

DOI:10.3969/j.issn.1674-1951.2021.12.008

“双碳”目标下煤矿瓦斯治理与利用

Control and utilization of coal mine gas to achieve carbon peaking and carbon neutrality

胡晓兰,宋伟,彭传圣,李博,蒋礼宏,肖朝晖,洪克岩

HU Xiaolan, SONG Wei, PENG Chuansheng, LI Bo, JIANG Lihong, XIAO Zhaohui,
HONG Keyan

(中国华电集团清洁能源有限公司,北京 100160)

(China Huadian Green Energy Corporation Limited, Beijing 100160, China)

摘要:针对煤矿瓦斯威胁人身安全、增加煤矿生产成本、造成环境危害的现实,探讨在“双碳”目标背景下重新规划煤矿瓦斯治理与利用,实现安全高效生产、促进煤矿转型发展。通过文献调研和实例对比,总结当前煤矿采取规划区预抽采、生产区工作面机械通风与抽采、采空区机械抽采的主要治理措施。在此基础上,提出了当前未形成统一的瓦斯治理效果评价标准,以及未统一规划煤矿瓦斯治理与利用和煤炭开发,对加大瓦斯治理产生综合效益认识不够、瓦斯综合治理与利用技术尚不成熟等原因导致煤矿瓦斯低碳治理的动力不足,与国家“双碳”战略目标要求不契合。据此,建议煤矿企业应部署符合实现“双碳”目标的瓦斯治理与利用时间表和战略规划、构建瓦斯治理与利用的数字信息化生产平台、落实技术创新与人才利用、提前布局瓦斯抽采后的提纯利用,实现减排降碳源头设计—过程控制—分区实施—末端治理—市场开发的煤矿瓦斯治理新模式。

关键词:“双碳”目标;煤矿;瓦斯治理;评价标准;降碳减排

中图分类号:TK 01*9

文献标志码:A

文章编号:1674-1951(2021)12-0052-08

Abstract: In view of the threats to the personal safety, increasing in coal-mining cost and harm to our environment caused by coal mine gas, redesigning the controlling and utilization measurements for coal mine gas on the path to realize carbon peaking and carbon neutrality can boost the production safely and efficiently and advance the transformation of coal industry. Base on literature research and cases study, the current measurements were found to include pre-drainage in planning areas, mechanical ventilation and gas drainage for the working face in production areas and mechanical extraction in the goaf. There are no general standard for the evaluation of the control effects or a unified development plan for coal mine gas. Coal mining enterprises lack the motivation for low-carbon control of coal mine gas, since their understanding on the comprehensive benefits brought by enhancing coal mine gas controlling is insufficient and their treatment technologies are underdeveloped. This situation is inconsistent with the requirements of the national strategic goals of carbon peaking and carbon neutrality. It is suggested that the coal mining enterprises should deploy a coal mine gas control and utilization strategy which conforms to the goals of carbon peaking and carbon neutrality, construct a digital information platform for coal mine gas control and utilization, implement technological innovation and talent introduction strategies, and design the purification and utilization process for the extracted methane in advanced, so as to formulate a new methane control mode including carbon emission reduction from the source, process control, divisional implement, terminal control and market development.

Keywords: carbon peaking and carbon neutrality, coal mine; methane controlling; evaluation standard; carbon emission reduction

0 引言

煤矿瓦斯主要成分为甲烷,具有可燃、无色无味等特点。空气中氧气体积分数达到 10% 时,瓦斯

体积分数为 5%~16% 会发生爆炸。在煤矿生产中,瓦斯遇到火源,容易发生爆炸,瓦斯体积分数超过 40% 会致人中毒窒息^[1],严重危害人身安全。为处理瓦斯含量超标而采取先抽后采的安全技术措施,往往会影响煤矿生产效率,提高生产成本;简单粗放的瓦斯抽采排放,造成了资源浪费,甚至会对环

收稿日期:2021-10-30;修回日期:2021-11-25

基金项目:中国华电集团科技项目(CHDKJ20-01-18)

境造成破坏^[2-3]。

多年来,研究人员一直在探索煤与瓦斯共采、深部煤层或特定结构煤的瓦斯治理理论与技术应用研究^[4-7],煤矿企业积极实践,应用新理论技术成果取得了相应成效^[8-9],这正改变着我国煤矿生产安全状态^[10]。但前人在煤矿瓦斯治理与实现煤矿降碳目标方面的研究相对较少。本文在“双碳”目标背景下,在综合煤矿瓦斯抽采治理技术的基础上,结合当前瓦斯治理现状和已有应用实例,分析治理过程的降碳贡献与效果,总结当前煤矿瓦斯治理措施,对煤矿瓦斯治理与优化提出可行的建议与对策。

1 瓦斯治理概况及降碳效果分析

“双碳”目标的提出对煤矿企业的生产经营带来较大压力。例如,山西、陕西、内蒙古、山东等地区煤炭年产量小于500万t的煤企或小型煤矿目前大多关停^[11]。煤矿企业是国家的供能供碳大户,如何实现2030年前的碳达峰目标,满足企业绿色发展要求,推动煤炭企业转型,实现高效、安全、低碳的运营目标,是当前煤矿企业面临的重要任务之一。其中,瓦斯治理与利用是煤矿转型发展的重要突破口,如何优化煤矿瓦斯治理方案,系统优化瓦斯治理技术,是煤矿企业未来发展需要面对的重要问题。

