

新形势下中国煤层气勘探开发面临的挑战与机遇

门相勇¹ 韩 征¹ 官厚健² 王彧嫣¹

1. 国土资源部油气资源战略研究中心 2. 中国矿业大学(北京)

摘 要 在我国加快能源转型和生态文明建设的新形势下,研究我国煤层气勘探开发面临的挑战与机遇意义重大。为此,在介绍我国煤层气勘探开发现状的基础上,分析总结新形势下我国煤层气产业面临的3大挑战和3大机遇,3大挑战是:①煤层气开发成本高、低气价下企业效益较差导致企业信心不足、投资积极性不高;②煤层气资源赋存条件复杂、现有开发技术不能有效推广是制约产业快速发展的内在因素;③现有煤层气产业管理体制、机制和政策不能与煤层气产业的特点相适应是影响产业发展的外部因素。3大机遇是:①生态文明建设高质量发展对于煤层气开发产业是千载难逢的发展机遇;②煤层气资源认识、技术攻关和开发经验等方面具备了较好的产业发展基础条件;③正在制定和部分已出台的油气体制改革政策将有利于促进煤层气产业的健康发展。在此基础上,提出了“多措并举、综合施策”的工作建议:①以沁水盆地南部和鄂尔多斯盆地东缘两大产业基地为重点实现煤层气快速上产;②加强深层和新区煤层气的勘查开发力度,实现全国范围内的开发试验区建设合理布局;③加强以“提高单井产气量”为目标的科技攻关与质量管理;④探索与煤层气勘探开发一体化特点相适应的管理机制。

关键词 中国 煤层气 勘探开发 投资积极性 开发技术 管理政策 清洁能源需求量 产业发展基础

DOI: 10.3787/j.issn.1000-0976.2018.09.002

Challenges and opportunities of CBM exploration and development in China under new situations

Men Xiangyong¹, Han Zheng¹, Gong Houjian² & Wang Yuyan¹

(1. Strategic Research Center of Oil & Gas Resources, Ministry of Land and Resources, Beijing 100034, China; 2. China University of Mining and Technology, Beijing 100083, China)

NATUR. GAS IND. VOLUME 38, ISSUE 9, pp.10-16, 9/25/2018. (ISSN 1000-0976; In Chinese)

Abstract: Under the new situation of speeding up energy transformation and ecological civilization construction in China, it is of great significance to study the challenges and opportunities faced during the exploration and development of coalbed methane (CBM) in China. In this paper, the CBM exploration and development status in China was introduced. Then, three major challenges and opportunities that domestic CBM industry is faced with under the new situation were analyzed and summarized. The three major challenges are as follows. First, CBM development cost is high and enterprise benefit is poor at low gas price, so enterprises are less confident with low investment initiative. Second, the internal factors that restrict the rapid development of CBM industry are that the occurrence conditions of CBM resources are complicated and existing development technologies cannot be popularized effectively. And third, the external factor impacting the development of CBM industry is that the management systems, mechanisms and policies of CBM industry are not suitable for its characteristics. The three major opportunities are as follows. First, the high-quality development of ecological civilization construction is a once-in-a-lifetime development opportunity for CBM development industry. Second, the basic conditions of CBM industry development are better in terms of CBM resource cognition, technological research and development experience. And third, the oil and gas structure reform policies that have been issued and are being formulated are favorable for promoting the healthy development of CBM industry. And accordingly, the following concurrent multiple measures and comprehensive policies were proposed. First, rapid CBM production increase should be realized with the southern area of the Qinshui Basin and the eastern margin of the Ordos Basin as two major industrial bases. Second, CBM exploration and development in deep layers and new areas should be strengthened to realize the rational construction layout of development test sites in the whole country. Third, technological research and quality management with single-well gas production improvement as the target should be enhanced. And fourth, integrated management mechanism of CBM exploration and development should be explored.

Keywords: China; Coalbed methane; Exploration and development; Investment initiative; Development technology; Management policy; Clean energy demand; Industrial development base

作者简介: 门相勇, 1971年生, 高级工程师, 博士; 主要从事油气勘查开发监督和煤层气勘查开发方面的研究工作。地址: (100034) 北京市西城区兵马司胡同19号国土资源部油气资源战略研究中心。ORCID: 0000-0001-9020-3167。E-mail: menxy@sinoilgas.org.cn

近几年,世界经济逐步复苏,对油气需求逐步提升,国际油价上涨明显。中国经济进入新常态,国家大力推进生态文明建设^[1],能源转型步伐加快,增大了对天然气等清洁能源的需求量。煤层气属非常规天然气,其主要成分是甲烷(通常含量超过95%),煤层气开发除了能够提供低碳清洁能源外,还有助于降低温室气体排放量和煤矿生产安全风险。

