

中华人民共和国行业标准

P

SH 3059-2001

石油化工管道设计器材选用通则

General rule of piping design materials selection
for petrochemical industry

2002-03-11 发布

2002-05-01 实施

中华人民共和国国家经济贸易委员会 发布

中华人民共和国行业标准

石油化工管道设计器材选用通则

General rule of piping design materials selection
for petrochemical industry

SH 3059-2001

主编单位：中国石化工程建设公司

主编部门：中国石油化工集团公司

批准部门：中华人民共和国国家经济贸易委员会

中华人民共和国国家经济贸易委员会

二〇〇二年第 12 号

关于发布《石油化工防火堤设计规范》等 19 项石油化工行业标准的公告

中国石油化工集团公司：

你公司报批的《石油化工防火堤设计规范》等 19 项石油化工行业标准草案，经国家经贸委批准，现予发布，自 2002 年 5 月 1 日起实施。标准名称、编号为：

强制性标准：

序号	标准编号	标 准 名 称
1.	SH 3125-2001	石油化工防火堤设计规范
2.	SH 3059-2001	石油化工管道设计器材选用通则（代替 SH 3059-94、SH 3059-1994）
3.	SH 3021-2001	石油化工仪表及管道隔离和吹洗设计规范（代替 SHJ 21-90、SH 3021-1990）
4.	SH 3126-2001	石油化工仪表及管道伴热和隔热设计规范（代替 SHJ 21-90、SH 3021-1990）
5.	SH 3020-2001	石油化工仪表供气设计规范（代替 SHJ 20-90、SH 3020-1990）
6.	SH 3501-2001	石油化工刷毒、可燃介质管道工程施工及验收规范（代替 SH 3501-1997）
7.	SH 3503-2001	石油化工工程建设交工技术文件规定（代替 SH 3503-93、SH 3503-1993）
8.	SH 3514-2001	石油化工设备安装工程质量检验评定标准（代替 SHJ 514-90、SH 3514-1990）
9.	SH 3534-2001	石油化工筑炉工程施工及验收规范
10.	SH 3009-2001	石油化工企业燃料气系统和可燃性气体排放系统设计规范（代替 SHJ 9-89、SH 3009-2000）

推荐性标准：

序号	标准编号	标 准 名 称
11.	SH/T 3110-2001	石油化工设计能量消耗计算方法（代替 SYJ 1029-82、SH/T 3110-2000）
12.	SH/T 3123-2001	石油化工钢储罐地基充水预压监测规程
13.	SH/T 3124-2001	石油化工给水排水工艺流程设计图例
14.	SH/T 3517-2001	石油化工钢制管道工程施工工艺标准（代替 SHJ 517-91、SH/T 3517-1991）
15.	SH/T 3516-2001	催化裂化装置轴流压缩机-烟气轮机机组施工技术规程（代替 SHJ 516-90、SH/T 3516-1990）

16. SH/T 3530-2001 石油化工立式圆筒形钢制储罐施工工艺标准（代替 SH 3530-93、SH/T 3530-1993）
17. SH/T 3127-2001 石油化工管式炉铬钼钢焊接回弯头技术规范
18. SH/T 3109-2001 炼油厂添加剂设施设计规范（代替 SYJ 1025-82、SH/T 3109-2000）
19. SH/T 3096-2001 加工高硫原油重点装置主要设备设计选材导则（代替 SH/T 3096-1999）

中华人民共和国国家经济贸易委员会

二〇〇二年三月十一日

前 言

本通则是根据中国石化[1999]建标字 194 号文的通知,由中国石化工程建设公司对原《石油化工企业管道设计器材选用通则》SH 3059-94 进行修订而成。

本通则共分 8 章和 5 个附录。这次修订的主要内容有:

- 1 增加了引用标准、附录和条文说明;
- 2 根据中国石化的管道特点,对原管道级别进行了重新划分;
- 3 增加了高温及腐蚀环境下用钢的要求和增加了 Q235 钢种的适用范围;
- 4 增加了常用钢种的使用范围,重新规定了焊接钢管的限制范围,并对法兰、垫片及紧固件的选用方面进行了修订和补充;

- 5 在阀门的应用标准中增加了英国阀门标准;
- 6 增加了附录 A 常见毒性介质、可燃介质的内容;
- 7 由于铝制管道器材选用较少,这次修订时取消了原通则中有关铝及铝合金方面的内容;
- 8 修改了金属直管壁厚的计算方法。

在修订过程中,针对原通则中存在的问题,进行了广泛的讨论,总结了近几年来石油化工管道器材选用方面的实践经验,并征求了有关设计、施工、生产等方面的意见,对其中的主要问题进行了多次讨论,最后经审查定稿。

本通则则在实施过程中,如发现需要修改补充之处,请将意见和有关资料提供给主编单位,以便修订时参考。

主编单位地址:北京市朝阳区安慧北里安园 21 号

邮 政 编 码: 100101

主 编 单 位: 中国石化工程建设公司

参 编 单 位: 中国石化集团公司配管设计技术中心站

主要起草人: 张宝江 于浦义

目 次

1	总则	1
2	引用标准	2
3	管道级别	4
4	管道设计条件	5
4.1	设计压力	5
4.2	设计温度	5
4.3	环境影响	5
4.4	动力影响	6
4.5	重力荷载影响	6
4.6	热膨胀和冷收缩的影响	6
4.7	支架及管端位移的影响	6
4.8	材料韧性降低的影响	6
5	管道设计基准	7
5.1	管道组成件的压⒲温度参数	7
5.2	许用应力	7
5.3	其他	7
6	管道器材选用	8
6.1	一般规定	8
6.2	管道连接	11
6.3	管道分支	12
7	管道组成件的选用	13
7.1	管子	13
7.2	阀门	13
7.3	管件	15
7.4	法兰	15
7.5	垫片	16
7.6	法兰连接用紧固件	18
7.7	法兰、垫片和紧固件的选配	19
8	管道器材受压元件设计	21
8.1	一般规定	21
8.2	金属直管	21
8.3	弯管、弯头及斜接弯头	22
8.4	三通	24
8.5	盲板与平板封头	25
8.6	异径管与锥形封头	26
8.7	开孔补强	26
附录 A	常见毒性介质、可燃介质	30

附录 B 临氢作业用钢防止脱碳和微裂的操作极限.....	32
附录 C 高温 H_2S/H_2 腐蚀曲线.....	33
附录 D 碳钢使用在氢氧化钠中的温度与浓度极限.....	37
附录 E 常用金属材料易产生应力腐蚀破裂的环境组合.....	38
用词说明.....	39
附 条文说明.....	41

1 总 则

1.0.1 本通则适用于石油化工工艺装置及公用物料系统中，金属管道设计基础条件的确定和设计压力不大于 35.0MPa，设计温度不超过材料允许使用温度范围的石油化工压力管道组成件的材料选用。

本通则不适用于有色金属管道。

1.0.2 执行本通则时，尚应符合现行有关强制性标准规范的规定。

2 引用标准

- 《钢制压力容器》GB 150
《优质碳素结构钢》GB/T 699
《碳素结构钢》GB 700
《不锈钢棒》GB 1220
《耐热钢棒》GB 1221
《低合金高强度结构钢》GB/T 1591
《合金结构钢技术条件》GB 3077
《输送流体用无缝钢管》GB/T 8163
《低中压锅炉用无缝钢管》GB 3087
《高压锅炉用无缝钢管》GB 5310
《石油裂化用无缝钢管》GB 9948
《化肥设备用高压无缝钢管》GB 6479
《流体输送用不锈钢无缝钢管》GB/T 14976
《流体输送用不锈钢焊接钢管》GB 12771
《低压流体输送用镀锌焊接钢管》GB/T 3091
《低压流体输送用焊接钢管》GB/T 3092
《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》GB/T 9711.1
《无缝钢管尺寸、外形、重量及允许偏差》GB/T 17395
《不锈钢晶间腐蚀试验方法》GB/T 4334.1~4334.5
《工业金属管道工程施工及验收规范》GB 50235
《职业性接触毒物危害程度分级》GB 5044
《石油化工企业设计防火规范》GB 50160
《用螺纹密封的管螺纹》GB/T 7306
《60°圆锥管螺纹》GB/T 12716
《钢制对焊无缝管件》GB/T 12459
《钢板制对焊管件》GB/T 13401
《锻钢制承插焊管件》GB/T 14383
《锻钢制螺纹管件》GB/T 14626
《石棉橡胶板》GB/T 3985
《耐油石棉橡胶板》GB/T 539
《石油化工企业配管工程术语》SH 3051
《管法兰用石棉橡胶板垫片》SH 3401
《管法兰用聚四氟乙烯包覆垫片》SH 3402
《管法兰用金属环垫》SH 3403
《管法兰用紧固件》SH 3404
《石油化工企业钢管尺寸系列》SH 3405
《石油化工钢制管法兰》SH 3406

- 《管法兰用缠绕式垫片》SH 3407
《钢制对焊无缝管件》SH 3408
《钢板制对焊管件》SH 3409
《锻钢制承插焊管件》SH 3410
《石油化工钢制阀门选用、检验及验收》SH 3064
《石油化工企业管道支吊架设计规范》SH 3073
《石油化工钢制压力容器材料选用标准》SH 3075
《加工高硫原油重点装置主要设备设计选材导则》SH/T 3096
《石油化工有毒、可燃介质管道工程施工及验收规范》SH 3501
《石油化工企业非埋地管道抗震设计通则》SH 3039
《石油化工企业管道柔性设计规范》SH 3041
《钢制管法兰、垫片、紧固件》HG 20592~20635
《化工金属管道工程施工及验收规范》HG 20225
《锻钢制承插焊、螺纹和对焊接管台》HG/T 21632
《钢制化工容器材料选用规定》HG 20581
《化工装置管道材料设计规定》HG/T 20646
《压力容器用碳素钢和低合金钢锻件》JB 4726
《低温压力容器用碳素钢和低合金钢锻件》JB 4727
《压力容器用不锈钢锻件》JB 4728
《压力容器无损检测》JB 4730
《钢制压力容器焊接工艺评定》JB 4708
《钢制压力容器焊接规程》JB/T 4709

3 管道级别

3.0.1 石油化工管道的级别，应根据输送介质的危险程度和设计条件划分。

3.0.2 管道分级按表 3.0.2 进行。

表 3.0.2 管道分级

管道级别	适用范围
SHA	1 毒性程度为极度危害介质管道（苯管道除外） 2 毒性程度为高度危害介质的丙烯腈、光气、二硫化碳和氟化氢管道 3 设计压力大于或等于 10.0MPa 的介质管道
SHB	1 毒性程度为极度危害介质的苯管道 2 毒性程度为高度危害介质管道（丙烯腈、光气、二硫化碳和氟化氢管道除外） 3 甲类、乙类可燃气体和甲 _A 类液化烃、甲 _B 类、乙 _A 类可燃液体介质管道
SHC	1 毒性程度为中度、轻度危害介质管道 2 乙 _B 类、丙类可燃液体介质管道
SHD	设计温度低于-29℃的低温管道
SHE	设计压力小于 10.0MPa 且设计温度高于或等于-29℃的无毒、非可燃介质管道

注：①混合物料应以其主导物料作为分级依据。

②常见毒性介质、可燃介质见附录 A。

3.0.3 管道级别，应在管道表和单管图或相关的技术文件上逐根加以注明，作为设计、施工和检验的依据。

3.0.4 除设计另有规定外，石油化工管道应按现行《石油化工有毒、可燃介质管道工程施工及验收规范》SH 3501 的要求进行施工和验收。

4 管道设计条件

4.1 设计压力

4.1.1 管道组成件的设计压力，不应低于正常操作过程中，由内压（或外压）与温度构成的最苛刻条件下的压力。

注：最苛刻条件是指导致管道组成件最大壁厚或最高压力等级的条件。

4.1.2 与设备和容器连接的管道，其设计压力不应低于所连接设备或容器的设计压力，并应符合下列要求：

- 1 管道系统有安全泄压装置时，设计压力不应低于安全泄压装置的设定压力与静液柱压力之和；
- 2 管道系统未设安全泄压装置时，设计压力不应低于压力源可能引起的最高压力与静液柱压力之和。

4.1.3 无安全泄压装置的离心泵排出管道的设计压力，应取以下两项中的较高值：

- 1 离心泵的正常吸入压力加泵进出口额定压差的 1.2 倍；
- 2 离心泵的最大吸入压力加泵进出口额定压差。

4.1.4 真空系统管道的设计压力，应取 0.1MPa 外压。

4.2 设计温度

4.2.1 管道组成件的设计温度，不应低于正常操作过程中，由压力和温度构成的最苛刻条件下的温度。

4.2.2 无隔热层管道组成件的设计温度，应按下列要求确定：

1 SHA 级管道组成件，应取介质温度作为设计温度。当取其他温度作为设计温度时，必须经计算或试验确定。

2 其余级别管道组成件的设计温度，当介质温度低于 65℃ 时，取介质温度；当介质温度等于或高于 65℃ 时，可按下列原则确定：

- a 管子、对焊管件、承插焊或对焊端阀门及壁厚与管子相近的其他管道组成件，不应低于 95% 的介质温度；
- b 法兰、垫片及带法兰的阀门，不应低于 90% 的介质温度；
- c 螺栓、螺母等紧固件，不应低于 80% 的介质温度。

