

# 我国非常规天然气开发利用战略研究

“能源领域咨询研究”综合组

**摘要:** 我国非常规天然气资源比较丰富, 开发利用程度低, 且有后发优势, 加快非常规天然气资源开发利用对我国经济社会发展与能源安全具有重要战略意义。本文在客观评价四类非常规天然气资源潜力与开发趋势的基础上, 提出了我国非常规天然气开发利用战略和措施建议。研究认为, 我国页岩气、致密砂岩气和煤层气可采资源总量约为  $3.1 \times 10^{13} \text{ m}^3$ , 大约是常规天然气可采资源量的 1.5 倍, 技术进步和国家政策扶持是实现非常规天然气资源大规模开发利用的关键。我国非常规天然气开发利用可采取“三步走”的路线, 积极组织, 加快发展, 预计到 2020 年前后, 我国非常规天然气产量将与常规天然气平分秋色, 2030 年前后非常规天然气产量有望达到  $3 \times 10^{11} \text{ m}^3$ , 约占总产量的 2/3, 非常规天然气将成为保障我国天然气工业长期稳定和健康发展的主体资源。

**关键词:** 非常规天然气; 资源潜力; 开发利用; 战略地位

**中图分类号:** TE09      **文献标识码:** A

---

## Strategic Research on Unconventional Natural Gas Development & Utilization in China

The Comprehensive Research Group for *Energy Consulting and Research*

**Abstract:** The unconventional natural gas resources is abundant in China but with low degree of development and utilization. Moreover, there is advanced technology and experiences from outside China can be learned. It is of great strategic significance to accelerate the development and utilization of unconventional natural gas resources for economic and social development as well as the energy security. Based on the evaluation of the potential and exploitation trends of four types of unconventional natural gas resources, some strategies and measures were recommended in this paper. The studies suggested that the grand total technically recoverable resources of shale gas, tight gas and coal-bed methane in China is approximately  $3.1 \times 10^{13} \text{ m}^3$ , which is 1.5 times that of conventional natural gas resources. Both technological innovation and policy support from the government are the key to achieve the large-scale development and utilization of unconventional natural gas resources. A three-step strategy can be applied in the development and utilization of unconventional natural gas in China. The output of unconventional natural gas is predicted to draw equal with that of the conventional natural gas around 2020; it is expected to reach approximately  $3 \times 10^{11} \text{ m}^3$  around 2030, accounting for 2/3 of the national total. It will be the main contributor for the sustainable and sound development of China's natural gas industry.

**Key words:** unconventional natural gas; resource potential; development and utilization; strategic position

---

收稿日期: 2015-11-04; 修回日期: 2015-11-06

基金项目: 中国工程院重大咨询项目“我国非常规天然气开发利用战略研究”(2011-ZD-19); 项目负责人: 谢克昌

本刊网址: [www.enginsci.cn](http://www.enginsci.cn)

## 一、前言

非常规天然气主要包括致密气（致密砂岩气简称）、页岩气、煤层气和天然气水合物等，是科技进步和政策扶持驱动下出现的新型化石能源，与常规天然气具有相同的产品属性<sup>[1]</sup>。美国是全球非常规天然气资源开发利用最早、最成功的国家，2014 年美国非常规天然气产量达到  $5.29 \times 10^{11} \text{ m}^3$ ，占其天然气总产量的 70% 以上，其中页岩气产量达  $3.64 \times 10^{11} \text{ m}^3$ ，约占美国天然气总产量的 50%<sup>[2]</sup>。美国非常规天然气大规模开发利用，特别是近 10 年页岩气产量的迅猛增长，使美国再次成为全球第一产气大国，已经明显改变了其能源供应格局，并推动全球能源战略布局调整，影响深远。相比之下，我国天然气工业刚刚进入快速发展阶段就出现严重的供需缺口，2014 年天然气对外依存度已达 32%，而面对生态环境保护与温室气体减排的双重压力，又迫切地需要大幅提高天然气的消费比重。我国非常规天然气资源比较丰富，且具有后发优势，加快非常规天然气资源开发利用，将对改善国家能源结构和保证能源安全都具有重大战略意义<sup>[3]</sup>。

## 二、我国非常规天然气资源潜力与分布

我国地质条件有利于非常规天然气资源的形成和赋存。根据本次研究和专家作出的评价，我国页岩气、致密气、煤层气和天然气水合物资源都比较丰富，其中页岩气、致密气和煤层气技术可采资源量约为  $3.1 \times 10^{13} \text{ m}^3$ ，是我国常规天然气可采资源总量的 1.5 倍左右（见表 1）。

