



能源管理体系系列丛书

能源管理体系 理解与实施

王赓 李燕 林翎 等编著



中国质检出版社
中国标准出版社

能源管理体系系列丛书

能源管理体系理解与实施

王赓 李燕 林翎 等编著

中国质检出版社
中国标准出版社

北 京

图书在版编目(CIP)数据

能源管理体系系列丛书 能源管理体系理解与实施/
王赓等编著. —北京:中国标准出版社,2016. 1
ISBN 978-7-5066-7901-5

I. ①G… II. ①王… III. ①能源管理—国家标准—
中国 IV. ①F206-65

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 107027 号

中国质检出版社 出版发行
中国标准出版社

北京市朝阳区和平里西街甲 2 号(100029)
北京市西城区三里河北街 16 号(100045)

网址 www.spc.net.cn

总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

*

开本 787×1092 1/16 印张 15.5 字数 358 千字
2016 年 1 月第一版 2016 年 1 月第一次印刷

*

定价 79.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107

丛书编委会



主 任: 王善成 丁吉柱 马林聪

副 主 任: 肖 寒 房 庆 李爱仙 白荣春

主 编: 林 翎

副 主 编: 赵怀勇 尤 勇 张志勇 王军伟

执行主编: 王 赓 李 燕¹

编 委: 蒋靖浩 陆旭忠 高 红 宋忠奎

黄 导 周丽玮 李永亮 邵朱强

李 燕² 黄 进 何 平

¹ 中国标准化研究院

² 中国合格评定国家认可中心

本书编委会



主 编：王 赓

编写人员：王 赓 任香贵 刘立波 李 燕¹
林 翎 周 璐 黄 进

审定人员：陆旭忠 李 燕² 赵旭东 周湘梅 姚 苓

¹中国标准化研究院

²中国合格评定国家认可中心

序



能源是我国经济社会发展的重要物质基础。改革开放以来,我国社会
经济高速发展,人民生活水平不断改善,但粗放的经济发展方式导致环
境污染矛盾突出、雾霾天气范围扩大、能源浪费现象严重,成为制约我国推
进生态文明建设、全面建成小康社会的重要瓶颈。促进用能单位加强能源
管理,推动能源生产和消费方式变革,成为解决上述瓶颈问题的重要途径。
而帮助和引导用能单位建立、实施能源管理体系,实现能源生产和利用全
过程的系统、规范管理是强有力的措施之一。能源管理体系建设是运用现
代管理思想,借鉴成熟管理模式,将过程分析方法、系统工程原理和过程管
理理念引入企业,建立覆盖企业能源利用全过程的管理体系,通过管理节
能的手段进一步强化结构节能与技术节能成果,从而构建长效节能机制。

“十一五”以来,国家有关部门和部分地区积极引入能源管理系统方
法,开展企业能源管理体系建设和认证试点工作,国家发展改革委、工信
部、国家认监委等部委联合制定发布了《万家企业节能低碳行动实施方案》
等有关文件,要求全国万余家重点用能单位建立健全并有效运行能源管理
体系。“十二五”以来,我国相继制修订了《能源管理体系 要求》、《能源管
理体系 实施指南》和钢铁、水泥、平板玻璃、煤炭、焦化、公共机构、电力、
数据中心等行业能源管理体系实施指南以及能源管理体系绩效评价等系
列国家标准,以便为重点用能单位能源管理体系建设提供具体工作要求和
指南。

本系列丛书在全面总结国内外多年能源管理体系建设先进经验的基
础上,深刻剖析我国不同高耗能行业的用能单位应该如何正确理解和掌握
能源管理体系建设的相关要求,阐述不同行业的用能单位应该如何开展能

源评审、分析查找能源使用及主要能源使用,确定能源目标、指标和能源管理实施方案,从而建立起符合用能单位自身实际的能源管理体系。丛书编撰委员会由国家发展改革委、工信部、国管局、国家标准委、国家节能中心、中国标准化研究院以及钢铁、建材、有色、化工等行业协会主管节能工作的领导组成。丛书编写组由在能源管理体系的政策、标准和建设实践等方面具有丰富经验的行业专家组成,力求使丛书的内容更加贴近生产实际,对广大用能单位建立和运行能源管理体系起到切实的指导作用。本系列丛书包括能源管理体系总体要求和指南,以及钢铁、水泥、煤炭、电力、化工、造纸、电解铝、船舶、公共机构等分行业能源管理体系要求及建设指南。期待该系列丛书的出版发行,能够推动我国节能工作在标准化、系统化、规范化的进程中做出应有的贡献。

