

全国高等院校建筑环境与设备工程专业统编教材

State-compiled Textbooks for Building Environment and Facilities Engineering Profession

Building Electricity

建筑电气

主编 李英姿



华中科技大学出版社

<http://www.hustpas.com>



全国高等院校建筑环境与设备工程专业统编教材

建筑电气

Building Electricity

丛书审定委员会

付祥钊 张旭 李永安 李安桂 李德英

沈恒根 陈振乾 周孝清 徐向荣

本书主 编 李英姿

本书副主编 王万召

本书参 编 高岩 卢春焕

华中科技大学出版社

中国·武汉

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑电气/李英姿主编. —武汉: 华中科技大学出版社,
2010. 8

全国高等院校建筑环境与设备工程专业统编教材

ISBN 978 - 7 - 5609 - 6051 - 7

I. 建… II. 李… III. 房屋建筑设备: 电气设备—高等
学校—教材 IV. TU85

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 030910 号

建筑电气

李英姿 主编

出版发行: 华中科技大学出版社(中国·武汉)

地 址: 武汉市武昌珞喻路 1037 号(邮编: 430074)

出 版 人: 阮海洪

责任编辑: 陈 骏

责任监印: 秦 英

装帧设计: 张 璐

录 排: 北京大有图文信息有限公司

印 刷: 河北省昌黎第一印刷厂

开 本: 850 mm×1 060 mm 1/16

印 张: 19.75

字 数: 393 千字

版 次: 2010 年 8 月第 1 版

印 次: 2010 年 8 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978 - 7 - 5609 - 6051 - 7/TU · 780

定 价: 34.80 元

投稿热线: (010)64155588 - 8018 邮箱: huazhongjiaocai@163.com

销售电话: (010)64155566

网 址: www. hustpas. com; www. hustp. com

(凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 请向本社发行部调换)

全国高等院校建筑环境与设备工程专业统编教材 丛书审定委员会

主任委员：

付祥钊 教授 建筑环境与设备工程专业指导委员会副主任委员

副主任委员：

李安桂 教授 建筑环境与设备工程专业指导委员会委员

委 员：(按姓氏笔画排序)

付祥钊 教授 建筑环境与设备工程专业指导委员会副主任委员

张 旭 教授 建筑环境与设备工程专业指导委员会委员

李永安 教授 建筑环境与设备工程专业指导委员会委员

李安桂 教授 建筑环境与设备工程专业指导委员会委员

李德英 教授 建筑环境与设备工程专业指导委员会委员

沈恒根 教授 建筑环境与设备工程专业指导委员会委员

陈振乾 教授 建筑环境与设备工程专业指导委员会委员

周孝清 教授 建筑环境与设备工程专业指导委员会委员

徐向荣 教授 建筑环境与设备工程专业指导委员会委员

全国高等院校建筑环境与设备工程专业统编教材

总 序

地球上本没有建筑,人类创造了建筑。地球上本没有城市,人类构建了城市。建筑扩大了人类的生存地域,延长了人类的个体寿命;城市增强了人类的交流合作,加快了人类社会的发展。建筑和城市是人类最伟大的工程创造,彰显着人类文明进步的历史。建筑和城市的出现,将原来单纯一统的地球环境分割为三个不同的层次。第一层次为自然环境,其性状和变化由自然力量决定;第二层次为城市环境,其性状和变化由自然力量和人类行为共同决定;第三层次为建筑环境,其性状和变化由人为决定。自然力量恪守着自然的规律,人类行为充满着人类的欲望。工程师必须协调好二者之间的关系。

由于城市物质文化活动的高效益,人们越来越多地聚集于城市。发达国家的城市人口已达全国人口的70%左右;中国正在加快城市化进程,实际上的城市人口很快将超过50%。现代社会,人类大多数活动在建筑内开展。城市居民一生中约有90%的时间在建筑环境中度过。为了提高生产水平,保护生态环境,包括农业在内的现代生产过程也越来越多地从自然环境转移进建筑环境。建筑环境已成为现代人类社会生存发展的主要空间。

