力机械自动控制、自动发电量控制系统(AGC)和自动电压控制系统(AVC)系统。发电厂自动化系统能自动对发电厂进行自动检测、电能预估、调节、监视和管理,提高发电厂运行效率。变电站综合自动化系统的5个子系统包括控制系统、继电保护系统,电压、无功综合控制子系统、通信子系统和低频减负荷控制及备用电源自动投入子系统。通过计算机硬件系统或者自动化装置,代替人工进行各种运行作业,提高变电站运行水平和管理水平的自动化系统。配电系统自动化的主要功能是降低电网的损耗、监控配电网的运行状况、优化配电网的运行方式、提高配电网设备自身的可靠性运行能力,以及减轻了运行人员的劳动强度和维护费用。

我国电气自动化形成了平台开放式的发展模式。个人计算机的发展逐渐改变了人们原有的生活方式。但是个人计算机系统不仅仅对人民的生活方式进行了改造,在社会生产层面也产生了重要的作用。基于个人计算机系统的技术,电气自动化领域对于操作系统进行了进一步的改进,系统操作界面更加灵活。

目前,企业对实施生产线电气自动化的方式主要在原有的测控仪表内部插入相关电子微处理器,经过插入电子芯片处理器的测控仪器表就能够对数据进行计算和运输。不同的设备生产厂家对设备内部精密信息的处理各不相同,这就导致了不同的设备由于各自标准不一而无法进行信息的交流和共享。为了妥善解决这一问题,开放式平台发展模式应运而生。

电子技术与机械生产相结合。目前,我国的电气自动化普遍应用于企业生产流水线,对生产所用的机械设备进行精密的控制,并对生产过程中的相关数据进行精确的记录。由于电子技术具有人力操作不可比

拟的优越性，越来越多的企业将其余机械生产相结合，目的在于提高机械产品的优越性。应用电子技术的机械设备在生产产品的质量、技术指导等方面远远超过了传统的人力操作机械。

1.2.2 电气自动化工程发展面临的问题

电气自动化工程是工业发展不可或缺的一种技术。随着社会的发展，商业间的交流越来越多，交易也越来越复杂，商业和工业的发展带动了经济的腾飞，从而促进了科学技术的进步，反过来也使电气工程及其自动化技术得到更进一步的发展。但是电气工程及其自动化技术在发展过程中仍然面临着一些困难与挑战。

①现阶段的电气工程及其自动化的建设没有针对性，面对各个不同的企业的实际需要，在现有的技术成果上再逐个进行针对性的设计不但使成本增加，对于电气设备的设计、运行、调试、使用也增加了不必要的困难，加大了人力、物力的投入，最终使工程的总成本增加，没有达到企业成本控制最优化的目标，给企业造成了一定的损失。

②现今社会是一个讲求效率的社会，在保证质量的前提下提高效率，加快社会发展的步伐是时代的迫切需求。面对不同的对象进行不同的设计，要力争做到操作方法简便易懂，更容易让人接受，使每个企业在缺乏或者没有相应的专业技术人员时也可以安全地进行操控，这样的电气工程及其自动化的设计才能体现出其自动化的成功性。

③电气工程及其自动化专业的发展为人民生活带来了巨大便利，与此同时也给环境造成了巨大污染。如何发展低能耗、高效、无污染的电气设备，也是电气工程及其自动化学科的热点话题。

④网络结构的多样化，对电气工程及其自动化产品造成了一定的影响，这是电气工程及其自动化发展与建设过程中不可忽视的问题。电气工程及其自动化现在普遍应用于商业中，而在商业用途中数据传输是非常重要的，既要求数据传输的准确，更要求信息传输的安全。电气工程及其自动化在数据传输方面还是存在一定问题的：在不同企业等商家制造的硬件和软件等产品在信息交换的过程中，受开发商程序接口不同的影响，给数据之间的传输和通信造成了一定的困难，从而增加了电气工程及其自动化数据通信的困难。

面对当代电气自动化工程的发展现状所面临的困难，在开发设计电

气工程及其自动化系统时,要以正确的思想为指导,要充分了解所涉及行业的信息与需求,再进行科学的规划、实施与运行,从而将成本控制在合理的范围内;网络结构是电气工程及其自动化系统中最为重要的部分,通过网络可以实现生产企业中的设备控制系统、技术监管系统、企业管理系统等各个系统之间数据的高效、快捷、安全的交换。通用的网络结构还可以对中心控制系统及其它通信管理系统进行网络资源的配置,可以使信息及时正确地传输,做到真正的网络结构互通。

