

T

ICS 75.180.10

CCS E94

团 标 准

T/CWDPA XXX—2025

石油燃气站场工艺管线焦耳汤姆逊效 应隔冷保温通用技术规范

The general technical specification for coldinsulation and heat preservation
of process pipeline engineeringin oil and gas station field withjoule thomson
effect

2025-X-XX 发布

2025-X-XX 实施

中国西部开发促进会 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 基本要求	2
4.1 工程整体要求	2
4.2 人员要求	2
4.3 设备仪器要求	2
4.4 现场准备要求	2
5 材料要求	3
5.1 隔冷保温材料	3
5.2 防腐材料	3
5.3 辅助材料	3
6 设计要求	3
6.1 总体设计原则	3
6.2 隔冷保温结构设计	4
6.3 排水系统设计	4
6.4 阴极保护设计	4
6.5 防护设计	4
7 施工工艺	4
7.1 开挖目标定位	4
7.2 施工现场围挡布控	4
7.3 管段仪器仪表保护	5
7.4 开挖全过程可燃气体检测	5
7.5 原防腐层性能检测	5
7.6 作业坑开挖	5
7.7 作业区域表面处理	5
7.8 腐蚀调查	5
7.9 管道表面处理	5
7.10 专用模具制作	6
7.11 环氧树脂底漆涂装	6
7.12 防腐保温处理	6
7.13 质量检查	6
7.14 土方回填及地貌恢复	6
8 质量检验与验收	6
8.1 检验验收原则	7
8.2 原材料检验	7

8.3 施工过程检验	7
8.4 验收标准	7
9 安全环保要求	8
9.1 安全要求	8
9.2 环保要求	8
10 运行维护	9
10.1 日常维护	9
10.2 定期检测	9
10.3 故障处理	9
10.4 维护记录管理	9
附录 A (资料性) 常用施工设备及仪器技术参数	11
A.1 主要施工设备技术参数	11
A.2 试验和检测仪器设备技术参数	11
附录 B (资料性) 阴极保护数据监测记录表	13
B.1 阴极保护数据监测记录表	13
附录 C (资料性) 可燃气体检测记录表	14
C.1 可燃气体检测记录表	14
附录 D (资料性) 质量检验验收记录表	15
D.1 质量检验验收记录表	15

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。

本文件由中国西部开发促进会提出并归口。

本文件起草单位：廊坊市泰锐通石油燃气管道工程有限公司。

本文件主要起草人：。

本文件为首次发布。

石油燃气站场工艺管线焦耳汤姆逊效应隔冷保温通用技术规范

1 范围

本文件规定了石油燃气站场工艺管线为防治焦耳汤姆逊效应而进行隔冷保温治理的基本要求、材料要求、设计要求、施工工艺、质量检验与验收、安全环保要求及运行维护的要求。

本文件适用于新建、改建和扩建的石油天然气站场金属工艺管线、在役石油天然气站场工艺管线因焦耳汤姆逊效应导致管线结冰、冻胀及存在金属疲劳安全隐患的治理工程。

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 8175—2025 设备及管道绝热设计规范
- GB/T 8923.1—2011 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 9286—2021 色漆和清漆 划格试验
- GB/T 10297—2015 非金属固体材料导热系数的测定 热线法
- GB/T 14522—2008 机械工业产品用塑料、涂料、橡胶材料人工气候老化试验方法 荧光紫外灯
- GB/T 16422.2—2014 塑料 实验室光源暴露试验方法 第2部分：氙弧灯
- GB/T 17393—2008 覆盖奥氏体不锈钢用绝热材料规范
- GB/T 18593—2010 熔融结合环氧粉末涂料的防腐蚀涂装
- GB/T 20284—2006 建筑材料或制品的单体燃烧试验
- GB/T 33210—2025 无损检测 基于逆磁致伸缩效应的残余应力检测方法
- GB 50251—2015 输气管道工程设计规范
- GB 50369—2014 油气长输管道工程施工及验收规范
- GB 50666—2011 混凝土结构工程施工规范
- GB 50819—2013 油气田集输管道施工规范
- JGJ/T 46—2024 建筑与市政工程施工现场临时用电安全技术标准
- SY/T 0315—2013 钢质管道熔结环氧粉末外涂层技术规范
- SY/T 0447—2014 埋地钢质管道环氧煤沥青防腐层技术标准

