

ICS 71.100.20

CCS G 86

T



团 体 标 准

T/CSPSTC XXX—202X

氢气管道工程施工技术规范

Technical specification for construction of hydrogen pipeline engineering

(征求意见稿)

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

中国科技产业化促进会 发布

目 次

前言	III
引言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 总体要求	2
5 施工准备	2
5.1 技术准备	2
5.2 人力资源准备	2
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	3
6.1 通用要求	3
6.2 检验及处理	3
6.3 装卸	5
6.4 运输	5
6.5 储存	6
7 线路施工	6
7.1 通用要求	6
7.2 交接桩及移桩	6
7.3 测量放线	6
7.4 施工作业带清理及施工便道修筑	7
7.5 管沟开挖	7
7.6 布管	8
7.7 管口组对、焊接及验收	9
7.8 管道防腐补口补伤	10
7.9 管道下沟及回填	10
7.10 管道穿越、跨越工程	11
7.11 管道清管、测径及试压	11
7.12 管道干燥	12
7.13 管道连头	12
7.14 管道附属工程	13
8 站场工艺管道施工	13
8.1 通用要求	13
8.2 下料与加工	14

8.3	管道安装	14
8.4	焊接	16
8.5	管沟开挖、下沟与回填	16
8.6	吹扫、试压	17
8.7	干燥	18
8.8	防腐	18
9	健康、安全与环保措施	19
10	工程交工	20
	附录 A (资料性) 试压临时收、发球筒结构示意图	22
	参考文献	23

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工导则 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。

本文件由中国石油管道局工程有限公司第三工程分公司提出。

本文件由中国科技产业化促进会归口。

本文件主要起草单位：中国石油管道局工程有限公司第三工程分公司等。

本文件主要起草人：XXX、XXX。

引 言

随着全球气候压力增大及能源转型加速，氢能在实现各国碳中和目标上将发挥重大积极作用。氢能作为我国战略能源，标准化成为氢能技术实施产业化的重要环节，也成为企业及其相关技术和产品占领市场的重要基础工作。氢气管道是长距离氢能输送最为高效的方式之一，但相较于成熟的天然气管网体系，氢气管道建设量相对较少，输氢管道的设计、施工及运营过程中，管道质量、使用寿命及维修维护的难易程度在很大程度上取决于所采用的标准。因此，有必要制定施工标准。

本文件的制定，将实现输氢管道施工中贯彻执行国家现行的有关方针政策，统一技术要求，做到技术先进、经济合理、安全适用、确保质量，解决中低压纯氢与掺氢燃气管道材料、工艺、安全及应用等问题，实现氢能在交通运输，石油精炼、氨化工的原料，以及金属精炼加热和住宅部门烹饪等方面应用，助力氢气成为整合不同基础设施的能源载体，以提高经济效率、可靠性、灵活性，减少电力、交通、化工、钢铁等部门的碳排放。

本文件主要对氢气输送管道施工的施工准备、材料及设备、线路施工、站场工艺管道施工、健康、安全与环保措施、工程交工做出规定，可用于指导新建或改建、扩建的陆上长距离输送纯氢、掺氢管道工程线路、站场施工。

氢气管道工程施工技术规范

1 范围

本文件给出了氢气输送管道施工的总体要求，规定了施工准备、材料及设备、线路施工、站场工艺管道施工、健康、安全与环保措施、工程交工的要求。

本文件适用于新建或改建、扩建的陆上长距离输送纯氢、掺氢管道工程线路、站场施工。

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，仅该注日期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 3634.2 氢气 第2部分：纯氢、高纯氢和超纯氢
- 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 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 34542.1—2017 氢气储存输送系统 第1部分：通用要求
- GB/T 39255 焊接与切割用保护气体
- 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/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
- NB/T 47014 承压设备焊接工艺评定
- SY/T 0043 石油天然气工程管道和设备涂色规范
- SY/T 0516 绝缘接头与绝缘法兰技术规范
- 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 6882 石油天然气建设工程交工技术文件编制规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

氢气 hydrogen

符合 GB/T 3634.2 中的气态氢。

3.2

氢气输送管道 hydrogen pipelines

产地、储存地、用户间的用于输送氢气的管道。

3.3

掺氢输送管道 hydrogen blending pipelines

把一定比例的纯氢掺入天然气管道中进行输送的管道。

3.4

水露点 water dew point

气体在一定压力下析出第一滴水时的温度。

[来源：GB 50251—2015，2.0.23]

