

5. 工业管道维护检修规程

SHS 01005—2004

目 次

1 总则	(182)
2 检验、检修周期与内容	(184)
3 检修与质量标准	(190)
4 试验与验收	(205)
5 维护与故障处理	(207)
附录 A 常用无缝钢管选用表(参考件)	(210)
附录 B 常用焊接材料选用表(参考件)	(211)
附录 C 法兰螺栓垫片选用表(参考件)	(213)

1 总则

1.1 主题内容与适用范围

1.1.1 本规程规定了在用碳素钢、合金钢、不锈钢工业管道的检查周期与内容、检修与质量标准、试验与验收、维护与故障处理等。

1.1.2 本规程适用于工作压力为 400Pa(绝压)~100MPa(表压)、工作温度为 -196~+850℃的石油化工工业管道。

1.1.3 本规程不适用于下列管道：

- a. 有色金属管道、铸铁管道和非金属管道；
- b. 直接受火焰加热的管道。

1.1.4 管道按最高工作压力分级，见表 1。

表 1 管道分级

类别名称	公称压力/MPa	类别名称	公称压力/MPa
真空管道	$p < \text{标准大气压}$	中压管道	$1.6 \leq p < 10$
低压管道	$0 \leq p < 1.6$	高压管道	≥ 10

1.1.5 在用工业管道按设计压力、设计温度、介质等因素分为 GC1、GC2、GC3 级。具体分级内容如下：

1.1.5.1 符合下列条件之一的工业管道为 GC1 级：

a. 输送现行国家标准《职业接触毒物危害程度分级》GB 5044中规定的毒性程度为极度危害介质的管道；

b. 输送现行国家标准《石油化工企业设计防火规范》GB 50160及《建筑防火规范》GBJ 16 中规定的火灾危险性为甲、乙类可燃气体或甲类可燃液体，并且设计压力 $\geq 4.0\text{MPa}$ 的管道；

c. 输送可燃流体介质、有毒流体介质，设计压力 $\geq 4.0\text{MPa}$ ，并且设计温度 $\geq 400^\circ\text{C}$ 的管道；

d. 输送流体介质并且设计压力 $\geq 10.0\text{MPa}$ 的管道。

1.1.5.2 符合下列条件之一的工业管道为 GC2 级：

a. 输送现行国家标准《石油化工企业设计防火规范》GB 50160及《建筑防火规范》GBJ 16 中规定的火灾危险性为甲、乙类可燃气体或甲类可燃液体，并且设计压力 $< 4.0\text{MPa}$ 的管道；

b. 输送可燃流体介质、有毒流体介质，设计压力 $< 4.0\text{MPa}$ ，并且设计温度 $\geq 400^\circ\text{C}$ 的管道；

c. 输送可燃流体介质、无毒流体介质，设计压力 $< 10.0\text{MPa}$ ，并且设计温度 $\geq 400^\circ\text{C}$ 的管道；

d. 输送流体介质，设计压力 $< 10.0\text{MPa}$ ，并且设计温度 $< 400^\circ\text{C}$ 的管道。

1.1.5.3 符合下列条件之一的 GC2 级工业管道划分为 GC3 级：

a. 输送可燃流体介质、无毒流体介质，设计压力 $< 1.0\text{MPa}$ ，并且设计温度 $< 400^\circ\text{C}$ 的管道；

b. 输送非可燃流体介质、无毒流体介质，设计压力 $< 4.0\text{MPa}$ ，并且设计温度 $< 400^\circ\text{C}$ 的管道。

1.2 编写修订依据

GB 50235—97 工业金属管道工程施工及验收规范

GB 50236—98 现场设备、工业管道焊接工程施工及验收规范

SH 3501—2002 石油化工有毒、可燃介质管道施工及验收规范

国质检锅[2003]108号《在用工业管道定期检验规程》

GB 5044 职业接触毒物危害程度分级

GB 50160 石油化工企业设计防火规范

GB 50316 工业金属管道设计规范

GB 5777 无缝钢管超声波探伤试验方法

SH 3526 石油化工异种钢焊接规程

GBJ 16 建筑防火规范

石化股份炼[2001]89号《加工高含硫原油部分装置在用设备及管道选材指导意见和三个有关管理规定》

2 检验、检修周期与内容

2.1 检验周期

按照国质检锅[2003]108号《在用工业管道定期检验规程》要求安排在线和全面检验。根据检验结果,结合装置或系统,确定检验周期。一般工业管道全面检验周期为3~6年。

2.2 检验内容

2.2.1 在线检验项目和内容

2.2.1.1 检查管子及法兰、管件、阀门等组成件泄漏情况。

2.2.1.2 绝热层和防腐层检查:检查绝热层有无破损、脱落、跑冷等情况,防腐层是否完好。

2.2.1.3 振动检查:检查管道有无异常振动情况。

2.2.1.4 位置与变形检查:检查管道的位置是否符合相关规范和标准的要求,管道之间及管道与相邻设备之间有无相互碰撞及摩擦,管道是否存在挠曲、下沉以及异常变形等。

2.2.1.5 支吊架检查:检查支吊架是否脱落、变形、腐蚀

损坏或焊接接头开裂，支架与管道接触处有无积水现象，恒力弹簧支吊架转体位移指示是否越限，变力弹簧支吊架是否异常变形、偏斜或失载，刚性支吊架状态是否异常，吊杆及连接配件是否损坏或异常，转导向支架间隙是否合适，有无卡涩现象，阻尼器、减振器位移是否异常，液压阻尼器液位是否正常，承载结构与支撑辅助钢结构是否有明显变形，主要受力焊接接头是否有宏观裂纹。

2.2.1.6 阀门检查：检查阀门表面是否存在腐蚀现象，阀体表面是否有裂纹、严重缩孔等缺陷，阀门连接螺栓是否松动，阀门操作是否灵活。

2.2.1.7 法兰检查：法兰是否偏口，紧固件是否齐全并符合要求，有无松动和腐蚀现象；法兰面是否发生异常翘曲、变形。

2.2.1.8 膨胀节检查：波纹管膨胀节表面有无划痕、凹痕、腐蚀穿孔、开裂等现象，波纹管波间距是否正常、有无失稳现象，铰链型膨胀节的铰链、销轴有无变形、脱落等损坏现象，拉杆式膨胀节的拉杆、螺栓、连接支座有无异常现象。

