

事故致因理论模型在后安煤矿的实践与应用

赵伟¹, 周连春², 赵雄¹, 谭诗², 赵津¹, 古娜², 赵尚海¹, 赵成¹

¹山西朔州平鲁区后安煤炭有限公司, 山西 朔州

²西昌学院, 四川 西昌

收稿日期: 2026年1月14日; 录用日期: 2026年4月30日; 发布日期: 2026年5月29日

摘要

本文以山西朔州平鲁区后安煤矿为研究对象, 通过阐述了事故致因理论模型建立的工作原理、技术方案和实施来确保安全生产, 同时利用调研统计法对煤矿的各大系统的影响因素进行了统计分类, 使得人财物投入更加具有目的性和前瞻性, 为煤矿的安全生产提供科学依据, 具有重要的理论和现实意义。

关键词

事故致因理论, 模型, 实践与应用

Practice and Application of Accident Causation Theory Model in Hou'an Coal Mine

Wei Zhao¹, Lianchun Zhou², Xiong Zhao¹, Shi Tan², Jin Zhao¹, Na Gu², Shanghai Zhao¹,
Cheng Zhao¹

¹Hou'an Coal Co., Ltd, Hou'an Mine, Pinglu District, Shuozhou Shanxi

²Xichang University, Xichang Sichuan

Received: January 14, 2026; accepted: April 30, 2026; published: May 29, 2026

Abstract

Taking Hou'an Coal Mine in Pinglu District, Shuozhou City, Shanxi Province as the research object, this paper expounds the working principle, technical scheme and implementation of the accident causation theory model to ensure safe production. Meanwhile, the research and statistical method is adopted to conduct statistical classification of the influencing factors of each major system of the coal mine, which makes the investment of human, material and financial resources more targeted

文章引用: 赵伟, 周连春, 赵雄, 谭诗, 赵津, 古娜, 赵尚海, 赵成. 事故致因理论模型在后安煤矿的实践与应用[J]. 矿山工程, 2026, 14(3): 827-836. DOI: 10.12677/me.2026.143081

and forward-looking. This study provides a scientific basis for the safe production of the coal mine and has important theoretical and practical significance.

Keywords

Accident Causation Theory, Model, Practice and Application

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

煤炭生产过程中必然伴随着安全管理工作，安全管理工作是人们在生产实践中逐步积累起来的对安全事故发生规律的认识，这种认识逐渐形成了理论化、系统化的科技研究成果[1][2]。事故致因理论是研究事故发生原因和预防措施的重要理论体系，它是由多个理论体系组成的，是人类对安全生产规律的总结和认识，是人类知识宝库中的瑰宝[3]。煤矿生产过程中常用的事故致因理论有海因里希事故因果连锁理论、博德事故因果连锁理论、亚当斯事故因果连锁理论等理论[4]-[6]。

山西朔州平鲁区后安煤炭有限公司(以下简称“后安煤矿”)是一家年产量 500 万吨的大型煤矿企业，自成立以来公司领导非常重视煤矿安全生产，在人、财、物上投入了很大精力来确保矿井的安全生产，安全上取得优异的成绩，公司实现连续 20 年没有出现人身伤亡事故。为了总结经验，科学梳理安全管理经验，特提出建立后安煤矿安全生产事故致因理论模型的科学命题，为后安煤矿的安全生产提供了科学依据。

2. 矿井概况

山西朔州平鲁区后安煤炭有限公司位于朔州市平鲁区东南直距 14.5 km 陶村乡的王高登村、杏园村一带，行政隶属平鲁区陶村乡管辖。地理坐标为：东经 112°25'36"~112°28'07"，北纬 39°29'26"~39°31'01"。工业场地位于平鲁区陶村乡王高登村东南约 120 m 处。后安煤矿设计年产量 500 万吨，井田采用斜井开拓方式，有主斜井、副斜井、行人斜井、回风立井四个井筒，其中主斜井、副斜井、行人斜井为进风井筒，回风立井进行回风。目前后安煤矿采掘工作面部署为“三采五掘”。其中回采工作面分别为：40207 综放工作面、90403 综放工作面、110203 一次采全高综采工作面；掘进工作面分别为：901 采区南翼胶运巷、110206 胶运顺槽、110205 辅运顺槽、110103 胶运顺槽与 1103 运输联巷，矿井采掘接续正常；全部垮落法管理顶板。

