

能源化工行业安全生产 形势分析和关键技术

范维澄 余明高 主编

中国科学技术大学出版社



能源化工行业安全生产 形势分析和关键技术

范维澄 余明高 主编

中国科学技术大学出版社
2002·合肥

内 容 简 介

本书涉及煤炭、石油、化工、核工业等行业安全技术问题、内容针对当前我国各行业中存在的安全技术隐患,进行了大量的、综合的分析论证,提出了相应的对策,对提高我国的安全科技水平具有重要的促进作用。特别是国家安全生产专家组能源化工组给国家有关部门提出的建议书,可为国家在有关安全科技发展战略决策方面提供充实的依据。

本书可作为从事安全科技工作的有关人员的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

能源化工行业安全生产形势分析和关键技术/范维澄,余明高主编. —合肥:中国科学技术大学出版社,2002.3

ISBN 7-312-01390-2

I. 能… II. ①范 ②余… III. ①能源工业—安全技术—问题—中国—研究 ②化学工业—安全技术—问题—中国—研究 IV. X931

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 012165 号

中国科学技术大学出版社出版发行

(安徽省合肥市金寨路 96 号,邮编:230026)

中国科学技术大学印刷厂印刷

全国新华书店经销

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:8.75 字数:158 千

2002 年 3 月第 1 版 2002 年 3 月第 1 次印刷

印数:1—1000 册

ISBN 7-312-01390-2/O·259 定价:15.00 元

序

能源化工行业涉及煤炭、石油、化工、核能等领域,是我国的基础工业,在国民经济建设中发挥着极其重要的作用。然而,由于这些行业的生产过程中所涉及的物料具有固有的燃烧性、爆炸性和毒害危险性以及生产过程的工艺危险性等,使得安全技术问题尤其重要。目前,我国能源化工安全生产形势比较严峻,各类事故和职业危害不仅造成重大人员伤亡,而且给国家带来重大的经济损失,已成为制约能源化工工业健康发展的重要问题,甚至影响了我国的国际形象。对此,如不引起高度重视,切实采取有效措施,必将严重影响我国社会安定和经济的可持续发展。

重特大事故频繁,确有其管理不善的原因,但归根结底与我国的安全生产基础和生产力发展水平,包括安全科学技术水平不高有着直接的关系。长期以来,我国在安全生产管理上采取的措施大多基于经验,对安全科技工作重视不够,投入不足,致使那些困扰我国安全生产的重大技术关键和科技基础性工作一直没有得到有效的解决,一些先进、实用的安全科技成果没有得到及时的推广应用,造成我国安全生产管理和事故预防工作长期在低水平上徘徊。改革开放以来,我国经济建设发展很快,城市人口密度增大,工业生产系统日益复杂,易燃易爆与有毒有害物质对生产和生活的危害越来越大,安全风险不断加大。但我国在工业风险评估和安全规划体制、材料与结构安全技术、监测、报警及重大事故应急技术和装置的研究、开发;安全技术标准研究等这些非常重要的安全科学技术领域基础十分薄弱,严重制约着安全管理水平的提高。上述情况如不尽快改变,我国安全管理和安全技术将难以走出落后和被动局面。尤其是在加入 WTO 后,随着国际标准的广泛采

用,安全科技水平的高低将对我国安全管理和我国企业在国际市场上的竞争力产生更加严重的影响。

当前,发达国家无不把保障生产安全作为科技发展的重要任务,并在安全管理和事故预防中积极采取先进科技手段。为此他们在安全科技方面投入了大量的经费,使高科技在安全生产管理方面发挥了十分显著的作用。而我国安全科技的投入却非常低,同时在安全科学理论、安全科学技术研究、技术开发方面也缺乏总体规划与有效的协调,还没有从国家的角度有效地组织和开展相应的工作。近几年来,尽管有关部委在各行各业的支持下开展了一些研究工作,并已显示出一定的成效,但规模太小,与我国严峻的安全生产形势极不相称。

