



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
以本教材为主的电气工程基础课程被评为国家级精品课程

电气工程基础

(第二版)

熊信银 张步涵 主编



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
以本教材为主的电气工程基础课程被评为国家级精品课程

电气工程基础

(第二版)

主编	熊信银	张步涵		
编写	戴明鑫	罗毅	吴耀武	
	曾克娥	娄鑫华		

华中科技大学出版社
中国·武汉

图书在版编目(CIP)数据

电气工程基础(第二版)/熊信银 张步涵 主编. —武汉:华中科技大学出版社, 2010年1月

ISBN 978-7-5609-3539-3

I. 电… II. ①熊… ②张… III. 电气工程-高等学校-教材 IV. TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 217549 号

电气工程基础(第二版)

熊信银 张步涵 主编

策划编辑:李 德

责任编辑:余 涛

责任校对:李 琴

封面设计:潘 群

责任监印:周治超

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录 排:武汉众心图文激光照排中心

印 刷:华中科技大学印刷厂

开本:787 mm×960 mm 1/16

印张:29.5

字数:560 000

版次:2010年1月第2版

印次:2013年8月第5次印刷

定价:40.80元

ISBN 978-7-5609-3539-3/TM·83

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

21 世纪电气与电子工程系列教材

编委会

主任委员	潘垣	院士	华中科技大学
副主任委员	辜承林	教授	华中科技大学
	熊蕊	教授	华中科技大学
委员	顾国彪	院士	中科院电工所
	梁维燕	院士	哈尔滨动力设备 股份有限公司
	张勇传	院士	华中科技大学
	杨奇逊	院士	华北电力大学
	陈德树	教授	华中科技大学
	尹项根	教授	华中科技大学
	何仰赞	教授	华中科技大学
	陈坚	教授	华中科技大学
	王兆安	教授	西安交通大学
	孙雨耕	教授	天津大学
	孙亲锡	副教授	华中科技大学
	姜新祺	副编审	华中科技大学
秘书	李德	副编审	华中科技大学

内 容 提 要

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

本书以电力系统为主,着重叙述发电、输变电和配电系统的构成、设计、运行与管理的基本理论和计算方法,电力系统继电保护,电力系统内部过电压及防雷保护。本书内容包括:绪论、发电系统、输变电系统、配电系统、电力系统负荷、电力网的稳态计算、电力系统的短路计算、电气主接线的设计与设备选择、现代电力系统的运行、电力系统继电保护、发输变配电系统的二次系统、电力系统内部过电压及其防护、电力系统防雷保护、电力系统绝缘配合和现代电力系统管理等。

本书为普通高等学校电气工程及其自动化专业和相关专业的教材,同时亦可作为从事发电厂和变电站的电气设计、运行、试验、管理及有关工程技术人员参考用书。

第二版前言

本书第一版自 2005 年 9 月问世以来,已经过多年使用,并于 2008 年被列入普通高等教育“十一五”国家级规划教材,同年,以本书为主的华中科技大学“电气工程基础”课程被评为国家级精品课程。

本书是在第一版的基础上经过修订而成的。随着科学技术的进步和高等教育改革的深入,电气工程及其自动化专业的教学体系与内容发生了很大变化,有些观点需要更新,有些理论需要修正,有些方法需要补充,有些算例需要充实。这是再版时应达到的目标,但由于时间和精力限制,这次第二版来不及作系统的重大修改,只是作了局部的调整和修正,以便适时满足教学之急需,敬请读者见谅。

本书与第一版相比,做了以下一些修订:反映了现代电力工业的现状、特点及发展态势;删去了一些陈旧、不太适合教学的内容;第一版中有些术语、名词不够统一,在新版中都加以推陈出新。

本书由华中科技大学电力工程系组织编写,参加编写的有:熊信银教授(第一章、第二章),戴明鑫副教授(第三章、第八章),罗毅副教授(第四章、第五章、第十三章),吴耀武副教授(第六章、第十二章),张步涵教授(第七章、第九章),曾克娥教授(第十章、第十一章)和恽素华副教授(第十四章、第十五章)。熊信银教授、张步涵教授担任主编,由熊信银教授负责全书的统稿。