建筑环境必须与自然环境保持良好的空气、水、能源等生态循环,才能支撑人类的生存发展。但是,随着城市规模越来越大,几百万、上千万人口的城市不断形成,城市面积由几十平方公里扩展到几百平方公里、上千平方公里。一些庞大的城市正在积聚成群,笼罩一方。建筑环境已被城市环境包围,远离自然。建筑自身规模的膨胀更加猛烈,几十万、上百万平方米的单体建筑已不鲜见,内外空间网络关联异常复杂。目前建筑环境有两方面问题亟待解决:一方面,通过城市环境,建立和保持建筑环境与自然环境的良性生态循环是人类的一个难题;另一方面,建筑环境在为人类生存发展提供条件的同时,消耗了大量能源,能耗已占社会总能耗的1/3左右。在全球能源紧缺、地球温室效应日渐显著的严峻形势下,提高建筑能源利用效率是人类的又一个重大课题。

满足社会需求,解决上述课题,必须依靠工程。工程是人类改造物质世界活动的总称,建筑环境与设备工程是其中之一。工程的出发点是为了人类更好地生存发展。工程的基本问题是能否改变世界和怎样改变世界。工程以价值定向,以使用价值作为基本的评价标准。建筑环境与设备工程的根本任务是:遵循自然规律,调控建筑环境,满足当代人生活与生产的需求;同时节约能源,善待自然,维护后代生存发展的条件。

进行工程活动的基本社会角色是工程师。工程师需要通过专业教育奠定基础。建筑环境与设备工程专业人才培养的基本类型是建筑环境与设备工程师。工程创造自然界原本没有的事物,其本质特点是创造性的。工程过程包括策划、实施和使用三个阶段,其核心是创造或建造。策划、运筹、决策、操作、运行与管理等工程活动,离不开科学技术,更需要工程创造能力。从事工程活动与科学活动所需要的智能是不一样的。科学活动主要通过概念、理论和论证等实现从具体到一般的理论抽象,需要发现规律的智能;工程活动则更强调实践性,通过策划决策、计划实施、运行使用实现从一般到具体的实践综合,需要的是制定、执行标准规范的运作智能。这就决定了建筑环境与设备工程专业的人才培养模式和教学方法不同于培养科学家的理科专业,教材也不同于理科教材。

建筑环境与设备工程专业的前身——供热、供燃气及通风工程专业,源于前苏联(1928年创建于俄罗斯大学)。我国创建于1952年。到1958年,才只有8所高校设立该本科专业。该专业创建之初没有教材。1963年,在当时的建工部领导下,成立了“全国高等学校供热、供燃气及通风专业教材编审委员会”,组织编审全国统编教材。“文革”后这套统编教材得到完善,在专业技术与体系构成上呈现出强烈的共性特征,满足了我国计划经济时代、专业大一统的教学需求。在我国供热、供燃气及通风空调工程界,现在的专业技术骨干绝大多数是学这套教材毕业的。该套教材的历史作用不可磨灭。

进入21世纪,建筑环境与设备工程专业教育出现了以下重大变化。

1. 20世纪末,人类社会发展和面临的能源环境形势,将建筑环境与设备工程这个原本鲜为人知的小小配套专业,推向了社会舞台的中心地带,建筑环境与设备工程专业的社会服务面空前扩大。

2. 新旧世纪之交,我国转入市场经济体制,毕业生由统一分配转为自谋职业,就业类型越来越多样化。地区和行业的需求差异增大,用人单位对毕业生的知识能力与素质要求各不相同。该专业教育的社会需求特征发生了本质性的改变。

3. 该专业的科学基础不断加深和拓展,技术日益丰富和多样,工程活动的内涵和形式发生了显著变化。

4. 强烈的社会需求,使该专业显示出良好的发展前景,广阔的就业领域,刺激了该专业教育的快速扩展。目前全国已有150多所高校设立该本科专业,每年招生人数已达1万以上,而且还在继续增加。这1万多名入学新生,分属“985”、“211”和一般本科院校等多个层次和学校,在认知特性、学习方法、读书习惯上都有较大差异。

