

内 容 提 要

摇摇本书是《建筑环境与设备工程专业系列教材》之一,是根据城市燃气工程领域的燃气工程管理、燃气工程设计、燃气工程建设以及燃气设备开发过程中所涉及的安全理论与技术需要而编写的。主要内容包括:燃气安全的基本知识、燃气爆炸与防护的基本原理、燃气爆炸效应及其评估、燃气爆炸防止技术与设备、风险评价与可靠性工程基础等。

本书可供建筑环境与设备工程专业的在校师生作为教学参考书,也可以供从事城市燃气工程领域的工程设计人员、工程管理人员阅读,同时,对于从事消防领域的工程技术与管理 人员也有一定的参考价值。

摇摇图书在版编目(CIP)数据

摇摇燃气安全技术 彭世尼编著 重庆:重庆大学出版社, 2012.12

摇摇(建筑环境与设备工程专业系列教材)

摇摇I. ①燃… II. ①彭… III. ①燃气—建筑工程—安全技术

摇摇I. ①燃… II. ①彭… III. ①燃气—建筑工程—安全技术

摇摇术—高等学校—教材摇摇IV. ①T498.6②

摇摇中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 154600 号

燃气安全技术

彭世尼编著

段长贵 摇主审

詹淑慧

责任编辑 陈红梅 版式设计 李长惠 摇陈红梅

责任校对 李定群 责任印制 秦 摇梅 摇摇摇

*

重庆大学出版社出版发行

出版人 张鸽盛

社址 重庆市沙坪坝正街 1 号重庆大学(粤区)内

邮编 401331

电话:(023) 23204400 摇23204401

传真:(023) 23204401 摇23204402

网址: <http://www.cqup.com.cn>

邮箱: zhanghe@vip.sina.com (市场营销部)

全国新华书店经销

重庆升光电力印务有限公司印刷

*

开本 787mm×1092mm 1/16 摇印张 15.5 摇字数 368 千字

2012 年 12 月第 1 版 摇 2012 年 12 月第 1 次印刷

印数 1—10000

ISBN 978-7-309-10000-0 摇 定价 18.00 元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究。

摇

前摇言

摇摇随着城市燃气在工业与民用领域的广泛应用,由于燃气引起的爆炸常有发生。1967年英国的城市燃气管道发生了爆炸,造成了很大的损失,而这种爆炸的原料不是炸药而是燃气。从此,燃气工程领域的安全问题便成为重要的理论和技术研究对象。

我国燃气工程不断发展的结果已经使燃气的应用广泛地介入了民众的生活,使用燃气的安全保证需要有明确而又可靠的理论与技术支撑。目前,作为系统阐述燃气工程领域的燃气安全问题的参考文献还较少,因而,该书的编写将对燃气工程领域的燃气安全技术开发与工程安全实践提供重要的参考。

本书主要介绍了与燃气有关的,包括基本的安全与燃气爆炸预防及防护的基本理论、燃气泄漏的特点、燃气爆炸的原理及其爆炸效应评估、燃气爆炸的预防与防护的原理和技术,尤其是针对城市燃气工程的工艺设计、建设与管理工程中采用的安全技术进行了系统的分析与阐述,并对城市燃气供应系统的风险评价方面的知识做了一般介绍。

其中,城市燃气安全技术是城市燃气工程的重要技术范畴,涉及燃气安全的知识范围、技术范围非常广泛,本书在编写工程中力求全面、系统和切合实际,并与现代技术的发展相适应。

本书是在对原城市燃气工程专业(现为建筑环境与设备工程专业)的本科生开设的专业选修课的基础上编写的,也是我国在城市燃气工程领域内首次出版的一本关于燃气安全的教学参考书,由于编者缺乏经验,加之水平有限,因而会有不少的不全面之处,恳请阅读本书的读者提出宝贵的意见,以便于今后更加完善。

本书可供建筑环境与设备工程专业的在校师生作为教学用书,也可以供从事城市燃气工程领域的工程设计人员、工程管理人员阅读;同时,对于从事消防领域的工程技术与管理人员也有一定的参考价值。

