



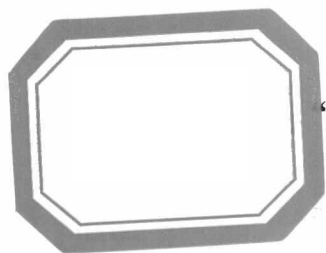
普通高等教育“十二五”规划教材

石油化工管道技术

苏兴冶 主编 / 刘波 副主编

中国石化出版社

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



“十二五”规划教材

石油化工管道技术

苏兴冶 主 编

刘 波 副主编

中国石化出版社

内 容 提 要

本书为提高学生工程实践能力,针对石油化工装置的特点,重点介绍了石油化工管道制造、安装、使用等方面的知识,包括石油化工管道应用标准体系、管道元件及加工、施工组织及现场管理、管道安装及检测、除锈防腐及绝热、在用管道使用管理及维修维护、管道系统泄漏及带压密封等。

本书内容丰富,简明实用,适合高等院校过程装备与控制工程、油气储运工程、工程管理、工业设备安装技术、化工设备维修技术等专业师生使用,也可供相关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

石油化工管道技术 / 苏兴冶主编. —北京:
中国石化出版社, 2015. 6
普通高等教育“十二五”规划教材
ISBN 978-7-5114-3352-7

I. ①石… II. ①苏… III. ①石油管道-管道工程-
高等学校-教材 IV. ①TE973

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 097824 号

未经本社书面授权,本书任何部分不得被复制、抄袭,或者以任何形式或任何方式传播。版权所有,侵权必究。

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

北京柏力行彩印有限公司印刷

全国各地新华书店经销

*

787×1092 毫米 16 开本 15.75 印张 381 千字

2015 年 6 月第 1 版 2015 年 6 月第 1 次印刷

定价:36.00 元

❖ 前 言 ❖

国务院《关于加快发展现代职业教育的决定》明确指出要建立以职业需求为导向、以实践能力培养为重点、以产学结合为途径的培养模式,深化产教结合、校企合作,要引导普通本科高等学校向应用技术大学转型,推动专业设置与产业需求对接、课程内容与职业标准对接、教学过程与生产过程对接,强化职业教育的技术、技能积累作用。

近几年,高等院校过程装备与控制工程、油气储运工程、工程管理、工业设备安装技术、化工设备维修技术等专业学生大多从事设备制造、施工安装、工程监理、现场设备维修管理等工作。就企业岗位实际需求情况看,企业急需工程综合能力强的技术、技能型人才。因此,高等院校要努力适应国家大力推进的经济结构调整、转型升级和经济社会对人才能力素质的培养要求,加大教学改革和教材建设力度,实现人才培养和就业需求的无缝对接。

石油化工企业设备包括静设备、动设备和管道三大系统。工业管道系统作为过程工业的重要组成部分,在石油化工行业占有极其重要的地位。在石油化工生产中,装置的机器设备之间都是用管道连接的,用于输送各种流体介质。生产中管道的数量巨大,涉及的材料、管道附件众多,设计、制造、安装、检验、使用环节繁杂,一旦出现问题,会引发重大事故,严重影响人民生命和财产安全。因此,为加强工业管道的安全监察,国家出台了大量法律法规、标准规范。为适应就业岗位的上述要求,了解掌握工业管道制造、安装、使用的相关标准规范、技术要求具有重要意义。

本书采用最新颁布的国家行业标准,较全面地介绍了石油化工管道的应用标准体系、常用管件和阀门、管道的安装、检验、除锈防腐和绝热、在用管道的维护检修及管道泄漏的带压密封等。本书主要内容为8章,第1章为压力管道基础知识,主要介绍压力管道的定义、管道标准化、国内外压力管道应用标准体系、压力管道的研究内容、管道工程涂色标识等;第2章介绍了管道工程常用管件;第3章对管件加工和管子连接进行了概括;第4章为阀门的安装与修理,介绍了阀门基础知识、我国阀门行业现状与发展趋势、常用阀门的结构与检修;第5章为管道的安装,详细介绍了管道安装资格及施工程序,施工准备,安装规则,安全技术,支吊架,补偿器的安装,中、低压,高压,不锈钢管道的安装、管道检验、试压、吹洗和脱脂、试运行及验收、管道安装工程经常出现的问题等;第6章介绍管道的除锈防腐和绝热,对施工技术要求、规定以及施工安全技术进行了阐述;第7章为管道的维护检修,重点介绍了在用工业管道日常运行、维护的要求和定期检验规定;第8章为管道系统泄漏与带压密封,分析了管道系统泄漏原因,介绍了密封泄漏检测技术和方法,重点描述了注剂式带压密封技术、带压粘接密封技术和带压焊接密封技术。

