

黄东风 姚烨彬 何斯征 余孝云 编著

Forecast Analysis
on Energy Consumption
of Zhejiang Province



浙江省能源消费总量 分析与预测



浙江工商大学出版社
ZHEJIANG GONGSHANG UNIVERSITY PRESS

本书得到浙江省科技厅计划项目“浙江省能源消费总量预测研究创新团队建设(2012F20039)”和 2015 年浙江省科学技术协会“育才工程”的资助

Forecast Analysis Energy
Consumption of Zhejiang Province

浙江省能源消费总量分析与预测

黄东风 姚烨彬 何斯征 佘孝云 编著



浙江出版集团数字出版

图书在版编目(CIP)数据

浙江省能源消费总量分析与预测 / 黄东风编著.

—杭州: 浙江工商大学出版社, 2017. 5

ISBN 978-7-5178-1512-9

I. ①浙… II. ①黄… III. ①能源消费—研究—浙江省 IV. ①F426. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 012907 号

浙江省能源消费总量分析与预测

黄东风 姚烨彬 何斯征 余孝云 编著

责任编辑 郑建

封面设计 林朦朦

责任印制 包建辉

出版发行 浙江工商大学出版社

(杭州市教工路 198 号 邮政编码 310012)

(E-mail: zjgsupress@163. com)

(网址: <http://www.zjgsupress.com>)

电话: 0571-88904980, 88831806(传真)

排版 杭州朝曦图文设计有限公司

印刷 杭州五象印务有限公司

开本 710mm×1000mm 1/16

印张 13.25

字数 216 千

版印次 2017 年 5 月第 1 版 2017 年 5 月第 1 次印刷

书号 ISBN 978-7-5178-1512-9

定价 39.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江工商大学出版社营销部邮购电话 0571-88904970

前 言

党的“十八大”报告指出：“推动能源生产和消费革命，控制能源消费总量，加强节能降耗，支持节能低碳产业和新能源、可再生能源发展，确保国家能源安全。”报告明确指出了我国能源行业发展的基本方向，特别是将控制能源消费总量放在了重要位置上。但是无论是国家“十一五”期间还是国家“十二五”前4年，在降低单位GDP能耗强制性指标的约束下，全国能耗总量的增长势头未能得到有效的遏制。我国面临着能源供应、环境保护和气候变化等严峻挑战，控制能源消费总量不仅势在必行，而且是应对挑战的根本之举。

要科学、有效地“控制能源消费总量”绝非易事，因为能源消费总量与产业结构、能源效率以及能源消费结构等密切相关，必须综合考虑经济增长模式、能源资源条件、能源结构优化、能源消费方式、技术进步等各种因素，依照经济发展与能源消费的变化规律，制定能源消费总量控制目标，以及相关的行动措施。

本书以浙江省为研究对象，从了解世界其他国家和中国能源资源储量出发，揭示资源分布与消费需求之间的不均衡性，分析世界能源生产与消费的特点，深刻认识化石能源资源的有限性；从能源消费与经济增长的关系入手，以德国和丹麦等发达国家的实践经验，表明经济发展与能源消费“脱钩”的可行性，进一步阐述控制能源消费总量的必要性；建立浙江省能源消费分析预测模型，量化地预测浙江省未来能源消费的变化趋势以及政策措施的影响作用，反映社会经济、产业结构、人口变化、终端能源类型和发电技术等对能源消费的影响程度，提出控制能源消费总量的政策建议。在浙江省各地市数据分析基础上，建立地市能源消

费指标分解模型,探讨性地将节能减排指标科学、公平和有效的分解到各地市,为浙江省地市能源消费指标分配提供依据。

编著者

2016 年 10 月

目 录

第 1 章 世界能源概况	001
1.1 世界能源资源储量	001
1.1.1 煤炭资源分布	001
1.1.2 石油资源分布	002
1.1.3 天然气资源分布	007
1.1.4 页岩油气资源分布	009
1.2 能源生产	011
1.2.1 石油生产	013
1.2.2 天然气生产	015
1.3 能源消费	017
1.3.1 能源消费总量	017
1.3.2 能源消费结构	020
1.3.3 分品种能源消费	020
1.4 本章小结	026
第 2 章 中国能源发展	027
2.1 中国能源资源储量	027
2.1.1 煤炭资源分布	028
2.1.2 油气资源分布	029
2.1.3 可再生能源资源	030

