

国家示范性 高职院校建设规划教材

化工节能技术

孙伟民 主编 侯文顺 主审



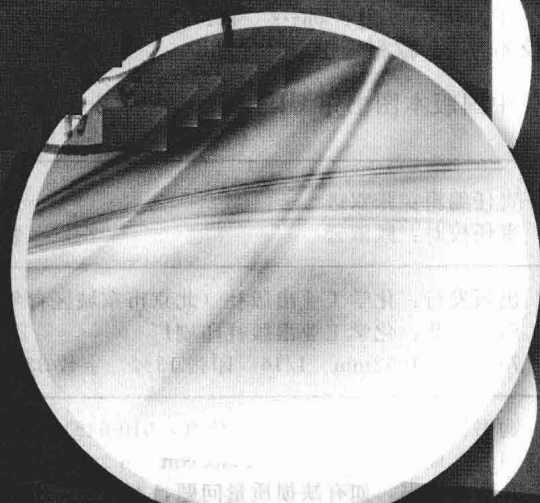
化学工业出版社

国家示范性 高职院校建设规划教材

化工节能技术

孙伟民 主编 侯文顺 主审

常州大学图书馆
藏书章



化学工业出版社

· 北京 ·

本书根据《高职高专教育专业人才培养目标及规格》的要求,结合生产一线岗位需求,介绍了能源的种类和消费发展趋势,节能的热力学原理,化工单元中流体流动、热量传递、分离、制冷循环和化学反应等过程和设备的节能技术,每章附有教学指导和习题。

通过本书的学习,学生能了解能源在经济发展中的重要性,掌握化工过程的节能原理,学习节能方法和节能技术,培养节能意识,在生活和工作中养成节能的习惯。

本书可作为高等职业教育化工专业的教材,具体讲授内容可根据各校安排的教学时数全部讲授或选讲,也可供石油和化学工业领域工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

化工节能技术/孙伟民主编. —北京:化学工业出版社,
2010.1
国家示范性高职院校建设规划教材
ISBN 978-7-122-07477-5

I. 化… II. 孙… III. 化工过程-节能-高等学校:
技术学院-教材 IV. TQ062

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 242523 号

责任编辑:张双进
责任校对:顾淑云

文字编辑:提 岩
装帧设计:张 辉

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装:化学工业出版社印刷厂

787mm×1092mm 1/16 印张 13 $\frac{3}{4}$ 字数 336 千字 2010 年 2 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:25.00 元

版权所有 违者必究

目 录

第一章 绪论

第一节 能源概念及其分类	1
一、能源	1
二、能源的分类	2
第二节 能源资源现状及其特点	3
一、全球能源资源	3
二、我国的能源资源	6
第三节 节能及节能的潜力与意义	9
一、节能概念及分类	9
二、节能的潜力	10
三、节能的意义	11
第四节 化学工业与节能	11
一、我国化学工业的特点	11
二、化学工业节能的潜力	12
第五节 化工过程的热力学分析法	13
习题与思考题	14

第二章 节能的热力学基础

第一节 能量及表现形式	16
一、能量的形式	16
二、基准状态	16
第二节 热力学第一定律	18
一、能量守恒与转化	18
二、稳流体系热力学第一定律的表达式	19
三、稳流体系能量平衡式的简化形式	20
四、轴功及其计算	22
五、热量衡算	23
第三节 热力学第二定律	24
一、热力学第二定律表述	24
二、熵和熵增原理	25
三、熵产生和熵平衡	26

第四节 有效能和过程热力学分析	27
一、理想功	27
二、损失功	28
三、有效能	29
四、有效能效率和有效能分析	31
习题与思考题	33

第三章 流体流动及输送过程设备的节能

第一节 流体流动过程热力学分析	35
第二节 流体在直管中流动的节能	36
一、流体在直管内流动时的有效能损失	36
二、节流过程的有效能损失	36
三、减阻剂的应用	37
第三节 泵的节能	40
一、泵的工作范围与选择	40
二、泵的能量损失及改善泵性能的措施	43
三、管路系统的节能技术	47
四、离心泵运行的节能调节	48
第四节 风机节能	54
一、风机结构对性能及能耗的影响	54
二、风机的合理选择	57
三、提高风机运行经济性的途径	59
四、离心式风机的节能改造	61
五、轴流式风机的调节节能改造	62
六、风机不同调节方法的节能比较	65
七、子午加速轴流式通风机	65
习题与思考题	66

第四章 热量传递过程的节能

第一节 传热过程的节能	67
一、传热节能的理论基础	68
二、传热方程与传热节能	74
三、传热效率与传热单元数及其合理选取	74
四、传热的节能与强化途径	76
五、传热过程强化及其在工程上的应用	82
第二节 蒸发操作的节能	98
一、蒸发过程的热力学分析	98
二、蒸发器与蒸发操作方式的经济性	102

三、蒸发操作的节能	106
第三节 干燥过程的节能	112
一、干燥介质对干燥过程的影响	113
二、正确选择影响干燥过程的因素	123
三、热泵在干燥操作中的应用	125
四、各种干燥器能耗的比较	127
五、干燥装置实施节能示例	131
习题与思考题	133

