

文章编号: 0253-9993(2008)06-0629-06

# 小煤矿事故致因模型及预防保障体系分析

曹树刚, 张立强, 刘延保, 李 勇

(重庆大学 西南资源开发及环境灾害控制工程教育部重点实验室, 重庆 400044)

**摘 要:** 根据我国南方某地区小煤矿3 a 多的事故资料, 按时间序列和事故类型详细分析了地方小煤矿事故发生的时间特征和事故类型特征, 主要表现为春末夏季事故频发, 顶板事故严重、瓦斯灾害危害大、运输事故和其他事故不容忽视等。现场调查发现, 经济利益驱动是地方小煤矿事故频发的原始诱因, 人的不安全行为, 包括管理因素和职工因素等是小煤矿事故频发的直接原因, 自然条件、技术/装备水平等物的不安全状态是地方小煤矿事故频发的间接原因, 并以此建立了适合小煤矿事故分析的三元致因模型。通过准入条件、矿井技术/装备水平、监督管理、教育培训、事故惩罚等构建了小煤矿事故预防保障体系, 突出了地方小煤矿安全生产过程中的内外部科学管理的重要性。

**关键词:** 煤矿; 事故; 致因分析; 预防; 模型

**中图分类号:** X928.03      **文献标识码:** A

## The causing model of accidents and preventing system of small mines

CAO Shu-gang, ZHANG Li-qiang, LIU Yan-bao, LI Yong

(Key Laboratory for the Exploitation of Southwestern Resources & the Environmental Disaster Control Engineering, Under the State Ministry of Education, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

**Abstract:** Under the data of the fatal accidents in small coal mines happened over the three years in a southern region, China, the time and type characteristics of the accidents was discussed through statistical methods. It shows that the accidents occur frequently in terminal phase of spring and all of the summer time, both the roof accident and the gas disaster are the severely accidents, and that traffic accidents and miscellaneous accidents are important also. By statistical analysis and field survey, it is found that most of the accidents are caused by people's unsafe behavior and object's unsafe status with economic interests. And proposed the three-factor causing model (TFC Model). Among them, the people's unsafe behavior is a direct cause influenced by staffs and workers' factors while the object's unsafe status is an indirect cause influenced by natural conditions and the technical equipment level of the mines. The system of the accident preventive which includes admittance conditions, technical equipment level, supervision, management, education and punishment was established with TFC Model for small coal collieries. In this system, the scientific management is very important at the present time in the mining process under the safety.

**Key words:** coal mine; accidents; causing analysis; prevention; model

据政府内部统计资料, 截止2003年底, 我国南方某地区累计查明煤炭资源储量30.19亿t, 保有资源

收稿日期: 2007-08-11      责任编辑: 韩晋平

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(50674111); 重庆大学研究生科技创新基金资助项目(200707A1A0200257)

作者简介: 曹树刚(1955—), 男, 重庆璧山人, 教授, 博士生导师. Tel: 023-65111706, E-mail: caosgdcc@yahoo.com.cn

储量为 22.95 亿 t, 远景预测储量近 100 亿 t. 全地区人均占有煤炭资源储量为 76 t, 不足全国平均水平的 10%, 属贫煤区, 后备资源不足. 但是, 该地区煤炭资源开发程度高, 在已探明的 139 处井田中, 均有矿井进行开采, 生产矿井、闭坑矿井占有资源量为 17 亿 t, 资源利用率达 74%. 全地区 1 451 个矿井, 核定生产能力 4 270 万 t/a, 其中区、县地方小煤矿 1 422 个 (年生产能力 30 万 t 及以下的煤矿), 核定生产能力 2 844 万 t/a, 平均 2 万 t/a, 2006 年, 全地区生产原煤 3 848 万 t.

从 2004 年起 3.5 a, 该地区共发生煤矿事故 837 起, 死亡 1 099 人, 百万吨死亡率 8.82. 其中, 地方小煤矿事故次数和死亡人数分别占该地区煤矿事故总次数和死亡总人数的 90.1% 和 86.4%, 百万吨死亡率 10.73.

## 1 小煤矿事故发生规律

### 1.1 春末、夏季事故频发

将该地区小煤矿 2004-01-01—2007-06-30 期间的事故情况按时间序列统计, 得到月平均事故次数和死亡人数的分布曲线, 如图 1 所示.