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

焦耳汤姆逊效应 joule thomson effect

气体在节流阀、调压器等设备中，因压力降低而导致温度发生变化的现象，在本文件涉及的场景中，表现为气体压力降低时温度显著下降。

3.2

隔冷保温 insulation and thermal preservation

为防止因焦耳汤姆逊效应产生的低温向环境传递，并在特定时间内维持工艺系统所需温度，在管道和设备外表面采取的保冷与保温措施。

3.3

隔冷保温层 cold insulation layer

为达到隔冷保温目的而设置的，由单一或多种隔冷保温材料构成的结构。

3.4

阴极保护系统 cathodic protection system

通过向金属管道施加阴极电流，使管道表面发生阴极极化，从而防止或减轻管道腐蚀的防护系统。

3.5

防腐层 anti-corrosion coating

涂覆在管道表面用于防止腐蚀的材料层，通常由环氧树脂、聚乙烯等材料构成。

3.6

阴极保护 cathodic protection

通过电化学方法防止金属管道腐蚀的技术，包括牺牲阳极或外加电流系统。

3.7

可燃气体检测 combustible gas detection

使用专用仪器对作业环境中可燃气体浓度进行监测，以确保施工安全。

3.8

硬隔离 hard isolation

在施工现场采用彩钢板等刚性材料设置的围挡，用于隔离作业区域，防止无关人员进入。

4 基本要求

4.1 工程整体要求

4.1.1 隔冷保温工程应符合国家及行业相关的安全、环保、节能等法律法规和标准规范要求，确保工程质量可靠、运行安全稳定。

4.1.2 工程设计、施工、质量检验与验收应遵循全过程控制原则，各环节应相互衔接、协调配合，形成完整的质量保证体系。

4.1.3 隔冷保温工程应结合管线的运行参数（如压力、温度、介质特性等）、周边环境条件（如土壤类型、地下水情况、气候条件等）及焦耳汤姆逊效应影响程度进行针对性设计和施工。

4.1.4 工程完工后，管线应具备良好的隔冷保温性能，能有效防止冷凝水生成、管线冻胀及周边土壤冻融破坏，保证管线长期安全稳定运行。

4.2 人员要求

4.2.1 参与隔冷保温工程的施工人员、质量监督人员、安全员、协调人员应具备相应的专业知识和技能，施工单位应根据工程特点进行针对性的技术培训和安全交底，确保相关人员熟悉作业流程、仪器操作、质量标准及安全注意事项。

4.2.2 特种作业人员（如焊工、电工、无损检测人员等）必须持证上岗，证书应在有效期内，且与所从事的作业内容相符。

4.2.3 技术负责人、质量监督员、安全员应具备相应的专业技术职称和工作经验，能够有效指导现场施工、监督质量和安全管理等工作。

4.3 设备仪器要求

4.3.1 施工所用的各类设备、工器具、检测仪器、防护用具等应齐备且性能完好，在运至施工现场前，应按照 CMA 质量管理体系要求通过法检、自校验，并粘贴红绿色标识区分合格与不合格设备。

4.3.2 施工前应对所有设备仪器进行出库校验和检修维护，确保其在施工过程中能正常运行，主要施工设备及仪器技术参数参见附录 A。

4.3.3 检测仪器应定期进行校准，校准周期应符合相关标准规定，校准合格后方可使用，确保检测数据的准确性和可靠性。

4.4 现场准备要求

4.4.1 施工前应完成资料收集工作，包括但不限于管道基本参数（管径、材质、壁厚、压力、流速、防腐层类型）、管线路由走向、周边环境情况等相关信息。

4.4.2 应完成开工资料报审工作，接到业主中标通知书后7日内，施工单位应编制施工方案，并经分公司审批，完成开工报告及相关手续审批。

4.4.3 施工区域应进行合理规划和布置，设置明显的警示标识、围挡隔离设施，划分作业区、材料堆放区、人员休息区等，确保施工现场有序、安全。

5 材料要求

5.1 隔冷保温材料

5.1.1 隔冷保温材料应选用保温绝热系数极低的材料，其性能应符合设计要求及相关标准规定，具有良好的耐低温性、密封性、粘结性和化学稳定性。

5.1.2 常用隔冷保温材料（如PE类A、B、C防潮层、保温层、保护层材料，环氧树脂底漆、氟碳面漆等）的技术指标应满足表1的要求。

表1 隔冷保温材料技术指标要求

材料类型	保温绝热系数	耐低温温度（℃）	粘结力	干膜厚度	其他要求
PE类保温层	符合设计要求	≤-40	达二级以上	10mm	表面均匀光滑，无针孔、气泡等缺陷
环氧树脂底漆	-	≤-40	达二级以上	60~80 μm	搅拌均匀，无流挂、剥落等缺陷
氟碳面漆	-	≤-40	达二级以上	符合设计要求	表面光滑，无气泡、针孔等现象

5.1.3 隔冷保温材料进场前应进行复检，委托有资质的单位检验，检测合格后方可使用。

5.1.4 材料的运输、储存应符合相关规定，避免受潮、受污染及损坏。

5.2 防腐材料

5.2.1 环氧树脂底漆应具有良好的附着力、耐腐蚀性和防锈性能，与后续涂层的兼容性良好，其性能应符合GB/T 18593-2010等相关标准规定，涂刷厚度应控制在60~80 μm。

