

综合技术

黄河流域煤炭开采的生产安全风险研究

Study on production safety risks of coal mining in the Yellow River Basin

朱安愚¹, 王启飞²

(1. 中国矿业大学(北京)应急管理与安全工程学院, 北京 100083; 2. 北京建筑大学机电与车辆工程学院, 北京 102616)

摘要:黄河流域作为我国煤炭资源开发规模最大的地区,其煤炭开采存在的生产安全风险应该被重视和研究。本文收集和整理了黄河流域九个省份的煤矿开采技术条件数据,找出了其中与矿井五大灾害相关的较为典型的生产安全风险指标,进而对各省存在的生产安全风险进行了初步的分析和比较。研究表明:山东冲击地压引起顶板事故具有较大的生产安全风险,四川、河南煤矿会产生更多煤尘;四川、山西存在大量高瓦斯矿井,同时河南具有较多的煤与瓦斯突出矿井;内蒙、陕西存在大量煤自燃倾向性属于易自燃的矿井,同时河南水文地质类型极其复杂的煤矿最多。该研究在利用大数据来分析煤矿生产安全风险方面做出了有益尝试,研究结果可为黄河流域各省份煤炭安全生产政策制定提供参考。

关键词:黄河流域; 煤炭开采; 安全风险; 统计分析

中图分类号: TD77 + 1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-609X(2021)06-0082-05

Abstract:The Yellow River Basin is the region with the largest scale of coal resource exploitation in China, the production safety risks of coal mining in this area should be paid attention to and studied. This paper collected and sorted out the data on technical conditions of coal mining in nine provinces of the Yellow River Basin, found out the typical indicators of production safety risks related to "Five Major Disasters in Coal Mining", and then made a preliminary analysis and comparison of the production safety risks in each province. The study shows that the roof accident caused by rock burst in Shandong province has great production safety risk, and the coal mines in Sichuan and Henan province produce more coal dust; there are a lot of high gas mines in Sichuan and Shanxi, and a lot of coal and gas outburst mines in Henan; there are a large number of coal mines with spontaneous combustion tendency in Inner Mongolia and Shaanxi, and Henan has the most coal mines with extremely complex hydrogeological types. This study has made a beneficial attempt to analyze safety risks in coal production by using big data, and the results can provide reference for the formulation of coal safe production policies in the provinces in the Yellow River Basin.

Key words:Yellow River Basin; coal mining; safety risks; statistic analysis

1 前言

西部大开发后,我国煤炭开采重心从东部向西部转移。目前我国14个大型煤炭生产基地有9个在黄河流域^[1-2],黄河流域已成为我国煤炭开发规模最大的地区,每年煤炭产量约占全国总产量的70%。近期勘察人员对鄂尔多斯盆地进行重新勘察,勘探出大量新的富油煤等资源,新资源的发现意

味着以后黄河流域煤炭产能可能还会进一步加大。与此同时,黄河流域煤炭开采的生产安全事故也频频发生。2020年在黄河流域,内蒙古王家塔煤矿发生顶板事故死亡1人、河南裴沟煤矿发生物体打击事故死亡1人、山西石港煤矿发生煤与瓦斯突出事故死亡4人等。因此,为了保障生产、避免事故,对黄河流域煤炭开采的生产安全风险进行研究十分必要。

针对煤炭开采,主要存在水、火、煤尘、瓦斯、顶板五大类型的安全事故^[3-5],每种事故都存在与之对应的生产安全风险。围绕上述安全事故,专家学者在不同类型的煤矿灾害统计及防治领域进行了相关研究。在煤矿顶板灾害方面,康红普等对我国近十年的煤矿顶板事故进行统计分析^[6],于健浩^[7]等提出了顶板事故防治针对性的建议及对策。在煤矿

[作者简介] 朱安愚(1990-),男,博士研究生,安全科学与工程专业,从事煤矿安全技术、煤矿安全政策,煤矿信息化和智能化等领域的研究工作。

[基金项目] 基于煤岩动静复合载荷破坏特征的掘进巷道突出致灾机理研究(SKLGDUK1918)

[引用格式] 朱安愚,王启飞. 黄河流域煤炭开采的生产安全风险研究[J]. 中国矿山工程,2021,50(6):82-86.

