

化工管道绝热层与金属保护层的关键施工技术研究

刘向前

宁波科元精化有限公司 浙江 宁波 315800

摘要: 化工管道是化工生产的核心载体,其保护层施工质量直接影响管道使用寿命与生产安全。本文围绕化工管道绝热层与金属保护层,明确二者核心功能、技术要求及常用材料性能与选型原则,重点研究两类保护层的关键施工技术,包括预处理、核心工艺、质量检测及缺陷处理,分析协同施工要点。通过系统梳理施工技术规范与实操要求,解决施工中衔接不畅、质量管控不严等问题,为化工管道保护层施工提供技术参考,保障化工生产连续、安全、稳定运行。

关键词: 化工管道;绝热层;金属保护层;常用材料;施工技术;协同技术

引言: 化工生产工况复杂,管道多输送高温、强腐蚀性介质,易受腐蚀、磨损及环境因素影响,引发泄漏等安全隐患,因此保护层施工至关重要。当前化工管道保护层施工中,存在材料选型不合理、施工工艺不规范、两层结构协同性差等问题,影响防护效能。基于此,本文聚焦绝热层与金属保护层的关键施工技术,结合实际施工要点,系统研究施工前期准备、核心工艺及质量管控措施,旨在完善施工技术体系,提升保护层施工质量,满足化工生产的安全运行需求。

1 化工管道保护层的核心功能与技术要求

1.1 绝热层的隔热核心功能

化工管道多输送高温高压易燃易爆介质,绝热层的核心功能为隔热(保温或保冷),减少热量传递,保障管道外表面温度符合安全要求。同时,绝热材料应具备化学稳定性,对管道金属不得产生腐蚀作用,用于奥氏体不锈钢管道时,其氯化物、氟化物等含量应符合GB/T 17393的规定。隔热功能可有效阻断管道内部高温向外界扩散,降低环境温度,避免热量损耗,同时防止周边设备、管线因高温受损,保障施工人员作业安全。绝热层还需具备良好的耐高温稳定性,在长期高温工况下不发生变形、脱落,确保防护效果持续稳定,为化工生产连续运行提供保障。

1.2 金属保护层的防护、支撑与密封要求

金属保护层覆盖于绝热层外侧,承担防护、支撑与密封作用。防护上可抵御摩擦,隔绝雨水、湿气等杂质,防止绝热层受损、老化;支撑作用可固定绝热层,避免其因自重或管道振动出现脱落、空鼓,保障保护层结构完整;密封需确保接口、搭接部位严密,杜绝介质泄漏与湿气渗入,同时适应管道热胀冷缩,避免密封失效,保障整体防护效能。

1.3 化工工况对保护层的特殊技术指标

化工工况复杂,对保护层有明确特殊技术指标:(1)耐高温指标,需适配管内高温介质,长期在指定高温下性能稳定,不软化、不分解;(2)耐腐蚀性指标,可耐受酸碱、有机溶剂等腐蚀,抵御介质泄漏及冷凝液侵蚀;(3)抗老化与抗振动指标,适应车间振动环境,长期使用不裂不脱,抵御温湿度变化带来的老化;(4)施工适配性指标,适配弯头、三通等异形管道,便于现场施工,满足生产连续性要求,施工后可快速投入使用^[1]。

2 化工管道绝热层与金属保护层常用材料性能及选型原则

2.1 绝热层常用材料

化工管道绝热层常用材料包括纤维类绝热材料(如陶瓷纤维毡、玻璃棉毡)及硬质、半硬质绝热制品(如泡沫玻璃等)。陶瓷纤维毡耐温可达1200℃,隔热性能优良,适用于高温管道;泡沫玻璃适用于保冷管道。选型应依据设计文件及工况温度、介质特性确定

2.2 金属保护层常用材料

金属保护层常用材料包括薄铝合金板、彩钢板、镀锌薄钢板、不锈钢薄板等。不锈钢(如304、316L)耐腐蚀性及机械强度优异,适用于强腐蚀工况;铝合金板重量轻、延展性好,适用于一般工况。

3 化工管道绝热层与金属保护层的关键施工技术

3.1 化工管道绝热层关键施工技术

3.1.1 绝热层施工前期预处理技术

绝热层施工前期良好的预处理直接影响管道外腐蚀速率,保证管道长周期运行的重要环节;钢材表面除锈分为手工和动力工具除锈和喷射或抛射除锈两种方式,等级共有以下五个等级,①St2手工和动力工具除锈,除锈程度为彻底,达到钢材表面无可见的油脂和污垢,

