

二十一世纪安全科学与技术的发展趋势



白春华 何学秋 主编
吴宗之 冯长根

科学出版社

二十一世纪安全科学与技术的发展趋势

白春华 何学秋 主编
吴宗之 冯长根

科学出版社

2000

内 容 简 介

本书是中国科协第34次“青年科学家论坛”——《面向21世纪的中国安全科学与技术》报告论文集。本次论坛活动邀请了活跃在我国安全科学与技术方面从事教育、学术、研究、工程设计第一线,已经取得突出成就的近30位年轻博士和教授参加。本书共收集论文24篇,这些论文反映了近年来我国安全科学与技术青年科学家在安全科学理论、矿山安全技术、重大危险源辨识与评价技术、安全科学技术研究的前沿问题等研究领域所取得的最新研究成果和研究方向。研究领域涉及兵器、煤炭、有色、冶金、石油、化工、航空航天、铁路、劳动保护、卫生、环境等行业。

本书适用于高等院校、科研院所从事安全科学与技术教学、工程研究、管理、咨询等领域的人员参考和阅读。

图书在版编目(CIP)数据

二十一世纪安全科学与技术的发展趋势/白春华等主编.-北京:科学出版社,2000

ISBN 7-03-007646-X

I.二… II.白… III.①安全学-文集 ②安全技术-文集 IV.X9-53

中国版本图书馆CIP数据核字(1999)第23996号

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

源海印刷厂 印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

2000年6月第一版 开本:787×1092 1/16

2000年6月第一次印刷 印张:9

印数:1—1300

字数:202 000

定价:27.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换(杨中))

前 言

安全科学与技术作为一门新兴学科,它的发展已经经历了三四十年的历史。从六七十年代至今,人们已经意识到安全科学研究的重要性,安全科学与技术正在成为一门愈来愈受到政府和民众关注的独立学科。对安全科学的研究已经从最初对核反应堆、航天飞机等大型高风险系统的研究转向对与人民生活密切相关的第二、第三产业的安全性研究上来。在建筑、冶金、煤炭、有色、化工、石油、压力容器、劳动保护、航空航天、武器、劳动卫生与职业病等方方面面开展了安全科学与技术的研究,并取得了一大批科研成果和实用技术,同时也涌现出一大批年轻有为的青年科技骨干,成为安全科学研究领域的中坚力量。

伴随着我国社会主义现代化建设的不断发展和改革开放的逐渐深入,工业灾害和事故的发生也呈规模不断扩大、数量急剧增加之势,安全问题已变得越来越重要,引起越来越多的人的注意,也向跨世纪的青年一代安全科技工作者提出了挑战和机遇。“十五大”以来,在科教兴国战略和可持续发展战略的指引下,安全科学与技术研究迎来了它的更加光明的新开端。此时,召开一次反映我国安全科学研究领域青年科技人才水平的学术论坛有着十分重要的意义。它可以团结广大青年科技工作者,为以后的安全科学研究指明方向和目标,激励广大安全科学研究领域科技工作者的智慧和创造力,争取安全科学研究的不断繁荣。

面对上述形势,在即将进入 21 世纪的前夕,利用中国科协为青年科技工作者提供的“青年科学家论坛”这一学术交流园地,将活跃在我国安全科学与技术教育、学术、工程领域中一大批已经取得突出成就的青年科学家共聚一堂,在一个高水准、融洽和谐的学术氛围里,增进新的学术思想和学术观点的交流,研讨 21 世纪安全科学与技术的发展趋势和相应的队伍组织和人才培养的发展战略与对策,具有十分重要的意义。

为了达到上述目的,1998 年初北京理工大学白春华教授、冯长根教授,中国矿业大学何学秋教授,国家经贸委安全科研中心吴宗之高工联合发起了向中国科协提出举办题为“面向 21 世纪的中国安全科学与技术”的“青年科学家论坛”活动的建议,这一建议得到了中国科协“青年科学家论坛”组织委员会的正式批准与支持。

此次论坛活动为中国科协第 34 次“青年科学家论坛”,于 1998 年 9 月 12 日至 13 日在北京举行,由上述四位教授担任执行主席。论坛的主要报告和讨论的议题为:

1. 安全科学理论;
2. 矿山安全技术;
3. 重大危险源辨识与评价技术;
4. 安全科学技术研究的前沿问题。

近 30 位特邀的青年科学家参加了论坛活动,并专门为此次论坛撰写了处于学科前沿且具有较高水平的学术论文。这些论文反映了近年来我国安全科学与技术青年科学家们各自研究工作的最新成果和发展动向,同时也反映了未来若干年内,我国安全科学工作者