本书绪论、第1章、第5章、第6章由苏兴冶编写,第2章、第3章由王红梅编写,第4章由刘波编写,第7章由陈禹汀编写,第8章由闫晓波编写。全书由苏兴冶统稿。

在本书的编写过程中,宋子健、侯丹阳、王凯丽、韩洋等做了大量的图表绘制和文字录入、编辑、排版、校对工作,在此向他们表示感谢。

由于编写时间仓促,作者水平有限,书中不足之处在所难免,敬请读者批评指正。

◆ 目 录 ◆

0 绪论	(1)
0.1 国外特种设备安全监察历史	(2)
0.2 我国特种设备安全监察历史	(2)
0.3 我国压力管道安全管理存在的问题	(3)
1 压力管道基础知识	(5)
1.1 压力管道的定义	(5)
1.2 管道标准化	(5)
1.2.1 管道标准化的作用	(6)
1.2.2 管道元件的公称尺寸和公称压力	(7)
1.3 国外压力管道应用标准体系简介	(8)
1.3.1 美国应用标准体系(ANSI)	(9)
1.3.2 日本应用标准体系(JIS)	(11)
1.3.3 国际标准化组织(ISO)应用标准体系	(11)
1.3.4 德国应用标准体系(DIN)	(11)
1.3.5 前苏联应用标准体系(ТОСТ)	(11)
1.3.6 英国应用标准体系(BS)	(12)
1.3.7 法国应用标准体系(NF)	(12)
1.4 我国压力管道应用标准体系	(12)
1.4.1 压力管道的分级与分类	(12)
1.4.2 我国压力管道的安全监察	(16)
1.4.3 我国压力管道应用标准体系	(17)
1.5 压力管道的研究内容	(24)
1.5.1 设计	(24)
1.5.2 制造	(25)
1.5.3 安装	(25)
1.5.4 应用(运行)	(25)
1.5.5 压力管道的基本要求	(25)
1.6 工业管道涂色标识	(26)
1.6.1 基本识别色	(26)
1.6.2 识别符号	(26)
1.6.3 安全标识	(27)

2 管道工程常用管件	(28)
2.1 管子	(28)
2.1.1 钢管	(28)
2.1.2 铸铁管	(34)
2.1.3 有色金属管	(34)
2.1.4 非金属管	(36)
2.1.5 复合管和衬里管	(39)
2.2 常用管件	(41)
2.2.1 连接形式	(41)
2.2.2 对焊管件	(43)
2.2.3 承插焊和螺纹连接管件	(43)
2.2.4 电焊钢管、无缝钢管和有色金属管的管件	(45)
3 管件加工与管子连接	(51)
3.1 管件加工	(51)
3.1.1 管子的清洗	(51)
3.1.2 管子的调直与校圆	(54)
3.1.3 管子切割	(58)
3.1.4 管子弯曲	(60)
3.1.5 管螺纹的套制	(67)
3.2 管道的连接	(69)
3.2.1 螺纹连接	(69)
3.2.2 法兰连接	(69)
3.2.3 焊接连接	(76)
3.2.4 承插连接	(91)
3.2.5 卡套式连接	(92)
4 阀门及其修理	(95)
4.1 基础知识	(95)
4.1.1 阀门的主要作用	(95)
4.1.2 阀门的分类	(95)
4.1.3 阀门型号编制方法	(95)
4.1.4 阀门的涂漆	(99)
4.2 截止阀及其修理	(101)
4.2.1 截止阀的基础知识	(101)
4.2.2 截止阀的修理	(103)
4.3 闸板阀及其修理	(109)
4.3.1 闸板阀的基础知识	(109)
4.3.2 闸板阀的修理	(111)

0 绪 论

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很重要的作用,管道输送是当今五大运输方式之一,尤其输送石油、天然气等流体介质最为经济、合理,因此在国民经济中占有极其重要的地位,管道就像人体中的血管一样,没有它,人的生命就不复存在,因此管道被称为生命线。

在石油化工生产企业里,几乎所有的机器设备之间都是用管道(即管子和各种管件、阀门等的总称)连接的。石油化工管道主要用于原油、成品油、天然气、人工煤气、蒸汽和工业用危险介质的输送,各种不同类型的石油化工管道,在设计、安装和生产中都有它们各自不同的特点,管道同一切机器设备一样,是石油化工生产中不可分割的一个组成部分。由于管道使用工况千差万别,影响因素和环节也比较多,因此管道事故时有发生,一旦管道出现问题,会引发重大事故,严重影响着人民生命和财产安全。要确保安全、持续、稳定的生产,除了要妥善设计好各种机器设备外,还必须重视石油化工管道的设计、制造、安装、使用和维护工作,否则,同样会因管道的故障和损坏而直接影响生产。要想使管网达到优质、高效、低耗运行的目的,除了要有合理的设计方案外,优质的安装、施工质量和科学的维护修理是保障管网系统高效、安全运行的必要条件。

实际工业生产中,所使用的管道种类很多。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,多者百余台,但它包含的管道却多达数千条,所用的各种管道附件达上万件,而且这些管道及其元件往往由几十家甚至上百家生产厂制造。在一个石油化工生产装置建设中,管道材料的费用约占整个工程投资的 1/10,而安装工作量约占整个工程量的 1/2,设计工作量则约占整个工程量的 1/3。此外,管道的安装多在现场进行,因此,与压力容器相比,管道的安全管理要复杂得多。为此,原劳动部于 1996 年颁布了《压力管道安全管理与监察规定》,将那些操作工况苛刻、事故危害性较大的管道冠以压力管道,并制定出相应的法规进行管理,从而使我国压力管道的管理进入了法制化管理阶段。

为了确保管道安全、有效运行,针对压力管道,我国及其他各国在不同程度上开展了以完整性管理为核心的技术体系研究、工程化应用以及法规与标准体系研究。目前我国压力管道全过程安全完整性监控体系的基本框架已经建立,2003 年 3 月,国务院颁布的《特种设备安全监察条例》将压力管道纳入特种设备安全监察范围,配套的相关法规标准逐渐完善,管道设计、制造、安装、检验与维修改造等方面的行政许可工作已有序开展,在长输管道与公用管道的使用登记、作业人员等环节的行政许可工作也在展开。

