

石油化工工艺管道 设计与安装

(第二版)

张德姜 赵 勇 主编

中国石化出版社

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

石 油 化 工 工 艺 管 道 设 计 与 安 装

(第二版)

张德姜 赵 勇 主编

中国石化出版社

内 容 提 要

本书以培训石油化工工艺管道设计与安装的工程技术人员为主,是石化工程技术人员培训教材之一。书中全面介绍石油化工管道设计理论、安装原则、施工标准等内容,在讲解分析基本原理与基础理论的同时,力求理论联系实际,突出工程实践,为石化工程技术人员从事工艺管道设计安装专业打下基础,同时也为大专院校类似专业提供了教材。

本书是在职工培训系列教材(技-SBⅡ/020-SDP-0016)《石油化工工艺管道设计与安装》的基础上,根据现行最新标准补充和修订而成。

本书可供石油化工专业管道设计安装工程技术人员学习,也是从事石油化工压力管道设计审批人员培训考核的主要参考书,亦可作为大专院校类似专业的教材。

图书在版编目(CIP)数据

石油化工工艺管道设计与安装/张德姜,赵勇主编.—2
版.—北京:中国石化出版社,2007
ISBN 978-7-80164-135-9

I.石… II.①张…②赵… III.①石油化工-化工设备-
管道-设计②石油化工-化工设备-管道施工 IV.TE969

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 073031 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

北京密云红光制版公司排版

河北天普润印刷厂印刷

全国各地新华书店经销

*

787×1092 毫米 16 开本 34.5 印张 2 插页 874 千字

2007 年 9 月第 2 版 2007 年 9 月第 3 次印刷

定价:78.00 元

本书编写人员

第一章	徐心兰	
第二章	刘绍叶	沈宏孚
第三章	徐心兰	赵 勇
第四章	佟振业	王丽琨
第五章	张德姜	
第六章	张德姜	
第七章	张德姜	
第八章	魏礼谨	
第九章	张德姜	林树镗
第十章	唐永进	顾比仑
第十一章	张德姜	
第十二章	吴青芝	
第十三章	赵 勇	

张德姜、赵勇任主编，并对全书进行了校审和统编。

刘耕戊副总工程师在百忙中给予指导并仔细审阅。

目 录

第一章 管道工程基础	(1)
第一节 管道类(级)别.....	(1)
第二节 管道的设计压力和设计温度.....	(7)
第三节 公称压力和压力-温度等级.....	(8)
第四节 公称直径、外径和壁厚系列.....	(10)
第五节 管材许用应力与化学成分.....	(15)
思考题.....	(27)
第二章 管径和管道压力降计算	(28)
第一节 一般要求.....	(28)
第二节 单相流体.....	(30)
第三节 气液两相流动.....	(44)
附表一 常用钢管计算用数据.....	(58)
附表二 油品管道的流量和压力降.....	(59)
附表三 饱和水蒸气管道的质量流量和压力降.....	(61)
第三章 管道器材及其选择	(62)
第一节 管子.....	(62)
第二节 管件.....	(75)
第三节 法兰及其紧固件.....	(81)
第四节 金属材料选择.....	(110)
思考题.....	(147)
第四章 阀门的选用与安装设计	(149)
第一节 阀门的分类、参数及型号.....	(149)
第二节 常用阀门结构特征及其应用.....	(155)
第三节 专用阀门结构特征及其应用.....	(169)
第四节 阀门通用件及驱动装置.....	(185)
第五节 阀门材料.....	(188)
第六节 阀门的选用.....	(198)
第七节 管道上阀门的安装设计.....	(202)
思考题.....	(216)
第五章 工艺装置设备及管道布置设计	(217)
第一节 概述.....	(217)
第二节 装置布置设计的一般要求.....	(217)
第三节 设备的间距要求.....	(220)

