

中国气体清洁能源

发展报告

THE 2014 REPORT ON THE DEVELOPMENT
OF CHINA'S CLEAN ENERGY-CASES

郭焦锋 高世楫 主编

2014

石油工业出版社

中国 气体清洁能源 发展报告

THE 2014 REPORT ON THE DEVELOPMENT
OF CHINA'S CLEAN ENERGY-GASES

郭焦锋 高世楫 主编

2014

石油工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

中国气体清洁能源发展报告 (2014) / 郭焦锋, 高世楫主编
北京: 石油工业出版社, 2014.10
ISBN 978-7-5183-0449-3

I. 中…

II. ①郭…②高…

III. 气体燃料 - 无污染能源 - 能源发展 - 研究报告 - 中国 - 2014

IV. F426.2

中国版本图书馆CIP数据核字 (2014) 第243474号

出版发行: 石油工业出版社

(北京安定门外安华里2区1号 100011)

网址: www.petropub.com.cn

编辑部: (010) 64523543 发行部: (010) 64523620

经 销: 全国新华书店

印 刷: 北京中石油彩色印刷有限责任公司

2014年10月第1版 2014年10月第1次印刷

787 × 1092毫米 开本: 1/16 印张: 20

字数: 512千字

定价: 120.00 元

(如出现印装质量问题, 我社发行部负责调换)

版权所有, 翻印必究



《中国气体清洁能源发展报告（2014）》

编 委 会

主 编：郭焦锋 高世楫

成 员：郭焦锋 高世楫 应光伟 唐金荣

武 旭 李维明 任世华 王海芹

洪 涛 张 涛 钟惠波

序 一

(国务院发展研究中心副主任 刘世锦)

人类文明史上大致经历了木材与木炭等生物质能源、煤和石油等化石能源以及电力类二次能源等三次大的能源革命,人类的生产和生活条件因此而获得改善。另一方面,能源革命在加速人类进步的同时,也带来了一系列负面影响,如环境污染加剧、极端气候事件增加、能源安全凸显等问题。

如何处理能源消费、环境保护和经济发展之间的矛盾,是各国现代化进程中必须面对的问题。特别是臭氧层破坏、温室气体排放等全球性问题的出现,发展清洁能源受到世界各国的普遍重视。20世纪70年代以来,人类开始了提高能源效率、减少污染排放、确保能源安全等能源革命的探索,全球气候变化控制目标更进一步对能源消费结构提出了新要求,进而对能源生产和消费模式产生了很大影响。近年来,全球能源结构和技术正酝酿重大变革,如大规模应用页岩气开采技术、加快发展太阳能和风能等可再生能源、加快发展新兴核电技术等,以期提高低碳能源在消费中的比重。

发达经济体开始制定政策、投入资金,推动清洁能源技术的进步和应用。美国在重视太阳能、风能等可再生能源发展的同时,重点通过扩大天然气的使用以实现能源结构转型。借助页岩气领域的突破,美国加快了向清洁能源转型的步伐,提出并实施“能源独立”的政策目标。这将对全球能源供求格局、地缘政治博弈、气候问题合作、发达国家再工业化等产生深远影响。

作为全球最大的发展中国家,我国近年来越来越多的面临着能源短缺和环境污染问题的挑战,能源安全形势严峻,资源和环境约束加剧,温室气体减排的国际压力加大。在今后较长一个时期,这些挑战不仅持续存在,有的还会加剧,提高能源效率、调整能源结构、发展清洁能源是我国经济社会发展的必然选择。逐步提高气体清洁能源消费比重,加快发展包括常规天然气、页岩气、煤层气、煤制甲烷、可燃冰、氢能、生物质气等在内的气体清洁能源,既能有效缓解能源安全、环境保护、减少排放等多重压力,同时也能培育新的经济增长点,应当成为我国能源战略的重要选择。