在本书的编写过程中,编者尽了很大努力,力图让使用本书的师生满意,但由于编者学术水平有限,加上编写时间仓促,书中还有不尽如人意的地方,敬请读者批评指正。

编 者

2009 年 6 月

第一版前言

本书是根据加强基础、拓宽专业知识面的教学改革需要而编写的,涉及电力系统的各个方面,诸如:电力系统的基本概念及知识,发电系统,输变电系统,配电系统,电力系统负荷,电力网的稳态计算,电力系统的短路计算,电气主接线的设计与设备选择,现代电力系统的运行,电力系统继电保护,发输变配电系统的二次系统,电力系统内部过电压及其防护,电力系统防雷保护,电力系统绝缘配合和现代电力系统管理等。为加深对课程内容的理解,书中大部分章节附有例题、思考题和习题。本书为电气工程及其自动化专业、电力系统及其自动化专业以及相关专业的教材,亦可作为机电类专业的参考书。

本书由华中科技大学电力工程系组织编写,参加编写的有:熊信银教授(第一章、第二章),戴明鑫副教授(第三章、第八章),罗毅副教授(第四章、第五章、第十三章),吴耀武副教授(第六章、第十二章),张步涵教授(第七章、第九章),曾克娥教授(第十章、第十一章)和娄素华讲师(第十四章、第十五章)。熊信银教授、张步涵教授担任主编,由熊信银教授负责全书的统稿。由于编写时间仓促,书中错误及不当之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2005 年 6 月

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 我国电力工业发展概况及前景	(1)
第二节 电力系统基本概念	(10)
第三节 电能的质量指标	(17)
第四节 电力系统的电压等级及其选择	(21)
第五节 电力系统中性点接地	(26)
思考题与习题	(32)
第二章 发电系统	(33)
第一节 能源及电能	(33)
第二节 火力发电厂	(37)
第三节 水力发电厂	(43)
第四节 核能发电厂	(49)
第五节 其他发电厂	(54)
思考题与习题	(57)
第三章 输变电系统	(58)
第一节 概述	(58)
第二节 输变电设备	(59)
第三节 电气一次接线	(66)
第四节 配电装置	(74)
第五节 保护接地	(77)
第六节 高压直流输电	(81)
思考题与习题	(85)
第四章 配电系统	(86)
第一节 概述	(86)
第二节 配电网主接线	(88)

第三节 配电网开关设备	(91)
第四节 低压配电网的保护接零	(98)
第五节 配电自动化及系统	(100)
思考题与习题	(106)
第五章 电力系统负荷	(107)
第一节 电力系统负荷及负荷曲线	(107)
第二节 用电设备计算负荷的确定	(111)
第三节 电力系统负荷特性及模型	(120)
思考题与习题	(125)
第六章 电力网的稳态计算	(126)
第一节 电力线路的结构	(126)
第二节 架空输电线路的参数计算和等值电路	(132)
第三节 变压器的等值电路及参数计算	(137)
第四节 网络元件的电压和功率分布计算	(145)
第五节 电力网络的潮流计算	(149)
思考题与习题	(159)
第七章 电力系统的短路计算	(161)
第一节 电力系统的短路故障	(161)
第二节 标幺制	(163)
第三节 无限大功率电源供电网络的三相短路	(170)
第四节 网络化简与转移电抗的计算	(177)
第五节 有限容量系统供电网络三相短路电流的实用计算	(183)
第六节 电力系统各元件的负序与零序参数	(193)
第七节 电力系统各序网络的建立	(201)
第八节 电力系统不对称短路的计算	(207)
思考题与习题	(214)
第八章 电气主接线的设计与设备选择	(217)
第一节 概述	(217)
第二节 主变压器和主接线的选择	(217)
第三节 载流导体的发热和电动力	(220)

