ISSN 1005-2763
CN 43-1215/TD

矿业研究与开发 第44卷 第11期
MINING R & D, Vol.44, No.11

2024年11月
Nov. 2024

2021—2023年我国煤矿事故统计分析及致因研究*

张盈盈，杨云，张景，高乐义

（吕梁学院 资源与机械工程系， 山西 吕梁市 033001）

摘要：为了客观分析我国煤矿事故的规律和特点，利用数理统计、相关分析、聚类分析、ABC分类管理等方法，对我国2021—2023年的煤矿事故，从事故等级、时间、地域、类型等方面进行了统计分析。结果表明：2023年我国煤矿重大、特大事故有所反弹，应加强防范；煤矿事故5—9月份高发，11月至次年2月份较少，交接班前后1～2 h事故率较高，表现出季节性和时间段集中的特征；煤矿事故呈现出明显的地域差异，山西、内蒙古、陕西、贵州、甘肃为事故高发地区，应重点防范；顶板、运输、机电事故起数较多，火灾、水害、冲击地压事故平均造成的死亡人数多，应分类管理。此外，针对起数较多的顶板、运输、机电三类主要事故，构建灰色关联分析模型，研究事故致因因素的关联程度，并提出了事故预防对策。

关键词：煤矿事故；统计分析；致因因素；灰色关联分析；预防对策

中图分类号：TD77+1 **文献标识码：**A

文章编号：1005-2763(2024)11-0224-08

0 引言

煤炭作为我国的基础能源和工业原料，长期以来为经济社会发展和国家能源安全稳定供应提供了有力保障。然而，由于煤炭开采条件的复杂性、灾害事故的不确定性、现场管理不到位、违法违规行为屡禁不止等多种原因，煤矿事故多发易发。统计分析煤矿事故数据有利于掌握事故发生的一般规律，指导煤矿安全生产。

王伟等[1]从时间、空间、瓦斯类型、事故类型等维度对2010—2018年国内煤矿发生的瓦斯事故进行了时空分析，并对事故相关信息进行编码，采用Apriori算法发现强关联规则，提出预防对策。张培森等[2]针对2008—2020年我国煤矿事故建立了事故等级与类型关系的数学模型。王云刚等[3]统计分析了2011—2020年我国煤矿较大及以上事故发生的相关规律，利用安全熵模型和安全度分析典型煤矿重大事故案例。赵亚军等[4]统计分析了2010—2021年我国煤矿事故，总结事故发生的普遍特征。范超军等[5]统计分析了2012—2021年间我国煤矿事故规律。程磊等[6]对2016—2022年我国煤矿事故发生规律进行分析。景国勋等[7]利用数理统计、显著性检验和迭代聚类分析等方法，分析探讨了2016—2022年我国煤矿顶板事故的规律和特点。程磊等[8]运用数理统计、关联度分析与ABC分类法，从事故类别、月份、作业场所、工种、主导原因5个维度对2019—2021年我国煤矿顶板事故进行了分析。煤矿事故统计具有较强的时效性，需要及时对数据进行更新，本文从事故等级、时间、地域、事故类型方面对2021—2023年我国煤矿事故进行统计分析，针对顶板、运输、机电三类主要事故类别，构建灰色关联分析模型，探究事故致因因素的关联程度，为事故预防提供参考。

1 2021—2023年我国煤矿事故基本情况

本文依据应急管理部、国家及各省矿山安全监察局、煤矿安全网、煤矿安全网公众号和新闻报道等公开资料，不完全统计了2021年至2023年我国煤矿发生的349起事故，事故共造成687人死亡。2021—2023年我国煤矿事故基本情况如图1所示。

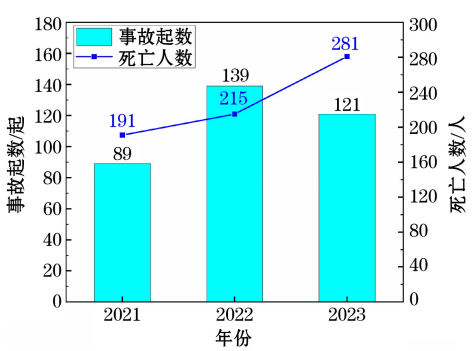

图1 2021—2023年我国煤矿事故基本情况

Fig.1 Basic situation of coal mine accidents in China from 2021 to 2023

* **收稿日期：**2024-04-09

基金项目：吕梁市重点研发项目(2023SHFZ27)；教育部产学合作协同育人项目(220606545243833)

作者简介：张盈盈(1985—)，女，河南灵宝人，硕士，讲师，主要研究方向为煤矿灾害防治。E-mail：0608zhangyingying@163.com

2 2021—2023 年我国煤矿事故分类统计分析

2.1 按事故等级统计分析

根据《矿山生产安全事故报告和调查处理办法》,按事故造成的人员伤亡或者直接经济损失,矿山事故分为一般事故、较大事故、重大事故、特别重大事故 4 个等级。2021—2023 年我国煤矿事故按等级进行统计的结果见表 1。