且没有附着不牢的氧化皮、铁锈和涂料涂层等附着物；②St3手工和动力工具除锈，除锈程度为非常彻底；达到钢材表面无可见的油脂和污垢，且没有附着不牢的氧化皮、铁锈和涂料涂层等附着物，除锈应比St2更为彻底，底材显露部分的表面应具有金属光泽；③Sa2喷射或抛射除锈，除锈程度为彻底，达到钢材表面无可见的油脂和污垢，且氧化皮、铁锈和涂料涂层等附着物已基本清除，其残留物应是牢固附着的；④Sa2.5喷射或抛射除锈，除锈程度为非常彻底，达到钢材表面无可见的油脂、污垢、氧化皮、铁锈和涂料涂层等附着物，任何残留的痕迹应仅是点状或条纹状的轻微色斑；⑤Sa3喷射或抛射除锈，除锈程度为使金属表面观洁净，钢材表面无可见的油脂、污垢，氧化皮、铁锈和涂料涂层等附着物，该表面应显示均匀的金属色泽。根据涂料技术施工要求，选择适当的除锈方式。

3.1.2 核心施工工艺及操作要点

结合化工管道工况及绝热层材料特性，绝热层施工方法应根据材料类型选用：（1）捆扎法：适用于软质、半硬质绝热制品，捆扎间距应符合GB 50126的规定。

（2）粘贴法：适用于硬质绝热制品，黏结剂应符合使用温度要求，涂抹厚度宜为2.5~3mm。（3）

浇注法：适用于聚氨酯、酚醛泡沫塑料等，浇注前应进行试浇。（4）涂抹法：适用于绝热涂料，应分层涂刷，待上层干燥后再涂下层。

3.1.3 绝热层施工质量检测技术

绝热层施工完成后，需进行全面质量检测，及时发现缺陷并处理，确保防护性能达标，具体需达到以下几点要求：（1）当采用一种绝热制品，保温层厚度大于或等于100mm，且保冷层厚度大于或等于80mm时，应分为两层或多层逐层施工，各层的厚度宜接近。（2）硬质或半硬质绝热制品的拼缝宽度，当作为保温层时，不应大于5mm；当作为保冷层时，不应大于2mm。（3）绝热层施工时，同层应错缝，上下层应压缝，其搭接的长度不宜小于100mm。（4）捆扎间距：对硬质绝热制品不应大于400mm；对半硬质绝热制品不应大于300mm；对软质绝热制品宜为200mm。

3.2 化工管道金属保护层关键施工技术

3.2.1 金属保护层施工前期准备

金属保护层施工需在绝热层施工完成且质量检测合格后进行，前期准备工作需兼顾材料、设备及现场适配性，具体要点如下：（1）材料准备与加工，根据设计要求选用宜采用薄铝合金板、彩钢板、镀锌薄钢板、不锈钢薄板等，核对材质、规格、厚度等参数，采用剪板

机、折弯机进行裁剪加工，加工尺寸需与管道直径、长度匹配，异形部位（弯头、三通）需提前放样，确保加工精度，板材表面需清理干净，无划痕、锈蚀、油污。

（2）设备准备，调试裁剪机、折弯机、铆钉枪等施工设备，确保设备运行正常，裁剪精度质量符合要求；准备密封胶、铆钉、等辅助材料，确保规格适配。

3.2.2 核心施工工艺及操作要点

金属保护层施工核心是（1）固定牢固；采用自攻螺丝、抽芯铆钉或金属包装带固定，间距均匀（保温层150-200mm，保冷层250-300mm），严禁损坏防潮层（保冷结构），立式设备、垂直管道应分段固定在支承件上。

（2）密封严密；露天或潮湿环境中的保温设备、管道以及室内外保冷设备、管道，其金属保护层接缝处必须嵌填密封胶或包缠密封带，防止雨水、湿气渗入。（3）搭接规范；直管段金属护壳外圆周长的下料，应比绝热层外圆周长加长30~50mm。环向及纵向搭接一边应压出凸筋，环向搭接尺寸不得少于50mm，纵向搭接尺寸不得少于30mm。（4）接缝形式；水平管道金属保护层的环向接缝应沿管道坡向，搭向低处，其纵向接缝宜布置在水平中心线下方的15°~45°处，并应缝口朝下；当侧面或底部有障碍物时，纵向接缝可移至管道水平中心线上方60°以内（5）管道三通部位金属保护层的安装，支管与主管相交部位宜翻边固定，顺水搭接。垂直管与水平直通管在水平管下部相交，应先包垂直管，后包水平管；垂直管与水平直通管在水平管上部相交（见下图），应先包水平管，后包垂直管。



3.2.3 金属保护层施工质量检测与缺陷处理

金属保护层施工完成后，需进行全面质量检测，及时处理施工缺陷，确保防护性能、密封性能达标，具体要点如下：（1）外观检测：目测需表面平整、无划痕、无变形、无锈蚀，环向、纵向接缝搭接宽度符合要求，搭接方向正确，固定件排列均匀，固定牢固，无松动、脱落；（2）搭接尺寸检测：环向接缝钢直尺测

