

乙烯装置长周期运行管道腐蚀原因及对策

纪伟杰（中国石化海南炼油化工有限公司，海南 洋浦 578001）

摘要：作为石化行业的核心装备之一，乙烯装置在保证生产效率和产品质量方面的长期稳定运行必不可少，但在实际操作过程中，影响装置稳定运行的重要因素一直是管道腐蚀问题，重点分析了乙烯装置在长周期运行过程中发生管道腐蚀的原因，并有针对性地提出了相应的应对措施。通过分析管道的工艺环境，输送介质的管道的材质，以及施工、维修等各个环节，明确了产生腐蚀的根源。基于此，为降低管道腐蚀速率，延长管道使用寿命，保障乙烯装置稳定长周期运行，从优化工艺操作、合理选材、强化防腐措施、完善检测维护等角度制定了具体的应对措施。

关键词：乙烯装置；长周期运行；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)018-0166-03

Reasons and Countermeasures for Corrosion of Long term Operating Pipelines in Ethylene Plants

Ji Weijie (Sinopec Hainan Refining and Chemical Co., Ltd., Yangpu Hainan 578001, China)

Abstract: As one of the core equipment in the petrochemical industry, ethylene plants are essential for ensuring long-term stable operation in terms of production efficiency and product quality. However, in the actual operation process, the important factor affecting the stable operation of the plant has always been pipeline corrosion. This article focuses on analyzing the reasons for pipeline corrosion in ethylene plants during long-term operation, and proposes targeted countermeasures. By analyzing the process environment of the pipeline, the material of the pipeline transporting the medium, as well as various aspects such as construction and maintenance, the root cause of corrosion has been identified. Based on this, specific measures have been formulated from the perspectives of optimizing process operation, selecting materials reasonably, strengthening anti-corrosion measures, and improving detection and maintenance to reduce pipeline corrosion rate, extend pipeline service life, and ensure stable and long-term operation of ethylene plants.

Keywords: Ethylene plant; Long term operation; Pipeline corrosion; Corrosion reasons

乙烯装置是石化产业的核心装置，其长周期稳定运行对于企业的经济效益和生产安全至关重要。但由于长期运行过程中，乙烯装置可靠性、稳定性受到严重影响，经常出现管道腐蚀问题，管道腐蚀不仅可能造成，造成资源浪费和环境污染，而且可能造成重大安全事故，如火灾、爆炸等，因此，对乙烯装置长周期运行管道腐蚀原因的深入研究为企业经济的发展奠定基础。

1 乙烯装置长周期运行管道腐蚀的危害

1.1 影响装置稳定运行

管材在长期使用过程中，会发生腐蚀现象，造成管材壁厚逐渐变薄，强度降低，原因是受输送物料的化学侵蚀、环境因素和流体冲刷，当管壁厚度减小到一定程度时，管壁承受内压的能力和承受外部荷载的能力就会急剧下降，这样就很容易造成漏气、破裂等故障的发生，一旦管道出现故障，乙烯装置被迫停车检修，以确保万无一失。乙烯装置安全停车、故障排查，再到检修后重新启动调试，每一个环节都需要耗费大量的时间和精力，这涉及复杂的工艺流程，不是简单的设备停机就能完成的，在此期间，由于乙烯生产处

于停滞状态，生产效率急剧下降，给企业带来较大经济损失，致使企业生产计划不能按时完成，错过了市场销售的最佳时机。

1.2 增加安全风险

乙烯装置输送的材料，如乙烯、丙烯等，大多具有易燃、易爆的特点，有些材料还具有有毒、有害的性质，因此，乙烯装置输送的一定的可燃性，这些危险物质会在管道因腐蚀发生泄漏时向周围环境释放，在工业生产环境中，明火、静电等引起火灾和爆炸的因素广泛存在，危险物质一旦接触到这些因素就极有可能造成严重的火灾和爆炸事故，因此，在工业生产环境中，明火、静电等引起火灾和爆炸的危险物质这样的事故不仅会对生产设备造成毁灭性的损害，造成财产上的巨大损失，对现场作业人员的生命安全也会产生直接的威胁。此外，泄漏的有毒有害物质会通过空气、土壤、水体等途径迅速扩散，对周围生态环境造成严重污染，破坏生态平衡，对周围居民的身体健康造成影响难以估量，对环境造成的危害也将进一步扩大^[1]。

1.3 提高维修成本

定期检测腐蚀管道，发现隐患及时检修，更换措

施保障运行，检测需专业设备，技术运用增加投入，维修消耗材料多，人力成本高，需专业技术人员操作，停车检修中断生产，企业承担收益损失，支付检修费用，人员闲置费用高，管道腐蚀加剧，故障频率增加，维修费用攀升，企业经营负担加重。

2 乙烯装置长周期运行管道腐蚀原因分析

2.1 工艺环境因素

①温度与压力影响。管内温度、压力在乙烯装置运行时有较大变化，化学反应速度在高温环境下明显加快，从而使管道金属和腐蚀介质产生更剧烈的反应，以高温水蒸气环境为例，金属铁在高温下与水蒸气发生化学反应，生成无法对金属起到有效保护作用，从而导致金属不断被腐蚀的四氧化三铁。

同时，高温下部分金属氧化物保护膜稳定性降低，极易破坏，使金属直接接触腐蚀介质，此外，经常波动的压力还会使管道产生疲劳而应力腐蚀，从而使管道的损伤速度加快，在乙烯裂解炉出口管材上，由于温度、压力变化剧烈，使管材过早失效，更易发生腐蚀疲劳。

