

国家发展和改革委员会环境和资源综合利用司
中国电力企业联合会环保与资源节约部

指导

发电节能手册

贵州电力试验研究院 组编
华北电力科学研究院有限责任公司
雷 铭 主编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

国家发展和改革委员会环境和资源综合利用司 指导
中国电力企业联合会环保与资源节约部

发电节能手册

贵州电力试验研究院 组编
华北电力科学研究院有限责任公司
雷 铭 主编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内 容 提 要

节能是国家发展社会经济的一项长远方针。为了推进电力市场新形势下的节能工作,由国家发展和改革委员会环保与资源综合利用司、中国电力企业联合会环境与资源节约部指导,贵州电力试验研究院和华北电力科学研究院(有限责任公司)组织编写了《发电节能手册》、《电力网降损节能手册》、《节约用电手册》,以期推动发电公司、电网公司、供电公司、电力用户的节能节电。

本书是《发电节能手册》。全书包括三大篇的内容,分别为:节能管理、发电结构优化节能、设备改造及优化运行节能。附录中收录了节能方面的相关的法规、办法、规定等。

本书可供电网公司、各大发电公司、各设计单位、制造厂家的各级管理人员、技术人员作为参考。

图书在版编目(CIP)数据

发电节能手册/雷铭主编;贵州电力试验研究院,华北电力科学研究院有限责任公司组编. -北京:中国电力出版社,2005

ISBN 7-5083-3370-5

I. 发… II. ①雷…②贵…③华… III. 发电-节能-技术手册 IV. TM6

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第049691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>)
北京市铁成印刷厂印刷
各地新华书店经售



2005年11月第一版 2005年11月北京第一次印刷
787毫米×1092毫米 16开本 22.75印张 608千字
印数 0001—3000册 定价 50.00元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

《发电节能手册》

编审委员会

一、指导委员会

主任委员：赵家荣

副主任委员：何炳光

委员：徐志强 吕文斌 牛波 谢极 陆新明
杨铁生

二、编委会

主任委员：王志轩 向德洪

副主任委员：米建华 岳鹿群 唐斯庆 晁剑 康健
赵鹏

委员：金文龙 靳东来 王卓昆 方耀明 熊幼京
邱跃丰 王玉萍 刘世福 刘毅之 叶思伦
冯绍昌 陈德生 陈建华 王原善 曾和泰
许良柱 张韵杰 商晓丹 巩学海 邓欣元
康鹏 李小军 马政

三、编辑工作人员

主编：雷铭

参编：宋森 陈侣湘 徐贞禧 唐雷 曹洪
李惠卿 王林

前 言

改革开放以来,我国社会经济发展取得了巨大进步,工业化进程加快,取得了举世瞩目的成就。目前,我国正处于工业化的中期阶段,经济发展对能源的依赖要比发达国家大得多,传统的增长方式和产业结构没有根本改变,资源环境的制约作用日益突出。为实现全面建设小康社会目标,保持国民经济的全面、协调、快速和可持续发展,就必须树立和落实科学的发展观,走新型工业化道路,发展循环经济,建设资源节约型社会,促进人与自然和谐发展。

电力是我国主要能源行业,是国民经济基础产业和公用事业,是资金密集的装置型产业,同时也是资源密集型产业。无论电源还是电网,在建设和生产运营中都需要占用和消费大量资源,包括土地、水资源、环境容量以及煤炭、石油、燃气等各类能源,贯穿于电力规划、设计、建设一直到生产运营全过程。电力工业的长足发展和电力的高效利用,是社会经济进步和节约型社会建设的根本保障。

电力工业节能,首先应当从国家能源战略出发,在能源开发利用方面采取更强有力的可持续发展政策,大力开发可再生能源,调整和优化能源产业结构,在开发中实现节约;其次,提高能源转换和利用效率,在生产、传输和消费等领域,通过采取法律、经济和行政等综合性措施,提高能源利用效率,以最少的资源消耗获得最大的经济和社会收益。

根据国家和电力行业关于建设节约型社会工作安排,为了推进电力行业及全社会节能节电工作,由贵州电力试验研究院和华北电力科学研究院(有限公司)编写了电源、电网和用电节能手册,手册中技术与管理相结合,内容丰富、全面,有较强实用性,很有参考价值。由于手册编写组织工作量很大,编制时间比较长,当前节能技术进步和管理要求未能在手册中完全反映,希望读者在手册基础上,结合国家和行业新的要求,做好电力节能工作。

本手册出版得到了联合国开发计划署(UNDP)中国终端能效项目的大力支持和帮助,特表示感谢。

国家发展和改革委员会环境与资源综合利用司
中国电力企业联合会环保与资源节约部
2005年9月9日

编者 的话

《中华人民共和国节约能源法》明确指出：“节能是国家发展社会经济的一项长远方针”，按国内生产总值 GDP 到 2020 年比 2000 年翻两番的能源需求和近三年能源消费增长趋势发展，到 2020 年能源需求量将超过 30 亿 t 标准煤。如此巨大的需求，在煤炭、石油和电力供应以及能源安全等方面都会带来严重问题。因此，节能是加快建设节约型社会、缓解能源约束矛盾和能源环境压力的根本措施，是提高经济增长质量和效益的重要途径，是增强企业竞争力的必然要求。

