复杂社会技术系统安全控制人因研究的转变趋向*

于广涛[1] 副教授 李永娟[2] 副研究员
(1 中央财经大学商学院, 北京 100081 2 中国科学院心理研究所, 北京 100101)

学科分类与代码: 620 2040 中图分类号: X913. 3 文献标识码: A
基金项目: 国家自然科学基金资助 (70401018; 70501035); 中央财经大学"211工程"重点学科建设项目资助。

【摘 要】 在分析复杂社会技术系统的特征及其事故机制的基础上, 总结出目前安全控制的人因研究领域中的 4种新趋向: 分别是从关注个体因素到关注组织因素; 从强调行政控制到呼吁社会控制; 从考察近端因子到探讨远端征兆; 从考核导向向优化发展导向。四大趋势的转变为系统的安全控制提供了新的视角, 也开辟了安全控制研究新的领域。最后, 笔者结合 4方面的转变, 针对我国实际情况提出了相应的企业安全管理建议。

【关键词】 复杂社会技术系统; 人因研究; 安全控制; 安全文化; 社会控制

The New Trends of Human Factor Research in Safety Control of Complex Socio-technical Systems

YU Guang-tao[1], Assoc. Prof. LI Yong-juan[2], Assoc. Research Fellow
(1 School of Business, Central University of Finance & Economics, Beijing 100081, China
2 Institute of Psychology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

Abstract On the basis of the analysis of the characteristics of complex socio-technical systems and their accident mechanism, four trends of safety control were summarized, such as the focus from individual factors to organizational factors; the emphasis from on administrative control to on social control; the indicators from proximal to distal; and the orientation from evaluation to development and optimization. All these new trends gave new perspectives for safety control and formed new fields of safety research. At last, based on the new trends and the actuality of China, some suggestions about safety management were presented.

Key words complex socio-technical systems; human factors; safety control; safety culture; social control

0 引 言

20世纪 60年代初, 英国 Tavistock研究所的研究人员提出了社会技术系统 (socio-technical systems)的概念, 泛指各种工业组织[1]。王二平[2]把那些技术密集和资金密集、积聚能量巨大的工业组织称之为复杂社会技术系统 (complex socio-technical systems), 如核电、航天、航空、化工和石油化工等。这类系统往往率先应用科学技术发展的最新成果, 自身积聚了巨大能量, 因此, 也称高风险组织 (High-Risk Organization, HRO)、高可靠性组织 (High-Reliability Organization, HRO), 其安全运行是企业效益和社会效益的根本保障。

在世界范围内, 这些领域都曾发生过重大事故, 给人类留下了难以磨灭的惨痛记忆, 例如: 西班牙 Tenerife机场飞机相撞事故 (1977); 美国 Three Mile Island核电站放射性泄漏事故 (1979); 印度 Bhopal化工厂毒气泄漏事故 (1984); 前苏联 Chernobyl核电站爆炸事故 (1986); 美国 Challenger航天飞机爆炸事故 (1986) 以及中国的中石油川东北气矿"12· 23"井喷事故 (2003)。

探讨复杂社会技术系统的安全控制手段, 促进

* 文章编号: 1003- 3033(2009) 04- 0032- 06 收稿日期: 2008- 12- 09; 修稿日期: 2009- 03- 31

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

安全水平的持续提高具有重要的经济效益和社会意义。相关研究除物的因素 (技术可靠性)外, 人的因素 (人因研究)是其中的一个重要领域。而随着该领域的研究进展, 人们对系统以及系统的安全问题有了更深的认识, 安全控制的理念也发生了一些质的变化。

笔者首先分析了复杂社会技术系统的特点及其事故机制, 在此基础上, 总结了安全控制人因研究的 4种转变趋向, 并对我国在这些领域中的安全控制实践提出相应的建议。

1　复杂社会技术系统的特征及其事故机制

从系统科学的观点来看, 复杂社会技术系统是由技术设施、人、组织 3类元素构成, 各类元素互相作用, 构成复杂的功能结构[2]。

Reason[3]在其著作《人误 》中提出, 这类系统的发展具有以下特征: 系统越来越自动化, 系统越来越复杂和危险, 系统越来越不透明; 系统越来越多的纵深防御 (defense-in-depth)设施和技术。该技术特征一方面保障了系统的安全运行, 另一方面又可能降低人们的风险意识。