3.5

冷弯弯管 cold bends

用模具将管子在不加热状态下弯制成需要角度的弯管。

[来源：GB 50251—2015，2.0.25]

3.6

热煨弯管 hot bends

管子加热后，在弯制机具上弯曲成需要角度的弯管。

[来源：GB 50251—2015，2.0.26]

4 总体要求

- 4.1 承担氢气输送管道工程施工的施工单位，应取得主管部门颁发的有关的资质证书。
- 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，并通过相关认证，具有建设氢气输送管道的能力。
- 4.3 特种作业人员和特种设备作业人员应具有相应的资格证书，并在有效期内使用。
- 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，并在有效期内使用。

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、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监理单位组织的设计交底。
- 5.1.2.2 施工单位应向项目部进行技术交底，填写技术交底记录并签字存档。
- 5.1.2.3 开工前，项目部应向施工班组进行技术交底。
- 5.1.2.4 在开工前，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。

5.2 人力资源准备

- 5.2.1 施工单位应根据施工工程量、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有相关的资格证书。
- 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。电焊工、防腐工等工种应取得有关的资格证书，并参加建设单位或监理单位组织的准入考试，合格后方可参加工程施工。
- 5.2.3 在开工前，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。
- 5.3.2 应完成施工机具设备的检修维护。
- 5.3.3 应完成具体工程的专用施工机具制作。
- 5.3.4 在开工前，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，编制工程材料需求计划。
- 5.4.3 主要材料的储存数量应能满足连续作业需求。
- 5.4.4 在开工前，完成工程材料的进场报验。

5.5 现场准备

- 5.5.1 开工前，应向施工所在地政府主管部门办理施工相关手续。
- 5.5.2 施工营地应符合健康、安全、环保方面的规定。
- 5.5.3 完成施工现场水、路、电、通信、场地平整及施工临设工作。

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，与氢气直接接触的材料应与氢气有良好的相容性。其质量应符合国家或行业有关标准的规定，且应具有质量证明文件。氢气输送管道的材料检验，应依据 GB/T 34542.1—2017 第 4.2.4.2 条进行。
- 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应进行复验。
- 6.1.4 材料验收记录应分类、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，应当符合相应材料的国家标准或行业标准的规定。
- 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，且表面不应有裂纹、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 GB 50369 的规定执行。
- 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、材质证明，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，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 焊接材料的检查应符合下列规定：

- a) 质量证明文件应满足相应标准的要求；
- b) 焊接材料的检验应符合有关标准的规定；
- c) 产品包装应完好、无破损；
- d) 标识应清晰、牢固，与实物相符；
- e) 焊条应无破损、发霉、油污、锈蚀，焊丝应无锈蚀和折弯。

6.2.2.2 使用的焊接用气体纯度、配比、含水量和流量应满足焊接工艺规程的要求。气体类型有氩气、二氧化碳、或两者的混合气体，或其他惰性气体、活性气体，及惰性气体与活性气体的混合气。焊接用气体产品质量应符合 GB/T 39255 的要求，并满足下列要求：

- a) 二氧化碳气体纯度应不低于 99.5%，含水量体积分数应不超过 120×10^{-6} ，使用时气瓶上应配备加热器；
- b) 氩气纯度应不低于 99.96%，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} 。

6.2.2.3 不应使用不合格的焊接材料。

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标准或行业标准的规定。

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) 防腐材料应按规定复验，其各项性能指标、质量指标应符合设计要求及现行技术标准的要求。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 管件的质量、规格与标志，应符合相应材料的国家标准或行业标准的规定。

6.2.4.2 工程所用管件应具有出厂合格证、质量证明书，热煨弯管、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表 1 的规定。

表 1 管件允许偏差

公称直径 DN mm	端部直径偏差 mm	最小壁厚	圆度	异径管总长 mm	管帽总长 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

6.2.4.4 紧固件技术要求满足设计文件要求，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/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、阀外表面无气孔、砂眼、裂纹等；
- b) 垫片、填料满足介质要求，安装应正确；
- c) 丝杆、手轮、手柄无毛刺、划痕，且传动机构操作灵活、指示正确；
- d) 铭牌完好无缺，标识清晰完整；
- e) 备品备件数量齐全、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，现场可免除安装前试验。

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。

6.2.5.4 安全阀安装前由取得资质的机构进行校验，检验合格后铅封，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。