5.2.2 氟碳面漆应具有良好的耐候性、耐腐蚀性、装饰性和抗污染性，其光泽度、硬度、附着力等性能应符合相关产品标准要求。

5.2.3 无溶剂环氧胶带应具有良好的完整性和附着力，其防腐性能应符合SY/T 0315-2013等相关标准规定。

5.2.4 防腐补口补伤材料应与管道原防腐层材料兼容，其性能指标不应低于原防腐层材料，补口补伤后的防腐层应能与原防腐层形成连续、完整的防护体系。

5.3 辅助材料

5.3.1 用于围挡隔离的彩钢板厚度不应小于1.5mm，支撑用钢管直径不应小于30mm，材料应具有足够的强度和稳定性，能承受施工现场的外力作用。

5.3.2 用于光缆保护、管道防护的钢管、角钢、橡胶板等材料应具有良好的机械强度和耐腐蚀性，能有效保护光缆和管道免受损伤。

5.3.3 警示标识物（如警示牌、标识牌、警示带等）应具有明显的警示效果，材质应耐用、抗老化，在施工现场环境条件下能长期保持清晰可辨。

5.3.4 回填用细沙应干净、无杂质，颗粒均匀，含泥量不应大于3%；石灰应符合相关标准规定，具有良好的胶凝性能。

6 设计要求

6.1 总体设计原则

6.1.1 隔冷保温设计应根据管线的运行压力、温度、介质特性、管径、材质、周边环境（土壤类型、地下水情况、气候条件等）及焦耳汤姆逊效应影响程度，进行针对性设计，确保设计方案技术先进、经济合理、安全可靠。

6.1.2 设计应充分考虑施工可行性和维护便利性，避免设计方案过于复杂导致施工难度增加和维护成本上升。

6.1.3 隔冷保温层的结构和厚度应根据传热计算确定，确保能有效抑制管线温度降低，防止冷凝水生成和管线冻胀。

6.1.4 设计应兼顾防腐性能要求，隔冷保温层与防腐层应形成协同防护体系，有效防止管线腐蚀。

6.2 隔冷保温结构设计

6.2.1 地上管线隔冷保温结构宜采用“环氧树脂底漆+PE类A保温层+PE类B保温层+PE类C保温层+中间涂层+环氧氟碳面漆”的复合结构，各层厚度应根据传热计算和工程实际情况确定，其中PE类A、B、C保温层总厚度不应小于40mm。

6.2.2 地下管线隔冷保温结构除采用上述复合保温结构外，还应在保温层外侧设置防潮层和保护层，防潮层应选用防水性能优良的材料，保护层应具有一定的机械强度和耐腐蚀性，防止土壤压力和地下水对保温层造成破坏。

6.2.3 对于管线附件（如阀门、法兰、仪表接口等），应根据其结构特点进行专门的隔冷保温设计，采用可拆式保温结构，方便后续维护和检修，确保附件与管线主体的隔冷保温性能一致。

6.2.4 粘弹体包裹设计应根据管线管径和表面状况确定包裹层数和厚度，确保粘弹体材料与管线表面紧密贴合，无空隙，包裹范围应覆盖整个受焦耳汤姆逊效应影响的管段及两侧各不少于1m的管段。

6.3 排水系统设计

6.3.1 地下管线隔冷保温工程应配套设计排水系统，在施工管段下方700mm，距离管道两侧500mm处各开挖两条半径为75mm的半圆形排水沟，排水沟应从施工管道一端向另一端设置一定角度的斜坡，坡度不应小于3%，确保雨水能顺利排出。

6.3.2 若站内已设置排水系统，应将新建排水沟与已有排水系统有效连接，避免雨水在管线周边积存导致土壤含水率过高，引发冻胀问题。

6.3.3 排水沟内壁应进行防渗漏处理，可采用铺设油毡布、涂刷防水涂层等方式，防止地下水渗入排水沟影响排水效果。

6.4 阴极保护设计

6.4.1 埋地钢质管道隔冷保温工程应配套设计阴极保护系统，阴极保护设计应符合SY/T 0447—2014的相关规定，确保管道阴极保护电位达到-0.85V~ -1.20V（相对于硫酸铜参比电极）。

6.4.2 阴极保护系统应与隔冷保温层协调配合，避免阴极保护电流屏蔽，确保阴极保护效果均匀有效。

6.4.3 在隔冷保温层施工前，应完成阴极保护系统的安装和调试，施工过程中应采取措施保护阴极保护装置（如参比电极、测试桩等）不受损坏。

6.5 防护设计

6.5.1 施工区域周边若存在配电箱、路灯杆等障碍物，应根据开挖深度及与障碍物的距离，设计有效的支护措施，防止障碍物倾斜、倒塌对施工造成安全隐患。

6.5.2 对于铺设地砖或草坪的区域，应设计相应的地面恢复方案，地砖铺设区域应确保施工后地砖平整、无空鼓、颜色一致；草坪区域应根据施工季节设计草坪移栽或重新铺设方案，确保施工后地貌恢复原貌。

