

UDC

**SH**

中华人民共和国行业标准

P

SH 3502-2000

---

# 钛管道施工及验收规范

Code for construction and acceptance  
of titanium piping

2000-06-30 发布

2000-10-01 实施

国家石油和化学工业局 发布

中华人民共和国行业标准

# 钛管道施工及验收规范

Code for construction and acceptance  
of titanium piping

SH 3502-2000

主编单位：北京燕化建筑安装工程公司  
主编部门：中国石油化工集团公司  
批准部门：国家石油和化学工业局



2000 北京

国家石油和化学工业局文件

国石化政发(2000)239号



关于批准《石油化工企业污水处理设计规范》  
等10项石油化工行业标准的通知

中国石油化工集团公司:

你公司报批的《石油化工企业污水处理设计规范》等10项石油化工行业标准草案,业经我局批准,现予发布。标准名称、编号为:

强制性标准:

| 序号 | 标准编号         | 标准名称                                     |
|----|--------------|--|
| 1. | SH 3095-2000 | 石油化工企业污水处理设计规范                           |
| 2. | SH 3097-2000 | 石油化工静电接地设计规范                             |
| 3. | SH 3098-2000 | 石油化工塔器设计规范(代替SYJ 1049-83)                |
| 4. | SH 3099-2000 | 石油化工给排水水质标准(代替SHJ 1080-91)               |
| 5. | SH 3100-2000 | 石油化工工程测量规范                               |
| 6. | SH 3010-2000 | 石油化工设备和管道隔热技术规范(代替SHJ 10-90和SYJ 1022-83) |
| 7. | SH 3502-2000 | 钛管道施工及验收规范(代替SHJ 502-82)                 |
| 8. | SH 3513-2000 | 石油化工铝制料仓施工及验收规范(代替SHJ 513-90)            |
| 9. | SH 3518-2000 | 阀门检验与管理规程(代替SHJ 518-91)                  |

推荐性标准:

| 序号 | 标准编号           | 标准名称                        |
|----|----------------|-----------------------------|
| 1. | SH/T 3511-2000 | 乙烯装置裂解炉施工技术规程(代替SHJ 511-89) |

以上标准自2000年10月1日起实施,被代替的标准同时废止。

国家石油和化学工业局  
二〇〇〇年六月三十日

## 前 言

本标准是根据中国石油化工总公司(1995)建标字269号文的通知由我公司对原《钛管道施工及验收规范》SHJ502-86进行修订而成。

在修订过程中,针对原标准中存在的问题进行了比较广泛的调查研究,总结了多年来石油化工工程中钛管道的施工经验,并征求了有关设计、生产、施工等方面的意见,对其中的主要问题进行了多次讨论,最后经审查定稿。

在本规程施行过程中,如发现需要修改或补充之处,请将意见和有关资料提供给我公司,以便今后修订时参考。

我公司的通讯地址及邮政编码

通讯地址:北京276信箱

邮政编码:102502

本规范的主编单位和主要起草人

主 编 单 位:北京燕化建筑安装工程公司

主要起草人:赵 椽 王守端 徐志钢

# 目 次

|     |                           |    |
|-----|---------------------------|----|
| 1   | 总则                        | 1  |
| 2   | 管道组成件、支承件及焊材的检验           | 2  |
| 2.1 | 管子检验                      | 2  |
| 2.2 | 阀门、其他管道组成件及支承件检验          | 2  |
| 2.3 | 焊材检验                      | 2  |
| 3   | 管道加工及安装                   | 3  |
| 3.1 | 管子切割及坡口加工                 | 3  |
| 3.2 | 弯管制作                      | 3  |
| 3.3 | 管道预制                      | 3  |
| 3.4 | 管道安装                      | 4  |
| 4   | 管道焊接                      | 5  |
| 4.1 | 一般规定                      | 5  |
| 4.2 | 焊前准备                      | 5  |
| 4.3 | 焊接工艺                      | 7  |
| 4.4 | 焊接检验                      | 7  |
| 4.5 | 焊缝返修                      | 8  |
| 5   | 管道系统压力试验与吹扫               | 9  |
| 5.1 | 管道系统压力试验                  | 9  |
| 5.2 | 管道系统吹扫                    | 10 |
| 5.3 | 管道系统泄漏性试验                 | 10 |
| 6   | 工程验收                      | 11 |
|     | 附录 A 部分国产钛管化学成分、力学性能及规格参数 | 12 |
|     | 附录 B 钛管道施工参考数据            | 14 |
|     | 附录 C 工业纯钛在不同温度下的许用抗拉应力    | 15 |
|     | 用词说明                      | 16 |
|     | 附 条文说明                    | 17 |

## 1 总 则

- 1.0.1 本规范适用于石油化工企业设计压力为 0~9.8MPa (表压), 设计温度为-60~250℃的工业纯钛管道 (以下简称管道) 工程的施工及验收。
- 1.0.2 管道施工除执行本规范外, 尚应按《工业金属管道工程施工及验收规范》GB50235、《石油化工剧毒、可燃介质管道工程施工及验收规范》SH3501 及《现场设备、工业管道焊接工程施工及验收规范》GB50236 的规定执行。
- 1.0.3 管道的施工应按设计文件执行, 当修改设计时, 应经设计部门确认并取得证明文件。
- 1.0.4 管道施工过程中必须采取有效措施, 防止碳及铁污染, 加工工具必须专用, 并保持清洁, 试压及清洗应采用洁净水。
- 1.0.5 管道施工的安全技术和劳动保护, 应按国家现行的有关强制性法规、标准及《石油化工施工安全技术规程》SH3505 的规定执行。

