

“地下空间智能控制”专栏

文章编号:1671-251X(2021)03-0001-08

DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.17708

## 智能煤矿技术研究与政策制定现状

胡青松<sup>1,2,3</sup>, 钱建生<sup>1,2</sup>, 李世银<sup>1,2,3</sup>, 孙彦景<sup>1,2,3</sup>

- (1. 中国矿业大学 地下空间智能控制教育部工程研究中心, 江苏 徐州 221116;  
2. 中国矿业大学 信息与控制工程学院, 江苏 徐州 221116;  
3. 中国矿业大学 徐州市智能安全与应急协同工程研究中心, 江苏 徐州 221116)



扫码移动阅读

**摘要:**目前针对智能煤矿的研究集中在顶层设计、理论架构、核心技术、管控平台、建设路线、标准制定、评价体系等方面,没有文献针对《关于加快煤矿智能化发展的指导意见》发布前后的技术研究情况进行探讨。智能煤矿具有技术密集型和资金密集型特征,需要由政策引导,形成汇聚政府、学术、产业、金融和用户的合力。以CNKI(中国知网)为工具,挖掘分析了智能煤矿技术研究现状、关注热点和主要研究机构。归纳梳理了国家层面及贵州、山东、山西等主要产煤大省的智能煤矿政策制定现状,各省虽在智能煤矿入手点和实施进度上略有差异,但是均在实施办法和验收定级等方面发布了指导性文件,并在标准制定、创新研发中心设立方面进行了尝试,加速了智能煤矿研究和建设步伐。

**关键词:**智能煤矿;煤矿智能化;人工智能;顶层设计;标准制定;政策制定

中图分类号:TD67 文献标志码:A

Status of intelligent coal technology research and policy development

HU Qingsong<sup>1,2,3</sup>, QIAN Jiansheng<sup>1,2</sup>, LI Shiyin<sup>1,2,3</sup>, SUN Yanjing<sup>1,2,3</sup>

- (1. Engineering Research Center of Intelligent Control for Underground Space, Ministry of Education, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221116, China; 2. School of Information and Control Engineering, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221116, China;  
3. Xuzhou Engineering Research Center of Intelligent Industry Safety and Emergency Collaboration, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221116, China)

**Abstract:** The current research on intelligent coal mines focuses on top-level design, theoretical architecture, core technologies, control platforms, construction routes, standard development and evaluation systems, etc. There is no research on the technical research before and after the release of *The guiding opinions on accelerating the development of intelligent coal mines*. Intelligent coal mines are technology-intensive and capital-intensive, and need to be guided by policies to form a joint force which brings the government, academia, industry, finance and users together. Using CNKI (China National Knowledge Infrastructure) as a tool, this paper analyzes the current status of intelligent coal technology research, hot spots of concern and major research institutions. This paper summarizes the current status of

收稿日期:2021-01-21;修回日期:2021-03-14;责任编辑:李明。

基金项目:国家自然科学基金资助项目(51874299,61771474);山东省重大科技创新工程项目(2019JZZY020505);中国矿业大学“工业物联网与应急协同”创新团队资助项目(2020ZY002)。

作者简介:胡青松(1978—),男,四川岳池人,教授,博士,主要从事目标定位、矿山物联网和救灾通信方面的研究工作,E-mail:hqsong722@163.com。

引用格式:胡青松,钱建生,李世银,等.智能煤矿技术研究与政策制定现状[J].工矿自动化,2021,47(3):1-8.

HU Qingsong, QIAN Jiansheng, LI Shiyin, et al. Status of intelligent coal technology research and policy development[J]. Industry and Mine Automation, 2021, 47(3): 1-8.

intelligent coal mine policy development at the national level and in major coal-producing provinces such as Guizhou, Shandong and Shanxi. Although there are slight differences in the starting point and implementation progress of intelligent coal mines, all provinces have issued guiding documents in terms of implementation methods and acceptance and grading, and have made attempts to develop standards and establish innovative R&D centers to accelerate the pace of intelligent coal mine research and construction.

**Key words:** intelligent coal mine; coal mine intelligence; artificial intelligence; top-level design; standard development; policy development

## 0 引言

智能煤矿通过将人工智能、大数据、云计算等先进技术与煤炭行业深度融合,大幅提高了煤矿企业生产效率、安全等级和决策水平。从 2020 年 2 月 25 日国家发展改革委、国家能源局、应急部等八部委联合发布《关于加快煤矿智能化发展的指导意见》<sup>[1]</sup>(以下称“指导意见”)以来,高校和科研院所持续加大攻关力度,在顶层设计<sup>[2]</sup>、理论架构<sup>[3-4]</sup>、核心技术<sup>[5-6]</sup>、管控平台<sup>[7-8]</sup>、建设路线<sup>[9-10]</sup>、标准制定<sup>[11-12]</sup>、评价体系<sup>[13-14]</sup>等方面取得了显著进展,并有学者对研究现状进行了综述<sup>[5,15]</sup>。但目前并没有文献针对“指导意见”发布前后的技术研究变化情况、主要研究机构、热点研究领域进行探讨,而这些对领域研究人员和行业从业人员具有较为重要的借鉴意义。

智能煤矿建设除了具有技术密集型的特征之外,还具有资金密集型特征,需要由政策引导,形成汇聚政府、学术、产业、金融和用户的合力。因此,前瞻性、针对性和引导性的政策制定十分重要。“指导意见”印发以来,国家层面和各个产煤大省先后发布了 30 余项针对智能煤矿建设的政策,涉及建设目标、建设内容、建设规范、建设保障、验收评定等方面。对这些“百家争鸣”的政策进行适时归纳梳理,不但可以总结现有成果、捋清政策发展脉络,还可以为下一步政策规划提供依据。

