

无功电压 与无功补偿的调整

WUGONG DIANYA
YU WUGONG BUCHANG DE TIAOZHENG

主 编 刘建英 张帆

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

无功电压与无功补偿的调整

主 编 刘建英 张 帆
副主编 王 飞 孟建平
参 编 林兆明
主 审 李 娜 陈利平

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

版权专有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

无功电压与无功补偿的调整 / 刘建英, 张帆主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2014. 6

ISBN 978 - 7 - 5640 - 8925 - 2

I. ①无… II. ①刘… ②张… III. ①无功电压 - 调整②无功补偿 - 调整

IV. ①TM1 ②TM714. 3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 038336 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

82562903 (教材售后服务热线)

68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 保定市中画美凯印刷有限公司

开 本 / 710 毫米 × 1000 毫米 1/16

印 张 / 15.75

字 数 / 266 千字

版 次 / 2014 年 6 月第 1 版 2014 年 6 月第 1 次印刷

定 价 / 49.00 元

责任编辑 / 李秀梅

文案编辑 / 李秀梅

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 王美丽

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换

前 言

PREFACE

无功功率是交流同步电网中最重要的因素之一，它与电网的供电能力、电能质量、网络损耗、安全稳定运行水平等密切相关。电网中多数元件需要消耗无功功率，大多数用户负荷也需要消耗无功功率，这些无功功率必须从网络中的某个地方获得，而无功功率传输又有诸多的限制条件，这就引出了无功平衡与无功补偿的问题。

在电网中完全不传输无功功率实际上是不可能的，除非在同一电网、同一电压等级的节点上无功功率的产生与需要量相等。因此，经常可以见到在同一电网的配电网络中使用并联电容器进行容性补偿，而在输电网络中又使用并联电抗器进行感性补偿，以实现无功功率分层、分区就地平衡。

控制无功功率是保证供电质量的基本方法。为保证电网各枢纽点和用户侧电压在一定的范围内变化，需要对这些节点的电压进行适当的控制，而通过对输电网络中无功功率的控制，既可实现输电网络功率损耗最小，又可实现传输容量最大的目标。另外，从实质上看，交流网络输电中的电压稳定问题及电压崩溃问题还是无功功率控制问题。由于在交流同步电网中无功功率控制如此重要，因而无功功率控制与无功功率补偿是本书讨论的主要问题。

无功功率优化是电网无功功率控制的理想方式，它是通过合理调节变压器的分接头及投切无功补偿设备，达到保持系统电压水平、促进无功功率合理流动进而减小系统有功功率损耗的目标。预定目标综合最佳的优化问题，属于多约束非线性组合优化范畴。近几年来，国内外对电网无功优化的研究已经非常深入和广泛，已提出的无功优化求解方法有二次规划法、动态规划法、内点法、灵敏度法和单纯形法，这些算法由于多数将离散变量作为连续

变量处理,使求解时陷入局部最优且时间过长。目前,利用遗传算法求解非线性优化问题较为成功,但仍然存在收敛速度慢、交叉和变异概率低等问题。本书对上述问题进行了较为详细的论述。

随着电网的不断发展,电网结构日趋复杂,无功调节手段数目多,相互影响大。这些因素导致电网电压/无功功率优化控制问题的规模越来越大,传统的电压/无功功率优化控制方法已不能满足电力系统实际运行的需求。有必要在继续增加本地无功资源、提高电压控制能力的同时,建设自动电压控制系统,以完善对电网无功电压分布的综合决策、调度和管理,优化调度现有的无功电压调控资源,提高系统满足电能质量、电网安全和经济运行等要求的能力,减轻运行人员工作量。而自动电压/无功功率控制系统(Automatic Voltage Control, AVC)是利用电网实时运行数据,从整个系统角度科学决策出最佳的无功电压调整方案,自动下发各个子站装置,以电压安全和优质为约束,以系统经济性运行为目标,采用连续闭环进行电压的实时优化控制,解决了无功电压协调控制方案的在线生成、实时下发、闭环自动控制等一整套分析、决策、控制、实时追踪的问题。AVC能够有效地克服电网无功电压控制中存在的不足,解决电网当前和未来面临的电压控制问题。

