



中华人民共和国国家标准

GB/T 20801.1—2020
代替 GB/T 20801.1—2006

压力管道规范 工业管道 第 1 部分：总则

Pressure piping code—Industrial piping—Part 1: General

2020-03-06 发布

2020-10-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 压力管道分级	3
5 基本要求	3
附录 A（规范性附录） 压力管道中介质毒性和易燃性分类	4



前 言

GB/T 20801《压力管道规范 工业管道》分为以下 6 个部分：

- 第 1 部分：总则；
- 第 2 部分：材料；
- 第 3 部分：设计和计算；
- 第 4 部分：制作与安装；
- 第 5 部分：检验与试验；
- 第 6 部分：安全防护。

本部分为 GB/T 20801 的第 1 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分代替 GB/T 20801.1—2006《压力管道规范 工业管道 第 1 部分：总则》，与 GB/T 20801.1—2006 相比，除编辑性修改外主要技术变化如下：

- 根据特种设备目录，修改了标准的适用范围[见 1.3 a)，2006 年版的 1.3.1]；
- 采用排除法，修改了标准的适用范围[见 1.3 b)，2006 年版的 1.3.2]；
- 修改了标准的不适用范围与不包括范围(见 1.4、1.5，2006 年版的 1.4、1.5)；
- 修改了本部分用管道组成件的定义(见 3.5，2006 年版的 3.5)；
- 修改了介质危险性的有关定义(见 3.9、3.10、3.11，2006 年版的 3.10、3.11)；
- 增加了“气体”的有关定义(见 3.12)；
- 根据有关行政许可，修改了压力管道 GC1、GC2、GC3 级的划分(见 4.1、4.2，2006 年版的 4.1、4.2、4.3)；
- 增加了“压力管道中介质毒性和易燃性分类”(见附录 A)。

本部分由全国锅炉压力容器标准化技术委员会(SAC/TC 262)提出并归口。

本部分起草单位：全国化工设备设计技术中心站、国家市场监督管理总局特种设备安全监察局、上海市特种设备监督检验技术研究院。

本部分主要起草人：蔡暖姝、应道宴、徐锋、黄正林、汤晓英。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为：

- GB/T 20801.1—2006。



压力管道规范 工业管道

第 1 部分：总则

1 范围

1.1 GB/T 20801 规定了工业金属压力管道设计、制作、安装、检验、试验和安全防护的基本要求。

1.2 GB/T 20801 的本部分规定了压力管道的适用范围和管道分级等基本要求。

1.3 本部分所指工业金属压力管道(以下简称“压力管道”)包括了工艺装置、辅助装置以及界区内公用工程所属的压力管道。

本部分适用于下列条件的管道：

a) 最高工作压力大于或等于 0.1 MPa(表压),介质为气体、液化气体、蒸汽或可燃、易爆、有毒、有腐蚀性、最高工作温度高于或等于标准沸点的液体,且公称直径大于或等于 50 mm 的压力管道。公称直径小于 150 mm,且其最高工作压力小于 1.6 MPa(表压)的输送无毒、不可燃、无腐蚀性气体的管道和设备本体所属管道除外。

b) 除 1.5 列出以外的压力管道。

1.4 本部分不包括范围如下：

a) 在役压力管道改造、检查、检验、试验、维护和修理等方面的专门要求；

b) 公称压力为 PN420 以上的管道；

c) 非金属管道或其衬里层。

1.5 本部分不适用范围如下：

a) 军事装备和核设施的管道；

b) 石油、天然气、地热等勘探和采掘装置的管道；

c) 移动设备如铁道机车、汽车、船舶、航空航天器等上的压力管道；

d) GA 类长输管道；

e) GB 类公用管道；

f) GCD 类动力管道；

g) 锅炉、压力容器以及加热炉的内部管道以及设备的外接管口；

h) 设计压力低于 0.1 MPa(表压)但不低于大气压的输送无毒、不可燃、无腐蚀性流体的管道。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 20801.2 压力管道规范 工业管道 第 2 部分:材料

GB/T 20801.3 压力管道规范 工业管道 第 3 部分:设计和计算

GB/T 20801.4 压力管道规范 工业管道 第 4 部分:制作与安装

GB/T 20801.5 压力管道规范 工业管道 第 5 部分:检验与试验

GB/T 20801.6 压力管道规范 工业管道 第 6 部分:安全防护

GB 30000(所有部分) 化学品分类和标签规范

GB 50016—2014 建筑设计防火规范

GB 50160—2008 石油化工企业设计防火标准
危险化学品目录(2015 版)

3 术语和定义

GB/T 20801.2、GB/T 20801.3、GB/T 20801.4、GB/T 20801.5 和 GB/T 20801.6 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

管道 **pipng**

由管道组成件装配而成,用于输送、分配、混合、分离、排放、计量或截止流体流动的系统。

注:除管道组成件外,还包括管道支承件,但不包括支承构筑物,如建筑框架、管架、管廊和底座(管墩或基础)等。

3.2

公称压力 **nominal pressure; PN**

由字母 PN 和无因次整数数字组成,代表管道组成件压力等级的参数。

3.3

公称直径 **nominal diameter; DN**

由字母 DN 和无因次整数数字组成,代表管道组成件规格的参数。

3.4

管子 **pipe; tube**

用以输送流体或传递流体压力的密封中空连续体。

3.5

管道组成件 **pipng component**

用于连接或装配成压力密封的管道系统机械元件。

注:包括压力管道元件(管子、管件、阀门、法兰、补偿器、密封元件、特种元件)、安全附件(安全阀、爆破片装置、紧急切断阀),以及诸如紧固件、阻火器、膨胀节、挠性接头、耐压软管、过滤器、管路中的仪表(如孔板)和分离器等。

3.6

管道支承件 **pipe-supporting element**

用于将管道荷载,包括管道的自重、输送流体的重量、由于操作压力和温差所造成的荷载以及振动、风力、地震、雪载、冲击和位移应变引起的荷载等传递到管架结构上去的元件。

注 1:管道支承件分为固定件和结构附件两类。

注 2:固定件包括悬挂式固定件如吊杆、弹簧吊架、斜拉杆、平衡锤、松紧螺栓、支撑杆、链条、导轨和固定架,以及承载式固定件,如鞍座、底座、滚柱、托座和滑动支座等。

注 3:结构附件是指用焊接、螺栓连接或夹紧方法附装在管道上的元件,如吊耳、管吊、卡环、管夹、U 形夹和夹板等。

3.7

管件 **fitting**

管道组成件的一个类别,通常包括弯头、三通、四通、弯管、异径管、管帽、翻边短节和活接头等。

3.8

管架 **pipe support**

用于支承管道的构筑物。

注 1:管道通过支承件将荷重和推力传递到管架上。

注 2:管架由钢结构或钢筋混凝土结构的立柱、横梁或框架所构成,独立固定在基础上,也可固定在设备上或墙上。

注 3:按类型分有独柱式、双柱式和悬臂式等。

3.9

急性毒性 acute toxicity

由一次性接触导致人体死亡的化学品(介质)毒性指标。按其 LD_{50} (经口,经皮)或 LC_{50} (吸入 4 h)的半数致死量进行危害程度的分类,详见附录 A。

3.10

可燃气体 flammable gas

在 20 °C 及 101.3 kPa 标准压力下,与空气混合有一定爆炸(易燃)范围的气体,详见附录 A。

3.11

可燃液体 flammable liquid

具有一定闪点的液体(包括液化烃),按其闪点及沸点高低分类,详见附录 A。

3.12

气体 gas

除 3.10 的定义外,GB/T 20801 范围内涉及的“气体”还包括蒸汽、液化气体、最高工作温度高于或等于标准沸点的液体以及包括气相的两相或多相流体介质。

4 压力管道分级

4.1 1.3 a) 中列出的“压力管道”按其危害程度和安全等级划分为 GC1 级、GC2 级:

a) 符合下列条件之一的压力管道应划分为 GC1 级:

- 1) 输送《危险化学品目录(2015 版)》中规定的毒性程度为急性毒性类别 1 介质、急性毒性类别 2 气体介质和工作温度高于其标准沸点的急性毒性类别 2 液体介质的压力管道。
- 2) 输送 GB 50160—2008、GB 50016—2014 中规定的火灾危险性为甲、乙类可燃气体或甲类可燃液体(包括液化烃),并且设计压力大于或等于 4.0 MPa 的压力管道。
- 3) 输送除前两项介质以外的流体,并且设计压力大于或等于 10.0 MPa,或设计压力大于或等于 4.0 MPa 且设计温度高于或等于 400 °C 的压力管道。

b) 符合下列条件的压力管道(包括制冷管道)应划分为 GC2 级:

介质毒性或易燃性危险和危害程度、设计压力和设计温度低于 4.1 a) 规定(GC1 级)的压力管道。

4.2 1.3 b) 中列出的并且符合下列条件的压力管道应划分为 GC3 级:

输送无毒、不可燃、无腐蚀性液体介质,设计压力小于或等于 1.0 MPa 且设计温度高于 -20 °C 但不高于 185 °C 的压力管道。

注: GC3 级管道不适用于 1.3 a) 中列出的压力管道。

4.3 输送毒性或易燃性危险和危害程度不同的混合介质时,应按附录 A 的规定,由业主或设计确定压力管道等级。

5 基本要求

5.1 压力管道的建造材料应符合 GB/T 20801.2 的规定。

5.2 压力管道的设计和计算应符合 GB/T 20801.3 的规定。

5.3 压力管道的制作与安装应符合 GB/T 20801.4 的规定。

5.4 压力管道的检验与试验应符合 GB/T 20801.5 的规定。

5.5 压力管道的安全防护应符合 GB/T 20801.6 的规定。



附 录 A
(规范性附录)

压力管道中介质毒性和易燃性分类

A.1 一般规定

A.1.1 压力管道中介质的危害和危险程度、分类原则以及定义是以 GB 50160—2008、GB 50016—2014、《危险化学品目录(2015 版)》和 GB 30000 的规定为基础确定的。

A.1.2 介质危害性系指在生产和储存过程中因事故泄漏致使介质与人体接触、发生火灾引起的健康危害和安全危险程度,用介质的毒性及易燃性表示。其危害和危险程度的划分分别按 A.2 和 A.3 的规定确定。

A.1.3 一种化学介质可能存在多种危害和危险种类,应分别按照 GB 30000.2~GB 30000.29 进行评估,确定其危害程度或危险性,以高者为基准。

A.1.4 A.2 和 A.3 列入的危险化学品及其混合物应视为有毒、易燃的危险性介质。

A.2 易燃性

A.2.1 可燃气体

按照 GB 50160—2008 及 GB 50016—2014 的规定,压力管道涉及的可燃气体分类见表 A.1。

表 A.1 可燃气体

名称		类别	判 据
GB 50160—2008	可燃气体	甲	与空气混合物的爆炸下限不大于 10%(体积分数)
		乙	与空气混合物的爆炸下限大于或等于 10%(体积分数)

A.2.2 可燃液体

按照 GB 50160—2008 及 GB 50016—2014 的规定,压力管道涉及的可燃液体分类见表 A.2。

表 A.2 可燃液体

名称		类别	判 据
GB 50160—2008	可燃液体	甲 A(液化烃)	沸点不高于 15 °C 的烃类液体及其他类似液体
		甲 B	甲 A 类以外闪点低于 28 °C 的液体
		乙 A	闪点高于或等于 28 °C 且低于或等于 45 °C 的液体
		乙 B	闪点高于 28 °C 且低于 60 °C 的液体
		丙 A	闪点高于或等于 60 °C 且低于或等于 120 °C 的液体
		丙 B	闪点高于 120 °C 的液体
注:工作温度高于其闪点的乙类可燃液体视为甲 B 类可燃液体。工作温度高于其闪点的丙类可燃液体视为乙类可燃液体。			

A.2.3 其他可燃介质

《危险化学品目录(2015版)》中列入的下列可燃介质应根据其火灾危险性(易燃性)、闪点和介质的状态(气、液、固)视为表 A.1 或表 A.2 规定的甲、乙类可燃气体或甲类可燃液体(包括液化烃):

- a) 气溶胶(类别 1)、氧化性气体(类别 1)、遇水放出易燃气体的物质和混合物(类别 1、2、3);
- b) 易燃固体(类别 1、2)、自燃固体(类别 1)、氧化性固体(类别 1、2、3);
- c) 自燃液体(类别 1)、氧化性液体(类别 1、2、3);
- d) 有机过氧化物(类别 A、B、C、D、E、F)、自反应物质和混合物(类别 A、B、C、D、E)、自热物质和混合物(类别 1、2)。

A.2.4 混合物的易燃性

混合物(介质)的易燃性按相应 GB 30000 的规定进行评估。

A.3 毒性

A.3.1 有毒介质和急性毒性

按照《危险化学品目录(2015版)》和 GB 30000.18 的规定,压力管道涉及的有毒介质应根据其急性毒性进行分类,见表 A.3。

表 A.3 急性毒性类别

接触途径	单位	危害类别 1 (剧毒)	危害类别 2 (有毒)	危害类别 3 (有毒)
经口 LD ₅₀	mg/kg	≤5	≤50	≤300
经皮 LD ₅₀	mg/kg	≤50	≤200	≤1 000
吸入气体 LC ₅₀	mL/L	≤0.1	≤0.5	≤2.5
吸入蒸汽 LC ₅₀	mg/L	≤0.5	≤2.0	≤10
吸入粉尘和烟雾 LC ₅₀	mg/L	≤0.05	≤0.5	≤1.0

注 1: LC₅₀(吸入 4 h, 50%致死浓度): 化学品在空气中或水中造成一组试验动物 50%(一半)死亡的浓度。
注 2: LD₅₀: 一次全部给予造成一组试验动物 50%(一半)死亡的化学品数量。
注 3: 表中的吸入临界值以 4 h 接触试验为基础, 根据 1 h 接触产生的现有吸入毒性数据的换算: 对于气体和蒸汽, 除以因子 2, 对于粉尘和烟雾, 除以因子 4。
注 4: 《危险化学品目录(2015版)》中注明的剧毒介质可视为急性毒性类别 1。

A.3.2 混合物的毒性

混合物(介质)的毒性应按 GB 30000.18 中规定的混合物分类标准进行评估。

1 范围

1.1 GB/T 20801.1-2006 “压力管道规范—工业管道”规定了工业金属压力管道的基本安全要求。

GB/T 20801.1-2006 系“压力管道规范—工业管道”的第1部分，规定了工业金属管道的适用范围和管道分级。

1.2 本规范适用于工艺装置、辅助装置以及界区内公用工程所属的压力管道。

1.3 “压力管道”系指最高工作压力大于或等于 0.1MPa 的气体、液化气体、蒸汽介质或可燃、有毒、有腐蚀性、最高工作温度高于或等于标准沸点的液体介质，且公称直径大于 25mm 的管道。

公称直径小于或等于 25mm、最高工作压力低于 0.1MPa 或真空、不可燃、无毒、无腐蚀性的液体承压管道亦可参照采用本规范，但不属于安全监察范围，且不列入管道分级。

1.4 本规范未考虑对已投入使用的管道进行改造、检查、检验、试验、维护和修理的适用性。

1.5 本规范不适用范围如下：

- a) 公称压力 PN420 以上的管道；
- b) 发生事故时会导致放射性辐射的管道，如核工业装置的管道；
- c) 石油、天然气、地热等勘探和采掘装置的管道；
- d) 钢铁工业冶炼设备的管道；
- e) 电气、电讯的专用管道；
- f) 移动设备上的压力管道如汽车、轮船、飞机等；
- g) 城镇市政公用设施管道；
- h) 油气输送管道和油气田内部集输管道；
- i) 定型设备如泵、压缩机和其它输送或加工流体设备的内部管道以及设备的外接管口；
- j) 采暖通风专业的管道；
- k) 水电站的专用压力管道，如引水管、导水渠等；
- l) 火力发电厂汽水管道路。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本规范的引用而成为本规范的条款。凡是注明年号的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本规范。然而，鼓励根据本规范达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注年号的引用文件，其最新版本适用于本规范。

GBJ16—1987	建筑设计防火规范
GB/T 20801.2—2006	压力管道规范—工业管道 第2部分 材料
GB/T 20801.3—2006	压力管道规范—工业管道 第3部分 设计与计算
GB/T 20801.4—2006	压力管道规范—工业管道 第4部分 制作与安装
GB/T 20801.5—2006	压力管道规范—工业管道 第5部分 检验与试验
GB/T 20801.6—2006	压力管道规范—工业管道 第6部分 安全防护
GB 50160—1992	石油化工企业设计防火规范
HG 20660—2000	压力容器化学介质毒性危害和爆炸危险程度分级

3 术语和定义

3.1 管道 Piping

用以输送、分配、混合、分离、排放、计量或截止流体流动的管道组成件总成。管道除管道组成件外，还包括管道支承件，但不包括支承构筑物，如建筑框架、管架、管廊和底座（管墩或基础）等。

3.2 公称压力 (PN) Nominal Pressure

由字母 PN 和无因次整数数字组合的压力标记，代表管道组成件的压力等级。数字反映管道组成件的压力等级（相当于“bar”）。

注 1：也可采用其他标识压力等级的方法，如 CLASS150 等。

注 2：除非有关标准作出规定，字母 PN 后面的数字不代表测量值。

注 3：管道组成件的允许工作压力取决于管道组成件的 PN 值、材料、设计以及工作温度，可以压力-温度额定值形式给出。

注 4：除 PN 后面的无因次数字代表以“bar”计量的压力外，其他压力、应力、弹性模量等的单位为 MPa。

3.3 公称直径 (DN) Nominal diameter

由字母 DN 和无因次整数数字组合的尺寸标记，代表管道组成件的规格。数字反映管道组成件连接端部的通径（以毫米计）。

注 1：也可采用其他标识尺寸的方法，如 NPS、外径、内径、管螺纹尺寸等。

注 2：字母 DN 后面的数字不代表测量值。

3.4 管子 Pipe、Tube

用以输送流体或传递流体压力的密封中空连续体称为管子。管道用管子按国际惯例分为两类：

a) 管子 pipe 按照相关标准规格制造的圆截面管子，其规格用“公称直径”表示，同一公称直径的管子，壁厚可以不同，但其外径均相同，国际上称为“Pipe”。

b) 管子 tube 不按上述标准制造的，可以是圆截面也可以是任意其它截面（如矩形、多边形等）的管子。圆管的规格由外径、内径和壁厚三者中之二确定，国际上称为“Tube”。

3.5 工艺装置 Process Unit

由工程设计规定边界的区域，在该区域内进行反应、分离和其它加工过程。

3.6 辅助装置 Auxiliary Unit

主要为工艺装置服务的设施，如界区内的装卸站、转运站、油库、配料车间、罐区、堆场和库房等。

3.7 成套设备 Package Equipment

系将单体设备或部件安装在一起的组装件，并将单体之间的管道连接起来，留出与外部管道连接的管口。交货前可以安装在滑动板块上或其它可移动的构架上。

3.8 管道组成件 Piping Components

用于连接或装配成压力密封的管道系统机械元件，包括管子、管件、法兰、垫片、紧固件、阀门、安全保护设施以及诸如膨胀节、挠性接头、耐压软管、过滤器、管路中的仪表（如孔板）和分离器等。

3.9 管道支承件 Piping Supporting Elements

是将管道荷载，包括管道的自重、输送流体的重量、由于操作压力和温差所造成的荷载以及振动、风力、地震、雪载、冲击和位移应变引起的荷载等传递到管架结构上去的元件。它分为固定件和结构附件两类：

a) 固定件 (Fixture)

包括悬挂式固定件，如吊杆、弹簧吊架、斜拉杆、平衡锤、松紧螺栓、支撑杆、链条、导轨和固定架，以及承载式固定件，如鞍座、底座、滚柱、托座和滑动支座等。

b) 结构附件 (Structural Attachments)

指用焊接、螺栓连接或夹紧方法附装在管道上的元件，如吊耳、管吊、卡环、管夹、U形夹和夹板等。

3.10 管件 Fittings

管道组成件的一个类别，通常包括弯头、三通、异径管、管帽、翻边短节和活接头等。

3.11 管架 Pipe Support

是支承管道的构筑物，管道通过支承件将荷重和推力传递到管架上。管架由钢结构或钢筋混凝土结构的立柱、横梁或框架所构成，独立固定在基础上，也可固定在设备上或墙上。按类型分有：独柱式、双柱式和悬臂式等。

3.12 管廊 Pipe Rack

是大型装置管道集中敷设的主要场所，它由钢结构或钢筋混凝土结构的立柱、横梁以及桁架所构成。按类型分有：单层或多层，可通行的或不可通行的等。

3.13 有毒介质 Toxic Medium

按 GB50440 及 HG20660，定义为极度、高度、中度危害介质的总称；

本规范将苯列为高度危害介质。

3.14 可燃介质 Combustible Medium or Flammable Medium

按 GB50160 和 GBJ16，火灾危险性规定为甲、乙、丙类以及工作温度高于闪点的流体的总称。

4 管道分级

工业金属压力管道按其安全等级划分为 GC1、GC2、GC3 三级。其中 GC1 级安全等级最高；GC3 级安全等级最低。

4.1 符合下列条件之一的工业压力管道为 GC1 级：

4.1.1 输送 GB5044 及 HG20660 中，毒性程度如下所列介质的管道：

- a) 极度危害介质（但苯除外）；
- b) 高度危害气体介质（包括苯）；
- c) 工作温度高于标准沸点的高度危害液体介质。

4.1.2 输送 GB50160 及 GBJ16 中规定的火灾危险性如下所列，且设计压力大于或等于 4.0MPa 的管道：

- a) 甲、乙类可燃气体；
- b) 甲类可燃液体（包括液化烃）。

4.1.3 输送流体介质且设计压力大于或等于 10.0MPa 的管道，以及设计压力大于或等于 4.0MPa 且设计温度高于或等于 400℃的管道。

4.2 符合下列条件的工业压力管道为 GC2 级：

除 4.3 条规定的 GC3 级管道外，介质毒性危害程度、火灾危险（可燃性）、设计压力和设计温度低于 4.1 条规定（GC1 级）的管道。

4.3 符合下列条件的工业压力管道为 GC3 级：

输送无毒、非可燃流体介质，设计压力小于或等于 1.0MPa 且设计温度高于-20℃但不高于+186℃的管道。

4.4 涉及毒性或可燃性不同的混合介质时，应按其中毒性或可燃性危害程度最大的介质考虑。

当某一危害性介质含量极小时，应按其危害程度及其含量综合考虑，由业主或设计决定混合介质的毒性或可燃性类别。

压力管道规范 工业管道

第2部分：材料

Pressure piping code—Industrial piping—Part 2: Materials

2006—12—30 发布

2007—06—01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会
发布

前 言

本标准对应于 ISO 15649: 2001 《石油和天然气工业管道》，与 ISO 15649:2001 一致性程度为非等效。

GB/T 20801《压力管道规范 工业管道》由下列六个部分组成：

- 第1部分：总则；
- 第2部分：材料；
- 第3部分：设计和计算；
- 第4部分：制作与安装；
- 第5部分：检验与试验；
- 第6部分：安全防护。

本部分为 GB/T 20801 的第 2 部分。

本部分的附录A为规范性附录，附录B为资料性附录。

本部分由全国锅炉压力容器标准化技术委员会压力管道分技术委员会(SAC/TC 262/SC 3)提出。

本部分由全国锅炉压力容器标准化技术委员会(SAC/TC 262)归口。

本部分起草单位：全国化工设备设计技术中心站、中国石化集团上海工程有限公司、国家质检总局特种设备安全监察局、中国石油化工集团公司经济技术研究院、中国石油化工集团公司工程建设管理部、辽宁省安全科学研究院。

本部分主要起草人：应道宴、阮黎祥、岳进才、高继轩、修长征、汪镇安、叶文邦、寿比南、王为国、黄正林、周家祥、唐永进、张宝江、于浦义、刘金山。

压力管道规范 工业管道 第2部分：材料

1 范围

本部分规定了压力管道建造材料的基本要求，这些基本要求包括材料选用、使用限制、检验要求和标记方面的规定。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过GB/T 20801的本部分的引用而成为本部分的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本部分，然而，鼓励根据本部分达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本部分。

GB 150 钢制压力容器

GB/T 229—1994 金属夏比缺口冲击试验方法(eqv ISO 148: 1983)

GB/T 700—2006 碳素结构钢

GB 713—1997 锅炉用钢板(neq.ISO 5832-4: 1996)

GB/T 1220—1992 不锈钢棒

GB/T 1348—1988 球墨铸铁件

GB/T 2054—2005 镍及镍合金板

GB/T 2882—2005 镍及镍合金管

GB/T 3077—1999 合金结构钢

GB 3087—1999 低中压锅炉用无缝钢管(neq ISO 9329-1: 1989)

GB/T 3091—2001 低压流体输送用焊接钢管(neq ISO 559: 1991)

GB/T 3098.1—2000 紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱(idt ISO 898-1: 1999)

GB/T 3098.6—2000 紧固件机械性能 不锈钢螺栓、螺钉和螺柱(idt ISO 3506-1: 1997)

GB 3531—1996 低温压力容器用低合金钢钢板

GB/T 3621—1994 钛及钛合金板材

GB/T 3624—1995 钛及钛合金管

GB/T 3880.2—2006 一般工业用铝及铝合金板、带材 第2部分：力学性能

GB/T 4237—1992 不锈钢热轧钢板

GB/T 4437.1—2000 铝及铝合金热挤压管 第一部分：无缝圆管

GB 5310—1995 高压锅炉用无缝钢管

GB 6479—2000 高压化肥设备用无缝钢管(neq ISO 9329-2: 1997)

GB/T 6614—1994 钛及钛合金铸件

GB 6654—1996 压力容器用钢板

GB/T 6893—2000 铝及铝合金拉(轧)制无缝管

GB/T 8163—1999 输送流体用无缝钢管(neq ISO 559: 1991)

GB/T 9439—1988 灰铸铁件

GB/T 9440—1988 可锻铸铁件(neq ISO 5922: 1981)

GB/T 9711.1—1997 石油天然气工业 输送钢管交货技术条件 第1部分: A级钢管(eqvr ISO 3183-1 : 1996)

GB 9948—2006 石油裂化用无缝钢管

GB/T 12229—2005 通用阀门 碳素钢铸件技术条件

GB/T 12230—2005 通用阀门 不锈钢铸件技术条件

GB/T 12459—2005 钢制对焊无缝管件

GB/T 12771—2000 流体输送用不锈钢焊接钢管

GB/T 12778—1991 金属夏比冲击断口测定方法

GB/T 13401—2005 钢板制对焊管件

GIj/T 14976—2002 流体输送用不锈钢无缝钢管

GB/T 16253—1996 承压钢铸件(eqv ISO 4991: 1994)

GB/T 16598—1996 钛及钛合金饼和环

GB/T 18984—2003 低温管道用无缝钢管

GB/T 20801.1—2006 压力管道规范 工业管道 第1部分: 总则

GB/T 20801.3—2006 压力管道规范 工业管道 第3部分: 设计和计算

HG/T 3651—1999 钛制对焊无缝管件

HG/T 20537.3—1992 化上装置用奥氏体不锈钢焊接钢管技术要求

HG/T 20537.4—1992 化工装置用奥氏体不锈钢大口径焊接钢管技术要求

JB 4726—2000 压力容器用碳素钢和低合金钢锻件

JB 4727—2000 低温压力容器用低合金钢锻件

JB 4728—2000 压力容器用不锈钢锻件

JB 4741—2000 压力容器用镍铜合金热轧板材

JB 4742—2000 压力容器用镍铜合金无缝管

JB 4743—2000 压力容器用镍铜合金锻件

JB/T 7248—1994 阀门用低温钢铸件技术条件

YB/T 5264—1993 耐蚀合金锻件

YB/T 5353—2006 耐蚀合金热轧板

3 术语和定义

除本部分规定的术语和定义外, GB/T 20801 其他部分规定的术语和定义也适用于本部分。

3.1

低温低应力工况 lower temperature and lower stress service

系指同时满足下列各项条件的工况:

- a) 低温下的最大工作压力不大于常温下最大允许工作压力的 30%；
- b) 管道由压力、重量及位移产生的轴向(拉)应力总和不大于 10% 材料标准规定最小抗拉强度值(计算位移应力时，不计入应力增大系数)；
- c) 仅限于 GC2 级管道，且最低设计温度不低于 -101 ℃。

注：直管和对焊管件类元件的最大允许工作压力按GB/T 20801.3—2006 计算确定；法兰、阀门类元件的最大允许工作压力按相应标准规定的常温压力额定值选取。

3.2

电阻焊焊管 electric resistance-welded pipe

以管子(带卷)本身作为电流回路，利用电阻加热、在压力作用下连续对接焊接的管子。

3.3

电熔焊焊管 electric-fusion welded pipe

采用自动电弧焊或手工电弧焊，在预成形的坯料上纵向对接焊成的管子。

3.4

板焊管 plat welded pipe

以板材预成形为坯料，带有一条或两条纵向直焊缝的电熔焊焊管。

3.5

质量证明书 inspection certificate

材料质量证明(检验文件)的一种形式。由制造厂生产部门以外的独立授权部门或人员，按照标准及合同的规定，按批在交货产品(或取样)进行检验和试验，并注明结果的检验文件。

制造厂质量证明书由独立于生产部门的制造厂检验部门签署并批准生效。法律法规有规定的，由法定检验检测机构出具监督检验证明。

3.6

剧烈循环工况 severe cyclic

按 GB/T 20801.3—2006 的 3.4 规定。

4 一般规定

4.1 材料选用

业主或设计者应根据具体使用条件(包括制造、制作安装、介质、操作情况、工作环境和试验等)以及本部分规定的材料使用要求和限制，选用合适的管道组成件材料。本部分没有包括焊接、非金属和管道支承件等的材料要求。

4.2 材料牌号和许用应力

- a) 本部分附录A中的表A.1和表A.2规定了管道组成件材料的牌号、许用应力和使用范围等要求；
- b) 按 GB/T 20801.3—2006 中表14 选择的管道组成件材料的性能不得低于按表A.1 和表A.2 所选相应材料的性能；
- c) 其他材料的选用应经过具有相应资质的机构技术鉴定及评审认可。

5 材料选用的基本原则

- 5.1 受压元件(螺栓除外)用材料应有足够的强度、塑性和韧性,在最低使用温度下应具备足够的抗脆断能力。当采用延伸率低于 14% 的脆性材料时,应采取必要的安全防护措施。
- 5.2 选用的材料应具有足够的稳定性,包括化学性能、物理性能、耐蚀和耐磨性能、抗疲劳性能和组织稳定性等。
- 5.3 选用材料时,应考虑材料在可能发生的明火、火灾和灭火条件下的适用性以及由此而带来材料性能变化和次生危害。
- 5.4 选用的材料应适合相应的制造、制作和安装,包括焊接、冷热加以及热处理等方面的要求。
- 5.5 当几种不同的材料组合使用时,应考虑可能产生的不利影响。
- 5.6 材料应具备可获得性和经济性。

6 材料的使用限制

6.1 球墨铸铁、灰铸铁和可锻铸铁

6.1.1 球墨铸铁

- a) 本部分附录A中表A.1所列的球墨铸铁用于受压管道组成件时,使用温度应大于 -20°C 且不大于 350°C ,但球墨铸铁不得用于 GC1 级管道。
- b) 除满足 6.1.1 a) 的要求外,球墨铸铁管、管件、附件、管法兰、阀门的适用压力-温度额定值还应符合 GB/T 20801.3—2006 表14 相应标准的规定。

6.1.2 灰铸铁和可锻铸铁

- a) 本部分附录A中表A.1所列的灰铸铁和可锻铸铁用于受压管道组成件时,应符合下列规定:
 - 灰铸铁管道组成件的设计温度应不小于 -10°C 且不大于 230°C ,设计压力应不大于 2.0 MPa;
 - 可锻铸铁管道组成件的设计温度应大于 -20°C 且不大于 300°C ,设计压力应不大于 2.0 MPa;
 - 灰铸铁和可锻铸铁管道组成件用于可燃介质时,其设计温度应不大于 150°C ,设计压力应不大于 1.0 MPa;
 - 应采取防止过热、急冷急热、振动以及误操作等安全防护措施;
 - 制造、制作、安装过程中不得焊接;
 - 不得用于 GC1 级管道或剧烈循环工况。

- b) 除满足 6.1.2 a) 的要求外,灰铸铁和可锻铸铁管、管件、管法兰、阀门的适用压力-温度额定值还应符合 GB/T 20801.3—2006 中表14相应标准的规定。

6.2 结构钢

碳素结构钢和低合金结构钢的使用限制应符合下列规定:

- a) 不得用于 GC1 级管道组成件;
- b) 选用 Q215A、Q235A 等 A 级镇静钢时,设计压力应不大于 1.6 MPa,设计温度应不大于 350°C 且不小于图1曲线A(或表5)所示温度,介质限于非可燃及非有毒流体;
- c) 选用 Q215B、Q235B 等 B 级镇静钢时,设计压力应不大于 3.0 MPa,设计温度应不大于 350°C 且不小于图1曲线A(或表5)所示温度;

d) 对于焊接的管道组成件, 含碳量不得大于 0.30 %。选用沸腾钢和半镇静钢时, 厚度应不大于 12 mm; 选用A级镇静钢时, 厚度应不大于 16 mm; 选用B级镇静钢时, 厚度应不大于20 mm。

6.3 管子和管件

6.3.1 碳钢、奥氏体不锈钢钢管及其对焊管件应符合表1的规定。

表1 碳钢、奥氏体不锈钢钢管及其对焊管件

标准	材料(牌号)	制管工艺	使用限制
GB/T 3091—2001	碳素结构钢 ^a	电阻焊焊管 ^b	①按6.2条规定, 且设计压力不大于 1.6 MPa; ②不得用于剧烈循环工况
		电熔焊焊管及其对焊管件	①按6.2条规定; ②不得用于剧烈循环工况
GB/T 9711.1—1997	L215 L245 L290	电阻焊焊管 ^b	①不得用于GC1级管道; ②不得用于剧烈循环工况; ③设计压力不大于4.0MPa
		电熔焊焊管及其对焊管件	①不得用于GC1级管道
GB/T 8163—1999 GB 3087—199 GB/T 9711.1—1997	碳钢	无缝管及其对焊管件	①不得用于GC1级管道
GB/T 12771—2000 HG/T 20537.3—1992	奥氏体 不锈钢	电熔焊焊管(不添加填充金属)及其对焊管件	①不得用于GC1级管道; ②不得用于剧烈循环工况
HG/T 20537.4—1992		纵缝未作射线检测的电熔焊焊管(添加填充金属)及其对焊管件	
<p>a 也适用于采用碳素结构钢板制造的对焊管件。 b 不得采用电阻焊焊管制造对焊管件。</p>			

6.3.2 在剧烈循环工况下选用钢管、有色金属管和对焊管件时, 应符合下列规定:

- a) 应采用附录A中表 A.1 所列无缝管、纵向焊接接头系数大于或等于 0.90 的焊管和板焊管, 不得选用电阻焊(ERW)焊管以及未经射线照相检测的电熔焊(EFW)焊管;
- b) 应采用无缝管件、纵向焊接接头系数不小于 0.90 的板制对焊管件和质量系数 ϕ_c 。不小于 0.90 的铸件。

6.4 碳钢和铬钼合金钢

- a) 用于焊接的碳钢、铬钼合金钢, 含碳量应不大于 0.30%;
- b) 对于 L290 (GB/T 9711.1—1997) 和更高强度等级的高屈强比材料, 不宜用于设计温度大于 200 °C 的高温管道;
- c) 对于 $2\frac{1}{4}$ Cr-1Mo 钢, 当使用温度大于 455°C 时, 焊缝金属的含碳量应大于 0.05%。

6.5 奥氏体不锈钢

- a) 低碳 ($C \leq 0.08\%$) 非稳定化不锈钢 (如 0Cr18Ni9、0Cr17Ni12Mo2) 在非固溶状态下(包括固溶后经热加工或焊接)不得用于可能发生晶间腐蚀的环境;
- b) 超低碳不锈钢不宜在 425°C 以上长期使用。

6.6 铝及铝合金

当选用材料的供货状态或厚度与附录A中表A.1相同牌号的状态或厚度不一致时,其最低抗拉强度和屈服强度不得低于表A.1的规定。

6.7 低熔点金属

铅、铋等低熔点金属及其合金不得用于输送可燃介质的管道。

7 高温条件下的材料使用限制

7.1 材料使用温度上限

- a) 附录A中表A.1 及表A.2 规定了一般情况下材料的使用温度上限;
- b) 确定材料使用温度上限应考虑腐蚀性介质的影响。

7.2 高温材料的选用原则

7.2.1 一般要求

- a) 高温条件下长期使用的材料,应考虑因组织或性能变化对材料使用可靠性的影响;
- b) 蠕变温度以上长期使用的材料,应考虑因蠕变引起的过度变形、过大位移、材料组织和性能的劣化以及螺栓的应力松弛;
- c) 高温条件下使用的材料,应考虑因化学腐蚀引起材料失效;
- d) 通过热处理强化的材料,如果长期在接近或高于回火温度下使用,应考虑材料强度降低的因素。

7.2.2 高温条件下碳钢及铬钼合金钢的使用

- a) 鉴于碳化物有转化为石墨的可能,碳钢、碳锰钢、低温用镍钢不宜在 425℃ 以上的温度下长期使用,碳钼钢不宜在 470℃ 以上的温度下长期使用;
- b) 鉴于可能产生回火脆性,铬钼合金钢长期在 400℃~550℃ 温度下使用时,应根据使用经验和具体工况采取适当的防护措施。

7.2.3 高温条件下不锈钢的使用

- a) 鉴于材料脆性,铁素体不锈钢及马氏体不锈钢不宜在 370℃ 以上的温度使用;
- b) 鉴于铬镍奥氏体不锈钢在 540℃~900℃ 温度下长期使用时可能产生 σ 相脆化,使用时应控制奥氏体钢中的铁素体含量及过度冷变形;
- c) 鉴于 475℃ 脆性和 σ 相脆化,双相不锈钢不得在 300℃ 以上的温度使用;
- d) 鉴于铝、铋、铋、镉、镓、铅、锰、锡、锌及其化合物在高温(高于低熔点金属的熔点)下对奥氏体不锈钢的晶间侵蚀,在 350℃ 以上的温度使用时,奥氏体不锈钢不得与上述低熔点金属及其化合物接触;
- e) 在高温条件下,附录A表A.1中的低碳级 ($C \leq 0.08\%$) 奥氏体不锈钢还应满足表2的附加要求,如不能满足表2 的附加要求,其许用应力应按超低碳不锈钢选取。

表2 低碳级奥氏体不锈钢高温使用的附加要求

低碳级奥氏体不锈钢代号	使用温度/℃	附加要求		
		母材含碳量	热处理状态	晶粒度
CF8	>425	$C \geq 0.04$	> 1040 °C快冷	
CF8M	>425	$C \geq 0.04$	> 1100 °C快冷	
0Cr18Ni10Ti、0Cr18Ni11Nb	>540	$C \geq 0.04$	> 1100 °C快冷	平均晶粒度 7级或更粗
0Cr18Ni9、0Cr17Ni12Mo2	>540	$C \geq 0.04$	> 1040 °C快冷	
0Cr23Ni13、0Cr25Ni20	>540	$C \geq 0.04$	> 1040 °C快冷	平均晶粒度 7级或更粗

7.2.4 高温条件下其他材料的使用

- a) 钛及钛合金不宜在 300℃ 以上的温度下使用；
- b) 镍及镍基合金的使用温度上限按表3 规定。

表3 镍及镍基合金的使用温度上限

单位为摄氏度

材料	不含硫环境			蒸汽	含硫环境	
	氧化	H ₂ 还原	CO 还原		氧化	还原
镍 (N4、N6)	1040	1260	1260	425	315	260
镍-铜 (NCu30)	540	1100	815	370	315	260
镍-铬-铁 (NS312)	1100	1150	1150	815	815	540
镍-铁-铬 (NS111、NS112)	1100	1260	1150	980	815	540

8 低温条件下的材料使用限制

8.1 最低使用温度及冲击试验免除

8.1.1 材料(铸铁除外)的一般规定

- a) 除 8.1.1 d)、8.1.3、8.1.4、8.1.5 和 8.1.6 免除冲击试验的规定外，材料及其焊接接头应进行冲击试验；
- b) 材料及其焊接接头的冲击试验应按 8.2 的规定进行；
- c) 确定最低设计温度时，应考虑流体节流效应及环境温度的影响；
- d) 用于 GC3 级管道的碳钢材料可免除冲击试验。

8.1.2 铸铁

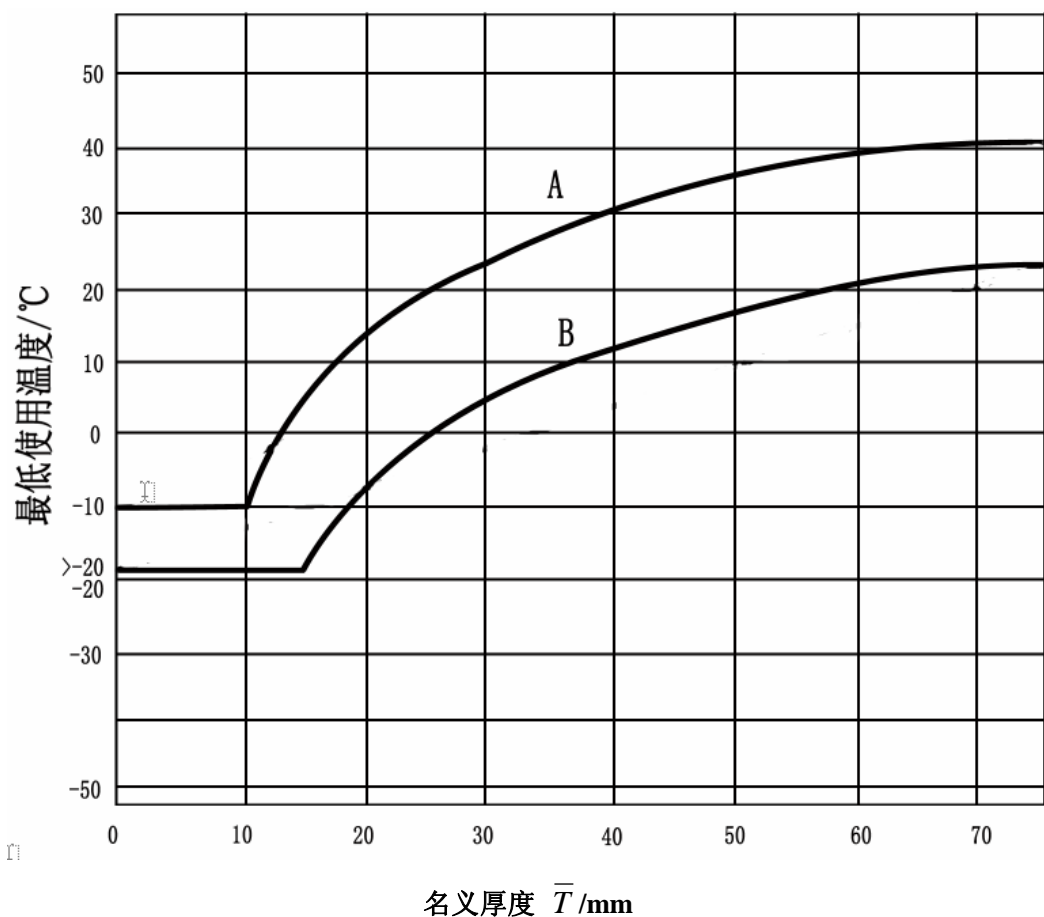
铸铁的最低使用温度应符合 6.1 的规定。

8.1.3 碳钢、低温钢、铬钼合金钢、铁素体不锈钢和双相不锈钢

8.1.3.1 碳钢、低温钢、铬钼合金钢、铁素体不锈钢和双相不锈钢的最低使用温度及冲击试验免除条件应符合附录A中表A.1 和表4 的规定。

表4 钢（奥氏体不锈钢除外）的最低使用温度和冲击试验^c

材料类别 (按最低性能区分)	最低使用 温度/℃	免除冲击试验条件	冲击试验要求	
			材料	制作、安装中的焊接
图1曲线A ^a	-10	①厚度小于或等于10 mm。 或②厚度大于10 mm, 但设计温度高于或等于图1曲线A所示值	厚度大于10 mm, 且设计温度低于图1曲线A所示值时, 应进行常温或设计温度(取较低者)下的冲击试验	①焊缝及热影响区的冲击要求同“材料”栏要求。 ②冲击试验要求应包括在相应的焊接工艺评定中
图1曲线B ^b	-101	低温低应力工况	免除	免除
	-46	小截面 ^d		
	大于-20	①厚度小于或等于15 mm。 或②厚度大于15 mm, 且设计温度高于或等于图1曲线B所示值。非焊接件按厚度的1/4计	厚度大于15 mm, 且设计温度低于图1曲线B所示值时。应进行常温或设计温度(取较低者)下的冲击试验	①焊缝及热影响区的冲击要求同“材料”栏要求。 ②冲击试验要求应包括在相应的焊接工艺评定中
表A.1中2.3锻件和 表A.1中2.4铸件	大于-20	全部免除	免除	如进行焊接, 根据焊缝厚度, 焊缝及热影响区按图1曲线B“制作、安装中的焊接”栏要求
	-101	低温低应力工况	免除	免除
低温钢(表A.1中3)	按表A.1		①设计温度低于或等于-20℃时应进行设计温度下的冲击试验(材料、焊缝、热影响区)。 ②材料应符合相应低温钢材料标准的全部要求	
	表A.1或-46, 取较低值	小截面 ^d	免除	免除
	-101	低温低应力工况		
铬铝合金钢	大于-20	设计温度不低于左列最低使用温度时, 可免除冲击试验要求; 低温低应力工况可使用至-101℃		
铁素体不锈钢	大于-20			
双相不锈钢	-50			
<p>a 图1曲线A包括表A.1中下列碳钢: Q215A、Q235A、Q235B、16Mng、22Mng 的板材以及板焊管、板焊制管件; Q215A、Q235A、Q235B 的ERW 焊管; L290 无缝管及焊管(ERW、EFW),</p> <p>b 图1曲线B包括表A.1中下列碳钢: 除注a外的其他表A.1中2.1.2.2所列碳钢。</p> <p>c 用于GC3级管道时, 见8.1.1d)。</p> <p>d “小截面”系指材料由于厚度及截面形状限制, 无法制备2.5 mm×10 mm×55 mm 冲击试样的状况。</p>				



注1: 最低使用温度/厚度组合位于相应曲线或以上者, 可免除冲击试验, 位于曲线以下者, 应进行冲击试验(低温低应力工况及小截面除外)。

注2: 碳钢使用于 GC3 级管道时, 可免除冲击试验。

注3: A、B 类材料的分类见附录A中表A.1或表4 注a、注b。

注4: 厚度系指焊接部位的厚度, 非焊接部位按1/4计。

图1 碳钢免除冲击试验的最低使用温度(°C)

8.1.3.2 材料的焊接工艺评定应符合表7、表10 和表11 的规定。

8.1.4 奥氏体不锈钢

8.1.4.1 奥氏体不锈钢的最低使用温度应符合附录A中表A.1 的规定。

8.1.4.2 当使用温度小于或等于 -20°C 时,奥氏体不锈钢应进行低温冲击试验,但同时满足下列条件者,可免除低温冲击试验。

- a) 母材最低设计温度不小于 -196°C 、焊缝金属最低设计温度不小于 -101°C 和因材料截面尺寸限制无法制备 $2.5\text{ mm} \times 10\text{ mm} \times 55\text{ mm}$ 冲击试样三个条件之一者;
- b) 材料含碳量不大于 0.10% 且为固溶热处理状态;
- c) 焊缝填充金属含碳量不大于 0.10% 。

8.1.5 镍、镍基合金、钛合金和铝合金

镍、钛、铝及其合金的最低使用温度应符合附录A中表A.1的规定,其免除冲击试验条件应符合表6的规定;

8.1.6 螺栓材料

8.1.6.1 螺栓材料的最低使用温度应符合附录A中表A.2的规定,符合下列条件者可免除冲击试验:

- a) 碳钢、合金结构钢标准紧固件；
- b) 奥氏体不锈钢标准紧固件；
- c) 0Cr18Ni9、0Cr17Ni12Mo2 及其应变硬化不锈钢紧固件；
- d) 25Cr2MoV 钢紧固件；
- e) 配用螺母材料。

8.1.6.2 最低使用温度小于 -40°C ，但不小于 -101°C 的 35CrMo 螺栓应进行低温冲击试验，但符合下列条件之一的 35CrMo 螺栓可免除低温冲击试验：

- a) 螺纹直径小于或等于 M64 且最低设计温度大于或等于 -46°C 者；
- b) 螺纹直径大于 M64 且最低设计温度大于或等于 -40°C 者。

表5 碳钢免除冲击试验的最低使用温度

单位为摄氏度

名义厚度 /mm	6	8	10	12	14	15	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
图1中曲线A	-10	-10	-10	-3.2	2.1	4.2	5.9	9.7	13.4	16.4	18.5	20.8	23.3	24.9	-	-	-	-	-
图1中曲线B	> -20	> -20	> -20	> -20	> -20	> -20	-16.4	-11.7	-7.7	-4.3	-1.4	1.2	3.3	5.4	6.8	8.3	9.2	10.5	11.9

表6 有色金属(镍和镍基合金、钛和钛合金、铝和铝合金)的最低使用温度

材料类别	最低使用温度/ $^{\circ}\text{C}$	冲击试验要求		更低使用温度
		材料	焊接接头	
镍及镍基合金	-196	全部免除	①如焊缝金属成分符合母材规定，无额外要求。 ②如焊缝金属成分不符合母材规定，按右侧更低使用温度栏要求	设计应对材料、焊缝金属和热影响区在设计温度下进行相应的试验(包括延伸率、缺口拉伸/常规拉伸比较、冲击式试验等)来确定其适用性
钛及钛合金	-60			
铝及铝合金	-269			

8.2 冲击试验

8.2.1 母材的冲击试验

除符合 8.1 规定的免除冲击试验的材料外，母材均应按 8.2.4 和 8.2.5 的要求进行冲击试验。对于材料标准中有关冲击试验的规定符合上述要求者，应按材料标准进行冲击试验；对于材料标准未作冲击试验规定或规定不符合上述要求者，应提出冲击试验的附加要求。

8.2.2 焊接接头的冲击试验

- a) 焊接接头的冲击试验应在焊接工艺评定中进行；
- b) 焊接接头冲击试验的试件制备、试样位置及数量应符合表7 的规定；
- c) 表4 所列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缝金属。

8.2.3 冲击试验方法

- a) 冲击试验方法应符合 GB/T 229—1994 和 GB/T 12778—1991 的规定；
- b) 标准冲击试样为 10 mm×10 mm×55 mm 夏比缺口冲击试样；
- c) 若因截面尺寸限制无法制备标准试样时，也可采用厚度为 7.5 mm、5.0mm、2.5mm 的小尺寸试样或尽可能宽的小尺寸试样。小尺寸试样的缺口宽度一般应不小于材料厚度的 80%；
- d) 试样缺口应沿厚度方向切取。三个试样为一组。

8.2.4 冲击试验温度

- a) 标准试样的冲击试验温度应不大于最低设计温度；
- b) 小尺寸试样的冲击试验温度的降低值应符合表8 和表9 的规定；
- c) 降低小尺寸试样的冲击试验温度仅适用于表10 中以冲击功作为合格判据的状况，采用冲击断口侧向膨胀值作为合格判据的冲击试验温度应符合表11 的规定。

8.2.5 合格标准

- a) 标准规定的材料最小抗拉强度小于 655 MPa 的碳钢、合金钢、低温钢以及螺纹直径小于等于 M52 的螺栓材料。其冲击试验应符合表10 的规定。
- b) 螺纹直径大于 M52 的螺栓材料和奥氏体不锈钢的冲击试样断口侧向膨胀量应符合表11 的规定。

表7 焊接接头冲击试验(制作、安装)

制备冲击试样的试件	试验的覆盖范围	试样位置及数量	冲击试验进行者
每一种焊接工艺(WPQ)、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 至 T+6 mm	焊缝金属(三个一组): 试样横贯焊缝; 缺口位于焊缝金属并垂直于接头表面; 试样的一个表面尽可能接近接头表面。 热影响区(如需要,三个一组): 缺口根部及其后的断口尽可能多的位于焊接接头的热影响区; 其余同上	制作、安装

表8 冲击试验温度降低值

材料厚度/mm	冲击试样缺口宽度/mm	冲击试验温度降低值 $\Delta T/^\circ\text{C}$
≥ 10	≥ 8	0
	< 8	ΔT_2^b
< 10	$\geq 0.8 t^c$	0
	$< 0.8 t$	$|\Delta T_1^a - \Delta T_2^b|$

a ΔT_1 ——材料厚度小于 10 mm 时的温度降低值 (按表9)。
 b ΔT_2 ——试样缺口宽度小于 10 mm 时的温度降低值 (按表9)
 c t ——材料名义厚度,单位为毫米(mm)。

表9 ΔT_1 和 ΔT_2

材料厚度或试样缺口宽度/mm	ΔT_1 、 ΔT_2 /°C
10 (标准试样)	0
9	0
8	0
7.5 (7.5 mm试样)	3
7	4
6.67 (2/3宽试样)	5
6	8
5 (5 mm试样)	11
4	17
3.33 (1/3宽试样)	19
3	22
2.5 (2.5 mm试样)	28

注：可采用内插法。

表10 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	标准规定最小抗拉强度值/MPa	标准试样冲击功 ^a /J	
		三个试样平均值	单个试样最低值
碳钢、合金钢(如<655 MPa)	≤ 450	18	14
	> 450~515	20	16
	> 515~655	27	20
合金钢螺栓材料(≤M52)	≥ 655	27	20

a 采用小尺寸试样时，冲击功合格标准按试样宽度的比例降低。

表11 冲击试验的侧向膨胀量合格标准(母材、焊缝金属)

材料类别	最低设计温度/°C	冲击试验温度/°C	侧向膨胀量 ^{a,b} /mm
奥氏体不锈钢、铁素体不锈钢、双相不锈钢、>M52 且 $\sigma_b \geq 655$ MPa 碳钢和合金钢螺栓材料	≥ -196	最低设计温度	0.38
	< -196	-196	0.46

a 采用小尺寸试样时，侧向膨胀量合格标准与标准试样相同。
b 三个试样均应合格。

9 材料标记和质量证明

9.1 材料标记

9.1.1 材料标记应符合相应标准和合同的规定。

9.1.2 标记内容至少应包括制造厂标记以及材料(代号)名称,下列管道组成件的标记还应包括材料炉批号或代号:

- a) GC1 级管道用管道组成件；
- b) 按本部分要求进行冲击试验的管道组成件；
- c) 铬钼合金钢(螺栓材料除外)管道组成件；
- d) 用于高温条件下的奥氏体不锈钢（H 型）管道组成件；
- e) 镍及镍合金、钛及钛合金管道组成件。

9.1.3 材料应逐件标记，标记应清晰、牢固，公称直径小于或等于 DN40 的材料可采用标签或其他替代方法进行标记。

9.2 质量证明

- a) 材料应具有相应的质量证明文件；
- b) 质量证明文件应包括标准以及合同规定的检验和试验结果，且具有可追溯性；
- c) 未包括检验和试验结果的质量证明文件(合格证)仅限于 GC3 级管道组成件。

附 录 A
(规范性附录)
材料牌号和许用应力

- A.1 表A.1 给出了满足本部分要求的材料牌号和许用应力。
- A.2 表A.2 给出了满足本部分要求的螺栓材料牌号和许用应力。
- A.3 表A.3 给出了管子与对焊管件的纵向焊接接头系数 (Φ_w)。
- A.4 表A.4 给出了铸件质量系数 (Φ_c)。