针对上述问题,国家经贸委于2000年5月19日组成了新一届“国家安全生产专家组”,来自不同领域的专家组成员认真学习了江泽民总书记、朱镕基总理、吴邦国副总理等党中央、国务院领导同志关于安全生产的一系列重要批示,并就如何解决我国安全生产面临的问题,特别是能源化工领域的安全生产问题进行了广泛而深入的探讨,最终形成了《能源化工行业安全形势分析与对策建议书》,同时,各位专家还提交了相应的论文。各位专家的辛勤劳动和他们为我国安全生产事业所倾注的大量心血,对我国能源化工行业的健康发展,对保障人民生命财产安全必将起到积极的作用。该论文集的发表也为各有关单位和人员加强安全生产管理工作提供了有益的帮助和技术支持,希望群策群力,为使我国安全生产工作在新世纪开创新局面做出新贡献。

闵厚昌

二〇〇一年十一月十九日

前 言

安全生产与国民经济建设、社会安定团结密切相关,任何安全事故的发生,都有可能给人民的生命财产、社会稳定造成意想不到的损失和破坏,阻碍可持续发展战略的实施。因此,安全生产一直是我国的一项重要国策,把安全生产作为经济建设持续发展的重要基本保障条件。当前,我国能源化工行业安全生产形势较为严峻,重、特大事故时有发生,给国家和人民的生命财产造成了巨大的损失。造成目前这一状况的原因是多方面的,正如吴邦国副总理所说:“我国安全生产状况不好,重特大事故频繁,的确有其管理不善的原因,但归根结底与我国的生产力发展水平,尤其是安全科学技术水平不高有直接关系。”我国已加入了 WTO,必将面对与发达国家在包括安全科技等方面的竞争。要想在同等条件下参与国际市场的竞争,缩小与发达国家在安全科技方面的差距,必须依靠科技水平的提高来迎头赶上,从中发现重大问题并提出切实可行的发展战略。

为此,国家经贸委于 2000 年 5 月 19 日组成了新一届“国家安全生产专家组”,同时立项,由能源化工组承担“能源化工安全生产形势分析和关键技术建议研究”项目。该项目的研究内容包括:

- (1) 研讨分析当前能源化工领域的安全生产形势和对策。
- (2) 提炼本领域保障安全生产的关键科学技术。
- (3) 形成一份给国家有关部门和领导提供决策和科研立项依据的能源化工领域的安全生产建议书。

参加本项目的能源化工组部分专家在认真学习了党中央、国务院有关领导同志关于安全生产的一系列重要批示的基础上,分三次专题研讨会,就如何解决我国安全生产面临的问题,特别是能源化工领域的

安全生产问题进行了广泛而深入的探讨。本文集即为在各次研讨会研讨基础上形成的,供从事安全管理、科学研究的有关人员参考。

本文集中的论文由参加本项目的国家安全生产专家组能源化工组部分专家提供,《能源化工行业安全形势分析与对策建议书》由中国工程院院士、中国科学技术大学火灾科学国家重点实验室范维澄教授、余明高博士起草,并经专家组讨论后定稿。

在本文集编辑、出版过程中,得到了国家经贸委、国家安全生产监督管理局有关领导,以及参加本项目的国家安全生产专家组能源化工组各位专家的大力支持,在此表示衷心感谢。鉴于编者水平有限,经验不足,疏漏之处在所难免,敬请批评指正。

编 者
2001 年 11 月

目 录

序	(I)
前言	(III)
1. 能源化工行业安全形势分析与对策建议书(国家安全生产专家组 能源化工组).....	(1)
2. 努力建设现代企业的安全文化——浅述中国海洋石油有限 公司的 HSE 工作(陈锡泉)	(18)
3. 核安全是核工业永恒的主题(从慧玲、金翔龙、张金涛).....	(24)
4. CNPC 建立 HSE 管理体系的基本思路和“十五”战略(董国永)	(31)
5. 我国安全生产中的热安全关键技术(范维澄、钟茂华、余明高).....	(44)
6. 企业安全文化与 HSE 管理体系(李俊荣、陈建设、张勇)	(58)
7. 浅海石油作业安全生产形势分析(卢世红、李俊荣)	(79)
8. 煤矿安全生产形势及科技对策(卢鉴章).....	(85)
9. 我国煤矿安全生产形势分析和关键技术(王德明)	(109)
10. 石油化工安全生产的若干技术问题(张维凡).....	(118)