表 1 2021—2023 年我国煤矿事故等级统计

Table 1 Statistics of coal mine accidents by levels in China from 2021 to 2023

年份	事故总数/起	一般事故		较大事故		重大事故		特别重大事故	
		事故数/起	占比/%	事故数/起	占比/%	事故数/起	占比/%	事故数/起	占比/%
2021	89	73	82.02	13	14.61	3	3.37	0	0.00
2022	139	125	89.93	12	8.63	2	1.44	0	0.00
2023	121	106	87.60	9	7.44	5	4.13	1	0.83
总计	349	304	87.11	34	9.74	10	2.87	1	0.28

从表 1 可以看出,相较于 2021 年,2022 年煤矿一般事故起数增幅较大,其他等级事故数量基本持平。煤炭产量是影响煤矿安全生产的一个重要因素[9]。2022 年全国煤炭产量同比增长 9.0%,因此煤矿事故起数和总死亡人数也同比增加。2023 年煤矿一般事故和较大事故比例较 2022 年有所下降,这有赖于全国开展了重大隐患专项排查整治 2023 行动、狠抓落实安全生产十五条硬措施、严格安全生产督察督办制度等一系列安全生产举措。但 2023 年重大、特大事故有所反弹,比例升高。

从事故起数来看,我国煤矿重大、特大事故与较大事故、一般事故的比例约为 1∶3∶28,符合海因里希的事故三角形法则。其中,一般事故起数占事故总起数的 87.11%,可见煤矿安全工作必须从基础做起,隐患未排查整改,小事故接连不断,容易引发大事故。重大、特大事故起数虽然仅占事故总起数的 3.15%,但死亡人数占比却达到 30.13%,因此必须要防范化解重大风险,坚决遏制重大、特大事故。

2.2 按事故发生时间统计分析

煤矿事故发生的频率通常表现出季节性和时间段集中的特征[10],对我国近三年的煤矿事故按月份和时段进行了统计分析。

2.2.1 基于事故发生月份的统计分析

2021—2023 年我国煤矿事故发生月份分布如图 2 所示。由图 2 可见,整体上我国煤矿事故集中在 5—9 月份,11 月至次年 2 月份较少。分析其原因,一是夏季天气炎热,用电量增加,导致煤炭的需求量增加[4],煤矿生产强度增大;二是夏季地面空气温度高,井下湿度较大,恶劣的工作环境易导致作业人员产生疲劳、犯困、烦躁等生理及心理现象,引起反应迟钝、动作准确性降低、冒险作业等不安全行为,增加了事故发生的概率。因此 5—9 月份煤矿事故率较高。而 11 月至次年 2 月份煤矿事故起数较少,一是因为安全监管部门及企业对春节期间安全生产风险高这一特点有了充分的认识,超前部署,重点管控,做好了防范工作;二是得益于我国近三年安全生产的一系列举措:2022 年底为全国安全生产专项整治三年行动的收尾阶段,通过三年行动,煤矿行业消除了一批重大隐患,而 2023 年我国开展了全国重大安全隐患专项排查整改,2023 年底为行动总结提高阶段,煤矿行业重大隐患得到了系统治理,事故率显著降低。

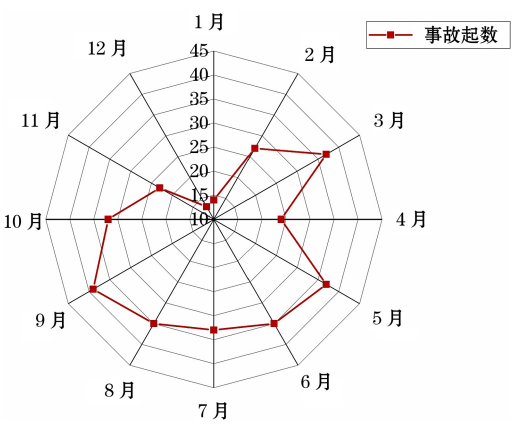

图 2 2021—2023 年我国煤矿事故发生月份分布

Fig.2 Monthly distribution of coal mine accidents in China from 2021 to 2023

2.2.2 基于事故发生时段的统计分析

因部分事故未能查询到具体发生时段,仅对我国 2021—2023 年的 292 起煤矿事故进行时段分析。为了研究各时段事故起数与死亡人数的关联性,利用 SPSSAU 软件进行相关分析。通过分析得到各时段煤矿事故起数和死亡人数之间的相关系数值为 0.592,并且呈现出 0.05 水平的显著性。说明各时段煤矿事故起数和死亡人数之间有着显著的相关关