在这样的背景下,对于该工程专业教育而言,特色比统一更重要。各校都在努力办出自己的特色,培养学生的个性,以满足不同的社会需求。学校的特色不同,自然对教材有不同的要求。若不是为了应试,即使同一学校的学生,也会选择不同的教材。多样性的人才培养,呼唤多样性的教材。时代已经变化,全国继续使用同一套统编教材,已经不适宜了。该专业教材建设必须创新、必须开拓。结合1998年的

专业调整和总结跨世纪的教育教学改革成果,高校建筑环境与设备工程专业教学指导委员会组织编写了一套推荐教材,由中国建筑工业出版社出版;同时,重庆大学出版社组织编写了一套系列教材;随后机械工业出版社等也先后组织成套编写该专业教材。

在国家“十五”“十一五”教材建设规划的推动下,各出版社出版教材的理念开放,境界明显提升。华中科技大学出版社在市场调研的基础上,组织编写的这套针对二、三类本科院校的系列教材,力求突出实用性、适用性和前沿性。教材竞争力的核心是质量与特色,教材竞争的结果必然是优胜劣汰,这对广大师生而言,是件大好事。希望该专业的教材建设由此呈现和保持百家争鸣的局面。

教材不是给教师作讲稿的,而是给学生学习的。企望编写者能面向学生编写教材,深入研究学生的认知特点。我们的学生从小就开始学科学,现在才开始学工程;其学习和思维的方式适应理科,而把握工程的内在联系和外部制约,建立工程概念则较为困难。在学习该专业时,往往形成专业内容不系统,欠理论,具体技术和工程方法只能死记硬背的印象。编写该专业教材,在完善教材自身的知识体系的同时,更要引导学生转换思维方法,学会综合应用;掌握工程原理,考虑全局。对现代工程教学的深入思考,对该专业教学体系的整体把握,丰富的教学经验和工程实践经验,是实现这一目标的基本条件。这样编写出来的教材一定会有特色,必将受到学生的欢迎。期盼华中科技大学出版社组织编写的这套教材,能使学生们说,“这是让我茅塞顿开的教材!”

借此机会,谨向教材的编审和编辑们表示敬意。

付祥钊

2009.6.30 于重大园

内 容 简 介

本书以国家民用建筑电气领域设计标准和规范为依据,以建筑电气领域中不同子系统所涉及的内容为剖析对象,全面介绍了建筑电气领域中的供配电系统的设计与计算、电气设备与缆线的选择与应用、照明系统设计与计算、电气安全组成与施工安装等内容,并在相应的章节中给出了具体工程实例。

本书强调理论联系实际的学习方式,深入浅出地阐释基本概念,充分体现建筑电气技术的理论性、工程的实用性和技术的现代性,在反映建筑行业电气技术现状的同时,又反映电气技术的新发展。本书注意精选内容,力求结合工程实际,突出应用,尽可能做到通俗易懂,让读者通过阅读和学习能全面了解到建筑电气领域的主要内容和发展方向。

本书突出工程实践和理论知识的应用,可以作为高等院校建筑设备专业和建筑电气与智能化专业知识的配套学习材料,也可供刚刚从事建筑电气设计、施工、监理、维护管理和其他相关专业的工程技术人员阅读。

前 言

“建筑电气”是以电能、电气设备和电气技术为手段来创造、维持与改善限定空间和环境的一门科学,它是介于土建和电气两大类学科之间的一门综合学科。经过多年的发展,它已经建立了自己完整的理论和技术体系,发展成为一门独立的学科,主要包括:建筑供配电技术,建筑设备电气控制技术,电气照明技术,防雷、接地与电气安全技术,现代建筑电气自动化技术,现代建筑信息及传输技术等。

