

引文：赵福平，孙钊，桑树勋，等. 贵州省煤层气勘探开发进展及“十四五”开发战略[J]. 天然气工业，2022，42(6): 65-75.
ZHAO Fuping, SUN Zhao, SANG Shuxun, et al. Progress of coalbed methane exploration and development in Guizhou and the 14th Five-Year Plan development strategy[J]. Natural Gas Industry, 2022, 42(6): 65-75.

贵州省煤层气勘探开发进展及“十四五”开发战略

赵福平^{1,2,3} 孙 钊^{1,2} 桑树勋^{3,4} 周效志³ 韩忠勤^{1,2} 赵凌云^{1,2} 吴章利^{1,2}

1. 自然资源部复杂构造区非常规天然气评价与开发重点实验室 2. 贵州省油气勘查开发工程研究院
3. 中国矿业大学资源与地球科学学院 4. 中国矿业大学碳中和研究院

摘要：贵州省煤层气资源丰富，近十年来勘探开发取得重要进展，但当前仍面临若干问题。为了推进煤层气产业发展，梳理了贵州煤层气勘探开发现状及存在问题，并对“十四五”期间煤层气勘探开发战略目标、总体布局、工作部署、工作重点等进行了研究探讨，提出了煤层气产业发展的保障措施与建议。研究结果表明：①工作进展：煤层气勘探开发理论与技术体系已逐步建立，煤层气井产气效果取得了不断突破，六盘水、毕节煤层气开发利用已初具规模；②战略目标：完成 16~20 个区块煤层气勘探工作，累计提交探明储量 $800 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，年产能 $8 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，年产量 $4 \times 10^8 \text{ m}^3$ ；③总体布局：以钟山为勘探开发示范区，盘州、织金为重点建产区，带动周边重点勘探开发试验区、后备勘探区的勘探开发工作；④工作重点：分批投放探矿权 16 个以上，开展毕节、遵义等区块煤层气基础地质调查项目 5 项，实施煤层气重点勘探开发项目 30 项，开展煤层气开发地质理论与高效开发技术重大专项研究；⑤保障措施：省级政府加强组织领导，为煤层气勘探开发企业提供政策支持，完善资金投入支持体系建设，推进专业团队建设与人才培养，创新煤层气地质理论与勘探开发技术。结论认为，贵州省煤层气开发潜力巨大、产业化前景广阔，在省级层面引导与政策支持下，依托专业人才培养与技术模式创新，“十四五”期间可迎来贵州地区煤层气产业发展的新格局。

关键词：贵州省；煤层气；勘探开发进展；十四五；开发战略；工作重点；总体布局；保障措施

DOI: 10.3787/j.issn.1000-0976.2022.06.006

Progress of coalbed methane exploration and development in Guizhou and the 14th Five-Year Plan development strategy

ZHAO Fuping^{1,2,3}, SUN Zhao^{1,2}, SANG Shuxun^{3,4}, ZHOU Xiaozhi³, HAN Zhongqin^{1,2}, ZHAO Lingyun^{1,2}, WU Zhangli^{1,2}

(1. Key Laboratory of Unconventional Natural Gas Evaluation and Development in Complex Tectonic Areas, Ministry of Natural Resources, Guiyang, Guizhou 550009, China; 2. Guizhou Research Institute of Oil&Gas Exploration and Development Engineering, Guiyang, Guizhou 550022, China; 3. School of Resources and Geosciences, China University of Mining and Technology, Xuzhou, Jiangsu 221116, China; 4. Carbon Neutrality Institute, China University of Mining and Technology, Xuzhou, Jiangsu 221008, China)

Natural Gas Industry, Vol.42, No.6, p.65-75, 6/25/2022. (ISSN 1000-0976; In Chinese)

Abstract: In the past ten years, great progress has been achieved in the exploration and development of coal bed methane (CBM) in Guizhou district due to its abundant CBM resources. However, there are still some problems. In order to promote the development of CBM industry, this paper reviews the status and problems of CBM exploration and development in Guizhou, and discusses and studies the strategic objective, overall layout, work deployment and work focus of CBM exploration and development during the 14th Five-Year Plan. In addition, measures and suggestions on guaranteeing the development of CBM industry are put forward. And the following research results are obtained. First, work progress: the theories and technologies for CBM exploration and development have been established gradually, breakthroughs have been made continuously in the gas production effect of CBM wells, and CBM development and utilization takes shape in Liupanshui and Bijie. Second, strategic objective: complete CBM exploration in 16~20 blocks, submit cumulative proved reserves of $800 \times 10^8 \text{ m}^3$ and realize yearly productivity of $8 \times 10^8 \text{ m}^3$ and yearly production of $4 \times 10^8 \text{ m}^3$. Third, overall layout: take Zhongshan as the exploration and development demonstration area and Panzhou and Zhijin as the key productivity construction areas to drive the exploration and development in peripheral key exploration and development test areas and reserve exploration areas. Fourth, work focus: put more than 16 exploration rights in place in batches, carry out 5 CBM basic geological survey projects in Bijie and Zunyi Blocks, implement 30 key CBM exploration and development projects, and conduct major researches on CBM development geological theories and efficient development technologies. Fifth, guarantee measures: provincial governments shall strengthen organization and leadership, provide CBM exploration and development enterprises with policy support, improve the construction of capital investment support system, promote the construction of professional teams and the training of talents, and innovate CBM geological theories and exploration & development technologies. In conclusion, the potential of CBM development is great and its industrialization prospect is promising in Guizhou. Under the guidance and policy support at the provincial level, combined with the training of professional talents and the innovation of technological model, the CBM industry in Guizhou will usher a new pattern of rapid development during the 14th Five-Year Plan.

Keywords: Guizhou; Coalbed methane (CBM); Exploration and development progress; 14th Five-Year Plan; Development strategy; Work focus; Overall layout; Guarantee measure

基金项目：国家自然科学基金重点项目“煤系气高效勘探开发的岩石力学地层理论方法体系研究”（编号：42030810）、贵州省地勘基金项目“贵州上二叠统龙潭组煤层气重点层段优选和丛式井完井及压裂技术与示范”（编号：208-9912-JBN-UTS0）。

作者简介：赵福平，1974 年生，正高级工程师，博士研究生；主要从事非常规油气地质与开发技术研究工作。地址：（550009）贵州省贵阳市观山湖区云潭南路贵州省地质博物馆北楼。ORCID: 0000-0001-7913-2695。E-mail: DB20010022B4CX@cumt.edu.cn

通信作者：孙钊，1974 年生，工程师；主要从事非常规油气开发政策、经济综合研究工作。地址：（550009）贵州省贵阳市观山湖区云潭南路贵州省地质博物馆北楼。ORCID: 0000-0003-2200-7847。E-mail: 771215657@qq.com

0 引言

贵州是我国南方最大的煤层气富集区,煤层气产业前景广阔^[1-2],煤层气勘探开发受到国家和省级政府高度重视^[3]。近十年来,众多科研机构在贵州地区开展了煤层气勘探开发理论与技术研究工作并取得重要进展。例如,秦勇等^[4]提出了多层叠置独立含煤层气系统的成藏模式,吴财芳等^[5]建立了多煤层发育区煤层气“层次递阶”地质选区指标体系,空气钻井、绳索取心、浅层大位移钻井及“导管跟钻”堵漏等钻井关键技术在贵州初步形成^[6-7],”小层射孔、组段压裂、合层排采”工艺在六盘水、毕节煤层气开发中得到应用^[8-9],贵州煤层气勘探开发理论与技术体系逐步建立。勘探开发工程方面,多家单位先后于六盘水、织纳和黔北煤田开展了一系列勘探、试采与开发工作,煤层气井数量快速增长,井型日益多样^[10-12]。同时,贵州省也先后出台多项政策支持煤层气产业发展。然而,从煤层气勘探开发现状来看,仍存在产业规划布局、投资收益、政策支持、