在理论和实践方面的创新和发展趋势。

在中国科协的领导下,在各位青年科学家的积极配合下,我们正式出版此次论坛活动的报告论文集。在此,感谢中国科协为我们提供了“青年科学家论坛”这一很好的学术交流舞台,并特别感谢北京理工大学钱新明博士的长期辛勤工作使出版本文集成为可能,感谢中国科协学会部黄珏女士的帮助,也感谢每一位与会青年科学家和论文作者的贡献。

白春华 冯长根

1999年7月于北京

目 录

前言	白春华 冯长根(i)
安全科学理论体系的发展及趋势探讨	罗 云(1)
国内外安全(风险)评价方法研究与进展	吴宗之(6)
从互联网检索《EI》看世界安全学科的发展趋势	吴 超(11)
OHSMS 的国际发展趋势与我国的对策	陈 全(16)
石油勘探开发中的健康、安全与环境管理一体化趋势	吴庆善(20)
定量危险分析中精确性问题的研究	钱新明、冯长根、王海亮(25)
三维危险定量分析及评价模型探讨	吴 穹(30)
关于多指标安全综合评价方法若干问题的研究	肖贵平、纪嘉伦(36)
安全控制论原理和应用	王先华(44)
安全可靠性——现代工业可持续发展的支持技术	涂善东、蒋军成(49)
爆炸事故中爆轰形成过程实验室模拟	白春华、刘庆明、Li Yuchen(57)
煤岩等材料安全性的电磁遥感实验研究	何学秋、王恩元、刘真堂(66)
全矿井安全及日常安全评价研究	沈斐敏、陈海宁、陈胜利、石南川(73)
煤矿井下直流架线电网漏电保护的研究	刘延绪(78)
矿内瓦斯运移的异重流特征和数值模拟	梁 栋(85)
发展中的瓦斯突出预测方法——瑞雷波探测法	梁 栋、冀兆良、马 恒(90)
以基础研究强化煤矿爆炸及火灾重大事故调查技术	周心权、朱红青(93)
我国煤矿安全面临的重大难题及其思考	赵阳升(100)
固体推进剂爆轰危险性研究	黄风雷(105)
等离子体技术在有毒有害气体净化中的应用	王银生(110)
工程爆破中的几个安全问题	张 奇、白春华(114)
化工安全管理计算机辅助系统的研究	蒋军成、涂善东(120)
矿井通风优化研究的若干问题	谢贤平、冯长根(126)
人的行为过程的状态空间特征分析初探	景国勋、冯长根(132)

安全科学理论体系的发展及趋势探讨

罗 云

(中国地质大学探矿与采矿工程系)

摘要:本文系统阐述了安全科学技术领域的基本理论和原理。从早期的事故理论到现代的安全原理,人类保障生产和生活安全的思想和方法对策在基本理论的指导下,不断进步和完善,研究这种轨迹和变化趋势,对于把握和推进安全科学技术理论的发展有着现实的意义。本文对安全科学技术理论的发展提出了三阶段论的观点,即安全科学理论的发展经历了:早期的事故学理论,中期的危险分析与风险控制理论,现代的安全科学原理。

1 前 言

人类防范事故的科学经历了漫长的岁月,从事后型的“亡羊补牢”到预防型的本质安全;从单因素的就事论事到安全系统工程;从事故致因理论到安全科学原理,工业安全科学的理论体系在不断发展和完善。追溯安全科学理论体系的发展轨迹,探讨其发展的规律和趋势,对于系统、完整和前瞻性地认识安全科学理论,以指导现代安全科学实践和事故预防工程具有现实的意义。本文认为安全科学理论体系的发展经历了具有代表性的三个阶段:从工业社会到 20 世纪 50 年代主要发展了事故学理论;50 年代到 80 年代发展了危险分析与风险控制理论;90 年代以来,现代的安全科学原理初见端倪,目前处在不断的发展和完善之中。本文将综合论述这三个阶段的基本的认识论、理论系统和方法特征。

2 事故学理论

2.1 认识论

事故学理论的基本出发点是事故,以事故为研究的对象和认识的目标,在认识论上主要是经验论与事后型的安全哲学,是建立在事故与灾难的经历上来认识安全,是一种逆式思路(从事故后果到原因事件)。方法论的主要特征在于被动与滞后,是“亡羊补牢”的模式,突出表现为一种头痛医头、脚痛医脚、就事论事的对策方式。

