

中国煤矿重大瓦斯爆炸事故中的人因及度量

Human Factors and Measurements in Coalmine Fatal Gas Explosion Accidents in China

陈 红/CHEN Hong, 祁 慧/QI Hui, 谭 慧/TAN Hui

School of Management, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221008, Jiangsu Province, China

中国矿业大学管理学院,江苏徐州 221008

[摘要] 以中国煤矿 1980—2000 年 20 年间发生的 410 起重大瓦斯爆炸事故为研究对象,在系统研究事故致因中人因规律的基础上,对直接导致重大瓦斯爆炸事故的不安全行为进行系统分解与度量,形成了事故中特征性不安全行为规律的四分图,度量并分离出瓦斯爆炸中不同驱动性质的故意违章行为和管理失误行为。

[关键词] 安全管理,瓦斯爆炸,人因,四分图

[中图分类号] X928.01

[文献标识码] A

[文章编号] 1000-7857(2005)10-0041-04

Abstract : This paper chooses 410 coalmine fatal gas explosion accidents in China during the 20-year period from 1980 to 2000 and makes a system decomposition and measurement to the unsafe behaviors that directly cause fatal gas explosion accidents, basing on the systematic study on the human factor rules of the causes of accidents; the Four View chart of the characteristics and unsafe behavior rules of accidents is formed. The measurement and separation of the deliberate violation behaviors and management error behaviors, which are of different driving characteristics, offer us a brand-new view to further explore the unsafe behaviors of coalmine fatal gas explosion accidents and establish the research foundations.

Key Words : safety engineering, gas explosion, human factors, Four View

CLC Number : X928.01

Document Code : A

Article ID : 1000-7857(2005)10-0041-04

1 引言

近年来,中国煤矿重大瓦斯爆炸事故呈现多发趋势^{[1][7]}。矿井瓦斯爆炸事故一般都具有突发性强、危害性大的特点,一旦发生,不仅造成巨大经济损失,而且造成多人伤亡,甚至矿毁人亡,带来极为不良的政治影响和经济后果。虽然中国国有大中型煤矿企业在瓦斯防控安全技术装备方面已有长足改善,但从安徽芦岭矿难、陕西陈家山矿难、阜新孙家湾矿难等等发生在国有大中型煤矿中的重大瓦斯爆炸事故中不难看出,拥有现代化安全技术、

设施、装备并不是解决安全问题的“无忧剑”。虽然国内外学者在事故致因方面研究的论点几乎高度统一,即人因(个体与组织层面)成为事故中公认的首要、关键性因素^{[3][5][6]},但尚没有针对中国煤矿重大事故中人因的系统研究^[4]。

本文以中国煤矿 1980—2000 年 20 年间发生的 410 起重大瓦斯爆炸事故(本研究指死亡 1 人以上或经济损失重大)为研究对象,在系统研究事故致因中人因规律的基础上,对直接导致重大瓦斯爆炸事故的不安全行为进行系统分解与度量,形成事故中特

收稿日期:2005-06-14

基金项目:江苏省高校人文社科基金项目(03SJD630003)

作者简介:陈 红,女,江苏省徐州市潜山路中国矿业大学管理学院,副教授,博士生,研究方向为企业管理理论与方法、组织行为复杂性;E-mail: hongchenxz@163.com

主体,二者之和超过 90%,仓储和运输已成为物流的主要行业。运输费用与经济发展相适应,呈逐年上升趋势;仓储费用所占比重随经济发展不断下降,表明节约仓储费用已成为控制物流总支出、发掘物流潜力的主要方面。

参考文献(References)

- [1] Donald J Bowersox, David J Closs. Logistical Management: The Intergrated Supply Chain Process[M]. McGraw-Hill, 1998
- [2] Douglas M Lambert, James R Stock. Strategic Logistics Manage-

ment[M]. Homewood IL. Irwin, 1999

- [3] Tate, Karen. The Elements of a Successful Logistics Partnership [J]. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 1998
- [4] 李莉, 张建华. 物流产业发展与国民经济整体水平提升的相关性分析 [J]. *中国机械工程*, 2003, 14(10)
- [5] 李克宁. 谈物流成本与 GDP [J]. *中国流通经济*, 2002, (4): 11~13

(责任编辑 肖庆山)

征性不安全行为规律的四分图。

2 中国煤矿重大事故中的人因

根据我们对《中国煤炭事故暨专家点评集》^[2]中从 1980 年到 2000 年事故案例的全面分析提炼,中国煤矿 1980-2000 年 20 年间发生重大事故(本研究指死亡 1 人以上或经济损失重大)共 1 203 起,按事故类型分为 12 种,按致因统计如表 1。