第五章 分离过程的节能

第一节 精馏操作中的节能技术	134
一、蒸馏过程能量利用现状及节能途径	134
二、蒸馏操作中的热量回收利用	136
三、回流比对精馏过程节能的影响	138
四、带中间加热-冷却精馏过程	141
五、多效蒸馏	144
六、热泵精馏	148
七、其他蒸馏节能技术	155
第二节 吸收操作与塔设备	160
一、吸收过程操作线及适宜液气比分析	160
二、单段和两段吸收过程的有效能分析	163
三、塔设备性能分析	163
四、填料类型和性能评价	165
五、新型塔板的应用	166
习题与思考题	168

第六章 制冷与热泵的节能

第一节 制冷的节能技术	170
一、制冷的工作原理	170
二、制冷循环有效能分析	173
第二节 热泵的节能技术	181
一、压缩式热泵循环	181
二、吸收式热泵	185
习题与思考题	186

第七章 化学反应节能

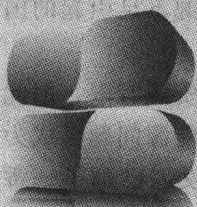
第一节 化学反应过程的热力学分析	187
一、化学反应有效能的计算	187
二、实际反应过程有效能损耗和复杂反应的反应有效能估算	188

第二节 反应过程的节能	189
一、化学反应热的有效利用或提供	189
二、反应装置的改进	191
三、催化剂的开发	192
第三节 反应与其他过程的组合	193
一、反应与反应的组合	193
二、反应精馏	193
三、膜反应器	194
习题与思考题	195

附录

一、饱和水和水蒸气表	196
二、过冷水和过热水蒸气表	205
三、空气的 T - S 图	208
四、氨的 T - S 图	209

参考文献



第一章 绪论



知识目标:

- 了解能源概念及其分类;
- 初步掌握世界和我国能源现状及其特点;
- 掌握节能概念、潜力及意义。



能力目标:

- 能将能源按不同的基准进行分类;
- 能够简述世界和我国能源现状及其特点;
- 能够简述节能潜力和意义;
- 能够详细说明化学工业的特点与化学工业节能的意义。



第一节 能源概念及其分类

一、能源

能源是可以直接或经转换提供人类所需的光、热、动力等任一形式能量的载能体资源。

能源按其形态、特性或转换和利用的层次进行分类,给每种或每类能源以专门的名称。世界能源大会推荐的能源类型有:固体燃料(solid fuels);液体燃料(liquid fuels);气体燃料(gaseous fuels);水力(hydropower);核能(nuclear energy);电能(electrical energy);太阳能(solar energy);生物质能(biomass energy);风能(wind energy);海洋能(ocean energy);地热能(geothermal energy);核聚变(nuclear fusion)等。

能源是人类活动的物质基础,是经济发展的原动力,是现代文明的物质基础。安全、可靠的能源供应和高效、清洁地利用能源是实现社会经济持续发展的基本保证。世界各国经济、技术发展的事实表明,能源消耗与国民生产总值之间有着非常密切的关系。在正常情况下,能源消费量的增长速度和国民生产总值的发展速度之间成正比关系。因此,若要加快国民经济的发展,就必须保证能源消费量有相应的增长速度。反之,如果能源供应不足,则会影响国民经济的发展,甚至造成巨大的损失。例如从20世纪70年代开始,发生了石油危



机, 主要工业国家国民生产总值的增长率普遍下降。1975 年, 美国由于能源短缺 1.16 亿吨标准煤, 使国民生产总值减少了 930 亿美元; 日本由于能源短缺 0.6 亿吨标准煤, 国民生产总值减少了 485 亿美元。其他工业国家也相类似。据分析估算, 由于能源不足引起的国民经济损失为能源本身价值的 20~60 倍。

由于能源消费急剧增加, 造成能源供应紧张, 而容易被利用的能源资源有限, 因此, 世界各国都在积极寻找各种方法, 更加有效地开发和利用能源。可以说, 能源问题已成为一个世界性的突出问题。在我国, 在过去的 20 年里能源消费量随着经济的发展已翻了一番, 超过了 13 亿吨标准煤, 成为世界上的第二能源消费大国。能源和能源消费引起的环境问题已成为制约我国可持续发展的重要问题之一。

二、能源的分类

根据不同的基准, 能源有不同的分类方法。

1. 按其来源分类

按其来源分类, 能源可分为三大类。

第一类, 来自地球以外天体的能量, 其中最主要的是太阳辐射能。目前人类所用的绝大部分能源, 都直接或间接地来源于太阳能。各种植物通过光合作用, 把太阳能转化为化学能, 在植物体内储存下来, 形成生物质能。煤炭、石油、天然气等矿物燃料就是由古代动植物沉积在地下经过漫长的地质年代形成的, 而其能量来源于固定下来的太阳辐射能。水能、风能、海洋能等也来源于太阳辐射能, 太阳的辐射使地球表面的水分蒸发, 上升为高空中的水汽, 而后再凝结以雨雪的形式返回地面, 在高山地区的雨水通过江河流向大海, 形成了巨大的水力资源。地球表面各地不均匀的太阳辐射热, 使各处大气中的温度和压力不同而导致了空气流动, 形成了风能。风力还使海洋表面的水形成波浪能, 由于海洋各处接受太阳辐射强度的不同而形成了海洋能, 同时海洋表面和内部温度的不同形成了海洋温差。