丛书编委会

2015年9月

前 言



经过三十多年的发展,特别是“十一五”以来,国家在节能技术改造、淘汰落后等方面的资金投入不断加大,在节能法律法规、政策、标准等管理措施方面的制定和执行力度不断加强,我国节能工作不断深化、取得了积极成效。但是,我们也应当清醒的认识到,我国高能耗、高污染、高投入、低能效、低产出的粗放型经济增长方式没有得到根本性转变,产生的环境污染问题没有得到根本改善,严重阻碍了我国小康社会和生态文明建设的进程。节能降耗也成为制约我国经济社会发展的重要瓶颈。

节能技术改造、结构调整和加强管理是我国节能工作的“三驾马车”,用能单位节能工作亦是如此。由于用能单位充分认识到节能技术改造对节能挖潜、降低生产成本的贡献率较大,并且受国家、地方在资金等多方面鼓励政策的影响下,先进的节能技术、生产工艺在大多数用能单位已广泛采用;结构调整往往受到当地政府的发展规划、当地的能源资源禀赋和产品的市场半径等方面的影响,对于用能单位来说主动权往往较弱。因此,加强管理,实现用能单位节能的规范化、系统化、精细化管理将是我国节能工作的主题。引导和促进用能单位建立并有效运行能源管理体系是实现这一主题的重要措施。“十二五”以来,我国能源管理体系建设工作从理论研究、到政策措施、再到推广建设,都在快速发展。国家发展改革委、工信部、国家认监委等多部委联合下发了《万家企业节能低碳行动实施方案》,要求万家企业十项节能工作措施之一就包括能源管理体系建设工作。国家发展改革委、国家认监委联合下发专项文件,对此项工作做出了部署和安排。

GB/T 23331—2012《能源管理体系 要求》对用能单位建立能源管理体系提出了通用要求,GB/T 29456—2012《能源管理体系 实施指南》对用能单位建立、实施和持续改进能源管理体系提供了通用性指导。本书由GB/T 23331—2012 和 GB/T 29456—2012 标准起草组的主要起草人员编写,在编写过程中全面吸收了 2010 年以来国内外能源管理体系研究和实践成果,重点对 GB/T 23331—2012《能源管理体系 要求》和 GB/T 29456—



2012《能源管理体系 实施指南》进行了深入、细致的解读,并介绍了用能单位能源管理体系建设的通用步骤和方法,提供了相关示例,对于用能单位进行能源管理体系建设和相关单位开展能源管理体系研究具有指导和借鉴意义。

本书由3个章节和4个附录组成。第一章“概述”,主要介绍了与能源管理体系相关的基本知识,内容包括我国用能现状及节能标准沿革、能源管理体系产生背景和理论基础及建立能源管理体系的意义、万家企业节能低碳行动和能源管理体系建设工作的关系、我国对用能单位能源管理体系建设实施与监督评价的工作要求等内容;第二章“能源管理体系要求及使用指南”,介绍了国际及我国能源管理体系标准的构建、制订过程,对GB/T 23331—2012《能源管理体系 要求》和GB/T 29456—2012《能源管理体系 实施指南》两个标准进行了重点、详尽的解释。第三章“能源管理体系的建设与运行”,讲解了能源管理体系的系统构架,提供了能源管理体系运行实施的示例。4个附录分别列出了主要节能法律法规、政策和节能标准目录,介绍了用能单位能源管理体系建设的流程,提供了用能单位能源管理手册示例,供读者参考。

本书由林翎、王赓策划,李燕¹、任香贵统稿。参加本书编写的有:王赓(第一章),李燕¹、任香贵(第二章),刘立波(第三章、附录三、附录四)、李燕¹(附录一、附录二)。此外,李燕²、周湘梅、姚芩等为本书提供了相关资料。

本书编写过程中得到了国家发展改革委、国家标准委、国家认监委等单位的支持和帮助,在此致谢!

限于水平,虽经努力,书中恐仍有不妥甚至错误之处,敬请读者批评指正!

