

# 基于社会技术系统理论的瓦斯爆炸事故分析

张津嘉, 许开立, 李 力, 徐青伟  
(东北大学 资源与土木工程学院, 辽宁 沈阳 110819)

**摘 要:** 运用社会技术系统理论,分析了社会环境对煤炭企业的影响,并在此基础上,构建了社会技术系统瓦斯爆炸事故致因分析模型,从风险源、作业情境、煤炭企业、行政部门、政府等5个层次阐述了各个层次因素的作用传导关系,提出了行政干预、技术控制及多重防御措施. 研究表明:社会技术系统风险控制存在渗漏现象及层级弱化缺陷,瓦斯爆炸事故是社会技术系统内外部环境共同作用的结果.  
**关 键 词:** 煤炭企业;瓦斯爆炸事故;社会技术系统;行政干预;技术控制;多重防御  
**中图分类号:** X 936      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1005-3026(2018)05-0736-05

## Analysis of Gas Explosion Accidents Based on Socio-technical System Theory

ZHANG Jin-jia, XU Kai-li, LI Li, XU Qing-wei  
(School of Resources & Civil Engineering, Northeastern University, Shenyang 110819, China. Corresponding author: XU Kai-li, professor, E-mail: kaili\_xu@aliyun.com)

**Abstract:** The impact of social environment on coal enterprise was analyzed based on the perspective of socio-technical system theory. On this basis, causation analysis model of gas explosion accidents for socio-technical system was established to investigate the interaction correlation from five levels of risk source, operation situation, coal enterprise, administration departments and government, and put forward the measures of administration intervention, technology control and multiple defense system. The results show that risk control of socio-technical system exists in the leakage phenomenon and hierarchy weakened defects, and gas explosion accident is the result of interaction with the internal and external environment.  
**Key words:** coal enterprise; gas explosion accident; socio-technical system; administration intervention; technology control; multiple defense

煤矿生产系统从宏观层面来看是由内外两部分组成,其内部因素包括规章制度、安全管理、行为主体、技术设备和地质条件等,外部环境包括国家政策、法律法规、煤炭市场、煤炭相关产业等.在煤矿生产系统运行的过程中,由于外部环境因素的动态变化,使外部环境通过组织管理、经济利益以及技术创新等方式影响煤矿生产系统内部人、机、环、管因素的运行状态,在特定情境中可能导致煤矿生产系统向瓦斯爆炸事故风险演化.因此,从社会技术系统角度分析瓦斯爆炸事故致因,有助于探索瓦斯爆炸事故安全管理和风险控制手段.

近年来,从社会技术系统的视角研究事故成因被国内外学者广泛关注,并取得一定成果.孙爱军等<sup>[1]</sup>基于社会干预与技术干预的视角分析了重特大事故致因,并建立了社会技术理论致因分析模型. Patterson 等<sup>[2]</sup>和 Lenné 等<sup>[3]</sup>利用人为因素与分类系统模型(HFACS)分析了煤矿事故社会致因,认为人的误操作和组织体系缺陷是事故主要致因. Svedung 等<sup>[4]</sup>和 Rasmussen 等<sup>[5]</sup>提出了 AcciMap 事故分析方法,对社会技术系统进行了结构化事故致因分析. Leveson<sup>[6]</sup>提出了

STAMP 危害分析方法, 注重对部件技术失误及社会管理漏洞的风险辨识. 综上, 国内外学者研究主要集中在事故风险控制的社会、组织与个人交互性方面, 缺少对社会技术系统层次逻辑论述及相互关系分析. 基于此, 本文在借鉴国内外学者研究成果基础上, 构建了社会技术系统瓦斯爆炸事故致因分析模型, 详细阐述了基于社会技术系统视角的瓦斯爆炸事故致因及风险控制措施.

### 1 社会技术系统理论概述

社会技术系统是由英国 Tavistock 人际关系研究所提出的概念, 该所通过对英国一家煤矿采煤现场工人行为进行研究, 探索如何提高组织生产效率的途径<sup>[7]</sup>. 社会技术系统理论认为系统的各组成要素间存在高接触与紧耦合性, 随着社会环境的动态变化, 会导致系统的稳定状态及原有秩序出现波动和混沌, 促使组织和个人出现行为

偏差, 当系统自身修复与调节功能无法纠正这些偏差时, 在特定的情境作用下, 就可能导致系统失效, 甚至发生事故.