Reason认为, 在 "纵深防御 "条件下, 任一技术失效、人误以及违章只是事故的必要条件而非充分条件, 均称作事故的 "贡献因素 (contributing factors) ", 并提出了事故发生过程的奶酪模型, 从而彻底把以往的单因链状事故模型改为多因事故模型, 具体体现为 Reason所提出的瑞士奶酪模型 (见图 1)。

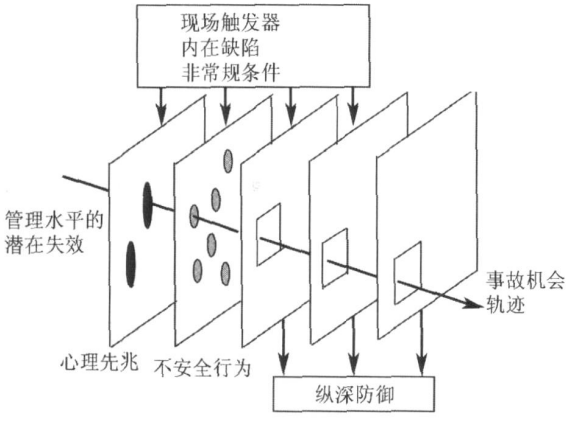

图 1　事故的瑞士奶酪模型 (Reason, 1990; 王二平, 2002)

在系统发生的危及安全的各类事件中, 往往都包含技术设施、人、组织 3类元素的共同作用。其中, 人的因素越来越复杂, 因此, 也就越来越重要。例如: 在这类系统中, 人们是以团队的形式与技术相互影响[4]。在作业过程中, 一个人的不协同就可能改变团体动力, 导致整个团队的失效, 这就需要团队像一个整体进行活动。而美国国家航天局调查也表明, 70%以上的客机事故都或多或少地涉及人为失误, 而且大多数这类失误的起因都不是技术上的缺陷, 而是由于在沟通、合作和决策等方面出了问题[5]。而循着这一思路, 众多学者和实践部门在人因研究方面作出了进一步的探索。

2　复杂社会技术系统安全控制人因研究的现代转变

2 1　从个体因素到组织因素的转变

先前事故控制中的人因研究集中表现为早期的 "事故人 "的研究, 以及后来关于人误 (human error) 与违章 (violation)的探讨。例如: Rasmussen, Reason 两位研究者基于信息加工的观点建构了人误分类系统, 以及 Reason等人、Parker等人关于人误与违章的区分, 等等[6]。

从 20世纪 70年代人因工程 (human factors engineering)研究开始, 学者们就对非个人因素作出了探讨, 如 Bird与 Loftus(1976)修订了 Heinrich的多米诺骨牌理论 (Domino Theory of Accident Causation), 提出了新的多米诺骨牌理论, 认为缺乏对情境的管理控制是事故的根因 (root causes)。

Turner[7]提出了人造灾难的理论 (Man-Made Disaster Model), 强调了组织信念和规范对理解组织安全的作用。自 Reason1990年提出潜在失效 (latent failures)和 "贡献因素 "的概念后, 人们开始转向了对组织因素的大量探讨, 围绕诸如组织错误、安全文化、安全氛围等概念的研究都获得了大量的理论积累。

Marek等人研究发现, 对于安全影响最大的是安全政策的落实、正确的安全管理和安全促进活动, 以及在设计安全程序时是否采纳员工的意见。

Wagenaar等人[8]认为, 人误是人误环境的函数, 操作者所处的物理环境, 特别是组织环境中的不良因素 (ill-conditions or malfunctions)导致人误概率的提高。

Reece等人[9]提出了绩效制约因素 (Performance Shaping Factors, PSFs), 认为人误发生概率既与个人特征和情境因素相关, 也与直接工作环境相关。

Flin与 Means研究发现, 3方面特征可能影响事故与事故征候:

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

1) 个人特征, 包括经历、知识和对安全的态度等;

2) 职务 (job)特征, 如工作任务、环境、工作压力等;

3) 平台 (海上石油平台)特征, 包括安全文化、社会支持和安全管理系统[10]。

Reason[11]认为, 人误是结果 (consequence), 而不是原因 (cause), 是组织因素导致的人误发生, 并且从组织因素、局部因素和不安全行为的贡献的角度定义了组织事故的概念。这些理论和研究说明了安全控制不仅要关注人误与违章, 更要关注人误与违章现象背后的组织原因和社会原因。

