

文章编号:0253-9993(2006)03-0320-04

# 影响我国煤矿安全的本质因素分析

孔留安<sup>1,2</sup>, 李 武<sup>2</sup>

(1. 北京科技大学 土木与环境工程学院, 北京 100083; 2. 河南理工大学, 河南 焦作 454003)

**摘 要:** 针对目前普遍将煤矿事故频发归因于管理问题的倾向, 采用对比分析和相关性分析等方法分别研究了管理、技术和装备等因素对煤矿安全的影响, 得出煤矿事故的发生与安全管理有关, 但诸如重特大煤矿瓦斯爆炸等安全问题的根本解决取决于技术和装备水平, 而非管理; 对灾害事故的发生机理和防治技术研究不够、装备的安全保障能力低是导致煤矿恶性事故多发的深层次原因. 最后提出并研究了技术、装备和人“三要素”之间的边际替代关系.

**关键词:** 安全管理; 技术; 装备; 边际替代率

**中图分类号:** X92      **文献标识码:** A

## Analysis of the intrinsic factors affecting coal mine safety

KONG Liu-an<sup>1,2</sup>, LI Wu<sup>2</sup>

(1. School of Civil and Environment Engineering, University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China; 2. Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454003, China)

**Abstract:** While weak management is popularly blamed for accidents frequently occurred in China's coal mines, an analysis on affection of such factors as management, techniques and facilities on coal mine safety was conducted, by using comparative analysis and relative analysis methods. The study indicates: safety management is closely related to coal mine accidents, however, the final solution to coal mine safety problems such as fatal coal mining gas explosion will primarily rely on techniques and facilities rather than management; low-level facilities, insufficient research on both basic theories of such disasters, and their prevention techniques, are the deep-rooted reasons for the high-rated accident occurrence in coal mines. Based on the conclusion thus drawn, the marginal substitution rate of such input factors such as techniques, facilities and man power was studied and put forward.

**Key words:** safety management; techniques; facilities; marginal substitution rate

反映煤矿安全状况的最重要指标是死亡人数和百万吨死亡率. 据统计<sup>[1]</sup>, 1994—2004年我国煤矿死亡人数和百万吨死亡率均呈下降走势(图1), 煤矿安全状况总体稳定, 并趋于好转.

然而, 近年来我国煤矿重特大事故仍频繁发生, 特别是2004年10月份以来, 郑州煤电集团大平煤矿、铜川矿务局陈家山煤矿、阜新矿业集团孙家湾煤矿和七台河集团东风煤矿先后发生特别重大瓦斯(煤尘)爆炸事故, 我国煤矿安全问题成为国内外广泛关注的焦点. 针对近期煤矿事故多发的安全生产形势, 普遍认为主要是由于管理缺陷、监管不力等因素引起的, 即将煤矿事故频发归因于管理问题. 然而, 随着我国《安全生产法》等一系列安全法律法规和政策的出台实施, 各级政府部门及煤矿企业均建立了

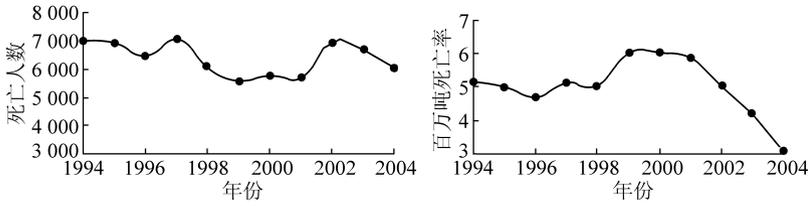


图1 煤矿死亡人数和百万吨死亡率变化趋势

Fig. 1 Variation of coal mine casualties and fatality rate

烈之势。人们把煤矿事故频发的原因归结为管理问题似乎有偏离“本质”之虞，因为这种认识大多是基于对事故进行分散的、统计的和彼此缺乏联系的事后归纳整理而得到的。笔者认为，重特大煤矿事故频发，在安全管理等表面原因的背后必然蕴藏着更深层次的事事故致因因素。

## 1 我国重特大煤矿事故中的管理因素分析

安全管理是贯彻执行国家和各级管理部门法律、法规和规章制度，消除事故隐患的重要手段，煤矿事故中常出现的管理缺陷有管理基础薄弱、安全机构不健全、人员配备不齐、责任疏忽、管理不到位等等<sup>[2]</sup>。以2005年孙家湾煤矿的“2·14”矿难为例，根据国家安全生产监督管理局授权并在其官方网站发布的辽宁省阜新矿业（集团）有限责任公司孙家湾煤矿海州立井“2·14”特别重大瓦斯爆炸事故调查报告<sup>[3]</sup>（简称“报告”），认为这是一起责任事故，引起该事故的直接原因是在海州立井3316风道瓦斯浓度超限的情况下，工人违章带电操作维修，产生电火花引起瓦斯爆炸的；间接原因主要有：① 矿井生产技术管理混乱；② “一通三防”、机电管理混乱；③ 劳动组织管理混乱；④ 井下安全管理混乱。

