



普通高等教育“十二五”规划教材

化工管道安装设计

刘国荣 国亚东 左海强 刘仁桓 编著

中国石化出版社

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

化工管道安装设计

刘国荣 国亚东 左海强 刘仁桓 编著

中国石化出版社

内 容 提 要

本书以简练、实用为原则,针对石化装置工艺管道的特点,重点介绍了管道设计基础知识、化工管道布置设计、阀门的安装设计、管道支吊架设计、管道应力分析、配管设计图绘制等六个方面内容。

本书可供高等院校过程装备与控制工程专业教学使用,也可作为相关专业的教学参考书。同时,对从事相关专业的设计人员和现场技术人员也有一定的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

化工管道安装设计 / 刘国荣等编著.
—北京:中国石化出版社,2011.11
普通高等教育“十二五”规划教材
ISBN 978-7-5114-1232-4

I. ①化… II. 刘… III. ①化工设备:管道设备-设备安装-高等学校-教材②化工设备:管道设备-设计-高等学校-教材 IV. ①TQ055.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 213614 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.cn

北京科信印刷有限公司印刷

全国各地新华书店经销

*

787×1092 毫米 16 开本 17 印张 429 千字

2011 年 11 月第 1 版 2011 年 11 月第 1 次印刷

定价:36.00 元

前 言

过程装备与控制工程专业的根本任务是为国民经济培养大批优秀的能够掌握流程性材料产品先进技术的高级专业人才。所谓“流程性材料”是指以流体(气、液、粉粒体等)形态为主的材料。过程工业是加工流程性材料产品的现代国民经济的支柱产业之一,成套过程装置则是组成过程工业的工作母机群,它通常是由一系列的过程机器和过程设备,按一定的流程方式用管道、阀门等连接起来的一个独立的密闭连续系统,再配以必要的控制仪表和设备。然而在过程装备与控制工程专业实际教学过程中,仅重视过程机器、过程设备和过程控制知识的掌握,忽视了管道设计和安装知识,并缺乏适合本专业学生学习的教材,本书就是在这种背景下编写而成的。

本书以介绍化工管道布置设计及其附属阀门、支架的安装设计为主,并对管道应力分析和配管设计图的绘制等内容进行了介绍。作为过程装备与控制工程专业教材,在内容上力求具有较强的实用性;同时考虑到教学时间有限,在阐明设计和计算方法的同时,力求讲清基础理论,便于初学者理解管道安装设计原则。此外,为适应科学技术的新发展,书中尽可能采用最新的技术标准或技术规定,并适当介绍了新的技术成果。力求做到理论和实践的有机结合,内容简练易懂。

本书第一章由左海强编写;第二章由国亚东编写;第三、四、五章由刘国荣编写;第六章由刘仁桓编写;全书由刘国荣统一审定成稿。

此外,本书在编写过程中得到了中国石油大学(华东)教务处的大力支持和中国石化出版社潘向阳的热情帮助,在此一并表示感谢!

由于编者水平、能力和编写时间有限,书中难免存在不足之处,恳请读者给予批评指正。

编 者

目 录

第一章 化工管道设计基础	(1)
第一节 管道的分级(类)	(1)
第二节 管道压力等级及管径系列	(5)
第三节 化工管道设计条件	(7)
第四节 管道设计基础数据	(9)
第五节 管道器材及其选用	(10)
第二章 化工管道布置设计	(30)
第一节 装置的布置设计	(30)
第二节 管道设计必须具备的条件或资料	(37)
第三节 管道敷设方式的分类和一般要求	(38)
第四节 管廊(桥)上管道的布置设计	(45)
第五节 工艺设备的配管设计	(47)
第六节 动设备的配管设计	(60)
第七节 工艺管道伴热设计	(84)
第八节 公用工程管道设计	(95)
第三章 阀门的安装设计	(109)
第一节 常用阀门的安装	(109)
第二节 疏水阀及其管道的安装设计	(112)
第三节 安全泄压装置	(115)
第四节 气动调节阀的安装	(124)
第四章 管道支吊架设计	(138)
第一节 概 述	(138)
第二节 管道支吊架的选用原则和系列	(139)
第三节 管道支吊架设计计算	(163)
第四节 管道支吊架位置的确定	(169)
第五章 管道应力分析	(175)
第一节 管道应力分析基础	(175)
第二节 金属管和管件的强度计算	(189)