于广涛与王二平[12]利用事故报告再分析的方法探讨了不良安全文化的特征, 发现组织中存在两类事故原因: 安全促进因素、安全保健因素。安全促进因素与事故过程有直接关系, 通过对这些因素的干预可以有效地提高安全水平。安全保健因素与事故过程没有直接关系, 也不是员工安全规则所要求的行为, 但它们却是组织员工在工作中所遵守的规范或潜规则, 与 "安全第一 "的显规则形成竞争关系, 影响员工的行为, 从而影响组织的安全。

于广涛[6]在总结既有行为科学关于安全控制的研究后, 建构了高风险企业生产事故发生路径的行为模型, 突出说明了组织因素组织事故的影响作用以及组织因素和个体因素之间的关系。

2 2　从行政控制 (administrative control) 到社会控制 (social control)的转变

由于团队是复杂社会技术系统的基本工作单元, 并且生产过程中均需要多个人甚至多个部门的协调, 因此, 那些非技术因素就显得越来越重要。而在这种危险环境中, 人的风险知觉受其工作环境的背景与文化影响, 人与人之间的职业与社会差异往往成为沟通的障碍[13]。例如: Amalberti[14]从对航空事故的分析中发现, 组织中不健康的文化和气氛影响安全绩效, 其表现包括, 地面的空中交通管制人员和飞行员之间不良的理解和沟通影响飞行安全, 而反抗权威、冲动、不情愿屈从外部控制等不良态度和气氛常常妨碍这种重要的理解和沟通。

Wilpert与 Klumb[15]在化工、核电等组织中观察到, 组织成员实际奉行的对于安全的价值观和行为规范, 与组织所倡导、所要求的并不一定一致, 而在组织控制薄弱或不及之处, 实际存在的安全文化对职工工作行为的控制处于优势。而且, 再详尽的安全规程也无法穷尽所有可能发生的意外情况的处理。相比之下, 通过积极的安全文化可以更便利、更有效地控制职工的工作行为。他们认为, 这是对人的工作行为的另一种控制——社会控制。

Reason等人[16]认为, 在危险的环境中, 各种组织控制对管理整个组织和降低风险具有非常重要的作用, 组织控制可以分为行政控制 (administrative control)、社会控制和自我控制 (self control)。仅靠规章制度并不能杜绝不安全行为, 规章制度毕竟是有限的, 而文化却能渗透到组织的每一个角落、每一层次上, 使员工能够进行社会控制和自我控制。要实现复杂社会技术系统的安全, 需要技术控制、组织控制、社会控制并举。Pidgeon[17]认为不同的亚文化起着促进作用, 有利于人们认识由于系统不确定性导致的集体忽视, 为涌现的安全现象提供一个多样化的视角和解释。

Helmrich与 Merritt[18]在 Hofstede民族文化的4维度模型基础上, 探讨了民族文化对飞行员行为的影响, 发现权力距离、个人主义与集体主义、不确定性避免等 3个维度构成了对驾驶舱内机组成员行为的显著影响。

于广涛[19]分析了我国某些传统文化, 尤其是一直作为优良传统的一些文化因素对安全生产的影响, 如面对他人违章时没有原则的 "与人为善 "、防护设施已经失去防护功能时不当的 "勤俭节约 "、对权威的盲目遵从、面对人身危险时无谓的 "奋不顾身 ", 等等。但对于这一领域的研究来说, 尽管人们已经意识到需要强化对社会因素的研究, 但在如何改变或如何控制这些社会因素来提高系统的安全性方面却显得力不从心。

2 3　从近端因子到远端征兆的转变

Reason[3]认为, 事故的发生往往存在多重原因 (multi-causality), 在纵深防御条件下, 任何技术失效、人误以及违章只是事故的必要条件而非充分条件, 他把这些威胁系统运行安全的因素统称为事故的 "贡献因素 (contributing factors) "。1995年, Reason[20]提出了复杂系统组织事故的病源学 (etiology) 模型, 区分了潜在失效 (latent failures)与现行失效 (active failures)的概念。现行失效如技术失效、人误、违章等直接威胁安全的事件, 它们只是事故的触发器 (triggers); 潜在失效如组织错误、不良安全文化、管理失效等, 威胁纵深防御的机能。当这些触发器与纵深防御系统的能限及管理缺陷在时间轨迹上