第四节 电气设备的选择·····	(227)
第五节 设备选择举例·····	(238)
思考题与习题·····	(244)
第九章 现代电力系统的运行·····	(246)
第一节 电力系统有功功率与频率的调整·····	(246)
第二节 电力系统无功功率与电压的调整·····	(251)
第三节 电力网运行的经济性·····	(263)
第四节 电力系统运行的稳定性·····	(268)
思考题与习题·····	(282)
第十章 电力系统继电保护·····	(285)
第一节 继电保护的作用和原理·····	(285)
第二节 继电保护装置的构成·····	(289)
第三节 对继电保护的基本要求·····	(293)
第四节 输电线路的电流保护·····	(295)
第五节 输电线路的自动重合闸·····	(313)
第六节 主要电气设备的保护配置·····	(321)
思考题与习题·····	(323)
第十一章 发输变配电系统的二次系统·····	(325)
第一节 基本概念·····	(325)
第二节 断路器的控制和信号回路·····	(328)
第三节 变电站的综合自动化·····	(334)
思考题与习题·····	(338)
第十二章 电力系统内部过电压·····	(339)
第一节 概述·····	(339)
第二节 操作过电压·····	(340)
第三节 谐振过电压·····	(352)
第四节 工频电压升高·····	(366)
思考题与习题·····	(369)

第十三章 电力系统防雷保护	(371)
第一节 雷电的放电过程和雷电参数	(371)
第二节 电力系统的防雷保护装置	(375)
第三节 架空输电线路的防雷保护	(386)
第四节 发电厂和变电站的防雷保护	(394)
思考题与习题	(402)
第十四章 电力系统绝缘配合	(403)
第一节 概述	(403)
第二节 绝缘配合方法	(405)
第三节 输变电设备绝缘水平的确定	(408)
第四节 架空输电线路的绝缘配合	(410)
思考题与习题	(414)
第十五章 现代电力系统的管理	(415)
第一节 概述	(415)
第二节 电力企业计划管理	(421)
第三节 电力企业生产管理	(435)
思考题与习题	(445)
附录 I 各种常用架空线路导线的规格	(446)
附录 II 架空线路导线的电抗和电纳	(448)
附录 III 短路电流周期分量计算曲线数字表	(450)
附录 IV 导体及电气设备技术数据	(456)
参考文献	(459)

第一章 绪 论

第一节 我国电力工业发展概况及前景

一、电力工业发展概况

电能对人类非常重要。它是人们生活中不可缺少的重要能源,给黑夜带来光明,给人类带来幸福,没有电能的世界是不可想象的。

电能是现代社会文明的基础。它为现代工业、现代农业、现代科学技术和现代国防提供必不可少的动力,在国民经济中占有十分重要的地位。

电能在我国的应用已有 100 多年的历史。

中国最早的火力发电是在 1882 年,在上海安装了第一台机组发电。举办水力发电比火力发电晚了 30 年,始于 1912 年,在云南省离昆明 40 km 的螳螂川上建成石龙坝水电站,装机容量为 2 台 240 kW。

从 1882 年 7 月上海第一台机组发电开始,到 1949 年新中国成立,在 60 多年中,经历了辛亥革命、土地革命、抗日战争和解放战争,电力工业发展迟缓,有时还遭到破坏,全国只有几个大城市才有电能供应。

1949 年全国发电设备的总装机容量为 184.86×10^4 kW(当时占世界第 21 位),年发电量仅 43.1×10^8 kW·h(当时占世界第 25 位),人均年占有电量不足 10 kW·h。当时中国的电力系统大多是城市发、供电系统,跨地区的只有东北中部和南部的 154 kV、220 kV 电力系统、东北东部的 110 kV 电力系统(分别以丰满、水丰和镜泊湖等水电站为中心)及冀北电力系统。

新中国成立以来,电力工业有了很大的发展,尤其是 1978 年以后,改革开放、发展国民经济的正确决策和综合国力的提高,使电力工业取得了突飞猛进、举世瞩目的辉煌成就。从 1996 年起,我国发电装机容量和年发电量均跃居世界第二位,超过了俄罗斯和日本,仅次于美国,进入世界电力生产和消耗的大国行列。半个多世纪的风雨历程,铸造了共和国的繁荣昌盛,60 年的艰苦奋斗,成就了我国电力工业的灿烂辉煌。

我国发电装机容量的几大跨越在历史的丰碑上清晰可见:从 1949 年到 1987 年,全国发电装机容量超过 1×10^8 kW,用了 38 年的时间;从 1987 年到 1994 年间,新增装机容量 1×10^8 kW,用了 7 年的时间;从 1994 年底到 2000 年间,新增装机容量 1×10^8 kW,用了 6 年的时间;2004 年 5 月,以三峡左岸电站 7 号机组为标志,全国电力装机容量突破 4×10^8 kW;2005 年 12 月 27 日,随着浙江国华宁海电厂 2 号机组投运,全