由于我国压力管道安全管理起步时间较短,许多从事这方面工作的工程技术人员了解不够,技术基础工作也比较薄弱。因此,针对压力管道制造、安装、使用、检验和修理改造等环节进行系统的介绍具有十分重要的实际意义。

0.1 国外特种设备安全监察历史

从19世纪到20世纪初,美国锅炉爆炸事故频繁发生,有的事故死亡人数较多,破坏性很大,造成巨大经济损失。自1865年美国建成世界上第一条输油管道以来,管道运输业已有近150年的历史。美国拥有危险液体管道 $27.5\times 10^4\text{km}$ 、天然气输送管道 $47.5\times 10^4\text{km}$,配气管线 $306\times 10^4\text{km}$,管道总长度位居世界第一,也是世界上管道技术最为先进的国家。美国机械工程师学会(ASME)专门成立了锅炉规范委员会,并早在1915年就出版了锅炉和其他压力容器建造规范,从设计、制造、安装、检验等方面系统地规定了安全要求,规范被强制执行,事故得到有效控制。后来逐步把压力管道、电梯、游乐设施、客运索道设施也纳入安全监察范围。

德国的特种设备安全监察始于普鲁士时期。1831年普鲁士颁布了一部工业安全法《有关装置和蒸汽发动机使用的最高条例》,1856年制定了《蒸汽锅炉运行法》,做出了对设备进行定期外部检验和水压试验的规定。1872年,德意志政府制定了《蒸汽锅炉条例》,规定锅炉必须进行定期内外部检验和水压试验。

为防止劳动灾害的发生,日本政府于1900年出台了《行政执行法》,1922年颁布《压缩气体及液化气体管理法》,提出有关压力容器的安全要求。1959年出台了《锅炉压力容器安全规则》,并制定了锅炉压力容器结构规范和检查规范、操作人员考核规则、检验人员考核规则、企业特种作业人员和技术管理人员教育培训规则等一系列规范性文件,形成了一个完整的安全技术法规体系。

0.2 我国特种设备安全监察历史

解放前,上海成立了自由职业者组织的锅炉检验师协会,对全市锅炉、压力容器、电梯进行定期检验。

新中国成立后,特种设备安全监察工作可以分为三个发展阶段。

1. 安全监察工作初创、探索阶段

1955~1982年为我国安全监察工作初创、探索阶段。

1955年4月,天津纺织厂的一台锅炉爆炸,造成近70人伤亡,当时的苏联劳动保护专家提出在中国建立锅炉安全监察机构的建议。同年6月,国务院批准在劳动部设立国家锅炉安全检查总局,对锅炉压力容器进行专门监督管理。

1958年以后的“大跃进”期间,锅炉压力容器安全监察工作受到很大冲击,锅炉安全检查总局被撤消。1963年5月国务院批准重建锅炉安全监察局,加强了立法、管理、培训等基础工作,开展了设计、制造、安装、使用、修理等环节的监察管理,设备的安全状况有了好转,事故明显下降,安全监察工作得到进一步加强。

文化大革命期间,安全监察工作再次受到严重冲击,各级监察机构被撤销,专业干部被下放或调离,安全监察工作遭到彻底破坏。1979年,我国锅炉压力容器万台事故率达到历史最高点(79起/万台)。1979年连续发生了几起压力容器恶性爆炸事故,国务院为此下发多个文件,劳动部也制定锅炉压力容器安全法规,各级劳动部门建立健全了安全监察机构,

培训了大批监察干部,成立了专门从事技术检验的检验机构,使监察、检验工作有了新的起色。

2. 安全监察基本制度建立并逐步完善阶段

1982~2003 年为我国安全监察基本制度建立并逐步完善阶段。

1982 年 2 月,国务院颁布了《锅炉压力容器安全监察暂行条例》,首次提出了对我国锅炉压力容器进行全过程安全监察的基本制度。此后,锅炉压力容器的监察制度和监管体系不断丰富完善,在我国锅炉压力容器安全工作中发挥了重要作用。

但是由于《锅炉压力容器安全监察暂行条例》仅适用于锅炉和压力容器,不能为压力管道、电梯、起重机械、客运索道、大型游乐设施的安全监察提供法律支持,这些特种设备依据行政规章开展安全监察工作,实施较为困难。直到 2003 年 3 月,新的行政法规《特种设备安全监察条例》应运而生,该阶段宣告结束。

3. 安全监察工作创新发展阶段

2003 年 3 月,国务院签发 373 号国务院令,颁布《特种设备安全监察条例》。2009 年 1 月,国务院签发 549 号国务院令,对《特种设备安全监察条例》进行了修订。从此,我国特种设备安全监察工作进入了创新发展阶段。

《特种设备安全监察条例》的颁布,是特种设备安全监察工作的里程碑,特种设备安全监察工作开始了跨越式发展。我国特种设备安全监督管理部门——国家质检总局,动员整个系统乃至全社会的力量,积极探索特种设备安全监察工作机制,努力推进法规标准体系、动态监管体系、安全评价体系建设,取得了很大成效。

