

瓦斯爆炸事故行为原因分析及预防策略

殷文韬, 傅 贵

(中国矿业大学(北京)资源与安全工程学院, 北京 100083)

摘 要 为研究瓦斯爆炸的直接原因并得到一定的统计意义, 以 194 起事故案例为基础对导致瓦斯爆炸的直接原因(主要是不安全动作)进行了深入分析, 并对不安全动作进行命名和共性动作进行分类, 得到了 6 大类共 17 种导致瓦斯积聚的不安全共性动作, 并对这 17 种共性动作进行了统计分析; 得到了 8 种导致外因火源(电气火源除外)产生的不安全共性动作, 对这 8 种共性进行了统计分析。分析结果显示, 其中大多动作对工人的技术要求不高, 只要操作者具备较高的安全意识, 则这些不安全动作均可避免。最后, 基于主动预防的理念, 提出了事故预防行为安全培训、作业行为标准化、应用行为安全方法、不安全动作警示标志 4 种预防瓦斯爆炸的对策措施。

关键词 瓦斯爆炸; 事故行为; 不安全动作; 共性动作; 预防对策

中图分类号 TD712.72 **文献标识码** A **文章编号** 1006-6225(2013)06-0012-05

Action Cause Analysis of Methane Explosion Disaster and Prevention Tactics

YIN Wen-tao, FU Gui

(Resources & Safety Engineering School, China University of Mining & Technology (Beijing), Beijing 100013, China)

Abstract: In order to research direction cause of methane explosion and obtain statistic result, this paper deeply analyzed direct causes (mainly unsafe action) of 194 disaster cases and classified unsafe actions and common actions. 6 classes including 17 unsafe and common actions resulted in methane accumulation, and 8 unsafe common action resulted in external-cause fire (excluding electrical fire) were obtained. Results showed that higher safety consciousness, not technical ability, was needed to avoid these unsafe actions. Finally, based on active prevention idea, corresponding countermeasures including disaster prevention action safety training, working action standardization, application action safety method and unsafe action alert symbol were put forward for preventing methane explosion.

Key words: methane explosion; disaster action; unsafe action; common action; prevention countermeasure

根据 Heinrich^[1]、杜邦公司^[2]、美国国家安全管理委员会^[3]及我国相关研究成果^[4], 事故是由人的不安全动作及物的不安全状态所引起, 且超过 80% 的安全事故由人的不安全动作引起。因此, 要有效预防生产安全事故, 则研究、发现、分析、减少和消除人的不安全动作必不可少。

本文研究依据的科学原理是行为安全“2-4”模型^[5], 事故的直接、间接、根本原因和根源原因可以分别对应为不安全动作和不安全状态、安全知识意识和习惯、安全管理体系、安全文化, 如表 1 所示。其中, 本文研究内容主要是针对触发事故的第 1 个阶段, 即不安全动作。同时, 本文研究中所提出的共性动作是指根据动作形式和动作对象对各种不安全动作进行归纳后得到的同质不安全动作。

瓦斯爆炸在煤矿重特大事故中所占比例最

大^[6], 是我国煤矿企业重特大事故预防的首要类型。目前事故调查基本都依据《企业职工伤亡事故分类标准》(GB6441-1986)和《企业职工伤亡事故调查分析规则》(GB6442-1986)进行直接和间接原因的分析, 事故调查报告中并没有明确指出直接导致事故发生的不安全动作, 也没有指出解决哪些动作可以杜绝事故的发生。本文将针对上述问题, 利用统计分析和分类方法对瓦斯爆炸从瓦斯积聚和火源两个方面进行深入分析, 得出基于案例的引起瓦斯爆炸事故的直接原因, 最后从主动预防的角度进行了预控策略研究, 提出了可用于现有生产条件下的不安全动作预控对策。

1 不安全动作的析出提取

根据案例分析结果可知, 导致一起事故发生的 4 个阶段都存在可能不止一种的不安全因素^[7]。以

收稿日期 2013-07-09

基金项目 国家自然科学基金(51074167, 51204188); 中央高校基本科研业务费专项资金(2010YZ04); 2010 年度高等学校博士学科点专项科研基金(20100023110005)。

作者简介 殷文韬(1986-), 男, 安徽庐江人, 博士研究生, 主要从事矿山安全技术、安全管理、行为安全的研究。

表 1 行为安全“2-4 模型”^[9]

