

内蒙古自治区地方标准

DB15/T 4179—2025

输氢管道工程施工规范

Specification for construction of hydrogen transmission pipeline
engineering

2025-08-29 发布

2025-09-29 实施

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 2

4 总体要求 2

5 施工准备 3

 5.1 技术准备 3

 5.2 人力资源准备 3

 5.3 机具、设备准备 3

 5.4 材料准备 3

 5.5 现场准备 3

6 材料及设备 4

 6.1 通用要求 4

 6.2 检验及处理 4

 6.3 装卸 6

 6.4 运输 6

 6.5 储存 7

7 线路工程 7

 7.1 通用要求 7

 7.2 交接桩及移桩 7

 7.3 测量放线 8

 7.4 施工作业带清理及施工便道修筑 8

 7.5 管沟开挖 8

 7.6 布管 10

 7.7 管口组对 10

 7.8 管道防腐补口、补伤 11

 7.9 管道下沟及回填 11

 7.10 管道穿越、跨越工程 12

 7.11 管道连头 13

 7.12 管道附属工程 13

 7.13 质量验收 14

8 站场工程 24

 8.1 通用要求 24

 8.2 下料与加工 25

 8.3 管道安装 25

 8.4 管沟开挖、下沟与回填 27

8.5	防腐.....	27
8.6	质量验收.....	28
9	焊接及检验.....	34
9.1	基本要求.....	34
9.2	现场焊接.....	35
9.3	焊接质量检验.....	37
9.4	质量验收.....	38
10	清管（吹扫）、试压、干燥.....	40
10.1	通用要求.....	40
10.2	线路清管、试压.....	40
10.3	站场及阀室吹扫、试压.....	41
10.4	管道干燥.....	43
10.5	质量验收.....	43
11	健康、安全与环保.....	45
12	工程交工验收.....	46
12.1	质量验收.....	46
12.2	竣工验收.....	47
附录 A（规范性）	单位工程、分部工程、分项工程和检验批划分.....	49
附录 B（规范性）	单位、分部、分项工程和检验批质量验收记录.....	51
附录 C（资料性）	常用硬度对照表	56
附录 D（规范性）	低温环境管道焊接施工技术措施.....	57
附录 E（规范性）	站场、阀室工艺管道管端推荐坡口型式及组对尺寸.....	58
附录 F（资料性）	低温环境清管试压干燥施工推荐性做法.....	60

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由内蒙古自治区能源局提出并归口。

本文件起草单位：内蒙古蒙氢管网有限公司、中国石油天然气管道第二工程有限公司、内蒙古自治区质量和标准化研究院。

本文件主要起草人：张海龙、郝春雨、张燕娜、杨湄、张志强、毕力格、段斌、贾向春、刘琨、陈化昀、吴建、靳海成、张振永、吕向阳、韩国华、赵立前、王兴文、白利行、谌贵宇、杨叠、李献军、汤晓舒、曹健、郑文跃、宿成、李丽红。

输氢管道工程施工规范

1 范围

本文件规定了施工准备、材料及设备、线路施工、站场工艺管道施工、焊接与检验、清管（吹扫）、试压、干燥、健康、安全与环保、工程交工验收的要求。

本文件适用于输送氢气管道和氢气摩尔分数含量大于99%及以上的绿氢输气管道新建、扩建工程的施工。掺氢管道和炼油、化工等企业厂区内氢气管道及气源端和用户端管道的建设施工管理，不适用于本文件。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 3965 熔敷金属中扩散氢测定方法

GB/T 8923.1 涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第1部分：未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级

GB/T 9125.1 钢制管法兰连接用紧固件 第1部分：PN系列

GB/T 9125.2 钢制管法兰连接用紧固件 第2部分：Class系列

GB/T 20801.4 压力管道规范 工业管道 第4部分：制作与安装

GB/T 21246 埋地钢质管道阴极保护参数测量方法

GB/T 21448 埋地钢质管道阴极保护技术规范

GB/T 23257 埋地钢质管道聚乙烯防腐层

GB/T 26480 阀门的检验和试验

GB/T 31032 钢质管道焊接及验收

GB/T 34275 压力管道规范 长输管道

GB/T 38751 热处理件硬度检验通则

GB/T 39255 焊接与切割用保护气体

GB 50177 氢气站设计规范

GB 50203 砌体结构工程施工质量验收规范

GB 50204 混凝土结构工程施工质量验收规范

GB 50231 机械设备安装工程施工及验收通用规范

GB 50235 工业金属管道工程施工规范

GB 50369 油气长输管道工程施工及验收规范

GB 50424 油气输送管道穿越工程施工规范

GB 50460 油气输送管道跨越工程施工规范

GB 50540 石油天然气站内工艺管道工程施工规范

GB/T 50818 石油天然气管道工程全自动超声波检测技术规范

GB/T 51241 管道外防腐补口技术规范

JB/T 3223 焊接材料质量管理规程
SY/T 0043 石油天然气工程管道和设备涂色规范
SY/T 0452 石油天然气金属管道焊接工艺评定
SY/T 0516 绝缘接头与绝缘法兰技术规范
SY/T 4102 阀门检验与安装规范
SY/T 4109 石油天然气钢质管道无损检测
SY/T 4115 油气输送管道工程施工组织设计编制规范
SY/T 4126 油气输送管道线路工程水工保护施工规范
SY/T 6064 油气管道线路标识设置技术规范
SY/T 6854 埋地钢质管道液体环氧外防腐层技术标准
SY/T 6882 石油天然气建设工程交工技术文件编制规范
SY/T 7820 输氢管道工程设计规范
SY/T 7821 石油天然气建设工程施工质量验收规范 钢制管道防腐工程
TSG ZF001 安全阀安全技术监察规程
YB/T 4285 采用便携式硬度计测试金属压痕硬度的试验方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

输氢管道 hydrogen transmission pipeline

专指本文件适用范围内的绿氢输气管道。

3.2

绿氢 green hydrogen

由太阳能、风能等可再生能源电解水制造的氢。

3.3

连头焊 tie-in welding

将两个相邻固定管道连接在一起的最后1道或2道焊口的焊接作业。

4 总体要求

- 4.1 承担输氢管道工程施工的施工单位，应具有相应的资质。
- 4.2 施工单位应具有健全的质量管理体系、职业健康安全管理体系、环境管理体系文件且有效运行，并取得相应的认证证书。
- 4.3 特种作业人员和特种设备作业人员应具有相应的有效资格证书。
- 4.4 施工单位应配备满足需要、检定合格或校准的计量器具，并应在有效期内使用。
- 4.5 输氢管道工程的施工质量控制应符合下列规定：

- a) 输氢管道工程采用的主要材料、设备及半成品、成品、构配件、器具等应具有相应的质量证明文件, 应进行进场验收, 并经监理工程师检查认可; 凡涉及结构安全、节能、环境保护和重要使用功能的有关产品、材料, 应按各专业工程质量验收标准和设计文件等规定进行复验;
- b) 施工过程中, 不同的相关专业或不同施工单位之间应办理交接验收手续, 按规定形成记录, 并经监理工程师检查认可;
- c) 各施工工序应按施工技术标准进行质量控制, 每道工序完成后, 经施工单位自检合格, 并按有关规定形成记录, 方可进行下道工序施工;
- d) 对监理单位提出检查要求的工序, 应经监理工程师查认可, 方可进行下道工序施工。

5 施工准备

5.1 技术准备

5.1.1 施工组织设计

5.1.1.1 开工前, 施工单位应编制工程项目施工组织设计。

5.1.1.2 施工组织设计的编写内容、深度、程序及审批应符合 SY/T 4115 的规定。

5.1.2 技术交底

5.1.2.1 施工单位应参加建设单位组织的图纸会审与设计交底。

5.1.2.2 施工单位应组织技术交底, 填写技术交底记录并签字存档。

5.1.2.3 开工前, 建设单位应以文件的形式明确单位工程划分、交工技术文件和记录, 技术文件的编制应符合 SY/T 6882 的有关规定。单位工程划分应符合附录 A 的规定。

5.2 人力资源准备

5.2.1 施工单位应根据合同约定、工程特点和要求, 建立项目组织机构, 合理配备管理人员、技术人员、操作人员。项目经理、安全员等项目管理人员应具有法规规定的资格证书。

5.2.2 施工单位应针对工程技术特点, 编制培训计划和施工作业指导书, 组织操作人员进行岗位培训。焊工应通过上岗培训并考试合格。

5.2.3 开工前, 应完成施工人员的进场报验。

5.3 机具、设备准备

5.3.1 应配置满足工程需要的施工机具, 并完成施工机具、设备的检修维护。

5.3.2 应完成具体工程的专用施工机具制作。

5.3.3 开工前, 完成机具、设备的进场报验。

5.4 材料准备

5.4.1 材料供应范围应符合施工合同规定。

5.4.2 根据施工进度计划, 宜编制工程材料需求计划。

5.4.3 主要材料的储存数量宜满足连续作业需求。

5.4.4 工程材料进场前应完成进场报验。

5.5 现场准备

5.5.1 办理施工手续。

- 5.5.2 完成施工用水、电、路、通信、场地平整和施工临设工作。
- 5.5.3 确定物料运输方案。
- 5.5.4 了解施工场地与相邻工程、建（构）筑物、地下埋设物和农田水利等的关系。
- 5.5.5 调查可利用的电源、动力、通信、消防、劳动力、生活供应及医疗卫生条件。
- 5.5.6 调查施工中对自然生态环境、生活环境的影响及采取的措施。

6 材料及设备

6.1 通用要求

- 6.1.1 工程所用材料及设备的材质、规格和型号应符合设计要求，其质量应符合国家、行业标准的规定，且应具有质量证明文件。
- 6.1.2 材料的验收应由施工单位与工程监理等在进场时共同进行，应当按照相关规范的规定进行材料的检验或复验；材料的复验应在监理的见证下取样，并应委托有资质的第三方检验机构进行检验，出具检验报告。
- 6.1.3 相关方对材料的质量有异议时可进行复验。
- 6.1.4 材料验收记录宜分类、分项填写。

6.2 检验及处理

6.2.1 钢管与防腐管

- 6.2.1.1 管材的质量、规格与标志，应符合技术规格书及国家和行业相关标准的规定。
- 6.2.1.2 施工单位应对钢管壁厚、椭圆度及防腐涂层进行外观检查，表面不应有裂纹、结疤、褶皱以及其他深度超过公称壁厚偏差的缺陷，检查及处理应按照 GB 50369 的相关规定执行。
- 6.2.1.3 防腐管检查验收及处理应符合下列规定：
 - a) 检查出厂检验合格证，应齐全、清晰；
 - b) 防腐层外观应完整、光洁、无损伤；
 - c) 管端防腐留口尺寸应符合设计文件的规定，管口应无损伤，每根管两端宜有管口保护圈；
 - d) 防腐管标识（管径、壁厚、材质、管长、防腐等级、出厂编号）应完整、清晰可辨认；
 - e) 检验合格的防腐管应按指定位置堆放，堆放高度应满足钢管不变形的条件。验收不合格的防腐管应另行堆放，并报现场监理核实处理。

6.2.2 焊接材料

- 6.2.2.1 焊接材料的检查、验收、复检应符合 GB/T 34275 和 SY/T 7820 的规定。
- 6.2.2.2 填充金属和焊剂的质量管理、保管和使用应符合 JB/T 3223 的规定。
- 6.2.2.3 焊接用气体产品质量应符合 GB/T 39255 规定，并满足下列要求：
 - a) 二氧化碳气体纯度应不小于 99.5%，含水量体积分数应不大于 120×10^{-6} ，减压气表应具备恒温加热功能；
 - b) 碳钢、低合金钢等材料焊接时氩气纯度应不低于 99.96%，不锈钢焊接时氩气纯度不应小于 99.99%，含水量体积分数应不超过 40×10^{-6} ；
 - c) 氩气与二氧化碳混合气中二氧化碳的混合比例偏差应不大于二氧化碳气体体积比的 10%，含水量体积分数应不超过 80×10^{-6} ；
 - d) 氩气的停用压力应不小于 0.5MPa，二氧化碳气体、混合气体的停用压力应不低于 0.98MPa。

6.2.3 防腐材料

6.2.3.1 防腐材料的质量、规格与标志，应符合相应材料的国家、行业标准规定。

6.2.3.2 防腐材料的检验应符合下列要求：

- a) 防腐材料包装应符合设计要求；
- b) 随货到达的材料合格证、说明书、质量证明书、检验报告应齐全，质量、内容应符合设计要求；
- c) 防腐材料应按照 GB/T 51241 的规定进行复验，其各项指标应符合设计要求及国家、行业标准的要求。复验不合格时，应按取样数目加倍抽检；如仍不合格，不应使用。

6.2.4 管件、紧固件

6.2.4.1 管件的外观质量、规格与标志，应符合相应材料的国家、行业标准的规定。

6.2.4.2 管件应具有出厂合格证、质量证明书；热煨弯管、弯头、冷弯弯管端部应标注弯曲角度、管径、壁厚、压力等级、曲率半径及材质；三通应标注主、支管管径级别、材质和压力等级；异径管应标注管径级别、材质和压力等级；绝缘接头应标注公称直径、压力等级和材质。凡标注不明或不符合设计要求的管件，不应使用。

6.2.4.3 现场检查各种管件尺寸应符合设计文件要求，设计无要求时应符合 GB 50540 的规定。

6.2.4.4 紧固件技术要求应满足设计文件要求，设计无要求时符合 GB/T 9125.1 和 GB/T 9125.2 的有关紧固件的硬度规定。对紧固件的螺栓、螺柱和螺母应进行硬度检查，每批中各抽取两个，不合格时加倍检查；仍有不合格时，逐个检查，不合格者不应使用。

6.2.5 阀门

6.2.5.1 阀门安装前，应依据 GB 50540、GB/T 26480 进行外观检查、阀门启闭检查及压力试验，阀门试验前逐个进行外观检查，其外观质量应满足下列要求：

- a) 阀体、阀盖、阀外应表面无气孔、砂眼、裂纹等；
- b) 垫片、填料应满足介质要求，安装应正确；
- c) 丝杆、手轮、手柄应无毛刺、划痕，且传动机构操作灵活、指示正确；
- d) 铭牌应完好无缺，标识清晰完整；
- e) 备品备件应数量齐全、完好无损。

6.2.5.2 对驻厂监造且已见证合格，并有试验合格报告的阀门，经建设单位同意，现场可免除安装前水压试验。

6.2.5.3 试压合格的阀门，应及时排尽内部积水和污物，密封面应涂防锈油，关闭阀门，封闭进出口，做好标记。

6.2.6 绝缘接头（绝缘法兰）

6.2.6.1 绝缘接头（绝缘法兰）应符合 SY/T 0516 的规定，绝缘接头（绝缘法兰）应标注公称直径、压力等级和材质。外观无裂纹、重皮、伤痕、毛刺、砂眼及气孔；端部垂直，坡口后端部内径与连接管内径一致，其端部直径偏差按照表 1 执行，绝缘接头本体内径不大于连接管内径的 2%。出厂时端部配备防尘管帽。

表1 允许偏差

公称直径 DN mm	端部直径偏差 mm	最小壁厚	圆度	异径管长度 mm	管帽长度 mm
15~65	≤1.0	公称壁厚 的 95%	2%DN	±2.0	±3.0
80~90	≤1.0			±2.0	±3.0
100	≤1.0			±2.0	±3.0
125~200	≤1.5			±2.0	±6.0
250~450	≤1.5			±2.0	±6.0
500~600	≤3.2			±2.0	±6.0
650~750	≤3.2			±5.0	±10
800~1200	≤3.2			±5.0	±10
1300~1500	≤3.2			±10.0	±10

6.2.6.2 绝缘接头安装前，应进行水压试验。试验压力应为设计压力的 1.5 倍，稳压时间应为 5 min，无泄漏为合格。试压后应清除残余水，应采用 1000 V 兆欧表进行绝缘电阻检测，绝缘电阻值应大于 20 MΩ。

6.2.6.3 当绝缘接头进行驻厂监造，且出厂前已进行水压试验时，现场可免除安装前水压试验。

6.2.7 设备

6.2.7.1 设备应完好，安装尺寸和接口尺寸等参数应符合设计文件要求。设备内零部件应符合设计文件要求。

6.2.7.2 对设备接口、法兰应进行检查并予以保护。

6.2.7.3 撬装设备应满足下列要求：

- a) 制造厂应随机携带使用说明书、强度和严密性试验记录以及无损检测报告；
- b) 撬装设备内控制箱、仪表、管路、阀门、元器件应满足设计文件要求；
- c) 撬体在现场单独组装后应进行严密性试验。

6.3 装卸

6.3.1 防腐管装卸不应损伤管口及防腐层，应使用专用吊具，吊具应有足够的强度，弯管应采取吊管带装卸。

6.3.2 防腐管装卸时，各工种应执行操作规程，轻吊轻放，不应摔、撞、磕、碰。

6.3.3 在吊装过程中，防腐管与吊绳的夹角不应小于 30°。吊装时应有专人指挥，起吊和装卸管时应轻起轻放，不应摔碰和使用撬杠滚滑卸车。

6.3.4 工艺设备及阀门装卸应符合其说明书的要求。

6.4 运输

6.4.1 防腐管装运前，应逐根检查验收防腐管的数量、防腐层质量情况及出厂检验合格证。

6.4.2 经检验合格的防腐管应由各方参加检验人员在交接单上签字确认，验收不合格的防腐管不应装运。

- 6.4.3 运管车拖车与驾驶室之间应有止推挡板，立柱应齐全，运管车底部应有运管专用支架，支架与防腐管接触面应垫橡胶板。
- 6.4.4 运管车驾驶人员应执行交通管理部门的有关规定，控制车速、匀速行驶。
- 6.4.5 阀门宜原包装运输，应固定牢固。