0.3 我国压力管道安全管理存在的问题

由于我国 1982 年才发布《工业管道工程施工及验收规范(金属管道篇)》(GBJ 235—1982),到了 1996 年原劳动部才颁布了《压力管道安全管理与监察规定》,正式将工业管道列入安全监察范围,因此工业管道安全管理工作起步较晚,基础薄弱,目前仍然面临诸多法规与管理方面的问题和困难,主要表现在:

(1) 历史欠账多、基础薄弱。石油化工企业使用 20 年以上的管道约占 20%,油气田企业使用 30 年以上油气管道占 20% 以上,部分城市燃气管道(如东北地区)使用已达 55 年,已建油气管道 60% 以上已进入事故多发期,由于安全管理基础差,安全投入不足,检验工作不到位,存在很多事故隐患。

(2) 以安全完整性为基础的压力管道全过程监管体系,尚需进一步完善。

(3) 重容器、轻管道,对管道由于腐蚀、冲刷、应力腐蚀、氢脆、疲劳、蠕变等原因引发事故的可能性认识不足,认为工业管道本身的价值很低,而忽视了易燃易爆介质泄漏进而爆炸或有毒介质泄漏带来的人身伤害和巨大的停产损失。

(4) 技术水平相对薄弱,设计、制造、安装、使用管理的标准规范不统一、不齐全甚至有矛盾,标准修订周期过长;组成件的制造缺乏强制性的监督控制;安装队伍管理混乱;在用工业管道焊接接头超标缺陷比例较高,其检验与缺陷处理缺乏有效的根据,安全检测与评价技术尚不能满足压力管道安全的需要。

压力管道是一种承压设备,除可导致本身爆破外,还会因介质泄漏引起爆炸、火灾、中

毒等恶性事故。近年来，我国压力管道事故频繁发生，且呈上升趋势，这些事故给人民生命财产带来巨大的损失(表 0-1)。

表 0-1 压力管道事故统计表

年度	事故起数	死亡人数	受伤人数	直接经济损失/万元
1994	8	57	149	2304
1995	13	54	128	3500
1996	10	49	99	1064
1997	10	28	55	—
1998	21	26	149	207.97
1999	9	17	60	603.99
2000	18	42	64	3161.3
2001	10	21	46	75.6
2002	18	33	33	159.1
2003	15	15	28	411.5
2004	16	23	63	207.6
2005	13	9	23	366
2006	9	19	93	—
2007	11	17	—	—

1996 年 2 月 18 日，江苏省扬州市南门街一居民楼，因煤气管道泄漏发生爆炸，造成 19 人死亡，6 人受伤。2002 年 7 月山东省莘县液氨充装软管爆裂事故，导致 13 人死亡、48 人重伤。2004 年 1 月 16 日上海塘桥地区发生了上海首次大面积天然气泄漏事件，当晚有 2000 余户居民被疏散。2006 年 1 月 20 日，中国石油西南油气田分公司位于四川省仁寿县的富加输气站发生一起压力管道爆炸特大事故，造成 10 人死亡，50 人受伤。

有关部门统计了 13 起 2000 年发生的压力管道事故，发现事故原因如下：设计安装不合理 3 起、元件质量不合格 5 起、维护操作不当 2 起、管道腐蚀泄漏 3 起。上述事例说明，正确地进行压力管道的运行维护与检验，对于确保压力管道的安全运行至关重要。

与压力管道安全监察管理相比，我国压力容器、锅炉的安全管理已建立起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，近年来的安全事故已大为减少。因此，压力管道的安全管理也应借鉴压力容器、锅炉的管理规范，依法治理。目前国家已把压力管道与锅炉、压力容器并列为特种设备，实行国家安全监察，近几年陆续出台了一大批规范标准，使压力管道安全检查管理逐步走上了正轨，保证了工业管道的安全运行，保障了人民生命和财产的安全。

1 压力管道基础知识

1.1 压力管道的定义

压力管道是指利用一定的压力,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。

管道指由管道组成件、支吊架等(管道支撑件)组成,用以输送、分配、混合、分离、排放、计量或控制流体的流动。但不包括支撑构筑物,如建筑框架、管架、管廊和底座(管墩或基础)等。

管道组成件是用于连接或装配成压力密封的管道系统机械元件,包括管子、管件、法兰、垫片、紧固件、阀门、安全保护装置以及诸如膨胀节、挠性接头、耐压软管、过滤器、管路中的仪表(如孔板)和分离器等。

与压力容器相比,压力管道具有种类多,数量大,设计、制造、安装、应用管理环节多;长细比大,跨越空间大,边界条件复杂;现场安装工作量大;材料应用种类多,选用复杂;管道及其元件生产厂的生产规模较小,产品质量保证较差等特点。

1.2 管道标准化

目前,大多数国家的压力管道及其元件都进行了系列化,并有相应的应用标准作支持。因此,压力管道设计、施工时首先要考虑的问题就是压力管道及其元件标准系列的选用。一个管系(路)中各元件所用系列标准的集合称之为应用标准体系。这些标准应包括管子系列标准、管件系列标准、法兰及其连接件系列标准、阀门标准等。这些标准通过一定的规则在一个管系(路)中得到应用,它们之间相互衔接、相互配合,从而确定了管道及其代表性,它们在其他应用标准的基础。因此,下面介绍的应用标准将以管子标准和法兰标准为主。

