

■ 李青 张兴营 刘学冰 编著

火力发电厂 节能评价与能源审计手册



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书共分10章，主要内容包括：绪论、能源审计概述、能源审计基础、能源审计实施、能源审计报告、能源审计案例、能源审计软件、能源审计标准、能源审计法规、能源审计国际比较。

火力发电厂 节能评价与能源审计手册

■ 李 青 张兴营 刘学冰 编著

能源 (917) 节能审计手册

本书共分10章，主要内容包括：绪论、能源审计概述、能源审计基础、能源审计实施、能源审计报告、能源审计案例、能源审计软件、能源审计标准、能源审计法规、能源审计国际比较。

本书可作为火力发电厂节能评价与能源审计的参考书，也可作为能源审计人员、节能管理人员、能源审计软件开发人员、能源审计标准制定人员、能源审计法规制定人员、能源审计国际比较人员等的参考书。

本书可作为火力发电厂节能评价与能源审计的参考书，也可作为能源审计人员、节能管理人员、能源审计软件开发人员、能源审计标准制定人员、能源审计法规制定人员、能源审计国际比较人员等的参考书。

中国电力出版社出版

北京市西城区三里河甲18号 100044

电话：(010) 67706666

网址：www.cepp.com.cn

本书共分10章，主要内容包括：绪论、能源审计概述、能源审计基础、能源审计实施、能源审计报告、能源审计案例、能源审计软件、能源审计标准、能源审计法规、能源审计国际比较。

内 容 提 要

本书共分10章，主要内容包括：绪论、能源审计概述、能源审计基础、能源审计实施、能源审计报告、能源审计案例、能源审计软件、能源审计标准、能源审计法规、能源审计国际比较。

本书可作为火力发电厂节能评价与能源审计的参考书，也可作为能源审计人员、节能管理人员、能源审计软件开发人员、能源审计标准制定人员、能源审计法规制定人员、能源审计国际比较人员等的参考书。

中国电力出版社出版



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书详细论述了火力发电厂的节能评价程序、节能评价标准和节能评价方法,结合电厂节能管理和技术改造工作,分别讲述了节能定量评价指标体系和节能定性评价指标体系,以期帮助电厂迅速地查找到节能工作中的不足,并提出有效的整改措施,有针对性地促进火力发电厂的节能工作。本书还详细论述了火力发电厂能源审计的类型、能源审计管理程序、能源审计的思路和内容,并且结合电厂实际讲述了能源审计报告及节能规划的编写方法。同时还介绍了节能改造经济效益分析和污染物排放量的计算方法,使读者能够全面理解节能减排的意义。

本书内容翔实,实用性强。可供电厂运行人员、节能管理人员、企业审计人员及工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

火力发电厂节能评价与能源审计手册/李青, 张兴营,
刘学冰编著. —北京: 中国电力出版社, 2008

ISBN 978-7-5083-7696-7

I. 火… II. ①李…②张…③刘… III. ①火电厂-节
能-评价-技术手册 ②火电厂-节能-审计-技术手册
IV. TM621-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 104621 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2008 年 10 月第一版 2008 年 10 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 38.5 印张 950 千字

印数 0001—3000 册 定价 70.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

前言



我国人口众多,能源资源相对不足,远低于世界平均水平,经济发展与资源利用、环境保护的矛盾日益突出。《中华人民共和国国民经济和社会发展第十一个五年规划纲要》提出的到2010年单位国内生产总值能源消耗降低20%和主要污染物排放总量减少10%的约束性目标,是未来五年我国经济社会发展的宏伟蓝图,是全国各族人民共同的行动纲领,是企业发展的工作重点。

2005年底火力发电厂装机容量3.914亿kW,原煤消耗量约10.8亿t,约占全国煤炭生产和消费总量的50%,二氧化硫产生量约1800万t,约占全国二氧化硫产生量的50%。二氧化硫排放量约占全国二氧化硫排放量的40%。因此火力发电厂是我国能源利用总量和二氧化硫总量控制的关键行业,是实现节能减排目标的主力军。

火力发电厂节能减排主要有两种措施:一是企业自身通过能源评价,寻找节能工作中存在的问题,有针对性地提出节能措施;二是政府通过开展能源审计,用以指导企业的日常节能管理,以实现用能单位能源消耗情况的监督管理,保证国家能源的合理配置使用,提高能源利用率。

本书详细地论述了火力发电厂的节能评价程序、节能评价标准和节能评价方法。本书所写的节能评价指标比较全面,有些还可能有所交叉和重叠,这就需要企业根据需要,从节能评价体系中选取适用指标,形成自己的节能评价体系。例如为了简化节能评价工作,在锅炉指标中,可以仅仅选取排烟温度、锅炉氧量、飞灰可燃物和空气预热器漏风率这四个主要指标。在汽轮机指标中,可以仅仅选取给水温度、真空、凝汽器端差和高压加热器端差、主蒸汽温度和压力、再热蒸汽温度和压力、再热器减温水流量这几个主要指标。

