



石油化工管道安装设计

便查手册

王怀义 张德姜 主编

(第四版)

中国石化出版社

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

石油化工管道 安装设计便查手册

(第四版)

王怀义 张德姜 主编

中国石化出版社

内 容 提 要

本手册由中石化洛阳工程有限公司、中国石化工程建设有限公司、中石化上海工程有限公司等多位石油化工管道安装设计方面的资深专家根据最新的国家、行业以及国际标准编著、修订而成，为管道工程师在管道设计、管道器材和施工工程提供常用数据、图表、公式以及有关石化工程建设的国家和行业标准、规范，并给出 ASME、API、BS、JIS 等国外标准以供参考。

主要内容为装置（单元）布置、管道设计要点、管道器材及其选择、管道支吊架计算和选型、管道应力分析、管道抗震、管道和设备保温、保冷、伴热、疏水、管道施工以及管道绘制图等。

本手册以实用和方便查阅为特色，是石化、化工和石油及相关行业管道工程师的必备工具书，非常便于在管道安装、设计施工中使用。

图书在版编目（CIP）数据

石油化工管道安装设计便查手册/王怀义，张德姜主编.—4版.
—北京：中国石化出版社，2014.5
ISBN 978-7-5114-2714-4

I. ①石… II. ①王… ②张… III. ①石油管道—管道安装—设计—技术手册 IV. ①TE973-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2014）第 052129 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 79.75 印张 6 插页 1926 千字

2014 年 4 月第 4 版 2014 年 4 月第 1 次印刷

定价：198.00 元

第四版前言

本《手册》编写的宗旨为：在管道设计、器材采购、工程施工过程中全面贯彻、正确运用有关现行国家标准规范和石化、化工、石油行业标准、规范、规定，并适当介绍 ASME、API、BS、JIS 等标准中的有关内容，以满足承包国外项目设计的需要；设计人员到现场配合施工，要独自解释和处理施工中的设计问题；要正确判断管道器材的质量以及对施工质量的要求等，以提高设计人员对问题处理的应变能力。但是，又不能将许多的标准、规范、手册等设计必备资料携带到现场，因此，将会感到束手无策；那么，携带本《手册》到现场既方便对问题的解决又处理得有理有据，保证施工得以顺利进行。这也是本手册的另一宗旨。

基于上述宗旨，本《手册》一般只讲要求，不讲或少讲基本道理；对计算只给出较简单的近似方法，并多用列线图 and 查表方法。

本《手册》不仅供设计人员使用，同时可供管道器材的采购和管道施工以及生产管理人员使用，也可供大专院校有关专业或相邻专业师生参考使用。

我们衷心希望本《手册》能成为广大设计人员的良师益友；作为提高设计水平、加快设计质量和速度的有用工具书。

本《手册》在编写过程中得到中石化洛阳工程有限公司和中国石化工程建设有限公司领导与该两单位配管室领导的热情支持和大力协助，并得到中石化上海工程有限公司康美琴副总工程师的帮助，在此一并致以谢忱。

由于编写时间仓促、编者水平有限，《手册》中还可能存在各种不足之处，恳请读者提出宝贵意见。

编写人员：

中石化洛阳工程有限公司王金富、张大船、杨瑞萍、郝正泉、张林清、李玲、王京红、王怀义、厉华、樊桂华、王炬、张国信；中国石化工程建设有限公司张德姜、高丽萍、林树镗；中石化上海工程建设公司康美琴；

校审人：李苏秦；

主编人：王怀义、张德姜。

目录

第一章 管径和管道压力损失计算..... (1)	六、消防 (49)
第一节 一般要求..... (1)	七、防雷 (55)
第二节 单相流体..... (1)	八、静电接地 (55)
一、流体在管道内的流速和最大 压力损失推荐值..... (1)	第二节 《建筑设计防火规范》 (GB 50016—2006)的有关规定 (56)
二、不可压缩流体管道的管径..... (5)	一、生产厂房、仓库的火灾危险分类 ... (56)
三、可压缩流体管道的管径 (11)	二、厂房(仓库)的耐火等级与构件的 耐火极限 (57)
四、输送气体管道的管径 (13)	三、厂房(仓库)的耐火等级、层数、 面积和平面布置 (58)
五、其他介质管道的管径 (13)	四、厂房的防火间距 (58)
第三节 蒸汽凝结水管径及阻力降计算 ... (14)	五、甲、乙、丙类液体、气体储罐(区) (61)
附录一 流体在碳钢管道中的流动 (15)	六、厂房(仓库)的防爆 (67)
附录二 各国推荐的管子绝对粗糙度 (17)	七、厂房的安全疏散 (68)
附录三 常用流速的范围表 (18)	八、生产的火灾危险性分类举例 (69)
附录四 油品管道的流量和阻力降 (21)	第三节 《石油库设计规范》(GB 50074 —2002)的有关规定摘录..... (70)
附录五 饱和水蒸气管道的质量流量 和阻力降 (23)	第四节 《爆炸和火灾危险环境电力设计 规范》(GB 50058—92)的有关规定 (76)
附录六 管内气体等温流动计算用 $\psi(Ma)$ 值 (24)	一、爆炸性气体环境 (76)
附录七 管内气体绝热流动计算用 $X(Ma)$ 值 (26)	二、爆炸性气体环境危险区域划分 (76)
附录八 水管道的流量和阻力降 (28)	三、爆炸性气体环境危险区域的范围 ... (77)
附录九 空气管道的流量和阻力降 (29)	四、防止爆炸的措施 (83)
第二章 装置(单元)的布置 (31)	五、火灾危险环境 (85)
第一节 《石油化工企业设计防火规范》 (GB 50160—2008)的有关规定 (31)	第五节 《石油化工可燃气体和有毒气体检 测报警设计规范》(GB 50493—2009) 的有关规定 (85)
一、可燃物质的火灾危险性分类 (31)	一、一般规定 (85)
二、石油化工企业与相邻工厂或设施的 防火间距 (32)	二、检(探)测点的确定 (86)
三、石油化工企业总平面布置的 防火间距 (33)	三、检(探)测器和指示报警设备的安装
四、工艺装置内布置 (38)	
五、储运设施 (44)	

