



## 国家油气重大专项煤矿区煤层气科技创新的探索与实践

胡健 柴建禄 岳超平 李国富 秦玉金 郭玉辉 陈建 孙海涛 刘柏根

### 引用本文:

胡健, 柴建禄, 岳超平, 等. 国家油气重大专项煤矿区煤层气科技创新的探索与实践[J]. 煤炭科学技术, 2022, 50(12): 83-91.

HU Jian, CHAI Jianlu, YUE Chaoping. Science and technology innovation and practice of major national science and technology special project of coalbed methane in coal mining area[J]. Coal Science and Technology, 2022, 50(12): 83-91.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.13199/j.cnki.cst.mcq2022-1418>

### 您可能感兴趣的其他文章

#### Articles you may be interested in

#### 煤矿区煤层气与煤炭协调开发机制模式及发展趋势

Progress and trend of key technologies of CBM development and utilization in China coal mine areas

煤炭科学技术. 2022, 50(12): 1-13 <https://doi.org/10.13199/j.cnki.cst.mcq2022-1641>

#### 国能神东煤炭集团重大科技创新成果与实践

Major scientific and technological innovation achievements and practices of CHN Shendong Coal Group

煤炭科学技术. 2023, 51(2): 1-43 <https://doi.org/10.13199/j.cnki.cst.2023-0008>

#### 煤炭科技型企业重大科技项目绩效评价方法研究

Research on performance evaluation method of major science and technology projects in coal science and technology enterprises

煤炭科学技术. 2023, 51(S1): 150-161 <https://doi.org/10.13199/j.cnki.cst.2023-0249>

#### 煤矿区煤层气“四区联动”井上下联合抽采模式与技术体系

Mechanism and technical system of ground and underground combined drainage of CBM in “four region linkage” in coal mining area

煤炭科学技术. 2022, 50(12): 14-25 <https://doi.org/10.13199/j.cnki.cst.mcq22-1076>

#### 新疆大倾角多煤组煤矿区煤层气开发利用进展与前景

Progress and prospects of coalbed methane development and utilization in coal mining areas with large dip angle and multiple coal groups in Xinjiang

煤炭科学技术. 2023, 51(S1): 162-172 <https://doi.org/10.13199/j.cnki.cst.mcq2022-1325>

#### 基于煤层气与煤炭协调开发的地面抽采工程部署关键技术进展

Key technology progress of surface extraction project deployment based on coordinated development of CBM and coal

煤炭科学技术. 2022, 50(12): 50-61 <https://doi.org/10.13199/j.cnki.cst.mcq22-25>



关注微信公众号, 获得更多资讯信息



移动扫码阅读

胡 健,柴建禄,岳超平,等. 国家油气重大专项煤矿区煤层气科技创新的探索与实践[J]. 煤炭科学技术, 2022, 50(12): 83-91.  
HU Jian, CHAI Jianlu, YUE Chaoping, *et al.* Science and technology innovation and practice of major national science and technology special project of coalbed methane in coal mining area[J]. Coal Science and Technology, 2022, 50(12): 83-91.

## 国家油气重大专项煤矿区煤层气科技创新的探索与实践

胡 健<sup>1</sup>,柴建禄<sup>2</sup>,岳超平<sup>3</sup>,李国富<sup>4</sup>,秦玉金<sup>5</sup>,郭玉辉<sup>6</sup>,陈 建<sup>7</sup>,孙海涛<sup>3</sup>,刘柏根<sup>2</sup>

(1. 煤炭科学研究总院有限公司,北京 100013; 2. 中煤科工西安研究院(集团)有限公司,陕西 西安 710054; 3. 中国煤炭科工集团重庆研究院有限公司,重庆 400037; 4. 晋能控股集团有限公司,山西 晋城 048000; 5. 中国煤炭科工集团沈阳研究院有限公司,辽宁 沈阳 113122; 6. 煤炭科学技术研究院有限公司,北京 100013; 7. 淮河能源(集团)股份有限公司,安徽 合肥 232001)

**摘 要:**国家油气重大专项形成的科技创新体系具有“新型举国创新体制”的特色,科技项目管理体系具有“全过程、多阶段、全生命周期”的特点。“十一五”至“十三五”期间,国家油气重大专项连续滚动支持煤层气开发和利用的基础理论、关键技术、成套装备的科技攻关和技术创新。煤矿区煤层气项目各参研单位以国家油气重大专项为契机,全力提升煤矿区煤层气科技创新水平,形成引领行业的煤矿区煤层气科技创新研发体系,全力支持国家油气重大专项科研攻关目标的实现。国家油气重大专项煤矿区煤层气项目形成了一批重大标志性成果,构建了一系列行业创新平台,全面带动了全国煤矿区煤层气产业的技术进步和产业建设,有效推动了全国煤层气产业发展。结合项目/示范工程的组织实施和煤炭行业特点,系统总结国家油气重大专项煤矿区煤层气科技创新的探索与实践,凝练形成“以国家投入为引导,企业投入为主体,产学研用深度融合,持续引领行业科技进步”的国家科技重大专项煤矿区煤层气科技创新与实践。在建立健全组织管理机构、不断加强专项管理规范、持续发挥衔接纽带作用、协调促进科研管理创新、深入推进产学研用融合等方面形成了煤矿区煤层气科技创新实践的具体经验。

**关键词:**国家科技重大专项;科技创新;创新实践;煤矿区煤层气;煤层气抽采与利用

中图分类号:TD713 文献标志码:A 文章编号:0253-2336(2022)12-0083-09

### Science and technology innovation and practice of major national science and technology special project of coalbed methane in coal mining area

HU Jian<sup>1</sup>, CHAI Jianlu<sup>2</sup>, YUE Chaoping<sup>3</sup>, LI Guofu<sup>4</sup>, QIN Yujin<sup>5</sup>, GUO Yuhui<sup>6</sup>, CHEN Jian<sup>7</sup>, SUN Haitao<sup>3</sup>, LIU Bogen<sup>2</sup>