1.2.3 电气工程及其自动化专业的人才培养

电气自动化工程的快速发展使之在各个领域都广泛使用,这就需要更多电气工程专业领域人才,对于电气工程专业人才的培养也日趋严格。电气工程专业人才应具有以下几方面的素质:首先具有扎实的数学、物理基础,掌握电磁基础理论、高等数学、矩阵理论等电气工程专业必须的理论基础;其次需要掌握电工理论、电子技术、自动控制理论、电机学等电气工程必须的专业知识;还应具有实际操作动手能力,做到理论与实践相结合,能通过实践理解和验证理论知识的正确性、完备性;最后应具备较高的工作适应能力和团队沟通、协作能力。

总之,电气自动化工程研究领域包括电能的产生、传输、转换、使用和存储。电气自动化工程学科的长足发展逐渐使电能成为利用最多、应用最为方便的能源。因此,以电能为研究对象的电气工程及其自动化学科有着广泛的发展前景和巨大的生命力。虽然电力工业使人类不可逆转地进入了伟大的电气化时代,但是在发展过程中仍然存在各种问题,但是我们相信随着社会不断进步,电气自动化工程一定会构建出一个完善的系统,成为我国构建社会主义现代化、工业化的助推器。

第三节 电气自动化工程的前景

虽然我国在电气工程自动化领域已经取得了长足的发展和进步,但相比于起步早、技术较为成熟的国外电气自动化技术,我国的电气工程化的发展还处于相对落后的阶段,特别是部分高端核心技术还掌握在欧美发达国家的手中。所以,我国的电气工程及其自动化技术未来的发展方向还是要集中在技术的研发上。掌握研发技术的核心部分,实现

知识产权的自主化。

提高科研人员和操作人员的整体素质。科学技术的发展离不开人，只有拥有一支优秀的科研队伍，才能保证我国的电气工程及其自动化技术在世界竞争的浪潮中 立于不败之地。操作人员的技术水平也是影响电气自动化设备正常运行的关键。部分操作人员由于没有经过专业的技术培训，对电气自动化的设备使用不当，在一定程度上也制约了我国电气工程及其自动化技术的发展。

实现数字化与自动化的有机结合。电气自动化和信息技术的结合所产生的典型代表形式为数字化技术。这是一种富含自动化创新经验，并且有效实现信息动态、高分辨率表现的重要措施。将这些信息与地球空间信息整合，建立一个科学精确的数字化地球，将各种信息存储在计算机系统内，与网络有机结合。

电气自动化系统结构通用化。电气的自动化系统结构自身的通用性，对于一个高稳定性的电气自动化的控制系统来说是极为重要的，极大地保障了企业网络结构内的计算机监控系统、计算机控制系统、企业管理系统这几者之间的数据传输工作的通畅性。企业内部的管理层人员也可以通过外界互联网，对实地的生产设备现状 进行监督。在对自动化系统进行网络规划的过程中，要充分保证与整个自动化生产线处在一个系统的通讯范围内。

电气自动化工程的应用范围不再局限于单纯的电力工程系统体系，而是更加广泛地融入人类生产活动中。例如企业的综合性自动化系统、交通控制自动化系统、经济管理自动化控制系统都将投入运行中。自动化将在更大程度上匹配当今社会飞快发展的速度，在最大程度上实现拟人化。

第二章 电气工程及其自动化

电气工程及其自动化涉及电力电子技术, 计算机技术, 电机电器技术信息与网络控制技术, 机电一体化技术等诸多领域, 是一门综合性较强的学科, 其主要特点是强弱电结合, 机电结合, 软硬件结合, 电工技术与电子技术相结合, 元件与系统相结合。电气自动化工程涵盖国防民生的方方面面, 在国防民生的各个领域全面实现自动化以提高生产效率, 改善生产条件。

第一节 电气工程概述

电气工程 (Electrical Engineering), 简称 EE, 更是当今高新技术电气工程领域中不可或缺的关键学科。例如正是电子技术的巨大进步才推动了以计算机网络为基础的信息时代的到来, 并将改变人类的生活工作模式。电气工程的发展前景同样很有潜力, 使得当今的学生就业率一直传统的电气工程定义为用于创造产生电气与电子系统的有关学科的总和。电气系统所在领域是一个充满希望且具有挑战性的领域。说电气系统属于工程专业, 是因为工程学的挑战在于要设计所有电路系统, 并把它们聚类成一个整体。Cyber-physics system 是最有代表性的前沿电路系统, 包括物联网、普适计算、传感器。此定义本已经十分宽泛, 但随着科学技术的飞速发展, 21 世纪的电气工程概念已经远远超出上述定义的范畴, 斯坦福大学教授指出: 今天的电气工程涵盖了几乎所有与电子、光子有关的工程行为。

