

利用 SPSSAU 对煤矿安全事故统计分析及防范建议

岳超, 彭健成, 谌谋楷, 杨承令

贵州工程应用技术学院矿业工程学院, 贵州毕节, 中国

【摘要】为了探究煤矿产生事故的规律, 提出有效的防范措施及建议, 进而推动煤炭行业的安全发展。煤矿安全生产对人员生命安全、能源供应及经济发展十分重要。所以借助 SPSSAU 软件对 2001—2022 年多渠道煤矿事故数据进行全面的统计分析。研究了事故发生趋势、事故类型分布等内容。结果表明: 在 2003—2022 年煤矿安全发生事故总起数、造成死亡人数以及百万吨死亡率全部呈下降趋势, 其中“黄金十年”的下降幅度最大, 新常态时期下降幅度变小甚至部分指标回弹; 顶板、运输、瓦斯事故是主要事故三大类型, 其中次数最多的为顶板事故, 瓦斯事故造成的危害最大。结论: 我国煤矿安全生产形势向好但仍然严峻, 针对三类主要事故提出构建相应防控体系、模式及全链条屏障等防范措施, 并强化“技术+管理+文化”协同, 为煤矿安全生产提供新视角与思路, 助力降低事故发生率。

【关键词】SPSSAU; 煤矿; 事故统计分析; 预防对策; 事故类型

【基金项目】贵州工程应用技术学院 2023 年大学生创新创业训练计划项目 (编号: S202310668020)

1. 引言

我国早期煤炭开采技术十分落后, 很难保证安全问题, 从而导致了安全事故经常的发生。由国家安全监管总局和统计局相关的数据得出, 2013 年的煤矿百万吨死亡率为 29.3%, 虽然在 2022 年下降到了 5.4%, 安全水平有所提高, 但与国际先进的水平相比, 煤矿安全生产差距依然存在[1]。煤矿安全事故威胁生命安全, 对国家能源供应和经济发展产生负面影响。深入分析这些事故对保障人员安全、推动能源行业可持续发展和维护经济稳定具有重要意义。

对于煤矿事故统计和分析领域, 国外和国内学者都进行了大量的研究。国外, Palei 在 2009 年利用二元 Logistic 回归模型分析了印度 1996—2001 年的顶板事故, 从而确定了多个影响事故发生的因素。国内, 朱云飞在 2017 年研究了 1950—2016 年的特大事故, 揭示了事故高发时段和瓦斯事故为主的特点[1]; 张盈盈在 2018 年分析了交接班前后 2 小时内的事故, 指出该时段事故多发[2]。纵瑞利等人在 2020 年对近 10 年的煤矿事故进行统计分析, 找出了矿山开采存在的各种安全问题, 并针对存在的问题提出解决措施[3]。

本篇文章是根据国家矿山安全监察局及各省市分局和国家煤矿安全网等多种渠道公布的煤矿事故相关调查报告数据, 借助 SPSSAU 来对数据分析处理。通过对煤炭行业

中黄金十年 (2003—2012) [4] 和新常态时期 (2013—2022) 这二十年, 中国煤矿发生的安全生产事故进行不完全统计[5]。同时进行分析比较、研究, 并提出防治措施, 为研究我国煤矿安全生产与灾害相关的工作提供参考[1,2,6]。

2. 煤矿安全事故发生趋势分析

本篇文章数据由国家矿山安全监察局发布相关的数据作为基础, 加上查阅相关资料和文献进行综合统计。统计了中国煤矿在 2003—2022 年发生的安全事故, 发生起数、死亡人数、百万吨死亡率以及煤炭年产量[1], 如表 1 所示

从表 1 数据可以得出: 2003—2022 年里, 煤矿事故起数、死亡人数、百万吨死亡率都出现了明显的下降势头。数据中 2022 年煤矿百万吨死亡率低于 5%, 虽然不及美国, 澳大利亚等国家, 但是中国安全生产形势是在一步步的变好。