(1. Chinese Institute of Coal Science, Beijing 100013, China; 2. Xi'an Research Institute Co. Ltd., China Coal Technology and Engineering Group Corp., Xi'an 710077, China; 3. Chongqing Research Institute of China Coal Technology & Engineering Group Corp., Chongqing 400037, China; 4. Jineng Holding Group Co., LTD., Jincheng 048000, China; 5. Shenyang Research Institute Co. Ltd., China Coal Technology and Engineering Group Corp., Shenyang 710077, China; 6. China Coal Research Institute, Beijing 100013, China; 7. Huaihe Energy Group Coal Industry Co., Hefei 232001, China)

**Abstract:** The scientific and technological innovation system formed by the national major oil and gas projects has the characteristics of “new nationwide innovation system”, and the system of scientific and technological projects has the characteristics of “whole process, multi-stage and full life cycle”. During the 11th Five-Year Plan period and 13rd Five-Year Plan period, major national oil and gas projects have continuously supported scientific and technological breakthroughs and technological innovations in basic theories, key technologies and complete sets of equipment for the development and utilization of coalbed methane. Members of the national major projects of oil and gas projects and project implementation unit, paying great efforts, aim to taking the national major projects of oil and gas as an great opportunity, to enhance the level of coal mine area of coalbed methane of science and technology innovation and form the leading industry of coal mining area of coal bed methane research and development of science and technology innovation system, to fully support the realiza-

收稿日期:2022-06-23 责任编辑:黄小雨 DOI: 10.13199/j.cnki.cst.mcq2022-1418

基金项目:国家科技重大专项资助项目(2016ZX05045, 2016ZX05067, 2016ZX05068)

作者简介:胡 健(1986—),男,山东临朐人,副研究员,博士。Tel: 010-87986487, E-mail: hujk@126.com

tion of key scientific research goals of major national oil and gas projects. Coal mining area coal bed methane programs have formed a series of major landmark achievements, built a series of industry innovation platform, comprehensively stirred the technological progress and industrial development of coal-bed methane industry in coal mining areas of China, and effectively promoted the construction of the coal-bed methane industry in China. Combined with the organization and implementation of the project (subject)/demonstration project and the characteristics of the coal industry, we have systematically summarize the exploration and practice of CBM technological innovation in national major special coal mine area and formed a national major special project of science and technology, which is “guided by national investment, dominated by enterprise investment, highly integrated with industry, university, research and application, and continuously leading the technological progress of the industry”. In establishing and perfecting the organization and management institutions, continue to strengthen the special management specification, continue to play a role of cohesive ties, coordination to promote the scientific research management innovation, promote the development and use fusion to form coal mining area of coalbed methane from the concrete experience of science and technology innovation practice.

**Key words:** major national science and technology projects; scientific and technological innovation; innovative practice; coalbed methane in coal mining area; extraction and utilization

## 0 引言

2006年,国务院公布《国家中长期科学和技术发展规划纲要》(2006—2020年),确定组织实施国家科技重大专项,通过核心技术突破和资源集成,在一定时限内完成重大战略产品、关键共性技术和重大工程。2008年,国家科技部正式启动国家科技重大专项,确定了战略新型、能源资源、生命健康、国防军工等16个国家科技重大专项。“大型油气田及煤层气开发”(以下简称:国家油气重大专项)是所设立的10个民口国家科技重大专项之一。国家油气重大专项由中国石油天然气集团有限公司牵头组织实施,共覆盖陆上油气勘探开发、海洋油气勘探开发、海外油气勘探开发、非常规油气勘探开发及工程技术、示范工程等实施方向<sup>[1-3]</sup>。“十一五”至“十三五”期间,国家油气重大专项连续滚动支持煤层气开发和利用的基础理论、关键技术、成套装备的科技攻关和技术创新。

煤矿区煤层气(又称“煤矿瓦斯”)是指生产煤矿井田范围内煤储层赋存的煤层气资源,是我国煤层气资源的重要组成部分。国家科技重大专项“大型油气田及煤层气开发”中设立了煤矿区煤层气开发与利用项目(课题)和示范工程,对煤矿抽采、建设、掘进、开采等各个关节中的煤矿区煤层气资源进行开发利用。煤矿区煤层气国家科技重大专项的总体实施,促进了煤炭和煤层气两种能源资源共采,在确保煤矿区煤层气与煤炭协调开发、充分利用清洁能源、防治煤矿瓦斯灾害和推动温室气体减排等方面具有重要意义。

笔者基于煤矿区煤层气国家科技重大专项的整体实施过程,系统总结国家科技重大专项的科技创

新实践,特别结合煤矿区煤层气项目(课题)和示范工程实施过程中的工作特点、行业特色,梳理提出煤矿区煤层气国家科技重大专项科技创新管理范式,对形成新发展阶段下的科研范式创新,提高科技管理水平,对指导科技创新实践具有重要的借鉴意义。

## 1 重大专项科技管理工作特点

### 1.1 国家油气重大专项科技管理特点

国家油气重大专项的总体实施,有效保障了国家油气能源安全,确保了国民经济发展需要国家油气重大专项形成的科技创新体系具有“新型举国创新体制”的特色<sup>[3]</sup>,科技项目管理体系具有“全过程、多阶段、全生命周期”的特点。

国家油气重大专项支持体系由国家层面、牵头单位层面和实施单位层面3部分组成,如图1所示。国家油气重大专项设立“大型油气藏及煤层气开发重大专项”实施管理办公室(以下简称“专项办”),全面承担国家油气重大专项的技术支持、组织管理、实施保障工作,并设立技术委员会。各项目成员单位、实施单位同时设立项目管理办公室。国家油气重大专项的实施以企业为主体,项目实施过程中覆盖项目管理的各个环节,周期长工作量大,科技项目组织管理模式目标层次高、管理幅度大、体系跨度大等特点<sup>[3]</sup>。

### 1.2 煤矿区煤层气项目科技管理特点

煤矿区煤层气项目科技攻关方向涵盖煤层气与煤炭协调开发、煤层气高效抽采、低渗煤层煤层气增渗机理、低浓度煤层气提浓与利用等整个煤矿区煤层气开发利用领域<sup>[4-8]</sup>,攻关内容覆盖煤矿区煤层气富集规律研究、勘探开发技术、抽采利用装备等产业全过程,共设置5个研究项目和8个示范工程。