1 能源化工行业安全形势分析与对策建议书

国家安全生产专家组能源化工组

当前我国在能源化工领域的安全生产形势相当严峻。各类伤亡事故和职业危害给国家和企业带来数百亿的重大经济损失。1999 年发生一次死亡 10 人以上的重、特大事故 96 起、死亡 1578 人, 伤 383 人。与 1998 年比较, 分别上升 15.66%, 0.38% 和 609.26%。初步统计, 2000 年 1~7 月份共发生一次死亡 10 人以上的重、特大事故 49 起, 死 760 人, 伤 408 人。我国能源化工企业的安全状况, 已成为制约能源化工工业健康发展的重要问题, 甚至有时成为西方国家攻击中国人权状况的借口, 影响了我国的国际形象。

安全生产工作关系到国家和人民生命财产安全, 关系到社会稳定和经济的健康发展。必须通过科技攻关, 解决影响全局的重大技术关键课题, 以技术创新改善我国能源化工安全技术落后的状况, 用科技进步促进安全生产, 有效预防和控制重、特大事故的发生, 从根本上改变我国能源化工领域安全生产形势的被动局面。

下面就我国能源化工领域在安全生产方面存在的一系列亟需解决的问题进行分析, 并提出相应的解决对策, 为制定预防和控制能源化工重、特大事故发生的技术方案, 以及完善能源化工企事业相应的法规和规程提供依据。

1.1 能源化工领域安全形势

能源化工领域涉及的行业较多, 主要有煤炭、石油天然气、石化、化工以及核工业等。我国是世界上少数几个一次能源以煤为主的国家。在中国生产和消费的一次商品能源中煤炭约占 74%, 在探明的化石类能源中煤炭占 94.3%, 石油天然气占 5.7%。在未来的 50~60 年内, 随着新能源和可再生能源、水电和核电的发展和推广, 煤炭在一次能源中的消费比重会有所下降, 但煤炭仍将是我国的主要能源。鉴于我国目前的能源结构现状, 我们认为, 安全问题主要集中在煤炭、石油天然气、石化、化工等行业, 尤其是煤炭行业的安全问题。当然其他行业也不同

程度地存在安全问题。

1.1.1 煤炭行业安全形势分析

我国煤矿安全形势严峻。目前煤炭产业正朝着高效集约化开采的方向发展,而由此带来的瓦斯煤尘灾害等安全问题迫切需要解决,尤其是瓦斯煤尘爆炸和煤与瓦斯突出,已成为制约高效集约化开采技术发展最重要的因素之一;此外,随着煤炭开采活动的进行,煤矿生产条件不断恶化,地质条件愈趋复杂,开采深度不断加大,煤矿瓦斯煤尘爆炸和煤与瓦斯突出的威胁更加严重,煤矿的安全生产受到挑战。虽然经过数十年的不懈努力,特别是在“六五”至“九五”期间开展大量的解决煤矿安全的工作,煤炭行业现在能在不同程度上控制瓦斯、粉尘、水、火、热、冲击地压、顶板、边坡滑移等灾害对安全生产的威胁,对主要灾害源基本上实现了安全监测,但是由于我国煤矿地质条件复杂,技术装备落后,职工队伍素质低下,资金严重不足以及其他诸多不利因素的存在,我们还没有完全掌握安全生产的主动权。迄今为止,矿山灾害仍十分严重,还经常发生顶板冒落、瓦斯煤尘爆炸,煤与瓦斯突出、冲击地压、突水、火灾等事故不断发生。例如,2000年9月27日贵州水城矿务局木冲沟矿发生的特大煤矿瓦斯与煤尘爆炸事故造成162人死亡,37人受伤,是近40年来全国发生的最为严重的一起瓦斯爆炸事故。重大、特大事故的频频发生造成了大量人员伤亡和巨大财产和经济损失,并造成了不良的社会和国际影响。我国煤矿百万吨死亡率,与国外相比差距依然很大,美、英、法等国已降至0.1人以下,波兰、德国、南非等国在0.5人以下。

2000年全国煤炭生产死亡5798人,国有重点煤矿死亡1004人,比1999年增加211人,上升26.61%,百万吨死亡率为1.901(不包括矿办小井,为1.526)。

2000年全国煤炭生产共发生一次死亡3人以上事故442起,死亡3092人,同比增加16起,多死亡255人。其中,一次死亡10人以上事故发生75起,死亡1398人,同比增加7起,多死亡289人。

在一次死亡3人以上事故中,共发生瓦斯事故337起,死亡2600人,占一次死亡3人以上事故起数的75.90%、死亡人数的83.90%;其中,一次死亡10人以上瓦斯事故69起,死亡1319人,分别占一次死亡10人以上事故起数的92.00%、死亡人数的94.35%。