..... (88)	附录一 GB 50316 的 3.2.3.3 确定 许用应力的基准..... (151)
第六节 装置(单元)设备布置 (88)	附录二 国外标准、规范用于确定 许用应力的安全系数..... (152)
一、设备布置要点 (88)	附录三 《火力发电厂汽水管道应力计算 技术规程》(DL/T 5366—2006)确定 钢材的许用应力..... (156)
二、《石油化工工艺装置布置设计规范》 (SH 3011—2011)的有关规定..... (93)	附录四 GB/T 20801.3—2006 确定材料的 许用应力准则和纵向焊接接头系数 (156)
附录一..... (108)	第四章 管道器材 (158)
1 释放源与明火风向平面位置关系 实例分析图 (108)	第一节 钢管..... (158)
2 79 个城市和地区的风向玫瑰图 (109)	一、国产常用配管用钢管..... (158)
附录二 各级危害毒物的名称、有毒气体、 蒸汽特性..... (113)	二、石化常用配管用钢管材料及 使用温度范围..... (160)
第三章 管道设计基础 (115)	三、日本 JIS、JPI 配管用钢管材料及 适用范围..... (161)
第一节 管道的分级(类)和流体分类 (115)	四、国内外配管用钢管材料标准对照 (163)
一、《压力容器压力管道设计许可规则》 的管道分类..... (115)	五、钢管外径系列和产品标准的尺寸 (164)
二、《压力管道规范 工业管道 第 1 部分： 总则》(GB/T 20801.1—2006)的压力 管道分级..... (116)	六、ISO 4200、ISO 65 规定的外径系列 (170)
三、《工业金属管道设计规范》 (GB 50316—2000)(2008 年版) 对输送的流体分类..... (117)	七、各国钢管外径系列对照..... (171)
四、SH/T 3059 对管道的分级 (117)	八、钢管壁厚的壁厚系列..... (173)
五、中国曾有某些标准或习惯上 对工业管道的分级(类) (118)	九、国产无缝钢管..... (200)
六、ASME B31.3 对输送流体的分类 (119)	十、国产焊接钢管..... (222)
七、TSG D0001—2009 对工业管道级别 及其介质毒性程度、腐蚀性和火灾 危险性划分..... (121)	十一、国外常用配管用钢管的化学成分 和机械性能对照..... (245)
第二节 管道设计条件..... (121)	十二、钢管选用的一般规定..... (256)
一、设计压力..... (121)	十三、耐腐蚀材料..... (268)
二、设计温度..... (122)	十四、高硫、高酸原油加工装置的 主要管道设计选材..... (274)
三、与设计有关的其他因素..... (123)	第二节 管件..... (283)
第三节 设计基准..... (124)	一、中石化 SH 标准《石油化工管道 器材标准》对管件的规定 (283)
一、压力-温度参数值(等级) (124)	二、GB 50316 对管件的规定 (287)
二、公称压力(PN, CLASS) (125)	三、TSG D0001—2009 规定的管道 元件的使用..... (289)
三、公称直径[DN(mm), NPS(in)] (127)	四、管道上的焊缝和支管连接..... (291)
四、许用应力..... (128)	五、异径管连接的管件选择..... (300)
五、设计寿命及最低设计压力等级..... (150)	
六、钢管及钢制管件厚度的规定..... (150)	

第三节 钢制管法兰、垫片及紧固件····· (301)	附录十三 我国阀门行业现行国家标准 等同、等效或非等效的国外 先进标准····· (656)
一、钢制管法兰····· (301)	附录十四 旋转式调节阀(耐莱斯产品) ····· (658)
二、垫片····· (387)	附录十五 橡胶管····· (660)
三、紧固件····· (416)	附录十六 塑料管····· (664)
第四节 阀门····· (452)	附录十七 各国不锈钢和耐热钢牌号对照表 ····· (669)
一、阀门的分类····· (452)	第五章 管道设计 ····· (675)
二、阀门的基本参数····· (453)	第一节 《防火规》(GB 50160—2008)
三、阀门的流量系数(尺寸系数)····· (455)	对管道布置设计的规定····· (675)
四、阀门的流阻系数····· (457)	一、厂内管线综合····· (675)
五、阀门的选用····· (458)	二、工艺及公用物料管道····· (676)
六、阀门的型号、规格和适用范围····· (478)	三、含可燃液体的生产污水管道····· (677)
七、法兰、阀门材料的压力-温度等级 ····· (489)	四、泄压排放····· (677)
八、蒸汽疏水阀····· (541)	第二节 《工业金属管道设计规范》 (GB 50316—2000)(2008年版)
九、阀门与管道连接形式····· (546)	对管道设计的规定····· (680)
十、阀门的试验····· (546)	一、管道的布置····· (680)
第五节 常用管道器材的综合选用····· (549)	二、管道系统的安全····· (684)
一、管道等级代号的确定····· (549)	三、输送 A1 类和 A2 类流体管道的 补充规定····· (687)
二、阀门型号的确定····· (550)	第三节 《石油化工金属管道布置设计规范》 (SH 3012—2011)····· (689)
三、石油化工装置常用管道等级表····· (553)	一、一般规定····· (689)
附录一 优质碳素结构钢(GB/T 699)和 碳素结构钢(GB/T 700)····· (597)	二、管廊的管道布置····· (693)
附录二 低合金高强度结构钢(GB/T 1591) ····· (601)	三、常用设备的管道布置····· (694)
附录三 国内外紧固件的材料标准参考资料 ····· (604)	四、特殊管道的布置····· (697)
附录四 美国 API 600 规定的阀门内件材料 ····· (615)	五、取样管道的布置····· (698)
附录五 英国 BS 1873 规定的阀门内件 材料、硬度及应用范围····· (616)	六、泄放管道的布置····· (699)
附录六 各国标准碳钢(铸)压力-温度 额定值对照曲线····· (618)	七、公用系统管道的布置····· (701)
附录七 各类阀门的设计标准和适用范围 ····· (619)	八、阀门的布置····· (703)
附录八 各种合金的高温硬度····· (623)	九、管件和管道附件的布置····· (705)
附录九 司太立耐热耐磨硬质合金····· (624)	十、管道上的仪表或测量元件的布置 ····· (707)
附录十 金属材料耐腐蚀性能····· (627)	十一、管道支吊架的布置····· (709)
附录十一 阀体、钢材的中外标准和牌号 对照····· (636)	第四节 工艺设备的管道设计····· (711)
附录十二 我国阀门行业目前常用的国际 标准和国外先进标准····· (647)	一、管廊(桥)上管道····· (711)
	二、塔和立式容器的管道····· (715)
	三、加热炉管道····· (733)