国家油气重大专项煤矿区煤层气项目组参研单位覆盖广泛、技术攻关涵盖完善、研发示范配套齐全，形成了学术界、科技界、产业界一体化的科技创新系统，如图 2 所示。中国煤炭科工集团有限公司设立油气开发专项煤矿区煤层气项目管理办公室，结合项目(课题)/示范工程的组织实施和煤炭行业特点，探索形成了“以国家投入为引导，企业投入为主体，产学研用深度融合，持续引领行业科技进步”的国家科技重大专项管理创新实践。

## 2 煤矿区煤层气重大专项科技创新实践

### 2.1 全力协调支持重大专项科技创新

中国煤炭科工集团高度重视国家油气重大专项科技创新工作，强调以国家油气重大专项为契机，全力提升煤矿区煤层气科技创新水平，形成引领行业的煤矿区煤层气科技创新研发体系。2008 年以来，中国煤炭科工集团作为国家油气重大专项的项目成员和项目实施单位，全力支撑国家油气重大专项科研攻关目标的实现，健全组织机构，明晰职责划分，保障科技攻关任务的完成和行业科技进步。

### 2.2 建立健全组织管理机构

中国煤炭科工集团成立总院重大专项管理机构，包括重大专项实施领导小组、重大专项实施管理办公室和重大专项财务审计小组。

煤矿区煤层气国家科技重大专项项目实施领导

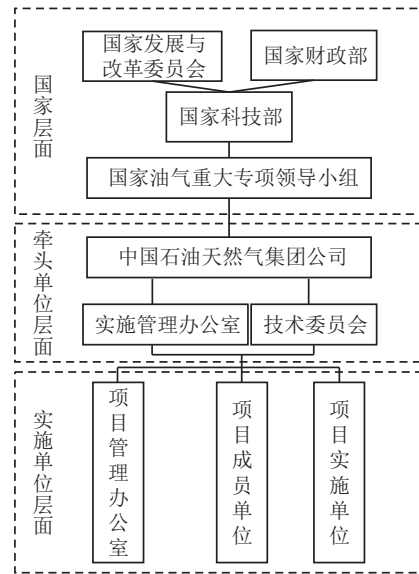


图 1 国家油气重大专项支持体系运行构架

Fig.1 Management and organization structure of major national special support for oil and gas development project

小组，由项目长担任组长，重大专项实施领导小组负责重大专项立项、实施和管理的组织协调，负责落实重大专项的实施保障条件，负责审定重大专项有关管理制度和办法，负责协调解决重大专项实施过程中的重大问题等。设立油气开发专项煤矿区煤层气项目管理办公室，负责重大专项的日常管理工作，负责重大专项立项、实施、检查、评审、验收、汇报等重要材料的编写组织工作，负责重大专项参与单位

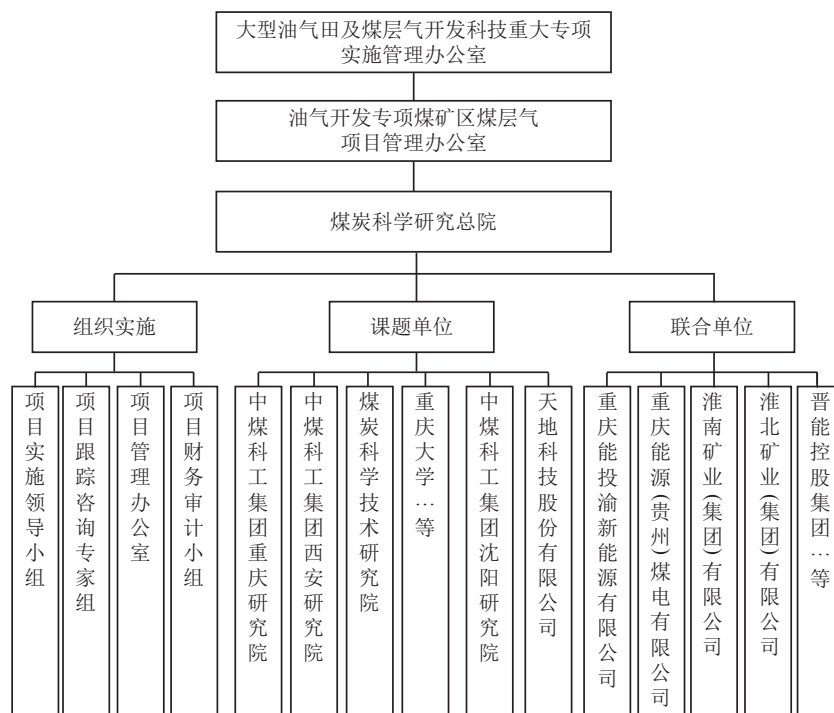


图 2 国家油气重大专项煤矿区煤层气项目管理组织架构

Fig.2 Projects management and organization structure of major national science and technology project in this program

的联系与协调工作,督促重大专项实施并协调解决实施过程中的有关问题,承办重大专项实施领导小组交办的其他事项等。重大专项实施管理办公室设在科技发展部,由总院科技部门、财务部门及承担单位人员共同组成。设立项目跟踪咨询专家组,全程跟踪油气重大专项科技研发进度,并对关键技术环节进行全程跟踪指导。设立项目财务审计小组,负责重大专项的经费使用监督,并配合会计师事务所做好年度审计和结题审计等审计工作。负责监督重大专项的执行情况及资金使用情况,全面参与项目、课题、任务承担单位汇报年度执行情况、预算调整事项、存在问题及下一步工作计划。重大专项财务审计小组由总院科技部门、财务部门人员组成。

国家油气重大专项设立项目/示范工程-课题-任务三级研发体系,项目参与承担单位众多<sup>[9-11]</sup>。各项目、示范工程、课题、任务的承担单位是直接责任主体,均成立国家科技重大专项领导小组,并由主要领导担任组长,同样设立项目管理办公室,承担具体管理全过程管理职能和协调工作,重大专项实施领导小组对各管理机构负有监督权,并保障各小组职责明晰,各管理机构有序开展工作的。