表A.1 材料许用应力表

材料	标准	牌号	厚度/mm	最低使用温度/℃ 或图1的 曲线号°	标准规定最小 强度值/MPa		在下列温度 (℃) 下的许用应力 / MPa														脚注	
					σ_b	σ_s	20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	525	550		575
1. 铸铁																						
1.1 灰铸铁	GB/T9439	HT200		-10	200		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	1	
	GB/T9439	HT250		-10	250		25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	1	
	GB/T9439	HT300		-10	300		30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	1	
	GB/T9439	HT350		-10	350		35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	1	
1.2 球墨铸铁																						
	GB/T1348	QT/400-18		>-20	400	250	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	1	
	GB/T1348	QT/400-15		>-20	400	250	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	1	
1.3 可锻铸铁																						
	GB/T9440	KTH300-06		>-20	300		37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	1	
	GB/T9440	KTH300-10		>-20	350	200	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	1	
2 碳钢																						
2.1 无缝管、焊管 (ERW)、管件 (无缝管制)																						
2.1.1 无缝管																						
	GB/T8163	10	≤16	B	335	205	112	112	112	112	110	104	100	73	65 |	56	47	(36	24	15	10)	b,d,m
	GB/T8163	10	>16	B	335	195	112	112	112	112	110	99	95	70	62 |	53	45	(36	24	15	10)	b,d,m
	GB/T9711.1	L210	全部	B	335	210112	112	112	112	112	110	104	100	73	65 |	56	47	(36	24	15	10)	b,d,m
	GB9948	10	≤16	B	330	205	110	110	110	110	110	104	100	73	65 |	56	47	(36	24	15	10)	b,d
	GB9948	10	>16	B	330	195	110	110	110	110	110	99	95	70	62 |	53	45	(36	24	15	10)	b,d
	GB6479	10	≤16	B	335	205	112	112	112	112	110	104	100	73	65 |	56	47	(36	24	15	10)	b,d
	GB6479	10	17~40	B	335	195	112	112	112	112	110	99	95	70	62 |	53	45	(36	24	15	10)	b,d
	GB3087	10	全部	B	335	195	112	112	112	112	110	99	95	70	62 |	53	45	(36	24	15	10)	b,d,m
	GB/T9711.1	L245	全部	B	415	245	138	138	138	138	132	122	116	89	76 |	62	49	(36	24	15	10)	b,d,m
	GB/T8163	20	≤16	B	410	245	137	137	137	137	132	122	116	89	76 |	62	49	(36	24	15	10)	b,d,m
	GB/T8163	20	>16	B	410	235	137	137	137	137	129	119	114	87	74 |	61	48	(36	24	15	10)	b,d,m
	GB3087	20	<15	B	410	245	137	137	137	137	132	122	116	89	76 |	62	49	(36	24	15	10)	b,d,m
	GB3087	20	≥15	B	410	225	137	137	137	137	124	114	109	83	71 |	58	46	(36	24	15	10)	b,d,m

表 A.1 材料许用应力表 (续)

材料	标准	牌号	厚度/mm	最低使用温度/℃或图1的曲线号 ^o	标准规定最小强度值/MPa		在下列温度(℃)下的许用应力 /MPa														脚注		
					σ_b	σ_s	20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	525	550		575	
	GB5310	20G	全部	B	410	245	137	137	137	137	132	122	116	89	76	62	49	(36	24	15	10)	b,d	
	GB5310	20MnG	全部	B	415	240	138	138	138	138	132	122	116	89	76	62	49	(36	24	15	10)	b,d	
	GB6479	20	≤16	B	410	245	137	137	137	137	132	122	116	89	76	62	49	(36	24	15	10)	b,d	
	GB6479	20	>16~40	B	410	235	137	137	137	137	129	119	114	87	74	61	48	(36	24	15	10)	b,d	
	GB9948	20	≤16	B	410	245	137	137	137	137	132	122	116	89	76	62	49	(36	24	15	10)	b,d	
	GB9948	20	>16~40	B	410	235	137	137	137	137	129	119	114	87	74	61	48	(36	24	15	10)	b,d	
	GB/T9711.1	L290	全部	A	415	290	138	138	138	138												b,h,m	
	GB/T8163	Q345	≤16	B	490	325	163	163	161	158	151	140	133	101	84								b,m
	GB/T8163	Q345	>16	B	490	315	163	163	161	158	151	140	133	101	84								b,m
	GB5310	25MnG	全部	B	485	275	161	161	161	158	151	140	133	101	84								b
	GB6479	16Mn	≤16	B	490	320	163	163	161	158	151	140	133	101	84								b
	GB6479	16Mn	17~40	B	490	310	163	163	161	158	151	140	133	101	84								b
2.1.2 焊管 (ERW)																							
	GB/T3091	Q215A	≤16	A	335	215	103	103	103	103	101	96	92										a,b,n
	GB/T9711.1	L210	全部	B	335	210	112	112	112	112	110	104	100	73	65	56	47	(36	24	15	10)	b,d,m	
	GB/T3091	Q235A	≤16	A	375	235	115	115	115	115	115	109	105										a,b,n
	GB/T3091	Q235B	≤16	A	375	235	125	125	125	125	125	119	114										b,n
	GB/T9711.1	L245	全部	B	415	240	138	138	138	138	132	122	116	89	76	62	49	(36	24	15	10)	b,d,m	
	GB/T9711.1	L290	全部	A	415	290	138	138	138	138													b,m
2.1.3 管件 (无缝管制)																							
	GB/T9711.1,L245	GB/T12459	L245	全部	B	415	245	138	138	138	138	132	122	116	89	76	62	49	(36	24	15	10)	b,d,m
	GB/T8163,20	GB/T12459	20	≤16	B	410	245	137	137	137	137	132	122	116	89	76	62	49	(36	24	15	10)	b,d,m
	GB/T8163,20	GB/T12459	20	>16	B	410	235	137	137	137	137	129	119	114	87	74	61	48	(36	24	15	10)	b,d,m
	GB3087,20	GB/T12459	20	≤15	B	410	245	137	137	137	137	132	122	116	89	76	62	49	(36	24	15	10)	b,d,m
	GB3087,20	GB/T12459	20	>15	B	410	225	137	137	137	137	124	114	109	83	71	58	46	(36	24	15	10)	b,d,m
	GB5310,20G	GB/T12459	20G	全部	B	410	245	137	137	137	137	132	122	116	89	76	62	49	(36	24	15	10)	b,d
	GB5310,20MnG	GB/T12459	20MnG	全部	B	415	240	138	138	138	138	132	122	116	89	76	62	49	(36	24	15	10)	b,d
	GB6479,20	GB/T12459	20	≤16	B	410	245	137	137	137	137	132	122	116	89	76	62	49	(36	24	15	10)	b,d
	GB6479,20	GB/T12459	20	>16~40	B	410	235	137	137	137	137	129	119	114	87	74	61	48	(36	24	15	10)	b,d

表 A.1 材料许用应力表 (续)

材料	标准	牌号	厚度/mm	最低使用温度/℃ 或图1的 曲线号 ^o	标准规定最小 强度值/MPa		在下列温度(℃)下的许用应力 /MPa														脚注		
					σ_b	σ_s	20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	525	550		575	
GB9948,20	GB/T12459	20	≤16	B	410	245	137	137	137	137	132	122	116	89	76	62	49	(36	24	15	10)	b,d	
GB9948,20	GB/T12459	20	>16~40	B	410	235	137	137	137	137	129	119	114	87	74	61	48	(36	24	15	10)	b,m	
GB/T8163,Q345	GB/T12459	Q345	≤16	B	490	325	163	163	161	158	151	140	133	101	84								b,m
GB/T8163,Q345	GB/T12459	Q345	>16	B	490	315	163	163	161	158	151	140	133	101	84								b
GB5310,25MnG	GB/T12459	25MnG	全部	B	485	275	161	161	161	158	151	140	133	101	84								b
GB6479,16Mn	GB/T12459	16Mn	≤16	B	490	320	163	163	161	158	151	140	133	101	84								b
GB6479,16Mn	GB/T12459	16Mn	16~40	B	490	310	163	163	161	158	151	140	133	101	84								b
2.2 钢板、板焊管 (EFW/SAW)、管件 (板焊制)																							
2.2.1 钢板																							
	GB/T700	Q215A	≤16	A	335	215	103	100	96	92	87	83	79										a,b,n
	GB/T700	Q215A	>16~40	A	335	205	103	100	96	92	87	83	79										a,b,n
	GB/T700	Q235A	≤16	A	375	235	115	110	105	101	96	91	86										a,b,n
	GB/T700	Q235A	>16~40	A	375	225	115	110	105	101	96	91	86										a,b,n
	GB/T700	Q235B	≤16	A	375	235	125	125	122	119	113	105	100										b,n
	GB/T700	Q235B	>16~40	A	375	225	125	125	122	119	113	105	100										b,n
	GB6654	20R	6~16	B	400	245	133	133	130	126	121	112	107	88	76	62							b
	GB6654	20R	17~25	B	400	235	133	133	130	126	121	112	107	88	76	62							b
	GB6654	20R	26~36	B	400	225	133	133	130	126	121	112	107	88	76	62							b
	GB713	20g	6~16	B	400	245	133	133	130	126	121	112	107	88	76	62	49	(36	24)				b,d
	GB713	20g	>16~25	B	400	235	133	133	130	126	121	112	107	88	76	62	49	(36	24)				b,d
	GB713	20g	>25~60	B	400	225	133	133	130	126	121	112	107	88	76	62	49	(36	24)				b,d
	GB713	16Mng	6~16	A	510	345	170	159	155	150	143	132	127	101	84	66	49	(36	24)				b,d
	GB713	16Mng	>16~25	A	490	325	163	159	155	150	143	132	127	101	84	66	49	(36	24)				b,d
	GB713	16Mng	>25~36	A	470	305	157	157	155	150	143	132	127	101	84	66	49	(36	24)				b,d
	GB713	16Mng	>36~60	A	470	285	157	157	155	150	143	132	127	101	84	66	49	(36	24)				b,d
	GB6654	16MnR	6~16	B	510	345	170	159	155	150	143	132	127	101	84	66							b
	GB6654	16MnR	>16~36	B	490	325	163	159	155	150	143	132	127	101	84	66							b
	GB6654	16MnR	>36~60	B	470	305	157	157	155	150	143	132	127	101	84	66							b
	GB713	22MnG	>25	A	515	275	172	168	163	158	151	140	133	107	88	67	50	(36	24	15	10)		b,d

表 A.1 材料许用应力表 (续)

材料	标准	牌号	厚度/mm	最低使用温度/℃ 或图1的 曲线号°	标准规定最小 强度值/MPa		在下列温度(℃)下的许用应力 / MPa															脚注			
					σ_b	σ_s	20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	525	550	575				
2.2.2 板焊管 (EFW/SAW)																									
GB/T700,Q215A	GB/T3091	Q215A	≤16	A	335	215	103	100	96	92	87	83	79										a,b,n		
GB/T700,Q215A	GB/T3091	Q215A	>16~40	A	335	205	103	100	96	92	87	83	79										a,b,n		
GB/T700,Q235A	GB/T3091	Q235A	≤16	A	375	235	115	110	105	101	96	91	86										a,b,n		
GB/T700,Q235A	GB/T3091	Q235A	>16~40	A	375	225	115	110	105	101	96	91	86										a,b,n		
GB/T700,Q235B	GB/T3091	Q235B	≤16	A	375	235	125	125	122	119	113	105	100										b,n		
GB/T700,Q235B	GB/T3091	Q235B	>16~40	A	375	225	125	125	122	119	113	105	100										b,n		
	GB/T9711.1	L245		B	415	245	138	138	138	138	132	122	116	89	76	62	49	(36	24	15	10)	b,d,m			
GB6654,20R	h	20R	6~16	B	400	245	133	133	130	126	121	112	107	88	76	62	49	(36	24)			b,d,h			
GB6654,20R	h	20R	17~25	B	400	235	133	133	130	126	121	112	107	88	76	62	49	(36	24)			b,d,h			
GB6654,20R	h	20R	26~36	B	400	225	133	133	130	126	121	112	107	88	76	62	49	(36	24)			b,d,h			
GB713,20g	h	20g	≤16	B	400	245	133	133	130	126	121	112	107	88	76	62	49	(36	24	15	10)	b,d,h			
GB713,20g	h	20g	>16~25	B	400	235	133	133	130	126	121	112	107	88	76	62	49	(36	24	15	10)	b,d,h			
GB713,20g	h	20g	>25~60	B	400	225	133	133	130	126	121	112	107	88	76	62	49	(36	24	15	10)	b,d,h			
GB713,16Mng	h	16Mng	6~16	A	510	345	170	159	155	150	143	132	127	101	84	66	49	(36	24	15	10)	b,d,h			
GB713,16Mng	h	16Mng	>17~25	A	490	325	163	159	155	150	143	132	127	101	84	66	49	(36	24	15	10)	b,d,h			
GB713,16Mng	h	16Mng	>26~36	A	470	305	157	157	155	150	143	132	127	101	84	66	49	(36	24	15	10)	b,d,h			
GB713,16Mng	h	16Mng	>36~60	A	470	285	157	157	155	150	143	132	127	101	84	66	49	(36	24	15	10)	b,d,h			
GB6654, 16MnR	h	16MnR	6~16	B	510	345	170	159	155	150	143	132	127	101	84	66	49	(36	24)			b,d,h			
GB6654, 16MnR	h	16MnR	>16~36	B	490	325	163	159	155	150	143	132	127	101	84	66	49	(36	24)			b,d,h			
GB6654, 16MnR	h	16MnR	>36~60	B	470	305	157	157	155	150	143	132	127	101	84	66	49	(36	24)			b,d,h			
GB713,22Mng	h	22Mng	>25	A	515	275	172	168	163	158	151	140	133	107	88	67	50	36	24	15	10	b,d,h			
	GB/T9711.1	L290		A	415	290	138	138	138	138															
2.2.3 管件 (板焊制)																									
GB/T700,Q235A	GB/T13401	Q235A	≤16	A	375	235	115	110	105	101	96	91	86										a,b,n		
GB/T700,Q235A	GB/T13401	Q235A	>16~40	A	375	225	115	110	105	101	96	91	86										a,b,n		
GB/T700,Q235B	GB/T13401	Q235B	≤16	A	375	235	125	125	122	119	113	105	100										b,n		
GB/T700,Q235B	GB/T13401	Q235B	>16~40	A	375	225	125	125	122	119	113	105	100										b,n		

表 A.1 材料许用应力表 (续)

材料	标准	牌号	厚度/mm	最低使用温度/℃ 或图1的 曲线号 ^o	标准规定最小 强度值/MPa		在下列温度 (℃) 下的许用应力 / MPa															脚注			
					σ_b	σ_s	20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	525	550	575		600	625	650
4 合金钢																									
4.1 无缝管、管件 (无缝管制)																									
4.1.1 无缝管																									
	GB6479	15CrMo	≤16	>-20	440	235	147	128	124	121	119	116	111	105	104	100	91	82	63	42	(27	18	12	8)	d
	GB6479	15CrMo	>16-40	>-20	440	225	147	128	124	121	119	116	111	105	104	100	91	82	63	42	(27	18	12	8)	d
	GB5310	15CrMoG	全部	>-20	440	235	147	128	124	121	119	116	111	105	104	100	91	82	63	42	(27	18	12	8)	d
	GB9948	15CrMo	≤16	>-20	440	235	147	128	124	121	119	116	111	105	104	100	91	82	63	42	(27	18	12	8)	d
	GB9948	15CrMo	>16-40	>-20	440	225	147	128	124	121	119	116	111	105	104	100	91	82	63	42	(27	18	12	8)	d
	GB5310	12Cr2Mo	≤16	>-20	450	280	150	150	150	150	149	148	146	143	140	136	113	92	65	46	31	(20	13	8)	d
	GB5310	12Cr2Mo	>16-40	>-20	450	270	150	150	147	145	144	143	141	138	135	132	109	92	65	46	31	(20	13	8)	d
	GB5310	12Cr2Mo	>40	>-20	450	260	150	150	142	139	138	138	136	133	130	127	105	92	65	46	31	(20	13	8)	d
	GB6479	12Cr2Mo	≤16	>-20	450	280	150	150	150	149	148	146	143	140	136	113	92	65	46	31	(20	13	8)	d	
	GB6479	12Cr2Mo	>16	>-20	450	270	150	150	147	145	144	143	141	138	135	132	109	92	65	46	31	(20	13	8)	d
	GB6479	10MoWVNb	≤16	>-20	470	295	157	157	157	156	153	147	141	135	130	126	121	97							p
	GB6479	10MoWVNb	>16	>-20	470	285	157	157	156	150	147	141	135	129	124	119	111	97							p
	GB6479	1CrMo	≤16	>-20	390	195	130	118	114	113	112	110	108	87	83	80	73	62	47	35	26	18	12	7	
	GB6479	1CrMo	>16	>-20	390	185	130	112	108	107	106	105	103	82	79	76	69	62	47	35	26	18	12	7	
	GB9948	1CrMo	≤16	>-20	390	195	130	118	114	113	112	110	108	87	83	80	73	62	47	35	26	18	12	7	
	GB9948	1CrMo	>16	>-20	390	185	130	112	108	107	106	105	103	82	79	76	69	62	47	35	26	18	12	7	
4.1.2 管件 (无缝管制)																									
	GB6479, 15CrMo	GB/T12459	15CrMo	>-20	440	225	147	128	124	121	119	116	111	105	104	100	91	82	63	42	(27	18	12	8)	d
	GB5310, 15CrMoG	GB/T12459	15CrMoG	>-20	440	225	147	128	124	121	119	116	111	105	104	100	91	82	63	42	(27	18	12	8)	d
	GB9948, 15CrMo	GB/T12459	15CrMo	>-20	440	225	147	128	124	121	119	116	111	105	104	100	91	82	63	42	(27	18	12	8)	d
	GB5310, 12Cr2Mo	GB/T12459	12Cr2Mo	>-20	450	270	150	150	147	145	144	143	141	138	135	132	109	92	65	46	31	(20	13	8)	d
	GB6479, 12Cr2Mo	GB/T12459	12Cr2Mo	>-20	450	270	150	150	147	145	144	143	141	138	135	132	109	92	65	46	31	(20	13	8)	d

表 A.1 材料许用应力表 (续)

材料	标准	牌号	厚度/mm	最低使用温度/℃ 或图1的 曲线号°	标准规定最小 强度值/MPa		在下列温度 (°C) 下的许用应力 / MPa																												脚注
					σ_b	σ_s	20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	525	550	575	600	625	650	675	700	725	750	775	800					
5 不锈钢																																			
5.1 不锈钢无缝管、焊管 (EFW, 无填充金属)、管件 (无缝管及焊管制)																																			
5.2.1 不锈钢无缝管																																			
GB/T14976	0Cr18Ni10Ti (321)	-253	520	205	138	<u>138</u>	<u>138</u>	138	134	128	123	119	117	115	115	114	112	|	92	60	44	33	25	18	13	9	6	4	3	b,c					
GB/T14976	0Cr18Ni10Ti (321H)	-196	520	205	138	<u>138</u>	<u>138</u>	138	134	128	123	119	117	115	115	114	112	|	98	75	59	46	37	29	23	18	15	12	9	b,c,f					
GB/T14976	00Cr19Ni10 (304L)	-253	480	175	115	<u>115</u>	<u>115</u>	109	103	98	94	92	90	|	88	<u>84</u>	<u>73</u>	<u>61</u>	|	49	41	33	27	22	18	15	12	9	7	7	b,c				
GB/T14976	00Cr17Ni14Mo2 (316L)	-253	480	175	115	<u>115</u>	<u>115</u>	107	101	95	90	87	86	|	84	82	80	78	|	76	<u>73</u>	<u>68</u>	<u>58</u>	44	33	25	19	14	11	8	b,c				
GB/T14976	0Cr18Ni9 (304/304H)	-253	520	205	138	<u>138</u>	<u>138</u>	130	122	115	111	107	105	103	<u>101</u>	<u>100</u>	<u>97</u>	|	<u>90</u>	78	63	51	41	33	27	21	17	14	11	b,c,f					
GB5310	1Cr18Ni9 (304H)	-196	520	205	138	<u>138</u>	<u>138</u>	130	122	115	111	107	105	103	<u>101</u>	<u>100</u>	<u>97</u>	|	<u>90</u>	78	63	51	41	33	27	21	17	14	11	b,c,f					
GB9948	1Cr18Ni9 (304H)	-196	520	205	138	<u>138</u>	<u>138</u>	130	122	115	111	107	105	103	<u>101</u>	<u>100</u>	<u>97</u>	|	<u>90</u>	78	63	51	41	33	27	21	17	14	11	b,c,f					
GB/T14976	0Cr17Ni12Mo2 (316/316H)	-253	520	205	138	<u>138</u>	<u>138</u>	133	125	119	114	111	110	108	107	106	106	|	103	<u>95</u>	81	65	51	39	30	23	19	14	11	b,c,f					
GB/T14976	0Cr18Ni11Nb (347)	-253	520	205	138	<u>138</u>	<u>138</u>	138	137	134	130	128	127	126	125	125	124	|	107	<u>77</u>	58	40	30	23	16	12	9	7	6	b,c					
GB5310	1Cr19Ni11Nb (347H)	-196	520	205	138	<u>138</u>	<u>138</u>	138	137	134	130	128	127	126	125	125	124	|	121	<u>111</u>	<u>92</u>	70	54	42	32	24	19	15	11	b,c,f					
GB9948	1Cr19Ni11Nb (347H)	-196	520	205	138	<u>138</u>	<u>138</u>	138	137	134	130	128	127	126	125	125	124	|	121	<u>111</u>	<u>92</u>	70	54	42	32	24	19	15	11	b,c,f					
GB/T14976	0Cr23Ni13 (309S)	-196	520	205	138	<u>138</u>	<u>138</u>	138	138	134	129	124	121	<u>104</u>	<u>97</u>	<u>90</u>	<u>79</u>	|	66	54	42	33	26	20	16	13	10	7	6	b,c,f					
GB/T14976	0Cr25Ni20 (310S)	-196	520	205	138	<u>138</u>	<u>138</u>	138	138	134	129	124	121	<u>104</u>	<u>97</u>	<u>90</u>	<u>81</u>	|	64	44	32	24	17	11	6	4	3	2	2	b,c					

表 A.1 材料许用应力表 (续)

材料	标准	牌号	厚度/mm	最低使用温度/°C 或图1的 曲线号°	标准规定最小 强度值/MPa		在下列温度 (°C) 下的许用应力 / MPa																												脚注
					σ_b	σ_s	20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	525	550	575	600	625	650	675	700	725	750	775	800					
	GB/T14976	0Cr25Ni20 (310H)		-196	520	205	138	<u>138</u>	<u>138</u>	138	138	134	129	124	121	<u>104</u>	<u>97</u>	<u>90</u>	<u>81</u>	72	65	57	49	41	34	25	18	13	9	7	b,c,f				
5.1.2	焊管 (EFW, 无填充金属)																																		
	GB/T12771	0Cr18Ni10Ti (321)		-253	520	210	138	<u>138</u>	<u>138</u>	138	134	128	123	119	117	115	115	114	112	92	60	44	33	25	18	13	9	6	4	3	b,c				
	HG/t20537.3	0Cr18Ni10Ti (321)		-253	520	205	138	<u>138</u>	<u>138</u>	138	134	128	123	119	117	115	115	114	112	92	60	44	33	25	18	13	9	6	4	3	b,c				
	GB/T12771	0Cr18Ni10Ti (321H)		-196	520	210	138	<u>138</u>	<u>138</u>	138	134	128	123	119	117	115	115	114	112	98	75	59	46	37	29	23	18	15	12	9	b,c,f				
	HG/t20537.3	0Cr18Ni10Ti (321H)		-196	520	205	138	<u>138</u>	<u>138</u>	138	134	128	123	119	117	115	115	114	112	98	75	59	46	37	29	23	18	15	12	9	b,c,f				
	GB/T12771	00Cr19Ni10 (304L)		-253	480	180	115	<u>115</u>	<u>115</u>	109	103	98	94	92	90	88	<u>84</u>	<u>73</u>	<u>61</u>	49	41	33	27	22	18	15	12	9	7	7	b,c				
	HG/t20537.3	00Cr19Ni10 (304L)		-253	480	175	115	<u>115</u>	<u>115</u>	109	103	98	94	92	90	88	<u>84</u>	<u>73</u>	<u>61</u>	49	41	33	27	22	18	15	12	9	7	7	b,c				
	GB/T12771	00Cr17Ni14Mo2 (316L)		-253	480	180	115	<u>115</u>	<u>115</u>	107	101	95	90	87	86	84	82	80	78	76	<u>73</u>	<u>68</u>	<u>58</u>	44	33	25	19	14	11	8	b,c				
	HG/t20537.3	00Cr17Ni14Mo2 (316L)		-253	480	175	115	<u>115</u>	<u>115</u>	107	101	95	90	87	86	84	82	80	78	76	<u>73</u>	<u>68</u>	<u>58</u>	44	33	25	19	14	11	8	b,c				
	GB/T12771	0Cr18Ni9 (304/304H)		-253	520	210	138	<u>138</u>	<u>138</u>	130	122	115	111	107	105	103	<u>101</u>	<u>100</u>	<u>97</u>	<u>90</u>	78	63	51	41	33	27	21	17	14	11	b,c,f				
	HG/t20537.3	0Cr18Ni9 (304/304H)		-253	520	205	138	<u>138</u>	<u>138</u>	130	122	115	111	107	105	103	<u>101</u>	<u>100</u>	<u>97</u>	<u>90</u>	78	63	51	41	33	27	21	17	14	11	b,c,f				
	GB/T12771	0Cr17Ni14Mo2 (316/316H)		-253	520	210	138	<u>138</u>	<u>138</u>	133	125	119	114	111	110	108	107	106	106	103	<u>95</u>	<u>81</u>	65	51	39	30	23	19	14	11	b,c,f				
	HG/t20537.3	0Cr17Ni14Mo2 (316/316H)		-253	520	205	138	<u>138</u>	<u>138</u>	133	125	119	114	111	110	108	107	106	106	103	<u>95</u>	<u>81</u>	65	51	39	30	23	19	14	11	b,c,f				
	GB/T12771	0Cr18Ni11Nb (347)		-253	520	210	138	<u>138</u>	<u>138</u>	138	137	134	130	128	127	126	125	125	124	107	<u>77</u>	58	40	30	23	16	12	9	7	6	b,c				

表 A.1 材料许用应力表 (续)

材料	标准	牌号	厚度/mm	最低使用温度/℃ 或图1的 曲线号 ^o	标准规定最小 强度值/MPa		在下列温度 (℃) 下的许用应力 / MPa																												脚注
					σ_b	σ_s	20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	525	550	575	600	625	650	675	700	725	750	775	800					
	GB/T12771	0Cr18Ni11Nb (347H)		-253	520	210	138	<u>138</u>	<u>138</u>	138	137	134	130	128	127	126	125	124	|	121	<u>111</u>	<u>92</u>	70	54	42	32	24	19	15	11	b,c,f				
	GB/T12771	0Cr23Ni13 (309S)		-196	520	205	138	<u>138</u>	<u>138</u>	138	138	134	129	124	121	<u>104</u>	<u>97</u>	<u>90</u>	<u>79</u>	|	66	54	42	33	26	20	16	13	10	7	6	b,c,f			
	GB/T12771	0Cr25Ni20 (310S)		-196	520	210	138	<u>138</u>	<u>138</u>	138	138	134	129	124	121	<u>104</u>	<u>97</u>	<u>90</u>	<u>81</u>	|	64	44	32	24	17	11	6	4	3	2	2	b,c			
	GB/T12771	0Cr25Ni20 (310H)		-196	520	210	138	<u>138</u>	<u>138</u>	138	138	134	129	124	121	<u>104</u>	<u>97</u>	<u>90</u>	<u>81</u>	|	72	65	57	49	41	34	25	18	13	9	7	b,c,f			
5.1.3	管件 (无缝管及焊管制) ^a																																		
	GB/T12459	0Cr18Ni10Ti (321)		-253	520	205	138	<u>138</u>	<u>138</u>	138	134	128	123	119	117	115	115	114	<u>112</u>	|	92	60	44	33	25	18	13	9	6	4	3	b,c			
	GB/T12459	0Cr18Ni10Ti (321H)		-196	520	205	138	<u>138</u>	<u>138</u>	138	134	128	123	119	117	115	115	114	<u>112</u>	|	98	75	59	46	37	29	23	18	15	12	9	b,c,f			
	GB/T12459	00Cr19Ni10 (304L)		-253	480	175	115	<u>115</u>	<u>115</u>	109	103	98	94	92	90	|	88	<u>84</u>	<u>73</u>	<u>61</u>	|	49	41	33	27	22	18	15	12	9	7	7	b,c		
	GB/T12459	00Cr17Ni14Mo2 (316L)		-253	480	175	115	<u>115</u>	<u>115</u>	107	101	95	90	87	86	|	84	82	80	78	|	76	<u>73</u>	<u>68</u>	<u>58</u>	44	33	25	19	14	11	8	b,c		
	GB/T12459	0Cr18Ni9 (304/304H)		-253	520	205	138	<u>138</u>	<u>138</u>	130	122	115	111	107	105	103	101	<u>100</u>	<u>97</u>	|	90	78	63	51	41	33	27	21	17	14	11	b,c,f			
	GB/T12459	1Cr18Ni9 (304H)		-196	520	205	138	<u>138</u>	<u>138</u>	130	122	115	111	107	105	103	<u>101</u>	<u>100</u>	<u>97</u>	|	90	78	63	51	41	33	27	21	17	14	11	b,c,f			
	GB/T12459	0Cr17Ni12Mo2 (316/316H)		-196	520	205	138	<u>138</u>	<u>138</u>	133	125	119	114	111	110	108	107	106	106	|	103	<u>95</u>	<u>81</u>	65	51	39	30	23	19	14	11	b,c,f			
	GB/T12459	0Cr18Ni11Nb (347)		-253	520	205	138	<u>138</u>	<u>138</u>	138	137	134	130	128	127	126	125	125	124	|	107	<u>77</u>	<u>58</u>	40	30	23	16	12	9	7	6	b,c			
	GB/T12459	1Cr19Ni11Nb (347H)		-196	520	205	138	<u>138</u>	<u>138</u>	138	137	134	130	128	127	126	125	125	124	|	121	<u>111</u>	<u>92</u>	70	54	42	32	24	19	15	11	b,c,f			
	GB/T12459	0Cr23Ni13 (309S)		-196	520	205	138	<u>138</u>	<u>138</u>	138	138	134	129	124	121	<u>104</u>	<u>97</u>	<u>90</u>	<u>79</u>	|	66	54	42	33	26	20	16	13	10	7	6	b,c,f			

表 A.1 材料许用应力表 (续)

材料	标准	牌号	厚度/mm	最低使用温度/℃ 或图1的 曲线号 ^a	标准规定最小 强度值/MPa		在下列温度(℃)下的许用应力 / MPa																												脚注
					σ_b	σ_s	20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	525	550	575	600	625	650	675	700	725	750	775	800					
	GB/T12459	0Cr25Ni20 (310S)		-196	520	205	138	<u>138</u>	<u>138</u>	138	138	134	129	124	121	<u>104</u>	<u>97</u>	<u>90</u>	<u>81</u>	64	44	32	24	17	11	6	4	3	2	2	b,c				
	GB/T12459	0Cr25Ni20 (310H)		-196	520	205	138	138	138	138	134	129	124	121	104	97	<u>90</u>	<u>81</u>	72	65	57	49	41	34	25	18	13	9	7	b,c,f					
5.2 不锈钢板、板焊管 (EFW)、管件 (板焊制)																																			
5.2.1 不锈钢板																																			
	GB/T4237	0Cr18Ni10Ti (321)		-253	520	205	138	<u>138</u>	<u>138</u>	138	134	128	123	119	117	115	115	114	112	92	60	44	33	25	18	13	9	6	4	3	b,c				
	GB/T4237	0Cr18Ni10Ti (321H)		-196	520	205	138	<u>138</u>	<u>138</u>	138	134	128	123	119	117	115	115	114	112	98	75	59	46	37	29	23	18	15	12	9	b,c,f				
	GB/T4237	00Cr19Ni10 (304L)		-253	480	177	115	<u>115</u>	<u>115</u>	108	103	98	94	92	90	88	<u>84</u>	<u>73</u>	<u>61</u>	49	41	33	27	22	18	15	12	9	7	7	b,c				
	GB/T4237	00Cr17Ni14Mo2 (316L)		-253	480	177	115	<u>115</u>	<u>115</u>	107	101	95	90	87	86	84	82	80	78	76	<u>73</u>	<u>68</u>	<u>58</u>	44	33	25	19	14	11	8	b,c				
	GB/T4237	0Cr18Ni9 (304/304H)		-253	520	205	138	<u>138</u>	<u>138</u>	130	122	115	111	107	105	103	<u>101</u>	<u>100</u>	<u>97</u>	90	78	63	51	41	33	27	21	17	14	11	b,c,f				
	GB/T4237	0Cr17Ni12Mo2 (316/316H)		-253	520	205	138	<u>138</u>	<u>138</u>	133	125	119	114	111	110	108	107	106	106	103	<u>95</u>	<u>81</u>	65	51	39	30	23	19	14	11	b,c,f				
	GB/T4237	0Cr18Ni11Nb (347)		-253	520	205	138	<u>138</u>	<u>138</u>	138	137	134	130	128	127	126	125	125	124	107	<u>77</u>	58	40	30	23	16	12	9	7	6	b,c				
	GB/T4237	0Cr19Ni11Nb (347H)		-196	520	205	138	<u>138</u>	<u>138</u>	138	137	134	130	128	127	126	125	125	124	121	<u>111</u>	<u>92</u>	70	54	42	35	25	19	15	11	b,c,f				
	GB/T4237	0Cr23Ni13 (309S)		-196	520	205	138	<u>138</u>	<u>138</u>	138	138	134	129	124	121	<u>104</u>	<u>97</u>	<u>90</u>	<u>79</u>	66	54	42	33	26	20	16	13	10	7	6	b,c,f				
	GB/T4237	0Cr25Ni20 (310S)		-196	520	205	138	<u>138</u>	<u>138</u>	138	138	134	129	124	121	<u>104</u>	<u>97</u>	<u>90</u>	<u>81</u>	64	44	32	24	17	11	6	4	3	2	2	b,c				
	GB/T4237	0Cr25Ni20 (310H)		-196	520	205	138	<u>138</u>	<u>138</u>	138	138	134	129	124	121	<u>104</u>	97	<u>90</u>	<u>81</u>	72	65	57	49	41	34	25	18	13	9	7	b,c,f				

表 A.1 材料许用应力表 (续)

材料	标准	牌号	厚度/mm	最低使用温度/℃ 或图1的 曲线号°	标准规定最小 强度值/MPa		在下列温度(℃)下的许用应力 / MPa																												脚注
					σ_b	σ_s	20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	525	550	575	600	625	650	675	700	725	750	775	800					
	JB4728	00Cr19Ni10 (304L)	≤100	-253	480	175	115	<u>115</u>	<u>115</u>	109	103	98	94	92	90	|	88	<u>84</u>	<u>73</u>	<u>61</u>	|	49	41	33	27	22	18	15	12	9	7	7	b,c		
	JB4728	00Cr19Ni10 (304L)	>100~200	-253	450	175	115	<u>115</u>	<u>115</u>	109	103	98	94	92	90	|	88	<u>84</u>	<u>73</u>	<u>61</u>	|	49	41	33	27	22	18	15	12	9	7	7	b,c		
	JB4728	00Cr17Ni14Mo2 (316L)	≤100	-253	480	175	115	<u>115</u>	<u>115</u>	107	101	95	90	87	86	|	84	82	80	78	|	76	<u>73</u>	<u>68</u>	<u>58</u>	44	33	25	19	14	11	8	b,c		
	JB4728	00Cr17Ni14Mo2 (316L)	>100~200	-253	450	175	115	<u>115</u>	<u>115</u>	107	101	95	90	87	86	|	84	82	80	78	|	76	<u>73</u>	<u>68</u>	<u>58</u>	44	33	25	19	14	11	8	b,c		
	JB4728	0Cr18Ni9 (304/304H)	≤100	-253	520	205	138	<u>138</u>	<u>138</u>	130	122	115	111	107	105	103	<u>101</u>	<u>100</u>	<u>97</u>	|	<u>90</u>	78	63	51	41	33	27	21	17	14	11	b,c,f			
	JB4728	0Cr18Ni9 (304/304H)	>100~200	-253	490	205	138	<u>138</u>	<u>138</u>	130	122	115	111	107	105	103	<u>101</u>	<u>100</u>	<u>97</u>	|	<u>90</u>	78	63	51	41	33	27	21	17	14	11	b,c,f			
	JB4728	0Cr17Ni12Mo2 (316/316H)	≤100	-253	520	205	138	<u>138</u>	<u>138</u>	133	125	119	114	111	110	108	107	106	106	|	103	<u>95</u>	<u>81</u>	65	51	39	30	23	19	14	11	b,c,f			
	JB4728	0Cr17Ni12Mo2 (316/316H)	>100~200	-253	490	205	138	<u>138</u>	<u>138</u>	133	125	119	114	111	110	108	107	106	106	|	103	<u>95</u>	<u>81</u>	65	51	39	30	23	19	14	11	b,c,f			
5.4 不锈钢铸件																																			
	GB/T12230	CF3		-253	485	206	138	<u>138</u>	136	122	115	109	105	103	101	|																b,c			
	GB/T12230	CF3M		-253	485	206	138	124	120	115	111	107	103	99	97	|	92																b,c		
	GB/T12230	CF8		-253	485	206	138	<u>138</u>	<u>138</u>	130	122	115	111	107	104	|	<u>100</u>	<u>98</u>	<u>97</u>	<u>90</u>	|	76	61	49	40	33	27	23	20	17	15	13	b,c,f		
	GB/T12230	CF8M		-253	485	206	138	<u>138</u>	<u>138</u>	134	126	120	114	108	108	|	<u>102</u>	<u>100</u>	<u>98</u>	<u>93</u>	|	86	74	62	54	46	37	29	22	18	15	12	b,c,f		
	GB/T12230	CF8C		-196	485	206	138	<u>138</u>	<u>138</u>	133	129	128	127	125	125	|	125	125	125	124	|	121	<u>111</u>	<u>92</u>	70	54	38	31	24	19	15	11	b,c,f		

表 A.1 材料许用应力表 (续)

材料	标准	牌号	厚度/mm	最低使用温度/℃	标准规定最小强度值/MPa		在下列温度 (℃) 下的许用应力 / MPa										脚注	
					σ_b	σ_s	20	40	75	100	125	150	175	200	225	250		275	300
7 钛及钛合金																		
7.1 钛及钛合金管 (无缝管及无填充金属EFW焊管)																		
	GB/T3624	TA0		-60	280	170	93	93	81	75	69	62	55	48	43	38	35	31
	GB/T3624	TA1		-60	370	250	123	123	113	105	97	89	83	77	70	62	55	51
	GB/T3624	TA2		-60	440	320	147	147	132	121	111	100	92	83	76	69	65	60
	GB/T3624	TA9		-60	370	250	123	123	113	105	97	89	83	77	70	62	55	51
	GB/T3624	TA10		-60	440	320	147	147	138	130	122	114	106	98	94	90	86	82
7.2 钛及钛合金板																		
	GB/T3621	TA0		-60	280	170	93	93	81	75	69	62	55	48	43	38	35	31
	GB/T3621	TA1		-60	370	250	123	123	113	105	97	89	83	77	70	62	55	51
	GB/T3621	TA2		-60	440	320	147	147	132	121	111	100	92	83	76	69	65	60
	GB/T3621	TA9		-60	370	250	123	123	113	105	97	89	83	77	70	62	55	51
	GB/T3621	TA10		-60	485	345	162	162	151	144	135	126	117	108	106	104	102	100
7.3 钛及钛合金锻件																		
	GB/T16598	TA0		-60	280	170	93	93	81	75	69	62	55	48	43	38	35	31
	GB/T16598	TA1		-60	370	250	123	123	113	105	97	89	83	77	70	62	55	51
	GB/T16598	TA2		-60	440	320	147	147	132	121	111	100	92	83	76	69	65	60
	GB/T16598	TA9		-60	370	250	123	123	113	105	97	89	83	77	70	62	55	51
	GB/T16598	TA10		-60	485	345	162	151	144	135	126	117	108	106	104	102	100	
7.4 钛及钛合金铸件																		
	GB/T6614	ZTi1		-60	345	275	115	115	105	93	86	78	73	66	63	58		
	GB/T6614	ZTi2		-60	440	370	148	148	133	121	111	100	93	83	78	70		
7.5 钛及钛合金无缝管件																		
	HG/T3651	TA0		-60	280	170	93	93	81	75	69	62	55	48	43	38	35	31
	HG/T3651	TA1		-60	370	250	123	123	113	105	97	89	83	77	70	62	55	51
	HG/T3651	TA2		-60	440	320	147	147	132	121	111	100	92	83	76	69	65	60
	HG/T3651	TA9		-60	370	250	123	123	113	105	97	89	83	77	70	62	55	51
	HG/T3651	TA10		-60	440	320	147	147	138	130	122	114	106	98	94	90	86	82

表 A.1 材料许用应力表 (续)

材料	标准	牌号	状态	厚度/mm	最低使用温度/℃	标准规定最小强度值/MPa		在下列温度(℃)下的许用应力 / MPa								脚注	
						σ_b	σ_s	20	40	65	75	100	125	150	175		200
8 铝及铝合金																	
8.1 铝及铝合金管																	
	GB/T6893	1060	O,H112	0.5~5	-269	60	(15)	12	12	12	11	11	10	9	8	6	
	GB/T4437.1	1060	O,H112	5~50	-269	60	(15)	12	12	12	11	11	10	9	8	6	
	GB/T6893	1050A	O	0.5~5	-269	60	(20)	13	13	13	13	12	11	10	8	6	
	GB/T4437.1	1050A	O	5~50	-269	60	(20)	13	13	13	13	12	11	10	8	6	
	GB/T6893	1200	O	0.5~5	-269	75	(25)	16	16	15	14	14	12	10	8	6	
	GB/T4437.1	1200	O,H112	5~50	-269	75	(25)	16	16	15	14	14	12	10	8	6	
	GB/T6893	3003	O,H112	0.75~5	-269	95	(35)	23	23	23	23	22	21	16	13	10	
	GB/T4437.1	3003	O,H112	5~50	-269	95	(35)	23	23	23	23	22	21	16	13	10	
	GB/T6893	5052	O	0.5~5	-269	170	70	46	46	46	46	45	42	38	29	18	
	GB/T4437.1	5052	O		-269	170	70	46	46	46	46	45	42	38	29	18	
	GB/T6893	5083	O,H112	0.5~5	-269	270	110	74	74	74							
	GB/T4437.1	5083	O,H112	5~50	-269	270	110	74	74	74							
	GB/T4437.1	5454	O,H112	5~50	-269	215	85	55	55	55	55	54	49	38	29	22	
	GB/T6893	6061	T4	>1.2~5	-269	205	110	69	69	69	69	69	67	63	55	41	e
	GB/T6893	6061	T6	0.75~5	-269	290	240	97	97	97	97	95	89	77	56	41	e
	GB/T6893	6061	T4,T6焊		-269	165		55	55	55	55	55	54	51	43	31	e
	GB/T4437.1	6061	T4	5~50	-269	180	110	60	60	60	60	60	58	55	55	41	e
	GB/T4437.1	6061	T6	5~50	-269	260	240	88	88	88	88	87	82	72	56	41	e
	GB/T4437.1	6061	T4,T6焊		-269	165		55	55	55	55	55	54	51	43	31	
	GB/T6893	6063	T6	0.75~5	-269	230	195	76	76	76	75	71	63	47	25	15	e
	GB/T6893	6063	T6焊		-269	115		39		39	39	39	38	35	22	15	
	GB/T4437.1	6063	T6	5~50	-269	205	175	69		69	68	66	60	45	25	15	e
	GB/T4437.1	6063	T6焊		-269	115		39		39	39	39	38	35	22	15	

表 A.1 材料许用应力表 (续)

材料	标准	牌号	状态	厚度/mm	最低使用温度/℃	标准规定最小强度值/MPa		在下列温度 (℃) 下的许用应力 / MPa								脚注	
						σ_b	σ_s	20	40	65	75	100	125	150	175		200
8.2 铝及铝合金管件																	
	i	WP1060	O,H112		-269	55	15	12	12	12	11	11	10	9	8	6	i
	i	WP3003	O,H112		-269	95	35	23	23	23	23	22	21	16	13	10	i
	i	WP5083	O,H112		-269	270	110	74	74	74							i
	i	WP6061	T4		-269	180	110	60	60	60	60	60	58	55	55	41	e,i
	i	WP6061	T6		-269	260	240	88	88	88	88	87	82	72	56	41	e
	i	WP6061	T4,T6焊		-269	165		55	55	55	55	55	54	51	43	31	
	i	WP6063	T6		-269	205	175	69	69	69	68	66	60	45	25	15	e
	i	WP6063	T6焊		-269	115		39	39	39	39	39	38	35	22	15	
8.3 铝及铝合金板																	
	GB/T3880.2	1060	O	≤10(80)	-269	55	15	12	12	12	11	11	10	9	8	6	
	GB/T3880.2	1060	H112	≤25	-269	70	35	23	23	22	21	18	13	12	10	7	e
	GB/T3880.2	1050A	O	≤10(80)	-269	60	20	13	13	13	13	12	11	10	8	6	
	GB/T3880.2	1050A	H112	≤25	-269	70	35	23	23	23	23	23	20	16	13	10	e
	GB/T3880.2	1200	O	≤10(80)	-269	75	25	16	16	15	14	14	12	10	8	6	
	GB/T3880.2	1200	H112	≤25	-269	85	35	23	23	23	23	23	20	16	13	10	e
	GB/T3880.2	3003	O	≤10(80)	-269	95	35	23	23	23	23	22	21	16	13	10	
	GB/T3880.2	3003	H112	≤50	-269	105	40	28	28	28	27	26	21	16	13	10	e
	GB/T3880.2	3004	O	≤10(80)	-269	150	60	39	39	39	39	39	39	39	27	17	
	GB/T3880.2	5052	O	≤10(80)	-269	170	65	43	43	43	43	43	42	38	29	18	
	GB/T3880.2	5052	H112	≤75	-269	170	65	43	43	43	43	43	42	38	29	18	e
	GB/T3880.2	5083	O	≤38	-269	275	125	83	83	83							
	GB/T3880.2	5083	H112	≤40	-269	275	125	83	83	83							e
	GB/T3880.2	5086	O	≤4.5(80)	-269	240	95	64	64	64							
	GB/T3880.2	5086	H112	≤25	-269	240	110	64	64	64							e

表 A.1 材料许用应力表 (续)

材料	标准	牌号	厚度/mm	最低使用温度/℃ 或图1的 曲线号 ^o	标准规定最小 强度值/MPa		在下列温度 (℃) 下的许用应力 / MPa														脚注
					σ_b	σ_s	20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	525	550		575

注1: 表 A.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以及铸件质量系数。

注2: 剪切、接触、压缩应力应符合 GB/T 20801.3中 4.2.4.4 和 4.2.4.5 的规定。

注3: 表A.1未列温度的许用应力可采用内插法计算。

注4: 小于 20℃ 的许用应力取 20℃ 的值。

- a A 级结构钢许用应力值已乘质量系数 0.92 ;
- b 许用应力值旁的直线 (|) 表示材料高于相应温度时, 尚应符合本部分第 6、7 章的规定;
- c 采用黑体字表述的奥氏体不锈钢和镍基合金许用应力值取相应温度下材料屈服强度 90%, 当用于非标法兰或按 GB/T 20801.3 中 7.3.2 计算时应将该值乘以 75%; 标有下横线的许用应力值大于相应温度下材料屈服强度三分之二, 当用于非标法兰或按GB/T 20801.3中7.3.2计算时应适当降低。
- d 材料不宜长期、满负荷地在带括号许用应力值所对应的温度下使用, 且应符合本部分第 7 章的规定。
- e 焊接后该铝合金材料的许用应力应按 T4焊 和 T6焊 选取。
- f 高温条件下的奥氏体不锈钢应符合本部分表 2 的规定。
- g 高温条件下的镍及镍基合金应符合本部分表 3 的规定。
- h 板焊管标准可参照 ASTM A671 《常温和较低温用电熔焊钢管》、ASTM A672 《中温高压用电熔焊钢管》、ASTM A691 《高温高压用碳素钢和合金钢电熔焊钢管》。
- i 铝制管件标准可参照 ASTM B361 《铝及铝合金焊接管件》。
- j 括号内标准或牌号系参照使用。
- k 应附加低温冲击试验要求。
- l 尚应符合本部分 6.1 条的规定。
- m 尚应符合本部分表 1 的规定。
- n 尚应符合本部分表 4 和 6.2 条的规定。
- o 数字表示最低使用温度, 英文字母 A 或 B 表示本部分图 1 中的曲线, 材料尚应满足本部分 8.1.3~8.1.5 条规定。
- p 大于 500℃, 缺乏数据。
- q 管件用原材料的标准有 GB/T 12771、GB/T 14976、GB 5310、GB 9948、HG/T 20537.3。

表A.2 螺栓许用应力表^a

材料	标准	牌号等级	尺寸范围/mm	最低使用温度/℃	标准规定最小值/MPa		在下列温度(℃)下的许用应力 / MPa																				脚注					
					σ_b	σ_s	20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	525	550	575	600	625	650	675	700		725	750	775	800	
9 紧固件																																
9.1 标准紧固件																																
	GB/T3098.1	5.6	≤M39	>-20	500	300	125	125	125	125	125	125																				
	GB/T3098.1	8.8	≤M39	>-20	800	640	160	160	160	160	160	160																				
	GB/T3098.6	A2-50	≤M39	-253	520	210	130	114	103	96	90	85	82	79	77	76	75	74	72	71	69	64	51	41	33	27	21	17	14	11		
	GB/T3098.6	A4-50	≤M39	-196	520	210	130	120	107	99	93	88	84	82	81	80	79	79	78	78	77	74	65	51	39	30	23	19	14	11		
	GB/T3098.6	A2-70	≤M24	-196	700	450	130	114	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113		
	GB/T3098.6	A4-70	≤M24	-196	700	450	130	120	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113		
9.2 专用紧固件																																
	GB/T3077	35CrMo	≤M22	-101	835	735	167	167	167	167	167	167	167	167	162	146	121	94	68	44												
	GB/T3077	35CrMo	24~80	-101	805	685	161	161	161	161	161	161	161	159	153	139	116	93	68	44												
	GB/T3077	25Cr2MoV	≤48	>-20	835	735	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	
	GB/T3077	25Cr2MoV	52~105	>-20	805	685	161	161	161	161	161	161	161	161	161	161	161	161	161	161	161	161	161	161	161	161	161	161	161	161	161	
	GB/T1220	0Cr18Ni9 (304)		-253	515	205	130	114	103	96	90	85	82	79	77	76	75	74	72	71	69	64	51	41	33	27	21	17	14	11		
	GB/T1220	0Cr17Ni14Mo2 (316)		-253	515	205	130	120	107	99	93	88	84	82	81	80	79	79	78	78	77	74	65	51	39	30	23	19	14	11		
	—	B8-2	≤20	-196	860	690	172	172	172	172	172	172	172	172	172	172	172	172	172	171	168										b	
	—	B8-2	>20~25	-196	795	550	138	138	138	138	138	138	138	138	138	138	138	138	138	138	138	138	138	138	138	138	138	138	138	138	138	b
	—	B8-2	>25~32	-196	450	130	115	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	b
	—	B8-2	>32~40	-196	690	345	130	118	110	104	98	94	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	b
	—	B8M-2	≤20	-196	760	665	152	152	152	152	152	152	152	152	152	152	152	86	75	74	73										b	
	—	B8M-2	>20~25	-196	690	550	138	138	138	138	138	138	138	138	138	138	138	138	84	75	74	73										b
	—	B8M-2	>25~32	-196	655	450	130	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	81	75	74	73										b
	—	B8M-2	>32~40	-196	620	345	130	112	112	112	112	112	112	86	86	86	86	77	75	74	73											b

a 表中所给的许用应力仅满足一般的强度要求,如长期使用后无需重新上紧仍能保证泄漏率,则应考虑法兰和螺栓的挠性和应力松弛,许用应力可适当降低。
 b 应变强化不锈钢紧固件可参照 ASTM A193 《高温用合金钢和不锈钢螺栓材料》。

表 A.3 管子与对焊管件的纵向焊接接头系数 Φ_w

标准	形式	简 述	纵向焊接 接头系数 Φ_w	脚注
碳钢				
GB/T 8163 GB 6479 GB 5310 GB3087 GB 9948	无缝	无缝管	1.00	
GB/T 3091	电阻焊 电熔焊（埋弧焊）	电阻焊焊管（直缝）ERW 埋弧焊焊管（直缝）SAW	0.85 0.80	
GB/T 9711.1	无缝 电阻焊 电熔焊（埋弧焊）	无缝管 电阻焊焊管（直缝）ERW 双面埋弧焊焊管（直缝）SAW	1.00 0.85 0.95	
板焊管	电熔焊	板制焊管，双面电熔焊，100%射线检测 板制焊管，双面电熔焊	1.00 0.85	b b
板焊管	电熔焊	板制焊管，双面电熔焊，100%射线检测 板制焊管，双面电熔焊	1.00 0.85	c c
GB/T 12459	无缝	无缝管件	1.00	
GB/T 13401	电熔焊	焊接管件，电熔焊100%射线检测 焊接管件，双面电熔焊 焊接管件，单面电熔焊	1.00 0.85 0.80	a a
低温钢				
GB 6479 GB/T 18984	无缝	无缝管	1.00	
GB/T 12459 GB/T 13401	无缝 电熔焊	无缝管件 焊接管件，电熔焊，100%射线检测	1.00 1.00	
板焊管	电熔焊	板制焊管，双面电熔焊，100%射线检测	1.00	c
合金钢				
GB 6479 GB 5310 GB 9948	无缝	无缝管	1.00	
板焊管	电熔焊	板制焊管，双面电熔焊，100%射线检测 板制焊管，双面电熔焊	1.00 0.85	d d
GB/T 12459	无缝	无缝管件	1.00	
GB/T 13401	焊接	焊接管件，电熔焊，100%射线检测	1.00	
不锈钢				
GB/T 14976 GB 5310 GB9948	无缝	无缝管	1.00	
GB/T 12771 HG/T 20537.3	电熔焊 电熔焊	电熔焊焊管（无填充金属） 电熔焊焊管（无填充金属）	1.00 1.00	

表 A.3 管子与对焊管件的纵向焊接接头系数 ϕ_w (续)

标准	形式	简 述	纵向焊接 接头系数 ϕ_w	脚注
HG/T 20537.4	电熔焊	板制焊管, 电熔焊, 100%射线检测	1.00	
		板制焊管, 电熔焊, 按标准局部射线检测	0.90	
		板制焊管, 双面电熔焊	0.85	
GB/T 12459 GB/T 13401	无缝	无缝管件	1.00	
	电熔焊	焊接管件 (采用 GB 12771 或 HG 20537.3 焊接钢管为坯料)	0.85	
	电熔焊	焊接管件, 电熔焊, 100%射线检测	1.00	
	电熔焊	焊接管件, 单面电熔焊	0.80	
	电熔焊	焊接管件, 双面电熔焊	0.85	
镍及镍合金				
GB/T 2882 JB 4742	无缝	无缝管	1.00	
	无缝	无缝管	1.00	
GB/T 12459	无缝	无缝管件	1.00	
钛及钛合金				
GB/T 3624	无缝	无缝管	1.00	
GB/T 3624	电熔焊	电熔焊焊管 (无填充金属)	0.85	
HG/T 3651	无缝	无缝管件	1.00	
铝及铝合金				
GB/T 6893 GB/T 4437.1	无缝	无缝管	1.00	
	无缝	无缝管	1.00	
铝及铝合金管件	无缝	无缝管件	1.00	e
	电熔焊	焊接管件, 电熔焊, 100%射线检测	1.00	e
	电熔焊	焊接管件, 双面电熔焊	0.85	e
	电熔焊	焊接管件, 单面电熔焊	0.80	e
<p>a 仅限用于结构钢, 如 Q215A、Q235A、Q235B制管件。</p> <p>b 参照 ASTM A671 。</p> <p>c 参照 ASTM A672 。</p> <p>d 参照 ASTM A691 。</p> <p>e 参照 ASTM B361 。</p>				