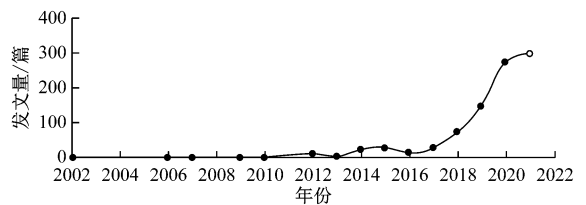
鉴于此,本文以 CNKI(中国知网)为工具,对煤矿智能化技术研究现状进行了总结,并依据公开资料对国家和省级层面的智能煤矿政策进行分析整理,为智能煤矿研究和建设提供借鉴和助力。

## 1 智能煤矿技术研究现状

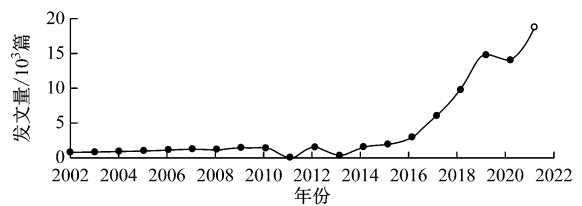
以 CNKI 数据库为数据来源,以煤矿智能化、智能煤矿、智慧煤矿、智能矿山和智慧矿山 5 个关键词为检索词,从期刊、国内会议、国际会议、学术辑刊、硕士学位论文和博士学位论文 6 个库中进行检索,检索结果不设年限限制,并包括网络首发和增强出版论文,检索日期截至 2021 年 1 月 15 日,采用

CNKI 计量可视化分析工具对检索到的 624 条结果进行挖掘分析。

智能煤矿领域年度发文情况如图 1(a)所示,其中空心圆点为预测的 2021 年发文数,暂不考虑。可以看出 2016 年之前只有零星文章探讨智能煤矿技术,而在此之后发文量近乎呈指数上升,2017—2020 年发文量分别为 29,74,146,272 篇,这与人工智能领域的发文趋势(图 1(b))几乎一致。所不同的是,人工智能领域的发文量在 2019 年产生了一个拐点,而智能煤矿领域则在 2020 年大幅上升,这与国家八部委发布“指导意见”及地方政府的大力支持和强力推动密切相关。



(a) 智能煤矿领域



(b) 人工智能领域

图 1 年度发文量

Fig. 1 Annual publication

从涉及的关键词(图 2)看,智慧矿山和智能矿山排名前 2 位,二者之和超过了总发文量的 50%。其他热门关键词还包括煤矿智能化、物联网、智能化、数字矿山、大数据、智能化开采等。

从作者单位看,智能煤矿领域主要研究机构为中国煤炭科工集团有限责任公司、中国矿业大学、天地(常州)自动化股份有限公司等。从文献来源看,该领域主要贡献期刊为《煤炭科学技术》、《工矿自动化》、《中国煤炭工业》、《内蒙古煤炭经济》和《煤炭学报》,5 本期刊发文量超过整个行业的 50%。

需要指出的是,智能煤矿的研究范围远非煤矿智能化、智能煤矿、智慧煤矿、智能矿山和智慧矿山 5 个关键词所能涵盖,智能工作面、矿井机器人、矿

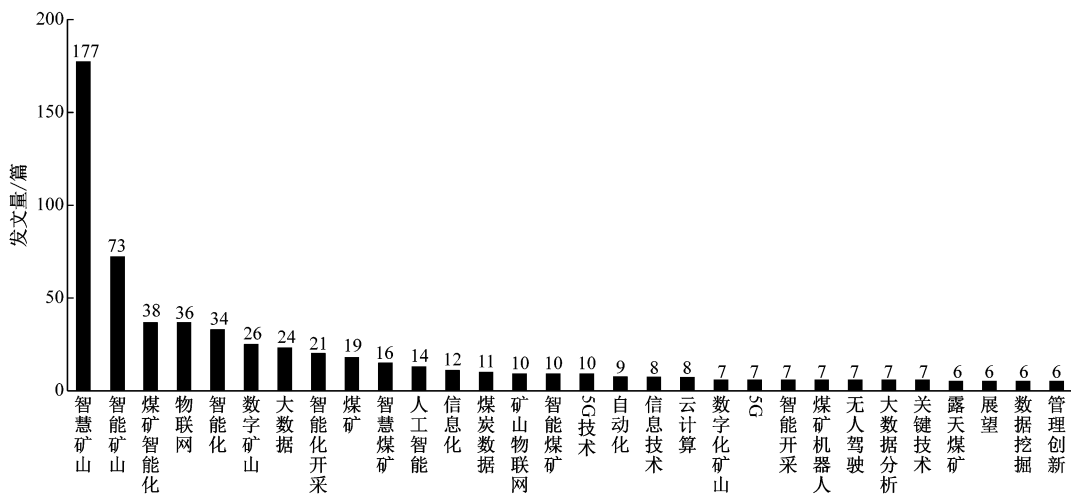


图2 关键词分布情况

Fig.2 Keywords distribution

井无人驾驶、智能采煤、数字孪生、动目标定位等都属于智能煤矿范畴,正如人工智能领域远非1个“人工智能”关键词就能涵盖一样。

## 2 智能煤矿政策制定现状

### 2.1 国家层面政策情况

2016年4月7日,国家发展改革委和国家能源局联合发布《能源技术革命创新行动计划(2016—2030年)》<sup>[16]</sup>,要求提升煤炭开发效率和智能化水平,研发高效建井和快速掘进、智能化工作面等技术,重点煤矿区基本实现工作面无无人化。这是国家层面站在人工智能及其行业应用的爆发前夜作出的重要前瞻部署。