6.2.6 绝缘接头

6.2.6.1 绝缘接头应符合 SY/T 0516 的规定。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。

6.2.6.2 绝缘接头（法兰）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 1000V 兆欧表进行绝缘电阻检测，绝缘电阻值应大于 20 MΩ。

6.2.7 设备

6.2.7.1 设备应完好，尺寸应符合设计规定。设备内零部件应符合设计文件要求。

6.2.7.2 对设备进出接口、法兰进行检查并予以保护。

6.2.7.3 橇装设备应满足下列要求：

- a) 制造厂随机携带使用说明书、强度和严密性试验记录；
- b) 橇装设备内控制箱、仪表、管路、阀门、元器件满足设计文件要求；
- c) 橇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宜小于 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。

6.4 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宜超过 6 个月，若需存放 6 个月以上时，应用不透明的遮盖物对防腐管加以保护。

6.5.2 验收合格的焊条、焊丝应储存在清洁干燥的库房内，距墙面及地面不应小于 300 mm，储存环境相对湿度不应大于 60%，温度不低于 5℃，施工现场的焊接材料储存场所、烘干及除湿设施应符合 JB/T 3223 规定，并应建立保管、烘干、发放制度。

6.5.3 验收合格的管件应分类存放，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、绝缘法兰应存放在库房中。

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 线路施工

7.1 通用要求

线路工程的施工工序流程为：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—管道干燥—管道连头—管道附属工程。

7.2 交接桩及移桩

7.2.1 现场交接桩工作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 现场交接桩应由线路起点开始，逐段交接至终点。交接内容包括：线路控制桩（里程、转角、加密）、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由设计单位恢复，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。对于丢失的控制桩、水准标桩，应根据交桩记录等定测资料进行补桩。

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调查，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，宜利用现有的道路与平坦谷地、戈壁等。
- 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要求。当设计无要求时，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表 2 确定。

表 2 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>i</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，边坡开挖应根据实际情况，采取放缓边坡、支撑或阶梯式开挖措施。
- 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 5m 以内管沟沟底宽度应按式 (1) 确定：

$$B=Dm+K \quad \dots\dots\dots (1)$$

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)，应按表 3 取值。

表 3 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	沟下焊接弯头、弯管及接头处管沟	沟下自动焊接处、焊接弯头、弯管及接头处管沟
		土质管沟		岩石爆破管沟	弯头、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，曲线段管沟应圆滑过渡，曲率半径应满足设计要求；
- b) 管沟中心线、沟底标高、沟底宽度、变坡点位移的允许偏差应符合表 4 的规定。

表 4 管沟中心线、沟底标高、沟底宽度、变坡点位移的允许偏差

项目	允许偏差 mm
管沟中心线偏移	<150
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。

7.6 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，采用的吊装设备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 5 的规定。

表 5 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	≥1.0 m	≥1.5 m

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

$$S \geq Dm + K/2 + a + y \dots\dots\dots (2)$$

$$a = h/i \dots\dots\dots (3)$$

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），应按表 4 取值；

h——沟深，单位为米（m）；

i——边坡坡度，应按本标准表 2 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、焊接及验收

7.7.1 通用要求

7.7.1.1 管道焊接适用的方法包括钨极氩弧焊、焊条电弧焊、半自动焊、机动焊或其组合。其中根焊应采用钨极氩弧焊，焊条应选用低氢型。

7.7.1.2 焊接施工前，应根据工程设计文件和执行的焊接工艺评定标准，制定焊接工艺方案和预焊接工艺规程，进行焊接工艺评定。焊接工艺评定应符合 GB/T 31032 的有关规定，并应根据合格的焊接工艺评定报告编制焊接工艺规程。

7.7.1.3 焊工应具有国家有关部门颁发的相应资格证书，焊工从事工作范围应与资格证书相符。

7.7.2 管口组对

7.7.2.1 管口组对的坡口型式应符合焊接工艺规程的规定。

7.7.2.2 管道组对应符合表 6 的规定。

表 6 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		弯管弯曲段不允许切割使用

7.7.2.3 管口组对完毕，应进行对口质量自检。

7.7.2.4 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。

7.7.3 管道焊接

7.7.3.1 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夹具，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。

7.7.3.2 需要采取焊前预热或冬季施焊时，应根据焊接工艺规程的规定采取相应的预热措施，并符合下列规定：

- a) 预热应符合焊接工艺规程的规定；
- b) 当焊接两种具有不同预热要求的材料时，应以预热温度要求较高的材料为准；
- c) 预热宽度不应小于坡口两侧各 50 mm，应使用测温蜡笔、红外线测温仪等测温工具测量；
- d) 管口应均匀加热。

