

文章编号: 0253-9993(2008)12-1452-05

# 煤矿安全管理能力影响因素结构方程建模

刘铁忠, 李志祥

(北京理工大学 管理与经济学院, 北京 100081)

**摘要:** 以煤矿矿工的调查问卷为基础数据, 运用结构方程建立煤矿安全管理能力影响因素模型. 从调查问卷中提取“职工、班组、企业、环境”4层次20项影响因素建立模型, 以职工层次因素作为模型的内源潜变量, 以其它层次因素作为模型的外源潜变量. 依据模型给出的修改建议, 参照相关标准, 从因子负荷 $\lambda_y$ 和 $\lambda_x$ 、参数 $\beta$ 、路径系数 $\gamma$ 、外源潜变量协方差PSI矩阵、内源潜变量协方差PHI矩阵6个方面修正模型. 结果表明, “班组安全建设”和“领导班子重视”需要重点关注; “安全管理部门设置”和“法律法规与政策”有待改善; “工作责任心”和“心理素质”较敏感.

**关键词:** 煤矿; 安全管理能力; 影响因素; 结构方程

中图分类号: X92 文献标识码: A

## Affecting factors of safety management capability about coal mine based on structural equation model

LIU Tie-zhong, LI Zhi-xiang

(School of Management and Economics, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China)

**Abstract:** Structural equation model (SEM) was established to discuss the interaction between affecting factors of safety management capability (FSMC) about coal mine based on data acquired from questionnaire of at coal miner. The model was constructed with 20 factors extracted from questionnaire, which was classified into four layers: worker, team, firm and environment. The factors of worker layer were taken as endogenous latent variable of the model, the factors of team layer, firm layer, environment layer were taken as exogenous latent variable of the model. According to the modification indices acquired from the model, as well as the corresponding criterion, the model was modified through six steps: modifying factor loadings  $\lambda_y$  and  $\lambda_x$ , modifying parameters  $\beta$  and  $\gamma$ , testing covariance of exogenous latent variable PSI, testing covariance of endogenous latent variable PHI. The results show that the factors of “team safety construction” and “recognition of leading group” need to be paid more attention to; the factors of “setting of safety management departments” and “laws, regulations and policies” need to be improved further; the factors of “working responsibility” and “psychological quality” are more sensitive.

**Key words:** coal mine; safety management capability; affecting factors; structural equation model

2007年中国煤矿百万吨死亡率为1.48, 是美国同期水平的50倍<sup>[1]</sup>. 全国工矿企业伤亡事故中, 近一半由“违反劳动规程或劳动纪律”的原因所引起<sup>[2]</sup>. “三违”现象本质上是一种组织错误<sup>[3]</sup>, 是企业安全

收稿日期: 2008-08-10 责任编辑: 常琛

基金项目: 国家社会科学基金资助项目(07BJY080); 国防科技工业技术基础科研项目(B1720080600)

作者简介: 刘铁忠(1974—), 男, 黑龙江海伦人, 讲师, 博士. Tel: 010-68945643, E-mail: stone\_tie@bit.edu.cn

管理能力不足在个体行为上的体现。由于企业安全管理能力是企业安全系统中累积专有知识的集合<sup>[4]</sup>，组织学习可有针对性补充新知识以提高管理能力，所以通过组织学习提升企业安全管理能力。组织学习作用的发挥需要借助于企业内外各种因素<sup>[5]</sup>，从这些方面研究煤矿安全管理能力影响因素及相互关系，可以为当前煤矿安全生产面临的问题做出理论探索。

### 1 研究样本的选取

依据研究需要，选取中国产煤省份中产量排名第一的山西省和第五的山东省<sup>[6]</sup>作为抽样省。这两个省煤矿的安全管理体系相对完整，具有较高的研究价值；且中国主要煤矿大部分位于北部地区，这两个省具有地域上的代表性。

共发放调查问卷 1 300 份，回收有效问卷 999 份，问卷有效率 79.41%。采用 SPSS 软件分析问卷测量结果得到：① 克隆巴哈系数 (Cronbach's  $\alpha$ ) 为 0.914 ( $>0.7$ )，可知问卷测量结果具有较高信度<sup>[6]</sup>；② 累积贡献率 41.774% ( $>40%$ )，因子分析 KMO 为 0.977 ( $>0.5$ )，巴特利检验中  $P$  值为 0 ( $<0.001$ )，可知问卷具有较高效率<sup>[7]</sup>。

