

油气管道钢制对焊管件设计规程

Specification for design of steel butt welding
fittings for oil & gas pipeline

2002 - 05 - 28 发布

2002 - 08 - 01 实施

国家经济贸易委员会 发布

中华人民共和国石油天然气行业标准

油气管道钢制对焊管件设计规程

Specification for design of steel butt welding
fittings for oil & gas pipeline

SY/T 0518—2002

主编单位：中国石油天然气管道工程有限公司

批准部门：国家经济贸易委员会

石 油 工 业 出 版 社

2002 北 京

中华人民共和国国家经济贸易委员会

公 告

2002 年第 32 号

公布 78 项石油行业标准

国家经贸委批准 78 项石油行业标准，现予公布，自 2002 年 8 月 1 日起实施。

以上标准由石油工业出版社出版、发行。

附件：78 项石油行业标准名称及编号

中华人民共和国国家经济贸易委员会

2002 年 5 月 28 日

附件：

78 项石油行业标准名称及编号

序号	标准名称	标准编号	代替标准编号
1	防腐蚀工程经济计算方法	SY/T 0042—2002	SYJ 42—89
2	油气田工程测量规范	SY/T 0054—2002	SY/T 0054—93
3	油罐区防火堤设计规范	SY/T 0075—2002	SY 0075—93
4	钢制储罐内衬环氧玻璃钢技术标准	SY/T 0326—2002	
5	埋地钢质管道聚乙烯防腐层技术标准	SY/T 0413—2002	SY/T 4013—95
6	石油天然气金属管道焊接工艺评定	SY/T 0452—2002	SY 4052—92
7	油气管道钢制对焊管件设计规程	SY/T 0518—2002	SY/T 0518—92
8	地震检波器 第3部分 涡流式检波器	SY/T 5046.3—2002	
9	地震检波器 第4部分 动圈式加速度检波器	SY/T 5046.4—2002	
10	钻修井用割刀	SY/T 5070—2002	SY 5070—91 SY 5424—91 SY/T 5688—95

序号	标准名称	标准编号	代替标准编号
11	评定井身质量的项目和计算方法	SY/T 5088—2002	SY/T 5088—93
12	钻井液用磺化褐煤 SMC	SY/T 5092—2002	SY/T 5092—93
13	井口装置和采油树规范	SY/T 5127—2002	SY 5127—92 SY 5279.1—91 SY 5279.2—91 SY 5279.3—91 SY 5156—93
14	石油钻机用离心涡轮液力变距器	SY/T 5141—2002	SY/T 5141—93
15	岩石中金属元素原子吸收光谱测定方法	SY/T 5161—2002	SY 5161—87
16	钻柱转换接头	SY/T 5200—2002	SY 5200—93
17	岩样的自然伽马能谱分析方法	SY/T 5252—2002	SY/T 5252—91 SY/T 5253—91
18	偏心配水工具	SY/T 5275—2002	SY 5275—91
19	港口装卸用输油臂	SY/T 5298—2002	SY/T 5298—91
20	陆上地震勘探资料采集质量检查与验收	SY/T 5314—2002	SY/T 5314—95
21	撞击式井壁取心技术规程	SY/T 5326—2002	SY/T 5326—93 SY/T 5605—93
22	压裂用田菁胶	SY/T 5341—2002	SY/T 5341—88

序号	标准名称	标准编号	代替标准编号
23	储层敏感性流动实验评价方法	SY/T 5358—2002	SY/T 5358—94
24	扩张式封隔器	SY/T 5404—2002	SY/T 5404—91
25	特殊取心工具	SY/T 5414—2002	SY 5414—91 SY/T 6200—1996
26	石油修井绞车	SY/T 5470—2002	SY 5470—92
27	石油钻机用绞车	SY/T 5532—2002	SY/T 5532—92
28	石油钻机用 DS 系列电磁涡流刹车	SY/T 5533—2002	SY/T 5533—92
29	原油管道试运投产规范	SY/T 5536—2002	SY/T 5536—92
30	凝析气藏流体物性分析方法	SY/T 5543—2002	SY/T 5543—92
31	单螺杆抽油泵	SY/T 5549—2002	SY 5549—92
32	裸眼井、套管井测井作业技术规程	SY/T 5600—2002	SY/T 5600—93 SY/T 5606—93
33	电缆输送射孔施工技术规范及质量评定	SY/T 5604—2002	SY/T 5604—93
34	试油测试工具性能检验技术规程	SY/T 5710—2002	SY/T 5712—95 SY/T 5710—95
35	石油地质岩石名称及颜色代码	SY/T 5751—2002	SY/T 5751—1995

序号	标准名称	标准编号	代替标准编号
36	管输原油降凝剂	SY/T 5767—2002	SY/T 5767—1995 SY/T 5887—93
37	可控源声频大地电磁 法勘探技术规程	SY/T 5772—2002	SY/T 5772—1995
38	山区地震勘探测量技 术规程	SY/T 5775—2002	SY/T 5775—1995
39	注入、产出剖面测井 资料解释规程	SY/T 5783—2002	SY/T 5783—93
40	套管整形与密封加固 工艺作法	SY/T 5790—2002	SY/T 5790—93
41	地面重力勘探技术规 程	SY/T 5819—2002	SY/T 5819—93
42	抽油杆扶正器	SY/T 5832—2002	SY/T 5832—93
43	油水井化学剂解堵经 济效果评价方法	SY/T 5849—2002	SY/T 5849—93
44	采气工程劳动定额	SY/T 5896—2002	SY/T 5896—93
45	输气工程劳动定额	SY/T 5897—2002	SY/T 5897—93
46	钻井液用聚丙烯酰胺 钾盐	SY/T 5946—2002	SY/T 5946—94
47	石油重力、磁力、电 法、地球化学勘探图 件	SY/T 6055—2002	SY/T 6055—94

序号	标准名称	标准编号	代替标准编号
48	地层岩石热物性参数的测定方法	SY/T 6107—2002	SY/T 6107—1994
49	碳酸盐岩气藏开发地质特征描述	SY/T 6110—2002	SY/T 6110—94
50	天然气管道试运投产规范	SY/T 6233—2002	SY/T 6233—1996
51	油井管全尺寸试验方法 油、套管螺纹上卸扣试验	SY/T 6238.2—2002	
52	石油工业作业场所劳动防护用具配备要求	SY/T 6524—2002	
53	泡沫排水采气推荐作法	SY/T 6525—2002	
54	盐酸与碳酸盐岩动态反应速率测定方法	SY/T 6526—2002	
55	电、声成像测井原始资料质量规范	SY/T 6527—2002	
56	岩样介电常数测量方法	SY/T 6528—2002	
57	原油库固定式消防系统运行规范	SY/T 6529—2002	
58	非腐蚀性气体输送用管线管内涂层	SY/T 6530—2002	
59	油井泵体用直缝电阻焊钢管	SY/T 6531—2002	

