

我国天然气资源潜力及其 在未来低碳经济发展中的重要地位

邱中建¹, 赵文智², 胡素云³, 张国生³, 方 辉¹

(1. 中国石油天然气集团公司, 北京 100724; 2. 中国石油勘探与生产分公司, 北京 100007;

3. 中国石油勘探开发研究院, 北京 100083)

[摘要] 以天然气发展趋势分析为基础,对我国天然气的资源潜力、加快发展的有利条件、2030年以后可能达到的规模以及在未来低碳经济发展中的地位进行了系统研究。研究表明,我国常规与非常规天然气资源都很丰富,而且天然气工业发展比石油大约晚30年,目前刚刚进入大发展的初期,未来具有十分良好的发展前景,预计到2030年我国天然气年产量有望达到3 000亿 m^3 ,并有望保持到2050年。同时,研究发现我国毗邻中亚—俄罗斯、中东和亚太三大富气区,具有多元化利用国外资源的区位优势。通过自产与引进并重,2030—2050年天然气在我国一次能源结构中比例有望达到10%以上,对改善能源结构和推动低碳经济发展将发挥重要作用。

[关键词] 天然气;资源潜力;发展趋势;地位;低碳经济

[中图分类号] TE02 [文献标识码] A [文章编号] 1009-1742(2011)06-0081-07

1 前言

天然气是一种清洁、优质的化石能源,对改善我国能源结构、减少温室气体排放、推动实现低碳经济发展具有十分重要的作用^[1,2]。近年来,随着油气勘探开发理论与技术的进步,我国相继发现了克拉2、苏里格、普光等一批大型气田,天然气探明储量与产量都快速增长,2010年产气量已达968亿 m^3 ,一举成为全球第七大产气国,标志着我国天然气工业进入一个全新的发展时期。与此同时,我国石油对外依存度持续攀升,天然气在我国一次能源消费构成中仍不足4%、煤炭资源开发利用占一次能源消费比例居高不下,环境保护和 CO_2 减排压力越来越大。进一步采取有效措施,加快国内天然气资源的勘探开发,加大国外天然气资源的引进力度,大幅度提高我国天然气在一次能源消费中的比重,不仅可以扭转我国石油工业面临的困局,拉

开石油工业二次创业的序幕,而且能够改善我国以煤炭为主的能源结构,为实现低碳经济发展做出重要贡献。因此,客观评价我国天然气资源潜力与未来发展趋势,明确其发展地位十分必要。

2 天然气未来发展具有雄厚的资源基础

2.1 天然气勘探领域比石油更广泛,资源更丰富

中国陆地和海域多发育大型叠合盆地,古生界海相地层埋藏深,经历的埋藏历史长,热演化程度高,原油裂解气资源丰富。同时,全球范围煤系沉积最发育的两大沉积层系,即石炭—二叠系和三叠—侏罗系在我国沉积盆地中发育最广泛,因而煤成气资源也十分丰富,两者共同构成了我国丰富的常规天然气资源基础。近年来,随着勘探认识深化和勘探技术进步,在前陆区构造气藏、台盆区大面积岩性气藏和叠合盆地深层碳酸盐岩和火山岩气藏勘探中获得了一系列重大突破,对我国天然气资源潜力的

[收稿日期] 2011-04-01

[基金项目] 中国工程院重点咨询项目支持

[作者简介] 邱中建(1933—),男,四川广安市人,中国工程院院士,主要研究方向为石油地质;E-mail: dengst@petrochina.com.cn

认识又有新的发展。为此,笔者在国土资源部主持完成的全国新一轮油气资源评价成果基础上,结合油气勘探最新进展、地质认识和勘探技术进步对资源潜力与分布预测带来的变化,综合确定我国常规天然气可采资源量为 22 万亿 m^3 ,较 2003 年完成的《中国可持续发展油气资源战略研究》报告中的 14 万亿 m^3 ,净增 8 万亿 m^3 ,增幅达 57%。天然气资源量增加主要来自以下几方面:

一是新区、新领域增加的资源量。根据全国新一轮油气资源评价结果,我国南海南部海域有天然气可采资源量 5.5 万亿 m^3 ,青藏地区有天然气可采资源量 1 万亿 m^3 。此外,华北地区古生界、南方等高一过成熟烃源岩区也存在一些相对稳定的有利勘探区,初步估算天然气可采资源量在 2 万亿 ~ 3 万亿 m^3 以上。上述这些资源未计入 14 万亿 m^3 的资源总量之中。

二是在主要含气盆地内,随着勘探理论和技术进步,勘探认识得到深化,新增加了一部分资源量。例如,前陆盆地中被逆掩冲断带所掩盖部分和有机质“接力成气”理论改善了高一过成熟层系勘探的价值与潜力,使叠合盆地深层等领域也增加了天然气资源量。

此外,从天然气成因看,天然气较石油具有类型更多、分布更广的特点。天然气既有生物气、煤层吸附气、油田伴生气,也有煤成气、原油裂解气、分散液态烃热成因气,还有致密砂岩气、页岩气等。生气窗范围比石油生成范围宽,储集条件也较石油宽松。从统计看,油藏的最低孔隙度一般在 10% 以上,渗透率大于 0.3 mD,而气藏要求的最低孔隙度可以降至 6% ~ 8%,渗透率可以降低至 0.001 mD。只要成藏地质条件合适,天然气的生成范围和成藏范围较石油更多、更广泛,未来勘探发现的潜力也应比石油更大、更有远景。

2.2 我国非常规天然气资源更丰富,具有良好的发展前景

非常规天然气资源是指在现有经济技术条件下,不能完全用常规方法和技术手段进行勘探、开发和利用的天然气资源,主要包括致密砂岩气、煤层气、页岩气和甲烷水合物等。

早在 20 世纪 60 年代,四川盆地就有致密砂岩气发现,但因技术不成熟,长期没有大的发展。近年来,随着大型压裂改造技术的进步和规模化应用,致密砂岩气勘探开发取得了重大突破,先后发现了鄂

尔多斯盆地苏里格、四川盆地须家河组两个致密砂岩大气区,在吐哈、塔里木、松辽、渤海湾等盆地也相继出现了一批产量较高的致密砂岩气井,勘探结果表明,我国致密砂岩气分布广泛,资源相当丰富。最新估算,我国致密砂岩气可采资源量达 9 万亿 ~ 12 万亿 m^3 [3,4]。

我国对煤层气的开发利用已经有 20 年的历史,初步形成了适合不同类型煤层气勘探开发的配套技术。目前已经在山西沁水、辽宁铁法等地成功实现了煤层气工业化开采,在鄂尔多斯盆地东缘、吐哈、准噶尔等盆地正在进行开发先导试验。据全国新一轮资源评价,我国 42 个盆地(群)埋深 1 500 m 以浅的煤层气可采资源量 10.9 万亿 m^3 。

与致密砂岩气和煤层气二者相比较,我国对页岩气的研究与勘探开发刚刚起步,资源潜力尚待落实。近年来,随着北美地区页岩气资源的规模开发利用,页岩气已得到国家和企业的高度重视,正在开展全国资源战略调查和勘探开发关键技术攻关。中国石油于 2009 年在四川、云南等地启动了两个页岩气产业示范项目,并于 2010 年在四川盆地钻探了 2 口页岩气井,获得日产万立方米的产量,证实我国具有发展页岩气的资源条件。初步估算,我国页岩气技术可采资源量约 15 万亿 ~ 25 万亿 m^3 [5]。

天然气水合物在我国尚处于前期研究和资源调查阶段。1999 年开始,国土资源部启动了天然气水合物勘查,相继在南海深水区、祁连山南缘永久冻土带钻获天然气水合物实物样品。初步研究认为,我国天然气水合物远景资源量约 84 万亿 m^3 。

综上分析,我国致密砂岩气、煤层气、页岩气、天然气水合物等非常规天然气资源十分丰富,仅致密气、煤层气和页岩气资源总量合计 35 万亿 ~ 48 万亿 m^3 ,是常规天然气可采资源总量的 1.5 ~ 2.2 倍,具有良好的开发利用前景。随着相关勘探开发利用技术的不断进步与完善,非常规天然气将会助推我国未来天然气快速发展,并在改善能源结构、实现低碳经济发展中发挥积极作用。