链条名称	发生、发展层面与阶段				发展结果
	第 1 层面 (组织)		第 2 层面 (个人)		
	第 1 阶段	第 2 阶段	第 3 阶段	第 4 阶段	
行为发展	指导行为	运行行为	习惯性行为	一次性行为	事故 损失
原因分类	根源原因	根本原因	间接原因	直接原因	事故 损失
事故致因链	安全文化 (9)	安全管理体系 (8)	安全知识 (5)	不安全动作 (3)	事故 损失 (2) (1)
		(含体系文件与运行过程)	安全意识 (6) 安全习惯 (7)	不安全物态 (4)	

一起瓦斯爆炸事故为例,分析事故发生直接原因即不安全动作的提取过程,其他事故分析过程类似。

根据文献 [8] 的描述,屯兰煤矿“2.22”瓦斯爆炸事故发生的直接原因是由于局部通风机安装在该矿的 12403 采煤工作面 1 号联络巷中,使得该联络巷压差小、通过风量少,处于微风或无风状态,致瓦斯积聚;该联络巷中电气开关失爆产生火花引起爆炸。从行为安全角度出发,从事故发生时间开始倒推事故的发生过程,得到结果如图 1 所示。从图 1 可以看出,这是一起典型的由不安全动作产生的不安全状态而引发事故的案例,可得出事故中的不安全动作是安装风机位置错误,涉及的工种为风机安装工。关于电气开关失爆,本起案例中没有动作引起失爆的描述分析,但通过分析认为,在巷道已经形成瓦斯积聚的情况下,应该对该巷道内所有非本质安全型的电气设备断开电源,未接通电源的电气设备是不会产生失爆的,因此该处不安全动作是未检查瓦斯浓度并断开电源,涉及的工种为瓦检员。而本起事故应吸取的教训其实就是任何作业中使用的巷道都不得无风作业。

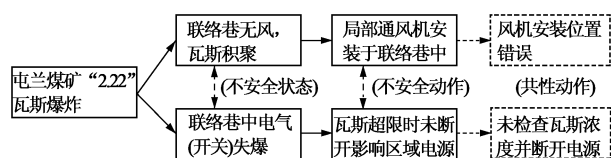


图 1 屯兰煤矿“2.22”瓦斯爆炸事故直接原因分析

利用互联网^[9]和公开刊物资料^[10]等手段主要对我国煤矿重大及特别重大瓦斯爆炸事故进行了统计分析和发生原因研究。本文总共收集、统计了 2000 年至 2009 年可用于综合分析使用的 194 起重特大瓦斯爆炸事故案例。

2 瓦斯爆炸不安全动作分析统计

瓦斯一般在同时具备 3 个条件时即可发生爆炸:爆炸极限浓度内(5%~16%)的瓦斯;引爆瓦斯火源;足够氧气供应。工人井下工作需氧,因此在分析瓦斯爆炸时通常不考虑氧气因素^[11],重

点分析瓦斯积聚与火源的产生。

2.1 瓦斯原因不安全动作分析统计

瓦斯作为一种赋存于煤体中的伴生气体,其在采掘过程中呈现出什么样的状态,与人的行为方式具有很大关系。而生产过程中如果对于瓦斯处理不当,则最通常出现的现象即是瓦斯积聚和瓦斯超限。应该说这两种现象都属于不安全状态,但通过分析事故后发现,造成这些现象的原因都是由于工作人员的不安全动作所导致。正是由于作业人员对于瓦斯相关知识的匮乏,使其对于如何发出和处理工作过程中的相关行为动作警惕性不够,安全意识不高,从而极易产生各种不安全动作,进而导致瓦斯积聚和瓦斯超限现象的发生。这为瓦斯爆炸事故的发生提供了先决条件。笔者从违章形式、违章对象、执行措施等方面分析了这 194 起事故案例,得到 6 大类共 17 种可引起瓦斯积聚的共性动作,具体如表 2 所示,并且还根据事故案例将 17 种共性动作按总数量进行了频数和比例的统计。

分析表 2 可知,导致瓦斯积聚的共性动作分布范围较广,从通风设施、风机投入、风机使用、巷道和通风管理等皆有涉及。通过统计发现,在各类可导致瓦斯积聚现象产生的原因中,每个动作发生的频率是不一样的,这与在井下日常作业过程中对象是否容易接触、动作是否容易发生密切相关。