第四节	建筑物、构筑物及通道的布置	(223)
第五节	装置平面布置发展趋势	(228)
第六节	管廊及其管道布置设计	(231)
第七节	塔、器、加热炉及其管道布置设计	(238)
第八节	冷换设备及其管道布置设计	(251)
第九节	泵及其管道布置设计	(262)
第十节	压缩机及其管道布置设计	(270)
第十一节	液化烃管道布置设计	(280)
第十二节	工艺设备和管道的吹扫、放空及排液	(281)
第十三节	特殊管道布置设计	(290)
	思考题	(303)
	参考文献	(304)
第六章	公用工程管道布置设计	(305)
第一节	可燃气体排放管道设计	(305)
第二节	蒸汽和凝结水管道设计	(307)
第三节	压缩空气、氮气和氧气管道设计	(310)
第四节	工业用水和消防水喷淋管道设计	(314)
	思考题	(320)
	参考文献	(321)
第七章	工艺管道上一次仪表的安装及其管道设计	(322)
第一节	流量测量仪表的安装	(322)
第二节	压力测量仪表的安装	(326)
第三节	温度测量仪表的安装	(329)
第四节	物位测量仪表的安装	(332)
第五节	过程分析仪表	(335)
第六节	气动调节阀的安装	(338)
	思考题	(345)
	参考文献	(345)
第八章	管道支吊架	(346)
第一节	支吊架在管道中的重要性	(346)
第二节	管道支吊架分类与性能特征	(346)
第三节	管道支吊架荷载计算	(353)
第四节	管道最大允许跨距的计算	(363)
	思考题	(365)
第九章	配管设计图绘制	(366)
第一节	概述	(366)
第二节	图例符号和缩写	(368)
第三节	设备布置图的绘制	(369)
第四节	管道布置图的绘制	(370)
第五节	单管管段图的绘制	(374)

第六节	管道支吊架图的绘制	(381)
第十章	管道应力分析	(382)
第一节	概述	(382)
第二节	荷载及应力	(383)
第三节	管道应力验算	(389)
第四节	法兰和动、静设备容许的管道作用力	(394)
第五节	管子、管件在压力作用下的强度计算	(400)
第六节	管道热膨胀	(411)
第七节	U型金属波纹管补偿器	(412)
第八节	静力分析方法	(420)
第九节	管系的动力分析	(428)
思考题		(450)
第十一章	管道的涂料防腐和表面色	(451)
第一节	管道的涂料防腐	(451)
第二节	管道的表面色和标志	(461)
思考题		(466)
参考文献		(466)
第十二章	管道的隔热与伴热	(467)
第一节	概述	(467)
第二节	常用隔热材料	(470)
第三节	隔热设计的基本原则	(474)
第四节	隔热结构	(475)
第五节	隔热计算	(486)
第六节	工艺管道伴热设计	(498)
思考题		(514)
参考文献		(514)
第十三章	管道工程施工及验收	(515)
第一节	管道加工	(516)
第二节	管道焊接	(519)
第三节	管道安装	(524)
第四节	管道系统试验	(528)
第五节	管道系统吹扫与清洗	(531)
思考题		(532)
参考文献		(532)
附录	压力管道设计常用标准目录	(533)
(一)	设计标准	(533)
(二)	施工标准	(538)
(三)	管道器材标准	(540)

第一章 管道工程基础

工厂各生产单元中的管道犹如人体中的血管，人没有血管不能生存，生产单元设施中没有管道就无法进行生产作业，因而管道工程的确是生产单元设施的重要组成部分。

确保管道安全生产运行的关键是管道设计，而正确的管道设计除应充分了解工艺意图，满足工艺生产要求外，还必须首先掌握管道工程的基础知识。

第一节 管道类(级)别

管道是由管子、管件、阀门、管道上用的小型设备等管道组成件连接成的输送流体或传递压力的通道。所谓压力管道，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、易爆、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。实际生产中各种管道的输送介质和操作参数千差万别，其重要程度和危险性也各有不同。目前工程设计中采用管道分类(级)的办法，对各种管道分门别类地提出不同的设计、制造和施工验收要求，以保证各种管道均能在其设计条件下可靠安全地运行，并能合理归并管道组成件品种，简化管道系统的备品备件，避免管道工程过分繁杂。

一、我国工业管道的分类(级)

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)

1997 年 10 月 5 日中华人民共和国建设部发布通知，批准《工业金属管道工程施工及验收规范》(GB 50235—97)为强制性国家标准，自 1998 年 5 月 1 日起施行，原《工业管道工程施工及验收规范》(金属管道篇)(GBJ 235—82)同时废止。新国标由化学工业部施工标准化管理中心站负责具体解释工作。

国标 GB 50235—97 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》(GB 5044—85)中 I、II 级危害程度的毒物；有毒流体相当于 GB 5044—85 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。国标 GB 50235—97 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。

对管道焊缝射线照相检验，GB 50235 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。

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检验抽检比例不低于 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具体的质量、探伤和管理要求。