国电力装机容量突破 5×10^8 kW;2006 年 12 月 4 日,以华电邹县发电厂首台 100×10^4 kW 超临界 7 号机组正式投产为标志,全国电力装机容量突破 6×10^8 kW,新增装机容量 1×10^8 kW,仅用了 1 年的时间。2007 年电力建设继续保持较快速度,在短短一年的时间内,全国电力装机容量再上新台阶,突破了 7×10^8 kW,又一次,1 年新增装机容量超过 1×10^8 kW。这段时期,是新中国成立以来电力建设发展最快的时期。2006 年、2007 年,全国每年新增发电装机容量超过 1×10^8 kW,为历史上装机容量增长最多的年份,如此快的发展速度,这在世界电力发展史上是罕见的。

截至 2008 年底,全国发电装机容量达到 7.9253×10^8 kW,同比增长 10.34%。从电力生产情况看,全国发电量达到 34334×10^8 kW·h,同比增长 5.18%。电力生产基本满足社会用电需求,从而有条件关闭大批小火电,为全国节能与减排二氧化碳作出了重要贡献。照此速度发展下去,预计在 2020 年前后全国发电装机容量将超过美国,跃居世界第一位。

我国电力工业的飞速发展,还体现在电力网、单机容量和电厂规模等方面的大幅度提高上。

1972 年建成了我国第一条超高压 330 kV 输电线路,该线路由甘肃刘家峡水电厂到陕西关中地区。

1981 年建成了第一条超高压 500 kV 输电线路,该线路由河南姚孟火电厂到武汉。

2005 年 9 月,我国第一个超高压 750 kV 输变电工程正式投入运行,这是我国电力工业发展史上一个里程碑。750 kV 输变电工程的投运,对于加快我国电网发展,以及积累电网建设经验,具有重要的示范作用;也为充分利用西部地区丰富的能源,加快资源优势向经济优势转化,创造了更好的条件和机遇。这一示范工程的建成投产,标志着我国电网建设和输变电设备制造水平跨入世界先进行列。

2009 年 1 月,我国特高压 1000 kV 交流输变电工程——晋东南—南阳—荆门试验示范工程,正式投运。这是我国首个特高压交流试验示范工程,电力工业又一次站在了发展跨越的新起点上,成就了目前世界上运行电压最高、输送能力最大、代表国际输变电技术最高水平的交流输变电工程。作为中国乃至世界电力发展史上的重要里程碑,特高压试验示范工程的投运,标志着我国在远距离、大容量、低损耗的特高压核心技术和设备国产化领域取得历史性重大突破,对优化能源资源配置,保障国家能源安全和电力可靠供应具有重要意义。特高压,是思想解放、理论创新和勇于实践的结晶;特高压,凝聚着智慧的光芒和科学的精神;特高压,是历史、现实和未来的选择!

除超高压交流输电外,1988 年建成了从葛洲坝水电厂到上海南桥变电站的 ± 500 kV 直流输电线路,全长 1080 km,输送容量 120×10^4 kW,使华中和华东两大电网互联,形成了跨大区的联合电力系统。

2006 年 12 月 19 日,云广特高压直流输电工程开工,为世界首个 ± 800 kV 特高压直流输电工程,是我国电力工业发展史上具有重要里程碑意义的又一件大事,标志着我

国特高压电网建设又迈出了重要的一步。

现在,我国最大的火电机组容量为 $100 \times 10^4 \text{ kW}$ (玉环发电厂),最大的水电机组容量为 $70 \times 10^4 \text{ kW}$ (三峡水电厂),最大的核电机组容量为 $100 \times 10^4 \text{ kW}$ (田湾核电厂);最大的火力发电厂容量为 $454 \times 10^4 \text{ kW}$ (邹县发电厂),最大的水力发电厂为 $1820 \times 10^4 \text{ kW}$ (三峡水电厂),最大的核能发电厂为 $305 \times 10^4 \text{ kW}$ (秦山核电厂),最大抽水蓄能电厂为 $240 \times 10^4 \text{ kW}$ (广东抽水蓄能电厂),这也是目前世界上最大的抽水蓄能电厂。