编著者

2015年9月

¹ 中国标准化研究院资源与环境分院

² 中国合格评定国家认可中心

目 录



第一章	概述	1
第一节	我国的用能现状及节能政策标准沿革	1
第二节	能源管理体系概述	24
第三节	万家企业节能低碳行动与能源管理体系	30
第四节	能源管理体系实施、监督与评价	32
第二章	能源管理体系要求及使用指南	36
第一节	能源管理体系国际标准化工作进展	36
第二节	我国能源管理体系标准的体系构建与发展	40
第三节	GB/T 23331—2012 和 GB/T 29456—2012 国家标准条文释义	42
第四节	GB/T 23331 和 GB/T 29456 标准编制说明	131
第三章	能源管理体系的建设与运行	142
第一节	能源管理体系的系统架构	142
第二节	能源管理体系运行实施案例	145
附录一	主要节能法律法规清单	169
附录二	主要节能国家标准目录	177
附录三	能源管理体系建设流程	199
附录四	能源管理手册示例	218

| 第 | 一 | 章 |

概 述

第一节 我国的用能现状及节能政策标准沿革

能源是国民经济和社会发展的重要物质基础,中国资源不足、能源短缺已成为制约国民经济持续发展的重要因素。由于现阶段还是粗放型经济,能源利用效率低,能耗高,造成能源浪费现象十分严重,能源的紧缺形势又给我国的资源不足和环境治理造成巨大压力。

一、世界能源发展新趋势

(一) 世界经济新变化与全球金融危机

由于现代经济的金融化特征日益显著、现代信息通讯技术的高度发展、金融产品不断推陈出新,以及媒体的过度渲染,全球经济金融系统形成了大量的正反馈环节。而金融监管制度和手段相对滞后,致使全球经济金融系统中的负反馈环节缺失或者薄弱。一旦局部地区、局部领域的金融风险加剧,则可能迅速蔓延至整个全球经济系统。

2008年下半年以来,由美国次贷危机引爆的金融危机迅速扩展到世界各国。无论是发达经济体,还是发展中经济体,都受到了严重的负面冲击。据世界银行的测算,2008年全球经济增长1.7%,比上年下降了2.2个百分点。到2009年,全球经济增长-2.2%,这是二战以来最为严重、最为广泛的一次衰退,也是二战以来的首次负增长。其中发达国家增长-3.2%,发展中国家增长1.2%。2009年,全球贸易额更是锐减了14.4%,主要大宗商品价格也大幅下跌。美国、日本、欧元区等发达经济体受到重创。

尽管2009年是全球经济自二战以来最严重的一次衰退,但得益于各国政府的合作和政策努力,经济系统的负反馈机制得以重建或加强,此次全球经济危机在2009年下半年基本得到了遏制,全球经济总体上趋于稳定,主要经济体出现了复苏迹象,经济危机的持续时间比之前预计的要短。尽管仍然存在各种风险,主要经济体失业率处于较高水平,个别国家相继陷入严重债务危机,但2010年全球经济形势比之前的预期要更为乐观。2009年下半年以来,各大国际组织多次上调了主要经济体的未来经济增速预期。

全球经济衰退和迅速复苏,也带动了世界能源价格大幅波动。纽约商品交易所原油期货价格由2008年6月3日145美元/桶的历史最高水平迅速下跌至12月19日的34美元/桶,在半年时间内下跌了77%。2009年3月,油价开始缓慢回升。仅从这次金融危机来看,原油期货价格走势大约要比宏观经济走势先行一个季度。

此次金融危机给世界经济造成了重创,可能对未来世界生产率、技术创新方向、世界经济结构造成深远影响。尽管如此,仍然不能否认金融发展对经济长期增长的促进作用。尽管各国加强和改善了金融监管,但并不意味着金融产品的设计和开发会减少。与二氧化碳排放有关的金融市场和金融产品仍将持续发展。



2009年12月,备受瞩目的联合国全球气候变化大会在丹麦首都哥本哈根召开。由于各国分歧较大,大会仅达成了不具法律约束力的《哥本哈根协议》。中国政府自行确立了到2020年单位GDP二氧化碳排放比2005年下降40%~45%的减排目标,该目标将作为约束性指标纳入国家经济和社会发展的中长期规划中。作为正处在工业化、城镇化进程中的发展中国家,中国要实现这一目标需要付出巨大努力。