2020年2月25日,国家八部委联合发布“指导意见”。“指导意见”抓住当前的技术和产业发展机遇,提出建设“全面感知、实时互联、分析决策、自主学习、动态预测、协同控制的智能系统,实现煤矿开拓、采掘(剥)、运输、通风、洗选、安全保障、经营管理等过程的智能化运行”;确立了以2021,2025,2035年为时间节点的近期、中期和远期发展目标,明确了顶层设计、标准建设、科技创新、智能改造、示范建设、绿色矿山、新一代信息技术、服务模式、人才培养和国际合作10个主要任务领域。“指导意见”为智能煤矿建设凝聚了共识,指明了方向,明确了任务,是智能煤矿研究和建设的重要分水岭。

2020年12月24日,国家能源局综合司和国家矿山安全监察局综合司发布《智能化示范煤矿建设管理暂行办法》和《煤矿智能化专家库管理暂行办法》<sup>[17]</sup>。前者对智能化示范煤矿的申报、建设、验收和管理作出了明确要求,总的原则是“自愿申报、内部审核、评估验收、动态管理”;后者旨在对煤矿智能化专家库建设进行指导,明确了专家遴选、聘用、管

理等事项,总的原则是“公平、公正、公开”。

2021年3月12日,国家能源局煤炭司发布《智能化煤矿建设指南(2021年版)(征求意见稿)》<sup>[18]</sup>,从顶层规范智能煤矿建设和建设方法,对井工煤矿、露天煤矿和选煤厂的智能化建设目标、技术架构、建设路径、设计要求、建设内容、保障措施等进行了全方位指导,以保证“指导意见”3个阶段目标落到实处。

感知数据是智能煤矿建设的基础,只有将各类感知数据统一接入集控平台,才能使煤矿产生智力、具有能力。为此,国家煤矿安全监察局在2019年10月发布《煤矿安全监控、井下作业人员、工业视频感知数据接入细则(试行)》<sup>[19]</sup>,并于2021年1月6日发布《煤矿冲击地压感知数据接入细则(试行)》、《煤矿水害防治感知数据接入细则(试行)》和《煤矿重大设备感知数据接入细则(试行)》<sup>[20]</sup>。这些细则可视为《煤矿感知数据接入规范(试行)》的进一步细化说明,要求已经接入省安全监察局的数据,必须在2021年4月前接入国家矿山安全监察局,正在建设的应该尽快接入,做到“能接尽接、应接尽接”。

### 2.2 省级层面政策情况

省级层面的智能煤矿政策情况反映了该省建设智能煤矿的态度、决心和进度。以贵州、山东和山西3个省份为例,探讨省级层面政策制定情况。

2017年9月14日,贵州省能源局发布《贵州省煤矿智能机械化建设与验收暂行办法》<sup>[21]</sup>,对智能机械化改造、综合机械化改造和智能化升级进行了明确界定,给出了综采工作面采煤机、液压支架、刮板输送机、转载机、破碎机和乳化液泵站,以及综掘工作面掘进机和支护设备的选用方法,对智能煤矿所需的信息基础设施改造和升级作出了明确要求,并对智能化生产系统及其15个子系统、智能化管理

系统及其 5 个子系统的功能进行了清晰界定。此外,还对智能机械改造升级的验收方法和指标体系作出了详细规定。

在此基础上,贵州省能源局于 2019 年 10 月 15 日发布《深入推进贵州省煤矿智能化、机械化升级改造攻坚方案(2019—2020 年)》<sup>[22]</sup>。针对不同煤矿的实际情况,制定了十大重点攻坚任务,已实施“两化”(智能化、机械化)改造的要加快进度,尚未实施“两化”改造的 30 万 t/a 及以上矿井要重点推进,30 万 t/a 及以下矿井若要改造为 30 万 t/a 及以上矿井,需要在改造时同步实施“两化”升级改造,在建煤矿需全面实施“两化”改造,停产停建矿井在复工复产后要要进行“两化”改造后才能投产。

2020 年 7 月 20 日,贵州省能源局、贵州省发展和改革委员会等 8 个部门联合发布《贵州省煤矿智能化发展实施方案(2020—2025 年)》<sup>[23]</sup>,提出了 2020,2022,2025 年这 3 个阶段目标。其中,2020 年为示范启动阶段,需完成“两化”升级改造,编制实施方案并开展煤矿智能化示范。2021—2022 年为重点推进阶段,重点推进采掘工作面智能化建设和煤矿机器人应用。2023—2025 年为全面实施阶段,全面推进综采和综掘工作面智能化建设和煤矿机器人应用。

2020 年 10 月 10 日,贵州省能源局发布《贵州省智能煤矿建设暂行管理规定(征求意见稿)》<sup>[24]</sup>,并进一步于 2020 年 12 月 16 日升级为《贵州省智能煤矿建设指引(试行)》<sup>[25]</sup>(以下称“建设指引”)。“建设指引”对智能煤矿建设基础设施(通信网络、硬件设施、软件设施、数据中心、调度监控中心和数据及网络安全设施)作了明确要求,重点规范了综合管控平台、生产系统和安全管理系统,并规定了生产技术管理、生产经营管理、环保、通信、专家支持等系统应具备的功能,鼓励使用先进无线通信、煤矿机器人等技术。