由分析结果发现,导致瓦斯积聚的直接原因主要包括在 I, III, IV, VI 四大类中,其中发生较为频繁的 6 种主要的不安全动作按所占比例从高到低排列依次为:随意开停局部风机(27, 14.75%)、瓦斯检查操作错误(27, 14.75%)、排放瓦斯方法错误(19, 10.38%)、安装风机位置错误(18, 9.84%)、迎头风筒有效长度不够(18, 9.84%)、风门使用不当(14, 7.65%)。并且这 6 种不安全动作导致的瓦斯积聚累计超过总数的 67.21%,是工人在井下极易出现的不安全动作。可以看出,除瓦斯排放过程中的措施和方法外,这些动作对于工人在技术方面的要求不高,均是一些在井下随意操作或者知识不够等未引起足够重视而引发的事件。

表 2 瓦斯积聚共性动作种类及频数统计

类别	名称	共性动作	频数 / 次	比例 / %
I	通风设施操作错误	风门使用不当(是否设置,关闭与否)	14	7.65
		随意设置、拆卸风墙/障/帘与密闭	5	2.73
		迎头风筒有效长度不足(含脱节)	18	9.84
		密闭不严(采空区、盲巷)	10	5.46
II	风机的投入	矿井未安装主要通风机	2	1.09
		掘进工作面未安装局部通风机	8	4.37
III	局部风机的使用错误	随意开停局部风机(含私自停供电)	27	14.75
		安装风机位置(地点)错误	18	9.84
IV	通风管理措施错误	串联通风	13	7.10
		排放瓦斯措施与方法错误	19	10.38
		瓦斯浓度超限情况下强行放炮掘进	2	1.09
V	巷道管理操作错误	巷道高顶/孔洞处理错误	3	1.64
		井下进/回风巷道堵塞	6	3.28
		巷道贯通后未调整通风系统,风流短路	3	1.64
VI	采掘执行操作错误	未抽放煤体瓦斯直接采掘	3	1.64
		放炮最小抵抗线不足贯通瓦斯源	5	2.73
		瓦斯检查操作错误(含不作为)	27	14.75

只要操作人员具有一定的操作知识,主要是需要具备较高的安全意识,则完全可以避免这些在井下本不该发生的动作。

2.2 火源原因不安全动作分析

瓦斯爆炸火源按出现特点可分为内因火源、外因火源和其他火源^[2]。内因火源指煤炭及炸药在一定外界条件下自身发生了物理化学变化,产生并积聚热量发生自燃形成的火源。其他火源是指在已采(掘)过的地下空间中,由于煤炭回采等原因引起的顶板岩石掉落撞击底板岩石或岩层挤压形成的点火源。除此之外的其他类型火源可视为外因火源,主要分为电气操作火源和其他操作火源,此类火源可通过规范作业人员行为加以避免。电气操作火源主要是指由于电气失爆原因而导致产生的火花,一般由于操作设备不当或设备本身质量等原因所发生。

目前,存在诸多可导致产生电气失爆现象的不安全动作,本文不进行电气失爆的行为原因分析(该内容将作为专题另文讨论),主要讨论的是除电气火源以外的外因火源,即其他操作火源。194起瓦斯事故案例,外因火源引起的事故177起,占总事故起数的91.24%。其中59起(33.33%)是电气操作火源,118起(66.67%)属其他操作火源。其他操作火源从发生的数量上来看占总事故数量的60.82%,因此,避免该类火源产生对于瓦斯爆炸事故预防意义重大。笔者通过分析,得出了导

致其他操作火源产生的共性不安全动作主要包括8种,具体如图2所示,并且得出其频数分布。

表 3 其他操作火源共性动作种类与统计

共性不安全动作	频数 / 次	比例 / %
金属、煤岩撞击	5	4.24
蓄意制造明火	10	8.47
放炮操作错误	65	55.08
拆卸、敲打矿灯	13	11.02
带电搭接、检修	16	13.56
使用明接头工具	5	4.24
带电拖拽电缆	2	1.69
其他	2	1.69

由表3可知,“放炮操作错误”和“带电搭接、检修”2种不安全动作都是由特殊工种进行操作的,其对应的技术操作要求相对较高,分别对应于放炮员和电工,且所占事故比例较大,应引起煤矿企业管理人员的重点注意。另外,其他几种不安全动作是任何工种都有可能发生的,即井下所有作业人员都有可能出现的不安全动作,而且技术性要求不高,也多是由于安全意识不高,习惯性的不安全操作造成的。

