

化工安全概论

张顺泽 吕清海 俞莉 编著

 河南大学出版社
HENAN UNIVERSITY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

化工安全概论/张顺泽,吕清海,俞莉编著. —开封:河南大学出版社,2006.12

ISBN 7—81091—521—5

I. 安… II. ①张…②吕…③俞… III. 化工安全—高等学校—教材 IV. X93

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 101114 号

责任编辑:龙玉明

封面设计:马 龙

出 版:河南大学出版社

地 址:河南省开封市明伦街 85 号 邮编:475001

电话:0378—2825001(营销部) 网址:www. hupress. com

排 版:河南省诚和印制有限公司

印 刷:河南省诚和印制有限公司

版 次:2006 年 12 月第 1 版

印 次:2006 年 12 月第 1 次印刷

开 本:890mm×1240mm 1/32 印 张:9.125

字 数:263 千字 印 数:1—1000 册

ISBN 7—81091—521—5/X·2

定 价:23.00 元

(本书如有印装质量问题,请与河南大学出版社营销部联系调换)

前 言

安全是人类社会和谐发展的前提,安全是企业生存与发展的保障,安全更是化工企业生存与发展的基本保障。

人们经常说“安全生产,重于泰山”,它仅仅是一句口号吗?不是,它是全社会用无数生命代价和流血换来的教训,是对安全的觉悟和理性认知。

今日高校化工专业的莘莘学子,学习一定的化工生产安全理论和知识,掌握一定的评价方法,在思想上牢固树立安全的观念、警觉和敏感,对未来走入社会、做好本职工作非常必要,个人也将终生受益。

本书以化工生产为主要对象,较系统地介绍了安全工程理论知识,使读者初步了解安全技术、安全系统工程理论。全书共六章,即绪论,燃烧、爆炸和爆震,安全保护技术,中毒与防毒,安全系统工程,人机工程学。主要介绍了安全生产的历史与现状,化工安全生产重要性及安全生产的意义,燃烧和爆炸机理及影响因素,防火、防爆技术,电气安全技术,消防设施及消防器材,毒物及毒物进入人体途径,中毒临床表现,对毒物的预防原则,有关安全分析及人机工程学等内容。

本书由平顶山工学院的张顺泽、俞莉和中国神马集团的吕清海三位同志编写。其中张顺泽编写第一、二、三章、俞莉编写第四章的第三、四节及第五章,吕清海编写第四章的第一、二节及第六章。在本书的编写过程中,参阅了大量参考书籍,又通过互联网汇集和汲取了大量的安全案例,使得本书虽然篇幅不多,但内容丰富,信息量大,实践性和实用性较强。本教材可供高等院校化工类专业和企业安全管理

人员的安全技术理论知识教育使用,也可作为有关工程技术人员安全方面的参考书。

由于作者水平所限,加之时间仓促,不足和错误之处在所难免,敬请读者不吝指正。

编 者

2006年3月

目 录

前言	(1)
第一章 绪论	(1)
第一节 安全与事故	(1)
第二节 安全活动简史	(3)
第三节 世界及我国安全生产情况	(9)
第四节 化工生产特点及安全生产	(18)
思考题	(26)
第二章 燃烧、爆炸和爆震	(27)
第一节 燃烧	(27)
第二节 爆炸	(52)
第三节 爆震	(71)
思考题	(75)
第三章 安全保护技术	(76)
第一节 防火防爆	(76)
第二节 电气安全技术	(97)
第三节 消防设施和灭火剂	(124)
思考题	(131)
第四章 中毒与防毒	(133)
第一节 毒物、毒物进入人体途径及代谢	(133)
第二节 化工生产急性中毒的临床表现	(149)
第三节 典型毒物简介	(154)
第四节 职业性中毒的防护原则	(175)
思考题	(180)

第五章 安全系统工程	(181)
第一节 系统工程和安全系统工程	(181)
第二节 安全分析	(183)
第三节 安全评价	(234)
思考题	(244)
第六章 人机工程学	(245)
第一节 人机工程学概要	(245)
第二节 人机系统	(247)
第三节 人的信息传递与处理	(253)
第四节 视觉特点与视觉显示器	(263)
第五节 听觉特点与听觉显示器	(266)
第六节 触觉特点与触觉显示器	(268)
第七节 人体测量	(270)
第八节 操纵器	(280)
思考题	(285)
参考文献	(286)