表 A.4 铸件质量系数 ϕ_c ^a

材料类别	标准	名称	铸件质量系数 ϕ_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	GB/T 12229	碳素钢铸件	0.80
低温钢	GB/T 16253	低温钢铸件	0.80
合金钢	GB/T 16253	合金钢铸件	0.80
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
<p>a 非铸铁材料如按 GB/T 20801.3 表4 进行无损检测，ϕ_c 可适当提高。</p>			

附录 B
(资料性附录)
材料的物理性能

表B.1 金属的总热膨胀量

mm / m

温度/ ℃	材 料														
	低碳钢 至 3Cr-Mo钢	5Cr-Mo 至 9Cr-Mo	奥氏体 不锈钢 如18Cr-8Ni	12Cr 17Cr 27Cr	25Cr-20Ni	蒙耐尔 合金 67Ni-30Cu	3.5Ni	铝	灰铸铁	青铜 (Cu-Sn)	黄铜 (Cu-Zn)	白铜 70Cu-30Ni	Ni-Cr-Te (UNS N08XXX) 系列	Ni-Cr-Te (UNS N06XXX) 系列	球墨铸铁
-198	-1.97	-1.85	-3.21	-1.70		-2.19	-1.89	-3.91		-3.31	-3.23	-2.62			
-180	-1.84	-1.73	-2.98	-1.58		-2.09	-1.79	-3.65		-3.06	-2.99	-2.46			
-160	-1.69	-1.60	-2.71	-1.45		-1.96	-1.67	-3.36		-2.78	-2.71	-2.26			
-140	-1.54	-1.45	-2.44	-1.32		-1.82	-1.55	-3.04		-2.50	-2.43	-2.06			-1.35
-120	-1.37	-1.29	-2.16	-1.17		-1.65	-1.40	-2.72		-2.21	-2.14	-1.84			-1.20
-100	-1.20	-1.13	-1.88	-1.03		-1.47	-1.22	-2.38		-1.91	-1.85	-1.61			-1.06
-80	-1.02	-0.96	-1.58	-0.88		-1.26	-1.04	-2.03		-1.62	-1.58	-1.37			-0.92
-60	-0.83	-0.79	-1.29	-0.72		-1.03	-0.85	-1.67		-1.32	-1.29	-1.12			-0.76
-40	-0.64	-0.60	-0.98	-0.55		-0.79	-0.65	-1.28		-1.01	-0.99	-0.86			-0.59
-20	-0.44	-0.41	-0.66	-0.38		-0.54	-0.44	-0.88		-0.69	-0.67	-0.59			-0.41
0	-0.23	-0.21	-0.34	-0.20		-0.28	-0.23	-0.46		-0.36	-0.35	-0.31			-0.21
20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
40	0.21	0.20	0.31	0.18	0.30	0.26	0.22	0.42	0.20	0.33	0.32	0.28	0.27	0.25	0.20
60	0.44	0.41	0.65	0.38	0.62	0.54	0.45	0.88	0.40	0.69	0.67	0.59	0.55	0.51	0.41
80	0.67	0.63	0.99	0.58	0.93	0.82	0.68	1.36	0.61	1.05	1.03	0.90	0.84	0.78	0.63
100	0.91	0.86	1.33	0.78	1.25	1.12	0.92	1.84	0.82	1.43	1.39	1.22	1.13	1.05	0.86
120	1.15	1.09	1.67	0.99	1.57	1.41	1.17	2.33	1.04	1.79	1.76	1.54	1.44	1.33	1.09
140	1.40	1.32	2.02	1.21	1.90	1.71	1.42	2.83	1.26	2.16	2.13	1.86	1.77	1.61	1.33
160	1.66	1.56	2.37	1.42	2.22	2.02	1.67	3.34	1.49	2.54	2.51	2.19	2.11	1.90	1.57
180	1.92	1.80	2.73	1.64	2.55	2.32	1.93	3.85	1.72	2.91	2.90	2.52	2.46	2.19	1.83
200	2.19	2.04	3.09	1.87	2.87	2.64	2.19	4.37	1.96	3.29	3.29	2.86	2.82	2.48	2.08
220	2.46	2.29	3.45	2.10	3.19	2.96	2.45	4.90	2.20	3.67	3.69		3.16	2.77	2.36
240	2.74	2.54	3.81	2.33	3.51	3.28	2.71	5.44	2.45	4.05	4.09		3.49	3.06	2.64
260	3.02	2.80	4.17	2.56	3.84	3.61	2.98	5.98	2.70	4.44	4.50		3.83	3.55	2.95
280	3.30	3.06	4.54	2.81	4.16	3.95	3.26	6.53	2.96	4.83	4.92		4.16	3.65	3.21
300	3.60	3.32	4.91	3.05	4.48	4.28	3.53	7.09	3.22	5.22	5.34		4.50	3.95	3.49
320	3.90	3.59	5.29	3.30	4.81	4.62	3.82	7.64	3.49	5.62	5.76		4.85	4.25	3.76

表B.1 金属的总热膨胀量 (续)

mm / m

温度/ ℃	材 料														
	低碳钢 至 3Cr-Mo钢	5Cr-Mo 至 9Cr-Mo	奥氏体 不锈钢 如18Cr-8Ni	12Cr 17Cr 27Cr	25Cr-20Ni	蒙耐尔 合金 67Ni-30Cu	3.5Ni	铝	灰铸铁	青铜 (Cu-Sn)	黄铜 (Cu-Zn)	白铜 70Cu-30Ni	Ni-Cr-Te (UNS N08XXX) 系列	Ni-Cr-Te (UNS N06XXX) 系列	球墨铸铁
340	4.20	3.86	5.66	3.55	5.14	4.98	4.10		3.76	6.01	6.20		5.19	4.56	4.04
360	4.51	4.13	6.04	3.80	5.46	5.33	4.39		4.04	6.41	6.63		5.54	4.87	4.32
380	4.83	4.41	6.42	4.06	5.79	5.69	4.68		4.32	6.81	7.08		5.89	5.18	4.61
400	5.15	4.69	6.81	4.32	6.11	6.05	4.97		4.60	7.21	7.53		6.24	5.49	4.90
420	5.47	4.98	7.21	4.58	6.44	6.42	5.26		4.89	7.62	7.99		6.60	5.81	5.20
440	5.80	5.28	7.60	4.84	6.76	6.79	5.56		5.18	8.03	8.46		6.95	6.11	5.48
460	6.14	5.57	7.99	5.11	7.10	7.17	5.86		5.48	8.44	8.93		7.31		5.78
480	6.47	5.86	8.39	5.38	7.43	7.56	6.15		5.78	8.85	9.41		7.68		6.08
500	6.79	6.15	8.79	5.65	7.81	7.95	6.44		6.09	9.26	9.89		8.04		6.39
520	7.12	6.45	9.21	5.92	8.20	8.34	6.75		6.40	9.68	10.38		8.41		6.70
540	7.45	6.75	9.62	6.20	8.58	8.73	7.05		6.72	10.09	10.87		8.78		7.01
560	7.79	7.04	10.02	6.47	8.94	9.13				10.52	11.37		9.16		
580	8.13	7.34	10.43	6.74	9.30	9.54				10.95	11.87		9.53		
600	8.47	7.64	10.84	7.01	9.66	9.94				11.37	12.38		9.91		
620	8.79	7.94	11.25	7.28	10.05	10.36							10.29		
640	9.11	8.24	11.66	7.55	10.44	10.78							10.67		
660	9.44	8.54	12.07	7.82	10.84	11.20							11.08		
680	9.78	8.84	12.47	8.09	11.24	11.63							11.49		
700	10.11	9.15	12.88	8.36	11.63	12.06							11.90		
720	10.44	9.45	13.29	8.63	11.99	12.49							12.32		
740	10.78	9.75	13.69	8.91	12.35	12.92							12.74		
760	11.12	10.04	14.10	9.18	12.71	13.35							13.17		
780													13.60		
800													14.03		
815													14.33		

注： 本表所给出的金属总热膨胀量系指由 20℃ 变化至表中所示温度时所产生的总的单位长度热膨胀量。

表B.2 金属热膨胀系数

10⁻⁶ / °C

温度/°C	材 料														
	低碳钢 至 3Cr-Mo钢	5Cr-Mo 至 9Cr-Mo	奥氏体 不锈钢 18Cr-8Ni	12Cr 17Cr 27Cr	25Cr-20Ni	蒙耐尔 合金 67Ni-30Cu	3.5Ni	铝	灰铸铁	青铜 (Cu-Sn)	黄铜 (Cu-Zn)	白铜 70Cu-30Ni	Ni-Cr-Te (UNS N08XXX) 系列	Ni-Cr-Te (UNS N06XXX) 系列	球墨铸铁
-198	9.00	8.46	14.67	7.74		10.00	8.57	17.83		15.12	14.76	11.97			
-180	9.17	8.63	14.82	7.88		10.39	8.88	18.15		15.24	14.86	12.23			
-160	9.35	8.81	14.99	8.02		10.83	9.21	18.53		15.37	14.98	12.50			
-140	9.53	8.99	15.16	8.18		11.28	9.59	18.90		15.50	15.08	12.78			8.37
-120	9.71	9.17	15.33	8.32		11.72	9.89	19.27		15.63	15.20	13.06			8.50
-100	9.91	9.37	15.49	8.47		12.16	10.07	19.65		15.76	15.32	13.33			8.78
-80	10.10	9.52	15.67	8.67		12.42	10.31	20.10		16.02	15.61	13.59			9.08
-60	10.29	9.68	15.89	8.87		12.68	10.49	20.56		16.28	15.90	13.85			9.35
-40	10.48	9.85	16.05	9.04		12.92	10.63	20.97		16.53	16.17	14.09			9.61
-20	10.61	9.99	16.15	9.17		13.09	10.78	21.31		16.75	16.37	14.27			9.87
0	10.75	10.14	16.27	9.28		13.26	10.98	21.65		16.97	16.65	14.47			10.08
20	10.92	10.31	16.39	9.43		13.46	11.25	22.03		17.23	16.81	14.69		12.83	10.33
40	11.05	10.44	16.50	9.54		13.61	11.40	22.34		17.41	16.98	14.85		12.97	10.49
60	11.21	10.61	16.61	9.68		13.80	11.48	22.71		17.66	17.20	15.04		13.10	10.62
80	11.36	10.77	16.73	9.81	15.82	13.99	11.56	23.07	10.35	17.88	17.43	15.23	14.22	13.23	10.75
100	11.53	10.91	16.84	9.93	15.84	14.16	11.65	23.32	10.39	18.07	17.62	15.41	14.32	13.35	10.89
120	11.67	11.01	16.93	10.04	15.89	14.27	11.78	23.60	10.51	18.14	17.78	15.53	14.60	13.46	11.04
140	11.81	11.10	17.01	10.14	15.94	14.39	11.91	23.81	10.63	18.19	17.93	15.63	14.90	13.56	11.19
160	11.98	11.20	17.09	10.25	15.99	14.51	12.03	24.02	10.73	18.26	18.09	15.75	15.19	13.67	11.34
180	12.10	11.30	17.17	10.34	16.02	14.62	12.13	24.23	10.85	18.33	18.22	15.88	15.48	13.75	11.49
200	12.24	11.39	17.25	10.44	16.05	14.74	12.22	24.43	10.96	18.40	18.38	15.99	15.78	13.84	11.64
220	12.38	11.49	17.32	10.54	16.06	14.86	12.30	24.64	11.08	18.46	18.53		15.83	13.90	11.85
240	12.51	11.60	17.39	10.63	16.06	14.99	12.38	24.83	11.19	18.52	18.69		15.95	13.97	12.08
260	12.64	11.70	17.46	10.73	16.07	15.12	12.47	25.02	11.30	18.58	18.85		16.02	14.04	12.33
280	12.77	11.80	17.54	10.84	16.07	15.24	12.58	25.22	11.43	18.65	18.99		16.08	14.10	12.42
300	12.90	11.91	17.62	10.95	16.07	15.36	12.67	25.42	11.55	18.73	19.14		16.14	14.18	12.50
320	13.04	12.01	17.69	11.06	16.09	15.47	12.77	25.56	11.67	18.80	19.28		16.21	14.23	12.59

表B.2 金属热膨胀系数 (续)

10⁻⁶ / °C

温度/°C	材 料														
	低碳钢 至 3Cr-Mo钢	5Cr-Mo 至 9Cr-Mo	奥氏体 不锈钢 18Cr-8Ni	12Cr 17Cr 27Cr	25Cr-20Ni	蒙耐尔 合金 67Ni-30Cu	3.5Ni	铝	灰铸铁	青铜 (Cu-Sn)	黄铜 (Cu-Zn)	白铜 70Cu-30Ni	Ni-Cr-Te (UNS N08XXX) 系列	Ni-Cr-Te (UNS N06XXX) 系列	球墨铸铁
340	13.17	12.10	17.76	11.15	16.11	15.60	12.87		11.79	18.86	19.43		16.28	14.30	12.66
360	13.31	12.20	17.83	11.22	16.11	15.73	12.95		11.91	18.91	19.57		16.34	14.37	12.75
380	13.45	12.29	17.89	11.30	16.13	15.86	13.03		12.03	18.97	19.73		16.40	14.42	12.83
400	13.58	12.39	17.99	11.40	16.13	15.97	13.12		12.14	19.03	19.88		16.47	14.49	12.93
420	13.72	12.49	18.06	11.48	16.14	16.09	13.19		12.26	19.10	20.04		16.53	14.56	13.02
440	13.86	12.60	18.14	11.55	16.15	16.21	13.26		12.36	19.17	20.19		16.59	14.58	13.08
460	13.98	12.68	18.21	11.65	16.17	16.34	13.34		12.48	19.23	20.35		16.66		13.18
480	14.10	12.77	18.28	11.73	16.20	16.47	13.40		12.59	19.29	20.50		16.73		13.26
500	14.19	12.85	18.36	11.81	16.32	16.60	13.46		12.72	19.34	20.66		16.79		13.35
520	14.28	12.93	18.45	11.87	16.44	16.71	13.52		12.83	19.39	20.80		16.86		13.43
540	14.36	13.00	18.53	11.94	16.53	16.83	13.59		12.94	19.45	20.95		16.93		13.50
560	14.46	13.07	18.60	12.00	16.58	16.95				19.52	21.10		16.99		
580	14.55	13.14	18.67	12.06	16.63	17.07				19.59	21.24		17.05		
600	14.63	13.19	18.72	12.11	16.68	17.18				19.65	21.38		17.12		
620	14.69	13.26	18.79	12.15	16.79	17.29				19.71	21.54		17.19		
640	14.72	13.31	18.84	12.19	16.87	17.41				19.78	21.69		17.25		
660	14.77	13.37	18.89	12.23	16.96	17.53							17.34		
680	14.84	13.42	18.93	12.28	17.06	17.64							17.44		
700	14.89	13.47	18.97	12.32	17.14	17.76							17.53		
720	14.94	13.52	19.01	12.35	17.16	17.86							17.63		
740	15.00	13.56	19.05	12.39	17.18	17.97							17.72		
760	15.05	13.59	19.08	12.42	17.21	18.07							17.82		
780			19.18										17.92		
800			19.25										18.01		
815			19.35										18.09		

注： 本表所给出的金属热膨胀系数指由 20°C 变化至表中所示温度时的平均热膨胀系数。

压力管道规范 工业管道

第3部分：设计和计算

Pressure piping code Industrial piping—Part 3: Design and calculation

2006—12—30 发布
2007—06—01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会
发布

前 言

本标准对应于 ISO15649: 2001《石油和天然气工业管道》，与 ISO15649: 2001 一致性程度为**非等效**。

GB/T 20801《压力管道规范工业管道》由下列六个部分组成：

- 第1部分：总则；
- 第2部分：材料；
- 第3部分：设计和计算；
- 第4部分：制作与安装；
- 第5部分：检验与试验；
- 第6部分：安全防护。

本部分为 GB/T 20801 的第3部分。

本部分的附录 C、附录 F 为规范性附录，附录 A、附录 B、附录 D、附录 E、附录 G 为资料性附录。

本部分由全国锅炉压力容器标准化技术委员会压力管道分技术委员会(SAC/TC 262/SC 3)提出。

本部分由全国锅炉压力容器标准化技术委员会 (SAC/TC 262) 归口。

本部分起草单位：全国化工设备设计技术中心站、中国石化集团上海工程有限公司、华东理工大学、国家质检总局特种设备安全监察局、中国石油化工集团公司经济技术研究院、中国石油化工集团公司工程建设管理部、辽宁省安全科学研究院。

本部分主要起草人：秦叔经、蔡暖姝、丁伯民、应道宴、夏德楷、高继轩、修长征、汪镇安、叶文邦、寿比南、王为国、黄正林、周家祥、唐永进、张宝江、于浦义、刘金山。

压力管道规范 工业管道 第3部分：设计和计算

1 范围

本部分规定了 GB/T 20801.1 范围内压力管道的设计与计算的基本要求，这些基本要求包括设计条件、设计准则、管道组成件及其压力设计和管道应力分析等方面的规定。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过 GB/T 20801 的本部分的引用而成为本部分的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本部分，然而，鼓励根据本部分达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本部分。

GB 150 钢制压力容器

GB/T 196—2003 普通螺纹 基本尺寸 (ISO 724: 1993, MOD)

GB/T 197—2003 普通螺纹公差 (ISO 965-1: 1998, MOD)

GB/T 539—1995 耐油石棉橡胶板

GB/T 1031—1995 表面粗糙度参数及其数值 (neq ISO 468: 1982)

GB/T 1047—2005 管道元件 DN(公称尺寸)的定义和选用 (ISO 6708: 1995, MOD)

GB/T 1048—2005 管道元件 PN(公称压力)的定义和选用 (ISO/CD 7268: 1996, MOD)

GB/T 1220—1992 不锈钢棒

GB/T 3077—1999 合金结构钢

GB/T 3098.1—2000 紧固件机械性能螺栓、螺钉和螺柱 (idt ISO 898-1: 1999)

GB/T 3098.6—2000 紧固件机械性能不锈钢螺栓、螺钉和螺柱 (idt ISO 3506-1: 1997)

GB/T 3287—2000 可锻铸铁管路连接件(eqv ISO 49: 1994)

GB/T 3420—1982 灰口铸铁管件

GB/T 3422—1982 连续铸铁管

GB/T 3985—1995 石棉橡胶板

GB/T 5782—2000 六角头螺栓 (eqv ISO 4014: 1999)

GB/T 6170—2000 1型六角螺母 (eqv ISO 4032: 1999)

GB/T 6175—2000 2型六角螺母 (eqv ISO 4033: 1999)

GB/T 7233—1987 铸钢件超声探伤及质量评级方法

GB/T 7306.1—2000 55°密封管螺纹第1部分：圆柱内螺纹与圆锥外螺纹 (eqv ISO 7-1: 1994)

GB/T 7306.2—2000 55°密封管螺纹第2部分：圆锥内螺纹与圆锥外螺纹 (eqv ISO 7-1: 1994)

GB/T 9065—1988 液压软管接头连接尺寸

GB/T 9711.1—1997 石油天然气工业 输送钢管交货技术条件 第1部分：A级钢管 (eqv ISO 3183-1: 1996)

GB/T 12220—1989 通用阀门 标志 (idt ISO 5209: 1977)

GB/T 12221—2005 金属阀门 结构长度 (ISO 5752: 1982, MOD)
 GB/T 12224—2005 钢制阀门 一般要求
 GB/T 12232—2005 通用阀门 法兰连接铁制闸阀
 GB/T 12233—2006 通用阀门 铁制截止阀与升降式止回阀
 GB/T 12234—1989 通用阀门 法兰和对焊连接钢制闸阀
 GB/T 12235—1989 通用阀门 法兰连接钢制截止阀和升降式止回阀
 GB/T 12236—1989 通用阀门钢制旋启式止回阀
 GB/T 12237—1989 通用阀门 法兰和对焊连接钢制球阀
 GB/T 12238—1989 通用阀门 法兰和对夹连接蝶阀
 GB/T 12239—1989 通用阀门 隔膜阀
 GB/T 12240—1989 通用阀门 铁制旋塞阀
 GB/T 12241—2005 安全阀一般要求 (ISO 4126—1: 1991, MOD)
 GB/T 12243—2005 弹簧直接载荷式安全阀
 GB/T 12246—2006 先导式减压阀
 GB/T 12459—2005 钢制对焊无缝管件
 GB/T 12716—2002 60° 圆锥管螺纹
 GB/T 12777—1999 金属波纹管膨胀节通用技术条件
 GB/T 13295—2003 水及燃气管道用球墨铸铁管、管件和附件 (ISO 2531: 1998, MOD)
 GB/T 13401—2005 钢板制对焊管件
 GB/T 13402—1992 大直径碳钢管法兰
 GB/T 13403—1992 大直径碳钢管法兰用垫片
 GB/T 13927—1992 通用阀门 压力试验(neq ISO 5208: 1982)
 GB/T 13932—1992 通用阀门铁制旋启式止回阀
 GB/T 14383—1993 锻钢制承插焊管件
 GB/T 14626—1993 锻钢制螺纹管件
 GB/T 15185—1994 铁制和铜制球阀
 GB/T 17116.1—1997 管道支吊架第 1 部分: 技术规范
 GB/T 17116.2—1997 管道支吊架第 2 部分: 管道连接部件
 GB/T 17116.3—1997 管道支吊架第 3 部分: 中间连接件和建筑结构连接件
 GB/T 17185—1997 钢制法兰管件
 GB/T 17241—1998 铸铁管法兰(neq ISO 7005: 1988)
 GB/T 17395—1998 无缝钢管尺寸、外形、重量及允许偏差 (neq ISO 1127: 1992)
 GB/T 18615—2002 波纹金属软管用非合金钢和不锈钢接头 (neq ISO 10806: 1994)
 GB/T 19326—2003 钢制承插焊、螺纹和对焊支管座
 GB/T 20801.1—2006 压力管道规范 工业管道 第 1 部分: 总则

GB/T 20801.2—2006 压力管道规范 工业管道 第2部分：材料

GB/T 20801.4—2006 压力管道规范 工业管道 第4部分：制作与安装

GB/T 20801.5—2006 压力管道规范 工业管道 第5部分：检验与试验

HG/T 3651—1999 钛制对焊无缝管件

HG 20553—1993 化工配管用无缝及焊接钢管尺寸选用系列

HG 20592~20604 钢制管法兰(欧洲体系)

HG 20615~20625 钢制管法兰(美洲体系)

HG 20605 钢制管法兰焊接接头和坡口尺寸(欧洲体系)

HG 20606 钢制管法兰用非金属平垫片(欧洲体系)

HG 20607 钢制管法兰用聚四氟乙烯包覆垫片(欧洲体系)

HG 20608 钢制管法兰用柔性石墨复合垫片(欧洲体系)

HG 20609 钢制管法兰用金属包覆垫片(欧洲体系)

HG 20610 钢制管法兰用缠绕式垫片(欧洲体系)

HG 20611 钢制管法兰用齿形组合垫(欧洲体系)

HG 20612 钢制管法兰用金属环垫(欧洲体系)

HG 20613 钢制管法兰用紧固件(欧洲体系)

HG 20626 钢制管法兰焊接接头和坡口尺寸(美洲体系)

HG 20627 钢制管法兰用非金属平垫片(美洲体系)

HG 20628 钢制管法兰用聚四氟乙烯包覆垫片(美洲体系)

HG 20629 钢制管法兰用柔性石墨复合垫片(美洲体系)

HG 20630 钢制管法兰用金属包覆垫片(美洲体系)

HG 20631 钢制管法兰用缠绕式垫片(美洲体系)

HG 20632 钢制管法兰用齿形组合垫(美洲体系)

HG 20633 钢制管法兰用金属环垫(美洲体系)

HG 20634 钢制管法兰用紧固件(美洲体系)

HG 21547—1993 管道用钢制插板、垫环、8字盲板

JB/T 2768~2778—1992 PN16.0~32.0 MPa 螺纹法兰，管件，紧固件，透镜垫

JB 4708—2000 钢制压力容器焊接工艺评定

JB 4732—1995 钢制压力容器分析设计标准

JB/T 6439—1992 阀门受压铸钢件磁粉探伤检验

JB/T 6440—1992 阀门受压铸钢件射线照相检验

JB/T 6899—1993 阀门的耐火试验

JB/T 6902—1993 阀门铸钢件液体渗透检查方法

JB/T 7747—1995 针形截止阀

JB/T 7927—1999 阀门铸钢件外观质量要求

JB/T 8527—1997 金属密封蝶阀
JB/T 8937—1999 对夹式止回阀
JB/T 9092—1999 阀门的检验与试验

3 术语和定义

除本部分规定的术语和定义外，GB/T 20801 其他部分规定的术语和定义也适用于本部分。

3.1

管道系统 piping system

由同一设计条件确定且相互连接的管道。

3.2

平衡管道系统 balanced piping system

应变分布均匀，不存在过量应变的点，应力正比与总位移应变的管道系统。

3.3

流体工况 fluid service

由流体性质、操作条件和其他因素构成的管道系统的设计条件之一。

3.4

剧烈循环工况 severe cyclic conditions

发生以下情况之一的工况：

- a) 管道系统中的管子、管道元件或接头中的位移应力范围 S [按式(37)计算] 超过许用应力范围 S_A [按式(32)或式(33)计算] 的 0.8 倍，同时当量循环次数 N [按式(35)计算] 超过 7 000；
- b) 设计人员根据经验判定的其他具有相同效应的工况。

3.5

支管连接管件 branch connection fitting

通过对焊连接、承插焊连接或螺纹连接，将支管连接于主管的整体补强管件，如支管座、半管接头等。

3.6

额定值 rating value

标准规定的管道组成件压力值。

3.7

管表号 schedule number

管子壁厚系列的数值代号。

3.8

位移应变 displacement strain

在管道组成件中，由地震和风力等原因使得管道约束点发生位移所产生的应变以及因温度变化所产生的应变统称为位移应变。

3.9

位移应力 displacement stress

管道组成件中由位移应变引起的应力。

3.10

冷紧 cold spring

安装阶段对管道施加的预变形，以补偿使用工况下管道可能发生的反向变形。

4 设计条件和设计准则

4.1 设计条件

4.1.1 设计压力

4.1.1.1 一般规定

管道系统中每个管道组成件的设计压力，应不小于在操作中可能遇到的最苛刻的压力和温度组合工况的压力，但 4.2.3 规定的情况除外。最苛刻的压力和温度组合工况应计及压力源(如泵、压缩机)、压力脉动、不稳定流体的分解、静压头、控制装置和阀门的失效或操作失误、环境影响等可能产生的运行条件。

4.1.1.2 设计压力的确定原则

- a) 装有安全泄放装置的管道，其设计压力应不小于安全泄放装置的设定压力(或最大标定爆破压力)，但 GB/T 20801.6—2006 中 4.1.6.1 b)、4.1.e.2 和 4.1.6.3 规定的情况除外；
- b) 当管道与设备直接连接作为一个压力系统时，管道的设计压力应不小于设备的设计压力；
- c) 未设置压力泄放装置或可能发生与压力泄放装置隔离、堵塞的管道，其设计压力应不小于可能因此而产生的最大压力；
- d) 离心泵出口管道的设计压力应不小于泵的关闭压力；
- e) 输送制冷剂、液化烃类低沸点介质的管道，其设计压力应不小于阀门切断时或介质不流动时介质可能达到的最大饱和蒸汽压；
- f) 当管道被分隔件(包括夹套管、盲板等)分隔为几个单独的受压段时，该分隔件的设计压力应不小于在操作中两侧受压室可能遇到的最苛刻的压差和温度组合工况的压力；
- g) 装有安全控制装置的真空管道，设计压力取最大压差的 1.25 倍或 0.1 MPa 中的较小值，并按外压条件进行设计；对于没有安全控制装置的真空管道，设计压力取 0.1 MPa。

4.1.2 设计温度

4.1.2.1 一般规定

管道系统中每个管道组成件的设计温度应按操作中可能遇到的最苛刻的压力和温度组合工况的温度确定。同一管道中的不同管道组成件的设计温度可以不同。

4.1.2.2 设计温度的确定原则

- a) 介质温度小于 65℃ 时，无隔热层管道的管道组成件的设计温度与介质温度相同.但应考虑阳光辐射或其他可能导致介质温度升高的因素；介质温度大于或等于 65℃ 时，无隔热层管道的管道组成件的设计温度确定应符合以下规定：
 - 1) 对于阀门、管子、翻边端部和焊接管件，取介质温度的 95%；
 - 2) 对于松套法兰以外的法兰，取介质温度的 90%；

- 3) 对于松套法兰，取介质温度的 85%；
 - 4) 对于螺栓，取介质温度的 80%；
 - 5) 也可以取实测的平均壁温或根据传热计算得到的平均壁温。
- b) 外部隔热管道的设计温度一般取介质温度，但也可以取实测的平均壁温或根据传热计算得到的平均壁温，采用伴管或夹套结构的管道应考虑加热或冷却对设计温度的影响。
 - c) 内部隔热管道的管道组成件，设计温度应按传热计算或试验确定。

4.1.2.3 最低工作温度和最高工作温度

管道设计时还应考虑最低工作温度及最高工作温度对材料选用和 7.3.3 柔性分析的影响。

4.1.3 荷载条件

管道设计应考虑以下荷载：

- a) 内压、外压或最大压差(设计压力应与对应的设计温度一起作为荷载条件)。
- b) 重力荷载：
 - 1) 管道组成件、隔热材料以及由管道支承的其他重力荷载；
 - 2) 流体重量(包括液压试验)以及寒冷地区的冰、雪重量。
- c) 动力荷载：
 - 1) 风荷载；
 - 2) 地震荷载；
 - 3) 流体流动导致的冲击、压力波动和闪蒸等；
 - 4) 由机械、风或流体流动引起的振动；
 - 5) 流体排放反力。
- d) 温差荷载：
 - 1) 温度变化时因管道约束产生的荷载；
 - 2) 因温度剧变或分布不均匀产生的温差应力，如厚壁管或流体分层流动可能导致的温差应力；
 - 3) 温度变化时因膨胀系数不同所产生的荷载，如双金属管、夹套管、非金属衬里管等。
- e) 端点位移引起的荷载：

管道支吊架或管道连接设备发生位移时引起的荷载。

4.1.4 厚度附加量

- a) 管道设计应有足够的腐蚀裕量，腐蚀裕量应根据预期的使用寿命和介质对材料的腐蚀速率确定，还应考虑冲蚀和局部腐蚀等因素。
- b) 确定管道组成件最小厚度时，应包括腐蚀、冲蚀、螺纹深度或沟槽深度所需的裕量。为防止因支承、结冰、回填、运输和装卸等引起的超载应力和变形，从而可能产生的损坏、跨塌或失稳等现象，应考虑增加管壁厚度。

4.1.5 环境影响

- a) 对于被隔断管道中的流体，应考虑因受环境加热产生膨胀所导致的压力升高或因流体自然冷却所导致的压力下降甚至真空；

- b) 当环境温度小于 0°C 时, 应考虑因表面冷凝、冰冻而引起的阀门、泄压装置或排放管道故障以及低温对柔性分析和材料选用等的影响。

4.1.6 埋地管道

4.1.6.1 设计要求

埋地管道的设计应考虑下列主要因素:

- a) 埋地管道的走向、敷设, 埋地管道与连接系统的相互影响;
- b) 材料、施工规范和质量控制;
- c) 运行程序和控制;
- d) 防腐蚀;
- e) 外部影响的减轻及管道的防护。

4.1.6.2 设计条件

除 4.1.1~4.1.5 外, 埋地管道的设计应符合以下规定:

- a) 设计计算时, 可将管道与周围土壤整体考虑;
- b) 埋地管道(包括受压和非受压系统)的设计荷载还应包括管道上方土壤(或回填土)荷载和预期交通荷载等其他荷载;
- c) 在平整砂土层上铺设的埋地管道, 其设计荷载可不包括因管道自重产生的轴向应力;
- d) 对于直接埋地的弯头和大直径支管(包括三通), 管道应力分析时可将其简化为轴向完全受约束的端点;
- e) 当管道的敷设环境温度与工作温度之间的温差大于 35°C 时, 应进行应力分析, 且相邻约束端点的间距不得小于 5 倍的公称直径;
- f) 抗震计算时, 可将管道与土壤之间视为刚性连接;
- g) 静态分析时, 应将埋地段与土壤之间视为无相对位移, 非埋地段应保证足够的柔性以减少界面处的局部荷载, 同时应考虑埋地段可能的下沉位移对界面处管道的影响。

4.2 设计准则

4.2.1 管道组成件的压力—温度设计准则

管道组成件的压力—温度设计应采用 4.2.1.1~4.2.1.4 规定的方法之一。

4.2.1.1 压力—温度额定值方法

- a) 除 GB/T 20801 另有规定外, 表 14 中已规定压力—温度额定值的管道组成件, 其设计温度下的最大允许工作压力按相关标准规定的压力—温度额定值。
- b) 如设计温度大于表 14 中相关标准给出的温度额定值, 但不大于 GB/T 20801.2—2006 规定的材料使用温度上限者, 设计者可根据相关温度下的材料许用应力折算。
- c) 对于表 14 中仅标明公称压力的管道组成件, 设计温度下的最大允许工作压力可根据设计温度和常温下的材料许用应力折算。

4.2.1.2 压力设计方法

- a) 直管、斜接弯头、弯管、盲板、非标法兰和对焊管件等管道组成件应按第 6 章设计;

- b) 对于按壁厚系列规定的承插焊管件和螺纹管件,其设计温度下的最大允许工作压力应不大于具有相同壁厚系列和相同许用应力的无缝直管按有效厚度确定的最大允许工作压力;
- c) 支管连接管件的压力设计应符合 6.7 的规定。

4.2.1.3 验证性压力试验方法

- a) 对于表 14 中的对焊管件,如未按 4.2.1.2 a) 进行压力设计,可进行验证性压力试验并在验证性压力试验的覆盖范围内按 4.2.1.2 b) 确定其设计温度下的最大允许工作压力;
- b) 其他管道组成件也可根据验证性压力试验确定其最大允许工作压力。

4.2.1.4 其他方法

除 4.2.1.1~4.2.1.3 规定的方法外,管道组成件的最大允许工作压力也可以采用对比经验分析、应力分析或实验应力分析方法确定。

4.2.2 管道的压力—温度设计准则

- a) 除 4.2.3 的规定外,管道的设计压力应不大于该管道系统中所有管道组成件按 4.2.1 确定的设计温度下的最大允许工作压力的最小值。
- b) 不同流体工况的管道连接时,分隔阀门的额定值应按苛刻工况确定。

4.2.3 压力和温度的允许变动范围

GC1 级管道压力和温度不得超出设计范围。对同时满足 4.2.3.1~4.2.3.8 要求的 GC2 和 GC3 级管道,其压力和温度允许的变动应符合 4.2.3.9 的规定。

4.2.3.1 管道系统中没有铸铁或其他脆性金属材料的管道组成件。

4.2.3.2 由压力产生的管道名义应力应不超过材料在相应温度下的屈服强度。

4.2.3.3 轴向总应力应符合 7.3.2 的规定。

4.2.3.4 管道系统预期寿命内,超过设计条件的压力和温度变化的总次数应不大于 1 000 次。

4.2.3.5 持续和周期性变动不得改变管道系统中所有管道组成件的操作安全性能。

4.2.3.6 压力变动的上限值不得大于管道系统的试验压力。

4.2.3.7 温度变动的下限值不得小于 GB/T 20801.2—2006 规定的材料最低使用温度。

4.2.3.8 鉴于压力变动超过阀门额定值可能导致阀座的密封失效或操作困难,阀门闭合元件的压力差不宜超过阀门制造商规定的最大额定压力差。

4.2.3.9 压力超过相应温度下的压力额定值或由压力产生的管道名义应力超过材料许用应力值的幅度和频率应满足下列条件之一:

- a) 变动幅度不大于 33%,每次变动时间不超过 10 h,且每年累计变动时间不超过 100 h;
- b) 变动幅度不大于 20%,每次变动时间不超过 50 h,且每年累计变动时间不超过 500 h。

4.2.3.10 对于压力泄放等的自限波动情形,压力变动的幅度和频率应符合 4.2.3.9 b) 的规定。

4.2.4 许用应力

4.2.4.1 金属材料许用应力和螺栓材料许用应力应符合 GB/T 20801.2—2006 表 A.1 和表 A.2 的规定。

注:表中许用应力值未包括材料的纵向焊接接头系数 ϕ_w 和铸件质量系数 ϕ_c 。

4.2.4.2 GB/T 20801.2—2006 表 A.1 和表 A.2 以外的金属材料和螺栓材料应按表 1 和表 2 规定的准则确定各自的许用应力。

4.2.4.3 拉伸许用应力按 4.2.4.1 和 4.2.4.2 取值。

4.2.4.4 压缩许用应力应符合结构稳定性的要求，且不大于拉伸许用应力。

4.2.4.5 剪切许用应力取拉伸许用应力的 80%，接触许用应力取拉伸许用应力 160%。

4.2.5 纵向焊接接头系数 ϕ_w

管子和对焊管件的纵向焊接接头系数 ϕ_w 应按表 3 规定的准则确定。

表 1 金属材料许用应力准则

材料	许用应力应不大于下列各值中的最小值				
	抗拉强度下限值 σ_b /MPa	屈服强度下限值 σ_s /MPa	设计温度下 屈服强度 σ'_s /MPa	持久强度平均值 或持久强度最低值 σ'_D 或 σ'_{Dmin} /MPa	蠕变极限平均值 σ'_n /MPa
灰铸铁	$\frac{\sigma_b}{10}$	—	—	—	—
球墨铸铁 可锻铸铁	$\frac{\sigma_b}{5}$	—	—	—	—
碳钢 ^b 、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	$\frac{\sigma_b}{3}$	$\frac{\sigma_s}{1.5}$	$\frac{\sigma'_s}{1.5}$	$\frac{\sigma'_D}{1.5}, \frac{\sigma'_{Dmin}}{1.25}$	$\frac{\sigma'_n}{1.0}$
延伸率大于等于 35% 的奥氏体不锈钢和镍 基合金	$\frac{\sigma_b}{3}$	$\frac{\sigma_s}{1.5}$	$0.90 \sigma'_s$ ^a	$\frac{\sigma'_D}{1.5}, \frac{\sigma'_{Dmin}}{1.25}$	$\frac{\sigma'_n}{1.0}$

^a 对于法兰或其他有微量永久变形就引起泄漏或故障的场合不能采用。
^b A 级碳素结构钢的许用应力取表中最小值再乘以 0.92。

表 2 螺栓材料许用应力准则

材料	许用应力应不大于下列各值中的最小值				
	抗拉强度下限值 σ_b /MPa	屈服强度下限值 σ_s /MPa	设计温度下 屈服强度 σ'_s /MPa	持久强度平均值 或持久强度最低值 σ'_D 或 σ'_{Dmin} /MPa	蠕变极限平均值 σ'_n /MPa
非热处理或应变强化的 螺栓材料	$\frac{\sigma_b}{4}$	$\frac{\sigma_s}{1.5}$	$\frac{\sigma'_s}{1.5}$	$\frac{\sigma'_D}{1.5}, \frac{\sigma'_{Dmin}}{1.25}$	$\frac{\sigma'_n}{1.0}$
热处理或应变强化的 螺栓材料 ^a	$\frac{\sigma_b}{5}$	$\frac{\sigma_s}{4}$	$\frac{\sigma'_s}{1.5}$	$\frac{\sigma'_D}{1.5}, \frac{\sigma'_{Dmin}}{1.25}$	$\frac{\sigma'_n}{1.0}$

^a 对于热处理或应变强化处理的螺栓材料，许用应力取表中最小值。若该许用应力小于材料退火状态下的许用应力，应取非热处理或应变强化（即退火状态）螺栓材料的许用应力。

表 3 纵向焊接接头系数 ϕ_w

序号	焊接型式	焊缝类型	检 查	ϕ_w
1	连续炉焊*	直缝	按材料标准规定	0.60
2	电阻焊(ERW)*	直缝或螺旋缝	按材料标准规定	0.85

表 3 (续)

序号	焊接型式	焊缝类型	检 查	ϕ_w
3	a) 单面对接焊 (带或不带填充金属)	直缝或螺旋缝	按材料标准或本部分规定 不作 RT	0.80
			局部(10%)RT	0.90
			100%RT	1.00
	b) 双面对接焊 (带或不带填充金属)	直缝或螺旋缝(除序号 4 外)	按材料标准或本部分规定 不作 RT	0.85
			局部(10%)RT	0.90
			100%RT	1.00
4	GB/T 9711.1 埋弧焊、气体 保护金属弧焊或两者结合	直缝(一条或二条)或螺 旋缝	按 GB/T 9711.1 规定	0.95
^a 不得通过附加无损检测来提高纵向焊接接头系数。				

表 4 铸件质量系数及附加无损检测要求

序号	附加无损检测要求	铸件质量系数 ϕ_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—1999 中 B 级的要求	0.85
2	铸件表面按 JB/T 6902—1993(PT) 中的 4 级或 JB/T 6439(MT) 进行着色渗透检测或磁粉检测	0.85
3	铸件按 GB/T 7233—1987(UT) 或 JB/T 6440(RT) 进行超声或射线照相检测, 按 GB/T 7233—1987(UT) 检测的缺陷的底波反射波高应不大于 V5 型对比试块所得的底波反射波高	0.95
4	同序号 1 和序号 2	0.90
5	同序号 1 和序号 3	1.00
6	同序号 2 和序号 3	1.00

4.2.6 铸件质量系数 ϕ_c

4.2.6.1 铸铁件(灰铸铁、球墨铸铁、可锻铸铁)的铸件质量系数 ϕ_c 取 1.0。

4.2.6.2 除铸铁外, GB/T 20801.2—2006 表 A.1 中金属静态铸件应按 JB/T 7927—1999 进行外观检查, 且不低于 B 级要求, 铸件质量系数取 0.8。

4.2.6.3 对需要进行附加无损检测的铸件可取表 4 中的铸件质量系数, 但铸件质量系数 ϕ_c 的改变并不影响管道组成件的压力—温度额定值。

5 管道组成件

5.1 管道组成件的选用

5.1.1 一般规定

应根据流体的性质、各种可能出现的操作工况以及外部环境的要求和经济合理性选用管道组成件。

5.1.2 管子和对焊管件

5.1.2.1 选用 GB/T 20801.2—2006 中表 A.1 和本部分的表 14 中的管子时，还应考虑设计条件和各种可能出现的操作工况。

5.1.2.2 管子和对焊管件应符合 GB/T 20801.2—2006 中 6.3 的规定。

5.1.3 弯管

5.1.3.1 弯管的制作应符合 GB/T 20801.4—2006 中 6.3 的规定。

5.1.3.2 弯管最小壁厚的确定应符合 6.2 的规定。

5.1.4 斜接弯头(虾米弯)

5.1.4.1 斜接弯头的使用应符合以下规定：

- a) 设计压力 $p \leq 2.0$ MPa，且设计温度低于材料的蠕变温度；
- b) 斜接弯头的变方向角大于 45° 者，仅适用于 GC3 级管道；
- c) 斜接弯头的变方向角大于 22.5° 者，不得用于 GC1 级管道和剧烈循环工况。

5.1.4.2 除满足 5.1.4.1 条的规定外，非标准斜接弯头可按 6.3 进行压力设计，其焊接和制作还应符合 GB/T 20801.4—2006 的规定。

5.1.5 短半径弯头

短半径弯头和短半径回弯头 ($R=1.0D$) 应符合 GB/T 12459—2005 的规定，且其最大允许工作压力应不大于按 4.2.1.3 a) 确定的最大允许工作压力的 80%。

5.1.6 翻边接头

5.1.6.1 翻边接头的选用应符合表 14 所列相应标准的规定。

5.1.6.2 现场制作的焊制翻边接头应符合下列规定：

- a) 应采用图 1 规定的焊制翻边接头的基本型式。但对于剧烈循环工况，则应采用图 1 d)、图 1 e) 所示的圆角结构；
- b) 外径应符合 HG 20592、HG 20615 中对翻边接头的尺寸和公差的要求。与垫片配合的翻边接头的表面应按管法兰密封面的要求加工；
- c) 厚度应不小于与其连接的管子的公称壁厚；
- d) 材料的许用应力应不小于与其连接的管子在 GB/T 20801.2—2006 表 A.1 中规定的许用应力；
- e) 制作和检验应符合 GB/T 20801.4—2006 和 GB/T 20801.5—2006 的有关规定。

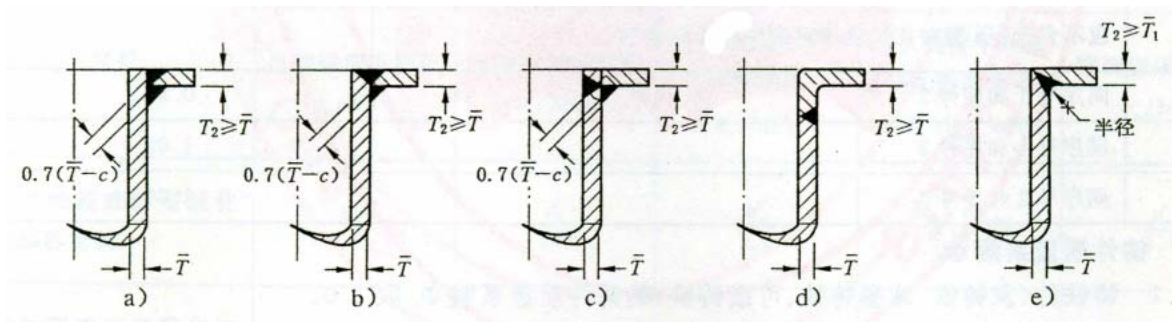


图 1 焊制翻边接头的基本型式

5.1.6.3 现场制作的扩口翻边接头应符合以下规定：

- a) 不得用于剧烈循环工况；
- b) 扩口翻边用管子应符合 GB/T 20801.2—2006 表 A.1 相应材料标准以及相应的扩口翻边加工工艺要求；
- c) 外径应符合 HG 20592、HG 20615 中对翻边接头的尺寸和公差的要求。与垫片配合的翻边接头表面应按管法兰密封面的要求加工；
- d) 内圆角半径应不大于 3 mm；
- e) 最小厚度应不小于管子最小壁厚的 95%；
- f) 压力设计应符合 4.2.1.4 的规定。

5.1.6.4 现场制作的扩口翻边接头用于 GC1 级管道耐，除符合 5.1.6.3 的规定以外，还应满足以下要求：

- a) 公称直径应不大于 DN100，且扩口翻边前管子壁厚应大于 Sch10；
- b) 最大允许工作压力应不大于 PN20 法兰规定的相应额定值；
- c) 工作温度应不大于 200℃。

5.1.7 支管连接及其管件

5.1.7.1 支管连接包括支管直接与主管的焊接连接和通过支管连接管件与主管的连接两种形式，支管连接管件包括支管座、半管接头和三通等。用于 GC1 级管道的支管连接管件应符合 5.1.7.2 的规定。支管直接与主管的焊接连接应符合 5.1.7.3 的规定。

5.1.7.2 用于 GC1 级管道的支管连接管件

- a) GC1 级管道用支管连接管件应采用整体补强的支管连接管件或三通；
- b) 承插或螺纹支管座和半管接头的公称直径应不大于 DN80；
- c) 螺纹管件的选用应符合 5.2.5 的有关规定。

5.1.7.3 支管直接与主管的焊接连接

- a) 应按 6.7 的规定进行压力设计，焊接应符合 5.2.2.1 规定。
- b) 用于剧烈循环工况时，除应符合 5.1.7.3 a) 的规定外，还应采用 GB/T 20801.4—2006 中图 10 b)、图 10 d)、图 10 f) 的结构。
- c) 支管直接与主管的焊接连接不宜在以下场合使用：
 - 1) 支管尺寸与主管相近；

2) 连接部位存在振动、脉动、温度循环等荷载引起的循环应力。

d) 支管与主管尺寸相差悬殊时,支管应具有足够的柔性,以补偿主管的热膨胀及其他位移(参见 7.3.3)。

5.1.8 法兰

5.1.8.1 法兰一般应按表 14 选取,并按相应标准规定的压力—温度额定值使用。

5.1.8.2 当选用表 14 以外的法兰时,应符合 4.2.1.2~4.2.1.4 的规定。

5.1.8.3 平焊法兰和松套法兰的附加要求:

- a) 平焊法兰不得用于温度频繁变化的工况,特别是法兰未作隔热的场合。
- b) 带颈平焊法兰与翻边短节配合的使用范围应符合表 5 的规定。

表 5 与翻边短节配合的带颈平焊法兰的使用范围

压力等级 PN	最大法兰公称直径 DN
20	300
50	200

c) 松套法兰或带颈平焊法兰与翻边接头(包括现场制作的焊制翻边、扩口翻边等)配合使用时,应考虑法兰内孔与翻边转角的配合。

5.1.8.4 承插焊焊接法兰应符合 5.2.2.3 的规定。

5.1.8.5 螺纹法兰(采用锥管螺纹连接的法兰)附加要求:

- a) 螺纹法兰应符合 5.2.5 规定。
- b) 选用 DN65、DN125 和 DN150 螺纹法兰时,其钢管外径还应符合表 6 的规定。

表 6 螺纹法兰的钢管外径

公称尺寸 DN	钢管外径 mm	
	GB/T 7306(55°锥管螺纹)	GB/T 12716(60°锥管螺纹)
65	76.1	73
125	139.7	141.3
150	165.1	168.3

5.1.8.6 法兰型式的选用应考虑法兰的刚度对法兰接头密封性能的影响。

5.1.8.7 剧烈循环工况下,应选用整体法兰或带颈对焊法兰。

5.1.8.8 确定法兰密封面型式及表面粗糙度时,应考虑流体性质和垫片性能。

5.1.8.9 胀接法兰和螺纹法兰不得用于 GC1 级管道。

5.1.9 垫片

5.1.9.1 垫片的选用应考虑流体性质、使用温度、压力以及法兰密封面等因素。垫片的密封荷载应与法兰的压力等级、密封面型式、表面粗糙度和紧固件相匹配。

5.1.9.2 具有冷流倾向的垫片,其密封面型式宜采用全平面、凹凸面或榫槽面。

5.1.9.3 石棉橡胶板垫片应满足以下要求:

- a) 按 GB/T 3985—1995 和 GB/T 539—1995 选用石棉橡胶板垫片时, 其适用压力和温度应符合表 7 的规定。

表 7 石棉橡胶板使用规定

管道级别	设计压力 MPa	设计温度 ℃
GC1	≤1.0	-19~150
GC2	≤2.0	-19~260
	≤1.5	-46~-20
GC3	无限制	无限制

- b) 石棉橡胶板垫片不得用于真空管道。

- c) 石棉橡胶板垫片与不锈钢法兰配合使用时, 应考虑垫片材料氯离子含量对法兰材料性能的影响。

5.1.9.4 选用缠绕式垫片、金属包覆垫等非金属垫或金属环垫的公称压力小于等于 PN20 的标准管法兰, 应采用带颈对焊等刚性较大的结构型式。

5.1.9.5 可燃材料(如橡胶)制成的垫片, 不得用于输送强氧化性介质的管道。

5.1.9.6 标准法兰用紧固件和垫片的选用应符合表 8 的规定。

表 8 标准法兰用垫片和紧固件的选用

公称压力 PN	垫片类型	紧固件强度等级*
2.5~16	· 非金属平垫片	低强度
20,25	· 非金属平垫片	低强度
	· 缠绕式垫片	中强度
	· 波纹金属包覆垫	
	· 波纹金属垫,带填充物或无填充物	

表 8 (续)

公称压力 PN	垫片类型	紧固件强度等级 ^a
40	<ul style="list-style-type: none"> • 非金属平垫片 • 缠绕式垫片 • 波纹金属包覆垫 • 波纹金属垫,带填充物或无填充物 	中强度
	<ul style="list-style-type: none"> • 金属包覆垫 • 齿形垫或金属平垫 	高强度 应变强化不锈钢
50,63	<ul style="list-style-type: none"> • 非金属平垫片 • 缠绕式垫片 • 波纹金属包覆垫 • 波纹金属垫,带填充物或无填充物 	中强度
	<ul style="list-style-type: none"> • 金属包覆垫 • 齿形垫或金属平垫 • 金属环垫 	高强度 应变强化不锈钢
≥100	<ul style="list-style-type: none"> • 非金属平垫片 • 缠绕式垫片 • 波纹金属包覆垫 • 波纹金属垫,带填充物或无填充物 	中强度
	<ul style="list-style-type: none"> • 金属包覆垫 • 齿形垫或金属平垫 • 金属环垫 	高强度 应变强化不锈钢

^a 紧固件强度等级划分见表 9。

5.1.10 紧固件

5.1.10.1 紧固件包括六角头螺栓、等长双头螺柱、全螺纹螺柱、螺母和垫圈，紧固件强度按表 9 分类。

表 9 紧固件强度分类

紧固件材料		
高强度	中强度	低强度
GB/T 3098.1; 8.8 GB/T 3077; 35CrMoA GB/T 3077; 25Cr2MoVA	GB/T 3098.6; A2-70 GB/T 3098.6; A4-70 应变强化不锈钢紧固件; B8-2* 应变强化不锈钢紧固件; B8M-2*	GB/T 1220; 0Cr17Ni12Mo2 GB/T 1220; 0Cr18Ni9 GB/T 3098.1; 5.6 GB/T 3098.6; A4-50 GB/T 3098.6; A2-50

^a 应变强化不锈钢紧固件标准待编, 暂可参照 ASTM A193 使用。

5.1.10.2 紧固件应符合预紧及操作条件下垫片的密封要求。

5.1.10.3 较高强度等级的紧固件可代用较低强度等级的紧固件。高温条件下使用的紧固件应与法兰材料具有相近的热膨胀系数。

5.1.10.4 配对法兰中一侧为铸铁法兰或铜合金法兰时, 应采用低强度紧固件。但以下情况除外:

- a) 两侧法兰的密封面均为全平面且采用全平面垫片的场合;
- b) 规定了螺栓拧紧力矩和拧紧程序的场合。

5.1.10.5 低强度紧固件不得用于剧烈循环工况下的法兰接头。

5.1.11 阀门

5.1.11.1 应根据管道的设计温度、设计压力、介质性质和阀门用途来选用阀门，并应考虑外部荷载对阀门操作性能和密封性能的影响。

5.1.11.2 阀门应按表 14 选取，并按相应标准规定的压力—温度额定值使用。阀门内件采用非金属材料时，应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。

5.1.11.3 阀盖与阀体的连接应满足以下要求：

- a) 采用螺纹阀盖的阀门应设有防止阀盖松动的安全装置，如锁紧装置等。
- b) 阀盖与阀体的连接螺栓个数少于 4 或采用 U 形螺栓连接的阀门，仅适用于 GC3 级管道。

5.1.11.4 对于内部可能滞留流体介质的阀门(如双密封阀座阀门)，应采取适当的安全措施防止因温度升高导致的压力增加。

5.1.11.5 对于阀杆填料和管道内流体介质温差较大的工况，应采用加长阀杆的结构形式。

5.1.11.6 对于 GC1 级管道，其阀门的选用应符合以下规定：

- a) 除本规范另有规定外，应选用专用的石油化工阀门。
- b) 应防止阀杆填料处流体介质的泄漏。
- c) 阀帽或阀盖的密封结构应采用下列型式之一：
 - 1) 法兰连接，螺栓数量大于等于 4，且垫片符合 5.1.9 规定；
 - 2) 自紧式结构；
 - 3) 全焊透焊接结构；
 - 4) 圆柱螺纹连接，强度校核合格并采用金属密封加密封焊。
- d) 不得采用螺纹连接的阀盖密封结构。
- e) 采用非金属密封材料的用于可燃性流体的阀门，应符合防火试验要求¹⁾，并应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。