本书还详细地论述了火力发电厂能源审计的类型、能源审计管理程序、能源审计的思路、能源审计的内容。结合电厂实际讲述了能源审计报告的编写方法和节能规划的编写方法。在能源审计篇中介绍了能源计量审计、能源统计审计,但这与节能评价中的能源计量管理细则、能源统计管理实施细则并不重复,而是各有重点。

同时,本书还介绍了节能改造经济效益分析和污染物排放量的计算方法,使读者能够全面理解节能减排的意义。

本书第一章、第二章的第一节~第八节、第八章、第九章由李青同志编写,第二章的第九节、第三章的第一节~第十四节、第六章、第七章和附录由张兴营同志编写,第三章第十五节、第四章和第五章由刘学冰同志编写。本书由李青同志统稿。

在编写的过程中,得到了华能国际电力股份有限公司安全生产部和西安热工研究院有限公司技术监督所以及山东华聚能源股份有限公司的协助,在此谨致谢意。

由于水平所限,书中疏漏和不足之处在所难免,敬请读者批评指正。

编者

2008年7月8日

目 录

前 言

第一篇 绪论	1
第一章 我国火力发电厂的能源形势	1
第一节 我国能源利用现状	1
第二节 节约能源的对策	14
第二篇 火力发电厂节能评价	24
第二章 火力发电厂节能定量指标评价	24
第一节 节能评价的方法与意义	24
第二节 节能定量评价指标体系与考核评分	26
第三节 锅炉节能指标的评价	30
第四节 汽轮机节能指标的评价	54
第五节 燃料节能指标的评价	86
第六节 用水节能指标的评价	96
第七节 单耗指标的节能评价	104
第八节 综合性指标节能评价	124
第九节 火力发电厂节能定量指标评价标准	152
第三章 火力发电厂节能管理评价	168
第一节 节能定性评价体系与考核评分	168
第二节 节能技术监督实施细则	171
第三节 非生产用能管理细则	180
第四节 节油管理实施细则	183
第五节 燃料管理实施细则	186
第六节 节水管理实施细则	195
第七节 供电煤耗率管理细则	202
第八节 能源计量管理细则	208
第九节 能源统计管理实施细则	225
第十节 热力试验管理细则	235
第十一节 火力发电厂燃料平衡工作细则	242
第十二节 火力发电厂热平衡工作细则	249
第十三节 火力发电厂的电能平衡工作细则	267
第十四节 火力发电厂水平衡测试细则	290
第十五节 火力发电厂节能定性指标评价标准	303

第三篇 企业能源审计	382
第四章 能源审计概述	382
第一节 能源审计的概念	384
第二节 能源审计的形式和类型	388
第五章 能源审计程序和思路	393
第一节 能源审计管理程序	393
第二节 能源审计的思路	401
第六章 能源审计的内容	405
第一节 能源管理状况审计	405
第二节 能源计量审计	412
第三节 企业能源统计审计	419
第四节 设备热效率及主要指标的监测	433
第五节 保温情况监测	439
第六节 淘汰设备情况审计	441
第七节 节能量和节能潜力分析	470
第八节 企业综合能耗指标分析	478
第九节 企业能源成本分析计算的方法	487
第十节 企业能源网络图绘制方法	494
第十一节 企业能量平衡测试方法与分析	497
第十二节 火电厂能源审计依据的法规和标准	507
第七章 节能改造效益分析	515
第一节 节能项目投资的经济评价方法	515
第二节 节能项目投资方案比较方法	524
第三节 经济效益分析	528
第八章 企业能源审计报告	533
第一节 企业能源审计报告的编写	533
第二节 企业能源审计报告审核方法	536
第三节 企业能源审计报告编写举例	539
第九章 企业节能规划	576
第一节 企业节能规划的编制	576
第二节 企业节能规划审计方法	585
附录 1 火力发电厂按入炉煤量正平衡计算发供电煤耗的方法	588
附录 2 节能技术改造财政奖励资金管理暂行办法	600
参考文献	608

绪 论

第一章

我国火力发电厂的能源形势



第一节 我国能源利用现状

我国是一次能源储量比较丰富的国家,但从可持续发展的观点看,又存在十分严峻的能源问题。

(1) 能源资源不足。中国是发展中国家,人口多、资源少、底子薄。我国人均淡水资源为 2200m^3 ,只相当于世界人均水平的 $1/4$;人均石油探明可采储量为 2.58t ,仅为世界人均水平的 11% ;人均天然气探明可采储量为 1078.8m^3 ,仅为世界人均水平的 4.35% ;人均煤炭探明可采储量为 90.4t ,仅为世界人均水平的 55.4% 。中国常规一次能源储量情况见表 1-1。

