

炼化厂碱洗塔管道腐蚀原因及措施

魏 岩 (中国石化海南炼油化工有限公司, 海南 洋浦 578001)

摘 要: 炼化厂作为石油化工行业的重要组成部分, 保证生产安全和产品质量的同时, 其生产设备的稳定运行必不可少, 其中, 困扰生产运行的重大问题一直是碱洗塔作为炼化厂的设备, 用来清除气体中的有害杂质。由此主要针对炼化厂碱洗塔管道腐蚀原因进行深入分析, 有针对性地提出解决措施, 为降低管道腐蚀速率, 延长管道使用寿命, 确保炼化厂生产安全稳定, 对碱洗塔管道进行详细分析, 明确腐蚀产生的根源, 提出切实可行的对策措施。

关键词: 碱洗塔; 管道腐蚀; 腐蚀原因

中图分类号: TE986

文献标识码: A

文章编号: 1674-5167 (2025) 018-0133-03

Reasons and measures for corrosion of alkali washing tower pipelines in refineries

Wei Yan (Sinopec Hainan Refining and Chemical Co., Ltd., Yangpu Hainan 578001, China)

Abstract: As an important part of the petrochemical industry, the stable operation of production equipment is essential for refineries to ensure production safety and product quality. Among them, the major problem that troubles production operation has always been the alkali washing tower, which is used as equipment in refineries to remove harmful impurities from gases. This mainly focuses on the in-depth analysis of the causes of corrosion in the alkali washing tower pipeline of the refinery, and proposes targeted solutions to reduce the corrosion rate of the pipeline, extend the service life of the pipeline, and ensure the safety and stability of the refinery production. A detailed analysis of the alkali washing tower pipeline is conducted to clarify the root cause of corrosion and propose practical and feasible countermeasures.

Keywords: alkali washing tower; Pipeline corrosion; Corrosion reasons

碱洗塔在炼化厂的生产过程中起着至关重要的作用, 主要用于脱除硫化氢、二氧化碳等裂解气中的酸性气体, 以达到原料气体纯度在后续工艺中的要求, 但由于长期运行, 碱洗塔管道腐蚀问题严重。管道腐蚀不但会影响碱洗塔的正常运行, 造成除酸效果下降, 而且还可能造成管道泄漏, 从而引发安全事故, 给环境造成污染, 因此, 对碱洗塔管道腐蚀原因进行深入研究, 制定有效的保护对策, 对炼化企业的可持续发展是有促进作用的。

1 碱洗塔管道腐蚀的危害

1.1 生产效益降低

管材内壁变薄, 管径减小, 这种物理上的改变直接造成了流体输送阻力的增加, 碱液在碱洗塔中的循环要依靠管路的正常状态来进行, 遇到阻力增大时就不能顺畅地进行碱液循环, 气液传质效率在碱洗塔中与碱液循环关系密切, 而碱液循环受到阻碍, 势必会对气液的传质效率造成从而造成酸性气体的脱除效果不佳。在管道腐蚀严重的情况下, 炼化厂为了避免更严重的后果, 为了维护管道, 可能会被迫减少生产负荷甚至停产, 这种状况对炼化厂的正常生产流程产生了直接的干扰, 生产效率明显下降。

1.2 安全风险增加

管道腐蚀过程中介质的压力存在于碱洗塔管道内

部, 这种压力随着腐蚀的加剧而使管道不堪重负, 泄漏的几率也随之增大, 碱液具有很强的腐蚀性, 在发生渗漏的情况下, 首先受到腐蚀破坏的周边的设备, 同时, 由于碱液泄漏可能引发一系列次生安全事故, 给炼化厂安全生产造成极大隐患, 给人员的安全也造成严重威胁, 可能会对人员造成腐蚀和伤害, 更为危险。

1.3 维修成本上升

必须定期检测、维修和更换腐蚀管道, 才能保证碱洗塔的正常工作, 这个过程涉及到投入的资源非常多, 包括人力、物力、财力的投入都非常大, 而且在维修保养时经常需要停车作业, 因此不可忽视因生产停滞而造成的间接经济损失, 从长期来看, 管道腐蚀持续存在, 与维修有关费用持续累积将使炼油企业生产成本明显增加, 从而使炼油企业经济效益受到影响^[1]。