注：1) 防火试验要求可参照 API 607。

5.1.11.7 对于 5.1.11.1~5.1.11.6 的规定同样适用于管道过滤器、疏水器及分离器等与阀门类似的压力管道附件。

5.2 管道组成件连接形式的选用

5.2.1 一般规定

管道组成件连接形式的选用应与管道材料和流体工况相适应，并应考虑在预期的使用和试验工况下，压力、温度和外荷载对连接接头密封性能和机械强度的影响。

5.2.2 焊接接头

5.2.2.1 在制作和安装过程中，管道组成件的焊接、预热和热处理应符合 GB/T 20801.4—2006 的有关规定，其检查及检验应符合 GB/T 20801.5—2006 的有关规定。

5.2.2.2 对于腐蚀、振动或剧烈循环工况，焊接时应尽量避免使用衬环，或使用熔化性嵌条替代衬环；如需采用衬环，应在焊后去除衬环并打磨。对于剧烈循环工况或 GC1 级管道，不得使用开口衬环。

5.2.2.3 采用承插焊焊缝的焊接接头应符合以下规定：

- a) 一般用于公称直径小于等于 DN50 的管道。
- b) 承口尺寸应符合相应法兰或管件标准的规定，焊缝尺寸应不小于 GB/T 20801.4—2006 图 8、图 9 所示尺寸。
- c) 以下场合不得采用承插焊接：
 1) 可能产生缝隙腐蚀或严重冲蚀的场合；
 2) 要求焊接部位及管道内壁光滑过渡的场合；
 3) 剧烈循环工况或 GC1 级管道的场合，且承插焊连接接头的公称直径大于 DN50。
- d) 管道组成件上开设的旁通管和排水孔可采用承插焊连接，其承口尺寸应符合图 2 a) 以及表 10 的规定。
- e) 开设旁通管和排水孔的管道组成件的壁厚如不能满足表 10 的尺寸要求或需要开孔补强时，应增加凸缘(如图 2 b) 所示)，凸缘的尺寸应符合表 11 的规定。

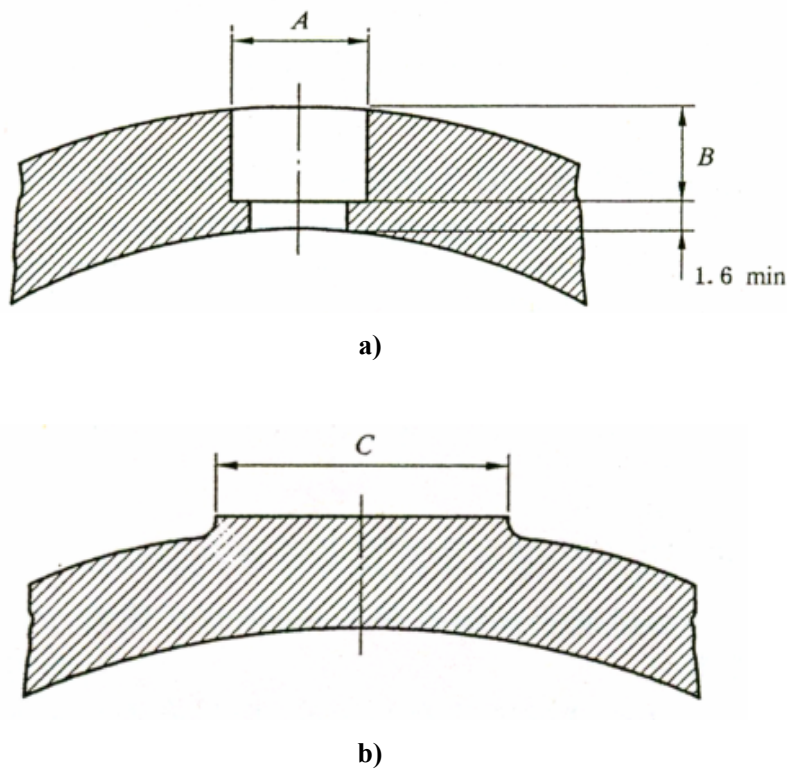


图 2 承口和凸缘

表 10 承口尺寸

连接尺寸/DN		10	15	20	25	32	40	50
最小直径 A/mm	国际通用 系列钢管	17.7	21.8	27.4	34.2	42.9	48.8	61.1
	国内沿用 系列钢管	14.5	18.5	25.5	32.5	38.5	45.5	57.8
最小深度 B/mm		5	5	6.5	6.5	6.5	6.5	8

表 11 凸缘尺寸

连接尺寸/DN	10	15	20	25	32	40	50
最小直径 C/mm	32	38	44.5	54	63.5	70	86

5.2.2.4 符合 GB/T 20801.4—2006 图 7、图 8 和图 9 的填角焊缝，可用于连接承插焊元件和平焊法兰的主要焊缝。填角焊缝也可用于连接补强元件和结构附件，以增加强度或降低应力集中。

5.2.2.5 密封焊缝仅用于防止螺纹连接接头的泄漏，而不应考虑其对连接强度的影响。

5.2.3 法兰连接

5.2.3.1 法兰连接的选用应根据设计条件、荷载、流体特性、泄漏率等因素来考虑，同时还应综合考虑法兰、垫片和紧固件的选用和配合。

5.2.3.2 金属法兰与非金属法兰相连接时，法兰的密封面应采用全平面型式，且一般配以全平面型式垫片。如果采用全平面型式以外的垫片时，应控制螺栓拧紧力矩，防止非金属法兰过载。

5.2.3.3 配对的两个法兰如具有不同的压力额定值，该连接接头的最高无冲击工作压力应按较低额定值确定，并应控制安装时的螺栓扭矩，防止出现过紧。

5.2.3.4 高温或承受较大温度梯度的法兰接头，应定期拧紧螺栓。

5.2.4 胀接接头

5.2.4.1 胀接接头不得用于剧烈循环工况或 GC1 级管道。

5.2.4.2 应采取适当措施以防止胀接接头的松动。

5.2.4.3 用于输送有毒介质的胀接接头，应采取安全防护措施。

5.2.4.4 对承受温度循环、振动、不均匀(或局部)膨胀或收缩的管道，当采用胀接接头连接时，应采取安全防护措施，以保证胀接接头的密封性能。

5.2.5 螺纹密封的管螺纹连接

5.2.5.1 管螺纹型式

管螺纹应符合表 12 的规定。

表 12 螺纹牙型角

外螺纹	内螺纹	牙型角	标准
锥形 NPT	锥形 NPT	60°	GB/T 12716—2002
锥形 R	锥形 R _c	55°	GB/T 7306.2—2000
	平行 R _p	55°	GB/T 7306.1—2000

5.2.5.2 锥管螺纹 (NPT 和 R/R_c)

- 对于可能产生缝隙腐蚀、冲蚀或循环荷载的工况，应尽量避免采用螺纹接头。
- 螺纹接头采用密封焊时，不得使用密封剂(填料)。
- 采用螺纹接头的管道系统，应考虑减少螺纹接头上的应力，特别是由热膨胀和阀门(尤其是端部阀门)操作产生的应力，以防止螺纹接头松动。
- 除 GC3 级管道外，不得采用管端伸出螺纹法兰作为密封面的结构型式，如图 3 所示(不包括高压用透镜垫密封型式)。

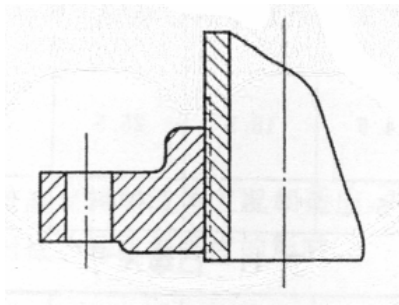


图 3 管端伸出螺纹法兰作为密封面的结构

- e) 圆锥外螺纹元件的公称直径和最小壁厚应符合表 13 的规定。
- f) 圆锥内螺纹元件与外螺纹元件应具有同等的强度和韧性，且符合流体工况的要求。
- g) 未承受外部弯矩作用的螺纹元件(如温度计套管)，可用于剧烈循环工况。

表 13 圆锥外螺纹元件的最小壁厚

管道级别	材 料	钢管 公称直径 DN	最小壁厚 (管标号或壁厚)
GC1*	碳钢、合金钢	8~25	Sch80
	不锈钢		Sch40s

表 13 (续)

管道级别	材 料	钢管 公称直径 DN	最小壁厚 (管标号或壁厚)
GC2*	碳钢、合金钢	≤40	Sch80
		50~150	Sch40
	不锈钢	≤150	Sch40s
GC3	碳钢、合金钢、不锈钢	≤300	按本部分 6.1 条规定

^a 用于输送易燃、有毒介质,大于 DN50 的螺纹连接接头,应采取安全防护措施。

5.2.5.3 锥/平管螺纹 (R/R_p)

- a) 圆锥外螺纹与圆柱内螺纹的配合(R/R_p)，仅适用于 GC3 级管道。
- b) 用于水、低压蒸汽和空气系统管道时，可采用密封剂或密封带。
- c) 还应符合 5.2.5.1 的规定。

5.2.6 直螺纹连接

- a) 直螺纹连接接头可采用图 4 所示的非螺纹密封结构。当用于剧烈循环工况或承受外部弯曲荷载时，应采取安全防护措施。
- b) 当用于 GC1 级管道时，直螺纹连接接头应具有足够的机械强度，且应采用图 4 b) 和图 4 c) 所示的封闭式密封结构。拧紧和安装后，不得再施加任何扭矩。

5.2.7 扩口、非扩口压合型管件的连接

5.2.7.1 扩口、非扩口压合型管件(如图 5 所示)连接型式的选用，应考虑装拆、循环荷载、振动、冲击、热膨胀和收缩等因素可能产生的不利影响。

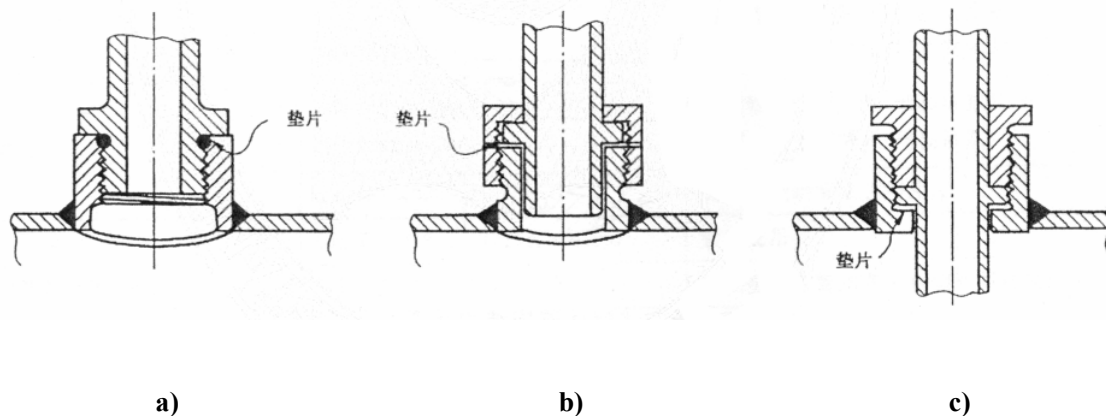


图4 典型的非螺纹密封直螺纹接头

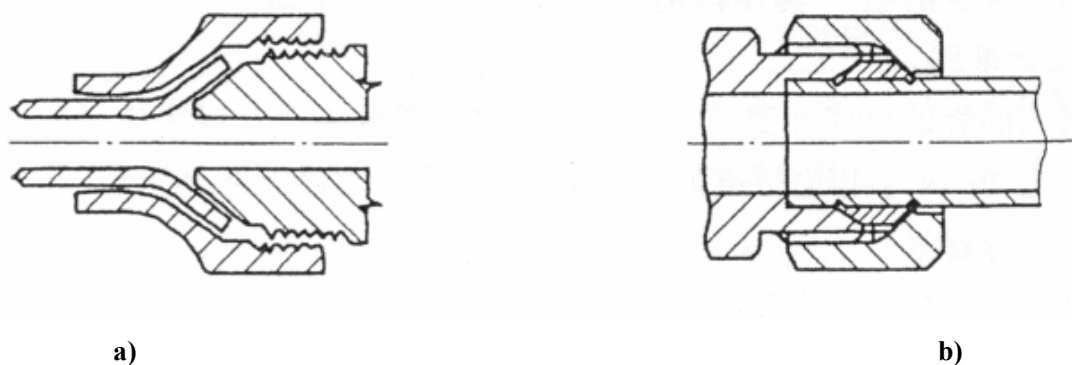


图5 扩口、非扩口压合型管件连接结构

5.2.7.2 表 14 中规定的扩口、非扩口压合型管件的连接应满足以下要求：

- a) 管件的最大及最小壁厚应满足相连管子的连接要求，且符合相应管件标准的规定；
- b) 当用于剧烈循环工况时，应采取安全防护措施。

5.2.7.3 对于表 14 未规定的扩口、非扩口压合型管件，如能满足压力和其他荷载要求时，可按 5.2.7.2 的规定使用，且管件设计应符合 4.2.1.3 或 4.2.1.4 的规定。

5.2.8 填缝接头

在承口和插口的环形空间之间注入或压入填充物的填缝接头，仅适用于 GC3 级管道，并应符合以下规定：

- a) 使用温度应不大于 93℃；
- b) 应采取预防措施，以防止接头松动和管道变形，并能承受由于支管连接等原因引起的横向作用力。

5.2.9 特殊管接头

5.2.9.1 承口式(如图 6 所示)、填料函式及粘接式等特殊管接头的使用应符合以下规定：

- a) 不得用于 GC1 级管道。
- b) 表 14 中未列入的特殊管接头应符合 4.2.1.3 或 4.2.1.4 的规定。
- c) 连接结构应具有足够的强度，并在预期的使用工况下，保证连接的完整性，以防止接头松动。

- d) 用于下列场合之一时，应采取机械或焊接连锁措施：
- 1) 可燃、有毒流体介质；
 - 2) 剧烈循环工况；
 - 3) 蠕变温度范围。
- e) 剧烈循环工况下使用的承口式及填料函式连接接头，应采取安全防护措施。

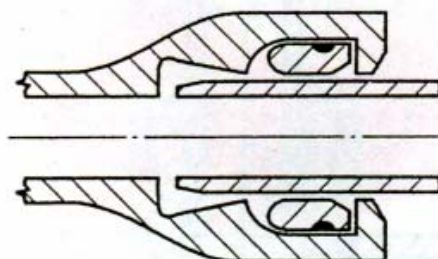


图 6 承口式管件连接结构示意图

5.3 管道组成件的型式和尺寸

5.3.1 表 14 给出了符合本部分要求的现行和常用管道组成件的型式和尺寸标准，表 15 给出了符合本部分要求的管道组成件的基础标准及检验、试验标准。

5.3.2 表 14 所列标准规定的压力—温度额定值、公称压力、壁厚等级均符合 4.2.1 的规定，可作为管道组成件的压力—温度设计准则。

5.3.3 表 14 中未列入的管道组成件型式和尺寸标准也应符合 4.2.1 规定的压力—温度设计准则，其适用压力—温度值应不大于表 14 中相应标准的规定值，业主或设计者应提出符合本部分要求的使用规定，并经国家认可的机构审查通过。

5.3.4 石油、化工阀门的选用可参见附录 A 所列标准。

表 14 管道组成件型式尺寸标准

分 类		标 准 号	标 准 名 称
钢管		HG 20553—1993	化工配管用无缝及焊接钢管尺寸选用系列
		GB/T 17395—1998	无缝钢管尺寸、外形、重量及允许偏差
钢制管件	对焊	GB/T 12459—2005	钢制对焊无缝管件
		GB/T 13401—2005	钢板制对焊管件
		HG/T 3651—1999	钛制对焊无缝管件
	承插和螺纹	GB/T 14383—1993	碳素钢承插焊管件
		GB/T 14626—1993	碳素钢螺纹管件
		GB/T 19326—2003	钢制承插焊、螺纹和对焊支管座
	法兰	GB/T 17185—1997	钢制法兰管件
	其他	HG 21547—1993	管道用钢制插板、垫环、8字盲板
GB/T 9065—1988		液压软管接头 连接尺寸	
钢制法兰		HG 20592—20604	钢制管法兰(欧洲体系)
		HG 20615—20625	钢制管法兰(美洲体系)
		GB/T 13402—1992	大直径碳钢管法兰
		JB 2768~2778—1992(PN160~320)	螺纹法兰、管件、紧固件、透视镜
螺栓/螺母		GB/T 5782—2000	六角头螺栓
		GB/T 6170—2000	1型六角螺母
		GB/T 6175—2000	2型六角螺母
		HG 20613	钢制管法兰用紧固件(欧洲体系)
		HG 20634	钢制管法兰用紧固件(美洲体系)
垫片		HG 20606~20612	钢制管法兰用垫片(欧洲体系)
		HG 20627~20633	钢制管法兰用垫片(美洲体系)
		GB/T 13403—1992	大直径碳钢管法兰用垫片
支吊架		GB/T 17116.1~17116.3—1997	管道支吊架
消防软管连接件		GB/T 18615—2002	波纹金属软管用非合金钢和不锈钢接头
铸铁管		GB/T 3422—1982	连续铸铁管
		GB/T 13295—2003	水及燃气管道用球墨铸铁管、管件和附件
铸铁管件	法兰、承插	GB/T 3420—1982	灰口铸铁管件
	螺纹	GB/T 3287—2000	可锻铸铁管路连接件
铸铁法兰		GB/T 17241—1998	铸铁管法兰
阀门	闸阀	GB 12234—1989	通用阀门 法兰和对焊连接钢制闸阀
		GB/T 12232—2005	通用阀门 法兰连接铁制闸阀
	安全阀	GB/T 12241—2005	安全阀 一般要求
		GB/T 12243—2005 GB/T 12246—1990	弹簧直接载荷式安全阀 先导式减压阀

表 14 (续)

分 类		标 准 号	标 准 名 称
阀门	止回阀	GB/T 12236—1989	通用阀门 钢制旋启式止回阀
		JB/T 8937—1999	对夹式止回阀
		GB/T 13932—1992	通用阀门 铁制旋启式止回阀
	旋塞阀	GB/T 12240—1989	通用阀门 铁制旋塞阀
	球阀	GB/T 12237—1989	法兰和对焊连接钢制球阀
		GB/T 15185—1994	铁制和铜制球阀
	蝶阀	GB/T 12238—1989	通用阀门 法兰和对夹连接蝶阀
		JB/T 8527—1997	金属密封蝶阀
	截止阀	GB 12233—1989	通用阀门 铁制截止阀和升降式止回阀
		GB/T 12235—1989	通用阀门 法兰连接钢制截止阀和升降式止回阀
JB/T 7747—1995		针形截止阀	
隔膜阀	GB/T 12239—1989	通用阀门 隔膜阀	

表 15 基础标准

标 准 号	标 准 名 称
GB/T 196—2003	普通螺纹 基本尺寸
GB/T 197—2003	普通螺纹 公差
GB/T 7306—2000	55°密封管螺纹
GB/T 12716—2002	60°圆锥管螺纹
GB/T 1047—2005	管道元件 DN(公称尺寸)的定义和选用
GB/T 1048—2005	管道元件 PN(公称压力)的定义和选用
GB/T 12220—1989	通用阀门 标志
GB/T 12221—2005	金属阀门 结构长度
GB/T 12224—1989	钢制阀门 一般要求
GB/T 13927—1992	通用阀门 压力试验
JB/T 6899—1993	阀门的耐火试验
JB/T 9092—1999	阀门的检验与试验
GB/T 1031—1995	表面粗糙度 参数及其数值

6 管道组件的压力设计

6.1 直管

a) 符号

A ——与几何参数有关的外压(或真空)设计系数;

A_s ——加强圈横截面积, 单位为平方毫米(mm^2);

B ——与材料有关的外压(或真空)设计系数, 单位为兆帕(MPa);

C ——厚度附加量, 为腐蚀、冲蚀裕量和机械加工深度的总和, 即 $C=C_2+C_1$, 见图 7, 单位为毫米(mm);

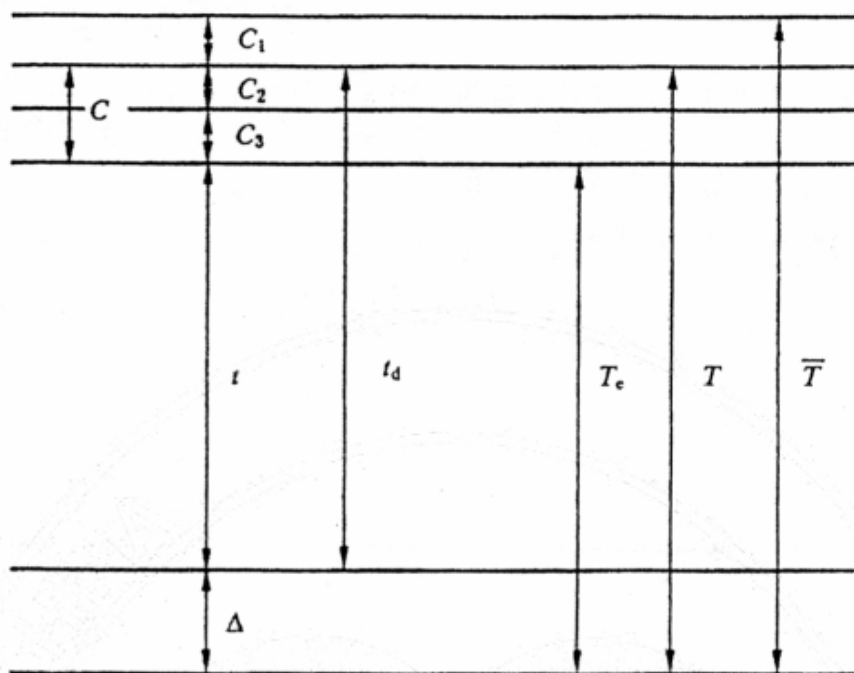


图 7 厚度、附加量和负偏差及其相互关系

C_1 ——材料厚度负偏差，按材料标准规定，见图 7，单位为毫米(mm)；

C_2 ——腐蚀、冲蚀裕量，见图 7，单位为毫米(mm)；

C_3 ——机械加工深度，见图 7，单位为毫米(mm)；

对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 0.5 mm；

D ——管外径，取管子外径的名义值，或由实测所得，单位为毫米(mm)；

d ——管内径，用于压力计算时，应是材料标准允许的最大值，单位为毫米(mm)；

E ——设计温度下材料的弹性模量，由 GB/T 20801.2—2006 表 B.3 确定，单位为兆帕(MPa)；

L ——外压(或真空)管道的计算长度，单位为毫米(mm)；

1) 对于直管，取两相邻支撑线之间的距离，按 GB 150 的规定确定；

2) 当直管带有焊接相连的(即相接处不作为支撑线)弯头或弯管、斜接弯头时，取直管包括弯头、弯管或斜接弯头的轴线在内的两相邻支撑线之间的距离；

3) 当直管带有异径管时，一般取包括异径管轴向长度在内，大端直管支撑线到小端直管支撑线之间的距离(参见 GB 150 中外压或轴向受压圆筒和管子几何参数计算图)；

L_s ——一个加强圈对直管的加强长度，取加强圈中心线到相邻两侧加强圈中心线距离之和的一半，若直管与凸形封头相邻，则应计入封头曲面深度的 1/3，单位为毫米(mm)；

p ——设计压力，单位为兆帕(MPa)；

$[p]$ ——许用外压，单位为兆帕(MPa)；

S ——设计温度下管道组成件金属材料的许用应力，由 GB/T 20801.2—2006 表 A.1 查取，单位为兆帕(MPa)；

T ——最小厚度，为实测所得或取名义厚度 T 减去材料厚度负偏差 C_1 ，见图 7，单位为毫米(mm)；

\bar{T} ——名义厚度，材料标准规定的厚度，单位为毫米(mm)；

T_e ——有效厚度，为名义厚度减去厚度附加量和材料厚度负偏差以后的厚度，见图 7，单位为毫米(mm)；

t ——计算厚度，按内压或外压(或真空)，分别由公式计算而得的厚度，见图 7，单位为毫米(mm)；

t_d ——设计厚度，为计算厚度与厚度附加量之和(必要时可用 T 值替代)，见图 7，单位为毫米(mm)；

Y ——计算系数，当 $t < D/6$ 时，按表 16 查取，当 $t \geq D/6$ 时， $Y = \frac{d + 2C}{D + d + 2C}$ ；

Δ ——厚度圆整值，见图 7，单位为毫米(mm)；

Φ (Φ_w 、 Φ_c) ——焊件的纵向焊接接头系数或铸件质量系数，按 GB/T 20801.2—2006 表 A.3、表 A.4。

表 1 $t < D/6$ 时的 Y 值

材料	温度 ℃					
	≤482	510	538	566	593	≥621
铁素体钢	0.4	0.5	0.7	0.7	0.7	0.7
奥氏体钢	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
铸铁	0.0	—	—	—	—	—

b) 直管的内压设计

1) 当 $t < D/6$ 时，直管的计算厚度 t 按式(1)计算：

$$t = \frac{pD}{2(S\Phi + pY)} \dots\dots\dots(1)$$

2) 当 $t \geq D/6$ 或 $p/S\Phi > 0.385$ 时，计算时还应考虑失效机理、疲劳影响和温差应力等因素。

c) 直管的外压(或真空)设计

1) 应根据 D 、 L 、 T_e 值以及所用材料，按 GB 150 等有关标准，并按 $p \leq [p]$ 的准则确定计算厚度。

2) 对于 $L/D \geq 25$ 且 $D/T_e \geq 65$ 的碳钢、低合金钢、奥氏体不锈钢以及铸铁直管，当设计温度不超过 300℃ 时，可按式(2)计算许用外压 $[p]$ ：

$$[p] = \frac{2.2}{3} E \left(\frac{T_e}{D} \right)^3 \dots\dots\dots(2)$$

3) 加强圈的设计和设置应符合 GB 150 的规定。

6.2 弯管或弯头

a) 符号

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 $R \geq 3D$)，单位为毫米(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，单位为毫米(mm)；

α ——弯管或弯头的转角，单位为度(°)。

b) 弯管或弯头的内压设计

弯管或弯头的计算厚度(位于 $\alpha/2$ 处)应按式(3)确定:

$$t_w = \frac{pD}{2[(S\Phi/I) + pY]} \dots\dots\dots(3)$$

1) 当计算弯管或弯头的内侧厚度时:

$$I = \frac{4(R/D) - 1}{4(R/D) - 2} \dots\dots\dots(4)$$

2) 当计算弯管或弯头的外侧厚度时:

$$I = \frac{4(R/D) - 1}{4(R/D) + 2} \dots\dots\dots(5)$$

3) 当计算弯管中心线处厚度时:

$$I = 1.0 \dots\dots\dots(6)$$

4) 弯管在弯制成形后的端部最小厚度应不小于直管设计厚度 t_d 。

c) 弯管或弯头的外压(或真空)设计

弯管或弯头的外压(或真空)设计应按 6.1 c) 的规定进行, 其计算长度 L 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。

6.3 斜接弯头

a) 符号

p_m ——斜接弯头的最大许用内压, 单位为兆帕(MPa);

R_1 ——斜接弯头的有效半径(见图 8), 即斜接弯头弯曲中心到斜接管中心线的垂直距离, 其值应不

小于 $\frac{A}{\tan \theta} + \frac{D}{2}$, A 值按表 17 确定;

表 17 系数 A 值

单位为毫米

T_e	A
≤ 13	25
$> 13 \sim < 22$	$2T_e$
≥ 22	$[2T_e/3] + 30$

r_2 ——管子的平均半径(中径), 单位为毫米(mm);

α ——斜接弯头的变方向角(见图 8), $\alpha = 2\theta$, 单位为度($^\circ$);

θ ——斜接处的切割角(见图 8), 单位为度($^\circ$)。

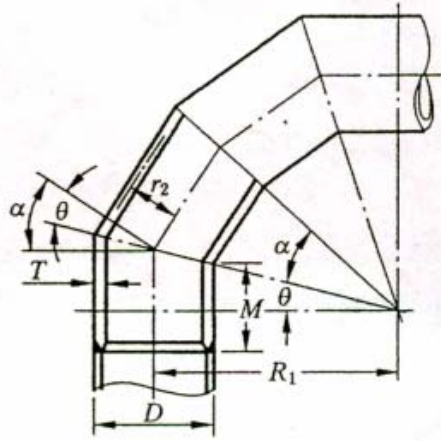


图 8 斜接弯头

b) 斜接弯头的内压设计

- 1) 变方向角 α 不超过 3° 的斜接弯头, 按直管计算。
- 2) 单弯斜接弯头的最大许用内压 p_m 应分别按式 (7) 和式 (8) 计算:

当 $\theta \leq 22.5^\circ$ 时,

$$p_m = \frac{S\Phi T_e}{r_2} \left[\frac{T_e}{T_e + 0.643 \tan \theta \sqrt{r_2 T_e}} \right] \dots\dots\dots(7)$$

当 $\theta > 22.5^\circ$ 时,

$$p_m = \frac{S\Phi T_e}{r_2} \left[\frac{T_e}{T_e + 1.25 \tan \theta \sqrt{r_2 T_e}} \right] \dots\dots\dots(8)$$

- 3) θ 角不大于 22.5° 的多弯斜接弯头的最大许用内压 p_m , 应取按式(7)和式(9)计算值的较小者:

$$p_m = \frac{S\Phi T_e}{r_2} \left[\frac{R_1 - r_2}{R_1 - 0.5r_2} \right] \dots\dots\dots(9)$$

- 4) 斜接弯头两端的直边段长度 M (见图 8), 应不小于下列两式中的较大值:

$$M = 2.5(r_2 T)^{0.5}$$

$$M = (R_1 - r_2) \tan \theta$$

其中, 直边段的厚度应不小于有效厚度和厚度附加量之和, 直管段末端的削薄长度可计入 M 值。

c) 斜接弯头的外压(或真空)设计

斜接弯头的外压(或真空)设计应按 6.1 c) 的规定进行, 但计算长度 L 应取直管包括斜接弯头各段斜接管轴线在内的两相邻支撑线之间的距离。

6.4 管法兰和法兰盖的压力设计

管法兰和法兰盖应按 GB 150 设计, 当管法兰承受外加轴向力或外加弯矩时, 可按式 (10) 计算其当量压力 p_c , 并以当量压力替代设计压力进行计算。必要时, 还可按 6.4 c) 的规定校核法兰刚度。

a) 符号

E ——法兰在设计温度(操作状态)或常温(预紧状态)时的弹性模量,按 GB/T 20801.2—2006 表 B.3 确定,单位为兆帕(MPa);

F ——外加轴向力(拉伸时计入,压缩时不计),单位为牛顿(N);

J ——刚度指数;

K_I ——整体法兰或按整体法兰计算的任意式法兰的刚度系数,取 $K_I=0.3$;

K_L ——松套法兰或按松式法兰计算的任意式法兰的刚度系数,取 $K_L=0.2$;

M ——外加弯矩,单位为牛顿毫米(N·mm);

p ——设计压力,单位为兆帕(MPa);

p_e ——当量压力,单位为兆帕(MPa)。

注:本节未做说明的符号均按 GB 150—1998 第 9 章规定执行。

b) 当量压力 p_e

$$p_e = \frac{16M}{\pi D_G^3} + \frac{4F}{\pi D_G^2} + p \quad \dots\dots\dots(10)$$

c) 刚度校核

1) 整体法兰和按整体法兰计算的任意式法兰,其刚度指数按式 (11) 计算:

$$J = \frac{52.14M_0V_I}{\lambda E \delta_0^2 h_0 K_I} \quad \dots\dots\dots(11)$$

2) 带颈的松式法兰,其刚度指数按式(12)计算:

$$J = \frac{52.14M_0V_L}{\lambda E \delta_0^2 h_0 K_L} \quad \dots\dots\dots(12)$$

3) 不带颈的松式法兰和按松式法兰计算的任意式法兰,其刚度指数按式 (13) 计算:

$$J = \frac{109.4M_0}{E \delta_f^3 \ln(K) K_L} \quad \dots\dots\dots(13)$$

4) 刚度指数应以 $J \leq 1.0$ 为合格。如不合格,应增加法兰颈部小端有效厚度 δ_0 或法兰环有效厚度 δ_f , 并重新计算 J 值,直到合格为止。

6.5 盲板

a) 符号

d_g ——对于突面、凹凸面或平面法兰,为垫片内径;对于环连接面和榫槽面法兰,为垫片的平均直径,见图 9,单位为毫米(mm);

t_m ——盲板计算厚度,单位为毫米(mm)。

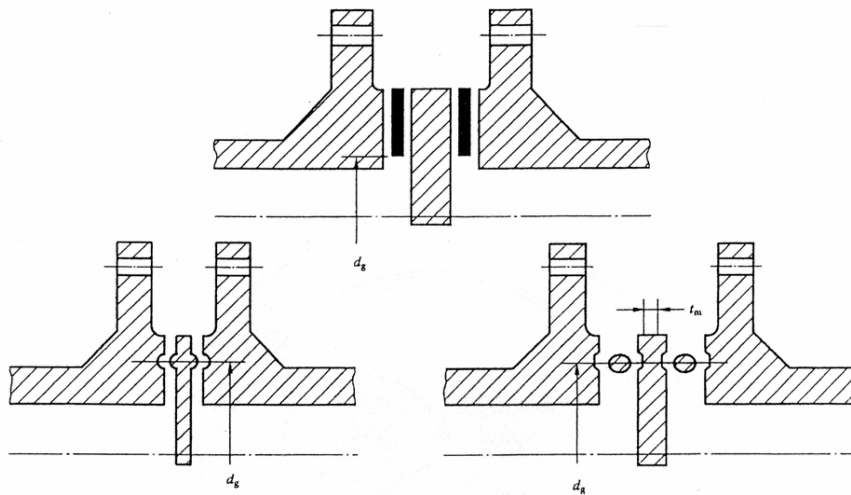


图9 盲板结构图

b) 盲板厚度

盲板厚度应按式 (14) 计算:

$$t_m = d_g \sqrt{\frac{3P}{16S\Phi}} \dots\dots\dots(14)$$

6.6 其他管道组成件

其他管道组成件, 如异径管、凸形封头和平封头等压力设计, 应按相关标准进行。

6.7 支管接头的等面积补强法

6.7.1 符号

A_1 ——因开孔削弱而要求补强的截面积, 见图 10, 单位为平方毫米(mm^2);

A_2 ——补强范围内主管上除承受压力所需面积之外的多余截面积, 见图 10 和图 11, 单位为平方毫米(mm^2);

A_3 ——补强范围内支管上除承受压力所需面积之外的多余截面积, 见图 10 和图 11, 单位为平方毫米(mm^2);

A_4 ——补强范围内的补强圈截面积, 或挤压成型接口端部除承受压力所需之外的多余截面积, 见图 10 和图 11, 单位为平方毫米(mm^2);

A_5 ——补强范围内的焊缝截面积, 见图 10, 单位为平方毫米(mm^2);

D_b ——支管外直径, 见图 10 和图 11, 单位为毫米(mm);

D_h ——主管外直径, 见图 10 和图 11, 单位为毫米(mm);

D_r ——补强圈外直径, 单位为毫米(mm);

d_b ——支管内直径, 见图 11, 单位为毫米(mm);

d_s ——挤压成型接口的设计内直径, 取支管内直径与 2 倍的厚度附加量之和, 见图 11, 单位为毫米(mm);

d_1 ——见图 10, $d_1 \sin \beta = D_b - 2(T_b - C)$, 单位为毫米(mm);

d_2 ——补强范围宽度的一半, 单位为毫米(mm);

对于焊接连接的支管(见图 10), $d_2 = \max(d_1, T_{eb} + T_{eh} + d_1/2)$;

对于挤压成型的接口(见图 11), $d_2 = d_x$, 且 $d_2 \leq D_h$;

h_x ——挤压成型接口的高度, 且不得小于 r_x , 见图 11, 单位为毫米(mm);

K ——主管开孔补强设计的系数:

当 $D_b/D_h > 0.6$ 时: $K=1.0$;

当 $0.60 \geq D_b/D_h > 0.15$ 时: $K=0.6+2/3 D_b/D_h$;

当 $D_b/D_h \leq 0.15$ 时: $K=0.70$;

L_4 ——主管外侧的补强范围高度, 见图 10, $L_4 = \min(2.5T_{eh}, 2.5T_{eb} + T_r)$, 单位为毫米(mm);

L_5 ——主管外侧的补强范围高度, 见图 11, $L_5 = 0.7\sqrt{D_b T_x}$, 单位为毫米(mm);

r_x ——挤压成型接口外轮廓部分的过渡半径, 在支管和主管轴线相交的平面上测量, 见图 11, 单位为毫米(mm);

T_b ——支管最小厚度, 为实测所得或取名义厚度减去材料厚度负偏差, 单位为毫米(mm);

\bar{T}_b ——支管名义厚度, 单位为毫米(mm);

T_{eb} ——支管有效厚度, 支管名义厚度减去厚度附加量和厚度负偏差后的厚度, 单位为毫米(mm);

T_{eh} ——主管有效厚度, 主管名义厚度减去厚度附加量和厚度负偏差后的厚度, 单位为毫米(mm);

T_h ——主管最小厚度, 为实测所得或取名义厚度减去材料厚度负偏差, 单位为毫米(mm);

\bar{T}_h ——主管名义厚度, 单位为毫米(mm);

T_r ——补强圈或补强鞍板的名义厚度, 由管切制时, 则为最小厚度, 单位为毫米(mm);

T_x ——挤压成型接口的厚度, 从主管以上高度为 r_x 处测量, 不包括腐蚀、冲蚀裕量, 见图 11, 单位为毫米(mm);

t_b ——支管计算厚度, 应计入支管 Φ_w 值, 当支管为外压(或真空)时, $\Phi_w=1.0$, 单位为毫米(mm);

t_h ——主管计算厚度, 应计入主管 Φ_w 值, 当支管未和主管纵焊缝相遇或当为外压(或真空)时, $\Phi_w=1.0$, 单位为毫米(mm);

β ——支管轴线和主管轴线间的夹角, 应不大于 90° 。

6.7.2 等面积补强法的适用范围

a) 等面积补强法计算是支管连接的最低要求, 6.7.3~6.7.5 规定的等面积补强法计算适用于以下支管连接结构:

- 1) GB/T 20801.4—2006 图 10 所示的焊接支管;
- 2) 与 1) 结构类似的焊接或锻造三通、四通、斜三通;
- 3) 未列入表 14 的其他直接焊接于主管的支管连接管件。

b) 等面积补强法的结构尺寸应符合以下规定:

- 1) $D_h/T_h < 100$ 时, $D_b/D_h \leq 1.0$; $D_h/T_h \geq 100$ 时, $D_b/D_h < 0.5$;
- 2) $\beta \geq 45^\circ$;
- 3) 支管轴线和主管轴线相交。

c) 外加补强材料应符合以下规定:

- 1) 外加补强材料可不同于主管材料, 但应和主管、支管材料具有相近的焊接性能、热处理要求、电位差和热膨胀系数等;
- 2) 如外加补强材料的许用应力低于主管的许用应力, 则用于补强的截面积 A_4 应乘以二者许用应力的比值后再行校核; 如补强材料的许用应力高于主管的许用应力, 则其影响可不予考虑。

d) 对于 GC1 级管道和剧烈循环工况, 不宜采用补强圈作为补强措施。

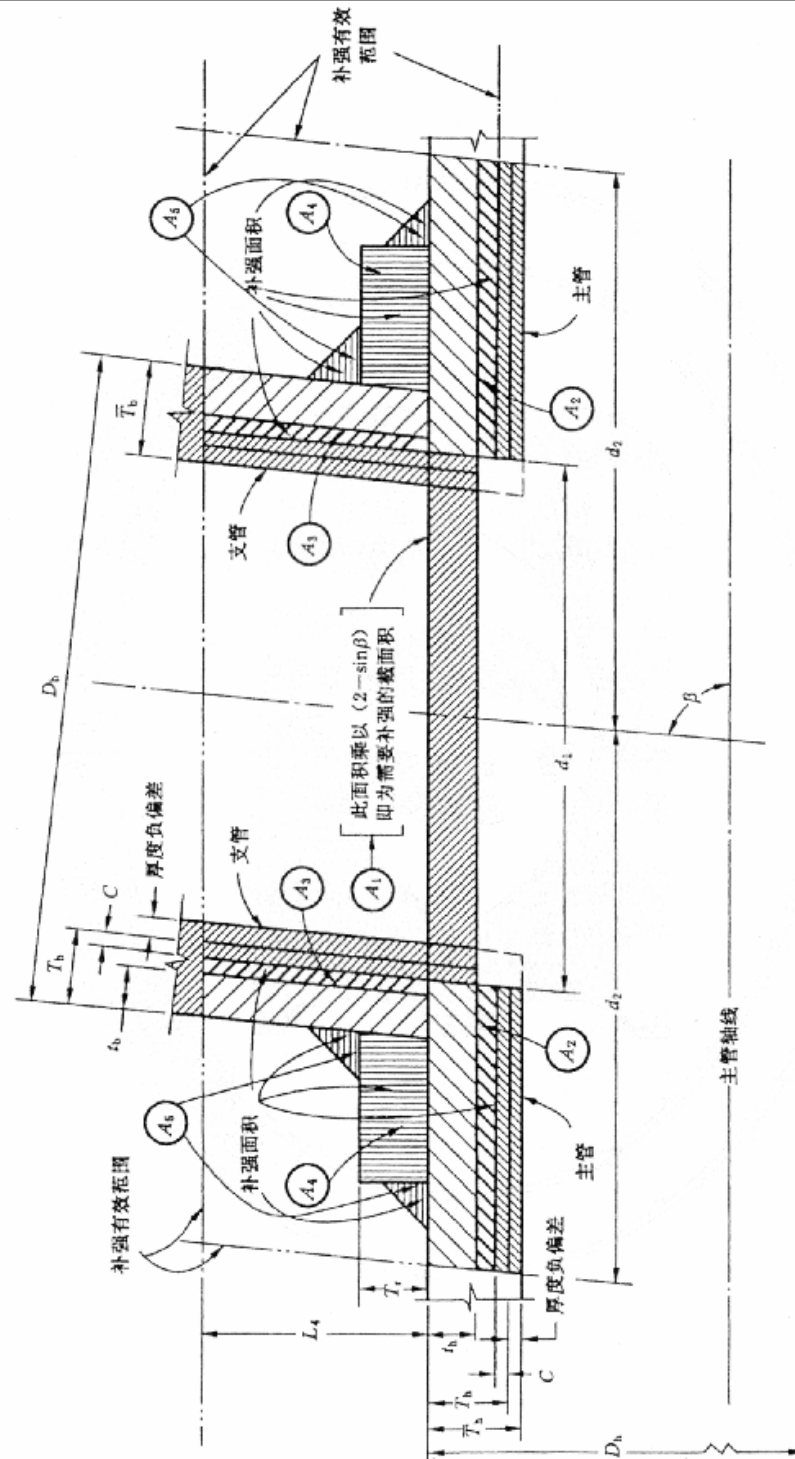


图 10 直主管上的支管连接

6.7.3 不需要补强的条件

符合下列情况之一者,不需要进行补强计算,也不需要采取其他补强措施:

- a) 直接焊于主管的螺纹、承插焊管接头(GB/T 14626—1993、GB/T 14383—1993),且符合下列各项要求:
 - 1) 支管公称直径不大于 DN50;
 - 2) $D_b/D_h \leq 1/4$ 。
- b) 直接焊于主管的支管座(GB/T 19326—2003)。
- c) 经验证性压力试验的三通、四通或斜三通(GB/T 12459—2005、GB/T 13401—2005)。
- d) 螺纹或承插焊三通、四通或斜三通(GB/T 14626—1993、GB/T 14383—1993)。
- e) 满足 4.2.1.4 要求的支管连接管件。

6.7.4 支管直接焊于主管的补强计算

a) 补强结构

- 1) 所有截面上的补强圈宽度(通过补强圈中心度量)应为恒值。
- 2) 对于 $D_b/D_h > 0.80$ 的焊接支管,宜采用整体补强或支管补强结构,如需采用外加补强圈补强,则应采用套筒型补强圈。

b) 补强有效范围

补强有效范围(见图 10,简称“补强范围”)为主管表面沿支管中心线两侧各为 d_2 、垂直于主管表面距离为 L_4 的范围。

c) 要求的补强面积 A_1

- 1) 对于承受内压的支管连接件, A_1 应按式 (15) 计算:

$$A_1 = t_h d_1 (2 - \sin \beta) \dots\dots\dots(15)$$

- 2) 对于承受外压(或真空)的支管连接件, A_1 应将外压(或真空)作为内压按式 (16) 计算:

$$A_1 = t_h d_1 (2 - \sin \beta) \dots\dots\dots(16)$$

d) 补强范围内的补强面积

- 1) 除承受压力荷载所需计算厚度 t_h 之外,主管上多余厚度构成的面积 A_2 应按式 (17) 计算,但内压或外压(或真空)的计算厚度 t_h 应予以区别。

$$A_2 = (2d_2 - d_1)(T_{eh} - t_h) \dots\dots\dots(17)$$

- 2) 除承受压力荷载所需计算厚度 t_b 之外,支管上多余厚度所构成的面积 A_3 应按式 (18) 计算,但内压或外压(或真空)的计算厚度 t_b 应予以区别。

$$A_3 = 2L_4(T_{eb} - t_b) / \sin \beta \dots\dots\dots(18)$$

- 3) 补强圈面积 A_4 应取式 (19) 和式 (20) 中的较小值:

$$A_4 = \left(D_r - \frac{D_b}{\sin \beta} \right) T_r \dots\dots\dots(19)$$

$$A_4 = \left(2d_2 - \frac{D_b}{\sin \beta} \right) T_r \dots\dots\dots(20)$$

4) 焊缝面积 A_5 应按实际焊缝尺寸计算, 焊缝的最小尺寸应符合 GB/T 20801.4—2006 中图 10 的规定。

e) 补强面积的校核要求

补强面积应满足式 (21) 的校核要求:

$$A_2 + A_3 + A_4 + A_5 \geq A_1 \dots\dots\dots(21)$$

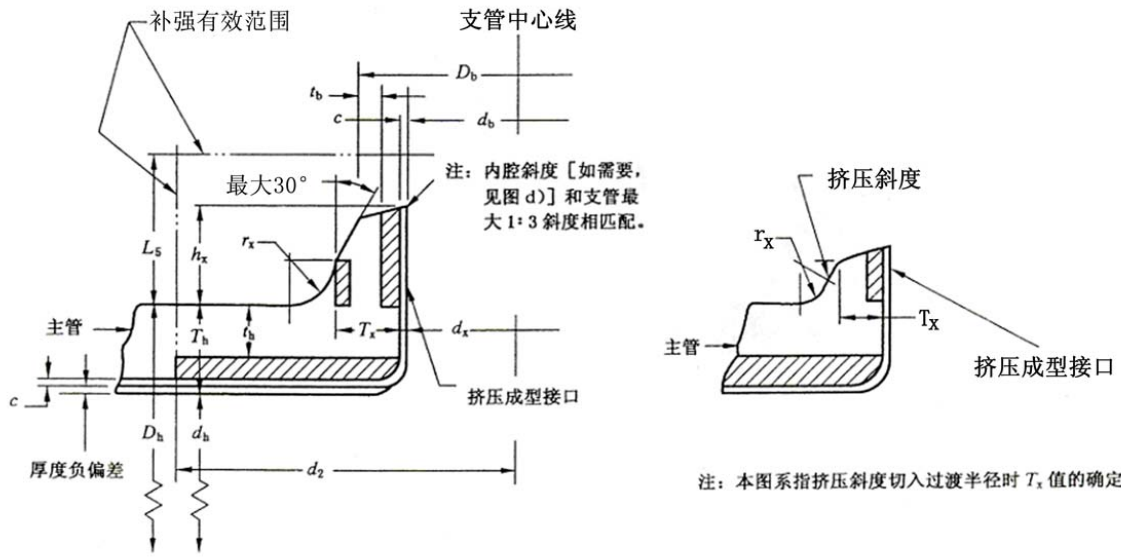
f) 多个支管连接的补强设计:

- 1) 如任意两相邻支管的中心距大于等于该两支管平均直径的 2 倍, 则每个支管应分别符合上述 b)~e) 的规定。
- 2) 如任意两相邻支管的中心距小于该两支管平均直径的 2 倍, 则两支管的补强设计应按以下规定进行:
 - 任意两相邻支管的中心距不宜小于该两支管平均直径的 1.5 倍;
 - 两支管补强范围内相互重叠的面积不能重复计入, 且两支管之间的补强面积应不小于该两支管所需补强面积总和的 50%;
 - 相邻两支管应分别符合上述 b)~e) 规定的补强计算要求。

6.7.5 带挤压成型接口的支管连接补强计算

a) 补强结构

- 1) 接口(包括支管)轴线和主管轴线相交, 且垂直于主管轴线。
- 2) 挤压成型接口在主管表面的凸出高度 h_x 应大于等于接口外侧的过渡半径 r_x [见图 11a]。
- 3) 最小过渡半径 r_x 应取 $0.05D_b$ 或 38 mm 中小者。
- 4) 最大过渡半径 r_x 应满足以下要求:
 - 当 $D_b < DN200$, $r_x = 32$ mm;
 - 当 $D_b \geq DN200$, $r_x \leq 0.1D_b + 13$ 。
- 5) 接口外轮廓由多个过渡半径组成时, 应取超过 45° 弧线的最佳拟合半径为最大半径 r_x 值, 且应满足上述 3) 和 4) 的规定。
- 6) 当 r_x 不满足上述要求时, 不得采用机加工的方法达到目的。

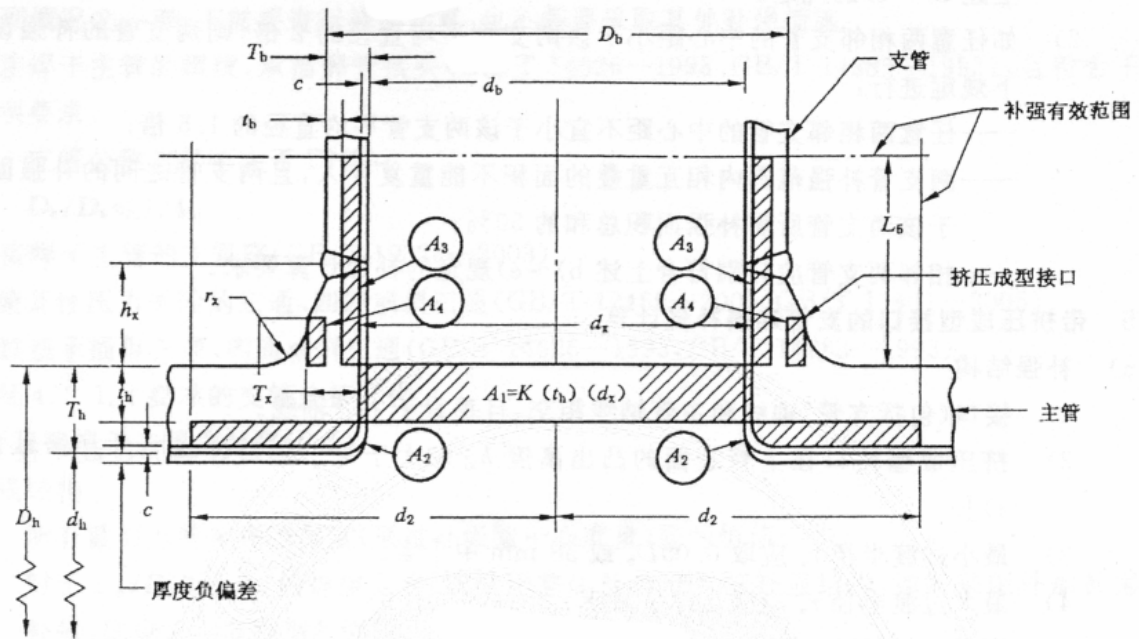


注：本图系指挤压斜度切入过渡半径时 T_x 值的确定。

a)

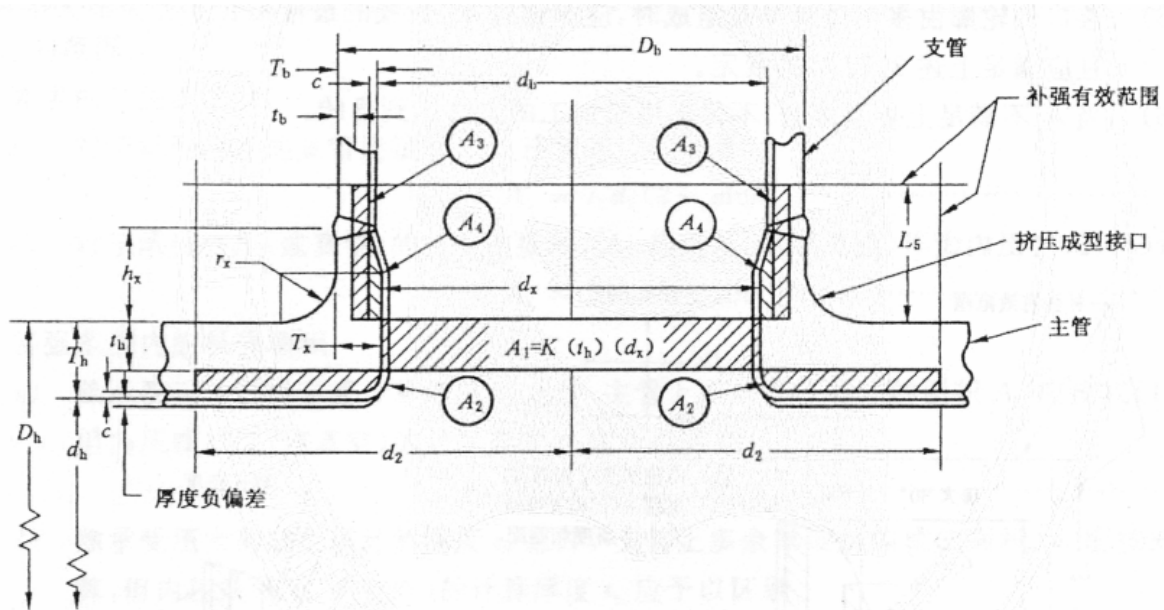
b)

图 1 1 带挤压成型接口的支管连接



注：本图系指 $K=1.0$ 时。

c)



注：本图系指 $K=1.00$ 和 $d_x < d_b$ 时。

d)