### 2 研究变量的设计

通过多次集体讨论及实地调研，形成包括 76 道题目的调查问卷。问卷题目依据含义分属不同的变量，从中提取 4 层 20 项影响因素做为研究变量<sup>[8-13]</sup>，见表 1。

表 1 企业安全管理能力影响因素  
Table 1 Affecting factors about FSMC

因素层次	因素名称	符号	因素层次	因素名称	符号
职工层次	操作习惯	$\eta_1$	企业层次	领导班子重视	$\xi_6$
	文化知识 with 操作技能	$\eta_2$		安全管理部门设置	$\xi_7$
	身体素质	$\eta_3$		安全管理制度	$\xi_8$
	心理素质	$\eta_4$		安全信息沟通	$\xi_9$
	工作责任心	$\eta_5$		管理人员安全素质	$\xi_{10}$
班组层次	班组安全建设	$\xi_1$	环境层次	法律法规与政策	$\xi_{11}$
	班组学习氛围	$\xi_2$		社会环境	$\xi_{12}$
	团结互助	$\xi_3$		企业安全文化	$\xi_{13}$
	班组荣誉感	$\xi_4$		安全工作环境	$\xi_{14}$
	班组长能力	$\xi_5$		安全设备设施	$\xi_{15}$

### 3 研究假设

企业安全管理能力是一种累积专有知识的集合。职工掌握的知识主要体现为隐性知识，班

组、企业、环境中的知识则更多体现为显性知识，对职工吸收隐性知识构成影响。由此令职工层次 5 项因素为安全管理能力内部因素，其他 3 个层次 15 项因素为外部因素。

#### 3.1 职工层次因素受其它因素影响的假设

**假设  $a_1$**  假设对操作习惯具有影响的因素包括：班组层次的班组安全建设、班组学习氛围、团结互助、班组荣誉感；企业层次的领导班子重视、安全管理制度；环境层次的法律法规与政策、社会环境、企业安全文化。

**假设  $a_2$**  假设对文化知识 with 操作技能具有影响的因素：班组层次的班组学习氛围、团结互助、班组长能力；企业层次的领导班子重视、安全管理制度、安全信息沟通；环境层次的社会环境、企业安全文化。

**假设  $a_3$**  假设对身体素质具有影响的因素包括：企业层次的领导班子重视、管理人员安全素质；环境层次的法律法规与政策、社会环境、企业安全文化、安全工作环境、安全设备设施。

**假设  $a_4$**  假设对心理素质具有影响的因素包括：班组层次的班组安全建设、团结互助、班组长能力；企业层次的领导班子重视、安全管理制度、安全信息沟通、管理人员安全素质；环境层次的法律法规与政策、社会环境、企业安全文化、安全工作环境、安全设备设施。

**假设  $a_5$**  假设对工作责任心具有影响的因素包括：班组层次的班组安全建设、班组荣誉感、班组长能力；企业层次的领导班子重视、安全管理部门设置合理性、安全管理制度、管理人员安全素质；环境层

次的法律法规与政策、社会环境、企业安全文化.

### 3.2 职工层次因素相互影响的假设

- 假设  $b_1$  假设职工操作习惯受文化知识与操作技能、心理素质、工作责任心的影响.
- 假设  $b_2$  假设文化知识 with 操作技能不受职工层次其它因素影响.
- 假设  $b_3$  假设心理素质受文化知识与操作技能的影响.
- 假设  $b_4$  假设工作责任心受文化知识与操作技能的影响.

## 4 建模与检验

### 4.1 模型的构建

依据研究对象的特点, 选取结构方程模型作为研究工具. 模型构建如下:

- ① 以职工层次 5 项因素作为内源潜变量, 其它 3 个层次 15 项因素作为外源潜变量;
- ② 利用调查问卷测量题目作为显变量  $y$  与  $x$ , 即内源潜变量与外源潜变量的测量变量;
- ③ 以调查问卷题目的协方差矩阵作为基础数据. 利用 LISREL 建模工具, 得到相应的模型, 如图 1 所示.