煤层气在我国作为独立矿种管理,经过了20多年的发展,基本实现了产业化,但与发达国家相比,我国煤层气产业发展速度较慢,产气规模也较小^[2-4],在我国加快生态文明建设的新形势下,分析我国煤层气勘探开发面临的挑战与机遇意义重大。为此,笔者介绍了我国煤层气的勘探开发现状,分析了新形势下我国煤层气产业面临的三大挑战和三大机遇,并提出了煤层气产业发展的改革政策建议。

1 中国煤层气勘探开发现状

1.1 勘探进展

截至2017年底,我国共有煤层气探矿权118个,面积46 263.67 km²。进行煤层气勘查工作的单位有中石油、中石化、中海油、中联煤层气有限责任公

司(以下简称中联煤)和地方企业等。我国煤层气勘探工作主要集中在位于山西省的沁水盆地和位于晋陕交界的鄂尔多斯盆地东缘,已建成两个产业基地,此外,在新疆、四川和贵州等新区煤层气勘探取得一些新突破,展示了我国煤层气勘探具有良好前景^[5]。

截至2017年底,我国已发现沁水、韩城、鄂东、川南、延川南、潘庄、枣园等26个煤层气田;累计探明煤层气地质储量 $6\,345\times 10^8\text{ m}^3$,累计探明技术可采储量 $3\,193\times 10^8\text{ m}^3$,累计探明经济可采储量 $2\,537\times 10^8\text{ m}^3$ ^[6]。根据截至2017年底的数据统计分析结果,我国已探明的煤层气地质储量分布比较集中:①从行政归属看,山西省已探明煤层气地质储量约占全国的87%,远超全国其他省份(图1);②从企业分布看,已探明煤层气地质储量主要集中在中石油、中联煤手中,二者约占全国的88%(图2);③从盆地分布看,沁水盆地和鄂尔多斯盆地已探明煤层气地质储量共约占全国的98%。

1.2 开发进展

截至2017年底,我国煤层气采矿权13个,面积1 991.88 km²^[6],累计钻直井、水平井17 496口,累计生产煤层气约 $280\times 10^8\text{ m}^3$,占总探明地质储量

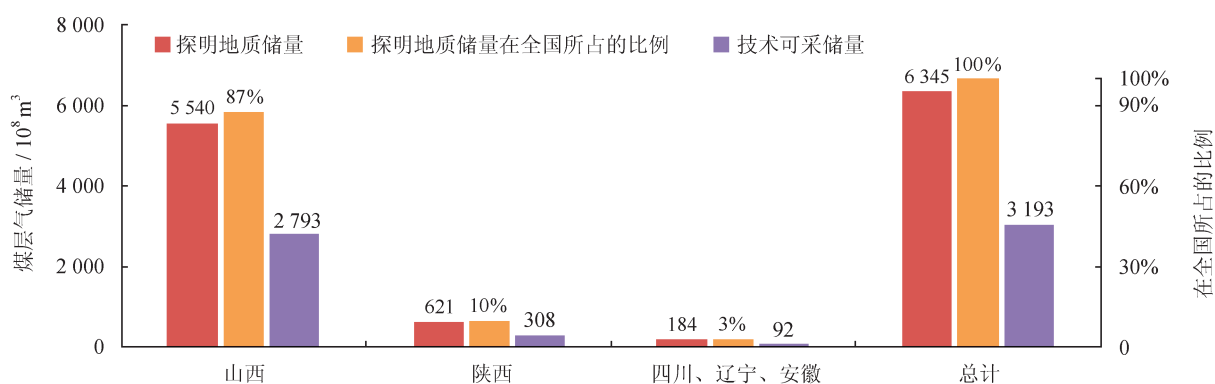


图1 全国煤层气探明地质储量及技术可采储量图(按省份统计,截至2017年底)

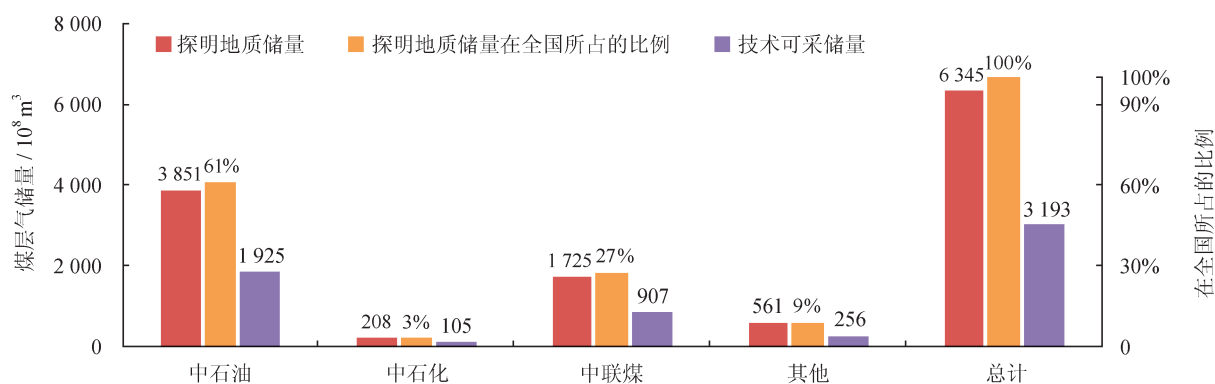


图2 全国煤层气探明地质储量及技术可采储量图(按企业统计,截至2017年底)

