

石油石化节能技术丛书

# 节能基础知识

丛书编委会主任 章建华

分册主编 吕长江

JIENENG JICHU ZHISHI

中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

石油石化节能技术丛书

# 节能基础知识

丛书编委会主任 章建华

分册主编 吕长江

中国石化出版社

## 内 容 提 要

本书内容包括节能原理、能源计量、能源统计、企业能量平衡、企业能源审计、企业节能监测、企业节能规划、企业节能标准化、企业能效对标管理和企业节能技术简介等。

本书非常适合石油石化以及相关行业的能源管理工作参考学习。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

节能基础知识/吕长江主编. —北京: 中国石化出版社, 2011. 5  
(石油石化节能技术丛书)  
ISBN 978-7-5114-0848-8

I. ①节… II. ①吕… III. ①石油化工-节能 IV. ①TE08

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 045143 号

未经本社书面授权, 本书任何部分不得被复制、抄袭, 或者以任何形式或任何方式传播。版权所有, 侵权必究。

## 中国石化出版社出版发行

地址: 北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编: 100011 电话: (010) 84271850

读者服务部电话: (010) 84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail: [press@sinopec.com.cn](mailto:press@sinopec.com.cn)

河北天普润印刷厂印刷

全国各地新华书店经销

\*

787 × 1092 毫米 16 开本 13.25 印张 323 千字

2011 年 5 月第 1 版 2011 年 5 月第 1 次印刷

定价: 40.00 元

《石油石化节能技术丛书》  
编 委 会

主 任：章建华  
委 员：张海潮 杨元一 俞仁明 雷典武  
李 阳 凌逸群 吴海君 冷泰民  
袁政文 王子康 李希宏 常振勇

《节能基础知识》  
编 委 会

主 编：吕长江  
副 主 编：陈广卫  
编写人员：殷培华 刘灵丽 戴剑飞 杜红勇  
王贵生 王 乐 段新琪

## 序

党的十七大报告提出：“坚持节约能源和保护环境的基本国策，关系人民群众切身利益和中华民族的生存发展，要把建设资源节约型、环境友好型社会放在工业化、现代化发展战略的突出位置，并落实到每个单位、每个家庭。”温总理在十届全国人大五次会议上作的《政府工作报告》中也郑重提出：“‘十一五’规划提出这两个约束性指标是一件十分严肃的事情，不能改变，必须坚定不移地去实现。”节约能源资源已成为关系我国经济可持续发展、造福子孙后代的一件大事，是当前我国经济社会发展的一项紧迫任务，是调整经济结构、转变增长方式的突破口和重要抓手，是贯彻科学发展观和构建和谐社会的重要举措。

石油石化行业作为我国国民经济的基础和支柱产业，必须以对国家和人民高度负责、对子孙后代高度负责的精神，把节约能源资源工作放在更加突出的战略位置，按照“高标准、严要求、广覆盖、硬约束”的原则，扎实推进企业节能降耗工作，努力打造资源节约型、环境友好型企业，为实现全面建设小康社会的奋斗目标奠定基础。

贯彻落实党的十七大精神和科学发展观，做好节能工作，关键是要建设一支扎实践行科学发展观、适应新形势、研究新问题、探索新方法和了解国家能源政策、掌握节能管理知识、精通节能技术的队伍。因此，中国石化组织编写《石油石化节能技术丛书》，以普及节能技术知识、提高石油石化企业职工素质、进而提高石油石化企业管理水平和经济效益为目标，以油田、炼化、销售企业以及公用工程系统的生产、管理、技术开发人员及大专院校师生为读者对象。《石油石化节能技术丛书》的出版，将为行业内人员提供一套比较完整、贴近实际、通俗实用的石油石化工业节能技术的参考书。

中国石油化工股份有限公司高级副总裁

# 前 言

节约资源和保护环境是我国的基本国策，关系到人民群众切身利益和中华民族的生存发展。石油石化行业作为我国国民经济的支柱产业，在为国民经济发展提供能源保障的同时，做到合理用能、节约用能对社会和企业都具有重大的经济效益和社会效益。

加强节能管理，提高能源管理人员节能理论水平和技术素质是企业实现以最小能源消耗，获取最大经济效益和社会效益的基础。为此，我们组织编写了这本涉及节能概念、节能原理、节能管理和节能基础技术的书籍，希望能够对广大能源管理工作进一步做好企业节能工作有所帮助。