表 1-1

中国常规一次能源储量情况

能源	能源总量	原煤	原油	天然气	水能
中国总储量	$1391.9 \times 10^8 \text{t 标煤}$	$1145.0 \times 10^8 \text{t}$	$32.9 \times 10^8 \text{t}$	$13800 \times 10^8 \text{m}^3$	$12600.0 \times 10^8 \text{kW} \cdot \text{h}$
结构(%)	100	58.8	3.4	1.3	36.5
世界总储量	$13832.9 \times 10^8 \text{t 标煤}$	$10405.3 \times 10^8 \text{t}$	$1497 \times 10^8 \text{t}$	$1550000 \times 10^8 \text{m}^3$	$73053.0 \times 10^8 \text{kW} \cdot \text{h}$
中国占世界(%)	10.1	11.0	2.2	0.9	17.2
2005 年中国能源生产量	$20.6 \times 10^8 \text{t 标煤}$	$21.9 \times 10^8 \text{t}$	$1.81 \times 10^8 \text{t}$	$500 \times 10^8 \text{m}^3$	$4010 \times 10^8 \text{kW} \cdot \text{h}$

(2) 单位产值能耗高。2005 年我国 GDP (按当年汇率计算) 仅占世界的 5% ,而原煤消耗量占世界的 39.6% ,石油消耗占世界的 7.8% ,消耗每吨能源实现的 GDP 为世界平均水平的 32% 。我国与世界主要能源经济指标比较见表 1-2。

表 1-2

我国主要耗能产品能耗与国际比较 (2004 年)

项目	国内平均水平	国内先进水平	国际先进水平	国内平均水平与国际先进水平差距(%)
火电供电煤耗[g 标准煤/(kW·h)]	376	344	320	14.9
大中型企业钢可比能耗(kg 标准煤/t)	705	675	642	8.9
电解铝交流电耗(kW·h/t)	14795	12900	12900	12.8

续表

项目	国内平均水平	国内先进水平	国际先进水平	国内平均水平与 国际先进水平差距(%)
水泥综合能耗(kg 标准煤/t)	156	100	102	34.6
平均玻璃综合能耗(kg 标准煤/重量箱)	25	15	16	36
建筑陶瓷综合能耗(kg 标准煤/t)	309	290	280	9.4
卫生陶瓷综合能耗(kg 标准煤/t)	1126	500	339	69.9
原油加工综合能耗(kg 标准煤/t)	77	62	59	23.4
乙烯综合能耗(kg 标准煤/t)	702	596	550	21.7
大型企业合成氨综合能耗(kg 标准煤/t)	1235	1000	990	19.8
隔膜法烧碱综合能耗(kg 标准煤/t)	1793	1300	1250	16.3
纯碱综合能耗(kg 标准煤/t)				
氨碱法	461	430	345	25.2
联碱法	325	280	280	13.8
电石生产电耗(kW·h/t)	3520	3200	3000	14.8
黄磷综合能耗(kg 标准煤/t)	7430	7000	7000	5.8
制浆综合能耗(kg 标准煤/t)	547	268	168	69.3
新闻纸综合能耗(kg 标准煤/t)	686	419	419	39
普通白炽灯发光效率(lm/W)	9	12	11	22.2
荧光灯发光效率(lm/W)	60	65	65	8.3

(3) 煤炭能源为主。中国是世界上极少数几个能源以煤为主的国家之一,中国煤炭消费量占世界每年消费量的三分之一左右。火力发电厂用煤逐年增加,发电用煤量在煤炭消费量中的比例一直呈上升趋势,从1980年的18.47%上升到2003年的56.7%,发电用煤量占全国煤炭消费量的比重见表1-3。

表 1-3 火电厂发电用煤量占全国煤炭消费量的比重 (原煤)

项目 \ 年份	1980	1990	1995	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
全国煤炭年消费量(万 t)	60275	98703	131176	132214	130119	130297	134914	148000	174990	203227	223319
全国煤炭年生产量(万 t)	62015	107988	136073	129492	104500	99800	116000	138000	172200	199232	219000
发电用煤量(万 t)	11150	27137	45081	52650	52428	60728	67512	71029	84950	96000	108000
电煤占煤炭消费量的比重(%)	18.50	27.49	34.37	39.82	40.29	46.61	50.04	47.99	48.55	47.24	48.36
电煤占煤炭生产量的比重(%)	17.98	25.13	33.13	40.66	50.17	60.85	58.20	51.47	49.33	48.20	49.32

(4) 石油需求快速增长,对外依赖程度不断加深,但缺乏应对国际市场油价波动的措施。自20世纪90年代以来,中国工农业高速发展,石油消费量以6.42%的年均增长率和10.63Mt的年均增加量的速度发展,而原油生产量的年均增长率和年均增加量仅为1.58%和2.39Mt。1993年起我国由石油净出口国转变为净进口国,进入21世纪中国石油年消费量约240Mt,原油生产量仅为165Mt。为了解决石油供需缺口,中国石油净进口量继续维持在70Mt以上,约占石油消费量的30%。2002年石油净进口量81.3Mt,对外依存度达

32.8%。到了2006年，中国原油生产量18368万t，石油净进口16287万t，石油表观消费量34655万t，对外依存度达47%。由此引起的石油稳定供应和安全供应问题必须给予高度重视，必须从节约和替代两个方面采取切实有效的战略措施加以解决。2000~2003年我国和世界石油产量见表1-4。