目前,世界上各国应用的管道标准体系有很多,不同国家有不同的应用标准和标准体系。在我国,不同的行业又各采用不同的应用标准和标准体系,这些标准之间千差万别,甚至有些标准和标准体系相差甚远,相互之间无法配套使用和互换,给使用者带来了不少麻烦。为此,压力管道设计、安装首先要确定应用标准体系,避免因采用不能互换的其他应用标准体系而导致错误。

世界各国应用的标准体系虽多,但大体上可以分为两大类。就管子系列标准而言,一类是以 $DN15 \sim 22\text{mm}$ 、 $DN20 \sim 27\text{mm}$ 、 $DN25 \sim 34\text{mm}$ 、 $DN32 \sim 42\text{mm}$ 、 $DN40 \sim 48\text{mm}$ 、 $DN50 \sim 60\text{mm}$ 、 $DN65 \sim 76(73)\text{mm}$ 、 $DN80 \sim 89\text{mm}$ 、 $DN100 \sim 114\text{mm}$ 、 $DN125 \sim 140\text{mm}$ 、 $DN150 \sim 168\text{mm}$ 、 $DN200 \sim 219\text{mm}$ 、 $DN250 \sim 273\text{mm}$ 、 $DN300 \sim 324\text{mm}$ 、 $DN350 \sim 356\text{mm}$ 、 $DN400 \sim$

406mm、DN450~457mm、DN500~508mm、DN600~610mm 等为对应外径尺寸的所谓“大外径”系列；另一类则是以 DN15~18mm、DN20~25mm、DN25~32mm、DN32~38mm、DN40~45mm、DN50~57mm、DN65~73mm、DN80~89mm、DN100~108mm、DN125~133mm、DN150~159mm、DN200~219mm、DN250~273mm、DN300~325mm、DN350~377mm、DN400~426mm、DN450~480mm、DN500~530mm、DN600~630mm 等为对应外径尺寸的所谓“小外径”系列。

就法兰系列标准而言，一类是以 200℃ 作为计算基准温度，而压力等级按 PN0.1、PN0.25、PN0.6、PN1.0、PN1.6、PN2.5、PN4.0、PN6.3、PN10.0、PN16.0、PN25.0、PN40.0 等分级的所谓“欧式法兰(PN 系列)”；另一类则是以大约 430℃ (对 CL150 级则是 300℃) 作为计算基准温度，而压力等级按 PN2.0 (CL150)、PN5.0 (CL300)、PN6.8 (CL400)、PN10.0 (CL600)、PN15.0 (CL900)、PN25.0 (CL1500)、PN42.0 (CL2500) 分级的所谓“美式法兰(Class 系列)”。显而易见，无论是管子还是法兰，上述两个系列或体系是不能相互混合使用的。

1.2.1 管道标准化的作用

标准化是伴随着近代工业和现代科学技术发展而形成的管理科学。管道工程标准化是管道工程现代化的重要组成部分，其主要作用如下：

1. 提高管道工程的经济效益

通过管道工程标准化，使设计、材料和设备加工制造以及施工、运行管理以科学的方法、合理的方式达到经济上的最佳效益。标准是规范经济活动中的一个重要工具，标准设备及零部件的应用、标准材料的应用、标准化设计的应用等，都与标准有关。

2. 满足经济全球化背景下的国际竞争需要

我国的技术、产品等要走向世界，要参与国际竞争，首先应在标准上与国际接轨。就应用标准体系来说，美国的 ANSI/ASME/API/ASTM 标准体系是目前世界上最有影响力的标准体系，并为世界上大多数国家所接受。因此，我国的技术及相关产品要走向世界，应以全方位与美国标准体系接轨为最佳。

3. 满足压力管道安全管理的需要

安全管理离不开技术标准的全方位支撑，如果技术标准水平不高或比较混乱，那么执行起来就比较困难，就难以达到有效的安全管理，因此为使压力管道得到有效的安全管理，应构建一套完善、实用的标准体系。

4. 促进新技术、新工艺、新材料和新设备的推广和应用，为技术进步创造条件

技术标准水平的高低将直接影响产品质量乃至工程质量，通过技术标准在实践过程中的指导和约束作用来保证产品或工程的质量。反过来，从实践中得到好的、科学的经验，再编入标准并通过标准为实践活动服务，如此良性循环，可以不断推动技术进步。

5. 促进各个方面的协调与联系

通过确定质量等级，促进设计、生产、施工和运行管理各个方面的协调与联系。

6. 提高管道附件的通用化水平和比率

根据选优原则和合理分档方法，科学地安排各种材料、设备的品种、规格，以较少的品

种满足尽可能多的需要，从而提高产品的批量。同时，通过提高附件通用化水平和比率，更有利于实现专业化，采用先进技术，从而提高工程技术和劳动生产率。

1.2.2 管道元件的公称尺寸和公称压力

1. 管道元件的公称尺寸

管道元件公称尺寸在现行国家标准 GB/T 1047—2005《管道元件 DN(公称尺寸)的定义和选用》中做出了准确的定义，该标准采用了 ISO 6708—1995《管道元件 DN(公称尺寸)的定义和选用》的内容。管道元件公称尺寸术语适用于输送流体用的各类管道元件。

(1) 定义 DN 用于管道元件的字母和数字组合的尺寸标识。它由字母 DN 和后跟无因次的整数数字组成，这个数字与端部连接件的孔径或外径(用 mm 表示)等特征尺寸直接相关。