2014年11月,中美两国在北京发布应对气候变化的联合声明,宣布了两国2020年后各自应对气候变化行动。在声明中,美国首次提出到2025年温室气体排放较2005年整体下降26%~28%,刷新了美国之前承诺的2020年碳排放比2005年减少17%的目标;中国首次正式提出2030年左右中国碳排放有望达到峰值,并将于2030年将非化石能源在一次能源中的比重提升到20%。中美联合声明中最重要的是释放出了优化经济增长战略的信息。中国首次将减排新目标作为一种承诺,并将该承诺转化为一种强约束,让政策和经济资源更多地向新能源研发和绿色产业倾斜。

2014年,“新常态”成为描绘中国经济发展最新态势的关键词,中国经济的新动能让世界受益。当前,中国经济已从高速增长转为中高速增长,经济结构不断优化升级,经济增长从要素驱动、投资驱动转向创新驱动。据国际货币基金组织测算,2014年中国经济对世界经济增长的贡献率高达27.8%,仍然是世界经济的重要引擎。除了量的扩张,进入“新常态”的中国经济也在质上不断升级,为中国乃至世界经济的发展带来了新红利。中国努力调结构、稳增长利好国内经济转型,也带动经贸伙伴一道向价值链条中高端跃升;中国利用上海自贸区在准入前的国民待遇、负面清单等领域的探索,既为国内深化改革探路,也在更广领域扩大对外开放;中澳、中韩自贸谈判的完成标志着中国自贸区战略迈上新台阶。此外,中国积极推进的基础设施互联互通、“一带一路”等,对接中国资本出海、输入商品、消费升级的经济新势能,有望在贸易投资便利化等领域实现“全国通”、“地区通”乃至“全球通”,利于构建开放型世界经济新格局。

2014年,世界经济经历了非凡的砥砺与考验,也不断孕育新的发展机遇。一方面,主要经济体冷热不均,彼此间宏观经济政策亟待协调,国际资本和商品市场波动异常,贸易保护主义有所抬头,世界经济前景不确定性增加,全球治理面临新的挑战。另一方面,信息、生物、新能源、新材料技术等交叉融合正在引发新一轮科技革命和产业变革,可穿戴设备、物联网、人工智能领域酝酿突破,互联网营销模式彰显效力,或将催生更多新业态、新商业模式,给世界经济带来新的增长点。在政府层面,美国、德国、英国等多国政府积极推行能源转型,实施结构改革,推动智能增长。中国则提出“从要素驱动、投资驱动转向创新驱动”、“创新发展方式”等行动建议,推动破解全球经济增长乏力困局。新形势下,以中国为代表的新兴经济体努力做游戏规则的参与者、引领者,在全球经济金融治理、区域经济一体化等领域不断推出新倡议,从亚洲基础设施投资银行到金砖银行,从丝路基金到欧亚高速运输走廊,这些新兴战略必将有效助益构建开放型世界经济格局,为世界经济实现持续、均衡、健康增长不断注入新能量。

(二)世界能源发展新变化

受全球经济衰退的影响,2009年全球能源需求出现较大下滑。据英国石油公司数据(BP,2010),2009年全球能源需求总量总体下降1.1%。据国际能源机构(IEA,2010)的数

据,2009 年全球石油需求 8494 万桶/天,比上年下降了 1.5%。其中经济合作与发展组织(OECD)国家石油日需求量 4549 万桶/天,比上年下降了 4.4%;中国日需求量保持了较高增速,达到 789 万桶/天,增长 7.7%;其他国家 3077 万桶/天,增长 0.6%。从分季度来看,2009 年第二季度需求量下降到 8410 万桶/天,为近年来的季度最低点。2009 年全球电力消费量比上年下降约 1.6%,这是二战以来的首次负增长。

全球能源投资出现大幅度下滑。据 IEA(2009)的估测,2009 年全球油气上游领域的投资减少了 19%,大约 900 亿美元。自 2008 年 10 月以来,超过 20 个已计划的大型油气项目被取消或者无限期暂停;大约有 29 个项目延期至少 18 个月。全球可再生电力投资在 2009 年下降了约 18%。全球能源领域并购活动也受到经济危机的影响,但恢复较快,比如 2008 年全球油气上游领域企业并购和资产并购总额下降到 104 亿美元,下降了 50%;到 2009 年,并购额恢复到 145 亿美元,增长了 40%。