随着电力领域新技术的发展,电力系统的无功功率控制技术得到了进一步丰富和提高。利用普通晶闸管相角控制的柔性输电技术,对电网有功功率、无功功率进行快速、灵活调节的技术已经发展了几十年且已经成熟,国外应用早且较为广泛。近些年来,国内在220 kV、500 kV和750 kV交/直流输电工程中重点推广应用了串联补偿、可控串联补偿、静止无功补偿和可控电抗等输电新技术,以不断提高我国电网输电能力和安全可靠性的。

本书由刘建英、张帆老师任主编,王飞和孟建平任副主编。本书项目一由王飞编写,项目二、项目七由刘建英编写,项目三、项目四由张帆编写,项目五、项目六由孟建平编写,林兆明参与编写部分章节,同时,感谢李娜及陈利平对本书的审稿工作。

由于编者水平有限,书中不当之处在所难免,敬请广大读者指正。

编者

目 录

CONTENTS

项目一 认识电力系统	1
任务一 电力系统组成及其发展	1
1.1.1 电力系统的组成	1
1.1.2 电力系统的发展	4
任务二 电力系统电压等级	14
1.2.1 额定电压的概念	14
1.2.2 电力系统额定电压的确定	15
1.2.3 选择额定电压考虑因素	19
任务三 电力系统负荷曲线	19
1.3.1 负荷定义	19
1.3.2 负荷分类	20
1.3.3 负荷曲线	21
任务四 电力系统中性点运行方式	25
1.4.1 中性点不接地系统	26
1.4.2 中性点经消弧线圈接地系统	28
1.4.3 中性点直接接地系统	31
项目二 电力线路基础知识	33
任务一 电力线路的结构	34
2.1.1 导线和避雷线	35
2.1.2 杆塔	38
2.1.3 绝缘子	41

无功电压与无功补偿的调整

2.1.4	电力线路金具	42
2.1.5	杆塔基础	45
2.1.6	拉线	45
2.1.7	接地装置	46
2.1.8	电力电缆	46
任务二	电力线路的巡视和维护	47
2.2.1	运行组织	47
2.2.2	巡视与检查	49
2.2.3	维护与管理	50
2.2.4	电力线路的技术管理	54
2.2.5	线路标准化作业	54
任务三	电力线路检修	55
2.3.1	电力线路检修的准备	55
2.3.2	电力线路检修项目及周期	57
2.3.3	施工验收	58
任务四	配电线路	59
2.4.1	配电网概述	59
2.4.2	配网设备	62
2.4.3	配网自动化	68
任务五	带电作业	69
2.5.1	带电作业的条件	69
2.5.2	带电作业的基本方法	70
2.5.3	带电作业工器具	72
项目三	电力系统各元件参数和等值电路	74
任务一	电力线路的参数及其等值电路	74
3.1.1	电力线路的结构	74
3.1.2	电缆的结构	78
3.1.3	电力线路的阻抗	80
3.1.4	电力线路的数学模型	86
任务二	变压器参数及其等值电路	88
3.2.1	变压器的等值电路	88
3.2.2	双绕组变压器的参数	89

3.2.3	三绕组变压器的参数	91
3.2.4	自耦变压器的参数和数学模型	94
3.2.5	发电机的参数和等值电路	94
任务三	标幺制	100
3.3.1	标幺制及其应用	100
3.3.2	标幺值的近似算法	103
项目四	简单电力网络的分析与计算	108
任务一	网络元件的电压降落和功率损耗	109
4.1.1	电力线路运行状况的计算	109
4.1.2	变压器的电压降落、功率损耗	115
4.1.3	节点注入功率、运算负荷和运算功率	118
任务二	开式电力网络的潮流分布计算	122
4.2.1	电力系统的参数	122
4.2.2	开式网络的潮流分布	122
项目五	电力系统的无功功率平衡和电压调整	134
任务一	电力系统无功功率平衡	134
5.1.1	无功功率负荷和无功功率损耗	134
5.1.2	无功功率电源	137
5.1.3	无功功率平衡	141
任务二	电压调整的基本概念	144
5.2.1	允许电压偏移	144
5.2.2	电压波动和中枢点的电压管理	145
5.2.3	电压调整的基本原理	147
任务三	发电机调压	148
任务四	改变变压器变比调压	150
5.4.1	普通双绕组变压器分接头的选择	150
5.4.2	三绕组变压器分接头的选择	154
5.4.3	有载调压变压器	155
5.4.4	加压调压变压器	156
任务五	改变电网无功功率分布调压及改变电力网参数调压	157
5.5.1	改变电网无功功率分布调压	157

