

《石油化工设备和管道绝热层下腐蚀
第 2 部分:腐蚀控制技术规范》

编制说明

(征求意见稿)

编制单位: 中石化炼化工程(集团)股份有限公司
洛阳技术研发中心

编制日期: 2026年2月27日

《石油化工设备和管道绝热层下腐蚀

第 2 部分:腐蚀控制技术规范》

编制说明

一、任务来源

(一) 任务来源

中国化工学会“化会字(2025)第 33 号”文件宣布《石油化工设备和管道绝热层下腐蚀 第 2 部分:腐蚀控制技术规范》团体标准立项,项目计划号 T/CIESC 181-2025。本标准由中国化工学会提出并归口,由中国石化炼化工程(集团)股份有限公司洛阳技术研发中心牵头制定。

(二) 标准制定的目的和意义

随着炼化装置服役年限的延长,特别是在沿海炼化企业,绝热层下腐蚀(CUI)问题凸显,已成为行业面临的共性难题。绝热层下腐蚀受绝热结构、绝热材料、防护涂层、水分、温度等多种因素共同影响,具有影响因素多、腐蚀控制难度大等特点。现行技术标准中关于绝热层下腐蚀控制往往局限于单个方面进行,未能做到统筹各个影响因素、系统性的解决绝热层下腐蚀问题。

本技术规范的制定旨在系统解决绝热层下腐蚀(CUI)这一隐蔽性强、易引发设备泄漏及安全事故的行业难题。其核心目的是通过统一技术标准,预防因 CUI 导致的非计划停工和重大安全风险,同时填补国内炼化领域 CUI 控制专项技术规范空白。该规范的意义在于:①明确防腐涂层性能、绝热材料腐蚀性指标要求,从源头阻断腐蚀介质;②通过设备支撑圈防积水设计(如扁钢替代铲斗式结构)、管托密封优化等措施,减少管道和设备绝热结构进水,避免腐蚀;③整合国内外标准和先进做法,首次覆盖涂层选型、材料性能、结构设计及施工质控全流程,为行业提供可落地的系统性解决方案,保障装置长周期稳定运行,助力绿色可持续发展。

二、起草工作简要过程

按照中国化工学会标准制修订程序的要求,《石油化工设备和管道绝热层下腐蚀 第 2 部分:腐蚀控制技术规范》团体标准的编制完成了以下工作:

(一) 资料的收集

在标准编制过程中,起草工作组收集了以下资料:

- 现行法规与与绝热层下腐蚀(CUI)控制相关标准(含国标、行标、NACE/API/ISO 等)。
- CUI 腐蚀机理、影响因素及失效案例等相关的科研文献。
- CUI 控制技术资料(涂层、绝热层/防潮层/保护层/密封结构、绝热结构优化设计、原材料性能数据)。
- CUI 控制相关的工程实践数据、试验方法、专利及科研成果。

（二）标准的起草

1. 2024年1月至2025年7月，项目组完成标准的前期预研工作。

2. 2025年9月，召开标准启动会，成立起草工作组，正式启动《石油化工设备和管道绝热层下腐蚀 第2部分：腐蚀控制技术规范》团体标准的编制工作，根据启动会企业代表意见，修改完成《石油化工设备和管道绝热层下腐蚀 第2部分：腐蚀控制技术规范》工作组初稿。

3. 2025年10月至2026年2月，工作组成员根据启动会讨论内容和要求，开展验证试验，按照标准指标项要求，开展了产品指标数据验证试验，并在此基础上统一各方意见，形成标准征求意见稿。

（三）主要参加单位和工作组成员

标准起草单位为中石化炼化工程（集团）股份有限公司洛阳技术研发中心、中国石化工程建设有限公司、中石化广州工程有限公司、中国石化上海石油化工股份有限公司、中国石油化工股份有限公司茂名分公司、中国特种设备检测研究院、中石化舟山液化天然气有限公司、佐敦涂料（张家港）有限公司、河南德朗智能科技有限公司、江苏云湖新材料科技有限公司、浙江阿斯克建材科技股份有限公司，具体情况如表1所示。

