

融新技术、新材料、新工艺、新设备于一体
作者一生奋力写作的巅峰之作
集30年教学·设计·施工经验之大成

**YALI GUANDAO
SHIGONG**

管道施工技术丛书

压力管道

施工

张金和 / 张明明 / 王志涛 / 赵淑敏 编著

绪论

钢管、管件与法兰

压力管道施工计算

压力管道施工操作技术

氧气、乙炔、氢气、伴热、制冷管道施工

石油化工装置工艺管道敷设、布置

长输管道施工

城镇燃气管道施工

城镇热力管道施工

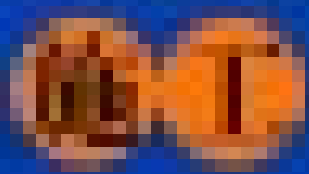
上海科学技术出版社

2008年 第10期
第10卷 第10期
第10卷 第10期

第10卷 第10期
第10卷 第10期

第10卷 第10期

压力管道



第10卷 第10期

第10卷 第10期
第10卷 第10期
第10卷 第10期
第10卷 第10期
第10卷 第10期
第10卷 第10期
第10卷 第10期
第10卷 第10期
第10卷 第10期
第10卷 第10期



管道施工技术丛书

压力管道施工

张金和 张明明 王志涛 赵淑敏 编著

上海科学技术出版社

内 容 提 要

本书详尽介绍了氧气管道、乙炔管道、氢气管道、伴热管道、制冷管道、石油化工装置工艺管道、长输管道、城镇燃气管道、城镇热力管道等的施工方法及施工工艺。

本书介绍了常见压力管道的新材料、新技术、新工艺,致力于为压力管道工程设计、施工、安装、维护与检修、监理及监控、运行与管理、工程预决算、清单与报价等技术人员提供一本有价值、实用性强、操作性强的技术读物。

本书可作为从事管道工程施工的技术工作人员的工具书,也可供高等院校、中等职业技术学校等相关专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

压力管道施工 / 张金和等编著. —上海: 上海科学技术出版社, 2015. 5

(管道施工技术丛书)

ISBN 978-7-5478-2506-8

I. ①压… II. ①张… III. ①压力管道—管道施工
IV. ①U175

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 307272 号

压力管道施工

张金和 张明明 王志涛 赵淑敏 编著

上海世纪出版股份有限公司 出版
上海科学技术出版社

(上海钦州南路 71 号 邮政编码 200235)

上海世纪出版股份有限公司发行中心发行
200001 上海福建中路 193 号 www.ewen.co

上海商务联西印刷有限公司印刷

开本 787×1092 1/16 印张 31

字数 700 千字

2015 年 5 月第 1 版 2015 年 5 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5478-2506-8/TU·205

定价: 98.00 元

二、钢管壁厚计算	101
第二节 钢管开孔补强	109
一、单个开孔的补强	110
二、单个开孔的补强方法	112
三、主管上多支管补强	114
四、挤压引出支管的补强	115
五、其他支管连接的补强	117
六、管子开孔补强计算举例	118
第三节 管道热伸长及补偿	124
一、管道的热伸长	124
二、管道热补偿	128
第四节 管道支吊架	139
一、管道支吊架的选用原则	139
二、管道支架间距的确定	141
三、支吊架位置的确定	146
第四章 压力管道施工操作技术	148
第一节 管道加工	148
一、管子切割	148
二、管子弯曲	149
三、管子坡口	159
第二节 管子及管件制作	161
一、板焊管制作	161
二、斜接弯头	162
三、翻边接头	163
第三节 管子连接	163
一、焊接	163
二、法兰连接	170
三、螺纹密封的管螺纹连接	172
第四节 阀门安装	174
一、阀门检查	174
二、阀门试验	177
三、阀门安装	179
四、减压阀、安全阀、疏水阀安装	180
第五节 支吊架及补偿器安装	190
一、支吊架类型	190
二、管道支吊架的加设	195
三、补偿器安装	197
第六节 压力试验、吹扫及清洗	211