本书共12章，包括节能原理、能源计量、能源统计、企业能量平衡、企业能源审计、企业节能监测、企业节能规划、企业节能标准化、企业能效对标管理和企业节能技术简介等。第一、二、三、四、六、九、十一章由陈广卫编写，其中第一章第四节由段新琪编写；第五章由殷培华编写；第七章由戴剑飞编写；第八章由杜红勇和王贵生编写；第十章由刘灵丽编写；第十二章由王乐编写。全书由吕长江、陈广卫统稿。

本书在编写过程中得到了中山大学陈清林教授的悉心指导和鼎力帮助，同时西安交通大学冯霄教授也为本书提出了很多宝贵意见并参与了审稿，在此表示感谢和敬意！同时，本书参考和借鉴了许多书籍和文献，在此也深表谢意！

由于编写人员水平有限，不足之处在所难免，敬请广大读者提出批评和意见，以便改进和提高。

# 目 录

|                       |        |
|-----------------------|--------|
| 第一章 概述 .....          | ( 1 )  |
| 第一节 我国能源发展概况 .....    | ( 1 )  |
| 一、我国能源发展史 .....       | ( 1 )  |
| 二、我国能源现状 .....        | ( 2 )  |
| 三、我国能源发展成就 .....      | ( 4 )  |
| 四、我国能源发展存在的主要问题 ..... | ( 5 )  |
| 五、我国能源发展战略 .....      | ( 6 )  |
| 第二节 我国节能工作进展 .....    | ( 7 )  |
| 一、节能工作的重要性 .....      | ( 7 )  |
| 二、节能工作取得的成效 .....     | ( 8 )  |
| 三、节能潜力分析 .....        | ( 10 ) |
| 四、节能途径 .....          | ( 10 ) |
| 五、节能重点工程和措施 .....     | ( 11 ) |
| 第三节 节能新理念与新机制 .....   | ( 13 ) |
| 一、节能新理念 .....         | ( 13 ) |
| 二、节能新机制 .....         | ( 14 ) |
| 第四节 新能源与替代能源 .....    | ( 18 ) |
| 一、新能源的概念 .....        | ( 18 ) |
| 二、新能源的开发与利用 .....     | ( 18 ) |
| 三、主要替代能源 .....        | ( 20 ) |
| 第五节 能源管理必备知识 .....    | ( 21 ) |
| 第二章 节能原理 .....        | ( 23 ) |
| 第一节 能与节能 .....        | ( 23 ) |
| 一、能 .....             | ( 23 ) |
| 二、能源 .....            | ( 23 ) |
| 三、节能 .....            | ( 24 ) |
| 第二节 热力学第一定律 .....     | ( 26 ) |
| 一、工质和热力系统 .....       | ( 26 ) |
| 二、状态参数与平衡状态 .....     | ( 26 ) |
| 三、热力过程与热力循环 .....     | ( 28 ) |
| 四、能量守恒和热力学第一定律 .....  | ( 29 ) |
| 第三节 热力学第二定律 .....     | ( 30 ) |
| 一、熵 .....             | ( 30 ) |
| 二、热力学第二定律表述 .....     | ( 30 ) |

|                        |        |
|------------------------|--------|
| 三、卡诺循环 .....           | ( 31 ) |
| 四、烟 .....              | ( 31 ) |
| 五、熵增与烟损失 .....         | ( 32 ) |
| 六、烟的计算 .....           | ( 33 ) |
| 七、烟平衡与烟损失 .....        | ( 34 ) |
| 第四节 能量分析与烟分析 .....     | ( 36 ) |
| 一、能量平衡 .....           | ( 36 ) |
| 二、烟分析 .....            | ( 40 ) |
| 三、两种热力学分析方法的比较 .....   | ( 43 ) |
| 四、能量合理利用基本原则 .....     | ( 44 ) |
| 五、能量的充分利用 .....        | ( 45 ) |
| 六、能量的综合利用 .....        | ( 46 ) |
| 第三章 系统节能技术 .....       | ( 49 ) |
| 第一节 夹点分析技术 .....       | ( 49 ) |
| 一、夹点的形成及其意义 .....      | ( 49 ) |
| 二、夹点规则综合换热网络 .....     | ( 55 ) |
| 第二节 三环节方法 .....        | ( 59 ) |
| 一、石油化工过程用能特点 .....     | ( 59 ) |
| 二、三环节模型 .....          | ( 59 ) |
| 三、能量平衡关系及评价指标 .....    | ( 60 ) |
| 四、三环节能量分析与优化实施步骤 ..... | ( 61 ) |
| 第四章 能源计量与管理 .....      | ( 63 ) |
| 第一节 能源计量作用 .....       | ( 63 ) |
| 第二节 能源计量单位 .....       | ( 64 ) |
| 一、能源的实物量单位 .....       | ( 64 ) |
| 二、能量单位 .....           | ( 64 ) |
| 三、当量单位 .....           | ( 65 ) |
| 第三节 能源计量器具 .....       | ( 67 ) |
| 第四节 能源计量管理 .....       | ( 69 ) |
| 一、能源计量点网络图 .....       | ( 69 ) |
| 二、各种能源或耗能工质网络图 .....   | ( 69 ) |
| 第五章 能源统计 .....         | ( 72 ) |
| 第一节 能源统计基本概念 .....     | ( 72 ) |
| 一、能源统计及其研究对象 .....     | ( 72 ) |
| 二、能源统计的任务 .....        | ( 72 ) |
| 三、能源统计报表制度 .....       | ( 72 ) |
| 第二节 能源消费统计 .....       | ( 72 ) |
| 一、能源消费量 .....          | ( 73 ) |
| 二、工业企业能源消费量 .....      | ( 73 ) |
| 三、能源加工、转换消费统计 .....    | ( 73 ) |
| 第三节 节能量计算 .....        | ( 75 ) |