2.2 理论系统

基于以事故为研究对象的认识,形成和发展了事故学的理论体系。

事故分类学:按管理要求的分类法,如加害物分类法、事故程度分类法、损失工日分类法、伤害程度与部位分类法等;按预防需要的分类法,如致因物分类法、原因体系分类法、时间规律分类法、空间特征分类法等。

事故模型论:因果连锁模型(多米诺骨牌模型)、综合模型、轨迹交叉模型、人为失误模

型、生物节律模型、事故突变模型等。

事故致因理论:事故频发倾向论、能量意外释放论、能量转移理论、两类危险源理论等。

事故预测理论:线性回归理论、趋势外推理论、规范反馈理论、灾变预测法、灰色预测法等。

事故预防理论:三 E 对策理论、事后型对策等。

2.3 方法与特征

在上述思想认识的基础上,事故学理论的主要导出方法是事故分析(调查、处理、报告等)、事故规律的研究、事后型管理模式、三不放过的原则(即发生事故后原因不明、当事人未受到教育、措施不落实三不放过);建立在事故统计学上致因理论研究;事后整改对策;事故赔偿机制与事故保险制度等。

事故学的理论对于研究事故规律,认识事故的本质,从而对指导预防事故有重要的意义,在长期的事故预防与保障人类安全生产和生活过程中发挥了重要的作用,是人类的安全活动实践的重要理论依据。但是,仅停留在事故学的研究上,一方面由于现代工业固有的安全性在不断提高,事故频率逐步降低,建立在统计学上的事故理论随着样本的局限使理论本身的发展受到限制,同时由于现代工业对系统安全性要求不断提高,直接从事事故本身出发的研究思路和对策,其理论效果不能满足新的要求。

3 危险分析与风险控制理论

3.1 认识论

以危险和隐患作为研究对象,其理论的基础是对事故因果性的认识,以及对危险和隐患事件链过程的确认。建立了事件链的概念,有了事故系统的超前意识流和动态认识论。确认了人、机、环境、管理事故综合要素,主张工程技术硬手段与教育、管理软手段综合措施,提出超前防范和预先评价的概念和思路。

3.2 理论系统

由于研究对象和目标体系的转变,危险分析与风险控制理论发展了如下理论体系:

系统分析理论:FTA 故障树分析理论、ETA 事件树分析理论、SCL 安全检查表技术、FMEA 故障及类型影响分析理论等。

安全评价理论:安全系统综合评价、安全模糊综合评价、安全灰色系统评价理论等。

风险分析理论:风险辨识理论、风险评价理论、风险控制理论。

系统可靠性理论:人机可靠性理论、系统可靠性理论等。

隐患控制理论:重大危险源理论、重大隐患控制理论、无隐患管理理论等。

3.3 方法和特征

由于有了对事故的超前认识,这一理论体系导致了比早期事故学理论下更为有效的方法和对策,如预期型管理模式;危险分析、危险评价、危险控制的基本方法过程;推行安

全预评价的系统安全工程;四负责的综合责任体制;管理中的“五同时”原则;企业安全生产的动态“四查工程”等科学检查制度等。危险分析与风险控制理论指导下的方法,其特征体现了超前预防、系统综合、主动对策等。

危险分析及隐患控制理论从事故的因果性出发,着眼于事故的前期事件的控制,对实现超前和预期型的安全对策,提高事故预防的效果有着显著的意义和作用。但是,这一层次的理论在安全科学理论体系上,还缺乏系统性、完整性和综合性。

4 安全科学原理

4.1 认识论

以安全系统作为研究对象,建立了人-物-能量-信息的安全系统要素体系,提出系统自组织的思路,确立了系统本质安全的目标。通过安全系统论、安全控制论、安全信息论、安全协同学、安全行为科学、安全环境学、安全文化建设等科学理论研究,提出在本质安全化认识论基础上全面、系统、综合地发展安全科学理论。

4.2 理论系统

安全原理的理论系统还在发展和完善之中,目前已有的初步体系有:

安全的哲学原理:从历史学和思维学的角度研究实现人类安全生产和安全生存的认识论和方法论。如有了这样的归纳:远古人类的安全认识论是宿命论的,方法论是被动承受型的;近代人类的安全认识提高到了经验的水平;现代随着工业社会的发展和技术的进步,人类的安全认识论进入了系统论阶段,从而在方法论上能够推行安全生产与安全生活的综合型对策,甚至能够超前预防。有了正确的安全哲学思想的指导,人类现代生产与生活的安全才能获得高水平的保障。