第一章 绪 论

第一节 安全与事故

什么是安全？从字面上讲，安的意思是平静、稳定、平安，全的意思是完整、不缺少、没有损伤。安全就是平安、没有损伤、不出事。因此，安全的意思是指人类从事各种工作（开车、操作、作业）、进行各种事务活动（办公、参观、办事）、旅游（出行）、娱乐，从事家务等各种活动中未受到危险和威胁。不同类型的活动，安全程度是不同的，譬如从事车辆驾驶和从事飞机驾驶的安全程度明显有别，烟花爆竹的生产安全防范和一些手工艺生产（工艺品、绘画）的安全防范显然不在同一等级。所谓“安全”就是指人类在各种活动中没有受到危险和威胁，而“不安全”就是说人类在各种社会活动中受到了危险和威胁。比如我们说登山运动比较危险，而下棋一类的活动（运动）就非常安全，尽管两者同为体育运动，因为登山过程中随时都有可能发生不测和意外。再比如煤矿、化工、冶金等行业的不安全因素相对多些，而轻工业譬如钟表行业和商品零售业应该说几乎没有危险。安全是人类生存的第一要素，没有安全，或者人的安全受到威胁，人还能做什么劳动创造呢？还能进行什么社会活动呢？

应当指出，这里所讲的危险和威胁，是狭义的，是非人主观意愿所造成的，由人的主观故意所为所造成的危险和威胁是犯罪，不属于安全范畴（亦可认为是广义的安全）。如1955年4月11日发生的“克什米尔公主”号飞机失事，实际上是台湾特务为谋害周恩来总理而进行

的阴谋活动的结果,是因为机上被放入定时炸弹爆炸而失事的,是有预谋的犯罪行为。

安全的范围涉及多方面,如生产安全是指在各种生产过程中所涉及的安全问题或导致不安全的各种因素;而消防安全则是指无论生产设施(建筑)还是生活服务及娱乐设施(建筑),在使用过程中所涉及的发生火灾(爆炸)的安全问题;交通安全(包括道路交通安全、铁路交通安全、水上交通安全、民用航空安全)则是概括了人类使用一切交通工具及交通管理的安全问题;网络安全显然并不指对人的生命造成什么危害,而是关系到网络能否正常发挥功效,商业、技术秘密是否被泄露,是否被黑客攻击等等。

事故是安全的反面,事:事情;故:突然的变化。事故就是突然发生的变故,多指在生产中或工作中发生的意外的损失或灾祸,如交通事故、火灾事故、爆炸事故、高空坠落事故、触电事故、坠机事故;也指对工作或他人造成的损失或灾祸,如医疗事故、教学事故。事故对人类的生命和财产威胁极大,也影响人们的工作情绪和心理,是我们极不愿意看到和不希望发生的。然而事故和自然灾害一样,是客观存在的,是不以人的意志为转移的。当然我们可以通过管理和技术手段,将其危险程度减少到最低,或者将事故损失降至最低。有时,事故是可以避免的。只要严格遵守安全生产的有关制度、规定,加快科技进步,就一定能将事故发生率降到最低,实现安全生产。

事故的分类方法有多种。按事故的严重程度可分为轻微事故(财产或受伤轻微)、一般事故(直接经济损失在 15 万元以下或为轻伤)、重大事故(直接经济损失在 15 万元以上或造成人员死亡的)、特大事故(死亡 10 人以上 30 人以内或直接经济损失 500 万元以上)、特别重大事故(死亡 30 人以上或直接经济损失 1000 万元以上)。如 2001 年 7 月广西南丹锡矿造成 81 人死亡的透水事故就是特别重大事故,2004 年 11 月 21 日陕西铜川陈家山煤矿造成 188 人死亡的瓦斯爆炸事故也属于特别重大事故。按发生事故所在行业,可分为生产事故(由于违反规程或指挥错误,造成停产、减产、材料物料损失、设备损坏的事

