

化工项目施工中危险介质管道吹扫与置换操作规范研究

郭峻豪

天津兴辰工程技术有限公司 天津 300400

【摘要】：化工项目建设过程中，危险介质管道的吹扫与置换的是保障管道系统安全投用、防范介质泄漏、爆炸等安全事故的核心关键工序，直接关联项目施工安全与后期生产稳定。本文以危险介质管道吹扫与置换的规范操作为核心导向，明确其操作核心原则与技术要点，梳理易燃、易爆、有毒等不同危险介质对应的吹扫与置换工艺差异，优化操作流程中的关键控制节点，破解施工中存在的操作不规范、参数调控不合理等难题，提出科学可行的规范操作方案，为化工项目危险介质管道吹扫与置换施工提供实操指引，保障施工过程安全、高效、平稳推进，降低安全风险，确保管道系统契合生产运行标准。

【关键词】：危险介质管道；吹扫置换；化工施工；操作规范；施工安全

DOI:10.12417/2705-0998.26.06.050

引言

化工项目建设过程中，危险介质管道负责输送易燃、易爆、有毒等危险性物料，其施工质量与操作规范性，直接决定了整个化工系统能否安全稳定运行。管道安装完成后、正式投用前，吹扫与置换是必不可少的关键工序，可有效清除管内杂物与残余介质，避免投用后出现介质混合反应、泄漏等安全隐患。规范实施吹扫与置换作业，既能保证管道系统的密封性与安全性，也能为后续长期稳定生产奠定坚实基础。本文结合化工项目现场施工实际，围绕危险介质管道吹扫与置换的核心要求，在已有操作原则与技术要点基础上，对相关操作规范展开系统性研究，为化工施工安全管理提供有力支撑。

1 化工项目危险介质管道吹扫与置换施工背景及重要性

化工行业作为国民经济的关键支柱产业，其项目建设过程中需完成多种危险介质的输送与储存作业，危险介质管道作为核心输送构件，广泛应用于原料供给、产品转运等核心环节。这类管道在安装作业期间，内部极易残留焊渣、铁锈、粉尘等杂物，同时可能夹带施工过程中混入的空气、水汽等杂质，若未经规范的吹扫与置换处理便投入使用，将极易诱发各类安全风险。危险介质本身具备易燃、易爆、有毒、腐蚀性等特质，管道内残留的杂物会磨损管道内壁、阻塞阀门部件，造成介质输送受阻，而残留杂质与危险介质相互作用时，可能引发化学反应，进而导致介质泄漏、爆炸、人员中毒等安全事故，不仅会造成设备损毁、施工中断，更会对周边生态环境与人员生命安全构成严重威胁。吹扫与置换施工是清除管道内残留杂物、化解安全隐患的核心工序，更是衔接管道安装与投产运行的重要节点，规范开展此项施工可保障管道系统的密封性能与结构完整性，为化工项目后期安全稳定运转筑牢基础，对强化化工项目施工安全管控、遏制事故发生有着不可替代的现实意义。

2 化工项目危险介质管道吹扫与置换施工现存问题及成因分析

在化工项目建设中，危险介质管道吹扫与置换直接关系到装置开车安全与运行稳定性，但现场施工中不规范行为较为普遍，安全与质量隐患突出，问题与成因呈现明显对应关系。从施工实际来看，主要问题集中在工艺选择、参数控制、作业流程及现场管理四个方面。部分作业人员未根据介质易燃易爆、有毒、腐蚀等特性选用合适工艺，一味采用通用吹扫方式，导致管道内焊渣、铁锈、残余介质清理不彻底，难以达到投用前的安全标准。同时，吹扫压力、气流速度及置换介质用量缺乏科学计算与严格控制，压力过高易造成管道、法兰、阀门等部件损伤，压力过低、流速不足则无法有效带出管内杂物，吹扫置换效果大打折扣^[1]。此外，作业流程缺乏系统性，不少工序省略前期管道检查、介质浓度检测、分段验收等关键环节，验收流于形式，为后续生产埋下泄漏、爆炸、中毒等潜在风险。究其根源，主要是施工人员专业能力不足，对危险介质理化性质及相关规范理解不深；专项施工方案针对性不强，多照搬通用模板，未结合管径、材质、介质类型细化措施；现场安全管控与技术监督不到位，对违规操作未能及时制止和纠正，最终造成施工质量参差不齐，吹扫与置换应有的安全保障作用无法有效体现，严重影响项目整体施工质量与运行安全。

3 化工项目危险介质管道吹扫与置换规范操作实施方法

3.1 前期准备规范

3.1.1 施工方案专项制定

施工前需结合危险介质管道的管径壁厚、材质耐受性能以及介质的易燃易爆性、腐蚀性、毒性等特点，单独编制专项吹扫与置换施工方案，避免直接套用通用模板。方案中需详细确定适配的吹扫与置换工艺类型，细化各阶段操作步骤，标定吹扫压力、介质流量、置换时长等核心技术参数，同时明确安全防护措施、作业责任分工及验收判定依据，清晰界定吹扫置换