随着建筑设备自动化程度的日益提高以及对建筑节能的迫切要求,需要每一位建筑行业从业者具有对建筑电气技术解读和运行分析的能力。编写《建筑电气》的主导思想是:既要适应建筑行业电气技术现状的实际需要,又要反映电气技术的新发展。本书注意精选内容,力求结合工程实际,突出应用,着重论述与建筑设备相关的供配电系统、电气设备等的工作原理和施工应用,尽可能做到通俗易懂,让读者通过阅读和学习能全面了解建筑电气领域的主要内容、发展方向及在建筑中的应用。本书编写时,强调理论联系实际的学习方式,深入浅出地阐释基本概念,充分体现建筑电气技术的理论性、工程的实用性和技术的现代性,以期达到事半功倍的效果。

第1章重点描述电力系统和配电系统的组成、电力系统的电压、建筑供配电的负荷分级以及供电要求等内容,同时介绍建筑电气设计和建筑电气施工的内容、程序与要求。

第2章重点介绍需要系数法、单位面积法计算负荷及单相负荷、季节负荷、冲击负荷的计算,以及能量损耗计算、无功功率的补偿、备用电源容量的计算,并且给出了典型建筑工程的负荷计算的实例。

第3章重点介绍建筑物中供配电系统的高压主接线、配电系统接线方式,特别介绍了消防动力设备的配电系统设计,给出了典型建筑的供配电系统设计实例。

第4章重点介绍电气设备选择的原则、常用的低压电器设备和低压电器的保护特性配合,以及变频器技术,低压配电装置和低压配电箱的施工安装。

第5章重点介绍电缆和导线的分类及其型号的选择,按照允许载流量(发热条件)、允许电压损失、机械强度选择导线和电缆截面积,以及封闭式母线和缆线的施工安装要求及注意事项等内容。

第6章重点介绍照明系统的物理量、照明方式、照明种类,光源灯具的选择、照明配电设备、照度计算、照明系统设计、照明电气线路的施工安装等内容,并给出建筑照明施工图实例。

第7章重点介绍雷电过电压、建筑物的防雷等级分类与防雷措施、防雷装置、过电压保护设备、低压配电系统接地方式、接地装置、接地要求和接地电阻、建筑物等电位联结和特殊场所的安全防护。

本书通过介绍、对比不同系统在具体工程设计和施工中相互之间的配合协调的关系,希望读者在建筑电气设计和施工过程中建立整体、连贯、协调的宏观概念的同时,也不能忽略设计和施工中微小的细节,从而使从事设计和施工的技术人员具备严谨的工作态度和正确的工作方法。

本书第2章、第4章分别由河南城建学院卢春焕和王万召撰写,第7章由北京建筑工程学院高岩撰写,其余部分由北京建筑工程学院电气工程与自动化系李英姿撰写。

全书在编写过程中,参阅了大量的参考书籍、国家有关规范和标准以及建筑电气工程施工图,将其中比较成熟的内容加以引用,并作为参考书目列于本书之后,以便读者查阅。同时对参考书籍的原作者表示衷心的感谢。

目前建筑电气技术发展迅速,作者的认识和专业水平有限,加之时间仓促,书中必定存在不妥、疏忽或错误之处,敬请专家和读者批评指正。

作 者

2010年5月

目 录

1 绪 论	1
1.1 电力系统概念及组成	1
1.2 电力系统的额定电压	10
1.3 建筑供配电的负荷分级及供电要求	13
1.4 建筑电气设计的内容、程序与要求	18
1.5 建筑电气施工的内容、程序与要求	23
【思考与练习】	28
2 负荷计算与无功功率补偿	29
2.1 计算负荷	29
2.2 设备功率	31
2.3 需要系数法确定计算负荷	35
2.4 单位面积法确定计算负荷	40
2.5 单相负荷的计算	42
2.6 季节负荷的计算	44
2.7 冲击负荷的计算	44
2.8 能量损耗计算	45
2.9 无功功率的补偿	47
2.10 备用电源容量的计算	55
2.11 典型建筑工程的负荷计算	58
【思考与练习】	63
3 配电系统	64
3.1 高压主接线	64
3.2 配电系统接线	71
3.3 消防动力设备的配电系统设计	73
3.4 典型建筑的供配电系统	75
【思考与练习】	90