故)、交通事故(车辆在行使中,由于违反交通规则或机械设备故障等造成人员伤亡、车辆损坏的事故)、火灾事故(由于各种原因引起的火灾,并造成人员伤亡或财产损失的事故)。按事故发生的性质分为火灾事故、爆炸事故、设备事故、伤亡事故。发生事故的起因是复杂的,有时是多种因素交织在一起的,但从引起事故的主要因素划分,又分为意外事故、责任事故、隐患事故。像广西南丹特大透水、陕西陈家山煤矿瓦斯爆炸、重庆开县天然气井喷造成多人硫化氢中毒等事故,都是人为的因素占主导,这一类事故就是责任事故;而2004年5月26日巴尔干半岛的黑山共和国马其顿总统特拉伊科夫斯基所乘直升机在恶劣的天气下坠毁,1986年美国“挑战者”号航天飞机失事,2003年“哥伦比亚”号航天飞机失事就是意外事故。责任事故又分违章指挥、违章操作、违章作业。例如2004年4月重庆天原化工厂的氯气泄漏的二次爆炸就是因为操作人员违章操作,即没有对残存氯进行自然排放而是用泵进行抽空造成温度急剧上升而导致爆炸的;而多起煤矿瓦斯爆炸事故的发生多为有关人员的违章指挥所致;像在抢修和大检修中,有的检修人员不佩戴劳动防护用品就进行检修则属于违章作业。

本书仅涉及工矿企业、特别是化工企业生产过程中常见的危害较大的事故,主要介绍各类事故的发生机理、发生条件、影响因素和防范措施。

第二节 安全活动简史

一、世界安全活动史

(一)劳动保护法与安全监察机构的建立

在工业史上,煤的开采历史悠久,瓦斯爆炸、透水、火灾常常威胁着煤炭生产和矿工生命的安全。而且,这类事故往往造成矿工对政府的不满,是导致罢工的导火线。如1968年,美国康苏尔煤矿爆炸,死亡78人,激起了全国煤矿大罢工,久久不能平息,美国政府不得不重

新制定《煤矿安全保健法》就是一例。

据载,国外最早的安全生产立法是13世纪德国政府颁发的《矿工保护法》。此后,1865年颁布了《矿山法》,1885年颁布了《事故保险法》。英国是最古老的工业国,从历史上看,就有一套比较完整的关于煤矿安全生产和劳动保护的立法。近年来,英国政府用了10年时间对古老的首都伦敦进行大扫除,其原因就是英国颁布了《空气清洁法》。日本1960年颁布了《尘肺法》,1964年颁布了《防止伤亡事故团体法》,1972年颁布了《劳动安全卫生法》,1975年颁布了《作业环境测定法》。在建立劳动保护立法的同时,各发达国家相继建立了必要的监察机构。著名的如英国的“劳埃德”、美国的“凯洛格”、法国的“阿伯夫”、德国的“汉诺威和埃森技术监督协会”(简称“TUV”)。法国的“阿伯夫”全名是“锅炉和电气设备所有者协会”,创办于1876年,目前拥有技术工作人员3000多人,分布在全国各地。这个协会对法国的10万多台锅炉、140万台压力容器进行安全检查和技術咨询服务,对防止设备爆炸事故起到很大的作用。德国的“TUV”技术监督范围更广,诸如锅炉、压力容器、管道、起重机械、机动车辆等危险设备都在它们的检查范围内,不仅如此,像大气、井下瓦斯、噪声、水流等都是他们的监督服务对象。近年来,“TUV”又承担了热效率检测及能源应用技术方面的监督。“TUV”拥有会员13000多人,如果你在德国旅游,在各个设备上,都能看到经过“TUV”检验的标记。

