

设备安全运行与管理 丛书

管道 安全运行与管理

刘炜立 李武荣 编著
黄梓友 审核

中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

设备安全运行与管理丛书

管道安全运行与管理

刘炜立 李武荣 编著
黄梓友 审核

中国石化出版社

内 容 提 要

本书主要依据国家有关的法规和标准,重点围绕压力管道的安全技术,对管道的设计、安装、使用与维护、腐蚀与防护、事故分析与处理、安全管理和阀门等方面的基础知识和基本要求进行了系统的介绍。本书可供石油化工企业的管理工作者与技术人员阅读,也可作为操作人员的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

管道安全运行与管理/刘炜立,李武荣编著.
—北京:中国石化出版社,2007
(设备安全运行与管理丛书)
ISBN 978-7-80229-280-2

I. 管… II. ①刘… ②李… III. 石油管道-安全技术 IV. TE973

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 037214 号

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail: press@sinopec.com.cn

中国石化出版社图文中心排版

河北天普润印刷厂印刷

全国各地新华书店经销

*

850 × 1168 毫米 32 开本 7.25 印张 185 千字
2007 年 4 月第 1 版 2007 年 4 月第 1 次印刷

定价:18.00 元



前



言

压力管道是生产中广泛使用的可能引起燃爆或中毒等事故、危险性较大的特种设备，在石油化工生产装置中分布极广。确保管道的安全使用，对于保障人民生命和国家财产的安全具有特殊的意义。近几年来，我国相继出台了有关管道的安全管理和监督监察制度的法律法规，针对管道的设计、制造、安装、使用、检验和维修等环节作了具体的规定，使管道的管理逐步走上了制度化、规范化的道路。随着科学技术的不断进步，有关管道的新技术飞速发展，广大管理人员亟待了解和掌握这方面的知识。本书以国家颁发的最新标准及规范为准绳，以安全使用为根本出发点，涉及到管道的设计、安装、使用、管理和维护等环节的内容。简要介绍了最基本的理论知识，力求理论与实际相结合，并侧重于实际应用，是一本较为精练的、实用的管道教程。扎实的理论和丰富的现场管理经验，是保证管道安全运行的基础，要使技术管理人员具有很高的业务水平，除了在生产中具体磨炼外，还必须不断地进行技术培训，使实践与理论更有效地结合起来。

本书共分八章，第一章简要介绍了压力管道在石化生产中的地位和基本特点；第二章主要介绍了压力管道的基础知识，涉及到压力管道的分类、标准体系和有关

管道元件的选用原则；第三章主要介绍了管道安装过程中的一些技术要求、检查验收要点及开工前的管道清洗；第四章主要介绍了在日常使用过程中压力管道的运行、维护、维修、检修和检验等情况；第五章主要介绍管道系统中常见的腐蚀类型、腐蚀环境和防护措施；第六章主要介绍了压力管道的破坏形式、事故原因分析和案例分析；第七章简要介绍了我国目前的安全监察体系、安全管理要点、安全评定和员工管理等内容；第八章主要针对管道系统的重要元件——阀门，对其选用、安装和维修等情况进行了介绍。

本书第一章第二节、第二章和第四章第五节由李武荣执笔，第三章第二节到第六节由李玮玮执笔，第六章第一节和第二节由杨学斌执笔，第八章第一节到第九节由李庆刚执笔，其余章节由刘炜立执笔。全书由刘炜立统稿，黄梓友审核。

在编写过程中，参考了很多前辈和专家的著作及相关的标准规范，在此一并表示感谢。同时还要感谢家人、同事和朋友的支持和帮助。

由于笔者经验不足，水平有限，敬请同行专家和广大读者不吝指教。

第一章 绪论	(1)
第一节 压力管道在石化生产中的地位	(1)
第二节 压力管道的定义、构成和特点	(3)
第二章 压力管道基础知识	(9)
第一节 管道术语	(9)
第二节 压力管道的分级	(12)
第三节 压力管道应用标准体系	(15)
第四节 管道压力等级	(24)
第五节 压力管道管径系列	(30)
第六节 管子及其元件的选用	(32)
第三章 管道的安装及试运行	(48)
第一节 压力管道安装资格及质保体系	(48)
第二节 压力管道安装的施工过程	(49)
第三节 压力管道安装的技术要求	(50)
第四节 压力管道安装的检查 and 试验	(57)
第五节 试运行前管道的清理	(62)
第六节 压力管道的试运行及交工验收	(69)
第四章 压力管道的使用管理	(72)
第一节 日常运行及维护	(72)
第二节 压力管道的档案资料管理	(79)
第三节 压力管道的检修	(81)
第四节 带压堵漏	(86)
第五节 压力管道的定期检验	(95)
第五章 腐蚀与防护	(103)
第一节 常见的腐蚀类型	(103)