序号	标准名称	标准编号	代替标准编号
60	激发极化仪校准方法	SY/T 6532—2002	
61	稳定试井测试及解释方法	SY/T 6533—2002	
62	双螺杆油气混输泵	SY/T 6534—2002	
63	高压气地下储气井	SY/T 6535—2002	
64	钢质水罐内壁阴极保护技术规范	SY/T 6536—2002	
65	天然气净化厂气体及溶液分析方法	SY/T 6537—2002	
66	配方型选择性脱硫溶剂	SY/T 6538—2002	
67	BOX 地震数据采集系统检验项目及技术指标	SY/T 6539—2002	
68	钻井液完井液损害油层室内评价方法	SY/T 6540—2002	
69	海上固定平台规划、设计和建造的推荐作法——荷载抗力系数设计法（增补 1）	SY/T 10009—2002	SY/T 10009—1996
70	海洋石油工程制图规范	SY/T 10028—2002	

序号	标准名称	标准编号	代替标准编号
71	海上固定平台规划、设计和建造的推荐作法——工作应力设计法（增补 1）	SY/T 10030—2002	SY/T 10030—2000
72	海底管道系统规范	SY/T 10037—2002	SY/T 4804—92
73	海上固定平台直升机场规划、设计和建造的推荐作法	SY/T 10038—2002	SY/T 4806—92
74	浮式结构物定位系统设计与分析的推荐作法	SY/T 10040—2002	
75	石油设施电气设备安装一级一类和二类区域划分的推荐作法	SY/T 10041—2002	SY/T 4811—92
76	海上生产平台管道系统设计 and 安装的推荐作法	SY/T 10042—2002	SY/T 4809—92
77	泄压和减压系统指南	SY/T 10043—2002	SY/T 4812—92
78	炼油厂压力泄放装置的尺寸确定、选择和安装的推荐作法	SY/T 10044—2002	

前 言

根据原国家石油和化学工业局文件“国石化政发(2000)66号文”和中国石油天然气集团公司质量安全与环保部文件“质安字(2000)第31号文”的要求,对《油气管道钢制对焊管件设计规定》SY/T 0518—92进行了修订。修订后的标准和原标准比较,有如下主要变化:

1. 调整了设计温度范围: $-40^{\circ}\text{C} < T \leq 120^{\circ}\text{C}$;
2. 对术语进行了修订,增加了名义厚度、管端公称厚度、有效厚度和公称直径;
3. 对接接头全部采用双面焊或相当于双面焊的全焊透结构,焊接接头系数 $\phi = 1.0$;
4. 对管件的焊接坡口型式作了更为明确的规定;
5. 对制造管件的钢材作了更为明确的规定,尤其是对钢材的冲击韧性提出了具体要求;
6. 增大了异径接头的半顶角和最大半顶角的范围;
7. 对压力削弱系数的计算公式进行了简化;
8. 对工厂制造的标准管件提出了验算方法。

本标准由油气田及管道建设设计专业标准化委员会提出并归口。

本标准起草单位:中国石油天然气管道工程有限公司。

本标准的主要起草人:杜保军、杨国卿。

本标准由中国石油天然气管道工程有限公司负责解释。

目 次

1	总则	1
2	术语与符号	3
2.1	术语	3
2.2	符号	5
3	基本规定	7
4	材料	9
4.1	一般规定	9
4.2	冲击韧性	10
5	管封头的设计	12
6	异径接头的设计	13
7	弯头或弯管的设计	16
8	三通的设计	17
8.1	一般规定	17
8.2	等面积补强法	17
8.3	压力削弱系数法	21
	标准用词和用语说明	23
	附件 油气管道钢制对焊管件设计规程 条文说明	24

1 总 则

1.0.1 为了提高油气管道钢制对焊管件的设计水平，做到技术先进、经济合理、安全适用、确保质量，特制定本标准。

1.0.2 本标准规定了油气管道钢制对焊管件的设计及选用验算的要求和方法。管件设计计算时，只考虑设计压力的作用。当必须考虑其它载荷（如热膨胀推力、弯曲力矩等）时，应另行分析，不属于本标准的范围。

1.0.3 本标准适用于下列条件的陆上油、气输送管道工程中的钢制对焊管件（管封头、异径接头、弯头、弯管和三通）：

设计压力 p 不大于 10MPa；

公称直径 DN 不大于 1000mm；

设计温度 T 高于 -40°C ，且不高于 120°C ；

注：管件的设计温度应在钢材允许的使用温度范围内。

1.0.4 对超出本标准设计范围的钢制管件，可采用以下方法设计：

1 包括有限元在内的应力分析；

2 验证性实验分析（如验证性爆破试验、实验应力分析）。

1.0.5 管件的设计除应符合本标准外，还应遵循国家颁布的有关法令、法规和规章。当本标准的要求低于国家有关标准的要求时，应以国家标准的要求为准。

1.0.6 下列标准包含的条文，通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时，所示版本为有效。所有版本都会被修订，使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB 150—1998 钢制压力容器

GB/T 3274—1988 碳素结构钢和低合金结构钢 热轧厚钢

板和钢带

- GB 3531—1996 低温压力容器用低合金钢钢板
- GB 6654—1996 压力容器用钢板
- 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
- GB/T 8163—1999 输送流体用无缝钢管
- GB 9948—1988 石油裂化用无缝钢管
- 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
- GB/T 9711.2—1999 石油天然气工业 输送钢管交货技术条件 第2部分：B级钢管
- GB/T 12459—1990 钢制对焊无缝管件
- GB/T 13401—1992 钢板制对焊管件
- GB 50251—94 输气管道工程设计规范
- GB 50253—94 输油管道工程设计规范
- JB 4730—94 压力容器无损检测
- SY/T 0510—1998 钢制对焊管件
- SY/T 5257—91 钢制弯管
- SY/T 0599—1997 天然气地面设施抗硫化物应力开裂金属材料要求

2 术语与符号

2.1 术 语

2.1.1 压力 pressure

除注明者外，压力均指表压力。

2.1.2 工作压力 operating pressure

工作压力指在正常工作情况下，管件可能达到的最高压力。

2.1.3 设计压力 design pressure

设计压力指在相应的设计温度下，用以确定管件计算厚度的压力，其值不低于工作压力。

2.1.4 设计温度 design temperature

设计温度指在正常工作情况下，管件金属可能达到的最高或最低温度（沿管件金属截面的温度平均值）。设计温度与设计压力一起作为设计载荷条件。

2.1.5 计算厚度 calculated thickness

计算厚度指按各章给定公式计算得到的厚度。

2.1.6 设计厚度 design thickness

设计厚度指计算厚度与腐蚀裕量之和。

2.1.7 名义厚度 nominal thickness

名义厚度指设计厚度加上钢材负偏差后向上圆整至钢材标准规格的厚度（对于焊制管件之外的机械成型管件，可以不向上圆整），即标注在图样上的厚度。管件成型后的实际最小厚度不应小于图示名义厚度。

2.1.8 有效厚度 effective thickness

有效厚度指名义厚度减去腐蚀裕量和钢材厚度负偏差。

2.1.9 管端公称厚度 nominal thickness at bevel ends

管端公称厚度指管件端部坡口处的厚度，是标识管件压力等

级的厚度。当管件材料标准屈服强度大于或等于相接管线时，一般等于相接管线的壁厚。

2.1.10 公称直径 nominal diameter

公称直径即名义直径，公称直径对应的钢管外径有两个系列：系列 I（A 系列）和系列 II（B 系列）。标识时，对于系列 I（A 系列）管件，在公称直径 DN 后可不加“A”；对于系列 II（B 系列）管件，在公称直径 DN 后应加“B”。公称直径及其对应的外径尺寸见表 2.1.10。