(二)“安全第一”的提出及安全活动的开展

1906年,美国VS公司董事长凯里,从接连不断的事故中吸取教训,下决心摆脱焦头烂额的困境,对公司的经营方针做了根本性的变动:将原来的“质量第一、产量第二”改为“安全第一、质量第二、产量第三”。这一方针的变动,首先带来的是企业和雇员之间的关系变化:雇员们感到自身安全得到保障,工作积极性大为高涨。其后,凯里又采取了一系列安全操作的措施,既保证了雇员的安全,又使质量、产量得到提高。几年后,该公司的产量直线上升,事故不断下降。凯里的“安全第一”口号及保证安全的新措施取得了巨大的成功,给美国的实业

家以极大震动。1912年,在芝加哥首先成立了“全美安全协会”。1912年,日本一家小工厂提出“安全专一”;后来,一位工程师把美国的“安全第一”介绍到日本。1927年,日本内务省组织开展了以“安全第一”为方针的“安全周”活动。此后,就把每年的7月1日到7月7日定为“安全周”。20世纪80年代以来,日本所有钢铁企业大门口都挂有标志安全的绿十字旗,或写上“安全第一”的大字,再画上绿十字徽。大部分工厂提出了“001”口号,即事故和公害为零,生产为世界一流。

(三) 人机工程学的诞生和发展

第二次世界大战之后,劳动保护方面的边缘科学——人机工程学诞生。这门科学的诞生缘于军事,由于空中、水上、战车中的工作条件非常恶劣,人员的精神又非常紧张,促进了人机工程学的研究。1959年成立的“国际人机工程学会”,标志着这门科学的成熟。1961年,《国际劳工评论》给人机工程学下了这样的定义:“运用生物学和技术科学对人及其工作进行最适当的调整,使之提高工效,并能愉快胜任。”人机工程学解决的问题,一是从机器方面考虑如何适应人体在劳动中的生理特征,二是使人如何适应机器,最终保证人和机器的和谐统一,以达到安全的目的。人机工程学的提出和发展,无疑是人类对事故研究的跨越式进步。但它也有很大局限性。就在人机工程学迅速发展的1950—1960年,美国某型号火箭曾先后发生了4次大事故,损失了数百万美元。到了20世纪七八十年代,随着化学工业的迅猛发展,恶性事故接连不断。1975年2月10日,美国联炭化学公司比列斯分公司安特卫普厂的年产15万吨低密度聚乙烯装置,因一台反应器爆炸而被摧毁;1978年7月11日,西班牙一辆载有43吨丙烯的罐车因超载和在太阳下长时间暴晒,发生爆炸,造成200多人死亡。这些巨大的爆炸事故引起了举世震惊。

(四) 安全系统工程的研究与应用

20世纪中叶发生的化学工业恶性事故表明,人类对化工装置危险性的认识仍是肤浅的。在巨大的经济损失和人身伤亡事故面前,人们不得不从理论上进行探讨和研究。对事故的研究便从立法开始走向

危险性分析阶段。在这方面,卓有成效的是美国的“道化学公司”和日本的“化工装置安全评价委员会”。道化学公司提出用“火灾爆炸指数”来衡量化工装置的危险性,1960年首次发表了“过程安全指南”,引起了世界的注意。1973年,又从4个方面(特定物质系数、一般物质系数、特殊过程系数及一般过程系数)确定化工装置的危险程度,把危险度定为低、轻微、中等、稍大、大、极大6个等级,并根据这6个等级,分别提出不同的防范措施。1975年,日本成立了安全评价委员会,在道化学公司研究的基础上,于1976年制定了《化工装置安全评价指南》,同年10月以通报形式发至各县。1978年又做出新的解释,从5个方面(操作、物质、温度、压力、容量)进行分析,把化工装置分为3个等级。20世纪70年代以来,安全工程和技术领域,不断地研究与应用系统工程理论和方法,在辨识危险、预测事故、事故概率分析及安全评价等方面都取得了重要进展,并不断完善,形成了安全系统工程学,安全系统工程学的发展是安全管理发生的根本性变化。在定性分析的基础上,自1970年以来,又出现了应用逻辑数学计算事故发生的概率值的方法,称为定量分析。近几十年来,安全技术领域广泛应用多种技术领域的科学技术成果,并在设备故障诊断、监测危险状况、救人灭火和预防职业危害等技术方面也取得了很大进步,如研制出了红外热像技术探测器、烟雾报警器、可燃气体检测报警仪、高效能灭火剂、自动灭火系统、有毒气体检测仪。最近美国研制成功新灭火抢救设备空中悬挂机动系统,具有救火救人多种功能;法国研制的含有玻璃纤维的弹性软管,能耐800℃高温,当人在这种软管中滑落时,不会被灼伤。