3 天然气未来具有加快发展的良好前景

3.1 我国天然气工业发展比石油晚 30 年,未来具有加快发展的潜力和前景

我国天然气勘探开发是伴随着石油工业的发展而产生的,虽然有五十余年的历史,但大多数发现是在找油为主的勘探过程中,兼探发现的天然气田。

20 世纪 80 年代以来,随着勘探的深入发展,天然气成藏的认识日渐清晰,寻找和利用天然气逐渐成为相对独立的勘探领域,受到业界的关注和重视。

1998 年以来,我国天然气勘探开发取得了重大突破^[6],先后发现了克拉 2、迪那 2、塔中 I 号、苏里格、大牛地、乌审旗、普光、广安、安岳、徐深、克拉美丽等一批大中型天然气田。我国天然气储量和产量均逐渐大幅度增加,年新增探明可采储量一直保持在 2 600 亿 ~ 3 500 亿 m³ 的高水平,天然气年产量也呈年均两位数快速增长,2010 年我国天然气产量已达 968 亿 m³,成为全球第七大生产国。与此同

时,随着陕京一线、陕京二线、陕京三线、西气东输一线、西气东输二线、川气东送、忠武线、涩宁兰等长距离输气管线的建成投产以及相关配套设施的完善,全国天然气输送管网系统正逐步形成^[7]。总体来看,我国集资源、管网与消费市场于一体的天然气工业体系已初步形成,发展已进入快车道。

与石油工业发展相比,我国天然气工业起步较晚,目前仅相当于石油工业发展初期大庆油田发现的阶段,时间滞后近 30 年,储量、产量增长都处于快速发展阶段(见图 1)。

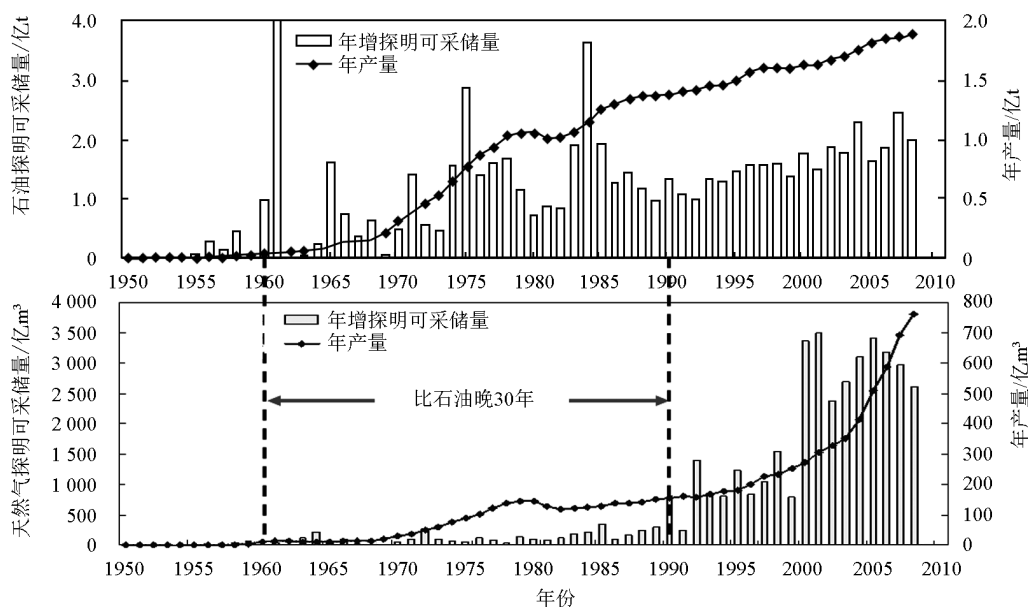


图 1 我国石油和天然气储量、产量增长态势对比图

Fig. 1 Growth of reserves and production of oil and nature gas in China

3.2 我国天然气勘探尚处于早期阶段,储量可以长期保持高水平快速增长

截至 2009 年年底,我国已累计探明天然气(气层气)可采储量 4.3 万亿 m³, 剩余可采储量 3.6 万亿 m³, 按全国常规天然气可采资源量 22 万亿 m³ 计算,可采资源探明率为 19.6%, 总体上仍处于早期勘探阶段。

