

# 石油化工工艺管道

# 设计与安装

(第三版)

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 三 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。书中全面介绍石化工艺管道设计理论、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。

本书于2007年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》的基础上进行了补充和修订。这次第三版修订重点是力求反映近5年来相关的国家标准和行业标准的最新制定和修订情况。

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. —3版.  
—北京:中国石化出版社,2013.6  
ISBN 978-7-5114-1972-9

I. ①石… II. ①张…②赵… III. ①石油管道-管线设计②石油管道-管道安装  
IV. ①TE973

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第105800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 43.5印张 2插页 1099千字

2013年8月第3版 2013年8月第1次印刷

定价:120.00元

## 本书编写人员

第一章	徐心兰	张德姜
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	牛中军	张德姜
第十一章	唐永进	顾比仑
第十二章	张德姜	
第十三章	吴青芝	
第十四章	赵 勇	张德姜

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

<b>第一章 管道工程基础</b> .....	( 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 .....	( 9 )
第三节 公称压力和压力-温度等级 .....	( 12 )
第四节 公称直径、外径和壁厚系列 .....	( 14 )
第五节 管材许用应力与化学成分 .....	( 19 )
思考题 .....	( 36 )
<b>第二章 管径和管道压力降计算</b> .....	( 37 )
第一节 一般要求 .....	( 37 )
第二节 单相流体 .....	( 39 )
第三节 气液两相流动 .....	( 53 )
附表一 常用钢管计算用数据 .....	( 67 )
附表二 水管道的流量和阻力降 .....	( 68 )
附表三 油品管道的流量和阻力降 .....	( 69 )
附表四 饱和水蒸气管道的质量流量和阻力降 .....	( 72 )
附表五 空气管道的流量和阻力降 .....	( 73 )
<b>第三章 管道器材及其选择</b> .....	( 74 )
第一节 管子 .....	( 74 )
第二节 管件 .....	( 94 )
第三节 法兰及其紧固件 .....	( 100 )
第四节 金属材料选择 .....	( 128 )
思考题 .....	( 171 )
<b>第四章 阀门的选用与安装设计</b> .....	( 173 )
第一节 阀门的分类、参数及型号 .....	( 173 )
第二节 常用阀门结构特征及其应用 .....	( 174 )
第三节 专用阀门结构特征及其应用 .....	( 188 )
第四节 阀门通用件及驱动装置 .....	( 208 )
第五节 阀门材料 .....	( 211 )
第六节 阀门的选用 .....	( 221 )
第七节 管道上阀门的安装设计 .....	( 225 )
附录 阀门型号编制方法(JB/T 308—2004) .....	( 240 )
思考题 .....	( 245 )
<b>第五章 工艺装置设备及管道布置设计</b> .....	( 247 )

第一节	概述 .....	(247)
第二节	装置的设备布置与全厂的关系 .....	(247)
第三节	设备平面布置的原则 .....	(251)
第四节	建筑物、构筑物及通道的布置 .....	(260)
第五节	装置平面布置发展趋势 .....	(266)
第六节	管廊及其管道布置设计 .....	(272)
第七节	塔、器、加热炉及其管道布置设计 .....	(280)
第八节	冷换设备及其管道布置设计 .....	(292)
第九节	泵及其管道布置设计 .....	(300)
第十节	压缩机及其管道布置设计 .....	(309)
第十一节	装置储罐组及其管道布置设计 .....	(319)
第十二节	特殊管道布置设计 .....	(322)
第十三节	工艺设备和管道的吹扫、放空及排液 .....	(357)
	思考题 .....	(367)
	参考文献 .....	(368)
<b>第六章</b>	<b>公用工程管道布置设计 .....</b>	<b>(369)</b>
第一节	可燃气体排放管道设计 .....	(369)
第二节	蒸汽和凝结水管道设计 .....	(372)
第三节	压缩空气和氮气管道设计 .....	(376)
第四节	工业用水和消防水喷淋管道设计 .....	(377)
	思考题 .....	(385)
	参考文献 .....	(385)
<b>第七章</b>	<b>工艺管道上一次仪表的安装及其管道设计 .....</b>	<b>(386)</b>
第一节	流量测量仪表的安装 .....	(386)
第二节	压力测量仪表的安装 .....	(395)
第三节	温度测量仪表的安装 .....	(399)
第四节	物位测量仪表的安装 .....	(404)
第五节	过程分析仪表的安装 .....	(408)
第六节	气动调节阀的安装 .....	(413)
	思考题 .....	(420)
	参考文献 .....	(420)
<b>第八章</b>	<b>管道支吊架 .....</b>	<b>(421)</b>
第一节	支吊架在管道中的重要性 .....	(421)
第二节	管道支吊架分类与性能特征 .....	(421)
第三节	管道支吊架荷载计算 .....	(428)
第四节	管道最大允许跨距的计算 .....	(438)
	思考题 .....	(441)
<b>第九章</b>	<b>配管设计图绘制 .....</b>	<b>(442)</b>
第一节	概述 .....	(442)
第二节	图例符号和缩写 .....	(444)