第三节	管道静力分析及其简化方法	(193)
第四节	管系的动力分析	(197)
第六章	配管设计图的绘制	(220)
第一节	配管设计图的组成	(220)
第二节	配管制图基础	(221)
第三节	平立面设备与管道图的绘制	(223)
第四节	单管管段图的绘制	(231)
第五节	管道支吊架图的绘制	(239)
附录	石油化工企业配管工程设计图例(SH/T 3052—2004)	(241)

第一章 化工管道设计基础

第一节 管道的分级(类)

石油化工装置中有大量各种用途管道，不同用途管道的操作参数和输送介质的性质差别很大，因此其重要程度和危险性也是不同的。为了保证各种管道在设计条件下均能安全可靠运行，对重要程度不同的管道应当提出不同的设计、制造和施工要求。目前在工程上主要采用对管道分级(类)的办法来解决这一问题。

一、美国国家压力管道标准的管道分类

《ASME 压力管道规范》(ASME B31)包括若干部分，每一部分都是一个美国国家标准，诸如：B31.1—动力管道；

B31.3—工艺管道；

B31.4—液态烃和其他流体的输送管道系统；

B31.5—冷冻管道；

B31.8—输气和分配管道系统；

B31.11—稀浆输送管道系统。

其中与石化工业密切相关的是 B31.3，此标准已得到全世界公认，成为石油化工厂压力管道设计普遍遵循的规范。ASME B31.3 根据输送介质的安全性、对人体的危害程度和设计条件(压力、温度)等因素，将流体分为 M 类、D 类和介于这两类之间的一般流体类。

M 类流体为剧毒流体，在输送过程中如有极少量的泄漏，被人吸收或与人体接触时，会造成严重的和即使马上进行治疗也难以治愈的伤害。

D 类流体为设计压力不超过 1.05MPa，设计温度在 $-29 \sim 186^{\circ}\text{C}$ 之间的不可燃、无毒、对人体无害的流体。

一般流体类管道系指化工厂和炼油厂除 M 类、D 类之外的所有工艺和公用工程管道，但不包括加热炉、热交换器、容器和机组的内部管道。

B31.3 对一般流体类管道的材料、设计、加工、装配、安装、检验和试验，规定了最低限度的要求，对 D 类和 M 类分别予以不同考虑。

B31.3 规定的流体类别确定程序见图 1-1。

二、国内工业管道的分级(类)

我国工业管道的分类(级)方法：

(一) 按国标规定的施工验收要求分类(级)

《工业金属管道工程施工规范》(GB 50235—2010)没有将管道具体分类或分级,而对管道所输送的流体有明确的定义与划分。剧毒流体为相当于现行国家标准《职业性接触毒物危害程度分级》(GBZ 230—2010)中Ⅰ级危害程度的毒物;有毒流体相当于GBZ 230—2010中Ⅱ级以下危害程度的毒物;可燃流体为在生产操作条件下可以点燃和连续燃烧的气体或可以气化的液体。GB 50235—2010对输送以上各种流体的管道规定了不同的检验和施工要求。

对管道组成件本身,例如阀门的试验,GB 50235将输送剧毒流体、有毒流体、可燃流体的阀门和输送设计压力大于1MPa或设计压力小于等于1MPa,且设计温度小于-29℃或大于186℃的非可燃流体、无毒流体管道的阀门划分成一类;输送压力小于等于1MPa且设计温度为-29~186℃的非可燃流体、无毒流体管道的阀门划分为另一类。

