

# 第 1 章 电气工程的辉煌与未来

## 1.1 学科内涵与战略地位

我国高等教育的学科目录分为学科门类、一级学科(本科教育中称为“专业类”)和二级学科(本科专业目录中为“专业”)三个级别。学科门类和一级学科是国家进行学位授权审核与学科管理、学位授予单位开展学位授予与人才培养工作的基本依据,二级学科是学位授予单位实施人才培养的参考依据。学科门类、一级学科和二级学科的代码分别为 2 位、4 位和 6 位阿拉伯数字。

学科门类是对具有一定关联学科的归类。其设置应符合学科发展和人才培养的需要,并兼顾教育统计分类的惯例。

目前高等教育的学科门类划分为 13 类:哲学(01)、经济学(02)、法学(03)、教育学(04)、文学(05)、历史学(06)、理学(07)、工学(08)、农学(09)、医学(10)、军事学(11)、管理学(12)、艺术学(13)。

一级学科是具有共同理论基础或研究领域相对一致的学科集合。具有确定的研究对象,形成了相对独立、自成体系的理论、知识基础和研究方法,已得到学术界的普遍认同。

工学(08)类下属的一级学科共有 38 个,电气工程(0808)属于其中之一,与之关系密切的一级学科主要有电子科学与技术(0809)、信息与通信工程(0810)、控制科学与工程(0811)、计算机科学与技术(0812)等。

二级学科是组成一级学科的基本单元。具有相对独立的专业知识体系,已形成若干明确的研究方向,与所属一级学科下的其他二级学科有相近的理论基础,或是所属一级学科研究对象的不同方面。

国务院学位委员会颁布的 2008 版《授予博士、硕士学位和培养研究生的学科、专业目录》中,电气工程(0808)一级学科下属的二级学科有 5 个:

电机与电器(080801):主要研究方向为电机电器的理论分析、优化设计、建模仿真、研制开发、驱动控制、机电一体化、实验测试、故障诊断、可靠性分析等。

电力系统及其自动化(080802):主要研究电能的生产、变换、输送、分配、控制、应用、管理、存储的理论和新技术,研究方向包括:电力系统分析与仿真、电力系统运行与控制、电力系统规划与设计、电力系统可靠性、电力系统测量、电力系统继电保护、新型输配电技术、分布式发电技术、电力经济与电力市场、能量管理系统与配电网自动化、电力系统信息化与数字化、电能质量分析与监控、电力系统节能与储能、智能电网技术等。

高电压与绝缘技术(080803):主要研究方向为放电与绝缘击穿、绝缘老化与诊断、工程电介质、电磁暂态特征分析、新型高压电气设备研制、高电压试验技术和试验设备开发、过电压与绝缘配合、高压电气设备在线监测与状态维修、雷电与防雷保护、电力系统电磁兼容、高电压技术在非电力系统中的应用等。

电力电子与电力传动(080804):主要研究方向为新型电力电子元器件及功率集成电路、电力电子变流技术、电力电子控制技术、电力电子建模与仿真、现代电源技术、电能质量治理、电

力电子系统集成、电力电子装备可靠性评估与故障诊断、电力传动及其自动化技术等。

电工理论与新技术(080805):新理论、新原理、新材料、新技术、新工艺在电气工程领域的应用,其特点是电气工程学科内各分支间以及电气工程学科与其他学科间的交叉与融合。主要研究方向:电磁场与电磁波理论及其新技术、电网络理论及应用、新型电能变换技术、放电等离子体技术、脉冲功率技术、超导电工技术、磁流体发电技术、生物电磁技术等。

电气工程学科的理论基础是物理学中的电学和磁学,电能是电气工程学科的研究对象。广义的电气工程包括研究电磁领域客观规律及其应用的科学技术的学科体系、电力生产和电气装备制造两大工业生产体系,以及培养相关专业人才的教育体系。

与电气工程关系密切的其他学科主要是电子信息科学和能源科学。电气工程研究的主要是电能,而信息科学则是研究如何利用电磁能量来处理信息,计算机、通信网和无线电等无不以电作为信息的载体。两者同根同源,学科基础都是电磁学。从应用领域看,电气工程又和能源科学密切相关。电能由一次能源转换而来,又可方便地转换为其他能量形式,是使用、输送和控制最为方便的终端能源。