## 2 管道组成件、支承件及焊材的检验

### 2.1 管子检验

- 2.1.1 管子必须具有制造厂的质量证明书(包括牌号、炉号、规格、化学成分、力学性能及供货状态等),其质量应符合相应标准的规定。
- 2.1.2 应按设计要求核对管子材质和规格。当设计技术条件无规定时应符合下列要求:
- 1 管子的化学成分、力学性能应分别符合《钛及钛合金属牌号和化学成分》GB/T3620.1 和《钛及钛合金管》GB/T3624 的规定;部分国产钛管化学成份和力学性能见表 A-1;
  - 2 管子应逐根进行外径及壁厚测量,其外径、壁厚的允许偏差值应符合表 A-2 和表 A-3 的规定。
- 2.1.3 管子端部切斜允许偏差应符合表 A-4 的要求。
- 2.1.4 管子弯曲度允许偏差应符合表 A-5 的要求。
- 2.1.5 管子的表面应光滑、清洁,无针孔、裂纹和折叠等缺陷。
- 2.1.6 管子表面的局部缺陷应予清除,清除后壁厚不得小于表 A-3 的规定值。
- 2.1.7 经检验合格的管子在储存期间,应将管口封闭,并按规格尺寸分别放置在垫木上,严禁与钢材混堆、直接接触或碰伤。

### 2.2 阀门、其他管道组成件及支承件检验

- 2.2.1 阀门检验应按《阀门检验与管理规程》SH3518 进行。
- 2.2.2 弯头、弯管、异径管、三通、法兰、焊环、盲板、垫片、紧固件等必须具有制造厂质量证明书,应按设计要求核对其材质、规格和型号,其质量应符合相应标准的要求。
- 2.2.3 法兰、焊环及盲板的密封面应平整光洁,不得有毛刺和径向沟痕。
- 2.2.4 管道支承件必须具有制造厂的质量证明书,其材质、规格、型号应符合设计的规定。

### 2.3 焊材检验

- 2.3.1 焊接材料的选用应符合下列规定:
- 1 焊材的化学成分和力学性能应与母材相当;
  - 2 若焊件要求有较高的塑性时,应采用纯度比母材高的焊丝。
- 2.3.2 选用的焊丝应有质量证明书。焊丝表面应洁净、无氧化色,不应有裂纹、起皮、斑疤和夹杂等缺陷。其化学成分应符合《钛及钛合金丝》GB/T3623 的有关规定。
- 2.3.3 钨极不宜采用钍钨极。
- 2.3.4 氩气纯度不应低于 99.99%,含水量不应大于 50mg/m<sup>3</sup>。
- 2.3.5 氩气输送管应采用塑料软管,不宜用橡胶软管或其他吸湿性材料。

### 3 管道加工及安装

#### 3.1 管子切割及坡口加工

- 3.1.1 管子的堆放和加工应有专用场所，场内应保持清洁。
- 3.1.2 管子切断前应移植原有标记，严禁使用钢印。
- 3.1.3 管子切割和坡口加工宜用机械方法，切割和加工表面不得过热变色，当采用等离子弧方法切割时，必须用规定方法去除污染层。
- 3.1.4 管子切割和坡口质量应符合下列要求：
- 1 表面应平整，不得有裂纹、重皮，并应清除毛刺、凸凹、缩口、熔渣及氧化物等；
  - 2 切口平面最大倾斜偏差为管子直径的 1%，且不得超过 3mm。
  - 3 坡口的形式和尺寸，应符合设计和焊接作业指导书的规定，当无规定时，应符合本规范第 4.2.1 条的规定。

#### 3.2 弯管制作

- 3.2.1 弯管的最小弯曲半径应为管子外径的 3.5 倍。
- 3.2.2 弯管宜采用壁厚为正公差的管子制作。管子可采用弯管机或胎具进行热弯或冷弯。热弯时，加热温度不宜超过 250℃；冷弯时，应考虑回弹量。
- 3.2.3 弯管后可不进行热处理。若设计有规定时，应按设计规定进行。
- 3.2.4 管子弯制后的质量应符合下列要求：
- 1 无皱褶及过热等缺陷；
  - 2 弯管的内外表面应无工具划痕及铁屑；
  - 3 经渗透探伤，不得有裂纹和其他超标缺陷；
  - 4 弯管制作后，弯管处的最小壁厚不得小于管子公称壁厚的 90%；
  - 5 弯管最大外径与最小外径之差不得超过弯管前管子外径的 8%。

#### 3.3 管道预制

- 3.3.1 管道预制，宜按管道单线图（单管图）进行，分段时应考虑运输和安装的方便。
- 3.3.2 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尺寸加工。
- 3.3.3 自由管段和封闭管段的加工尺寸允许偏差应符合表 3.3.3 的规定。

表 3.3.3 自由管段和封闭管段加工尺寸允许偏差 (mm)

| 项 目         |            | 允 许 偏 差 |         |
|-------------|------------|---------|---------|
|             |            | 自 由 管 段 | 封 闭 管 段 |
| 长           | 度          | ±10     | ±1.5    |
| 法兰面与管子中心垂直度 | 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     |