四、冷换设备的管道·····	(737)	二、蒸汽疏水阀进出口管道·····	(801)
五、泵的管道·····	(743)	附录一 地上并排平行敷设的管道间距	
六、压缩机的管道·····	(755)	·····	(803)
第五节 工艺及公用工程管道设计·····	(764)	附录二 ASME/HG 和 API/MSS 系列管道	
一、液化烃管道·····	(764)	连接最小结构尺寸·····	(807)
二、可燃气体排放管道(火炬线)·····	(765)	附录三 SH 系列管道连接最小结构尺寸	
三、蒸汽及凝结水管道·····	(766)	·····	(835)
四、压缩空气和惰性气体管道·····	(768)	附录四 管道设计常用数据·····	(855)
五、消防水喷淋系统·····	(768)	附录五 管道设计常见“病”例·····	(867)
第六节 管道上常用阀门的布置·····	(775)	第六章 管道支吊架·····	(904)
一、旁通阀的设置·····	(775)	第一节 支吊架荷载计算·····	(904)
二、阀门的传动·····	(775)	一、支吊架承受的荷载·····	(904)
三、双阀的应用·····	(775)	二、支吊架垂直荷载计算·····	(905)
四、阀门的适宜位置和所需空间·····	(776)	三、支吊架水平荷载计算·····	(910)
第七节 安全阀的安装·····	(777)	第二节 管道垂直位移量的近似计算·····	(913)
一、安全阀的安装·····	(777)	一、比例计算法·····	(913)
二、安全阀入口管道·····	(778)	二、悬臂挠度法·····	(915)
三、安全阀出口管道·····	(778)	第三节 管道支吊架位置的确定·····	(917)
第八节 管道上调节阀和一次仪表的安装		一、连续水平敷设的管道跨距计算·····	(917)
·····	(780)	二、水平敷设的管道允许跨距·····	(922)
一、调节阀·····	(780)	附录 A 跨距的修正·····	(949)
二、孔板·····	(783)	附录 B 挠度与跨度间的关系·····	(949)
三、流量计·····	(785)	附录 C 美国《管道手册》资料(一)·····	(949)
四、压力表·····	(790)	附录 D 美国《管道手册》资料(二)·····	(951)
五、温度测量仪表·····	(790)	第四节 支吊架结构设计和选用要点·····	(952)
第九节 工艺/储运设备、管道的吹扫·····	(792)	一、结构设计·····	(952)
一、管道的吹扫方式·····	(792)	二、弹簧支吊架的选用·····	(953)
二、设备的吹扫/水洗方式·····	(792)	第五节 管道支吊架结构计算·····	(959)
三、吹扫方向·····	(793)	一、支架结构计算应符合下列规定·····	(959)
四、管道吹扫接头管径的确定·····	(793)	二、悬臂支架·····	(959)
五、塔和容器吹扫接头管径的确定·····	(794)	三、三角支架·····	(961)
六、储运设施的扫线·····	(794)	四、挡块·····	(965)
七、吹扫介质·····	(794)	五、平管与弯管的管式托架·····	(965)
八、固定和半固定式吹扫管道·····	(795)	六、焊接板式托架·····	(966)
第十节 工艺/储运设备、管道的排液、		七、吊架的吊杆(根据 SH/T 3073—2004	
放空·····	(796)	的规定)·····	(966)
一、设备的排液和排液管·····	(796)	附录一 热轧型钢(GB/T 706—2008)·····	(976)
二、设备的排气和排气管·····	(797)	一、热轧工字钢·····	(976)
三、管道的排气和排液·····	(797)	二、热轧槽钢·····	(978)
第十一节 蒸汽疏水阀及其管道·····	(800)	三、热轧等边角钢·····	(980)
一、蒸汽疏水阀的设置·····	(800)	四、热轧不等边角钢·····	(984)