作为能源转换的电力工业是一、二次能源资源消费第一大户，和发达国家相比，我国电力工业自身的节能潜力很大。目前我国供电煤耗率较国外先进水平高 50 ~ 60g 标准煤，输电线损率比国际先进水平高 2.0% ~ 2.5%，电源结构和技术装备结构差距大。电力用电终端的效率比发达国家低 20% ~ 50%，单位 GDP 耗电量是发达国家的 3 ~ 5 倍，电力终端用电设备年节电潜力约 1400 亿 kWh。

电力工业的节能目标是：2005 年、2010 年、2020 年供电煤耗率分别为 377g 标准煤/kWh、360g 标准煤/kWh、320g 标准煤/kWh；发电厂厂用电率 2010 年为 5.7%，2020 年为 5.1%；线损率 2010 年为 7.2%，2020 年为 6.2%。实施电力需求侧管理，提高终端用电设备效率。

电力工业节能措施是：认真贯彻执行《节约能源法》、《节能专项规划》、《节约用电管理办法》等法规、标准，强化节能管理，推行以市场机制为基础的节能新机制。发电厂：优化电源结构和技术结构，发展 600MW 及以上超（超）临界机组，大型联合循环机组，加强发电设备改造及经济运行。电力网：推进全国联网，采用先进输、变、配电技术和设备，逐步淘汰能耗高的老旧设备，实施电网经济运行技术，需求侧：发挥政府主导，电网公司主体及电力用户等在需求侧管理中作用，围绕错峰、避峰，努力实现有序用电，推行峰谷分时、丰枯季节、可中断负荷等电价的经济手段，电力终端设备推行移峰填谷的蓄能技术，负荷控制技术，节约用电的先进工艺、设备和技术。

为了推进电力行业及用户的节能节电工作，由国家发展与改革委员会环境与资源综合利用司，中国电力企业联合会环境与资源节约部指导，贵州电力试验研究院和华北电力科学研究院（有限公司）组织编写了《发电节能手册》、《电力网降损节能手册》、《节约用电手册》，以期推动发电公司、电网公司、供电企业、电力用户的节能节电。

本手册编写得到中国节能协会及贵州省电网公司的大力支持，在此一并致谢。

由于编著者水平有限，错漏难免，敬希有关专家和广大读者斧正。

编 者

2005 年 3 月

目 录

编者的话

❖ 第一篇 节 能 管 理 ❖

第一章 能源资源	1
第一节 世界能源资源及评估	1
第二节 中国能源资源及评价	5
第三节 中国电力生产、消费及差距	12
第二章 中国能源节约概论	16
第一节 中国能源节约的战略地位、紧迫性	16
第二节 中国能源节约成效与潜力	18
第三节 中国节能的指导思想、原则、目标及政策措施	21
第四节 电力工业节能概论	25
第五节 发电节能措施概述	31
第三章 《节约能源法》和节能法规、标准	37
第一节 《节约能源法》发布实施的重要意义	37
第二节 发电节能主要法规及常用电力节能标准	37
第四章 发电企业节能管理	43
第一节 重点用能单位节能管理	43
第二节 发电企业节能管理	44
第三节 发电节能检测	45
第五章 建立并完善电力市场经济下节能新机制	47
第一节 国家节能信息传播新机制	47
第二节 合同能源管理 (CEM) 及节能服务公司 (EMC) 的技术服务机制	49
第三节 企业自愿协议 (VA) 新机制	50
第六章 火力发电厂能量平衡	52
第一节 火电厂能量平衡目的及技术指标	52
第二节 火电厂能量平衡的组织和程序	56
第七章 火电厂热力系统经济性诊断理论	58
第一节 概述	58

第二节	小指标分析法和热偏(耗)差分析法	59
第三节	循环函数法和等效热降法	60
第四节	焓分析法(做功能力法)	62

❖ 第二篇 发电结构优化节能 ❖

第八章	发展热电联产联供	65
-----	----------------	----

第一节	概述	65
第二节	认真核实热负荷、优化热电联产机型	68
第三节	热电联产运行节能	72
第四节	热、电、冷三联产	73
第五节	热、电、煤气联供	76