技术适应性、组织管理等方面的诸多问题,给资金、人力与技术的持续投入带来不利影响^[13]。

本文系统梳理贵州地区煤层气资源禀赋与勘探开发现状,总结分析煤层气勘探开发成果及存在的主要问题,结合“十四五”期间贵州省煤层气产业发展规划,提出加快贵州煤层气勘探开发的战略构想及实现路径,为贵州煤层气产业发展重大决策出台和企业投入提供支持和参考。

1 煤层气资源禀赋

贵州上二叠统煤层气地质资源量 $3.06 \times 10^{12} \text{ m}^3$,位居全国第二位^[14]。平面上,资源集中的六盘水、织纳和黔北煤田地质资源量 $2.83 \times 10^{12} \text{ m}^3$,占全省资源总量的 92.6%。其中,盘关、土城、青山、比德—三塘、金龙等 15 个重点富气向斜煤层气地质资源量达 $2.10 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ^[14],如图 1。垂向上,埋深 1 500 m 以浅煤层气地质资源量 $2.29 \times 10^{12} \text{ m}^3$,占全省 2 000 m 以浅资源总量的 74.9%,资源赋存条件对煤层气开发

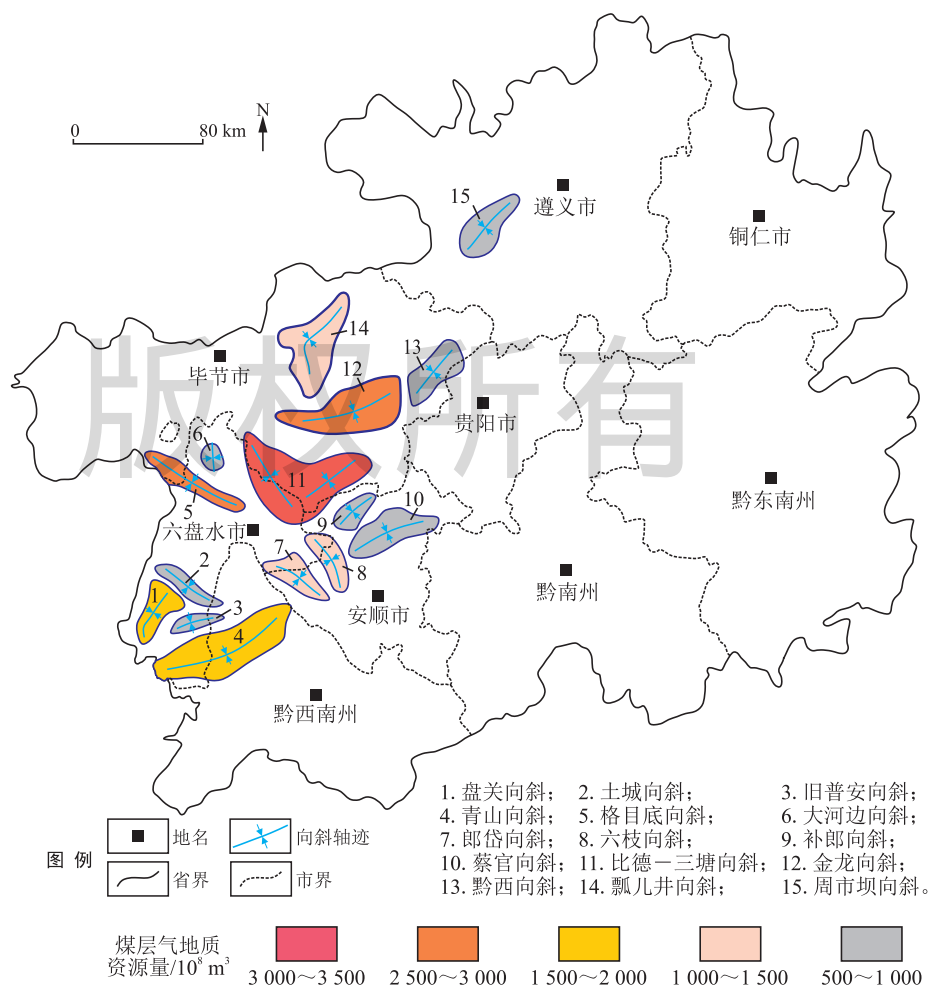


图 1 贵州 15 个重点含气构造单元分布图^[15]

总体有利。

贵州上二叠统煤层气可采资源量 $1.38 \times 10^{12} \text{ m}^3$, 评价可采系数 45.13%, 全省平均可采资源丰度达 $0.51 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$ [14]。平面上, 煤层气可采资源具有“西部富集, 东部、北部和南部相对较少”的区域特征。从图 2 主要煤田的对比来看, 六盘水煤田可采资源丰度最高, 达 $1.07 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$, 其次为织纳煤田达 $0.87 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$, 黔北、兴义、贵阳及黔西北及贵阳煤田可采资源丰度均较低 [14]。

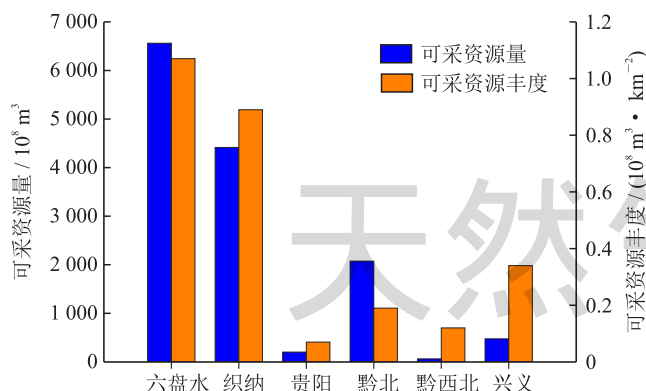


图2 贵州各煤田煤层气可采资源丰度对比图 [14]

贵州晚二叠世沉积环境具有海陆交互、平面分异、垂变频繁等特点 [16-17], 含煤地层构造演化上具有多期发展、强烈分异、定型较晚的特征。受此影响, 贵州主要煤田煤层气成藏条件分异显著、资源富集规律复杂, 煤层含气性在平面上、垂向上存在明显差异 [18-19]。同时, 受沉积环境、地质构造、水文地质条件及三者协同作用的影响 [20], 煤层气富集具有多薄煤层群、高应力、低渗透、煤系气与构造煤储层广泛发育等突出特点, 属典型的“多层叠置独立含气系统” [4]。

2 煤层气勘探开发现状及存在问题

2.1 煤层气矿业权现状

截至目前, 贵州省内有煤层气探矿权 30 个, 煤层气采矿权 2 个。煤层气探矿权主要分布于六盘水、毕节地区, 总面积 $2\,372.23 \text{ km}^2$, 探矿权人为 10 家省内外能源勘探开发企业。2 个煤层气采矿权均位于毕节织金, 总面积 46.38 km^2 , 采矿权人为贵州水矿奥瑞安清洁能源有限公司。

2.2 煤层气勘探开发历程

贵州煤层气勘探开发经历了三个阶段: 1982—

1995 年为煤层气勘探开发地质理论探索阶段, 代表性工作为原地质矿产部西南石油地质局开展的贵州地区煤层气地质研究与资源评价, 开展了钻井试采工作; 1996—2009 年为资源评价选区与勘探试采阶段, 代表性工作为贵州省煤田地质局、中国矿业大学先后两次开展的全省煤层气资源评价, 滇黔桂石油指挥部实施的“九五”国家重点项目“六盘水煤层气开发利用示范工程”, 中联煤层气有限责任公司于保田—青山区块实施的煤层气勘探试采项目; 2010 年至今为规模化试采与适配性工艺研究阶段, 代表性工作为中国石油化工股份有限公司华东分公司、中石油煤层气有限责任公司、贵州盘江煤层气开发利用有限责任公司、贵州乌江能源集团有限责任公司、中国地质调查局油气资源调查中心、贵州省油气勘查开发工程研究院、贵州省煤田地质局、贵州省煤层气页岩气工程技术研究中心等多家单位在六盘水、织纳、黔北煤田实施的煤层气勘探、试采与开发示范工程 [9, 21-22]。

