

锅炉压力容器压力管道及特种设备安全系列教材

基础知识

压力管道安全技术

Yali Guandao Anquan Jishu

IBPA

P . R . China

东南大学出版社



国家质量技术监督局 审定教材
锅炉压力容器安全监察局

压力管道安全技术

主 编： 沈松泉 黄振仁 顾竟成

副 主 编： 张健行 戴鹤松 周国庆
冯宜敏 修长征 王晓雷

参编人员： 戈耀滇 穆树人 谢汉民 吴国伟 顾海明
缪春生 钟伟明 陆睿泰 郑达三

主 审： 戴树和 马昌华 崔 钢 宋继红

东南大学出版社
·南京·

内 容 提 要

本书根据国家有关法规、标准及《压力管道安全管理与监察规定》，围绕压力管道的安全技术，对压力管道的设计、制造、安装、使用、检验、修理和改造各个环节的基础技术知识和基本要求进行了系统的介绍。本书还结合教材内容列举了大量实例，并进行剖析，是从事压力管道安全监察、设计、制造、安装、使用、检验、修理和改造人员较为实用的培训教材，亦可作为大专院校有关专业师生的参考读物。

图书在版编目(CIP)数据

压力管道安全技术/江苏省锅炉压力容器安全检测中心所、南京化工大学.
—南京:东南大学出版社,2000.4
ISBN 7-81050-605-6

I.压... II.①苏...②锅... III.压力管道-安全技术 IV.U179.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 16256 号

东南大学出版社出版发行
(南京四牌楼 2 号 邮编 210096)

出版人:宋增民

江苏省新华书店经销 南京航空航天大学飞达印刷厂印刷

开本: 787mm × 1092mm 1/16 印张: 28.5 字数: 712 千字

2000 年 4 月第 1 版 2000 年 4 月第 1 次印刷

印数: 1 - 4200 册 定价: 45 元

前 言

压力管道是生产、生活中广泛使用的可能引起燃爆或中毒等危险性较大的特种设备。压力管道分布极广,凡有流体输送的场合一般都用压力管道。石油、天然气的长距离输送,城镇燃气和公用动力蒸汽的输送,各种石油、化工工业生产装置等都有大量管道。确保压力管道安全使用,对于保障人民生命和国家财产的安全具有特殊的意义。所以,许多经济发达国家对压力管道的安全管理和监督监察制度有相应的法律、法规、标准、规定,还制定了整套执行监督机制。这方面我国近年来也取得了明显的进展。原劳动部在1996年4月颁布了《压力管道安全管理与监察规定》,指导全国压力管道安全管理和监察工作实行规范化管理。

按国务院职能分工,国家质量技术监督局锅炉压力容器安全监察局履行压力管道安全管理和监察职能。

本书的主要目的是配合宣传、贯彻《压力管道安全管理与监察规定》。所以,本书压力管道一词的含义按该规定中限定的定义,不是所有受压力的管道都是压力管道。本书内容涉及压力管道的设计、制造、安装、使用、检验、修理、改造等环节,简要介绍最基本的理论知识,着重介绍了有关法规、标准、规定,详细介绍和分析了若干典型压力管道事故实例。作者希望本书能为从事压力管道设计、制造、安装、使用、检验、修理、改造和安全监察的相关人员提供一份较为系统的、精练的、实用的综合性教程。

本书由江苏省劳动厅副厅长沈松泉高级工程师、南京化工大学黄振仁教授和江苏省质量技术监督局副局长顾竟成高级经济师担任主编。参加本书编写工作的有:南京化工大学黄振仁、顾海明;江苏省劳动厅张健行;江苏省质量技术监督局戴鹤松;江苏省锅炉压力容器安全检测中心所周国庆、冯宜敏、缪春生;国家质量技术监督局锅炉压力容器安全监察局修长征、王晓雷;化工工业化工设备质量监督检验中心戈耀滇、穆树人;江苏省化工设计院陆家泰;江苏省建筑工程总公司吴国伟;江苏省工业设备安装公司谢汉民、郑达三;金陵石油化工公司钟伟明。各章主要编写人员为第1章黄振仁、冯宜敏,第2章顾海明,第3章黄振仁,第4章穆树人,第5章陆家泰、黄振仁,第6章谢汉民、吴国伟,第7章冯宜敏、缪春生、郑达三,第8章钟伟明、周国庆,第9章戈耀滇。全书由江苏省质量技术监督局、南京化工大学组织编写,黄振仁、冯宜敏统稿。

本书作为国家质量技术监督局锅炉压力容器安全监察局的审定教材,该局有关领导对本书编写工作进行了直接指导,对编写大纲和内容进行了详细审查和修改,在编写过程中还提供了大量资料,为本书编写工作的顺利进行创造了十分有利的条件。