3 预防瓦斯爆炸不安全动作控制对策

根据“事故三角形法则”,预防重特大瓦斯爆炸事故应当重视煤矿日常生产中的小事件,确切地说,就是预控生产作业过程和操作中的不安全动作。控制和消除不安全动作主要有2种途径:第1种是通过增加工人的知识、意识和习惯,进行主动预防性的控制;第2种,通过现场安排监察人员进行处罚型的控制,即被动监督与告知,但应用效果不甚理想。本文基于主动预防的理念提出4种可用于煤矿企业现有生产条件下的不安全动作对策。

(1) 事故预防行为安全培训 事故预防行为安全培训是以事故案例为基础、以纠正易导致事故发生的不安全动作为主要内容的培训。通过课题组的研究,认为事故预防行为安全培训可从三维动画不安全动作演示(重现)和虚拟现实^[3]安全动作训练两个方面进行。演示主要是以三维动画形式多角度、细致地将导致瓦斯爆炸事故发生的过程与不安全动作展现出来,使员工在观看事故过程时知其然,结合安全知识讲解不安全动作危害性时知其所以然;由于煤矿井下作业的特殊性,不可能在现实环境中进行预防瓦斯爆炸不安全动作训练,因而可借助计算机模拟真实环境进行虚拟现实安全动作的训练,让员工在安全培训时感觉身在作业现场。

员工行为安全培训需要经常进行,使员工对如

何作业能够保证安全的意识得到强化, 形成良好的安全作业习惯, 使在思想观念和日常作业上有效预防习惯性违章, 达到安全知识、意识和习惯增强的目的。

(2) 作业行为标准化 基于不安全动作在事故控制中的重要性, 为规范人员行为, 可通过结合事故案例、实践经验、法律法规等将相关员工作业行为标准化、定额化, 将安全生产标准化管理思想以标准化的作业行为形式进行表达来指导和改善员工的操作动作^[13]。在具体实施过程中, 作业行为标准化可通过以工作程序、动作标准和安全要点三部分为主要组成模块来进行内容的编制。工作程序是指将作业划分为小块工作单元, 得到具体的工作流程; 动作标准是指在各工作单元中操作的具体步骤及规定; 安全要点是对作业标准中操作安全的重点提示, 是以案例为基础对操作程序和操作动作中易致瓦斯积聚和点火源出现的危险动作具体提醒并表述完全。在实施过程中, 可使员工不仅能知道自己要怎么做, 更能清楚自己违章可能造成的后果, “迫使”员工在作业过程中对自身操作动作不断进行核查, 无形中调动了员工的积极主动性, 有助于员工的安全观念由“要我安全”向“我要安全”转变, 从而提高作业人员预防事故的能力。

通过将员工作业行为标准化, 可对员工易忽视和错误的操作动作予以提醒和纠正。长期执行后, 员工个人安全行为将不再依赖于管理人员, 从而在本质上实现对不安全动作的规避。另外, 在作业行为标准化应用过程中, 执行力对企业员工贯彻经营者战略意图和完成预定目标将起到十分关键作用。

(3) 应用行为安全方法 针对人的不安全动作矫正, 目前国外应用效果最好的就是行为安全方法^[14] (BBS, Behavior-based safety), 且已将其作为企业日常安全管理手段。行为安全方法最基本的研究内容就是研究如何改变和杜绝人的不安全动作, 提高个体安全知识、意识及习惯, 进而达到事故预防的目的。该方法作用原理是通过减少不安全动作以缩小事故三角形下部面积, 即通过“自下而上”的预防机制, 控制事故三角形顶部的严重事故不发生。通过对不安全行为的矫正, 可使工作人员的行为习惯实现如下变化: 无意识的不安全行为习惯变成有意识的、能够自我控制的不安全动作; 把有意识的、能够控制的不安全动作转变成有意识的、能自我控制的安全动作; 再把有意识的、可自我控制的安全动作变为无意识的安全习惯。