2.3 煤层气勘探开发成果

截至 2022 年 2 月, 贵州省内共施工各类煤层气井 317 口, 其中排采井 271 口, 累计煤层气探明地质储量 $166 \times 10^8 \text{ m}^3$, 煤层气井年产能达 $0.9 \times 10^8 \text{ m}^3$, 2021 年产气 $0.321\,3 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。随着煤层气勘查程度的提升及综合研究的不断深入, 贵州煤层气勘探开发不断取得新进展。

2.3.1 煤层气单井产量取得突破

从直井、定向井单井产气效果来看, 六盘水煤田盘州 GP-6 井最高日产气量 $3\,048 \text{ m}^3$, 杨梅参 1 井最高日产气量 $5\,011 \text{ m}^3$; 织纳煤田织金织 2-10-54 井最高日产气量 $3\,275 \text{ m}^3$, 文丛 1-2 井最高日产气量 $5\,900 \text{ m}^3$; 黔北煤田大方大 2 井最高日产气量 $1\,640 \text{ m}^3$ 。在煤层气 L 型、U 型井中, 织金织平 1 井最高日产气量 $4\,209 \text{ m}^3$, 织 2U1P 井最高日产气量 $5\,839 \text{ m}^3$ 。从井组产气情况来看, 六盘水煤田盘州 GP 井组 9 口井最高日产气量 $13\,600 \text{ m}^3$, 织纳煤田织金文丛 1 井组 4 口井最高日产气量 $11\,000 \text{ m}^3$ (图 3)。

2.3.2 勘探开发技术体系逐步建立和发展

煤层气勘探开发工程理论与地质适配性技术体系的形成, 一直以来是制约贵州煤层气勘探开发进程的关键问题 [23]。“十二五”“十三五”期间, 贵州煤层气勘探开发科技创新不断取得新进展 [10, 22, 24], 建立了贵州第一个省级煤层气勘探开发示范工程, 形成并发展了煤层气富集地质理论及评价方法体系,

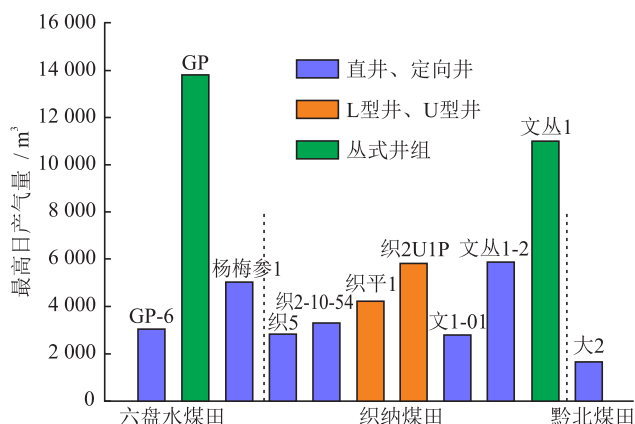


图3 贵州煤层气试采井最高日产气量统计图

完善了“小层射孔、组段压裂、合层排采”的地面开发工艺^[9, 25-28], 并探索了复杂构造区煤层气水平井分段压裂开发模式与地质适配性技术^[29]。目前, 贵州煤层气勘探开发所形成的技术成果已在盘州、织金等地区的120余口煤层气井中得以推广应用, 取得的技术成果引领了我国西南贵州地区煤层气开发。

2.3.3 局部开发利用已初具规模

六盘水地区已开工建设煤层气地面开发项目10个, 累计建设煤层气井(含参数井)197口。其中, 盘州、水城、六枝、钟山已施工煤层气排采井111口, 排采压裂59口, 年产能 $0.16 \times 10^8 \text{ m}^3$, 日产气量 $2 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。毕节织金地区, 中国石油化工股份有限公司华东分公司在三塘一比德向斜一带陆续完成45口煤层气参数井、排采井施工, 2021年日产气量达 $0.10 \times 10^8 \text{ m}^3$ 以上。织金文家坝探矿权内累积施工煤层气井10口, 提交煤层气探明地质储量 $108.571 \times 10^8 \text{ m}^3$, 2021年日产气量 $494.63 \times 10^4 \text{ m}^3$, 所产煤层气全部混入文家坝一矿煤矿井下采出瓦斯, 用于文家坝一矿瓦斯发电。

2.4 当前存在的主要问题

2.4.1 煤层气勘探开发缺少规划布局与统筹

2014年起, 贵州省自然资源厅、省能源局先后组织开展了煤层气勘探开发规划编制, 由于管理权限等原因, 以上规划成果均未发布。由于缺少规划布局和统筹, 一段时间以来, 煤层气勘探开发责任主体不明晰, 企业投入存在诸多顾虑; 相关企业进行煤层气勘探开发的目标方向不一, 难以有效统筹协调, 煤层气与煤炭矿权协同管理难度大。缺乏煤层气勘探开发龙头企业和中下游配套企业以及本土化的技术

服务企业, 未能形成符合贵州煤层气产业发展需求的分工协作体系, 直到2019年12月, 贵州省人民政府办公厅印发了《关于加快推进煤层气(煤矿瓦斯)产业发展的指导意见(2019—2025年)》, 以上情况才得以逐步改观。

2.4.2 矿业权协调保障与财政补贴激励作用不显著

贵州煤层气勘探开发过程中存在一定的煤层气矿业权和煤炭采矿权分置现象, 煤层气与煤炭协调开发机制尚不完善, 导致煤层气勘探开发与煤炭开采之间存在一定的重叠与潜在矛盾。此外, 尽管当前贵州煤层气开发利用可获得 0.3 元/m^3 的中央财政补贴及 0.2 元/m^3 的省内财政补贴, 但由于贵州煤层气开发尚处于起步阶段, 勘探开发的成本较高, 财政补贴的激励效应并不显著。

2.4.3 煤层气勘探开发技术匹配难度大

贵州煤层气勘探开发中仍存在一系列亟待解决的理论与技术问题^[30-31], 煤层气地质基础理论没有大的突破, 对资源有效性认识不足, 技术适应性不强, 产业支撑能力不足^[13]。具体表现为: 薄至中厚煤层群发育, 且地应力普遍较高^[32-33], 厚度较大的构造煤改造难度大, 特别是龙潭煤系地层富水性弱、煤储层渗透率低, 导致原位煤层气开发时储层降压困难^[34], 煤层气解吸难度大, 气体扩散与复杂裂隙网络中渗流产出机理复杂。受此影响, 国内较成熟的煤层气开发技术与贵州煤层气地质条件匹配难度大^[35-37], 使贵州煤层气勘探开发当前仍面临巨大的技术挑战。

2.4.4 产学研用一体化开发的创新体系未形成

贵州煤层气开发虽然已培育了贵州盘江煤层气开发利用有限责任公司、贵州省煤层气页岩气工程技术研究中心等多支专业技术队伍, 但其与全国情况类似, 基础研究规模总体偏小, 专业人员数量不多, 缺乏学科领头人。同时, 由于队伍分散, 处于彼此独立、各自为战的状态, 造成产业项目所涉的技术单位、企业相互封闭, 缺乏深度沟通交流, 造成技术研发工作的低水平重复。此外, 省内仅少量专业化的煤层气钻井队伍, 缺少专业化的煤层气井压裂施工、井下作业队伍, 尚未形成“基础研究、人才培养、勘探开发、装备制造、集输利用”相统一的煤层气“产学研用一体化”开发的创新体系, 直接影响到煤层气开发效果和开发成本控制。