|                          |         |
|--------------------------|---------|
| 一、计算基础指标 .....           | ( 75 )  |
| 二、计算原则 .....             | ( 75 )  |
| 三、节能量与节能率的计算方法 .....     | ( 76 )  |
| 第四节 工业企业能源统计分析 .....     | ( 77 )  |
| 一、能源统计分析的种类 .....        | ( 77 )  |
| 二、企业能源消耗经济效益分析 .....     | ( 77 )  |
| 三、企业节能量的核算与分析 .....      | ( 78 )  |
| 第五节 单位产品能源消耗指标计算方法 ..... | ( 79 )  |
| 第六章 企业能量平衡 .....         | ( 82 )  |
| 第一节 企业能量平衡基本知识 .....     | ( 82 )  |
| 一、能量平衡的原理 .....          | ( 82 )  |
| 二、企业能量平衡系统 .....         | ( 83 )  |
| 三、企业能量平衡的内容与方法 .....     | ( 85 )  |
| 四、企业能量平衡程序 .....         | ( 85 )  |
| 五、企业能量平衡报告 .....         | ( 86 )  |
| 第二节 企业能量平衡表 .....        | ( 86 )  |
| 一、企业能量平衡表的用途 .....       | ( 86 )  |
| 二、企业能量平衡表格式 .....        | ( 90 )  |
| 三、编制企业能量平衡表的数据 .....     | ( 90 )  |
| 第三节 企业能源网络图 .....        | ( 90 )  |
| 一、网络图论 .....             | ( 90 )  |
| 二、企业能源网络图 .....          | ( 90 )  |
| 三、企业能源网络图的作用 .....       | ( 91 )  |
| 四、企业能源网络图编制方法 .....      | ( 91 )  |
| 第四节 企业能流图 .....          | ( 93 )  |
| 一、企业能流图的绘制原则 .....       | ( 93 )  |
| 二、企业能流图绘制方法 .....        | ( 93 )  |
| 三、文字说明 .....             | ( 95 )  |
| 第七章 企业能源审计 .....         | ( 96 )  |
| 第一节 企业能源审计基本知识 .....     | ( 96 )  |
| 一、基本概念 .....             | ( 96 )  |
| 二、企业能源审计机构和职责 .....      | ( 97 )  |
| 三、企业能源审计的实施形式 .....      | ( 97 )  |
| 四、企业能源审计的范围与类型 .....     | ( 98 )  |
| 第二节 企业能源审计方法 .....       | ( 100 ) |
| 一、企业能源审计的内容和程序 .....     | ( 100 ) |
| 二、企业能源审计的分析方法 .....      | ( 102 ) |
| 第三节 企业能源审计报告的编制 .....    | ( 105 ) |
| 一、企业能源审计报告的主体内容 .....    | ( 105 ) |
| 二、企业能源审计报告的格式 .....      | ( 105 ) |
| 三、企业能源审计典型案例 .....       | ( 106 ) |