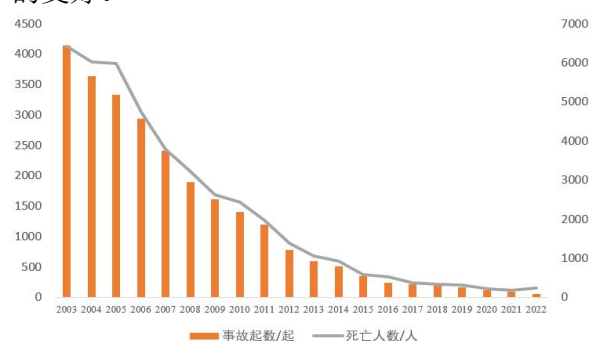
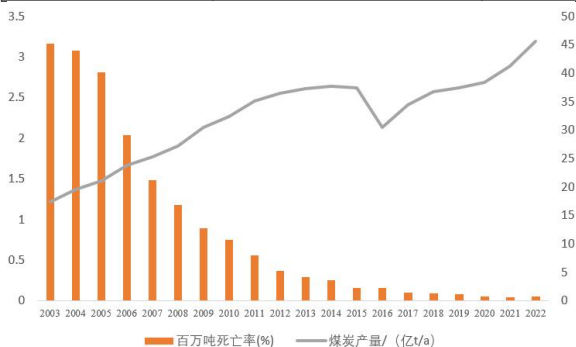


图 1. 近 20 年煤矿事故起数和死亡人数

表 1.2003—2022 年煤矿安全事故统计

年份	事故起数/起	死亡人数/人	百万吨死亡率	煤炭产量/(亿 t/a)
2003	4143	6434	3.17	17.4
2004	3639	6027	3.081	19.6
2005	3341	5986	2.811	21.1
2006	2945	4746	2.041	23.8
2007	2421	3786	1.485	25.4
2008	1901	3215	1.182	27.2
2009	1616	2631	0.892	30.5
2010	1403	2433	0.749	32.4
2011	1201	1973	0.564	35.2
2012	779	1384	0.374	36.5
2013	604	1067	0.293	37.3
2014	509	931	0.257	37.8
2015	352	588	0.159	37.5
2016	249	526	0.156	30.5
2017	219	375	0.106	34.5
2018	224	333	0.093	36.8
2019	170	316	0.083	37.5
2020	124	228	0.058	38.4
2021	91	178	0.043	41.3
2022	58	245	0.054	45.6


图 2.2003—2022 年中国煤矿安全生产事故趋势

由表 1 和图 1、图 2 可知，煤矿事故起数、煤矿死亡人数、煤矿百万吨死亡率都出现了下降。分析得出 2003—2012 年间（煤炭“黄金十年”期间）下降的幅度相比于其他年下降的幅度来说是比较大的，特别是在 2005—2007 年这三年的降低幅度更大。但在 2013—2022 年（新常态时期）下降幅度变小甚至到了 2022 年还有回弹。

(1) 在 2003—2012 年间，国家出台了煤矿安全相关法律法规，在 2005 年往后，煤矿安全事故的发生减少。国家随着煤矿瓦斯治理整顿关闭攻坚战地开展，关闭了不少非法和不具备安全生产条件的煤矿，有效的抑制了重特大瓦斯事故的发生，故而 2006、2007 年重特大事故年均减少了 10 起。

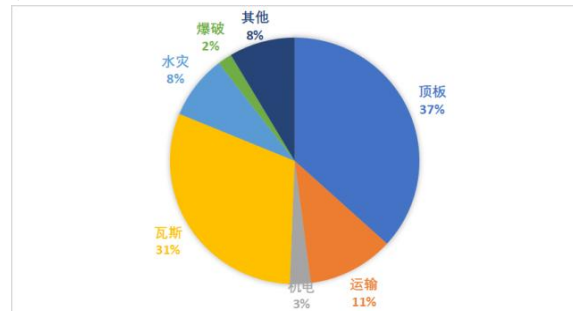
(2) 在 2013—2022 年，中国经济进入了

由发展高速向中高速发展逐渐转变的趋势。

“十二五”期间国家提出了煤炭资源整合，大量的非法煤矿、年产量小的煤矿被取缔或者整合，煤炭行业告别了高速发展的黄金十年，进入了新常态时期。但煤矿工人和管理者的认识和预防事故发生能力依然不足，因此 2013—2022 年间中国煤矿安全生产事故发生次数、死亡人数、百万吨死亡率下降幅度较小。