近年来,顶板事故死亡人数占当年煤矿总死亡人数的1/4左右。顶板事故虽然一次死亡人数不多,但发生频率高,死亡人数所占比例也较高。

据不完全统计,每年因矽肺病而死亡的矿工多达 2000~3000 人,每年新增矽肺病患者 4000~5000 人。

横跨晋、冀、鲁、豫、苏、皖、陕等省的矿井煤炭产量,占全国煤产量的 60% 以上,但其中 80% 的矿井受到煤系底板以下奥灰岩溶水的威胁。在过去的 30 年中,曾发生突水淹井事故 200 多次,造成数十亿元的经济损失和 1000 多人死亡。矿井水害严重威胁着华北煤田。

煤矿的安全状况,给国家造成了巨大经济损失。据煤矿对近年来直接经济损失的初步统计,每年因死亡事故造成的损失约为 15 亿元,因尘肺病支出费用约为 12 亿元,因工伤致残人员的治疗、护理支出费用约 4 亿元,累计为 31 亿元。

1.1.2 海洋石油、石油与天然气、化工及石化行业安全形势分析

海洋石油、石油与天然气、化工及石化行业生产具有易燃、易爆、有毒、高温、高压、有腐蚀等特点,因而与其他行业相比,海洋石油、石油与天然气、化工及石化行业的危险性更大。为此,海洋石油、石油与天然气、化工及石化行业近年来开展了大量的工作,以解决生产过程中的安全问题。例如,原中国石油天然气总公司于 1997 年 6 月 27 日发布了 SY/T6276—1997《石油和天然气工业健康、安全与环境管理体系》行业标准。该标准是一个与国际标准体系接轨、具有国际先进性的标准,它为推动健康、安全与环境管理体系(简称 HSE 体系)在我国石油、炼化企业的建立和实施,促进安全生产发挥了极大的作用。然而,由于海洋石油、石油与天然气、化工及石化行业所具有的特殊生产环境及相应特点,在生产过程中仍不时地发生一些安全事故。

我国石油、天然气行业从业人员 156.6 万人,20 世纪 90 年代以前,平均每年发生 1055 起事故,平均每年伤亡人员 944 人,进入 90 年代,特别是近年来,平均每年发生事故 241 起,平均每年伤亡人员 242 人,每年事故直接经济损失 709.6 万元。我国化工行业从业人员约 330 万人,20 世纪 90 年代以前,平均每年发生重伤以上事故 803 起,平均每年伤亡人员 706 人,进入 90 年代,特别是近年来,平均每年发生重伤以上事故 430 起(以 1995 年为例),每年伤亡人员 501 人(重伤、死亡,以 1995 年为例)。

石油化工产品,都经过物理变化和化学反应才得以制成。这些变化和反应是在高温高压以及高速传质传热等严酷工艺条件下进行的,工艺过程复杂,反应激烈,易于失控。当前,出于资源有效利用和市场竞争的目的,世界各国石油化工装

置的规模越来越大,石油化工装置大型化带来了更大的潜在危险性。大型化使企业聚存的危险物料量增加,单罐储量几十万吨已不罕见,国内已经出现单罐容量更大的低温液化石油气储罐,危险物料本身就是能量源和毒害源,一旦大量泄漏,后果不堪设想。其次,装置规模的大型化不仅提高了单个装置的物料处理量,还把原属于独立运行的装置全部或大部分直接接合,形成直线连接,使整个生产过程更趋复杂,装置间互相依存、互相作用和影响,从而增加了不可靠性。装置直线连接使中间储存设备减少甚或取消,这等于取消了中间储存设备所起的调节生产平衡和缓冲的作用,使弹性生产能力降低或者丧失,也增加了不可靠性。装置直线连接的连续化工艺特点是各个操作程序都在同一时间内进行,所处理的原料及中间产物在整个工艺流程的任何一点或设备的任何断面上,其参数(如流量、组成和浓度、温度、压力、液位)在全部时间内都必须保持稳定和平衡,必须实现即时地、实时地在线控制,增加了控制的难度。同时,控制系统的可靠性也直接影响着生产的安全可靠性。