3 “十四五”期间贵州煤层气勘探开发战略构想

3.1 战略目标

按照贵州省人民政府办公厅《关于加快推进煤层气(煤矿瓦斯)产业发展的指导意见(2019—2025年)》等文件要求,以煤层气产业化基地和煤矿瓦斯抽采规模化矿区建设为重点,加大煤层气资源勘探开发利用工作力度,推动煤层气实现由资源优势向产业优势转变。加快煤层气探矿权出让,推进煤层气矿权勘探工程实施和煤层气滚动开发工作。力争到2025年,累积完成16~20个煤层气探矿权区块勘探工作,提交煤层气探明地质储量 $800 \times 10^8 \text{ m}^3$,煤层气年产能达 $8 \times 10^8 \text{ m}^3$,煤层气年产量达 $4 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

3.2 战略思路

首先,立足于贵州煤层气资源禀赋及以往勘探开发工作认识,进一步优选煤层气资源富集、开发条件好的有利区或目标区开展资源调查评价、勘探及产能建设;其次,基于已设、拟设及可增列煤层气探矿权情况,兼顾储运和市场条件,对煤层气产业进行总体布局,结合已设探矿权内煤层气勘探开发工作进展部署后续重点工作;再次,支持重点建产区、产业化基地建设并充分发挥其辐射作用,带动周边相似地质条件区煤层气勘探开发;最后,聚焦和重点突破贵州煤层气勘探开发中存在的 key 问题,分阶段部署重点任务、重点项目及重大专项。

3.3 总体布局

以六盘水钟山为勘探开发示范区,盘州、织金为重点建产区,水城、六枝、普安、兴义、赫章、纳雍、大方、黔西、金沙、习水为重点勘探开发试验区,兴仁、晴隆、播州、仁怀、桐梓为后备勘探区,滚动勘探开发煤层气(图4)。同时,深化开展毕节、六盘水、黔西南、遵义、安顺煤层气基础地质调查与资源评价工作,为煤炭、油气矿权空白区煤层气探矿权区块投放奠定基础。“十四五”末,建成钟山煤层气勘探开发示范基地,盘州、织金两个煤层气产业化基地;到2035年,建成贯穿兴义—六盘水—织纳—黔北煤田的“带状”煤层气产业化基地。

3.4 工作部署

以煤层气矿权内勘探开发工作为主抓手,加大政策引导和鼓励具备煤层气探矿权增列条件的煤矿增列煤层气探矿权,促进煤矿区煤层气勘探与地面

抽采工作,为规模勘探开发贵州煤层气创造煤层气矿业权与探明储量条件。根据各区的总体定位,开展“十四五”时期煤层气产业建设工作。

3.4.1 勘探开发示范区建设

加快钟山区汪家寨煤矿区块、那罗寨煤矿区块、大河边煤矿区块、盛大煤矿区块煤层气勘探开发工作,实施煤层气勘探开发示范工程2项,建立煤层气产业化示范基地1个;鼓励探矿权人在勘探及试采过程中强化煤层气地质理论与适配性技术研究,对周边水城、纳雍等地的煤层气勘探开发产生示范引领作用。

3.4.2 重点建产区建设

依托已取得较好工程效果的煤层气探矿权区块,加快推进盘州、织金煤层气重点建产区建设,重点推进已有煤层气探矿权的勘探开发工作,提交煤层气探明储量,鼓励并支持探矿权人加快推进“探转采”工作。

3.4.3 重点勘探开发试验区

以“十三五”期间已设煤层气探矿权区块为勘探开发工作重点,督促探矿权人加快勘探工作,尽早提交煤层气探明地质储量并开展小规模试采工作。推进水城、六枝、普安、兴义、赫章、纳雍、大方、黔西、金沙、习水矿权空白区煤层气基础地质调查,以支撑探矿权投放,促进探矿权人开展煤层气勘探工作提交勘探成果及探明地质储量。

3.4.4 后备勘探区

加快兴仁、晴隆、仁怀、播州、桐梓煤层气基础地质调查工作,促进探矿权投放,力争在“十四五”末实现新投放探矿权内各施工2口参数井、1口排采井以上,初步查明区块煤层气资源富集特征、开采条件及可采性,为后期勘探开发提供基础支撑。

3.4.5 调查评价区

分批次组织开展毕节、六盘水、黔西南、遵义、安顺等地区煤层气基础地质调查工作5项,重点对重点建产区、勘探开发示范区之外的区域开展煤层气资源评价与勘探开发地质选区,为“十四五”“十五五”期间煤层气探矿权投放奠定基础。

3.5 工作重点

3.5.1 重点任务

有序开展煤炭、油气矿权空白区内煤层气探矿权投放。在煤炭、油气矿权空白区内,合理规划煤层气探矿权区块,通过开展区块内煤层气资源调查

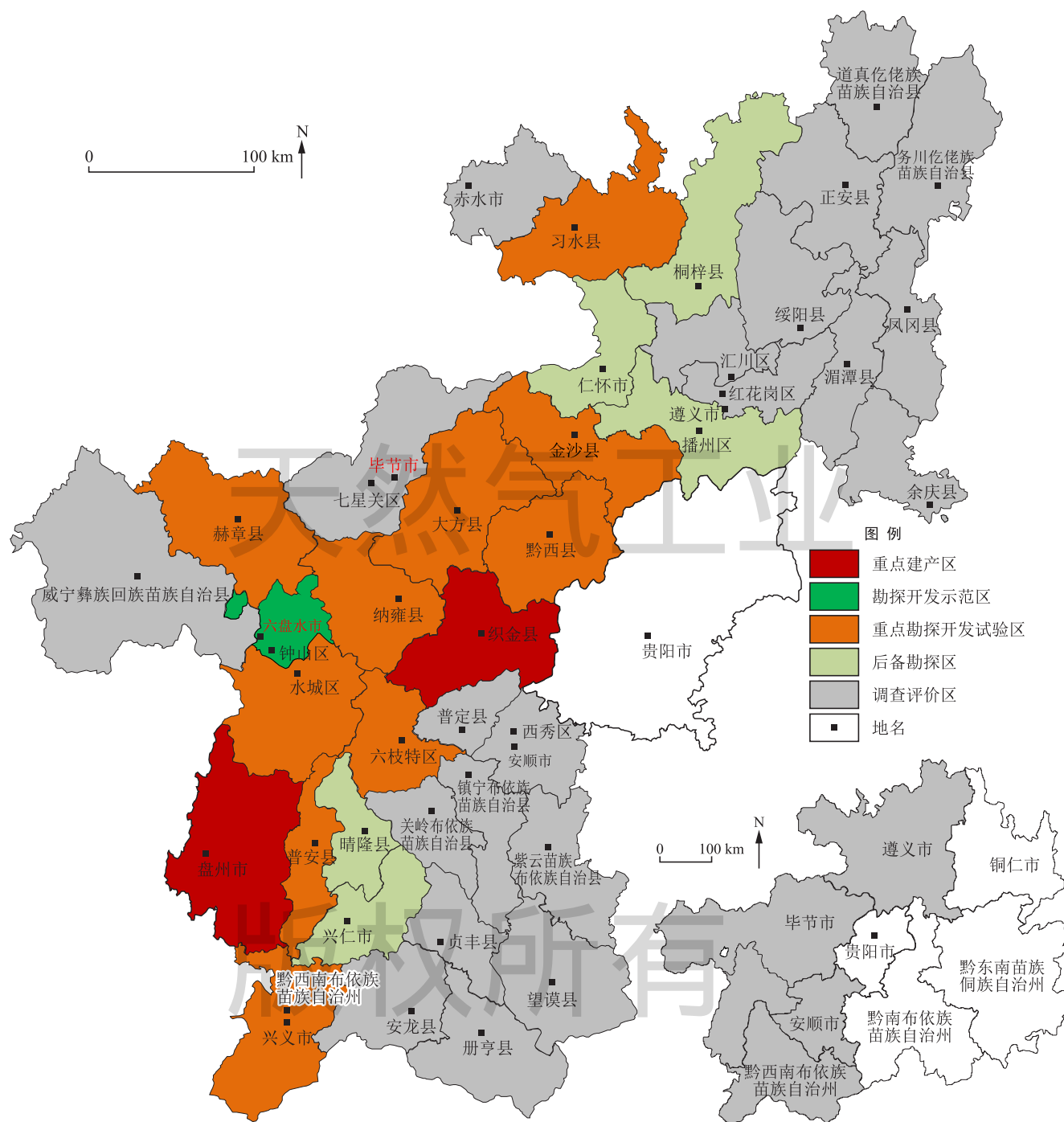


图4 “十四五”期间贵州煤层气勘探开发总体布局图

工作,初步评价煤储层发育赋存特征、煤层含气性、储层物性等条件。2021—2025年间,分批次投放煤层气资源与开发条件较好的钟山大河边向斜、盘州照子河等区块,鼓励优先在上述区块内开展煤层气勘探开发工作。