### 2 煤炭企业社会技术系统动态分析

在市场经济环境中, 煤炭企业的优先目标是企业利润最大化, 而安全通常被视为限制生产过程, 制约利润最大化的因素, 这就意味着煤炭企业必须在符合政府对安全生产约束边界设定的情况下追求利润最大化<sup>[8]</sup>. 在社会经济发展的特定时期, 政府必然优先考虑经济增长、贸易平衡、充分就业等经济发展的目标, 当煤炭企业发生瓦斯爆炸事故的频次与危害超出社会最大容忍程度时, 政府对目标优先权的选择必然受同期政治氛围、经济发展、社会舆论和公众认知的影响, 这也就促使政府通过法律手段、行政手段和市场手段影响企业安全目标与决策, 如图 1 所示.

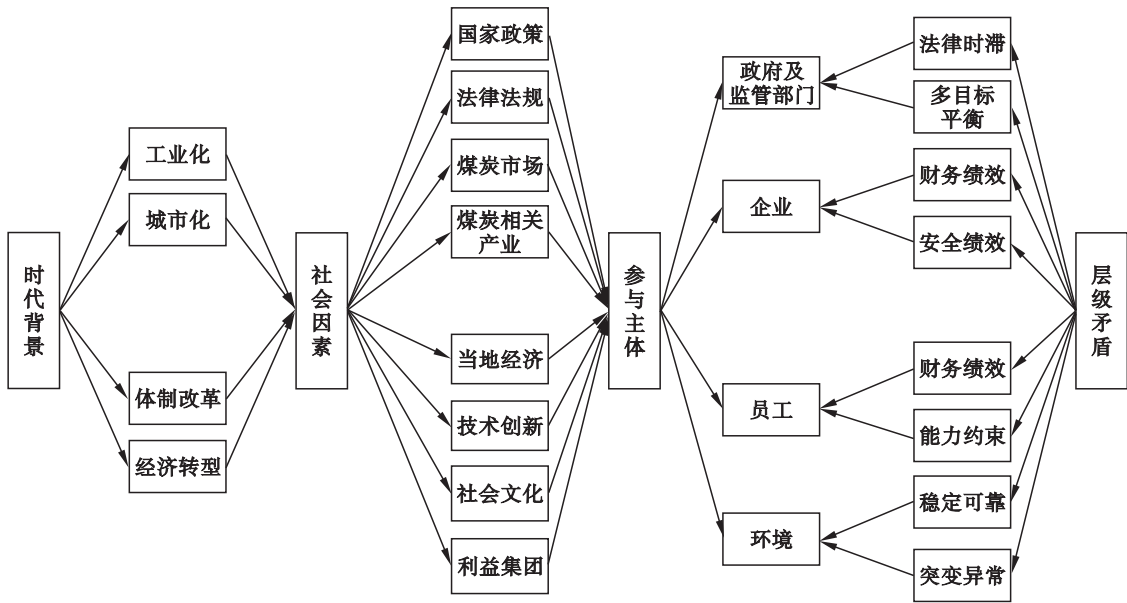


图 1 煤炭企业社会技术系统分析  
Fig. 1 Socio-technical systematic analysis of coal enterprise

### 3 社会技术系统瓦斯爆炸事故致因分析模型

瓦斯爆炸事故致因涉及社会技术系统不同层级间的内外部因素, 且各因素彼此间存在着相互反馈关系, 而瓦斯爆炸事故直接或间接原因往往是由行政干预漏洞和技术控制缺陷造成. 从社会技术系统视角分析瓦斯爆炸事故致因, 就需要理清社会技术系统行为主体间的纵向与横向层次结

构和耦合作用关系, 并从社会组织整体视角审视“国家法律法规, 煤炭产业政策, 安全监管体系, 企业组织管理”等关键影响因素潜在失效风险与漏洞. 基于此, 作者将社会技术系统理论与文献[9]中的瓦斯爆炸事故案例结合, 建立了社会技术系统瓦斯爆炸事故致因模型(图 2), 阐述了行政干预、技术控制及多重防御三方面预防措施, 并从宏观角度总结了我国煤炭领域行政干预与技术控制的缺陷.