过去几年,国务院发展研究中心资源与环境政策研究所密切关注气体清洁能源的发展进程,组织开展了“中国气体清洁能源发展前景与政策展望”课题研究,同时受国家能源局委托,与中国能源研究会和中国石油勘探开发研究院等机构合作开展了“‘十三五’大幅提高天然气比重的途径及对策措施研究”和“‘十三五’及中长期页岩气开发问题研究”等课题研究。这些课题研究表明,我国在气体清洁能源在资源勘探、产品供应、消费市场、基础设施建设等方面均取得了重要进展,上中下游打下了较好的发展基础。根据有关测算分析,2020年我国天然气的消费量有可能比2015

年增长 1 倍,达到 4100 亿立方米,占一次能源消费比重达到 12% 左右,成为未来我国能源革命的重要引擎。

支撑这一结论的还有相关政策因素和市场环境的改善。过去 10 年来,我国出台了一系列支持常规天然气、页岩气、煤层气发展的规划和政策,涉及资源评价、矿业权招标、重大工程示范项目建设、财政补贴、优惠电价等诸多方面。这些规划和政策有利于更好地发挥各自的作用,推动我国气体清洁能源的健康发展。

与美国等发达国家相比,我国气体清洁能源的开发利用尚处于起步阶段,使其在国家能源安全保障中发挥关键作用尚需时日。加快我国能源结构调整,促进气体清洁能源产业发展,必须要有紧迫感,在深化改革、完善政策上迈出更大步伐。要提升气体清洁能源在我国能源战略中的地位,加强相关产业发展的战略部署;加快能源领域市场化改革,建立和完善市场准入和矿业权管理制度,鼓励有效竞争;尽快完善天然气价格形成机制;深化我国气体清洁能源管网等基础设施领域的监管体制改革;支持企业自主创新,增强产业技术能力。坚持“节约优先、立足国内、多元发展、保护环境、科技创新、深化改革、国际合作、改善民生”的发展方针,推进能源生产和消费方式革命,构建安全、稳定、经济、清洁的现代产业体系,努力以能源的可持续发展支撑经济社会的可持续发展。

本书是在国务院发展研究中心资源与环境政策研究所有关研究成果基础上整理而成的,旨在为我国气体清洁能源行业的发展提供有益参考。希望课题组持续跟踪行业动态,拓展相关研究,也欢迎业内外专家和其他读者提出建设性意见,促进形成更多的高质量研究成果。

刘世锦

2014 年 8 月 15 日



序 二

(中国工程院院士 马永生)

气体清洁能源是指在目前经济、技术条件下,其常温物理状态为气态、可提供能量或动力的物质,一般指以甲烷(CH_4)为主的碳氢化合物、氢和一氧化碳等低分子量的可燃气体,主要包括常规天然气、页岩气、煤层气、煤制甲烷、可燃冰(注:又称天然气水合物)、生物质气和氢能等。气体清洁能源高效、清洁、经济、安全,是一种较为理想的优质能源,具有使用范围广泛、利用效率高、可降低污染物及二氧化碳等气体排放、经济性较好和安全可靠等特点。

经过近十年来国内各类气体能源勘探开发、国际气源开拓和通道建设,我国在天然气的资源潜力、供应、消费市场、基础设施建设等方面均取得了长足的进步,上中下游已奠定良好的发展基础,已基本具备大幅提高消费比重的各种条件。

我国气体清洁能源资源十分丰富,开发程度较低,具备成为主力能源的发展潜力。最新的研究结果表明,包括常规天然气、页岩气、煤层气和可燃冰在内的我国天然气地质资源量、可采资源量分别达 336 万亿立方米和 92 万亿立方米。即使消费水平比目前的翻一番,即每年达到 4100 亿立方米(按等热值换算,相当于 3.82 亿吨原油),我国天然气资源仍可供开采 200 年以上。

从资源构成上看,新一轮油气资源评价和 2013 年国土资源部全国油气资源动态评价结果显示,我国常规天然气地质资源量、可采资源量分别为 62.14 万亿立方米和 37.42 万亿立方米;页岩气地质资源量、可采资源量分别为 134.42 万亿立方米和 25.08 万亿立方米,中国石油勘探开发研究院 2014 年评价结果显示,现实可转入勘探开发的、可靠程度较高的页岩气可采资源量为 12.85 万亿立方米;煤层气地质资源量、可采资源量分别为 36.81 万亿立方米和 10.87 万亿立方米(埋深在 1500 米以浅)。2013 年,全国天然气新增探明地质储量为 6164.33 亿立方米,已连续三年每年超过 6000 亿立方米,远大于同期天然气的年产量;剩余技术可采储量为 4.67 万亿立方米;储采比约为 38.0。

