ICS 77.120.01
P 72
备案号：J3024-2022

SH

中华人民共和国石油化工行业标准

SH/T 3501—2021
代替 SH 3501—2011

石油化工有毒、可燃介质钢制管道工程施工及验收规范

Construction and acceptance specification for toxic and combustible fluid steel piping engineering in petrochemical industry

2021-08-21 发布　　2022-02-01 实施

中华人民共和国工业和信息化部　发布

目　次

前言 …… V
1　范围 …… 1
2　规范性引用文件 …… 1
3　术语和定义 …… 2
4　基本规定 …… 3
5　管道组成件和支承件的到货验收 …… 4
5.1　一般规定 …… 4
5.2　管子和管件的验收 …… 5
5.3　阀门验收 …… 6
5.4　法兰、法兰盖及翻边短节的验收 …… 8
5.5　紧固件的验收 …… 8
5.6　垫片的验收 …… 9
5.7　金属波纹管膨胀节的验收 …… 9
5.8　爆破片安全装置的验收 …… 10
5.9　阻火器的验收 …… 10
5.10　管道支承件的验收 …… 10
6　阀门试验 …… 11
6.1　一般规定 …… 11
6.2　壳体试验 …… 11
6.3　密封试验 …… 12
6.4　上密封试验 …… 14
6.5　安全阀调整试验 …… 14
7　管道预制及安装 …… 15
7.1　管道预制 …… 15
7.2　管道安装 …… 17
8　管道焊接 …… 20
8.1　一般规定 …… 20
8.2　焊前准备与接头组对 …… 21
8.3　焊接工艺要求 …… 23
8.4　焊后热处理 …… 24
8.5　焊接质量检查 …… 27
9　管道系统试验 …… 29
9.1　管道系统压力试验 …… 29

9.2 管道系统吹扫和清洗 …… 31
9.3 泄漏试验 …… 32
9.4 真空度试验 …… 33
10 施工过程技术文件和交工技术文件 …… 33
附录 A（资料性附录） 常用有毒介质、可燃介质 …… 35
附录 B（资料性附录） 弯管加工记录 …… 38
本标准用词说明 …… 39
附：条文说明 …… 40

Contents

Forword ····· V
1 Scope ····· 1
2 Normative references ····· 1
3 Term and definitions ····· 2
4 General requirements ····· 3
5 Acceptance of piping components and supports ····· 4
5.1 General requirements ····· 4
5.2 Pipes and fittings examination ····· 5
5.3 Valves examination ····· 6
5.4 Flanges, blinds and stub-ends examination ····· 8
5.5 Fasteners examination ····· 8
5.6 Gaskets examination ····· 9
5.7 Expansion joints of metal bellows examination ····· 9
5.8 Bursting disc examination ····· 10
5.9 Flame arrester examination ····· 10
5.10 Piping supports examination ····· 10
6 Valves testing ····· 11
6.1 General requirements ····· 11
6.2 Shell test ····· 11
6.3 Closure test ····· 12
6.4 Backseat test ····· 14
6.5 Safty valves test ····· 14
7 Piping prefabrication and installation ····· 15
7.1 Piping prefabrication ····· 15
7.2 Piping installation ····· 17
8 Piping welding ····· 20
8.1 General requirements ····· 20
8.2 Welding preparation and joint assembly ····· 21
8.3 Welding procedure requirements ····· 23
8.4 Post weld heat treatment ····· 24
8.5 Welding quality inspection ····· 27
9 Piping system testing ····· 29
9.1 Piping pressure test ····· 29

9.2 Piping blowing and cleaning ····· 31
9.3 Leak test ····· 32
9.4 Vacuum test ····· 33
10 Construction and handover documentations ····· 33
Appendix A (informative) Common toxic and combustible fluid ····· 35
Appendix B (informative) Pipe bending record ····· 38
Explanation of wording ····· 39
Add: Explanation of article ····· 40

前　言

根据中华人民共和国工业和信息化部《2019 年第二批行业标准制修订项目计划》（工信厅科函〔2019〕195 号）的要求，标准编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国际标准和国外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，修订本标准。

本标准共分 10 章和 2 个附录。

本标准的主要技术内容是：管道组成件和支承件的到货验收、阀门试验、管道预制及安装、管道焊接、管道系统试验。

本标准修订的主要技术内容是：

——调整了管道分级；

——修订了管道组成件和支承件的验收规定；

——增加了阀门试验要求；

——修订了管道组成件焊前预热要求；

——修订了常用钢材焊接接头热处理基本要求；

——增加了支管座焊接要求；

——修订了管道焊接无损检测数量及验收标准；

——修订了泄漏试验要求。

本标准由中国石油化工集团公司负责管理，由中国石油化工集团公司施工技术青岛站负责日常管理，由中石化第十建设有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见和建议，请寄送日常管理单位和主编单位。

本标准日常管理单位：中国石油化工集团公司施工技术青岛站

通讯地址：山东省青岛市黄岛区漓江西路 677 号

邮政编码：266555

电　　话：0532-55681828

传　　真：0532-58681000

本标准主编单位：中石化第十建设有限公司/中石化第五建设有限公司

通讯地址：山东省青岛市黄岛区漓江西路 677 号/广州市荔湾区中山七路 81 号

邮政编码：266555/510180

本标准参编单位：中国石化工程建设有限公司

石油化工工程质量监督总站

本标准主要起草人员：宋纯民　杜红斌　牛宗志　张桂红　丘　平　陈永亮　胡联伟

本标准主要审查人员：吉章红　葛春玉　李永红　黄正林　姜万军　张奉忠　余志忻　齐一芳

金锦荣　许建林　李林科　肖　然　杨晓萌　李义成　张贤俊　王明春

本标准 1985 年首次发布，1997 年第 1 次修订，2001 年第 2 次修订，2002 年第 3 次修订，2011 年第 4 次修订，本次为第 5 次修订。

石油化工有毒、可燃介质钢制管道工程施工及验收规范

1 范围

本标准规定了石油化工工程中有毒、可燃介质钢制管道工程的施工、检查和检验要求。

本标准适用于石油化工工程中设计压力不大于 42MPa，设计温度-196℃～850℃的有毒、可燃介质钢制管道工程的施工及验收，不适用于长输管道和城镇燃气管道工程的施工及验收。

2 规范性引用文件

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

GB/T 229 金属材料 夏比摆锤冲击试验方法
GB/T 1954 铬镍奥氏体不锈钢焊缝铁素体含量测量方法
GB/T 4334 金属和合金的腐蚀 不锈钢晶间腐蚀试验方法
GB/T 5777 无缝和焊接（埋弧焊除外）钢管纵向和/或横向缺欠的全圆周自动超声检测
GB/T 12220 工业阀门 标志
GB/T 12241 安全阀一般要求
GB/T 12243 弹簧直接载荷式安全阀
GB/T 12245 减压阀性能试验方法
GB/T 13927 工业阀门 压力试验
GB 16912 深度冷冻法生产氧气及相关气体安全技术规程
GB/T 24925 低温阀门技术条件
GB/T 26479 弹性密封部分回转阀门 耐火试验
GB 30000.18 化学品分类和标签规范 第 18 部分：急性毒性
GB/T 38343 法兰接头安装技术规定
GB 50016 建筑设计防火规范
GB 50160 石油化工企业设计防火规范
GB/T 50484 石油化工建设工程施工安全技术标准
GB 50517 石油化工金属管道工程施工质量验收规范
GBZ/T 230 职业性接触毒物危害程度分级
JB/T 12955 氧气用阀门 技术条件
NB/T 47013 承压设备无损检测
NB/T 47014 承压设备焊接工艺评定
NB/T 47018 承压设备用焊接材料订货技术条件
SH/T 3097 石油化工静电接地设计规范
SH/T 3503 石油化工建设工程项目交工技术文件规定
SH/T 3520 石油化工铬钼钢焊接规范

SH/T 3523　石油化工铬镍不锈钢、铁镍合金、镍基合金及不锈钢复合钢焊接规范
SH/T 3525　石油化工低温钢焊接规范
SH/T 3526　石油化工异种钢焊接规范
SH/T 3543　石油化工建设工程项目施工过程技术文件规定
SH/T 3547　石油化工设备和管道化学清洗施工及验收规范
SH/T 3551　石油化工仪表工程施工及验收规范
SH/T 3554　石油化工钢制管道焊接热处理规范
SY/T 0599　天然气地面设施抗硫化物应力开裂和应力腐蚀开裂金属材料技术规范
TSG 07　特种设备生产和充装单位许可规则
TSG ZF001　安全阀安全技术监察规程
TSG Z6002　特种设备焊接操作人员考核细则
TSG Z8001　特种设备无损检测人员考核规则

3　术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

管道组成件　piping components

用于连接或者装配成承载压力且密闭的管道系统元件。

3.2

管道支承件　pipe-supports

将管道荷载传递到管架结构上的元件。

3.3

质量证明书　inspection certificate

由制造厂生产部门以外的独立授权部门或人员，按照标准及合同的规定，按批对交货产品进行检验和试验，并注明结果的检验文件。

3.4

标志　marking

在管道、管道组成件和支承件外表面或标签上所做的标识符。

3.5

检查　examination

施工单位履行质量控制职责的过程，即检查人员按照相关规范和工程设计的要求，对材料、组成件以及加工、制作、安装等过程进行的检测和试验，并做好记录。

3.6

检验　inspection

建设单位或总承包单位履行质量控制职责的过程，由建设单位、总承包单位对产品或管道施工是否满足规范和工程设计要求而进行的验证过程。

3.7

脆性材料　fragile materials

延伸率小于 14%的材料。

3.8

有毒介质　toxic fluid

GBZ/T 230 定义的危害程度等级为极度危害、高度危害、中度危害和轻度危害流体的总称。

3.9

可燃介质　combustible fluid

GB 50160 和 GB 50016 定义的可燃气体和可燃液体的总称。

3.10

急性毒性　acute toxicity

经口或经皮肤给予物质的单次剂量或在 24h 内给予的多次剂量，或者 4h 的吸入接触发生的急性有害影响。

3.11

冷态工作压力　cold working pressure

在-29℃～38℃介质温度时，阀门最大允许工作压力，缩写符号 CWP。阀门的温度-压力等级由相关产品标准确定。

4　基本规定

4.1　石油化工有毒、可燃介质钢制管道（以下简称管道）的施工除应符合本标准的规定外，尚应符合设计文件的规定。

4.2　管道施工时，修改设计文件或材料代用应经原设计单位书面同意。

4.3　管道施工的安全技术要求和劳动保护，应符合国家现行的有关法规及 GB/T 50484 的有关规定。

4.4　管道的施工单位应持有国家相关行政部门颁发的相应级别的压力管道安装许可证。

4.5　管道施工的焊工应按 TSG Z6002 的规定进行考核，无损检测人员应按 TSG Z8001 的规定进行考核，并取得相应资格证书。

4.6　管道分级除应符合本标准表 4.6 的规定外，还应符合下列规定：

a）　输送氧气介质管道的级别应根据设计条件按本标准表 4.6 中乙类可燃气体介质确定；

b）　有毒介质急性毒性类别的分类应符合《危险化学品目录》中的规定；有毒介质危害程度等级分级应符合 GBZ/T 230 的规定，常用介质的急性毒性和有毒介质危害程度等级参见附录 A；

c）　有毒混合物介质的急性毒性应按 GB 30000.18 中规定的混合物分类标准进行评估；混合物毒性介质的危害程度等级应结合介质泄漏扩散的毒物浓度、接触途径、接触时间及工程经验等因素确定；

d）　可燃介质的火灾危险分类应符合 GB 50160 的规定；

e）　输送同时具有毒性和可燃性的介质管道，应按本标准表 4.6 中 SHA 和 SHB 的规定分别划分管道级别，并按两者质量检查等级较高者确定；若质量检查等级相同时，宜按 SHA 的管道级别确定。

表 4.6　管道分级

序号	管道级别	输送介质	设计条件	
			设计压力 P MPa	设计温度 t ℃
1	SHA1	（1）《危险化学品目录》中规定的毒性程度为急性毒性类别 1 的气体或液体、急性毒性类别 2 的气体和最高工作温度高于其标准沸点的液体	—	—
		（2）除（1）项外的极度危害介质、高度危害介质、中度危害介质和轻度危害介质	$P\geqslant10$	—
			$4\leqslant P<10$	$t\geqslant400$
			—	$t<-29$

表 4.6 管道分级（续）

序号	管道级别	输送介质	设计条件	
			设计压力 P MPa	设计温度 t ℃
2	SHA2	（3）除（1）项外的极度危害介质、高度危害介质、中度危害介质和轻度危害介质	$4 \leqslant P < 10$	$-29 \leqslant t < 400$
		（4）除（1）项外的极度危害介质和高度危害介质	$P < 4$	$t \geqslant -29$
3	SHA3	（5）中度危害介质	$P < 4$	$t \geqslant -29$
		（6）轻度危害介质	$P < 4$	$t \geqslant 400$
4	SHA4	（7）轻度危害介质	$P < 4$	$-29 \leqslant t < 400$
5	SHB1	（8）甲类可燃气体、乙类可燃气体或甲类可燃液体（包括液化烃）	$P \geqslant 4$	—
			—	$t < -29$
		（9）乙类可燃液体或丙类可燃液体	$P \geqslant 10$	—
			$4 \leqslant P < 10$	$t \geqslant 400$
			—	$t < -29$
6	SHB2	（10）甲类可燃气体、乙类可燃气体或甲类可燃液体（包括液化烃）	$P < 4$	$t \geqslant 400$
		（11）甲$_A$类可燃液体	$P < 4$	$-29 \leqslant t < 400$
		（12）乙类可燃液体或丙类可燃液体	$4 \leqslant P < 10$	$-29 \leqslant t < 400$
7	SHB3	（13）甲类可燃气体、乙类可燃气体或甲$_B$类可燃液体	$P < 4$	$-29 \leqslant t < 400$
		（14）乙类可燃液体	$P < 4$	$t \geqslant -29$
		（15）丙类可燃液体	$P < 4$	$t \geqslant 400$
8	SHB4	（16）丙类可燃液体	$P < 4$	$-29 \leqslant t < 400$
注：管道级别代码的含义为 SH 代表石油化工行业；A 为有毒介质、B 为可燃介质；数字为管道的质量检查等级。				

4.7 本标准表 4.6 中所列管道的质量检查等级，还应符合下列规定：

a） 设计文件规定为剧烈循环工况和高温蠕变工况管道的质量检查等级为 1 级；

b） 铬钼合金钢、双相不锈钢管道的质量检查等级不得低于 2 级；

c） 奥氏体不锈钢和设计文件要求低温冲击试验的碳钢管道的质量检查等级不得低于 3 级。

4.8 输送氧气介质管道的施工及验收除符合本标准的规定外，还应符合 GB 16912 的有关规定。

4.9 管道施工过程应做好成品保护。

5 管道组成件和支承件的到货验收

5.1 一般规定

5.1.1 TSG 07 制造许可范围内的管道元件制造单位，应具有国家相关行政部门颁发的相应类别的压力管道元件制造许可证，产品上还应具有许可标志。有监督检验要求的，尚应有监督检验证明。

5.1.2 管道组成件和支承件应符合设计文件规定及本标准的有关要求。

5.1.3 管道组成件、弹簧支吊架、低摩擦管架、阻尼装置及减振装置等产品应有质量证明书。质量证明书上应有产品标准、设计文件和订货合同中规定的各项内容和检验、试验结果。验收时应对质量证明

书进行审查，并与实物标志核对。无质量证明书或与标识不符的产品不得验收。

5.1.4 若对产品质量证明书中的特性数据有异议，或产品不具备可追溯性，供货方应按相应标准做补充试验或追溯到产品制造单位。问题未解决前，该批产品不得验收。

5.1.5 管道组成件和支承件在使用前应逐件进行外观检查和尺寸规格确认，其表面质量除应符合产品标准规定外，尚应符合下列要求：

a） 无裂纹、缩孔、夹渣、重皮等缺陷；

b） 锈蚀、凹陷及其他机械损伤的深度，不超过产品标准允许的壁厚负偏差；

c） 螺纹形式、坡口的形式和尺寸、密封面的加工粗糙度应符合设计文件和产品标准要求；

d） 焊缝成形良好，且与母材圆滑过渡，不得有裂纹、未熔合、未焊透等缺陷；

e） 金属波纹管膨胀节、弹簧支吊架等的装运固定件或定位销块齐全完整，无松动现象。

5.1.6 铬钼合金钢、含镍低温钢、不锈钢管道组成件应按本标准规定采用光谱分析或其他方法对主要合金元素含量进行验证性检验，并做好记录和标志。

5.1.7 有抗硫化氢要求的管道组成件质量证明书中应有硬度试验结果，硬度值不应超过标准的要求或设计规定值。若设计文件中要求氢致开裂（HIC）和硫化物应力开裂/应力腐蚀开裂（SSC/SCC）试验时，应提供相关的检验结果。

5.1.8 有硬度要求的管子、管件及法兰应进行硬度检测，每批应抽检 1%，且不应少于 1 件。

5.1.9 设计文件有低温冲击试验要求的材料，产品质量证明书应有低温冲击试验结果，否则应按 GB/T 229 的规定进行补项试验。

5.1.10 设计文件有晶间腐蚀倾向试验要求的不锈钢材料，产品质量证明书应注明晶间腐蚀试验的结果，否则应按 GB/T 4334 的有关规定进行补项试验。

5.1.11 设计文件有铁素体检查要求的双相不锈钢材料，产品质量证明书应有铁素体含量测定结果，否则应按 GB/T 1954 的规定方法进行补项试验。

5.1.12 凡每批（同炉批号、同材质、同规格）按规定做抽样检查、检验的样品中，当有一件不合格时，应按原规定数的两倍抽检；若仍有不合格品，则该批管道组成件和支承件不得验收，或对该批产品进行逐件验收检查。但规定做合金元素验证性检验的管道组成件当第一次抽检不合格时，则该批管道组成件不得验收。验收合格的管道组成件应做好标识。

5.1.13 本标准未明确规定的其他管道组成件的标识及验收标准应符合设计文件及相应的产品标准的要求。由制造厂制作的弯管，验收应符合本标准第 7.1 条的要求。

5.1.14 管道组成件应分区分类存放。不锈钢与碳钢、低合金钢不得直接接触。

5.2 管子和管件的验收

5.2.1 管子和管件使用前，应核对质量证明书、规格、数量和标志。

5.2.2 管子的质量证明书应包括下列内容：

a） 制造厂名称、合同号；

b） 产品标准号；

c） 钢的牌号；

d） 炉号、批号和订货合同规定的其他标识；

e） 品种名称、规格及质量等级；

f） 交货状态、重量、根数或件数；

g） 产品标准和订货合同规定的各项检验结果；

h） 技术质量监督部门标记；

i） 质量证明书签发日期或发货日期。

5.2.3 管件的质量证明书应包括下列内容：

a） 制造商名称及出厂日期；

b） 制造厂技术（质量）检验部门的公章；

c） 质量检查员的签字及检验日期；

d） 产品名称、规格、材料和材料标准；

e） 化学成分及机械性能；

f） 合同要求做的检验试验报告；

g） 交货状态。

5.2.4 管子和管件应有清晰的标志，其内容包括制造厂代号或商标、许可标志、材料（牌号、规格、炉批号）、产品编号等，并且应当符合安全技术规范及其相应标准的要求。从产品标志应能追溯到产品质量证明书。

5.2.5 本标准第5.1.6条规定的管道组成件中的管子、管件应进行主要合金元素含量验证性检验，每批应抽检10%，且不应少于1件。

5.2.6 SHA1（1）、SHA1（2）中极度危害介质、设计压力等于或大于10MPa管道用的管子质量证明书中应有超声检测结果，否则应按GB/T 5777的规定，逐根进行补项试验。

5.2.7 设计压力等于或大于10MPa的管子和管件，外表面应逐件进行表面无损检测，且不得有线性缺陷。

5.2.8 设计压力小于10MPa的输送SHA1（1）介质、SHA1（2）中极度危害介质的管子和管件，每批应抽检5%且不少于1件，进行表面无损检测，且不得有线性缺陷。抽样检测发现有超标缺陷时，应按本标准第5.1.12条的规定处理。

5.2.9 管子及管件经磁粉检测或渗透检测发现的表面超标缺陷允许修磨，修磨后的实际壁厚不得小于管子名义壁厚的90%，且不应小于相应产品标准和设计文件规定的最小壁厚。

5.3 阀门验收

5.3.1 阀门的质量证明书应包括下列内容：

a） 阀门主要承压件材质证明书（材质分析报告）；

b） 制造单位名称及制造许可编号；

c） 产品名称、型号、规格；

d） 产品编号、执行标准及制造时间；

e） 适用介质及适用温度；

f） 检验结论及检验日期；

g） 阀门检验、试验文件（需要时应包括阀门监检证书）；

h） 检验人员签章及制造单位检验章；

i） 出厂合格证；

j） 技术文件中有特殊规定的材料及试验文件。

5.3.2 设计文件要求做晶间腐蚀试验、耐火试验的阀门，质量证明书应有相应的试验结果。耐火试验阀门应符合GB/T 26479的规定。

5.3.3 用于氧气管线的阀门应按JB/T 12955规定检验，并采用专用验收标识。

5.3.4 低温阀门检验除应符合常规阀门的规定外，还应符合GB/T 24925的相关规定。设计要求做低温密封试验、低温冲击韧性试验的阀门，制造单位应提供低温密封试验或低温冲击韧性试验合格证明书。