表 2.1.10 钢管公称直径与钢管外径尺寸对应表

公称直径 DN	系列 I（A）	系列 II（B）	公称直径 DN	系列 I（A）	系列 II（B）
15	21.3	18	350	355.6	377
20	26.7	25	400	406.4	426
25	33.4	32	450	457	478
32	42.2	38	500	508	529
40	48.3	45	550	559	—
50	60.3	57	600	610	630
65	73.0	76	650	660	—
80	88.9	89	700	711	720
90	101.6	—	750	762	—
100	114.3	108	800	813	820
125	141.3	133	850	864	—
150	168.3	159	900	914	920
200	219.1	219	950	965	—
250	273	273	1000	1016	1020
300	323.9	325			

2.2 符 号

p ——设计压力, MPa;

$[p]$ ——按压力削弱系数法计算的三通允许工作压力, MPa;

T ——设计温度, $^{\circ}\text{C}$;

δ_n ——管件的管端公称厚度, mm;

δ ——管件的计算厚度, mm;

δ_r ——三通主管计算壁厚, mm;

δ_b ——三通支管计算壁厚, mm;

δ_d ——管件的设计厚度, mm;

δ_s ——管件的名义厚度, mm;

δ_e ——管件的有效厚度, mm;

δ_{er} ——三通主管有效壁厚, mm;

δ_{eb} ——三通支管有效壁厚, mm;

δ_o ——拔制或挤压三通肩部翻边处去除腐蚀裕量后的支管壁厚 (在距主管外径面高度等于 R 处测量), mm;

$[\sigma]$ ——管件用钢材的许用应力, MPa;

K ——强度设计系数;

σ_s ——管件用钢材的标准屈服强度下限值, MPa;

ϕ ——焊接接头系数;

D ——管件的外径 (对于异径接头为大端外径, 对于三通为主管外径), mm;

d ——对于异径接头为小端外径, 对于三通为支管外径, mm;

d_c ——三通支管去除腐蚀裕量后的内径, mm;

L ——异径接头的长度, mm;

C ——三通中心到主管端部距离 (即三通半长), mm;

M ——三通中心到支管端部距离, mm;

A_R ——三通开孔所需要补强截面积， mm^2 ；

A_E ——补强面积之和， mm^2 ；

H ——三通支管有效补强区高度， mm ；

W ——三通主管有效补强区宽度的一半， mm ；

f_r ——强度削弱系数，等于支管材料与主管材料标准屈服强度下限值之比值，当该比值大于 1.0 时，取 $f_r=1.0$ ；

η ——压力削弱系数；

DN ——管件的公称直径。

3 基本规定

3.0.1 管件的设计必须具备相应的资质。

3.0.2 管件的设计参数（如设计压力、许用应力、设计温度等）、试验压力及腐蚀裕量的取值不应低于相接管线的取值。

3.0.3 厚度附加量按式（3.0.3）计算：

$$C = C_1 + C_2 \quad (3.0.3)$$

式中 C ——厚度附加量（mm）；

C_1 ——管件用钢材厚度负偏差（mm）；

C_2 ——腐蚀裕量（mm）。

钢板或钢管的厚度负偏差按相应钢材标准的规定。当钢材的厚度负偏差不大于 0.25mm，且不超过名义厚度的 6% 时，负偏差可忽略不计。

管件的腐蚀裕量，应根据管件的设计寿命和介质对金属材料的腐蚀速率确定，其取值不应小于相接管线的取值。

3.0.4 管件用钢材的许用应力按式（3.0.4）计算：

$$[\sigma] = K \cdot \sigma_s \quad (3.0.4)$$

3.0.5 强度设计系数指用来确定材料许用应力的系数，与管件所在地区等级有关，应按 GB 50251《输气管道工程设计规范》或 GB 50253《输油管道工程设计规范》的规定选取。

3.0.6 管件的焊接接头应是双面焊对接接头或相当于双面焊的全焊透对接接头。

100% 无损检测 $\phi = 1.0$

3.0.7 管件的名义厚度不应小于相接钢管（或管件）的管端公称厚度。当管件的名义厚度较大，内径不能满足管线清管要求

时，可增大管件的外径，使管件的最小内径能顺利通过清管设备。

3.0.8 管件材料的力学性能和化学成分应与相接钢管（或管件）的材料相同或相近。

3.0.9 管件端部坡口型式应符合图 3.0.9 的规定，坡口的内端应和相接钢管内壁对齐：

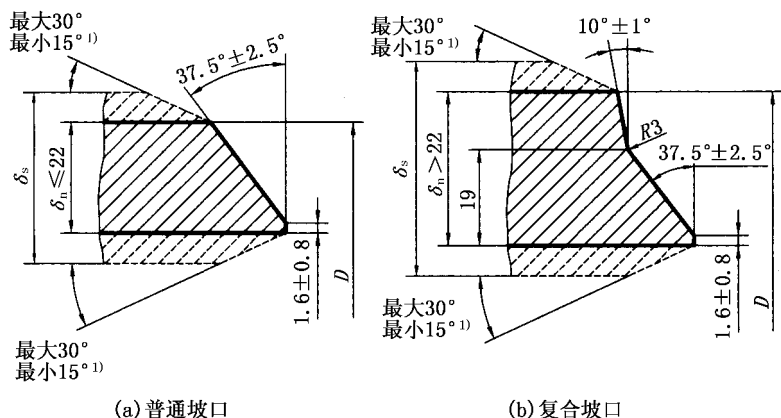


图 3.0.9 坡口型式

注：

- 1 当管件材料标准屈服强度下限值与接管材料的相同时，内削角度不限制最小值。
- 2 如有特殊需要，允许采用其他坡口形式。
- 3 图中 D 为相接管线外径。

3.0.10 按本标准设计的管件应按 GB/T 12459，GB/T 13401，SY/T 0510 或 SY/T 5257 进行制造、检验和验收；所有对接接头应按 JB 4730 进行 100% 射线检测，Ⅱ级合格；所有角焊缝应按 JB 4730 进行 100% 磁粉或渗透检测，Ⅰ级合格。

4 材 料

4.1 一 般 规 定

4.1.1 管件宜由无缝钢管、直缝钢管或钢板制造，钢材应具有
良好的韧性和可焊性。

4.1.2 管件用钢材应由电炉或氧气转炉冶炼。钢材的技术要求
应符合相应国家标准、行业标准或有关技术条件的规定。

4.1.3 管件用钢材应附有钢材生产单位的钢材质量证明书，制
造单位应按质量证明书对钢材进行验收，必要时尚应进行复验。

4.1.4 选择管件用钢材应考虑管件的使用条件（如设计温度、
设计压力、介质特性）和相接管线、材料的焊接性能、管件的制
造工艺以及经济合理性。

4.1.5 管件采用无缝钢管制造时，其材料应符合 GB 5310，GB
6479，GB/T 8163 或 GB 9948 的要求；当采用 GB/T 9711.1 或
GB/T 9711.2 钢管制做管件时，应考虑热成型后材料力学性能
的变化。