GB 50235—97 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—97 没有像以往的 GBJ 235—82 那样将管道划分具体类(级)别, 但在实际工作中, 管道输送的流体、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, 这些条件应由设计提供。

1998 年 5 月 1 日以前, 我国工业管道的施工及验收规范为国标《工业管道施工及验收规范(金属管道篇)》(GBJ 235—82)。该规范以设计压力为主要参数, 将管道分成四级, 见表 1-1-1。这种分级方法主要用于管道组成件检验、管道加工、管道安装、管道系统试验和工程验收等方面, 各种级别的管道分别有不同的要求。

GBJ 235—82 的另一种管道分类方法是按照管道材质和工作温度、工作压力将管道分成五类, 见表 1-1-2。这种分类方法主要用于管道焊接, 由管道类别确定焊缝等级, 不同的焊缝等级各有不同的焊缝表面、焊缝内部质量标准和不同的焊缝探伤数量及其合格指标要求。

表 1-1-1 工业管道分级

级别名称	设计压力/MPa	级别名称	设计压力/MPa
真空管道	< 0	中压管道	$1.6 < p \leq 10.0$
低压管道	$0 < p \leq 1.6$	高压管道	> 10.0

注: 工作压力 $\geq 9\text{MPa}$, 且工作温度 $\geq 500^\circ\text{C}$ 的蒸汽管道可升级为高压管道。

表 1-1-2 工业管道分类

管道材质	工作温度/℃	工作压力/MPa				
		I	II	III	IV	V
碳素钢	≤ 370	> 32.0	> 10.0 ~ 32.0	> 4.0 ~ 10.0	> 1.6 ~ 4.0	≤ 1.6
	> 370	> 10.0	> 4.0 ~ 10.0	> 1.6 ~ 4.0	≤ 1.6	—
合金钢及不锈钢	≤ -70 或 ≥ 450	任意	—	—	—	—
	> -70 ~ 450	> 10.0	> 4.0 ~ 10.0	> 1.6 ~ 4.0	≤ 1.6	—
铝及铝合金	任意	—	—	—	≤ 1.6	—
铜及铜合金	任意	> 10.0	> 4.0 ~ 10.0	> 1.6 ~ 4.0	≤ 1.6	—

注: 1. 剧毒介质的管道按 I 类管道;

2. 有毒介质, 甲、乙类火灾危险物质的管道均应升一类。

(二) 石油化工管道分级(见表 1-1-3)

表 1-1-3 SH 3059—2001《石油化工管道设计器材选用通则》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 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、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: 常用毒性介质、可燃介质见表 1-1-6~1-1-8。

(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)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 1-1-4。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, 可是颁布实施的 GB 50235—97 施工验收规范与设计规范不相统一配套。

表 1-1-4 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》GB 5044 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》GB 5044 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	设计压力不大于 1.0MPa 和设计温度高于 -20℃ 至 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、用户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。

压力管道设计单位认证与管理办法(试行)为贯彻《压力管道安全管理与监察规定》将 GC 类管道进行具体划分见表 1-1-5。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。

上述所有管道分类(级)中的输送介质举例见表 1-1-6~1-1-8。

我国工业管道分类(级)方法虽各不相同, 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 3501的管道分级方法比较系统实用，可操作性较强。

表 1-1-5 工业管道分级

级别	品种	适用范围
GC1	1	输送 GB 5044 中毒性程度为极度危害的介质管道 ^①
	2	输送 GB 50160 中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 $p \geq 4.0\text{MPa}$ 的管道 ^②
	3	输送设计压力 $p \geq 4.0\text{MPa}$ 且设计温度 $\geq 400^\circ\text{C}$ 的可燃流体、有毒流体管道
	4	输送设计压力 $p \geq 10.0\text{MPa}$ 的流体管道
GC2	1	输送 GB 50160 中，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 $p < 4.0\text{MPa}$ 的管道 ^②
	2	输送设计压力 $p < 4.0\text{MPa}$ 而设计温度 $\geq 400^\circ\text{C}$ 的可燃流体、有毒流体管道
	3	输送设计压力 $p < 10\text{MPa}$ 而设计温度 $\geq 400^\circ\text{C}$ 的无毒、不可燃介质管道
	4	输送设计压力 $p < 10\text{MPa}$ 且设计温度 $< 400^\circ\text{C}$ 流体介质的管道

