

波纹管膨胀节套管腐蚀原因研究

黄琳

秦皇岛北方管业有限公司, 河北 秦皇岛 066004

[摘要] 文章以波纹管膨胀节套管腐蚀现象作为研究对象, 综合运用宏观检查、扫描电镜检查与能谱分析方法进行套管外壁腐蚀原因的分析, 最终发现外部环境温度变化、保冷层局部破损、水分渗透以及保冷材料成分等均有可能加剧保冷层下的套管腐蚀现象。基于上述因素, 在实际检修处理环节还需科学选取保冷材料、加强保冷层施工质量控制, 定期开展腐蚀检查、做好防腐处理, 优化套管质量。

[关键词] 波纹管; 膨胀节; 碳钢管道; 套管腐蚀

DOI: 10.33142/ec.v4i9.4484

中图分类号: TE986

文献标识码: A

Study on Corrosion Causes of Bellows Expansion Joint Casing

HUANG Lin

Qinhuangdao North Metal Hose Co., Ltd., Qinhuangdao, Hebei, 066004, China

Abstract: Taking the corrosion phenomenon of bellows expansion joint casing as the research object, this paper comprehensively uses the methods of macro inspection, scanning electron microscope and energy spectrum analysis to analyze the causes of casing outer wall corrosion. Finally, it is found that the change of external ambient temperature, local damage of cold insulation layer, water permeability and composition of cold insulation materials may aggravate the corrosion phenomenon of casing under cold insulation layer. Based on the above factors, in the actual maintenance and treatment link, it is also necessary to scientifically select cold insulation materials, strengthen the construction quality control of cold insulation layer, regularly carry out corrosion inspection, do well in anti-corrosion treatment, and optimize the casing quality.

Keywords: bellows; expansion joint; carbon steel pipe; casing corrosion

引言

波纹管膨胀节主要安装在压力管道上起到伸缩、补偿作用, 但在实际安装环节受其特殊位置、相邻保冷层结构的影响, 为后续检修维护作业创设较大难度, 一旦发生套管腐蚀现象则涉及到较大工程量与成本。通过研究套管腐蚀现象的原因, 能够为防腐蚀技术措施的编制提供参考依据, 降低套管腐蚀几率、提高质量。

1 常见套管腐蚀类型

1.1 电解质溶液

通常在套管相邻保冷层结构施工环节, 易因工艺控制不良、操作不当导致水分、杂质进入套管外壁与保冷层间隔离部位, 产生电解质溶液, 并且经由化学反应后生成腐蚀性物质在套管外壁沉积, 导致套管表面涂层受到破坏, 在气液交界部位引发管道腐蚀、密封不良问题^[1]。

1.2 电气连接

在套管与主管道施工环节, 受绝缘垫片搭接位置、填充物包扎所用铁丝等因素的影响, 改变套管与主管道的接触条件, 削弱其原有绝缘效果, 引发管道屏蔽现象。套管外壁金属材料与电解质溶液接触后将形成电压降, 引发电流损耗问题, 削弱对于主管道的保护效果, 导致管道间形成电气连接, 进而影响到套管外壁的防腐蚀性能。此外, 在现场作业环节可能使套管内壁产生一定磨损, 在氧气长期作用下引发腐蚀问题^[2]。

2 套管腐蚀情况检验与分析

2.1 问题描述

以某石油化工装置检修项目为例, 该装置内部反应机理涉及到冷却、冷冻、结晶等一系列复杂降温过程, 内部介质温度低于 20~25℃、甚至降至零下, 因此需在设备、管道外壁处设置保冷层。在装置检查环节, 维修人员在波纹管膨胀节套管与保冷层接触部位发现存在生锈现象, 且套管表面出现一定程度的腐蚀问题, 需采取相关技术措施进行腐蚀部位的修复处理。

2.2 检验方法

2.2.1 宏观检查

选取套管腐蚀部位进行宏观检查与形貌分析, 在焊缝、套管与保冷层接触部位、套管外壁等部位分别布设测点, 对

各测点处有无泄漏现象进行检测。观察套管外壁腐蚀部位的低倍形貌特征可以发现, 套管内壁、焊缝部位均未发现明显锈蚀现象, 但在套管外壁与保冷层以及钢管外壁接触部位均存在明显腐蚀现象, 且连接部位接触不良, 易产生剥落现象。

2.2.2 扫描电镜检测与能谱分析

选用 TESCAN 扫描电镜进行套管外壁腐蚀部位成分的分析, 分别选取套管外壁上的腐蚀部位以及套管与管道保冷层接触的中部位置进行 SEM 和 EDS 分析。观察检测结果可以发现, 腐蚀部位结构疏松多孔、表面裂纹零散分布; 能谱分析结果显示, 腐蚀部位的主要成分为 Fe 的氧化物, 还包含少量 Cl 元素, 其中 Fe、O 两种元素质量分数分别为 60.81±0.96、34.16±0.81, C 元素为 4.32±0.96, Cl 元素为 0.72±0.15。