4.2.3 带外隔热层管道，除经计算、试验或测定证明可采用其他温度外，应取介质温度作为设计温度。

4.2.4 带衬里或内隔热层管道的设计温度，应经传热计算或实测确定。

4.2.5 带夹套或外伴热的管道，当工艺介质温度高于伴热介质温度时，应取工艺介质温度作为设计温度；当工艺介质温度低于伴热介质温度时，带夹套管道应取伴热介质温度作为设计温度，带外伴热管道应取伴热介质温度减 10℃ 与工艺介质温度二者中较高值作为设计温度。

4.2.6 安全泄压管道，应取排放时可能出现的最高或最低温度作为设计温度。

4.2.7 需吹扫管道的设计温度，应根据具体条件确定。

4.3 环境影响

4.3.1 由于环境影响可能形成真空的气体或蒸汽管道，应有耐真空能力或采取防止产生真空的措施。

4.3.2 由于环境影响可能造成压力升高的管道，应能承受升高后的压力或采取消除升压的措施。

4.4 动力影响

- 4.4.1 对可能承受冲击作用（水击、液体或固体物料冲击等）的管道，在设计时应考虑动荷载影响。
- 4.4.2 室外架空管道，应考虑风荷载的影响。
- 4.4.3 对于抗震设防烈度为 6 至 9 度的非埋地管道，应按现行《石油化工企业非埋地管道抗震设计通则》SH 3039 进行设计。
- 4.4.4 承受机械振动、压力脉动的管道，应考虑振动影响。
- 4.4.5 管道应能承受由于介质突然减压或排放时产生的反作用力。

4.5 重力荷载影响

- 4.5.1 管道设计，应考虑下列荷载影响：
 - 1 输送介质或试验介质以及冰雪等活荷载；
 - 2 管道组成件、隔热材料以及加在管道上的其他固定荷载；
 - 3 其他原因产生的荷载。

4.6 热膨胀和冷收缩的影响

- 4.6.1 管道设计，应考虑下列影响：
 - 1 由于管道被约束或固定，不能自由膨胀和收缩而产生的推力和力矩；
 - 2 由于管壁温度急剧变化或温度分布不均匀而产生的热应力；
 - 3 由于材料的热膨胀性能不同而产生的热应力，如复合钢管、夹套管等。

4.7 支架及管端位移的影响

- 4.7.1 管道设计，应考虑支架及与管端相连接的设备由于热胀、基础沉降或其他外部因素影响可能产生的位移。

4.8 材料韧性降低的影响

- 4.8.1 管道设计，应考虑由于焊接、热处理、弯曲成形以及由于低温或高挥发性流体突然减压急冷所造成的材料韧性降低的影响。

5 管道设计基准

5.1 管道组件的压力温度参数

5.1.1 以压力等级或公称压力表示，并规定了压力温度参数的标准管道组件，其压力温度参数应按该标准确定。

5.1.2 以钢管壁厚系列（包括壁厚、表号或重量级别等表示方法）表示，但未规定压力温度参数的标准管道组件，其压力温度参数，应根据与其许用应力相同的材料的无缝钢管减去附加裕量后的壁厚确定。

5.2 许用应力

5.2.1 管道组件的材料许用应力，应按现行《钢制压力容器》GB 150 的规定选用。

5.2.2 管道柔性设计的应力限制，应符合现行《石油化工业管道柔性设计规范》SH 3041 的规定。

5.2.3 计算临时荷载用的材料许用应力，应符合下列要求：

1 当在操作条件下的压力、重力及其他持续荷载产生的纵向应力与风荷载或地震荷载等临时荷载产生的应力组合时，材料许用应力不应大于现行《钢制压力容器》GB 150 规定值的 1.33 倍；

进行应力组合时，风荷载和地震荷载不应同时考虑；

2 除另有规定外，在试验条件下管道中产生的应力，不应超过管道在该试验温度下许用应力的 1.5 倍；

计算试验条件下产生的应力时，不考虑风荷载、地震荷载等临时荷载的影响。

5.2.4 当管道在操作压力或操作温度或两者同时发生偶然变化并能同时满足下列要求时，可按 5.2.5 条规定，允许操作参数有适当波动：

1 管道中无铸铁或其他非韧性金属材料制成的管道组件；

2 考虑临时荷载的管道，其纵向组合应力能满足 5.2.3 条的要求；

3 管道在全部运行期间，总的应力循环次数不超过 7000 次；

4 在任何情况下，提高后的管道压力不得超过管道的系统试验压力，且阀门及管道连接点处的密封元件，不得由于压力、温度的变化，降低或失去其应有的密封性能。

5.2.5 符合 5.2.4 条要求的管道，其超出设计条件的非经常性的压力、温度变动所产生的应力值，应符合下列要求：

1 当任何一次压力、温度变化持续时间不超过 10h，且全年累计不超过 100h 时，在提高的压力、温度条件下，其压力设计用许用应力可在 5.2.1 条规定的基础上提高 33%；

2 当任何一次压力、温度变化持续时间不超过 50h，且全年累计不超过 500h 时，在提高的压力、温度条件下，其压力设计用许用应力可在 5.2.1 条规定的基础上提高 20%。

5.3 其他

5.3.1 管道设计寿命宜为 15 年。

5.3.2 除另有规定外，对于有毒、可燃介质管道的法兰连接最低公称压力，应符合下列规定：

1 SHA 级管道的公称压力，不宜低于 5.0MPa；

2 SHB、SHC 级管道的公称压力，不宜低于 2.0MPa。

6 管道器材选用

6.1 一般规定

- 6.1.1 管道材料,应根据管道级别、设计温度、设计压力和介质特殊要求等设计条件,以及材料加工工艺性能、焊接性能和经济合理性等选用。
- 6.1.2 标准管道组成件的压力温度参数,应符合管道设计温度和设计压力的要求。
- 6.1.3 在设计条件下,非标准管道组成件的计算应力,不应超过管道设计温度下材料的许用应力。
- 6.1.4 当管道在操作过程中存在压力温度波动时,管道组成件的压力温度允许变动范围,应符合本通则 5.2.4 条及 5.2.5 条的规定。
- 6.1.5 压力管道受压元件用钢,应采用平炉、电炉或纯氧顶吹转炉冶炼。钢材的技术要求应符合国家标准、行业标准和有关技术条件的规定。
- 6.1.6 受压元件以及直接与受压元件焊接的非受压元件用钢材,必须有钢厂的钢材质量证明书。
- 6.1.7 采用未形成国家或行业标准的新材料时,应经过适当级别的技术鉴定,并根据设计条件核对材料的各项性能指标。
- 6.1.8 压力管道受压元件采用国外材料时,应选用国外规范允许使用的材料,其使用范围应符合相应规范的规定,并有该材料的质量证明书。
- 6.1.9 输送极度危害介质、高度危害介质及液化烃的压力管道应采用优质钢制造;输送可燃介质的管道不得采用沸腾钢制造。含碳量大于 0.24% 的材料,不宜用于焊制管子及管件。
- 6.1.10 选择材料时,应考虑不同材料间相互连接或接触,在工艺过程中可能产生的有害影响。
- 6.1.11 输送腐蚀性介质管道用材料应有耐腐蚀能力。除晶间腐蚀和其他局部性腐蚀需按具体情况考虑外,一般可根据介质对金属材料的腐蚀速率选用。
- 6.1.12 管道金属材料的耐腐蚀能力根据介质对金属材料的腐蚀速率,可分为下列四类:
- 1 年腐蚀速率不超过 0.05mm 的材料为充分耐腐蚀材料;
 - 2 年腐蚀速率为 0.05~0.1mm 的材料为耐腐蚀材料;
 - 3 年腐蚀速率超过 0.1~0.5mm 的材料为尚耐腐蚀材料;
 - 4 年腐蚀速率超过 0.5mm 的材料为不耐腐蚀材料。
- 6.1.13 对于尚耐腐蚀材料,可根据技术经济比较,确定是在较大腐蚀裕量的条件下应用或者另选用较高级别的耐腐蚀材料。
- 6.1.14 常用钢材使用温度,不宜超过表 6.1.14 规定。

表 6.1.14 常用钢材使用温度

钢 类	钢 号	使用温度 (°C)
碳素结构钢	Q235-A·F	250
	Q235-A	350
	Q235-B	
	Q235-C	400
优质碳素结构钢	10	-30~425
	20	-20~425
	20G	-20~450

续表 6.1.14

钢 类	钢 号	使用温度 (°C)
低合金钢	16Mn	-40~450
	16MnD	-40~350
	09MnD	-50~350
	09Mn2VD	-50~100
	09MnNiD	-70~350
	12CrMo	≤525
	15CrMo	≤550
	12Cr1MoVG	≤575
	12Cr2Mo	≤575
	1Cr5Mo	≤600
高合金钢	0Cr13	≤400
	0Cr18Ni9、0Cr18Ni10Ti	-196~700
	0Cr17Ni12Mo2	-196~700
	0Cr18Ni12Mo2Ti	-196~500
	0Cr19Ni13Mo3	-196~700
	00Cr19Ni10	-196~425
	00Cr17Ni14Mo2	-196~450
	00Cr19Ni13Mo3	-196~450

6.1.15 高温管道钢材，应符合下列要求：

1 受压元件的钢材使用温度，不应超过现行《钢制压力容器》GB 150 中材料许用应力值所对应的温度上限；

2 非受压元件的钢材使用温度，不应超过钢材的极限氧化温度；

3 长期使用在高温条件下，碳素钢的使用温度不应超过 425℃，0.5Mo 钢不应超过 468℃；

4 含铬 12% 以上的铁素体不锈钢受压元件，使用温度不宜超过 370℃；

5 奥氏体不锈钢的使用温度高于 525℃ 时，钢中含碳量不应小于 0.04%。

6.1.16 奥氏体不锈钢用于可能引起晶间腐蚀的环境时，应按《不锈钢晶间腐蚀试验方法》GB 4334.1~4334.5 进行晶间腐蚀倾向性试验。

奥氏体不锈钢除下列情况外，应以供货状态的试样进行晶间腐蚀倾向试验：

1 焊接结构（包括焊缝）用钢材应以供货状态经敏化处理的试样进行试验，焊接接头以焊态试样进行试验；

2 凡在制造和使用过程中需经历 400℃ 以上温度加热（固溶处理和稳定化处理除外）的奥氏体不锈钢，应以供货状态经敏化处理的试样进行试验。

敏化处理的制度一般为 650℃ 保温 0.5~2h；双相不锈钢为 650℃ 保温 0.5h。

- 6.1.17 设计温度低于或等于 -20°C 的低温管道用钢材,除含碳量小于和等于 0.10% 且符合标准的铬镍奥氏体不锈钢在材料温度不低于 -196°C 时不做低温冲击试验外,其余钢材均应作夏比(V型缺口)低温冲击试验。试验要求应符合现行《钢制压力容器》GB 150的规定。
- 6.1.18 对操作温度等于或高于 200°C ,介质中含有氢气的碳钢及低合金耐热钢管道,应根据管道最高操作温度加 $20\sim 40^{\circ}\text{C}$ 的裕量和介质中氢气的分压,按附录B选择适当的抗氢钢材。
- 6.1.19 对操作温度等于或高于 250°C ,介质为 $\text{H}_2\text{S}/\text{H}_2$ 的材料选用,应根据高温 $\text{H}_2\text{S}/\text{H}_2$ 对各钢种的腐蚀率按附录C选取。
- 6.1.20 高温硫和环烷酸腐蚀用钢应根据原油中总硫及环烷酸的含量,按下列要求选取:
- 1 对轻微腐蚀的介质(含 $\text{S}<0.5\%$ (wt),酸值 $<0.5\text{mgKOH/g}$ (wt)原油)可用碳钢,15CrMo, Cr5Mo或0Cr13等材料;
 - 2 对有严重腐蚀介质(含 $\text{S}\geq 0.5\%$ (wt),酸值 $<0.5\text{mgKOH/g}$ (wt)原油)可选用0Cr13,0Cr19Ni9等材料;
 - 3 对环烷酸腐蚀介质(酸值 $\geq 0.5\text{mgKOH/g}$ (wt)原油)可选用0Cr17Ni12Mo2,0Cr18Ni13Mo3,00Cr17Ni14Mo2等材料。
- 6.1.21 在湿 H_2S 应力腐蚀环境中,压力管道用材料应符合下列要求:
- 1 材料标准规定的屈服强度 $\sigma_s\leq 355\text{MPa}$;
 - 2 材料实测的抗拉强度 $\sigma_b\leq 630\text{MPa}$;
 - 3 材料适用状态应为正火、正火+回火、退火或调质状态;
 - 4 碳当量 C_E 限制:
 - 低碳钢和碳锰钢的 $C_E\leq 0.40$;
 - 低合金钢(包括低温镍钢)的 $C_E\leq 0.45$;
 - 5 压力管道需经焊后热处理,热处理后焊缝(含热影响区)的硬度不大于200HB;
 - 6 钢板厚度大于20mm时,应按《压力容器无损检测》JB 4730进行超声波探伤,符合II级要求;
 - 7 选用镇静钢,可用钢材为Q235-A、Q235-B、Q235-C、20、20g、16Mn等。
- 6.1.22 NaOH溶液应力腐蚀用钢应按附录D选取。
- 6.1.23 在液氨应力腐蚀环境中,使用低碳钢和低合金高强度钢(包括焊接接头)应符合下列要求:
- 1 对于Q235-A、Q235-B、Q235-C、20、16Mn钢,应采取下列措施之一:
 - a 焊后应进行消除应力热处理;
 - b 控制焊接接头(包括热影响区)的硬度值不大于200HB;
 - c 使液氨含水量大于 0.2% (wt)。
 - 2 对于15MnV、18MnMoNb低合金高强度钢,焊后必须进行消除应力热处理。
- 6.1.24 常用金属材料易产生应力腐蚀破裂的环境组合见附录E。
- 6.1.25 碳素沸腾钢板Q235-A·F的适用范围规定如下:
- 设计压力不大于 0.6MPa ;
- 设计温度为 $0\sim 250^{\circ}\text{C}$;
- 钢板厚度不大于 12mm ;
- 不得用于可燃介质,毒性程度为中度、高度及极度危害介质的管道。
- 6.1.26 碳素镇静钢板适用范围规定如下:
- 1 Q235-A钢板
- 设计压力不大于 1.0MPa ;