从数量上看, 太阳能非常巨大。据估计, 地球表面一年从太阳获得的总能量可达 174000TW/a。但太阳能能量密度比较低, 又受到气候变化的影响, 目前尚难以加以利用。当前主要是利用太阳能直接供热, 如提供热水、房间采暖、太阳灶做饭、空调制冷、海水淡化、干燥等。太阳能发电等尚处于实验阶段。

第二类, 地球本身蕴藏的能量, 主要有地热能和原子核能。地球内部有大量热源, 在 45 亿年以前地球形成以来逐步冷却, 至今地球的核心部分仍具有 5000℃ 的高温, 因此, 地球本身是个大热库。地热能的数量很大, 但品位低, 因此开发数量不大, 仅有一些温泉和少量的地热发电站是利用地热能。原子核能是某些物质(如铀、钍、氘和氚等)的原子核在发生反应时释放出来的能量。原子核反应有裂变反应和聚变反应两种。现在各国的原子能电站, 都是使用铀原子裂变时放出的能量。核聚变尚在研究之中。

第三类, 地球和其他天体相互作用而产生的能量, 如潮汐能。地球和月亮、太阳之间的引力和相对位置的变化, 使海水涨落形成了潮汐能。目前人类对潮汐能还利用得很少, 仅建成少量的潮汐发电站。

2. 按能源的转换和利用层次分类

按有无加工转换, 可将能源分为三大类。

(1) 一次能源 自然界自然存在的、未经加工或转换的能源。如原煤、石油、天然气、



天然铀矿、水能、风能、太阳辐射能、海洋能、地热能、薪柴等。

根据能否再生，一次能源可再分为可再生能源与非再生能源。

① 可再生能源。指那些可以连续再生，不会因使用而日益减少的能源。这类能源大都直接或间接来自太阳，如太阳能、水能、风能、海洋能、地热能、生物质能等。

② 非再生能源。指那些不能循环再生的能源，如煤炭、石油、天然气、核燃料等，它们随人类的使用而越来越少。

(2) 二次能源 为满足生产工艺或生活上的需要，由一次能源加工转换而成的能源产品。如电、蒸汽、煤气、焦炭、各种石油制品。

(3) 终端能源 通过用能设备供消费者使用的能源。二次能源或一次能源一般经过输送、储存和分配成为终端使用的能源。

3. 按使用状况分类

按人类使用能源的状况，又可将能源分为常规能源和新能源。

第一类，常规能源，指那些开发技术比较成熟、生产成本比较低、已经大规模生产和广泛利用的能源。如煤炭、石油、天然气、水力等。

第二类，新能源，指目前尚未得到广泛使用、有待科学技术的发展以期更经济有效开发的能源。如太阳能、地热能、潮汐能、风能、生物质能、氢能、原子能等。新能源是世界新技术革命的重要内容，是未来世界持久能源系统的基础。

这种分类是相对的。例如核裂变应用于核电站，目前基本上已经成熟，就要成为常规能源。即便是常规能源，目前也在研究新的利用技术，如磁流体发电，就是利用煤、石油、天然气作燃料，把气体加热成高温等离子体，在通过强磁场时直接发电。又如风能、沼气等，使用已有多年历史，但目前又采用现代技术加以利用，也把它们作为新能源。

目前生物质能的利用越来越受到关注。生物质能是太阳能的一种存在形式，它是通过生物的光合作用把光这种过程性能源转化为化学能保存在生物质中。它的使用量仅次于煤、油、天然气排在第4位，但一直是以极度分散的非工程形式利用。例如秸秆的气化，生物制氢，能源植物的利用。能源植物是指那些具有较高的还原成烃的能力，可以产生接近石油成分或是石油替代品的富含油的植物。瑞士计划用10年的时间用生物石油替代50%的年用油量。

4. 按对环境的污染程度分类

按对环境的污染程度，能源可分为清洁能源和非清洁能源。

第一类，清洁能源，无污染或污染小的能源，如太阳能、风能、水力、海洋能、氢能、气体燃料等。

第二类，非清洁能源，污染大的能源，如煤炭、石油等。



第二节 能源资源现状及其特点

一、全球能源资源

1. 世界能源资源

煤、石油和天然气均是目前全球经济发展的基础能源，但都是不可再生的化石燃料或矿



物能源。2005 年全球能源需求量为 11312 百万吨标准油，其中 82% 来自化石燃料，见表 1-1。它们在 2005~2030 年期间全球能源需求增长总量中占 84%。

表 1-1 2005 年世界一次能源需求

能源种类	煤炭	石油	天然气	核电	水电	生物质和废弃物	其他可再生能源	合计
需求量/百万吨标准油	2892	4000	2354	721	251	1041	53	11312
比例/%	25.57	35.36	20.81	6.37	2.22	9.20	0.47	100.00

