

天然气是能源低碳化发展的重要阶段和趋势

胡见义, 郭彬程

(中国石油勘探开发研究院, 北京 100083)

[摘要] 随着经济和科技的发展,化石能源发展由低效走向高效,由高碳走向低碳。能源替代将是长期以化石能源为主体和新能源快速发展的过渡。天然气以其常规和非常规巨大资源和高储采比成为低碳化石能源发展的重要阶段,并将成为第一能源。利用化石能源中相对低碳的天然气已引起世界范围的热议和重视,天然气将成为走向能源低碳化的桥梁。天然气在中国也是“新”能源,具有很大的发展潜力。

[关键词] 天然气;低碳;化石能源

[中图分类号] TE09 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2011)04-0009-06

1 前言

目前世界能源总的形势,首先是随着世界发展中国家的人口与经济增长及工业化进程,能源需求将持续增长,发达国家能源增长幅度很小或基本保持稳定;同时,环境与气候变化要求 21 世纪中叶全球温室气体减排 50%。这就意味着世界能源需求有可能增长一倍,而温室气体要减排一半。目前,化石能源低碳化是能源发展的最主要趋向。天然气以其常规和非常规巨大资源和高储采比成为能源低碳化发展的重要能源或中近期主替能源^[1]。国际大油气公司正调整油气业务的比例向天然气倾斜,调整低碳化石能源天然气的消费比例,将是一个长期重要的发展阶段。今后 10 年,中国通过强化国内资源开发和引进国外资源,天然气产业将会有大幅度的增长,同时也面临着一系列的挑战。

2 全球化石能源利用趋势变化

2.1 在 21 世纪相当长的时期,化石能源的主要地位和作用不会改变,非水能等可再生能源产业化、规模化还需很长的时间

世界能源消费结构的变化是社会经济发展的必然结果。自 19 世纪工业革命以来,人类对能源的需

求快速增长,能源消费结构也在不断变化,大致经历了煤炭替代传统生物质能(木材)、石油替代煤炭和目前以化石能源为主、多种新能源互补三个阶段^[2](见图 1)。目前,化石能源仍占全世界消费能源的 85% 左右。但这些化石能源在使用中释放出了大量的二氧化碳,引起全球气候灾害性变化,而且化石能源为不可再生能源。基于此,以低能耗、低污染为基础,寻求在发展中排放最少的温室气体,同时获得整个社会最大产出的“低碳经济”成为全球热点。寻找低碳能源和新能源,已经成为当务之急。很快人们就把目光聚焦在了身边的可再生能源,风能、太阳能、地热、生物质能等新能源都成为替代传统一次性能源的新目标。

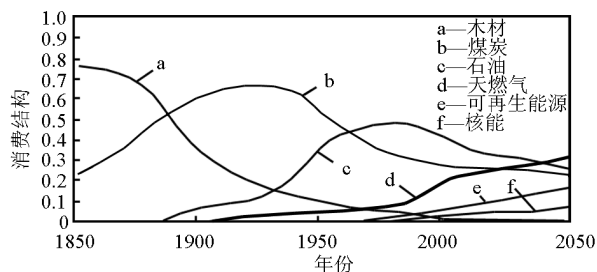


图 1 世界能源消费结构演变历史及趋势示意图

Fig. 1 Chart of the world's energy consumption structure evolution history and trends

[收稿日期] 2011-01-05

[作者简介] 胡见义(1934—),男,北京市人,中国工程院院士,长期从事油气勘探和战略研究;E-mail: jyhu@petrochina.com.cn

20 世纪 80 年代美国及欧洲许多国家开始开发可再生能源。20 世纪美国卡特政府的新能源战略是能源实行自给,停止进口石油、天然气,但没能实现;后来布什政府宣布以氢能作为主替能源,两年后又宣布放弃这一战略;21 世纪奥巴马政府重新实行新的能源战略,争取 2030 年石油进口减少一半。经过近 30 年的努力,仍未能确定化石能源的主替能源。最初,美国期望生物质能源,但由于受土地、水、油品质量以及环境等因素制约,经过 30 年的努力,生物质能源在能源结构中比例仍不到 1%;大型风电经过约 20 年的研发、建造,预计再经过 10 多年可达 1%。