2.2.1.9 对有阴极保护装置的管道应检查其保护装置是否完好。

2.2.1.10 对有蠕胀测点的管道应检查其蠕胀测点是否完好。

2.2.1.11 检查管道标识是否符合国家现行标准的规定。

2.2.1.12 测厚检查：需重点管理的管道或有明显腐蚀和冲刷减薄的弯头、三通、管径突变部位及相邻直管部位应采取定点测厚或抽查的方式进行壁厚测定。定点测厚发现问题

时，应扩大测厚范围，根据测厚结果，可缩短定点测厚间隔期或采取监控等措施。

2.2.1.13 对输送易燃、易爆介质的管道采取抽查的方式进行防静电接地电阻和法兰间的接触电阻值的测定。管道对地电阻不得大于 100Ω ，法兰间的接触电阻值应小于 0.03Ω 。

2.2.1.14 检查安全保护装置运行是否良好。

2.2.2 全面检验项目和内容

2.2.2.1 在线检验的全部项目。

2.2.2.2 检查管道的支吊架间距是否合理。

2.2.2.3 检查管道组成件有无损坏，有无变形，表面有无裂纹、皱褶、重皮、碰伤等缺陷。

2.2.2.4 检查焊接接头(包括热影响区)是否存在宏观的表面裂纹。

2.2.2.5 检查焊接接头的咬边和错边量。

2.2.2.6 检查管道是否存在明显的腐蚀，管道与管架接触处等部位有无局部腐蚀。

2.2.2.7 合金钢管道及高温高压管道螺栓材质不明的，应采用化学分析、光谱分析等方法确定材质。

2.2.2.8 管道剩余厚度的抽查测定。管道的弯头、三通和直径突变处部位的抽查比例如下：GC1 级管道大于等于 50%，GC2 级管道大于等于 20%，GC3 级管道大于等于 5%。上述被抽查的每个管件，测厚位置不得少于 3 处；上述被抽查管件与直管段相连的焊接接头的直管段一侧应进行厚度测量，测厚位置不得少于 3 处。不锈钢管道、介质无腐蚀性的管道可适当减少测厚抽查比例。管道具体测厚按照石化股份炼[2001]89 号《加工高含硫原油部分装置在用设备及

管道选材指导意见和三个有关管理规定》。

2.2.2.9 宏观检查中符合下列条件应进行表面无损检测抽查：

- a. 绝热层破损或可能渗入雨水的奥氏体不锈钢管道的相应部位；
- b. 处于应力腐蚀环境中的管道；
- c. 长期承受明显交变载荷管道的焊接接头和容易造成应力集中的部位；
- d. 检验人员认为有必要的，对支管角焊缝等部位。

2.2.2.10 GC1、GC2级管道的焊接接头一般应进行超声波或射线检验抽查。GC3级管道如未发现异常情况，一般不进行其焊接头的超声波或射线检验抽查。超声波或射线检验抽查的比例与重点检验部位按表2确定。

表2 管道检测比例

管道级别	超声波或射线检测比例 ^{①②}
GC1	焊接接头数量的15%且不少于2个 ^③
GC2	焊接接头数量的10%且不少于2个 ^③

注：① 温度、压力循环变化和振动较大的管道的抽查比例应为表中数值的2倍。

② 耐热钢管道的抽查比例应为表中数值的2倍。

③ 抽查的焊接接头进行全长度无损检测。

抽查的部位应从下述重点检查部位中选定：

- a. 制造、安装中返修过的焊接接头和安装时固定口的焊接接头；
- b. 错边、咬边严重超标的焊接接头；
- c. 表面检测发现裂纹的焊接接头；

- d. 泵、压缩机进出口第一道焊接接头或相近的焊接接头；
- e. 支吊架损坏部位附近的管道焊接接头；
- f. 异种钢焊接接头；
- g. 硬度检验中发现的硬度异常的焊接接头；
- h. 使用中发生泄漏的部位附近的焊接接头；
- i. 其他认为需要抽查的其他焊接接头。

2.2.2.11 下列管道一般应选择有代表性的部位进行金相和硬度检验抽查。

- a. 工作温度大于 370℃ 的碳素钢和铁素体不锈钢管道；
- b. 工作温度大于 450℃ 的钼钢和铬钼合金钢管道；
- c. 工作温度大于 430℃ 的低合金钢和奥氏体不锈钢管道；
- d. 工作温度大于 220℃ 的输送临氢介质的碳钢和低合金钢管道。

2.2.2.12 对于由工作介质(如含湿硫化氢)可能引起应力腐蚀的碳钢和低合金钢管道，一般应选择有代表性的部位进行硬度检验。

2.2.2.13 对于使用寿命接近或已经超过设计寿命的管道，检验时应进行金相检验或硬度检验，必要时应取样进行力学性能试验或化学成分分析。

2.2.3 耐压强度校验和应力分析

2.2.3.1 管道的全面减薄量超过公称厚度的 10% 时应进行耐压强度校验。耐压强度校验参照现行国家标准《工业金属管道设计规范》GB 50316 的相关要求进行。

2.2.3.2 管道应力分析。对下列情况之一者，必要时应进

行管系应力分析：

a. 无强度计算书，并且 $t_0 \geq D_0/6$ 或 $p_0/[\sigma]_t > 0.385$ 的管道；其中 t_0 为管道设计壁厚(mm)， D_0 为管道外径(mm)， p_0 为设计压力(MPa)， $[\sigma]_t$ 为设计温度下材料的许用应力(MPa)；

b. 存在下列情况之一的管道：有较大变形、挠曲；法兰经常性泄漏、破坏；管段应设而未设置补偿器或补偿器失效；支吊架异常损坏；严重的全面减薄。

2.2.4 压力试验

在用工业管道应按一定的时间间隔进行压力试验，具体要求如下：

2.2.4.1 经全面检验的管道一般应进行压力试验。

2.2.4.2 管道有下列条件之一时，应进行压力试验：

- a. 经重大修理改造的；
- b. 使用条件变更的；
- c. 停用2年以上重新投用的。

对因使用条件变更而进行压力试验的管道，在压力试前应经强度校核合格。

2.2.4.3 上述 2.3.4.2 所述的管道，如果现场条件不允许使用液体或气体进行压力试验，经使用单位和检验单位同意，可同时采用下列方法代替：

- a. 所有焊接接头和角焊缝(包括附着件上的焊接接头和角焊缝)，用液体渗透法或磁粉法进行表面无损检测；
- b. 焊接接头用 100% 射线或超声检测；
- c. 泄漏性试验。