表 1 我国常规与非常规天然气资源潜力对比表

资源类型	常规天然气	非常规天然气		
		致密气	页岩气	煤层气
技术可采资源量 / $\times 10^{12} \text{ m}^3$	20	11.3	8.8	10.9

我国致密气分布范围广、分布层系多，主要沉积盆地近 10 套层系均有致密气发育，但规模发育的致密气主要分布在三大层段：以鄂尔多斯盆地为代表的石炭系—二叠系，以四川盆地、塔里木盆地为代表的三叠系—侏罗系，以塔里木盆地库车地区、松辽盆地、渤海湾盆地为代表的白垩系—第三系。本次评价我国致密气技术可采资源量约为

$1.1 \times 10^{13} \text{ m}^3$ ，主要分布在鄂尔多斯、四川、准噶尔、塔里木、松辽、渤海湾和东海等主要含油气盆地<sup>[4]</sup>。

我国发育海相、海陆过渡相和陆相 3 类富有机质页岩，均可形成页岩气。本次研究与近期钻探结果表明，我国海相页岩的集中段厚度大、分布较广、含气量高、可压裂性好，页岩气资源潜力与现实性最好；海陆过渡相页岩的集中段厚度小、连续性差、含气量低、可压裂性一般，页岩气资源潜力有待落实；陆相页岩以生油为主，横向变化快、含气范围小、可压裂性差，页岩气资源潜力有限。本次重点评价出我国海相页岩气技术可采资源量约为  $8.8 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ，与国土资源部 2012 年 4 月公布的海相页岩气资源量数据十分接近，主要分布在川渝、湘鄂、云贵和苏皖等地区<sup>[1,5]</sup>。因现阶段资料有限，本次研究对海陆过渡相和陆相页岩气暂未给出具体资源量结果。

我国煤层气分布受聚煤作用与后期改造控制，主要赋存于华北地区石炭系—二叠系、华南地区上二叠统、西北地区中—下侏罗统和东北（含内蒙东部）地区上侏罗统—下白垩统 4 大地区 4 套层系。本次评价我国煤层气技术可采资源量约为  $1.1 \times 10^{13} \text{ m}^3$ ，其中具有整装规模性开采条件的煤层气可采资源量达  $7.0 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ，主要分布在鄂尔多斯、沁水、准噶尔、滇东—黔西、二连等盆地<sup>[1]</sup>。

我国南海北部陆缘、东海大陆坡、青藏与东北陆地冻土带均具有形成天然气水合物的地质环境和条件。受资料与认识程度所限，本次利用蒙特卡罗法初步估算，我国天然气水合物远景地质资源量约为  $1.16 \times 10^{14} \text{ m}^3$ ，主要分布在南海海域和青藏高原冻土区<sup>[1]</sup>。

## 三、我国非常规天然气开发利用现状与发展趋势

### （一）致密气已进入规模发展期，经过 10 年左右快速发展，将进入产量高峰阶段

致密气在我国发现最早、开发最成功，已成为天然气增储上产的重要领域。2006 年以来，随着压裂改造、水平井技术进步以及生产组织管理模式创新，致密气开发利用进入快速发展阶段，发现了鄂尔多斯盆地上古生界、四川盆地须家河组两大致密气现实区，年均新增探明致密气储量占全国比例已

近一半, 2014年致密气产量达 $3.8 \times 10^{10} \text{ m}^3$ , 约占天然气总产量的29%。其中, 鄂尔多斯盆地苏里格致密气田探明和基本探明地质储量已超 $4 \times 10^{12} \text{ m}^3$ , 2014年产量为 $2.35 \times 10^{10} \text{ m}^3$ 。

在分析致密气资源潜力与储量、产量历史增长趋势基础上, 采用模型法与情景分析法, 结合重点探区发展规划, 综合预测我国致密气未来产量发展趋势<sup>[1,6]</sup>。结果表明, 未来相当长一段时间内, 我国致密气产量都将保持快速增长, 2020年致密气产量有望达到 $6 \times 10^{10} \text{ m}^3$ , 2030年前后进入产量增长高峰, 年产量预计为 $1.2 \times 10^{11} \text{ m}^3$ 。