6.5 储存

6.5.1 验收合格的防腐管，应分规格、材质分层码垛分开堆放，堆放高度应保证防腐管不失稳变形。底层两端垫枕木或砂袋，并加防滚滑楔子，垫起高度不应低于 200 mm。防腐管与防腐管之间宜垫橡胶板或草袋等软质材料。防腐管露天存放时间不应超过 3 个月，若需存放 3 个月以上时，应用不透明的遮盖物对防腐管加以保护。防腐管的允许堆放层数应符合表 2 的规定。

表2 防腐管允许堆放层数

公称直径	DN<200	200≤DN<300	300≤DN<400	400≤DN<600	600≤DN<800	800≤DN<1200	DN≥1200
堆放层数	≤10	≤8	≤6	≤5	≤4	≤3	≤2

- 6.5.2 验收合格的管件应分类存放，保证管件的坡口不受损伤。弯头、弯管、三通、异径管可露天存放，但应采取防锈、防变形措施。绝缘接头、绝缘法兰、法兰、垫片、盲板、应存放在库房中并加以保护，并应保证法兰的结合面不受损伤。
- 6.5.3 管道组成件及管道支撑件在施工过程中应妥善保管，不应混淆或损坏，其色标或标记应明显清晰。材质为不锈钢、有色金属的管道组成件及管道支撑件，在储存期间不应与碳素钢接触。暂时不能安装的管道，应封闭管口。
- 6.5.4 验收合格的阀门宜原包装存放，存放时采取防潮措施。
- 6.5.5 验收合格的防腐材料应堆放在通风良好的库房内。
- 6.5.6 易燃、易爆物品的库房应按相关标准配备消防灭火器材。

7 线路工程

7.1 通用要求

- 7.1.1 线路工程的施工工序流程宜为：交接桩及移桩—测量放线—施工作业带清理及施工便道修筑—管沟开挖—布管—管口组对、焊接及验收—管道防腐补口补伤—管道下沟及回填—管道清管、测径及试压—管道连头—管道干燥—管道附属工程。
- 7.1.2 线路施工应符合 SY/T 7820 及 GB 50369 的相关规定。

7.2 交接桩及移桩

- 7.2.1 现场交接桩工作应由建设单位或监理单位组织，设计单位、施工单位及有关单位人员参加。
- 7.2.2 现场交接桩内容应包括：线路控制桩、沿线路设置的临时性、永久性水准点。线路控制桩应与施工图纸对应交接，两者应准确对应，控制桩上应注明桩号、里程、高程、转角角度。站场和阀室的控制桩应在线路交接桩时确定。
- 7.2.3 交桩前丢失的控制桩和水准点应由设计单位进行补桩恢复，恢复后进行交接。施工单位接桩后应采取保护桩措施，对水准点、控制桩进行保护并设标志物。
- 7.2.4 在管沟开挖前，管道中心线划线后，宜将管道中心线上的所有桩移至作业带组装焊接一侧边界线内 1 m 的位置。
- 7.2.5 宜采用与管道轴线等距平行移动的方法移桩，转角桩应按转角的角平分线方向移动。对于移桩

困难的地段，可采用增加引导桩、参照物标记等方法测定原位置。

7.3 测量放线

- 7.3.1 测量放线应符合设计文件要求。
- 7.3.2 施工单位应依据线路平面、断面图、设计控制桩、水准标桩进行测量。
- 7.3.3 施工作业带边界线宜在作业带清理前放出，线路中心线宜在管沟开挖前放出。
- 7.3.4 测量放线时，施工单位应对沿线地下构筑物进行核实，当与地下构筑物交叉时，应在该交叉范围两端作出明显标记。

7.4 施工作业带清理及施工便道修筑

- 7.4.1 施工作业带清理宽度与修筑施工便道应符合设计文件要求。
- 7.4.2 施工作业带通过农田灌溉沟渠、山区排水冲沟时，应采取埋设涵管等临时通水措施。
- 7.4.3 沙漠地区施工作业带清理时，应结合地形、地貌及管道安装施工方法确定扫线宽度和深度。
- 7.4.4 施工便道的修筑，宜利用现有的道路。
- 7.4.5 施工便道应平坦，并具有足够的承载能力，应能保证施工车辆和设备的行驶安全。
- 7.4.6 施工便道经过河流、沟渠时，可采取修筑临时性桥涵或加固原桥涵等措施，桥涵承载能力应满足运管及设备搬迁的要求。

7.5 管沟开挖

- 7.5.1 管沟的开挖深度应符合设计文件要求。侧向斜坡地段的管沟深度，应按管沟横断面的低侧深度计算。
- 7.5.2 管沟边坡坡比应满足设计文件要求。当设计文件无要求时，管沟边坡坡比应根据土壤类别、力学性能和管沟开挖深度确定。
- 7.5.3 深度在 5 m 以内管沟的最陡边坡的坡比宜按照表 3 确定。

表3 深度在 5 m 以内管沟的最陡边坡坡比

土壤类别	最陡边坡坡比 i		
	坡顶无载荷	坡顶有静载荷	坡顶有动载荷
中密的砂土	1: 1.00	1: 1.25	1: 1.50
中密的碎石类土 (填充物为砂土)	1: 0.75	1: 1.00	1: 1.25
硬塑的粉土	1: 0.67	1: 0.75	1: 1.00
中密的碎石类土 (填充物为黏性土)	1: 0.50	1: 0.67	1: 0.75
硬塑的粉质黏土、黏土	1: 0.33	1: 0.50	1: 0.67
老黄土	1: 0.10	1: 0.25	1: 0.33
软土 (经井点降水)	1: 1.00	—	—
硬质岩	1: 0	1: 0	1: 0
冻土	1: 0.33	1: 0.33	1: 0.33
注1: 当季节冻土发生融化时, 依据现场试验确定其坡比。			
注2: 冻土地区, 依据冻土可能的变化趋势及土壤特性经现场试挖确定边坡坡度值。			
注3: 水网地区管沟开挖时, 依据现场试验确定其坡比。			

7.5.4 深度超过 5 m 的管沟，边坡开挖根据实际情况，可采取放缓边坡、支撑或阶梯式开挖等措施。

7.5.5 管沟沟底宽度应根据管道外径、开挖方式、组装焊接工艺及工程地质等因素确定。深度在 5 m 以内管沟沟底宽度应按照公式（1）确定：

$$B = Dm + K \cdots \cdots (1)$$

式中：

B ——沟底宽度，单位为米（m）；

Dm ——钢管的结构外径（包括防腐、保温层的厚度），单位为米（m）；

K ——沟底加宽余量，单位为米（m），应按照表 4 取值。

表4 沟底加宽余量 K 值

单位为米

条件因素		沟上焊接				沟下焊条电弧焊接			沟下半自动焊接处管沟	沟下焊接热煨弯管、弯管及连头处管沟	沟下自动焊焊接处、焊接弯管及连头处管沟
		土质管沟		岩石爆破管沟	热煨弯管、冷弯管处管沟	土质管沟		岩石爆破管沟			
		沟中有水	沟中无水			沟中有水	沟中无水				
K 值	沟深 3 m 以内	0.7	0.5	0.9	1.5	1.0	0.8	0.9	1.6	2.0	3.0
	沟深 3 m~5 m	0.9	0.7	1.1	1.5	1.2	1.0	1.1	1.6	2.0	3.0
注：当采用机械开挖管沟时，计算的沟底宽度小于挖斗宽度时，沟底宽度按挖斗宽度计算。											

7.5.6 一般地段管沟宜将挖出的土石方堆放到焊接施工对面一侧，堆土应距沟边不小于 1 m。

7.5.7 管沟开挖完毕后，应进行自检和组织验收。管沟验收应符合下列规定：

a) 直线段管沟应顺直，管沟中心线偏移小于 150 mm，曲线段管沟应圆滑过渡，曲率半径应满足设计要求；

b) 沟底标高、沟底宽度、变坡点位移的允许偏差应符合表 5 的规定；

表5 沟底标高、沟底宽度、变坡点位移的允许偏差

单位为毫米

项目	允许偏差
沟底标高	50 -100
沟底宽度	-100
变坡点位移	<1000

c) 石方段管沟沟壁不应有欲坠的石头，沟底不应有石块。

7.5.8 石方、砾石地段的管沟，应按设计管底标高超挖 300 mm，并对超挖部分用细土压实填平。

7.5.9 冻土地区管沟开挖应按照设计文件要求，并根据冻土深度和施工条件确定开挖方式，季节冻土、多年冻土地区管沟开挖、管沟回填作业应根据水文地质条件确定施工时机。

7.5.10 沙漠地区管沟开挖，宜采用多台机械纵推横移的开挖方法。

7.5.11 爆破开挖管沟宜在布管前完成。爆破作业应由有爆破资质的单位承担。爆破作业应制定安全措施，规定爆破安全距离，不应威胁到附近居民、行人，以及地上、地下设施的安全。对于可能受到影响

的重要设施，应事前通知有关部门和人员，采取安全保护措施后方可爆破。

7.6 布管

7.6.1 应按设计图纸规定的钢管材质、规格和防腐层等级布管。布管前宜测量管口周长、直径，进行管口匹配。

7.6.2 布管作业时，采用吊装设备的能力应满足作业要求，且吊具应为起重专用吊具。

7.6.3 沟上布管及组装焊接时，应符合下列要求：

a) 管道的边缘至管沟边缘应保持足够的安全距离，其值应符合表 6 的规定；

表6 管道边缘与管沟边缘的安全距离

土壤类别	干燥硬实土	潮湿软土
安全距离	$\geq 1.0 \text{ m}$	$\geq 1.5 \text{ m}$

b) 管墩中心（组装管道中心）至管沟中心（线路中心）的距离应按照公式（2）、公式（3）计算。

$$S \geq Dm + \frac{K}{2} + a + y \cdots \cdots (2)$$

$$a = \frac{h}{i} \cdots \cdots (3)$$

式中：

- S ——管墩（组装管线）中心至管沟（线路）中心的距离，单位为米（m）；
- Dm ——钢管的结构外径，单位为米（m）；
- K ——沟底加宽余量，单位为米（m），应按照表 3 取值；
- a ——管沟边坡的水平投影距，单位为米（m）；
- y ——安全距离，单位为米（m），应按照表 6 取值；
- h ——沟深，单位为米（m）；
- i ——边坡坡度，应按照表 3 取值。

7.6.4 布管应在施工作业带管道组装一侧进行。将防腐管布放在设置好的管墩上，管与管应首尾相接，相邻两管口宜错开一倍管径距离，成锯齿布置，也可每三根管一组布置。

7.6.5 在坡地布管，应采取防止滚管、滑管的措施。

7.6.6 吊管机布管吊运时，宜单根管吊运。进行双根或多根管吊运时，应采取有效的防护措施。

7.7 管口组对

7.7.1 管口组对的坡口型式应符合焊接工艺规程的规定。

7.7.2 使用外对口器时，当根焊完成管道周长的 50%以上且均匀分布时才能拆除对口器；使用内对口器时，当根焊全部完成后才能拆除对口器。

7.7.3 管道组对应符合表 7 的规定。

表7 管道组对规定

序号	检查项目	规定要求
1	管内清扫	无污物
2	管口清理（10 mm 范围内）和修口	管口完好无损，无铁锈、油污、油漆、毛刺
3	管端直缝余高打磨	端部 10 mm 范围内余高打磨掉，并平缓过渡；采用自动超声波检测时，端部不少于 150 mm 范围内余高应打磨掉
4	两管口直缝间距	错开间距大于或等于 100 mm
5	错边和错边校正要求	小于或等于 1/8 壁厚和 3 mm 之间较小值，且连续 50 mm 范围内局部最大不应大于 3 mm，错边沿周长应均匀分布
6	钢管短节长度	不应小于管子外径值且不应小于 0.5 m
7	钢管对接角度偏差	不应大于 3°
8	弯管	弯管弯曲段不允许切割使用

- 7.7.4 管口组对完毕，应进行对口质量自检。
- 7.7.5 每日作业结束后应将管线端部管口临时封堵。遇水及沟下焊管线应采取防水、防漂管措施。
- 7.8 管道防腐补口、补伤
- 7.8.1 管道无损检测合格后，应及时进行防腐补口。补口补伤材料应符合设计文件要求。
- 7.8.2 补口施工前，应编制补口施工工艺预规程，并应进行工艺评定试验，根据合格的评定试验报告编制补口施工工艺规程，补口施工作业应按照补口施工工艺规程进行。
- 7.8.3 钢管、弯管、弯头的防腐，现场防腐补口、补伤施工应符合设计要求和 GB/T 51241、GB/T 23257 的规定。

7.9 管道下沟及回填

7.9.1 管道下沟

- 7.9.1.1 管线的焊接、无损检测、补口完成后，应及时下沟。下沟前，管段两端应安装活动盲板或焊接临时盲板。不能及时下沟时，应采取措施防止滚管。一个作业（机组）施工段，沟上放置管道的连续长度不应超过 10 km。
- 7.9.1.2 管道下沟前，应复查管沟深度及沟底平整度，清除沟内塌方、石块、积水等。管道下沟时，应避免与沟壁刮碰，必要时应在沟壁突出位置上垫木板或草袋。
- 7.9.1.3 管道应使用吊管机等起重设备进行下沟，不应使用推土机或撬杠等非起重机具。吊具应使用尼龙吊带或橡胶辊轮吊篮，不应直接使用钢丝绳。当采用吊篮下沟时，应使用吊管机下沟，起吊高度以 1m 为宜，吊管机使用数量不应少于 3 台。管道下沟吊点间距应符合表 8 的规定。

表8 管道下沟吊点间距

钢管公称直径 mm	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800	900	1000	1200
允许最大间距 m	6	9	12	13	15	16	17	18	19	21	23	24	25	26	28

7.9.1.4 管道下沟过程中，应使用电火花检漏仪按设计要求的检漏电压检查防腐层，重点检查管线底部和防腐管与支墩接触部位的防腐层，如有破损或针孔应及时修补。

7.9.1.5 下沟的管道应放到管沟中心位置，距管沟中心线的偏差应小于 150 mm。管道壁和管沟壁之间的间隙不应小于 150 mm。管道应与沟底贴合，局部悬空应用细土填塞密实。

7.9.1.6 管道下沟应根据管沟稳定性、地面承载力、管径、地形、吊装设备能力情况、可实施性等因素选择吊装下沟、沉管下沟或沟内焊接方式。碎石、卵砾石、石方地段不应采用沉管下沟方式；对于沙漠、砂土、软土等其他土方地段，经技术经济论证后，可采用沉管下沟方式。沉管下沟具体应执行设计文及 GB/T 34275 的相关规定。

7.9.2 管沟回填

7.9.2.1 管沟回填前宜完成阴极保护测试引线焊接，并引出地面。

7.9.2.2 管沟回填后，应将弃渣弃土运输到指定的地点。

7.9.2.3 石方、戈壁或冻土段管沟应先回填细土至管顶上方 300 mm，后回填原土石方。细土的最大粒径不应大于 20 mm，原土石方最大粒径不应大于 250 mm。剥离的表层耕植土应回填到地表面。

7.9.2.4 对于回填后可能遭受洪水冲刷或浸泡的管沟，应采取压实管沟、引流或压砂袋等防冲刷和防管道漂浮的措施。

7.9.2.5 黄土质地段管沟回填应按设计要求做好垫层及夯实。

7.9.2.6 陡坡地段管沟回填宜采取袋装土分段回填。

7.9.2.7 管道下沟的端部预留长度应符合下列规定：

a) 当公称直径大于或等于 800 mm 时，端部预留长度宜满足表 9 的规定；

表9 管道端部预留长度

公称直径 mm	管道轴线不一致偏差 °	最小单侧未回填长度 m
800~1000	1~4	50
	5	65
1200	1~4	60
	5	75
1400	1~4	70
	5	85

b) 当公称直径小于 800 mm 时，管沟应预留出 50 倍管径且不小于 30 m 管段长度暂不回填。

7.9.2.8 管沟回填土自然沉降密实后，一般地段自然沉降宜为 30 d，沼泽地段及地下水位高的地段自然沉降宜为 7 d，应对管道防腐层进行地面检漏，合格标准为每 10 km 不超过 5 个漏点，并按设计规定对防腐层漏点进行防腐补伤。

7.10 管道穿越、跨越工程

7.10.1 管道穿越工程的施工应符合 GB 50424、SY/T 7821 的有关规定。

7.10.2 管道跨越工程的施工应符合 GB 50460 的有关规定。

7.10.3 采用套管穿越的管道，当设计要求安装牺牲阳极时，应在穿入套管前完成，安装后应测量管道电位是否达到保护电位要求。输送管的绝缘支撑架应安装牢固，绝缘垫安装位置符合设计文件要求，绝

缘支撑架不应与阳极相连。

7.10.4 输送管穿入套管前,应进行隐蔽工程检查,套管内的污物应清扫干净。输送管防腐层检漏合格后方可穿入套管内,穿入后应用 500 V 兆欧表检测套管与输送管之间的绝缘电阻,其值应大于 2 M Ω 。检测合格后应按设计要求封堵套管的两端口。

7.10.5 穿越完成后套管与防腐管之间填充方式应满足设计要求。

7.10.6 管道穿越其他埋地管道、线缆时,应按国家有关规定及设计要求实施。

7.11 管道连头

7.11.1 管道连头所用钢管、弯头、弯管等材料材质、壁厚、防腐层、内涂层应符合设计要求。未经过试压的连头管段在安装前应进行试压。

7.11.2 连头口宜预留在地形、地质条件较好的直管段地段,不应预留在弯管、变壁厚、定向钻返平段等容易产生应力集中的地段。

7.11.3 连头处应设人行安全通道。作业面应平整、清洁、无积水,沟底比设计深度加深 500 mm~800 mm。

7.11.4 连头时应采用外对口器,不应强力组对。外对口器应在保证根焊道均匀对称完成 50%以上后撤离。对口支撑和吊具则应在根焊道全部完成后方可撤除。

7.11.5 无损检测合格后,应按要求进行防腐补口、补伤,经业主(或监理)确认合格后,应及时进行管沟回填。

7.12 管道附属工程

7.12.1 截断阀室及阀门安装

7.12.1.1 阀室工艺管道安装应符合第 8 章相关要求,阀室安装后应进行吹扫、试压,吹扫、试压应符合第 10 章的有关要求。

7.12.1.2 阀室土建基础工程应在埋地阀门安装完毕前进行;地面阀门及配管安装宜在阀室基础和阀门及管件基础施工完毕后进行。土建地面工程宜在阀门及配管安装后进行。