6.5.3 管道穿越道路、农田、河流等特殊地段时，应设计加强型隔冷保温防护结构，增加保温层厚度和保护层强度，防止外力破坏。

7 施工工艺

7.1 开挖目标定位

施工前应采用地下管线探测仪（如RD8100）确定埋地管道与光缆的埋深和走向，避免开挖过程中损坏障碍物。定位误差应控制在±0.1m以内。

7.2 施工现场围挡布控

作业区域应设置硬隔离，具体要求包括：

- a) 围挡材料：采用厚度不小于 1.5mm、高度不低于 1.8m 的彩钢板，反面用钢管支撑并采用可拆卸卡扣连接；
- b) 安全标识：在围挡外围设置警示标志（如“注意安全”“当心塌方”），并配备灭火器、急救箱等应急物资；
- c) 区域划分：设置人员休息区、材料堆放区，土方堆积应远离作业坑，距离不小于 1m，高度不超过 1.5m。

7.3 管段仪器仪表保护

施工前对管道上的压力表、温度计等仪器用柔性材料包覆，防止涂料沾染或磕碰。施工前后应拍照记录，确保仪器完好。

7.4 开挖全过程可燃气体检测

开挖过程中应分阶段进行可燃气体检测，包括：

- a) 作业坑定位后；
- b) 开挖至 1.2m 深时；
- c) 露出管道时；
- d) 挖至管底时；
- e) 回填完毕后；
- f) 次日继续开挖前。

7.5 原防腐层性能检测

开挖后对原防腐层进行检测，内容包括：

- a) 目视检查：检查防腐层有无破损、剥离，并拍照留存；
- b) 厚度检测：选取管体 1~3 个截面，测量 4 个点，以最薄点为准，厚度应符合设计要求；
- c) 电火花检测：采用 15kV 电压进行漏点检测，无漏点为合格。

7.6 作业坑开挖

开挖过程应遵循以下步骤：

- a) 探坑开挖：先开挖探坑确认管道位置，注意光缆保护，使用钝化工具避免损坏；
- b) 人工开挖：管道上部 1m 内应小心挖掘，禁止暴力施工；
- c) 排水措施：按设计要求开挖排水沟，引入站场排水系统。

7.7 作业区域表面处理

根据地面类型（如地砖、草坪）采取相应处理措施：

- a) 地砖区域：小心拆除地砖，堆放整齐，施工后恢复原貌，杜绝空鼓；
- b) 草坪区域：冬季施工时移栽草坪，其他季节外购新草坪铺设；
- c) 路面破除：使用切割机和电镐进行破除，建筑垃圾及时清运。

7.8 腐蚀调查

7.8.1 外观检查

记录调查时间、行政区域、土壤类型、地下水情况、阴极保护电位（VCSE）、外观照片等信息。

7.8.2 管道阴极保护电位检测

将硫酸铜电极放置在管顶正上方地表的潮湿土壤上，保证接触良好，采用福禄克289C数字万用表、便携式硫酸铜参比电极、便携式极化试片进行检测。

7.9 管道表面处理

管道表面处理应包括：

- a) 清洁：用空气吹扫或乙醇去除粉尘、油污，必要时用水清洗并烘干；

- b) 打磨：使用砂轮机打磨表面，确保平整干燥。

7.10 专用模具制作

- 7.10.1 安装模具前，应检测管线现有设施是否正常运行，留存影像资料，发现问题及时上报站场领导确认。
- 7.10.2 应根据工艺管道附属设施的安装位置进行模具现场制作。
- 7.10.3 应及时收集清理模具制作过程中产生的碎屑，防止污染。
- 7.10.4 应进行模具试安装，确保与管线表面密封接触，防止渗漏

7.11 环氧树脂底漆涂装

涂装要求包括：

- a) 环境条件：避开雨、雾、大风天气，温度湿度符合材料说明；
- b) 涂刷方法：自上而下、从左至右均匀涂刷，表干后进行下一道涂层；
- c) 质量检查：涂层应光滑平整，无气泡、流挂等现象，厚度符合设计。