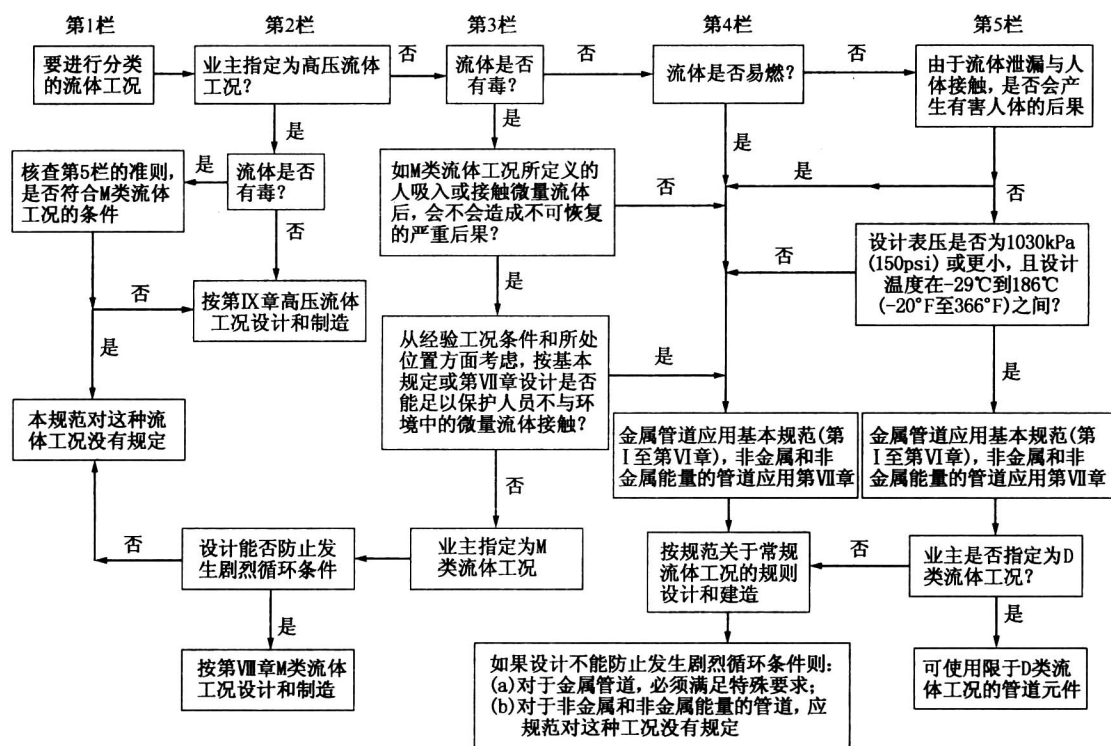


图 1-1 流体工况分类导则

对管道焊缝射线照相检验, GB 50235—2010 将各种管道划分为三种情况, 管道焊缝需100%射线照相检验, 质量不低于Ⅱ级的为一类, 属于这一类的管道有:

- (1) 输送剧毒流体的管道;
- (2) 输送设计压力大于等于10MPa或设计压力大于等于4MPa且设计温度大于等于400℃的可燃流体, 有毒流体的管道;
- (3) 输送设计压力大于等于10MPa且设计温度大于等于400℃的非可燃流体, 无毒流体的管道;
- (4) 设计温度小于-29℃的低温管道;
- (5) 设计文件要求进行100%射线照相检验的其他管道。

另一类为焊缝可不进行射线照相的管道, 输送设计压力小于等于 1MPa 且设计温度小于 400℃ 的非可燃流体和无毒流体的管道属于此类。

第三类为焊缝射线照相抽检比例不低于 5%, 质量不低于Ⅲ级的管道, 这类管道即为除上述两类管道以外的其他管道。

在弯管制作方面, 按弯管成品本身的质量要求, 将输送剧毒流体和设计压力大于等于 10MPa 的钢管划为同一类。此类管道的弯管制作有明确的质量、探伤和管理要求。

GB 50235—2010 规定输送剧毒流体、有毒流体、可燃流体的管道必须进行泄漏性试验。因而对泄漏性试验而言, 输送以上三种流体的管道又被合并为同一类。

总之, 虽然 GB 50235—2010 没有像以往的 GBJ 235—82 那样将管道划分具体类(级)别, 但实际工作中, 管理输送的流体、设计压力和设计温度等是管道工程检验、施工和验收的必要条件, 这些条件应由设计人员提供。

(二) 石油化工管道分级

《石油化工管道设计器材选用通则》(SH 3059—2001)把管道分为 5 级, 见表 1-1。

表 1-1 管道分级

管道级别	适 用 范 围
SHA	1. 毒性程度为极度危害介质管道(苯管道除外) 2. 毒性程度为高度危害介质的丙烯腈、光气、二硫化碳和氟化氢管道 3. 设计压力大于或等于 10.0MPa 的介质管道
SHB	1. 毒性程度为极度危害介质的苯管道 2. 毒性程度为高度危害介质管道(丙烯腈、光气、二硫化碳和氟化氢管道除外) 3. 甲类、乙类可燃气体和甲 _A 类液化烃、甲 _B 类、乙 _A 类可燃液体介质管道
SHC	1. 毒性程度为中度、轻度危害介质管道 2. 乙 _B 类、丙类可燃液体介质管道
SHD	设计温度低于 -29℃ 的低温管道
SHE	设计压力小于 10.0MPa 且设计温度高于或等于 -29℃ 的无毒、非可燃介质管道