举世瞩目的三峡工程,装机容量 32 台(含地下电厂 6 台机组),单机容量为 $70 \times 10^4 \text{ kW}$,年均发电量 $847 \times 10^8 \text{ kW} \cdot \text{h}$,比全世界 $70 \times 10^4 \text{ kW}$ 机组的容量总和还多,是世界上最大的发电厂,经过半个多世纪的论证,十多年艰辛建设,按期实现了蓄水、通航、发电三大目标,攻克了一系列的世界级难题,刷新了一系列的世界纪录,制造了一系列人间奇迹,实现了几代中国人民执著追求的百年梦想,谱写了世界水电建设史上光辉的一页。

我国核电力工业起步较晚,自行设计、制造、安装、调试的 $30 \times 10^4 \text{ kW}$ 秦山核电厂于 1991 年 12 月首次并网发电,实现了核电厂零的突破。大亚湾核电厂引进 2 台 $90 \times 10^4 \text{ kW}$ 压水堆核电机组,1994 年投入运营,其安装、调试和运行管理等方面,都达到了世界先进水平。秦山核电厂经过一期、二期和三期的建设,为我国目前最大的核能发电厂,标志着我国的核电工业迈入了一个新的发展阶段,标志着我国电力工业在技术上向现代化方向迈进。

华东、华北、东北和华中四大电网的容量均已超过 $4000 \times 10^4 \text{ kW}$ 。

目前,东北与华北、华北与华中,华中与华东、华中与南方电网已经互联,全国联网格局基本形成。三峡送变电工程中已完成三峡—常州、三峡—广东和三峡—上海等 $\pm 500 \text{ kV}$ 高压直流输电工程。因此,实现全国联网战略正在顺利推进。

二、电力系统发展前景

为国民经济各部门和人民生活供给充足、可靠、优质、廉价的电能,是电力系统的基本任务。节能减排,“一特四大”,实现高度自动化,西电东送,南北互供,发展联合电力系统,是我国电力工业的发展方向。这是一项全局性的庞大系统工程。为了实现这一目标,还有很多事要做,且依赖于各方面相关技术的全面进步,如下述一些方面有待进一步研究和解决。

1. 做好电力规划,加强电网建设

电力工业是能源工业、基础工业,在国家建设和国民经济发展中占据十分重要的地位,是实现国家现代化的战略重点。

电能是发展国民经济的基础。而电能是一种无形的、不能大量储存的二次能源。电能的发、变、送、配和用电,几乎是在同一瞬间完成的,须随时保持功率平衡。要满足国民经济发展的要求,电力工业必须超前发展,这是世界电力工业发展规律,因此,做好

电力规划、加强电网建设就尤为重要。

电力规划就是根据社会经济发展的需求,能源资源和负荷的分布,确定合理的电源结构和战略布局,确立电网电压等级、输电方式和合理的网架结构等。电力规划合理与否,事关国民经济的发展,直接影响电力系统今后运行的稳定性、经济性、电能质量和未来的发展。

2003年8月14日(美国东北时间),美国东北部和加拿大东部联合电网发生了大面积停电事故。这次停电涉及美国俄亥俄州、纽约州、密歇根州等6个州和加拿大安大略省、魁北克省2个省,共计损失负荷61.80 GW,多达5000万居民瞬间便失去了他们赖以生存的电力供应。在纽约,停电使整个交通系统陷入全面瘫痪;成千上万名乘客被困在漆黑的地铁隧道里;公共汽车就地停运,造成道路堵塞;许多人被长时间困在电梯里;空调停运,人们只能聚集在大街上,或在高温下冒着酷暑步行回家。这次停电,给美、加两国造成的经济损失是巨大的。因此,我们要吸取这次美、加大停电事故的经验教训,引以为鉴。

根据我国社会经济发展的需求,加强电力总体规划,确定合理的电源结构和布局,留有足够的容量和能量的备用,建成容量充足、结构合理、运行灵活的联合电力系统,并采取必要的措施,防患于未然,确保联合电力系统安全稳定运行,为国民经济的正常运转和人民正常的生活提供充足、可靠、优质而又廉价的电能。