## (二) 页岩气已实现工业起步, 经过10年左右技术准备, 有望进入快速发展阶段

借鉴北美页岩气勘探开发成功经验, 我国开展页岩气综合评价和勘探开发试验, 在四川盆地威远地区古生界海相页岩地层率先获得突破。此后在上扬子地区古生界、四川和鄂尔多斯盆地中生界发现页岩气, 创建了威远、长宁、富顺—永川、涪陵、延长等先导试验区。近期生产实践证实, 我国三类页岩气中海相页岩气现实性最好, 且已形成工业生产能力, 2014年产量已达 $1.25 \times 10^9 \text{ m}^3$ 。类比美国页岩气发展历程与经验, 考虑我国页岩气发展的后发优势, 认为我国页岩气实现大规模开发利用至少需要10年左右的技术准备与试验时间。

本次选用典型产气区类比、井场平台(PAD)模型计算、发展历史类比、情景分析法等多种方法<sup>[1,7]</sup>, 综合预测未来5~10年是我国页岩气技术准备与实现工业起步的关键期, 之后随着页岩气资源核心开发区落实与技术成熟配套, 页岩气产量将进入快速增长阶段, 预计2020年、2030年我国页岩气产量有望达到 $2 \times 10^{10} \text{ m}^3$ 和 $1 \times 10^{11} \text{ m}^3$ 。

## (三) 煤层气已实现工业生产, 经过10年左右产业化布局, 将进入大规模发展阶段

经过近20余年的技术攻关与开采试验, 我国煤层气已实现工业化生产, 初步建成沁水南部、鄂尔多斯东缘两大地面煤层气生产基地, 2014年煤层气产量已达 $1.69 \times 10^{10} \text{ m}^3$ , 其中地面煤层气开采量已达 $3.6 \times 10^9 \text{ m}^3$ 。

采用情景分析法, 对地面井、矿井煤层气产量规模及发展趋势进行测算, 再综合判断全国煤层气产量规模及发展趋势<sup>[1,8-10]</sup>。预计未来5~10年

矿井抽采、地面开发的煤层气产量均将保持快速增长, 之后矿井抽采煤层气产量可能进入稳产期至衰减期, 地面开发煤层气产量仍会保持较快增长速度, 综合预计2020年、2030年我国煤层气产量将分别达到 $4 \times 10^{10} \text{ m}^3$ 、 $8 \times 10^{10} \text{ m}^3$ 。

## (四) 天然气水合物已跨越发现阶段, 经过10~20年资源调查和试采, 可望实现工业起步

我国天然气水合物资源调查与研究起步较晚, 但进展较快, 目前已在南海海域、青藏高原冻土带钻探获得了天然气水合物实物样品, 并在南海北部陆坡初步控制天然气水合物面积 $55 \text{ km}^2$ , 估算天然气储量 $1 \times 10^{11} \sim 1.5 \times 10^{11} \text{ m}^3$ <sup>[11]</sup>, 证实我国天然气水合物资源不仅存在, 而且比较丰富。根据我国天然气水合物调查研究与技术储备现状, 综合分析国外对天然气水合物试开采进展, 预测2025—2030年, 我国有望实现深海天然气水合物工业开发技术与装备的突破, 2035—2050年, 有可能实现深海天然气水合物的商业开发。

综合上述预测结果, 预计我国非常规天然气产量2020年前后有望达到 $1.2 \times 10^{11} \text{ m}^3$ , 与常规天然气产量基本相当; 2030年前后有望达到 $3 \times 10^{11} \text{ m}^3$ , 约占届时天然气总产量的2/3(见图1)。

## 四、我国非常规天然气开发利用战略与对策建议

### (一) 总体发展战略

非常规天然气资源开发利用在加快我国天然气工业发展中占有极其重要的战略地位。坚持能源领域国际化和市场化战略, 统筹组织我国非常规天然气资源的开发利用。通过机制引导和政策扶持, 积极推动非常规天然气领域科技创新, 加快先导开发示范区建设。在保持常规天然气快速发展的同时, 加快非常规天然气资源的开发利用, 用10~20年时间, 把非常规天然气发展成为支撑我国天然气工业快速、健康发展的主体资源, 为改善能源结构、保障能源安全和保护环境做出重大贡献。

