

煤矿瓦斯爆炸灾害事故的 MORT 分析

皮燕¹, 叶青^{1,2}, 王海珍¹

(1. 湖南科技大学 能源与安全工程学院, 湖南 湘潭 411201;
2. 湖南科技大学 煤矿安全开采技术湖南省重点实验室, 湖南 湘潭 411201)

摘要: 煤矿经常发生事故, 且瓦斯爆炸事故后果严重. 造成瓦斯爆炸的原因很多, 运用管理疏忽与危险树(MORT)分析方法, 对瓦斯爆炸造成煤矿灾害事故的管理与技术进行分析, 并建立 MORT 模型, 为煤矿企业预防安全事故、提高安全管理水平提供了更经济有效的方法和新的思路. 结果表明: 煤矿瓦斯爆炸发生的可能性与领导重视程度有很大程度的相关; 制定各种规章制度; 提高全员对危险因素的认识; 改善巷道的设计、瓦斯浓度的监测、通风系统的设计与布置; 控制火源等方法都能有效的防止瓦斯爆炸事故的发生.

关键词: MORT 方法; 安全管理; 瓦斯爆炸; 煤矿灾害事故

中图分类号: X928 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-9102(2014)03-0058-08

MORT analysis of coal mine gas explosion casualty

PI Yan¹, YE Qing^{1,2}, WANG Haizhen¹

(1. School of Energy and Safety Engineering, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, China;
2. Hunan Provincial Key Laboratory of Safe Mining Techniques of Coal Mines, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, China)

Abstract: It is well known that coal mine accidents occur frequently, and the gas explosion consequence is serious. There are a lot of reasons to cause the gas explosion. Using Management Oversight and Risk Tree to analyze the causes of coal mine gas explosion caused by the management of disasters and accidents, this paper establishes the MORT mode, in order to prevent accidents in coal mining disasters and provide a more economical and effective methods and new ideas for improving the safety management level. Results show that there is much correlation between the gas explosion and the emphasis of the leadership. Following methods, i. e. formulating rules and regulations, improving the whole members' awareness of risk factors, improving the design of roadway, the gas concentration monitoring, and the design and the arrangement of ventilation system, and controlling combustion source, can effectively prevent the gas explosion accidents.

Key words: Management Oversight and Risk Tree (MORT); security management; gas explosion; coal mine disasters

煤矿企业是我国安全生产事故后果最严重的行业. 在煤炭生产过程中的灾害类型众多, 瓦斯、火灾、粉尘、顶板和水等构成煤矿井下 5 大典型灾

害^[1]. 2011 年我国煤矿发生瓦斯事故 119 起、死亡 533 人. 文献表明^[2], 瓦斯煤尘爆炸事故是我国煤矿最严重的事故之一, 在重特大事故中, 瓦斯煤尘

爆炸事故的死亡人数已经多年占据首位。这暴露煤矿瓦斯爆炸灾害事故防治技术及管理方面存在一些问题。许多专家和学者对煤矿瓦斯灾害事故进行了大量的分析,并提出了相应的防治技术对策,同时许多专家和学者也从管理方面^[3]对煤矿瓦斯爆炸事故进行了分析,提出很多有效管理措施。众所周知,煤矿环境复杂,造成事故的原因多种多样,既有人因素也有物的因素、管理因素。通过现有资料分析发现,把技术因素、人的因素和管理因素综合有效地分析资料较少,因此利用MORT法^[4-8]从技术、人、管理疏忽方面系统地对企业进行分析,期望研究结果对煤矿瓦斯爆炸灾害事故防治有所裨益。

1 管理疏忽和危险树的基本原理

管理疏忽和危险树是一种应用事先设计好的系统化的逻辑树确定整个系统风险,进行安全分析评价的方法。它特别关注企业安全管理工作的疏忽、失误和管理系统的缺陷,因此对企业安全管理系统的评价、管理缺陷的改进有相当重要的作用。

2 煤矿瓦斯爆炸事故管理及技术因素分析

2.1 煤矿管理方面存在的问题

煤矿生产发展到当今现代化生产阶段,尤其是大型、特大型的煤矿企业的生产是以综合机械化采掘、生产集中、生产环节相互依赖性强、系统化管理与信息化与要求高素质人才的特点的。地质、瓦斯灾害变得更加复杂,相应的监测和管理手段很难有效地应对这些情况,存在技术与权力方面的滞后。煤炭企业生产人员是农民工、轮换工、合同工、协议工和临时工。这些人的文化水平不高,又未进行相应的专业技术培训,因此不能很好的适应高强度的集约化、机械化采煤作业^[9]。煤矿对职工的安全培训重视不够或培训不到位,职工安全与技术知识有限,从而使煤矿安全管理与灾害预防存在困难。现虽我国煤矿安全投入有所提高,但还不能满足生产安全需求,安

全设备和劳动保护及防护措施短缺,导致难以有效的预防和减轻灾害事故。

2.2 煤矿技术方面存在的问题

随着煤矿开采深度的加深,地应力、瓦斯压力急剧升高,瓦斯涌出量也随之急剧增加,很有可能导致瓦斯积聚和超限;高强度机械化采掘与集约化生产,会加重自然灾害的威胁和瓦斯爆炸灾害的威胁;采煤机、掘进机和胶带运输机等大功率的机电设备在生产时由于摩擦产生火花会引燃瓦斯,使爆炸的潜在危险性增大,以致瓦斯爆炸发生的概率增大。瓦斯爆炸事故后果严重威胁,并且由于在相当长的时间内,我国仍是以煤炭资源为主要能源。从煤矿降低安全生产成本、提高煤矿安全管理、加强煤矿安全监察等3个角度来看,都有必要进行新的瓦斯爆炸防治技术研究,以便为瓦斯爆炸灾害防治和控制提供理论指导和技术支持。