由图 1 可知, 该地区小煤矿安全事故在全年各时段均有发生. 但无论是事故次数还是死亡人数, 每年春末夏季都是事故高发期, 而相对的岁末年初事故相对较少. 调查显示, 各级政府煤矿安全监督管理部门在岁末年初加强了安全检查以及小煤矿停产过节等原因, 确保了该时低安全事故率; 春末至夏季, 小煤矿复产后的长期持续生产, 安全意识松懈, 加之雨季、天气炎热等原因造成职工出现工作疲劳, 导致了事故频发.

### 1.2 顶板事故严重

参考文献 [1~3] 将该地区小煤矿伤亡事故按顶板事故、瓦斯事故、运输事故、机电事故、水灾事故、放炮事故、火灾事故和其它事故等 8 种类型进行统计. 其中, 顶板事故细分为采煤工作面顶板事故、掘进工作面顶板事故和其它顶板事故, 瓦斯事故细分为瓦斯 (煤尘) 爆炸 (含瓦斯燃烧)、瓦斯窒息和煤与瓦斯突出, 其它事故主要是开切眼、溜煤眼、倾斜巷道等坠落事故. 统计结果见表 1 和图 2.

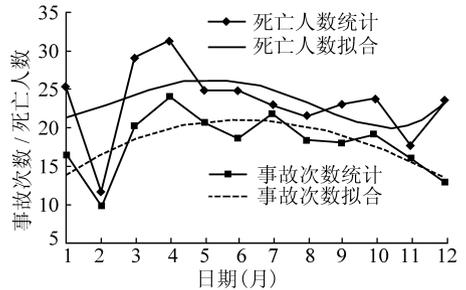


图 1 小煤矿事故伤亡时间分布

Fig. 1 The time-distribution of the accidents in small coal mines

表 1 小煤矿事故类型特征

Table 1 Statistical characteristics of the accidents in small coal mines

项 目	顶板事故			瓦斯事故			运输事故	机电事故	透水事故	放炮事故	火灾事故	其它事故	总计
	采煤工作面顶板事故	掘进工作面顶板事故	其它顶板事故	瓦斯爆炸事故	瓦斯窒息事故	突出事故							
死亡人数	171	107	222	81	100	43	84	13	29	30	0	70	950
事故次数	159	101	206	20	68	12	78	13	12	25	0	60	754
死亡人数百分比/%	18	11	23	9	11	5	9	1	3	3	0	7	100
事故次数百分比/%	21	13	27	3	9	2	10	2	2	3	0	8	100

数据显示, 顶板事故占总事故次数和死亡人数的比例相当大, 分别为 61% 和 52%; 绝大部分顶板事故是死亡 1 人/次的事故. 顶板事故中, 其它顶板事故 (以巷道维修发生的顶板事故为主) 相对比例最大, 而采煤工作面顶板事故比例大于掘进工作面顶板事故.

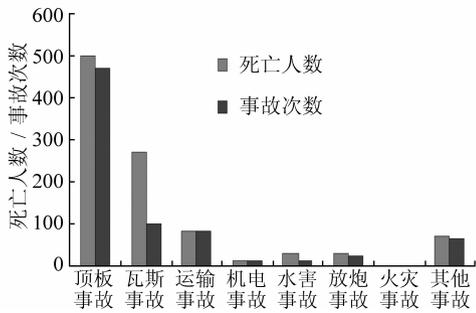


图 2 小煤矿事故类型分布

Fig. 2 The type-distribution of the accidents in small coal mines

总体而言，顶板事故、瓦斯事故次数和死亡人数分别占该地区小煤矿总事故的 75% 和 77%，应引起高度重视。此外，该地区小煤矿 3.5 a 尚没有火灾伤亡事故的发生。

## 2 事故致因分析

事故致因理论是从大量的典型事故分析中所提炼出来的事故机理和事故模型<sup>[4]</sup>，有利于事故预防。国内外许多专家学者<sup>[5~12]</sup>在事故致因理论方面做了相关研究。

地方小煤矿事故致因问题应是多种因素相互制约的复杂系统。笔者认为，该地区小煤矿绝大多数安全事故是人为原因引起的，在我国现有的采矿工艺、技术和装备水平条件下是可以避免的。根据现场调查和有关资料分析，构建了如图 3 所示的小煤矿事故三元致因模型，即经济利益驱动是小煤矿事故频发的原始诱因；人的不安全行为，包括管理因素和职工素质等属于小煤矿事故频发的直接原因；自然条件、技术和装备等物的不安全状态属于小煤矿事故频发的间接原因。在经济利益驱动下，直接原因和间接原因产生的不安全行为/状态，诱发了小煤矿的安全事故。