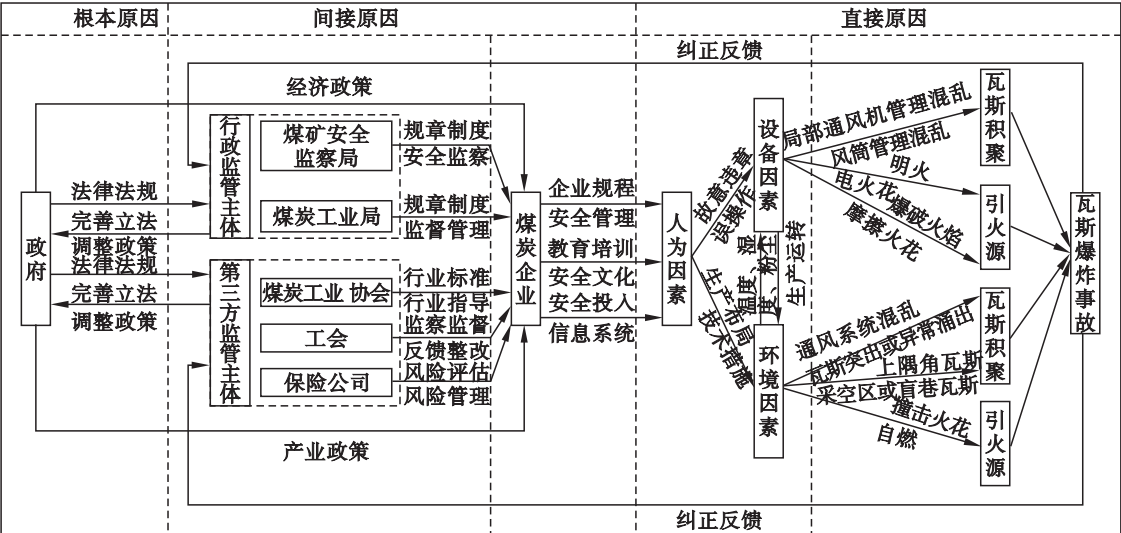


图 2 社会技术系统瓦斯爆炸事故致因模型

Fig. 2 Causation analysis model of gas explosion accident for socio-technical system

3.1 行政干预

由于个人以及煤炭企业都具有社会属性,从“经济人”假设理论来讲,个人是以生活质量最优化为目的,企业是以财务指标最大化为目标,这就决定了个人和煤炭企业为了使自身利益最大化往往向社会技术系统中多重约束边界挑战,必然选择更加经济的生产方式而非更加安全的生产方式,这种选择无形中积累了生产过程中的瓦斯爆炸事故风险因素。所以必须要有外部力量直接或间接对行为主体施加影响,以期降低行为主体的不安全决策及行为,这种干预力量就是行政干预。行政干预的实践主体既包括作业班组、生产连队、整个企业、政府等有形力量干预,又包括法律法规、政治氛围、经济形式、社会文化等无形力量干预。目前,我国与美国、加拿大和澳大利亚等产煤国相比较,行政干预仍存在以下缺陷:①我国法律将煤炭安全生产与职业健康分别立法,仍未对煤炭安全生产与职业健康方面融合专门立法,现有法律法规过于注重事故后果的处罚,疏忽事故过程预防与管控,未对煤矿生产过程中易引起重特大伤亡事故的违章行为升格为犯罪,甚至追究刑事责任;②我国的社会技术系统具有高度人情化的特点,法律意识薄弱,当地政府、监管部门、煤矿企业为了各自的利益目标及人情关系,仍存在权利寻租和监管缺失等现象,缺乏煤矿安全生产方面第三方监管机构及第三方监管上诉制度;③工会组织仍隶属于煤炭企业内部,并受煤炭企业对其人事权和财政权的约束,弱化了工会的监督职能,未设立重大隐患向工会报告制度及工会督察制度,致使工会缺乏维护工人合法权益的手段;④

煤炭行业未引入商业保险机制,尚未发挥保险公司参与风险评估、风险管理和事故预防的职能,未形成安保互动循环的利益制衡体系;⑤舆论监督与举报投诉机制仍不健全,媒体报道生产事故受到压制的现象仍然存在,举报投诉与案件处理的时效性仍存在矛盾,未在全社会形成“以人为本”的安全氛围;⑥未建立煤炭企业安全投入激励约束机制,安全生产费用审计监督制度落实不充分,导致安全投入不足,尤其在预测预警、应急处置和安全文化等方面。

