

文章编号: 0253 - 9993 (2006) 06 - 0706 - 05

3 类危险源与煤矿事故防治

田水承¹, 李红霞², 王 莉¹

(1. 西安科技大学 能源学院, 陕西 西安 710054; 2. 西安科技大学 管理学院, 陕西 西安 710054)

摘 要: 运用现代安全科学的观点及事故致因理论, 基于事故案例调研, 简述了危险源理论的发展, 分析了危险源的结构、概念, 在提出第三类危险源研究的基础上, 探讨了 3 类危险源之间的关系及其事故致因机理模型; 进一步分析了煤矿事故的 3 类危险源, 指出煤矿事故的原因及对策; 认为应加强危险源基础理论的研究, 尤其要加强对煤矿第三类危险源的辨识和控制研究, 以期全面认识导致事故发生的各类危险源, 提高煤矿安全管理水平及事故防治水平。

关键词: 危险源; 第三类危险源; 煤矿事故控制; 事故致因; 安全科学

中图分类号: X93 **文献标识码:** A

Three types hazard theory and prevention of coal mine accidents

TAN Shui-cheng¹, LI Hong-xia², WANG Li¹

(1. School of Energy, Xi'an University of Science & Technology, Xi'an 710054, China; 2. School of Management, Xi'an University of Science & Technology, Xi'an 710054, China)

Abstract: Used points of modern safety science and accident-cause theory, introduced the third-hazard research, and simplified the development of hazard theory as well as the structure and the definition of hazard by researches of accident cases, and discussed the relation among three types hazard and the model of accident-cause theory; then analyzed three types of hazard in coalmine, pointed out the reasons of accidents and how to control accidents in coalmine. At last, believed that researches should be strengthened on basic hazard theory, especially the recognition and control of the third hazard, so as to recognize all types of hazard completely which would lead to accidents, at the same time, the level of safety management and the prevention in coalmine enterprises could be improved.

Key words: hazards; the third-hazard; coalmine accidents controlling; accident-cause; safety science

近年来, 我国各种事故尤其是煤矿事故呈现出总量多、重特大事故多、影响严重等特点。如 2004 年的陕西铜川陈家山煤矿瓦斯爆炸事故, 2005 年的广东梅州兴宁市大兴煤矿的透水事故, 黑龙江省龙煤集团七台河“11·27”特别重大瓦斯爆炸事故, 2006 年辽宁阜新“2·14”特别重大瓦斯爆炸事故等。这些事故无疑是与我国目前提出的“以人为本”的科学发展观不相符合的, 也严重影响到和谐社会的构建。

危险源的存在和不断产生以及未得到及时辨识和控制是事故不断发生的根源。现代工业生产系统越来越复杂, 含有许多设备、物质、人员和作业环境等要素, 而事故的发生, 往往是许多要素相互作用的结果。从这些发生在国有大中型煤矿中的重大瓦斯爆炸事故可以看出, 拥有先进的安全技术、设施、装备并不是打开安全之门的“万能钥匙”。国内外学者也公认在事故致因方面事故的基本原因是人因(个体与组织层面)。人既是工业事故中的受害者, 往往又是肇事者, 同时也是预防事故、搞好工业安全生产的生力军。在所有导致我国煤矿重大事故的直接原因中, 人因所占比率实际上高达 97.67%, 重大瓦斯爆炸事故

收稿日期: 2006-03-20

基金项目: 中国博士后科学基金资助项目(2003034462); 陕西省自然科学基金资助项目(2001C38); 陕西省教育厅基金资助项目(00JK214); 国家自然科学基金资助项目(70673079)

作者简介: 田水承(1964-), 男, 山东淄博人, 教授, 博士生导师。Tel: 029-85583891, E-mail: tian_sc@yahoo.com.cn