5.5.2	改变输电线路的参数调压	162
项目六	电网自动电压控制	165
任务一	无功优化与电压控制	165
6.1.1	概述	165
6.1.2	无功优化与电压控制	165
6.1.3	无功优化基本概念	169
6.1.4	国内外无功优化研究现状	170
任务二	自动电压控制介绍	171
6.2.1	现代电网对 AVC 的需求	171
6.2.2	电网 AVC 的基本原理和功能	173
6.2.3	国外 AVC 系统发展现状	177
6.2.4	国内 AVC 系统发展现状	180
6.2.5	不同电网的 AVC 算法比较	181
项目七	柔性交流输电系统的基本概念	190
任务一	柔性输电技术介绍	190
7.1.1	概述	190
7.1.2	电能质量的基本概念	192
7.1.3	输电线路的互连	194
7.1.4	交流输电系统中的潮流	198
7.1.5	限制负荷容量的因素	203
7.1.6	输电网络互连的潮流和动态稳定	204
7.1.7	有关参数控制的说明	208
任务二	柔性输电技术控制器	209
7.2.1	FACTS 控制器的基本类型	209
7.2.2	FACTS 控制器的定义和功能简介	213
7.2.3	FACTS 的发展历史与应用简介	223
7.2.4	FACTS 技术的优势	232
7.2.5	高压直流输电与 FACTS	237
参考文献	242

项目一

认识电力系统

任务一 电力系统组成及其发展

电力工业是国民经济的一个重要组成部分，它为工业、农业、交通运输和城市提供能源。由于易于控制、输配简单经济且便于转变成其他形式的能量（机械能、光能、热能、化学能等），电能已广泛应用到社会生产的各个领域和社会生活的各个方面。

1.1.1 电力系统的组成

发电厂多数是建造在燃料、水力资源丰富的地方，这些地区往往远离电能用户，为了给用户供电，须建设较长的输电线路。同时，为了降低输电过程中的功率损耗和电压损耗，必须提高输电电压，这就需要兴建相应的升压变电站。将电能送到用户区之后，为了满足用电设备对工作电压的要求，还需将电压降低。同时，还存在着对用户进行合理分配电能的问题。

一个完整的电力系统由分布在各地的不同类型的发电厂、升压和降压变电所、输电线路和电力用户组成，图1-1是一大型电力系统的示意图。该系统起着生产、输送、分配和消费电能的作用。

1. 发电厂

发电厂是生产电能的工厂，它是把非电形式的能量转换成电能。发电厂的种类很多，根据所利用能源的不同，有火力发电厂、水力发电厂、核能发电厂、地热发电厂、潮汐发电厂，以及风力发电厂、太阳能发电厂等。