系。2021—2023 年我国煤矿事故发生时段分布如图 3 所示。

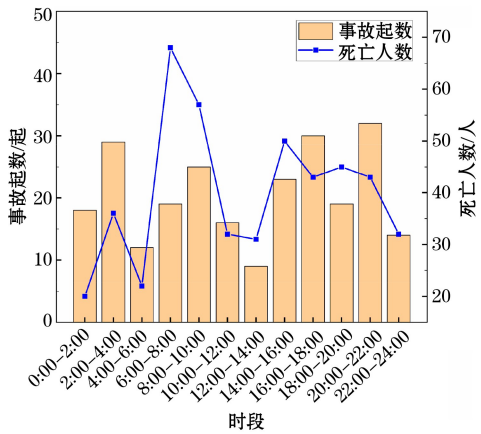

图 3 2021—2023 年我国煤矿事故发生时段分布

Fig.3 Time distribution of coal mine accidents in China from 2021 to 2023

从图 3 可以看出,在 20:00—22:00、16:00—18:00、2:00—4:00、8:00—10:00 这 4 个时间段,我国煤矿事故发生起数较多;在 12:00—14:00、4:00—6:00 时间段发生的事故起数明显减少。这与煤矿生产的“四六工作制”有关:在交接班后的 1~2 h,通常作业人员情绪仍处于兴奋状态,冒险作业的概率较大;交接班前后,由于人员的运输量增加,运输事故的发生概率会高于其他时段[2];在交接班之前,由于工人工作时间过长,身心疲惫,思想松懈,易导致不安全行为的产生[7]。此外,根据人体生物规律,2:00—4:00属于困倦阶段,注意力不集中、安全意识较弱,易发生事故。

2.3 按事故发生地域统计分析

由于煤炭资源分布的不均衡性和地质条件的差异性,各地发生煤矿事故的概率也不同。我国 2021—2023 年各省(自治区、直辖市)的煤矿事故发生次数及死亡人数如图 4 所示。

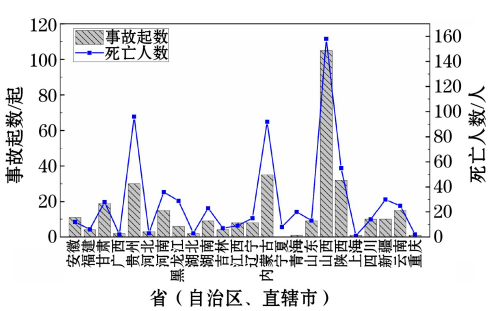

图 4 2021—2023 年我国煤矿事故地域分布

Fig.4 Regional distribution of coal mine accidents in China from 2021 to 2023

依据各省(自治区、直辖市)的煤矿事故发生次数及死亡人数,利用 SPSSAU 进行聚类分析,得到 3 类群集,见表 2。由表 2 可知,我国煤矿事故类型具有明显的地域性差异[2]。

表 2 2021—2023 年我国煤矿事故聚类分析

Table 2 Cluster analysis of coal mine accidents in China from 2021 to 2023

群集	省(自治区、直辖市)
第一群集	山西、内蒙古、陕西、贵州、甘肃
第二群集	安徽、河南、山东、新疆、宁夏、湖南、云南、四川
第三群集	福建、广西、河北、湖北、吉林、江西、青海、上海、重庆、辽宁、黑龙江

第一群集包括山西、内蒙古、陕西、贵州、甘肃 5 个省份,为近三年我国煤矿事故高发区域。这 5 个省份均为我国的煤炭资源储量大省,且多为地下开采,因自然灾害的复杂性和不确定性,易发多发安全生产事故。尤其是山西省煤矿数量多且覆盖范围广,据统计,截至 2022 年 12 月底,山西省共有煤矿 890 座,管理比较困难。加之近些年来山西煤炭资源赋存条件越来越差,浅部煤炭资源即将枯竭,深部开采风险增大[5],因此事故起数及死亡人数均居全国首位。

第二群集为安徽、河南、山东、新疆、宁夏、湖南、云南、四川 8 个省份,近三年煤矿事故率较高。其中,安徽、河南、山东地区煤炭资源储量相对较丰富,煤矿数量较多,煤田构造条件较复杂,顶板稳定性较差[11],且因很多矿井已转入深部开采,显现出灾害越来越频繁的态势,对安全生产造成威胁。宁夏、新疆地区虽然煤炭资源储量丰富,但煤层厚度大,埋藏较浅,地质构造较为简单,事故率较第一群集省份低。尤其是新疆适合露天开发的煤炭资源最为丰富[12],虽然近年来露天煤矿数量有上升趋势,相对于井工开采,露天煤矿安全条件较好。湖南、云南、四川等省份地处南方,因地质条件、煤层赋存条件复杂,开采难度较大,且多为管理不善的私营煤矿[5],事故率较高。

第三群集的煤矿储量相对较少,近三年事故率较低,但仍需严加防范。

2.4 按事故类型统计分析

根据《矿山生产安全事故报告和调查处理办法》,煤矿事故类别分为顶板、冲击地压、瓦斯、煤尘、机电、运输、爆破、水害、火灾、其他。因部分事故未能查询到发生原因,事故类型难以准确判别,对