2.2	中国能源发展状况	032
2.2.1	能源生产	032
2.2.2	能源消费	036
2.3	中国能源发展的挑战	038
2.3.1	面临的问题	038
2.3.2	发展的机遇	041
2.3.3	应对之策	042
第3章	能源消费与经济发展	049
3.1	能源经济指标	049
3.1.1	产业发展进程	049
3.1.2	能源消费弹性系数	055
3.1.3	单位 GDP 能耗	056
3.1.4	人均能源消费	058
3.1.5	能源消费总量	062
3.2	能源与经济的相互关系	063
3.2.1	人均能源消费与人均 GDP	063
3.2.2	能源库兹涅茨曲线实证分析	065
3.3	经济增长与能源消费“脱钩”	076
3.3.1	德国的示范	077
3.3.2	丹麦的实践	081
3.4	本章小结	084
第4章	现代能源消费预测	086
4.1	能源预测方法	086
4.1.1	能源预测分类	087
4.1.2	能源预测方法	088
4.2	国际能源消费预测	094
4.2.1	BP 世界能源展望	094
4.2.2	IEA 世界能源展望	099

4.2.3 EIA 国际能源展望	102
4.3 能源消费部门分解预测体系	104
4.4 本章小结	106
第 5 章 浙江省能源发展	107
5.1 能源资源禀赋	107
5.2 能源生产与供应现状	108
5.3 经济发展与能源消费	110
5.4 能源消费结构	113
5.4.1 一次能源消费结构	113
5.4.2 终端能源消费结构	114
5.5 对比分析	118
5.5.1 产业能耗结构	118
5.5.2 人均能耗水平	121
5.6 小结	123
第 6 章 浙江省能源消费预测	125
6.1 模型结构	125
6.1.1 部门划分	125
6.1.2 预测流程	128
6.2 情景设置	130
6.3 分部门分品种终端能源消费预测	136
6.3.1 电力消费	136
6.3.2 煤炭消费	139
6.3.3 油品消费	141
6.3.4 天然气的供应背景	144
6.3.5 供热消费的变化	145
6.4 终端能耗预测	146
6.4.1 产业能耗强度预测	146
6.4.2 生活能源消费	153

6.5	预测结果与分析	156
6.5.1	常态情景	156
6.5.2	优化情景	159
6.5.3	能源消费影响因素	162
6.6	参考预测	164
6.6.1	浙江省能源消费占全国消费总量比重的趋势	164
6.6.2	弹性系数法预测	165
6.7	小结	168
第7章	浙江省地市能源消费指标分解	170
7.1	国际指标分解方法	170
7.2	能源消费指标体系及分配	174
7.2.1	我国节能减排实施经验	174
7.2.2	能源消费指标分配原则	175
7.2.3	能源消费指标比重分配	176
7.2.4	指标赋权及综合评价	181
7.3	浙江省分配模拟结果	183
附录1	APEC 低碳示范城镇指标体系	189
附录2	1995—2012 浙江省基本数据表	195
附录3	2013 年浙江省及各地市反映经济转型升级核心指标数据	197
索 引		200
后 记		201
参考文献		202