本书由重庆大学彭世尼教授编著,黄小美参与了第1章、第2章、第3章的编写工作。本书由哈尔滨工业大学段长贵教授、北京建筑工程学院詹淑慧副教授共同主审。

编摇者

1999年 怨月于重庆

摇

编审委员会名单

顾问摇田胜元摇彦启森摇刘安田

主任摇付祥钊

秘书摇卢摇军摇陈红梅

委员摇段长贵摇张摇旭摇张国强摇连之伟

李安桂摇安大伟摇李摇帆摇张小松

裴清清摇黄摇晨摇龚延风摇刘光远

摇摇建筑环境与设备工程专业是按新的教育思想,以原供热供燃气通风与空调工专业为主,与建筑设备等专业一起整合拓宽的一个新专业。学生毕业后从事的主要工程领域是公用设备工程,执业身份是注册公用设备工程师。

公用设备工程是一幢建筑、一个城市、一个国家现代化程度的主要标志之一,是一个十分广阔而且正在不断发展扩大的工程领域。为了学生能在有限的时间内全面完成注册公用设备工程师所要求的专业教育,必须构建好建筑环境与设备工程专业学科体系。在全国高校建筑环境与设备工程学科专业指导委员会的组织与指导下,各高校合作开展教学改革,构建了建筑环境学和流体输配、传热传质等工程学原理与关键技术组成的学科平台,并编写出版了推荐教材。

建成学科平台之后,紧接着需要在平台上展开公用设备工程的技术体系。

本系列教材就是为了满足上述要求而组织编写的。其目标是充分利用学科平台,全面展开公用设备工程技术体系的教学,显著拓宽专业口径,增强学生驾驭工程技术的能力。

本系列教材的突出特点是内容体系上的创新。它特别注意与学科平台的联系,努力消除原专业课程中的重复现象,突出公用设备工程的主体技术,提高学时效率,符合教学改革的要求。

本系列教材的编者既有教学经验又有工程实践经验,而且一直处于教学和工程实践第一线。他们在编写这套教材时,十分重视理论联系实际,重视引入最新工程技术成果。

通过本系列教材的学习,学生能够掌握建筑环境与设备工程专业的学科技术,结合生产实习、课程设计和毕业设计等实践教学环节的训练,掌握工程技术问题的综合处理方法,达到注册公用设备工程师所要求的专业技术水平。

这套系列教材也可用于学生和工程技术人员自学来系统掌握公用设备工程技术。

预祝本系列教材在编者、授课教师和学生的共同努力下,通过教学实践,获得进一步的完善和提高。

付祥利

摇

序(第二版)

摇摇重庆大学教学改革成果——《建筑环境与设备工程专业系列教材》,在编著者和重庆大学出版社的共同努力下,从 1994 年至 1999 年,陆续出版,满足了该专业教学的迫切需要,1999 年获得重庆市优秀教学成果奖。

1997 年 12 月 1 日,《全国高等学校土建类专业本科教育培养目标和培养方案及主干课程教学基本要求——建筑环境与设备工程专业》正式颁布。重庆大学城市建设与环境工程学院、重庆大学出版社联合组织来自清华大学、重庆大学、华中科技大学、东南大学、南京航空航天大学、后勤工程学院、重庆科技学院、西南石油学院、福建工程学院等高校的专家、学者同编著者一起,进行了学习和研讨,并决定立即启动《建筑环境与设备工程专业系列教材》(第二版)及扩展新教材的编写和出版工作。各位编著者都做出了积极的响应,更多学术造诣高,富有教学和工程实践经验的老师们加入了编写、主审和编委队伍。

《建筑环境与设备工程专业系列教材》的及时更版和扩展,为解决长期以来学生和社会反映强烈的教学内容陈旧问题创造了条件。各位编著者认真总结了第一版使用中的经验教训,仔细领会专业指导委员会的意见和公用设备工程师注册的专业教育要求,密切关注相关科学技术的发展,使第二版从体系到内容都有明显改进。第二版更注意在保持各门课程的完整性的同时,加强各门课程之间的呼应与协调,使理论与工程实践相结合的特色更加鲜明。扩展新教材是该系列教材的进一步补充和完善,有助于拓宽专业口径。燃气方向的选题,丰富了我国该方面急需的技术专业书籍。

教材建设是一个精益求精、永无止境的奉献过程。希望编著者和出版社积极进取,努力奉献,保持本系列教材及时改版、更臻完美的好做法。编著者亲自在教学第一线讲授自己编写的教材,对于教材质量的提高是必须的,同时,通过广泛交流和调查研究,听取意见和建议,吸取各校师生使用教材的经验教训,对于教材的完善更是非常重要的。