矿井瓦斯爆炸是一定浓度的瓦斯和一定浓度的氧气相互作用产生的剧烈氧化反应。井下瓦斯爆炸的发生必须具备3个条件^[10]:(1)瓦斯浓度处于爆炸极限范围内(5%~16%);(2)有足以能引爆瓦斯的火源,温度高于最低点燃温度,并且点燃时间长于感应期;(3)井下空气中氧含量大于12%。控制或消除3个条件之一就可以预防煤矿瓦斯事故的发生。但矿井下空气中氧气含量一般大于12%,生产要求,潜在的引火源有多,在加上巷道在地下通风不良,很容易导致瓦斯浓度超过瓦斯爆炸极限,因此矿井下导致瓦斯爆炸的条件易满足。

影响煤矿瓦斯爆炸的因素可分为内在影响因素和外在影响因素2方面。内在影响因素有瓦斯浓度、点火源、氧浓度;外在影响因素有巷道的尺寸、巷道构造形式、巷道中障碍物、巷道中煤尘。

3 MORT模型图及其使用

3.1 建立模型

根据煤矿现场实际情况,编制煤矿瓦斯爆炸事故基本事件表(表1),以建立如下MORT模型,如图1~图6。

表 1 煤矿瓦斯爆炸事故基本事件表

事件编号	事件名称	事件编号	事件名称	事件编号	事件名称
T	煤矿瓦斯爆炸	A ₁	管理系统疏忽与漏洞	A ₂	瓦斯爆炸已知危险
B ₁	管理系统不健全	B ₂	管理工作失误与差错	B ₃	外部影响因素
B ₄	内部影响因素	C ₁	规章制度不健全	C ₂	实施规章制度欠佳
C ₃	危险认识欠佳	C ₄	瓦斯浓度达到 5% ~ 16%	C ₅	火源
C ₆	瓦斯检测失误	C ₇	违章作业	C ₈	操作人员不了解规程
C ₉	处理工作失误	D ₁	三级教育制度不健全	D ₂	群众安全检查制度实施有误
D ₃	安全生产检查制度实施有误	D ₄	安全监察工作欠佳	D ₅	探头中毒
D ₆	瓦斯聚集	D ₇	电气起火	D ₈	放炮起火
D ₉	其他明火	D ₁₀	瓦斯监测员失职	D ₁₁	未掌握瓦斯分布情况
D ₁₂	安全检查工作欠佳	D ₁₃	事后救护工作欠佳	D ₁₄	隐患的整改工作失误
D ₁₅	预防瓦斯事故失误	E ₁	安监制度欠佳	E ₂	安全员水平有限
E ₃	瓦斯涌出	E ₄	通风不良	E ₅	检查工作不及时
E ₆	检查结果失误	E ₇	验收工作失误	E ₈	预防措施欠佳
F ₁	通风系统紊乱	F ₂	局部通风处理不当	F ₃	安监员自身条件不符
F ₄	安监员素质未加强	F ₅	验收人员无知	F ₆	通风系统缺陷
H ₁	风机停转	H ₂	培训时间不合理	H ₃	培训内容不合理
G ₁	培训欠佳	X ₁	未建立安全责任制	X ₂	未制定特殊情况下的安全技术措施
X ₃	安全管理部门与其他部门职责不明确	X ₄	作业规章编制失误	X ₅	奖罚制度不明确
X ₆	教育内容不当	X ₇	教育人员水平有限	X ₈	制度实施没有保障
X ₉	没实行三级安全教育	X ₁₀	安全教育走过场	X ₁₁	安全检查制度
X ₁₂	未建立安全检查制度	X ₁₃	安全检查制度不完善	X ₁₄	检查不全面
X ₁₅	检查规程编制有误	X ₁₆	安全员任务不清	X ₁₇	安全员权利不清
X ₁₈	对检查出的隐患未进行边查边改	X ₁₉	未建立例会制度	X ₂₀	没有日常调度制度
X ₂₁	未建立定期报告制度	X ₂₂	安全员权利有限	X ₂₃	安监部门职责不清
X ₂₄	实施规章制度欠佳	X ₂₅	文化程度不够	X ₂₆	身体素质不行
X ₂₇	责任心不强	X ₂₈	培训人员选定不妥	X ₂₉	培训时间太短
X ₃₀	只有近期培训无长期培训计划	X ₃₁	业务培训内容欠佳	X ₃₂	忽略职业道德培训
X ₃₃	培训计划不合实际	X ₃₄	未事先测量瓦斯浓度	X ₃₅	工人经验不足
X ₃₆	领导不重视	X ₃₇	检查表编制有误	X ₃₈	测定结果不准确
X ₃₉	未进行测定	X ₄₀	未制定定期检查制度	X ₄₁	未按要求配备检查员
X ₄₂	检查员任务不清	X ₄₃	检查员弄虚作假	X ₄₄	检查员技术不过关
X ₄₅	检查员未执行检查要求	X ₄₆	瓦斯监测仪失灵	X ₄₇	报警器失灵
X ₄₈	检测装置设置位置不当	X ₄₉	无瓦斯检测员	X ₅₀	空班漏检
X ₅₁	使用非矿用炸药	X ₅₂	井下吸烟	X ₅₃	带电检修
X ₅₄	违章带电作业	X ₅₅	未及时处理发现隐患	X ₅₆	违章在井下焊接
X ₅₇	擅自打开矿灯	X ₅₈	对安全不重视	X ₅₉	没认真贯彻作业规程
X ₆₀	无切实培训计划	X ₆₁	瓦斯监测仪报警 未及时采取措施	X ₆₂	没掌握瓦斯爆炸原理并适时采取有效措施
X ₆₃	未执行作业规程的正确规程	X ₆₄	安全岗位责任制不明确或没落实	X ₆₅	作业规程编制有误
X ₆₆	无切实验收制度	X ₆₇	以往此类事故的调查与处理不当	X ₆₈	救护方法不当
X ₆₉	没有急救措施	X ₇₀	缺乏救护工具	X ₇₁	缺乏抢救车辆
X ₇₂	医院抢救不利	X ₇₃	整改措施欠佳	X ₇₄	整改不及时
X ₇₅	没有按规定进行整改	X ₇₆	没有按规定验收	X ₇₇	验收人员责任心不强
X ₇₈	验收人员技术不过关	X ₇₉	验收人员弄虚作假	X ₈₀	未准确掌握煤层瓦斯分布情况
X ₈₁	风流短路	X ₈₂	风路阻塞	X ₈₃	设计风量过低
X ₈₄	巷道的尺寸	X ₈₅	巷道构造形式	X ₈₆	巷道障碍物
X ₈₇	巷道中煤尘	X ₈₈	氧气浓度大于 12%	X ₈₉	探头氧化
X ₉₀	煤尘包裹探头中毒	X ₉₁	地质构造	X ₉₂	采空区漏风
X ₉₃	老顶垮落	X ₉₄	系统漏风	X ₉₅	工作面串联通风
X ₉₆	风机故障	X ₉₇	违章误操作	X ₉₈	停电
X ₉₉	仪器设备漏电	X ₁₀₀	电缆破坏	X ₁₀₁	电路短路
X ₁₀₂	电焊	X ₁₀₃	带电检修	X ₁₀₄	违章放炮
X ₁₀₅	煤炭自燃	X ₁₀₆	摩擦碰撞火花	X ₁₀₇	静电