1.1.3 核工业安全形势分析

核安全是受世人瞩目的敏感问题,1979 年三哩岛事故和 1986 年的切尔诺贝利事故让人们记忆犹新,同时也心有余悸。

中国核工业始于 20 世纪 50 年代,主要是为国防服务,核工业在当时的形势下,针对核军工事业的特点,建立起必要的从事安全、辐射防护、环境保护、职业卫生管理工作的机构,积极调配和培养上述专业人才。同时,为核工业的自身需要建立了一整套有关安全管理的规章制度。根据不完全统计,至 80 年代,核工业已制定的关于安全生产的规章制度、规定、规范等 150 多项,如果加上各主管部门、各企事业单位制定的规定和操作规程等,总计有 1500 多项,为核工业的安全生产建立了一套较完整、较严格的“约束机制”。我国核工业的创建和发展,始终坚持“安全第一、预防为主”的方针,突出核安全,杜绝重大核事故,保障工作人员和公众的健康,保护环境。经过 40 多年的生产实践,核工业基本建立健全了一套符合核工业安全管理特点和需要的规章制度、标准、规范和管理办法,并取得了不少成功的经验。

由于比较扎实的的安全管理工作,核工业自创建以来从来没有发生过重大核事故、致死剂量事故,也没有发生过严重放射性污染事故。特别是近十年来,由于核工业进一步落实安全生产责任制,加大了安全管理力度,使职业照射和环境排放

均得到了有效控制,核工业的安全生产形势在近一段时期内保持相对平稳,为核工业的改革和可持续发展起到了“保驾护航”的作用。

我国核工业目前面临的重大安全问题主要表现在以下两个方面:

一、核设施退役和放射性废物处理、处置问题

核设施退役和放射性废物处理、处置工作是我国核工业目前面临的一大科技难题,若不加强这方面的研究,将对我国的环境造成重大的影响。我国核安全管理中的最大隐患之一是目前暂存的高放射性废液(以下简称“高放废液”)。这些高放废液活度很高,而且含有半衰期长达几十万甚至几百万年的超铀元素,一旦发生泄漏,不仅会造成周围环境的污染,对工作人员也会产生强烈的辐射。

二、尾矿库安全问题

在核工业中,采矿的尾矿库安全问题也应引起高度重视。由于尾矿具有放射性,故一旦发生尾矿库垮坝事故,将对水资源、环境以及人员安全造成不可估量的损失。

1.2 能源化工领域安全科技应建立的发展战略

近年来,相关的科研、企业单位承担并完成了以国家科技攻关项目为主,并获得国家和部门奖励的安全生产科研成果有数百项,有些成果已在实际工作中发挥了积极重要的作用,产生了良好的经济和社会效益。但是,我国热安全生产的总体水平与发达国家相比差距较大,尤其在信息、人机工程、新型安全防护材料、智能化安全工程与最优化决策管理等技术方面差距更为显著。现有的安全生产科技成果数量、质量和转化率尚不能满足实际需要。

根据我国经济与社会发展的实际需求,以灾害问题突出的能源化工领域的安全为重点,侧重解决好关键性、综合性强的安全生产科技问题,努力开展安全生产技术创新工作,促进提高安全生产总体水平。

能源化工安全是当今社会普遍予以关注的领域,已经引起了世界发达国家的高度重视。2000年7月至2001年7月,国家经济贸易委员会组织全国能源化工领域的20位专家,以“能源化工安全生产形势分析和关键技术建议研究”为主题,在山东省烟台市、广西壮族自治区南宁市、吉林省吉林市分3次会议,就有关问题进行了研讨,提出了3个层面的重大科学技术问题:

- (1) 能源化工安全规划、管理与重大事故控制技术的研究,主要科学问题涉及

信息科学、安全规划、风险分析、计算机科学、管理科学、工程热物理、自动控制等多学科领域。

(2) 提高设备、设施和重大工程安全性能的技术研究,主要的科学问题涉及材料科学、结构力学、土木工程、机械工程、纺织工程等。

(3) 灾害事故救援及应急预案的技术研究,主要的科学问题涉及心理学、行为科学、管理学、信息科学、医学、毒理学、自动控制等。

为提高我国能源化工安全水平,其优先发展的研究领域包括:

(1) 现代能源化工安全生产科学管理与政策研究。包括安全生产对经济与社会可持续发展的综合评价与影响研究、安全生产法规体系、安全生产管理标准化体系研究。

(2) 控制重、特大事故的关键技术研究。包括重、特大事故的预测、预报及监控技术;重大危险源安全监控的虚拟现实技术;防止及控制煤矿瓦斯、煤尘爆炸,煤与瓦斯突出的预测、预报及防突技术;危险品生产、存贮及运输中的事故预防与控制技术等。