2 碱洗塔管道腐蚀原因分析

2.1 化学腐蚀

①碱液的腐蚀作用。碱洗塔内的碱液大多是碱性较强的氢氧化钠溶液, 氢氧化钠与管道金属在高温、高浓度条件下发生化学反应, 一层氧化膜通常存在于金属表面, 它起到保护金属的作用, 但这种氧化膜会被氢氧化钠溶液破坏。以铁为例, 它与氢氧化钠溶液

的反应为： $\text{Fe} + 2\text{NaOH} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Na}_2[\text{Fe}(\text{OH})_4] + \text{H}_2 \uparrow$ ，管材金属在此反应过程中不断被消耗，管材壁厚也慢慢变薄，久而久之，管道的强度就会下降，最终可能会出现严重的问题，比如漏管等。

②酸性气体的协同腐蚀。虽然碱洗塔的作用是将酸性气体去除，但在实际操作中，仍会有少量没有完全吸收的酸性气体存在，这些酸性气体会与碳酸钠、硫化钠等碱液发生化学反应，生成盐类物质，管道内可能会沉积这些盐类物质。通过水解产生的硫化氢与管道金属发生腐蚀反应，以硫化钠为例发生水解反应，不仅如此，这些盐解后产生的酸性环境还会和碱液一起作用于管路腐蚀程度变得更严重，与单一的碱液腐蚀气体腐蚀相比，这种协同腐蚀更为严重。发生水解反应： $\text{Na}_2\text{S} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NaHS} + \text{NaOH}$ ； $\text{NaHS} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{S} + \text{NaOH}$ 。

③油水乳化物。油水乳化物的稳定性与酸碱度有很大关系，当pH值不在适宜范围内时，会影响其稳定性，从而使分离过程受到影响，这种油水乳化物的不稳定，在石化等行业可能会造成下游设备腐蚀、结垢等现象的发生，因为不正常的分离过程会使设备表面原本不应该接触到的一些可能带有腐蚀性成分的物质与设备发生化学反应产生腐蚀性物质接触，同时也会使设备的热传递等性能受到影响，间接地促进了腐蚀的发生^[2]。

2.2 物理因素

①温度影响。碱洗塔在运行期间，管道内的温度处于较高水平，一般在60℃-90℃之间。温度对腐蚀有着显著的影响。一方面，根据化学反应动力学原理，温度升高会加快化学反应速率。对于碱液与管道金属之间的腐蚀反应来说，温度升高会使反应速度加快，从而加剧腐蚀程度。另一方面，温度的波动会使管道产生热应力，热应力与腐蚀共同作用于管道，会加速管道的损坏。

②流速影响。管内碱液流动速度的快慢，不可忽视对管内腐蚀的影响，流速较高可使管路内壁产生碱液冲刷效应，保护膜本来就存在于管道表面，这种冲刷会使保护膜受到破坏，从而使腐蚀介质直接暴露在管道金属中。尤其是管道的弯头、三通等处，会因流体流向的改变而出现湍急的现象，碱液在湍流状态下冲刷腐蚀管路的情况比较严重，在这些部位，管材更容易出现腐蚀坑洞、壁厚减薄等问题，对管材的寿命和使用安全都会造成影响。

2.3 物料选用问题

如果不充分考虑碱液和酸性气体的腐蚀特性，在设计碱洗塔管路阶段，就有可能选用不适宜的材料，

比如，在强碱性环境下，一般碳钢的抗腐蚀性要差一些，碱洗塔管如果使用普通碳钢，腐蚀现象很快就会在碱液和酸性气体的作用下发生，这是由于在酸性气体的协同作用下，普通碳钢的化学成分和晶体结构使其难以抵御碱液和腐蚀性的侵蚀。