表1 主要参加单位和工作组成员表

成员姓名	所在单位	专业方向	邮箱
段永锋	中石化炼化工程（集团）股份有限公司洛阳技术研发中心	腐蚀与防护	duanyongfeng.segr@sinopec.com
李晓炜	中石化炼化工程（集团）股份有限公司洛阳技术研发中心	腐蚀与防护	lixiaowei.segr@sinopec.com
张猛	中石化炼化工程（集团）股份有限公司洛阳技术研发中心	腐蚀与防护	zhangmeng.segr@sinopec.com
郜建松	中石化炼化工程（集团）股份有限公司洛阳技术研发中心	绝热工程	gaojiansong.segr@sinopec.com
王宁	中石化炼化工程（集团）股份有限公司洛阳技术研发中心	腐蚀与防护	wangning02.segr@sinopec.com
柯松林	中国石化工程建设有限公司	石化工程设计	kesonglin.sei@sinopec.com
姜万军	中石化广州工程有限公司	石化工程设计	jiangwj.lpec@sinopec.com
吴士云	中国石化上海石油化工股份有限公司	石化设备管理	wushiy.shsh@sinopec.com
陆蓉	中国石油化工股份有限公司茂名分公司	石化设备管理	lurong.mmsh@sinopec.com
赵博	中国特种设备检测研究院	压力容器检验	zhaobo19840626@163.com
杨书忠	中石化舟山液化天然气有限公司	石化设备管理	yangsz.trqi@sinopec.com

李军威	上海赛科石油化工有限公司	设备管理	---
彭宇	中国石油和石化工程研究会石化设备安全运维专家服务(中心)专业委员会	技术管理	18511110561@vip.163.com
骆惠	佐敦涂料(张家港)有限公司	防腐涂料	Linda.Luo@jotun.com.cn
韩有华	河南德朗智能科技有限公司	腐蚀检测技术开发	---
吴志平	江苏云湖新材料科技有限公司	防腐涂料	471944494@qq.com
杨平玮	浙江阿克苏建材科技股份有限公司	绝热材料	---
李果	深圳市诚达科技股份有限公司	材料改性	---
张举明	浙江凌志新材料有限公司	防腐涂料	---
李先刚	天津橡杉新材料科技有限公司	防腐涂料	---
韩雄炜	阿克苏诺贝尔防护涂料(苏州)有限公司	防腐涂料	---
李明宝	浙江岩谷科技有限公司	绝热材料	---
余燕辉	洛科威防火保温材料(广东)有限公司	绝热材料	---

三、编写原则和确定标准主要内容的依据

(一) 标准的编写原则

本标准格式严格按照中国化工学会团体标准相关规定进行编写,确保标准结构的规范性、技术要素的确定性和表述的准确性。本标准在技术内容上既参考了国内外先进标准中关于绝热层下腐蚀控制的要求,又充分考虑了国内企业的施工工艺水平和成本控制,确保标准条款具有可操作性和可验证性。

(二) 确定标准主要内容的依据

目前国内现行绝热及防腐相关标准中,GB 50264、SH/T 3522 等绝热类标准侧重绝热设计与施工,对CUI 防控仅提出宽泛要求,针对异型件、预制阀门盒、柔性绝热结构等CUI 高发部位的结构、施工及验收规定不具体,对炼化企业现场指导性不强;HG/T 5178、SH/T 3022 等防腐涂料类标准仅规定涂层性能与配套体系,缺少施工过程控制和质量验收要求,且传统环氧酚醛涂层存在厚涂易开裂、施工效率低等问题,现有标准在CUI 控制的系统性、针对性、关键部位及全流程质量控制上均存在不足,难以满足石化企业CUI 精细化防控需求。