第九章	因地制宜发展新能源及可再生能源发电	78
-----	-------------------------	----

第一节	概述	78
第二节	风力发电	79
第三节	太阳能光伏发电	80
第四节	地热发电	81

第十章	资源综合利用发电	83
-----	----------------	----

第一节	余热发电	83
第二节	高炉煤气余压发电	87
第三节	煤矸石和油页岩发电	87
第四节	垃圾发电	89

❖ 第三篇 设备改造及优化运行篇 ❖

第十一章	锅炉设备技术改造及经济运行	91
------	---------------------	----

第一节	锅炉设备技术改造综述	91
第二节	国产早期 300MW 机组 UP 直流炉改造	95
第三节	燃烧器改造和四角切圆燃烧残余旋转热偏差改造治理	106
第四节	锅炉结渣的改造治理	117
第五节	省煤器改造	122
第六节	空气预热器改造	127
第七节	吹灰器改造及优化运行	137
第八节	锅炉节油改造	140
第九节	绝热保温技术改造	145
第十节	磨煤机和制粉系统改造及优化运行	148

第十二章	汽轮机设备改造	159
------	---------------	-----

第一节	国产汽轮机设备热耗偏高及原因	159
-----	----------------------	-----

第二节	汽轮机通流部分现代化改造技术	160
第三节	汽轮机通流部分现代化改造实践	167
第四节	国产引进型 300MW 汽轮机组存在问题及改进措施	189
第五节	汽轮机热力系统改造	194
第六节	调节系统改造	204
第七节	除氧器改造	208
第八节	凝汽器改造与优化运行	213
第九节	冷却塔改造与优化运行	230
第十三章	汽轮机优化运行	233
第一节	汽轮机经济运行的技术措施	233
第二节	国产 200MW 汽轮机	234
第三节	300MW 机组	236
第四节	汽轮机变压运行	239
第五节	汽轮机快速冷却停机	242
第十四章	汽轮发电机改造	247
第一节	汽轮发电机提效增容改造的步骤和技术措施	247
第二节	国产 200MW、300MW 发电机增容改造实践	248
第十五章	火电厂热控自动化改造和机组运行优化指导	252
第一节	用 DCS 实现锅炉燃烧优化和闭环控制	252
第二节	基于 DCS 火电机组性能监测诊断和优化运行	254
第三节	DCS 实现电网 AGC 的分层控制	257
第十六章	泵与风机的节能改造及优化运行	260
第一节	火电厂泵与风机使用现状及节能潜力	260
第二节	给水泵的更新、改造及优化运行	260
第三节	循环水泵的节能改造与优化运行	265
第四节	风机的节能改造	269
第五节	泵与风机的变频调速节能	272
第十七章	火电厂节水节油技术改造	276
第一节	循环冷却水系统节水技术	276
第二节	除灰系统节水	279
第三节	废水处理及“零”排放	283
第四节	干式空冷系统节水	285
第五节	火电厂节油措施	290
第十八章	强化火电厂燃煤管理节能	292
第一节	燃煤管理与节能概述	292

第二节	采煤样机的应用和改进	294
第三节	煤质在线监测	296
第四节	动力配煤技术及优化配煤专家系统	301
第五节	煤场煤量激光盘点系统	305
第十九章	火电厂内机组运行经济调度	309
第一节	火电厂内机组经济调度概述	309
第二节	机组负荷等微增经济调度及应用	311
第三节	基于优化理论的经济调度及应用	314
第四节	基于遗传算法的机组负荷最优分配及应用	321
第五节	基于电网 AGC 分层控制实现机组经济调度	323
第二十章	水电厂技术改造和经济运行	326
第一节	水电厂技术改造的重点和目标	326
第二节	水轮机的改造	326
第三节	水轮发电机的改造	330
第四节	调速器的技术改造	339
第五节	水电厂自动化改造	342
第六节	水电站扩机增容与节能和电网调峰	345
第七节	水电站厂内经济运行	346
参考文献		351

第一章 能 源 资 源

第一节 世界能源资源及评估

一、能源资源

能源资源，是自然界中能转换成热能、光能、电能和机械能等能量的资源，它是生命赖以生存和发展的一种物质基础。

能源资源按能源利用方式分：

一次能源：即来自自然界，不需要加工或转换而直接加以利用的能源，如煤炭、石油、天然气等。

二次能源：即由一次能源经过加工转换的能源产品，如电力（水电、火电）、焦炭、煤气、液化石油等。

按能源利用程度分：

常规能源：即技术上已经成熟，经济上比较合理，已经被人们广泛、普遍使用的能源。如煤炭、石油、天然气、水能等。

新能源：新能源是相对于传统或常规能源来说的，目前正在研究开发的能源，如太阳能、风能、地热能、生物质能、海洋能（潮汐能、波浪能、温差能）、以及核聚变能、氢能等。核裂变能已普遍使用，常称常规能源。