3. 煤矿事故类型分析

通过查阅国家矿山安全监察局统计数据和相关文献并利用已知数据对 2003-2022 年这二十年间煤矿发生的事故类型统计分析 [1,3-5]。发生的事故起数占总数百分比，以及死亡人数百分比进行了不完全的统计，各类安全生产事故总数已经达到了 25900 起，死亡人数更是达到了 43276 人。


图 3.中国煤矿各类安全生产事故发生起数占总起数的比例

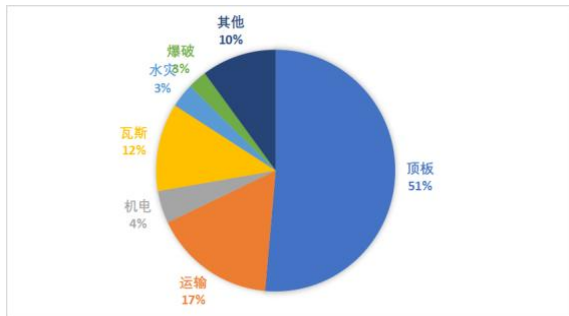


图 4. 中国煤矿各类安全生产事故死亡人数占总人数的比例

这篇文章将煤矿安全生产事故类型由数据大致分为：瓦斯、运输、机电、顶板、水灾、爆破、以及其他事故共七大类[5]。

由图 3 可知，在 2003—2022 年这二十年间，全国煤矿安全生产事故类型里的顶板事故发生的次数是最多的，占总事故的比值为 37%，其次是瓦斯事故，占总事故比值的 31%，最少的是运输事故占比占总事故比值的 11%。

由图 4 可得，在 2003—2022 年这二十年，全国煤矿事故中死亡人数最多的是顶板事故，占总死亡人数的 51%，达到第二的是运输事故占总死亡人数的 17%，最后的是瓦斯事故占了总死亡人数的 12%。

综上所述，本文将着重针对顶板、运输和瓦斯这三类煤矿安全生产事故进行统计与分析

3.1 顶板事故

顶板事故是地下煤矿开采过程中常见且严重的事故类型[7]。顶板的意外坍塌不仅会造成人员伤亡和设备损坏，还会直接导致采矿作业的暂停甚至终止，给煤矿生产和安全带来极大的威胁。在 2003—2022 年中国煤矿顶板事故统计数据如表 2 所示，在 2003—2022 年中国煤矿顶板事故统计如图 5 所示。

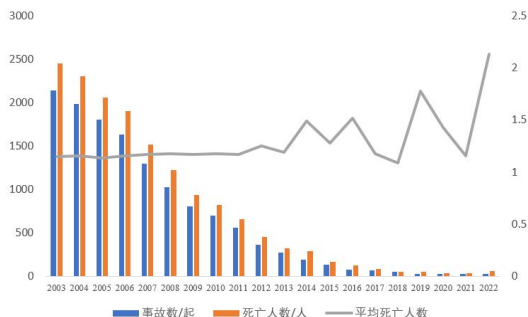


图 5. 2003—2022 年中国煤矿顶板事故数据统计

由图 5 可知，2003—2022 年这时间里我国煤矿顶板事故起数变化较为显著。经数据统计可知，这期间中国煤矿每次因顶板事故平均

死亡人数为 1.18 人。自 2003 年起，煤矿顶板事故数踏上逐年下降的轨迹，与之相伴的是死亡人数也在持续减少。在 2003—2012 年期间，煤矿安全事故（其中顶板事故作为重要组成部分）无论是发生次数还是造成的死亡人数，降低趋势均极为明显，这得益于当时一系列安全举措的有力推行以及行业对安全生产重视程度的逐步提升。

表 2. 2003—2022 年中国煤矿顶板事故数据统计

年份	事故数/起	死亡人数/人	平均死亡人数
2003	2140	2455	1.15
2004	1985	2309	1.16
2005	1805	2058	1.14
2006	1633	1902	1.16
2007	1299	1518	1.17
2008	1032	1222	1.18
2009	805	939	1.17
2010	702	829	1.18
2011	567	665	1.17
2012	366	459	1.25
2013	274	325	1.19
2014	196	292	1.49
2015	134	171	1.28
2016	83	126	1.52
2017	73	86	1.18
2018	55	60	1.09
2019	32	57	1.78
2020	28	40	1.43
2021	28	41	1.16
2022	31	66	2.13
合计	13268	15588	1.17