的 4.4%。我国煤层气开发总体处于规模开发早期阶段。据国家能源局数据, 2017 年我国地面煤层气年产量 $49.59 \times 10^8 \text{ m}^3$, 大约是 2009 年 $10.17 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的 5 倍。近两年, 我国煤层气年产量增速较之前有所放缓(图 3), 2017 年和 2016 年相比前一年仅分别增长了 10.3% 和 1.6%。目前, 我国煤层气产业基地主要

有在沁水盆地南部和鄂尔多斯盆地东缘, 二者的地面煤层气总产量占全国的 90% 以上。通过对 2017 年我国地面煤层气产量数据进行统计分析, 山西省煤层气产量最大, 约占全国地面煤层气总产量的 88.2%, 其次是陕西省和四川省, 两者地面煤层气产量分别约占全国地面总产量的 8.3% 和 2.0%^[7] (图 4)。

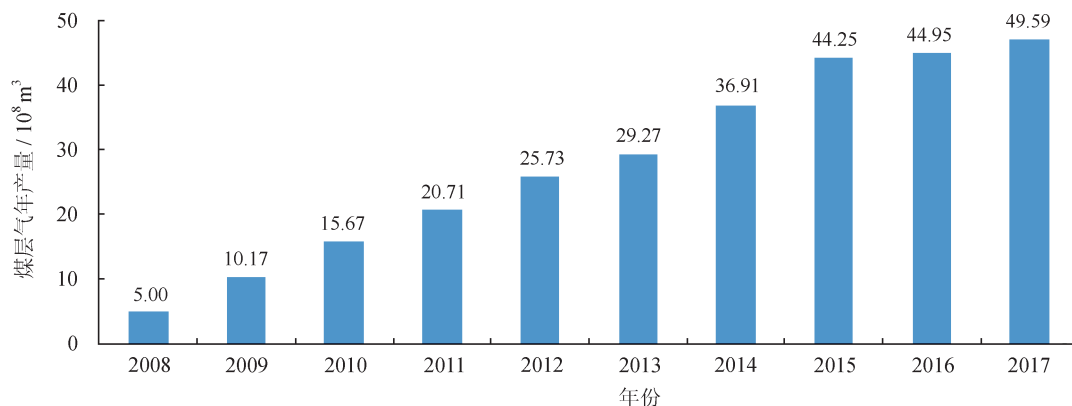


图 3 全国煤层气历年产气量统计图

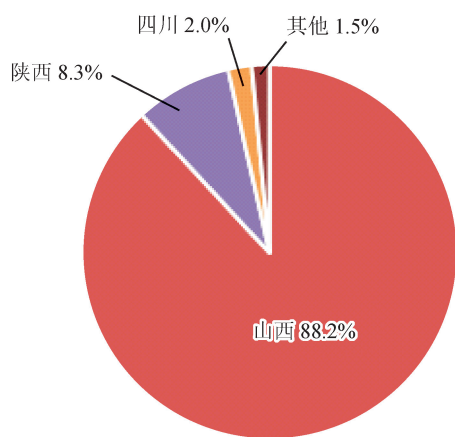


图 4 2017 年相关省区煤层气年产量占比图

2 中国煤层气产业发展面临的三大挑战

2.1 煤层气企业效益总体较差, 企业信心不足, 投资积极性不高

根据近几年对中石油、中联煤、中石化等数家国内煤层气企业的调研, 煤层气企业产气成本总体偏高, 低气价下多数企业效益均不佳, 行业经营总体利润低、投资风险高。主要表现在: ①我国煤层气单井产量低, 直井单井产气量平均为 $994 \text{ m}^3/\text{d}$, 仅为美国的 $1/4$ ^[3], 这是导致煤层气生产成本居高不下的主要原因; ②受前几年低油价的影响, 国内煤层气气价降低 $0.5 \text{ 元}/\text{m}^3$ 左右, 与此同时生产材料、人工费用等较快增长, 多数企业在国家财政补

贴 $0.3 \text{ 元}/\text{m}^3$ 的情况下, 处于微利保本甚至亏损状态。例如某煤层气公司煤层气生产成本为 $1.67 \text{ 元}/\text{m}^3$, 财政补贴之后利润仅为 $0.07 \text{ 元}/\text{m}^3$ ^[5]; 而某煤层气企业虽然在国内外率先实现了中深层(埋深介于 $1\,000 \sim 1\,500 \text{ m}$)煤层气规模开发的突破, 意义重大, 但由于生产成本低, 企业处于亏损状态。