从表中可以看出人因是重大煤矿事故的重要原因,故意违章和管理失误在人因中占绝对的比例。表中涉及几个概念,我们定义如下^[1]。

表 1 1980-2000 年中国煤矿重大事故致因比率

人因	瓦斯爆炸	瓦斯突出	瓦斯中毒、窒息	煤尘爆炸	火灾	水害	顶板	爆破	运输提升	机电	自身伤亡	其它	总计
故意违章	227	9	16	18	22	30	104	9	74	8	20	15	552
管理失误	153	28	44	6	12	110	118	12	13	12	9	23	540
缺陷设计	16	1	3	0	5	16	13	0	28	0	1	0	83
无意	14	5	1	0	1	1	4	0	0	0	1	1	28
事故总计	410	43	64	24	40	157	239	21	115	20	31	39	1 203
人因事故总计	369	38	63	24	39	156	235	21	115	20	30	38	1 175
人因事故比率(%)	96.59	88.37	98.44	100	97.50	99.36	98.33	100.00	100.00	100.00	96.77	97.44	97.67

1) 缺陷设计:本文指在建矿及建设采掘系统、通风系统、机电系统等相关生产环节设计中存在的缺陷,而这种缺陷是引发煤矿重大事故的主导原因,这类人因失误行为称为缺陷设计,在事故人因中我们称之为设计原因。这是一种表现在煤矿生产系统运作时间链上端的特殊人因,具有时滞性和系统性。

2) 故意违章:是指违反了有关安全规定(规章、规程、制度等),并可能直接导致事故发生的行为。分为失控违章(因行为人处于非正常状态而产生的违章行为);无意违章(行为人的状态正常,但因不懂有关的安全规定、不知道哪些行为是违章而产生的违章行为);有意违章(行为人的状态正常,明知是违章行为而仍违章)。本研究将失控违章和有意违章都称为故意违章。

3) 管理失误(指挥原因):指挥,在安全学中也称为管理和事故处置,由于管理环节或管理者个人管理决策和事故处置不当而引发重大事故的人因,本研究称为管理失误(指挥原因)。

4) 无意:除缺陷设计、故意违章、管理失误原因以外的导致事故的具有不可抗特征的引发事故的原因。

由上,1980-2000 年全国共发生重大瓦斯爆炸事故 410 起,人因事故高达 396 起,占总事故比率为 96.59%。瓦斯爆炸事故多发生在采煤工作面(109 起,占 26.58%)和掘进工作面(106 起,占 25.85%),共 215 起,占事故总计的 52.4%,总计死亡人数 7 777 人,危害极大。

3 中国煤矿重大瓦斯爆炸事故人因调查

为进一步明晰人因事故中不安全行为的发生机理,我们进行了针对性的问卷设计与调查研究。调查对象为煤矿企业或安全监察管理部门中对煤矿事故的发生有深刻了解和理解的安监人员、工程技术人员。

问卷涉及故意违章和管理失误两类重要煤矿重大事故中的不安全行为。

在调查中我们用个体不安全行为的行为效价(定义为个体由违章行为而可能获得的收益)和行为成本(定义为个体因违章行为而可能付出的代价)两个维度来描述故意违章的行为特征,其中个体的行为效价可分解为生理和心理效价、经济效价和时间效价,行为成本可分解为法规执行成本和危险压力成本;另用技术能力和责任意识两个维度来描述管理失误的行为特征。每一个维度分为 6 级,请填表人根据自己的专业认识和实践体验对不同类型

型事故中的不安全行为驱动因素(产生不安全行为的内在动机和原因)评出相应的等级,并判断各分解因素的权重。

3.1 故意违章行为的驱动因素分级说明

1) 生理和心理效价(0~5):这个因素是用来反映个体发生违章行为时与安全行为(比如安全行为需要付出额外的努力)相比较得到的生理和心理上的满足程度(比如避免麻烦、节省体力等)。0 表示违章行为可能带来的该项收益几乎为 0,依次递增到 5 表示违章行为能使个体获得极大的生理及心理满足。

2) 经济效价(0~5):表示个体的违章行为可以带来的经济性收益(因为简化程序加快了工作进度带来的奖金、先进等)。0 表示该违章行为不带来经济收益,依次递增到 5 表示个体违章可能带来极其明显的经济收益。