中国地质调查局 2014 年评价结果显示,我国可燃冰地质资源量约为 102 万亿立方米,主要分布在南海和东海海域、青藏高原冻土带等区域。经过近 20 年的不懈努力,我国可燃冰资源勘查已取得重大突破。2013 年,在珠江口盆地东部海域再次钻获高纯度可燃冰,通过实施 23 口钻探井,控制可燃冰分布面积 55 平方千米,控制地质储量相当于 1000 亿~1500 亿立方米天然气;2020 年前后我国有望突破可燃冰的开采技术,基本形成能够适应工业化开发规模的工艺、技术和设备体系;2030 年前后我国有可能实现可燃冰的商业化开发。

与原油相比,我国天然气供应有较充足的保障,对外依存度不太高。国产气量和进口气量逐年增加,天然气供给规模日益扩大。2013年,我国天然气供应量为1744亿立方米,其中国产气量、进口气量分别为1210亿立方米和534亿立方米,对外依存度约为31.8%。

目前,我国天然气管网等基础设施互联互通格局已基本形成,截至2013年底,已形成境内外主干管道和支线、进口LNG接收站、地下储气库和小型LNG液化厂等多种基础设施互为补充的局面。

鉴于气体清洁能源对我国能源生产和消费革命的重要性,国务院发展研究中心资源与环境政策研究所近年来联合国内气体清洁能源领域的技术研究机构、政策研究机构,对各种气体清洁能源发展问题进行了系统研究。本书总结了上述研究成果,从气体清洁能源的内涵、技术经济特征入手,分析国际气体清洁能源生产与消费态势及政府监管模式,研究中国气体清洁能源发展现状,解剖典型案例,提出了中国气体清洁能源发展目标、实现途径以及相关制度建设和政策工具。

从全书的内容来看,上述研究的技术路线合理,参数选择准确,考虑的影响因素也比较全面,提出的相关改革建议和政策建议有充分的证据支撑。该书的出版,填补了该领域的空白,对研究我国国家能源战略,制定企业和行业发展规划者均具有重要的参考价值。

马永生

2014年9月18日

目 录

导 言

中国气体清洁能源发展与能源生产和消费革命

- 一、大力发展气体清洁能源是全球能源生产和消费革命的重要方向····· 1
- 二、我国能源生产和消费革命迫切需要加快发展气体清洁能源····· 3
- 三、我国已具备快速发展气体清洁能源的基础条件····· 5
- 四、当前我国气体清洁能源快速发展仍面临诸多障碍····· 6
- 五、完善气体清洁能源管理体制和政策推动能源生产和消费革命····· 8

第一章

气体清洁能源的内涵、技术经济特征

第一节	内涵与技术经济特征	11
一、定义		11
二、我国气体清洁能源的资源特点		13
三、气体清洁能源生产的主要技术与经济特征		15
第二节	常规天然气	17
一、定义		17
二、我国常规天然气的资源特点		18
三、常规天然气勘探开采的技术方法与经济特征		21
四、天然气的运输		23
第三节	页岩气	23
一、定义		23
二、我国页岩气的资源特点		27
三、页岩气开采的主要技术特征与经济特征		30
第四节	煤层气	35
一、定义		35
二、我国煤层气的资源特点		37

三、煤层气开采的主要技术与经济特征	38
第五节 煤制甲烷	41
一、定义	41
二、适宜生产煤制甲烷的区域	41
三、煤制甲烷的主要技术特征和经济性特征	43
第六节 可燃冰	46
一、定义	46
二、我国可燃冰研究进展及资源特点	47
三、可燃冰开采的主要技术特征	47
四、发展趋势	50
第七节 生物质气	51
一、定义	51
二、我国生物质气的资源保障	53
三、生物质气化原理和工艺	54
四、世界生物质气产业的主要商业模式	55
五、生物质气化的最新进展	56
第八节 氢能	57
一、定义	57
二、我国氢能的资源特点	57
三、我国氢能生产的主要技术特征与经济特征	60