五、热轧 L 型钢····· (988)	二、散热损失量的比较····· (1055)
附录二 各种型钢承载能力····· (988)	三、保温效果的评价····· (1056)
附录三 单轨吊车梁选用表····· (993)	四、保冷效果的评价····· (1057)
附录四 型钢开洞位置及大小····· (993)	五、保温设计的基本原则····· (1057)
附录五 受静载荷梁的内力及变位计算 ····· (996)	六、保冷设计的基本原则····· (1058)
第七章 管道应力分析····· (1001)	第二节 绝热材料的选择····· (1058)
第一节 管道承受的荷载····· (1001)	一、绝热材料及其制品应具有的主要 技术性能····· (1058)
第二节 管道的应力····· (1002)	二、绝热材料的选择····· (1061)
一、管道的应力及其合成····· (1002)	第三节 绝热计算····· (1068)
二、柔性系数和应力增大系数····· (1004)	一、绝热层厚度计算原则····· (1068)
三、应力的分类····· (1006)	二、绝热计算····· (1069)
四、GB 50316—2000(2008 年版) 对管道应力的规定····· (1007)	三、绝热材料的经济性比较····· (1093)
五、评定标准····· (1009)	四、绝热层伸缩量计算 (GB 50264 中 5.2.12.5)····· (1093)
第三节 管道柔性分析方法和参数····· (1011)	第四节 关于临界厚度和临界半径····· (1094)
一、管道柔性计算的范围和分析方法 ····· (1011)	附录一 岩棉、矿渣棉及其制品的 保温厚度选用····· (1096)
二、计算参数的确定····· (1015)	附录二 超细玻璃棉及其制品的 保温厚度选用····· (1098)
第四节 管道热应力分析简化计算····· (1018)	附录三 硅酸钙绝热制品的保温厚度选用 ····· (1100)
一、判断式分析法····· (1018)	附录四 硅酸铝棉及其制品的 保温厚度选用····· (1103)
二、图解法····· (1020)	附录五 泡沫玻璃制品的保冷厚度选用 ····· (1105)
第五节 设备的允许推力和力矩····· (1034)	附录六 硬质聚氨酯泡沫塑料制品的 保冷厚度选用····· (1108)
一、离心泵的允许推力····· (1034)	附录七 聚苯乙烯泡沫塑料制品的 保冷厚度选用····· (1110)
二、汽轮机的允许推力····· (1040)	附录八 防烫/防冻层厚度选用····· (1113)
三、离心式和轴流式压缩机的管嘴 允许推力····· (1041)	附录九 设备保温厚度选用····· (1114)
四、加热炉管嘴的允许推力····· (1043)	附录十 隔(绝)热材料····· (1115)
五、空冷器管嘴的允许推力····· (1043)	附录十一 有关气象参数、湿空气的 物理性质····· (1127)
六、设备管嘴应力的验算····· (1044)	附录十二 保温层厚度选用列线图····· (1133)
附录一 金属弹性模量····· (1045)	附录十三 防凝露的保冷层厚度 选用列线图····· (1135)
附录二 金属热膨胀系数····· (1047)	附录十四 绝热层体积外表面积····· (1136)
附录三 金属的总热膨胀量····· (1049)	附录十五 绝热层厚度计算····· (1140)
附录四 增加管道柔性的设计方法····· (1051)	
第八章 非埋地管道抗震设计····· (1053)	
第一节 SH/T 3039 的规定····· (1053)	
第二节 管道水平地震作用力的计算····· (1053)	
第三节 增加管架的刚度····· (1054)	
第九章 设备和管道的隔热设计····· (1055)	
第一节 基本原则····· (1055)	
一、保温、保冷的定义····· (1055)	

第十章 管道伴热	(1144)	(SH/T 3105—2000)	(1198)
第一节 外伴热管	(1145)	第三节 《石油化工配管工程设计图例》	
一、外伴热管设计	(1145)	(SH/T 3052—2004)	(1201)
二、伴热蒸汽/热水的引入和疏水/回收		第十二章 工业金属管道工程施工与试验	
.....	(1151)	(1224)
三、伴管的敷设和结构	(1155)	第一节 概述	(1224)
四、伴热系统管道的安装	(1157)	第二节 管道的分级和管道检查等级 ..	(1224)
第二节 夹套管设计	(1158)	一、GB 50517—2010 对石油化工管道	
一、夹套管的组合尺寸及结构	(1158)	的分级	(1224)
二、夹套管的热损失和蒸汽耗量	(1162)	二、SH 3501—2011 对石油化工管道	
三、夹套管伴热系统管道布置	(1162)	的分级	(1225)
四、夹套管的安装	(1164)	三、GB 50235—2010 对工业金属管道	
第三节 蒸汽内伴热管设计	(1164)	的分级	(1226)
一、内伴热管的计算	(1164)	第三节 管道的预制、焊接、安装	(1226)
二、内伴热管的安装	(1165)	一、管道预制	(1226)
第四节 电伴热	(1166)	二、管道焊接	(1230)
一、电伴热的方法	(1166)	三、钢制管道安装	(1233)
二、电伴热的应用	(1168)	第四节 管道焊接检查和检验	(1237)
三、电伴热产品的种类	(1168)	一、GB/T 20801.5—2006 规定的管道	
四、电伴热产品的选型和计算	(1175)	检查等级	(1237)
五、电伴热设施的安装要点	(1177)	二、焊缝的外观验收	(1238)
六、典型电伴热安装简图	(1178)	三、焊接接头的无损检测	(1239)
七、典型电伴热系列产品	(1182)	四、硬度检测(GB 50517—2010)	(1242)
附录一 传热胶泥	(1183)	五、焊缝铁素体检查(GB 50517—2010)	
第十一章 图例	(1185)	(1243)
第一节 《炼油厂流程图图例》		第五节 管道试验、吹扫与清洗	(1243)
(SH/T 3101—2000)	(1185)	一、管道试验	(1243)
第二节 《炼油厂自动化仪表管线平面		二、管道吹扫与清洗	(1247)
布置图图例及文字代号》		附录 压力管道设计常用标准目录	(1251)