### 2.3 加强专项管理规范

为加强国家油气重大专项的组织管理,规范专项项目(课题)/示范工程的申报、立项、实施以及综合绩效评价等工作,煤矿区煤层气项目组严格执行《国家科技重大专项(民口)管理规定》《国家科技重大专项(民口)资金管理办法》以及国家一系列关于科技管理的规定和管理要求,全面贯彻油气开发专项领导小组及实施管理办公室有关管理规定和要求,项目承担单位及联合单位遵照国家有关制度规定,制定了一系列科研项目及经费管理办法:《煤炭科学研究总院大型油气田及煤层气开发国家科技重大专项实施管理办法》《<山西重点煤矿区煤层气与煤炭协调开发示范工程>实施管理办法》《淮南矿业集团科研管理办法》《淮北矿业(集团)有限责任公司科研管理办法》《中国煤炭科工集团西安研究院有限公司科研项目管理办法》《中煤科工集团重庆研究院有限公司国家科技计划项目管理实施细则》《煤炭科学研究总院大型油气田及煤层气开发国家科技重大专项经费管理细则》《煤炭科学技术研究院有限公司重大专项财政资金支出管理暂行规定》等项目管理制度、财务管理办法、资金管理细则。

项目承担单位及联合单位将收到的中央财政资金纳入单位财务统一管理体系中,严格按照国家科

技重大专项和国家有关财经法规和财务管理制度,进行项目日常资金管理,对中央财政资金和单位自筹资金分别单独核算、专款专用,做到及时拨付保进度,从严审批、规范监督等。

### 2.4 持续发挥衔接纽带作用

油气开发专项煤矿区煤层气项目管理办公室会同集团公司科技发展部、煤科总院科技支撑部门、煤科总院财务处、项目承担单位及联合单位项目管理办公室在项目申报研讨、项目实施论证、项目经费管理、全过程跟踪管理、项目成果管理、项目档案及保密管理、项目综合绩效评价以及各项规章制度的建立等工作中保持交流沟通和持续衔接,通过组织召开项目启动及实施方案审查、组织召开项目中期预审、实行定期报告制度、建立项目简报制度、组织课题研讨会议、国际交流等多种形式组织技术交流活动,确保国家油气重大专项各项规章制度高效贯彻落实,确保各项技术攻关任务如期达成。

煤矿区煤层气项目通过组织国家油气重大专项管理工作会,对国家科技管理政策、专项办的各项规章制度进行及时更新解读和宣传贯彻,通过组织各项目承担单位和联合单位的科研人员、项目管理人员、财务人员、技术研发人员等进行油气重大专项实施过程中的管理经验和创新实践的经验交流,共同推进油气重大专项工作的高效有效实施。

### 2.5 协调促进科研管理创新

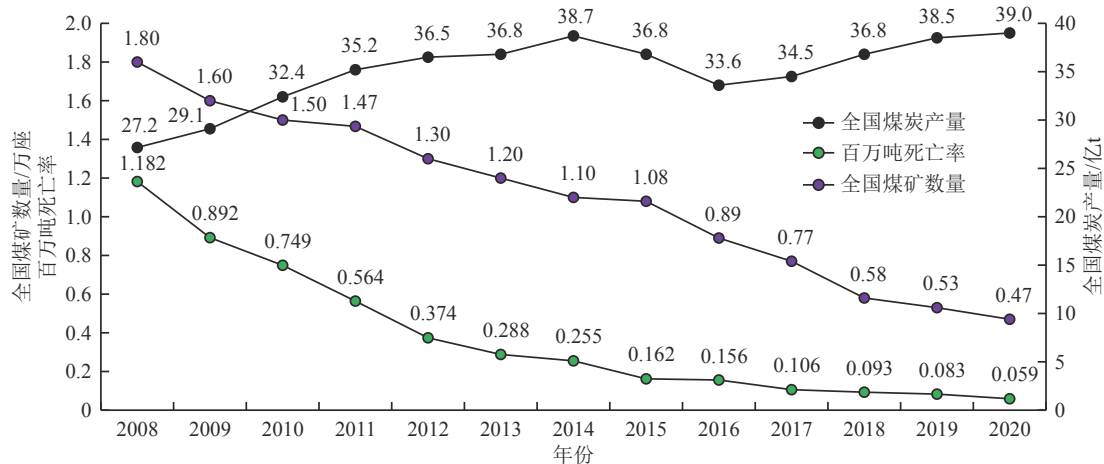
国家油气重大专项跨度时间长,科研项目从立项、财务、实施、验收、综合绩效评价等各个阶段设计科研工作和管理工作的深度交叉,通过综合管理,协调推进国家油气重大专项实施工作,促进科技研发和科研管理工作的协同创新。国家油气重大专项以5年为一个实施周期,一个项目的立项至项目的验收跨度周期较其他项目科研项目都长,项目立项之初要充分进行科研项目的立项申报、实施审查、预期成果,做好科研管理和科研计划的综合管理是保障国家重大专项有序高效推进的前提。

财务管理涉及项目实施推进的全过程,国家油气重大专项施行前补助形式对项目进行资助<sup>[12]</sup>。各项目承担单位和联合单位需根据专项的立项情况,形成“以国家投入为引导,企业投入为主体”的科研创新范式,项目承担单位及联合单位根据自身科研生产实践,确保中央财政资金合法合规使用和单位配套资金的足额及时落实,做好科研管理和经费管理的综合管理是保障国家重大专项有序高效推进的关键。