2.4 其他因素相关的腐蚀原因

①焊接接头问题。焊接接头处易腐蚀，腐蚀形式多样，奥氏体不锈钢焊接时， δ 铁素体可能被选择性腐蚀，焊肉会腐蚀成海绵状，焊缝区域化学成分不同于母材，微观结构也不同，这种差异使焊缝更易腐蚀，温度处于敏化区时，碳化物会析出。这会导致晶间腐蚀，晶间腐蚀是热影响区腐蚀的一种，熔合线处可能发生刀口腐蚀，这种腐蚀常见于用Nb及Ti稳定的不锈钢，多发生在氧化性介质中，这些腐蚀问题影响焊接结构强度，还会影响密封性，最终影响设备性能。

②缝隙腐蚀。电解质溶液输送时，管道内易生缝隙腐蚀，法兰垫片、单面焊未焊透处易腐蚀，不锈钢、铝、钛等钝性金属，一般耐腐蚀，但在缝隙中易腐蚀，缝隙内溶液扩散受限，局部化学环境有差异，如氧气浓度、pH值不同，缝隙内金属成阳极，发生腐蚀反应，缝隙外金属成阴极，加速缝隙内金属腐蚀，最终可能导致设备损坏。

3 碱洗塔管道腐蚀原因分析

3.1 加强工艺防腐

①脱盐脱水。许多腐蚀性物质的形成与碱洗塔管道系统中存在的盐分有很大的关系，原料中的盐类可能会参与化学反应，并在后续的加工过程中生成具有腐蚀性的物质，通过脱盐作业，在下游加工过程中，有效地减少了这些腐蚀性物质的产生，减少了腐蚀的几率。离子交换法、膜分离法等多种方法进行脱盐，离子利用离子交换树脂与盐离子进行交换，使盐分得到去除，膜分离法则是利用半透膜的特性，使盐离子不能通过，从而达到脱盐的目的，通过半透膜使盐离子不能通过。

②注水、注中和剂、注缓蚀剂。酸性水体系中，腐蚀问题突出，常见防腐手段是注入阻蚀剂与中和剂，酸性水中的氢离子会腐蚀金属管道，中和剂注入可中和氢离子，提高pH值，pH值升高促使金属表面形成稳定氧化膜，氧化膜起到保护作用，pH值控制至关重要，过量添加碱性物质会使pH值过高，高pH值可能引发碱腐蚀，需要精确控制pH值，注入中和剂和缓蚀剂时，需准确计量，操作规范要严格^[3]。

③吸附脱氯。金属管路在一定条件下会受到氯化物的严重腐蚀，利用吸附和脱氯的方法，能有效避免氯化物在下游的腐蚀产生，吸附脱氯是利用吸附剂对

氯化物的吸附作用,将氯化物从物料流中除去,利用吸附剂对氯化物的吸附氯化物吸附脱除。常见的吸附剂有比表面积大、孔隙结构丰富、可吸附氯化物分子的活性炭等,在重整装置中,物料经过吸附脱氯处理后,氯化物含量明显减少了腐蚀下游碱洗塔管材的风险,因此,在重整装置中,物料的氯化物含量。

④聚结脱酸、碱洗水洗。烷基化装置中,聚结脱酸和碱洗水洗可控制下游腐蚀,聚结材料分离酸性物质,烷基化反应产生酸性副产物,酸性物质腐蚀管道,聚结脱酸去除酸性物质,降低腐蚀风险,碱洗水洗清洗物料,碱液中和酸性物质,水洗去除残留物,保证物料纯净性,减少腐蚀可能性。

3.2 重视设备防腐

①合理选材。金属材料受腐蚀的介质不同。在选用材料时,需要综合考虑腐蚀介质的种类、浓度、温度、压力以及设备的工作条件等因素,以保证所选用的材料能够符合防腐要求。

②设置阀门和跨线。热交换设备在工作时,特别是与腐蚀性介质接触的部位,容易受到腐蚀的影响,在设置阀门和跨线后,当发现设备有腐蚀问题时,可以很方便的将设备切割出来进行检修,避免腐蚀问题进一步恶化,同时也便于维修和更换设备损坏的部件。