4 电气设备的选择	91
4.1 电气设备选择的原则	91
4.2 低压电器设备	95
4.3 低压电器的保护特性配合	132
4.4 变频器	136
4.5 低压配电装置	139
4.6 低压配电箱的施工安装	147
【思考与练习】	151
5 电缆的选择与施工安装	152
5.1 电缆的分类	152
5.2 导线和电缆型号的选择	163
5.3 按允许载流量(发热条件)选择导线和电缆截面积	168
5.4 按允许电压损失选择导线和电缆截面积	171
5.5 按机械强度选择导线和电缆截面积	173
5.6 封闭式母线	174
5.7 缆线的施工安装	178
【思考与练习】	196
6 建筑照明系统	198
6.1 照明系统概述	198
6.2 光源灯具的选择	203
6.3 照明配电设备	216
6.4 照度计算	224
6.5 照明系统设计	230
6.6 照明电气线路的施工安装	235
6.7 建筑照明施工图	237
【思考与练习】	241
7 建筑防雷及接地系统	242
7.1 雷电过电压	242
7.2 建筑物的防雷等级分类与防雷措施	245
7.3 防雷装置	249
7.4 过电压保护设备	255

7.5 低压配电系统接地方式	262
7.6 接地装置	267
7.7 接地要求和接地电阻	279
7.8 建筑物等电位联结	285
7.9 特殊场所的安全防护	295
【思考与练习】	302
参考文献	303

1 绪 论

1.1 电力系统概念及组成

1.1.1 电能的特点

1. 能源的定义

能源是一个物理学概念,而能源消耗也是一种物理学现象。物理学中的“能”指的是物体做功的能力,它包括动能、势能、热能、电能、核能、辐射能和化学能。能量则是对上述各种能的计量,通常用卡(1卡等于给1克水加热1℃所需要的能量)和焦耳(4.18 J等于1卡)来衡量。“能源是可以直接或经转换提供人类所需的光、热、动力等任一形式能量的载能体资源。”可见,能源是一种呈多种形式且可以相互转换的能量的源泉。确切而简单地说,能源是自然界中能为人类提供某种形式能量的物质资源。

2. 能源的分类

人们通常可以按能源的形态特征或转换与应用的层次对其进行分类。世界能源委员会推荐的能源类型分为:固体燃料、液体燃料、气体燃料、水能、电能、太阳能、生物质能、风能、核能、海洋能和地热能。其中,固体燃料、液体燃料、气体燃料统称化石燃料或化石能源,在一定条件下可以转换为人们所需的某种形式的能量。我们可以用热来取暖、做饭或制冷;可以用热来产生蒸汽,用蒸汽推动汽轮机,使热能变成机械能;也可以用汽轮机带动发电机,使机械能变成电能;如果把电送到工厂、企业、机关、农牧林区和住户,它又可以转换成机械能、光能或热能。

能源还可以按是否需要加工和转换进行分类。一次能源指的是从自然界取得的未经任何改变或转换的能源,如原油、原煤、天然气、生物质能、水能、核燃料,以及太阳能、地热能、潮汐能等。

二次能源指的是一次能源经过加工或转换得到的能源,如煤气、焦炭、汽油、煤油、电力、热水、氢能等。

实践中人们从不同角度对能源进行了分类,如图1-1(a)所示。

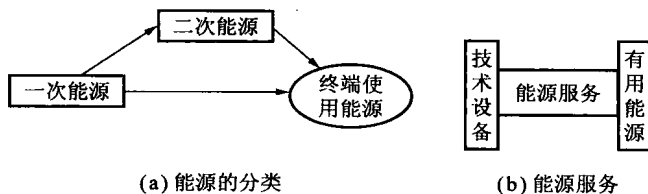


图 1-1 能源的分类与能源服务

3. 能源服务

现代社会的能源服务(见图 1-1(b))主要被划分为三大类,包括将一件物品或一个人从 A 处移到 B 处的移动力、用于加热和制冷的热力以及用于启动电子和电器设备的电力。每一类能源服务都有自己的特性。