(1) 绝热层下工况的防护涂层体系及环氧酚醛易出现厚膜开裂问题

重点围绕基于实验室研究成果,明确满足绝热层下工况的防护涂层体系及配套测试方法,包括针对HG/T 5178 中虽然提到的环氧酚醛涂料,但是并未考虑到环氧酚醛易出现厚膜开裂问题,本标准增加了环氧烷基胺和玻璃鳞片环氧酚醛的配套方案。环氧烷基胺涂层在树脂交联过程中引入烷基胺柔性基团,不仅赋予涂

层优异的耐高温性能（匹配传统环氧酚醛），大大提升了漆膜的柔韧性及施工膜厚容忍度，即便在超膜厚施工时（例如设计膜厚的 3 倍）也不会造成明显开裂，且常温下兼具优异的防腐能力。针对环氧酚醛厚膜容易出现开裂的问题，加入玻璃鳞片进行改性。玻璃鳞片作为一种功能填料，加入环氧酚醛涂层中可以分散漆膜的内聚力、增强柔韧性，同时增加了涂层抗渗透性，使得涂层具有更加优异的耐腐蚀和耐高温开裂性能，降低膜厚仍能满足绝热层下防腐性能要求。

（2）绝热材料腐蚀性控制

相对于既有标准只规定了绝热材料憎水率或者只规定覆盖奥氏体不锈钢绝热材料浸出液的 pH 值和离子含量。本标准系统梳理了影响绝热材料腐蚀性的关键指标，参考国内外先进标准和科研成果，确定了绝热材料腐蚀性控制检测项目、测试方法和合格要求，其中憎水率宜大于 98%，绝热材料浸出液 pH 应为 7.0~11.7（25℃），电导率值应不高于 100 μ s/cm，离子含量氯化物、氟化物、硅酸盐、钠离子含量参照标准 GBT17393-2008《覆盖奥氏体不锈钢用绝热材料规范》执行。

（3）绝热结构优化

本标准整合了其他标准中关于绝热结构易变形和进水部位的优秀做法和一些能够有效解决绝热层进水的新技术。例如增加弯头背带，减少弯头由于振动和热胀冷缩等导致的虾米腰开裂；设置绝热结构伸缩缝，减少结构应力，降低裂缝产生的风险；使用一体式阀门盒，避免了现场制作质量参差不齐、下料缝隙大的问题，减少阀门盒因检修拆装导致的损伤；使用小接管快拆结构，能阻挡雨水从小接管开孔处进入，还能快速打开检查小接管腐蚀情况；使用液位计柔性绝热套替代传统的临时绝热（草苫+铁丝捆扎）和固定绝热（铝皮+绝热材料），解决草苫不防水和固定绝热结构复杂、易进水的问题；规范穿平台管线绝热结构，杜绝朝天开口问题；采用优化的设备绝热结构支撑圈，加快排水，减少水分在支撑圈处的累积；采用新型管托结构，减少了管托开口密封不严导致管托处进水腐蚀问题。

（4）绝热结构施工

整合了国内外绝热结构施工的相关标准中关于绝热材料捆扎、防潮层包覆、保护层施工、和密封胶的使用的施工技术要点，此外由于目前市场上密封胶种类较多，质量参差不齐，质量不合格的密封胶易老化开裂，起不到密封效果，因此本标准规定禁止使用聚氨酯类密封胶，此外本标准对密封胶的定伸粘结性、冷拉-热压后粘结性、浸水后定伸粘结性、剥离粘结性、耐高温性、腐蚀性、燃烧性能和耐候性等关键性能要求做出了明确规定，确保密封胶长时间服役，减少进水风险。

结合目前标准中存在的不足、CUI 防控过程中实际遇到的实际问题、一些优秀做法和研发经验，本标准确认 CUI 控制需从防腐涂层体系、绝热材料选用与要求、绝热结构设计要求、绝热质量控制、运行检查与维护等方面进行提升。

四、技术经济分析论证和预期的经济效益

通过全方位的 CUI 控制措施，从源头抑制电解质滞留和绝热层下进水，提高涂层防护性能和耐久性，显著降低 CUI 风险。通过在中石化多家炼化企业的实践表明，依据本标准相关的要求进行 CUI 控制，能显著降低装置腐蚀发生，延长设备寿命，减少因 CUI 导致的腐蚀泄漏事故，节约维修费用，避免停工损失。