5.3.5 低温阀门、用于SHA1（1）、SHA1（2）中极度危害介质的阀门以及设计压力等于或大于10MPa的阀门，其焊缝或阀体、阀盖等承压部件，应有相应标准规定的无损检测合格证明。

5.3.6 阀门阀体或铭牌上应有制造商的厂名或商标、阀门型号、公称压力、公称尺寸、阀体材料、阀芯与阀座材料等标志，且应符合 GB/T 12220 及阀门制造标准的规定和合同中要求标识的内容。有介质流向要求或有压力端要求的，应有明显的标志。

5.3.7 安全阀阀体上应有进口通径、阀体材料代号、制造厂名或商标、指明介质流向的箭头；铭牌上至少应有阀门设计的极限工作温度、整定压力、制造厂的产品型号、基准流体的额定排量系数或额定排量、流道面积或流道直径、最小开启高度以及整定误差百分数，且应符合 GB/T 12241、GB/T 12243 的规定和合同要求标识的内容。

5.3.8 阀门应按设计文件中的“阀门规格书”，核对阀门产品质量证明书中的阀体主要部件材料、特殊要求的填料及垫片。若不符合要求，该批阀门不得使用。

5.3.9 本标准第 5.1.6 条规定的管道组成件中的阀门，应对其阀体、阀盖及其连接螺栓的主要合金元素含量进行验证性检验，每批应抽检 10%，且不应少于 1 件。

5.3.10 止回阀的阀瓣或阀芯动作应灵活准确，无偏心或歪斜现象。旋塞阀的开闭标记应与通孔方位一致。弹簧式安全阀应具有防松装置并加铅封，杠杆式安全阀应有重锤的定位装置。阀门到货时的开闭位置应符合下列要求：

a） 闸阀、截止阀等阀门宜处于全关闭状态；

b） 蝶阀的蝶板应打开 4°～5°；

c） 旋塞阀、球阀应处于全开启位置；

d） 隔膜阀应处于关闭位置，且不可关得过紧；

e） 止回阀的阀瓣应关闭并予以固定。

5.3.11 阀门不得有损伤、缺件、腐蚀和铭牌脱落等现象，且阀体内不得有异物、脏污。阀门两端应有防护盖保护。阀杆与压盖的间隙应均匀。手柄或手轮操作应灵活轻便，不得有卡涩现象。

5.3.12 阀体为铸件时，其表面应平整光滑，无裂纹、缩孔、砂眼、气孔、毛刺等缺陷；阀体为锻件时，其表面应无裂纹、夹层、重皮、斑疤、缺肩等缺陷。

5.3.13 衬胶、衬搪瓷及衬塑料的阀体内表面应平整光滑，衬层与基层结合牢固，无裂纹、鼓泡等缺陷。用高压电火花发生器逐个检查衬层表面，未发生白色闪光现象，衬层未击穿为合格。

5.3.14 阀门传动装置检查应进行下列检查：

a） 采用齿轮、蜗轮传动的阀门，其传动机构应符合下列要求：

1） 蜗杆和蜗轮应啮合良好，无卡涩现象；

2） 开式机构的齿轮啮合面、轴承等应清洗干净，并加注新润滑油脂；

3） 有闭式机构的阀门每批应抽检 10%，且不应少于 1 个，其润滑油脂应无变质、机构零件齐全、内部清洁无污物、传动件无毛刺，啮合面配合良好；

4） 传动装置或手柄的启闭位置应具有永久性标识，且应与阀芯（板）开关位置一致；

b） 带链轮机构的阀门，链架与链轮的中心面应一致，按工作位置检查链条的工作情况，链条运动应畅顺不脱槽，链条不得有开环、脱焊、锈蚀或链轮与链条节距不符等缺陷；

c） 气压、液压传动的阀门，按执行机构的工作压力进行开闭试验；

d） 电动阀门的检查及调试，应符合下列要求：

1） 电动阀的变速箱应按本条 a）款的规定检查；

2） 在全开或全闭的状态下，检查调整阀门的限位装置；

3） 通电调试反复试验不应少于 3 次，应动作可靠、指示准确；

e） 电磁阀应接通临时电源，进行开闭试验，且不得少于 3 次；

f） 具有机械联锁装置的阀门，应在安装位置的模拟架上进行试验和调整，要求阀门启闭动作协调、限位准确。

5.3.15 对下列焊接阀门的焊接接头坡口应进行表面无损检测，检测结果不得有线性缺陷：

a） 标准抗拉强度下限值等于或大于 540MPa 的钢材及铬钼合金钢的坡口应进行 100%检测；

b） 设计温度低于-29℃的非奥氏体不锈钢坡口每批应抽检 5%，且不应少于 1 个。

5.3.16 具有防静电结构的阀门应进行防静电荷聚集试验，当干燥阀门试验的电源电压不超过 12V 时，阀杆、阀体和阀芯间防静电电路电阻应小于 10Ω，每批应抽检 10%，且不应少于 1 台。

5.4 法兰、法兰盖及翻边短节的验收

5.4.1 法兰、法兰盖及翻边短节的质量证明书应包括下列内容：

a） 制造商名称及出厂日期；

b） 制造厂技术（质量）检验部门的公章；

c） 质量检查员的签字及检验日期；

d） 产品名称、规格、材料和材料标准；

e） 化学成分及机械性能；

f） 合同要求做的检验试验报告。

5.4.2 法兰、法兰盖及翻边短节的外观检查应符合下列要求：

a） 密封面应平整，不得有锈蚀和径向划痕；

b） 锻造表面应光滑，不得有锻造伤痕、裂纹等缺陷；

c） 法兰、法兰盖外缘应有标准编号、公称直径、公称压力、法兰连接型式及密封面型式、管子表号或壁厚、材料代号等标志。

5.4.3 本标准第 5.1.6 条规定的管道组成件中的法兰、法兰盖和翻边短节，应对其主要合金元素含量进行验证性检验，每批应抽检 10%，且不应少于 1 件。

5.5 紧固件的验收

5.5.1 紧固件的质量证明书内容应包括下列内容：

a） 制造商名称及出厂日期；

b） 制造厂技术（质量）检验部门的公章；

c） 质量检查员的签字及检验日期；

d） 产品名称、规格、材料和材料标准；

e） 化学成分及机械性能；

f） 合同要求做的检验试验报告。

5.5.2 紧固件的螺纹应完整，无划痕、无毛刺等缺陷。加工精度应符合产品标准的要求。

5.5.3 紧固件应有标记，内容应包括标准编号、材料牌号、螺纹规格和公称长度、螺母型式代号。

5.5.4 下列管道用的不锈钢、铬钼合金钢螺柱和螺母应采用光谱分析对其主要合金元素含量进行验证性检验，每批应抽检 5%，且不应少于 10 件。

a） 设计压力等于或大于 10MPa；

b） 设计温度低于-29℃；

c） 设计温度等于或大于 400℃。

5.5.5 设计压力等于或大于 10MPa 管道用的不锈钢、铬钼合金钢螺柱和螺母应进行硬度检测，每批抽检不应少于 2 件，硬度值应在设计文件或产品标准规定的范围内。若有不合格，按本标准第 5.1.12 条的规定处理。

5.5.6 设计温度低于-29℃的低温管道用的铬钼合金钢和不锈钢螺柱应进行低温冲击性能检验，每批抽检不应少于 2 根。试验结果应符合设计文件或产品标准的要求。若有不合格，应按本标准第 5.1.12 条的

规定处理。

5.6 垫片的验收

5.6.1 垫片的标志应包括标准编号、型式代号、公称压力、公称直径、材料代号、制造厂名称或商标等内容。垫片的质量证明书应包括下列内容：

a） 制造商名称及制造日期；
b） 制造厂技术（质量）检验部门的公章；
c） 质量检查员的签字及检验日期；
d） 产品名称、规格、材料和材料标准；
e） 垫片性能；
f） 合同要求做的检验试验报告。

5.6.2 垫片应按下列要求进行检查，每批抽检不应少于 1 件：

a） 缠绕垫片不得有松散、翘曲现象，其表面不应有伤痕、空隙、凹凸不平、锈斑等缺陷；表面非金属带应均匀突出金属带；焊点不应有虚焊和过烧等缺陷；
b） 金属环垫和透镜垫的加工尺寸、精度、粗糙度应符合设计文件和产品标准的要求，密封面不得有划痕、磕痕、裂纹、疵点等缺陷；
c） 非金属平垫片的边缘应切割整齐，表面不应有翘曲变形，不应有夹渣、裂缝、气泡、外来杂质及其他影响使用的缺陷。不锈钢管道法兰用的非金属垫片，其氯离子含量不得超过 50mg/kg。

5.6.3 金属环垫和透镜垫应逐件进行硬度检测。检验位置应避开密封面，检验结果应符合设计文件或产品标准的规定。

5.7 金属波纹管膨胀节的验收

5.7.1 金属波纹管膨胀节的铭牌应包括下列内容：

a） 膨胀节型式（型号）；
b） 出厂编号；
c） 膨胀节的设计压力和设计温度；
d） 膨胀节的设计位移和设计疲劳寿命；
e） 外形尺寸、总质量；
f ）制造单位名称；
g） 出厂日期。

5.7.2 金属波纹管膨胀节质量证明书应包括下列内容：

a） 膨胀节型式、型号和出厂编号；
b） 膨胀节的设计温度、设计压力、设计疲劳寿命和设计位移；
c） 波纹管和受压筒节、法兰、封头等受压件的材质证明书；
d） 膨胀节的外观检查、尺寸检查、焊接接头检测和耐压试验等项目出厂检验结论及检验员与制造单位的印章；
e） 膨胀节生产所依据的标准。

5.7.3 金属波纹管膨胀节应按下列要求逐件进行外观检查：

a） 波纹管和焊缝表面不得有裂纹、气孔、夹渣、凹坑、焊接飞溅物、划痕和机械损伤等缺陷；
b） 装有导流筒的膨胀节应有醒目的永久性介质流向箭头；
c） 装运固定件应涂有黄色标识。

5.8 爆破片安全装置的验收

5.8.1 爆破片安全装置的标志应包括下列内容：

a） 制造单位名称或商标、特种设备制造许可证编号和许可标识；

b） 爆破片的型号、形式、规格和批次编号；

c） 材料牌号、适用介质和爆破温度；

d） 标定爆破压力或设计爆破压力、泄放侧方向；

e） 泄放口公称直径、最小泄放面积；

f） 夹持器型号、规格、泄放侧方向；

g） 设备位号或管线号；

h） 制造标准；

i） 检验合格标识及监检标识。

5.8.2 爆破片安全装置质量证明书应包括下列内容：

a） 永久性标识的内容；

b） 制造范围和爆破压力允差；

c） 检验报告（包括爆破试验报告）；

d） 质量检验人员签章，监检部门印记（需要时）。

5.8.3 爆破片安全装置的规格、材质及技术参数应符合设计文件的规定，并应逐件进行外观检查。表面不得有裂纹、锈蚀、微孔、气泡、夹渣、凹坑和划伤等缺陷，衬层、涂（镀）层应均匀、致密。

5.9 阻火器的验收

5.9.1 阻火器的铭牌应包括下列内容：

a） 制造厂名称、制造许可证编号和许可标识；

b） 型号、形式和规格；

c） 产品编号；

d） 阻火性能（爆炸等级、安全阻火速度等）；

e） 设计压力、气体流量和压力降；

f） 阻火侧方向（仅对于单向阻火器）；

g） 适用气体名称、温度和公称压力；

h） 检验合格标识及监检标识；

i） 制造日期。

5.9.2 阻火器质量证明书应包括下列内容：

a） 铭牌上的内容；

b） 制造标准；

c） 检验报告；

d） 其他的特殊要求。

5.9.3 阻火器的规格、材质及技术参数应符合设计文件的规定，并应逐件进行外观检查。阻火器各构成部件应无明显加工缺陷或机械损伤，内表面有涂层时防腐涂层应完整均匀；标牌应设置牢固；明显部位应永久性标出介质流动方向；阻火器内部不得有积水、锈蚀、脏污、加工屑及损伤。

5.10 管道支承件的验收

5.10.1 管道支承件的材质、规格、型号、外观及几何尺寸应符合国家现行标准或设计文件规定。

5.10.2 弹簧支吊架上应有铭牌和位移指示板。铭牌内容包括支吊架型号、载荷范围、安装载荷、工作

载荷、弹簧刚度、位移量、管线号、管架号、出厂编号及日期等。弹簧支吊架需要设置上、下定位销，定位销或块应在设计冷态值位置上。

5.10.3 减震和阻尼装置应设有铭牌。铭牌内容应包括产品名称、产品型号、制造标准、额定载荷、冷态位置、热态位置、出厂编号、出厂日期、制造单位等。

6 阀门试验

6.1 一般规定

6.1.1 阀门试验包括壳体试验、密封试验和上密封试验。

6.1.2 当设计文件、制造厂的技术文件对阀门的壳体试验、密封试验无特殊要求时，阀门应逐个进行壳体试验和密封试验；具有上密封结构的阀门，应逐个进行上密封试验。到制造厂逐件见证阀门试验并有见证记录的阀门，可以免除阀门试验。

6.1.3 试验介质为液体时，可选择水、煤油或黏度不高于水的非腐蚀性液体；试验介质为气体时，可用空气、氮气或其他惰性气体。

6.1.4 用水做试验介质时，允许添加防锈剂。不锈钢阀门试验用水的氯离子含量不得超过 50mg/L。

6.1.5 氧气阀门试验介质不得含油。

6.1.6 无特殊规定时，试验介质的温度宜为 5℃～38℃。当环境温度低于 5℃时应采取防冻措施。

6.1.7 阀门试验前，应除去密封面上的油渍和污物，不得在密封面上涂抹防渗漏的油脂。

6.1.8 试验用的压力表，应在鉴定合格的有效期内使用，精度等级不应低于 1.6 级，压力表的量程宜为最大试验压力的 1.5 倍～2 倍。试验系统的压力表不应少于 2 块。

6.1.9 试验介质为液体时，应排净阀门内的空气。阀门试验完毕，应及时排除阀门内的积液。不锈钢阀门应用空气或氮气吹干。

6.1.10 经过试验合格的阀门，应在阀门明显部位做好试验标识，并填写试验记录。没有试验标识的阀门不得安装和使用。

6.1.11 阀门制造厂有特殊要求时，应按制造厂要求执行。

6.2 壳体试验

6.2.1 壳体试验的试验介质应采用液体，试验压力应为阀门冷态工作压力的 1.5 倍。试验压力值应加大圆整到邻近 0.1MPa。

6.2.2 壳体试验应符合下列要求：

a） 封闭阀门的各进出端口，阀门开启 1/3～2/3 之间，向阀门壳体内充入试验介质，打开排气阀，排净阀门体腔内的空气，加压到试验压力的 50%检查，应无泄漏、渗漏现象，然后加压到试验压力，保压时间应符合本标准表 6.2.2 规定，检查阀体、阀盖连接法兰、填料箱等各连接处的密封情况；

b） 对可调阀杆密封结构的阀门，试验期间阀杆密封应能保持阀门的试验压力；对于不可调阀杆密封的阀门，试验期间阀杆密封不应有可见的泄漏；

c） 当需使用气体介质试验时，应按 GB/T 13927 的有关规定执行。

表 6.2.2 阀门试验保压时间

阀门公称尺寸		保持试验压力最短持续时间[a] s			
		壳体试验	上密封试验	密封试验	
DN	*NPS*			止回阀	其他阀门
≤50	≤2	15	15	60	15
65～150	2.5～6	60	60	60	60
200～300	8～12	120	60	120	120
≥350	≥14	300	60	120	120

[a] 保持压力最短持续时间是指阀门内试验介质压力升至规定值后，保持该试验压力的最少时间。

6.2.3 壳体试验不应有结构损伤，不应有可见的液滴或外表面潮湿。

6.2.4 夹套阀门的夹套部分应以夹套设计压力的 1.5 倍进行液压试验，在试验压力的保压时间内，夹套的外表面不得有滴漏或潮湿。

6.3 密封试验

6.3.1 密封试验应在壳体试验合格后进行。密封试验包括高压密封试验和低压密封试验。

6.3.2 阀门高压密封试验的试验压力应为阀门冷态工作压力的 1.1 倍，试验介质应使用液体介质。低压密封试验压力应为 0.6MPa，试验介质应使用气体介质。

6.3.3 公称尺寸不大于 *DN* 100 且公称压力不大于 *PN* 250（Class1500）的阀门，公称尺寸大于 *DN* 100 且公称压力不大于 *PN* 100（Class600）的阀门，密封试验应按本标准表 6.3.3 的规定进行。

表 6.3.3 密封试验

试验名称	阀门型式					
	闸阀	截止阀	旋塞阀	止回阀	浮动式球阀	蝶阀及固定式球阀
低压密封	需要	任选[b]	需要[a]	任选[b]	需要	需要
高压密封[c]	任选[b、e]	需要[d]	任选[a、b、e]	需要	任选[b、e]	任选[b、e]

[a] 油封式旋塞阀，需做高压密封试验，低压密封任选，试验时应保留密封油脂。

[b] 如订货合同规定了“任选”，则除规定试验外还应进行该试验。

[c] 弹性密封阀门经高压密封试验后，可能会降低在低压工况的密封性能。

[d] 对于动力驱动装置和手动装置操作的截止阀，包括止回式截止阀，高压密封试验的试验压力应为确定动力驱动装置尺寸所使用的设计压差的 110%。

[e] 对于规定为双截断-排放阀门的所有阀门都要求进行高压密封试验。

6.3.4 公称尺寸不大于 *DN* 100 且公称压力大于 *PN* 250（Class 1500）的阀门，公称尺寸大于 *DN* 100 且公称压力大于 *PN* 100（Class 600）的阀门，密封试验应按本标准表 6.3.4 的规定进行。

表 6.3.4 密封试验

试验名称	阀门型式					
	闸阀	截止阀	旋塞阀	止回阀	浮动式球阀	蝶阀及固定式球阀
低压密封	任选[a]	任选[a]	任选[a]	任选[a]	需要	任选[a]
高压密封[b]	需要	需要[c]	需要	需要	任选[a、d]	需要

[a] 如订货合同规定了“任选”，则除规定试验外还应进行该试验。

[b] 弹性密封阀门经高压密封试验后，可能会降低在低压工况的密封性能。

[c] 对于动力驱动装置和手动装置操作的截止阀，包括止回式截止阀，高压密封试验的试验压力应为确定动力驱动装置尺寸所使用的设计压差的 110%。

[d] 对于规定为双截断-排放阀门的所有阀门都要求进行高压密封试验。

6.3.5 高压密封试验应符合下列要求：

a） 关闭阀门，向阀门被检查端的另一侧阀腔充满试验介质，并逐渐加压到试验压力，保压时间应符合本标准表 6.2.2 的规定，检查被检查端密封副的渗漏情况。阀瓣、阀座背面与阀体接触面等处，不得有可见的液滴或外表面潮湿；

b） 在试验持续时间内，试验介质通过密封副的最大允许泄漏率应符合本标准表 6.3.5 的规定。

表 6.3.5 密封试验的最大允许泄漏率

阀门规格		所有弹性密封副阀门	除止回阀外的所有金属密封副阀门		金属密封副止回阀	
DN mm	*NPS* in		液体试验[a] 滴/min	气体试验 气泡/min	液体试验 cm^3/min	气体试验 m^3/h
≤50	≤2	0	0[b]	0[b]	6	0.08
65	2.5		5	10	7.5	0.11
80	3		6	12	9	0.13
100	4		8	16	12	0.17
125	5		10	20	15	0.21
150	6		12	24	18	0.25
200	8		16	32	24	0.34
250	10		20	40	30	0.42
300	12		24	48	36	0.50
350	14		28	56	42	0.59
400	16		32	64	48	0.67
450	18		36	72	54	0.76
500	20		40	80	60	0.84
600	24		48	96	72	1.01
650	26		52	104	78	1.09
700	28		56	112	84	1.18
750	30		60	120	90	1.26
800	32		64	128	96	1.34

表 6.3.5 密封试验的最大允许泄漏率（续）

阀门规格		所有弹性密封副阀门	除止回阀外的所有金属密封副阀门		金属密封副止回阀	
DN mm	*NPS* in		液体试验[a] 滴/min	气体试验 气泡/min	液体试验 cm^3/min	气体试验 m^3/h
900	36	0	72	144	108	1.51
1000	40		80	160	120	1.68
1050	42		84	168	126	1.76
1200	48		96	192	144	2.02

[a] 对于液体试验介质，1mL（cm^3）相当于 16 滴。

[b] 在规定的最短试验时间内（见表 6.2.2）无渗漏，对于液体试验，“0”滴表示在每个规定的最短试验时间内无可见渗漏；对于气体试验，“0”气泡表示在每个规定的最短试验时间内泄漏量小于 1 个气泡。

6.3.6 低压密封试验应符合下列要求：

a） 关闭阀门，向阀门被检查端的另一侧阀腔充满试验介质，并逐渐加压到试验压力，保压时间应符合本标准表 6.2.2 规定，检查被检查端密封副的渗漏情况，阀瓣、阀座背面与阀体接触面等处应无气泡漏出；

b） 在试验持续时间内，试验介质通过密封副的最大允许泄漏率应符合本标准表 6.3.5 的规定。

6.3.7 公称压力小于 *PN* 10 且公称直径等于或大于 *DN* 600 的闸阀可不单独进行密封试验，宜用色印方法对闸板密封副进行检查，接合面连续为合格。