按能源资源的再生性分：

可再生能源：即在生态循环中能不断再生的能源，如水能、生物质能、太阳能、风能、地热能、海洋能等。

不可再生能源（化石能源）：资源储量有限，随着不断地开发和利用，终究要消耗殆尽的能源。如煤炭、石油、天然气等矿物能源。

二、世界能源资源状况

1. 煤炭剩余可采储量

据世界能源理事会（WEC）2000年能源资源调查及国际能源署（IEA）资料，目前煤炭剩余可采储量估算为9845亿t，如表1-1。

表 1-1 2000 年底的煤炭探明可采储量（10 亿 t）

煤 种	烟煤和 亚烟煤	褐 煤	合 计	煤 种	烟煤和 亚烟煤	褐 煤	合 计
OECD 欧洲国家	52.1	52.4	104.5	其中：印度	82.4	2	84.4
OECD 北美国家	222.6	35.4	258	拉丁美洲	21.6	0.1	21.8
OECD 太平洋国家	45.5	38	83.5	其中：哥伦比亚	6.3	0.4	6.7
OECD 合计	320.2	125.8	446	委内瑞拉	0.5	0	0.5
转型经济国家	212.6	38.1	250.7	巴西	11.9	0	11.9
其中：俄罗斯	146.6	10.5	157	非洲	55.4	0	55.4
中国	95.9	18.6	114.5	中东	1.7	0	1.7
东亚	3.3	4.5	7.8	世界总计	795.4	189.1	984.5
南亚	84.7	2	86.7				

注 OECD—经济合作与发展组织。

2. 石油剩余可采储量

表 1-2 给出了几项重要研究对全球原油和天然气液剩余可采储量的估算结果。

表 1-2 原油与天然气液探明储量评价结果 (10 亿桶)

资 料 来 源	储 量	有效期	评价日期
IHS 能源公司	1100	2000 年底	2001 年 7 月
欧佩克秘书处	1078	2000 年底	2001 年 8 月
世界能源理事会	1051	1999 年底	2001 年 10 月
《油气杂志》	1028	2001 年 1 月 1 日	2000 年 12 月
《世界石油》	1003	2000 年底	2001 年 8 月
美国地质调查所 2000 评价报告	960	1996 年 1 月 1 日	2000 年 6 月
ODAC (Campbell)*	845	2000 年底	2001 年 7 月

注 * ODAC 是指“石油枯竭分析中心”，是由坎贝尔 (Campbell) 在 2001 年 7 月 2~6 日于瑞士卢塞恩 (Lucerne) 召开的 2001 年燃料电池会议“欧洲燃料电池论坛”上发表的。

3. 天然气剩余可采储量

根据国际天然气信息中心 (Cedigaz) 估算，全世界最终剩余天然气资源量为 450~530Tm³。2001 年 Cedigaz 估算的天然气储量为 164Tm³，如表 1-3。

表 1-3 Cedigaz 估算的天然气储量与资源量 (Tm³，截止到 2000 年 1 月 1 日)

地 区	累积产量	探明储量	总资源量	
			剩余资源量	初始资源量
北美洲	28.3 (29.0)	6.2 (6.6)	27~34	55~62
拉丁美洲	3.5 (3.6)	7.7 (8.2)	22~27	25~30
欧 洲	7.7 (8.1)	7.6 (8.2)	13~16	20~23
前苏联	17.8 (18.5)	56.9 (55.8)	222~250	240~270
非 洲	2.3 (2.4)	11.0 (11.7)	23~28	25~30
中 东	4.4 (4.6)	53.9 (58.5)	115~136	120~140
亚 洲	3.9 (4.2)	14.8 (15)	31~46	35~40
世界总量	67.9 (70.4)	158.1 (164)	453~527	520~595

注 括号内的数据是于 2001 年 1 月 1 日估算的。最终资源量中包括了探明储量。

4. 铀资源

1999 年全世界开采成本低于 130 美元/kg 的已知常规铀资源 (KCR) 约有 400 万 t。表 1-4 为拥有最大探明常规铀资源的国家。

表 1-4 拥有最大探明常规铀资源的国家 (截止到 1999 年 1 月 1 日)

国 家	相当有保证资源 (kt)	I 类估算附加资源 (kt)	国 家	相当有保证资源 (kt)	I 类估算附加资源 (kt)
澳大利亚	716	194	纳米比亚	181	108
哈萨克斯坦	599	259	巴 西	162	100
美 国	355		俄罗斯	141	37
加拿大	326	107	乌兹别克斯坦	83	47
南 非	293	76	乌克兰	81	50

注 开采成本低于 130 美元/kg。

资料来源：NEA (经合组织核能机构) /IAEA (国际原子能机构) (2000)。

5. 可再生水能资源

水能是世界上最丰富的可再生能源，尤其是发展中国家，表 1-5 为世界不同地区技术上可

开发的水能潜力, 其中发展中国家占了 60% 以上。

表 1-5 世界水能资源 (技术可开发)

地 区	TWh/年	地 区	TWh/年	地 区	TWh/年
经合组织北美国家	1480	拉丁美洲	> 2980	非洲	> 1888
经合组织欧洲国家	> 1103	中国	1920	发展中国家	9161
经合组织太平洋国家	> 243	东亚	1197	世界	14379
经合组织国家	2826	南亚	958		
转型经济国家	> 2392	中东	218		