2021—2023年发生原因比较详实的271起煤矿事故按类型进行了统计,见表3。

表3 2021—2023年我国煤矿事故类型统计

Table 3 Statistics of coal mine accidents by types in China from 2021 to 2023

事故类型	事故起数/起	死亡人数/人	平均死亡人数/人
顶板	83	200	2.41
冲击地压	3	16	5.33
瓦斯	17	66	3.88
煤尘	1	1	1.00
机电	39	42	1.08
运输	58	73	1.26
爆破	6	6	1.00
水害	16	88	5.50
火灾	4	51	12.75
其他	44	64	1.45
总计	271	607	2.24

通过分析表3中的数据可以得出以下结论。

(1) 顶板事故起数及死亡人数均居首位。顶板问题贯穿于井下煤炭开采和巷道掘进的全过程,受地应力环境、岩层特性、地质构造等因素的影响较大,防控难度大[2]。且随着开采深度的增加,地应力增大、煤岩体的物理力学性质发生变化,支护难度增加,顶板事故频繁发生。

(2) 随着煤炭产业结构的优化,生产集中度及机械化程度不断提升,井下机电、运输设备增多,而员工安全意识相对滞后,导致运输、机电事故数量显著增加,而爆破事故数量则较少。其他事故起数较多,说明大多数煤矿的安全管理在抓好重点的同时忽略了很多细节,风险分析还有遗漏,隐患排查和"三违"查处还有死角[13]。

(3) 火灾、水害、冲击地压事故发生频率较低,但平均造成的死亡人数多。该类型事故一旦发生,通常波及范围广,易引起次生灾害,造成群死群伤,危害程度不容小觑。近年来,企业对该类型事故重视程度高,监控监测技术日益完善,相关部门的监管力度也大,起到了很好的控制作用[14]。

根据ABC管理法,处理任何事情都要分清主次、轻重,区分关键的少数和次要的多数,根据不同情况进行分类管理。绘制2021—2023年我国煤矿事故类型主次因素排列图,如图5所示。

由图5可知,顶板、运输、其他、机电4种类型事故的累计频率超过80%,为A级因素,即"关键的少数",是煤矿事故的主要类别,应作为事故预防和安全管理的重点;瓦斯、水害事故为B级因素,应引起必要的重视,采取有针对性的预防措施;爆破、火灾、冲击地压、煤尘事故为C级因素,事故累计频率为90%~100%,属于"次要的多数",虽然事故数量较少,但预防工作也不容忽视。

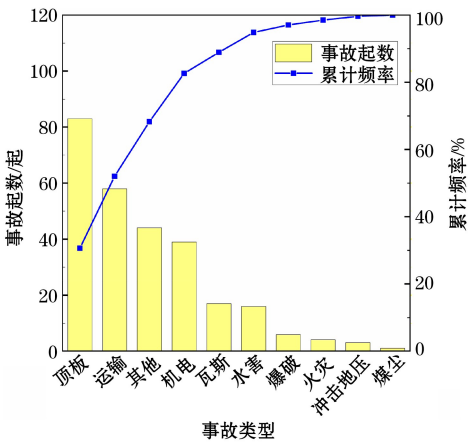

图5 2021—2023年我国煤矿事故类型主次因素排列

Fig.5 Arrangement of primary and secondary factors of coal mine accident types in China from 2021 to 2023

3 2021—2023年我国煤矿事故致因分析

为了有效预防事故,就2021—2023年我国煤矿的顶板、运输、机电三类主要事故类别,从事故发生的直接原因着手进行致因统计,构建灰色关联分析模型,寻求事故致因因素之间的关系,为事故预防提供指导。

3.1 灰色关联分析模型

灰色关联分析是通过研究母序列与特征序列之间的关联程度,根据关联性大小辅助决策的一种方法,该方法通常包括以下步骤[15-16]。

(1) 确定母序列和特征序列。选取某类别事故的若干致因因子,确定待预测样本的特征向量 $\boldsymbol{X}_0$(即母序列)和第 i 年份样本的特征向量 $\boldsymbol{X}_i$(即特征序列):

$$\boldsymbol{X}_0=[x_{01},x_{02},\cdots,x_{0m}]$$

$$\boldsymbol{X}_i=[x_{i1},x_{i2},\cdots,x_{im}]$$

式中:x_{0m} 为待预测样本的第 m 个致因因子的特征值;x_{im} 为第 i 年份样本的第 m 个致因因子的特征值。

(2) 采用均值法对数据进行无量纲化处理。

(3) 求解母序列和特征序列之间的灰色关联系

数值。

(4) 根据关联系数值计算关联度。

3.2 基于灰色关联分析模型的煤矿顶板事故致因分析

2021—2023 年煤矿顶板事故的直接原因大体上可以从违规违章作业、技术条件、自然因素三个方面[17]进行分析,具体致因因素见表 4。

对 2021—2023 年我国煤矿顶板事故的致因因素进行统计,将顶板事故总次数作为待预测样本的特征向量 $\boldsymbol{X}_0$,将致因因素次数作为特征向量 $\boldsymbol{X}_i$,得到煤矿顶板事故致因因素矩阵,见表 5。对数据进行无量纲化处理后,求解出顶板事故总起数和致因因素之间的灰色关联系数值,见表 6。计算煤矿顶板事故致因因素关联度结果,如图 6 所示。