瓦斯灾害方面,景国勋^[8]等统计瓦斯事故数据,分别从不同维度进行研究,同时徐腾飞^[9]等分析了瓦斯事故发生规律。针对煤矿火灾领域,梁运涛^[10]等研究了最近5年我国煤矿火灾事故发生特征,汪腾蛟^[11]实验得出煤矿火灾在一定程度能够诱发瓦斯爆炸。此外,煤尘也具有爆炸性^[12],增加了灾害发生风险。针对煤矿水灾领域,吴金刚^[13-14]等研究了我国煤矿重特大水灾事故发生规律。此外,一些学者对煤矿生产安全风险问题进行过相关研究。郜彤等人对煤矿安全风险评价指标体系进行了优化^[15],乔双江提出了建立完善的煤矿安全生产风险预警机制的措施建议^[16]。但尚未有通过建立数据库进行大数据分析来研究黄河流域煤矿生产安全风险。

综上,本文通过收集和整理了黄河流域煤炭开采的相关数据,分别从顶板、煤尘、瓦斯、火灾、水灾五大类型的安全事故对黄河流域煤炭开采的生产安

全风险进行了统计研究。通过大数据统计和分析,比较各省煤矿存在的生产安全风险异同,进而提供结果供相应各省份参考,可以方便对煤矿进行更有针对性的管理。

2 黄河流域煤矿生产安全风险研究

2.1 黄河流域煤矿顶板灾害风险分析

顶板灾害是煤矿最常见也是最容易发生的事件。虽然它一次造成的伤亡人数少,有时还不一定造成人员伤亡,不像瓦斯爆炸等群死群伤事故一样,但发生就引起社会广泛关注,因为它发生次数多,对生产安全造成的影响依然不容忽视。它的发生与支护方式、顶板岩性、冲击地压、等指标有关。以冲击地压为例,针对黄河流域九省煤矿存在冲击地压情况的矿井数量及程度见表1,并根据表中的数据绘制如图1所示。

表1 黄河流域存在冲击地压煤矿统计表

地压情况	青海	四川	甘肃	宁夏	内蒙	陕西	山西	河南	山东
强烈/个	0	0	2	2	1	4	0	1	3
弱/个	0	0	8	7	27	19	11	7	46

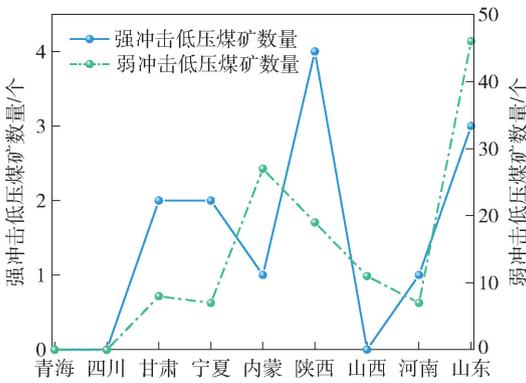


图1 黄河流域存在冲击地压煤矿数量

由表及图可以看出,青海和四川的煤矿全都没有冲击地压,因此没有冲击地压引起顶板事故的风

险。而山东弱冲击地压矿井有46个,强烈冲击地压矿井有3个,冲击地压引起顶板事故的生产安全风险较其他省份大,需要在此方面加强监测和预防。

2.2 黄河流域煤矿煤尘灾害风险分析

煤炭开采不可避免的会产生细小的煤尘,煤尘不仅会对生产人员的呼吸道、肺部和眼部等器官造成危害,引起职业健康问题,还可能在一定条件下发生粉尘爆炸造成严重事故,因此十分有必要对与煤尘有关的生产安全风险进行研究。煤尘的产生与煤质、采煤工艺等指标有关。以采煤工艺为例,黄河流域九省煤矿采煤工艺使用情况见表2,并根据表中的数据绘制如图2所示。