### 4.2 模型的检验与修正

依据相应检验标准<sup>[14-15]</sup>, 通过 6 个步骤对模型进行修正: ① 修正因子负荷  $\lambda_j$ ; ② 修正因子负荷  $\lambda_x$ ; ③ 修正参数  $\beta$ ; ④ 修正路径系数  $\gamma$ ; ⑤ 修正外源潜变量协方差 PSI; ⑥ 修正内源潜变量协方差 PHI. 在每个步骤中, 都要依据模型给出的修正建议进行修正, 并重新检验参数. 针对每个步骤不断重复这些过程, 直到模型参数满足标准需要. 修正后的参数见表 2.

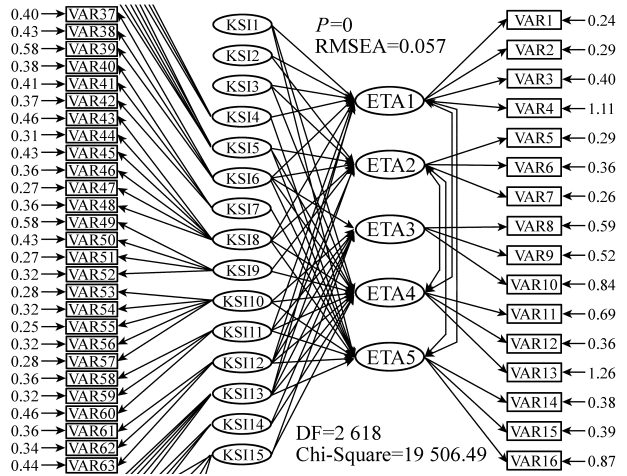


图 1 煤矿安全管理能力影响因素结构方程模型

Fig. 1 SEM of affecting factors of coal mine's FSMC

ETA—— $\eta$ , KSI—— $\xi$ , VAR——问卷题目;

左侧 60 个测量变量未全部显示出来

表 2 结构方程最终检验参数

Table 2 Final test parameters of SEM

Chi - Square	DF	P	GFI	NFI	NNFI	RFI	CFI	RMSEA
17 841. 69	2 641	0	0. 81	0. 98	0. 98	0. 98	0. 98	0. 054

注: Chi - Square 为卡方统计量; DF 为自由度; Chi - Square 与 DF 的比值越小表明假设模型与现实情况拟合越好;  $P$  为显著性水平值,  $P < 1$  表明模型拟合情况较好; GFI, NFI, NNFI, RFI, CFI, RMSEA 为各种拟合指数, 在大样本情况下 GFI, NFI, NNFI, RFI, CFI 大于 0.9, RMSEA  $< 0.08$ , 表明模型与数据拟合程度很好.

## 5 结果及分析

### 5.1 外源潜变量对内源潜变量的影响

外源潜变量对内源潜变量的影响见表 3, 由此可得如下结论:

(1) 假设  $a_1$  中外源潜变量  $\xi_3, \xi_4, \xi_8, \xi_{11}, \xi_{12}, \xi_{13}$  对内源潜变量  $\eta_1$  的影响均未获得支持; 外源潜变量  $\xi_2$  对内源潜变量  $\eta_1$  影响不显著; 外源潜变量  $\xi_1, \xi_6$  对内源潜变量  $\eta_1$  产生直接正向影响, 影响程度按排序先后减弱. 即强化班组安全建设和加强领导班子重视是形成良好的操作习惯的重要措施.

表 3 外源潜变量对内源潜变量的影响

Table 3 The influence of exogenous latent variable on endogenous latent variable

外源 潜变量	内源潜变量				
	$\eta_1$	$\eta_2$	$\eta_3$	$\eta_4$	$\eta_5$
$\xi_1$	8.524 1	7.082 9		3.735 2	9.358 4
$\xi_2$	0.193 9				
$\xi_3$		3.667 7			
$\xi_4$					8.972 8
$\xi_5$		0.578 7			-8.112 8
$\xi_6$	3.586 2		5.186 1	2.427 3	3.425 1
$\xi_7$					-3.531 3
$\xi_{11}$			-7.455 9		
$\xi_{13}$		2.357 7	8.877 7		
$\xi_{14}$				10.457 1	
$\xi_{15}$			0.693 1		