2.2.4.4 不属于 2.3.4.2 所述的管道，如果现场条件不允

许使用液体或气体进行压力试验，经使用单位和检验单位同意，通过泄漏性试验的可以不进行压力试验。

2.2.4.5 压力试验和泄漏性试验的具体规定按国家标准《工业金属管道工程施工及验收规范》GB 50235—97 执行，其中试验压力计算公式中的设计压力在此可以用最高工作压力代替。

3 检修与质量标准

3.1 检修前准备

3.1.1 备齐图纸和技术资料，必要时编写施工方案。

3.1.2 核对管道材料的质量证明文件，并进行外观检查。常用钢管的选用参见附录 A。

3.1.3 隔断非同步检修的设备或系统，加盲板。管道内部吹扫、置换干净，施工现场符合有关安全规定。

3.2 利旧管道的拆卸

3.2.1 工作温度高于 250℃ 的管道当温度降至 150℃ 时，应在需拆卸的各螺栓上浇机械油或消锈剂。

3.2.2 拆卸的高压螺栓、螺母、可重复使用的垫片应清洗干净并逐个检查。

3.2.3 拆卸时应保护各部位的密封面，敞口法兰应予以封闭保护。

3.2.4 拆卸管道应做好支撑，以防脱落和变形。

3.2.5 对有可能产生连多硫酸腐蚀开裂的奥氏体不锈钢管道，在拆开后接触大气之前应进行中和清洗或氮气保护，推荐的中和清洗方案参考 NACE RP0170—97《奥氏体不锈钢和其他奥氏体合金炼油设备在停工期间产生连多硫酸应力腐蚀

开裂的防护》。

3.3 管道组成件的检验

3.3.1 管道组成件应符合原管道设计规定和本规程的有关要求。

3.3.2 管道组成件必须具有质量证明书，无质量证明书的产品不得使用。

3.3.3 管道组成件的质量证明书应包括以下内容：

- a. 产品标准号；
- b. 产品型号或牌号；
- c. 炉罐号、批号、交货状态、重量和件数；
- d. 品种名称、规格及质量等级；
- e. 各种检验结果；
- f. 制造厂检验标记；
- g. 化学成分和力学性能；
- h. 合金钢锻件的金相分析结果；
- i. 热处理结果及焊缝无损检测报告。

3.3.4 管道原设计有低温冲击值要求的，其材料产品质量证明书应有低温冲击韧性试验值，否则应按 GB 4159 的规定进行补项试验。

3.3.5 有晶间腐蚀要求的材料，产品质量证明书应注明晶间腐蚀试验结果，否则应按 GB/T 4334.1~6 中的规定，进行补项试验。

3.3.6 介质毒性程度为极度危害和高度危害的 GC1 级管道用管子材料应按 GB/T 5777《无缝钢管超声波探伤试验方法》的规定逐根进行超声波检测。

3.3.7 管道组成件应进行外观检查，其表面质量应符合以

下要求：

a. 内外表面不得有裂纹、折叠、发纹、扎折、离层、结疤等缺陷；

b. 表面的锈蚀、凹陷、划痕及其他机械损伤的深度，不应超过相应产品标准允许的壁厚负偏差；

c. 端部螺纹、坡口的加工精度及粗糙度应达到设计文件或制造标准的要求；

d. 焊接管件的焊缝应成型良好，且与母材圆滑过渡，不得有裂纹、未熔合、未焊透、咬边等缺陷；

e. 螺栓、螺母的螺纹应完整，无划痕、毛刺等缺陷，加工精度符合产品标准要求。螺栓螺母应配合良好，无松动和卡涩现象；

f. 有符合产品标准的标识。

3.3.8 阀门及安全附件的技术条件应符合设计图纸要求。

3.3.9 高压管子、管件及紧固件除应做 3.3.1 ~ 3.3.8 条检查外，还应做如下检查。

3.3.9.1 高压管子在管子两端测量外径及壁厚，其偏差应符合表 3。

表 3 高压管子外径和壁厚偏差

	外 径 公 差		壁 厚 公 差	
	外 径	公 差	壁厚/mm	公差/%
冷拔 (冷轧)	< 35	± 0.2mm	≤ 3	+ 12 - 10
	35 ~ 57	± 0.3mm	> 3 ~ 20	± 10
	> 57	± 0.80%	< 20	+ 15 - 10

续表

外 径 公 差			壁 厚 公 差		
	外 径	公 差	壁厚/mm		公差/%
热轧	≤159 >159	>20	外径 外径	<168 ≥168	±10 +15 -10

3.3.9.2 高压管子没有出厂无损检测结果时，应逐根进行无损检测。如有无损检测结果，但经外观检查发现缺陷时，应抽查 10%。如仍有不合格者，则应逐根进行检测。表面缺陷可打磨消除，但壁厚减薄量不得超过实际壁厚的 10%，且不超过管子的负偏差。

3.3.9.3 高压管道的螺栓、螺母应抽检硬度，其值应符合表 4 要求：

表 4 高压管道螺栓、螺母硬度值

钢 号	硬度值/HB	依据标准
25	≤170	GB 699—88
35	≤197	GB 699—88
50	≤241	GB 699—88
40Mn	≤229	GB 699—88
30CrMo、35CrMo	≤229	GB 3077—88
25CrMoV	≤241	GB 3077—88
25CrMo1V	≤241	GB 3077—88
20CrMo1VTiB	211 ~ 274	DJ 56—79
20CrMo1NbB	236 ~ 278	DJ 56—79

a. 螺栓、螺母每批各取两件进行硬度检查，若有不合格，须加倍检查。如仍有不合格则应逐件检查；

b. 螺母硬度不合格者不得使用；

c. 螺栓硬度不合格者，应取该批中硬度值最高、最低者各一件校验力学性能。若有不合格，再取硬度最接近的螺栓加倍校验，如仍有不合格，则该批螺栓不得使用。

3.3.10 焊接材料

3.3.10.1 焊接材料应具有出厂质量合格证，并按有关规定进行复验。

3.3.10.2 材料不得锈蚀，药皮不得变质受潮，合金钢焊条标志清晰。

3.3.10.3 焊接材料的化学成分、力学性能应与母材匹配。对于非奥氏体不锈钢的异种钢材的焊接材料，宜选择强度不低于较低强度等级、韧性不低于较高材质的焊条。而一侧为奥氏体不锈钢时，焊接材料镍含量较该不锈钢高一等级。具体选用可参照 SH 3526《石油化工异种钢焊接规程》。常用焊接材料的选用参见附录 B。