表 4 煤矿顶板事故致因因素

Table 4 Cause factors of roof accidents in coal mine

事故原因	致因因素
违规违章作业	空顶作业(x_1)
	未敲帮问顶(x_2)
	操作失误或作业方法不当(x_3)
	未及时撤离或未有效防护(x_4)
	违规进入危险区域(x_5)
	违章指挥(x_6)
技术条件	未临时支护(x_7)
	支护失效(x_8)
	支护强度不够(x_9)
	支护设计不可靠(x_{10})
	未按设计施工(x_{11})
自然因素	顶板来压(x_{12})
	应力集中(x_{13})
	矿震(x_{14})
	地质构造带(x_{15})
	顶板破碎(x_{16})

表 5 煤矿顶板事故致因矩阵

Table 5 Cause factors matrix of roof accidents in coal mine

年份	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}	x_{13}	x_{14}	x_{15}	x_{16}
2021	26	4	0	8	3	3	2	2	1	5	0	1	0	1	1	5	0
2022	35	7	2	14	0	3	6	4	4	11	1	2	1	2	0	2	2
2023	25	5	3	9	0	4	1	5	5	2	0	1	1	0	0	0	2

表 6 煤矿顶板事故致因因素关联系数

Table 6 Correlation coefficient of cause factors of roof accidents in coal mine

年份	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}	x_{13}	x_{14}	x_{15}	x_{16}
2021	0.87	0.54	0.89	0.33	0.99	0.81	0.74	0.63	0.94	0.54	0.87	0.54	0.78	0.33	0.52	0.92	0.54
2022	0.92	0.98	0.89	0.46	0.77	0.57	0.89	0.98	0.63	0.37	0.79	0.79	0.98	0.46	0.69	0.46	0.79
2023	0.94	0.53	1.00	0.55	0.76	0.66	0.68	0.63	0.66	0.55	0.90	0.63	0.80	0.55	0.68	0.48	0.63

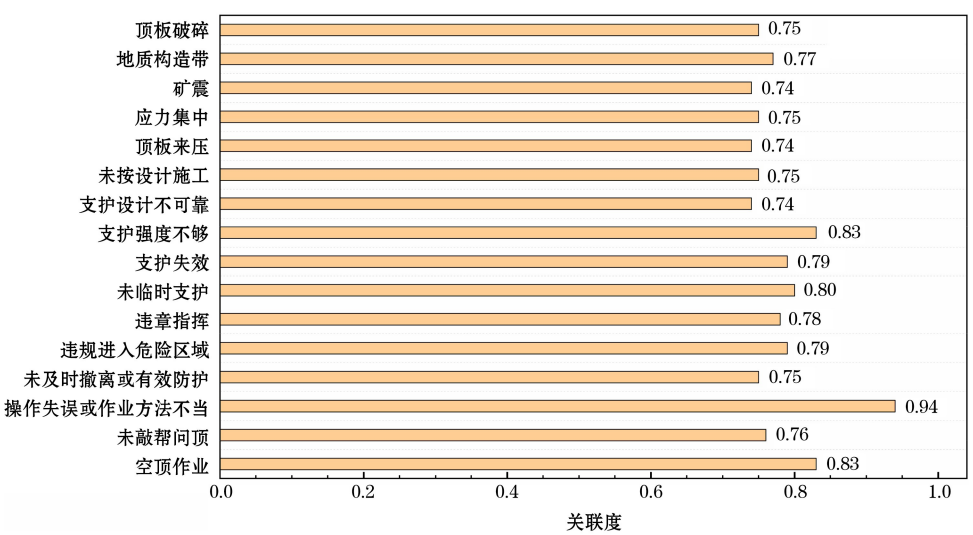

图 6 煤矿顶板事故致因因素关联度

Fig.6 Correlation degree of cause factors of roof accidents in coal mine

从图 6 可以看出:“操作失误或作业方法不当”的关联度最高,其次是“支护强度不够”“空顶作业”,再次为“未临时支护”“违规进入危险区域”“支护失效”“违章指挥”。整体上看,自然因素方面的关联度

相对较低。

3.3 基于灰色关联分析模型的煤矿运输事故致因分析

分析2021—2023年煤矿运输事故直接原因,归纳总结得到违章指挥、操作失误、违规乘坐等10项致因因素,建立灰色关联分析模型,计算得到煤矿运输事故致因因素关联度结果,如图7所示。