第二章

全球气体清洁能源发展的宏观背景

第一节 世界新变化与能源变革	67
一、全球经济新变化	67
二、全球环境新变化	70
三、国际能源变革	77
第二节 世界气体清洁能源的发展与变化	78
一、气体清洁能源的历史格局	78
二、当前气体清洁能源的生产与消费格局	79



三、气体清洁能源发展前景看好	85
四、气体清洁能源发展面临的主要障碍	87
第三节 页岩气发展与美国能源独立	88
一、美国页岩气发展概述	88
二、页岩气发展对美国能源开发与利用的影响	90
三、页岩气革命的全球影响	92

第三章

国外气体清洁能源生产消费方式及监管、政策模式

第一节 国外天然气典型生产方式	100
一、俄罗斯：常规天然气	100
二、澳大利亚：煤层气	104
三、美国：页岩气	106
四、日本：可燃冰	110
五、卡塔尔：LNG	112
第二节 国外天然气典型利用方式	114
一、日本：天然气发电	114
二、美国：工业用气	119
第三节 国外气体清洁能源市场化改革历程	122
一、美国	122
二、英国	126
三、欧盟	129
第四节 国外气体清洁能源监管的原则和经验	132
一、监管的原则	132
二、监管的经验	133
第五节 国外发展气体清洁能源的政策	137
一、勘探开发环节政策	137
二、输配及储气调峰服务环节政策	147
三、销售（含进出口）及利用环节政策	158

第四章

中国气体清洁能源发展背景及现状

第一节	中国经济社会发展与能源需求	164
一、	多元发展背景对可持续能源供需提出更高要求	164
二、	能源革命的要求给气体清洁能源发展提供了机遇	168
第二节	中国气体清洁能源发展现状	170
一、	资源潜力巨大	170
二、	供给规模逐步增大	171
三、	消费规模同步增长	171
四、	基础设施日趋完善	172
第三节	现状评价及主要问题	173
一、	现状评价	173
二、	存在的主要问题	174

第五章

“十三五”及中长期中国气体清洁能源发展目标和实现途径

第一节	“十三五”及中长期国内天然气产量、进口量变化趋势	179
一、	2015—2030 年我国常规天然气储量、产量预测	179
二、	2015 年我国天然气供应量及其结构	180
三、	2020 年我国天然气供应量及其结构	180
四、	2025 年我国天然气供应量及其结构	182
五、	2030 年我国天然气供应量及其结构	183
第二节	我国天然气市场需求预测与终端用户价格敏感性分析	184
一、	天然气需求的驱动因素	184
二、	“十三五”及中长期我国天然气市场需求	186
三、	“十三五”我国燃气发电用气需求潜力	190
四、	终端用户价格可承受力分析	193
五、	终端用户价格敏感性分析	194
第三节	未来我国天然气价格改革路线图与价格走势	198



第四节	“十三五”期间大幅提高天然气消费比重的可行性和具体目标与实现途径	199
一、	2020 年基准情景下有实际购买能力的天然气需求	199
二、	“十三五”期间实现天然气“消费双倍增”目标的基础条件	200
三、	“十三五”期间天然气“消费双倍增”目标的总体布局	202
四、	“十三五”期间实现天然气“消费双倍增”的具体目标与实现途径	206

第六章

中国发展气体清洁能源的制度建设和政策工具

第一节	“十三五”时期全面深化天然气领域市场化改革八方面建议	211
一、	深化完善天然气领域法律法规体系建设	211
二、	深化天然气领域管理方面改革	213
三、	深化天然气领域市场规则方面改革	214
四、	深化天然气价格方面改革	215
五、	深化天然气管网等基础设施运营监管方面改革	217
六、	深化天然气领域科技创新方面改革	218
七、	深化天然气领域安全和环保方面改革	220
八、	深化燃气发电方面改革	222
第二节	提升气体清洁能源的战略地位，建立健全长效发展机制	223
一、	着力形成规范气体清洁能源发展的基础制度体系 and 环境	223
二、	推动气源价格形成机制的完全市场化	226
三、	强化对具有自然垄断性质的输配及储气调峰服务环节的管理	226
四、	提升气体清洁能源的战略地位，建立健全长效发展机制	229