美国天然气工业近百年的发展历史表明,依据资源探明率等因素,天然气的储量增长大体可分为成长期和稳定期两大发展阶段;其中成长期资源探明率低于 20%, 稳定期资源探明率超过 60%, 并已持续 60 多年时间,下降期尚未出现。目前,我国天然气发展刚刚进入储量稳定增长初期,与美国天

然气工业发展相比,天然气探明储量可以长期保持快速增长,持续时间有可能至少在 40 年以上。

依据翁氏模型、逻辑斯蒂模型、龚玻兹模型和特尔菲法等多种方法综合预测,我国天然气年新增探明可采储量高峰预计可达 3 000 亿 m³ 左右。如果以年增探明可采储量 2 500 亿 m³ 作为储量增长高峰期的基线,预计 2010—2045 年,我国年增探明天然气可采储量规模有望保持在 2 500 亿 m³ 以上,之后储量增长速度将逐步趋缓。

从预测结果看,不论是储量增长规模,还是储量稳定增长持续的时间,天然气都有可能好于石油。因此,21 世纪上半叶,应该是我国天然气大发展的时期,是石油工业实现二次创业发展的重要机遇。

天然气将在改善我国能源结构、推动低碳经济发展中发挥重要作用。

3.3 我国天然气年产量 2030 年前后有望达到

3 000 亿 m^3 ,按当量计要超过石油

近年来,随着天然气储量的快速增长,我国天然气年产量以两位数的增长速度持续快速增长。根据对天然气储量增长趋势的预测结果,随着我国天然气管网建设的进一步完善和天然气消费市场的进一步发展,加上国家积极推动低碳经济发展的政策引导,我国天然气工业必将迎来大发展的春天。

从美国天然气发展的历程来看,由于天然气生成和成藏的条件远比石油优越,天然气资源量可能远大于石油。天然气发展的早期,常规天然气的开发和利用使天然气产量迅速达到高峰,高峰期年产量按照油当量计算和石油大体相当。随着非常规天然气的出现和大发展,产量迅速超过石油,并持续时间很长,我国天然气发展与美国有可比性,具有相似的历程^[8]。

利用储采比控制法、HCZ 模型和翁氏模型等方法综合预测,预计未来我国常规天然气产量将持续快速增长^[9],大致于 2030 年前后进入产量高峰期,高峰年产量有望达到 2 500 亿 m^3 (包括部分致密砂岩气);同时,煤层气、页岩气等非常规天然气年产量将超过 500 亿 m^3 ,届时我国常规和非常规天然气产量将达到 3 000 亿 m^3 以上,按标准油当量计算,要超过石油的年产量。

4 天然气在未来低碳经济发展中具有重要地位

4.1 天然气是实现从传统化石能源向清洁能源过渡的重要桥梁

随着世界人口增长、经济发展和人民生活水平的提高,21 世纪上半叶全球一次能源消费需求仍将持续稳定增长态势。据石油输出国组织 (Organization of the Petroleum Exporting Countries, OPEC) 2009 年预测,2030 年全球一次能源需求总量将比 2007 年增长 42%,其中石油、天然气、煤炭等化石能源所占比重仍将大于 80%。2009 年国际能源署 (International Energy Agency, IEA) 预测,2030 年全球一次能源需求总量将比 2007 年增长 40%,能源消费总量将达到 168 亿 t 油当量,其中化石能源所占比重将占 80%。预计 2030 年以前,新能源和可再生能源有望保持快速增长,但受技术发展水