近几年, 企业低利润、投资高风险影响了企业对煤层气勘探开发的投资信心, 我国投资煤层气的积极性呈逐年下降趋势。对 2002—2017 年我国煤层气勘探投入数据统计表明, 2012 年我国煤层气勘探投入强度达到最高峰, 为 $6.36 \text{ 万元}/\text{km}^2$, 此后不断下降, 至 2017 年为 $3.24 \text{ 万元}/\text{km}^2$ (图 5)。随着国家对环保要求的加强, 煤层气钻井液不落地、排采水严格达标排放等要求会进一步提高生产成本, 目前我国自然保护区等生态红线正在划定之中, 在生态红线内的煤层气矿业权将依法退出^[8]。这些都会对企业投资煤层气勘探开发的积极性产生影响。

2.2 现有成熟开发技术尚不能大范围有效推广, 制约了产业快速发展

我国煤层气资源赋存条件比较复杂, 由于煤层气经历构造运动多, 后期改造破坏程度大, 在挤压构造带往往构造煤比较发育, 如南华北板块、华北板块北缘和鄂尔多斯盆地西缘等^[9-10]。另外, 中深煤层气资源开采难度较大^[11-12], 我国埋深介于

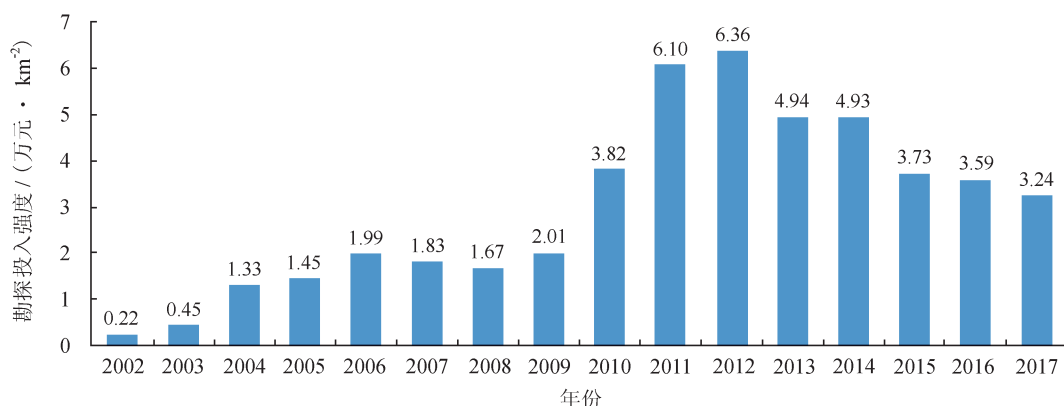


图5 2002—2017年中国煤层气年度勘探投入强度统计图

1 000 ~ 2 000 m 煤层气地质资源量约占 62.81%^[13]。沁水盆地南部和鄂尔多斯盆地东缘等煤层气高产富集区一般具备煤层气资源富集、渗透率较高等有利地质条件^[14]，该类地区已经初步形成了成熟的勘探开发技术系列，实现了有效开发。但生产实践表明，由于我国煤层气地质条件相对复杂，储层非均质强，有利区的成熟技术往往难以直接复制推广。据对某煤层气田的调研结果，其在埋深浅于 800 m 的富气高渗带已全部探明并实现了效益开发，平均煤层气日产量超过 1 500 m³，但对于因埋深较大导致渗透率低或者受断裂带活动影响破坏较大的煤层气资源，一般煤层气井日产量低于 500 m³，资源高效开发难度大^[5]。

2.3 煤层气产业管理体制机制还不能完全与煤层气产业特点相适应

煤层气资源具有与油气资源不同的特点：①生产需要连续、稳定、长期；②与另一个重要能源矿产——煤炭相伴生。当前我国煤层气产业管理体制机制还不能完全与之相适应，主要存在以下问题：①目前行政审批与煤层气生产特点不完全适应问题，例如办理采矿权时所需要的环境评价审批通常需要 1 ~ 3 年，审批时间长与煤层气生产需要连续稳定的需求不适应；②采气、采煤和谐发展问题，我国浅层煤层气矿业权往往与煤炭矿业权相重叠，属于不同矿业权人，易产生矛盾，虽然经国土资源部等部门出台了相关管理政策^[15]，并取得了一些进展，但要实现采气、采煤和谐发展的目标仍需不懈努力；③企业征地困难较大问题，煤层气区块往往位于山区，土地资源稀缺，而由于单井产量低，产能建设往往用地量大，同时永久性占地也常出现煤炭资源压覆的问题。

3 中国煤层气产业发展面临的三大机遇

3.1 国家大力推进生态文明建设，要求实现高质量发展，这对于能满足清洁能源、环保和安全要求的煤层气开发产业是难得的发展机遇

煤层气开发利用有助于降低煤矿开采安全事故、减少温室气体排放、增加清洁能源供应^[5]。国家生态文明建设要求绿色、环保和安全等高质量发展，这为煤层气资源的开发利用提供了一个难得的机遇。近两年对山西省煤层气产业发展的跟踪研究表明，煤层气销售市场发生了明显的变化，2018 年夏季煤层气市场需求淡季不淡，销售市场供不应求，与 2017 年夏季煤层气销售不畅而出现排空现象有明显改观。