南京化工大学戴树和教授、国家质量技术监督局锅炉压力容器安全监察局马昌华副局长、崔钢副处长、宋继红处长亲自担任本书主审,对书稿进行了详细的审查,并提出了许多重要指导性意见和具体修改意见。

国家质量技术监督局锅炉压力容器安全监察局龚发文、张宝田,国家质量技术监督局锅检中心许松,江苏省质量技术监督局锅炉处周大鹏、潘解季、邱维倬、田锋和江苏省锅炉压力容器安全检测中心所袁彪、宋俭、徐晓丹也对本书提出了许多宝贵意见。编者特向他们和所有关心本书编写工作的专家、领导致以衷心的感谢。

鉴于编者水平所限,错误和不妥之处在所难免,恳请读者批评指正,不胜感谢。

编者 2000.1 于南京

目 录

第 1 章 压力管道概况

1.1 国内外压力管道安全形势	1
1.1.1 国内压力管道安全形势	1
1.1.2 国外压力管道安全形势	4
1.2 国内外压力管道安全监察体系简况	5
1.2.1 国内压力管道安全监察体系简况	5
1.2.2 主管部门和使用单位的职责	8
1.2.3 国外压力管道安全监察体系简况	9
1.3 压力管道的基本术语	10
1.4 压力管道的监察范围及分类、构成	14
1.4.1 压力管道安全管理与监察的范围	14
1.4.2 压力管道的分类	15
1.4.3 压力管道的构成	17
1.5 压力管道安全技术现状及展望	19
1.5.1 压力管道安全技术现状	19
1.5.2 压力管道安全技术展望	27
思考题	28
参考资料	29

第 2 章 压力管道强度及应力分析

2.1 压力管道的载荷和应力分类	30
2.1.1 载荷	30
2.1.2 应力分类	30
2.1.3 一般压力管道应力许用值的限定	31
2.2 压力管道的强度计算	33
2.2.1 承受内压管子的强度分析	33
2.2.2 管子壁厚计算	34
2.2.3 弯管壁厚计算	36
2.2.4 焊制三通壁厚计算	37
2.2.5 异径管壁厚计算	37
2.2.6 焊接弯头的强度计算	38
2.3 压力管道的热应力分析	39
2.3.1 热应力概念	39
2.3.2 管道的热应力计算	41
2.3.3 柔性系数和应力加强系数	43
2.4 管系的柔性计算和应力验算	47
2.4.1 力法和位移法	48
2.4.2 等值刚度法	51
2.4.3 有限单元法	52

2.4.4	表算法	53
2.4.5	管道应力验算	57
2.4.6	管道柔性计算和应力验算举例	59
2.5	压力管道的补偿器类型及选用	61
2.6	压力管道的支吊架类型及选用	63
2.6.1	管道支吊架的类型	63
2.6.2	支吊架选用及设置	65
	思考题	68
	参考资料	68

第3章 压力管道振动分析

3.1	压力管道振源分析	69
3.2	往复式机械进、出口管道的振动分析	70
3.2.1	平面波动理论	71
3.2.2	转移矩阵	73
3.2.3	气柱固有频率与共振管长	74
3.2.4	气流脉动	78
3.2.5	消减气流脉动的方法	83
3.2.6	管道结构固有频率与减振	88
3.2.7	管道振动的测量	91
3.3	两相流与管道振动	93
3.3.1	无相变两相流与管道振动	93
3.3.2	有相变两相流与管道振动	97
3.3.3	减轻两相流振动的措施	97
3.4	液击与管道振动	98
3.4.1	液击的物理过程	98
3.4.2	最大压强升高值计算	100
3.4.3	液击冲击波的传播速度	100
3.4.4	液击的消减	102
3.5	地震与管道振动	103
3.5.1	地震作用下的管道	103
3.5.2	地震中管道损坏的特点	105
3.5.3	提高管道的抗震能力	106
	思考题	108
	参考资料	108

第4章 压力管道的腐蚀与防护

4.1	概述	109
4.2	压力管道腐蚀的主要形式及机理	109
4.2.1	全面腐蚀	109
4.2.2	局部腐蚀	109
4.2.3	应力腐蚀破裂	113
4.2.4	腐蚀疲劳	119

4.2.5 氢损伤	120
4.3 压力管道防腐蚀设计	124
4.3.1 防腐蚀设计的基本内容	124
4.3.2 防腐蚀材料的选择原则	125
4.3.3 防腐蚀结构设计	125
4.3.4 防腐蚀强度设计	126
4.3.5 对制造安装及检修的要求	128
4.4 压力管道防腐蚀技术	130
4.4.1 防腐蚀涂料	130
4.4.2 耐腐蚀非金属材料	132
4.4.3 钢-非金属复合材料管道	137
4.4.4 其他防腐蚀技术	141
思考题	143
参考资料	143