1.1 全国煤矿瓦斯抽采治理概况

在国家供给侧结构性改革影响下,煤矿产地主要集中在晋、蒙、陕等省份,另外冀、豫、皖、鲁、黔等地区也有一定规模的产量^[12-14]。近年来,全国煤矿瓦斯(煤层气)抽采量大幅度上升,自2005年的23.00亿m³已提高到2018年的184亿m³(井下抽采瓦斯气129.00亿m³,地面煤层气产量54.13亿m³),其中瓦斯利用量53.09亿m³^[15]。山西、陕西及安徽等省在煤层气抽采和瓦斯治理利用上走在全国前列,其中,山西和陕西煤矿瓦斯以地面抽采煤层气利用为主,安徽淮南煤矿则重视瓦斯治理,采取地面与井下联合抽采治理^[16-18];内蒙古地区煤矿多为露天矿,目前瓦斯治理除了提前地面预抽外,主要用于预防煤矿着火^[19];河北冀中能源就所属梧桐矿正开展先导试验瓦斯抽采利用及低碳经营路径^[20];四川、山东和陇东等地相继推进瓦斯利用,四川2017年1—11月全省煤矿瓦斯抽采量3.12亿m³,瓦斯利用量1.74亿m³^[21-23],其他地区煤矿瓦斯治理和利用正逐渐引起重视、开始启动项目或逐步走入正轨^[24-26]。

1.2 煤层瓦斯降碳效果分析

煤层瓦斯甲烷温室效应是等量二氧化碳的21~28倍^[27-29]。1万m³甲烷燃烧100%利用后比甲烷直接排入大气碳排放量减少125.22t(以21倍计算)^[30-32],可降低89%的温室效应。例如,2020年山西煤层气(地面钻井抽采瓦斯)产量81.46亿m³,占全国煤层气总产量的85%,相当于全国煤矿瓦斯少排放95.84亿m³、减排12亿t二氧化碳。若全国煤矿瓦斯气进行瓦斯治理和抽采利用,煤矿瓦斯地质储量约1.18万亿m³,理想状态下全部采出100%燃烧利用可减碳148万亿t,相当于2020年中国总能耗排放的1.48倍^[33-34](2020年我国二氧化碳排放达99亿t)。由此可见,煤矿瓦斯治理及利用对于“双碳”目标的实现意义重大。

2 煤矿现有瓦斯治理措施

煤层或围岩中吸附的瓦斯受应力和压力影响,解吸后会涌出到采煤工作面、采空区隅角及相对负压空间。瓦斯治理核心是降低所在空间瓦斯体积分数。煤矿企业积极进行瓦斯治理,目前应用最广泛、成本较低的措施是井下机械通风和瓦斯抽采稀释瓦斯体积分数,达到井下安全生产标准。瓦斯作为可燃、相对洁净的能源,抽采后提纯利用是有效治理的方法之一。不同的煤矿瓦斯浓度、开发时期、工作区域,采用的瓦斯治理方式存在差别。

2.1 中高瓦斯治理

2.1.1 中高瓦斯概念与来源

高瓦斯矿井是指在一段时间测定中,相对瓦斯涌出量>10m³/t,或绝对瓦斯涌出量>40m³/min的矿井^[35]。煤矿瓦斯2年测评一次,多数高瓦斯矿在治理一段时间后会低于这个标准,但仍属于中高瓦斯矿井范围。

瓦斯主要聚集在生产区的工作面和隅角。工作面瓦斯来源于:(1)本煤层割煤时应力释放,瓦斯负压解吸;(2)围岩和邻近层由于层间压裂释放,瓦斯解吸涌向负压区;(3)岩壁遗煤瓦斯解吸。隅角瓦斯成因:(1)由于采空区瓦斯下行通风,风压和风流的影响导致瓦斯存于下部;(2)采空区内应力变化,裂隙作为通道,瓦斯沿裂缝不断向工作面隅角运移。

2.1.2 中高瓦斯煤矿治理实例

马兰煤矿12504工作面治理前的瓦斯涌出量为25.73m³/min,经过瓦斯抽采,工作面瓦斯降幅达22.70%,瓦斯平均体积分数由0.80%下降到0.68%,上隅角瓦斯降幅38.60%,瓦斯平均体积分数由1.40%下降到0.86%^[36]。徐州夹河煤高瓦斯

矿 7446 综采面,针对隅角回风埋设专管抽采隅角和采空区瓦斯,回风流中瓦斯体积分数由 0.8%~1.2% 下降到 0.5%~0.7%,上隅角瓦斯体积分数由 2.0%~5.0% 下降到 0.6%~0.8%,抽采瓦斯量由日产 0.15 万 t 上升到 0.26 万 t^[37]。霍州煤电集团李雅庄高瓦斯煤矿 2-616 工作面治理前绝对瓦斯涌出量为 25 m³/min,相对瓦斯涌出量 6.609 m³/t,经过井下瓦斯抽采,上隅角瓦斯平均体积分数由 0.6% 下降到 0.4%^[38]。徐州夹河煤矿 2441 综采面,针对上隅角利用锯末、灰渣充填严实截堵,风障导风稀释隅角,工作面合理配风和高位钻孔瓦斯抽放,绝对瓦斯涌出量由 3.5~4.5 m³/min 下降到 2.5 m³/min,瓦斯平均体积分数由 2.0%~3.0% 下降至 0.6%~0.7%^[39]。