2. 变电所

变电所是变换电压和分配电能的场所，由电力变压器和配电装置组成。

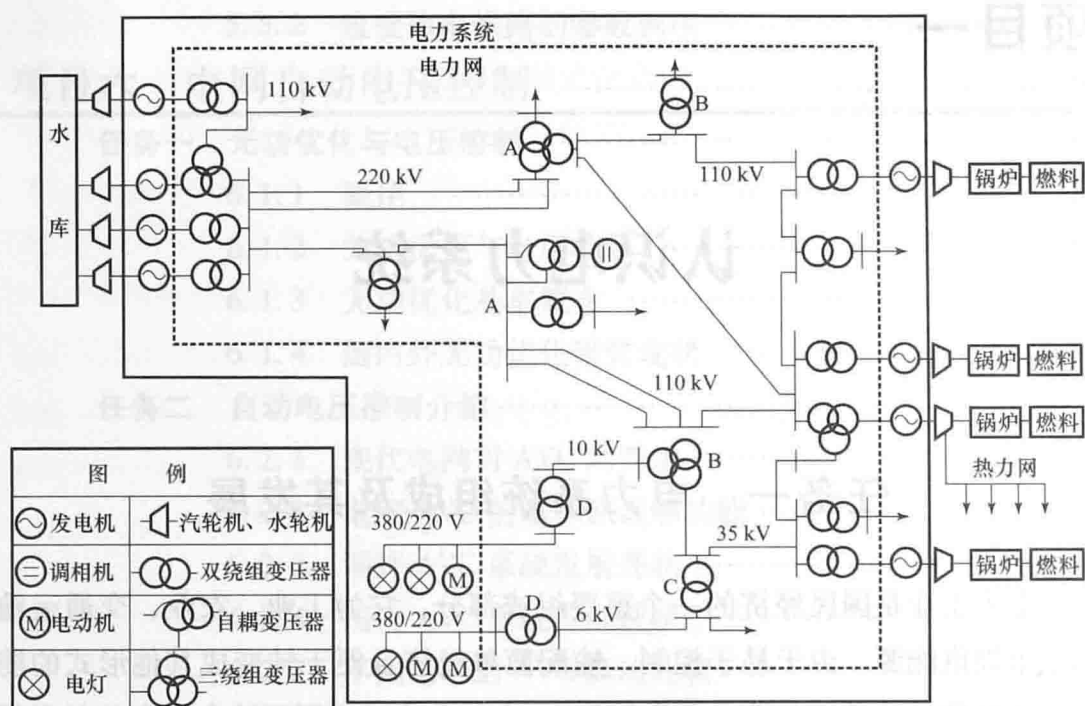


图 1-1 电力系统和电力网示意图

它的类型除按升压、降压分类外，还可按设备布置的地点分为户外变电所和户内变电所及地下变电所等。若按变电所的容量和重要性又可分为枢纽变电所、中间变电所和终端变电所。枢纽变电所一般容量较大，处于联系电能系统各部分的中枢位置，地位重要，如图 1-1 中 A 为枢纽变电所。中间变电所则处于发电厂和负荷中心之间，从这里可以转送或抽引一部分负荷，如图 1-1 的中变电所 B。终端变电所一般是降压变电所，它只负责供应一个局部地区或一个用户的负荷而不承担功率的转送，如图 1-1 中的变电所 C、D。对于仅装有受、配电设备而没有电力变压器的称为配电所。

3. 电力网

电力网是联系发电厂和用户的中间环节，由变电所和各种不同电压等级的电力线路组成，其作用是输送和分配电能。

电力网包括输电网和配电网。输电网是将发电厂发出的电能升压后通过输电线送到邻近负荷中心的枢纽变电所。输电线还有联系相邻电力系统的作用。配电网则是将电能从高压变电所降压后分配到用户去的电力网部分。

目前，我国电力网的电压等级主要有 0.22 kV、0.38 kV、3 kV、6 kV、10 kV、35 kV、110 kV、220 kV、330 kV、500 kV。

现在,有代表性的电压是:从发电厂送出的主干系统的送电电压为 200 ~ 500 kV;到用户附近地区,降压到 35 ~ 110 kV;对于大容量用户,就用这种电压直接供电;在配电系统中用高压 6 ~ 10 kV 或 380 V、220 V 供应给一般用户。

对于用电量较大的企业,例如,大型化工企业、冶金联合企业、铝厂及大型冶炼厂等,我国已开始采用 110 kV 或 220 kV 电压直接对工业企业送电,以减少电力网的电能损失和电压损失。