第5章 压力管道设计

5.1 概述	144
5.1.1 设计资格	144
5.1.2 设计程序和主要内容	145
5.1.3 标准规范	146
5.2 压力管道总体布置及安全规程	146
5.2.1 压力管道总体设计的基本原则	146
5.2.2 管道总体设计及规范	147
5.3 压力管道常用管子材料选用原则	149
5.3.1 优先选用的管材	149
5.3.2 介质压力的影响	149
5.3.3 介质温度的影响	149
5.3.4 介质化学性质的影响	150
5.3.5 管子本身功能的影响	150
5.3.6 压力降的影响	150
5.3.7 常用管道的类型	153
5.4 压力管道常用阀门选用原则	156
5.4.1 常用阀门的选用说明	156
5.4.2 阀门型号和标志说明	158
5.4.3 减压阀的选用原则	162
5.4.4 疏水阀的选用原则	162
5.5 压力管道附属设施选用	165
5.5.1 管法兰密封组件的选用	165
5.5.2 弯头、异径管、三通、活接头、丝堵材料的选用	171
5.5.3 视镜的选用	174
5.5.4 阻火器的选用	174
5.5.5 过滤器的选用	174
5.5.6 压力管道热变形补偿结构设计及选用	175

5.6	压力管道的隔热设计	179
5.6.1	绝热的功能及范围	179
5.6.2	常用绝热材料性能	180
5.6.3	绝热结构设计	183
5.6.4	保温层厚度计算	185
5.6.5	绝热结构设计的规定与要求	187
5.7	压力管道的伴热设计	188
5.8	压力管道的安全泄压装置设计	189
5.8.1	爆破片	189
5.8.2	弹簧式安全阀的选用	189
5.8.3	隔离式安全阀	190
5.9	压力管道设计与审查要点	190
5.9.1	干线压力管道设计	190
5.9.2	装置内压力管道设计及图纸绘制	192
5.9.3	管道布置图	194
5.9.4	管道空视图	198
5.10	压力管道设计技术文件	203
5.10.1	管道设计说明	203
5.10.2	图纸目录	204
5.10.3	材料汇总表	204
5.10.4	管道涂漆、绝热材料汇总表	204
5.10.5	采购说明书	204
5.11	压力管道计算机辅助设计	204
5.11.1	计算机辅助管道设计软件的功能与应用	209
5.11.2	计算机辅助管道设计方法	209
5.11.3	计算机辅助工厂设计	210
	思考题	211
	参考资料	212

第6章 压力管道安装

6.1	压力管道安装的特点与方法	213
6.1.1	材料核对	213
6.1.2	管道的连接	213
6.2	管道预制、组装	214
6.2.1	管道预制场	215
6.2.2	管道预制组装注意事项	215
6.3	常见管道安装	215
6.3.1	埋地铸铁管道敷设	215
6.3.2	热力管道安装	217
6.3.3	制冷系统管道安装	219
6.3.4	压缩空气管道安装	221
6.3.5	氧气管道安装	221
6.3.6	乙炔管道安装	224

6.3.7	煤气管道安装	226
6.3.8	高压管道安装	228
6.3.9	不锈钢管安装	230
6.3.10	钛管安装	231
6.4	有色金属管道安装	231
6.4.1	铜管安装	231
6.4.2	铝管安装	232
6.4.3	铅管安装	233
6.5	硬聚氯乙烯管安装	233
6.5.1	硬聚氯乙烯的性能和特点	234
6.5.2	硬聚氯乙烯管道的连接	234
6.5.3	硬聚氯乙烯管的煨弯	235
6.6	压力管道的绝热施工	236
6.6.1	绝热层施工	236
6.6.2	防潮层施工	237
6.6.3	保护层施工	237
6.6.4	保温与保冷施工的区别	238
6.7	焊接人员资格及基本要求	239
6.7.1	焊接技术人员的条件与职责	239
6.7.2	焊接质检人员的职责	239
6.7.3	焊工的资格与要求	240
6.8	压力管道焊接工艺评定	240
6.8.1	焊接工艺评定的基本要求	240
6.8.2	焊接工艺评定程序及归档资料	241
6.9	压力管道常用焊接材料	241
6.9.1	手工电弧焊焊接材料	241
6.9.2	埋弧焊焊接材料	244
6.9.3	手工钨极氩弧焊焊接材料	246
6.9.4	气焊焊接材料	247
6.10	压力管道常用焊接设备	249
6.10.1	焊接电源的基本要求	249
6.10.2	电焊机型号	250
6.10.3	常用焊接设备参数及主要用途	250
6.11	压力管道的焊前准备	252
6.11.1	管子接头型式及坡口加工要求	252
6.11.2	管道对口质量要求	253
6.12	压力管道焊接方法及工艺	255
6.12.1	气焊	255
6.12.2	手工电弧焊	256
6.12.3	手工钨极氩弧焊	257
6.12.4	埋弧自动焊	258
6.12.5	管道全位置自动焊机	259
6.12.6	焊前预热及焊后热处理	259