目 录

第二节	常见的腐蚀介质	(107)
第三节	常见的腐蚀环境及防护	(112)
第六章	压力管道的失效	(118)
第一节	压力管道的破坏	(118)
第二节	压力管道事故原因	(125)
第三节	压力管道破坏事故分析	(128)
第四节	事故案例分析	(132)
第七章	压力管道的安全管理	(138)
第一节	压力管道安全管理监察体系	(138)
第二节	压力管道安全管理现状及要求	(143)
第三节	压力管道的安全评定	(147)
第四节	员工管理	(150)
第八章	阀门	(153)
第一节	阀门的作用及分类	(153)
第二节	阀门的基本参数和阀门型号的编制	(156)
第三节	阀门通用件的组成及特点	(161)
第四节	各类常用阀门的结构及特点	(166)
第五节	阀门的选用	(178)
第六节	阀门的安装设置	(181)
第七节	阀门的操作与维护保养	(187)
第八节	阀门使用和维修的基础知识	(192)
第九节	各类常用阀门常见故障与维修处理	(194)
第十节	阀门的在线维修	(204)
第十一节	安全阀	(207)
附录一	国内外钢管材料标准对照	(217)
附录二	压力管道安装图符号	(220)
附录三	压力管道常用标准目录	(223)
参考文献		(225)



第一章 绪 论

第一节 压力管道在石化生产中的地位

压力管道是指生产、生活中广泛使用的可能引起燃爆或中毒等危险性较大且易发生爆炸危险的特种设备，广泛用于石油化工、冶金、电力等行业生产及城市燃气和供热系统等公众生活之中，它包括工业管道、公用管道、长输管道三大类。在国际上，压力管道的运输是与铁路、公路、水运、航空并列的五大运输方式之一，近年来随着我国国民经济的快速发展，压力管道数量越来越多，分布越来越广，石油化工等行业中新装置的不断建设和原有装置的改扩建使压力管道逐步递增，目前全国压力管道达到 80 万千米左右，一旦泄漏将会造成人员伤亡、财产损失、环境污染和巨大的经济损失。鉴于压力管道的上述特性，世界上主要的经济发达国家如美国、日本、德国等都把压力管道与锅炉压力容器并为特种设备，实行国家安全监察。我国对压力管道实行安全监察管理起步较晚，过去压力管道一直处于部门各自管理的局面，各部门对压力管道的认识不同，重视程度不同，管理水平差异也较大。多年来压力管道一直处于部门各自管理的局面，以前分属原化工部、中国石油、中国石化、电力系统、冶金系统等。由于压力管道运输介质的种类和参数不同，在生产环节中所处的位置不同，以及企业对管道安全的认识程度不同，相应的安全技术管理水平差异很大。在运行维护管理与检验方面，原化工部在 1995 年，在总结以往对压力管道安全管理经验教训的基础之上，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。《化工企业压力管道管理规定》在压力管道的设计、使用与检验、使用登记管理等方面作了具体的规定，同时，还提出了压力管道的使用与登记办法。中国石化在 1985 年颁布了《工业管道维护检修规程》和《工业管道技术管理制度》，1992 年修订了《工业管道技术管理制度》，2004 年又修订了《工业管道维护检修规程》，可见对压力管道的安全问题很重视。对于电力系统的工业管道，1991 年颁布了《火力发电厂金属技术监督规程》，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了监督检验；对设计、制造安装单位进行了资格认可；对重要的主管子、管件均由原电力部定点厂家生产。冶金行业多为老企业，管理问题也较多。先后颁布了《钢铁企业氧气管网的若干技术规定》、《氧气安全规程》、《氢气使用安全技术规程》、《工业企业煤气安全规程》、《氯气安全规程》和《冶金工业压力管道管理若干规定》，但这些规定的实施效果并不十分理想。