|                       |       |
|-----------------------|-------|
| <b>第八章 企业节能监测</b>     | (121) |
| <b>第一节 节能监测基本知识</b>   | (121) |
| 一、相关概念                | (121) |
| 二、节能监测的目的和意义          | (122) |
| 三、节能监测机构              | (122) |
| 四、节能监测的主要内容           | (124) |
| 五、节能监测的程序             | (126) |
| 六、节能监测中对用能单位的要求       | (126) |
| 七、节能监测报告的编写要求         | (127) |
| <b>第二节 节能监测与仪表</b>    | (127) |
| 一、热工监测与仪表             | (127) |
| 二、燃料燃烧监测与仪表           | (132) |
| 三、电工监测与仪表             | (135) |
| <b>第三节 节能测试方法</b>     | (135) |
| 一、工业锅炉效率测试            | (135) |
| 二、加热炉节能监测             | (137) |
| 三、三相异步电动机节能监测         | (141) |
| 四、风机节能监测              | (143) |
| <b>第四节 节能监测案例</b>     | (146) |
| 一、概况说明                | (146) |
| 二、检测目的                | (146) |
| 三、测试依据                | (146) |
| 四、使用仪器仪表及准确度等级(表 8-8) | (146) |
| 五、检测结论                | (147) |
| 六、检测人员签字(略)           | (147) |
| 七、报告编写人签字(略)          | (147) |
| 八、审核人签字(略)            | (147) |
| 九、授权签字人签字(略)          | (147) |
| <b>第九章 企业节能规划</b>     | (148) |
| <b>第一节 节能规划内容</b>     | (148) |
| 一、总则                  | (148) |
| 二、规划目标                | (148) |
| 三、现状分析                | (149) |
| 四、制定措施                | (150) |
| 五、经济技术评估              | (150) |
| 六、实施步骤                | (150) |
| <b>第二节 节能规划编制</b>     | (151) |
| 一、提纲                  | (151) |
| 二、案例                  | (152) |
| <b>第十章 企业节能标准化</b>    | (162) |
| <b>第一节 标准</b>         | (162) |

|                               |       |
|-------------------------------|-------|
| 第二节 我国节能标准现状 .....            | (163) |
| 一、节能标准的发展 .....               | (163) |
| 二、节能标准的组成 .....               | (164) |
| 三、节能标准体系框架 .....              | (165) |
| 第三节 石油化工相关节能标准 .....          | (166) |
| 一、国家已有的可以用于石化的节能标准 .....      | (166) |
| 二、行业标准(表 10-3 ~ 表 10-4) ..... | (168) |
| 第十一章 企业能效对标管理 .....           | (170) |
| 第一节 能效对标管理 .....              | (170) |
| 一、能效对标管理内涵 .....              | (170) |
| 二、能效对标管理作用 .....              | (170) |
| 三、企业能效对标管理类型 .....            | (171) |
| 第二节 企业能效对标管理实施 .....          | (172) |
| 一、企业能效对标管理实施内容 .....          | (172) |
| 二、企业能效对标管理实施步骤 .....          | (176) |
| 第三节 企业能效对标指标体系构建 .....        | (180) |
| 第四节 企业能效对标管理综合评价 .....        | (183) |
| 一、概述 .....                    | (183) |
| 二、企业能效对标管理综合评价体系的建立 .....     | (185) |
| 第十二章 节能技术简介及发展方向 .....        | (188) |
| 第一节 油田节能技术 .....              | (188) |
| 一、系统优化技术 .....                | (188) |
| 二、抽油机及其配套节能技术 .....           | (188) |
| 三、放空天然气回收技术 .....             | (189) |
| 四、原油常温集输技术 .....              | (189) |
| 五、稠油热采节能技术 .....              | (189) |
| 六、集输泵站参数自动优化技术 .....          | (190) |
| 七、高效节能设备 .....                | (190) |
| 第二节 炼油节能技术 .....              | (191) |
| 一、催化裂化装置节能技术 .....            | (191) |
| 二、装置间热联合技术 .....              | (192) |
| 三、提高加热炉热效率技术 .....            | (192) |
| 第三节 化工节能技术 .....              | (193) |
| 一、乙烯装置裂解炉空气预热技术 .....         | (193) |
| 二、乙烯装置急冷油减黏技术 .....           | (193) |
| 三、乙烯装置裂解炉扭曲片强化传热技术 .....      | (194) |
| 四、芳烃装置节能技术措施 .....            | (194) |
| 第四节 油品销售节能技术 .....            | (195) |
| 一、吸附法油气回收技术 .....             | (195) |
| 二、物流优化技术 .....                | (195) |
| 三、油库节能技术 .....                | (195) |

|                    |       |
|--------------------|-------|
| 第五节 公用工程节能技术 ..... | (196) |
| 一、蒸汽动力系统优化技术 ..... | (196) |
| 二、节水节电技术 .....     | (196) |
| 三、储运系统节能技术 .....   | (198) |
| 参考文献 .....         | (199) |