6 13 特殊管道焊接	261
6 13 1 有色金属管道焊接	261
6 13 2 钛与钛合金管道焊接	264
6 13 3 镍及镍合金焊接	266
6 13 4 非金属管道焊接	268
6 14 压力管道的焊接缺陷及防止措施	269
6 14 1 焊接缺陷的种类、产生原因及预防措施	269
6 14 2 焊缝缺陷的返修	273
思考题	274
参考资料	274

第 7 章 压力管道质量检验及监督检验

7 1 压力管道安装资格及质量保证体系	275
7 2 质量控制文件及质量控制内容	275
7 2 1 质量手册	275
7 2 2 质控负责人及控制内容	276
7 3 压力管道质量管理	277
7.4 压力管道组成件和支承件的检验	277
7 4 1 管子检验	278
7 4 2 光谱分析	278
7 4 3 阀门检验	278
7 4 4 其他压力管道组成件的检查	279
7.5 压力管道安装质量检验	279
7 5 1 外观检验	279
7 5 2 无损检测	281
7 5 3 硬度测定	282
7 5 4 压力试验	282
7 5.5 泄漏性与真空度试验	286
7 6 压力管道吹扫与清洗	286
7 6 1 一般规定	286
7 6 2 水冲洗	287
7 6 3 空气吹扫	287
7 6 4 蒸气吹扫	287
7 6 5 化学清洗	288
7 6 6 油清洗	288
7 7 压力管道涂漆和绝热	289
7 8 压力管道竣工验收	289
7 8 1 工业管道工程竣工验收	289
7 8 2 公用燃气管道竣工验收	290
7 9 压力管道安装监督检验	290
7 9 1 影响压力管道安装质量的因素分析	291
7 9 2 压力管道安装监督检验	294
思考题	309

第 8 章 在用压力管道安全管理与事故分析

8 1	压力管道安全管理工作要点及主要措施	310
8 1 1	压力管道管理机构与职责	310
8 1 2	压力管道的档案管理	312
8 1 3	压力管道管理工作程序	319
8 1 4	压力管道状况分析和参数的统计	319
8 1 5	压力管道的前期管理	323
8 1 6	压力管道的正确使用	324
8 1 7	压力管道的计算机管理	330
8 2	压力管道的破坏型式及事故分析	333
8 2 1	压力管道破坏型式	333
8 2 2	韧性破坏	335
8 2 3	脆性破坏	337
8 2 4	腐蚀破坏	340
8 2 5	疲劳破坏	340
8 2 6	蠕变破坏	343
8 2 7	压力管道破坏事故分析	344
8 2 8	事故分析实例	351
8 2 9	压力管道事故报告与事故处理	361
8 3	压力管道的修理和技术改造	361
8 3 1	压力管道修理与技术改造的基本要求	361
8 3 2	压力管道的检修	362
8 3 3	压力管道常规检修方法	366
8 3 4	压力管道检修实用经验	369
	思考题	376
	参考资料	376

第 9 章 在用压力管道的定期检验

9 1	压力管道定期检验的种类及期限	377
9 2	压力管道检验方法	378
9 2 1	资料审查	378
9 2 2	宏观检查	379
9 2 3	测厚检验	379
9 2 4	无损检测	381
9 2 5	理化检验	385
9 2 6	压力试验和严密性试验	386
9 2 7	其他检验方法	388
9 3	压力管道定期检验方案优化	390
9 4	压力管道修理改造后的检验	391
9 5	压力管道缺陷安全性评定	392
9 5 1	缺陷安全评定的一般准则	392

9 5 2	压力管道腐蚀减薄后的评定	393
9.5 3	中低压管道环焊缝单面未焊透缺陷的安全评定	394
9 5 4	ASME IWB - 3650 压力管道缺陷评定规范介绍	395
9 5.5	压力管道材料劣化的评定	399
9 6	公用管道检验	402
9 6 1	地下管道防腐层检测	402
9.6 2	管道内检测简介	405
思考题		406
参考资料		407
附录 I	阀门型号	408
附录 II	压力管道安装图符号	417
附录 III	压力管道破坏事例	426
附录 IV	压力管道检验报告书	432