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

重合时, 就会发生事故 (见图 2), 而潜在失效是事故的组织根因。

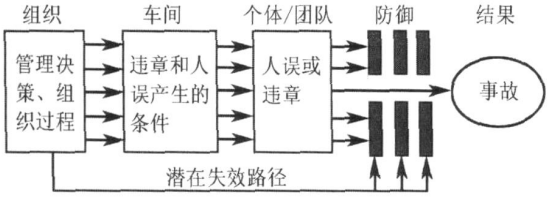

图 2　组织事故的病源学模型 (Reason, 1995)

Mearns等人[21]把这种变化称之为从近端因子到远端征兆的转变。傅贵等人[22]认为, 安全文化的观测值可以有效地预测企业的安全管理绩效甚至事故率等, 而来自安全氛围众多研究也说明了这些远端征兆确实能够对系统的安全起到预警作用。

Reason[23]认为事故路径要经过各级纵深防御系统才能产生严重后果, 所有的环节也仅仅受那些在整个组织中起作用的因素影响, 安全文化就是其中最显著的因素。同时, 他列举了不良安全文化影响系统安全的 3条途径, 其影响都直接或间接地来自于人们对操作隐患的错误理解或担忧。

一是不良安全文化增加了现行失效导致的防御缺陷, 包括不充分的培训、不良沟通、程序不当或者界面设计问题, 并且, 不良的安全文化会不恰当地"鼓励"人们不遵守规章制度;

二是没有全面理解操作错误给防御措施带来的威胁, 这会导致在维修、检修、校准、安全设备时失误, 忽视紧急情况的培训也会产生潜在失效;

第三, 也是最危险的、影响最深远的, 是对于那些纵深防御系统中众所周知的缺陷不愿预先处理。

2 4　考核导向向优化发展导向转变

传统的安全绩效评定主要基于事故、未遂事故 (near misses)、工伤、职业病、工伤赔偿费、工时损失等客观结果, 通过安全检查或考核, 促使企业进行整改。Glendon与 McKenna列举了这些指标的 15种缺陷, 如不敏感, 材料可信度不高, 事后回溯, 忽视客观的风险概率, 等等[24]。

事故发生的基本条件是管理缺陷或管理失效、人的不安全行为、物的不安全状态和环境的不安全条件构成[25], 既有管理控制的因素, 也可能有管理控制之外的因素。"安全第一, 预防为主", 要求安全绩效评定的重点应该放在事故发生前的可控制因素上, 并说明可以采取何种措施提高安全水平。人的本性决定了操作员往往是系统最薄弱环节, 其操作失误是各类事故的触发器 (trigger)。

Glendon与 Litherland[26] (2001) 提出了道路施工安全行为核检系统 (behavior checklist), 通过确定一组关键安全行为 (key safety behaviors), 然后随机抽取时间段进行观察, 从而改进组织安全绩效。该系统包括 4个维度: 个体防护品使用、交通安全意识、设备维护及其他。各维度则继续细分为可以直接观察的具体行为。

Neal与 Griffin[27]认为安全绩效是给定职务涉及到的与工作安全有关的行为, 包括两个主要维度: 安全遵守 (safety compliance) 和安全参与 (safety participation)。

安全遵守包括遵守安全操作规程和以安全方式完成任务;

安全参与包括帮助同事、推进安全计划、表现出积极性、致力于工作场所的安全提高。该模型提出了安全参与概念, 相比以前只强调安全遵守来说, 是一种积极主动的安全。

如果关键安全行为核检把焦点局限于不安全行为上, 那么美国德克萨斯大学人因研究组开发的航线操作安全核检 (Line Operations Safety Audit, LOSA) 则把视线放宽到工作状态中的所有行为。由观察者 (一般是专家或受过 LOSA培训的飞行员) 随机观察"正常"航线飞行中机组成员的各种行为和情境变化, 填写 LOSA表格并写下相应备注。通过对整个机组全过程的行为分析来确认飞行中的隐患与风险, 实现数据驱动的机组行为优化组合[28]。观察的行为既包括机组成员的直接操作行为, 也包括机组成员之间的互动行为, 相对于大多研究方法把操作员看成独立的个体来说, LOSA更能体现复杂社会技术系统中团队作业的协同特点。而且, LOSA是与机组资源管理 (Crew Resource Management, CRM) 培训相结合的技术, 可以针对航线飞行中的各种隐患与风险队飞行员进行有针对性的培训, 有助于机组安全绩效的持续提高。