7.7.3.3 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。

7.7.3.4 当设计有焊后热处理要求，焊接接头焊后热处理应符合下列要求。

- a) 热处理应按设计文件或焊接工艺规程的规定执行。
- b) 热处理后的焊缝硬度值应符合焊接工艺规程的规定。同一焊道热处理次数不应超过 2 次。
- c) 焊后热处理应在返修后进行。

7.7.3.5 焊缝返修及处理应符合下列规定。

- a) 所有带裂纹的焊口应从管线上切除。
- b) 填充焊道及盖面焊道中出现的非裂纹性缺陷可直接返修；焊接接头同一部位的返修不应超过 2 次。
- c) 返修焊应使用评定合格的返修焊接工艺规程。
- d) 应使用动力角向砂轮机去除缺陷，返修焊接前应仔细检查焊道以证实缺陷完全清除。
- e) 每处返修长度应大于 50 mm。相邻两返修处的距离小于 50 mm 时，按一处缺陷进行返修。
- f) 返修口、固定连头口应在焊接完成 24 h 后实施无损检测。

7.7.4 焊缝检验与验收

7.7.4.1 焊缝检查包括外观检查、无损检测、硬度检查。如设计无焊后热处理要求，可不进行硬度检查。焊缝外观检查应符合下列规定：

- a) 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裂纹、未熔合、气孔、夹渣、飞溅、弧坑等缺陷；
- b) 焊缝表面不应低于母材表面，焊缝余高宜在 0 mm~3 mm 范围内，向母材的过渡应平滑；
- c) 焊缝表面每侧宽度应大于等于坡口表面宽度 0.5 mm；
- d) 咬边的最大尺寸应符合表 7 中的规定。

表 7 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 小于或等于 0.8 mm，大于管壁厚的 6% 小于或等于 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

7.7.4.2 除设计文件另有规定外，无损检测方法及比例应符合下列规定：

- a) 从事无损检测的人员应取得市场监督管理部门颁发的无损检测资格证书；
- b) 所有焊接接头应进行全周长 100% 射线检测和 100% 超声检测，射线照相及超声波探伤执行 SY/T 4109 的规定，Ⅱ级及以上为合格。

7.7.4.3 硬度检查遵守下列规定。

- a) 经焊后热处理的焊接接头，应对焊缝和热影响区进行硬度值测定。热影响区的测定区域应紧邻熔合线。
- b) 对于母材材质为碳钢的焊接接头，硬度应不大于 22HRC/250HB。

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。

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 51241 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，管段两侧已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宜超过 10 km。

7.9.1.2 管道下沟时，应注意避免与沟壁刮碰，必要时应在沟壁突出位置上垫木板或草袋，以防擦伤防腐层。

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 1 m 为宜，吊管机使用数量不宜少于 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 管道下沟后，管道应贴切地放到管沟中心位置，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。管道应与沟底充分结合，局部悬空应用细土填塞密实。

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。

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 管道下沟的端部，应预留出 50 倍管径且不小于 30 m 的管段暂不回填。

7.9.2.6 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 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，绝缘垫位置正确。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 MΩ。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 管道清管、测径及试压

7.11.1 管道应在下沟回填后进行分段清管测径和分段试压。

7.11.2 设计单出图的穿跨越工程，应按设计要求进行单独试压。

7.11.3 管道试压水质应使用洁净水。

- 7.11.4 清管、测径及试压作业应统一指挥，并配备必要的交通工具、通信及医疗救护设备。
- 7.11.5 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。
- 7.11.6 清管介质应用空气，清管次数不应少于4次，在排气口设置白布或涂白漆的木板检验，5 min内无铁锈、尘土、水分及其他污物为合格。
- 7.11.7 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，若设计未规定时，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头内径的92.5%，当测径板通过管段后，无变形、褶皱为合格。
- 7.11.8 管道分段水压试验时的压力值、稳压时间及合格标准应符合表9的规定。

表9 管道水压试验压力值、稳压时间及合格标准

分类		强度试验	严密性试验
氢气管道	压力值 MPa	1.5倍设计压力	设计压力
	稳压时间 h	4	24
合格标准		无变形、无泄漏	压降不大于1%试验压力值，且不大于0.1 MPa