3) 时间效价(0~5):表示个体的不安全行为所带来的时间的节省。0 表示该违章行为不产生时间节省,依次递增到 5 表示该违章行为能使个体空闲时间明显增加。

4) 法规执行成本(0~5):衡量个体的违章行为可能受企业规章或法律法规处罚而需要承担的成本。比如违章行为可能受到不同程度的惩罚,有行政的、经济的甚至刑事的。0 表示该违章行为可能受到的惩罚力度极小,几乎为 0,依次递增到 5 表示该违章行为可能受到极其严重的惩罚,如判刑等。

5) 危险压力成本(0~5):表示个体违章时所考虑到的自身不安全行为对生命及健康的威胁程度。其中 0 表示通常没有或感受不到任何的危险压力成本(比如可能因为安全意识淡薄,根本不知道这样做是不安全的),依次增加到 5 表示能感受到极大的对生命及健康的威胁。

3.2 管理失误的驱动因素分级说明

1) 技术能力(0~5):0 表示此类事故几乎不可能是因为管理者不懂技术、判断失误造成的,依次递增到 5 表示此类事故(致因复杂)的发生极有可能是由于指挥者不具备相应技术知识而影响其做出正确判断。(技术能力包括矿井安全知识、矿井救灾知识等等)

2) 责任意识(0~5):没有责任意识主要表现在管理者重视生产忽视安全,片面追求效益目标,漠视工人的生命及健康;安全管理不谨慎,违章指挥蛮干;为节省经济成本减少必要的安全设备投入,不执行矿井安全的有关法律法规;没有安全意识,不对工人进行基本的工作及安全培训,等等。0 表示此类事故的发生几乎不可能是因为管理者没有责任意识而导致,依次递增到 5 表示此类事故是由于管理者极其没有责任意识而导致。

3.3 中国煤矿重大瓦斯爆炸事故人因调查问卷设计

问卷分为 3 部分。

第一部分为问卷说明,描述中国煤矿重大事故致因统计、不安全行为驱动因素分级说明与中国煤矿重大瓦斯爆炸事故特征规律。并根据统计分析给出引起瓦斯爆炸的火源分类:电火花、放炮产生的火花,吸烟,摩擦撞击产生火花,自然等。放炮火花主要是由于工人违章爆破造成的(包括简化放炮程序、明电明火放炮、不按规定填充炮泥等),电火花的产生原因主要有工人违章拆卸矿灯,擅自动用电器设备,电工带电作业,机电设备管理不严格(包括电缆明接头、电缆破损、不按规定使用电缆、乱拉电线、矿灯及其它电器开关失爆)。

第二部分针对由故意违章导致的重大瓦斯爆炸事故致因设计了若干问题,要求调查对象在所列违章行为中选出合适的驱动因素的等级,并且判断在每一类型的违章行为中行为效价和行为

成本的各分解因素所占的权重(总 100%)。涉及以下违章行为。
① 违章放炮:简化放炮程序(不执行“一炮三检”和“三人连锁”放炮制度)、明电放炮(直接用矿灯连雷管脚线)、多母线放炮、炮泥填充不实、用可燃性的煤粉填充炮眼、反向爆破、使用矿井禁止的岩石炸药爆破、一次装药多次放炮。② 吸烟。③ 电火花:拆卸矿灯、电工带电作业(带电检修电器、带电接电线)等。

第三部分针对由管理失误导致的重大瓦斯爆炸事故致因设计了若干问题,要求调查对象在所列违章行为中选出合适的驱动因素的等级,并且判断在每一类型的违章行为中行为效价和行为成本的各分解因素所占的权重(总 100%)。涉及以下违章行为。
① 机电管理混乱:电缆明接头(“鸡爪子”、“羊尾巴”现象)、电缆破损(不及时检查更换)、矿灯及其它机电设备的开关失爆(矿灯质量差,使用非防爆开关等)、乱拉电线(电线混乱,容易勾挂;拉接铝线代替电缆)。② 违章指挥蛮干(工作面无风仍不撤出人员)。③ 安全管理不力:火区没有管理(采空区和盲巷不及时处理和封闭)、井下乱放炸药雷管、机械设备摩擦、撞击产生火花等。