① GB 5044《职业性接触毒物危害程度分级》。

② GB 50160《石油化工企业设计防火规范》。

表 1-1-6 常用有毒介质举例

级别 ^②	毒物名称
极度危害 (I级)	汞及其化合物、苯、砷及其无机化合物 ^① 、氯乙烯、铬酸盐、重铬酸盐、黄磷、铍及其化合物、对硫磷、羰基镍、八氟异丁烯、氯甲醚、锰及其无机化合物、氰化物
高度危害 (II级)	三硝基甲苯、铅及其化合物、二硫化碳、氯、丙烯腈、四氯化碳、硫化氢、甲醛、苯胺、氯化氢、五氯酚及其钠盐、镉及其化合物、敌百虫、氯丙烯、钒及其化合物、溴甲烷、硫酸二甲酯、金属镍、甲苯二异氰酸酯、环氧氯丙烷、砷化氢、敌敌畏、光气、氯丁二烯、一氧化碳、硝基苯
中度危害 (III级)	苯乙烯、甲醇、硝酸、硫酸、盐酸、甲苯、二甲苯、三氯乙烯、二甲基甲酰胺、六氯丙烯、苯酚、氮氧化物
轻度危害 (IV级)	溶剂汽油、丙酮、氢氧化钠、四氟乙烯、氨

① 非致癌的无机砷化合物除外。

② 接触多种毒物时，以产生危害程度最大的毒物的级别为准。

表 1-1-7 可燃气体火灾危险性分类举例

类别	可燃气体名称
甲	乙炔、环氧乙烷、氢气、合成气、硫化氢、乙烯、氯化氢、丙烯、丁烯、丁二烯、顺丁烯、反丁烯、甲烷、乙烷、丙烷、丁烷、丙二烯、环丙烷、甲胺、环丁烷、甲醛、甲醚、氯甲烷、氯乙烷、异丁烷
乙	一氧化碳、氨、溴甲烷

表 1-1-8 液化烃、可燃液体火灾危险性分类举例

类别	名称
甲	A 液化甲烷、液化天然气、液化氯、甲烷、液化顺式-2-丁烯、液化乙烯、液化乙烷、液化反式-2-丁烯、液化环丙烷、液化丙烯、液化丙烷、液化环丁烷、液化新戊烷、液化丁烯、液化丁烷、液化氯乙烷、液化环氧乙烷、液化丁二烯、液化异丁烷、液化石油气、二甲胺、三甲烷、三甲基亚硫

类别	名称	
甲	B	异戊二烯、异戊烷、汽油、戊烷、二硫化碳、异己烷、己烷、石油醚、异庚烷、环己烷、辛烷、异辛烷、苯、庚烷、石脑油、原油、甲苯、乙苯、邻二甲苯、间二甲苯、对二甲苯、异丁醇、乙醚、乙醛、环氧丙烷、甲酚甲酯、乙胺、二乙胺、丙酮、丁醛、三乙胺、醋酸乙烯、甲乙酮、丙烯腈、醋酸乙酯、醋酸异丙酯、二氯乙烯、甲醇、异丙醇、乙醇、醋酸丙酯、丙醇、醋酸异丁酯、甲酸丁酯、吡啶、二氯乙烷、醋酸丁酯、醋酸异戊酯、甲酸戊酯、丙烯酸甲酯、甲基叔丁基醚、液态有机过氧化物
	A	丙苯、环氧氯丙烷、苯乙烯、喷气燃料、煤油、丁醇、氯苯、乙二胺、戊醇、环己酮、水醋酸、异戊醇、异丙苯
乙	B	-35号轻柴油、轻柴油、环戊烷、硅酸乙酯、氯乙醇、氯丙醇、二甲基甲酰胺、二乙基苯
	A	重柴油、苯胺、锭子油、酚、甲酚、糠醛、20号重油、苯甲醛、环己醇、甲基丙烯酸、甲酸、乙二醇丁醚、甲醛、糠醇、辛醇、单乙醇胺、丙二醇、乙二醇、二甲基乙酰胺、液硫
丙	B	蜡油、100号重油、渣油、变压器油、润滑油、二乙二醇醚、三乙二醇醚、邻苯二甲酸二丁酯、甘油、联苯-联苯醚混合物、二氯甲烷、二乙醇胺、二乙二醇、三乙二醇、液体沥青
	A	