表2 黄河流域煤矿采煤工艺使用情况表

采煤工艺	青海	四川	甘肃	宁夏	内蒙	陕西	山西	河南	山东
综采/个	12	29	60	37	237	158	538	132	105
普采/个	1	151	0	8	29	10	9	26	14
炮采/个	23	218	6	2	31	8	0	235	49

由表格及图可以看出,甘肃、宁夏、内蒙、陕西、山西使用综采工艺的煤矿较多,占比较大,因此产生煤尘较少且易于处理,煤尘引起事故的风险较小。

而四川、河南的煤矿大量使用炮采工艺,会产生更多煤尘,煤尘问题更难处理,煤尘引起事故的生产安全风险较其他省份大,应该尽可能在条件允许的情况

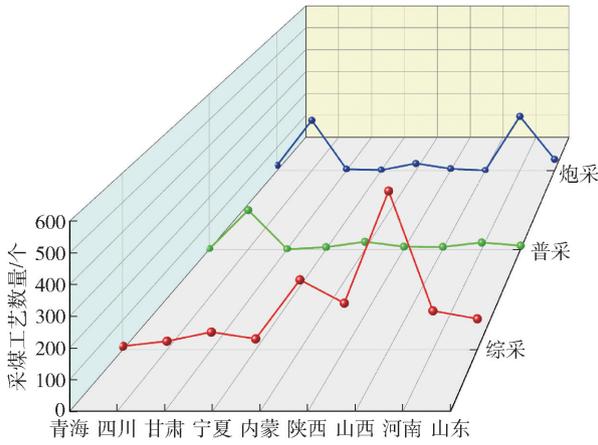


图2 黄河流域采煤工艺数量

下改进采煤工艺。

2.3 黄河流域煤矿瓦斯灾害风险分析

瓦斯是指以甲烷为主的气体,有时也单独指甲烷,它和煤炭一样是一种用有价值的资源。许多煤层都或多或少的含有瓦斯,不注意提前做好勘探和抽排的话,在煤炭开采过程中瓦斯很容易造成事故。瓦斯事故的发生与矿井相对瓦斯涌出量、矿井绝对瓦斯涌出量等指标有关。针对黄河流域九省瓦斯矿井情况进行统计,统计结果见表3,并根据表中的数据绘制如图3所示。

由表及图可以看出,甘肃和宁夏瓦斯矿井较少,更易于监管,瓦斯事故的风险较低。而四川、山西存

表3 黄河流域瓦斯矿井情况统计表

单位:个

瓦斯矿井	青海	四川	甘肃	宁夏	内蒙	陕西	山西	河南	山东
低瓦斯	27	238	16	43	326	255	421	284	164
高瓦斯	5	118	1	3	8	21	129	24	2
煤与瓦斯突出	0	43	2	4	3	6	26	93	3