7.12.1.3 阀门安装前应熟悉阀门安装说明书,应按相关标准及制造厂家的说明书检查、安装阀门。对有流向标识的阀门,应按设计图纸标识的流向安装。阀室内埋地管道和阀门应在回填前进行电火花检漏,合格后方可回填。

7.12.1.4 管道穿越阀室墙体或基础的孔洞应按设计要求封堵,并应填塞不燃材料。

7.12.1.5 埋地管道和阀门周围应用细土回填,并分层夯实。

7.12.1.6 阀室施工完毕,应将施工废料、垃圾、油污及时清除干净。

7.12.2 线路阴极保护工程

7.12.2.1 线路阴极保护工程施工应符合 GB/T 21448 的有关规定。

7.12.2.2 施工前应根据设计图纸要求进行备料,所用材料、设备的规格型号应与设计图纸相符。

7.12.2.3 阴极保护测试桩安装位置和埋设及接线应符合设计要求。

7.12.2.4 测试桩引线与管道连接时,宜采用铝热焊接技术连接;连接处采用管道补伤材料进行防腐绝缘;连接处防腐处理并将测试引线固定后,顺管沟壁引出,回填时应用细土人工回填,以防碰断或砸坏引线。

7.12.2.5 测试桩埋设时,应分层夯实回填,确保桩体稳固;测试盒中接线安装和接线头表面不应有油污和氧化皮,测试盒门盖应启闭灵活,密封良好。测试桩标牌应注明桩的类型、编号和里程。

7.12.2.6 阴极保护投入运行前应对管道自然电位进行测试，运行后应对保护电位和保护电流进行测试，并做好记录，各参数的测量应符合 GB/T 21246 的有关规定。

7.12.3 标志桩、锚固墩、警示牌安装及警示带敷设

7.12.3.1 标志桩的设置以及标记内容与格式应符合设计要求和 SY/T 6064 的有关规定。

7.12.3.2 锚固墩预制件的尺寸、规格、材质应符合设计文件的要求。

7.12.3.3 警示牌的制作与安装应符合设计文件的要求。

7.12.3.4 警示带敷设应符合设计文件要求。

7.12.4 线路保护构筑物

7.12.4.1 施工单位应依据设计文件及 SY/T 4126 的有关规定进行施工。

7.12.4.2 线路保护构筑物应在管道下沟后及时进行施工，并宜在雨季（洪水）到来之前完成。对于影响施工安全的位置应预先施工。

7.13 质量验收

7.13.1 管沟开挖工程

7.13.1.1 主控项目

7.13.1.1.1 管沟中心线偏移应小于 150 mm。

检验数量：抽查10点（处）。

检验方法：用尺或经纬仪检查。

7.13.1.1.2 沟底标高允许偏差应为-100 mm~+50 mm。

检验数量：抽查10点（处）。

检验方法：用尺及水准仪测量。

7.13.1.2 一般项目

7.13.1.2.1 沟底宽度允许偏差为-100 mm。

检验数量：抽查10点（处）。

检验方法：用尺检查。

7.13.1.2.2 变坡点位移应小于 1000 mm。

检验数量：抽查10点（处）。

检验方法：用尺检查。

7.13.1.2.3 直线段管沟应顺直。

检验数量：抽查10点（处）。

检验方法：目测检查。

7.13.1.2.4 曲线段管沟应圆滑过渡，曲率半径应满足设计要求。

检验数量：抽查10点（处）。

检验方法：用尺及经纬仪检查及目测检查。

7.13.1.2.5 石方段管沟沟壁不应有欲坠的石头，沟底不应有石块。

检验数量：抽查10点（处）。

检验方法：目测检查。

7.13.2 管口组对工程

7.13.2.1 主控项目

7.13.2.1.1 防腐管、管件的材质、规格及质量应符合 GB 50369 的规定和设计要求。

检验数量：全数检查。

检验方法：检查质量证明文件。

7.13.2.1.2 管口组对的坡口型式应符合焊接工艺规程的规定。

检验数量：抽查10点（处）。

检验方法：用焊接检验尺检查。

7.13.2.2 一般项目

7.13.2.2.1 管内清扫应无污物。

检验数量：抽查10点（处）。

检验方法：目测检查。

7.13.2.2.2 管口应完好无损，管口清理（10 mm 范围内）应无铁锈、油污、油漆、毛刺。

检验数量：抽查10点（处）。

检验方法：目测检查。

7.13.2.2.3 端部 10 mm 范围内余高打磨掉，并平缓过渡；采用自动超声波检测时，端部不少于 150 mm 范围内余高应打磨掉。

检验数量：抽查10点（处）。

检验方法：用尺检查及目测检查。

7.13.2.2.4 两管口螺旋焊缝或直缝错开间距应大于或等于 100 mm。

检验数量：抽查10点（处）。

检验方法：用卷尺检查。

7.13.2.2.5 两管口错边和错边校正要求小于等于壁厚的八分之一，且连续 50 mm 范围内局部最大不应大于 3 mm，错边应沿周长均匀分布。

检验数量：抽查10点（处）。

检验方法：用焊接检验尺测量。

7.13.2.2.6 钢管短节长度不应小于管子外径值且不应小于 0.5 m。

检验数量：全数检查。

检查方法：用尺检查。

7.13.2.2.7 钢管对接角度偏差不应大于 3°。

检验数量：抽查10点（处）。

检查方法：用尺或角度尺检查。

7.13.3 管道防腐补口、补伤工程

7.13.3.1 液体环氧涂料防腐层现场补口补伤工程

7.13.3.1.1 主控项目

7.13.3.1.1.1 补口、补伤所用材料的品种、规格、性能应符合 SY/T 6854 的规定和设计要求。

检验数量：合格证抽查2%，复检报告100%检查。

检验方法：检查材料出厂合格证或复检报告。

7.13.3.1.1.2 补口、补伤处的防腐等级和结构应符合 SY/T 6854 的规定和设计要求。

检验数量：抽查10%。

检验方法：检查施工记录。

7.13.3.1.1.3 补口、补伤处钢管表面不应有浮锈、油污及其他杂物，除锈质量应符合 GB/T 8923.1 规定的 Sa2 1/2 级和设计要求。

检验数量：抽查10点（处）。

检验方法：检查施工记录及目检。

7.13.3.1.1.4 附着力检查应符合 SY/T 6854 的规定和设计要求。

检验数量：每20道口进行一次。

检验方法：附着力检查。

7.13.3.1.1.5 电火花检漏应符合 SY/T 6854 的规定和设计要求。

检验数量：抽查10%。

检验方法：电火花检查记录。

7.13.3.1.2 一般项目

7.13.3.1.2.1 液体环氧防腐层厚度应符合设计要求。

检验数量：抽查10点（处）。

检验方法：用磁性涂层测厚仪检查。

7.13.3.1.2.2 液体环氧防腐层表面应平整、光滑、无漏涂、无流挂、无划痕、无气泡及针孔等外观缺陷。

检验数量：抽查10点（处）。

检验方法：目视或内窥镜检查。

7.13.3.2 聚乙烯防腐层现场补口补伤工程

7.13.3.2.1 主控项目

7.13.3.2.1.1 补口、补伤所用材料的品种、规格、性能应符合 GB/T 23257 的规定和设计要求。

检验数量：合格证抽查2%，复检报告100%检查。

检验方法：检查材料出厂合格证或复检报告。

7.13.3.2.1.2 补口、补伤处的防腐等级和结构应符合 GB/T 23257 的规定和设计要求。

检验数量：抽查10%。

检验方法：检查施工记录。

7.13.3.2.1.3 补口、补伤处钢管表面不应有浮锈、油污及其他杂物，除锈质量应符合 GB/T 8923.1 规定的 Sa2 1/2 级和设计要求。

检验数量：抽查10点（处）。

检验方法：检查施工记录及目检。

7.13.3.2.1.4 粘结力检查应符合 GB/T 23257 的规定和设计要求。

检验数量：每100道补口抽1道口，每50个补伤处抽1处。

检验方法：剥离试验。

7.13.3.2.1.5 漏点检查应符合 GB/T 23257 的规定和设计要求。

检验数量：抽查10%。

检验方法：检查电火花检漏记录。

7.13.3.2.2 一般项目

- 7.13.3.2.2.1 防腐层表面应平整，无皱折、无气泡、无空鼓、无烧焦碳化等现象。
检验数量：抽查10点（处）。
检验方法：目测检查。
- 7.13.3.2.2.2 热收缩带（套）周向应有胶粘剂均匀溢出。
检验数量：抽查10点（处）。
检验方法：目测检查。
- 7.13.3.2.2.3 补口搭接部位的聚乙烯层应打磨至表面粗糙，粗糙程度应符合热收缩带（套）使用说明书的要求。
检验数量：抽查10点（处）。
检验方法：用粗糙度测量仪或锚纹深度测试纸检查。
- 7.13.3.2.2.4 防腐层各向收缩应均匀。
检验数量：抽查10点（处）。
检验方法：目测检查。
- 7.13.3.2.2.5 热收缩带（套）与聚乙烯层搭接宽度应不小于 100 mm。
检验数量：抽查10点（处）。
检验方法：用尺检查。
- 7.13.3.2.2.6 采用热收缩带时，应采用固定片固定，周向搭接宽度应不小于 80 mm。
检验数量：抽查10点（处）。
检验方法：用尺检查。
- 7.13.4 管道下沟
- 7.13.4.1 主控项目
- 7.13.4.1.1 管道防腐层的电火花检漏结果应符合设计要求。
检验数量：抽查10%。
检验方法：检查检漏报告。
- 7.13.4.1.2 管顶标高应符合设计要求。
检验数量：抽查10点（处）。
检验方法：用水准仪或GPS测量。
- 7.13.4.2 一般项目
- 7.13.4.2.1 下沟前，应复查管沟深度，清除沟内塌方、石块、积水、冰雪等异物。
检验数量：抽查10点（处）。
检验方法：目测检查及检查施工记录。
- 7.13.4.2.2 石方或戈壁段管沟应预先在沟底垫 300 mm 细土，细土的最大粒径不应大于 20 mm。
检验数量：抽查10点（处）。
检验方法：用尺检查。
- 7.13.4.2.3 管道应放置到管沟中心位置，距沟中心线的偏差应小于 150 mm，管道壁和管沟壁之间的间隙不应小于 150 mm。
检验数量：抽查10点（处）。
检验方法：用尺检查。
- 7.13.4.2.4 管道应与沟底充分结合，局部悬空应用细土填塞密实。
检验数量：抽查10点（处）。

检验方法：目测检查。

7.13.5 管沟回填

7.13.5.1 主控项目

7.13.5.1.1 管道埋深应符合设计要求。

检验数量：抽查10点（处）。

检验方法：用尺、水准仪、全站仪或其他测深仪器。

7.13.5.1.2 地面检漏结果应符合设计要求。

检验数量：抽查10%。

检验方法：检查检漏记录。

7.13.5.2 一般项目

7.13.5.2.1 石方、戈壁或冻土段管沟应先回填细土至管顶上方 300 mm，细土的最大粒径不应大于 20 mm；后回填原土石方，最大粒径不应大于 250 mm。

检验数量：抽查10点（处）。

检验方法：用尺检查。

7.13.5.2.2 黄土塬地段管沟回填应按设计要求做好垫层及夯实。陡坡地段管沟回填宜采取袋装土分段回填。

检验数量：抽查10点（处）。

检验方法：目测检查及检查记录。

7.13.5.2.3 管沟回填土宜高出地面 0.3 m 以上，覆土应与管沟中心线一致，其宽度为管沟上开口宽度。管道最小覆土层厚度应符合设计要求。

检验数量：抽查10点（处）。

检验方法：用尺检查或目测检查。

7.13.5.2.4 管道稳管设施的安装应符合设计要求。

检验数量：抽查10%。

检验方法：目测检查。

7.13.5.2.5 管沟回填后，应恢复原地貌，防止水土流失和积水。地貌恢复应符合设计要求。

检验数量：抽查10点（处）。

检验方法：目测检查或查记录。

7.13.5.2.6 管沟未回填长度应符合设计文件及GB/T 34275的规定。

检验数量：抽查10点（处）。

检验方法：目测检查或查记录。

7.13.6 管道穿越地下设施、管道、线缆工程

7.13.6.1 主控项目

7.13.6.1.1 管道穿越其它地下管道时，其净距应不小于 0.3 m。如果受到条件限制，净距达不到 0.3 m 时，两管间应设置坚固的绝缘隔离物。

检验数量：全数检查。

检验方法：用尺检查。

7.13.6.1.2 管道与线缆交叉时，其净距不应小于 0.5 m。

检验数量：全数检查。

检验方法：用尺检查。

7.13.6.2 一般项目

7.13.6.2.1 管道与其他地下构筑物端点之间，净距不应小于 0.3 m。

检验数量：全数检查。

检验方法：用尺检查。

7.13.6.2.2 管道与非金属管的净距不应小于 50 mm。

检验数量：全数检查。

检验方法：用尺检查。

7.13.7 管道清管、测径工程

7.13.7.1 主控项目

清管合格后应在试压前后分别进行测径。测径宜采用铝质测径板，直径为试压段中最大壁厚钢管或者弯管内径的 92.5%，当测径板通过管段后，无变形、褶皱可判为合格。

检验数量：全数检查。

检验方法：目视检查、检查测径记录。

7.13.7.2 一般项目

分段试压前，应采用清管球(器)进行清管，清管介质应用空气。清管次数不应少于 4 次，以收球端不再排出杂物为合格。

检验数量：全数检查。

检验方法：目视检查、检查清管记录。

7.13.8 管道连头

7.13.8.1 主控项目

7.13.8.1.1 连头处所用防腐管、焊接材料、防腐补口材料应符合 GB 50369 的规定和设计要求。

检验数量：全数检查。

检验方法：检查质量证明书或复验报告。

7.13.8.1.2 连头处的管道焊接应执行相应的焊接工艺规程。

检验数量：全数检查。

检验方法：检查施工记录。

7.13.8.1.3 连头焊接完成后应进行 100%超声检测和 100%射线检测。

检验数量：全数检查。

检验方法：检查无损检测记录、报告。

7.13.8.1.4 分段试压合格后，连接各管段的连头焊缝不再进行试压，预制件及连头管段应在安装之前预先试压。

检验数量：全数检查。

检验方法：检查试压记录。

7.13.8.2 一般项目

7.13.8.2.1 连头处管段坡口角度、钝边应符合焊接工艺规程的要求。

检验数量：抽查10点（处）。

检验方法：每检验批用焊接检验尺检查。

7.13.8.2.2 连头处焊缝外观质量应符合本规范第 4.2 节的规定。

检验数量：抽查10点（处）。

检验方法：目测检查和用焊接检验尺检查。

7.13.8.2.3 连头处防腐补口补伤外观质量应符合本规范第 5 章的规定。

检验数量：抽查10点（处）。

检验方法：目测检查和用尺检查。

7.13.8.2.4 连头处管沟回填应符合本规范第 7.9 节的规定。

检验数量：抽查10点（处）。检验批内少于10处的全数检查。

检验方法：目测检查和用尺检查。

7.13.9 桩墩工程

7.13.9.1 主控项目

7.13.9.1.1 三桩的材质应符合设计要求。

检验数量：抽查10%。

检验方法：检查出厂质量证明书或复检报告。

7.13.9.1.2 混凝土强度应符合设计要求。

检验数量：抽查10%。

检验方法：检查试验报告。

7.13.9.1.3 管道防腐层电火花检漏和锚固墩防腐应符合本规范第 6 章的规定和设计要求。

检验数量：抽查10%。

检验方法：检查检验报告。

7.13.9.1.4 三桩的埋设位置和标记内容应符合 SY/T 6064 的有关规定和设计要求。

检验数量：抽查10%。

检验方法：现场抽查和检查施工记录。

7.13.9.2 一般项目

7.13.9.2.1 三桩表面应光滑平整、无缺棱掉角，其尺寸允许偏差为 ± 10 mm。

检验数量：抽查10点（处）。

检验方法：用尺检查。

7.13.9.2.2 三桩埋深允许偏差为 ± 30 mm。

检验数量：抽查10点（处）。

检验方法：用尺检查。

7.13.9.2.3 锚固墩预制件的尺寸、规格应符合设计要求。

检验数量：抽查10点（处）。

检验方法：用尺测量或检查施工记录。

7.13.9.2.4 警示带敷设应符合下列规定和设计要求：

- 敷设警示带使用的材料、规格、颜色、用语、字体等应符合设计要求；
- 警示带应平整的敷设在管道的正上方，距管顶的距离宜为 0.5 m，敷设时字面应向上；
- 警示带的敷设应连续，不应出现漏接。