同时, 对保冷材料与管道接触部位、保冷材料中部两处进行 SEM、EDAX 检测与能谱分析, 测得保冷材料的主要成分包含 C、O 和 Cl, 其中接触部位三种元素的重量百分比依次为 69.18%、26.24%和 4.58%, 原子百分比依次为 76.50%、21.78%和 1.72%; 中部三种元素的重量百分比分别为 72.03%、21.59%和 6.38%, 原子百分比分别为 79.70%、17.91%和 2.39%。由于保冷层的主要成分为聚氨酯, 能谱分析结果无法检出 N、H 两种元素, 其中 Cl 元素则源于大气, 其余两种 C、O 元素则源于聚氨酯材料。

2.3 结果分析

2.3.1 腐蚀原因分析

(1) 保冷层存在破损问题。通过分析装置运行原理可以发现, 由于介质温度在室温以下, 设备、管道表面长期保持低温, 在夏季与热空气接触后将在表面形成冷凝水, 倘若保冷层密封效果不佳、存在局部破损问题, 将使冷凝水渗入保冷层与管道外壁之间, 与此同时大气中的 Cl、S 等元素将作用于管道外壁, 与碳钢材料发生化学反应, 加速套管表面腐蚀问题, 引发保冷层下腐蚀现象。

(2) 聚氨酯溶于水生成具有腐蚀作用的 Cl^- 。保冷层主要由聚氨酯等塑料组成, 该材料成分包含 Cl 元素, 在与外部空气、冷凝水结合后将产生水解现象, 生成具有腐蚀作用的酸性物质, 该物质将严重削弱保冷材料性能, 并且可能生成 Cl^- , 加快套管腐蚀现象^[3]。在此过程中, 当酸性物质溶于水后, 将在碳钢套管表面与金属材料发生电化学腐蚀现象, 通过阳极反应生成 Fe^{2+} , 通过阴极反应生成 OH^- , 而 Fe^{2+} 与 OH^- 结合后将生成氢氧化铁, 暴露在室温环境下继续与空气中的 O_2 发生反应, 生成 Fe_2O_3 、 Fe_3O_4 等杂质, 加之受 Cl^- 理化性质的影响, 将加快阳极的去极化过程, 使套管加速腐蚀。

2.3.2 套管腐蚀的影响因素

(1) 环境温度, 通常受套管材料成分影响, 碳钢材质、不锈钢套管的保冷层下腐蚀最高温度均为 150°C , 最低温度分别为 -15°C 和 50°C 。在开放系统中伴随装置运行环境温度的不断升高, 电解质溶液中的氧气含量将呈逐步下降趋势; 当环境温度上升至 80°C 以上后, 与套管相邻保冷材料的腐蚀速率将逐渐减缓。在密闭系统中, 伴随装置运行温度的上升, 电解质溶液中的氧气含量并未发生变化, 溶解氧含量保持在饱和状态, 但其腐蚀速率将同比升高。考虑到该项目中石油化工装置的运行环境近似密闭空间, 保冷材料的可溶性盐成分混入电解质溶液后将增加电导率, 使得金属腐蚀速率显著加快, 其中温度与腐蚀速率的变化关系体现为在温度升高至 100°C 前, 每增加 15°C 其腐蚀速率成两倍增长, 对保冷层下方腐蚀现象产生影响。(2) 水分, 保冷层局部破损引发冷凝水下渗现象, 将改变基底环境的干燥度, 增加保冷层的导热系数, 并在保冷层与套管之间产生电解质溶液, 引发电化学腐蚀现象。(3) 保冷材料, 保冷材料的主要成分为聚氨酯, 该材料具有结构疏松、吸水性强等特征, 易使金属套管暴露在空气、潮湿等环境下, 加之其中的 Cl^- 、硫化物等物质均带有一定腐蚀作用, 易加快金属套管表面的腐蚀速率。

2.3.3 工艺优化措施

针对套管腐蚀问题进行处理, 可采用三种方法: (1) 对套管外壁腐蚀部位进行除锈, 选用阳极氧化、气相沉积或电泳等方法进行表面防腐处理; (2) 优化保冷材料选用, 严格依照规范工艺指导保冷层施工, 确保其具备良好密封效果, 避免出现局部破损等问题; (3) 定期组织开展专项腐蚀检查工作, 围绕保冷层下方与管道外壁间隔部位进行重点排查, 消除问题隐患, 保证套管外观质量与连接可靠性。

4 结束语

石油化工装置在长期运转过程中极易受环境温度、水分以及材料性质等因素的影响, 引发保冷层外观变形、局部破损问题, 导致水分、氯离子等渗透在保冷层内部, 加剧电化学腐蚀现象。为有效应对套管外壁腐蚀问题, 应灵活运用多种检测方法与防腐工艺措施, 落实腐蚀部位的排查处理, 保证套管质量达标。

[参考文献]

- [1] 胡康, 王莹. 某油田长输管线套管的腐蚀情况分析[J]. 天然气与石油, 2020(3): 102-106.
- [2] 陈露. 关于燃气不锈钢波纹软管 PVC 套管焦熔问题的研究[J]. 城市燃气, 2019(9): 20-22.
- [3] 项敏, 袁媛, 何潇, 等. 套管中铝箔的油硫腐蚀现象及其对油纸绝缘性能的影响试验探究[J]. 高电压技术, 2019(2): 484-491.

作者简介: 黄琳 (1988.12-), 女, 毕业院校: 太原科技大学, 所学专业: 材料成型与控制工程, 当前就职单位: 秦皇岛北方管业有限公司, 职称级别: 工程师。