以中型常减压装置为测算基准，全面落地本标准对应的全方位 CUI 控制措施后，经测算，在 4 年一个行业常规检修周期内，可通过从源头抑制腐蚀、降低 CUI 发生率，直接减少设备管线防腐维修、绝热层拆换、腐蚀检测等相关费用约 600 万元，规避 CUI 泄漏引发的非计划停工损失 300 万元，同时大幅缩减 CUI 相关检修工作量、缩短检修工期实现提前开工增收 300 万元，单周期累计实现直接经济效益 1200 万元，同时还能从根本上化解 CUI 带来的易燃易爆介质泄漏、安全环保事故等重大风险，助力装置长周期稳定运行，降低日常运维管理成本，实现固定资产保值增值，兼具极高的经济价值与安全生产管理价值。

五、采用国际标准和国外先进标准情况及水平对比

本标准未采用国际标准。国外关于 CUI 的标准主要有 API RP 583-2017 《Corrosion Under insulation and Fireproofing》和 AMPP SP0198-2017 《Control of Corrosion under Thermal insulation and Fireproofing Materials—A Systems Approach》。API RP 583-2017 《Corrosion Under insulation and Fireproofing》是由美国石油学会（API）制定的标准，主要针对工业设备（如压力容器、管道）在保温层或防火层覆盖下发生的腐蚀问题，系统阐述了腐蚀机理与影响因素、易受腐蚀的区域与设备、保温材料选择、检测方法与技术、风险评估及防护措施等，为预防和管控 CUI 提供了工程指导，该标准内容有助于对 CUI 增加全面的认识，建立起 CUI 控制理念，但有关绝热结构保护层捆扎、异型件的施工要求、绝热层下涂层的施工和验收、绝热层下涂层的性能要求等便于现场施工参考执行的内容较少，本标准吸收该标准对于 CUI 机理和影响因素的研究，结合国内防腐绝热相关的标准规定内容，整合了各种 CUI 控制的标准要求和一些先进 CUI 控制技术的使用要求，更侧重于执行；AMPP SP0198-2017 《Control of Corrosion under Thermal insulation and Fireproofing Materials—A Systems Approach》由国际腐蚀工程师协会（NACE）发布，该标准内容包括绝热层下腐蚀机理、结构设计优化、防护涂层要求、保温材料选择和绝热层下检测与维护等内容，强调通过涂层保护、排水设计、维护监测等系统性手段，减少绝热层下腐蚀导致的腐蚀失效风险，该标准相对系统的介绍了 CUI 控制的各方面的要求，但对于施工的细节和验收要求方面的内容不多，学习成本大，本标准吸收其先进理念和优秀做法，对一些传统的易积水部位进行优化设计，对环氧酚醛涂层厚膜易开裂问题给出了针对性解决方案，此外本标准内容聚焦在 CUI 的控制，对于细节内容进行了补充，更有利于现场执行。

六、与现行法律、法规、政策及相关标准的协调性

本标准与国家现行法律、法规、政策及相关标准具备全面、系统的协调性，无任何冲突与矛盾，可实现与现行合规管理体系的无缝衔接、配套执行。

在法律法规层面，本标准严格遵循《中华人民共和国安全生产法》《中华人民共和国特种设备安全法》《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国标准化法》《危险化学品安全管理条例》等上位法律法规的核心要求，全面落实了生产经营单位安全风险分级管控与隐患排查治理双重预防机制、特种设备全生命周期安全管理、危险化学品生产储存设施安全防护、环境保护与污染防治等法定责任与义务，是相关法律法规在炼化装置绝热层下腐蚀（CUI）防控领域的细化落地与实操延伸，所有条款均符合法律法规的强制性规定与合规要求。

