

石油化工地下工艺管道的布置与防腐研究

冯宇 (盛源宏达化工有限公司, 山东 枣庄 277519)

摘要: 地下工艺管道作为石油化工园区内部物流运输的命脉, 承载着原料、中间产品及成品的输送任务, 其布置合理性与防腐性能直接影响着生产效率、环境保护乃至企业的经济效益与可持续发展能力。然而, 地下管道因长期处于土壤、水分及化学介质的侵蚀环境中, 面临严峻的腐蚀挑战。基于此, 本文对石油化工地下工艺管道布置与防腐的重要性进行分析, 并探讨石油化工地下工艺管道的布置方法, 进而提出石油化工地下工艺管道的防腐措施, 以期提高管道的使用寿命和安全性。

关键词: 石油化工; 地下工艺管道; 布置原则; 防腐措施

0 引言

石油化工地下工艺管道作为连接各生产环节的重要设施, 其安全性和稳定性对于整个生产过程的顺利进行而言意义重大。但目前部分石油化工企业在管道布置与防腐方面仍存在诸多问题, 如布局不合理、防腐措施不到位等, 严重威胁着管道的安全运行。因此, 需要深入研究石油化工地下工艺管道的布置原则和防腐措施, 以提高管道系统的可靠性和耐久性, 确保石油化工生产的安全与高效。

1 石油化工地下工艺管道布置与防腐的重要性

石油化工地下工艺管道的布置与防腐工作直接关系到石油化工生产的安全性和效率, 还对企业经济效益和环境保护产生深远影响。在管道布置方面, 合理的布局能够确保工艺流程的顺畅进行, 减少物料输送过程中的阻力和能耗, 进而提高生产效率^[1]。同时, 科学的管道布置有助于降低管道系统的复杂性和维护难度, 便于日常管理和维修, 还能有效减少安全隐患, 避免因设计不当引发的泄漏、爆炸等安全事故。在防腐方面, 有效的防腐措施可以延长管道的使用寿命, 减少因腐蚀导致的泄漏和损坏, 进而避免因管道故障导致的生产中断和安全事故。

2 石油化工地下工艺管道的布置方法

2.1 地形适应性布置方法

在石油化工行业中, 地形适应性布置方法强调管道布局与地形条件的紧密结合, 以实现安全、经济和高效的目标。工程师需充分利用地形的自然特点, 合理规划管道的走向和埋深。工程师会对建设区域的地形进行详细勘测, 了解地势起伏、土壤类型、水文条件等关键因素, 设计出与地形相匹配的管道布局方案。在地势较高的区域, 管道会采用浅埋方式, 以减少土方开挖量和工程成本。同时, 为了避免因地势陡峭而

导致的管道受力不均, 会采用弯头、弯管等配件来平滑管道走向, 以保证管道在复杂地形中的稳定性^[2]。在地势低洼或沼泽地区, 则需要将其设置为全封闭式管沟(如图1), 同时还需考虑管道的防洪和防腐措施, 管道会被深埋或采用特殊的防腐材料进行保护, 以免受地下水和土壤腐蚀的影响。

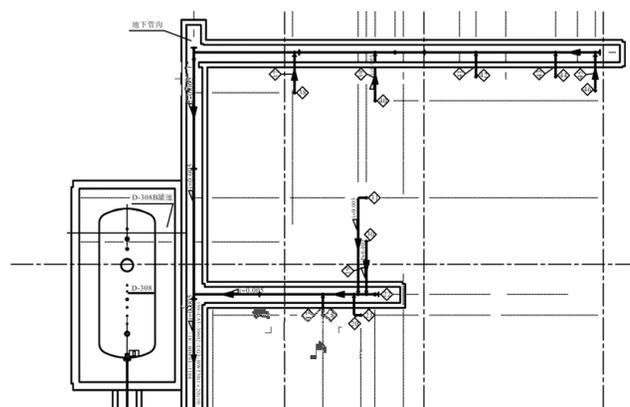


图1 全封闭式管沟示意图

2.2 工艺流程导向的管道布置

工艺流程导向的管道布置主要基于工艺流程的需求和特点确定管道的布局。该布置方法能够确保工艺流程的顺畅与高效, 并需考虑安全、操作便利性以及未来维护的需求。具体而言, 工程师运用工艺流程导向的管道布置时, 需对整个工艺流程有深入理解, 如原料的输入、产品的输出、中间的反应和分离过程, 以及各个工艺步骤之间的依赖关系, 以此设计出既符合工艺要求又高效的管道布置方案。同时, 该布置方法强调管道的功能性和效率。例如, 对于需要快速加热或冷却的工艺流程, 管道布置应尽量减少热量损失或提高热交换效率; 而对于需要高压或真空条件的工艺, 需考虑材料的耐压性和密封性。