重点支持盘州、织金重点建产区煤层气勘探开发工作,推进区内煤层气采矿许可证办理,鼓励煤矿“三区联动”井上下联合抽采煤层气。在煤层气综合

地质研究与勘探工作基础上,合理部署煤层气开发井组,加大煤层气开采力度,打造首批煤层气产业化基地。

支持钟山煤层气勘探开发示范工程建设与关键技术研究工作。优选1~2个已设煤层气探矿权或拟投放煤层气探矿权作为勘探开发示范区,探索与地质条件相匹配的勘探开发模式与技术。依托煤层气勘探开发理论创新与技术进步,提高煤层气开发效果,

从技术层面推动贵州煤层气勘探开发工作。

加快推进水城、六枝、普安、兴义、赫章、纳雍、大方、黔西、金沙、习水煤层气勘探开发工作，加快煤层气探明储量报告评审与采矿权审批。

3.5.2 重点项目

通过组织实施省级地勘基金项目，分年度开展毕节、黔西南、遵义煤层气基础地质调查与资源评价。结合已设、拟设煤层气探矿权及矿权区内勘探工作

开展情况，“十四五”期间拟实施煤层气重点勘探项目 21 项。其中，已设探矿权内实施勘探项目 15 项，拟设探矿权内实施勘探项目 6 项。结合已设、待增列煤层气探矿权及区内勘探工作开展情况，“十四五”期间实施煤层气重点开发项目 9 项。其中，已设探矿权内拟实施土城向斜北翼西段煤层气开发等项目 8 项，待增列探矿权内拟实施织金区块煤层气开发项目 1 项（图 5）。

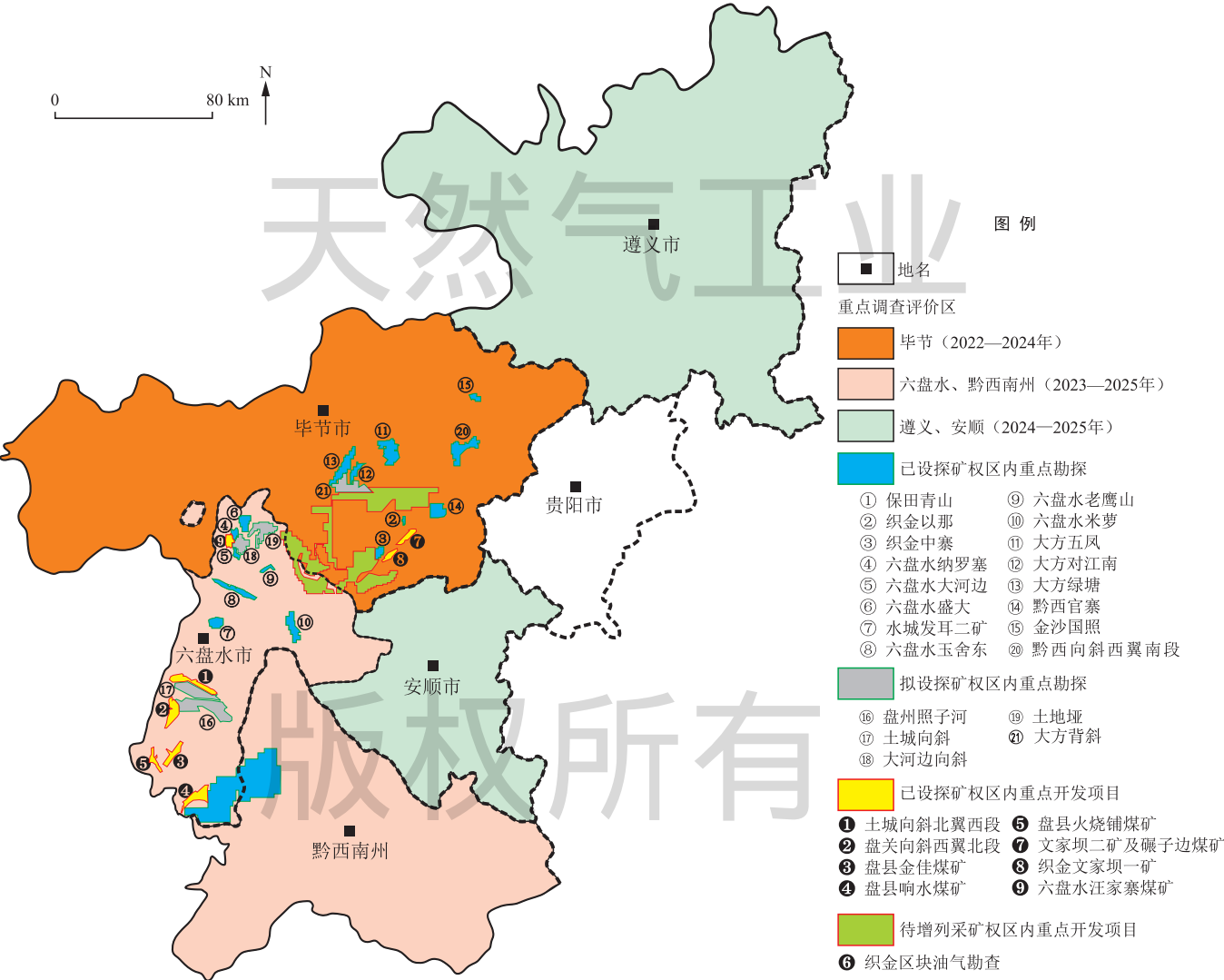


图 5 “十四五”期间贵州建议实施重点项目图

3.5.3 重大专项

开展贵州薄至中厚煤层群发育条件下煤层气高效勘探开发地质理论研究，深入认识贵州煤层气、煤系气富集规律，查明煤层气开发地质条件，揭示煤层气高效开采的地质控制机理，构建贵州煤层气高效勘探开发理论基础^[38]。设置盘州、织金重点建产区煤层气高效开发地质理论研究，钟山勘探开发示

范区构造煤层气开发理论研究，水文地质条件对贵州煤层气开发影响研究，贵州煤层气后备勘探区地质综合评价与区块优选方法体系研究等重大理论研究项目。

开展与贵州煤层气地质条件相匹配的煤层气高效勘探开发技术研究，以技术进步助推贵州煤层气井产气效果和开发规模提升^[39]。设置贵州煤层气抽

采提产增效关键技术研究, 盘州、织金重点建产区煤层气多井型联合规模化高效开采关键技术研究, 钟山勘探开发示范区构造煤煤层气开发关键技术与工程示范, 多煤层分压合采关键技术与装备, 智能化排采关键技术与装备研究, 贵州深部煤系气综合探采关键技术研究等重大技术研究项目。