近年金融危机期间,发达国家取消或减少了财政支持,严重影响了新能源产业的发展进程。风能、太阳能等可再生能源的产业化、规模化还需很长的时间。

经过近 30 年的努力,化石能源的主替能源仍未形成,依靠化石能源将是长期的。据国际能源署(International Energy Agency, IEA)、美国电子工业协会(Electronic Industries Association, EIA)预测研究,并考虑发展中国家的能源需求,2030 年化石能源消费比例仍将达 83%,包括水电等能源在内的可再生能源为 11%。在 21 世纪相当长的时期,化石能源的主要地位和作用不会改变,化石能源在全球一次能源消费中仍将保持主体地位。

2.2 天然气将成为世界第一能源

化石能源低碳化发展是社会经济和科技发展的必然趋势。随着能源结构低碳化的发展,含碳量更低的天然气将取代石油成为主要能源(见图 1)。天然气是清洁、优质、环保、经济、具有竞争力的能源。产生相同单位热量,天然气排放的二氧化碳为石油产品的 67%,为煤的 44%;与煤排放的污染物比,灰分为 1:148,二氧化硫为 1:2 700,氮氧化物为 1:29,符合《京都议定书》减少温室气体排放量的要求,若考虑到煤炭开发利用的外部成本,天然气将比煤炭更具竞争力。天然气开发利用具有较高的综合经济效益,天然气利用的较大增速将会到来。2010 年全球天然气消费量达 3 万亿 m^3 ,预测表明,2020 年将达 4 万亿 m^3 ,2030 年将达 4.8 万亿 m^3 。据美国能源部能源信息署对未来 20 年主要能源消费量增长速度的预测,到 2020 年以后天然气将超过煤炭成为全球第二大能源;2030 年以后,天然气消费量将超过石油成为第一大能源。

2.3 天然气资源潜力巨大,天然气快速增长的政府或企业行为正在加强

世界天然气资源十分丰富。据统计,目前世界常规天然气可采资源量为 471 万亿 m^3 ;煤层气、致密气和页岩气等非常规天然气资源量为 921 万亿 m^3 ,天然气勘探潜力巨大。2009 年,世界天然气剩余可采储量为 187.49 万亿 m^3 ,产量为 2.99 万亿 m^3 ,消费量为 2.94 万亿 m^3 (见表 1),按目前的开发利用程度,将可开发利用 64 年。非常规天然气的勘探开发将很快展开,天然气的开采将可达 200 年以上。

表 1 2009 年世界天然气储量、产量及消费量统计表

Table 1 Natural gas reserves, production and consumption statistics of the world, 2009

地区	剩余可采储量 /万亿 m^3	产量 /亿 m^3	消费量 /亿 m^3	
中东	伊朗	29.61 (15.8%)	1 312	1 317
	卡塔尔	25.37 (13.5%)	893	211
	小计	76.18	4 072	3 456
	(比例)	(40.6%)	(13.6%)	(11.7%)
亚洲及环太平洋地区	中国	2.46 (1.3%)	852 (2.8%)	887 (3.0%)
	印度尼西亚	3.18	719	366
	小计	16.24	4 384	4 966
	(比例)	(8.7%)	(14.6%)	(16.8%)
非洲	阿尔及利亚	4.5	814	267
	埃及	2.19	627	425
	小计	14.76	2 038	940
	(比例)	(7.9%)	(6.8%)	(3.2%)
北美洲	美国	6.93 (3.7%)	5 934 (20.1%)	6 466 (22.2%)
	加拿大	1.75	1 614	947
	小计	9.16	8 130	8 109
	(比例)	(4.9%)	(27.4%)	(27.8%)
中南美洲	委内瑞拉	5.67	279	297
	小计	8.06	1 516	1 347
	(比例)	(4.3%)	(5.1%)	(4.6%)
欧洲、前苏联	俄罗斯	44.38 (23.7%)	5 275 (17.6%)	3 897 (13.2%)
	土库曼	8.1	364	321
	小计	63.09	9 730	10 586
	(比例)	(33.7%)	(32.5%)	(35.9%)
世界总计	187.49	29 870	29 404	