6.3.8 密封试验引入介质和施加压力的方向应符合下列要求：

a） 规定了介质流向的阀门应按介质流向引入介质和施加压力；

b） 没有规定介质流向的阀门应分别沿每端引入介质和施加压力；

c） 有两个密封副的阀门应向两个密封副之间的体腔内引入介质和施加压力；

d） 止回阀应在出口端引入介质和施加压力。

6.4 上密封试验

6.4.1 除波纹管密封阀门外，其他具有上密封性能的阀门应进行上密封试验。上密封试验宜在壳体试验时进行。

6.4.2 阀门上密封试验的试验压力应为阀门冷态工作压力的 1.1 倍，试验介质应使用液体介质。

6.4.3 上密封试验应符合下列要求：

a） 封闭阀门的进出各端口，松开填料压盖，将阀门打开使上密封关闭；

b） 向腔内充满试验介质，逐渐加压到试验压力，保压时间应符合表 6.2.2 的规定；

c） 观察阀杆填料处的情况，不得有可见的液滴或外表面潮湿。

6.5 安全阀调整试验

6.5.1 安全阀应进行整定压力、密封性能、回座压力校验，并应符合下列要求：

a） 整定压力试验不得少于 3 次，当整定压力小于或等于 0.5MPa 时，实测整定值与要求整定值的允许误差为±0.015MPa；当整定压力大于 0.5MPa 时，允许误差为±3%的整定压力；

b） 整定压力调整合格后，进行密封试验。当整定压力小于或等于 0.3MPa 时，密封试验压力应当比整定压力低 0.03MPa；当整定压力大于 0.3MPa 时，密封试验压力为 90%整定压力；

c） 回座压力进行校验时，如设计文件无规定，回座压力应不小于工作压力的 0.9 倍；

d） 对于弹簧直接载荷式安全阀应符合 GB/T 12243 的相应规定。

6.5.2 安全阀调整试验合格后，应重新进行铅封。

6.5.3 铅封处一面为校验单位的代号标识，另一面为校验人员的代号标识；铅封处所挂标牌应有校验机构名称及代号、校验编号，安装的设备编号，整定压力和下次校验时间；校验报告依据校验记录出具，并按校验机构质量管理体系的要求签发。

6.5.4 安全阀调整试验的介质应符合下列要求：

a） 当工作介质为气体时，试验介质应采用空气；

b） 当工作介质为液体时，试验介质应采用水。

7 管道预制及安装

7.1 管道预制

7.1.1 管道预制加工应按现场审查确认的单线图进行，预制加工单线图上应标注管线号、焊口编号、现场安装焊口位置。

7.1.2 管道预制过程中应核对并保留管道组成件的标志，并做好标志的移植。低温钢管道和不锈钢管道组成件进行标志移植时，不得使用钢印作标志。

7.1.3 碳钢、碳锰钢可采用机械加工或火焰方法切割。含镍低温钢和铬钼合金钢宜采用机械加工方法切割。不锈钢应采用机械加工或等离子方法切割。若采用火焰或等离子切割，切割后应采用机械加工或打磨方法消除熔渣和氧化皮，使表面平整并露出金属光泽。

7.1.4 不锈钢管道组成件采用砂轮切割或修磨时，应使用专用砂轮片。

7.1.5 弯管最小弯曲半径应符合设计文件要求，当设计文件未规定时，应符合本标准表 7.1.5 的规定。

表 7.1.5 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	$3.5D_o$
	冷弯	$4.0D_o$
≥10	冷、热弯	$5.0D_o$
注：D_o为管子外径。		

7.1.6 弯管制作后，表面不得有裂纹、过烧、分层、严重褶皱等缺陷。弯曲部位的最小壁厚不得小于管子名义壁厚的 90%，且不应小于相应产品标准和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：

a） SHA1 和 SHB1 级管道应小于弯制前管子外径的 5%；

b） 其他等级管道应小于弯制前管子外径的 8%；

c） 受外压的弯管应小于弯制前管子外径的 3%。

7.1.7 弯管制作后，直管段中心线偏差 Δ 不得大于 1.5mm/m，且不得大于 5mm，中心线偏差示意见图 7.1.7。

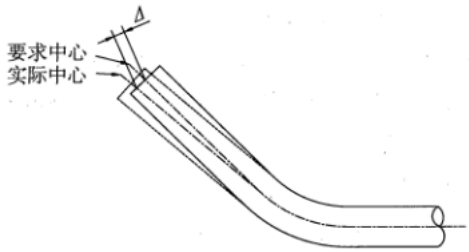


图 7.1.7　中心线偏差示意

7.1.8　钢管热弯或冷弯后的热处理，应符合下列要求：

a）　钢管的热弯温度及热处理如设计文件未做规定，应按本标准表 7.1.8-1 的规定进行；

表 7.1.8-1　钢管热弯温度及热处理

母材类别[a]	热弯温度 ℃	热处理要求	布氏硬度 HBW
碳钢	900～1050	900℃～920℃正火	≤156
碳锰钢、Cr≤0.5%的铬钼合金钢	800～1050	900℃～920℃正火	≤170
0.5%＜Cr≤2%的铬钼合金钢	800～1050	980℃～1020℃正火加 720℃～760℃回火	≤180
2.25%≤Cr≤10%的铬钼合金钢	800～1050	850℃～875℃完全退火或 725℃～750℃高温回火	≤230
奥氏体不锈钢[b]	900～1200	1050℃～1100℃固溶	≤190

[a] 表中未列入的钢号，应按该材料供货状态的要求进行热处理。

[b] 含铌、钛的奥氏体不锈钢应进行固溶加稳定化处理。

b）　符合下列规定的钢管冷弯后，应进行消除应力热处理：

1）　壁厚大于 19mm 的碳钢和碳锰钢钢管；

2）　公称直径大于 *DN* 100 或壁厚大于 13mm 的铬钼合金钢和含镍低温钢钢管；

3）　有应力腐蚀的冷弯弯管；

4）　要求进行冲击试验的材料冷弯成形应变率大于 5%时；

c）　钢管冷弯后热处理应符合表 7.1.8-2 的规定。

表 7.1.8-2　钢管冷弯后热处理

母材类别	热处理要求	布氏硬度 HBW
碳钢；碳锰钢（C-Mn）	600℃～650℃退火	≤170
Cr≤0.5%的铬钼合金钢	700℃～720℃退火	≤225
0.5%＜Cr≤2%的铬钼合金钢	700℃～750℃退火	≤225
2.25%≤Cr≤10%的铬钼合金钢	700℃～760℃退火	≤230
奥氏体不锈钢	按设计文件要求	≤190

d）　管子弯曲成形应变率应按式（7.1.8-1）和式（7.1.8-2）计算，计算后取两者中的较大值：

$$应变率（\%）=\frac{50D_o}{R} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (7.1.8\text{-}1)$$

$$应变率（\%）=\left(\frac{T_1-T_2}{T_1}\right)\times 100 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (7.1.8\text{-}2)$$

式中：

D_o —— 管子外径，mm；

R —— 管子中心线弯曲半径，mm；

T_1 —— 管子初始平均厚度，mm；

T_2 —— 成形后管子最小厚度，mm。

e） 热处理时的加热速度和冷却速度应符合本标准第 8.4.8 条的规定。

7.1.9 符合下列条件的弯管弯制后，应逐件进行磁粉检测或渗透检测，并填写弯管加工记录，参见附录 B。若有线性缺陷应予以修磨，修磨后的实际壁厚不应小于相应产品标准和设计文件规定的最小厚度：

a） 设计压力等于或大于 10MPa；

b） 输送 SHA1（1）介质；

c） 输送 SHA1（2）极度危害介质。

7.1.10 经热处理的弯管应在变形量较大的部位进行硬度检测，硬度值应符合本标准表 7.1.8 的规定。

7.1.11 除设计另有规定外，斜接弯头的焊接接头应采用全焊透型式。

7.1.12 夹套管制作应符合设计文件和 GB 50517 的有关规定。

7.1.13 管道采用管端透镜垫密封和螺纹法兰连接时，螺纹和管端密封面的加工、检查应符合设计文件和相关标准的规定，并有相应的检查记录。

7.1.14 检查合格后的管道预制组件应有管线号、焊口号、焊工号、焊接日期、无损检测标识和材料标识等标志，且与单线图一致。其内部不得有砂土、铁屑、熔渣及其他杂物，并封闭。存放时应防止损伤和污染。

7.1.15 现场制作的管道支吊架材料应有质量证明书。

7.2 管道安装

7.2.1 管道安装前，应逐件清除管道组成件内部的杂物。清除合格后，应及时封闭。

7.2.2 管道上的开孔应在管段安装前完成。在已安装的管道上开孔时，管内因切割而产生的异物应清除干净。

7.2.3 采用金属环垫或透镜垫密封的法兰连接装配前，法兰环槽（或管端面）密封面与金属环垫或透镜垫应做接触线检查。当金属环垫或透镜垫在密封面上转动 45° 后，检查接触线不得有间断现象，否则应进行研磨修理。

7.2.4 法兰连接装配时，应检查法兰密封面及垫片，不得有影响密封性能的划痕、锈斑等缺陷存在。

7.2.5 连接法兰的螺柱应能在螺柱孔中顺利通过。螺柱与螺母装配时宜涂二硫化钼油脂、石墨机油或石墨粉。紧固后的螺柱与螺母宜齐平或露出 1 个～2 个螺距，同侧螺栓露出部分应齐平。

7.2.6 设计文件规定有预紧力或力矩的法兰连接螺柱应拧紧到预定值。法兰螺栓紧固宜按 GB/T 38343 的要求执行，使用测力扳手时应预先经过校验，允许偏差为±5%。

7.2.7 法兰密封面间的平行度应符合本标准表 7.2.7 的规定。

表 7.2.7 法兰密封面间的平行度 单位：mm

管道等级	平行度	
	$DN\leqslant 300$	$DN>300$
SHA1、SHA2、SHB1、SHB2	≤0.4	≤0.7
SHA3、SHA4、SHB3、SHB4	≤0.6	≤1.0

7.2.8 与转动机器（以下简称机器）连接的管道，其固定焊口应远离机器。管道安装应符合下列要求：

a） 管道的重量和其他外力不得作用在机器上；

b） 管道的水平度或垂直度应小于 1mm/m。气体压缩机入口管道因水平偏差造成的坡度，宜坡向分液罐一侧；

c） 管道与机器连接前，应在自由状态下检查配对法兰的平行度和同轴度，当设计文件或制造厂文件未规定时，与机器连接法兰密封面平行度和同轴度应符合本标准表 7.2.8 的规定；

d） 配对法兰在自由状态下的间距，宜为顺利插入垫片的最小距离；

e） 与机器连接的管道及其支、吊架安装完毕后，应卸下接管上的法兰螺柱，在自由状态下所有螺柱应能在螺栓孔中顺利通过。

表 7.2.8 与机器连接法兰密封面平行度和同轴度

机器旋转速度 r/min	平行度 mm	同轴度 mm
<3000	≤D_o/1000 且不大于 1	全部螺栓顺利穿入
3000～6000	≤0.15	≤0.50
>6000	≤0.10	≤0.20
注：D_o为法兰外径。		

7.2.9 机器试车前，应对管道与机器的连接法兰进行最终连接检查。检查时，应在联轴器或机器支脚处架设百分表监视其位移，然后松开和拧紧法兰连接螺柱进行观测。当转速大于 6000r/min 时，其位移值应小于 0.02mm；当转速为 3000r/min 至 6000r/min 时，其位移值应小于 0.05mm。

7.2.10 管道系统试运行时，高温或低温管道的连接螺柱，应按下列规定分别进行热态紧固或冷态紧固：

a） 螺柱热态紧固或冷态紧固作业的温度应符合本标准表 7.2.10 的规定；

表 7.2.10 螺柱热态紧固或冷态紧固作业温度 单位：℃

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
-70～-29	工作温度	—
<-70	-70	工作温度

b） 紧固作业应在表 7.2.10 规定的温度稳定后进行；

c） 紧固管道连接螺柱时，管道的最大内压力应符合下列规定：

1） 当设计压力小于或等于 6MPa 时，热态紧固的最大内压力应小于 0.3MPa；

2） 当设计压力大于 6MPa 时，热态紧固的最大内压力应小于 0.5MPa；

3） 冷态紧固应在卸压后进行；

d） 螺柱紧固应有安全技术措施，保障操作人员的安全；

e） 安装阶段采用力矩扳手紧固至规定力矩值时，当无泄漏时，可不再进行螺栓热态或冷态紧固。

7.2.11 对于孔板、喷嘴、文丘里喷嘴和文丘里管等测量流体流量的差压装置，上、下游直管段的长度应符合设计文件要求，且在此范围内的焊缝内表面应与管道内表面平齐。

7.2.12 管道上仪表取源部件的安装应符合 SH/T 3551 的有关规定。

7.2.13 设计文件有静电接地要求的管道，应对法兰或螺纹连接接头进行电阻值测定。当法兰或螺纹

连接接头间电阻值大于 0.03Ω 时，应有导线跨接并符合 SH/T 3097 和设计文件的有关规定。接地电阻值、接地位置及连接方式应符合设计文件要求。

7.2.14 不锈钢管道静电接地专用接地板应采用不锈钢板制作，接地引线不得与不锈钢管直接连接。

7.2.15 管道的静电接地安装完毕测试合格后，应及时填写管道静电接地测试记录。

7.2.16 “Π”形补偿器安装，应按设计文件规定进行预拉伸或预压缩，允许偏差为预伸缩量的 10%，且不大于 10mm。“Π”形补偿器水平安装时，平行臂和垂直臂的坡度应符合设计文件的规定。

7.2.17 管道预拉伸或预压缩前应具备下列条件：

a） 预拉伸或预压缩区域内固定支架间所有焊缝（预拉伸或预压缩口除外）已焊接完毕，需热处理的焊缝已做热处理，并经检验合格；

b） 预拉伸或预压缩区域支吊架已安装完毕，管子与固定支架已固定；

c） 预拉伸或预压缩区域内的所有连接螺柱已紧固。

7.2.18 管道预拉伸或预压缩时，焊接接头组对所使用的工、卡具，应待该焊接接头的焊接及热处理工作完毕并经检验合格后，方可拆除。

7.2.19 金属波纹管膨胀节安装应按下列要求进行：

a） 金属波纹管膨胀节内导流筒焊接固定端，在水平管道上应位于介质流入侧，在垂直管道上应置于上部或按设计文件规定；

b） 金属波纹管膨胀节应与管道保持同轴，不得偏斜；

c） 管道的安装偏差不得利用金属波纹管膨胀节的变形来调整或弥补；

d） 在安装过程中不得拆除或松开金属波纹管膨胀节的装运固定件。但在管道系统运行前，应按产品技术文件的要求拆除或松开金属波纹管膨胀节的装运固定件。

7.2.20 管道补偿装置安装调试合格后，应做好安装记录。

7.2.21 阀门安装前，应按设计文件核对其型号，并应按介质流向确定其安装方向。对安装有特殊要求的阀门应按设计文件要求或产品技术文件安装。

7.2.22 安全阀安装应符合下列规定：

a） 调整试验合格的安全阀，在搬运和安装过程中应保护好铅封；

b） 安全阀应垂直安装；

c） 安全阀入口加设的盲板或安全阀上的压紧装置在系统气密前拆除。

7.2.23 爆破片应安装在相应的夹持器内，并在系统运行前的所有工序完成后安装。安装方向应与产品技术文件或铭牌上箭头指示方向相同。

7.2.24 管道中的阻火器应按产品技术文件或铭牌上箭头指示方向安装。

7.2.25 安全液封应垂直安装，垂直度不应超过 1/1000，标高允许偏差应为±5mm。

7.2.26 支吊架位置及型式应符合设计文件的规定。管道安装时，应及时进行支吊架的固定和调整工作。支吊架安装应牢固，管子和支承面应接触良好。固定支架的安装位置应做好记录。

7.2.27 不锈钢管道与支吊架上碳钢材料之间应垫入不锈钢薄板或氯离子含量不超过 50mg/kg 的非金属材料隔离垫。

7.2.28 吊杆应垂直安装。当设计文件要求支吊架偏置安装时，偏置量和偏置方向应符合设计文件的规定。

7.2.29 导向支架或滑动支架的滑动面应洁净平整，不得有歪斜和卡涩现象。管道绝热层不得妨碍其位移。

7.2.30 弹簧支吊架应按设计文件和产品技术文件的规定进行安装调整。定位销或块应在试车前拆除。

7.2.31 支架与管道焊接时，管子表面不得有咬边现象。

7.2.32 管道安装完毕后，支吊架的型式和位置应按设计文件逐个核对。

7.2.33 管道系统安装完毕后应检查材质标志。铬钼合金钢、含镍低温钢、不锈钢发现无标志时应采用光谱分析验证性检查。

7.2.34 夹套管安装应符合 GB 50517 的有关规定。

7.2.35 管道穿过建筑物的过墙套管时，套管与管道之间的空隙应采用不燃烧材料密封。管道上的焊缝不应布置在套管内，与套管端部的距离不应小于 150mm。套管应高出楼面或屋顶 50mm，穿墙的套管长度不得小于墙厚。穿过屋顶的管道应有防水肩和防雨帽。

7.2.36 管道安装的允许偏差应符合本标准表 7.2.36 的规定。

表 7.2.36 管道安装的允许偏差

单位：mm

项目			允许偏差
坐标	架空及地沟	室外	25
		室内	15
	埋地		60
标高	架空及地沟	室外	±20
		室内	±15
	埋地		±25
水平管道直线度		*DN*≤100	0.2% *L*，且≤50
		DN>100	0.3% *L*，且≤80
立管垂直度			0.5% *L*，且≤30
成排管道间距			±10
交叉管的外壁或绝热层间距			±20
注：*L*—管子的有效长度；*DN*—管子的公称直径。			

8 管道焊接

8.1 一般规定

8.1.1 管道施焊前，应按 NB/T 47014 评定合格的焊接工艺评定报告编制焊接工艺规程。焊工应按焊接工艺规程施焊。

8.1.2 焊工应持有效的资格证书，并在合格项目内从事管道的焊接。

8.1.3 焊材应具有产品质量证明书。焊材应包装完好，无破损、受潮现象，焊材标识应内容完整，清晰可辨。焊条的药皮不得有脱落或明显裂纹。焊丝在使用前应清除其表面的油污、锈蚀等。焊剂应干燥、清洁、无夹杂物。除焊条说明书对库存期另有规定外，库存期不宜超过 5 年，超过 5 年的焊条应检查外观并进行工艺性能试验，符合要求后方可使用。焊材质量应符合 NB/T 47018 的要求。

8.1.4 焊条、焊剂应按说明书的要求进行烘烤，并在使用过程中保持干燥。

8.1.5 管道的施焊环境若出现下列情况之一时，应采取防护措施，否则，应停止焊接工作：

a） 焊条电弧焊焊接时，风速等于或大于 8m/s；

b） 气体保护焊焊接时，风速等于或大于 2m/s；

c） 相对湿度大于 90%；

d） 下雨或下雪时露天作业；

e） 环境温度低于-20℃。

8.1.6 钨极氩弧焊宜用铈钨棒。氩气的纯度应为 99.99%。

8.1.7 管道不得使用氧乙炔焰焊接。

8.1.8 每道焊缝应有管线号、焊缝编号、焊工代号，并应在管线单线图中标明。

8.2 焊前准备与接头组对

8.2.1 管道焊缝的设置应便于焊接、热处理及检验，并应符合下列要求：

a） 除采用定型弯头外，管道焊缝的中心与弯管起弯点的距离不应小于管子外径，且不应小于 100mm；

b） 管道焊缝不宜在管托的范围内，若焊缝被管托覆盖，则被覆盖的焊缝部位应进行 100% 射线检测。需要热处理的焊缝，外侧距支吊架边缘的净距离宜大于焊缝宽度的 5 倍，且不应小于 100mm；

c） 除定型管件外，直管段上两条对接焊缝间的距离不应小于 3 倍焊件的厚度，需焊后热处理时，不应小于 6 倍焊件的厚度，且应符合下列要求：

1） 管道公称直径小于 *DN* 150 时，焊缝间的距离不应小于外径，且不应小于 50mm；

2） 管道公称直径等于或大于 *DN* 150 时，焊缝间的距离不宜小于 150mm；

d） 卷管环向焊接接头对口时，相邻管子的两纵向焊缝应错开，错开的间距不应小于 100mm；

e） 焊制管件无法避免十字焊缝或焊缝的错开距离小于 100mm 时，该部位焊缝应经射线检测合格，检测长度不应小于 250mm；

f） 在焊接接头及其边缘上不宜开孔。若开孔，应对开孔中心 1.5 倍开孔直径范围内的焊接接头进行 100% 无损检测，检测方法及合格标准应符合相应的管道级别要求。