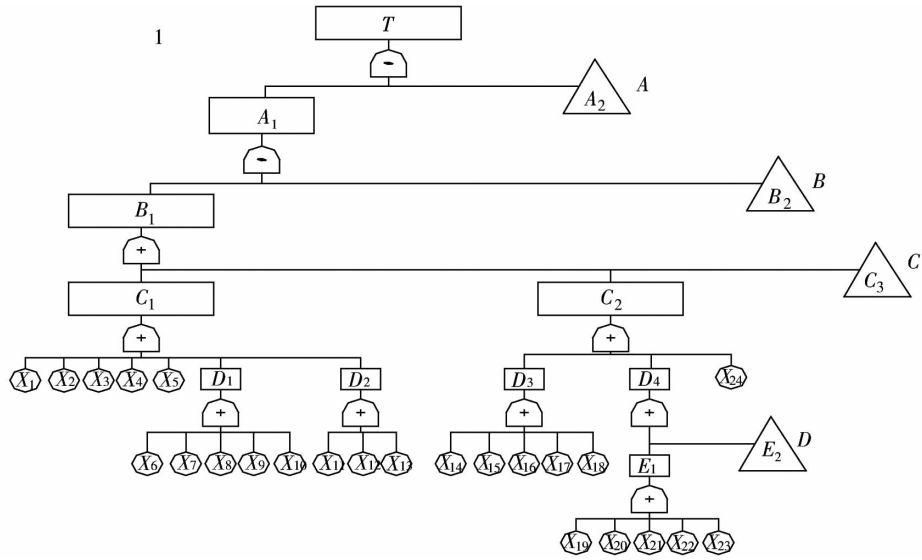


图1 煤矿瓦斯爆炸事故树

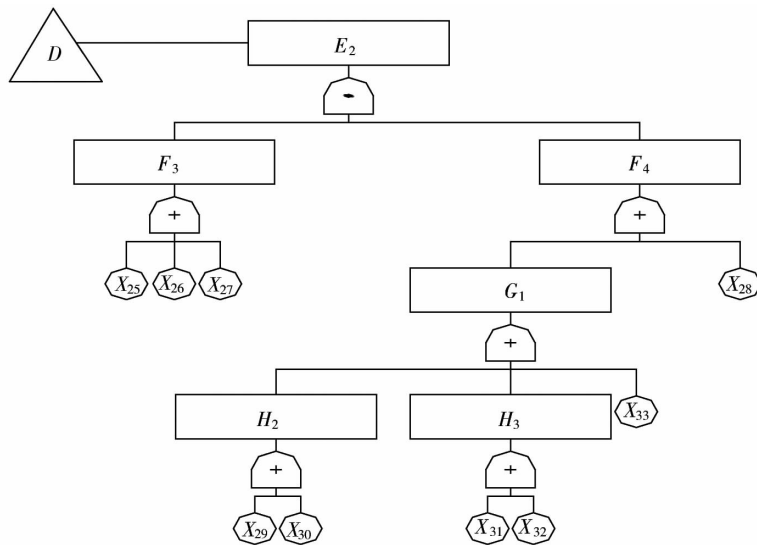


图2 煤矿瓦斯爆炸事故树

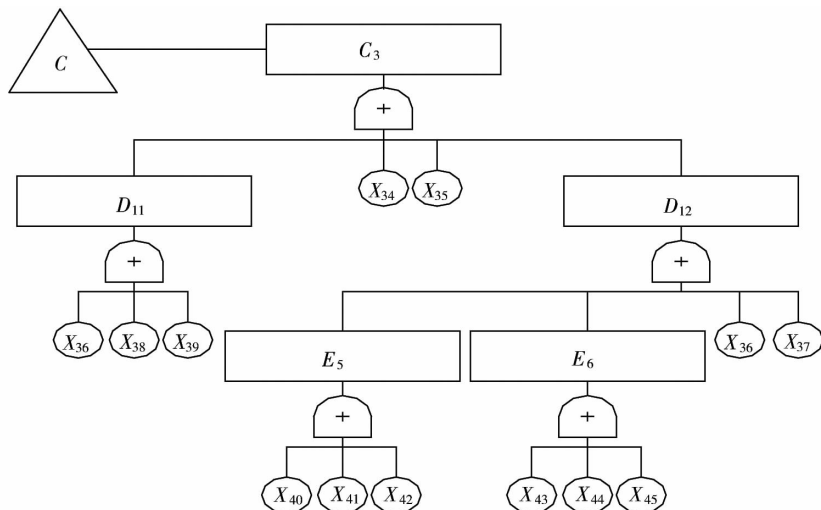


图3 煤矿瓦斯爆炸事

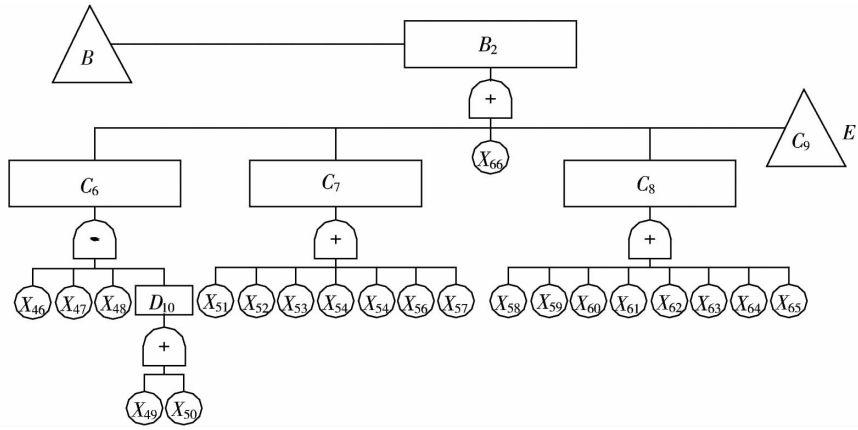


图4 煤矿瓦斯爆炸事故树

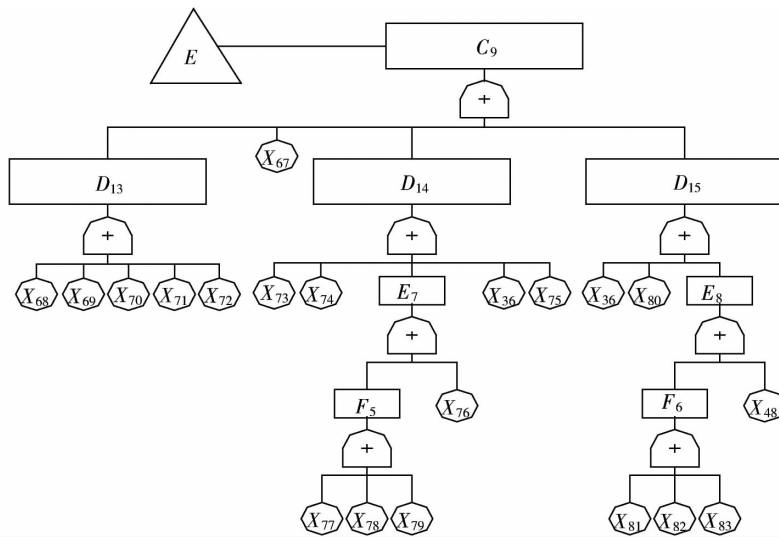


图5 煤矿瓦斯爆炸事故树

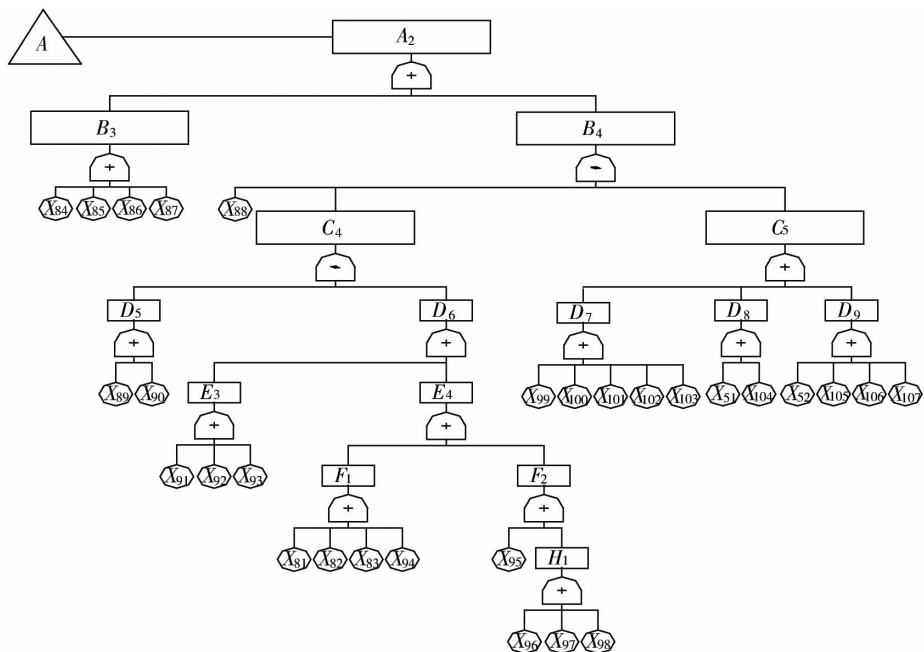


图6 煤矿瓦斯爆炸事故树

3.2 分析模型与对策预防

由图1~图6可见,为防止顶上事件发生,则要求 A_1 与 A_2 不发生。

3.2.1 预防 A_1 的发生

3.2.1.1 求最小径集

经布尔代数法计算的最小径集有3个。

$$P_1 = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_{13}, x_{14}, x_{15}, x_{16}, x_{17}, x_{18}, x_{19}, x_{20}, x_{21}, x_{22}, x_{23}, x_{24}, x_{25}, x_{26}, x_{27}, x_{34}, x_{35}, x_{36}, x_{37}, x_{38}, x_{39}, x_{40}, x_{41}, x_{42}, x_{43}, x_{44}, x_{45}\};$$

$$P_2 = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_{13}, x_{14}, x_{15}, x_{16}, x_{17}, x_{18}, x_{19}, x_{20}, x_{21}, x_{22}, x_{23}, x_{24}, x_{28}, x_{29}, x_{30}, x_{31}, x_{32}, x_{34}, x_{35}, x_{36}, x_{37}, x_{38}, x_{39}, x_{40}, x_{41}, x_{42}, x_{43}, x_{44}, x_{45}\};$$

$$P_3 = \{x_{36}, x_{48}, x_{51}, x_{52}, x_{53}, x_{54}, x_{55}, x_{56}, x_{57}, x_{58}, x_{59}, x_{60}, x_{61}, x_{62}, x_{63}, x_{64}, x_{65}, x_{66}, x_{67}, x_{68}, x_{69}, x_{70}, x_{71}, x_{72}, x_{73}, x_{74}, x_{75}, x_{76}, x_{77}, x_{78}, x_{79}, x_{80}, x_{81}, x_{82}, x_{83}\}.$$

3.2.1.2 结构重要度

从各基本事件在 P_i 中的分布可知:

因为 $I_{\varphi(1)}, I_{\varphi(2)}, I_{\varphi(3)} \dots I_{\varphi(24)}$ 和 $I_{\varphi(34)}, I_{\varphi(35)}, I_{\varphi(37)} \dots I_{\varphi(45)}$ 都均等地分布于 P_1, P_2 中,所以各基本事件结构重要度一样。

$$I_{\varphi(1)} = I_{\varphi(2)} = I_{\varphi(3)} = I_{\varphi(4)} = I_{\varphi(5)} = I_{\varphi(6)} = I_{\varphi(7)} = I_{\varphi(8)} = I_{\varphi(9)} = I_{\varphi(10)} = I_{