

《石油化工设备和管道绝热层下腐蚀
第 1 部分:腐蚀风险评估与检测实施导则》

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1部分：腐蚀风险评估与检测实施导则》 编制说明

一、任务来源

（一）任务来源

本标准由中国化工学会提出并归口，由中石化炼化工程（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

绝热层下腐蚀具有隐蔽性强、检测难度大等特点，往往难以及时发现，极易发生腐蚀泄漏，给企业的安全运行带来了极大挑战和困扰。目前国内尚无针对绝热层下腐蚀风险等级评估和检测技术的国家或行业标准，因此制定《石油化工设备和管道绝热层下腐蚀 第1部分：腐蚀风险评估与检测实施导则》具有以下多方面的意义和效果：①安全与风险控制：炼化设备和管道安全至关重要，制定的标准能够提供更有效的风险评估方法，帮助工程师和操作人员更好地识别和控制 CUI 风险，防止重大事故的发生；②成本效益：制定的标准可以提出更为经济的检测方案和维护策略，通过精准定位腐蚀区域，避免不必要的大面积拆卸和检查，从而降低成本，提高整体经济效益；③教育与培训：制定的标准能够为工程技术人员提供最新的知识和技能，通过教育和培训提升行业整体的专业水平，促进人才的成长。④促进创新：制订标准的过程往往伴随着对现有实践的反思和批判，这能够激发新的研究方向和创新思维，推动整个行业的科技进步；⑤市场竞争力：对于提供 CUI 检测和维护服务的企业而言，遵循制定的标准能够提升其服务质量，增强市场竞争力，吸引更多的客户；⑥环境保护：新的标准会强调更环保的检测和维护方法，减少对环境的影响，比如采用无损检测技术替代传统破坏性检测，

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1部分：腐蚀风险评估与检测实施导则》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：

- 现行绝热层下腐蚀（CUI）相关国标及行标在风险评估、检测流程、腐蚀分级与维保措施。
- 国外标准中关于绝热层下腐蚀风险评估体系、实操性步骤与质量控制流程。
- 绝热层下腐蚀检测方法如超声波测厚、X射线检测、脉冲涡流检测和红外热成像等技术原理与适用场景。
- 目前石油化工行业对于绝热层下腐蚀的现场检查工作流程与防护策略。

（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1部分：腐蚀风险评估与检测实施导则》的团体标准编制工作，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1部分：腐蚀风险评估与检测实施导则》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	石化腐蚀与防护	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	石化腐蚀与防护	lixiaowei.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	石化绝热工程	gaojiansong.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	石化腐蚀与防护	zhangmeng.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
骆惠	佐敦涂料(张家港)有限公司	涂料研发	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	涂料研发	471944494@qq.com
杨平玮	浙江阿斯克建材科技股份有限公司	绝热材料研发	——

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

现行绝热层下腐蚀（CUI）相关国标及行标在风险评估、检测流程、腐蚀分级与维保措施等方面存在显著不足。现行标准中关于风险评估以定性判断为主，缺乏融合环境参数（温度、湿度）、服役年限、绝热材料种类等因素的量化模型，难以精准识别高风险区域；检测流程依赖传统手段，对红外热成像、脉冲涡流等先进技术应用不足，且未明确保温层拆除及修复规范；腐蚀严重程度分级缺乏量化标准，无法科学指导修复决策；配套维保措施缺失闭环管理机制，未建立绝热层下腐蚀风险台账，难以支撑基于历史数据追溯的维护策略优化。与系统性 CUI 管理标准相比，现行规范在科学性、可操作性及全流程管控方面亟待完善。

（1）绝热层下腐蚀风险评估

针对 GB/T 37183《腐蚀控制工程全生命周期风险评价》缺乏绝热层下腐蚀专项评估细则，未对绝热层下腐蚀风险分级指标、检测比例及周期制定要求加以细化，本标准制定了全面的绝热层下腐蚀风险评估方法，评估内容涵盖了基材、涂层、水润湿、设计等四个方面，并对不同的风险等级推荐检测方法、流程和频次，制定检查方案和计划。

（2）绝热层下腐蚀检测技术及现场检测流程

现有标准中仅聚焦实验室材料测试，未能解决现场隐蔽腐蚀无损检测技术的选择与验证难题，并且缺失现场保温层下破拆后防腐涂层状态评估分级要求，难以有效指导现场绝热层下腐蚀的分级管理。本标准系统梳理了绝热层下腐蚀检测技术，制定了一套经过验证的多种检测技术组合应用的检测流程，大大减少了拆除绝热工作量，提高了检测效率。

四、技术经济分析论证和预期的经济效益

传统 CUI 检测需要拆除并恢复保温层，成本高昂。本标准通过进行绝热层下腐蚀风险等级评估与现场

检查策略优化，可大大减少检测工作量，并提高检测效率，以一家中型石化企业为例，每年需检测的保温管道约 50 公里，采用本标准推荐的技术后，每年可节约检测费用约 300-500 万元。此外，本标准通过建立系统的 CUI 防控体系，可显著降低泄漏和停工风险，按石化行业平均水平估算，避免一次中型装置的非计划停工，即可挽回经济损失上千万元，同时还能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。