(3) 重、特大事故应急救援技术研究。包括各种管道、贮罐、船舶等溢油应急处理技术;城市重、特大火灾事故应急救援技术;矿山井下重、特大事故应急救援技术。

(4) 中小型企业生产中的人机工程技术研究。包括作业环境的人机工程技术;生产设施的人机工程技术。

(5) 新型、多功能安全防护用品(材料)研究与开发。包括安全防护新材料的研究开发(阻燃、隔音、防噪、耐热、防腐、防辐射、过滤等);新型、多功能个体安全防护产品的研究开发。

1.3 改善能源化工领域安全状况的建议

针对我国能源化工安全生产的优先发展领域,其研究重点应放在如下两方面:一是基础研究的重大基础理论问题,二是需要解决的技术层面上的问题。集中国内优势力量,通过对安全生产中涉及的基础研究进行攻关,来更好地对安全生产的技术问题进行支持和服务,从而有利于解决技术层面上的问题。同时技术层面问题的解决,有利于基础研究的深入进行。

1.3.1 重大基础理论研究问题

火灾、爆炸和毒物泄漏事故是当前能源化工领域安全出现的典型灾害,一方面具有确定性,另一方面又有随机性即双重性规律。要实现安全生产能稳定地进行,必须对安全生产领域中涉及的重大基础问题进行研究。这些重大基础问题包括:

(1) 火灾、爆炸等事故动力学演化理论(包括火灾、爆炸、毒物泄漏等灾害形成理论和发展理论)。例如对于火灾,主要包括:可燃物动力学系统成灾的突变过程,关键科学问题是多参数同时变化条件下高维相空间动力学系统的分岔与突变理论;凝固相火蔓延和烟气运动的动力学演化,关键科学问题是场区网复合模拟计算理论,以及化学反应动力学、相变与气相传热传质相互耦合作用的理论模型;特殊灾害行为的非线性动力学,关键科学问题是建立能够体现灾害复杂性的非线性理论模型和能反映其非线性特征的数值方法等。

(2) 灾害风险评估理论。主要包括:研究基于模糊数学理论、统计理论和随机过程理论的灾害风险评估方法学。关键科学问题是建立小样本事件统计理论,以及结合确定性分析和统计分析的风险评估理论。

(3) 灾害防治理论。例如,对于火灾主要包括:火灾防治高新技术原理,关键科学问题是清洁阻燃抑烟化机理、智能火灾探测和防治技术原理、清洁高效灭火原理;多变量离散事件动态系统的优化控制理论,关键科学问题是确定性灾害动力学演化规律与离散事件动力学系统理论相结合的灾害扑救与调度指挥过程的建模与决策理论等。

1.3.2 技术层面问题

一、风险评估

以安全科学为基础,运用现代工程技术进行安全风险评估和性能设计是世纪之交的安全工程在世界范围内出现的一项重大变革,英国、新西兰、瑞典、加拿大、澳大利亚、日本、德国和美国等已分别在 20 世纪 90 年代中期开始了研究和分阶段实施。这种变革对安全事故风险评估的科学性要求越来越高。而作为安全事故的共性,其过程的复杂性、事故的偶发性,以及现有信息资料和理论知识的不完备性,使得安全风险评估体系不能期望建立在对安全事故自身机制确定性规律的完备认识的基础上,风险评估本身既涉及确定性又涉及不确定性。灾害风险评估

的技术已成为对系统安全水平进行评价、直接指导性能设计的不可或缺的方法。

安全事故的风险评估研究内容同时涉及到安全事故的自然属性和社会属性两个方面。传统的纯粹基于统计理论的诸如分级风险分析等方法显得粗糙而缺乏科学性,在安全事故演化机理和规律已有知识的基础上,运用数值模拟技术,统计理论,随机过程理论和模糊数学理论的风险评估方法由于能够合理地体现事故风险的自然和社会属性,是新兴的风险评估方法。

事件树分析、故障树分析等统计危险性评价方法是一种静态分析方法,使之与确定性演化理论相结合,运用时间序列模型构建随机过程评价事故风险的动态模型,体现了事故随时间传播过程的风险评估理论。而基于信息扩散等模糊数学的处理方法可以优化样本有限情况下的风险评估。建立结合确定性分析和统计分析的风险评估方法,反映了安全事故随机性和确定性的双重性规律,是风险评估的发展趋势。