第 1 章 压力管道概况

本书所指压力管道是 1996 年 4 月原国家劳动部颁布的《压力管道安全管理与监察规定》限定范围内的管道,是指生产、生活中使用的可能引起燃爆或中毒等危险性较大的特种设备,并不是简单意义上的受压管道。蒸汽管道,有毒、易燃、易爆介质的管道,煤气、天然气管道,长输石油、天然气管道,管内介质压力达 0.1MPa 的管道等,都是压力管道。如管内是容易引起燃烧、爆炸和强腐蚀的介质,即使常压,该管道仍作压力管道管理;而输送无毒、不可燃、无腐蚀性介质,如压缩空气等压力大于 1.6MPa 的管道,才按压力管道管理。压力管道的分布极为广泛,因此压力管道的安全运行与生产生活关系极为密切,保证压力管道的安全运行意义十分重大。

1.1 国内外压力管道安全形势

1.1.1 国内压力管道安全形势

压力管道分布极广,但至今人们对它的安全性尚不十分重视。油、气输送管线、管道是工程的主体,在设计、制造、安装等方面比较重视。但工业管道在装置中与主体设备相比就显得很简单,对其重视的程度显然不能与对主要机器、设备的重视程度相比。在设计、制造、安装、检验、运行、维护与检修等各个环节都不同程度地存在一些问题。在我国,压力容器与锅炉安全管理已建立有一整套安全保证体系,质量技术监督部门与各主管部门都有相应的管理规范,近年来安全事故已大为减少。但压力管道安全管理尚有不少漏洞,安全事故时有发生,造成的经济损失和人员伤亡事故相当严重。原劳动部职业安全卫生与锅炉压力容器监察局曾组织调查组专题调查压力管道安全状况,从所整理的 240 例^[1](其中 40 例为国外案例)压力管道事故中可以看出问题的严重性。其中 124 起发生人员伤亡,共死亡 184 人,伤 296 人,直接经济损失 3000 多万元,因停产等因素造成的间接经济损失更为惊人。某厂一异径管接头焊缝受低周疲劳作用而开裂,丙烷大量泄漏气化,遇明火引燃起爆。爆炸时,地震台测得二次震级为 1.2 级和 0.8 级,冲击波影响至十多公里以外,造成 5 人死亡、80 人受伤,直接经济损失 250 多万元。某热电厂一输油管线爆破,燃料油大量泄漏形成大火,致 4 人死亡、2 人受伤,直接经济损失 1000 万元。某树脂厂因法兰材质不好,运行中产生环向裂纹,突然开裂,使大量氯乙烯单体外泄引起爆炸,造成 706m² 的三层砖结构厂房坍塌,周围建筑物门窗玻璃被毁,并致 5 人死亡、7 人受伤,直接经济损失近百万元。工业管道安全事故时有发生,所造成的经济损失和人员伤亡也是很大的。

压力管道应用极广,化工、石油、制药、能源、航空、环保、钢铁、公用工程等各类工业企业

都不同程度地用到压力管道。长期以来,由于对压力管道安全管理的认识不足,至今还没有形成一个完善的压力管道安全管理体系。多年来一直处于部门分割管理的状态,各行业使用的压力管道由于输送的介质不同,工作压力、温度不同,在生产环节中所处的位置不同,管理技术队伍的素质不同,因此安全技术管理水平差异很大。压力管道的安全管理相对于锅炉、压力容器,在法律、法规、标准规范的建设方面均不够完善,各行业自行设计、制造、安装、检验、运行管理等的各个环节自成体系,制定了一些行业标准。除长输管道和城市燃气外,压力管道从属于压力容器一并管理。不少企业的压力管道管理处于从属位置,有的甚至处于有机机构无人员的状态。随着市场经济的发展,企业自主性加强,主管部门对企业的约束力减弱,疏于管理的现象不同程度地存在。

化工系统有大量的压力管道,它们的工作条件各种各样,工作压力由真空、负压到300MPa以上的高压、超高压。工作温度由负200℃以下至1000℃以上,许多场合的介质有毒、易燃、易爆。化工企业有很多已经数十年的发展、变迁,但很多化工企业规模不大,职工技术素质不高,管理方式较为原始,压力管道安全管理不正规,很少进行定期安全检测。仅对高压管道有较为严格的管理规定,化工部曾颁发过《化工高压工艺管道维护检修规程》和《化学工业企业设备动力管理制度》的规定,大、中型企业对高压管道建立技术档案和定期检验制度。许多厂设置了锅炉、压力容器检验站,兼顾压力管道的检验工作。而小型企业对压力管道管理则显得有些混乱。1995年化工部在总结以往对压力管道安全管理经验教训的基础上,颁布了《化工企业压力管道管理规定》和《化工企业压力管道检验规程》,对压力管道按承受压力、温度和管内介质特性进行分类管理。对化工企业压力管道安全管理正规化、科学化起到了积极作用。