2013—2022 年，我国煤矿顶板事故起数、死亡人数呈下降趋势，从 2013 年起下降速度减缓。这可能是因为行业发展进入稳定期和安全问题解决难度逐渐增加的原因。尽管自 2003 年以来整体情况有所改善，但平均死亡人数仍在 1.0-1.18 之间波动，2022 年更是上升至 2.13，这一变化需要引起重视。这表明尽管事故数量减少，但部分事故的严重性增加，可能有新的风险未被及时识别和控制，或传统安全措施效果减弱。国家意识到煤矿安全生产的严峻性，增加了对煤矿安全研究的投入，并在政策上支持研究人员，希望利用科技和专业知识的进一步降低事故率，确保煤矿工人生命安全和生产顺利。

3.2 运输事故

煤矿运输事故是在煤矿生产过程中，在煤炭、矸石、设备、人员等运输环节发生的事故

[8]。在井下复杂的环境中，由于巷道条件差、空间狭窄，再加上运输设备长期高负荷运行，以及人员操作不规范、安全管理不到位等多种因素影响下，极易引发各类运输事故的发生。常见的有提升绞车故障导致的断绳跑车事故、带式输送机因保护装置失效引发的打滑、撕裂事故，还有电机车碰撞等，这些事故会造成设备损坏、人员伤亡，严重影响煤矿的正常生产秩序，给企业带来巨大的经济损失，同时也对矿工的生命安全构成严重威胁[5,8]。在2003—2022年中国煤矿运输事故统计数据如表3所示，在2003—2022年中国煤矿运输事故统计如图6所示。

表3.2003—2022年中国煤矿运输事故统计数据

年份	事故数/起	死亡人数/人	平均死亡人数
2003	582	633	1.08
2004	582	605	1.04

2005	536	578	1.08
2006	409	453	1.11
2007	409	453	1.11
2008	348	400	1.15
2009	285	319	1.12
2010	246	281	1.14
2011	239	279	1.17
2012	145	201	1.39
2013	109	124	1.14
2014	83	103	1.24
2015	62	68	1.10
2016	54	72	1.33
2017	32	42	1.31
2018	46	41	0.90
2019	26	29	1.12
2020	23	19	0.83
2021	20	20	1.00
2022	26	29	1.12
合计	4269	4756	1.11

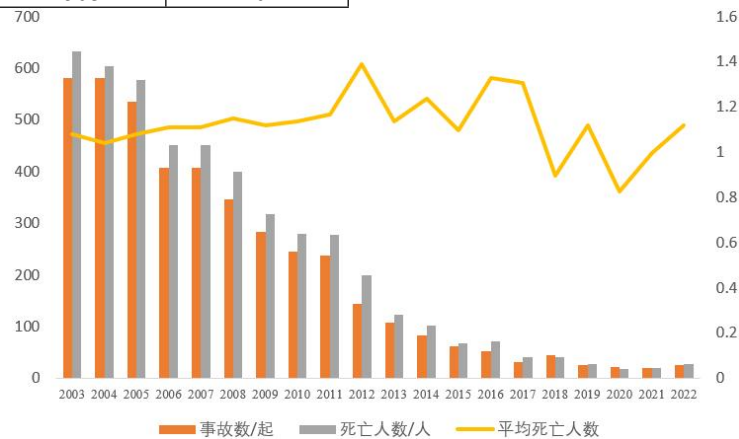


图6.2003—2022年中国煤矿运输事故统计数据

图6中煤矿运输事故在2003-2022年中，事故起数呈下降趋势，这反映了我国安全管理持续改进与技术水平提升。根据表3和图6可知，事故数从2003年的582起锐减至2022年的26起，降幅达95.5%；同期死亡人数从633人减少至29人，降幅为95.4%。这一变化与中国政府强化煤矿安全监管、推进产业结构调整及技术升级密切相关。2003—2008年：2003年事故数为582起，此后逐年减少，至2008年降至348起，年均降幅约8.2%。这一阶段正值《中华人民共和国安全生产法》实施（2002

年）及煤矿企业兼并重组政策的推进，安全投入增加，粗放式生产模式逐步被淘汰。2009—2015年：事故数从2009年的285起降至2015年的62起，年均降幅约15.3%。此阶段机械化采煤技术普及、瓦斯抽采系统完善，且“十一五”“十二五”规划明确要求淘汰落后产能，进一步压缩高风险矿井数量。2016—2022年事故数维持在20-54起之间，2020年甚至降至23起。但2022年略有回升，可能也与疫情后产能短期扩张或局部监管放松有关。