- 7.11.9 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，并应采取措排除管线内的气体。
- 7.11.10 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。

7.12 管道干燥

- 7.12.1 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。
- 7.12.2 管道干燥宜按施工标段分段进行。
- 7.12.3 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。
- 7.12.4 管道干燥施工一般使用干空气干燥法，根据需要也可以采用干空气干燥法、氮气干燥法、真空干燥法、干燥剂法或组合使用，以达到更优的干燥效果。
- 7.12.5 管道干燥气体吹扫时，在管道末端配置水露点分析仪，注入管道的干燥气体温度不宜小于5℃，且不应大于防腐层的耐受温度。干燥后排出气体水露点值应连续4 h比管道输送条件下最低环境温度至少低-5℃，变化幅度不大于3℃为合格。
- 7.12.6 当采用真空法时，选用的真空表精度不应小于1级，干燥后管道内气体水露点应连续4 h低于-55℃为合格。
- 7.12.7 管道干燥施工中及结束后应及时填写记录。
- 7.12.8 干燥合格后，宜对被干燥的管段进行充氮保护，压力宜保持在0.12 MPa~0.15 MPa的微正压。干燥合格后，对被干燥的管段进行密封。

7.13 管道连头

- 7.13.1 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。不参与试压的连头管段安装前应进行试压。
- 7.13.2 连头口宜设置在地形、地质条件较好的地段，不应设置在弯头、弯管、变壁厚等容易产生应力集中的地段。
- 7.13.3 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。
- 7.13.4 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。
- 7.13.5 连头处的管道焊接应严格执行连头焊接工艺规程，焊缝外观检查合格后进行100%射线检测和100%超声波检测。

- 7.13.6 裂纹缺陷及根部缺陷不应返修，应割口切除；其他缺陷只应返修一次。
- 7.13.7 检测完成后，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。

7.14 管道附属工程

7.14.1 截断阀室及阀门安装

- 7.14.1.1 阀室工艺管道安装、吹扫、试压应符合第 8 章的有关要求。
- 7.14.1.2 截断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。
- 7.14.1.3 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。
- 7.14.1.4 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。
- 7.14.1.5 埋地管道和阀门周围应用细土回填，并分层夯实。
- 7.14.1.6 阀室土建、安装施工完毕，应将施工废料、垃圾、油污及时清除干净。

7.14.2 线路阴极保护工程

- 7.14.2.1 线路阴极保护工程施工应符合 GB/T 21448 的有关规定。
- 7.14.2.2 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。
- 7.14.2.3 阴极保护测试桩安装位置和埋设及接线应符合设计要求。
- 7.14.2.4 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。
- 7.14.2.5 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。
- 7.14.2.6 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。

7.14.3 标志桩、锚固墩、警示牌安装及警示带敷设

- 7.14.3.1 里程桩、转角桩、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。
- 7.14.3.2 锚固墩预制件的尺寸、规格、材质应符合设计文件要求。
- 7.14.3.3 警示牌应采用反光涂料涂刷。
- 7.14.3.4 警示带敷设应符合设计文件要求。

7.14.4 线路保护构筑物

- 7.14.4.1 施工单位应依据设计文件及 SY/T 4126 的有关规定进行施工。
- 7.14.4.2 线路保护构筑物水工保护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。

8 站场工艺管道施工

8.1 通用要求

- 8.1.1 站场工艺管道的施工工序划分为：下料与加工—管道安装—焊接—管沟开挖、下沟与回填—吹扫、试压—干燥—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 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 管道补偿器安装完成后应填写记录。

8.1.7 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、返修位置等内容。

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 管汇的制作及其质量应满足下列要求。

- a) 管汇宜选择预制品件。现场制作时，管汇母管宜选择整根无缝钢管或直缝钢管与支管座或三通组成，不应采用螺旋焊缝钢管；采用直缝钢管对接时，纵缝错开 100 mm 以上。
- b) 管汇母管划线应满足下列要求：
 - 1) 固定母管划出中心线；
 - 2) 按设计要求的间距划出开孔中心和开孔线。
- c) 管汇组对时，首先进行子管与法兰的组对。母管与子管组对时，先组对两端子管，使之相互平行且垂直于母管，然后以两子管为基准组对中间各子管。
- d) 管汇组对时，子管与母管的组对采用三通或支管座的方式与母管连接。
- e) 封头组对前，将管汇内部清理干净，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，不应强力组对。