平和基础设施的制约,在世界一次能源消费结构中的比重较难超过 20%,传统的化石能源仍将是一次能源供给的主体。

化石能源使用要释放大量 CO_2 ,对环境的破坏也很大,这已成为全球关注的热点,能源低碳化发展是未来社会经济和科学技术发展的必然追求。迄今为止,人类经历了从薪柴、煤炭到石油为主的三大能源供应阶段,天然气作为比石油更清洁、优质的化石能源,将在全球一次能源消费中进一步提高比重,并在 2030 年前后,与石油、煤三者并驾齐驱。由于天然气有很强的发展后劲,再加上非常规天然气的出现和大发展,毫无疑问,在 2030 年以后不久的将来,天然气最终超过石油成为世界第一大消费能源。据统计分析,产生相同单位热量天然气排放的 CO_2 仅为石油产品的 67%,为煤炭的 44%;与煤排放的污染物比,灰分为 1:148, SO_2 为 1:2 700, NO_x 为 1:29,符合《京都议定书》减少温室气体排放量的要求^[10]。因此,新能源和可再生能源很难大规模发展并成为能源供应主角,大力发展天然气可作为从传统化石能源向清洁能源过渡的重要桥梁。

4.2 我国能源消费快速增长,能源消费结构不尽合理

改革开放以来,中国经济持续快速发展,带动能源需求持续攀升。国内能源消费总量由 1980 年的 5.86 亿 tce 增长到 2009 年的 29.20 亿 tce,增长 5 倍。过去 30 年间,中国能源产量虽然也实现了高速增长,但由于能源结构的影响增长速度低于消费需求增长速度,1996 年,中国开始成为能源净进口国,随后能源供需缺口不断扩大。2009 年,我国能源生产总量达到 25.98 亿 tce,能源消费缺口达到 3.22 亿 tce。预计未来 20 年中国经济仍将保持较快发展,对能源需求也将持续增长,受资源条件和能源结构影响,能源供需缺口仍将不断扩大,供需形势相对严峻。

与石油和天然气相比,中国煤炭资源更丰富,具有较雄厚的资源优势,煤炭在中国能源供应中的主体地位十分重要。从发展历程看,我国天然气的发展相对滞后,仅与石油发展相比,天然气的发展也大致晚了 30 年。因此天然气在国家能源消费结构中的比重明显偏低。1980 年以来,中国煤炭在能源消费结构中的比重一直在 70% 以上,而天然气的比重基本保持在 3% 左右。近几年随着天然气产量的快速增加,天然气在能源消费结构中的比重有所攀升,

2009 年达到 4.1 % ,但远低于世界 24 % 的平均水平。受能源消费总量和以煤为主的消费结构的影响,我国污染物与温室气体排放总量较大,给环境带来巨大压力。今后相当长一个时期,在我国能源需求仍不断增大的情况下,积极调整能源结构,降低煤炭在能源消费中的比重。

同时,加快国内天然气资源的勘探开发、加大国外天然气资源的引进力度,较大幅度增加天然气在一次能源消费结构中的比重,对改善我国以煤炭为主的能源结构具有重要意义。

4.3 中国天然气需求旺盛,有望实现快速发展

2000 年之前,受天然气探明储量较少和配套管网建设不足的影响,我国天然气消费多集中在产气

区周围,仅四川盆地形成了相对完善的天然气工业体系,天然气消费需求增长缓慢,增速仅 2.3 %。1980—1999 年,天然气消费量从 141 亿 m^3 增长到 215 亿 m^3 ,年均增长仅 3.9 亿 m^3 。1998 年以来,伴随一系列大气田的发现和全国性天然气主干网建设,我国天然气消费量迅速攀升,由 2000 年的 245 亿 m^3 增长到 2009 年的 887 亿 m^3 (见图 2),年均增长 71 亿 m^3 ,年均增速上升至 15.4 %,天然气利用范围也不断扩大。目前,除西藏、澳门尚未使用天然气外,全国已有共 31 个省区、205 个地级及以上城市都已使用了天然气。其中,经济较为发达的长三角、东南沿海以及环渤海湾地区的天然气消费量占全部消费总量的 43 %。