- 3.3.4 预制完毕的管段，应用记号笔标明管道号和管段顺序号。



- 3.3.5 管子对口时应检查平直度，在距接口中心 200mm 处测量，允许偏差为 1mm，且全长的允许偏差不得超过 10mm。
- 3.3.6 管道上仪表取源部件的开孔和焊接，应在预制场所进行。
- 3.3.7 管子组对时，应对中夹紧，并避免焊接过程中产生变形或移动。
- 3.3.8 直管段两环缝间距不应小于 100mm，且不小于管子外径。
- 3.3.9 焊缝距弯管（不包括弯头）的起弯点，不得小于 100mm，且不小于管子外径。
- 3.3.10 支管补强板上的焊缝应在预制场所进行压力试验，试验介质为空气，试验压力为 0.2MPa。稳压后，用发泡剂检验，无泄漏为合格。
- 3.3.11 焊工代号及检验标记应用记号笔标注在距焊缝 30~40mm 处，严禁打钢印。
- 3.3.12 管段经外观、尺寸检查 and 无损检测合格后，应吹扫管内，封闭管口。

### 3.4 管道安装

- 3.4.1 管道安装过程中严禁损坏管道。吊装管道用的钢丝绳、卡扣不得与管道直接接触，应用木板或石棉制品予以隔离。
- 3.4.2 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质。
- 3.4.3 法兰在连接前，应检查其密封面，不得有影响密封性能的缺陷存在，并保持密封面的清洁。
- 3.4.4 安装孔板时，其上下游直管部分的长度应符合仪表设计的要求，在其直管范围内不应有焊缝。孔板法兰内部的焊缝应平整光滑。
- 3.4.5 温度计套管及其他插入件的安装方向与长度应符合设计要求。
- 3.4.6 管道穿越楼板、墙壁时，应加套管保护，且碳钢套管与钛管不得直接接触。
- 3.4.7 管道安装后，严禁受到其他管道切割或焊接的影响以及铁污染。
- 3.4.8 安装后的管道，不得承受设计规定以外的附加载荷。
- 3.4.9 有静电接地要求的管道，导线跨接或接地引线不得与钛管直接连接或焊接，应采用钛板过渡。

## 4 管道焊接

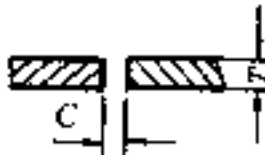
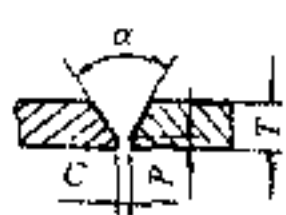
## 4.1 一般规定

- 4.1.1 施工单位应根据设计文件及《现场设备、工业管道焊接工程施工及验收规范》GB50236 的要求进行焊接工艺评定试验，根据评定合格的工艺，编制焊接工艺说明书。
- 4.1.2 对焊接技术人员、焊接质检人员和无损检测人员的要求应符合《现场设备、工业管道焊接工程施工及验收规范》GB50236 的规定。
- 4.1.3 从事钛管道焊接的焊工必须按《现场设备、工业管道焊接工程施工及验收规范》GB50236 的要求进行考试，并取得相应施焊条件下的合格证明。
- 4.1.4 焊接方法应采用钨极氩弧焊。
- 4.1.5 焊接设备应使用性能稳定的直流氩弧焊机，采用正接法，且应附有高频引弧和电流衰减装置及满足工艺条件的其他设施。
- 4.1.6 焊接熔池及焊接接头的内外表面温度高于 400℃ 的区域均应用氩气保护。
- 4.1.7 施工环境应符合下列要求：
- 1 预制场所内应具有焊接材料的贮存、清洗设施和良好的施焊条件；
  - 2 现场焊接时，应有防风 and 防雨雪的措施，并应保持相对湿度在 90% 以下。

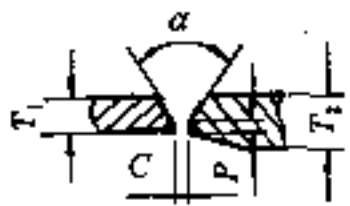
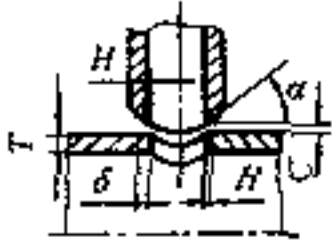
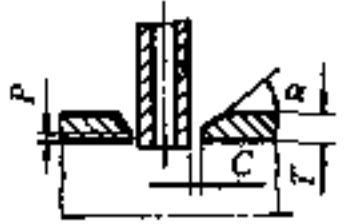
## 4.2 焊前准备

- 4.2.1 管子和管件的坡口形式和尺寸的选用应考虑易于保证焊接接头的质量、填充金属量少、便于操作和减少焊接变形等原则。当设计无规定时，可按表 4.2.1 的要求加工。

表 4.2.1 坡口形式和组对尺寸

| 坡口名称       | 坡口形式  | 组对尺寸           |                |                |                      |
|------------|---|----------------|----------------|----------------|----------------------|
|            |   | 壁厚 $T$<br>(mm) | 间隙 $C$<br>(mm) | 钝边 $P$<br>(mm) | 坡口角度 $\alpha$<br>(°) |
| 管子对接 I 型坡口 |  | 1~2            | 0~1            | —              | —                    |
| 管子对接 V 型坡口 |  | >2~10          | 0.5~2          | 1~1.5          | 60~65                |

