

UDC



中华人民共和国国家标准

P

GB 50316-202X

---

# 工业金属管道设计标准

Design standard for industrial metallic piping

(征求意见稿)

202X年XX-XX发布

202X-XX-XX实施

中华人民共和国住房和城乡建设部  
中华人民共和国国家市场监督管理总局

联合发布

## 前言

根据住房和城乡建设部《关于印发 2020 年工程建设标准规范编制及相关工作计划的通知》[建标函（2020）9 号]的要求，标准编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国际标准和国外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，修订了本标准。

本标准主要技术内容：

- 1 增加了若干不适用的管道设计。
  - 2 术语中的流体分类根据新的国家标准进行修改。
  - 3 修正许用应力选取准则。
  - 4 修改低温低应力适用条件。
  - 5 修改组成件选用原则。
  - 6 修改强度计算公式。
  - 7 增加了 7.2.4 条，不同流体的流速要求。
  - 8 删除 8.1.3 条，8.1.5 条中的净空规定改为表 8.1.5。
  - 9 金属管道的应力分析；修改了管道应力分析范围，位移应力范围计算及持续应力评判准则并给出持续荷载产生应力计算公式。
  - 10 修改管道自重产生的弯曲挠度限制值、挠度与坡度之间的关系计算公式、无绝热管道管托使用限制范围、弹簧荷载变化率限制条件、弹簧荷载现场可调节范围限制值。
  - 11 增加施工对法兰安装更详细的要求；增加试验介质的氯离子要求。
  - 12 调整引用标准规范；增加绝热材料按照《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB 8624 分级的相关内容；增加防止绝热层下腐蚀的相关规定。
  - 13 修改了 13.1.3.5 款阀门的选用要求及 13.1.3.6 款法兰的选用要求。
  - 14 修改了 14.2.4 条和 14.2.5 中安全阀的设定压力内容。
  - 15 修改许用应力表。
  - 16 修改材料分类和及其线胀系数。
  - 17 修改材料使用温度范围。
  - 18 考虑弯头、各种三通、异径管等的柔性对管道系统的影响，全面修改其柔性系数和应力增大系数。
  - 19 删除附录 K。
- 同时增加了以下附录：

20 增加附录 M 金属波纹膨胀节的设计、制造和安装。

21 增加附录 N 压力面积补强计算。

22 增加附录 P 降低或免除冲击试验的补充条件。

本标准中以黑体字标志的条文为强制性条文，必须严格执行。

本标准由住房和城乡建设部负责管理。

本标准起草单位：中国寰球工程有限公司北京分公司（地址：北京市朝阳区来广营高科技产业园 创达二路 1 号，邮编：100012）。

中国成达工程有限公司

中国石化工程建设公司

中国五环工程有限公司

中国天辰工程有限公司

中国昆仑工程有限公司

上海富晨化工有限公司

秦皇岛泰德管业科技有限公司

上海飞挺管业制造有限公司

本标准主要起草人：李中央 代永清 张世忱 丘平 胡先林 蔡晓峰

刘俊 刘建欣 陆士平 王新兰 张怡 杜欣

张鹏 白海波 贾琦月 杜光怡 李洪杰 庞冠

陈广斌 陈四平 黄荣国 瞿海德 王培利

本标准主要审查人：

# 目 次

1 总则 .....	1
2 术语和符号 .....	2
2.1 术语 .....	2
2.2 符号 .....	5
3 设计条件 and 设计准则 .....	12
3.1 设计条件 .....	12
3.2 设计准则 .....	14
4 材料 .....	23
4.1 一般规定 .....	23
4.2 金属材料的使用温度及使用工况 .....	23
4.3 金属材料的低温韧性试验要求 .....	24
4.4 材料的使用要求 .....	27
5 管道组成件的选用 .....	30
5.1 一般规定 .....	30
5.2 管子 .....	30
5.3 弯管及斜接弯管 .....	30
5.4 管件及支管连接 .....	31
5.5 阀门 .....	35
5.6 法兰 .....	36
5.7 垫片 .....	37
5.8 紧固件 .....	37
5.9 管道组成件连接结构选用要求 .....	38
5.10 管道特殊件 .....	40
5.11 非金属衬里的管道组成件 .....	40
6 金属管道组成件耐压强度计算 .....	42

6.1 一般规定 .....	42
6.2 直管 .....	42
6.3 斜接弯管、弯管或弯头 .....	43
6.4 支管连接的补强 .....	46
6.5 非标准异径管 .....	53
6.6 平盖 .....	56
6.7 特殊法兰、法兰盖和盲板 .....	57
7 管径确定及压力损失计算 .....	59
7.1 管径的确定 .....	59
7.2 单相流管道的压力损失 .....	60
7.3 气液两相流管道的压力损失 .....	61
8 管道的布置 .....	63
8.1 地上管道 .....	63
8.2 沟内管道 .....	67
8.3 埋地管道 .....	68
9 金属管道的应力分析 .....	69
9.1 一般规定 .....	69
9.2 管道应力分析的范围及方法 .....	69
9.3 管道应力分析的基本要求 .....	70
9.4 管道的位移应力范围 .....	71
9.5 管道对设备或端点的作用力 .....	73
9.6 改善管道柔性的措施 .....	74
9.7 持续荷载分析 .....	74
10 管道支吊架 .....	77
10.1 一般规定 .....	77
10.2 支吊架的设置及最大间距 .....	77
10.3 支吊架荷载 .....	78
10.4 材料和许用应力 .....	78

10.5 支吊架结构设计及选用 .....	79
11 设计对组成件制造、管道施工及检验的要求 .....	82
11.1 一般规定 .....	82
11.2 金属的焊接 .....	82
11.3 金属的热处理 .....	82
11.4 检验 .....	82
11.5 试压 .....	83
11.6 其他要求 .....	84
12 绝热、隔声、消声及外防腐 .....	85
12.1 绝热 .....	85
12.2 隔声和消声 .....	86
12.3 外防腐 .....	86
13 输送 A1 类和 A2 类流体管道的补充规定 .....	88
13.1 A1 类流体管道 .....	88
13.2 A2 类流体管道 .....	90
14 管道系统的安全规定 .....	91
14.1 一般规定 .....	91
14.2 超压保护 .....	91
14.3 阀门 .....	92
14.4 盲板 .....	92
14.5 排放 .....	93
14.6 其他要求 .....	93
附录 A 金属管道材料的许用应力 .....	95
附录 B 金属材料的物理性质 .....	127
附录 C 非金属衬里材料的使用温度范围 .....	130
附录 D 钢管及钢制管件厚度的规定 .....	132
附录 E 柔性系数和应力增大系数 .....	134
附录 F 室外地下管道与铁路、道路及建筑物间的距离 .....	146

附录 G 管道热处理的规定 .....	148
G.1 管子弯曲后的热处理 .....	148
G.2 焊后需热处理的管道厚度 .....	149
附录 H 管道的焊接结构 .....	150
H.1 角焊 .....	150
H.2 对焊 .....	151
附录 J 管道的无损检测 .....	153
J.1 管道组成件制造的无损检测 .....	153
J.2 管道施工中的无损检测 .....	153
附录 M 金属波纹膨胀节的设计、制造和安装 .....	156
M.1 对管道设计者的要求 .....	156
M.2 对膨胀节制造商的要求 .....	158
M.3 膨胀节的安装 .....	160
附录 N 压力面积法补强计算 .....	162
附录 P 降低或免除冲击试验的补充条件 .....	164
本规范用词说明 .....	166
引用标准名录 .....	167

# Contents

1	General provisions .....	1
2	Terms and symbols .....	2
2.1	Terms.....	2
2.2	Symbols.....	5
3	Design conditions and criteria.....	13
3.1	Design condition.....	13
3.2	Design criteria.....	15
4	Material.....	24
4.1	General.....	24
4.2	Metal used temperature and service.....	24
4.3	Low temperature impact testing.....	25
4.4	Material requirements for usage.....	28
5	Selection for piping components.....	31
5.1	General.....	31
5.2	Pipe.....	31
5.3	Bend and miter.....	31
5.4	Fitting and branch connection.....	32
5.5	Valve.....	36
5.6	Flange.....	37
5.7	Gasket.....	38
5.8	Fastener.....	38
5.9	Requirement for component connecting structure.....	39
5.10	Special component.....	41
5.11	Non-metal lined component.....	41
6	Calculation of compressive strength of metal pipe components.....	43
6.1	General.....	43
6.2	Straight pipe.....	43



6.3 Miter, bend and elbow.....	44
6.4 Reinforcement of branch pipe connection.....	47
6.5 Non-standard reducer.....	54
6.6 Flat head.....	57
6.7 Special flange, blind flange and blank.....	58
7 Pipe diameter determination and pressure loss calculation.....	60
7.1 Determination of pipe diameter.....	60
7.2 Pressure loss in single-phase flow pipeline.....	61
7.3 Two-phase flow pipeline pressure loss.....	62
8 Piping layout.....	64
8.1 Above ground piping.....	64
8.2 Piping in trench.....	68
8.3 Buried piping.....	69
9 Analysis of flexible and continuous load for metal piping.....	70
9.1 General.....	70
9.2 Scope and method of pipe flexibility analysis.....	70
9.3 Basic requirements for pipe flexibility analysis.....	71
9.4 Displacement stress range of the piping.....	72
9.5 Force of piping on equipment at endpoint.....	74
9.6 Measures to improve pipe flexibility.....	75
9.7 Analysis for continuous load.....	75
10 Supports and hangers.....	78
10.1 General.....	78
10.2 Setting of support and maximum spacing.....	78
10.3 Loading.....	79
10.4 Materials and allowable stresses.....	79
10.5 Design and selection of support and hanger structure.....	80
11 Design requirements for component manufacturing, piping construction	

and inspection.....	83
11.1 General.....	83
11.2 Welding of metals.....	83
11.3 Heat treatment of metals.....	83
11.4 Inspection.....	83
11.5 Pressure testing.....	84
11.6 Other requirements.....	85
12 Insulation for heat, sound and noise reduction ex-corrosion protection.....	86
12.1 Heat insulation.....	86
12.2 Sound isolation and noise reduction.....	87
12.3 Anti-corrosion.....	87
13 Supplementary provisions for category A1 and A2 fluid.....	89
13.1 Supplementary provisions for category A1.....	89
13.2 Supplementary provisions for category A2.....	91
14 Safety requirement for piping system.....	92
14.1 General.....	92
14.2 Overpressure protection.....	92
14.3 Valve.....	93
14.4 Blank.....	93
14.5 Discharge.....	94
14.6 Other requirements.....	94
Appendix A Allowable stress of metallic piping material.....	96
Appendix B Physical properties of metallic materials.....	128
Appendix C Temperature range for non-metallic lining materials.....	131
Appendix D Specification for the thickness of steel pipe and fittings.....	133
Appendix E Coefficient of flexibility and coefficient of stress increase.....	135
Appendix F Spacing between railway, road and building with outdoor buried piping.....	148

Appendix G Regulations for heat treatment of piping.....	150
G.1 Heat treatment of tubes after bending.....	150
G.2 Thickness of pipe to be heat-treated after welding.....	151
Appendix H Welding construction of piping.....	153
H.1 Fillet welding.....	153
H.2 Butt welding.....	154
Appendix J Nondestructive testing of piping.....	156
J.1 Nondestructive testing in manufacturing.....	156
J.2 Nondestructive testing in construction.....	156
Appendix M Design, manufacture and installation of metal corrugated expansion joints.....	159
M.1 Requirements for pipe designers.....	159
M.2 Requirements for expansion joint manufacturers.....	161
M.3 Installation of expansion joints.....	163
Appendix N Pressure area method reinforcement calculation.....	165
Appendix P Reduced or exempted additional conditions for impact tests.....	167
Explanation of wording in this code.....	169
List of quoted Standards.....	170
Explanation of provisions.....	171

# 1 总 则

1.0.1 为了提高工业金属管道工程的设计水平，保证设计质量，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于公称压力小于或等于PN420的工业金属管道及非金属衬里的工业金属管道的设计。

1.0.3 本标准不适用于下列管道的设计：

- 1 制造厂成套设计的设备或机器的附属管道；
- 2 采暖管道；
- 3 通风和空气调节的管道；
- 4 地下或室内给排水及消防给水的管道；
- 5 泡沫、二氧化碳及其他灭火系统的管道；
- 6 动力管道；
- 7 长输管道；
- 8 矿井管道；
- 9 城镇公用管道；
- 10 军事设施的管道。

1.0.4 除另有注明外，本标准所述的压力均为表压。

1.0.5 工业金属管道设计除应执行本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

## 2 术语和符号

### 2.1 术语

#### 2.1.1 A1 类流体 category A1 fluid

系指剧毒流体，相当于现行国家标准《职业性接触毒物危害程度分级》GB Z230 中极度危害(I 级)的毒物。

#### 2.1.2 A2 类流体 category A2 fluid

系指有毒流体，相当于《职业性接触毒物危害程度分级》GB Z230 中高度危害(II 级)、中度危害(III 级)及轻度危害(IV 级)的毒物。

#### 2.1.3 B 类流体 category B fluid

系指可燃流体，即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，这些流体能点燃并在空气中连续燃烧。

#### 2.1.4 D 类流体 category D fluid

系指无毒、非可燃、设计压力小于或等于 1.0MPa 和设计温度介于 $-20\sim 186^{\circ}\text{C}$ 之间的流体。

#### 2.1.5 C 类流体 category C fluid

系指 D 类流体之外的无毒、非可燃的流体。

#### 2.1.6 管道 piping

系指用以输送、分配、混合、分离、排放、计量或控制流体流动的管道组件、管道支吊架的机械总成。

#### 2.1.7 管道系统 piping system

简称管系，系指相互连接且受相同设计条件或设计条件集合约束的管道。

#### 2.1.8 管道组成件 piping components

用于连接或装配密封、输送物料管道的机械元件，包括管子、管件、法兰、垫片、紧固件、阀门以及如膨胀节、柔性接头、耐压软管、疏水器、过滤器、在线仪表接头和分离器等管道特殊件。

#### 2.1.9 管道特殊件 piping specialties

指非标准组成件，系按工程设计条件特殊制造的管道组成件，包括：膨胀节、补偿器、特殊阀门、爆破片、阻火器、过滤器、挠性接头及软管等。

#### 2.1.10 斜接弯管(弯头) miter bends

采用管子或钢板制成的焊接弯管(弯头), 具有与管子纵轴线不相垂直的斜接焊缝的管段拼接而成。

#### 2.1.11 计算厚度 calculating thickness

管道组成件按公式进行耐压强度计算的厚度为计算厚度。

#### 2.1.12 设计厚度 desgin thickness

管道组成件的计算厚度与厚度附加量之和为设计厚度。

#### 2.1.13 名义厚度 norminal thickness

设计厚度计及材料厚度负偏差后向上圆整至材料标准规定的厚度。

#### 2.1.14 支管连接 branch connections

从主管引出支管的结构, 包括整体加强的管件及带加强或不带加强的焊接结构的支管连接。

#### 2.1.15 突面 raised face

为法兰密封面的一种形式, 突起的平密封面在螺栓孔的内侧, 代号为 RF。

#### 2.1.16 全平面 full face

为法兰密封面的一种形式, 在法兰外缘以内均为平密封面, 代号为 FF。

#### 2.1.17 集液包 liquid collecting pocket(drip leg)

在气体或蒸汽管道的低点设置收集冷凝液的袋形装置。

#### 2.1.18 管道支吊架 pipe supports and hangers

用于支承管道或约束管道位移的各种结构的总称, 但不包括土建的结构。

#### 2.1.19 固定支架 anchors

可使管系在支承点处不产生任何线位移和角位移, 并可承受管道各方向的各种荷载的支架。

#### 2.1.20 滑动支架 sliding supports

有滑动支承面的支架, 可约束管道垂直向下方向的位移, 不限制管道热胀或冷缩时的水平位移, 承受包括自重在内的垂直方向的荷载。

#### 2.1.21 刚性吊架 rigid hangers

带有铰接吊杆的管架结构, 可约束管道垂直向下方向的位移, 不限制管道热胀或冷缩时的水平位移, 承受包括自重在内的垂直方向的荷载。

#### 2.1.22 导向架 guides

使管道只能沿轴向移动的支架,用于允许管道有轴向位移但不允许有横向位移的场合。

#### 2.1.23 限位架 restraints

限制管道轴向线位移的支架,在其所限制的轴线上,至少限制一个方向线位移。

#### 2.1.24 减振装置 vibrating eliminators

可控制管系高频低幅振动或低频高幅晃动的装置,不限制管系热胀冷缩。

#### 2.1.25 阻尼装置 snubbers (dampers)

可控制管道瞬时冲击荷载或管系高速振动位移的装置,不限制管系热胀冷缩。

#### 2.1.26 剧烈循环条件 severe cyclic condition

管道承受高应力范围和多次循环同时作用的情况。

#### 2.1.27 应力增大系数 stress intensification factor

受弯矩的作用,在非直管的组成件中,产生疲劳损坏的最大弯曲应力与承受相同弯矩、相同直径及厚度的直管产生疲劳损坏的最大弯曲应力的比值,称为应力增大系数。因弯矩与管道组成件所在平面不同,有平面内及平面外的应力增大系数。

#### 2.1.28 位移应力范围 displacement stress range

由管道热胀或冷缩产生的位移所计算的应力称为位移应力范围。从最低温度到最高温度的全补偿值进行计算的应力,称为计算的最大位移应力范围。

#### 2.1.29 附加位移 externally imposed displacements

指所计算管系的端点处因设备或其他连接管的热胀或冷缩或其他位移附加给计算管系的位移量。

#### 2.1.30 冷紧 cold spring

在安装管道时预先施加于管道的弹性变形,以产生预期的初始位移和应力,达到降低初始热态下管端的荷载。

#### 2.1.31 柔性系数 flexibility factor

表示管道元件在承受力矩时,相对于直管而言其柔性增加的程度。即:在管道元件中由给定的力矩产生的每单位长度元件的角变形与相同直径及厚度的直

管受同样力矩产生的角变形的比值。

### 2.1.32 公用工程管道 utility piping

相对于工艺管道而言，公用工程管道系指工厂(装置)的各工序中公用流体的管道。

### 2.1.33 管道和仪表流程图 piping and instrument diagram

简称 P&ID(或 PID)。此图上除表示设备外，主要表示连接的管道系统、仪表的符号及管道识别代号等。

## 2.2 符号

- $A$  —— 主管开孔削弱所需的补强面积
- $A_1$  —— 补强范围内主管承受内、外压所需计算厚度和厚度附加量两者之外的多余金属面积
- $A_2$  —— 补强范围内支管承受内、外压所需计算厚度和厚度附加量两者之外的多余金属面积
- $A_3$  —— 补强范围内的角焊缝面积
- $A_4$  —— 补强范围内另加补强件的面积
- $A_5$  —— 补强范围内，挤压引出支管上承受内、外压所需厚度和厚度附加量两者之外的多余金属面积
- $A_k$  —— 材料的冲击功
- $B$  —— 补强区有效宽度
- $C_{1t}$  —— 支管厚度减薄(负偏差)的附加量
- $C_{1m}$  —— 主管厚度减薄(负偏差)的附加量
- $C_{1r}$  —— 补强板厚度减薄(负偏差)的附加量
- $C$  —— 厚度附加量之和
- $C_1$  —— 厚度减薄附加量，包括加工、开槽和螺纹深度及材料厚度负偏差
- $C_2$  —— 腐蚀或磨蚀附加量
- $C_f$  —— 修正系数
- $C_h$  —— 管道压力损失的裕度系数
- $C_p$  —— 定压热容



$C_s$	——	冷拉比, 即冷拉值与全补偿值之比
$C_v$	——	定容热容
$C.S.C.(L.C.)$	——	关闭状态下锁住(未经批准不得开启)
$C.S.O.(L.O.)$	——	开启状态下锁住(未经批准不得关闭)
$d$	——	扣除厚度附加量后支管内径
$d_o$	——	支管名义外径
$d_1$	——	扣除厚度附加量后主管上斜开孔的长径
$d_G$	——	凹面或平面法兰垫片的内径或环槽式垫片平均直径
$d_x$	——	除去厚度附加量后挤压引出支管的内径
$DN$	——	管子或管件的公称直径
$D_i$	——	管子或管件内径
$D_{iL}$	——	异径管大端内径
$D_{iS}$	——	异径管小端内径
$D_o$	——	管子或管件外径
$D_{oL}$	——	异径管大端外径
$D_{oS}$	——	异径管小端外径
$D_r$	——	补强板的外径
$E_c$	——	铸件的质量系数
$E_j$	——	焊接接头系数
$E_h$	——	在最高或最低温度下管道材料的弹性模量
$E_{20}$	——	在安装温度下的管道材料的弹性模量
$F_H$	——	工作荷载
$f_r$	——	补强板材料与主管材料许用应力比
$f_s$	——	荷载变化系数
$f$	——	管道位移应力范围减小系数
$g$	——	重力加速度
$h$	——	尺寸系数
$h_1$	——	主管外侧法向补强的有效高度
$h_2$	——	支管有效补强高度

$h_3$	——	平盖内凹的深度
$h_x$	——	挤压引出支管的高度
$i$	——	应力增大系数
$i_i$	——	平面内应力增大系数
$i_o$	——	平面外应力增大系数
$i_s$	——	管道坡度
$k$	——	气体的绝热指数
$K$	——	柔性系数
$K_1$	——	与平盖结构有关的系数
$K_2$	——	用于斜接弯管的经验值
$K_3$	——	挤压引出支管补强系数
$K_R$	——	阻力系数
$K_s$	——	弹簧刚度
$K_T$	——	许用应力系数
$L$	——	管道长度
$L_e$	——	阀门和管件的当量长度
$L_f$	——	斜接弯管端节短边的长度
$L_s$	——	支吊架间距
$L_{SL}$	——	与异径管大端连接的直管加强段长度
$L_{SS}$	——	与异径管小端连接的直管加强段长度
$M$	——	气体分子量
$M_A$	——	由于自重和其他持续外载作用在管道横截面上的合成力矩
$M_B$	——	安全阀或释放阀的反座推力、管道内流量和压力的瞬时变化、风力或地震等产生的偶然荷载作用于管道横截面上的合成力矩
$M_E$	——	热胀当量合成力矩
$M'_E$	——	未计入应力增大系数的合成力矩
$M_i$	——	平面内热胀弯曲力矩
$M_o$	——	平面外热胀弯曲力矩

$M_t$	——	热胀扭转力矩
$M_x$	——	沿坐标轴 X 方向的力矩
$M_y$	——	沿坐标轴 Y 方向的力矩
$M_z$	——	沿坐标轴 Z 方向的力矩
$n$	——	序数
$N$	——	管系预计使用寿命下全位移循环当量数
$N_E$	——	与计算的最大位移应力范围 $\sigma_E$ 相关的循环数
$N_j$	——	与按小于全位移计算的位移应力范围 $\sigma_j$ 相关的循环数
$P$	——	设计压力
$P_A$	——	在设计温度下的许用压力
$P_m$	——	斜接弯管的最大许用内压力
$PN$	——	公称压力
$P_T$	——	试验压力
$Q_L$	——	异径管大端与直管连接的应力增值系数
$Q_S$	——	异径管小端与直管连接的应力增值系数
$R$	——	圆弧弯管的弯曲半径
$R_1$	——	斜接弯管的弯曲半径
$R_c$	——	管道运行初期在安装温度下对设备或端点的作用力和力矩
$R_{c1}$	——	管道应变自均衡后在安装温度下对设备或端点的作用力和力矩
$R_E$	——	以 $E_{20}$ 和全补偿值计算的管道对端点的作用力和力矩
$R_h$	——	管道运行初期在最高或最低温度下对设备或端点的作用力和力矩
$R_m$	——	主管平均半径
$r$	——	平盖内圆角半径
$r_o$	——	管子或管件的平均半径
$r_1、r_2、r_3$	——	支管补强部位过渡半径
$r_j$	——	按小于全位移计算的位移应力范围 $\sigma_j$ 与计算的最大位移应力范围 $\sigma_E$ 之比

$r_m$	——	支管平均半径
$r_p$	——	支管补强部分外半径
$r_x$	——	在主管和支管轴线的平面内，外轮廓转角处的曲率半径
$S$	——	斜接弯管斜接段中心线处的间距
$T$	——	气体温度
$T_1$	——	对焊件较薄一侧的厚度
$T_2$	——	对焊件较厚一侧的厚度
$T_c$	——	三通圆角部(主支管相交处)厚度
$T_t$	——	主管计算厚度
$T_{tn}$	——	主管名义厚度
$t$	——	半管接头的端部厚度
$t_b$	——	支管补强部位有效厚度
$t_c$	——	角焊缝计算的有效厚度
$t_{eb}$	——	三通支管的有效厚度
$t_{Fn}$	——	管件的名义厚度
$t_L$	——	异径管名义厚度
$t_{L1}$	——	异径管大端名义厚度
$t_{L2}$	——	异径管小端名义厚度
$t_{LC}$	——	异径管锥部计算厚度
$t_{LL}$	——	异径管大端计算厚度
$t_{LS}$	——	异径管小端计算厚度
$t_m$	——	盲板计算厚度
$t_p$	——	平盖计算厚度
$t_{pd}$	——	平盖或盲板的设计厚度
$t_r$	——	补强板名义厚度
$t_s$	——	直管计算厚度
$t_{sd}$	——	直管设计厚度
$t_{se}$	——	直管有效厚度
$t_{sn}$	——	直管名义厚度

$t$	——	支管计算厚度
$t_n$	——	支管名义厚度
$t_x$	——	除去厚度附加量后在主管外表面处挤压引出支管的有效厚度
$t_w$	——	插入式支管台的尺寸
$v$	——	平均流速
$v_c$	——	气体的声速或临界流速
$W$	——	截面系数
$W_B$	——	异径三通支管的有效截面系数
$W_0$	——	质量流量
$X$	——	法兰内侧角焊缝焊脚尺寸
$X_{\min}$	——	角焊缝最小焊脚尺寸
$Y$	——	系数
$Y_s$	——	管道自重弯曲挠度
$\alpha$	——	斜接弯管一条焊缝方向改变的角度(相邻斜接线夹角)
$\alpha_1$	——	支管轴线与主管轴线的夹角
$\alpha_0$	——	金属材料的平均线膨胀系数
$\beta$	——	异径管斜边与轴线的夹角
$\theta$	——	斜接弯管一条焊缝方向改变的角度的一半(相邻斜接线夹角的一半)
$\theta_n$	——	支管补强部位过渡角度
$\delta$	——	最大计算纤维伸长率
$\delta_{\text{ave}}$	——	对接焊口错边量的平均值
$\delta_{\text{max}}$	——	对接焊口错边量的最大值
$\delta_1$	——	基层金属的名义厚度
$\delta_2$	——	复层金属扣除附加量后的有效厚度
$\Delta$	——	管道垂直热位移
$\Delta P_f$	——	直管的摩擦压力损失
$\Delta P_k$	——	局部的摩擦压力损失

$\Delta P_t$	——	管道总压力损失
$\eta$	——	与平盖结构有关的系数
$\rho$	——	流体密度
$\lambda$	——	流体摩擦系数
$\sigma_b$	——	材料标准抗拉强度下限值
$\sigma_b^t$	——	材料在设计温度下的抗拉强度
$\sigma_D^t$	——	材料在设计温度下经 10 万小时断裂的持久强度的平均值
$\sigma_{Dmin}^t$	——	材料在设计温度下经 10 万小时断裂的持久强度的最小值
$\sigma_E$	——	计算的最大位移应力范围
$\sigma_j$	——	按小于全位移计算的位移应力范围
$\sigma_L$	——	管道中由于压力、重力和其他持续荷载共同作用下产生的应力
$\sigma_n^t$	——	材料在设计温度下经 10 万小时蠕变率为 1% 的蠕变极限
$\sigma_s(\sigma_{0.2})$	——	材料标准常温屈服点(或 0.2% 屈服强度)
$\sigma_s^t(\sigma_{0.2}^t)$	——	材料在设计温度下的屈服点(或 0.2% 屈服强度)
$\sigma_T$	——	在试验条件下组成件的周向应力
$[\sigma]_T$	——	在试验温度下材料的许用应力
$[\sigma]^t$	——	在设计温度下材料的许用应力
$[\sigma]_o$	——	在设计温度下整体复合金属材料的许用应力
$[\sigma]_1$	——	在设计温度下基层金属的许用应力
$[\sigma]_2$	——	在设计温度下复层金属的许用应力
$[\sigma]_A$	——	许用的位移应力范围
$[\sigma]_c$	——	在分析中的位移循环内, 金属材料在冷态(预计最低温度)下的许用应力
$[\sigma]_h$	——	在分析中的位移循环内, 金属材料在热态(预计最高温度)下的许用应力
$[\sigma]_{RP}^t$	——	在设计温度下补强板材料的许用应力
$[\sigma]_M^t$	——	在设计温度下主管材料的许用应力

## 3 设计条件 and 设计准则

### 3.1 设计条件

3.1.1 管道设计应根据流体的压力、温度和特性等工艺条件，并结合环境及各种荷载等条件进行。

3.1.2 设计压力的确定应符合下列规定：

1 管道系统的每个组成件的设计压力不应小于管道系统的预期内压或外压与其耦合温度形成最苛刻条件下的压力。最苛刻条件应为导致管道组成件设计厚度最大或公称压力分级最高的压力—温度组合，但不应包括本规范允许的压力变动范围。

2 管道设计应计及无压力泄放装置保护或与压力泄放装置隔离的管段可能达到的最大压力，其设计压力应取下列情况与本规范 3.1.2 条第 1 款两者的较大值，但不应包括本规范允许的压力变动范围。

1) 输送制冷剂、液化烃等流体的管道停车时，滞留管道内的物料在环境温度下因气化可能达到的最大压力；

2) 离心泵或其下游管线切断阀关闭时，泵的出口管道可能达到的最大压力；

3) 其他因流体相变或管道操作导致波动等情况下管道可能达到的最大压力。

3 设置压力泄放装置的管道，其设计压力不应小于压力泄放装置的设定压力或最大标定爆破压力。

4 真空管道应接受外压设计，设置安全控制装置的真空管道，其设计压力应取 1.25 倍最大内—外压差和 0.1MPa 的较低值；未设置安全控制装置的真空管道，其设计压力应取 0.1MPa。

5 管道被分隔为若干独立承压段时（含夹套管、盲板等），隔断的设计压力应按相邻承压段在运行中预期最大压差与其耦合温度形成的最苛刻条件确定，但不应包括本规范允许的压力变动范围。

3.1.3 设计温度的确定应符合下列规定：

1 管道系统的设计温度应为本规范 3.1.2 条规定最苛刻条件下压力的耦合温

度，管道系统组成件的设计温度可以不同，但设计温度不应包括本规范允许的温度变动范围。

2 设置伴管和夹套的管道系统，其设计温度应计及伴管和夹套流体温度的影响。

3 无隔热层的管道系统，当流体温度低于 65℃时，其组成件的设计温度可与流体温度相同，但应计及阳光辐射或其他可能导致流体温度升高的因素；当流体温度大于或等于 65℃时，其组成件的设计温度应符合下列规定：

- 1) 阀门、管子、突缘短节、焊接管件和及其他壁厚与管子相当的管道组成件的设计温度不应低于流体温度的 95%；
- 2) 除松套法兰外，法兰、管件法兰和阀门法兰的设计温度不应低于流体温度的 90%；
- 3) 松套法兰的设计温度不应低于流体温度的 85%；
- 4) 法兰紧固件的设计温度不应低于流体温度的 80%。

4 除另有计算、试验或测定的结果外，设置外隔热层的管道的设计温度应按本条第 1 款确定。

5 设置内隔热层的管道的设计温度应根据传热计算或试验确定。

6 非金属衬里管道的设计温度应计及流体最高工作温度的影响。当无外隔热层时，其金属层的设计温度可通过传热计算、试验确定，或按本条第 3 款确定。

7 管道系统的最低设计温度应为运行中预期的最低温度，管道设计应计及最低设计温度对管道组成件选用及其材料适用性的影响。

3.1.4 管道设计应计及下列环境影响且应采取预防措施：

1 管道应能承受输送的气体或蒸气因环境因素冷却而导致的真空工况或采取破真空等预防措施。

2 管道应能承受流体因环境因素受热膨胀而导致的压力增幅或采取预防措施。

3 工作温度低于 0℃的阀门、安全控制装置和其他管道组成件的活动部位应采取预防结冰的措施。

3.1.5 管道应能承受下列动态荷载：

1 因流量变化、水力冲击、液体或固体的撞击、闪蒸及间歇泉现象等内部条



件和其他外部条件引起的冲击荷载。

2 可能的风荷载。

3 可能的地震荷载。

4 机器共振、风致振动、声致振动、流致振动以及因流体冲击、压力脉动引起的振动。

5 管道内流体减压或排放时所产生的反作用力。

3.1.6 管道承受的重力荷载应包括静荷载及活荷载。静荷载应包括管道组成件、绝热材料及管道支承的其他永久性荷载。活荷载应包括输送流体重力或试验用流体的重力、寒冷地区冰、雪的重力及其他活动的临时荷载等。

3.1.7 管道设计应分析下列温度荷载的影响：

1 有约束或固定的管段因热胀或冷缩产生的作用力和力矩。

2 管道组成件出现壁厚温度梯度较大的情况或由于温度分布不均匀而产生管壁应力及荷载。

3 复合或衬里管道因衬里层或复合层与基层热膨胀性能不同而产生的荷载。

4 夹套管因内、外管的温度差而产生的荷载。

3.1.8 管道设计应避免管道因压力循环荷载、温度循环荷载以及其他循环交变荷载导致的疲劳破坏。

3.1.9 管道支架和连接设备的位移应作为管道设计条件，且应包括设备或支架的热胀或冷缩、地基下沉、潮水流动、风荷载和地震荷载等产生的位移。

3.1.10 管道设计应计及并限制因焊接、热处理、加工成形、弯曲、低温下操作以及挥发性流体因减压而引发急冷等情况导致的管道材料韧性降低在允许的范围

内。

3.1.11 工作温度低于 $-191^{\circ}\text{C}$ 的管道，其管道材料、绝热材料和外绝热层的设计应计及环境空气冷凝和氧气浓缩的现象，并应采取相应的措施。

3.1.12 管道设计寿命宜为 20 年。

## 3.2 设计准则

3.2.1 管道组成件的压力—温度额定值应符合下列规定：

1 国家现行标准中管道组成件的公称压力分级满足本规范的设计要求，管道组成件应按国家现行标准的压力—温度额定值选用。

2 仅有公称压力分级的管道组成件的压力—温度额定值可参照与组成件的公称压力分级对应、材料许用应力值相同的无缝直管的壁厚确定，且应计及组成件的制造负偏差、机械加工减薄量、腐蚀、冲蚀及磨蚀裕量的影响；无公称压力分级的管道组成件应按本规范的规定确定压力—温度额定值；本规范未列出的管道材料，其组成件的压力—温度额定值应符合本规范的相关规定。

3 分隔不同管道系统的组成件，其压力—温度额定值应按相关管道系统最苛刻的设计条件确定，但管道宜按其输送流体的条件分别设计。

4 用于多个管道系统的组成件，其压力—温度额定值应按相关管道系统最苛刻的设计条件确定。

### 3.2.2 管道的压力和温度允许变动范围应符合下列规定：

1 管道的压力、温度或两者同时发生变动，若满足下列条件，应认为变动在允许的范围：

- 1)管道系统无铸铁或其他脆性材料的受压管道组成件；
- 2)管道组成件的环向应力不超过变动温度下材料的屈服极限；
- 3)管道组成件的纵向应力不超过本规范规定的极限值；
- 4)变动超过设计条件且在管道设计寿命内预期不超过 1000 次；
- 5)变动压力不超过管道试验压力；
- 6)为持续性和周期性且不影响管道组成件工作性能的变动，或为符合本规范规定的非经常性变动；
- 7)变动温度不低于本规范附录 A 中规定材料的最低允许使用温度的变动；
- 8)变动未导致管道阀门节流元件的两侧压差超过允许的最大额定值。

2 若金属管道的压力、温度或两者同时发生非经常性变动，在变动的温度下允许超过额定压力或超过材料许用应力值的幅度应符合下列规定：

- 1)当不影响管道系统预期寿命内安全，一次持续时间不超过 10h，且每年累计不超过 100h 时，则不得超过 33%；或，一次持续时间不超过 50h，且每年累计不超过 500h 时，则不得超过 20%；
- 2)当变动为自限，且每次变动时间不超过 50h，每年累计变动时间不超过 500h 时，则不得超过 20%。

3 非金属衬里管道和复合管道的允许变动范围应有应用经验或可经试验证

实。

### 3.2.3 材料许用应力值的选用应符合下列规定：

1 除另有规定外，本规范的设计应使用附录 A 所列管道材料的许用拉应力值。

2 管道设计的许用剪切应力值应为拉应力值的 0.8 倍，支承面的许用接触应力值应为拉应力值的 1.6 倍，压缩许用应力值应满足结构稳定性的要求，且不应超过附录 A 中的许用应力值。

### 3.2.4 材料许用应力基准的确定应符合下列规定：

1 螺栓材料的许用应力值应按表 3.2.4-1 确定。经热处理或应变强化处理的螺栓材料，其许用应力应取表中最小值。若此值小于材料退火状态下的许用应力值，应取未经热处理或应变强化螺栓材料的许用应力值。

2 除螺栓材料及铸铁外，其他材料的许用应力值应按表 3.2.4-2 确定。

注：延伸率大于等于 35% 的奥氏体不锈钢和镍基合金材质的法兰或其他微量永久变形导致泄漏或故障的场合不应使用设计温度下屈服强度值确定许用应力。

3 灰铸铁的设计温度下许用应力值不得超过常温下抗拉强度下限值的 1/10 和设计温度下抗拉强度的 1/10 中的较低者。

4 可锻铸铁的设计温度下许用应力值不应超过常温下抗拉强度下限值的 1/5 和设计温度下抗拉强度的 1/5 中的较低者。

表 3.2.4-1 螺栓材料的许用应力

材料	许用应力不应大于下列各值中的最小值 (MPa)				
	抗拉强度 下限值	屈服强度 下限值	设计温度下 屈服强度	持久强度平均值或 持久强度最低值	蠕变极限 平均值
未经热处理或应变强化的螺栓材料	$\frac{\sigma_b}{4.0}$	$\frac{\sigma_s}{1.5}, \frac{\sigma_{0.2}}{1.5}$	$\frac{\sigma_s^t}{1.5}, \frac{\sigma_{0.2}^t}{1.5}$	$\frac{\sigma_D^t}{1.5}, \frac{\sigma_{Dmin}^t}{1.25}$	$\frac{\sigma_n^t}{1.0}$
热处理或应变强化的螺栓材料	$\frac{\sigma_b}{5.0}$	$\frac{\sigma_s}{4}, \frac{\sigma_{0.2}}{4}$	$\frac{\sigma_s^t}{1.5}, \frac{\sigma_{0.2}^t}{1.5}$	$\frac{\sigma_D^t}{1.5}, \frac{\sigma_{Dmin}^t}{1.25}$	$\frac{\sigma_n^t}{1.0}$

表 3.2.4-2 其他材料的许用应力

材料	许用应力不应大于下列各值中的最小值 (MPa)				
	抗拉强度 下限值	屈服强度 下限值	设计温度下 屈服强度	持久强度平均值或 持久强度最低值	蠕变极限 平均值
球墨铸铁，碳钢、合金钢、铁素体不锈钢、延伸率小于 35% 的奥氏体不锈钢、双相不锈钢、钛和钛合金、铝和铝合金	$\frac{\sigma_b}{3.0}$	$\frac{\sigma_s}{1.5}, \frac{\sigma_{0.2}}{1.5}$	$\frac{\sigma_s^t}{1.5}, \frac{\sigma_{0.2}^t}{1.5}$	$\frac{\sigma_D^t}{1.5}, \frac{\sigma_{Dmin}^t}{1.25}$	$\frac{\sigma_n^t}{1.0}$
延伸率大于等于 35% 的奥氏体不锈钢和镍基合金	$\frac{\sigma_b}{3.0}$	$\frac{\sigma_s}{1.5}, \frac{\sigma_{0.2}}{1.5}$	$0.9\sigma_s^t, 0.9\sigma_{0.2}^t$	$\frac{\sigma_D^t}{1.5}, \frac{\sigma_{Dmin}^t}{1.25}$	$\frac{\sigma_n^t}{1.0}$

### 3.2.5 铸件质量系数 $E_c$ 应符合下列规定：

- 1 铸件质量系数  $E_c$  可用于国家现行标准中未规定压力—温度额定值的管道组成件。
- 2 灰铸铁和可锻铸铁铸件的质量系数  $E_c$  不应大于 0.80。
- 3 符合材料标准并经视觉检验的阀门、法兰、管件和其他组成件的其他金属的静态浇铸件，其质量系数  $E_c$  不应大于 0.80。
- 4 仅化学分析、抗拉试验、液压试验、压扁试验和视觉检验符合标准要求的离心浇铸件，其质量系数  $E_c$  不应大于 0.80。
- 5 补充检测且满足附加无损检测要求的铸件，其质量系数可按表 3.2.5 选取，且不应大于 1.00。

表 3.2.5 铸件增加检测后的质量系数  $E_c$  及附加无损检测要求

序号	附加无损检测要求	$E_c$
1	铸件表面加工至 Ra6.3，提高目视检查的清晰度，并满足 JB/T 7927 B 级的要求	0.85
2	铸件表面按 JB/T 6902 (PT) 4 级或 JB/T 6439 (MT) 的要求进行着色渗透检测或磁粉检测	0.85
3	铸件按 JB/T 6440 (RT) 或 JB/T 6903 (UT) 2 级进行照相或超声检测	0.95
4	同时满足 1、2	0.90
5	同时满足 1、3	1.00
6	同时满足 2、3	1.00

### 3.2.6 焊接接头系数 $E_j$ 应根据表 3.2.6 确定。

表 3.2.6 焊接接头系数  $E_j$

序号	焊接型式	焊缝类型	检查	$E_f$
1	连续炉焊	直焊缝	按材料标准的规定	0.60
2	电阻焊 (ERW)	直焊缝或螺旋焊缝	按材料标准的规定	0.85
3	电熔焊 (EFW)	直焊缝或螺旋焊缝	按材料标准的规定或规定不做 RT	0.80
			局部 (10%) RT	0.90
			100% RT	1.00
	单面对接焊 (有/无填充金属)	除 4 外的直焊缝或螺旋焊缝	按材料标准的规定或规定不做 RT	0.85
			局部 (10%) RT	0.90
			100% RT	1.00
双面对接焊 (有/无填充金属)	直焊缝或螺旋焊缝	按 GB/T 9711 的规定	0.95	
		100% RT	1.00	
5	有色金属, 熔化极氩弧焊 (MIG)	直焊缝或螺旋焊缝	局部 (10%) RT	0.80
			100% RT 或 UT	0.85
			局部 (10%) RT	0.85
			100% RT 或 UT	0.90

3.2.7 焊接接头高温强度降低系数应符合下列规定:

1 焊接接头高温强度降低系数  $W$  材料类别应按表 3.2.7-1;

表 3.2.7-1 焊接接头高温强度降低系数  $W$  的材料类别

材料类别	焊接接头高温强度降低系数 $W$ 材料和适配条件
1	包括 P11、P22、P5、P9 的合金钢 (不含 P91): a、纵向直焊缝和螺旋焊缝应进行正火、正火和回火或适当的亚临界焊后热处理的钢管; 用于蠕变温度以上的高温工况的管子, 焊缝应经 100%无损检测或按本规范要求; b、用于 454℃ 以上的 Cr-1/2Mo 材料, 其纵向直焊缝和螺旋焊缝不应使用熔接焊结构; c、焊材填料金属的含碳量应大于 0.05% (质量比), 使用埋弧焊剂酸碱度大于等于 1.0。
2	包括 P91 在内的铁素体强化蠕变强度钢: a、焊材填料金属的含碳量应大于 0.05% (质量比), 使用埋弧焊剂酸碱度大于等于 1.0; b、焊后进行正火和回火热处理。
3	进行亚临界焊后热处理的、包括 P 91 在内的铁素体强化蠕变强度钢: 焊材填料金属的含碳量应大于 0.05% (质量比), 使用埋弧焊剂酸碱度大于等于 1.0。
4	奥氏体不锈钢 (grade 3XX) 和奥氏体镍基合金 UNS N088XX 和 N066XX: 埋弧焊接的无填料自熔焊缝进行焊后固溶处理。
5	奥氏体不锈钢 (grade 3XX) 和奥氏体镍基合金 UNS N088XX: a、除表 3.2.3.5B 的值外还可使用材料 100 万小时应力断裂系数作为焊接接头降低系数; b、因耐热碳化物和碳化物的析出而提高蠕变强度的牌号的奥氏体不锈钢的某类热处理, 可能会在焊接热影响区出现脆化而导致在高温下操作的焊接部件突然失效, 焊接区域的固溶处理降低可能性。
6	除 1~5 外其他材料: 表 302.3.5B 所列碳钢、合金钢、铁素体强化蠕变强度钢和奥氏体合金钢, $W$ 应按下列规定: 工作温度 $\leq T_{cr}$ 时, $W=1.0$ ; SI 单位制下当 $T_{cr} < \text{工作温度} \leq 816^\circ\text{C}$ , $W=1-0.00164(\text{工作温度}-T_{cr})$ 。 $T_{cr}$ : 表 A.0.1 中所列黑体字温度对应最小值 $-25^\circ\text{C}$ 。

2 焊接接头高温强度降低系数  $W$  值应按表 3.2.7-2 选用。

注: 设计温度高于 816℃ 工况的  $W$  取值应由设计者决定。

女厕哈哈 表 3.2.7-2 焊接接头高温强度降低系数  $W$

材料类别 \ 温度℃	427 <sup>o</sup>	454 <sup>o</sup>	482 <sup>o</sup>	510 <sup>o</sup>	538 <sup>o</sup>	566 <sup>o</sup>	593 <sup>o</sup>	621 <sup>o</sup>	649 <sup>o</sup>	677 <sup>o</sup>	704 <sup>o</sup>	732 <sup>o</sup>	760 <sup>o</sup>	788 <sup>o</sup>	816 <sup>o</sup>
1 <sup>o</sup>	1.00 <sup>o</sup>	0.95 <sup>o</sup>	0.91 <sup>o</sup>	0.86 <sup>o</sup>	0.82 <sup>o</sup>	0.77 <sup>o</sup>	0.73 <sup>o</sup>	0.68 <sup>o</sup>	0.64 <sup>o</sup>	- <sup>o</sup>	- <sup>o</sup>	- <sup>o</sup>	- <sup>o</sup>	- <sup>o</sup>	- <sup>o</sup>
2 <sup>o</sup>	- <sup>o</sup>	- <sup>o</sup>	- <sup>o</sup>	1.00 <sup>o</sup>	0.95 <sup>o</sup>	0.91 <sup>o</sup>	0.86 <sup>o</sup>	0.82 <sup>o</sup>	0.77 <sup>o</sup>	- <sup>o</sup>	- <sup>o</sup>	- <sup>o</sup>	- <sup>o</sup>	- <sup>o</sup>	- <sup>o</sup>
3 <sup>o</sup>	- <sup>o</sup>	- <sup>o</sup>	1.00 <sup>o</sup>	0.50 <sup>o</sup>	0.50 <sup>o</sup>	0.50 <sup>o</sup>	0.50 <sup>o</sup>	0.50 <sup>o</sup>	0.50 <sup>o</sup>	- <sup>o</sup>	- <sup>o</sup>	- <sup>o</sup>	- <sup>o</sup>	- <sup>o</sup>	- <sup>o</sup>
4 <sup>o</sup>	- <sup>o</sup>	- <sup>o</sup>	- <sup>o</sup>	1.00 <sup>o</sup>	1.00 <sup>o</sup>	1.00 <sup>o</sup>	1.00 <sup>o</sup>	1.00 <sup>o</sup>	1.00 <sup>o</sup>	1.00 <sup>o</sup>	1.00 <sup>o</sup>	1.00 <sup>o</sup>	1.00 <sup>o</sup>	1.00 <sup>o</sup>	1.00 <sup>o</sup>
5 <sup>o</sup>	- <sup>o</sup>	- <sup>o</sup>	- <sup>o</sup>	1.00 <sup>o</sup>	0.95 <sup>o</sup>	0.91 <sup>o</sup>	0.8 <sup>o</sup>	0.82 <sup>o</sup>	0.77 <sup>o</sup>	0.73 <sup>o</sup>	0.8 <sup>o</sup>	0.64 <sup>o</sup>	0.59 <sup>o</sup>	0.55 <sup>o</sup>	0.50 <sup>o</sup>
6 <sup>o</sup>	- <sup>o</sup>	- <sup>o</sup>	- <sup>o</sup>	1.00 <sup>o</sup>	插值法计算 <sup>o</sup>										0.5 <sup>o</sup>