一、压力试验	211
二、吹扫及清洗	218
第五章 氧气、乙炔、氢气、伴热、制冷管道施工	221
第一节 氧气管道施工	221
一、氧气管道敷设	221
二、氧气管道管材、管件及附件	228
三、氧气管道施工及验收	231
第二节 乙炔管道施工	236
一、乙炔的性质	236
二、乙炔生产的管道系统及供气方式	238
三、乙炔站管道及管路附件安装	238
四、厂区乙炔管道敷设安装	243
五、乙炔管道的试验和施工安全	248
第三节 氢气管道施工	250
一、氢气的生产及贮存	250
二、氢气站、供氢站、氢气罐与建筑物、构筑物的防火间距	250
三、氢气管道管材及附件	252
四、氢气管道敷设	252
五、氢气管道安装	255
六、管道试验及吹扫	256
第四节 伴热管道施工	257
一、伴热范围、伴热方式、伴热介质温度	257
二、外伴热管安装	258
三、夹套管伴热	266
第五节 制冷管道施工	277
一、氨制冷系统管道施工	277
二、氢氟氟烃、氢氟烃类制冷系统管道施工	286
第六章 石油化工装置工艺管道敷设、布置	298
第一节 石化管道敷设的种类及基本要求	298
一、管道敷设的种类	298
二、管道布置、敷设的基本要求	299
第二节 管廊(桥)上管道的布置	301
一、敷设在管廊上管道的种类	301
二、管廊上管道的布置原则	301
第三节 塔、容器、加热炉的管道布置	304
一、塔的管道布置	304
二、容器的管道布置	306

4 压力管道施工

三、塔和容器的管道支架	306
四、加热炉的管道布置	307
第四节 冷换设备管道布置	311
一、管壳式和套管式换热器冷换设备的工艺管道的设置	311
二、管壳式卧式重沸器的管道布置	316
三、空冷器的管道布置	316
四、蒸汽发生器的管道布置	317
第五节 泵及其管道布置	318
一、泵的布置	318
二、泵的管道布置	318
第六节 压缩机管道布置	328
一、离心式、轴流式压缩机管道布置	328
二、往复式压缩机管道布置	330
第七章 长输管道施工	335
第一节 施工准备	335
一、施工准备	335
二、材料及管道附件验收	336
第二节 交接桩及测量放线	337
一、线路交桩、移桩	337
二、测量放线	338
三、埋地管道弹性敷设的现场放线方法	339
四、管道弹性敷设规定	341
第三节 施工作业带清理及施工便道修筑	341
一、施工作业带清理	341
二、施工便道修筑	342
第四节 材料、防腐管的运输、保管	343
一、管子装卸	343
二、管道运输	344
三、保管	344
第五节 管沟开挖	345
一、管沟的几何尺寸	345
二、管沟开挖及要求	346
三、管沟验收	347
第六节 布管、坡口、管口组对、焊接及验收	348
一、布管	348
二、现场坡口	349
三、管道组对	349
四、管道焊接	351

五、焊缝的检验与验收	352
第七节 管道防腐的补口、补伤	354
一、热收缩套(带)补口、补伤	354
二、环氧粉末补口、补伤	358
第八节 管道下沟及回填	360
一、管道下沟	360
二、管沟回填	361
三、管道穿越地下管、缆	361
四、长输管道与其他管道同沟敷设	361
第九节 管道清管、测径、试压及验收	362
一、一般规定	362
二、试压介质	362
三、清管、测径	363
四、水压试验	363
五、气压试验	365
六、试压安全	366
第八章 城镇燃气管道施工	367
第一节 城镇燃气管网的分类及敷设	367
一、燃气管道的分类	367
二、燃气管道的敷设	368
第二节 室外燃气管道安装	373
一、燃气用管材及要求	373
二、土方施工	375
三、埋地燃气钢管施工	377
四、燃气球墨铸铁管施工	381
五、燃气聚乙烯管道和钢骨架聚乙烯复合管道的施工	395
六、管沟回填	419
七、警示带敷设和管道路面标志设置	420
八、室外架空燃气管道施工	421
第三节 燃气管道附属设备安装	422
一、阀门的设置及安装	422
二、补偿器安装	425
三、凝水器安装	425
四、检漏管安装	426
五、放散管安装	427
第四节 城镇燃气管道试验及验收	428
一、城镇燃气输配管道的试验	428
二、工程竣工验收	432

第九章 城镇热力管道施工	434
第一节 热力管道的布置与敷设	434
一、室外热力管网的布置	434
二、热力管道敷设	435
第二节 热水管道安装	449
一、管沟和地上敷设管道安装	449
二、直埋敷设热水管道安装	450
第三节 蒸汽直埋管道安装	463
一、蒸汽管道直埋敷设	463
二、蒸汽直埋管道保温	472
三、蒸汽直埋管道外护管及防腐	476
四、蒸汽直埋管道安装	477
第四节 热力管道试验、清洗及试运行	478
一、热力管道试验	478
二、管道清洗	480
三、试运行	481
参考文献	483