续表 4.2.1

| 坡口名称                 | 坡口形式  | 组对尺寸           |                |                |                      |
|----------------------|---|----------------|----------------|----------------|----------------------|
|                      |   | 壁厚 $T$<br>(mm) | 间隙 $C$<br>(mm) | 钝边 $P$<br>(mm) | 坡口角度 $\alpha$<br>(°) |
| 不等厚管<br>壁对接 V<br>型坡口 |    | $> 2 \sim 10$  | $0.5 \sim 2$   | $1 \sim 1.5$   | $60 \sim 65$         |
| 跨接式<br>三通支<br>管接口    |   | $> 2 \sim 10$  | $1 \sim 2.5$   | $1 \sim 2$     | $40 \sim 50$         |
| 插入式<br>三通主<br>管接口    |  | $> 2 \sim 10$  | $1 \sim 2.5$   | $1 \sim 2$     | $40 \sim 50$         |

注：跨接式三通支管接口  $H$  为  $0 \sim 2\text{mm}$ 。

#### 4.2.2 坡口及焊丝的清洗应符合下列要求：

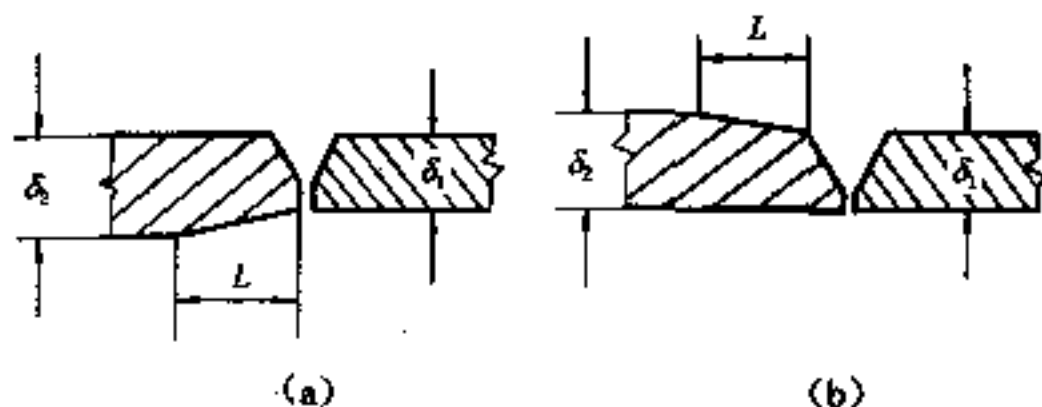
1 坡口及其两侧各  $25\text{mm}$  以内的内外表面清除油污后，应用奥氏体不锈钢丝刷、铰刀等机械方法清除其氧化膜、毛刺和表面缺陷。清理工具应专用，并保持清洁；

2 经机械清理后坡口的表面和填充焊丝，焊接前应使用不含硫的丙酮或乙醇进行脱脂处理，严禁使用三氯乙烯、四氯化碳等氯化物溶剂，并避免将棉质纤维附于表面。

#### 4.2.3 管子或管件的焊口组对与定位焊缝应符合下列要求：

1 壁厚相同的管子或管件组对时应做到内壁平齐，对口错边量不应超过壁厚的  $10\%$ ，且不大于  $1\text{mm}$ ；

2 不同壁厚的管子或管件组对时，应按图 4.2.3 所示的型式 (a) 或 (b) 进行加工；



$$L \geq 4(\delta_2 - \delta_1)$$

图 4.2.3 不同壁厚的管子或管件组对时的坡口形式

3 定位焊应采用与正式焊接相同的焊接材料及焊接工艺，定位焊缝长度一般为 5~10mm，高度不超过壁厚的 2/3；

4 定位焊缝不得有裂纹、气孔、夹钨及氧化变色等缺陷。发现缺陷应及时消除。

4.2.4 钨极直径应根据所使用的焊接电流大小进行选择。

### 4.3 焊接工艺

4.3.1 焊接位置宜采用转动平焊。

4.3.2 焊接时应在合格的工艺参数范围内选用小规范焊接，层间温度不得高于 200℃。推荐的焊接工艺参数见表 B-1。

4.3.3 焊接作业均应在氩气保护下进行：采用焊炬喷嘴保护熔池；焊炬拖罩保护热态焊缝及近缝区的外表面；管内充氩气保护焊缝及近缝区的内表面。保护措施应充分可靠，并应符合下列要求：

1 焊炬喷嘴直径宜为 12~20mm，喷出的氩气应保持稳定层流；

2 焊炬拖罩形式应根据焊件形状和尺寸决定；

3 管内应提前充氩，并保持微弱正压和呈流动状态。

4.3.4 起弧时，焊炬应提前送气，并采用高频引弧；熄弧时，应使用电流衰减装置和气体保护装置。弧坑必须填满。

4.3.5 焊接过程中填充焊丝的加热端应始终保持在氩气的保护之下。熄弧后焊丝不得立即暴露在大气中，应在焊缝脱离保护时取出。焊丝如被污染、氧化变色时，污染部分应予切除。