第1章 世界能源概况

1.1 世界能源资源储量

能源是社会经济发展的基础,能源资源储量及其分布决定了一个国家和地区能源生产与消费的方式,极大地影响着各国的政治、经济、外交和贸易。

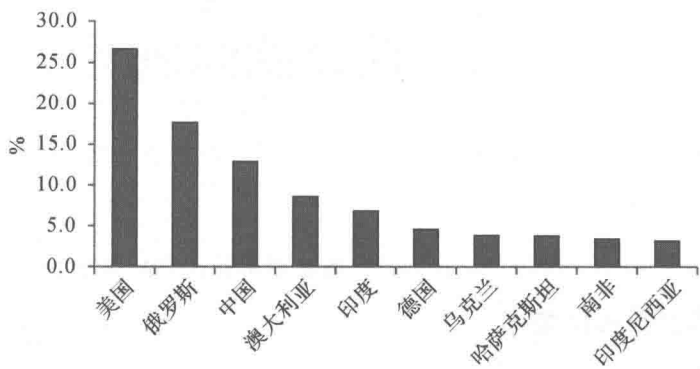
能源储量是指在目前技术和经济条件下能够生产取得的能源资源,可分为地质储量和探明储量两类。前者指按照能源的地质储藏、形成与分布规律推算出的储量,后者是根据地质勘探报告统计而计算出的储量。根据英国石油公司的《BP 能源统计 2015》的数据,截至 2014 年底,世界石油探明储量为 1.7 万亿桶,足以满足 52.5 年的全球生产性储备需要;煤炭探明储量为 8915.31 亿吨,储产比为 110 年;天然气探明储量 187.1 万亿立方米,储产比为 54.1 年。

1.1.1 煤炭资源分布

世界煤炭储量十分丰富,居各种能源资源之首,约占各种能源总储量的 90%。按世界煤炭资源的储量和密度,北半球高于南半球,特别是高度集中在亚洲、北美洲和欧洲的中纬度地带,约占世界煤炭资源的 96%,形成两大煤炭蕴藏带,一是亚欧大陆煤田带,东起我国东北、华北煤田延伸到俄罗斯的库兹巴斯、伯绍拉,哈萨克斯坦的卡拉于达和乌克兰的顿巴斯煤田,波兰和捷克的西里西亚,德国的鲁尔区,再向西越海到英国中部。二是北美洲的中部。而南半球含煤率低,仅澳大利亚、南非和博茨瓦纳发现有较大煤田。

世界上已有 80 多个国家发现了煤炭资源。美国煤炭储量为全球之最,约 2372.95 亿吨,占全球总储量的 26.6%。其次是俄罗斯,拥有煤炭储量 1570.10

亿吨, 占全球煤炭储量的比例为 17.6%。中国位居第三位, 煤炭储量为 1145 亿吨, 占比为 12.8%, 随后依次排名为澳大利亚、印度、德国、乌克兰、哈萨克斯坦、南非、印度尼西亚等, 排名如图 1-1 所示。



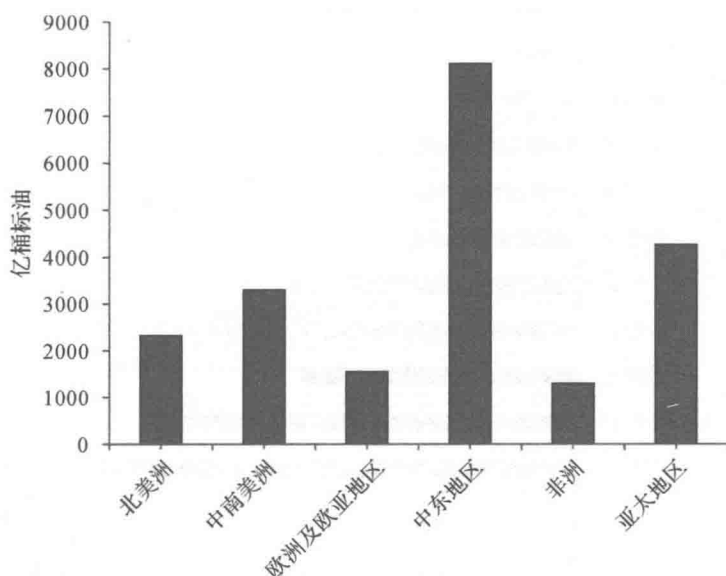
数据来源: BP2015

图 1-1 全球煤炭资源储量前 10 名的国家

按照 2014 年煤炭产量和煤炭储量比例分析, 世界现已探明的煤炭储量可供各国开采 110 年。其中, 美国已探明煤炭储量可开采 262 年, 澳大利亚 155 年, 哈萨克斯坦 309 年, 俄罗斯超过 441 年, 印度 94 年, 而中国只有 30 年。欧盟煤炭生产国的情况相对较好, 整个欧盟整体煤炭可采年限为 111 年, 德国可开采 218 年, 匈牙利则是 174 年。