第一章

管径和管道压力损失计算

第一节 一般要求

(1) 管径的确定应按正常生产条件下介质的最大流量考虑，其最大压力损失应不超过工艺允许值，其流速应位于根据介质的特性所确定的安全流速的范围内。

(2) 综合权衡建设费用和运行费用。一般应在允许压力损失的前提下尽可能选用较小管径，特别是对大直径、厚壁、合金钢等管道管径更需慎重对待以节省投资。但是管径太小则介质流速增高、摩擦阻力增大、增加了机、泵的投资和功率消耗，从而增加运行费用。因此应进行比较，取其最佳值。

(3) 不同流体按其性质、状态和操作要求的不同，宜选用不同的流速。黏度较高的液体摩擦阻力较大，宜选用较低的流速；允许压力损失较小的管道，例如常压自流管道和输送泡点状态液体的泵入口管道，宜选用较低流速；允许压力损失较大或介质黏度较小的管道一般选用较高流速。对容易堵塞的流体不宜采用 $DN < 25\text{mm}$ 的管道；为防止因流速过高而引起管道的冲蚀、磨损、振动和噪声等现象，液体流速一般不宜超过 4m/s ；气体流速一般不超过其临界速度的 85% ；真空下最大流速不超过 100m/s ；含有固体物质的流体其流速不应过低，以免固体沉积在管内而堵塞管道，但也不应过高，以免加速管道的磨损或冲蚀。

(4) 当允许压力损失相同时，小流率介质管道应选用较小流速；大流率可选用较高流速。

(5) 选用符合管材的标准规格。对于工艺管道，不推荐选用 $DN32$ 、 65 、 125 的管子。

第二节 单相流体

一、流体在管道内的流速和最大压力损失推荐值

(1) 《工业金属管道设计规范》(GB 50316)规定的常用管内流速范围如表 1.2.1 所示。

表 1.2.1 常用管内流速范围

流 体		流 速/(m/s)	流 体		流 速/(m/s)
液 体	泵吸入侧	0.5 ~ 2.0 ^①	气 体	一般低压气体	8 ~ 15
	一般流体	1 ~ 2		一般高压气体	5 ~ 12
	高压给水	2 ~ 5		饱和蒸汽	20 ~ 50
	高黏度液体(50mPa·s)	0.5 ~ 0.9(DN25), 0.7 ~ 1.0(DN50)		过热蒸汽	30 ~ 60
		1.0 ~ 1.6(DN100)		过热蒸汽(小直径)	15 ~ 20
	高黏度液体(100mPa·s)	0.3 ~ 0.6(DN25), 0.5 ~ 0.7(DN50)		氨气	20 ~ 30
液 体	高黏度液体(1000mPa·s)	0.7 ~ 1.0(DN100)	氧气 $p \leq 0.1\text{MPa}$	20	
		1.2 ~ 1.6(DN200)	> 0.1 ~ 0.6	13	
		0.1 ~ 0.2(DN25), 0.16 ~ 0.25(DN50)	> 0.6 ~ 1.6	10	
		0.25 ~ 0.35(DN100), 0.35 ~ 0.55(DN200)	> 1.6 ~ 3	8	

注：① 柱塞泵的流速不大于 1m/s 。

(2) 《石油化工装置工艺管道安装设计手册》^①推荐的数据如表 1.2.2 所示。

表 1.2.2 流体的流速和压力降推荐值

应用类型	流速/ (m/s)	最大压力降/ (kPa/100m)	应用类型	流速/ (m/s)	最大压力降/ (kPa/100m)
一、液体(碳钢管)			一般液体(塑料管或橡胶衬里管)	3.0(最大)	
一般推荐	1.5~4.0	60	含悬浮固体	0.9(最低)	
层流	1.2~1.5		氯化氢液(衬橡胶管)	2.5(最大)	
湍流: 液体密度/(kg/m ³)			1.8		
1600	1.5~2.4		四、气体(钢)		
800	1.8~3.0		一般推荐 压力等级/MPa		
320	2.5~4.0		$p > 3.5$		45
泵进口: 饱和液体	0.5~1.5	10~11	$1.4 < p \leq 3.5$		35
不饱和液体	1.0~2.0	20~22	$1.0 < p \leq 1.4$		15
负压下	0.3~0.7	5	$0.35 < p \leq 1.0$		7
泵出口: 流量~50m ³ /h	1.5~2.0	80	$0 < p \leq 0.35$		3.5
51~160m ³ /h	2.4~3.0	45~50	负压下		
>160m ³ /h	3.0~4.0	45	$p < 49\text{kPa}$		1.13
自流管道	0.7~1.5	5	$100\text{kPa} \geq p > 49\text{kPa}$		1.96
冷冻剂管道	0.6~1.2	6	装置界区内气体管道		12
设备底部出口	1.0~1.5	10	压缩机吸入管道:		
塔进料	1.0~1.5	15	$101\text{kPa} < p_1 \leq 111\text{kPa}$		1.96
二、水(碳钢管)			$111\text{kPa} < p_1 \leq 0.45\text{MPa}$		4.50
一般推荐	0.6~4.0	45	$p_1 > 0.45\text{MPa}$		0.01 p_1
水管公称直径 DN 25			压缩机的排出管道和压力管道		
50	0.6~0.9		$p_1 \leq 0.45\text{MPa}$		4.50
100	0.9~1.4		$p_1 > 0.45\text{MPa}$		0.01 p_1
150	1.5~2.0		通风机管道 $p_1 = 101\text{kPa}$		1.96
200	2.0~2.7		从 100kPa 压力下吸入		4.5
250	3.0~3.5		冷冻剂进口	5~10	
300	3.0~4.0		冷冻剂出口	10~18	
400	3.0~4.0		塔顶 $p > 0.35\text{MPa}$	12~15	4~10
≥500	3.0~4.0		常压	18~30	4~10
泵进口	1.2~2.0		负压 $p < 0.07\text{MPa}$	38~60	1~2
泵出口	1.5~3.0		蒸汽		
锅炉进水	2.0~3.5		一般推荐 饱和	60(最大)	
工艺用水	0.6~1.5	45	过热	75(最大)	
冷却水	1.5~3.0	30	$p \leq 0.3\text{MPa}$		10
冷凝器出口	0.9~1.5		$0.3\text{MPa} < p \leq 0.6\text{MPa}$		15
三、特殊液体(碳钢)			$0.6\text{MPa} < p \leq 1.0\text{MPa}$		20
酚不溶液	0.9(最大)		$p > 1.0\text{MPa}$		30
浓硫酸	1.2(最大)		短引出管		50
碱液	1.2(最大)		泵驱动机进口	4~10	
盐水和弱碱	1.8(最大)		工艺蒸汽($p \geq 3\text{MPa}$)	20~40	
液氨	1.5(最大)		锅炉和汽轮机管道		
液氯	1.5(最大)		$p > 1.4\text{MPa}$	35~90	60
富 CO ₂ 胺液(不锈钢)	3.0(最大)		低于大气压蒸汽		
			$50\text{kPa} < p \leq 100\text{kPa}$	40	
			$20\text{kPa} < p \leq 50\text{kPa}$	60	
			$5\text{kPa} < p \leq 20\text{kPa}$	75	