表 1-4 2000~2003 年我国和世界石油产量 Mt									
年产量 100Mt 以上的国家	2000 年	2001 年	2002 年	2003 年	年产量 100Mt 以上的国家	2000 年	2001 年	2002 年	2003 年
沙特	450.6	434.1	418.1	421.5	委内瑞拉	171.6	165.2	151.4	100.8
俄罗斯	323.3	348.1	379.6	410.8	加拿大	126.9	127.5	135.6	111.0
美国	352.6	349.2	350.4	286.3	英国	125.9	116.7	115.9	104.8
墨西哥	171.2	176.6	178.4	168.3	阿联酋	117.0	113.5	105.6	100.0
中国	162.6	164.8	168.9	170.8	OPEC	1506.0	1458.1	1364.2	1375.7
伊朗	187.5	182.6	166.8	186.5	世界总计	3601.3	3580.6	3556.8	3425
挪威	160.2	162.2	157.4	151.8					

美国每年石油消费量950Mt，占世界石油总消费量份额的25%。可以毫不夸张地说，正是美国和它的石油储备在左右着世界石油市场的价格。中国每年石油消费量占世界石油总消费量份额的8%，却在世界石油价格方面毫无缚鸡之力。从长远来看，我国石油依靠国际市场满足国内需求乃大势所趋，迫切需要我国采取积极策略，在稳定、安全供应石油方面做出探索，从国际价格的被动承受者变为积极影响者，减缓油价波动对我国国民经济发展的冲击。

(5) 电力发展滞后。电力是优质、高效、可靠的二次能源，世界各国的电力增长速度始终高于经济增长速度。我国电力发展相对滞后，加上人口众多，我国的人均装机容量和人均发电量较低。2000年中国电力占终端能源消费比重仅为16.1%，而美国为20%，日本为24%，世界平均为18%。发电量仅占世界总量的12.53%，见表1-5。2004年我国人均电力消费量仅为1682kW·h/人，只是世界水平(2738kW·h/人)的61%，是美国(14130kW·h/人)的11.90%。

表 1-5 世界主要国家发电量比较 TW·h						
国家	年份	2000 年	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年
						总量 占世界份额 (%)
世界总计		15428	15615	16183	16767	17452 100.0
美国		3991	3924	4051	4076	4150 23.78
加拿大		605	582	581	568	568 3.25
墨西哥		204	210	215	221	210 1.20
阿根廷		89	90	85	92	99 0.57
巴西		349	329	346	365	386 2.21
捷克		73	75	76	83	84 0.48
丹麦		36	38	39	46	40 0.23
芬兰		70	74	75	84	86 0.49

续表

国家	年份	2000 年	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年	
						总量	占世界份额 (%)
法国		541	550	559	567	572	3.28
德国		564	582	581	604	607	3.48
匈牙利		35	36	36	34	33	0.19
意大利		277	279	284	294	300	1.72
荷兰		89	94	96	97	98	0.56
挪威		143	122	131	107	110	0.63
波兰		145	146	144	152	154	0.88
俄罗斯联邦		878	891	891	912	931	5.33
西班牙		225	237	246	264	278	1.60
瑞典		146	162	147	135	148	0.85
瑞士		67	72	67	67	66	0.38
乌克兰		169	171	174	180	181	1.04
英国		377	385	388	399	400	2.29
伊朗		119	128	138	146	156	0.90
科威特		33	34	37	39	42	0.24
沙特阿拉伯		128	137	146	154	164	0.94
埃及		73	80	86	92	98	0.56
南非		211	210	218	234	245	1.40
澳大利亚		213	217	222	229	236	1.35
印度		555	571	593	610	651	3.73
印度尼西亚		100	105	110	115	120	0.69
日本		1082	1080	1083	1083	1110	6.36
马来西亚		67	72	75	84	91	0.52
新西兰		39	40	41	41	43	0.24
巴基斯坦		65	75	82	84	88	0.51
菲律宾		45	47	49	53	56	0.32
新加坡		32	33	35	35	37	0.21
韩国		295	314	336	353	374	2.14
中国		1368	1483	1654	1905	2187	12.53

(6) 我国水电开发利用率低。我国水力资源居世界第一位,但其开发率却远低于世界平均水平,没有实现水电与火电之间的优势互补。在装机容量上,2006 年我国火电机组容量占 77.8%,水电机组仅占 20.7%。以水资源仅居世界第 5 位的加拿大为例,其火电仅占总发电量的 26%,水电则几乎占总发电量的 60%。我国如果不优化电源结构,不合理地布局电源项目,铁路运输瓶颈将长期存在;大型煤矿超能力生产和小煤矿无证乱采现象将无法禁止;煤电供应进一步紧张;煤炭行业的产能比进一步失调。我国历年水电装机容量和发电量情况见表 1-6。2005 年全国装机 1000MW 及以上水电厂统计见表 1-7。