二、我国安全活动史

(一)我国古代安全活动史

早在公元前5000年的半坡氏族已经知道在自己居住的村落周围开挖沟壕来抵御野兽的袭击。大禹治水和都江堰工程更是我国劳动人民治理水患的伟大工程。公元132年,张衡发明了地动仪,为人类认识地震灾害作出了可贵的贡献。到了公元七八世纪,我们的祖先

就认识了毒气并提出测知方法,公元610年的隋代方巢著《诸病源候论》中记载:“……凡古井家和深井中多有毒气,不可辄入……必入者,先下鸡毛试之,若毛旋转不下即有毒,便不可入。”公元752年,唐代王涛所著《外台秘要引小品方》中提出在有毒的处所,可用小动物测试,“若有毒,其物即死”。千百年来,我国劳动人民通过生产实践,积累了许多防止灾害的知识与经验。“防患于未然”、“防微杜渐”、“居安思危”、“万无一失”、“有备无患”等成语至今还被我们视为防止灾害事故的信条。防火技术是人类最早的安全技术之一,早在公元前700年,周文王所著《周易》中就有“水火相忌”、“水火既济”的记载。据孟元老《东京梦华录》记述,北宋京都汴梁的消防相当严密,不仅地方政府有消防的管理机构,而且还有军队担负值勤任务。到了明清,防火措施更加成熟,北京故宫院内摆放许多大缸,就是用于盛水御火的。除了防火技术,在我国古代采矿业中,采煤时在井下用大竹竿凿去中节插入煤中进行通风,排除瓦斯,预防中毒和爆炸,并用支板防止冒顶。公元989年,北宋木结构建筑匠师喻皓在建造开宝寺灵光塔时,每建一层都在塔的周围安设帷幕遮挡,既避免施工伤人,又易于操作,是世界上最早的建筑安全措施。这说明,我国古代就掌握了安全技术。

(二)我国现代安全活动史

1840年以后,中国开始有了工业,但处于三座大山压迫下的产业工人,安全无从谈起。资本家根本不管工人死活,工厂只设有简陋的安全设施,也极少进行安全活动。因此旧社会的工业生产过程中,重大人身伤亡事故频繁发生。以矿山行业为例,1920年10月24日,英国人开的唐山矿发生瓦斯大爆,一次死亡424人。有关统计数据表明,旧社会矿工平均年龄只有30岁半。

解放后,党和国家十分重视安全生产。1949年中国人民政治协商会议通过的《共同纲领》中提出:我国实行8—10小时工作制,保护青工、妇女的特殊权益,实行矿工监察制等。1952年,李立三在全国第二次劳动保护会议上提出“安全生产”。同年,毛泽东在劳工部的报告上批示:“在实施增产节约的同时,必须注意职工安全、健康和必不可少