100多年前,电能的发明利用,开创了人类文明的新纪元,引发了第二次产业革命,使人类进入了电气时代。创造了电力、电气装备、汽车、石油化工等一大批新兴产业,同时大幅提升了机械、冶金等产业的发展水平,工业文明成为世界发展的主流。电气化被美国工程院评为20世纪20项最伟大的工程技术成就之首。

电力工业是国民经济中重要的基础产业与支柱产业,是国民经济的先行官。在全球经济高速发展的今天,能源安全、能源与环境问题已上升到世界各国国家战略的高度,电气工程学科在保障国家能源安全、促进节能减排、推进可持续发展等战略层面必将继续发挥不可替代的重要作用。

随着工业化和信息化进程的推进和高新技术的不断应用,许多专业需要的电气知识越来越多,理工科院校几乎所有的非电类专业都开设电工学等课程,电气化、自动化、数字化、智能化的生产流程、工作模式及基础装备是各行各业必然的选择。

电气工程经过一个多世纪的持续高速发展,已成长壮大为重要的技术科学与工程领域,当代高新技术都与电能密切相关,从探索物质的粒子加速器到发射宇宙飞船和卫星,从研究微型电机、机器人到可作为未来能源技术的受控核聚变装置,都需要电气科学与技术的支撑。电气工程技术广泛用于国民经济、国防建设、科学实验、日常生活的方方面面,其水平已成为衡量一个国家现代化程度的重要标志。

近几十年来,电气学科与信息科学、生命科学、物理学、材料科学、化学、环境科学、军事科学等学科领域存在广泛的交叉,形成了诸多新的学科生长点。学科交叉和相互渗透是电气科学保持长期生命力的重要因素,例如,新型电磁材料的开发、电机的控制、电力系统的分析与控制、电力电子系统与装置、新能源的利用等几乎所有的电气新技术都势必涉及大量的电子技术、计算机及其网络通信技术、自动控制技术的一些相关知识。可以说,当今的电气工程是一个现代高科技综合应用的、多学科交叉的前沿学科专业,具有广阔的应用前景。

## 1.2 专业沿革与发展趋势

电气工程学科大约起始于19世纪中后期,经历了一个半世纪的发展,已壮大成为有众多分支学科的重要技术科学领域。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,麦克斯韦的电磁理论为电气工程奠定了理论基础。

电气工程是理工科院校历史最悠久的专业之一,1878年英国帝国理工学院率先设立了电气工程专业。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。最初的专业学习都是从研究电能的产生、传输和利用开始的,而电报作为通信的主要形式,在电气工程专业高等教育中也占有一席之地。

电气工程学科具有很强的学科交叉和派生能力,如今的通信工程专业、电子信息工程专业、自动化专业、计算机科学与技术专业乃至生物医学工程专业都是从电气工程专业派生或再派生而形成,这些专业统称为电子与信息类专业,而它们和电气工程专业一起又被统称为电类专业。

自20世纪中叶以来,欧美传统的以电力工程为主的电气工程专业已发生了很大的变化,电子技术和计算机技术等新兴技术逐渐占据了“电气工程”专业的核心地位,而传统的电力工程伴随电气时代的高速发展渐趋成熟,只是众多的研究方向之一。从近年来世界各地赴美留学生所青睐的热门专业来看,美国一些著名高校的电气工程系或电气及计算机工程系的主要专业方向是通信与网络、信号处理、电子与集成电路、计算机工程与科学、图像处理、系统控制、光学与光子学、电力技术、等离子体物理学、电磁学、微/纳米系统、固体材料与设备及生物医学工程等,其学科交叉和融合程度日益提高。

我国电气工程高等教育历经了百年风雨,生生不息。1908年,时任邮传部上海高等实业学堂(交通大学)唐文治校长,对系科设置进行了调整。先后增设了铁路专科、电机专科,学制三年,中国的电气工程高等教育由此发端。随着电力的发展和社会分工的需要,交通大学1913年将电机科改为电气机械科,1917年电气机械科开始设无线电门,1928年改为电机工程学院,1937年又改学院为系,分“电力门”和“电讯门”,即“强电”和“弱电”。1912年,同济医工学堂(同济大学)设立电机科;1920年,公立工业专门学校(浙江大学)设立电机科;1920年筹建的哈尔滨中俄工业学校(哈尔滨工业大学),当时设有电气机械工程和铁路建筑两个科,学生通过毕业答辩可授予电气工程师、机械工程师及交通工程师称号;1923年,中央大学(东南大学)设立电机工程系;1932年,清华大学设立电机工程系,是清华的学术重镇,校园流传“土木系太老、电机系难考”之说。现仍坚守历史荣耀,称为电机工程与应用电子技术系;1933年,北洋大学(天津大学)设立电机工程系。1952年,我国进行大规模的院系调整,出现了一大批以工科为主的多科性大学,也出现了一批机电类学院,这些院校基本上都有电机工程系或电力工程系。