从表面上看，这起矿难似乎是由于管理不善造成的。然而，“报告”认为，直接原因中3316风道瓦斯浓度积聚超限是由于冲击地压造成的，不能准确预报预测冲击地压的发生，主要是由于我国目前尚未认识清楚冲击地压的发生规律，这属于安全技术层次的原因；间接原因中也存在诸如通风系统不完善、井下瓦斯传感器和地面瓦斯监控系统长时间存在故障、井下照明信号综合装置属于假冒产品等，这些是装备方面的不足。可见，事故中的技术、装备因素才是引发事故灾害的关键因素，而这些因素却难以依靠管理从根本上得以解决。

## 2 安全技术和装备水平对煤矿安全的影响

### 2.1 制约我国煤矿安全的技术问题

煤矿安全技术是揭示井下各种自然灾害的发生机理和发展变化规律，用于防治各种自然灾害的理论方法和应用技术<sup>[4]</sup>。近年来，我国在瓦斯赋存预测、瓦斯抽放技术、煤岩动力灾害（煤与瓦斯突出和冲击矿压）预测等方面取得了新的进展，但还存在许多亟待解决的重大技术问题，主要表现在：

(1) 对煤与瓦斯突出的发生机理等基础理论研究不够。在我国，煤炭开采属高危行业，为了预防煤矿事故的发生，前些年我国煤矿安全技术的研究工作主要集中在事故灾害防治措施方面，对诸如矿井瓦斯赋存、运移规律及煤与瓦斯突出发生机理认识不深，对煤与瓦斯突出等灾害仍停留在“假说”阶段，对冲击地压规律研究不够，导致灾害事故的防治技术措施单一，综合配套能力差和适应性差等。

(2) 煤矿矿井瓦斯抽放率相对较低，据统计<sup>[5]</sup>，我国目前的瓦斯抽放率仅为23%。我国高瓦斯突出煤层构造软煤发育、透气性低，煤层瓦斯抽放难度大，直接威胁着煤矿安全生产。

(3) 资源勘查、探测技术落后。受我国煤层赋存条件的影响，我国煤炭资源勘探程度较低，往往导致区域预测结果精度不能满足矿井生产实际要求，不能直接指导采掘作业。据统计<sup>[5]</sup>，我国煤炭资源中精查资源量占25%，详查资源量占17%，绝大部分为地质工作程度极低的普查找煤资源量。由于探测技术落后，对深部煤层赋存的瓦斯地质条件、水文地质情况和各种地质构造的特征掌握不清，导致大量安全

安全监察管理的责任约束机制，旨在彻底解决安全管理缺陷等问题，但这并未有效遏制煤矿事故尤其是重特大煤矿事故的频发，过去经常见诸中小型乡镇煤矿的矿难，现在已开始向国有大矿蔓延，从大平矿难到陈家山矿难以及孙家湾矿难，似乎还有愈演愈

技术,特别是瓦斯灾害防治技术无法直接应用或者适应性差等,煤炭资源无法安全开采。

## 2.2 制约我国煤矿安全的装备问题

我国煤矿95%以上为地下开采,自然灾害十分严重。煤矿生产装备是煤矿最基本的生产力要素,安全装备是防治煤矿事故的重要手段,但目前仍有许多装备存在适应性不强、可靠性差的问题。据统计<sup>[6]</sup>,2004年我国煤矿机械化程度平均仅为42%,其中有重点煤矿采煤机械化仅为81.5%,掘进综合机械化仅为15.03%,国有地方煤矿和乡镇煤矿机械化程度更低。图2为1990—2004年我国国有重点煤矿采煤机械化程度与事故指标的变化趋势。

由图2可看出,1990—2004年,国有重点煤矿采煤机械化程度稳步提高,但煤矿死亡人数和百万吨死亡率波动较大,特别是1999年来,煤矿死亡人数有较大涨幅,这表明近年来在煤矿生产过程中,机械化程度等反映装备水平的指标虽有所提高,但相对于我国煤炭产量大幅度增加以及地下开采仍以劳动密集型为主的现实来说,涨幅不大。地下开采人数多,过于集中,一旦发生事故,必然造成重大人员伤亡。