注 资料来源: 世界能源会议 (2001)。

6. 非水力类可再生能源概况

如表 1-6 示出全球非水力类可再生能源概况。

表 1-6 全球非水力类可再生能源概况

可再生能源类别	生物质能	地 热	风 能	太阳能光伏发电
资源量	54 亿 t 油当量 (1990) 67 亿 t 油当量 (2020)	140 × 10 ¹⁵ EJ	50000 TWh	
1999 年发电量 (TWh)	160	50	12588	516
容量 (MW)				
2020 年发电量 (TWh)		112	178	

注 资料来源: 国际能源署 (IEA) (2000), 世界能源协会 (WEC)。

三、世界常规一次能源产量及消费量

全世界 2001 年常规能源总消费量达 9095.6 Mt 标准油, 其中化石能源总消费量为 7956 Mt 标准油, 占常规能源总消费量的 87.5% (见表 1-7)。

表 1-7 2001 年世界常规能源的产量和消费量

项 目	石 油				天 然 气				煤 炭				常规能源	
	产 量		消 费 量		产 量		消 费 量		产 量		消 费 量		消 费 量	
	国别	Mt	国别	Mt	国别	亿 m ³	国别	亿 m ³	国别	Mt 标准油	国别	Mt 标准油	国别	Mt 标准油
世界总计		3584.9		3510.6		24640		24049		2248.3		2255.1		9095.6
前 10 位	1. 沙特	422.9	1. 美国	895.6	1. 美国	5554	1. 美国	6162	1. 美国	590.7	1. 美国	555.7	1. 美国	2287.4
	2. 美国	351.7	2. 日本	247.2	2. 俄罗斯	5424	2. 俄罗斯	3727	2. 中国	548.5	2. 中国	520.6	2. 中国	804.7
	3. 俄罗斯	348.1	3. 中国	231.9	3. 加拿大	1720	3. 英国	954	3. 澳大利亚	168.1	3. 印度	173.4	3. 俄罗斯	640.3
	4. 伊朗	182.9	4. 德国	131.6	4. 英国	1058	4. 德国	829	4. 印度	161.1	4. 俄罗斯	114.6	4. 日本	515.9
	5. 墨西哥	176.6	5. 俄国	122.3	5. 阿尔及利亚	782	5. 日本	790	5. 南非	126.7	5. 日本	103.0	5. 德国	330.5
	6. 委内瑞拉	176.2	6. 韩国	103.1	6. 印尼	629	6. 加拿大	726	6. 俄罗斯	120.8	6. 德国	84.4	6. 印度	313.3
	7. 中国	164.9	7. 印度	97.1	7. 荷兰	614	7. 乌克兰	658	7. 波兰	72.5	7. 南非	80.6	7. 加拿大	284.8
	8. 挪威	162.1	8. 法国	95.8	8. 伊朗	606	8. 伊朗	650	8. 印尼	56.8	8. 波兰	75.5	8. 法国	254.8
	9. 英国	117.9	9. 意大利	92.8	9. 挪威	575	9. 意大利	645	9. 德国	54.2	9. 澳大利亚	47.6	9. 英国	227.2
	10. 伊拉克	117.9	10. 加拿大	88.0	10. 沙特	537	10. 沙特	537	10. 乌克兰	43.6	10. 韩国	45.7	10. 韩国	191.1

四、21 世纪世界能源资源评估

1. 能源资源的消费速率远远超过资源的再生能力，后续能源引起世界各国关注

目前，煤炭、石油、天然气等化石能源资源占世界能源消费的 90% 以上，这些亿万年形成的地下资源储量有限，是不可再生的，资源耗尽是不可避免的。根据 BP 世界能源统计报道：2001 年末世界煤炭剩余可采期限为 219 年；石油可采期限为 40 年；天然气可采期限为 58 年。铀资源若采用轻水炉发电，采限期为 72 年。如表 1-8，图 1-1。煤炭资料虽然比较丰富，但它对环境带来的危害与社会发展格格不入，难以发挥更大的作用。因此世界各国非常关注未来后续能源的解决途径。