矿井通风方式为中央分列式，通风方法为机械抽出式，主扇为 2 台 FBCDZ-10-No30 型对旋式轴流风机，一台工作，一台备用，配备电机型号为 YBF630S1-10，功率 2×280 KW。矿井回采工作面采用全负压通风，掘进工作面采用压入式通风，矿井风量及各用风地点风量满足矿井生产需要，且通风系统正常运转。根据 2022 年瓦斯等级鉴定结果，矿井瓦斯绝对涌出量为 $5.05 \text{ m}^3/\text{min}$ ，相对瓦斯涌出量为 $0.49 \text{ m}^3/\text{t}$ ，属低瓦斯矿井。煤层自燃倾向等级均为 I 类，均属容易自燃煤层，煤尘均有爆炸危险性。

3. 问题的提出

传统的煤矿安全生产人、财、物的投入往往是根据采掘接续计划通过估算出来了，在实施过程中往往是凭借经验进行存在着浪费或者利用效率低下的问题比较严重，也是困扰煤矿安全投入的技术难题。

为了破解该技术难题，后安煤矿为了总结经验，科学梳理安全管理经验，特提出建立后安煤矿安全生产事故致因理论模型的科学命题，为后安煤矿安全生产提供科学依据和值得借鉴的经验。

4. 研究方法及实施方案

4.1. 研究方法

本次事故致因理论模型的建立是通过调研法与统计分析法的方式完成的。

1、事故致因模型分析如下：

1) 导致煤矿事故致因总模型

$$S_{\text{总}} = \sum_{n=1}^4 X_n \quad (\text{式 1})$$

式中：

$S_{\text{总}}$ ——导致事故发生的所有因素的总和，按照 100%比例计算；

X_1 ——导致事故发生的人因素，%；

X_2 ——导致事故发生的机因素，%；

X_3 ——导致事故发生的环境因素，%；

X_4 ——导致事故发生的管理因素，%。

2) 导致煤矿事故致因各分模型

$$X_1 = \sum_{n=1}^8 R_n \quad (\text{式 2})$$

式中：

X_1 ——导致事故发生的人的因素，按照 100%比例计算；

R_1 ——导致事故发生的人的情感情绪因素，%；

R_2 ——导致事故发生的人的文化素质因素，%；

R_3 ——导致事故发生的人的操作技能因素，%；

R_4 ——导致事故发生的人的精力集中度因素，%；

R_5 ——导致事故发生的人的安全意识因素，%；

R_6 ——导致事故发生的人的法律意识因素，%；

R_7 ——导致事故发生的人的责任心因素，%；

R_8 ——导致事故发生的人的疲劳程度因素，%。

$$X_2 = \sum_{n=1}^8 J_n \quad (\text{式 3})$$

式中：

X_2 ——导致事故发生的机的因素，按照 100%比例计算；

J_1 ——导致事故发生的机器设备完好率因素，%；

J_2 ——导致事故发生的机器设备维修保养不到位因素，%；

J_3 ——导致事故发生的机器设备陈旧率因素，%；

J_4 ——导致事故发生的机器设备超负荷运转因素，%；

J_5 ——导致事故发生的机器功率偏低因素，%；

J_6 ——导致事故发生的机器设备对环境的适应性因素，%；

J_7 ——导致事故发生的机器设备运转生命周期因素，%；