最后,要求填表人填写姓名、单位、职务、日期等统计要素。

4 中国煤矿重大瓦斯爆炸事故中不安全行为分级度量

此次问卷调查范围涉及徐州矿务集团、江苏天能集团、淮南矿业集团、淮北矿业集团、开滦精煤股份、山东里能集团、山东兖州煤业股份、皖北煤电集团、山西阳泉煤业集团公司等多家单位,80 位调查对象。其中,有安全副局长、煤矿矿长、安全副矿长、安监局总工程师、矿总工程师、安监处处长、安全副总工程师、通风区长、采煤区长、掘进区长、调度室主任、皮带区区长、安检员、安全工程师、采矿工程师、机电部部长、机电科长、安全督察员、安监部副部长、技术副总、生产科副科、安全科副科、地测中心工程师、一线技术员等,涵盖面广,具有典型性、代表性与权威性。共收回有效问卷 49 份,选取其中的 25 份(35 人填写)作为样卷进行数据整理。

4.1 瓦斯爆炸事故中故意违章行为的分级度量

4.1.1 故意违章行为度量分级的众数平均数

在 25 份样本问卷中统计分级的平均值,若采用简单的算术平均值,因填写问卷个体的主观原因可能有个别的数值奇异,而以 25 个样本量求算术平均值,难免会受到个别值的影响,从而影响了整体数据的有效性。本研究采用位置平均值(即众数)分析总体的一般水平。众数是指在被研究的现象中出现次数最多的标志值,即根据权数的影响作用,该标志值对总体平均水平的影响强度最大,可以利用它近似地反映总体的一般水平。

首先用 countif()函数求出选每一个等级的人数 N_{ij} ,令分级为 $A_j(j=0,1,2,3,4,5;j=1,2,3,4,5,6)$,每一个行为的效价和成本对应于 A_j 都有一个表示人数的值 N_{ij} ,即 I 为确定的值, N_{ij} 表示 25 个人当中有 N_{ij} 个人选择这一行为的效价或成本为 A_{j0} 。

表 2 中国煤矿重大瓦斯爆炸事故故意违章行为
众数平均数计算示例

I		A_j						众数 平均数
		N_{ij}	0	1	2	3	4	5
简化放 炮程序	生理和心理效价	0	5	6	10	3	1	2.625
	经济效价	6	6	9	2	2	0	1.143
	时间效价	0	1	3	4	7	10	4.588
	法规执行成本	0	4	4	4	9	4	3.200
	危险压力成本	1	4	9	5	4	2	2.357
吸烟	生理和心理效价	2	0	0	2	6	14	4.700
	经济效价	22	0	2	0	0	0	0.167
	时间效价	19	1	3	1	0	0	0.273
	危险压力成本	1	2	3	8	1	9	4.059
	法规执行成本	1	1	3	4	6	9	4.600

此时,对应每一个 I 值(分解的指标),选 $N_{ij}(i=1,2,\dots)$ 中最大两个数进行计算,即 $\sum (N_{ij} \cdot A_j) / \sum A_j$,据此计算中国煤矿重大事故中故意违章行为的分级。限于篇幅,下面以发生频次最多的两类违章行为(简化放炮程序、吸烟)为例,说明计算过程,见表 2。

4.1.2 故意违章行为效价、成本权重计算

根据调查对象对问卷中涉及的行为效价驱动因素权重、行为成本驱动因素权重的判断,我们仍采用众数统计法计算各驱动因素权重构成。在保证数据计算的科学性及合理性的前提下将权重进行了分组,分为 0~0.1,0.1~0.3,0.3~0.5,0.5~0.7,0.7~0.9,0.9~1,见表 3。

计算是采用众数统计的上限公式。限于篇幅,下面以发生频

表 3 中国煤矿重大瓦斯爆炸事故中故意违章行为
驱动因素的权重计算示例

驱动因素	权重	0~0.2	0.2~0.4	0.4~0.6	0.6~0.8	0.8~1	归一后 平均数	归一前 平均数
简化放 炮程序	生理和心理效价	2	13	8	12	0	0.336	0.300
	经济效价	12	9	4	0	0	0.112	0.100
	时间效价	0	5	13	4	3	0.553	0.494
	危险压力成本	0	4	14	6	1	0.448	0.500
	法规执行成本	1	3	10	11	0	0.552	0.617
吸烟	生理和心理效价	0	2	1	1	20	0.835	1.000
	经济效价	21	3	0	0	0	0.084	0.100
	时间效价	21	1	2	0	0	0.081	0.097
	危险压力成本	0	2	17	3	2	0.500	0.500
	法规执行成本	2	0	14	8	0	0.500	0.500