3　复杂社会技术系统安全控制的实践建议

鉴于以上所述安全控制理念的转变, 复杂社会技术系统的安全实践也需要从上面 4个方面出发调整安全管理的思路, 以减少在技术进步过程中的企业成本和社会成本。

3 1　转换视角, 挖掘组织的潜在失效

任何事故都存在管理上的原因, 人误或违章仅

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

仅是组织过程的结果。但在管理实践中人们往往把压力施加在个人身上,如强调对事故责任人的处理。提高个体的安全意识,强化个体的安全行为等。系统的所有事故均为组织事故,是组织整体问题在某些环节上的涌现结果。如果过多强调个体责任就会使人们忽视各种人误或违章背后的原因,即去除了"病毒"但"病灶"却留了下来。

因此,要想提高安全水平,必须从组织整体的视角来看待每一次事故或事故症候,查找组织存在的潜在失效,不断地改进组织安全管理水平。

3.2 与时俱进,改良社会文化

当前,我国正逐渐从农业社会向工业社会、现代社会转型,一方面技术进步与西方发达国家的差距越来越小,另一方面,正如台湾学者杨国枢先生在论述传统性与现代性的概念时所说的那样,许多传统观念已经不适应工业化和现代化。尤其是对于工业化现代化程度较高的复杂社会技术系统,更要注意对传统文化进行合理的扬弃,从观念上进行变革,树立良好的企业安全文化,强化对规则的遵守,强化"安全第一"的价值观,强化人们的规则行为。

3.3 从反馈到前馈(feed forward),建立事故预警机制

尽管"安全第一,预防为主"的安全方针深入人心,但"预防"的概念因为太宽泛和笼统而降低了在具体实践中的指导作用,许多时候是事故发生后才知道真正应该预防的东西。如果企业能够在安全管理过程中结合自己企业的实际情况,建立预警机制,给员工以明确的指导和建议,就可以有效地提高安全管理水平。从这个角度讲,预警是手段,预防是目的。

相应的,各种预警指标即为那些能够预测安全绩效甚至事故率的那些远端征兆,如安全氛围、领导风格等等。通过积极地进行隐患识别、风险评估等活动,完善安全控制措施。加大对隐患整改的力度,加大对安全管理上的投入,增强系统的安全性、有效性,从而创造一个安全的工作环境。

3.4 优化过程,垒实本质安全

安全管理的特殊性在于事故的不可逆性,任何的事故随时都具有不可挽回性,这就需要改过去以结果为基础的考核导向为以过程控制为目标的优化发展导向。复杂社会技术系统中,人、技术设施、组织三者之间相互作用,共同促成了系统的平稳运行。根据系统理论,需要把人放在系统的形式中,从整体、联系、结构的功能等方面,精确地考察整体与部分(要素)之间、部分与部分之间、整体与外部环境之间的关系,以求获得最优化处理问题,实现系统的本质安全要求。

4 结　论

1) 现代复杂社会技术系统往往率先采用新技术,采用纵深防御措施,事故越来越少,但事故的影响越来越大。配合技术进步,以及人们对事故的认识深入,安全控制方面的理念和手段也发生了新的变化。这些新的认识改变过去的还原论,不仅从组织整体的视角看待安全控制问题,还从社会层面历史层面多方位的透视事故机制和安全管理问题,这为安全管理实践提供了很好的指导。

2) 指出复杂社会技术系统安全控制人因研究的现代转变趋势:从个体因素往组织因素转变;从行政控制往社会控制转变;从近端因素往远端征兆转变;从考核导向向优化发展导向转变。

3) 循着这些趋向,要着力挖掘组织的潜在失效因素、改良社会文化及完善企业安全文化、建立事故预警机制、不断实现本质安全化,才能够更有效地促进安全与健康,从而构筑人与自己、人与人、人与集体、人与社会、人与自然环境相和谐的社会。