J_8 ——导致事故发生的机器设备本质安全因素，%。

$$X_3 = \sum_{n=1}^8 H_n \quad (\text{式 4})$$

式中：

X_3 ——导致事故发生的环境的因素，按照 100%比例计算；

H_1 ——导致事故发生的的环境恶劣因素，%；

H_2 ——导致事故发生的的环境的能见度因素，%；

H_3 ——导致事故发生的的环境的噪音因素，%；

H_4 ——导致事故发生的的环境的粉尘因素，%；

H_5 ——导致事故发生的的环境的酸碱刺激因素，%；

H_6 ——导致事故发生的的环境的空间大小因素，%；

H_7 ——导致事故发生的的环境的冷热因素，%；

H_8 ——导致事故发生的的环境的舒适度因素，%。

$$X_4 = \sum_{n=1}^8 G_n \quad (\text{式 5})$$

式中：

X_4 ——导致事故发生的的管理的因素，按照 100%比例计算；

G_1 ——导致事故发生的的管理制度完善因素，%；

G_2 ——导致事故发生的的管理制度与时俱进因素，%；

G_3 ——导致事故发生的的管理制度执行力因素，%；

G_4 ——导致事故发生的的管理制度的适应性因素，%；

G_5 ——导致事故发生的的管理制度的公平、公正性因素，%；

G_6 ——导致事故发生的的管理制度的互相影响、互相制约因素，%；

G_7 ——导致事故发生的的管理混乱因素，%；

G_8 ——导致事故发生的的管理井然有序因素，%。

通过建立事故致因理论模型找到导致事故发生的主要矛盾和主要影响因素，然后针对主要矛盾和主要影响因素采取有针对性的技术方案和安全技术措施，来杜绝煤矿事故的发生，从而保证煤矿的安全高效地生产。

4.2. 实施技术方案

为了更具有广泛的代表性，这次调研总共对后安煤炭公司采掘机运通等 8 个单位 447 名干部员工进行的问卷调查，收到问卷 447 份，详见表 1 所示。

1、建立事故致因理论模型如下：

1) 煤矿事故致因总模型分析

在煤矿事故致因总模型研究中，通过问卷调研发现各种因素所占比重如图 1 所示。

首先，由图 1 所示可知，通过调研发现人的不安全行为在煤矿事故致因总模型中所占据的比例是最高的，达到了 68%；其次，管理上的缺陷在煤矿事故致因总模型中所占据的比例位居第二位，达到了 11%；第三，物的不安全状态在煤矿事故致因总模型中所占据的比例位居第三位，达到了 8%；第四，环境因素在

煤矿事故致因总模型中所占据的比例位居第四位，达到了7%；最后，没有选择的人数占了6%；这充分显示了人的不安全行为在煤矿事故致因总模型中所占据的比例是最高的，是造成煤矿事故致因的矛盾焦点。

2) 煤矿瓦斯事故致因分模型分析

在煤矿瓦斯事故致因分模型研究中，通过问卷调研发现各种因素所占比重如图2所示。

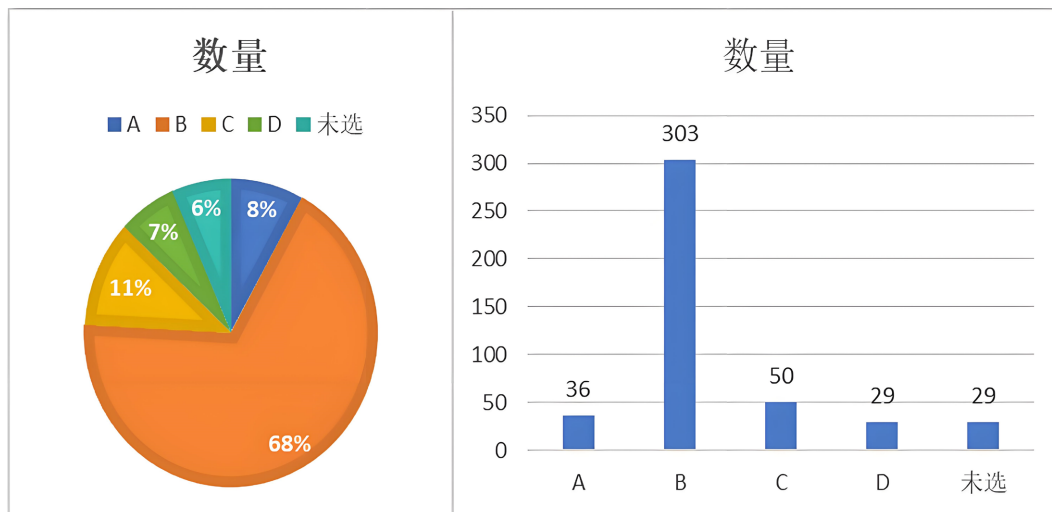
首先，由图2所示可知，通过调研发现人的不安全行为在煤矿瓦斯事故致因分模型中所占据的比例是最高的，达到了34%；其次，环境因素在煤矿瓦斯事故致因分模型中所占据的比例位居第二位，达到了29%；第三，管理上的缺陷在煤矿瓦斯事故致因分模型中所占据的比例位居第三位，达到了21%；第