3 表 3.2.7-1 未包含的材料及表 3.2.7-2 温度范围以外的  $W$  值可通过蠕变断裂实验的方法确定，且实验应符合下列规定：

- 1) 应使用包括母材、焊缝及热影响区的全厚度横截面试样；
- 2) 实验持续时间不应低于 1000h。

4 除本规范 3.2.7 条 1~3 款的规定外， $W$  的应用还应符合下列规定：

- 1) 满足本规范第 6 章强度计算要求的焊接管件，其高温蠕变工况的强度计算应计及焊接接头高温强度降低系数  $W$ ；
- 2) 蠕变工况下持续性荷载产生的轴向应力评定，其环焊缝的许用应力 $[\sigma]_h$  应计及高温强度降低系数  $W$ 。

5 下列情况可不计及高温强度降低系数  $W$ ：

- 1) 风荷载、地震荷载等偶然荷载下的应力评定；
- 2) 符合本规范 3.2.2 规定的允许变动范围；
- 3) 符合本款 1) 或 2) 条件下的管道组成件的强度设计；
- 4) 许用的位移应力范围 $[\sigma]_A$ 。

3.2.8 持续荷载产生的应力应满足下列规定：

- 1 管道组成件由内压产生的应力应依据本规范厚度及补强计算验证安全。
- 2 管道组成件由外压产生的应力应依据本规范厚度及稳定性计算验证安全。
- 3 由压力、重力及其他持续荷载所产生的应力 $\sigma_L$  不应超过材料在与计算条件相应的温度下的许用应力 $[\sigma]_h$ 。

3.2.9 计算的最大位移应力范围 $\sigma_E$  应符合下列规定：

1  $\sigma_E$  不应超过按(3.2.9-1)式确定的许用的位移应力范围 $[\sigma]_A$ ，若 $[\sigma]_h$  大于  $\sigma_L$ ，可按(3.2.9-2)式确定：

$$[\sigma]_A = f(1.25[\sigma]_c + 0.25[\sigma]_h) \quad (3.2.9-1)$$

$$[\sigma]_A = f[1.25([\sigma]_c + [\sigma]_h) - \sigma_L] \quad (3.2.9-2)$$

除膨胀节外,  $f$ 按式(3.2.9-3)计算或按图 3.2.9 查得:

$$f = 20(N)^{-0.333} \leq f_m \quad (3.2.9-3)$$

除膨胀节外,  $f$ 按式(3.2.9-3)计算或按图 3.2.7 查得:

$$N = N_E + \sum (r_j^3 N_j) \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (3.2.9-4)$$

$$r_j = \sigma_j / \sigma_E \quad (3.2.9-5)$$

- 式中:
- $[\sigma]_A$  —— 许用的位移应力范围(MPa);
  - $[\sigma]_c$  —— 在分析中的位移循环内, 金属材料在冷态(预计最低温度)下的许用应力(MPa), 最大取 138MPa;
  - $[\sigma]_h$  —— 在分析中的位移循环内, 金属材料在热态(预计最高温度)下的许用应力(MPa), 最大取 138MPa;
  - $\sigma_L$  —— 管道中由于压力、重力和其他持续荷载所产生的应力(MPa);
  - $f$  —— 位移应力范围系数;
  - $N$  —— 预期工作寿命内, 以最大应力范围为基准的当量循环次数;
  - $f_m$  —— 应力范围系数的最大值。对于规定最小抗拉强度小于或等于 517MPa 且循环条件下最高金属温度小于或等于 371℃时, 铁基材料应力范围系数的最大值为 1.2; 其他情况应力范围系数的最大值为 1.0;
  - $N_E$  —— 最大位移应力范围 $\sigma_E$ 的循环次数;
  - $r_j$  —— 应力范围的比值;
  - $N_j$  —— 位移应力范围 $\sigma_j$ 的循环次数;
  - $\sigma_j$  —— 小于最大位移应力范围 $\sigma_E$ 的第  $j$  次计算位移应力范围值(MPa);
  - $\sigma_E$  —— 最大位移应力范围 (MPa) ;

2 许用位移应力范围计算应符合下列补充规定:

- 1)对于铸件, 热态及冷态下的许用应力应计入铸件质量系数  $E_c$ 。对纵向焊接接头, 热态及冷态下的许用应力 ( $[\sigma]_c$  及  $[\sigma]_h$ ) 不需计及焊接接头

系数  $E_j$ ;

2) 管道位移应力范围系数  $f$  主要用于耐蚀性良好的管道, 在主应力循环数高的地方应采用抗腐蚀的材料。

3) 当量循环次数  $N$  大于  $10^6$  时, 式 (3.2.9-3) 及图 3.2.9 不适用于确定位移应力范围系数  $f$ , 可依据其他相应规范对管道进行疲劳分析。

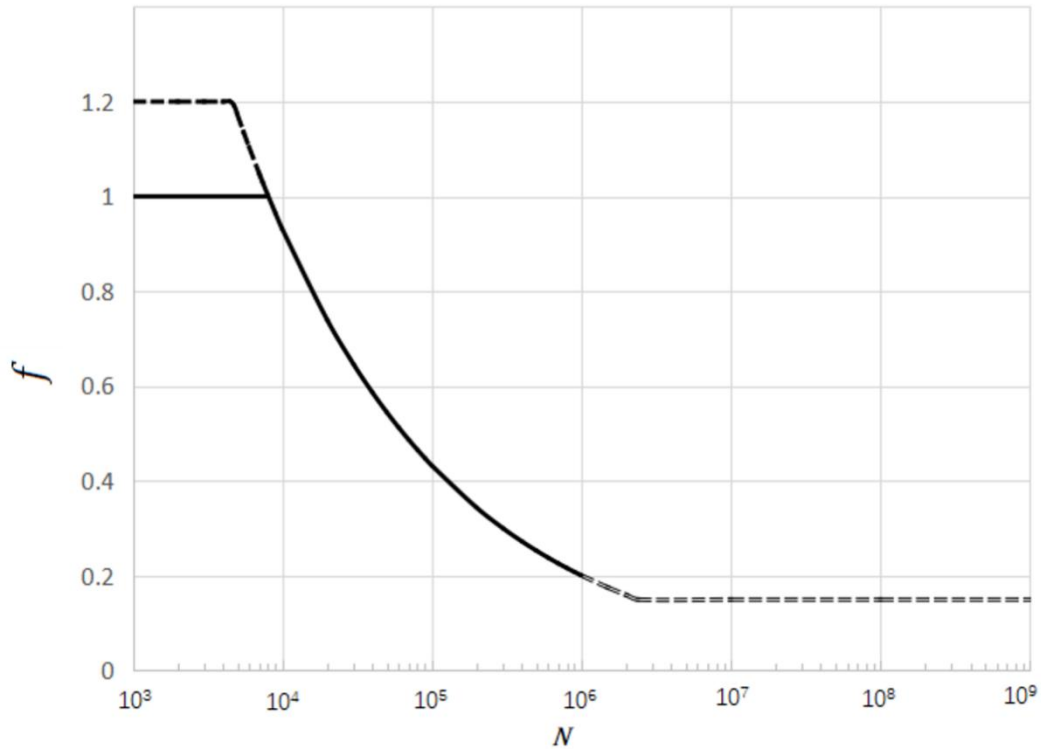


图 3.2.9 应力范围系数  $f$  与位移循环当量数  $N$  之间的关系

3.2.10 管道设计应计及持续荷载与偶然荷载的应力, 且应符合下列规定:

1 在工作条件下, 管道受内压、自重、其他持续荷载和偶然荷载所产生的应力之和应满足式 (3.2.10) 的要求:

$$\sigma'_L \leq 1.33[\sigma]'_h \quad (3.2.10)$$

式中:  $\sigma'_L$  ——  $\sigma_L$  与偶然荷载所产生的应力之和 (MPa);

$[\sigma]'_h$  —— 本规范附录 A 中与计算条件相应的温度所对应的许用应力值(MPa)。

2 在试验条件下产生的应力不受本规范第 3.2.8 及 3.2.9 条的限制, 可不计入



偶然荷载。

3 同时符合下列条件时，应计及地震荷载：

1)为 A1、A2 和 B 类流体以及设计压力大于 10MPa 的 C 类流体管道；

2)管道处于地震设防烈度大于或等于 6 度，且设计基本地震加速度大于或等于 0.10g 的地区；

4 若无特殊要求，管道设计不应计及风和地震荷载同时发生的情况。

5 安全阀开启的瞬时反冲力可计入偶然荷载。

## 4 材料

### 4.1 一般规定

4.1.1 管道材料应依据管道的设计条件并计及耐蚀性、经济性和焊接及加工性能选用，同时应符合本规范有关材料使用温度及使用工况、低温韧性和使用要求等规定。

4.1.2 本规范的设计应使用附录 A 所列管道材料，且技术条件应符合国家现行标准的规定。

4.1.3 本规范未列出的管道材料应满足本规范和有关现行国家标准要求，且应符合包括化学成分、物理和力学性能、制造工艺方法、热处理和检验及其他有关规定。

### 4.2 金属材料的使用温度及使用工况

4.2.1 材料使用温度，除了应符合本规范附录 A 的规定外，还需依据流体腐蚀的影响及对材料性能的影响等确定。

4.2.2 材料的使用温度上下限应符合下列规定：

1 除满足本规范附录 P 的规定外，本规范附录 A 表列材料的使用温度不应超出规定的温度上限和温度下限。

2 非附录 A 表列材料，决定其使用温度时应符合下列规定：

- 1) 应保证材料在使用温度条件下的适用性和可靠性；
- 2) 在使用温度下，材料应具有对流体及外界环境影响的抵抗力；
- 3) 应按本规范第 3.2.3 条的规定确定材料的许用应力。

3 本规范附录 A 表列碳钢（包括碳锰钢）、低温钢材料的使用温度下限采用字母表示的，应根据管道组件的名义厚度根据图 4.2.2 确定其使用温度下限。4.1.1 工业设备及管道在防腐蚀衬里和外表面涂层施工前应进行基体表面处理。

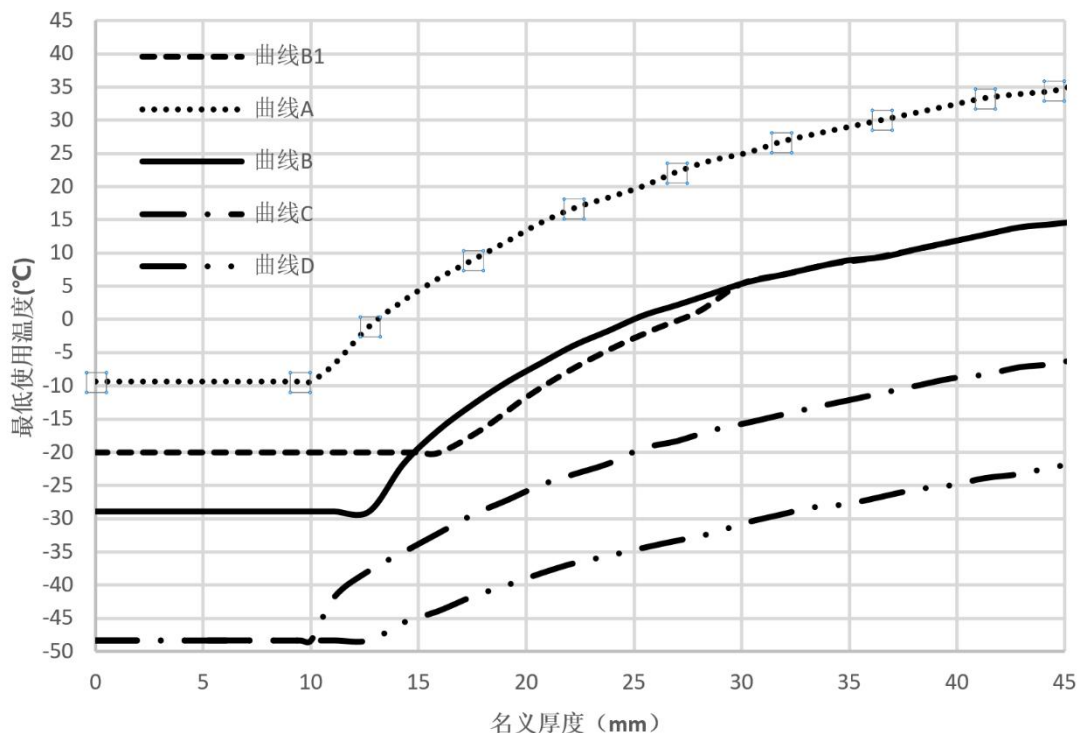


图 4.2.2 碳钢（包括碳锰钢）、低温钢材料厚度/最低使用温度（°C）

注：图示名义厚度系指焊接部位的厚度：对接焊接厚度较小侧；支管与主管的角接头按支管厚度；对焊接法兰按锥颈小端厚度；非焊接部位按 $\frac{1}{4}$ 计。

### 4.3 金属材料的低温韧性试验要求

4.3.1 管道设计温度低于或等于 $-20^{\circ}\text{C}$ ，而高于本规范附录 A 中使用温度下限的碳钢（包括碳锰钢）、低温钢，合金钢，双相不锈钢材料。母材及采用焊接堆积的焊缝金属和热影响区应进行低温冲击试验。

4.3.2 奥氏体不锈钢，含碳量大于等于 0.1%，设计温度低于 $-20^{\circ}\text{C}$ 且高于本规范附录 A 中使用温度下限时，母材及采用焊接堆积的焊缝金属和热影响区应进行低温冲击试验。

4.3.3 用于 $-104^{\circ}\text{C}$ 及以上的碳钢、低合金钢、中合金钢的材料（包含焊缝）必须经冲击试验验证，且应满足以下条件：

1 对于带有震动冲击或者较大温差的管道系统，所引起的局部应力应小于设计条件下基本许用应力的 10%；

2 不同种材料焊接的管道系统，材料须要进行低温冲击试验才能降低最低使用温度，且应评估不同种材料焊缝附近热变形对于组合应力的影响，评估影响时，应使用设计条件下的弹性模量，且线膨胀差别所引起的局部应力应小于设计条件

下基本许用应力的 10%；

- 3 在超限高温流体环境中，管道不应降低最低允许使用温度；
- 4 管道不应受到维护操作荷载的影响；

4.3.4 符合下列条件时，可免做低温冲击试验：

1 除了抗拉强度下限值大于 540MPa 的钢材及螺栓材料，设计温度不低于本规范附录 A.1 表列规定的材料温度下限时，母材（不包括焊接堆积的焊缝金属）免做低温冲击试验。

2 材料的厚度无法制备 2.5mm 厚试样时，免做低温冲击试验。

3 固溶处理状态奥氏体不锈钢，含碳量小于等于 0.1%（包括焊接堆积的焊缝金属），设计温度等于或高于 -104℃，免做低温冲击试验。

4 设计温度低于本规范附录 A 表列规定的材料温度下限但满足本规范强制性附录 P 的免除低温冲击试验相关规定时。

4.3.5 需热处理的材料，应在热处理后进行冲击试验。

4.3.6 冲击试验温度应符合下列规定：

1 标准试样的冲击试验温度应不高于最低设计温度；

2 小尺寸试样的冲击试验温度的降低值应按表 4.3.6-1 选取，材料厚度或试样缺口宽度按表 4.3.6-2 选取：

表 4.3.6-1 冲击试验温度降低值

材料厚度 mm	冲击试样宽度 mm	冲击试验温度降低值 $\Delta T$ °C
$\geq 10$	8	0
	8	$\Delta T$
$< 10$	$\geq 0.8$ 倍材料厚度	0
	$< 0.8$ 倍材料厚度	$ \Delta T_1 - \Delta T_2 $

注： $\Delta T_1$  为材料厚度小于 10mm 时的温度降低值， $[\Delta T]_2$  为冲击试样宽度小于 10mm 时的温度降低值。

表 4.3.6-2 材料厚度或试样缺口宽度与温度降低值

材料厚度/试样缺口宽度 mm	冲击试验温度降低值 $\Delta T$ °C
10	0
9	0
8	0
7.5	3
7	4
6.67	5
6	8
5	11
4	17
3.33	19
3	22
2.5	28

4.3.7 在温度下限以上使用有色金属(镍、钛、铝)和它的合金材料时,如填充金属成分与母材成分不同,焊接接头应在设计温度下进行相应试验(包括拉伸试验,冲击试验)等,其延伸率,冲击功,缺口拉伸/常规拉伸比较等指标应符合设计规定。

4.3.8 制造厂已作过冲击试验的材料,但加工后经过热处理时,应进行低温冲击试验。

4.3.9 焊接结构中,对热影响区的低温冲击试验可满足对基体材料的冲击试验。

4.3.10 材料冲击试验的方法应按现行国家标准《金属夏比缺口冲击试验方法》GB/T 229 的规定。在低温下的冲击功值应符合低温用材料标准或按表 4.3.10-1 和表 4.3.10-2 的规定。采用小尺寸试样时,应按试样宽度的比例降低冲击吸收能量合格标准,但侧向膨胀量合格标准与标准试样相同,且均应合格。当冲击功不相同的基体材料焊接一起时,其冲击试验的冲击功应符合较小抗拉强度的基体材料的要求。

表 4.3.10-1 夏比冲击试验的冲击功合格标准(母材、焊缝金属、热影响区)

材料类别	最小抗拉强度值 $R_m$ MPa	标准试样冲击吸收能量 J	
		三个试样平均值	单个试样最低值
碳钢、合金钢	$R_m \leq 448$	18	16
	$448 < R_m \leq 517$	20	16
	$517 < R_m < 656$	27	20
奥氏体不锈钢(-196℃)	$R_m \leq 515$	60	42
合金钢( $\leq M52$ )	$R_m \geq 656$	27	20

表 4.3.10-2 冲击试验的侧向膨胀量合格标准(母材、焊缝金属)

材料类别	最低使用温度℃	冲击试验温度℃	侧向膨胀量 mm
奥氏体不锈钢、铁素体不锈钢、双相不锈钢、 $>M52$ 且 $R_m \geq 656$ 的碳钢、合金钢	$\leq -196$	最低设计温度	0.38
	$< -196$	-196	0.46

4.3.11 试样应从同批、同规格、同样加工、焊接和热处理条件的材料中制取。

4.3.12 焊接接头的冲击试验应符合下列规定:

- 1 焊接接头的冲击试验应在焊接工艺评定中进行;
- 2 焊接接头冲击试验的试件制备、试样位置及数量应符合表 4.3.12 的规定;
- 3 材料的焊接接头冲击试验应包括焊缝金属和热影响区,但奥氏体不锈钢的焊接接头冲击试验仅包括焊接堆积的焊缝金属。

表 4.3.12 焊接接头冲击试验

制备冲击试样的试件	试验的覆盖范围	试样位置及数据量	冲击试验进行者
每一种焊接工艺、每种焊接材料型号每种焊剂均要进行一套冲击试验。试样的热处理状态与完工管道相同（包括热处理温度、保温时间、冷却速度）	试件厚度为T，则可覆盖的厚度范围为T/2~(T+6mm)	焊缝金属（三个一组）： a)试样横贯焊缝； b)缺口位于焊缝金属并垂直于接头表面。 热影响区（如果需要，三个一组）： a)缺口位于根部及其后的断口尽可能多的位于焊接接头的热影响区； b)其余同上。	制作、安装

#### 4.4 材料的使用要求

##### 4.4.1 制造管道组成件用钢材应符合下列规定：

1 Q235-B 及 Q235-C 材料宜用于 C 及 D 类流体且设计压力不宜大于 1.6MPa 的管道。

2 奥氏体不锈钢使用温度高于 525℃时，钢中含碳量不应小于 0.04%，在固溶状态下使用。

3 受压管道组成件使用钢板时，应对以下钢板逐张进行超声波检验：

- 1)低温钢厚度大于 20mm，质量不应低于Ⅲ级；
- 2) 20R 及 16MnR 厚度大于 30mm，质量不应低于Ⅲ级；
- 3)其他低合金钢厚度大于 25mm，质量不应低于Ⅲ级；
- 4)对于调质钢板不论厚度多少，均须检测，质量不应低于Ⅱ级。

4 调质状态供货的钢材，应按设计条件进行常温或低温冲击试验。

5 钢材的使用状态应按本规范附录 A 的规定。设计指定供货状态与现行国家材料标准的规定不同时，应在设计文件中注明。

6 低温管道用钢应采用镇静钢。

##### 4.4.2 铸铁类材料使用范围应符合下列规定：

1 球墨铸铁用作受压部件时，其设计温度不应超过 350℃，设计压力不应超过 2.5MPa。在常温下，设计压力不宜超过 4.0MPa。

2 下述铸铁不宜在剧烈循环条件下使用。对过热、机械振动及误操作等采取防护措施时，可限制在下列范围内使用：

- 1)灰铸铁件不宜使用于输送 B 类流体的管道上，在特殊情况下必须使用时，其设计温度不应高于 150℃，设计压力不应超过 1.0MPa；C 类流体管道使用灰铸铁件的设计压力不宜超过 1.6MPa，设计温度不宜超过

230℃；

- 2)可锻铸铁用于 C 类流体管道，设计温度不应高于 230℃，设计压力不应大于 2.5MPa；或用于设计温度为 300℃时，设计压力不应大于 2.0MPa；用于 B 类流体管道，设计温度不应高于 150℃，设计压力不应大于 1.0MPa；

3)高硅铸铁不得用于 B 类流体。

4.4.3 使用其他金属材料应符合下列规定：

1 在火灾危险区内，不宜使用铜、铝材料。

2 铅、锡及其合金管道不得用于 B 类流体。

3 铜、铝与其他金属连接时，有电解液存在情况下，应考虑产生电化腐蚀的可能性。

4.4.4 使用复合金属和衬里材料应符合下列规定：

1 管道组成件由符合有关材料标准要求整体复合钢板制成时，其基层(外层)金属和复层金属应符合本规范第 4.1 节的规定。

1)整体复合材料的管道耐压强度计算，可根据扣除所有厚度附加量后的基层和复层金属的总厚度来计算。

2)基层和复层金属的许用应力可按本规范附录 A 的规定。但复层金属的许用应力取值不应大于基层金属的许用应力值。

整体复合材料的许用应力可按式(4.4.4)计算：

$$[\sigma]_0 = \frac{[\sigma]_1 \delta_1 + [\sigma]_2 \delta_2}{\delta_1 + \delta_2} \quad (4.4.4)$$

式中  $[\sigma]_0$ ——在设计温度下整体复合金属材料的许用应力 (MPa)；

$[\sigma]_1$ ——在设计温度下基层金属的许用应力 (MPa)；

$[\sigma]_2$ ——在设计温度下复层金属的许用应力 (MPa)；

$\delta_1$ ——基层金属的名义厚度 (mm)；

$\delta_2$ ——复层金属扣除附加量后的有效厚度 (mm)。

2 对于非整体结构的金属复层或衬里的管道组成件，其基层金属材料的厚度应符合耐压强度计算的厚度，计算厚度不应包括复层或衬里的厚度。

3 除本条的要求外，在本规范中对输送不同流体的管道材料所作的各种限制，不适用于管道组成件的复层材料或衬里材料。复层或衬里材料和基层材料以及粘

结剂应根据设计条件及流体性质选用。

4 复层为奥氏体不锈钢时，使用温度不宜超过 400℃。

5 非金属衬里材料的使用可按本规范附录 C 的规定执行。

4.4.5 选择连接接头和辅助材料诸如胶泥、溶剂、钎焊材料、填料、衬垫及“O”形环、螺纹的润滑剂与密封剂等用以制作或用作密封接头时，对上述材料与所输送流体应有相容性。



## 5 管道组成件的选用

### 5.1 一般规定

5.1.1 管道组成件的选用应符合本规范耐压强度设计规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

5.1.2 管道组成件成型及焊后的热处理应符合本规范附录 G 的规定。

5.1.3 管道组成件的检验应符合本规范附录 J 的规定。

5.1.4 管道组成件的材料应符合本规范第 4 章及附录 A 中材料标准的规定。

### 5.2 管子

5.2.1 直缝焊接钢管的采用应符合本规范附录 J 及本规范表 3.2.5 的规定。

5.2.2 剧烈循环条件的管道宜采用国家现行标准中所列的无缝钢管和铜、铝、钛、镍及其合金的无缝管，采用直缝电焊钢管时不得选用电阻焊（ERW）焊管及未按规定经射线照相检测的电熔焊焊管。

5.2.3 用于设计压力大于或等于 10MPa 管道的无缝钢管应符合下列要求：

1 碳钢和合金钢管的制造及检验应符合现行国家标准《高压锅炉用无缝钢管》GB/T 5310、《管高压化肥设备用无缝钢管》GB/T 6479 和《石油裂化用无缝钢管》GB/T 9948 的规定；

2 不锈钢管的制造及检验应符合现行国家标准《流体输送用不锈钢无缝钢管》GB/T 14976 的规定，且应符合特种设备安全技术规范中的相关规定。

5.2.4 钢管厚度应符合本规范附录 D 的规定。

5.2.5 夹套管的内管宜采用无缝管。

### 5.3 弯管及斜接弯管

5.3.1 采用弯管应符合下列规定：

1 按照现行国家标准制造、弯曲后的弯管，其外侧减薄处最小厚度不应小于弯管的最小设计厚度；

2 弯管内侧褶皱高度不应大于外径的 3%，褶皱波峰的间距不应小于褶皱高度的 12 倍；

注：褶皱高度为褶皱相邻两波峰与波谷处弯管外径的平均差值。

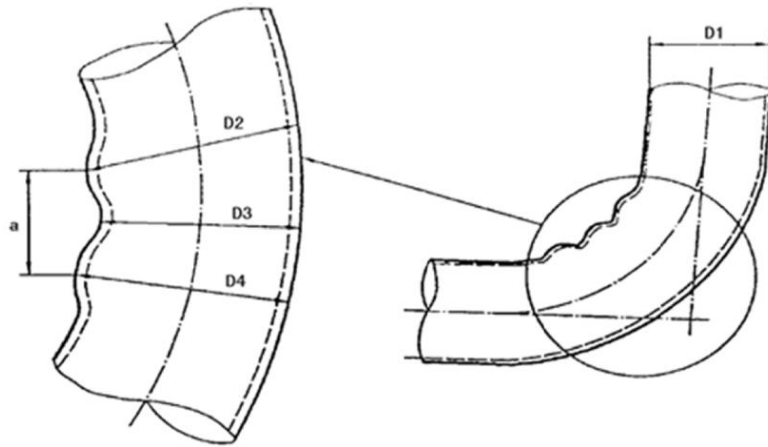


图 5.3.1 弯管的褶皱及波浪示意图

3 钢管弯曲后截面不圆度应符合下列规定：

- 1) 受内压时，任一横截面上最大外径与最小外径之差不应超过名义外径的 8%；
- 2) 受外压时，任一横截面上最大外径与最小外径之差不应超过名义外径的 3%。

4 带褶皱的弯管不得用于剧烈循环条件的管道。

5.3.2 采用斜接弯管应符合下列规定：

1 当设计压力不大于 2.0MPa，且设计温度低于材料的蠕变温度时，按本规范进行耐压计算、制造、焊接的斜接弯管可用于与制造弯管的直管相同的管道；

2 一条焊缝方向改变的角度 $\alpha$ 大于 45°的斜接弯管仅可用于输送 D 类流体的管道；

3 一条焊缝方向改变的角度 $\alpha$ 大于 22.5°的斜接弯管不得用于剧烈循环条件的管道；

4 夹套管道的内管应采用圆弧弯头或弯管，不应采用斜接弯管。

## 5.4 管件及支管连接

5.4.1 剧烈循环条件下管件的选用应符合下列规定：

1 选用锻造件及轧制无缝管件；

2 焊接管件的焊接接头系数应大于或等于 0.9，不得选用电阻焊（ERW）和未按规定经射线照相检测的电熔焊焊管制造的管件；

3 铸钢件的铸件质量系数  $E_c$  不应小于 0.90，并应符合本规范第 3.2.4 条的规

定；

4 不锈钢对焊管件的厚度应符合附录 D 第 D.0.1 条的规定。

5.4.2 标准管件及非标准异径管的选用应符合下列规定：

1 标准管件包括弯头、三通、四通、异径管及管帽等工厂制造的管件；

2 选用对焊端的弯头时应采用长半径（弯曲半径为公称直径的 1.5 倍）的弯头。短半径弯头仅可在布置特殊需要时使用；

3 采用钢板热压成型及组焊（两半焊接合成）的管件时，应符合本规范附录 J 第 J.1.1 条的规定；

4 无特殊要求时，宜优先选用钢制管件。螺纹连接的可锻铸铁定型管件，宜用于 D 类流体的地上管道中；

5 铸铁管件制造、制作和安装过程中不得焊接；

6 对焊端的标准管件的外径系列及端部名义厚度应在工程设计中指定。如工程设计文件未指定时，管件内部厚度应根据设计压力、设计温度及腐蚀附加量由制造厂决定。管件内部可局部加厚，但各部位均不应小于其端部厚度；

7 钢板卷焊的非标准异径管设计压力不宜超过 2.5MPa。并应按本规范进行计算。

5.4.3 预制的突缘短节的选用应符合下列规定：

1 在本条中的要求仅用于单独制造的突缘短节，不适用于特殊管件，也不适用于管端整体锻制的突缘。

2 焊接加工的突缘短节，符合下列条件时，则可与其相接的管子一样，适用于相同的工作条件。

1) 突缘的外径必须符合法兰标准或设计指定法兰标准的突缘短节的尺寸要求；

2) 突缘的厚度不应小于与其相连管子的名义厚度；

3) 突缘短节材料宜与管子材料相同；

4) 应按焊接加工的突缘短节(图 5.4.3)的要求加工。

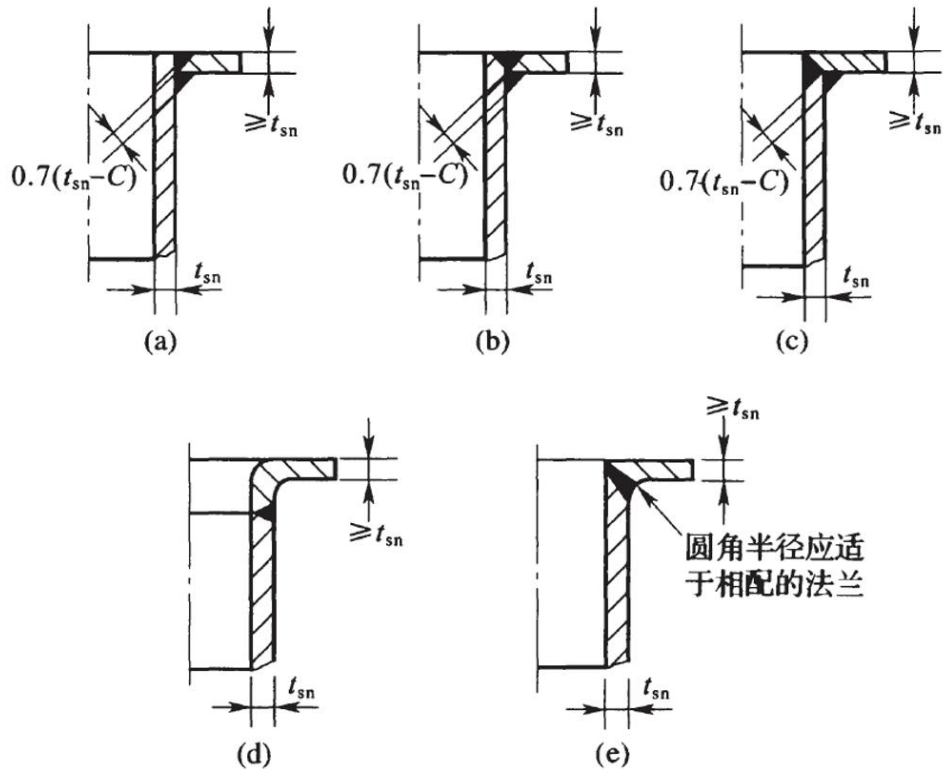


图 5.4.3 焊接加工的突缘短节

注：焊接后应对突缘部进行机械加工，密封面的粗糙度应符合法兰标准要求。焊缝的检测应符合附录 J 第 J.1 节的规定。

3 整体扩口翻边的突缘短节，当符合下列条件时，则可与其相接的管子一样，适用于相同的工作条件。

- 1) 突缘的外径必须符合法兰标准或设计指定法兰标准的突缘短节的尺寸要求；
- 2) 翻边的圆角半径应与相应的法兰相配；
- 3) 在任意一点上所测得的突缘厚度，不应小于最小管壁厚度的 95% 乘以管子的外半径与翻边厚度测量点处半径之比。

#### 4 剧烈循环条件下的突缘短节。

- 1) 焊接加工的突缘短节(图 5.4.3)，用于剧烈循环条件时，应选用该图中(d)或(e)的形式加工，还应满足本条第 5.4.3 第 2 款的要求；
- 2) 整体扩口翻边的突缘短节，不得用于剧烈循环条件下。

#### 5.4.4 焊接支管及预制的支管连接件的选用应符合下列规定：

1 除采用本章第 5.4.2 条的三通及四通外，可根据本节要求选用下列的支管连接结构：

- 1) 焊接支管, 见图 5.4.4-1(a)、(b)、(c)、(d);
- 2) 半管接头, 见图 5.4.4-2;
- 3) 支管台, 见图 5.4.4-3;
- 4) 嵌入式支管, 见图 5.4.4-1(e)。

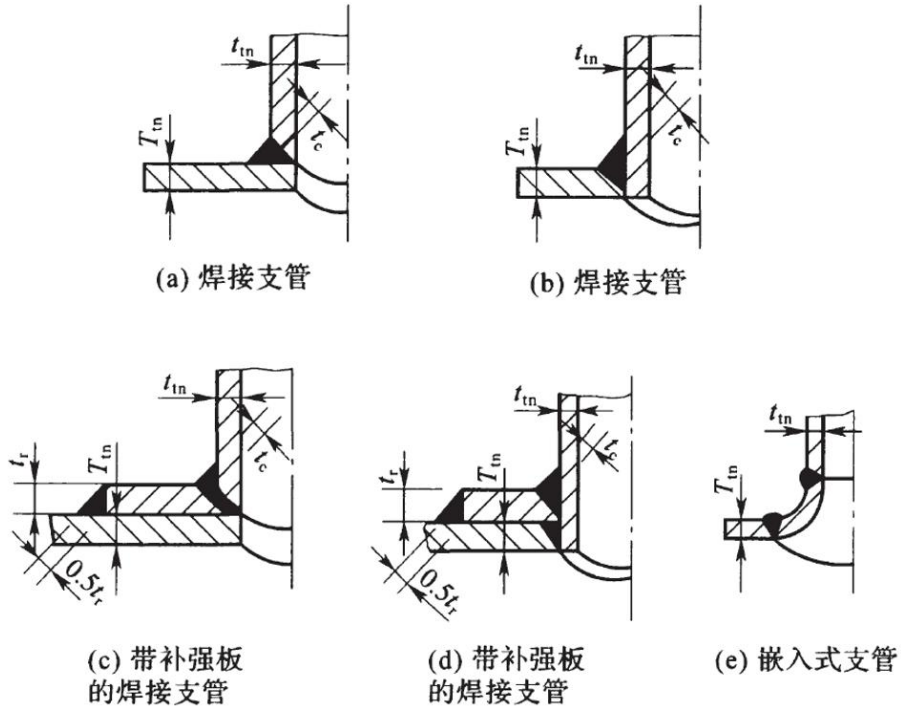


图 5.4.4-1 支管连接焊缝的形式

- 注: 1、  $T_{mn}$ —主管名义厚度(mm);  $t_{in}$ —支管名义厚度(mm);  $t_c$ —角焊缝计算的有效厚度, 可取  $0.7t_{in}$  或  $6.5\text{mm}$  两者中的较小值;  $t_r$ —补强板名义厚度(mm)。
- 2、 所示尺寸为最小的合格焊缝尺寸。
  - 3、 采用图 5.4.4-1(c)及(d)连接方式时, 应在补强板的高位开有 $\Phi 5$ 的排气孔; 补强板应与主管和支管很好地贴合。采用图 5.4.4-1(a)和(c)时, 支管内径和主管开孔直径之间偏差不应大于  $3\text{mm}$ 。

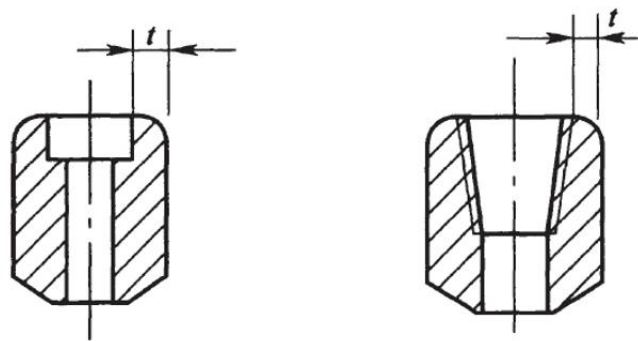


图 5.4.4-2 半管接头

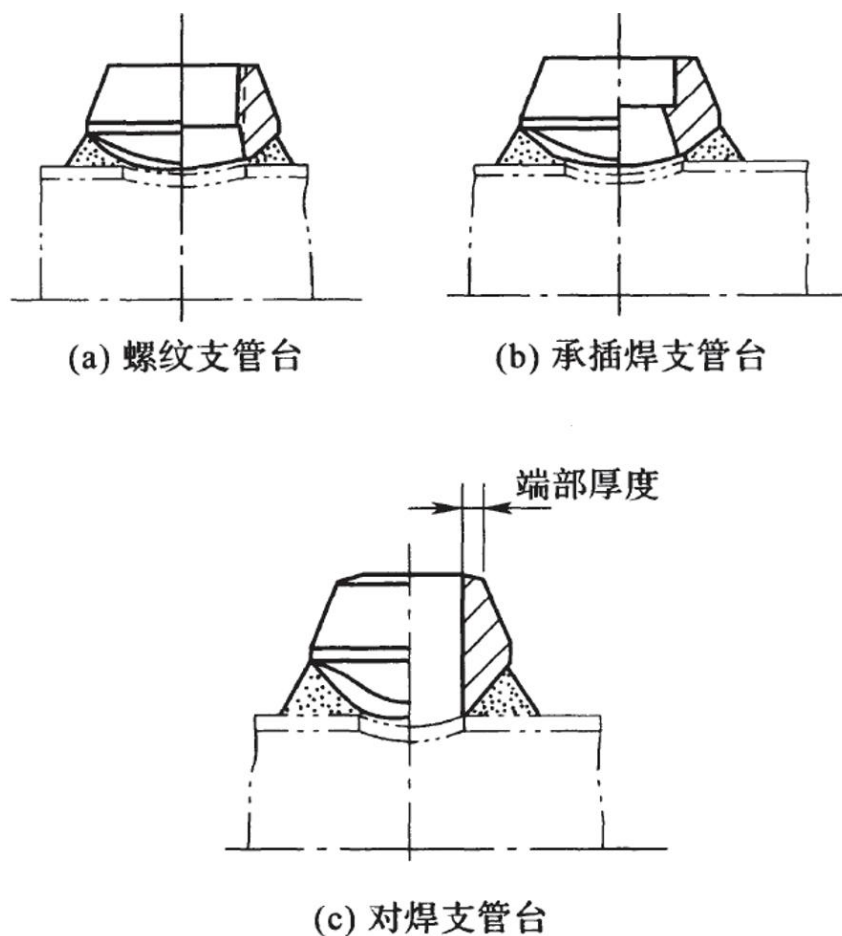


图 5.4.4-3 支管台

2 支管连接应符合支管连接焊缝的形式(图 5.4.4-1)的结构要求。补强应符合本规范的规定。当用于剧烈循环条件时, 不应采用图 5.4.4-1 中(a)、(c)的结构。

3 公称压力大于或等于 PN100 的管道, 主支管为异径时, 宜采用整体补强的支管连接管件, 当主支管为等径时宜采用三通。

4 选用半管接头作为支管连接时, 其公称直径不宜大于 DN50。

5 存在振动、脉动、温度循环等荷载引起的循环应力的管道可采用三通、支管台或嵌入式支管, 不宜采用焊接支管。

6 主管外径与厚度之比 $\left(\frac{D_0}{T_{tn}-C_{1m}}\right)$ 大于或等于 100 时, 支管外径应小于主管外径的 1/2。

## 5.5 阀门

5.5.1 用于各类流体的阀门类型、结构及其各部件材料, 应根据流体的特性、设计温度、设计压力及本规范第 3.2.1 条的规定选用。

- 5.5.2 选用手动阀门，当开启力大于 400N 时，宜采用齿轮操纵结构。
- 5.5.3 阀盖与阀体的连接螺栓少于 4 根或采用 U 形螺栓连接的阀门，仅可用于 D 类流体管道。公称压力超过 PN16 的蒸汽管道不应使用螺纹连接的阀盖。
- 5.5.4 阀杆填料和管道内流体介质温差较大的工况以及阀门设计温度低于-46℃ 的低温工况，应采用加长阀盖的结构形式。
- 5.5.5 使用非金属密封材料内件且用于 B 类流体的阀门，应符合耐火试验要求，并根据非金属材料所能承受的压力-温度额定值确定阀门的压力-温度额定值。**
- 5.5.6 阀门的材料应符合本规范第 4 章的规定。对于磨蚀性大的流体，阀座及阀芯应选用耐磨损的材料。对于有磨蚀的流体，选用闸阀时，宜为明杆结构形式。
- 5.5.7 除耐腐蚀的要求外，输送 B 类流体的管道上宜用钢制阀体的阀门，用于易燃、易爆气体以及挥发性有机物的阀门应选用低逸散结构。
- 5.5.8 端部焊接连接的小口径阀门，当焊接及热处理过程中的高温可能导致阀座变形时，应选用长阀体型或端部带袖管的阀门。
- 5.5.9 氧气管道阀门的选用应符合下列规定：
- 1 除放空、排净和仪表根部阀外，切断阀不应使用闸阀；对于球阀、旋塞阀和蝶阀等快开型的阀门，宜配设齿轮操作装置。关闭后上下游存在较大压差的切断阀宜设置旁通阀，旁通阀宜使用截止阀；
  - 2 宜选用缓闭型止回阀；
  - 3 阀内垫片及填料不应使用易脱落碎屑、纤维的材料或可燃的材料制成。

## 5.6 法兰

- 5.6.1 标准法兰的公称压力的确定，应符合本规范第 3.2.1 条第 1 款的规定。
- 5.6.2 当使用非标准法兰时，必须按本规范的规定进行耐压强度计算。
- 5.6.3 法兰选用应当符合下列规定：**
- 1 平焊法兰不得用于温度频繁变化的管道，特别是法兰未做隔热的场合；
  - 2 剧烈循环条件下的管道应选用带颈对焊法兰，不得选用扩口翻边法兰；
- 5.6.4 公称直径不小于 DN400 的管道上设盲板时，宜在法兰上设顶开螺栓(顶丝)。碳钢的顶丝应做防锈处理。
- 5.6.5 配用非金属垫片的法兰，法兰密封面的粗糙度宜为 3.2~6.4 $\mu\text{m}$ 。对于配用缠绕式垫片的法兰，粗糙度宜为 1.6~3.2 $\mu\text{m}$ ，并宜使用公称压力大于或等于 PN16

的法兰。

5.6.6 选用缠绕式垫片、金属包覆垫等半金属垫或金属环垫且公称压力小于等于 PN20 的法兰，应使用刚性较大的结构型式。

5.6.7 当金属法兰与非金属法兰连接或使用脆性材料的法兰时，两者宜使用全平面(FF)型法兰。当必须使用突面(RF)型法兰时，应有防止螺栓过载而损坏法兰的措施。

5.6.8 有频繁大幅度温度循环的情况下，承插焊法兰和螺纹法兰不宜用于高于 260℃及低于-45℃的工况。

## 5.7 垫片

5.7.1 垫片应根据流体性质、使用温度、压力以及法兰密封面等因素选用，垫片的密封荷载应与法兰的压力等级、密封面型式和表面粗糙度以及紧固件相匹配。

5.7.2 缠绕式垫片用在凸凹面法兰上时宜带内环，用在突面(RF)型法兰上时宜带外定位环。

5.7.3 用于全平面(FF)型法兰的垫片，应为全平面非金属垫片。

5.7.4 非金属垫片的外径可超过突面(RF)型法兰密封面的外径，制成“自对中”式的垫片。

5.7.5 用于不锈钢法兰的非金属垫片，其氯离子的含量不得超过 50ppm。

## 5.8 紧固件

5.8.1 管道用紧固件，包括六角头螺栓、双头螺柱、全螺纹螺柱、螺母和垫圈等零件。

5.8.2 应选用现行国家标准中的标准紧固件，并在本规范附录 A 所规定材料的范围内选用。

5.8.3 用于法兰连接的紧固件材料，应符合现行国家法兰标准的规定，并与垫片类型相适应。

5.8.4 法兰连接用紧固件螺纹的螺距不宜大于 3mm。直径 M30 以上的紧固件可使用细牙螺纹。

5.8.5 紧固件的使用温度应符合现行国家法兰标准中规定。

5.8.6 用于各种不同法兰的紧固件应符合下列规定：



1 在一对法兰中有一个是铸铁、青铜或其他铸造法兰，则紧固件要使用较低强度的法兰所配的紧固件材料。但符合下列条件时，可按所述任一个法兰配选紧固件材料：

- 1)两个法兰均为全平面，并使用全平面的垫片；
- 2)考虑到持续载荷、位移应变、临时荷载以及法兰强度各方面的因素，对拧紧螺栓的顺序和扭矩已作了规定。

2 当不同等级的法兰以螺栓紧固在一起时，拧紧螺栓的扭矩应符合低等级法兰的要求。

**5.8.7 法兰连接的紧固件应符合预紧与操作条件下垫片的密封要求，剧烈循环条件以及振动、疲劳等条件下不得选用低强度紧固件。**

5.8.8 金属管道组成件上使用直接拧入螺柱的螺纹孔时，应有足够的螺孔深度，对于钢制件其深度至少应等于公称螺纹直径，对于铸铁件不应小于 1.5 倍的公称螺纹直径。