① 除在相关标准中另有规定外，字母 DN 后面的数字不代表测量值，也不能用于计算目的。

② 采用 DN 标识系统的那些标准，应给出 DN 与管道元件的尺寸关系，例如，DN/OD (OD 为外径)或 DN/ID(ID 为内径)。

(2) 标记方法 公称尺寸的标记由字母 DN 后跟一个无因次的整数数字组成，例如，外径为 89mm 的无缝钢管的公称尺寸标记为 DN80。

一般情况下公称尺寸的数值既不是管道元件的内径，也不是管道元件的外径，而是与管道元件的外径相接近的一个整数值。

应当注意的是，并非所有的管道元件均需用公称尺寸标记，例如，钢管就可用外径和壁厚进行标记。

(3) 优先选用的公称尺寸系列 GB/T 1047—2005 优先选用的公称尺寸系列见表 1-1。

表 1-1 管道元件公称尺寸 DN 优先选用数值

DN6	DN100	DN700	DN2200
DN8	DN125	DN800	DN2400
DN10	DN150	DN900	DN2600
DN15	DN200	DN1000	DN2800
DN20	DN250	DN1100	DN3000
DN25	DN300	DN1200	DN3200
DN32	DN350	DN1400	DN3400
DN40	DN400	DN1500	DN3600
DN50	DN450	DN1600	DN3800
DN65	DN500	DN1800	DN4000
DN80	DN600	DN2000	

管道元件的公称尺寸在我国工程界也称为公称通径或公称直径，但三者的含义完全相同。与国际标准接轨后，已将“公称尺寸”作为我国的首选术语。

需要注意的是，公称直径 DN 是管道元件专用的一个最关键的参数，ISO 6708—1995 和 GB/T 1047—2005 中明确规定采用 DN 作为管道元件的尺寸标识，同时也允许采用 NPS、外

径等标识方法。*NPS* 是公称直径采用以英寸单位计量时的标识代号。无论是采用 *DN* 或者 *NPS*，管道元件标准应给出 *DN*(或 *NPS*)与外径(如件)，或 *DN*(或 *NPS*)与内径或通径(如阀门)的关系。美国的工程公司一般采用 *NPS* 表达，其 PDS 数据库也是以 *NPS* 为基础建立的。日本标准采用 *DN* 和 *NPS* 并列的办法，前者为 A 系列，后者为 B 系列。我国和欧洲各国一般采用 *DN*，但与国外合作设计时也采用 *NPS*。应当说明的是，采用英寸单位仅限于公称直径(以及管螺纹)，而其他尺寸计量单位还是采用 SI 制。以 *DN*400 为例，即相当于美标的 *NPS*16，日本的 400A 或 16B。

2. 管道元件的公称压力

管道元件公称压力在国家标准 GB/T 1048—2005《管道元件 *PN*(公称压力)的定义和选用》中做出了准确的定义，该标准采用了 ISO 7268—1996《管道元件 *PN* 的定义和选用》的内容。

(1) 定义 *PN* 与管道元件的力学性能和尺寸特性相关，用于参考的字母和数字组合的标识。它由 *PN* 后跟无因次的数字组成。

- ① 字母 *PN* 后跟的数字不代表测量值，不应用于计算目的，除非在有关标准中另有规定。
- ② 除与相关的管道元件标准有关联外，术语 *PN* 不具有意义。
- ③ 管道元件允许压力取决于元件的 *PN* 数值、材料和设计以及允许工作温度等，允许压力在相应标准的压力-温度等级中给出。
- ④ 具有同样 *PN* 数值的所有管道元件同与其相配的法兰具有相同的配合尺寸。

(2) 标记方法 公称压力的标记由字母 *PN* 后跟一个数值组成，如公称压力为 1.6MPa 的管道元件标记为 *PN*16。

(3) 公称压力系列 公称压力 *PN* 的数值应从表 1-2 中选择。必要时允许选用其他 *PN* 数值。

表 1-2 管道元件公称压力系列

DIN	ANSI	DIN	ANSI
<i>PN</i> 2.5	<i>PN</i> 20	<i>PN</i> 25	<i>PN</i> 260
<i>PN</i> 6	<i>PN</i> 50	<i>PN</i> 40	<i>PN</i> 420
<i>PN</i> 10	<i>PN</i> 110	<i>PN</i> 63	
<i>PN</i> 16	<i>PN</i> 150	<i>PN</i> 100	

1.3 国外压力管道应用标准体系简介

国际上较为常见的压力管道应用标准体系有：美国应用标准体系(ANSI/ASME)、日本应用标准体系(JIS)、国际标准化组织的应用标准体系(ISO)、德国应用标准体系(DIN)、前苏联应用标准体系(ТОСТ)、英国应用标准体系(BS)和法国应用标准体系(NF)等。其中美国国家应用标准体系(ANSI/ASME)是一个比较完整、比较成熟同时也是国际上比较流行、比较通用的先进标准，广泛为各个国家所接受，我国的石化行业应用标准体系基本上等效采用了该标准体系的应用标准。

我国国内常用的管道应用标准体系包括：石化行业应用标准体系、化工行业应用标准体系、机械行业应用标准体系和中国国家应用标准体系等。

1.3.1 美国应用标准体系(ANSI)