3.4 修理及质量标准

3.4.1 管道预制

3.4.1.1 管子切割

a. 坡口表面应平整，无毛刺、凸凹、缩口、熔渣、氧化铁等；

b. 管端切口平面与管子轴线的垂直度小于管子直径的1%，且不超过3mm；

c. 合金钢管、不锈钢管、公称直径小于50mm的碳素钢管，以及焊缝射线检测要求等级为Ⅱ级合格的管道坡口，一般应用机械切割。如采用气割、等离子切割等，必须对坡口表面打磨修整，去除热影响区，其厚度一般不小于0.5mm。

有淬硬倾向的管道旧坡口应 100% PT 检查，工作温度低于或等于 -40°C 的非奥氏体不锈钢管坡口 5% 探伤，不得有裂纹、夹渣等；

d. 清除坡口表面及边缘 20mm 内的油漆、污垢、氧化铁、毛刺及镀锌层，并不得有裂纹、夹层等缺陷；

e. 为防止沾附焊接飞溅，奥氏体不锈钢坡口两侧各 100mm 范围内应刷防飞溅涂料；

f. 手工电弧焊及埋弧自动焊的坡口型式和尺寸应符合 GB 50236—98 的要求；

g. 不等壁厚的管子、管件组对，较薄件厚度小于 10mm、厚度差大于 3mm，及较薄件厚度大于 10mm，厚度差大于较薄件的 30% 或超过 5mm 时，应按图 1 规定削薄厚件的边缘；

h. 高压钢管或合金钢管应有标记。

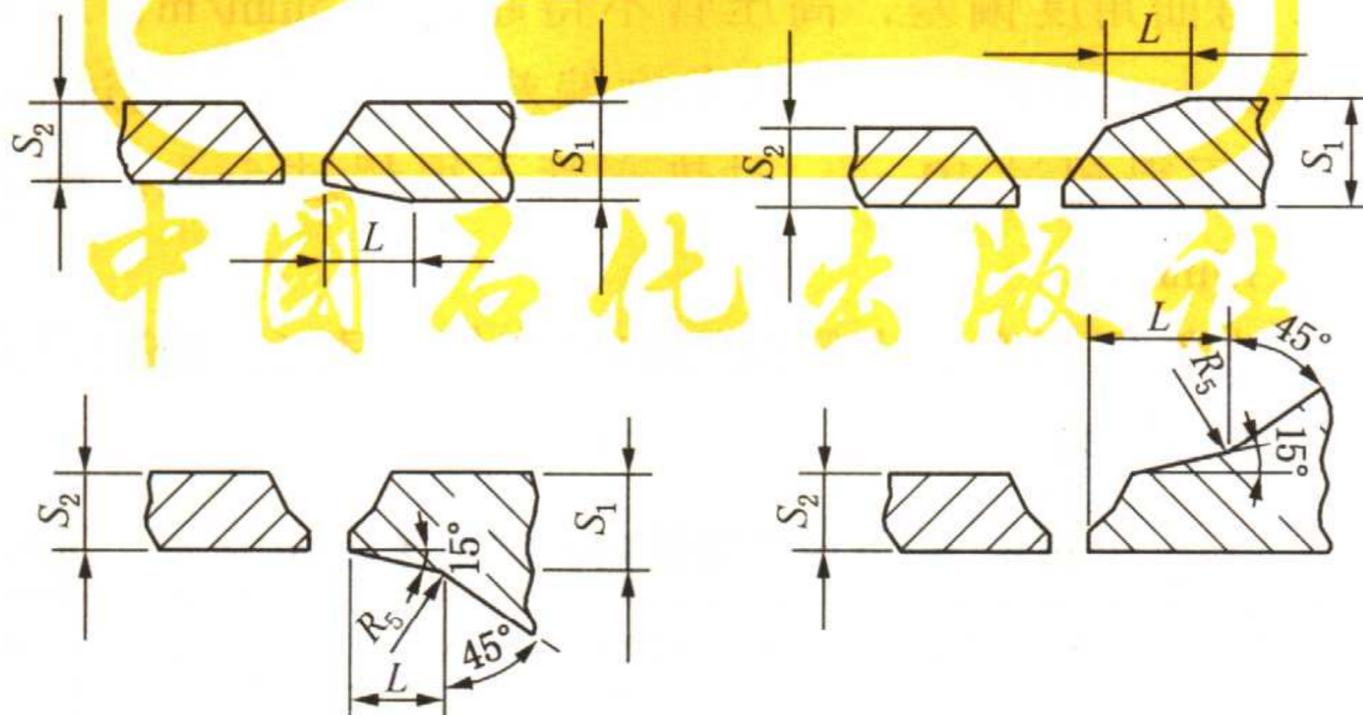


图 1 不等壁厚管子、管件组对坡口

3.4.1.2 管子弯制

a. 弯管最小弯曲半径参照表 5;

表 5 弯管最小弯曲半径

管道设计压力/MPa	弯管制作方式	最小弯曲半径
< 10	热弯	3.5 D_w
	冷弯	4.0 D_w
≥ 10	冷、热弯	5.0 D_w

注: D_w —管子外径。

b. 弯曲的钢管表面不得有裂纹、划伤、分层、过热等现象, 管内外表面应平滑、无附着物;

c. 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%, 且不得小于设计文件规定的最小壁厚。弯管处的最大外径与最小外径之差, 应符合下列规定:

GC1 级管道应小于弯制前管子外径的 5%;

GC2、GC3 级管道应小于弯制前管子外径的 8%。

d. 弯曲角度偏差, 高压管不得超过 1.5mm/m, 最大不得超过 5mm; 中低压管弯曲角度偏差对冷弯管不超过 3mm/m, 最大不得超过 10mm; 对热弯管不得超过 5mm, 最大不得超过 15mm;

e. 中低压管弯管内侧波高的允许值见表 6, 波距应大于或等于 4 倍波高;