此外，还有许多可再生的非化石燃料能源，如核能、太阳能、水能、地热能、海洋能等。太阳能是最重要的可再生能源。地球上的自然生态得以正常运转所需要的能源全部来自太阳，化石能源也是过去储存下来的太阳能的一种重要形式。

2. 世界能源消费现状及特点

(1) 受经济发展和人口增长的影响，世界一次能源消费量不断增加 随着世界经济规模的不断增大，世界能源消费量持续增长。1990 年世界国内生产总值为 26.5 万亿美元（按 1995 年不变价格计算），2000 年达到 34.3 万亿美元，年均增长 2.7%。根据《2004 年 BP 能源统计》，1973 年世界一次能源消费量仅为 57.3 亿吨油当量，2003 年已达到 97.4 亿吨油当量。过去 30 年来，世界能源消费量年均增长率为 1.8% 左右。

(2) 世界能源消费呈现不同的增长模式，发达国家增长速率明显低于发展中国家 过去 30 年来，北美、中南美洲、欧洲、中东、非洲及亚太六大地区的能源消费总量均有所增加，但是经济、科技与社会比较发达的北美洲和欧洲两大地区的增长速度非常缓慢，其消费量占世界总消费量的比例也逐年下降，北美由 1973 年的 35.1% 下降到 2003 年的 28.0%，欧洲地区则由 1973 年的 42.8% 下降到 2003 年的 29.9%。经济合作与发展组织（OECD）成员国能源消费占世界的比例由 1973 年的 68.0% 下降到 2003 年的 55.4%。其主要原因，一是发达国家的经济发展已进入到后工业化阶段，经济向低能耗、高产出的产业结构发展，高能耗的制造业逐步转向发展中国家；二是发达国家高度重视节能与提高能源使用效率。

(3) 世界能源消费结构趋向优质化，但地区差异仍然很大 自 19 世纪 70 年代的产业革命以来，化石燃料的消费量急剧增长。初期主要是以煤炭为主，进入 20 世纪以后，特别是第二次世界大战以来，石油和天然气的生产与消费持续上升，石油于 20 世纪 60 年代首次超过煤炭，跃居一次能源的主导地位。虽然 20 世纪 70 年代世界经历了两次石油危机，但世界石油消费量却没有丝毫减少的趋势。此后，石油、煤炭所占比例缓慢下降，天然气的比例上升。同时，核能、风能、水力、地热等其他形式的新能源逐渐被开发和利用，形成了目前以化石燃料为主和可再生能源、新能源并存的能源结构格局。到 2003 年底，化石能源仍是世界的主要能源，在世界一次能源供应中约占 87.7%，其中，石油占 37.3%、煤炭占 26.5%、天然气占 23.9%。非化石能源和可再生能源虽然增长很快，但仍保持较低的比例，约为 12.3%。

由于中东地区油气资源最为丰富、开采成本极低，故中东能源消费的 97% 左右为石油和天然气，该比例明显高于世界平均水平，居世界之首。在亚太地区，中国、印度等国家煤炭资源丰富，煤炭在能源消费结构中所占比例相对较高，其中中国能源结构中煤炭所占比例高达 68% 左右，故在亚太地区的能源结构中，石油和天然气的比例偏低（约为 47%），明显低于世界平均水平。除亚太地区以外，其他地区石油、天然气所占比例均高于 60%。

(4) 世界能源资源仍比较丰富，但能源贸易及运输压力增大 根据《2004 年 BP 世界



能源统计》，截止到 2003 年底，全世界剩余石油探明可采储量为 1565.8 亿吨，其中，中东地区占 63.3%，北美洲占 5.5%，南美洲占 8.9%，欧洲占 9.2%，非洲占 8.9%，亚太地区占 4.2%。2003 年世界石油产量为 36.97 亿吨，比上年度增加 3.8%。通过对比各地区石油产量与消费量可以发现，中东地区需要向外输出约 8.8 亿吨，非洲和中南美洲的石油产量也大于消费量，而亚太、北美和欧洲的产销缺口分别为 6.7 亿吨、4.2 亿吨和 1.2 亿吨。

煤炭资源的分布也存在巨大的不均衡性。截止到 2003 年底，世界煤炭剩余可采储量为 9844.5 亿吨，储采比高达 192（年），欧洲、北美和亚太三个地区是世界煤炭主要分布地区，三个地区合计占世界总量的 92% 左右。同期，天然气剩余可采储量为 175.78 万亿立方米，储采比达到 67。中东和欧洲是世界天然气资源最丰富的地区，两个地区占世界总量的 75.5%，而其他地区的份额仅为 5%~7%。随着世界一些地区能源资源的相对枯竭，世界各地区及国家之间的能源贸易量将进一步增大，能源运输需求也相应增大，能源储运设施及能源供应安全等问题将日益受到重视。

3. 世界能源供应和消费趋势

根据美国能源信息署（EIA）最新预测结果，随着世界经济、社会的发展，未来世界能源需求量将继续增加。预计，2010 年世界能源需求量将达到 105.99 亿吨油当量，2020 年达到 128.89 亿吨油当量，2025 年达到 136.50 亿吨油当量，年均增长率为 1.2%。欧洲和北美洲两个发达地区能源消费占世界总量的比例将继续呈下降的趋势，而亚洲、中东、中南美洲等地区将保持增长态势。伴随着世界能源储量分布集中度的日益增大，对能源资源的争夺将日趋激烈，争夺的方式也更加复杂，由能源争夺而引发冲突或战争的可能性依然存在。