\varphi(11)} = I_{\varphi(12)} = I_{\varphi(13)} = I_{\varphi(14)} = I_{\varphi(15)} = I_{\varphi(16)} = I_{\varphi(17)} = I_{\varphi(18)} = I_{\varphi(19)} = I_{\varphi(20)} = I_{\varphi(21)} = I_{\varphi(22)} = I_{\varphi(23)} = I_{\varphi(24)} = I_{\varphi(34)} = I_{\varphi(35)} = I_{\varphi(37)} = I_{\varphi(38)} = I_{\varphi(39)} = I_{\varphi(40)} = I_{\varphi(41)} = I_{\varphi(42)} = I_{\varphi(43)} = I_{\varphi(44)} = I_{\varphi(45)} = \frac{1}{3} \left(\frac{1}{39} + \frac{1}{41} \right) = 0.016\ 677\ 090;$$

$$I_{\varphi(36)} = \frac{1}{3} \left(\frac{1}{39} + \frac{1}{41} + \frac{1}{35} \right) = 0.262\ 008\ 994;$$

$$I_{\varphi(26)} = I_{\varphi(27)} = \frac{1}{3} \frac{1}{39} = 0.008\ 547\ 009;$$

$$I_{\varphi(28)} = I_{\varphi(29)} = I_{\varphi(30)} = I_{\varphi(31)} = I_{\varphi(32)} = \frac{1}{3} \frac{1}{41} = 0.008\ 130\ 081;$$