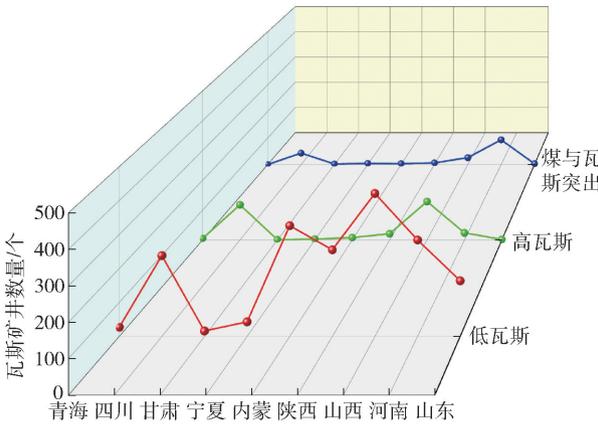


图3 黄河流域瓦斯矿井数量

在大量高瓦斯矿井,同时也有较多的煤与瓦斯突出

矿井。河南存在大量的煤与瓦斯突出矿井。这三个省份瓦斯事故发生的生产安全风险较其他省份大,需要严格遵循相关规定对瓦斯进行抽采或抽放,避免发生瓦斯事故。

2.4 黄河流域煤矿火灾风险分析

矿井火灾分为内因火灾和外因火灾,外因火灾与普通火灾的发生原因差不多,通常是电路起火、抽烟、机械碰撞等原因。内因火灾则是由于开采的煤炭本身就是化石燃料,还能与空气中的氧气缓慢反应造成起火。针对黄河流域九省矿井煤自燃倾向情况进行统计,统计结果见表4,并根据表中数据绘制,具体如图4所示。

表4 黄河流域矿井煤自燃倾向情况

单位:个

自燃倾向性	青海	四川	甘肃	宁夏	内蒙	陕西	山西	河南	山东
易自燃	13	0	35	20	244	176	67	14	9
自燃	11	20	33	16	145	75	417	37	185
不易自燃	24	379	1	18	30	35	104	353	12

由表及图可以看出,四川和河南的大多数矿井的煤自燃倾向性属于不易自燃,内因火灾事故的生产安全风险较低。而内蒙、陕西存在大量煤自燃倾向性属于易自燃的矿井,煤自燃事故发生的生产安全风险较其他省份大。需要更严格安放温度传感器测温,同时注意通风,避免热量积聚,防止发生火灾

事故。

2.5 黄河流域煤矿水灾风险分析

水灾发生主要是因为煤层附近的含水层被破坏,大量的水经过裂缝等通道流入生产区域,导致煤炭开采无法正常进行,甚至威胁生产人员生命安全。它的发生与矿井涌水量、矿井水文地质条件等指标

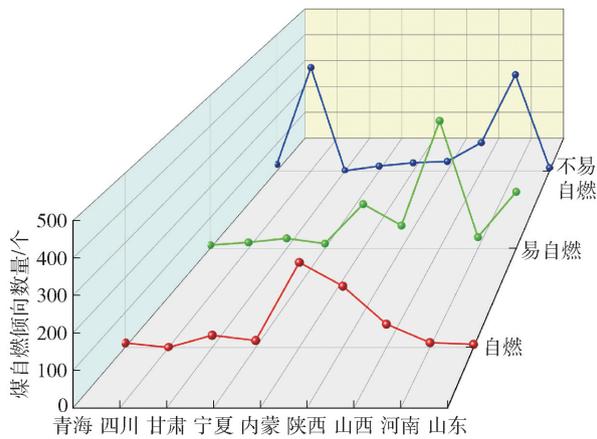


图4 黄河流域煤自燃倾向数量

有关。按《矿井水文地质规程》的规定,根据矿井和矿井周围有没有老空积水,矿井受采掘破坏或影响的含水层情况、矿井涌水和突水分布情况,水量大小情况还有煤矿受水害威胁程度以及防治水工作难易度等指标,矿井水文地质类型划分为简单、中等、复杂、极复杂四种,黄河流域各省矿井水文地质类型情况统计见表5,并根据表中的数据绘制,具体如图5所示。

由表及图可以看出,青海、内蒙水文地质类型简单的煤矿占比较大,水灾事故的生产安全风险相对较小。而河南水文地质类型极其复杂的煤矿最多,水灾事故的生产安全风险大,要注重给排水设施的

表5 黄河流域九省矿井水文地质类型情况统计表

单位:个

水文地质类型	青海	四川	甘肃	宁夏	内蒙	陕西	山西	河南	山东
简单	22	128	29	19	253	68	40	62	7
中等	11	222	34	29	138	183	529	297	140
复杂	0	46	5	7	34	33	31	24	28
极其复杂	0	3	0	0	1	3	2	16	3