图 11 (续)

b) 补强有效范围

补强有效范围(见图 11, 简称“补强范围”)为主管表面沿支管中心线两侧各为 d_2 、垂直于主管表面距离为 L_5 的范围。

c) 要求补强的面积 A_1

1) 对于承受内压的主管上挤压成型的接口, A_1 应按式 (22) 计算:

$$A_1 = K t_h d_x \quad \dots\dots\dots(22)$$

2) 对于承受外压(或真空)的主管上挤压成型的接口, A_1 应将外压(或真空)作为内压按式(23)计算:

$$A_1 = K t_h d_x \quad \dots\dots\dots(23)$$

d) 补强范围内的补强面积

1) 除承受压力荷载所需计算厚度 t_h 之外, 主管上多余厚度构成的面积 A_2 应按式 (24) 计算, 但内压或外压(或真空)的计算厚度 t_h 应予以区别。

$$A_2 = (2d_2 - d_x)(T_{eh} - t_h) \quad \dots\dots\dots(24)$$

2) 除承受压力荷载所需计算厚度 t_b 之外, 支管上多余厚度构成的面积 A_3 应按式 (25) 计算, 但内压或外压(或真空)的计算厚度 t_b 应予以区别。

$$A_3 = 2L_5(T_{eb} - t_b) \quad \dots\dots\dots(25)$$

3) 对于挤压成型接口端部的多余厚度构成的面积 A_4 应按式 (26) 计算:

$$A_4 = 2r_x(T_x - T_{eb}) \quad \dots\dots\dots(26)$$

e) 补强面积的校核要求

补强面积应满足式 (27) 的校核要求:

$$A_2 + A_3 + A_4 \geq A_1 \quad \dots\dots\dots(27)$$

f) 多个支管连接的补强设计按 6.7.4 f) 的规定进行。其中，要求的补强面积及补强范围内的补强面积应按上述 c) 和 d) 计算。

6.7.6 封头上支管连接的补强设计

a) 补强结构

- 1) 开孔直径应不大于封头内径的二分之一。如超过此值，则宜采用异径管。
- 2) 在通过开孔中心轴垂直于封头表面的任意截面上，开孔每一侧的补强面积至少应等于该截面上所需补强总面积的一半。

b)补强有效范围

- 1) 焊接连接的支管或挤压成型的接口，其补强有效范围应分别按 6.7.4 b) 或 6.7.5 b) 的要求确定。
- 2) 凸形封头的补强有效范围应在封头轮廓线之内。

c) 要求补强的面积 A_1 按 GB 150 等相关标准的规定计算。

d) 焊接连接的支管连接或挤压成型的接口，其补强面积应分别按 6.7.4 d) 或 6.7.5 d) 的要求确定。

e) 焊接连接的支管连接或挤压成型的接口，其补强面积的校核应分别符合 6.7.4 e) 或 6.7.5 e) 的要求。

f) 对于多个支管连接的补强设计，其焊接连接的支管连接或挤压成型接口应分别按 6.7.4 f) 或 6.7.5 f) 的规定进行计算。

6.8 整体成型三通的压力面积法计算

GB/T 12459—2005 和 GB/T 13401—2005 中 $D_b/D_h \geq 0.50$ 的整体成型三通以及 6.7.2 b) 以外的补强计算可参照采用附录 G 的压力面积法。

7 管道应力分析

7.1 一般规定

a) 本章对各种可能存在的荷载，在管道元件中产生的应力给出分析方法和评定准则。

如需考虑压力波动对管道元件产生的疲劳效应，可参照 JB 4732—1995 给出的分析方法和评定准则，并在 7.3.3 的柔性分析中，对式 (32)、式 (33)中许用应力范围的折减系数 f 取 1.0。

b) 本章所述的柔性分析方法不适用于铸铁等脆性材料。

c) 在进行管道系统应力分析时，应计及膨胀节和其他管道元件的刚度。各种管道元件的柔性系数和应力增大系数可由附录 C 中表 C.1 所列出的公式计算，设计者也可采用由实验或其他方法得到的更为精确的值。

d) 管道系统中支吊架的个数、位置和性质对管道系统的应力分布有很大影响。设计中，应慎重对待支吊架的布置，以减小管道的应力。管道系统设计应保证每个支吊架具有足够的强度。

7.1.1 符合以下条件之一的管道系统应按本章要求进行管道应力分析：

- a) 设备管口有特殊的荷载要求；
- b) 预期寿命内热循环次数超过 7000 的管道；

c) 操作温度大于等于 400℃, 或小于等于 -70℃ 的管道。

7.1.2 符合以下条件之一的管道系统可免除应力分析:

- a) 与运行良好的管道系统相比, 基本相同或基本相当的管道系统;
- b) 与已通过应力分析的管道系统相比, 确认有足够强度和柔性的管道系统。

7.1.3 符号

如未特别注明, 本章符号与第 6 章相同。

7.2 荷载及其组合工况

7.2.1 荷载及其分类

- a) 持久性荷载: 永久作用于管道系统的荷载, 如压力和重力荷载, 但不包括冰荷载和雪荷载;
- b) 临时性荷载: 短时间作用于管道系统的荷载, 如风、地震、冰雪、阀门开、关时的反冲力和压力升高等荷载;
- c) 交变性荷载: 大小和方向随时间发生变化的荷载, 如温差、风力引起的端点位移(如高塔在风载作用下的摆动)、摩擦力等荷载。

7.2.2 应考虑荷载组合工况

- a) 压力、重力(包括隔热层、管道组成件和管道中流体的重量)等持久性荷载同时作用。
- b) 以上 a) 所述持久性荷载与风荷载或地震荷载等临时性荷载同时作用(当考虑地震荷载时, 仅需考虑地震所产生的水平力)。必要时, 还需考虑冰雪荷载、阀门关闭引起的压力短时升高、泄放阀打开时对管道的反冲力等荷载的作用。
- c) 因温差引起的荷载及其他交变荷载。
- d) 必要时, 需考虑端点或支吊架永久性位移引起的荷载, 但在结构设计时应尽可能消除该荷载的影响。

7.2.3 应考虑临时性荷载的条件和要求

- a) 同时满足以下条件时, 应计及地震荷载:
 - 1) GC1 类管道、介质毒性为高度危害的 GC2 类管道或介质为可燃 GC2 类管道;
 - 2) 地震设防烈度大于等于 8 度, 且设计基本地震加速度大于等于 0.3 g。
- b) 如需计及风载, 则风载和地震荷载无需同时与其他临时性荷载构成组合工况。
- c) 如需计及因阀门开、关产生的荷载, 则该荷载与地震荷载无需同时与其他临时性荷载构成组合工况。

7.3 应力分析和强度条件

以下应力计算方法和评定准则按 7.2.2 所列荷载组合工况给出。7.3.1~7.3.3 规定的强度条件应同时满足。

7.3.1 持久荷载的应力强度条件

对于 7.2.2 a) 所述的持久荷载组合工况, 管子和管道元件的轴向应力应不大于最高工作温度下的材料许用应力, 即满足式 (28) 和式 (29) 的强度条件:

$$S_L \leq S_h \quad \dots\dots\dots(28)$$

$$S_L = \frac{|p| \cdot D}{4T_e} + \frac{M_A}{Z} \quad \dots\dots\dots(29)$$

式中：

M_A ——所考虑荷载组合工况下产生的弯矩，单位为牛顿毫米(N·mm)：

$$M_A = \sqrt{(i_i M_{Ai})^2 + (i_o M_{Ao})^2}$$

M_{Ai} ——所考虑荷载组合工况下产生的平面内的弯矩，单位为牛顿毫米(N·mm)；

M_{Ao} ——所考虑荷载组合工况下产生的平面外的弯矩，单位为牛顿毫米(N·mm)；

S_h ——最高工作温度下的材料许用应力，单位为兆帕(MPa)；其中，

对铸件，应乘以相应的铸件质量系数 Φ_C ；

对焊接件，不必考虑纵向焊接接头系数 Φ_w ；

Z ——管子或管道元件的抗弯截面模量，单位为立方毫米(mm³)；

i_i ——平面内应力增大系数，见附录 C 表 C.1；

i_o ——平面外应力增大系数，见附录 C 表 C.1。

7.3.2 持久荷载与临时荷载组合工况的应力强度条件

对于 7.2.2 b) 规定的荷载组合工况，管和管道元件的轴向应力应满足式 (30)、式 (31)强度条件：

$$S_{L2} \leq 1.33S_h \quad \dots\dots\dots(30)$$

$$S_{L2} = \frac{|p| \cdot D}{4T_e} + \frac{M_B}{Z} \quad \dots\dots\dots(31)$$

式中：

M_B ——所考虑荷载组合工况下产生的弯矩，单位为牛顿毫米(N·mm)：

$$M_B = \sqrt{(i_i M_{Bi})^2 + (i_o M_{Bo})^2}$$

M_{Bi} ——所考虑荷载组合工况下产生的平面内的弯矩，单位为牛顿毫米(N·mm)；

M_{Bo} ——所考虑荷载组合工况下产生的平面外的弯矩，单位为牛顿毫米(N·mm)。

注 1： 压力试验工况不考虑如风载、地震或雪荷载等临时荷载。

注 2： 如需考虑阀门关闭引起的压力短时升高，应将该升高值计入压力 p 中。如需考虑泄放阀打开时的反冲力，应将其产生的力矩计入 M_B 。阀门开、关对管道产生的反冲力和压力升高可按本部分附录 E 规定的方法进行计算，或采用更精确的方法进行计算。

注 3： 奥氏体不锈钢和镍基合金的最高工作温度下的材料许用应力 S_h 应符合 GB/T 20801.2—2006 附录 A 中表 A.1 脚注 c 的规定。

7.3.3 柔性分析

在 7.2.1 c) 所述的荷载组合工况的作用下，所有管道系统都应具有足够的柔性以避免出现如下情况：

——由于应力超限或疲劳原因导致的管道或支吊架失效；

——管道连接部位发生泄漏；

——因存在过大的推力或弯矩，而导致管道支吊架、管道元件或与管道连接的其他设备产生应力或荷

载超限。

7.3.3.1 管道系统设计的基本要求

- a) 管道系统中任何一处由位移引起的应力范围不应超过 7.3.3.2 规定的许用应力范围值；
- b) 支座反力或端点反力不应使管道系统中的支吊架或与管道系统连接的设备失效。

7.3.3.2 柔性分析的许用应力范围

- a) 许用应力范围 S_A 一般应按式 (32) 计算：

$$S_A = f(1.25S_c + 0.25S_h) \dots\dots\dots(32)$$

- b) 如果在 7.2.2 a) 规定的载荷组合工况下计算得到的管道元件的轴向应力 S_L 小于材料在最高工作温度下的许用应力 S_h ，则许用应力范围 S_A 可按式 (33) 计算：

$$S_A = f[1.25(S_c + S_h) - S_L] \dots\dots\dots(33)$$

式中：

S_c ——循环荷载作用下管道元件或管子材料在最低工作温度下的许用应力，单位为兆帕(MPa)；

f ——许用应力范围折减系数，查表 18 或按式 (34) 计算²⁾：

$$f = 6.0(N)^{-0.2} \leq 1.0 \dots\dots\dots(34)$$

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，按式 (35) 计算：

$$N = N_E + \sum (r_i^5 N_i) \quad i=1, 2, \dots, n \dots\dots\dots(35)$$

N_E ——最大应力范围 S_E 作用下的循环次数；

S_E ——在循环荷载作用时的最大应力范围，单位为兆帕(MPa)；

r_i ——比值， $r_i = S_i / S_E$ ；

S_i ——在循环荷载作用时，小于最大应力范围 S_E 的某一个应力范围值，单位为兆帕(MPa)；

N_i ——应力范围 S_i 作用下的循环次数。

注：2) 式 (34) 或表 18 不适用于膨胀节。

表 18 许用应力范围折减系数 f

当量循环次数 N	折减系数 f
$N \leq 7\,000$	1.0
$7\,000 < N \leq 14\,000$	0.9
$14\,000 < N \leq 22\,000$	0.8
$22\,000 < N \leq 45\,000$	0.7
$45\,000 < N \leq 100\,000$	0.6
$100\,000 < N \leq 200\,000$	0.5
$200\,000 < N \leq 700\,000$	0.4
$700\,000 < N \leq 2\,000\,000$	0.3
$N > 2\,000\,000$	0.15

7.3.3.3 材料的物理性能参数

a) 线膨胀系数

- 1) 计算应力范围时,应根据材料在温度循环中最高和最低工作温度下从 GB/T 20801.2—2006 附录 B 表 B.2 中查取相应的线膨胀系数。
- 2) 计算支承反力时,应根据材料在最高(或最低)工作温度和安装温度下从 GB/T 20801.2—2006 附录 B 表 B.2 中查取相应的线膨胀系数。

b) 弹性模量

- 1) 计算应力范围时,材料的弹性模量可按温度为 20℃ 时取值。当管道系统中的各管道元件的弹性模量对管道系统中的应力分布会产生很大影响时,则应按材料在温度循环中的最高和最低工作温度从 GB/T 20801.2—2006 附录 B 表 B_3 中查取相对应的弹性模量 E_m 。
- 2) 计算支承反力时,应根据材料在最高(或最低)工作温度和安装温度下从 GB/T 20801.2—2006 附录 B 表 B.3 中查取最高或最低温度下材料的弹性模量 E 。以及安装温度下的弹性模量 E_a 。
- 3) 当弹性模量无法在 GB/T 20801.2—2006 附录 B 表 B.3 中查到时,也可使用其他可靠资料或文献中的数据,但应经过国家认可的机构审查。

c) 泊桑比一般取 0.3,但也可取更为精确的值。

d) 柔性分析时应采用管子或管道元件的名义厚度和外径值。

7.3.3.4 柔性系数和应力增大系数

可采用附录 C 所给出的柔性系数和应力增大系数值 I 进行柔性分析。对于附录 C 未列入的管道组成件,其应力增大系数和柔性系数可近似取附录 C 中结构形状相似的管道组成件的值。

7.3.3.5 免除柔性分析的条件

符合以下条件之一时,管道系统可免除柔性分析:

- a) 设计的管道系统与一已成功运行的管道系统的结构和布置一致,或在结构和布置上仅有很少且不影响管道系统柔性要求的差异;
- b) 可以容易地判定,所设计的管道系统的柔性不低于一已经过柔性分析的管道系统;
- c) 设计的管道系统中,管子尺寸相同、固定点不超过两个、不存在中间约束,且满足式(36):

$$\frac{D \cdot y}{(L-U)^2} \leq K_1 \quad \dots\dots\dots(36)$$

式中:

- y ——管道系统所需吸收的总的位移,单位为毫米(mm);
- L ——两固定点之间的实际管长,单位为米(m);
- U ——两固定点之间的距离,单位为米(m);
- K_1 —— $208000 S_A/E_a$, 单位为毫米每米的二次方[(mm/m)²]。

注:本条不适用于下列管道:

- 剧烈循环工况的管道;
- 含有不等长 U 形弯管 ($L/U > 2.5$) 或近似直线的锯齿状管道;
- 不在固定支承连接方向上的附加位移在总位移量中占了大部分的管道。

7.3.3.6 柔性分析方法

对于 7.2.1 c) 规定的荷载组合工况,可按以下规定的方法进行应力计算和校核。除此之外,也可以果用任何简化和近似的方法进行管道系统的柔性分析,只要该方法已被证明是偏安全的。在按以下方法进行详细的应力分析时,应对管道系统中所有的管道元件进行应力计算和校核,而不仅限于直管中的应力。

a) 假定和要求

在进行管道系统柔性分析时,应将管道系统作为一个整体考虑,并应考虑管道系统在各可能工况下的所有危险部位及其受力,包括管子和管道组成件中的应力、支吊架处所产生的摩擦力和所受的反力。管道系统柔性分析前,应首先确定所有管道支吊架及其他约束的位置和类型,并且假定支吊架和约束具有足够的强度和刚度,以承受管道或管道组成件对其施加的力和力矩。

在分析中所使用的材料性能参数按 7.3.3.3 规定。

b) 应力范围的计算及其限制条件

应首先按可能的工况,分别对管道系统中可能的危险部位计算其所受的轴向弯曲应力和扭矩引起的剪应力,然后按式(37)计算组合应力范围:

$$S_E = \sqrt{S_b^2 + 4S_s^2} \dots\dots\dots(37)$$

计算得到的组合应力范围 S_E 应小于等于 7.3.3.2 规定的许用应力范围。

式中:

S_b ——轴向应力范围,单位为兆帕(MPa);

$$S_b = \frac{\sqrt{(i_i M_i)^2 + (i_o M_o)^2}}{Z}$$

S_s ——剪应力范围,单位为兆帕(MPa);

$$S_s = \frac{M_t}{2Z}$$

M_i ——由交变位移荷载引起的平面内弯矩范围(见图 12 所示),单位为牛顿毫米(N·mm);

M_o ——由交变位移荷载引起的平面外弯矩范围(见图 12 所示),单位为牛顿毫米(N·mm);

M_t ——由交变位移荷载引起的管子或管道元件所受扭矩范围,单位为牛顿毫米(N·mm)。

图 12 中所示的弯矩方向为该弯矩的矢量方向。在计算应力范围时,弯矩或扭矩都是指所需计算部位处的值。同时,抗弯截面模数也是指该计算部位处的对应值。

如果在焊缝处,交变应力范围的值超过 $0.8S_A$,且荷载当量循环次数大于 7000,则该焊缝应按 GB/T 20801.5—2006 的 6.1.1 中规定的 I 级要求进行检查。

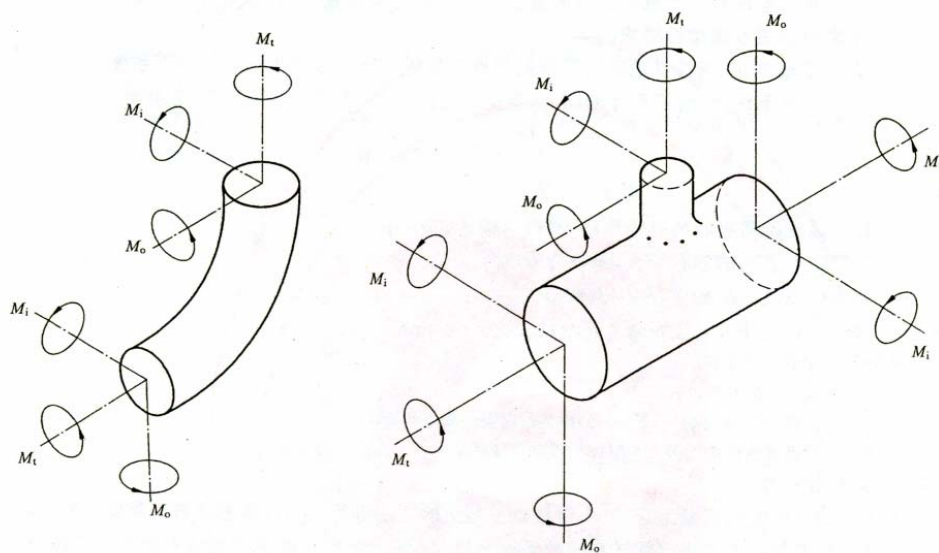


图 12 平面内和平面外弯矩和扭矩

7.3.4 支承反力的确定

确定管道支吊架或与管道连接的设备所受到的最大支承反力时，应按 7.2.2 b)~d) 同时作用下的荷载工况进行计算。

7.4 管道支吊架

7.4.1 一般要求

管道系统的设计应确保所有的管道支吊架具有足够的强度。

7.4.2 材料要求

- 管道支吊架的材料应选用钢材，并符合 GB/T 17116.1—1997 的规定；
- 对于仅受压力作用的支吊架元件，如滚柱或支承底板，可采用铸铁材料，其许用应力可按 GB/T 20801.2—2006 选取。对于存在因振动或压力脉动而引起冲击荷载的场合，不得采用铸铁等脆性材料。

7.4.3 设计要求

- 管道支吊架的设计应符合 GB/T 17116.1~17116.3—1997 的规定。非标支吊架应采用可靠的方法进行强度或刚度校核。
- 固定支吊架应在任何工况下都保证其初始安装位置，即保证其与管道、支承或设备的固定连接。
- 温差作用时，导向支架和滑动支架应保证管道仅沿设定的方向自由移动。
- 设计弹性支吊架时，应尽量避免使弹簧部分受到偏心荷载或其他有可能导致支吊架失稳的荷载。一般应使用限位装置以防止弹性支吊架失稳，同时应防止在外力作用下弹簧发生过量的变形而导致失效。弹簧的设计还应保证其能够承受外力作用下可能出现的最大变形。
- 管道支吊架的设计应保证其与管道连接处不会产生过大的局部弯曲应力，且不会使管子压扁。有循环荷载的场合，应尽量减小连接处的应力集中。

7.4.4 布置要求

- 对于水平管道，支吊架与相邻设备或与相邻支吊架之间的最大间距应符合 GB/T 17116.1~

17116.3—1997 等相关标准的规定。

- b) 设置膨胀节的管道，固定支吊架的布置应符合附录 F 中 F.1.2 的规定，其他类型支吊架的布置也应满足膨胀节产品说明中的要求。
- c) 对有抗震设计要求的管道，在考虑支吊架的布置时，应使管道系统的固有频率控制在设计规定的范围内，以避免使管道受到较大的地震力的作用。
- d) 支吊架的布置还应尽量避免由于压缩机、泵等的运转而使管系发生共振。

附录 A

(资料性附录)

国际通用石油、化工阀门标准

A.1 国际通用石油、化工阀门标准见表 A.1。

表 A.1

分 类	标 准 号	标 准 名 称
闸 阀	API 600	螺栓阀盖、法兰和对焊连接钢制闸阀
	API 602	小口径钢制闸阀 法兰、螺纹、焊接和伸长阀体
	API 603	法兰连接 class150 铸造耐蚀钢闸阀
安全阀	API 526	法兰连接钢制安全泄放阀
止回阀	API 594	对夹和凸耳对夹止回阀
柱塞阀	API 599	金属旋塞阀 法兰或焊接端
球阀	API 608	法兰、螺纹和焊接金属球阀
蝶阀	API 609	对夹和凸耳对夹蝶阀
截止阀、截止止回阀	BS 1873	石油和化工工业用钢制截止阀和截止止回阀(法兰和对焊连接)
小口径阀	BS 5352	石油及石油化工用钢制小口径(\leq DN50)闸阀、截止阀和止回阀
其他	ASME B 16.10	阀门结构尺寸
	ASME B 16.25	对焊端部
	ASME B 16.34	阀门 法兰、螺纹和焊接端
	API 598	阀门检验和试验
	MSS SP-6	管法兰和法兰连接阀门及管件的接触面光洁度
	MSS SP-25	阀门、管件、法兰、活接头的标记

附录 B

(资料性附录)

计算实例

例 1 在真空下操作的某管道, 外径 $D = 508 \text{ mm}$, 壁厚 $T = 6.3 \text{ mm}$, 两连接法兰之间的距离 $L = 15000 \text{ mm}$, 材料为 20 号无缝钢管, 取腐蚀裕量 $C_2 = 1 \text{ mm}$, 在常温下操作。试问所选壁厚是否合适?

解: 因 $L/D = \frac{15000}{508} = 29.5$, $D/T_e = \frac{508}{6.3-1} = 95.8$, 故可由式 (2) 直接计算许用外压:

$$[p] = \frac{2.2}{3} E \left(\frac{T_e}{D} \right)^3 = \frac{2.2}{3} \times 2.03 \times 10^5 \left(\frac{6.3-1}{508} \right)^3 = 0.169 \text{ MPa}$$

其中, 由 GB/T 20801.2 附录 B 中表 B.3 查得, $E = 2.03 \times 10^5 \text{ MPa}$ 。

故所选壁厚合适。

例 2 在真空下操作的某管道, 从连接法兰到异径管连接线的大端直管外径为 $D = 508 \text{ mm}$, 壁厚 $T = 6.3 \text{ mm}$, 大端直管长 6000 mm ; 从异径管小端连接线到小端直管连接法兰的长度为 6000 mm , 小端直管外径 $D = 324 \text{ mm}$, 壁厚 $T = 4 \text{ mm}$, 与大、小直管焊接相连的异径管壁厚 $T = 6.3 \text{ mm}$, 异径管的轴向长度为 508 mm , 直管材料都为 20 号无缝钢管, 异径管系由 Q235-B 钢板卷制, 取腐蚀裕量 $C_2 = 1 \text{ mm}$, 在常温下操作。试问大端直管、小端直管、异径管的所选壁厚是否合适?

解: 据 6.1 a)、6.1c), 包括异径管在内的真空管道计算长度:

$$L = 6000 + 508 + 6000 = 12508 \text{ mm}$$

对于大端直管, $L/D = 12508/508 = 24.6$, $D/T_e = 508/(6.3-1) = 95.8$

对于小端直管, $L/D = 12508/324 = 38.6$, $D/T_e = 324/(4-1) = 108$

对于大端直管, 据 GB 150 图 8, 可由 $L/D = 24.6$, $D/T_e = 95.8$ 而得 $A = 0.00012$, 并据 GB/T 20801.2 附录 B 中表 B.3, $t = 20^\circ\text{C}$ 时得 $E = 2.03 \times 10^5 \text{ MPa}$, 因此, 大端直管的许用外压:

$$[p] = \frac{2AE}{3(D/T_e)} = \frac{2 \times 0.00012 \times 2.03 \times 10^5}{3 \times 95.8} = 0.198 \text{ MPa}$$

对于小端直管, 和大端直管相同, 可由 $L/D = 38.6$, $D/T_e = 108$ 而得 $A = 0.00010$, 并由 $E = 2.03 \times 10^5 \text{ MPa}$, 故小端直管的许用外压:

$$[p] = \frac{2AE}{3(D/T_e)} = \frac{2 \times 0.00010 \times 2.03 \times 10^5}{3 \times 108} = 0.125 \text{ MPa}$$

因异径管等于大端直管厚度, 故可得和大端直管相同的许用外压。

由上计算可知, 大端、小端直管以及异径管在所选厚度时都能满足所受真空要求。

例 3 外径 $D_h = 219 \text{ mm}$ 、壁厚 $\overline{T}_h = 8 \text{ mm}$ 的油品主管上有一垂直支管, 支管外径 $D_b = 114 \text{ mm}$, 壁厚 $\overline{T}_h = 6.3 \text{ mm}$, 主管和支管材料都是 15CrMo 无缝钢管, 见图 B.1, 设计压力 $p = 2 \text{ MPa}$, 设计温度

$t = 200\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，接管处填角焊缝符合 GB/T 20801.4 的 7.8 和图 10 a) 中规定的最小尺寸要求，取腐蚀裕量 $C_2 = 2.5\text{ mm}$ ，试问该管件是否需要另加补强？

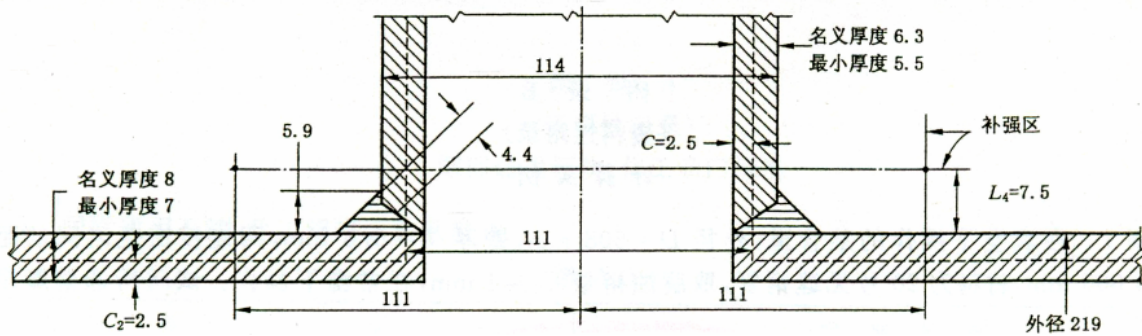


图 B.1 例 3 的附图

解：由 GB/T 20801.2 附录 A 中表 A.1, $S = 121\text{ MPa}$ ，由 GB/T 20801.2 附录 A 中表 A.3, $\Phi = 1.0$

$$T_h = 0.875 \bar{T}_h = 0.875 \times 8 = 7\text{ mm}$$

$$T_b = 0.875 \bar{T}_b = 0.875 \times 6.3 = 5.5\text{ mm}$$

$$t_h = \frac{pD_h}{2(S\Phi + pY)} = \frac{2 \times 219}{2(121 \times 1 + 2 \times 0.4)} = 1.8\text{ mm}$$

$$t_b = \frac{pD_b}{2(S\Phi + pY)} = \frac{2 \times 114}{2(121 \times 1 + 2 \times 0.4)} = 0.94\text{ mm}$$

t_h 、 t_b 式中的 Y 值据本部分表 16, $Y = 0.4$

由本部分 6.7.1 可知：

$$d_1 = (D_b - 2T_{eb}) / \sin \beta = [114 - (5.5 - 2.5)] / \sin 90^\circ = 111\text{ mm}$$

$d_2 =$ 下列两式中的较大值：

$$d_2 = d_1 = 111\text{ mm}$$

$$d_2 = T_{eb} + T_{eh} + d_1/2 = (5.5 - 2.5) + (7 - 2.5) + 111/2 = 63\text{ mm}$$

$$d_2 = 111\text{ mm}$$

$L_4 =$ 下列两式中的较小值：

$$L_4 = 2.5T_{eh} = 2.5(7 - 2.5) = 11.25\text{ mm}$$

$$L_4 = 2.5T_{eb} = 2.5(5.5 - 2.5) = 7.5\text{ mm}$$

$$L_4 = 7.5\text{ mm}$$

由本部分图 B.1 可知，焊缝厚度 $t_c =$ 下列两式中的较小值：

$$t_c = 0.7 \bar{T}_b = 0.7 \times 6.3 = 4.4\text{ mm}$$

$$t_c = 6.4\text{ mm}$$

$$t_c = 4.4\text{ mm}$$

由本部分式 (15) 可知，所需补强面积：

$$A_1 = t_h d_1 (2 - \sin \beta) = 1.8 \times 111 (2 - \sin 90^\circ) = 199.8\text{ mm}^2$$

由本部分式 (17) 可知, 主管的多余截面积:

$$A_2 = (2d_2 - d_1)(T_{ch} - t_h) = 111(7 - 2.5 - 1.8) = 300 \text{ mm}^2$$

由本部分式 (18) 可知, 支管的多余截面积:

$$A_3 = 2L_4(T_{cb} - t_b)/\sin \beta = 2 \times 7.5(5.5 - 2.5 - 0.94)/\sin 90^\circ = 31 \text{ mm}^2$$

焊缝截面积:

$$A_5 = 2 \times 0.5(t_c/0.707)^2 = 2 \times 0.5(4.4/0.707)^2 = 38.7 \text{ mm}^2$$

由本部分式 (21) 可知, 总的补强面积

$$A_2 + A_3 + A_5 = 300 + 31 + 38.7 = 369.7 \text{ mm}^2 > 199.8 \text{ mm}^2 = A_1$$

因此, 该接管开孔已满足补强要求, 不需另加补强。

例 4 外径 $D_h = 324 \text{ mm}$ 、壁厚 $\bar{T}_b = 17.5 \text{ mm}$ 的主管上有一垂直支管, 支管外径 $D_b = 219 \text{ mm}$, 壁厚 $\bar{T}_b = 12.5 \text{ mm}$, 主管和支管材料都是 ASTM B 241 6061-T6 无缝铝合金管, 在连接处用从 ASTM B 241 6063-T6 无缝铝管上切取的 $D_r = 350 \text{ mm}$ 、 $T_r = 17.5 \text{ mm}$ 的补强圈, 见本部分图 B.2。设计温度 $t = 196 \text{ }^\circ\text{C}$, 填角焊缝符合 GB/T 20801.4 及其图 10 c) 的最小尺寸要求, 规定取腐蚀裕量 $C_2 = 0$ 。试问该管件的最大允许设计内压为多少?

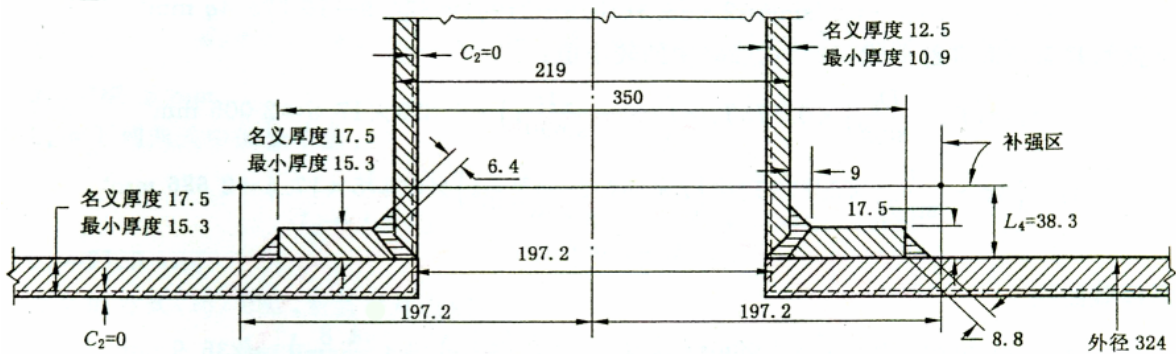


图 B.2 例 4 的附图

解: 由 GB/T 20801.2 附录 A 中表 A.1 可知, 对于主管和支管, $S = 55 \text{ MPa}$, 对补强圈, $S = 55 \text{ MPa}$; 由 GB/T 20801.2 附录 A 表 A.3 可知, $\Phi = 1.0$ 。

$$T_h = 0.875 \bar{T}_h = 0.875 \times 17.5 = 15.3 \text{ mm}$$

$$T_b = 0.875 \bar{T}_b = 0.875 \times 12.5 = 10.9 \text{ mm}$$

$$t_h = \frac{pD_h}{2(S\Phi + pY)} = \frac{324p}{2(55 \times 1 + 0.4p)}$$

$$t_b = \frac{pD_b}{2(S\Phi + pY)} = \frac{219p}{2(55 \times 1 + 0.4p)}$$

t_h 、 t_b 式中的 Y 值据本部分表 16 可知, $Y = 0.4$

采用符号 $q = p / (110 + 0.8p)$, 则可得:

$$t_h = 324q$$

$$t_b = 219q$$

由本部分 6.7.1 可知:

$$d_1 = (D_b - 2T_{cb})/\sin \beta = (219 - 2 \times 10.9)/\sin 90^\circ = 197.2 \text{ mm}$$

$d_2 =$ 下列两式中的较大值:

$$d_2 = d_1 = 197.2 \text{ mm}$$

$$d_2 = T_{cb} + T_{hc} + d_1/2 = 10.9 + 15.3 + 197.2/2 = 124.8 \text{ mm}$$

$$d_2 = 197.2 \text{ mm}$$

$L_4 =$ 下列两式中的较小值:

$$L_4 = 2.5T_{ch} = 2.5 \times 15.3 = 38.3 \text{ mm}$$

$$L_4 = 2.5T_{cb} + T = 2.5 \times 10.9 + 15.3 = 42.6 \text{ mm}$$

$$L_4 = 38.3 \text{ mm}$$

由本部分图 B.2 可知, 支管对主管的焊缝厚度 $t_c =$ 下列两式中的较小值:

$$t_c = 0.7\bar{T}_b = 0.7 \times 12.5 = 8.8 \text{ mm}$$

$$t_c = 6.4 \text{ mm}$$

$$t_c = 6.4 \text{ mm}$$

补强圈对主管的焊缝厚度 $t_c = 0.5T_r = 0.5 \times 17.5 = 8.8 \text{ mm}$

由本部分式 (15) 可知所需补强面积:

$$A_1 = t_b d_1 (2 - \sin \beta) = 324q \times 197.2 (2 - \sin 90^\circ) = 63892.8q \text{ mm}^2$$

由本部分式 (17) 可知, 主管的多余截面积:

$$A_2 = (2d_2 - d_1)(T_{ch} - t_b) = 197.2(15.3 - 324q) = 3017.2 - 63892.8q \text{ mm}^2$$

由本部分式 (18) 可知, 支管的多余截面积:

$$A_3 = 2L_4(T_{cb} - t_b)/\sin \beta = 2 \times 38.3(10.9 - 219q) = 834.9 - 16775.4q \text{ mm}^2$$

补强圈截面积取本部分式 (19)、式(20) 中的较小值: .

$$A_4 = (D_r - D_b/\sin \beta) \times 0.875T_r = (350 - 219/\sin 90^\circ) \times 0.875 \times 17.5 = 2006 \text{ mm}^2$$

$$A_4 = (2d_2 - D_b/\sin \beta) \times 0.875T_r = (2 \times 197.2 - 219/\sin 90^\circ) \times 0.875 \times 17.5 = 2686 \text{ mm}^2$$

$$A_4 = 2006 \text{ mm}^2$$

焊缝截面积

$$A_5 = 2 \times 0.5 (t_c/0.707)^2 + 2 \times 0.5 (t_c/0.707)^2 = (6.4/0.707)^2 + (8.8/0.707)^2 = 236.9 \text{ mm}^2$$

由本部分式 (21) 可知, 由 $A_2 + A_3 + A_4 + A_5 = A_1$ 可得:

$$(3017.2 - 63892.8q) + (833.9 - 16753.5q) + 236.9 + 2006 - 63892.8q$$

可解得 $q = 0.042$, 以此代入符号 q 的表示式, 可解得:

最大允许设计内压 $p = 4.78 \text{ MPa}$ 。

例 5 外径 $D_h = 406 \text{ mm}$ 、壁厚 $\bar{T}_h = 12.5 \text{ mm}$ 的油品主管上有一沿主管 60° 轴向倾斜的支管,

支管外径 $D_b = 168 \text{ mm}$ ，壁厚 $\overline{T}_b = 7.1 \text{ mm}$ ，材料都为 15CrMo 无缝管，在连接处用 16MnR 板材所制的 $D_r = 300 \text{ mm}$ 、 $T_r = 12 \text{ mm}$ 的补强圈，见本部分图 B.3。设计温度 $t = 370 \text{ }^\circ\text{C}$ ，设计压力 $p = 3.5 \text{ MPa}$ 。支管对主管、补强圈对主管的填角焊缝焊脚尺寸都是 9 mm ，规定取腐蚀裕量 $C_2 = 2.5 \text{ mm}$ ，试问该管件是否满足补强设计？

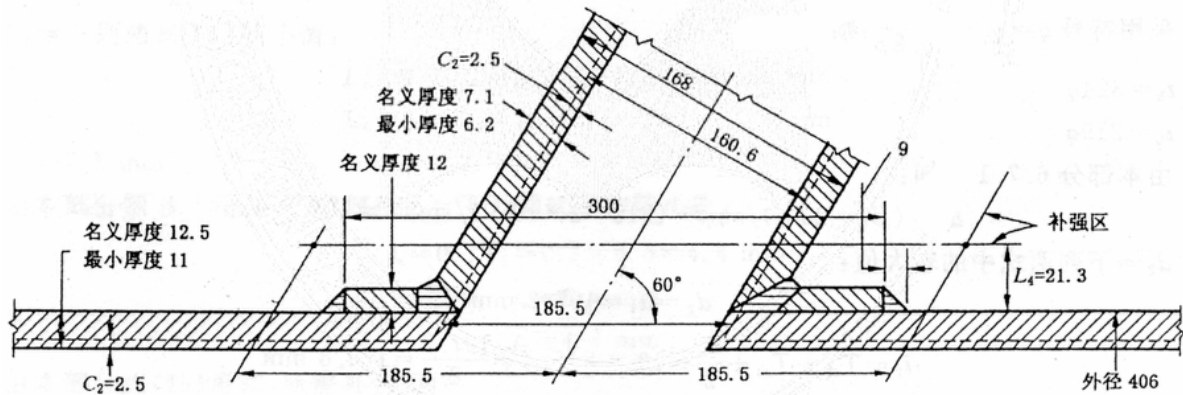


图 B.3 例 5 的附图

解：由 GB/T 20801.2 附录 A 中表 A.1，对主管和支管， $S = 109 \text{ MPa}$ ，对补强圈， $S = 117 \text{ MPa}$ ，据本部分 6.7.2 c) 的规定，在计算补强圈面积 A_4 值时可不予关注。

由 GB/T 20801.2 附录 A 中表 A.3 查得， $\Phi = 1.0$

$$T_h = 0.875 \overline{T}_h = 0.875 \times 12.5 = 11 \text{ mm}$$

$$T_b = 0.875 \overline{T}_b = 0.875 \times 7.1 = 6.2 \text{ mm}$$

$$t_h = \frac{pD_h}{2(S\Phi + pY)} = \frac{3.5 \times 406}{2(109 \times 1 + 0.4 \times 3.5)} = 6.4 \text{ mm}$$

$$t_b = \frac{pD_b}{2(S\Phi + pY)} = \frac{3.5 \times 168}{2(109 \times 1 + 0.4 \times 3.5)} = 2.7 \text{ mm}$$

t_h 、 t_b 式中的 Y 值据本部分表 16 可知， $Y = 0.4$ 。

由本部分 6.7.1 可知：

$$d_1 = (D_b - 2T_{eb})/\sin \beta = [168 - 2(6.2 - 2.5)]/\sin 60^\circ = 185.5 \text{ mm}$$

$d_2 =$ 下列两式中的较大值：

$$d_2 = d_1 = 185.5 \text{ mm}$$

$$d_2 = T_{eb} + T_{hc} + d_1/2 = (6.2 - 2.5) + (11 - 2.5) + 185.5/2 = 105 \text{ mm}$$

$$d_2 = 185.5 \text{ mm}$$

$L_4 =$ 下列两式中的较小值：

$$L_4 = 2.5T_{eh} = 2.5(11 - 2.5) = 21.3 \text{ mm}$$

$$L_4 = 2.5T_{eb} + T_r = 2.5(6.2 - 2.5) + 12 = 21.3 \text{ mm}$$

$$L_4 = 21.3 \text{ mm}$$

由本部分式 (15) 可知，所需补强面积：

$$A_1 = t_h d_1 (2 - \sin \beta) = 6.4 \times 185.5 (2 - \sin 60^\circ) = 1346.8 \text{ mm}^2$$

由本部分式 (17) 可知, 主管的多余截面积:

$$A_2 = (2d_2 - d_1)(T_{he} - t_h) = 185.5(8.6 - 6.4) = 408.1 \text{ mm}^2$$

由本部分式 (18) 可知, 支管的多余截面积:

$$A_3 = 2L_4(T_{cb} - t_b)/\sin \beta = 2 \times 21.3(3.7 - 2.7)/\sin 60^\circ = 49.3 \text{ mm}^2$$

补强圈截面积取本部分式 (19)、式(20) 中的较小值:

$$A_4 = (D_r - D_b/\sin \beta)T_r = (300 - 168/\sin 60^\circ) \times 12 = 1272.1 \text{ mm}^2$$

$$A_4 = (2d_2 - D_b/\sin \beta)T_r = (2 \times 185.5 - 168/\sin 60^\circ) \times 12 = 2124.1 \text{ mm}^2$$

$$A_4 = 1272.1 \text{ mm}^2$$

$$\text{焊缝截面积 } A_5 = 4 \times 0.5(9)^2 = 162 \text{ mm}^2$$

由本部分式 (21) 可知, 总的补强面积:

$$A_2 + A_3 + A_4 + A_5 = 408.1 + 49.3 + 1272.1 + 162 = 1891.5 \text{ mm}^2 > 1346.8 \text{ mm}^2 = A_1$$

因此, 该管件满足补强设计。

例 6 外径 $D_b = 219 \text{ mm}$ 、壁厚 $\bar{T}_h = 8 \text{ mm}$ 的主管上有一垂直支管, 支管外径 $D_b = 114 \text{ mm}$ 、壁厚 $\bar{T}_b = 6.3 \text{ mm}$, 主管和支管都是 15CrMo 无缝管, 见本部分图 B.4。设计压力 $P = 2.5 \text{ MPa}$, $t = 200^\circ\text{C}$, 设包括主管和支管在内的管系在服役寿命期内所有除承受压力所需之外的多余厚度全部腐蚀殆尽(其中对主管取 $C_2 = 4.8 \text{ mm}$, 对支管取 $C_2 = 3.8 \text{ mm}$), 即按本部分式 (17)、式(18) 算得的 $A_2 = A_3 = 0$ 。问该管件要求多厚的补强圈?

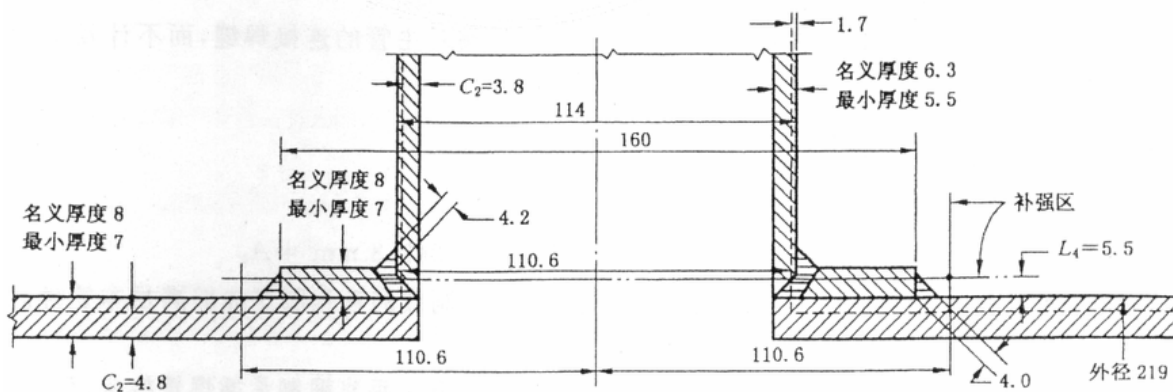


图 B.4 例 6 的附图

解: 由 GB/T 20801.2 附录 A 中表 A.1 查得 $S = 121 \text{ MPa}$, 由 GB/T 20801.2 附录 A 中表 A.3 查得 $\Phi = 1.0$

$$T_h = 0.875 \bar{T}_h = 0.875 \times 8 = 7 \text{ mm}$$

$$T_b = 0.875 \bar{T}_b = 0.875 \times 6.3 = 5.5 \text{ mm}$$

$$t_h = \frac{pD_h}{2(S\Phi + pY)} = \frac{2.5 \times 219}{2(121 \times 1 + 0.4 \times 2.5)} = 2.2 \text{ mm}$$

$$t_b = \frac{pD_b}{2(S\Phi + pY)} = \frac{2.5 \times 114}{2(121 \times 1 + 0.4 \times 2.5)} = 1.2 \text{ mm}$$

t_h 、 t_b 式中的 Y 值据本部分表 16 可知, $Y = 0.4$ 。

由本部分 6.7.1 可知:

$$d_1 = (D_b - 2T_{eb})/\sin \beta = [114 - 2(5.5 - 3.8)]/\sin 90^\circ = 110.6 \text{ mm}$$

$d_2 =$ 下列两式中的较大值:

$$d_2 = d_1 = 110.6 \text{ mm}$$

$$d_2 = T_{eb} + T_{hc} + d_1/2 = (5.5 - 3.8) + (7 - 4.8) + 110.6/2 = 59.2 \text{ mm}$$

$$d_2 = 110.6 \text{ mm}$$

$L_4 =$ 下列两式中的较小值:

$$L_4 = 2.5T_{eh} = 2.5(7 - 4.8) = 5.5 \text{ mm}$$

$$L_4 = 2.5T_{eb} + T_r = 2.5(5.5 - 3.8) = 4.3 \text{ mm}$$

$$L_4 = 4.3 \text{ mm}$$

(初定 L_4 值时, 暂未考虑设置补强圈)

试取补强圈直径 $D_r = 160 \text{ mm}$, 并假设该补强圈是由主管材料切割制成。

$$\text{故 } T_r = T_h = 0.875T_h = 0.875 \times 8 = 7 \text{ mm}$$

由于考虑了设置补强圈, 故重新确定补强区高度 L_4 , L_4 取下列两式中的较小值:

$$L_4 = 2.5T_{eh} = 2.5(7 - 4.8) = 5.5 \text{ mm}$$

$$L_4 = 2.5T_{eb} + T_r = 2.5(5.5 - 3.8) + 7 = 11.3 \text{ mm}$$

$$L_4 = 5.5 \text{ mm}$$

由于 $T_r = 7 \text{ mm}$, 而 $L_4 = 5.5 \text{ mm}$, 所以计算补强圈截面积时其厚度只能按 L_4 计算。

由本部分式 (15) 可知, 所需补强面积 $A_1 = t_b d_1 (2 - \sin \beta) = 2.2 \times 110.6 = 243.3 \text{ mm}^2$

由本部分式 (19)、式(20) 可知, 补强圈截面积取该两式中的较小值:

$$A_4 = (D_r - D_b/\sin \beta)L_4 = (160 - 114/\sin 90^\circ) \times 5.5 = 253 \text{ mm}^2$$

$$A_4 = (2d_2 - D_b/\sin \beta)L_4 = (2 \times 110.6 - 114/\sin 90^\circ) \times 5.5 = 589.6 \text{ mm}^2$$

$$A_4 = 253 \text{ mm}^2$$

由于 $L_4 < T_r$, 所以在计算焊缝面积 A_5 时, 只计及补强圈对主管的连接焊缝, 而不计及支管对主管的连接焊缝。

$$\text{焊脚尺寸为 } 0.5T_r/0.707 = 0.5 \times 8/0.707 = 5.7 \text{ mm}$$

$$\text{焊缝截面积 } A_5 = 2 \times 0.5(5.7)^2 = 32.5 \text{ mm}^2$$

$$A_4 + A_5 = 253 + 32.5 = 285.5 \text{ mm}^2 > 243.3 \text{ mm}^2 = A_1$$

由此, 设置由 $D_b = 219 \text{ mm}$ 、 $\overline{T}_h = 8 \text{ mm}$ 无缝主管上切割制成的补强圈是能够满足本管件的补强要求的。

例 7 外径 $D_h = 219 \text{ mm}$ 、壁厚 $\overline{T}_h = 8 \text{ mm}$ 的油品主管上有一垂直锻制承插焊管接头, $D_b = 38$

mm, Sch80, 支管的焊缝都符合 GB/T 20801.4 图 10 的焊缝尺寸要求, 主管材料为 20 号无缝钢管, 设计压力 $P = 2.8 \text{ MPa}$, $t = 230 \text{ }^\circ\text{C}$, 规定取腐蚀裕量 $C_2 = 2.5 \text{ mm}$ 。

试问此管件是否需要附加补强?