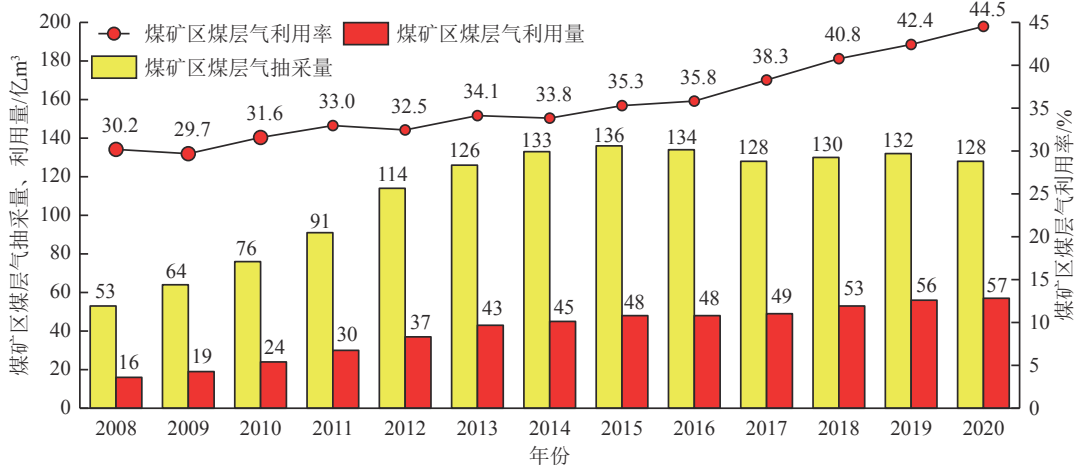
煤矿区煤层气项目的整体研究工作是一项复杂的系统工程，档案管理是整个研发活动的最真实记录，形成的文字、报告、图纸、设备、影像等是国家和企业重要的科技资源和知识资产<sup>[13-17]</sup>。通过落实“统一领导、分级管理”的基本原则，制定项目、示范工程、课题、任务档案工作方案，按照法人管理责任制的要求，具体落实档案管理工作，在申报立项阶段、过程管理阶段、验收阶段分别形成系统完整的档案文件，煤矿区煤层气项目在档案文件中过程可供追踪、记录真实原始、规范高效共享。做好科研管理和档案管理的综合管理是保障国家重大专项有序高效

推进的基础。

国家油气重大专项的最终综合绩效评价采取技术、财务和档案综合绩效评价，在档案现场核查和财务审查基础上再进行最终的技术综合绩效评价。首先进行档案的现场核查，通过实地核实验收档案现场的整理、保存情况，对档案的保存形式、真实情况、共享程度等进行实地验证。财务综合绩效评价在第三方独立审计的基础上进行，确保中央财政资金使用率和单位自筹资金及时足额配齐。煤矿区煤层气通过国家能源局组织的最终综合绩效评价。



(a) 全国煤矿数量、百万吨死亡率及全国煤炭产量随时间变化情况



(b) 煤矿区煤层气抽采、利用量及利用率随时间变化情况

图 3 全国煤炭产量、煤矿数量、百万吨死亡率与煤层气抽采利用量、利用率

Fig.3 Coal production, coal mines number, DRPMT, coal mine methane extraction and utilization rate

## 2.6 深入推进产学研用融合

煤矿区煤层气项目组参研单位覆盖广泛、技术攻关涵盖完善、研发示范配套齐全，形成了学术界、科技界、产业界一体化的科技创新系统。通过煤矿区煤层气项目的实施，形成了煤矿区煤与煤层气协调开发的理论方法、技术体系和装备序列，通过示范

工程的有效实施，在我国山西晋城典型煤矿区、两淮煤层群煤矿区、重庆松藻复杂地质条件煤矿区以及新疆大倾角煤层组煤矿区形成的成熟的协调开发推广范式<sup>[18-20]</sup>。煤矿区煤层气项目组不断加强推广应用，深入推进产学研用高度融合，在我国山西、安徽、重庆、新疆地区持续推广，在内蒙古、陕西、辽宁、贵

州等地区开拓应用,全面带动全国煤矿区煤层气产业的技术进步和产业发展,有效推动全国煤层气产业建设。

### 3 重大成果及对专项的支撑

#### 3.1 煤矿区煤层气重大成果

煤矿区煤层气项目自2008年立项以来,经过“十一五”“十二五”“十三五”持续攻关,取得一系列重大成果。

1)煤层气与煤炭协调开发技术体系。煤层气与煤炭协调开发的关键在于协调煤炭开采与煤层气开发的时空关系,通过构建和运用煤与煤层气协调开发技术适应性及与煤层气开发利用的大数据平台<sup>[21-23]</sup>,建立煤矿区煤层气开发利用全生命周期综合评价方法和模型<sup>[24]</sup>。煤层气与煤炭的协调开发在空间上突出表现为煤与瓦斯共采<sup>[25]</sup>,在协调开发技术在示范矿区的集成应用与效果评估中,系统构建我国煤矿区煤与煤层气协调开发模式与技术体系,如图4所示。

2)煤矿区煤层气关键核心技术。针对我国煤矿区煤层气特殊的赋存条件,在煤矿区煤层气碎软煤层全域水力增渗、采动区地面井抽采、低浓度煤层气梯级利用等领域形成三大技术系列,突破形成了多次开采扰动地面井钻护井技术、穿越采空区钻井技术、碎软低渗煤层地面井强化增产技术、难抽煤层井下增渗技术、低浓度煤层气短流程变压吸附提质技术、煤矿区煤层气蓄热氧化、变压吸附提纯等6项关键核心技术<sup>[26-27]</sup>。

3)煤矿区煤层气重大装备。煤矿区煤层气形成的重大装备有效支撑了煤矿区煤层气的开发和利用,包括碎软煤层双动力头双管定向钻进装备、井下顶管快速智能钻进装备、井下旋转地质导向智能钻进装备、井下大直径高位长钻孔定向钻进装备、煤层气井大直径极小曲率侧钻装备、低浓度煤层气撬装式短流程提质装备等6套重大装备。

4)煤矿区煤层气示范工程。煤层气与煤炭协调开发技术体系、煤矿区煤层气高效抽采、有效利用等成套技术系列和重大装备,为山西晋城、两淮、松藻示范工程的建设提供技术和装备支撑,形成了山西矿区煤层气“四区联动”全域协调开发模式、两淮矿区煤层群煤层气立体联合开发模式、松藻矿区复杂松软煤层超前增透协调开发模式,进而带动全国煤矿区煤层气开发实践。