Table 1. Arrangement of questionnaire survey for scientific research projects of Hou'an Company

表 1. 后安公司科研项目问卷调查安排事宜表

序号	队组	地点	时间	调研人数(人)	备注
1	通风区	四楼班前会议室	2025.4.10	早(4:50)	20
				中(12:40)	20
				晚(20:40)	10
2	机掘二队	三楼班前会议室	4.10	早(5:00)	30
				中(12:30)	16
				晚(20:30)	16
3	探水队	三楼班前会议室	4.10	早(5:10)	7
				中(12:20)	7
				晚	0
4	安全科	四楼班前会议室	4.10	早(5:20)	10
				中(13:20)	10
				晚(21:20)	10
5	皮带二队	三楼班前会议室	4.10	早(5:30)	31
				中(13:40)	28
				晚(21:30)	28
6	辅运队	三楼班前会议室	4.10	早(5:50)	36
				中(13:40)	27
				晚(21:40)	20
7	综采二队	四楼班前会议室	4.10	早(6:00)	40
				中(14:00)	23
				晚(22:00)	24
8	机电科	三楼班前会议室	4.10	早(7:30)	30
				中(14:00)	2
				晚(22:00)	2
9	地测科	地测科办公室	4.10	11:00	
10	技术科	技术科会议室	4.10	11:10	

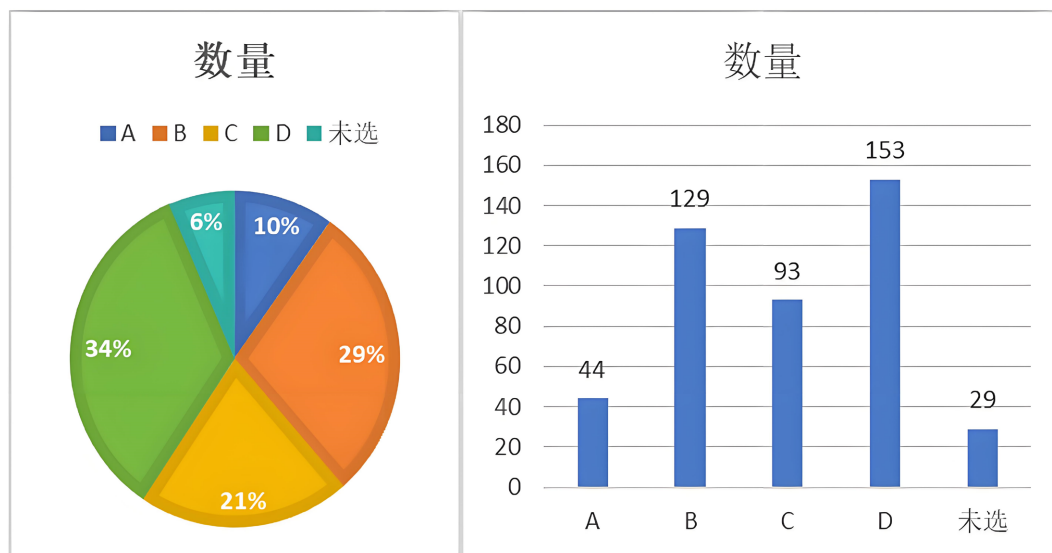
注意事项：
本次问卷采用不记名问卷调查方式，大家可以随机选择答案，答案不是唯一，请参加调研人员积极配合完成调研问卷。



注：A——物的不安全状态；B——人的不安全行为；C——管理上的缺陷；D——环境因素

Figure 1. Analysis diagram of the general causation model for coal mine accidents

图 1. 煤矿事故致因总模型分析图



注：A——物的不安全状态；B——环境因素；C——管理上的缺陷；D——人的不安全行为

Figure 2. Analysis diagram of the sub-causation model for coal mine gas accidents