1.1.2 石油资源分布

石油储量与石油形成年代有关。石油是由古代有机物演变来的。在漫长的地质年代里, 海洋里繁殖了大量的海洋生物, 它们死亡后的遗体随着泥沙一起沉到海底, 长年累月地一层层堆积起来, 与外界空气隔绝, 经过细菌的分解, 以及地层内的高温、高压作用, 生物遗体逐渐分解、转化成石油和天然气。石油形成以后, 还需要一定的地质条件, 才能够富集成为油田。而这样的地质条件在岩石圈里不是均匀分布的, 因此世界石油资源分布极不平衡。

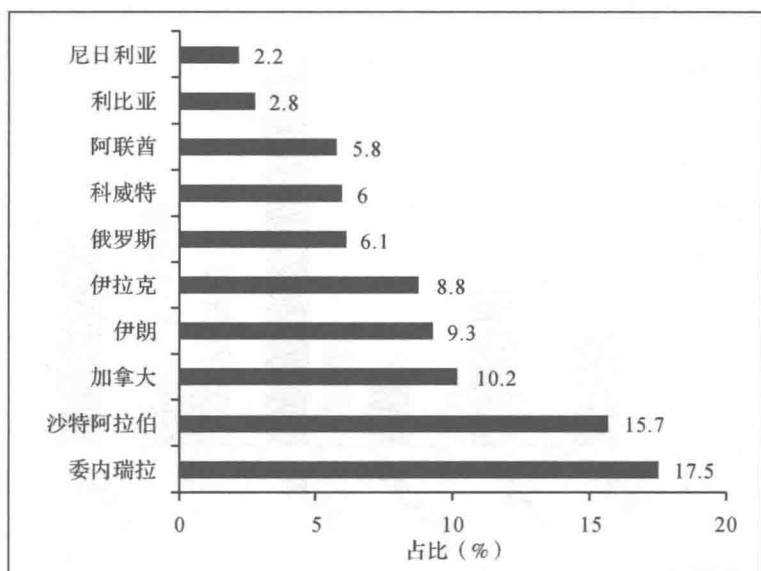


数据来源:BP2015

图 1-2 全球石油探明储量前 10 名的国家(2014 年)

截止 2014 年底,中东海湾地区石油探明储量为 8107 亿桶,占全世界石油探明总储量的 47.7%,位居全世界首位。该地区在过去 50 多年里一直是世界最主要的石油蕴藏地,被誉为“世界石油宝库”。如图 1-2 所示中南美洲的石油探明储量为 3302 亿桶,仅次于中东地区,占全球总储量的 19.4%,其中以委内瑞拉为主。排名第三的是北美洲,石油探明储量为 2325 亿桶,占全世界总储量的 13.7%。欧洲及欧亚的石油探明储量为 1548 亿桶,占全世界总储量的 9.1%。非洲是近些年来石油储量和产量增长最快的地区,其探明储量为 1292 亿桶,占全世界总储量的 7.6%,已被誉为“第二个海湾地区”。亚洲和大洋洲的石油探明储量为 427 亿桶,占仅全世界总储量的 2.5%,是全世界石油储量较少的地区。

2014 年全球石油探明储量排名前十位国家如图 1-3 所示。近几年来,委内瑞拉的石油探明储量大幅提高,其探明储量达到 2983 亿桶,国家石油探测储量排名世界第一,占世界石油总储量的 17.5%,委内瑞拉已成为世界重要石油生产国与出口国。中东海湾地区占全世界石油储量比重最大,在世界石油储量排名前十位的国家中,该地区占了 5 个席位,沙特阿拉伯以 2670 亿桶的储量位居