### (二) 发展路线图

从资源可靠性、经济性和技术成熟性看, 应针对不同类型非常规天然气, 采取不同的发展策略和路线图。

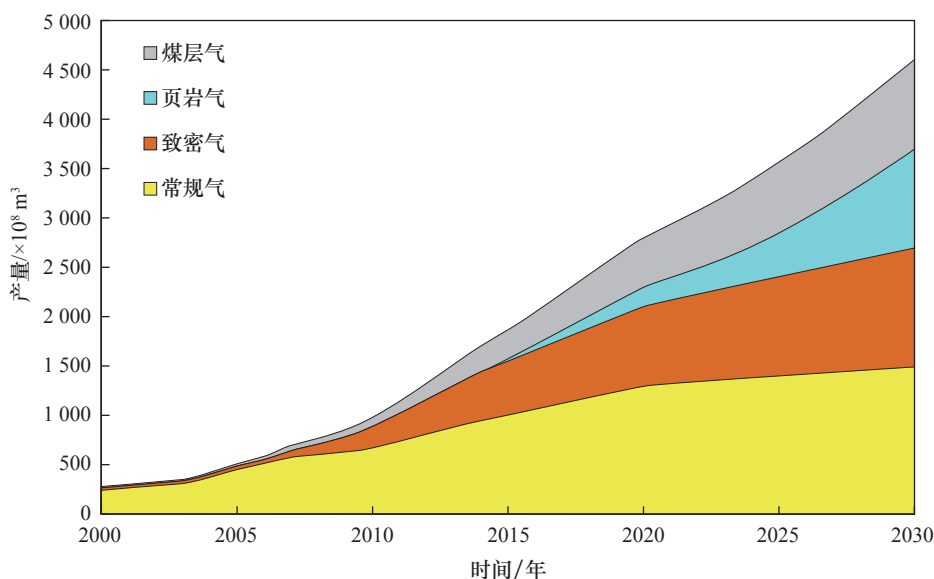


图 1 全国天然气产量增长趋势预测图

(1) 致密气发展的现实性最好，通过积极推动，可以先行一步，担当加快非常规天然气发展的主力军。未来致密气发展也可采取“三步走”的路线：第一步，“十二五”期间加快鄂尔多斯、四川盆地两大基地上产步伐，加强塔里木、准噶尔、松辽和渤海湾等盆地致密气勘探，发展完善勘探开发配套技术，继续保持快速发展，2015年产量达到 $4 \times 10^{10} \text{ m}^3$ 以上；第二步，“十三五”期间通过技术进步和优化，形成系统配套、高效和低成本技术体系，主要盆地致密气实现大规模开发利用，产量大规模增长，2020年将达到 $6 \times 10^{10} \text{ m}^3$ 左右；第三步，2020年以后致密气逐步进入稳定发展期，2030年产量将达到 $1.2 \times 10^{11} \text{ m}^3$ 左右。

(2) 页岩气发展前景令人鼓舞，通过加强科技攻关和加快先导开发示范区建设，可以担当加快非常规天然气发展的生力军。未来页岩气开发利用可以采取“三步走”的路线：第一步，“十二五”期间选择海相、海陆过渡相和陆相页岩气有利富集区，做好先导开发示范区建设，初步形成3500m以浅页岩气勘探开发关键技术和经济有效开发方式，四川盆地海相页岩气示范区建设取得重要进展，实现页岩气工业开发的顺利起步；第二步，“十三五”期间以四川盆地及周缘海相页岩气规模开发为重点，突破海陆过渡相和陆相页岩气工业性开发，初步实现页岩气规模开发利用，2020年产量力争突破 $2 \times 10^{10} \text{ m}^3$ ；第三步，2020年以后形成适合我国地

质与地表特点的便捷、高效、低成本、环境友好的页岩气勘探开发配套技术和行之有效的管理体制机制，实现页岩气产量快速增长，力争2030年前后达到 $1 \times 10^{11} \text{ m}^3$ 。

(3) 煤层气已有较好发展基础，通过积极推动，可以担当加快发展的重任。未来煤层气开发利用按照“能源、安全、环境”三重效益的原则，坚持地面与井下“两条腿走路”，采取“三步走”的路线，积极推动，加快发展。第一步，“十二五”期间依托沁水、鄂尔多斯东部两大基地奠定产业规模，突破低阶煤、多层薄煤和巨厚煤层的煤层气地面开发技术，2015年产量达到 $2 \times 10^{10} \text{ m}^3$ 左右；第二步，“十三五”期间实现煤层气产量规模扩张，突破矿井与地面煤层气联合抽采技术以及深部煤层气地面开发技术，产业化基地扩展到4~6个盆地，力争2020年产量达到 $5 \times 10^{10} \text{ m}^3$ 左右；第三步，2020年以后基本完成煤层气产业的战略布局，突破构造煤地区煤层气地面开发技术，产业化基地覆盖全国主要含煤盆地，力争2030年产量达到 $9 \times 10^{10} \text{ m}^3$ 左右。