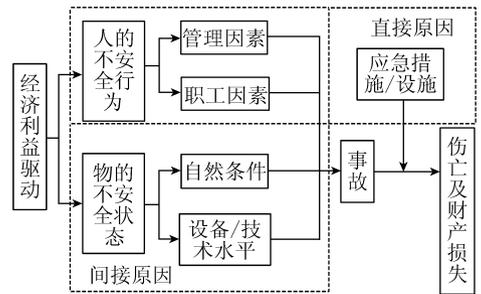


图 3 小煤矿事故三元致因模型

Fig. 3 The three-cause model of the accidents in small coal mines

### 2.1 经济利益驱动

经济利益的驱动是小煤矿事故频发的原始诱因。许多小煤矿业主追求经济利益最大化，生产投入、安全投入严重不足，经常性违规作业、非安全生产和超能力生产，盲目追求产量，致使矿井安全事故频发。

### 2.2 管理因素

煤矿生产安全管理包含外部管理（执法）和内部管理（守法）2 部分。

近几年来，国家完善了许多相关法律，中央和地方政府有关职能部门发布了大量的煤矿生产管理和安全管理的政策措施，有关行业技术政策也不断修改，煤矿生产监管和安全监督制度日趋完善。在此状况下，小煤矿事故仍然不断发生。究其原因，政府相关职能部门对量大面广的小煤矿执法能力有限，加之一些地方人情交易、权钱交易等行为，造成执法不力或执法空白。总体而言，相关法律法规和政策措施的运行机制不完善是地方小煤矿事故频发的很重要的原因之一。

地方小煤矿多采用层层承包、转包的形式组织生产。许多矿主不具备采矿专业知识，不知晓或不遵守相关法律法规和政策，以及大多数小煤矿严重缺乏工程技术人员和经验丰富的管理人员，致使煤矿生产技术和安全管理水平低下，经常性违规组织生产，是煤矿事故不断的又一重要原因。

### 2.3 职工素质

地方小煤矿普遍使用农民合同工，其知识水平和劳动技能低下，流动性大，且企业缺乏行之有效的技

术培训和安全培训制度。由于矿井生产技术管理和安全管理不到位,技术资料不健全,不按正规设计进行矿井建设和组织生产,工人劳动强度大,对自己和他人的生命财产安全意识差,经常性违规作业,导致大量的人为安全事故。

## 2.4 自然条件

总体而言,该地区小煤矿的地质资源条件先天不足。煤层厚度和倾角变化大,地质构造和水文地质条件复杂,致使煤炭开采过程中,矿井顶板事故、瓦斯爆炸、煤与瓦斯突出、水灾等灾害预防难度加大。另外,由于该地区煤炭资源缺乏,资源分布广,井田储量规模小,大多数处于边远落后地区,交通不便,电力及原材料供应不足,难以正规化、规模化进行矿井建设和生产。因此,许多小煤矿具有先天不足的安全生产条件。

## 2.5 技术与装备水平

该地区许多小煤矿生产工艺、技术十分落后,装备水平低下,致使矿井安全隐患普遍存在。主要表现在开拓方式选择、开采水平划分、井巷布置和开采顺序不合理,主要生产系统不完善;大巷多为料石间隔砌碛,采准巷道和采煤工作面仍以木材支护为主,巷道支护和采煤工作面支护质量差;采、掘、运输机械化程度低,许多矿井的机电设备陈旧,能力严重不足;矿井通风系统不完善;矿井安全设施和职工个人安全防护不到位,安全管理制度不健全,安全检查机制极不完善等。

现场调查发现,矿井不合理设计、非正规作业、采掘机械化程度低等是导致顶板事故多发的主要原因,而井巷在使用或维修过程中发生的顶板事故所占比例大,也证明了该地区小煤矿普遍存在严重的支护质量问题;矿井普遍存在串联通风、扩散通风、循环通风、主通风机负压小和回风巷断面小等问题,致使矿井瓦斯灾害严重;许多小煤矿大量采用人力推车运输,巷道掘进和铺轨质量差,斜井(巷)提升经常跳道、断绳、跑车,致使井下运输事故也占较大的比例。

## 3 事故预防保障体系

由事故控制的博弈规律模型<sup>[13]</sup>可知,安全效益的滞后性会导致安全需求的下降,违章引起的安全成本降低会导致安全供给的下降,进而致使系统安全度的降低。可以说,安全生产具有一定的时效性,不进则退。因此,小煤矿事故预防是一个复杂的安全系统工程,矿井有了先进的工艺、技术和装备,应有先进的科学管理或约束机制作保证,才能取得安全、合理、经济的生产效果。针对地方小煤矿目前的生产现状,结合上述小煤矿事故三元致因模型,提出如图 4 所示的事故预防保障体系。在该体系中,尤其强调人的行为安全,涉及煤矿企业、技术服务中介机构 and 政府管理部门等有关人员。