3.2 技术控制

煤矿企业井下生产系统涉及人、机、环、管 4 大系统,在生产过程中必然会产生人为违章、瓦斯积聚和引爆火源等瓦斯爆炸风险因素,这就加大了作业环境发生瓦斯爆炸事故风险事件的突变性和偶然性。同时,由于煤矿井下设备长期处于潮湿和粉尘的环境中,再加上操作工人的违章操作,这些因素无疑增加了设备发生故障的概率。为了提高人为操作的规范性、设备的可靠性和环境的稳定性,需要通过相关设备设施及技术措施来控制人为、设备和环境产生瓦斯爆炸事故的潜在风险。现阶段,我国技术控制的不足主要体现在:①煤矿设备自动化和智能化科技攻关不足,推广和应用程度较低,制约了煤矿企业“减员增效”目标的实施;②瓦斯抽采技术有效性和抽采设备先进性等方面科研进展缓慢,复杂地质条件瓦斯抽采率较低,易造成瓦斯突出或瓦斯异常涌出;③瓦斯爆炸事故风险预警技术和事故后果模拟技术研究尚不成熟,缺乏具有推广性的成熟系统和设备,阻碍了瓦斯爆炸事故风险管理体系建设与应用;④虚拟

现实模拟技术在安全教育培训和应急救援培训方面未得到广泛应用,安全教育培训的内容和手段过于陈旧,仍是重于形式与缺乏实效的讲课、考试与视频等手段,导致工人安全意识薄弱和违章操作频发;⑤煤矿井下复杂环境的电气设备工艺与材料的强度和抗爆性能有待进一步提高,降低因设备故障引起瓦斯积聚和电火花的可能性;⑥现代信息技术、金融信贷与煤炭企业安全生产融合度不高,未建立全国范围的煤炭安全生产企业、矿长、特殊工种黑名单数据库及安全生产诚信系统,没有形成对企业行业禁入、个人职业禁入和金融信贷惩罚管理体系。

3.3 多重防御

人、机、组织是煤矿企业在社会技术系统中运转的行为主体,三者之间既相互作用又相互制衡,这就需要兼顾社会技术系统和事故动态演变两方

面建立多重防御系统。多重防御系统应该是以员工教练式管理为中心,设备完整性管理为核心及企业组织纵深防御管理为重心的风险预控体系,如图 3 所示。员工教练式管理强调管理者应具备教练的技能和态度,参与指导员工的违章行为及错误行为,从而引导员工树立正确的安全意识与安全技能。设备完整性管理侧重对设备施工、安装、运转、维修、检测等各个环节的风险因素进行动态地、循环地及持续地识别和评估,最终达到设备全过程、全周期的风险闭环管理流程。企业组织纵深防御管理主要是将国家层面的宏观管理和企业内部的微观管理两方面相结合,形成由外到内纵深管理体系,从而完善煤炭企业组织管理漏洞,间接影响人的主体行为、设备管理状态及环境风险控制程度。