8.2.2 焊接接头的坡口形式、尺寸及组对要求，应符合焊接工艺规程的规定。

8.2.3 管子坡口宜用机械方法加工。当采用火焰或等离子方法加工时，加工后应除去影响焊接质量的表面层。

8.2.4 下列管子坡口采用热加工方法时，坡口表面应进行表面无损检测，检测比例应符合下列要求，检测结果不得有线性缺陷：

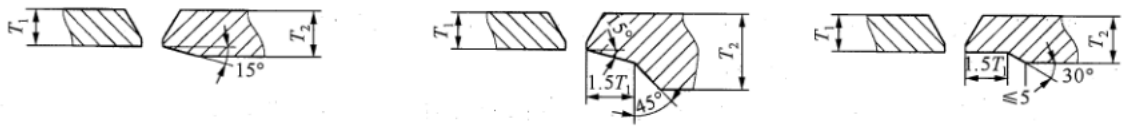
a） 铬钼合金钢、材料标准抗拉强度下限值等于或大于 540MPa 钢材的管子坡口检测比例应为 100% ；

b） 设计温度低于-29℃的非奥氏体不锈钢管子的坡口检测比例应为 5%，当有不合格时，应按本标准 5.1.12 条规定加倍检测。

8.2.5 管道组成件对接环焊缝组对时，应使内壁平齐，其错边量不应超过壁厚的 10%，且应符合下列规定：

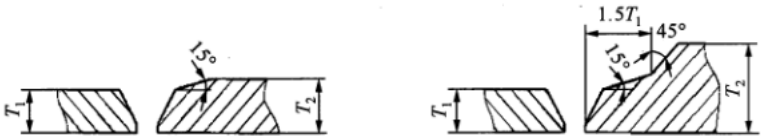
a） 质量检查等级为 1 级的管道不应大于 1mm，其他级别的管道不应大于 2mm；

b） 壁厚不同的管道组对，当管道壁厚的内壁差大于 a）款规定或（和）外壁差大于 2.0mm 时，外壁齐平不同壁厚管道组成件坡口侧加工应按图 8.2.5-1 的要求加工；内壁齐平不同壁厚管道组成件坡口侧加工应按图 8.2.5-2 的要求加工；内外壁均不齐平不同壁厚管道组成件坡口侧加工应按图 8.2.5-3 的要求加工。



a） $T_2-T_1 \leqslant 10$mm　　b） $T_2-T_1 > 10$mm　　c） $T_2-T_1 \leqslant 5$mm

图 8.2.5-1 外壁齐平不同壁厚管道组成件坡口侧加工



a）$T_2-T_1\leqslant10$mm　　b）$T_2-T_1>10$mm

图 8.2.5-2　内壁齐平不同壁厚管道组成件坡口侧加工

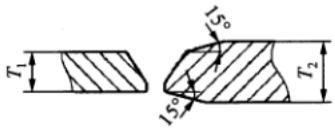


图 8.2.5-3　内外壁均不齐平不同壁厚管道组成件坡口侧加工

8.2.6　支管或支管座焊接连接接头的制备和组对应符合下列规定：

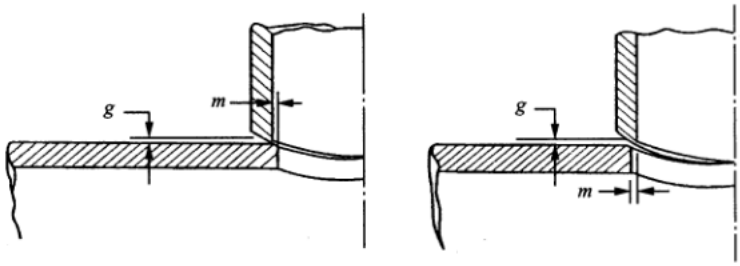
a）　根部间隙 g 应符合焊接工艺卡的要求；

b）　安放式支管的端部制备及组对应符合图 8.2.6-1 的要求；

c）　插入式支管的主管端部制备及组对应符合图 8.2.6-2 的要求；

d）　支管座与主管的端部制备及组对应符合图 8.2.6-1 的要求；

e）　主管开孔与支管组对时的错边量 m 应取 0.5 倍的支管名义厚度或 3.2mm 两者中的较小值，必要时可进行堆焊修正。



a）　　b）

图 8.2.6-1　安放式支管连接接头组对

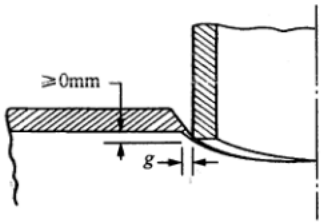


图 8.2.6-2　插入式支管连接接头组对

8.2.7　承插焊焊接接头组对时，端面间隙 b 宜为 1mm～3mm，参见图 8.5.3。但机组的循环油、控制油、密封油管道承口与插口的轴向不宜留间隙。

8.2.8　焊接接头组对前，应用手工或机械方法清理其内外表面，在坡口两侧 20mm 范围内不得有油漆、毛刺、锈斑、氧化皮及其他对焊接过程有害的物质。

8.2.9　焊接接头组对前，应确认坡口的加工形式和尺寸，且不得有裂纹、夹层等缺陷。

8.2.10　不锈钢管采用焊条电弧焊时，坡口两侧各 100mm 范围内均应涂白垩粉或其他防粘污剂。

8.2.11 施工过程中焊件应放置稳固，防止在焊接或热处理时发生变形。除设计文件要求进行冷拉伸或冷压缩外，不得强力组对焊接接头。

8.2.12 定位焊应与根部焊道的正式焊接工艺相同。

8.2.13 定位焊的焊缝不得有裂纹及其他缺陷。

8.2.14 在铬钼合金钢和不锈钢钢管上不宜焊接组对卡具。否则卡具的材质应与管材相近，并采用评定合格的焊接工艺焊接，或用焊接该钢管的焊条先在卡具上堆焊过渡层。

8.2.15 焊接在管道上的组对卡具不得用敲打或掰扭的方法拆除。采用火焰切割时，应在离管道表面2mm～3mm 处切割，并进行修磨。下列钢材修磨后还应做表面无损检测，合格等级应符合管道相应等级要求：

a） 铬钼合金钢；

b） 标准抗拉强度下限值等于或大于 540MPa 的钢材。

8.3 焊接工艺要求

8.3.1 管道组成件焊前预热温度应符合本标准表 8.3.1 的规定，并通过焊接工艺评定验证。中断焊接后需要继续焊接时，应重新预热。

表 8.3.1 管道组成件焊前预热要求

母材类别	名义壁厚 mm	附加限制条件	最低预热温度 ℃
碳钢	>25	—	95
Cr≤0.5%的铬钼合金钢	≤13	母材最小抗拉强度>450MPa	95
	>13	—	
0.5%<Cr≤2%的铬钼合金钢	全部	—	120
2.25%≤Cr≤10%的铬钼合金钢	全部	母材最小抗拉强度≤414MPa	150
	全部	母材最小抗拉强度>414MPa	200
	>13	Cr>6.0%	200
1.5Ni～2.5Ni	全部	—	120
3.5Ni	全部	—	150

8.3.2 预热时应在坡口两侧均匀进行加热，预热范围应为坡口中心两侧各不小于壁厚的 5 倍，且不小于 100mm，并防止局部过热。对于无预热要求的钢种，当焊件温度低于 10℃时，应对焊件进行加热，加热温度不应低于 10℃。

8.3.3 铬钼钢焊接应按 SH/T 3520 的规定进行，铬镍不锈钢、不锈钢复合钢焊接应按 SH/T 3523 的规定进行，低温钢焊接应按 SH/T 3525 的规定进行，异种钢焊接应按 SH/T 3526 的规定进行。

8.3.4 施焊时不得在焊件表面引弧或试验电流。含镍低温钢、不锈钢、铬钼合金钢以及材料标准抗拉强度下限值等于或大于 540MPa 的钢材管道，焊件表面不得有电弧擦伤等缺陷。

8.3.5 公称直径等于或大于 *DN* 500 管道的对接焊缝，宜采用单面焊双面成形的焊接工艺或在焊缝内侧根部进行封底焊；公称直径小于 *DN* 500 的管道对接焊缝的根部焊道应采用氩弧焊。

8.3.6 焊接过程中应保证起弧和收弧处的质量。收弧时应将弧坑填满，多层多道焊接头应相互错开。

8.3.7 除焊接工艺或检验要求需分次焊接外，每条焊缝应一次连续焊完。如因故中断，应采取防裂措施。继续焊接时应进行检查，确认焊缝无裂纹后方可按原工艺继续施焊。

8.3.8 焊接工艺规程中规定焊接线能量的焊缝，施焊过程中焊接线能量应处于焊接工艺规程规定的范围内。

8.3.9 焊接工艺规程中规定道间温度的焊缝，施焊过程中应测量道间温度，并处于焊接工艺规程规定的范围内。

8.3.10 对焊接连接的阀门施焊时，应将阀门适度开启。焊缝根部焊道应采用氩弧焊。所采用的焊接顺序、焊接工艺及热处理，不应影响阀座的密封性能。

8.3.11 支管座与主管连接应全焊透，盖面填角焊缝应平滑过渡到主管。当支管座与主管的连接接头有无损检测要求时，应按本标准表 8.5.7 的要求检测合格后方可进行支管与支管座的组对。

8.3.12 被补强圈、鞍座等覆盖的焊缝，应经过 100%无损检测合格后，方可进行补强圈、鞍座等的焊接。

8.3.13 焊接完毕后，应及时将焊缝表面的熔渣及附近的飞溅物清理干净。奥氏体不锈钢、双相不锈钢焊接接头焊后应按设计文件规定进行酸洗与钝化处理。

8.4 焊后热处理

8.4.1 焊后热处理工艺应在焊接工艺规程中规定，并经焊接工艺评定验证。除设计文件另有规定外，常用钢材焊接接头的热处理温度，宜按本标准表 8.4.1 的规定确定。奥氏体不锈钢焊接接头稳定化处理、固溶处理应符合设计文件要求。采用感应加热法进行热处理时，应符合相应规范要求。低温钢焊后热处理应符合 SH/T 3525 的规定。

表 8.4.1 常用钢材焊接接头热处理基本要求

<table>
<tr><th rowspan="2">母材类别</th><th rowspan="2">名义厚度
δ
mm</th><th rowspan="2">碳含量
%</th><th rowspan="2">热处理温度
℃</th><th colspan="2">相应焊后热处理厚度下，最短保温时间
h</th><th rowspan="2">布氏硬度
HBW</th></tr>
<tr><th>≤50mm</th><th>>50mm</th></tr>
<tr><td>碳钢</td><td>>20[a]</td><td>全部</td><td>600～650</td><td rowspan="9">$\frac{\delta}{25}$，最少
0.5</td><td rowspan="9">$2+\frac{\delta-50}{100}$</td><td>不要求[b]</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Cr≤0.5%</td><td>≤16</td><td>>0.25</td><td rowspan="2">600～650</td><td rowspan="2">≤225</td></tr>
<tr><td>>16</td><td>全部</td></tr>
<tr><td rowspan="2">0.5%<Cr≤2%</td><td>≤13</td><td>>0.15</td><td rowspan="2">650～700</td><td rowspan="2">≤225</td></tr>
<tr><td>>13</td><td>全部</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2.25%≤Cr≤3%</td><td>≤13</td><td>>0.15</td><td rowspan="2">700～760</td><td rowspan="2">≤241</td></tr>
<tr><td>>13</td><td>全部</td></tr>
<tr><td>3%<Cr≤10%</td><td>全部</td><td>全部</td><td>700～760</td><td>≤241</td></tr>
<tr><td rowspan="2">1.5%～2.5%Ni</td><td>≤13</td><td>>0.15</td><td rowspan="2">600～650</td><td rowspan="2">—</td></tr>
<tr><td>>13</td><td>全部</td></tr>
<tr><td>3.5Ni</td><td>>16</td><td>全部</td><td>600～650</td><td>—</td></tr>
<tr><td colspan="7">[a] 对于特定腐蚀介质的管道，全部厚度应根据设计要求进行热处理。
[b] 设计有硬度要求时执行设计文件。</td></tr>
</table>

8.4.2 对接焊缝的热处理名义厚度应为焊接接头处较厚的工件名义厚度。

8.4.3 支管连接时，热处理名义厚度应按主管或支管的厚度确定，而不考虑支管连接件（包括整体补强或非整体补强件）的厚度。但如果任一截面上支管连接的焊缝厚度大于表 8.4.1 规定需要热处理的材料名义厚度 2 倍时，应进行焊后热处理。支管连接的焊缝厚度计算应符合下列规定：

a） 安放式焊接支管见图 8.4.3a），焊缝厚度应取支管的名义厚度 T_b 和角焊缝的计算有效厚度 t_c 的和，t_c 应取 0.7 倍的支管名义厚度或 6.4mm 两者中的较小值；

b） 插入式焊接支管见图 8.4.3b），焊缝厚度应取主管的名义厚度 T_h 和角焊缝的计算有效厚度 t_c 的和；

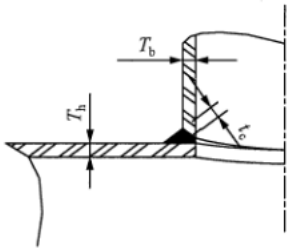
c） 带补强板的安放式焊接支管见图 8.4.3c），焊缝厚度应取下列值中的较大值：

1） 支管的名义厚度 T_b 和角焊缝的计算有效厚度 t_c 的和；

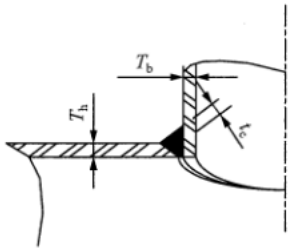
2） 补强板的名义厚度 T_r 和角焊缝的计算有效厚度 t_c 的和；

d） 带补强板的插入式焊接支管见图 8.4.3d），焊缝厚度应取主管的名义厚度 T_h、补强板的名义厚度 T_r 和角焊缝的计算有效厚度 t_c 的三者之和；

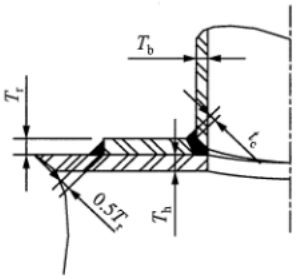
e） 支管座和主管的连接见图 8.4.3 e）、f）、g）。支管座的焊缝厚度，应取支管座坡口焊缝厚度 T_m 和填角焊缝的计算有效厚度 t_c 的和。



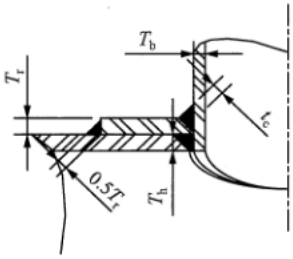
a）安放式焊接支管



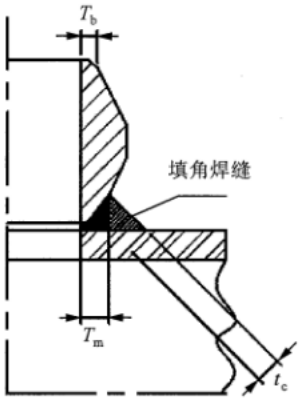
b）插入式焊接支管

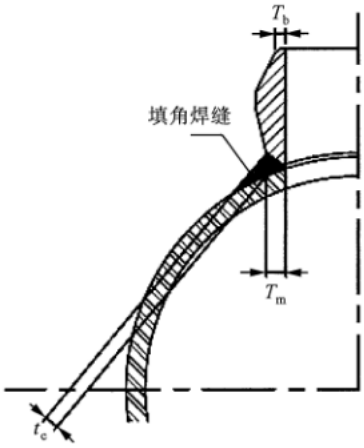


c）带补强板的安放式焊接支管

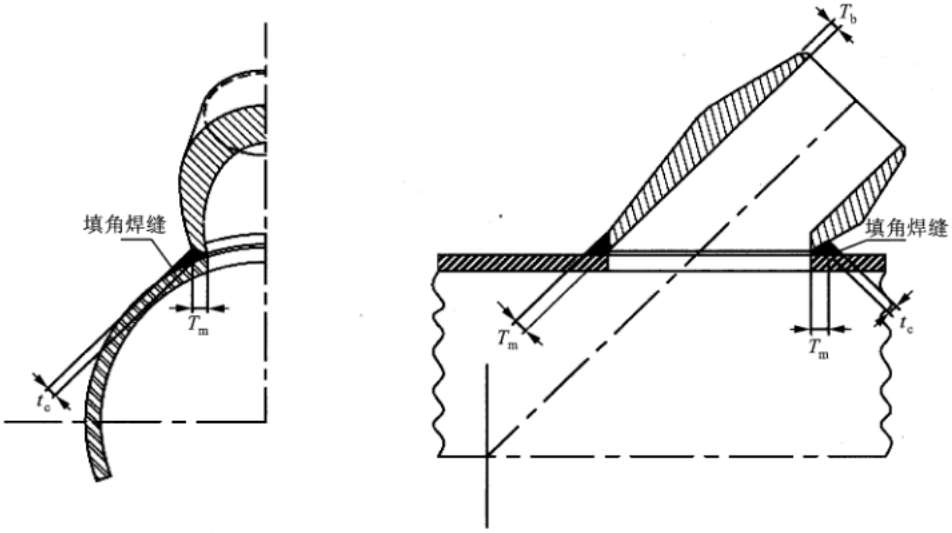


d）带补强板的插入式焊接支管

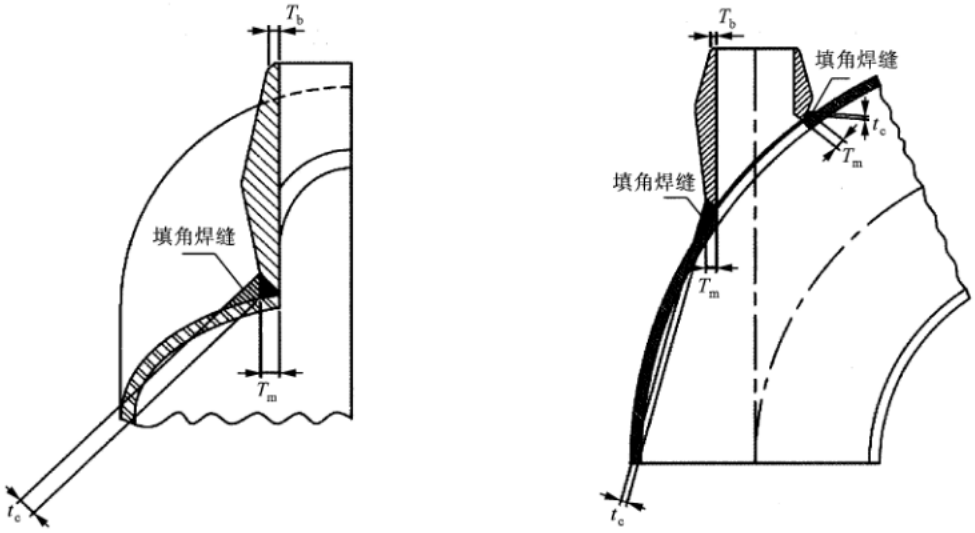




e）支管座纵横剖面



f）斜接支管座纵横剖面



g）弯头支管座纵横剖面

图 8.4.3　支管连接焊接接头形式

8.4.4　用于平焊法兰、承插焊法兰和公称直径小于或等于 *DN*50 管子连接的角焊缝、密封焊缝以及管道支吊架与管道连接的角焊缝，当任一截面的焊缝厚度大于表 8.4.1 规定的需要热处理的材料名义厚度的 2 倍时，应进行焊后热处理。但下述情况可不要求热处理：

a）　碳钢材料焊缝厚度小于或等于 16mm 时，任意厚度的母材都不需要进行热处理；

b）　铬钼合金钢材料焊缝厚度小于或等于 13mm，且母材规定的最小抗拉强度小于 490MPa，当预热温度高于本标准表 8.3.1 规定值时，则任意厚度的母材都不需要进行热处理。

8.4.5　铬钼合金钢和最小抗拉强度等于或大于 540MPa 钢材的管道焊接接头，焊后应立即进行热处理。否则，焊后应立即均匀加热至 300℃～350℃保温缓冷。加热保温范围应与焊后热处理要求相同，保温时间不少于 0.5h。

8.4.6　异种钢焊接接头的焊后热处理应符合 SH /T 3526 的规定。

8.4.7　热处理加热范围和测温点布置应符合 SH/T 3554 的规定。

8.4.8　热处理的加热速度及冷却速度，应符合下列规定：

a） 升温至 300℃后，加热速度应按 5125/δ（℃/h）计算，且不应大于 220℃/h；

b） 恒温期间各测点的温度均应在热处理温度规定的范围内，其差值不应大于 50℃；

c） 恒温后的冷却速度应按 6500/δ（℃/h）计算，且不应大于 260℃/h，冷至 300℃后可自然冷却。

8.4.9 热处理温度应采用热电偶或其他合适的方法进行测量，并采用自动温度记录仪器在整个热处理过程中连续测量和记录热处理过程，形成温度-时间自动记录曲线。测温记录仪器应在校验合格期内。

8.4.10 经焊后热处理合格的部位，不得再进行焊接作业，否则应重新进行热处理。

8.4.11 热处理后有硬度要求的焊接接头，应对焊缝和热影响区进行 100%硬度检测，且其硬度值均不得超过本标准表 8.4.1 的规定。热影响区的测定区域应紧邻熔合线。

8.4.12 异种钢焊接时，焊接接头两侧均应各自符合表 8.4.1 规定的硬度值。

8.4.13 焊接接头热处理后，首先应确认热处理自动记录曲线。热处理自动记录曲线异常，应查明原因。异常情况处理应符合 SH/T 3554 的规定。被查部件的焊接接头硬度值超过规定范围时，应重新进行热处理。