如何解决专业课教学内容日益丰富,而讲授学时显著减少的矛盾,是当前专业教学面临的困难之一。全国各高校的专业教师们都在努力寻找或创造解决这一矛盾的方法。总结和提炼

这方面的教学实践经验,可使本系列教材内容新颖而丰富,所需的讲授学时相对减少。

近几年,现代教材手段正在各高校迅速普及。基于现代教学手段,我们这套系列教材的教学方法也应努力创新。

本系列教材第二版的完成及扩展新教材的出版,既要祝贺编审者和出版社,更要感谢使用该系列教材的教师和同学们,他们献出了很多极有价值的意见。

付祥钊
田世英 田颖



目 录

1	总论	1
1.1	安全的基本概念	1
1.2	燃气的爆炸与防护概论	2
1.2.1	爆炸的基本概念	2
1.2.2	城市燃气工程中常见的爆炸	3
1.2.3	爆炸的危害及影响	6
1.3	灾害预防概述	6
1.3.1	燃气爆炸的预防与防护的基本原理	7
1.3.2	燃气爆炸的危险性评估	7
1.3.3	工程中预防燃气爆炸的基本措施	8
1.3.4	燃气爆炸预防与防护的基本点	9
1.4	燃气爆炸的预防与防护技术概述	11
1.4.1	预防与防护安全技术的开发要点	11
1.4.2	燃气的爆炸预防与防护安全技术分类	11
2	燃气的泄漏与扩散	13
2.1	燃气的泄漏	13
2.1.1	泄漏的分类	13
2.1.2	泄漏量的计算	14
2.2	泄漏燃气的扩散	15
2.2.1	泄漏液体的蒸发	16
2.2.2	射流扩散	17
2.2.3	绝热扩散	18
2.2.4	气团在大气中的扩散	19

2.2.5	重气扩散	21
2.2.6	泄漏燃气扩散的数值模拟	22
2.3	有毒燃气泄漏扩散的中毒效应	22
2.3.1	燃气中的有毒成分及危害	22
2.3.2	中毒效应分析的概率函数法	23
3	可燃混合气体的爆炸过程	25
3.1	可燃混合气体爆炸的基本知识	25
3.1.1	热爆炸理论	25
3.1.2	爆炸形态	26
3.1.3	燃烧速度	27
3.1.4	理论氧含量与理论混合比	27
3.1.5	爆炸界限	28
3.1.6	烷烃碳氢化合物的爆炸界限规律	28
3.1.7	可燃气体的着火	29
3.1.8	点火能量	30
3.1.9	绝热压缩引起的点火	32
3.2	爆燃	33
3.2.1	爆炸能量	33
3.2.2	密闭空间的爆燃	35
3.2.3	敞开空间的爆燃	41
3.2.4	半敞开空间的峰值压力计算	41
4	可燃混合气体的爆炸效应	43
4.1	爆轰波的计算	43
4.1.1	爆轰波的结构模型	43
4.1.2	基本气体动力学和热力学函数方程式	45
4.1.3	冲击波的 R-H 方程式	46
4.1.4	爆轰波的 R-H 方程式	46
4.2	雨果尼特(R-H)方程式的简化分析	46
4.2.1	R-H 方程的解	46
4.2.2	爆轰波的速度	50
4.3	可燃混合气体的爆炸效应	51
4.3.1	爆轰冲击波压力——立方根法则	51
4.3.2	爆炸效应及其评估	52
5	高压容器的破裂	57
5.1	高压容器破裂的原因	57
5.1.1	容器的缺陷	57
5.1.2	容器的超压	58
5.2	破裂的能量	60
5.2.1	破裂能量的计算	60
5.2.2	破裂能量的评价	61