中国石化总公司系统所属企业均为现代化大型企业,拥有I、II、III类管道的6300km以上,管内介质也是多种多样,工作压力最高达300MPa以上,管内介质高温、高压、易燃易爆、有毒有害,而且装置基本都是技术密集、规模大、连续化生产。很多装置由国外引进,石化总公司为新建制单位,起点高,对安全生产比较重视。总公司于1985年颁发了《工业管道维护检修规程》和《工业管道技术管理制度》,1992年又修订了《工业管道维护检修规程》。按规程规定对I、II、III类管道建立技术档案,建档率达88%以上。压力管道安全管理严格的单位已经做到一管一档,每条管道的设计、制造、安装、使用、维修和定期检验,变更和改造全部资料,形成完整的管道技术状况历史档案资料。石化企业“三老四严”的传统作风形成包括岗位责任制、巡回检查制、安全生产制、设备维护保养制等一系列生产管理制度及经济责任制考核办法和细则,使压力管道安全管理做到规范化。大部分企业建有锅炉压力容器检验站,压力管道一年一次外部检验和六年一次全面检验,定期检验率一般可达70%左右。但在当前我国的科学技术仍相对落后,管件的制造质量、管道的安装质量、运行管理人员的素质参差不齐。加之检修周期延长,检修项目与检修时间的矛盾突出,检修质量常存在一些问题,尤其是焊接质量,有的企业焊接缺陷占总缺陷数的80%,有的单位检验发现焊缝合格率只有20%~30%。由此可见,加强压力管道安全管理的任务是十分紧迫和繁重的。

电力系统高压、超高压蒸汽管线管理较为严格,水电部从20世纪60年代开始,就对工作温度大于或等于450℃或工作压力大于5.88MPa的蒸汽管道和部件开展金属监督工作,并于1991年颁布了《火力发电厂金属技术监督规程》。电力系统整个管理系统比较严格,设计、制造、安装均由电力部进行资格认可。重要管道、管件从国外进口,国内产管道、管件均

由电力部定点生产。在组织体系上,电力部有锅炉压力容器安全监察委员会,各网局设锅炉压力容器检测中心、焊工培训中心。各电厂有金属监督车间和金属监督员。所以,火电厂高温、高压管道事故很少。中低压管道由于管理工作不够严格,事故相对多一些。

冶金系统老企业多,运行时间长,改造次数多,管理较为混乱,其中氧气管道危险性较大,发生事故也较多。为此,冶金部先后颁发了《钢铁企业氧气管网的若干技术规定》、《氧气安全规程》和《冶金工业压力管道管理若干规定》,以保证氧气管网的安全运行。

城市煤气使用已越来越普及,大城市几乎没有不使用煤气的,中小城市、甚至有些集镇也在发展煤气。煤气主要靠管道输送,其安全关系到千家万户。但是,我国对城市地下管道的管理严重滞后,还没有达到有序管理的水平,在城市里许多煤气管道被违章占压,据某市公用局调查,该市违章占压管线就有上万处之多^[2],有的占压管线还是高中压输气管线,占压的情况亦是多种多样,如植树埋杆、堆料堆物、建房盖楼、农贸市场,有的把管道检查井都圈进了屋内。这样给地下管道增加了负荷,容易造成管道损坏,一旦发生煤气泄漏,在伤员集中的地方,明火源多,易引燃起爆或造成中毒伤亡事件,后果是十分严重的。在城市建设中将煤气管挖破的事故也时有发生。1986年沈阳一居民楼地下煤气管道受压过大产生过载断裂,煤气漏入楼内,遇楼内明火引燃,全楼处于烟火之中。经消防队和各方人员及时关闭煤气总阀,并控制火势,使被困居民先后脱险。该三层砖混结构住宅楼严重受损,还造成3人死亡和6人受伤。1989年冬天的一个早晨,正值上班高峰,某市一路口突然发生爆炸。原因是地下煤气管道漏气,达到爆炸极限,遇明火引起爆炸,造成6人死亡、26人受伤。1995年济南市因地下煤气管道密封不严,煤气漏入高压电缆沟,附近正好有一个蜂窝煤炉,引燃了泄漏的煤气,随后一万伏高压电缆突然跳闸,再次引爆电缆沟内的煤气,引起大爆炸。使2.2公里路面、附近房屋、汽车被毁,经济损失上百万元,并致13人死亡、48人受伤。这种由于煤气管道漏气遇明火引发爆炸造成严重人员伤亡和巨大经济损失的惨痛教训值得我们重视。城市的建设都是逐步发展的,而且各类管线的经费来源不同,主管部门不同,设计、施工、管理部门各异,很多城市的地下管网资料不齐全,分布混乱,造成了许多不安全因素。