中的人因比率达 96.59%，对国有重点煤矿而言，人因事故比率占 89.02%^[1]。因此，除了继续加强对安全技术的攻关和投入外，还必须从广义安全管理的视角，考虑人及其所处的群体或组织因素对安全系统、事故所产生的作用。鉴于此，本文在提出第三类危险源研究的基础上^[2]，运用现代安全科学的观点和事故致因理论，基于事故案例调研，进一步深入探讨危险源的结构、概念与 3 类危险源三者之间的关系及其事故致因机理模型，指出煤矿中的 3 类危险源及煤矿事故发生的原因、对策，为煤矿事故的防治提供理论参考，以期提高工矿企业事故控制水平和安全管理水平。

1 危险源的系统结构与 2 类危险源理论

1.1 危险源的定义^[2]

迄今危险源的定义尚未完全统一。何学秋认为危险源是认识主体中产生和强化负效应的核心，是危险能量爆发点^[3]。Willie Hammer 定义危险源为可导致人员伤亡或物质损失事故的、潜在不安全因素。王广亮认为，重大危险源的重点在“源”，即导致事故发生的最基本的因素——危险物质。传统观点认为^[2]，重大事故隐患可理解为能导致重大伤害事故发生的人的不安全因素、物的不安全状态或管理上的缺陷。重大事故隐患和重大危险源的不同在于其涉及的范围不同，重大事故隐患的范围大，它包括了人、机、环境 3 个方面的不安全因素，因而它又可能存在于社会经济中的任何部门。重大危险源的范围小，主要针对其中的“物”，存在于工业生产中。本文对危险源的理解不仅涵盖了上述重大事故隐患/重大危险源的范畴，而且把“灾变信息”纳入了危险源的范畴。

危险源是（安全）认识对象中产生和强化负效应的核心，是危险物质、能量和灾变信息的爆发点。如社会在非正常时期，某一不良信息可能造成成员恐慌，引起社会动荡，我国“非典”期间、美国“9·11”之后，某些信息就很容易引起社会动荡和不稳定事件；个体处在非正常时期，某些不良信息也可造成个体行为失常、功能丧失甚至死亡，如某过喜过悲的消息对心脑血管病人造成严重影响甚至致其死亡。

1.2 危险源的系统结构

危险源本身具有系统性，即所谓的系统性危险。安全措施及事故预防也应是系统性的。案例研究及基于系统论的分析表明，危险源系统的结构涉及 4 个方面：危险物质和危险状态（结构）；安全硬支撑（技术及装备）；安全软支撑（组织因素）；环境因素。在环境因素稳定的情况下，可认为危险源系统的结构仅涉及前 3 个方面，其结构如图 1 所示^[4]。危险物质、危险结构与系统的安全保障体系是共存于一个客观系统之中的，是相互对立、相互制约的矛盾着的两个对立面。正是“矛与盾”在客观上的有机组合构成了一个动态变化的危险源系统结构。在系统的运行过程中，这一矛盾着的双方相互作用的结果决定了系统的危险性程度。正如安全的硬支撑存在风险需要控制一样，安全的软支撑——组织因素方面——也存在风险需要辨识、控制和管理。人的不安全行为、失误是组织人与物相互作用的结果，对这些因素控制的研究要坚持系统观点。要实现安全，不仅要依靠第一双手——安全技术、装备、新材料等硬件，更要依靠第二双手——安全管理、规章制度、立法等软件，尤其要重视运用第三双手——安全文化、哲学、氛围、约定俗成的准则、信念等^[5]。

1.3 2 类危险源理论

20 世纪 90 年代初，陈宝智等把危险源划分为两大类，即第一类危险源和第二类危险源。第一类危险源指系统中存在的、可能发生意外释放的能量或危险物质，实际工作中往往把产生能量的能量源或拥有能量的能量载体作为第一类危险源来处理。第二类危险源指导致约束、限制能量措施失效或破坏的各种不安全因素。该理论认为^[6]，一起事故的发生是 2 类危险源共同作用的结果。第一类危险源的存在是事故发生的前提，决定着事故后果的严重程度；第二类危险源的出现是第一类危险源导致事故的必要条件，决定着

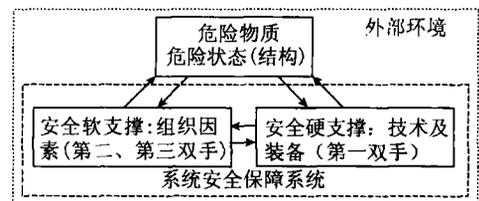


图 1 危险源构成

Fig. 1 The structure of hazards

事故发生的可能性大小. 2类危险源相互依存, 相辅相成, 共同决定危险源的危险性, 事故预防工作的重点是第二类危险源的控制问题.