4.1.6 管件采用钢板制造时，其材料应符合 GB/T 3274，GB
3531 和 GB 6654 的要求；当采用 GB/T 9711.1 或 GB/T 9711.2
中的钢材等级钢板时，钢板的化学成分、力学性能应符合其相应
标准要求，且其使用状态宜为热扎或正火态，若采用控扎钢板，
应考虑热成型后材料力学性能的变化。

4.1.7 当采用本标准第 4.1.5 条和第 4.1.6 条所列标准以外的
钢材时，其含碳量、碳当量和硫、磷含量应符合下列规定：

1 含碳量不应大于 0.25%，碳当量不应大于 0.45%，碳当
量按式（4.1.7）计算：

$$C_{eq} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Cu + Ni}{15} \quad (4.1.7)$$

2 熔炼分析含硫量不应大于 0.030%，含磷量不应大于 0.035%。

4.1.8 当采用本标准第 4.1.5 条和第 4.1.6 条所列标准以外的钢材时，所选钢材的屈强比，不应大于本标准第 4.1.5 条和第 4.1.6 条所列相同强度等级钢材的屈强比。

4.1.9 当管件需要考虑抗硫化物腐蚀时，其材料尚应符合《天然气地面设施抗硫化物应力开裂金属材料要求》SY/T 0599 中的有关规定。

4.2 冲击韧性

4.2.1 管件使用温度高于 -20°C 时，用于制作管件的钢板，当使用温度和钢板厚度符合下述情况时，宜每批取一张钢板进行夏比（V 形缺口）低温冲击韧性试验。试验温度应为管件的最低设计温度，或设计文件规定的温度，试样取样方向为横向。

1 使用温度低于 0°C 时：厚度大于 25mm 的 20，20R，厚度大于 38mm 的 16MnR，15MnVR 和 15MnNbR，任何厚度的标准抗拉强度下限值 $\sigma_b > 515\text{MPa} \sim 650\text{MPa}$ （如 L415 及以上钢级）钢板。

2 使用温度低于 -10°C 时：厚度大于 12mm 的 20，20R，厚度大于 20mm 的 16MnR，15MnVR 和 15MnNbR。

冲击功指标根据钢板标准抗拉强度下限值按表 4.2.2 确定。

4.2.2 管件使用温度低于或等于 -20°C 时，管件用钢材的冲击试验温度应按管件的最低设计温度，或按设计文件的规定。管件用钢材试验温度下的冲击功指标，按管件用钢材的标准抗拉强度下限值确定，具体要求应不低于表 4.2.2 的要求。小试样的冲击功指标根据试样厚度按比例缩减。试样取样方向为横向。

表 4.2.2 低温夏比（V 形缺口）冲击试验最低冲击功规定值

钢材标准抗拉强度下限值 σ_b (MPa)	三个试样的冲击功平均值 A_{KV} (J)
	10mm×10mm×55mm
≤ 450	18
$>450 \sim 515$	20
$>515 \sim 650$	27

注：试验温度下三个试样的冲击功平均值不得低于表中的规定；其中单个试样的冲击功可小于平均值，但不得小于平均值的 70%。

5 管封头的设计

5.0.1 管封头应采用整块钢板制造。

5.0.2 管封头为标准椭圆形封头，长短轴之比（ $D:2h_1$ ）为 2:1，如图 5.0.2 所示。

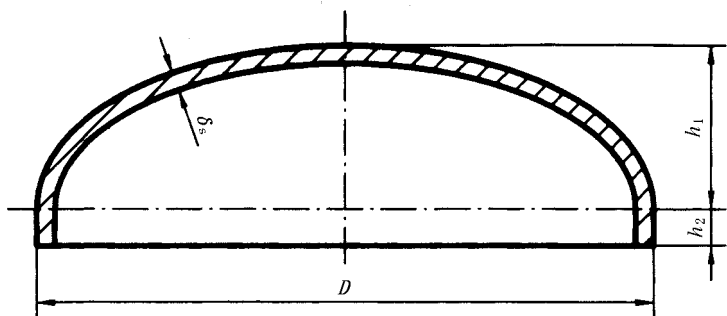


图 5.0.2 标准椭圆形封头

5.0.3 管封头直边高度 h_2 根据管封头名义厚度 δ_s 按下列规定选取：

当 $\delta_s \leq 8\text{mm}$ 时，取 $h_2 = 25\text{mm}$ ；

当 $8\text{mm} < \delta_s \leq 18\text{mm}$ 时，取 $h_2 = 40\text{mm}$ ；

当 $\delta_s > 18\text{mm}$ 时，取 $h_2 = 50\text{mm}$ 。

5.0.4 管封头的计算壁厚按式 (5.0.4) 计算：

$$\delta = \frac{pD}{2[\sigma]} \quad (5.0.4)$$

5.0.5 对于按 GB/T 12459，GB/T13401 或 SY/T 0510 制造的半椭圆部分长短轴之比大于或等于 2:1 的椭圆形管帽，可按式 (5.0.5) 进行验算。

$$\delta_e \geq \delta \quad (5.0.5)$$

6 异径接头的设计

6.0.1 异径接头的结构型式如图 6.0.1-1、图 6.0.1-2、图 6.0.1-3 和图 6.0.1-4 所示。

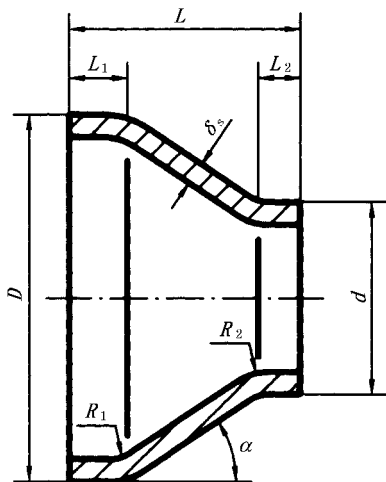


图 6.0.1-1 带折边同心异径接头

6.0.2 无折边异径接头锥壳半顶角或最大半顶角不应大于 25° ，带折边异径接头锥壳半顶角或最大半顶角不应大于 60° 。

6.0.3 带折边异径接头大端直边长度 L_1 应不小于 $2\sqrt{0.5D\delta_s}$ ，小端直边长度 L_2 应不小于 $\sqrt{d\delta_s}$ 。

6.0.4 带折边异径接头大端过渡段转角半径 R_1 应不小于异径接头大端外径 D 的 10%，且不小于异径接头名义厚度 δ_s 的 3 倍，小端过渡段转角半径 R_2 应不小于异径接头小端外径 d 的 5%，且不小于异径接头名义厚度 δ_s 的 3 倍。