5.3	破裂的冲击波超压	61
6	燃气成分控制技术	64
6.1	燃气安全置换原理	64
6.1.1	含有惰性气体的爆炸范围	64
6.1.2	置换过程的选择	66
6.1.3	置换过程中储罐内气体浓度的变化分析	68
6.2	储气罐置换时间与惰性气体耗量分析	68
6.2.1	空气置换为燃气	68
6.2.2	燃气置换为空气	69
6.2.3	燃气安全置换工艺	69
6.3	抽风、排风和送风	70
7	超压预防技术	71
7.1	安全阀	71
7.1.1	安全阀的结构与工作原理	71
7.1.2	安全阀的排放压力与排放面积	72
7.1.3	安全阀的数量选择与安装检验	73
7.1.4	安全排放系统	74
7.1.5	安全回流阀	76
7.2	管路安全装置	76
7.2.1	水封	77
7.2.2	低压安全阀	77
7.2.3	超压安全切断阀	77
7.3	自动降温装置	77
7.3.1	消防用水量	78
7.3.2	消防水泵	78
7.3.3	消防水泵房、供水管道和消火栓	78
7.3.4	贮罐固定冷却装置	79
8	静电消除技术	81
8.1	静电的产生	81
8.1.1	接触起电	81
8.1.2	静电放电	83
8.2	静电的防护方法	83
8.2.1	静电接地	84
8.2.2	静电中和	85
8.2.3	降低工艺过程的速度	86
9	安全切断技术	88
9.1	紧急切断系统	88
9.2	安全切断系统	91
9.2.1	非工作状态的燃气切断	91

9.2.2	低压关断装置	92
9.2.3	止回阀	92
9.2.4	过流阀	93
9.3	熄火保护系统	94
9.4	建筑物燃气安全系统	96
9.4.1	安全报警系统的要求	96
9.4.2	安全系统的构成	98
10	爆炸泄压技术	100
10.1	爆炸泄压面积的计算	100
10.1.1	影响泄压面积的因素	100
10.1.2	气体爆炸的泄爆诺谟图	101
10.1.3	气体泄爆的回归公式	101
10.1.4	诺谟图的使用变化	103
10.2	低强度包围体的爆炸泄压	104
10.2.1	扩展的诺谟图	104
10.2.2	低强度泄爆推荐方程	105
10.3	泄爆装置与设施	105
10.3.1	泄爆膜	106
10.3.2	爆破片	106
10.3.3	防爆门和防爆球阀	107
11	火焰隔离技术	109
11.1	安全液封与水封井	109
11.1.1	安全液封	109
11.1.2	水封井	111
11.2	阻火器	112
11.2.1	阻火器的种类	112
11.2.2	阻火器的计算	115
12	燃气供应系统风险评价过程	116
12.1	风险概述	116
12.1.1	风险的定义	116
12.1.2	风险评价概述	116
12.1.3	风险管理概述	117
12.1.4	风险评价的范围	117
12.2	风险辨识	119
12.2.1	储运介质危险有害因素	119
12.2.2	燃气储运工艺及管道设备设施有害因素	119
12.2.3	人力与安全管理危险有害因素辨识	121
12.2.4	环境危险有害因素辨识	121
12.2.5	火源因素辨识	122
12.3	风险估计	123

12.3.1	事件的概率估计	123
12.3.2	后果估计	124
12.3.3	风险值计算	124
12.3.4	风险的可接受性准则	124
13	风险评价常用的方法	126
13.1	安全检查表	126
13.2	危险性预分析法(PHA)	127
13.3	危险和可操作性研究(HAZOP)	128
13.4	作业条件危险性(LEC)法	128
13.5	故障类型及影响分析(FMEA)	130
13.6	肯特管道风险评价方法	132
13.7	故障树分析(FTA)	135
13.7.1	基本概念	136
13.7.2	故障树分析的基本步骤	137
13.7.3	故障树的数学描述	138
13.7.4	故障树的定性分析	139
13.7.5	故障树的定量分析	140
13.8	事件树分析	142
13.8.1	基本概念	142
13.8.2	事件树分析的基本步骤	142
13.8.3	事件树的定量分析	143
14	可靠性工程基础	145
14.1	可靠性工程基本概念	145
14.1.1	可靠性基本概念	145
14.1.2	可靠性指标	146
14.1.3	常用的失效密度函数	147
14.1.4	可靠性分析概述	149
14.2	参数估计概论	150
14.2.1	统计量与抽样分布	151
14.2.2	点估计与区间估计	151
14.2.3	无偏估计量	151
14.2.4	矩法点估计	151
14.2.5	极大似然点估计	152
14.2.6	指数分布参数的区间估计	152
	参考文献	154
	《建筑环境与设备工程专业系列教材》书目	155