8.5 焊接质量检查

8.5.1 焊接接头检查前，应按检查方法的要求，对焊接接头的表面进行相应处理。

8.5.2 焊缝外观应成型良好，对接环焊缝的宽度以每边盖过坡口边缘 2mm 为宜。

8.5.3 角焊缝（包括承插焊缝）可采用凹形或凸形，外形应平缓过渡。平焊法兰或承插焊法兰的角焊缝应符合图 8.5.3-1 的规定，焊脚尺寸的最小值 X_{min} 应取 1.4 倍的直管名义厚度或法兰颈部厚度两者中的较小值。焊脚尺寸 X 应取直管名义厚度或 6.4mm 两者中的较小值。除法兰外，承插焊的角焊缝应符合图 8.5.3-2 的规定，焊脚尺寸 C_x 的最小值应取 1.09 倍直管名义厚度 T_w 和承插孔壁厚 T_s 两者中的较小值。图中承插焊组对间隙 b 宜为 1mm～3mm。

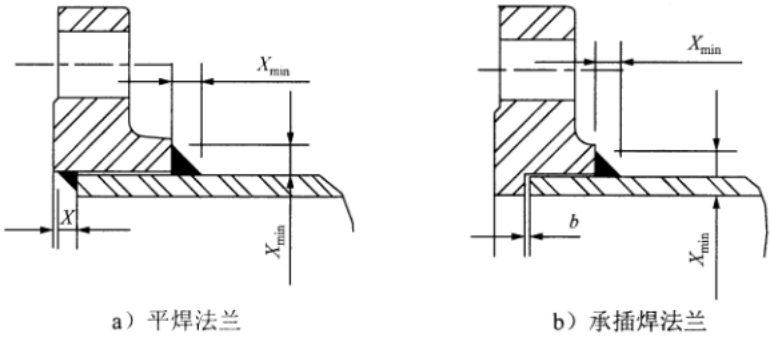


图 8.5.3-1 平焊法兰和承插焊法兰的角焊缝

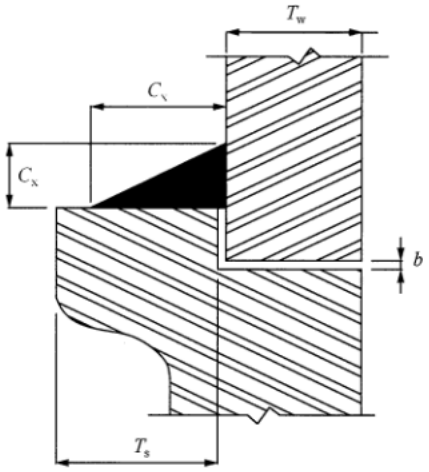


图 8.5.3-2 承插焊管件的角焊缝

8.5.4 焊接接头表面的质量应逐件进行外观检查，并应符合下列要求：

a） 焊缝表面不允许有裂纹、未熔合、未焊透、气孔、夹渣、飞溅存在；

b） SHA1 和 SHB1 的管道、不锈钢和最小抗拉强度等于或大于 540MPa 的合金钢管道焊缝表面，不得有咬边现象。其他管道焊缝咬边深度不应大于 0.5mm，连续咬边长度不应大于 100mm，且焊缝两侧咬边总长不应大于该焊缝全长的 10%；

c） 焊缝表面不得有低于母材的局部凹陷。当接焊接接头中薄者厚度小于或等于 6mm 时，焊缝余高 Δh 应不大于 1.5mm；当接焊接接头中薄者厚度大于 6mm 时，焊缝余高 Δh 应不大于 2.5mm。

8.5.5 铬钼合金钢管道焊缝应进行合金元素含量验证性抽样检查，每条管道（按管线号）的焊缝抽查数量不应少于 2 条。

8.5.6 设计文件规定进行铁素体检查的焊接接头，应按 GB/T 1954 的规定方法测定铁素体含量，焊缝和热影响区的铁素体含量应符合本标准表 8.5.6 的要求。

表 8.5.6 铁素体含量

序号	材质	铁素体含量
1	含钼奥氏体不锈钢	≤5FN（铁素体数）
2	奥氏体-铁素体双相钢	30%～60%（体积分数）

8.5.7 管道焊接接头无损检测除设计文件另有规定外，厚度小于或等于 30mm 的焊缝应采用射线检测（RT）或相控阵超声检测（PA）；厚度大于 30mm 的碳钢、铬钼合金钢焊缝可采用超声检测（UT）或衍射时差法超声检测（TOFD），检测比例与验收标准应符合本标准表 8.5.7 的规定。其中，射线检测应执行 NB/T 47013.2 的规定，超声检测应执行 NB/T 47013.3 的规定，磁粉检测应执行 NB/T 47013.4 的规定，渗透检测应执行 NB/T 47013.5 的规定，TOFD 检测应执行 NB/T 47013.10 的规定，PA 检测应执行 NB/T 47013.15 的规定。

表 8.5.7 管道焊接接头无损检测比例及验收标准

<table>
<tr><th rowspan="2">管道级别</th><th rowspan="2">检测比例</th><th colspan="5">验收标准</th></tr>
<tr><th colspan="2">对接接头</th><th>角接接头[a]</th><th colspan="2">支管连接接头</th></tr>
<tr><td>SHA1
SHB1</td><td>100%</td><td rowspan="2">RT Ⅱ级、
PA Ⅱ级、
TOFD Ⅱ级或
UT Ⅰ级</td><td rowspan="2">MT Ⅰ级[b,c]或
PT Ⅰ级[b,c]</td><td rowspan="2">MT Ⅰ级或
PT Ⅰ级</td><td rowspan="2">RT Ⅱ级[d]、
PA Ⅱ级[d]、
TOFD Ⅱ级[d]或
UT Ⅰ级[d]</td><td rowspan="2">MT Ⅰ级或
PT Ⅰ级</td></tr>
<tr><td>SHA2
SHB2</td><td>20%</td></tr>
<tr><td>SHA3
SHB3</td><td>10%</td><td colspan="2" rowspan="2">RT Ⅲ级、
PA Ⅱ级、
TOFD Ⅱ级
或
UT Ⅱ级</td><td>—</td><td colspan="2">MT Ⅰ级
或
PT Ⅰ级</td></tr>
<tr><td>SHA4
SHB4</td><td>5%</td><td>—</td><td colspan="2">—</td></tr>
</table>

[a] 角接接头包括平焊法兰、承插焊、密封焊、半管箍与主管、补强圈与管子连接的焊接接头，以及垫板、支（吊）架与承压件连接的焊接接头等。

[b] 对碳钢和不锈钢可不进行 MT 或 PT 的检测。

[c] 铁磁性材料宜采用 MT。

[d] 适用于图 8.4.3 中支管等于或大于 *DN* 100 的承压焊缝。

[e] 嵌入式支管连接接头按 GB 50517 的规定执行。

8.5.8 当采用不可记录的脉冲反射法超声检测时，应对已检焊接接头采取 RT、PA 或 TOFD 进行抽样检测，检测比例不应低于 10%。

8.5.9 设计文件规定的无损检测方法改用其他检测方法时，应征得设计单位和建设单位同意。

8.5.10 铬钼合金钢管道宜在热处理后进行无损检测，有再热裂纹倾向材料应在热处理后进行表面无损检测。

8.5.11 管道焊接接头的检测比例应按下列规定执行：

a） 公称直径小于 *DN* 500 时应按焊接接头数量计算，抽检的焊缝受条件限制不能全部进行检测时，经检验人员确认可对该条焊缝按相应检查等级规定的检测比例进行局部检测；

b） 公称直径等于或大于 *DN* 500 时应按每个焊接接头焊缝的长度计算，检测长度不应小于 250mm；

c） 焊接接头的无损检测比例应按检验批统计。

8.5.12 管道焊接接头按比例抽样检测时，检验批应按下列规定执行：

a） 每批执行周期宜控制在 2 周内；

b） 该批的检测数量应以同一检测比例完成的焊接接头为计算基数确定；

c） 该批中焊接接头固定口检测不应少于标准检测数量的 40%；

d） 抽检焊接接头应覆盖施焊的每名焊工/焊工组；

e） 检测数量宜按比例均衡分配到各管线号。

8.5.13 交叉焊缝部位检测应包括相邻焊缝，相邻焊缝的检测长度不宜小于 38mm。局部检测时，应优先检测交叉焊缝部位。

8.5.14 抽样检测发现不合格焊接接头时，应按照原检测方法进行累进检测和复检。检验批的验收应符合下列要求：

a） 在一个检验批中检测出不合格焊接接头时，应对同批中该焊工焊接的焊接接头按不合格焊接接头数量加倍进行检测。加倍检测焊接接头全部合格、所有返修部位复检合格或不合格焊接接头已经割除的，则对该批焊接接头予以验收；

b） 若加倍检测的焊接接头中又检测出不合格焊接接头，应对同批焊接接头中该焊工焊接的全部焊接接头进行检测，全部检测焊接接头及返修部位检测合格，或不合格焊接接头已经割除的，可对该批焊接接头予以验收。

8.5.15 局部检测的焊接接头发现不合格缺陷时，应在该缺陷延伸部位增加检测长度，增加的长度应为该焊接接头长度的 10%，且不应小于 250mm。若增加检测长度范围内仍有不合格的缺陷，则对该焊接接头做全部（100%）检测。

8.5.16 割除重新焊接的焊接接头应按照原设计规定的检测方法和比例要求进行重新检测至合格。

8.5.17 不合格焊缝应进行返修，并应按原规定的检测方法检查合格。焊缝同一部位的返修次数，碳钢管道不得超过 3 次，其余钢种管道不得超过 2 次。

8.5.18 焊接工作完成后，应在单线图上标明焊缝编号、施焊焊工代号、固定口位置、检测焊缝位置及无损检测种类、返修标识等可追溯性标识，也可在单线图空白处集中标识或附表。

9 管道系统试验

9.1 管道系统压力试验

9.1.1 管道系统压力试验，应在管道系统安装完毕、热处理和无损检测合格后进行。

9.1.2 管道系统试压前，应由建设/监理单位、施工单位和有关部门对下列资料进行审查确认：

a） 管道组成件、支承件、焊材的制造厂质量证明书；

b） 管道组成件的验证性和补充性检查试验记录；

c） 规定应填写记录的弯管加工记录、管端的螺纹和密封面加工记录；

d） 符合本标准第 8.5.18 条要求并可追溯管道组成件的单线图；

e） 无损检测结果；

f） 弯管和焊接接头热处理记录及硬度检测报告；

g） 设计变更及材料代用文件；

h） 经批准的试压方案及试压流程图。

9.1.3 管道系统试压前，应由施工单位、建设/监理单位和有关部门联合检查确认下列条件：

a） 管道系统全部按设计文件安装完毕；

b） 管道支吊架的型式、材质、安装位置正确，数量齐全，螺栓紧固，焊接质量合格；

c） 金属波纹管膨胀节两端临时固定牢固；

d） 焊接、无损检测及热处理工作已全部完成；

e） 焊缝及其他应检查的部位，除涂刷底漆外不得进行其他防腐和绝热工程施工；

f） 试压用的临时加固措施安全可靠；

g） 管道系统内的阀门开关状态正确；

h） 管道组成件的材质标志明显清楚；

i ） 试压用的压力表不应少于 2 块，压力表的量程应为最大试验压力的 1.5 倍～2.0 倍，精度等级不得低于 1.6 级，并在有效检定（校准）期内；

j） 试压方案已经进行技术交底；

k） 根据试压方案应予拆除或隔离的设备、仪表、安全阀、爆破片等均已处理完毕，临时盲板加置正确，标志明显，记录完整。

9.1.4 除计文件规定进行气压试验的管道外，管道系统的压力试验介质应以液体进行。液压试验确有困难时，经设计单位和建设单位同意，可用气压试验代替，但试验压力不宜大于 1.6MPa，并应符合下列条件：

a） 管道系统内施工焊接接头已按本标准第 8.5 条规定检测合格；

b） 脆性材料管道组成件经液压试验合格；

c） 试验系统应设置压力泄放装置，其设定压力不得高于试验压力加上 0.345 MPa 和 1.1 倍试验压力两者中的较小者；

d） 试压方案中应有切实的安全措施，经施工单位安全部门和技术部门审核，并经技术负责人批准。

9.1.5 压力试验的压力应符合下列规定：

a） 液体压力试验的压力不应小于设计压力的 1.5 倍；

b） 气体压力试验的试验压力为设计压力的 1.15 倍；

c） 承受外压的管道，液压试验压力为设计内外压差的 1.5 倍，且应不小于 0.2MPa。

9.1.6 当管道系统的设计温度高于试验温度时，管道的液压试验压力应按式（9.1.6）计算，计算后的试验压力不得使管道在试验条件下产生的周向应力或轴向应力超过试验温度下材料屈服强度，且不得超过1.5倍管道组成件的额定压力。否则应将试验压力降低，以满足液体压力试验时管道组成件应力值在安全范围内的要求：

$$P_t = 1.5P_0\frac{[\sigma]_1}{[\sigma]_2} \quad \cdots\cdots (9.1.6)$$

式中：

P_t ——试验压力，MPa；

P_0 ——设计压力，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。

当$[\sigma]_1/[\sigma]_2$大于 6.5 时取 6.5。

9.1.7 对于带有金属波纹管膨胀节的管道系统，试验压力应取金属波纹管膨胀节设计压力 1.5 倍和管道系统试验压力两者中的较小值。但在任何情况下，管道系统试验压力不得超过金属波纹管膨胀节制造厂的试验压力。

9.1.8 当管道与设备作为一个系统进行液压试验时，应征得建设和设计单位同意，并应符合下列规定：

a） 当管道的试验压力小于或等于设备的试验压力时，应按管道的试验压力进行试验；

b） 当管道试验压力大于设备的试验压力，且设备无法隔离，设备的试验压力等于或大于管道试验压力的 77%时，可按设备的试验压力进行试验。

9.1.9 管道液压试验时的试验介质温度不得低于 5℃。同时，无论液压试验或气压试验，其试验介质温度均应高于相应金属材料的无延性转变温度。

9.1.10 液体压力试验介质应使用洁净水。当生产工艺有要求时，可用其他液体。不锈钢管道（包括含不锈钢设备的试压系统）用水试验时，水中的氯离子含量不得超过 50mg/L。

9.1.11 液体压力试验时，向管道系统内注水过程中宜利用各管段高点的法兰、阀门、排气口、排液口等排净管道系统内的空气。必要时可增设临时排气口，但试验合格后应及时将临时排气口封闭。

9.1.12 液压试验应分级缓慢升压，达到试验压力后停压 10min 且无异常现象。然后降至设计压力，停压 30min，不降压、无泄漏和无变形为合格。

9.1.13 气压试验时，应符合下列规定：

a） 气体压力试验时，应进行预试验；

b） 预试验压力宜为 0.2MPa，稳压 10min，检查应无泄漏；

c） 气体压力试验时，应逐步缓慢增加压力。当压力升至 0.35MPa 时，稳压 3min，未发现异常或泄漏，继续按试验压力的 10%逐级升压，每级稳压 3min，至试验压力后，稳压 10min，再将压力降至设计压力，涂刷中性发泡剂对试压系统进行检查，无泄漏为合格。

9.1.14 试压过程中若有泄漏，不得带压修理。缺陷消除后应重新试验。

9.1.15 管道系统试压合格后，应缓慢降压。液体试验介质应及时排尽，排放时应考虑反冲力作用及安全环保要求。

9.1.16 液压试验合格排液时，应打开放空阀，并根据空气入口流量确定排液量。

9.1.17 管道系统试压完毕，应及时拆除所用的临时盲板，并在核对盲板加置记录后，填写管道系统试压记录。

9.1.18 分段试压合格的管道系统，如连接两段之间的接口焊缝经过 100%射线检测合格，则可不再进行整体系统压力试验。

9.1.19 当设计单位和建设单位确认管道系统进行液压试验和气压试验不切实际，且同时满足下列要求时，可按本标准第 9.1.20 条的规定免除压力试验：

a）采用液压试验损害衬里或内部绝热层、影响工艺安全或需要对管道系统支吊架进行重大修改；

b）采用气压试验，试验压力大于 1.6MPa。

9.1.20 免除压力试验应满足下列要求：

a） 所有与受压元件连接的焊接接头应进行 100%无损检测，检测结果应符合本标准表 8.5.7 的规定；

b） 管道系统应通过敏感性泄漏试验，试验时焊缝及其他应检查的部位不得进行任何隐蔽工程施工。

9.2 管道系统吹扫和清洗

9.2.1 管道系统压力试验合格后，应进行吹扫或清洗，吹扫可采用水冲洗、空气吹扫等方法。

9.2.2 管道系统吹扫前，应编制吹扫方案，经审查批准后，向参与吹扫的人员进行技术交底。

9.2.3 管道系统吹扫前，应具备下列条件：

a） 孔板、法兰连接的调节阀、节流阀、安全阀、仪表件等不应安装。对已焊在管道上的阀门和仪表，应采取相应的保护措施；

b） 不参与系统吹扫的设备及管道系统，应与吹扫系统隔离；

c） 管道支架吊架应符合要求，必要时应予以加固。

9.2.4 冲洗不锈钢管道系统时，水中氯离子含量不得超过 50mg/L。

9.2.5 吹扫压力不得超过容器和管道系统的设计压力。

9.2.6 管道系统水冲洗时，宜以最大流量连续进行冲洗，流速不得小于 1.5m/s。

9.2.7 水冲洗后的管道系统，以目测排出口的水色和透明度与入口的水色和透明度一致为合格。

9.2.8 管道系统空气吹扫时，空气流速不得小于 20m/s。

9.2.9 管道系统在空气吹扫过程中，应在排出口用白布或涂白色油漆的靶板检查，在 5min 内，靶板上无铁锈及其他杂物为合格。

9.2.10 有化学清洗、油清洗或脱脂要求的管道系统，应按 SH/T 3547 的规定进行。

9.2.11 吹扫、清洗的顺序应按主管、支管、排放管依次进行。吹出的脏物不得进入已清理合格的设备或管道系统，也不得随地排放污染环境。

9.2.12 经吹扫合格的管道系统，应及时恢复原状，并填写管道系统吹扫记录。

9.3 泄漏试验

9.3.1 泄漏试验应在压力试验合格后进行，泄漏试验包括气密性泄漏试验和敏感性泄漏试验。泄漏试验的检查重点应是阀门填料函、法兰或螺纹连接处、放空阀、排气阀、排水阀等。

9.3.2 经气压试验合格，且在试验后未经拆卸的管道，可不进行泄漏试验。

9.3.3 SHA1 级、SHA2 级、SHB1 级管道以及设计文件规定的管道系统，应进行泄漏试验。

9.3.4 建设单位或设计单位可根据实际情况，选择气密性泄漏试验或敏感性泄漏试验。

9.3.5 气密性泄漏试验应符合下列规定：

a） 试验压力应为设计压力，真空管道试验压力应为内压 0.1MPa，试验介质可用空气；

b） 气密性试验的试验压力应逐级缓慢上升，当达到试验压力时，稳压 10min 后，用涂刷中性发泡剂的方法，检查所有密封点，无泄漏为合格；

c） 管道系统气体泄漏试验合格后，应及时缓慢泄压，并填写试验记录；

d） 经建设单位或设计单位同意，气密性试验可按最高操作压力或结合试车一并进行。

9.3.6 除建设单位或设计文件另有规定外，敏感性泄漏试验应采用气泡泄漏检测-直接加压技术，并应符合 NB/T 47013.8—2012 附录 A 的要求。试验介质采用空气，试验灵敏度不应低于 10^{-4}（Pa·m^3）/s，并应满足下列规定：

a） 试验过程中，管道系统的表面温度应在 5℃～50℃范围内；

b） 试验压力应不小于 105kPa 和 25%设计压力两者中的的较小值；

c） 试验压力应逐渐增加至 50%试验压力和 170kPa 两者中的较小值，稳压 5min 进行初检；未发现异常或泄漏，继续按试验压力的 10%逐级升压，每级稳压 3min 检查，至试验压力后，稳压 15min，以无重复或连续的气泡出现为合格。