2 第三类危险源研究及其在煤矿安全生产中的应用

2.1 第三类危险源及事故致因机理

在煤矿调研中, 笔者没有发现与人、组织的不安全行为无关的伤亡事故. 事故案例与安全研究表明: 一方面, 随着科技的发展, 设备的可靠性不断提高, 安全生产硬支撑总体上得到了较大的改善; 另一方面, 由于现代工业生产和组织的复杂性, 以及人在生理、心理、社会和精神等方面的特点, 存在较大的可塑性、不可靠性 (与机器相比) 和难控性, 更重要的是企业没有建立起完善而有效的安全生产自我约束机制. 因而, 需要分类区别繁杂多样的事故原因因素, 则有利于更加准确迅速地进行危险辨识, 更加科学有效地进行危险控制.

在充分吸收前人研究成果的基础上, 结合调查, 笔者认为可有如图 2所示的事故致因机理模型^[2]. 事故致因机理模型有两个主要特点: 一是强调防御失效 (含不设防、防御漏洞) 是所有工业伤亡事故发生的必要环节, 是事故根源和事故后果之间的中间环节, 突出强调的是防御对事故控制的重要性; 二是把组织不安全行为 / 失误列为第三类危险源, 试图使人们能更全面地认识不同类型的危险源. 3类危险源分别是指: 能量载体或危险物质, 即第一类危险源; 物的故障、物理性环境因素, 个体人失误, 即第二类危险源 (侧重安全设施等物的故障、物理性环境因素); 组织因素——不符合安全的组织因素 (组织程序、组织文化、规则、制度等), 即第三类危险源, 包含组织人 (不同于个体人) 不安全行为、失误等.

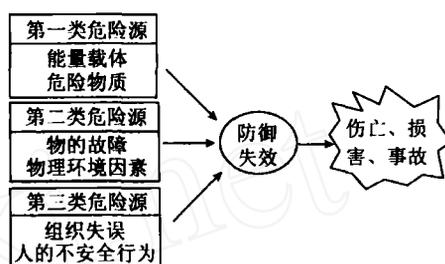


图 2 事故致因机理模型

Fig. 2 The model of accident-cause theory

3类危险源之间的关系. 第一类危险源是事故发生的 (物质性) 前提, 影响事故发生后果的严重程度; 第二类危险源是事故发生的触发条件; 第三类危险源是事故发生的本质根源, 是前两类, 尤其是第二类危险源的深层原因, 是事故发生的组织性前提. 例如安全的组织因素可使第一类危险源中的危险物质如炸药限量分组、分散储存, 或置于安全无人地带, 以减小其爆炸伤害、破坏的威力和造成的后果; 对煤矿而言, 可采用安全炸药以防引起瓦斯爆炸; 可使第二类危险源中的物、环境的不安全状态通过改变配置或协调维护而得以消除或控制. 反之, 不安全的组织因素则有利于形成具有重大危险性的危险源或事故, 不良的组织因素会使上述第一类、第二类危险源进一步恶化, 使事故后果扩大、严重化. 第三类危险源之所以重要: 容易被忽视; 直接能导致防御失效; 仅依靠企业组织本身力量难以确保其有能力或有主动性去积极辨识、控制和消除危险源. 第三类危险源在一定条件下, 甚至决定着第一、第二类危险源的危险等级和风险程度.