从图7可以看出:“操作失误”的关联度最高,其次是“车辆状态异常”“违章指挥”“钢丝绳或链条断裂”,再次为“进入危险区域”“违规乘坐”。

3.4 基于灰色关联分析模型的煤矿机电事故致因分析

分析2021—2023年煤矿机电事故直接原因,归纳总结得到违章指挥、违反作业规程、操作方式不当、意外等10项致因因素,建立灰色关联分析模型,计算得到煤矿机电事故致因因素关联度结果,如图8所示。

从图8可以看出:“操作方式不当”的关联度最高,其次是“违反作业规程”“违规进入危险区域”“意外”“非正常运行”。

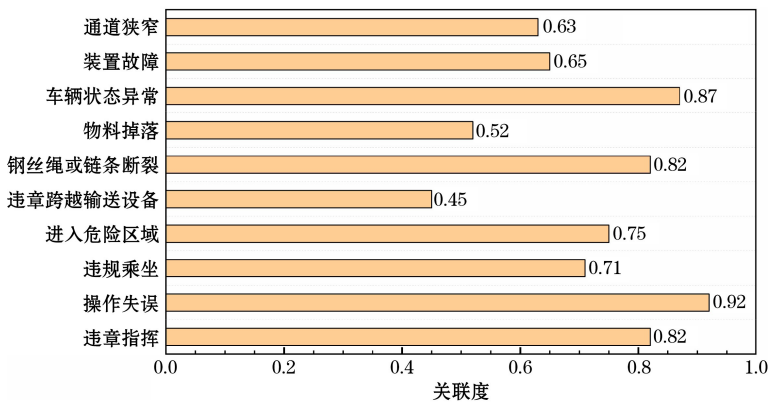

图7 煤矿运输事故致因因素关联度

Fig.7 Correlation degree of cause factors of transportation accidents in coal mine

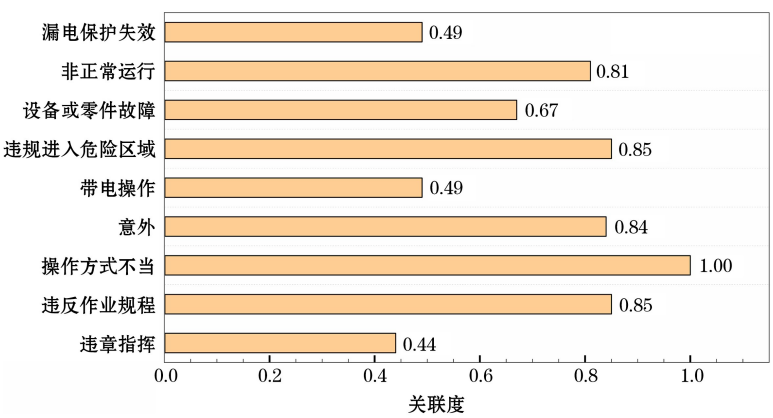

图8 煤矿机电事故致因因素关联度

Fig.8 Correlation degree of cause factors of mechanical and electrical accidents in coal mine

4 预防对策

(1)我国煤矿重大、特大事故有抬头趋势。应持续开展煤矿综合整治和重大事故隐患排查整治工作,加强重大风险分析研判,加大对重大事故隐患的排查力度,坚决遏制重大、特大事故。

(2)我国煤矿事故呈现出明显的季节性和时段差异。在夏季应尽量改善井下气候环境、平衡生产强度、加大安全管理力度、关注作业人员生理及心理健康;在交接班前后应加强安全检查和运输管理,通过不安全行为记录、监督、反馈等手段管控重点人群,同时做好交接班的安全教育,培养良好作业习惯。

(3)我国煤矿事故具有明显的地域差异,要因地制宜开展安全工作。针对事故高发的第一群集省份,应进一步优化煤炭生产结构,推进煤矿智能化建

设,引进新技术、新装备;对于事故率较高的第二群集省份,应重点加强对煤矿重大灾害的防控,推广先进适用的灾害防治技术,尤其是深部开采的灾害防治,并提升应急救援处置能力。

(4) 顶板、运输、机电事故是煤矿事故的主要类别,应作为事故预防和安全管理的重点。

为了有效预防顶板事故,一是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。二是强化支护新技术、新工艺、新装备的推广应用[18]。对于地质条件复杂地区的巷道,及时开展围岩地质力学测试与评估,选择合适的支护方式,把控支护强度和施工质量,确保井下支护"撑得起、护得全、稳得住";推广喷注浆、锚杆、锚索、锚网、锚喷、锚注、U 型钢架等支护技术,推广使用在线监测技术。三是安全监管部门加强监管监察力度。加强对顶板支护设计、支护方式的监督检查,依法依规严肃查处空顶作业、不按规定支护顶板、支撑力不足、安全措施不落实等行为。