1

总 论

1.1 安全的基本概念

1)安全

安全是指不发生导致死伤、职业病、设备或财产损失的状况。

2)危害与危险

危害是造成事故的一种潜在危险,它是超出人的直接控制之外的某种潜在的环境条件。危险是来自某种个别危害而造成人的伤害和物的损失的机会。

3)风险

风险是事故发生的概率和事故所造成的后果的乘积,即事故后果的数学期望。风险与危险是两个不同的概念,危险只是意味着一种不良兆头的存在,而风险不仅意味着这种不良兆头的存在,还意味着有发生这个不良兆头的条件和可能性。一个事件的危险总是存在,但如果人不从事该事件,其风险就不存在。

4)可靠性

可靠性指产品或系统在规定的条件下和规定的时间内,完成规定功能的能力。

5)事故

事故是人(个体或集体)在实现某种意图而进行的活动过程中,突然发生的、违反人的意志的、迫使活动暂时停止或永久停止的事件。一般来说,事故具有因果性、偶然性和潜伏性。

6)故障(或失效)

故障(或失效)是指产品、系统或部件不能完成其原定功能的临界点。

7) 系统安全

在系统运营的周期内应用系统安全管理及系统安全工程问题,鉴别危险性并使危险减至最小,从而使系统在操作效率、耗费时间和投资费用约束下达到最佳安全程度。

8) 系统安全工程

系统安全工程是系统工程在安全上的应用,在具备专业知识和技能的情况下,应用科学和工程原理、标准及技术知识,去鉴别、消除或控制系统中的危险性。系统安全工程主要有以下 6 个方面的作用:

- ① 发现、鉴别系统的危险性或隐患;
- ② 预测风险及事故发生的可能性;
- ③ 安全措施方案的设计、选择、调整、实施和评价;
- ④ 事故致因的调查、分析;
- ⑤ 设计新型安全系统,采用更先进的安全技术,最大限度地防止事故的发生;
- ⑥ 与行为科学、管理科学相结合,实现安全现代化管理。

1.2 燃气的爆炸与防护概论

1.2.1 爆炸的基本概念

1) 爆炸

一般指突然发生的现象,通常是不可预料的,爆炸时伴有声响及火灾、破坏等情况出现。很难严格地定义爆炸,有人认为“爆炸是压力急剧产生或释放的结果,同时产生激烈的声响并造成膨胀或破裂现象”;也有人认为它是“伴随着化学变化的同时,压力急剧上升的现象”,或者是“随着气体的产生而进行高速燃烧时产生的现象”等。爆炸一般具有如下特征:

- ① 爆炸过程的快速性;
- ② 爆炸点附近压力急剧升高,多数爆炸伴有温度升高;
- ③ 周围介质发生震动或邻近的物质遭到破坏。

由此可见,爆炸是一种可以由许多因素而引起的物理或化学现象。产生爆炸的物质,不仅有燃气,还有其他。

2) 爆炸的形式

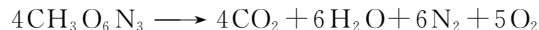
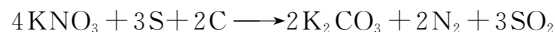
可分为 2 种:化学爆炸和物理爆炸。

(1) 化学爆炸 通常的化学爆炸包括爆燃和爆轰,是物质以极快的反应速度发生放热的化学反应,并产生高温、高压引起的爆炸,化学爆炸过程中同时发生化学变化和物理变化,如燃气爆炸、炸药爆炸、粉尘爆炸等。

(2) 物理爆炸 它是物质状态发生突变而形成的爆炸,通常指的是破裂,它只发生物理变化,如锅炉爆炸。

人类最初遇到的爆炸是火山爆发。我国古代的四大发明之一——火药,则是制造人为爆炸的原料。此后出现的相当于现在黑火药的炸药,其破坏力极强。炸药的特性,是

给予它某种能量之后,引起急剧的化学变化,产生大量气体与热量的化合物及混合物,它所产生的大量气体或热量导致急剧膨胀的过程中,给周围的介质以极大的压力,从而发生爆炸,其爆炸的过程不一定需要空气或 O₂ 助燃,如黑火药和硝化甘油的爆炸:



随着城市燃气在工业与民用领域的广泛应用,由于燃气引起的爆炸常有发生。1857年英国的城市燃气管道爆炸,造成了很大的损失,而这种爆炸的原料不是炸药而是煤气。这种爆炸通常都是意外的,而且是不愿意发生的,也就是事故爆炸。