受金融危机、近年世界能源价格巨幅上涨、化石能源不可再生性、全球气候谈判形势严峻等各类因素的影响,能源领域的技术革新可能引领未来科技革命正逐渐成为各国共识。尽管能源投资活动总体上在减弱,但是,为了占领未来技术制高点,并应对经济危机、拉动国内经济增长,近两年各国政府加强了对能源技术研发的支持力度,特别是对新能源和可再生能源发展的支持力度。据 IEA 数据,2009 年 IEA 国家政府能源技术研发和推广测算增长到 294 亿美元,比上年增长 113%。

据全球风能理事会的数据(GWEC,2010),2008 和 2009 年,全球新增风电装机容量 26282MW 和 36422MW,分别增长 32%和 43%。据 21 世纪全球可再生能源政策网络数据(REN21,2010),风电发展规模已超过小水电。据 REN21(2010)的数据,2008 年全球燃料乙醇和生物柴油产量分别为 670 亿升和 120 亿升。美国、巴西在燃料乙醇方面具有较多优势,2008 年产量分别为 340 亿升和 270 亿升,合计占全球产量的 61%;欧盟则在生物柴油方面具有优势,2008 年产量为 180 亿升,占全球的 2/3。德国和西班牙还在太阳能并网发电方面发展较快,2008 年末装机容量分别达到 54GW 和 33GW,合计占全球的 67.5%。中国政府提出要在 2020 年非化石能源占一次能源消费总量的 15%。中国政府已多次上调了可再生能源发展规划目标,提出争取 2020 年风力发电装机规模达到 1 亿 kW 以上,太阳能发电装机规模达到 2000 万 kW 以上。在交通领域,越来越多的汽车公司把混合动力和全电动汽车列入产品生产线中,越来越多的国家政府推出了新能源企业消费刺激政策。

尽管饱受争议,近年来核电已成为世界各国能源发展的新趋势,全球已经进入新一轮核电快速发展期。中国政府设定了到 2020 年装机容量达到 4000 万 kW 的目标,预计该目标将提前 5 年实现,到 2020 年有望达到 7000 万 kW。目前中国核电在建机组有 23 台,共 2540 万 kW,位居世界首位。尽管受到各种阻碍,美国政府也在努力推动核电的发展。2010 年 3 月,日本产业经济省提出了能源基本计划草案,该草案提出重点发展以核电为主的低碳能源,计划到 2030 年至少增加 14 座核电站,核电站利用率从现在的 60%提高到 90%。

当前,全球能源特别是油气和电力供应体系仍然相当脆弱。2010 年 4 月 20 日英国石油公司在美国墨西哥湾的一座石油钻井平台爆炸起火,造成大量原油泄漏和生态灾难。这已经演变成有史以来美国最严重的漏油事故。在欧盟,有四分之一的天然气由俄罗斯供



应,但是其中 80% 需要途经乌克兰。由于乌克兰政局变化、俄乌两国利益关系的变化,以及其他国家的介入,两国在天然气价格和过境费方面难以达成稳定共识,两国天然气纠纷不断,给欧洲的天然气供应造成较大威胁。

(三) 七国集团和金砖四国能源结构变化特征

工业革命以来,煤炭、石油、天然气、水电、核能与可再生能源等相继大规模地进入了人类活动领域。能源结构的演变推动并反映了世界经济发展和进步,同时也极大地影响了全球二氧化碳排放量。人类活动引起的二氧化碳排放主要来自于化石能源的利用。

世界各国的历史背景、资源基础、经济实力和发展阶段存在较大差异。美国、英国、法国、日本、德国、意大利、加拿大是七大工业化国家,也是原七国集团成员国(G7)。七国集团在全球经济、政治和能源领域具有举足轻重的地位,其国内生产总值总和占全球的 53%,能源消耗总和约占全球的 34%(2007 年)。七国集团的能源发展历史经验和教训也为发展中国家提供了有益参考。中国、印度、巴西、俄罗斯是世界上重要的发展中国家或新兴市场国家,通常被称为“金砖四国”,不仅经济规模大,而且增长迅速,在国际社会中的影响力日益显著。这四个国家的国内生产总值占全球的 14%(2008 年),能源消耗量约占全球能源消耗总量的 29%(2007 年),其经济和能耗增量在全球增量中的比重则更高。