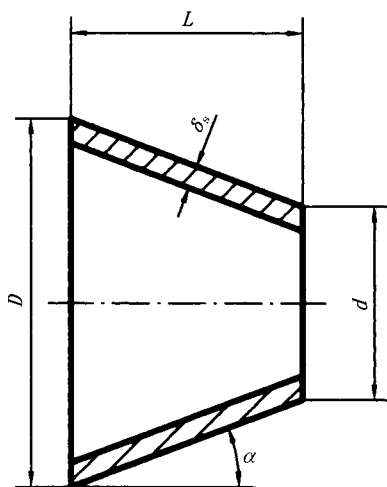


图 6.0.1-2 不带折边同心异径接头

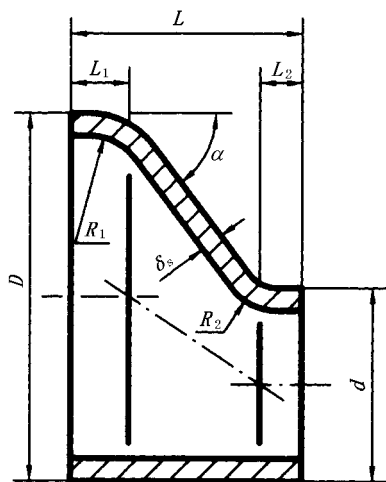


图 6.0.1-3 带折边偏心异径接头

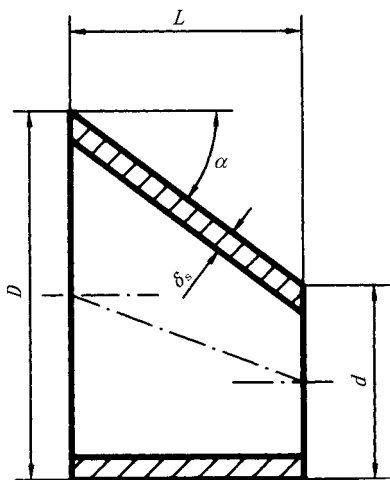


图 6.0.1-4 不带折边偏心异径接头

6.0.5 异径接头应为无缝或只有一道纵向焊缝，对于偏心异径接头焊缝宜放在无倾角的位置。

6.0.6 异径接头的计算壁厚按式 (6.0.6) 计算：

$$\delta = \frac{pD}{2[\sigma]\phi} \cdot \frac{1}{\cos\alpha} \quad (6.0.6)$$

式中 α ——异径接头的半顶角或最大半顶角（如图 6.0.1-1～图 6.0.1-4 所示）（°）。

6.0.7 对于按 GB/T 12459，GB/T 13401 或 SY/T 0510 制造的异径接头，可按式 (6.0.7) 进行验算。

$$\delta_e \geq \delta \quad (6.0.7)$$

7 弯头或弯管的设计

7.0.1 弯曲半径 R 为接管外径的 1 倍~3 倍时一般称为弯头。弯曲半径 R 大于接管外径的 3 倍时一般称为弯管。

7.0.2 弯头和弯管宜为无缝或只有一道纵向焊缝，焊缝位置宜如图 7.0.2 所示。

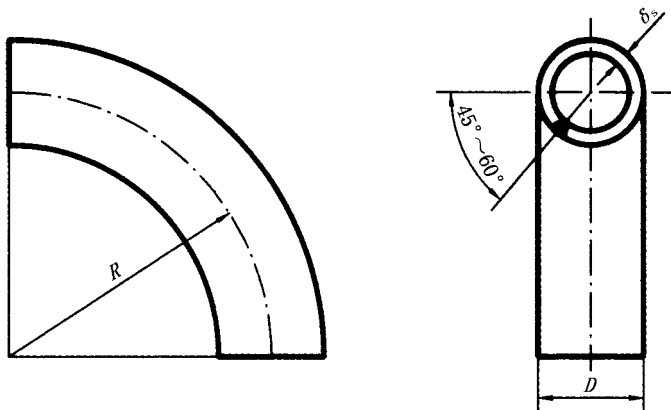


图 7.0.2 弯头或弯管

7.0.3 弯头或弯管的计算壁厚按式 (7.0.3) 计算：

$$\delta = \frac{pD}{2[\sigma]\phi} \cdot \frac{4R - D}{4R - 2D} \quad (7.0.3)$$

式中 R ——弯头或弯管的弯曲半径 (mm)

7.0.4 对于按 GB/T 12459, GB/T 13401, SY/T 0510 或 SY/T 5257 制造的弯头或弯管，可按式 (7.0.4) 进行验算。

$$\delta_e \geq \delta \quad (7.0.4)$$

8 三通的设计

8.1 一般规定

8.1.1 三通的开孔补强，本标准推荐下列两种补强计算方法：一、等面积补强法；二、压力削弱系数法。这两种方法既适用于拔制三通、挤压三通，也适用于加厚主、支管壁厚的整体补强焊制三通。

8.1.2 拔制三通、挤压三通、整体补强焊制三通应采用无缝钢管、直缝钢管或钢板制造。当采用直缝钢管或钢板制造时，主管纵焊缝宜按图 8.1.2-1 所示方位放置；支管纵焊缝宜按图 8.1.2-2 所示方位放置。

8.1.3 整体补强焊制三通的主、支管相贯焊缝必须采用全焊透结构。

8.2 等面积补强法

8.2.1 拔制三通、挤压三通主、支管的补强计算示意图如图 8.2.1-1 所示，整体补强焊制三通主、支管补强计算示意图如图 8.2.1-2 所示，图中 C_2 为腐蚀裕量。