注: 1. 混合物料应以其主导物料作为分级依据。

2. 常见毒性介质、可燃介质见 SH 3059—2001 附录 A。

《石油化工有毒、可燃介质钢制管道工程施工及验收规范》(SH 3501—2011)根据行业标准 SH 3059—2001 只划分为 SHA、SHB、SHC、SHD 4 级, 而 SHE 将在以后修订时补充(见表 1-2)。

表 1-2 管道分级

管道级别	适 用 范 围
SHA	1. 毒性程度为极度危害介质管道(苯管道除外) 2. 毒性程度为高度危害介质的丙烯腈、光气、二硫化碳和氟化氢介质管道 3. 设计压力大于或等于 10.0MPa 输送有毒、可燃介质管道
SHB	1. 毒性程度为极度危害介质的苯管道 2. 毒性程度为高度危害介质管道(丙烯腈、光气、二硫化碳和氟化氢管道除外) 3. 甲类、乙类可燃气体和甲 _A 类液化烃、甲 _B 类、乙 _A 类可燃液体介质管道

续表

管道级别	适 用 范 围
SHC	1. 毒性程度为中度、轻度危害介质管道 2. 乙 _B 类、丙类可燃液体介质管道
SHD	设计温度低于 -29℃ 的低温管道

(三) 国标《工业金属管道设计规范》的管道分级

《工业金属管道设计规范》GB 50316—2000(2008 年版)将输送流体分成 5 类,输送这 5 类流体的管道类别分别与流体类别对应,但并不完全等同,见表 1-3。该规范对各类管道材料的使用要求和管道组成件的选用作了限制和规定。

表 1-3 流体分类

流体类别	适 用 范 围
A1 类	某种剧毒流体,相当于《职业性接触毒物危害程度分级》GBZ 230 中 I 级(极度危害)的毒物
A2 类	相当于《职业性接触毒物危害程度分级》GBZ 230 中 II 级及以下(高度、中度、轻度危害)的毒物
B 类	能点燃并在空气中连续燃烧的流体,这些流体在环境或操作条件下是一种气体或可闪蒸产生气体的液体
C 类	不包括 D 类流体的不可燃、无毒的流体
D 类	设计压力小于或等于 1.0MPa 和设计温度高于 -20 ~ 186℃ 之间的不可燃、无毒流体

此外,为规范压力管道管理,《压力管道安全管理与监察规定》将压力管道也进行了分级。压力管道按其用途划分为长输管道、公用管道和工业管道。

长输管道指产地、储存库、拥护间的用于输送商品介质的管道,为 GA 类,级别划分为 GA1 级和 GA2 级。公用管道包括燃气管道和热力管道,为 GB 类,级别划分为 GB1 和 GB2 级。石油化工管道属工业管道,为 GC 类,火力发电厂用于输送蒸汽、汽水两相介质的管道,为动力管道 GD 类,分为 GD1 和 GD2 级。

《压力容器压力管道设计许可规则》(TSG R1001—2008)为贯彻《压力管道安全管理与监察规定》将 GC、GD 类管道进行具体划分,见表 1-4。压力管道的分类只是为了表明设计单位是否具有压力管道设计资格和能设计那些类别、品种的压力管道,同样以此评定管道产品制造单位、安装单位的资格及他们所能生产或安装的压力管道级别。

我国工业管道分类(级)方法虽各有不同,各有其适用范围,但所以要分类(级)是为了使工业管道设计、管道组成件制造生产和管道安装、检验有共同统一语言。对石化工业,SH 3059 的管道分级方法比较系统实用,可操作性较强。

表 1-4 工业管道和动力管道分级

级 别	品 种	适 用 范 围
GC1	1	输送 GBZ 230 中毒性程度为极度危害的介质、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 ^①
	2	输送 GB 50160 和 GB 50016 中火灾危险性为甲、乙类可燃气体或甲类可燃液体(包括液化烃),且设计压力 p 大于或等于 4.0MPa 的管道 ^②
	3	输送液体介质并且设计压力大于或者等于 10.0MPa,或者设计压力大于或者等于 4.0MPa,并且设计温度大于或者等于 400℃ 的管道

续表

级 别	品 种	适 用 范 围
GC2		GC3 级管道外, 介质毒性危害程度、火灾危险性(可燃性)、设计压力和设计温度小于 GC1 级管道
GC3		输送无毒、非可燃液体介质, 设计压力小于或者等于 1.0MPa, 并且设计温度大于 -20℃但是小于 185℃的管道
GD	1	设计压力大于等于 6.3MPa, 或者设计温度大于等于 400℃的管道
	2	设计压力小于 6.3MPa, 且设计温度小于 400℃的管道