表 1-8 2001 年世界化石能源剩余可采储量及前 10 位国家

项 目	煤 炭			石 油			天 然 气		
	国 别	年末可采 储量 (Mt)	储采比 (年)	国 别	年末可采 储量 (Mt)	储采比 (年)	国 别	年末可采 储量 (Tm ³)	储采比 (年)
世界总计		984453	219		1430	40		143.0	58
前 10 位	1. 美国	249994	212	1. 沙特	360	85	1. 俄罗斯	47.57	47.6
	2. 俄罗斯	157010	> 500	2. 伊拉克	152	> 100	2. 伊朗	23.00	> 100
	3. 中国	114500	104	3. 科威特	133	> 100	3. 卡塔尔	14.40	> 100
	4. 印度	84396	262	4. 阿联酋	130	> 100	4. 沙特	6.22	> 100
	5. 澳大利亚	82090	244	5. 伊朗	123	67	5. 阿联酋	6.01	> 100
	6. 德国	66000	> 500	6. 委内瑞拉	112	64	6. 美国	5.02	9
	7. 南非	49520	195	7. 俄罗斯	67	19	7. 阿尔及利亚	4.52	57.8
	8. 乌克兰	34153	391	8. 墨西哥	38	21	8. 委内瑞拉	4.18	> 100
	9. 哈萨克斯坦	34000	487	9. 利比亚	38	56	9. 尼日利亚	3.51	> 100
	10. 波兰	22160	153	10. 美国	37	10	10. 伊拉克	3.11	> 100

注 资料来源于 BP Statistical Review of World Energy June 2002。

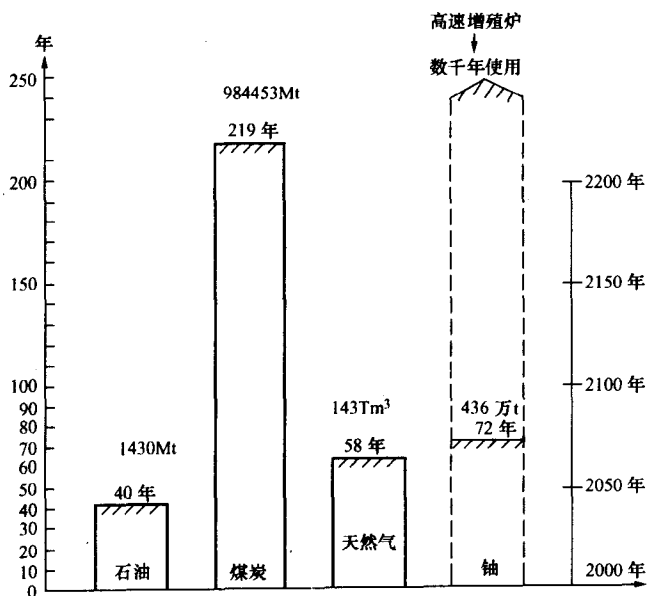


图 1-1 世界 2001 年化石能源资源剩余可采储量及采限期

(资料来源: Bp Statisticac Review of World Energy June 2002)

2. 化石能源燃烧后排泄物对环境的污染，已严重威胁地球的健康和支持地球生命的生态系统

CO₂ 是导致温室效应的主要温室气体，CO₂ 排放量的逐年增加所引发的全球性气候变化，已经引起国际社会的广为关注。表 1-9 为世界 CO₂ 排放量状况及预测。

表 1-9 1990 ~ 2020 年世界 CO₂ 排放量 Mt - C

年份	1990 年	1996 年	2000 年	2010 年	2020 年
中国	620	805	930	1391	2031
美国	1346	1463	1985	1790	1975
世界	5786	5983	6430	8018	9817

注 资料来源: 美能源部能源信息署 (DOE/EIA) (1999)。

3. 确保能源供应安全，世界各国正面临严重的挑战

第二节 中国能源资源及评价

一、常规能源资源

中国一次能源资源丰富，在世界上占有重要地位。根据多年地质勘探工作的成果，中国常规能源（包括煤、油、气和水能，水能为可再生能源，按使用 100 年计算）探明（技术可开发）总资源量超过 8230 亿 t 标准煤，探明（经济可开发）剩余可采总储量 1392 亿 t 标准煤，约占世界总量的 10.1%。能源探明总储量的结构为：原煤 87.4%，原油 2.8%，天然气 0.3%，水能 9.5%。能源剩余可采总储量的结构为：原煤 58.8%，原油 3.4%，天然气 1.3%，水能 36.5%（表 1-10）。煤炭在中国能源资源中占绝对优势地位。

1. 煤炭资源

煤炭是中国最主要的能源资源，储量多、分布广、煤质较好、品种比较齐全。按 2000 年煤炭产量 10 亿 t 计算，中国煤炭资源探明保有储量的保证程度高达 760 年，其中经济可开发剩余可采储量的保证程度为 114 年。

据地质部门的普查和勘探，中国 960 万 km² 范围内，含煤面积达 55 万 km²，煤炭资源地质总储量 52592 亿 t，其中埋深在 1000m 以浅的煤炭地质储量 26000 亿 t。截至 2000 年底，煤炭探明保有储量 10077 亿 t，资源探明率 19.9%。根据国际通行的划分标准，中国现有煤炭经济可开发剩余可采储量为 1145 亿 t，约占世界同类储量（9842 亿 t）的 11.6%。中国煤炭资源储量的地区分布见图 1-2。