我国长输管道主要是原油管道、天然气管道、油田集输管道和少量成品油管道,目前已建有原油和天然气管道共17000km。据预测,在今后的一个短时期内我国天然气输送管道和成品油输送管道将会有大的发展。长输管道有专门的管理系统,设计、施工和技术管理均有一定的质量控制措施和较先进的检测手段。进入90年代以来,有关部门陆续引进国外先进检测仪器,对部分管线进行内检测,有效地控制了腐蚀漏油事故。长输管线往往途经不同的省、市、县,沿途环境复杂,安全管理有一定难度。在安全方面存在一些问题。国务院于1989年3月12日颁布了《石油、天然气管道保护条例》,对保护石油、天然气长输管道起了很大作用。但因没有配套完整的实施细则,具体执行有一定困难。譬如,某些地方政府及沿途农民有抵触,所以仍有一些违章建筑强行施工;多处管道被取土挖砂,造成管道裸露、悬空;公路、水利工程多处与管道相交;多处管道被划入经济开发区。所有这些都使一些管道的安全受到威胁。在有些地方,农民甚至在管道上打孔盗油,造成严重的不安全因素。

压力管道的安全问题已逐步引起各方面的注意。有关管理部门也已经采取了若干措施,并且取得了一定的成效。原劳动部1996年4月颁布的《压力管道安全管理与监察规定》有力地推动了压力管道安全管理工作。1998年国家实行机构改革,在国家质量技术监督局下设锅炉压力容器安全监察局,主管锅炉、压力容器、压力管道的设计、制造、安装、使用、检

验、修理、改造等环节和进出口进行监督检查,对有关事故进行统计分析和调查处理,可望使压力管道安全管理工作达到更高的水平。但是,要真正实现这个目标,还需要让更多的人了解压力管道安全的意义,提高与压力管道直接相关的施工、管理人员的技术素质和责任心。因而建立一整套行之有效的法律、法规、技术规程和实施细则更为至关重要。

1.1.2 国外压力管道安全形势

经济发达国家,技术先进,经济实力雄厚,在压力管道的安全方面已逐步形成一整套安全管理体系,压力管道安全性相对较高。但即使像美国、德国、法国、英国、加拿大等发达国家,压力管道事故还是偶有发生。1974年6月,英国尼波洛公司已内酰胺工厂两个环己烷氧化反应釜之间的一条管道破裂,环己烷大量泄漏,遇到明火引起爆炸,爆炸力相当于11~45t,三硝基甲苯(TNT)的汽雾充塞在厂区上空,着火爆炸后厂内储存的大量环己烷和石油产品加剧了这场爆炸的破坏力,引起了一连串的爆炸和猛烈的大火,两天后大火才熄灭。厂房炸塌,设备烧毁,周围几百户住宅受到不同程度破坏,数百亩农田被污染,位于工厂下风向的2000多居民被迫迁移,造成经济损失约4000万英镑,死亡28人、伤87人。1975年比利时一低密度聚乙烯厂,一台压缩机吸入端的进气管接头疲劳断裂,泄漏出45m³高压聚乙烯,造成大面积火灾,经济损失2830万美元。1979年美国德克萨斯一套硫酸烷基化装置脱丙烷塔一管线弯头破裂,管内压力为1.8MPa的介质大量泄漏遇明火引爆,多个设备和房屋建筑遭到严重损坏,2.4km外的玻璃窗被震碎,造成的经济损失达2400万美元。1984年墨西哥首都墨西哥城郊一液化气供应中心因一管道产生裂纹,液化气体外泄遇明火引起连锁爆炸,供应中心站内54座液化气储罐全部爆炸起火,在数百米上空形成巨大火球,爆炸冲击波将10km外的住宅玻璃震碎,油罐碎片在3km范围内四处飞散。事故中约有490人死亡、4000多人受伤,另有900余人失踪,站内设施全部毁损,周围民房全部倒塌或部分毁坏者达1400余所,致使31000人无家可归。为防意外,消防局将其周围2.5km范围严密封锁,50万居民奉命避难。1989年比利时一工厂接醛塔液位指示器的一条管道因低循环疲劳在焊缝处出现毛细裂纹,泄漏的环氧乙烷长期聚集而引起爆炸,使整个化工厂造成巨大损失,除直接经济损失7700万美元外,该厂还被迫关闭2年,业务中断,损失近3亿美元。1993年越南广宁省一输油管道爆炸起火造成39人死亡和60人受伤的严重后果。这些事例表明,压力管道一旦发生事故,造成的损失是极为严重的。这也是许多国家,尤其是经济发达国家十分重视压力管道安全的原因。