#### 3.2 重大成果对专项的支撑

依托国家科技重大专项煤矿区煤层气项目的总体实施,我国煤矿区煤层气开发利用技术取得了巨大的进步。在“协调开发、提质增效、梯级利用、技术支撑、集成示范”总体思路的指导下,煤矿区煤层气项目组开展研究攻关。项目与示范工程紧密结合,形成的1项方法与技术体系、创新完善了3大技术系列、研制了6套重大装备,是《大型油气田及煤层气开发》05专项20项重大技术之一“矿区煤层气一体化抽采技术”的重要组成部分,支撑建成山西矿区、两淮矿区、松藻矿区等示范工程,有力支撑了国家油气重大专项“6212”科技攻关目标的实现,为保障国家

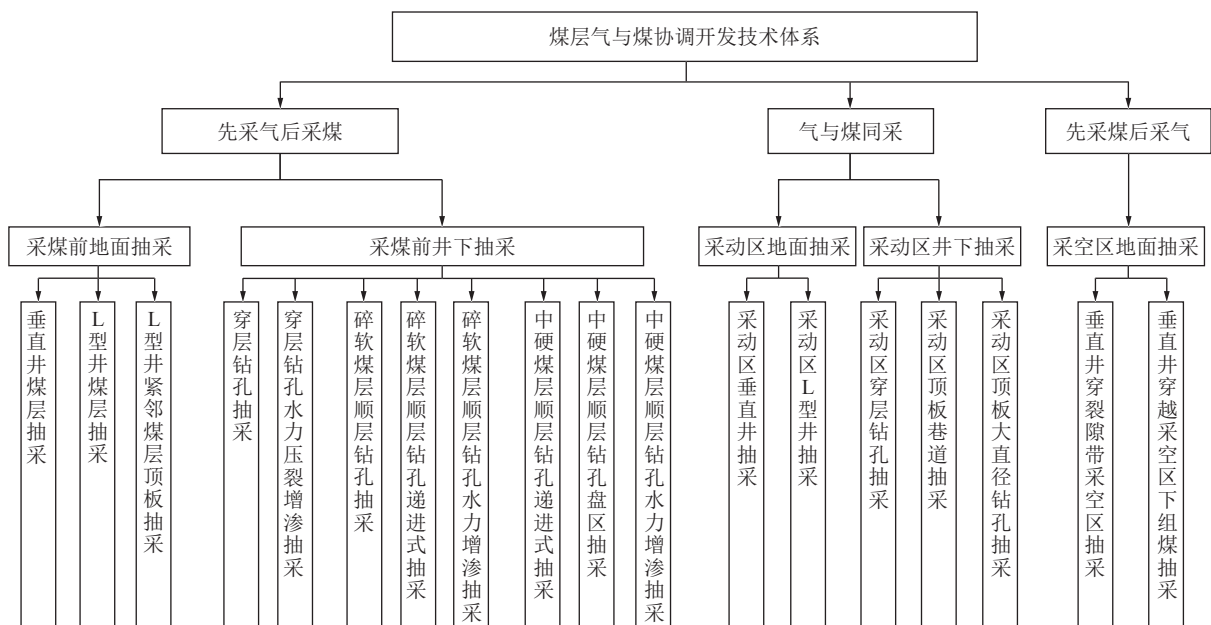


图4 煤层气与煤炭协调开发技术体系

Fig.4 Technical system for coordinated development of coal bed methane and coal mining

能源安全生产,增加清洁能源供给贡献重要力量。

## 4 重大专项成效情况

### 4.1 知识产权成效

煤矿区煤层气项目在标准、论著、专利和软件等方面取得丰硕成果。形成标准共计 219 项,其中包括“煤矿区煤层气地面抽采效果检测与评价等国家标准 9 项,“煤矿采动影响区瓦斯抽采地面直井设计规范”、等行业标准 61 项,“二氧化碳多管联爆致裂技术规范”、等企业标准 150 项,形成代表性专著《煤层气与煤炭协调开发理论与技术》等 27 部,授权专利 582 件,登记软件著作权 73 件。煤矿区煤层气项目获科技进步奖 117 项,其中国家科技进步二等奖“低透气性煤层群无煤柱煤与瓦斯共采关键技术”、等 6 项,“采动区煤层气地面抽采井优化设计技术及应用”等省部级科学技术奖励 41 项,“矿井大盘区瓦斯抽采定向钻进技术与装备”等行业协会相关科学技术奖励 70 项。

### 4.2 创新平台成效

煤矿区煤层气项目支撑了煤矿安全技术国家重点实验室、瓦斯灾害监控与应急技术国家重点实验室、煤与煤层气共采国家重点实验室、国家能源局煤矿区煤层气开发利用研究中心等科研平台能力建设,煤矿区煤层气开发利用装备水平达到国际领先,建成了国内最全面、最专业、最先进的煤层气抽采、压裂、解吸、煤层气提纯、利用等综合实验室,实现了高端钻探装备跨越式、集群化、规模化发展;形成涵盖煤矿区煤层气全产业链分析检测等综合服务能力的科研平台。

### 4.3 经济社会成效

国家油气重大专项煤矿区煤层气项目实施期间,我国煤矿数量由 2008 年的 1.8 万余座下降至 2020 年的 4 700 余座,原煤年产量由 2008 年的 27.2 亿 t 增长至 2020 年的 39 亿 t,在我国大量煤炭矿井关闭的条件下,通过井下和地面煤层气的联合抽采,大幅缩短了采气工程建设和采气时间,为采煤工程创造了更多的时间和空间,提高了煤炭安全生产能力,矿井单产从 2008 年 15 万 t 提升到了 2020 年 83 万 t,为煤矿企业创造了显著的直接经济效益。

煤矿区煤层气井下抽采量由 2008 年的 53 亿  $m^3$  稳定至 2020 年 130 亿  $m^3$  左右,抽采量增长 142%,利用量由 2008 年的 16 亿  $m^3$  增长至 2020 年的 57 亿  $m^3$ ,利用量增长 256%,利用率增长 47.4%,如图 3 所示,实现煤矿区煤层气抽采量和利用量大幅提升,