这里主要分析上述 11 个国家特别是发达国家的能源结构特征、历史变迁和演化规律。原始数据主要来自 IEA、世界银行、国家统计局、相关能源协会等,按热当量计算。

1. 各国一次能源生产结构主要受到资源、技术和成本的制约,化石能源和水电资源优先得到开发和利用。

中国和印度的煤炭资源丰富,煤炭在能源消费中的比重也较高,分别为 71% 和 45%。印度的城市化水平较低、农村人口较多,农村生物质能占据了较大份额。美国的煤炭资源相对丰富,煤炭产量在全部能源产量中的比重接近 40%。美国的石油资源也比较丰富,但受政府制约,石油产量比重处于较低水平。俄罗斯的石油和天然气资源均非常丰富,占据了其全部能源消费的绝大部分。尽管德国的化石能源资源非常贫乏,但相对于石油和天然气,其煤炭资源略显优势,因此在德国的能源消费结构中,煤炭占据了较高份额。与德国的情况不同,英国、意大利的油气份额较高。

法国和日本是化石能源极为贫乏的国家,其国内能源消费主要来自核电。这两个国家核电产量分别占其能源产量的 86% 和 78%。加拿大、意大利、日本、巴西的水力资源比较丰富,水电具有较低的成本和环保优势,因此这些国家的水电比重也相对较高。意大利的地热资源相当丰富并得到了较好的开发利用,在能源消费结构中占有重要地位。此外,巴西的生物质能源产业受政府政策支持较多,生物质能比重较高。

2. 发展阶段的推进、大规模油气资源的开发、国际能源地缘政治的变幻和政府的政策倾向,对能源消费结构变迁产生了较大影响。

发展中国家能源需求增长较快,能源消费增量主要来自化石燃料。中国、印度和巴西作为发展中国家,在城市化进程中,农村人口比重的下降、农村生活水平的改善和优质能源可获得性的提高,大大降低了生物质能在能源生产总量中的比重。随着工业化的推进和本国能源资源约束逐渐凸显,煤炭在中国和印度能源生产中的地位持续上升,水电和石油则在巴西能源生产中的地位持续上升。

发达国家的能源生产增量受政策影响较大。美国是世界上最大的发达国家,经济结构朝低能耗方向发展,能源消费总量增长缓慢。随着 1975 年北海油田的大规模开发投产,英国石油产量在短期内急剧增长,石油比重大幅上升,持续了二十多年的石油净出口,近年开始转向净进口。第一次世界石油危机后,美国政府鼓励石油替代。受资源和环境保护政策以及安全政策的限制,美国国内石油开发受到了较多约束,由此导致石油比重持续下降,到 2008 年降至 18%。1978 年美国通过了《发电厂和工业燃料使用法案》,限制以石油和天然气为燃料的发电厂建设,鼓励发展煤电。1971 年~1990 年美国煤炭比重持续上升,之后基本稳定在 35% 的水平;天然气比重先略有下降,到 1986 年开始有所上升,进入 21 世纪以来,基本维持在 27% 左右。

受石油危机的影响,在 20 世纪 70 年代,发达国家核电事业发展非常迅速。1979 年美国发生了三里岛核电事故,对世界核电发展产生了深远影响。事故之后,美国政府加强了对核电的安全管理,基本没有发展新核电。直至近年,核电政策才有所松动。1986 年前苏联的切尔诺贝利核电厂发生重大事故后,全球核电发展进入低迷期,仅有法国、日本等少数国家的核电在持续增长,到 20 世纪 80 年代末这两个国家的核电占能源生产总量比重攀升到了 70%。

20 世纪 70 年代初期,德国、英国、日本等国的煤炭生产比重相当高,在之后的二十年内急剧下降。1975 年巴西开始实施乙醇汽油政策,规定在国内销售的汽油中必须添加 2%~5% 的乙醇,此后又陆续提高添加比重,商品化的可再生能源比重逐渐增高。

3. 能源安全问题日益突出、环境保护和全球气候变化问题日益严峻,全球可再生能源等优质能源在近年出现较快发展态势。

20 世纪 70 年代以来,为积极应对能源、环境和气候挑战,世界主要国家特别是发达国家都不同程度地加快了替代能源和可再生能源的发展步伐。另一方面,受国内政策、发展阶段和成本等因素的影响或制约,化石能源也保持了较高比重,甚至在某些国家、某些时段出现了上升的局面。尽管发达国家拥有较多的技术优势,但是除水电以外的可再生能源在一次能源生产中的比重并未显著上升。