$$I_{\varphi(48)} = I_{\varphi(51)} = I_{\varphi(52)} = I_{\varphi(53)} = I_{\varphi(54)} = I_{\varphi(55)} = I_{\varphi(56)} = I_{\varphi(57)} = I_{\varphi(58)} = I_{\varphi(59)} = I_{\varphi(60)} = I_{\varphi(61)} = I_{\varphi(62)} = I_{\varphi(63)} = I_{\varphi(64)} = I_{\varphi(65)} = I_{\varphi(66)} = I_{\varphi(67)} = I_{\varphi(68)} = I_{\varphi(69)} = I_{\varphi(70)} = I_{\varphi(71)} = I_{\varphi(72)} = I_{\varphi(73)} = I_{\varphi(74)} = I_{\varphi(75)} = I_{\varphi(76)} = I_{\varphi(77)} = I_{\varphi(78)} = I_{\varphi(79)} =$$

$$I_{\varphi(80)} = I_{\varphi(81)} = I_{\varphi(82)} = I_{\varphi(83)} = \frac{1}{3} \frac{1}{35} = 0.009\ 523\ 810.$$

可得各基本事件结构重要度排序为

$$I_{\varphi(36)} > I_{\varphi(1)} = I_{\varphi(2)} = I_{\varphi(3)} = I_{\varphi(4)} = I_{\varphi(5)} = I_{\varphi(6)} = I_{\varphi(7)} = I_{\varphi(8)} = I_{\varphi(9)} = I_{\varphi(10)} = I_{\varphi(11)} = I_{\varphi(12)} = I_{\varphi(13)} = I_{\varphi(14)} = I_{\varphi(15)} = I_{\varphi(16)} = I_{\varphi(17)} = I_{\varphi(18)} = I_{\varphi(19)} = I_{\varphi(20)} = I_{\varphi(21)} = I_{\varphi(22)} = I_{\varphi(23)} = I_{\varphi(24)} = I_{\varphi(34)} = I_{\varphi(35)} = I_{\varphi(37)} = I_{\varphi(38)} = I_{\varphi(39)} = I_{\varphi(40)} = I_{\varphi(41)} = I_{\varphi(42)} = I_{\varphi(43)} = I_{\varphi(44)} = I_{\varphi(45)} > I_{\varphi(48)} = I_{\varphi(51)} = I_{\varphi(52)} = I_{\varphi(53)} = I_{\varphi(54)} = I_{\varphi(55)} = I_{\varphi(56)} = I_{\varphi(57)} = I_{\varphi(58)} = I_{\varphi(59)} = I_{\varphi(60)} = I_{\varphi(61)} = I_{\varphi(62)} = I_{\varphi(63)} = I_{\varphi(64)} = I_{\varphi(65)} = I_{\varphi(66)} = I_{\varphi(67)} = I_{\varphi(68)} = I_{\varphi(69)} = I_{\varphi(70)} = I_{\varphi(71)} = I_{\varphi(72)} = I_{\varphi(73)} = I_{\varphi(74)} = I_{\varphi(75)} = I_{\varphi(76)} = I_{\varphi(77)} = I_{\varphi(78)} = I_{\varphi(79)} = I_{\varphi(80)} = I_{\varphi(81)} = I_{\varphi(82)} = I_{\varphi(83)} > I_{\varphi(26)} = I_{\varphi(27)} > I_{\varphi(28)} = I_{\varphi(29)} = I_{\varphi(30)} = I_{\varphi(31)} = I_{\varphi(32)}.$$

3.2.1.3 原因分析

由于煤矿开采环境条件特殊,环境因素对人的因素影响较大.因此影响人的因素应心理、生理、知识、意识、环境、群体与组织6个方面进行分析^[7].

1)员工心理.煤矿开采条件恶劣,需要员工工作时注意力高度集中,而工作环境与生活环境因素的影响易导致员工心理状态波动,心理状态的波动在行为表现上导致注意力不集中,行为上失误。

2)员工生理.煤矿开采环境恶劣,生产任务繁重,工作同样时间,员工在采煤工作时比其他工种更加劳累.人一旦劳累,就会出现捷径心理,希望以最少的工作量达到工作任务.图省力、走捷径的心理往往会自动忽略必要的安全规定,不执行必要的安全措施与不设置必要的安全设备,导致不安全的行为的出现。

3)员工知识.煤矿生产的员工中很多是农民工,自我安全意识不高,因此对工作危险性认知没有强烈的欲望.知识程度决定安全知识理解能力,进行安全培训,但是培训内容不适合,最后出现只知其一,不知其二.当遇到危险因素时,不能将学到的安全知识运用于煤矿生产过程,用以防止事故发生。

4)员工意识.煤矿采煤人员受教育程度普遍较低,会出现:自我安全意识不高;个人利益高于群

体利益;责任意识低等.

5)工作环境. 煤矿开采环境恶劣,大部分煤矿在地层以下几百米,地层以下通风不良,照明条件难以达到舒适,空气湿热,设备开采时产生的噪音等都在挑战人适应环境的极限. 不良环境首先会在员工心理上产生压力,其次生产时对生理造成重大的影响. 超过人体负荷时,人无意识的做出不安全行为.

6)群体行为与组织行为. 人都是处于群体中,特定的群体有其特定的潜规则、文化、凝聚力. 煤矿企业中,生产群体文化程度普遍不高,安全意识低,少部分具有安全要求迫于群体压力要求,而做出不安全的行为.