安全系统论原理:从安全系统的动态特性出发,研究人、社会、环境、技术、经济等因素构成的安全大协调系统。建立生命保障、健康、财产安全、环保、信誉的目标体系。在认识了事故系统人-机-环境-管理四要素的基础上,更强调从建设安全系统的角度出发,认识安全系统的要素:人-人的安全素质(心理与生理;安全能力;文化素质);物-设备与环境的安全可靠性(设计安全性;制造安全性;使用安全性);能量-生产过程能的安全作用(能的有效控制);信息-充分可靠的安全信息流(管理效能的充分发挥)是安全的基础保障。从安全系统的角度来认识安全原理更具有理性的意义,更具科学性原则。

安全控制论原理:安全控制是最终实现人类安全生产和安全生存的根本措施。安全控制论提出了一系列有效的控制原则。安全控制论要求从本质上来认识事故(而不是从形式或后果),即事故的本质是对能量不正常转移,由此推出了高效实现安全系统的方法 and 对策。

安全信息论原理:安全信息是安全活动所依赖的资源。安全信息原理研究安全信息定义、类型,研究安全信息的获取、处理、存储、传输等技术。

安全经济学原理:从安全经济学的角度,研究安全的“减损效益”(减少人员伤亡、职业病负担、事故经济损失、环境危害等),研究安全的增值效益,即研究安全的“贡献率”,用安全经济学理论指导安全系统的优化。

安全管理学原理:安全管理最基本的原理首先是管理组织学的原理,即安全组织机构合理设置,安全机构职能的科学分工,安全管理体制协调高效,管理能力自组织发展,安全决策和事故预防决策的有效和高效。其次是专业人员保障系统的原理,即遵循专业人员的资格保证机制:通过发展学历教育和设置安全工程师职称系列的单列,对安全专业人员进出具有严格的任职要求;建立兼职人员网络系统:企业内部从上到下(班组)设置全面、系统、有效的安全管理组织网络等。三是投资保障机制,研究安全投资结构的关系,正确认识预防性投入与事后整改投入的关系,要研究和掌握安全措施投资政策和立法,讲求谁需要、谁受益、谁投资的原则;建立国家、企业、个人协调的投资保障系统等等。

安全工程技术原理:随着技术和环境的不同,发展相适应的硬技术原理、机电安全原理、防火原理、防爆原理、防毒原理等。

目前还在发展中的安全理论还有:安全仿真实论、安全专家系统、系统灾变理论、本质安全化理论、安全文化理论等。

4.3 方法与特征

自组织思想和本质安全化的认识,要求从系统的本质入手,要求主动、协调、综合、全面的方法论。具体表现为:从人与机器和环境的本质安全入手,人的本质安全指不但要解决人的知识、技能、意识素质,还要从人的观念、伦理、情感、态度、认知、品德等人文素质入手,从而提出安全文化建设的思路;物和环境的本质安全化就是要采用先进的安全科学技术,推广自组织、自适应、自动控制与闭锁的安全技术;研究人、物、能量、信息的安全系统论、安全控制论和安全信息论等现代工业安全原理;技术项目中要遵循安全措施与技术设施同时设计、施工、投产的“三同时”原则;企业在考虑经济发展、进行机制转换和技术改造时,安全生产方面要同时规划、同时发展、同时实施,即所谓“三同步”的原则;还有“三点控制工程”、“定置管理”、“四全管理”、“三治工程”等超前预防型安全活动;推行安全目标管理、无隐患管理、安全经济分析、危险预知活动、事故判定技术等安全系统科学方法。

参 考 文 献

- [1] 罗云,安全经济学导论,经济科学出版社,1993
- [2] 罗云,工业安全卫生基本数据手册,中国商业出版社,1997
- [3] 罗云,我国安全生产十大问题及对策,中国安全科学学报,1994 专集
- [4] 董立斋、巩长春等,工业安全评价理论与方法,机械工业出版社,1988
- [5] 金磊、徐德蜀、罗云,中国现代安全管理,气象出版社,1995
- [6] 罗云等,安全文化百问百答,北京理工大学出版社,1995
- [7] 罗云,重大事故案例分析与对策,中国地质大学出版社,1991
- [8] 徐德蜀,中国安全文化建设理论与探索,四川科学技术出版社,1994
- [9] 隋鹏程,安全原理与事故预测,冶金工业出版社,1988
- [10] 李鸿光、赵欲李译,安全管理——香港的经验,中国劳动出版社,1995
- [11] 宋大成,事故信息管理,中国科学技术出版社,1989
- [12] [德]库尔曼著,赵云胜译,安全科学导论,中国地质大学出版社,1989
- [13] Frank Less, On merging system safety and quantitative risk assessment, Reliability Engineering and System Safety, 46,1994
- [14] Guastello S. J., Catastrophe modeling of the accident process: Evaluation of an accident reduction using the occupation-

al hazards survey, Accident Anal. Prev., 21(1),1989

[15] Ragan, P. T. Systems theory and safety, Profession Safety, 1994(6)