第三节	设备布置图的绘制 .....	(445)
第四节	管道布置图的绘制 .....	(446)
第五节	单管管段图的绘制 .....	(450)
第六节	管道支吊架图的绘制 .....	(457)
<b>第十章</b>	<b>配管设计的 CAD .....</b>	<b>(458)</b>
第一节	概述 .....	(458)
第二节	工厂设计系统 .....	(458)
第三节	自动设计制图系统 .....	(465)
第四节	配管自动设计效果 .....	(469)
第五节	CAD 二次开发 .....	(470)
第六节	三维工厂设计软件的应用 .....	(471)
参考文献	.....	(472)
<b>第十一章</b>	<b>管道应力分析 .....</b>	<b>(473)</b>
第一节	概述 .....	(473)
第二节	荷载及应力 .....	(474)
第三节	管道应力验算 .....	(480)
第四节	法兰和动、静设备容许的管道作用力 .....	(485)
第五节	管子、管件在压力作用下的强度计算 .....	(492)
第六节	管道热膨胀 .....	(507)
第七节	U 型金属波纹管补偿器 .....	(511)
第八节	静力分析方法 .....	(520)
第九节	管系的动力分析 .....	(529)
思考题	.....	(551)
<b>第十二章</b>	<b>设备与管道的涂料防腐和表面色 .....</b>	<b>(552)</b>
第一节	设备与管道的涂料防腐 .....	(552)
第二节	设备管道钢结构表面色和标志 .....	(571)
思考题	.....	(576)
参考文献	.....	(576)
<b>第十三章</b>	<b>管道的绝热与伴热 .....</b>	<b>(577)</b>
第一节	概述 .....	(577)
第二节	常用绝热材料 .....	(580)
第三节	绝热设计的基本原则 .....	(589)
第四节	绝热结构设计 .....	(590)
第五节	绝热计算 .....	(605)
第六节	工艺管道伴热设计 .....	(618)
思考题	.....	(641)
参考文献	.....	(641)
<b>第十四章</b>	<b>管道工程施工及验收 .....</b>	<b>(642)</b>
第一节	管道加工 .....	(643)
第二节	管道焊接 .....	(651)

第三节	管道安装	(657)
第四节	焊接质量检查	(661)
第五节	管道系统试验	(664)
第六节	施工过程技术文件和交工技术文件	(668)
	思考题	(669)
	参考文献	(669)
<b>附录</b>	<b>压力管道设计常用标准目录</b>	<b>(670)</b>
	(一) 设计施工标准	(670)
	(二) 管道器材标准	(675)
	(三) 国外标准	(681)



# 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）

2010 年 8 月 18 日中华人民共和国住房和城乡建设部和国家质量监督检验检疫总局联合发布通知，批准《工业金属管道工程施工规范》GB 50235—2010 为强制性国家标准，自 2011 年 6 月 1 日起施行，原《工业金属管道工程施工及验收规范》GB 50235—1997 同时废止。新国标由全国化工施工标准化管理中心负责具体技术内容的解释工作。

国标 GB 50235—2010 将管道具体分级和分类如下：

- （1）工业金属压力管道应按国家现行标准《压力管道安全技术 监察规程——工业管道》TSG D0001 的有关规定划分为 GC1、GC2 和 GC3；
- （2）除压力管道以外的其他管道，应按 C 类流体管道和 D 类流体管道分类；
- （3）当输送毒性危害程度或火灾危险性不同的混合介质时，应按其危害程度及其含量，并应由设计文件确定管道级别。