## 5.9 管道组成件连接结构选用要求

5.9.1 焊接接头的选用，应符合下列规定：

1 焊缝坡口应符合现行国家标准《管道元件 公称尺寸的定义和选用》GB/T 1047、《管道元件 公称压力的定义和选用》GB/T 1048 和《钢制对焊无缝管件》GB/T 12459 的规定；

2 承插焊连接接头的选用：

- 1)公称直径不宜大于 DN50，连接结构应符合本规范附录 H 第 H.1 节的规定；
- 2)可能产生缝隙腐蚀或严重冲蚀、要求焊接部位及管道内壁光滑过渡的场合，不得选用承插焊连接；
- 3)大于 DN40 的管径不应用于剧烈循环条件下。

3 对焊接头的选用：

- 1)在钢管道中除有维修拆卸要求外，应使用对焊接头；
- 2)当材料强度相同而不同厚度的管道组成件组对对接，而厚度较厚一端内壁或外壁形成错边量大于 2mm 或超过设计规定的数值时，应符合本规范附录 H 第 H.2 节的规定。

4 平焊(滑套)法兰的焊接应符合本规范附录 H 第 H.1.4 条的规定。

5.9.2 螺纹连接(螺纹密封)接头的选用,应符合下列规定:

1 不宜用于可能发生应力腐蚀、缝隙腐蚀、冲蚀或由于振动、压力脉动及温度变化等可能产生交变荷载的部位;

2 需密封焊的螺纹连接的接头,不得使用密封材料;

3 不应用于扭矩大的或有振动的管道上。在热膨胀可能使螺纹松动时,应采取预防措施;

**4 除温度计套管外,不应用于极毒、高毒介质和剧烈循环条件的管道;**

5 圆锥外螺纹与圆柱内螺纹的配合(R/RP),仅适用于 D 类流体管道;

6 除现行国家标准《低压流体输送用焊接钢管》GB/T 3091 标准中规定的普通和加厚两种厚度的钢管可用于外螺纹连接外,其他外螺纹的钢管及管件的厚度(最小值)应符合本规范附录 D 表 D.0.2 的规定;

8 类流体的管道用锥管螺纹连接时,公称直径不宜大于 DN20,当有严格防泄漏的要求时,应使用密封焊;

9 锥管螺纹密封的接头,设计温度不宜大于 200℃,对于 C 类流体管道,当公称直径为 DN32~DN50 时,设计压力不应大于 4MPa;公称直径为 DN25 时,设计压力不应大于 8MPa;公称直径小于或等于 DN20 时,设计压力不应大于 10MPa。高于上述压力应使用密封焊。

5.9.3 其他型式连接接头的使用,应符合下列规定:

1 填函接头仅适用于温度不大于 93℃的 D 类流体管道,且应采取防止填函接头松动、管道变形和能承受由于支管连接等原因引起的横向作用力的措施;

**2 钎焊接头不应使用在剧烈循环条件下,且仅限用于 D 类流体管道;**

**3 粘接接头不应使用于金属的压力管道中;**

4 除管端用透镜垫密封外,管端作为密封面伸出螺纹法兰面以压紧垫片的结构(图 5.9.3-1)仅限用于 D 类流体管道;

5 用端面的垫片密封而不是用螺纹密封的直螺纹接头(图 5.9.3-2)与主管焊接时,应防止密封面发生变形。图 5.9.3-2(a)的结构不得用于 B 类流体。

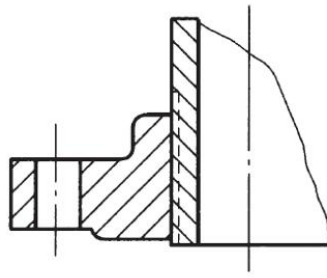


图 5.9.3-1 管端作为密封面伸出螺纹法兰面的结构

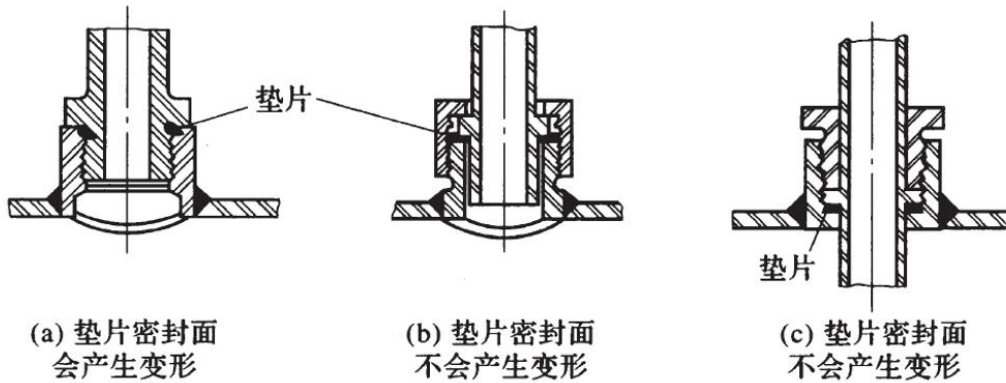


图 5.9.3-2 典型的直螺纹接头

## 5.10 管道特殊件

5.10.1 在输送 B 类流体的管道中，不应使用带填料密封的补偿器。

5.10.2 金属波纹膨胀节及软管不得用于受扭转的场合，且应符合本规范附录 N 的规定。

5.10.3 仅在开车期间对转动设备进行安全防护时，可在其入口管道内设置临时过滤器。

5.10.4 疏水阀入口（自带过滤器的除外）、喷头或喷射器入口及制备溶液系统有关的泵入口等管道上应设置永久过滤器。

5.10.5 过滤器筛网的滤网精度应根据工艺要求决定。

## 5.11 非金属衬里的管道组成件

5.11.1 非金属衬里的管道组成件的材料选用，应符合本规范第 4.4.4 条的规定。

5.11.2 非金属衬里的管道组成件的端部连接结构，宜用金属法兰连接，除耐火材料衬里以外，应使衬里延伸覆盖整个法兰密封面上，且应牢固结合、平整，转角处基层金属结构应加工圆滑过渡，不允许存在锐角和毛刺。

5.11.3 所有组成件的基层金属部分的选用要求，应符合本章第 5.2 节至第 5.6 节及第 5.9 节的规定。

5.11.4 非耐火材料衬里的管道用于火灾危险区时，应有防护措施。

5.11.5 特制垫环在保证结构强度、密封和耐腐蚀性能满足管道设计要求时，可作为安装长度的调整段用于非金属衬里管道。

## 6 金属管道组成件耐压强度计算

### 6.1 一般规定

6.1.1 本章所列的计算方法适用于工程设计中所需的管道组成件的设计计算。对于已标明公称压力管道组成件不必再按本章进行计算。

6.1.2 标准的对焊管件的耐压强度，应符合本规范第 5.4.2 条第 5 款的规定。

### 6.2 直管

6.2.1 承受内压直管的厚度计算，应符合下列规定：

1 当直管计算厚度  $t_s$  小于管子外径  $D_o$  的 1/6 时，直管的计算厚度为式(6.2.1-1)计算的值。设计厚度  $t_{sd}$  应按式(6.2.1-2)计算。所选用管子的最小壁厚为计算厚度与机加工深度和腐蚀或磨蚀附加量的和。

$$t_s = \frac{PD_o}{2([\sigma]^t E_j w + PY)} \quad (6.2.1-1)$$

$$t_{sd} = t_s + C \quad (6.2.1-2)$$

$$C = C_1 + C_2 \quad (6.2.1-3)$$

Y 系数的确定，应符合下列规定：

当  $t_s < D_o/6$  时，按表 6.2.1 选取；

当  $t_s \geq D_o/6$  时，按下式计算：

$$Y = \frac{D_i + 2(C_2 + C_3)}{D_i + D_o + 2(C_2 + C_3)} \quad (6.2.1-1)$$

式中：

- $t_s$  —— 直管计算厚度(mm)；
- $P$  —— 设计压力(MPa)；
- $D_o$  —— 管子外径，取管子外径的名义值(mm)；
- $D_i$  —— 管子内径，取材料标准或技术规定中允许的最大值(mm)；
- $[\sigma]^t$  —— 在设计温度下材料的许用应力(MPa)；
- $E_j$  —— 纵向焊接接头质量系数，按 3.2.5 条的规定取值；

- $W$  —— 焊接接头高温强度降低系数, 按第 3.2.5A 条的规定取值;  
 $t_{sd}$  —— 直管设计厚度(mm);  
 $C$  —— 厚度附加量之和(mm);  
 $C_1$  —— 厚度减薄附加量, 包括机械加工深度  $C_3$  及材料厚度负偏差之和(mm);  
 $C_2$  —— 腐蚀或磨蚀附加量(mm);  
 $C_3$  —— 机械加工深度, 包括机械加工表面、开槽或螺纹深度。带螺纹的管道组成件, 取公称螺纹深度; 对未规定公差的机械加工表面或槽, 取规定切削深度加 0.5mm。  
 $Y$  —— 系数。

表 6. 2. 1  $t_s < D_o/6$  时系数  $Y$  的值 (°C)

材 料	温 度							
	≤482	510	538	566	593	621	649	≥677
铁素体钢	0.4	0.5	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
奥氏体钢	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7	0.7	0.7
镍合金钢	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7
其他延性材料	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
铸铁	0.0	—	—	—	—	—	—	—

注: 介于表列的中间温度的  $Y$  值可用内插法计算。

2 当直管计算厚度  $t_s$  大于或等于管子外径  $D_o$  的 1/6 时, 或设计压力  $P$  与在设计温度下材料的许用应力  $[\sigma]$  和焊接接头系数  $E_j$  乘积之比  $\left(\frac{P}{[\sigma]E_j}\right)$  大于 0.385 时, 直管厚度的计算, 还应考虑失效机理、疲劳影响和温差应力等因素。

6.2.2 承受外压的直管厚度和加强要求, 应符合现行国家标准《压力容器》GB/T 150 的规定。

### 6.3 斜接弯管、弯管或弯头

6.3.1 承受内压的斜接弯管(图 6.3.1)的耐压强度计算, 应符合下列规定:

1 本节适用于由一条焊缝方向改变的角度  $\alpha$  大于 3° 的管段构成的斜接弯管的强度计算。当斜接弯管  $\alpha$  角小于或等于 3° 时, 可按直管进行强度计算。

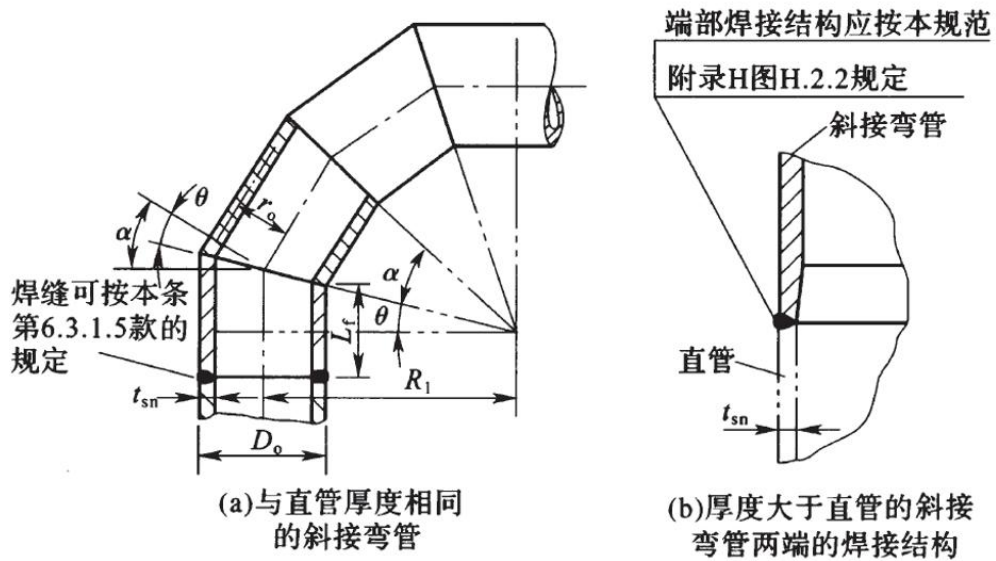


图 6.3.1 斜接弯管

2 多接缝斜接弯管的最大许用内压力  $P_m$ ，应取式(6.3.1-1)和式(6.3.1-2)中计算的较小值。

$$P_m = \frac{[\sigma]^t E_j w t_{se}}{r_o} \left[ \frac{t_{se}}{t_{se} + 0.643 \tan \theta (r_o t_{se})^{0.5}} \right] \quad (6.3.1-1)$$

$$P_m = \frac{[\sigma]^t E_j w t_{se}}{r_o} \left[ \frac{R_1 - r_o}{R_1 + 0.5 r_o} \right] \quad (6.3.1-2)$$

$$t_{se} = t_{sn} - C \quad (6.3.1-3)$$

式中：  
 $\theta$  —— 斜接弯管一条焊缝方向改变的角度  $\alpha$  的  $1/2(^{\circ})$ ；  
 $r_o$  —— 按名义厚度  $t_{sn}$  计算的管子的平均半径(mm)；  
 $R_1$  —— 斜接弯管的弯曲半径(mm)；  
 $P_m$  —— 斜接弯管的最大许用内压力(MPa)；  
 $t_{se}$  —— 直管有效厚度，为名义厚度减去厚度减薄附加量(mm)；  
 $t_{sn}$  —— 直管名义厚度，材料标准规定的厚度(mm)；

3 单接缝斜接弯管的最大许用内压力的计算，应符合下列规定：

- 1) 角度  $\theta$  小于或等于  $22.5^{\circ}$  的单接缝斜接弯管的最大许用内压力  $P_m$ ，应按式(6.3.1-1)计算。
- 2) 度  $\theta$  大于  $22.5^{\circ}$  的单接缝斜接弯管的最大许用内压力  $P_m$ ，应按式(6.3.1-4)计算。

$$P_m = \frac{[\sigma]^t E_j w t_{se}}{r_o} \left[ \frac{t_{se}}{t_{se} + 1.25 \tan \theta (r_o t_{se})^{0.5}} \right] \quad (6.3.1-4)$$

4 斜接弯管的弯曲半径  $R_1$  值应符合式(6.3.1-5)的规定。

$$R_1 \geq \frac{K_2}{\tan \theta} + \frac{D_o}{2} \quad (6.3.1-5)$$

式中经验值  $K_2$  根据直管有效厚度确定，并应符合表 6.3.1 的规定。

表 6.3.1 用于斜接弯管的经验值  $K_2$ (mm)

$t_{se}$	$K_2$
$t_{se} \leq 13$	25
$13 < t_{se} < 22$	$2 t_{se}$
$t_{se} \geq 22$	$[2 t_{se} / 3] + 30$

常用的弯曲半径  $R_1$  值宜在 1.0 至 1.5 倍公称直径之间。公称直径不宜小于 DN300。

5 图 6.3.1 中斜接弯管的端部焊缝，仅在其厚度大于与其连接的直管厚度时，或采用制造厂的预制件时需要。斜接弯管两端直管段的长度  $L_f$  取式(6.3.1-6)和式(6.3.1-7)中计算的较大值。

$$L_f = 2.5(r_o t_{se})^{0.5} \quad (6.3.1-6)$$

$$L_f = \tan \theta (R_1 - r_o) \quad (6.3.1-7)$$

式中： $L_f$  —— 斜接弯管端节短边的长度(mm)。

6 斜接弯管的最大许用内压力  $P_m$  的计算结果，必须大于或等于设计压力  $P$ 。如不符时，应增加焊缝数，重新计算。当有特殊要求时，可按增加斜接弯管厚度处理。

6.3.2 承受外压的斜接弯管，其厚度可按本规范第 6.2.2 条中对直管所规定的方法确定。

6.3.3 承受内压的弯管或弯头厚度计算，应符合下列规定：

1 弯管或弯头计算厚度（位于  $\alpha/2$  处）应按式（6.3.3-1）确定。

$$t_w = \frac{PD_o}{2 \times \left[ \left( \frac{[\sigma]^t E_j w}{I} + PY \right) \right]} \quad (6.3.3-1)$$

2  $I$  系数的确定，应符合下列规定：



1)当计算弯管或弯头的内侧厚度时:

$$I = \frac{4 \times \left(\frac{R}{D_o}\right) - 1}{4 \times \left(\frac{R}{D_o}\right) - 2} \quad (6.3.3-2)$$

2)当计算弯管或弯头的外侧厚度时:

$$I = \frac{4 \times \left(\frac{R}{D_o}\right) + 1}{4 \times \left(\frac{R}{D_o}\right) + 2} \quad (6.3.3-3)$$

3) 当计算弯管中心线侧壁处厚度时:

$$I = 1.0 \quad (6.3.3-3)$$

4) 弯管在弯制成型后的端部最小厚度应不小于直管设计厚度。

式中:

$I$  —— 计算系数;

$R$  —— 弯管或弯头在管子中心线处的弯曲半径(对于弯管,一般取  $R \geq 3D_o$ ),mm;

$T_w$  —— 弯管或弯头在内侧、外侧或弯管中心线处的计算厚度,mm;

$\alpha$  —— 弯管或弯头的转角, (°)。

6.3.4 承受外压(或真空)的弯管或弯头的设计应按 6.3.2 的规定进行,其计算长度取直管上包括沿弯管或弯头轴线在内的两相邻支撑线之间的距离。

## 6.4 支管连接的补强

6.4.1 焊接支管的等面积补强计算应符合下列规定:

1 图 6.4.1 的支管轴线与主管轴线相交结构型式的补强计算仅在下列条件下有效:

1)主管的外径与厚度比( $D_o/T_h$ )小于 100 时,支管与主管的外径之比( $d_o/D_o$ )不大于 1.0;

2)主管的外径与厚度比( $D_o/T_h$ ) $\geq$ 100 时,支管的直径  $d_o$  小于主管直径  $D_o$  的 1/2;

3) $\alpha_1 \geq 45^\circ$ ;

注:主管为焊接管时,焊缝应位于主管的斜下方。

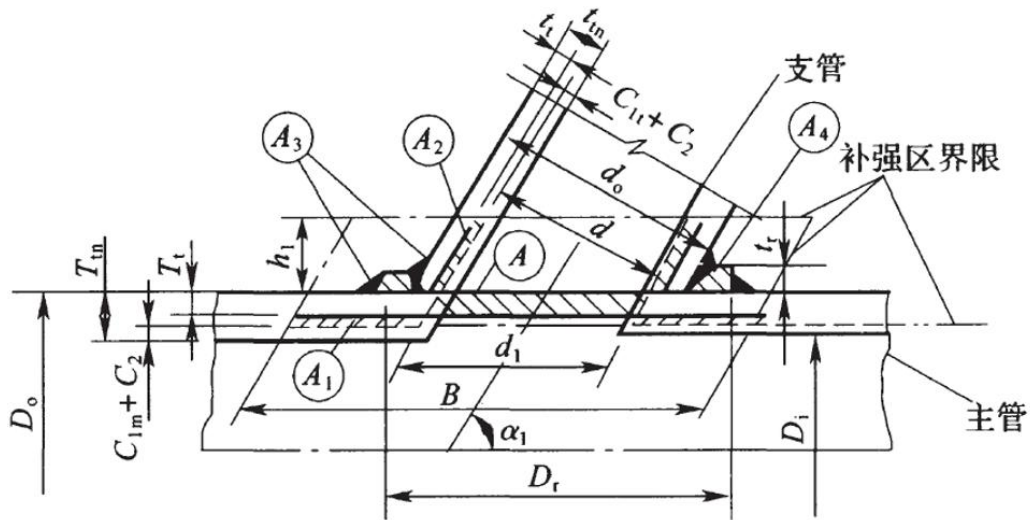


图 6.4.1 支管连接的补强

## 2 主管开孔的补强计算

1) 主管开孔需补强的面积  $A$ ，应按式(6.4.1-1)确定：

$$A = T_t d_1 (2 - \sin \alpha_1) \quad (6.4.1-1)$$

$$d_1 = d / \sin \alpha_1 \quad (6.4.1-2)$$

$$d = d_o - 2t_{tn} + 2(C_{1t} + C_2) \quad (6.4.1-3)$$

2) 开孔补强有效范围的计算：

开孔补强的有效补强宽度：

$$B = \begin{cases} 2d_1 \\ d_1 + 2(T_{tn} + t_{tn}) - 2(C_{1m} + C_{1t} + 2C_2) \end{cases} \quad (6.4.1-4)$$

取以上两者中之大者，但在任何情况下均不大于二倍的  $D_o$ 。主管外侧补强圈有效补强高度  $h_1$ ：

$$h_1 = \begin{cases} 2.5(T_{tn} - C_{1m} - C_2) \\ 2.5(t_{tn} - C_{1t} - C_2) + t_r \end{cases} \quad (6.4.1-5)$$

取以上两者中之小者

式中：

- $T_t$  —— 主管计算厚度(mm)；
- $A$  —— 主管开孔削弱所需的补强面积(mm<sup>2</sup>)；
- $\alpha_1$  —— 支管轴线与主管轴线的夹角(°)；
- $D_o$  —— 主管名义外径(mm)；
- $d_o$  —— 支管名义外径(mm)；
- $d_1$  —— 扣除厚度附加量后主管上斜开孔的长径(mm)；

- $d$  —— 扣除厚度附加量后支管内径(mm);
- $C_{1t}$  —— 支管厚度减薄的附加量(负偏差和机械加工减薄量之和)(mm);
- $C_{1m}$  —— 主管厚度减薄的附加量(负偏差和机械加工减薄量之和)(mm);
- $C_2$  —— 腐蚀或磨蚀附加量(mm);
- $C_r$  —— 补强圈厚度减薄的附加量(负偏差和机械加工减薄量之和)(mm);
- $B$  —— 补强区有效宽度(mm);

3)各补强面积按下列公式计算, 如有加筋板时, 不应计入补强面积内。

如果支管壁的许用应力小于主管壁的许用应力, 计算的面积应按两许用应力之比相应减少, 以确定其对面积  $A_2$  的贡献。

$$A_1 = (B - d_1)(T_{tn} - T_t - C_{1m} - C_2) \quad (6.4.1-6)$$

$$A_2 = 2h_1(t_{tn} - t_t - C_{1t} - C_2)f_t/\sin \alpha_1 \quad (6.4.1-7)$$

$$f_t = [\sigma]_t^t/[\sigma]_M^t \quad (6.4.1-7a)$$

当 $[\sigma]_t^t \geq [\sigma]_M^t$ 时,  $f_t=1$

$A_3$ 应按实际角焊缝截面计算面积。

$A_4$ 取式 6.4.1-8 和 6.4.1-8a 的较小值。

$$A_4 = (D_r - d_o/\sin \alpha_1)(t_r - C_{1r})f_r \quad (6.4.1-8)$$

$$A_4 = (B - d_o/\sin \alpha_1)(t_r - C_{1r})f_r \quad (6.4.1-8a)$$

$$f_r = [\sigma]_{RP}^t/[\sigma]_M^t \quad (6.4.1-9)$$

当 $[\sigma]_{RP}^t \geq [\sigma]_M^t$ 时,  $f_r=1$

4)补强面积计算结果应符合下式规定:

$$A_1 + A_2 + A_3 + A_4 \geq A \quad (6.4.1-10)$$

式中:  $A_1$  —— 补强范围内主管承受内、外压所需计算厚度和厚度附加量两者之外的多余金属面积(mm<sup>2</sup>);

- $A_2$  —— 补强范围内支管承受内、外压所需计算厚度和厚度附加量两者之外的多余金属面积( $\text{mm}^2$ );  
 $A_3$  —— 补强范围内的角焊缝面积( $\text{mm}^2$ );  
 $A_4$  —— 补强范围内另加补强件的面积( $\text{mm}^2$ );  
 $t_0$  —— 支管计算厚度( $\text{mm}$ );  
 $C_{1r}$  —— 补强板厚度减薄(负偏差)的附加量( $\text{mm}$ );  
 $D_r$  —— 补强板的外径( $\text{mm}$ );  
 $f_t$  —— 支管材料与主管材料的许用应力比;  
 $f_r$  —— 补强板材料与主管材料的许用应力比;  
 $[\sigma]_t$  —— 在设计温度下支管材料的许用应力( $\text{MPa}$ );  
 $[\sigma]_{RP}$  —— 在设计温度下补强板材料的许用应力( $\text{MPa}$ );  
 $[\sigma]_M$  —— 在设计温度下主管材料的许用应力( $\text{MPa}$ )。

6.4.2 主管上多支管的等面积补强计算应符合下列规定:

1 当主管上任意两个或两个以上相邻开孔的中心距小于相邻两孔平均直径的 2 倍, 其补强范围重叠时(图 6.4.2), 此两个或两个以上的开孔必须按本规范第 6.4.1 条规定进行补强计算, 并采用联合补强方式进行补强。

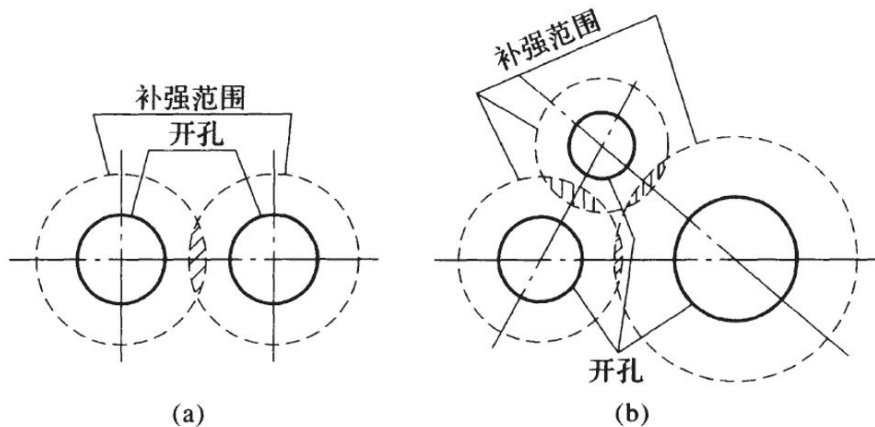


图 6.4.2 多个开孔的补强

2 采用联合补强时, 总补强面积不应小于各孔单独补强所需补强面积之和。置于两相邻孔之间的补强面积至少应等于各孔所需补强面积之和的 50%, 且此两相邻孔中心距至少应等于两开孔平均直径的 1.5 倍。

3 在计算补强面积时, 任意两支管补强范围内互相重叠的面积不得重复计入。

6.4.3 挤压引出支管的等面积补强计算应符合下列规定:

1 挤压引出支管包括曲率半径在内应采用一个或多个压模直接在主管上挤压形成。

2 支管的轴线必须与主管轴线正交，且在主管表面以上的挤压引出支管高度  $h_x$  应等于或大于在主管和支管轴线的平面内，外轮廓转角处的曲率半径  $r_x$ 。

3 在主管和支管轴线的平面内，外轮廓转角处曲率半径  $r_x$  与支管名义外径  $d_0$  有关，并应符合下列规定：

1)  $r_x$  最小值： $r_x$  取  $0.05d_0$  或  $38\text{mm}$  的较小值。

2)  $r_x$  最大值：当  $d_0 < \text{DN}200$  时， $r_x$  不应大于  $32\text{mm}$ ；当  $d_0 \geq \text{DN}200$  时， $r_x$  不应大于  $0.1d_0 + 13\text{mm}$ 。

3) 当外轮廓由多个过渡半径组成时，应取超过  $45^\circ$  弧线的最佳拟合半径为最大半径  $r_x$  值，且应满足本款 1) 和 2) 项的规定。

4) 不应采用机加工的方法达到上述对  $r_x$  的要求。

4 本条不适用于用补强圈、垫板或鞍形板等各种另加补强零件的管口。

5 补强计算应符合图 6.4.3 及以下规定：

1) 补强有效范围。

$$B = 2d_x \tag{6.4.3-1}$$

$$h_2 = 0.7\sqrt{d_0 t_x}$$

式中：  
 $B$  —— 补强区有效宽度(mm)；  
 $h_2$  —— 支管有效补强高度(mm)；  
 $d_0$  —— 支管名义外径(mm)；  
 $t_x$  —— 除去厚度附加量后，在主管外表面处挤压引出支管的有效厚度(mm)；  
 $d_x$  —— 除去厚度附加量后挤压引出支管的内径(mm)。

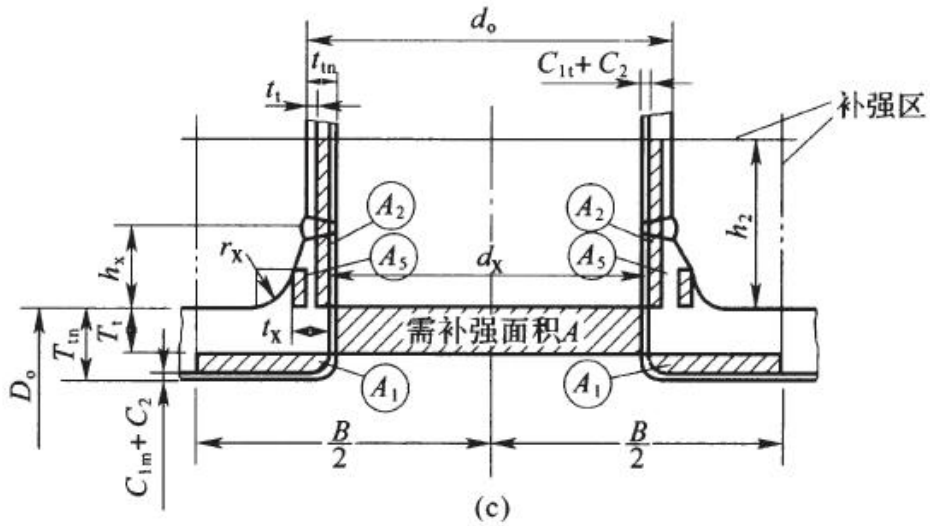
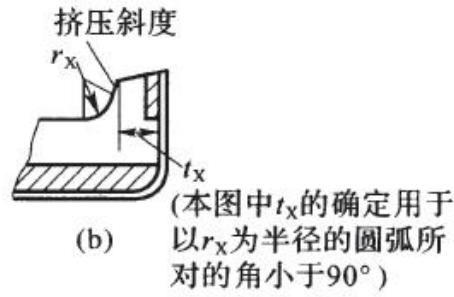
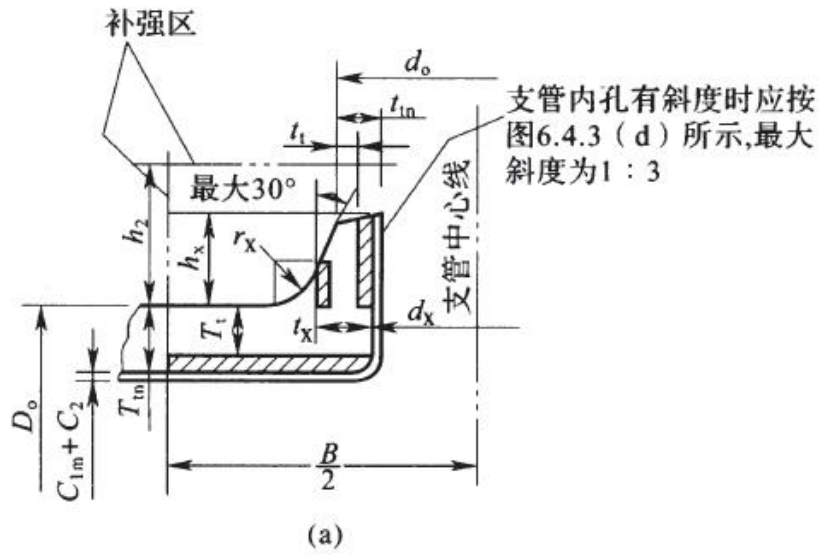


图 6.4.3 挤压引出支管型式示意图

注：本图对第 6.4.3 条中采用的符号作了图示。

2)需要的补强面积  $A$ 。

$$A = K_3(T_t)(d_x) \quad (6.4.3-2)$$

式中:  $K_3$  —— 挤压引出支管补强系数;

当  $d_o / D_o > 0.6$ ,  $K_3 = 1.0$

当  $0.15 < d_o / D_o \leq 0.6$  时,  $K_3 = 0.6 + 2(d_o / D_o) / 3$

当  $d_o / D_o \leq 0.15$  时,  $K_3 = 0.7$

3) 可利用的补强面积。

$$A_1 = (B - d_x)(T_{tn} - T_t - C_{1m} - C_2) \quad (6.4.3-3)$$

$$A_2 = 2h_2(t_{tn} - t_t - C_{1t} - C_2) \quad (6.4.3-4)$$

$$A_5 = 2r_x(t_x + t_t + C_2 - t_{tn}) \quad (6.4.3-5)$$

式中:  $A_1$  —— 补强范围内, 主管承受内、外压所需计算厚度和厚度附加量两者之外的多余金属面积(mm<sup>2</sup>);

$A_2$  —— 补强范围内, 支管承受内、外压所需计算厚度和厚度附加量两者之外的多余金属面积(mm<sup>2</sup>);

$A_5$  —— 补强范围内, 挤压引出支管上承受内、外压所需的厚度和厚度附加量两者之外的多余金属面积(mm<sup>2</sup>);

$r_x$  —— 在主管和支管轴线的平面内, 外轮廓转角处的曲率半径(mm)。

4) 补强面积计算结果应符合下式的规定:

$$A_1 + A_2 + A_5 \geq A \quad (6.4.3-6)$$

6.4.4 当多个挤压引出支管中任意两相邻孔的中心距小于该相邻两孔平均直径的 2 倍时, 其补强规定与本规范第 6.4.2 条规定相同。但补强计算应符合本规范第 6.4.3 条的规定。

6.4.5 其他支管连接件补强的要求应符合下列规定:

1 当管道设计压力小于或等于 10MPa, 符合图 5.4.4-2 的形式且公称直径小于或等于 DN50 和主管公称直径 1/4 的半管接头, 若其任意一点的厚度不小于连接支管的最小厚度(如果是螺纹端支管, 壁厚从螺纹的根部算起)且不低于 GB/T 14383 中 3000 级的规定, 可免除补强计算。

2 对焊支管台、螺纹支管台及承插焊支管台(图 5.4.4-3)应按设计压力-温度参数条件整体补强。对焊支管台的端部厚度应等于支管的厚度。满足 GB/T 19326

要求的焊接支管座可免除补强计算。

6.4.6 除 6.4.1 外的支管连接补强计算可采用附录 N 的压力面积法。

## 6.5 非标准异径管

6.5.1 无折边的非标准异径管(图 6.5.1)的设计,应符合下列规定:

1 无折边的异径管可采用钢板卷焊,对偏心异径管的焊缝宜位于图 6.5.1(b)所示的位置。

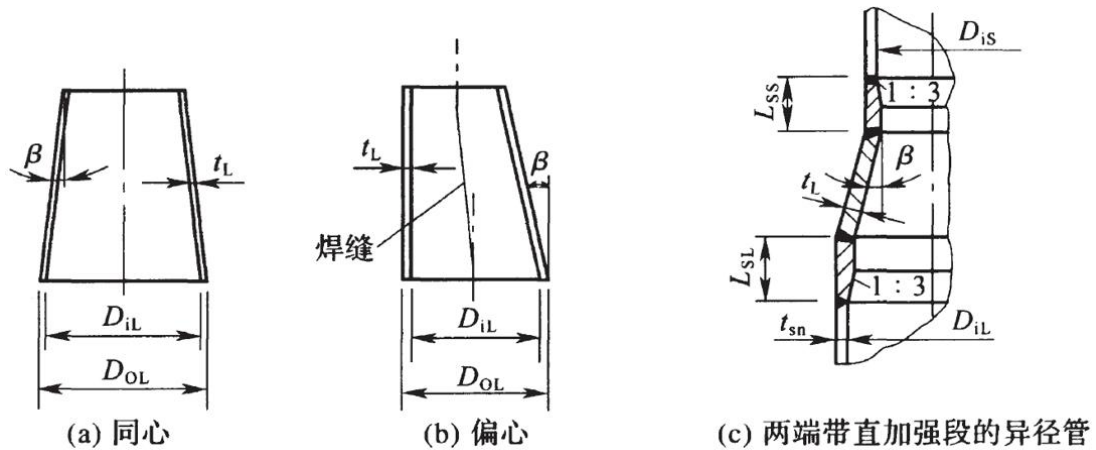


图 6.5.1 无折边的异径管

2 无折边异径管的设计压力,应符合本规范第 5.4.2 条第 6 款的规定。

3 同心异径管,斜边与轴线的夹角 $\beta$ 不宜大于 $15^\circ$ 。偏心异径管斜边与端部轴线的夹角 $\beta$ 不宜大于 $30^\circ$ 。

6.5.2 受内压无折边异径管的厚度,应按下列规定确定:

1 应按设定的斜边与轴线的夹角 $\beta$ ,以下列三个公式计算异径管各部的厚度,选其厚度最大值。

$$t_{LC} = \frac{PD_{OL}}{2([\sigma]^t E_j + PY) \cos \beta} \quad (6.5.2-1)$$

$$t_{LL} = \frac{Q_L PD_{OL}}{2([\sigma]^t E_j + PY)} \quad (6.5.2-2)$$

$$t_{LS} = \frac{Q_S PD_{OS}}{2([\sigma]^t E_j + PY)} \quad (6.5.2-3)$$

式中:  $t_{LC}$  —— 异径管锥部计算厚度(mm);



- $t_{LL}$  —— 异径管大端计算厚度(mm)  
 $t_{LS}$  —— 异径管小端计算厚度(mm);  
 $r_x$  —— 在主管和支管轴线的平面内, 外轮廓转角处的曲率半径(mm)。  
 $P$  —— 设计压力(MPa);  
 $D_{OL}$  —— 异径管大端外径(mm);  
 $D_{OS}$  —— 异径管小端外径(mm);  
 $\beta$  —— 异径管斜边与轴线的夹角(°);  
 $D_{iL}$  —— 异径管大端内径(mm);  
 $D_{iS}$  —— 异径管小端内径(mm);  
 $Q_L$  —— 异径管大端与直管连接的应力增值系数, (图 6.5.2-1);  
 $Q_S$  —— 异径管小端与直管连接的应力增值系数, (图 6.5.2-2)。

注: 式 6.5.2-1、6.5.2-2 和 6.5.2-3 仅适用于不计及焊接接头高温强度降低系数  $w$  的工况。

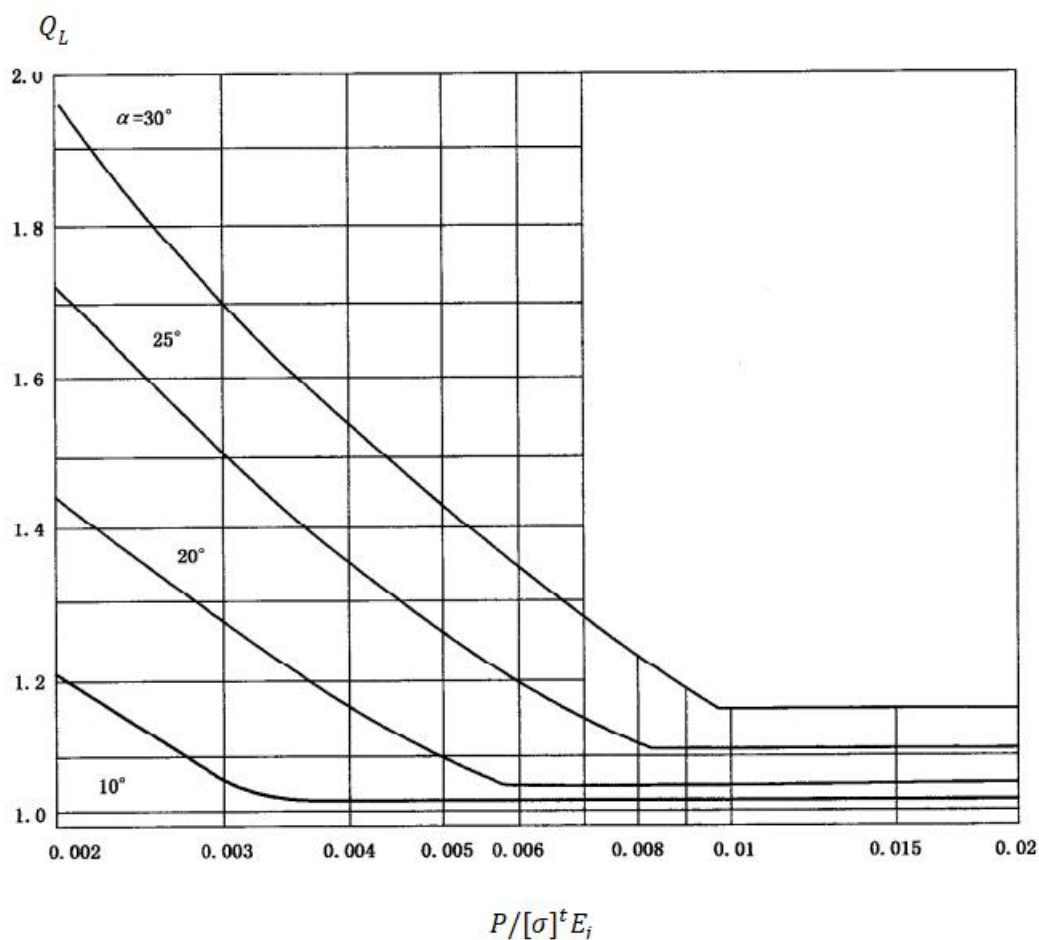


图 6.5.2-1 异径管大端与圆筒连接处  $Q_L$  值图

注：曲线系按等效应力绘制，控制值为  $3[\sigma]t$ 。

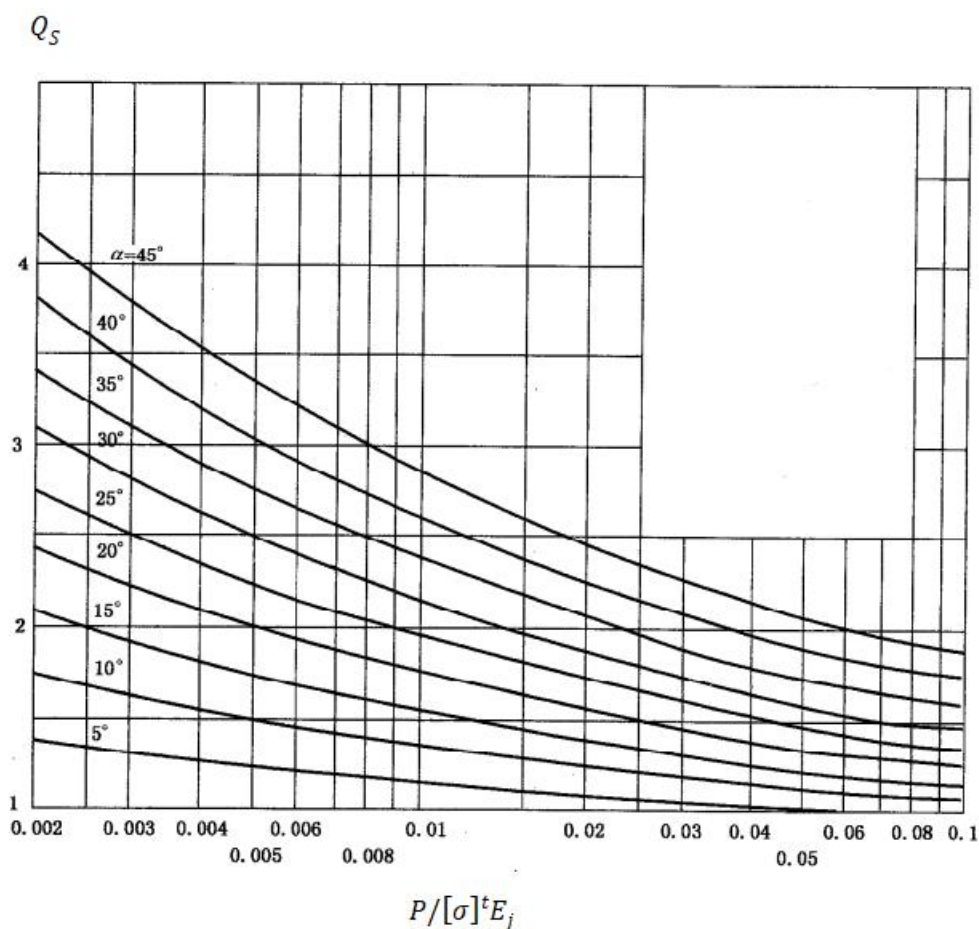


图 6.5.2-2 异径管小端与圆筒连接处的 QS 值图

注：曲线系按连接处的等效局部薄膜应力(由平均环向拉应力和平均径向压应力计算所得)绘制，控制值为  $1.1[\sigma]t$ 。

2 当计算的厚度最大值小于或等于大端连接的直管有效厚度  $t_{se}$  时，异径管的名义厚度可取与直管相同的名义厚度。当计算的厚度最大值大于大端连接的直管有效厚度  $t_{se}$  时，应按下述要求处理：

- 1)管道布置允许减小斜边与轴线的夹角  $\beta$  时，可重新计算；
- 2)不能改小斜边与轴线的夹角  $\beta$  时，可采用本条第 1 款计算的厚度最大值，并采用本规范第 6.5.1 条图 6.5.1(c) 的结构，该异径管应在两端增加直管的加强段。
- 3)异径管名义厚度  $t_L$  应为计算厚度、厚度附加量  $C$  及材料厚度圆整值之和。

3 直管加强段的最小长度，应按下列计算确定：

$$L_{SL} = \sqrt{2D_{iL}t_{LL}} \quad (6.5.2-4)$$

$$L_{SS} = \sqrt{2D_i t_{LS}} \quad (6.5.2-5)$$

式中:  $L_{SL}$  —— 与异径管大端连接的直管加强段的长度(mm);

$L_{SS}$  —— 与异径管小端连接的直管加强段的长度(mm)。

6.5.3 承受外压的异径管厚度及加强要求, 应按现行国家标准《压力容器》GB/T 150 的规定。

## 6.6 平盖

6.6.1 无拼接焊缝平盖厚度应按式(6.6.1-1)及式(6.6.1-2)计算。

$$t_p = K_1(D_i + 2C)[P/([\sigma]^t \eta)]^{0.5} \quad (6.6.1-1)$$

$$t_{pd} = t_p + C \quad (6.6.1-2)$$

式中:  $t_{pd}$  —— 平盖计算厚度(mm);

$t_p$  —— 管子内径(mm);

$D_i$  —— 补强范围内的角焊缝面积(mm<sup>2</sup>);

$K_1, \eta$  —— 与平盖结构有关的系数, 按表 6.6.1 选用;

$P$  —— 设计压力(MPa);

$[\sigma]^t$  —— 设计温度下材料的许用应力(MPa);

$C$  —— 厚度附加量之和(mm)。

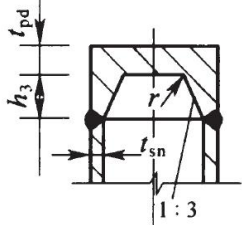
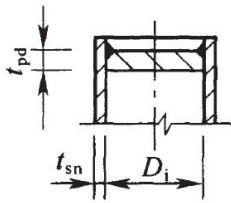
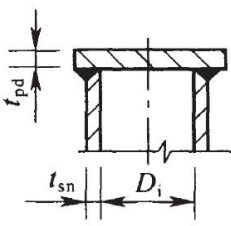
平盖型式	结构要求	系数 $K_1$	系数 $\eta$		注
			$h_3 > 2t_{sn}$	$2t_{sn} > h_3 > t_{sn}$	
	$r \geq 2 \times \frac{t_{sn}}{t_{pd}}$ $h_3 \geq t_{sn}$ V型焊口	0.4	1.05	1.00	①
平盖型式	结构要求	系数 $K_1$	系数 $\eta$		注
			$h_3 > 2t_{sn}$	$2t_{sn} > h_3 > t_{sn}$	
	V型焊口 加角焊	0.6	0.85		①②
		0.4	1.05		①③
	V型焊口 加角焊	0.6	0.85		①④