2.2 3类危险源间的关系

3类危险源之间有一定的关系. 第一类危险源是事故发生的 (物质性) 前提, 影响事故发生后果的严重程度; 第二类危险源是事故发生的触发条件; 第三类危险源是事故发生的本质根源, 是前两类, 尤其是第二类危险源的深层原因, 是事故发生的组织性前提. 例如安全的组织因素可使第一类危险源中的危险物质如炸药限量分组、分散储存, 或置于安全无人地带, 以减小其爆炸伤害、破坏的威力和造成的后果; 对煤矿而言, 可采用安全炸药以防引起瓦斯爆炸; 可使第二类危险源中的物、环境的不安全状态通过改变配置或协调维护而得以消除或控制. 反之, 不安全的组织因素则有利于形成具有重大危险性的危险源或事故, 不良的组织因素会使上述第一类、第二类危险源进一步恶化, 使事故后果扩大、严重化. 第三类危险源之所以重要: 容易被忽视; 直接能导致防御失效; 仅依靠企业组织本身力量难以确保其有能力或有主动性去积极辨识、控制和消除危险源. 第三类危险源在一定条件下, 甚至决定着第一、第二类危险源的危险等级和风险程度.

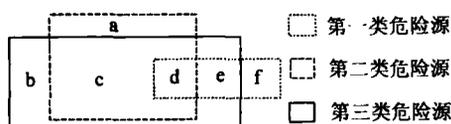


图 3 3类危险源之间的关系

Fig. 3 Relationship of three types of hazard

基于上述讨论, 可得出 3类危险源之间的关系, 如图 3所示^[2]. 在图 3中, 运用集合理论给出了 3类危险源之间的关系. 区域 a: 个体行为的不可完全控制, 可能发生个体事故 (偶发失误、仅涉及个体人的事故). 区域 b: 不发生事故, 虽然存在第三类危险源 (组织失误), 但无第一、第二类危险源的直接诱发因素. 区域 c: 可能发生个体事故. 区域 d: 可能发生组织事故 (除个体事故以外的事故, 例如矿井瓦斯爆炸事故). 区域 e: 可能发生组织事故. 区域 f: 可能发生自然灾害事故.

区域 a: 个体行为的不可完全控制, 可能发生个体事故 (偶发失误、仅涉及个体人的事故). 区域 b: 不发生事故, 虽然存在第三类危险源 (组织失误), 但无第一、第二类危险源的直接诱发因素. 区域 c: 可能发生个体事故. 区域 d: 可能发生组织事故 (除个体事故以外的事故, 例如矿井瓦斯爆炸事故). 区域 e: 可能发生组织事故. 区域 f: 可能发生自然灾害事故.

2.3 煤矿事故的 3类危险源分析

煤矿事故危险源分布范围广, 形式复杂多变, 具有隐蔽性和偶然性, 对其分级只能选择代表性因素. 整个煤矿生产系统中包括采煤系统、掘进系统、运输系统、提升系统、通风系统、供排水系统、供电系统

和原煤加工系统等子系统。针对每个子系统又有各种具体形式的 3 类危险源，仅举例如下。

第一类危险源是指能量载体或危险物质，如煤层瓦斯含量、瓦斯涌出量、引燃瓦斯的点火源，水、不稳定的岩体、炸药、火源、断层等地质因素、机电设备的失爆率等。这是事故发生的物质前提。第二类危险源包括物的故障、物理性环境因素，主要指对第一类危险物质的能量约束措施失效，以及个体人失误等，如瓦斯监控监测、预警系统失效或故障，此外还有采掘机、通风机、提升系统中的提升机、钢丝绳、提升容器等设备故障，电气控制系统仪器失灵，噪声条件，信号指示错误或未被个体正确使用，个体人的误操作等，都属于第二类危险源。这是事故发生的触发条件。第三类危险源是指组织管理因素，既包括行政命令管得到的，如规章制度的制定、管理层决策有效性、管理系统可靠性、员工配置（素质和数量）及培训、规程标准等的执行水平，还包括行政命令管不到的安全文化、氛围，安全责任感、安全道德、信念等“软约束”因素，这是事故发生的基础原因、组织性前提。这三类危险源在时间和空间维上相互交织，当它们相遇时就可能发生事故。如煤矿掘进工作面瓦斯爆炸危险源中，瓦斯在井下空气中达到一定浓度形成瓦斯积聚，与空气组成爆炸混合气体共同形成了第一类危险源即煤矿掘进工作面瓦斯爆炸的物质条件；设施、设备、隔爆防火设施、设备等对危险的约束限制失败，如形成失控的电火花等危险火源，个体人失误（例如瓦检员漏检）等形成第二类危险源；由于（组织）人、组织的因素如安全管理决策、组织失误、组织人的不安全行为、企业的安全文化、氛围欠佳等形成第三类危险源。3 类危险源之间相互联系，相互影响，共同组成了掘进工作面的危险源系统。