2.2 低瓦斯治理

2.2.1 低瓦斯概念与来源

矿井中瓦斯相对涌出量≤10 m³/t,绝对瓦斯涌出量≤40 m³/min 为低瓦斯煤矿。瓦斯主要来源为本煤层、邻近层和采空区遗煤等,瓦斯富集层向外释放速度和含量相对高瓦斯矿较低。中低瓦斯煤矿瓦斯治理在浅层和初期会针对工作面采用机械抽采和通风,在深层和综采面瓦斯危险系数增加的情况下,治理力度和管理措施将相应增加。

2.2.2 低瓦斯煤矿治理实例

山西三元煤业 2305 综放面,绝对瓦斯涌出量为 12.66 m³/min,相对瓦斯涌出量为 2.86 m³/t,采用顶板千米定向钻孔抽采 1 个月,瓦斯体积分数由 0.85% 下降到 0.48%^[40]。冀中能源股份公司葛泉矿

1623 工作面,治理前回风隅角瓦斯平均体积分数为 0.65%,回风巷瓦斯平均体积分数为 0.60%,采空区瓦斯体积分数>2.00%,通过增加通风量,采用珍珠岩袋充填截堵,埋设风筒负压抽采,运输巷瓦斯体积分数不超过 0.32%,隅角瓦斯体积分数不超过 0.42%,风筒瓦斯体积分数不超过 2.30%,回风巷体积分数不超过 0.26%^[41]。正利煤矿 14-1102 孤岛工作面,原煤瓦斯涌出量 1.98~2.07 m³/t,绝对瓦斯涌出量为 4.79 m³/min,通过采空区瓦斯抽采,合理配风、堵漏和高位裂隙带钻孔抽采等措施,瓦斯体积分数不超过 0.25%^[42](见表 1)。

2.3 瓦斯治理措施小结

中高瓦斯矿瓦斯绝对涌出量较高,危险系数较大,瓦斯地面抽采从根本上防范瓦斯事故确保煤矿安全,缩短煤矿瓦斯抽采及通风达标再生产工期,提高煤矿单位生产效率。在规划区进行地面钻孔预抽采,可以有效降低在生产时的瓦斯绝对涌出量;生产区工作面根据不同煤矿地质条件和企业规划生产量,多采用增加工作面通风空间的措施,一面多巷生产,地上采用斜井,矿下铺设多管路进行同时抽采;采空区隅角增加铺管抽出瓦斯。低瓦斯煤矿,采煤工作面较浅矿井,规划区基本不做处理,开采区进行机械通风和瓦斯抽采,在采空区或者工作面隅角进行铺管抽采达到安全范围即可生产。采煤工作面较深矿井,随埋深加大,瓦斯浓度和地温升高产生风险增高,部分煤矿在规划区进行预抽采,采煤工作面及隅角会根据生产情况。加通风量

表 1 煤矿瓦斯治理实例措施及效果一览

Tab. 1 Controlling measurements of coal mine methane and their effects

类型	煤矿名称	区段	采取措施	实施效果
中高瓦斯矿	马 兰 煤 矿 12504 工 作面	生产区	利用多种布孔和抽采方式实 现立体抽采	瓦斯体积分数由 0.80% 下降到 0.68%,整体降幅 22.7%
	徐州夹河煤矿 7446 综采面	隅角	采用隅角埋设专用抽采管路 达到回风隅角和采空区瓦斯 抽采	回风流瓦斯体积分数由 0.8%~1.2% 下降到 0.5%~0.7%;上隅角 瓦斯体积分数由 2.0%~5.0% 下降到 0.6%~0.8%,日产瓦斯 0.15 万 t 上升到 0.26 万 t,瓦斯体积分数平均降幅 39.6%
	霍州煤电集团李雅 庄煤矿 2-616 工作 面	工作面	对煤层、裂隙带和上隅角实 现全面抽采	上隅角瓦斯平均体积分数 0.6% 下降到 0.4%,降幅 33.3%
	徐州夹河煤矿 2441 综采面	上隅角	重点对工作面瓦斯积聚情况 采取了各种稀释措施	瓦斯涌出量由 3.5~4.5 m ³ /min 下降到 2.5 m ³ /min;瓦斯体积分数 由 2.0%~3.0% 下降到 0.6%~0.7%,降幅 73.3%
中低瓦斯矿	山西三元煤业 2305 综放面	生产区	采空区埋管抽采、顶板定向 钻孔抽采	千米定向钻孔抽采瓦斯 1 个月后,瓦斯体积分数由 0.85% 下降 到 0.48%,降幅 43.5%
	冀中能源股份公司 葛泉矿 1623 工作面	隅角	工作面通风稀释、隅角负压 抽采	运输巷瓦斯体积分数≤0.32%;隅角瓦斯体积分数≤0.42%,风筒 内瓦斯体积分数≤2.30%;回风巷瓦斯体积分数≤0.26%
	正 利 煤 矿 14-1102 孤岛工作面	工作面	采空区释放+插管抽采结合, 工作面钻孔抽采	瓦斯涌出量由 1 300 m ³ /min 上升到 1 500 m ³ /min,瓦斯体积分数≤0.25%

和抽采机器数量,确保安全生产(见表2)。

表 2 瓦斯治理措施			
Tab. 2 Methane controlling measurements			
类别	低瓦斯煤矿		中高瓦斯煤矿
	浅层工作面	深层工作面	
规划区	基本不处理	地面预抽采	地面预抽采
生产区 工作面	机械通风	机械通风	一面多巷增加通风空间
	矿井抽采	井下抽采	井上和井下同时抽采
	堵漏、截堵	堵漏、截堵	抽采管路数量、抽风机数量增加
采空区	抽采	抽采	隅角抽采