2020 年 12 月 30 日,贵州省能源局印发《贵州省智能煤矿评定办法(暂行)》<sup>[26]</sup>,规定了“建设指引”中提到的各系统评分方法和评分标准,通过对各系统得分加权,得出合格(不低于 80 分)和不合格(低于 80 分)的结论。“建设指引”中的专家支持系统和先进技术应用属于加分项,共 5 分;其他系统属于必建项,共 100 分。在必建系统中,生产系统是重中之重,分值占比达 50%;其次是智能煤矿综合管控平台、辅助生产系统和安全管理系统,占比分别为 16%,10%,10%;其他系统(生产技术管理、生产经营管理、环保、通信)共占比 14%。

从前文分析可知,贵州省智能煤矿政策出台具

有清晰的脉络:关键生产环境的全机械化→机械装备智能化→智能煤矿建设宏观规划与阶段任务划分→建设内容与功能要求→建设效果评价与定级。这也充分反映了参与各方对智能煤矿建设的认知过程,符合事物发展的内在规律。

接下来分析山东省的煤矿智能化政策情况。2019 年 3 月 29 日,山东煤矿安全监察局和山东省能源局发布《关于加快推进冲击地压矿井智能化工作的通知》<sup>[27]</sup>,要求冲击地压矿井在 2019 年底前完成采掘工作面的智能化改造,以期大幅减少高危岗位人员数量,有效防范和遏制冲击地压事故。在 2019 年 6 月发布的《关于加强全省煤矿智慧化建设和智能化改造的指导意见》<sup>[28]</sup>中,继续以高冲击地压矿井为抓手,重点实现采掘工作面的全面智能化,大力推进煤矿机器人的研发应用,实现关键、危险岗位的无人代替,做到无人值守、有人巡视,打造一批示范智慧矿井,构建智慧煤矿体系。

2019 年 12 月 5 日,山东省能源局印发《山东省煤矿智能化建设实施方案》<sup>[29]</sup>,分阶段、分步骤进行智能煤矿建设。2019—2020 年为重点突破阶段,重点对 41 处冲击地压矿井进行智能化改造,建成 5~10 处省级示范矿井,力争建成 3~5 处国家级示范矿井。2021—2025 年为全面推进阶段,逐步推进全省采掘工作面综合机械化、智能化、无人/少人化,实现主要环节智能化决策、自动协同运行,建成一批智慧化煤矿。2026—2030 年为巩固提升阶段,建成多系统集成、多产业链协同的智能煤矿系统,构建智能感知和自动决策执行的智能煤矿体系。

在此基础上,山东煤矿安全监察局和山东省能源局于 2020 年 3 月 24 日发布《关于进一步加快全省煤矿智能化建设工作的通知》<sup>[30]</sup>,要求加快进度、落实责任、加大支持、加强执法、报送进度,省属煤矿、120 万 t/a 以上煤矿、高危(高瓦斯、煤与瓦斯突出)煤矿必须实现智能化开采,要在全国率先建成一批无人运输、透明开采、100 人以下无人/少人示范智能矿井。

2020 年 5 月 25 日,山东省能源局和山东煤矿安全监察局发布《山东省煤矿智能化验收办法(试行)》<sup>[31]</sup>,对各智能煤矿的验收流程和验收方法进行了规定,验收结果为合格或不合格 2 种结论,合格矿井要求综合得分达到 80 分,且智能化采煤和智能化掘进分别达到 90,80 分。与《贵州省智能煤矿评定办法(暂行)》类似,《山东省煤矿智能化验收办法(试行)》也将生产系统放在首位,智能化采煤、智能化掘进占比分别为 30%和 20%,二者合计占比达 50%。信息管控平台、辅助运输和通防系统占比分别为

15%,10%,10%。

2020年12月21日,山东省发展和改革委员会、山东省教育厅等13个部门联合发布《关于加快推进全省煤矿智能化发展的实施意见》<sup>[32]</sup>,进一步细化了《山东省煤矿智能化建设实施方案》中2021—2025年的工作目标,强调要加强顶层设计、标准制定、科技创新和人才队伍建设,加快推进采掘工作面、供电、通风等主要系统的智能化改造和一体化平台建设,加快机器人和大数据资源研发使用,并从组织、政策、督导等多方面保障落实。

与贵州省以机械智能化入手不同,山东省以解决本省所面临的冲击地压、煤与瓦斯突出等重大灾

害为抓手,在国家发布“指导意见”之前已经颁发了相关指导意见和完整的实施方案,同时制定了完善的智能化建设与验收办法。

除了贵州省和山东省之外,山西省也在煤矿智能化政策制定和推进方面走在国内前列,于2020年7月制定了《山西省智能煤矿建设规范》<sup>[33]</sup>,是第1个制定智能煤矿地方标准的省份。此外,在2020年12月发布了《煤矿智能化技术创新研发中心建设实施意见》<sup>[34]</sup>,对智能煤矿前沿引领技术和关键共性技术进行攻关。其他各省也已开展了大量政策研究制定工作,限于篇幅,不再逐一归纳分析。各省智能煤矿建设政策文件见表1。