资料来源:BP 世界能源统计 2010

世界天然气资源分布不均。世界前十大天然气资源国的储量总计占世界储量的 72.5%;探明储量居世界前 3 位的俄罗斯、伊朗和卡塔尔分别占世界总储量的 23.7%、15.8% 和 13.5%(见表 1)。自 2000 年以来,世界天然气探明储量稳步增长,共计

增长了 11.7%,增长主要来自中东。从表 1 可以看出,天然气消费主要在发达国家和地区,约占世界消费的 70%,发展中国家特别是非洲和中南美洲地区天然气消费比例很小,将是天然气消费增长的主力。

天然气发展是化石能源低碳化发展的趋势,天然气将快速增长的政府或企业行为正在加强。在天然气资源量丰富的俄罗斯,政府和天然气公司正加速投资天然气开采、建设亚洲及环太平洋地区外输和扩建欧洲外输系统,天然气产量计划由 2009 年的 5 275 亿 m^3 提高到 2020 年的 1 万亿 m^3 。美国通过各大公司的努力,预计使非常规天然气产量在 2030 年达到 4 000 亿 m^3 。中国大石油公司已经或将加速国内常规与非常规天然气的勘探与开采和海外天然气(含页岩气)项目合作的参与。壳牌石油公司加大天然气投资,在卡塔尔、俄罗斯萨哈林和美国等地收购页岩气公司,计划 2012 年天然气在油气业务中超过石油。Exxon 用 410 亿美元收购 XTO 公司和卡特尔管道气及 4 条 LNG(液化天然气)生产线,在油气业务比重中天然气将占至少 50%。同时,欧美等国家正加快气电替代煤电的步伐。

2.4 天然气输送的多样化促使其很快成为全球体系的商品能源

随着国际石油价格的不断攀升,每个国家都在为本国的持续发展寻找足够强大的替代能源支持;同时,人们对区域环境的持续关注也让众人的目光聚集到了天然气的采、输、利用领域上。科技进步,包括 LNG 的生产和海运输送,使天然气供需体系正在从局部地区走向世界,价格也将逐步由地区走向国际化。在天然气资源、产量、输送、市场和消费组成统一产业链中,输送系统是很重要的组成部分。目前世界上的长距离输气管道长度已达到 150 万 km,并以每年 1.4 万 km 的速度增长。现有输气管道主要分布在北美洲、独联体及欧洲地区,并已实现地区联网输送。北美洲通过横贯加拿大输气管道系统和美国输气系统形成一个庞大的统一管网,干线长度已达 50 万 km;独联体现有输气管道近 23 万 km,已形成统一供气系统,向东西欧地区供气;欧洲除英国为独立供气系统外,独联体、阿尔及利亚、荷兰、挪威等产气国与欧洲用户的输气管道已连通形成国际管网。亚洲-大洋洲地区除马来西亚-新加坡、阿塞拜疆-俄罗斯有跨国输气管道外,中国首条跨国输气管道已于 2009 年全线建成投产,巴基斯坦、印度、泰国、马来西亚、韩国、日本、澳大利亚、中

国台湾等国家和地区均有各自的输气管道^[3]。

受世界经济的发展、LNG 技术的进步和供应成本下降等多重因素的影响,全球 LNG 生产和贸易日趋活跃,LNG 在行业中的地位急剧上升。特别是亚太地区 LNG 市场一派兴旺。国际能源署公布的数据显示,自 1995 年以来,全球 LNG 市场一直保持平均每年 7.5% 的增幅,而这些增长主要集中在占世界 LNG 进口总量达 2/3 的亚太地区。