设计温度为 0~350℃；

钢板厚度不大于 16mm；

不得用于液化烃，毒性程度为高度、极度危害介质的管道。

2 Q235-B 钢板

设计压力不大于 1.6MPa；

设计温度为 0~350℃；

钢板厚度不大于 20mm；

不得用于液化烃，毒性程度为高度、极度危害介质的管道。

3 Q235-C 钢板

设计压力不大于 2.5MPa；

设计温度为 0~400℃；

钢板厚度不大于 30mm；

不得用于液化烃，毒性程度为高度、极度危害介质的管道。

6.1.27 铸铁元件的使用，应符合下列规定：

1 普通球墨铸铁，不得用于设计温度低于-20℃或高于 343℃的受压管道。奥氏体球墨铸铁经低温冲击试验合格后，可用于-196℃；

2 可锻铸铁，不得用于设计温度低于-20℃或高于 343℃的任何管道，且不得用于设计温度高于 150℃或设计压力大于 2.5MPa 的可燃介质管道；

3 普通铸铁，不得用于有毒、可燃介质或温度急剧变化的受压管道，但可用于设计温度 0~150℃，设计压力小于或等于 1.0MPa 的一般介质管道。

6.2 管道连接

6.2.1 除安装、维护、检修必须拆卸处外，管道应采用焊接连接，并应符合下列规定：

1 公称直径小于或等于 40mm 的管道，宜采用承插焊连接，承插焊连接不应用于可能发生间隙腐蚀介质的管道；

2 公称直径等于或大于 50mm 的管道宜采用对焊连接。

6.2.2 除镀锌管道外，螺纹连接宜用于公称直径小于或等于 40mm 的管道，并应符合下列规定：

1 管螺纹应符合现行《60°圆锥管螺纹》GB/T 12716 或《用螺纹密封的管螺纹》GB/T 7306 的规定；

2 螺纹连接的内外管螺纹应采用锥管螺纹。当采用圆锥外螺纹与圆柱内螺纹配合时，其设计温度不得超过 150℃，设计压力不得大于 0.5MPa，且不得用于极度危害介质、高度危害介质或可燃介质管道；

3 对水、低压蒸汽和空气系统管道的螺纹连接，可使用密封剂或密封带；

4 对工艺介质及介质渗透性较强或对泄漏率控制较严的管道，可采用密封剂；

5 可能发生应力腐蚀或由于振动、压力脉动及温度变化等可能产生交变荷载的部位，不宜采用螺纹连接。

6.2.3 法兰连接应根据管道设计压力、设计温度、介质特性及泄漏率等要求选用。

6.2.4 扩口、卡箍及其他特种管道连接，应按管接头标准规定的压力、温度等使用条件及所连接管子材料、规格要求选用；但当用于极度危害介质、高度危害介质、可燃介质或承受压力温度条件剧烈变

化的管道时，应经过类似工况条件的性能试验或实际使用证明安全可靠方可采用。

6.2.5 除另有规定外，活接头不宜用于有毒介质管道。

6.2.6 连接不同压力等级管道的阀门、法兰等管道组成件，应按苛刻条件选用。

6.3 管道分支

6.3.1 支管直接焊接在主管上的支管连接，除下列情况外，均应进行开孔补强校核，并根据校核结果采取相应的补强措施：

- 1 支管通过加强管接头与主管连接；
- 2 支管连接处作为一个整体受压元件设计、制造并经检验合格。

6.3.2 直接焊接在主管上的支管连接，应符合下列要求：

- 1 不宜用于有机械振动、压力脉动和温度急剧变化的部位及设计温度超过 425℃ 的管道；
- 2 当支管连接处承受由于支管热变形、外荷载及支架位移等引起的应力时，应对附加荷载在支管连接处产生的影响进行分析并采取必要的加强措施。

6.3.3 设计压力等于或大于 2.0MPa、设计温度超过 250℃ 以及支管与主管公称直径之比大于 0.8，或承受机械振动、压力脉动和温度急剧变化的管道分支，应采用三通、45° 斜三通和四通连接；公称直径小于或等于 40mm 的管道，应采用承插焊（或螺纹）锻制三通；公称直径等于或大于 50mm 的管道，应采用对焊三通。

7 管道组成件的选用

7.1 管子

7.1.1 管子公称直径，应按以下系列优先选用：

15、20、25、40、50、80、100、150、200、250、300、350、400、450、500、600、700、800、900、1000mm。公称直径大于1000mm时，宜按200mm递增。

7.1.2 钢管规格应符合现行《石油化工企业钢管尺寸系列》SH 3405的要求。

7.1.3 除仪表连接管、蒸汽接管和特殊要求者外，管子最小公称直径应为15mm，且管子内径不应小于6mm。

7.1.4 管子壁厚不应小于以下三项中的最大值：

- 1 按本通则第8.2节规定计算的壁厚；
- 2 按 $D_o/150$ (D_o 为管子外径，mm) 确定的管子壁厚；
- 3 最小选用壁厚应符合表7.1.4要求。

表 7.1.4 管子最小壁厚 (mm)

材 料	公 称 直 径			
	≤100	150~200	250~300	≥350
碳素钢、低合金钢	2.4	3.2	4.0	4.8
高合金钢、奥氏体不锈钢	1.5	2.3		

7.1.5 输送极度危害介质、高度危害介质、可燃介质或压力温度参数较高或承受机械振动、压力脉动及温度剧烈变化的管道，宜选用无缝钢管。碳钢、低合金钢无缝钢管应符合现行《输送流体用无缝钢管》GB/T 8163、《低中压锅炉用无缝钢管》GB 3087、《高压锅炉用无缝钢管》GB 5310、《石油裂化用无缝钢管》GB 9948、《化肥设备用高压无缝钢管》GB 6479，不锈钢无缝钢管应符合现行《流体输送用不锈钢无缝钢管》GB/T 14976的规定。

7.1.6 除产品标准明确规定，并经设计确认可用于压力、温度参数较高或特定条件外，焊接钢管宜按下列规定选用：

1 锻焊（炉焊）直缝钢管主要用于水、空气系统，且设计温度为0~100℃，设计压力不超过1.0MPa。产品应符合现行《低压流体输送用镀锌焊接钢管》GB/T 3091和《低压流体输送用焊接钢管》GB/T 3092规定；

2 电阻焊碳钢直缝钢管，宜用于设计温度不超过200℃的无毒介质管道；

3 螺旋埋弧焊钢管主要用于设计温度不超过300℃的非极度、高度危害介质管道；

4 电弧焊直缝钢管的使用温度，碳钢不宜超过425℃，奥氏体不锈钢不宜超过600℃；

5 焊接钢管应符合现行《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》GB/T 9711.1的要求。

7.2 阀门

7.2.1 除另有规定外，工艺物料及有毒、可燃介质管道用阀门，应选用石油化工钢制通用阀门及API

阀门。阀门的基本要求应符合表 7.2.1-1、表 7.2.1-2 所列阀门标准的规定。

表 7.2.1-1 国家和行业阀门标准

序号	标准号	标准名称	公称压力 (MPa)	公称直径 (mm)	备注
1	GB 12232	法兰连接铁制闸阀	0.1~4.0	50~1800	
2	GB 12233	铁制截止阀与升降式止回阀	1.0~4.0	15~200	
3	GB 12234	法兰和对焊连接钢制闸阀	1.6~42.0	25~600	
4	GB 12235	法兰连接钢制截止阀和升降式止回阀	1.6~16.0	25~150	
5	GB 12236	钢制旋启式止回阀	1.6~16.0	50~500	
6	GB 12237	法兰和对焊连接钢制球阀	1.6~10.0	10~500	
7	GB 12238	法兰和对夹连接蝶阀	0.25~2.5	40~2000	
8	GB 12239	隔膜阀	≤1.6	10~400	
9	GB 12240	铁制旋塞阀	≤1.6	15~200	
10	GB 12241	安全阀一般要求	0.1~25.0		流道直径≥8mm
11	GB 12243	弹簧直接载荷式安全阀	0.1~32.0		流道直径≥8mm
12	GB 12244	减压阀一般要求	1.0~6.4	20~300	
13	GB 12246	先导式减压阀	1.6~6.4	20~200	
14	JB/T 9092	阀门的检验与试验			
15	SH 3064	石油化工钢制通用阀门选用、检验及验收			

表 7.2.1-2 常用国际阀门标准

序号	标准号	标准名称	压力等级 (lb)	公称直径 (in)	备注
1	API Spec 6D	管线阀门(闸阀,旋塞阀,球阀及止回阀)			
2	API Std 526	法兰连接的钢制安全泄压阀			
3	API Std 527	泄压阀的阀座密封性			
4	API Std 594	止回阀:对夹、对夹凸耳及双法兰型	125~2500	2~48	
5	API Std 599	金属旋塞阀-法兰及对焊连接	150~2500	1~24	
6	API Std 600	石油和天然气工业用螺栓连接阀盖钢制闸阀	150~2500	1~24	
7	API Std 602	紧凑型钢制闸阀-法兰、螺纹、对焊及延长阀体连接	800、1500	≤4	
8	API Std 603	耐腐蚀螺栓连接阀盖闸阀-法兰及对焊连接	150	1/2~12	

续表 7.2.1-2

序号	标准号	标准名称	压力等级 (lb)	公称直径 (in)	备注
9	API Std 609	蝶阀-双法兰、凸耳及对夹型	125~600	2~48	
10	API Std 608	球阀-法兰、螺纹及对焊连接	150~600	1/2~12	
11	API Std 598	阀门检验及试验			
12	ASME B16.34	法兰、螺纹及对焊连接阀门			
13	BS 1868	石油、石油化工和有关工业用钢制止回阀规定	150~2500	1/2~24	
14	BS 1873	石油、石油化工和有关工业用钢制截止阀规定	150~2500	1/2~16	
15	BS 5351	石油、石油化工和有关工业用钢制球阀规定	150~800	1/4~16	
16	BS 5352	石油、石油化工和有关工业用 50mm 及以下尺寸的钢制楔形闸阀、截止阀和止回阀规定	800、1500	≤2	

7.2.2 用于工艺物料及极度、高度危害介质和可燃介质管道的球阀、旋塞阀及其他通用结构的特种阀门，应有防火、防静电结构。

7.2.3 具有软质密封的阀门，其密封件的压力温度参数应符合管道设计条件的要求。

7.2.4 对于低温系统阀门（止回阀除外），应选用加长阀盖结构。

7.2.5 对于低温系统的弹性闸板闸阀，应在其高压侧的阀盘上开一个排气孔。

7.2.6 带螺纹阀盖的阀门，不应用于极度、高度危害介质和液化烃管道。

7.3 管 件

7.3.1 弯头、三通、异径管、管帽等管件的材质、压力等级或壁厚规格应与所连接管子一致或相当，并应符合下列要求：

- 1 钢制无缝管件，应符合现行《钢制对焊无缝管件》SH 3408 或与其相当的标准规定；
- 2 钢制有缝管件，应符合现行《钢板制对焊管件》SH 3409 或与其相当的标准规定；
- 3 钢制锻造管件，应符合现行《锻钢制承插焊管件》SH 3410 及《锻钢制螺纹管件》GB/T 14626 或与其相当的标准规定。

7.3.2 弯头宜选用长半径弯头，当采用短半径弯头时，其最高工作压力不宜超过同规格长半径弯头的 0.8 倍。

7.3.3 斜接弯头的弯曲半径，不宜小于其公称直径的 1.5 倍，斜接角度（图 8.3.2）大于 45° 的斜接弯头，不宜用于极度危害介质、高度危害介质、可燃介质管道或可能承受由于机械振动、压力脉动及温度变化产生交变荷载的部位。

7.4 法 兰

7.4.1 法兰的选用

- 1 法兰型式、结构尺寸应符合《石油化工钢制管法兰》SH 3406 或与其相当的标准规定；
- 2 法兰许用工作压力应根据法兰标准中所列的压力-温度参数确定；
- 3 当管道法兰连接承受较大附加外荷载时，法兰设计压力不应小于按下式确定的压力值：

$$P_{FD} = P + P_{eq} \quad (7.4.1-1)$$

$$P_{eq} = \frac{16M}{\pi D_G^3} + \frac{4F}{\pi D_G^2} \quad (7.4.1-2)$$

式中 P_{FD} —— 法兰设计压力 (MPa);

P —— 管道设计压力 (MPa);

P_{eq} —— 由附加外载产生的当量压力 (MPa);

M —— 附加在法兰连接处的弯矩 (N·mm);

D_G —— 垫片压紧力作用中心圆直径 (mm), 按 GB 150 确定;