第七章

典型案例

第一节	常规天然气开发——普光气田	231
一、	气田地质概况	232
二、	勘探历史	235

三、开发情况	237
四、开发前景	238
五、川气东送工程	239
第二节 页岩气开发——涪陵焦石坝气田	239
一、气田地质概况	239
二、勘探历史	242
三、开发情况	242
四、开发前景	244
第三节 煤层气开发——沁水煤层气田	244
一、气田地质概况	244
二、勘探历史	247
三、开发情况	249
四、开发前景	250
第四节 煤制甲烷生产——新疆庆华国家煤制甲烷示范基地	251
一、基本概况	251
二、生产特点	251
三、盈利水平及潜力分析	257
四、存在的主要问题	257
五、发展前景	258
第五节 可燃冰调查——南海神狐海域	258
一、基本概况	258
二、地质概况	258
三、勘探历史	260
四、开发前景	261
第六节 LNG 接收站的建设与运营——中海石油浙江 LNG 接收站	261
一、基本概况	261
二、项目组成与工艺流程	262
三、技术经济特征	265
四、建设与运营模式	267
五、LNG 流向与影响因素	268



	六、发展前景	269
第七节	天然气储备与调峰设施的建设和运营——中国石油江苏金坛盐穴地下储气库	270
	一、基本概况	270
	二、定位、作用与工艺流程	271
	三、技术经济特征	272
	四、投资建设与运营管理	274
	五、发展前景	275
第八节	天然气分布式能源的建设和运营——广州大学城华电天然气分布式能源站	276
	一、基本概况	276
	二、定位、作用与工艺流程	277
	三、技术经济性	278
	四、规划建设与运营管理模式	281
	五、存在的主要问题	285
	六、发展前景	287
第九节	LNG 汽车的发展与未来——陕西重型汽车有限公司的天然气 (LNG、CNG) 汽车	289
	一、基本概况	289
	二、定位与作用	291
	三、技术经济性	292
	四、技术发展趋势	296
	五、存在的主要问题	299
	六、发展前景	300

导 言：

中国气体清洁能源发展与能源生产和消费革命

气体清洁能源是对包括常规天然气、页岩气、煤层气、煤制甲烷、可燃冰、生物质气和氢能等可燃气体的总称，除氢能外的其他气体清洁能源主要成分是甲烷^①。气体清洁能源具有使用范围广、安全可靠、污染排放少、低碳等特点，是技术经济性较为理想的优质能源。随着全球经济绿色大转型的要求日益急迫，全球范围内气体清洁能源的战略地位和重要性都将更加凸显。对亟待实现能源生产和消费革命的我国，气体清洁能源的加快发展尤为重要。

一、大力发展气体清洁能源是全球能源生产和消费革命的重要方向

（一）全球能源大转型过程中，气体清洁能源将扮演重要的角色

人类在地球上繁衍生存的历史，也是一部人类不断改变能源使用方式的历史，或者说，人类利用能源的方式决定了人类生存的方式。到18世纪英国工业革命开始大规模使用煤炭之前，柴薪、木炭等生物质一直都是人类的主要能源来源；19世纪初煤炭超过生物质成为主要能源，而20世纪初石油的开始使用则更进一步地使地球上数十亿人衣、食、住、行方式发生了巨大的变化，并定义了“现代社会”的形态。到2010年，全球能源构成中，生物质燃料不足10%，而石油、煤炭、天然气等化石燃料分别占32%、27%和21%(IEA, 2012)。在中国、印度等发展中国家的另外数十亿人正努力进入现代社会的21世纪，人类突然认识到，过去300年来人类依靠生物质、煤炭、石油等燃料的发展方式带来大量的二氧化碳排放，使地球温度升高、全球变暖，整个人类生存的繁衍环境面临巨大危机。