7.12 防腐保温处理

保温层施工分为以下步骤：

- a) PE类A、B、C防潮层：采用特制模具分层灌装，按体积耗量计算单位长度需涂刷的隔热涂料重量，配比一次成型，隔热涂层厚度20mm，表面均匀光滑，对外部进行塑形，涂层性能需符合技术指标，施工隐蔽前经业主检查验收；
- b) PE类A、B、C保护层：采用特制模具灌装，按体积耗量计算涂料重量，配比一次成型，隔热涂层厚度10mm，表面均匀光滑，塑形后涂层性能符合技术指标，施工隐蔽前经业主检查验收；
- c) PE类A、B、C保温层：采用特制模具灌装，按体积耗量计算涂料重量，配比一次成型，隔热涂层厚度10mm，表面均匀光滑，塑形后涂层性能符合技术指标，施工隐蔽前经业主检查验收；
- d) 氟碳面漆涂装：新型保温材料刷涂完毕至表干且表面修整完成后，使用喷漆壶进行氟碳面漆喷涂，确保管线表面光滑、无气泡、针孔等现象；
- e) 防腐保温注意事项：PE类A、B、C保护层在涂装前加入隔筋缠绕；A层、B层施工完成后对上层施工效果进行外观修整、加热除湿烘干、粘结力测试及温度测量；雨天、雪天、5级以上大风等恶劣天气严禁施工。

7.13 质量检查

施工后立即进行质量检查，内容包括：

- a) 外观检查：涂层应光滑、颜色一致，无针孔、剥落等缺陷；
- b) 厚度检查：使用测厚仪检测，厚度允许偏差±5%；
- c) 附着力检查：采用划格法测试，粘结力达二级以上；
- d) 保温效果对比：记录施工前后温度、压力等参数，验证隔冷性能。

7.14 土方回填及地貌恢复

回填和恢复应满足：

- a) 一般要求：回填土不得含有碎石、砖块、垃圾等杂物，管沟内有积水需抽干后回填干土；石方段作业坑先采用管道四周30cm细土回填，再用原状土分层夯实（每层厚200mm）；管道顶部以上500mm处设置警示带；及时恢复地貌，清理施工现场，恢复施工时破坏的地面设施，提交地貌恢复验收证书或补偿协议；
- b) 回填步骤：首先采用外运细沙回填（管道底部细沙回填不小于50cm，两侧及上方回填细沙不小于50cm），细沙回填完成后铺设油毡布，再使用开挖出的原貌土按土壤层次分层回填；
- c) 原地貌恢复：按业主要求和原地主要求恢复生态环境；恢复地上标志物及原地面设施，检查测试桩电缆引线；恢复植被、草坪、树木；地砖恢复需铺设石灰垫层，道路修复需清除下承层杂物、整形压实，经检验合格后用C30混凝土浇筑，浇筑后洒水养护。

8 质量检验与验收

8.1 检验验收原则

8.1.1 质量检验与验收应遵循“自检、互检、专检”相结合的原则，施工单位应建立健全质量检验制度，对施工全过程进行质量控制，监理单位和业主单位应进行监督检查。

8.1.2 质量检验与验收应依据本标准、设计文件、施工合同及相关国家标准、行业标准执行，检验结果应真实、准确、完整。

8.1.3 隐蔽工程应在隐蔽前进行检验验收，验收合格并签署记录后，方可进行下一道工序施工。

8.1.4 检验验收过程中发现的质量问题，施工单位应及时整改，整改完成后重新进行检验验收，直至合格。

8.2 原材料检验

8.2.1 隔冷保温材料、防腐材料、辅助材料等进场时，应提供产品合格证、检验报告、出厂证明等质量证明文件，施工单位应对材料的外观、规格、型号等进行检查验收。

8.2.2 对涉及工程质量关键的材料（如隔冷保温材料、防腐涂料等），应按规定进行见证取样送检，检测项目包括但不限于导热系数、密度、抗压强度、吸水率、粘结强度、耐腐蚀性等，检测结果应符合本标准及相关产品标准要求。

8.2.3 材料检验不合格的，不得用于工程施工，应及时退场并更换合格产品。

8.3 施工过程检验

8.3.1 开挖工程检验

检查开挖位置、深度、坡度是否符合设计要求，管道及光缆定位是否准确，障碍物防护措施是否到位，土方堆积是否符合规定。

8.3.2 管道表面处理检验

检查管道表面清洁度、粗糙度是否符合要求，表面无油污、灰尘、锈蚀等杂物，打磨拉锚处理效果应满足涂装要求，采用GB/T 8923.1-2011进行表面清洁度评定，应达到Sa2.5级以上。

8.3.3 涂层施工检验

涂层施工检验具体应遵循以下要求：

- 外观检验：涂层表面应光滑平整，颜色一致，无针孔、气泡、剥落、漏涂、流挂、返锈、露底、起皱等缺陷；
- 厚度检验：采用磁性（或超声波）测厚仪检测，相邻三点读数的平均值得出一点读数，在设备上、中、下部位均匀取5个点进行检查，涂层干膜厚度不得低于规定值，也不得高于规定值的105%，允许偏差为±5%；
- 附着力检验：用打叉划格法检查涂层附着力，划格后用胶带粘贴剥离，涂层无剥落、起皮现象为合格。