表 6.6.1 平盖结构型式系数

注：①坡口尺寸应符合本规范第 5.9.1 条第 1 款的规定。

②用于公称压力小于或等于 2.5MPa 和公称直径小于或等于 DN400 的管道。

③只用于水压试验。公称直径小于或等于 DN400 的管道。

④用于公称压力小于 2.5MPa 和公称直径小于 DN40 的管道。

6.6.2 在平盖中心开孔时，应按现行国家标准《压力容器》GB/T 150 的规定进行补强计算。

## 6.7 特殊法兰、法兰盖和盲板

6.7.1 特殊要求的非标准法兰、法兰盖可按现行国家标准《压力容器》GB/T 150

进行设计。

6.7.2 夹在两法兰之间的盲板(图 6.7.2)，其计算厚度可按式(6.7.2-1)确定。用整体钢板制造时，式中焊接接头系数  $E_j$  等于 1。对于永久性盲板应按式(6.7.2-2)增加厚度附加量。

$$t_m = 0.433d_G [P/([\sigma]^t \cdot E_j \cdot w)]^{0.5} \quad (6.7.1-1)$$

$$t_{pd} = t_m + 2C_2 + C_1 \quad (6.7.1-2)$$

- 式中：
- $t_m$  —— 盲板计算厚度(mm)；
  - $d_G$  —— 突面、凹凸面或平面法兰垫片的内径、环连接面或榫槽面法兰垫片平均直径(mm)；
  - $E_j$  —— 焊接接头质量系数；
  - $t_{pd}$  —— 与平盖结构有关的系数，按表 6.6.1 选用；
  - $P$  —— 设计压力(MPa)；
  - $[\sigma]^t$  —— 设计温度下材料的许用应力(MPa)；
  - $C_1$  —— 厚度减薄附加量，包括机械加工深度（包括机械加工表面、开槽或螺纹深度）及材料厚度负偏差之和(mm)；
  - $C_2$  —— 腐蚀或磨蚀附加量(mm)；
  - $W$  —— 焊接接头高温强度降低系数。

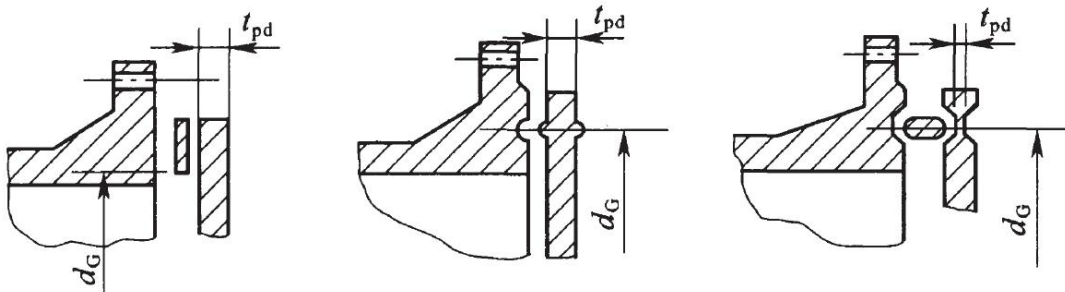


图 6.7.2 夹在法兰间的盲板

## 7 管径确定及压力损失计算

### 7.1 管径的确定

7.1.1 管径应根据流体的流量、性质、安全流速及管道允许的压力损失、管道磨损、管材的标准规格、噪音控制等因素确定。

7.1.2 大直径厚壁管道和输送距离较长的管道选取管径时，应对建设投资和运行费用比较后确定。

7.1.3 除另有规定或采取有效措施外，输送悬浮固体颗粒、浆液或高黏度流体的液体管道不宜采用公称直径小于 DN25 的管道。

7.1.4 除有特殊要求外，可按下述方法确定管径：

1 设定平均流速并按下式初算内径，再根据工程设计规定的管子系列调整为实际内径。最后复核实际平均流速。

$$D_i = 0.0188 \left[ \frac{W_0}{v\rho} \right]^{0.5} \quad (7.1.4)$$

式中：  $D_i$  —— 管子内径(m)；

$W_0$  —— 质量流量(kg/h)；

$v$  —— 平均流速(m/s)；

$\rho$  —— 流体密度(kg/m<sup>3</sup>)。

2 以实际的管子内径  $D_i$  与平均流速  $v$  核算管道压力损失，确认选用管径为可行。如压力损失不满足要求时，应重新计算。

7.1.5 管道平均流速的选择，应符合下列规定：

1 平均流速应根据流体的性质、状态、操作要求和管道允许的压力损失选用。

2 放空管道的阀后管道流速，不应大于下式计算的气体声速。

$$v_c = 91.20 (kT/M)^{0.5} \quad (7.1.5-1)$$

$$k = \frac{C_P}{C_V} \quad (7.1.5-2)$$

式中：  $v_c$  —— 气体的声速或临界流速(m/s)；

$k$  —— 平均流速(m/s);

$C_p, C_v$  —— 气体的声速或临界流速(m/s);

$T$  —— 流体密度(kg/m<sup>3</sup>);

$M$  —— 气体分子量。

## 7.2 单相流管道的压力损失

7.2.1 本节内容仅适用于输送牛顿型流体的管道压力损失的计算, 包括直管的摩擦压力损失和管道附件局部的摩擦压力损失计算, 不包括加速度损失及静压差等的计算。

7.2.2 液体管道摩擦压力损失的计算, 应符合下列规定:

1 圆形直管的摩擦压力损失, 应按式(7.2.2-1)计算。

$$\Delta P_f = 10^{-5} \frac{\lambda \rho v^2}{2g} \cdot \frac{L}{D_i} \quad (7.2.2-1)$$

式中:  $\Delta P_f$  —— 直管的摩擦压力损失(MPa);

$L$  —— 管道长度(m);

$g$  —— 重力加速度(m/s<sup>2</sup>);

$D_i$  —— 管子内径(m);

$v$  —— 平均流速(m/s);

$\rho$  —— 流体密度(kg/m<sup>3</sup>);

$\lambda$  —— 流体摩擦系数。

2 管道附件的局部的摩擦压力损失的计算, 可采用当量长度法或阻力系数法。

1) 当量长度法:

$$\Delta P_k = 10^{-5} \frac{\lambda \rho v^2}{2g} \cdot \frac{L_e}{D_i} \quad (7.2.2-2)$$

2)阻力系数法:

$$\Delta P_k = 10^{-5} \cdot K_R \frac{\rho v^2}{2g} \quad (7.2.2-3)$$

式中:  $\Delta P_k$  —— 局部的摩擦压力损失(MPa);

$L_e$  —— 阀门和管件的当量长度(m);

$K_R$  —— 阻力系数。

3 液体管道总压力损失为直管的摩擦压力损失与管道附件的局部的摩擦压力损失之和, 并应计入适当的裕度。其裕度系数, 宜取 1.05~1.15。

$$\Delta P_t = C_h(\Delta P_f + \Delta P_k) \quad (7.2.2-4)$$

式中:  $\Delta P_t$  —— 管道总压力损失(MPa);

$C_h$  —— 管道压力损失的裕度系数。

7.2.3 气体管道摩擦压力损失的计算, 应符合下列规定:

1 当总压力损失小于起点压力的 10%时, 可采用本规范第 7.2.2 条的公式, 计算摩擦压力损失。

2 当总压力损失为起点压力的 10%~20%时。仍采用本规范第 7.2.2 条的公式, 但应以平均压力下流体密度计算摩擦压力损失。

3 对于某些系统总压力损失大于起点压力的 20%时, 应把管道分成足够多的段数, 逐段进行计算, 最后得到各段压力损失之和。各段管道仍应采用本规范第 7.2.2 条的公式计算。

7.2.4 可燃气体排放管道末端的马赫数不宜大于 0.5, B 类流体紧急泄放管道末端的马赫数不应大于 0.5。

### 7.3 气液两相流管道的压力损失

7.3.1 气液混合物中, 气相体积(体积含气率)在 6%~98%范围内时, 宜采用两相流方法计算管道压力损失。

7.3.2 计算气液两相流管道的压力损失应设初定管径进行流型的判断。当流型为



柱块状流或活塞流时，应缩小管径。

7.3.3 气液两相流管道的压力损失的计算，应采用经过验证认为实用的计算方法。

总压力损失宜取计算值和裕度系数的乘积，裕度系数应取 1.3~3.0。

7.3.4 气液两相流为闪蒸型时，应分析沿管道流动时质量含气率变化对压力损失计算的误差，当管道进出口质量含气率的变化大于 5%时，可分段进行计算管道压力损失，计算方法与非闪蒸型两相流管道的压力损失计算方法相同。

## 8 管道的布置

### 8.1 地上管道

#### I 一般规定

8.1.1 管道布置应符合工艺、管道和仪表流程图的要求。

8.1.2 管道布置应满足便于施工安装、生产操作及检维修的要求。宜采用集中成排架空敷设,规划布局应整齐有序。B类流体及腐蚀性介质的管道不宜埋地敷设。

8.1.3 管道布置中应按本规范第3.1.5条的要求控制管道的振动。

#### II 管道的净空高度及净距

8.1.4 架空管道跨越道路、铁路及人行道等时,净空高度应符合表8.1.4的规定:

表 8.1.4 架空管道跨越道路、铁路及人行道净空 单位: m

设施	净空
电力机车的铁路	≥6.6
厂内铁路	≥5.5
厂内消防道路	≥5.0
装置内道路	≥4.5
装置内管廊横梁	≥4.0
装置内管廊下面的通道	≥3.2
道路旁的人行过道	≥2.5
装置小区内的人行过道	≥2.0
管道与高压电力线路间交叉处	符合架空电力线路现行国家标准的规定

8.1.5 在外管架(廊)上敷设管道时,管架边缘至建筑物或其他设施的水平距离除按以下要求外,还应符合现行国家标准《石油化工企业设计防火标准》GB 50160、《工业企业总平面设计规范》GB 50187及《建筑设计防火规范》GB50016的规定。

管架支柱边缘与铁路、道路、人行道、围墙和外墙等设施水平净距符合表8.1.5的规定:

表 8.1.5 管架支柱边缘与铁路、道路、人行道、围墙和外墙等设施水平净距 单位: m

设施	净距
铁路轨	≥3.0
道路	≥1.0
人行道	≥0.5
厂区围墙	≥1.0
有门窗的建筑物外墙	≥3.0
无门窗的建筑物外墙	≥1.5

8.1.6 布置管道时应合理规划操作人行通道及维修通道。操作人行通道的宽度不宜小于 0.8m。

8.1.7 两根平行布置的管道，任何突出部位至另一管子或突出部位或隔热层外壁的净距，不宜小于 25mm。裸管的管壁与管壁间净距不宜小于 50mm，在热(冷)位移后隔热层外壁不应相碰。

### III 一般布置要求

8.1.8 多层管廊的层间距离应满足管道安装要求。腐蚀性的液体管道应布置在管廊下层。高温管道不应布置在对电缆有热影响的下方位置。

8.1.9 沿地面敷设的管道，不可避免穿越人行通道时，应备有跨越桥。

8.1.10 在道路、铁路上方的管道不应安装阀门、法兰、螺纹接头及带有填料的补偿器等可能泄漏的组成件。

8.1.11 沿墙布置的管道，不应影响门窗的开闭。

8.1.12 腐蚀性液体的管道，不宜布置在转动设备的上方。

8.1.13 泵的管道布置应符合下列要求：

- 1 泵的入口管布置应满足净正吸入压头(气蚀余量)的要求；
- 2 双吸离心泵的入口管应避免配管不当造成偏流；
- 3 离心泵入口处水平的偏心异径管宜采用顶平布置，且宜靠近入口。

8.1.14 与容器连接的管道布置应符合下列规定：

- 1 非定型设备的管口方位，应结合设备内部结构及工艺要求进行布置；
- 2 大型储罐至泵的管道，确定罐的管口标高及第一个支架位置时，该管道应能适应贮罐基础的沉降。

- 3 卧式容器及换热器的固定支座位置应有利于主要管道的应力分析。

8.1.15 布置管道应留有转动设备维修、操作和设备内填充物装卸及消防车道等所需空间。

8.1.16 管道不应布置在吊装孔区域、设备内件抽出区域及设备法兰拆卸区内。

8.1.17 仪表接口的设置应符合下列规定：

- 1 就地指示仪表接口的位置应设在操作人员看得清的高度；
- 2 管道上的仪表接口应按仪表专业的要求设置，并应满足元件装卸所需的空  
间。

3 设计压力不大于 6.3MPa 或设计温度不大于 425℃的蒸汽管道，仪表接口公称直径不应小于 DN15。大于上述条件及有振动的管道，仪表接口公称直径不应小于 DN20，当主管公称直径小于 DN20 时，仪表接口不应小于主管径。

8.1.18 管道的连接应符合下列规定：

1 两条对接焊缝间的距离，不应小于 3 倍焊件的厚度，需焊后热处理时，不宜小于 6 倍焊件的厚度。且应符合下列要求：

1)公称直径小于 DN50 的管道，焊缝间距不宜小于 50mm；

2)公称直径大于或等于 DN50 的管道，焊缝间距不宜小于 100mm。

2 管道的环焊缝不宜在管托的范围内。需热处理的焊缝从外侧距支架边缘的净距宜大于焊缝宽度的 5 倍，且不应小于 100mm。

3 不宜在管道焊缝及边缘上开孔与接管。

4 管道在现场弯管的弯曲半径不宜小于 3.5 倍管外径；焊缝距弯管的起弯点不宜小于 100mm，且不应小于管外径。

5 螺纹连接的管道，每个分支应在阀门等维修件附近设置一个活接头。但阀门采用法兰连接时，可不设活接头。

6 除端部带直管的对焊管件外，不应将标准的对焊管件与滑套法兰直连。

8.1.19 蒸汽管道或可凝性气体管道的支管宜从主管的上方相接。蒸汽冷凝液支管应从收回总管的上方接入。

8.1.20 管道布置时应留出试生产、施工、吹扫等所需的临时接口。

8.1.21 管道穿过安全隔离墙时应加套管。在套管内的管段不应有焊缝，管子与套管间的间隙应以不燃烧的软质材料填满。

#### IV B 类流体管道布置要求

**8.1.22 B 类流体的管道，不得安装在通风不良的厂房内、室内的吊顶内及建(构)筑物封闭的夹层内。**

8.1.23 密度比环境空气大的室外 B 类气体管道，当有法兰、螺纹连接或有填料结构的管道组成件时，不应紧靠有门窗的建筑物敷设，可按本规范第 8.1.6 条处理。

**8.1.24 B 类流体的管道不得穿过与其无关的建筑物。**

8.1.25 B 类流体的管道不应在高温管道两侧相邻布置，也不应布置在高温管道

上方有热影响的位置。

**8.1.26** B类流体管道与仪表及电气的电缆相邻敷设时，平行净距不宜小于1m。电缆在下方敷设时，交叉净距不应小于0.5m。当管道采用焊接连接结构并无阀门时，其平行净距可取上述净距的50%。

**8.1.27** B类液体排放应符合本标准有关章节的规定。含油的水应先排入油水分离装置。

**8.1.28** B类流体管道与氧气管道的平行净距不应小于500mm。交叉净距不应小于250mm。当管道采用焊接连接结构并无阀门时，其平行净距可取上述净距的50%。

#### V 阀门的布置

**8.1.29** 阀门布置应按照阀门的结构、工作原理、正确流向及制造厂的要求采用水平、直立或阀杆向上方倾斜等安装方式。

**8.1.30** 安全阀、减压阀及控制阀的位置，应便于调整及维修，并留有抽出阀芯的空间，当操作位置过高时，应设置平台。手动阀门应布置在便于操作的高度范围内。

**8.1.31** 阀门宜布置在热位移小的位置。

**8.1.32** 换热器等设备的可拆端盖上，设有管口并需接阀门时，应备有可拆管段，并将切断阀布置在端盖拆卸区的外侧。

**8.1.33** 除管道和仪表流程图要求外，对于紧急处理及防火需要开或关的阀门，应布置在安全和方便操作的地方。

**8.1.34** 安全阀的管道布置应考虑开启时反力及其方向，其位置应便于出口管的支架设计。阀的接管承受弯矩时，应有足够的强度。

#### VI 高点排气及低点排液的设置

**8.1.35** 管道的高点与低点均应分别备有排气口与排液口，并位于容易接近的地方。如该处(相同高度)有其他接口可利用时，可不另设排气口或排液口。除管廊上的管道外，对于公称直径小于或等于DN50的管道可省去排气口。对于蒸汽伴热管迂回时出现的低点处，可不设排液口。

**8.1.36** 高点排气管的公称直径最小应为DN15；低点排液管的公称直径最小应为DN20。当主管公称直径为DN15时，可采用等径的排液口。

8.1.37 气体管道的高点排气口可不设阀门,接管口应采用法兰盖或管帽等加以封闭。

8.1.38 所有排液口最低点与地面或平台的距离不宜小于 150mm。

8.1.39 饱和蒸汽管道的低点应设集液包及蒸汽疏水阀组。

## VII 放空口的位置

8.1.40 B 类气体的放空管管口及安全阀排放口与平台或建筑物的相对距离应符合现行国家标准《石油化工企业设计防火标准》GB 50160 的规定。

8.1.41 放空口位置除上述要求外,还应符合现行国家标准《制定地方大气污染物排放标准的技术方法》GB/T 3840 的规定。

## 8.2 沟内管道

8.2.1 沟内管道布置应符合以下规定:

1 管道的布置应方便检修及更换管道组成件。为保证安全运行,沟内应有排水措施。对于地下水位高且沟内易积水的地区,地沟及管道又无可靠的防水措施时,不宜将管道布置在管沟内。

2 沟与铁路、道路、建筑物的距离应根据建筑物基础的结构、路基、管道敷设的深度、管径、流体压力及管道井的结构等条件来决定,并应符合附录 F 的规定。

3 避免将管沟平行布置在主通道的下面。

4 本规范第 8.1 节中有关管道排列、结构、排气、排液等条款也适用于沟内管道。

8.2.2 可通行管沟的管道布置应符合以下规定:

**1 在无可靠的通风条件及无安全措施时,不得在通行管沟内布置窒息性及 B 类流体的管道。**

2 沟内过道净宽不宜小于 0.7m,净高不宜小于 1.8m。

3 对于长的管沟应设安全出入口,每隔 100m 应设有人孔及直梯,必要时设安装孔。

8.2.3 不可通行管沟的管道布置应符合下列规定:

1 当沟内布置经常操作的阀门时,阀门应布置在不影响通行的地方,必要时可增设阀门伸长杆,将手轮引伸至靠近活动沟盖背面的高度处。

2 B类流体的管道不宜设在密闭的沟内。在明沟中不宜敷设密度比环境空气大的B类气体管道。当不可避免时，管沟应有防止可燃气体积聚措施。

### 8.3 埋地管道

8.3.1 埋地管道与铁路、道路及建筑物的最小水平距离应符合本规范附录F表F的规定。

8.3.2 管道与管道及电缆间的最小水平间距应符合现行国家标准《工业企业总平面设计规范》GB 50187的规定。

8.3.3 大直径薄壁管道深埋时，应满足在土壤压力下的稳定性及刚度要求。

8.3.4 从道路下面穿越的管道，其顶部至路面不宜小于0.7m。

8.3.5 从铁路下面穿越的管道应设套管，套管顶至铁轨底的距离不应小于1.2m。

8.3.6 管道与电缆间交叉净距不应小于0.5m。电缆宜敷设在热管道下面，腐蚀性流体管道上面。

8.3.7 B类流体、氧气和热力管道与其他管道的交叉净距不应小于0.25m；C类及D类流体管道间的交叉净距不宜小于0.15m。

**8.3.8 管道埋深应在冰冻线以下。当无法实现时，应有可靠的防冻保护措施。**

8.3.9 设有补偿器、阀门及其他需维修的管道组成件时，应将其布置在符合安全要求的井室中，井内应有宽度大于或等于0.5m的维修空间。

8.3.10 有加热保护的（如伴热）管道不应直接埋地。

8.3.11 挖土共沟敷设管道的要求应符合现行国家标准《工业企业总平面设计规范》GB 50187的规定。

8.3.12 带有隔热层及外护套的埋地管道，布置时应有足够柔性，并在外套内有内管热胀的余地。无补偿直埋方法，可用于温度小于或等于120℃的D类流体的管道，并按国家现行直埋供热管道标准的规定进行设计与施工。

## 9 金属管道的应力分析

### 9.1 一般规定

9.1.1 管道系统应具有足够的柔性，以防止管道系统由于热胀冷缩、管道支撑及端部附加位移等产生下列情况：

- 1 应力超限或疲劳原因造成的管道或支吊架失效；
- 2 荷载过大造成的管道连接部位发生泄漏；

3 荷载过大造成的管道支吊架、管道元件或与管道连接的设备产生过大应力或变形。

9.1.2 管道对所连接机器设备的荷载应符合相关标准的规定或满足设备制造厂提出的允许荷载的要求。管道对压力容器管口上的荷载应作为校核容器强度的条件。

9.1.3 经柔性分析确认为剧烈循环条件的管道时，应按本规范核对管道组成件选用的规定；当不能满足要求时，应修改设计，降低计算的位移应力范围，使剧烈循环条件变为非剧烈循环条件。

9.1.4 管道柔性设计时还应计及本规范第 3.1.5 条所述动态荷载。

### 9.2 管道应力分析的范围及方法

9.2.1 管道应力分析的范围应符合下列规定：

1 管道均应进行应力分析，工程设计中宜根据管道的温度、压力、公称直径、介质危险程度、连接的设备类型以及设备和管道布置情况等确定分析方法和详细程度。

2 具备下列条件之一的管道，可免除应力分析：

- 1) 该管道系统与某一运行情况良好的管道系统完全相同；
- 2) 该管道系统与已经过应力分析合格的管道系统相比较，管道布置和管架设置等相同。

9.2.2 管道应力分析方法应符合下列规定：

1 管道应力分析方法包括简化分析方法和详细分析方法。简化分析方法包括目测法、表格法、图解法、公式法等，所采用的表和图应经计算验证；

2 符合下列条件之一的管道，可使用简化分析方法进行应力分析：

- 1) 公称直径小于 DN50；



- 2) 设计温度大于 $-46^{\circ}\text{C}$  小于  $150^{\circ}\text{C}$ ;
  - 3) 设计温度大于或等于  $150^{\circ}\text{C}$ , 小于  $200^{\circ}\text{C}$ , 公称直径大于或等于 DN50, 小于或等于 DN400;
  - 4) 设计温度大于或等于  $200^{\circ}\text{C}$ , 小于  $350^{\circ}\text{C}$ , 公称直径大于或等于 DN50, 小于或等于 DN200;
  - 5) 对无分支管道或管系的局部, 在详细的应力分析前进行初步柔性判断时, 可采用简化的分析方法。
- 3 符合下列条件之一的管道, 应采用详细分析方法进行应力分析:
- 1) 与敏感机器、设备相连;
  - 2) 与有特殊荷载要求的设备管口相连;
  - 3) 预期寿命内温度循环次数超过 7000 次;
  - 4) 设计温度高于或等于  $350^{\circ}\text{C}$ , 或者低于或等于 $-46^{\circ}\text{C}$ , 且管道公称直径大于或等于 DN100;
  - 5) 利用简化分析方法后, 表明需要进行详细应力分析的。

### 9.3 管道应力分析的基本要求

#### 9.3.1 计算管系的划分应符合下列规定:

1 管系可按设备连接点或固定点划分为若干计算分管系, 每一计算分管系中应包括其所有管道组成件和各种支吊架。

2 分支管道不宜从分支点处进行分段计算, 仅当支管刚度与主管刚度的差别导致分支管对主管牵制作用可略去不计时才可分段, 但计算支管时应计入主管在分支点处附加给支管的线位移和角位移。

#### 9.3.2 应力分析应符合下列规定:

1 管道与设备相连接时, 应计入管道端点处的附加位移, 包括线位移和角位移;

2 管道应力分析应计及膨胀节和其它管道元件的刚度。各种管道元件的柔性系数和应力增大系数按本规范附录 E 或其它方法计算;

3 应计入不同类型的支吊架的作用;

4 应按管道运行中可能出现的各工况条件计算;

5 分析中的任何假设与简化, 不应对计算结果产生不利或不安全的影响;

- 6 支吊架生根在有位移的设备上时，计算时应计入此项位移值；  
7 受室外环境温度影响的无绝热层管道应计及太阳辐射温度。

## 9.4 管道的位移应力范围

9.4.1 计算位移应力范围时，应计算最低温度到最高温度（若环境温度为最低或最高温度时按环境温度）的位移应力范围，并可用本规范附录 B 表 B.0.2 中的线膨胀系数和本规范附录 B 表 B.0.1 中在常温下管道材料的弹性模量。

9.4.2 位移应力范围的计算，应符合下列规定：

1 管道由于热胀、冷缩和其它位移受到约束而产生的位移应力范围 $\sigma_E$ 应按式(9.4.2-1)计算：

$$\sigma_E = \sqrt{(|\sigma'_a| + \sigma'_b)^2 + 4\sigma_t'^2} \quad (9.4.2-1)$$

其中：

$$\sigma'_a = \frac{i_a F'_a}{A_p} \quad (9.4.2-2)$$

$$\sigma'_b = \frac{\sqrt{(i_i M'_i)^2 + (i_o M'_o)^2}}{Z} \quad (9.4.2-2)$$

$$\sigma'_t = \frac{i_t M'_t}{2Z} \quad (9.4.2-3)$$

- 式中：  
 $\sigma_E$  —— 位移应力范围(MPa)；  
 $\sigma'_a$  —— 由位移应变产生的轴向应力范围(MPa)；  
 $\sigma'_b$  —— 由位移应变产生的弯曲应力范围(MPa)；  
 $\sigma'_t$  —— 由位移应变产生的扭转应力范围(MPa)；  
 $F'_a$  —— 要评估的两种工况间，由位移应变产生的轴向力范围(N)；  
 $i_a$  —— 轴向应力增大系数，缺少更多可用数据时，对弯管、弯头、斜接弯头(单斜接、宽间距、窄间距斜接弯头)，取 1.0，附录 E 中的其它管道组件；  
 $A_p$  —— 名义壁厚减去壁厚裕量的管道横截面积(mm<sup>2</sup>)；

$i_i$  —— 平面内应力增大系数，见附录 E；

$M_i'$  —— 要评估的两个工况间的平面内弯矩范围(N·mm)；

$i_o$  —— 平面外应力增大系数，见附录 E；

$M_o'$  —— 要评估的两个工况间的平面外弯矩范围(N·mm)；

$Z$  —— 名义壁厚减去壁厚裕量的管道截面模量(mm<sup>3</sup>)，见本规范第 9.4.3 条第 1 款规定；

$i_t$  —— 扭转应力增大系数，缺少更多可用数据时，取 1.0；

$M_t'$  —— 要评估的两种工况之间，由位移应变产生的扭矩范围(N·mm)；

2 弯头、斜接弯头、三通的主管端和支管端(图 9.4.2)，式 (9.4.2-1) 中 按式 (9.4.2-3) 计算。

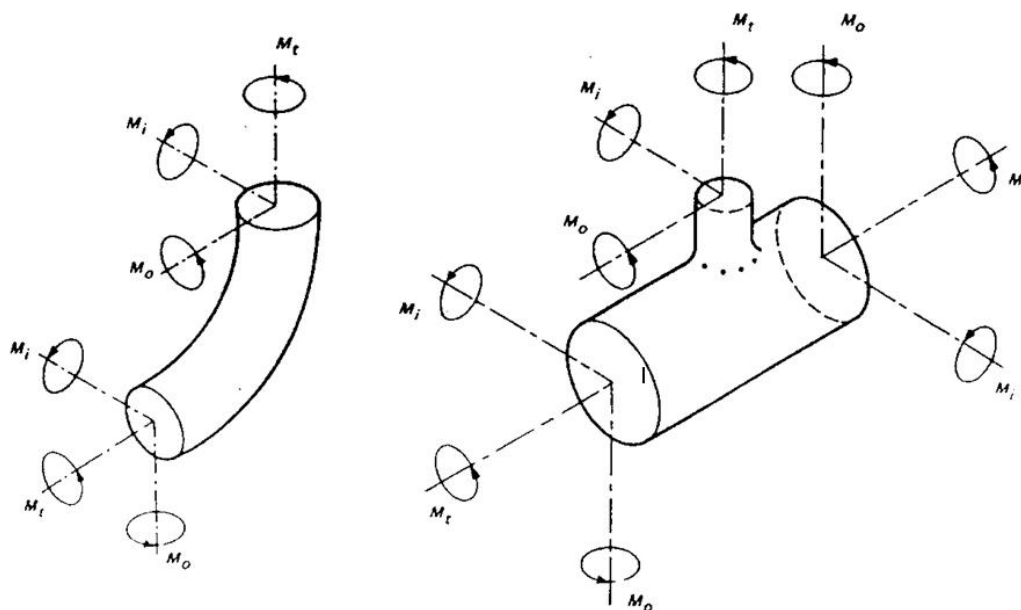


图 9.4.2 平面内和平面外弯矩和扭矩

9.4.3 直管、弯管、弯头、三通的主管端及支管端的截面模量，应按式(9.4.3)计算。

$$Z = \frac{\pi}{32D_o} (D_o^4 - D_i^4) \quad (9.4.3)$$

式中： $Z$  —— 名义壁厚减去壁厚裕量的管道截面模量(mm<sup>3</sup>)，见本规范第 9.4.3 条第 1 款规定；

$D_o$  —— 管子外径(mm);

$D_i$  —— 管子内径(mm);

9.4.4 管道计算的最大位移应力范围 $\sigma_E$ ，应满足式(9.4.4):

$$\sigma_E \leq [\sigma]_A \quad (9.4.4)$$

式中许用的位移应力范围 $[\sigma]_A$ ，应符合本规范第 3.2.7 条的规定。

## 9.5 管道对设备或端点的作用力

9.5.1 管道设计应根据管道系统可能出现的各种工况，包括开车、运行、停车、再生、吹扫和试压等，用以设计管架及评估设备管口荷载。计算时应计及支架处的摩擦力的影响。

9.5.2 对于无中间约束、只有两个固定端点的简单管道系统，当管道无冷紧或各方向采用相同冷紧比时，端点或设备管口的作用力或力矩可按下列规定计算：

1 在最高温度或最低温度下，管道对设备或端点的作用力或力矩，应按式(9.5.2-1)计算。

$$R_h = [1 - (2/3)C_s] \frac{E_h}{E_{20}} R_E \quad (9.5.2-1)$$

2 在安装温度下，管道对设备或端点的作用力或力矩，应按式(9.5.2-2)及式(9.5.2-3)计算。

$$R_C = C_S R_E \quad (9.5.2-2)$$

$$R_{C1} = \left( 1 - \frac{[\sigma]_h}{\sigma_E} \times \frac{E_{20}}{E_h} \right) R_E \quad (9.5.2-3)$$

当 $\frac{[\sigma]_h}{\sigma_E} \times \frac{E_{20}}{E_h} < 1$ 时，取 $R_C$ 和 $R_{C1}$ 中的大值；

当 $\frac{[\sigma]_h}{\sigma_E} \times \frac{E_{20}}{E_h} \geq 1$ 时，取 $R_C$ 为安装温度下对设备或端点的作用力或力矩。

式中： $C_s$  —— 冷紧比，由设计者根据需要确定，可在 0~100%中取用，对于在非蠕变温度下工作的管线，其冷紧比宜取 50%，对于在蠕变温度下工作的管线，其冷紧比宜取 70%；

$E_h$  —— 在最高或最低温度下管道材料的弹性模量(MPa)；

- $E_{20}$  —— 在安装温度下的管道材料的弹性模量，一般可取材料在 20℃时的弹性模量(MPa)；
- $R_h$  —— 管道运行初期在最高或最低温度下对设备或端点的作用力(N)和力矩(N•mm)；
- $R_C$  —— 管道运行初期在安装温度下对设备或端点的作用力(N)和力矩(N•mm)；
- $R_E$  —— 以  $E_{20}$  和全补偿值计算的管道对端点的作用力(N)和力矩(N•mm)；
- $R_{C1}$  —— 管道应变自均衡后在安装温度下对设备或端点的作用力(N)和力矩(N•mm)；
- $[\sigma]_h$  —— 在分析中的位移循环内，金属材料在热态(预计最高温度)下的许用应力(MPa)；
- $\sigma_E$  —— 计算的位移应力范围(MPa)。

9.5.3 当管道为多固定点或中间有约束的两个固定点的复杂管系或沿坐标轴各方向采用不同冷紧比时，式(9.5.2-1)、(9.5.2-2)和(9.5.2-3)不再适用，应采用更为详细的方法进行计算。

9.5.4 与转动设备相连的管道，不得使用冷紧。

9.5.5 管道采用冷紧时，有效冷紧宜取冷紧值的 2/3。

## 9.6 改善管道柔性的措施

9.6.1 管道设计中可利用管道自身的弯曲或扭转产生的变形来达到热胀或冷缩时的自补偿，当其柔性不能满足要求时，可采用下列办法改善管道的柔性：

- 1 调整支吊架的型式与位置；
- 2 改变管道走向。

9.6.2 当受条件限制，不能采用本规范第 9.6.1 条的方法改善管道的柔性时，可根据管道设计参数和类别选用补偿装置，尤其是 DN400 以上可燃气体排放总管，宜选用金属波纹膨胀节进行补偿，选用的金属波纹膨胀节应满足本规范附录 M 的要求。

## 9.7 持续荷载分析

9.7.1 管道系统由于压力、重力及其它持续荷载产生的应力 $\sigma_L$ 应符合本规范第 3.2.6 条第 3 款的规定。

9.7.2 由压力、重力及其它持续荷载产生的应力 $\sigma_L$ ，按式(9.7.2-1)计算：

$$\sigma_E = \sqrt{(|\sigma_a| + \sigma_b)^2 + 4\sigma_t} \quad (9.7.2-1)$$

其中 $\sigma_a$ 、 $\sigma_b$ 、 $\sigma_t$ 分别由式(9.7.2-2)、(9.7.2-3)和(9.7.2-4)计算：

$$\sigma_a = \frac{I_a F_a}{A_p} \quad (9.7.2-2)$$

$$\sigma_b = \frac{\sqrt{(I_i M_i)^2 + (I_o M_o)^2}}{Z} \quad (9.4.2-2)$$

$$\sigma_t = \frac{I_t M_t}{2Z} \quad (9.4.2-3)$$

- 式中：
- $\sigma_a$  —— 由持续纵向力产生的应力(MPa)；
  - $\sigma_b$  —— 由持续弯矩产生的应力(MPa)；
  - $\sigma_t$  —— 由持续扭矩产生的应力(MPa)；
  - $F_a$  —— 由持续荷载如压力和重力产生的纵向力(N)；
  - $I_a$  —— 持续纵向力系数，在缺少更多可用数据时，取 1.0；
  - $A_p$  —— 名义壁厚减去壁厚裕量的管道横截面积(mm<sup>2</sup>)；
  - $I_i$  —— 平面内持续弯矩系数，在缺少有效更多可用数据时，取 0.75 倍平面内应力增大系数 和 1.0 两者的较大值；
  - $M_i$  —— 由持续荷载如压力和重力产生的平面内弯矩(N·mm)；
  - $I_o$  —— 平面外持续弯矩系数，在缺少有效更多可用数据时，取 0.75 倍平面外应力增大系数 和 1.0 两者的较大值；
  - $M_o$  —— 由持续荷载如压力和重力产生的平面外弯矩(N·mm)；
  - $Z$  —— 名义壁厚减去壁厚裕量的管道截面模量(mm<sup>3</sup>)；
  - $I_t$  —— 持续扭矩系数，在缺少更多可用数据时，取 1.0；
  - $M_t$  —— 由持续荷载如压力和重力产生的扭矩(N·mm)；

持续纵向力  $F_a$  包括由压力产生的持续力  $P_j A_f$ ,  $P_j$  为内压力,  $A_f = \pi d^2/4$ ,  $d$  为管道厚度减去裕度后的内径。如果管系中安装有膨胀节, 由设计确定内压力产生的持续纵向力。

## 10 管道支吊架

### 10.1 一般规定

10.1.1 在管道支吊架的布置设计中，管道的应力应符合本规范第 3.2.6 及 3.2.8 条的规定。

10.1.2 应优先选用标准及通用的支吊架，对主要受力的支吊架结构的零部件应进行强度及刚度校核。

### 10.2 支吊架的设置及最大间距

10.2.1 支吊架位置和型式，应符合管道布置情况和管道柔性计算的要求。可选用有效的包括特殊型式的支架，控制管道位移和防止管道振动。

10.2.2 装有膨胀节的管道，固定架、导向架和限位架等的设置应符合产品特性及使用要求。

10.2.3 支吊架生根在建（构）筑物的构件上时，该构件应有足够的强度和刚度。

10.2.4 支吊架的设置不应影响设备和管道的运行操作及维修。

10.2.5 管道上有重力大的管道组成件时，应核算支吊架间距，或在管道组成件的附近设置支吊架。

10.2.6 支吊架的设置，应使支管连接点和法兰接头处承受的弯矩值，控制在安全的范围内。

10.2.7 水平管道支吊架最大间距应满足强度和刚度条件。强度条件是控制管道自重弯曲应力不应超过设计温度下材料许用应力的一半。刚度条件是限制管道自重产生的弯曲挠度，一般管道设计挠度不应超过 13mm。装置外管道的挠度允许适当放宽，但不应超过 25mm。敷设无坡度的蒸汽管道，其挠度不宜超过 10mm。其他有特殊要求的管道需采用更小的挠度值时，可按国家现行标准执行。

10.2.8 对于不允许积液并带有坡度的管道，支吊架间距除满足本规范第 10.2.7 条要求外，它与挠度及坡度之间的关系还应符合式(10.2.8)的要求。

$$L_S \leq \frac{2Y_S i_S}{\sqrt{1 + i_S^2} - 1} \quad (10.2.8)$$

式中：  $Y_S$  —— 管道自重弯曲挠度（mm）；



$L_s$  —— 支吊架间距 (kg/h) ;

$i_s$  —— 管道坡度。

10.2.9 对有压力脉动的管道, 决定支架间距时, 应核算管道固有频率, 防止管道产生共振。

### 10.3 支吊架荷载

10.3.1 支吊架的设计应承受下述荷载:

- 1 应承受本规范第 3.1.6 条所述的各项重力及支吊架零部件的重力。
- 2 应承受在管道运行期间可能产生变化的下列荷载:
  - 1)管道热胀冷缩和其他位移产生的作用力和力矩;
  - 2)弹簧支吊架向刚性支吊架或固定支架的转移荷载;
  - 3)压力不平衡式波纹膨胀节应包括内压作用力和弹性力, 填函式补偿器应包括内压作用力和本体摩擦力;
  - 4)活动支吊架的摩擦力。

3 经柔性计算的管道, 支吊架荷载应与柔性计算结果一致。当柔性计算程序中未计及滑动支架摩擦力或其他荷载时, 应在支吊架荷载计算中计入。

4 液压试验、清洗或钝化时的液体重力、管内流体突然变化引起的力、流体排放时产生的反力、风力以及地震力等在使用期间瞬时和偶尔发生的荷载应根据工程设计情况计入。

10.3.2 支吊架的荷载组合应按使用过程中的各种工况分别进行计算, 并对同时作用在支吊架上的所有荷载加以组合, 取其中最不利的组合作为支吊架结构设计的依据。

### 10.4 材料和许用应力

10.4.1 支吊架用材料应符合下列规定:

- 1 管道支吊架用材料应符合本规范第 4 章的规定;
- 2 与管道组成件直接接触的支吊架零部件材料应按管道的设计温度选用; 直接与管道组成件焊接的支吊架零部件材料应与管道组成件材料具有相容性;
- 3 铸铁材料不宜用在受拉伸荷载处; 可锻铸铁不应承受冲击荷载;

4 保冷管道支吊架绝热材料宜选用高密度聚氨酯或高密度聚异氰脲酸酯。

10.4.2 支吊架零部件的抗拉、抗压许用应力按本规范第 3.2.3 条及本规范附录 A 选取。螺纹拉杆的抗拉许用应力应按该材料许用应力降低不少于 25%。

## 10.5 支吊架结构设计及选用

10.5.1 支吊架的管托及活动部位的结构应符合下列规定：

- 1 无绝热层管道，当公称直径大于或等于 DN400 时，应带有管托或鞍式护板；
- 2 保冷管道支架应有防止产生冷桥的措施；
- 3 支吊架的滑动面和铰接活动部位应露在绝热层以外；
- 4 螺旋焊管放在管廊或其他结构的梁上时，应设置管托；
- 5 滑动管托长度应满足管道热位移的要求。采用偏置安装时，设计文件中应

标明偏置量及偏置方向。

10.5.2 支吊架零部件和与之接触的管道组成件之间在规定的约束方向应无相对位移，且零部件的结构设计应控制管壁应力。

10.5.3 与管道组成件接触且不可拆卸的支吊架零部件应符合下列规定：

- 1 应控制支吊架零部件与管道组成件连接处的局部应力。
- 2 直接焊在管道组成件上的管托、吊板、导向板、耳板等材料应适于焊接，

宜采用与管道组成件相同的材料，焊接、预热和热处理应符合本规范的规定。

10.5.4 与管道组成件接触的可拆卸的支吊架零部件应符合下列规定：

1 在垂直管道上的承重管夹应防止与管道组成件间产生滑移，可在管道组成件上焊挡块或沿其轴线方向焊肋板。

2 碳钢的支吊架零部件与有色金属或不锈钢管道组成件不应直接接触，在接触面之间可增加非金属材料的隔离垫层或相应措施。

10.5.5 支吊架的连接件的设计应符合下列规定：

1 螺纹拉杆的最大承载力可根据其许用应力和螺纹根部截面计算。吊杆直径不宜小于 10mm。

2 当吊架有水平位移时，拉两端应为铰接，两铰接点间应有足够长度。对刚性拉杆吊架，可活动的拉杆长度不应小于吊点处水平位移的 20 倍，吊杆与垂直线夹角不应大于 3°；对弹性吊架，可活动的拉杆长度不应小于吊点处水平位移的 15 倍，吊杆与垂直线夹角不应大于 4°。

3 吊架的吊杆应有足够的螺纹长度，并可根据结构需要设置松紧螺母（花篮螺栓），螺纹连接处应设置锁紧螺母。

10.5.6 弹簧支吊架、减振装置和阻尼装置的选用应符合下列规定：

1 可变（变力）弹簧支吊架可根据国家现行标准选用，且在任何工况下所承受的荷载均不应超过其最大允许荷载，并应符合下列要求：

1)由管道垂直方向热位移引起的荷载变化系数按式（10.5.6）计算：

$$f_s = \frac{\Delta \cdot K_s}{F_H} \times 100\% \quad (10.5.6)$$

式中： $f_s$  —— 荷载变化系数；<sup>注</sup>

$\Delta$  —— 管道垂直热位移(mm)；

$K_s$  —— 弹簧刚度(N/mm)；

$F_H$  —— 工作荷载(N)。

注：荷载变化系数不应大于 25%。

2)可变弹簧支吊架应设有荷载和行程指示器及位置锁定装置，并应在行程指示器的范围内使用，处于锁定位置时应承受 2 倍最大工作荷载；

3)应设有防止弹簧发生不同心度、弯曲或偏心荷载和意外失效的措施。

2 恒力弹簧支吊架的选用应符合下列规定：

1)应设有荷载和行程指示器以及位置锁定装置，处于锁定位置时应承受 2 倍最大工作荷载；

2)应设有可在现场调整荷载的结构，加或减荷载的调节量均不应小于设定荷载的 20%；

3)恒力弹簧支吊架的有效行程除应满足支吊点计算位移量要求外，裕量尚应满足相关标准的要求。

3 减振装置和阻尼装置的设计和选用应符合下列规定：

1)弹簧减振器应承受管道振动力而不承受管道的重力，最大防振力不应小于工程设计的要求值，并设有可调结构；

2)弹簧减振器最大行程应根据对其防振力调节量和管道位移等因素确定；

3)阻尼装置的结构设计不应约束管道的热胀和冷缩，不承受管道的重力。

阻尼装置应承受管道动力分析所要求的瞬态最大动力荷载,在该工况下具有高阻尼特性;

4)阻尼装置的有效行程应大于因管道位移引起的阻尼装置的轴向位移值。

5)液压式阻尼装置内的工作介质宜为阻燃油。

10.5.7 与土建结构、基础或设备连接的管道支吊架的设计应符合下列规定:

1 应满足最大荷载时的强度要求;

2 应满足下列刚度条件:

1)用于固定支架、限位和阻尼装置时,梁的最大挠度不应大于 0.002 倍梁的计算长度;

2)用于其他支架时,梁的最大挠度不应大于 0.004 倍梁的计算长度;

3)采用悬臂梁时,悬臂长度不宜大于 800mm。

3 采用非对称型钢且承载着力点不通过弯曲中心时,设计时应应对偏心受力产生的扭转影响进行核算。

## 11 设计对组成件制造、管道施工及检验的要求

### 11.1 一般规定

11.1.1 工程施工及检验的要求，除了应符合本规范的规定外，还应符合现行国家标准《工业金属管道工程施工规范》GB 50235 和《工业金属管道工程施工质量验收规范》GB 50184 的规定。

### 11.2 金属的焊接

11.2.1 管道承压件与承压件、承压件与非承压件的焊接均采用经评定合格的焊接工艺，并由合格焊工施焊。

11.2.2 焊接材料的选用及焊前预热应符合现行国家标准《现场设备、工业管道焊接工程施工规范》GB50236 的规定。

11.2.3 端部为焊接连接的阀门，施焊时所采用的焊接程序以及热处理，应避免阀座的严密性受破坏。

11.2.4 焊制管道或管件对焊连接时，纵向焊缝应至少错开 100mm 或 30 度。当无法避免形成十字焊缝时，该部位应经射线检测合格，射线检测应符合现行行业标准《承压设备无损检测 第 2 部分：射线检测》NB/T 47013.2 的规定，合格等级不低于 II 级，检测以十字交叉点为中心进行，检测长度不小于 250mm。

11.2.5 管道的焊接结构应符合本规范附录 H 的规定。

### 11.3 金属的热处理

11.3.1 管子弯曲及管件成形后的热处理，除应符合本规范附录 G 第 G.1 节的规定外，有应力腐蚀的管道及其他对消除残余应力有严格要求的管道，需热处理时，必须在设计文件中规定。