表1 省级智能煤矿建设政策文件

Table 1 Provincial policy documents for intelligent coal mine construction

序号	名称	发布年月	发布省份
1	贵州省煤矿智能机械化建设与验收暂行办法	2017年9月	
2	深入推进贵州省煤矿智能化、机械化升级改造攻坚方案(2019—2020年)	2019年10月	
3	贵州省煤矿智能化发展实施方案(2020—2025年)	2020年7月	
4	贵州省智能煤矿建设暂行管理规定(征求意见稿)	2020年10月	贵州
5	贵州省智能煤矿建设指引(试行)	2020年12月	
6	贵州省智能煤矿评定办法(暂行)	2020年12月	
7	关于加快推进冲击地压矿井智能化工作的通知	2019年3月	
8	关于加强全省煤矿智慧化建设和智能化改造的指导意见	2019年6月	
9	山东省煤矿智能化建设实施方案	2019年12月	
10	关于进一步加快全省煤矿智能化建设工作的通知	2020年3月	山东
11	山东省煤矿智能化验收办法(试行)	2020年5月	
12	关于加快推进全省煤矿智能化发展的实施意见	2020年12月	
13	山西省煤矿智能化建设实施意见	2020年5月	
14	山西省智能煤矿建设规范	2020年7月	
15	煤矿智能化技术创新研发中心建设实施意见	2020年12月	山西
16	山西省煤矿智能化建设评定办法(试行)	2020年12月	
17	2021年度全省深入推进煤矿智能化建设工作方案	2020年12月	
18	河南省煤矿智能化建设实施方案	2019年9月	
19	河南省煤矿智能化建设三年行动方案(2021—2023年)	2021年1月	河南
20	关于加快煤矿智能化发展的实施意见	2020年6月	安徽
21	关于加快全区煤矿智能化建设的实施意见	2020年6月	内蒙
22	关于进一步推进河北省煤矿智能化建设和防冲击地压工作的意见	2020年6月	河北
23	宁夏回族自治区煤矿智能化发展实施方案	2020年8月	宁夏
24	云南省加快煤矿智能化发展实施意见	2020年11月	云南
25	关于加快推动煤矿智能化发展的通知	2020年7月	吉林

### 3 结论

(1) 随着人工智能研究的持续火热,近4a智能煤矿研究文献数量呈近乎指数增长,主要关注对象是智慧矿山、智能矿山、煤矿智能化、物联网等技术,

主要研究机构是中国煤炭科工集团有限责任公司、中国矿业大学等。

(2) 国家顺应人工智能发展大势,于2016年开始谋划煤矿智能化,通过“指导意见”凝聚了煤炭行业参与方(政、产、学、研、用、经)共识,带动了煤矿智

能化研究与实践的快速发展。

(3) 省级层面的智能煤矿政策从建设目标、建设内容、验收定级甚至标准制定、创新研发中心等方面进行了规定、规划,大大加速了智能煤矿研究和建设的步伐,推动了近 500 个采掘工作面和一批智能煤矿示范矿井的落地。

#### 参考文献 (References):

- [1] 国家发展改革委,国家能源局,应急部,等.关于印发《关于加快煤矿智能化发展的指导意见》的通知[EB/OL]. [2020-12-26]. [http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2020-03/05/content\\_5487081.htm](http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2020-03/05/content_5487081.htm). National Development and Reform Commission, National Energy Administration, Emergency Department, et al. Notice on printing and distributing *The guiding opinions on accelerating the development of intelligent coal mines* [EB/OL]. [2020-12-26]. [http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2020-03/05/content\\_5487081.htm](http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2020-03/05/content_5487081.htm).
- [2] 王国法,杜毅博,任怀伟,等.智能化煤矿顶层设计研究与实践[J].煤炭学报,2020,45(6):1909-1924. WANG Guofa, DU Yibo, REN Huaiwei, et al. Top level design and practice of smart coal mines [J]. Journal of China Coal Society, 2020, 45(6): 1909-1924.
- [3] 葛世荣.煤矿智采工作面概念及系统架构研究[J].工矿自动化,2020,46(4):1-9. GE Shirong. Research on concept and system architecture of smart mining workplace in coal mine [J]. Industry and Mine Automation, 2020, 46(4): 1-9.
- [4] 王国法,刘峰,庞义辉,等.煤矿智能化——煤炭工业高质量发展的核心技术支撑[J].煤炭学报,2019,44(2):349-357. WANG Guofa, LIU Feng, PANG Yihui, et al. Coal mine intellectualization: the core technology of high quality development [J]. Journal of China Coal Society, 2019, 44(2): 349-357.