3 瓦斯治理存在的问题

3.1 目前瓦斯治理效果无统一评价标准

上述实例中 7 个煤矿瓦斯治理现状表明:现阶段煤矿进行瓦斯治理达到浓度安全标准、满足正常生产运行即可。实际上,各煤矿因煤层特征、地质因素等差异,瓦斯治理技术方案上有自身特点,各煤矿对管理和成本的控制程度不一,瓦斯治理力度和效果不尽相同^[43],煤矿瓦斯治理效果目前无统一评价标准,各煤矿只是针对瓦斯治理前后产生相对瓦斯浓度、瓦斯压力下降,事故发生率降低等几个方面进行评价瓦斯治理的效果^[44-45]。

3.2 煤矿瓦斯低碳治理的动力不足

煤矿瓦斯问题治理至今,煤层气产业获得了较快发展,近 3 年我国新增煤层气产量 14.4 亿 m³^[46],相当于减排 1 803 万 t 二氧化碳,成为低碳时代清洁能源的潜在力量,更是实现“双碳”目标的关键能源^[47]。“双碳”目标之前煤矿企业的瓦斯治理只辅助于安全生产。

(1)政策层面。目前,煤矿瓦斯治理与利用和煤炭开发尚没有统一规划。针对煤层气与煤炭资源矿业权交叉问题^[48],政策虽然支持采煤采气一体化,煤矿企业仍可自主决策自采自用煤层气项目。但基于矿业权交叉问题的固有观念,以及地面抽采基本由煤层气公司来实施的惯性思维,煤矿企业煤层瓦斯治理方案的出发点大多仅局限在煤炭开发上,而很少统一规划煤层瓦斯治理与利用的协调发展^[49]。

(2)经济层面。当前,煤矿企业对加大瓦斯治理产生的综合效益认识不够。煤炭生产利润高、投资回收快,时间和成本投入上优于煤层瓦斯的抽采利用^[50-51]。“双碳”目标确立之前,煤矿进行瓦斯治理只是满足安全生产需要,以井下机械通风和抽采为主,未最大限度减少和降低煤矿瓦斯体积分数,同时抽采的瓦斯多以排放或火炬燃烧为主,未对瓦斯

治理或利用再投入成本。但在“双碳”目标提出之后,国家倡导在各行业、各领域贯彻绿色发展理念,必然会对煤矿企业生产的诸多环节带来较大影响,尤其会产生与减碳工作相关的利润增长点。例如,在碳交易市场,若参考前人研究成果,按 16 750 元/万 m³ 瓦斯计,煤矿企业可通过瓦斯提纯利用,实现 1 万 m³ 瓦斯减少 16 750 元的碳交易费用从而得到 1 757.5 元的收益^[32]。同时,加大瓦斯抽采力度,实现瓦斯绝对安全采掘,煤矿生产效率可大幅度提高,也会显著降低生产成本。

(3)技术层面。现阶段,煤矿瓦斯治理大多采用单一的井下抽采技术,综合治理与利用技术尚不成熟。“双碳”目标之前,煤矿瓦斯治理基本集中在技术装备研发、特殊煤层钻探改进或抽采方案优化等方面^[52-54]。地下和地面结合抽采治理方式仅存在于示范区^[55-56]或部分煤矿的先导性试验阶段^[57-59]。二氧化碳驱替煤层瓦斯研究也处于试验研究阶段^[60-61]。

总体看,目前瓦斯治理的整体架构与现状与“双碳”目标的要求,尚存在契合度不足的情况,这或许会影响企业未来的良性发展,亟须加强研究。

4 未来瓦斯治理工作的建议

瓦斯治理对于煤矿企业主要作用在于保证煤炭安全生产,实现高效开采。截至目前,不少煤矿开始尝试瓦斯抽采后利用^[62],但在再利用方面总体效果不佳^[63]。

基于瓦斯的资源性和污染性的双重属性,煤矿企业应该借助目前“双碳”目标下的政策机遇,构建源头设计—过程控制—分区实施—末端治理—市场开发的煤矿瓦斯治理新模式。

(1)源头设计。煤矿企业须积极布局以达成低碳生产的瓦斯治理的目标。在“煤矿安全生产—瓦斯抽采—瓦斯利用”的全过程生产经营链条中,始终秉承绿色低碳发展理念,按照《中共中央国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》的总体要求,制定瓦斯抽采排放与瓦斯利用总体进度与计划。根据各煤矿企业历年来瓦斯排放量,分类、分级、分年度制定允许煤矿企业还可抽采排放的最大瓦斯量,并按照各煤矿企业营业收入或利润制定出达成“碳中和”目标的瓦斯利用短期、中期和长期规划路线图。

(2)过程控制。煤矿企业应以信息化技术为支撑,加强数字化转型工作,实现对治理过程的有效

控制。目前国内瓦斯治理与利用工作整体处于起步阶段,在减碳控碳方面基础相对薄弱。企业可以考虑构建瓦斯治理与利用的信息化管理平台,及时监测和掌握各煤矿瓦斯涌出量、抽采排放量、利用率等数据,形成瓦斯治理与利用的数据湖并进行数理统计分析。在关注安全生产信息的基础上,强化对于瓦斯排放的实时优化管理,力争实现瓦斯抽采利用最大化与降碳减排最优化的有机统一,满足煤矿企业实现行业双碳目标的基本要求。