8.3.4 隔冷保温层施工检验

检查保温层的厚度、平整度、粘结状况是否符合设计要求，保温层与管道表面紧密贴合，无空隙、松动现象，PE类A、B、C各层之间的粘结力应符合技术要求。

8.3.5 阴极保护系统检验

检查阴极保护装置的安装位置、连接方式是否符合设计要求，阴极保护电位是否达到设计值（-0.85V~-1.20V），采用UDL设备监测的数据应真实、准确。

8.3.6 排水系统检验

检查排水沟的位置、尺寸、坡度是否符合设计要求，排水是否畅通，无积水现象，防渗漏措施是否有效。

8.4 验收标准

8.4.1 验收应符合设计要求和国家标准，关键指标包括：

- a) 保温层厚度：偏差不超过±5%；
- b) 防腐层性能：无漏点，粘结力合格；
- c) 安全指标：可燃气体检测合格，阴极保护数据稳定。

表 2 质量检验项目及标准

检验项目	检验方法	合格标准	备注
保温层厚度	磁性测厚仪	设计值±5%	取5点平均值
附着力	划格法	二级以上	无剥落
电火花检测	15kV检漏仪	无漏点	全表面检测
阴极保护电位	万用表	-0.85V~ -1.27V	参照施工前后数据

8.4.2 验收合格后，由业主单位、监理单位、施工单位共同签署质量验收报告，质量检验验收记录参见附录 D。

9 安全环保要求

9.1 安全要求

9.1.1 施工现场应建立健全安全生产责任制，明确各级人员的安全职责，制定完善的安全管理制度和应急预案。

9.1.2 施工前应对施工人员进行全面的安全教育培训，包括安全操作规程、风险识别、应急处置措施等，考核合格后方可上岗作业。

9.1.3 施工现场应设置明显的安全警示标识，包括禁止标志、警告标志、指令标志等，作业区域实行封闭管理，严禁无关人员进入。

9.1.4 施工人员应穿戴个人防护用品（安全帽、安全带、防护手套、防护鞋等），特种作业人员应按规定穿戴相应的防护装备。

9.1.5 施工现场的临时用电应符合 JGJ/T 46—2024 的要求，使用防爆配电箱，严禁私拉乱接电线，电气设备应接地良好。

9.1.6 开挖作业应采取有效的支护措施，防止塌方事故发生，作业坑周边应设置防护栏杆，夜间应设置警示灯。

9.1.7 可燃气体检测应严格按規定执行，检测不合格时不得进行作业，作业过程中若发现可燃气体浓度超标，应立即停止作业，撤离人员，采取通风、排查等措施，待浓度合格后方可继续作业。

9.1.8 施工现场应配备足够的消防器材，包括灭火器、消防沙、消防水带等，消防器材应放置在明显、易取用的位置，定期进行检查和维护，确保完好有效。

9.1.9 高处作业时，施工人员应系好安全带，搭设安全防护设施，防止坠落事故发生。

9.1.10 施工过程中应定期进行安全检查，及时发现和消除安全隐患，对检查中发现的问题应建立台账，限期整改。

9.2 环保要求

9.2.1 施工应减少环境影响：

- a) 废物处理：建筑垃圾分类处理，油污等危险废物合规处置；
- b) 地貌恢复：施工后恢复植被和地面设施，防止水土流失；
- c) 资源节约：合理使用材料和水电，避免浪费。

表 3 安全检测要求示例

检测气体	允许限度	检测频率	备注
可燃气	0% LEL	每阶段开挖前	LEL为爆炸下限
氧气	19.5%~23.5%	连续监测	防止缺氧或富氧
一氧化碳	≤30ppm	必要时	ppm为百万分比

9.2.2 施工单位应遵守国家及地方相关的环境保护法律法规，制定环境保护措施，减少施工对周边环境的影响。

- 9.2.3 施工过程中产生的建筑垃圾（如水泥块、渣土、废涂料桶等）应分类收集，及时清运至指定地点处理，不得随意丢弃。
- 9.2.4 施工废水（如清洗设备、场地的废水）应经处理达标后排放，不得直接排入河流、沟渠等水体。
- 9.2.5 施工过程中应采取措施控制扬尘污染，包括洒水降尘、覆盖防尘网、合理安排施工时间等，避免扬尘对周边大气环境造成影响。
- 9.2.6 施工机械应选用低噪声设备，合理安排施工时段，避免夜间施工产生的噪声影响周边居民休息。
- 9.2.7 施工过程中应保护周边的植被、树木，不得随意砍伐、破坏，施工完成后及时恢复植被，减少对生态环境的破坏。
- 9.2.8 防腐材料、涂料等化学品应妥善储存和使用，防止泄漏污染土壤和地下水，废弃的化学品及包装容器应按規定进行处理。