第一章 绪 论

压力管道施工



第一节 压力管道概述

一、压力管道的定义及分类

1996年原国家劳动部以“劳部发[1996]140号”发出“关于颁发《压力管道安全管理与监察规定》(以下简称《监察规定》)的通知”,标志着我国压力管道进入了法制管理阶段。

《监察规定》明确指出:压力管道是指生产、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。它具体指具有下列属性的管道:

① 输送《职业性接触毒物危害程度分级》(GB 5044)中规定的毒性程度为极度危害介质的管道。

② 输送《石油化工企业设计防火规范》(GB 50160)及《建筑设计防火规范》(GB 50016)中规定的火灾危险性为甲、乙类介质的管道。

③ 最高工作压力大于等于0.1 MPa,输送介质为气(汽)体、液化气体的管道。

④ 最高工作压力大于等于0.1 MPa,输送介质为可燃、易爆、有毒、有腐蚀性的或最高工作温度高于等于标准沸点的液体的管道。

⑤ 前四项规定的管道的附属设施及安全保护装置等。

其中,第⑤项中所述的“管道的附属设施”是指压力管道系统中所用的管件(包括弯头、三通、异径管、管帽、加强管嘴、加强管接头、异径短节、螺纹短节、管箍、仪表管嘴、漏斗、快速接头等)、连接件(包括法兰、螺栓、螺母、垫片、限流孔板、盲板、法兰盖等)、管道设备(包括各类阀门、过滤器、阻火器、视镜等)、支承件和其他安装在压力管道上的设施。

为了便于《监察规定》的执行,宜将压力管道按不同的操作工况和不同的用途进行分类与分级,并针对不同类型、不同级别的压力管道,根据其危险程度分别提出技术和管理方面的要求,分别进行管理。为此,国家质量监督检验检疫总局于2008年1月8日批准颁布的“TSG 特种设备安全技术规范”《压力容器压力管道设计许可规则》(TSG R1001—2008)将压力管道分类、分级为:长输管道 GA 类、公用管道 GB 类、工业管道 GC 类、动力管道 GD 类。压力管道分级见表 1-1。

在石油化工企业中有大量不同用途的管道,其输送介质的性质和操作参数的差异很大,因此其重要程度和危险性也不相同。为确保各种管道在设计条件下能可靠、安全地运行,要

2 压力管道施工

对重要程度和危险性不同的管道提出不同的设计、制作、施工、检验的要求。对石油化工管道进行分级有利于工程建设的质量控制和生产运行的管理；对石油化工管道进行分级控制和管理是保证工程质量和安全生产的管理措施。石油化工管道按输送介质、设计压力、设计温度和施工质量检查的要求划分为 13 级；石油化工管道分级符合《压力管道安全技术监察规程——工业管道》(TSG D0001—2009)的规定(表 1-2)。

表 1-1 压力管道的类别

管道类别		输送介质的特征和设计条件
GA 类 (长输管道)	GA1	输送有毒、可燃、易爆气体介质,最高工作压力 $P > 4.0$ MPa 的长输管道
		输送有毒、可燃、易爆液体介质,最高工作压力 $P \geq 6.4$ MPa,并且输送距离 ^① ≥ 200 km 的长输管道
	GA2	输送有毒、可燃、易爆气体介质,最高工作压力 $P \leq 4.0$ MPa 的长输管道
		输送有毒、可燃、易爆液体介质,最高工作压力 $P < 6.4$ MPa,并且输送距离 ^① < 200 km 的长输管道
GB 类 (公用管道)	GB1	城镇燃气管道
	GB2	城镇热力管道
GC 类 (工业管道)	GC1	输送毒性程度为极度危害介质 ^② 、高度危害气体介质和工作温度高于标准沸点的高度危害液体介质的管道
		输送火灾危险性为甲、乙类可燃气体或甲类可燃液体(包括液化烃) ^③ ,且设计压力 $P \geq 4.0$ MPa 的管道
		输送除上述两项的流体介质,且设计压力 $P \geq 10.0$ MPa,或者设计压力 $P \geq 4.0$ MPa,且设计温度 $t \geq 400^\circ\text{C}$ 的管道
	GC2	输送火灾危险性为甲、乙类可燃气体或甲类可燃液体,且设计压力 $P < 4.0$ MPa 的管道
		输送可燃流体、有毒流体,且设计压力 $P < 4.0$ MPa,设计温度 $t \geq 400^\circ\text{C}$ 的管道
		输送非可燃流体、无毒流体,且设计压力 $P < 10.0$ MPa,设计温度 $t \geq 400^\circ\text{C}$ 的管道
		输送流体介质,且设计压力 $P < 10.0$ MPa,设计温度 $t < 400^\circ\text{C}$ 的管道
GC3	输送无毒、非可燃流体介质,设计压力 $P \leq 1.0$ MPa,且 $-20^\circ\text{C} < t(\text{设计温度}) \leq 185^\circ\text{C}$ 的管道	
GD 类 (动力管道)	GD1	火力发电厂用于输送蒸汽、汽水两相介质的管道。设计压力 $P \geq 6.3$ MPa,或者设计温度 $t \geq 400^\circ\text{C}$ 的管道
	GD2	火力发电厂用于输送蒸汽、汽水两相介质的管道。设计压力 $P < 6.3$ MPa,且设计温度 $t < 400^\circ\text{C}$ 的管道