(3)分区实施。煤矿企业应针对不同瓦斯治理场景,分别设计不同技术路线,实施治理。对于正在开采生产区,只适合地下瓦斯治理,应改进瓦斯抽采设备,提高瓦斯抽采量,同步优化直接抽采后的提纯利用;对于适合进行地面地下立体化瓦斯治理工作区,应深化地质研究,积极应用国内示范试验区的先进经验^[64],探索各煤矿自身瓦斯治理立体化瓦斯抽采方案;对于煤矿接替规划区,应根据瓦斯资源情况和地质背景,采用煤层气开发利用先进技术,进行瓦斯地面抽采治理。总之,应根据瓦斯资源量做好分区治理规划,毕竟瓦斯资源量的分布与减碳方案的设计密切相关。

(4)末端治理。煤矿企业应强化末端治理技术应用,重视生产过程中资源的循环利用问题,重视回收瓦斯再利用的价值属性。例如,瓦斯抽采后的提纯、散逸瓦斯的捕获与收集、散逸瓦斯收集后的转化与利用等等,皆是真正意义上的低碳瓦斯治理设计。另外,瓦斯治理过程使用的原材料、设备的回收利用问题,也应受到更多关注。

(5)市场开发。瓦斯低碳治理问题解决,除去政策扶持、技术进步之外,还需考虑市场机制建设。煤矿企业,应超前布局“产销”市场,打通瓦斯抽采提纯后的自用供热、发电、余热发电、管道销售、碳市场交易等市场环节,并考虑探索瓦斯提纯气体综合利用的商业模式,不断激发资本市场参与的热情,真正使得瓦斯低碳治理工作与国家绿色低碳产业进行深度融合,打造煤矿企业绿色供应链体系^[65-66]。

5 结束语

煤矿企业瓦斯治理工作不仅与安全生产有关,而且关乎企业的绿色低碳发展战略。从行业瓦斯治理现状出发,分析与低碳治理相关的问题,并提出建议措施,为未来煤矿企业的绿色低碳发展提供

新的借鉴与思考。

参考文献:

- [1]吴宽,施式亮.湖南煤矿瓦斯抽采存在问题及对策探讨[J].矿业工程研究,2018,33(3):28-31.
WU Kuan, SHI Shiliang. Problems and countermeasures of gas extraction in coal mine of Hunan province [J]. Mineral Engineering Research, 2018, 33(3): 28-31.
- [2]曹春海.抽采利用技术在煤矿瓦斯防治中的有效应用[J].当代化工研究,2021(10):89-90.
CAO Chunhai. Effective application of extraction and utilization technology in coal mine gas [J]. Modern Chemical Research, 2021(10): 89-90.
- [3]张立宽.浅谈开发利用煤层气的现实意义[N].中国矿业报,2019-12-23(6).
- [4]袁亮.深部煤与瓦斯共采研究新进展[C]//国家煤矿安全监察局、中国煤炭工业协会,全国煤矿瓦斯抽采利用与通风安全技术现场会资料汇编,2013:43.
- [5]袁亮,郭华,沈宝堂,等.低透气性煤层群煤与瓦斯共采中的高位环形裂隙体[J].煤炭学报,2011,36(3):357-365.
YUAN Liang, GUO Hua, SHEN Baotang, et al. Circular overlying zone at longwall panel for efficient methane capture of multiple coal seams with low permeability [J]. Journal of China Coal Society, 2011, 36(3): 357-365.
- [6]袁亮,薛俊华.中国煤矿瓦斯治理理论与技术[C]//煤炭工业可持续发展专题研讨会论文集,2010:14.
- [7]吴鹏飞,李普,尚政杰.极低透气性构造软煤瓦斯抽采技术应用研究[J].能源与环保,2021,43(10):50-54.
WU Pengfei, LI Pu, SHANG Zhengjie. Research on application of gas drainage technology in soft coal with very low permeability structure [J]. China Energy and Environmental Protection, 2021, 43(10): 50-54.
- [8]马杰,辛承鹏,赵军利.综放工作面瓦斯综合抽采技术实践[J].山东煤炭科技,2021,39(10):120-122,128.
MA Jie, XIN Chengpeng, ZHAO Junli. Practice of comprehensive gas extraction technology in fully mechanized top-coal caving face [J]. Shandong Coal Science and Technology, 2021(10): 120-122, 128.
- [9]方文会,廖引.高瓦斯矿井区域瓦斯分级治理方法及其在潞安矿区的应用研究[J].能源与环保,2021,43(9):64-71.
FANG Wenhui, LIAO Yin. Research on gas classification control method in high gas mine area and its application in Lu'an mining area [J]. China Energy and Environmental Protection, 2021, 43(9): 64-71.
- [10]袁亮.我国淮河流域煤炭安全绿色开采[J].煤炭与化工,2015,38(6):1-4,16.
YUAN Liang. Green mining in Huaihe basin of China [J]. Coal and Chemical Industry, 2015, 38(6): 1-4, 16.