为了人类在地球上的永续发展，人们不得不改变能源的结构和使用方式，走向绿色、低碳发展，采用包括核能在内的清洁、低碳能源，最终转向太阳能、风能、水能、地热等可再生能源，实现温室气体零排放、分布式、生产者同消费者一体的能源大转型（里夫金，2013；Rifkin，2014；海夫纳，2013）。

^①美国著名实业家和学者海夫纳（Robert A.Hefner III）在《能源大转型》一书中提出的气体能源或能源气体（energy gases）包括天然气、风能、太阳能和氢能，比本书所讨论的气体清洁能源更加广泛。他把能源按照存在形态分为固体能源、液体能源和气体能源，其中煤炭、石油和天然气分别是固体能源、液体能源和气体能源的代表。他认为能源大转型是从过去不可持续的固体能源向清洁的可持续能源即气体能源（天然气、风能、太阳能和氢能）的转型，即人类能源要经历从固体到液体、再到气体的转型过程（罗伯特·海夫纳三世著，《能源大转型》，中信出版社，2013年）。



但到 2010 年,上述包括水能在内的清洁能源只占人类能源消费总量的 3.2%,要成为人类的主力能源还需要较长的时间。而天然气是由甲烷组成的“低碳”能源,一个甲烷分子只含有一个碳原子和四个氢原子,在使用中完全没有煤炭和石油燃烧排放的有毒物质和碳微粒,且可大幅降低二氧化碳排放(单位热值的二氧化碳排放为煤炭的 1/2)。海夫纳认为,由于美国页岩气的突破以及全球天然气的大量开发,天然气“可在短期内扩大供应,可成为通向可持续能源未来的桥梁”(海夫纳,2013)。气体清洁能源开采成本低、储藏方式多样、环境影响小、价格低廉,无论是从全生命周期的污染强度、碳排放强度,还是其技术可行性、经济可及性,主要由甲烷构成的各类气体清洁能源将作为过渡性能源不断替代石油、煤炭等高碳能源,使人类稳步进入真正的以可再生能源为主的能源新时代,带领人类迈向可持续发展的未来。

(二) 全球气体清洁能源发展势头强劲

气体清洁能源作为重要过渡性能源的特点正不断得到各国决策者的重视。特别是近十年来美国页岩气开发的爆发式增长,使页岩气革命成为关注的重点,气体清洁能源得到了快速发展(Kolb, 2014)^②。

(1) 天然气实现了大规模利用。目前全球的天然气主要来源于常规天然气。全球一次能源消费结构中,天然气的比例占到 22% 左右(按热值单位计算)。即使是非天然气主产国的德国、英国和日本、韩国等发达国家,天然气占其一次能源消费的比重也分别达 20% ~ 25% 和 18% 左右,并呈上升趋势。美国能源信息署(Energy Information Administration, EIA)对 2014—2040 年全球天然气消费预测结果显示,非 OECD 国家天然气消费增长将占全球消费增长的 70%。

(2) 页岩气得到了商业化利用。2013 年美国能源信息署评估结果显示,目前技术条件下全球页岩气的技术可采储量为 206.69 万亿立方米,广泛分布在北美、中亚和中国、中东以及北非、拉丁美洲、原苏联等地区。美国页岩气产量增长显著,占美国天然气总产量的比重持续攀升。2008 年美国页岩气产量仅为 507 亿立方米,约占其天然气总产量的 9%;2012 年,美国页岩气产量达 2870 亿立方米,约占其天然气总产量的 37%;预计到 2040 年美国天然气产量将是 2010 年的两倍,其中页岩气占 50% 以上(EIA, 2014)。继美国成功实现页岩气商业化开采之后,中国等多个页岩气储量丰富的国家也开始致力于本国页岩气的商业化开采和试验。

(3) 可燃冰开采技术有所突破。虽然可燃冰尚未实现商业化开采,但经过数十年的探索,其在环境效应、海底安全及稳定性、开采技术等方面均已取得很大进展。目前全球可燃冰开采模拟技术也逐步完善。继美国 2012 年在阿拉斯加北部陆坡利用二氧

^② Kolb 在书中主要讨论美国的页岩气革命,对中国的页岩气发展前景也给予非常高的希望,同时也认为页岩油与可燃冰有巨大的发展潜力。