表 1-10 中国常规能源资源储量及结构

能 源	能源总量(亿 t 标准煤)	原煤(亿 t)	原油(亿 t)	天然气(亿 m ³)	水能(亿 kWh)
总资源量	40466.4	50592.2	1000.0	381400.0	59221.8
结构 (%)	100.0	89.3	3.5	1.3	5.9
世界总量	1048809.7	1195748.4	51172.8	79330827.1	413095.0
中国所占比例 (%)	3.9	4.2	2.0	0.5	14.3
探明总储量 (技术可开发)	8231.0	10077.0	160.0	20606.0	19233.0
结构 (%)	100.0	87.4	2.8	0.3	9.5
世界总量	329697.5	352749.6	25674.6	26630075.2	117549.0
中国所占比例 (%)	2.5	2.9	0.6	0.1	16.4
资源探明率 (%)	20.3	19.9	16.0	5.4	
资源保证年限	766.8	1007.7	98.2	74.3	
2000 年产量	10.9	10.0	1.6	277.3	2224.0
结构 (%)	100.0	67.2	21.4	3.4	8.0
剩余可采储量 (经济可开发)	1391.9	1145.0	32.7	13668.9	12600.0
结构 (%)	100.0	58.8	3.4	1.3	36.5
世界总量	13832.9	9842.1	1402.8	1493811.0	73053.0
中国所占比例 (%)	10.1	11.6	2.3	0.9	17.2
资源保证年限	129.7	114.5	20.1	49.3	

注 资源探明率为探明总储量除以总资源量；资源保证年限为探明储量或剩余可采储量除以 2000 年产量。在计算各类结构时，各能源折标准煤系数为：煤炭 0.7143，石油 1.4286，天然气 13.3；水电按发电标准煤耗 404g/kWh 和使用 100 年计算。

资料来源：中国能源发展报告。

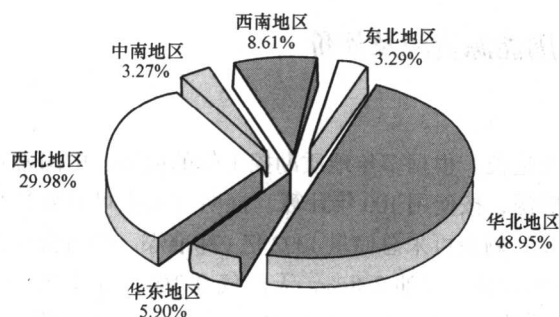


图 1-2 中国煤炭探明保有储量地区分布

别排名第 11 位和第 18 位。按 2000 年油气产量计算, 剩余可采储量的保证程度, 石油 20 年, 天然气 49 年。其分布见图 1-3。

3. 煤层气资源

煤层气 (俗称瓦斯) 是一种与煤伴生, 以吸附状态储存于煤层内的非常规天然气, 其中甲烷 (CH_4) 含量大于 95%, 热值 $33.44\text{kJ}/\text{m}^3$ 以上, 是一种优质洁净的能源。中国是煤层气资源最丰富的国家之一, 可望成为中国 21 世纪的接替性能源之一。

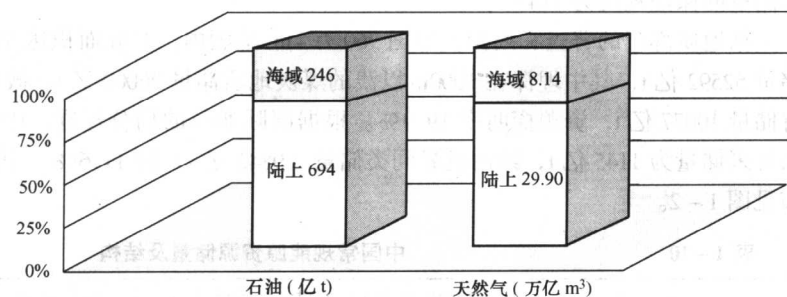


图 1-3 中国陆上和海域石油天然气资源

中国的煤层气资源分布广泛, 它们分布在不同的含煤盆地, 不同的成煤时代其埋藏深度和勘探程度也相差很大, 近年来, 我国有关科研单位对全国范围内的煤层气资源进行过估算。2000 年以内, 中国煤层气资源量估算值在 30 万亿 ~ 36 万亿 m^3 (见《中国能源发展报告》2001)。

4. 水能资源

我国幅员辽阔, 蕴藏着丰富的水力资源。按 2003 年中华人民共和国水力资源复查结果, 我国大陆水力资源理论蕴藏量在 10MW 及以上的河流共 3886 条, 水力资源理论蕴藏量年电量为 60829 亿 kWh, 平均功率为 694400MW; 理论蕴藏量 10MW 及以上河流上单站装机容量 0.5MW 及以上水电站 13286 + 国际界河电站 28 座, 相应技术可开发装机容量 541640MW, 年发电量 24740 亿 kWh; 其中经济可开发水电站 11653 + 国际界河电站 27 座, 装机容量 401795MW, 年发电量 17534 亿 kWh, 分别占技术可开发装机容量和年发电量的 74.2% 和 70.9%。中国水能资源, 无论是理论蕴藏量还是可开发量, 均居世界第一位。