①张德姜, 王怀义, 丘平主编. 中国石化出版社, 2013.

(3) 《石油化工工艺装置管径选择导则》(SH/T 3035—2007)作如下规定:

① 每百米管长的最大阻力降控制值可按表 1.2.3 取值。

表 1.2.3 管道最大阻力降控制值

序号	管道种类	100m 管长的 阻力降/kPa	序号	管道种类	100m 管长的 阻力降/kPa
一	输送气体的管道		5	工艺用的加热蒸汽管道	
1	负压管道		(1)	$p_1 \leq 0.3 \text{ MPa}$	10.00
(1)	$p_1 \leq 49 \text{ kPa}$	1.13	(2)	$0.3 \text{ MPa} < p_1 \leq 0.6 \text{ MPa}$	15.00
(2)	$49 \text{ kPa} < p_1 \leq 101 \text{ kPa}$	1.96	(3)	$0.6 \text{ MPa} < p_1 \leq 1.0 \text{ MPa}$	20.00
2	通风管道 $p_1 = 101 \text{ kPa}$	1.96	二	输送液体的管道	
3	压缩机的吸入管道		1	自流的液体管道	5.00
(1)	$101 \text{ kPa} < p_1 \leq 111 \text{ kPa}$	1.96	2	泵的吸入管道	
(2)	$111 \text{ kPa} < p_1 \leq 0.45 \text{ MPa}$	4.50	(1)	饱和液体	10.00 ~ 11.00
(3)	$p_1 > 0.45 \text{ MPa}$	$0.01 p_1$	(2)	不饱和液体	20.00 ~ 22.00
4	压缩机的排出管道和压力管道		3	泵的排出管道	
(1)	$p_1 \leq 0.45 \text{ MPa}$	4.50	(1)	$q_v \leq 150 \text{ m}^3/\text{h}$	45.00 ~ 50.00
(2)	$p_1 > 0.45 \text{ MPa}$	$0.01 p_1$	(2)	$q_v > 150 \text{ m}^3/\text{h}$	45.00
			4	循环冷却水的管道	30.00

注: 表中 p_1 为管道进口端流体的绝对压力。

② 输送腐蚀性介质的管道, 应采用最大流速计算管径, 介质最大流速^①如表 1.2.4 所示。

表 1.2.4 腐蚀性介质的最大流速

序号	介质名称	最大流速/(m/s)	序号	介质名称	最大流速/(m/s)
1	氯气	25.0	5	碱液	1.2
2	二氧化硫气	20.0	6	盐水和弱碱液	1.8
3	氨气 $p \leq 0.7 \text{ MPa}$ $0.7 \text{ MPa} < p \leq 2.1 \text{ MPa}$	20.0	7	酚水	0.9
		8.0	8	液氨	1.5
4	浓硫酸	1.2	9	液氯	1.5

③ 输送低于大气压的蒸汽管道, 宜按最大流速计算管径, 最大流速^①见表 1.2.5。

表 1.2.5 低于大气压的蒸汽管道的最大流速

序号	绝对压力 p/kPa	最大流速/(m/s)
1	$50 < p \leq 100$	40
2	$20 < p \leq 50$	60
3	$5 < p \leq 20$	75

① 均应在满足管道允许阻力降的条件下。

(4) 《化学工程手册》第4篇《流体流动》的数据:

乙烯	$p \leq 22 \text{MPa}$	$u \leq 30 \text{m/s}$
	$22 \text{MPa} < p \leq 150 \text{MPa}$	$u = 5 \sim 6 \text{m/s}$
乙炔气	$p \leq 110 \text{kPa}$	$u = 3 \sim 4 \text{m/s}$
	$\leq 250 \text{kPa}$	$u = 4 \sim 8 \text{m/s}$
	$\leq 2.5 \text{MPa}$	$u \leq 5 \text{m/s}$
氢、氧气		$u \leq 8 \text{m/s}$
乙醚、苯、二硫化碳		$u \leq 1 \text{m/s}$
甲醇、乙醇、汽油		$u \leq 3 \text{m/s}$
丙酮		$u \leq 10 \text{m/s}$