11.3.2 焊后需要热处理的管道组成件的厚度，应符合本规范附录 G 第 G.2 节的规定。

### 11.4 检验

11.4.1 设计者应将管道的流体类别、设计压力、设计温度和是否符合剧烈循环条件等因素列入设计文件，作为检测的依据。

11.4.2 除有特殊要求外，管道无损检测可按本规范附录 J 的规定。

11.4.3 管子制造的检验应符合本规范第 5.2.1 及 5.2.4 条的规定。

## 11.5 试压

11.5.1 管道的液压及气压试验应符合国家现行标准《工业金属管道工程施工规范》GB 50235 的规定。采用气压试验的管道应在工程设计文件中指定。

11.5.2 当气体管道不具备整体液压试验条件时，可采用安装前的分段液压试验及安装后固定口进行 100%无损检测的方式替代，且检测合格后还应进行泄漏性试验。

11.5.3 液压或气压试验条件下组成件的内压圆周应力不得超过式(11.5.3-2)及式(11.5.3-3)的规定。如超过时，应降低试验压力。试验条件下组成件的周向应力应按式(11.5.3-1)计算：

$$\sigma_T = \frac{P_T[D_0 - (t_{sn} - C)]}{2(t_{sn} - C)} \quad (11.5.3-1)$$

液压实验时，
$$\sigma_T \leq 0.9E_j\sigma_s \quad (11.5.3-2)$$

气压实验时，
$$\sigma_T \leq 0.E_j\sigma_s \quad (11.5.3-3)$$

式中： $\sigma_T$  —— 在试验条件下组成件的周向应力(MPa)；

$D_0$  —— 管子外径(mm)；

$t_{sn}$  —— 直管名义厚度(mm)；

$C$  —— 所有厚度附加量之和(mm)。

$E_j$  —— 焊接接头系数；

$P_t$  —— 试验压力(MPa)；

$\sigma_s$  —— 材料标准常温屈服点(MPa)。

11.5.4 现场不能采用液压及气压试验的管道，应按照现行国家标准《工业金属管道工程施工规范》GB 50235、《现场设备工业管道焊接工程施工规范》GB 50236 的要求执行。

11.5.5 下列管道应进行泄漏性试验：

- 1 输送 B 类、液氧及设计压力大于 4MPa 的氧气流体管道；
- 2 输送制冷剂等气化温度低的流体管道。

## 11.6 其他要求

11.6.1 安装中不得在滑动支架底板处临时点焊定位。仪表及电气任何构件不得焊在滑动支架上。

11.6.2 从有热位移的主管引出小直径的支管时，小管支架的类型和结构应按设计要求，并不应限制主管的位移。采用现场决定支架结构的范围，一般限于设计温度为常温的公称直径小于或等于 DN40 的管道。

11.6.3 大型储罐（或大水池）的管道与泵或其他独立基础的设备连接或储罐底部管道沿地面敷设在支架上时，应在储罐液压试验后安装或在液压试验且基础初阶段沉降后再连接储罐接口处法兰。

11.6.4 除耐火材料衬里管道按设计要求焊接外，对于其他非金属衬里管道不应在现场施焊，焊在管道组成件上的支吊架零部件，应在工厂预制时焊好。

11.6.5 非金属衬里管道的封闭短管应在现场实测长度后提交制造厂，或采用其他设计认可的或本规范第 5.11.5 条的措施，但不得使用多层软垫片组合填充间隙的方法。

11.6.6 现场施工时决定走向的小口径管道，应布置整齐，走向合理，并应在其他管道安装完后，根据工程规定、设计文件的要求进行安装。

11.6.7 设计文件中对螺栓紧固载荷、紧固方法和紧固程序有要求的法兰接头，应根据设计提出的相应要求进行安装工艺评定，并根据评定合格的安装工艺编制书面的安装程序文件，装配操作应严格按照安装程序文件进行，确保法兰接头强度安全、密封可靠。

11.6.8 除设计文件另有规定外，法兰接头的安装应符合现行国家标准《法兰接头安装技术规定》GB/T38343 的规定。

## 12 绝热、隔声、消声及外防腐

### 12.1 绝热

12.1.1 有关管道保温和保冷的计算、材料选择及结构设计除了符合本规范，尚应符合现行国家标准《设备及管道绝热技术通则》GB/T 4272、《设备及管道绝热设计导则》GB/T 8175 及《工业设备及管道绝热工程设计规范》GB 50264 的要求。

12.1.2 根据管道及其附件的表面温度选择性能不同的绝热材料应符合下列规定：

1 管道及其附件的表面温度大于 100℃时，选择现行国家标准《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB 8624 中的 A2 级材料。

2 管道及其附件的表面温度小于等于 100℃时，选择不低于现行国家标准《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB 8624 中 B 级和 C 级材料，当选择 B 级和 C 级材料时，氧指数不小于 30%。

**12.1.3 镀锌的绝热辅助材料不得与不锈钢管道接触。**

12.1.4 伴热的绝热结构应符合下列规定：

1 碳钢的伴热管与不锈钢管子之间应采用非金属材料隔开；

2 当流体或管道材料不允许产生局部过热时，伴热管与被伴热管之间宜用绝热件隔离。

12.1.5 奥氏体不锈钢管道用纤维类外绝热材料，应按现行国家标准《覆盖奥氏体不锈钢用绝热材料规范》GB/T 17393 的要求进行试验，材料中溶于水的 Cl<sup>-</sup>及(Na<sup>+</sup>+SiO<sub>3</sub><sup>2-</sup>)的分析含量应在图 12.1.5 曲线右下方区域内。产品试验还应证明绝热材料对不锈钢不产生表面腐蚀及应力腐蚀。



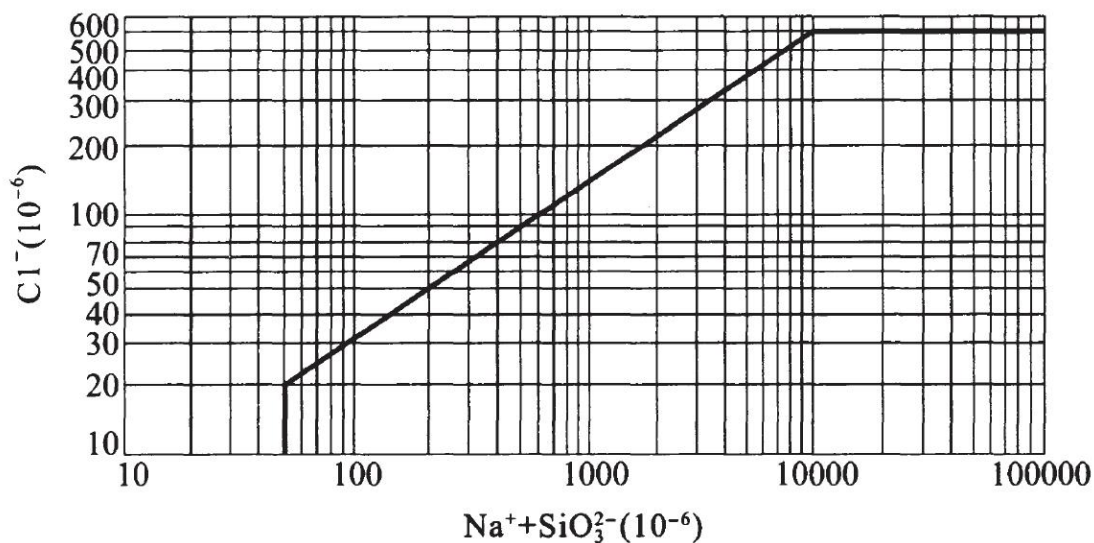


图 12.1.5 岩棉及矿棉等绝热材料中 Cl-含量与(Na++SiO<sub>3</sub><sup>2-</sup>)含量的关系

12.1.6 绝热结构的外保护层应能有效地防止雨水进入绝热层内。

## 12.2 隔声和消声

12.2.1 防噪声要求应按现行国家标准《工业企业噪声控制设计规范》GB/T 50087 的规定。

12.2.2 当管道噪声超过 85dB 时，应有隔声措施。

12.2.3 隔声层宜采用岩棉、玻璃棉或橡塑等软质材料，外保护层可与绝热结构的外保护层材料相同。

12.2.4 室外隔声结构的外保护层应有防止雨水进入隔声层内的措施。

12.2.5 不锈钢管道的隔声材料应符合本规范第 12.1.4 条的规定。

12.2.6 放空管道噪声超过规定值 85dB 时，应设置消声器。

## 12.3 外防腐

12.3.1 埋地钢管道的外表面应制作涂敷或包覆的防腐层，防腐层数和厚度应按所设计的管道材料及土壤情况决定。必要时，对距离较长及不便检查维修的区域内的管道可增加阴极保护措施。

12.3.2 地上管道的外表面防腐，一般采用涂料防护，涂敷后的涂层应能耐环境的腐蚀。

12.3.3 管道外表面的底涂层、中间涂层及表面涂层应配套使用。

12.3.3A 有绝热层管道的涂层应符合下列规定：

1 碳钢、低合金钢管道及大气环境对不锈钢有腐蚀的不锈钢管道，应做涂层防护；

2 有色金属、镀锌管道及在无氯离子环境中的不锈钢管道，可不做涂层防护。

12.3.4 涂层涂敷前管道外表面的清理应符合涂料产品的相应要求。当有特殊的要求时，应在设计文件中规定。

12.3.5 涂料颜色及标志可按现行国家标准《工业管道的基本识别色、识别符号和安全标识》GB 7231 和有关标准执行，补充要求应在工程设计文件中规定。

## 13 输送 A1 类和 A2 类流体管道的补充规定

### 13.1 A1 类流体管道

#### 13.1.1 设计条件应符合下列规定：

- 1 采用流体温度以外的任何温度作为设计温度时，应通过传热计算或实验验证。
- 2 管道设计中应进行动态荷载分析，使有害的振动及脉冲影响减小到无害的程度。
- 3 可通过管道布置、组成件选用等方法防止出现剧烈循环条件。
- 4 不应按本规范第 3.2.2 条设计。
- 5 泄压装置的最大泄放压力，不得超过设计压力的 1.1 倍。

#### 13.1.2 材料的选用应符合下列规定：

- 1 不应使用任何脆性材料。
- 2 铅、锡及其合金仅用于衬里。

#### 13.1.3 管道组成件的选用，应符合下列规定：

- 1 选用焊接钢管应符合本规范附录 J 的规定；
- 2 斜接弯管的一条焊缝方向改变不应大于 22.5°。
- 3 扩口翻边的突缘短节选用要求：
  - 1) 使用温度不应超过 200℃，使用的压力不应超过公称压力 PN20 碳钢标准法兰的许用压力；
  - 2) 管径不应大于公称直径 100mm，扩口前的壁厚不应小于表 13.1.3 的数值：

表 13.1.3 扩口前的最小壁厚

公称直径 (mm)	厚度(最小值 mm)
15~20	2.5
25~50	3.0
65~100	3.5

- 4 支管连接应优先选用标准三通，其次为支管台、嵌入式支管或半管接头。
- 5 阀门选用应满足下列要求：
  - 1) 应选用可靠密封结构型式的阀门，包括波纹管密封或其他低逸散性结构型式的阀门。波纹管密封的阀门，不宜用于频繁开关操作的场合。

2) 法兰连接阀盖至少用四根螺栓固定,采用足够机械强度的直螺纹连接方式,金属对金属接触的密封的结构要进行密封焊。

**6 法兰的选用要求:**

- 1) 不应采用平焊(平板式)法兰;
- 2) 法兰选用的公称压力应不低于 PN20;除了使用焊唇垫片的法兰外,热胀或冷缩的管道,法兰的公称压力应不低于 PN40,并不应承受外载荷;
- 3) 除衬里管道外,采用软垫片时,应选用凹凸面或榫槽面的法兰。
- 4) 有严格防泄漏要求的高压、高温且无缝隙腐蚀流体的管道,法兰接头宜采用焊唇垫片,且不宜承受外荷载。

7 承插焊管件应仅限用于公称直径小于或等于 DN40。

8 锥管螺纹密封的结构,应限用于公称直径小于或等于 DN20,并采用密封焊。

9 采用直螺纹以垫片密封的结构时,应用拧紧时及拧紧后组成件的密封面不会产生相对转动的结构;如本规范图 5.9.3-2 中(b)和(c)的结构。

**10 管道接头选用要求:**

- 1)不应使用钎焊接头;
- 2)不应使用粘接接头、胀接接头及填充物堵缝接头;
- 3)不应在对焊口内使用分块的衬环。

11 不应使用带填料密封的补偿器。

12 不锈钢对焊管件的厚度,应符合本规范附录 D 第 D.0.1 条的规定。

**13.1.4 管道的布置应符合下列规定:**

1 除有可靠的安全措施外,不便维修的区域,不宜将管道敷设在地下。当工艺要求必须埋地敷设时,应有监测泄漏、防止腐蚀、收集有害流体等的安全措施。

2 设置在安全隔墙或隔板内的管道,其手动阀门应采用阀门伸长杆引至隔(板)外操作。

3 管道不得穿过与其无关的建筑物,也不应在可通行管沟内或通风不良的室内布置。

4 A1 类流体不应直接排入下水道及大气中,应排入封闭系统内。

13.1.5 管道应按照本规范第 9 章的要求进行应力分析。

13.1.6 管道应进行泄漏性试验，管道施工的无损检测应符合本规范附录 J 的规定。

## 13.2 A2 类流体管道

**13.2.1 高硅铸铁不得用于 A2 类流体的管道。**

**13.2.2 管道组成件的选用，应符合下列规定：**

1 应采用可靠密封结构型式的阀门；

2 除耐腐蚀的要求外，宜采用钢制阀体的阀门；

3 不宜采用平焊（平板式）法兰；

4 当采用锥管螺纹密封时，公称直径不应大于 20mm。A2 类流体中的高、中度危害毒物的管道，应采用密封焊。

5 不应使用带填料密封的补偿器。

**13.2.3 A2 类气体的排放应符合环保的要求，液体不应直接排入下水道。**

13.2.4 管道宜架空敷设，不宜埋地敷设。

**13.2.5 管道不得穿过与其无关的建筑物，也不应在可通行沟内或通风不良的室内布置。**

13.2.6 A2 类流体中的高度危害介质的管道应进行泄漏性试验。

13.2.7 管道的无损检测，应符合本规范附录 J 的规定。

13.2.8 A2 类流体中的高度危害毒物的管道，除符合本规范第 13.2 节的规定外，还应符合下列规定：

1 除衬里管道外，采用软垫片时，应选用凹凸面或榫槽面的法兰。

2 采用直螺纹以垫片密封的结构时，应用拧紧时及拧紧后组成件的密封面不会产生相对转动的结构；如本规范图 5.9.3-2 中(b)和(c)的结构。

3 不应使用粘接接头、胀接接头及填充物堵缝接头。

## 14 管道系统的安全规定

### 14.1 一般规定

14.1.1 除本规范外，管道系统的安全设计尚应符合国家现行标准的有关规定。

### 14.2 超压保护

14.2.1 除本规范第 3.2.2 条规定外，在运行中可能超压的管道系统均应设置安全泄压装置。安全泄压装置可采用安全阀、爆破片装置或爆破针阀、安全阀与爆破片的组合装置。

14.2.2 独立压力系统应在适当的位置设置一个或多个并联的安全泄放装置。

14.2.3 不宜使用安全阀的场合可用爆破片装置。爆破片装置设计爆破压力与正常最大工作压力的差值，应有一定的裕量。此差值根据爆破片选型、材料和工作压力的脉动情况而定。

14.2.4 安全阀应分别按排放气（汽）体或液体进行选用，并考虑背压的影响。

14.2.5 当设置一个安全泄放装置时，设定压力应不大于系统设计压力或最大允许工作压力；当并联设置分级设定的多个安全泄放装置时，除一个基本安全泄放装置的设定压力应不大于系统设计压力或最大允许工作压力外，非火灾工况下附加安全泄放装置设定压力应不大于系统设计压力或最大允许工作压力的 1.05 倍，火灾工况下辅助安全泄放装置设定压力应不大于系统设计压力或最大允许工作压力的 1.10 倍。但对于本规范第 3.1.2 条第 2 款所述管道，安全泄放装置的设定压力应取本规范第 3.1.2 条的条件和该管道设计压力的较大值。

14.2.6 安全阀入口管道的压力损失应不大于设定压力的 3%。普通型安全阀出口管道的压力损失应不大于设定压力的 10%；平衡型安全阀出口管道的压力损失应不大于设定压力的 50%；先导型安全阀的操作和泄放量不受背压影响。

14.2.7 当设置一个安全泄放装置时，非火灾工况的最大泄放压力应不大于系统设计压力或最大允许工作压力的 1.10 倍和系统设计压力或最大允许工作压力加 20kPa 中的较大者；火灾工况的最大泄放压力应不大于系统设计压力或最大允许工作压力的 1.21 倍。当并联设置分级设定的多个安全泄放装置时，非火灾工况下基本安全泄放装置和附加安全泄放装置最大泄放压力应不大于系统设计压力或最大允许工作压力的 1.16 倍和系统设计压力或最大允许工作压力加 30kPa

中的较大值；火灾工况下基本安全泄放装置、附加安全泄放装置和辅助安全泄放装置最大泄放压力应不大于系统设计压力或最大允许工作压力的 1.21 倍。

14.2.8 安全泄放装置的入口管道和出口管道上不宜设置切断阀。但工艺有特殊要求必须设置切断阀时，还应设置旁通阀及就地压力表。正常工作时安全泄放装置入口或出口的切断阀应在开启状态下锁定或铅封。旁通阀应在关闭状态下锁定或铅封。工程设计图中应按下列规定加标注符号：

L.O.或 C.S.O=开启状态下锁定或铅封(未经批准不得关闭)；

L.C.或 C.S.C=关闭状态下锁定或铅封(未经批准不得开启)。

**14.2.9 双安全阀出入口设置三通式转换阀时，两个转换阀应有可靠的联锁机构。安全阀与转换阀之间的管道，应有排空措施。**

14.2.10 当设计选用安全泄压装置时，宜向制造厂提供详细数据，制造厂应保证产品性能符合数据表的要求。

### 14.3 阀门

14.3.1 需防止倒流的管道上，应设置止回阀。

14.3.2 正常运行中，某些阀门必须严格控制在开或关的位置时，设计中应附加锁定或铅封的要求。并应在设计图中按本规范第 14.2.8 条标注代号。此类阀门只允许在维修时，严格监督下使用，并经过有关负责人批准。

14.3.3 不同流体管道相连接时，如果流体相互串通可能产生安全风险或影响产品质量，应在相连接处设置双阀，并在双阀之间设置止回阀、盲板和检查阀。

### 14.4 盲板

14.4.1 当装置内停运维修时，装置外有可能或要求继续运行的管道，在装置边界处除设置切断阀外，还应在阀门的靠装置一侧的法兰处设置盲板。

**14.4.2 运行中，当有的设备需切断检修时，在阀门与设备之间法兰接头处应设置盲板。对于 B 类流体管道、阀门与盲板之间装有小放空阀时，放空阀后的管道应引至安全地点。**

14.4.3 压力试验及气密试验需隔断的位置应设置盲板。

14.4.4 流体温度低于 $-5^{\circ}\text{C}$ 时，或大气腐蚀严重的场合，宜使用分离式盲板，即插板与垫环，不宜使用“8”字盲板。

14.4.5 插板与垫环应有识别标记，标记部位应伸出法兰。

## 14.5 排放

**14.5.1 各类流体排放，应符合下列规定：**

**1 B类液体应排入封闭的收集系统，严禁直接排入下水道。**

**2 密度比环境空气大的 B类气体应排入火炬系统或气体净化系统，密度比环境空气小的 B类气体，在允许不设火炬及符合国家现行有关污染物排放标准的情况下，可排入大气。**

**3 C和 D类无闪蒸的液体，在符合国家现行有关污染物排放标准及水道材料使用温度和无腐蚀的情况下，可排入下水道。**

14.5.3 不经常使用的常压放空管口，应设置防鸟网。

## 14.6 其他要求

14.6.1 在寒冷地区室外管道应有下列的防冻措施：

**1 冷却器的进出水管道和冷却水总管的末端，应设置防冻旁通管或其他防冻措施。**

**2 在寒冷地区的气体管道中有冷凝液生成时，或液体管道有死角区(包括仪表管道)或排液管可能冻结时，宜设置伴热管。**

14.6.2 对于安装在室内的输送 B类流体管道的薄弱环节的组成件，如玻璃液位计、视镜等，应有安全防护措施。

14.6.3 对爆炸、火灾危险场所内可能产生静电危险的管道系统，均应采取静电接地措施。管道系统所产生的静电，可通过设备及土建结构的接地网接地。其他防静电要求应符合现行国家标准《防止静电事故通用导则》GB 12158 的规定。

14.6.4 重要设备在运行中，不允许流体中断时，宜采用双管或设置带有隔断阀门的环状管网等安全措施。

**14.6.5 下列情况应设阻火设施：**

**1 与明火设备连接的 B类气体的减压后的管道，包括火炬管道；**

**2 需隔断易着火的管道(包括放空管)与其连接的设备时；**

**3 输送可能发生爆燃或爆轰的爆炸性气体或蒸气的管道；**

**4 可燃气体或蒸气在线分析设备的放空总管；**



5 根据爆炸风险评估要求设置的其他位置。

#### 14.6.6 强氧化流体管道设计应符合下列规定：

1 对于强氧化性流体(氧或氟)管道，应在管道预制后、安装前分段或单件按国家现行标准《脱脂工程施工及验收规范》HG 20202 进行脱脂，包括所有组成件与流体接触的表面均应脱脂。脱脂后的管道组成件应采用氮气或空气吹净封闭，并应避免残存的脱脂介质与氧气形成危险的混合物。

2 氧气管道组成件的选用，除按本规范其他章节的规定外，还应符合下列补充规定：

- 1) 在产品系列范围内，宜选用无缝的管子和管件。
- 2) 管子管件焊接应采用氩弧焊打底。
- 3) 碳素钢和低合金钢管道上设有调压阀时，调压阀前后 1.5m 范围内宜采用奥氏体不锈钢管及管件。
- 4) 阀门选用应符合本规范第 5.5.9 条的规定。

3 除非工艺流程有特殊设计要求及可靠的安全措施保证，氧气管道与 B 类流体管道严禁直接连接。

4 氧气管道的流速限制、静电接地及管道布置等设计要求，应符合现行国家标准《氧气站设计规范》GB 50030 和《深度冷冻法生产氧气及相关气体安全技术规程》GB16912 的规定。

14.6.7 采用夹套管道时，应根据流体凝固点的高低，其他物性改变条件及工艺要求，选择下列结构：

- 1 全夹套—管子、管件、法兰颈(背)部及阀门均有夹套；
- 2 部分夹套—除法兰颈(背)部、阀门及支管连接部没有夹套外，其他部分均有夹套；
- 3 简易夹套—管子(直管)有夹套，环焊缝宜位于夹套外。

14.6.8 不允许就地排液的有危害流体的管道，宜采用无袋形布置，如无法实现时应排放至安全地点。

## 附录 A 金属管道材料的许用应力

A.0.1 表 A.0.1 给出了符合本规范要求材料牌号和许用应力。

A.0.2 表 A.0.2 给出了符合本规范要求螺栓材料牌号和许用应力。

A.0.3 表 A.0.3 给出了表 A.0.1 所列管子与对焊管件的纵向焊接接头系数  $E_j$ ，管子与对焊管件的纵向焊接接头系数应符合 GB/T 50316 中的 3.2.5 和表 3 的规定。

A.0.4 表 A.0.4 给出了表 A.0.1 所列铸件的铸件质量系数  $E_c$ ，铸件质量系数应符合 GB/T 50316 中表 3.2.4 和表 4 的规定。

A.0.5 表 A.0.1 许用应力表的使用应符合下列要求：

1 表 A.0.1 中的许用应力未计入管子和对焊管件的纵向焊接接头系数、焊接接头高温强度降低系数以及铸件质量系数；焊接接头高温强度降低系数按 GB/T 50316 中 3.2.7 的规定；

2 表 A.0.1 未列温度的许用应力可采用内插法计算；

3 表 A.0.1 未列温度的许用应力可采用内插法计算；

4 表列斜体许用应力值取决于抗拉强度；黑体取决于长期（持久、蠕变）强度；正体取决于屈服强度；正体加下横线取决于 90% 中温屈服强度；正体加灰底色表示许用应力值高于 2/3 中温屈服强度；

5 材料使用温度上限及对应的许用应力按表列所示（而不是表头所示温度）；

6 材料最低使用温度按表列温度或图 4.3.6 所示曲线，数字表示最低使用温度，英文字母 A 或 B 表示图 4.3.6 中的曲线，材料尚应满足第 4 章以及相应注解的要求。



表 A. 0. 1 金属管道材料的许用应力表 (续)

标准号	钢号	厚度 (mm)	最低使用 温度下限 /°C	常温强度指 标(MPa)		最高 使用 温 度/°C	在下列温度 (°C) 下的许用应力/ (MPa)																	脚注		
				$\sigma_b$	$\sigma_s$		40	65	100	150	200	250	300	325	350	375	400	425	450	475	500	525	550		575	600
GB/T 6479	10	> 40	B	335	185	593	112	112	112	110	106	102	96.9	94.1	91.2	84.3	73.3	64.0	55.8	43.9	31.7	21.4	14.2	9.40	6.89(593°C)	d, k
GB/T 3087	10	≤16	B	335	205	593	112	112	112	112	112	112	108	105	97.0	84.3	73.3	64.0	55.8	43.9	31.7	21.4	14.2	9.40	6.89(593°C)	d
GB/T 3087	10	> 16	B	335	195	593	112	112	112	110	106	102	96.9	94.1	91.2	84.3	73.3	64.0	55.8	43.9	31.7	21.4	14.2	9.40	6.89(593°C)	d
GB/T 9711	L245/B (PSL1)	全部	B	415	245	593	138	138	138	138	138	132	126	122	118	113	95.1	79.5	62.6	45.0	31.7	21.4	14.2	9.40	6.89(593°C)	d, g
GB/T 9711	L245/B (PSL2)	全部	-30	415	245	593	138	138	138	138	138	132	126	122	118	113	95.1	79.5	62.6	45.0	31.7	21.4	14.2	9.40	6.89(593°C)	d, g, k
GB/T 8163	20	≤16	B	410	245	593	137	137	137	137	137	132	126	122	118	113	95.1	79.5	62.6	45.0	31.7	21.4	14.2	9.40	6.89(593°C)	d
GB/T 8163	20	> 16~30	B	410	235	593	137	137	137	137	137	132	126	122	118	113	95.1	79.5	62.6	45.0	31.7	21.4	14.2	9.40	6.89(593°C)	d
GB/T 8163	20	> 30	B	410	225	593	137	137	134	130	126	121	115	111	108	105	95.1	79.5	62.6	45.0	31.7	21.4	14.2	9.40	6.89(593°C)	d
GB/T 3087	20	≤16	B	410	245	593	137	137	137	137	137	132	126	122	118	113	95.1	79.5	62.6	45.0	31.7	21.4	14.2	9.40	6.89(593°C)	d
GB/T 3087	20	> 16	B	410	235	593	137	137	137	137	137	132	126	122	118	113	95.1	79.5	62.6	45.0	31.7	21.4	14.2	9.40	6.89(593°C)	d
GB/T 5310	20G	全部	B	410	245	593	137	137	137	137	137	132	126	122	118	113	95.1	79.5	62.6	45.0	31.7	21.4	14.2	9.40	6.89(593°C)	d
GB/T 5310	20MnG	全部	B	415	240	593	138	138	138	138	138	132	126	122	118	113	95.1	79.5	62.6	45.0	31.7	21.4	14.2	9.40	6.89(593°C)	d
YB/T 4173	20G	全部	B	410	245	593	137	137	137	137	137	132	126	122	118	113	95.1	79.5	62.6	45.0	31.7	21.4	14.2	9.40	6.89(593°C)	d
YB/T 4173	20MnG	全部	B	415	240	593	138	138	138	138	138	132	126	122	118	113	95.1	79.5	62.6	45.0	31.7	21.4	14.2	9.40	6.89(593°C)	d
GB/T 6479	20	≤16	B	410	245	593	137	137	137	137	137	132	126	122	118	113	95.1	79.5	62.6	45.0	31.7	21.4	14.2	9.40	6.89(593°C)	d, k
GB/T 6479	20	> 16~40	B	410	235	593	137	137	137	137	137	132	126	122	118	113	95.1	79.5	62.6	45.0	31.7	21.4	14.2	9.40	6.89(593°C)	d, k
GB/T 6479	20	> 40	B	410	225	593	137	137	134	130	126	121	115	111	108	105	95.1	79.5	62.6	45.0	31.7	21.4	14.2	9.40	6.89(593°C)	d, k

表 A. 0. 1 金属管道材料的许用应力表 (续)

标准号	钢号	厚度 (mm)	最低使用温度下限 /℃	常温强度指标 (MPa)		最高使用温度 /℃	在下列温度 (°C) 下的许用应力 / (MPa)																	脚注					
				$\sigma_b$	$\sigma_s$		40	65	100	150	200	250	300	325	350	375	400	425	450	475	500	525	550		575	600			
GB/T 9948	20	全部	B	410	245	593	137	137	137	137	137	132	126	122	118	113	95.1	79.5	62.6	45.0	31.7	21.4	14.2	9.40	6.89(593℃)	d			
GB/T 8163	Q345A	≤16	B	470	345	427	157	157	157	157	157	157	151	144	139	135	122	101	83.8(427℃)										d
GB/T 8163	Q345A	>16~30	B	470	325	427	157	157	157	157	157	157	151	144	139	135	122	101	83.8(427℃)										d
GB/T 8163	Q345A	>30	B	470	295	427	157	157	157	157	157	157	151	144	139	135	122	101	83.8(427℃)										d
GB/T 5310	25MnG	全部	B	485	275	427	162	162	162	162	158	158	151	144	139	135	122	101	83.8(427℃)										d
YB/T 4173	25MnG	全部	B	485	275	427	162	162	162	162	158	151	144	139	135	122	101	83.8	82.7(427℃)										d
GB/T 6479	Q345B	≤16	B	490	345	427	163	163	163	163	158	151	144	139	135	122	101	83.8	82.7(427℃)										d
GB/T 6479	Q345B	>16~40	B	490	335	427	163	163	163	163	158	151	144	139	135	122	101	83.8	82.7(427℃)										d
GB/T 6479	Q345B	>40	B	490	325	427	163	163	163	163	158	151	144	139	135	122	101	83.8	82.7(427℃)										d
GB/T 6479	Q345d	≤16	-20	490	345	427	163	163	163	163	158	151	144	139	135	122	101	83.8	82.7(427℃)										d
GB/T 6479	Q345d	>16~40	-20	490	335	427	163	163	163	163	158	151	144	139	135	122	101	83.8	82.7(427℃)										d
GB/T 6479	Q345d	>40	-20	490	325	427	163	163	163	163	158	151	144	139	135	122	101	83.8	82.7(427℃)										d
GB/T 9711	L290/X42 (PSL2)	全部	-30	415	290	204	138	138	138	138	138																	g, h, i, j	
GB/T 9711	L360/X52 (PSL2)	全部	-30	460	360	204	153	153	153	153	153																	g, h, i, j	
GB/T 9711	L415/X60 (PSL2)	全部	-30	520	415	204	173	173	173	173	173																	g, h, i, j	
GB/T 9711	L450/X65 (PSL2)	全部	-30	535	450	204	178	178	178	178	178																	g, h, i, j	
GB/T 9711	L485/X70 (PSL2)	全部	-30	570	485	204	190	190	190	190	190																	g, h, i, j	
GB/T 9711	L555/X80 (PSL2)	全部	-30	625	555	204	208	208	208	208	208																	g, h, i, j	

表 A. 0. 1 金属管道材料的许用应力表 (续)

标准号	钢号	厚度 (mm)	最低使用 温度下限 /°C	常温强度指 标 (MPa)		最高 使用 温 度/°C	在下列温度 (°C) 下的许用应力/ (MPa)																			脚注
				$\sigma_b$	$\sigma_s$		40	65	100	150	200	250	300	325	350	375	400	425	450	475	500	525	550	575	600	
GB/T 9948	20	全部	B	410	245	593	137	137	137	137	137	132	126	122	118	113	95.1	79.5	62.6	45.0	31.7	21.4	14.2	9.40	6.89(593°C)	d
GB/T 8163	Q345A	≤16	B	470	345	427	157	157	157	157	157	157	151	144	139	135	122	101	83.8(427°C)						d	
GB/T 8163	Q345A	>16~30	B	470	325	427	157	157	157	157	157	157	151	144	139	135	122	101	83.8(427°C)						d	
GB/T 8163	Q345A	>30	B	470	295	427	157	157	157	157	157	157	151	144	139	135	122	101	83.8(427°C)						d	
GB/T 5310	25MnG	全部	B	485	275	427	162	162	162	162	158	158	151	144	139	135	122	101	83.8(427°C)						d	
YB/T 4173	25MnG	全部	B	485	275	427	162	162	162	162	158	151	144	139	135	122	101	83.8	82.7(427°C)						d	
GB/T 6479	Q345B	≤16	B	490	345	427	163	163	163	163	158	151	144	139	135	122	101	83.8	82.7(427°C)						d	
GB/T 6479	Q345B	>16~40	B	490	335	427	163	163	163	163	158	151	144	139	135	122	101	83.8	82.7(427°C)						d	
GB/T 6479	Q345B	>40	B	490	325	427	163	163	163	163	158	151	144	139	135	122	101	83.8	82.7(427°C)						d	
GB/T 6479	Q345d	≤16	-20	490	345	427	163	163	163	163	158	151	144	139	135	122	101	83.8	82.7(427°C)						d	
GB/T 6479	Q345d	>16~40	-20	490	335	427	163	163	163	163	158	151	144	139	135	122	101	83.8	82.7(427°C)						d	
GB/T 6479	Q345d	>40	-20	490	325	427	163	163	163	163	158	151	144	139	135	122	101	83.8	82.7(427°C)						d	
GB/T 9711	L290/X42 (PSL2)	全部	-30	415	290	204	138	138	138	138	138															g, h, i, j
GB/T 9711	L360/X52 (PSL2)	全部	-30	460	360	204	153	153	153	153	153															g, h, i, j
GB/T 9711	L415/X60 (PSL2)	全部	-30	520	415	204	173	173	173	173	173															g, h, i, j
GB/T 9711	L450/X65 (PSL2)	全部	-30	535	450	204	178	178	178	178	178															g, h, i, j
GB/T 9711	L485/X70 (PSL2)	全部	-30	570	485	204	190	190	190	190	190															g, h, i, j
GB/T 9711	L555/X80 (PSL2)	全部	-30	625	555	204	208	208	208	208	208															g, h, i, j

表 A. 0. 1 金属管道材料的许用应力表 (续)

标准号	钢号	厚度 (mm)	最低使用 温度下限 /°C	常温强度指 标 (MPa)		最高 使用 温 度/°C	在下列温度 (°C) 下的许用应力/ (MPa)																		脚注		
				$\sigma_b$	$\sigma_s$		40	65	100	150	200	250	300	325	350	375	400	425	450	475	500	525	550	575		600	
ASTM A106	A106B	全部	B	410	241	593	138	138	138	138	138	132	126	122	118	113	95.1	79.5	62.6	45.0	31.7	21.4	14.2	9.40	6.89(593°C)	d	
ASTMA53	Gr.B	全部	B	410	241	593	138	138	138	138	138	132	126	122	118	113	95.1	79.5	62.6	45.0	31.7	21.4	14.2	9.40	6.89(593°C)	d	
2.2 焊管 (ERW)												2.2 焊管 (ERW)															
GB/T 3091	Q215A	≤16	A	335	215	350	112	112	112	112	112	112	108	105	97.0												d, e, f
GB/T 3091	Q215A	> 16	A	335	205	350	112	112	112	112	112	112	108	105	97.0												d, e, f
GB/T 9711	L210/A (PSL1)	全部	B	335	210	350	112	112	112	112	112	112	108	105	97.0												d, e, g
GB/T 3091	Q235A	≤16	A	370	235	350	123	123	123	123	123	123	118	115	97.0												d, e, f
GB/T 3091	Q235A	> 16	A	370	225	350	123	123	123	123	123	123	118	115	97.0												d, e, f
GB/T 9711	L245/B (PSL1)	全部	B	415	245	350	138	138	138	138	138	132	126	122	118												d, e, g
GB/T 9711	L290/X42 (PSL2)	全部	-30	415	290	204	138	138	138	138	138																g, h, i, j
GB/T 9711	L360/X52 (PSL2)	全部	-30	460	360	204	153	153	153	153	153																g, h, i, j
GB/T 9711	L415/X60 (PSL2)	全部	-30	520	415	204	173	173	173	173	173																g, h, i, j
GB/T 9711	L450/X65 (PSL2)	全部	-30	535	450	204	178	178	178	178	178																g, h, i, j
2.3 管件												2.3 管件															
GB/T 13401	CF370	全部	A	370	235	350	123	123	123	123	123	123	118	115	97.0												d, e, f
GB/T 13401	CF415	全部	B	415	240	593	138	138	138	138	138	132	126	122	118	113	95.1	79.5	62.6	45.0	31.7	21.4	14.2	9.40	6.89(593°C)	d, e	
GB/T 13401	CF415K	全部	B	415	240	593	138	138	138	138	138	132	126	122	118	113	95.1	79.5	62.6	45.0	31.7	21.4	14.2	9.40	6.89(593°C)	d, e	
GB/T 13401	CF485	全部	B	485	275	427	162	162	162	162	158	151	144	139	135	122	101	83.8	82.7(427°C)								d, e

表 A. 0. 1 金属管道材料的许用应力表 (续)

标准号	钢号	厚度 (mm)	最低使用 温度下限 /°C	常温强度指 标 (MPa)		最高 使用 温 度/°C	在下列温度 (°C) 下的许用应力/ (MPa)																	脚注			
				$\sigma_b$	$\sigma_s$		40	65	100	150	200	250	300	325	350	375	400	425	450	475	500	525	550		575	600	
GB/T 13401	CF485K	全部	B	485	275	427	162	162	162	162	158	151	144	139	135	122	101	83.8	82.7(427°C)								d, e
GB/T 29168. 2	L290/X42 (PSL2)	全部	-30	415	290	204	138	138	138	138	138																g, h, i, j
GB/T 29168. 2	L360/X52 (PSL2)	全部	-30	460	360	204	153	153	153	153	153																g, h, i, j
GB/T 29168. 2	L415/X60 (PSL2)	全部	-30	520	415	204	173	173	173	173	173																g, h, i, j
GB/T 29168. 2	L450/X65 (PSL2)	全部	-30	535	450	204	178	178	178	178	178																g, h, i, j
GB/T 29168. 2	L485/X70 (PSL2)	全部	-30	570	485	204	190	190	190	190	190																g, h, i, j
GB/T 29168. 2	L555/X80 (PSL2)	全部	-30	625	555	204	208	208	208	208	208																g, h, i, j
ASTM A234	WPB	全部	B	410	245	593	137	137	137	137	137	132	126	122	118	113	95.1	79.5	62.6	45.0	31.7	21.4	14.2	9.40	6.89(593°C)		d
2.4 板焊管 (EFW/SAW)												2.4 板焊管 (EFW/SAW)															
GB/T 3091	Q215A	≤16	A	335	215	350	112	112	112	112	112	112	108	105	101												d, e, f
GB/T 3091	Q215A	> 16	A	335	205	350	112	112	112	112	112	112	108	105	101												d, e, f
GB/T 3091	Q235A	≤16	A	370	235	350	123	123	123	123	123	123	118	115	111												d, e, f
GB/T 3091	Q235A	> 16	A	370	225	350	123	123	123	123	123	123	118	115	111												d, e, f
GB/T 9711	L245/B (PSL1)	全部	B	415	245	593	138	138	138	138	138	132	126	122	118	113	95.1	79.5	62.6	45.0	31.7	21.4	14.2	9.40	6.89(593°C)		d, g
GB/T 9711	L245/B (PSL2)	全部	-30	415	245	593	138	138	138	138	138	132	126	122	118	113	95.1	79.5	62.6	45.0	31.7	21.4	14.2	9.40	6.89(593°C)		d, g, k
GB/T 9711	L290/X42 (PSL2)	全部	-30	415	290	204	138	138	138	138	138																g, h, i, j
GB/T 9711	L360/X52 (PSL2)	全部	-30	460	360	204	153	153	153	153	153																g, h, i, j
GB/T 9711	L415/X60 (PSL2)	全部	-30	520	415	204	173	173	173	173	173																g, h, i, j





表 A. 0. 1 金属管道材料的许用应力表 (续)

标准号	钢号	厚度 (mm)	最低使用温度下限 /°C	常温强度指标 (MPa)		最高使用温度 /°C	在下列温度 (°C) 下的许用应力 / (MPa)																			脚注
				$\sigma_b$	$\sigma_s$		40	65	100	150	200	250	300	325	350	375	400	425	450	475	500	525	550	575	600	
GB/T 12229	WCA	全部	-30	415	205	593	138	130	126	122	118	113	108	105	101	98.3	95.1	79.5	62.6	45.0	31.7	21.4	14.2	9.40	6.89(593°C)	c, d, e
GB/T 12229	WCB	全部	-30	485	250	593	162	156	151	146	142	136	129	125	122	118	101	83.8	66.8	50.3	33.2	21.4	14.2	9.40	6.89(593°C)	c, d
GB/T 12229	WCC	全部	-30	485	275	538	162	162	162	162	158	151	144	139	135	122	101	83.8	66.8	50.3	33.2	21.4	17.2(538°C)			c, d
3 低温钢							3 低温钢																			
3.1 低温无缝管							3.1 低温无缝管																			
GB/T 6479	Q345E	≤16	-40	490	345	427	163	163	163	163	158	151	144	139	135	122	101	83.8	82.7(427°C)							d, k
GB/T 6479	Q345E	>16~40	-40	490	335	427	163	163	163	163	158	151	144	139	135	122	101	83.8	82.7(427°C)							d, k
GB/T 6479	Q345E	>40	-40	490	325	427	163	163	163	163	158	151	144	139	135	122	101	83.8	82.7(427°C)							d, k
GB/T 18984	10MndG	全部	-46	400	240	450	133	133	133	133	133	132	126	122	118	113	95.1	79.5	62.6							d, k
GB/T 18984	16MndG	≤16	-46	490	325	427	163	163	163	163	158	151	144	139	135	122	101	83.8	82.7(427°C)							d, k
GB/T 18984	16MndG	>16	-46	490	315	427	163	163	163	163	158	151	144	139	135	122	101	83.8	82.7(427°C)							d, k
GB/T 18984	06Ni3ModG	全部	-104	455	250	450	152	152	147	142	138	132	124	119	113	107	95.1	79.5	64.4							k, n
ASTM A333	Gr. 6	全部	-46	414	241	593	138	138	138	138	138	132	126	122	118	113	95.1	79.5	62.6	45	31.7	21.4	14.2	9.4	6.89	d, k
ASTM A333	Gr. 8	全部	-196	690	515	93	230	230	230(93°C)																	k
3.2 低温板焊管 (EFW/SAW)							3.2 低温板焊管 (EFW/SAW)																			
ASTM A671	CC60	全部	C	414	221	538	138	138	134	130	126	121	115	111	108	105	95.1	79.5	62.6	45	31.7	21.4	17.2			d, k
ASTM A671	CC65	全部	B	448	241	538	149	149	147	142	138	132	126	122	118	113	95.1	79.5	64.4	47.7	32.5	21.4	17.2			d, k
ASTM A671	CC70	全部	B	443	262	538	161	161	159	154	150	144	136	132	128	122	101	83.8	66.8	50.3	33.2	21.4	17.2			d, k



表 A. 0. 1 金属管道材料的许用应力表 (续)

标准号	钢号	厚度 (mm)	最低使用温度 下限/℃	常温强度 指标 (MPa)		最高 使用温 度/℃	在下列温度 (℃) 下的许用应力/MPa																				脚注		
				$\sigma_b$	$\sigma_s$		40	65	100	150	200	250	300	325	350	375	400	425	450	475	500	525	550	575	600	625		650	
4 合金钢							4 合金钢																						
4.1 合金钢无缝管							4.1 合金钢无缝管																						
GB/T 6479	15CrMo	≤16	-30	440	295	649	147	147	147	147	147	145	141	139	138	136	134	132	129	126	92.1	61.1	40.4	26.4	17.4	11.6	7.58(649℃)	o	
GB/T 6479	15CrMo	>16~40	-30	440	285	649	147	147	147	147	147	145	141	139	138	136	134	132	129	126	92.1	61.1	40.4	26.4	17.4	11.6	7.58(649℃)	o	
GB/T 6479	15CrMo	>40	-30	440	275	649	147	147	147	147	147	145	141	139	138	136	134	132	129	126	92.1	61.1	40.4	26.4	17.4	11.6	7.58(649℃)	o	
GB/T 5310	15CrMoG	全部	-30	440	295	649	147	147	147	147	147	145	141	139	138	136	134	132	129	126	92.1	61.1	40.4	26.4	17.4	11.6	7.58(649℃)	o	
GB/T 9948	15CrMo	全部	-30	440	295	649	147	147	147	147	147	145	141	139	138	136	134	132	129	126	92.1	61.1	40.4	26.4	17.4	11.6	7.58(649℃)	o	
YB/T 4173	15CrMoG	全部	-30	440	295	649	147	147	147	147	147	145	141	139	138	136	134	132	129	126	92.1	61.1	40.4	26.4	17.4	11.6	7.58(649℃)	o	
GB/T 9948	12Cr1Mo	全部	-30	415	205	649	138	131	126	121	116	113	109	107	106	104	102	99.6	97.2	94.5	73.7	52.0	36.3	25.2	17.6	12.3	8.27(649℃)	o	
YB/T 4173	12Cr2MoG	全部	-30	450	280	649	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	119	88.4	64.0	44.6	30.0	19.7	12.8	8.27(649℃)	o, q
GB/T 5310	12Cr2MoG	全部	-30	450	280	649	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	119	88.4	64.0	44.6	30.0	19.7	12.8	8.27(649℃)	o, q
GB/T 9948	12Cr2Mo	全部	-30	450	280	649	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	119	88.4	64.0	44.6	30.0	19.7	12.8	8.27(649℃)	o, q
GB/T 6479	12Cr2Mo	全部	-30	450	280	649	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	119	88.4	64.0	44.6	30.0	19.7	12.8	8.27(649℃)	o, q
GB/T 5310	12Cr1MoVG	全部	-20	470	255	580	157	157	157	157	157	156	151	147	143	139	135	131	128	124	118	83.5	65.0	49.0	46.0(580℃)			o	
YB/T 4173	12Cr1MoVG	全部	-20	470	255	580	157	157	157	157	157	156	151	147	143	139	135	131	128	124	118	83.5	65.0	49.0	46.0(580℃)			o	
GB/T 9948	12Cr1MoV	全部	-20	470	255	580	157	157	157	157	157	156	151	147	143	139	135	131	128	124	118	83.5	65.0	49.0	46.0(580℃)			o	
GB/T 6479	10MoWVNb	≤16	-20	470	295	500	157	157	157	157	156	153	147	144	141	138	135	130	126	121	97.0							o	
GB/T 6479	10MoWVNb	>16~40	-20	470	285	500	157	157	157	156	150	147	141	138	135	132	129	124	119	111	97.0							o	
GB/T 6479	10MoWVNb	>40	-20	470	275	500	157	157	157	155	147	144	138	135	132	129	126	121	116	106	97.0							o	
GB/T 9948	12Cr5MoI	全部	-30	415	205	649	138	129	124	120	119	118	117	116	114	112	110	106	103	80.6	61.7	46.4	34.7	25.5	17.8	11.4	6.89(649℃)	o	

表 A. 0. 1 金属管道材料的许用应力表 (续)