③加强腐蚀监测和检测。定点定人,通过腐蚀探针,定点测量,解剖腐蚀挂片等方法,对腐蚀部位进行准确判断,并寻找腐蚀部位的最大危害,以便实时检测,可以及时掌握腐蚀速率,以便加大腐蚀监测和检测缩短检测周期。腐蚀在线监测系统能够对腐蚀设备腐蚀参数进行实时监测,通过对这些参数的分析,可以对设备的腐蚀状况进行了解,及时发现腐蚀异常状况,对出现的问题进行快速定位,同时对设备的腐蚀状况采取相应的防腐措施并进行跟踪监测。

④对腐蚀减薄设备与管道应加强宏观和测厚检查。超声波在线特别是进料线、碱洗出水线、塔顶溜出线管道、三通、弯头等腐蚀减薄严重的部位,建议在线定点测厚,这些部位极易发生腐蚀减薄现象,因为流体的流动特性,对设备、管线等表面情况,如有无锈蚀坑、裂纹等,宏观检查可通过肉眼观察。测厚检查则能对设备、管材壁厚进行精确测量,并对腐蚀减薄程度有个了解,超声波在线定点测厚是利用超声波在不同介质中的传播特性,对壁厚进行测量的一种非破坏性的检测方法,通过对这些重点部位进行定期宏观、测厚,避免发生设备、管线渗漏等严重事故,能够及时发现腐蚀减薄问题,并采取相应的修复或更换措施^[4]。

⑤采用新工艺技术。国际先进工艺已弃用硫酸、

氢氟酸,改用固体酸或离子液体烷基化技术,传统碱洗塔管道系统中,硫酸、氢氟酸易腐蚀管道,固体酸或离子液体腐蚀性较小,需研究新工艺可行性,评估其对防腐的实际效果,通过实验和模拟,确定能否降低腐蚀风险,延长设备使用寿命。

3.3 提高管理水平

①建立全厂腐蚀管理网络。建立一个集厂领导指导、科主任管理、车间职工、科研检查科室于一体的精炼腐蚀管理网络至关重要,各部门之间相互联系,任务交叉,确保了基础的防腐流程、腐蚀处理、防腐措施都有严格的记录和建议,碱洗塔管道的腐蚀问题也就通过这样一个完整的管理网络得到了全面有效的管理。

②提升企业员工的腐蚀与防护教育。充分利用数据检测管理分析系统,建立腐蚀数据管理共享性、规范性的炼化装置腐蚀数据库,通过建立腐蚀数据库,包括不同工艺条件下的腐蚀状况等,可以对大量腐蚀数据进行收集和整理,这些数据能够提供一个参考依据,用于腐蚀保护工作。

③提高防腐技术的考察和管理工作。提高防腐技术检查和管理工作的重要内容是针对不同的防腐措施,金属材质不同,物理、化学性质也不同,其耐腐蚀能力也不一样,随着防腐材料的更新换代,情况判断和材质选择都是利用腐蚀介质的不同,地表温度的不同,压强大小的进行的。

4 结论

化学腐蚀、物理因素、材料问题以及设计施工不当等因素对管道的耐腐蚀性产生重要影响,炼化厂碱洗塔管道腐蚀是由多种因素共同作用引起的,从优化工艺操作、改善材料选用、强化防护措施以及优化设计和规范施工等多个方面入手,采取综合防护对策,才能有效解决碱洗塔管道腐蚀问题。同时,各炼化厂要完善的管道腐蚀监控系统,定期对管道进行检测和评估,确保碱洗塔管道安全可靠运行,确保炼化厂生产的连续性、稳定性,及时发现和处理腐蚀隐患。

参考文献:

- [1] 谢明. 乙烯装置碱洗塔运行问题原因分析及对策 [J]. 乙烯工业, 2022, 34(03): 13-16+65.
- [2] 袁鹏辉. 甲醇制烯烃装置碱洗塔运行存在的问题及解决措施 [J]. 河南化工, 2024, 41(11): 51-53.
- [3] 王文, 罗灵力, 张志飞. 优化碱洗塔操作控制裂解气压缩机段间凝液 pH 值 [J]. 乙烯工业, 2023, 35(01): 19-21+27+73.
- [4] 张伟, 薛媛媛, 吴瑞宁. 烯烃分离装置碱洗塔分析及工艺优化 [J]. 化工管理, 2020(16): 55-57.