随着世界能源消费量的增大，二氧化碳、氮氧化物、灰尘颗粒物等环境污染物的排放量逐年增大，化石能源对环境的污染和全球气候的影响将日趋严重。据 EIA 统计，1990 年世界二氧化碳的排放量约为 215.6 亿吨，2001 年达到 239.0 亿吨，预计 2010 年将为 277.2 亿吨，2025 年达到 371.2 亿吨，年均增长 1.85%。

面对以上挑战，未来世界能源供应和消费将向多元化、清洁化、高效化、全球化和市场化方向发展。

（1）多元化 世界能源结构先后经历了以薪柴为主、以煤为主和以石油为主的时代，现在正在向以天然气为主转变，同时，水能、核能、风能、太阳能也正得到更广泛的利用。可持续发展、环境保护、能源供应成本和可供应能源的结构变化决定了全球能源多样化发展的格局。天然气消费量将稳步增加，在某些地区，燃气电站有取代燃煤电站的趋势。未来，在发展常规能源的同时，新能源和可再生能源将受到重视。在欧盟 2010 年可再生能源发展规划中，风电要达到 4000 万千瓦，水电要达到 1.05 亿千瓦。2003 年初英国政府公布的《能源白皮书》确定了新能源战略，到 2010 年，英国的可再生能源发电量占英国发电总量的比例要从目前的 3% 提高到 10%，到 2020 年达到 20%。

（2）清洁化 随着世界能源新技术的进步及环保标准的日益严格，未来世界能源将进一步向清洁化的方向发展，不仅能源的生产过程要实现清洁化，而且能源工业要不断生产出更多、更好的清洁能源，清洁能源在能源总消费中的比例也将逐步增大。在世界消费能源结构中，煤炭所占的比例将由目前的 26.47% 下降到 2025 年的 21.72%，而天然气将由目前的 23.94% 上升到 2025 年的 28.40%，石油的比例将维持在 37.60%~37.90% 的水平。同时，过去被认为是“脏”能源的煤炭和传统能源薪柴、秸秆、粪便的利用将向清洁化方面发展，洁净煤技术（如煤液化技术、煤气化技术、煤脱硫脱尘技术）、沼气技术、生物柴油技术等



将取得突破并得到广泛应用。一些国家,如法国、奥地利、比利时、荷兰等国家已经关闭其国内的所有煤矿而发展核电,它们认为核电就是高效、清洁的能源,能够解决温室气体的排放问题。

(3) 高效化 世界能源加工和消费的效率差别较大,能源利用效率提高的潜力巨大。随着世界能源新技术的进步,未来世界能源利用效率将日趋提高,能源强度将逐步降低。例如,以1997年美元不变价计,1990年世界的能源强度为0.3541吨油当量/千美元,2001年已降低到0.3121吨油当量/千美元,预计2010年为0.2759吨油当量/千美元,2025年为0.2375吨油当量/千美元。

但是,世界各地能源强度差异较大,例如,2001年世界发达国家的能源强度仅为0.2109吨油当量/千美元,2001~2025年发展中国家的能源强度预计是发达国家的2.3~3.2倍,可见世界的节能潜力巨大。

(4) 全球化 由于世界能源资源分布及需求分布的不均衡性,世界各个国家和地区已经越来越难以依靠本国的资源来满足其国内的需求,越来越需要依靠世界其他国家或地区的资源供应,世界贸易量将越来越大,贸易额呈逐渐增加的趋势。以石油贸易为例,世界石油贸易量由1985年的12.2亿吨增加到2000年的21.2亿吨和2002年的21.8亿吨,年均增长率约为3.46%,超过同期世界石油消费1.82%的年均增长率。在可预见的未来,世界石油净进口量将逐渐增加,年均增长率达到2.96%。预计2010年将达到2930万桶/日,2020年将达到4080万桶/日,2025年达到4850万桶/日。世界能源供应与消费的全球化进程将加快,世界主要能源生产国和能源消费国将积极加入到能源供需市场的全球化进程中。

(5) 市场化 由于市场化是实现国际能源资源优化配置和利用的最佳手段,故随着世界经济的发展,特别是世界各国市场化改革进程的加快,世界能源利用的市场化程度越来越高,世界各国政府直接干涉能源利用的行为将越来越少,而政府为能源市场服务的作用则相应增大,特别是在完善各国、各地区的能源法律法规并提供良好的能源市场环境方面,政府将更好地发挥作用。当前,俄罗斯、哈萨克斯坦、利比亚等能源资源丰富的国家,正在不断完善其国家能源投资政策和行政管理措施,这些国家能源生产的市场化程度和规范化程度将得到提高,有利于境外投资者进行投资。20世纪90年代中期以来,世界能源经济已步入到一个重大过渡时期。预计未来新能源经济的大致轮廓已经开始逐渐显现。新技术、产业结构调整以及更严厉的环境政策,正在改变世界能源经济的面貌。在许多国家,废气排放法和废弃物处理法已经使得建造火力发电厂的成本大大增加,核电站的成本和风险高得令人难以接受。人们将直接利用世界上来源最丰富的能量——太阳能和风能,以大大减轻目前的能源需要给地球大气的负担,新能源技术将更广泛地得到应用。同时随着能源经济的发展,采用节能技术也显得更加重要。