燃气的爆炸属于混合气体的爆炸,它是可燃气体和助燃气体以适当的浓度混合后,由于燃烧波或爆轰波的传播而引起的。这种爆炸的过程极快,例如7 000 kcal* 的燃气与空气混合后,在0.2 s内便可以燃烧完全。

各种事故爆炸的过程中,都会产生高温爆炸气体,故伴有爆炸声响、空气冲击波、火焰,使建筑设施摧毁,造成碎片横飞,使人或物受到直接危害。此外,还有二次危害,及事故造成的火灾屡见不鲜。其结果不仅对从事作业的员工,而且对周边居民的生命财产构成威胁,爆炸产生的后果是严重的。

1.2.2 城市燃气工程中常见的爆炸

城市燃气工程中的常见爆炸现象,一般是由2种原因引起的:一是由于管道或管件损坏导致燃气泄漏,遇明火或电火花引起爆炸;二是由于超量的灌装或容器缺陷(主要是液化石油气供应工程中)导致容器破裂,进而引起燃气泄漏而产生爆炸。

1) 燃气泄漏引起的爆炸

由于燃气泄漏未及时发现而引起的燃烧爆炸事故,有许多典型的事例。

(1) 墨西哥惨案 墨西哥市以北15 km处有一大型的液化石油气储配站,该站有球罐6个、卧罐48个,总储量为16 000 m³。该站每天通过3条地下管线接收6 000 m³的液态液化石油气,向各灌气站供气。1984年11月19日5时40分左右,该站发生大火,在1个半小时内接连发生10多次强烈爆炸,当晚23时火熄灭,约12 000 m³液化石油气烧尽,该站成为废墟。火灾蔓延到附近的单位及居民区,100多幢房屋烧毁,死亡500多人,伤7 000多人,30 000多人无家可归。事故原因分析结果,认为是液化石油气严重泄漏引起的。

(2) 济南1.3 煤气大爆炸 1995年1月3日17时50分,济南市和平路羊头峪东沟街地下电力电缆沟突然发生大爆炸,造成2.2 km路段的人行道和部分路面不同程度损坏,严重地段的临街建筑物玻璃炸毁,铺路花砖炸裂,快车道上61人受伤,12人死亡,7辆过路车损坏,直接经济损失400余万元。此次大爆炸的原因仍然是煤气泄漏引起的。该条宽4 m的街道上埋有煤气管道和高压电缆,煤气管道距地面1.8 m,而高压电缆距地面只有1 m,由于路窄,施工时只好同位敷设,也就是说,高压电缆与煤气管道只有1 m左右的距离。而按照有关规范,两者之间应有5 m间距才是安全的。在此情况下,由于煤气管道密封不严,煤气不断泄漏进高压电缆沟,使长3 km的高压电缆沟内充满了煤气,

* 1 kcal=4.186 8 kJ,下同。

使之成为一个埋在地下的巨大定时炸弹。1995年1月3日17时50分,该街一家玻璃店的煤炉首先引爆了煤气,紧接着煤气管道上方的7条10 000 V的高压电缆突然跳闸,产生的电火花再次引爆储存在沟内的煤气而发生连续爆炸。爆炸形成了一条3 km长的丁字形爆炸区。行驶中的车辆被炸翻、砸坏,多处高空电线和电线杆被炸断,马路两侧的部分楼房玻璃被震碎,临街围墙坍塌,商亭支离破碎,平房屋顶掀起,3辆摩托车随着爆炸声飞挂到3 m高的房顶上,铺设人行道的水泥方砖落在60 m以外的宿舍院内。

(3)韩国天然气大爆炸 1995年4月28日,距韩国首都汉城以南大约200 km的第三大城市——大邱市,其中心的一所中学校门前面发生一起恶性天然气爆炸事故。当时,该处正在进行地铁工程施工,1名地铁工人由于施工不慎挖断了地下的天然气管线,致使大量的天然气外泄,弥漫到整个地铁工地,当天然气触及到焊枪发出的火花时,随即发生强烈爆炸。爆炸将工地周围的铁栅栏炸得粉碎,金属碎片飞散到几百 m以外,途经或停靠在周围的各种车辆及附近的70多座房屋被炸毁。当地的供电系统遭到破坏。当时巨大的爆炸声从地底传出,数百米长的一段临时钢板路面顿时被炸开一个巨大的口子,地面塌陷,从地上工地冒起冲天大火,约有30多辆学生和上班市民乘坐的汽车和私人汽车或坠落地下,或被颠覆。瞬间,汽车的碎片、铺路的钢板、建筑钢筋和破砖烂瓦漫天飞舞。有的最后从15层高的地方落下来,砸在屋顶上、汽车身上和行人头上,到处都是炸得血肉模糊的肢体、带血的衣衫,学生的书包四处散落。爆炸像地震似的扫荡了周围的建筑,许多房屋被震塌、砸坏。离爆炸地点4 km处的一些楼房的玻璃窗也被震碎。由于爆炸导致上水管破裂,地铁建筑工地的施工现场进水。此次爆炸,导致109人死亡,200多人受伤,100多辆汽车被毁。