注: ① GBZ 230《职业性接触毒性危害程度分级》。

② GB 50160《石油化工企业设计防火规范》、GB 50016《建筑设计防火规范》。

第二节 管道压力等级及管径系列

为了简化管道器材规格, 有利于管道组成件的标准化, 在管道设计中将各种管道组成件按压力和直径两个参数进行适当分级, 将在压力等级标准中规定的分级压力称为公称压力, 将在管径系列标准中规定的分级直径称为公称直径。

一、公称压力

管道组成件的公称压力是指与其机械强度有关的设计给定压力, 它一般表示管道组成件在规定温度下的最大许用工作压力。目前在国内外管道组成件的公称压力已经标准化, 各国管道元件公称压力虽不相同, 但基本上可分为两大系列, 即美洲系列和欧洲系列。两个压力等级标准在世界不同区域均有相当大的影响, 目前还无法统一成一个标准。国际标准化组织考虑到这一现状于 1983 年制定了《管道元件公称压力的定义》(ISO 7268)。此标准实际上是一个折中标准。它将上述两个标准的主要压力等级分别列在两个系列中, 如表 1-5 所示。

表 1-5 ISO 7268 法定压力等级系列

系列 1	系列 2	系列 1	系列 2
PN10	PN2.5	PN100	
PN16	PN6	PN150	
PN20	PN25	PN250	
PN50	PN40	PN420	

注: 1. 系列 1 为基本等级, 系列 2 的应用应加以限制, 并应尽可能取消, PN40 应限制使用。

2. 公称压力单位为 kgf/cm^2 。

GB/T 1048—2005《管道元件 PN(公称压力)的定义和选用》是在考虑我国工业发展的历史状况和当前国际上标准的发展趋势的前提下编制而成。GB/T 1048—2005 规定的公称压力系列如表 1-6 所示。标准规定公称压力为常温压力等级。

表 1-6 GB 1048—2005《管道元件 PN(公称压力)的定义和选用》

MPa

DIN 系列	2.5	6	10	16	25	40	63	100
ANSI 系列	20	50	110	150	260	420		

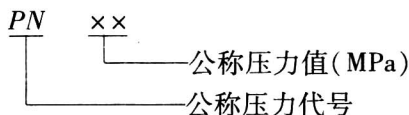
注: 必要时允许选用其他 PN 数值。

目前国内许多标准还处于新旧交替阶段,新标准已开始实施,老标准仍在使用。GB/T 1048—2005 基本能包括一些新老标准的公称压力分级。新老标准压力分级如表 1-7 所示。

表 1-7 新老标准公称压力分级对照

标准代号	GB/T 9112—2000		SH/T 3406—1996	JB/T 75—94
公称压力系列	0.25 (MPa)			0.25 (MPa)
	0.60			0.6
	1.0		1.0 (MPa)	1.0
	1.6			1.6
		2.0 (MPa)	2.0	
	2.5			2.5
	4.0			4.0
		5.0	5.0	
	6.3		6.8	6.3
	10.0	11.0	10.0	10.0
	15.0	15.0	15.0	16.0
		26.0	25.0	20.0
		42.0	42.0	

公称压力标记示例



二、公称直径

为了简化管道直径规格,统一管道器材元件连接尺寸,对管道直径分级进行了标准化,并以“公称直径”表示。公称直径表示管子、管件等管道器材元件的名义内直径。一般情况下元件的实际内径不一定等于公称直径。对于同一标准、公称压力和公称直径相同的管法兰是有相同的连接尺寸。目前国内外公称直径分级基本相同。公称直径单位,美国采用英寸(in),中国采用毫米(mm),日本则并列两种单位。表 1-8 为 GB/T 1047—2005《管道元件 DN(公称尺寸)的定义和选用》规定的公称直径系列。表 1-9 为石油化工管道设计常用公称直径。

表 1-8 GB/T 1047—2005 规定的公称直径系列

mm

公称直径			
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	

公称直径标记示例：

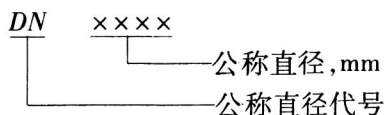


表 1-9 石油化工管道设计常用公称直径

mm

15	20	25	40	50	80	100
150	200	250	300	350	400	450
500	500	700	800	900	1000	

注：公称直径大于 1000mm 时，宜按 200mm 递增。

第三节 化工管道设计条件

石油化工管道操作条件复杂，在正常情况下，管道除了要在一定的温度、压力下工作外，还要受风载荷、地震载荷等一些环境因素以及其他一些附加因素的影响。因此在设计时首先要全面考虑管道的载荷条件，正确确定管道的设计参数。