- [5] 葛世荣,郝尚清,张世洪,等.我国智能化采煤技术现状及待突破关键技术[J].煤炭科学技术,2020,48(7):28-46. GE Shirong, HAO Shangqing, ZHANG Shihong, et al. Status of intelligent coal mining technology and potential key technologies in China [J]. Coal Science and Technology, 2020, 48(7): 28-46.
- [6] 王国法,任怀伟,庞义辉,等.煤矿智能化(初级阶段)技术体系研究与工程进展[J].煤炭科学技术,2020,48(7):1-27. WANG Guofa, REN Huaiwei, PANG Yihui, et al. Research and engineering progress of intelligent coal mine technical system in early stages [J]. Coal Science and Technology, 2020, 48(7): 1-27.
- [7] 毛善君,崔建军,令狐建设,等.透明化矿山管控平台的设计与关键技术[J].煤炭学报,2018,43(12):3539-3548. MAO Shanjun, CUI Jianjun, LINGHU Jianshe, et al. System design and key technology of transparent mine management and control platform [J]. Journal of China Coal Society, 2018, 43(12): 3539-3548.
- [8] 庞义辉,王国法,任怀伟.智慧煤矿主体架构设计与系统平台建设关键技术[J].煤炭科学技术,2019,47(3):35-42. PANG Yihui, WANG Guofa, REN Huaiwei. Main structure design of intelligent coal mine and key technology of system platform construction [J]. Coal Science and Technology, 2019, 47(3): 35-42.
- [9] 钱建生,胡青松.智能煤矿建设路线与工程实践[J].煤炭科学技术,2020,48(7):109-117. QIAN Jiansheng, HU Qingsong. Construction routes and practice of intelligent coal mine [J]. Coal Science and Technology, 2020, 48(7): 109-117.
- [10] 胡青松,钱建生,李世银,等.全源矿井定位:一种智能煤矿位置服务新范式[J].工矿自动化,2021,47(1):1-8. HU Qingsong, QIAN Jiansheng, LI Shiyin, et al. All source mine positioning: a new paradigm for intelligent coal mine positioning service [J]. Industry and Mine Automation, 2021, 47(1): 1-8.
- [11] 谭章禄,马营营,郝旭光,等.智慧矿山标准发展现状及路径分析[J].煤炭科学技术,2019,47(3):27-34. TAN Zhanglu, MA Yingying, HAO Xuguang, et al. Development status and path analysis of smart mine standards [J]. Coal Science and Technology, 2019, 47(3): 27-34.
- [12] 王国法,杜毅博.煤矿智能化标准体系框架与建设思路[J].煤炭科学技术,2020,48(1):1-9. WANG Guofa, DU Yibo. Coal mine intelligent standard system framework and construction ideas [J]. Coal Science and Technology, 2020, 48(1): 1-9.
- [13] 王国法,庞义辉,刘峰,等.智能化煤矿分类、分级评价指标体系[J].煤炭科学技术,2020,48(3):1-13. WANG Guofa, PANG Yihui, LIU Feng, et al. Specification and classification grading evaluation index system for intelligent coal mine [J]. Coal Science and Technology, 2020, 48(3): 1-13.
- [14] 王国法,徐亚军,孟祥军,等.智能化采煤工作面分类、分级评价指标体系[J].煤炭学报,2020,45(9):3033-3044. WANG Guofa, XU Yajun, MENG Xiangjun, et al. Specification, classification and grading evaluation index for smart longwall mining face [J]. Journal of China Coal Society, 2020, 45(9): 3033-3044.
- [15] 唐恩贤,张玉良,马骋.煤矿智能化开采技术研究现状及展望[J].煤炭科学技术,2019,47(10):111-115. TANG Enxian, ZHANG Yuliang, MA Cheng. Research status and development prospect of