在我国,电气工程专业最初几十年中以电力系统为背景,以强电专业为支柱,被称为电机工程专业,可见历史上电机曾在其中占有着中心地位。随着电气工程的发展,专业的范围逐渐拓宽,弱电技术在其中的作用越来越重要,电力电子技术、计算机技术、信息技术的迅速发展也使电气工程的面貌发生了很大的变化。1977年我国恢复高考制度后,大部分高校的“电机工程系”或“电力工程系”陆续改为“电气工程系”。

1978年以来,我国迈入了改革开放和现代化建设的新时期,经济社会快速发展,科技进步日新月异,高等教育实现了历史性跨越。社会环境和高等教育自身发生的巨大变化,对我国高等教育人才培养提出了更高的要求,改革本科专业设置势在必行。

我国在1984年、1993年和1998年先后3次对本科专业目录进行了重要调整,专业总数逐步减少,拓宽了专业口径和业务范围。

通过本科专业目录的调整,改变了过去过分强调“专业对口”的本科教育观念,确立了知识、能力、素质全面发展的人才观,对引导高等学校拓宽专业口径,增强适应性,加强专业建设和管理,加快与世界高等教育接轨,提高办学水平和人才培养质量,发挥了积极作用。

1993年,在教育部颁布的本科专业目录中,工学(08)门类中与电有关的专业被分为两个分支:电工类(0806)下设电机电器及其控制、电力系统及其自动化、高电压与绝缘技术、工业自动化、电气技术等5个专业;电子信息类(0807)共有14个专业。

1998年,专业目录调整时,把电工类(0806)和电子信息类(0807)合并为电气信息类(0806)。原来的19个专业合并为7个,其中原电工类的电机电器及其控制、电力系统及其自动化、高电压与绝缘技术、电气技术专业合并为目前的电气工程及其自动化(080601)专业。原电工类的工业自动化专业和电子信息类的自动控制等专业合并为自动化(080602)专业。合并后的其他5个专业是:电子信息工程(080603)、通信工程(080604)、计算机科学与技术(080605)、电子科学与技术(080606)、生物医学工程(080607)。

在同时颁布的工科引导性专业目录中,又把电气工程及其自动化专业和自动化专业中的部分(主要是原工业自动化专业部分)合并为电气工程与自动化专业,大体相当原来电工类的5个专业的总和。

2012年,我国完成改革开放以来的第4次本科专业目录修订。新专业目录仍然按照学科门类、专业类和专业三个层次进行划分,专业划分更加规范合理。此次专业目录建构坚持“以宽为主、宽窄并存”的原则,调整后的12个学科门类与研究生学科门类完全一致,专业类与研究生专业一级学科基本一致。专业目录结构进一步优化,首次区分基本专业和特设专业。所谓基本专业,是指学科基础比较成熟、社会需求相对稳定、布点数量相对较多、继承性较好的专业;而特设专业则是针对不同高校办学特色,或适应近年来人才培养特殊需求设置的专业。今后,专业目录将每10年修订一次,基本专业每5年调整一次,特设专业每年向社会公布,每年批准设置的新专业均列为特设专业。

在新颁布的本科专业目录中,工学(08)学科门类中,电气类(0806)的基本专业是:电气工程及其自动化(080601)。特设专业有3个:智能电网信息工程(080602T),光源与照明(080603T),电气工程与智能控制(080604T)。

专业名称的演变,反映了科技的进步和时代的变迁。电气工程及其自动化的研究对象是电能,而电信息的检测、处理、控制等技术在电能从产生到利用的各个环节中都起着越来越重要的作用。因此,有关电信息的研究也成了电气工程及其自动化专业的重要组成部分,专业名称中的“及其自动化”,就反映了这种变革。