表 6 中低压管弯管内侧波高允许值 mm

管子外径	≤ 114	133	159	219	273	325	377	426
波 高	4	5	6		7		8	

f. 褶皱弯管波纹分布均匀、平整、不歪斜;

g. 碳素钢管、合金钢管在冷弯后, 应按规定进行热处

理。有应力腐蚀倾向的弯管(如介质为苛性碱、湿硫化氢环境等),不论壁厚大小,均应做消除应力热处理。常用钢管冷弯后热处理条件参照表 7。常用管子热弯温度及热处理条件参照表 8;

表 7 常用钢管冷弯后热处理条件表

钢种或钢号	壁厚/mm	弯曲半径	热处理要求
Q235 - A、B、C 10、20、20G 16Mn	≥36	任意	600 ~ 650℃退火
	19 ~ 36	5D _w	
	< 19	任意	
12CrMo 15CrMo	> 20	任意	680 ~ 700℃退火
	13 ~ 20	3.5D _w	
	< 13	任意	
12Cr1MoV	> 20	任意	720 ~ 760℃退火
	13 ~ 20	3.5D _w	
	< 13	任意	
0Cr19Ni9 0Cr18Ni9 0Cr18Ni10Ti Cr25Ni20	任意	任意	按设计条件要求

注: D_w—管子外径。

表 8 常用管子热弯温度及热处理条件表

钢种或钢号	热弯温度/℃	热处理要求
Q235 - A、B、C 10、20、20G	750 ~ 1050	终弯温度小于 900℃, 且壁厚大于或等于 19mm 时, 进行 600 ~ 650℃回火
16Mn	900 ~ 1050	

续表

钢种或钢号	热弯温度/℃	热处理要求
12CrMo 15CrMo	800 ~ 1050	900 ~ 920℃正火
12Cr1MoV	800 ~ 1050	980 ~ 1020℃正火加 720 ~ 760℃回火
1Cr5Mo 1Cr9Mo	800 ~ 1050	850 ~ 875℃完全退火 或 725 ~ 750℃高温回火
0Cr19Ni9、0Cr18Ni9 0Cr18Ni10Ti、Cr25Ni20	900 ~ 1200	1050 ~ 1100℃固溶

对有晶间腐蚀要求的奥氏体不锈钢管，热处理后应从同批管子中取两件试样做晶间腐蚀倾向试验。如有不合格，则应全部重新热处理，热处理次数不得超过3次；

h. 高压管子弯制后，应进行无损探伤，如需热处理，应在热处理后进行。

3.4.1.3 高压管的螺纹及密封面加工

a. 螺纹表面不得有裂纹、凹陷、毛刺等缺陷。螺纹表面粗糙度为 $R_a3.2$ 。有轻微机械损伤或断面不完整的螺纹，全长累计不应大于 $1/3$ 圈。螺纹牙高减少应不大于其高度的 $1/5$ ；

b. 法兰用手拧入，不松动；

c. 管端锥角密封面不得有划痕、刮伤、凹陷等缺陷，表面粗糙度为 $R_a1.6$ ，锥角偏差不应大于 $\pm 0.5^\circ$ ，须用样板作透光检查。密封面用标准透镜垫做印痕检查时，印痕不得间断或偏移；

d. 管端平面密封面粗糙度为 $R_a1.6$ ，端面与管中心线应垂直，其偏差值应不大于表9所列数值。

表 9 管端平面垂直度

mm

管外径	45	60	89	114	159	219	273	325	377	426	480
垂直度	0.2		0.25	0.3	0.4	0.5			0.6		

高压管子自由管段长度允许偏差 $\pm 5\text{mm}$ ，封闭管段偏差为 $\pm 3\text{mm}$ 。

3.4.2 管道的焊接

3.4.2.1 焊工须按规定取得相应资格证。施焊后在每道焊缝结尾处打上焊工印记。不允许打钢印的管道应在竣工图上记载。

3.4.2.2 焊接接头不得强行组对，对口内壁应平齐，其错边量偏差对射线检测 I、II 级为合格的焊缝不应超过管子壁厚的 10%，且不大于 1mm；对射线检测 III 级合格的焊缝不应超过管子壁厚的 20%，且不大于 2mm。

3.4.2.3 焊接时必须采用经评定合格的焊接工艺，否则应采取防护措施。

3.4.2.4 不得在焊件表面引弧或试验电流，低温管道、不锈钢及淬硬倾向较大的合金钢焊件表面不得有电弧擦伤等缺陷。

3.4.2.5 焊接在管子、管件上的组对卡具，其焊接材料及工艺措施应与正式焊接相同。卡具拆除不应损伤母材，焊接残留痕迹应打磨修整。有淬硬倾向的母材，应作磁粉或着色检查，不得有裂纹。

3.4.2.6 对 GC1、GC2 级管道和对管内清洁度要求高的管道、机器入口管道及设计文件规定的其他管道的单面焊焊缝，应采用氩弧焊打底。

3.4.2.7 管道焊接接头不得有焊渣、飞溅物等。焊缝成型良好，焊缝宽度以每边盖过坡口边缘 2mm 为宜。角焊缝的焊脚高度应符合设计规定。外形应平缓过渡，不得有裂纹、气孔、夹渣、凹陷等缺陷。焊缝咬肉深度不应大于 0.5mm，低温管道焊缝不得咬肉。

3.4.2.8 管材焊前预热及焊后热处理就应按 GB 50236—98《现场设备、工业管道焊接工程施工及验收规范》的有关规定进行。常用管材焊前预热及焊后热处理工艺条件见表 10。

3.4.2.9 焊缝无损检测比例及合格等级应符合设计要求或按 SH 3501—2002《石油化工有毒、可燃介质管道施工及验收规范》的规定，评定标准执行 JB 4730—94《压力容器无损检测》。

3.4.2.10 对同一焊工所焊同一规格同一级别管道的焊缝按比例抽查，但探伤长度不得少于一道焊口。如有质量等级不合格者，应对该焊工所焊同类焊缝，按原定比例加倍探伤，如仍有此类缺陷，应对该焊工所焊全部同类焊缝进行无损探伤。