在 20 世纪的后 30 年中,德国、意大利、日本等重视环保的欧盟国家和化石能源资源极端贫乏的国家,其可再生能源比重有所下降。进入 21 世纪以来,随着全球化石燃料价格的飞涨和全球气候政策的推动,可再生能源无论是在美国、欧盟、日本等发达国家,还是在中国、印度、巴西等发展中大国,都受到了前所未有的重视。

尽管可再生能源在能源消费总量中的比重还比较低,但增长速度非常快。以风力发电为例,据全球风能委员会(GWEC)的统计,2009 年全球新增风力发电装机容量 37.5GW,比上年增长了 43%,并连续多年保持在 30% 以上。2009 年,美国、中国、印度、德国的风电装机容量增量最多。据中国电力企业联合会的统计,2009 年中国风力发电较上年增长 111.14%,达到 276 亿 kWh。中国的太阳能光热发展也非常迅速,由 2000 年的 93 万 t 油当量增长到 2006 年的 340 万 t 油当量(IEA 统计)。

4. 由于全球能源贸易的发展,与一次能源生产结构差异相比,各国一次能源消费结构的差异相对较小,主要国家一次能源消费结构的变化趋势与他们的生产结构变化趋势大体相同。

德国、美国、日本、意大利和法国通过大量进口,极大地提高或维持了石油在全部能源供应中的比重。发达国家石油供应比重呈现显著下降趋势,一方面是由于保障能源安全的

需要,另一方面也是其他能源的替代效应。石油资源相对贫乏的发展中国家,例如中国、印度,在经济起飞时,随着用油需求的增长和对外贸易的发展,石油在能源供应中的比重总体上保持上升态势。但因石油进口规模逐渐增大、经济结构调整等原因,石油比重有所下降或者保持在水平位置。

随着天然气储运条件的改善,天然气贸易增长比较快,目前已形成了以欧洲管道运输、亚太液化天然气(LNG)运输、北美管道运输三大天然气贸易市场。天然气在日本等一些发达国家能源供应中的比重有所上升。美国、德国、意大利是世界三大管道天然气进口国,2008年这三个国家进口总量占世界总量的38%。日本为世界最大的LNG进口国,2008年进口量达到954亿 m^3 ,占世界总进口量的42%。在亚太地区,中国、印度等新兴市场潜力也很大。与煤炭和石油相比,天然气作为一种相对清洁的低碳能源,在未来三十年将保持较快发展。对于中国等一些天然气消费比重较低的国家,天然气在能源供应中的比重还将有较大的上升空间。

5. 与一次能源消费结构相比,各国终端能源消费结构差异更小,而且清洁低碳化趋势更加显著。

在能源供应中,煤炭所占比重较高。煤炭直接用于终端消费,不仅利用效率低,而且会造成严重的环境污染和生态恶化问题,为此各国都倾向于用煤炭转换成清洁、易传输的电力,再供终端用户使用。中国、印度、巴西由于交通运输单位增长较快(含居民交通),成品油需求较大,在终端能源消费中的比重增长较快。

天然气作为一种相对清洁、低碳的优质能源,受到越来越多的重视。对于中国、印度、巴西等天然气资源并不丰富的发展中国家,倾向于直接用于终端消费。在这些国家的终端能源消费中,天然气比重上升。尽管发达国家的天然气占终端能源比重较高,但近四十年来没有显著增长,其原因主要在于天然气用于发电比重较高。

在发展中国家中,随着经济增长和社会进步,电力比重显著上升;而对于发达国家,工业化进程已完成,对电力的增长需求较低,因此电力在终端能源消费中的比重增长缓慢。

6. 发展中国家工业用能比重增高或保持在较高水平,发达国家则保持了下降态势。

终端能源消费结构的变迁与产业结构的变迁具有趋同性。发展中国家正处于工业化和城市化进程中,需要进行大量基础设施建设,钢铁、建材等高耗能产品需求量较大,工业比重增高或者在较高水平上维持较长时期,工业部门是相对能源密集型部门,对能源的需求自然较多,因此工业部门用能占全部终端用能比重较高、甚至也出现上升趋势。待工业化进程接近完成时,工业在国民经济中的比重开始下降,工业用能比重也要相应下降,呈现出“倒U”型曲线。1971年~2006年,印度的工业增加值比重从21.6%缓慢增长到29.5%,工业用能占全部终端用能比重23.6%增长到28.8%;中国的工业增加值比重从42.2%经过多次反复波折增长到48.5%,工业用能比重也由32.4%增长到42.9%;巴西的工业增加值比重由38.2%增加到1984年的45.2%高峰之后,缓慢下降到20世纪末的26%左右,到2006年间又有较快增长,其能源比重在20世纪70年代~80年代期间持续上升,之后有所波折,到2006年增长到39.9%。