1996 年原劳动部颁布《压力管道安全管理与监察规定》后压力管道的管理工作才逐步进入正轨。石化企业是压力管道比较集中的行业，石油化工生产具有高温高压、易燃易爆、有毒有害、技术密集和连续生产的特点。在用压力管道安全管理是设备管理的重要组成部分，对保证企业的安稳长运行有着十分重要的关系，为了保证压力管道的安全可靠运行，有效预防和减少压力管道事故，提高压力管道使用管理水平，先后颁布了《工业管道维护检修规程》和《工业管道技术管理制度》并进行了修订，使压力管道的安全管理有章可循。根据上述规定，各有关单位对压力管道的管理逐步步入规范化轨道，建立技术档案、实行定期检验和巡检制度，要求对管道实行从设计、选材、制造、安装、使用、检修、检验、改造直至报废更新的全过程管理，比较有效地保证了压力管道的安全运行。

第二节 压力管道的定义、构成和特点

一、压力管道的定义

管道作为物料输送的一种特种设备在现代化工业生产和人民生活中起着重要的作用。在实际生产和生活中,管道的种类很多,使用情况千差万别,影响因素和环节较多,管道事故也时有发生,严重影响着人民的生命和财产安全。

1996年4月23日原国家劳动部颁发了《压力管道安全管理与监察规定》,对压力管道的定义做出了规定。《压力管道安全管理与监察规定》明确指出,压力管道是指在生产、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。是具有下列属性的管道:

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

(2) 输送 GB 50160《石油化工企业设计防火规范》及 GBJ 16《建筑设计防火规范》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 0.1MPa(表压,下同),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 0.1MPa,输送介质为可燃、易燃、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管道;

(5) 前四项规定的管道的附属设施及安全保护装置等。

不包括下述管道:

(1) 设备本体所属管道;

(2) 军事装备、交通工具上和核装置中的管道;

(3) 输送无毒、不可燃、无腐蚀性气体,其管道公称直径小

于 150mm, 且最高工作压力小于 1.6MPa 的管道;

(4) 入户(居民楼、庭院)前的最后一道阀门之后的生活用燃气管道及热力点之后(不含热力点)的热力管道。

二、压力管道的构成

压力管道由于所处位置不同, 功能不同, 所需元器件也各有差异。一般而言, 组成管道系统的元器件大致可分管子、管件、阀门、连接件、附件和支架等。每种元器件在设计手册中都有规定的符号表示。图 1-1 是一个简单的管道单线图。

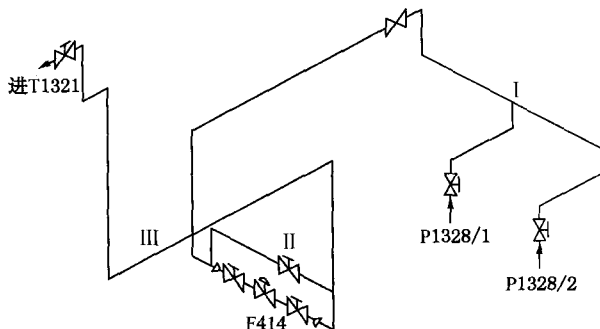


图 1-1 管道构成简图

1. 管子

管子是管道的基本组成部分, 根据实际需要选用各种规格、材料、压力等级的管子。

2. 管件

管件是将管子连接起来的元件。常用管件包括弯头、三通或四通、大小头、波纹管膨胀节等。

在管道转向的地方用弯头, 根据方向要求可以使用 45°或 90°的标准成型弯头, 标准的成型弯头品种少, 焊制弯头可由施工人员根据情况制作, 角度可以根据实际需要确定。高压管道不使用预制弯头, 常用煨制弯管。

在管路中常有分支、相交的情况,这时可以使用三通、四通。三通有等径三通和异径三通。等径三通的三个接口直径相等,异径三通的主管方向接口直径相等而支管方向接口的直径小于主管方向接口直径。支管轴线与主管轴线垂直的三通为正三通,支管轴线与主管轴线成一角度的为斜接三通。管线相交时在交叉处用四通。

在不同管径连接处用异径管,俗称大小头。大小头有同心和偏心两种。同心大小头形状成轴对称,应力分布情况较好,偏心大小头一侧在一条直线上,通常将这一侧置于下方,不论管径怎么变化,支承高度相等,对支架设计较为方便,但这种大小头在上侧,因母线形状变化特别大,应力集中现象尤为严重。