注：① 输送距离指产地、储存库、用户间的用于输送商品介质的直接距离。

② 《职业性接触毒物危害程度分级》(GB 5044)规定的。

③ 《石油化工企业设计防火规范》(GB 50160—2008)及《建筑设计防火规范》(GB 50016—2006)规定的火灾危险性。

表 1-2 石油化工管道分级与《压力管道安全技术监察规程——工业管道》分级对照

序号	管道级别	输送介质	设计条件		TSG D0001 条款
			设计压力(MPa)	设计温度(°C)	
1	SHA1	输送危害介质(苯除外)、高度危害介质(丙烯腈、光气)	—	—	GC1
		苯介质、高度危害介质(丙烯腈、光气除外)、中毒危害介质、轻度危害介质	$P \geq 10$	—	GC1
			$4 \leq P < 10$	$t \geq 400$	
2	SHA2	苯介质、高度危害介质(丙烯腈、光气除外)	$4 \leq P < 10$	$-29 \leq t < 400$	GC1
			$P < 4$	$t \geq -29$	
3	SHA3	中毒危害介质、轻度危害介质	$4 \leq P < 10$	$-29 \leq t < 400$	GC2
		中毒危害介质	$P < 4$	$t \geq -29$	
		轻度危害介质	$P < 4$	$t \geq 400$	
4	SHA4	轻度危害介质	$P < 4$	$-29 \leq t < 400$	GC2
5	SHB1	甲类、乙类可燃气体介质,甲类、乙类、丙类可燃液体介质	$P \geq 10$	—	GC1
			$4 \leq P < 10$	$t \geq 400$	
			—	$t < -29$	
6	SHB2	甲类、乙类可燃气体介质,甲 _A 类、甲 _B 类可燃液体介质	$4 \leq P < 10$	$-29 \leq t < 400$	GC1
		甲 _A 类可燃液体介质	$P < 4$	$t \geq -29$	GC2
7	SHB3	甲类、乙类可燃气体介质,甲 _B 类、乙类可燃液体介质	$P < 4$	$t \geq -29$	GC2
		乙类、丙类可燃液体介质	$4 \leq P < 10$	$-29 \leq t < 400$	GC2
		丙类可燃液体介质	$P < 4$	$t \geq 400$	GC2
8	SHB4	丙类可燃液体介质	$P < 4$	$-29 \leq t < 400$	GC2
9	SHC1	无毒、非可燃介质	$P \geq 10$	—	GC1
			—	$t < -29$	GC1
10	SHC2	无毒、非可燃介质	$4 \leq P < 10$	$t \geq 400$	GC1
11	SHC3	无毒、非可燃介质	$4 \leq P < 10$	$-29 \leq t < 400$	GC2
			$1 < P < 4$	$t \geq 400$	
12	SHC4	无毒、非可燃介质	$1 < P < 4$	$-29 \leq t < 400$	GC2
			$P \leq 1$	$t \geq 185$	
			$P \leq 1$	$-29 \leq t \leq -20$	
13	SHC5	无毒、非可燃介质	$P \leq 1$	$-20 \leq t < 185$	GC3

二、压力管道的特点

现代工业生产中使用的压力管道种类有很多。以一套石油加工装置为例,它包含的压力容器不过几十台,多者百余台,但它所包含的压力管道却多达数千条,所用到的各种管道附件多达上万件乃至几万件,且这些管道元件往往由多家制造商供应,管道的安装又多是在现场进行的,因此压力管道的安全与管理显得尤为复杂。概括起来,压力管道有以下特点:

1) 种类多、数量大 现代化的工业生产所使用的压力管道种类多、数量大,设计、制造、安装、应用管理环节多。环节越多,影响的因素就越复杂,出现问题的概率就越高,从而造成了压力管道安全管理和安全监察的多元性和复杂性。