4.3.6 焊接过程中电弧应保持稳定，避免钨极与焊件或焊丝接触造成夹钨。出现夹钨时应立即停止焊接，消除缺陷后方可继续施焊。

4.3.7 管道和焊件的焊缝可不进行热处理。若设计有热处理要求，应根据设计要求在焊缝检验合格后进行。

4.3.8 焊接工作结束后应及时填写焊接工作记录。

### 4.4 焊接检验

4.4.1 底层焊道均应进行渗透检测，检测方法按《压力容器无损检测》JB4730 执行，以无裂纹和其他任何表面缺陷为合格。

4.4.2 管道焊后必须对焊缝进行外观检查，并符合下列要求：

1 焊缝外形尺寸应符合下列要求：

a 焊缝宽度以每边不超过坡口边缘 2mm 为宜；

b 焊缝余高：当壁厚小于 5mm 时，为 0~1.5mm；当壁厚大于 5mm 时，为 1.0~2.0mm；

c 角焊缝的焊脚高度应符合设计规定，其外形应平滑过渡。

2 焊缝表面不得有咬边、气孔、夹钨、裂纹及未熔合等缺陷。

4.4.3 每道焊道表面的色泽检查应在焊后清理之前进行，合格标准见表 4.4.3。

4.4.4 除设计另有规定外，对接焊缝的射线检测应按《现场设备、工业管道焊接工程施工及验收规范》GB50236 附录 F 的规定执行。

4.4.5 与管道连接的角焊缝（包括支管、补强、法兰等）均应按《压力容器无损检测》JB4730 的规定进行渗透检测。

表 4.4.3 焊道色泽检查合格标准

| 焊 道 颜 色    | 保 护 效 果            | 质 量   |
|------------|--------------------|-------|
| 银白色(金属光泽)  | 优                  | 合 格   |
| 金黄色(金属光泽)  | 良                  | 合 格   |
| 紫色(金属光泽) 注 | 低温氧化, 表面污染         | 合 格   |
| 蓝色(金属光泽)   | 高温氧化, 污染严重, 焊缝性能下降 | 不 合 格 |
| 灰色(金属光泽)   | 保护不好, 污染严重         | 不 合 格 |
| 暗灰色        |                    |       |
| 灰白色        |                    |       |
| 黄白色        |                    |       |

注: 区别低温氧化和高温氧化的方法宜采用酸洗法。经酸洗能去除紫色, 蓝色者为低温氧化, 除不掉者为高温氧化, 酸洗技术条件见表 B-2。

#### 4.5 焊缝返修

4.5.1 焊缝经无损检测发现的不合格部位, 必须进行返修。返修工艺应符合本章规定。焊缝返修后仍应按原规定进行检验。

4.5.2 焊缝同一位置的返修次数不得超过两次。需要进行第二次返修时, 应对不合格焊缝进行质量分析, 制定返修措施, 经焊接责任工程师批准后进行, 并应在施工记录中注明。

## 5 管道系统压力试验与吹扫

### 5.1 管道系统压力试验

5.1.1 管道安装完毕和无损检测合格后，应进行压力试验，压力试验前应具备下列条件：

- 1 压力试验应以液体为试验介质，当管道的设计压力小于或等于 0.6MPa 时，也可采用气体为试验介质，但应采取有效的安全措施；
- 2 管道安装已按设计图纸全部完成，其质量符合有关规定；
- 3 试验用的压力表已经检验，并在周检期内，其精度不得低于 1.5 级，表的满刻度值应为被测最大压力的 1.5~2 倍，压力表不得少于两块；
- 4 符合压力试验要求的液体或气体已经备齐；
- 5 下列资料已经建设单位复查：
  - a 管道组成件的质量证明书；
  - b 管道组成件的检验或试验记录；
  - c 管子加工记录；
  - d 焊接检验记录；
  - e 设计修改及材料代用文件。
- 6 待试管道与无系统用盲板或其他措施隔开；
- 7 待试管道上的安全阀及仪表元件等已经拆下或予以隔离；
- 8 试验方案已经批准，并已进行技术交底。

5.1.2 液压试验应符合下列规定：

- 1 试验介质为洁净水，注水时应排尽空气；
- 2 试验压力为设计压力的 1.5 倍，当管道的设计温度高于试验温度时，试验压力应按下式计算：

$$P_s = 1.5P \frac{[\sigma]_1}{[\sigma]_2}$$

式中  $P_s$ ——试验压力（表压）（MPa）；

$P$ ——设计压力（表压）（MPa）；

$[\sigma]_1$ ——试验温度下，管材的许用应力（MPa）；

$[\sigma]_2$ ——设计温度下，管材的许用应力（MPa）（见表 C）。

当  $P_s$  在试验温度下，产生超过屈服强度的应力时，应将试验压力  $P_s$  降至不超过屈服强度时的最大压力。

- 3 试验时，应缓慢升压，待达到试验压力后，稳压 10min，再将试验压力降至设计压力，停压 30min，以压力不降、无渗漏为合格；
- 4 当试验过程中发现泄漏时，不得带压处理，消除缺陷后，应重新进行试验；
- 5 试验结束，应及时拆除盲板，排尽积水，管道内部用压缩空气吹干；
- 6 试验合格后，及时填写管道系统压力试验记录。

5.1.3 气压试验应符合下列规定：

- 1 试验介质为空气；
- 2 试验压力为设计压力的 1.15 倍，当管道的设计压力大于 0.6MPa 时，必须有设计文件规定或经建设单位同意，方可用气体进行压力试验；

3 试验前, 必须用空气进行预试验, 试验压力宜为 0.2MPa;

4 试验时, 应逐步缓慢增加压力, 当压力升至试验压力的 50% 时, 如未发现异状或泄漏, 继续按试验压力的 10% 逐级升压, 每级稳压 3min, 直至试验压力, 稳压 10min, 再将压力降至设计压力, 稳压时间应根据查漏工作需要而定, 以发泡剂检验无泄漏为合格;