利用率稳步增长,大量煤矿区煤层气实现规模化资源利用,大幅度增加清洁能源供应。

煤矿百万吨死亡率由 2008 年的 1.182 降到 2020 年的 0.059,全国瓦斯事故起数和死亡人数由 2008 年的 182 起、778 人降到 2020 年的 7 起、36 人,2015 年以来全国首次实现全年未发生一次死亡 10 人以上的重大瓦斯事故,有效推动了煤矿安全形势持续稳定好转;同时,促进节能减排、减少温室气体排放,为推动每年近 200 亿  $m^3$  风排瓦斯利用、促进“碳达峰、碳中和”提供了技术途径,社会效益显著。

## 5 结 论

1)国家油气重大专项形成的科技创新体系具有“新型举国创新体制”的特色,科技项目管理体系具有“全过程、多阶段、全生命周期”的特点;煤矿区煤层气项目组参研单位覆盖广泛、技术攻关涵盖完善、研发示范配套齐全,形成了学术界、科技界、产业界一体化的科技创新系统。

2)煤矿区煤层气行业高度重视,全力协调支撑国家油气重大专项科技创新,明晰各方职责,建立健全组织管理机构;完善各项制度,不断加强专项管理规范;注重沟通交流,持续发挥衔接纽带作用;注重综合管理,协调促进科研管理创新;加强推广应用,深入推进产学研用融合,探索形成“以国家投入为指导,企业投入为主体,产学研用深度融合,持续引领行业科技进步”的国家科技重大专项管理创新实践。

3)煤矿区煤层气项目组形成“协调开发、提质增效、梯级利用、技术支撑、集成示范”的总体思路,煤矿区煤层气项目与示范工程紧密结合,形成的 1 项方法与技术体系、创新完善了 3 大技术系列、研制了 6 套重大装备,支撑了山西矿区、两淮矿区、松藻矿区等示范工程建设,有力支撑了国家油气重大专项“6212”科技攻关目标的实现。

4)煤矿区煤层气行业形成了一大批重大标志性成果,构建了一系列行业创新平台,产生了显著的经济社会成效,全面带动了全国煤矿区煤层气产业的技术进步和产业发展,有效推动了全国煤层气产业建设。

### 参考文献(References):

- [1] 贾承造. 中国石油工业上游科技进步与未来攻关方向[J]. 石油科技论坛, 2021, 40(3): 1-10.  
JIA Chengzao. China's petroleum industrial upstream technological development and its future research areas[J]. Petroleum Sci-

- ence and Technology Forum, 2021, 40(3): 1-10.
- [2] 匡立春, 刘志红, 罗凯, 等. 突破核心技术强化创新引领驱动中国石油高质量发展[J]. *石油科技论坛*, 2020, 39(1): 6-9.  
KUANG Lichun, LIU Zhihong, LUO Kai, *et al.* Drive CNPC highquality development by making breakthroughs in core technology and highlighting innovation-guided effects[J]. *Petroleum Science and Technology Forum*, 2020, 39(1): 6-9.
- [3] 赵孟军, 赵力民, 郭燕华, 等. 国家科技重大专项技术支持与管理机制创新探索[J]. *石油科技论坛*, 2021, 40(3): 87-93.  
ZHAO Mengjun, ZHAO Limin, GUO Yanhua, *et al.* Efforts for innovation of technological support and management mechanism for national science and technology major project[J]. *Petroleum Science and Technology Forum*, 2021, 40(3): 87-93.
- [4] 刘见中, 孙海涛, 雷毅, 等. 煤矿区煤层气开发利用新技术现状及发展趋势[J]. *煤炭学报*, 2020, 45(1): 258-267.  
LIU Jianzhong, SUN Haitao, LEI Yi, *et al.* Current situation and development trend of coal bed methane development and utilization technology in coal mine area[J]. *Journal of China Coal Society*, 2020, 45(1): 258-267.
- [5] 申宝宏, 刘见中, 雷毅. 我国煤矿区煤层气开发利用技术现状及展望[J]. *煤炭科学技术*, 2015, 43(2): 1-4.  
SHEN Baohong, LIU Jianzhong, LEI Yi. Present status and prospects of coalbed methane development and utilization technology of coal mine area in China[J]. *Coal Science and Technology*, 2015, 43(2): 1-4.
- [6] 袁亮. 卸压开采抽采瓦斯理论及煤与瓦斯共采技术体系[J]. *煤炭学报*, 2009, 34(1): 1-8.  
YUAN Liang. Theory of pressure-relieved gas extraction and technique system of integrated coal production and gas extraction[J]. *Journal of China Coal Society*, 2009, 34(1): 1-8.
- [7] 徐凤银, 闫霞, 林振盘, 等. 我国煤层气高效开发关键技术研究进展与发展方向[J]. *煤田地质与勘探*, 2022, 50(3): 1-14.  
XU Fengyin, YAN Xia, LIN Zhenpan, *et al.* Research progress and development direction of key technologies for efficient coalbed methane development in China[J]. *Coal Geology & Exploration*, 2022, 50(3): 1-14.
- [8] 秦勇, 申建, 史锐. 中国煤系气大产业建设战略价值与战略选择[J]. *煤炭学报*, 2022, 47(1): 371-387.  
QIN Yong, SHEN Jian, SHI Rui. Strategic value and choice on construction of large CMG industry in China[J]. *Journal of China Coal Society*, 2022, 47(1): 371-387.
- [9] 汪凯明. 国家油气开发重大专项管理工作思考与建议[J]. *石油科技论坛*, 2017, 36(4): 15-20.  
WANG Kaiming. Suggestions in management of national oil and gas major projects[J]. *Oil Forum*, 2017, 36(4): 15-20.
- [10] 韩圆庆. 《大型油气田及煤层气开发》国家科技重大专项科研项目管理问题及对策研究[J]. *经济师*, 2015, 30(2): 79, 81.  
HAN Yuanqing. Research on problems and countermeasures of scientific research projects management in national science and technology major projects of oil and gas[J]. *China Economist*, 2015, 30(2): 79, 81.
- [11] 许晓明, 卢山, 刘磊, 等. 国家科技重大专项项目管理创新实践与建议[J]. *石油科技论坛*, 2020, 39(5): 48-53.  
XU Xiaoming, LU Shan, LIU Lei, *et al.* Practice and suggestions on innovative management of national science and technology major projects[J]. *Petroleum Science and Technology Forum*, 2020, 39(5): 48-53.
- [12] 财政部, 科技部, 发展改革委. 国家科技重大专项(民口)资金管理办法(财科教[2017]74号)[EB/OL]. (2017-06-27) [2021-02-20]. [http://jkw.mof.gov.cn/zhengcefabu/201707/t20170707\\_2641271.htm](http://jkw.mof.gov.cn/zhengcefabu/201707/t20170707_2641271.htm).
- [13] 吴光武, 张媛, 张鹏, 等. 国家科技重大专项项目管理探析[J]. *中国高新技术企业*, 2016(14): 179-181.  
WU Guangwu, ZHANG Yuan, ZHANG Peng, *et al.* Analysis of national major science and technology projects management[J]. *China HighTech Enterprises*, 2016(14): 179-181.
- [14] 孔文祥. 国家科技重大专项档案管理实践探索: 以长庆油田工作实际为例[J]. *陕西档案*, 2021(4): 47-49.  
KONG Wenxiang. Practice and exploration of archives management for major national science and technology projects: a case in Changqing Oilfield[J]. *Shaanxi Archive*, 2021(4): 47-49.
- [15] 张星明, 韩连胜, 梁毅, 等. 科技重大专项管理模式研究[J]. *科技管理研究*. 2017, 37(5): 142-148.  
ZHANG Xingming, HAN Liansheng, LIANG Yi, *et al.* Research on the management mode of major scientific and technological projects[J]. *Science and Technology Management Research*, 2017, 37(5): 142-148.
- [16] 王涵. 国家科技重大专项的知识产权全过程管理模式研究[J]. *科学学与科学技术管理*, 2008(10): 29-34.  
WANG Han. Study on the whole life-cycle intellectual property management of major national S&T program[J]. *Science and Management of S & T*, 2008(10): 29-34.
- [17] 吕建中, 杨虹, 孙乃达. 全球能源转型背景下的油气行业技术创新管理新动向[J]. *石油科技论坛*, 2019, 38(4): 1-8.  
LU Jianzhong, YANG Hong, SUN Naida. New trends of technology innovation management in oil and gas industry in the context of global energy transition[J]. *Petroleum Science and Technology Forum*, 2019, 38(4): 1-8.
- [18] 李国富, 李贵红, 刘刚. 晋城矿区典型区煤层气地面抽采效果分析[J]. *煤炭学报*, 2014, 39(9): 1932-1937.  
LI Guofu, LI Guihong, LIU Gang. Analysis on the ground extraction effect of coal-bed methane at typical area in Jincheng, China[J]. *Journal of China Coal Society*, 2014, 39(9): 1932-1937.
- [19] 刘志强, 宋朝阳, 程守业, 等. 我国反井钻井技术与装备发展历程及现状[J]. *煤炭科学技术*, 2021, 49(1): 32-65.  
LIU Zhiqiang, SONG Zhaoyang, CHEN Shouye, *et al.* Development history and status quo of raise boring technologies and equipment in China[J]. *Coal Science and Technology*, 2021, 49(1): 32-65.
- [20] 雷毅, 申宝宏, 刘见中. 煤矿区煤层气与煤炭协调开发模式初探[J]. *煤矿开采*, 2012, 17(3): 1-4.  
LEI Yi, SHEN Baohong, LIU Jianzhong. Initial discussion of coalbed methane and coal coordination mining mode[J]. *Coal Mining Technology*, 2012, 17(3): 1-4.
- [21] 秦容军. 灰色时间序列组合模型的煤层气抽采量预测研究[J].