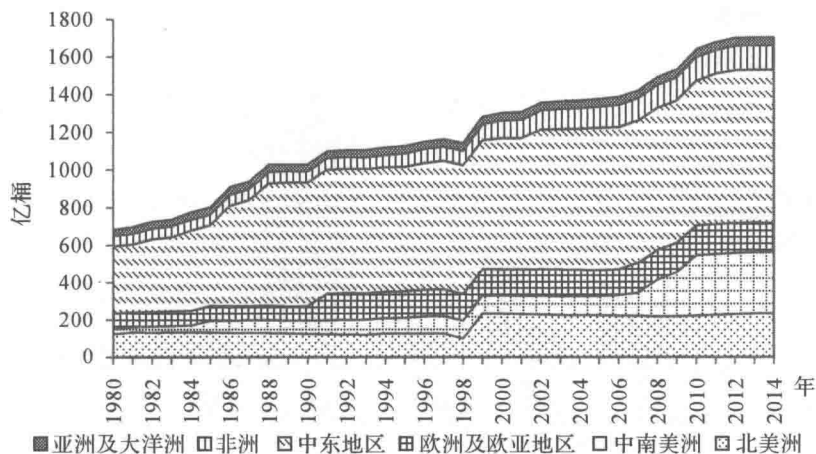
数据来源:BP2015

图 1-3 全球石油探明储量前十名的国家(2014 年)

世界第二,其后依次为伊朗(1578 亿桶)、伊拉克(1500 亿桶)、科威特(1015 亿桶)和阿拉伯联合酋长国(978 亿桶),这 5 个国家的石油储量占全世界总储量的 45.6%。加拿大以 1729 亿桶石油探明储量位居世界第三,占全世界总储量的 10.2%。俄罗斯石油探明储量为 1032 亿桶,占全世界总量的 6.1%。排名前 10 名的非洲国家为利比亚和尼日利亚,其探明储量分别为 484 亿桶和 371 亿桶,共占全世界总储量的 5.1%。

过去几十年来,关于“石油峰值”的预测始终没有停止,石油资源枯竭的言论不绝于耳。然而人类坚持不懈的探寻和科学技术的日臻进步,全世界的石油探明储量不断增加。如图 1-4 所示,全世界石油探明储量从 1980 年 6834 亿桶达到 2014 年的 17001 亿桶,平均每 10 年石油探明储量增加 3000 亿桶左右,30 多年间储量增加了近 1.5 倍,净增 1 万多亿桶,世界各地的石油探明储量都有不同程度的增加。

中南美洲的石油探明储量成倍增加,从 1980 年的 267 亿桶大幅提高到 2014 年的 3302 亿桶,增加了 12 倍之多,尤其是在 2008—2010 年的 3 年间,石油探明储量阶梯式跨越增长,平均每年新增石油探明储量 600 亿桶—700 亿桶。



数据来源:BP2015

图 1-4 世界各地区历年石油探明储量

北美洲的石油探明储量相对较稳定,在 1999 年之前,基本保持在 1200 亿桶—1300 亿桶,1999 年一跃达到 2321 亿桶,随后逐渐回落到 2200 亿桶的水平。

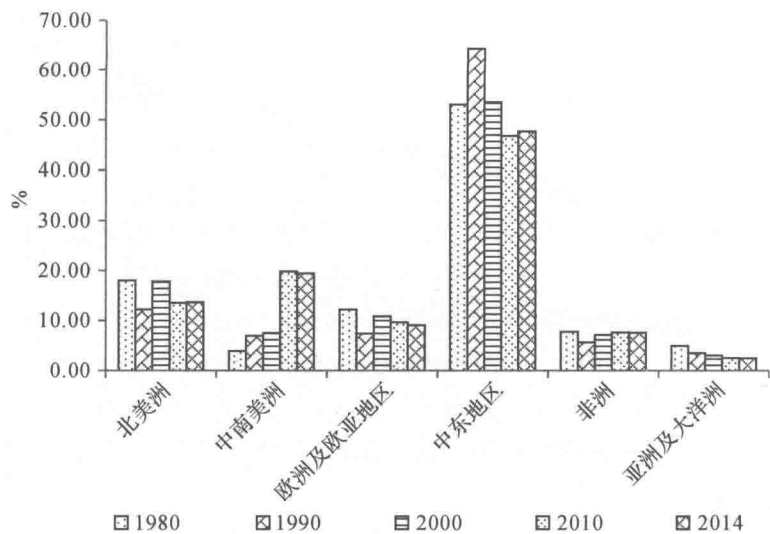
欧洲及欧亚地区的石油探明储量呈现稳定而小幅攀升的趋势,在 20 世纪 80 年代和 90 年代初,其总储量一直略低于 800 亿桶。从 1995 年开始,逐年小量地递增,2014 年该地区的石油探明储量达到 1548 亿桶,是 1980 年的 1.9 倍之多。