9.3.7 建设单位或设计单位可根据实际情况，采用下列灵敏度更高的敏感性泄漏试验方法：

a） 卤素二极管泄漏检测试验方法，应符合 NB/T 47013.8—2012 附录 C 的要求，试验压力应符合本标准第 9.3.6 条的规定，以检出的漏率不超过 1×10^{-5}（Pa·m^3）/s 为合格；

b） 氦质谱仪泄漏检测——吸枪技术试验方法，应符合 NB/T 47013.8—2012 附录 D 的规定，试验

压力符合本标准第 9.3.6 条的规定，以检出的漏率不超过 1×10^{-5}（$Pa\cdot m^3$）/s 为合格；

c） 氨泄漏检测试验压力和方法，应符合 NB/T 47013.8—2012 附录 G 的规定，以涂敷在被检查部位的试纸未发生颜色变化为合格。

9.4 真空度试验

9.4.1 真空管道在泄漏试验合格后，真空系统联动试运转时，还应进行真空度试验。

9.4.2 真空度试验应在温度变化较小的环境中进行。当系统内真空度达到设计文件要求时，应停止抽真空，进行系统的真空度试验。试验时间为 24h，增压率不大于 5%为合格。增压率按下式计算：

$$\Delta P=\frac{P_2-P_1}{P_1}\times100\% \quad \cdots\cdots (9.4.2)$$

式中：

ΔP ——24h 的增压率，%；

P_1 ——试验初始绝压，MPa；

P_2 ——24h 时的实际绝压，MPa。

10 施工过程技术文件和交工技术文件

10.1 施工单位在施工过程中形成的施工过程技术文件应符合 SH/T 3543 的规定。

10.2 施工单位按合同规定完成全部工程后，应及时与建设单位办理工程中间交接证书。

10.3 管道工程交工时，施工单位及相关单位应按 SH/T 3503 的规定向建设单位提交下列交工技术文件：

a） 合格焊工及无损检测人员登记表;

b） 管道组成件验证性和补充性检验记录；

c） 阀门试验确认表；

d） 弹黄支/吊架安装检验记录；

e） 滑动/固定管托安装检验记录

f） 管道补偿器安装检验记录；

g） 管道系统的压力试验、泄漏试验、真空度试验记录；

h） 管道系统的吹扫记录；

i） 管道系统的隐蔽工程记录；

j） 爆破片安全装置、安全液封、阻火器等安装记录，安全阀调整试验记录;

k） 管道焊接接头热处理报告；

l） 管道无损检测结果汇总表；

m） 管道无损检测数量统计表；

n） 管道试压记录一览表；

o） 管道焊接工作记录；

p） 管道静电测试记录;

q） SHA1 级管道的弯管加工记录及管端的螺纹、密封面加工记录；

r） 管道绝热、防腐工程质量验收记录；

s） 管道组成件、支承件和焊材的产品质量证明书；

t） 设计变更及材料代用文件一览表；

u） 符合本标准第 8.5.18 条要求并可追溯管道组成件炉批号的单线图；

v） 管道竣工图。

10.4 管道工程交工技术文件应经建设单位、监理单位检查确认。

10.5 管道工程交工技术文件应按合同规定的工程范围和 SH/T 3503 的规定，由责任单位负责编制、审核，并向建设单位移交。

附 录 A
（资料性附录）
常用有毒介质、可燃介质

A.1 常用介质的急性毒性分类参见表 A.1。

表 A.1 常用介质的急性毒性分类

序号	介质名称	危险性类别
1	苯基硫醇	经口，类别 2；经皮，类别 2；吸入，类别 1
2	苯乙腈	经口，类别 3；经皮，类别 3；吸入，类别 1
3	丙腈	经口，类别 2；经皮，类别 1；吸入，类别 2
4	2-丙炔-1-醇	经口，类别 2；经皮，类别 1；吸入，类别 2
5	丙酮氰醇	经口，类别 2*；经皮，类别 1；吸入，类别 2*
6	2-丙烯-1-醇	经口，类别 3；经皮，类别 1；吸入，类别 2
7	丙烯醛	经口，类别 2；经皮，类别 3；吸入，类别 1
8	3-丁烯-2-酮	经口，类别 2；经皮，类别 1；吸入，类别 1
9	3-丁烯腈	经口，类别 3；吸入，类别 2
10	2-丁烯醛	经口，类别 3*；经皮，类别 3*；吸入，类别 2*
11	二（2-环氧丙基）醚	经皮，类别 3；吸入，类别 1
12	二碳酸酯（三光气）	经口，类别 3；经皮，类别 3；吸入，类别 2
13	1，4-二氯-2-丁烯	经口，类别 3*；经皮，类别 3*；吸入，类别 2*
14	2，2-二氯二乙醚	经口，类别 3；经皮，类别 3；吸入，类别 1
15	二氧化丁二烯	经口，类别 3；经皮，类别 2；吸入，类别 2
16	氟化氢[无水]	经口，类别 2*；经皮，类别 1；吸入，类别 2*
17	氟乙酸甲酯	经口，类别 1；经皮，类别 1；吸入，类别 1
18	2-环己烯-1-酮	经口，类别 3；经皮，类别 2；吸入，类别 2
19	环戊醇	经口，类别 3；经皮，类别 2
20	2，3-环氧-1-丙醛	经口，类别 3；经皮，类别 3；吸入，类别 2
21	甲苯二异氰酸酯	吸入，类别 2*
22	α-甲基丙烯醛	经口，类别 3；经皮，类别 3；吸入，类别 2
23	甲基异丙烯甲酮	经口，类别 3；经皮，类别 3；吸入，类别 1
24	硫化氢	吸入，类别 2*
25	硫酸二甲酯	经口，类别 3*；吸入，类别 2*
26	氯（液氯，氯气）	吸入，类别 2
27	氯化氰	吸入，类别 1
28	氯甲基甲醚	经口，类别 1
29	氯甲酸-2-乙基己酯	吸入，类别 1

表 A.1　常用介质的急性毒性分类（续）

序号	介质名称	危险性类别
30	氯甲酸苯酯	吸入，类别 1
31	氯甲酸甲酯	吸入，类别 2*
32	氯甲酸氯甲酯	吸入，类别 2
33	氯甲酸三氯甲酯	经口，类别 2；吸入，类别 2
34	氯甲酸乙酯	吸入，类别 2*
35	氯甲酸异丙酯	吸入，类别 1
36	氯乙酸	经口，类别 3*；经皮，类别 3*；吸入，类别 2
37	2-羟基丙腈	经口，类别 2；经皮，类别 1；吸入，类别 1
38	氢氟酸（氟化氢溶液）	经口，类别 2*；经皮，类别 1；吸入，类别 2*
39	氢氰酸（含量≤20%）	经口，类别 2*；经皮，类别 1；吸入，类别 2*
40	氰化氢	吸入，类别 2*
41	碳酰氯（光气）	吸入，类别 1
42	溴	吸入，类别 2*
43	溴乙酸乙酯	经口，类别 2*；经皮，类别 1；吸入，类别 2*
44	乙酸烯丙酯	经口，类别 3；吸入，类别 2
45	乙酰基乙烯酮[稳定的]	吸入，类别 2
46	异氰酸苯酯	吸入，类别 1
47	异氰酸叔丁酯	吸入，类别 1
48	异氰酸异丙酯	经口，类别 3；吸入，类别 1
49	异氰酸异丁酯	吸入，类别 1
50	异氰酸正丙酯	吸入，类别 1
51	异氰酸正丁酯	吸入，类别 1
52	正丁腈	经口，类别 3*；经皮，类别 3*；吸入，类别 2
注：*是指在有充分依据的条件下，该化学品可以采用更严格的类别。		

A.2　常用有毒介质危害程度等级见表 A.2。

表 A.2　常用有毒介质危害程度等级

危害程度等级	名称
极度危害	苯、丙烯醛、二硼烷、光气、环氧乙烷、甲苯二异氰酸酯、2-甲基苯胺、甲醛、发烟硫酸、硫酸二甲酯、氯甲基甲醚、氯甲酸三氯甲酯、氯乙烯、三氯乙烯、溴甲烷、异氰酸甲酯、丁二烯
高度危害	苯胺、苯酚、丙烯醇、丙烯腈、丙腈、丙烯酰胺、臭氧、3-丁烯腈、2-丁烯醛（顺）、2-丁烯醛（反）、二硫化碳、二氯甲烷、二氯乙醚、1,2-二氯乙烷、1,1-二氯乙烯、1,2-二溴乙烷、二氧化氮、二氧化硫、氟化氢、1,2-环氧丙烷、甲酚、硫化氢、氯、氯化氢、氯化氰、氰化氢、氯乙醇、氯乙酸、三氯甲烷、四氯乙烯、一氧化碳、乙苯、正丁醛
中度危害	氨、苯乙腈、苯乙烯、二甲苯（邻）、二甲苯（间）、二甲苯（对）、二甲酚、1,1-二氯乙烷、1,2-二氯乙烯、二硝基苯（邻）、二硝基苯（间）、二硝基苯（对）、二乙醇胺、环己酮、甲胺、甲苯、甲酸、糠醛、3-氯丙烯、氯丁二烯、氯甲烷、三溴甲烷、四氯化碳、硝酸、乙胺、乙醇胺、乙二胺、乙腈、乙炔、乙酸、正丁腈

A.3　常用可燃气体的火灾危险性分类见表 A.3。

表 A.3　常用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（二甲醚）、氯甲烷、氯乙烯、异丁烷、异丁烯
乙	一氧化碳、氨、溴甲烷

A.4　常用液化烃、可燃液体介质的火灾危险性分类见表 A.4。

表 A.4　常用液化烃、可燃液体介质的火灾危险性分类

类别		名称
甲	A	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、液化异丁烯、液化石油气、液化二甲胺、液化三甲胺、液化二甲基亚硫、液化甲醚（二甲醚）
	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、环戊烷、环己烷、辛烷、异辛烷、苯、庚烷、石脑油、原油、甲苯、乙苯、邻二甲苯、间或对二甲苯、异丁醇、乙醚、乙醛、环氧丙烷、甲酸甲酯、乙胺、二乙胺、丙酮、丁醛、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、醋酸丙酯、丙醇、醋酸异丁酯、甲酸丁酯、吡啶、二氯乙烷、醋酸丁酯、醋酸异戊酯、甲酸戊酯、丙烯酸甲酯、甲基叔丁基醚、液态有机过氧化物、乙腈、二甲基二硫
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、异丙苯、液氨、-35 号柴油、-50 号柴油
	B	轻柴油、硅酸乙酯、氯乙醇、氯丙醇、二甲基甲酰胺、二乙基苯
丙	A	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、糖醇、辛醇、单乙醇胺、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、二氯甲烷、二乙醇胺、三乙醇胺、二乙二醇、三乙二醇、液体沥青、液硫、环丁砜、矿物油、白油
注：闪点小于 60℃且等于或大于 55℃的轻柴油，如果储罐操作温度小于或等于 40℃，其火灾危险性可视为丙$_A$类。		

附 录 B
（资料性附录）
弯管加工记录

弯管加工记录见表 B。

表 B 弯管加工记录

<table>
<tr><td colspan="4">管道弯管加工记录</td><td colspan="2">工程名称：
单元名称：</td></tr>
<tr><td colspan="4">管道编号：</td><td colspan="2">执行标准：</td></tr>
<tr><td>弯管编号</td><td>弯曲半径</td><td>Δ 值</td><td>圆度</td><td>热处理结果</td><td>无损检测结果</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="6">附简图：</td></tr>
<tr><td colspan="2">加工单位负责人：</td><td colspan="2">施工人员：</td><td colspan="2">年 月 日</td></tr>
<tr><td colspan="2">检查员：</td><td colspan="2">试验员：</td><td colspan="2">年 月 日</td></tr>
</table>

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1） 表示很严格，非这样做不可的：
正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2） 表示严格，在正常情况下均应这样做的：
正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3） 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：
正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4） 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

中华人民共和国石油化工行业标准

石油化工有毒、可燃介质钢制管道工程施工及验收规范

SH/T 3501—2021

条 文 说 明

2021 年 北 京

修 订 说 明

《石油化工有毒、可燃介质钢制管道工程施工及验收规范》（SH/T 3501—2021），经工业和信息化部 2021 年 8 月 21 日以第 21 号公告批准发布。

本标准 SH/T 3501—2011 版的主编单位是中国石化集团第十建设公司和中国石化集团第五建设公司，参编单位是惠生工程（中国）有限公司和中国石化工程建设公司，主要起草人员是吴忠宪、南亚林、张西庚、张桂红、单承家、陈永亮、胡联伟。

本次修订是在《石油化工有毒、可燃介质钢制管道工程施工及验收规范》（SH/T 3501—2011）的基础上，合并 SH/T 3517—2013《石油化工钢制管道工程施工技术规程》和 SH/T 3546—2011《石油化工夹套管施工及验收规范》两个标准的相关内容修订而成，修订的主要技术内容是：

1. 调整了管道分级；
2. 增加了阀门试验要求；
3. 修订了管道组成件和支承件的检查验收规定；
4. 修订了管道组成件焊前预热要求；
5. 修订了常用钢材焊接接头热处理基本要求；
6. 增加了支管座焊接要求；
7. 修订了管道焊接无损检测数量及验收标准；
8. 修订了泄漏试验要求。

本标准修订过程中，编制组进行了的调查研究，总结了我国工程建设管道施工的实践经验，同时参考了国外先进技术法规、技术标准，通过试验取得了一些重要技术参数。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定，《石油化工有毒、可燃介质钢制管道工程施工及验收规范》编制组按章、条顺序编制了本标准的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目　次

1　范围 …… 43
3　术语和定义 …… 43
4　基本规定 …… 43
5　管道组成件和支承件的到货验收 …… 44
5.1　一般规定 …… 44
5.2　管子和管件的验收 …… 45
5.3　阀门验收 …… 45
5.4　法兰、法兰盖及翻边短节的验收 …… 45
5.5　紧固件的验收 …… 45
5.6　垫片的验收 …… 46
5.7　金属波纹管膨胀节的验收 …… 46
5.8　爆破片安全装置的验收 …… 46
5.9　阻火器的验收 …… 46
5.10　管道支承件的验收 …… 46
6　阀门试验 …… 46
7　管道预制及安装 …… 46
7.1　管道预制 …… 46
7.2　管道安装 …… 47
8　管道焊接 …… 48
8.1　一般规定 …… 48
8.2　焊前准备与接头组对 …… 49
8.3　焊接工艺要求 …… 49
8.4　焊后热处理 …… 50
8.5　焊接质量检查 …… 51
9　管道系统试验 …… 53
9.1　管道系统压力试验 …… 53
9.2　管道系统吹扫和清洗 …… 54
9.3　泄漏试验 …… 55
9.4　真空度试验 …… 55
10　施工过程技术文件和交工技术文件 …… 55

石油化工有毒、可燃介质钢制管道工程施工及验收规范

1 范围

明确本标准的适用范围是钢制的石油化工有毒可燃介质管道，未涉及其他金属及非金属管道。

3 术语和定义

3.1 管道组成件采用了 TSG D0001—2009《压力管道安全技术监察规程 工业管道》的定义。突出了管道组成件是用于承载压力且密闭的管道系统的元件的特性。

3.2 管道支承件采用了 GB/T 20801.1—2020 中将管道荷载传递到管架结构上的元件的定义。但删减了具体描述支承件构成的文字。管道支承件不包括支承管道的构筑物如管架、管廊等。

3.3 质量证明书采用了 GB/T 20801.2—2020 中的定义。实行监督检验的管道元件，还要包括特种设备检验检测机构出具的监督检验证书。

3.4 标志是指在管道、管道组成件和支承件等实物外表面或标签上所做的标识符。根据 TSG D0001—2009《压力管道安全技术监察规程 工业管道》的规定：从产品标志应当能追溯到产品质量证明文件。所以标志中应包括可追溯标识。

3.5 根据国际标准中对检查和检验的区分和 GB/T 20801.5—2020 的定义对检查的涵义作了规定，以明确检查是施工单位履行质量控制职责的过程。

3.6 关于检验的术语定义引自 GB/T 20801.5—2020。区别于“检查”，检验是由业主或独立于管道施工以外的检验机构，为证实产品或管道施工是否满足规范和工程设计要求而进行的符合性评审过程。

3.7 根据 TSG D0001—2006《压力管道安全技术监察规程 工业管道》对脆性材料的涵义，明确了脆性材料是“延伸率小于 14%的材料”。

3.8 国家标准 GBZ/T 230—2010《职业性接触毒物危害程度分级》规定：职业性接触毒物危害程度分级，是以毒物的急性毒性、扩散性、蓄积性、致癌性、生殖毒性、致敏性、刺激与腐蚀性、实际危害后果与预后等 9 项指标为基础的定级标准。分级原则是依据急性毒性、影响毒性作用的因素、毒性效应、实际危害后果等 4 大类 9 项分级指标进行综合分析、计算毒物危害指数确定。职业性接触毒物危害程度分为极度危害、高度危害、中度危害和轻度危害 4 个等级。本标准以定义形式明确有毒介质是国家标准 GBZ/T 230 定义的毒性程度为极度危害、高度危害、中度危害和轻度危害流体的总称。

3.9 本标准明确可燃介质是国家标准 GB 50160 和 GB 50016 定义的可燃气体和可燃液体的总称，即本标准所说可燃介质包括所有丙类可燃液体。

3.10 急性毒性是引用了 GB 30000.18《化学品分类和标签规范 第 18 部分：急性毒性》的定义。

3.11 冷态工作压力是引用了 GB/T 13927—2008 中的定义。

4 基本规定

4.6 本次修订根据《危险化学品目录》（2018 版）中的规定，对常用介质的急性毒性进行对照梳理，形成资料性附录，参见附录 A；有毒介质危害程度等级分级，按照 GBZ/T 230 的规定，对常用有毒介

质危害程度等级进行对照梳理，形成资料性附录，参见附录 A。

本次修订规定了有毒混合物介质的急性毒性评估依据。应按 GB 30000.18 中规定的混合物分类标准进行评估；有毒混合物介质的危害程度等级分级应结合介质泄漏扩散的毒物浓度、接触途径、接触时间等因素及工程经验，识别主要毒物组分，并根据主要毒物组分确定。

本次管道分级的修订与 GB 50517《石油化工金属管道工程施工质量验收标准》中有毒、可燃介质管道分级保持一致。

4.7 本条是对管道级别中质量检查等级的附加规定，确保与现场执行的质量检查等级（检测比例）保持一致。

5 管道组成件和支承件的到货验收

5.1 一般规定

5.1.1 TSG 07—2019《特种设备生产和充装单位许可规则》，由国家市场监督管理总局于 2019 年 5 月 13 日批准颁布。TSG 07—2019 在原有的各类设备许可条件的基础上，进行适当调整，统一各类特种设备生产和充装单位许可的通用条件、程序和要求，明确各类特种设备的专项许可条件，形成一部特种设备生产和充装单位许可的综合规范。本条是根据 TSG D0001—2009《压力管道安全技术监察规程 工业管道》的规定制定的。列入 TSG 07 许可范围的不是所有管道元件，所以明确需要取得制造许可证的只是许可范围内的压力管道元件制造单位。

5.1.4 本条所述对质量证明书中的特性数据有异议主要指特性数据与标准不符或异常，或特性数据不全等情况。补充检查试验主要指力学性能试验和化学成分分析。产品不具备可追溯性是指缺少可追溯标识，如质量证明书上的批号与实物上的标志不符等。到货验收发生上述情况时，负责到货验收的单位应要求供货方按相应标准做补充检查试验或追溯到产品制造单位。

5.1.5 管道组成件和支承件在使用前应逐件进行外观检查，这是 GB/T 20801《压力管道规范 工业管道》的规定。检查内容应至少包括材料牌号、规格和外观质量。本条规定的尺寸规格确认主要通过铭牌内容确认和必要的尺寸抽查。本条还明确了外观质量的基本要求。

5.1.6 本条将管道组成件的光谱分析定义为验证性材料检验。验证性材料检验（PMI）属于材料入库检验的范畴，目的是通过规定的检验（鉴别）确认到货材料符合订货合同的规定，所以是供方的责任。须做此项检验的管道材料包括铬钼合金钢、含镍低温钢和不锈钢管道用的管道组成件。

关于光谱分析的项目和精度，本条规定为主要合金（金属）元素成分，而分析精度未予明确规定。本标准是基于验证目的的考虑，只要达到确认材料符合规定要求的目的，分析项目和精度可以不同。但分析精度最低应达到半定量的要求。

5.1.9 低温冲击试验不是所有钢管产品标准规定的检验内容，同时管道设计规范中对于低温条件下使用的材料和管道组成件，可以在规定的条件下免除低温冲击试验，如低温低应力工况等。因此只有设计文件有低温冲击试验要求的材料和管道组成件，产品质量证明书应有低温冲击试验结果。所以在订货时对需要进行低温冲击试验的材料和管道组成件应作明确规定，否则产品质量证明书上往往无低温冲击试验结果，因而规定了补项试验要求和依据标准。

5.1.10 奥氏体不锈钢在有晶间腐蚀条件的管道中使用时，必须按照国家标准 GB/T 4334 进行晶间腐蚀试验。设计人员应根据介质对管道材料的腐蚀特性，在标准规定的各种试验方法中确定具体试验方法，并在设计文件中明确。如果制造厂未进行该项试验，则应在现场进行补项试验。

5.1.12 关于抽样检查、检验的程序，抽样检查的样品中若有一件不合格，应按原规定数的两倍抽检，若仍有不合格，则该批管道组成件不得验收。验收单位可以考虑保证工程质量和降低工程成本两者兼顾的原则，通过逐件检查、检验后选用合格品。考虑到合金（金属）元素验证性分析的特殊性，规定只要

有一件不合格即应拒绝验收。

5.1.14 分区分类存放是指将管道组成件、支承件等材料按照不同类别、材料、规格，以待检、合格和不合格三种不同状态，分别存放于相互隔离的三个区域。本条规定不锈钢与碳钢、低合金钢管道组成件不得直接接触，主要目的是防止不锈钢承压部件在存放期间被铁离子污染，不适用于安装时根据设计规定在不锈钢法兰连接中采用碳钢或铬钼钢紧固件的场合。

5.2 管子和管件的验收

5.2.1 所有用在输送有毒、可燃介质管道的管子和管件，使用前应按设计文件要求核对质量证明书、规格、标志和数量，以确认其具备可追溯性。

5.2.3 本条根据 SH/T 3408—2012《石油化工钢制对焊管件》的规定，修订了对管件的质量证明书的要求，以满足安全使用和质量追溯的要求。

5.2.4 本条根据 TSG D0001《压力管道安全技术监察规程 工业管道》的要求规定，强调保证通过产品标志应能追溯到产品质量证明书。

5.2.5 明确需要进行合金（金属）元素验证分析的管道子、管件的抽查比例。

5.2.7、5.2.8 设计压力等于或大于 10MPa 和输送极度危害介质管道用的管子和管件，由于使用条件比较苛刻，表面线性缺陷对使用过程的安全性能影响较大，所以本标准规定须做表面无损检测抽查，藉以发现并消除危险的裂纹等缺陷。