为了有效预防煤矿运输事故,煤矿企业应加强对运输作业人员的安全培训和考核,提升人员操作技能和应急处理能力。严格落实运输安全各项管理制度,坚决杜绝"三违"行为,严格落实运输作业前检查确认制度和"行人不行车、行车不行人"运输制度,坚决杜绝扒车、蹬车、跳车的现象。强化煤矿运输设备保护设置和安全性能检查,保证保护装置齐全可靠、安全有效。

为了有效预防煤矿机电事故,应加强对煤矿机电设备作业人员的培训[19],熟悉设备的使用、维护,提高操作技能和安全意识,杜绝不当操作方式。制定安全操作规程和标准,明确安全要求和禁止行为,实施机电设备全生命周期管理,强化安全标志持证监督[20]。此外,建立机电设备运行监测和故障预警系统。

5 总结

(1) 通过对 2021—2023 年我国煤矿事故进行统计分析,得出近三年煤矿事故等级、事故类型特点,以及事故发生与月份、时段、地域的关系,可为煤矿事故预防提供参考。

(2) 针对 2021—2023 年我国煤矿的顶板、运输、机电三类主要事故类别分别进行致因分析,通过构建灰色关联分析模型,求解得到各类别事故总数与致因因素之间的关联度值,提出了针对性的事故预防对策。

参考文献(References):

[1] 王伟,李昱,李贤功.2010—2018 年煤矿瓦斯事故时空耦合关联分析[J].煤矿安全,2020,51(5):177-182.
WANG Wei, LI Yu, LI Xiangong. Spatial-temporal coupling association analysis of coal mine gas accidents from 2010 to 2018[J]. Safety in Coal Mines, 2020, 51(5): 177-182.

[2] 张培森,李复兴,朱慧聪,等.2008—2020 年煤矿事故统计分析及防范对策[J].矿业安全与环保,2022,49(1):128-134.
ZHANG Peisen, LI Fuxing, ZHU Huicong, et al. Statistical analysis and prevention countermeasures of coal mine accidents from 2008 to 2020[J]. Mining Safety & Environmental Protection, 2022, 49(1): 128-134.

[3] 王云刚,崔春阳,张飞燕,等.2011—2020 年我国较大及以上煤矿事故统计分析及研究[J].安全与环境学报,2023,23(9):3269-3276.
WANG Yungang, CUI Chunyang, ZHANG Feiyan, et al. Statistical analysis and research on major and above coal mine accidents in China from 2011 to 2020[J]. Journal of Safety and Environment, 2023, 23(9): 3269-3276.

[4] 赵亚军,张志男,贾廷贵.2010—2021 年我国煤矿安全事故分析及安全对策研究[J].煤炭技术,2023,42(8):128-131.
ZHAO Yajun, ZHANG Zhinan, JIA Tinggui. Analysis of coal mine safety accidents and research on safety countermeasures in China from 2010 to 2021[J]. Coal Technology, 2023, 42(8): 128-131.

[5] 范超军,王一琦,杨雷,等.2012—2021 年我国煤矿安全事故统计与规律分析[J].矿业研究与开发,2023,43(4):182-188.
FAN Chaojun, WANG Yiqi, YANG Lei, et al. Statistics and regularity analysis of coal mine safety accidents from 2012 to 2021[J]. Mining Research and Development, 2023, 43(4): 182-188.

[6] 程磊,孙洁.2016—2022 年我国煤矿事故统计与规律分析[J].煤炭工程,2023,55(11):125-129.
CHENG Lei, SUN Jie. Statiscs and law analysis of coal mine accidents in China from 2016 to 2022[J]. Coal Engineering, 2023, 55(11): 125-129.

[7] 景国勋,田国良,蒋方.2016—2022 年我国煤矿顶板事故统计分析及防治对策[J].煤炭工程,2023,55(10):74-79.
JING Guoxun, TIAN Guoliang, JIANG Fang. Statistical analysis and countermeasures of coal mine roof accidents from 2016 to 2022[J]. Coal Engineering, 2023, 55(10): 74-79.

[8] 程磊,许艳之,景国勋.2019—2021 年煤矿顶板事故统计分析[J].煤炭技术,2023,42(2):135-138.
CHENG Lei, XU Yanzhi, JING Guoxun. Statistical analysis of coal mine roof accidents from 2019 to 2021[J]. Coal Technology, 2023, 42(2): 135-138.

[9] 吕辉,贾桢.煤炭供给侧变化对安全生产事故影响分析及对策研究[J].中国煤炭,2023,49(8):20-25.
LYU Hui, JIA Zhen. Analysis and countermeasures research on the impact of coal supply side changes on safety production accidents[J]. China Coal,2023,49(8):20-25.

[10] 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.
ZHANG Yingying, GUO Wei, PAN Zhidong. Statistical analysis of coal mine death accidents of China in 2017[J]. Inner Mongolia Coal Economy,2018(20):104-107.