作者简介:罗云,1956年生。硕士,教授,中国地质大学探矿与采矿工程系主任,中国劳保科技学会理事,全国地质勘探安全学会副理事长,世界安全联合会(World Conference on Safety Science)会员,北京市青年学科带头人。从事安全经济学、安全信息工程、安全行为科学、安全文化等软科学领域的研究,主持完成国家自然科学基金、劳动部、地矿部、石化行业等多项科研课题。曾获国家专利一项,部级科技成果奖多项,地区发明成果奖一项。主编出版著作15部,发表论文近百篇。

国内外安全(风险)评价方法研究与进展

吴宗之

(劳动部劳动保护科学研究所)

摘要:安全评价是对系统的危险性进行定性或定量分析,评价系统发生事故的可能性及严重程度。安全评价是安全管理和决策科学化的基础。安全评价的内容包括:安全管理绩效评价,人的行为安全性评价,设备、设施的安全性评价,作业环境安全性评价,化学物品安全性评价等。目前,国内外工业安全评价方法已有几十种,可分为定性评价、指数评价、半定量评价、定量评价。我国有关单位研究开发了定性评价方法、指数评价方法,“八五”科技攻关研究中,提出了“易燃、易爆、有毒重大危险源辨识、评价方法”,需进一步研究事故后果模型,事故经济损失评价方法、生态环境影响评价方法、人的行为安全性评价方法,不同行业可接受的风险标准。

1 引言

安全评价也称危险评价或风险评价,是对系统发生事故的危险性进行定性或定量分析,评价系统发生危险的可能性及其严重程度,以寻求最低事故率,最少的损失和最优的安全投资效益。安全评价是安全管理和决策科学化的基础,是依靠现代科学技术预防事故的具体体现。目前,用于生产过程或设施的安全评价方法已达到几十种,常用的危险评价方法可分为定性评价方法、指数法、半定量评价方法、概率危险评价方法等几大类。

2 安全评价方法简述

2.1 定性评价方法

定性评价方法主要是根据经验和判断能力对生产系统的工艺、设备、环境、人员、管理等方面的状况进行定性的评价。属于这类评价的方法有安全检查表、预先危险性分析、故障类型和影响分析以及危险可操作性研究方法等。这类方法的特点是简单,便于操作,评价过程及结果直观。目前在国内外企业安全管理工作中被广泛使用。这类方法含有相当高的经验成分,带有一定的局限性,对系统危险性的描述缺乏深度。不同类型评价对象的评价结果没有可比性。

2.2 指数评价方法

美国 Dow 化学公司的火灾、爆炸指数法,英国帝国化学公司蒙德工厂的蒙德评价法,日本的六阶段安全评价法,我国化工厂危险程度分级方法等均为指数方法。指数的采用使得系统结构复杂、用概率难以表述其危险性的单元的评价有了一个可行的方法。这类

方法操作简单,是目前应用较多的评价方法之一。指数的采用,避免了事故概率及其后果难以确定的困难,评价指数值同时含有事故频率和事故后果两个方面的因素。这类方法的缺点是,评价模型对系统的安全保障体系的功能重视不够,特别是危险物质和安全保障体系间的相互作用关系未予考虑。尽管在蒙德法和我国化工厂危险程度分级方法中有一定的考虑,但这种缺陷仍是很明显的。各因素之间均以乘或加的方式处理,忽视了因素之间重要性的差别。评价自开始起就用指标值给出,使得评价后期对系统的安全改进工作较困难。在目前的各类指数评价模型中,指标值的确定只和指标的设置与否有关,而与指标因素的客观状态无关,致使危险物质的种类、含量、空间布置相似,而实际安全水平相差较远的系统其评价结果相近,导致这类方法灵活性和敏感性差。指数法目前在石油、化工等领域应用较多。