二、安全性能设计

安全工程的规划设计正从处方式设计向性能设计与处方式设计相结合的方向发展。从整体上来看,性能设计是以动力学演化规律为基础,根据针对安全事故过程的关键技术状况,设定一符合当前安全发展水平的可接受安全程度,对对象进行最合理有效的安全设计方法。

所以其涉及的技术环节覆盖了安全体系的各个方面,包括对“风险”和“安全性能”的量化;建立常用材料与建筑结构在常规及灾害环境中的安全性能数据库,以及数据的测试技术;研究事故孕育、发生和发展过程的理论模型及计算机模拟仿真技术,以定量体现事故致因对事故过程的影响;研究人的疏散规律与疏导技术、疏导方式对疏散速率的影响;实施监控和救援的新技术攻关及优化配置;研究智能化管理与应急决策支持系统;研究风险及可靠性分析方法;事故出现的概率和危害性分析;安全措施的有效性分析;研究经济性分析方法;经济性评价的效益分析;研制安全风险评估与性能设计的计算机集成系统。

在评估和分析的基础上,合适的关键技术是保证性能设计的思想得以体现的保障。

三、关键技术

灾害的发生是难以避免的。如何有效地抑制和监测预警,针对已经发生的事故,如何合理利用高技术手段,对事故实行有效的控制,减少人员伤亡和财产损失,是一系列关键技术需要重点解决的现实问题。

通过对事故早期的物理化学性质的研究,结合智能材料、阻燃材料在常规和灾害环境中的综合性能,发展自动修复和阻燃技术,可以有效地进行灾前抑制,使得可能成灾的事故被先期控制。新材料、新的高科技检测技术的发展,还对危险源致灾的前兆检测提供了越来越先进的手段,大大提高了由人为干预主动消除危险源的技术水平,定期检测也是日常安全管理工作的一项重要内容。由被动式的灭救技术向新一代的主动式防治技术转变的关键是以智能监测技术为核心,结合灾前抑制和高效扑救技术,实施最直接的灾害防治。随着技术的进步,在很多方面安全监测已经可以代替人工检测,起作用的范围向危险隐患早期状态预警过程延伸,并在一些防范中实现精确的空间定位,对充分、有效地利用救灾等资源和实现自动扑救奠定了基础。

(一)灾前抑制

当热量过份集中于某一客体、并且超过其所能承受的能量阈值时,将引发重大的事故或灾害。如果不断聚集的热量作用于可燃物,可能导致火灾或爆炸,作用于非可燃物,则可能因局部过热受到破坏,而引发重大事故,例如,导致结构性能下降、破坏缺损。在发生火灾时建筑物和其他设施的结构性损坏也说明了材料的热承受能力在灾害发生时将直接影响灾害的扩大和灾害的损失。

灾前抑制措施可以感知外界的异常,并通过自身变化弥补或消除热量等能量意外集中释放的变化,达到最大程度的抑制事故发生的目的。其抑制作用可以持续到事故已经发生、发展阶段,起到延缓进程,保护结构不受损的作用。

智能材料技术正逐步应用于灾害的抑制。智能材料使无生命的材料变得似乎有了感觉和知觉,并具有自我感知和自我修复的功能。对于火灾等事故造成的房屋结构破坏甚至倒塌、锅炉、压力容器、压力管道的热损破裂,利用这种预警材料,故障时能自动加固或自行补助伤痕和裂纹。美国正在研制一种能自行愈合的混凝土,把大量的空心纤维埋入混凝土,当混凝土受压开裂时,事先装有“裂纹修补剂”的空心纤维也会裂开,并释放出粘结修补剂,把裂纹牢牢焊在一起,防止混凝土断裂。其他得到应用的智能材料还有形状记忆合金和电流变等材料。智能材料也称机敏材料,又叫仿生材料,一些国家已经在研究各种生物组织,如胆结石、指甲、毛发,以便从中找到为智能材料研究所借鉴的线索。

例如,作为火灾及其相关灾害防治的有效技术之一——阻燃,现在也已经得到了充分的发展,并延伸发展了阻燃织物和各类个人防护服。降低可燃性、提高耐火性以及无毒、抑烟、耐用是对清洁高效阻燃的要求。目前阻燃技术研究重点