2.3 集中与分散相结合的布置技巧

集中与分散相结合的布置技巧旨在平衡管道系统的集中管理和分散风险。集中布置是将相关的管道和设备尽可能地集中在一起，以便于统一管理和维护。该布置方式可以减少管道长度和弯头数量，降低流体阻力，进而提高输送效率。同时，集中布置还有助于减少占地面积，节省建设成本。在集中布置区域，可以设置统一的控制系统和安全防护措施，便于监控和操作。但过度集中也可能带来风险，如一旦发生泄漏或火灾等事故，可能对整个系统造成严重影响。因此，分散布置的策略需与集中布置进行结合，以平衡风险。

2.4 考虑检修与维护便捷的布置方案

合理的地下工艺管道布置方案能够大大降低维护成本，提高生产效率，减少潜在的安全风险。为了便于检修与维护，管道的布置应尽量避免过于复杂和拥挤的设计。过于密集的管道布局会增加维修人员的操作难度，甚至在紧急情况下可能妨碍迅速有效的应对措施。因此，在设计阶段就应预留出足够的空间，以便维修人员能够轻松地进行检查、维修和更换工作。同时，重要的阀门、仪表和连接点应设置在易于接近的位置。关键部件的布置应便于操作和维护，减少维

修人员在紧急情况下的响应时间^[3]。

3 石油化工地下工艺管道的防腐措施

3.1 防腐涂料的选用与施工策略

防腐涂料的选用与施工策略不仅关系到管道的使用寿命，更直接影响着整个石油化工系统的安全运行。在防腐涂料的选用上，需加强对涂料性能及其与管道材质兼容性的考量。针对石油化工地下工艺管道的特殊环境，选择具有优异耐化学腐蚀性能、耐水性能以及良好附着力的涂料。例如，环氧煤沥青涂料、氯化橡胶涂料等，其能够有效抵御酸、碱、盐等化学物质的侵蚀。同时，在地下管道施工中，往往面临潮湿、阴暗的环境^[4]。因此，所选涂料需具有良好的施工性能，能在潮湿或带锈的表面进行涂装，并保证涂层的附着力和防腐效果（如表1）。在施工策略方面，应遵循严格的施工规范和操作程序。施工前，必须对管道表面进行彻底清理，去除油污、锈迹等杂质，确保涂料能与管道表面良好结合。涂装过程中，要控制涂层的厚度和均匀性，避免出现涂层过薄导致防腐效果不佳，或涂层过厚引发开裂、剥落等问题。此外，加强对施工环境的控制温度和湿度的控制，在施工过程中应密切关注环境变化，并采取相应的措施进行调整。

表1 常用埋地管道防腐涂料对比

序号	涂料名称	特性	适用温度 /℃	缺点	备注
1	石油沥青	与玻璃布结合，成本低	-30 ~ 70	施工要求高，有污染	该技术已逐步淘汰
2	环氧煤沥青	与玻璃布结合，附着力、柔韧性好，耐水、耐酸、耐碱、耐盐、耐油	≤ 80	施工要求高有污染	逐步淘汰
3	3PE防腐	机械性能高，抗渗性高，防腐材料经加工后与管道牢固结合			多用于长输管道、油田内部集输管道
4	聚乙烯胶黏带	耐水、机械强度高、抗氧化、无污染	-5 ~ 70	搭接缝施工要求高	
5	厚浆型环氧涂料	单道漆膜成膜厚度高，附着力好，耐水性、耐化工性能优异，具有优异的硬度和耐磨性			用于严酷的腐蚀大气环境防腐和水浸泡，土壤掩埋环境
6	无溶剂型环氧涂料	附着力好，单道漆膜成膜厚度高，耐水性和耐磨性优异	≤ 120		适用高腐蚀性等级、水浸泡或埋地环境
7	环氧树脂漆	附着力良好，有一定的耐溶剂性能，耐碱液耐水性良好，坚硬耐久，耐候性一般，易粉化	≤ 120		
8	环氧酚醛漆	防腐蚀性能、耐化学品性能及耐温循环性能优异	-196 ~ 205		适用于水浸泡、埋地、干湿交替区域的防腐

3.2 阴极保护技术与实施策略

阴极保护技术是电化学保护方法，该技术会给被保护的金属结构物表面施加外加电流，使得金属结构物成为阴极，以抑制金属腐蚀发生的电子迁移，避免或减弱腐蚀的发生。在实施阴极保护时，需对管道进行详细的电化学测试，如土壤电阻率测试、管道自然电位和极化曲线的测定等，以确定其腐蚀状态和需要施加的保护电流大小，以确保阴极保护系统设计的准确性和有效性。同时，根据实施策略的不同，阴极保护技术主要分为两种，即牺牲阳极法和强制电流法。牺牲阳极法是连接一种比被保护金属更活泼的金属或合金（如锌、铝、镁等），使其在电解液中优先溶解，进而保护主管道不受腐蚀，该方法简单易行，但保护范围有限，适用于小型或分散的管道系统。而强制电流法则是外部直流电源向管道施加阴极电流，使得管道成为阴极而受到保护，该方法保护范围广泛，适用于大型、复杂的管道系统。