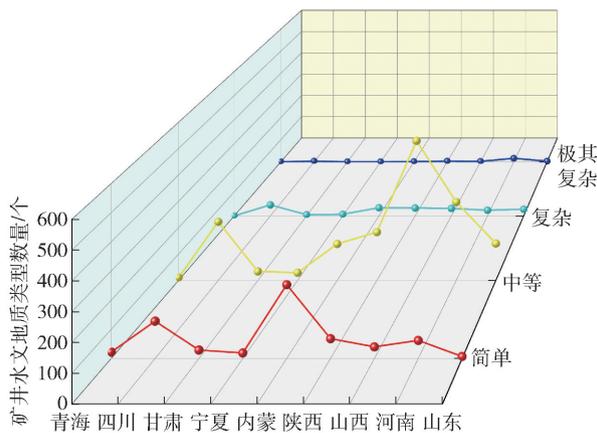


图5 黄河流域矿井水文地质数量

夏、内蒙、陕西、山西使用综采工艺的煤矿较多,而四川、河南的煤矿大量使用炮采工艺,会产生更多煤尘,煤尘引起事故的生产安全风险较其他省份大。

(2)甘肃和宁夏瓦斯矿井较少,瓦斯事故的风险较低。而四川、山西存在大量高瓦斯矿井,同时也有较多的煤与瓦斯突出矿井。河南存在大量的煤与瓦斯突出矿井。这三个省份瓦斯事故发生的生产安全风险较其他省份大,需要严格遵循相关规定对瓦斯进行抽采或抽放,避免发生瓦斯事故。

(3)四川和河南的大多数矿井的煤自燃倾向性属于不易自燃,而内蒙、陕西存在大量煤自燃倾向性属于易自燃的矿井,煤自燃事故发生的生产安全风险较其他省份大。青海、内蒙水文地质类型简单的煤矿占比较大,而河南水文地质类型极其复杂的煤矿最多,水灾事故的生产安全风险大。

[参考文献]

[1] 彭苏萍,毕银丽. 黄河流域煤矿区生态环境修复关键技术及战略思考[J]. 煤炭学报, 2020, 45(4):1211 - 1221.

[2] 吴钢,魏东,周政达,等. 我国大型煤炭基地建设的生态恢复技术综述[J]. 生态学报, 2014, 34(11): 2812 - 2820.

[3] 袁亮. 深部采动响应与灾害防控研究进展[J]. 煤炭学报, 2021, 46(3):716 - 725.

建设和维护,及时检测涌水量等数据,降低生产安全风险,防范水灾事故的发生。

3 结论

本论文通过整理黄河流域九省矿井的开采技术条件数据,确定其中隐藏的与五种主要矿井灾害对应的生产安全风险相关指标,进而对相关生产安全风险进行了初步的分析和比较。研究所得出的主要结论如下:

(1)青海和四川的煤矿全都没有冲击地压,而山东冲击地压引起顶板事故的生产安全风险较其他省份大,需要在此方面加强监测和预防。甘肃、宁

- [4] 孙庆刚. 中国煤矿瓦斯灾害现状与防治对策研究[J]. 中国煤炭, 2014, 40(3):116-119.
- [5] 陈洋, 王伟. 采空区自燃火灾预报方法与监测新技术[J]. 煤矿安全, 2021, 52(8):118-122.
- [6] 康红普, 张镇, 黄志增. 我国煤矿顶板灾害的特点及防控技术[J]. 煤矿安全, 2020, 51(10):24-33,38.
- [7] 于健浩, 毛德兵. 我国煤矿顶板管理现状及防治对策[J]. 煤炭科学技术, 2017, 45(5):65-70.
- [8] 景国勋, 刘孟霞. 2015—2019年我国煤矿瓦斯事故统计与规律分析[J]. 安全与环境学报, 2021, 21(6):1-8.
- [9] 徐腾飞, 王学兵. 近十年我国低瓦斯煤矿瓦斯爆炸事故统计与规律分析[J]. 矿业安全与环保, 2021, 48(3):126-130.
- [10] 梁运涛, 侯贤军, 罗海珠, 等. 我国煤矿火灾防治现状及发展对策[J]. 煤炭科学技术, 2016, 44(6):1-6.
- [11] 汪腾蛟, 周西华, 白刚, 等. 煤矿火灾诱发瓦斯爆炸危险性预测[J]. 煤炭学报, 2020, 45(12):4104-4110.
- [12] 罗振敏, 刘荣玮, 程方明, 等. 煤尘爆炸的研究现状及发展趋势[J]. 矿业安全与环保, 2020, 47(2):94-98.
- [13] 吴金刚, 毛俊睿, 柴沛. 2000—2017年我国煤矿重特大水灾事故规律分析[J]. 煤矿安全, 2019, 50(10):239-242.
- [14] 吴金刚, 毛俊睿, 曾珠, 等. 煤矿重特大水灾事故风险耦合研究[J]. 矿业安全与环保, 2019, 46(5):104-108.
- [15] 郜彤, 刘赞, 黄鹤, 等. 煤矿安全风险评价指标体系优化研究[J]. 煤矿安全, 2020, 51(12):296-300.
- [16] 乔双江. 煤矿安全生产风险预警分析[J]. 石化技术, 2020, 27(7):269-271.

(上接第81页)

后期效果监测得到以下结论:

(1)千米定向钻机可以施工到设计位置点,且保证注浆作业。

(2) F_{19} 断层区域施工完成地面注浆作业,进行后期支护后,和邻近2311运输巷道未进行注浆加固区域相对比,180d深部最大位移量降低了60%,浅部位移量降低了70%,有效控制了巷道掘进过程中支护问题。

[参考文献]

- [1] 赵起超. 复杂地质条件下巷道过断层关键技术研究及应用[J]. 能源与节能, 2020(7):174-175.
- [2] 刘小明. 复杂地质条件下煤矿水害形成机理与防控技术研究[D]. 西安:西安科技大学, 2020.
- [3] 李杨, 郑士田, 王琦. 地面定向钻注浆技术在掘进巷道过断层中的应用与研究[J]. 煤炭技术, 2020, 39(6):89-92.
- [4] 史先志. 大埋深高承压水上采煤底板破坏演化及水害防治研究[D]. 徐州:中国矿业大学, 2020.
- [5] 胡彦博. 深部开采底板破裂分布动态演化规律及突水危险性评价[D]. 徐州:中国矿业大学, 2020.
- [6] 魏本亮. 霄云煤矿奥灰突水机理及快速治理研究[D]. 徐州:中国矿业大学, 2020.
- [7] 刘广超. 大断裂构造井上下联合注浆加固技术[J]. 煤矿安全, 2018, 49(10):163-167.
- [8] 姜鹏飞, 蔡海, 刘跃东, 等. 特厚煤层大断面煤巷过密集断层群支护技术[J]. 煤矿开采, 2017, 22(6):40-45.
- [9] 孟庆彬, 韩立军, 齐彪, 等. 复杂地质条件下巷道过断层关键技术研究及应用[J]. 采矿与安全工程学报, 2017, 34(2):199-207.
- [10] 宗义江, 韩立军, 黄小忠, 等. 高承压水作用下突水巷道注浆恢复与支护技术[J]. 采矿与安全工程学报, 2016, 33(6):992-998.
- [11] 肖有才. 煤层底板突水的“破裂致突、渗流致突”机理与工程实践[D]. 徐州:中国矿业大学, 2013.
- [12] 高新亚. 断层条件下的大巷施工与围岩控制技术研究[D]. 淮南:安徽理工大学, 2011.