解: 在主管和支管按内压计算能满足强度的前提下, 对此承插焊管接头, 按照本部分 6.7.3 不需补强的条件 a), 不必进行补强计算, 也不必采用补强措施。

附 录 C

(规范性附录)

柔性系数和应力增大系数

C.1 柔性系数和应力增大系数见表 C.1。

表 C.1 柔性系数和应力增大系数^a

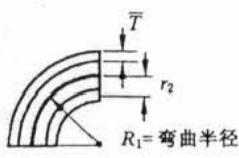
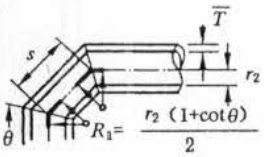
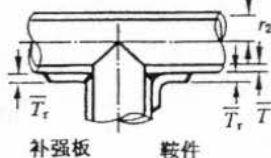
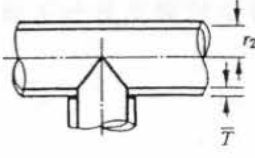
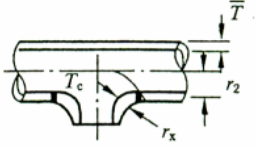
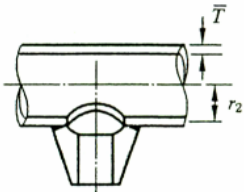
名 称	柔性系数 k	应力增大系数 ^{b,c}		尺寸系数 h	简 图
		平面外 i_o	平面内 i_i		
对焊弯头或弯管 ^{b,d-e}	$\frac{1.65}{h}$	$\frac{0.75}{h^{2/3}}$	$\frac{0.9}{h^{2/3}}$	$\frac{\bar{T}R_1}{r_2^2}$	
窄间距斜接弯头 ^{b,d,e,g} $S < r_2(1 + \tan\theta)$	$\frac{1.52}{h^{5/6}}$	$\frac{0.9}{h^{2/3}}$	$\frac{0.9}{h^{2/3}}$	$\frac{\cot\theta}{2} \left(\frac{s\bar{T}}{r_2^2} \right)$	
单斜弯头 或宽间距斜接弯头 ^{b,d,g} $S > r_2(1 + \tan\theta)$	$\frac{1.52}{h^{5/6}}$	$\frac{0.9}{h^{2/3}}$	$\frac{0.9}{h^{2/3}}$	$\frac{1 + \cot\theta}{2} \left(\frac{\bar{T}}{r_2} \right)$	
标准对焊三通 ^{b,d,f,k,m} (GB/T 12459)	1	$\frac{0.9}{h^{2/3}}$	$3/4i_o + 1/4$	$3.1 \left(\frac{\bar{T}}{r_2} \right)$	
带补强焊制三通 ^{b,d,h,l,m}	1	$\frac{0.9}{h^{2/3}}$	$3/4i_o + 1/4$	$\frac{(\bar{T} + 1/2\bar{T}_r)^{2.5}}{\bar{T}^{1.5} r_2}$	
不带补强焊制三通 ^{b,d,l,m}	1	$\frac{0.9}{h^{2/3}}$	$3/4i_o + 1/4$	$\frac{\bar{T}}{r_2}$	
挤压成型对焊三通 ^{b,d,m} $r_x \geq 0.05D_o$ $T_c < 1.5\bar{T}$	1	$\frac{0.9}{h^{2/3}}$	$3/4i_o + 1/4$	$\left(1 + \frac{r_x}{r_2} \right) \frac{\bar{T}}{r_2}$	

表 C.1 (续)

名 称	柔性系数 k	应力增大系数 ^{b,c}		尺寸系数 h	简 图
		平面外 i_o	平面内 i_i		
嵌入式支管 ^{b,d,k,m}	1	$\frac{0.9}{h^{2/3}}$	$3/4i_o + 1/4$	$3.1 \frac{\bar{T}}{r_2}$	
整体补强支管座 ^{b,d,i,l}	1	$\frac{0.9}{h^{2/3}}$	$\frac{0.9}{h^{2/3}}$	$3.3 \frac{\bar{T}}{r_2}$	

- a 表 C.1 中的应力增大系数和柔性系数是用于缺少更直接的应用数据的情况。对于 $D/T \leq 100$ ，已证实表中值是有效的。
- b 表中的柔性系数 k 适用于任何平面内的弯曲。柔性系数 k 和应力增大系数 i 均不应小于 1，扭转的系数都等于 1。这两个系数应用于弯头和斜接弯头的有效弧长(图表中粗中心线表示)上以及三通的交点处。
- c 需要时，对于 i_i 和 i_o 都可使用单一的应力增大系数 $0.9/h^{2/3}$ 。
- d k 值和 i 值可由表列公式计算 h 值，再从本部分图 C.1 上直接读出。

表中符号如下：

\bar{T} —— 对于弯头和斜接弯头，为管件的名义厚度；对于三通，为主管名义厚度；

T_c —— 三通的叉口处厚度；

T_r —— 补强圈或鞍件的厚度；

θ —— 相邻斜接弯管轴线夹角之半；

r_2 —— 主管平均半径；

R_1 —— 对焊弯头或弯管弯曲半径；

r_x —— 挤压成型管座外轮廓部分的过渡半径，见本部分图 11；

s —— 斜接弯管在中心线上的间距；

D_b —— 支管外径。

- e 当法兰装在一端或两端时，表中 k 值和 i 值应按系数 C_1 来修正。系数 C_1 可用计算得到的 h 值由本部分图 C.2 查得。
- f 设计须注意对接焊的铸造弯头的壁厚可能比连接管子的壁厚大得多，如不考虑这些较大壁厚的影响，可能出现较大的误差。
- g 对于直径大、管壁薄的弯头和弯管，压力会明显的影响其 k 和 i 的数值。因此，将表中的值修正如下：

表 C. 1 (续)

名 称	柔性系数 k	应力增大系数 ^{b,c}		尺寸系数 h	简 图
		平面外 i_o	平面内 i_i		

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

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

式中:

p —— 设计压力, 单位为兆帕(MPa);

E —— 弹性模量, 单位为兆帕(MPa)。

h $\bar{T}_r > 1\frac{1}{2}\bar{T}$ 时, $h = 4\bar{T}/r_2$

i 设计必须保证制作的弯头与直管具有相同的压力额定值。

j 所示系数适用于弯曲, 对于扭曲, 其柔性系数为 0.9。

k 若 $r_x \geq 1/8D_b$ 且 $T_C > \bar{T}$, 尺寸系数 $h = 4.4\bar{T}/r_2$ 。

l 支管与主管直径比在 $0.5 \leq d/D < 1.0$ 时, 其平面外的应力增大系数可能是不保守的, 有内凹且平滑过渡的焊缝轮廓可减小应力增大系数。选择适当的应力增大系数是设计的责任。

m 支管连接的应力增大系数是用于在支管中心线两侧长度至少为两倍直径的主管进行试验而得, 间距更小的支管可能需特殊考虑。

n C_x 为角焊缝焊脚长度 (GB/T 20801.4 中图 9 所示)。如焊脚长度不等时, 取较小者。

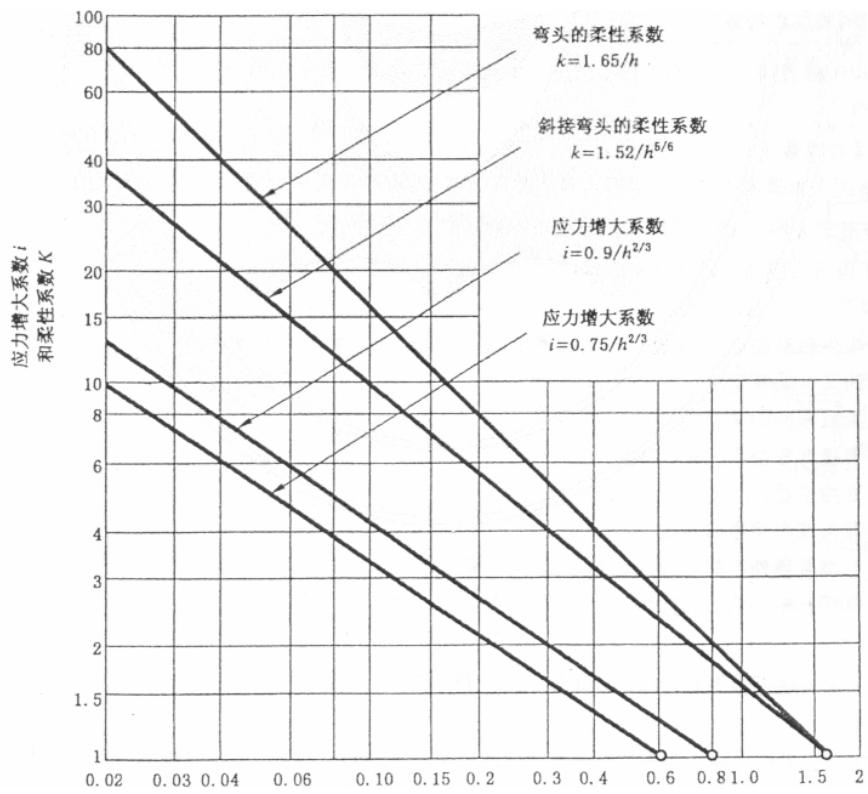


图 C.1 尺寸系数 h

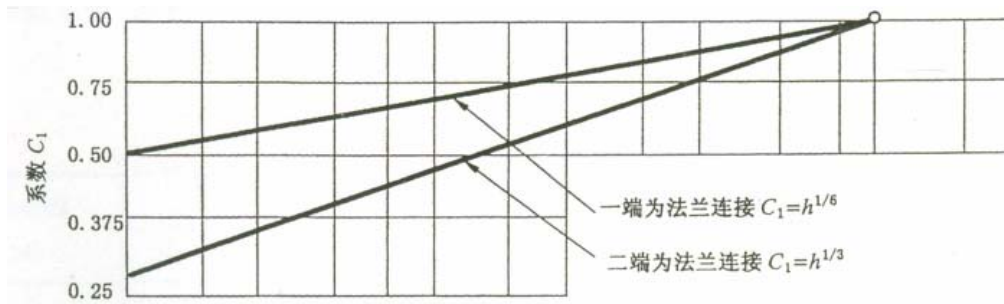


图 C.2 系数 G_1

附录 D

(资料性附录)

风荷载和地震荷载的计算

D.1 水平风力的计算

作用于管道上的水平风力可看成为作用于管道上的均布荷载,对于不等直径的管道,应按直径分段进行均布荷载的计算。单位长度上的水平风力可按式 (D.1) 计算:

$$p = K_1 \cdot K_2 \cdot q_0 \cdot f \cdot D \times 10^{-6} \quad \dots\dots\dots(D.1)$$

式中:

p —— 单位长度上管道所受的水平风力,单位为牛顿每毫米(N/mm);

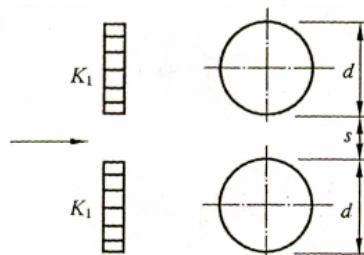
q_0 —— 基本风压值,单位为牛顿每平方米(N/m²),按表 D.6 查取;

f —— 风压高度变化系数,按表 D.1 查取;

D —— 所计算的管道外径,如有保温层,应计及保温层的厚度,单位为毫米(mm);

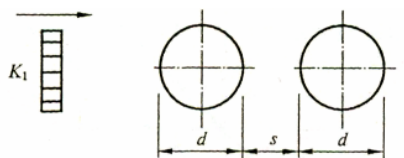
K_1 —— 空气动力系数,按以下取值:

a) 上下双管:



s/d	≤ 0.25	0.5	0.75	1.0	1.5	2.0	≥ 3.0
K_1	1.2	0.9	0.75	0.7	0.65	0.63	0.6

b) 前后双管:



s/d	≤ 0.25	0.5	1.5	3.0	4.0	6.0	8.0	≥ 1.0
K_1	0.68	0.86	0.94	0.99	1.08	1.11	1.14	1.20

表列 K_1 值为前后两管之和,其中前管为 0.6。

c) 密排多管:

$K_1 = 1.4$

K_1 值为各管岁之总和;

K_2 —— 风振系数,按式 D.2 计算;

$$K_2 = 1 + \frac{\zeta v \phi_z}{f} \quad \dots\dots\dots(D.2)$$

表 D.1 风压高度变化系数 f

计算截面距地面高度 ⁴⁾ /m	地面粗糙度类别			
	A	B	C	D
5	1.17	1.00	0.74	0.62
10	1.38	1.00	0.74	0.62
15	1.52	1.14	0.74	0.62
20	1.63	1.25	0.84	0.62
30	1.80	1.42	1.00	0.62
40	1.92	1.56	1.13	0.73
50	2.03	1.67	1.25	0.84
60	2.12	1.77	1.35	0.93
70	2.20	1.86	1.45	1.02
80	2.27	1.95	1.54	1.11
90	2.34	2.02	1.62	1.19
100	2.40	2.09	1.70	1.27
150	2.64	2.38	2.03	1.61
200	2.83	2.61	2.30	1.92

注：A 类系指近海海面及海岛、海岸、湖岸及沙漠地区；B 类系指田野、乡村、丛林、丘陵以及房屋比较稀疏的乡镇和城市郊区；C 类系指有密集建筑群的城市市区；D 类系指有密集建筑群且房屋较高的城市市区。

ξ —— 脉动增大系数，按表 D.2 查取；

表 D.2 脉动增大系数 ξ

$q_1 T_1^2 / (NS^2 / m^2)$	10	20	40	60	80	100
ξ	1.47	1.57	1.69	1.77	1.83	1.88
$q_1 T_1^2 / (NS^2 / m^2)$	200	400	600	800	1 000	2 000
ξ	2.04	2.24	2.36	2.46	2.53	2.80
$q_1 T_1^2 / (NS^2 / m^2)$	4 000	6 000	8 000	10 000	20 000	30 000
ξ	3.09	3.28	3.42	3.54	3.91	4.14

注：计算 $q_1 T_1^2$ 时，对 B 类可直接代入基本风压即 $q_1 = q_0$ ，而对 A 类以 $q_1 = 1.38q_0$ ，C 类 $q_1 = 0.62q_0$ ，D 类 $q_1 = 0.32q_0$ 代入。

注：计算 $q_1 T_1^2$ 时，对 B 类可直接代入基本风压即 $q_1 = q_0$ ，而对 A 类以 $q_1 = 1.38q_0$ ，C 类 $q_1 = 0.62q_0$ ，D 类 $q_1 = 0.32q_0$ 代入。

T_1 —— 管系的基本自振周期³⁾，单位为秒(s)；

ν —— 脉动影响系数，按表 D.3 查取⁴⁾；

Φ_z —— 振型系数⁵⁾。

注：

- 3) 计算管道系统的基本自振周期时，可在固定支吊架处将管段分开计算。对于非等直径，作用有集中荷载，或不能简化为双支承的多支承管道，其自振周期可用合适的数值方法求得，如矩阵传递法、矩阵叠代或有限元法等。
- 4) 可按一根管道的最高点查取；但当将 f 值用于计算 K_2 时，应按一根管道的最低点查取。
- 5) 振型系数是指在某一振型下一点的水平相对位移；当水平风力按均布荷载计算时，可保守地取 1.0。

表 D.3 脉动影响系数 ν

粗糙度类别	高度 D_{it}/m							
	10	20	40	60	80	100	150	200
A	0.78	0.83	0.87	0.89	0.89	0.89	0.87	0.84
B	0.72	0.79	0.85	0.88	0.89	0.90	0.89	0.88
C	0.64	0.73	0.82	0.87	0.90	0.91	0.93	0.93
D	0.53	0.65	0.77	0.84	0.89	0.92	0.97	1.00

D.2 水平地震力和地震弯矩的计算

地震将对管系产生与地面平行和垂直的两个方向上的作用力，本部分仅考虑地震引起的水平惯性力对管系的影响。与地面平行的地震作用力方向应选择使管系中应力水平最大的方向。本附录仅给出地震作用时，管道所受惯性力的一般计算方法，设计也可用更精确的方法进行计算。当求得管道上的分布惯性力后，应按照本部分 7.3.2 对管道和管道元件进行强度校核，并按算得的支承反力保证支吊架有足够的强度。当发生地震时，作用于管道上，对应于管道基本自振周期的水平分布力可按式 (D.3) 计算：

$$Q_k = \alpha_1 \cdot \eta_{1k} \cdot \Delta m_k \cdot g \quad \dots\dots\dots(D.3)$$

式中：

- Q_k —— 管道质量作为离散分布，在 k 处的集中力，单位为牛顿(N)；
- α_1 —— 对应于管道基本自振周期的地震影响系数 α ；
- α —— 地震影响系数，按本部分图 D.1 确定，但不小于 $0.2 \alpha_{max}$ ；

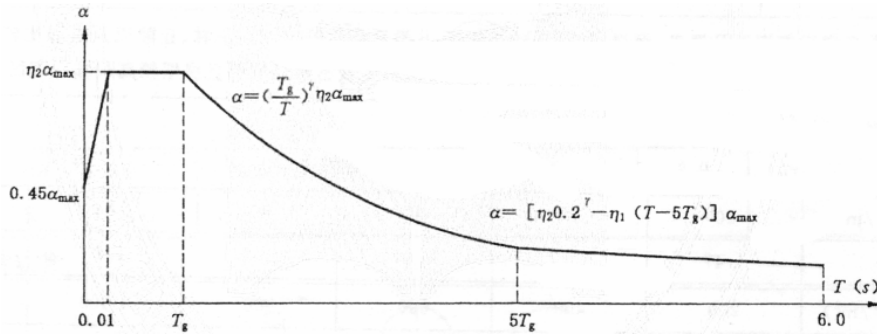


图 D.1 地震影响系数曲线

α_{max} —— 地震影响系数的最大值，见本部分表 D.4；

表 D.4 对应于设防烈度的 α_{max}

设防烈度	8	9
α_{max}	0.24	0.32

T_g —— 各类场地土的特征周期，见本部分表 D.5；

表 D.5 各类场地土的特征周期

设计地震分组	场地土类别			
	I	II	III	IV
第一组	0.25	0.35	0.45	0.65
第二组	0.30	0.40	0.55	0.75
第三组	0.35	0.45	0.65	0.90

γ —— 曲线下降段的衰减指数, 按式(D.4)计算:

$$\gamma = 0.9 + \frac{0.05 - \zeta}{0.5 + 5\zeta} \dots\dots\dots(D.4)$$

η_1 —— 直线下降段斜率的调整系数, 按式 (D.5) 计算:

$$\eta_1 = 0.02 + \frac{0.05 - \zeta}{8} \dots\dots\dots(D.5)$$

η_2 —— 阻尼调整系数, 按式 (D.6) 计算:

$$\eta_2 = 1 + \frac{0.05 - \zeta}{0.06 + 1.7\zeta} \dots\dots\dots (D.6)$$

ξ —— 阻尼比;

η_{1k} —— 管道上 k 处的基本振型参与系数, 按式 (D.7) 计算:

$$\eta_{1k} = \frac{\chi_k \sum_{i=1}^n \Delta m_i \chi_i}{\sum_{i=1}^n \Delta m_i \chi_i^2} \dots\dots\dots(D.7)$$

x, x_k —— 在地震荷载作用下, 管道上某处或 k 处对应于所求振型的水平位移, 单位为毫米(mm);

Δm_k —— 管道质量作为离散分布, 第 k 段的质量, 单位为千克(kg)。

地震荷载作用于管道的弯矩可按照以上所述的水平分布力进行计算。一般, 对于管道在地震作用下的受激振动, 需考虑高振型的影响。可按式 (D.8) 近似计算考虑高振型影响后的地震弯矩, 也可按更详细的振型分析结果对弯矩进行组合:

$$M_h = 1.25M_b \dots\dots\dots(D.8)$$

式中:

M_h —— 考虑高振型影响后的地震弯矩, 单位为牛顿毫米(N·mm);

M_b —— 对应于基本振型的地震弯矩, 单位为牛顿毫米(N·mm)。

表 D— 全国主要城市的风压数据 q_s (kN/m²)

城市名	风压	城市名	风压	城市名	风压
北京	0.45	大同市	0.55	锦州市	0.60
天津市	0.50	阳泉市	0.55	鞍山市	0.50
塘沽	0.55	临汾市	0.40	本溪市	0.45
上海	0.55	长治县	0.50	抚顺市	0.45
重庆	0.40	呼和浩特市	0.55	营口市	0.60
石家庄市	0.35	满洲里市	0.65	丹东市	0.55
邢台市	0.30	海拉尔市	0.65	大连市	0.65
张家口市	0.55	乌兰浩特市	0.55	长春市	0.65
承德市	0.40	包头市	0.55	四平市	0.55
秦皇岛市	0.45	集宁市	0.60	吉林市	0.50
唐山市	0.40	通辽市	0.55	通化市	0.50
保定市	0.40	赤峰市	0.55	哈尔滨市	0.55
沧州市	0.40	沈阳市	0.55	齐齐哈尔市	0.45
太原市	0.40	阜新市	0.60	绥化市	0.55

表 D.6(续)

城市名	风压	城市名	风压	城市名	风压
安达市	0.55	赣州市	0.30	武汉市	0.35
牡丹江市	0.50	景德镇市	0.35	宜昌市	0.30
济南市	0.45	福州市	0.70	黄石市	0.35
德州市	0.45	厦门市	0.80	长沙市	0.35
烟台市	0.55	西安市	0.35	岳阳市	0.40
威海市	0.65	榆林市	0.40	邵阳市	0.30
淄博市张店	0.40	宝鸡市	0.35	衡阳市	0.40
青岛市	0.60	兰州市	0.30	广州市	0.50
兖州	0.40	酒泉市	0.55	汕头市	0.80
南京市	0.40	张掖市	0.50	深圳市	0.75
徐州市	0.35	武威市	0.55	湛江市	0.80
镇江	0.40	天水市	0.35	南宁市	0.35
无锡	0.45	银川市	0.65	桂林市	0.30
泰州	0.40	中卫	0.45	柳州市	0.30

连云港	0.55	西宁市	0.35	梧州市	0.30
常州市	0.40	格尔木市	0.40	北海市	0.75
杭州市	0.45	乌鲁木齐市	0.60	海口市	0.75
金华市	0.35	克拉玛依市	0.90	三亚市	0.85
宁波市	0.50	库尔勒市	0.45	成都市	0.30
衢州市	0.35	喀什市	0.55	宜宾市	0.30
温州市	0.60	哈密	0.60	西昌市	0.30
合肥市	0.35	郑州市	0.45	内江市	0.40
宿县	0.40	新乡市	0.40	泸州市	0.30
蚌埠市	0.35	洛阳市	0.40	贵阳市	0.30
安庆市	0.40	许昌市	0.40	遵义市	0.30
南昌市	0.45	开封市	0.45	昆明市	0.30

附录 E

(资料性附录)

管系中阀门开、关时的动载分析

E.1 阀门快速关闭

如管系有“水锤”现象存在,则应保证该管系中的管道和管道元件能安全地承受正常操作压力加上短时压力的升高值。同时,还应保证管道具有足够的强度以抵御非平衡力的作用。对压力波造成的管道振动,设计人员也应在管道结构布置时适当加以考虑。

以下方法仅考虑阀门刚关闭时管系中的压力升高,并假定由此产生的管系中的应力是管系所经历的最大应力。该方法未计及压力波对管系产生的振动。该方法所得到的计算结果应是偏保守的。按式(E.1)计算。

E.1.1 当满足以下不等式时会出现“水锤”现象:

$$T < \frac{2L}{v_s} \quad \dots\dots\dots(E.1)$$

式中:

T —— 阀门的有效关闭时间,单位为秒(s);

L —— 管系的长度,单位为米(m);

v_s —— 管道中流体的声速,单位为米每秒(m/s),将管道视为完全刚性时,可以按式(E.2)算得:

$$v_s = \sqrt{\frac{E_o}{\rho}} \times 10^3 \quad \dots\dots\dots(E.2)$$

当考虑管道所具有的弹性时, v_s 以式(E.3)计算:

$$v_s = \sqrt{\frac{1}{\rho \left(\frac{1}{E_o} + \frac{D}{T_e E} \right)}} \times 10^3 \quad \dots\dots\dots(E.3)$$

E_o —— 流体的体积弹性模量,单位为兆帕(MPa);

ρ —— 管道中流体的密度,单位为千克每立方米(kg/m³);

E —— 钢管在操作温度下的弹性模量,单位为兆帕(MPa)。

E.1.2 压力升高值 Δ_p 以式(E.4)计算:

$$\Delta_p = v_s \cdot v \cdot \rho \times 10^{-6} \quad (\text{MPa}) \quad \dots\dots\dots(E.4)$$

式中:

v —— 管道中流体的实际流速,单位为米每秒(m/s)。

E.1.3 非平衡力的计算

对一段直管道,最大非平衡力 F 可以按式(E.5)、式(E.6)计算:

对刚性管道:

$$F = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot V_m \cdot L}{2 \cdot V_a \cdot \lambda} \cdot \Delta_p \times 10^{-3} \quad (\text{N}) \dots\dots\dots(E.5)$$

对柔性管道:

$$F = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot V_m \cdot L}{V_a \cdot \lambda} \cdot \Delta_p \times 10^{-3} \quad (\text{N}) \dots\dots\dots (\text{E.6})$$

式中:

V_m —— 阀门关闭过程中的最高速率, 单位为平方米每秒(m^2/s);

V_a —— 阀门关闭过程中的平均速率, 用总关闭时间除阀门面积而得, 单位为平方米每秒(m^2/s);

λ —— 压力波的波长(见式 E.7), 单位为米(m)。

$$\lambda = v_s \cdot T \quad \dots\dots\dots (\text{E.7})$$

E.2 泄放阀的打开

当安全泄放阀开启时, 气体的排放会对与阀门相连的管道产生一反作用力, 该反作用力将对管道的强度有很大的影响。

泄放阀开启的影响可看作是与阀门连接的接管对管道产生的一个局部作用力, 设计应在管道设计和支吊架的布置时考虑这个因素。如在管道或封头上安装有多个泄放阀, 则应考虑多个泄放阀开启时的联合影响。

在设计中, 考虑泄放阀开启的影响时, 可认为管道中的物料向大气中排放, 从而采用较简单的静态分析方法, 再以一动态荷载系数来计及其动态效应。

向通风管或大气中排放物料时的持续反作用力, 单位为牛顿(N), 按式 (E.8) 计算:

$$F_r = M \cdot v_e + (p_e - p_a) \cdot A \quad \dots\dots\dots (\text{E.8})$$

式中:

M —— 物料排放时的质量流速, 单位为千克每秒(kg/s);

v_e —— 物料在泄放阀的出口速率, 单位为米每秒(m/s);

p_e —— 泄放阀出口处的压力, 单位为兆帕(MPa);

p_a —— 大气压力, 单位为兆帕(MPa);

A —— 泄放阀出口处的物料流动面积, 单位为平方毫米(mm^2)。

为了计及泄放阀开启瞬间所具有的动态效应, 首先按式 (E.9) 计算泄放阀的固有周期 T , 单位为秒(s):

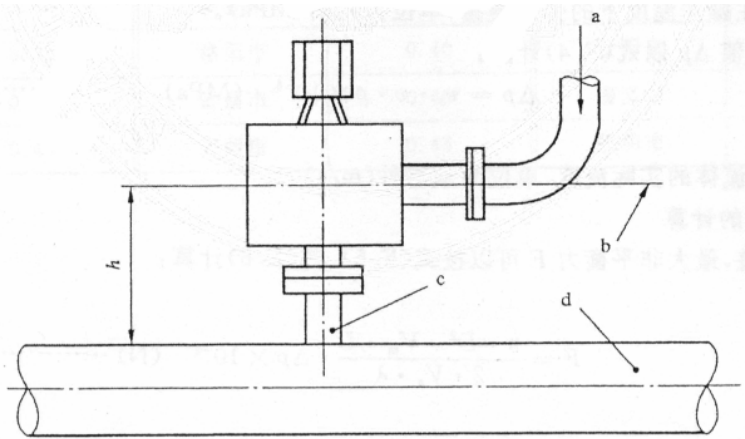
$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{3}} \sqrt{\frac{m_v \cdot h^3}{1000 \times EJ}} \quad \dots\dots\dots (\text{E.9})$$

式中:

m_v —— 泄放阀组件(包括法兰等)的质量, 单位为千克(kg);

h —— 主管表面至出口管中心线的距离(如本部分图 E.1 所示), 单位为毫米(mm);

J —— 泄放阀进口管的惯性矩, mm^4 。



- a — 反作用力;
- b — 阀门出口管的中心线;
- c — 阀门的进口管;
- d — 主管。

图 E.1 泄放阀的典型布置

然后，用泄放阀实际开启时间 t (从阀门完全关闭到完全打开所用的时间)与泄放阀固有周期 T 之比，从本部分图 E.2 中查得动态荷载系数 Z_{dlf} 。

泄放阀开启瞬间的动态力，单位为牛顿(N)，可以按式(E.10)计算：

$$F_d = F_r \cdot Z_{dlf} \dots\dots\dots(E.10)$$

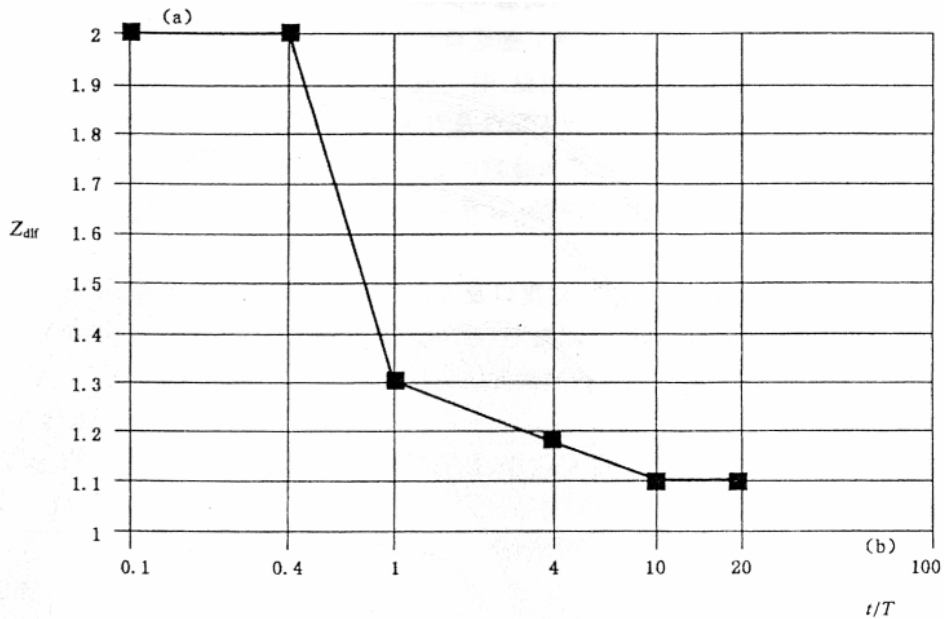


图 E.2 动态荷载系数 Z_{dlf}

附录 F
(规范性附录)
膨胀节

本附录规定了压力管道中的膨胀节设计、制造和安装的一般要求和设计计算的标准。

F.1 对管道设计的要求

管道设计应提供膨胀节详细设计的设计工况以及对设置膨胀节的管道设计要求。

F.1.1 膨胀节设计工况

管道设计提出的设计工况应包括以下内容：

a) 静态设计工况

本工况应包括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。所给出的温度如是膨胀节金属材料的温度而不是介质温度，则该温度应通过适当的换热计算方法或试验的方法来获得，也可通过对在同样工况下工作的相同设备的测量来获得。

b) 循环设计工况

本工况应包括压力、温度、所施加的端点位移、膨胀节本身的热膨胀所对应的一组工况在操作阶段的循环。

在短时间内可能出现的工况(如开车、停车和非正常操作工况)应单独说明。

c) 其他荷载

除以上工况之外的其他荷载也需说明，包括动力荷载(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)。

d) 流体特性

同设计要求相关的流体介质特性应在设计条件中指定。如业主指定的介质类型、流动速度和方向等。

e) 其他设计工况

可能影响膨胀节设计的结构条件应在设计条件中说明。如是否被加强、外保温或内保温、限制伸缩装置、其他约束、膨胀节上的外加接管(即排气管和排液管)等。

F.1.2 管道设计要求

在进行管道布置、固定和滑动支吊架的设计、管道约束的设计时，应避免使膨胀节承受应由原管道系统中其他部件所承受的力以及产生的位移。例如，波形膨胀节通常不宜使之承受扭矩。如膨胀节无自约束装置，管道上的固定和导向支承应能承受荷载所产生的冲击力。

固定支吊架设计要求如下：

a) 主支吊架

主支吊架应能承受压力所产生的推力，该推力等于波形膨胀节上承受轴向压力的面积乘上最大工作压力。对于在压力试验时无附加约束的膨胀节，应考虑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，主支吊架应能承受该推力。

一般而言，膨胀节上承受轴向压力的面积应由制造厂推荐。当无资料时，该面积可根据波的中径计算而得。

除了轴向推力之外，主支吊架还应承受 F.1.2 b) 所列出的力和力矩。

b) 中间支吊架

中间支吊架应能承受以下的力和力矩：

- 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) 管道在极端伸缩位置间在支吊架上移动时所产生的静摩擦力(按支吊架和膨胀节之间的管道长度计算得到的弯矩)；
- 3) 流动介质所产生的操作和瞬时的动态力；
- 4) 其他的管道力和力矩。

F.2 对膨胀节制造厂的要求

膨胀节制造方应负责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，包括：

- a) 膨胀节装配件所包括的管子、法兰、管道元件、波纹管、支承和管道约束等；
- b) 对膨胀节装配件以外的支承和约束指定设计条件 and 设计数据；
- c) 对那些与膨胀节一起提供，而与操作介质不接触的零部件确定其设计条件；
- d) 如管道设计需要，向其提供膨胀节的性能参数，如膨胀节的刚度。

F.2.1 膨胀节设计

膨胀节的设计计算应符合 GB/T 12777 的规定。

按 GB/T 12777 计算波形膨胀节的应力时，应采用 GB/T 20801.2 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，应采用本部分所规定的弹性模量值计算膨胀节的刚度和补偿量。

F.2.2 膨胀节的制造、检验和压力试验

在管道系统中设置膨胀节时，必须确保管道系统中安装的膨胀节具有足够的静载强度和疲劳强度。

为此，膨胀节的制造方应制定合适的制造技术条件，这些技术条件应包括 F.2.2.1~F.2.2.3 所述的内容。

F.2.2.1 制造

为了使膨胀节能满足相连管道的位移补偿要求，可以考虑采用与管道不同的材料来制造膨胀节，但应保证膨胀节与管道的焊接质量。膨胀节的焊接应满足以下要求：

- a) 应由取得资格的合格焊工进行焊接操作。焊接工艺应符合 JB 4708 的要求。
- b) 波纹管上的纵向焊缝必须全焊透。在波纹管成形前，焊缝处的厚度应不小于波纹管的名义厚度，且不大于 1.1 倍的波纹管名义厚度。
- c) 在将波纹管元件与相邻的管道元件相连接时，初始焊接可采用全角焊缝形式。

F.2.2.2 检验

以下是控制焊接质量的最低检验要求：

- a) 焊缝检验应符合 GB/T 20801.5 第 4 章~第 8 章的要求。
- b) 在波纹管成形前，纵焊缝应进行 100% 射线探伤。如波纹管名义厚度小于或等于 2.4 mm，可采用单面焊，且应在内、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。
- c) 波纹管成形后，可及的内、外表面焊缝均应进行渗透探伤。波纹管与管道连接的环焊缝等也应进

行 100% 渗透探伤。

- d) 射线探伤的评片应符合 GB/T 20801.5 中 6.3.2 对纵缝的要求。渗透探伤的评判标准是不允许有裂纹、咬边和未焊透。

F.2.2.3 压力试验

a) 制造厂应按 GB/T 20801.5 第 9 章的规定对每一个膨胀节进行压力试验。试验压力应按 GB/T 20801.5 中 9.1.3 和 9.1.4 确定。

b) 对需承受压力所产生的纵向推力的膨胀节，在压力试验时，不应添加额外的纵向约束。如有必要，可添加抵抗弯矩的约束以模拟管道所具有的刚度。

c) 在压力试验时，除了要检查泄漏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，确认没有波纹管扭曲的现象。在进行内压的压力试验时，初始状态为对称的波纹管会发生变形，该变形可导致波纹管之间不平行或波纹管间距不一致，这时就认为扭曲已经产生。不允许出现以下情形的变形：

- 1) 对于无加强的膨胀节，最大波纹管间距与受压前的间距之比大于 1.15；
- 2) 对于有加强的膨胀节，最大波纹管间距与受压前的间距之比大于 1.20。

应在到达最大试验压力之后，压力值不小于三分之二最大试验压力时，进行泄漏和变形检查。

d) 对于扭曲的检查应在最大试验压力时进行。为了安全起见，可采取依据临时长度方向参照而进行远距离观察(通过望远镜或录象等)的方法。泄漏检查应在到达最大试验压力之后且不小于三分之二最大试验压力时进行。气压试验应遵照 GB/T 20801.5 中 9.1.4 的规定。

附录 G
(资料性附录)
压力面积法补强计算

G.1 整体成型三通的补强计算

G.1.1 符号

- A_s ——补强范围内三通纵断面上的承载面积。单位为平方毫米(mm²);
- A_p ——补强范围内三通纵断面上的承压截面积, 单位为平方毫米(mm²);
- D_b ——三通支管外直径, 单位为毫米(mm);
- D_h ——三通主管外直径, 单位为毫米(mm);
- L_4 ——三通主管外侧补强范围高度, $L_4 = \sqrt{(D_b - T_{eb})T_{eb}}$, 单位为毫米(mm);
- L_6 ——三通主管外侧补强范围宽度, $L_6 = \sqrt{(D_h - T_{eh})T_{eh}}$, 单位为毫米(mm);
- P ——设计压力, 单位为兆帕(MPa);
- S ——设计温度下三通材料的许用应力, 单位为兆帕(MPa);
- T_{eb} ——支管有效厚度, 单位为毫米(mm);
- T_{eh} ——主管有效厚度, 单位为毫米(mm)。

G.1.2 补强计算

- a) 画出三通纵断面图(见图 G.1), 求出承压面积 A_p 和承载面积 A_s 。
- b) 强度条件, 符合式(G.1)的要求:

$$S \geq P \left[\frac{A_p}{A_s} + \frac{1}{2} \right] \dots\dots\dots(G.1)$$

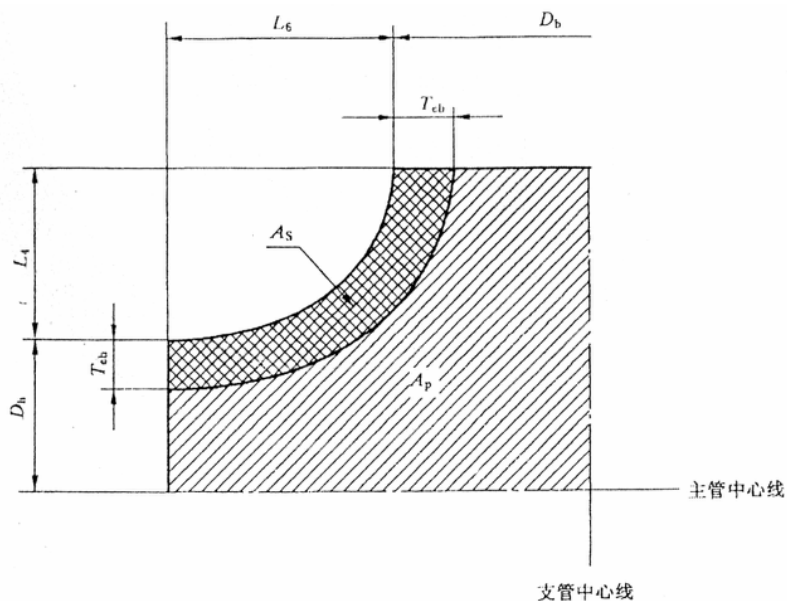


图 G.1 三通补强计算示意图

第 4 部分 制作与安装

1 范围

GB/T20801.4—2006 系“压力管道规范——工业管道”的第 4 部分，规定了工业金属压力管道制作和安装的基本要求。

本部分未规定的其他有关制作和安装要求应符合规范（GB/T20801—2006）其他部分以及国家现行有关标准、规范的规定。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本规范的引用而成为本规范的条款。凡是注明年号的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本规范。然而，鼓励根据本规范达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注年号的引用文件，其最新版本适用于本规范。

锅炉压力容器压力管道焊工考试与管理规则

GB/T17116.1-1997	管道支吊架——第 1 部分：技术规范
GB/T20801.1-2006	压力管道规范——工业管道 第 1 部分 总则
GB/T20801.2-2006	压力管道规范——工业管道 第 2 部分 材料
GB/T20801.3-2006	压力管道规范——工业管道 第 3 部分 设计与计算
GB/T20801.5-2006	压力管道规范——工业管道 第 5 部分 检验与试验
GB/T20801.6-2006	压力管道规范——工业管道 第 6 部分 安全防护
JB4708-2005	承压设备焊接工艺评定

3 术语和定义

3.1 制造 Manufacture

管子、管道组件或管道支承件等产品的生产过程。产品应符合相应产品标准、有关规范及设计文件的要求。

3.2 制作 fabrication

管道安装前的准备工作，包括切割、加工螺纹、开坡口、成形、弯曲、焊接和将组件装配成部件。制作可在车间或现场进行。

3.3 装配 Assembly

按照工程设计的规定将两个以上管道组件用螺栓、焊接、粘结、螺纹、硬钎焊、软钎焊或使用密封元件的方法连接在一起。

3.4 安装 Erection

根据工程设计的规定，将一个管道系统完整地安装在指定的位置和支架上。包括该系统按规范要求的所有现场（包括管道预制）装配、制作、检查和试验等工作。

3.5 轴测图 Isometric diagram

将每条管道按照轴测投影的绘制方法，画成以单线表示的管道空视图。

3.6 热弯 Hot bending

温度高于金属临界点 AC1 时的弯管操作。

3.7 冷弯 Cold bending

温度低于金属临界点 AC1 时的弯管操作。

3.8 自由管段 Pipe-segments to be prefabricated

在管道制作加工前，按照轴测图选择确定的可以先行加工的管段。

3.9 封闭管段 Pipe-segments for dimension adjustment

在管道制作加工前，按照轴测图选择确定的、经实测安装尺寸后再行加工的管段。

3.10 定位焊缝 Tack weld

在完成最终焊缝以前，用以保持焊接件各部分正确定位的焊缝。

4 一般规定

4.1 管道制作、安装单位应具有符合压力管道安全监察有关法规要求的质量管理体系或质量保证体系。

4.2 管道的制作和安装应建立并妥善保存必要的施工记录及见证文件。压力管道安装工程竣工后，制作、安装单位应向业主至少提交下列技术文件和资料：

a) 管道竣工图（含设计修改文件和材料代用单）。设计修改和材料代用等变更内容应在竣工图上直接标注。

在管道轴测图上应标明焊缝位置、焊缝编号、焊工代号、焊接位置、返修焊缝、无损检测方法及其抽查的焊缝、扩大检验的焊缝、热处理及硬度抽查的焊缝等。

b) 压力管道组成件和支撑件、焊接材料的产品合格证、质量证明书或复验、试验报告。

c) 施工检查记录和检验、试验报告。其格式和内容应符合相应施工及验收规范的规定。

d) 工程交接验收证书。

5 管道组成件及管道支承件的检查与验收

5.1 材料标记和质量证明文件的验收

管道组成件的标记和质量证明文件除应按设计文件以及规范第 2 部分（GB/T20801.2-2006）9.2、9.3 的要求进行验收外，还应符合下列规定：

a) 设计文件规定进行低温冲击韧性试验的材料，质量证明文件中应有低温冲击韧性试验的结果。

b) 设计文件规定进行晶间腐蚀试验的不锈钢管子和管件，质量证明文件中应有晶间腐蚀试验的结果。

c) 质量证明文件的性能数据不符合产品标准或设计文件的规定，或对性能数据有异议时，应进行必要的补充试验。

5.2 外观检查

管道组成件及管道支承件的材料牌号、规格、外观质量应按相应标准进行目视检查和几何尺寸抽查，不合格者不得使用。

5.3 材质检查

5.3.1 合金钢、含镍低温钢、含钼奥氏体不锈钢及镍基合金、钛及钛合金材料的管道组成件应采用光谱分析或其他方法按每批（同炉批号、同规格，下同）5%的数量进行主要合金元素定性复查，且不得少于一个管道组成件。

5.4 阀门试验

5.4.1 阀门应按下列要求进行壳体压力试验和密封试验：

a) 用于 GC1 级管道的阀门应逐个进行壳体压力试验和密封试验。

b) 用于 GC2 级管道的阀门应每批抽查 10%，且不得少于一个。

c) 用于 GC3 级管道的阀门应每批抽查 5%，且不少于一个。

5.4.2 阀门壳体的试验压力应为 1.5 倍公称压力，密封试验宜按公称压力进行。保压时间和密封面泄漏率应符合相应标准的规定。试验合格的阀门应填写阀门试验记录。

不锈钢阀门水压试验时，水中的氯离子含量不得超过 100ppm。

5.4.3 经设计或业主同意，公称压力小于等于 PN100、且公称直径大于等于 600mm 的闸阀，允许随系统进行压力试验。闸板密封试验允许采用色印等方法进行检验。

5.4.4 安全阀应按设计文件规定的设定压力进行调试。每个安全阀的启闭试验应不少于 3 次，并填写安全阀整定记录。

5.4.5 带夹套的阀门，夹套应以大于等于 1.5 倍夹套公称压力进行压力试验。

5.5 无损检测

下列管道的管子和管件，每批应抽样 5%且不少于一根（个）进行外表面磁粉或渗透检测，不得有线性缺陷：

- a) GC1 级管道中设计压力大于或等于 10MPa 的管子和管件；
- b) GC1 级管道中输送极度危害介质的管子和管件。

5.6 硬度检查

GC1 级管道中设计压力大于或等于 10MPa 的管道用高压螺栓、螺母应每批抽取 2 根进行硬度检验。

5.7 加倍抽样检查、检测或试验

抽样检查、检测或试验的管道组成件，若有一件不合格，允许按原规定数量加倍抽样进行检查、检测或试验。若仍有不合格，则该批管道组成件不得使用；或对该批管道组成件逐个进行检查、检测或试验，合格者方可使用。

应做好材料识别标记并对不合格件进行处理。

5.8 材料的保管

管道组成件及管道支承件在施工过程中应妥善保管，不得混淆或损坏。不锈钢和有色金属的管道组成件在储存期间不得与碳钢接触。暂不安装的管子、阀门和管件应封闭管口。

6 管道制作

6.1 切割与坡口制备

6.1.1 碳钢、碳锰钢可采用机械加工方法或火焰切割方法切割和制备坡口。

低温镍钢和合金钢宜采用机械加工方法切割和制备坡口。若采用火焰切割，火焰切割后应采用机械加工或打磨方法去除热影响区。

6.1.2 不锈钢、有色金属应采用机械加工或等离子切割方法切割和制备坡口。不锈钢、镍基合金及钛管采用砂轮切割或修磨时，应使用专用砂轮片。

6.1.3 只要能表明方法的适用性，允许采用其它切割和坡口加工工艺。

6.2 标记移植

6.2.1 管道组成件应尽量保存材料的原始标记。当切割、加工不可避免地破坏原始标记时，应采用移植方法重新进行材料标识，也可采用管道组成件的工程统一编码。

6.2.2 所采用的标记方法应对材料表面不构成损害或污染，避免降低材料的使用性能。低温钢及钛材不得使用硬印标记。奥氏体不锈钢和有色金属材料采用色码标记时，印色应不含有损材料的物质，如硫、铅、氯等。

6.2.3 如采用硬印或雕刻之外的其他标记方法，制作者应保证不同材料之间不会产生混淆，例如可采取分别处理（时间、地点）、区分色带等方法。

6.3 弯管

6.3.1 管子弯曲应根据材料及其使用性能、输送流体工况和弯曲程度，采用适当的弯曲工艺和装备。

6.3.2 管子可进行热弯和冷弯。弯曲温度应符合下列规定：

- a) 铁基材料的冷弯温度应不高于材料的相变温度（A1）；
- b) 热弯应在高于其相变温度（A3）范围以上进行。

6.3.3 采用焊管制作弯管时，焊缝应避开受拉（压）区。

6.3.4 弯管的不圆度、褶皱和减薄

a) 不圆度

1) 弯管的不圆度应按下列公式计算:

$$\text{不圆度}(\%) = \frac{2(D_{\max} - D_{\min})}{D_{\max} + D_{\min}} \times 100\%$$

式中: D_{\max} 、 D_{\min} 为同一截面的最大、最小实测外径。

2) 承受内压的弯管其不圆度应不大于 8%; 承受外压的弯管其不圆度应不大于 3%。

b) 褶皱高度和波浪间距

1) 弯管内侧褶皱高度 h_m 应按图 6-1 和下列公式计算:

$$h_m = \frac{D_2 + D_4 - D_3}{2}$$

h_m 为相邻两个褶皱的平均高度, 取最大值。

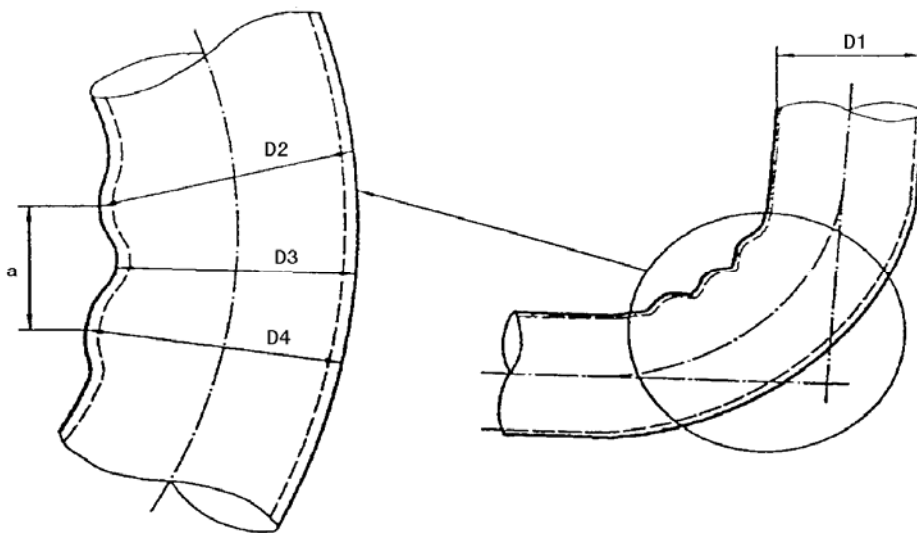


图 6-1 弯管的褶皱和波浪间距

2) 弯管内侧褶皱高度 h_m 应不大于管子外径的 3%; 波浪间距 a 应大于等于 $12h_m$ 。

c) 减薄

弯管宜采用正公差壁厚的管子制作, 弯管制作前管子壁厚应符合表 6-1 的规定。管子弯曲后的最小厚度应符合规范第 3 部分 (GB/T20801.3-2006) 6.2 b) 的规定。

表 6-1 弯管制作前管子壁厚

弯曲半径 R	弯管制作前壁厚
$R \geq 6D$	$1.06t_d$
$6D > R \geq 5D$	$1.08t_d$
$5D > R \geq 4D$	$1.14t_d$
$4D > R \geq 3D$	$1.25t_d$

注: D——管子外径;

t_d ——直管的设计厚度。

6.4 板焊管

6.4.1 管材制造厂生产的板焊管应符合相应板焊管制造标准的规定。

6.4.2 安装、制作单位生产的公称直径大于等于 400mm 板焊管应符合下列各项规定：

a) 除设计另有规定外，板焊管的单根长度应不小于 5.3~6.8 米 m。在此长度范围内，环向拼接焊缝应不多于 2 条（奥氏体不锈钢不多于 3 条），相邻筒节纵缝应错开 100mm 以上。

同一筒节上的纵向焊缝应不大于两条，两纵缝间距应不小于 200mm。

有加固环的板焊管，加固环的对接焊缝应与管子纵向焊缝错开，其间距应不小于 100mm。加固环距管子的环焊缝应不小于 50mm。

b) 板焊管的周长及管端直径允差应符合表 6-2 的规定。纵缝处的棱角度（用弧长为管子周长 1/6~1/4 的样板，在管内壁测量）应不大于壁厚的 10%加 2mm，且不大于 3mm。

对接焊缝的错边量应不大于壁厚的 25%，且纵缝的错边量应不大于 3mm。

表 6-2 板焊管的周长允差及直径允差

mm

公称直径	400~700	800~1200	1300~1600	1700~2400	2600~3000	>3000
周长允差	±5	±7	±9	±11	±13	±15
直径允差	4	4	6	8	9	10

注：直径允差为管端（100mm 以内）最大外径与最小外径之差。

c) 壁厚允差：

锅炉、压力容器级钢板：应符合相应钢板标准的规定，负偏差应不超过 0.25mm；

非锅炉、压力容器级钢板：应符合相应板焊管制造标准的规定。

d) 直度允差应不大于板焊管单根长度的 0.2%，其余尺寸允差应符合相应板焊管制造标准的规定。

e) 板焊管制作过程中应防止板材表面损伤。对有严重伤痕的部位应进行修磨，使其圆滑过渡，且修磨处的壁厚不应小于设计壁厚。

f) 板焊管的焊接、焊后热处理和检验、检查应符合本规范相应章节及规范第 5 部分（GB/T20801.5-2006）的相关规定。

g) 板焊管应逐根进行压力试验，试验压力应符合规范第 5 部分（GB/T20801.5-2006）的相应规定。经业主或设计同意，可采用规范第 5 部分（GB/T20801.5-2006）规定的纵、环焊缝 100%射线照相或 100%超声波检测代替板焊管的压力试验。

6.5 斜接弯头

除设计另有规定外，斜接弯头的制作应符合下列规定。焊接应符合本规范第 7 章的规定。检验和检查应符合规范第 5 部分（GB/T20801.5-2006）的相关规定。

6.5.1 斜接弯头可按图 6-2 所示的组成形式进行配制。公称直径大于 400mm 的斜接弯头可增加中节数量，但其内侧的最小宽度不得小于 50mm。

6.5.2 斜接弯头的焊接接头应采用全焊透焊缝。

6.5.3 斜接弯头的周长允许偏差：公称直径大于 1000mm 时为 ±6mm；公称直径小于或等于 1000mm 时为 ±4mm。

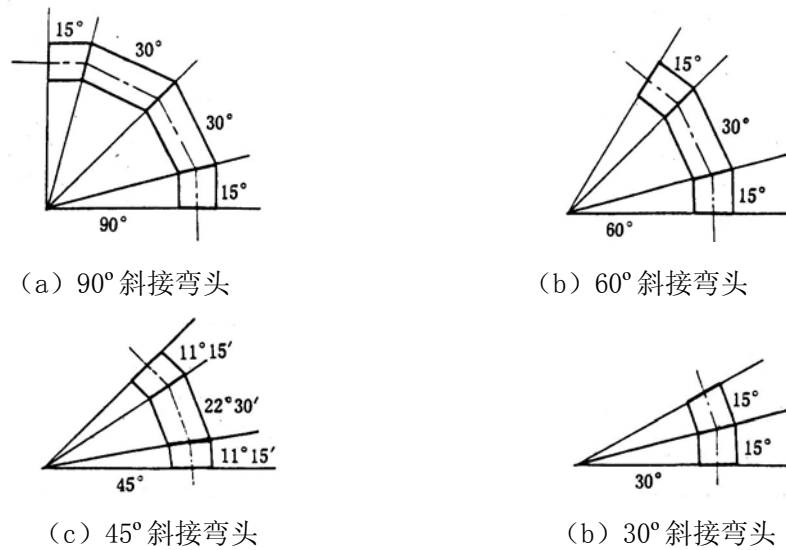


图 6-2 斜接弯头的组成形式

6.6 翻边接头

翻边接头的加工应符合规范第 3 部分 (GB/T20801.3-2006) 5.1.6 和下列规定。

6.6.1 焊制翻边接头的基本型式应符合图 6-3 的规定。焊后应对翻边部位机械加工或整形。密封面的表面粗糙度应符合法兰标准的规定。外侧焊缝应进行修磨, 以不影响松套法兰内缘与翻边的装配。

6.6.2 扩口翻边后的外径及转角半径应能保证螺栓及法兰的装配, 翻边端面与管子中心线应垂直, 垂直度允差不大于 1 度。

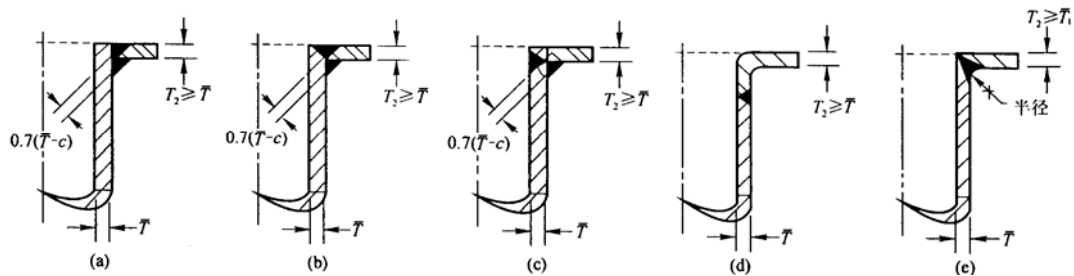


图 6-3 典型的焊制翻边

6.7 夹套管

6.7.1 夹套管的加工应符合设计文件的规定。内管管件应使用无缝或无缝对焊管件, 不得使用斜接弯头。内管焊缝应经无损检测及试压合格后, 方可装配外管。

6.7.2 外管与内管间的间隙应均匀, 并按设计文件规定焊接支承块。支承块不得妨碍夹套内介质流动和内管与外管的胀缩。支承块的材质应与内管材质相同。

一般情况, 支承块与弯管起弯点距离宜为 0.5~1.2m, 直管段上支承块间距宜为 3~5m。

6.8 支吊架

6.8.1 管道支吊架的型式、材质、加工尺寸及精度应符合设计文件的规定。支吊架现场制作应符合 GB/T17116.1 第 6 章和设计文件的规定。

6.8.2 管道支吊架的组装尺寸与焊接方式应符合设计文件的规定。制作后应对焊缝进行目视检查, 焊接变形应予矫正。所有螺纹连接均应按设计要求予以锁紧。

7 焊接

7.1 焊接工艺评定和焊工技能评定

所有管道承压元件的焊接,包括承压件与非承压件的焊接,必须采用经评定合格的焊接工艺,并由合格焊工进行施焊。焊接工艺评定和焊工技能评定应分别符合 JB4708 及《锅炉压力容器压力管道焊工考试与管理规则》的规定。

7.2 焊接材料

7.2.1 焊接材料(包括焊条、焊丝、焊剂及焊接用气体)使用前应按设计文件和相关标准的规定进行检查和验收。焊接材料应具有质量证明文件和包装标记。

7.2.2 焊接材料的储存应保持适宜的温度及湿度。室内应保持干燥、清洁,相对湿度应不超过 60%。

7.2.3 库存期超过规定期限的焊条、焊剂及药芯焊丝,应经复验合格后方可使用。复验应以考核焊接材料是否产生可能影响焊接质量的缺陷为主,一般仅限于外观及工艺性能试验。但对焊接材料的使用性能有怀疑时,可增加必要的检验项目。

规定期限自生产日期始,可按下述方法确定:

- a) 焊接材料质量证明书或说明书推荐的期限;
- b) 酸性焊接材料及防潮包装密封良好的低氢型焊接材料为两年;
- c) 石墨型焊接材料及其他焊接材料为一年。

7.2.4 焊条的烘干规范可参照焊接材料说明书。焊丝使用前应按规定进行除油、除锈及清洗处理。

7.2.5 使用过程中应注意保持焊接材料的识别标记,以免错用。

7.3 焊接环境

7.3.1 焊接的环境温度应能保证焊件的焊接温度和焊工技能不受影响。环境温度低于 0℃ 时,应符合本规范第 8 章 8.2.1 的规定。

7.3.2 焊接时的风速应不超过下列规定,当超过规定时,应有防风设施:

- a) 手工电弧焊、埋弧焊、氧乙炔焊: 8m/s;
- b) 钨极气体保护焊、熔化极气体保护焊: 2m/s。

7.3.3 焊接电弧 1 米范围内的相对湿度应符合下列规定:

- a) 铝及铝合金焊接: 应不大于 80%;
- b) 其他材料焊接: 应不大于 90%。

7.3.4 当焊件表面潮湿、覆盖有冰雪、雨水以及刮风期间,焊工及工件无保护措施时,应停止焊接。

7.4 焊前准备

7.4.1 坡口制备

a) 坡口加工应符合本规范 6.1 的规定。坡口表面应光滑并呈金属光泽,热切割产生的熔渣应清除干净。

b) 坡口形式和尺寸应符合设计文件和焊接工艺指导书(WPS)的规定。典型的对接接头坡口型式和尺寸见图 7-1。

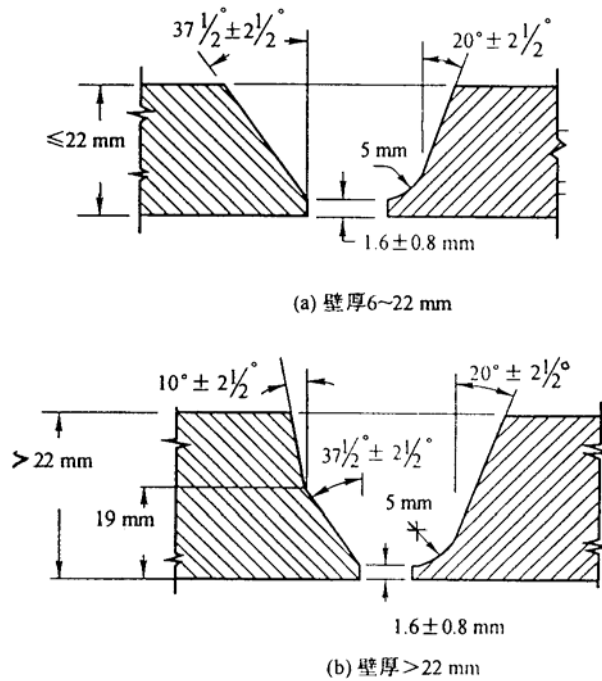


图 7-1 典型的对接接头坡口型式和尺寸

c) 当设计文件、相关标准对坡口表面要求进行无损检测时, 检测及对缺陷的处理必须在施焊前完成。

7.4.2 清理

焊件坡口及内外表面, 应在焊接前按表 7-1 要求进行清理, 去除油漆、油污、锈斑、熔渣、氧化皮以及加热时对焊缝或母材有害的其它物质。

表 7-1 坡口及其内外表面的清理

材料	清理范围 mm	清理对象	清理方法
碳钢、低温钢、铬钼合金钢、 不锈钢	≥10	油、漆、锈、毛刺等污物	手工或机械等方法
铝及铝合金	≥50	油污、氧化膜等	有机溶剂除油污
铜及铜合金	≥20		化学或机械方法除氧化膜
钛及钛合金、镍及镍合金	≥50		