4 煤层气产业发展保障措施建议

4.1 加强省级层面组织领导和支持, 营造产业发展良好环境

以完成《贵州省“十四五”油气产业发展规划》的目标任务为导向, 进一步完善煤层气政策体系, 形成系统完备的“指导性文件+配套文件+配套落实文件”政策保障^[40]。在省级政府层面新建服务煤层气产业发展协调领导小组, 构建省、市、县、镇四级协调机制, 为企业、技术支撑部门等单位提供高效的指导和服务。进一步规范煤层气产业有关审批事项和服务指南, 明确各事项的责任单位、审批流程、办理条件和材料清单, 营造良好政策环境^[41-42]。尤其是制定相关政策引导和支持已设煤矿矿业权增列煤层气探矿权, 做大贵州煤层气矿业权数量和勘查开发投资规模, 为煤层气产业大发展打好资源基础, 加快培育一批从事煤层气生产、加工的企业, 示范引领形成适宜贵州煤层气勘探开发的新模式, 带动煤层气产业高质量发展。

4.2 完善资金投入支持体系建设, 打通勘探开发企业投融资通道

适度提高煤层气开发利用财政补贴标准, 动态调整煤层气开发利用补贴政策^[43]。建议在现行省级财政补贴标准 0.2 元/m³ 基础上提高至 0.3 元/m³, 市、县地方政府可根据当地实际情况给予适当支持, 同时适当延长支持周期^[44]。落实煤矿区“先抽后采”的政策, 推进煤层气发电直接上网与瓦斯发电上网同价政策。从新能源、绿色金融、碳达峰与碳中和等方面, 出台支持煤层气企业多元化融资的政策措施。鼓励商业银行开发专门针对煤层气探矿权、采矿权的贷款、融资等金融产品, 支持企业上市融资, 解决企业融资难问题。创新碳交易盈利模式和监管方式, 加大力度建设煤层气开发利用的碳交易市场。

4.3 推进专业团队建设与人才培养, 夯实煤层气勘探开发研究的人才基础

支持贵州煤层气勘探开发技术研究和创新专业

团队建设, 为团队创新研究提供所需的资金、人力、政策等方面的支持^[45]。为区内煤矿瓦斯抽采和煤层气开发利用提供标准化、一体化技术服务, 提升煤层气勘探开发与利用的水平。重视专业技术人才培养, 依托自然资源部复杂构造区非常规天然气评价与开发重点实验室, 构建贵州省煤层气“产学研用”创新平台; 强化国际、省内外合作交流, 加快培养煤层气专业高层次科学技术人才和团队。支持高等院校及科研院所联合贵州省内煤层气地质研究、工程技术研发单位建设人才培养实训基地, 探索产学研用深度融合、校企协同育人培养新模式。

4.4 创新煤层气地质理论与开发技术, 解决勘探开发技术难题

立足贵州以往所开展的煤层气勘探开发工作基础, 解放传统“低成本”思想, 以实现产气效果最佳为目标, 用“先气后成本”的思路实施科学研究及工程实践, 不断深化对贵州煤层气地质与工程的认识。基于煤层气富集与开发地质研究, 特别是针对多薄煤层群、高地应力、煤系气及构造煤储层广泛发育等突出特点, 探讨解决贵州煤层气勘探开发的关键理论与技术问题^[46], 推进建立贵州煤层气“地质—工程一体化”勘探开发模式、适配性技术体系, 在薄至中厚煤层群煤层气与煤系气高效勘探开发、应力释放构造煤煤层气高效开发、煤矿区煤层气“矿井+钻井”的一体化联合抽采、深部煤层 CO₂ 地质封存+煤层气强化开采等领域着力理论创新和技术突破, 提升煤层气勘探开发工程效果和成功率。

4.5 构建煤层气开发智能化管理模式, 提高煤层气开发管理水平

贵州煤层气单井产量低、生产周期长, 开发管理复杂。要针对各种智能分析及辅助决策系统相互独立, 勘探开发生产链中数据流不连续, 生产效率低等问题, 创新建立基于大数据的智能甜点区段优选技术、智能压裂设计及施工技术、智能排采管控技术, 研究形成统一的模拟分析及辅助决策一体化平台。提高开发生产智能化水平, 实现降本增效, 推动煤层气田规模化高效商业开发, 促进煤层气产业的稳健发展。

5 结束语

贵州地区煤层气具备大规模勘探开发的资源条件, 煤层气勘探开发技术体系逐步建立和发展, 单

井最高日产气量、稳定产气量不断取得突破,六盘水、毕节煤层气开发利用已初具规模。贵州立足于煤层气资源禀赋与已有煤层气勘探开发认识,对“十四五”煤层气产业发展进行总体规划布局和工作部署,通过组织领导、产业政策、技术服务等多层面强有力的支持和保障,可实现贵州“十四五”煤层气开发发展战略目标,在贵州地区建成我国南方煤层气产业基地,促进我国煤层气产业加快发展。

致谢: 作者在贵州省煤层气勘探开发相关单位走访调研与研究过程中得到了贵州省煤田地质局易同生副局长、总工程师,贵州水矿奥瑞安清洁能源有限公司孟海涛总经理,贵州盘江煤层气开发利用有限责任公司姜毅副总经理,贵州省煤层气页岩气工程技术研究中心高为副总工程师,贵州天然气能源投资股份有限公司王有坤高级工程师的支持与帮助。在此谨致谢忱!