二、美国国家压力管道标准的管道分级

《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:主要为发电站、工业设备和公共机构的电厂、地热系统以及集中和分区的供热和供冷系统中的管道。

B31.3 工艺管道:主要为炼油、化工、制药、纺织、造纸、半导体和制冷工厂,以及相关的工艺流程装置和终端设备中的管道。

B31.4 液态烃和其他液体的输送管道系统:工厂与终端设备间以及终端设备、泵站、调节站和计量站内输送主要为液体产品的管道。

B31.5 冷冻管道:冷冻和二次冷却器的管道。

B31.8 气体输送和配汽管道系统:生产厂与终端设备(包括压气机、调节站和计量器)间输送主要为气体产品的管道以及集汽管道。

B31.9 房屋建筑用户管道:主要为工业设备、公共机构、商业和市政建筑以及多单元住宅内的管道,但不包括 B31.1 所覆盖的尺寸、压力和温度范围。

B31.11 稀浆输送管道系统:工厂与终端设备间以及终端设备、泵站和调节站内输送含水稀浆的管道。

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 $-19 \sim 186^{\circ}\text{C}$ 之间的不易燃、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 类以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 规定的流体工况分类导则见图 1-1-1。本图摘自 ASME B31.3—2004“附录 M 流体工况分类导则”图 M-300。