2. 电力工业现代化

在21世纪中叶基本实现社会主义现代化是我国社会主义建设的战略目标,也是全国人民在新时期的总任务。实现社会主义现代化,就是要逐步用当代先进的科学技术来武装我国的农业、工业、国防和科学技术事业,使之达到国际先进水平。工业要现代化,作为基础和先行工业的电力工业,更要实现现代化。

要实现电力工业现代化,首先必须使电能满足“四化”建设的需要,满足工农业生产和人民生活用电不断增长的需要。其次,就是要用当代先进的科学技术装备和改造电力工业企业。目前电力技术的先进水平主要表现为特高压、大系统、大电厂、大机组、高度自动化及核电技术。

(1)特高压、大系统。系统容量在 $(4000\sim 8000)\times 10^4$ kW以上,交流输电电压为超高压500 kV、750 kV和特高压1000 kV,直流输电电压为 ± 500 kV和特高压 ± 800 kV。

(2)大电厂、大机组。大电厂包含大火电基地、大水电基地、大核电基地和大可再生能源发电基地,火电厂容量为 $(460\sim 640)\times 10^4$ kW,最大机组容量为 $(100\sim 160)\times 10^4$ kW;水电厂容量为 1260×10^4 kW,最大机组容量为 $(70\sim 80)\times 10^4$ kW;抽水蓄能电厂容量为 240×10^4 kW,最大机组容量为 45.7×10^4 kW;核电厂容量为 $(400\sim 800)\times 10^4$ kW,最大机组容量为 $(100\sim 170)\times 10^4$ kW;风力发电厂容量为 $(100\sim 1000)\times 10^4$ kW,最大机组容量为 $(1000\sim 7200)$ kW。

(3)高度自动化。建立以电子计算机为中心的安全监测、控制和经济调度系统,实行功率和频率的自动调整,火电厂实行单元集中控制,水电厂和变电站实行无人值班和远方集中控制。

我国电力工业今后发展的规划目标是:优化发展火电,规划以 60×10^4 kW 和 100×10^4 kW 火力发电机组为主干,进一步发展 110×10^4 kW、 130×10^4 kW 和 160×10^4 kW 的大型火力发电机组,建设一批 $(400 \sim 600) \times 10^4$ kW 的大规模发电厂;优先开发水电,以总装机容量为 1820×10^4 kW 的长江三峡水利枢纽工程建设为龙头,坚持滚动、流域、梯级、综合开发的水电建设方针,加快我国的水电建设步伐;积极发展核电,在沿海和燃料短缺的地区,加快建设一批占地面积少,节省人力和燃料、不污染环境的大型核电厂;因地制宜发展新能源,同步发展电网,努力实现节能降耗新突破,认真治理对环境的污染。这一符合我国国情的规划目标,将使我国的电力工业走向低能耗结构、低环境污染、高效率运营的和谐发展道路。

3. 节能减排,积极发展清洁能源

(1)节能减排。节能减排这个人类与自然的约定,企业与社会约定,世界各国人民个体与整体的约定,伴随着人类历史长河的涓涓细流如期而至。2007年,在遥远的巴里岛,全世界187个国家的代表已经就未来气候谈判战略达成共识,《联合国气候变化框架公约》的蓝图初步形成。可以清晰地看到,人类与自然的和谐相处将成为本世纪各国政府的头号议题。对于发展中的中国,我们有理由给予更多期待。

节能减排,不只在于这是“国家确定,人大通过”的国家规划,具有法律尊严,更在于其成败关系到国家的核心竞争力。在国际范围内,特别是在经济全球化的快车道上,这是一场很严酷的较量,讲的是经济质量,论的是科技含量与知识含量,究的是投入产出比率,影响到的是国家前途和命运。

节能减排的困难在于,“节能”符合利润原则,相对简单;“减排”则涉及全局利益与局部利益的矛盾、眼前利益与长远利益的矛盾、国家利益与人类利益的矛盾等复杂的关系,有一个先发展后治理还是边发展边治理,抑或只发展不治理的问题。但有一点是肯定的,如果不是在发展中寻求治理的办法,在治理中探求发展的道路,其代价则会更为惨重,甚至无法挽回,对不起我们的子孙后代。