波纹管膨胀节也是一种管道元件,它可以吸收管道热膨胀变形,减小管道在温度变化时引起长度变化而在管道的某个局部产生较大应力。

3. 阀门

阀门是管道的重要组成部分,阀门有很多种,用以满足实际生产中的不同需要。

按结构分类,有闸阀、截止阀、止回阀、旋塞阀、球阀、蝶阀等。

按特征分类,有电动阀、电磁阀、液压阀、气缸阀、遥控阀、紧急切断阀、温度调节阀、压力调节阀、液面调节阀、减压阀、安全阀、呼吸阀等。

4. 连接件

连接件用于管道组成件可拆连接点处相邻元器件间的连接,一般包括法兰、密封垫片和螺栓、螺母。也有使用螺纹连接。在一些特殊场合,如疏水器两端用活接头连接,以便维修更换时拆卸。

5. 附件

附件是管道用的一些小型设备,如视镜、8字盲板、节流孔

板、过滤器和阻火器等。

6. 支架

支架是管道的支承件，除少数短小的管道直接连接二个设备无需支架外，一般都要设支架支承管道，限制管道位移。管道支架主要有固定支架、导向支架、滑动支架、刚性吊架、可调刚性吊架、弹簧支吊架、恒力支吊架等。支架的设置和选用的形式对管道应力和抗振能力起着关键性的作用，所以，支架是管道设计和施工的一个重要部分。

三、压力管道的特点

在实际生产中，压力管道的分布极广，特别是石油化工装置，压力管道作为设备间、装置间物料输送的一种重要特种设备，具有十分重要的作用。据资料记载，一个石油化工装置中，管道材料的费用约占整个工程投资的十分之一，而安装工作量约占整个工程总工作量的二分之一，设计院工作量则约占整个工程总工作量的三分之一。所以，明确压力管道的特点，从设计、制造、安装、使用、检修、检验和报废等环节入手，搞好管道全过程安全管理十分必要。

归纳起来压力管道具有以下主要特点。

(1) 种类多数量大，设计、制造、安装影响因素多。以一套石油加工装置为例，它所包含的压力容器不过几十台，多则百余台，但它所包含的管道将多达数千条，所用到的管道附件将达到上万件，而且这些管道及其元件往往分散于几十家甚至上百家生产厂制造。另外管道的安装又多是现场进行，影响安装施工质量的因素非常多，因此，与压力容器相比，管道的安全监察和管理要复杂的多。

(2) 长细比大，跨越空间大，边界条件复杂。由于管道具有这些特点，表明管道的强度计算除了根据设计条件利用成熟的薄膜应力公式或中径公式计算壁厚外，还应考虑相邻的机械设备对

管道的要求, 流体对管道的影响, 中间支承条件的影响, 自身热胀冷缩和振动的要求及整体布局等。因此, 在管道设计时, 除应满足工艺流程要求外, 还应综合考虑相关设备、支撑条件、地理条件(对长输管道)、城市整体规划(对公用管道)等因素的影响, 对设计单位和人员的要求高。1999年12月16日, 国家质量技术监督局颁发了《压力管道设计单位资格认证与管理办法》, 对压力管道的设计单位实行许可证制度。

(3) 现场安装工作量大。一般情况下, 压力容器等设备基本上都是在工厂制造的, 其制造环境条件和制造设备保证均较好, 所以设备质量能够得到保证。而压力管道能够提前预制的部分十分有限, 绝大部分工作量要在现场完成。因现场环境较差影响因素多, 因此, 对安装单位和人员的技术、装备等要求高, 也需要投入更多的安全监察与管理。2000年6月8日, 国家质量技术监督局颁发了《压力管道安装单位资格认可实施细则》, 对压力管道的安装单位实行许可证制度, 对于保证压力管道的安装质量, 起到了积极的作用。