一、设计压力

石油化工管道及其组成件的设计压力应不低于操作过程中可能出现的由内压(或外压)与温度一起构成的最苛刻条件下的压力。最苛刻条件是指导致管子及管道组成件最大壁厚或最高压力等级的条件。

(1) 所有与设备或容器连接的管道，其设计压力应与所连接设备或容器的设计压力一致，并应满足下列要求：

① 系统设有安全泄压装置时，设计压力应不低于安全泄压装置的定压加静液柱压力和安全阀达到最大排放能力时的排放压差；

② 系统未设置安全泄压装置时，设计压力应不低于考虑控制阀失灵、泵切断或阀门误操作等因素可能引起的最高压力与静压头之和。

(2) 无安全泄压装置的离心泵排出管道设计压力应取以下两项的较高值；

① 离心泵的正常吸入压力加 1.2 倍泵的额定排出压力；

② 离心泵的最大吸入压力加泵的额定排出压力。

(3) 真空系统管道设计压力取为 0.098MPa 外压。

二、设计温度

石油化工管道及其组成件的设计温度应不低于操作过程中由压力和温度构成的最苛刻条件，即导致管子及管道组成件最大壁厚或最高压力等级的材料温度。不同结构管道的设计温度应按下列要求确定。

1. 无隔热层管道

(1) SHA 级的工艺管道及其组成件应当取介质温度为设计温度，如取介质以外的其他

温度作为设计温度时，必须通过计算并通过试验加以核实。

(2) 其余级(类)别的管道及其组成件的设计温度，当介质温度低于 65℃ 时取介质温度，当介质温度等于或高于 65℃ 时，按下列原则确定：

① 管子、对焊管件、承插焊或对焊端阀门及其他壁厚与管子相近的管道组成件，应不低于 95% 的介质温度；

② 法兰、垫片及带法兰的阀门和管件应不低于 90% 的介质温度；

③ 螺栓、螺母等紧固件应不低于 80% 的介质温度。

2. 带外隔热层的管道

应根据温度条件对管道材料作用后果的严重性决定取介质的最高或最低温度作为设计温度。

3. 带衬里或内隔热层的管道

其基体材料的设计温度应经传热计算或实测确定。

4. 带夹套或伴热管的管道

当工艺介质温度高于伴热介质温度时，取工艺介质温度作为设计温度；当工艺介质温度低于伴热介质温度时，取伴热介质温度减 10℃ 和工艺介质温度二者较高者作为设计温度。

5. 安全泄压管道

应取排放时可能出现的最高或最低温度作为设计温度。

6. 要求吹扫的管道

设计温度应根据具体条件确定。

三、其他与设计有关的因素

1. 环境因素

(1) 管道中的气体或蒸汽由于环境温度降低可能造成压力下降以致产生真空时，应使管道具有耐真空的能力，或者采取防止产生真空的措施。

(2) 管道中的介质由于环境温度升高可能膨胀或汽化造成内压升高时，应使管道能承受升高后的压力，或采取消除升压的措施。

(3) 管道温度低于 0℃ 时，应考虑防止阀门、泄压排放装置或其他管道组成件中的活动元件因霜冻而影响其正常动作的问题。

2. 动载荷影响

(1) 对可能承受外部或内部冲击作用(包括水击或固体物料的撞击)的管道，在设计时应考虑动载荷作用的影响。

(2) 对于地震设防烈度为 6~9 度的石油化工非埋地管道应按抗震管道进行设计，并按规定采取相应的抗震措施。

(3) 承受机械振动或压力脉动的管道，应从管道布置和支架设置方面采取措施，以防止发生共振，避免因过度振动带来的有害影响，必要时应对管道进行动力分析。

(4) 管道的布置和支承应考虑能承受由于介质减压或排放时产生的反作用力。

3. 质量载荷

(1) 管道及其组成件、包括隔热层和衬里的质量以及附加在管道上由管道支承的其他载荷，在设计时，应按持续载荷考虑。

(2) 试验介质的质量以及可能出现的冰雪等活载荷,在设计时按临时载荷考虑。

4. 管架、固定点和管子端部位移的影响

管道支架、固定架和与之相连接的设备由于热膨胀、基础沉降或其他外部因素的影响会产生位移,在管道和设备中产生很大的应力,影响管道和设备的正常操作,或引起管道连接点的泄漏,对此问题应予足够的重视。