的福利事业；如果只注意前一方面，忘记或者稍加忽视后一方面，是错误的。”经过努力，安全生产得到加强，以人身伤亡事故为例，死亡人数1951年比1950年减少10.7%；1952年比1951年减少39.1%。1953年起，我国开始大规模的社会主义建设，安全管理也纳入正常轨道。1954年，劳动部和中华全国总工会召开的劳动保护工作座谈会上明确指出：“企业领导人管生产同时必须管安全。”在我国首次制定的宪法中也列入有关劳动保护方面的条款，我国大中型企业普遍建立和健全了劳动保护管理机构，小型企业一般也配备了劳动保护专职人员。同时，国家在改善劳动条件方面投入大量资金，1953年到1957年，仅冶金、煤炭、化工、交通、纺织、机械制造等部门，国家用于劳动保护的費用就达4.9亿元。第一个五年计划时期工伤事故显著减少，1957年比1953年下降50%。1958—1960年，由于强调大搞群众运动，冒险、蛮干、瞎指挥风盛行，安全生产的规章制度遭受破坏，工伤事故大幅度上升，形成建国以来伤亡事故第一个高峰。1961年，国家对国民经济实行“调整、巩固、充实、提高”方针，劳动保护工作重新得到重视，安全生产的规章制度得以恢复执行，此后，伤亡事故不断下降，安全管理水平有了新的提高，新技术不断得到应用。“文革”期间，安全生产制度遭到严重破坏。1970年，出现了建国以来第二个伤亡事故高峰。1970年12月，中共中央发出了《关于加强安全生产的通知》。1975年，国务院转发了《全国安全生产会议纪要》，要求管生产必须抓安全，安全制度是经过长期实践以血的代价换来的，必须坚决执行等。1977年，国家计委、财政部、国家物资总局、国家劳动总局发出《关于加强有计划改善劳动条件工作的联合通知》，要求安全防护措施与企业的新建、改建、扩建实行“三同时”。安全生产形势始有好转。1978年，中共中央发出了《认真做好劳动保护工作的通知》，国务院转发了国家劳动总局、卫生部《关于加强厂矿企业防尘防毒工作的报告》，劳动保护工作进入全面整顿和恢复阶段。同时，总结了建国以来劳动保护工作的经验与教训，1978年及1982年制定的《宪法》及1979年制定的《刑法》均有劳动保护方面的条款，重新完善和制定了如《消防条例》、《工业卫生

设计标准》、《锅炉压力容器安全监察条例》等条例、规程及标准。1985年,国家正式成立了全国安全生产委员会,在国务院领导下,研究、统筹、协调、指导关系全局的重大安全生产问题,提出“安全第一,预防为主”的方针。由此,我国的劳动保护工作,开始向健康方向稳步发展。20世纪80年代以后,安全系统工程在我国化工、煤矿、冶金等行业得到应用,我国的安全生产步入新的阶段。但近年来,由于私营企业增多,加上个别地方保护主义及腐败等因素,虽然总的事故发生率下降,但恶性事故呈上升趋势,特别是矿难事故接连不断,仅2004年就连续发生河南新密的河南煤矿瓦斯爆炸(死亡148人)、陕西铜川陈家山煤矿的瓦斯爆炸(死亡188人)等特大事故,安全生产形势比较严峻。为此,党中央、国务院加大安全生产管理力度,并纳入法制轨道,于2002年颁布了《中华人民共和国安全生产法》,依法制裁安全生产的违规者。如石油天然气总公司的总经理和辽宁省主管工业的副省长就是因为发生重大生产事故而被停职(辞职)的省部级领导。2005年国家拟投资30亿元,用于矿山安全设施的建设。

第三节 世界及我国安全生产情况

20世纪以来,工业发展迅猛,其速度是史无前例的,但是,人类也付出了沉重的代价。20世纪也是各类事故多发的百年,战争、灾害死亡人数超过任何一个世纪。特别是50—60年代,化学工业的火灾爆炸事故尤为频繁。目前,科学技术高度发达,安全措施比较完备,生产事故特别是化工火灾爆炸事故的发生率已大大降低。但是世界各国仍然遭受不安全生产的困扰,各类事故时有发生。我国亦如此。

一、世界安全生产情况

(一)核事故

1957年,英国的温德斯凯尔(现称塞拉菲尔德)核综合设施,发生了西方核工业历史上最惨重的事故。两个生产钚的反应堆之一的核

心部分被大火烧毁,使放射性云状尘埃进入大气层。多年后,泄漏出的辐射物引起了几十起的癌症死亡事件。1957—1958年,苏联乌拉尔山脉的克什特姆城附近发生了一起严重事故。据最先报告这一灾难的苏联遗传学家若列斯麦德维杰夫估计,在一次爆炸后,几百人因受到核辐射而患病致死。1979年,在宾夕法尼亚哈里斯堡附近的三里岛电厂发生了美国有史以来最严重的核事故,其中一个反应堆部分熔化,迫使居民在放射性气体漏入大气层之后撤离电厂所在地。1986年4月26日,苏联位于基辅市郊区的切尔诺贝利核电站由于4号反应堆爆炸起火,大量放射性物质外泄,死亡31人,237人也受放射性物质严重伤害,13万居民被迫紧急疏散,使一些欧洲国家受到污染。1987年9月28日,德国巴伐利亚疾病研究所丢失的放射性同位素铯-137铅储罐,被当做废品卖给废品收购站,收购站工人将铅罐砸开,致使放射性物质外泄,造成3人死亡,20多人患放射病,200多人受到伤害。