# 第一章 概 述

## 第一节 我国能源发展概况

### 一、我国能源发展史

我国利用机械开采化石能源始于 19 世纪后半叶的“洋务运动”。化石能源的用途和产能是判别国力大小的标尺之一，它关系到新式工业的布局和发展。1876 年，清政府在台湾地区开办了中国第一个使用机器的煤矿；1878 年，在台湾地区设立了第一个石油开发行政管理机构——矿油局，并打出第一口油井；1882 年，装机容量 12kW 的第一个火电厂在上海开始商业运营。但由于外敌入侵，内政腐败，社会动荡，技术落后，很长一段时期内我国经济发展缓慢，直到 1949 年，我国能源工业总体上仍处于用原始方式开采煤炭、以薪柴和秸秆为主要能源的落后状态。1949 年，全国煤炭产量  $3243 \times 10^4 \text{t}$ ；石油产量  $12 \times 10^4 \text{t}$ ；发电总装机容量  $185 \times 10^4 \text{kW}$ ，发电量  $43 \times 10^8 \text{kW} \cdot \text{h}$ ；输电线路总长度 6475km，除东北一条 552km 的 220kV 线路外，其余线路均为 110kV 及以下电压等级。

从新中国成立到 20 世纪 60 年代中期，能源工业克服基础薄弱、技术落后、外部封锁和自然灾害等重重困难，取得长足发展，有力地支持了国民经济“三年恢复”、“一五”、“二五”建设和“三年调整”。20 世纪 50 年代，我国在西北、南海、东北和华北地区开展了大规模油气资源勘探，1959 年发现大庆油田，以后又陆续发现了胜利、任丘等油气田。全国石油产量从 1950 年的  $20 \times 10^4 \text{t}$  增加到 1965 年的  $1131 \times 10^4 \text{t}$ ，实现了全部自给，摘掉了“贫油”帽子。天然气产量由 1950 年的  $737 \times 10^4 \text{m}^3$  增加到 1965 年的  $11 \times 10^8 \text{m}^3$ 。全国煤炭产量从 1950 年的  $4292 \times 10^4 \text{t}$  增加到 1965 年的  $3.97 \times 10^8 \text{t}$ 。1953 年我国自行设计施工建成第一条 369km、220kV 输电线路，1958 年自行制造了世界第一台  $1.2 \times 10^4 \text{kW}$  双水内冷发电机。全国发电装机总容量和发电量分别从 1950 年的  $187 \times 10^4 \text{kW}$  和  $46 \times 10^8 \text{kW} \cdot \text{h}$ ，增加到 1965 年的  $1508 \times 10^4 \text{kW}$  和  $676 \times 10^8 \text{kW} \cdot \text{h}$ 。

20 世纪 60 年代中期到 70 年代末，能源工业基本形成了比较完整的工业体系。实现了煤炭、石油、电力自主开发，启动了风电、沼气和太阳能建设，开始研究部署核电发展，进行了地热、潮汐发电实验。1973 年我国开始出口石油，1976 年大庆原油年产量突破  $5000 \times 10^4 \text{t}$ 。到 1978 年，全国石油、天然气产量分别达到  $1.04 \times 10^8 \text{t}$  和  $137.3 \times 10^8 \text{m}^3$ ，比 1965 年增加了  $9274 \times 10^4 \text{t}$  和  $126.3 \times 10^8 \text{m}^3$ ，石油产量世界排名跃升到第 8 位；煤炭产量  $6.18 \times 10^8 \text{t}$ ，同比增加了  $3.88 \times 10^8 \text{t}$ 。1972 年建成了第一条 534km、330kV 高压输电线路。到 1978 年，全国发电装机总容量和发电量分别达到  $5712 \times 10^4 \text{kW}$  和  $2566 \times 10^8 \text{kW} \cdot \text{h}$ ，位居世界第 8 位和第 7 位。

改革开放以来，我国能源工业发展进入了一个新的历史阶段，主要产品产量跃居世界前列；技术装备水平大幅度提高；形成了政府宏观调控，企业自主经营、适度竞争，市场在资

源配置中起基础性作用的充满活力的新型能源工业管理体制；成长出一批具有国际竞争力的大型企业集团，为国民经济持续快速发展和人民群众生活水平的不断改善提供了有力的能源支撑。