电气化铁道牵引变电所的供电电压一般为 110 kV,东北地区为 220 kV。

高压输电具有节约电能、节约有色金属和提高电压质量等优点,随着大型电厂的建设和输电距离的增加,要求逐步提高输电电压。目前,某些国家输电电压已达到 750 kV,我国也已达到 500 kV。根据国民经济发展的需要,我国电力部门正在根据国情从技术经济等方面研究更高电压的输电问题。

图 1-1 中有大容量的水电厂、火电厂和热电厂。水电厂容量较大且输送距离较远,所以把电压升至 220 kV 经高压输电线路送到枢纽变电所。火电厂与水电厂相比,输送距离近一些,所以把电能升压到 110 kV 送到地区变电所,并通过枢纽变电所构成环形电网。热电厂则总是建在热用户附近,它除了以较低电压向近区用户供电外,还升压与地方电力网相联系。

4. 负荷(或者用户)的分级及其对供电的要求

保证供电的可靠性,是对电力系统最基本的要求。供电中断造成的后果往往十分严重,不同的用户,对供电可靠性的要求也不一样。根据用户负荷的性质和中断供电在经济、政治上所造成的损失和影响程度,规定将负荷(或者用户)分为三级(或称三类)。

1) 一级负荷

(1) 中断供电将造成人身伤亡。

(2) 中断供电将在政治、经济上造成重大损失,如重大设备损坏、重大产品报废、重要原材料生产的产品大量报废,或国民经济中重点企业的连续生产被打乱,需要长时间才能恢复。

(3) 中断供电将影响有重大政治、经济意义的用电单位正常工作,如重要的铁路枢纽、重要的通信枢纽、重要宾馆及经常用于举办国际活动的公共场所等用电单位中的重要电力负荷等。

2) 二级负荷

(1) 中断供电将在政治、经济上造成较大损失者。如主要设备的损坏,大量产品报废,连续生产过程被打乱需较长时间才能恢复,重点企业大量减产等。

(2) 中断供电将影响重要单位的正常工作,如铁路枢纽、通信枢纽等用电单位中的重要电力负荷,以及中断供电将造成大型影剧院、大型商场等大量人员集中的重要的公共场所秩序混乱者,都属于二级负荷。

3) 三级负荷

不属于一、二级负荷,短时停电不会带来严重后果者,属三级负荷。

为保证供电的可靠性,应根据地区供电条件,对各级负荷的供电方式区别对待。

一级负荷应由两个独立的电源供电,有特殊要求的一级负荷,两个独立的电源应来自不同的地点,发生故障时两个独立电源互不影响。

二级负荷的供电系统,应尽量做到发生故障时不致中断供电,或中断供电后能迅速恢复。在负荷较小或地区供电条件困难时,二级负荷可由一个 6 kV 及以上专用线供电。

三级负荷对供电电源无特殊要求。当系统发生故障时,如出现电力不足的情况,应首先考虑切除三级负荷,以保证一、二级负荷的用电。

1.1.2 电力系统的发展

1. 世界电力发展简史

电力工业起源于 10 世纪后期。1875 年,巴黎北火车站建成世界上第一座火电厂,为附近照明供电。1879 年,美国旧金山实验电厂开始发电,是世界上最早出售电力的电厂。1880 年,在英国和美国建成世界上第一批水电站。1913 年,全世界的年发电量达 500 亿 $\text{kW}\cdot\text{h}$, 电力工业已作为一个独立的工业部门,进入人类的生产活动领域。

20 世纪 30—40 年代,美国成为电力工业的先进国家,拥有 20 万 kW 的机组 31 台,容量为 30 万 kW 的中型火电厂 9 座。同一时期,水电机组达 5 万~10 万 kW 。1934 年,美国开工兴建的大古力水电站,计划容量为 888 万 kW , 1941 年发电,到 1980 年装机容量达 649 万 kW , 至 80 年代中期一直是世界上最大的水电站。1950 年,全世界发电量增至 9 589 亿 $\text{kW}\cdot\text{h}$, 是 1913