焊缝同一部位返修次数，对碳素钢管一般不超过 3 次；对合金钢管、不锈钢一般不超过两次。对仍不合格的焊缝，如再进行返修，应经单位技术负责人批准，返修的次数、部位和无损探伤结果等，应作记录。

表 10 常用管材焊前预热及焊后热处理工艺条件表

钢 种	焊前预热		焊后热处理	
	壁厚/mm	温度/℃	壁厚/mm	温度/℃
Q235 - A、B、C 10、20、20G	≥26	100 ~ 200	> 30	600 ~ 650

续表

钢 种	焊前预热		焊后热处理	
	壁厚/mm	温度/℃	壁厚/mm	温度/℃
16Mn	≥ 15	150 ~ 200	> 20	600 ~ 650
15MnV				560 ~ 590
12CrMo				650 ~ 700
15CrMo	≥ 10	150 ~ 250	> 10	650 ~ 700
12Cr1MoV、12Cr2Mo	≥ 6	200 ~ 300	> 6	700 ~ 750
Cr5Mo、Cr9Mo		250 ~ 350	任意	750 ~ 780

3.4.2.11 焊缝经热处理后，应对焊缝、热影响区和母材进行硬度抽查，其抽查比例：当 $DN > 50\text{mm}$ 时，为热处理焊口总量的 10% 以上；当 $DN < 50\text{mm}$ 时，为热处理焊口总量的 5% 以上。其硬度值对碳素钢管不应大于母材最高硬度的 120%，且 $HB \leq 200$ ；对合金钢管不应超过母材最高硬度的 125%，且 $HB \leq 225$ 。

3.4.2.12 马鞍管焊缝应由焊接工艺保证，且按要求着色检查。

3.4.2.13 异种钢焊接施工按 SH 3526《石油化工异种钢焊接规程》执行。

3.4.3 衬里管道

3.4.3.1 管道内表面应平整光滑，局部凹凸不得超过 3mm。棱角部分须打磨成半径不小于 3mm 的圆弧。

3.4.3.2 管口焊接宜采用双面对接焊缝，贴衬表面焊缝凸出表面不应大于 2mm。焊缝与母材呈圆滑过渡。

3.4.3.3 弯头、弯管的弯曲半径一般应为管外径的 3.5 ~ 4

倍，弯管角底应不小于 90° ，且只允许在一个平面上弯曲。

3.4.3.4 公称直径等于或大于 100mm 的弯头或弯管，可使用压制弯头或焊制弯头。单面焊缝必须焊透。

3.4.3.5 超长弯头、液封管、并联管等复杂管段，应分段用法兰连接；三通、四通、弯头、弯管及异径管等管件，宜设置松套法兰。

3.4.3.6 衬里管道不得使用褶皱弯管；异径管不得采用抽条法制做；法兰密封面不宜车制水线。

3.4.4 管道安装

3.4.4.1 中低压管道

a. 脱脂的管子、管件和阀门，其内外表面不得被油迹污染。

b. 法兰、焊缝及其他连接件的设置应便于检修，并不得紧贴墙壁、楼板或管架。管道穿过墙、楼板或其他建筑物时应加套管。套管内的管段不许有焊缝。穿墙套管长度小应于墙的厚度。穿楼板的套管应高出地面 20 ~ 50mm。必要时在套管与管道间隙内填入石棉或其他不燃烧的材料。

c. 管道安装前管内不得有异物。管道安装后，不得使设备承受过大的附加应力。与传动设置连接的管道一般应从设备一侧开始安装，其固定焊口应远离设备。管道系统与设备最终连接时，应在设备上安设监视位移的仪表，转速大于 6000r/min 时，其位移值应小于 0.02mm；转速小于或等于 6000r/min 时，其位移值应小于 0.05mm。需预位伸(压缩)的管道与设备最终连接时，设备不得产生位移。

d. 输送可燃气体、易燃或可燃液体的管线不得穿过仪表室、化验室、变电所、配电室、通风机室和惰性气体压缩

机房。可燃气体放空管应加静电接地措施，并需在避雷设施之内。

e. 安装垫片时，应将法兰密封面清理干净，垫片表面不得有径向划痕等缺陷，并不得装偏；高温管道的垫片两侧涂防咬合剂，同一组密封垫不应加两个垫。

f. 螺栓组装要整齐、统一，螺栓应对称紧固，用力均匀。螺栓必须满扣。

g. 管段对口时，对接的管子应平直，在距对口 200mm 处测量，允许偏差 1mm/m，但全长的最大累计允许偏差不得超过 10mm。

h. 法兰密封面不得有径向划痕等影响密封性能的缺陷，密封面间平行度偏差不大于法兰外径的 1.5‰，密封面间隙应略大于垫片厚度，螺栓应能自由穿入。

i. 对不锈钢和合金钢螺栓螺母，或管道工作温度高于 250℃ 时，螺栓、螺母应涂防咬合剂。

j. 有特殊要求的管道须经化学清洗，其中不锈钢管道还需钝化合格。

k. 阀门手轮安装方位应便于操作，禁止倒装。止回阀、截止阀、调节阀和疏水阀应按要求安装，走向正确。安全阀安装不得碰撞。阀门与管道焊接时，阀门应处于开启状态。

l. 采用螺纹连接的管道，拧紧螺纹时，不得将密封材料挤入管内。

m. 埋地管道须经试压合格，并经防腐处理后方可覆盖。

n. 管子间净距允许偏差 5mm，且不妨碍保温(冷)。立管垂直度偏差应不大于 2‰，且不大于 15mm。

o. 有热(冷)位移的管道，在开始热(冷)负荷运转时，

应及时对各支、吊架逐个检查，应牢固可靠、移动灵活、调整适度、防腐良好。

p. 高温或低温管道的螺栓在试运时若需热紧或冷紧，紧固要适度，热(冷)紧温度见表 11。

表 11 高温或低温管道螺栓热紧或冷紧温度表 ℃

工作温度	一次热紧、冷紧温度	二次热紧、冷紧温度
250 ~ 350	工作温度	—
> 350	350	工作温度
- 29 ~ - 70	工作温度	—
- 70	- 70	工作温度