对管道焊缝射线照相检验，GB 50235 作了如下详细的规定：

（1）除设计文件另有规定外，现场焊接的管道和管道组成件的承插焊焊缝、支管连接焊缝（对接式支管连接焊缝除外）和补强圈焊缝、密封焊缝、支吊架与管道直接焊接的焊缝，以及管道上的其他角焊缝应按现行国家标准《工业金属管道工程施工质量验收规范》GB 50184 的有关规定，对其表面进行磁粉检测或渗透检测。

（2）磁粉检测和渗透检测应按国家现行标准《承压设备无损检测 第 4 部分：磁粉检

测》JB/T 4730.5—2005 和《承压设备无损检测 第5部分：渗透检测》JB/T 4730.5—2005 的有关规定进行。

(3) 磁粉检测或渗透检测报告的格式宜符合 GB 50235—2010 附录 A 表 A.0.11 或表 A.0.12 的规定。

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 and 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/ $^\circ\text{C}$	工作压力/MPa				
		I	II	III	IV	V
碳素钢	$\leq 370$	>32.0	>10.0 ~ 32.0	>4.0 ~ 10.0	>1.6 ~ 4.0	$\leq 1.6$
	>370	>10.0	>4.0 ~ 10.0	>1.6 ~ 4.0	$\leq 1.6$	—
合金钢及不锈钢	$\leq -70$ 或 $\geq 450$	任意	—	—	—	—
	> -70 ~ 450	>10.0	>4.0 ~ 10.0	>1.6 ~ 4.0	$\leq 1.6$	—
铝及铝合金	任意	—	—	—	$\leq 1.6$	—
铜及铜合金	任意	>10.0	>4.0 ~ 10.0	>1.6 ~ 4.0	$\leq 1.6$	—

注：①剧毒介质的管道按 I 类管道。

②有毒介质，甲、乙类火灾危险介质的管道均应升一类。

1997 年 10 月 5 日开始《工业金属管道工程施工及验收规范》GB 50235—97 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 $^\circ\text{C}$  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 $^\circ\text{C}$  的非可燃流体，无毒流体的管道；
- (4) 设计温度小于 -29 $^\circ\text{C}$  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 $^\circ\text{C}$  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、探伤和管道要求。

GB 50235—97 规定输送剧毒流体、有毒流体、可燃气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。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。

而这次 GB 50235—2010 对输送各种流体的管道规定了不同的施工要求。

## （二）石油化工管道分级

石油化工管道级别，应根据管道输送介质的危险程度和设计条件划分。输送介质中常用的毒性介质、可燃介质的分类参见表 1-1-3 ~ 表 1-1-5。管道分级应符合表 1-1-6 的规定。

表 1-1-3 常用毒性介质

级 别	名 称
极度危害	汞及其化合物、砷及其无机化合物、氯乙烯、铬酸盐、重铬酸盐、黄磷、铍及其化合物、对硫磷、烷基镍、八氟异丁烯、锰及其无机化合物、氰化物、苯、氯甲醚
高度危害	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、氟化氢、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	二甲苯、三氯乙烯、二甲基甲酰胺、六氟丙烯、苯酚、氮氧化物、苯乙烯、甲醇、硝酸、硫酸、盐酸、甲苯
轻度危害	溶剂汽油、丙酮、氢氧化钠、四氟乙烯、氨

表 1-1-4 常用可燃气体的火灾危险性分类

类 别	名 称
甲	乙炔、环氧乙烷、氢气、合成气、硫化氢、乙烯、氰化氢、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（二甲醚）、氯甲烷、氯乙烯、异丁烷、异丁烯
乙	一氧化碳、氨、溴甲烷

表 1-1-5 常用液化烃和可燃液体的火灾危险性分类

类 别	名 称
甲	A 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、液化氯乙烯、液化环氧乙烷、液化丁二烯、液化异丁烷、液化异丁烯、液化石油气、二甲胺、三甲胺、二甲基亚硫、液化甲醚（二甲醚）
	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、甲酸甲酯、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

类别	名称
乙	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、冰醋酸、异戊醇、异丙苯、液氨
	B 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
丙	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
	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、三乙醇胺、二乙二醇、三乙二醇、液体沥青、液硫