2.3 概率风险评价方法

概率风险评价方法是根据元部件或子系统的发生事故概率,求整个系统的发生事故概率。本法以 1974 年拉姆逊教授(Prof. Rasmussen N. C.)评价民用核电站的安全性开始,继而有 1977 年的英国坎威岛(Canvey Island)石油化工联合企业安全评价,1979 年德国对 19 座大型核电站的安全评价,1979 年荷兰雷几蒙德(Rijnmond)六项大型石油化工装置的安全评价等都是使用概率法。这些评价项目都耗费了大量的人力物力,在方法的讨论、数据的取舍、不确定性的研究以及灾害模型的研究等方面均有所创建,对大型企业的的核心评价方法影响较大。目前,这种方法在系统结构简单、清晰、相同元件的基础数据相互借鉴性强,如航空、航天、核能等领域得到了广泛应用。另一方面,该方法要求数据准确、充分,分析完整,判断和假设合理,并能准确地描述系统中的不确定性。对于化工、煤矿等行业,由于系统复杂,不确定性因素多,人员失误概率的估计十分困难,因此,这类方法至今未能在这些行业中取得进展。随着模糊概率理论的进一步发展,概率风险评价方法的现有缺点将会得到一定程度上的克服。但使用概率法需要取得组成系统各零部件和子系统发生故障概率的数据。目前民用工业系统中,这类数据的积累很不充分,这是使用这一方法的根本性障碍。

2.4 安全评价软件

自 1974 年美国出版了民用核电站安全评价研究报告(WASH1400)以来,大多数工业发达国家已将安全评价作为工业过程、系统设计、工厂设计和选址以及应急计划和事故预防措施的重要依据。近年来开发了一系列商业化的安全评价软件。安全评价软件的研究和开发是一项复杂的技术工作。英国、荷兰、美国等工业发达国家从 20 世纪 70 年代以来就开始研究,目前已有几十种安全评价软件包得到应用。随着信息处理技术和事故预防技术的进步,新的实用的评价软件不断地进入市场。计算机安全评价软件包可以帮助人们找出导致事故发生的主要原因,认识潜在事故的严重程度,并确定减缓危险的方法。目前,用于安全评价的计算机软件包主要有四种类型:

第一种是危险辨识软件。用来解决“为什么会出现故障”的问题,危险辨识的方法主要有安全检查表、“假设”提问法、危险与可操作性研究、初步危险性分析、故障类型、影响及严重程度分析等。

第二种是事故后果模型软件。用来确定潜在事故的后果。事故后果模型软件主要是预测火灾、爆炸和毒物泄漏事故的后果。火灾危害模型可描述不同类型火灾的性质。爆炸模型可计算密封或非密封的蒸汽爆炸、固体爆炸或油罐爆炸的超压量。毒物泄漏扩散模型可显示出释放在空气中、土壤里、地下水和地面上化学毒物的扩散行为。事故后果模型把热辐射、易燃或有毒蒸汽的扩散以及超压量的内容转换成危害区域评估,使之能以设施和财产损失、环境破坏以及人因接触有毒化学品、热辐射或爆炸压力而导致的健康危害来说明事故的危险性。

第三种是事故频率分析软件。通过对有关的元件失效频率和人为失误频率等数据的处理可得到事故的频率。常用的方法有事故树分析方法和事件树分析方法。

第四种是综合危险定量分析软件。根据提供的设计资料、工厂情况以及设施周围区域人口分布等资料,该类软件可以全面地描述危险程度,计算出危险设施周围的社会(群体)和个人承担的风险值。

3 我国安全评价方法研究与应用状况

20 世纪 80 年代初期,安全系统工程引入我国,受到许多大中型企业和行业管理部门的高度重视。通过翻译、消化、吸收国外安全检查表和安全分析方法,我国机械、冶金、化工、航空、航天等行业的有关企业开始应用简单的安全分析、评价方法,如安全检查表、事故树分析(FTA)、故障类型及影响分析(FMEA)、事件树分析(ETA)、预先危险性分析(PHA)、危险可操作性研究(HAZOP)、作业环境危险评价方法(LEC)等。在许多企业,安全检查表和事故树分析方法已应用于生产班组和操作岗位。此外,一些石油、化工等易燃、易爆危险性较大的企业,应用 Dow 化学公司的火灾、爆炸指数评价方法进行企业安全评价。许多行业和地方政府有关部门制定了安全检查表和安全评价标准。

为推动和促进安全评价方法在我国企业安全管理中的实践和应用,1986 年原劳动人事部分别向有关科研单位下达了《机械工厂危险程度分级》、《化工厂危险程度分级》、《冶金工厂危险程度分级》、《工厂危险程度分级》等科研项目。1987 年原机械电子工业部首先提出了在机械行业内开展机械工厂安全评价,并于 1988 年颁布了第一个部颁安全评价标准——《机械工厂安全性评价标准》。

机械工厂安全评价标准分两方面:一是工厂危险程度分级,通过对机械行业 1000 余家重点企业 30 余年事故统计分析结果,用 16 种设备(设施)及物品的拥有量来衡量企业固有的危险程度并作为划分危险等级的基础;二是机械工厂安全性评价(包括综合管理评价、危险性评价和作业环境评价),主要评价企业安全管理绩效,采用了以安全检查表为基础,打分赋值的评价方法。