- intelligent mining technology in coal mine[J]. *Coal Science and Technology*, 2019, 47(10):111-115.
- [16] 国家发展改革委, 国家能源局. 国家发展改革委 国家能源局关于印发《能源技术革命创新行动计划(2016—2030年)》的通知[EB/OL]. [2021-01-18]. [http://www.gov.cn/xinwen/2016-06/01/content\\_5078628.htm](http://www.gov.cn/xinwen/2016-06/01/content_5078628.htm).  
National Development and Reform Commission, National Energy Administration. Circular of the National Development and Reform Commission and the National Energy Administration on the issuance of *The energy technology revolution and innovation action plan (2016-2030)* [EB/OL]. [2021-01-18]. [http://www.gov.cn/xinwen/2016-06/01/content\\_5078628.htm](http://www.gov.cn/xinwen/2016-06/01/content_5078628.htm).
- [17] 国家能源局综合司, 国家矿山安全监察局综合司. 国家能源局综合司 国家矿山安全监察局综合司关于印发《智能化示范煤矿建设管理暂行办法》《煤矿智能化专家库管理暂行办法》的通知[EB/OL]. [2021-01-18]. [http://zfxgk.nea.gov.cn/2020-12/24/c\\_139660634.htm](http://zfxgk.nea.gov.cn/2020-12/24/c_139660634.htm).  
Comprehensive Department of National Energy Administration, Comprehensive Department of State Coal Mine Safety Supervision Bureau. Circular of the Comprehensive Department of National Energy Administration and the Comprehensive Department of State Coal Mine Safety Supervision Bureau on the issuance of *The interim measures for the management of intelligent demonstration coal mine construction* and *The interim measures for the administration of intelligent expert database of coal mine* [EB/OL]. [2021-01-18]. [http://zfxgk.nea.gov.cn/2020-12/24/c\\_139660634.htm](http://zfxgk.nea.gov.cn/2020-12/24/c_139660634.htm).
- [18] 国家能源局煤炭司. 关于征求《智能化煤矿建设指南(2021年版)(征求意见稿)》意见的函[EB/OL]. [2021-03-13]. [http://www.nea.gov.cn/2021-03/22/c\\_139827428.htm](http://www.nea.gov.cn/2021-03/22/c_139827428.htm).  
Coal Department of National Energy Administration. Letter on soliciting opinions on *The guide to intelligent coal mine construction (2021 edition) (draft for soliciting opinions)* [EB/OL]. [2021-03-13]. [http://www.nea.gov.cn/2021-03/22/c\\_139827428.htm](http://www.nea.gov.cn/2021-03/22/c_139827428.htm).
- [19] 国家煤矿安全监察局. 煤矿安全监控、井下作业人员、工业视频感知数据接入细则(试行)[EB/OL]. [2021-01-18]. <http://yn.chinacoal-safety.gov.cn/upload/20200509/2020050916560189.pdf>.  
State Administration of Coal Mine Safety. Detailed rules for coal mine safety monitoring, underground operators and industrial video perceptual data access (for trial implementation) [EB/OL]. [2021-01-18]. <http://yn.chinacoal-safety.gov.cn/upload/20200509/2020050916560189.pdf>.
- [20] 国家矿山安全监察局. 国家矿山安全监察局关于印发煤矿冲击地压水害防治及重大设备感知数据接细则(试行)的通知[EB/OL]. [2021-01-18]. [https://mp.weixin.qq.com/s/k4T2T2Xl6Ip\\_EKLrcBH99A](https://mp.weixin.qq.com/s/k4T2T2Xl6Ip_EKLrcBH99A).  
National Mine Safety Administration. Circular of the National Mine Safety Administration on issuing the detailed rules for prevention and control of water disaster of coal mine rockburst and perceptual data connection of major equipment (for trial implementation) [EB/OL]. [2021-01-18]. [https://mp.weixin.qq.com/s/k4T2T2Xl6Ip\\_EKLrcBH99A](https://mp.weixin.qq.com/s/k4T2T2Xl6Ip_EKLrcBH99A).
- [21] 贵州省能源局. 关于印发《贵州省煤矿智能化建设与验收暂行办法》的通知[EB/OL]. [2021-01-18]. [http://nyj.guizhou.gov.cn/zwgk/xxgkml/zcwj\\_2/jnwj/gfxwj\\_2/201709/t20170915\\_27904436.html](http://nyj.guizhou.gov.cn/zwgk/xxgkml/zcwj_2/jnwj/gfxwj_2/201709/t20170915_27904436.html).  
Guizhou Energy Administration. Circular on issuing *The interim measures for the construction and acceptance of intelligent mechanization of coal mines in Guizhou province* [EB/OL]. [2021-01-18]. [http://nyj.guizhou.gov.cn/zwgk/xxgkml/zcwj\\_2/jnwj/gfxwj\\_2/201709/t20170915\\_27904436.html](http://nyj.guizhou.gov.cn/zwgk/xxgkml/zcwj_2/jnwj/gfxwj_2/201709/t20170915_27904436.html).
- [22] 贵州省能源局. 关于印发《深入推进贵州省煤矿智能化、机械化升级改造攻坚方案(2019—2020年)》的通知[EB/OL]. [2021-01-18]. [http://nyj.guizhou.gov.cn/zwgk/xxgkml/zcwj\\_2/zcjj\\_2/201911/t20191101\\_28888337.html](http://nyj.guizhou.gov.cn/zwgk/xxgkml/zcwj_2/zcjj_2/201911/t20191101_28888337.html).  
Guizhou Energy Administration. Circular on the issuance of *The plan for further promoting the upgrading and transformation of coal mine intelligence and mechanization in Guizhou province (2019-2020)* [EB/OL]. [2021-01-18]. [http://nyj.guizhou.gov.cn/zwgk/xxgkml/zcwj\\_2/zcjj\\_2/201911/t20191101\\_28888337.html](http://nyj.guizhou.gov.cn/zwgk/xxgkml/zcwj_2/zcjj_2/201911/t20191101_28888337.html).
- [23] 贵州省能源局, 贵州省发展和改革委员会, 贵州省教育厅, 等. 关于印发《贵州省煤矿智能化发展实施方案(2020—2025年)》的通知[EB/OL]. [2021-01-18]. [http://nyj.guizhou.gov.cn/zwgk/xxgkml/zcwj\\_2/jnwj/gfxwj\\_2/202007/t20200724\\_61702953.html](http://nyj.guizhou.gov.cn/zwgk/xxgkml/zcwj_2/jnwj/gfxwj_2/202007/t20200724_61702953.html).  
Guizhou Energy Administration, Guizhou Provincial Development and Reform Commission, Guizhou Education Department, et al. Notice on printing and distributing *The implementation plan for the development of coal mine intellectualization in Guizhou province (2020-2025)* [EB/OL]. [2021-01-18]. [http://nyj.guizhou.gov.cn/zwgk/xxgkml/zcwj\\_2/jnwj/gfxwj\\_2/202007/t20200724\\_61702953.html](http://nyj.guizhou.gov.cn/zwgk/xxgkml/zcwj_2/jnwj/gfxwj_2/202007/t20200724_61702953.html).
- [24] 贵州省能源局. 关于对《贵州省智能煤矿建设暂行管理规定(征求意见稿)》征求修改意见的函[EB/OL]. [2021-01-18]. [http://nyj.guizhou.gov.cn/xwzx/gsgg/202010/t20201010\\_63976971.html](http://nyj.guizhou.gov.cn/xwzx/gsgg/202010/t20201010_63976971.html).  
Guizhou Energy Administration. Letter on soliciting and revising *The interim regulations on the*