(4) 天然气水合物资源前景广阔，通过加快勘查、适时开展试采，尽早实现商业开发利用。未来水合物开发利用按照不落后于世界先进水平的战略目标，充分发挥产业部门优势，采取“三步走”的路线：第一步，2020年以前初步查明我国天然气水合物资源潜力和分布状况，提高南海北部水合物资



源评价精度,加强具有自主知识产权的水合物勘探开发技术创新与储备;第二步,2021—2030年在南海北部陆坡区选择可靠、有规模的富集区,开展试采;第三步,2030年以后尽快形成有效的开采技术,率先在南海实现天然气水合物的商业开发。

### (三) 措施建议

(1) 提升非常规天然气资源开发利用的战略地位。把非常规天然气作为支撑我国天然气工业长期可持续发展的主体资源,统筹兼顾国家、地方和企业利益,运用市场、资质约束与政策鼓励等手段,调动多方积极性,形成综合优势,加快非常规天然气资源的开发利用。

(2) 分类加大非常规天然气先导开发示范区建设,形成有中国特色的技术体系、管理体制机制和低成本有效发展之路。优先在川渝、陕北等页岩气富集区,加快先导开发示范区建设;选择有规模、难动用的致密气储量区以及低阶煤、构造煤、厚层煤、深层煤等煤层气富集区,开展先导开发示范区建设。

(3) 给予非常规天然气财税优惠政策。对2020年以前企业在非常规天然气领域投入的勘探、关键设备、技术引进与创新费用给予免税政策;在气价改革方案的基础上,进一步加大对非常规天然气开发利用的价格补贴。

(4) 搭建国家级研发平台,加强基础理论研究、重大关键技术攻关与相关标准的制订。在国家油气重大专项中增设页岩气、致密气等非常规天然气项目,择机建立页岩气、致密气、煤层气和天然气水合物国家重点实验室,集中优势力量,加强协同攻关。

(5) 战略谋划天然气与能源安全、气候变化、生态环境、地缘政治、法律法规及经济发展相关的策略体系。非常规天然气开发利用要高度重视对地质、生态环境和水资源的影响,创新发展环境友好型高效开发利用技术,最大限度地减少负面影响。

## 五、结语

我国独特的地质条件造就了非常规天然气资源潜力远大于常规天然气,且随着勘探开发程度的不断提高,非常规天然气地位正日趋重要。但非常规天然气资源总体品位偏低、经济性偏差,技术进步和政策扶持是实现非常规天然气大规模开发利用的关键。我国应充分发挥后发优势,坚持非常规天然气与常规天然气并重发展<sup>[12]</sup>,在技术进步与政策扶持“双轮”驱动下,力争用10~20年时间积极组织、加快发展,使非常规天然气成为支撑我国天然气工业持续健康发展的主体资源,为优化能源结构、保障能源安全和改善生态环境做出重大贡献。

### 参考文献

- [1] 谢克昌,邱中建,金庆焕,等.中国非常规天然气开发利用战略研究[M].北京:科学出版社,2014.
- [2] Energy Information Administration. Annual energy outlook 2015[EB/OL]. [2015-4-14]. <http://www.eia.gov/pressroom/presentations.cfm>.
- [3] 邱中建,赵文智,邓松涛.我国致密砂岩气和页岩气的发展前景和战略意义[J].中国工程科学,2012,14(6):4-8.
- [4] 张国生,赵文智,杨涛,等.我国致密砂岩气资源潜力、分布与未来发展地位[J].中国工程科学,2012,14(6):87-93.
- [5] 赵文智,董大忠,李建忠,等.中国页岩气资源潜力及其在天然气未来发展中的地位[J].中国工程科学,2012,14(7):46-51.
- [6] 杨涛,张国生,梁坤,等.全球致密气勘探开发进展及中国发展趋势预测[J].中国工程科学,2012,14(6):64-68.
- [7] 李建忠,李登华,董大忠,等.中美页岩气成藏条件、分布特征差异研究与启示[J].中国工程科学,2012,14(6):56-63.
- [8] 袁亮.我国煤层气开发利用的科学思考与对策[J].科技导报,2011,29(22):3.
- [9] 袁亮,秦勇,程远平,等.我国煤层气矿井中一长期抽采规模情景预测[J].煤炭学报,2013,38(4):529-534.
- [10] 秦勇,袁亮,程远平,等.中国煤层气地面井中长期生产规模的情景预测[J].石油学报,2013,34(3):489-495.
- [11] 张洪涛,张海殷,许振强.中国天然气水合物[J].中国地质调查,2014,1(3):1-6.
- [12] 邱中建,邓松涛.中国非常规天然气的战略地位[J].天然气工业,2012,32(1):1-5.