美国有天然气管道270多万千米,危险液体输送管道25万多千米。根据美国运输统计年报报导,1988年全美与运输有关的死亡人数为49438人,其中与管道输送有关的死亡人数为20人,其中18人死于天然气、煤气管道事故。在一定的吨—公里液态危险品运输量的情况下,以管道输送事故死亡人数为基数1人,海上运输死亡人数为3人,铁路运输死亡人数为40人,公路运输死亡人数达300人,所以管道输送的安全性最高。美国对管道安全是比较重视的。国会下设有专门机构管道安全处(OPS),议会对管道安全有专门立法,1988年、1991年、1995年三次通过管道安全再授权法。管道安全监察规程还分二类,一类是美国政府管道安全监察规程,另一类是联邦管道安全监察规程。这些检测规程对管道安全作出许多详细的规定,如规定在某种情况必需采用灵敏管道猪进行管道内检,要求对管道运行和维护人员进行考核和发证,要求管道安全处评估用于液体管线失效检测和定位的程序、系统

和设备的有效性等。1994年美国新泽西州爱迪生市发生天然气管线破坏引起大火事件后,国会通过了《1994年全美免费电话通告法》和《管道安全议案》,建立了全美单一号码的电话通告系统,免费使用。管道运行人员都要使用该系统通知沿线居民随时报告在管道走向上挖掘或倾倒土方等一切可疑活动,要求采用动力设备挖方者均预先打电话给电话通告系统了解管线位置,对不使用电话通告系统的人要处于罚款。由于议会、政府对管道安全的重视,从立法到各种技术规程形成完整的安全管理系统,管道安全事故就大为减少。德国和美国相类似,涉及管道安全的法律就有《设备法》、《水保持法》和《能源法》三项。政府又制定了若干行政法规,如压力容器条例对投用前检验、在用检验、特殊检验、检验员和检验不合格的处理作出了详细规定,还有可燃气体条例和高压气体管道条例。日本有高压气体管理法,英国有管线法,负责安全管理的部门根据法律制订配套的法规和技术规范,建立一套从设计、制造、安装到使用管理、修理改造实行管理与安全监察体制,保障压力管道的安全运行。

1.2 国内外压力管道安全监察体系简况

1.2.1 国内压力管道安全监察体系简况

根据国外压力管道安全管理经验和我国压力管道安全管理的经验教训,要将压力管道安全工作搞好不是靠某个部门和设几个专职岗位、派几个专职人员所能实现的。这是一个涉及面极广的系统工程。最基本的一条是要法制化,需要制定若干法律。我国已有劳动法和正在制定的《劳动安全卫生条例》涉及到此项内容。“违反《中华人民共和国劳动法》行政处罚办法”中的第十条规定:“使用单位压力管道、起重机械……等特种设备未进行定期检验或安全认证的,责令改正,并可处以10000元以下罚款。”今后还将随实际情况的需要进行修订、补充甚至增加新的法律。国家政府机关制定行政法规,主管部门制定各种行政规章,相应的各种技术标准由企业、事业或社会团体制定,国家质量技术监督局批准实施。这样的法规体系显然会推动压力管道安全管理工作的的发展。原劳动部职安局根据锅炉压力容器安全监察工作中制定法律、法规和标准工作的成功经验,参照国外发达国家的作法,组织起草了《压力管道法规标准体系》,如图1.1所示。

图中第一位数为层次号,第二位数为系列号。三个层次分别为法律层(代号1)、法规层(代号2)、行政规章层(代号3)。四个系列分别为技术规程(代号3.1)、管理规则(代号3.2)、监督检验(代号3.3)、其他(代号3.4)。本法规体系是一设想框架,经广泛征求各方意见后,即可组织制定压力管道安全监察所需的法规和技术标准。图1.2是必须具备的标准,也可视为图1.1中的第四层次。这样组成一个完整的法律、法规、标准体系,使压力管道的每个环节均严格管理,确保压力管道长周期安全运行。这些法规涉及面很广,尤其是标准,涉及面广、制定程序复杂,所需经费较多,它在制定时要研究国外先进国家的标准,要尽量与国际通用标准接轨,还要充分考虑国内现行的各种标准和实际的技术生产水平。考虑到压力管道监察队伍是包含在锅炉压力容器安全监察队伍内的,因此在制定压力管道法规时要尽量与现行锅炉压力容器法规接轨。

作为压力管道安全管理的基本法规,原劳动部已颁发了《压力管道安全管理与监察规定》。如能经演变,提升为国务院颁布的条例,定将发挥更有效的监察作用。该规定对工业