(4)泸州5.29天然气爆炸事故 2004年5月29日,泸州市纳西区炳灵路15号人行道与地下层之间的夹缝发生天然气爆炸,导致5人死亡,35人受伤。事故原因是距离爆炸处20 m处的与地沟交叉的天然气管道发生腐蚀穿孔,泄漏的燃气渗透到地沟并沿着地沟扩散,最后经地沟渗透到负一楼与人行道平层间的缝隙,达到爆炸极限后被点燃而发生惨剧。事故发生前曾有市民向天然气公司报警闻到臭味,但天然气公司派一非专业人员到现场调查,该人员认为不是天然气泄漏而未予以及时处理,因此是一起责任事故。

有关燃气站场及分配管道系统泄漏爆炸事故还有很多,下面不再一一列举。

2)室内天然气爆炸

1993年11月11日,成都市一居民楼底楼发生天然气爆炸,炸伤一老太太和她的小孙女,室内家具物品烧毁严重。事故原因是由于建房违章,将住房建在燃气管道上,住房下的天然气管道发生燃气泄漏进入室内,室内老人没有发现燃气泄漏而动火,导致了爆炸事故的发生。

1994年1月20日,广州市广园东路的嘉丽发廊,使用液化石油气时,液化石油气瓶口的胶管突然大量泄漏,遇明火发生火灾,直接经济损失350万元。

1994年5月22日,四川省新都县一工厂办公室发生天然气泄漏,遇电扇开关引起的火花爆炸燃烧,2人死亡。

1996年8月19日,成都市一环路三段南玻公寓一住户因使用天然气不当,导致天然气从灶具泄漏,点火时发生爆炸,使1~7楼的玻璃幕墙全部损坏,直接经济损失近4万元。

1996年2月20日,哈尔滨市永和街一居民楼,因煤气泄漏,从暖气地沟窜至室内,造成3人死亡,32人中毒。

1996年7月11日,成都市白果林小区一居民楼因天然气泄漏,点火引起爆炸,造成局部预制板断裂和建筑裂缝,强大的冲击波还造成临近建筑的1~5楼门窗玻璃全部损坏,伤3人,数十户居民受灾。

1997年7月7日,重庆市沙坪坝一居民楼因天然气泄漏造成爆炸,但无人员伤亡,原因是该住户长期无人居住,室内天然气爆炸时现场无人。

1998年6月13日,重庆市某厂职工早晨起来,开启灶具煮上早点后上街买东西,不久火焰意外熄灭,导致燃气泄漏,室内2小孩发觉气体异味,关闭灶具时产生火花,随即发生爆炸燃烧,小孩严重烧伤,室内家具被毁。

1999年8月15日,广州市惠福路一民宅发生液化石油气爆炸,屋中住户幸无伤亡,但前往救火的3名消防员却在第二次爆炸中受了重伤,楼下一女住户也不幸受伤。

2000年7月28日,沈阳市铁西区南七中路117号金丽园烧烤店液化石油气爆炸引发火灾,有30余人在爆炸中受伤,其中冲入饭店参加灭火的消防队员有14人也不同程度受伤。

2000年8月9日,辽宁省葫芦岛市火车站东侧一栋3层楼发生液化石油气泄漏并爆炸事故,导致4人死亡,10多人受伤,数辆汽车受损。

2000年11月22日,北京市昌平区回龙观镇华龙苑一居民楼发生煤气泄漏并爆炸,导致1人重伤,1人轻伤。

2002年11月26日,山东省潍坊市奎文区某街道办事处一宿舍楼东单元3楼住户,发生罐装液化石油气泄漏爆炸事故。爆炸使2~4层楼板贯通倒塌,事故造成9人死亡,4人重伤,西侧单元楼房全部报废的严重后果。事故直接原因是3楼住户主人使用液化石油气烧水时未关阀门外出,致使液化气泄漏,遇明火源引起爆炸。