年的19倍。20世纪50—70年代,平均年增长率分别为9.4%、8.0%、5.3%。1950—1980年,发电量增长7.9倍,平均年增长率7.6%,相当于每10年翻一番。1986年,世界水力发电量占20.3%,火力发电量占63.7%,核能发电量占15.6%。

20世纪70年代,电力工业进入以大机组、大电厂、超高压以至特高压输电,形成以联合系统为特点的新时期。1973年,瑞士BBC公司制造的130万kW双轴发电机组在美国肯勃兰电厂投入运行。苏联于1981年制造并投入运行世界上容量最大的120万kW单轴汽轮发电机组。1977年,美国已有120座装机容量百万千瓦以上的大型火电厂。1985年,苏联有百万千瓦以上火电厂59座。1983年,日本有百万千瓦以上的火电厂32座,其中鹿儿岛电厂总容量440万kW,是当时世界上最大的燃油电厂。巴西和巴拉圭合建的伊泰普水电站,设计容量1260万kW,近期装机容量达490万kW,采用70万kW机组,与运行中美国大古力水电站的世界最大水轮机组70万kW容量相等。世界上最大的核电站是日本福岛核电站,容量是909.6万kW。三峡水电站是全世界最大的水力发电站和清洁能源生产基地,三峡水电站装有32台70万kW的水电机组,总装机容量达2240万kW。

总装机容量几百万千瓦的大型水电站、大型火电厂和核电站的建成,促进了超高、特高压输电、直流输电和联合电力系统的发展。1935年,美国首次将输电电压等级从110~220kV提高到287kV,出现了超高压输电线路。1952年,瑞典建成二分裂导线的380kV超高压输电线路。1959年,苏联建成长850km的500kV三分裂导线输电线路。1965—1969年,加拿大、苏联和美国先后建成735kV、750kV和765kV线路。1985年,苏联首次建成1150kV特高压输电线路,输电距离890km。

目前,美国正研究1100kV和1500kV特高压输电,意大利研究1000kV输电,日本建设250km长1000kV特高压线路。高压直流输电(HVDC),瑞典、美国、俄罗斯分别采用 ± 100 kV、 ± 450 kV、 ± 750 kV电压,俄罗斯输电距离2414km,输电600万kW。到1985年,全世界已有18个国家、32个直流输电线路投运,总输送容量2000万kW。输电距离1080km的 ± 500 kV中国葛洲坝—上海输电线路已于1989年8月投入运行。特高压输电和直流输电不仅用于远距离大容量输送电能,而且在工业大国的联合电力系统或全国统一电力系统中,起着主联络干线的重要作用。经过约100年的发展,到1980年,全世界发电装机总容量达到20.24亿kW,年发电量达到82473亿kW·h;1997年全世界发电装机容量超

过 32 亿 kW，年发电量达到 139 487 亿 kW·h。

自 20 世纪 70 年代以来，世界各国的电力工业从电力生产、建设规模、能源结构到电源和电网的技术都发生了较大变化。进入 90 年代后，其发展逐渐形成了以下三个突出的动向：①世界发电量的年增长率趋缓，而一些发展中国家，特别是亚洲国家仍维持较高的电力增长速度；②电力技术的发展向效率、环保的更高目标迈进；③电业管理体制和经营方式发生变革，由垄断经营逐步转向市场开放。

2. 世界发电量

据联合国能源统计资料，1997 年世界总发电量为 139 487 亿 kW·h，其中火电占 64.0%，水电占 18.4%，核电占 17.2%，地热及其他能源发电占 0.4%。1990 年以来，世界发电量增长迅速，2005 年比 2004 年增长 3.7%，比 1990 年增长 53%，达 18 184 TW·h。美国是发电量最多的国家，发电量接近世界总量的 1/4。从 1994 年起，中国发电量超过日本和俄罗斯位居第二位，但人均水平仍低于世界平均水平。人均发电量最多的国家是挪威（仅统计发电量超过 100 TW·h 的国家），2005 年人均发电量达 30 016 kW·h，是世界平均水平的 10 倍。加拿大、瑞典、美国、德国分列人均发电量的第 2~第 5 位。