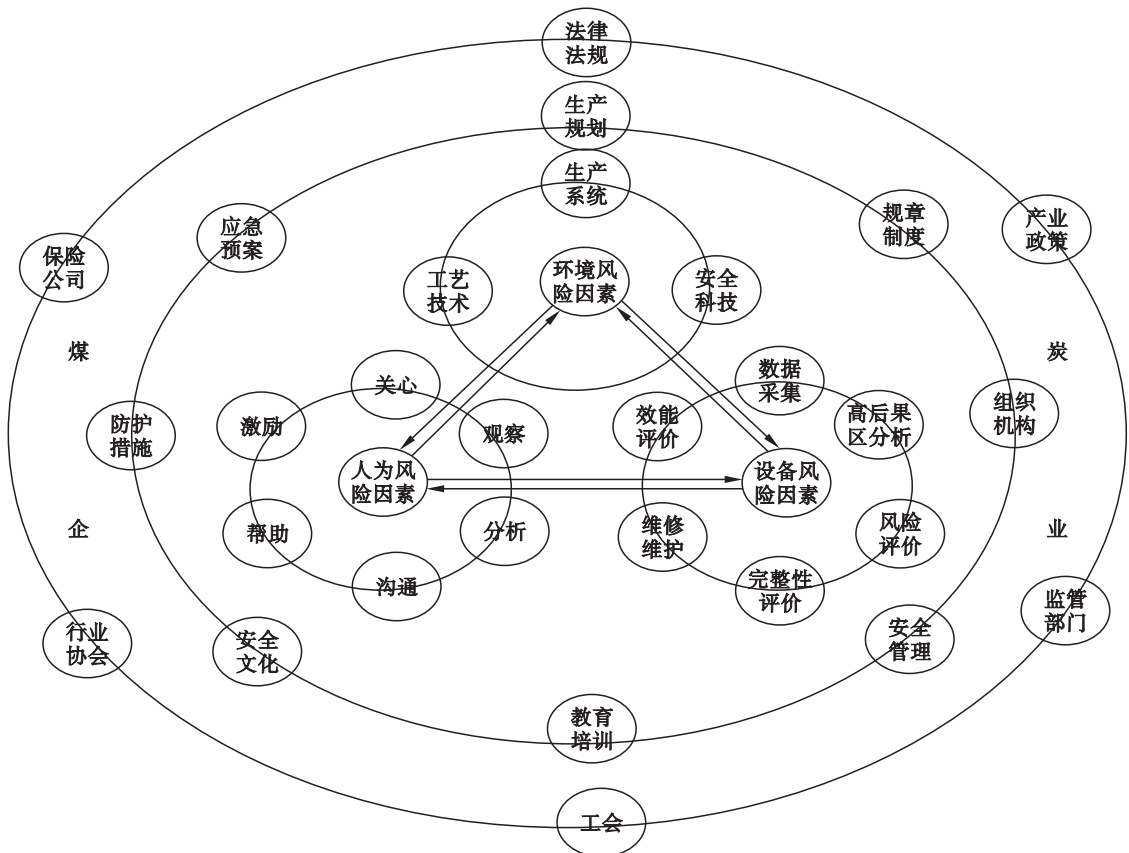


图 3 多重防御体系  
Fig. 3 Multiple defense system

4 案例分析

辽宁省阜新矿业(集团)有限责任公司孙家湾煤矿海州立井“2.14”特别重大瓦斯爆炸事故<sup>[10]</sup>,共造成 214 人死亡,30 人受伤,直接经济损

失 4 968.9 万元。事故直接原因是冲击地压造成瓦斯异常涌出和掘进工作面局部停风造成瓦斯积聚,工人违章带电检修产生电火花引起瓦斯爆炸。利用社会技术系统瓦斯爆炸事故致因模型对“2.14”特别重大瓦斯爆炸事故的行政干预缺失和技术控制缺陷进行分析如图 4 所示。