检验数量：抽查10点（处）。

检验方法：目测检查、用尺测量或检查施工记录。

7.13.10 线路保护构筑物工程

7.13.10.1 主控项目

7.13.10.1.1 工程所用的原材料应符合相关规范的规定和设计要求, 并应在施工前进行配合比设计。

检验数量: 全数检查。

检验方法: 检查质量证明文件和(或)复验报告、配合比报告。

7.13.10.1.2 砌筑砂浆和现浇混凝土工程的试块强度应符合设计要求。

检验数量: 全数检查。

检验方法: 检查试块试验报告。

7.13.10.2 一般项目

7.13.10.2.1 基坑开挖及回填应符合设计要求。

检验数量: 抽查10点(处)。

检验方法: 目测、用尺、仪器测量, 检查施工记录。

7.13.10.2.2 砌体应符合 GB 50203 的有关规定和设计要求。

检验数量: 抽查10点(处)。

检验方法: 用尺、仪器测量, 检查施工记录。

7.13.10.2.3 钢筋绑扎应符合现行 GB 50204 的有关规定和设计要求。

检验数量: 抽查10点(处)。

检验方法: 钢尺检查。

7.13.10.2.4 混凝土观感质量应符合 GB 50204 的有关规定。

检验数量: 抽查10点(处)。

检验方法: 目测检查。

7.13.10.2.5 构件安装应符合设计要求。

检验数量: 抽查10点(处)。

检验方法: 水准仪、拉线或钢尺检查。

7.13.10.2.6 位置偏移允许偏差应不大于 20 mm。

检验数量: 每检验批抽查10点(处)。

检验方法: 用经纬仪或尺检查。

7.13.10.2.7 标高允许偏差应为 ± 25 mm。

检验数量: 每检验批抽查10点(处)。

检验方法: 用水准仪或尺检查。

7.13.11 阀室管道安装工程

7.13.11.1 主控项目

7.13.11.1.1 管材、管件、焊材、防腐材料规格、材质、型号等应符合设计要求。

检验数量: 全数检查。

检验方法: 检查材质证明、合格证或复验报告。

7.13.11.1.2 焊缝无损检测和管道试压应符合设计要求。

检验数量: 全数检查。

检验方法: 检查无损检测报告和试压报告。

7.13.11.1.3 防腐层电火花检漏应符合第 5 章的规定和设计要求。

检验数量：全数检查。

检验方法：检查施工记录。

7.13.11.2 一般项目

7.13.11.2.1 管道组对应符合 GB 50369 的规定和设计要求。

检验数量：抽查10点（处）。

检验方法：目测检查、用尺检查。

7.13.11.2.2 焊缝外观应符合 GB 50369 的规定和设计要求。

检验数量：抽查10点（处）。

检验方法：目测检查、用尺检查。

7.13.11.2.3 管道补口应符合 GB 50369 的规定和设计要求。

检验数量：抽查10点（处）。

检验方法：目测检查、用尺检查。

7.13.11.2.4 管道标高，架空时允许偏差为 ± 10 mm，埋地时允许偏差为 ± 20 mm。

检验数量：抽查10点（处）。

检验方法：用尺检查。

7.13.11.2.5 对接管制管焊缝错开应大于 100 mm。

检验数量：抽查10点（处）。

检验方法：用尺检查。

7.13.11.2.6 管道间距允许偏差为 ± 10 mm。

检验数量：抽查10点（处）。

检验方法：用尺检查。

7.13.11.2.7 管道组对平直度允许偏差为 ± 2 mm 且全长允许偏差为 ± 10 mm。

检验数量：抽查10点（处）。

检验方法：用尺检查。

7.13.11.2.8 管道安装平直度应小于或等于 $3 L/1000$ ，且最大小于 70 mm。

检验数量：抽查10点（处）。

检验方法：用钢尺检查。

7.13.11.2.9 放空立管安装应符合规范和设计要求。

检验数量：抽查10点（处）。

检验方法：用尺检查。

7.13.12 阀室阀门安装工程

7.13.12.1 主控项目

7.13.12.1.1 阀门、绝缘法兰（接头）的规格、型号等应符合设计要求。

检验数量：全数检查。

检验方法：检查材质证明或复验报告。

7.13.12.1.2 阀门安装前应进行外观检查、阀门启闭检查及水压试验。

检验数量：全数检查。

检验方法：检查相应记录。

7.13.12.1.3 绝缘接头安装前应进行试压和绝缘性能测试，绝缘电阻应大于 $2M\Omega$ 。

检验数量：全数检查。

检验方法：检查相应记录。

7.13.12.2 一般项目

7.13.12.2.1 阀门安装应符合 SY/T 4102 的有关规定和设计要求。

检验数量：全数检查。

检验方法：目测检查。

7.13.12.2.2 绝缘法兰（接头）安装应符合 GB 50540 的有关规定和设计要求。

检验数量：全数检查。

检验方法：目测检查。

7.13.13 牺牲阳极阴极保护

7.13.13.1 主控项目

7.13.13.1.1 牺牲阳极保护所用的牺牲阳极种类、型号、数量及各种电气材料和防腐材料及绝缘测试应符合 GB/T 21448 的有关规定和设计要求。

检验数量：全数检查。

检验方法：检查质量证明书和检测报告。

7.13.13.1.2 填包料的成分和配制应符合 GB/T 21448 的有关规定和设计要求。

检验数量：抽查10%。

检验方法：检查施工记录。

7.13.13.2 一般项目

7.13.13.2.1 所有焊接连接点应无虚焊、气孔等缺陷。

检验数量：抽查10点（处）。

检验方法：目测检查、手感检查。

7.13.13.2.2 袋装牺牲阳极使用时应确保回填材料密实。

检验数量：抽查10点（处）。

检验方法：目测检查。

7.13.13.2.3 带状牺牲阳极埋设应符合设计要求。

检验数量：抽查10点（处）。

检验方法：目测检查。

7.13.14 强制电流阴极保护

7.13.14.1 主控项目

7.13.14.1.1 强制电流阴极保护的电源设备及各种电料、器材应符合 GB/T 21448 的有关规定和设计要求。

检验数量：全数检查。

检验方法：检查质量证明书或复验报告。

7.13.14.1.2 管道保护电位、绝缘法兰（接头）处的绝缘电阻值应符合 GB/T 21448 的有关规定和设计要求。

检验数量：抽查10%。

检验方法：检查施工记录或用高阻电压表、兆欧表测量。

7.13.14.1.3 测试桩规格、材质、数量应符合设计要求。

检验数量：全数检查。

检验方法：检查材料质量证明文件和施工记录。

7.13.14.2 一般项目

7.13.14.2.1 整流器外壳应接地可靠。

检验数量：全数检查。

检验方法：检查施工记录。

7.13.14.2.2 电缆与整流器的连接应牢固且导电良好。

检验数量：全数检查。

检验方法：目测检查和检查施工记录。

7.13.14.2.3 主电缆与阳极引线之间的连接应牢固且导电良好，连接点应进行防水密封。

检验数量：全数检查。

检验方法：目测检查和检查施工记录。

7.13.14.2.4 辅助阳极应按设计要求埋设。回填料应保证阳极周围均匀且没有空隙。

检验数量：全数检查。

检验方法：目测检查。

7.13.14.2.5 阳极床的位置、布置、数量均应符合设计要求。

检验数量：全数检查。

检验数量：目测检查、用尺检查和检查施工记录。

7.13.14.2.6 测试导线与管道的连接应牢固且导电良好。

检验数量：抽查10点（处）。

检验方法：目测检查和检查施工记录。

7.13.14.2.7 检查片埋深应与管底相比，且与管道外壁距离应大于或等于 0.3 m。

检验数量：抽查10点（处）。

检验方法：目测检查。

7.13.14.2.8 辅助阳极接地电阻应小于 1 Ω 。

检验数量：抽查10点（处）。

检验方法：用接地摇表检查。

8 站场工程

8.1 通用要求

8.1.1 站场工艺管道的施工工序宜为：下料与加工—架空管道组装—埋地管道组装—焊接与无损检测—埋地管道补口补伤—管沟开挖、下沟与回填—吹扫、试压—干燥—地面管道与设备防腐等。

8.1.2 管道安装前，应对管道安装区域内的埋地管道与埋地电缆、给排水管道、地下设施、建筑物预留孔洞位置进行核对。

8.1.3 与管道安装相关的土建工程应经验收合格，达到安装条件。

8.1.4 应核实管架、管墩的位置、标高、坡向和坡度。管架、管墩的基础表面应修整，表面不应有油垢或松散层。放置垫铁（至周边 50 mm）处应铲平，铲平部位水平度允许偏差为 5 mm/m，且应与垫铁接触良好。需灌浆的基础应凿成麻面。

8.1.5 对管径相同，压力等级、材质、壁厚不同的钢管及管件应有明显区分标识。钢管、管道附件内部应清理干净，可采用人工清洁法、机械清洁法等。安装工作有间断时，应及时封堵管口或阀门进出口。

8.1.6 工艺管道安装完成后应绘制工艺管道安装轴侧图，宜明确管线号、焊口编号、焊工代号、返修标识、固定口位置等内容。

8.1.7 工艺管道与设备、阀门的连接方式应符合设计文件要求。

8.2 下料与加工

8.2.1 钢管切断与开孔宜采用机械切割；如采用火焰切割，切割后应将切割表面的氧化层去除，消除切口的弧形波纹。坡口加工应根据设计和焊接工艺规程规定的坡口型式加工。坡口加工完成后如有机械加工形成的内卷边，应清除整平。

8.2.2 管端的坡口型式及组对尺寸应满足设计要求和焊接工艺规程的规定。

8.2.3 汇气管的现场制作应符合下列要求：

- a) 汇气管的接口尺寸、接口位置、钢管及管件压力等级应符合设计文件要求；
- b) 汇气管的母管应选择无缝钢管或直缝钢管；采用直缝钢管时，纵缝布置应避开开孔位置；
- c) 封头组对前，应将汇气管内清理干净，无可见杂质。

8.3 管道安装

8.3.1 管道单元预制

8.3.1.1 现场管道单元预制应设立预制区，宜采用具有钢管切割、坡口、组对、焊接的工艺设备进行预制作业。管道单元组对宜在清洁的钢制平台上进行。平台尺寸应大于管道预制件的最大尺寸。

8.3.1.2 管道预制应按管道系统图纸的单线图或三维图规定的数量、规格、材质选配管道附件，并应按单线图或三维图标明管道系统号和按预制顺序标明各组成件的顺序号。

8.3.1.3 预制完毕的管道单元预制件，应用压缩空气将内部清理干净，并应及时封闭管口，填写记录。

8.3.2 管道安装

8.3.2.1 对预制的管道应按管道系统编号和顺序号进行对号安装。

8.3.2.2 管道、管道附件、设备等连接时，严禁强力组对。

8.3.2.3 安装前应对阀门、法兰与管道的配合进行检查。

8.3.2.4 异径管直径应与其相连接管段一致，错边量不应大于 1.5 mm。

8.3.2.5 公称直径大于 200 mm 的管道，管道组对时宜采用对口器。

8.3.2.6 管道对接焊缝位置应满足下列要求：

- a) 同一管道上相邻两个对接环焊缝的间距当公称直径大于或等于 150 mm 时，不小于 150 mm，当公称直径小于 150 mm 时，不小于管道的外径，且不应小于 100 mm；
- b) 管道对接焊缝距离支吊架大于 50 mm，需热处理的焊缝距离支吊架大于 300 mm；
- c) 直缝管的直焊缝位于易检修的位置；
- d) 焊接钢管对接时，制管焊缝之间错开 100 mm 以上。

8.3.2.7 穿越站内车行道、围墙等的管道，采取的管道保护措施应符合设计文件要求。

8.3.2.8 法兰连接时应保持平行，其允许偏差应小于法兰外径的 1.5%，且不大于 2 mm。垫片应放在法兰密封面中心，不应倾斜或突入管内。梯槽或凹凸密封面的法兰，其垫片应放入凹槽内部。

8.3.2.9 每对法兰连接应使用同一规格螺栓，安装方向一致。螺栓应按对称次序拧紧。

8.3.2.10 不能参与工艺管道系统试压的钢管短节，安装前应试压合格。

8.3.2.11 站内管道敷设应符合下列规定：

- a) 管道应敷设在非燃烧体的支吊架或管墩上；

- b) 与其它管道共架敷设或分层布置时,管道宜布置在外侧并在上层。管道与其他架空管道的最小净距宜按照 SY/T 7820 执行;
- c) 埋地敷设的管道标高及位置应符合设计文件的规定。

8.3.2.12 不锈钢管道安装时,应符合下列规定:

- a) 不锈钢管道组成件的制作和装配应有专门的场地和专用工装,不应与黑色金属制品或其他产品混杂。工作场所应保持清洁、干燥,严格控制灰尘;
- b) 管道吊装用的钢丝绳、卡扣不应与不锈钢管道直接接触,应用木板或合适的非金属制品等进行隔离。制作、安装过程中应避免不锈钢管材表面划伤与机械损伤;
- c) 安装不锈钢管道时,不应使用可能造成铁离子污染的铁质工具;
- d) 不锈钢焊件坡口两侧各 100 mm 范围内,在施焊前应采取防止焊接飞溅物沾污焊件表面的措施。

8.3.2.13 撬装设备安装应符合 GB 50231 的相关规定。

8.3.3 阀门安装

8.3.3.1 阀门安装前,应检查阀门填料,其压盖螺栓应留有调节余量。

8.3.3.2 阀门安装前,应按设计文件核对阀号、型号、口径、压力等级和介质流向,复核产品合格证及试验记录。

8.3.3.3 当阀门与管道以法兰或螺纹方式连接时,阀门应在关闭状态下安装。现场安装前阀门及管道应清理内部。

8.3.3.4 当阀门与管道以焊接方式连接时,球阀应全开状态后焊接,其他阀门应按阀门厂家的焊接安装要求进行开、闭。

8.3.3.5 阀门安装后的操作机构和传动装置应动作灵活,指示准确,阀位正确。

8.3.3.6 安全阀校验应执行 TSG ZF001 及其修改通知单的相关规定,现场安装前检查其铅封处于完好状态,并有合格标识,安装后保留铅封。

8.3.4 管道附件制作安装

8.3.4.1 管道附件制作安装应满足设计要求,其外观应整洁,表面无毛刺、铁锈,焊缝外形平整饱满,无凹陷、裂纹、漏焊及表面气孔等缺陷,表面焊渣应清理干净。

8.3.4.2 管道支、吊架的安装应满足设计文件要求,当设计文件无要求时,应满足 GB 50540 的相关规定。

8.3.4.3 法兰的压力、温度额定值应满足设计条件的要求。

8.3.4.4 法兰垫片的选择和使用,应符合设计文件的要求。

8.3.4.5 绝缘接头和绝缘法兰的安装应满足下列要求:

- a) 安装前,对绝缘法兰(接头)进行绝缘性能测试,其绝缘电阻不小于 20 M Ω ;
- b) 绝缘法兰(接头)的电缆线连接满足设计要求,并应做好电缆线及接头的防腐,金属部分不应裸露于土中;
- c) 绝缘法兰(接头)外露时,要求有保护措施;
- d) 绝缘接头在沟下组装时,采用水平无应力顺序组装,固定口连头不应设置在绝缘接头安装处。

8.3.4.6 静电接地安装遵守下列要求:

- a) 有静电接地要求的管道,各段钢管间应导电。当每对法兰或螺纹接头间电阻值超过 0.03 Ω 时,采用导线跨接;
- b) 管道系统的对地电阻值超过 100 Ω 时,设两处接地引线。接地引线宜采用铝热焊形式;
- c) 有静电接地要求的不锈钢管道,导线跨接或接地引线不应与不锈钢管道直接连接,应采用不锈钢板过渡;

- d) 用作静电接地的材料或零件，安装前不应涂漆。导电接触面应除锈并紧密连接；
- e) 静电接地安装完毕后，应进行测试，电阻值超过规定时，进行检查与调整；
- f) 其他静电接地施工要求应符合 GB 50177 的规定。

8.4 管沟开挖、下沟与回填

8.4.1 管沟开挖

- 8.4.1.1 站场管道管沟开挖前，应对地下构筑物、电缆、管道等障碍物进行定位，并在开挖过程中采取保护措施。
- 8.4.1.2 对于深度超过 5 m 的管沟，可按本文件 7.5.4 条规定执行。
- 8.4.1.3 管沟的弃土距离管沟边不小于 0.5 m，高度不应超过 1.5 m。
- 8.4.1.4 对管沟深度超挖部分应进行夯实或按设计文件要求处理。

8.4.2 管道下沟

- 8.4.2.1 管道下沟前应完成以下工作：
 - a) 清理沟内塌方和硬土（石）块，排除管沟内积水；
 - b) 管道防腐层经电火花检漏仪检查，无破损。有破损或针孔应及时修补。
- 8.4.2.2 管道下沟应满足下列要求：
 - a) 管道下沟用吊具宜使用尼龙吊带，不应直接使用钢丝绳；
 - b) 管道放置到管沟设计位置，悬空段用细土或砂填塞；
 - c) 管道下沟时，设置专人统一指挥作业。

8.4.3 管沟回填

- 8.4.3.1 管沟回填前，应完成以下工作：
 - a) 管道焊缝经无损检测合格；
 - b) 外防腐绝缘层检漏合格；
 - c) 隐蔽工程验收合格；
 - d) 管段两端已采取封堵措施。
- 8.4.3.2 管道悬空段用细土或砂填塞。
- 8.4.3.3 按回填进程依次拆除沟壁的支撑，且不应塌方。
- 8.4.3.4 管顶以上 300 mm 内采用粒径不大于 20 mm 的原状土或细砂人工回填，管沟其余部分可采用可用粒径不大于 250 mm 原状土或岩石破碎后的石粒回填；管道两侧回填土应分层夯实，每层 200 mm～300 mm，夯实时应采取措施，防止管道变形。夯实后的土壤密实度满足设计要求，设计无要求时，土壤密实度不低于原土的 85%；
- 8.4.3.5 管沟回填时，先回填弯曲管段，后回填直管段。

8.5 防腐

- 8.5.1 工艺管道所用的防腐材料、防腐施工方法应符合有关现行国家防腐标准规定。
- 8.5.2 管道应按设计要求进行管道防腐。埋地管道宜进行防腐预制作业。地面管道涂层应为防腐耐候涂层，面漆宜进行现场防腐（涂漆）作业，面漆颜色与色环应按设计要求涂敷。当设计无要求时，应符合 SY/T 0043 的规定。
- 8.5.3 凡遇下列情况之一者，若不采取有效措施，则不应进行防腐作业：
 - a) 雨、雪、雾、强风天气；

- b) 环境温度低于 5℃或高于 40℃;
- c) 灰尘过多;
- d) 被涂表面温度高于 65℃;
- e) 环境相对湿度大于 85%;
- f) 钢管表面结露。