1. 美国压力管道的安全管理

美国压力管道的安全管理由联邦运输部(U. S. Department of Transportation, 简称 DOT)负责。该机构与各州协调州际管道的管理,而各州的州内管道管理若符合联邦政府最低要求,则可自行管理;若不符合规定, DOT 每年可与各州达成协议,委托州管道管理机构对州内甚至州际管道进行检查,发现潜在的或可能的违法情况要向 DOT 汇报。

(1) 管道分类 DOT 将压缩气体和液化气体等划为第二类危险性物品进行管理,其输送管道纳入 DOT 危险物品运输包装容器管理的范畴,保证了危险性较大的压力管道得到更有效的管理。美国压力管道主要包括长输管道、气体配送管道、液体管道等,管道又可分为气体管道和危险性液体管道。气体管道包括输送天然气、易燃气体、有毒气体和腐蚀性气体的管道;危险性液体管道用于输送危险性液体,危险性液体是指由运输部长认定的、对生命财产有相应危害性的、具有液体形态的石油或石油产品。

(2) 美国压力管道的安全管理及标准发布机构:

① 联邦运输部管道安全办公室 1977 年,美国联邦运输部成立了研究和特殊项目管理部(Research and Special Programs Administration, 简称 RSPA), RSPA 下属的管道安全办公室(Office of Pipeline Safety, 简称 OPS)负责压力管道的管理。OPS 的任务是保证国家管道系统的安全、可靠、环保;搜集、汇编、分析管道安全数据,以便有助于规程修订、人员培训;制定管道安全法规,保证管道安全;为管道安全项目的计划、评估、执行提供技术和分析支持等。

② 美国机械工程师学会 美国机械工程师学会(ASME)于 1880 年成立,是一个非营利的技术支持和教育组织,服务于全世界 12.5×10^4 个会员。ASME 每年主持 30 多个技术协调会议和 200 多个专业的发展报告,制定许多工业和制造业的标准。在特种设备方面, ASME 制定了压力管道、锅炉、压力容器、电梯、起重机械、索道等技术标准。

ASME 标准本身并没有强制性,只有被联邦法规(通常是规章)或各州法规指定采用,才具备强制执行的效力。

③ 美国石油学会 美国石油学会(American Petroleum Institute, 简称 API)于 1919 年成立,该机构发展了一套权威的行业数据统计收集程序,其统计数据被全世界广泛使用;API 的另一项工作是石油领域设备的标准化,其第一份标准于 1924 年出版,今天的 API 有 500 多份标准,覆盖绝大多数石油和气体领域。

2. 美国压力管道法规与标准体系

美国的压力管道标准法规体系由法律、法规和标准三个层次构成,主要有美国国家标准化组织(ANSI)、美国机械工程师学会(ASME)、美国石油学会(API)、美国腐蚀工程师学会(NACE)等组织颁布的标准,这些标准由管道技术法规和管道技术标准(包括材料、设计与施工、检验、焊接、无损检测、运输、试压、腐蚀与防护、操作与维修等)组成。另外还包括制造单位及检验机构审查认证、检验人员资格认可等方面的美国压力管道标准体系。此标准体系中,以 ASME、API 压力管道标准为主。

(1) 美国国家标准 ANSI B16.5《钢制管法兰及法兰管件》是一个比较完整、比较成熟同时

也是国际上比较流行、比较通用的先进标准，是一套系统性较强，内容涉及垫片、螺栓及管子的完整的管法兰标准。该标准 1927 年颁布以来已进行了十几次修订。该标准与其他相关的 ANSI、API、ASTM、MSS 组成的压力管道应用标准体系形成于大量的试验研究基础之上，并经历了数十年的实践检验，因此是一个比较科学、先进的标准，为各个国家所广泛接受。

美国的管子系列(ANSI B36.10 和 ANSI B36.19)为典型的“大外径系列”，公称直径范围为($DN6 \sim DN2000$)mm。其壁厚表示方法有两种，其一是以管子表号“Sch”表示壁厚。管子表号是管子设计压力与设计温度下材料许用应力的比值乘以 1000，并经圆整后的数值。即

$$Sch = P / [\sigma] \times 1000$$

ANSI B36.10 标准中共包括了 Sch10、Sch20、Sch30、Sch40、Sch60、Sch80、Sch100、Sch120、Sch140、Sch160 共 10 个等级；ANSI B36.19 标准中包括了 Sch5s、Sch10s、Sch40s、Sch80s 共 4 个等级；其二是以管子质量表示管壁厚度，它共将管子壁厚分为 3 种：

- ① 标准质量管，以 STD 表示；
- ② 加厚管，以 XS 表示；
- ③ 特厚管，以 XXS 表示。

对于 $DN \leq 250$ mm 的管子，Sch40 相当于 STD， $DN < 200$ mm 的管子，Sch80 相当于 XS。

美国的法兰标准为典型的“美式法兰”，其公称直径范围为($DN15 \sim DN600$)mm。该标准包括的公称压力等级有 150psi(常标记为 CL150，下同)、300psi(CL300)、400psi(CL400)、600psi(CL600)、900psi(CL900)、1500psi(CL1500)、2500psi(CL2500)共 7 个等级。法兰形式有平焊式、承插焊式、对焊式、螺纹连接式、松套式及法兰盖共 6 种。法兰密封面形式有凸台面(RF)、(大小)凹凸面(MF)、(大小)榫槽面(TG)及金属环连接面(RJ)共 4 种。