(1) 移动力主要体现在交通运输方面,其特点是在户外的运动中消耗能源,如公路、铁路、水路、空路。交通运输中能耗的高低主要取决于交通设备的技术和交通基础设施的好坏,这些对能耗都起很大的影响。

(2) 与移动力相反,热力大多都是在静止的系统中消费,如炉灶、锅炉等,并且消费大都发生在建筑物内。可产生热力的燃料选择比产生移动力的液体燃料更广,几乎所有能源都可产生热力。

(3) 电力则是整个能源消费系统的核心。电力的消费必须通过电器和电子设备,其中电动机一项就占了很大的比例。所有可以转换为热能的燃料都可转化为电能,电能也可以不通过热能的中间形式来产生,如水能发电、太阳能光伏发电、燃料电池等等。

4. 电能的发展历史

电力是以电能作为动力的能源,发明于 19 世纪 70 年代,电力的发明和应用掀起了第二次工业化高潮,成为人类历史自 18 世纪以来,世界发生的三次科技革命之一,从此科技改变了人们的生活。20 世纪出现的大规模电力系统是人类工程科学史上最重要的成就之一。

在电能应用的初期,由小容量发电机单独向灯塔、轮船、车间等供电的照明供电系统,可以看作是简单的住户式供电系统。白炽灯发明后,出现了中心电站式供电系统,如 1882 年, T. A. 托马斯·阿尔瓦·爱迪生在纽约主持建造的珍珠街电站。它装有 6 台直流发电机(总容量约 670kW,用 110V 电压供 1300 盏电灯照明)。19 世纪 90 年代,三相交流输电系统研制成功,很快取代了直流输电,成为电力系统大发展的里程碑。

20 世纪以后,人们普遍认识到扩大电力系统的规模可以在能源开发、工业布局、负荷调整、系统安全与经济运行等方面带来显著的社会经济效益。于是,电力系统的规模迅速增长。世界上覆盖面积最大的电力系统是前苏联的统一电力系统,东西横越 7000km,南北纵贯 3000km,覆盖了约 1000 万 km^2 的土地。

我国的电力系统从 20 世纪 50 年代开始迅速发展。到 1991 年底,电力系统装机容量为 14600 万 kW,年发电量为 6750 亿 kW·h,均居世界第四位。输电线路以 220kV、330kV 和 500kV 为网络骨干,形成 4 个装机容量超过 1500 万 kW 的大区电力系统和 9 个超过百万千瓦的省电力系统,大区之间的联网工作也已经开始。此外,1989 年,我国台湾省建立了装机容量为 1659 万 kW 的电力系统。