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。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。

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 钢管在穿建（构）筑物时，应加设保护管。保护管中心线应与管线中心线一致，且建（构）筑物内隐蔽处不宜有对接焊缝。
- 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。

8.3.3 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。焊缝根焊宜采用氩弧焊。
- 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。

8.3.4 管道附件制作安装

- 8.3.4.1 管道附件制作的尺寸应满足设计要求，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、吊架的安装应满足下列要求。
- 管道的支架、托架、吊架、管卡的类型、规格满足设计要求。
 - 管道支、吊架安装前进行标高和坡降放线测量，固定后的支、吊架位置正确，安装平整、牢固，与管道接触良好。
 - 固定支架按设计要求安装。
 - 导向支架或滑动支架的滑动面洁净平整，无歪斜和卡涩现象。其安装位置从支承面中心向位移反向方偏移，偏移量为设计计算的 1/2 或按设计规定。
 - 支、吊架焊接由有资格的焊工施焊。管道与支吊架焊接时，焊缝外形平整饱满，无咬边、烧穿现象。
 - 临时支架焊接不应伤及主材。
 - 弹簧支、吊架的弹簧高度，按设计要求安装，弹簧调整至冷态值，并记录。弹簧的临时固定件，待系统安装、试压后方可拆除。
- 8.3.4.3 绝缘接头和法兰的安装应满足下列要求：
- 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 ；
 - 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；
 - 绝缘法兰（接头）外露时，要求有保护措施；
 - 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。
- 8.3.4.4 静电接地安装遵守下列要求。
- 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。
 - 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。
 - 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。
 - 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。
 - 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。

8.4 焊接

8.4.1 通用要求

8.4.1.1 站内工艺管道焊接适用的方法包括钨极氩弧焊、焊条电弧焊、半自动焊、机动焊或上述方法的组合。根焊焊接宜采用氩弧焊。

8.4.1.2 焊接设备的性能应满足焊接工艺要求，并具有良好的工作和安全性能。

8.4.1.3 工艺管道焊接中对所使用的任何钢种，焊接材料和焊接方法应进行焊接工艺评定。焊接工艺评定应符合 NB/T 47014 的规定，并根据合格的焊接工艺评定报告编制焊接工艺规程。

8.4.2 焊接过程

8.4.2.1 焊件组对前应将坡口及其内外侧表面不小于 20 mm 范围内的油、漆、垢、锈蚀、毛刺及镀锌层等清除干净，且不应有裂纹、夹层等缺陷。

8.4.2.2 焊前预热符合下列要求。

- a) 有预热要求时，根据焊接工艺规程规定的温度进行焊前预热。当焊件温度低于 0 °C 时，所有钢管的焊接位置处应在始焊处 100 mm 范围内预热至 15 °C 以上。
- b) 当焊接两种具有不同预热要求的材料时，以预热温度要求高的材料为准。
- c) 焊前预热的加热范围，以焊缝中心为基准每侧不应小于焊件厚度的 3 倍，且不小于 100 mm，设计有要求时，按设计要求执行。预热温度宜使用远红外线测温仪等测量仪器进行测量。测温点的部位和数量应合理，测温仪表经检定或校准合格。
- d) 管口均匀加热，防止局部过热。焊件内外壁温度均匀。
- e) 焊道层间温度符合焊接工艺规程的规定。

8.4.2.3 施焊时不应在坡口以外的管壁上引弧，焊接地线与钢管应有可靠的连接方式，并应防止电弧擦伤母材。

8.4.2.4 施焊过程中应保证起弧和收弧处的质量，收弧时应将弧坑填满。多层焊的层间接头应错开。

8.4.2.5 除工艺或检验要求需分次焊接外，每条焊缝宜一次连续焊完，因故中断焊接再次焊接前，应检查焊层表面确认无裂纹，并根据焊接工艺要求重新预热至规定的温度后，方可按原工艺要求继续施焊。

8.4.2.6 定位焊缝应符合下列规定。

- a) 焊接定位焊缝时，采用与根部焊道相同的焊接材料和焊接工艺，并由合格焊工施焊。
- b) 定位焊的长度与厚度的确定应能保证焊缝在正式焊接时不开裂。
- c) 在焊接根部焊道前，将定位焊缝表面的焊渣清理干净，并进行检查，当发现缺陷时，应予以处理；并将定位焊缝其两端修整成缓坡形。根焊道焊接完成后，过桥定位焊缝（根部上面）予以去除。
- d) 定位焊焊接时，不应在焊缝交叉处施焊，应避开该处 50 mm 左右。当环境温度较低时，应按焊接工艺规程对焊件进行预热。