(4) 设置不安全动作警示标志 不安全动作

警示标志指的是可用于煤矿企业现场指导员工采取安全作业行为进而避免风险的一种特殊安全标识标志^[17], 可对员工起到引导教育和规范行为的作用, 可做为辅助措施使用。以“风门使用不当”动作为例, 针对此种隐患, 煤矿可在井下所有风门正面和背面都设置诸如“过风门后请立即关闭”等字样或图案的警示标志来提醒规范员工过风门的动作, 也可附上相关解读供员工学习。同理, 在其他设施上也可设置类似规范员工行为的标志。这样, 在风险的孕育阶段实现对触发危险源的安全警示, 避免触发危险源发生的条件, 可防范事故的发生。研究认为, 性别、学历对于安全标志认识率有显著影响, 年龄对于安全标志的认识率没有显著影响^[18]。因此, 针对我国煤矿实际和煤矿工人整体文化程度不高的现状, 不安全动作警示标识牌在内容和表现上要使员工易读、易懂, 并应置于较醒目且相关的位置。

4 结论

(1) 以行为安全模型“2-4”模型为基础, 对以 194 起瓦斯爆炸事故案例为样本, 分析得到了 6 大类共 17 种可导致瓦斯积聚的不安全动作, 其中发生较为频繁的 6 种主要的不安全动作为: 随意开停局部风机、瓦斯检查操作错误、排放瓦斯方法错误、安装风机位置错误、迎头风筒有效长度不够以及风门使用不当, 这 6 种不安全动作导致的瓦斯积聚累计超过总数的 67.2%, 是工人在井下极易出现的不安全动作。

(2) 得到了 8 种导致火花产生的不安全动作, 其中放炮员和电工引起的火花所占比例最大, 占到所分析事故总数的 68.64%, 其发生主要是由于安全知识不足导致的技术性动作控制缺欠。其他 6 种不安全动作总共占 31.36%, 是井下所有工种都有可能发生的通用不安全动作, 其发生主要是由于安全意识不高造成。

(3) 在结论 (1) 和 (2) 中所析出的不安全动作是引发瓦斯爆炸事故时出现频率较高的共性动作, 煤矿企业应在生产过程中予以高度重视。

(4) 提出了事故预防行为安全培训、作业行为标准化、应用行为安全方法、设置不安全动作警示标志 4 种基于煤矿企业现有生产条件下的不安全动作控制措施, 并对每种措施事故预防的原理进行了分析与阐述, 煤矿企业可根据现场实际情况选择使用, 且可根据需要将其推广应用到其他类型事故预防工作中。

参考文献

- [1] HEINRICH W H, PETERSON D, ROOS N. Industrial Accident Prevention [M]. 3rd ed. New York: mcGraw - Hill Book Company, 1988.
- [2] 车宏卿. 96% 的危险事故都可以避免——美国杜邦高管谈安全管理问题 [J]. 中国国情国力, 2003 (2): 57.
- [3] 傅 贵. 不安全行为纠正 [EB/OL]. http://www.chinasafety.gov.cn/zhuantibaodao/2006-05/16/content_167037.htm, 2008-10-26.
- [4] 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.
- [5] 傅 贵, 张 苏, 董继业, 等. 行为安全的理论实质与效果讨论 [J]. 中国安全科学学报, 2013, 23 (3): 150-154.
- [6] 国家煤矿安全监察局. 2011 年全国煤矿事故分析报告 [R]. 2012.
- [7] 傅 贵, 殷文韬, 董继业, 等. 行为安全“2-4”模型及其在煤矿安全管理中的应用 [J]. 煤炭学报, 2013, 38 (7): 1123-1129.
- [8] 孙继平. 屯兰煤矿“2.22”特别重大瓦斯爆炸事故原因及教训 [J]. 煤炭学报, 2010, 35 (1): 72-75.
- [9] 国家煤矿安全监察局事故查询系统 [EB/OL]. <http://media.chinasafety.gov.cn:8090/iSystem/shigumain.jsp>.
- [10] 刘建民, 李宝堂. 煤矿典型事故案例剖析 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2011.
- [11] 李润求, 施式亮. 煤矿瓦斯爆炸事故特征与耦合规律研究 [J]. 中国安全科学学报, 2010, 20 (2): 70-74.
- [12] 赵永光, 傅 贵. 煤矿火灾爆炸外因火源来源及预防方法研究 [J]. 安全, 2011 (11): 12-15.
- [13] A. P. Squelch. Virtual reality formine safety training in South Africa [J]. JOURNAL - SOUTH AFRICAN INSTITUTE OF MINING AND METALLURGY, 2001, 101 (4): 209-216.
- [14] 杨文旺, 傅 贵, 董继业, 等. 煤矿放炮事故不安全动作分析及解决对策 [J]. 煤矿安全, 2013, 44 (6): 230-232.
- [15] 关燕鹤, 黄 锐. 作业安全管理中人员行为规范化方法研究 [J]. 中国安全科学学报, 2012, 22 (12): 127-132.
- [16] 傅 贵. 推动行为安全学研究发展 [J]. 现代职业安全, 2011 (11): 42-45.
- [17] 胡祚程. 工程项目现场安全标志有效性评价 [J]. 中国安全科学学报, 2012, 22 (8): 37-42.
- [18] 杜鹏宏. 安全标志识别性研究 [D]. 北京: 首都经济贸易大学, 2007.