参 考 文 献

- [1] 徐彬彬, 何明德, 贵州省煤田地质局. 贵州煤田地质 [M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2003.
XU Binbin, HE Mingde, Guizhou Coalfield Geology Bureau. Coalfield geology in Guizhou[M]. Xuzhou: China University of Mining and Technology Press, 2003.
- [2] 张道勇, 朱杰, 赵先良, 等. 全国煤层气资源动态评价与可利用性分析 [J]. 煤炭学报, 2018, 43(6): 1598-1604.
ZHANG Daoyong, ZHU Jie, ZHAO Xianliang, et al. Dynamic assessment of coalbed methane resources and availability in China[J]. Journal of China Coal Society, 2018, 43(6): 1598-1604.
- [3] 穆福元, 仲伟志, 赵先良, 等. 中国煤层气产业发展战略思考 [J]. 天然气工业, 2015, 35(6): 110-116.
MU Fuyuan, ZHONG Weizhi, ZHAO Xianliang, et al. Strategies for the development of CBM gas industry in China[J]. Natural Gas Industry, 2015, 35(6): 110-116.
- [4] 秦勇, 熊孟辉, 易同生, 等. 论多层叠置独立含煤层气系统——以贵州织金—纳雍煤田水公河向斜为例 [J]. 地质论评, 2008, 54(1): 65-70.
QIN Yong, XIONG Menghui, YI Tongsheng, et al. On unattached multiple superposed coalbed-methane system: In a case of the Shuigonghe syncline, Zhijin-Nayong coalfield, Guizhou[J]. Geological Review, 2008, 54(1): 65-70.
- [5] 吴财芳, 刘小磊, 张莎莎. 滇东黔西多煤层地区煤层气“层次递阶”地质选区指标体系构建 [J]. 煤炭学报, 2018, 43(6): 1647-1653.
WU Caifang, LIU Xiaolei, ZHANG Shasha. Construction of index system of "hierarchical progressive" geological selection of coalbed methane in multiple seam area of eastern Yunnan and western Guizhou[J]. Journal of China Coal Society, 2018, 43(6): 1647-1653.
- [6] 谢国毅, 刘虎, 毛志新. 贵州岩溶地区煤层气钻井关键技术 [J]. 探矿工程 (岩土钻掘工程), 2018, 45(5): 46-49.
XIE Guoyi, LIU Hu, MAO Zhixin. Key coalbed methane drilling technology in Guizhou karst area[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2018, 45(5): 46-49.
- [7] 李伯尧, 王洪亮, 印中华, 等. 织金煤层气浅层大位移水平井钻完井技术 [J]. 石油钻采工艺, 2019, 41(4): 430-434.
LI Boyao, WANG Hongliang, YIN Zhonghua, et al. Drilling and completion technologies for extended-reach shallow CBM wells in Zhijin[J]. Oil Drilling & Production Technology, 2019, 41(4): 430-434.
- [8] 曾毅. 限流压裂工艺在织金煤层气开发中的应用 [J]. 油气藏评价与开发, 2014, 4(3): 73-77.
ZENG Yi. Application of limited entry fracturing technology in CBM development of Zhijin area[J]. Reservoir Evaluation and Development, 2014, 4(3): 73-77.
- [9] 易同生, 周效志, 金军. 黔西松河井田龙潭煤系煤层气一致密气成藏特征及共探共采技术 [J]. 煤炭学报, 2016, 41(1): 212-220.
YI Tongsheng, ZHOU Xiaozhi, JIN Jun. Reservoir formation characteristics and co-exploration and concurrent production technology of Longtan coal measure coalbed methane and tight gas in Songhe Field, western Guizhou[J]. Journal of China Coal Society, 2016, 41(1): 212-220.
- [10] 高为, 韩忠勤, 金军, 等. 六盘水煤田煤层气赋存特征及有利区评价 [J]. 煤田地质与勘探, 2018, 46(5): 81-89.
GAO Wei, HAN Zhongqin, JIN Jun, et al. Occurrence characteristics and assessment of favorable areas of coalbed methane exploration in Liupanshui coalfield[J]. Coal Geology & Exploration, 2018, 46(5): 81-89.
- [11] 迟焕鹏, 毕彩芹, 单衍胜, 等. 黔西都格井田煤层气储层特征及可采性 [J]. 煤炭学报, 2018, 43(12): 3447-3452.
CHI Huanpeng, BI Caiqin, SHAN Yansheng, et al. Reservoir characteristics and recoverability of CBM resource in Duge coalfield of western Guizhou[J]. Journal of China Coal Society, 2018, 43(12): 3447-3452.
- [12] 单衍胜, 毕彩芹, 张家强, 等. 黔西六盘水杨梅树发现工业级煤层气 [J]. 中国地质, 2018, 45(6): 1302-1303.
SHAN Yansheng, BI Caiqin, ZHANG Jiaqiang, et al. Industrial grade coalbed methane findings in Yangmeishu syncline, Liupanshui area, western Guizhou[J]. Geology in China, 2018, 45(6): 1302-1303.
- [13] 徐凤银, 王勃, 赵欣, 等. “双碳”目标下推进中国煤层气业务高质量发展的思考与建议 [J]. 中国石油勘探, 2021, 26(3): 9-18.
XU Fengyin, WANG Bo, ZHAO Xin, et al. Thoughts and suggestions on promoting high quality development of China's CBM business under the goal of "double carbon"[J]. China Petroleum Exploration, 2021, 26(3): 9-18.
- [14] 秦勇, 高弟, 吴财芳, 等. 贵州省煤层气资源潜力预测与评价 [M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2012.
QIN Yong, GAO Di, WU Caifang, et al. Prediction and evaluation of coalbed methane resource potential in Guizhou Province[M]. Xuzhou: China University of Mining and Technology Press, 2012.
- [15] 易同生. 贵州省煤层气资源评价报告 [R]. 贵阳: 贵州省煤田地质局, 1996.

- YI Tongsheng. Evaluation report of coalbed methane resources in Guizhou Province[R]. Guiyang: Guizhou Coalfield Geology Bureau, 1996.
- [16] 高弟, 秦勇, 易同生. 论贵州煤层气地质特点与勘探开发战略[J]. 中国煤炭地质, 2009, 21(3): 20-23.
GAO Di, QIN Yong, YI Tongsheng. Geological condition, exploration and exploitation strategy of coal-bed methane resources in Guizhou, China[J]. Coal Geology of China, 2009, 21(3): 20-23.
- [17] 杨敏芳, 鲁静, 孙斌, 等. 盘江地区晚二叠世成煤环境与煤储层特征[J]. 煤田地质与勘探, 2017, 45(2): 22-26.
YANG Minfang, LU Jing, SUN Bin, et al. The coal forming environment and coal reservoir characteristics of Late Permian in Panjiang area[J]. Coal Geology & Exploration, 2017, 45(2): 22-26.
- [18] 文卓, 康永尚, 邓泽, 等. 中国含煤盆地浅—中深部现今地应力特点和分布规律[J]. 地质评论, 2019, 65(3): 729-742.
WEN Zhuo, KANG Yongshang, DENG Ze, et al. Characteristics and distribution of current in-situ stress at shallow-medium depth in coal-bearing basins in China[J]. Geological Review, 2019, 65(3): 729-742.
- [19] 高为, 韩忠勤, 吕放, 等. 六盘水地区煤层含气性地质特征及差异成因[J/OL]. 煤炭科学技术: 1-10[2022-03-01]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2402.TD.20210520.0855.002.html>.
GAO Wei, HAN Zhongqin, LYU Fang, et al. Difference characteristics and main controlling factors in gas-bearing of coal seams in Liupanshui area[J]. Coal Science and Technology: 1-10[2022-03-01]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2402.TD.20210520.0855.002.html>.
- [20] 李铭, 孔祥文, 夏朝辉, 等. 澳大利亚博文盆地煤层气富集规律和勘探策略研究——以博文区块 Moranbah 煤层组为例[J]. 中国石油勘探, 2020, 25(4): 65-74.
LI Ming, KONG Xiangwen, XIA Zhaohui, et al. Study on coalbed methane enrichment laws and exploration strategies in the Bowen Basin, Australia: A case of Moranbah coal measures in the Bowen Block[J]. China Petroleum Exploration, 2020, 25(4): 65-74.
- [21] 秦勇, 郑长东, 王博洋, 等. 基于等温吸附曲线的煤储层产气潜力定量评价——以黔北地区长岗矿区为例[J]. 天然气工业, 2018, 38(9): 40-47.
QIN Yong, ZHENG Changdong, WANG Boyang, et al. Quantitative evaluation on the gas production potential of coal reservoirs based on isothermal adsorption curves: A case study of the Changgang Field, northern Guizhou, China[J]. Natural Gas Industry, 2018, 38(9): 40-47.
- [22] 高小康, 马军, 路艳霞, 等. 贵州西部织金区块多煤层条件下煤层气开发序列[J]. 天然气工业, 2018, 38(增刊 1): 31-37.
GAO Xiaokang, MA Jun, LU Yanxia, et al. Development sequence of coalbed methane under multi seam condition in Zhijin Block, western Guizhou[J]. Natural Gas Industry, 2018, 38(S1): 31-37.
- [23] 朱庆忠, 左银卿, 杨延辉. 如何破解我国煤层气开发的技术难题——以沁水盆地南部煤层气藏为例[J]. 天然气工业, 2015, 35(2): 106-109.
- ZHU Qingzhong, ZUO Yinqing, YANG Yanhui. How to solve the technical problems in the CBM development: A case study of a CMB gas reservoir in the southern Qinshui Basin[J]. Natural Gas Industry, 2015, 35(2): 106-109.
- [24] 孙哈森, 王成文. 固井水泥浆对裂缝割理发育型煤层气储层的伤害机理[J]. 天然气工业, 2018, 38(9): 82-87.
SUN Hansen, WANG Chengwen. Damage mechanism of cement slurry to CBM reservoirs with developed fractures and cleats: A case study from eastern Yunnan and western Guizhou in China[J]. Natural Gas Industry, 2018, 38(9): 82-87.
- [25] 陈捷, 易同生, 金军. 黔西松河井田煤层群合层分段压裂影响因素及参数优化[J]. 煤田地质与勘探, 2018, 46(5): 153-158.
CHEN Jie, YI Tongsheng, JIN Jun. Influencing factors and parameter optimization of staged fracturing in thin and medium coal seam group in Songhe mine in western Guizhou[J]. Coal Geology & Exploration, 2018, 46(5): 153-158.
- [26] 杨兆彪, 张争光, 秦勇, 等. 多煤层条件下煤层气开发产层组合优化方法[J]. 石油勘探与开发, 2018, 45(2): 297-304.
YANG Zhaobiao, ZHANG Zhengguang, QIN Yong, et al. Optimization methods of production layer combination for coalbed methane development in multi-coal seams[J]. Petroleum Exploration and Development, 2018, 45(2): 297-304.
- [27] 王少雷, 王有坤, 张祝平, 等. 煤层气合层排采井产能影响因素分析[J]. 煤炭科学技术, 2019, 47(9): 126-131.
WANG Shaolei, WANG Youkun, ZHANG Zhuping, et al. Analysis of influencing factors on productivity of coalbed methane of combined multi-layer drainage wells[J]. Coal Science and Technology, 2019, 47(9): 126-131.
- [28] 迟焕鹏, 毕彩芹, 胡志方, 等. 黔西地区煤层气井有利层位优选与精细化排采[J]. 辽宁工程技术大学学报(自然科学版), 2021, 40(4): 303-309.
CHI Huanpeng, BI Caiqin, HU Zhifang, et al. Optimum seams selection and fine production program for CBM wells in western Guizhou[J]. Journal of Liaoning Technical University (Natural Science Edition), 2021, 40(4): 303-309.
- [29] 金军, 杨兆彪, 秦勇, 等. 贵州省煤层气开发进展、潜力及前景[J/OL]. 煤炭学报: 1-13[2022-03-01]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2190.TD.20211223.1615.004.html>.
JIN Jun, YANG Zhaobiao, QIN Yong, et al. Progress, potential and prospects of CBM development in Guizhou Province[J/OL]. Journal of China Coal Society: 1-13[2022-03-01]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2190.TD.20211223.1615.004.html>.
- [30] 赵黔荣. 六盘水煤层气选区评价参数及勘探开发模式[J]. 贵州地质, 2000, 17(4): 226-235.
ZHAO Qianrong. Discussion on geological feature of coal-bed gas and its mode of exploration and development in Liupanshui area[J]. Guizhou Geology, 2000, 17(4): 226-235.
- [31] 徐宏杰, 桑树勋, 杨景芬, 等. 贵州省煤层气勘探开发现状与展望[J]. 煤炭科学技术, 2016, 44(2): 1-7.
XU Hongjie, SANG Shuxun, YANG Jingfen, et al. Status and expectation on coalbed methane exploration and development in Guizhou Province[J]. Coal Science and Technology, 2016, 44(2): 1-7.