二、我国能源现状

1. 资源储量

据 BP 世界能源统计 2010 报道，截至 2009 年底，我国煤炭已探明储量  $1145 \times 10^8 \text{t}$ ，次于美国和俄罗斯，居世界第 3 位，约占全球总储量的 13.9%；石油已探明储量  $20.1 \times 10^8 \text{t}$ ，居世界第 14 位，约占全球总储量的 1.1%；天然气已探明储量  $2.46 \times 10^{12} \text{m}^3$ ，居世界第 14 位，约占全球总储量的 1.3%；水电  $615.6 \times 10^{12} \text{kW}$ ，居全球首位，约占 18.8%；核电  $70.1 \times 10^{12} \text{kW}$ ，居全球第 9 位，约占 2.6%。已探明储量是在目前经济条件和探测手段下，能够得到的有关地质和工程数据推测出的目前储量。

2. 资源分布

我国常规一次能源主要分布在西部和北方地区，其中煤炭资源主要集中在山西、陕西、内蒙古和新疆等省份，占全国的 70% 以上。甘肃、宁夏、青海、云南、贵州、四川和重庆约占全国的 20%，东北、京津冀、华东和中南地区仅占 10% 左右。石油、天然气资源主要分布在东北、华北、西北和海上，除四川盆地外，南方广大海相地层尚未发现有开发价值的大中型油气田。

能源资源与消费市场逆向分布决定了我国北煤(油)南运、西气(油)东输、西电东送的能源运输格局。

3. 能源生产总量及构成

2009 年，我国一次能源生产总量  $27.5 \times 10^8 \text{tce}$  ( $1 \text{tce} = 29.307 \times 10^6 \text{J}$ )，占全球的 16%，是全球第二大能源生产国。其中，煤炭占整个一次能源生产总量的 77.2%，原油占一次能源生产总量的 9.9%，天然气占一次能源生产总量的 4.1%。其他水电、核电、风电占一次能源生产总量的 8.8%。1980 ~ 2009 年各年的能源生产总量及构成如表 1-1 所示。

表 1-1 能源生产总量及构成表

| 年 份  | 能源生产总量/<br>$10^4 \text{tce}$ | 能源构成/% |      |     |          |
|------|------------------------------|--------|------|-----|----------|
|      |                              | 原煤     | 原油   | 天然气 | 水电、核电、风电 |
| 1980 | 63735                        | 69.4   | 23.8 | 3.0 | 3.8      |
| 1985 | 85546                        | 72.8   | 20.9 | 2.0 | 4.3      |
| 1990 | 103922                       | 74.2   | 19.0 | 2.0 | 4.8      |
| 1991 | 104844                       | 74.1   | 19.2 | 2.0 | 4.7      |
| 1992 | 107256                       | 74.3   | 18.9 | 2.0 | 4.8      |
| 1993 | 111059                       | 74.0   | 18.7 | 2.0 | 5.3      |
| 1994 | 118729                       | 74.6   | 17.6 | 1.9 | 5.9      |
| 1995 | 129034                       | 75.3   | 16.6 | 1.9 | 6.2      |

续表

| 年 份  | 能源生产总量/<br>10 <sup>4</sup> tce | 能源构成/% |      |     |          |
|------|--------------------------------|--------|------|-----|----------|
|      |                                | 原煤     | 原油   | 天然气 | 水电、核电、风电 |
| 1996 | 133032                         | 75.0   | 16.9 | 2.0 | 6.1      |
| 1997 | 133460                         | 74.2   | 17.3 | 2.1 | 6.5      |
| 1998 | 129834                         | 73.3   | 17.7 | 2.2 | 6.8      |
| 1999 | 131935                         | 73.9   | 17.3 | 2.5 | 6.3      |
| 2000 | 135048                         | 73.2   | 17.2 | 2.7 | 6.9      |
| 2001 | 143875                         | 73.0   | 16.3 | 2.8 | 7.9      |
| 2002 | 150656                         | 73.5   | 15.8 | 2.9 | 7.8      |
| 2003 | 171906                         | 76.2   | 14.1 | 2.7 | 7.0      |
| 2004 | 196648                         | 77.1   | 12.8 | 2.8 | 7.3      |
| 2005 | 216219                         | 77.6   | 12.0 | 3.0 | 7.4      |
| 2006 | 232167                         | 77.8   | 11.3 | 3.4 | 7.5      |
| 2007 | 247279                         | 77.7   | 10.8 | 3.7 | 7.8      |
| 2008 | 261210                         | 76.6   | 10.7 | 4.1 | 8.6      |
| 2009 | 275000                         | 77.2   | 9.9  | 4.1 | 8.8      |