8.5.4 已防腐预制完毕的管道，当环境温度低于防腐材料的脆化温度时，不应起吊、运输和敷设。

8.5.5 钢材表面处理满足下列要求：

- a) 钢管和管件在防腐、涂漆及补口前应进行表面处理，除锈等级 Sa2.5 级，锚纹深度宜达到 40 μm ~75 μm 。表面处理完成后，用压缩空气将表面灰尘去除，表面清洁度为 2 级；
- b) 喷砂时，将钢管以及其他附属设备端口封闭，防止磨料进入；
- c) 表面处理，进行检查，发现除锈等级不满足要求时，重新处理，直到合格为止。

8.5.6 涂漆应满足下列要求：

- a) 防腐涂漆施工宜采用喷涂、刷漆或辊涂，涂漆施工前，先试涂。使用稀释剂等的种类和用量符合材料供应商的规定。底漆涂敷在生成浮锈前完成；
- b) 涂层表面完整、均匀，涂装道数和厚度应符合设计和现行防腐标准的规定。厚度应用磁性测厚仪检测，漏点应用湿海绵检测仪检测，检漏电压为 9 V/300 μm 或 90 V/500 μm ，无漏点为合格。且无皱皮、桔皮、脱落、流坠、气泡、透底、裂纹和色泽不一致；
- c) 涂漆超过一遍时，前后间隔时间应根据涂料性质确定。若涂装间隔超过规定时间，应对涂层表面进行处理后才能进行下一道涂层的施工。底漆未干时不应进行下一道涂漆作业；
- d) 涂层质量如遇到下列情况时应进行修补：
 - 1) 涂层干燥前出现皱纹或附着不牢；
 - 2) 涂层完工后出现脱落、裂纹、气泡、透底、皱皮、流坠、色泽不一等；
 - 3) 施工中涂层受到损伤；
 - 4) 涂漆遗漏或小于设计厚度。

8.5.7 地下管道防腐应满足下列要求：

- a) 地下管道防腐施工宜采用三层 PE 结构，弯头表面宜喷涂无溶剂环氧涂料或熔结环氧粉末并用聚烯烃带缠绕保护，异型件表面用粘弹体包覆并用聚烯烃带缠绕保护；
- b) 防腐结构应完整、均匀，应符合设计和现行防腐标准的规定。厚度应使用磁性测厚仪检测，漏点用电火花检漏仪按 5 V/ μm 检测，无漏点为合格；
- c) 当直管防腐层出现破损时，按照 GB/T 23257 的规定进行补伤作业。其它管道的损伤按包覆的同种材料进行补伤作业；
- d) 地下防腐结构与地面防腐结构相交时，搭接时应先涂敷地下防腐层再涂敷地面管道涂层（不包括富锌涂料），搭接长度不小于 100 mm。地下与地面交界处，宜采用热收缩带绕包，地面上部伸出长度应为 200 mm，地下伸入 200 mm 及以上；
- e) 地下防腐层经监理检查合格后方可隐蔽。

8.6 质量验收

8.6.1 钢管下料和管件加工

8.6.1.1 主控项目

8.6.1.1.1 钢管及管件材质、规格、型号应符合设计文件要求及相应规范规定，质量证明文件应齐全。

检验数量：全数检查。

检验方法：检查质量证明文件和检验报告。

8.6.1.1.2 管道及管件表面应无裂纹、重皮、凹陷等缺陷。

检验数量：全数检查。

检验方法：观察检查和尺量。

8.6.1.2 一般项目

8.6.1.2.1 管端坡口加工应符合焊接工艺规程规定。

检验数量：按焊口数量的10%进行抽查。

检验方法：用焊接检验尺检查，检查施工记录。

8.6.1.2.2 钢管切口表面应平整，无裂纹、重皮、毛刺、凹凸、缩口、熔渣、氧化物、铁屑等；切口端面倾斜允许偏差 Δ_1 不应大于钢管外径的 1%，且最大不应超过 3 mm。

检验数量：按焊口数量的10%进行抽查。

检验方法：用角尺检查，检查施工记录。

8.6.1.2.3 卷管加工、管口翻边、夹套管加工及其质量应符合 GB 50235 的有关规定。

检验数量：按区域抽查10%，且不少于三件。

检验方法：观察检查和用尺检查。

8.6.1.2.4 弯管表面应无裂纹、过烧、分层、皱纹等缺陷。

检验数量：按区域抽查10%，且不少于三件。

检验方法：观察检查。

8.6.1.2.5 II形弯管的平面度允许偏差 Δ_2 应符合表 10 的规定。

检验数量：全数检查。

检验方法：放在预制平台上用样板及拉线用尺检查。

表10 II形弯管的平面度允许偏差 Δ_2

单位为毫米

长度	<500	500~1000	1000~1500	>1500
Δ_2	≤ 3	≤ 4	≤ 6	≤ 10

8.6.1.2.6 汇管采用骑座式连接时，母管的开孔直径应比支管内径小 2 mm。

检验数量：全数检查。

检验方法：用尺检查。

8.6.1.2.7 骑座式汇管支管坡口及角接接头应符合表 11 的规定。

检验数量：全数检查。

检验方法：外观检查，焊接检验尺检查。

表11 支管坡口及角接接头的尺寸

项 目	接头夹角 ϕ	
	90° ~105°	105° ~150°
支管与鞍口的角度 β	45°	45° ~90°
坡口角度 α	45° ~60°	60°
根部间隙b (mm)	1.5~2.5	1.5~2.5
钝边p (mm)	0~1.5	0~1.5

8.6.1.2.8 汇管采用插入式连接时，应在母管上开孔并加工坡口。坡口角度应为 $45^{\circ} \sim 60^{\circ}$ ，其允许偏差应为 $\pm 2.5^{\circ}$ ，孔与支管外径间隙为 $0.5\text{ mm} \sim 2\text{ mm}$ 。支管插入深度不应超过母管内壁。

检验数量：全数检查。

检验方法：观察检查，焊接检验尺检查。

8.6.1.2.9 汇管组对的允许偏差应符合表 12 的规定。

检验数量：全数检查。

检验方法：观察检查，焊接检验尺、直角尺、样板尺或拉线检查。

表12 组对允许偏差

序号	项目		允许偏差 mm	序号
1	母管总长		±3	1
2	支管间距		±1	2
3	支管与母管两中心线的相对偏移		±1.5	3
4	支管法兰接管长度		±1.5	4
5	法兰水平度或垂直度	支管 直径(mm)	≤300	≤1
			>300	≤2
6	母管直线度	母管公称直径(mm)	≤100	≤L/1000，最大15
			>100	≤2 L/1000，最大15
注：L为母管长度。				

8.6.2 站场管道安装

8.6.2.1 主控项目

8.6.2.1.1 钢管及管件材质、规格、型号应符合设计文件要求及相应规范规定，质量证明文件应齐全。

检验数量：全数检查。

检验方法：检查质量证明文件和检验报告。

8.6.2.1.2 安全阀校验应符合设计文件要求。

检验数量：全数检查。

检验方法：检查安全阀校验报告和观察铅封。

8.6.2.1.3 阀门试验记录应齐全，阀门安装位置及方向应符合设计文件要求。

检验数量：全数检查。

检验方法：观察检查。

8.6.2.2 一般项目

8.6.2.2.1 “Π”形和“Ω”形管道补偿器安装前，应按设计规定进行预拉伸(预压缩)，其允许偏差为 $\pm 10\text{ mm}$ 。

检验数量：全数检查。

检验方法：观察检查、尺量检查。

8.6.2.2.2 管道支、吊架的安装应符合下列规定：

- a) 管道的支架、托架、吊架、管卡的类型、规格应符合设计文件要求；
- b) 管道支、吊架安装方位、标高应正确，安装应平整、牢固，与管道接触良好；
- c) 导向支架或滑动支架的滑动面应洁净平整，不应有歪斜和卡涩现象；

- d) 管道与支吊架焊接时，焊缝外形应平整饱满，不应有咬边、烧穿现象；
- e) 滑动支架应保证沿轴向滑动无阻，且不发生横向偏移；
- f) 临时支架焊接不应伤及主材。

检验数量：抽查10%，且不少于三处。

检验方法：观察检查，仪器、尺量检查。

8.6.2.2.3 法兰密封面应与管子中心垂直。当公称直径小于或等于 300 mm 时，在法兰外径上的允许偏差 Δ_3 为 $\pm 1\text{mm}$ ；当公称直径大于 300 mm 时，在法兰外径上的允许偏差 Δ_3 为 $\pm 2\text{ mm}$ 。

检验数量：抽查10%，且不少于三处。

检验方法：用铅锤、直尺、角尺检查。

8.6.2.2.4 安全阀安装时应保持垂直，且应符合设计图纸要求。

检验数量：全数检查。

检验方法：观察检查。

8.6.2.2.5 阀门安装前应进行外观检查、阀门启闭检查。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察检查、检查相应记录。

8.6.2.2.6 管道安装允许偏差值应符合表 13 的规定。

检验数量：按安装方式抽查10%，且不少于三处。

检验方法：用经纬仪、水准仪或全站仪、直尺和拉线检查和检查施工记录。

表13 管道安装允许偏差

项 目		允许偏差	
		mm	
坐标	架空	±10	
	埋地	±20	
标高	架空	±10	
	埋地	±20	
平直度	DN≤100 mm	≤2 L/1000	最大40
	DN> 100 mm	≤3 L/1000	最大70
铅垂度		≤3 H/1000	最大25
成排	在同一平面上的间距	±10	
交叉	管外壁或保温层的间距	±7	
注：L为水平管长度，H为立管高度。			

8.6.2.2.7 管道用法兰连接时，每对法兰间电阻应不大于 0.03 Ω 。

检验数量：抽查50%，且不少于三处。

检验方法：仪器检查，检查施工记录。

8.6.2.2.8 法兰连接应符合下列规定：

- a) 法兰连接时应保持平行，其偏差不应大于法兰外径的 1.5%，且不应大于 2 mm；
- b) 法兰螺栓拧紧后，两个密封面应相互平行，用直角尺对称检查，其间隙允许偏差应小于 0.5 mm；
- c) 管端与平焊法兰密封面的距离应为钢管壁厚加 2 mm~3 mm；
- d) 垫片应放在法兰密封面中心，不应倾斜或突入管内。梯槽或凹凸密封面的法兰，其垫片应放入凹槽内部；
- e) 法兰连接应与管道保持同轴，其螺栓孔中心偏差不应超过孔径的 5%，并应保持螺栓自由穿入；

f) 法兰螺栓拧紧后应露出螺母以外 0~3 个螺距。

检验数量：抽查10%，且不少于三处。

检验方法：尺量检查、观察检查或检查施工记录。

8.6.3 站场管道组对

8.6.3.1 主控项目

管道材质、规格、型号应符合设计文件要求，质量证明文件应齐全。

检验数量：全数检查。

检验方法：检查质量证明文件和检验报告。

8.6.3.2 一般项目

8.6.3.2.1 相邻两道环焊缝的距离，当公称直径小于 300 mm 时，不应小于 1 倍管道公称直径，且不应小于 150 mm；当公称直径大于或等于 300 mm 时，不应小于 300 mm。

检验数量：抽查10%。

检验方法：尺量检查。

8.6.3.2.2 焊缝距离支吊架应大于 50 mm，需要热处理的焊缝距离支吊架应大于 300 mm。

检验数量：抽查10%。

检验方法：尺量检查。

8.6.3.2.3 当管子公称直径小于 100 mm 时，管道对口平直度允许偏差 Δ_4 为 1 mm；当管子公称直径大于或等于 100 mm 时，管道对口平直度允许偏差 Δ_4 为 2 mm，全长允许偏差为 10 mm。

检验数量：抽查10%。

检验方法：尺量检查。

8.6.3.2.4 管口组对间隙和错边量应符合焊接工艺规程和 GB 50540 的规定。

检验数量：按区域抽查10%。

检验方法：检查施工记录。

8.6.4 站场管沟开挖

8.6.4.1 主控项目

8.6.4.1.1 管沟中心线允许偏差为 ± 100 mm。

检验数量：检查10处。

检验方法：尺量检查。

8.6.4.1.2 沟底标高允许偏差为 0 mm~-100 mm。

检验数量：检查10处。

检验方法：尺量检查或水准仪检查。

8.6.4.2 一般项目

8.6.4.2.1 管沟沟底宽度允许偏差为 ± 100 mm。

检验数量：检查10处。

检验方法：尺量检查。

8.6.4.2.2 管沟超挖回填密实度不应小于 90%。

检验数量：全数检查。

检验方法：检查施工记录和检验报告。

8.6.5 站场管道下沟及回填

8.6.5.1 主控项目

8.6.5.1.1 管顶以上 300 mm 内应采用人工回填；回填土应分层夯实，每层 200 mm~300 mm，夯实后的土壤密实度应符合设计文件要求和 GB 50540 的要求。

检验数量：每10 m检查1处，且不少于3处。

检验方法：检查施工记录。

8.6.5.1.2 石方段管沟回填应符合设计文件要求；设计无要求时，管道周围 300 mm 范围内应采用细土回填。

检验数量：全数检查。

检验方法：检查施工记录。

8.6.5.2 一般项目

8.6.5.2.1 沟底的水平度或坡比应符合设计文件规定。

检验数量：全数检查。

检验方法：测量检查。

8.6.5.2.2 管道与沟底应紧贴，悬空段应用细土或砂塞填。

检验数量：每10 m检查1处，且不少于3处。

检验方法：观察检查。

8.6.6 站场管道防腐及补口

8.6.6.1 主控项目

8.6.6.1.1 防腐材料应符合设计文件及规范要求，质量证明文件应齐全。

检验数量：全数检查。

检验方法：检查质量证明文件和检验报告。

8.6.6.1.2 除锈质量应符合设计文件要求及规范规定。

检验数量：表面每10 m²检查3处，不足10 m²按照10 m²检查，每增加10 m²检查1处。

检验方法：比对检查和仪器检查。

8.6.6.1.3 防腐层电火花检漏应符合设计文件和规范要求。

检验数量：全数检查；

检验方法：电火花检漏仪检查。

8.6.6.1.4 防腐层剥离试验应符合设计文件和规范要求。

检验数量：钢管及管件防腐每20根（个）抽查一处，但至少抽查一处；补口按1%抽查，但至少抽查一处。

检验方法：拉力钳或仪器检查。

8.6.6.2 一般项目

8.6.6.2.1 防腐层外观质量应符合相关标准的要求。

检验数量：表面每10 m²检查3处，不足10 m²按照10 m²检查，每增加10 m²检查1处。

检验方法：观察检查或借助放大镜检查。

8.6.6.2.2 防腐层厚度应符合设计文件和规范的规定。

检验数量：表面每10 m²检查3处，不足10 m²按照10 m²检查，每增加10 m²检查1处。

检验方法：用测厚仪检查。

9 焊接及检验

9.1 基本要求

9.1.1 焊接工艺评定和焊工技能要求

9.1.1.1 现场焊接前，应依据设计文件制定焊接工艺方案实施焊接工艺评定，根据合格的焊接工艺评定文件编制焊接工艺规程，用于现场焊接和焊后热处理工作。

9.1.1.2 输氢管道焊接基本要求宜符合 GB/T 34275 和其他现行有关标准规定。

9.1.1.3 输氢管道焊接接头性能要求和氢相容性试验应满足 SY/T 7820 相关要求，其中管道线路焊接工艺评定应符合 GB/T 31032 的规定，输氢站及阀室内管道焊接工艺评定应符合 SY/T 0452 的规定。

9.1.1.4 输氢管道焊接可采用焊条电弧焊、非熔化极气体保护电弧焊（钨极氩弧焊）、实心焊丝熔化极气体保护电弧焊、埋弧焊或其组合。焊接方式可采用手工焊、半自动焊、机动焊、自动焊或其组合。其中根焊宜选用非熔化极气体保护电弧焊（钨极氩弧焊）。

9.1.1.5 填充金属不应使用纤维素焊条和药芯焊丝。

9.1.1.6 碳钢和低合金钢用焊条应使用低氢型，熔覆金属扩散氢含量不应超过 5 mL/100 g，填充金属扩散氢含量实验应符合 GB/T 3965 的规定。

9.1.1.7 焊接工艺评定的理化性能试验单位应具有中国计量认证（CMA）或中国合格评定国家认可委员会（CNAS）认可的检验检测资质。

9.1.1.8 焊工或焊机操作工应持有市场监督管理部门颁发的《特种设备安全管理和作业人员证》和应急管理部门颁发的《特种作业操作证》，施焊项目应与其所持的资格证书项目相符，并均应在有效期内。

9.1.1.9 焊工上岗考试应符合 GB/T 31032 相关规定，参与焊接工艺评定焊接的焊工，且焊接工艺评定验收合格，其相应焊接项目可免于上岗考试。

9.1.2 焊接设备

9.1.2.1 焊接设备应符合焊接工艺要求，具有良好的工作状态和安全性。

9.1.2.2 焊接设备应进行校验，采用经检定的计量器具对焊接设备的电流表、电压表、送丝速度及焊接速度指示器进行定期校验。

9.1.2.3 气体保护焊应配备气体分析仪，能够测量单一气体的纯度和混合气体的混合比例。

9.1.2.4 气体保护焊应配备检定合格的便携式气体流量计，定期校验焊接保护气体流量。

9.1.3 坡口加工与切割

9.1.3.1 管端坡口应依据焊接工艺规程的要求进行加工、检查。

9.1.3.2 碳钢、低合金钢可采用机械加工方法或火焰切割方法切割和制备坡口，采用火焰切割方法制备坡口，切割后应采用机械加工或打磨方法清除表面熔渣和影响管道焊接质量的表面层。