煤层气开发对于推动我国生态文明建设的意义主要表现在以下 3 个方面：①煤层气开发能有效降低煤炭瓦斯含量，促进煤矿安全生产。过去瓦斯事故占到我国煤矿特大事故的 80% 以上，由于国家制定了一系列政策措施，强力推进煤层气（煤矿瓦斯）开发利用，煤矿瓦斯抽采利用规模逐年快速增长，煤矿瓦斯防治能力明显提高，据国家能源局统计，2015 年全国煤矿发生瓦斯事故比 2010 年下降 69.0%^[16]。②增加清洁能源供应，优化能源结构。据统计，截至 2017 年底，全国地面累计生产煤层气约 280×10^8 m³，相当于节约标准煤 $3\,360 \times 10^4$ t。③降低温室气体排放，保护大气环境。煤层气（甲烷）是一种温室气体，其温室效应是二氧化碳的 20 ~ 24 倍，是地球上的第二大温室气体。“十二五”期间减排二氧化碳 5.1×10^8 t^[16]。

3.2 产业发展基础方面，我国在煤层气资源认识、技术攻关和开发经验等方面具备了较好的条件

1) 在煤层气资源认识方面，根据 2015 年资源评

价结果,我国 2 000 m 以浅煤层气资源丰富,地质资源量达 $30.05 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ^[2,13],经过 20 年的探索实践和长期地质研究,已经对我国煤层气构造复杂性、有利区分布和工程适应性等方面都有了较为深入的认识。

2) 在煤层气开发技术工艺方面,直井、丛式井、水平羽状井、水平井分段压裂等工程技术日趋成熟,在压裂改造、生产测试、排采生产方面研发了针对性的专项技术,基本形成了一套较为成熟的中浅层煤层气勘探开发技术系列^[17-23]。

3) 在煤层气规模开发经验方面,我国已经在沁水盆地南部首次实现了煤层气商业性开发,是世界上最早获得高煤阶煤层气规模开发的国家;在鄂尔多斯盆地东缘北部获得中低煤阶煤层气高效开发;在鄂尔多斯盆地东缘南部实现了深层(埋深介于 1 000 ~ 1 500 m)煤层气规模开发,已完成 $5 \times 10^8 \text{ m}^3$ 产能建设^[24],达产率超过 60%,相关指标走在了世界的前列。这些成果都为我国下一步煤层气更大规模的勘探开发奠定了坚实基础。

3.3 油气体制改革方面,正在制定和部分已经出台的相关政策,将有利于促进煤层气产业的健康发展

我国煤层气同石油、天然气一样,实行矿业权部一级登记管理制度。按照中共中央、国务院于 2017 年 5 月印发的《关于深化石油天然气体制改革的若干意见》^[25],相关部门正在制定相关改革细化方案,将对煤层气勘探开发及产业发展产生深远影响。2017 年 6 月,国土资源部发布 75 号部长令,决定委托山西、福建、江西、湖北、贵州、新疆维吾尔自治区等 6 个省区级国土资源部门,在本行政区域内实施包括煤炭及煤层气勘查、资源储量规模中小型的煤层气以及资源储量规模 $10 \times 10^8 \text{ t}$ 以下的煤炭开采等审批登记^[26]。其中山西省于 2016 年开始煤层气改革试点,取得积极进展:①山西省政府出台了延长试采年限、支持土地利用、解决重叠区争议等一系列配套政策^[27],打通制约产业发展的“关节”,例如,规定将煤层气试采时间由 1 年可延长至 3 年;②出台了矿权出让工作方案^[28],以招标方式出让 10 个煤层气区块,这是我国首次实施煤层气勘查区块竞争出让。通过改革试点将有利于进一步完善试采证和环境评价等审批制度,解决采气采煤和谐发展和企地关系矛盾等问题^[29],改革试点成熟后可考虑向全国推广。

4 相关建议

针对新形势下我国煤层气勘探开发面临的挑战

和机遇,建议“多措并举、综合施策”,积极稳妥地将我国的煤层气产业做大做强。具体建议如下:

1) 以沁水盆地南部和鄂尔多斯盆地东缘两大煤层气产业基地为重点,加大煤层气勘探开发力度,积极寻找优质储量,实现煤层气产量规模的快速上升,为我国生态文明建设提供更多的清洁能源,为降低温室气体排放和提高煤矿生产安全做出更大贡献。

2) 加快深层和新区煤层气的勘探开发步伐,在全国实现新的开发试验区建设合理布局。在深层煤层气开发方面建议推广中石化延川南区块开发的成功经验,在新区煤层气开发方面要以已经实现勘探突破的新疆、贵州和川渝地区为重点,进一步加大政策支持力度,努力实现我国煤层气规模开发新的增长点。