### 3.1 严格准入条件

小煤矿事故预防措施之一是进行事前监督,即严格煤矿建设准入条件,包括资源、资金和技术条件,以及井田范围的合理划分、矿井建设的可行性、开采设计的合理性、矿山生产环境影响预评价和安全预评价等工作内容。由煤矿业主、技术服务中介机构如实提供有关资料,政府有关职能部门依托有关专家做出科学决策。

### 3.2 提高技术/装备水平

针对小煤矿事故三元致因模型中物的不安全状态,提高矿井开采技术水平和装备水平有助于预防小煤矿安全事故。针对不同的地质资源条件,政府有关职能部门应依据技术服务中介机构在矿井建设和生产方面提出不同的开采工艺、技术和装备要求,包括资金投入、技术投入和安全投入,促使煤矿业主创造矿井生产的本质安全条件。

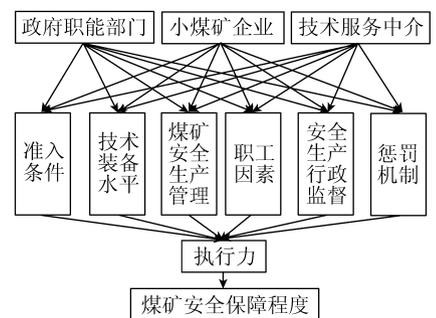


图 4 小煤矿事故预防保障体系  
Fig. 4 The system of the accident prevention for small coal mines

### 3.3 完善安全管理制度和运行机制

完善小煤矿安全管理制度,重点是有效实施.政府有关职能部门应在小煤矿的管理和技术人员的质量和数量,职工的工作环境、工作时间、劳动保护、工资待遇、技能培训、聘用和解除等方面提出严格要求,促使煤矿业主严格执行各种规章制度,提高安全生产的运行成本.

### 3.4 加大安全生产监督管理力度

小煤矿安全生产监督管理应包括矿山企业的生产监督和安全监督2个方面,由政府不同的职能部门来实现.监督管理,既有事中检查,也有事后监管.由于小煤矿数量众多,分布广泛,监督管理的工作量大,各级政府职能部门可以利用教育、科研等单位拥有的专业技术人员,包括其他技术服务中介机构,加大对小煤矿生产进行定期和不定期的监督检查,并对小煤矿存在问题进行技术诊断,提出解决办法和治理措施.其中,监督检查人员做到客观、公正,是杜绝小煤矿事故根源的重要保证.也可以借鉴现代公司制度中独立董事的做法,利用经验丰富的专业技术人员制度化地、客观地为地方小煤矿提供技术支撑,提高矿井生产的安全程度.

### 3.5 加强教育培训

由于过去多年来人才流失严重和近几年煤炭行业大规模发展,以及煤矿矿长、技术负责人、安全管理人员、特殊工种等培训和一般职工的技能培训常流于形式,我国许多小煤矿目前有能力的专业技术人才普遍严重缺乏,职工技能十分低下.因此,在加大小煤矿专业技术人才引进基础之上,政府应出台有关政策鼓励相关院校举办各类高质量的非学历教育的专业培训班,同时,强制小煤矿企业建立科学合理的职工培训制度和行之有效的运行机制.

### 3.6 严厉惩罚

长期以来,在短期的经济利益驱动下,小煤矿业主违规、非法组织生产,安全投入不到位,致使矿井生产安全事故频发.笔者认为,这种现象在很大程度上是由于对小煤矿安全事故的相关单位和个人的惩罚不严,警示作用小有关.因此,加大对小煤矿安全事故有关单位和个人的惩罚,包括严厉的经济手段、行政手段以及法律手段,以确保煤矿事故预防保障体系中各个环节切实发挥应有的作用,并随时通报惩处结果,引起社会舆论监督.从而保障小煤矿安全生产,减少安全事故的发生.

## 4 结 论

(1) 该地区小煤矿全年各类事故均有发生,量大面广,但具有典型的春末夏季事故频发的时间特征和顶板事故严重、瓦斯灾害危害大等的事故类型特征.

(2) 根据对该地区小煤矿事故发生原因的深入分析,构建了小煤矿事故三元致因模型.经济利益驱动是小煤矿事故频发的原始诱因;人的不安全行为,包括管理因素和职工素质等属于小煤矿事故频发的直接原因;自然条件、技术和装备等物的不安全状态属于小煤矿事故频发的间接原因.