- [32] 熊孟辉, 秦勇, 易同生. 贵州晚二叠世含煤地层沉积格局及其构造控制 [J]. 中国矿业大学学报, 2006, 35(6): 778-782.
XIONG Menghui, QIN Yong, YI Tongsheng. Sedimentary patterns and structural controls of Late Permian coal-bearing strata in Guizhou, China[J]. Journal of China University of Mining & Technology, 2006, 35(6): 778-782.
- [33] 易同生, 张井, 李新民. 六盘水煤田盘关向斜煤层气开发地质评价 [J]. 天然气工业, 2007, 27(5): 29-31.
YI Tongsheng, ZHANG Jing, LI Xinmin. Development geology assessment on coalbed methane in Panguan syncline of Liupanshui coal field[J]. Natural Gas Industry, 2007, 27(5): 29-31.
- [34] 周效志, 桑树勋, 易同生, 等. 煤层气合层开发上部产层暴露的伤害机理 [J]. 天然气工业, 2016, 36(6): 52-59.
ZHOU Xiaozhi, SANG Shuxun, YI Tongsheng, et al. Damage mechanism of upper exposed producing layers during CBM multi-coal seam development[J]. Natural Gas Industry, 2016, 36(6): 52-59.
- [35] 周嫒. 中国煤层气产业发展评价及途径研究 [D]. 北京: 中国地质大学 (北京), 2012.
ZHOU Pin. Research on China's CBM industry development evaluation and approach[D]. Beijing: China University of Geosciences(Beijing), 2012.
- [36] 朱庆忠, 杨延辉, 左银卿, 等. 对于高煤阶煤层气资源科学开发的思考 [J]. 天然气工业, 2020, 40(1): 55-60.
ZHU Qingzhong, YANG Yanhui, ZUO Yinqing, et al. On the scientific exploitation of high-rank CBM resources[J]. Natural Gas Industry, 2020, 40(1): 55-60.
- [37] 穆福元, 王红岩, 吴京桐, 等. 中国煤层气开发实践与建议 [J]. 天然气工业, 2018, 38(9): 55-60.
MU Fuyuan, WANG Hongyan, WU Jingtong, et al. Practice of and suggestions on CBM development in China[J]. Natural Gas Industry, 2018, 38(9): 55-60.
- [38] 姜杉钰, 王峰. 中国煤系天然气共探合采的战略选择与发展对策 [J]. 天然气工业, 2020, 40(1): 152-159.
JIANG Shanyu, WANG Feng. Strategic choice and development countermeasures for the commingled exploration and exploitation of coal measure natural gas in China[J]. Natural Gas Industry, 2020, 40(1): 152-159.
- [39] 姜子昂, 辜穗, 王径, 等. 我国油气勘探开发技术产品谱系构建 [J]. 天然气工业, 2020, 40(6): 149-156.
JIANG Zi'ang, GU Sui, WANG Jing, et al. Genealogy construction of oil & gas exploration and development technological products in China[J]. Natural Gas Industry, 2020, 40(6): 149-156.
- [40] 门相勇, 韩征, 宫厚健, 等. 新形势下中国煤层气勘探开发面临的挑战与机遇 [J]. 天然气工业, 2018, 38(9): 10-16.
MEN Xiangyong, HAN Zheng, GONG Houjian, et al. Challenges and opportunities of CBM exploration and development in China under new situations[J]. Natural Gas Industry, 2018, 38(9): 10-16.
- [41] 张遂安, 张典坤, 彭川, 等. 中国煤层气产业发展障碍及其对策 [J]. 天然气工业, 2019, 39(4): 118-124.
ZHANG Sui'an, ZHANG Diankun, PENG Chuan, et al. Obstacles to the development of CBM industry and countermeasures in China[J]. Natural Gas Industry, 2019, 39(4): 118-124.
- [42] 介丁非, 徐向阳, 郭丁丁, 等. 我国鼓励煤层气产业发展的创新政策研究 [J]. 中国矿业, 2020, 29(3): 11-17.
JIE Dingfei, XU Xiangyang, GUO Dingding, et al. Research on innovation policies related to promoting the development of China's coal bed methane industry[J]. China Mining Magazine, 2020, 29(3): 11-17.
- [43] 张抗, 于洋. 对于非常规天然气补贴“新政”的几点认识 [J]. 天然气工业, 2019, 39(11): 126-131.
ZHANG Kang, YU Yang. Some insights into the "new policies" on unconventional natural gas subsidies[J]. Natural Gas Industry, 2019, 39(11): 126-131.
- [44] 魏元龙, 孙钊, 龙萃芸, 等. 贵州省煤层气勘探开发形势与产业支持政策研究 [J]. 煤炭经济研究, 2021, 41(8): 69-74.
WEI Yuanlong, SUN Zhao, LONG Cuiyun, et al. Coalbed methane exploration and development situation and industrial support policy in Guizhou Province[J]. Coal Economic Research, 2021, 41(8): 69-74.
- [45] 孔令峰, 栾向阳, 杜敏, 等. 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, et al. 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.
- [46] 温声明, 周科, 鹿倩. 中国煤层气发展战略探讨——以中石油煤层气有限责任公司为例 [J]. 天然气工业, 2019, 39(5): 129-136.
WEN Shengming, ZHOU Ke, LU Qian. A discussion on CBM development strategies in China based upon a case study of PetroChina Coalbed Methane Co., Ltd[J]. Natural Gas Industry, 2019, 39(5): 129-136.

(修改回稿日期 2022-03-03 编辑 罗 洋)



本文互动