标准号	钢号	厚度 (mm)	最低使用温度 下限/°C	常温强度 指标 (MPa)		最高使用温度/°C	在下列温度 (°C) 下的许用应力/MPa																										脚注
				$\sigma_b$	$\sigma_s$		40	65	100	150	200	250	300	325	350	375	400	425	450	475	500	525	550	575	600	625	650						
				GB/T 9948	12Cr5MoNT		全部	-30	480	280	649	160	160	160	156	155	154	153	151	149	146	142	137	131	80.6	61.7	46.4	34.7	25.5	17.8	11.4	6.89(649°C)	
GB/T 9948	12Cr9MoI	全部	-30	460	210	649	153	129	124	120	119	118	117	116	114	112	110	106	103	98.3	83.2	60.2	42.9	29.9	20.6	14.4	10.3(649°C)	o					
GB/T 9948	12Cr9MoNT	全部	-30	590	390	649	197	197	194	189	188	187	186	184	181	177	172	166	159	151	83.2	60.2	42.9	29.9	20.6	14.4	10.3(649°C)	o					
GB/T 5310	10Cr9Mo1VNbN	全部	-30	585	415	649	195	195	195	195	195	194	192	190	187	183	178	172	165	156	147	137	115	87.0	64.7	45.1	29.6(649°C)	o					
YB/T 4173	10Cr9Mo1VNbN	全部	-30	585	415	649	195	195	195	195	195	194	192	190	187	183	178	172	165	156	147	137	115	87.0	64.7	45.1	29.6(649°C)	o					
ASTM A335	P11	全部	-29	414	207	649	138	131	126	121	116	113	109	107	106	104	102	99/6	97.2	94.5	73.7	52	36.3	25.2	17.6	12.3	8.27(649°C)	o					
ASTM A335	P22	全部	-29	414	207	649	138	132	128	125	124	124	124	124	124	124	123	122	121	99.6	80.9	63.3	47.5	34.2	23.5	15.3	9.65(649°C)	o					
ASTM A335	P5	全部	-29	414	207	649	138	129	124	120	119	118	117	116	114	112	110	106	103	80.6	61.7	46.4	34.7	25.5	17.8	11.4	6.89(649°C)	o					
ASTM A335	P9	全部	-29	414	207	649	138	129	124	120	119	118	117	116	114	112	110	106	103	98.3	83.2	60.2	42.9	29.9	20.6	14.4	10.3(649°C)	o					
ASTM A335	P91	全部	-29	586	414	649	195	195	195	195	195	194	192	190	187	183	178	172	165	156	147	137	115	87	64.7	45.1	29.6(649°C)	o					
4.2 合金钢管件														4.2 合金钢管件																			
GB/T 13401	AF12	全部	-30	415	220	649	138	138	132	125	120	116	113	112	110	109	107	105	103	101	92.1	61.1	40.4	26.4	17.4	11.6	7.58(649°C)	o, p					
GB/T 13401	AF12G	全部	-30	485	275	649	162	162	162	162	150	145	141	139	138	136	134	132	129	126	92.1	61.1	40.4	26.4	17.4	11.6	7.58(649°C)	o, p					
GB/T 13401	AF11	全部	-30	415	205	649	138	131	126	121	116	113	109	107	106	104	102	99.6	97.2	94.5	73.7	52.0	36.3	25.2	17.6	12.3	8.27(649°C)	o, p					
GB/T 13401	AF11G	全部	-30	485	275	649	162	162	162	162	155	150	146	143	141	138	136	133	130	104	73.7	52.0	36.3	25.2	17.6	12.3	8.27(649°C)	o, p					
GB/T 13401	AF14	全部	-20	470	255	580	157	157	157	157	157	156	151	147	143	139	135	131	128	124	118	83.5	65.0	49.0	46.0(580°C)		o, p						
GB/T 13401	AF22	全部	-30	450	280	649	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	119	88.4	64.0	44.6	30.0	19.7	12.8	8.27(649°C)	o, p, q				
GB/T 13401	AF22G	全部	-30	520	310	649	173	173	171	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	119	88.4	64.0	44.6	30.0	19.7	12.8	8.27(649°C)	o, p, q				
GB/T 13401	AF5	全部	-30	415	205	649	138	129	124	120	119	118	117	116	114	112	110	106	103	80.6	61.7	46.4	34.7	25.5	17.8	11.4	6.89(649°C)	o, p					

表 A. 0. 1 金属管道材料的许用应力表 (续)

标准号	钢号	厚度 (mm)	最低使用温度下限/℃	常温强度指标 (MPa)		最高使用温度/℃	在下列温度 (℃) 下的许用应力/MPa																				脚注	
				$\sigma_b$	$\sigma_s$		40	65	100	150	200	250	300	325	350	375	400	425	450	475	500	525	550	575	600	625		650
GB/T 13401	AF5G	全部	-30	520	310	649	173	172	171	167	165	165	164	162	159	156	130	126	104	<b>80.6</b>	<b>61.7</b>	<b>46.4</b>	<b>34.7</b>	<b>25.5</b>	<b>17.8</b>	<b>11.4</b>	<b>6.89(649℃)</b>	o, p
GB/T 13401	AF9	全部	-30	460	210	649	153	129	124	120	119	118	117	116	114	112	110	106	103	98.3	<b>87.5</b>	<b>61.2</b>	<b>42.9</b>	<b>29.9</b>	<b>20.6</b>	<b>14.4</b>	<b>10.3(649℃)</b>	o, p
GB/T 13401	AF9G	全部	-30	520	310	649	173	173	172	168	167	166	165	163	161	157	153	147	141	134	<b>83.2</b>	<b>60.2</b>	<b>42.9</b>	<b>29.9</b>	<b>20.6</b>	<b>14.4</b>	<b>10.3(649℃)</b>	o, p
GB/T 13401	AF91	全部	-30	585	415	649	195	195	195	195	195	194	192	190	187	183	178	172	165	156	147	137	<b>115</b>	<b>87.0</b>	<b>64.7</b>	<b>45.1</b>	<b>29.6(649℃)</b>	o, p
ASTMA234	WP11 CL.1	全部	-29	414	207	649	138	131	126	119	116	113	109	107	106	104	102	99.6	97.2	94.5	73.7	52	<b>36.3</b>	<b>25.2</b>	<b>17.6</b>	<b>12.3</b>	<b>8.27(649℃)</b>	o, p
ASTMA234	WP11 CL.2	全部	-29	483	276	649	161	161	161	161	155	150	146	143	141	138	136	133	130	104	73.7	52	<b>36.3</b>	<b>25.2</b>	<b>17.6</b>	<b>12.3</b>	<b>8.27(649℃)</b>	o, p
ASTMA234	WP22 CL.1	全部	-29	414	207	649	138	132	128	125	124	124	124	124	124	124	123	122	121	99.6	80.9	63.3	<b>47.5</b>	<b>34.2</b>	<b>23.5</b>	<b>15.3</b>	<b>9.65(649℃)</b>	o, p
ASTMA234	WP22 CL.3	全部	-29	517	310	649	172	172	171	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	119	88.4	64	<b>44.6</b>	<b>30</b>	<b>19.7</b>	<b>12.8</b>	<b>8.27(649℃)</b>	o, p
ASTMA234	WP5	全部	-29	414	207	649	138	129	124	120	119	118	117	116	114	112	110	106	103	80.6	61.7	46.4	<b>34.7</b>	<b>25.5</b>	<b>17.8</b>	<b>11.4</b>	<b>6.89(649℃)</b>	o, p
ASTMA234	WP9	全部	-29	414	207	649	138	129	124	120	119	118	117	116	114	112	110	106	103	98.3	87.5	61.2	<b>42.9</b>	<b>29.9</b>	<b>20.6</b>	<b>14.4</b>	<b>10.3(649℃)</b>	o, p
ASTMA234	WP91	全部	-29	586	414	649	195	195	195	195	195	194	192	190	187	183	178	172	165	156	147	137	<b>115</b>	<b>87</b>	<b>64.7</b>	<b>45.1</b>	<b>29.6(649℃)</b>	o, p
4.3 合金钢板焊管 (EFW/SAW)														4.3 合金钢板焊管 (EFW/SAW)														
ASTMA691	A387Gr. 12-2	Cl 22	-30	450	275	649	149	149	146	144	144	144	141	139	138	136	134	132	129	126	<b>92.1</b>	<b>61.1</b>	<b>40.4</b>	<b>26.4</b>	<b>17.4</b>	<b>11.6</b>	<b>7.58(649℃)</b>	m, o, p
ASTMA691	A387Gr. 11-2	Cl 22	-30	515	310	649	172	172	172	172	172	169	164	161	159	156	153	149	146	<b>104</b>	<b>73.7</b>	<b>52.0</b>	<b>36.3</b>	<b>25.2</b>	<b>17.6</b>	<b>12.3</b>	<b>8.27(649℃)</b>	m, o, p
ASTMA691	A387Gr. 22-2	Cl 22	-30	515	310	649	172	172	171	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	<b>119</b>	<b>88.4</b>	<b>64.0</b>	<b>44.6</b>	<b>30.0</b>	<b>19.7</b>	<b>12.8</b>	<b>8.27(649℃)</b>	m, o, p, q
ASTMA691	1 1/4Cr	全部	-29	414	207	649	138	131	126	121	116	113	109	107	106	104	102	99.6	97.2	<b>94.5</b>	<b>73.7</b>	52	<b>36.3</b>	<b>25.2</b>	<b>17.6</b>	<b>12.3</b>	<b>8.27(649℃)</b>	m, o, p
ASTMA691	2 1/4Cr	全部	-29	414	207	649	138	132	128	125	124	124	124	124	124	124	123	122	121	<b>99.6</b>	<b>80.9</b>	<b>63.3</b>	<b>47.5</b>	<b>34.2</b>	<b>23.5</b>	<b>15.3</b>	<b>9.65(649℃)</b>	m, o, p, q

表 A. 0. 1 金属管道材料的许用应力表 (续)

标准号	钢号	厚度 (mm)	最低使用温度 下限/°C	常温强度 指标 (MPa)		最高 使用温 度/°C	在下列温度 (°C) 下的许用应力/MPa																				脚注	
				$\sigma_b$	$\sigma_s$		40	65	100	150	200	250	300	325	350	375	400	425	450	475	500	525	550	575	600	625		650
4.4 合金钢锻件							4.4 合金钢锻件																					
NB/T 47008	15CrMo	≤300	-30	480	280	649	160	160	160	160	150	145	141	139	138	136	134	132	129	126	92.1	61.1	40.4	26.4	17.4	11.6	7.58 (649°C)	c, o
NB/T 47008	14Cr1Mo	≤300	-30	490	290	649	163	163	163	163	155	150	146	143	141	138	136	133	130	104	73.7	52.0	36.3	25.2	17.6	12.3	8.27 (649°C)	c, o
NB/T 47008	12Cr1MoV	≤300	-20	470	280	580	157	157	157	157	157	156	151	147	143	139	135	131	128	124	118	83.5	65.0	49.0	46.0 (580°C)		c, o	
NB/T 47008	12Cr2Mo1	≤300	-30	510	310	649	170	170	170	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	119	88.4	64.0	44.6	30.0	19.7	12.8	8.27 (649°C)	c, o, q
NB/T 47008	12Cr5Mo	≤300	-30	590	390	649	197	197	195	190	189	188	186	184	181	178	173	167	161	80.6	61.7	46.4	34.7	25.5	17.8	11.4	6.89 (649°C)	c, o
NB/T 47008	10Cr9Mo 1VNbN	≤300	-30	585	415	649	195	195	195	195	195	194	192	190	187	183	178	172	165	156	147	137	115	87.0	64.7	45.1	29.6 (649°C)	c, o
4.5 合金钢铸件							4.5 合金钢铸件																					
JB/T 5263	WC6	全部	-30	485	275	649	161	161	161	161	155	150	146	143	141	138	136	133	130	104	73.7	52.0	36.3	25.2	17.6	12.3	8.27 (649°C)	c, o
JB/T 5263	WC9	全部	-30	485	275	649	161	161	160	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	119	88.4	64.0	44.6	30.0	19.7	12.3	8.27 (649°C)	c, o
JB/T 5263	C12A	全部	-30	585	415	649	195	195	195	195	195	194	192	190	187	183	178	172	165	156	147	137	115	87.0	64.7	45.1	29.6 (649°C)	c, o, q
GB/T 16253	ZG16Cr5 MoG	全部	-30	630	420	649	210	210	205	200	199	198	196	194	191	187	182	176	169	80.6	61.7	46.4	34.7	25.5	17.8	11.4	6.89 (649°C)	c, o

表 A. 0. 1 金属管道材料的许用应力表 (续)

标准号	钢号	厚度 (mm)	最低使用 温度下限 /°C	常温强度指 标 (MPa)		最高 使用温 度/°C	在下列温度 (°C) 下的许用应力/MPa																												脚注
				$\sigma_b$	$\sigma_s$		40	65	100	150	200	250	300	325	350	375	400	425	450	475	500	525	550	575	600	625	650	675	700	725	750	775	800	825	
5 不锈钢							5 不锈钢																												
5.1 不锈钢无缝管							5.1 不锈钢无缝管																												
GB/T 14976	06Cr18Ni11Ti (321)		-255	520	205	816	138	138	138	138	138	135	128	125	123	120	119	117	116	114	113	112	88.7	89.2	44.0	32.9	24.5	18.3	12.5	8.49	6.19	4.28	2.75	2.07 (816°C)	s, v, x
GB/T 14976	07Cr19Ni11Ti (321H)		-200	520	205	816	138	138	138	138	138	135	128	125	123	120	119	117	116	114	113	112	100	76.5	58.7	46.0	36.8	28.7	23.0	18.4	14.5	11.5	9.02	7.58 (816°C)	v
GB/T 5310	07Cr19Ni11Ti (321H)		-200	520	205	816	138	138	138	138	138	135	128	125	123	120	119	117	116	114	113	112	100	76.5	58.7	46.0	36.8	28.7	23.0	18.4	14.5	11.5	9.02	7.58 (816°C)	v
GB/T 9948	07Cr19Ni11Ti (321H)		-200	520	205	816	138	138	138	138	138	135	128	125	123	120	119	117	116	114	113	112	100	76.5	58.7	46.0	36.8	28.7	23.0	18.4	14.5	11.5	9.02	7.58 (816°C)	v
GB/T 14976	06Cr18Ni11Nb (347)		-255	520	205	816	138	138	138	138	138	135	132	130	128	127	126	126	125	125	125	97.6	75.9	57.2	40.2	30.3	23.2	16.2	11.4	8.97	7.08	5.89	5.52 (816°C)	t, v, x	
GB/T 14976	07Cr18Ni11Nb (347H)		-200	520	205	816	138	138	138	138	138	135	132	130	129	127	126	126	125	125	125	125	112	90.6	68.6	53.8	41.4	31.8	24.0	18.8	14.6	10.9	8.96 (816°C)	v	
GB/T 5310	07Cr18Ni11Nb (347H)		-200	520	205	816	138	138	138	138	138	135	132	130	129	127	126	126	125	125	125	125	112	90.6	68.6	53.8	41.4	31.8	24.0	18.8	14.6	10.9	8.96 (816°C)	v	
GB/T 9948	07Cr18Ni11Nb (347H)		-200	520	205	816	138	138	138	138	138	135	132	130	129	127	126	126	125	125	125	125	112	90.6	68.6	53.8	41.4	31.8	24.0	18.8	14.6	10.9	8.96 (816°C)	v	
GB/T 14976	022Cr19Ni10 (304L)		-255	480	175	816	115	115	115	115	110	103	97.7	95.7	94.1	92.6	91.3	90.0	88.7	87.3	85.6	83.7	81.4	40.4	33.2	26.7	21.9	18.2	15.0	12.4	8.87	7.20	6.58	6.21 (816°C)	w
GB/T 14976	06Cr19Ni10 (304)		-255	520	205	816	138	138	138	138	129	122	116	113	111	109	107	105	103	101	99.1	97.3	95.5	78.9	63.8	51.6	41.6	32.9	26.5	21.3	17.2	14.1	11.2	9.65 (816°C)	v, w, x
GB/T 14976	07Cr19Ni10 (304H)		-200	520	205	816	138	138	138	138	129	122	116	113	111	109	107	105	103	101	99.1	97.3	95.5	78.9	63.8	51.6	41.6	32.9	26.5	21.3	17.2	14.1	11.2	9.65 (816°C)	v
GB/T 5310	07Cr19Ni10 (304H)		-200	520	205	816	138	138	138	138	129	122	116	113	111	109	107	105	103	101	99.1	97.3	95.5	78.9	63.8	51.6	41.6	32.9	26.5	21.3	17.2	14.1	11.2	9.65 (816°C)	v
GB/T 9948	07Cr19Ni10 (304H)		-200	520	205	816	138	138	138	138	129	122	116	113	111	109	107	105	103	101	99.1	97.3	95.5	78.9	63.8	51.6	41.6	32.9	26.5	21.3	17.2	14.1	11.2	9.65 (816°C)	v
GB/T 14976	022Cr17Ni12Mo2 (316L)		-255	480	175	816	115	115	115	115	109	103	98.1	96.1	94.3	92.6	90.9	89.3	87.6	85.9	84.2	82.5	80.8	79.3	77.9	58.0	43.6	33.0	25.3	18.8	14.0	10.4	7.99	6.89 (816°C)	w
GB/T 9948	022Cr17Ni12Mo2 (316L)		-255	480	175	816	115	115	115	115	109	103	98.1	96.1	94.3	92.6	90.9	89.3	87.6	85.9	84.2	82.5	80.8	79.3	77.9	58.0	43.6	33.0	25.3	18.8	14.0	10.4	7.99	6.89 (816°C)	w
GB/T 14976	06Cr17Ni12Mo2 (316)		-255	520	205	816	138	138	138	138	134	125	119	116	114	112	111	110	109	108	107	106	105	97.8	80.8	65.0	50.4	38.6	29.6	23.0	17.4	13.3	10.4	8.96 (816°C)	v, w, x
GB/T 14976	07Cr17Ni12Mo2 (316H)		-200	515	205	816	138	138	138	138	134	125	119	116	114	112	111	110	109	108	107	106	105	97.8	80.8	65.0	50.4	38.6	29.6	23.0	17.4	13.3	10.4	8.96 (816°C)	v



表 A. 0. 1 金属管道材料的许用应力表 (续)

标准号	钢号	厚度 (mm)	最低使用 温度下限 /°C	常温强度指 标 (MPa)		最高 使用温 度/°C	在下列温度 (°C) 下的许用应力/MPa																												脚注		
				$\sigma_b$	$\sigma_s$		40	65	100	150	200	250	300	325	350	375	400	425	450	475	500	525	550	575	600	625	650	675	700	725	750	775	800	825			
GB/T 14976	06Cr23Ni13 (309)		-200	520	205	816	138	138	138	138	138	135	131	129	127	125	124	122	121	119	117	108	83	64	45	33	23	21	15	12	9	7	5	5.17 (816°C)	v, w, x, y, z		
GB/T 14976	06Cr25Ni20 (310)		-200	520	205	816	138	138	138	138	138	134	129	127	125	123	122	120	119	117	116	108	83	64	45	33	23	21	15	12	9	7	5	5.17 (816°C)	v, w, x, y, z		
GB/T 5310	08Cr18Ni11NbFG (347HFG)		-200	550	205	750	138	138	138	138	138	134	132	131	131	130	130	128	127	125	124	123	122	120	107	85	67	51	39	29	21						
GB/T 21833	022Cr22Ni5Mo3N (31803)		-50	620	450	316	207	207	207	199	193	188	186	185 (316°C)																					u		
GB/T 21833	022Cr23Ni5Mo3N (2205)		-50	655	485	316	218	218	218	210	203	199	196	196 (316°C)																					u		
GB/T 21833	022Cr25Ni7Mo4N (2507)		-50	800	550	316	267	265	264	251	243	238	237	236 (316°C)																					u		
ASTM A312	316N																																				
ASTM A312	TP304																																				
ASTM A312	TP304H																																				
ASTM A312	TP304L																																				
ASTM A312	TP310S																																				
ASTM A312	TP316																																				
ASTM A312	TP316H																																				
ASTM A312	TP316L																																				
ASTM A312	TP317L																																				
ASTM A312	TP321																																				
ASTM A312	TP321H																																				
ASTM A312	TP347																																				
ASTM A312	TP347H																																				
5.2 不锈钢焊管 (EFW, 无填充金属)														5.2 不锈钢焊管 (EFW, 无填充金属)																							
GB/T 12771 HG/T 20537.3	022Cr19Ni10 (304L)		-255	480	180	816	115	115	115	115	110	103	97.7	95.7	94.1	92.6	91.3	90.0	88.7	87.3	85.6	83.7	81.4	40	32	26	21	18	15	12	8	7	6	6.21 (816°C)	w, aa		
GB/T 12771 HG/T	06Cr19Ni10 (304)		-255	520	205	816	138	138	138	138	129	122	116	113	111	109	107	105	103	101	99.1	97.3	95.5	78	63	51	41	32	25	21	17	14	11	9.65 (816°C)	v, w, x, aa		



表 A. 0. 1 金属管道材料的许用应力表 (续)

标准号	钢号	厚度 (mm)	最低使用 温度下限 /°C	常温强度指 标 (MPa)		最高 使 用温 度/°C	在下列温度 (°C) 下的许用应力/MPa																												脚注
				$\sigma_b$	$\sigma_s$		40	65	100	150	200	250	300	325	350	375	400	425	450	475	500	525	550	575	600	625	650	675	700	725	750	775	800	825	
HG/T 20537.4	06Cr18Ni11Ti (321)		-255	520	205	816	138	138	138	138	138	135	128	125	123	120	119	117	116	114	113	112	88.7	59.2	44.0	32.9	24.5	18.3	12.5	8.49	6.19	4.28	2.75	2.07 (816°C)	m, s, v, x
HG/T 20537.4	06Cr18Ni11Nb (347)		-255	520	205	816	138	138	138	138	138	135	132	130	128	127	126	126	125	125	125	97.6	75.9	57.2	40.2	30.3	23.2	16.2	11.4	8.97	7.08	5.89	5.52 (816°C)	m, t, v, x	
HG/T 20537.4	06Cr25Ni20 (310)		-200	520	205	816	138	138	138	138	138	134	129	127	125	123	122	120	119	117	116	108	83.7	64.0	48.5	36.3	27.3	21.0	15.9	12.5	9.87	7.66	5.97	5.17 (816°C)	m, v, w, x, y, z
GB/T 32964	022Cr19Ni10 (304L)		-255	490	175	816	115	115	115	115	110	103	97.7	95.7	94.1	92.6	91.3	90.0	88.7	87.3	85.6	83.7	81.4	40.4	33.2	26.7	21.9	18.2	15.0	12.4	8.87	7.20	6.58	6.21 (816°C)	m, r, w
GB/T 32964	06Cr19Ni10 (304)		-255	520	210	816	138	138	138	138	129	122	116	113	111	109	107	105	103	101	99.1	97.3	95.5	78.9	63.8	51.6	41.6	32.9	26.5	21.3	17.2	14.1	11.2	9.65 (816°C)	m, r, v, w, x
GB/T 32964	022Cr17Ni12Mo2 (316L)		-255	490	175	816	115	115	115	115	109	103	98.1	96.1	94.3	92.6	90.9	89.3	87.6	85.9	84.2	82.5	80.8	79.3	77.9	58.0	43.6	33.0	25.3	18.8	14.0	10.4	7.99	6.89 (816°C)	m, r, w
GB/T 32964	06Cr17Ni12Mo2 (316)		-255	520	210	816	138	138	138	138	134	125	119	116	114	112	111	110	109	108	107	106	105	97.8	80.8	65.0	50.4	38.6	29.6	23.0	17.4	13.3	10.4	8.96 (816°C)	m, r, v, w, x
GB/T 32964	06Cr18Ni11Ti (321)		-255	520	210	816	138	138	138	138	138	135	128	125	123	120	119	117	116	114	113	112	88.7	59.2	44.0	32.9	24.5	18.3	12.5	8.49	6.19	4.28	2.75	2.07 (816°C)	m, r, s, v, x
GB/T 32964	06Cr18Ni11Nb (347)		-255	520	210	816	138	138	138	138	138	138	135	132	130	128	127	126	126	125	125	125	97.6	75.9	57.2	40.2	30.3	23.2	16.2	11.4	8.97	7.08	5.89	5.52 (816°C)	m, r, t, v, x
5.4 不锈钢管件														5.4 不锈钢管件																					
GB/T 13401	SF304L		-255	480	170	816	115	115	115	115	110	103	97.7	95.7	94.1	92.6	91.3	90.0	88.7	87.3	85.6	83.7	81.4	40.4	33.2	26.7	21.9	18.2	15.0	12.4	8.87	7.20	6.58	6.21 (816°C)	w
GB/T 13401	SF304		-255	515	205	816	138	138	138	138	129	122	116	113	111	109	107	105	103	101	99.1	97.3	95.5	78.9	63.8	51.6	41.6	32.9	26.5	21.3	17.2	14.1	11.2	9.65 (816°C)	v, w, x
GB/T 13401	SF304H		-200	515	205	816	138	138	138	138	129	122	116	113	111	109	107	105	103	101	99.1	97.3	95.5	78.9	63.8	51.6	41.6	32.9	26.5	21.3	17.2	14.1	11.2	9.65 (816°C)	v
GB/T 13401	SF316L		-255	480	170	816	115	115	115	115	109	103	98.1	96.1	94.3	92.6	90.9	89.3	87.6	85.9	84.2	82.5	80.8	79.3	77.9	58.0	43.6	33.0	25.3	18.8	14.0	10.4	7.99	6.89 (816°C)	w
GB/T 13401	SF316		-255	515	205	816	138	138	138	138	134	125	119	116	114	112	111	110	109	108	107	106	105	97.8	80.8	65.0	50.4	38.6	29.6	23.0	17.4	13.3	10.4	8.96 (816°C)	v, w, x
GB/T 13401	SF316H		-200	515	205	816	138	138	138	138	134	125	119	116	114	112	111	110	109	108	107	106	105	97.8	80.8	65.0	50.4	38.6	29.6	23.0	17.4	13.3	10.4	8.96 (816°C)	v
GB/T 13401	SF321		-255	515	205	816	138	138	138	138	138	135	128	125	123	120	119	117	116	114	113	112	88.7	59.2	44.0	32.9	24.5	18.3	12.5	8.49	6.19	4.28	2.75	2.07 (816°C)	s, v, w, x
GB/T 13401	SF321H		-200	515	205	816	138	138	138	138	138	135	128	125	123	120	119	117	116	114	113	112	100	76.5	58.7	46.0	36.8	28.7	23.0	18.4	14.5	11.5	9.02	7.58 (816°C)	v
GB/T	SF347		-255	515	205	816	138	138	138	138	138	138	135	132	130	128	127	126	126	125	125	125	97.6	75.9	57.2	40.2	30.3	23.2	16.2	11.4	8.97	7.08	5.89	5.52 (816°C)	t, v, x



表 A. 0. 1 金属管道材料的许用应力表 (续)

标准号	钢号	厚度 (mm)	最低使用 温度下限 /°C	常温强度指 标(MPa)		最高 使 用温 度/°C	在下列温度 (°C) 下的许用应力/MPa																												脚注
				$\sigma_b$	$\sigma_s$		40	65	100	150	200	250	300	325	350	375	400	425	450	475	500	525	550	575	600	625	650	675	700	725	750	775	800	825	
NB/T 47010	022Cr22Ni5Mo3N (31803)	≤150	-50	620	450	316	207	207	207	199	193	188	186	185 (316°C)																					u
NB/T 47010	022Cr23Ni5Mo3N (2205)	≤150	-50	620	450	316	218	218	218	210	203	199	196	196 (316°C)																					u
NB/T 47010	022Cr25Ni7Mo4N (2507)	≤150	-50	800	550	316	267	265	264	251	243	238	237	236 (316°C)																					u
5.6 不锈钢铸件														5.6 不锈钢铸件																					
GB/T 12230	CF3		-255	485	205	427	138	138	138	138	129	122	116	113	111	109	107	105	103 (427°C)																w
GB/T 12230	CF8		-255	485	205	816	138	138	138	138	129	122	116	113	111	109	107	105	103	101	99.1	94.4	75.3	60.4	40.0	40.1	32.8	27.2	23.4	19.6	16.8	14.7	12.8	11.7 (816°C)	v, w, x
GB/T 12230	CF3M		-255	485	205	454	138	138	138	138	133	125	119	116	114	112	111	109	108	107 (454°C)															w
GB/T 12230	CF8M		-200	485	205	816	138	138	138	138	129	122	116	113	111	109	107	105	103	101	99.1	97.3	95.5	75.9	57.2	40.2	30.3	23.2	16.2	11.4	8.97	7.08	5.89	5.52 (816°C)	v, w, x
GB/T 12230	CF8C		-200	485	205	816	138	135	131	121	115	111	108	108	108	108	108	108	108	108	107	106	98.3	77.2	57.7	39.9	30.0	23.2	16.3	11.2	8.93	7.08	5.77	5.32 (816°C)	t





表 A. 0. 1 金属管道材料的许用应力表 (续)

标准号	钢号	状态	最低使用 温度下限 /°C	常温强度指标 (MPa)		最高使用 温度/°C	在下列温度 (°C) 下的许用应力/MPa													脚注
				$\sigma_b$	$\sigma_s$		40	65	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300	325	
7 钛及钛合金 (无缝管无填充金属 EFW 焊管及挤压管)							7 钛及钛合金 (无缝管无填充金属 EFW 焊管及挤压管)													
7.1 钛及钛合金管							7.1 钛及钛合金管													
GB/T 3624	TA1	退火	-60	240	140	316	80.4	74.0	70.7	62.4	55.5	49.2	43.6	38.5	34.0	30.2	27.2	25.2	24.1 (316°C)	
GB/T 3624	TA2	退火	-60	400	275	316	133	125	123	113	105	96.3	89.8	83.3	81.3	71.3	63.4	57.8	53.8 (316°C)	
GB/T 3624	TA3	退火	-60	500	380	316	149	141	136	124	112	102	92.8	84.5	77.1	70.8	65.5	61.3	58.2 (316°C)	
GB/T 3624	TA9	退火	-60	400	275	316	133	125	123	113	105	96.3	89.8	83.3	81.3	71.3	63.4	57.8	53.8 (316°C)	
GB/T 3624	TA10	退火	-60	450	300	316	147	140	138	130	122	114	106	98.0	94.0	90.0	86.0	82.0		
GB/T 26057	TA1	退火	-60	240	140	316	80.4	74.0	70.7	62.4	55.5	49.2	43.6	38.5	34.0	30.2	27.2	25.2	24.1 (316°C)	
GB/T 26057	TA2	退火	-60	400	275	316	133	125	123	113	105	96.3	89.8	83.3	81.3	71.3	63.4	57.8	53.8 (316°C)	
GB/T 26057	TA3	退火	-60	500	380	316	149	141	136	124	112	102	92.8	84.5	77.1	70.8	65.5	61.3	58.2 (316°C)	
GB/T 26057	TA9	退火	-60	400	275	316	133	125	123	113	105	96.3	89.8	83.3	81.3	71.3	63.4	57.8	53.8 (316°C)	
GB/T 26057	TA10	退火	-60	485	345	316	162	154	151	144	135	126	117	108	106	104	102	100		
GB/T 26058	TA1	退火	-60	240		316	80.4	74.0	70.7	62.4	55.5	49.2	43.6	38.5	34.0	30.2	27.2	25.2	24.1 (316°C)	
GB/T 26058	TA2	退火	-60	400		316	133	125	123	113	105	96.3	89.8	83.3	81.3	71.3	63.4	57.8	53.8 (316°C)	
GB/T 26058	TA3	退火	-60	500		316	149	141	136	124	112	102	92.8	84.5	77.1	70.8	65.5	61.3	58.2 (316°C)	
GB/T 26058	TA9	退火	-60	400		316	133	125	123	113	105	96.3	89.8	83.3	81.3	71.3	63.4	57.8	53.8 (316°C)	
GB/T 26058	TA10	退火	-60	485		316	162	154	151	144	135	126	117	108	106	104	102	100		
7.2 钛及钛合金管件							7.2 钛及钛合金管件													



表 A. 0. 1 金属管道材料的许用应力表 (续)

标准号	钢号	状态	最低使用温度下限/℃	常温强度指标 (MPa)		最高使用温度/℃	在下列温度 (°C) 下的许用应力/MPa													脚注	
				$\sigma_b$	$\sigma_s$		40	65	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300	325		
GB/T 27684	TA1	退火	-60	240	140	316	80.4	74.0	70.7	62.4	55.5	49.2	43.6	38.5	34.0	30.2	27.2	25.2	24.1 (316℃)		
GB/T 27684	TA2	退火	-60	400	275	316	133	125	123	113	105	96.3	89.8	83.3	81.3	71.3	63.4	57.8	53.8 (316℃)		
GB/T 27684	TA3	退火	-60	500	380	316	149	141	136	124	112	102	92.8	84.5	77.1	70.8	65.5	61.3	58.2 (316℃)		
GB/T 27684	TA9	退火	-60	400	275	316	133	125	123	113	105	96.3	89.8	83.3	81.3	71.3	63.4	57.8	53.8 (316℃)		
GB/T 27684	TA10	退火	-60	450	300	316	147	140	138	130	122	114	106	98.0	94.0	90.0	86.0	82.0			
7.3 钛及钛合金锻件										7.3 钛及钛合金锻件											
GB/T 25137	F1	退火	-60	240	140	316	80.4	74.0	70.7	62.4	55.5	49.2	43.6	38.5	34.0	30.2	27.2	25.2	24.1 (316℃)		
GB/T 25137	F2H	退火	-60	400	275	316	133	125	123	113	105	96.3	89.8	83.3	81.3	71.3	63.4	57.8	53.8 (316℃)		
GB/T 25137	F3	退火	-60	500	380	316	149	141	136	124	112	102	92.8	84.5	77.1	70.8	65.5	61.3	58.2 (316℃)		
GB/T 25137	F7H	退火	-60	400	275	316	133	125	123	113	105	96.3	89.8	83.3	81.3	71.3	63.4	57.8	53.8 (316℃)		
GB/T 25137	F12	退火	-60	450	300	316	162	154	151	144	135	126	117	108	106	104	102	100			
7.4 钛及钛合金铸件										7.4 钛及钛合金铸件											
GB/T 6614	ZTA1	退火	-60	345	275	316	92.0		84.0	74.0	69.0	62.0	58.0	53.0	50.0	46.0					
GB/T 6614	ZTA2	退火	-60	440	370	316	118		106	97.0	89.0	80.0	74.0	66.0	62.0	56.0					

表 A. 0. 1 金属管道材料的许用应力表 (续)

标准号	钢号	状态	最低使用温度下限/°C	常温强度指标 (MPa)		最高使用温度/°C	在下列温度 (°C) 下的许用应力/MPa								脚注
				$\sigma_b$	$\sigma_s$		40	65	100	125	150	175	200	225	
8 铝及铝合金							8 铝及铝合金								
8.1 铝及铝合金管							8.1 铝及铝合金管								
GB/T 6893	1060	0	-270	60		204	11.5	11.5	10.9	9.8	8.8	7.5	5.8	5.5(204°C)	gg, ii
GB/T 6893	1060	H14	-270	85	70	204	27.6	27.6	27.6	26.6	18.1	12.7	8.4	7.8(204°C)	gg, ii
GB/T 4437.1	1060	0	-270	65		204	11.5	11.5	10.9	9.8	8.8	7.5	5.8	5.5(204°C)	gg, ii
GB/T 4437.1	1060	H112	-270	60		204	11.5	11.5	10.9	9.8	8.8	7.5	5.8	5.5(204°C)	gg, ii
GB/T 6893	3003	0	-270	95	35	204	23.0	22.1	21.4	20.5	18.2	13.6	10.9	10.5(204°C)	gg, ii
GB/T 6893	3003	H14	-270	130	110	204	46.0	46.0	46.0	43.9	29.0	21.1	16.7	16.1(204°C)	gg, ii
GB/T 26027	3003	0	-270	95	35	204	23.0	22.1	21.4	20.5	18.2	13.6	10.9	10.5(204°C)	gg, ii
GB/T 26027	3003	H14	-270	130	110	204	46.0	46.0	46.0	43.9	29.0	21.1	16.7	16.1(204°C)	gg, ii
GB/T 4437.1	3003	0	-270	95		204	23.0	22.1	21.4	20.5	18.2	13.6	10.9	10.5(204°C)	gg, ii
GB/T 4437.1	3003	H112	-270	95		204	23.0	22.1	21.4	20.5	18.2	13.6	10.9	10.5(204°C)	gg, ii
GB/T 6893	5052	0	-270	170	65	204	46.0	46.0	46.0	45.9	41.6	28.8	17.6	16.1(204°C)	gg
GB/T 6893	5052	H14	-270	230	180	204	78.1	78.1	78.1	78.1	41.6	28.8	17.6	16.1(204°C)	gg, ii
GB/T 26027	5052	0	-270	170	65	204	46.0	46.0	46.0	45.9	41.6	28.8	17.6	16.1(204°C)	gg
GB/T 26027	5052	H14	-270	230	180	204	78.1	78.1	78.1	78.1	41.6	28.8	17.6	16.1(204°C)	gg, ii
GB/T 6893	5083	0	-270	270	110	65	73.5	73.5							ii
GB/T 26027	5083	0	-270	270	110	65	73.5	73.5							ii
GB/T 4437.1	5083	0, H112	-270	270	110	65	73.5	73.5							ii
GB/T 6893	6061	T4	-270	205	110	204	68.9	68.9	68.9	67.8	64.8	57.9	40.2	35.9(204°C)	ii
GB/T 6893	6061	T6	-270	290	240	204	96.5	96.5	96.5	92.5	79.9	63.1	40.2	35.9(204°C)	ii

表 A. 0. 1 金属管道材料的许用应力表 (续)

标准号	钢号	状态	最低使用温度下限/°C	常温强度指标 (MPa)		最高使用温度/°C	在下列温度 (°C) 下的许用应力/MPa								脚注
				$\sigma_b$	$\sigma_s$		40	65	100	125	150	175	200	225	
GB/T 26027	6061	T4	-270	205	110	204	68.9	68.9	68.9	67.8	64.8	57.9	40.2	35.9(204°C)	ii
GB/T 26027	6061	T6	-270	290	240	204	96.5	96.5	96.5	92.5	79.9	63.1	40.2	35.9(204°C)	ii
GB/T 4437.1	6061	T4	-270	180	110	204	59.9	59.9	59.9	59.0	56.3	50.3	40.2	35.9(204°C)	ii
GB/T 4437.1	6061	T6	-270	260	240	204	86.5	86.5	86.5	82.9	71.6	56.6	40.2	35.9(204°C)	ii
GB/T 4437.1	6061	T4 焊, T6 焊	-270	165		204	55.2	55.2	55.2	54.3	52.2	46.3	35.3	34.8(204°C)	ii
GB/T 6893	6063	T6	-270	220	190	204	75.8	75.8	74.8	64.0	49.2	27.5	15.3	13.8(204°C)	ii
GB/T 26027	6063	T4	-270	150	75	204	46.0	45.8	45.8	45.5	45.5	41.5	27.7	12.0(204°C)	ii
GB/T 26027	6063	T6	-270	220	190	204	75.8	75.8	74.8	64.0	49.2	27.5	15.3	13.8(204°C)	ii
GB/T 26027	6063	T4 焊, T6 焊	-270	117		204	39.1	39.1	37.9	35.9	32.1	25.7	17.6	13.8(204°C)	ii
8.2 铝及铝合金管件							8.2 铝及铝合金管件								
ASTM B361	1060		-270	60		204	11.5	11.5	10.9	9.8	8.8	7.5	5.8	5.5(204°C)	cc, gg, hh, ii
ASTM B361	1060	H14	-270	85	70	204	27.6	27.6	27.6	26.6	18.1	12.7	8.4	7.8(204°C)	cc, gg, hh, ii
ASTM B361	3003	0	-270	95	35	204	23.0	22.1	21.4	20.5	18.2	13.6	10.9	10.5(204°C)	cc, gg, hh, ii
ASTM B361	5052	0	-270	170	65	204	46.0	46.0	46.0	45.9	41.6	28.8	17.6	16.1(204°C)	cc, gg, hh, ii
ASTM B361	5052	H34	-270	230	180	204	78.1	78.1	78.1	78.1	41.6	28.8	17.6	16.1(204°C)	cc, gg, hh, ii
ASTM B361	5083	0	-270	270	110	65	73.5	73.5							cc, gg, hh, ii
ASTM B361	6061	T4	-270	180	110	204	59.8	59.8	59.8	59.8	56.3	50.2	38.3	35.9(204°C)	cc, gg, hh, ii
ASTM B361	6061	T6	-270	260	240	204	87.3	87.3	87.3	83.6	72.3	57.2	40.2	35.9(204°C)	cc, gg, hh, ii
ASTM B361	6061	T4 焊, T6 焊	-270	165		204	55.2	55.2	55.2	54.3	52.2	46.3	35.3	34.8(204°C)	cc, gg, hh, ii
ASTM B361	6063	T4	-270	125	62	204	41.4	41.3	41.3	41.0	41.0	33.9	22.6	9.8(204°C)	cc, gg, hh, ii
ASTM B361	6063	T6	-270	205	170	204	68.9	68.9	67.7	59.0	45.9	27.5	15.3	13.8(204°C)	cc, gg, hh, ii

表 A. 0. 1 金属管道材料的许用应力表 (续)

标准号	钢号	状态	最低使用温度下限/°C	常温强度指标 (MPa)		最高使用温度 /°C	在下列温度 (°C) 下的许用应力/MPa								脚注
				$\sigma_b$	$\sigma_s$		40	65	100	125	150	175	200	225	
ASTM B361	6063	T4 焊, T6 焊	-270	117		204	39.1	39.1	37.9	35.9	32.1	25.7	17.6	13.8(204°C)	cc, gg, hh, ii
8.3 铝及铝合金锻件							8.3 铝及铝合金锻件								
NB/T 47029	1050A	0, H112	-270	65	20	204	13.0	13.0	12.0	11.0	10.0	8.0	6.0		ii, jj
NB/T 47029	3003	0, H112	-270	95	35	204	23.0	22.1	21.4	20.5	18.2	13.6	10.9	10.5(204°C)	ii, jj
NB/T 47029	5083	0, H112	-270	270	110	65	73.5	73.5							ii, jj
NB/T 47029	6061	T6	-270	255	230	204	87.3	87.3	87.3	83.6	72.3	57.2	40.2	35.9(204°C)	ii, jj
<p>a 应符合 6.1.2 的规定。表列灰铸铁的最高使用温度应不高于 230°C。</p> <p>b 应符合 6.1.1 的规定。</p> <p>c 本规范所列管道元件标准的压力额定值按表列标准的规定，表 A. 0. 1 所列锻件和铸件的许用应力值用于表 13 以外所列管道元件的压力设计或表列管道元件标准的非标压力等级评估。</p> <p>d 长期使用温度高于 427°C，有石墨化倾向，详见 7.2.2.2。</p> <p>e 使用温度高于 482°C，应采用镇静钢。</p> <p>f 普通碳素结构钢的使用应符合 6.2 的规定。</p> <p>g GB/T 9711 长输管线用管有 PSL1 及 PSL2 两个质量等级。PSL2 的质量等级较高，且有韧性要求。采用 PSL2 者，用户应根据最低使用温度提出冲击试验温度要求，通常冲击试验温度不低于-30°C；低于-30°C~-50°C，应供需双方协商，用户若未提出冲击试验温度要求，供方按 0°C 执行。最低使用温度应不低于材料及焊接接头的冲击试验温度。采用 PSL1 质量等级者，通常不作冲击试验。GB/T 29168 长输管线用弯管、对焊管件、法兰（锻件）仅有 PSL2 质量等级，其冲击试验要求与上述 GB/T 9711 长输管线用管相同。</p> <p>h 应对每个强度等级（L290/X42~L555/X80）的材料进行单独的焊接工艺评定。</p> <p>i L290/X42~L555/X80 管线钢不宜用于 200°C 以上的高温。</p> <p>j L290/X42~L555/X80 管线钢通常采用微合金化及控轧控冷工艺，使用时可在 GB/T 9711 的基础上附加更详尽的成分、碳当量、状态、低温韧性等要求。最低使用温度应不小于材料及焊接接头的冲击试验温度及其要求。</p> <p>k 材料如附加-20°C（GB/T 6479）低温冲击试验要求，其最低使用温度为-20°C。</p> <p>l 非焊接件的许用应力值可提高至 230MPa。</p> <p>m 板焊管应符合 6.7 的各项规定。</p> <p>n 除进行-101°C 冲击试验且符合本部分要求外，厚度大于 50mm 的 3.5%Ni 钢最低使用温度应不低于-87°C。</p> <p>o 长期使用温度高于 440°C，有软化（珠光体球化）及回火脆性倾向，详见 7.2.2.2、7.2.2.3。</p> <p>p 铬铝合金钢的焊缝（焊管、管件及其对焊接头）应于焊后热处理后进行 100% 的 RT 或 UT，焊接接头高温强度降低系数 <math>W</math> 按 4.2.7 的规定。</p> <p>q 使用温度高于 455°C 的 2.25Cr-1Mo 钢焊接材料的含碳量应不小于 0.05%。</p> <p>r 使用温度高于-101°C 者可免除-196°C 低温冲击试验及其要求。</p> <p>s 使用温度高于 538°C 时，热处理温度应不低于 1093°C。</p> <p>t 使用温度高于 538°C 时，热处理温度应不低于 1038°C。</p> <p>u 使用温度高于 316°C 时，有 475°C 脆化及 <math>\sigma</math> 相或中间相析出脆化的风险，可参见附录 C。</p> <p>v 材料适用于高温，但应关注 <math>\sigma</math> 相析出而导致常温塑性和韧性的降低，可参见附录 C。</p> <p>w 含碳量大于 0.03% 的 300 系列非稳定性奥氏体不锈钢以及有温度高于 425°C 长期热履历的超低碳奥氏体不锈钢有晶间腐蚀倾向，见 6.6。</p> <p>x 使用温度高于 538°C 者，含碳量应不低于 0.04%。</p> <p>y 使用温度高于 538°C 者，平均晶粒度应不细于 6 级。</p> <p>z 使用温度低于-30°C 者，含碳量应不大于 0.10%。</p> <p>aa 本部分使用的 GB/T 12771 不锈钢焊管（EFW，无填充金属）应符合下列各项要求：</p>															

表 A. 0. 1 金属管道材料的许用应力表 (续)

标准号	钢号	状态	最低使用温度下限/℃	常温强度指标 (MPa)		最高使用温度 /℃	在下列温度 (℃) 下的许用应力/MPa							脚注
				$\sigma_b$	$\sigma_s$		40	65	100	125	150	175	200	
<p>1) 机组带卷机械化连续成型;</p> <p>2) 无填充金属自动或半自动氩弧焊或等离子焊;</p> <p>3) 焊后固溶急冷热处理;</p> <p>4) 焊缝涡流或电磁表面无损检测 (纵向焊接接头系数 0.85)。</p> <p>bb 焊后应作固溶急冷热处理。</p> <p>cc 管件的性能及许用应力与坯料、工艺及热处理状态有关, 可参照相同牌号无缝管、焊管、板、棒、锻件的性能及许用应力。表 A. 1 所列性能及许用应力为典型示例。</p> <p>dd 982℃退火。</p> <p>ee 625 镍基合金采用 ENiCrMo-3 或 ERNiCrMo-3 焊接接头抗拉强度应不小于 758MPa。</p> <p>ff 625 镍基合金经 538℃~760℃热履历可能致使常温韧性的降低和焊接区域的应力松弛裂纹。</p> <p>gg 材料标准未规定抗拉及屈服强度者, 本部分要求于采购合同中补充。</p> <p>hh 力学性能与厚度有关, 表列性能及许用应力仅适用于相应标准的规定范围。</p> <p>ii 加工硬化状态材料的焊接结构, 应采用退火状态材料的许用应力; 析出硬化状态材料的焊接结构, 应采用焊接状态材料的许用应力。</p> <p>jj 表列数据限于模锻件。</p>														