9.1.3.3 不锈钢管材应采用机械加工或等离子切割方法制备坡口，修磨和切割应使用专用砂轮片。

9.1.3.4 复合型坡口宜采用坡口机在施工现场进行加工。

9.1.3.5 管端坡口如有机械加工形成的飞边和毛刺，应用锉刀或电动砂轮机清除。

9.1.3.6 当输氢站、阀室工艺管道设计文件对焊接坡口没有规定时，见附录 E 的推荐确定。带焊接坡口的管件，可按照原有坡口焊接。

9.1.3.7 开孔应在管道预制阶段完成，开孔后应将开孔对应位置管子内部的铁屑及氧化铁清理干净。

9.1.3.8 DN50 以下开孔应采用机械加工方法开孔，DN50 以上碳钢管线可以采用热切割方法开孔，开孔后应将开孔周围氧化铁及翻边、毛刺打磨干净。

9.2 现场焊接

9.2.1 施焊环境

9.2.1.1 焊接环境应符合焊接工艺规程规定的条件。在下列任一种自然环境下，未采取有效的防护措施不应施焊：

- a) 雨雪天气；
- b) 大气相对湿度大于 90%；
- c) 环境温度低于-5℃；
- d) 气体保护焊，风速大于 2 m/s；
- e) 低氢型焊条电弧焊，风速大于 5 m/s；
- f) 埋弧焊，风速大于 8 m/s。

9.2.1.2 低温环境焊接按照附录 D 执行。

9.2.2 管口组对

9.2.2.1 输氢管道管口组对应符合 GB/T 34275 的规定。

9.2.2.2 线路工程管道壁厚差不大于 2.5 mm 时可直接焊接；壁厚差大于 2.5 mm 且小于 0.5 倍薄壁管壁厚时，应采用内削薄坡口（图 1）或内孔锥型坡口（图 1），公称直径不小于 DN600 的管道，宜采用内孔锥型坡口；当 δ_2/δ_1 大于 1.5 时，应按设计文件要求采用壁厚过渡短节，短节长度不应小于钢管外径值且不应小于 500 mm。

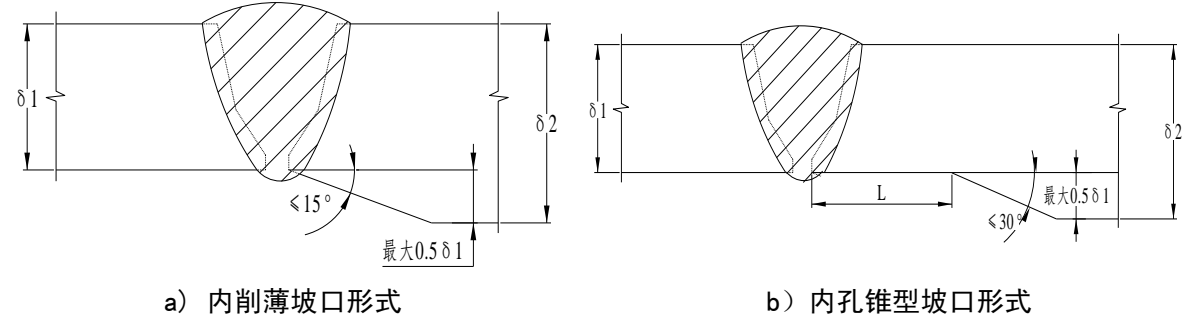


图1 不等壁厚钢管的坡口形式

9.2.3 预热与道间温度

9.2.3.1 预热温度等要求应在焊接工艺规程或设计文件中规定，并经焊接工艺评定验证。当设计文件无规定时，各种材料的最低预热温度应符合表 14 的规定。

表14 预热温度

母材类别	较厚件的设计壁厚 mm	附加限制条件	要求的最低预热温度 ℃
碳钢、低合金钢	≤25	母材标准规定最小抗拉强度≤490 MPa	15
	>25	母材标准规定最小抗拉强度≤490 MPa	95
	全部	母材标准规定最小抗拉强度>490 MPa	95
所有其他材料	全部	无	15

- 9.2.3.2 预热温度要求不同的材料焊接时，应选用表 14 中较高的预热温度。
- 9.2.3.3 需要预热的多道焊焊件，其道间温度应不低于预热温度，但应符合如下要求：
- a) 碳钢和低合金钢的道间温度不应高于 315 ℃；
 - b) 奥氏体不锈钢的道间温度不应高于 150 ℃。
- 9.2.3.4 预热温度记录应在距管口 25 mm 处的圆周上均匀测量。预热时不应破坏钢管的防腐层。
- 9.2.3.5 道间温度记录宜在焊接方向前方距施焊点约 200 mm 处的焊缝金属或邻近坡口母材上测量。
- 9.2.3.6 焊缝返修和补焊宜整口预热，且温度应比原焊缝预热温度适当提高。
- 9.2.3.7 线路管道坡口两侧预热宽度应不小于 50 mm 均匀加热，应使用测温仪、测温蜡笔等工具测量。
- 9.2.3.8 输氢站与阀室内管道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，预热与焊层（道）间温度规定如下：
- a) 当用热加工法切割、开坡口、清根、开槽或施焊临时焊缝时，应考虑预热要求；
 - b) 各种材料的最低预热温度应符合表 15 的规定；
 - c) 定位焊缝的预热范围距离定位焊缝两端应不小于 25 mm；
 - d) 环境温度在 5 ℃以上时，坡口两侧的预热宽度不应小于 50 mm；环境温度低不高于 5 ℃时，坡口两侧的预热宽度应不小于 75 mm；
 - e) 管口应均匀加热，防止局部过热，焊件内外壁温度均匀。

9.2.4 焊后热处理

- 9.2.4.1 输氢管道焊后热处理应符合设计文件的规定，当设计文件无规定时，输氢管道线路焊接接头焊后热处理应符合 GB/T 34275 的规定，输氢站和阀室内工艺管道焊接接头焊后热处理应符合 GB/T 20801.4 的规定。
- 9.2.4.2 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，任何焊后热处理的温度控制都应满足焊接工艺评定的要求。
- 9.2.4.3 管道焊缝焊后不立即进行热处理时，应采取保温缓冷措施。
- 9.2.4.4 焊后热处理的其他相关要求，包括：加热和冷却、温度的测量、硬度检查、替代热处理、热处理基本要求变更、分段热处理、局部热处理及重新热处理等，应按照 GB/T 20801.4 的相关规定执行。
- 9.2.4.5 焊后热处理的焊接接头如进行了返修焊或硬度超标，在焊接工艺规程允许时重新热处理 1 次。
- 9.2.4.6 焊后热处理过热焊接接头应切除。

9.2.5 管道焊接

- 9.2.5.1 输氢管道焊接基本要求应符合 GB/T 34275 的规定。
- 9.2.5.2 焊接作业应执行焊接工艺规程。

- 9.2.5.3 钢管表面不允许补焊。
- 9.2.5.4 管钢管表面如有下列缺陷，应切除：
- a) 深度超过公称直径 2%的凹痕；
 - b) 含有腐蚀的凹痕；
 - c) 含有应力腐蚀裂纹或其他裂纹的凹痕。
- 9.2.5.5 钢管修磨后的壁厚不应小于钢管最小设计壁厚的 95%。
- 9.2.5.6 焊接过程中，对于管材和防腐层保护应符合下列要求：
- a) 施焊时不应在坡口以外的母材上引弧；
 - b) 焊机地线与防腐管连接应采用专用卡具，应防止地线与管壁产生电弧而烧伤管材；
 - c) 对于防腐管，焊前应在焊缝两侧的管口上各覆盖宽度为 500 mm 的保护层，以防焊接飞溅灼伤。
- 9.2.5.7 在焊接作业中，焊工应对自己所焊的焊道进行自检和修补工作，每处修补长度不应小于 50 mm。
- 9.2.5.8 焊道出现夹钨、导电嘴融铜的焊接接头应割除重焊。
- 9.2.5.9 每道焊口完成后，应清除表面焊渣和飞溅。
- 9.2.5.10 完成焊口应做标记，标记内容应包括线路信息或工艺分区、管道规格、焊口编号、焊工及焊道工艺等信息。

9.2.6 返修焊接

- 9.2.7 输氢管道焊缝缺陷的清除和反修应符合 GB/T 34275 的规定。
- 9.2.8 返修焊接应采用评定合格的焊接工艺规程。用于二次返修的合格返修焊接工艺可用于一次返修焊接。
- 9.2.9 输氢管道环焊缝不应进行背面内返修。
- 9.2.10 不等壁厚焊口的根部缺陷不允许返修，应割口重焊。其他位置的缺陷只应返修 1 次。
- 9.2.11 连头焊口的裂纹缺陷及根部缺陷不应返修，应割除重焊。其他缺陷只应返修 1 次。
- 9.2.12 最大返修长度应在母材表面测量，返修焊总长度不应大于 1/3 管周长。最小返修长度应在返修区域底部测量，每处返修长度应大于 50 mm。相邻两缺陷处的距离小于 50 mm 时，按一处缺陷进行返修。
- 9.2.13 DN50 及以下管径的焊口不应返修。
- 9.2.14 输氢站、阀室工艺管道带裂纹焊口应从管线上切除。与管件、法兰、三通等相连接的焊缝出现裂纹时，应有批准的返修方案。
- 9.2.15 可采用打磨方法去除盖面焊缝余高内的缺陷。打磨后焊缝表面不应低于母材外表面或焊接工艺规程要求。
- 9.2.16 返修处应采用射线检测和超声波检测方法进行检测。
- 9.2.17 对于全自动超声波（AUT）检测检出的缺陷，返修前应采用相控阵超声波（PAUT）检测对缺陷进行定位和复检。
- 9.2.18 焊接接头返修应做好返修记录，记录内容至少包括：返修长度、位置、工艺、次数、时间、返修焊工等信息。

9.3 焊接质量检验

9.3.1 焊接接头检验要求

- 9.3.1.1 焊接接头检验包括外观检查、无损检测和硬度检查。
- 9.3.1.2 站场、阀室工艺管道环焊缝根部不允许存在未熔合、未焊透缺欠。

9.3.2 外观检查

9.3.2.1 焊接接头外观检查的人员、器材和验收标准应符合 GB/T 34275 规定。外观检查合格后,方可进行无损检测。

9.3.2.2 其他连接接头的外观检查应符合相关产品标准和设计文件规定。

9.3.2.3 现场焊接的管道组成件和管道支承件焊接接头应进行 100%外观检查。

9.3.3 无损检测

9.3.3.1 无损检测单位、人员资质及资料要求应符合 GB/T 34275 相关规定。

9.3.3.2 射线检测、X 射线数字成像检测、超声检测、相控阵超声检测、磁粉检测和渗透检测应符合 SY/T 4109 的规定,全自动超声波检测应符合 GB/T 50818 的规定。

9.3.3.3 当采用未列入本文件的无损检测方法时,应制定相应检测标准,经建设单位审核和批准后,方可使用。

9.3.3.4 输氢管道线路、输氢站和阀室工艺管道的焊接接头无损检测、复检和抽检比例,验收标准应符合 GB/T 34275 相关规定。

9.3.4 硬度检查

9.3.4.1 硬度检查应符合 GB/T 20801.4 相关规定,同时满足下列要求:

- a) 无焊后热处理的焊接接头,应抽取每个焊工或流水作业焊工组当天完成的全部焊缝不少于 5% 的焊接接头进行硬度检查,且不少于 1 道口;
- b) 经焊后热处理的焊接接头应进行表面检查、硬度检查和超声检测,超声检测应在硬度检查合格后进行;表面检查应以无过烧、无裂纹、无变形为合格;
- c) 硬度检查宜选用符合 GB/T 38751 和 YB/T 4285 规定的便携式硬度计,机械式便携硬度计应采用球形检测头;
- d) L360 及以下强度级别钢管的焊接接头的硬度不应大于 220HV10,其他强度级别钢管的焊接接头硬度不应大于 250HV10。硬度转化对照表参见附录 C;
- e) 硬度检查不合格的焊口应重新进行焊后热处理,焊后热处理次数宜不超过 2 次,超过 2 次时,应割除或增补相应条件的焊接工艺评定进行验证;
- f) 焊口硬度检查的部位和点位应满足表 15 要求;

9.3.4.2 表面检查和硬度检查应填写检查记录。

表15 焊接接头硬度检查部位和点位

公称直径 DN mm	检查部位及数量	检查部位及点位
DN<200	任意位置1处	检查部位应在焊缝、热影响区各取1点,热影响区的测定区域应紧邻熔合线。
200≤DN<600	不少于2处且均匀分布	
DN≥600	不少于3处且均匀分布	

9.3.4.3 特殊位置无法进行硬度检查的焊接接头,根据对应焊接工艺评定合格的硬度实验报告,经建设方或监理单位批准,可免除焊接接头的硬度检查。

9.4 质量验收

9.4.1 线路管道焊接工程

9.4.1.1 主控项目

- 9.4.1.1.1 焊接作业应符合相应的焊接工艺规程的要求。
检验数量：全数检查。
检验方法：检查相应施工记录。
- 9.4.1.1.2 焊接材料和规格应符合相关国家标准和设计要求。
检验数量：全数检查。
检查方法：检查质量证明书、合格证和复检报告。
- 9.4.1.1.3 焊缝及其热影响区表面应无裂纹、气孔及未熔合。
检验数量：抽查10点（处）。
检验方法：目测检查。
- 9.4.1.1.4 焊缝无损检测应符合现行 GB 50369、GB/T 50818 和 SY/T 4109 的相关规定和设计要求。
- 9.4.1.1.5 检验数量：抽查 10%。
- 9.4.1.1.6 检查方法：检查无损检测底片、记录和报告。
- 9.4.1.1.7 焊缝返修及处理应符合 GB 50369 的相关规定。
检验数量：全数检查。
检验方法：检查施工记录、无损检测报告。

9.4.1.2 一般项目

- 9.4.1.2.1 焊缝外观成型应均匀一致，焊缝及其热影响区表面上不应有飞溅、夹渣、弧坑等缺陷。
检验数量：抽查10点（处）。
检查方法：目测检查。
- 9.4.1.2.2 焊缝表面不应低于母材表面，焊缝余高应在 0 mm～3 mm 范围内，向母材的过渡应平滑。
检验数量：抽查10点（处）。
检查方法：用焊接检验尺检查。
- 9.4.1.2.3 咬边的最大尺寸应符合表 16 的规定。
检验数量：抽查10点（处）。
检查方法：用焊接检验尺检查。

表16 咬边的最大尺寸

深 度	长 度
小于或等于 0.4 mm，小于或等于管壁厚的 6%，取二者中的较小值	任何长度均为合格
大于 0.4 mm 小于等于 0.8 mm，大于管壁厚的 6%小于等于 12.5%，取二者中的较小值	在焊缝任何 300 mm 连续长度上不超过 50 mm，或焊缝长度的 1/6，取二者中的较小值
大于 0.8 mm，大于管壁厚的 12.5%，取二者中的较小值	任何长度均不合格

9.4.2 站场管道焊接工程

9.4.2.1 主控项目

- 9.4.2.1.1 焊接工艺规程应具有有效性和适用性。
检验数量：全数检查。

检验方法：检查所用焊接工艺规程。

9.4.2.1.2 焊材应符合焊接工艺规程的规定。

检验数量：全数检查。

检验方法：检查出厂质量证明文件和检验报告。

9.4.2.1.3 管道焊缝无损检测应符合设计文件要求和规范规定。

检验数量：全数检查。

检验方法：检查无损检测记录、报告。

9.4.2.2 一般项目

9.4.2.2.1 焊缝上的焊渣及周围飞溅物应清理干净，焊缝表面应均匀整齐，不应存在有害的焊瘤、凹坑、裂纹、未熔合、气孔、夹渣、引弧痕迹及夹具焊点等缺陷。

检验数量：抽查10%。

检验方法：观察检查。

9.4.2.2.2 焊缝宽度应符合焊接工艺规程的要求，无要求时为坡口上两侧各加宽 0.5 mm~2 mm。

检验数量：抽查10%。

检验方法：用焊接检验尺检查。

9.4.2.2.3 焊缝余高应为 0 mm~2 mm，局部不应大于 3 mm 且长度不大于 50 mm。

检验数量：抽查10%。

检验方法：尺量检查。

9.4.2.2.4 焊缝咬边深度不应大于壁厚的 12.5%，且不应大于 0.5 mm。咬边深度小于 0.3 mm 时，任何长度均为合格。咬边深度在 0.3 mm~0.5 mm 之间，单个长度不应超过 30 mm；在焊缝任何 300 mm 连续长度内，咬边累计长度不应大于 50 mm；累计长度不应大于焊缝周长的 15%。

检验数量：抽查10%。

检验方法：观察检查和尺量检查，检查施工记录。

9.4.2.2.5 角焊缝的凹度和凸度不应大于 1.5 mm，两焊脚高度差不应大于 3 mm。

检验数量：抽查10%。

检验方法：观察检查或尺量检查。

10 清管（吹扫）、试压、干燥

10.1 通用要求

10.1.1 管道应在下沟回填后进行分段清管、测径和分段试压。

10.1.2 设计单出图的穿跨越工程，应按设计要求进行单独试压

10.1.3 水压试验时，供水水源应清洁、无腐蚀性。进入管道的试压水 PH 值宜为 5~8，总的悬浮物不应大于 50 mg/L，水质最大盐分含量不应大于 2000 mg/L。

10.1.4 清管、试压及干燥施工前应由施工单位编制专项施工方案，制定安全措施，方案应经建设单位或监理单位审批。

10.1.5 清管试压及干燥应统一指挥并配备必要的交通工具、通信及医疗救护设备，试压现场应有当地医疗和应急反应机构的联系方式。

10.1.6 低温环境的清管、试压、干燥见附录 F 的规定执行。

10.2 线路清管、试压

10.2.1 线路清管、测径

10.2.1.1 线路清管测径设备选择：

- a) 管径小于 DN100 的管段清管宜选用球型清管器；
- b) 管段清管，宜选用混合型清管器；
- c) 测径应采用测径清管器；
- d) 管道上水、排水宜采用直板型清管器；
- e) 扫水宜采取机械清管器结合泡沫清管器；

10.2.1.2 清管应设置临时清管器收发装置。临时收发球筒制造厂家应具有压力容器制造资格，到场的临时收发球筒应具有产品合格证和质量证明文件，首次使用前应进行试压。

10.2.1.3 采用清管器清管时，清管器应适用于管线弯管的曲率半径。清管器使用前，应检查清管器皮碗的外型尺寸变化、划伤程度，对磨损较大的皮碗应更换。装入管道时不应涂抹任何润滑剂。