5 试验合格后, 及时填写管道系统压力试验记录。

## 5.2 管道系统吹扫

5.2.1 压力试验合格后, 应进行系统空气吹扫。

5.2.2 吹扫前, 应将调节阀、安全阀、节流阀、重要阀门及仪表等拆下。

5.2.3 管道支架、吊架应牢固, 必要时应予以加固。

5.2.4 空气吹扫应利用生产装置的大型压缩机或大型容器蓄气, 进行间断性的吹扫。

5.2.5 吹扫压力不得超过容器和管道的设计压力, 流速不宜小于 20m/s。

5.2.6 吹扫顺序应按主管、支管、疏排管依次进行。

5.2.7 吹扫过程中, 当目测排气无烟尘时, 应在排出口设置贴白布或涂白漆的木制靶板检验, 5min 内靶板上无尘土、水分及其他杂物为合格。

5.2.8 管道系统吹扫合格后, 应及时恢复原状, 并填写管道系统吹扫记录。

## 5.3 管道系统泄漏性试验

5.3.1 管道在压力试验合格后, 必须进行泄漏性试验, 其试验介质宜采用空气, 试验压力为设计压力。

5.3.2 泄漏性试验可结合试车工作一并进行。

5.3.3 泄漏性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, 以发泡剂检验无泄漏为合格, 并应填写管道系统泄漏性试验记录。

5.3.4 经气压试验合格且试验后未经拆卸过的管道, 可不进行泄漏性试验。

## 6 工程验收

- 6.0.1 施工单位按合同规定范围内的工程全部完成后,应及时与建设单位办理交接手续。
- 6.0.2 施工单位应按规定向建设单位提交下列技术文件:
- 1 管道组成件、焊材的产品质量证明书;
  - 2 管道组成件检查、试验记录;
  - 3 管道的焊接工作记录;
  - 4 管道单线图,应标明每道焊缝位置、焊缝编号、焊工代号、无损检测方法、焊缝返修位置;
  - 5 焊缝表面色泽检查报告;
  - 6 无损检测报告;
  - 7 管道系统压力试验记录;
  - 8 管道系统吹扫记录;
  - 9 管道系统泄漏性试验记录;
  - 10 静电接地测试记录;
  - 11 管道竣工图。
- 6.0.3 交工文件的格式和要求,应符合《石油化工工程建设交工技术文件规定》SH3503的规定。



## 附录 A 部分国产钛管化学成分、力学性能及规格参数

表 A-1 部分国产钛管化学成分和力学性能

| 合金牌号 | 化学成分组 | 化 学 成 分 (%) |           |      |      |       |      | 室温力学性能 |                          |                                 | 标准号           |
|------|-------|-------------|-----------|------|------|-------|------|--------|--------------------------|---------------------------------|---------------|
|      |       | 主要成分        | 杂 质 (不大于) |      |      |       |      | 状 态    | 抗拉强度<br>$\sigma_b$ (MPa) | 伸长率<br>$L_0=50\text{mm}$<br>(%) |               |
|      |       |             | Ti        | Fe   | C    | N     | H    |        |                          |                                 |               |
| TA1  | 工业纯钛  | 余量          | 0.25      | 0.10 | 0.03 | 0.015 | 0.20 | 退火     | 370~530                  | $\geq 20$                       | GB/T3620.1-94 |
| TA2  | 工业纯钛  | 余量          | 0.30      | 0.10 | 0.05 | 0.015 | 0.25 | 退火     | 440~620                  | $\geq 18$                       | GB/T3624-95   |

表 A-2 外 径 允 许 偏 差 (mm)

| 外 径    | 允 许 偏 差    | 外 径     | 允 许 偏 差    |
|--------|------------|---------|------------|
| 3~10   | $\pm 0.15$ | >50~80  | $\pm 0.65$ |
| >10~30 | $\pm 0.30$ | >80~100 | $\pm 0.75$ |
| >30~50 | $\pm 0.50$ | >100    | $\pm 0.85$ |

表 A-3 钛 管 规 格 及 壁 厚 允 许 偏 差

| 牌 号     | 供 应 状 态 | 制 造 方 法 | 外 径<br>(mm) | 壁 厚 (mm) |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |     |     |
|---------|---------|---------|-------------|----------|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|         |         |         |             | 0.2      | 0.3 | 0.5 | 0.6 | 0.8 | 1.0 | 1.25 | 1.5 | 2.0 | 2.5 | 3.0 | 3.5 | 4.0 | 4.5 |
|         |         |         |             | >5~10    |     | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0   |     |     |     |     |     |     |
| >10~15  |         |         | 0           | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |      |     |     |     |     |     |     |     |
| >15~20  |         |         |             | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    |     |     |     |     |     |     |     |
| >20~30  |         |         |             |          | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0   |     |     |     |     |     |     |
| >30~40  |         |         |             |          |     |     |     | 0   | 0   | 0    | 0   | 0   | 0   |     |     |     |     |
| >40~50  |         |         |             |          |     |     |     |     | 0   | 0    | 0   | 0   | 0   | 0   |     |     |     |
| >50~60  |         |         |             |          |     |     |     |     |     | 0    | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |     |     |
| >60~80  |         |         |             |          |     |     |     |     |     |      | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |     |     |
| >80~110 |         |         |             |          |     |     |     |     |     |      |     | 0   | 0   | 0   | 0   |     |     |

注: ① “0” 表示可以生产的规格;

② 产品长度: 外径小于或等于 15mm 时, 长度为 500~4000mm;

外径大于 15mm 时, 长度为 500~9000mm;