8.2.2 开孔所需的补强面积按式 (8.2.2-1) 和式 (8.2.2-2) 计算。

拔制或挤压三通：

$$A_R = d_c \delta_r \quad (8.2.2-1)$$

整体补强焊制三通：

$$A_R = d_c \delta_r + 2\delta_r \delta_{eb}(1 - f_r) \quad (8.2.2-2)$$

8.2.3 三通主管的计算壁厚 δ_r 按式 (8.2.3) 计算：

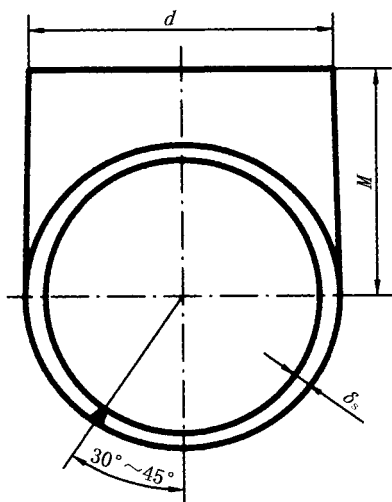


图 8.1.2-1 三通主管纵焊缝位置

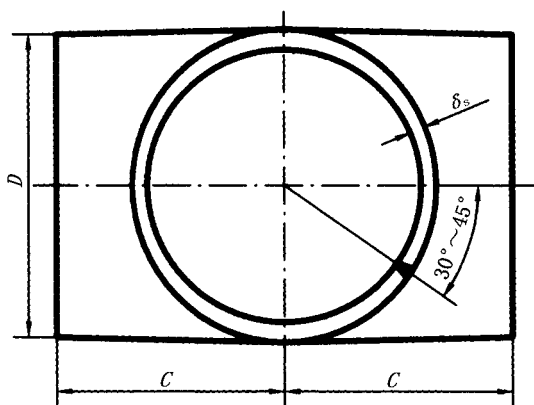


图 8.1.2-2 三通支管纵焊缝位置

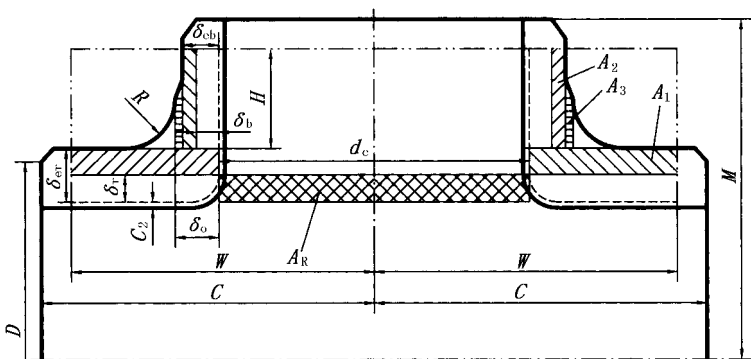


图 8.2.1-1 拔制或挤压三通补强计算示意图

注：此图表示的为一般补强形式，也可以采取其它结构形式。

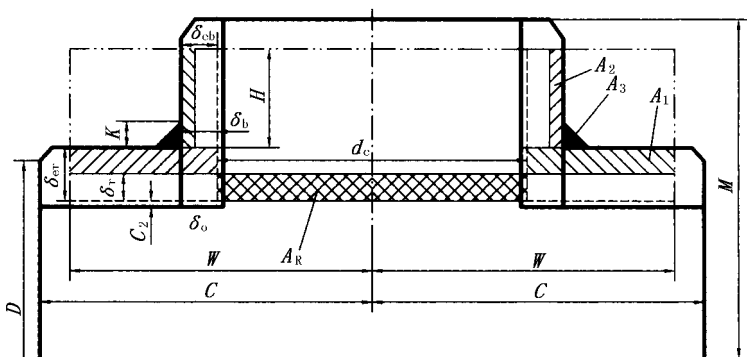


图 8.2.1-2 整体焊接三通补强计算示意图

注：此图表示的为一般补强形式，也可以采取其它形式。

$$\delta_r = \frac{pD}{2[\sigma]\phi} \quad (8.2.3)$$

8.2.4 三通支管的计算壁厚 δ_b 按式 (8.2.4) 计算：

$$\delta_b = \frac{pd}{2[\sigma]\phi} \quad (8.2.4)$$

8.2.5 有效补强宽度 W 按式 (8.2.5) 计算, 取两者中较小值。

$$W = \begin{cases} d_c \\ C \end{cases} \quad (8.2.5)$$

8.2.6 有效补强高度 H 按式 (8.2.6-1) 或式 (8.2.6-2) 计算:

拔制或挤压三通:

$$H = \sqrt{d\delta_o} \quad (8.2.6-1)$$

整体补强焊制三通:

$$H = \sqrt{d\delta_{eb}} \quad (8.2.6-2)$$

8.2.7 在有效补强范围内, 可提供补强的截面积按式 (8.2.7-1) 计算:

$$A_E = A_1 + A_2 + A_3 \quad (8.2.7-1)$$

式中 A_1 ——在有效补强区内, 三通主管有效厚度减去计算厚度之外的补强面积, 按式 (8.2.7-2) 或式 (8.2.7-3) 计算。

拔制或挤压三通:

$$A_1 = (2W - d_c)(\delta_{er} - \delta_r) \quad (8.2.7-2)$$

整体补强焊制三通:

$$A_1 = (2W - d_c)(\delta_{er} - \delta_r) - 2\delta_{eb}(\delta_{er} - \delta_r)(1 - f_r) \quad (8.2.7-3)$$

A_2 ——在有效补强区内, 三通支管有效厚度减去计算厚度之外的补强面积, 按式 (8.2.7-4) 或式 (8.2.7-5) 计算。

拔制或挤压三通:

$$A_2 = 2H(\delta_{eb} - \delta_b) \quad (8.2.7-4)$$

整体补强焊制三通：

$$A_2 = 2H(\delta_{eb} - \delta_b) \cdot f_r \quad (8.2.7-5)$$

A_3 ——在有效补强区内，其它可提供的补强面积，按式 (8.2.7-6) 或式 (8.2.7-7) 计算。

拔制或挤压三通：

$$A_3 = \chi(\delta_o - \delta_b)R \quad (8.2.7-6)$$

式中 R ——拔制或挤压三通肩部翻边处的圆弧曲率半径，mm。

该曲率半径受下列限制：

- 1) 最小半径： R 应大于 $0.05d$ ；
- 2) 最大半径： R 应小于 $0.1d + 13\text{mm}$ ；
- 3) 不得采用机加工的方法满足上述要求。

整体补强焊制三通：

$$A_3 = K^2 \quad (8.2.7-7)$$

式中 K ——整体补强焊制三通肩部角焊缝高度 (mm)。

8.2.8 等面积补强计算应满足式 (8.2.8)：

$$A_E \geq A_R \quad (8.2.8)$$

8.3 压力削弱系数法

8.3.1 压力削弱系数法计算的允许工作压力应满足式 (8.3.1)：

$$[p] = \frac{\chi \sigma \delta_{er} \phi}{D} \eta \geq p \quad (8.3.1)$$

8.3.2 压力削弱系数按式 (8.3.2-1) 计算：

$$\eta = \frac{1}{1.25 \sqrt{1 + \frac{a \sqrt{1 + b^2}}{b}}} \quad (8.3.2 - 1)$$

a ——系数，按式 (8.3.2-2) 计算：

$$a = \frac{d_c^2}{Dd} \quad (8.3.2 - 2)$$

b ——系数，按式 (8.3.2-3) 计算：

$$b = 4.05 \frac{\delta_{er}^3 + \delta_{eb}^3}{\delta_{er}^2 \sqrt{D\delta_{er}}} \quad (8.3.2 - 3)$$

采用压力削弱系数法计算壁厚的三通，其主管长度一般取为 $3.5D$ ，但不宜小于 $2d$ ；支管至主管下部外壁的高度一般取为 $1.7D$ 。

标准用词和用语说明

执行本规范条文时，要求严格程度不同的用词说明如下，以便在执行中区别对待。

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，在正常情况下均应这样做的用词：

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的，采用“可”。

附件

油气管道钢制对焊管件设计规程

条文说明

目 次

1	总则.....	26
2	术语与符号.....	27
2.1	术语	27
3	基本规定.....	28
4	材料.....	29
4.1	一般规定	29
4.2	冲击韧性	30
5	管封头的设计.....	31
6	异径接头的设计.....	32
7	弯头或弯管的设计.....	34
8	三通的设计.....	35
8.1	一般规定	35
8.2	等面积补强法	35
8.3	压力削弱系数法	36

1 总 则

1.0.1 本标准立足于受压元件的强度理论，并注意到油气输送管道管件的设计、制造和使用实践。需要说明的是，作为管件，从计算公式的形式，到许用应力的取值，以及材料选用等各方面都有别于“压力容器”，但其强度理论基础与“压力容器”相同。

1.0.2 本标准所指的管件为管封头（管帽）、异径接头、弯头、弯管和三通。管件几何形状各异，使用时产生的应力比较复杂，是输油、输气管道中薄弱环节。因此，应从管件结构的整体出发，对其所用材料、强度设计、严密性、保持几何形状的能力、制作质量等提出基本要求。

1.0.3 为了设计人员便于操作，本标准参照《钢制压力容器》GB 150 调整设计温度范围为： $-40^{\circ}\text{C} < T \leq 120^{\circ}\text{C}$ 。