(5) 《石油库设计规范》(GB 50074—2002)(以下简称油库规)的数据:

汽油、煤油、轻柴油, DN150mm 管子流速限制在 3~4m/s 以下。

重柴油、重油约 7~9m/s, $p < 0.5 \text{MPa}$ 。

当成品油或可燃性液体中夹有水或空气时, 装油速度限制在 1m/s 以下。

对于大鹤管装车一般平均流速的限制数值如表 1.2.6 所示。

表 1.2.6 大鹤管装车平均流速

油品种类	油品管线	限制流速/(m/s)
轻油	主管	3.5~4.5
	支管	4.0~5.0
重油	主管	1.5~2.5
	支管	2.0~3.0

(6) 《液体石油产品静电安全规程》(GB 13348—2009)规定:

① 油罐注油:

对于电导率低于 50pS/m 的液体石油产品, 在注入口未浸没前, 初始流速不应大于 1m/s, 当注入口浸没 200mm 后, 最大流速不应超过 7m/s。

如采用其他有效防静电措施, 可不受此限。

② 汽车罐车注油:

当采用顶部装油时, 装油鹤管应深入到罐底 200mm, 装油速度为:

$$v^2 D \leq 0.5 \quad (1.2.1)$$

式中 v ——油品流速, m/s

D ——鹤管管径, m。

③ 铁路油罐车的装油速度:

$$v^2 D \leq 0.8 \quad (1.2.2)$$

④ 飞机注油:

当油品电导率大于 50pS/m 时, 其加油速度可达至 7m/s。

(7) 在《油库设计》^①里提供了不同黏度的油品, 在管路中的经济流速如表 1.2.7 所示。

① 郭光臣编. 石油工业出版社, 1980.9。

表 1.2.7 油品在管路中的经济流速

黏 度		经济流速/(m/s)	
运动黏度/(mm ² /s)	条件黏度/°BY	吸入管路	排出管路
1~2	1~2	1.5	2.5
2~28	2~4	1.3	2.0
28~72	4~10	1.2	1.5
72~146	10~20	1.1	1.2
146~438	20~60	1.0	1.1
438~977	60~120	0.8	1.0

二、不可压缩流体管道的管径

(一) 管径的初步选择

(1) 根据流体的性质, 按照工艺过程的要求, 可从表 1.2.2 或实际经验数据选定流速或允许压力降值, 同时, 估计管道的长度(包括管件的当量长度), 再按下述方法初选管径。

当选定流速时, 可由式(1.2.3)求得管径。

$$d_i = 0.0188 \sqrt{\frac{q_v}{u}} \quad (1.2.3)$$

式中 d_i ——管内径, m;

q_v ——在操作条件下流体的体积流速, m³/h;

u ——流体的流速, m/s。

(2) 据 SH/T 3035—2007 规定, 当采用流体输送设备(如泵、压缩机、鼓风机或通风机)或管道一端的压力由管道的阻力降确定时, 管道的内径应根据每百米计算管长的最大阻力降控制值按下列公式计算, 并选取标准规格的管径。

$$d_i = 0.018 \rho^{0.207} \nu^{0.033} q_v^{0.038} \Delta p_{f100}^{-0.207}$$

$$\text{或} \quad d_i = 0.018 v^{0.174} \nu^{0.033} q_m^{0.38} \Delta p_{f100}^{-0.207} \quad (1.2.4)$$

式中 ρ ——流体的密度, kg/m³;

ν ——流体的运动黏度, m²/s;

q_v ——流体的体积流量, m³/h;

q_m ——流体的质量流量, kg/h;

v ——流体的比容, m³/kg;

Δp_{f100} ——每 100m 计算管长的最大阻力降控制值, kPa/100m; (由表 1.2.3 查取)

d_i ——管内径, m。当管道两端的压差、位差有严格限制或需要充分利用时, 管道的内径应根据下列公式计算并按管子的标准规格初步选择。

$$d_i = 0.007 p^{0.207} \nu^{0.033 L_a / 0.207} q_v^{0.38} \Delta p_f^{-0.207}$$

$$d_i = 0.007 v^{0.174} \nu^{0.033 L_a / 0.207} q_m^{0.38} \Delta p_f^{-0.207} \quad (1.2.5)$$

式中 L_a ——管道的计算长度, m;

Δp_f ——管道的允许阻力降, kPa;

其他符号与式(1.2.4)相同。

(二) 阻力降的计算和管径的确定

(1) 阻力降的计算:

管径在初步选择后, 可按下列公式计算管道的阻力降:

$$\Delta p_f = 3.5689 \times 10^{-11} L_a d_i^{-4.84} u^{0.16} \rho q_v^{1.84} \quad (1.2.6-1)$$

或

$$\Delta p_f = 3.5689 \times 10^{-11} L_a d_i^{-4.84} u^{0.16} v^{0.84} q_m^{1.84} \quad (1.2.6-2)$$

式中 Δp_f ——管道的阻力降, kPa;

其他符号与式(1.2.4)相同。

管道的允许阻力降限制比较严格的管道, 须进行详细的管道阻力降计算, 应由直管阻力降和阀门、管件等的局部阻力降按下式计算。

$$\Delta p_f = \Delta p_{ft} + \Delta p_{ff} \quad (1.2.7)$$

式中 Δp_f ——管道阻力降, kPa;

Δp_{ft} ——直管部分的阻力降, kPa;