F —— 附加在法兰连接处的轴向拉伸力 (N)。

- 4 工艺物料、可燃介质管道不得采用板式平焊法兰;
- 5 承插焊法兰不得使用在可能发生间隙腐蚀或严重腐蚀处;
- 6 在可能发生间隙腐蚀、严重腐蚀条件下, 不得采用螺纹法兰;
- 7 公称压力小于或等于 2.0MPa 的标准管法兰采用缠绕式垫片或金属环垫时, 宜选用对焊式或松套式法兰;
- 8 在剧烈循环工况下, 应选用对焊式法兰;
- 9 凸台面法兰除采用非金属垫片其密封面可以车制水线外, 其他法兰密封面均不得车制水线;
- 10 当连接尺寸相同而压力等级不同的法兰相连接时, 其使用条件应以较低等级法兰为准;
- 11 以标准管法兰盖作异径法兰时, 开孔直径不应大于表 7.4.1 规定。

表 7.4.1 法兰盖开孔直径 (mm)

法兰盖公称直径 DN_1	最大开孔公称直径 DN_2
25、40	15
50	25
80、100	40
150、200	80
≥ 250	100

7.5 垫 片

7.5.1 垫片的选用

- 1 垫片选用应根据垫片的密封性能、操作压力、操作温度、工作介质特性及密封要求等因素确定。
- 2 垫片材料性能应符合下列要求:
 - a 具有较好的物理机械性能;
 - b 不污染被密封介质, 不腐蚀密封表面, 耐工作介质腐蚀;
 - c 具有良好的压缩、回弹性能;
 - d 具有较小的应力松弛率;
 - e 泄漏率低。

7.5.2 常用垫片选用

- 1 石棉橡胶板垫片;

- a 石棉橡胶板垫片适用于一般工艺介质管道法兰密封,其最高公称压力不应超过 5.0MPa,最高使用温度应根据垫片牌号决定,最低使用温度不应低于-50℃;
- b 垫片应符合现行《管法兰用石棉橡胶板垫片》SH 3401 或与其相当标准的规定。
- 2 柔性石墨复合垫片
- a 柔性石墨复合垫片的最高公称压力为 10.0 MPa,最高使用温度取决于金属芯板材料;
- b 垫片应符合现行《钢制管法兰用柔性石墨复合垫片》HG 20608 和 HG 20629 或与其相当标准的规定。
- 3 聚四氟乙烯包覆垫片
- a 聚四氟乙烯包覆垫片,适用于耐腐蚀、防粘结和要求清洁度高的管道,其最高公称压力为 PN5.0,最高工作温度为 150℃;
- b 垫片应符合现行《管法兰用聚四氟乙烯包覆垫片》SH 3402 或与其相当标准的规定。
- 4 缠绕式垫片
- a 缠绕式垫片适用于极度危害介质、高度危害介质、可燃介质或温度高、温差大、受机械振动或压力脉动的管道;
- b 缠绕式垫片选用应符合下列规定:
- ①凸台面法兰应采用带外环型缠绕式垫片;
 - ②凹凸面法兰应采用带内环型缠绕式垫片;
 - ③榫槽面法兰应采用基本型缠绕式垫片;
 - ④公称压力等于或大于 15.0MPa 的凸台面法兰应采用带内外环型缠绕式垫片。
- c 缠绕式垫片的使用条件应符合表 7.5.2-1 规定;

表 7.5.2-1 缠绕式垫片的使用条件

垫片材料	法兰公称压力 (MPa)	温度范围 (℃)
0Cr18Ni9/特制石棉	≤25.0	-50~500
0Cr18Ni9、0Cr17Ni12Mo2/柔性石墨		-196~600 (非氧化性介质为 800)
00Cr19Ni10、00Cr17Ni14Mo2/柔性石墨	≤25.0	-196~450
0Cr18Ni9、0Cr17Ni12Mo2、00Cr19Ni10、 00Cr17Ni14Mo2/聚四氟乙烯	≤10.0	-196~200

- d 垫片应符合现行《管法兰用缠绕式垫片》SH 3407 或与其相当标准的规定。
- 5 齿形组合垫
- a 垫片应符合现行《钢制管法兰用齿形组合垫》HG 20611 和 HG 20632 或与其相当标准的规定;
- b 垫片的最高使用温度见表 7.5.2-2。

表 7.5.2-2 齿形组合垫的最高使用温度

金属齿形环材料	覆盖层材料	最高使用温度 (℃)
10 或 08	柔性石墨	450
0Cr13	柔性石墨	540*
	柔性石墨	650*
	聚四氟乙烯	200
0Cr18Ni9、0Cr17Ni12Mo2		

注：*用于氧化性介质时，最高使用温度为450℃。

6 金属环垫

a 金属环垫适用于高温、高压管道，垫片的最高使用温度见表 7.5.2-3；

表 7.5.2-3 金属环垫的最高使用温度

材 料	最高使用温度 (℃)	最大硬度值 (HB)
软铁	450	90
08 或 10	450	120
1Cr5Mo	550	130
0Cr13	540	140
0Cr18Ni9	700	160
0Cr18Ni10Ti	700	160
0Cr17Ni12Mo2	700	160
00Cr19Ni10	450	160
00Cr17Ni14Mo2	450	150

b 垫片应符合现行《管法兰用金属环垫》SH 3403 或与其相当标准的规定；

c 金属环垫材料硬度值应比法兰材料硬度值低 30~40 HB。

7 金属包覆垫片

a 金属包覆垫片适用于较高温度介质及形状复杂的垫片；

b 垫片的最高使用温度见表 7.5.2-4；

表 7.5.2-4 金属包覆垫片的最高使用温度

包覆金属材料		填充材料		最高使用温度 (℃)
名 称	标 准	名 称	标 准	
纯铝板 L3	GB3880	石棉橡胶板	GB3985	200
纯铜板 T3	GB2040			300
镀锡薄钢板	GB2520			400
镀锌薄钢板	GB2518			400
08F	GB710	石棉橡胶板	GB3985	400
0Cr18Ni9	GB3280			500
00Cr19Ni10				500
00Cr17Ni14Mo2				500

c 垫片应符合现行《钢制管法兰用金属包覆垫片》HG 20609 和 HG 20630 或与其相当标准的规定。

7.6 法兰连接用紧固件

7.6.1 法兰连接用紧固件，应能保证垫片达到初始密封条件，并在整个操作过程中保持垫片的密封性。

7.6.2 紧固件材料应根据法兰连接的设计条件和选用的垫片种类决定。

7.6.3 六角头螺栓宜用于 $PN \leq 2.0 \text{MPa}$ 的法兰连接。 $PN > 2.0 \text{MPa}$ 或高温条件下应采用全螺纹螺柱或等长双头螺柱。

7.6.4 屈服强度不超过 235MPa 的低强度紧固件，仅使用于 $PN \leq 2.0 \text{MPa}$ 非金属垫片的法兰连接，不得应用于剧烈循环操作工况，碳钢低强度紧固件使用温度范围为 $-20 \sim 200^\circ\text{C}$ 。

7.6.5 经变形硬化的奥氏体不锈钢紧固件用于非软质垫片法兰连接时，应验算紧固件承载能力是否符合连接要求，且使用温度不得超过 500°C 。

7.6.6 紧固件应符合现行《管法兰用紧固件》SH 3404 或与其相当标准的规定。

7.7 法兰、垫片和紧固件的选配

7.7.1 在法兰连接中，法兰、垫片和紧固件材料的选配可按表 7.7.1 选取，螺母也可选用有使用经验的其他材料。

7.7.2 调质状态使用的螺母材料，其回火温度应高于配套使用的螺栓材料的回火温度。

7.7.3 铸铁法兰及与其相连接的钢制法兰的密封面应选用全平面（FF）型式，并全铺预紧比压 $y \leq 31.0 \text{MPa}$ 的软质垫片，紧固件应采用常温屈服极限不大于 235MPa 的低强度螺栓。

表 7.7.1 法兰、垫片和紧固件选配

法兰 公称 压力 (MPa)	温度 范围	材料	垫片	-196~-101℃	-100~-41℃	-40~-21℃	-20~100℃	101~150℃	151~200℃	201~300℃	301~350℃	351~400℃	401~500℃	501~550℃	551~650℃	651~700℃
				Q235A/ Q235A	35CrMoA/ 30CrMoA	35CrMoA/ 30CrMoA	35CrMoA/ 30CrMoA	35CrMoA/35	35CrMoA/35	35CrMoA/35	35CrMoA/35	35CrMoA/35	35CrMoA/35	35CrMoA/35	35CrMoA/35	35CrMoA/35
2.0	石墨橡胶板	聚四氟乙烯包覆垫片	缠绕式垫片 金属环垫	OC19Ni9/ OC19Ni9	-	-	-	-	-	35CrMoA/35	-	-	-	-	-	-
5.0	石墨橡胶板	聚四氟乙烯包覆垫片	缠绕式垫片 金属环垫	OC19Ni9/ OC19Ni9	-	-	-	-	-	35CrMoA/35	-	-	-	-	-	-
6.8	柔性石墨复合垫片 齿形组合垫	金属包覆垫片	缠绕式垫片 金属环垫	35CrMoA/30CrMoA	-	-	-	-	-	35CrMoA/35	-	-	-	-	-	-
10.0	柔性石墨复合垫片 齿形组合垫	金属包覆垫片	缠绕式垫片 金属环垫	35CrMoA/30CrMoA	-	-	-	-	-	35CrMoA/35	-	-	-	-	-	-
15.0	缠绕式垫片 金属环垫	金属包覆垫片	缠绕式垫片 金属环垫	35CrMoA/30CrMoA	-	-	-	-	-	35CrMoA/35	-	-	-	-	-	-
25.0	缠绕式垫片 金属环垫	金属包覆垫片	缠绕式垫片 金属环垫	35CrMoA/30CrMoA	-	-	-	-	-	35CrMoA/35	-	-	-	-	-	-
42.0	齿形组合垫 金属环垫	金属包覆垫片	缠绕式垫片 金属环垫	35CrMoA/30CrMoA	-	-	-	-	-	35CrMoA/35	-	-	-	-	-	-

注: 斜线上方为螺栓和螺母材料, 下方为螺母材料。

8 管道器材受压元件设计

8.1 一般规定

8.1.1 管道器材受压元件设计, 应按本通则和现行《钢制压力容器》GB 150 中有关规定进行。

8.1.2 管道器材受压元件的壁厚选用, 应符合下列要求:

- 1 管道器材受压元件的最小壁厚应考虑腐蚀、浸蚀、磨损、负偏差及螺纹或开槽深度裕量;
- 2 按强度计算管道器材受压元件壁厚时, 应考虑由于支撑、结冰、回填土等附加荷载的影响, 当由此增加的壁厚产生过大的局部应力和在结构上无法解决时, 应通过附加支撑、拉杆等不增加壁厚的措施来保证其强度。

8.2 金属直管

8.2.1 受内压直管的壁厚, 可按下列规定确定。

- 1 当 $S_0 < D_0/6$ 时, 管子的计算壁厚按下式计算:

$$S_0 = \frac{PD_0}{2[\sigma]^t \phi + 2PY} \quad (8.2.1)$$

式中 S_0 —— 管子的计算壁厚 (mm);

P —— 设计压力 (MPa);

D_0 —— 管子外径 (mm);

$[\sigma]^t$ —— 设计温度下管子材料的许用应力 (MPa);

ϕ —— 焊缝系数, 对无缝钢管取 1;

Y —— 温度对计算管子壁厚公式的修正系数, 应按表 8.2.1-1 取值。

表 8.2.1-1 温度对计算管子壁厚公式的修正系数

材 料	温 度 (°C)					
	≤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

管子的选用壁厚应按下式计算:

$$S = S_0 + C \quad (8.2.1-2)$$

式中 S —— 包括附加裕量在内的管子壁厚 (mm);

C —— 管子壁厚的附加裕量 (包括腐蚀裕量、壁厚负偏差和螺纹深度等) (mm)。

2 对于 $S_0 \geq D_0/6$ 或 $P/[\sigma]^t > 0.385$ 的管子, 其计算壁厚, 应根据断裂理论、疲劳、热应力及材料特性等因素综合考虑确定;

3 焊接钢管的焊缝系数, 应按表 8.2.1-2 取值;

4 无缝钢管壁厚负偏差, 按《无缝钢管尺寸、外形、重量及允许偏差》GB/T 17395 S2 级取为 -12.5%。

表 8.2.1-2 焊接钢管的焊缝系数

序号	焊接方法	接头型式	焊缝形式	检验要求	ϕ
1	锻焊(炉焊)	对 焊	直 焊 缝	按标准要求	0.6
2	电 阻 焊	对 焊	直焊缝或螺旋焊缝	按标准要求	0.85
3	电 弧 焊	单面对焊	直焊缝或螺旋焊缝	无 X 射线探伤	0.8
				10% X 射线探伤	0.9
				100% X 射线探伤	1.0
		双面对焊	直焊缝或螺旋焊缝	无 X 射线探伤	0.85
				10% X 射线探伤	0.90
				100% X 射线探伤	1.0