在当今世界中,节能减排已经不是一个国家或一个地区的内部事务,而是整个人类所需要共同面临的一个严肃问题。当人类发现,传统的工业发展方式已经没有出路,能源和生态的危机已经严重影响到了人类自身的生存和发展时,唯一的出路就是立即转变观念,走节能减排的新型工业化道路。

“十一五”规划《纲要》明确提出了节能和减排两个约束性目标,电力工业是国家实施环保改造的重点领域,上大压小,脱硫脱硝,对于我国工业改革的战略布局具有十分重要的意义。在国家一系列政策的支持和鼓励下,电力工业挑起了保障我国经济可持续发展的重任,在节能减排的道路上一马当先,为实现人类与自然和谐相处的世纪约定

作出了重要贡献。

我国电力工业结构不合理的矛盾十分突出,特别是能耗高、污染重的小火电机组比重过高。到2005年底,全国单机 10×10^4 kW及以下小火电机组容量达到 1.15×10^8 kW左右。因此,电力工业将“上大压小”,加快关停小火电机组放在“十一五”期间工作的首位。

2008年,全年关停小火电机组 1669×10^4 kW,三年累计关停小火电机组 3420×10^4 kW;全国6000 kW及以上火电厂供电标准煤耗已达 349 g/kW·h,比上年降低 7 g/kW·h,三年累计降低 21 g/kW·h,已提前完成了“十一五”规划 355 g/kW·h的目标;全国电网输电线路损失率为 6.64% ,比上年下降 0.33 个百分点,三年累计降低 0.57 个百分点;火电厂烟气脱硫机组容量已超过 3.6×10^8 kW,约占煤电机组容量的 65% 。“十一五”期间,电力工业“上大压小”任务会超额完成,关停的小火电可达 6500×10^4 kW,而与其对应的新上大火电机组可达 1×10^8 kW以上。

(2)积极发展清洁能源。清洁能源的开发与利用作为能源开发的一场革命,正在世界各国如火如荼地展开。

所谓清洁能源是指通过特定的发电设备,将核能、风能、太阳能、生物质能、海洋能和地热能等能源转换得来的电能,其最大特点是生产过程中不排放或很少排放对环境有害的废气和废水等污染物。下面,仅以核能、风能和太阳能的开发和利用为例进行叙述。

① 核能发电。国家需要建大量核电,特别是沿海地区。不大力发展核电,很难解决能源供给问题。继秦山和大亚湾核电厂之后,我国又先后投运了秦山二期、岭澳、秦山三期和田湾核电厂,形成了浙江秦山、广东大亚湾和江苏田湾三座核电基地。目前已经投运的核电机组有11台,总装机容量为 910×10^4 kW。在建核电有 1800×10^4 kW,计划到2020年建成 4000×10^4 kW的核电。

② 风力发电。我国风力资源丰富,尤其在西北、东北和沿海地区,有着建设风力发电厂(又称风力发电场)的天然优势。20世纪80年代,有关部门提供的估计资料表明,我国陆地上10 m高度可供利用的风能资源为 2.53×10^8 kW,陆地上50 m高度可供利用的风能资源为 5×10^8 kW。截至2008年12月末,我国新增风电装机容量达到 719.02×10^4 kW,累计装机容量达到 1324.22×10^4 kW。从今年起,力争用10多年时间,在甘肃、内蒙古、河北和江苏等地建成几个上千万千瓦级风电基地,使高效清洁的风能在我国能源格局中占据应有的地位。

③ 太阳能发电。“万物生长靠太阳”,就是因为生长所需要的能源都来自太阳。无论是人类还是动植物,都离不开太阳的光和热。太阳是一个巨大、久远、无尽的能源。尽管太阳辐射到地球大气层的能量仅为其总辐射能量(约为 3.75×10^{26} W)的22亿分之一,但已高达 1.73×10^{17} W,换句话说,太阳每秒钟照射到地球上的能量就相当于 500×10^4 t煤。太阳能的利用已日益广泛,它包括太阳能光利用和太阳能热利用等。