在煤矿安全装备方面,据统计<sup>[5]</sup>,我国目前仅国有煤矿安全欠帐高达500多亿元,其中45户重点监控企业安全欠帐197.4亿元,全国561处国有大中型矿井中有277处属于高瓦斯矿井,其中有154处未建立瓦斯抽放系统,有231处无安全监控系统,部分矿井的通风设备还是20世纪50年代的苏制产品。不少矿井没有安设防隔爆设施,即使配备了隔爆设施的矿井,设置的数量少,没有达到安全规程的要求。这同样也反映出我国煤矿装备落后,安全可靠差,必然构成煤矿重特大事故频发的“诱因”。

## 2.3 美国煤矿技术装备水平与事故率的相关性分析

美国的煤炭行业曾有着与我国相似的历史。20世纪30年代前,美国煤矿事故高发,最高年死亡人数达3200多人。进入50年代后,通过煤矿安全技术的系统研究和开发利用,煤矿安全状况迅速好转,20世纪60年代末百万吨死亡率降到0.5左右,90年代降至0.028,2000—2004年该项指标一直维持在0.03这个水平,煤矿行业已经全然成为全国最安全行业。图3为1986—1995年美国煤矿机械化程度与死亡人数和百万吨死亡率的相关关系<sup>[6]</sup>。

由图3可以看出,采煤机械化和死亡人数、百万吨死亡率均呈较明显的负相关关系,即新技术和装备的推广使用能大幅度降低煤矿安全事故:一是新技术的广泛采用,增强了煤矿开采的计划性和对安全隐患的预见性,这必将大幅度减少煤矿挖掘中的意外险情,也可以帮助制订救险预案;二是加大机械化和自动化采掘等设备的投入,提高了工作效率,减少了下井工人数量,直接有效地减少了易于遇险的人群。

根据前述分析可以看出,煤与瓦斯突出、瓦斯爆炸等灾害事故的发生机理和复杂条件下的瓦斯灾害防治技术等基础性和应用性技术难题是我国煤矿安全的瓶颈,装备水平的高低直接影响着煤矿事故死亡人数和百万吨死亡率。这些问题得不到彻底解决,我国煤矿安全状况很难发生根本改善。

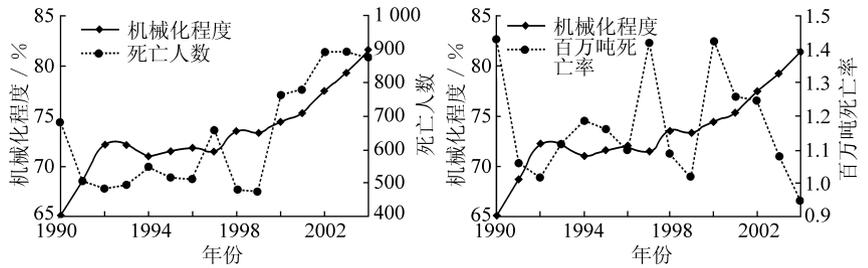


图2 我国国有重点煤矿采煤机械化程度与死亡人数和百万吨死亡率的变化趋势

Fig. 2 Variation of mining mechanization and fatalities, fatality rate

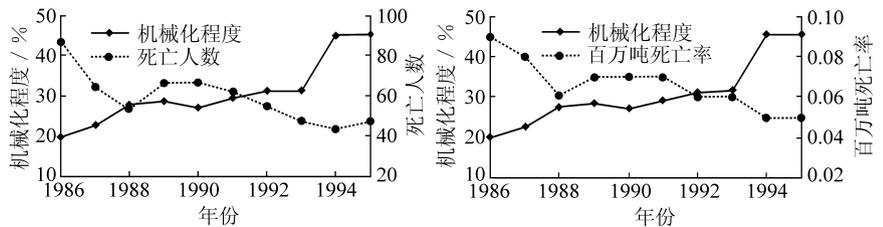


图3 美国采煤机械化程度与死亡人数和百万吨死亡率的变化趋势

Fig. 3 Variation of mining mechanization and fatalities, fatality rate in America