5.3 阀门验收

5.3.1 阀门检查验收的内容应按设计文件和合同技术附件要求进行。对于有特殊设计要求的阀门及特殊阀门，还应有产品说明书，内容包括：用途和主要性能规范；工作原理和结构说明；注有主要外形尺寸和连接尺寸的结构图；主要零件的材料；安装和使用的说明及保养的注意事项。

5.3.8 阀门安装前，为了避免错用不符合要求的阀门，应按设计文件中的“阀门规格书”，对阀门产品质量证明书中标明的阀体、阀座、阀芯、特殊要求的填料及垫片等主要部件材料进行核对。

5.4 法兰、法兰盖及翻边短节的验收

本节的翻边短节是指和法兰配套使用，作为对焊环松套法兰的其中一个元件，且最终机加工而成的。

5.4.1、5.4.2 根据 SH/T 3406—2013《石油化工钢制管法兰》对法兰、法兰盖及翻边短节的质量证明书内容规定，结合可追溯性要求提出。

5.4.3 本条规定法兰、法兰盖和翻边短节主要合金（金属）元素含量验证性检验的比例。

5.5 紧固件的验收

5.5.1 根据 SH/T 3404—2013《石油化工钢制管法兰用紧固件》对质量证明书的要求修订。

5.5.3 SH/T 3404—2013《石油化工钢制管法兰用紧固件》要求：紧固件应有标志，内容应包括标准编号、材料牌号、螺纹规格和公称长度、螺母标记型式代号。在螺柱的端部、六角头螺栓的头部顶面和螺母的支承面或侧面应采用钢印进行标志。标志应清晰可见，内容应包括材料代号和制造商标志。对于规格小于或等于 M24 的螺栓，可将材料代号和制造商标志分别标注在螺栓的两端。

5.5.4 管道设计压力大于等于 10MPa 或设计温度低于-29℃的低温管道以及设计温度高于 400℃的高温管道用的螺柱、螺母通常为合金钢制品，且化学成分对其强度影响较大，所以规定应采用光谱分析对其主要合金元素含量进行验证性检验。条文中的铬钼合金钢螺柱、螺母包括不含钼的铬钢螺柱、螺母。

5.5.5 管道设计压力大于等于 10MPa 管道用的合金钢螺柱、螺母需要经过调质处理，并在标准中规定了硬度值，所以应进行硬度检验，硬度值应在设计文件或产品标准规定的范围内。硬度值可参考 GB 9125

《管法兰连接用紧固件》和 SH/T 3404《管法兰用紧固件》规定。

5.5.6 本标准规定管道设计温度低于-29℃的低温管道用的合金钢和不锈钢螺柱，每批应抽查两根螺柱进行低温冲击性能检验，比 GB/T 20801—2020 的规定严格。所以订货时应对低温冲击试验要求加以特别规定。

5.6 垫片的验收

5.6.1～5.6.2 本条根据 SH/T 3401—2013《石油化工钢制管法兰用非金属平垫片》、SH/T 3403—2013《石油化工钢制管法兰用金属环垫》、SH/T 3407—2013《石油化工钢制管法兰用缠绕式垫片》的有关要求修订。

5.6.3 金属环垫和透镜垫的硬度值影响密封性能，一般设计文件中均有规定，故应进行核查。

5.7 金属波纹管膨胀节的验收

5.7.1～5.7.3 根据 GB/T 12777—2019《金属波纹管膨胀节通用技术条件》的有关要求修订。

5.8 爆破片安全装置的验收

5.8.1、5.8.2 爆破片的永久性标识和质量证明书是验收检查的重要依据，本标准是根据 GB 567—2012《爆破片安全装置》的要求修订的。

5.9 阻火器的验收

5.9.1～5.9.3 根据 SH/T 3413—2019《石油化工石油气管道阻火器选用、检验及验收标准》的要求修订。

5.10 管道支承件的验收

5.10.2 本条依据 NB/T 47038—2013《恒力弹簧支吊架》和 NB/T 47039—2013《可变弹簧支吊架》修订，对弹簧支吊架上可追溯标识、弹簧的拉伸、压缩标尺，以及销定销位置等弹簧支吊架验收检查以及对安装过程有重要的质量控制要求作出了规定。

5.10.3 本条根据 GB/T 17116—2018《管道支吊架》的有关要求编制。减震和阻尼装置安装时，应核对铭牌内容是否与设计文件相符，安装顺序和技术要求应参照制造厂家的有关规定。

6 阀门试验

6.2.1 本次依据 GB/T 13927—2008《工业阀门 压力试验》修订，采用了冷态工作压力的术语。将试验压力的计算依据改为冷态工作压力。这样综合了相关规范的表述：GB/T 26480 中 38℃时最大允许工作压力；GB/T 12224 中不低于 38℃压力额定值；GB 50235 和 GB/T 13927 中 20℃时最大允许工作压力。方便施工现场确定阀门试验压力。

6.2.2 壳体试验步骤的执行，有利于试验过程检查和控制，便于及时发现阀门的缺陷。对有气压试验要求的阀门，须在液压压试验合格后进行。

6.5 本节安全阀调整试验的规定是按照 TSG ZF001《安全阀安全技术监察规程》中有关要求规定的，是安全阀调整试验的基本要求。安全阀校验可委托专门机构进行，亦可由取得相应资质的安装单位进行。

7 管道预制及安装

7.1 管道预制

7.1.2 管道预制过程中，包括下料、防腐等作业时往往忽视原标志的保留和移植工作，造成管道组成件丧失可追溯性。所以本条规定应核对并保留管道组成件的标志，做好标志的移植，并规定了低温钢管道和不锈钢管道组成件进行标记移植时的具体要求，以免由于标志移植影响管道组成件的使用性能。

7.1.3 碳锰钢是指在碳素钢中，锰含量约在 1.2%～1.8%之间的，通常被称为 C-Mn 钢。本次修订为碳钢、碳锰钢可采用机械加工和火焰方法切割。

7.1.4 不锈钢管和管件应使用专用砂轮片切割或修磨的规定，是指所用的砂轮品种应该适用于不锈钢的打磨和切割，并不得在非不锈钢材料的施工中使用，以避免在使用过程中对不锈钢造成污染。

7.1.9 管子弯制过程中，容易出现表面缺陷。本条对于壁厚有严格要求的条件下使用的弯管，规定弯制后应逐件进行磁粉检测或渗透检测，并提出发现超标缺陷后的处理要求。

7.1.11 在可燃、有毒介质管道中，由于装置规模的不断扩大，斜接弯头越来越多地使用在使用条件较苛刻的工况下，所以规定斜接弯头的焊接接头应采用全焊透型式。但设计认为无必要而另有规定者除外。

7.1.12 本次修订为夹套管制作应符合设计文件和 GB 50517 的有关规定。若设计有更详细的规定，应执行设计文件的规定。

7.1.13 管道采用管端透镜垫密封和螺纹法兰连接的结构，一般施工验收规范中少有规定，本标准明确了螺纹和管端密封面的加工、检查要求应符合设计文件和相关标准的规定。

7.1.14 本条规定管道预制组件完成后的标识、内部检查、封闭和存放要求。管道内部清洁是投料试车一次成功的关键前提之一。多年来，由于管道内部不干净，严重影响试车进程，以致影响了产品质量，所以预制合格的管道，保证内部清洁并及时封闭是非常重要的。

7.1.15 根据施工单位在现场制作管道支承件的实际情况，对管道支承件增加了现场制作的管道支吊架应有材料质量证明书的要求。

7.2 管道安装

7.2.2 管道上的开孔在管段安装前完成便于内部清理，对保持管内清洁有利。当现场难免出现在已安装的管道上需要开孔时，本标准要求清除管内因切割而产生的异物。

7.2.3、7.2.4 为了确保法兰连接的密封性，这两条规定了法兰连接装配前的检查要求。采用金属环垫或透镜垫密封的法兰连接装配时，由于密封副之间属于金属弹性线接触密封，故事先应经过检查并确认线接触良好。

7.2.6 GB/T 38343—2019《法兰接头安装技术规定》，于 2019 年 12 月 10 日发布，2020 年 7 月 10 日实施。规范采用最大螺栓安装载荷控制技术，提高法兰连接密封的可靠性，控制法兰连接泄漏量的风险。法兰接头安装载荷的确定主要考虑：设计条件下，法兰接头的强度和刚度评估；安装条件下，法兰接头的强度和刚度评估以及螺栓安装载荷的确定；操作条件下，法兰接头的密封性评估。法兰接头安装前应编制安装程序文件，文件中应规定螺栓安装载荷、所使用工具、是否润滑螺纹和螺母承压面等。

7.2.8、7.2.9 这两条是根据 SH/T 3538—2017《石油化工机器设备安装工程施工及验收通用规范》的要求修订的。管道与机器的法兰连接处，要求在单机试车前在联轴器或机器支脚处架设百分表检查确认最终连接情况，目的是确认法兰连接对机器装配精度未产生不良影响。此项要求只适用于转速大于等于 3000r/min 的精密机器与管道的连接。

7.2.10 管道系统试运行时对高温或低温管道的连接螺栓进行热态紧固或冷态紧固的目的，是防止螺栓连接接头在温度变化过程中由于接头材料线膨胀系数的不同而产生接头松弛导致泄漏，甚至造成事故发生。法兰安装螺栓紧固时按照 GB/T 38343 的要求以及规定的顺序拧紧到预定值，在管道运行时基本能够达到接头无泄漏，实现零冷紧或零热紧。

7.2.11 流量孔板上、下游直管的长度和焊缝内表面平齐的规定是为了满足仪表测量精度的技术要求。

7.2.13 根据 TSG D0001《压力管道安全技术监察规程　工业管道》的规定：有静电接地要求的管道，

应当测量各连接接头间的电阻值和管道系统的对地电阻值。当电阻值超过 GB/T 20801（每对法兰或螺纹接头间电阻值大于 0.03Ω）或者设计文件的规定时，应当在法兰或螺纹接头间设置跨接导线。所以测量法兰连接接头的电阻值是确定是否设置跨接导线的前提条件。施工单位应进行测量和记录。

7.2.14、7.2.15　对管道系统静电接地施工要求做了具体规定，并明确法兰或螺纹连接接头安装后应进行电阻值测定，当电阻值超过规定值时应用导线进行跨接，以保证接地系统导电性能良好。

7.2.16～7.2.18　对补偿器的安装，包括预拉伸或预压缩的条件和接头的焊接作业的具体要求做了明确规定。

7.2.19、7.2.20　金属波纹管膨胀节是管道系统热补偿的重要部件，其安装质量对管道在运行中的柔性有很大影响。所以本条规定了金属波纹管膨胀节的安装要求，包括波纹管膨胀节与管道的同轴度、有导流筒的波纹管膨胀节的安装方向以及装运固定件的拆除和安装调整记录等。

7.2.21　阀门安装除应按设计文件核对其型号，确认所安装的阀门符合设计规定外，其安装位置应符合便于检修和操作的要求，通常应按介质流向确定其安装方向。但设计文件或阀门使用说明书对阀门安装方向和精度有特殊要求的，应按相关文件规定施工，如在某些特定使用条件下的阀门，如果按照介质流向安装可能影响使用功能等。

7.2.22～7.2.25　对安全阀、爆破片、阻火器和安全液封等安全附件，规定了安装的基本要求。

7.2.26　支吊架位置及形式符合设计文件的规定。管道安装时，应同时进行支、吊架的安装、固定和调整工作。支吊架安装应牢固，管子和支承面应接触良好。固定支架的安装位置应做好记录。

7.2.27　不锈钢管道与支、吊架上碳钢材料之间垫入不锈钢薄板或氯离子含量不超过 50mg/kg 的非金属材料隔离垫是为了避免不锈钢被污染。

7.2.28　为了保证吊架的吊杆在管道运行时处于垂直位置，设计文件往往要求支吊架偏置安装，此时吊架安装时的偏置量和偏置方向应符合设计文件的规定。而当设计文件未注明偏置方向时，吊架与管子之间的吊点应在位移相反方向按位移值的 1/2 偏位安装。

7.2.29　为确保导向支架或滑动支架正确发挥作用，要求其滑动面洁净平整，不得有歪斜和卡涩现象，且管道绝热层不得妨碍其位移。

7.2.30　为确保弹簧支、吊架的使用功能，弹簧安装高度的调整应符合设计文件规定。

7.2.31　施工单位对支、吊架焊接工作往往不够重视，不但焊接时出现焊缝漏焊、裂纹、高度和长度不够等缺陷，甚至出现由于焊接工艺不当而导致管子表面有咬边现象等影响管道安装质量的问题，故本条对此专门作出规定。

7.2.32　规定支吊架安装后逐个按设计文件核对、确认支、吊架的型式和位置是为了保证管道系统的支撑符合设计规定，满足系统柔性要求。

7.2.33　规定管道系统安装完毕后核查铬钼合金钢、含镍低温钢和含钼奥氏体不锈钢管道组成件材质标志，发现无标志时应采用光谱分析核查等要求，其目的是确认在安装过程中管道组成未被错用，或发现被错用后予以更换。

7.2.36　管道安装的允许偏差与国家标准基本一致，但考虑到石油化工管道工程的实际情况，将成排管道间距偏差由原国家标准规定的 15mm 改为 10mm。

8　管道焊接

8.1　一般规定

8.1.1　NB/T 47014《承压设备焊接工艺评定》规定了承压设备（锅炉、压力容器、压力管道）的对接焊缝和角焊缝焊接工艺评定、耐蚀堆焊工艺评定、复合金属材料焊接工艺评定、换热管与管板焊接工艺评定和焊接工艺附加评定以及螺柱电弧焊工艺评定的规则、试验方法和合格指标，适用于气焊、焊条电

弧焊、埋弧焊、钨极气体保护焊、熔化极气体保护焊、电渣焊、等离子弧焊、摩擦焊、气电立焊和螺柱电弧焊等焊接方法。本次修订明确管道施焊前，应依据 NB/T 47014 进行焊接工艺评定，并编制焊接工艺规程。焊工应按焊接工艺规程施焊。

8.1.2　焊工的有效资格证书是指该焊工证书是特种设备安全监察部门颁发的特种设备作业资格证书，且其证书上的合格项目在有效期内，并有相应的见证资料证明该焊工取得的某种焊接方法未中断特种设备焊接六个月以上。否则该焊工应经复审抽考合格后方可从事该焊接方法的焊接工作。

8.1.3　本条根据 JB/T 3223—2017《焊接材料质量管理规程》修订。焊材质量证明书没有推荐库存有效期时，焊条、药芯焊丝、焊剂等一般不超过 5 年，实芯焊丝、填充丝、焊带一般不做规定。如包装破损、生锈等，则需评估后确定。有效期也可由使用方根据实际存放环境、产品性能要求和焊接材料的状态进行评估和确定。鉴于各施工单位都改善了焊材的保管条件，并严格控制进货数量，所以本条库存期规定一般仅针对焊接工艺性能试验。焊材的库存期应按该批焊条的生产日期开始计算。

8.1.4　焊条、焊剂及药芯焊丝应按说明书的要求进行烘烤，并在使用过程中保持干燥。

8.1.5　管道的施焊环境应在焊接电弧周围 1m 范围内测量并达到规定的条件。

8.1.7　限制管道使用氧乙炔焰焊接是因为这种焊接方法容易引起接头金属过热而产生魏氏组织，影响焊接接头性能，对有毒可燃介质管道安全使用不利。

8.2　焊前准备与接头组对

8.2.1　管道焊缝的设置除便于焊接、热处理及检验外，还应尽量减少焊缝过度集中对金属材料的不良影响和管道使用过程的不安全因素。所以规范通常都对焊缝之间的距离做出具体规定。但由于管道工程广泛使用定型管件而带来的直管段上实际焊缝距离不能满足规范规定的情况。本标准规定：除定型管件外，直管段上两条对接焊缝间的距离，不应小于 3 倍焊件的厚度，需焊后热处理时，不应小于 6 倍焊件的厚度，且管道公称直径等于或大于 *DN*150 时，焊缝间的距离不小于 150mm；管道公称直径小于 *DN*150 时，焊缝间的距离不小于外径，且不小于 50mm。这比 GB/T 20801《压力管道规范　工业管道》的规定更严格。除此之外，在大规格管道中使用焊制管件时，往往无法避免十字焊缝，在管道敷设过程也难免支架与焊缝重叠。为了保证焊接质量，规定这些焊缝应进行 100%射线检测合格。b）款中“被覆盖的焊缝”和 f）款中“以开孔中心为中心 1.5 倍开孔直径范围内的焊接接头”是包括施工单位自身焊接的焊缝和制造单位的焊缝。对制造单位的焊缝，可查验其质量证明文件的检测结果；有疑问或用其他检测方法检测的，要增加规定检测方法的复验。

8.2.4　为避免坡口在热切割和热加工过程中发生的表面缺陷影响焊接接头质量，本条规定了铬钼合金钢、标准抗拉强度下限值不小于 540MPa 钢、除奥氏体不锈钢外低温管道用钢管子坡口采用热加工方法时应进行渗透检测。

8.2.6　为了保证插入式和安放式支管连接接头的焊接质量，根据 GB/T 20801 的规定对其制备和组对提出了具体要求。支管名义厚度见图 8.4.3 中的 T_b。

8.2.7　承插焊焊接接头组对时的端面间隙值是根据实际施工经验制定的。考虑到机组的循环油、控制油、密封油管道系统若在承口与插口的轴向留有间隙对油清洗不利，所以提出不宜留间隙。

8.2.12　本条强调定位焊应与根部焊道的正式焊接工艺相同。

8.2.14、8.2.15　对焊接卡具拆除和在铬钼合金钢、不锈钢钢管上焊接组对卡具提出了具体技术要求，以避免由于卡具使用和拆除造成影响管道质量的问题。

8.3　焊接工艺要求

8.3.1　本次根据 GB/T 20801 和 ASME B31.3—2018 的相关要求做了修订。表中规定的预热要求适用于管道所有类型的焊接，包括定位焊、补焊和螺纹接头的密封焊。对于预热温度要求不同的材料焊接时，

应选用表中较高的预热温度。对于需要预热的多层（道）焊焊件，其道间温度应不低于预热温度，但应符合如下要求：碳钢和低合金钢的道间温度不宜高于 315℃；双相不锈钢的道间温度应不高于 50℃（≤3mm），70℃（≤6mm），100℃（≤10mm），120℃（>10mm）。对于返修补焊，其预热温度应比原焊缝适当提高。对于预热温度的测量应采用测温笔、热电偶或其他合适的方法测量预热温度并记录。

8.3.4 含镍低温钢、不锈钢、铬钼合金钢以及材料标准抗拉强度下限值等于或大于 540MPa 的钢材，表面缺陷存在会影响材料的安全使用，所以规定焊件表面不得有电弧擦伤等缺陷。

8.3.5 本条规定的主要目的是确保焊缝的根部质量。

8.3.6 焊接中起弧与收弧时焊接参数变化较大，不易保证焊缝的质量。要求收弧时将弧坑填满，多层焊的层间接头应相互错开等都是保证焊缝质量的重要措施。

8.3.8 焊接工艺规程中规定焊接线能量的焊缝，焊接过程线能量的测定可以通过测量焊接电流、电弧电压和焊接速度等焊接参数进行计算，也可按照 GB/T 20801 的规定采用测量焊道长度和厚度的方法进行控制。

8.3.10 焊接连接的阀门施焊和热处理，由于工艺方法不当造成阀门变形，影响阀门密封性能的问题屡有发生。对焊接连接的阀门施焊时提出的各项措施，如阀门适度开启以保证管道内部空气流通、焊缝根部焊道采用氩弧焊、采取分段焊接、尽量减小焊接电流等，以及在热处理时采取必要的措施防止阀体过热，都是为了保证阀体不致变形而导致阀座的密封性能受到影响。

8.3.11 现场焊接质量检查时，要求支管座与主管的连接满焊，不仅没有必要，反而因焊缝厚度太大会对焊接质量产生不利影响。根据现场实际经验，当设计文件或支管座制造厂无要求时，支管座焊缝坡口公称厚度 T_m 不小于主管壁厚的 1.5 倍即可。但若主管壁厚过大，则另需综合考虑。

8.3.13 奥氏体不锈钢、双相不锈钢焊接接头焊完后，是否需要进行酸洗与钝化处理，应根据管道周围环境条件决定，对无腐蚀的使用环境一般不需要进行酸洗与钝化处理，所以应按设计考虑结果并在设计文件上有规定时进行。

8.4 焊后热处理

8.4.1 焊后热处理应按设计文件的规定进行。当设计文件无规定时，焊后热处理应符合表中的规定。对于双相不锈钢是否应进行焊后热处理不做具体规定，如需热处理，应为固溶快冷。对于奥氏体不锈钢是否应进行焊后热处理不做具体规定。为防止应力松弛裂纹，壁厚大于 13mm 且使用温度高于 540℃的含 Nb、Ti、Al 奥氏体不锈钢，可根据具体情况，选择固溶、稳定化或不完全退火等焊后热处理工艺。