[11] 雷毅.中国煤矿灾害防治区域战略初探[J].煤矿安全,2012,43(6):183-186.
LEI Yi. Discussed on region strategy of Chinese coal mining disaster prevention and control[J]. Safety in Coal Mines,2012,43(6):183-186.

[12] 杨晓伟,王妍,刘欣,等.我国露天煤矿发展现状及展望[J].中国煤炭,2023,49(6):126-133.
YANG Xiaowei, WANG Yan, LIU Xin, et al. Present situation and prospect of the development of open-pit coal mine in China[J]. China Coal,2023,49(6):126-133.

[13] 吕传波,潘海莲,赵倍波.2022年全国煤矿安全事故统计分析[J].山东煤炭科技,2024,42(2):175-179.
LYU Chuanbo, PAN Hailian, ZHAO Beibo. Statistical analysis of coal mine safety accidents in China in 2022[J]. Shandong Coal Science and Technology,2024,42(2):175-179.

[14] 孙云川,刘雄.2021年全国煤矿事故特征及规律分析[J].采矿技术,2022,22(6):78-81.
SUN Yunchuan, LIU Xiong. Analysis on statistics and patterns of coal mine accidents in China in 2021[J]. Mining Technology,2022,22(6):78-81.

[15] 黄雄,胡祖祥.地铁施工事故统计分析与研究[J].中国安全生产科学技术,2022,18(9):218-224.
HUANG Xiong, HU Zuxiang. Statistical analysis and research of subway construction accidents[J]. Journal of Safety Science and Technology,2022,18(9):218-224.

[16] 任志成,孔德中,宋高峰,等.基于GRA和AHP的煤矿一般事故防控研究[J].矿业研究与开发,2023,43(12):131-137.
REN Zhicheng, KONG Dezhong, SONG Gaofeng, et al. Research on prevention of general accidents in coal mines based on GRA and AHP[J]. Mining Research and Development,2023,43(12):131-137.

[17] 田水承,周鹏辉.基于文本挖掘的煤矿顶板事故致因网络分析[J].煤炭技术,2023,42(2):117-121.
TIAN Shuicheng, ZHOU Penghui. Network analysis of coal mine roof accident causation based on text mining[J]. Coal Technology,2023,42(2):117-121.

[18] 张叶馨,栗继祖.事故下降背景下山西某地方煤矿事故分析及防治对策研究[J].煤矿安全,2017,48(5):228-231.
ZHANG Yexin, LI Jizu. Research on causes and countermeasures of a local coal mine accidents in Shanxi Province under the background of falling accident[J]. Safety in Coal Mines,2017,48(5):228-231.

[19] 邵良杉,杨金辉,赵津.人因视角下煤矿机电事故致因分析[J].煤矿安全,2024,55(1):250-256.
SHAO Liangshan, YANG Jinhui, ZHAO Jin. Cause analysis of coal mine mechanical and electrical accidents from the perspective of human factors[J]. Safety in Coal Mines,2024,55(1):250-256.

[20] 王利峰.我国煤矿重要机电运输设备安全管理现状及对策措施研究[J].煤炭工程,2022,54(4):162-166.
WANG Lifeng. Safety management status and countermeasures of important electromechanical transport equipment in coal mines of China[J]. Coal Engineering,2022,54(4):162-166.

Statistical Analysis and Causal Research on Coal Mine Accidents in China from 2021 to 2023

ZHANG Yingying, YANG Yun, ZHANG Jing, GAO Leyi

(Department of Resources and Mechanical Engineering, Lyuliang University, Lyuliang, Shanxi 033001, China)

Abstract: In order to objectively analyze the laws and characteristics of coal mine accidents in China, using mathematical statistics, correlation analysis, cluster analysis, ABC classification management methods, the coal mine accidents in China from 2021 to 2023 were statistically analyzed from the aspects of accident grade, time, region and type. The results show that, the major accidents and extremely serious accidents of China's coal mine have rebounded in 2023, and prevention should be strengthened. Coal mine accidents occurred more frequently from May to September, less from November to February, and the accident rate is higher in 1 - 2 hours before and after the shift, which shows the characteristics of seasonality and time concentration. Coal mine accidents show obvious regional differences. Shanxi, Inner Mongolia, Shaanxi, Guizhou and Gansu are the areas with high incidence of accidents, and should be focused on prevention. The accident number of roof, transportation, mechanical and electrical accidents is more, and the average number of deaths caused by fire, water disaster and rock burst accidents is more, which should be classified and managed. In addition, according to the three major accident categories of roof, transportation and mechanical and electrical, the grey correlation analysis model was built to study the correlation degree of the factors causing the accident, and the accident prevention countermeasures were put forward.

Key words: Coal mine accident, Statistical analysis, Cause factor, Grey correlation analysis, Preventive countermeasure