③ 管材壁厚的允许偏差不应超过其名义壁厚的  $\pm 12.5\%$ 。

表A-4 切 斜 允 许 偏 差 (mm)

| 外 径     | 允 许 偏 差 |
|---------|---------|
| 3~30    | 2       |
| >30~60  | 3       |
| >60~110 | 4       |

表A-5 直 线 度 允 许 偏 差

| 外 径 (mm) | 允 许 偏 差 (mm/m) |
|----------|----------------|
| 3~30     | 3              |
| >30~110  | 4              |

## 附录B 钛管道施工参考数据

表B-1 焊接工艺参数

| 壁厚<br>(mm) | 焊<br>层 | 钨极直径<br>(mm) | 焊丝直径<br>(mm) | 喷嘴直径<br>(mm) | 层间温度<br>(℃) | 焊接热输入       |             |                  | 氩气流量 (L/min) |       |      |
|------------|--------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|------------------|--------------|-------|------|
|            |        |              |              |              |             | 焊接电流<br>(A) | 电弧电压<br>(V) | 焊接速度<br>(cm/min) | 喷嘴           | 保护罩   | 背面   |
| ≤2         | 1      | 1.6          | 2.0          | 12~16        |             | 40~70       | 10~12       | 7.5~15           | 8~12         | 16~25 | 6~10 |
| 3~4        | 2      | 2.0          | 2.0          | 16~20        | ≤200        | 80~110      | 12~14       |                  | 12~15        | 25~30 | 8~15 |
| 5~7        | 3      | 2.4          | 3            | 16~20        | ≤200        | 100~140     | 12~14       |                  | 12~15        | 25~30 | 8~15 |
| ≥8         | 多层     | 3            | 3            | 16~20        | ≤200        | 120~180     | 12~16       |                  | 12~15        | 25~30 | 8~15 |

表B-2 焊缝酸洗技术条件

|       |   |
|-------|---|
| 酸洗液配方 | 2%~4%HF+30%~40%HNO <sub>3</sub> +余量水(体积比) |
| 酸洗液温度 | 不高于60℃                                    |
| 酸洗时间  | 2~3分钟                                     |

注：酸洗后立即用清水冲洗干净、晾干。

## 附录 C 工业纯钛在不同温度下的许用抗拉应力

表 C 工业纯钛在不同温度下的许用抗拉应力

| 牌<br>号 | 最小抗拉强度<br>(MPa) | 各温度下的许用抗拉应力 (MPa) |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|--------|-----------------|-------------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|        |                 | -196              | -125 | -80 | -60 | -45 | -30 | -10 | 0   | 40  | 75  | 100 | 125 | 150 | 175 | 200 | 225 | 250 |
| TA1    | 343             | 86                | 86   | 86  | 86  | 86  | 86  | 86  | 86  | 80  | 73  | 65  | 60  | 55  | 49  | 45  | 40  | 37  |
| TA2    | 441             | —                 | —    | —   | 124 | 124 | 124 | 124 | 124 | 103 | 88  | 79  | 72  | 65  | 59  | 54  | 49  | 46  |
| TA3    | 539             | —                 | —    | —   | —   | —   | 151 | 151 | 151 | 126 | 109 | 97  | 87  | 79  | 72  | 66  | 61  | 57  |

## 用词说明

本规范条文中要求严格程序的用词，在执行时按下述说明区别对待。

(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

# 钛管道施工及验收规范

SH 3502-2000

条文说明

2000 北京

# 目 录

|     |                           |    |
|-----|---------------------------|----|
| 1   | 总则                        | 21 |
| 2   | 管道组成件、支承件及焊材的检验           | 21 |
| 2.1 | 管子检验                      | 21 |
| 2.2 | 阀门、其他管道组成件及支承件检验          | 21 |
| 3   | 管道加工及安装                   | 22 |
| 3.1 | 管子切割及坡口加工                 | 22 |
| 3.2 | 弯管制作                      | 22 |
| 3.3 | 管道预制                      | 22 |
| 4   | 管道焊接                      | 22 |
| 5   | 管道系统压力试验与吹扫               | 23 |
| 5.1 | 管道系统压力试验                  | 23 |
| 5.2 | 管道系统吹扫                    | 23 |
| 6   | 工程验收                      | 23 |
|     | 附录 A 部分国产钛管化学成分、力学性能和规格参数 | 23 |

## 1 总 则

1.0.3 本条文根据《工业金属管道工程施工及验收规范》GB50235 第 1.0.4 条改写。

1.0.4 因为钛污染主要是与第二种金属或与其他物质的接触所造成的，其危害性很大，所以本规定特别强调防止铁对钛的污染及加工工具的使用问题。

当钛管道处于含氢介质中，在焊接或施工过程钛表面有了铁污染时，则在电解质情况下，铁与钛形成微电池，由于微电池的作用，使钛的氧化膜遭到破坏，反应生成的氢及物料中的氢进入钛中，而导致钛的氢化或变脆，降低了钛的耐腐蚀能力。

关于钛管污染和加工工具问题，有关资料作了如下介绍。

1 《钛制设备设计》第六章第五节中介绍，为避免污染的方法有：

a 用于钛加工工具应专用并保存妥当，在使用过程中尽量减少工具与钛之间滑动和摩擦；

b 尽量避免使用铁、碳钢、低合金钢工具，特别是钢丝刷；

c 应在专用场地加工钛管，至少暂时划为专用，加工场地要清洁。如果与碳钢或低合金钢产品在同一场地进行加工时，应加以隔离，如用塑料板隔开；

d 当钛件不加工时，则应用塑料布罩盖。

2 《鲁奇公司工程规范》第九卷中规定：要求钛管加工时，必须在清洁的场所内进行，必须使用专用工具，在使用前应予清理，清理时，严禁使用钢丝刷、砂纸等。不允许使用钢印。