注：闪点小于60℃且大于或等于55℃的轻柴油，如果储罐操作温度小于或等于40℃时，其火灾危险性可视为丙<sub>A</sub>类。

表 1-1-6 SH/T 3059—2012 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 级别
			设计压力 $p$ / MPa	设计温度 $t$ / ℃	
1	SHA1	(1) 极度危害介质（苯除外）、高度危害丙烯腈、光气介质	—	—	GC1 (1)
		(2) 苯介质、高度危害介质（丙烯腈、光气除外）、中度危害介质、轻度危害介质	$p \geq 10$	—	GC1 (1)、(3)
			$4 \leq p < 10$	$t \geq 400$	
2	SHA2	(3) 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 (1)
			$p < 4$	$t \geq -29$	
3	SHA3	(4) 中度危害介质、轻度危害介质	$4 \leq p < 10$	$-29 \leq t < 400$	GC2
		(5) 中度危害介质	$p < 4$	$t \geq -29$	
		(6) 轻度危害介质	$p < 4$	$t \geq 400$	
4	SHA4	(7) 轻度危害介质	$p < 4$	$-29 \leq t < 400$	
5	SHB1	(8) 甲类、乙类可燃气体介质和甲类、乙类、丙类可燃液体介质	$p \geq 10$	—	GC1 (2)、(3)
			$4 \leq p < 10$	$t \geq 400$	
			—	$t < -29$	
6	SHB2	(9) 甲类、乙类可燃气体介质和甲 <sub>A</sub> 类、甲 <sub>B</sub> 类可燃液体介质	$4 \leq p < 10$	$-29 \leq t < 400$	GC2
		(10) 甲 <sub>A</sub> 类可燃液体介质	$p < 4$	$t \geq -29$	
7	SHB3	(11) 甲类、乙类可燃气体介质，甲 <sub>B</sub> 类、乙类可燃液体介质	$p < 4$	$t \geq -29$	GC2
		(12) 乙类、丙类可燃液体介质	$4 \leq p < 10$	$-29 \leq t < 400$	
		(13) 丙类可燃液体介质	$p < 4$	$t \geq 400$	
8	SHB4	(14) 丙类可燃液体介质	$p < 4$	$-29 \leq t < 400$	
9	SHC1	(15) 无毒、非可燃介质	$p \geq 10$	—	GC1 (3)
			—	$t < -29$	GC2

续表

序号	管道级别	输送介质	设计条件		TSG D0001 级别
			设计压力 $p$ / MPa	设计温度 $t$ / ℃	
10	SHC2	(16) 无毒、非可燃介质	$4 \leq p < 10$	$t \geq 400$	GC1 (3)
11	SHC3	(17) 无毒、非可燃介质	$4 \leq p < 10$	$-29 \leq t < 400$	GC2
			$1 < p < 4$	$t \geq 400$	
12	SHC4	(18) 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	(19) 无毒、非可燃介质	$p \leq 1$	$-20 < t < 185$	GC3

石油化工管道分级除应符合表 1-1-6 的规定外，尚应符合下列规定：

- 输送氧气介质管道级别应根据设计条件按表 1-1-6 中乙类可燃气体确定；
- 输送毒性或可燃性不同的混合介质管道级别应按其危害程度及含量确定；
- 输送同时具有毒性和可燃性介质管道级别应按表 1-1-6 中高级别管道确定。

表 1-1-6 中所列管道的检查等级，除应符合相应管道级别的要求外，尚应符合下列规定：

a) 钛及钛合金、锆及锆合金、镍及镍基合金、高铬镍钼奥氏体不锈钢管道以及设计明确规定为剧烈循环工况管道的检查等级不得低于国家现行标准《石油化工金属管道工程施工质量验收规范》GB 50517—2010 表 9.3.1 中 1 级；

b) 铬钼合金钢、双相不锈钢、管道的检查等级不得低于 GB 50517—2010 表 9.3.1 中 2 级；

c) 奥氏体不锈钢、设计要求冲击试验的碳钢管道的检查等级不得低于 GB 50517—2010 表 9.3.1 中 3 级。

### (三) 化工管道的分级

原化工部对压力管道管理长期以来一直有具体规定，并于 1995 年重新修订颁布《化工企业压力管道管理规定》，规定中的管道分级见表 1-1-7。规定中对工作压力、工作温度和介质特性也有充分考虑，危害愈大，管理愈严。

表 1-1-7 化工管道分级

管道材质	工作温度/ ℃	工作压力/MPa			
		A	B	C	D
碳素钢	$\leq 370$	$\geq 10.0$	4.0 ~ 10.0	1.6 ~ 4.0	$\leq 1.6$
合金钢及不锈钢	$\leq 450$	$\geq 4.0$	1.6 ~ 4.0	$\leq 1.6$	—
有色金属	设计温度范围	$\geq 4.0$	1.6 ~ 4.0	$\leq 1.6$	—