- [11]张建国,王满,袁森,等.基于瓦斯治理-抽采-利用一体化的深部突出矿井安全绿色开发模式与示范工程[J/OL].重庆大学学报:1-11[2021-08-27].<http://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1044.n.20210506.1706.002.html>.
ZHANG Jianguo, WANG Man, YUAN Miao, et al. Safe and green exploitation model and demonstration projects of deep outburst mine based on the integration of gas control, extraction and utilization [J/OL]. Journal of Chongqing University: 1-11 [2021-08-27]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1044.n.20210506.1706.002.html>.
- [12]赵红泽,甄选,厉美杰.中国露天煤矿发展现状[J].中国矿业,2016,25(6):12-15,34.
ZHAO Hongze, ZHEN Xuan, LI Meijie. Current development situation of open-pit coal mine in China [J]. China Mining Magazine, 2016, 25(6): 12-15, 34.
- [13]徐东耀,刘伟,但海均,等.中国煤炭生产甲烷排放现状及对策研究[J].绿色科技,2015(6):170-172,175.
XU Dongyao, LIU Wei, DAN Haijun, et al. Emission situation of methane caused by coal in china and some countermeasures [J]. Journal of Green Science and Technology, 2015(6): 170-172, 175.
- [14]李俊虎.我国实现煤炭资源环保开采现状分析及展望[J].城市地理,2014(14):29-30.
- [15]蒋礼宏.煤矿瓦斯地面抽采产业政策与技术研究报告[R].2020.
- [16]熙雯.煤炭行业在碳达峰碳中和背景下的发展建议[EB/OL].(2021-03-31)[2021-09-27].https://www.xianjichina.com/news/details_256690.html.
- [17]王媛.煤层气公司:致力“双碳”目标助推绿色矿山建设[EB/OL].(2021-08-27)[2021-09-27].<https://www.pinlue.com/article/2021/08/2703/3311693717259.html>.
- [18]常书铭.以煤层气开发利用为抓手坚决打好碳达峰碳中和这场硬仗[EB/OL].(2021-09-04)[2021-09-27].https://www.sxjz.gov.cn/xwzx/bssz/content_379622.
- [19]张艳军.煤矿开采技术理论与工艺运用研究[J].化工管理,2019(29):119.
- [20]“双碳”形式下的煤炭发展路径[EB/OL].(2021-08-09)[2021-09-27].<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1707614515906284188&wfr=spider&for=pc>.
- [22]郑爽.我国煤层甲烷类温室气体排放及清单编制[J].中国煤炭,2002(5):37-40.
- [23]2017年四川1—11月煤矿瓦斯抽采及利用统计分析[EB/OL].(2018-01-02)[2021-09-27].<https://www.sc.gov.cn/10462/10464/10465/10574/2018/1/2/10441990.shtml>.
- [24]郑洋洋.推动“双碳”行动落实落地[EB/OL].(2019-09-09)[2021-09-27].<https://m.gmw.cn/baijia/2021-09/08/1302562338.html>.
- [25]武晓娟,中国工程院院士袁亮:煤矿瓦斯防治成绩来之不易[EB/OL].(2021-03-20)[2021-09-27].<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1694733669045166426&wfr=spider&for=pc>.
- [26]吴迪.全国最大的低浓度瓦斯发电企业的低碳发展之路——访北京扬德环境科技股份有限公司纪实报道[C]//中国工业节能与清洁生产协会专题资料汇编,2015.
- [27]政府间气候变化专业委员会.IPCC第二次评估报告[R].1995.
- [28]政府间气候变化专业委员会.IPCC第四次评估报告[R].2007.
- [29]政府间气候变化专业委员会.IPCC第五次评估报告[R].2013.
- [30]任仁.温室气体甲烷的人为源及其减排的技术措施[J].环境导报,2000(4):42-43.
REN Ren. Man-made sources of methane emissions and technologies for reducing methane emissions [J]. Environment Herald, 2000(4): 42-43.
- [31]张振芳,姬长生,王晓琳,等.地下开采煤矿碳排放量核算初探[J].矿山机械,2012,40(10):1-4.
ZHANG Zhenfang, JI Changsheng, WANG Xiaolin, et al. Study on calculation of carbon emission from underground coal mining [J]. Mining & Processing Equipment, 2012, 40(10): 1-4.
- [32]张振芳,姬长生,韩流,等.煤矿瓦斯利用的低碳与经济效益初步研究[J].矿山机械,2013,41(1):5-8.
ZHANG Zhenfang, JI Changsheng, HAN Liu, et al. Study on low-carbon and economic benefits of colliery gas utilization [J]. Mining & Processing Equipment, 2013, 41(1): 5-8.
- [33]李新锁.“双碳”背景下,已探明煤层气地质储量占中国89.83%的山西煤层气正以清洁能源的姿态加速迈向国际第一方阵[EB/OL].(2021-09-04)[2021-09-27].<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1709888607653731868&wfr=spider&for=pc>.
- [34]邹才能.碳中和背景下天然气的工业地位[R].2021.
- [35]徐长久.高瓦斯矿井地质构造超前探测技术研究[J].煤矿现代化,2021,30(6):117-119.
XU Changjiu. Research on advanced detection technology of geological structure in high gas mine [J]. Coal Mine Modernization, 2021, 30(6): 117-119.
- [36]李晓斌.马兰矿12504综采工作面瓦斯综合治理技术应用[J].煤,2021,30(7):59-61,70.
- [37]樊九林.高瓦斯综采面初采期间瓦斯综合防治技术[J].煤炭科技,2010(4):85-86.
- [38]樊九林.高瓦斯综采工作面上隅角瓦斯治理[J].能源技术与管理,2005(4):23-24.
- [39]宋海滨.李雅庄矿2-616工作面瓦斯综合治理技术实践[J].山东煤炭科技,2021,39(6):111-114.
SONG Haibin. Practice of gas comprehensive control technology in the 2-616 working face of Liyazhuang Mine