二、我国的能源资源

1. 我国能源资源的特点

(1) 能源资源总量比较丰富 中国拥有较为丰富的化石能源资源。其中,煤炭占主导地位。2006年,煤炭保有资源量10345亿吨,剩余探明可采储量约占世界的13%,列世界第三位。已探明的石油、天然气资源储量相对不足,油页岩、煤层气等非常规化石能源储量潜力较大。中国拥有较为丰富的可再生能源资源。水力资源理论蕴藏量折合年发电量为



6.19 万亿千瓦时,经济可开发年发电量约 1.76 万亿千瓦时,相当于世界水力资源量的 12%,列世界首位。

(2) 人均能源资源拥有量较低 中国人口众多,人均能源资源拥有量在世界上处于较低水平。煤炭和水力资源人均拥有量相当于世界平均水平的 50%,石油、天然气人均资源量仅为世界平均水平的 1/15 左右。耕地资源不足世界人均水平的 30%,制约了生物质能源的开发。

(3) 能源资源赋存分布不均衡 中国能源资源分布广泛但不均衡。煤炭资源主要赋存在华北、西北地区,水力资源主要分布在西南地区,石油、天然气资源主要赋存在东、中、西部地区和海域。中国主要的能源消费地区集中在东南沿海经济发达地区,资源赋存与能源消费地域存在明显差别。大规模、长距离的北煤南运、北油南运、西气东输、西电东送,是中国能源流向的显著特征和能源运输的基本格局。

(4) 能源资源开发难度较大 与世界相比,中国煤炭资源地质开采条件较差,大部分储量需要井工开采,极少量可供露天开采。石油天然气资源地质条件复杂,埋藏深,勘探开发技术要求较高。未开发的水力资源多集中在西南部的高山深谷,远离负荷中心,开发难度和成本较大。非常规能源资源勘探程度低,经济性较差,缺乏竞争力。

2. 我国能源发展现状及特点

改革开放以来,中国能源工业迅速发展,为保障国民经济持续快速发展作出了重要贡献,主要表现在以下几方面。

(1) 供给能力明显提高 经过几十年的努力,中国已经初步形成了煤炭为主体、电力为中心、石油天然气和可再生能源全面发展的能源供应格局,基本建立了较为完善的能源供应体系,建成了一批千万吨级的特大型煤矿。2006 年一次能源生产总量 22.1 亿吨标准煤,列世界第二位。其中,原煤产量 23.7 亿吨,列世界第一位。先后建成了大庆、胜利、辽河、塔里木等若干个大型石油生产基地,2006 年原油产量 1.85 亿吨,实现稳步增长,列世界第五位。天然气产量迅速提高,从 1980 年的 143 亿立方米提高到 2006 年的 586 亿立方米。商品化可再生能源量在一次能源结构中的比例逐步提高。电力发展迅速,装机容量和发电量分别达到 6.22 亿千瓦和 2.87 万亿千瓦时,均列世界第二位。能源综合运输体系发展较快,运输能力显著增强,建设了西煤东运铁路专线及港口码头,形成了北油南运管网,建成了西气东输大干线,实现了西电东送和区域电网互联。

(2) 能源节约效果显著 1980~2006 年,中国能源消费以年均 5.6% 的增长支撑了国民经济年均 9.8% 的增长。按 2005 年不变价格,万元国内生产总值能源消耗由 1980 年的 3.39 吨标准煤下降到 2006 年的 1.21 吨标准煤,年均节能率 3.9%,扭转了近年来单位国内生产总值能源消耗上升的势头。能源加工、转换、贮运和终端利用综合效率为 33%,比 1980 年提高了 8%。单位产品能耗明显下降,其中钢、水泥、大型合成氨等产品的综合能耗及供电煤耗与国际先进水平的差距不断缩小。

(3) 消费结构有所优化 中国能源消费已经位居世界第二。2006 年,一次能源消费总量为 24.6 亿吨标准煤。中国高度重视优化能源消费结构,煤炭在一次能源消费中的比重由 1980 年的 72.2% 下降到 2006 年的 69.4%,其他能源比重由 27.8% 上升到 30.6%。其中可再生能源和核电比重由 4.0% 提高到 7.2%,石油和天然气有所增长。终端能源消费结构优化趋势明显,煤炭能源转化为电能的比重由 20.7% 提高到 49.6%,商品能源和清洁能源在居民生活用能中的比重明显提高。