中国各省 (自治区) 都有可开发的水能资源, 但主要集中在西南区, 占全国总量的 67.8%; 其次为中南区和西北区, 分别占 15.5% 和 9.9%; 东北、华东和华北区各占 1% ~ 3% (见表 1-11 和图 1-4)。中国 12 大水电基地分别是: 金沙江、雅砻江、大渡河、乌江、长江上游、红水河、澜沧江、黄河上游、黄河中游、湖南、闽浙赣、东北。中国水能资源的分布与煤炭资源不同, 形成北煤南水的格局。

2. 石油和天然气资源

根据石油部门最新资料, 中国石油总资源量约有 1000 亿 t, 其中探明储量 160 亿 t; 天然气总资源量 38.14 万亿 m^3 , 其中探明储量 2.06 万亿 m^3 。石油和天然气探明储量在全国能源资源探明总储量结构中分别占 2.8% 和 0.3%, 在世界同类油气储量中分别占 2.0% 和 0.5%。根据美国《油气杂志》的资料, 中国至 2000 年油气资源探明剩余可采储量, 石油为 32.74 亿 t, 天然气为 1.37 万亿 m^3 , 分别占世界总量的 2.3% 和 0.9%, 分

表 1-11

中国水能资源的地区分布

地 区	理论蕴藏量		技术可开发量		
	年电量 (亿 kWh)	比例 (%)	装机容量 (万 kW)	年电量 (亿 kWh)	比例 (%)
全国总计	59222 (6.76 亿 kW)	100.0	37853	19233	100.0
华北	1077	1.8	692	232	1.2
东北	1062	1.8	1200	384	2.0
华东	2632	4.4	1790	688	3.6
中南	5614	9.5	6744	2974	15.5
西南	41463	70.0	23233	13050	67.8
西北	7374	12.5	4194	1905	9.9

注 表中未包括台湾省资源。

资料来源:《中国电力百科全书(第二版)·综合卷》。

另外根据 2004 年资料,中国可开发的水能资源总量为 694GW,年发电量 2280TWh,其中台湾为 5GW,年发电 40TWh,2002 年又开始第 4 次全国水能资源复核普查,增加率为 10% ~ 30%。

5. 核能资源

中国自 1955 年开始大规模的找铀工作,先后在全国 20 多个省、区探明了上百处铀矿床,为核电建设提供了可靠的铀资源。中国在全国范围内已经找到了 5 个主要铀矿。中国已探明的铀储量居世界 9 大产铀国(储量超过 10 万 t)之列。中国铀矿储量 80%集中在新中代;矿床规模以中小型为主,品位以中等为主;埋藏深度大都在 500m 以内;已发现的铀矿床类型以花岗岩中的脉型和火山岩为主。

2002 年核电站装机容量 447 万 kW,在建有 640 万 kW,铀资源现有经济可采储量完全可以保证其运行 30 年的需要,而且有较大富余。若 2010 年核电总装机容量达到 2000 万 kW,现有探明储量要满足按其运行 30 年,需要经过努力弥补缺口。

二、非水力类可再生能源

1. 生物质能

目前,我国可作为能源开发利用的生物质资源量约 700Mt 标准煤,其中秸秆 120Mt 标准煤,薪柴 90Mt 标准煤(表 1-12、表 1-13)。其余是人畜粪便、工业有机废水、城市垃圾和生活污水。2000 年薪柴消费量 95.55Mt 标准煤,超过合理采伐量。估计 2010 年秸秆和垃圾将比 1995 年增加 100% 和 160%。

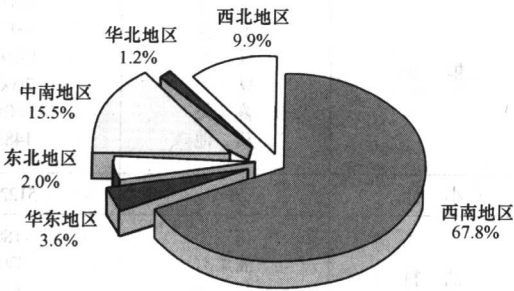


图 1-4 中国可开发水能资源地区分布

表 1-12

中国薪柴资源量

种 类	名 称	可提供薪材料量 (10 ⁴ t)	占总薪材量比例 (%)	占总要地面积比例 (%)
薪炭林	薪炭林	2915	18.4	3.2
其他林种	用材林	5593	35.3	69.8
	经济林	1086	6.9	
	灌木林	1081	6.8	
	疏 林	1063	6.7	
	防护林	383	2.4	
	四旁树	1826	11.5	
	其 他	337.4	2.1	
	小 计	11408	72.1	