4. 能源消费总量及构成

2009 年,我国一次能源消费总量  $30.7 \times 10^8$  tce, 占全球的 18%, 是全球第二大能源消费国。其中,煤炭占能源消费总量的 70.3%, 原油占能源消费总量的 18%, 天然气占能源消费总量的 3.9%。其他水电、核电、风电占能源消费总量的 7.8%。1980~2009 年各年的能源消费总量及构成如表 1-2 所示。

表 1-2 能源消费总量及构成表

| 年 份  | 能源消费总量/<br>10 <sup>4</sup> tce | 能源构成/% |      |     |          |
|------|--------------------------------|--------|------|-----|----------|
|      |                                | 煤炭     | 石油   | 天然气 | 水电、核电、风电 |
| 1980 | 60275                          | 72.2   | 20.7 | 3.1 | 4.0      |
| 1985 | 76682                          | 75.8   | 17.1 | 2.2 | 4.9      |
| 1990 | 98703                          | 76.2   | 16.6 | 2.1 | 5.1      |
| 1991 | 103783                         | 76.1   | 17.1 | 2.0 | 4.8      |
| 1992 | 109170                         | 75.7   | 17.5 | 1.9 | 4.9      |
| 1993 | 115993                         | 74.7   | 18.2 | 1.9 | 5.2      |
| 1994 | 122737                         | 75.0   | 17.4 | 1.9 | 5.7      |
| 1995 | 131176                         | 74.6   | 17.5 | 1.8 | 6.1      |
| 1996 | 135192                         | 73.5   | 18.7 | 1.8 | 6.0      |
| 1997 | 135909                         | 71.4   | 20.4 | 1.8 | 6.4      |
| 1998 | 136184                         | 70.9   | 20.8 | 1.8 | 6.5      |

续表

| 年 份  | 能源消费总量/<br>$10^4$ tce | 构成/% |      |     |          |
|------|-----------------------|------|------|-----|----------|
|      |                       | 煤炭   | 石油   | 天然气 | 水电、核电、风电 |
| 1999 | 140569                | 70.6 | 21.5 | 2.0 | 5.9      |
| 2000 | 145531                | 69.2 | 22.2 | 2.2 | 6.4      |
| 2001 | 150406                | 68.3 | 21.8 | 2.4 | 7.5      |
| 2002 | 159431                | 68.0 | 22.3 | 2.4 | 7.3      |
| 2003 | 183792                | 69.8 | 21.2 | 2.5 | 6.5      |
| 2004 | 213456                | 69.5 | 21.3 | 2.5 | 6.7      |
| 2005 | 235997                | 70.8 | 19.8 | 2.6 | 6.8      |
| 2006 | 258676                | 71.1 | 19.3 | 2.9 | 6.7      |
| 2007 | 280508                | 71.1 | 18.8 | 3.3 | 6.8      |
| 2008 | 291448                | 70.3 | 18.3 | 3.7 | 7.7      |
| 2009 | 306600                | 70.3 | 18.0 | 3.9 | 7.8      |

注：以上数据摘自《中国统计提要》2010。

### 三、我国能源发展成就

#### 1. 能源供给能力显著增强

2009年，我国一次能源生产总量  $27.5 \times 10^8$  tce，是新中国成立时的116倍，是改革开放初的4倍，是2000年的2倍。其中，我国煤炭产量已多年位居世界第一，2009年达到  $30.5 \times 10^8$  t，是新中国成立时的102倍，是改革开放初的5倍，是2000年的2倍；我国原油产量2009年为  $1.89 \times 10^8$  t，是新中国成立时的1575倍、改革开放初的2倍，居世界第五位；我国天然气产量2009年达到  $852 \times 10^8$  m<sup>3</sup>，是新中国成立时的8520倍，改革开放初的6倍，是2000年的3倍，居世界第7位；我国电力工业实现跨越式发展，2009年底发电装机突破  $8.7 \times 10^8$  kW，年发电量  $36812 \times 10^8$  kW·h，从1996年起稳居世界第二。其中，水电  $1.9679 \times 10^8$  kW，占总容量22.51%，火电  $6.5205 \times 10^8$  kW，占总容量74.60%，风电并网总容量  $1613 \times 10^4$  kW，核电则从无到有，先后建成秦山、大亚湾和田湾核电基地，核电投产总容量为  $910 \times 10^4$  kW。2009年底，全国220kV及以上输电线路回路长度  $39.94 \times 10^4$  km；220kV及以上变电设备容量  $17.62 \times 10^8$  kV·A，电网规模已超过美国，跃居世界首位。