7.4.3 组对

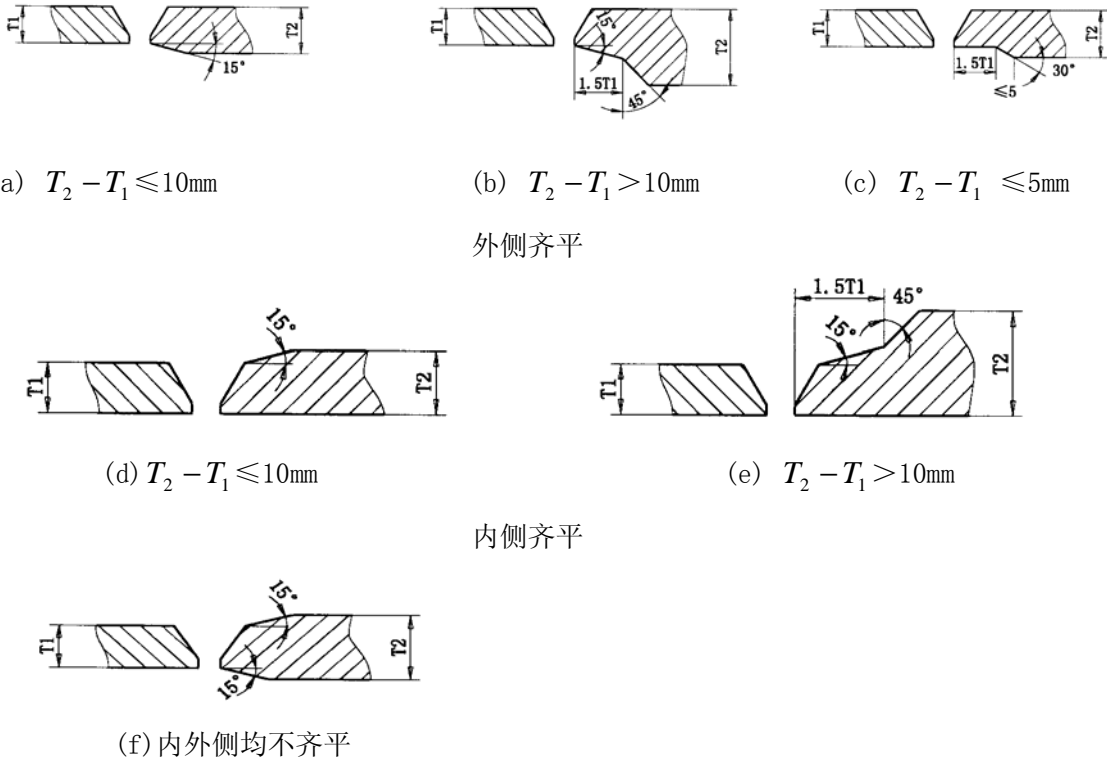
a) 坡口对接焊缝

1) 坡口对接焊缝的组对应做到内壁齐平, 内壁错边量应符合设计文件、焊接工艺指导书 (WPS) 或表 7-2 的规定。

表 7-2 管道组对内壁错边量

材料		内壁错边量
钢		不大于壁厚的 10%, 且 ≤2mm
铝及铝合金	壁厚 ≤5mm	≤0.5mm
	壁厚 >5mm	不大于壁厚的 10%, 且 ≤2mm
铜及铜合金、钛及钛合金、镍及镍合金		不大于壁厚的 10%, 且 ≤1mm

2) 不等壁厚的工件对接时, 薄件端面的内侧或外侧应位于厚件端面范围之内。当内壁错边量大于表 7-2 规定, 或外壁错边量大于 3mm 时, 焊件端部应按图 7-2 进行削薄修整。端部削薄修整不得导致加工后的壁厚小于设计厚度 t_d 。



注: 用于管件时, 如受长度限制, 图(a), (d), (f)中的 15° 角允许改为 30° 。

图 7-2 不等壁厚对接焊件的端部加工

b) 支管连接焊缝

1) 安放式支管的端部制备及组对应符合图 7-3 (a)、(b) 的要求。

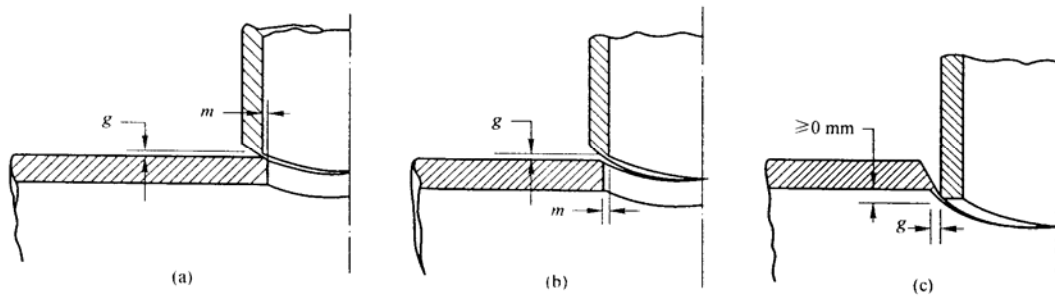
2) 插入式支管的主管端部制备及组对应符合图 7-3 (c) 的要求。

3) 主管开孔与支管组对时的错边量应不大于 m 值 (见图 7-3 (a)、(b)), 必要时可堆焊修正。

c) 组对间隙 接头的根部间隙应控制在焊接工艺指导书允许范围内。

d) 除设计文件规定的管道预拉伸或预压缩焊口外, 不得强行组对。需预拉伸或预压缩的管道焊缝, 组对时所使用的工卡具应在整个焊缝焊接及热处理完毕并经检验合格后方可拆除。

e) 焊件组对时应垫置牢固, 并应采取措施防止焊接和热处理过程中产生附加应力和变形。



g——根部间隙，按焊接工艺指导书的规定。 m——错边量，应不大于 3.2mm 或 $0.5\bar{T}_b$ （取较小值）。

\bar{T}_b ——支管的名义厚度。

图 7-3 支管连接的组对

7.4.4 定位焊缝

a) 定位焊缝焊接时，应采用与根部焊道相同的焊接材料和焊接工艺，并应由合格焊工施焊。

b) 定位焊缝的长度、厚度和间距应能保证焊缝在正式焊接过程中不致开裂。

c) 根部焊接前，应对定位焊缝进行检查。如发现缺陷，处理后方可施焊。

d) 焊接的工卡具材质宜与母材相同或为 JB4708 中的同一类别号。拆除工卡具时不应损伤母材，拆除后应将残留焊疤打磨修整至与母材表面齐平。

7.4.5 焊接设备

焊接设备及辅助装备等应处于正常工作状态，安全可靠，仪表应定期校验。

7.5 焊接的基本要求

7.5.1 焊缝（包括为组对而堆焊的焊缝金属）应由经评定合格的焊工，按评定合格的焊接工艺指导书（WPS）进行焊接。

7.5.2 除工艺或检验要求需分次焊接外，每条焊缝宜一次连续焊完，当因故中断焊接时，应根据工艺要求采取保温缓冷或后热等防止产生裂纹的措施。再次焊接前应检查焊层表面，确认无裂纹后，方可按原工艺要求继续施焊。

7.5.3 在根部焊道和盖面焊道上不得锤击。

7.5.4 焊接连接的阀门施焊时，所采用的焊接顺序、工艺以及焊后热处理，均应保证不影响阀座的密封性能。

7.5.5 不得在焊件表面引弧或试验电流。设计温度 $\leq -20^\circ\text{C}$ 的管道、淬硬倾向较大的合金钢管道、不锈钢及有色金属管道的表面均不得有电弧擦伤等缺陷。

7.5.6 内部清洁要求较高且焊接后不易清理的管道、机器入口管道及设计规定的其他管道的单面焊焊缝，应采用氩弧焊进行根部焊道焊接。

7.5.7 规定焊接线能量的焊缝，施焊时应测量电弧电压、焊接电流及焊接速度并作记录。焊接线能量应符合焊接工艺指导书的规定。

7.5.8 规定焊缝层次时，应检查焊接层数，其层次数及每层厚度应符合焊接工艺指导书的规定。

7.5.9 规定层间温度的焊缝，应测量层间温度，层间温度应符合焊接工艺指导书的规定。

7.5.10 多层焊每层焊完后，应立即进行清理和目视检查。如发现缺陷，应消除后方可进行下一层焊接。

7.5.11 规定进行层间无损检测的焊缝，无损检测应在目视检查合格后进行，表面无损检测应在射线照相检测及超声波检测前进行，经检测的焊缝在评定合格后方可继续进行焊接。

7.5.12 每个焊工均应有指定的识别代号。除工程另有规定外，管道承压焊缝应标有焊工识别标记。所采用的标记方法应符合本规范 6.2.2 的规定。

对无法直接在管道承压件上作焊工标记的，应用简图记录焊工识别代号，并将简图列入交工技术文件。

7.6 焊缝设置

管道焊缝的设置应避开应力集中区，便于焊接和热处理，且应符合下列规定，但夹套管

除外。

a) 直管段上两对接环焊缝中心面间的距离，当公称直径大于或等于 150mm 时，应不小于 150mm；当公称直径小于 150mm 时，应不小于管子外径。

b) 管道环焊缝距离弯管（不包括弯头）起弯点不得小于 100mm，且不得小于管子外径。

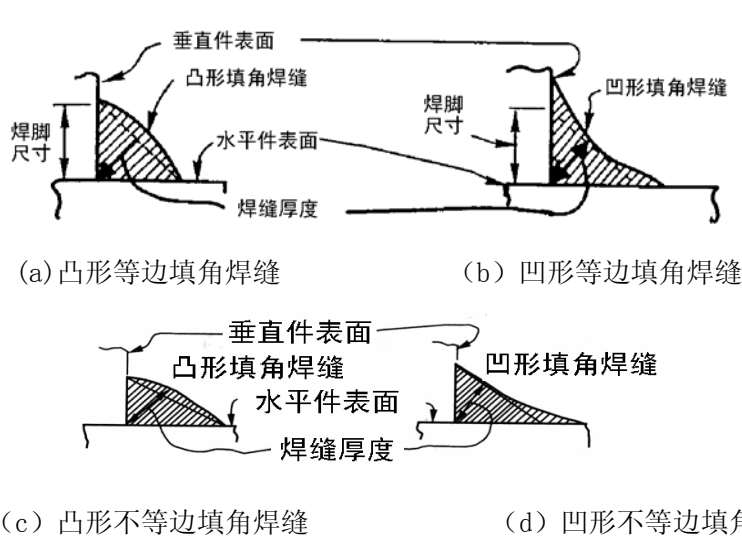
c) 管道环焊缝距支、吊架净距应不小于 50mm。需热处理的焊缝距支、吊架不得小于焊缝宽度的 5 倍，且不得小于 100mm。

d) 不宜在焊缝及其边缘上开孔。当不可避免而必须在焊缝上开孔或开孔补强时，应对以开孔中心为中心的开孔直径 1.5 倍或补强板直径范围内的焊缝进行无损检测，确认焊缝合格后，方可进行开孔。补强板覆盖的焊缝应磨平。

7.7 填角焊缝

7.7.1 填角焊缝（包括承插焊缝）可呈凹或凸形，焊缝尺寸应符合图 7-4 的规定。

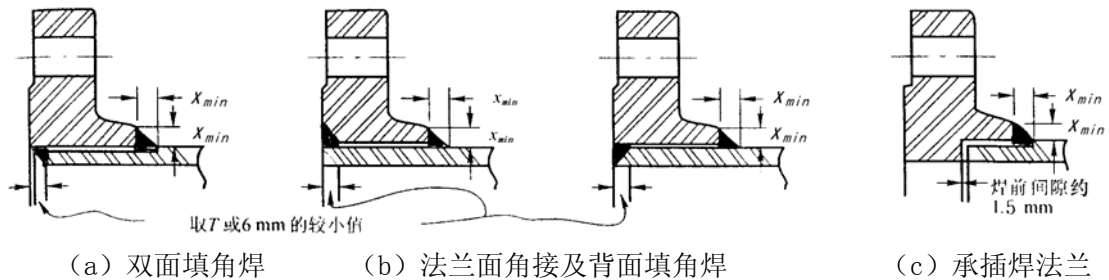
7.7.2 平焊法兰或承插焊法兰的填角焊缝应符合图 7-5 的规定。其它承插焊接头的最小焊接尺寸应符合图 7-6 的规定。



注 1：等边填角焊缝的焊脚尺寸为焊缝最大内切等腰直角三角形的股长，焊缝厚度为 0.7 倍焊脚尺寸。

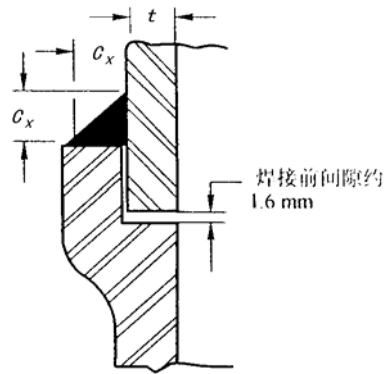
注 2：不等边填角焊缝的焊脚尺寸为内切于焊缝截面的最大直角三角形的股长。

图 7-4 填角焊缝型式与尺寸



注：Xmin 取直管名义厚度的 1.4 倍或法兰颈部厚度两者中的较小值。

图 7-5 平焊法兰和承插焊法兰的填角焊缝

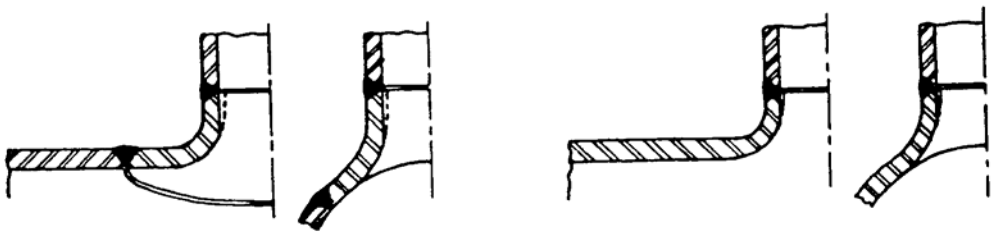
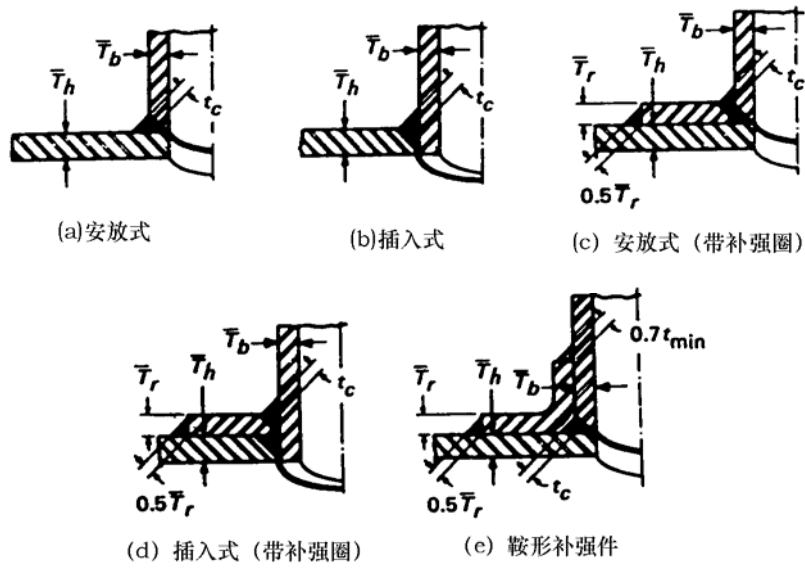


t —计算厚度;
 $C_x=1.25t$ 或 3mm (取较大值)

图 7-6 除法兰外的其他承插焊接头的最小焊接尺寸

7.8 支管的焊接连接

支管与主管的焊接连接应符合图 7-7 所示的支管连接焊缝形式和下述焊缝尺寸的规定:



(f) 对接式

注： t_c ——填角焊缝有效厚度，取 $0.7\bar{T}_b$ 或 6.4mm 中的小者；

\bar{T}_b ——支管名义厚度

\bar{T}_h ——主管名义厚度

\bar{T}_r ——补强圈或鞍形补强件的名义厚度

t_{min} —— \bar{T}_b 或 \bar{T}_r ，取小者。

图 7-7 支管连接的焊缝形式

7.8.1 安放式焊接支管或插入式焊接支管的连接，包括整体补强的支管台，应采用全焊透的坡口焊缝，盖面的角焊缝厚度应大于等于 t_c ，见图 7-7 (a) 和 (b)。

7.8.2 补强圈或鞍形补强件的焊接应符合下列规定：

a) 补强圈应采用全焊透的坡口焊缝连接到支管上，盖面的角焊缝厚度应大于等于 t_c ，见图 7-7 (c) 和 (d)。

b) 鞍形补强件与支管连接的填角焊缝厚度应大于等于 $0.7 t_{min}$ ，见图 7-7 (e)。

7.8.3 补强圈或鞍形补强件外缘与主管连接的填角焊缝厚度应大于等于 $0.5\bar{T}_r$ ，见图 7-7 (c)、(d) 和 (e)。

7.8.4 补强圈和鞍形补强件应与主管、支管很好地贴合。应在补强圈或鞍形补强件的高位(不在主管轴线处)开一通气孔用于焊缝焊接和检漏时的通气。补强圈或鞍形补强件可采用多块拼接组成，但拼接焊缝应与母材等强度，且每块拼板均应开通气孔。

7.8.5 应在支管与主管的连接焊缝检查和修补合格后，再进行补强圈或鞍形补强件的焊接。

7.9 焊缝返修

7.9.1 返修前应对缺陷产生的原因进行分析，提出相应的返修措施。

7.9.2 补焊应采用经评定合格的焊接工艺，并由合格焊工施焊。预热和焊后热处理应与原焊接要求相同。

7.9.3 同一部位(指焊补的填充金属重叠的部位)的返修次数超过两次时，应重新制定返修措施，经施焊单位技术总负责人批准后方可进行返修。

7.9.4 返修后应按原规定的检验方法重新检验，并连同返修及检验记录(明确返修次数、部位、返修后的无损检测结果)一并记入交工技术文件。

7.9.5 要求焊后热处理的管道，应在热处理前进行返修。如在热处理后进行焊接返修，返修后应重新热处理。

8 预热

8.1 一般规定

预热的必要性以及预热温度应在焊接工艺指导书(WPS)中规定，并经焊接工艺评定验证。本章适用于管道所有类型的焊接，包括定位焊、补焊和螺纹接头的密封焊。

当用热加工法切割、开坡口、清根、开槽或施焊临时焊缝时，亦应考虑预热要求。

8.2 预热温度

8.2.1 各种材料所要求和推荐的最低预热温度见表 8-1。若环境温度低于 0°C ，表 8-1 中的

推荐温度即为本规范规定的预热温度。

8.2.2 不同预热要求的材料焊接时，应符合表 8-1 中的较高预热温度要求。

8.2.3 需要预热的焊件，其层间温度应不低于预热温度。

8.3 预热温度的测量

8.3.1 预热温度应采用测温笔、热电偶或其它合适方法进行测量并记录，以保证在焊前及焊接过程中达到和保持焊接工艺指导书中规定的温度。测量仪表应经计量检定合格。

8.3.2 热电偶可用电容储能放电焊直接焊在工件上，可不必进行焊接工艺评定和技能评定。热电偶去除后，应检查焊点区域是否存在缺陷。

表 8-1 预热温度

母材类别	较厚件的名义 壁厚	规定的母材 最小抗拉强度	最低预热温度	
			规定	推荐
	mm	MPa	℃	℃
碳钢(C) 碳锰钢(C-Mn)	<25	≤490	…	10
	≥25	全部	…	80
	全部	>490	…	80
合金钢(C-Mo、Mn-Mo、Cr-Mo) Cr≤0.5%	<13	≤490	…	10
	≥13	全部	…	80
	全部	>490	…	80
合金钢(Cr-Mo) 0.5%<Cr≤2%	全部	全部	150	…
合金钢(Cr-Mo) 2.25% ≤Cr≤10%	全部	全部	175	…
马氏体不锈钢	全部	全部	…	150 ^[2]
铁素体不锈钢	全部	全部	…	10
奥氏体不锈钢	全部	全部	…	10 ^[1]
低温镍钢(Ni≤4%)	全部	全部	…	95
8Ni、9Ni 钢	全部	全部	…	10
5Ni 钢	全部	全部	10	…
铝、铜、镍、钛及其合金	全部	全部	…	10

注 1：奥氏体不锈钢焊接时，层间温度宜低于 150℃。

注 2：马氏体不锈钢焊接时，层间最高温度 315℃。

8.3.3 预热区域应以焊缝中心为基准，每侧应不小于焊件厚度的 3 倍，且不小于 25mm。

8.4 中断焊接

焊接中断时，应控制合理的冷却速度或采取其它措施防止对管道产生有害影响。再次焊接前，应按焊接工艺指导书的规定重新进行预热。

9 热处理

本章规定了压力管道焊接、弯曲和成形后的热处理基本要求，但并非适用于所有的使用条件。

9.1 弯曲和成形后的热处理

9.1.1 除弯曲或成形温度始终保持在 900℃ 以上的情况外，壁厚大于 19mm 的碳钢管弯曲或成形加工后，应按表 9-1 的规定进行热处理。

9.1.2 公称直径大于 100mm、或壁厚大于 13mm 的碳钢、碳锰钢、铬钼合金钢、低温镍钢管弯曲或成形加工后，应按下列要求进行热处理。

a) 热弯或热成形加工后应按设计文件的要求进行完全退火、正火、正火加回火或回火热处理；

b) 冷弯或冷成形加工后的热处理应符合表 9-1 的规定。

9.1.3 本规范要求冲击试验的材料在冷成形或冷弯后，其成形应变率大于 5%者应按表 9-1 的要求进行热处理。

9.1.4 高温使用的奥氏体不锈钢以及镍基合金，冷、热弯曲或成形后应按表 9-2 进行热处理。

表 9-1 热处理基本要求

母材类别	名义厚度	母材最小规定抗拉强度	金属热处理温度	保温时间	最短保温时间	布氏硬度 ^[2]
	mm	MPa	°C	min/mm	h	≤
碳钢(C)、碳锰钢(C-Mn)	≤19	全部	无	...	...	...
	>19		600~650	2.4	1	200
合金钢 (C-Mo、Mn-Mo、Cr-Mo) Cr≤½%	≤19	≤490	无	...	...	...
	>19	全部	600~720	2.4	1	225
	全部	>490	600~720	2.4	1	225
合金钢(Cr-Mo) ½%<Cr≤2%	≤13	≤490	无	...	...	...
	>13	全部	700~750	2.4	2	225
	全部	>490	700~750	2.4	2	225
合金钢(Cr-Mo) 2.25%≤Cr≤3% 和 C≤0.15%	≤13	全部	不要求	...	...	...
	>13	全部	700~760	2.4	2	241
合金钢(Cr-Mo) 3%<Cr≤10% 或 C >0.15%	全部	全部	700~760	2.4	2	241
马氏体不锈钢	全部	全部	730~790	2.4	2	241
铁素体不锈钢	全部	全部	无	...	...	...
奥氏体不锈钢	全部	全部	无	...	...	187
低温镍钢(Ni≤4%)	≤19	全部	无	...	...	...
	>19		600~640	1.2	1	...
双相不锈钢	全部	全部	[1]	1.2	½	...

注 1：双相不锈钢焊后热处理既不要求也不禁止，但热处理应按材料标准要求。

注 2：硬度值要求见本规范 9.5 条。设计有规定时，碳钢和奥氏体不锈钢的硬度可按表列数值控制。

表 9-2 高温使用的材料弯曲、成形后的热处理要求

材料类别及使用条件	成形应变率 %	热处理与否
设计温度小于 675℃ 的奥氏体不锈钢及镍-铁-铬合金 (800H、800HT) 热弯或热成形	>15	固溶处理
设计温度大于等于 675℃ 的奥氏体不锈钢 (H 级) 及镍-铁-铬合金 (800H、800HT) 热弯或热成形	>10 ^[1]	固溶处理
奥氏体不锈钢及镍基合金 (800H、800HT) 冷弯或冷成形		按设计规定

注 1: 采用管子扩口、缩口、引伸、墩粗时, 成形应变率为本表规定值的一半。

注 2: 固溶热处理保温时间为 20min/25mm 或 10min, 取较大值。随后进行快速冷却。

9.1.5 成形应变率的计算

a) 管子弯曲, 取下列较大值:

$$\text{应变率 (\%)} = \frac{50D}{R}$$

$$\text{应变率 (\%)} = \left(\frac{T_1 - T_2}{T_1} \right) \times 100$$

b) 以板成形的圆筒、锥体或管子

$$\text{应变率 (\%)} = \frac{T}{R_f} \times 50$$

c) 以板成形的凸型封头、折边等双向变形的元件

$$\text{应变率 (\%)} = \frac{75T}{R_f}$$

d) 管子扩口、缩口或引伸、墩粗, 取下列绝对值的最大值

1) 环向应变

$$\text{应变率 (\%)} = \left(\frac{D - D_e}{D} \right) \times 100$$

2) 轴向应变

$$\text{应变率 (\%)} = \left(\frac{L - L_e}{L} \right) \times 100$$

3) 径向应变

$$\text{应变率 (\%)} = \left(\frac{T_1 - T_2}{T_1} \right) \times 100$$

D —管子外径, mm;

R —管子中心线弯曲半径, mm;
 T —板材名义厚度, mm;
 T_1 —管子初始平均厚度, mm;
 T_2 —成形后管子最小厚度, mm;
 D_e —成形后圆筒或管子的外径, mm;
 R_r —成形后最小曲率半径 (厚度中心处), mm;
 L —管子变形区初始长度, mm;
 L_e —成型后管子变形区的长度, mm。

9.1.6 有应力腐蚀倾向的管道以及对消除应力有较高要求的管道, 弯曲或成形加工后的热处理应符合设计文件的规定。

9.2 焊后热处理

9.2.1 焊后热处理的基本要求

- 焊后热处理工艺应在焊接工艺指导书中规定, 并经焊接工艺评定验证。
- 焊后热处理温度应符合表 9-1 的规定。
- 调质钢焊缝的焊后热处理温度应低于其回火温度。
- 铁素体钢之间的异种钢焊后热处理, 应按表 9-1 两者之中的较高热处理温度进行, 但不应超过另一侧钢材的临界点 $Ac1$ 。
- 有应力腐蚀倾向的焊缝应进行焊后热处理。
- 对容易产生焊接延迟裂纹的钢材, 焊后应及时进行热处理。当不能及时进行焊后热处理时, 应在焊后立即均匀加热至 $200^{\circ}\text{C}\sim 300^{\circ}\text{C}$, 并保温缓冷。加热保温范围应与焊后热处理要求相同。

9.2.2 热处理厚度

按表 9-1 进行焊后热处理时, 热处理厚度应为焊接接头处较厚的工件厚度。但下列情况除外:

- 支管连接时, 热处理厚度应是主管或支管的厚度, 而不计入支管连接件 (包括整体补强或非整体补强件) 的厚度。但如果任一截面上支管连接的焊缝厚度大于表 9-1 所列厚度的 2 倍时, 应进行焊后热处理。支管连接的焊缝厚度计算应符合表 9-3 的规定。

表 9-3 支管连接结构的焊缝厚度

支管连接结构形式	焊缝厚度
焊接支管 (安放式), 见图 7-7 (a)	\bar{T}_{b+t_c}
焊接支管 (插入式), 见图 7-7 (b)	\bar{T}_{h+t_c}
补强圈补强的焊接支管 (安放式), 见图 7-7 (c)	\bar{T}_{b+t_c} 或 \bar{T}_r+t_c , 取较大者
补强圈补强的焊接支管 (插入式), 见图 7-7 (d)	$\bar{T}_h + \bar{T}_r + t_c$
鞍形补强件补强的焊接支管见图 7-7 (e)	\bar{T}_{b+t_c}

- 对用于平焊法兰、承插焊法兰、公称直径小于等于 50mm 的管子连接角焊缝和螺纹接头的密封焊缝、以及管道支吊架与管道的连接焊缝, 如果任一截面的焊缝厚度大于表 9-1 所列厚度的 2 倍时, 应进行焊后热处理。但下述情况可不要求热处理:

- 碳钢材料, 当焊缝厚度 $\leq 16\text{mm}$ 时, 任意厚度的母材都不需要进行热处理。

2) 铬钼合金钢材料 ($Cr \leq 10\%$), 当焊缝厚度 $\leq 13\text{mm}$ 时, 如果预热温度不低于表 8-1 推荐的最低值, 且母材规定的最小抗拉强度小于 490MPa , 则任意厚度的母材都不需要进行热处理。

3) 对于铁素体钢材料, 当焊缝采用奥氏体或镍基填充金属时, 不需进行热处理。但应考虑操作条件 (如高温下不同线膨胀系数或腐蚀等) 对焊缝不产生有害影响。

9.3 加热和冷却

9.3.1 热处理应保证温度的均匀性和温度控制, 可采用炉内加热、局部火焰加热、电阻或电感应等加热方法。可采用炉冷、空冷、局部加热、绝热或其它合适的方法来控制冷却速率。

9.3.2 一般情况下, 热处理的加热和冷却速率应符合下列规定:

a) 当温度升至 400°C 以上时, 加热速率应不大于 $205 (25/T)^\circ\text{C/h}$, 且不得大于 205°C/h ; (T 为热处理部位的最大厚度, 下同)

b) 保温后的冷却速率不应大于 $260 (25/T)^\circ\text{C/h}$, 且不得大于 260°C/h , 400°C 以下可自然冷却。

9.4 热处理温度的测量

9.4.1 热处理温度应采用热电偶或其它合适的方法进行测量, 热电偶采用电容储能放电焊的规定同 8.3.2。

9.4.2 宜采用自动测温记录仪在整个热处理过程中连续测量记录热处理温度。测温记录仪在使用前应经校验合格。

9.5 硬度检查

9.5.1 要求焊后热处理的焊缝、热弯和热成形加工的管道元件, 热处理后应测量硬度值。焊缝的硬度测定区域应包括焊缝和热影响区, 热影响区的测定区域应紧邻熔合线。

9.5.2 硬度检查数量:

a) 表 9-1 中有硬度值要求的材料, 炉内热处理的每一热处理炉次应至少抽查 10% 进行硬度值测定; 局部热处理者应 100% 进行硬度值测定。

b) 表 9-1 中未注明硬度值要求的材料, 每炉 (批) 次应至少抽查 10% 进行硬度值测定。

9.5.3 除设计另有规定外, 焊缝热处理后的硬度值应符合下列规定:

a) 表 9-1 中有硬度值要求的材料, 焊缝和热影响区的硬度值应符合表 9-1 的规定。

b) 表 9-1 中未注明硬度值要求的材料, 焊缝和热影响区的硬度值: 碳钢不应大于母材硬度值的 120%; 其他材料不应大于母材硬度值的 125%。

9.5.4 异种金属材料焊接时, 两侧母材和焊缝均应符合表 9-1 规定的各自硬度值范围。

9.6 替代热处理

正火、正火加回火或退火可代替焊接、弯曲或成形后的消除应力热处理, 但焊缝和母材的力学性能应符合相应标准和规范要求。

9.7 热处理基本要求的变更

9.7.1 设计可根据具体工况条件, 变更或调整消除应力热处理的基本要求, 包括规定更为严格的要求 (如对厚度较薄材料的热处理和硬度限制); 也可放宽或取消热处理和硬度试验要求。

9.7.2 当设计放宽消除应力热处理和硬度试验要求时, 设计应具备可供类比的成功使用经验, 并考虑工作温度及其影响、热循环频率及其强度、柔性分析的应力水平、脆性破坏及其它有关因素。此外还应进行包括焊接工艺评定在内的有关试验。

9.8 分段热处理

当装配焊接后的管道不能整体进炉热处理时, 允许分段热处理。分段处应有宽度 $\geq 300\text{mm}$ 的搭接带。分段热处理时, 炉外的部分应适当保温, 防止较大的温度梯度。

9.9 局部热处理

局部热处理时，加热范围应包括主管或支管的整个环形带均达到规定的温度范围。加热环形带应有足够的宽度。焊缝局部热处理的加热范围每侧应不小于焊缝宽度的3倍；弯管局部热处理的加热范围应包括弯曲或成形部分及其两侧至少25mm的宽度。加热带以外部分应在100~150mm范围保温。

9.10 重新热处理

热处理后进行焊接返修、弯曲、成形加工，或硬度检查超过规定要求的焊缝，应重新进行热处理。

10 装配和安装

10.1 一般规定

10.1.1 管道装配应按管道轴测图规定的数量、规格、材质选配管道组成件，并按轴测图标明管道系统号和按装配顺序标明各组成件的顺序号。管道安装应按照上述标注的管道系统号和装配顺序号进行。

10.1.2 自由管段和封闭管段的选择应合理，封闭管段应按现场实测的安装长度加工。自由管段和封闭管段的加工尺寸允许偏差应符合表10-1的规定。

表 10-1 自由管段和封闭管段的加工尺寸允许偏差 mm

项 目		允许偏差	
		自由管段	封闭管段
长 度		±10	±1.5
法兰密封面与管子 中心线垂直度	DN<100	0.5	0.5
	100≤DN≤300	1.0	1.0
	DN>300	2.0	2.0
法兰螺栓孔对称水平度		±1.6	±1.6

10.1.3 装配管段应具有足够的刚性，必要时可进行加固，以保证在存放、运输过程中不变形。装配完毕的管段，应将内部清理干净，及时封闭管口。

10.1.4 除设计有预拉伸或预压缩的要求外，管道装配和安装时，不得强力对接、加偏垫或加多层垫等方法来消除接头端面间的空隙、偏斜、错口或不同心等缺陷。也禁止采用任何扭曲方法进行组对。

10.1.5 管道穿越墙、道路或铁路时应设套管加以保护，在套管内的管段不应有焊缝存在。管子与套管的间隙应以不燃烧的软质材料填满。

10.1.6 管道装配和安装过程中的焊接、热处理、检验、检查和试验应符合本规范相应章节及规范第5部分（GB/T20801.5-2006）的规定。

10.2 法兰连接

10.2.1 应检查法兰密封面及密封垫片，不得有影响密封性能的划痕、斑点等缺陷，否则应予修理或更换。

10.2.2 一对法兰密封面间只允许使用一个垫片。当大直径垫片需要拼接时，应采用斜口搭接或迷宫式拼接，不得平口对接。

10.2.3 法兰接头装配应与管道同心，并应保证螺栓自由穿入。法兰螺栓孔应跨中安装。法兰间应保持平行，其偏差不得大于法兰外径的0.15%，且不得大于2mm。

法兰接头装配时，垫片应均匀地压缩到预定的设计载荷。不得用强紧螺栓的方法消除法兰接头的歪斜。

10.2.4 法兰接头装配应使用同一规格螺栓，安装方向应一致。螺栓紧固后应与法兰紧贴，不得有楔缝。需加垫圈时，每个螺栓不应超过一个。所有螺母应全部拧入螺栓。任何情况下，螺母上未完全啮合的螺纹应不大于1个螺距。

10.2.5 法兰接头装配时，如两个法兰的压力等级或力学性能有较大差别时，应予特别注意。宜将螺栓拧紧至预定的扭矩。

10.2.6 高温或低温管道法兰的螺栓，在试运行时应按下列规定进行热态紧固或冷态紧固：

- a) 管道热态紧固、冷态紧固温度应符合表 10-2 的规定。
- b) 热态紧固或冷态紧固应在达到工作温度 2 小时后进行。
- c) 紧固螺栓时，管道最大内压应根据设计压力确定。当设计压力小于或等于 6MPa 时，热态紧固最大内压应为 0.3MPa；当设计压力大于 6MPa 时，热态紧固最大内压应为 0.5MPa。冷态紧固应卸压后进行。
- d) 紧固应适度，并应有安全技术措施，保证操作人员安全。

表 10-2 管道热态紧固、冷态紧固温度 ℃

管道工作温度	一次热、冷态紧固温度	二次热、冷态紧固温度
250~350	工作温度	—
>350	350	工作温度
-20~-70	工作温度	—
<-70	-70	工作温度

10.3 螺纹连接

10.3.1 用于螺纹的保护剂或润滑剂应适用于工况条件，并对输送的流体或管道材料均不应产生不良影响。

10.3.2 进行密封焊的螺纹接头不得使用螺纹保护剂和密封材料。

10.3.3 采用垫片密封而非螺纹密封的直螺纹接头应符合规范第 3 部分(GB/T20801.3-2006) 3.4.6 的规定。直螺纹接头与主管焊接时，应防止密封面变形。

10.3.4 螺纹接头采用密封焊时，外露螺纹应在整个周长密封焊接，并由合格焊工施焊。

10.3.5 应采取防止螺纹接头因热膨胀导致的螺纹松动。

10.4 其他型式的连接

10.4.1 管接头

a) 扩口管接头装配前，对扩口的密封面应进行检查，有缺陷的扩口应予修理或报废。

b) 对于非扩口压合型管接头，如管接头制造厂的说明书中规定螺母拧紧圈数时，应从用手将螺母拧紧后开始计算。

10.4.2 铸铁管承插接头

a) 承插接口的最小轴向间隙应根据管子长度、介质温度和施工时的气温等因素确定。沿直线铺设的铸铁管道承插接口环形间隙应均匀。

b) 承插接口时应保证承插口与填料的良好结合。打实的油麻填塞深度应为承插深度的 1/3，且不应超过承口三角凹槽的内边。

c) 用水泥填充的铸铁管承插接头应有防止接头松开的合理支承措施。

10.4.3 填料函接头

用于吸收热膨胀的填料函接头，在承口底部应留有适当的膨胀间隙。

10.4.4 其他型式的接头连接，诸如钎焊接头、粘接接头、胀接接头等的装配和安装应按相关标准、设计文件和制造厂的说明书要求进行。

10.5 管道预拉伸（或压缩）

管道预拉伸（或压缩，下同）应符合设计文件规定。进行预拉伸前应满足下列要求：

a) 预拉伸区域内固定支架间所有焊缝（预拉口除外）应焊接完毕并经检验合格。需热处理的焊缝应完成热处理工作；

b) 预拉伸区域支、吊架应安装完毕，固定支架应安装牢固。预拉口附近的支、吊架应预留

足够的调整裕量，支、吊架弹簧应按设计值进行调整，并临时固定，不使弹簧承受管道载荷；

c) 预拉伸区域内的所有连接螺栓应拧紧。

10.6 连接设备的管道

10.6.1 管道与设备的连接应在设备安装定位并紧固地脚螺栓后进行。连接机器的管道，其最后焊接的固定焊缝应远离机器。

10.6.2 对不允许承受附加外荷载的机器，管道与机器连接应符合下列规定：

a) 管道与机器连接前，应在自由状态下检验法兰的平行度和同心度，允许偏差应符合表 10-3 的规定。

表 10-3 法兰平行度、同心度允许偏差

机器转速 r/min	平行度 mm	同心度 mm
3000-6000	≤0.15	≤0.50
>6000	≤0.10	≤0.20

b) 管道系统与机器最终连接时，应在联轴器上架设百分表监视机器位移。当转速大于 6000r/min 时，其位移值应小于 0.02mm；当转速小于或等于 6000r/min 时，其位移值应小于 0.05mm。

10.6.3 管道安装后，不得承受设计以外的附加荷载。

10.6.4 大型贮罐的管道与泵或其他有独立基础的设备连接，或贮罐底部管道沿地面敷设在支架上时，应注意贮罐基础沉降的影响。此类管道应在贮罐液压试验后安装；或将贮罐接口处法兰在液压试验且基础初阶段沉降后再连接。

10.7 埋地管道

10.7.1 埋地管道的防腐层应按设计要求在安装前完成。运输和安装时应采取保护措施防止防腐层损坏。埋地前应进行检查，被损坏的防腐层应及时进行修补。焊缝部位未经检验合格不得作防腐层处理。

10.7.2 必要时，可增加阴极保护措施。

10.7.3 埋地管道应经防腐层检测和严密性试验，并按隐蔽工程验收，合格后方可回填土。

10.8 夹套管

夹套管安装除应符合本规范其它章节和本章的有关规定外，还应符合下列规定：

10.8.1 夹套管焊缝布置应符合下列规定：

a) 直管段对接焊缝的间距，内管不应小于 200mm，外管不应小于 100mm。

b) 环向焊缝距管架的净距不应小于 100mm，且不得留在过墙或楼板处。

c) 水平管段外管剖切的纵向焊缝，应置于易检修的部位。

d) 内管焊缝上不得开孔或连接支管段。外管焊缝上应尽量避免开孔或连接支管，否则应符合 7.6 d) 的规定。

10.8.2 夹套管的连通管安装应符合设计文件的规定。连通管应排放流畅，防止存液，避免堵塞通路。

10.9 阀门

10.9.1 当阀门与管道以法兰或螺纹方式连接时，阀门应在关闭状态下安装；当阀门与管道以焊接方式连接时，阀门不得关闭，且宜采用氩弧焊打底。

10.9.2 阀门不得强行组对连接或承受外加重力负荷，以防止由于附加应力而损坏阀门。

10.9.3 安全阀的安装应符合下列规定：

a) 安全阀应垂直安装；

b) 管道试运行前，应及时调校安全阀；

c) 安全阀的最终调校宜在系统上进行，开启和回座压力应符合设计文件的规定；

d) 安全阀经最终调校合格后应铅封，并应填写“安全阀最终调试记录”。

10.10 管道补偿装置

10.10.1 Π 形膨胀弯管的安装应符合下列规定：

- a) 应按设计文件规定进行预拉伸或预压缩，允许偏差为预伸缩量的 10%，且不大于 10mm。
- b) 水平安装时，平行臂应与管道坡度相同，两垂直臂应平行。
- c) 铅垂安装时，应设置排气及疏水装置。

10.10.2 波形膨胀节的安装应符合下列规定：

- a) 应按设计文件规定进行预拉伸或预压缩，受力应均匀。
- b) 波形膨胀节内套有焊缝的一端，在水平管道上应迎介质流向安装，在铅垂管道上应置于上部。
- c) 波形膨胀节应与管道保持同轴，不得偏斜。
- d) 安装波形膨胀节时，应设临时约束装置，待管道安装固定后再拆除临时约束装置。

10.11 支吊架

管道支吊架的安装除应符合下列规定外，还应符合 GB/T17116.1 第 7 章和设计文件的规定。

10.11.1 管道安装时，应及时进行支、吊架的固定和调整工作。支、吊架位置应正确，管子和支承面接触应良好。

10.11.2 无热位移的管道吊架其吊杆应垂直安装；有热位移的管道吊架其吊点应设在位移的相反方向，按位移值的 1/2 偏位安装。两根热位移方向相反或位移值不等的管道不得同时使用同一吊杆。

10.11.3 固定支架应在补偿装置预拉伸或预压缩前固定。导向支架或滑动支架的滑动面应洁净平整，不得有歪斜和卡涩现象。

10.11.4 弹簧支、吊架的弹簧安装高度应按设计文件规定进行调整。弹簧支架的临时固定件应待系统安装、试压、隔热完毕后方可拆除。

10.11.5 支吊架的焊接应由合格焊工施焊，并不得有漏焊、欠焊或焊接裂纹等缺陷。管道与支架焊接时，管道不得有咬边、烧穿等现象。

10.11.6 从有热位移的主管引出小直径的支管时，支管的支架类型和结构应符合设计要求，并不应限制主管的位移。

10.11.7 不得在滑动支架底板处临时点焊定位。仪表及电气的支撑件不得焊在活动支架上。

10.12 静电接地

10.12.1 有静电接地要求的管道，各段间应导电良好。每对法兰或螺纹接头间电阻值大于 0.03Ω 时，应设导线跨接。

10.12.2 管道系统的对地电阻值超过 100Ω 时，应采取措施或设两处接地引线。接地引线宜采用焊接形式。

10.12.3 有静电接地要求的不锈钢管和钛管道，导线跨接或接地引线不得与钛管道及不锈钢管道直接焊接，应采用与管材相同材料的接地板过渡。

10.12.4 静电接地安装完毕后，必须进行测试，电阻值超过规定时应进行调整。

11 不锈钢和有色金属管道

不锈钢和有色金属管道的制作、装配和安装除应符合本规范以上各章节的有关规定外，还应符合下列要求。

11.1 防护基本要求

11.1.1 不锈钢和有色金属管道组成件的制作和装配应有专门的场地和专用工装，不得与黑色金属制品或其他产品混杂。工作场所应保持清洁、干燥，严格控制灰尘。

11.1.2 管道吊装用的钢丝绳、卡扣不得与管道直接接触，应用木板或石棉制品等进行隔离。制作、安装过程中应避免不锈钢和有色金属管材表面划伤和机械损伤。

11.1.3 现场交叉安装不锈钢和有色金属管道时，应采取可靠的遮挡防护措施控制不锈钢和有色金属管道表面的机械损伤以及其他管道切割、焊接时的飞溅物对其造成的污染。

11.2 不锈钢管道

11.2.1 安装不锈钢管道时，不得使用可能造成铁离子污染的铁质工具。

11.2.2 不锈钢管道法兰用非金属垫片的氯离子含量不得超过 50ppm。不锈钢管道与碳钢支吊架之间应垫入不锈钢或氯离子含量不超过 50ppm 的非金属垫片。

11.2.3 不锈钢焊件坡口两侧各 100mm 范围内，在施焊前应采取防止焊接飞溅物沾污焊件表面的措施。

11.2.4 有耐蚀、洁净、美观要求的奥氏体不锈钢焊缝应进行酸洗、钝化处理。酸洗后的不锈钢表面不得有残留酸洗液，不得有颜色不均匀的斑痕。钝化后应用水冲洗，呈中性后擦干水迹。

11.3 铝及铝合金管道

11.3.1 铝管扩口翻边使用胎具时可不加热，当需要加热时，温度应为 150℃~200℃。管口翻边后不应有裂纹及表面拉痕等缺陷。

11.3.2 可根据接头形式、焊接位置及工况条件，在焊缝背面加临时垫环或永久性垫环。加垫环的焊接接头应内壁齐平。

永久性垫环的材质应符合设计规定，垫环表面必须清洁且无划伤、碰伤，装配时应避免表面机械损伤。临时垫环应采用对焊缝质量无不良影响的材质。

11.4 铜及铜合金管道

11.4.1 焊接连接时，紫铜管道应采用钨极氩弧焊或等离子焊接方法，不应采用氢—氧焰焊接。黄铜管道应采用氧—乙炔焰或氢—氧焰焊接。

11.4.2 扩口翻边连接的铜管应保持同轴，当公称直径小于等于 50mm 时，其允许偏差应不大于 1mm；当公称直径大于 50mm 时，其允许偏差应不大于 2mm。

扩口翻边的加热温度应为 300~350℃。

11.5 镍及镍合金管道

11.5.1 管道制作、安装时，不得使用可能造成铁离子污染的铁质工具，应使用不锈钢制工具和专用砂轮片。焊接时坡口两侧的防护应符合 11.2.3 的规定。

11.5.2 管道连接使用的卡具不宜直接焊在管道上，否则卡具材质应与管道成分相近。卡具的拆除应用砂轮磨削，不得采用敲打、掰扭等方法。

11.5.3 焊接时应严格控制焊接热输入和层间温度，防止接头过热。对于小直径的管子，焊接中宜采取在焊缝两侧加装冷却铜块或用湿布擦拭焊缝两侧等措施，减少焊缝在高温的停留时间，增加焊缝的冷却速度。

11.6 钛及钛合金管道

11.6.1 扩口翻边应尽量加热到 300~400℃ 时进行，翻边不应出现裂口、拉痕、划伤、缩颈等缺陷。

11.6.2 管道与支吊架、支座或钢结构之间应垫入石棉制品或其他对钛无害的材料。

11.6.3 施焊前和焊接过程中应防止坡口污染。每焊完一道焊缝都必须进行焊层表面颜色检查。表面颜色不合格者，应立即除去，然后重焊。表面颜色检查参照相关标准执行。

12 管道清理、吹扫和清洗

12.1 一般规定

12.1.1 管道清理、吹扫和清洗（简称“吹洗”，下同）应考虑管道制作、装配、存放、安装

和检验、检查、试验期间造成的污染和腐蚀产物对管道使用的影响。

12.1.2 对于强氧化性流体（如氧或氟）管道，应在管道装配后、安装前分段或单件进行脱脂，包括所有组成件与流体接触的表面均应脱脂。应避免残存的脱脂介质与氧气形成危险的混合物。

12.1.3 带控制点的工艺流程图和设计施工图上应标明吹扫、清洗方法管道的预留位置。管道吹扫、清洗方案应在管道安装之前提出。

12.1.4 吹洗方法应根据管道的使用要求、工作介质及管道内表面的脏污程度确定。

- a) 公称直径大于或等于 600mm 的液体或气体管道宜采用人工清理。
- b) 公称直径小于 600mm 的液体管道宜采用水冲洗。
- c) 公称直径小于 600mm 的气体管道宜采用空气吹扫。
- d) 蒸汽管道应采用蒸汽吹扫。非热力管道不得采用蒸汽吹扫。
- e) 有特殊要求的管道应按设计文件规定采用相应的吹洗方法。

12.1.5 管道吹洗前，不应安装孔板以及法兰或螺纹连接的调节阀、重要阀门、节流阀、安全阀、仪表等。焊接连接阀门和仪表应采取流经旁路或卸掉阀芯，并对阀座加保护套等保护措施。

12.1.6 不允许吹洗的设备及管道应与吹洗系统隔离。

12.1.7 已清理、吹扫或清洗干净的管道组成件、装配管段或整个管道系统应及时采取封闭管口或充氮保护等措施防止再污染。

12.2 水冲洗

管道水冲洗时应使用洁净水。冲洗奥氏体不锈钢管道时，水中氯离子含量不得超过 50ppm。

12.3 空气吹扫

空气吹扫时的吹扫压力不得超过容器和管道的设计压力。

12.4 蒸汽吹扫

12.4.1 蒸汽吹扫前，应先行暖管、及时排水，并应检查管道热位移。蒸汽吹扫应按加热——冷却——再加热的顺序循环进行。吹扫时管道附近不得放置易燃物。

12.4.2 蒸汽吹扫用的临时管道应按蒸汽管道的技术要求安装，吹扫时应设置禁区。

12.5 化学清洗

12.5.1 操作人员应穿专用防护服装，并应根据不同清洗液对人体的危害，佩带护目镜、防毒面具等防护用具。

12.5.2 清洗液的配方必须经过鉴定，并曾在生产装置中使用过，经实践证明是有效可靠的。

12.5.3 化学清洗后的废液处理和排放应符合环境保护的规定。

1. 范围

GB/T20801.5-2006 系“压力管道规范—工业管道”的第 5 部分，规定了工业金属压力管道的检验、检查和试验的基本安全要求。

本部分未规定的其他检验、检查和试验要求应符合规范（GB/T20801-2006）其他部分以及国家现行有关标准、规范的规定。

2. 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本规范的引用而成为本规范的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本规范达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本规范。

GB/T20801.1-2006	压力管道规范——工业管道 第 1 部分 总则
GB/T20801.2-2006	压力管道规范——工业管道 第 2 部分 材料
GB/T20801.3-2006	压力管道规范——工业管道 第 3 部分 设计与计算
GB/T20801.4-2006	压力管道规范——工业管道 第 4 部分 制作与安装
GB/T20801.6-2006	压力管道规范——工业管道 第 6 部分 安全防护
JB 4730	锅炉、压力容器及压力管道无损检测

3. 术语和定义

3.1 检验 inspection

检验是由业主或独立于管道建造以外的检验机构，证实产品或管道建造是否满足规范和工程设计要求的符合性评审工作。

本规范对管道组成件制造厂出具的质量证明书的质量控制过程亦称为“检验”。

3.2 检验人员 inspection

检验人员是业主或检验机构从事检验工作的专职人员。检验人员有权进入任何正在进行管道组成件制造和管道制作、安装的场所，其中包括制造、制作、热处理、装配、安装、检查和试验的场所。

检验人员有权审查任何检查和试验结果的记录，包括有关证书，并按照规范和工程规定进行评定。

3.3 检查 examination

检查是指制造厂、制作、施工、安装单位履行的质量控制职责。应由检查人员按照规范和工程设计要求，对材料、组成件以及加工、制作、安装过程，进行全部必须的检查和试验，并作好相关记录，提出评价结果。

3.4 检查人员 examination personnel

应由独立于制造、制作、安装的部门担任，并由具备相关专业技能和资质的专职人员从事检查工作。

检查人员应通过检查和试验作好记录并提出评价结果，妥善保存以备检验人员评审。

4 检查要求

4.1 一般规定

在进行检查前,管道的安装,每个组成件和制作、加工工艺文件应按本规范第4章有关要求进行检查。任何工程设计要求的附加检查以及验收标准均应予以规定。

a) 规范第2部分(GB/T20801.2-2006)表A-1所列铬钼合金钢管道的检查应在全部热处理结束后再进行。

b) 对于支管的焊接以及承压焊缝的返修都应在补强圈或鞍形补强件焊接之前完成。

4.2 超标缺陷的处理

受检件有超过本规范验收标准的缺陷时,应予返修或更换。新件应按原件的要求用相同的方法在相同的范围用相同的验收标准重新检查。

4.3 累进检查

当局部或抽样检查发现超标缺陷时,应按下列规定处理:

a) 另取两个相同件(如为焊接接头,应为同一焊工所焊的同一批焊接接头)进行相同的检查;

b) 如a)要求增加的被检件检查合格,则附加检查所代表的全部件数均应为合格,有缺陷件应予返修或更换并进行重新检查;

c) 如a)要求增加的被检件中任何一件发现有超标缺陷,则每个有缺陷件应再增加两个相同件进行检查;

d) 如所有c)要求的被检件都合格,则附加检查所代表的全部件数均应为合格。有缺陷件应予返修或更换并进行重新检查;

e) 如c)要求的被检件中任何一件发现有超标缺陷,则该批全部都应进行检查,不合格者应进行返修或更换,再进行必要的重检。

5 检查类型和方法

5.1 一般规定

5.1.1 方法

除5.1.2规定外,本规范、工程设计或检验人员要求的任何检查均应按本规范第5章规定的方法之一进行。

5.1.2 专门方法

如使用本条中未予规定的方法,应在工程设计中将它及其验收标准书面规定,以便对所需工艺及检查人员进行评定。

5.1.3 检查比例

检查比例按下列规定:

100%检查:在指定的一批管道^[1]中,对某一具体项目进行全部检查;

抽样检查^[2]:在指定的一批管道^[1]中,对某一具体项目的某一百分数,进行全部检查;

局部检查^[2]:在指定的一批管道^[1]中,对某一具体项目的每一件,进行规定的部份检查。

注1:指定批是本规范中用于检查要求考虑的管道数量。指定批数量和程度宜由合同双方在工作开始前协议规定。对不同种类的管道制作、安装工作,可以规定不同的“批”。

注2:抽样或局部检查将不保证制造产品质量水平。在被代表检查的一批管道中,未检查部分可能在进一步检查中会暴露缺陷。如果要对某一批管道,要求不存在射线照相规定的超标焊缝缺陷时,应规定100%的射线照相检查。