(2) 美国压力管道规范，ASME B31 压力管道规范由以下 8 部单独出版的压力管道美国国家标准所组成：

- ASME B31.1 《动力管道》
- ASME B31.2 《燃料气管道》
- ASME B31.3 《工艺管道》
- ASME B31.4 《液态烃和其他液体管道输送系统》
- ASME B31.5 《制冷管道》
- ASME B31.8 《输气和配气管道系统》
- ASME B31.9 《建筑管道》
- ASME B31.11 《浆液管道输送系统》

每部标准均包括设计、材料、管道组件限制、制作、装配、安装、检查、检验和试验等内容，是一部完整的综合性标准。其中 ASME B31.3《工艺管道》内容涉及化工和石油化工行业的管道，该标准于 1935 年问世，为及时反映材料、建造和工业实践中的新发展，每 3~5 年发布新版标准；从 2013 版开始改为 2 年修订一次。

(3) 美国长输管道与输配管道安全完整性检测评价法规与标准体系，美国基于大量坚实的技术研究与工程实际经验，形成了一套体系完善的法规与标准体系，包括：管道完整性管理标准、管道安全检测标准、管道安全评价标准、管道维修与维护标准、管道完整性检测评价人员资质标准等内容，支撑了美国在管道方面的法律、法规要求。在完整性检测评价环节，美国针对不同失效模式，采取有针对性的完整性管理过程。针对具体的失效模式，提出系列技术标准，从检测方法、评价准则、维修维护与相关人员资质要求方面，均给出了明确规定。

1.3.2 日本应用标准体系(JIS)

日本的管子系列(JIS G3454、JIS G3459 等)与美国的管子系列外径尺寸大多数相同,基本属于“大外径系列”。无缝钢管的公称直径范围为 $DN6 \sim DN650$,其壁厚表示方法采用管子表号“Sch”表示,碳钢和合金钢钢管标准中给出了 Sch10、Sch20、Sch30、Sch40、Sch60、Sch80、Sch100、Sch120、Sch140、Sch160 共 10 个等级,不锈钢钢管标准中给出了 Sch5s、Sch10s、Sch20s、Sch40、Sch80、Sch120、Sch160 共 7 个等级。焊接钢管的公称直径范围为 $DN350 \sim DN2000$,其壁厚表示方法则直接用壁厚数值表示。

日本的法兰标准(JIS B2201、JIS B2220 等)自成体系,既不属于“美式法兰”,也不属于“欧式法兰”,公称直径范围为 $DN10 \sim DN1000$ 。该标准包括的公称压力等级有 2K、5K、10K、16K、20K、30K、40K、63K 共 8 个等级,对应的温度-压力等级见表 1-3。

表 1-3 JIS 法兰标准在 120℃时的温度-压力等级近似值

公称压力	2K	5K	10K	16K	20K	30K	40K	63K
120℃时许用压力值/MPa	0.3	0.7	1.4	2.2	2.8	5.0	6.8	10.5

法兰密封面形式有光滑面、大凸台面、小凸台面、凹凸面及榫槽面共 5 种。法兰形式有平焊式、承插焊式、对焊式、螺纹连接式、松套式及法兰盖共 6 种。

由此可见,JIS 应用标准体系与 ANSI 和 DIN 等都不能配套使用。为了弥补这个缺陷,日本石油学会编制了一套 JPI 标准,它基本上等效采用了 ANSI/API 应用标准体系,故它能与 ANSI 互换。

1.3.3 国际标准化组织(ISO)应用标准体系

国际标准化组织(ISO)的管子尺寸标准(ISO 4200)同时给出了三个系列,其系列 I 基本上采用了 ANSI 的尺寸,仅 $DN > 1100\text{mm}$ (已不太常用)使用了“小外径系列”的尺寸。因此可以说 ISO 管子标准基本上能与“大外径系列”配套使用。

国际标准化组织的法兰标准(ISO 7005-1)同时包括了“美式法兰”和“欧式法兰”两个系列,以期与这两个标准体系都能配伍,它代表了当前世界法兰标准的应用趋势。

1.3.4 德国应用标准体系(DIN)

德国管子系列最早属于“小外径系列”,但后来改用“大外径系列”。德国管法兰属于典型的“欧式法兰”,该标准系列包括的公称压力等级有 $PN0.1$ 、 $PN0.25$ 、 $PN0.6$ 、 $PN1.0$ 、 $PN1.6$ 、 $PN2.5$ 、 $PN4.0$ 、 $PN6.4$ 、 $PN10.0$ 、 $PN16.0$ 、 $PN25.0$ 、 $PN32.0$ 、 $PN40.0$ 共 13 个等级,公称直径范围为 $DN6 \sim DN4000$ 。法兰密封面形式有平面、凸台面、凹凸面、榫槽面、橡胶环连接面、透镜面及膜片焊接面共 7 种。法兰形式有平焊板式、平焊松套式、翻边松套式、对焊翻边松套式、对焊环翻边松套式、对焊式、螺纹连接式、整体式及法兰盖共 9 种。

1.3.5 前苏联应用标准体系(ТОСТ)

前苏联的管子系列属于“小外径系列”,其外径系列尺寸同我国的 JB 标准。前苏联的法兰标准也属于典型的“欧式法兰”,它包括的公称压力等级有 $PN0.1$ 、 $PN0.25$ 、 $PN0.6$ 、