10 运行维护

10.1 日常维护

- 10.1.1 建立管线隔冷保温系统运行维护台账，记录维护时间、维护内容、维护人员、检测数据等信息。
- 10.1.2 定期对管线外观进行检查，包括隔冷保温层是否有破损、脱落、老化现象，防腐层是否完好，警示标识是否清晰可辨。
- 10.1.3 定期对阴极保护系统进行检查和维护，包括测试桩、参比电极、阳极地床等设备的运行状况，定期测量阴极保护电位，确保阴极保护系统正常运行。
- 10.1.4 定期对排水系统进行检查，清理排水沟内的杂物，确保排水畅通，防止雨水积存。
- 10.1.5 对管线附件（阀门、法兰、仪表接口等）的隔冷保温结构进行重点检查，确保其密封良好、保温性能可靠，方便维护检修。

10.2 定期检测

- 10.2.1 每隔1年对管道隔冷保温层的厚度、粘结力进行抽样检测，检测结果应符合本标准要求，若发现问题及时整改。
- 10.2.2 每隔2年对管道防腐层进行一次全面的电火花检测，确保防腐层无漏点，对发现的漏点及时进行补口补伤处理。
- 10.2.3 每隔1年对阴极保护电位进行一次全面监测，监测数据应记录存档，若阴极保护电位不符合要求，应及时调整阴极保护系统参数。
- 10.2.4 每隔3年对隔冷保温性能进行一次检测，通过监测管线运行温度、周边土壤温度等参数，评估隔冷保温效果，若保温效果下降，应分析原因并采取相应的整改措施。

10.3 故障处理

- 10.3.1 若发现隔冷保温层破损、脱落，应及时清理破损部位，重新进行表面处理和防腐保温施工，确保修复后的隔冷保温性能符合要求。
- 10.3.2 若发现防腐层存在漏点，应立即进行补口补伤处理，补伤材料应与原防腐层材料兼容，补伤后进行电火花检测，确保无漏点。
- 10.3.3 若阴极保护电位异常，应检查阴极保护系统设备是否正常运行，排查是否存在阳极消耗、电缆破损、管道绝缘层损坏等问题，及时采取更换阳极、修复电缆、修补绝缘层等措施。
- 10.3.4 若排水系统出现堵塞、渗漏等问题，应及时清理堵塞物，修复渗漏部位，确保排水系统正常运行。
- 10.3.5 故障处理完成后，应进行效果验证，记录故障处理情况，存入运行维护台账。

10.4 维护记录管理

- 10.4.1 运行维护过程中形成的各类记录（包括日常维护记录、定期检测记录、故障处理记录等）应真实、准确、完整，记录应采用统一的格式，由相关人员签字确认。
- 10.4.2 维护记录应分类存档管理，存档期限不少于5年，方便查询和追溯。
- 10.4.3 定期对维护记录进行分析，总结运行维护经验，优化运行维护方案，提高管线隔冷保温系统的

运行可靠性和使用寿命。

附录 A
(资料性)
常用施工设备及仪器技术参数

A. 1 主要施工设备技术参数

本附录A.1详细列出了石油燃气站场工艺管线焦耳汤姆逊效应隔冷保温工程施工过程中常用的主要施工设备技术参数。

表 A. 1 主要施工设备表

序号	设备名称	型号规格	数量	国别产地	制造年份	额定功率(kW)	生产能力	用于施工部位
1	地下管线探测仪	RD8100	3	英国	2020	/	完好	管道、光缆测量
2	搅拌釜	ZD-JB	1台	中国	2020	0.2	温材料灌注	保温材料搅拌灌注
3	防爆电镐	冠通B87C	4套	中国	2019	8	完好	障碍物破除
4	空压机	0.5m³	1套	中国	2020	0.8	完好	氟碳面漆喷涂
5	防爆型热吹风机	FT-125	2个	中国	2020	2	完好	管体表面烘干
6	路面切割机	9PH/13HP	1台	中国	2020	汽油动力	完好	混凝土道路切割
7	防爆配电箱	BJX-d	1套	中国	2020	/	完好	现场临时用电
8	电火花检漏仪	LYA-DHHC	4	中国	2022	/	完好	漏点检测
9	四合一可燃气体检测仪	ADKS-4	10	中国	2021	/	完好	气体检测
10	汽油发电机	HS1000	2	中国	2018	3	完好	现场供电
		HSX2000	2	中国	2019	2	完好	现场供电
11	电动角磨机	东成3-100E	6	中国	2019	0.7	完好	管体表面处理
12	潜水泵	邦瀑100WQ100-25-11	4	中国	2020	0.85	完好	现场降、排水
13	铁锹	平头	60	中国	2020	/	完好	基坑开挖
14	光缆保护专用开挖工具	钝化/塑料	60	中国	2020	/	完好	光缆保护开挖
15	手提式灭火器	8公斤	12	中国	2021	/	完好	基坑开挖现场防火
16	红外线测温仪	德力西DECTMS520C	4	中国	2021	/	完好	管体温度测量
17	电脑	联想小新14	3	中国	2021	/	完好	办公
18	钢卷尺	/	4	中国	2021	/	完好	开挖测量