参 考 文 献

[1] Rice A K. The Enterprise and Its Environment[M]. London, UK: Tavistock Publications, 1963

[2] 王二平. 从行为科学看复杂社会技术系统的安全控制[A]. 香山科学会议主编. 科学前沿与未来(第五集)[C]. 北京:中国环境科学出版社, 2002: 16-26

[3] Reason J. Human error[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

[4] Helmreich R L. On error management lessons from aviation[J]. British Medical Journal, 2000, 320: 781-785

[5] Helmreich R L. Managing human error in aviation[J]. Scientific American, 1997, 276(5): 62-68

[6] 于广涛. 行为科学关于安全控制的研究述评与未来研究展望[J]. 中国安全科学学报, 2009, 19(3): 86-92

[7] Turner B A. Man-Made Disasters[M]. London: Wykeham, 1978

[8] Wagenaar W A. A model-based analysis of automation problems[A]. B Wilpert, T Qvale(Eds). Reliability and Safety in Hazardous Work Systems[C]. Hove, UK: Lawrence Erlbaum, 1993: 71-85

[9] Reece W J, Gilbert B G, Richards R E. Nuclear Computerized Library for Assessing Reactor Reliability: Data Manual, Part 2: Human Error Probability(HEP) Data[M/OL]. NUREG/-4639

[10] Flin R, Mearns K. Measuring safety climate: identifying the common features[J]. Safety Science, 2000, 34: 177-192

[11] Reason J. Managing the risks of organizational accidents[M]. USA: Ashgate, 1997

[12] 于广涛,王二平. 不良安全文化的特征: 事故报告再分析[J]. 中国安全科学学报, 2006, 16(10): 21-27

[13] Mearns K, Flin R, O'Connor P. Sharing "worlds of risk": improving communication with crew resource management[J]. Journal of Risk Research, 2001, 4(4): 377-392

[14] Amalberti R. Safety in flight operations[A]. B Wilpert, T Qvale, (Eds) Reliability and Safety in Hazardous Work Systems[C]. Hove, UK: Lawrence Erlbaum, 1993: 171-194

[15] Willpert B, Klumb P. Social dynamics, organization and management factors contributing to system safety[A]. B Wilpert, T Qvale(Eds). Reliability and Safety in Hazardous Work Systems[C]. Hove, UK: Lawrence Erlbaum, 1993: 87-99

[16] Reason J, Parker D, Lawton R. Organizational controls and safety: The varieties of rule-related behaviour[J]. Journal of Occupational and Organizational Psychology, 1998, 71: 289-304

[17] Pidgeon N. Safety culture: key theoretical issues[J]. Work & Stress, 1998, 12(3): 202-216

[18] Helmrich R L, Merritt A C. Culture at work in aviation and medicine: National, organizational, and professional influences[M]. Aldershot, UK: Ashgate, 1998

[19] 于广涛. 传统习惯与安全事故[J]. 企业管理, 2006(3): 32-33

[20] Reason J. A system approach to organization error[J]. Ergonomics, 1995, 38(8): 1708-1721

[21] Mearns K, Whitaker S M, & Flin R. Safety climate, safety management practice and safety performance in offshore environments[J]. Safety Science, 2003, 41(8): 641-680

[22] 傅贵,李长修,邢国军等. 企业安全文化的作用及其定量测量探讨[J]. 中国安全科学学报, 2009, 19(1): 86-92

[23] Reason J. Achieving a safety culture: theory and practice[J]. Work & Stress, 1998, 12(3): 293-306

[24] Glendon A I, McKenna E F. Human safety and risk management[M]. London: Chapman & Hall, 1995

[25] 施式亮,梁小玲. 瓦斯爆炸事故的混沌特性及其控制方法初探[J]. 中国安全科学学报, 2003, 13(9): 54-58

[26] Glendon A I, Litherland D K. Safety climate factors, group differences and safety behavior in road construction[J]. Safety Science, 2001, 39: 157-188

[27] Neal A, Griffin M A, Hart P M. The impact of organizational climate on safety climate and individual behavior[J]. Safety Science, 2000, 34(1-3): 99-109

[28] International Civil Aviation Organization (ICAO). Line Operational Safety Audit (LOSA) Manual (Doc 9803) [M]. Montreal, Quebec, Canada: ICAO, 2002

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net