2) 长度大、跨越空间大 长输管道、油气集输管道、城镇热力管道等压力管道的管道长、跨越空间大,从而给压力管道的安全管理和安全监察增加了难度。

3) 敷设条件复杂 长输管道、油气集输管道、城镇热力管道等压力管道敷设条件极其复杂,边界条件多且乱,给压力管道的施工、安装、运行及管理带来诸多不便。

4) 现场安装工作量大 压力管道都是在现场安装的,由于环境条件差,因此现场安装难度大,现场安装工作量也大,从而要求投入更多的管理与监察。

5) 施工技术要求高 由于压力管道本身的特点,对施工过程中各个环节的要求都很高,尤其是对施工单位施工、安装人员的管理水平、操作水平要求非常高。若施工过程中某个环节出了问题,管理、监察不到位,便会给后续工作带来严重的后果。

第二节 对压力管道的基本要求

对压力管道的最基本要求是:安全与经济。其中,安全是第一位的。压力管道安全管理和监察规定就是针对安全性提出的。安全问题是压力管道研究的最基本问题,经济问题是工程学的一个基本问题。

一、安全性

由于管道属性本身的原因,压力管道的安全是压力管道设计、施工的重中之重。压力管道的安全首先表现在其操作运行风险小、安全可靠性强,不至于因管道系统失效而发生重特大事故;其次是运转平稳,没有“跑、冒、滴、漏”。

影响压力管道安全性的因素有很多。从范围上讲,它涉及了设计、制造、材料、施工、检验、运行等各个环节;从时间上讲,它涉及了从开始建设到系统投入使用,以至到若干年后寿命终结的整个时间跨度;从性质上讲,它可能涉及技术方面,也可能涉及管理方面。因此,压力管道的安全要从各个环节入手。

1. 压力管道设计资格

压力管道设计是能否确保压力管道安全运行的最重要的一环,必须把好设计关。对设计单位进行资格认证,是确保压力管道设计质量的重要措施。设计单位的压力管道设计资格证由省级以上主管部门颁发,并报省级以上质量技术监督行政部门备案。取得省级主管部门颁发的压力管道设计资格证的设计单位,到省级质量技术监督行政部门备案;取得部级

主管部门颁发的压力管道设计资格证的设计单位,到国家技术监察局备案。未经备案的压力管道设计单位不得从事压力管道设计工作。质量技术监督部门接受备案后进行设计资格编号并发予备案标记印模,该印模应盖在设计总图上。

2. 压力管道安装资格

压力管道安装是保证压力管道安全的一个主要环节,压力管道安装质量直接影响压力管道的安全使用。为此,国家对压力管道实施安装许可证制度。压力管道安装单位必须持有质量技术监督行政部门颁发的压力管道安装许可证。压力管道安装单位资格认可的评审工作,由质量技术监督行政部门认可的评审机构进行。

根据压力管道的特殊性,压力管道安装单位必须具备以下条件:

- (1) 法人或法人授权的组织。
- (2) 健全的压力管道安装质量保障体系。
- (3) 适应压力管道安装和管理需求的技术力量。
- (4) 满足施工现场要求的完好的生产设备、检测手段和管道预制场地。
- (5) 具有安装合格产品的能力。

3. 质量保证体系

为保证压力管道加工、预制及安装的工程质量,压力管道安装单位应根据有关法律、法规、规范、标准的要求,结合本单位的实际情况,参照 GB/T 19000(ISO 9000)系列标准的规定,建立健全压力管道安装质量保证体系。压力管道安装质量保证体系应在企业法人的领导下,由企业技术总负责人(或技术副总负责人)主持开展工作。按照压力管道安装过程中的质量控制要求,安装单位应在质量保证体系中设置必要的质量控制系统(简称质控系统),每个质控系统应设置必要的控制环节和控制点,各控制系统、控制环节和控制点应有明确的信息传递和反馈渠道。

质量控制一般应包括:设计质量控制、采购及材料质量控制、施工工艺质量控制、施工过程中间质量控制、焊接质量控制、热处理质量控制、检验及试验质量控制、无损检测质量控制、量化及计量质量控制、设备质量控制、总体竣工验收及质量控制、用户服务、人员培训等。

二、经济性

经济性是指压力管道的一次性投资费用和操作维护费用的总和最小。通常情况下,一次性投资较高的话,其可靠性好,操作、维护、检修费用就低;反之,则亦然。

压力管道整个体系中,各元件按等强度设计是降低装置一次性投资费用的一个重要环节。一个管系往往由许多不同的元件组成,这些元件分别按不同的原则或者按不同的标准选用,在设计中,要力争做到管系中各元件具有相同的强度和寿命。