8.2.2 受外压直管的壁厚和加强圈计算,应根据《钢制压力容器》GB 150 规定的方法进行。当确定 $D_o/S_o < 10$ 的管子的许用外压力时,应力 σ_o 应取下列式中的较小值:

$$\sigma_o = 1.50[\sigma]^t \quad (8.2.2-1)$$

$$\sigma_o = 0.9\sigma_s^t \quad (8.2.2-2)$$

式中 σ_s^t —— 设计温度下管子材料的屈服极限 (MPa)。

8.3 弯管、弯头及斜接弯头

8.3.1 弯管及弯头的壁厚,应按下列要求确定。

1 弯管及弯头外弧最小壁厚,可按下式计算:

$$S_{\infty} = \frac{PD_o}{2[\sigma]^t \phi + 2PY} \cdot \frac{2R + D_o/2}{2R + D_o} + C_2 \quad (8.3.1-1)$$

2 弯管及弯头内弧最小壁厚,可按下式计算:

$$S_{oi} = \frac{PD_o}{2[\sigma]^t \phi + 2PY} \cdot \frac{2R - D_o/2}{2R - D_o} + C_2 \quad (8.3.1-2)$$

式中 S_{oi} —— 弯管内侧计算壁厚 (mm);

S_{∞} —— 弯管外侧计算壁厚 (mm);

R —— 弯管弯曲半径 (mm);

D_o —— 管子外径 (mm);

C_2 —— 腐蚀裕量 (mm)。

上述两式计算结果,分别是弯管或弯头成型件外侧和内侧允许的最小壁厚,未包括弯制过程中的工艺减薄量和弯制选用直管负偏差的附加值。

3 弯管弯曲后的最小厚度,不应小于直管扣除壁厚负偏差后的壁厚值。

4 当无法计算时,也可采用验证性试验决定最大许用工作压力。

5 采用爆破法验证最大许用工作压力时,爆破压力可按下列公式计算:

$$P_2 = P_1 \sigma_b^* / \sigma_b^n \quad (8.3.1-3)$$

$$P_1 = 2\sigma_b \bar{S} / D_o \quad (8.3.1-4)$$

- 式中 P_2 —— 管件的爆破试验压力 (MPa);
 P_1 —— 管件的计算爆破压力 (MPa);
 σ_b —— 直管材料的标准抗拉强度下限值 (MPa);
 \bar{S} —— 直管名义壁厚 (mm);
 σ_b^a —— 试验管件材料的实际抗拉强度 (MPa);
 σ_b^b —— 试验管件材料的规定抗拉强度 (MPa)。

8.3.2 斜接角度为 $3^\circ < \alpha \leq 45^\circ$ 的斜接弯头 (图 8.3.2), 其最大许用内压力取下列两式计算结果的较小值。

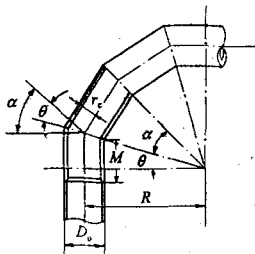


图 8.3.2 斜接弯头

$$P_m = \frac{[\sigma]^t (\bar{S} - C)}{r_c} \left[\frac{\bar{S} - C}{(\bar{S} - C) + 0.643 \operatorname{tg} \theta \sqrt{r_c (\bar{S} - C)}} \right] \quad (8.3.2-1)$$

$$P_m = \frac{[\sigma]^t (\bar{S} - C)}{r_c} \left[\frac{R - r_c}{R - 0.5 r_c} \right] \quad (8.3.2-2)$$

$$R \geq \frac{A}{\operatorname{tg} \theta} + \frac{D_o}{2} \quad (8.3.2-3)$$

- 式中 P_m —— 斜接弯头最大允许工作压力 (MPa);
 R —— 弯头弯曲半径 (mm);
 A —— 经验值, 由表 8.3.2 查出;
 r_c —— 管子平均半径 (mm)。

表 8.3.2 经验值 A

$(\bar{S} - C)$ (mm)	A
≤ 13	25
$13 < (\bar{S} - C) < 22$	$2(\bar{S} - C)$
≥ 22	$2(\bar{S} - C)/3 + 30$

图中斜接弯头的斜接角, $\alpha = 2\theta$ ($^\circ$)。

图中斜接弯头切线段长度 M (mm), 取下列两式计算结果的较大值:

$$M = 2.5\sqrt{r_c \cdot S_o} \quad (8.3.2-4)$$

$$M = \operatorname{tg} \theta (R - r_c) \quad (8.3.2-5)$$

8.3.3 承受外压的弯头和斜接弯头, 当沿中心线的设计长度小于或等于按直管计算确定的两加强圈之间的距离时, 则其壁厚与直管的计算方法相同。

8.4 三通

8.4.1 挤压三通的壁厚计算采用压力面积法, 计算时, 应控制三通承载截面上的一次应力不超过材料在工作温度下的许用应力。即符合下列要求。

$$[\sigma] \geq P \left(\frac{A_p}{A_o} + \frac{1}{2} \right) \quad (8.4.1-1)$$

式中 A_p —— 通过主管、支管中心线的纵向截面在最大承载范围内的承压面积 (mm^2);

A_o —— 通过主管、支管中心线的纵向截面在最大承载范围内的钢材承载面积 (mm^2)。

承载区的尺寸 (图 8.4.1), 按下列公式计算:

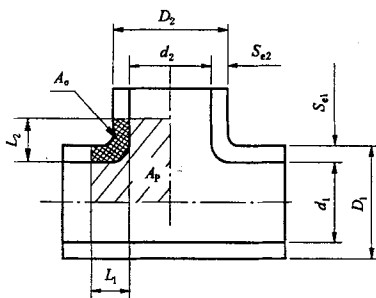


图 8.4.1 承受内压三通

$$L_1 = \sqrt{(d_1 + S_{e1}) S_{e1}} \quad (8.4.1-2)$$

$$L_2 = \sqrt{(d_2 + S_{e2}) S_{e2}} \quad (8.4.1-3)$$

式中 L_1 —— 主管最大承载长度 (mm);

L_2 —— 支管最大承载长度 (mm);

d_1 —— 主管内径 (mm);

d_2 —— 支管内径 (mm);

S_{e1} —— 主管有效厚度 (mm);

S_{e2} —— 支管有效厚度 (mm)。

8.4.2 挤压三通主管最小壁厚 S_o 按下式计算:

$$S_o = \frac{P d_1 + 2[\sigma]^t \phi C_2 + 2PYC_2}{2[\sigma]^t \phi - 2(1 - \gamma)} \quad (8.4.2-1)$$

$$\phi = \frac{d_1 A_o}{2S_{e1} A_p} \leq 1 \quad (8.4.2-2)$$

式中 ϕ ——三通强度减弱系数。

8.4.3 三通的最大许用工作压力，也可采用验证性试验确定。

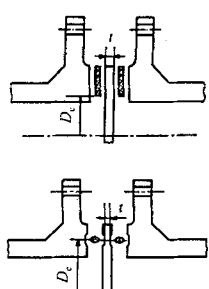
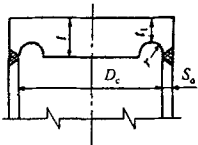
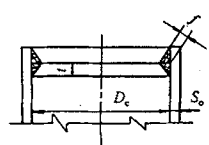
8.5 盲板与平板封头

8.5.1 盲板与平板封头壁厚，可按下式计算：

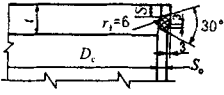
$$t = D_c \sqrt{\frac{KP}{[\sigma]} + C} \quad (8.5.1)$$

式中结构特征系数 K 和计算直径 D_c ，按表 8.5.1 取值。

表 8.5.1 结构特征系数 K 和计算直径 D_c

简图	K	备注
	0.19	
	0.3	$r \geq 1.5S_o$ $t_1 \geq \frac{2}{3}t$ 且不小于 5mm S_o —— 管子计算壁厚, (mm)
	$0.44m$, ($m = \frac{S_o}{S_e}$) 且 ≥ 0.2	$f \geq 1.25S_o$ S_o —— 管子计算壁厚, (mm) S_e —— 管子有效壁厚, (mm)

续表 8.5.1

简图	K	备注
	0.35	$S \geq S_c + 3\text{mm}$ S_0 —— 管子计算壁厚, (mm) S_c —— 管子有效壁厚, (mm)

8.6 异径管与锥形封头

8.6.1 异径管与锥形封头的壁厚,可按现行《钢制压力容器》GB 150 进行计算。

8.7 开孔补强

8.7.1 当管子环向应力大于管子材料在工作温度下许用应力的 50%时,被支管开孔削弱的管子应经验算确定是否需要补强。

8.7.2 焊接支管连接结构设计,应符合下列要求:

- 1 焊接支管连接结构, 直接表 8.7.2 选择, 并符合图 8.7.2-1~3 的要求。

表 8.7.2 焊接支管连接结构型式

环向应力/管材屈服强度 (%)	连接支管开孔直径/主管公称直径 (%)		
	≤25	>25~50	>50
≤20	④	④	④⑤
>20~50	②③	②	①
>50	②③	②	①

注: ①当不采用三通、四通或整体加强时,应采用环绕主管的加强构件(图 8.7.2-1)。开孔内边缘应倒圆角,圆角半径为 3mm。当加强构件壁厚比主管厚时,应以 45° 的坡度削薄其边缘,使边缘厚度不大于主管壁厚,并用连续角焊缝连接。严禁采用补强圈、局部鞍板或其他局部补强构件;

②补强构件可采用全环绕型(图 8.7.2-1)、补强圈或局部鞍板型(图 8.7.2-2),或焊接高压管接头。当用角焊缝将其连接到主管上时,应将补强构件的边缘削薄(大约 45°),使其厚度不超过主管壁厚。主管上连接支管的开孔直径不应比支管外径大 6mm 以上;

③公称直径小于或等于 50mm 的支管连接用开孔不需补强(图 8.7.2-3),但对经常承受振动和其他外力的小支管,应采取适当的加强措施;

④不强制规定开孔补强,但对承受苛刻外载荷的工况可能需要补强;

⑤当需要设置补强构件,且支管直径要求补强构件围绕主管超过半周时,不论计算环向应力大小均应采用全环绕型补强构件,三通、四通或整体加强。

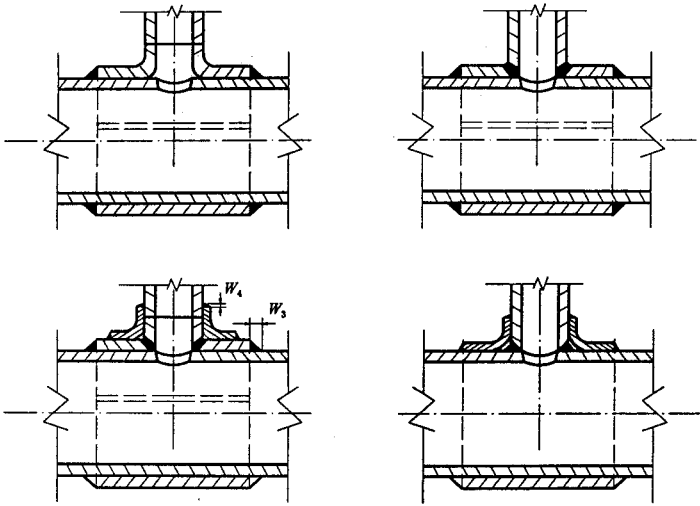


图 8.7.2-1 全环绕型补强

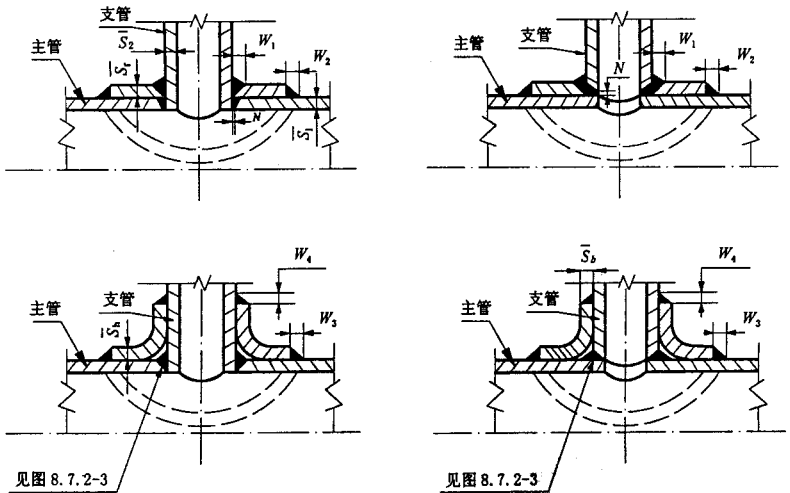
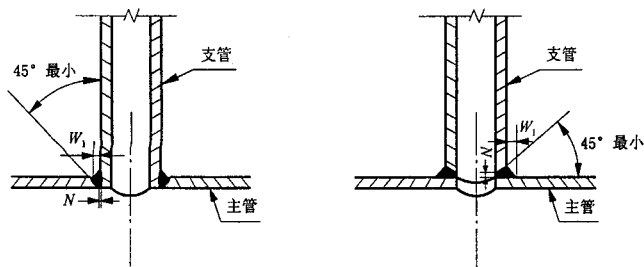


图 8.7.2-2 补强圈、局部鞍板补强图



8.7.2-3 不补强支管的焊接

图中 \bar{S}_r —— 补强板名义厚度 (mm);

\bar{S}_b —— 鞍板在支管端的名义厚度 (mm);

\bar{S}_h —— 鞍板在主管端的名义厚度 (mm);

N —— 最小 1.5mm, 最大 3mm (除采用背面焊外);