3) 依托煤层气勘探开发国家科技重大专项,以企业为主体,产学研用相结合,以提高单井产气量为目标,加强科技攻关与质量管理,探索煤系地层内煤层气、砂岩气和页岩气等的综合开发利用技术和配套政策。

4) 以本轮油气体制改革为契机,创新煤层气矿权管理机制,坚持采气、采煤和谐发展的战略,探索与煤层气勘探开发一体化特点相适应的管理体制机制。

5) 煤层气开发利用是一项长期任务,只要有保持战略定力,坚定信心,久久为功,突破技术瓶颈,就一定可以实现我国煤层气资源的大规模开发。

5 结论

1) 截至 2017 年底,我国煤层气勘探已经发现 26 个煤层气田,累计探明煤层气地质储量 $6 345 \times 10^8 \text{ m}^3$;已有 13 个区块获得采矿权,2017 年全国年产气量达 $49.59 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。总体看,我国煤层气产业进入规模开发初期阶段。

2) 我国煤层气产业面临三大方面的挑战:①投资信心方面,企业效益较差,导致企业信心不足,投资积极性不高;②开发技术方面,资源赋存条件比较复杂,现有技术尚不能直接有效推广;③政策管理方面,目前的煤层气产业管理体制机制还不能完全与煤层气产业特点相适应。

3) 新形势下我国煤层气产业发展面临三大方面的机遇:①生态文明建设要求高质量发展,这对于煤层气开发产业是难得的发展机遇;②我国在煤层气资源认识、技术攻关和开发经验等方面具备了较好的发展基础;③油气体制改革方面,正在制定和