#### 2. 消费结构有所优化

近年来，通过积极调整能源消费结构，能源消费出现了两种趋势：一是煤炭在能源消费中的比重总体趋于下降，由1990年的76.2%降到2009年的70.3%；二是清洁能源发展较快，比重逐步上升。1990~2009年，石油消费比重由16.6%提高到18.0%，天然气消费比重由2.1%提高到3.9%，水电、核电、风电消费比重由5.1%提高到7.8%，如图1-1所示。另外，中国太阳能光伏电池年产量  $200 \times 10^4$  kW，占全球产量的30%以上，居世界第一。太阳能热水器使用量超过  $1.25 \times 10^8$  m<sup>3</sup>，占世界使用总量的60%以上，居世界第一；生物质发电总装机  $315 \times 10^4$  kW，大型沼气池1600多处，户用沼气3000多万口，年产沼气约

$140 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 生物液体燃料年产量  $165 \times 10^4 \text{ t}$ 。

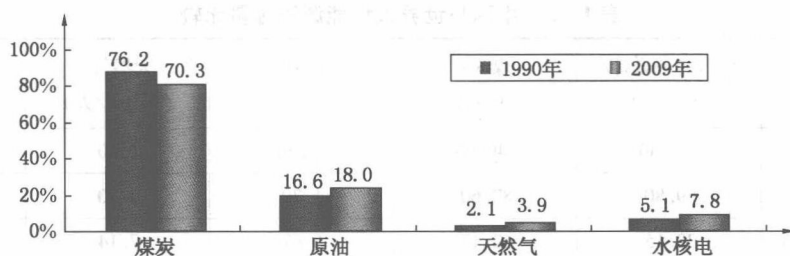


图 1-1 1990~2009 年能源消费结构变化

### 3. 技术进步不断加快

石油天然气工业,从勘探开发、工程设计、施工建设到生产加工,形成了比较完整的技术体系,复杂断块勘探开发、提高油田采收率和原油加工综合商品率、“双烯”收率等技术达到国际水平。煤炭工业,已具备设计、建设、装备及管理千万吨级露天煤矿和大中型矿区的能力,综合机械化采煤等现代化成套设备广泛使用。电力工业,火电主力机组单机容量发展到 30 万千瓦级和 60 万千瓦级,百万千瓦超临界、超超临界机组正在成为新一代主力。

### 4. 节能取得进展

改革开放以来,在党中央、国务院“能源开发与节约并举,把节约放在首位”方针的指导下,我国节能工作取得积极成效。一是单位 GDP 能耗总体下降。按不变价格计算,2005 年万元 GDP 能耗比 1980 年下降了 64%。截止到 2009 年底,“十一五”的前四年,全国单位 GDP 能耗下降了 15.6%。二是主要用能产品单位能耗逐步降低。20 世纪 80 年代初到现在,乙烯综合能耗下降 70%,粗钢综合能耗下降 40%,火电供电煤耗下降 20%。能源加工、转换、储运和终端利用综合效率达到 36%,比 1980 年提高了 11%。

### 5. 体制改革和立法工作稳步推进

电力体制改革取得重要突破。2002 年出台了电力体制改革方案,实现了政企分开、厂网分开。煤炭生产和销售基本实现了市场化,煤炭价格主要取决于市场供求状况。中国石油、中国石化、中国海油等大型国有石油企业基本实现了上下游、内外贸一体化,国际竞争能力有所提高。近年来,我国相继出台了《节约能源法》、《可再生能源法》和《循环经济促进法》,制定和完善了《电力监管条例》、《煤矿安全监察条例》、《石油天然气管道保护条例》等一系列法规。《能源法》起草工作已经基本完成,《煤炭法》和《电力法》正在修订之中。

### 6. 国际合作明显加强

双边和多边交流日趋活跃。参与的多双边能源合作机制 30 多个,每年组织和参加的重大国际能源活动都在 40 次以上。特别是近些年,我国组织召开了首次中国-东盟能源合作研讨会;成功举办了世界可再生能源大会,发表了北京宣言;倡议召开了五国能源部长会议,在国际上引起积极反响。通过对话交流,达到了宣传我国能源政策、展示我国能源发展成就、驳斥“中国能源威胁论”、为能源发展创造良好国际环境的目的。实施“走出去”战略取得了积极进展。

## 四、我国能源发展存在的主要问题

### 1. 资源约束明显,供需矛盾突出

我国人均能源资源占有量较低。煤炭只有世界平均水平的 62.17%;石油只有世界平均