图 2. 煤矿瓦斯事故致因分模型分析图

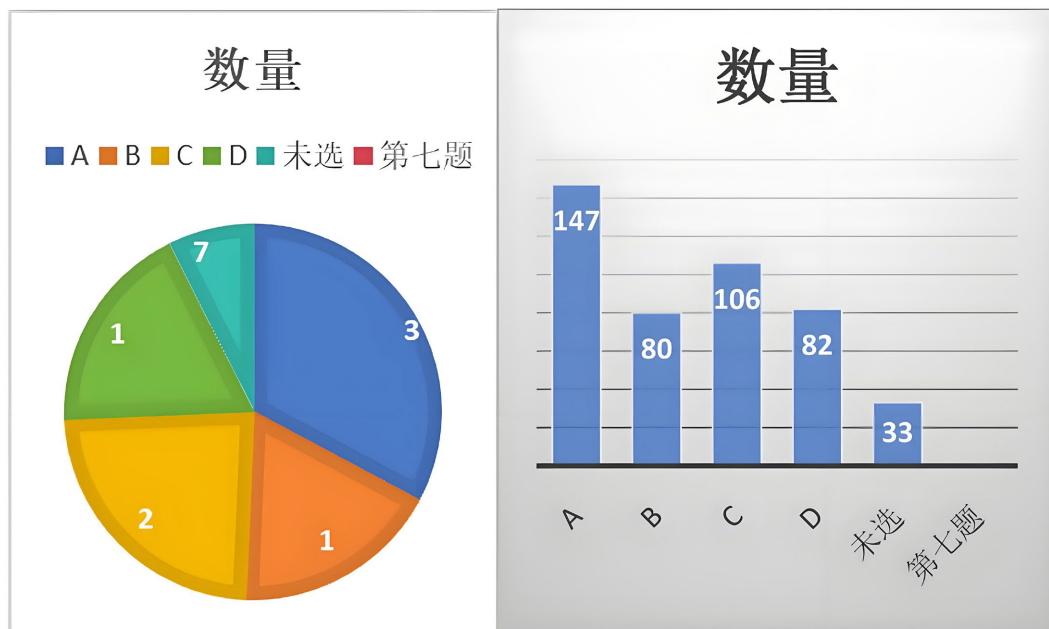
四，物的不安全状态在煤矿瓦斯事故致因分模型中所占据的比例位居第四位，达到了 10%；最后，没有选择的人数占了 6%；这充分显示了人的不安全行为在在煤矿瓦斯事故致因分模型中所占据的比例是最高的，是造成煤矿瓦斯事故致因的矛盾焦点。

3) 煤矿顶板事故致因分模型分析

在煤矿顶板事故致因分模型研究中，通过问卷调研发现各种因素所占比重如图 3 所示。

首先，由图 3 所示可知，通过调研发现人的不安全行为在煤矿顶板事故致因分模型中所占据的比例是最高的，达到了 33%；其次，环境因素在煤矿顶板事故致因分模型中所占据的比例位居第二位，达到了 24%；第三，管理上的缺陷在煤矿瓦斯事故致因分模型中所占据的比例位居第三位，达到了 18.2%；

第四,物的不安全状态在煤矿顶板事故致因分模型中所占据的比例位居第四位,达到了17.8%;最后,没有选择的人数占了7%;这充分显示了人的不安全行为在在煤矿瓦斯事故致因分模型中所占据的比例是最高的,是造成煤矿顶板事故致因的矛盾焦点。