3 煤矿事故的原因及防治对策

根据 3 类危险源观点，我国煤矿事故发生的原因有以下 3 类：煤矿的复杂地质构造、高瓦斯含量煤层等因素，存在固有的能量载体和危险物质。国有重点煤矿中将近一半是高瓦斯和煤与瓦斯突出矿井，近 80% 的矿井有煤尘爆炸危险，近 60% 的矿井有自然发火危险现象^[7]。由于尚未完全掌握主要灾害的发生机理，特别是在煤与瓦斯突出的预测、监控等方面，还不能从根本上杜绝煤矿事故的发生。生产技术发展不均衡，安全保障水平比较低。我国采煤机械化程度仅为 40% 左右，大多数小型煤矿的安全生产条件与安全生产规章制度和标准的要求差距较大，许多国有煤矿生产设备老化，存在严重隐患，许多煤矿安全监控监测系统、预警体系都很不完善，甚至形同虚设。加之个体违章倾向多，总体来讲，安全生产的基础薄弱，抵御事故灾害能力有限。煤矿安全管理体系不完善（组织管理风险大）。组织、管理方面的风险相当长的一段时间被认为属于管理学研究范畴，故在工业安全管理及事故控制上往往是忽视或存在模糊认识的地方^[7-11]，而这恰是常见的主要或基本事故原因。例如对危险源的风险管理不到位，对员工的培训“走过场”，未能贯彻“以人为本”的安全理念，企业安全责任落实不到位等，一些煤炭企业重生产、轻安全，重效益、轻管理，违章违规及超能力生产现象时有发生。另外，企业以及整个社会的安全文化氛围欠佳，安全观念淡薄，整体上煤矿安全管理及技术人员的素质及数量有待进一步提高。这些都在一定程度上影响着煤矿安全管理体系的发展完善和效能的发挥，易形成煤矿第三类危险源。

例如，2005 年黑龙江“11·27”矿难的直接原因是放炮人员使用非专用炸药违章作业处理煤仓堵塞，导致煤尘飞扬达到爆炸界限，放炮火焰引起煤尘爆炸。该煤矿存在固有的煤尘、瓦斯等危险物质或能量，即第一类原因；生产设施、防尘排尘设备可靠性不强，属于第二类原因；而防尘制度不落实、安全管理和劳动组织管理混乱等问题都属于第三类原因，这是导致事故发生的最基本原因。针对以上原因，煤矿事故防治的对策有以下 4 个方面：对第一类危险源进行有效地监控检测。当生产系统中承载能量的危险源，其安全存在条件遭到破坏或能量的聚集超过运行的安全界限时，系统就处于危险状态。首先必须准确辨识和定量评价出危险物质或危险源的危险等级，对有些危险源如高瓦斯矿井中的瓦斯等，要进行实时监控，以便及时采取措施消除危险。依靠科技发展采用先进技术及设备，保障人机系统的可靠性和协调性。研究人机工程学，针对第二类危险源提高设备和环境的可靠性，增加备用系统或平行冗余系统，采用人工智能系统，提高抗灾能力，以达到设备的本质安全化；同时应加强煤矿危险源的基础预警研究。健全