由原化工部劳动保护研究所提出的化工厂危险程度分级方法是在吸收道化学公司火灾、爆炸危险指数评价方法的基础上,通过计算物质指数、物量指数和工艺系数、设备系数、厂房系数、安全系数、环境系数等,得出工厂固有危险指数,以此进行固有危险性分级,用工厂安全管理等级修正工厂固有危险等级后,得出工厂危险等级。

《机械工厂安全性评价标准》已应用于我国 1000 余家企业,化工厂危险程度分级方法、工厂危险程度分级方法、冶金工厂危险程度分级方法等也在相应行业的几十家企业进

行了实际应用。

除上述危险程度分级方法外,我国有关部门还相继颁布了《医药工业企业安全性评价通则》、《航空航天工业工厂安全性评价规程》、《石化企业安全性综合评价办法》、《电子工业企业安全性评价标准》、《兵器工业机械工厂安全性评价方法和标准》等。

1991 年国家“八五”科技攻关计划中,将安全评价方法研究列入了重点攻关项目。由劳动部劳保所等单位完成的我国“八五”国家科技攻关专题“易燃、易爆、有毒重大危险源辨识、评价技术研究”,将重大危险源评价分为固有危险性评价与现实危险性评价。后者是在前者的基础上考虑各种危险性的控制因素,反映了人对控制事故发生和事故后果扩大的主观能动作用,固有危险性评价主要反映物质的固有特性,危险物质生产过程的特点和危险单元内、外部环境状况。它分为事故易发性评价和事故严重度评价。事故易发性取决于危险物质事故易发性与工艺过程危险性的偶合。

评价的数学模型如下:

$$A = \left\{ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (B_{111})_i W_{ij} (B_{112})_j \right\} \times B_{12} \times \prod_{k=1}^3 (1 - B_{2k})$$

式中: $(B_{111})_i$ 为第 i 种物质危险性的评价值; $(B_{112})_j$ 为第 j 种工艺危险性的评价值; W_{ij} 为第 j 项工艺与第 i 种物质危险性的相关系数; B_{12} 为事故严重度评价值; B_{21} 为工艺、设备、容器、建筑结构抵消因子; B_{22} 为人员素质的抵消因子(控制因素); B_{23} 为安全管理的抵消因子(控制因素)。

易燃、易爆、有毒重大危险源辨识评价方法,填补了我国跨行业重大危险源评价方法的空白,在事故严重度评价中,建立了伤害模型库,采用了定量计算方法,使我国工业安全评价方法从定性评价迈入了定量评价。

实际应用表明,使用该方法评价结果科学、合理,符合中国国情。该项成果 1996 年获国家“八五”科技攻关重大成果奖,1997 年获劳动部科技进步一等奖。

1997 年劳动部下达了“重大危险源普查监控系统试点”项目,在北京、上海、天津、青岛、深圳、成都等 6 个城市推广应用此项成果。易燃、易爆、有毒重大危险源评价方法除应用于上述 6 个城市近万个重大危险源的评价外,还应用于天津朝日能源有限公司液化石油气基地工程、天津第一日用化学厂液化气站和煤油罐区工程等几十个建设项目(工程)的安全预评价。

4 结 束 语

尽管国内外已研究开发出了几十种安全评价方法和商业化的安全评价软件包,但由于安全评价涉及多学科、多门类的相关知识,不仅涉及技术科学,而且涉及管理学、伦理学、心理学、法学等社会科学。安全评价指标及其权值的选取与生产技术水平、安全管理水平、生产者和管理者的素质以及社会和文化背景等因素密切相关。因此,每种评价方法都有一定的适用范围和限度。定性评价方法主要依靠经验判断,不同类型评价对象的评价结果没有可比性。美国 Dow 化学公司开发的火灾、爆炸指数法主要用于评价按规范设计和运行的化工、石化企业生产、存贮装置的火灾、爆炸危险性,该方法在指标选取和参数

值确定等方面还存在缺陷。概率危险评价方法以人机系统可靠性分析为基础,要求具备评价对象的元部件和子系统以及人的可靠性数据库和相关事故后果伤害模型。

目前国外现有的危险评价方法主要适用于评价危险装置或单元发生事故的可能性和事故后果的严重程度。国内研究开发的《机械工厂安全性评价标准》、《化工厂危险程度分级》、《冶金工厂危险程度分级》等方法主要用于同行业企业的安全管理评价或评比。