8.4.2.7 焊后热处理应符合 7.7.3.4 的规定。

8.4.3 焊缝检验与验收

8.4.3.1 焊缝外观检查合格后方可对其进行无损检测，无损检测应按 SY/T 4109 的要求进行。

8.4.3.2 从事无损检测的人员应取得国家有关部门颁发的无损检测资格证书。

8.4.3.3 除设计文件另有规定外，无损检测方法及比例应符合下列规定：

- a) 管道焊缝应进行 100% 射线检测和 100% 超声波检测；
- b) 射线检测和超声波检测合格等级为 II 级。

8.4.3.4 焊接接头硬度检查应符合 7.7.4.3 的规定。

8.5 管沟开挖、下沟与回填

8.5.1 管沟开挖

8.5.1.1 按照设计文件的要求，进行测量放线，标出管沟的边界线、开挖深度。

8.5.1.2 管沟的弃土距离管沟边不小于 0.5 m，高度不宜超过 1.5 m。

8.5.2 管道下沟

8.5.2.1 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。

8.5.2.2 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。

8.5.3 管沟回填

8.5.3.1 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。

8.5.3.2 管沟回填应满足下列要求：

- a) 管道悬空段用细土或砂填塞；
- b) 从沟底起直至管顶以上 300 mm 范围内，用松散的土壤平夯实或用砂填满再回填土。

8.6 吹扫、试压

8.6.1 管道应进行强度试验、严密性试验。

8.6.2 强度试验应以洁净水进行，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 10 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 11。

表 10 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 11 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%

8.6.3 严密性试验应以空气或其他不易燃和无毒的气体为试验介质，试验压力应为设计压力，试验时间 24 h，合格标准为压降小于或等于试验压力的 1%。升压应符合下列要求。

- a) 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，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见表 12。

表 12 严密性试验方法及合格标准

检验项目	严密性
试验压力 MPa	1 倍设计压力
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 0.5%

8.6.4 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。

8.6.5 试压吹扫前, 应将压力等级不同的管道、不宜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。

8.6.6 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。

8.7 干燥

8.7.1 管道吹扫试压后, 应进行管道系统干燥。干燥前, 应进行试压后扫水检验。站场内管道系统扫水检验以站场最低点排气口没有明水排出视为合格。

8.7.2 站场管道干燥可采用干空气干燥、真空干燥和液氮干燥法, 管道干燥可进行分区干燥, 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。

8.7.3 当采用干燥气体吹扫时, 可在管道末端配置水露点分析仪, 干燥后排出气体水露点应连续 4 h 比管道输送条件下最低环境温度至少低 5 °C、变化幅度不大于 3 °C 为合格, 注入管道的干燥气体温度不宜小于 5 °C, 且不应大于防腐层的耐受温度。

8.7.4 当采用真空法时, 选用的真空表精度不应小于 1 级, 干燥后管道内气体水露点应连续 4 h 低于 -55 °C 为合格。

8.7.5 管道干燥结束后, 如果不能投入运行, 宜用干燥氮气置换管内气体, 并保持内压 0.12 MPa~0.15 MPa (绝) 的干燥状态下的密闭封存。

8.8 防腐

8.8.1 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。

8.8.2 管道应按设计要求进行管道防腐。埋地管道宜优先选用 3LPE 涂层, 不能采用 3LPE 涂层的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。

8.8.3 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 °C 或高于 40 °C;
- c) 灰尘过多;
- d) 被涂表面温度高于 65 °C;
- e) 环境相对湿度大于 85%;
- f) 钢管表面结露。

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

8.8.5 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) 表面处理后, 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。
- 8.8.6 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。
- 8.8.7 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 GB 23257 的规定进行补伤补口作业。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。

9 健康、安全与环保措施

- 9.1 施工人员上岗前应接受健康安全环保教育和培训, 培训后上岗。
- 9.2 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。超过一定规模的深基坑作业应编制施工方案, 并经过专家论证。
- 9.3 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。
- 9.4 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。
- 9.5 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。
- 9.6 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。
- 9.7 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。
- 9.8 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。
- 9.9 高压线下作业时, 应保证有足够的安全作业距离。
- 9.10 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。
- 9.11 氧气、乙炔瓶应按 5 m 安全距离摆放, 且应有防倾倒措施。乙炔瓶使用时应设有回火阻止器。
- 9.12 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。
- 9.13 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。
- 9.14 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。
- 9.15 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。
- 9.16 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。
- 9.17 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, 应对表层土、水源、风景名胜、自然保护区、文物古迹和化石资源、野生动物等进行保护。
- 9.18 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。