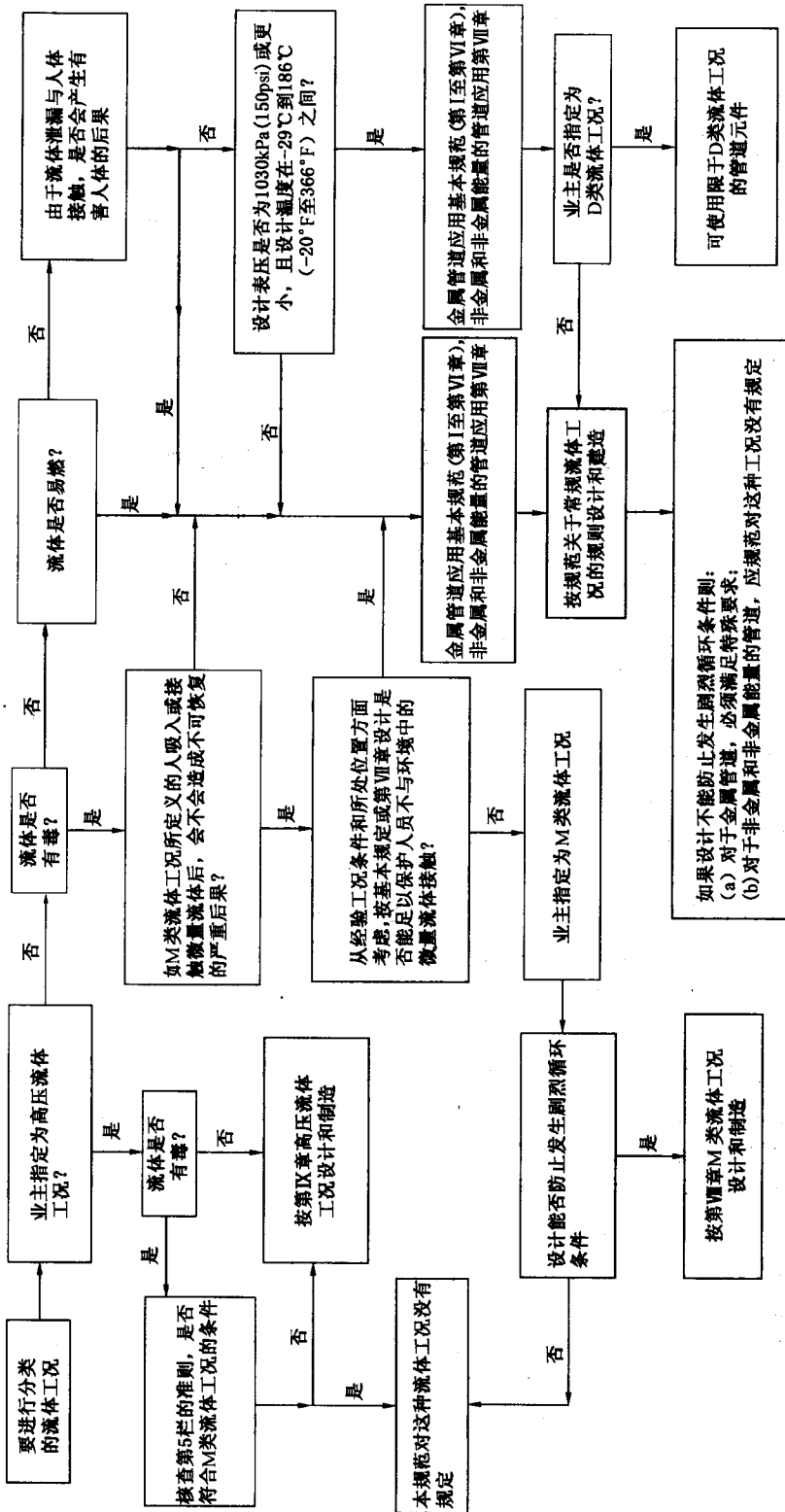


图 1-1-1 流体工况分类导则

第二节 管道的设计压力和设计温度

管道的设计压力和设计温度同管道输送介质一样是管道工程设计的重要参数。

一、设计压力

如何确定管道的设计压力，管道设计规范均有各自的规定。

国标《工业金属管道设计规范》规定设计压力按下列要求确定。

一条管道的设计压力(表压)，不应小于运行中遇到的可能内压或外压与温度相偶合时最严重条件下的压力。最严重条件就是强度计算中管道组成件需要最大厚度及最高公称压力时的参数。下列特殊管道的设计压力除按上述定义确定外，尚需按以下条件核算，取大值。

(1)输送制冷剂、液化烃类等气化温度低的流体管道，设计压力不应小于阀被关闭或流体不流动时在最高环境温度下气化所能达到的最高压力；

(2)离心泵出口管道的设计压力不应小于吸入压力与扬程相应压力之和；

(3)没有压力泄放装置保护或与压力泄放装置隔离的管道，设计压力不应低于流体可达到的最大压力。

此外，真空管道按受外压设计，无安全控制装置时，设计压力取 0.1MPa，当装有安全控制装置时，设计压力取 1.25 倍最大内外压力差或 0.1MPa 中的低值，装有泄压装置的管道的设计压力不应小于泄压装置开启的压力。

中国石化总公司《石油化工管道设计器材选用通则》(SH 3059—2001)规定管道组成件的设计压力，不应低于正常操作过程中，由内压(或外压)与温度构成的最苛刻条件下的压力。最苛刻条件是指导致管道组成件最大壁厚或最高压力等级的条件。与设备或容器连接的管道，其设计压力不应低于所连接设备或容器的设计压力，并应符合以下要求：管道系统未设安全泄压装置时，设计压力不应低于压力源可能引起的最高压力与静液柱压力之和，管道系统有安全泄压装置时，设计压力不应低于安全泄压装置的设定压力与静液柱压力之和。无安全泄压装置的离心泵排出管道的设计压力取以下两项中的较大值，取离心泵的正常吸入压力加泵进出口额定压差的 1.2 倍或离心泵最大吸入压力加泵进出口的额定压差。真空系统管道的设计压力为 0.1MPa 外压。

ASME B31.3 定义的设计压力为：一条管道的设计压力不应低于在操作中可能遇到的由最大内压或外压、以及最低或最高温度组合形成的最严酷情况下的压力，最严酷的使用条件是导致组成件需要最大厚度和最高参数时的情况。

总之设计压力是导致管道组成件最大厚度和最高压力等级的压力，根据各根管道的具体条件确定。

二、设计温度

管道的设计温度不应低于正常操作过程中，由压力和温度构成的最苛刻条件下的材料温度。设计温度取法各管道规范并不完全一致。

ASME B31.3 将管道分成三种情况分别确定其设计温度，对于不保温管道，流体温度低于 65℃(150°F)时，金属温度与流体温度相同，65℃(150°F)及其以上温度，除非通过试验或传热计算有较低的平均壁厚外，组成件金属温度不应低于以下数值：阀门、管子、翻边短

节、焊接管件和其他壁厚与管子相近组成件的金属温度为流体温度的 95%；带法兰管件和法兰温度为流体温度的 90%（翻边连接法兰为 85%）；螺栓连接件的温度为流体温度的 80%。对于外部保温管道，除经计算或试验或实测所得可以使用其他温度外，均以流体温度为使用温度，当采用外伴热或夹套时应考虑这种加热影响，对于内部保温管道，金属温度根据伴热计算或试验确定。