的管线范围、工序衔接节点与质量控制要求。方案编制完成后结合现场工况进行复核，确保内容贴合实际施工条件，能够精准指导作业人员规范操作，杜绝因方案缺失针对性、与现场脱节造成的工序混乱、操作失准等问题，为全过程施工提供完整可靠的技术依据。

3.1.2 设备与材料检查调试

施工前需对吹扫与置换作业涉及的全部设备、器材及管道附件进行系统性检查与调试，重点针对吹扫用空压机、增压设备、压力表、流量计，以及置换介质储存装置、输送管路等开展逐项核验，确认设备工况正常、仪表计量精准，无漏气、堵塞、读数偏差等问题。同时对管道系统中的阀门、法兰、接口及密封垫片进行密封性检测，对老化、破损部件及时更换，消除潜在渗漏隐患。此外需清理作业区域内的杂物、障碍物，保证施工空间通畅，并按危险介质特性配齐防毒、防火、防爆等应急防护器材^[2]。通过全方位的设备检查与前期准备，保障施工全过程设备运行稳定可靠，从硬件层面规避各类异常状况，为后续吹扫与置换作业的规范推进提供坚实保障。

3.2 核心操作工艺规范

3.2.1 吹扫工艺规范实施

在管道吹扫作业开展前，应结合介质危险特性与管道尺寸、壁厚等参数，合理选定对应的吹扫方式。针对易燃易爆介质管路优先选用氮气等惰性气体进行吹扫，避免气流摩擦或冲击产生火花引发安全风险；针对输送腐蚀性介质的管道，则选用中性无腐蚀的吹扫介质，防止管壁出现二次腐蚀。施工中严格控制吹扫压力与气流速度，压力值控制在管道设计允许范围以内，流速满足管内焊渣、铁锈、粉尘等杂物的有效携带要求。作业过程中安排专人实时监测压力、流量等参数变化，根据吹扫效果动态调整，确保管道内部杂物清理彻底。待管路吹扫达标后，及时记录相关工况数据与检验结果，形成完整可追溯的施工资料，为后续验收提供依据。

3.2.2 置换工艺规范实施

管道置换作业严格遵循“先置换后吹扫、分区域逐步推进”的实施原则，结合管道内原有危险介质的理化性质，选用兼容性强、安全性高的置换介质，保证置换介质与管内残留介质不发生放热、聚合、爆炸等不良反应，同时具备良好的稀释与驱替效果。施工时按照既定流向从管道一端送入置换介质，在另一端持续排放残余介质，并通过检测仪器实时监测出口气体或流体浓度，动态掌握置换进程。作业过程中精准控制置换介质的通入量与流动速度，避免流速过快造成冲击或过慢导致置换不彻底^[3]。待连续多次检测结果均满足安全限值要求，确认管内危险介质完全清除后，方可结束置换作业，并完整记录置换时间、介质用量、检测数据等信息，从源头消除残余介质带来的安全风险。

3.3 施工过程管控与验收规范

3.3.1 现场操作管控

建立覆盖吹扫与置换全流程的现场管控体系，明确管控责任分工，配备专职管控人员，对施工步骤衔接、工艺标准执行、关键参数调控等各个环节开展全程实时监督，严格遵循专项施工方案及安全技术规程推进作业，严禁作业人员擅自更改操作流程、违规调节吹扫压力、介质流速等核心参数，杜绝违规操作行为。作业前，精准划定安全警戒区域，设置明显的警示标识与防护围栏，严禁无关人员、车辆进入作业区域，避免外部干扰影响施工安全。施工人员必须经过专项安全培训考核合格后方可上岗，严格按照规定佩戴防静电服、防护面罩、防毒面具等防护装备，作业期间保持通讯畅通，便于及时处置突发情况。管控人员常态化开展现场巡查，及时排查违规操作、设备异常、介质泄漏苗头及安全隐患，发现问题立即叫停作业、督促整改，确保各类风险处于可控范围，保障吹扫与置换作业安全、有序、规范落地。见图 1 所示：



图 1 现场操作管控流程图

3.3.2 施工验收规范

在管道吹扫与置换作业全部结束后，应严格按照项目设计文件、相关规范及安全生产标准开展系统性验收工作。综合运用目视检查、仪器取样分析、气密性试验等多种方式，重点检查管道内部杂物清理效果、残余危险介质浓度、管道整体密封性以及法兰、阀门等连接部位的完好程度，逐项确认各项指标是否满足投用前的安全条件。验收过程中需完整记录检测数据、试验结果与现场工况，形成真实可追溯的验收资料^[4]。对验收中发现的吹扫不彻底、置换不合格、密封存在渗漏等问题，立即制定针对性整改方案并限定整改期限，整改完成后重新组织验收，直至全部达标。通过严格、细致、闭环的验收管理，