(4) 材料及附件应用种类多, 选用复杂。压力容器用的较多的是板材和锻材, 技术比较成熟。而压力管道除用到板材和锻材外, 还用到大量的管材和铸件。由于铸造工艺的特殊性, 对一定的工况条件选择的合适材料, 板材、管材和锻材容易获得, 而相同材料的铸件却不见得容易获得。如0Cr18Ni10Ti材料, 由于其中的钛元素极易氧化, 而一般的铸造厂缺乏相应的保障手段使钛在铸造时不被氧化, 故一般材料标准中干脆不列这种材料的铸造牌号。因此, 工程上有时不得不对同一管路上不同的元件选取不同的材料, 从而导致异种材料连接等不利现象经常出现。另外, 由于管道细长, 不能像设备一样, 采用复合板或堆焊层来解决防腐问题, 而且管道往往同时连接两个或两个以上不同操作条件的设备, 因此, 管道选材不仅要考虑满足工艺条件, 还应保证对各设备的材料都能相适应。

(5) 管道及其元件生产厂的生产规模较小, 产品质量保证较差。许多管道元件的生产技术并不复杂, 生产设备要求也不高, 因此, 许多管道元件都是较小的生产厂生产的。它们当中有些厂技术力量弱, 生产设备配置不全, 管理制度和体系不够健全, 所以产品质量不易保证。为了加强对压力管道用元件的生产单位的安全监察, 2000 年 1 月 7 日, 国家质量技术监督局颁发了《压力管道制造单位安全注册与管理办法》, 规定生产压力管道元件的制造单位应按产品组别、品种和安全注册级别注册, 取得安全注册的单位, 由质量技术监督部门颁发《压力管道元件制造单位安全注册证书》, 并授权使用“安全标记”, 具有“安全标记”的产品方可用于压力管道。

第二章 压力管道基础知识

第一节 管道术语

压力管道涉及面广，所用术语很多，这里列出常用的一部分，仅供参考。

管道——由管道组成体和管道支承件组成，用于输送、分配、混合、分离、排放、计量、控制或制止流体流动的管子、管件、阀门、法兰、垫片、螺栓连接和其他组成件或受压部件的装配系统。

管道组成件——用于连接或装配管道的元件。包括管件、阀门、法兰、垫片、紧固件以及膨胀接头、挠性接头、耐压软管、疏水器、过滤器和分离器等。

压力管道——本书中的压力管道系指利用一定的压力，用于输送气体或者液体的管状设备，其范围规定为最高工作压力大于或者等于 0.1MPa(表压)的气体、液化气体、蒸汽介质或者可燃、易燃、有毒、有腐蚀性、最高工作温度高于或者等于标准沸点的液体介质，且公称直径大于 25mm 的管道。

管道附属设施——是指压力管道体系中所用的管件(包括弯头、大小头、三通、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、垫片、螺栓、螺母、限流孔板、盲板、法兰盖等)、管道设备(包括阀门、过滤器、疏水器、视镜等)、支撑件(包括各种类型的管道支吊架)和其他安装在压力管道上的设施。

工业管道——企业、事业单位所属的用于输送工艺介质的工艺管道、公用工程管道和其他辅助管道。

公用管道——城镇范围内用于公用事业或民用的燃气管道和热力管道。

长输管道——产地、储存库、使用单位间的用于输送商品介质的管道。

型式试验——指由国家质量技术监督局审查批准且拥有质量技术监督局颁发的型式试验资格证书的单位，对生产单位产品投产前或按与该产品有关的国家标准和其他专业标准规定需进行型式试验的产品，按有关标准的技术要求进行的安全性能检验和试验，生产单位只有通过型式试验合格的产品方能投产并进入市场。

监督检验——承建单位和使用单位以外的检验单位对新建、改建、扩建的压力管道进行的质量检验。检验单位需拥有国家质量技术监督行政部门颁发的资格证书。

定期检验——按有关规程所规定的年限对管道进行的检验。

压力试验——以液体或气体为介质，对管道逐步加压，达到规定的压力，以检验管道强度和密封性能的试验。

公称直径——用标准的尺寸系列表示管子、管件、阀门等口径的名义直径。

公称压力——管子、管件、阀门等在规定温度允许承受的以标准规定的系列压力等级表示的压力。

设计压力——在正常操作过程中，在相应的设计温度下，管道可能承受的最高工作压力。

设计温度——管道在正常操作过程中，在相应的设计压力下，管道可能承受的最高或最低温度。

腐蚀余量——考虑介质对管道的腐蚀而造成的管道壁厚减薄，从而增加的管道壁厚值。

柔性——管道通过自身变形吸收因温度变化发生的尺寸变化所产生的位移，保证管道上的应力在管材许用应力范围内的性能。