SH 3059—2001 设计温度的确定与 ASME B31.3 比较一致，但更为具体，SH 3059 规定 SHA 级不保温管道的设计温度一律同介质温度，如取其他温度时，必须经计算或试验确定。对于外伴热或夹套管道，当工艺介质温度高于伴热介质温度时设计温度同工艺介质温度。反之，当工艺介质温度低于伴热介质温度时，对外伴热管道，设计温度为伴热介质温度减 10℃或工艺介质温度两者中的较高值；对夹套管，设计温度等同伴热介质温度，此外安全泄压管道的设计温度为排放时可能出现的最高或最低温度。

国标《工业金属管道设计规范》GB 50316—2000 设计温度的确定与 ASME B31.3 和 SH 3059—2001 有以下不同点。一是对于 0℃以下的管道，设计温度取管道材料可能达到的最低温度，包括流体及环境温度影响可达到的最低温度；二是对于外伴热或夹套管道，应以外加热和管内流体温度中的较高温度为设计温度；三是国标规定对于非金属材料衬里的保温管道，其设计温度取流体的最高工作温度，不保温时，外层金属温度通过传热计算或试验决定。而 SH 3059 规定带衬里或内隔热层管道的设计温度均经计算或实测确定。

设计温度与设计压力一样是管道工程设计的重要参数，是管道选材的依据之一，正确确定设计温度，才能保证管道安全运行，又不致造成浪费。

第三节 公称压力和压力 - 温度等级

一、公称压力

公称压力为管子、管件、阀门等在规定温度下允许承受的以压力等级表示的工作压力。公称压力的符号为 PN ，其单位公制为 MPa 或 bar，英制为 psi。公称压力一般表示管道法兰或法兰连接的其他管道组成件在某一基准温度下的最大许用工作压力，由于公称压力中的某一基准温度在公制中为一个较低的温度或常温，因而在较高温度时的许用工作压力小于该公称压力值，而在英制中这一基准温度为一较高温度，低于此基准温度时的许用工作压力可大于其公称压力值。为此公制与英制的对应关系不能用简单的单位换算来彼此替换。例如英制 CLASS300lb/in² 对应的公制公称压力为 $PN5.0\text{MPa}$ ，而不是 $300 \times 6.8948 \times 10^{-3} = 2.07\text{MPa}$ 。

管道操作条件繁多，管道上的法兰如以使用条件逐个计算，不仅工作量大，而且法兰的连接及其互换性均成问题，因此各国都归并成若干个公称压力等级，使法兰标准化、系列化，简化了品种又增加了互换性。

表 1-3-1 介绍有关国家的公称压力分级数据，我国除国标规定的公称压力分级外，尚有不少行业标准，而且都在同时使用，国内公称压力的分级见表 1-3-2。此外由于国内许多标准处于新老交替阶段，新标准已开始实施，老标准仍在使用，结合我国工业发展历史状况和国际标准当前发展趋势，编制了国标《管道元件 PN （公称压力）的定义和范围》（GB/T 1048—2005）见表 1-3-3。

表 1-3-1 各国公称压力分级

国名	标准号	单位	公称压力	
中国	GB/T 9112—2000	MPa	0.25、0.60、1.0、1.6、2.0、2.5、4.0、5.0、10.0、15.0、25.0、42.0	
美国	ASME B16.5 - 2003	psi	150、300、400、600、900、1500、2500	
		MPa	2.0、5.0、6.8、10.0、15.0、25.0、42.0	
英国	BS 10 - 1962	psi	30、50、100、150、250、450、600、900	
德国	DIN 2401	Bar	1、1.6、(2) ^① 、2.5、(3.2)、4、(5)、6、(8)、10、(12.5)、16、(20)、25、(32)、40、(50)、63 ^② 、(80)、100、(125)、160、(200)、250、(315)、400、(500)、630、(700)、(800)、1000、(1250)、1600、(2000)、2500、4000、6300	
日本	JIS B2238	kgf/cm ²	2、5、10、16、20、30、40、63	
ISO	ISO 7268	kgf/cm ²	系列 1	10、16、20、50、100、150、250、420
			系列 2	2.5、6、25、40