次最多的两类违章行为(简化放炮程序、吸烟)为例,说明计算过程。

4.1.3 中国煤矿重大瓦斯爆炸事故中故意违章行为度量

根据求出的故意违章行为效价和成本的分级与权重,对应相乘后得到每一种故意违章行为的行为效价和行为成本的度量指标值,见表 4。

由上,根据度量值我们可以清楚地看到,直接导致中国煤矿

表 4 中国煤矿重大瓦斯爆炸事故中
故意违章行为度量

瓦斯爆炸事故中的故意违章行为	事故发生频次	概率	行为效价	行为成本
简化放炮程序	61	61/410	3.54	2.82
明电明火放炮	21	21/410	2.15	4.07
多母线放炮	3	3/410	2.67	3.06
不按规定填充炮泥	21	21/410	2.64	3.64
反向爆破	2	1/205	1.30	3.23
使用岩石炸药爆破	4	2/205	3.14	3.71
一次装药多次放炮	6	3/205	2.92	2.98
吸烟	43	33/410	3.96	4.33
拆卸矿灯	16	8/205	1.37	3.58
带电作业	42	21/205	2.96	3.17
摩擦、撞击产生火花	15	3/82	2.50	4.00

重大瓦斯爆炸事故的故意违章行为在行为效价和行为成本两个维度上的分布。

4.2 瓦斯爆炸事故中管理失误行为的分级度量

4.2.1 管理失误行为度量分级的众数平均数

方法同于故意违章行为度量分级的众数平均数计算。限于篇幅,下面以发生频次最多的两类管理失误行为(电器设备失爆、违章指挥蛮干)为例,说明计算过程,见表 5。

4.2.2 中国煤矿重大瓦斯爆炸事故中管理失误行为度量

根据求出的管理失误行为驱动因素的众数平均数,可以得到每一种管理失误行为的度量指标值,见表 6。

由上,根据度量值我们可以清楚地看到,直接导致中国煤矿重大瓦斯爆炸事故的管理失误行为在技术能力和责任意识两个维度上的分布。

表5 中国煤矿重大瓦斯爆炸事故管理失误行为
众数平均数计算示例

I		A _j						众数 平均数
		N _{ij}	0	1	2	3	4	5
电气设备 失爆	技术能力	3	6	7	5	3	0	1.94
	责任意识	0	0	2	5	10	7	4.41
违章指挥 蛮干	技术能力	7	5	2	5	3	2	1.25
	责任意识	0	0	0	1	8	15	4.56

表6 中国煤矿重大瓦斯爆炸事故中管理失误行为度量

瓦斯爆炸事故中的管理失误行为	事故发生频次	概率	技术能力	责任意识
电缆明接头	19	17/410	1.05	4.44
电缆破损	14	7/205	1.38	4.38
电气设备失爆	48	24/205	1.94	4.41
乱接照明等电线	15	3/82	0.33	4.56
违章指挥蛮干	24	12/205	1.25	4.56
火区没有管理	11	11/410	2.00	4.76
火区没有管理	7	7/410	0.39	4.70

5 中国煤矿重大瓦斯爆炸事故中不安全行为四分图

5.1 故意违章行为

我们对直接导致重大瓦斯爆炸事故的故意违章行为从行为效价和行为成本两个维度加以度量,得出了令人兴奋的结果。为了更加直观地描述这种行为规律,利用表4的数据,我们采用四分图的形式加以反映,参见图1。

根据图1我们可以清楚地看到瓦斯爆炸事故中故意违章行

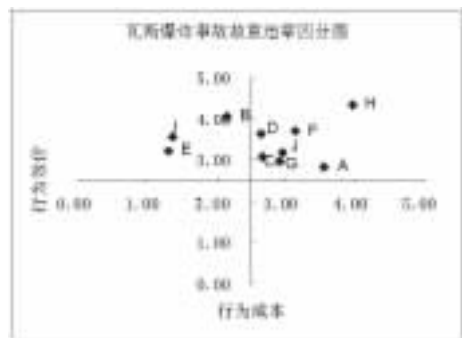


图1 中国煤矿重大瓦斯爆炸事故中故意违章行为四分图

A (3.54,2.82,61)——简化放炮程序;B (2.15,4.07,21)——明电明火放炮;C (2.67,3.06,3)——多母线放炮;D (2.64,3.06,21)——不按规定填充炮泥;E (1.30,3.23,2)——反向爆破;F (3.14,3.71,4)——使用岩石炸药爆破;G (2.92,2.98,6)——一次装药多次放炮;H (3.96,4.33,43)——吸烟;I (1.37,3.58,16)——拆卸矿灯;J (2.96,3.17,42)——带电作业