对输送《职业性接触毒物危害程度分级》GBZ 230 中定为极度或高度危害毒性介质的管道，输送易燃可燃介质，工作温度大于 450℃ 的合金钢及不锈钢管道、工作温度大于 370℃ 的碳素钢管道，不管工作压力大小均列为 A 级管道。

对输送甲类火灾危险气体（爆炸下限小于10%）介质的管道比表列规定等级提升二级。  
对输送 GB 5044 中定为中度危害毒性介质、乙类火灾危险气体（爆炸下限大于或等于10%）、闪点小于28℃的易燃液体介质的管道和设计腐蚀速率大于0.25mm/a的管道级别要提升一级。

同一介质按其特性（如闪点与爆炸下限）分列不同管道级别时，应以较高级为准。

混合介质，以其中危害程度最大的介质为分级依据。

#### （四）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1-1-8。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，与GB 50235—2010 施工验收规范及SH/T 3059—2012 设计规范不相统一配套。

表 1-1-8 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

#### （五）特种设备安全技术规范《压力容器压力管道设计许可规则》的管道分级

为了规范压力管道管理，中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局于2008年1月8日颁布《压力容器压力管道设计许可规则》TSG R1001—2008，将压力管道也进行了分级。

压力管道按其类别不同，将其分为 GA 类（长输管道）、GB 类（公用管道）、GC 类（工业管道）、GD 类（动力管道）4 个类别：

（1）GA 类（长输管道）指产地、储存库、使用单位间用于输送商品介质的压力管道；

（2）GB 类（公用管道）指城市或乡镇范围内的用于公用事业或民用的燃气管道和热力管道；

（3）GC 类（工业管道）指企业、事业单位所属的用于输送工艺介质的工艺管道、公用工程管道及其他辅助管道。包括延伸出工厂边界线，但归属企业、事业单位所管辖的管道；

（4）GD 类（动力管道）指火力发电站用于输送蒸汽、汽水两相介质的管道。

根据 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 和《压力管道安全技术监察规程——工业管道》TSG D0001—2009 的规定，压力管道的类别、级别见表 1-1-9。石油化工管道属工业管道（GC 类）和动力管道（GD 类）。

SH/T 3059—2012 石油化工管道分级与压力管道安全技术监察规程—工业管道的分级对照见表 1-1-6。从表 1-1-6 可看到其分级不同，但还是有一定关系的。

表 1-1-9 压力管道分级

类别	级别	适用范围
GA (长输管道)	GA1	(1) 输送有毒、可燃、易爆气体介质, 最高工作压力大于 4.0MPa 的长输管道; (2) 输送有毒、可燃、易爆液体介质, 最高工作压力大于或者等于 6.4MPa, 并且输送距离 (指产地、储存地、用户间的用于输送商品介质的管道的长度) 大于或者等于 200km 的长输管道
	GA2	GA1 级以外的长输 (油气) 管道为 GA2 级
GB (公用管道)	GB1	城镇燃气管道
	GB2	城镇热力管道
GC (工业管道)	GC1	(1) 输送《职业接触毒物危害程度分级》GB 5044—85 中规定的毒性程度为极度危害介质、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; (2) 输送《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 中规定的火灾危险性为甲、乙类可燃气体或甲类可燃液体 (包括液化烃), 并且设计压力大于或者等于 4.0MPa 的管道; (3) 输送除前两项介质的流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
	GC2	除 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、非可燃流体介质、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 (动力管道)	GD1	设计压力大于等于 6.3MPa, 或者设计温度大于等于 400℃ 的管道
	GD2	设计压力小于 6.3MPa, 且设计温度小于 400℃ 的管道

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/T 3509 的管道分级方法比较系统实用, 可操作性较强。