Δp_{ff} ——阀门、流量计、管件等的局部阻力降, kPa。

管道直管阻力降应按下列公式计算:

$$\Delta p_{ft} = \lambda (L/d_i) (\rho u^2/2) \times 10^{-3} \quad (1.2.8-1)$$

或

$$\Delta p_{ft} = \lambda (L/d_i) (uG^2/2) \times 10^{-3} \quad (1.2.8-2)$$

式中 λ ——直管的阻力系数;

u ——流体的流速, m/s;

G ——流体的质量流速, kg/(m²·s);

L ——直管段长度, m。

$$L_a = L + \sum L_e$$

式中 L_e ——管件的当量长度。

(2) 直管的阻力系数应根据雷诺数和管壁的绝对粗糙度按图 1.2.1 求取^①或按公式计算。雷诺数和直管的阻力系数的计算以及管壁的绝对粗糙度取值规定如下:

① 流体流动状态的确定

流动状态可用雷诺数 Re 表示:

$$Re = \frac{d_i u \rho}{\mu_a} \quad (1.2.9-1)$$

式中 Re ——雷诺数;

d_i ——管内径, mm;

ρ ——流体密度, kg/m³;

μ_a ——流体动力黏度, mPa·s;

u ——流速, m/s。

② 直管的阻力系数可根据雷诺数计算

a. 当 $Re \leq 2000$ 时, 流体的流动处于滞流状态, 管道的阻力只与雷诺数有关:

$$\lambda = 64Re^{-1} \quad (1.2.9-2)$$

^① 当手算时, 可从图 1.2.1 查得, 比用公式计算方便, 且查得的值与计算值相近。

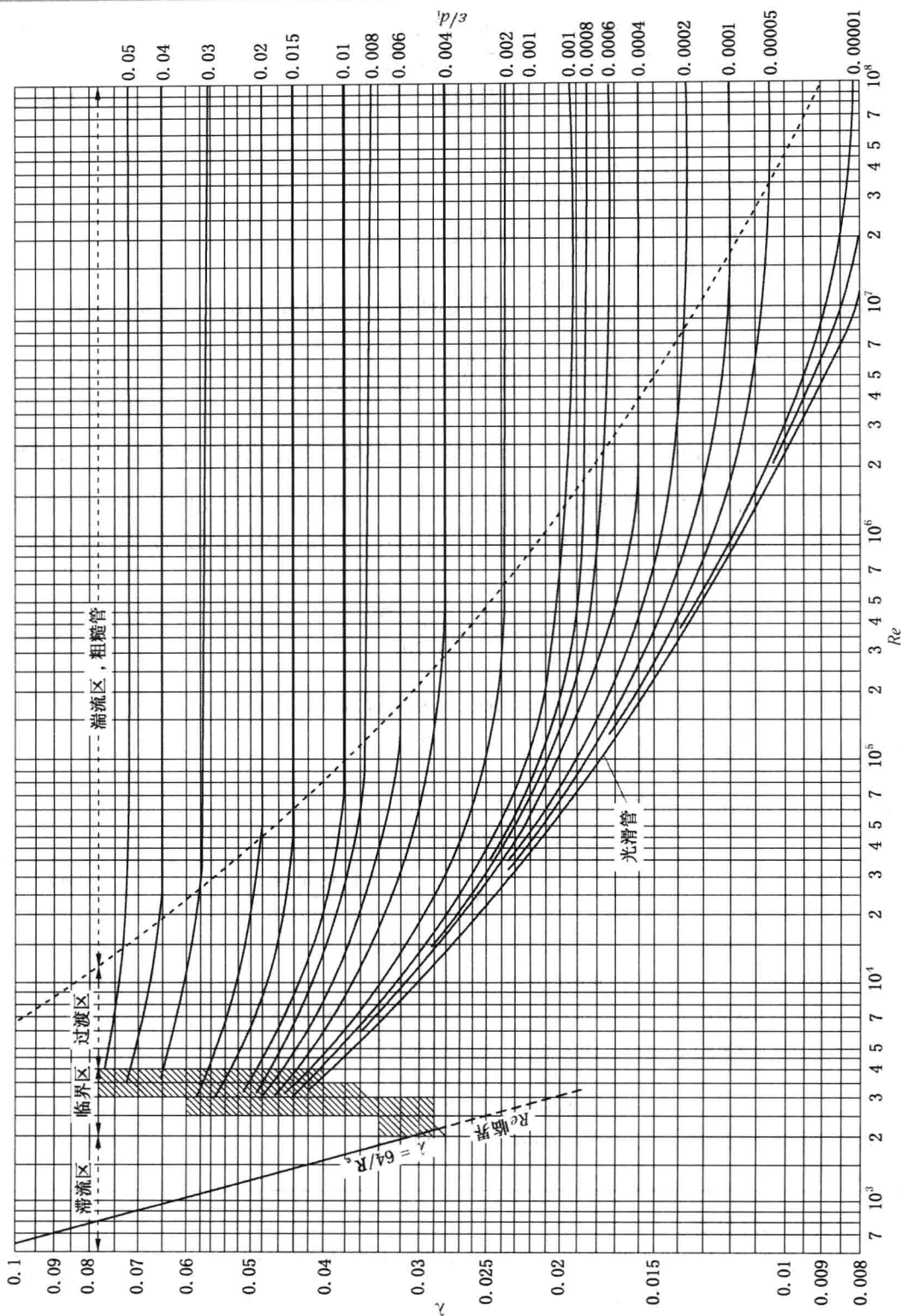


图1.2.1 直管的阻力系数(λ)雷诺数(Re)和管壁粗糙度(ϵ)的关系