表 A.0.2 螺栓许用应力表

标准号	钢号	螺栓规格 (mm)	最低 使用 温度 下限 /°C	常温强度指标 (MPa)		最高 使用 温度 /°C	在下列温度 (°C) 下的许用应力/MPa																												脚注			
				$\sigma_b$	$\sigma_s$		40	65	100	125	150	175	200	225	250	275	300	325	350	375	400	425	450	475	500	525	550	575	600	625	650	675	700	725		750	775	800
螺栓紧固件							螺栓紧固件																															
标准紧固件							标准紧固件																															
GB/T 3098.1	5.6	≤M39	-20	500	300	300	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125																						
GB/T 3098.1	8.8	≤M39	-20	800	640	300	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160																						
GB/T 3098.6	A2-50	≤M39	-255	520	210	800	130		114	109	103	100	96	93	90	88	85	84	82	81	79	77	76	75	74	72	71	69	64	51	41	33	27	21	17	14	11	
GB/T 3098.6	A4-50	≤M39	-200	520	210	800	130		120	11.0	107	103	99	96	93	91	88	86	84	83	82	81	80	79	79	78	78	77	74	65	51	39	30	23	19	14	11	
GB/T 3098.6	A2-70	≤M24	-255	700	450	400	130		114	114	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113																		
GB/T 3098.6	A4-70	≤M24	-200	700	450	400	130		120	114	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113																		
专用紧固件							专用紧固件																															
GB/T 3077	35CrMo	≤M22	-50	835	735	525	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	165	162	146	121	94.0	68.0	44.0													
GB/T 3077	35CrMo	>M24 ~M88	-50	805	685	525	161	161	161	161	161	161	161	161	161	161	161	160	159	156	153	139	116	93.0	68.0	44.0												
GB/T 3077	35CrMo	>M88	-50	735	590	525	147	147	147	147	147	147	147	147	147	147	144	143	141	138	125	104	83.8	68.0	40.0													
HG/T 20634	42CrMo (B7)	≤M65	-50	860	720	538	172	172	172	172	172	172	172	172	172	172	172	172	172	172	172	121	93.4	67.3	41.6	23.5 (538°C)												
HG/T 20634	42CrMo (B7)	>M65 ~100	-40	790	660	538	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	116	92.3	67.3	41.6	23.5 (538°C)												
HG/T 20634	A193 L7	≤M65	-100	860	725	371	172	172	172	172	172	172	172	172	172	172	172	172	172	172	172	172	172	172	172	172	172	172	172	172	172	172	172	172	172	172	172	172
GB/T 3077	25Cr2MoV	≤M48	-20	835	735	575	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	164	147	121	92	62	35											
GB/T 3077	25Cr2MoV	>M48	-20	805	685	575	161	161	161	161	161	161	161	161	161	161	161	161	161	161	161	152	146	132	113	90	62	35										



表 A.0.3 管子与对焊管件的纵向焊接接头系数  $E_j$

标准	型式	简述	纵向焊接接头系数 $E_j$
碳钢（包括碳锰钢），管线钢			
GB/T 8163	无缝	无缝管	1.00
GB/T 6479			
GB/T 5310			
GB/T 3087			
GB/T 9948			
GB/T 9711			
YB/T 4173			
GB/T 3091 焊管	电阻焊	电阻焊焊管（直缝）ERW	0.85
	电熔焊（埋弧焊）	埋弧焊焊管（直缝）SAW	0.80
GB/T 9711 焊管	电阻焊	电阻焊焊管（直缝）ERW	0.85
SY/T 5037 焊管	埋弧焊	双面埋弧焊焊管（直缝或螺旋缝）SAW	0.85
GB/T 13401 管件	无缝或电熔焊	无缝或焊接管件	1.00
GB/T 29168.2 管件		双面电熔焊，100%射线检测	
GB/T 9711 板焊管	电熔焊（埋弧焊）	双面埋弧焊焊管（直缝）SAW	0.95
ASTMA671 板焊管	电熔焊	板制焊管，双面电熔焊，100%射线检测；	1.00
		板制焊管，双面电熔焊	0.85
低温碳钢及低温镍钢			
GB/T 6479	无缝	无缝管	1.00
GB/T 18984			
ASTMA333			
GB/T 13401 管件	无缝或电熔焊	无缝或焊接管件，双面电熔焊，100%射线检测	1.00
ASTMA671 板焊管	电熔焊	板制焊管，双面电熔焊，100%射线检测	1.00
合金钢			
GB/T 6479	无缝	无缝管	1.00
GB/T 5310			
GB/T 9948			
YB/T 4173			
GB/T 13401 管件	无缝或电熔焊	无缝或焊接管件，双面电熔焊，100%射线检测	1.00
ASTMA691 板焊管	电熔焊	板焊管，双面电熔焊，100%射线检测	1.00
不锈钢			
GB/T 14976	无缝	无缝管	1.00
GB/T 5310			
GB/T 9948			
GB/T 21833			
GB/T 12771 焊管	电熔焊	电熔焊焊管（无填充金属）	0.85
HG/T 20537.3 焊管	电熔焊	电熔焊焊管（无填充金属）	0.85
GB/T 21832（所有部分）焊管	电熔焊	电熔焊焊管（无填充金属）	0.85
HG/T 20537.4 板焊管	电熔焊	板焊管，电熔焊，100%射线检测	1.00
		板焊管，电熔焊，按标准局部射线检测	0.90
		板焊管，双面电熔焊	0.85



表 A.0.3 管子与对焊管件的纵向焊接接头系数  $E_j$  (续)

标准	型式	简述	纵向焊接接头系数 $E_j$
GB/T 32964 板焊管	电熔焊	板焊管, 双面电熔焊, 100%射线检测	1.00
GB/T 13401 管件	无缝或电熔焊	无缝或焊接管件, 双面电熔焊, 100%射线检测	1.00
镍及镍合金			
GB/T 2882	无缝	无缝管	1.00
GB/T 30059	无缝	无缝管	1.00
ASTM B444	无缝	无缝管	1.00
ASTM B622	无缝	无缝管	1.00
ASTM B619	电熔焊	电熔焊焊管 (无填充金属)	0.85
ASTM B366	无缝或电熔焊	无缝或焊接管件, 双面电熔焊, 100%射线检测	1.00
钛及钛合金			
GB/T 3624	无缝	无缝管	1.00
GB/T 26058			
GB/T 26057 焊管	电熔焊	电熔焊焊管 (无填充金属)	0.85
GB/T 27684 管件	无缝或电熔焊	无缝或焊接管件, 双面电熔焊, 100%射线检测	1.00
铝及铝合金			
GB/T 6893	无缝	无缝管	1.00
GB/T 4437.1	无缝	无缝管	1.00
GB/T 26027	无缝	无缝管	1.00
ASTM B361 管件	无缝	无缝管件	1.00
	电熔焊	焊接管件, 电熔焊, 100%射线检测	1.00
	电熔焊	焊接管件, 双面电熔焊	0.85
	电熔焊	焊接管件, 单面电熔焊	0.80

表 A.0.4 铸件质量系数  $E_c$

材料类别	标准	名称	铸件质量系数 $E_c$
铸铁	GB/T 9439	灰铸铁	1.00
	GB/T 1348	球墨铸铁	1.00
	GB/T 9440	黑芯可锻铸铁	1.00
碳钢 (包括碳锰钢)	GB/T 12229	碳素钢铸件	0.80
低温碳钢及低温镍钢	JB/T 7248	低温钢铸件	0.80
合金钢	JB/T 5263	合金钢铸件	0.80
	GB/T 16253		
不锈钢	GB/T 12230	不锈钢铸件	0.80
钛及钛合金	GB/T 6614	钛及钛合金铸件	0.80

## 附录 B 金属材料的物理性质

B.0.1 金属材料的弹性模量，见表 B.0.1。

表 B.0.1 金属材料的弹性模量

材料	在下列温度 (°C) 下的弹性模量 (10 <sup>3</sup> MPa) 注1																				
	-225	-200	-125	-75	25	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850
碳素钢 (C≤0.30%)	220	216	212	209	202	198	195	192	189	185	179	171	162	151	137	122	107	-	-	-	-
碳素钢 (C>0.30%)	218	215	211	207	201	197	194	191	188	183	178	170	161	149	136	121	106	-	-	-	-
碳钼钢	218	214	210	207	200	196	193	190	187	183	177	170	160	149	135	121	106	-	-	-	-
镍钢 (Ni 2%~9%)	207	204	200	197	191	187	184	181	178	174	171	167	163	158	153	147	141	133	-	-	-
铬钼钢 (Cr 0.5%~2%)	221	218	213	210	204	200	197	193	190	186	183	179	174	169	164	157	150	142	-	-	-
铬钼钢 (Cr 2.25%~3%)	228	225	220	217	210	206	202	199	196	192	188	184	180	175	169	162	155	146	-	-	-
铬钼钢 (Cr 5%~9%)	230	228	223	220	213	208	205	201	198	195	191	187	183	179	174	168	161	153	-	-	-
奥氏体不锈钢 (至Cr25Ni20)	212	209	204	201	195	189	186	183	179	176	172	169	165	160	156	151	146	140	134	127	-
铬钢 (Cr 12%~17%)	219	215	212	208	201	195	192	189	186	182	178	173	166	157	145	131	-	-	-	-	-
灰铸铁	-	-	-	-	92	91	89	87	85	82	78	73	67	-	-	-	-	-	-	-	-
镍铁铬合金 (800系列)	214	211	206	202	196	192	189	187	184	182	179	176	173	170	167	164	160	156	152	148	-
镍铬钼铜合金 (625)	225	222	216	213	207	202	199	197	194	191	189	186	183	180	176	172	169	164	160	156	-
镍铁铬钼铜合金 (825)	-	207	202	199	193	189	186	184	181	179	176	173	170	167	164	161	157	153	150	-	-
铝及铝合金	78	77	74	72	69	66	63	60	57	52	46	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
铜及铜合金	-	124	122	121	117	114	112	110	108	106	102	98	-	-	-	-	-	-	-	-	-
钛合金	-	-	-	-	107	103	101	97	93	88	84	80	75	71	-	-	-	-	-	-	-

注 1: 表格中的数值仅供参考, 并非表示该材料适用于表列所有温度范围。

B.0.2 金属材料的平均线膨胀系数值，见表 B.0.2。

表 B.0.2 金属材料的平均线膨胀系数值

材料	在下列温度与20℃之间的平均线膨胀系数 $\alpha$ ( $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ) 【注1】																
	-196	-100	-50	20	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300	325	350
碳素钢 低合金钢 (至Cr3Mo)	9.9	10.7	11.1	11.5	11.8	11.9	12.1	12.3	12.4	12.6	12.7	12.9	13.0	13.2	13.3	13.4	13.6
低合金钢【注2】	10.8	11.7	12.0	12.6	12.8	13.0	13.1	13.2	13.4	13.5	13.6	13.7	13.8	13.9	14.0	14.1	14.2
铬钼钢 (Cr5Mo)	10.1	10.8	11.2	11.5	11.8	12.0	12.1	12.3	12.4	12.5	12.6	12.6	12.7	12.8	12.8	12.9	13.0
铬钼钢 (Cr9Mo)	9.0	9.8	10.1	10.5	10.6	10.7	10.9	11.0	11.1	11.2	11.3	11.4	11.5	11.6	11.7	11.8	11.9
高铬钢 (Cr12~Cr13)	9.1	9.9	10.2	10.6	10.9	11.0	11.1	11.3	11.4	11.4	11.5	11.6	11.6	11.7	11.7	11.8	11.8
高铬钢 (Cr15~Cr17)	8.1	8.8	9.1	9.6	9.7	9.9	10.0	10.1	10.2	10.3	10.4	10.5	10.6	10.7	10.8	10.8	10.9
高铬钢 (Cr27)	7.7	8.5	8.7	9.0	9.2	9.2	9.3	9.4	9.4	9.5	9.5	9.6	9.6	9.7	9.7	9.8	9.9
奥氏体不锈钢 (Cr18-Ni9至Cr19Ni14)	13.5	14.3	14.7	15.3	15.6	15.9	16.2	16.4	16.6	16.8	17.0	17.2	17.4	17.5	17.7	17.8	17.9
奥氏体不锈钢 (Cr18-Ni9至Cr19Ni14)	12.8	13.6	14.1	14.7	15.0	15.2	15.4	15.6	15.7	15.9	16.0	16.1	16.3	16.4	16.5	16.6	16.6
灰铸铁	---	---	---	9.8	10.1	10.2	10.4	10.5	10.7	10.8	11.0	11.1	11.2	11.4	11.5	11.7	11.8
球墨铸铁	---	8.8	9.5	10.3	10.5	10.7	10.9	11.1	11.3	11.6	11.8	12.0	12.2	12.4	12.5	12.6	12.8
蒙乃尔合金 (Ni67-Cu30)	10.4	12.2	13.0	13.8	14.1	14.4	14.6	14.8	15.0	15.1	15.3	15.4	15.5	15.6	15.7	15.8	15.9
镍铬钼钨合金 (625)	---	---	---	12.0	12.4	12.6	12.8	12.9	13.0	13.1	13.2	13.2	13.2	13.3	13.3	13.3	13.4
镍铁铬合金 (800系列)	10.6	12.5	13.3	14.2	14.6	14.9	15.1	15.3	15.5	15.6	15.8	15.9	16.0	16.1	16.2	16.3	16.4
镍铁铬钼铜合金 (825)	---	---	12.9	13.5	13.6	13.7	13.9	14.0	14.2	14.3	14.4	14.4	14.5	14.6	14.7	14.8	14.9
铝合金	18.0	19.7	20.8	21.7	22.6	23.1	23.4	23.7	23.9	24.2	24.4	24.7	25.0	25.2	25.5	25.6	---
青铜	15.1	15.8	16.4	17.2	17.6	17.9	18.0	18.2	18.2	18.3	18.4	18.5	18.5	18.6	18.7	18.8	18.9
黄铜	14.7	15.4	16.0	16.7	17.1	17.4	17.6	17.8	18.0	18.2	18.4	18.6	18.8	19.0	19.2	19.3	19.5
铜及铜合金	13.9	15.7	16.2	16.7	17	17.2	17.3	17.4	17.5	17.6	17.7	17.8	17.8	17.9	18	18	---
钛合金	---	---	8.2	8.3	8.4	8.5	8.5	8.6	8.6	8.6	8.7	8.7	8.7	8.8	8.8	8.8	8.9
铜镍合金 (Cu70-Ni30)	11.9	13.4	14	14.5	14.9	15.2	15.3	15.5	15.7	15.8	16	16.1	16.3	16.4	16.5	16.5	16.6

表 B.0.2 金属材料的平均线膨胀系数值 (续)

材料	在下列温度与20℃之间的平均线膨胀系数 $\alpha$ ( $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ) 【注1】																	
	375	400	425	450	475	500	525	550	575	600	625	650	675	700	725	750	775	800
碳素钢 碳钼钢 低合金钢 (至Cr3Mo)	13.7	13.8	14.0	14.1	14.2	14.4	14.5	14.6	14.7	14.8	14.9	15.0	15.1	15.1	15.2	15.3	15.3	15.4
低合金钢【注2】	14.3	14.4	14.5	14.6	14.6	14.7	14.8	14.8	14.9	15.0	15.0	15.1	15.1	15.2	15.2	15.3	15.3	15.3
铬钼钢 (Cr5Mo)	13.0	13.1	13.2	13.2	13.3	13.4	13.4	13.5	13.6	13.6	13.7	13.7	13.8	13.9	13.9	14.0	14.0	14.1
铬钼钢 (Cr9Mo)	11.9	12.0	12.1	12.2	12.3	12.3	12.4	12.5	12.6	12.7	12.7	12.8	12.9	13.0	13.1	13.3	13.4	13.6
高铬钢 (Cr12~Cr13)	11.9	11.9	12.0	12.0	12.1	12.1	12.2	12.2	12.3	12.3	12.4	12.4	12.5	12.5	12.5	12.5	12.6	12.6
高铬钢 (Cr15~Cr17)	11.0	11.0	11.1	11.2	11.2	11.3	11.3	11.4	11.4	11.5	11.5	11.5	11.6	11.6	11.7	11.7	11.8	11.9
高铬钢 (Cr27)	9.9	10.0	10.0	10.1	10.2	10.2	10.3	10.4	10.4	10.5	10.5	10.6	10.6	10.7	10.7	10.8	10.8	10.9
奥氏体不锈钢 (Cr18-Ni9至Cr19Ni14)	18.0	18.1	18.2	18.3	18.4	18.4	18.5	18.6	18.7	18.8	18.9	19.0	19.1	19.2	19.3	19.4	19.4	19.4
奥氏体不锈钢 (Cr18-Ni9至Cr19Ni14)	16.7	16.8	16.9	17.0	17.1	17.2	17.2	17.3	17.4	17.5	17.6	17.7	17.8	17.9	18.0	18.1	18.2	18.3
灰铸铁	12.0	12.1	12.3	12.4	12.6	12.7	12.9	13.0										
球墨铸铁	12.9	13.0	13.1	13.2	13.2	13.3	13.4	13.5										
蒙乃尔合金 (Ni67-Cu30)	16.0	16.0	16.1	16.1	16.2	16.2	16.3	16.3	16.4	16.4	16.5	16.5	16.5	16.6	16.6	16.7	16.7	16.8
镍铬钼钨合金 (625)	13.5	13.5	13.6	13.7	13.8	14.0	14.1	14.2	14.3	14.5	14.6	14.8	14.9	15.0	15.1	15.3	15.4	15.6
镍铁铬合金 (800系列)	16.5	16.5	16.6	16.7	16.8	16.8	16.9	17.0	17.1	17.2	17.2	17.3	17.4	17.5	17.6	17.7	17.8	17.9
镍铁铬钼铜合金 (825)	15.0	15.1	15.1	15.2	15.3	15.4	15.5	15.6	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
铝合金	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
青铜	19.0	19.0	19.1	19.2	19.3	19.4	19.4	19.5	19.6	19.7	19.7	19.8	...	...	...	...	...	...
黄铜	19.6	19.8	20.1	20.3	20.5	20.7	20.8	21.0	21.2	21.4	21.6	21.8	...	...	...	...	...	...
铜及铜合金	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
钛合金	8.9	9.0	9.2	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
铜镍合金 (Cu70-Ni30)	16.6	16.7	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

注: 1. 表格中的数值仅供参考, 并非表示该材料适用于表列所有温度范围。

2. 主要指 Mn-V, Mn-0.25Mo, Mn-0.5Mo, Mn-0.5Mo-0.25Ni, Mn-0.5Mo-0.5Ni, Mn-0.5Mo-0.75Ni。

## 附录 C 非金属衬里材料的使用温度范围

表 C.0.1 非金属衬里材料的使用温度范围

内衬材料种类	使用参考温度 (°C)		适应领域	应用频率 带*表示常用材料
	最低	最高		
硬聚氯乙烯 PVC-U	-5	60	适用于地埋类管道，不适宜做内衬材料。	
软聚氯乙烯 PVC	-5	60	适用于氯离子含量高的介质，不适宜做内衬材料。	
氯化氯乙烯 PVC-C	-5	80	适用于氯离子含量高的介质，不适宜做内衬材料。	
聚乙烯 低密度 LDPE(PE)	-10	70	正压 70, 负压 50, 适用于热滚塑工艺。	*
聚烯烃(PO)	-20	75	适合热滚塑工艺管道管件。	*
乙烯丙烯酸共聚物 (EAA)	-30	70	适合热滚塑工艺管道管件，适应于高寒地区应用。	*
低压高密度 HDPE	-10	70	正压 70 度， 负压 50 度适合内衬套管工艺，应用于耐磨类管道, 不适宜做热液塑加工。	*
聚丙烯 PP	-0	90-100	视材料牌号决定, 不适合高寒地区应用。	*
聚四氟乙烯 PTFE (板) (喷涂料)管材紫 衬及模压内衬	-20	140		
	-80 -40	160 180	内衬工艺只限于应用于正压和微负压， 负压管道管件应考虑管道口径大小， 温度高低内衬壁厚综合因素选用。	*
四氟乙烯-全氟 代烷基乙烯基醚 共聚物 PFA (板)(喷涂 料)	-20	140	220 度适合用于容器热滚塑和喷涂工艺。	
	-100	180-220	视材料牌号及应用环境决定。	
四氟乙烯-乙烯 共聚物 ETFE (板) (喷涂料)热滚塑	-20	140		
	-75 -30	150 130	适合热滚塑工艺管道、管件、容器内衬(视材料牌号决定)。	*
三氟氯乙烯-乙 烯共聚物 ECTFE (滚衬)	-20	120		
	-75	150		

内衬材料种类	使用参考温度 (°C)		适应领域	应用频率 带*表示常用材料
	最低	最高		
(喷涂料)				
四氟乙烯-六氟 丙烯共聚物	-20	140		
FEP (板) (喷涂料)	-100	150		
聚偏氟乙烯 PVDF	-20	110		
橡胶	-20	80-120	视材料牌号决定。	*
纤维增强塑料	-20	80		
树脂玻璃鳞片	-20	70-100	视材料牌号决定。	*
喷涂聚脲	0	60-70	视材料牌号决定。	*
氯丁胶乳	-20	80		*

## 附录 D 钢管及钢制管件厚度的规定

D.0.1 剧烈循环条件或 A1 类流体的管道，采用不锈钢管子及对焊管件时，不应小于表 D.0.1 所列的厚度。

表 D.0.1 剧烈循环条件或 A1 类流体管道用不锈钢管子及对焊管件的厚度(最小值)(mm)

公制		英制	
DN	厚度(最小值)	NPS	厚度(最小值)
15	2.5	1/2	2.5
20	2.5	3/4	2.5
25	3	1	3
(32)	3	1-1/4	3
40	3	1-1/2	3
50	3	2	3
(65)	3.5	2-1/2	3.05(SCH10S)
80	3.5	3	3.05(SCH10S)
100	3.5	4	3.05(SCH10S)
(125)	3.5	5	3.4(SCH10S)
150	3.5	6	3.4(SCH10S)
200	4	8	3.76(SCH10S)
250	4.5	10	4.19(SCH10S)
300	5	12	4.57(SCH10S)
350	5	14	4.78(SCH10S)
400	5	16	4.78(SCH10S)
450	5	18	4.78(SCH10S)
500	6	20	5.54(SCH10S)
(550)	6	22	5.54(SCH10S)
600	6.5	24	6.35(SCH10S)

D.0.2 外螺纹的钢管和外螺纹钢管件的厚度(最小值)应按表的规定。

表 D.0.2 外螺纹的钢管及钢管件的厚度(最小值)

流 体	材 料	公称直径 $DN$	厚度(最小值)(mm)
所有	碳钢	15	3.5
		20	3.9
		25	4.5
		32	4.8
		40	5.0
		50	3.9
		>50	不用
所有	不锈钢	15	<u>2.7</u>
		20	<u>2.8</u>
		25	3.2
		32	<u>3.5</u>
		40	3.6
		50	3.9
		>50	不用
需有安全防护时	碳钢或不锈钢	15	<u>2.7</u>
		20	<u>2.8</u>
		25	3.2
		32	<u>3.5</u>
		40	3.6
		50	3.9
		65	5.0
		80	<u>5.4</u>
		100	6.0
150	6.0		

注:①采用外螺纹钢管的外径应符合《无缝钢管尺寸、外形、重量及允许偏差》GB/T 17395 的“标准化”系列。

②如果采用《低压流体输送用镀锌焊接钢管》GB/T 3091 中  $DN \leq 150$  的钢管时,厚度不受本表的限制。

D.0.3 内螺纹管件及承插焊管件的厚度应符合现行国家标准的规定。



## 附录 E 柔性系数和应力增大系数

E.0.1 柔性系数和应力增大系数，见表 E.0.1。

表 E.0.1 柔性系数和应力增大系数 【注 1,2,3,4,5,6,7】

名称	计算公式	简图	
<b>1 对焊弯头或弯管</b> 【注 8,9,11,12,13】			
尺寸系数, $h$	$TR_1/R^2$		
柔性系数	平面内, $k_i$		$1.65/h$
	平面外, $k_o$		$1.65/h$
应力增大系数	平面内, $i_i$		$0.9h^{2/3}$
	平面外, $i_o$		$0.75h^{2/3}$
	扭转, $i_t$		1
<b>2 窄间距斜接弯头, <math>s &lt; R(1+\tan\theta)</math></b> 【注 8,9,11,13】			
尺寸系数, $h$	$sT \cot \theta / (2R^2)$		
柔性系数	平面内, $k_i$		$1.52/h^{5/6}$
	平面外, $k_o$		$1.52/h^{5/6}$
应力增大系数	平面内, $i_i$		$0.9/h^{2/3}$
	平面外, $i_o$		$0.9/h^{2/3}$
	扭转, $i_t$		1
<b>3 宽间距斜接弯头, <math>s \geq R(1+\tan\theta)</math></b> 【注 8,9,13,14】			
尺寸系数, $h$	$T(1 + \cot \theta) / (2R)$		
柔性系数	平面内, $k_i$		$1.52/h^{5/6}$
	平面外, $k_o$		$1.52/h^{5/6}$
应力增大系数	平面内, $i_i$		$0.9/h^{2/3}$
	平面外, $i_o$		$0.9/h^{2/3}$
	扭转, $i_t$		1

名称		计算公式	简图
<b>4 标准对焊三通 (GB/T 12459-B) 【注 8,10,15,16】</b>			
主管柔性系数	平面内, $k_{ir}$	$0.18(R/T)^{0.8}(d/D)^5$	
	平面外, $k_{or}$	1	
	扭转, $k_{tr}$	$0.08(R/T)^{0.91}(d/D)^{5.7}$	
支管柔性系数	平面内, $k_{ib}$	$[1.91(d/D)-4.32(d/D)^2+2.7(d/D)^3](R/T)^{0.77}(d/D)^{0.47}(t/T)$	
	平面外, $k_{ob}$	$[0.34(d/D)-0.49(d/D)^2+0.18(d/D)^3](R/T)^{1.46}(t/T)$	
	扭转, $k_{tb}$	$[1.08(d/D)-2.44(d/D)^2+1.52(d/D)^3](R/T)^{0.77}(d/D)^{1.61}(t/T)$	
主管应力增大系数	平面内, $i_{ir}$	$0.98(R/T)^{0.35}(d/D)^{0.72}(t/T)^{-0.52}$	
	平面外, $i_{or}$	$0.61(R/T)^{0.29}(d/D)^{1.95}(t/T)^{-0.53}$	
	扭转, $i_{tr}$	$0.34(R/T)^{2/3}(d/D)(t/T)^{-0.5}$	
支管应力增大系数	平面内, $i_{ib}$	$0.33(R/T)^{2/3}(d/D)^{0.18}(t/T)^{0.7}$	
	平面外, $i_{ob}$	$0.42(R/T)^{2/3}(d/D)^{0.37}(t/T)^{0.37}$	
	扭转, $i_{tb}$	$0.42(R/T)^{2/3}(d/D)^{1.1}(t/T)^{1.1}$	
<b>5 带补强焊制三通 (当 <math>t_p &gt; 1.5T</math>, 则 <math>t_p = 1.5T</math>) 【注 8,10,16】</b>			
主管柔性系数	平面内, $k_{ir}$	$0.21[R/(T+0.5t_p)]^{0.97}(t/T)^{-0.65}(d/D)^6$	
	平面外, $k_{or}$	1	
	扭转, $k_{tr}$	$0.12[R/(T+0.5t_p)]^{1.39}(t/T)^{-0.74}(d/D)^8$	
支管柔性系数	平面内, $k_{ib}$	$[1.29(d/D)-2.73(d/D)^2+1.62(d/D)^3][R/(T+0.5t_p)]^{1.2}(t/T)^{0.56}(d/D)^{0.33}$	
	平面外, $k_{ob}$	$[0.84(d/D)-1.27(d/D)^2+0.5(d/D)^3][R/(T+0.5t_p)]^{1.69}(t/T)^{0.68}(d/D)^{0.21}$	
	扭转, $k_{tb}$	$1.1[R/(T+0.5t_p)]^{0.5}(d/D)^{5.42}$	
主管应力增大	平面内, $i_{ir}$	$[R/(T+0.5t_p)]^{0.45}(d/D)^{0.54}(t/T)^{0.34} \geq 1.5$	

名称		计算公式	简图	
大系数	平面外, $i_{or}$	$[1.29(d/D)-2.87(d/D)^2+2.39(d/D)^3](t/T)^{-0.25}[R/(T+0.5t_p)]^{0.35}$		
	扭转, $i_{tr}$	$0.36[R/(T+0.5t_p)]^{2/3}(t/T)^{-0.6}(d/D)^{1.4}$		
支管应力增大系数	平面内, $i_{ib}$	$[3.33(d/D)-5.49(d/D)^2+2.94(d/D)^3](TR^{2/3})(T+0.5t_p)^{-5/3}(t/T)^{0.3}$		
	平面外, $i_{ob}$	$[2.86(d/D)+2.4(d/D)^2-4.34(d/D)^3](TR^{2/3})(T+0.5t_p)^{-5/3}(t/T)^{0.3}$ (当 $t/T < 0.85$ , 则 $t/T = 0.85$ )		
	扭转, $i_{tb}$	$0.642(d/D)^2(TR^{2/3})(T+0.5t_p)^{-5/3}(t/T)^{0.3}$		
<b>6 不带补强焊制三通【注 8,10,16,17】</b>				
主管柔性系数	平面内, $k_{ir}$	$1.23(R/T)^{0.47}(t/T)^{-0.47}(d/D)^{5.3}$		
	平面外, $k_{or}$	1		
	扭转, $k_{tr}$	$(R/T)^{0.78}(t/T)^{-0.8}(d/D)^{7.8}$		
支管柔性系数	平面内, $k_{ib}$	$[3.15(d/D)-6.4(d/D)^2+4(d/D)^3](R/T)^{0.83}(t/T)^{0.49}(d/D)^{-0.2}$		
	平面外, $k_{ob}$	$[2.05(d/D)-2.94(d/D)^2+1.1(d/D)^3](R/T)^{1.4}(t/T)^{0.6}(d/D)^{0.12}$		
	扭转, $k_{tb}$	$0.95(R/T)^{0.83}(d/D)^{5.42}$		
主管应力增大系数	平面内, $i_{ir}$	$1.2(d/D)^{0.5}(R/T)^{0.4}(t/T)^{-0.35} \geq 1.5$		
	平面外, $i_{or}$	$[(d/D)-2.7(d/D)^2+2.62(d/D)^3](R/T)^{0.43}(t/T)^{-0.7}$ (当 $d/D < 0.5$ , 则 $d/D = 0.5$ ; 当 $t/T < 0.5$ , 则 $t/T = 0.5$ )		
	扭转, $i_{tr}$	$1.2(R/T)^{0.46}(t/T)^{-0.45}(d/D)^{1.37}$ (当 $t/T < 0.15$ , 则 $t/T = 0.15$ )		
支管应力增大系数	平面内, $i_{ib}$	$[0.038+1.45(d/D)-2.39(d/D)^2+1.34(d/D)^3](R/T)^{0.76}(t/T)^{0.74}$ (当 $t/T < 1$ , 则 $t/T = 1$ )		
	平面外, $i_{ob}$	$[0.038+2(d/D)+2(d/D)^2-3.1(d/D)^3](R/T)^{2/3}(t/T)$ (当 $t/T < 0.85$ , 则 $t/T = 0.85$ )		
	扭转, $i_{tb}$	$0.45(R/T)^{0.8}(t/T)^{0.29}(d/D)^2$		

名称	计算公式	简图

7 挤压成型对焊三通  $r_s \geq 0.05d_o$  且  $T < T_c < 1.5T$  【注 8,10,16,18】

主管柔性系数	平面内, $k_{ir}$	$0.18(R/T)^{0.8}(d/D)^5$	
	平面外, $k_{or}$	1	
	扭转, $k_{tr}$	$0.08(R/T)^{0.91}(d/D)^{5.7}$	
支管柔性系数	平面内, $k_{ib}$	$[1.91(d/D) - 4.32(d/D)^2 + 2.7(d/D)^3](R/T)^{0.77}(d/D)^{0.47}(t/T)$	
	平面外, $k_{ob}$	$[0.34(d/D) - 0.49(d/D)^2 + 0.18(d/D)^3](R/T)^{1.46}(t/T)$	
	扭转, $k_{tb}$	$[1.08(d/D) - 2.44(d/D)^2 + 1.52(d/D)^3](R/T)^{0.77}(d/D)^{1.79}(t/T)$	
主管应力增大系数	平面内, $i_{ir}$	$1.45(1+r_x/R)^{-2/3}(R/T)^{0.35}(d/D)^{0.72}(t/T)^{0.52}$	
	平面外, $i_{or}$	$0.58(1+r_x/R)^{-2/3}(R/T)^{2/3}(d/D)^{2.69}$	

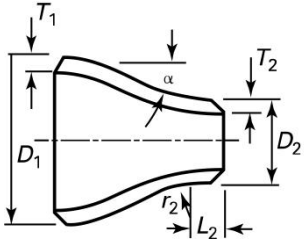
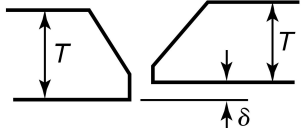
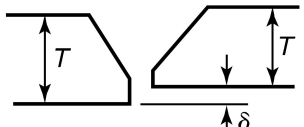
名称	计算公式	简图	
扭转, $i_{tr}$	$0.55(1+r_x/R)^{-2/3}(R/T)^{2/3}(d/D)(t/T)^{-0.5}$		
支管应力增大系数	平面内, $i_{ib}$		$0.56(1+r_x/R)^{-2/3}(R/T)^{2/3}(d/D)^{0.68}$
	平面外, $i_{ob}$		$0.85(1+r_x/R)^{2/3}(R/T)^{2/3}(d/D)^{0.5}$
	扭转, $i_{tb}$		$0.71(1+r_x/R)^{-2/3}(R/T)^{2/3}(d/D)^2$

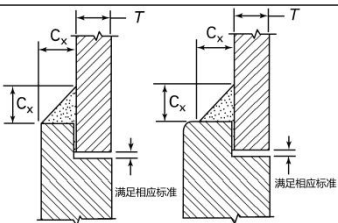
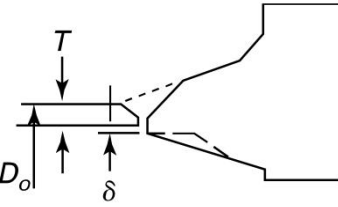
### 8 嵌入式支管 (当没有给出 $r_x$ 时, $r_x=0$ ) 【注 8,10,15,16】

主管柔性系数	平面内, $k_{ir}$	$0.18(R/T)^{0.84}(d/D)^5$	
	平面外, $k_{or}$	1	
	扭转, $k_{tr}$	$0.1(R/T)^{0.91}(d/D)^{5.7}$	
支管柔性系数	平面内, $k_{ib}$	$[2.36(d/D)-5.33(d/D)^2+3.33(d/D)^3](R/T)^{0.77}(d/D)^{0.47}(t/T)$	
	平面外, $k_{ob}$	$(1+r_x/R)[0.67(d/D)-0.97(d/D)^2+0.36(d/D)^3](R/T)^{1.46}(t/T)$	
	扭转, $k_{tb}$	$[1.05(d/D)-2.36(d/D)^2+1.49(d/D)^3](R/T)^{0.77}(d/D)^{1.61}(t/T)$	
主管应力增大系数	平面内, $i_{ir}$	$(R/T)^{0.35}(d/D)^{0.72}(t/T)^{-0.52}$	
	平面外, $i_{or}$	$0.72(R/T)^{0.29}(d/D)^{1.95}(t/T)^{-0.53}$	
	扭转, $i_{tr}$	$0.36(R/T)^{2/3}(d/D)(t/T)^{-0.5}$	
支管应力增大系数	平面内, $i_{ib}$	$0.35(R/T)^{2/3}(d/D)^{0.18}(t/T)^{0.7}$	
	平面外, $i_{ob}$	$0.48(R/T)^{2/3}(d/D)^{0.37}(t/T)^{0.37}$	
	扭转, $i_{tb}$	$0.44(R/T)^{2/3}(d/D)^{1.1}(t/T)^{1.1}$	

### 9 整体补强支管座 【注 8,10,16,19】

主管柔性系数	平面内, $k_{ir}$	$0.5(R/T)^{0.5}(d/D)^5$	
	平面外, $k_{or}$	1	
	扭转, $k_{tr}$	$0.1(R/T)(d/D)^{5.7}$	
支管柔性系数	平面内, $k_{ib}$	$[0.55(d/D)-1.13(d/D)^2+0.69(d/D)^3](R/T)(t/T)$	
	平面外, $k_{ob}$	$[1.03(d/D)-1.55(d/D)^2+0.59(d/D)^3](R/T)(t/T)$	

名称		计算公式	简图
	扭转, $k_{tb}$	$^3[(R/T)^{1.4}(t/T)(d/D)^{0.33}$ $[0.37(d/D)-0.75(d/D)^2+0.46(d/D)^3](R/T)(t/T)($ $d/D)^{1.2}$	
主管应力增大系数	平面内, $i_{ir}$	$(R/T)^{0.43}(d/D)^{0.2} \geq 1.5$	
	平面外, $i_{or}$	$[0.02+0.88(d/D)-2.56(d/D)^2+2.58(d/D)^3](R/T$ $)^{0.43}$	
	扭转, $i_{tr}$	$1.3(R/T)^{0.45}(d/D)^{1.37}$	
支管应力增大系数	平面内, $i_{ib}$	$[0.08+1.28(d/D)-2.35(d/D)^2+$ $1.45(d/D)^3](R/T)^{0.81}(t/T)(r/r_p)$	
	平面外, $i_{ob}$	$[1.83(d/D)-$ $1.07(d/D)^3](R/T)^{0.82}(t/T)(r/r_p)^{1.18}$	
	扭转, $i_{tb}$	$0.77(R/T)^{2/3}(t/T)(d/D)^2(r/r_p)$	
<b>10 同心或偏心异径管【注 8, 20】</b>			
应力增大系数	平面内, $i_i$	$0.6+0.003(\alpha T_2/T_1)^{0.8}(D_2/T_2)^{0.25}(D_2/r$ $_2)$	
	平面外, $i_o$	$0.6+0.003(\alpha T_2/T_1)^{0.8}(D_2/T_2)^{0.25}(D_2/r$ $_2)$	
	扭转, $i_t$	$0.3+0.0015(\alpha T_2/T_1)^{0.8}(D_2/T_2)^{0.25}(D_2$ $/r_2)$	
<b>11 对焊接头, <math>T \geq 6\text{mm}</math>, <math>\delta_{\max} \leq 1.5\text{mm}</math>, 且 <math>\delta_{\text{avg}}/T \leq 0.13</math>【注 8, 21】</b>			
应力增大系数	平面内, $i_i$	1.0	
	平面外, $i_o$	1.0	
	扭转, $i_t$	1.0	
<b>12 对焊接头, <math>T \geq 6\text{mm}</math>, <math>\delta_{\max} \leq 3\text{mm}</math>, 且 <math>\delta_{\text{avg}}/T = \text{任何值}</math> 或 <math>T &lt; 6\text{mm}</math>, <math>\delta_{\max} \leq 1.5\text{mm}</math>, 且 <math>\delta_{\text{avg}}/T \leq 0.33</math>【注 8, 21】</b>			
应力增大系数	平面内, $i_i$	最大 1.9 或 $0.9+2.7(\delta_{\text{avg}}/T)$ 但不 小于 1.0	
	平面外, $i_o$	最大 1.9 或 $0.9+2.7(\delta_{\text{avg}}/T)$ 但不 小于 1.0	

名称		计算公式	简图
	扭转, $i_t$	$0.45+1.35(\delta_{avg}/T)$ 但不小于 1.0	
<b>13 填角焊接头、承插焊法兰或承插焊管件 【注 8, 22】</b>			
应力增大系数	平面内, $i_i$	1.3	
	平面外, $i_o$	1.3	
	扭转, $i_t$	1.3	
<b>14 锥形过渡段 【注 8】</b>			
应力增大系数	平面内, $i_i$	最大 1.9 或 $1.3+0.0036(D_o/T)+3.6(\delta/T)$	
	平面外, $i_o$	最大 1.9 或 $1.3+0.0036(D_o/T)+3.6(\delta/T)$	
	扭转, $i_t$	1.3	
<b>15 带颈对焊法兰</b>			
应力增大系数	平面内, $i_i$	1.0	
	平面外, $i_o$	1.0	
	扭转, $i_t$	1.0	
<b>16 单边平焊法兰</b>			
应力增大系数	平面内, $i_i$	1.3	
	平面外, $i_o$	1.3	
	扭转, $i_t$	1.3	
<b>17 双边平焊法兰</b>			
应力增大系数	平面内, $i_i$	1.2	
	平面外, $i_o$	1.2	
	扭转, $i_t$	1.2	
<b>18 松套法兰</b>			
应力增大	平面内, $i_i$	1.6	

名称		计算公式	简图
系数	平面外, $i_o$	1.6	
	扭转, $i_t$	1.6	
<b>19 螺纹管接头或螺纹法兰</b>			
应力增大系数	平面内, $i_i$	2.3	
	平面外, $i_o$	2.3	
	扭转, $i_t$	2.3	

注：1 应力增大系数和柔性系数是用于缺少更直接的可用数据的情况。对于  $D/T \leq 100$ ，已证实表中值是有效的。

2 柔性系数和应力增大系数均不应小于 1。

3 应力增大系数可以在没有柔性系数情况下使用。

4 表中的柔性系数和应力增大系数来源于针对延展性铁基材料的疲劳试验和有限元数值模拟，应用于某些非铁基材料（比如铜合金或者铝合金）在非低周场合使用时应加以研判。

5 波纹直管、波纹弯管或褶皱弯管应根据《金属波纹管膨胀节通用技术条件》GB/T 12777 或其它类似标准进行设计。

6 当仅需要一个应力增大系数时，应使用最高的平面内或平面外应力增大系数。柔性系数按规定方向使用。对于第 1420~19 项，平面内或平面外方向应相互正交且与管道轴向正交。

7 计算时若需要持续应力或力矩系数，对于第 1、3、4、5 项所列管件，定向持续应力或弯矩系数可以取管件的应力增大系数。对于第 2 项所列管件，定向持续应力或弯矩系数保守地取下列 a) 和 b) 或 c) 中的较小值：

a)  $0.75i$ ；

b)  $(t/T)\sqrt{i}$ （当  $t/T > 1$  时）；

c)  $\sqrt{i}$ （当  $t/T \leq 1$  时）

8 表中符号如下：

$B$ ——斜接弯管斜接段中心线处的间距；

$b$ ——支管脚标，对应图 E.0.1(a)中支管端；

$C_x$ ——承插焊最小焊脚高度（mm）；

$D$ ——所连接管道的平均直径，由  $(D_o - T)$  计算而得（mm）；

$d$ ——所连接支管的平均直径，由  $(d_o - t)$  计算而得（mm）；

$d'$ ——注 17 用到的针对图 E.0.4(a)、(b)、(c)的有效支管直径（mm）；

$D_1$ ——异径管大端所连接主管的外径（mm）；

$D_2$ ——异径管小端所连接主管的外径（mm）；

$D_i$ ——所连接主管的内径，由  $(D_o - 2T)$  计算而得（mm）；



名称	计算公式	简图
$d_i$	所连接支管的内径，由 $(d_o-2t)$ 计算而得 (mm) ；	
$D_o$	所连接管道的外径 (mm) ；	
$d_o$	所连接支管的外径 (mm) ；	
$E$	弹性模量 (MPa) ；	
$I_b$	所连接支管的惯性矩 ( $\text{mm}^4$ ) ；	
$I_r$	所连接主管的惯性矩 ( $\text{mm}^4$ ) ；	
$L_1$	图 E.0.4(a)、(b)、(c)中支管有效补强高度 (mm) ；	
$L_2$	第 10 项简图中异径管靠近小端处圆柱段的长度 (mm) ；	
$M_i$	平面内力矩 ( $\text{N}\cdot\text{mm}$ ) ；	
$M_o$	平面外力矩 ( $\text{N}\cdot\text{mm}$ ) ；	
$M_t$	扭矩 ( $\text{N}\cdot\text{mm}$ ) ；	
$N_c$	第 4~9 项中的三通主管端相邻的法兰或者其它刚性件的数量 (1 或 2) ；	
$R$	所连接管道的平均半径，由 $(D_o-T)/2$ 计算而得 (mm) ；	
$r$	所连接支管的平均半径，由 $(d_o-t)/2$ 计算而得 (mm) ；	
$r'$	主管脚标,对应图 E.0.1(a)中主管端 ；	
$R_f$	焊接弯头或弯管的弯曲半径 (mm) ；	
$r_2$	第 10 项简图中异径管大小端过渡半径或图 E.0.4 中支管补强部位过渡半径 (mm) ；	
$r_i$	图 E.0.4 中支管内径 (mm) ；	
$r_s$	在主管和支管轴线的平面内，外轮廓转角处的曲率半径 (mm) ；	
$r_p$	第 9 项简图及图 E.0.4 中到管件外边缘的半径 (mm) ；	
$s$	斜接弯管斜接段中心线处的间距 (mm) ；	
$T$	第 1 项简图中所连接管道的名义壁厚或管件的平均壁厚 (mm) ；第 2、3 项简图中斜接弯头管道的名义壁厚 (mm) ；第 4、7 项简图中三通连接主管的名义壁厚 (mm) ；第 5、6、8、9 项简图中三通主管的名义壁厚 (mm) ；第 11~14 项简图中焊接接头管道的名义壁厚 (mm) ；	
$t$	所连接支管的名义壁厚 (mm) ；	
$t'$	注 17 用到的针对图 E.0.4(a)、(b)、(c)的有效支管壁厚 (mm) ；	
$T_1$	异径管大端所连接管道的名义壁厚 (mm) ；	
$T_2$	异径管小端所连接管道的名义壁厚 (mm) ；	
$T_c$	三通圆角部 (主管与支管相交处) 厚度 (mm) ；	
$t_n$	图 E.0.4(a)、(b)中支管局部厚度 (mm) ；	

名称	计算公式	简图
----	------	----

- $y$ ——图 E.0.4(c)中支管台补强部位的长度 (mm) ;  
 $\alpha$ ——异径管锥角 (°) ;  
 $\delta$ ——对接焊口的错边量 (mm) ;  
 $\theta$ ——斜接弯管一条焊缝方向改变的角度的一半 (°) ;  
 $\theta_n$ ——图 E.0.4(c)中支管补强部位过渡角度 (°) ;  
 $\theta_{ib}$ ——支管平面内转角 (°) ;  
 $\theta_{ob}$ ——支管平面外转角 (°) ;  
 $\theta_{ib}$ ——支管扭转角 (°) ;  
 $\theta_{ir}$ ——主管平面内转角 (°) ;  
 $\theta_{or}$ ——主管平面外转角 (°) ;  
 $\theta_{ir}$ ——主管扭转角 (°) ;

9 对于弯管和弯头, 应力增大系数和柔性系数应用于其有效弧长, 即第 1~3 项简图中的粗中心线所示, 可从表 E.0.1 中公式计算出尺寸系数  $h$  值后, 从图 E.0.2 直接查取。