2005 年世界主要国家发电量排行榜见表 1-1。

表 1-1 2005 年世界主要国家发电量排行榜

排行	国家	发电量/ (TW·h)	占世界比例/ %	人均发电量/ (kW·h)
1	美国	42 390	23.3	14 298
2	中国	24 750	13.6	1 897
3	日本	11 340	6.2	8 856
4	俄罗斯	9 520	5.2	6 659
5	印度	6 790	3.7	620
6	德国	6 190	3.4	13 457
7	加拿大	5 940	3.3	18 551
8	法国	5 750	3.2	9 479
9	巴西	4 050	2.2	2 178
10	英国	3 990	2.2	6 633
11	韩国	3 950	2.2	8 175

续表

排行	国家	发电量/ (TW·h)	占世界比例/ %	人均发电量/ (kW·h)
12	意大利	3 020	1.7	5 258
13	西班牙	2 920	1.6	6 726
14	南非	2 450	1.3	5 443
15	澳大利亚	2 430	1.3	12 126
16	墨西哥	2 330	1.3	2 261
17	乌克兰	1 850	1.0	3 936
18	沙特阿拉伯	1 760	1.0	7 056
19	伊朗	1 690	0.9	2 488
20	土耳其	1 620	0.9	2 231
21	波兰	1 570	0.9	4 130
22	瑞典	1 540	0.8	17 127
23	挪威	1 380	0.8	30 016
24	泰国	1 310	0.7	2 034
25	印度尼西亚	1 230	0.7	557
总计	世界	181 840	100	2 723

3. 中国电力发展史

中国的电力工业开始于1882年，英国商人在上海设立了电光公司，此后外国资本相继在天津、武汉、广州等地开办了一些电力工业企业。为配合新工业地区的建设，中国资本1905年才开始投资电力工业，虽有一定程度的发展，但增长速度缓慢。当时中国发电量最高的年份——1941年也只有59.6亿kW·h。到1949年，全国发电设备容量为185万kW，发电量只有43.1亿kW·h，但已开始安装一些自动安全监测装置。

新中国成立后，单机容量60万kW的火力发电机组开始运行；国家对电力工业进行了大量投资，组建了大量电站大机组，电力工业得到很大发展。到1984年年底，全国发电量3770亿kW·h，为1949年的87倍；全国发电设备容量7995万kW，为1949年的43.2倍。

电力工业的技术装备水平不断提高，到1985年年底，单机容量10万kW以上的火力发电机组已达3094万kW，单机容量60万kW的火力发电机组开始运行；在电站大机组上，安装了一些自动安全监测装置。有些电站采用了电子计算机分部监控；在电网中，比较普遍采用了提高电网运行稳定性的技术措施，并采用了载波、微波、特高频等多样化通信手段，但增长速度缓慢。

4. 新能源发电

1) 核能发电

1985年，中国开始兴建第一座核电站——浙江秦山核电站，容量30万kW，压水堆型，自行设计、制造、施工，部分设备进口；采用了当时世界上技术成熟的压水堆，核岛内采用燃料包壳、压力壳和安全壳3道屏障，能承受极限事故引起的内压、高温和各种自然灾害（见图1-2）。1991年12月15日并网发电，1994年4月1日商业运行，1995年7月1日通过国家验收。2002年2月秦山核电站2期1号机组60万kW投入运行。



图1-2 浙江秦山三期核电站

广东深圳大亚湾核电站是中国兴建的第二座大型核电站，引进英国和法国的设备，安装两台90万kW压水堆型核电机组（见图1-3）。1988年8月8日浇注第一罐混凝土，1993年8月31日1号机组并网发电，1994年2月1日商业运行；2号机组于1994年5月6日商业运行。2002年广东第二核电站——岭澳核电站建成，安装了4台压水堆型100万kW核电机组。

江苏连云港核电站，由俄罗斯引进两台100万kW核电机组；广东省规划建设第三座核电站，即阳江核电站，安装6台100万kW核电机组。目前，中国核电装机容量仅占全国发电装机容量的0.76%，发电量仅占总发电量的1.2%。