在政策导向层面，本标准与国家及行业现行政策高度契合，全面响应应急管理部关于化工危险化学品企业安全生产专项整治、重大生产安全事故隐患防控的监管要求，贴合工信部、国家能源局关于石油化工业高质量发展、设备完整性管理、节能降碳绿色发展的产业政策导向，同时与中国石油化工集团有限公司关于炼化装置长周期运行、腐蚀精细化管控、本质安全提升的管理制度要求保持一致。本标准通过建立全方位 CUI 系统化控制措施，从源头降低腐蚀泄漏风险、减少非计划停工、延长设备寿命、节约运维成本，正是对安全生产源头治理、行业提质增效、绿色低碳发展等核心政策要求的具体践行，与现行政策导向完全同向。

在标准体系层面，本标准与现行国家、行业相关标准协调配套、互补衔接，形成了完整的技术支撑体系。基础通用条款上，本标准全面衔接 GB 150《压力容器》、GB/T 20801《压力管道规范 工业管道》等强制性国家标准，在设备管道的设计、材料、检验、安全防护等基础要求上保持高度统一；专业通用技术上，与 GB/T 50726《工业设备及管道防腐蚀工程技术标准》、GB 50264《工业设备及管道绝热工程设计规范》、GB 50126《工业设备及管道绝热工程施工规范》、SH/T 3010《石油化工设备和管道绝热工程设计规范》、SH/T 3022《石油化工设备和管道涂料防腐蚀设计标准》等行业主流防腐绝热标准全面对接，在钢材表面处理、涂层性能要求、绝热结构设计、施工质量验收等通用技术指标上，均不低于现行标准的规定；专项技术细化上，本标准结合中石化多家炼化企业的工程实践经验，针对防腐涂层体系、绝热材料选用与要求、绝热结构设计要求、绝热质量控制、运行检查与维护等方面进行了针对性的细化、补充与完善，填补了现有标准在炼化装置 CUI 专项控制上的细节空白，与现有标准形成“通用基础+专项细化”的互补关系，同时充分衔接了 API RP 583、NACE SP0198 等国际先进 CUI 管控标准的核心理念，兼顾了国内行业实际与国际

先进水平的协同适配。

经检索，本标准与国家标准、行业标准、地方标准、团体标准一致度不超过 30%。国内还未有相关国家、行业、地方、团体标准，国外也未见公开的标准。各生产企业执行自行制定的企业标准生产和销售。

七、贯彻实施标准的措施和建议

为推动本标准全面落地见效、切实发挥其在炼化装置绝热层下腐蚀（CUI）风险防控、提升装置本质安全水平与全生命周期经济效益中的核心作用，应重点围绕推广宣贯、标杆打造、持续改进、标准提升四大核心环节推进实施工作。

首先分层分类开展精准化、全覆盖的推广宣贯与靶向培训，针对企业管理层、专业技术人员、一线作业及承包商人员制定差异化宣贯方案，全面解读标准核心条款、技术要点与实操规范，配套建立全流程培训机制，确保全员学懂弄通会用，筑牢标准落地的思想认知与实操能力基础；同步选取不同工艺类型、不同规模的典型炼化装置开展标准落地试点应用，打造可复制、可推广的标杆示范装置与标杆企业，系统梳理试点单位的成功实践、实施成效与成熟经验，组织全系统开展观摩学习与经验交流，以点带面推动标准在各炼化企业全覆盖落地，充分发挥标杆示范的引领带动作用；在标准实施全过程中，建立常态化的实施效果动态跟踪评估机制，定期对标分析标准实施后 CUI 腐蚀发生率、防腐维修成本、非计划停工时长、装置长周期运行水平等核心指标，精准识别执行过程中的堵点难点问题，持续优化配套管控措施与执行方案，不断提升标准落地实施的质效；同时结合行业技术发展、新材料新工艺创新应用、各企业实施过程中的实践反馈，以及国家法律法规、相关上级标准的更新迭代，定期开展标准复审与修订完善工作，持续优化技术指标、补充细化管控要求，不断提升标准的先进性、适用性与可操作性，确保标准始终贴合炼化行业 CUI 管控的实际需求，长期稳定发挥其风险防控、提质增效的核心价值。

八、其他应予以说明的事项

无。