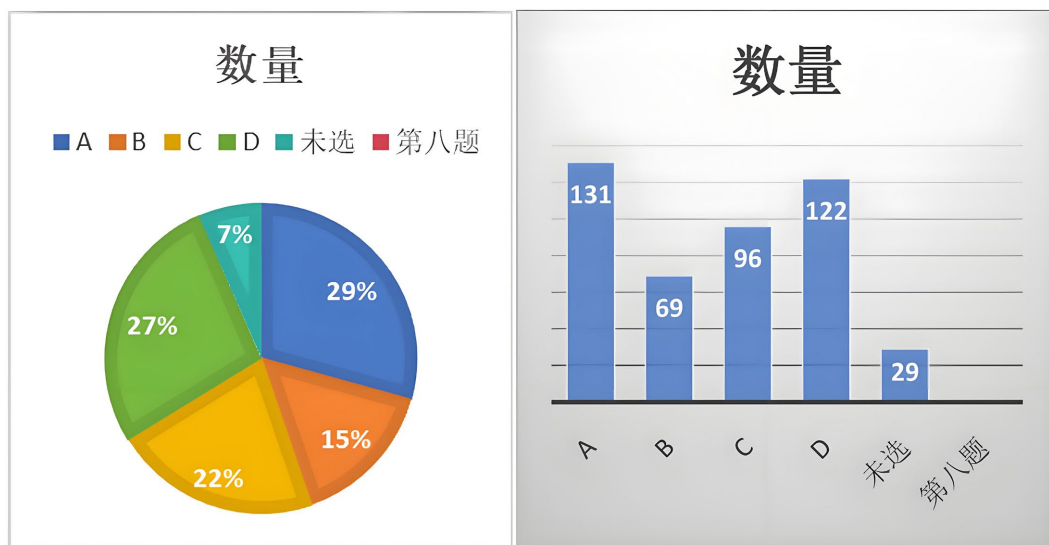
注: A——人的不安全行为; B——物的不安全状态; C——环境因素; D——管理上的缺陷

Figure 3. Analysis diagram of the sub-causation model for coal mine roof accidents

图3. 煤矿顶板事故致因分模型分析图

4) 煤矿水灾事故致因分模型分析

在煤矿水灾事故致因分模型研究中,通过问卷调研发现各种因素所占比重如图4所示:



注: A——环境因素; B——物的不安全状态; C——人的不安全行为; D——管理上的缺陷

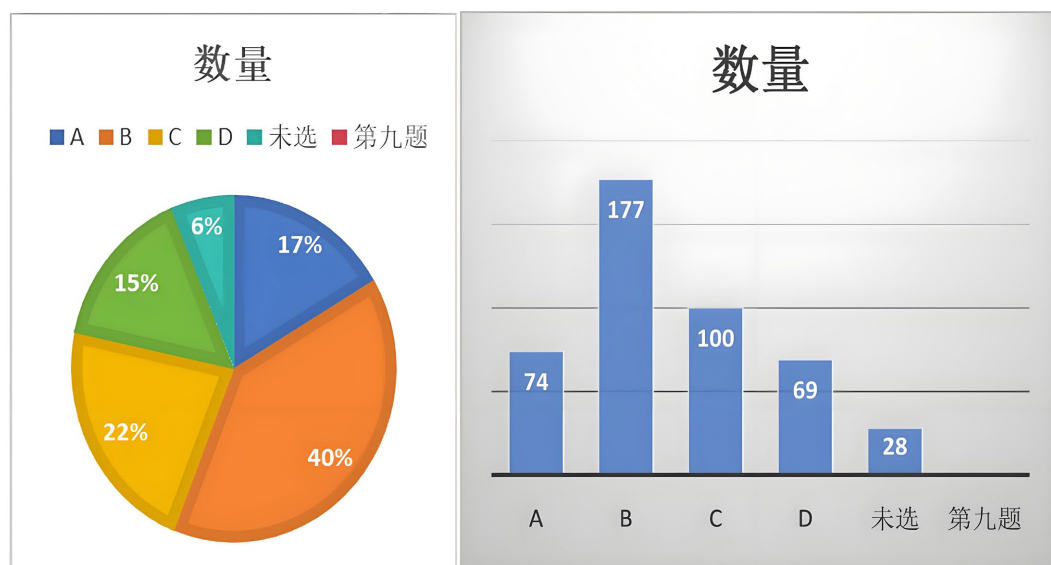
Figure 4. Analysis diagram of the sub-causation model for coal mine water inrush accidents

图4. 煤矿水灾事故致因分模型分析图

首先,由图4所示可知,通过调研发现环境因素在煤矿水灾事故致因分模型中所占据的比例是最高的,达到了29%;其次,管理上的缺陷在煤矿水灾事故致因分模型中所占据的比例位居第二位,达到了27%;第三,人的不安全行为在煤矿水灾事故致因分模型中所占据的比例位居第三位,达到了22%;第四,物的不安全状态在煤矿水灾事故致因分模型中所占据的比例位居第四位,达到了15%;最后,没有选择的人数占了7%;这充分显示了环境因素在煤矿水灾事故致因分模型中所占据的比例是最高的,是造成煤矿水灾事故致因的矛盾焦点。