① 应优先选用表中不带刮弧的压力等级；

② 以前也用过 64 这个数，63 与 64 可以互换。

表 1-3-2 国内公称压力分级对照表

标准号 ^①	公称压力/MPa											
GB/T 9112—2000	0.25	0.60	1.0	1.6	2.0	2.5	4.0	5.0	10.0	15.0	25.0	42.0
SH/T 3406—1996	1.0			2.0	5.0	6.8	10.0	15.0	25.0	42.0		
JB/T 75—94	0.25	0.60	1.0	1.6	2.5	4.0	6.3	10.0	16.0	20.0		
HG-97	20592	0.25	0.60	1.0	1.6	2.5	4.0	6.3	10.0	16.0	25.0	
	20615	2.0				5.0	11.0	15.0	26.0	42.0		

① GB/T 9112—2000 钢制管法兰(国标)

SH/T 3406—1996 钢制管法兰(中国石化总公司标准)

JB/T 75 - 94 管路法兰类型(机械工业部标准)

HG 20592 - 97 钢制管法兰(化学工业部标准欧洲系列)

HG 20615 - 97 钢制管法兰(化学工业部标准美洲系列)

注：GB、SH 标准中的 10.0 和 HG 标准中的 11.0 相当于 ASME CLASS 600 法兰，这三个标准中的 15.0 相当于 ASME CLASS 900，GB、SH 标准中的 25.0 和 HG 标准中的 26.0 相当于 ASME CLASS 1500 法兰。

表 1-3-3 GB/T 1048—2005 管道元件公称压力

[MPa(Bar)]

0.05(0.5)	2.0(20.0)	20.0(200.0)	100.0(1000.0)
0.10(1.0)	2.5(25.0)	25.0(250.0)	125.0(1250.0)
0.25(2.5)	4.0(40.0)	28.0(280.0)	160.0(1600.0)
0.40(4.0)	5.0(50.0)	32.0(320.0)	200.0(2000.0)
0.60(6.0)	6.3(63.0)	42.0(420.0)	250.0(2500.0)
0.80(8.0)	10.0(100.0)	50.0(500.0)	335.0(3350.0)
1.0(10.0)	15.0(150.0)	63.0(630.0)	
1.6(16.0)	16.0(160.0)	80.0(800.0)	

二、压力 - 温度等级

管道组成件允许的工作压力与工作温度有关，对同一材料而言，工作压力一般均随温度

的升高而降低。各种管道组成件的压力-温度等级的确定有以下两种情况。

1. 以公称压力分级的管道组成件

这类管道组成件的压力-温度关系大多可在相应的法兰标准中直接查得。对于只标明公称压力的组成件，除非另有规定，在设计温度下的许用压力可按下列公式计算。

$$p = PN \cdot \frac{[\sigma]^t}{[\sigma]^B} \quad (1-3-1)$$

式中 p ——设计温度下的许用压力，MPa；

PN ——公称压力，MPa；

$[\sigma]^t$ ——设计温度下材料的许用应力，MPa；

$[\sigma]^B$ ——确定 PN 时用的基准温度下的材料许用应力，MPa。

各种公称压力下的压力温度等级详见各法兰标准的规定。

2. 没有以公称压力分级的组成件

此类组成件如管子、管件，其压力-温度参数值可用设计温度下材料的许用应力及组成件的有效厚度(名义厚度减去所有厚度附加量)计算确定。

第四节 公称直径、外径和壁厚系列

一、公称直径

为简化管道组成件的连接尺寸，便于生产和选用，工程上对管道直径进行了标准化分级，以“公称直径”表示，公称直径的符号为 DN ，公制单位为 mm ，英制单位为 in 。公称直径为表征管子、管件、阀门等口径的名义内直径，其实际数值与内径并不完全相同，我国以前用的钢管公称直径数值一般与钢管实际内径比较接近，而 ASME 钢管的公称直径数值， $DN \leq 12"$ 时与内径比较接近，当 $DN \geq 14"$ 时公称直径的数值为钢管外径或与外径相接近，因此同样公称直径的管道组成件并不意味着能完全匹配连接。

目前国内外公称直径分级基本相同，见表 1-4-1。我国采用公制、美国用英制。

表 1-4-1 公称直径分级

公制 mm	英制 in	公制 mm	英制 in	公制 mm	英制 in	公制 mm	英制 in
6	1/8	40	1 1/2	150	6	400	16
8	1/4	50	2	175	7	450	18
10	3/8	65	2 1/2	200	8	500	20
15	1/2	80	3	225	9	550	22
20	3/4	90	3 1/2	250	10	600	24
25	1	100	4	300	12	650	26
32	1 1/4	125	5	350	14	700	28