表 1-6

我国历年水电装机容量和发电量情况

年份	中国大陆 (MW)	台湾省 (MW)	全国合计 (MW)	发电量合计 (亿 kW·h)	年份	中国大陆 (MW)	台湾省 (MW)	全国合计 (MW)	发电量合计 (亿 kW·h)
1949	360	180	540	18	1978	17277	1392	18670	496
1950	362	221	580	23	1979	19110	1392	20500	547
1951	378	240	620	25	1980	20318	1386	21700	611
1952	385	270	660	30	1981	21933	1387	23320	703
1953	530	300	830	40	1982	22959	1387	24350	792
1954	606	330	940	48	1983	24165	1431	25600	913
1955	695	340	1040	51	1984	25600	1480	27080	912
1956	914	360	1270	64	1985	26415	2489	28900	993
1957	1019	380	1400	66	1986	27542	2564	30110	1019
1958	1216	400	1620	60	1987	30193	2558	32750	1073
1959	1620	420	2040	64	1988	32698	2558	35260	1153
1960	1941	448	2390	95	1989	34583	2562	37150	1251
1961	2333	470	2800	95	1990	36046	2562	38160	1345
1962	2379	538	2920	112	1991	37883	2562	40450	1303
1963	2430	560	2990	110	1992	40681	2577	43260	1398
1964	2683	590	3270	130	1993	44893	2577	47470	1583
1965	3020	628	3650	129	1994	49061	3648	52710	1757
1966	3638	650	4290	151	1995	52184	4183	56370	1956
1967	3839	670	4510	158	1996	55578	4288	59870	1960
1968	4388	700	5090	143	1997	59726	4288	64010	2041
1969	5053	722	5780	191	1998	65065	4422	69490	2149
1970	6235	901	7140	231	1999	72971	4422	77390	2219
1971	7804	960	8760	281	2000	79352	4422	83770	2520
1972	8700	1131	9830	322	2001	83006	4422	87430	2700
1973	10299	1131	11430	423	2002	86075	4513	90590	2834
1974	11817	1365	13180	461	2003	94896	4513	99410	2902
1975	13428	1365	14790	529	2004	10826	4513	112770	3369
1976	14655	1365	16020	499	2005	117388	4513	121900	4053
1977	15765	1365	17130	517	2010	18000	5000	185000	5530

注 2010 年为预测数据。

表 1-7

2005 年全国装机 1000MW 及以上水电厂统计

序号	单位名称	机组构成	期末发电设备容量 (MW)	发电量 (亿 kW·h)	平均利用 小时 (h)	发电厂用 电率 (%)
1	湖北三峡水电厂	14×70	9800	491	5643	0.08
2	四川二滩水电厂	6×55	3300	157	4768	0.16
3	湖北葛洲坝水电厂	2×17 19×12.5	2720	162	5985	0.20
4	广东广州抽水蓄能电站	8×30	2400	33	1372	0.25
5	浙江天荒坪抽水蓄能电站	6×30	1800	26	1466	0.26
6	河南小浪底水电厂	6×30	1800	50	2804	0.42
7	吉林白山水电站总厂	5×30 4×5	1700	26	1512	0.52
8	青海李家峡水电厂	4×40	1600	47	2906	0.42
9	福建水口水力发电厂	7×20	1400	57	4049	0.14



表 1-8 世界核电站现状 (截止到 2002 年 12 月 31 日)

续表

序号	单位名称	机组构成	期末发电设备容量 (MW)	发电量 (亿 kW·h)	平均利用小时 (h)	发电厂用电率 (%)
10	云南国投大朝山水电有限公司	6×22.5	1350	65	4794	0.18
11	贵州天生桥第二水电站	6×22	1320	64	4846	0.07
12	青海龙羊峡水电站	4×32	1280	44	3443	0.96
13	云南华能漫湾发电厂	5×25	1250	67	5321	0.16
14	贵州乌江渡发电厂	5×25	1250	24	1929	0.38
15	湖北隔河岩水电站	2×30.6 2×30	1210	22	1814	0.32
16	广西大唐岩滩水力发电厂	4×30.25	1210	52	4272	0.24
17	湖南中电投五强溪电厂	5×24	1200	43	3596	0.22
18	贵州天生桥第一水电站	4×30	1200	41	3409	0.11
19	青海公伯峡水电站	4×30	1200	44	5607	0.62
20	甘肃刘家峡水电站	4×22.5 1×26	1160	44	3752	0.48
百万水电站合计			40150	1557		

(7) 我国电源结构不合理。我国电源结构中火电比重大，而核电则刚刚起步。在装机容量上，2005 年我国火电机组占 75.67%，核电机组仅为 1.32%，核电发电量占总发电量的 2.13%。而世界核电发电量占总发电量的 16%，法国核电发电量占总发电量的 77.5%。中国核电发展还有很长的路要走。世界核电装机情况和我国核电装机情况分别见表 1-8 和表 1-9。

表 1-8 世界核电站现状 (截止到 2002 年 12 月 31 日)