A. 2 试验和检测仪器设备技术参数

本附录A.2详细列出了石油燃气站场工艺管线焦耳汤姆逊效应隔冷保温工程施工过程中常用的试验检测仪器的技术参数。

表 A. 2 试验和检测仪器设备表

序号	仪器设备名称	型号规格	数量	国别产地	制造年份	已使用台时数	用途
1	涂层测厚仪	FC-5000T	4	中国	2021	60h	防腐层厚度测量
2	超声波测厚仪	EC770X	4	中国	2021	70h	壁厚测量
3	灰尘度检测仪	HT9600	4	中国	2020	35h	灰尘检测
4	便携式参比电极	ZD-C-T-II	6	廊坊中益德	2021	10h	电位检测
5	万用表	福禄克289C	4	中国	2020	270h	电位测量
6	试片	ZYD-1	6	廊坊中益德	2021	0h	电位测量
7	PH值测试仪	华欧	4	中国	2022	90h	Ph 值测量
8	接地电阻测试仪	希玛AR-4105	4	中国	2022	90h	土壤电阻率测试
9	数据记录仪	UDL2	4	中国	2019	90h	管道阴极保护数据检测

10	参比电极	便携式	6	廊坊中益德	2021	10h	阴极保护电位检测
11	风速仪	GM8910	5	中国	2021	40h	风速测量

附录 B (资料性)

B. 1 阴极保护数据监测记录表

本附录B. 1提供了阴极保护数据监测的标准记录表格，用于规范工程施工及运行维护过程中阴极保护相关数据的记录工作。

表 B. 1 阴极保护数据监测记录表

注：监测数据应真实、准确记录，备注栏可填写监测时的环境条件（如天气、土壤湿度等）及异常情况说明。

附录 C
(资料性)
可燃气体检测记录表

C. 1 可燃气体检测记录表

本附录C. 1为可燃气体检测提供了统一的记录表格。

表 C. 1 可燃气体检测记录表

要求的测试	允许限度	结果	时间	检测人
可燃性气体				
氧气				
一氧化碳				
其他有毒气体				
要求的测试	允许限度	结果	时间	检测人
可燃性气体				
氧气				
一氧化碳				
其他有毒气体				
要求的测试	允许限度	结果	时间	检测人
可燃性气体				
氧气				
一氧化碳				
其他有毒气体				
要求的测试	允许限度	结果	时间	检测人
可燃性气体				
氧气				
一氧化碳				
其他有毒气体				

附录 D
(资料性)
质量检验验收记录表

D. 1 质量检验验收记录表

本附录D. 1制定了石油燃气站场工艺管线焦耳汤姆逊效应隔冷保温工程质量检验验收的标准记录表格。

表 D. 1 质量检验验收记录表

工程名称		施工单位					
验收部位		验收日期					
序号	检验项目	设计要求	检验结果	偏差情况	检验方法	检验人员	验收结论
1	隔冷保温材料性能	导热系数≤0.030W/(m·K), 密度180-250kg/m³, 抗压强度≥250kPa等			见证取样送检、外观检查		
2	防腐材料性能	符合GB/T 18593-2010、SY/T 0315-2013等相关标准			见证取样送检、外观检查		
3	开挖位置、深度	符合设计要求			测量放线、现场实测		
4	管道表面处理	清洁度达到Sa2.5级以上, 无油污、灰尘、锈蚀			目视检查、GB/T 8923.1-2011评定		
5	涂层外观	光滑平整, 颜色一致, 无针孔、气泡、剥落等缺陷			目视检查		
6	涂层厚度	符合设计要求, 允许偏差±5%			磁性(或超声波)测厚仪检测		
7	涂层附着力	打叉划格法无剥落、起皮现象			打叉划格法检测		
8	隔冷保温层厚度	符合设计要求			尺量检测		
9	隔冷保温层粘结状况	紧密贴合, 无空隙、松动			目视检查、手触检查		
10	阴极保护效果	阴极保护电位-0.85V~-1.20V			万用表、参比电极检测		
11	排水系统功能	排水畅通, 无积水			现场试水检测		
12	地貌恢复情况	符合要求, 无建筑垃圾残留			目视检查		
13	其他						
综合验收结论							
业主单位签字:				日期:			
监理单位签字:				日期:			
施工单位签字:				日期:			