煤矿企业管理层可分为基层管理行为、中层管理行为和高层管理行为. 领导重视与否对于企业的安全管理与安全规章制度的执行密切相关. 管理层对安全的不支持会缩减安全的经费支出,各项安全的活动大多不能进行. 人都有从众心理,尤其受上级的思想的影响.

3.2.1.4 预防对策措施

根据以上分析,结合现场实施的条件,可知领导重视是最重要的,其次各种制度的制定与实施也是非常重要的,在实施的过程中,实施人员的心理因素也很重要.

1)领导重视. 这是安全工作实施最重要的. 只有领导有安全的意识,才会要求员工在工作中有安全行为的意识并在工作中实践. 安全行为的形成,就要从提高员工对安全重要性的认识,并进行安全教育与培训考核;制定各项安全制度;安全设备的采购与运行,这一切都需要安全经费投入,有很大程度的决定性,即投入的高低与安全的落实而领导安全的意识的高低,则决定安全在生产工作中落实的程度.

2)制定各种规章制度. 制定各级安全岗位责任制,明确各人员的职责与权限;制定一般情况下的安全技术措施与特殊情况的安全技术措施,以防工作人员在遇到技术问题时,未及时解决,留下安全隐患;制定并学习、落实作业规程制度,规范生产过程中的不安全行为,防止人的不安全因素;定期进行3级安全教育制度,采取对不同的对象,安全培训学习的内容不同,并进行考核. 考核未通过者进行相应的惩罚措施,对于表现优秀者给予奖励.

3)落实制定的规章制度. 对于生产人员应落

实安全生产制度,对出现不安全的行为进行批评惩罚,对长期不改则进行再教育;安全人员落实安全生产检查制度并做好安全监察工作. 安全人员应按相应要求全面检查员工行为、环境的不安全因素、器械的工作状态,对隐患采取边查边改的原则,防止隐患遗留.

4)提高全员对危险因素的认识. 开采煤矿之前,应对煤矿瓦斯含量与分布情况进行监测,对周围环境的地质条件进行勘察,做好相应的应急预案;技术人员加强对技术方面安全问题的了解,并制定出相应的指导方案.

3.2.2 预防 A₂ 的发生

3.2.2.1 求最小径集

经布尔代数法计算的最小径集有 4 个.

$$P_4 = \{x_{84}, x_{85}, x_{86}, x_{87}, x_{88}\};$$

$$P_5 = \{x_{84}, x_{85}, x_{86}, x_{87}, x_{89}, x_{90}\};$$

$$P_6 = \{x_{81}, x_{82}, x_{83}, x_{84}, x_{85}, x_{86}, x_{87}, x_{91}, x_{92}, x_{92}, x_{93}, x_{94}, x_{95}, x_{96}, x_{97}, x_{98}\};$$

$$P_7 = \{x_{51}, x_{52}, x_{84}, x_{85}, x_{86}, x_{87}, x_{99}, x_{100}, x_{101}, x_{102}, x_{103}, x_{104}, x_{105}, x_{106}, x_{107}\}.$$

3.2.2.2 结构重要度

从各基本事件在 P_i 中的分布可知:

因为 I_{φ(84)}, I_{φ(85)}, I_{φ(86)}, I_{φ(87)} 均等地分布于 P₄, P₅, P₆, P₇ 中, 所以各基本事件结构重要度一样.

$$I_{\varphi(84)} = I_{\varphi(85)} = I_{\varphi(86)} = I_{\varphi(87)} = \frac{1}{4} \left(\frac{1}{5} + \frac{1}{6} + \frac{1}{16} + \frac{1}{15} \right) = 0.123\ 958\ 333;$$

$$I_{\varphi(88)} = \frac{1}{4} \frac{1}{5} = 0.05;$$

$$I_{\varphi(89)} = I_{\varphi(90)} = \frac{1}{4} \frac{1}{6} = 0.041\ 666\ 667;$$

$$I_{\varphi(81)} = I_{\varphi(82)} = I_{\varphi(83)} = I_{\varphi(91)} = I_{\varphi(92)} = I_{\varphi(93)} = I_{\varphi(94)} = I_{\varphi(95)} = I_{\varphi(96)} = I_{\varphi(97)} = I_{\varphi(98)} = \frac{1}{4} \frac{1}{15} = 0.016\ 666\ 667;$$

$$I_{\varphi(51)} = I_{\varphi(52)} = I_{\varphi(99)} = I_{\varphi(100)} = I_{\varphi(101)} = I_{\varphi(102)} = I_{\varphi(103)} = I_{\varphi(104)} = I_{\varphi(105)} = I_{\varphi(106)} = I_{\varphi(107)} = \frac{1}{4} \frac{1}{16} = 0.015\ 625.$$

可得各基本事件结构重要度排序为

$$I_{\varphi(84)} = I_{\varphi(85)} = I_{\varphi(86)} = I_{\varphi(87)} > I_{\varphi(88)} > I_{\varphi(89)} = I_{\varphi(90)} > I_{\varphi(81)} = I_{\varphi(82)} = I_{\varphi(83)} = I_{\varphi(91)} = I_{\varphi(92)} = I_{\varphi(93)} = I_{\varphi(94)} = I_{\varphi(95)} = I_{\varphi(96)} =$$

$$I_{\varphi(97)} = I_{\varphi(98)} > I_{\varphi(51)} = I_{\varphi(52)} = I_{\varphi(99)} = \\ I_{\varphi(100)} = I_{\varphi(101)} = I_{\varphi(102)} = I_{\varphi(103)} = I_{\varphi(104)} = \\ I_{\varphi(105)} = I_{\varphi(106)} = I_{\varphi(107)}.$$