(4) 科技水平迅速提高 中国能源科技取得显著成就,以“陆相成油理论与应用”为标志的基础研究成果,极大地促进了石油地质科技理论的发展。石油天然气工业已经形成了比较完整的勘探开发技术体系,特别是复杂区块勘探开发、提高油田采收率等技术在国际上处于领先地位。煤炭工业建成一批具有国际先进水平的大型矿井,重点煤矿采煤综合机械化程度显著提高。在电力工业方面,先进发电技术和大容量高参数机组得到普遍应用,水电站设计、工程技术和设备制造等技术达到世界先进水平,核电初步具备百万千瓦级压水堆自主设计和工程建设能力,高温气冷堆、快中子增殖堆技术研发取得重大突破。烟气脱硫等污染治理、可再生能源开发利用技术迅速提高。正负 500kV 直流和 750kV 交流输电示范工程相继建成投运,正负 800kV 直流、1000kV 交流特高压输电试验示范工程开始启动。

(5) 环境保护取得进展 中国政府高度重视环境保护,加强环境保护已经成为基本国策,社会各界的环保意识普遍提高。1992 年联合国环境与发展大会后,中国组织制定了《中国 21 世纪议程》,并综合运用法律、经济等手段全面加强环境保护,取得了积极进展。中国的能源政策也把减少和有效治理能源开发利用过程中引起的环境破坏、环境污染作为其主要内容。2006 年,燃煤机组除尘设施安装率和废水排放达标率达到近 100%,烟尘排放总量与 1980 年基本相当,单位电量烟尘排放减少了 90%。2006 年,全国建成并投入运行的脱硫火电机组装机容量达 1.04 亿千瓦,超过前 10 年的总和,装备脱硫设施的火电机组占火电总装机的比例由 2000 年的 2% 提高到 30%。

(6) 市场环境逐步完善 中国能源市场环境逐步完善,能源工业改革稳步推进。能源企业重组取得突破,现代企业制度基本建立。投资主体实现多元化,能源投资快速增长,市场规模不断扩大。煤炭工业生产和流通基本实现了市场化。电力工业实现了政企分开、厂网分开,建立了监管机构。石油天然气工业基本实现了上下游、内外贸一体化。能源价格改革不断深化,价格机制不断完善。

随着中国经济的较快发展和工业化、城镇化进程的加快,能源需求不断增长,构建稳定、经济、清洁、安全的能源供应体系面临着重大挑战,突出表现在以下几方面。

(1) 资源约束突出, 能源效率偏低 中国优质能源资源相对不足,制约了供应能力的提高;能源资源分布不均,也增加了持续稳定供应的难度;经济增长方式粗放、能源结构不合理、能源技术装备水平低和管理水平相对落后,导致单位国内生产总值能耗和主要耗能产品能耗高于主要能源消费国家平均水平,进一步加剧了能源供需矛盾。单纯依靠增加能源供应,难以满足持续增长的消费需求。

(2) 能源消费以煤为主, 环境压力加大 煤炭是中国的主要能源,以煤为主的能源结构在未来相当长时期内难以改变。相对落后的煤炭生产方式和消费方式,加大了环境保护的压力。煤炭消费是造成煤烟型大气污染的主要原因,也是温室气体排放的主要来源。随着中国机动车保有量的迅速增加,部分城市大气污染已经变成煤烟与机动车尾气混合型。这种状况持续下去,将给生态环境带来更大的压力。

(3) 市场体系不完善, 应急能力有待加强 中国能源市场体系有待完善,能源价格机制未能完全反映资源稀缺程度、供求关系和环境成本。能源资源勘探开发秩序有待进一步规范,能源监管体制尚待健全。煤矿生产安全欠账比较多,电网结构不够合理,石油储备能力不足,有效应对能源供应中断和重大突发事件的预警应急体系有待进一步完善和加强。





第三节 节能及节能的潜力与意义

一、节能概念及分类

1. 节能

节能就是节约能源的消耗。

在满足同样需要或达到同样目的条件下,通过某种技术手段,使能源消耗量减少,其减少的数量就是节能的数量。有人认为只要减少能源消耗就是节能。这样理解是不全面的。比如对物质生产单位或居民的生活区,强制拉闸停电,电能消耗是减少了,但却由此导致产量下降或影响人民生活的正常需要。因为这里的消耗减少,是以产品下降或牺牲人民生活需要为代价换来的,所以不能叫做节能。再如以次煤代替好煤,以煤代油,以新能源代常规能源等,都不能叫做节能,因为它们本身都是能源,确切地说,这只能叫做替代能源。由此,节能不是简单的能源消费数量的减少,更不应该影响社会生产力和人民生活水平的改善和提高,而是要充分发挥能源利用效率,力求以最少的能源消耗,取得最大的经济效益,为社会创造更多的财富,借以达到发展生产、改善生活的目的。

2. 分类

节能可区分为直接节能和间接节能。

人们在生产、工作和生活中,都需要直接消耗能源。通过某种技术手段,可以降低这种直接能源的消耗,由于这类能源的节约是可以被直接看得见的实物节约,故叫直接节能。

例如,一台柴油发电机组,每千瓦小时的油消耗为 0.28kg,由于利用其排气余热进行排气涡轮增压后,每千瓦小时的油耗减为 0.25kg。如该机组输出功率为 1000kW,则其每天可节油: $24 \times 1000 \times 0.03 = 720\text{kg}$ 。这就叫做直接节能。