10.2.1.4 清管介质应用空气，清管次数不应少于 4 次，清管吹出的污物应满足表 17 的要求。

表17 清管合格标准

公称直径 DN, mm	100≤D<300	300≤D<600	600≤D<1000
污物 kg/10 km	0.03	0.09	0.18

10.2.1.5 试压前后应分别进行测径。测径宜采用铝质测径板，测径板直径应符合设计规定，如设计无规定时，测径宜采用铝质测径板，直径为试压段中最大壁厚钢管或者弯管内径的 92.5%，当测径板通过管段后，无变形、褶皱为合格。

10.2.2 水压试验

10.2.2.1 试压前应根据该管段的纵断面图计算管道低点的净水压力，核算管道低点试压时所承受的环向应力，其值一般不应大于管道最低屈服强度的 0.9 倍，对特殊地段经设计允许，其值最大不应大于 0.95 倍，试验压力值的测量应以管道最高点测出的压力值为准，管道最低点的压力值应为试验压力与管道液位高差静压之和。线路管道压力试验应分段进行，试验段划分需符合下列规定：

- a) 管段容量不应超过 $2.5 \times 10^4 \text{ m}^3$ ；
- b) 采用水作为试验介质的管段长度不应超过 35 km；
- c) 管段划分宜与阀室间距保持一致。

10.2.2.2 线路管道分段水压试验的压力值、稳压时间及合格标准应符合设计文件要求。

10.2.2.3 试压宜在环境温度为 5℃ 以上进行，低于 5℃ 时应采取防冻措施，注水宜连续，并应采取排除管线内的气体。低于 5℃ 水压试验可以考虑改用防冻液、乙二醇溶液、压缩空气进行试压工作。

10.2.2.4 管道压力试验时升压速度不应大于 0.1 MPa/min。当压力升至 30%和 60%强度试验压力时，应分别停止升压。稳压 15 min，并应检查系统有无异常情况，如无异常情况继续升压。升到强度试验压力值后，稳压 4 h，合格后再降到设计压力，进行严密性试验。稳压 24 h。

10.2.2.5 管道扫水作业应先使用机械清管器进行管道扫水，直至管道末端没有游离水排出。再使用泡沫清管器进行深度扫水作业，合格标准为连续两个泡沫清管器含水量不大于 (1.5 DN/1000) kg。

10.3 站场及阀室吹扫、试压

10.3.1 吹扫

10.3.1.1 试压吹扫前，应将压力等级不同的管道、不应与管道一起试压的系统、设备、管件、阀门及仪器等隔开，分别试压吹扫。

10.3.1.2 制定吹扫试压专项方案，并采取有效安全措施，经审查批准后实施。

10.3.1.3 试压完毕，应将管道内介质清扫干净。及时拆除所有临时盲板，并填写管道试压记录。

10.3.2 强度试验及严密性试验

10.3.2.1 站场工艺管线安装完成之后，整个工艺管线系统应按照设计要求、压力等级和工艺流程分系统进行强度试验和严密性试验，各压力系统应采取措施进行隔离。

10.3.2.2 强度试验介质宜采用无腐蚀性的洁净水，试验时，宜在环境温度高于 5℃ 以上进行；当环境温度低于 5℃ 时，应采取防冻措施；不锈钢管道、连有不锈钢管道或设备的管道进行试验时，水中氯离子含量不应超过 25 ppm。

10.3.2.3 强度试验压力应为设计压力的 1.5 倍，升压应满足下列要求：

- a) 升压应平稳缓慢，分阶段进行，强度压力试验升压次数符合表 18 的规定；
- b) 依次升至各个阶段压力时，稳压 30 min；经检查无泄漏，即可继续升压；
- c) 升到强度试验压力值后，稳压 4 h，合格后再降到设计压力，进行严密性试验。试验方法及合格标准见表 19。

表18 强度试验升压次数

试验压力/MPa	升压次数	各阶段试验压力百分数/%
$P \leq 1.6$	1	100
$1.6 < P \leq 2.5$	2	50, 100
$2.5 < P$	3	30, 60, 100

表19 强度试验方法及合格标准

检验项目	强度试验
试验压力MPa	1.5倍设计压力
升压步骤	升压阶段间隔30 min，升压速度不大于0.1 MPa / min
稳压时间h	4
合格标准	管道目测无变形、无泄漏，压降小于或等于试验压力的1%

10.3.2.4 严密性试验应满足下列要求：

- a) 站内管道的严密性试验应在强度试合格后进行，试验介质应采用空气或无毒无腐蚀性惰性气体。升压应缓慢分阶段进行，升压速度应小于 0.1 MPa/min；
- b) 将压力升到试验压力的 10%，至少稳压 5 min，并用人工肥皂液涂刷检查泄露点，若无渗漏，即缓慢升至试验压力的 50%；其后按逐次增加 10%的试验压力后，稳压检查，无泄漏及无异常声响方可升压；
- c) 当压力升到试验压力后，进行严密性试验。试验方法及合格标准应符合表 20 的规定。

表20 严密性试验试验方法及合格标准

检验项目	严密性试验
试验压力 MPa	设计压力
升压步骤	将系统压力升到试验压力的 10%，至少稳压 5 min，若无渗漏，即缓慢升至试验压力的 50%；其后按逐次增加 10%的试验压力后，稳压检查，无泄漏及无异常声响方可升压；
稳压时间 h	24
合格标准	压降小于或等于试验压力的 0.1%

10.4 管道干燥

10.4.1 管道清管、试压、扫水结束后应进行管道干燥，线路截断阀应处于全开状态，旁通阀处于全部关闭状态。

10.4.2 干燥施工前需由监理单位、管道施工单位、干燥单位共同完成扫水作业验收，确认合格。

10.4.3 线路管道干燥施工宜采用干空气干燥法，也可以采用氮气干燥法、真空干燥法、干燥剂法，或以上方法的组合使用，以达到更优的干燥效果。

10.4.4 站场管道干燥可采用干空气干燥、真空干燥和液氮干燥法，可进行分区干燥，将待干燥管道与其他的管道、设备等用盲板隔离，也可整体干燥。

10.4.5 干空气干燥作业要求如下：

- a) 进入管道的干空气不应超过 50 ℃；
- b) 管道末端应设置水露点仪检测出口气体的水露点，管道末端排出气体水露点应连续 4 h 不高于设计干燥合格标准，且变化幅度不大于 3 ℃，开始进行密闭试验；
- c) 管段在不低于 50 kPa 的压力下密闭试验 24 h 后，应在管道末端对水露点进行检查，水露点升高不应超过 3 ℃，且不应高于设计要求的水露点为合格。

10.4.6 真空干燥作业要求如下：

- a) 启动真空泵降低管道内压力，每 15 min 应记录一次管道压力值，当管内压力降低到 8 kPa(绝压)时，关闭真空泵组，进行密闭 4 h 渗漏试验，观察管内压力的变化，如压力变化值小于 0.1 kPa，可继续抽真空；否则，应修补渗漏点后继续对管道抽真空；
- b) 当管道内的压力降至干燥合格标准的水露点对应的压力值时，应关闭真空泵组，密闭 24 h，观察管道内压力的变化，如压力变化值小于 0.6 kPa，即为合格；否则，应继续进行抽真空干燥，直至合格。

10.4.7 氮气干燥作业要求如下：

- a) 开启待干燥管道的进气阀门，进气压力宜为 300 kPa~500 kPa，对干燥部位进行连续反复吹扫，管道出口处应用水露点仪检测气体的水露点，直到出口处水露点不高于设计干燥合格标准；
- b) 水露点达到要求后，应进行系统密闭试验 24 h，水露点升高不应超过 3 ℃，且不应高于设计干燥合格标准。

10.4.8 线路管道干燥宜按施工标段分段进行。

10.4.9 管道干燥结束后，如果不能及时投入运行，宜用干燥氮气置换管内气体，并应保持内压 120 kPa~150 kPa 的干燥状态下的密闭封存和标识。

10.5 质量验收

10.5.1 线路管道试压

10.5.1.1 主控项目

10.5.1.1.1 水压强度试验，应无变形、无泄漏。

检验数量：全数检查。

检验方法：检查水压试验记录。

10.5.1.1.2 水压严密性试验，压降不大于 1%试验压力值，且不大于 0.1 MPa。

检验数量：全数检查。

检验方法：检查水压试验记录。

10.5.1.2 一般项目

10.5.1.2.1 水压试验用水应使用洁净水。

检验数量：试压段全数检查。

检验方法：目测检查和检查化验报告。

10.5.1.2.2 试压合格后，应将管段内积水清扫干净，应以不再排出游离水为合格。

检验数量：试压段全数检查。

检验方法：检查清管结果或记录。

10.5.2 线路管道干燥

10.5.2.1 主控项目

10.5.2.1.1 当采用干燥剂时，干燥后管道末端排出的混合液中，干燥剂含水量的质量分数应小于 20% 为合格。

检验数量：干燥列车的最后两个清管器间，混合液中测三组数据。

检验方法：用比重计检查。

10.5.2.1.2 当采用干空气时，密闭试验 4 h 后，在管道末端对水露点进行检查，管道内水露点升高不应超过 3℃，且不高于设计要求的水露点为合格。

检验数量：每段测三组数值。

检验方法：用水露点分析仪检查。

10.5.2.1.3 当采用真空法时，当管内压力降到 0.1 kPa（管内气体对应的露点为-20℃）时，应关闭真空泵组，密闭 24 h，观察管道内压力的变化，如压力的变化值小于 0.6 kPa，即为合格。

检验数量：每段测三组数值。

检验方法：用水露点分析仪检查。

10.5.2.2 一般项目

管道干燥后干空气或氮气填充应符合设计要求。

检验数量：每段均检查。

检验方法：检查氮气填充记录。

10.5.3 站场管道吹扫及试压

10.5.3.1 主控项目

10.5.3.1.1 管道强度试验和严密性试验介质应符合设计文件要求。

检验数量：全数检查。

检验方法：检查化验报告。

10.5.3.1.2 试验压力应符合设计文件要求。

检验数量：全数检查。

检验方法：检查试压记录。

10.5.3.1.3 站场内管道系统扫水应以站场最低点排放口无明水排出为合格。

检验数量：全数检查。

检验方法：观察检查。

10.5.3.2 一般项目

10.5.3.2.1 奥氏体不锈钢试压所用的洁净水所含氯离子浓度不应超过 25 mg/L；试压后，应立即将水清除干净，试压用水温度不应低于 5℃。

检验数量：全数检查。

检验方法：检查化验报告和仪表检查。

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

检验数量：全数检查。

检验方法：观察检查。

10.5.4 站场管道干燥

10.5.4.1 主控项目

10.5.4.1.1 管道采用干空气或液氮干燥时，干燥结果应符合设计文件和 GB 50540 的有关规定。

检验数量：全数检查。

检验方法：用露点仪检查或检查管道干燥记录。

10.5.4.1.2 管道采用真空干燥时，干燥结果应符合设计文件和 GB 50540 的有关规定。

检验数量：全数检查。

检验方法：用露点仪检查或检查管道干燥记录。

10.5.4.2 一般项目

10.5.4.2.1 管道干燥验收合格后，应按设计文件要求进行封存。

检验数量：全数检查。

检验方法：观察检查。

10.5.4.2.2 进入管道的干空气不应超过 50℃。

检验数量：全数检查。

检验方法：仪表检查和检查施工记录。

11 健康、安全与环保

11.1 施工人员上岗前应接受健康安全环保教育和培训，培训合格后上岗。

11.2 施工中应供应及使用防护服、安全帽、目镜和工作鞋等劳保用品。

11.3 应做好营地建设及职工的营养、医疗保健工作，做好职业病、地方病的防治工作。

11.4 野外施工针对高温、雨季、寒冷天气等特殊条件应采取有效的防护措施。

11.5 危险性较大的工程，施工前应编制专项方案，对于超过一定规模的危险性较大的工程，施工单位应组织专项方案论证，并按规定审批程序进行审批。

11.6 对进入受限空间作业、起重吊装作业、脚手架搭设作业、高处作业等风险作业应办理作业许可。

- 11.7 工程机械作业时，不应在机械作业的范围内进行其他无关工作；机械在行驶中，不应进行修理和调整工作。
- 11.8 施工中配电箱应放置在避水、干燥的地方，且接地良好。应设专人管理并定期检查、维修和保养。不应私自乱接电源。电力装置应有良好的接地，并应安装防触电保护装置。
- 11.9 试压及清扫作业时，应设置试压警戒区，无关人员应在警戒区外。
- 11.10 穿越公路时，应提前到路政部门办理手续，并做好交通导行工作。
- 11.11 夜间工作时，设备的照明灯、指示灯应齐全、完好，作业现场应具备照明。
- 11.12 作业区应设置安全警戒区，设立明显标识，防止无关人员进入施工场地，避免发生安全事故。
- 11.13 高压线下作业时，应保证有足够的安全作业距离。
- 11.14 通过或穿越在役油气管道、电缆、光缆等地下障碍物时，应采取保护措施。
- 11.15 氧气、乙炔瓶应按 5 m 安全距离直立摆放，且应有防晒、防倾倒措施。乙炔瓶使用时应设有回火阻止器。
- 11.16 民用爆炸物品的运输、储存及爆破作业应符合国家有关法规及标准规范的规定。
- 11.17 施工过程中产生的废水、废气应符合当地排放要求，固体废弃物应分类存放。应按当地政府要求清理和妥善处理施工废弃物及生活垃圾，防止废弃物的泄漏和渗漏。
- 11.18 管道工程施工应严格限制在施工便道及施工作业带的占地宽度内。
- 11.19 对管道施工中造成的土地、植被等原始地貌、地表的破坏，应按设计要求予以恢复。
- 11.20 应根据施工现场和施工项目制定相应的应急预案进行演练。

12 工程交工验收

12.1 质量验收

- 12.1.1 检验批、分项工程、分部(子分部)工程和单位(子单位)工程施工质量验收应划分为合格与不合格两个等级。
- 12.1.2 检验批质量验收合格应符合下列规定：
- a) 主控项目经抽样检验，应全数符合本文件工序质量验收的规定；
 - b) 一般项目的质量经抽样检验有 80%及其以上的检查点(处、件)应符合本文件质量验收的规定，其余检查点(处、件)也应基本接近质量验收的规定；
 - c) 应具有完整的施工操作依据和质量验收记录。
- 12.1.3 分项工程质量验收合格应符合下列规定：
- a) 分项工程所含检验批的质量均应验收合格；
 - b) 分项工程所含检验批的质量验收记录应完整。
- 12.1.4 分部(子分部)工程质量验收合格应符合下列规定：
- a) 分部(子分部)工程所含分项工程的质量均应验收合格；
 - b) 质量控制资料应完整。
- 12.1.5 单位(子单位)工程质量验收合格应符合下列规定：
- a) 单位(子单位)工程所含分部(子分部)工程的质量均应验收合格；
 - b) 质量控制资料应完整；
 - c) 预试运应合格。
- 12.1.6 输氢管道工程质量验收记录应符合下列规定：
- a) 检验批质量验收应按照本标准附录 B 的要求填写，填写的验收内容应具有相应的原始施工记录；
 - b) 分项工程质量验收应按照本标准附录 B 的要求填写；

- c) 分部(子分部)工程质量验收应按照本标准附录 B 的要求填写;
 - d) 单位(子单位)工程质量验收记录、质量验收与质量控制资料核查, 应按照本标准附录 B 的要求填写。
- 12.1.7 当输氢管道工程施工质量不符合有关规定时, 应按下列规定进行处理:
- a) 经返工、返修或更换流体管道、器具、装置和设备的检验批, 应重新进行验收;
 - b) 经有资质的检测单位检测鉴定能够达到设计要求的检验批, 应予以验收;
 - c) 经有资质的检测单位检测鉴定达不到设计要求, 但经设计单位核算认可能够满足结构安全和使用功能的检验批, 可予以验收;
 - d) 经返修或加固处理的分项、分部(子分部)工程, 虽然改变外形尺寸但仍能满足结构安全和使用要求时, 可按技术处理方案和协商文件的要求予以验收。
- 12.1.8 当输氢管道工程施工质量不符合相关规定, 通过返工返修或加固处理仍不能满足安全、消防、节能、环境保护、重要使用要求的分部(子分部)工程及单位(子单位)工程, 严禁验收。

12.2 竣工验收

12.2.1 施工单位完成合同规定范围内的全部工程项目, 并经验收合格后, 应及时与建设单位办理交接手续。

12.2.2 工程交工验收前, 施工单位应按照规定向建设单位提交技术文件。施工单位应至少提供下列资料。

- a) 通用部分:
 - 1) 交工资料编制说明;
 - 2) 开工报告;
 - 3) 停工报告;
 - 4) 复工报告;
 - 5) 交工主要实物量表;
 - 6) 设备及备品、备件交接清单;
 - 7) 合格证、质量证明书汇总表;
 - 8) 合格证、质量证明书粘贴单;
 - 9) 设备说明书及随机资料交接清单;
 - 10) 单位工程质量控制资料核查记录;
 - 11) 分部工程质量验收汇总表;
 - 12) 分部工程质量验收记录;
 - 13) 单位工程质量验收记录;
 - 14) 工程完工报告;
 - 15) 交工证书;
 - 16) 设计技术交底会议纪要;
 - 17) 图纸会审纪要;
 - 18) 设计变更单;
 - 19) 施工变更联络单;
 - 20) 焊接工艺评定;
 - 21) 焊接工艺规程;
 - 22) 焊工登记表。
- b) 线路工程部分:
 - 1) 测量放线记录;