8.4.3、8.4.4 这两条是对角焊缝（含密封焊缝）和支管连接焊接接头热处理的规定。由于表 8.4.1 中只规定了对接接头需要热处理的厚度，角焊缝和支管连接焊接接头并不需要按照该表规定的厚度进行热处理，所以专门做了明确规定。

本次修订增加了支管座连接。支管座是用于支管连接的补强型管件，代替传统使用的异径三通、补强板、加强管段等支管连接型式，尤其在高压、高温、大口径、厚壁管道中使用日益广泛，取代了传统的支管连接方法。支管座分为六种：对焊支管座、承插支管座、螺纹支管座、短管支管座、斜接支管座、弯头支管座。

管连接时，热处理厚度应是主管或支管的焊缝厚度，而不计及支管连接件（包括整体补强或非整体补强件）的厚度。但如果任一截面上支管连接的焊缝厚度大于表 8.4.1 所列厚度的 2 倍时，应进行焊后热处理。支管连接的焊缝厚度计算应符合下表的规定。

支管连接结构的焊缝厚度

支管连接结构形式	焊 缝 厚 度
安放式焊接支管，见图 8.4.3 a）	T_b+t_c
插入式焊接支管，见图 8.4.3 b）	T_h+t_c

支管连接结构的焊缝厚度（续）

支管连接结构形式	焊 缝 厚 度
带补强板的安放式焊接支管，见图 8.4.3 c）	T_b+t_c 与 T_r+t_c 较大者
带补强板的插入式焊接支管，见图 8.4.3 d）	$T_h+T_r+t_c$
支管座，见图 8.4.3 e）、f）、g）	T_m+t_c

8.4.5　对铬钼合金钢和标准抗拉强度下限值等于或大于 540MPa 的钢材等容易产生延迟裂纹的焊接接头，规定焊后应立即进行热处理，否则，应立即均匀加热至 300℃～350℃保温缓冷。条文中所说的“立即”，是指焊缝金属温度未降至预热温度以下。焊后加热处理可降低焊接接头的冷却速度，以利于减少淬硬组织，并降低扩散氢含量，同时也给准备正式热处理提供了较充裕的时间。

8.4.9　本条规定热处理温度应该进行测量和记录，并明确规定应采用自动温度记录仪器（包括热电偶和自动记录仪）在整个热处理过程中连续测量和记录热处理过程，形成温度-时间自动记录曲线。

8.4.11　规定经焊后热处理的焊接接头应测量焊缝和热影响区的硬度值及热影响区的测定区域要求。由于焊缝和热影响区的硬度值不再与母材硬度挂钩，取消了对母材进行硬度试验的要求。

8.5　焊接质量检查

8.5.1　按照检查方法对焊接接头的表面进行相应处理，是指根据目视检查、表面无损检测、射线检测或超声检测等不同检查、检测方法，对工件表面按照相应标准的规定进行适当处理以满足检查、检测要求。

8.5.3　对角焊缝（包括承插焊缝）的焊脚高度根据 GB/T 20801 的规定提出具体要求。

8.5.5　铬钼合金钢管道焊接过程由于焊工疏忽而错用焊条，会影响焊接接头质量，危害管道安全技术性能。故规定采用光谱分析对主要合金（金属）元素进行验证性抽查。

8.5.6　用于腐蚀条件下的含钼不锈钢和双相不锈钢焊接接头，设计文件一般规定进行铁素体检查，应按 GB/T 1954《铬镍奥氏体不锈钢焊缝铁素体含量测量方法》的规定测定铁素体含量。当设计未明确规定具体数据时，本标准给出了铁素体含量的要求。

8.5.7　管道焊接接头的无损检测方法包括射线检测（包括胶片感光或者数字成像）、常规超声检测（含可记录的脉冲反射法超声检测和不可记录的脉冲反射法超声检测）、衍射时差法超声检测（TOFD）、相控阵超声检测（PA）、磁粉检测、渗透检测等。本次修订将衍射时差法超声检测（TOFD）和相控阵超声检测（PA）方法列入表中。TOFD 方法是一种可记录并且重复性较好的超声检测方法。近几年来石油化工管道工程中已经开始应用的相控阵超声检测（PA）方法，也是一种可记录且重复性较好的超声检测方法，并且在工程中检查出了不少射线检测没有发现的未熔合等危害性缺陷。

8.5.8　由于不可记录的常规超声检测（俗称 A 超）受人为因素以及现场条件影响比较大，检测记录不像 RT、PA 或 TOFD 有较高的追溯性和重现性，实际检测质量较 RT、PA 或 TOFD 相对差一些。故要求对采用不可记录的脉冲反射法超声检测的，要进行一定比例的 RT、PA 或 TOFD 附加检测。

8.5.11、8.5.12　检验批是指抽样检测时，在一定的组批检测规则下，同一检测方法中上次委托时间至本次委托时间内的所有焊口，以此作为计算检测数量的基数。全部检测和局部检测时不存在检验批的概念。标准规定的组批检测规则是“同一检测比例”，不考虑焊工、规格、材质、固定口和管线号，可结合自身的管理能力、现场的具体情况甚至不同的施工阶段对检测规则进行细化和改变，但组批检测规则要在检测委托前固化下来。常见的检验批组批做法有：

1）　可以将管线号（单线号）作为组批检测规则，即在同一管线号中检测比例相同的一定时间内焊接完成的焊口作为检测基数（即检验批）计算检测数量；这样管理虽然简单了，但焊口的总检测数量大大增加，无形之中增加了施工检测时间和项目投资。

2） 可以将相同检测比例的若干相连以及不相连的管线按照施工情况分为 1～n 个组别（SH/T 3543 表格中叫检测类别），以在同一检测类别下一定时间内焊接完成的焊口作为检测基数（即检验批）计算检测数量；虽然检测基数大了，但检验批数量相对减少了，焊口总检测数量也相应减少，可以缩短施工检测时间，减少项目投资。

3） 可以按照管道编号（直接相连且输送同一介质的多条管线的组合）进行组批，即将同一管道编号内相同检测比例的在一定时间内焊接完成的焊口作为检测基数（即检验批）计算检测数量。

4） 可以按照试压包系统进行组批，即将同一试压包号内相同检测比例的在一定时间内焊接完成的焊口作为检测基数（即检验批）计算检测数量。

5） 可以根据不同的施工阶段，按照不同的检测规则进行组批，如在预制阶段按照检测类别或管道编号进行组批，在现场安装阶段或者试压阶段按照试压包或管线号进行组批。但在检测规则改变时，以前已经焊接的焊口要按原检测规则进行组批并完成检测委托。

检验批的验收要在过程中及时报验，以防止在管道系统试压阶段因检验批未及时报验而延误。检验批的资料要妥善保存，以备在管道压力试验前核验。

8.5.11 a）是专指抽样检测的情况，考虑到因焊接接头结构或检测单位客观原因，对一些管廊上排列紧密的管道等焊接接头可能无法进行整口检测，经检验人员确认可以按局部检测规则执行。但经局部检测的焊口要从相应的检验批中剔除，即不作为抽样检测的检测基数和检测数量。这里检验人员可以是建设单位代表或监理单位代表或检验机构人员。

8.5.11 c）是指抽样检测时，检测比例的统计原则，也是标准检测数量（最小检测数量）的计算原则。即抽样检测时的实际检测比例、标准检测数量要依据检验批计算，要以本次检验设定的检验批内焊口总数为计算基数，乘以组批时设计规定的检测比例，确定出该检验批的标准检测焊口数，从而推算实际检测比例是否符合设计要求。

8.5.12 a）是指具体检验批组批时间的最大跨度要求，即对在不超过 2 周内完成的焊接接头进行过程验收，以保证焊接条件、焊接环境和人员的相对稳定。当施工高峰期焊口产出量较大时，可适当缩短组批设定时间。具体组批时间由委托者根据现场情况确定。

8.5.12 b）是指具体检验批基数的统计要求，即在事先拟定的检测规则下相同检测比例的，不区分管线号、材质、管道等级和焊工的，在 2 周内完成的同类焊接接头可作为 1 个检验批，焊接接头数量即为这个检验批的基数，乘以检测比例可计算出此检验批最小检测数量（标准检测数量）；如果计算出的该批检测数量结果有小数，要向上圆整到整数。不同检测方法的焊口不要在同一检验批中累加计算统计检测比例。

8.5.12 c）是指在检验批内确定检测焊接接头时应优先考虑固定口，并不少于该批标准规定检测焊接接头数的 40%。当固定口数量达不到该批规定检测总数的 40%时，固定口应全数检查；当该检验批中无固定口时，则全部抽检活动口。限定标准规定检测数量的 40%而不是实际检测数量的 40%，是为了防止在特定情况下补检测后因实际检测数量增加而再次引起的固定口检测数量不足。

8.5.12 d）e）指确定检测的焊接接头时应执行的原则：

1） 应涵盖该检验批中的每名焊工或焊工组合，避免集中在少数焊工焊接接头中抽查；当打底焊与盖面焊由 2 名或多名焊工共同焊接完成时，要覆盖到每个焊工组合；

2） 这里要注意均衡与覆盖的区别，既要避免将检测焊口集中在特定的管线号上，在检验批中确定检测焊口时尽量合理分配每个管线号所承担的检测焊口数，多者多检，少者少检或不捡，又要尽可能地使每个管线号的总检测比例保持均衡。

8.5.13 是指局部或抽样检测时优先检测焊接接头的交叉部位（即 T 字缝），当焊口上 T 字缝数量大于应拍片张数（每张片的有效检测长度不小于 250mm）时，则每张胶片都要布置在 T 字缝位置上（因纵缝间隔相对较小，一张胶片可以布置 2 个及以上 T 字缝的特殊情况除外）；当焊口上 T 字缝数量少于应

拍片张数时，则每个 T 字缝均要检测。

8.5.14　当抽样检测出现不合格时，加倍检测的焊接接头应在出现不合格的该焊工所焊同一批焊接接头中选取，并应按同日、同材质、同焊接位置、同规格、同管线号的顺序优先考虑，可以选择在同批、不同管线号的焊接接头。当此批中该焊工只焊接 1 个焊接接头时，则不用加倍检测；当焊工组合只焊接 1 个焊接接头时，应扩检相应焊工单独焊接的接头。进行累进检查时，其检测方法要与原发现超标缺陷的检测方法一致，不能变更检测方法和验收级别。焊接接头的分批验收旨在为验收过的焊接接头提供一个见证，以后检验批的检测结果不构成对前期检验批的验收否定。

8.5.15　本条是对进行局部检测焊接接头出现不合格缺陷时如何进行扩大检查做的具体规定。当在返修前进行扩大检查时，应在不合格缺陷部位（片位）延伸部位（片位）进行检测；当在返修完成后再进行扩大检查时，应在返修完成部位（片位）延伸部位（片位）进行检测，所有返修部位和扩大检查部位应按原规定的检测方法检查至合格。当只扩探一个片位时，要选择不合格缺陷近端的延伸部位。

8.5.16　对焊口进行割除重新焊接，也是消除不合格缺陷的一种方法，主要用于发现较长的连续性缺陷或者小口径管的不合格缺陷处理，与 GB 20801 中累进检查中更换属于同一范畴。对于将接头焊缝全部割掉且去除热影响区后重新焊接的焊接接头，原则上不作为返修焊口处理，按新焊口重新进行局部检测或参与新检验批的抽检，不必对该焊口进行单独的 100%检测。但对在热处理后割除进行重新焊接的焊口，如果受热处理影响的管段没有割除的话，其热处理次数要累加。在割除不合格焊接接头时，检查员要在现场见证。

8.5.18　本次修订和 GB/T 3503—2017 第 6.1.6 条保持一致。施工单位应按管道编号确认管道焊接接头实际无损检测比例，在管道单线图或焊缝布置图上标识焊缝编号、施焊焊工代号、固定口位置、检测焊缝位置及无损检测种类、返修标识，也可在单线图空白处集中标识或附表。

9　管道系统试验

9.1　管道系统压力试验

9.1.1～9.1.3　规定了管道系统试验前的条件和应进行的资料审查和现场检查确认工作。其中，对试验系统接头外露的规定，参照 ASME B31.3 和 GB/T 20801 的规定，将原规范规定的焊缝及其他需进行检查的部位不应隐蔽改为焊缝及其他应检查的部位，除涂刷底漆外不得进行涂沥青、刷面漆和隔热等工程施工。但需进行敏感性泄漏试验的管道仍不得进行所有隐蔽工程施工。这主要是考虑涂刷底漆对系统压力试验（不包括敏感性泄漏试验）的泄漏检查效果没有影响，而执行原规定时，管道在施工过程经历的时间很长，由于管道及其焊接接头未涂底漆而导致严重腐蚀，且管道进行最后涂漆防腐时又除锈不良的实际情况作出的修改。

9.1.3 条 d）款的规定的焊接及热处理工作已全部完成应包括静电接地的焊接工作在内。

9.1.4　本条规定用气体代替液体作压力试验时应满足的几条关键要求。考虑到气压试验的危险性，本标准在删除了气压试验对管道直径限制的基础上，仍然规定气压试验压力应小于或等于 1.6MPa。

根据 TSG D0001 和 GB/T 20801 的规定，脆性材料严禁使用气体进行耐压试验。而本标准原规定是脆性材料未经液压试验合格，不得参加管道系统气体压力试验。两者存在差异。考虑到原规范实施过程并未出现问题，故仍采用原规范的规定。

9.1.6　管道压力试验的目的是检查管道系统的承压能力。由于管道材料在高温条件下力学性能下降，当管道系统的设计温度高于试验温度时，管道系统的液压试验压力应按比例提高。但提高后的试验压力不应导致管道材料损坏。

管道的液压试验压力经换算后数值可能很高，使其在试验条件下产生的周向应力或轴向应力超过了材料屈服强度或管道组成件额定压力（管道组成件标准规定的压力值）的1.5倍，使试验过程增加了

不安全因素，所以必须将试验压力降低，以满足液体压力试验时管道组成件应力值在安全范围内的要求。

在试验压力下管道组成件的内压圆周应力可按相关设计规范进行计算。计算得到的实际圆周应力不得超过材料屈服强度。否则应降低试验压力直至满足规范规定的上述要求。

9.1.7　带有金属波纹管膨胀节的管道系统，膨胀节是管道系统中的薄弱环节，根据 GB/T 12777《金属波纹管膨胀节通用技术条件》的规定，波纹管膨胀节在制造时的试验压力应按照试验温度条件下材料的许用应力或弹性模量值与设计温度条件下材料许用应力或弹性模量值换算得到，并取两者的较低值。所以规定带有波纹管膨胀节的管道系统进行压力试验时，试验压力不应超过波纹管膨胀节制造时的试验压力。

根据 GB/T 20801《压力管道规范　工业管道》的规定：自约束膨胀节如已由制造厂进行过试验，则试验时可与系统隔离。但按规定进行泄漏试验时，则膨胀节应安装在系统中进行压力试验。对于带有膨胀节的管道系统，在没有临时接头或固定约束的情况下，应按波纹管膨胀节设计压力 1.5 倍或管道系统试验压力的较小者进行试验。但在任何情况下，波纹管膨胀节的试验压力不得超过制造厂的试验压力。所以，当系统试验压力大于上述规定的试验压力时，膨胀节应从管道系统移开，或隔离，以保护金属波纹管膨胀节在试验中不会遭受破坏。

9.1.8　管道系统的设计压力与处于同一系统内的设备的设计压力可能不同，且设计压力相同的管道与设备，其试验压力也不相同，当管道与设备作为一个系统进行试验时，应对试验压力进行调整，以保证设备的安全。但此项调整应征得建设、监理或设计单位同意。

9.1.9　本条根据 TSG D0001《压力管道安全技术监察规程　工业管道》的规定编写。由于缺乏金属无延性转变温度的具体数据，规定试验介质温度可保证试验安全。

9.1.10　不锈钢管道（含包括不锈钢设备的试压系统）用水试验时，水中的氯离子含量不得超过 50mg/L，此项规定与 TSG D0001《压力管道安全技术监察规程　工业管道》试验用水的氯离子含量要求一致，不会对不锈钢管道材料造成危害。

9.1.11　液体压力试验时将管道系统内空气排净，此项要求在实际工程中往往由于管道系统设计中的高点缺乏排放点而难以实现。所以改为向管道系统内注水过程中宜利用各管段高点的法兰、阀门、排气口、排液口等排净管道系统内的空气。亦即通过适当操作，将管道系统内的空气逐步排除。如果系统内存气过多，影响试压过程的稳定性，则可通过设计同意增设临时排气口，但试验合格后应及时将增设的临时排气口封闭。

9.1.12～9.1.17　是对试压过程、检查要求、合格标准、试压后排放和处理以及发现问题时的处置要求的规定，是保证试验过程安全和试验结果准确的必要条件。管道系统试压完毕，及时拆除临时盲板，并核对盲板加置记录是保证管道系统顺利进入试运阶段的重要措施，必须认真实施。

9.1.18　对于不能进行系统水压或气压试验的管道系统，又不具备免除压力试验的条件时，本标准规定可以采取分段试压的方法。如果分段试压后连接两段之间的接口焊缝经过 100%射线检测合格，则可不再进行整体系统压力试验。

9.1.19　免除压力试验时，需设计单位进行确认。对于有毒、可燃介质管道设计单位应确保管道在各种工况下满足柔性设计的要求。“所有与受压元件连接的焊接接头”不仅包括施工单位焊接的符合表 8.5.7 的对接、角接和支管连接接头，还包括管道组成件上的所有焊接接头。敏感性泄漏试验方法可采用本标准第 9.3.6、9.3.7 条中的任何一种方法，试验时，管道不能有包括底漆在内的任何防腐层和绝热层。

9.2　管道系统吹扫和清洗

9.2.1　管道系统压力试验之后，进行泄漏试验之前，按照工序应进行系统吹扫，以保证管道内部清洁。吹扫方法包括人工清扫、水冲洗、空气吹扫等，应根据管道用途、规格、内部清洁要求等具体选择。

9.2.2、9.2.3　规定吹扫前应具备的条件，其中吹扫方案应按照不同吹扫方法对吹扫顺序、介质流速、检查方法、合格标准、排放以及吹扫时的加固措施等提出了具体要求，并应提出吹扫流程图。如果施工单位没有合适的压缩机及相应的贮罐用于管道吹扫，宜利用生产装置的大型压缩机和贮罐。若是改、扩建工程，则可利用原装置已经投产运行的压缩机，若是新建工程，吹扫作业宜和压缩机负荷试车一并或之后进行。吹扫方案一般由建设单位编制或批准。

9.2.4～9.2.9　规定了吹扫的介质、条件和合格标准。

9.2.10　有特殊清洗要求的管道系统，是指系统酸洗、油冲洗、脱脂等特殊清洗作业。

9.3　泄漏试验

9.3.1　根据 GB/T 20801 的有关规定，本次修订明确泄漏试验包括气密性试验和敏感性泄漏试验。本条规定了泄漏试验的检查重点。

9.3.4　影响气体泄漏试验灵敏度的因素主要有试验压力、试验气体、起泡溶液、光照度等，从灵敏度角度看，由于气密性泄漏试验的压力比气泡泄漏检测（直接加压技术）的试验压力要高，在其他条件相同的情况下，其灵敏度要高于气泡泄漏检测。

9.3.5　规定了气密性泄漏试验的程序、检查方法和合格标准。d）款中可按最高操作压力或结合试车一并进行，是由于若硬性规定统一采用设计压力进行气密性泄漏试验，可能会造成管道系统中安全泄放装置无法承受设计压力，较高的试验压力在一些新建项目中可能造成气源无法解决，从而失去操作性。综合多年的气密性试验经验，只要严格按照试车方案的要求进行试验和检查，可以确保管道系统的严密性要求。

9.3.6～9.3.7　根据 GB/T 20801 有关规定，明确了敏感性泄漏试验的方法和要求。一般认为气泡泄漏试验时选择中性发泡剂，所形成的气泡不会因为空气干燥或较低的表面张力而迅速破裂，有较高的试验灵敏度，可以达到 10^{-5}Pa·m^3/s 数量级水平；氨泄漏检测的灵敏度可达到 10^{-9}Pa·m^3/s 数量级，卤素二极管泄漏检测的灵敏度在 10^{-7}Pa·m^3/s～10^{-5}Pa·m^3/s 的范围，氦质谱仪泄漏检测的灵敏度可达到 10^{-10}Pa·m^3/s 数量级。

9.4　真空度试验

9.4.2　真空度试验要求在温度变化较小的环境中进行的目的是减少环境温度对真空试验的影响，保证试验的准确性。真空度试验时还应测量环境温度的变化。

10　施工过程技术文件和交工技术文件

10.1～10.5　根据 SH/T 3503—2017 及 SH/T 3543—2017 的相关要求做了修订。

SH/T 3501—2021

中 华 人 民 共 和 国
石 油 化 工 行 业 标 准
石油化工有毒、可燃介质钢制管道工程施工及验收规范
SH/T 3501—2021
*
中国石化出版社出版发行
地址：北京市东城区安定门外大街 58 号
邮编：100011　电话：（010）57512500
石化标准编辑部电话：（010）57512453
发行部电话：（010）57512575
http://www.sinopec-press.com
E-mail:press@sinopec.com
北京艾普海德印刷有限公司印刷

*
开本 880×1230　1/16　印张 4　字数 106 千字
2022 年 3 月第 1 版　2022 年 3 月第 1 次印刷
*
书号：155114・2059　定价：70.00 元
（购买时请认明封面防伪标识）