中东地区石油探明储量增长与全世界总储量的增幅水平接近,从 1980—2014 年,该地区的石油探明储量从 3624 亿桶达到 8107 亿桶,增加了 1.23 倍,呈现逐年小幅稳步上升的态势。

非洲石油探明储量在 1980 年仅为 534 亿桶,此后逐年不断提高,尤其是 1990 年之后,每年探明储量增幅更大。

亚洲和大洋洲的石油探明储量在过去 30 多年间仅增加 22%。与其他地区不同,该地区在 1998 年之前石油探明储量每年均有小幅提高,1998 年达到峰值 420 亿桶,随后稍有减少并基本保持 400 亿桶上下,2010 年后又恢复到 420 亿桶左右,是全球石油探明储量较少的地区。

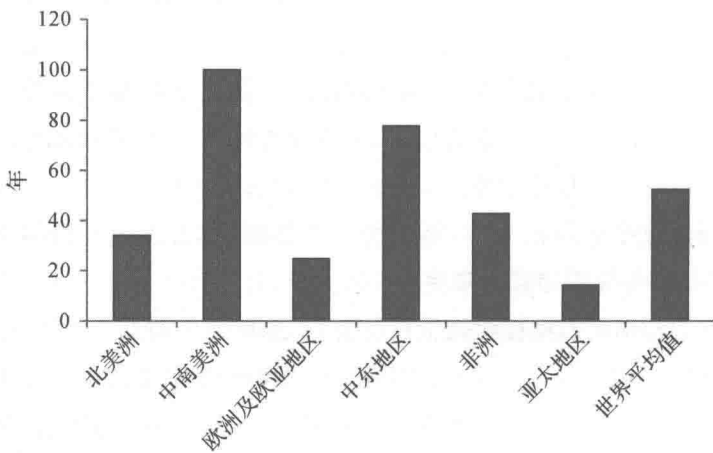
图 1-5 所示为世界各地区石油探明储量的占比变化。从整体看,中东地区石油探明储量大致占世界总储量的一半,20 世纪 90 年代初甚至高达 64.2%。



数据来源:BP2015

图 1-5 世界各地区历年石油储量占比的变化

此后 20 多年间,除了亚洲和大洋洲外,其它地区的石油探明探储量都有不同程度的提高。尤其是中南美洲的石油探明储量显著增加,其占全世界石油总量的比例从 1980 年不足 4%大幅提高到 2014 年的 19.4%。



数据来源:BP2015

图 1-6 2014 年世界各地区石油储采比

2014年世界平均石油储采比为52.5年,如图1-6所示,其中亚洲及大洋洲的石油储采比不足14年,欧洲及欧亚的石油储采比为24.74年,北美洲石油储采比在34年上下,非洲的石油储采比为42.8,中东地区的石油储采比为77.8年,而中南美洲的储采比则大于100年(由于委内瑞拉储采比不明,图1-6中未精确显示)。按照目前石油探明储量,可以预计到2050年,世界大部分地区都将无油可开采。中东地区继续维持其世界石油中心的同时,中南美洲将崛起另一个世界石油中心,从而改变整个世界的石油生产供应格局。