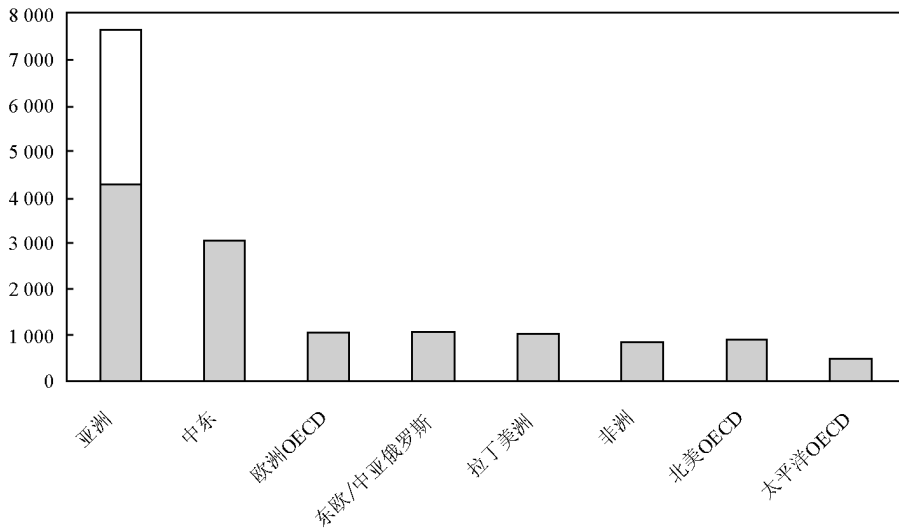
2010 年 BP 世界能源统计数据 displays,2009 年世界管道气贸易量为 6 337.7 亿 m^3 ,船运 LNG 量为 2 427.7 亿 m^3 ,合计 8 765.4 亿 m^3 ,占全年天然气消费量的 29.8%。随着各洲管网的建设和 LNG 进一步发展,洲际间天然气输送体系将逐渐建成并完善,天然气输送的多样化促使其很快成为全球体系的商品能源。

2.5 发展中国家是今后天然气消费增长的主要方面,而发达国家将基本保持平稳或略有小幅度的增长

世界天然气消费进入快速增长阶段,消费区域更加集中。近年来,世界天然气消费强劲增长,从 2000 年的 24 280 亿 m^3 增长到 2009 年的 29 404 亿 m^3 ,增长了 21.1%。世界天然气消费区域较为集中。欧美等成熟市场的消费增长主要来源于发电需求,亚太等发展中国家天然气消费增长则来源于价格承受能力更强的城市燃气。据国际燃气联盟等机构预测,2030 年世界天然气消费量将达到 48 310 亿 m^3 ,期间的年均增长率约为 2.3%。增长量最大的地区将是中东以及亚洲发展中国家;需求增长速度最快的地区是中东、亚洲发展中国家以及非洲,尤其是中国和印度(见图 2)。

2.6 发达国家和化石能源主要消费大国已启动低碳化和二氧化碳减排等相应规划和措施

低碳经济以低能耗、低排放、低污染为基础,其实质是提高能源利用效率和创建清洁能源结构。目前发达国家和能源主要消费大国已启动低碳化和二氧化碳减排等相应规划和措施。包括电力部门低碳化、除碳化,逐步增加天然气发电的比例;压缩天然气(CNG)在运输业的广泛应用;天然气制甲醇;形成和完善天然气区域化市场,包括北美洲、欧洲和正在开始建设中的东亚、东南亚和南美洲的天然气市场;以及制定二氧化碳排放指标,在市场运作中建立碳排放的价格等措施。



(据IEA 2009 修改)