3 《钛材应用》中介绍：钛材可以用剪切、锯、车、铣、刨等机械方法及气割、等离子切割方法下料。如用气割或等离子切割时，应将切口附近污染层用机械方法除去。坡口的加工，在条件及工艺许可的情况下，应尽量采用车、铣、刨等方法获得较高光洁度的坡口表面，有利于焊接。

4 《工程焊接手册》第六节中介绍：钛及钛合金一般用机加工或砂轮片切割及电火花切割，也可用氧—乙炔焰或等离子弧切割，但切割后的表面必须用机加工方法除去。

5 《纯钛管焊接》中介绍：纯钛管应用机械方法进行切割坡口时，不得使其表面过热而变色。

6 《鲁奇公司工程规范》第九卷中规定：钛管切割应采用机械方法，锯切或用手刮削等方法进行。坡口加工尽量不采用砂轮磨削法，但无法避免时，则只能使用氧化铝砂轮进行，并注意不得使金属材料烧伤。

7 吉林化建在乙醛装置施工总结中介绍： $\phi 16.3 \times 2\text{mm}$  以下的钛管，采用手锯切割。对大口径管道，壁厚超过 3mm 时，采用砂轮切割，割片和磨片的粒度以粗大些为宜。砂轮片切割时，应减少过热，不允许出现变色现象。可采用喷水冷却方法，效果较好。

## 2 管道组成件、支承件及焊材的检验

### 2.1 管子检验

2.1.1 根据《工业金属管道工程施工及验收规范》GB50235 第 3.0.1 条改写。

2.1.7 见条文说明 1.0.4。

### 2.2 阀门、其他管道组成件及支承件检验

2.2.2 根据《工业金属管道工程施工及检验规范》GB50235 第 3.0.1 条、3.0.2 条改写。



2.2.4 根据《工业金属管道工程施工及验收规范》GB50235 第 3.0.1 条、3.0.2 条改写。

### 3 管道加工及安装

#### 3.1 管子切割及坡口加工

3.1.3 本条文根据《鲁奇公司工程规范》第九卷及《钛设备设计制造与应用》的内容编写的。因为钛是一种化学性质非常活泼的金属，在高的切削温度下，钛很容易吸收大气中的氢、氧、氮，形成硬而脆的外皮，而产生加工硬化现象，其结果使钛的性能变坏，所以本条文强调了机械切割表面不得过热变色，当采用等离子弧方法切割时，必须用机械方法去除污染层。

#### 3.2 弯管制作

3.2.1 本条文根据宝鸡有色金属加工厂生产经验介绍而编写的。

3.2.2 本条文根据《鲁奇公司工程规范》第九卷及《钛制设备设计》、《工业纯钛》、《钛材在化工中的应用》资料的内容编写的。

1 规范中规定钛管可使用管芯、管模、弯管机在冷态下弯制，但也允许加热到不超过 300℃ 的温度下进行，弯制后不需要进行热处理。

2 资料中介绍到，工件加热时用电炉或煤气炉，加热温度应根据工件大小及其他要求而定，一般取 177~350℃，在此温度下，屈服极限 $\sigma_s$ 可降低 25%~50%，延伸率 $\delta_5$ 及断面收缩率也有足够提高，回弹角几乎为零；并且气体污染很小。

3 钛具有显著的回弹性，其回弹能力是不锈钢冷成型时的 2~3 倍。这是由于钛的屈服极限与弹性模量比值大和屈服比也较大，以至在成型时，工件内部存在着较大的应力，所以本条文强调了冷弯时应考虑回弹的问题。

4 根据生产经验介绍，钛的弯曲弹性回弹量比不锈钢高出 1~2 倍，一般弹性回弹角 $\alpha=15^\circ$ 左右。此外，回弹角与材料的温度有关，温度高，回弹角小，所以可以加热弯曲，来减少回弹量。

#### 3.3 管道预制

3.3.2 本条根据现场施工经验及《工业金属管道工程施工及验收规范》GB50235 第 6.2.3 条改写。

3.3.3 本条文根据《工业金属管道工程施工及验收规范》GB50235 第 6.2.4 条编写。

3.3.4 为加强管理，便于安装时“对号入座”，减少差错而新增此条文。

3.3.10 将原规范 3.3.8 条中试验介质为氮气改写为“空气”。

### 4 管道焊接

4.2.1 管道的坡口形式及尺寸选择的原则为：减少金属填充量和焊接热输入量。其目的是要减小焊接接头过热区域，减少焊接变形，便于焊接操作。

## 5 管道系统压力试验与吹扫

### 5.1 管道系统压力试验

5.1.1 本条文根据《工业金属管道工程施工及验收规范》GB50235 第 7.5 节的内容改写。

### 5.2 管道系统吹扫

5.2.7 本条文根据《工业金属管道施工及验收规范》GB50235 第 8.3.3 条增写了吹扫的检验方法和合格标准。

## 6 工程验收

因钛管道不可能单独交工，所以本章内容按《工业金属管道施工及验收规范》GB50235 第 11 章有关条款改写。

### 附录 A 部分国产钛管化学成分、力学性能和规格参数

附录 A 中的各表仅列出部分国产常用钛管的化学成分、力学性能及规格参数。使用进口材料时，可参照国外标准进行。