电子设备要达到所要求的指标, 首要的就是配备一个稳定、优越的电源, 在一些专业要求更高的系统中, 对电源的要求更高。可以说, 电源技术的发展和创新将直接推动电器、电力技术的发展, 电源技术在

电气技术发展起着举足轻重的作用。最方便的、最经济的电能来源是取自电网的交流电，但电子线路需要的常是直流电源，将交流电转换成直流电，对于要求不高的电子产品，可以直接使用。但简单的直流电源的输出电压不稳定，电源电压随着电网电压的变化或负载的变化而变化，这必然会影响电子线路的性能，经整流得到的直流电压，虽经滤波，交流成分仍然较大。所以，在要求高的电子产品中，必须采用直流稳压电源。随着微型计算机特别是单片机的不断发展，其档次不断提高，功能越来越强。它将冲击着人类的方方面面，使其应用领域不断扩大，广泛应用于工业测控、尖端科学、智能仪器仪表、日用家电等领域中。目前，单片机在工业测控领域中已占重要地位。

单片机在智能仪器仪表、机电一体化产品和自动控制系统中应用愈来愈广，很多老式仪表设备在进行升级换代的改造中都将采用单片机作为首选方案。各电气厂商、机电行业和测控企业都把单片机作为本部门产品更新换代、产品智能化的重要工具。通过比较利用单片机控制系统来完成系统的检测与校正，在完成功能相同的条件下，可大大简化系统的硬件电路、节约大量的资金与原材料，并且采用模块化的硬件电路，既可实现系统的要求，又可提高系统的检修效率。系统的灵活性也大大提高，总之，广泛的应用微处理器已是时代潮流，因此，用单片机微型计算机控制系统能跟上时代潮流。单片机对工业生产的影响是有目共睹的，在单片机技术发展起来的同时，电气行业开始了一场轰轰烈烈的微机革命。其带动了各类家电和仪器仪表的微型化、智能化，现在流行的所谓人性化科技，就是在单片微机的控制上，形成的远程控制、现场总线实时控制等新技术。而电源技术在经历了电气时代的风风雨雨的大半年头后，终于迎来了工业控制技术蓬勃发展的春天，使新型电源的发展有了更广的更美好的前景。微机控制技术为主的工业过程控制技术，PID理论的出现和研究直到投入生产实现，使工业控制技术更灵活和智能化。

电气工程的发展主要受三方面主要因素的影响：

- 1、信息技术的决定性影响。信息技术广泛地定义为包括计算机、世界范围高速宽带计算机网络及通讯系统，以及用来传感、处理、存储和显示各种信息等相关支持技术的综合。信息技术对电气工程的发展

具有特别大的支配性影响。信息技术持续以指数速度增长 在很大程度上取决于电气工程中众多学科领域的持续技术创新。反过来，信息技术的进步又为电气工程领域的技术创新提供了更新更先进的工具基础。

2、与物理科学的相互交叉面拓宽。· 由于三极管的发明和大规模集成电路制造技术的发展，固体电子学在 20 世纪的后 50 年对电气工程的成长起到了巨大的推动作用。电气工程与物理科学间的紧密联系与交叉仍然是今后电气工程学科的关键，并且将拓宽到生物系统、光子学、微机电系统（MEMS）。21 世纪中的某些最重要的新装置、新系统和新技术将来自上述领域。

3、快速变化。技术的飞速进步和分析方法、设计方法的日新月异，使得我们必须每隔几年对工程问题的过去解决方案重新全面思考或审查。这对我们如何聘用新的教授，如何培养我们的学生有很大影响。

第二节 电气工程基础理论

一、电路及其基本定律

（一）电路的物理量

电路的功能，无论是能量的输送和分配，还是信号的传输和处理，都要通过电压、电流和电功率来实现。因此，在电路分析中，人们所关心的物理量是电流、电压和电功率，在分析和计算电路之前，首先要建立并深刻理解这些物理量及其相互关系的基本概念。

1. 电流

（1）电流的大小 电荷的有规则的定向运动就形成了电流。长期以来，人们习惯规定以正电荷运动的方向作为电流的实际方向。

电流的大小用电流强度（简称电流）来表示。电流强度在数值上等于单位时间内通过导线某一截面的电荷量，用符号 i 表示。则：

$$i = \frac{dQ}{dt} \quad (1.1)$$

式中 dQ 为时间 dt 内通过导线某一截面的电荷量。

大小和方向都不随时间变化的电流称为恒定电流，简称直流电流，