国家和地区	机组数	总净功率 (MWe)	堆 型
美国	105	99260	PWR、BWR
法国	59	63103	PWR
日本	54	44665	BWR、PWR、HWR、LMFBR
德国	22	24537	BWR、PWR
俄罗斯	38	21689	PWR、LGR、LMFBR
加拿大	24	15149	PWR
韩国	18	14870	PWR、PHWR
英国	35	12968	PWR、BWR
乌克兰	14	12145(950×12+361+384)	PWR、BWR
瑞典	11	9432	BWR
西班牙	9	7470	PWR
比利时	7	5712	PWR
台湾省	6	4884	BWR、PWR
印度	16	4420	BWR、PWR、PHWR
中国大陆	5	3712(944×2+935+279+610)	PWR
捷克	6	3610(412×4+981×2)	PWR
保加利亚	6	3538(408×4+953×2)	PWR

续表

国家	机组数	总净功率(MWe)	堆 型
瑞士	5	3170(355+970+1115+365×2)	PWR
芬兰	4	2656(488×2+840×2)	BWR、PWR
斯洛伐克	6	2512(408×4+440×2)	PWR
立陶宛	2	2370(1185×2)	LGR
巴西	2	1855(626+1229)	PWR
南非	2	1842(921×2)	PWR
匈牙利	4	1755(437+441+433+444)	PWR
阿根廷	3	1627(335+692+600)	PHWR
墨西哥	2	1364(682×2)	BWR
罗马尼亚	1	655	PHWR
荷兰	1	452	PWR
巴基斯坦	2	425(300+125)	PWR
亚美尼亚	1	376	PWR
世界合计	470	372223	主要 PWR、BWR

表 1-9

2005 年全国装机 1000MW 及以上核电厂统计

序号	单位名称	机组构成	期末发电 设备容量 (MW)	发电量 (亿 kW·h)	平均利用 小时 (h)	发电厂用 电率 (%)
1	广东岭澳核电站	2×99	1980	150	7589	3.74
2	广东大亚湾核电站	2×90	1800	155	8584	3.64
3	浙江秦山第三核电有限公司	2×72.8	1460	101	6954	7.12
4	浙江核电秦山联营有限公司	2×65	1300	101	7794	5.97
百万核电厂合计			6540	507		

(8) 我国海洋能源利用容量偏小。海洋能源不但储量巨大,而且可以再生,不污染环境,也不占用大量陆地空间,还可以进行海水养殖等综合利用。不需要像建设火电厂那样要求矿山建设和运输能力配套,也不存在像建设水电站那样存在淹没土地、动迁和安置人口等问题。我国海洋能源靠近沿海能耗大户工业区和经济发达地区,而沿海地区又是能源短缺严重的区域,因此大力开发利用近海洋能源,不仅可以大大缓解我国东部沿海地区的煤、电紧张局面,还将有利于促进这一地区的经济发展。我国虽然投运了大量小型潮汐电站,但是单机容量明显偏小,与世界差距较大。表 1-10 是国内外主要潮汐电站的总装机容量。

表 1-10

国内外主要潮汐电站的总装机容量

潮 汐 电 站	装机容量 (MW)	机组数	建成年代	设计水头 (m)	运行方式	备 注
法国郎斯河口	240	24	1967.12	5.6	双向发电	首台 1966 年
俄罗斯基斯洛湾	2	5	1968	1.35	双向发电	
加拿大安娜波利斯湾	20	1	1984.8	5.5	退潮发电	
浙江温岭江夏	3.2	5	1985.12	3.0	单库双向	首台 1980 年 5 月
浙江象山县岳浦	0.3	4	1972.5		单库单向	
浙江温岭沙山	0.04	1	1959.10	2.5	单库单向	

续表

潮汐电站	装机容量 (MW)	机组数	建成年代	设计水头 (m)	运行方式	备 注
浙江玉环海山	0.15	2	1986		双库单向	首台 1975 年
广东顺德市甘竹滩	5	22	1974	1.27	单向发电	
山东乳山市白沙口	0.96	6	1978.8	1.2	单库单向	
福建平潭县幸福洋	1.28	4	1989.5	3.02	单向发电	
广东顺德市鸡州	0.144	3	1958.6	1.4	双向发电	已停运
江苏太仓县浏河	0.15	2	1978.7	1.2	单库双向	
福建长乐筹东	0.04	1	1959		卧轴轴伸式	
广西龙门港果子山	0.04	1	1977.2		单库单向	
合计	273.304	81				

(9) 地热电站发展缓慢。世界 2005 年已有 24 个国家建立了地热电站, 地热电站总装机容量达到 8900MW, 美国地热电站装机总容量 2544MW, 居世界首位。我国地热资源丰富, 但地热电站技术落后。截止到 2005 年, 包括台湾省在内的我国地热电站的总装机容量达到 36.87MW (直接利用地热资源的热量为 12604.6GW·h, 直接利用地热资源量居世界首位), 发电量仅占全国发电量的 0.007%, 远远低于世界 3.19% 的平均水平。国内外地热电站的装机情况见表 1-11 和表 1-12。

表 1-11 我国地热电站的装机容量 (截止到 2004 年底)