人们在生产、工作和生活中,除直接消耗能源外,还通过占有的物质和设备等,间接消耗能源。例如,现在正在运行中的柴油机装置,从制造柴油机所使用的各类原材料,到柴油机的加工生产、调试试验、产品储存保管,出厂运输一直到用户使用等过程中,都要消耗能源。由于这些能源是包含在柴油机装置内部的,所以这些能源的消耗,对使用柴油机的用户来讲,是看不见的。对这类柴油机装置使用的节省,例如,使用寿命的延长或利用率的提高,也间接地节约了能量,这叫做间接节能。

例如,一台柴油机的使用寿命为 10000h,通过科学管理和保养,它的使用寿命提高至 15000h,于是一台柴油机顶 1.5 台使用。这里所节省下来的 0.5 台柴油机,其相应的能源消耗量,即是间接节能量。

另以汽车为例,司机通过技术革新减少了发动机的油耗量,这是直接节能。另一方面,我国解放牌卡车每辆载重 4t,自重 3.8t;国外同样载重卡车,自重仅 2.8t 左右。为此,每辆解放牌卡车要多拉 1t“死”重量,相应的油耗就白白浪费了。其次,我们每造一辆卡车要比国外多消耗 1t 原材料,这也间接地多消耗了能源。提高汽车的技术性能,减少这些方面的能耗损失,便是间接节能。再如,目前大量卡车都归单位所有,不能统一调度,合理使用。于是卡车停着不用的时间长,有时重车去,空车回,车辆利用率很低。改革卡车的使用管理,减少在这些方面的油耗损失,也属间接节能的范围。



由上述分析,可概括地说,我们所有的一切物资都是通过直接或间接消耗能源制成的,所以一切物资的节约都可看作是间接节能(例如,节约 1kg 钢材相当于节约 2kg 煤等)。同样,我们增加产品数量、提高产品质量、延长产品使用寿命,用同样的能源生产出更多、更好的产品,也是间接节能。在车间生产设备的运转,就得耗电、用油、用汽,如果改善企业管理,提高工作效率,在单位时间内生产出数量更多的产品,也等于间接节能。从间接节能的角度考虑,由于每一个人都是能源的消耗者,所以节能工作与每一个人都有关系。为此,人人都可以在节能中做出自己应有的贡献。

由于间接节能的范围广、收益大,所以在抓好直接节能的同时,更应注意抓好间接节能工作。

我国一再提倡,节能工作除抓好能源科学管理外,还要突出抓节能技术改造(加强节能科学研究,积极推广节能新技术、新工艺,研究和推广节能新设备,逐步淘汰技术落后、耗能高的老产品等),这实际上是提出了在抓直接节能的同时,要更注意从大的方面抓好间接节能工作。此外,我国现在每年开展一次的全民节能月活动,也是为了向广大群众宣传节能意义,普及节能知识,形成人人都关心和参加节能的良好社会风气。这也是注意抓间接节能的体现。

二、节能的潜力

能源是人类赖以生存和发展的物质基础。能源供应紧张,是世界各国面临的共同性问题。虽然人类有众多的能源资源,但容易被利用的能源资源却有限,加上能源的开发和利用需要大量资金,需要较长的周期且技术复杂,所以节能工作引起了世界各国的广泛重视。我国解决能源问题的方针是实行开发与节约并重,并把节约放在优先地位,这是符合我国国情的。

节能就是应用技术上可行、经济上合理、环境与社会可以接受的方法来有效地利用能源资源。节能的实质就是要充分地、有效地发挥能源的作用,使同样数量的能源,可以提供更多的有效能,从而生产出更多、更好的产品,创造出更高的产值和利润。

我国目前能源供应紧张,许多地区能源供应不足,阻碍了国民经济的发展速度。但另一方面,我国能源利用率较低,现有能源没有充分发挥作用,在节能方面有很大的潜力,与工业发达国家相比,我国的能源利用率较低,单位产值的能耗要高 1~3 倍(如表 1-2 所示)。这说明我国能源利用率很低,经济效益不高,同时说明节能的潜力是比较大的。从产品的单位能耗来看,与国外先进水平相比,存在着明显的差距。我国目前火力发电的供电煤耗平均为 432g/(kW·h),而日本为 340g/(kW·h),美国为 380g/(kW·h),如将供电煤耗降低 50g/(kW·h)则年发电 4000 亿千瓦时,可节能 2000 万吨标准煤。我国钢铁工业吨钢可比能耗约 1.2t 标准煤,而日本为 0.68t,如将吨钢能耗降低 0.3t 标准煤,则年产钢 5000 万吨,可节能 1500 万吨标准煤。我国合成氨的吨氨能耗为 2.3t 标准煤,日本为 1.2t,如将吨氨能耗降低 0.5t,以年产 1500 万吨计,可节能 750 万吨标准煤。可见节能潜力是很大的。

表 1-2 单位产值的能量消耗^①

单位:标准燃油/万美元

国家	中国	美国	英国	德国	法国	日本	印度	加拿大	韩国
能耗	8.33	1.99	1.10	1.27	1.34	1.16	8.23	2.75	3.13

^① 国家统计局 2004 年统计数据。