- construction of intelligent coal mines in Guizhou province (draft for soliciting opinions)* [EB/OL]. [2021-01-18]. [http://nyj.guizhou.gov.cn/xwzx/gsgg/202010/t20201010\\_63976971.html](http://nyj.guizhou.gov.cn/xwzx/gsgg/202010/t20201010_63976971.html).
- [25] 贵州省能源局. 关于印发《贵州省智能煤矿建设指引(试行)》的通知[EB/OL]. [2021-01-18]. [http://nyj.guizhou.gov.cn/zwgk/xxgkml/zcwj\\_2/jnwj/ptwj\\_2/202012/t20201218\\_65632147.html](http://nyj.guizhou.gov.cn/zwgk/xxgkml/zcwj_2/jnwj/ptwj_2/202012/t20201218_65632147.html).  
Guizhou Energy Administration. Circular on issuing *The guidelines for the construction of intelligent coal mine in Guizhou province (for trial implementation)* [EB/OL]. [2021-01-18]. [http://nyj.guizhou.gov.cn/zwgk/xxgkml/zcwj\\_2/jnwj/ptwj\\_2/202012/t20201218\\_65632147.html](http://nyj.guizhou.gov.cn/zwgk/xxgkml/zcwj_2/jnwj/ptwj_2/202012/t20201218_65632147.html).
- [26] 贵州省能源局. 关于印发《贵州省智能煤矿评定办法(暂行)》的通知[EB/OL]. [2021-01-18]. [http://nyj.guizhou.gov.cn/zwgk/xxgkml/zcwj\\_2/jnwj/gfxwj\\_2/202012/t20201230\\_65857996.html](http://nyj.guizhou.gov.cn/zwgk/xxgkml/zcwj_2/jnwj/gfxwj_2/202012/t20201230_65857996.html).  
Guizhou Energy Administration. Circular on issuing *The measures for the evaluation of intelligent coal mines of Guizhou province (interim)* [EB/OL]. [2021-01-18]. [http://nyj.guizhou.gov.cn/zwgk/xxgkml/zcwj\\_2/jnwj/gfxwj\\_2/202012/t20201230\\_65857996.html](http://nyj.guizhou.gov.cn/zwgk/xxgkml/zcwj_2/jnwj/gfxwj_2/202012/t20201230_65857996.html).
- [27] 山东煤矿安全监察局, 山东省能源局. 山东煤矿安监局和山东省能源局关于加快推进冲击地压矿井智能化工作的通知 [EB/OL]. [2021-01-18]. [http://www.sxkeda.com/html/xwdt\\_98\\_6162.html](http://www.sxkeda.com/html/xwdt_98_6162.html).  
Bureau of Shandong Coal Mine Safety Supervision, Energy Administration of Shandong Province. Circular of Bureau of Shandong Coal Mine Safety Supervision and Energy Administration of Shandong Province on speeding up the intelligent work of rock burst mines [EB/OL]. [2021-01-18]. [http://www.sxkeda.com/html/xwdt\\_98\\_6162.html](http://www.sxkeda.com/html/xwdt_98_6162.html).
- [28] 左丰岐, 缪久田, 施喜书. 山东省煤矿智能化建设有了“路线图” [EB/OL]. [2021-01-18]. <http://www.zhongyunwl.com/News-2672>.  
ZUO Fengqi, MIAO Jiutian, SHI Xishu. There is a "roadmap" for the intelligent construction of coal mines in Shandong province [EB/OL]. [2021-01-18]. <http://www.zhongyunwl.com/News-2672>.
- [29] 山东省能源局. 关于印发《山东省煤矿智能化建设实施方案》的通知 [EB/OL]. [2021-01-18]. <http://www.chinamining.org.cn/index.php?m=content&c=index&a=show&catid=6&id=30362>.  
Energy Administration of Shandong Province. Notice on printing and issuing *The implementation plan of intelligent construction of coal mine in Shandong province* [EB/OL]. [2021-01-18]. <http://www.chinamining.org.cn/index.php?m=content&c=index&a=show&catid=6&id=30362>.
- [30] 山东煤矿安全监察局, 山东省能源局. 山东省关于进一步加快全省煤矿智能化建设工作的通知 [EB/OL]. [2021-01-18]. <http://www.cwestc.com/newshtml/2020-4-3/608750.shtml>.  
Bureau of Shandong Coal Mine Safety Supervision, Energy Administration of Shandong Province. Circular of Shandong province on further speeding up the intelligent construction of coal mine in the whole province [EB/OL]. [2021-01-18]. <http://www.cwestc.com/newshtml/2020-4-3/608750.shtml>.
- [31] 山东省能源局, 山东煤矿安全监察局. 山东省能源局、山东煤矿安监局印发《山东省煤矿智能化验收办法(试行)》 [EB/OL]. [2021-01-18]. <http://www.coalchina.org.cn/index.php?m=content&c=index&a=show&catid=290&id=119651>.  
Energy Administration of Shandong Province, Bureau of Shandong Coal Mine Safety Supervision. Energy Administration of Shandong Province, Bureau of Shandong Coal Mine Safety Supervision issuing *The measures for the acceptance of intelligent coal mines of Shandong province (for trial implementation)* [EB/OL]. [2021-01-18]. <http://www.coalchina.org.cn/index.php?m=content&c=index&a=show&catid=290&id=119651>.
- [32] 山东省发展和改革委员会, 山东省教育厅, 山东省科学技术厅, 等. 关于印发《关于加快推进全省煤矿智能化发展的实施意见》的通知 [EB/OL]. [2021-01-18]. [http://www.coalren.org/upload\\_files/article/132/28\\_20201225161227\\_w4iiy.pdf](http://www.coalren.org/upload_files/article/132/28_20201225161227_w4iiy.pdf).  
Shandong Provincial Development and Reform Commission, Shandong Education Department, Shandong Science and Technology Department, et al. Circular on printing and issuing *The implementation opinions on accelerating the development of coal mine intellectualization in the whole province* [EB/OL]. [2021-01-18]. [http://www.coalren.org/upload\\_files/article/132/28\\_20201225161227\\_w4iiy.pdf](http://www.coalren.org/upload_files/article/132/28_20201225161227_w4iiy.pdf).
- [33] DB14/T 2060—2020 山西省智能煤矿建设规范[S].  
DB14/T 2060-2020 Construction standard of intelligent coal mine in Shanxi province[S].
- [34] 山西省科学技术厅. 山西省科技厅关于印发《煤矿智能化技术创新研发中心建设实施意见》的通知 [EB/OL]. [2021-01-18]. [https://www.sohu.com/a/437312646\\_772837?sec=wd](https://www.sohu.com/a/437312646_772837?sec=wd).  
Shanxi Science and Technology Department. Circular of the Shanxi Science and Technology Department on issuing *The opinions on the implementation of the construction of coal mine intelligent technology innovation research and development center* [EB/OL]. [2021-01-18]. [https://www.sohu.com/a/437312646\\_772837?sec=wd](https://www.sohu.com/a/437312646_772837?sec=wd).