2002年12月27日,山东省枣庄市万泰纺织有限公司第五宿舍区3号楼1单元6层住户发生管道液化气爆炸事故。爆炸使该单元东侧5~6层炸塌,西侧4~6层破坏严重,该事故造成7人死亡,7人受伤。

2003年元月27日,山东省章丘市明珠小区29号楼1单元东楼2层住户发生管道液化石油气爆炸事故,导致楼房整体倒塌,造成21人死亡,8人受伤(其中重伤3人)的重大事故。

2003年5月29日,北京市朝阳区康家园小区一房间发生天然气泄漏爆炸事故,导致1人重伤,住户在充满泄漏天然气的房间里打电话报警而引爆天然气。

2003年12月18日,天津市河东区程林庄路滨河里3号楼3楼一住房发生燃气泄漏并爆炸,导致房屋受损,20多人轻伤,其中1人重伤。

2003年12月27日,沈阳市皇姑区昆山中路72号居民楼6楼一户居民家因煤气泄漏发生爆炸,导致2人受伤。据调查,泄漏的煤气是由于住户开电视形成的电火花而引爆的。

3)典型超压引起的破裂爆炸

(1)钢瓶破裂 新疆某机场的厨房,1980年5月26日前后20 min内有4个YSP—50型钢瓶连续爆炸,另处一个发生严重变形。由于厨房内有烧煤的炉灶,故第一个钢瓶

爆炸后立即起火。事故造成 17 人死亡。这 5 个钢瓶均于 1979 年 12 月 20 日灌装,一直存放在厨房内未使用。灌装时气温为 -30°C ,爆炸时为 $+35^{\circ}\text{C}$ 。爆炸的原因是由于钢瓶在灌装时并未称重,在 -30°C 时进行灌装,大大超重,实际上瓶内全部是液体。从灌装到爆炸时的温差达 65°C ,故使瓶内的液化石油气液相膨胀而自行破裂,最后遇火燃烧而导致爆炸。

(2) 槽车罐破裂 1978 年 11 月 14 日 14 时左右,在西班牙某海边高速公路上,一辆满载液化石油气的汽车槽车罐突然发生破裂,大量液化石油气喷出,形成直径约 200 m 的云团,向海边旅游营地扩散,被营地明火点燃,发生爆炸,150 人被烧死,120 人被烧伤,100 多辆汽车和 14 栋建筑物被烧毁。

事故可能是由于超量灌装造成的,清晨灌装时温度低,中午温度升高,又经过 80 多 km 的颠簸,液体膨胀升压使罐体产生裂缝,大量液体喷出,产生蒸汽爆炸。

1.2.3 爆炸的危害及影响

爆炸带来的危害和影响有许多方面,其中包括物理影响、经济影响和社会影响。

1) 物理影响

物理影响是指爆炸造成的直接损失,即爆炸带来的人员伤亡,机械设备、原材料、产品、建筑物的破坏损失。这些损失主要是由于爆炸后物理方面的原因造成的,如爆炸后的热效应产生火焰、高温喷出物和热辐射,它将造成烧伤、火灾和二次爆炸。爆炸产生的冲击波会产生冲击波压力和爆炸噪声,导致死伤、破坏、倒塌和二次灾害;同时,因爆炸而产生的飞散物也会毁坏物品、导致人员伤亡和二次爆炸。

2) 经济影响

经济影响是间接损失,包括设备修复和系统重新运行所需要的资金,停运期间的经济损失,以及赔偿金等。

3) 社会影响

社会影响则是由于爆炸事故的发生造成的社会效果,如对该行业的可靠性、安全性的评价,对行业发展的支持程度,以及公众对其发展前途的信心。至于企业由于爆炸所带来的经济损失使企业倒闭、员工失业等,均会造成较为严重的社会问题。

物理影响是直接的,而经济影响和社会影响是间接的,它最终所造成的危害更为严重。

1.3 灾害预防概述

灾害预防是任何企业和个人必须重视的一件大事,而且是一项系统工程。要达到预期的目的,必须进行科学的决策,并依靠先进的技术和完善的管理体制。总体而言,要预防灾害,需要掌握预防灾害的关键,图 1.1 是这些关键的系统框图。