注：表中数字为影响关系的  $t$  检验值， $t > 2$  表示关系显著，表中未出现的变量关系表示该关系不被模型支持。

$\xi_{10}$ ,  $\xi_{11}$ ,  $\xi_{12}$ ,  $\xi_{13}$ ,  $\xi_{15}$  对内源潜变量  $\eta_4$  的影响均未获得支持；外源潜变量  $\xi_{14}$ ,  $\xi_1$ ,  $\xi_6$  对内源潜变量  $\eta_4$  产生直接正向影响，影响程度按 3 项排序先后依次减弱。即加强班组安全建设、改善安全工作环境、提高领导班子重视是强化职工心理素质的重要手段。

(5) 假设  $a_5$  中外源潜变量  $\xi_8$ ,  $\xi_{10}$ ,  $\xi_{11}$ ,  $\xi_{12}$ ,  $\xi_{13}$  对内源潜变量  $\eta_5$  的影响均未获得支持；外源潜变量  $\xi_1$ ,  $\xi_4$ ,  $\xi_6$  对内源潜变量  $\eta_5$  产生直接正向影响，影响程度按排序先后顺序减弱，外源潜变量  $\xi_5$ ,  $\xi_7$  对内源潜变量  $\eta_5$  产生直接反向影响。即强化班组安全建设、提高班组荣誉感、加强领导班子重视等可以提高职工的工作责任心，而班组长能力和安全管理部门设置两方面因素对提升职工工作责任心的作用尚有待改进。

### 5.2 内源潜变量的相互影响

内源潜变量相互影响见表 4，由此可得如下结论：

(1) 假设  $b_1$  中  $\eta_4$ ,  $\eta_5$  这 2 项内源潜变量对  $\eta_1$  的影响未得到支持。内源潜变量  $\eta_2$  对  $\eta_1$  的影响通过检验，即职工的文化知识与操作技能对改善其操作习惯具有积极作用。

(2) 假设  $b_2$  中  $\eta_2$  不受其它内源潜变量影响得到支持。即提高职工的文化知识与操作技能不能通过其自身的努力，必须借助于外部因素才能实现。

(3) 假设  $b_2$  中  $\eta_3$  不受其它内源潜变量的影响未得到支持。模型结果显示， $\eta_3$  受  $\eta_4$  的影响，且影响系数达 0.750 2。即职工的身体素质在一定程度上受其心理素质的影响。

(4) 假设  $b_3$  中  $\eta_4$  受  $\eta_2$  的影响得到支持，但模型显示该影响为直接反向影响。即职工的文化知识与操作技能在一定程度上对其心理素质构成影响。

(5) 假设  $b_4$  中  $\eta_5$  受  $\eta_2$  的影响得到支持，模型路径系数显示该影响系数仅为 0.129 8。即职工的工作责任心受到他的文化知识与操作技能的影响，但这种影响较小。

(2) 假设  $a_2$  中外源潜变量  $\xi_2$ ,  $\xi_6$ ,  $\xi_8$ ,  $\xi_9$ ,  $\xi_{13}$  对内源潜变量  $\eta_2$  的影响均未获得支持； $\xi_5$  对  $\eta_2$  影响不显著；外源潜变量  $\xi_1$ ,  $\xi_3$ ,  $\xi_{13}$  对内源潜变量  $\eta_2$  产生直接正向影响，影响程度按排序先后减弱。即加强班组安全建设、促进班组团结互助、强化企业安全文化等都可以增强职工的文化知识与操作技能。

(3) 假设  $a_3$  中外源潜变量  $\xi_{10}$ ,  $\xi_{11}$ ,  $\xi_{12}$ ,  $\xi_{14}$  对内源潜变量  $\eta_3$  的影响均未获得支持；外源潜变量  $\xi_{15}$  对内源潜变量  $\eta_3$  影响不显著；外源潜变量  $\xi_{13}$ ,  $\xi_6$  对内源潜变量  $\eta_3$  产生直接正向影响，影响程度按排序先后依次减弱，外源潜变量  $\xi_{11}$  对内源潜变量  $\eta_3$  产生直接反向影响。即强化企业安全文化、加强领导班子重视等措施是改善职工身体素质的重要手段，但当前法律法规与政策对职工身体素质关注不够。