地点	名 称	机组数	装机容量 (MW)	备注 (建成年代)
西藏	羊八井地热电站	1	1	1977 年 10 月投运
		3	3×3	1981 年 11 月~1985 年 9 月投运
		1	3.18	1986 年 3 月投运
		4	4×3	1988 年 12 月~1991 年 2 月投运
	那曲地热电站	1	1	1993 年 11 月投运
	朗久地热电站	2	2×1	1、2 号机组 1987 年 10 月投运
广东	丰顺邓屋地热电站	1	0.586	1970~1984 年(我国首台地热电站 1970 年 10 月建成, 容量 0.086MW, 2 号机组 0.2 MW 1978 年投运, 3 号机组 0.3MW 1984 年 4 月投运)
湖南	宁乡灰汤地热电站	1	0.3	1975 年 10 月投运, 现停运
河北	怀来地热电站	1	1.2	1971 年 9 月投运
江西	宜春温汤地热电站	2	0.1	1971 年 9 月首台投运, 1974 年第 2 台投运
山东	招远地热电站	1	0.2	1981 年
辽宁	盖县熊岳地热电站	2	0.2	1977 年 9 月首台投运, 1982 年第 2 台投运
台湾省	清水	1	3	1981 年投运, 1995 年停运
	土汤	1	0.3	1985 年投运, 现停运
总计		16	34.07	

(10) 我国垃圾焚烧发电技术刚刚起步。目前全球每年排放各类垃圾近 10Gt, 已有各类垃圾发电厂 3000 多座, 单机容量达到 100MW。产垃圾量最多的国家是美国, 全国产垃圾量每年已超过 2 亿 t, 到 1990 年美国已投产了 402 座垃圾发电厂, 美国垃圾焚烧发电占总垃圾量的 40%。而日本 1989 年焚烧处理的比例就达到 73.9%, 到 2000 年日本全境实现垃圾焚烧处理, 拥有不同规模的垃圾焚烧厂 1900 余座, 其中拥有垃圾焚烧发电厂 131 座, 发电

能力为 420MW。我国人均年产垃圾为 500kg，且以每年 8%~10% 的速度递增，按目前我国城镇人口 3 亿计算，全国城市生活垃圾年产 1.5 亿 t，城市生活垃圾储存量已达 60 亿 t，预计 2010 年我国城市生活垃圾将达到 2.9 亿 t。我国进入 20 世纪 90 年代以后，一些城市才开始建设垃圾焚烧厂和垃圾发电厂，焚烧发电在我国属于新兴产业（见表 1-13）。按垃圾平均发热量 5000kJ/kg 计，全国年产生的生活垃圾中所含能量折合成标准煤量约为 0.26 亿 t。根据专家计算和实践经验，每焚烧 1.5 亿 t 垃圾，至少可以发电 450 亿 kW·h。

表 1-12 世界主要地热发电国家的装机容量

序号	国名	2000 年装机容量 (MW)	发电量 (GW·h)	占国家装机容量 (%)	序号	国名	2000 年装机容量 (MW)	发电量 (GW·h)	占国家装机容量 (%)
1	美国	2850	15500	0.25	9	萨尔瓦多	161	800	15.39
2	菲律宾	1909	9181	20.0	10	哥斯达黎加	142.5	592	7.77
3	意大利	785	4403	1.03	11	尼加拉瓜	70	583	16.99
4	墨西哥	755	5681	2.11	12	肯尼亚	45	336.5	5.29
5	印度尼西亚	589.5	4575	3.04	13	危地马拉	33.4	215.9	3.68
6	日本	547	3532	0.23	14	中国	30.47	107.8	0.01
7	新西兰	437	2268	5.11					
8	冰岛	170	1138	13.04		世界总计	7974.1	49261.5	3.5

表 1-13 我国主要的垃圾发电厂

序号	单位	日处理垃圾量 (t)	发电机组容量(MW)	投产日期	备 注
1	广东深圳市清水河垃圾发电厂	2×150	0.5	1988 年 11 月	我国第 1 座垃圾发电厂
2	广东深圳市龙岗区中心城环卫综合处理厂	600	12	2002 年 12 月	
3	珠海市垃圾发电厂	3×200	6(3×10.5t/h)	2000 年 11 月	
4	广州李坑垃圾焚烧发电厂	1040	21	2005 年 10 月	
5	北京朝阳绿色环保电站	2×672	25		我国最大的垃圾发电厂
6	上海浦东新区生活垃圾焚烧发电厂	1000	2×8.5	2001 年 12 月	
7	河南荥阳垃圾焚烧发电厂	2×350	2×12	2002 年	
8	浙江天子岭垃圾填埋气体发电厂	180	2×0.97	1998 年 8 月	我国首座示范性垃圾填埋气体发电厂
9	浙江宁波枫林垃圾发电厂	1000	2×6	2001 年 12 月	
10	浙江温州瓯海区东庄垃圾发电厂	2×160	(2×10t/h)	2000 年 10 月	
11	杭州市余杭锦江热电有限公司	150	6	1998 年 8 月	
12	浙江绍兴新民热电有限公司	400	15(75 t/h)	2001 年 8 月	
13	山东济南市无害化处理厂(孙耿镇)	2400	5×0.7	2006 年 10 月	沼气发电厂