9.19 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。

10 工程交工

10.1 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。

10.2 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；

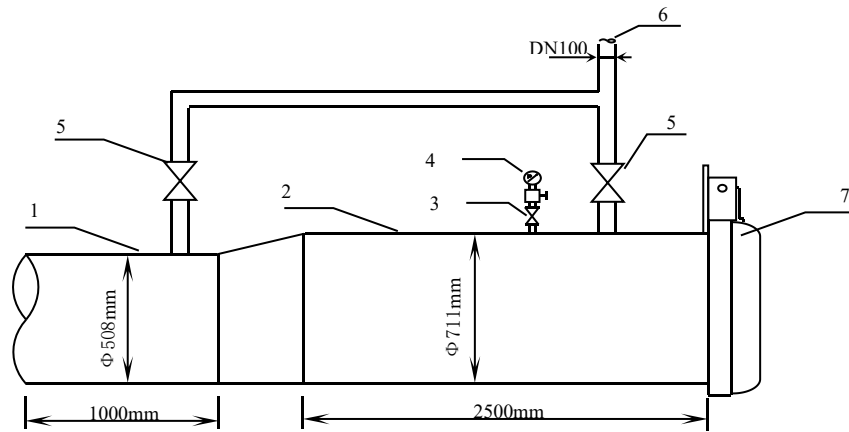
- 2) 设备/管道防腐、保温、保冷、涂漆施工记录；
- 3) 工艺管道安装记录；
- 4) 管道系统压力试验记录；
- 5) 安全阀校验统计表；
- 6) 设备/管道吹洗（吹扫）记录；
- 7) 管道干燥记录；
- 8) 工艺管道焊缝核查表。

附录 A

(资料性)

试压临时收、发球筒结构示意图

A.1 临时发球筒结构示意图见图 A.1。

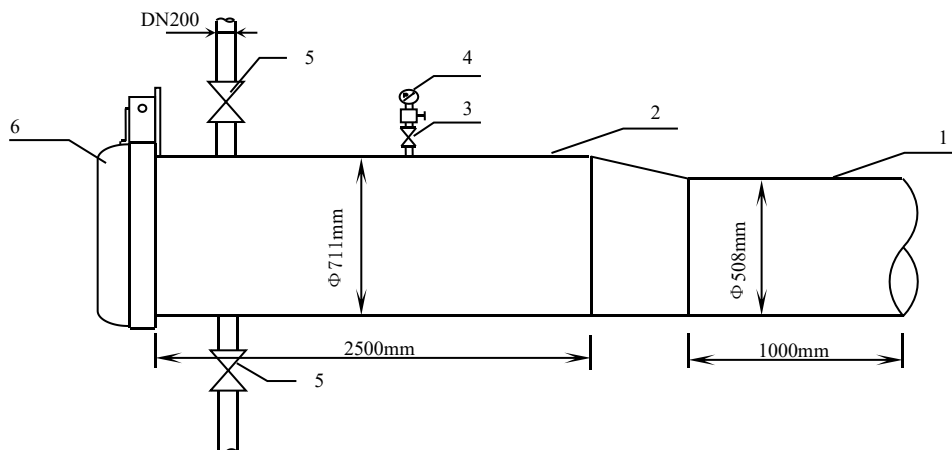


标引序号说明:

- 1——干线管段;
- 2——发球筒体;
- 3——针型阀;
- 4——压力表;
- 5——闸阀;
- 6——接空压机;
- 7——快装盲板。

图 A.1 临时发球筒结构示意图

A.2 临时收球筒结构示意图见图 A.2。



标引序号说明:

- 1——干线管段;
- 2——收球筒体;
- 3——针型阀;
- 4——压力表;
- 5——闸阀;
- 6——快装盲板。

图 A.2 临时收球筒结构示意图

参 考 文 献

- [1] GB 50540 石油天然气站内工艺管道工程施工规范
 - [2] SY/T 4102 阀门检验与安装规范
 - [3] SY/T 4108 油气输送管道同沟敷设光缆（硅芯管）设计及施工规范
-