5. 热应力的影响

管道由于受到各种支承的约束,温度梯度及不同材料热膨胀性能差异等因素的影响,在管道中会产生一定的热应力。此类管道应按管道柔性设计规范进行必要的应力解析,以防止因过度应力引起管道或支架的破坏。

第四节 管道设计基础数据

一、压力 - 温度参数

管道器材元件及组成件的许用工作压力受工作温度的影响,一般均随温度的升高而降低。在管道设计中将这种压力温度间的关系称为压力 - 温度参数。各种管道组成件的压力温度参数应按下列要求确定。

(1) 以公称压力分级并规定了压力 - 温度参数的标准管道器材元件,其压力 - 温度参数应根据相应的标准确定。例如目前国内钢制管法兰有 GB、SH、HG、JB 等多种标准同时并存,在设计时应根据指定采用的法兰标准确定其压力 - 温度参数。

(2) 对以钢管壁厚系列(包括壁厚、表号及重量级等)表示,但未规定压力 - 温度参数的标准管道器材组成件,其压力 - 温度参数应根据与其许用应力相同的材料的无缝钢管在减去各种裕量(螺纹深度及腐蚀裕量等)及制造负偏差后的壁厚加以确定。

(3) 非标准管件及其他非标准管道组成件的最大许用工作压力,可根据计算确定。

二、许用应力

在管道设计中,管道组成件材料许用应力应按下列要求选用。

(1) 管道组成件用的材料许用应力应按《压力容器》(GB 150)的规定选用。

(2) 管道柔性设计用应力限制应符合《石油化工企业管道柔性设计规范》(SH 3041)要求。

(3) 管道支吊架及附件的材料许用应力应按《石油化工企业支吊架设计规范》(SH 3073)的规定选用。

(4) 临时载荷的材料许用应力应符合下列要求:

① 由操作条件下的压力、质量及其他持续载荷产生的纵向应力与风或地震等临时载荷产生的应力组合时,材料的许用应力可以取《压力容器》(GB 150)规定许用应力的 1.33 倍。

进行应力组合时,风载荷和地震载荷不同时考虑。

② 当设计无其他规定时,管道在试验条件下产生的应力:水压试验产生的应力应不超

过材料在该试验温度下屈服限的 90%；气压试验产生的应力不应超过材料在该试验温度下屈服限的 80%。

计算试验条件下产生的应力时，不考虑风载荷、地震载荷等其他临时载荷的影响。

(5) 管道在操作压力或操作温度、或两者同时发生偶然变化时，除 SHA 级和工艺管道必须严格不超过其设计条件外，其他级(类)别管道如能满足下列要求，允许按下一条的规定有适当波动。

① 管道中无铸铁或其他非韧性金属材料制造的组成件。

② 操作压力在管道中产生的应力不超过材料在该温度下的屈服极限。

③ 考虑临时载荷的管道，其纵向组合应力能满足对临时载荷的应力限制。

④ 管道在全部运行期间，总的应力循环次数不超过 7000 次。

⑤ 在任何情况下，提高后的压力不得超过管道的系统试验压力，并且阀门及管道的连接点处的密封元件不会由于这种压力、温度的变化降低或失去其应有的密封性能。

(6) 能够满足上一条各项要求的金属管道，超过设计条件的非经常性压力、温度变动应符合下列要求：

① 当任何一次变化的持续时间不超过 10h，且全年累计不超过 100h 时，允许超过其压力参数值或在温度升高条件下压力设计用的许用应力值的 33%；

② 当任何一次变化的持续时间不超过 50h，且全年累计不超过 500h 时，允许超过其压力参数值或在温度升高条件下压力设计用的许用应力值的 20%。

三、设计寿命及最低设计压力等级

(1) 管道设计寿命应从管道建设的一次投资、维修费用及投资利率等综合考虑决定，并应适当考虑技术进步的更新要求。管道设计寿命宜为 15 年。

(2) 管道及其组成件的最小壁厚除应满足强度要求外，还应包括为腐蚀、磨损、制造负偏差及螺纹或开槽深度所留的裕量。对于只有轻微腐蚀的管道，其年腐蚀率可取为 0.1mm。

(3) 管道最低设计压力等级。对于剧毒、易燃、可燃介质管道及其组成件的法兰连接除考虑强度要求外，还应考虑连接的密封性能要求，其最低设计压力应符合下列要求：

① SHA 级管道不低于 5.0MPa；

② SHB、SHC 级管道不低于 2.0MPa。

第五节 管道器材及其选用

压力管道的管子及其元件的选用包括应用标准、材料标准、结构形式、连接形式等内容的选定，它是管道压力等级内容的延伸。为了简化内容，突出重点，就以 SH 标准体系为例，以石油化工生产装置常用的压力管道及其元件为主进行介绍。