图2 世界各地区天然气消费量需求增量(单位:亿 m³)

Fig. 2 Natural gas consumption demand growth in the regions of the world (unit: 100 million cubic meters)

3 中国化石能源消费现状和发展框架

3.1 中国化石能源消费现状

我国是能源消费大国,也是能源特别是石油紧缺的国家^[4]。以煤炭为主的化石能源仍是消费主体,在一次能源消费结构中,煤炭仍是第一大化石能源,其次是石油。中国统计年鉴 2010 数据显示,2009 年我国能源消费折合成标准煤为 30.66 亿 t,其中化石能源总消费已达 28.27 亿 t 标准煤。在能源结构中,煤炭占 70.4%,石油占 17.9%,天然气仅占 3.9%。

3.2 “十二五”期间能源结构的重大调整

我国能源消费结构与世界能源消费结构相比存在较大的调整空间。国家发展和改革委员会 2009 年中国能源消费结构和 BP 2010 统计数据对比分析结果表明,在一次能源消费中,2009 年,石油在中国的消费比重为 18%,世界平均水平为 34.8%,中国比世界平均水平低 16%;天然气中国消费比重为 3.4%,低于世界平均水平(23.8%)20%以上,而中国的煤炭消费比重高达 68.7%,高于世界平均水平(29.4%)近 40%;中国的核电只有不到 1%,而世界平均水平达到了 5.5%。能源消费结构的差异巨大,可以调整的空间也巨大。

调整能源消费结构可以明显地降低碳排放^[5]。近期,中国已经或正在对“十二五”期间及以后时期的能源消费结构进行调整。煤炭作为第一大化石能源,今

后将对煤炭消费量增长设限(36 亿~38 亿 t),并逐步降低在能源结构中的比例;加强天然气的生产与利用程度,加大其在能源结构中的比例,到 2015 年我国天然气占一次能源比重提高 4.4%,预计 2020 年将达到 12%~13%;在降低煤炭消费比例的同时,增加水能、核能、可再生能源以及气电在电力结构中的比例;保证 2020 年相对 2005 年按单位 GDP 二氧化碳排放下降 40%~45%;逐步实行碳交易。

3.3 大力发展和利用天然气资源

在能源需求不断增长的形势下,加大对天然气的利用是我国增强能源供应的必然选择。中国天然气资源丰富,开发和利用潜力巨大。据新一轮全国油气资源评价结果,中国天然气可采资源量 22 万亿 m³(不含非常规气)。探明储量连续 10 年增长,由 2000 年的 4 959 亿 m³ 增加到 2009 年的 7 156 亿 m³,年均探明储量 5 190 亿 m³。截至 2009 年年底,累计探明地质储量 8.7 万亿 m³,剩余可采储量 3.8 万亿 m³,勘探开发潜力很大。

致密砂岩气、页岩气、煤层气等非常规天然气的开发正日益受到各大油气公司的重视,成为未来天然气供应的一个重要力量。中国非常规天然气资源量约是常规天然气总量的 5 倍。与常规天然气相比,非常规天然气分布较广、储量大,是大力发展和利用天然气资源及能源供应安全的有力保障。

天然气产量仍将呈现大幅增长趋势。天然气产量由 2000 年的 277 亿 m³ 增加到 2010 年的

945 亿 m^3 , 10 年以来中国天然气年产量年均增长 12% 以上, 天然气开发利用前景广阔。

“十二五”期间, 环境及减排温室气体要求改变能源结构、发展低碳能源。我国能源结构优化调整工作将逐步推进; 鼓励应用先进技术和设备, 最大限度发挥天然气利用效率; 预计到 2015 年我国天然气占一次能源比重将在 8% 以上。