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，参考了 API RP 583 《Corrosion Under Insulation and Fireproofing》、AMPP SP0198 《Control of Corrosion Under Thermal Insulation and Fireproofing Materials—A Systems Approach》、API RP 571 《Damage Mechanisms Affecting Fixed Equipment in the Refining Industry》、NORSOK M-501 《Surface Preparation and Protective Coating》等国外先进标准，其中 API RP 583 是 API 发布的关于绝热层下腐蚀（CUI）和防火层下腐蚀（CUF）的推荐规程，涵盖设计、维护、检测和缓解等一系列全生命周期管理措施。该规程的核心在于指导企业应对 CUI/CUF 的复杂性，了解各种无损检测（NDE）方法的优缺点，开展 CUI/CUF 损伤风险（失效可能性和后果）评估，并提供绝热系统设计、安装和维护以实现长期防腐的指南。AMPP SP 0198 是由美国腐蚀工程师协会发布的关于绝热和防火材料下腐蚀控制的推荐规程，采用系统方法缓解绝热层下腐蚀（CUI）问题。该标准涵盖腐蚀机理、机械设计、保护涂层、绝热及防火材料的选择、检查与维护等章节，并对奥氏体不锈钢等特殊材料的涂层配套作出限定。API RP 571 是关于炼油工业固定设备损伤机理的推荐规程，适用于炼油、石化等行业的容器、管道、换热器等固定设备。其本质是一本系统性的损伤机理参考文件，将损伤分为力学/冶金失效、厚度减薄、高温腐蚀、环境开裂等类别。NORSOK M-501 是挪威石油工业制定的全球最严苛的海洋重防腐标准之一，旨在通过严选涂料、精细表面处理、规范施工与检验，为海上设施提供长效保护。其核心在于通过严苛的循环老化、阴极剥离等测试来预认证涂层体系。

国外标准中缺乏差异化评估细则，且技术组合应用场景不明，未明确保温层拆除与复查标准，未构建完整风险评估体系，且实操性步骤与质量控制细节缺失。相较之下，本标准进行了全面完善，核心内容涵盖绝热层下腐蚀风险评估、风险等级划分以及检测技术及流程，为绝热层下腐蚀防控提供一套全面、系统且具有实操性的标准规范。

六、与现行法律、法规、政策及相关标准的协调性

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。

在政策导向方面，本标准精准对接应急管理部关于化工危险化学品企业安全生产专项整治的要求，通过建立全方位的绝热层下腐蚀（CUI）系统化控制措施，从源头降低腐蚀泄漏风险，有效防控重大生产安全事故隐患，积极响应工信部、国家能源局关于石油化工有限公司高质量发展、设备完整性管理及绿色发展的政策导向，通过技术手段延长设备寿命、减少非计划停工，实现行业提质增效与节能降碳的有机统一。同时深度贴合中国石油化工集团有限公司关于炼化装置长周期运行、腐蚀精细化管控及本质安全提升的管理制度，将企业先进管理经验转化为可推广的技术规范。

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。本标准全面衔接 GB/T 37183《腐蚀控制工程全生命周期风险评价》、GB/T 17393《覆盖奥氏体不锈钢用绝热材料规范》等强制性国家标准，同时提供了 CUI 风险等级评估的标准化流程，包括风险因素的识别、风险等级的划分以及相应的预防和应对措施，使得风险评估过程更加全面、系统和规范。在专项技术细化上，本标准明确了 CUI 检测的各种技术手段，如超声波检测、红外热像仪检测、脉冲涡流检测等，以及这些技术的应用范围和操作步骤，提高了检测结果的可靠性和可比性，同时充分衔接了 API RP 583 和 AMP SP0198，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

为保障本标准的有效实施，切实发挥其在绝热层下腐蚀防控中的技术支撑作用，提出以下措施和建议：

（1）加强宣传培训，凝聚行业共识：建议由归口管理单位和主要起草单位牵头，组织开展面向设计单位、工程公司、检验检测机构及业主企业的专题宣贯和技能培训，重点解读标准中关于腐蚀风险等级划分、现场检测流程等关键技术条款，确保相关从业人员准确理解、规范执行；（2）发挥示范引领作用，推动政策协同：建议在重点炼化基地或试点装置中先行先试，打造贯标示范工程，总结可复制、可推广的经验模式，为企业设备完整性管理体系评估提供参考依据，共同提升行业本质安全水平；（3）建立信息反馈机制，促

进标准迭代：依托标准管理平台或行业协会，建立标准实施信息收集与反馈渠道，广泛征集使用单位在执行过程中发现的问题和改进建议，为后续标准修订积累数据支撑，确保标准始终保持技术先进性与适用性。

八、其他应予以说明的事项

无。