(4) 假设  $a_4$  中外源潜变量  $\xi_3$ ,  $\xi_5$ ,  $\xi_8$ ,  $\xi_9$ ,

表 4 内源潜变量的相互影响

Table 4 Interaction among endogenous latent variable

内源潜变量	$\eta_2$	$\eta_4$
$\eta_1$	3.173 8	
$\eta_3$		15.234 8
$\eta_4$	-2.617 2	
$\eta_5$	2.316 9	

注：表中数字含义同表 3。

## 6 结 论

- (1) 搞好班组安全建设是煤矿安全管理能力的重点, 提升煤矿安全管理能力需要领导班子的重视;
- (2) 煤矿班组长能力有待提高, 煤矿安全管理部门设置有待改进, 煤矿安全相关的法律法规与政策也有待完善;
- (3) 职工的工作责任心和心理素质比较敏感, 容易受到各种影响而产生波动, 需要引起重视。

## 参考文献:

- [1] 陈红, 祁慧, 汪鸥, 等. 中国煤矿重大事故中故意违章行为影响因素结构方程模型研究 [J]. 系统工程理论与实践, 2008, 27 (8): 127-136.  
Chen Hong, Qi Hui, Wang Ou, et al. The research on the structural equation model of affecting factors of deliberate violation in coalmine fatal accidents in China [J]. Systems Engineering - Theory & Practice, 2008, 27 (8): 127-136.
- [2] 中国安全生产年鉴 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1999—2004.  
China's work safety yearbook [M]. Beijing: China Coal Industry Publishing House, 1999—2004.
- [3] 王二平. 人误研究的组织定向 [J]. 人类工效学, 1999, 5 (1): 44-47.  
Wang Erping. Organization orientation of human error research [J]. Chinese Ergonomics, 1999, 5 (1): 44-47.
- [4] 刘铁忠, 李志祥, 王梓薇, 等. 企业安全管理能力的概念、内涵与层次 [J]. 生产力研究, 2007 (14): 116-120.  
Liu Tiezhong, Li Zhixiang, Wang Ziwei, et al. Conception and connotation of firm's safety management capability [J]. Productivity Research, 2007 (14): 116-120.
- [5] William R King, T Rachel Chung, Mark H Haney. Knowledge management and organizational learning [J]. Omega, 2008, 36 (2): 167-172.
- [6] 毛节华, 许惠龙. 中国煤炭资源预测与评价 [M]. 北京: 科学出版社, 2001.  
Mao Jiehua, Xu Huilong. Prediction and assessment of Chinese coal mine resource [M]. Beijing: Science Press, 2001.
- [7] Karen Weber Cullen, Kathy Watson, Issa Zakeri. Relative reliability and validity of the block kids questionnaire among youth aged 10 to 17 years [J]. Journal of the American Dietetic Association, 2008, 108 (5): 862-866.
- [8] Pousette A, Larsson S, Törner M. Safety climate cross-validation, strength and prediction of safety behaviour [J]. Safety Science, 2008, 46 (3): 398-404.
- [9] Michael J Burke, Melinda L Scheuer, Rachel J Meredith. A dialogical approach to skill development: the case of safety skills [J]. Human Resource Management Review, 2007, 17 (2): 235-250.
- [10] Michael Baram, Markus Schoebel. Safety culture and behavioral change at the workplace [J]. Safety Science, 2007, 45 (6): 631-636.
- [11] Sorensen J N. Safety culture: a survey of the state-of-the-art [J]. Reliability Engineering & System Safety, 2002, 76 (2): 189-204.
- [12] David Laurence. Safety rules and regulations on mine sites—the problem and a solution [J]. Journal of Safety Research, 2005, 36 (1): 39-50.
- [13] Dianne Parker, Matthew Lawrie, Patrick Hudson. A framework for understanding the development of organizational safety culture [J]. Safety Science, 2006, 44 (6): 551-562.
- [14] 侯杰泰, 温忠麟, 成子娟. 结构方程模型及其应用 [M]. 北京: 教育科学出版社, 2005.  
Hou Jietai, Wen Zhonglin, Cheng Zijuan. Structural equation model and its application [M]. Beijing: Educational Science Publishing House, 2005.
- [15] Paul Barrett. Structural equation modeling: adjudging model fit [J]. Personality and Individual Differences, 2007, 42 (5): 815-824.