目前,在我国的普通高等学校中,开设电气工程及其自动化的院校有200多所。

新中国成立后的60多年来,我国电力工业以持续年均10%以上的速度发展,为世界电力发展史所罕见。

1949年,我国发电装机容量仅为185万千瓦,年发电量约43亿千瓦时,当时已形成的电力系统是东北电网和京津唐电网。2011年,我国年发电量跃居世界第一位。2013年,我国发电装机容量首次超过美国跃居世界第一位,其中新能源发电呈现超高速增长。截至2013年底,我国发电装机容量12.5亿千瓦,年发电量5.35万亿千瓦时。大电网已覆盖广袤的国土,我国电力系统发展已实现高度自动化、信息化,并正向高度智能化、互动化方向迈进。

展望未来,我国电力工业和电工制造业将持续高速度发展,城乡电网改造、西电东送、南北互供和全国电网互联工程等向纵深发展,特高压输电、智能电网、高端装备制造、新能源、电动汽车等战略性新兴产业稳步推进,高等学校的电气工程教育和学科建设也将迎来跨越式发展的机遇。我国电气工程领域集聚了一大批最优秀的人才,我国必将成为世界电气工程高等教育、科学研究和技术开发的中心。

### 1.3 本科生培养目标与就业去向

21世纪高等教育的一个突出特征是从人的个性出发,充分调动人的创造力和潜能,才能适应知识经济时代对人才的要求。

为拓宽专业口径,增强人才的适应性,本科生是按一级学科电气工程招生的,在本科专业目录里称为电气工程及其自动化专业,通常可简称为电气工程专业。

电气工程专业主要特点是强电与弱电结合、电力技术与电子技术结合、元件与系统结合、计算机软件与硬件结合。

依照教育部电气工程及其自动化专业教学指导分委员会的建议,电气工程专业本科生的培养目标为:

本专业培养能够从事与电气工程有关的电气装备制造、系统运行、自动控制、电力电子技术、信息处理、试验分析、研制开发、经济管理,以及电子与计算机技术应用等领域工作的宽口径、复合型高级工程技术人才。

业务培养要求:本专业学生主要学习电工技术、电子技术、信息控制、计算机技术等方面较宽广的工程技术基础和一定的专业知识。

通过4年的学习,毕业生应获得以下几方面的知识和能力:

(1) 掌握较扎实的数学、物理、化学等自然科学的基础知识,具有较好的人文社会科学和管理科学基础和外语综合能力。

(2) 系统地掌握本专业领域所必需的较宽技术基础理论知识,主要包括电工理论、电子技术、信息处理、控制理论、计算机软硬件基本原理与应用等。

(3) 获得较好的工程实践训练,具有较熟练的计算机应用能力。

(4) 具有本专业领域内1~2个专业方向的专业知识与技能,了解本专业学科前沿的发展趋势。

(5) 具有较强的工作适应能力,具备一定的科学研究、科技开发和组织管理的实际工作能力。

电气工程专业具有鲜明的行业特色,立足于电力系统和电气装备制造,面向全社会,服务千家万户,培养德、智、体全面发展的高级专业人才。毕业生适应性强,就业面宽广。不但能够从事电力、电气设备制造行业内电气工程及其自动化领域相关的工程设计、生产制造、系统运行、系统分析、技术开发、教育科研、经济管理等方面工作,而且能够从事其他行业电气工程及其自动化领域相关工作。并且,作为一门宽口径的基础性专业,具有该专业背景的学生可以轻松向电子信息、自动控制等相关行业转行,职业发展空间广阔。就业范畴举例如下:

(1) 从事电力系统的设计、研发和运行管理等工作,这些单位主要有:国家电网、南方电网两大电网公司下属的各级电力公司和国家五大发电集团及中核集团、中广核集团等下属的各类发电厂;各级电力设计院、电力规划院;电力建设公司;各类电力技术专业公司;新能源发电企业;能源、航空、航天、冶金、有色、石化、船舶、电子、医药、机械、建筑等大中型企业的供电部门或自备电厂;

(2) 在电气设备制造企业、电力自动化设备公司、电力电子、通信等高新技术企业从事技术研发、管理和运营工作;

(3) 在科研院所和大专院校从事科研和教学工作。