注 括号内为锅炉蒸发量。

(11) 风能利用技术落后。风能是一种干净、储量极为丰富的可再生能源。近几年，由于能源短缺问题引起政府重视，我国开始大力发展风力发电，2003 年底全国已建成 40 个风电场，总装机仅 567MW，而到了 2005 年，我国已建成 59 个风电场，总装机容量翻了一番，达到 1246MW，年发电量接近 30 亿 kW·h，占全国发电量的 0.12%。2005 年底全国风力发电机组装机情况见表 1-14。而德国 2005 年风电装机容量已达到 18428MW，风力发电量

占全国发电量的 4.7%。世界风力发电机组装机情况见表 1-15。

表 1-14 全国风力发电机组装机情况 (截止到 2005 年底)

序号	风电场名称	主力单机容量 (kW)	场台数 (台)	场装机容量 (kW)
1	新疆达坂城 2 号	300、500、600、750	197	112800
2	宁夏贺兰	850	132	112200
3	内蒙古辉腾锡勒	550、600、900、1500	94	68500
4	广东南澳	130~300、350~750	128	56390
5	河北承德	600	88	53700
6	甘肃玉门	300、600、850	74	52200
7	广东惠来石碑山	600	87	52200
8	内蒙古克旗达里	600、660、750	73	51360
9	内蒙古克旗赛罕坝	600、660、750	73	51360
10	吉林洮北青山	850	58	49300
11	山东长岛	600、750	59	44750
12	新疆达坂城 1 号	100、150、450、600、750	69	35700
13	河北尚义满井	1500	23	34500
14	辽宁营口仙人岛	600、660、1000、1300	48	32660
15	福建六鳌	850	36	30600
16	吉林通榆	600、660	49	30060
17	新疆达坂城 3 号	1500	20	30000
18	黑龙江富锦	900	27	24300
19	辽宁东岗	300、550、750	38	22450
20	辽宁海洋红	750	28	21000
21	浙江括苍山	600	33	19800
22	广东汕尾红海湾	660	25	16500
23	上海南汇	1500	11	16500
24	山东即墨凤山	250、300、1300	15	16400
25	吉林洮南	850	19	16150
26	黑龙江伊春大青山	850	19	16150
27	福建南日岛	850	19	16150
28	浙江苍南	250、500、600	26	14350
29	广东惠来海湾石	600	22	13200
30	山东栖霞	250、700	19	12200
31	黑龙江木兰	600	20	12000
32	辽宁康平	850	12	10200
33	辽宁彰武	850	12	10200
34	河北张北	275、300、600	24	9850
35	辽宁沈阳法库	800	12	9600
36	吉林长岭	850	11	9350
37	河北张北满井	1500	6	9000
38	海南东方	55、250、600	19	8755
39	辽宁横山	250、600	24	7400
40	内蒙古朱日和	100、120、250、300、330	32	6900

续表

序号	风电场名称	主力单机容量 (kW)	场台数 (台)	场装机容量 (kW)
41	福建平潭	200、600	14	6800
42	福建东山	600	10	6000
43	山东荣成	1500	4	6000
44	黑龙江穆稜十文字		4	4900
45	内蒙古锡林	250、330、600	13	4780
46	上海崇明	1500	3	4500
47	吉林富裕	750	6	4500
48	辽宁锦州	750	5	3750
49	内蒙古商都	300	12	3600
50	辽宁大连小长山	600	6	3600
51	辽宁大连大长山	600	6	3600
52	上海奉贤	850	4	3400
53	辽宁大连獐子岛	250	12	3000
54	广东深圳大梅沙	250	8	2000
55	新疆阿拉山口	600	2	1200
56	河北丰宁	600	2	1200
57	新疆布尔津	150	7	1050
58	香港南丫岛	800	1	800
59	宁夏红磑子	750	1	750
全国合计			1869	1264MW

注 以 2005 年 12 月 31 日整机吊装作为统计依据。

表 1-15 各年末世界风电装机容量 GW

国家 \ 年份	1997 年	1998 年	1999 年	2000 年	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年
德国	2081	2874	4442	6107	11968	14609	16629	18428
美国	1611	2141	2445	2610	4674	6374	6740	9149
西班牙	512	880	1812	2836	5043	6202	8263	10027
丹麦	1116	1420	1738	2341	2880	3110	3118	3122
印度	940	992	1035	1220	1702	2110	3000	4430
中国	167	224	268	344	473	5670	764	1246
全世界	7639	10153	13932	18449	32039	39294	47616	59322

注 中国风电装机容量不包括台湾省。

(12) 供电煤耗高。我国电力工业的技术经济指标已逐年提高，但与发达国家的先进指标相比相差较远，近几年我国火电机组平均供电煤耗在 380g/(kW·h)左右，比日本、德国等国家的火电机组平均供电煤耗高 75g/(kW·h)以上，比美国、英国高 50g/(kW·h)以上，供电煤耗历年比较见表 1-16。造成这种情况的原因除管理水平低外，主要原因是大容量、高参数的火电机组在发电设备中占的比重小。