5.2 目视检查

目视检查是对易于观察或能暴露检查的组成件、连接接头及其它管道元件的部分在其制造、制作、装配、安装、检查或试验之前、进行中或之后进行观察。这种检查包括核实材料、

组件、尺寸、接头的制备、组对、焊接、粘接、钎焊、法兰连接、螺纹或其它连接方法、支承件、装配以及安装等的质量是否达到规范和工程设计的要求。

5.3 无损检测

焊接接头的无损检测分为磁粉检测、渗透检测、射线检测、超声波检测，检测方法按 JB4730 的规定进行。

5.4 制作过程中的检查

5.4.1 检查内容

- a) 接头的制备和清洗；
- b) 预热；
- c) 连接前的装配、连接间隙以及内侧对准；
- d) 连接工艺规定的变素，包括填充材料、焊接位置等；
- e) 焊接清理后的根部焊道(包括外侧和可及内侧)状况，当工程设计有规定时，可辅之以磁粉检测或渗透检测；
- f) 焊渣的清除和焊道间焊缝情况；
- g) 完工后接头外观。

5.4.2 检查方法

除在工程设计中另有规定外，按 5.2 条进行目视检查。

5.5 硬度检查

焊接接头、热弯以及热成形组件的硬度检查用于检查热处理工艺的可靠性。

6 检查范围

6.1 检查等级

6.1.1 一般规定

- a) 压力管道的检查等级分为 I、II、III、IV、V 五个等级，其中 I 级最高，V 级最低；
- b) 压力管道应按 6.1.2 和 6.1.3 确定检查等级，并取其较高者。

6.1.2 按管道级别和剧烈循环工况确定管道检查等级：

- a) GC3 级管道的检查等级应不低于 V 级；
- b) GC2 级管道的检查等级应不低于 IV 级；
- c) GC1 级管道的检查等级应不低于 II 级；
- d) 剧烈循环工况管道的检查等级应不低于 I 级。

6.1.3 按材料类别和公称压力确定管道检查等级：

- a) 除 GC3 级管道外，公称压力不大于 PN50 的碳钢管道（本规范无冲击试验要求）的检查等级应不低于 IV 级；
- b) 除 GC3 级管道外，下列管道的检查等级应不低于 III 级：
 - 1) 公称压力不大于 PN50 的碳钢（本规范要求冲击试验）管道；
 - 2) 公称压力不大于 PN110 的奥氏体不锈钢管道。
- c) 下列管道的检查等级应不低于 II 级：
 - 1) 公称压力大于 PN50 的碳钢（本规范要求冲击试验）管道；
 - 2) 公称压力大于 PN110 的奥氏体不锈钢管道；
 - 3) 低温含镍钢、铬钼合金钢、双相不锈钢、铝及铝合金管道；
- d) 下列管道的检查等级应不低于 I 级：
 - 1) 钛及钛合金、镍及镍基合金、高铬镍钼奥氏体不锈钢管道；
 - 2) 公称压力大于 PN160 的管道。

6.2 目视检查

6.2.1 目视检查的范围

a) GC2、GC3 级管道应按本规范 5.2 条规定，对以下项目进行目视检查：

1) 随机选择足够数量的材料和管道组成件；

2) 100%的纵缝（按规范第 2 部分（GB/T20801.2-2006）表 A-1 和规范第 3 部分（GB/T20801.3-2006）表 5-10 所列管道组成件材料和型式尺寸标准制造的产品中所含纵缝除外）；

3) 抽样检查管道的螺纹、法兰连接和其它接头。如管道需进行气压试验时，所有螺纹、螺栓连接及其它接头均应进行检查；

4) 管道安装时的抽样检查，包括组对、支撑件和冷紧的检查；

5) 焊缝目视检查比例应符合表 5-1 的要求，应对每一焊工或焊接操作工所焊的焊缝进行检查。

b) GC1 级管道的目视检查

除 6.2.1a) 外，尚应包括：

除 6.2.1 a) 1) 外，所有制作、安装及焊缝均应进行 100%目视检查；所有螺纹、螺栓以及其它连接接头均应进行 100%目视检查。

c) 剧烈循环工况管道的目视检查

除 6.2.1 b) 外，所有安装管道应校核尺寸和偏差。支架、导向件和冷紧点都应检查以保证管道的位移能适应开车、操作和停车等所有的工况，不发生卡住和意外约束的现象。

6.2.2 焊接接头目视检查应按表 5-2 的规定。

6.3 焊接接头无损检测

6.3.1 焊接接头表面无损检测

a) 检查比例应不低于表 5-1、表 5-3 的规定。

b) 有再热裂纹倾向的焊接接头应在焊接及热处理后各进行一次表面无损检测。

c) 验收标准按 JB4730 I 级合格（PT 或 MT）。

6.3.2 焊接接头的射线照相检测和超声波检测

a) 检查比例应不低于表 5-1、表 5-3 的规定，抽样检查时，固定焊的焊接接头不得少于检测数量的 40%。

b) 管道的名义厚度小于或等于 30mm 的对接环缝应采用射线照相检测，名义厚度大于 30mm 的对接环缝可采用超声波检测代替射线照相检测；当规定采用射线照相检测但由于条件限制需改用超声波检测代替时，应征得设计单位和建设单位的同意。

c) 焊接接头的射线照相检测和超声波检测验收标准为：

1) 焊接接头射线照相或超声波检测的质量等级评定按下列规定：

①环缝按 JB 4730 压力管道环焊缝；

②纵缝按 JB 4730 锅炉、压力容器对接焊缝；

③角焊缝及 T 型接头的超声波检测按 JB 4730 锅炉、压力容器焊缝。

2) 100%射线照相检测的焊接接头按 JB 4730 II 级合格，抽样或局部进行射线照相检测的焊接接头按 JB 4730 III 级合格；

3) 100%超声波检测的焊接接头按 JB4730 I 级合格，抽样或局部进行超声波检测的焊接接头按 JB 4730 II 级合格。

d) 管道的公称直径大于或等于 500mm 时，对每条环缝应按表 5-1 的检查比例进行局部检测。

管道的公称直径小于 500mm 时，可根据环缝接头数。按表 5-1 的检查比例进行抽样检测。凡进行检测的环缝，应包括其整个圆周长度。

e) 被检焊缝的选择应包括每个参加产品焊接的焊工或焊接操作工所焊的焊缝，同时也应在

最大范围内包括与纵缝的交叉点。当环缝与纵缝相交时，应包括检查长度不小于 38mm 的相邻纵缝。

6.3.3 局部无损检测的焊接接头位置及检查点应由建设单位或检验机构的检验人员选择或批准。

表 5-1 检查等级、方法和比例

检查等级 ^[1]	检查方法	焊缝类型及检查比例 %		
		对接环缝	角焊缝 ^[2]	支管连接 ^[3]
I	目视检查	100	100	100
	磁粉/渗透	100 ^[4]	100	100
	射线照相/超声波	100	/	100 ^[5]
II	目视检查	100	100	100
	磁粉/渗透	20 ^[4]	20	20
	射线照相/超声波	20	/	20 ^[5]
III	目视检查	100	100	100
	磁粉/渗透	10 ^[4]	/	10
	射线照相/超声波	10	/	/
IV	目视检查	100	100	100
	射线照相/超声波	5	/	/
V	目视检查	10	100	100

注 1：根据业主或工程设计要求，可采用较严格检查等级代替较低检查等级；

注 2：角焊缝包括承插焊和密封焊以及平焊法兰、支管补强和支架的连接焊缝；

注 3：支管连接焊缝包括支管和翻边接头的受压焊缝；

注 4：对碳钢、不锈钢及铝合金无此要求；

注 5：适用于 \geq DN100 的管道

表 5-2 焊接接头目视检查质量验收标准

检查等	I				II				III				IV				V			
缺陷类型	对接环缝	纵缝 ^[2]	角焊缝	支管连接	对接环缝	纵缝 ^[2]	角焊缝	支管连接	对接环缝	纵缝 ^[2]	角焊缝	支管连接	对接环缝	纵缝 ^[2]	角焊缝	支管连接	对接环缝	纵缝 ^[2]	角焊缝	支管连接
表面线性缺陷 ^[1]	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
表面气孔	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
外露夹渣	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
咬边	A	A	A	A	B	A	B	B	B	A	B	B	B	A	B	B	C	A	B	B
余高	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	E	E	E	E
符号说明：A（缺陷范围）：无明显缺陷 B（咬边深度）： $\leq 1\text{mm}$ 和 $\overline{T}_w / 4$ ^{[3][4]} C（咬边深度）： $\leq 1.5\text{mm}$ 和 $\overline{T}_w / 4$ 或 1mm ^{[3][4]} D（焊缝余高）： \overline{T}_w (mm) ^[4] 高度(mm) ≤ 6 , ≤ 1.5 $> 6, \leq 13$ ≤ 3.0 $> 13, \leq 25$ ≤ 4.0 > 25 ≤ 5.0									E（焊缝余高）：范围为上述 D 相应值的 1.5 倍 注 1：线性缺陷包括裂纹、未焊透、未熔合。 注 2：纵缝包括直缝和螺旋缝，但规范第 2 部分（GB/T20801.2-2006）表 A-1 和规范第 3 部分（GB/T20801.3-2006）表 5-10 所列管道组成件材料和型式尺寸标准制造的产品中所含纵缝除外。 注 3：两个极限数值用“和”分开时，其中较小的数值为合格值，两组数值用“或”分开时，则较大的数值为合格值。 注 4： \overline{T}_w 是对焊接头中两个连接件厚度较薄者的名义厚度。											

表 5-3 制作过程中纵缝检查方法和检查比例^[1] (%)

纵向焊接接头系数, Φ_w	目视检查	射线照相/超声波
≤ 0.85	100	/
0.90	100	10
1.00	100	100

注 1：规范第 2 部分（GB/T20801.2-2006）表 A-1 和规范第 3 部分（GB/T20801.3-2006）表 5-10 所列管道组成件材料和型式尺寸标准制造的产品中所含纵缝除外。

6.4 硬度检查

硬度检查按规范第 4 部分（GB/T20801.4-2006）9.5 条规定。检查范围包括焊缝及热影响区，热影响区的硬度检查应尽可能接近焊缝的边缘，对基体材料的硬度检查应尽可能在变形量较大之处。

7 检查工艺

检查应按本规范第 5 章中规定的一个方法(包括专门方法，见本规范 5.1.2)来进行。检验人员应审定工艺评定结果、日期、包括检查工艺的记录。

8 合格证和记录

检查人员应通过审阅合格证、质量证明书、标记和其它证明文件,确信材料和组成件均为规定等级并经过要求的热处理、检查和试验。检查人员应向检验人员提交一份说明规范和工程设计规定的全部质量控制要求已经执行的证明文件。

9 试验

9.1 压力试验

9.1.1 一般要求

a) 在初次运行前以及按第 6 章要求完成有关的检查后,每个管道系统应进行压力试验以保证其承压强度和密封性。除下述情况外,应按 9.1.3 规定进行液压试验:

1) 对 GC3 级管道,经业主或设计同意,可按 9.1.6 规定的初始运行压力试验代替液压试验;

2) 当业主或设计认为液压试验不切实际时,可用 9.1.4 中的气压试验来代替,或考虑气压试验的危险性,而用 9.1.5 中的液压-气压试验来代替;

3) 当业主或设计认为液压和气压试验都不切实际时,如果下列两种情况都存在时,则可用 9.1.7 规定的替代办法:

① 液压试验会损害衬里或内部隔热层,或会污染生产过程(该过程会由于有湿气而变为危险的、腐蚀的或无法工作),或在试验中由于低温而出现脆性断裂的危险;

② 气压试验的危险性,或在试验中由于低温而出现脆性断裂的危险。

b) 压力的限制

1) 如果试验压力会产生管道周向应力或轴向应力超过试验温度下的屈服强度时,可减至在该温度下不会超过屈服强度的最大压力。

2) 如果试验压力需保持一段时间,且系统中的试验流体会受热膨胀,应注意避免超压。

3) 在液压试验前,必要时可先用压力小于等于 170kPa 的空气进行试验,以找出泄漏点。

c) 其它试验要求

1) 压力试验保压时间不少于 10 分钟,并应检查所有接头和连接处有无泄漏和其它异常。

2) 压力试验应在全部热处理都已完成后进行。

3) 当压力试验在接近金属延性-脆性转变温度下进行,应考虑脆性破坏的可能性。

d) 试验的有关规定

1) 管道组成件可以单独进行试验,也可以装配在管道上与管道一起进行试验。

2) 试验时为隔离其它容器而插入盲板的法兰接头,不需进行试验。

3) 如果最后一条焊缝已按本规范 5.4 条进行制作过程中的检查,且进行 100%射线照相检测或 100%超声波检测合格,管道系统或组成件已按第 9 章通过压力试验,则连接这种管道系统或组成件的最后一条焊缝不需进行压力试验。

e) 夹套管

1) 内管的试验压力应按内部或外部设计压力的高者确定。如果需要按照 9.1.2a) 对内管接头作目视检查,此压力试验必须在夹套管完成之前进行。

2) 除工程设计中另有规定外,外管应按 9.1 条规定进行压力试验。

f) 如果压力试验后进行修补或增添物件,则受影响的管道应重新进行试验。经检验人员同意,对采取了预防措施保证结构完好的一些小修补或增添物件不需重新进行试验。

g) 应对每一管道系统作好试验记录,记录内容至少包括:

1) 试验日期;

2) 试验流体;

3) 试验压力;

4) 检查人员出具的检查结果合格证。

9.1.2 准备工作

a) 除按本规范预先进行过试验的接头可以包覆绝热层或覆盖层外,所有接头均不得包覆隔热层,以便压力试验时进行检查。如果要进行替代压力试验,所有接头均不应上底漆和油漆。

b) 输送蒸汽或气体的管道,必要时应加装临时支承件,以支承试验流体的重量。

c) 膨胀节

1) 依靠外部主固定架来约束端部压力荷载的膨胀节,应在管道系统现场试验。

2) 自约束膨胀节如已由制造厂进行过试验,则试验时可以和系统隔离。但要求进行替代压力试验时,则膨胀节应安装在系统中进行试验。

3) 带有膨胀节的管道系统没有临时接头或固定约束的情况下应按下列较小者压力进行试验:

①对波纹管膨胀节为 1.5 倍设计压力;

②按本规范第 9 章决定的系统试验压力。

在任何情况下,波纹管膨胀节的试验压力不得超过制造厂的试验压力。

4) 当系统试验压力大于上述 3) 规定的试验压力时,膨胀节应从管道系统移开,或必要时应采用临时约束以限制固定架载荷。

d) 不拟进行试验的容器在管道系统压力试验进行期间应与管道分离,或用盲板或其它方法将它与管道隔开,也可采用适合试验压力的阀门(包括其闭合机构)予以切断。

e) 试验用压力表已经校验,并在校验有效期内,其精度不得低于 1.6 级。表的满刻度值应为最大试验压力的 1.5~2.0 倍。压力表不得少于两块。

9.1.3 液压试验

a) 试验流体应使用洁净水,当对奥氏体不锈钢管道或对连有奥氏体不锈钢组成件或容器的管道进行试验时,水中氯离子含量不得超过 50ppm。如果水对管道或工艺有不良影响,有可能损坏管道时,可使用其它合适的无毒液体。当采用可燃液体进行试验时,其闪点不得低于 49℃,且应考虑到试验周围的环境。

b) 内压管道除 9.1.3d) 规定外,系统中任何一点的液压试验压力均应按下述规定:

1) 不得低于 1.5 倍设计压力;

2) 设计温度高于试验温度时,试验压力应不低于下式计算值:

$$P_T = 1.5PS_1/S_2$$

式中: P_T —试验压力, MPa;

P —设计压力, MPa;

S_1 —试验温度下,管子的许用应力, MPa;

S_2 —设计温度下,管子的许用应力, MPa;

当 S_1/S_2 大于 6.5 时,取 6.5。

c) 承受外压(或真空)的管道,其试验压力应为设计内、外压差的 1.5 倍,且不得低于 0.2MPa。

d) 管道与容器作为一个系统的液压试验

1) 当管道试验压力等于或小于容器的试验压力时,应按管道的试验压力进行试验;

2) 当管道试验压力大于容器的试验压力,而且要将管道与容器隔开也不切合实际时,且容器的试验压力大于等于 77%按 9.1.3 b) 2) 计算的管道试验压力时,则在业主或设计同意下,可按容器的试验压力进行试验。

9.1.4 气压试验

a) 气压试验时脆性破坏的可能应减至最少程度。设计在选材时必须考虑试验温度的影响。

b) 试验时应装有压力泄放装置,其设定压力不得高于 1.1 倍试验压力。

c) 用作试验的流体应是空气或其它不易燃和无毒的气体。

d) 承受内压的金属管道，气压试验压力应为设计压力的 1.15 倍，真空管道的试验压力应为 0.2MPa。

e) 试验程序

1) 试验前应进行预试验，预试验压力宜为 0.2MPa；

2) 试验时，应逐级缓慢增加压力，当压力升至试验压力的 50% 时，应进行初始检查。如未发现异常或泄漏，继续按试验压力的 10% 逐级升压（每级应有足够的保压时间以平衡管道的应变），直至试验压力。然后将压力降至设计压力，检查有无泄漏。

9.1.5 液压-气压试验

如果使用液压-气压结合试验，则 9.1.4 中要求应予满足，且管道被液体充填部份的压力不应超过 9.1.3b) 的规定。

9.1.6 初始运行压力试验

对 GC3 级管道，经业主或设计同意，可结合试车，用管道输送的流体进行压力试验。在管道初始运行时或运行前，压力应分级逐渐增加至操作压力，每级应有足够的保压时间以平衡管道应变。如果输送的流体是气体或蒸汽，则按 9.1.4e) 要求进行预试验。

9.1.7 压力试验的代替

压力试验的代替应符合 9.1.1a) 3) 的规定，同时满足下列要求时可免除压力试验：

a) 凡未经过本规范规定的液压或气压试验的焊缝，包括制造管道和管件的焊缝，均应按下述规定进行检查：

1) 环向、纵向以及螺旋焊焊接接头均应进行 100% 的射线照相检测或 100% 超声波检测；

2) 所有未包括在上述 1) 中的焊接接头，包括结构的连接焊焊接接头，应进行渗透检测，对于磁性材料则进行磁粉检查。

b) 按规范第 3 部分（GB/T20801.3-2006）第 7 章有关规定进行管道系统的柔性分析。

c) 系统应使用敏感气体或浸入液体的方法进行泄漏试验。试验要求应在设计文件中明确。试验压力应 $\geq 105\text{KPa}$ 或 25% 设计压力两者中较小值；应逐渐增加至 1/2 试验压力或 170Kpa（取较小值）时应进行初检，然后应分级逐渐增加至试验压力，每级应有足够的保压时间以平衡管道的应变。

9.2 泄漏试验

输送极度危害、高度危害流体以及可燃流体的管道应进行泄漏试验。泄漏试验应遵守下列规定：

a) 泄漏试验应在压力试验合格后进行，试验介质宜采用空气；

b) 泄漏试验压力应为设计压力；

c) 泄漏试验可结合试车工作一并进行；

d) 泄漏试验应重点检查阀门填料函、法兰或螺纹连接处、放空阀、排气阀、排水阀等，以发泡剂检查不泄漏为合格；

e) 经气压试验合格，且在试验后未经拆卸过的管道可不进行泄漏试验。

9.3 真空度试验

真空管道系统在压力试验合格后，还应按设计文件规定进行 24 小时的真空度试验，增压率应不大于 5%。增压率按下式计算：

$$\Delta P = \frac{P_2 - P_1}{P_1} \times 100\%$$

式中： ΔP —24 小时的增压率（%）；

P_1 —试验初始压力；

P_2 —试验初始压力。

10 记录

按本规范和工程设计要求的记录由管道设计、制造、制作和安装单位分别制备。

压力管道规范 工业管道

第 6 部分：安全防护

Pressure piping code—Industrial piping—Part 6: Safeguarding

2006—12—30 发布
2007—06—01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会
发布

前 言

本标准对应于 ISO 15649: 2001《石油和天然气工业管道》，与 ISO 15649: 2001 的一致性程度为非等效。

GB / T 20801《压力管道规范工业管道》由下列六个部分组成：

- 第 1 部分：总则；
- 第 2 部分：材料；
- 第 3 部分：设计和计算；
- 第 4 部分：制作与安装；
- 第 5 部分：检验与试验；
- 第 6 部分：安全防护。

本部分为 GB / T 20801 的第 6 部分。

本部分的附录 A 为规范性附录。

本部分由全国锅炉压力容器标准化技术委员会压力管道分技术委员会(SAC / 。 TC 262 / S(： 3)提出。

本部分由全国锅炉压力容器标准化技术委员会(SAC： / TC 262)归口。

本部分起草单位：全国化工设备设计技术中心站、上海润扬化工科技咨询有限公司、国家质检总局特种设备安全监察局、中国石化集团上海工程有限公司、中国石油化工集团公司经济技术研究院、中国石油化工集团公司工程建设管理部、辽宁省安全科学研究院。

本部分主要起草人：俞庆生、应道宴、夏德楷、高继轩、修长征、汪镇安、叶文邦、寿比南、王为国、黄正林、周家祥、唐永进、张宝江、于浦义、刘金山。

压力管道规范 工业管道 第6部分：安全防护

1 范围

本部分规定了 GB / T 20801.1 范围内压力管道的安全保护装置(安全泄放装置、阻火器)和安全防护的基本要求。本部分未规定的其他安全防护要求应符合本标准其他部分以及国家现行有关标准、规范的规定。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过 GB / T 20801 的本部分的引用而成为本部分的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本部分，然而，鼓励根据本部分达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本部分。

GB 150 钢制压力容器

GB 567—1999 爆破片和爆破片装置

GB 3836.12—1991 爆炸性环境用防爆电器设备气体或蒸汽混合物按照其最大试验安全间隙和最小点燃电流的分级(eqv IEC 60079—12: 1978)

GB / T 3840 制定地方大气污染物排放标准的技术方法

GB 5908 石油储罐阻火器

GB 12158 防止静电事故通用导则

GB / T 12241—2005 安全阀一般要求(ISO 4126—1: 1991, MOD)

GB / T 12242—2005 压力释放装置 性能试验规范

GB / T 12243—2005 弹簧直接载荷安全阀

GB 13347—1992 石油气体管道阻火器性能和试验方法

GB / T 20801.1—2006 压力管道规范工业管道第1部分：总则

GB / T 20801.3—2006 压力管道规范 工业管道 第3部分：设计和计算

GB 50016—2006 建筑设计防火规范

GB 50160 石油化工企业设计防火规范

GB 50187 工业企业总平面设计规范

HG / T 20570.2—1995 安全阀的设置和选用

SH / T 3413—1999 石油化工石油气管道阻火器选用、检验及验收

SY / T 10043—2002 泄压和减压系统指南

SY / T 10044—2002 炼油厂压力泄放装置的尺寸确定、选择和安装的推荐做法

3 术语和定义

3.1

安全泄放装置 safety relief device

在非火灾或火灾事故情况下，安全泄放装置由进口静压力作用开启，泄放流体，以防止系统内压力超过预定的安全值。安全泄放装置包括安全阀及爆破片装置。

3.2

安全阀 safety valve

由弹簧作用或导阀控制的阀门。当入口处的静压超过设定压力时，阀瓣上升，流体泄放，以防止系统内压力超过预定的安全值，当压力降至回座压力时，可自动关闭的一种安全泄放装置。

3.3

爆破片装置 rupture disk device

由爆破片和夹持器组成的一种不重新闭合的安全泄放装置，当爆破片两侧的压力差达到预定温度下的预定值时，爆破片发生破裂或脱落。

3.4

安全阀设定压力 set pressure Of the safety valve

在运行条件下安全阀阀瓣开始升起的进口静压力，又称为开启压力或整定压力。在该压力下，开始有可测量的开启高度，流体呈可由视觉或听觉感知的连续排出状态。

3.5

最大标定爆破压力 maximum marked burst pressure

同一批次的合格爆破片，在一定温度下进行爆破试验，试验得到的最大爆破压力为这一批次爆破片的最大标定爆破压力。

3.6

最大泄放压力 maximum relieving pressure

在泄放状态下，安全阀的阀瓣达到规定开启高度时的最大进口压力。对于爆破片装置，最大泄放压力系指爆破片发生破裂时压力系统承受的最大压力。

3.7

安全泄放量 required relief capacity

为了防止系统超压，安全泄放系统必须泄放的流量。

3.8

泄放面积 relief area

安全阀泄放时或爆破片破裂时的净流通面积。

3.9

切断阀 block valve; stop valve

用于隔断或连通管内流体的阀门。常用的切断阀包括闸阀、球阀、旋塞阀、蝶阀、隔膜阀以及阀孔大且流阻小的平面阀座截止阀。

3.10

独立压力系统 independent pressurize system

由一个或多个设备(容器)采用管道连接且中间无阀门隔断的压力系统，其两端设有可与其他系统隔断的阀门。

3.11

阻火器 flame arrester-

阻止火焰在管道内传播和蔓延的安全防护设备。

3.12

放空阻火器 venting flume arrester

安装在储罐的放空管道上，用以防止外部火焰传入储罐内，分为管端型和普通型。

管端型放空阻火器为阻爆燃型，其一端与大气相通，且顶部安装防风雨帽，以防止灰尘和雨水进入阻火器内部。

普通型放空阻火器分为阻爆燃型和阻爆轰型，其两端与管道相连，通过下游管道与大气相通。

3.13

管道阻火器 pipeline flame arrester

安装在密闭管道系统中，用以防止管道系统一端的火焰蔓延到另一端。分为阻爆燃型和阻爆轰型。

3.14

最大试验安全间隙 maximum experimental safe gap (MESG)

标准试验条件下(0.1 MPa、20℃)，火焰不能通过的最小狭缝宽度(狭缝长为 25 mm)。

4 安全泄放装置

4.1 一般规定

4.1.1 安装的安全泄放装置应能够防止系统或其中的任一部分发生超压事故。

4.1.2 自动控制仪表和事故联锁装置一般不得代替安全泄放装置作为系统的保护设施，但无法安装安全泄放装置且控制仪表或联锁装置的可靠性不低于安全泄放装置的情形除外。

4.1.3 安装安全泄放装置时，应考虑以下可能产生超压的因素：

- a) 设备或管道系统出口关闭；
- b) 公用工程(冷却水、电、蒸汽、仪表空气、惰性气体和燃料油 / 气等)故障；
- c) 设备和仪表(泵、压缩机、风机、热交换器、空冷器系统，以及变送器、控制器，调节阀和报警联锁装置等)故障；
- d) 液体热膨胀和流体相变；
- e) 放热反应失控；
- f) 操作人员误操作；
- g) 不凝气体的积聚；
- h) 易挥发物质进入系统(轻烃或水进入热油等)；
- i) 外部火灾等。

4.1.4 符合下列情况之一者，应设置安全泄放装置：

- a) 设计压力小于外部压力源的压力，出口可能被关断或堵塞的设备和管道系统；
- b) 出口可能被关断的容积式泵和压缩机的出口管道；
- c) 因冷却水或回流中断，或再沸器输入热量过多而引起超压的蒸馏塔顶的气相管道；
- d) 因不凝气体积聚产生超压的设备和管道系统；
- e) 加热炉出口管道中切断阀或调节阀的上游管道；

- f) 因两端切断阀关闭,受环境温度、阳光辐射或伴热影响而产生热膨胀或汽化的管道系统;
- g) 放热反应可能失控的反应器出口处切断阀上游的管道系统;
- h) 凝汽式汽轮机的蒸汽出口管道;
- i) 蒸汽发生器等产汽设备的出口管道;
- j) 低沸点液体(液化气等)容器的出口管道;
- k) 管程可能破裂的热交换器低压侧的出口管道;
- l) 设计者认为可能产生超压的其他部位。

4.1.5 独立压力系统应在适当的位置(设备或管道)设置一个或多个并联(视泄放量而定)的安全泄放装置。

4.1.6 安全泄放装置的相关压力应按以下规定确定。

4.1.6.1 对于独立压力系统中管道上的安全泄放装置,相关压力的确定应以系统的设计压力为基准,且符合以下规定。

- a) 当安装一个安全泄放装置时,安全阀的设定压力(或爆破片装置最大标定爆破压力)应不大于系统设计压力,且最大泄放压力应不大于系统设计压力的 10%和 20 kPa 中的较大者。
- b) 当安装多个安全泄放装置时,至少有一个安全阀的设定压力(或爆破片装置最大标定爆破压力)应不大于系统设计压力,其余安全阀设定压力(或爆破片装置最大标定爆破压力)不得超过系统设计压力的 5%,且安全阀最大泄放压力均应不大于系统设计压力的 12%或 30 kPa 中的较大者。
- c) 为防止火灾事故发生而安装的安全泄放装置,且最大泄放压力应不大于系统设计压力的 16%。

4.1.6.2 对于防止液体管道热膨胀的安全泄放装置,安全阀设定压力(或爆破片装置最大标定爆破压力)应不大于管道设计压力的 120%和系统试验压力中的较小值,且最大泄放压力应不超过相应温度下管道压力额定值的 20%或由压力产生的管道名义应力不超过材料许用应力值的 20%。

4.1.6.3 除上述两种情况外,在满足 GB / T 20801.3—2006 中 4.2.3.1~4.2.3.8 要求的条件下,最大泄放压力应不超过 GB / T 20801.3—2006 中 4.2.3.9 和 4.2.3.10 规定的允许压力变动范围。

4.1.6.4 GCl 级管道安全阀的设定压力(或爆破片装置的最大标定爆破压力)应不大于管道设计压力,安全阀的最大泄放压力应不超过设计压力的 10%。

4.1.7 安全泄放量和最小泄放面积的确定应符合以下规定。

4.1.7.1 安全泄放量应按以下规定确定:

- a) 应根据物料平衡和能量平衡,计算各种超压工况的安全泄放量。
- b) 若系统的某个部位有几种超压工况,则应分别计算每种超压工况的安全泄放量,并取其中的最大值为该部位的安全泄放量。
- c) 安全泄放量的计算应符合附录 A 的规定;附录 A 中未规定的其他超压工况的安全泄放量计算,可参照 SY / T 1004: 3—2002、SY / T 1004.4—2002 和 HG / T 20570.2—1995 的相应规定。

4.1.7.2 最小泄放面积应按以下规定确定:

- a) 根据安全泄放量、最大泄放压力、泄放流体温度、额定泄放系数以及流体的物理性质,计算最小泄放面积。
- b) 安全阀和爆破片装置的最小泄放面积应按本部分附录 A 的规定计算。

c) 选用的安全泄放装置的实际泄放面积应不小于最小泄放面积。

4.1.8 安全泄放装置的进、出口侧不得安装切断阀。因安全泄放装置检测、维修和更换需要安装的切断阀应符合下列要求：

- a) 切断阀应是全通径的，或者其压力降不会影响安全泄放装置的正常工作和要求的泄放量。
- b) 在全开或关闭位置切断阀应能被锁定或铅封，正常工作时切断阀应被锁定或铅封在全开位置，关闭应在授权人员的监督下进行。

4.1.9 安全泄放装置的人口管道应满足以下规定：

- a) 管径至少应等于安全泄放装置的进口尺寸，入口管道的长度应尽可能短。
- b) 在往复式压缩机排出口管道上安装安全泄放装置时，脉动阻尼器或子 L 板的设置应紧靠压缩机，且脉动阻尼器或孔板至安全泄放装置的直管段的距离至少应为 10 倍的管径。

4.1.10 安全泄放装置的出口管道应满足以下规定：

- a) 泄放至大气的管道出口应朝向安全地点，泄放管道及其支承应有足够的强度承受泄放反力。
- b) 排放至密闭系统(经泄放总管至排气筒、火炬系统、收集容器或其他处理系统)的出口管道和泄放总管的背压应不超过安全泄放装置允许的最大背压。
- c) 应考虑因低沸点液体(液化气等)在降压闪蒸时产生骤冷对管道材料的低温脆裂影响。

4.2 安全泄放装置的选用

4.2.1 安全阀的选用应符合以下规定：

- a) 安全阀适用于清洁、无颗粒和低黏度的介质；
- b) 安全阀应按泄放介质的状态(气 / 汽或液体)选用，并考虑背压的影响；
- c) 安全阀的选用应符合 GB 150、GB 12241—2005、GB 12242—2005 及 GB 12243—2005 的规定。

4.2.2 以下情况应选用爆破片装置，并应符合 GB 150 及 GB 567 的规定。

- a) 压力可能迅速上升的场合；
- b) 含有颗粒、易沉淀、易结晶、易聚合、黏度大的介质；
- c) 工作压力很低或很高的场合，且安全阀难以满足要求；
- d) 因强腐蚀性介质而需要使用贵重材料时；
- e) 使用温度较低而影响安全阀的工作性能时；
- f) 需要较大的泄放面积；
- g) 不允许有泄漏的场合。

4.2.3 以下情况应采用爆破片装置和安全阀的组合装置：

- a) 串联使用(爆破片装置在安全阀入口)
 - 1) 保护安全阀不受工艺介质腐蚀、堵塞或其他不利因素影响；
 - 2) 防止安全阀泄漏；
 - 3) 减少爆破片破裂后的泄放损失；
 - 4) 安全阀的在线检测。

b) 串联使用(爆破片装置在安全阀出口)

保护安全阀不受泄放总管中气体的腐蚀。

c) 并联使用

爆破片装置作为火灾工况的辅助安全泄放装置。

5 阻火器

5.1 阻火器的设置

5.1.1 下列放空或排气管道上应设置放空阻火器：

a) 闪点不大于 43℃或物料的最高工作温度不小于物料闪点的与储罐直接相连的放空管道(含带有呼吸阀的放空管道)。确定物料的最高工作温度时，应考虑环境、阳光照射和加热装置失控等因素。

b) 可燃气体在线分析设备的放空总管。

c) 进入爆破危险场所的内燃发动机的排气管道。

5.1.2 符合下列条件之一者应在管道系统的指定位置设置管道阻火器：

a) 输送有可能产生爆燃或爆轰的爆炸性混合气体的管道(应考虑可能的事故工况)，管道阻火器应设置在接受设备的入口处；

b) 输送能自行分解爆炸并引起火焰蔓延的气体管道(如乙炔)，管道阻火器应设置在接受设备的入口或试验确定的能阻止爆炸的最佳位置处；

c) 火炬排放气进入火炬头前，应设置阻火器或阻火装置。

5.2 阻火器的选用规定

5.2.1 选用阻火器时，其最大间隙应不大于介质在操作工况(压力、温度、管道尺寸、长度、形状，及阻火器安装位置与点火源的距离)下的最大试验安全间隙(MESG)。爆炸性气体混合物的技术安全等级应符合 GB 3836.12—1991 的规定，最大试验安全间隙(MESG)应符合表 1 的规定。

表 1 最大试验安全间隙(MESG)分级表

单位为毫米

级别	最大实验安全间隙 (MESG)
II A	≥ 0.90
II B	$0.90 > \text{MESG} > 0.50$
II C	≤ 0.50

5.2.2 阻火器的选用还应符合 GB 13347—1992，GB 5908 和 SH / T 3413—1999 的规定。

6 安全防护

6.1 一般规定

采取安全防护措施时，应考虑以下因素：

a) 由流体性质以及操作压力和操作温度确定的流体危险性；

- b) 由管道材料、结构、连接形式及其安全运行经验确定的管道安全性;
- c) 管道一旦发生损坏或泄漏, 导致流体的泄漏量及其对周围环境、设备造成的危害程度;
- d) 管道事故对操作人员、维修人员和一切可能接触人员的危害程度。

6.2 工厂布置中的安全防护

- a) 露天化的设备布置应符合以下规定:
 - 1) 生产区和居民区之间、装置之间, 建、构筑物之间以及设备之间应保持一定的安全距离;
 - 2) 装置内的主要行车道, 消防通道以及安全疏散通道的设置应符合 GB 50187、GB 50160 和 GB 50016 的规定;
 - 3) 应对接近生产装置的人员予以控制;
 - 4) 应设置必要的坡度、排放沟、防火堤和隔堤。
- b) 可燃、有毒流体应排入封闭系统内, 不得直接排入下水道及大气。
- c) 密度比环境空气大的可燃气体应排入火炬系统, 密度比环境空气小的可燃气体, 在不允许设置火炬及符合卫生标准的情况下, 可排入大气。
- d) 可燃气体管道的放空管管口及安全泄放装置的排放位置应符合 GB 50160 以及 GB / T 3840 的规定。
- e) 架空管道穿过道路、铁路及人行道等的净空高度, 以及外管廊的管架边缘至建筑物或其他设施的水平距离应符合 GB 50160、GB 50016 及 GB 50187 的规定, 管道与高压电力线路间交叉净距应符合架空线路相关标准的规定。
- f) 位于通道、道路和铁路上方的管道不应安装阀门、法兰、螺纹接头以及带有填料的补偿器等可能发生泄漏的管道组成件。
- g) 在可通行管沟内不得布置 GCI 级管道。

6.3 生产管理中的安全防护

- a) 应建立各项安全生产管理制度, 包括生产责任制, 安全生产和维修人员教育和培训制度, 有危险性工作的操作许可制度(如动火规程等), 安全生产检查制度, 事故调查、报告和责任制度以及安全监察制度等。
- b) 应制定安全可靠的开、停车和正常操作的规程, 以及停水、停电等情况下事故停车的程序, 以尽可能减少对管道的损害和减少操作人员、维修人员及其他人员接触危险性管道的可能性。
- c) 建立管道管理系统数据库, 包括管道目录库、管道故障记录库、管道检测报告库以及管道检修报告库等。

6.4 安全防护设施和措施

- a) 灭火消防系统和喷淋设施应包括: 建构筑物的防火结构(防火墙、防爆墙等), 去除有毒、腐蚀性或可燃性蒸汽的通风装置、遥测和遥控装置以及紧急处理有害物质的设施(贮存或回收装置、火炬或焚烧炉等)。
- b) 在脆性材料管道系统或法兰、接头、阀盖、仪表或视镜处应设置保护罩, 以限制和减少泄漏的危害程度。

- c) 应采用自动或遥控的紧急切断、过流量阀、附加的切断阀、限流孔板或自动关闭压力源等方法限制流体泄漏的数量和速度。
- d) 处理事故用的阀门(如紧急放空、事故隔离、消防蒸汽、消防栓等),应布置在安全、明显、方便操作的地方。
- e) 对于进出装置的可燃、有毒物料管道,应在界区边界处设置切断阀,并在装置侧设“8”字盲板,以防止发生火灾时相互影响。
- f) 应设置必要的防护面罩、防毒面具、应急呼吸系统、专用药剂、便携式可燃和有毒气体检测报警系统等卫生安全设备,在可能造成人体意外伤害的排放点或泄漏点附近应设置紧急淋浴和洗眼器。
- g) 对于有辐射性的流体管道,应设置屏蔽保护和自动报警系统,并应配备专用的面具、手套和防护服等。
- h) 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,如可通过设备、管道及土建结构的接地网接地,其他防静电要求应符合 GB 12158 的规定。
- i) 盲板设置应符合以下规定:
 - 1) 当装置停运维修时,对装置外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,还应在阀门靠装置一侧的法兰处设置盲板。
 - 2) 当运行中的设备需切断检修时,应在阀门与设备之间法兰接头处设置盲板。当有毒、可燃流体管道、阀门与盲板之间装有放空阀时,对于放空阀后的管道,应保证其出口位于安全范围之内。
- j) 公用工程(蒸汽、空气、氮气等)管道与 GC1 级、GC2 级管道连接时,应符合以下规定:
 - 1) 在连续使用的公用工程管道上应设止回阀,并在其根部设切断阀,
 - 2) 在间歇使用的公用工程管道上应设两道切断阀,并在两阀间设检查阀。

附 录 A

(规范性附录)

安全泄放装置的计算

A.1 符号

A ——安全阀或爆破片装置的最小泄放面积,单位为平方毫米(mm^2);

对全启式安全阀,即 $h \geq \frac{1}{2}d_i$ 时, $A = \frac{\pi}{4}d_i^2$;

对微启式安全阀,即 $h < \frac{1}{20}d_i$ 时,平面型密封面 $A = \pi d_v h$,锥面型密封面 $A = \pi d_v h \sin \psi$;

A_r ——容器受热面积,单位为平方米(m^2);

C ——气体特性系数,可查表 A.1 或按下式求取;

$$C = 520 \sqrt{k \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k+1}{k-1}}}$$

C_{pl} ——液体定压热容，单位为千焦每千克摄氏度[kJ / (kg · °C)];

d ——进料管内径，单位为毫米(mm);

d_t ——安全阀最小流道直径(阀座喉部直径)，单位为毫米(mm);

d_v ——安全阀阀座内径，单位为毫米(mm);

F ——系数。地面以下用沙土覆盖时， $F=0.3$ ；地面以上， $F=1.0$ ；大于 10 L / (m² · min)喷淋装置下时， $F=0.6$ ；

H ——最大输入热量，单位为千焦每小时(kJ / h);

h ——安全阀的阀瓣开启高度，单位为毫米(mm);

K ——安全阀的额定泄放系数， K 取 0.9 倍泄放系数(泄放系数与阀的结构有关，应根据实验数据确定，通常由安全阀制造厂提供)。

无参考数据时，可按下述规定选取：

全启式安全阀 $K=0.60\sim 0.70$ ；

带调节圈的微启式安全阀 $K=0.40\sim 0.50$ ；

不带调节圈的微启式安全阀 $K=0.25\sim 0.35$ ；

K' ——爆破片的额定泄放系数，与爆破片装置入口管道形状有关，对于气体 K' 如图 A.1 所示或实测值，对于液体取 $K' =0.62$ 或实测值；

k ——气体绝热指数；

M ——气体的摩尔质量，单位为千克每千摩尔(kg / kmol);

p_b ——爆破片的最大泄放压力，单位为兆帕(MPa)(绝压)；

p_d ——安全阀的最大泄放压力，单位为兆帕(MPa)(绝压)；

p_o ——安全阀出口侧压力，单位为兆帕(MPa)(绝压)；

q ——在泄放压力下，液体汽化潜热，单位为千焦每千克(kJ / kg);

S.G.——液体的比重；

T ——泄放的气体温度，单位为开尔文(K);

T ——泄放压力下介质的饱和温度，单位为摄氏度(°C);

V_s ——液体安全泄放量，单位为立方米每小时(m³ / h);

v ——进口管最大气体流速，单位为米每秒(m / s);

W_s ——系统的安全泄放量，单位为千克每小时(kg / h);

Z ——在泄放压力及温度下，气体的压缩系数；

α ——液体的体积膨胀系数，1 / °C，可查表 A.2；

δ ——保温层厚度，单位为米(m);

λ ——常温下绝热材料的导热系数，单位为千焦每米小时摄氏度[kJ / (m · h · °C)];

μ ——液体的动力黏度, $\text{kg} / (\text{m} \cdot \text{s})$;

ξ ——液体动力黏度的校正系数, 根据雷诺数 $R_e = \frac{0.3134\omega}{\mu\sqrt{A}}$ 由图 A.2 查取; 当液体黏度等于或小于

水的黏度时, 取 $\xi = 1$;

ρ_g ——泄放压力下气体的密度, 单位为千克每立方米(kg / m^3);

ρ_l ——安全阀或爆破片装置入口侧温度下的液体密度, 单位为千克每立方米(kg / m^3);

ψ ——锥型密封面的半锥角, 单位为度($^\circ$)。

A.2 独立压力系统的安全泄放量计算

当中间无阀门关断的管道系统与相连接的几个设备(容器)一起作为一个独立的被保护压力系统, 用一个或几个设置在容器上或管道上的安全泄放装置保护时, 其安全泄放量采用压力容器安全泄放量的计算方法, 但应将管道系统和相连接的容器都包括在内。

单纯的管道系统的超压主要发生在充满液体的封闭管道系统中, 液体受热膨胀可能发生超压。若安全泄放装置设定压力大于液体蒸汽压, 则安全泄放量按液体热膨胀计算, 反之按液体汽化计算。

A.2.1 压缩气体和蒸汽的安全泄放量

A.2.1.1 蒸汽发生器等产生蒸汽换热设备的系统安全泄放量按式(A.1)计算;

$$W_s = H / q \quad \dots\dots\dots(A.1)$$

A.2.1.2 压缩气体系统的安全泄放量, 按式(A.2)计算:

$$W_s = 2.83 \times 10^{-3} \rho v d^2 \quad \dots\dots\dots(A.2)$$

A.2.2 液化气体的容器和管道系统安全泄放量

A.2.2.1 可燃液化气体或位于有可能发生火灾的环境下工作的非可燃液化气体:

a) 无绝热保温层时, 安全泄放量按式(A.3)计算:

$$W_s = \frac{2.55 \times 10^5 F A_r^{0.82}}{q} \quad \dots\dots\dots(A.3)$$

b) 有完善的绝热保温层时, 安全泄放量按式(A.4)计算:

$$W_s = \frac{2.61(650-t)\lambda A_r^{0.82}}{\delta q} \quad \dots\dots\dots(A.4)$$

A.2.2.2 非易燃液化气体在无火灾危险的环境下工作时, 安全泄放量根据有、无保温层计算, 不小于式(A.3)或式(A.4)的计算值的 30%。

A.2.3 因化学反应而导致超压者, 安全泄放量按化学反应可能生成的最大气量、反应所需的时间或压力上升速度确定。

A.2.4 充满液体的封闭管道系统中液体受热膨胀的安全泄放量

在受热后, 液体的饱和蒸汽压小于安全泄放装置设定压力时(或最大标定爆破压力), 按式(A.5)计算:

$$V_s = 0.003605 \frac{\alpha \cdot H}{S.G. \cdot C_{pl}} \quad \dots\dots\dots(A.5)$$

A.2.5 充满液体封闭管道系统中液体受热汽化的安全泄放量

受热后，液体饱和蒸汽压大于安全泄放装置设定压力(或最大标定爆破压力)时，按式(A.6)计算：

$$W_s = H / q \quad \dots\dots\dots(A.6)$$

A.3 安全阀的最小泄放面积计算

A.3.1 气体

A.3.1.1 临界条件： $\frac{p_o}{p_d} \leq \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k}{k-1}}$

$$A = \frac{W_s}{0.076CKp_d \sqrt{\frac{M}{ZT}}} \quad \dots\dots\dots(A.7)$$

A.3.1.2 亚临界条件： $\frac{p_o}{p_d} > \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k}{k-1}}$

$$A = \frac{W_s}{55.84Kp_d \sqrt{\frac{M}{ZT}} \sqrt{\frac{k}{k-1} \left[\left(\frac{p_o}{p_d}\right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{p_o}{p_d}\right)^{\frac{k+1}{k}} \right]}} \quad \dots\dots\dots(A.8)$$

A.3.2 液体

$$A = \frac{W_s}{5.1K\sqrt{\rho_l(p_d - p_o)}} \quad \dots\dots\dots(A.9)$$

A.3.3 饱和蒸汽

饱和蒸汽中蒸汽含量不小于 98%，最大过热度为 10℃。

A.3.3.1 $p_d \leq 10$ MPa 时

$$A = \frac{W_s}{5.25Kp_d} \quad \dots\dots\dots(A.10)$$

A.3.3.2 当 $10 \text{ MPa} < p_d \leq 22 \text{ MPa}$ 时

$$A = \frac{W_s}{5.25Kp_d \left(\frac{190.6p_d - 6895}{229.2p_d - 7315} \right)} \quad \dots\dots\dots(A.11)$$

A.4 爆破片装置的最小泄放面积计算

A.4.1 气体

A.4.1.1 临界条件： $\frac{p_o}{p_b} \leq \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k}{k+1}}$

$$A = \frac{W_s}{0.076CK' p_b \sqrt{\frac{M}{ZT}}} \dots\dots\dots(A)21$$

A.4.1.2 亚临界条件: $\frac{p_o}{p_b} > \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k}{k+1}}$

$$A = \frac{W_s}{55.84K' p_b \sqrt{\frac{M}{ZT}} \sqrt{\frac{k}{k-1} \left[\left(\frac{p_o}{p_b}\right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{p_o}{p_b}\right)^{\frac{k+1}{k}} \right]}} \dots\dots\dots(A.13)$$

A.4.2 液体

$$A = \frac{W_s}{5.1K' \zeta \sqrt{\rho_l (p_b - p_o)}} \dots\dots\dots(A.14)$$

A.4.3 饱和蒸汽

饱和蒸汽中蒸汽含量不小于 98%，最大过热度为 10℃。

A.4.3.1 当 $p_b \leq 10$ MPa 时

$$A = \frac{W_s}{5.25K' p_b} \dots\dots\dots(A.15)$$

A.4.3.2 当 $10 \text{ MPa} < p_b \leq 22 \text{ MPa}$ 时

$$A = \frac{W_s}{5.25K p_b \left(\frac{190.6 p_b - 6895}{229.2 p_b - 7315} \right)} \dots\dots\dots(A.16)$$

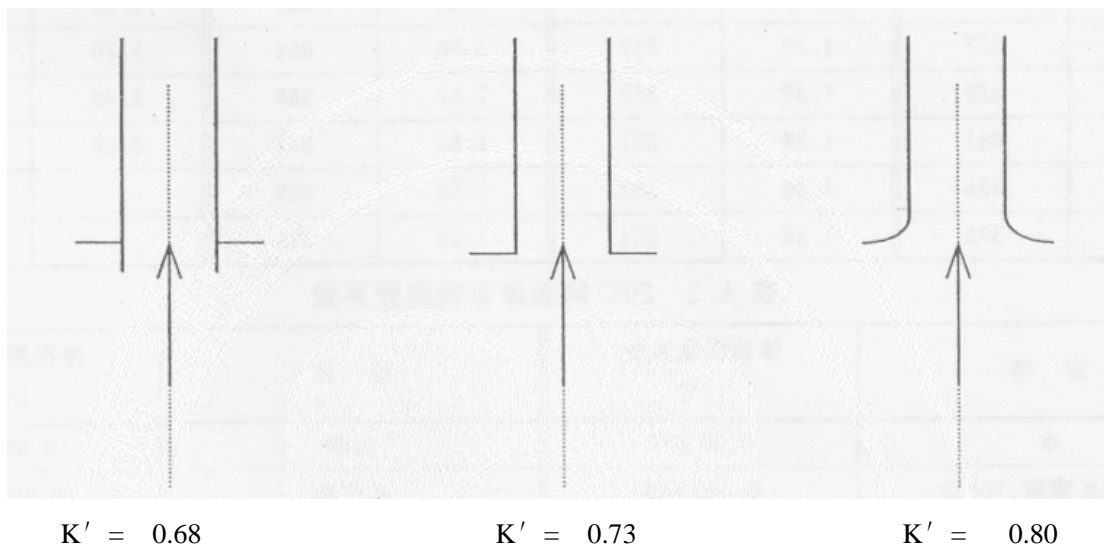


图 A.1 爆破片入口管道形状与用于气体的爆破片额定泄放系数

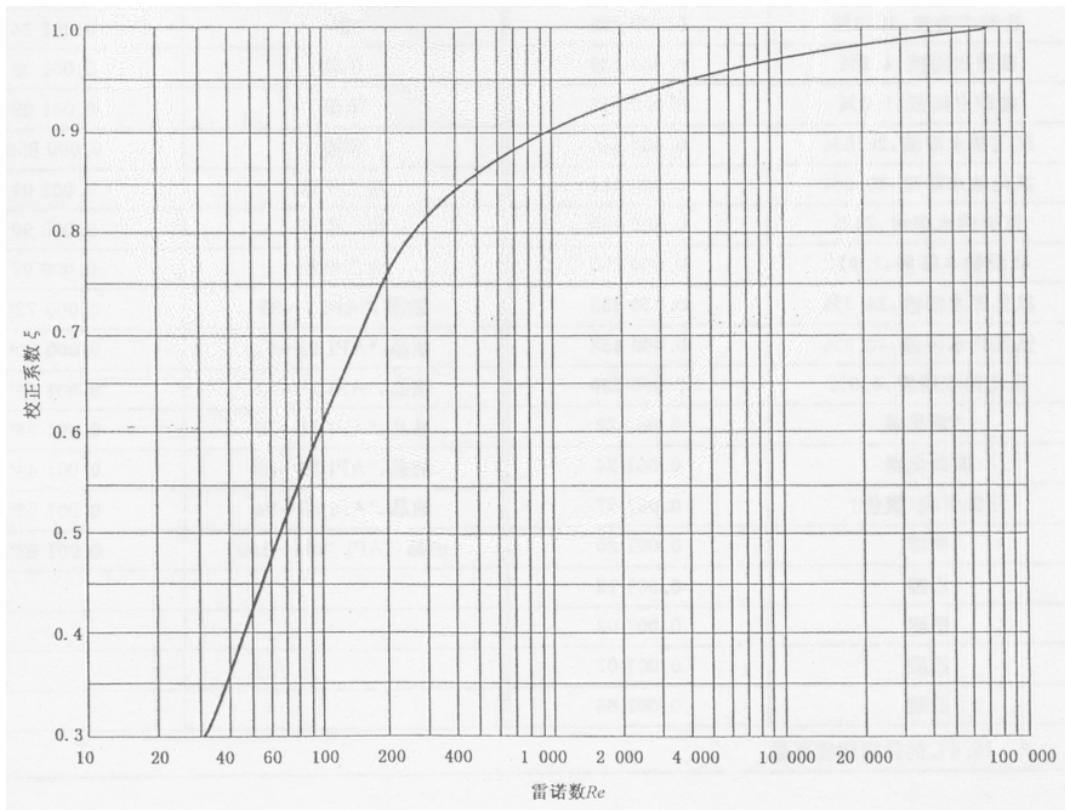


图 A.2 液体动力黏度校正系数 ξ

表 A.1 不同 k 值气体特性系数 C 值

k	C	k	C	k	C	k	C
1.00	315	1.20	337	1.40	356	1.60	372
1.02	318	1.22	339	1.42	358	1.62	374
1.04	320	1.24	341	1.44	359	1.64	376
1.06	322	1.26	343	1.46	361	1.66	377
1.08	324	1.28	345	1.48	363	1.68	379
1.10	327	1.30	347	1.50	364	1.70	380
1.12	329	1.32	349	1.52	366	2.00	400
1.14	331	1.34	351	1.54	368	2.20	412
1.16	333	1.36	352	1.56	369		
1.18	335	1.38	354	1.58	371		

表 A.2 20℃的液体体积膨胀系数

液 体	体积膨胀系数 1/℃	液 体	体积膨胀系数 1/℃
水	0.00 207	丙酮	0.001 49
硫酸水溶液,100%	0.000 558	乙二醇	0.000 638
硫酸水溶液,10.9%	0.000 387	丙三醇(甘油)	0.000 505
硫酸水溶液,5.4%	0.000 311	乙酸甲酯	0.001 43
硫酸水溶液,1.4%	0.000 234	乙酸乙酯	0.001 39
盐酸水溶液,33.2%	0.000 455	苯	0.001 24
盐酸水溶液,4.2%	0.000 239	甲苯	0.001 09
盐酸水溶液,1.0%	0.000 211	苯酚	0.001 09
氯化钠水溶液,26.0%	0.000 440	苯胺	0.000 858
氯化钠水溶液,20.6%	0.000 414	对二甲苯	0.001 01
硫酸钠水溶液,24%	0.000 410	间二甲苯	0.000 99
硫酸钠水溶液,1.9%	0.000 235	邻二甲苯	0.000 97
氯化钾水溶液,24.3%	0.000 353	油品,°API 3~35	0.000 72 ^a
氯化钙水溶液,40.9%	0.000 458	油品,°API 35~51	0.000 90 ^a
氯化钙水溶液,6.0%	0.000 250	油品,°API 51~64	0.001 08 ^a
二硫化碳	0.001 22	油品,°API 64~79	0.001 26 ^a
四氯化碳	0.001 24	油品,°API 79~89	0.001 44 ^a
三氯甲烷(氯仿)	0.001 27	油品,°API 89~94	0.001 53 ^a
甲醇	0.001 20	油品,°API ≥94~100	0.001 62 ^a
乙醇	0.001 12		
甲酸	0.001 03		
乙酸	0.001 07		
乙醚	0.001 66		

^a 15.6℃的体积膨胀系数。



↑
访问我们的官方网站了解更多内容

← 扫描二维码关注