一、管子

管子是压力管道中应用最普遍、用量最大的元件，它的重量占整个压力管道的近 70%，而投资则占近 50%。因此，管子选用的好与坏、是否经济合理，直接影响着石油化工生产

装置的生产安全和基建投资费用。管子的应用标准(是“大外径系列”还是“小外径系列”)又是决定压力管道其他元件应用标准的基础。例如,如果选用“小外径系列”管子的应用标准,它只能与 JB 法兰或 HG 法兰相配,而阀门则必须用 JB 系列阀门,否则,各管道元件之间是无法连接的。SH 标准体系中的管子应用标准属于“大外径系列”,它与 ANSI、ISO 以及 GB 标准均能配套使用,同时又能与 API 阀门配套使用,因此代表着目前管子应用标准的潮流。

需要说明的是,在我国的钢管制造标准中,有结构用钢管和流体输送用钢管之分。结构用钢管主要用于一般金属结构如桥梁、钢构架等,它只要求保证强度与刚度,而对钢管的严密性不作要求。流体输送用钢管主要用于带有压力的流体输送,它除了要保证有符合相应要求的强度与刚度外,还要求保证密闭性,即钢管在出厂前要求逐根进行水压试验。对压力管道来说,它输送的介质常常是易燃、易爆、有毒、有温度、有压力的介质,故应当采用流体输送用钢管。在实际的工程设计、采购和施工中,经常发现用结构用钢管代替流体输送用钢管的现象,这是不允许的。

(一) 焊接钢管

在目前的石油化工生产装置中,大量使用的是无缝钢管,而焊接钢管仅在一些介质条件比较低或者因管子直径比较大而无无缝钢管供货的情况下才使用,这是因为焊接钢管质量比较差的缘故。随着现代工业生产技术的发展,焊接钢管的生产技术水平和质量在不断提高,其应用范围也在不断扩大。焊接钢管与无缝钢管相比,其价格便宜,材料利用率高,尺寸偏差小,设备投资也较少,尤其是在大直径($DN \geq 600$)钢管生产上,无缝钢管的生产已比较困难。因此,目前新建或改建的石油化工生产装置中,焊接钢管应用的越来越多,尤其对一些不锈钢钢管应用较多的生产装置,采用焊接钢管代替无缝钢管,投资可以节省近 1/4,这对工程建设者来说无疑是一个较大的吸引力。

目前,常用的焊接钢管根据其生产时采用的焊接工艺不同可以分为连续炉焊(锻焊)钢管、电阻焊钢管和电弧焊钢管三种。

1. 连续炉焊(锻焊)钢管

连续炉焊(锻焊)钢管是在加热炉内对钢带进行加热,然后对已成型的边缘采用机械加压方法使其焊接在一起而形成的具有一条直缝的钢管。其特点是生产效率高,生产成本低,但焊接接头冶金结合不完全,焊缝质量差,综合机械性能差。目前炉焊管在压力管道中仅用于水和压缩空气系统。

《低压流体输送用焊接钢管》(GB/T 3091—2008)钢管一般为炉焊钢管(有时也用电阻焊制造),它们除了流体输送用钢管的必检项目外,只附加了弯曲试验要求,故此类管子的制造、检验要求是比较低的。它们的规格范围为 $1/8'' \sim 6''$,壁厚有普通级和加厚级两种,材料牌号有 Q195A、Q215A、Q215B、Q235A、Q235B、Q295A、Q295B、Q345A 和 Q345B 九种,适用于设计温度为 $0 \sim 100^\circ\text{C}$ 、设计压力不超过 0.6MPa 的水和压缩空气系统。

当输送介质为仪表用净化压缩空气时,因为仪表驱动芯子孔径比较小,若有较小的固体杂质进入就会引起操作故障,因此它采用的管子应为符合 GB/T 3901 标准的镀锌管,而且其管道组成件应是螺纹连接而不是焊接。实际上这点是很难做到的,因为 $DN \geq 50$ 的管子及其元件均采用螺纹连接是不合适的。通常,将仪表用净化压缩空气输送用的干管(一般 $DN \geq 50$)采用无缝钢管,连接为焊接,而支管(一般 $DN \leq 40$)刚采用镀锌管,且支管从干管的上部引出,这样处理的结果基本上能保证仪表用净化压缩空气的洁净度要求。