3.4.4.2 高压管道

高压管道的检修质量标准除包括 3.4.4.1 条的全部内容外，还应满足下列要求：

- a. 管道支、吊架衬垫应完整、垫实、不偏斜；
- b. 螺纹法兰拧入管端，管端螺纹倒角应外露；
- c. 安装前，管子、管件的内部及螺栓、密封件应住址清洗。密封件涂以密封剂，螺纹部分涂以防咬合剂；
- d. 合金钢管材质标记清楚准确。

3.4.4.3 其他管道或附件按设计图纸和 SH/T 3517—2001《石油化工钢制管道工程施工工艺标准》执行。

3.4.5 阀门的检修参见 SHS 01030—2004《阀门维护检修规程》。

3.4.6 管道的防腐与油漆参见 SHS 01034—2004《设备及管道涂层检修规程》。

3.4.7 管道的绝热参见 SHS 01033—2004《设备及管道保温

保冷检修规程》。

4 试验与验收

4.1 试验

4.1.1 管道试验应具备如下条件：

a. 管道及支、吊架等系统施工完毕，检修记录齐全并经检验合格，试验用临时加固措施确认安全可靠；

b. 试验用压力表须校验合格，精度不低于 1.5 级，表的量程为最大被测压力的 1.5~2 倍。压力表不少于两块；

c. 将不参与试验的系统、设备、仪表及管道等隔离。拆除安全阀、爆破片。

4.1.2 局部修理的管道，在以施工工艺条件保证施工质量的前提下，可随装置贯通试压一并进行。

4.1.3 液压试验

4.1.3.1 液压试验应用洁净水进行，注水时应将空气排净。

4.1.3.2 奥氏体不锈钢管液压试验，水中氯离子含量不得超过 25ppm。

4.1.3.3 液压试验压力应符合下列规定。

a. 真空管道为 0.2MPa(表压)；

b. 其他管道为最高工作压力的 1.5 倍；

c. 最高操作温度高于 200℃ 的碳素钢管或高于 350℃ 的合金钢管道的试验压力，应按下式换算：

$$p_t = 1.5p_o[\sigma_o]/[\sigma_t]$$

式中 p_t ——常温时的试验压力，MPa；

p_o ——最高工作压力，MPa；

$[\sigma_0]$ ——材料在试验温度下的许用应力, MPa;

$[\sigma_t]$ ——材料在工作温度下的许用应力, MPa。

4.1.3.4 水压试验过程中, 碳素钢、普通低合金钢的管道各部水温须保持在 5℃ 以上, 其他钢材的水温按设计要求执行。水压试验后及时将水排净。

4.1.3.5 水压试验不降压、无泄漏、无变形为合格。

4.1.4 气压试验

管道系统水压试验有困难时可用气压试验代替, 气压试验按 SH 3501—2002《石油化工有毒、可燃介质管道施工及验收规范》的要求执行。

4.1.5 严密性试验

4.1.5.1 气压严密性试验应在强度试验和系统吹洗合格后进行。试验介质宜用空气或氮气。试验压力为:

a. 真空管道, 0.1MPa(表压);

b. 其他管道为最高工作压力。当最高工作压力高于 25MPa 的管道以空气作试验介质时, 其压力不宜超过 25MPa。

4.1.5.2 真空管道在严密性试验合格后, 系统联运转时, 还应按设计压力进行真空度试验, 时间为 24h, 增压率不大于 5% 为合格。

$$\Delta p = \frac{p_2 - p_1}{p_1} \times 100\%$$

式中 Δp ——24 小时增压率;

p_1 ——试压初始压力(表压), MPa;

p_2 ——24h 后的实际压力(表压), MPa。

4.1.5.3 严密性试验时，应缓慢升压，达到试验压力后稳压 10min，然后降压至最高工作压力，以不降压、无泄漏和无变形为合格。

4.1.5.4 严密性试验可随装置气密试验一并进行。

4.2 验收

4.2.1 检修记录准确、齐全。

4.2.2 管道油漆完好无损；附件灵活好用；运行一周无泄漏。

4.2.3 提交下列技术资料：

a. 设计变更及材料代用通知单、管道组成件、焊材质量证明书和合格证；

b. 隐蔽工程记录；

c. 检修记录(含单线图)；

d. 焊缝质量检验报告；

e. 试验记录。

5 维护与故障处理

5.1 日常维护

5.1.1 操作人员必须按照操作规程使用管道，定时巡回检查。

5.1.2 日常定时巡回检查内容：

a. 在用管道有无超温、超压、超负荷和过冷；

b. 管道有无异常振动，管道内部有无异常声音；

c. 管道有无发生液击；

d. 管道安全保护装置运行是否正常；

e. 绝热层有无破损；

f. 支吊架有无异常。

5.2 常见故障与处理

5.2.1 在用管道常见故障处理方法(见表 12)

表 12 在用管道常见故障处理方法表

序号	故障现象	故障原因	处理方法
1	法兰泄漏	螺栓上紧力不够 法兰密封面损坏 法兰密封垫失效	上紧螺栓 修复密封面或更换法兰 更换密封垫/带压堵漏
2	焊缝泄漏	焊缝有砂眼、裂纹、腐蚀减薄	补焊修复或带压密封堵漏
3	管子泄漏	管子腐蚀穿孔	补焊修复/带压密封堵漏/ 更换管段

5.2.2 带压堵漏处理

5.2.2.1 带压密封堵漏是指采用堵漏密封胶粘补或注入预制的夹具盒内对管道的法兰、焊缝和管子等部位泄漏进行堵漏的一种新型密封技术。

5.2.2.2 剧毒介质管道、均匀腐蚀的管道不宜采用带压堵漏。

5.2.2.3 带压密封堵漏施工前应办理许可证，并经有关部门审批。

5.2.2.4 带压密封堵漏应由专门人员执行。

5.2.2.5 密封胶应根据泄漏介质、温度和压力等特性选择。

5.2.2.6 密封夹具应根据泄漏部位具体形状设计加工，并进行强度计算和校核。

5.2.2.7 带压密封堵漏前应制定安全防范措施。

5.2.2.8 带压堵漏设施是临时处理措施，系统停车时应拆除，并修复泄漏部位。

5.3 紧急情况停车

当管道发生以下情况之一时，应采取紧急措施并同时向有关部门报告：

- a. 管道超温、超压、过冷，经过处理仍然无效；
- b. 管道发生泄漏或破裂，介质泄出危及生产和人身安全时；
- c. 发生火灾、爆炸或相邻设备和管道发生事故，危及管道的安全运行时；
- d. 发现不允许继续运行的其他情况时。