部分已经出台的相关政策,将有利于促进煤层气勘探开发和产业发展的顺利进行。

4) 针对新形势下煤层气勘探开发面临的挑战和机遇,提出了“多措并举、综合施策”的政策管理方面的改革建议,早日建成具有中国特色的煤层气产业。

参 考 文 献

- [1] 中共中央文献办公室. 习近平关于社会主义生态文明建设论述摘编[M]. 北京: 中央文献出版社, 2017.
Party Literature Research Center of the CPC Central Committee. Xi Jinping's excerpts on the construction of socialist ecological civilization[M]. Beijing: Central Party Literature Press, 2017.
- [2] 穆福元. 中国煤层气产业进展与思考[M]. 北京: 石油工业出版社, 2017.
Mu Fuyuan. CBM industry progress in China[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2017.
- [3] 曹艳, 龙胜祥, 李辛子, 胡小虎, 王传刚, 王烽. 国内外煤层气开发状况对比研究的启示[J]. 新疆石油地质, 2014, 35(1): 109-113.
Cao Yan, Long Shengxiang, Li Xinzi, Hu Xiaohu, Wang Chuangang & Wang Feng. The enlightenment from comparative studies of the coalbed methane (CBM) development at home and abroad[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2014, 35(1): 109-113.
- [4] 孔令峰, 栾向阳, 杜敏, 尚树林, 孔梓拯. 典型区块煤层气地面开发项目经济性分析及国内煤层气可持续发展政策探讨[J]. 天然气工业, 2017, 37(3): 116-126.
Kong Lingfeng, Luan Xiangyang, Du Min, Shang Shulin & Kong Zizheng. Economic analysis of CBM ground development projects of typical exploration blocks and discussion on support policies for CBM sustainable development in China[J]. Natural Gas Industry, 2017, 37(3): 116-126.
- [5] 门相勇, 韩征, 高白水, 任继红, 崔宝磊. 我国煤层气勘查开发现状与发展建议[J]. 中国矿业, 2017, 26(增刊2): 1-4.
Men Xiangyong, Han Zheng, Gao Baishui, Ren Jihong & Cui Baolei. Present situation and development suggestion of CBM exploration and development in China[J]. China Mining Magazine, 2017, 26(S2): 1-4.
- [6] 中华人民共和国石油天然气勘查开采区块登记状况图册编纂委员会. 中华人民共和国石油天然气勘查开采区块登记状况图册[R]. 北京: 中华人民共和国自然资源部, 2018.
Compilation Commission of the Registration Status of Oil and Gas Exploration and Production Blocks of the PRC. The registration status of oil and gas exploration and production blocks[R]. Beijing: Ministry of Natural Resources of the PRC, 2018.
- [7] 全国油气矿产储量、产量分析报告编委会. 全国油气矿产储量、产量分析报告[R]. 北京: 国土资源部油气资源战略研究中心, 2018.
National Oil and Gas Reserves, Production Analysis Report Compilation Committee of the PRC. National oil and gas mineral reserves and production analysis report[R]. Beijing: MLR Strategic Research Center for Oil and Gas Resources, 2018.
- [8] 中华人民共和国环境保护部. 关于进一步加强涉及自然保护区开发建设活动监督管理的通知[EB/OL]. (2015-05-08)[2018-08-05]. http://www.zhb.gov.cn/gkml/hbb/bwj/201505/t20150518_301835.htm.
Ministry of Environmental Protection of the PRC. Notice on further strengthening the supervision and administration of development and construction activities of natural reserves[EB/OL]. (2015-05-08)[2018-08-05]. http://www.zhb.gov.cn/gkml/hbb/bwj/201505/t20150518_301835.htm.
- [9] 邵强, 王恩营, 王红卫, 殷秋朝, 霍光生, 李丰良. 构造煤分布规律对煤和瓦斯突出的控制[J]. 煤炭学报, 2010, 35(2): 250-254.
Shao Qiang, Wang Enying, Wang Hongwei, Yin Qiuchao, Huo Guangsheng & Li Fengliang. Control to coal and gas outburst of tectonic coal distribution[J]. Journal of China Coal Society, 2010, 35(2): 250-254.
- [10] 欧阳永林, 孙斌, 王勃, 田文广, 赵洋, 曹海霄. 煤层气封闭体系及其与煤层气富集的关系[J]. 天然气工业, 2016, 36(10): 19-27.
Ouyang Yonglin, Sun Bin, Wang Bo, Tian Wenguang, Zhao Yang & Cao Haixiao. CBM sealing system and its relationship with CBM enrichment[J]. Natural Gas Industry, 2016, 36(10): 19-27.
- [11] 张永平, 杨延辉, 邵国良, 陈龙伟, 魏宁, 张利文. 沁水盆地樊庄—郑庄区块高煤阶煤层气水平井开采中的问题及对策[J]. 天然气工业, 2017, 37(6): 46-54.
Zhang Yongping, Yang Yanhui, Shao Guoliang, Chen Longwei, Wei Ning & Zhang Liwen. Problems in the development of high-rank CBM horizontal wells in the Fanzhuang—Zhengzhuang Block in the Qinshui Basin and countermeasures[J]. Natural Gas Industry, 2017, 37(6): 46-54.
- [12] 秦勇, 申建. 论深部煤层气基本地质问题[J]. 石油学报, 2016, 37(1): 125-136.
Qin Yong & Shen Jian. On the fundamental issues of deep coalbed methane geology[J]. Acta Petrolei Sinica, 2016, 37(1): 125-136.
- [13] 国土资源部油气资源战略研究中心. 煤层气资源动态评价[M]. 北京: 地质出版社, 2017.
MLR Strategic Research Center for Oil and Gas resources. Dynamic evaluation of coalbed methane resources[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2017.
- [14] 杜志敏, 付玉, 伍勇. 低渗透煤层气产能影响因素评价[J]. 石油与天然气地质, 2007, 28(4): 516-519.
Du Zhimin, Fu Yu & Wu Yong. Evaluation of factors affecting productivity of low-permeability coalbed methane reservoirs[J]. Oil & Gas Geology, 2007, 28(4): 516-519.
- [15] 国土资源部. 关于加强煤炭和煤层气资源综合勘查开采管理的通知[EB/OL]. (2007-04-17)[2018-08-05]. http://www.mlr.gov.cn/pub/mlr/documents/t20070423_80358.htm.
Ministry of Land and Resources. Notice on strengthening the administration of comprehensive exploration and exploitation of coal and coalbed methane resources[EB/OL]. (2007-04-17)