(3) 小煤矿事故预防是一个复杂的安全系统工程.煤矿先进的生产工艺、技术和装备,应有先进的科学管理或约束机制作保证,才能取得安全、合理、经济的生产效果.提高矿井建设准入条件,提高生产技术和装备水平,完善煤矿生产安全管理制度和运行机制,加大安全生产监督管理力度,加强教育培训和严厉惩罚等在地方小煤矿事故预防保障体系中具有十分重要的作用.

### 参考文献:

- [1] 中华人民共和国煤炭工业部.煤炭工业企业职工伤亡事故报告和统计规定[M].北京:煤炭工业出版社,1995.  
Coal Ministry of the People's Republic of China. The report & statistical-regulations of the staff casualty-accident of the company in coal industry [M]. Beijing: China Coal Industry Publishing House, 1995.
- [2] 陈红.中国煤矿重大事故中的不安全行为研究[M].北京:科学出版社,2006.20~21.  
Chen Hong. The analysis of unsafe behavior of colliery fatal hazard accidents in China [M]. Beijing: Science Press, 2006.

- 20~21.
- [3] 朱红青, 陈国. 煤矿事故调查 [M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2002. 112~124.  
Zhu Hongqing, Chen Guo. Investigation of coal mine accidents [M]. Xuzhou: China University of Mining and Technology Press, 2002. 112~124.
- [4] 张胜强. 我国煤矿事故致因理论及预防对策研究 [D]. 杭州: 浙江大学, 2004. 6~7.  
Zhang Shengqiang. The study on our country's coal mine accident-causing theory and prevention countermeasures [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2004. 6~7.
- [5] 陈宝智. 安全原理 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 2002. 34~36.  
Chen Baozhi. Safety principle [M]. Beijing: Metallurgical Industry Press, 2002. 34~36.
- [6] 赵正宏, 许绛垣, 刘孝. 工业安全管理的实用事故模型及剖析 [J]. 劳动保护科学技术, 1999, 19 (3): 17~20.  
Zhao Zhenghong, Xu Jiangyuan, Liu Xiao. Analysis of industry safety management model [J]. Science and Technology of Labour Protection, 1999, 19 (3): 17~20.
- [7] 田水承, 李红霞, 王莉. 3类危险源与煤矿事故防治 [J]. 煤炭学报, 2006, 31 (6): 706~710.  
Tian Shuicheng, Li Hongxia, Wang Li. Three types hazard theory and prevention of coal mine accidents [J]. Journal of China Coal Society, 2006, 31 (6): 706~710.
- [8] 罗云, 吕海燕, 白福利. 事故分析预测与事故管理 [M]. 北京: 化学工业出版社, 安全科学与工程出版中心, 2006. 132~169.  
Luo Yun, Lu Haiyan, Bai Fuli. Analysis, prediction and management of accidents [M]. Beijing: Chemical Industry Press, Safety Science and Engineering Press, 2006. 132~169.
- [9] 曹树刚, 王艳平, 刘延保, 等. 基于危险源理论的煤矿瓦斯爆炸风险评估模型 [J]. 煤炭学报, 2006, 31 (4): 470~474.  
Cao Shugang, Wang Yanping, Liu Yanbao, et al. Risk assessment model of gas explosion in coalmine based on the hazard theory [J]. Journal of China Coal Society, 2006, 31 (4): 470~474.
- [10] 张力, 王以群, 邓志良. 复杂人-机系统中的人因失误 [J]. 中国安全科学学报, 1996, 6 (6): 35~38.  
Zhang Li, Wang Yiqun, Deng Zhiliang. Human errors in complex man-machine systems [J]. China Safety Science Journal, 1996, 6 (6): 35~38.
- [11] 何学秋. 安全工程学 [M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2000. 27~42.  
He Xueqiu. Safety engineering [M]. Xuzhou: China University of Mining and Technology Press, 2000. 27~42.
- [12] 魏引尚, 张俭让, 常心坦. 瓦斯爆炸的突变模型 [J]. 西安科技学院学报, 2002, 22 (3): 250~252.  
Wei Yinshang, Zhang Jianrang, Chang Xintan. Cusp model for fire damp explosion [J]. Journal of Xi'an University of Science and Technology, 2002, 22 (3): 250~252.
- [13] 田水承. 现代安全经济理论与实务 [M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2004. 22~30.  
Tian Shuicheng. Modern safety economy theory and practice [M]. Xuzhou: China University of Mining and Technology Press, 2004. 22~30.