5) 煤矿火灾事故致因分模型分析

在煤矿火灾事故致因分模型研究中,通过问卷调研发现各种因素所占比重如图5所示:



注: A——物的不安全状态; B——人的不安全行为; C——管理上的缺陷; D——环境因素

Figure 5. Analysis diagram of the sub-causation model for coal mine fire accidents

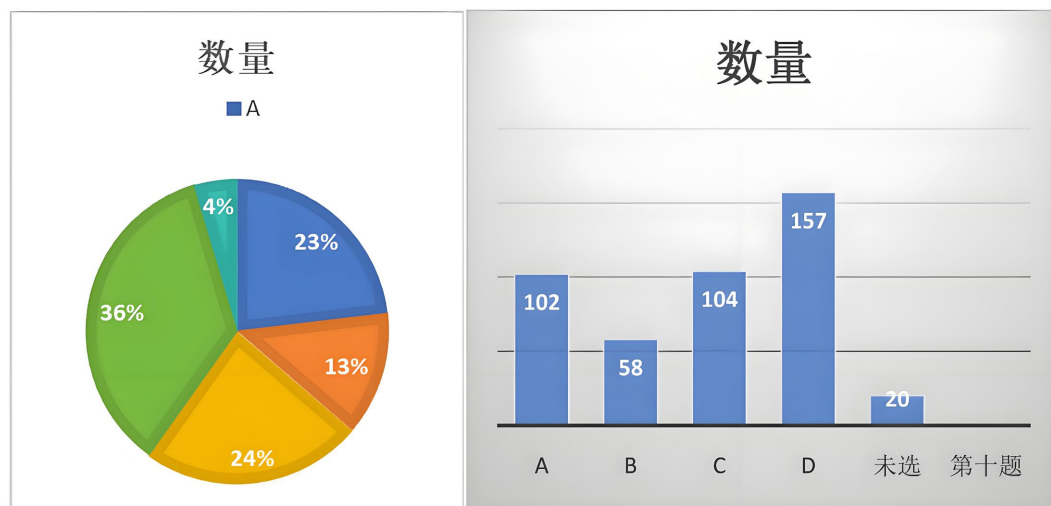
图5. 煤矿火灾事故致因分模型分析图

首先,由图5所示可知,通过调研发现人的不安全行为在煤矿火灾事故致因分模型中所占据的比例是最高的,达到了40%;其次,管理上的缺陷在煤矿火灾事故致因分模型中所占据的比例位居第二位,达到了22%;第三,物的不安全状态在煤矿水灾事故致因分模型中所占据的比例位居第三位,达到了17%;第四,环境因素在煤矿火灾事故致因总模型中所占据的比例位居第四位,达到了15%;最后,没有选择的人数占了6%;这充分显示了人的不安全行为在煤矿火灾事故致因分模型中所占据的比例是最高的,是造成煤矿火灾事故致因的矛盾焦点。

6) 煤矿粉尘事故致因分模型分析

在煤矿粉尘事故致因分模型研究中,通过问卷调研发现各种因素所占比重如图6所示。

首先,由图6所示可知,通过调研发现环境因素在煤矿粉尘事故致因分模型中所占据的比例是最高的,达到了36%;其次,管理上的缺陷在煤矿粉尘事故致因分模型中所占据的比例位居第二位,达到了24%;第三,人的不安全行为在煤矿粉尘事故致因分模型中所占据的比例位居第三位,达到了23%;第四,物的不安全状态在煤矿粉尘事故致因总模型中所占据的比例位居第四位,达到了13%;最后,没有选择的人数占了4%;这充分显示了环境因素在煤矿粉尘事故致因分模型中所占据的比例是最高的,是造成煤矿粉尘事故致因的矛盾焦点。由于篇幅所限这里并没有一一列举出来。



注：A——人的不安全行为；B——物的不安全状态；C——管理上的缺陷；D——环境因素

Figure 6. Analysis diagram of the sub-causation model for coal mine dust accidents