大量引进天然气的重要性和可能性。近年来我国天然气消费量快速增长。2000 年我国天然气消费量为 250 亿 m^3 , 到 2009 年这个数字上升为 875 亿 m^3 , 2010 年表观消费量更是达到 1 072 亿 m^3 。到 2015 年, 我国天然气消费量达 2 600 亿 m^3 , 而同期天然气产量却只能达到 1 500 亿 m^3 , 需进口天然气量 1 100 亿 m^3 , 占天然气消费量的 40%; 到 2020 年, 天然气消费量将达 4 000 亿 m^3 , 国内生产量为 1 800 亿 ~ 2 000 亿 m^3 , 需进口天然气量 2 000 亿 ~ 2 200 亿 m^3 , 占天然气消费量的比例超过 50% (见表 2)。

我国引进国外天然气的有利条件。从世界范围看, 天然气利用正从发达国家向发展中国家转变, 如中国、印度、南美洲和非洲等; 新的管网建设正在加速进行; LNG 和海运的技术及输送体系加速了天然气能源的全球化。

就国内而言, 中国政府高度重视天然气产业发

表 2 未来 10 年我国天然气消费计划与规划

Table 2 Natural gas consumption, plans and programs of the China in the next 10 years

年份	天然气消费量/亿 m^3	国内生产量/亿 m^3	进口量/亿 m^3	进口量占消费量比例/%	占消费结构比例/%
2010	1 100	945	155	14.1	4.3
2015	2 600	1 500	1 100	42.3	8.3%
2020	4 000	1 800 ~ 2 000	2 000 ~ 2 200	50 ~ 55	12 ~ 13

展。不断加大天然气科研和勘探开发力度, 多元天然气资源不断得到发现和开发, 储量大幅增长, 十几年来剩余可采储量增加了数倍, 产量稳步上升。与此同时, 我国有较好的外部环境, 陆地接壤国多为天然气资源丰富地区, 长输管道输配气系统正快速发展。中土、中乌和中哈天然气项目实现后, 天然气年输送量将达 600 亿 m^3 。中俄天然气项目的计划初步确定输气量为 300 亿 ~ 400 亿 m^3 ; 中缅天然气管道项目已开工, 建成后输气量为 60 亿 ~ 120 亿 m^3 。中东、非洲的天然气资源也可以通过 LNG 输往国内^[6]。目前我国 LNG 接收站已建成投产 3 个、正建 5 个及待建 4 个 LNG 项目, 一期规模年接收数量可达 400 亿 m^3 以上 (见图 3)。天然气产业的发展有利于改善我国能源结构, 提高天然气消费比例, 减少二氧化碳的排放。