- 煤炭经济研究, 2020, 40(12): 59-64.
- QIN Rongjun. Research on coalbed methane drainage forecast based on Grey Time Series Combination Model[J]. *Coal Economic Research*, 2020, 40(12): 59-64.
- [ 22 ] 陈 茜. 基于Hadoop的煤矿区煤层气开发利用大数据平台设计[J]. *煤炭经济研究*, 2018, 38(10): 71-75.
- CHEN Qian. Design of big data platform for coalbed methane development and utilization based on Hadoop[J]. *Coal Economic Research*, 2018, 38(10): 71-75.
- [ 23 ] 徐华龙. 典型矿区煤层气与煤炭协调开发动态模拟研究[J]. *工矿自动化*, 2020, 46(3): 95-99.
- XU Hualong. Research on dynamic simulation of coordinated development of coalbed methane and coal in typical mining areas[J]. *Industry and Mine Automation*, 2020, 46(3): 95-99.
- [ 24 ] 赵路正. 煤矿区煤层气全生命周期综合评价研究[J]. *煤炭经济研究*, 2022, 42(5): 39-44.
- ZHAO Luzheng. Study on comprehensive life cycle assessment of coalbed methane in coal mine area[J]. *Coal Economic Research*, 2022, 42(5): 39-44.
- [ 25 ] 舒龙勇, 樊少武, 张 浪, 等. 我国煤矿井下规模化抽采煤层气技术模式初探[J]. *煤矿安全*, 2016, 47(12): 149-153.
- SHU Longyong, FAN Shaowu, ZHANG Lang, *et al.* Technical mode of underground large-scale extracting coalbed methane in coal mines of China[J]. *Safety in Coal Mines*, 2016, 47(12): 149-153.
- [ 26 ] 李泉新, 刘 飞, 方 俊, 等. 我国煤矿井下智能化钻探技术装备发展与展望[J]. *煤田地质与勘探*, 2021, 49(6): 265-272.
- LI Quanxin, LIU Fei, FANG Jun, *et al.* Development and prospect of intelligent drilling technology and equipment for underground coal mines in China[J]. *Coal Geology & Exploration*, 2021, 49(6): 265-272.
- [ 27 ] 曲思建, 董卫果, 李雪飞, 等. 低浓度煤层气脱氧浓缩工艺技术开发与应用[J]. *煤炭学报*, 2014, 39(8): 1539-1544.
- QU Sijian, DONG Weiguo, LI Xuefei, *et al.* Research and application of the low concentrated coal bed methane upgrading technique[J]. *Journal of China Coal Society*, 2014.39(8): 1539-1544.