责任编辑: 邹正立

(上接 69 页)

工作面地表移动变形观测资料进行了拟合计算与分析, 得出以下结论:

(1) 获得了本区边界角、移动角等参数: 走向边界角 60.37° , 下山边界角 56.66° , 上山边界角 57.32° , 走向移动角 71.38° , 下山移动角 68.64° , 上山移动角 68.05° .

(2) 求得矿区动态移动参数: 超前影响角为 69.86° ; 最大下沉速度变化为 $88 \sim 142 \text{ mm/d}$, 最大下沉速度滞后角 87.5° ; 地表移动平均活跃期为 65d.

(3) 综合分析确定概率积分法预计参数: $q = 0.91$; $\tan\beta = 2.35$; $b = 0.28$; $\theta = 90^\circ - 0.55\alpha$; $S_{\text{走向}} = 25 \text{ m}$, $S_{\text{上山}} = 17 \text{ m}$, $S_{\text{下山}} = 30 \text{ m}$.

(上接 95 页)

有侧重: 业主方可充分发挥其掌握经营自主权、掌控资金和良好公共关系等优势做好矿井经营管理工作; 而承包方则充分发挥其生产管理和运行维护技能优势, 做好矿井的安全生产管理工作。

(5) 在双方的实际生产合作过程中, 天地开采的科研力量为石窑店煤矿提供了强大的技术支撑, 石窑店煤矿为天地开采提供了技术研发和成果转化平台, 实现了科研与生产企业间的优势互补, 共同推动产学研相结合, 促进煤炭行业的发展。

(6) 天地开采与石窑店煤矿生产运营承包项目的成功合作形成了一定的区域影响力, 为当地煤

参考文献

- [1] 晋城泽祥勘测测绘有限公司, 王台铺煤矿. 晋煤集团王台铺矿 15 号煤地表岩层移动观测报告 [C]. 2012.
- [2] 煤炭科学研究院北京开采研究所. 煤矿地表移动与覆岩破坏规律及其应用 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1981.
- [3] 国家煤炭局. 建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规程 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2000.
- [4] 田锦州. 开采沉陷智能化预计系统的研发 [J]. 矿山测量, 2012 (1).
- [5] 岳尊彩, 谭志祥, 于德亮, 等. 兴隆庄矿综放工作面地表沉陷规律实测研究 [J]. 煤矿开采, 2009, 14 (5): 33-36.
- [6] 成苏平. 成庄矿 2307 工作面地表移动规律研究 [J]. 科技情报开发与经济, 2007 (1).
- [7] 杜福荣. 浅埋煤层的覆岩破坏及地表移动规律的研究 [D]. 阜新: 辽宁工程技术大学, 2002.

责任编辑: 徐乃忠

炭企业的发展探索出了一条有益之路。

参考文献

- [1] 孔令标, 刘振江. 煤矿专业承包开采运营模式初探 [J]. 中国煤炭, 2010, 36 (09): 29-31.
- [2] 巨志召. 煤矿企业内部经济承包模式与分配方式管理探究 [J]. 现代商业, 2012 (30).
- [3] 张 宁. 纳林庙煤矿二号井生产模式的探讨 [J]. 煤炭科学技术, 2008, 12 (36): 108-109.
- [4] 何万盈, 张建峰, 宁 宇, 等. 依靠科技进步改造传统产业 [J]. 煤矿开采, 2004, 9 (1): 12-14.
- [5] 王敏捷, 苏日华, 郭牛喜. 浅析新建现代化洗煤厂的委托运营模式 [J]. 煤炭工程, 2012 (1).

责任编辑: 邹正立