- [J].Shandong Coal Science and Technology, 2021, 39(6): 111-114.
- [40]戴丽君.高瓦斯矿井千米定向钻孔瓦斯抽采技术[J].煤矿现代化, 2021, 30(4): 116-118, 122.
- DAI Lijun. Gas Drainage Technology of thousand-meter directional drilling in high gas mine [J]. Coal Mine Modernization, 2021, 30(4): 116-118, 122.
- [41]邓九洲,王信辉.利用负压风筒处理工作面隅角瓦斯研究[J].中国煤炭工业, 2021(1): 70-71.
- [42]赵富贵.正利煤矿 14-1102 孤岛工作面瓦斯综合治理技术研究[J].山东煤炭科技, 2021, 39(6): 128-130, 133.
- ZHAO Fugui. Study on gas comprehensive control technology of 14-1102 isolated island working face in Zhengli Coal Mine [J]. Shandong Coal Science and Technology, 2021, 39(6): 128-130, 133.
- [43]袁亮.瓦斯治理理念和煤与瓦斯共采技术[J].中国煤炭, 2010, 36(6): 5-12.
- YUAN Liang. Concept of gas control and simultaneous extraction of coal and gas [J]. Shandong Coal Science and Technology, 2010, 36(6): 5-12.
- [44]袁亮.我国煤矿安全发展战略研究[J].中国煤炭, 2021, 47(6): 1-6.
- YUAN Liang. Study on the development strategy of coal mine safety in China [J]. China Coal, 2021, 47(6): 1-6.
- [45]袁亮.我国煤炭工业高质量发展面临的挑战与对策[J].中国煤炭, 2020, 46(1): 6-12.
- YUAN Liang. Challenges and countermeasures for high quality development of China's coal industry [J]. 2020, 46(1): 6-12.
- [46]尹江勇.近三年为我国增产 14.4 亿立方米煤层气[N].河南日报, 2021-11-04(4).
- [47]焦红霞,王婷,田孔社.山西:传递绿色低碳发展的中国声音[N].中国改革报, 2021-09-07(5).
- [48]《国务院办公厅关于加快煤层气(煤矿瓦斯)抽采利用的若干意见》国办发〔2006〕47 号[EB/OL]. (2006-06-09) [2021-09-27]. http://www.gov.cn/zwqk/2006-06/19/content_314623.htm.
- [49]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.
- [50]秦雪霞.煤层气成本计量与定价机制研究[D].太原:太原理工大学, 2013.
- [51]宋宝连.煤炭开采企业成本控制分析[J].经济师, 2012(11): 258-259.
- [52]姚美红.综采面采空区大孔径瓦斯抽采技术应用[J].江西煤炭科技, 2021(4): 147-149.
- YAO Meihong. Application of large aperture gas drainage technology in goaf of fully mechanized coal face [J]. Jiangxi Coal Science & Technology, 2021(4): 147-149.
- [53]刘东,辛新平,马耕.定向多分支长钻孔治理瓦斯技术体系研究及应用[J].矿业安全与环保, 2021, 48(5): 108-112.
- LIU Dong, XIN Xiping, MA Geng. Research and application of the technical system for gas drainage by means of directional multi-branch drilling [J]. Mining safety & Environmental Protection, 2021, 48(5): 108-112.
- [54]方晓蕾,李思乾.朱集西矿远距离突出煤层群开采瓦斯治理工程优化[J].能源技术与管理, 2021, 46(5): 31-33.
- [55]李琰庆,唐永志,唐彬,等.淮南矿区煤与瓦斯共采技术的创新与发展[J].煤矿安全, 2020, 51(8): 77-81.
- LI Yanqing, TANG Yongzhi, TANG Bin, et al. Innovation and development of coal and gas - coal mining technology in Huainan mining area [J]. Safety in Coal Mines, 2020, 51(8): 77-81.
- [56]李国富,付军辉,李超,等.山西重点煤矿采动区煤层气地面抽采技术及应用[J].煤炭科学技术, 2019, 47(12): 83-89.
- LI Guofu, FU Junhui, LI Chao, et al. Surface drainage technology and application of CBM in key mining areas of Shanxi Province [J]. Coal Science and Technology, 2019, 47(12): 83-89.
- [57]张亚莉,成阳波.河南复杂煤矿区瓦斯地面抽采技术研究[J].化工设计通讯, 2020, 46(9): 95-96, 110.
- ZHANG Yali, CHENG Tangbo. Research on gas surface extraction technology in Henan complex coal mining area [J]. Research and Development, 2020, 46(9): 95-96, 110.
- [58]韦雷,杨茂茂.高瓦斯突出基建矿井的井上下联合抽采实践[J].山西化工, 2021, 41(1): 100-102.
- WEI Lei, YANG Maomao. The practice of joint drainage in high gas outburst capital mine [J]. Shanxi Chemical Industry, 2021, 41(1): 100-102.
- [59]刘忠全,陈殿赋,孙炳兴,等.高瓦斯矿井超大区域瓦斯治理技术[J].煤炭科学技术, 2021, 49(5): 120-126.
- LIU Zhongquan, CHEN Dianfu, SUN Bingxing, et al. Gas control technology in super large area of high Gassy mine [J]. Coal Science and Technology, 2021, 49(5): 120-126.
- [60]周俊文.二氧化碳驱替煤层甲烷的试验研究[J].能源与环保, 2019, 41(1): 13-16, 22.
- ZHOU Junwen. Study on test of displacement coal-bed methane by carbon dioxide [J]. China Energy and Environmental Protection, 2019, 41(1): 13-16, 22.
- [61]周银波.煤层瓦斯气相驱替及两相协同机制研究[D].北京:中国矿业大学, 2017.
- [62]闫亮.煤矿风井地面瓦斯抽采技术及综合利用技术研究应用[J].山西冶金, 2021, 44(1): 74-75, 82.
- YAN Liang. Study and application of surface gas drainage