- [2018-08-05]. http://www.mlr.gov.cn/pub/mlr/documents/t20070423_80358.htm.
- [16] 国家能源局. 煤层气(煤矿瓦斯)开发利用“十三五”规划[EB/OL]. (2016-11-24)[2018-08-05]. http://zfxgk.nea.gov.cn/auto85/201612/t20161202_2326.htm?keywords=.
National Energy Administration of the PRC. The 13th Five-Year Plan for the development and utilization of coalbed methane[EB/OL]. (2016-11-24)[2018-08-05]. http://zfxgk.nea.gov.cn/auto85/201612/t20161202_2326.htm?keywords=.
- [17] 王益山, 王合林, 刘大伟, 袁孟雷, 蒋海涛. 中国煤层气钻井技术现状及发展趋势[J]. 天然气工业, 2014, 34(8): 87-91.
Wang Yishan, Wang Helin, Liu Dawei, Yuan Menglei & Jiang Haitao. State-of-the-art and developing trend of CBM drilling technologies in China[J]. Natural Gas Industry, 2014, 34(8): 87-91.
- [18] 樊振丽, 申宝宏, 胡炳南, 雷毅. 中国煤矿区煤层气开发及其技术途径[J]. 煤炭科学技术, 2014, 42(1): 44-49.
Fan Zhenli, Shen Baohong, Hu Bingnan & Lei Yi. Coalbed methane development and technical access in China coal mining area[J]. Coal Science and Technology, 2014, 42(1): 44-49.
- [19] 叶建平, 陆小霞. 我国煤层气产业发展现状和技术进展[J]. 煤炭科学技术, 2016, 44(1): 24-28.
Ye Jianping, Lu Xiaoxia. Development status and technical progress of China coalbed methane industry[J]. Coal Science and Technology, 2016, 44(1): 24-28.
- [20] 门相勇, 闫霞, 王峰, 陈明. 煤层气井高产水对排采产气的影响及预防措施[J]. 中国矿业, 2017, 26(增刊 1): 393-398.
Men Xiangyong, Yan Xia, Wang Feng & Chen Ming. The influence of high yield water on gas production in CBM wells and its preventive measures[J]. China Mining Magazine, 2017, 26(S1): 393-398.
- [21] 门相勇, 闫霞, 陈永昌, 李忠百. 煤层气井气水两相流分层测试技术[J]. 石油勘探与开发, 2017, 44(2): 289-294.
Men Xiangyong, Yan Xia, Chen Yongchang & Li Zhongbai. Gas-water phase flow production stratified logging technology of coalbed methane wells[J]. Petroleum Exploration and Development, 2017, 44(2): 289-294.
- [22] 刘刚, 孙建博, 尹锦涛. 改造瑞利模型在沁水煤层气产量预测中的应用[J]. 特种油气藏, 2017, 24(2): 145-148.
Liu Gang, Sun Jianbo & Yin Jintao. Application of modified rayleigh model in prediction of CBM production in Qinshui[J]. Special Oil & Gas Reservoirs, 2017, 24(2): 145-148.
- [23] 胡海洋, 倪小明, 朱阳稳, 金军. 煤层气井渗透率时空变化规律研究及应用[J]. 特种油气藏, 2016, 23(5): 106-109.
Hu Haiyang, Ni Xiaoming, Zhu Yangwen & Jin Jun. Spatial-temporal permeability and its application in CBM well[J]. Special Oil & Gas Reservoirs, 2016, 23(5): 106-109.
- [24] 侯淦译. 近年国内煤层气产业发展现状[J]. 中国煤层气, 2018, 15(1): 42-45.
Hou Songyi. Development status of China coalbed methane industry in recent years[J]. China Coalbed Methane, 2018, 15(1): 42-45.
- [25] 新华社. 中共中央 国务院关于深化石油天然气体制改革的若干意见[EB/OL]. (2017-05-21)[2018-08-05]. http://www.gov.cn/zhengce/2017-05/21/content_5195683.htm.
The Xinhua News Agency. Opinions of the CPC Central Committee and the State Council on deepening the reform of oil and natural gas system[EB/OL]. (2017-05-21)[2018-08-05]. http://www.gov.cn/zhengce/2017-05/21/content_5195683.htm.
- [26] 国土资源部. 关于委托山西省等 6 个省级国土资源主管部门实施原由国土资源部实施的部分矿产资源勘查开采审批登记的决定[EB/OL]. (2017-06-14)[2018-08-05]. http://www.mlr.gov.cn/zwgk/zytz/201706/t20170614_1510274.htm.
Ministry of Land and Resources. The decision to entrust Shanxi province and six other provincial departments (originally carried out by the Ministry of Land and Resources) in charge of land and resources with the approval and registration of some mineral resources exploration and exploitation[EB/OL]. (2017-06-14)[2018-08-05]. http://www.mlr.gov.cn/zwgk/zytz/201706/t20170614_1510274.htm.
- [27] 山西省人民政府办公厅. 关于完善煤层气试采审批管理工作的通知[EB/OL]. (2016-10-17)[2018-08-05]. http://www.shanxigov.cn/sxszfxxgk/sxsrmzfzcbm/sxszfbgt/flfg_7203/bgtgfwj_7206/201610/t20161017_254247.shtml.
General Office of The People's Government of Shanxi Province. Notice on improving the approval and management of the exploration of coalbed gas[EB/OL]. (2016-10-17)[2018-08-05]. http://www.shanxigov.cn/sxszfxxgk/sxsrmzfzcbm/sxszfbgt/flfg_7203/bgtgfwj_7206/201610/t20161017_254247.shtml.
- [28] 山西省财政厅. 关于印发《矿业权出让收益征收管理实施办法》的通知[EB/OL]. (2018-05-07)[2018-08-05]. <http://www.sxscz.gov.cn/www/2018-05-07/20180507175246517.html>.
Shanxi Provincial Department of Finance. Notice on issuing and implementing measures for collection and management of proceeds from mining rights[EB/OL]. (2018-05-07)[2018-08-05]. <http://www.sxscz.gov.cn/www/2018-05-07/20180507175246517.html>.
- [29] 张抗. 油气体制改革的关键和途径[J]. 中外能源, 2014, 19(12): 1-8.
Zhang Kang. The key and method of petroleum system reform[J]. Sino-Global Energy, 2014, 19(12): 1-8.

(收稿日期 2018-06-04 编辑 罗冬梅)