2 术语与符号

2.1 术 语

本标准的术语主要参考了 GB 150。

2.1.9 管端公称厚度

按管件标准 GB/T 12459, GB/T 13401, SY/T 0510 制作的管件, 公称壁厚均指管件焊端坡口处的厚度, 不是指本标准中的管件名义壁厚。

在《FACTORY - MADE WROUGHT STEEL BUTTWELDING FITTINGS》ASME B16.9 中, FIG.1 WELDING BEVELS AND ROOT FACE 中的公称壁厚, 也指管端坡口处的厚度。

在《Specification For High Test Wrought Butt Welding Fitting》MSS SP—75 中, 17.MARKING, b) Nominal wall thickness of fittings at bevel ends 中同样可看出管件标识的厚度为管端坡口处的厚度。

3 基本规定

3.0.1 油气管道是国家的生命线，油气管道钢制对焊管件的安全关系到国家生命线的安全。因此油气管道所用管件的设计必须具备相应的资质。

3.0.4 管件用钢材的许用应力的选取参照 GB 50251 或 GB 50253。

3.0.5 管件是管道系统的重要组成部分，强度设计系数的取值应遵守管道设计规范的规定，GB 50251 或 GB 50253 对强度设计系数都作了详细的规定。

3.0.6 管件的焊接接头应是双面焊对接接头或相当于双面焊的全焊透对接接头。在《压力容器安全监察规程》中对相当于双面焊的全焊透对接接头作了明确规定：指单面焊双面成型的焊缝，按双面焊评定，如氩弧焊打底的焊缝。

3.0.9 由于各个生产管件厂家的工装不完全相同，因此生产的管件外形尺寸有可能不完全相同。譬如对于拔制三通和带折边大小头，不宜限制增大后的外径，宜尽量利用工厂已有的标准胎具；对于用钢板制作的焊制三通和不带折边大小头，一般做到内径对齐就可以了。但管件的坡口必须与相接管线相对应，因此需对管件端部坡口型式做出规定。

3.0.10 作为设计标准，从设计角度，本标准参照 GB 150 对制造、检验和验收及无损检测做了基本要求。

4 材 料

4.1 一 般 规 定

4.1.5 和 4.1.6 油气长输管道最常用的钢管，是以控轧钢制作的钢管。所谓控轧钢，指控制化学成分及控制轧制温度，特别是终轧温度，以细化晶粒，从而提高强度和韧性。终轧温度低于 A_{C3} ，为 γ 相和 α 相共存的温度。终轧过程，对钢板的强度和韧性影响最大。如果对轧制后的钢板进行快速冷却，可获得更为优质的钢材。

控轧钢具有较高的强度和韧性，无需（也不能）进行正火处理或调质处理。控轧钢不宜再进行热加工，譬如热弯管、或用做热拔制三通的坯料。即便进行消除应力退火，也会有较大的强度降低。所以采用 GB/T 9711.1 或 GB/T 9711.2 的控轧钢管，应考虑热成型后材料力学性能的变化；若采用制作 GB/T 9711.1 或 GB/T 9711.2 钢管的钢板作坯料时，其使用状态宜为热轧或正火态，若采用控轧钢板，也应考虑热成型后材料力学性能的变化。

4.1.7 含碳量及碳当量影响材料的可焊性，本标准规定的数值是我国一些常用标准采用的数值。硫、磷是金属材料中的有害成分，随着冶金技术的发展，钢材中对硫、磷含量控制越来越严格。本标准规定：熔炼分析含硫量应不大于 0.03%，含磷量应不大于 0.035%。

4.1.8 屈强比为标准屈服强度下限值与标准抗拉强度下限值之比。屈强比反映了金属材料的安全储备程度。随着油气管道的发展，管道用钢强度等级越来越高，在我国正建的管道，已使用了 X70 等级钢管，其屈强比很高，为 0.8536。为此本标准，没有限制材料的屈强比。凡本标准中的所列材料，均可以使用。

4.2 冲击韧性

冲击韧性反映材料塑性变形和断裂过程吸收能量的能力，是材料强度和塑性的综合反映，是抗断裂、止裂的主要指标。控制韧性指标是预防管道脆性破坏的有效办法。对油气管道钢制对焊管件的材料，也应提出控制韧性的测试项目和指标，以确保管道安全。

对最低冲击功值的要求，观点很不统一。本标准采用了 GB 150 的规定，要求较低。主要考虑管件和压力容器具有大致相同的工作条件，一般情况只考虑起裂，而无须考虑止裂。应该说，材料的屈服强度愈高，所要求的冲击试验最低冲击功也应该愈高。设计人员应根据实际条件具体考虑，确定是否做冲击试验，确定冲击试验温度，规定最低冲击功取值，但不应低于本标准的要求。

5 管封头的设计

按照 GB 150—1998 中标准椭圆形封头的计算公式进行强度设计，许用应力取值仍应遵照本设计规程的规定。

6 异径接头的设计

钢管与异径接头相接，因结构的不连续，必然在连接处产生较大的局部应力。异径接头的锥角愈大，其局部应力也愈大。美国 ASME 第Ⅷ篇第一分篇及日本 JIS B8243 等有关规范说明，对斜锥壳的强度计算提出如下计算公式，并指出对具有不同半顶角的锥壳，计算时，应采用最大半顶角 α ：

$$t = \frac{pD}{2\cos\alpha(SE - 0.6P)} \quad (1)$$

式中 t ——异径接头的最小厚度，不包括腐蚀裕量；

p ——设计压力 (MPa)；

D ——异径接头的大端内直径 (mm)；

S ——钢材的许用应力 (MPa)；

α ——异径接头锥体的半顶角或最大半顶角；

E ——焊接接头系数。

GB 150—1998 规定受内压无折边锥壳大端厚度按下式计算，取两者中较大值。

$$\delta_c = \begin{cases} \frac{p_c \cdot D_c}{2[\sigma]\phi - p_c} \cdot \frac{1}{\cos\alpha} \\ \frac{Q \cdot p_c \cdot D_i}{2[\sigma]\phi - p_c} \end{cases} \quad (2)$$

由 GB 150—1998 图 7-11 确定锥壳大端连接处的加强图，可以看出：对于 $\frac{p_c}{[\sigma]\phi}$ 大于或等于 0.012 的无折边锥壳，不须加厚。由图 7-12 锥壳大端连接处的 Q 值图，可以看出：对于

$\frac{p_c}{[\sigma]\phi}$ 大于或等于 0.012 半顶角小于等于 25° 的无折边锥壳的 Q 值均小于 1.11, 因此 Q 值小于 $\frac{1}{\cos\alpha}$ 。

由于异径接头的 $\frac{p}{[\sigma]}$ 一般不小于 0.12。所以半顶角小于等于 25° 的无折边异径接头的计算公式采用 $\delta = \frac{pD}{2[\sigma]\phi} \cdot \frac{1}{\cos\alpha}$ 是安全的。

GB 150—1998 受内压折边锥壳大端厚度应按下式计算, 取两者中较大值

$$\delta_c = \begin{cases} \frac{K \cdot p_c \cdot D_i}{2[\sigma]\phi - 0.5p_c} \\ \frac{f \cdot p_c \cdot D_i}{[\sigma]\phi - 0.5p_c} \end{cases} \quad (3)$$

由 GB 150—1998 表 7-4, 可以看出 K 值小于 $\frac{1}{\cos\alpha}$ 。由 GB 150—1998 表 7-5, 可以看出 f 值一般小于 $\frac{1}{2\cos\alpha}$ 。所以对于带折边异径接头厚度计算公式采用 $\delta = \frac{pD}{2[\sigma]\phi} \cdot \frac{1}{\cos\alpha}$ 是安全的。