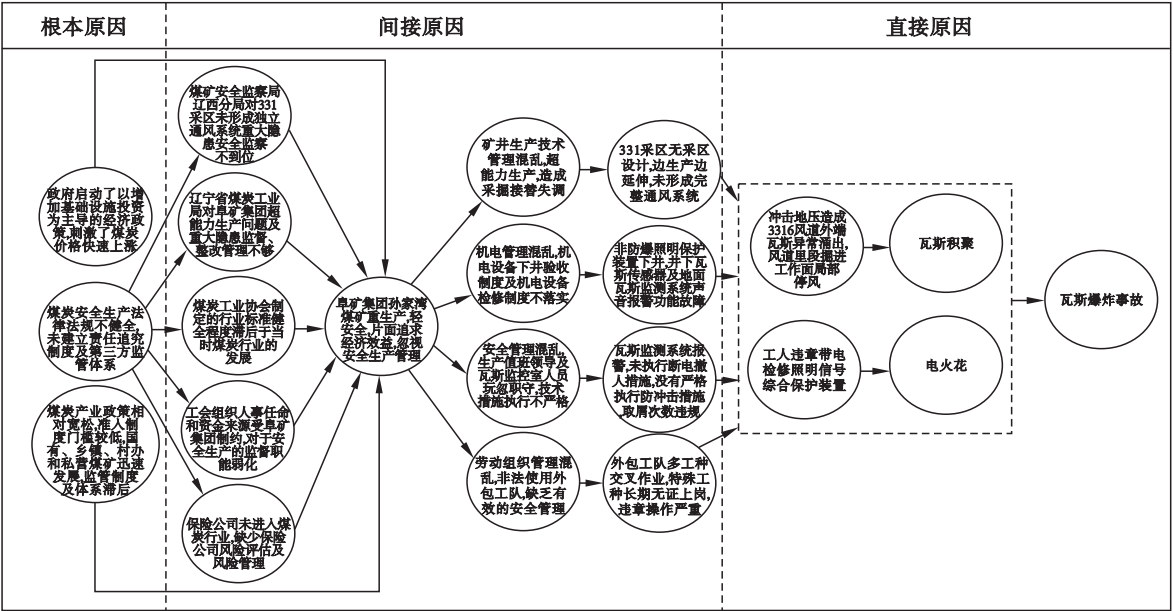


图 4 “2. 14”特别重大瓦斯爆炸事故社会技术系统致因模型分析

Fig. 4 Causation analysis model of “2. 14” extraordinary severe gas explosion accident for socio-technical system

5 结 论

1) 煤炭企业的社会属性决定了其在市场经济环境中的瓦斯爆炸事故致因是社会技术系统内外部环境共同作用的结果,人的不安全行为和物的不安全状态只是在表象上加速了瓦斯爆炸事故的进程.从社会技术系统视角分析瓦斯爆炸事故致因,有助于厘清从宏观到微观各层级的相互作用关系,从而提高社会技术系统控制瓦斯爆炸风险的整体功能.

2) 社会技术系统瓦斯爆炸事故致因模型表明外部因素在宏观上推动或抑制瓦斯爆炸事故的发生,内部因素在微观上引发瓦斯爆炸事故的发生,外部因素决定了其演化的程度,内部因素决定了其演化的进程;同时,该模型也揭示了社会技术系统控制体系存在着监管渗漏现象、层级弱化缺陷和反馈纠正机制.

3) 在社会技术系统风险控制体系中应充分发挥工会组织、行业协会和保险机构等第三方监管职能,完善安全生产费用审计制度,建立安全生产诚信系统,并与企业和个人金融信贷系统结合,形成多层次多类型的监管体系.同时,应加强煤矿机械设备的信息化、自动化和智能化的研究和应用,逐步实现“减员增效”的安全生产目标.

参考文献:

[1] 孙爱军,刘茂.基于社会技术系统视角的我国重大生产安全事故致因分析模型[J].煤炭学报,2010,35(5):

876-870.  
(Sun Ai-jun, Liu Mao. Cause analysis model for major and serious accidents in a social-technical perspective [J]. Journal of China Coal Society, 2010, 35(5): 876-870.)

[2] Patterson J M, Shappell S A. Operator error and system deficiencies; analysis of 508 mining incidents and accidents from Queensland, Australia using HFACS [J]. Accident Analysis & Prevention, 2010, 42 (4): 1379-1385.

[3] Lenné M G, Salmon P M, Liu C C, et al. A systems approach to accident causation in mining: an application of the HFACS method [J]. Accident Analysis & Prevention, 2012, 48 (3): 111-117.

[4] Svedung I, Rasmussen J. Graphic representation of accident scenarios: mapping system structure and the causation of accidents [J]. Safety Science, 2002, 40 (5): 397-417.

[5] Rasmussen J, Svedung I. Proactive risk management in a dynamic society [M]. Karlstad: Karlstad Swedish Rescue Services Agency, 2000: 494-498.

[6] Leveson N G. STAMP: an accident model based on systems theory [M]. Cambridge: the MIT Press, 2012: 73-87.

[7] Trist E A, Bamforth K W. Some social and psychological consequences of the longwall method of coal getting [J]. Human Relations, 1951, 4(1): 678-709.

[8] 宋利,杜宇.动态复杂环境下企业安全行为迁移模型[J].风险管理,2014,37(4):32-35.  
(Song Li, Du Yu. Model of organizational safety behavior transfer in dynamic complex environment [J]. Risk Management, 2014, 37(4): 32-35.)

[9] 王捷帆,李文俊.中国煤矿事故暨专家点评集(上册)[M].北京:煤炭工业出版社,2002.  
(Wang Jie-fan, Li Wen-jun. China coal mine accidents and proceedings of experts review [M]. Beijing: China Coal Industry Publishing House, 2002.)

[10] 国家安全生产监督管理总局安全生产协调司.特别重大事故案例汇编(2004-2005)[M].北京:中国劳动社会保障出版社,2007.  
(Production Coordination Department of State Administration of Work Safety. Extraordinary big accident with collection cases (2004-2005) [M]. Beijing: China Human Resources & Social Security Publishing Group, 2007.)