为趋势明显,主要集中在两类:高成本-高效价行为(第一象限),高成本-低效价行为(第二象限)。观察发生频次较高的故意违章行为,我们可以发现:简化放炮程序、不按规定填充炮泥、吸烟、带电作业属高成本-高效价行为;明电明火放炮、拆卸矿灯属高成本-低效价行为。

5.2 管理失误行为

同样,我们对直接导致重大瓦斯爆炸事故的管理失误行为从技术能力和责任意识两个维度加以度量,利用表6的数据,采用四分图的形式加以反映,参见图2。

根据图2我们可以清楚地看到:瓦斯爆炸事故中管理失误行为在技术能力和责任意识两个维度上同样具有明显的分布趋势,主要集中在第二象限,具有高责任意识-低技术能力的特征,即由管理失误导致的事故的发生几乎全都与管理者责任意识低下

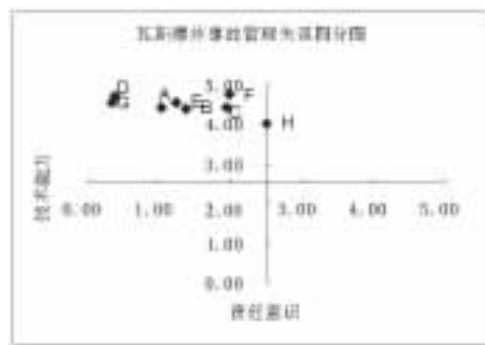


图2 中国煤矿重大瓦斯爆炸事故管理失误行为四分图

A (1.05,4.44,19)——电缆明接头;B (2.15,4.07,21)——电缆破损;C (1.94,4.41,48)——电气设备失爆;D (0.33,4.56,15)——乱接照明等电线;E (1.25,4.56,24)——违章指挥蛮干;F (2.00,4.57,11)——火区没有管理;G (0.39,4.70,7)——井下乱放雷管炸药;H (2.50,4.00,15)——摩擦、撞击产生火花;

有关,与管理者技术能力不足的相关性则很低。观察发生频次较高的管理失误行为,我们可以发现:电缆明接头、乱接照明等电线行为具有明显的玩忽职守特征。

6 结论

度量并分离出瓦斯爆炸中不同驱动性质的故意违章行为和管理失误行为对我们进一步研究煤矿重大瓦斯爆炸事故中的不安全行为问题显然提出了新的命题,具有重要的价值。

以上分析为我们进行事故控制提供了可靠而又明确的重要信息。首先,人因是中国煤矿重大瓦斯爆炸事故的主要致因,占到96.59%。文中对中国20年间重大煤矿瓦斯爆炸事故人因度量的分析结论是对煤矿事故研究的一个极具价值的补充。第二,从事故数据中系统获取信息并从行为效价与行为成本、技术能力与责任意识角度对不安全行为进行分析与测度,研究中国煤矿重大瓦斯爆炸事故中的行为特点,为我们真实把握中国煤矿重大事故中不安全行为特征要素提供了一个全新视角。清晰、系统地把握事故发生的特征规律有助于我们在事故防控管理方面做到心中有数、事半功倍。第三,文中探讨了瓦斯爆炸事故中故意违章行为和管理失误行为的四分图规律并得到相关研究结果。第四,基于行为效价与行为成本、技术能力与责任意识的系统性事故中人因研究的思路可以推广到其它类型事故的研究中。

参考文献(References)

- [1] 陈红,祁慧,谭慧.基于特征源与环境特征的中国煤矿重大瓦斯爆炸事故规律[J]. 中国矿业,2005,(3):64~72
- [2] 王捷帆,李文俊主编.煤炭事故暨专家点评集[M]. 北京:煤炭工业出版社,2001
- [3] Chen Hong. Science of Complexity and its Revelation on Study of Coal Mine Safety Behavior Problems. Progress in Safety Science and Technology (2004 ISSST)(VOL IV)[M], Science Press (Beijing/New York), 2004. 542~547
- [4] Chen Hong. Review of Researches on Coal-mine Accidents[M]. leem, 2005
- [5] 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. 18~19, 95~121
- [6] Heinrich H. Industrial Accident Prevention [M]. New York: McGraw-Hill (5th Ed.), 1980
- [7] 国家安全生产监督管理局.特重大事故案例选编[M]. 北京:煤炭工业出版社,2002. 223

(责任编辑 黄永明)