\bar{S}_1 —— 主管名义壁厚 (mm);

\bar{S}_2 —— 支管名义壁厚 (mm);

W_1 —— 焊缝尺寸, 取 \bar{S}_2 、 \bar{S}_r 或 10mm 三者中的最小值;

W_2 —— 焊缝尺寸, 取 \bar{S}_1 , 最小取 $0.7\bar{S}_1$ 、 $0.7\bar{S}_r$ 或 13mm 三者中的最小值;

W_3 —— 焊缝尺寸, 取 $0.7\bar{S}_1$, $0.7\bar{S}_b$ 或 13mm 三者中的最小值;

W_4 —— 焊角尺寸, 取 \bar{S}_r 、 \bar{S}_b 或 10mm 三者中的最小值。

2 椭圆形封头上的开孔应符合下列要求:

a 最大开孔直径 $d \leq D_i/2$, (D_i 为封头内径);

b 开孔边缘或补强圈边缘与封头边缘间的投影距离不小于 $0.1D_i$ 。

3 补强圈厚度不应大于 1.5 倍主管的名义壁厚。

4 补强材料宜与被补强主管材料相同。当补强材料许用应力小于被补强主管材料许用应力时, 补强面积应按被补强主管材料与补强材料许用应力之比值增加。当补强材料许用应力大于被补强主管材料许用应力时, 所需补强面积不得减小, 补强圈材料的常温抗拉强度, 应小于或等于 540MPa。

5 补强圈上应设排气孔。

8.7.3 补强圈的补强计算, 应符合下列规定:

1 焊接支管补强区范围见图 8.7.3。

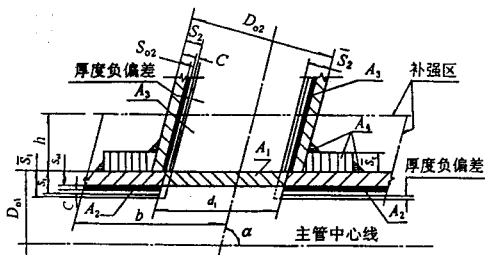


图 8.7.3 补强区范围

2 补强计算应包括下列内容:

a 有效补强区范围:

$$h = 2.5(S_1 - C) \quad (8.7.3-1)$$

$$h = 2.5(S_2 - C) + \bar{S}_r \quad (8.7.3-2)$$

取两者中的较小值

$$b = d_1 = [D_{o2} - 2(S_2 - C)] / \sin\alpha \quad (8.7.3-3)$$

$$b = d_1 / 2 + (S_1 - C) + (S_2 - C) \quad (8.7.3-4)$$

取两者中的较大值,但不得大于 D_{o1} ;b 需补强面积 A_1 :

$$\text{内压} \quad A_1 = S_{o1}d_1(2 - \sin\alpha) \quad (8.7.3-5)$$

$$\text{外压} \quad A_1 = S_{o1}d_1(2 - \sin\alpha)/2 \quad (8.7.3-6)$$

c 补强面积:

补强区内主管管壁超厚部分形成的面积 A_2

$$A_2 = (2b - d_1)(S_1 - S_{o1} - C) \quad (8.7.3-7)$$

补强区内支管管壁超厚部分形成的面积 A_3

$$A_3 = 2h(S_2 - S_{o2} - C) / \sin\alpha \quad (8.7.3-8)$$

补强区内焊缝金属及其他紧贴在主管或支管上的补强金属的总面积 A_4 ;

d 补强核算:

当 $A_2 + A_3 + A_4 \geq A_1$ 时, 开口不需补强;当 $A_2 + A_3 + A_4 < A_1$ 时, 开口需补强。

$$\text{补强面积 } \Delta A = A_1 - (A_2 + A_3 + A_4) \quad (8.7.3-9)$$

式中 A_1 —— 需补强面积 (mm^2); A_2 —— 补强区内主管管壁超厚部分形成的面积 (mm^2); A_3 —— 补强区内支管管壁超厚部分形成的面积 (mm^2); A_4 —— 补强金属的总面积 (mm^2); ΔA —— 补强面积 (mm^2); b —— 补强区的半宽度 (mm); C —— 腐蚀裕量 (mm); d_1 —— 在支管处从主管上切除的有效长度 (mm); D_{o1} —— 主管外径 (mm); D_{o2} —— 支管外径 (mm); h —— 主管外表面补强区高度 (mm); S_{o1} —— 主管计算壁厚 (mm); S_1 —— 减去钢材厚度负偏差的主管壁厚 (mm); \bar{S}_1 —— 主管名义壁厚 (mm); S_{o2} —— 支管计算壁厚 (mm); S_2 —— 减去钢材厚度负偏差的支管壁厚 (mm); \bar{S}_2 —— 支管名义壁厚 (mm); \bar{S}_r —— 补强圈名义厚度 (mm); α —— 支管轴线与主管轴线间夹角 ($^\circ$)。

附录 A 常见毒性介质、可燃介质

表 A-1 常见职业性接触毒物危害程度分级

级 别	毒 物 名 称
极度危害	汞及其化合物, 砷及其无机化合物*, 氯乙烯, 铬酸盐, 重铬酸盐, 黄磷, 铍及其化合物, 对硫磷, 烷基镍, 八氟异丁烯, 氯甲醚, 锰及其无机化合物, 氰化物, 苯
高度危害	三硝基甲苯, 铅及其化合物, 二硫化碳, 氯, 丙烯腈, 四氯化碳, 硫化氢, 甲醛, 苯胺, 氟化氢, 五氯酚及其钠盐, 镉及其化合物, 敌百虫, 氯丙烯, 钒及其化合物, 溴甲烷, 硫酸二甲酯, 金属镍, 甲苯二异氰酸酯, 环氧氯丙烷, 砷化氢, 敌敌畏, 光气, 氯丁二烯, 一氧化碳, 硝基苯
中度危害	苯乙烯, 甲醇, 硝酸, 硫酸, 盐酸, 甲苯, 二甲苯, 三氯乙烯, 二甲基甲酰胺, 六氟丙烯, 苯酚, 氮氧化物
轻度危害	溶剂汽油, 丙酮, 氢氧化钠, 四氯乙烯, 氨

注: *非致癌的无机砷化合物除外。

表 A-2 常见可燃气体的火灾危险性分类

类 别	名 称
甲	乙炔, 环氧乙烷, 氢气, 合成气, 硫化氢, 乙烯, 氰化氢, 丙烯, 丁烯, 丁二烯, 顺丁烯, 反丁烯, 甲烷, 乙烷, 丙烷, 丁烷, 丙二烯, 环丙烷, 甲胺, 环丁烷, 甲醛, 甲醚, 氯甲烷, 氯乙烯, 异丁烷
乙	一氧化碳, 氨, 溴甲烷

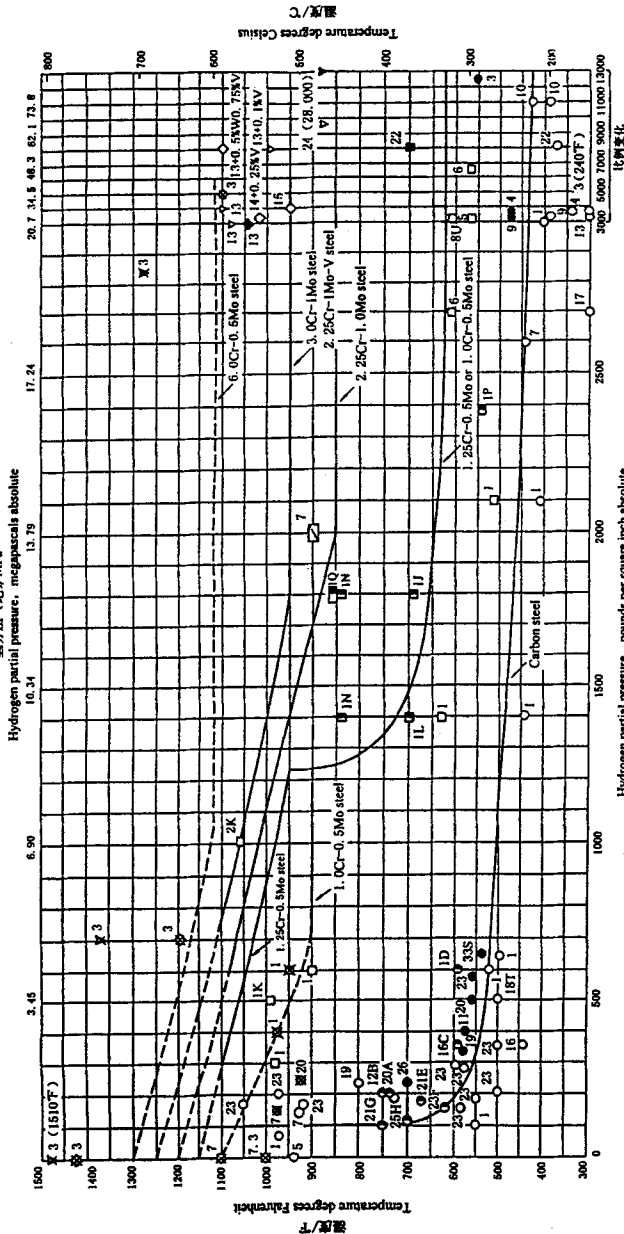
表 A-3 常见液化烃、可燃液体的火灾危险性分类

类 别	名 称
甲	A 液化甲烷, 液化天然气, 液化氯甲烷, 液化顺式-2 丁烯, 液化乙烯, 液化乙烷, 液化反式-2 丁烯, 液化环丙烷, 液化丙烯, 液化丙烷, 液化环丁烷, 液化新戊烷, 液化丁烯, 液化丁烷, 液化氯乙烯, 液化环氧乙烷, 液化丁二烯, 液化异丁烷, 液化石油气, 二甲胺
	B 异戊二烯, 异戊烷, 汽油, 戊烷, 二硫化碳, 异己烷, 己烷, 石油醚, 异庚烷, 环己烷, 辛烷, 异辛烷, 苯, 庚烷, 石脑油, 原油, 甲苯, 乙苯, 邻二甲苯, 间、对二甲苯, 异丁醇, 乙醚, 乙醛, 环氧丙烷, 甲酸甲酯, 乙胺, 二乙胺, 丙酮, 丁醛, 二氯甲烷, 三乙胺, 醋酸乙烯, 甲乙酮, 丙烯腈, 醋酸乙酯, 醋酸异丙酯, 二氯乙烯, 甲醇, 异丙醇, 乙醇, 醋酸丙醇, 丙醇, 醋酸异丁酯, 甲酸丁酯, 砒啶, 二氯乙烷, 醋酸丁酯, 醋酸异戊酯, 甲酸戊酯, 丙烯酸甲酯
乙	A 丙苯, 环氧氯丙烷, 苯乙烯, 喷气燃料, 煤油, 丁醇, 氯苯, 乙二胺, 戊醇, 环己酮, 冰醋酸, 异戊醇
	B -35 号轻柴油, 环戊烷, 硅酸乙酯, 氯乙醇, 氯丙醇, 二甲基甲酰胺

续表 A-3

类别		名称
丙	A	轻柴油, 重柴油, 苯胺, 锭子油, 酚, 甲酚, 糠醛, 20号重油, 苯甲醛, 环己醇, 甲基丙烯酸, 甲酸, 乙二醇丁醚, 甲醛, 糠醇, 辛醇, 乙醇胺, 丙二醇, 乙二醇, 二甲基乙酰胺
	B	蜡油, 100号重油, 渣油, 变压器油, 润滑油, 二乙二醇醚, 三乙二醇醚, 邻苯二甲酸二丁酯, 甘油, 联苯-联苯醚混合物

附录 B 临氢作业用钢防止脱碳和微裂的操作极限



图例

表面脱碳	○
内部脱碳	●
安全	□
内部脱碳和微裂	◇
表面脱碳	△
见注释	▽

化学变化

1.0Cr-0.5Mo	○
2.25Cr-1.0Mo	●
3.0Cr-1.0Mo	□
6.0Cr-0.5Mo	◇

Hydrogen partial pressure, pounds per square inch absolute
氢分压(绝)/PSI

注: ①本图给出的数据是基于 G. A. Nelson 最初发表的临氢操作经验和 API 规范的补充资料;
 ②奥氏体不锈钢在任何温度条件下氢压互不会脱碳;
 ③本图给出的数据是基于碳钢及低合金钢采用 ASME 规范 VIII 第 1 分章应力值水平, 补充资料见 (API1941-1997) 5.3, 5.4 节;
 ④1.25Cr-0.5Mo 钢在安全范围报道发生氢原子脱碳, 详见 (API1941-1997) 附录 B;
 ⑤包括 2.25Cr-1MoV 低合金钢是建立在 10000 小时实验室的试验数据, 这些合金至少等于 3Cr-1Mo 钢性能, 详见 (API1941-1997) 2.2 节;
 ⑥本图摘自 API1941-1997.