10 对于第 4~9 项三通, 如图 E.0.1(a)和图 E.0.6 所示, 对主管端, 应力增大系数应用于交叉点, 对支管端, 应力增大系数应用位置符合下列规定:

- 当  $d_o/D_o > 0.5$  时, 交叉点;
- 当  $d_o/D_o \leq 0.5$  时, 支管中心线与主管的外表面的交点;

对所有  $d_o/D_o$ , 第 4~9 项三通的柔性系数按图 E.0.1(a)和图 E.0.6 所示使用。

11 当法兰装在一端或两端时, 表中的应力增大系数和柔性系数应使用修正系数  $C_f$  进行校正。  $C_f$  值根据表 E.0.1 中公式计算出尺寸系数  $h$  值后从图 E.0.3 查取。

12 当弯头为  $90^\circ$  且弯头壁厚等于相连管道的壁厚, 柔性系数  $k_i$  和  $k_o$  按  $1.3/h$  计算, 同时用图 E.0.3 中的相应修正系数  $C_f$  进行校正。

13 对于直径大、管壁薄的弯头或弯管, 内压对柔性系数和应力增大系数有显著影响, 表中的值修正如下:

$$k/[1 + 6 \left(\frac{P}{E}\right) \left(\frac{r_2}{T}\right)^{\frac{7}{3}} \left(\frac{R_1}{r_2}\right)^{\frac{1}{3}}]$$

$$i/[1 + 3.25 \left(\frac{P}{E}\right) \left(\frac{r_2}{T}\right)^{\frac{5}{2}} \left(\frac{R_1}{r_2}\right)^{\frac{2}{3}}]$$

式中,

- $P$ ——设计压力 (MPa) ;  
 $E$ ——弹性模量 (MPa) 。

14 含一个斜接点的情形。

15 若  $r_s \geq (1/8)(d_o)$  且  $T \geq 1.5T$ , 柔性系数和应力增大系数可除以 1.26。

16 满足以下条件时柔性系数和应力增大系数才能应用:

名称	计算公式	简图
----	------	----

- a) 除另有说明, 支管轴线与主管外表面垂直, 误差在 5°以内;
- b)  $R/T \leq 50$ ;
- c)  $d/D \leq 1$ ;
- d)  $r/t \leq 50$ ;
- e) 连接主管的壁厚和直径在支管中心线两侧至少保持两个主管直径;
- f) 对于第 4、7、8 项,  $t/T \leq 1.2$  且  $T_c/T > 1.1$ ;

当表 E.0.2 中柔性系数小于或等于 1.0, 与柔性系数相关的刚度应为刚性。当第 4~9 项中的三通主管一端或者两端与法兰或者其它刚性件相邻时, 柔性系数  $k_{ib}, k_{ob}$ , 及  $k_{tb}$  应乘以表 E.0.3 中的系数  $c$ , 主管端与法兰或者其它刚性件相邻, 指的是支管与法兰或刚性件间主管的直管段长度小于  $0.1D^{1.4}/T^{0.4}$ 。第 4、5、7、8、9 项中的应力增大系数  $i_{ib}, i_{ob}, i_{tb}, i_{ir}, i_{or}, i_{tr}$  和柔性系数  $k_{ib}, k_{ob}, k_{tb}, k_{ir}, k_{or}, k_{tr}$  不应大于相应第 6 项及图 E.0.4 (d) 采用所连接主管和支管的尺寸及  $r_2 = 0$  计算得出的应力增大系数和柔性系数。第 5、6、7、8、9 项中的应力增大系数  $i_{ib}, i_{ob}, i_{tb}, i_{ir}, i_{or}, i_{tr}$  和柔性系数  $k_{ib}, k_{ob}, k_{tb}, k_{ir}, k_{or}, k_{tr}$  不应小于相应第 4 项采用  $T_c = 1.1T$  计算得出的应力增大系数和柔性系数。

第 4~9 项中若  $i_{ob} < i_{ib}$ , 则  $i_{ob} = i_{ib}$ ; 若  $i_{ir} < i_{or}$ , 则  $i_{ir} = i_{or}$ 。当支管轴线与主管轴线在同一平面内且垂直于主管外表面 45°以内、同时满足  $D/T < 50$  及  $d/D \leq 0.6$  时, 第 5、6、8、9 项中的应力增大系数  $i_{ib}, i_{ob}, i_{ir}, i_{or}$ , 及  $i_{tr}$  可直接使用; 在缺少更多可用数据时,  $i_{tb}$  可按  $i_{ob}$  取值。当第 4 项中  $t/T \leq 0.85$ ,  $d/D < 1$ , 且  $D/T \geq 25$  时, 应力增大系数  $i_{ob}$  应乘以  $[0.75(t/T) - 0.89(t/T)^2 + 0.18](D/T)^{0.34}$  或 1.0 的较大值。

当第 5 项中  $t/T \leq 0.85$ ,  $d/D < 1$ , 且  $D/T \geq 25$  时, 应力增大系数  $i_{ob}$  应乘以  $[1.07(t/T) - 1.08(t/T)^2 + 0.026](D/T)^{0.34}$  或 1.0 的较大值。

设计者应满足支管连接端压力等级大于或等于相连的主管。支管连接端应力增大系数应使用所连接管道的截面模量。截面模量按下列公式计算:

a) 对主管

$$Z = \left( \frac{\pi}{32} \right) \left( \frac{D_o^4 - D_i^4}{D_o} \right);$$

b) 对支管

$$Z_b = \left( \frac{\pi}{32} \right) \left( \frac{d_o^4 - d_i^4}{d_o} \right)$$

17 几何形状符合图 E.0.4, 当外径  $r_2$  已知且  $r_2$  不小于  $T/2$ ,  $t/2$ ,  $(r_p - r_i)/2$ , 或  $(t + y)/2$  中的最小值时, 主管端和支管端平面内、平面外和扭转应力增大系数可用公式计算值乘以 0.7。对于图 E.0.4(a)、(b)、(c)还应执行以下规定:

- a) 在计算柔性系数和应力增大系数时, 应使用  $t'/T$  和  $d'/D$  分别代替  $t/T$  和  $d/D$ ;
- b) 应力增大系数  $i_{ib}, i_{ob}, i_{tb}$  和柔性系数  $k_{ib}, k_{ob}, k_{tb}$  还应乘以  $(t/t')(d/d')^2$ ;
- c) 对于图 E.0.4(a)、(b),  $t'$  计算符合下列规定:

$$\text{当 } L_1 \geq 0.5(2rt_n)^{1/2} \text{ 时 } t' = t_n;$$

$$\text{当 } L_1 < 0.5(2rt_n)^{1/2} \text{ 时 } t' = t;$$

对于图 E.0.4(c),  $t'$  计算符合下列规定:

$$\text{当 } \theta_n \leq 30^\circ \text{ 时 } t' = t + (2/3)y;$$

名称	计算公式	简图
----	------	----

当  $\theta_n > 30^\circ$  时  $t' = t + 0.385L_1$  ;

d) 由下式计算  $d'$  :

$$d' = d - t + t'$$

e) 应力增大系数  $i_{ib}$ ,  $i_{ob}$ ,  $i_{ir}$  和  $i_{ir}$  不应小于 1.5。

18 若  $r_x$  未知, 则  $r_x = 0.05d_o$  ; 若  $r_x/r > 1$  则  $r_x/r = 1$ 。

19 若  $r/r_p$  不可得, 则  $r/r_p = 0.85$ 。若  $r/r_p < 0.6$ , 则  $r/r_p = 0.6$ 。对于等径 (size-on-size) 支管台, 当  $D/T < 40$ ,  $i_{ob}$  可乘以 0.75。若焊脚高度及管件实际尺寸已知,  $r_p$  可以取沿主管外表面在纵向平面内从支管中心线到支管台角焊缝趾部的距离; 当  $d/D > 0.8$ , 支管台几何尺寸因制造商而差异显著, 可能时应从制造商处获得更多数据;  $D/T < 40$  的试验结果不能推广到  $D/T > 40$  的支管台。

20 满足以下条件时, 柔性系数和应力增大系数才可以应用:

- $5^\circ < \alpha < 60^\circ$  ;
- $5 < D_2/T_2 < 80$  ;
- 整个异径管壁厚不小于  $T_1$ , 小端圆柱部分除外, 但其壁厚不应小于  $T_2$  ;
- $0.08 < r_2/D_2 < 0.7$  ;
- $1 < T_1/T_2 < 2.12$  ;
- 若  $L_2 < (D_2 T_2)^{0.5}$ , 应力增大系数应乘以  $[2 - L_2/(D_2 T_2)^{0.5}]$ 。

最大应力增大系数不能大于 2.0, 但也不能小于 1.0。对于  $D_2/T_2 \leq 55$  的异径管, 可以模拟为异径管中间的直径和壁厚, 为从  $D_2, T_2$  到  $D_1, T_1$  的渐变值, 或其它更适用的几何形状。对于  $D_2/T_2 > 55$  的异径管, 在搭建梁模型时应考虑增加一定柔性, 以更准确地表示异径管的刚度; 对于偏心异径管, 第 10 项简图中所示的尺寸均取在  $\alpha$  最大的圆周位置。若  $r_2$  未知, 则  $r_2 = 0.1D_1$  ; 若  $L_2$  未知, 则  $L_2 = 0.1D_2$  ; 若  $\alpha$  未知, 则  $\alpha$  取  $60(D_1/D_2 - 1)$  或  $60$  ;

21 应力增大系数适用于壁厚在  $0.875T$  和  $1.10T$  之间, 轴向距离为  $(D_o T)^{1/2}$  的环向对接焊口,  $D_o$  和  $T$  分别为公称外径和公称壁厚,  $\delta_{avg}$  是错变量的平均值。

22 承插焊法兰或管件的填角焊接头的应力增大系数基于以下规定:

- 承插管件和管子符合 GB/T 12459, 或大于 DN50 的承插管件、法兰及其它管件满足相应标准的制造要求;
- 焊接满足第 13 项简图中的要求;
- 管道壁厚大于 SCH40 或 STD 中的小值;

d) 焊接尺寸  $C_x$  满足相应规范的要求; 对于壁厚小于 SCH40 或 STD 中的小值的管道, 除另有说明外, 所有方向的应力增大系数应等于 2.1; 角焊缝采用图 E.0.5(b)和(d)所示的凹面角焊缝且焊缝趾部无咬边平滑过渡, 可提高焊缝的抗疲劳性能。对于大直径承插焊法兰或平焊法兰, 焊角小于相应规范的要求时, 可能会产生应力增大系数未计及到的应力。

## 附录 F 室外地下管道与铁路、道路及建筑物间的距离

表 F.1 室外地下管道与铁路、道路及建筑物等设施的最小水平净距(m)

输送的 流体及状态		建、构筑物基础外缘		铁 路 轨外侧	道 路 边 缘	围墙基础 外 侧	电 杆 柱 中 心		
		有地下室	无地下室				通信	电力	高压电
B类液体		6	4	4.5	1	1	1.2	1.5	2
B类 气体	$P \leq 0.005$	2	1	3	0.6	0.6	0.6	1.5	2
	$0.005 < P \leq 0.2$	2.5	1.5	3.5	0.6	0.6	0.6		
	$0.2 < P \leq 0.4$	3	2	4	0.8	0.6	0.6		
	$0.4 < P \leq 0.8$	5	4	4.5	1	1	1		
	$P > 0.8$	7	6	5	1	1	1.5		
氧 气	$P \leq 1.6$	3	2.5	2.5	0.8	1	0.8	1.5	2
	$P > 1.6$	5	3						

输送的 流体及状态		建、构筑物基础外缘		铁 路 轨外侧	道 路 边 缘	围墙基础 外 侧	电 杆 柱 中 心			
		有地下室	无地下室				通信	电力	高压电	
C、D 类 流 体	热力管	1.5~3(见注4)		3	0.8~1	1	0.8	1	1.5	
	液体	3		3~4	0.8~1	1	0.8~1.2	1	2	
	气 体	$P \leq 0.25$	1.5		2	0.6	0.6	0.6	1	1.5
		$0.25 < P \leq 0.6$	1.5		2	0.6	0.6	0.6		
		$0.6 < P \leq 1.0$	2		2	0.6	0.6	0.6		
		$1.0 < P \leq 1.6$	2.5		2.5	0.8	0.8	1		
		$P > 1.6$	3		2.5	0.8	0.8	1		

注：①除注明者外，表列净距应自管(沟)壁或防护设施的外缘算起。

②管道低于基础时，除满足表列净距外，还应不小于管道埋设深度与基础深度之差，并应根据土壤条件确定净距。

③ $P$  为设计压力(MPa)。

④按 C、D 类气体的设计压力决定净距。

⑤当铁路和道路是路堤或路堑时，其与管线之间的水平净距应由路堤坡脚或路堑坡顶算起；有边沟和天沟时，应从沟的外缘算起。并应符合现行国家标准《工业企业总平面设计规范》GB 50187 的规定。

## 附录 G 管道热处理的规定

### G.1 管子弯曲后的热处理

G.1.1 钢管弯曲后的热处理除本附录的规定外，还应符合现行国家标准《工业金属管道工程施工规范》GB 50235 的规定。

G.1.1A 铬钼合金钢、马氏体不锈钢材质的管子热弯和管件热成型后均应进行热处理。设计温度大于 538℃或小于-104℃的奥氏体材质管子热弯和管件热成型后应进行固溶处理。

G.1.2 管子冷弯和管件冷成型后，存在下述任何一种情况均应进行热处理：

- 1 碳素钢和含铬、钼的合金钢管但不包括奥氏体不锈钢管的弯制，其最大计算纤维伸长率超过该管子标准所规定的最小延伸率的 50%时；
- 2 需要进行冲击试验的材料，弯管的最大计算纤维伸长率超过 5%时。
- 3 设计文件有规定时。

G.1.3 最大计算纤维伸长率 $\delta$ 的计算。

- 1 管子弯制，采用式(G.1.3-1)计算。

$$\delta = \frac{D_o}{2R} \times 100\% \quad (\text{G.1.3-1})$$

- 2 以板卷成的圆筒或管子，采用式(G.1.3-2)计算。

$$\delta = \frac{T_m}{2R_T} \times 100\% \quad (\text{G.1.3-2})$$

- 3 以板制成的球形或蝶形封头，采用式 (G.1.3-3) 计算。

$$\delta = \frac{3T_m}{4R_T} \times 100\% \quad (\text{G.1.3-3})$$

式中：  
 $D_o$  —— 管子外径 (mm)；  
 $R$  —— 成型圆弧弯管中心线的曲率半径(mm)；  
 $R_T$  —— 成型后最小曲率半径（厚度中心线处(mm)；  
 $T_m$  —— 板材名义厚度(mm)。

G.1.4 黑色金属冷弯和冷成型系指在低于转变温度范围以下进行；热弯和热成型系指在高于转变温度范围以上进行。

## G.2 焊后需热处理的管道厚度

G.2.1 管道焊前预热和焊后需要热处理的厚度及要求，除按本规范的规定外，还应符合现行国家标准《工业金属管道工程施工规范》GB50235 和《现场设备、工业管道焊接工程施工规范》GB50236 的规定。

G.2.2 含碳量高于 0.15%的铬钼合金钢，任意厚度均宜进行焊后热处理。

G.2.3 当管子或管件采用焊接连接时，推荐的预热和热处理要求所采用的厚度，应是连接接头处的较厚的壁厚，但下列情况除外：

1 对于支管连接的情况，不论支管是整体补强或补强板或鞍座，在确定是否要热处理时，均不应考虑补强用的金属(不含焊缝)。但在通过支管的任意平面内，当穿过焊缝的厚度超过规定需要热处理的最薄的材料厚度的 2 倍时，即使接头处各组成件的厚度小于此最薄的厚度，仍需进行热处理。本规范第 5.4.4 条，支管连接焊缝的形式(本规范图 5.4.4-1)所示的穿过焊缝的厚度，应按表 G.2.3 计算：

表 G.2.3 支管连接结构的热处理厚度

结构图	穿过焊缝的厚度
本规范图 5.4.4-1(a)	$t_{tn}+t_c$
本规范图 5.4.4-1(b)	$T_{tn}+t_c$
本规范图 5.4.4-1(c)	$t_{tn}+t_c$ 或 $t_r+t_c$ ，取较大值
本规范图 5.4.4-1(d)	$T_{tn}+t_r+t_c$

注：符号意义同本规范第 5.4.4 条。

2 对于平焊（滑套）法兰和承插焊法兰以及公称直径小于或等于 DN50 的管子连接的角焊缝，公称直径小于或等于 DN50 的螺纹接头的密封焊缝以及装在不不论多大管子外表面的非受压件，如吊耳或其他管道支承件等，只要在任一平面内，穿过焊缝的厚度超过规定需要热处理的最薄的材料厚度的 2 倍时，即使接头处个组成件的厚度小于此最薄的厚度，仍需进行热处理。

3 除设计文件或焊接工艺评定中有规定外，下述情况可不需要热处理：

- 1)对于碳素钢材料，角焊缝厚度不大于 16mm，与母材的厚度无关。
- 2)对于铬钼总含量小于 5%的合金钢材料，当角焊缝厚度不大于 13mm 时，如采用了不低于推荐的最低预热温度，且母材规定的最小抗拉强度小于 490MPa 时，不论母材的厚度是多少。
- 3)对于铁素体材料，当焊缝采用奥氏体或镍基填充金属时。



## 附录 H 管道的焊接结构

### H.1 角焊

H.1.1 角焊缝斜边可以是凸形或凹形的，并应符合附录 E 图 E.0.5 的规定。

H.1.2 承插焊管件(法兰除外)与管子的焊接应符合其连接要求(图 H.1.2)的规定。

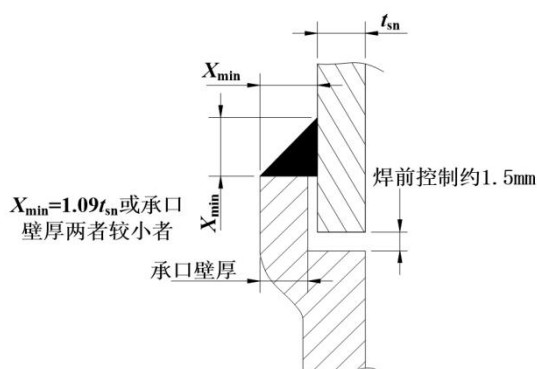


图 H.1.2 承插焊管件连接要求

H.1.3 承插焊法兰与管子的连接应符合下列规定：

1 承插焊法兰的焊缝应符合其连接要求(图 H.1.3)的规定。

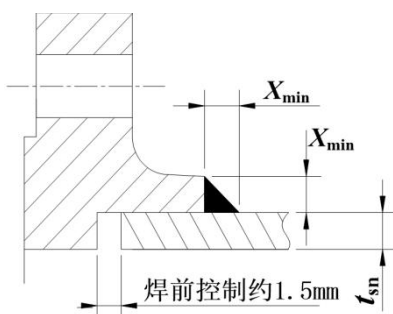


图 H.1.3 承插焊法兰的连接要求

2 尺寸  $X_{min}$  为直管名义厚度  $t_{sn}$  的 1.4 倍或法兰颈部厚度两者中的较小值。

H.1.4 平焊(滑套)法兰与管子的内外侧焊(图 H.1.4)应符合下列规定：

1 尺寸  $X$  为直管名义厚度  $t_{sn}$  或 6mm 中的较小值。

2 尺寸  $X_{min}$  为直管名义厚度  $t_{sn}$  的 1.4 倍或法兰颈部厚度两者中的较小值。

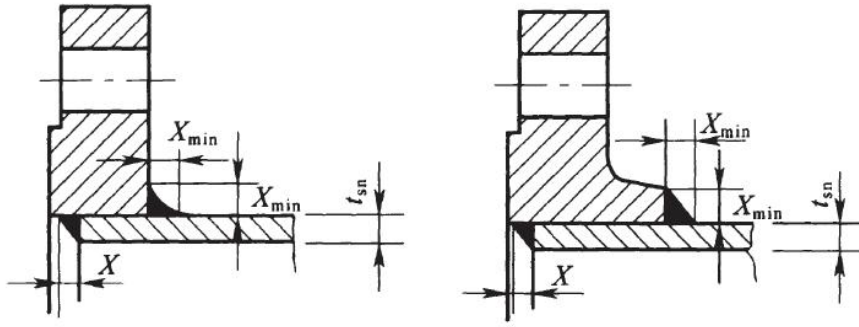


图 H.1.4 平焊(滑套)法兰内侧和外侧焊缝

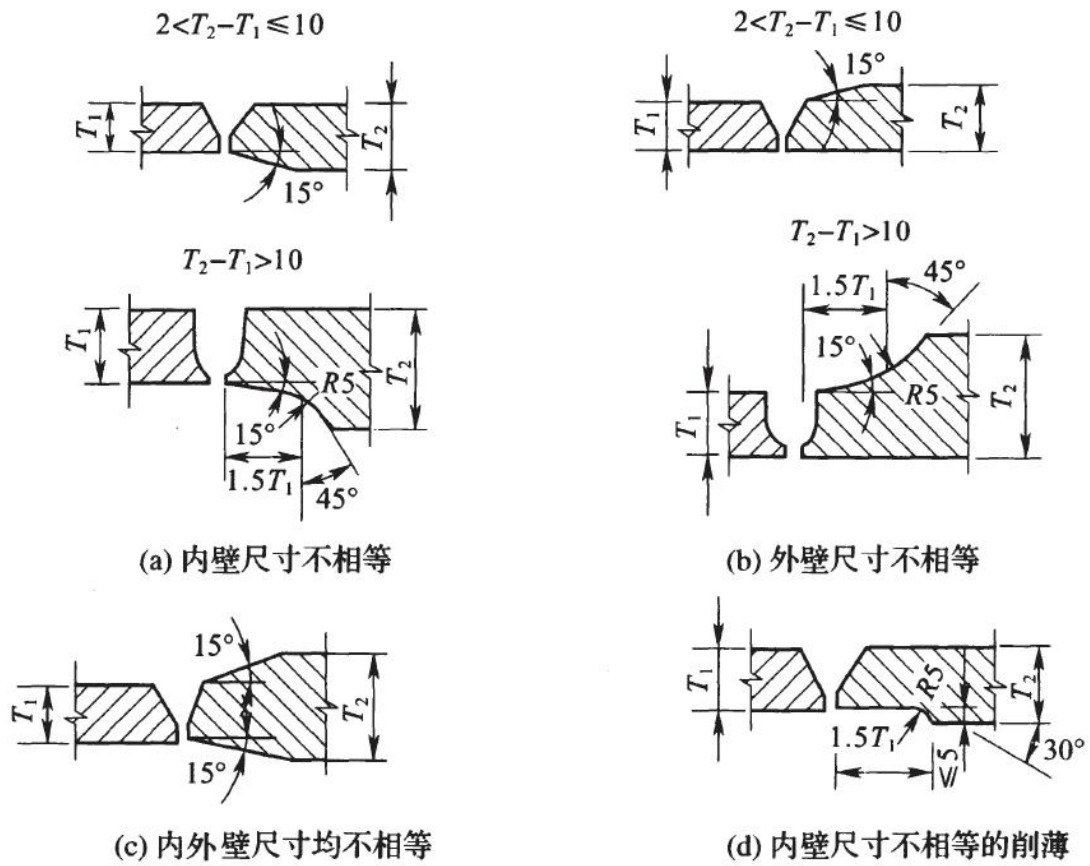
## H.2 对焊

H.2.1 对焊坡口形式及尺寸除了按本规范的规定外，还应符合现行国家标准《现场设备、工业管道焊接工程施工规范》GB 50236 的规定。

H.2.2 不同厚度的管道组成件对焊要求应符合下列规定：

- 1 应符合对焊端部型式(图 H.2.2)的规定。
- 2 用于管件时如受长度条件的限制，图 H.2.2 中  $15^\circ$ 角可改为  $30^\circ$ 角。

H.2.3 热处理温度范围不同的两种材料，不应采用焊接连接。



注：坡口尺寸应符合本规范附录 H 第 H.2.1 条的规定。

图 H.2.2 不同厚度管道组成件的对焊端部型式

## 附录 J 管道的无损检测

### J.1 管道组成件制造的无损检测

J.1.1 管道组成件的无损检测应不低于现行国家标准《工业金属管道工程施工质量验收规范》GB50184 中规定的无损检测要求。下列情况应在设计文件中补充规定：

1 在现行国家标准中指定产品按用户要求协商决定的无损检测项目，且设计需要时；

2 产品标准中采用涡流探伤时，除 D 类流体管道外，还应增加焊缝的 100% 超声波检测。

J.1.2 不属于钢管制造厂生产线制造的钢板卷管（焊接钢管），板材应符合本规范第 4.4.1 条第 3 款的规定。纵向及环向焊缝的无损检测比例应不低于本附录中“管道施工中的无损检测”的规定。

J.1.3 剧烈循环条件或做替代性试验的管道，用焊接钢管时，其焊缝应进行 100% 无损检测。

J.1.4 焊缝的无损检测所指的方法符合 J.2 中的规定。

J.1.5 检测合格标准应符合现行国家标准《工业金属管道工程施工质量验收规范》GB50184 的规定。

### J.2 管道施工中的无损检测

J.2.1 现场管道施工中对于环焊缝、斜接弯管或弯头焊缝及嵌入式支管的对接焊缝应按照表 J.2.1 的要求进行无损检测。工程设计另有不同检测的要求时，应按工程设计文件的规定执行，但不得低于表 J.2.1 的检测要求。

J.2.2 铬钼合金钢材料的焊接接头应在最终热处理完成后进行无损检测。

J.2.3 除注明外，无损检测均指采用射线照相（RT）或超声波检测（UT）。

表 J.2.1 管道施工中的无损检测

无损检测比例	需要检测的管道
100%	(1) 做替代性试验的管道
	(2) 剧烈循环条件
	(3) A1 类流体
	(4) 设计压力大于等于 10MPa 的 B 类及 A2 类流体

无损检测比例	需要检测的管道
	(5) 设计压力大于或等于 4MPa、小于 10MPa，且设计温度高于或等于 400℃ 的 B 类及 A2 类流体
	(6) 设计压力大于或等于 10MPa，设计温度高于或等于 400℃ 的 C 类流体
	(7) 设计温度低于 -20℃ 的所有流体
	(7) A 液氧管道及设计压力大于 4MPa 的氧气管道
	(7) B 材质为钛及钛合金、镍及镍基合金、锆及锆基合金的管道
20%	(7) C 设计压力大于或等于 4MPa、小于 10MPa，设计温度低于 400℃ 的高度危害流体
	(7) D 设计压力小于 4MPa 的高度危害流体
	(7) E 设计压力大于或等于 4MPa、小于 10MPa，设计温度低于 400℃ 的甲、乙类可燃气体和甲类可燃液体
	(7) F 设计压力大于或等于 4MPa、小于 10MPa，设计温度高于或等于 400℃ 的 C 类流体
	(7) G 设计压力大于或等于 10MPa，设计温度低于 400℃ 的 C 类流体
	(7) H 材质为铬钼合金钢、双相不锈钢、铝及铝合金的管道
10%	(8) 设计压力大于或等于 4MPa、小于 10MPa，设计温度低于 400℃ 的 A2 类流体（高度危害类流体除外）
	(8) A 设计压力小于 4MPa 的甲、乙类可燃气体和甲类可燃液体
	(8) B 设计压力大于或等于 4MPa、小于 10MPa，设计温度低于 400℃ 的乙、丙类可燃液体
	(8) C 设计压力大于或等于 4MPa、小于 10MPa，设计温度低于 400℃ 的 C 类流体
	(8) D 设计压力大于或等于 1MPa、小于 4MPa，设计温度高于或等于 400℃ 的 C 类流体
	(8) E 设计压力大于等于 1MPa、小于等于 4MPa 的氧气管道
5%	(9) 除上述 100%、20%、10% 的检测及 D 类流体以外的管道
不作无损检测	(10) 所有 D 类流体管道

注：1.对于 D 类流体管道，要求进行抽查时，应在设计文件中规定，抽查不合格应修复，但不要求加倍抽查。

2.夹套内管的所有焊缝在夹套以内时应经 100%无损检测。

3.甲、乙类可燃气体及甲、乙、丙类可燃液体的分类按现行国家标准《石油化工企业设计防火规范》GB 50160。

J.2.3 检测合格标准应符合现行国家标准《工业金属管道工程施工质量验收规范》GB50184 的规定。当采用射线、超声等方法进行组合无损检测时，质量要求和合格级别按照各自执行的标准确定，并且均应合格。

J.2.4 本附录表 J.2.1 中 100%无损检测的管道，其承插焊焊缝及支管连接的焊缝可采用磁粉或液体渗透法检测，或按工程设计文件的规定进行检测。

J.2.5 局部无损检测的焊缝选择应保证每一个焊工焊接的焊缝都按比例进行检测。

J.2.6 施工工地制造的管道组成件应符合本附录第 J.1.2 条的规定。

J.2.7 对于制造厂生产的制品，需要现场抽查时，应在工程设计文件中指定。

## 附录 M 金属波纹膨胀节的设计、制造和安装

### M.1 对管道设计者的要求

M.1.1 设计者应提供金属波纹膨胀节的设计工况及对设置膨胀节的管道的设计要求，并结合合金元素的含量、制造方法和最终热处理条件来确定材料产生应力腐蚀裂纹的敏感性。

M.1.2 除膨胀节中流动介质的性能外，设计者还应考虑其外部环境和由于波纹管在低温下操作，可能在其外壁产生冷凝或结冰的工况。

M.1.3 宜给出波纹管的单层最小厚度。

M.1.4 应确认膨胀节检修维护的可达性。

M.1.5 需要从膨胀节制造商处获得的数据应至少包括下列内容：

- 1 波纹管的有效面积；
- 2 横向、轴向和角向刚度；
- 3 特定设计条件下的设计疲劳寿命；
- 4 安装长度和重量；
- 5 在管道上附加支撑或约束的要求；
- 6 质量证明文件；
- 7 试验压力；
- 8 设计计算书；
- 9 总装配图。

M.1.6 管道设计提出的膨胀节设计条件应包括以下内容：

1 膨胀节正常操作状态下的压力、温度以及可能出现的压力、温度的波动上、下限。若给出的膨胀节组件设计温度（不是介质温度），则该温度应通过适当的换热计算方法或试验方法来核实，或通过对在同样条件下服役的相同设备的测量来获得。

2 操作期内同时作用的压力、温度、所施加的端点位移、膨胀节本身的热膨胀所对应的循环数。由短时工况引起的循环数（如开车、停车和非正常操作）应单独说明，并应叠加累积疲劳效应。

3 可能承受的动力荷载（如风荷载、地震荷载、热冲击、振动等）和重力荷

载（如绝热材料、雪、冰等产生的重力荷载）。

4 同设计要求相关的流体介质特性，如业主指定的介质类型、流体速率和方向、内部衬里等。

5 影响膨胀节设计的其它条件，如保护罩的使用、内、外隔热层、限位装置、其它约束、膨胀节上的外加接管（如排气和排液管）等。

**M.1.7 管道设计应符合下列规定：**

1 在进行管道布置、固定点位置和管架设计时，应避免膨胀节承受过量或非预期的变形和作用力。

2 膨胀节不宜承受扭转荷载，当扭转不可避免时，应给出具体的扭矩值，以便膨胀节设计时对受力结构件进行加强。

**M.1.8 无约束型膨胀节的管架设计应满足以下要求：**

1 管道上的固定和导向支架应能承受膨胀节的内压推力及柱失稳（由于管内流体压力）产生的荷载。

2 管道上的主固定架应能承受 M.1.8 第 4 款所列的力和力矩以及压力所产生的推力，该推力等于膨胀节上承受轴向压力的波纹管的有效面积乘上最大工作压力。膨胀节上承受轴向压力的波纹管的有效面积应由制造商提供。当无资料时，该面积可根据波纹的中径计算而得。

3 对于在耐压试验时无附加约束的膨胀节，若试验期间由试验压力所产生的推力比正常操作时的推力大，主固定架应能承受由试验压力所产生的推力。

4 中间固定架应能承受下列的力和力矩：

- 1)约束膨胀节发生压缩、伸长、偏移或转动（由计算得到的位移、转角产生）时所需要的力或力矩；
- 2)管道在最大伸缩位置间移动时，其支承上所产生的静摩擦力（计算位移是基于固定架和膨胀节之间的管道长度）；
- 3)流动介质所产生的操作荷载和瞬时动态荷载；
- 4)其它的管道力和力矩。

**M.1.9 约束型膨胀节的管道设计时，管道上的固定支架、导向支架及设备管口应能承受 M.1.8 第 4 款所列的力和力矩。**



## M.2 对膨胀节制造商的要求

M.2.1 膨胀节制造商应根据本规范及工程设计要求进行膨胀节的详细设计以及整个膨胀节部件的制造和检验等，包括下列内容：

1 膨胀节装配件所包括的管子、法兰、管件、连接件、波纹管、管道的支承件或约束件等；

2 对膨胀节需外加的支承件和约束件及其设计数据；

3 与膨胀节一起提供，而与介质不接触的零部件的设计数据。

M.2.2 膨胀节制造商应向管道设计者提供膨胀节的性能参数，如膨胀节的刚度、重量等。

M.2.3 膨胀节制造商应随产品附安装使用说明书。

M.2.4 膨胀节的设计应符合下列规定：

1 膨胀节的设计计算应符合 GB/T 12777 的规定。

2 在失稳压力下的安全系数不小于 2.25，在极限断裂压力下的安全系数不小于 3.00。

3 按标准 GB/T 12777 计算膨胀节的应力时，应采用本规范第 3.2.3 条规定的材料许用应力值来判定所设计的膨胀节的强度。同时，应采用本规范附录 B 所规定的弹性模量值计算膨胀节的刚度和补偿量。

4 约束压力推力的结构件材料亦应符合本规范第 4 章的相关规定。

5 由设计压力在波纹管、波纹管直边段和加强环中产生的周向薄膜应力及在波纹管中产生的子午向薄膜应力（包括紧固件中的拉应力）应不超过本规范附录 A 中给出的设计温度下的许用应力。非表列材料的许用应力值按本规范之 3.2.3 条的规定来确定。

6 成型后固溶的非加强型波纹管，在波纹管的子午向薄膜应力与弯曲应力之和应不超过本规范附录 A 给出的设计温度下的许用应力的 1.5 倍。

7 自约束型膨胀节的约束件（如拉杆、铰链、销轴等）和约束于管子或法兰的连接件的应力应计算，其拉伸应力、压缩应力、挤压应力和剪切应力应不超过本规范第 3.2.3 条所述的许用应力值。约束件附着在管道上的情况，局部应力可使用 JB 4732 的准则进行评定。

8 管段、管件和法兰的压力设计应符合本规范第 5 章和第 6 章的要求。

9 疲劳寿命计算应考虑所有的设计循环工况，并应给出设计疲劳寿命的计算报告。

10 波纹管元件的操作温度在蠕变范围内时，应考虑蠕变--疲劳相互作用的有害影响。

M.2.5 膨胀节的焊接应满足以下要求：

1 应由取得资格的合格焊工使用已评定合格的焊接工艺进行焊接操作。焊接工艺评定应符合 NB/T47014 的要求；

2 波纹管上的纵向焊缝必须为全焊透焊缝。在波纹管成形前，焊缝厚度应不小于波纹管材料名义厚度的 1.0 倍，且不大于 1.1 倍；

3 全角焊缝可用作波纹管元件与相邻管道组件的主焊缝；

4 制造波纹管的管坯纵焊缝不得使用搭接焊；

5 当波纹管与管道组件直接焊接，且管道组件材料组别是 Fe-4、Fe-5A、Fe-5B(见 NB/T47015)时，该焊缝应按本规范第 11 章及附录 G 的规定进行热处理，不允许使用其免除热处理的规定。恒温时间由管道组件的厚度确定。焊缝的检测应在热处理后进行。热处理可能影响波纹管的承压能力、力学性能和耐腐蚀性能，如果确认热处理对波纹管的性能有害，波纹管就不应直接与管道组件焊接。在这种情况下，管道组件的焊缝坡口边应使用适当的填充金属进行隔离层堆焊，并按本规范第 11 章及附录 G 进行热处理，然后再与波纹管焊接。

M.2.6 膨胀节的焊接质量检验最低应满足以下要求：

1 焊缝检验应符合本规范第 11 章及附录 J 的要求；

2 在波纹管成形前，纵焊缝应进行 100%射线探伤。如波纹管单层管坯名义厚度小于或等于 2.0mm，采用单面焊，可在内、外表面进行渗透探伤代替。波纹管的纵向焊接接头质量系数取 1.0；

3 对于标准中规定的断后伸长率低于 35%的材料，波纹管成形后，可及的内、外表面焊缝均应进行渗透探伤。

4 波纹管与管道连接的环焊缝等应进行 100%渗透探伤；

5 射线探伤的评片应符合本规范对纵缝的要求。渗透探伤的评定标准是：波纹管管坯厚度小于 2mm 的焊接接头合格等级应不低于 NB/T47013.2-2015 规定的 I 级；波纹管管坯厚度不小于 2mm 的焊接接头合格等级应不低于

NB/T47013.2-2015 规定的 II 级。

M.2.7 膨胀节的压力试验应满足以下要求：

1 制造商应按本规范第 11 章的规定对每一个膨胀节进行压力试验，试验压力应按 GB50235 中 8.6.4 和 8.6.5 确定，式（8.6.4）中的 $[\sigma]_T$ 、 $[\sigma]_t$ 宜按膨胀节所在管道的管道材料选取，试验压力至少应保持 10 分钟；

2 约束型膨胀节，在压力试验时，不应提供外加的轴向约束。如有必要，可施加模拟管道刚度的暂时约束；

3 在压力试验时，除了要检查气密性和结构总体强度之外，还应在压力试验前，压力试验时和压力试验后，确认没有波纹管失稳的现象。在进行内压的压力试验时，波纹管会发生变形，从最初的对称的波纹管变形到波纹管之间不平行或波纹管波距不一致，如果出现以下情况，这时就认为波纹管已经失稳：

1)对于无加强的膨胀节，最大的波距与加压前的波距之比大于 1.15；

2)对于有加强的膨胀节，最大的波距与加压前的波距之比大于 1.20。

对气密性和变形的检测应在 100%试验压力达到后、不低于 2/3 试验压力下  
进行。

4 对于失稳的检查应在最大试验压力时进行。气密性检查应在 100%试验压力到达之后且不小于三分之二试验压力下进行。气压试验应遵照 GB50235-2010 第 8.6.5 的规定。

### M.3 膨胀节的安装

M.3.1 膨胀节安装时应使导流标志方向与介质流向一致。

M.3.2 不得利用膨胀节的变形来调整或弥补管道的安装偏差。

M.3.3 安装时应避免波纹管产生划痕、焊弧、焊接飞溅或凹陷等缺陷。

M.3.4 膨胀节吊装时，不得将任何提升装置直接作用在波纹管或波纹管的外保护罩上，在吊装过程中，应避免波纹管和法兰密封面受到机械损伤。

M.3.5 所有导向支架和固定支架未正确安装完毕之前，不应进行水压试验或对其抽真空。

M.3.6 管道的固定支架安装完毕，并且管道得到正确的支承和导向，膨胀节上的运输固定装置应拆除，使膨胀节在以后的过程中随环境温度的变化进行补偿。

M.3.7 膨胀节安装除了上述要求外，还应满足制造商的安装说明书的要求。

## 附录 N 压力面积法补强计算

N.0.1 整体成型三通补强计算应符合下列规定：

1 承压面积和承载面积(图 N.0.1)应按式(N.0.1-1)和(N.0.1-2)求出：

$$L_4 = \sqrt{(d_o - t_e)t_e} \quad (\text{N.0.1-1})$$

$$L_6 = \sqrt{(D_o - T_e)T_e} \quad (\text{N.0.1-2})$$

- 式中：
- $d_o$  —— 三通支管外直径(mm)；
  - $D_o$  —— 三通主管外直径(mm)；
  - $L_4$  —— 三通支管外侧补强范围高度  $L_4 = \sqrt{(d_o - t_e)t_e}$  (mm)；
  - $L_6$  —— 三通主管外侧补强范围宽度  $L_6 = \sqrt{(D_o - T_e)T_e}$  (mm)；
  - $t_e$  —— 支管有效厚度(mm)；
  - $T_e$  —— 主管有效厚度(mm)。

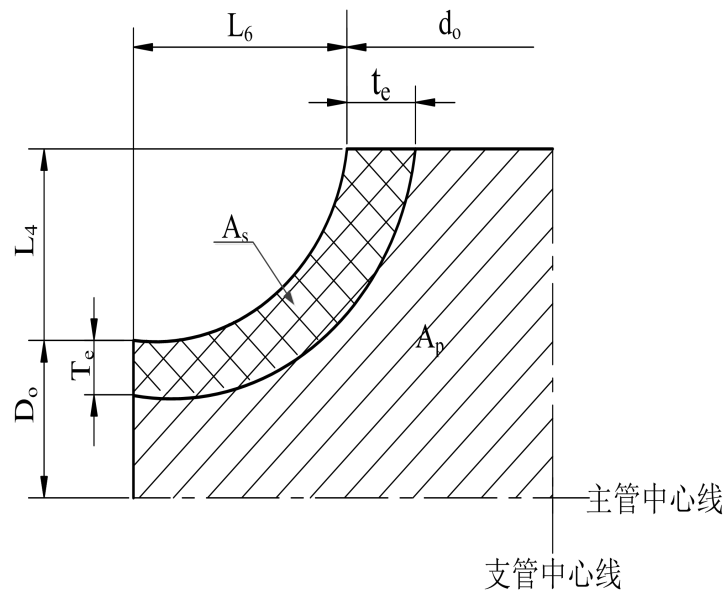


图 N.1.2 三通补强计算示意图

2 强度条件应符合式 (N.0.1)的要求：

$$[\sigma]^t \geq P \left( \frac{A_p}{A_s} + \frac{1}{2} \right) \quad (\text{N.0.1-3})$$

式中：  
 $A_s$  —— 补强范围内三通纵断面上的承载面积(mm<sup>2</sup>)；  
 $A_p$  —— 补强范围内三通纵断面上的承压面积(mm<sup>2</sup>)；  
 $P$  —— 设计压力(MPa)；  
 $[\sigma]^t$  —— 设计温度下三通材料的许用应力(MPa)；

## 附录 P 降低或免除冲击试验的补充条件

P.0.1 在本规范第 4 章中规定了金属材料的使用温度及使用工况。本附录补充了降低材料的不进行冲击试验的最低使用温度的补充条件。

P.0.2 在满足本附录要求的情况下，可降低材料的不进行冲击试验的最低使用温度。

P.0.3 降低材料的不进行冲击试验的最低使用温度，应满足如下条件：

1 对于带有震动冲击或者较大温差的管道系统，所引起的局部应力应小于设计条件下基本许用应力的 10%；

2 不同种材料焊接的管道系统，材料须要进行低温冲击试验才能降低最低使用温度，且应评估不同种材料焊缝附近热变形对于组合应力的影响，评估影响时，应使用设计条件下的弹性模量，且线膨胀差别所引起的局部应力应小于设计条件下基本许用应力的 10%；

3 在超限高温流体环境中，管道不应降低最低允许使用温度；

4 管道不应受到维护操作荷载的影响；

5 在不进行冲击试验情况下，降低最低设计温度之前，设计者应计及环境温度下冷紧或管线不对中所引起的应力。

6 材料在最低使用温度下的许用应力和磅级不应超过表 A-1、表 A-1M、图 323.2.2A 中所要求的最低使用温度下对应的许用应力和磅级

7 在满足以上条款要求时，应力系数不大于 0.3 且设计温度不小于 $-104^{\circ}\text{C}$ 的钢材以及焊缝可以免做冲击试验。

注：应力系数取下列中的最大值：

(1)由压力产生的环向应力（基于无裕量的最小管壁厚）除以该工况下基本许用应力；

(2)对于有额定压力的管道组成件，所考虑工况下的压力除以该工况下的额定压力；

(3)所考虑工况下，由压力、静荷载、活荷载以及位移应变产生的组合应力除以该工况下基本许用应力。计算此组合应力时，管道系统中由上述荷载及位移应变产生的力和力矩应使用名义壁厚，且应力的计算使用式 (23a) ~ (23d)，此时所有的应力指数取 1.0 ( $I_a=I_i I_o=I_t=1.0$ )，此时截面参数基于名义壁厚减去腐蚀裕量、磨蚀裕量及机械制造偏差。

8 对于未经冲击试验认证的碳钢、低合金钢、中合金钢的材料（包含焊缝），且满足以上条款要求时，表 A-1、表 A-1M、图 323.2.2A 中所要求的最低使用温度，应依据图 323.2.2B 降低，但不可低于 $-48^{\circ}\text{C}$ ；对于碳钢、低合金钢、中合金

钢的焊缝按照表 323.2.2 A-3 框中 (b) 中要求应进行冲击测试的, 依据图 323.2.2B 降低, 但不应低于 $-29^{\circ}\text{C}$ ;

9 奥氏体不锈钢材料免除冲击试验应满足如下关于焊接材料和最低设计温度的要求:

- 1) 对于含碳量不大于 0.10% 的奥氏体不锈钢母材且没有填充金属的焊接钢管, 其设计温度不应低于 $-104^{\circ}\text{C}$  ( $-155^{\circ}\text{F}$ );
- 2) 对于含碳量不大于 0.10% 的奥氏体不锈钢, 使用填充金属的焊接钢管, 设计温度不应低于 $-104^{\circ}\text{C}$  ( $-155^{\circ}\text{F}$ );
- 3) 对于含碳量大于 0.10% 的奥氏体不锈钢, 使用填充金属的焊接钢管, 设计温度不应低于 $-48^{\circ}\text{C}$  ( $-55^{\circ}\text{F}$ );



## 本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待，对于要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

## 引用标准名录

- 《职业性接触毒物危害程度分级》 GBZ230
- 《压力容器》 GB 150
- 《石油化工企业设计防火标准》 GB50160
- 《工业金属管道工程施工质量验收规范》 GB50184
- 《工业企业总平面设计规范》 GB50187
- 《建筑设计防火规范》 GB50016
- 《工业金属管道工程施工规范》 GB 50235
- 《现场设备、工业金属管道焊接工程施工规范》 GB50236
- 《制定地方大气污染物排放标准的技术方法》 GB/T 3840
- 《钢制阀门 一般要求》 GB/T 12224
- 《管道支吊架 第1部分:技术规范》 GB/T 17116.1
- 《覆盖奥氏体不锈钢用绝热材料规范》 GB/T 17393
- 《压力管道规范 工业管道 第2部分:材料》 GB/T 20801.2
- 《压力管道规范 工业管道 第3部分:设计和计算》 GB/T 20801.3
- 《金属材料 夏比摆锤冲击试验方法》 GB/T 229
- 《阀门的逸散性试验》 GB/T 26481
- 《不锈钢冷轧板和钢带》 GB/T 3280
- 《金属熔化焊焊接接头射线照相》 GB/T 3323
- 《承压设备无损检测 第2部分:射线检测》 NB/T 47013.2
- 《阀门受压铸钢件射线照相检验》 JB/T 6440
- 《柔性石墨板 技术条件》 JB/T 7758.2
- 《承压设备用碳素钢和合金钢锻件》 NB/T 47008
- 《承压设备用不锈钢和耐热钢锻件》 NB/T 47010
- 《承压设备无损检测》 NB/T47013
- 《承压设备焊接工艺评定》 NB/T 47014
- 《石油化工设备和管道涂料防腐蚀设计规范》 SH/T 3022