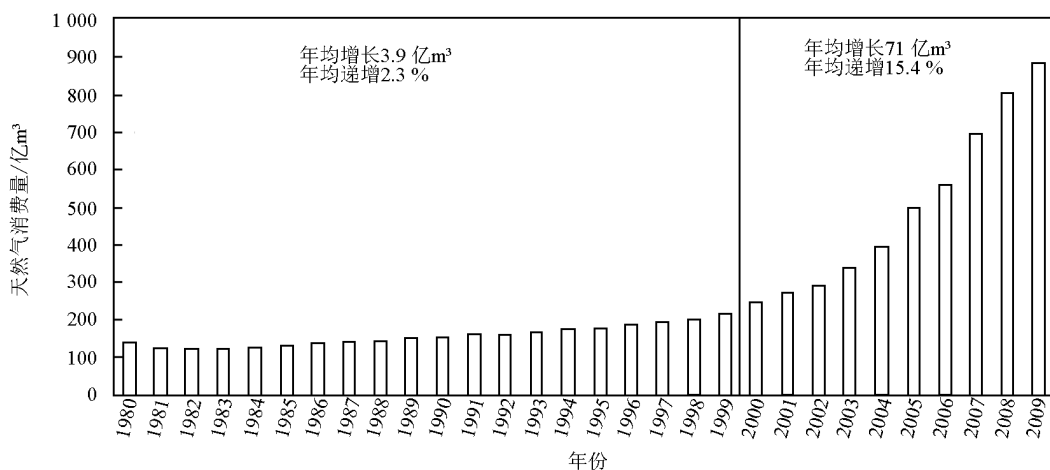


图 2 1980—2009 年全国天然气消费量增长态势图

Fig. 2 Growth of China nature gas consumption from 1980 to 2009

根据我国社会经济发展形势分析,预计 2030 年以前,国内生产总值(gross domestic product, GDP)平均增长速度可保持在 7 % 以上;城市化率将不断提高,城市人口比例将逐渐增加;国家对污染物与温室气体排放的约束和控制将会越来越严格;清洁、低碳发展方式越来越受到重视和鼓励。这些因素都有助于推动天然气需求的快速增长。针对未来我国天然气需求的发展趋势,国内外多家研究机构进行过预测,中国石油规划总院(2008 年)利用项目分析与延伸预测法估算,2020 年和 2030 年,中国天然气需求总量将分别达到 2 800 亿 m^3 和 4 300 亿 m^3 。此外,中国石油经济技术研究院(2008 年),美国能源情报署(2007 年)、日本能源经济研究所(2007 年)、国际能源署(2008 年)、国家能源办公室(2007 年)等多家机构对我国未来天然气需求量也进行过预

测。在前人预测的基础上,结合对我国天然气资源潜力、低碳经济发展的迫切性以及对未来天然气市场发展前景的研究和思考,笔者提出 2030 年和 2050 年中国天然气需求量分别为 4 500 亿 m^3 以上和 5 000 亿 ~ 5 500 亿 m^3 ,届时天然气在我国一次能源消费结构中的比重将达到 10 % 以上,成为改善我国能源结构和推动低碳经济发展的新亮点。

5 结语

1) 天然气是一种清洁、优质化石能源,是实现从传统化石能源向清洁能源过渡的重要桥梁。大力发展天然气对改善我国以煤炭为主的能源消费结构、推动实现低碳经济发展具有重要作用。相信随着我国国民经济的持续快速发展、人民生活水平的不断提高以及环境保护要求越来越高,天然气消费

需求将大幅增长,2030年天然气消费量有望达到4 500亿 m^3 ,2050年达到5 000亿 m^3 以上,届时占能源消费需求构成的比例保持在10%以上。

2)我国常规天然气资源丰富,勘探领域比石油更多、更广泛,发展前景也会比石油大,且我国天然气工业发展比石油大约晚30年,目前正处于大发展期。此外,我国致密砂岩气、煤层气、页岩气以及天然气水合物等非常规天然气资源也非常丰富,随着勘探开发技术的进步以及国际油价的走高,未来将会有很好的发展前景。依靠常规气与非常规气,2030年我国天然气年产量有望达到3 000亿 m^3 以上,并有望保持到2050年。

3)随着全国性的天然气管网系统不断建设与完善,未来我国天然气供需缺口将不断扩大,大力引进利用国外天然气资源就成为必然的战略选择。我国应充分发挥毗邻中亚—俄罗斯、中东和亚太三大富气区的区位优势,加强与资源国的国际合作与交流,加快国外天然气资源引进利用步伐,力争到2030年达到1 500亿 m^3 以上,2050年达到2 500亿 m^3 以上。