## 二、美国国家压力管道标准的管道分级

ASME B31 《压力管道规范》由几个单独出版的卷所组成, 每卷均为美国国家标准。它们是在 ASME B31 压力管道规范委员会领导下编制的。

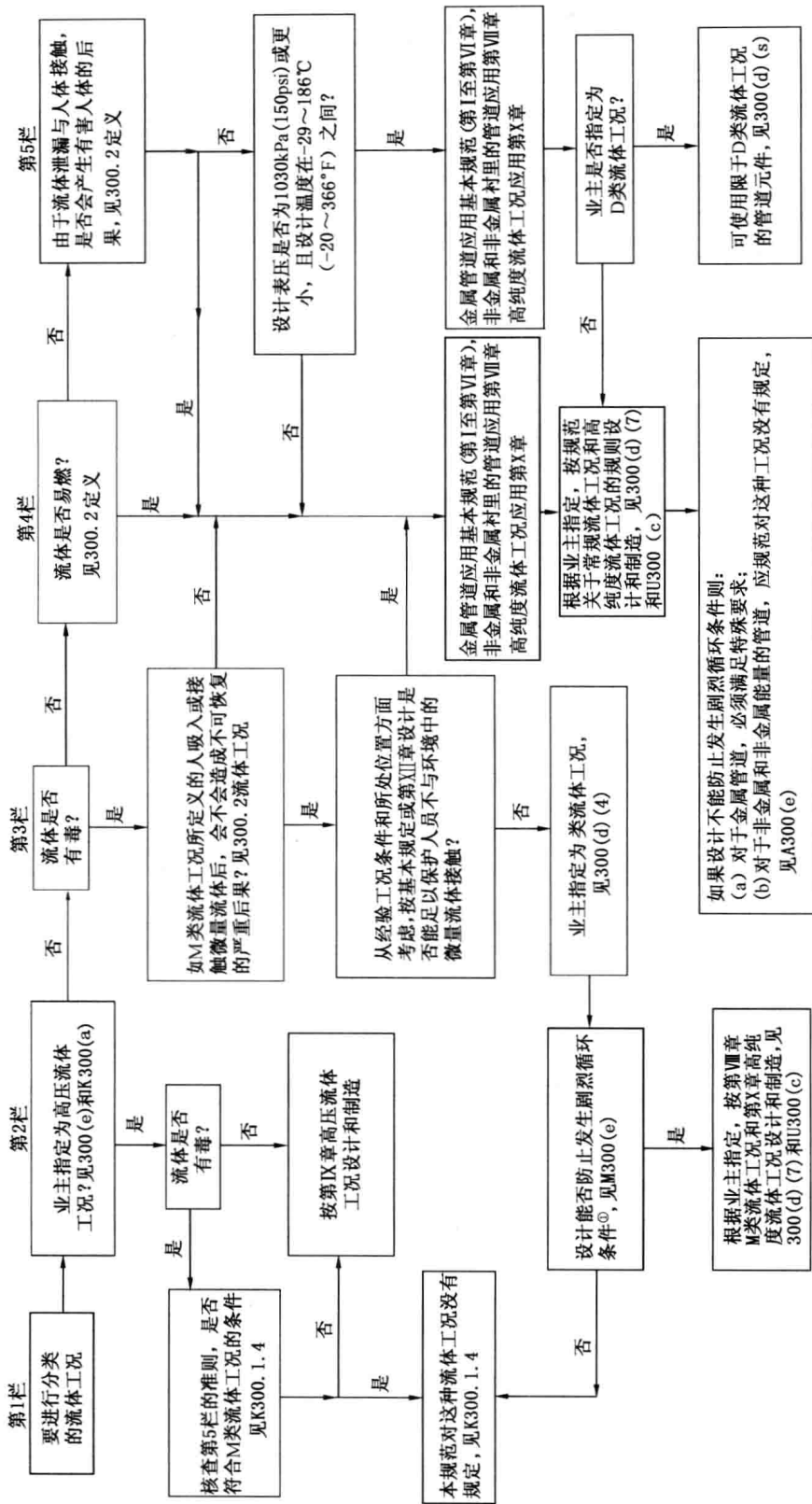
每卷的规则是根据不同类型压力管道的特殊要求的使用需要制订的。各卷规范所考虑的应用条件分别为:

B31.1 压力管道: 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线系统: 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。



通注: (a) 业主必须规定的内容, 见 300 (b) (1), 300 (d) (4) 和 (5), 和 300 (e), 其他规定是设计者的责任, 见 300 (b) (2)。

(b) 术语“流体工况”见 300.2 中的定义。

注: ① 剧烈循环条件定义见 300.2, 要求可参见第 II 章第 3 和第 4 部分中的 323.4.2 和 341.4.3。

图 1-1-1 ASME B31.3 - 2010 附录 M 图 M300 流体工况分类导则



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。

B31.12 氢管道和管线：气态和液态氢管道及气态氢管线

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 B31.3-2010 附录 M 的“图 M300 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，取较大值。

(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，真空管道接受外压设计，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