3.3 瓦斯事故

表4.2003—2022年中国煤矿瓦斯事故统计数据

年份	事故数/起	死亡人数/人	平均死亡人数
2003	584	2061	3.53
2004	492	1900	3.86
2005	414	2171	5.24
2006	327	1319	4.03
2007	272	1084	3.99

2008	182	778	4.27
2009	157	755	4.81
2010	145	623	4.30
2011	119	533	4.48
2012	72	350	4.86
2013	59	348	5.90
2014	47	266	5.66
2015	45	171	3.80
2016	36	221	6.14
2017	31	132	4.26
2018	26	81	3.12
2019	21	106	5.05
2020	3	13	4.33
2021	5	38	7.60
2022	4	10	2.50
合计	3041	12960	4.26

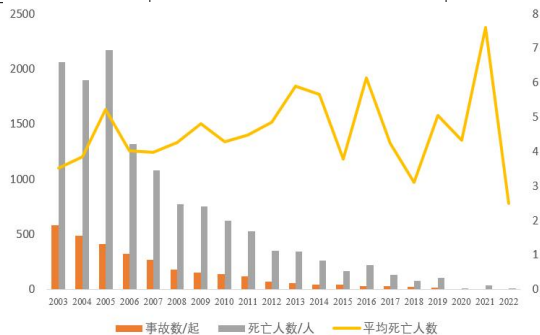


图 7.2003—2022 年中国煤矿瓦斯事故统计数据

煤矿瓦斯事故发生形式有：瓦斯爆炸、瓦斯窒息、煤或瓦斯燃烧、煤与瓦斯突出、瓦斯中毒等类型[9]。在 2003—2022 年中国煤矿瓦斯事故统计数据如表 4 所示，在 2003—2022 年中国煤矿瓦斯事故统计如图 7 所示。

由图 7 可知，从 2013 年起，中国煤矿瓦斯事故发生的次数和死亡的人数下降速度明显降低，其中 2012 年—2013 年间瓦斯事故发生次数基本持平。因此由图 7 可知，从 2013 年开始，中国煤矿瓦斯事故发生次数和死亡人数下降速度明显降低，其中 2012 年—2013 年瓦斯事故发生次数基本持平。

表 4 中在 2003 年—2022 年这 20 年间，全国煤矿因煤矿瓦斯事故，平均每次死亡人数达 4.26 人。虽然在中国煤矿生产事故中煤矿顶板事故发生次数和死亡人数都是最多的，但其中煤矿瓦斯事故造成的伤害更大，事故后果更为严重，因为煤矿一旦发生瓦斯事故，会给企业造成巨大的经济损失和人员伤亡，所以瓦斯事故的危害性在煤矿事故中占首位[5,9]。

4. 防范措施

依据统计分析 2003-2022 年国家发生的煤

矿安全生产的各种事故，对于其中事故经常发生三种灾害的防范措施建议，如下：

4.1 顶板事故

深部应力探测：为了保障煤矿安全生产，推广微震监测与三维激光扫描技术用于深部应力的探测。以某深度超 800m 的矿井为例，对每个工作面都构建专属地质模型。利用微震监测设备，实时捕捉岩体因应力变化产生的微小震动信号；借助三维激光扫描技术，对工作面及周边区域进行高精度测绘。在此过程中，凭借专业技术，提前精准识别出模型里类似道路断裂处的断层带，以及通过分析数据和地质特征，确定像人群密集处一样的应力集中区。这对保障矿井安全、提前采取支护和开采措施意义重大。

强化灾害应急处理：建立顶板事故“快速响应”机制，遭遇事故能够迅速的行动。配备密封板、速凝材料等容易取用的密闭装备，可以紧急封堵危险区。对冲击地压矿井，设置智能避灾路线引导系统，依矿井应力和灾害状况规划最优路线。每季度组织突发冒顶演练，如某次演练，模拟冒顶场景，参演人员借助装备按规划路线迅速撤离，提升了全员应急能力。

为了有效预防顶板事故，煤矿企业应重点管控作业人员的不安全行为。通过不安全行为观察、记录、反馈等手段实行对重点人群的监督，通过定期安全培训、严格安全管理制度等提升人员专业技能和操作方法准确性[10]。