附录 C 高温 H_2S/H_2 腐蚀曲线

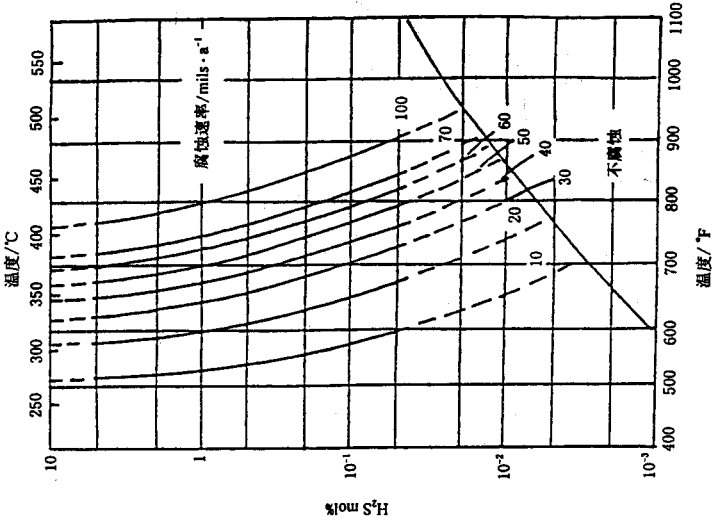


图 C-2 温度和 H_2S 含量与碳钢 (在重油中) 高温 H_2S/H_2 腐蚀速率的关系
重油: 是指重柴油或更重的油
1mil/a=0.025mm/a

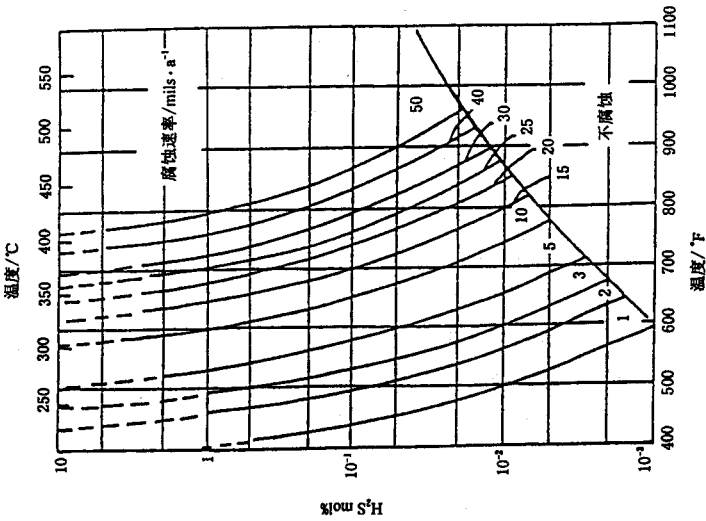


图 C-1 温度和 H_2S 含量与碳钢 (在轻油中) 高温 H_2S/H_2 腐蚀速率的关系
轻油: 是指石脑油、汽油、煤油、轻柴油
1mil/a=0.025mm/a

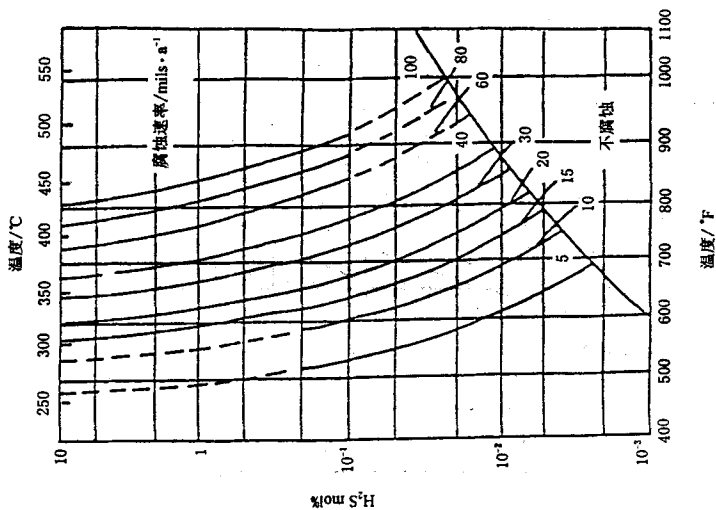


图 C-4 温度和 H_2S 含量与 5Cr-0.5Mo (在重油中)
高温 H_2S/H_2 腐蚀速率的关系
 $1\text{mil}/\text{a}=0.025\text{mm}/\text{a}$

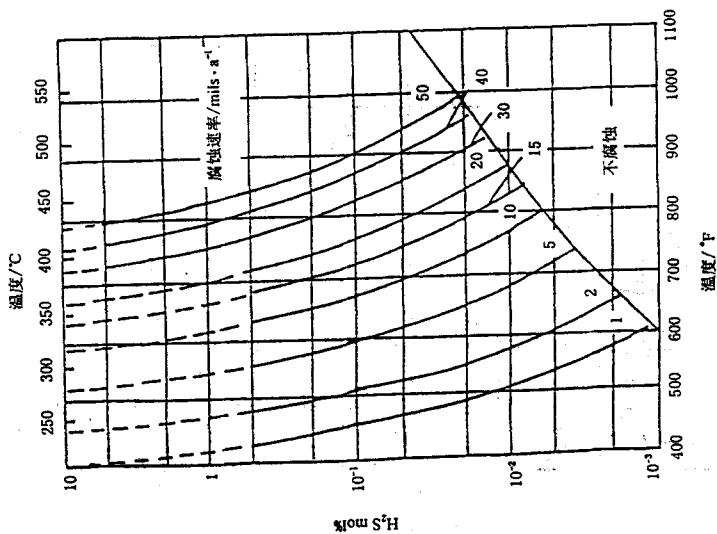


图 C-3 温度和 H_2S 含量与 5Cr-0.5Mo (在轻油中)
高温 H_2S/H_2 腐蚀速率的关系
 $1\text{mil}/\text{a}=0.025\text{mm}/\text{a}$

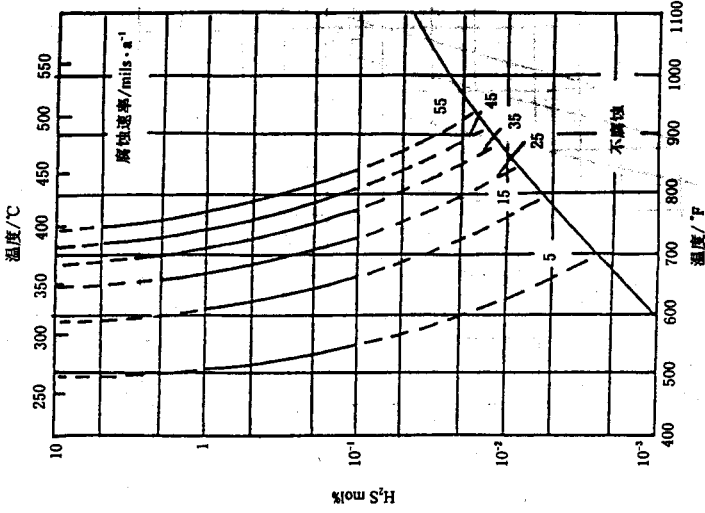


图 C-6 温度和 H_2S 含量与 9Cr-1Mo (在重油中)
高温 H_2S/H_2 腐蚀速率的关系
 $1\text{mil/a}=0.025\text{mm/a}$

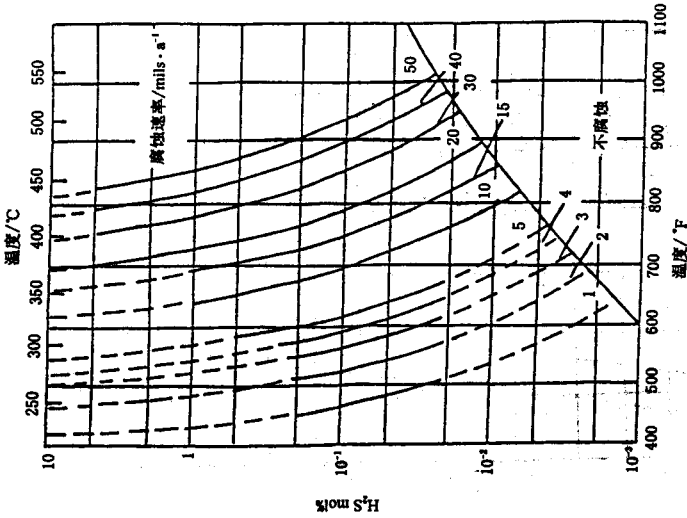


图 C-5 温度和 H_2S 含量与 9Cr-1Mo (在轻油中)
高温 H_2S/H_2 腐蚀速率的关系
 $1\text{mil/a}=0.025\text{mm/a}$

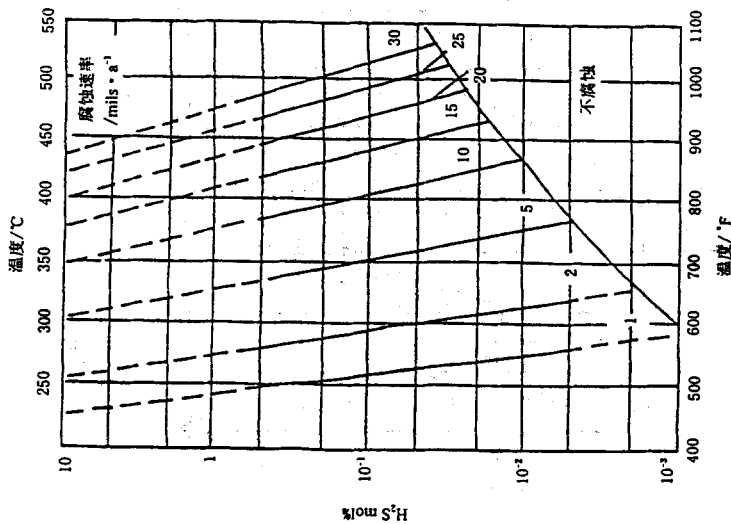


图 C-7 温度和 H_2S 含量与 12Cr 不锈钢
高温 H_2S/H_2 腐蚀速率的关系
1mil/a=0.025mm/a

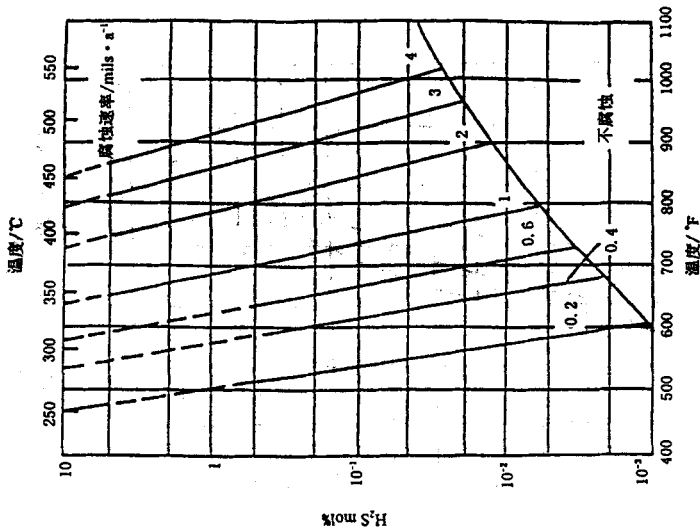


图 C-8 温度和 H_2S 含量与 18Cr-8Ni 奥氏体不锈钢
高温 H_2S/H_2 腐蚀速率的关系
1mil/a=0.025mm/a

附录 D 碳钢用在氢氧化钠中的温度与浓度极限

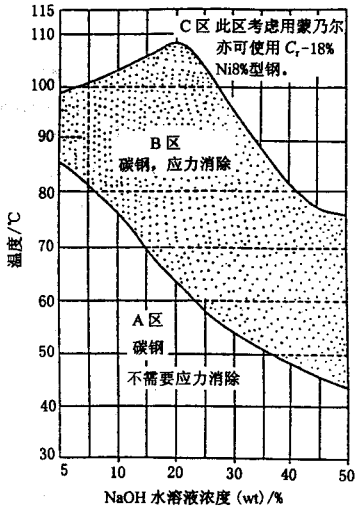


图 D 碳钢用在氢氧化钠中的温度与浓度极限

附录 E 常用金属材料易产生应力腐蚀破裂的环境组合

材 料	环 境	材 料	环 境
碳 钢 及 低 合 金 钢	苛性碱溶液	奥 氏 体 不 锈 钢	高温碱液 (NaOH、Ca(OH) ₂ 、LiOH)
	氨溶液		氯化物水溶液
	硝酸盐水溶液		海水、海洋大气
	含 HCN 水溶液		连多硫酸
	湿的 CO-CO ₂ 空气		高温高压含氧高纯水
	硝酸盐和重碳酸溶液		浓缩锅炉水
	含 H ₂ S 水溶液		水蒸气 (260℃)
	海水		260℃硫酸
	海洋大气和工业大气		湿润空气 (湿度 90%)
	CH ₃ COOH 水溶液		NaCl+H ₂ O ₂ 水溶液
	CaCl ₂ 、FeCl ₃ 水溶液 (NH ₄) ₂ CO ₃		热 NaCl+H ₂ O ₂ 水溶液
H ₂ SO ₄ -HNO ₃ 混合酸水溶液	热 NaCl		
钛 及 钛 合 金	红烟硝酸	铜 合 金	氨蒸汽及氨水溶液
	N ₂ O ₄ (含 O ₂ 、不含 NO, 24~74℃)		三氯化铁
	湿的 Cl ₂ (288℃、346℃、427℃)		水, 水蒸气
	HCl (10%, 35℃)		水银
	硫酸 (7%~60%)	硝酸银	
	甲醇, 甲醇蒸汽	铝 合 金	氯化钠水溶液
	海水		海水
	CCl ₄		CaCl ₂ +NH ₄ Cl 水溶液
氟里昂	水银		