5. 电能的特点

电能的特点如下。

(1) 电能不能储存,生产、输送、分配、使用同时完成。

(2) 暂态过程非常迅速,电能以电磁波的形式传播,传播速度为光速。

(3) 电能与国民经济各部门间的关系密切。

电力的生产与消费系统性很强,需要网络运输,由于不可大量储存而需要生产和消费实现实时平衡。

1.1.2 电力系统的组成

由发电、输电、变电、配电、用电设备及相应的辅助系统组成的电能生产、输送、分配、使用的统一整体称为电力系统。如图 1-2 所示。

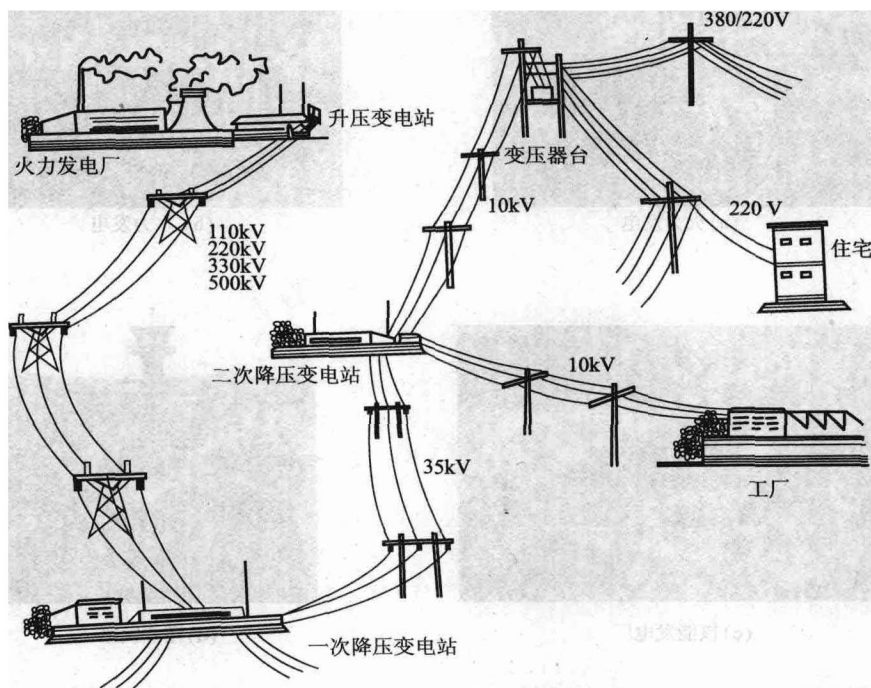


图 1-2 电力系统的组成

电力系统功能是将自然界的一次能源通过发电动力装置(主要包括锅炉、汽轮机、发电机及电厂辅助生产系统等)转化成电能,再经输、变电系统及配电系统将电能供应到各负荷中心,通过各种设备再转换成动力、热、光等不同形式的能量,为地区经济和人民生活服务。

由于电源点与负荷中心多处于不同地区,且无法大量储存,故其生产、输送、分配和消费都在同一时间内完成,并在同一地域内有机地组成一个整体,电能生产必须时刻与消费保持平衡。

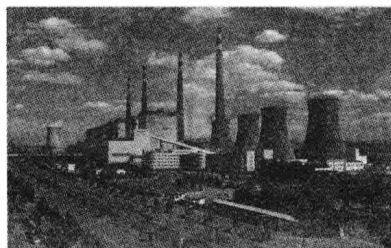
电力系统的出现,使高效、无污染、使用方便、易于调控的电能得到广泛应用,推动了社会生产各个领域的发展,开创了电力时代。电力系统的规模和技术水准已成

为一个国家经济发展水平的标志之一。

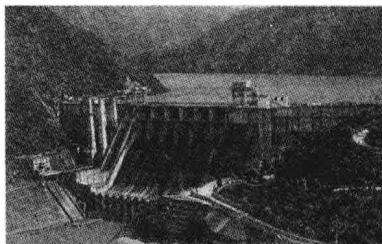
1. 发电厂

发电厂是生产电能的场所,在这里可以把自然界中的一次能源转换为用户可以直接使用的二次能源——电能。

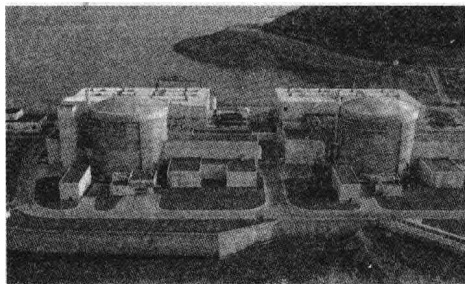
根据发电厂所取用的一次能源的种类的不同,主要有火力发电厂、水力发电厂、核能发电厂等发电形式,此外还有潮汐发电、地热发电、太阳能发电、风力发电等。如图 1-3 所示。



(a)火力发电



(b)水力发电



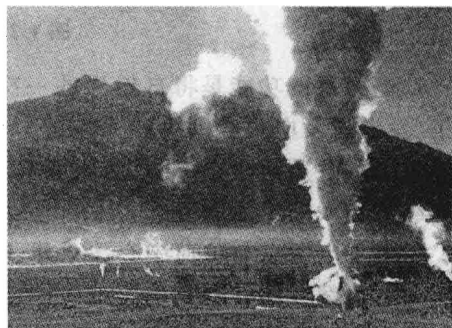
(c)核能发电厂



(d)潮汐发电



(e)风力发电



(f)地热发电

图 1-3 发电厂类型