量 $\geq 50\text{mm}$ ，纵向接缝钢直尺测量 $\geq 30\text{mm}$ ，弯头与直管段搭接钢直尺测量高温管道75~150mm；中低温管道50~70mm；保冷管道30~50mm；（3）密封性能检测：接缝密封根据目测+淋水试验的方式，密封剂饱满，无渗水；保冷结构密封，根据目测+检查的方式，固定件未损坏防潮层，密封带完整；（4）固定间距检测：保温管道钢直尺测量，自攻螺丝/铆钉间距150~200mm；保冷管道钢直尺测量，金属钢带间距250~300mm（5）常见缺陷及处理方法：如表面有明显划痕、凹坑或翘曲，需对轻微划痕打磨处理；严重变形更换板材重新施工；铆钉/螺丝松动，保护层晃动，需重新紧固，增加固定点；搭接宽度小于规范要求，需拆除重做，确保搭接宽度达标；接缝处有缝隙，淋水渗漏，补涂密封胶或包缠密封带；纵向接缝在管道顶部或底部，需拆除重做，调整至水平中心线下方的 $15^\circ\sim 45^\circ$ 处，如有障碍物，纵向接缝可移至管道水平中心线上方 60° 以内。伸缩缝处被螺丝固定，需拆除固定件，改为活动搭接。

4 绝热层与金属保护层协同施工技术

绝热层与金属保护层的协同施工是保证绝热结构整体质量的关键环节。两者必须作为一个完整的系统进行统筹施工，遵循“先绝热层、后金属保护层”的基本顺序，并在固定、伸缩缝留设、防潮处理、异形部位施工及密封等各方面实现协调配合，具体技术要点如下：

（1）在施工顺序上，必须待绝热层施工完毕、质量检测合格并完全固化后，方可进行金属保护层的安装。金属保护层应紧贴绝热层或防潮层敷设，不得出现空鼓或松动。保冷结构还需在绝热层外先设置防潮层，经检查合格后再安装金属保护层，且严禁在固定金属保护层时损坏防潮层，防潮层外部也不得设置铁丝、钢带等硬质捆扎件；（2）在异形部位施工中，弯头、三通、法兰、阀门及设备封头等处更需要绝热层与金属保护层的密切配合。弯头部位当无成型绝热制品时，可将直管壳加工成多节弯形敷设，金属保护层则根据绝热层外径确定形式，外径不小于二百毫米时应做分节弯头，小于二百毫

米时可做直角弯头。设备封头处，绝热层采用扇形块或十字形辐射敷设，金属保护层在绝热层外径不小于六百毫米时应做成橘瓣式，小于六百毫米时可做平盖式。法兰和阀门部位应采用可拆卸式绝热结构，留出螺栓拆卸距离，金属保护层需制作专用绝热盒，并将两端搭接在绝热层上；（3）搭接方向与密封处理同样体现协同要求。水平管道的纵向接缝应布置在管道水平中心线下方十五度至四十五度范围内，缝口朝下，环向接缝应沿管道坡向搭向低处。垂直管道或设备的金属保护层应由下而上施工，接缝采用上搭下方式。对于露天或潮湿环境中的保温设备、管道以及室内外的保冷设备与管道，金属保护层的接缝处必须嵌填密封剂或包缠密封带，确保整体密封严密。

结束语：本文围绕化工管道绝热层与金属保护层的关键施工技术展开全面研究，明确了保护层的功能要求、材料选型原则，细化了两类保护层的施工工艺、质量检测及协同施工要点。研究表明，规范的施工流程、合理的材料选型及科学的协同管控，是保障保护层防护效能的关键。后续可结合新型材料应用与智能化施工技术，进一步优化施工工艺，为化工管道保护层施工提供更具实操性的技术支撑，推动化工管道防护技术的升级完善。

参考文献

- [1]王俊,李芳芳,宋尚能.化工管道外防腐层机械化维修技术研究[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2025(1):005-008.
- [2]黄海堂.化工工艺管道输送安装细节问题及技术要点探究[J].中国化工贸易,2024,16(4):97-99.
- [3]黄小江,张博滔,胡健,张子健.带隔热层压力管道环焊缝CR检测的试验研究[J].焊接技术,2023,52(1):84-87.
- [4]张冀东,付亚宁,高伟.基于FEM的化工管道外防腐层机械化维修方法[J].化工管理,2025(8):125-128.
- [5]郜源.沿海化工项目设备和管道外防腐研究[J].天津化工,2025,39(6):160-162.