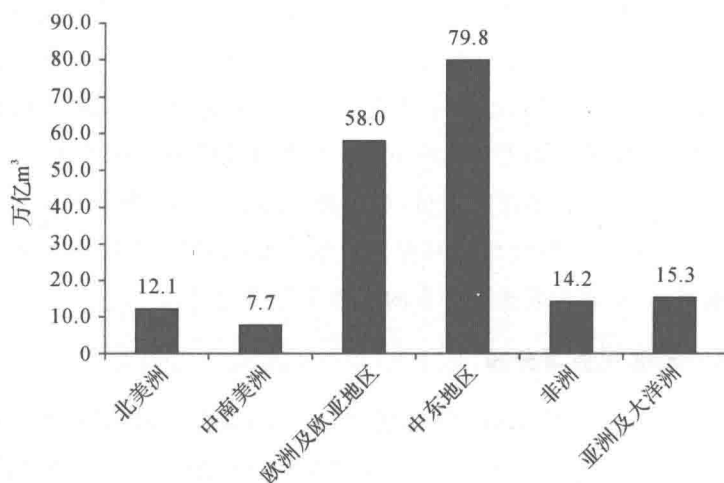
1.1.3 天然气资源分布

天然气是当今世界主要的化石能源之一,不仅资源丰富,而且其应用形式灵活多样。除了作为廉价的化工原料外,主要作为燃料使用,它不仅作为居民的生活燃料,而且还被用作汽车、船舶、飞机等交通运输工具的燃料。天然气利用能效较高,联合循环燃气机的转化效率约为60%,天然气冷热电三联供的综合能源利用效率可达80%左右,而燃煤发电的效率仅为40%上下。天然气热值高,燃烧产物对环境污染少,是优质洁净燃料。天然气燃烧形成的 CO_2 排放量只有煤炭的50%、石油的70%左右。

随着人类对天然气需求的日益增加,天然气的探明储量也不断提高。至2014年底,全世界常规天然气探明储量为187.1万亿 m^3 ,主要分布在中东和欧亚国家,如图1-7所示。

中东不仅蕴藏世界最多的石油,而且拥有天然气探明储量约79.8万亿 m^3 ,占世界天然气探明总储量的42.7%,位居世界第一位。欧洲及欧亚地区的天然气探明储量58万亿 m^3 ,占世界总储量的31.0%,世界排名第二。其它地区的天然气储量都低于世界总量的10%。亚洲和大洋洲的天然气探明储量为15.3万亿 m^3 ,占世界总储量的8.2%,排名世界第三位。非洲、北美洲和中南美洲的天然气探明储量分别为14.2万亿 m^3 、12.1万亿 m^3 和7.7万亿 m^3 ,分别占世界总储量为7.6%、6.5%和4.1%。

与石油分布一样,天然气受地域限制,在不同国家的分布也极不均衡。全世界已探明的天然气储量主要集中在中东和欧亚地区的少数国家。如图1-8所示,至2014年底,伊朗的天然气探明储量34万亿 m^3 ,占世界天然气探明总储量的18.2%,位居世界第一。俄罗斯的天然气探明储量为32.6万亿 m^3 ,占世界总



数据来源:BP2015

图 1-7 2014 年世界各地天然气探明储量

量的 17.4%，屈居第二。卡塔尔和土库曼斯坦的天然气探明储量为 24.5 万亿 m^3 和 17.5 万亿 m^3 ，分别占世界总量的 13.1% 和 9.3%。上述 4 个国家的天然气储量已占世界总量的 58%。其余 6 国是美国、沙特阿拉伯、阿拉伯联合酋长国、委内瑞拉、尼日利亚和阿尔及利亚，占世界总储量的比例分别为 5.2%、4.4%、3.3%、3.0%、2.7% 和 2.4% 不等。排名前 10 名国家的天然气探明储量就占了世界总量的 76.3%，如此分布决定了世界天然气生产、运输和消费的格局。

按照 2014 年的天然气生产能力计算，全世界天然气的平均储采比为 54.1 年，在天然气储量丰富的国家中，储采比大于 100 年的国家有委内瑞拉、土库曼斯坦、伊朗、卡塔尔、尼日利亚，储采比大于 50 年但又低于 100 年的国家有俄罗斯（56.4 年）、沙特阿拉伯（75.4 年）、阿尔及利亚（54.1 年）以及澳大利亚（67.6 年），中国天然气的储采比为 25.7 年，美国为 13.4 年。