用 词 说 明

对本通则条文中要求执行严格程度不同的用词，说明如下：

（一）表示很严格、非这样做不可的用词

正面词采用“必须”；

反面词采用“严禁”。

（二）表示严格、在正常情况下应这样做的用词

正面词采用“应”；

反面词采用“不应”或“不得”。

（三）表示允许稍有选择，在条件许可时，首先应这样做的用词

正面词采用“宜”；

反面词采用“不宜”。

表示有选择，在一定条件下可以这样做，采用“可”。

中华人民共和国行业标准

石油化工管道设计器材选用通则

SH 3059-2001

条文说明

2002 北京

目 次

1	总则	45
3	管道级别	46
6	管道器材选用	47
6.1	一般规定	47
7	管道组件的选用	49
7.4	法兰	49
7.5	垫片	49
8	管道器材受压元件设计	50
8.2	金属直管	50
8.3	弯管、弯头及斜接弯头	50
8.4	三通	50
8.7	开孔补强	50

1 总 则

1.0.1 在本通则中增加了对适用的压力、温度参数的规定，并与《钢制压力容器》GB 150 的规定一致，即设计压力不大于 35.0MPa，设计温度不超过材料允许使用温度范围。

3 管道级别

3.0.2 关于管道分级,《工业管道工程施工及验收规范》(金属管道篇)GBJ 235 是根据管道的工作温度、压力及材料种类将管道分为 I~V 五类。对有毒、可燃介质管道虽然作了补充说明,但在说明中对不同毒性程度和不同火灾危险物质如何区分却无具体规定。为此,原中国石油化工总公司编制了《石油化工剧毒、易燃、可燃介质管道施工及验收规范》SHJ 501,按被输送介质的毒性程度、火灾危险程度、设计压力和设计温度的高低,将石油化工管道分为 A、B、C 三级。此后,在石油化工装置的设计、施工中,对剧毒、可燃介质管道按照《石油化工剧毒、易燃、可燃介质管道施工及验收规范》SHJ 501 标准进行分级和施工检验;对无毒、非可燃介质管道按照《工业管道工程施工及验收规范》(金属管道篇)GBJ 235 进行分类和施工检验。这样做法虽然在石油化工管道设计、施工中要采用两个规范,但这两个规范对两种管道分类、分级清楚,检验要求明确,在设计文件中也便于表示。但 1997 年 GBJ 235 修订成《工业金属管道工程施工及验收规范》GB 50235,修订后标准取消了管道分类,将管道焊缝的射线照相检验和超声波检验比例分为 100%、不得低于 5%射线照相检验和不进行射线照相检验三种。但是,在石油化工装置中,要求 100%射线照相检验和“抽检比例不低于 5%”的两种管道的比例很大,这样就必将增加检验要求的不严密性,增加管道索引表中的表述内容,此外,由于抽检要求不够具体明确,选用又各不相同,不利于保证管道安全。《石油化工剧毒、易燃、可燃介质管道施工及验收规范》SHJ 501 于 1997 年修订为《石油化工剧毒、可燃介质管道工程施工及验收规范》SH 3501,规范内容与修订前相比并无重大变化,仍未包括无毒、非可燃介质管道,上述问题仍然存在。为了彻底解决此问题,在本通则中将石油化工剧毒、可燃介质管道和无毒、非可燃介质管道统一分级为 SHA、SHB、SHC、SHD 和 SHE 五级。SHA、SHB 和 SHC 级主要根据《职业性接触毒物危害程度分级》GB 5044 和《石油化工企业设计防火规范》GB 50160 规定来划分,SHA 级主要用于极度危害介质管道,但又根据石油化工生产的特点,将 GB 5044 规定的极度危害介质苯归入 SHB 级,将高度危害介质丙烯腈、光气、二硫化碳和氟化氢归入 SHA 级。SHD 级则既包括了有毒、可燃介质低温管道,也包括了无毒、非可燃介质低温管道。SHE 级则仅为无毒、非可燃介质管道。《石油化工剧毒、可燃介质管道工程施工及验收规范》SH 3501 将根据本分级规定进行修订。

6 管道器材选用

6.1 一般规定

6.1.6 增加了受压元件以及直接与受压元件焊接的非受压元件用钢材，必须有钢厂的钢材质量证明书的要求。钢材质量证明书一般应包括下列内容：

- 1 标准号；
- 2 钢号；
- 3 炉罐号、批号、交货状态、重量和件数；
- 4 品种名称、尺寸和级别；
- 5 标准及合同中规定的各项试验结果；
- 6 技术监督部门印记。

6.1.14 为便于材料选用，增加了常用钢材的使用温度范围。

6.1.16 不锈钢晶间腐蚀试验根据《不锈钢晶间腐蚀试验方法》GB 4334.1~4334.5，主要有《不锈钢10%草酸侵蚀试验方法》GB 4334.1、《不锈钢硫酸-硫酸铁腐蚀试验方法》GB 4334.2、《不锈钢65%硝酸腐蚀试验方法》GB 4334.3、《不锈钢硝酸-氢氟酸腐蚀试验方法》GB 4334.4和《不锈钢硫酸-硫酸铜腐蚀试验方法》GB 4334.5。晶间腐蚀试验方法的选择是根据经验和需要而确定。其选择原则：一般介质采用硫酸-硫酸铜腐蚀试验方法；65%硝酸法不轻易使用，主要用于60℃到沸点的稀硝酸介质和合成尿素介质；含钨奥氏体不锈钢一般用硝酸-氢氟酸法；10%草酸法适用于检验奥氏体不锈钢晶间腐蚀的筛选试验方法。

6.1.17 由于《钢制压力容器》GB 150第4.1.7条规定中，钢材的使用温度和奥氏体钢的使用条件与GB 150附录C中C1.1、C1.4不一致。因此，本通则对设计温度低于或等于-20℃低温管道用钢材作了明确规定。

6.1.20 根据炼油装置中高温硫和环烷酸的腐蚀情况较多，本通则增加了高温硫和环烷酸腐蚀用材料，该材料的选用是依据国内原油腐蚀介质情况及国内设计经验来确定。通常，高温硫在240~480℃之间对钢材产生化学腐蚀。环烷酸对金属腐蚀受温度的影响比较大，在220℃以下时，环烷酸对金属没有腐蚀；当温度超过220℃时，腐蚀开始发生，并随着温度的升高腐蚀速率逐渐加大，在270~280℃时达到最大腐蚀；当温度继续升高时，腐蚀速率反而下降，但在350℃附近时腐蚀又急剧增加；当温度超过400℃时就没有腐蚀了。

6.1.21 对于在湿H₂S应力腐蚀环境中防止碳钢和低合金钢管道发生应力腐蚀破裂的问题，国内目前尚未制定标准及规范。条文中对材料和制造工艺的要求主要依据《控制碳钢炼油设备焊缝硬度防止环境破裂》API 942及《油田设备用抗硫化物应力开裂金属材料要求》NACE的规定而提出的。当管道中介质含H₂S且符合下列条件之一时，则为湿H₂S应力腐蚀环境：

- 1 H₂S分压大于或等于345Pa；
- 2 介质中含有液相水或操作温度处于露点之下；
- 3 介质pH<6，但当介质中含有氰化物时pH可大于7。

6.1.23 液氨应力腐蚀环境用钢。

当管道中介质为液氨，并符合下列条件之一时，则为液氨应力腐蚀环境：

- 1 介质为液态氨，含水量小于或等于0.2% (wt)，且有可能受空气污染的场所；
- 2 介质温度高于-5℃。

6.1.24 增补了常用金属易产生应力腐蚀破裂的环境组合。

6.1.25、6.1.26 增加了 Q235A、Q235B 和 Q235C 钢板的使用限制，并且比《钢制压力容器》GB 150 规定更严格，对 Q235B 增加了不得用于液化烃介质管道；对 Q235C 增加了不得用于液化烃，毒性程度为高度、极度危害介质的管道。

7 管道组成件的选用

7.4 法 兰

7.4.1 法兰的选用

当法兰除承受内压外，还承受较大附加外荷载（如风荷载、位移荷载和地震荷载等）时，则仅按内压来设计或选用法兰是不安全的。为此，在本条文引入了当量压力的概念，并给出了计算公式。

本条文的当量压力源于经验公式。外力矩 M 产生的轴向力为 $4M/D_G$ ，将此轴向力按相当于在 D_G 直径范围内的内压产生的轴向力折算成内压，即为 $16M/\pi D_G^3$ 。同样，对于轴向力 F 按相当于在 D_G 直径范围内的内压产生的轴向力折算成内压，即为 $4F/\pi D_G^2$ ，加上管道的设计压力 P ，即得出法兰设计压力 P_{FD} 。由于管道的轴向推力对法兰连接的密封有利，故不考虑。

7.5 垫 片

7.5.2 常用垫片选用

1 石棉橡胶板垫片是最常用的非金属垫片，用于温度、压力不高且波动较小的水、蒸汽、空气及其他惰性气体等介质。石棉橡胶板应符合《石棉橡胶板》GB 3985 的规定。选用时应注明其牌号（XB350 适用于 $P \leq 2.5 \text{MPa}$ 、 $t \leq 300^\circ\text{C}$ ；XB200 适用于 $P \leq 0.6 \text{MPa}$ 、 $t \leq 150^\circ\text{C}$ ）。耐油石棉橡胶板应符合《耐油石棉橡胶板》GB 539 规定，一般适用于 $t \leq 200^\circ\text{C}$ 场合。介质为环氧乙烷时，不得采用含石棉的垫片；真空下操作时，不允许使用石棉橡胶板垫片；在介质不允许微量纤维混入场合，如航空汽油或航空煤油等，不应选用石棉橡胶板和其他纤维质垫片。

2 柔性石墨复合垫片是一种新型的垫片，可用于高温 $450^\circ\text{C} \sim 650^\circ\text{C}$ ，根据金属芯板材料不同，可在 $-196^\circ\text{C} \sim 650^\circ\text{C}$ 之间选用。柔性石墨复合垫片适用于水、油品、溶剂、酸、碱、氢气、油气、高温烟气、蒸汽等各种强腐蚀性、渗透性介质。

5 齿形组合垫

齿形组合垫兼有软质垫片的压紧比压小和金属垫片的强度高、弹性好等优点，在具有同样的密封效果时，螺栓荷载较小，适用于中、高压及高温管道法兰的密封。

7 金属包覆垫片

金属包覆垫片是一种由非金属材料用软而薄的金属包覆起来形成的垫片。可用于某些液体和气体在较高温度和压力下密封，使用较广泛的是平形金属包覆垫片。这种半金属垫片的优点是较金属垫易压紧，且复原性也好。金属包覆的材质常为低碳钢、铜、铝、蒙乃尔合金及不锈钢等。非金属材料多为石棉橡胶板。

8 管道器材受压元件设计

8.2 金属直管

8.2.1 受内压直管壁厚计算,采用美国标准《工艺管道》ASME B31.3 推荐的计算公式。此外也可采用《钢制压力容器》GB 150 推荐的内压圆筒厚度计算公式代替本条文中推荐的公式。

8.3 弯管、弯头及斜接弯头

8.3.1 原弯管及弯头的壁厚计算分为薄壁管及厚壁管两种情况计算。厚壁管的计算方法取自原西德标准 DIN 2413,此次规定不再采用修正系数 B_1 ,而根据弯管受内压作用后同一圆截面上周向应力的差异情况来修正。

8.3.2 斜接弯头(虾米弯)是常见的一种弯管型式,由于其形状的不连续,因此承受内压时实际的变形及应力,以及对它的力学分析均比光滑弯管复杂得多。计算方法采用美国标准《工艺管道》ASME B31.3 中规定的方法。

对虾米弯的使用范围及结构上的要求,各国亦不大一致。国内以往考虑在材料及制造上的一些因素,通常要求虾米弯使用在温度及压力不太高的情况下。美国标准《工艺管道》ASME B31.3 中虽没有总的限制虾米弯的使用范围,但充分考虑了虾米弯结构的不连续对承受波动或循环荷载(温度、压力)的不利影响,因而规定斜接角大于 22.5° 时,不得用于剧烈循环的操作条件;斜接角大于 45° 时,则不得用于输送可燃或有毒的介质,设计压力不得大于 1.033MPa 及设计温度不得低于 -29°C 和高于 186°C 。规范还规定了虾米弯的最小有效半径:

$$R \geq \frac{A}{\text{tg}\theta} + \frac{D_o}{2}$$

θ 为弯管切割角(即斜接角的一半)。而 A 则为内侧环焊缝间距的一半,它规定 $A \geq 25\text{mm}$ 。

8.4 三通

8.4.1 通常三通强度的计算,普遍采用原西德锅炉标准 TRD 301 中的压力面积法计算公式。这种计算方法是在实验基础上(爆破试验等)通过理论分析推导而得,并经工程实践验证,因此是可靠的。三通产品标准,主要选用美国标准 ASME B16.9 和石化行业标准《钢制对焊无缝管件》SH/T 3408 和《钢板制对焊管件》SH/T 3409 标准。美国标准《工艺管道》ASME B31.3 对各种三通、焊接支管的应力增强系数做出了规定,这对于管道系统应力分析是非常必要的,而 SH/T 3408 和 SH/T 3409 及其他国内管件标准对此均无规定,建议在今后标准修订时应予以考虑。

8.7 开孔补强

8.7.2 焊接支管连接结构设计是根据美国标准 ASME B31.4 编写的。