图 6. 煤矿粉尘事故致因分模型分析图

4.3. 事故致因模型分析及应用

1、事故致因模型分析

综合上节我们在山西朔州平鲁区后安煤炭有限公司的大规模的调研分析可以得到表 2 所示：

Table 2. Summary of analysis on coal mine accident causation models

表 2. 煤矿事故致因模型分析一览表

模型名称	影响因素	人的不安全行为	物的不安全状态	管理的缺陷	环境因素	备注
煤矿事故致因总模型		1	3	2	4	
煤矿瓦斯事故致因分模型		1	4	3	2	
煤矿顶板事故致因分模型		1	4	3	2	
煤矿水灾事故致因分模型		3	4	2	1	
煤矿火灾事故致因分模型		1	3	2	4	
煤矿粉尘事故致因分模型		3	4	2	1	
煤矿机电事故致因分模型		1	3	2	4	
煤矿运输事故致因分模型		1	3	2	4	
煤矿煤与瓦斯突出事故致因分模型		2	4	3	1	
煤矿冲击地压事故致因分模型		2	4	3	1	

1、第一位因素用“1”表示；
第二位因素用“2”表示；
第三位因素用“3”表示；
第四位因素用“4”表示；

通过表 2 的分析可以知道在煤矿事故致因模型中占第一位的因素是人的不安全行为；占第二位的因素是管理上的缺陷；占第三位的因素是环境因素；占第四位的因素是物的不安全状态。

2、事故致因模型的应用

通过以上分析可知在煤矿事故致因模型中占第一位的因素是人的不安全行为；占第二位的因素是管理上的缺陷；占第三位的因素是环境因素；占第四位的因素是物的不安全状态；这样就为我们预防事故

发生提供了科学依据和理论指导，针对这种情况我们采取了以下有针对性的治理措施：

1) 培训前置

针对人的不安全行为强化安全培训工作，坚持把培训工作前置的理念，把培训工作放在重中之重的位置。每年坚持“走出去”，“引进来”的战略，每年安排专业技术人员到科研院校参加新技术、新知识的培训，不断提高专业技术人员的业务技术水平；每天坚持每日一题，坚持利用班前会给员工培训安全知识、安全法律法规知识，并坚持师带徒的培训，逐步提高员工的素质，员工实现从“要我安全”到“我要安全”、“我会安全”、“我能安全”的转变。

加强员工三级安全教育和“三项岗位”人员培训，坚持做到先培训后上岗、不合格不上岗原则。我矿安全生产职能科室共计 33 个，三项岗位人员其中管理人员共计 84 人，煤矿特种作业人员共计 216 人；煤矿班组长共计 71 人，且全部持证上岗，持证上岗率达到 100%。

5. 效果分析

后安煤矿通过建立事故致因理论模型找到了导致煤矿安全事故发生的主要矛盾和次要矛盾，使得煤矿将人财物的投入更具有针对性，在确保安全的前提下提高了人财物的使用效率，自从建立事故致因理论模型以来，后安公司今年实现了零伤亡的安全生产目标，而且超额完成年度安全生产目标，为后安公司的高质量发展创造了良好的条件，具有重要的理论和现实意义。

参考文献

- [1] 李希建, 华攸金, 陈刘瑜. 基于熵权物元可拓模型的煤矿安全评价及其应用[J]. 矿业研究与开发, 2019, 39(9): 93-99.
- [2] 李杰, 伊宏艳, 李乃文. 我国事故致因研究团队与热点主题研究[J]. 中国安全科学学报, 2022, 32(7): 20-27.
- [3] 张江石, 李泳瞰, 吴静茹, 等. 煤矿事故原因智能分析方法研究与应用[J]. 清华大学学报(自然科学版), 2025, 65(3): 555-568.
- [4] 史晓明. 煤矿事故致因理论模型构建与案例分析[J]. 资源与产业, 2011, 13(S1): 53-56.
- [5] 许名标, 彭德红. 煤矿事故致因理论分析与预防对策研究[J]. 中国矿业, 2006(12): 31-34.
- [6] 杜佳辑. 矿井安全事故致灾因素分析[J]. 山西能源学院学报, 2017, 30(2): 81-83.