4)天然气工业是上中下游高度一体化的行业。在天然气大发展时期,要高度重视统筹规划上游勘探开发、中游管道建设和下游消费市场开拓,及早谋划,协调发展,同时要加强储气库建设,保证天然气市场平稳、安全供应。

5)建议国家及早谋划,发挥我国非常规天然气发展的后发优势。可以借鉴美国的成功经验和较成熟的技术,把常规天然气与页岩气、致密气、煤层气并重,加快发展,以推动天然气尽快成为我国支柱性清洁能源之一。同时,国家应积极推动,加强勘探和研究工作,进一步落实资源,探明资源潜力和分布。

6)加快推进天然气价格改革,逐步建立起公正、灵活的天然气价格形成机制。建议由政府定价为主逐步转向市场定价与政府管制相结合,同时改革天然气价格结构,实行天然气生产、净化、输送、配送分开核算,并按照天然气产业链不同环节的特点实行不同的定价方式,以保证国内天然气市场的健康发展。

参考文献

- [1] 中国能源中长期发展战略研究项目组. 中国能源中长期(2030、2050)发展战略研究:电力·油气·核能·环境卷[M]. 北京:科学出版社,2011:175-198.
- [2] 张新安,张迎新. 让天然气在国家能源安全中发挥更大作用(一)——中国天然气资源战略研究[J]. 国土资源情报,2007(9):1-6.
- [3] 胡文瑞,翟光明,李景明. 中国非常规油气的潜力和发展[J]. 中国工程科学,2010,12(5):25-29.
- [4] 胡文瑞. 中国非常规天然气资源开发与利用[J]. 大庆石油学院学报,2010,34(5):9-16.
- [5] 赵文智,王兆云,王红军,等. 页岩气改变了油气勘探的理念,是清洁能源生力军[C]//杜祥琬. 科技创新促进中国能源可持续发展:首届中国工程院/国家能源局能源论坛论文集. 北京:化学工业出版社,2010:45-51.
- [6] 赵生才. 中国天然气资源与发展战略——香山科学会议第239次学术讨论会侧记[J]. 天然气地球科学,2005,16(2):143-147.
- [7] 刘小丽. 中国天然气市场发展现状与特点[J]. 天然气工业,2010,30(7):1-6.
- [8] 邱中建,方 辉. 中国天然气大发展——中国石油工业的二次创业[J]. 天然气工业,2009,29(10):1-4.
- [9] 李 宁,王冰怀,赵桂英. 我国天然气消费量预测研究[J]. 中国工程咨询,2009(2):25-27.
- [10] 胡见义,郭彬程. 天然气是能源低碳化发展的重要阶段和趋势[J]. 中国工程科学,2011,13(4):9-14.

The natural gas resource potential and its important status in the coming low-carbon economy

Qiu Zhongjian¹, Zhao Wenzhi², Hu Suyun³,
Zhang Guosheng³, Fang Hui¹

(1. China National Petroleum Corporation, Beijing 100724, China; 2. Petrochina Exploration & Production Company, Beijing 100007, China; 3. Research Institute of Petroleum Exploration & Development, Beijing 100083, China)

[**Abstract**] Based on the analysis of natural gas development trend, a system research on natural gas resource potential, the favorable condition for accelerating natural gas exploration, its future scale after 2030 and its status on the coming low-carbon economy are carried out. The research results show that, both conventional and unconventional natural gas resources of China are very rich. The natural gas industry, which developed later than oil industry for about 30 years, has just entered the initial stage of rapid development and has a very bright development prospect, with a forecasting annual yield arriving at $3 \times 10^{11} \text{ m}^3$ by 2030, and this trend will possibly keep to 2050. And study also shows that our country is adjacent to three gas-rich areas: Central Asia-Russia, Middle East and Asia Pacific area, so we can take the advantage of our good position to make best use of oversea energy resource. By producing energy at home and importing from abroad, the proportion of natural gas will probably reach more than 10 % in our national primary energy structure in 2030—2050, which is of great importance to change our national energy structure and promote a low-carbon economy.

[**Key words**] natural gas; resource potential; development trend; status; low-carbon economy