- technology and comprehensive utilization technology in the coal mine air well[J]. Shanxi Metallurgy, 2021, 44(1): 74-75, 82.
- [63] 季正冬. 加强煤矿瓦斯治理促进煤层气产业发展[J]. 中国战略新兴产业, 2018(32): 58.
- [64] 锁定“双碳”绿建未来. 淮河能源集团[EB/OL]. (2021-08-25) [2021-09-27]. https://www.sohu.com/a/485632539_121106991.
- [65] 刘科. 碳中和误区及其现实路径[EB/OL]. (2021-08-16) [2021-09-27]. <https://zhuanlan.zhihu.com/p/400212849>.
- [66] 张俊锋, 许文娟, 王跃琦, 等. 面向碳中和的中国碳排放现状调查与分析[J]. 华电技术, 2021, 43(10): 1-10.

ZHANG Junfeng, XU Wenjuan, WANG Yueqi, et al. Investigation and analysis on carbon emission status in China on the path to carbon neutrality [J]. Huadian Technology, 2021, 43(10): 1-10.

(本文责编: 齐琳)

作者简介:

胡晓兰(1985—), 女, 湖北黄石人, 高级工程师, 博士, 从事非常规油气地质、瓦斯治理与利用研究工作(E-mail: huxl@cg.com.cn)。

宋伟(1963—), 男, 山东济南人, 高级工程师, 从事公司高级管理工作(E-mail: songw@cg.com.cn)。

“固体氧化物电池”专刊征稿启事

化石能源是当今时代主要的燃料, 燃烧时会释放出大量二氧化碳以及硫、氮氧化物, 造成了严重的温室效应和环境污染。气候变化是人类面临的全球性问题, 随着温室效应的进一步加剧, 如何控制二氧化碳的排放量已经成为全球性的系统问题。

在这一背景下, 世界各国以全球协约的方式减排温室气体, 我国由此提出了“2030年碳达峰, 2060年碳中和”的战略目标。然而, 想要实现“双碳”目标, 还必须改变以化石能源为主体的能源结构, 建立以清洁能源为源头、以氢能作为媒介的新型能源体系。

在新型能源体系中, 固体氧化物燃料电池(SOFC)和固体氧化物电解池(SOEC)将起到关键的作用。通过SOEC可将风光水电等低品质电能直接、高效地转化为储存在碳氢化合物中的高品质化学能, 通过SOFC可将碳氢化合物中的化学能持续、高效、稳定地转化为电能, 并且这个过程不受卡诺循环的限制。然而, 想要真正发挥SOFC和SOEC在新型能源体系中的关键作用, 必须要克服性能、衰退、规模这三大挑战。

鉴于当前的问题和机遇, 《华电技术》(2022年启用《综合智慧能源》刊名)特推出“固体氧化物电池”专刊, 邀请武汉大学刘通副研究员、哈尔滨工业大学张雁祥教授、武汉大学王瑶副教授担任特约主编, 共同探讨固体氧化物电池性能、稳定性和产业化发展等方面的研究进展, 并对相关研究进行总结和展望, 欢迎业内同仁踊跃投稿。

一、征稿范围(包括但不限于)

- (1) 固体氧化物电池高温CO₂电解研究。
- (2) 固体氧化物电池原位溶出纳米电极研究。
- (3) 管式电池及管式电池堆研究。
- (4) 平板电池及平板堆研究。
- (5) 固体氧化物电池电极材料研究。
- (6) 固体氧化物电池质子导体研究。
- (7) 固体氧化物电池电极表面过程研究。
- (8) 固体氧化物电池电极内传质行为研究。
- (9) 质子型固体氧化物电池堆研究。
- (10) 固体氧化物电池电极制备工艺研究。
- (11) 固体氧化物电池电极结构-性能模拟研究。

二、时间进度

专刊拟于2022年5月31日截稿, 2022年择期优先出版。

三、征稿要求

- (1) 专刊只收录未公开发表的论文, 拒绝一稿多投。作者对论文内容的真实性和客观性负责。
- (2) 按照《华电技术》论文格式要求使用Word软件排版, 论文模板请在网站(www.hdpower.net)首页作者中心下载。
- (3) 请保留论文图片、曲线和表格原始文件, 并在投稿时按规定提交。
- (4) 论文作者应遵守相关学术不端规定。

四、投稿方式

- (1) 在线投稿(推荐): 登录在线采编系统(www.hdpower.net), 完成在线全文投稿, 欢迎投稿时推荐审稿人。
- (2) 邮箱投稿: liu_tong@whu.edu.cn(刘通); hdjs-chd@vip.163.com(编辑部)。
- (3) 咨询联系: 刘芳 0371-58501060/13838002988; 杨满成 010-63918755/13801175292。