切实保障施工质量,为管道后续安全投用和长期稳定运行筑牢最后一道防线。

4 危险介质管道吹扫与置换规范操作的应用成效

4.1 提升管道施工质量,保障管道安全投用

危险介质管道吹扫与置换规范操作的落地执行,有效破解了以往施工中工艺选型不当、参数调控不合理、操作流程不规范等难题,彻底清除管道内部残留的焊渣、铁锈、粉尘等杂物,以及施工期间混入的空气、水汽等杂质,规避杂物磨损管道内壁、阻塞阀门部件或残留介质与危险介质发生化学反应的风险,从根源上强化管道施工品质。规范操作依托精准把控吹扫压力、流速及置换介质用量,结合介质特质选用适配工艺,确保管道内部无残留杂物、无有害残余介质,大幅增强管道系统的密封性能与结构完整性,有效遏制管道投用初期因吹扫置换不彻底引发的泄漏、阻塞等问题,保障管道实现安全、稳定投用,为化工项目后续生产运转筑牢根基。与此同时,规范操作明确了施工各环节的标准与准则,降低施工过程中的随意操作行为,确保管道吹扫与置换施工质量均衡可控,契合化工项目施工质量验收规范。

4.2 降低施工安全风险,防范事故发生

规范操作凭借完善前期筹备、规范核心工艺、强化过程管控等举措,全面降低危险介质管道吹扫与置换施工期间的安全风险。前期专项方案的编制与设备调试工作,提前排查设备故障、管道密封不良等潜在隐患,规避施工过程中因设备异常引发的安全事故;核心工艺的规范化执行,杜绝盲目选用吹扫置换模式、违规改动施工参数等行为,有效防范易燃、易爆、有毒介质泄漏、爆炸、人员中毒等安全事故的出现^[5]。现场管控机制的健全,实现施工全流程的动态监督,可及时发现并整改操作中的不规范行为,防止小隐患升级为重大事故,同时规范

的安全防护举措,进一步筑牢施工区域安全防线,减轻安全事故对设备、环境及相关设施造成的影响,助力化工项目施工安全水平实现整体提升。

4.3 保障项目有序推进,提升整体施工效益

推行危险介质管道吹扫与置换的标准化作业,能够显著减少因施工质量不达标带来的返工、返修及现场整改工作,避免因安全隐患或事故导致工程暂停、工期延误等问题,使化工项目整体施工按照计划节点稳步推进,有效压缩总工期,提升项目建设效率。规范施工还能大幅降低管道投运后因杂物堵塞、介质残留、腐蚀泄漏等问题引发的设备故障概率,减少后期维修费用与备件消耗,减轻设备非正常损耗,延长管道、阀门及配套装置的使用寿命,持续降低项目全生命周期运维成本。此外,标准化施工流程与管控体系的形成,可为同类化工项目管道吹扫置换作业提供可复制、可推广的实践经验,促进行业整体施工规范化水平提升,实现安全管控、工程质量与经济效益协同发展,为化工装置长期稳定运行提供坚实保障。

5 结语

本文围绕化工项目危险介质管道吹扫与置换操作规范展开系统研究,梳理该工序的施工背景与现实意义,剖析当前施工中工艺选型不当、参数调控不合理、现场管控不健全等问题及成因,针对性提出前期准备、核心工艺、过程管控与验收的规范实施路径,明确各环节操作标准与执行准则,阐述规范操作在强化施工品质、降低安全风险、保障项目推进中的应用成效。全文构建“背景—问题—方法—成效”完整逻辑框架,全面覆盖施工核心环节,为该工序规范开展提供实操支撑与理论参考。后续可结合不同化工项目特质,细化规范适配标准、健全管控机制、优化操作工艺,使规范操作更贴合行业发展需求,为项目安全稳定运转提供更坚实支撑。

参考文献:

- [1] 叶得强,李成果.化工系统大口径金属管道爆破吹扫策略分析[J].化工管理,2025,(29):107-109.
- [2] 刘杰,帅辉,谢柏庆.化工系统氧气管道化学清洗及脱脂工艺[J].清洗世界,2023,39(06):7-9.
- [3] 袁凯.过热蒸汽管道吹扫性能数值模拟及现场测试优化研究[D].内蒙古科技大学,2023.
- [4] 于欢.基于多相流化工理论的燃气管道内腐蚀机理与控制[J].石化技术,2025,32(09):404-405.
- [5] 张楠.预防性修复、防腐为化工仓储管道安全运行保驾护航[N].中国工业报,2025-03-31(013).