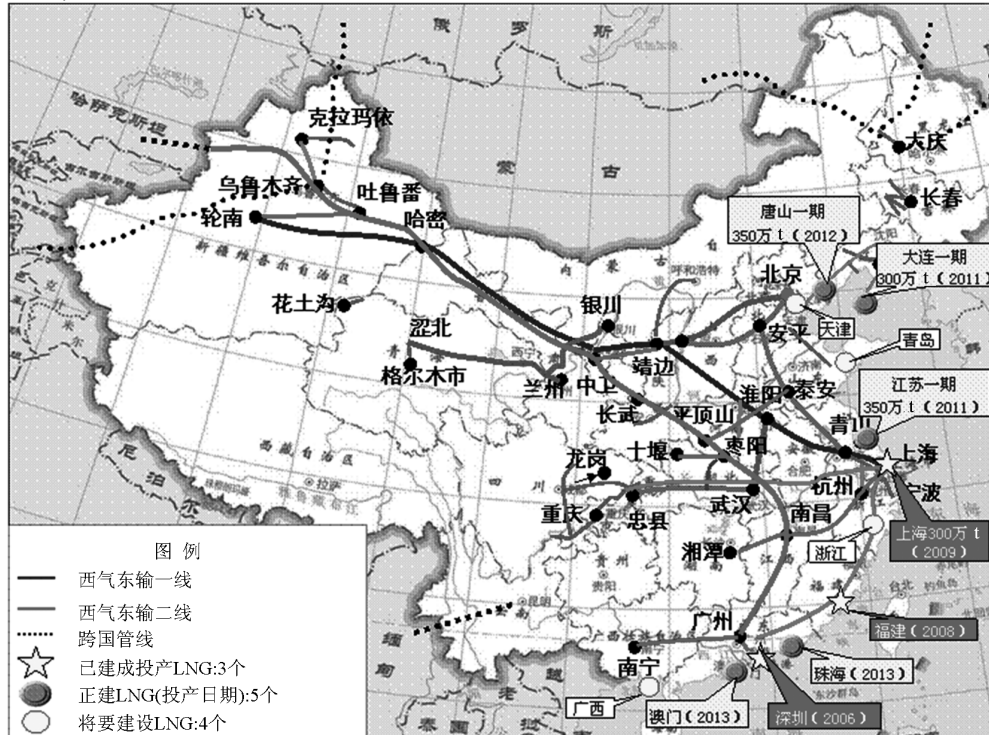


图 3 中国天然气管网、LNG 发展现状及规划示意图

Fig. 3 Chart of natural gas pipeline network, LNG development and planning of the China

3.4 提高天然气利用程度的主要措施

天然气的气态特性使它作为能源利用具有方便、干净、热效率高等优点,是化石能源低碳化发展的重要阶段和必然趋势。提高我国天然气在一次能源结构中的比例,应采取以下几个方面措施,提高天然气的利用程度。一是加强天然气勘探开发力度;二是大力建设管网和跨国管道;三是将海外项目的天然气就地加工成 LNG,并输往国内^[4];四是逐步调整、理顺国内天然气价格与国际价格接轨机制,实现市场体制下的良性循环^[6]。

4 结语

利用化石能源中相对低碳的天然气已引起世界范围的热议和重视,天然气将成为走向低碳化的桥梁。依靠化石能源将是长期的,调整低碳化石能源天然气的消费比例,将是一个长期的、重要的发展阶

段和趋势。今后世界天然气产量和消费量将会以较高的速度增长,20年以后世界天然气产量将要超过煤炭和石油,成为世界最主要的能源,并逐步成为第一能源。

参考文献

- [1] 胡见义. 中国天然气发展战略的若干问题[J]. 天然气工业, 2006, 26(1): 1-3.
- [2] 胡见义. 新世纪石油天然气能源科技展望[J]. 世界科技研究与发展, 1998, 20(5): 21-23.
- [3] 济 民. 天然气管网迎来黄金期[J]. 中国石油石化, 2010(18): 23-25.
- [4] 胡见义, 陈 英, 郑俊章. 东北亚天然气资源及其发展趋势[J]. 石油学报 2003, 24(1): 1-8.
- [5] 严于龙. 实现 2020 年碳排放目标, 调整能源消费结构最有效[J]. 中国经济报告, 2010(3): 26-31.
- [6] 胡见义. 中国石油天然气资源需求与保障安全输送供应[J]. 世界石油工业, 2007(5): 24-28.

Natural gas is an important stage and trend of energy low carbonization development

Hu Jianyi, Guo Bincheng

(Research Institute of Petroleum Exploration & Development, PetroChina, Beijing 100083, China)

[Abstract] Along with the economic and technological development, fossil energy resources have developed from low efficiency to high efficiency, from high carbon to low carbon. Energy resources substitution will be a long process of transition from an era when fossil energy resources are the main part to another period when new energy resources develop rapidly. Natural gas, which is characteristic of immense resource including conventional and unconventional resources and high reserve-production ratio, has become the significant development moment of low carbon fossil energy resources, and will also become the first energy resource. The utilization of natural gas, which is rather low carbon among fossil energy resources, has given rise to great attention and discussion around the world and natural gas will become the bridge to realize energy resources low carbonization. Natural gas is also new energy resource in China, and has great potential for further development.

[Key words] natural gas; low carbon; fossil energy