### 3 技术、装备和人“三要素”之间的边际替代关系

美国等发达国家的经验表明,安全科技工作是有有效防范各类事故、提高安全生产水平的决定性因素,煤矿生产由劳动密集型向技术装备型的转变是必然的.只有加强新技术研发以及生产和安全装备的更新使用,减少井下人员的数量,才能从根本上减少人员伤亡事故的发生.以下是研究技术和装备要素对人要素的可替代性.效用理论<sup>[7]</sup>认为,边际替代率是指在总效用水平不变的情况下,投入要素之间相互替代的比率.在煤炭生产过程中,各企业通过投入一定的技术、装备和人等生产要素,获得其所具备生产能力下相应的生产产量.其中人可作为生产中的劳力要素,装备可作为资本要素投入.研究表明,随知识经济的发展,技术作为除劳力和资本之外的企业生产不可缺少的生产要素成为必然<sup>[8,9]</sup>.因此,可将煤矿安全技术作为独立于劳力和资本要素之外的投入要素.经济学中的 Cobb - Douglas 生产函数常被用来解决投入产出过程中各生产要素之间替代性的问题<sup>[10]</sup>,由此可建立基于 Cobb - Douglas 生产函数的煤矿生产函数,即

$$Y = AL^{\alpha}K^{\beta}T^{\gamma} = F(X_1, X_2, X_3), \alpha = \frac{\partial Y}{\partial L} \frac{L}{Y}, \beta = \frac{\partial Y}{\partial K} \frac{K}{Y}, \gamma = \frac{\partial Y}{\partial T} \frac{T}{Y},$$

式中,  $Y$  为煤炭生产产量;  $A$  为大于 0 的常数;  $\alpha$  为产出对劳力的弹性函数;  $\beta$  为产出对资本的弹性参数;  $\gamma$  为产出对技术的弹性参数;  $X_1, X_2, X_3$  分别为技术、装备和人等投入要素.

上式中各投入的生产要素之间存在着替代性.假定在煤炭产量目标值一定的情况下,可以对上述函数求其全微分,得到

$$\frac{dX_1}{dX_3} = - \left( \frac{\partial F}{\partial X_2} \frac{dX_2}{dX_3} - \frac{\partial F}{\partial X_3} \right) \frac{\partial X_1}{\partial F}, \frac{dX_2}{dX_3} = - \left( \frac{\partial F}{\partial X_1} \frac{dX_1}{dX_3} - \frac{\partial F}{\partial X_3} \right) \frac{\partial X_2}{\partial F}.$$

根据文献 [7], 令  $M_{X_1, X_3} = |dX_1/dX_3|$ ,  $M_{X_2, X_3} = |dX_2/dX_3|$  分别表示在煤炭产量一定的情况下,技术和装备投入要素对人的要素的边际替代率.可见在煤矿生产过程中,技术、装备和人等“三要素”之间存在一定的替代关系,故可利用技术和装备对人的边际替代率,通过加强技术研发和装备改善来替代开采人员参与井下劳动,减少井下工人的数量,使得从根本上减少煤矿事故伤亡人数成为可能.

### 4 结 论

煤矿事故的发生与安全管理缺陷有关,但依靠加强安全管理无法解决引起事故的深层次问题.煤矿安全问题的根本解决要靠深化技术研究和提高装备水平;对瓦斯等灾害事故的发生机理等技术研究不够、装备的安全保障能力低是造成我国煤矿重特大事故频繁发生的深层次原因,必须引起高度重视,并尽快加以解决;在煤矿生产中,技术、装备等投入要素对人的要素有着边际替代关系,通过加强技术研发和装备投入,逐渐代替地下开采的人员数量,可作为降低煤矿事故死亡人数和百万吨死亡率的有效措施.

#### 参考文献:

- [1] 范维唐. 我国安全生产形势、差距和对策 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2003.
- [2] 刘照鹏. 煤矿事故人为失误分析及其防治对策 [J]. 工业安全与环保, 2003, 29 (9): 24 ~ 26.
- [3] 孙家湾煤矿海州立井“2·14”特别重大瓦斯爆炸事故调查报告 [EB/OL]. [http://www.chinasafety.gov.cn/zhengwuxinxi/2005-05/13/content\\_97016.htm](http://www.chinasafety.gov.cn/zhengwuxinxi/2005-05/13/content_97016.htm).
- [4] 郭建伟, 路金萍. 搞好安全技术工作, 确保煤矿安全生产 [J]. 煤矿安全, 2000 (9): 51 ~ 53.
- [5] 中国矿业年鉴编辑部. 中国矿业年鉴 [M]. 北京: 地震出版社, 2004.
- [6] 国家煤矿安全监察局. 中国煤炭工业年鉴 (2004) [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2005.
- [7] 蒋殿春. 高级微观经济学 [M]. 北京: 经济管理出版社, 2000.
- [8] 齐建国. 关于知识经济的几个问题的探讨 [J]. 数量经济技术经济研究, 1998 (9): 10 ~ 12.
- [9] 关忠良, 杨锡忠. 迎接知识经济时代的挑战 [J]. 数量经济技术经济研究, 1998 (9): 21 ~ 25.
- [10] 杨小凯. 数理经济学基础 [M]. 北京: 国防工业出版社, 1985.