3.2.2.3 原因分析

1) 巷道的设计. 巷道设计对矿井下通风、矿井下煤矿的开采有很大的影响. 巷道的设计是对煤矿开采的第一步,也是最重要的. 设计不良,则开采过程很可能导致矿井下通风不良,人员缺氧工作,人在非正常状态下会出现不安全的行为;巷道设计未根据实际地质情况,很有可能会诱发地层坍塌,发生自然灾害.

2) 瓦斯监测浓度. 瓦斯处于爆炸极限时,浓度范围5%~16%,遇火源发生爆炸;而高于16%时,瓦斯浓度高,会造成瓦斯突出,员工工作时,窒息死亡;随着通风性能加强,会使瓦斯浓度降低到瓦斯爆炸极限,遇触发因素时,发生爆炸死亡. 因此,矿井空气瓦斯含量应控制在5%以下. 瓦斯探头监测器监测瓦斯浓度,但煤矿工作环境恶劣,煤尘含量高,煤尘包裹探头,导致探头不能与空气良好的接触,测量瓦斯含量不准确;或长期未更换探头,探头置于空气中,被氧化,测量瓦斯含量不准确,而不能及时报警,采取措施控制瓦斯浓度.

3) 通风系统. 通风系统不良,空气中的瓦斯不能及时稀释,导致瓦斯的集聚. 通风系统的不良包括最初的设计到开采过程中巷道的布置、通风设备的采用规格. 通风设备风量不足或设备停机,会使巷道中的瓦斯集聚,达到爆炸极限.

4) 火源. 煤矿开采过程中,需要大量的电气设备与爆炸性物质. 在矿井特殊的环境条件(湿热)电气设备在使用过程中不可避免漏电,产生火源;电线在机械力的破坏下,电线受损,导致电线漏电. 放炮未按规定要求执行,放炮时产生火星和大量的热,瓦斯浓度一定时,很有可能点燃瓦斯,发生爆炸.

3.2.2.4 预防对策措施

1) 煤矿开采前,应积极勘察地形,对开采矿区进行安全预评价. 在煤矿通风设计阶段,要设计人员全面了解煤矿地形和矿井开采时通风要求,并运用相应软件对煤矿矿井通风系统进行通风模拟. 设置通风系统故障时应急预案,并配置应急电源,出现非常情况时,能够紧急救援. 通风系统应隔断设置风量监测仪,防止风路阻塞或短路.

2) 监测瓦斯探头应定期检查与更换,探头的

布置应根据风路与巷道布置合理,防止瓦斯在死角集聚.

3) 因煤矿发生事故后果相对严重,其中瓦斯爆炸特别容易造成严重事故后果. 电气设备漏电防护措施实施到位,但现场条件复杂,易受机械力破坏,致使防护措施受损,应对电路电缆进行定期检查与检测,及时对破坏的电缆进行更换. 放炮时,要通过安全人员与特殊人员检查以后批准,再进行放炮. 对于采购部门因未根据管理要求采购相应物品,违反给予相应的处罚.

4 结论

1) 领导对煤矿瓦斯爆炸事故的重视程度与预防事故有很大的关系,与此同时制定各种规章制度,通过各种知识活动提高全员对危险因素的认识,从技术方面改善巷道的设计、瓦斯浓度的监测来预防事故的发生.

2) 将技术方面多与管理方面相结合,使技术参数处于安全范围,器械设备处于安全的状态,能有效防止煤矿瓦斯事故的发生.

参考文献:

- [1] 李强,翟果红. 近五年来我国煤矿灾害事故及防治对策分析[J]. 煤炭现代化,2010(6):1-3.
- [2] 司荣军,王春秋,张延松,等. 瓦斯煤尘爆炸传播研究综述及展望[J]. 矿业安全与环保,2007,34(1):67-69.
- [3] 张景林,崔国璋. 安全系统工程[M]. 北京:煤炭工业出版社,2002.
- [4] 刘铁民,张兴凯,刘功智. 安全评价方法应用指南[M]. 北京:化学工业出版社,2005.
- [5] 吴穹,许开立. 安全管理学[M]. 北京:煤炭工业出版社,2002.
- [6] 田宏霞,吴穹,闻洪春. MORT方法量化模型探讨[J]. 安全与环境学报,2003,3(6):40-42.
- [7] 贾明涛,肖贵平,聂磊. 工业MORT模型及其量化初探[J]. 华北科技学院学报,2005,2(3):11-14.
- [8] 付金华. 基于MORT的航空维修工程调查系统的设计与实现[D]. 北京:中国民航大学,2008.
- [9] 李世明,彭担任. 搞好煤矿安全管理落实具体改革措施[J]. 煤炭工程,2005(10):79-80.
- [10] 叶青. 多孔金属材料对瓦斯爆炸传播抑制技术[C]//中国(淮南)煤矿瓦斯治理技术国际会议. 徐州:中国矿业大学出版社,2007.