符号说明详见 GB 150—1998。

7 弯头或弯管的设计

弯管和弯头在流体压力作用下，产生的环向应力沿弯管截面的分布是很不均匀的。产生的最大环向应力在弯头的内凹点。这个应力比同样条件下在直管上产生的环向应力大，其增大的倍数称为在内压作用下弯管或弯头应力增大系数，表达式为：

$\frac{4R-D}{4R-2D}$ ，实际上也就是弯头和弯管的壁厚增大系数。可以看出 R/D 愈大，壁厚增大系数愈小。这就是所谓的“环管公式”。标准正文中式（7.0.3）是一个纯理论公式，未考虑加工成型后内、外壁厚的变化，以及外弧承受应力较小等实际情况。

8 三通的设计

8.1 一般规定

8.1.1 三通的结构形式和制作方法颇多。对于支管外径与主管外径之比大于或等于 0.5 的钢制对焊三通，目前国际上一般推荐采用按 ANSI B16.9 或 MSS SP—75 生产的成型三通，其压力—温度等级，应以确定同材或等材直无缝钢管的压力—温度界限时所用的许用压力来确定。我国的管件标准，基本上套用了 ANSI B16.9 的壁厚，其壁厚实际上是用验证试验确定的。随着国内制造工艺的不断改进，应尽量选取标准三通。

当前世界各国有关规范中提供的开孔补强设计计算方法，主要有：

美国 ASME 第Ⅷ篇和 ASNI B31 压力管道规范中的等面积法，即本设计规程中的第一种方法；

《水管锅炉受压元件强度计算》GB/T 9222—1988 和《钢制压力容器强度计算规定》HG 20582—1998 中的压力削弱系数法，也即本设计规程中的第二种方法；

西德锅炉标准 TRD—301 采用压力面积法，《钢制压力容器强度计算规定》HG 20582—1998 对大开孔的补强计算也采用压力面积法；

还有一些其它方法如：极限分析法、基于安定性理论的分析方法等

对三通的开孔补强，本设计规程推荐了两种计算方法，但不限于这两种方法。

8.2 等面积补强法

8.2.2 对于整体补强焊制三通开孔所需的补强面积由式（4）

改为式(5)计算。

$$A_R = d_c \delta'_r \quad (4)$$

$$A_R = d_c \delta'_r + 2 \delta'_r \delta_b (1 - f_r) \quad (5)$$

式中符号见本标准正文。

焊制三通支管材料的力学性能有可能低于主管材料的, GB 150 和 ANSI B31.4 的第 404.3.1 条和 ANSI B31.8 的第 831.4.1 条都明确规定, 在计算所需要的补强面积时, 应考虑这一因素, 于是就出现了 $2 \delta'_r \delta_b (1 - f_r)$ 项。

8.2.5 有效补强宽度 W 按式(6)计算:

$$W = \begin{cases} d_c \\ C \end{cases} \quad (6)$$

当拔制或挤压三通的半长小于支管内径时, 取 $W = C$ 。

8.2.6 有效补强高度由 SY/T 0518—92 $H = 0.7 \sqrt{d \delta_0}$ 改为 $H = \sqrt{d \delta_0}$, 系沿用 GB 150—1998 对支管补强范围的规定。

8.3 压力削弱系数法

压力削弱系数法是以塑性失效理论为基础的。原苏联学者 Троянский 等认为支管的存在, 产生了垂直于主管轴线的拉力。他们分析了拉力在主管上产生的弯曲应力, 将弯曲应力与由内压产生的应力相组合, 求出焊缝上各点的三个主应力, 进而应用 Von Mises 塑性条件, 得到的计算三通极限压力削弱系数的公式为:

$$\eta = \frac{0.95}{\sqrt{1 + \frac{1}{x} \left(4.05y + \frac{1}{4.05y} \right) \cos \beta}} \quad (7)$$

$$x = \frac{Dd}{d_c^2}$$

$$y = \frac{\delta_{\text{er}}^3 + \delta_{\text{eb}}^3}{\delta_{\text{er}}^2 \sqrt{D\delta_{\text{er}}}}$$

$$\beta = \arctg(4.05y)$$

《水管锅炉受压元件强度计算》GB/T 9222—1988 和《钢制压力容器强度计算规定》HG 20582—1998 整体补强焊接三通的主管的压力削弱系数按下式计算：

$$\eta = \frac{1}{1.25 \sqrt{1 + \frac{1}{x} \left(4.05y + \frac{1}{4.05y} \right) \cos \beta}} \quad (8)$$

SY/T 0518—92 也采用了本公式。这个公式相对于式 (7)，取了一个近 1.2 的安全系数。原公式已有安全系数，该公式对原公式又取了一个安全系数，偏于安全。

为了计算方便，不再出现 β 角，将式 (8) 简化成下式：

$$\eta = \frac{1}{1.25 \sqrt{1 + \frac{a \sqrt{1 + b^2}}{b}}} \quad (9)$$

$$a = \frac{d_c^2}{Dd}$$

$$b = 4.05 \frac{\delta_{\text{er}}^3 + \delta_{\text{eb}}^3}{\delta_{\text{er}}^2 \sqrt{D\delta_{\text{er}}}}$$

简化过程如下：

$$\beta = \arctg(4.05y)$$

$$\tg \beta = 4.05y$$

$$\frac{\sin \beta}{\cos \beta} = 4.05y$$

$$\frac{1 - (\cos \beta)^2}{(\cos \beta)^2} = (4.05y)^2$$

$$(\cos\beta)^2 = \frac{1}{1 + (4.05y)^2}$$

$$\cos\beta = \sqrt{\frac{1}{1 + (4.05y)^2}}$$

$$\begin{aligned}\eta &= \frac{1}{1.25\sqrt{1 + \frac{1}{x}\left(4.05y + \frac{1}{4.05y}\right)}\sqrt{\frac{1}{1 + (4.05y)^2}}} \\ &= \frac{1}{1.25\sqrt{1 + \frac{1}{x}\left(\frac{(4.05y)^2 + 1}{4.05y}\right)^2}\frac{1}{1 + (4.05y)^2}}} \\ &= \frac{1}{1.25\sqrt{1 + \frac{1}{x}\sqrt{\frac{1 + (4.05y)^2}{(4.05y)^2}}}} \\ &= \frac{1}{1.25\sqrt{1 + \frac{1}{x}\frac{\sqrt{1 + (4.05y)^2}}{4.05y}}}\end{aligned}$$

设 $a = \frac{1}{x}$, $b = 4.05y$

$$\eta = \frac{1}{1.25\sqrt{1 + \frac{a\sqrt{1 + b^2}}{b}}}$$

中华人民共和国
石油天然气行业标准
油气管道钢制对焊管件设计规程
SY/T 0518—2002

※

石油工业出版社出版
(北京安定门外安华里二区一号楼)
石油工业出版社印刷厂排版印刷
新华书店北京发行所发行

※

850×1168 毫米 32 开本 $1\frac{3}{4}$ 印张 43 千字 印 1—3000
2002 年 9 月北京第 1 版 2002 年 9 月北京第 1 次印刷
书号：155021·5634 定价：16.00 元
版权专有 不得翻印