3.3 管道材料的选择策略

石油化工地下工艺管道的防腐工作中，管道材料的好坏会直接影响管道的使用寿命，若选用不适配或质量较差的材料，则会对石油化工生产的安全与效率产生消极影响。因此，管道材料的选择上，需遵循安全可靠的原则。首先，由于石油化工生产环境中可能含有各种腐蚀性介质，如酸、碱、盐等。因此，管道材料需具备优异的耐腐蚀性能。例如，316L 不锈钢、哈氏合金等高性能材料在强腐蚀环境下表现出色，能够有效抵抗化学腐蚀，进而保证管道的长期稳定运行。其次，还需遵循经济合理性。在满足性能需求的前提下，应尽量选择成本适中、性价比高的材料。例如，对于一些非极端腐蚀环境，可以选用成本较低的碳钢或低合金钢，并采用合理的防腐措施，如涂覆防腐涂料，以达到良好的防腐效果。再者，还需要遵循环境友好性，在选择管道材料时，应优先考虑可回收、无污染或低污染的材料，以降低对环境的影响。例如，一些新型环保材料，如聚乙烯（PE）和聚丙烯（PP）等塑料管道，具有良好的耐腐蚀性能。

3.4 定期检查与管道腐蚀状态监测

在石油化工行业中，采取有效的防腐措施来保护这些管道尤为重要。在防腐策略中，定期检查和管道腐蚀状态监测能够有效确保管道安全、延长其使用寿命。首先，定期检查涉及对管道壁厚的测量、涂层完整性的评估、连接部件的稳固性检查，以及泄漏迹象的搜寻等。在检查过程中，需要专业的技术人员沿着

管道布局，并利用超声波测厚仪、涂层测厚仪等精密工具，对管道进行全面的无损探伤。其次，管道腐蚀状态实时监测，即在管道的关键节点安装专用的传感器，可以持续跟踪管道的腐蚀状况。例如，利用电阻探针和电化学探针，可以精确地测量和记录管道的腐蚀速度和深度，为管道的维护和管理提供科学依据。

3.5 应急防腐处理与长期防腐计划的制定

石油化工地下工艺管道的防腐措施中，应急防腐处理和长期防腐计划的制定能够确保管道在紧急情况下的安全，为管道的持久使用提供保障。在石油化工生产中，地下管道可能会因各种原因突发腐蚀，一旦发现管道腐蚀，必须迅速运用专业的检测设备和方法准确地判断腐蚀的原因和程度，并立即采取应急措施，如使用快速固化的防腐涂料、紧急修补带或临时封堵装置等，来暂时遏制腐蚀的进一步扩展，进而防止事态恶化，争取维修时间^[1]。但应急处理只是治标不治本的方法，要想从根本上解决管道的腐蚀问题，还需制定并执行长期防腐计划。该计划的制定必须基于全面的环境评估、管道材料分析以及历史腐蚀数据的统计。工程师需对管道所处的土壤、水质等环境因素进行深入检测，找出可能导致腐蚀的潜在因素。同时，根据管道的材质和使用年限，选择合适的防腐涂料、阴极保护措施或其他先进的防腐技术，如使用耐腐蚀合金、陶瓷涂层等。

4 结束语

综上所述，合理的管道布置能够优化工艺流程，提高工作效率，减少维修和更换的成本。工程师需对管道材料的精心选择、防腐涂料的科学应用、阴极保护技术的合理配置，以及定期的检查与维护，极大地降低管道腐蚀的风险，保障生产的连续性和稳定性。此外，应急防腐处理与长期防腐计划的制定为管道的安全运行提供了双重保障。

参考文献：

- [1] 孙雅琳. 埋地管道防腐保温结构的适应性探析 [J]. 全面腐蚀控制, 2021, 35(10): 85-86.
- [2] 杨静, 李明, 王晓司, 等. 石化企业地下管道综合检测与安全评估 [J]. 当代石油石化, 2021, 29(01): 38-43.
- [3] 巴爱叶. 油田埋地管道防腐层破损点检测及影响因素分析 [J]. 全面腐蚀控制, 2020, 34(05): 57-59.
- [4] 张莉. 石油化工装置内地下工艺管道设计及防腐 [J]. 当代化工, 2021, 50(06): 1383-1386.
- [5] 张媚. 石油化工埋地给排水管道设计浅析 [J]. 化工管理, 2020, (07): 169-170.