4.2 运输事故

主要运输巷：在主要运输巷使用无人驾驶电机车，装备毫米波雷达防撞系统，使其达到“车-车、车-人”自动避障的功能。该系统通过实时监测周边环境，能精准识别障碍物并自

动规划避让路线,大幅提升运输安全系数。

辅助运输:对无极绳绞车,实施“智能改造”工程,加入载荷监测与钢丝绳探伤装置。同时,在胶带输送机上配置智能AI异物识别系统,可实时扫描输送物料,快速发现并预警木块、金属等异物,避免设备损坏和运输中断。

系统相互联系:搭建“运输设备数字孪生平台”,进行实时的监控设备运行参数。平台实时采集温度、转速、振动等数据,通过三维模型动态展示设备状态,便于运维人员提前发现异常,及时开展预防性维护。

4.3 瓦斯事故

区域抽采优化:对于高突矿井推行“先抽后建”模式,并采用定向长钻孔和CO相变致裂技术

智能监测预警系统:布置激光光谱瓦斯传感器和分布式光纤测温系统,建立“三级预警”机制。当瓦斯浓度达0.8%触发黄色预警,1.0%启动橙色预警,1.5%红色预警则自动触发“停电-撤人-反风”程序,形成多层次安全防护网。

5. 研究结论

(1) 事故趋势:在2003年至2022年期间,中国煤矿安全生产中发生的事故在事故起数、死亡人数、百万吨死亡率三个方面均出现下降趋势,安全生产的形势向好的方向发展。“黄金十年”(2003—2012年)下降的幅度较大,主要是得益于相关法律法规的出台和瓦斯治理整顿等措施;而新常态时期(2013—2022年)下降幅度变小,2022年部分指标甚至回弹,原因是经济发展新常态下,煤矿行业整合,且工人和管理者的安全能力不足。

(2) 主要事故类型

数据显示2003至2022年间,中国煤矿安全生产形势逐渐好转,事故数、死亡人数、百万吨死亡率均出现下降趋势。从2003至2022年间事故类型看,顶板事故发生次数最高,20年间达13268次,占比51%;运输事故4269次,占比17%;瓦斯事故3041次,占比12%。这些数据表明,顶板管理、运输安全与瓦斯防

治仍是安全生产的重点领域。

数据显示2003-2022年中煤矿生产中发生事故造成的死亡人数占比前3的事故类型分别为:顶板事故、瓦斯事故和运输事故,其中顶板事故造成死亡人数15588人,占比36%;瓦斯事故,死亡12960人,占比31%;运输事故,死亡4756人,占比11%。

参考文献

- [1] 朱云飞,王德明,戚绪尧,等.1950—2016年我国煤矿特重大事故统计分析[J].煤矿安全,2018.49(10):241-244.
- [2] 张盈盈,郭巍,潘志栋.2017年我国煤矿死亡事故统计分析[J].内蒙古煤炭经济,2018(20):104-107.
- [3] 纵瑞利,吴威威,刘方远.我国煤矿生产事故统计及安全生产措施[J].煤炭技术,2020,39(01):205-207.
- [4] 2003~2007年全国煤矿事故分析报告[C]//中国煤炭经济研究(2005~2008)(上册).刘官屯,2009:768+770-841.
- [5] 郝玉双.2003—2021年中国煤矿安全生产事故统计及研究热点分析[J].能源技术与管理.2023.48(01):192-196.
- [6] 程磊,许艳之,景国勋,程志楷,刘莹.全国煤矿事故统计分析及其事故类型风险划分[J].2023.42(06):128-132.
- [7] 王丹.基于DEMATEL-ISM-BN的煤矿顶板事故风险隐患识别及防控对策研究[D].安徽理工大学,2024:9-10.
- [8] 段修涛,于超.浅谈制约煤矿机电运输安全的因素及预防措施[J].内蒙古煤炭经济,2024,(18):112-114.
- [9] 高许,煤矿瓦斯事故的原因分析[J].科技情报开发与经济,2010,20(2):222-223.
- [10] 张盈盈,杨云,张景,等.2021—2023年我国煤矿事故统计分析及其致因研究[J].矿业研究与开发,2024,44(11):224-231.