美国等发达国家已经完成了工业化进程,能源消费结构也出现了去工业化过程。终端用能比重的变化,除了产业结构调整的原因之外,终端能源品种结构变化也发挥了重要作

用。这主要是因为同样一个热量单位的不同能源品种,其能源效率是不同的。通常来讲,电力的能源效率要大于煤炭和石油。在热当量的核算框架下,这实际上相当于电力代替了更多的煤炭和油气。

7. 交通部门的用能比重有所上升,但驱动力有所不同;发展中国家居民生活用能比重下降,发达国家基本保持不变。

在工业化早期阶段,主要是货运业的发展,在工业化中后期阶段,居民私人用车发展较快,带动交通部门用能比重上升。在发达国家内部,由于对历史文化和政府政策导向差异,交通用能比重也有较大差异。在日本,节约意识较强,政府的政策激励或约束也比较强,汽油零售价格要比美国高 75% 左右,这是日本交通用能比重比美国低 15 个百分点的重要原因。交通部门用能比重也与国土面积相关,美国的国土面积较大,交通运输线相对较长,也是造成交通用能比重较高的原因。发展中国家居民生活用能比重下降,主要是得益于居民用能结构的变化,农村居民对现代化商品能源的可获得性提高了,能源利用效率显著提高、能源替代效应发挥了重要作用。

8. 各国的发电能源结构主要是受资源禀赋的制约,但受政策影响很大,油电比重大幅下降,发达国家核电比重在 1970 年~1985 年比重持续上升,发展中国家水电比重有所下降。

中国、印度的煤炭资源丰富,煤电占据了绝大部分发电量,并在过去的工业化进程中出现上升趋势,2006 年分别为 80% 和 68%。2000 年~2006 年中国和印度的煤电量分别占他们全部发电增量的 82% 和 61%。巴西的水力资源非常丰富,尽管水电比重有所下降,但目前仍然占了该国 80% 以上的发电量。2000 年~2006 年水电增量占全部发电增量的 63%。俄罗斯的天然气资源丰富,天然气发电量占了接近一半,2000 年~2006 年天然气发电增量占全部发电增量的 74%。加拿大和巴西类似,水电比重较高,电力增量几乎全部来自于水电,其他能源发电量减少。

在十一个国家中,2006 年原油发电占全部发电量比重都比较低。从时间尺度上看,原油发电比重呈现下降趋势。原来油电比重较高的国家,油电逐渐被其他能源所替代。例如意大利,油电比重由 1990 年的 48% 迅速下降到 2006 年的 15%,主要是被天然气发电替代。日本的油电主要是被煤电、气电和核电所替代。

与常规火电相比,天然气发电具有占地面积小、耗水量少、投资低、建设周期短、发电效率高、污染物排放量低、机组运行灵活、调峰功能强等优势。在天然气发展的早期阶段,由于储运条件的制约,天然气难以大规模地实现国际或区域贸易,多数在产地附近直接消费或转换成电力。随着天然气储运技术的进步,天然气管道、LNG 运输船和接收站发展迅速。尽管如此,在天然气发电政策方面,各国存在较大差异。美国基本上是限制或不鼓励,但在近年气电上升比较快,2000 年~2006 年,气电增量占全部发电增量的 83%。

尽管在很多国家,煤电比重较高,但是煤炭发电技术在不断完善,发电效率不断提高,污染物排放也逐渐减少。随着全球气候变化问题日益受到重视,风电、生物质发电等可再生能源发电技术正以较快速度进入市场。德国在这方面发展走在前列,风电、生物质发电等增长迅速,2000 年~2008 年其发电增量占全部发电增量的 92%。今后低碳发电技术可能逐步进入产业化,将呈现多元化发展态势。