- 2) 冷弯管加工汇总表;
 - 3) 管道施工记录;
 - 4) 管道施工安装记录;
 - 5) 管道焊口统计表;
 - 6) 防腐补口、保温施工记录;
 - 7) 防腐补口剥离强度试验记录表;
 - 8) 管道工程隐蔽检查记录;
 - 9) 管沟回填检查记录;
 - 10) 管道清管、测径报告;
 - 11) 管道压力试验报告;
 - 12) 管道干燥报告;
 - 13) 管道竣工测量成果表;
 - 14) 阴极保护工程施工记录;
 - 15) 阴极保护测试桩检查记录;
 - 16) 强制电流阴极保护电参数测试记录;
 - 17) 牺牲阳极电参数测试记录;
 - 18) 音频检漏测试记录;
 - 19) 管道线路地貌恢复验收证书。
- c) 站内工艺管道部分:
- 1) 阀门试验记录;
 - 2) 设备/管道防腐、保温、保冷、涂漆施工记录;
 - 3) 工艺管道安装记录;
 - 4) 管道系统压力试验记录;
 - 5) 安全阀校验统计表;
 - 6) 设备/管道吹洗(吹扫)记录;
 - 7) 管道干燥记录;
 - 8) 工艺管道焊缝核查表。

附 录 A
(规范性)

单位工程、分部工程、分项工程和检验批划分

A.1 输氢管道线路工程的单位工程、分部工程、分项工程、检验批的划分应符合表 A.1 的规定。

表A.1 输氢管道线路工程单位工程、分部工程、分项工程、检验批划分表

单位工程	分部工程	分项工程	检验批
相邻站间或县区段或独立的施工单位承包区段或划定标段	每 16 km 左右管线（线路截断阀室）或线路阀室间或站与阀室间	管沟开挖工程	管沟开挖工程（每 5 km 左右）
		管口组对与焊接工程	管口组对工程（每 5 km 左右）
			管道焊接工程（每 5 km 左右）
		管道防腐补口、补伤工程	液体环氧涂料防腐层现场补口补伤工程（每 5 km 左右）
			聚乙烯防腐层现场补口补伤工程（每 5 km 左右）
		管道下沟与回填工程	管道下沟工程（每 5 km 左右）
			管沟回填工程（每 5 km 左右）
		管道穿越地下管道、线缆工程	管道穿越地下管道、线缆工程（每 5 km 左右）
		管道清管、测径及试压工程	管道清管、测径工程(每个试压段为一个检验批)
			管道水压试验(每个试压段为一个检验批)
		管道干燥工程	管道干燥工程(每个干燥段为一个检验批)
		管道连头工程	管道连头工程
		管道附属工程	桩墩工程
			线路保护构筑物工程
	线路阀室工程	土建工程	土建工程
		工艺安装工程	管道安装工程
			阀门安装工程
		电气仪表工程	电气工程
			仪表工程
	阴极保护工程	牺牲阳极阴极保护工程	牺牲阳极阴极保护工程
		强制电流阴极保护工程	强制电流阴极保护工程

A.2 站内工艺管道工程的分部工程、分项工程、检验批的划分应符合表 A.2 的规定。

表A.2 站内工艺管道分部工程、分项工程、检验批划分表

分部工程	分项工程	检验批
站内工艺管道工程	钢管下料和管件加工	钢管下料和管件加工
	管道安装	管道安装
	管道组对和焊接	管道组对
		管道焊接
	管沟开挖、下沟和回填	管沟开挖
		管道下沟和回填
	管道系统吹扫、试压和干燥	管道系统吹扫和试压
		管道干燥
	管道防腐	管道现场防腐及补口

附 录 B
(规范性)

单位、分部、分项工程和检验批质量验收记录

B.1 检验批质量验收记录宜按照表 B.1 的格式填写。检验批质量验收记录由施工单位项目专业质量检查员填写，专业监理工程师(建设单位项目代表)组织施工单位项目专业质量检查员进行验收，填写验收结论。

表B.1 检验批质量验收记录

工程名称			分项工程名称			验收部位		
施工单位			专业负责人			项目经理		
施工执行标准 名称及编号						检验批编号		
质量验收标准规定			施工单位检查记录				监理(建设)单位验收意见	
主 控 项 目	1							
	2							
	3							
	4							
	5							
一 般 项 目	1							
	2							
	3							
	4							
	5							
施工单位 检查结果		项目专业质量检查员： 年 月 日						
监理(建设) 单位验收 结论		专业监理工程师： 年 月 日 (建设单位项目代表)						

B.2 分项工程质量验收记录宜按照表 B.2 的格式填写。分项工程质量由专业监理工程师(建设单位项目代表)组织施工单位项目技术负责人等进行验收，填写验收结论。

表B.2 分项工程质量验收记录

单位工程名称			检验批数量	
施工单位				
项目经理			项目技术负责人	
序号	检验批编号	施工单位检查 评定结果	监理(建设)单位 验收结论	
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
施工单位 检查 结果	项目技术负责人： 年 月 日			
监理(建设) 单位验收 结论	专业监理工程师： 年 月 日 (建设单位项目代表)			

B.3 分部(子分部)工程质量验收记录宜按照表 B.3 的格式 填写。分部工程质量验收由总监理工程师组织施工单位项目经理和有关单位项目负责人进行验收。

表B.3 _____分部(子分部)工程质量验收记录

单位工程名称				分项工程数量	
施工单位		技术部门负责人		质量部门负责人	
分包单位		分包单位负责人		分包单位技术负责人	
序号	分项工程名称	检验批数	施工单位检查结果	验收意见	
1					
2					
3					
4					
5					
质量控制资料					
安全和功能检验（检测）报告					
观感质量验收					
验收单位	施工单位	项目经理： 年 月 日			
	勘察单位	项目经理： 年 月 日			
	设计单位	项目负责人： 年 月 日			
	监理（建设）单位	总监理工程师（建设单位项目代表）： 年 月 日			

B.4 单位(子单位)工程质量验收记录宜按照表 B.4 的格式填写，单位(子单位)工程质量竣工验收记录由施工单位填写，验收结论由监理(建设)单位填写，预试运情况由参加验收各方共同商定。单位(子单位)工程质量控制资料核查记录宜按照表 B.5 的格式填写，由施工单位根据工程包含施工项目内容填写，结论由施工单位项目经理、总监理工程师(建设单位)分别填写。

表B.4 ____单位(子单位)工程质量验收记录

单位工程名称				分部工程数量	
施工单位		技术负责人		开工日期	
项目经理		项目技术负责人		竣工日期	
序号	项 目	验收记录		验收结论	
1	分部工程	共 分部，经查 分部 符合设计及标准规定 分部			
2	质量控制资料核查	共 项，经审查符合要求 项， 经核定 符合标准规定 项			
3	预试运情况				
验收单位	施工单位	设计单位	监理单位	建设单位	工程质量监督机构
	单位盖章：	单位盖章：	单位盖章：	单位盖章：	单位盖章：
	单位（项目）负责人： 年 月 日	总监理工程师： 年 月 日	单位（项目）负责人： 年 月 日	单位（项目）负责人： 年 月 日	单位（项目）负责人： 年 月 日

附 录 C
(资料性)
常用硬度对照表

C.1 黑色金属的维氏硬度、洛氏硬度、布氏硬度、里氏硬度对照表见表 C.1。

表C.1 维氏硬度、洛氏硬度、布氏硬度、里氏硬度数值对照表 (≤260HV10)

维氏硬度 HV	洛氏硬度 HRC	布氏硬度 HB	里氏硬度 HLD
226	20.0	225	511
228	20.5	227	514.4
230	21.0	229	517
233	21.5	232	520
235	22.0	234	522
238	22.5	237	525
241	23.0	240	526
244	23.5	242	529
247	24.0	245	533
250	24.5	248	536
253	25.0	251	540
256	25.5	254	542
259	26.0	257	545

C.2 常用钢材的维氏硬度、洛氏硬度、布氏硬度、里氏硬度对照表见表 C.2。

表C.2 维氏硬度、洛氏硬度、布氏硬度、里氏硬度数值对照表 (≤265HV10)

维氏硬度 HV	洛氏硬度 HRC	布氏应度 HB	里氏硬度 HLD
240	20.3	228	—
245	21.3	233	—
250	22.2	238	—
255	23.1	242	—
260	24.0	247	—
265	24.8	252	—

附录 D

(规范性)

低温环境管道焊接施工技术措施

D.1 通用要求

低温环境管道焊接施工技术措施除符合第9章的要求外，还应符合以下要求：

- a) 当环境温度低于 0℃时，管道焊接应采取低温环境焊接施工技术措施；
- b) 本措施适用于 0℃～-30℃环境温度条件下的现场焊接作业。本措施不应替代焊接工艺规程，焊接作业应遵循建设单位批准的焊接工艺规程；
- c) 焊接施工前，应根据设计和相关标准的要求，进行焊接工艺评定，并根据合格的评定结果编制用于指导现场焊接作业的焊接工艺规程。焊接工艺评定过程应能反映全部的焊接工艺类型和现场实际的环境温度水平；
- d) 用于管道焊接的机具及设备应具有良好的工作状态和安全性能，可满足焊接工艺和低温环境野外工作条件的要求。

D.2 焊接施工

D.2.1 焊件温度低于0℃时，所有钢材的焊缝应在始焊处100 mm范围内至少预热至15℃。

D.2.2 有预热要求的焊口，低温环境施工应采用中频感应加热、电加热或上述方法的组合方式进行焊口预热。选择的预热方法应能够确保焊口在10 min内达到预热温度，且整个焊口温度均匀。线路钢管壁厚大于20 mm时，宜采用中频感应加热方法。

D.2.3 预热应符合下列规定：

- a) 宜对管端进行提前预热，使钢管内外壁的水汽完全烤干。提前预热不应破坏钢管的内涂层和外防腐层；
- b) 施焊前应对管端两侧各 75 mm 的范围进行预热。预热过程中应监测测量焊口温度是否均匀且达到预热温度的要求；
- c) 根焊开始前，若焊口温度低于规定的最低预热温度应重新对焊口进行预热。

D.2.4 道间温度控制应符合下列规定：

- a) 当环境温度低于-10℃时，宜在整个焊接过程中采用伴随加热的方式来保证道间温度；
- b) 组对、焊接过程中宜在管端采取临时封堵措施，防止焊口快速冷却。

D.2.5 焊接作业应符合下列规定：

- a) 焊接作业应在防风保温棚内进行，防风保温棚内圈应与管子密实接合；
- b) 宜采取小流水或单兵作业的方式，应保证道间温度；
- c) 当天焊接工作完成后，应注意封堵管端，防止冰雪吹入管腔。

D.2.6 盖面焊完成后应立即用保温被覆盖焊道。待焊口冷却至25℃以下时，方可撤除保温被进行清渣。

D.2.7 焊缝返修焊接应符合下列规定：

- a) 返修焊接应进行整体预热；
- b) 缺陷清除后，应检查打磨部位及其附近的焊缝金属和母材，确认没有因打磨引起的扩展裂纹。

附录 E
(规范性)

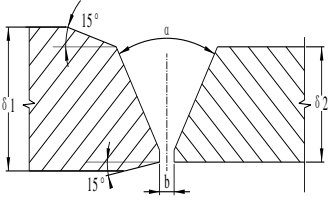
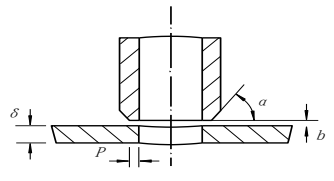
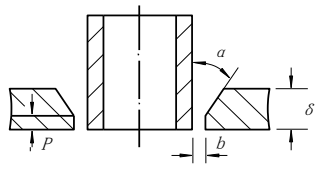
站场、阀室工艺管道管端推荐坡口型式及组对尺寸

站场、阀室工艺管道管端推荐坡口型式及组对尺寸见表 E.1。

表E.1 站场、阀室工艺管道管端推荐坡口型式及组对尺寸

名称	坡口型式	壁厚 δ mm	坡口尺寸 mm		间隙 b mm
			角度 α	钝边 P mm	
钢管对接		<12.7	$60^{\circ} \pm 5^{\circ}$	上向焊 1.5 ± 0.5	上向焊 3.0~4.5
				下向焊 1.0 ± 0.5	下向焊 2.0~3.5
		≥ 12.7	$47^{\circ} \pm 3^{\circ}$	上向焊 1.5 ± 0.5	上向焊 3.0~4.5
				下向焊 1.0 ± 0.5	下向焊 2.0~3.5
管道与管 件对接 (等内 径)		<12.7	$60^{\circ} \pm 5^{\circ}$	上向焊 1.5 ± 0.5	上向焊 3.0~4.5
				下向焊 1.0 ± 0.5	下向焊 2.0~3.5
		≥ 12.7	$47^{\circ} \pm 3^{\circ}$	上向焊 1.5 ± 0.5	上向焊 3.0~4.5
				下向焊 1.0 ± 0.5	下向焊 2.0~3.5
		<12.7	$60^{\circ} \pm 5^{\circ}$	上向焊 1.5 ± 0.5	上向焊 3.0~4.5
				下向焊 1.0 ± 0.5	下向焊 2.0~3.5
		≥ 12.7	$47^{\circ} \pm 3^{\circ}$	上向焊 1.5 ± 0.5	上向焊 3.0~4.5
				下向焊 1.0 ± 0.5	下向焊 2.0~3.5
管道与管 件对接 (等外 径)		<12.7	$60^{\circ} \pm 5^{\circ}$	上向焊 1.5 ± 0.5	上向焊 3.0~4.5
				下向焊 1.0 ± 0.5	下向焊 2.0~3.5
		≥ 12.7	$47^{\circ} \pm 3^{\circ}$	上向焊 1.5 ± 0.5	上向焊 3.0~4.5
				下向焊 1.0 ± 0.5	下向焊 2.0~3.5
		<12.7	$60^{\circ} \pm 5^{\circ}$	上向焊 1.5 ± 0.5	上向焊 3.0~4.5
				下向焊 1.0 ± 0.5	下向焊 2.0~3.5
		≥ 12.7	$47^{\circ} \pm 3^{\circ}$	上向焊 1.5 ± 0.5	上向焊 3.0~4.5
				下向焊 1.0 ± 0.5	下向焊 2.0~3.5

表E.1 站场、阀室工艺管道管端推荐坡口型式及组对尺寸（续）

名称	坡口型式	壁厚 δ mm	坡口尺寸 mm		间隙 b mm
			角度 α	钝边 P mm	
管道与管 件对接		<12.7	$60^\circ \pm 5^\circ$	上向焊 1.5 ± 0.5	上向焊 3.0~4.5
				下向焊 1.0 ± 0.5	下向焊 2.0~3.5
		≥ 12.7	$47^\circ \pm 3^\circ$	上向焊 1.5 ± 0.5	上向焊 3.0~4.5
				下向焊 1.0 ± 0.5	下向焊 2.0~3.5
支管与 支管台 坡口		≥ 6	$50^\circ \pm 5^\circ$	1.5 ± 0.5	2.5~4.0
三通接头 主管坡口		≥ 6	$50^\circ \pm 5^\circ$	1.5 ± 0.5	2.5~4.0

附录 F

(资料性)

低温环境清管试压干燥施工推荐性做法

F.1 通用要求

低温环境清管试压干燥施工技术措施除符合本文件第10章的要求外，还可采取以下做法：

- a) 当环境温度低于 5℃时，进行输氢管道清管、试压、干燥作业宜采取低温环境施工技术措施；
- b) 本措施适用于-30℃~5℃环境温度条件下的清管、试压、干燥作业，提出在低温环境下从技术准备、设备选型、安全防护等方面可采取的针对性措施。

F.2 设备选型与保温措施

F.2.1 设备材料选型及注意事项如下：

- a) 清管器材质宜耐受-30℃，确保不发生脆裂。清管器及其配件不应在严寒环境下长期保存，每次使用前宜检查过盈量、破损及老化情况；
- b) 试压泵、干燥设备宜选用低温型，配套使用的机油防冻液也宜选用低温型；
- c) 压力表、温度计等仪表宜配备伴热装置或选用低温型。

F.2.2 可采取的保温措施如下：

- a) 试压头、参与试压的裸露管道及设备表面宜选用电伴热带或保温棉包裹、搭建保温棚等措施；
- b) 临时管道、阀门等连接处宜采用可拆卸式保温套等方式保温；
- c) 干燥用储气罐宜设置保温棚或电加热装置；
- d) 值班房、仪表设备间宜设置取暖设施；
- e) 包裹保温材料、使用电伴热带、搭建保温棚（配有加热器）等措施可组合使用。

F.3 清管推荐做法

当环境温度低于5℃时，清管作业除执行本文件10.2要求外，推荐补充以下做法：

- a) 管道清管前可检查管内是否有积水，避免积水结冰堵塞管道；
- b) 清管作业前可先用压缩空气预吹扫。

F.4 试压推荐做法

当环境温度低于5℃时，试压作业除执行本文件10.2和10.3的要求外，推荐补充以下做法：

- a) 环境温度低于 0℃时，自然水体温度过低，可优先选用外运市政、消防等水源，确保注入管道内水温一直控制在 5℃以上；
- b) 环境温度低于-10℃时，线路管道或大型场站如管内水体温度无法持续控制在 5℃以上时，不建议进行水压试验；
- c) 环境温度低于-10℃时，如采取加注防冻液，可计算并验证混合配比对应的温度范围，并对防冻液的回收处理；
- d) 注水、试压、排水作业全过程确保所有参与作业的管道、临时管路、设备的温度均高于 5℃，并实时监控，低于 5℃需及时增加保温或加热措施；
- e) 试压完成后立即进行排水作业，并用压缩空气清扫干净，防止残留液体冻结。

F.5 干燥作业推荐做法

当环境温度低于5℃时，干燥作业除执行本文件10.4的要求外，推荐补充以下做法：

- a) 采用干空气干燥时，采取泡沫清管器吹扫排出管道内残留水分和冷空气，干燥空气流速不低于15 m/s，温度不低于20℃，干燥施工宜连续进行，直至合格；
 - b) 冬季或低温环境下应避免使用氮气干燥，低温氮气导致管道内壁结霜；
 - c) 作业区域严禁明火，干燥设备宜进行接地防止静电积聚，同时配备可燃气体检测仪；
 - d) 作业人员应按要求穿戴好防寒服、防滑鞋、加热手套等防护装备，避免低温冻伤；现场设置取暖棚，定时轮换作业人员；
 - e) 备足应急加热设备（如燃油暖风机、电加热板），若管道发生冻结，可采用分段采用相关措施加热解冻，禁止用明火直接烘烤。
-