切尔诺贝利核电站事故:切尔诺贝利核电站座落在基辅东北130公里的普里皮亚特河畔。这座核电站是苏联1973年开始修建的,第一个反应堆于1977年启动。70年代末和80年代初,又建了3个反应堆。每一个反应堆连同冷却系统、涡轮机和存放机器的厂房都置于一个建筑物之中,简称为一个动力站。核电站计划工作30年。事故前有1、2、3、4号动力站在运行,5、6号正在建造之中。运行的1、2、3、4号动力站都是发电功率为100万千瓦的压力管式石墨沸水堆。这种反应堆以2%浓缩度的二氧化铀作燃料,石墨作中子慢化剂,沸腾水作冷却剂。这种反应堆在苏联已有近百堆年的运行经验,有着比较好的安全记录。苏联人对这种堆型的安全过于自信,当时全苏16座该型反应堆的核电站都没有在反应堆系统外部设置最近一道安全屏障——钢筋混凝土结构的安全壳。1986年4月25日开始对4号动力站进行定期维修。在连续严重操作失误的情况下,4号动力站反应堆处于失去控制的极不稳定状态。4月26日凌晨1点23分,切尔诺贝利核

电站的两声爆炸打破了深夜的沉静,浓烟笼罩了核电站,烈火从4号动力站反应堆厂房顶部喷出。反应堆上部防护结构以及安装的各种设备整个被掀起,高温的堆芯片散落在反应堆的一些工作间,引起30余处起火;由于油管破裂,电线短路,再加上反应堆强烈的热辐射,被毁的反应堆大厅和与反应堆大厅相连的部分燃起大火。事故发生6分钟后,核电站值班消防队赶到了现场。火焰高达30多米,强烈的热辐射使人难以靠近,消防队员脚穿的靴子陷入被高温融化的沥青中。空军出动了直升机向炽热的反应堆投下了5000多吨含铅、硼的砂袋,封住了反应堆,以隔绝空气,阻止放射性物质外泄。在空军和地面人员的努力下,清晨5点,大火全部平熄。由于反应堆管道发生爆炸,大量放射性物质泄漏,整个过程持续了10天。在切尔诺贝利核电站事故发生3天后,76个小镇和村庄的居民匆匆撤走。在撤走前的3天里,放射性尘埃落到了他们身上,他们呼吸了碘、铯以及在核反应堆遭破坏时所出现的其他放射性物质。事故造成堆芯熔毁,石墨砌体燃烧,大量放射性物质外泄,造成了严重的震惊世界的环境污染。经过比较详细的估算,这次事故对30公里范围内撤离的13.25万人造成的外照射集体剂量当量为 1.6×10^6 人·雷姆;对苏联欧洲部分7450万人,今后50年内造成的外照射剂量为 2.0×10^7 人·雷姆。据统计,切尔诺贝利核电站事故发生10年来,乌克兰已有16.7万人被核辐射夺去生命,320万人受到核辐射侵害,其中有95万儿童。

(二) 污染事故

20世纪,世界上发生多起严重的污染事故,对人类提出警示。典型的污染事故是:马斯河谷烟雾事件,发生于1930年比利时的马斯河谷工业区,由于二氧化硫和粉尘污染对人体造成综合影响,一周内有近60人死亡,数千人患呼吸系统疾病;洛杉矶光化学烟雾事件,发生于1943年美国洛杉矶,当时该市的200多万辆汽车排放大量的汽车尾气,在紫外线照射下产生光化学烟雾,大量居民出现眼睛红肿、流