附 录 A
常用无缝钢管选用表
(参考件)

钢 号	标 准	使用温度范围/℃	备 注
Q235A、B、C	GB 912 GB 3	- 20 ~ 475	
10	GB 8163	- 20 ~ 475	正火状态
20	GB 8163 GB 9948	- 20 ~ 475	正火状态
20G	GB 6479	- 20 ~ 475	
16Mn	GB 6479	- 20 ~ 475	
09MnD	GB 150	- 29 ~ 475	
16MnD	JB 4727	- 29 ~ 475	
15MnV	GB 6479	- 20 ~ 400	
12CrMo	GB 9948	- 20 ~ 525	
12Cr2Mo	GB 6479	- 20 ~ 575	
15CrMo	GB 9948	- 20 ~ 550	
Cr5Mo	GB 9948	- 20 ~ 600	
Cr9Mo	GB 9948	- 20 ~ 600	
0Cr13	GB/T 14976	- 20 ~ 600	
0Cr19Ni9	GB/T 14976	- 196 ~ 700	
0Cr18Ni9	GB/T 14976	- 196 ~ 700	
0Cr18Ni10Ti	GB/T 14976	- 196 ~ 700	
0Cr17Ni12Mo2	GB/T 14976	- 196 ~ 700	
0Cr18Ni12Mo2Ti	GB/T 14976	- 196 ~ 500	
0Cr19Ni13Mo3	GB/T 14976	- 196 ~ 700	
00Cr19Ni10	GB/T 14976	- 196 ~ 425	
00Cr17Ni14Mo2	GB/T 14976	- 196 ~ 450	
00Cr19Ni13Mo3	GB/T 14976	- 196 ~ 450	

附 录 B
常用焊接材料选用表
(参考件)

钢 号	焊 条		氩弧焊丝	备注
	国际牌号	统一编号		
Q235 - A、B、C 10、20	E4303	J422	H08A H08Mn2Si	
20G	E4316 E4315	J426 J427	H08Mn2Si	
16Mn	E5003、E5016 E5015	J502、J506 J507	H08MnMoA H08Mn2SiA H10Mn2	
09MnD	E5015	W607		
16MnD	E5016 - G E5015 - G	J506RH J507RH	H08MnMoA H08Mn2SiA H10Mn2	
15MnV	E5003	J502	H08Mn2SiA	
12CrMo	E5515 - B1	R202	H13CrMoA H08CrMoA	
12Cr2Mo	E6015 - B3	R407		
15CrMo	E5515 - B2	R307	H13CrMoA	
1Cr5Mo	E1 - 5MoV - 15	R507	H1Cr5Mo	

石油化工设备维护检修规程

续表

钢号	焊条		氩弧焊丝	备注
	国际牌号	统一编号		
1Cr18Ni9Ti 0Cr18Ni10Ti 0Cr18Ni9Ti	E0-19-10Nb-16 E0-19-10Nb-15	A132 A137	H0Cr20Ni10Ti	
0Cr19Ni9 0Cr18Ni9	E0-19-10-16 E0-19-10-15	A102 A107	H0Cr20Ni10	
0Cr17Ni12Mo2	E0-18-12Mo2-16 E0-18-12Mo2-15	A202 A207	H0Cr19Ni12Mo2	
0Cr18Ni12Mo2Ti	E0-18-12Mo2-16 E0-18-12Mo2Nb-16	A202 A212	H00Cr19Ni12Mo2	
0Cr19Ni13Mo3			H0Cr20Ni14Mo3	
00Cr19Ni10	E00-19-10-16	A002	H00Cr21Ni10	
Q0Cr17Ni14Mo2	E00-18-12Mo2-16	A022		
00Cr19Ni13Mo3	E0-19-13Mo3-16	A242		
Cr9Mo		R706	H1Cr9Mo	
09MnD	E5015	W607		
0Cr13	E1-13-16 E1-13-15	G202 G207		

附录 C
法兰螺栓垫片选用表
(参考件)

介质名称	操作条件		法兰		螺栓与螺母			垫片
	公称压力/MPa	介质温度/℃	材质	类型	螺栓材质	螺栓类型	螺母材质	
油品液化气溶剂催化剂	1.6	≤200	Q235AF	对焊	Q235	单头或双头	Q235	耐油石棉橡胶垫片
		201~300	Q235	对焊	35	双头	25	缠绕式垫片
	2.5	≤200	Q235F	对焊	Q235	双头	Q235	缠绕式垫片
		201~350	20(25)	对焊	35	双头	25	缠绕式垫片
		351~450	20(25)	对焊	35CrMoA	双头	35	波形(平形)铁包石棉垫片
		451~550	Cr5Mo	对焊	25CrMoVA	双头	30CrMoA	合金钢缠绕垫片
		551~600	Cr5Mo	对焊	25CrMoVA	双头	30CrMoA	合金钢缠绕垫片
	4.0~6.4	≤350	20(25)	对焊	35	双头	25	缠绕式垫片
		351~450	20(25)	对焊	35CrMoA	双头	35	波形(平形)铁包石棉垫片
		451~550	Cr5Mo	对焊	25CrMoVA	双头	30CrMoA	合金钢缠绕垫片
		551~600	Cr5Mo	对焊	25CrMoVA	双头	30CrMoA	合金钢缠绕垫片

续表

介质名称	操作条件		法兰		螺栓与螺母			垫片
	公称压力/MPa	介质温度/℃	材质	类型	螺栓材质	螺栓类型	螺母材质	
油品液化气溶剂催化剂	> 6.4	≤ 350	20(25)	对焊	35	双头	25	椭圆形(八角形)垫片、透镜垫
		351 ~ 450	20(25)	对焊	30CrMoA (35CrMoA)	双头	35	椭圆形(八角形)垫片、透镜垫
		451 ~ 550	Cr5Mo	对焊	25CrMoVA	双头	30CrMoA	椭圆形(八角形)垫片、透镜垫

附加说明:

1 本规程由大连石油化工公司负责起草, 起草人侯士勤、黄必新(1992)。

2 本规程由茂名分公司负责修订, 修订人林家权、程绍武(2004)。