煤矿安全管理体制,形成安全自我约束机制.针对第三类危险源,首先要构建煤矿企业稳定有效、完善的安全生产长效机制,从战略的高度理顺企业安全生产管理的组织结构、职责和各部门之间的关系,使安全生产工作高效、规范、科学;其次要加大煤矿监察力度,实事求是科学调查事故原因,严格执行事故责任追究制度,建立企业严格的安全生产责任制和问责制;构建企业的自我约束机制,依照《安全生产法》等法律法规,完善作业规程、岗位标准,消除“三违”现象,积极推广现代职业安全卫生管理体系的实施,加快煤矿安全生产标准化进程.大力推进煤矿企业安全文化的建设.要落实“安全第一,预防为主”的方针,树立“以人为本”的安全理念,在员工中强化“善待生命,珍惜健康”的价值观;在管理者和决策层还应该加强社会责任感,树立安全管理的政治风险意识,安全就是效益的安全经济意识,更新管理观念,抓生产的同时一定要抓紧安全.煤矿企业应以杜邦等公司作为榜样,通过对安全文化体系的建设,提高企业的安全管理水平,使安全工作从被动变主动,进而转为自觉,以形成一个良好的安全文化氛围.

4 结 语

危险源的存在具有普遍性.煤矿系统中危险源的存在是绝对的,为了达到要求的安全程度,必须对存在的风险进行控制,不仅应该从安全技术、安全技能方面入手,而且必须从组织、管理等多方面进行研究.第三类危险源是煤矿等高风险行业的重大危险源,也是大多数事故重复发生的根源之一.因此,欲提高煤矿的安全管理和事故控制水平,必须重视和研究第三类危险源的辨识和控制,从而全面地对煤矿进行风险评价,揭示出导致煤矿事故发生的3类危险源,进一步得出煤矿事故的本质原因所在,为煤矿安全科学的研究和煤矿事故的防治提供一定的理论参考.

日本著名安全学专家井上威恭曾一语道破“追鹿进山,对山视而不见”^[12];我国也有“不识庐山真面目,只缘身在此山中”.必须全面认识各类危险源,加强对第三类危险源的辨识和控制,在抓好“安全硬支撑”的同时,更要抓好“安全软支撑”.我国煤矿安全生产水平的提升任重而道远,不仅需要一线安全管理者、安全科学技术研究开发者的努力,更需要安全生产相关方切实落实《安全生产法》等相关法规,积极推进非利益相关方或第三方的安全监察和安全认证,才能使煤矿生产真正达到长治久安.

参考文献:

- [1] 陈红,祁慧,谭慧.中国煤矿重大瓦斯爆炸事故规律分析[J].中国矿业,2005,14(3):64~68
- [2] 田水承.第三类危险源辨识与控制研究[D].北京:北京理工大学,2001.
- [3] 何学秋,林柏泉,田水承,等.安全工程学[M].徐州:中国矿业大学出版社,2000.
- [4] 田水承,李红霞.关于危险源及第三类危险源的几点浅见[A].安全科学理论与实践[C].北京:北京理工大学,2005.
- [5] 田水承,冯长根,李红霞,等.对安全科学体系及其相关学科关系的探讨[J].煤炭学报,1999,24(6):663~668.
- [6] 王福成,陈宝智.安全工程概论[M].北京:煤炭工业出版社,2002.
- [7] 宋元明.中国煤矿瓦斯治理现状与对策[J].中国煤炭,2005,31(12):5~7.
- [8] Tian Shuicheng, Li Hongxia. Causes of frequent accidents and countermeasures in coal firm [A]. Progress in Safety Science and Technology: The Proceedings of the 98th International Symposium on Safety Science and Technology [C]. Beijing: Science Press, 1998. 843~848.
- [9] Tian Shuicheng, Feng Changgen, Wang Daxiang, et al. Three-safety-hand theory and safety science architecture [A]. Progress in Safety Science and Technology: The Proceedings of the 2000 International Symposium on Safety Science and Technology [C]. Beijing: Chemical Industry Press, 2000. 927~932.
- [10] 田水承,李红霞.煤层开采自燃危险性预先分析及经济防火决策[J].煤炭学报,1998,23(5):486~490.
- [11] Tian Shuicheng, Li Hongxia, Feng Changgen. Study on the efficacy of the safety incentive mechanisms [J]. Journal of Coal Science and Engineering (China), 2001, 7(1): 70~74.
- [12] 井上威恭.最新安全科学[M].冯翼,译.南京:江苏科学技术出版社,1988.