“八五”国家科技攻关专题“易燃、易爆、有毒重大危险辨识评价技术的研究”在吸收国内外现有安全评价方法的基础上,将重大危险源评价分为固有危险性评价和现实危险性评价两部分,其中事故易发性评价吸收了国外 Dow 公司评价方法、蒙德化学公司评价方法、日本劳动省化工厂六阶段安全评价方法以及国内《化工厂危险程度分级方法》、《火炸药和弹药企业重大危险源评估方法》等的优点,采用相对系数法(指数法),事故严重度评价建立在火灾、爆炸、毒物泄漏模型的基础上,考虑人口密度、财产分布密度和气象、环境条件等因素,可达到定量评价事故后果严重度的水平。为进一步完善定量安全评价方法,还需进一步研究各类事故后果模型,事故经济损失评价方法,事故对生态环境影响评价方法,人的行为安全性评价方法,不同行业可接受的风险标准等。

参 考 文 献

- [1] “易燃、易爆、有毒重大危险源辨识评价技术的研究”技术鉴定文件,劳动部劳动保护科学研究所,1995.10
- [2] 机械工厂安全性评价,机电部质量安全司,1988.5
- [3] 冯肇瑞、崔国璋,安全系统工程,冶金工业出版社,1987
- [4] 吴宗之,建立我国工业事故风险管理制度探讨,中国安全科学学报,1995 年增刊

作者简介:吴宗之,男,1963 年 3 月生。博士,高级工程师。1983 年毕业于华南理工大学铸造专业,获工学学士学位,1986 年毕业于该校金属材料专业,获工学硕士学位。1989 年在中国矿业大学北京研究生部获工学博士学位,毕业后到劳动部劳动保护科学研究所从事安全评价、事故预防研究工作。先后参加和主持完成了国家和部级科研课题 10 余项,在国内外学术刊物上发表论文 50 余篇。1996 年获国家“八五”科技攻关做出突出贡献先进个人称号;作为技术协调人,参加完成的“八五”科技攻关专题“易燃、易爆、有毒重大危险源辨识评价技术研究”获国家“八五”科技攻关重大成果奖,劳动部科技进步一等奖。提出在我国实施重大危险源申报、评价、分级监控的重大事故预防控制技术思想受到有关部门的重视并在北京、上海等 6 个城市试点应用。

从互联网检索《EI》看世界安全学科的发展趋势

吴 超

(中南工业大学资源开发工程系)

摘要:本文从事故分类、行业安全、安全分析与评价方法、安全学科分类和安全学科期刊五个不同的角度,通过互联网检索 1995 年至今美国《工程索引》对世界安全学科文献的摘录情况,进而研究世界安全科学的发展趋势。

1 引 言

美国《工程索引》(The Engineering Index,简称 EI)创刊于 1884 年,由美国工程索引公司编辑出版,是世界著名的索引工具之一。《EI》收录面广,它收录了美、英、德、法、日、中等近 50 个国家,15 种文字,4500 多种科技期刊和 1000 多种国际会议录、论文集、学术专题报告以及科技图书、年鉴、标准等有关工程技术方面的文献,但不收录纯基础理论方面的文献和专利。《EI》报道内容相当广泛,包括电子、电气、控制工程、机械、自动化、原子能、宇航工程、环境、地质、生物工程、化工、食品工程、工业管理、数学、物理、仪表工程、采矿、材料、石油工程、交通运输等各方面的文献。

《EI》目前的出版形式有工程索引月刊、工程索引年刊、工程索引缩微胶卷、工程索引磁带和工程索引光盘。《EI》每年的文献报道量约 60 万篇。

笔者利用互联网检索《EI》的网络版数据库(Compendx Web)中安全学科的文献摘录分布,从而研究世界安全学科的发展趋势。本项研究检索的文献为 1995 年至今《EI》摘录的文献。

2 按事故分类检索与其相关的文献分布

按事故分类检索火灾危害、气体爆炸、锅炉爆炸、机械伤害几类主要事故的相关文献分布,其结果如表 1 所示。

表 1 按事故分类检索近三年《EI》摘录的与几类事故相关的文献

中文主题词	安全	火灾危害	气体爆炸	锅炉爆炸	机械伤害
英文主题词	safety	fire hazards	gas explosion	boiler explosion	mechanical hazards
记录条数	13926	307	94	10	9
占 4 类事故的百分数	—	73.1	22.4	2.4	2.1
占安全条数的百分数	100	2.2	0.7	0.072	0.065
占 EI 总条数的百万分数	7736.7	170.6	52.2	5.6	5.0