②介质特性腐蚀。乙烯厂内的材料成分复杂，有多种腐蚀性介质，是一种新型材料，裂解气一般含有酸性气体，如硫化氢、CO₂等，当有水存在时，会形成对管道腐蚀的酸性环境，硫化氢和铁反应生成硫化亚铁，造成管壁厚度降低，在一家乙烯厂的实际生产中，由于脱硫系统出现故障，导致下游管材腐蚀速率大幅度提高，部分管材在短时间内发生穿孔渗漏，导致裂解气中硫化氢含量超标。

2.2 管道材质因素

①材质选择不当。在乙烯厂管材设计过程中，如果没有充分考虑工艺环境和介质特性，选用了不适宜的管材，就容易造成腐蚀问题，若选用耐腐蚀性较差的普通碳钢管道输送含硫化氢和二氧化碳的介质，则易发生腐蚀，某乙烯厂在建设初期，由于对介质特性缺乏足够的了解，一些管材使用的是普通碳钢材料，在经过一段时间的运行后，出现腐蚀严重的情况，必须进行更换。而选用合金钢等含铬、钼等元素的耐腐蚀合金管材，则可有效改善管材的耐腐蚀能力，含铬元素可以在金属表面形成致密的氧化膜，阻止腐蚀介质的进一步侵入，而钼元素则可以增强合金的抗点蚀能力和腐蚀能力。

②材质质量问题。即便选择了合适的材质，若材质本身质量不过关，比如有裂缝，这些瑕疵就会成为腐蚀的起始点，缺陷会在腐蚀介质的作用下逐步扩大，造成腐蚀作用的加重。如管道在制造过程中，若焊接工艺不当，焊缝处可能存在未熔化、夹渣等缺陷，这

些部位的耐腐蚀性就会明显下降，需要特别注意的是如果焊接工艺在对一乙烯装置的管材检测中发现，焊缝处有大量的夹渣和气孔，因为焊接时操作不规范，这使得该部位的锈蚀速度比其他部位高出许多。

2.3 施工与安装因素

①焊接质量问题。焊接直接影响管道的耐腐蚀性能，是管道安装过程中的关键环节，如果焊接电流过大，焊接速度过快等焊接工艺参数选择不当，会造成焊缝组织不均匀，引起焊接应力的产生，使焊缝强度降低，同时也使焊缝的抗腐蚀性降低。

另外，气孔、咬边等焊缝表面的缺陷也会成为加速腐蚀发生的敏感地带，某乙烯厂管道在安装过程中，这些部位在装置运行后很快出现锈蚀现象，原因是焊接工人技术水平参差不齐，有的焊缝有气孔、咬边等缺陷。

②管道布置不合理。管线的布置也影响了它的腐蚀，如果管道布置有死角、积液等情况，就会造成腐蚀介质在局部堆积，使其浓度增高，从而使腐蚀发生在这一部位的速度加快，如在管道的低点或盲端，这些液体中的腐蚀不断腐蚀管道内壁，因此很容易出现液体堆积的情况，在某乙烯厂的管道系统中，由于管道布置不合理，在部分低处形成积液区，造成管道内壁局部腐蚀严重，从而引起乙烯局部腐蚀。

2.4 维护与管理因素

①检测不及时不准确。对管道的定期检测是发现腐蚀问题的重要手段，但如果检测周期过长，或者检测方法不准确，就有可能出现管道腐蚀不能及时察觉的情况，一些传统的如目测等检测方式，对于内部腐蚀或微小缺陷难以察觉，只能发现表面明显的腐蚀瑕疵。而超声导波侦测超声波侦测先进侦测技术，若操作不当或资料分析失准，也可能造成侦测失误，某乙烯厂管道检测因检测人员不熟练超声导波探测技术，在操作过程中，管道内部腐蚀缺陷未能及时发现而发生泄漏。

②维护保养不到位。延缓腐蚀，管道的养护工作必不可少，如果不及时对涂层的破损进行修补，不及时对保温层进行除潮处理等保护措施进行维护，会使管道失去有效保护，腐蚀速度加快，另外，不按规定定期对管道进行清洗、除垢等保养工作，也会造成管道内腐蚀介质蓄积，使腐蚀现象加重，某乙烯厂部分镀层因未及时维护管道防腐涂层而发生断裂，使管道在短时间内腐蚀面积较大。

3 乙烯装置长周期运行管道腐蚀防护对策

3.1 优化工艺操作

①控制温度与压力波动。乙烯装置的管材结构会

受到温度和压力剧烈波动的明显影响，使管材腐蚀过程加快，因此，要最大程度地降低管道内温度和压力的波动，乙烯装置的工艺运行条件需要得到全面优化，引入先进的自动化控制系统，可根据预先设定的参数范围，实时监测温度、压力等参数，精确调整。对加热炉、热交换器等设备的运行过程中，在防止温度急剧变化的同时，对加温速度进行严格控制，同时，合理调整工艺流程，减少管道因压力变化而产生的应力，使管路受压情况得到改善。

②脱除腐蚀性介质。乙烯装置中的物料通常含有多种腐蚀性介质，是造成管道腐蚀的一个重要因素，在这些介质中装置中的物料具有很强的腐蚀性，对乙烯厂内的物料进行预处理，很关键的一点就是去除其中的腐蚀性介质，裂解气中的硫化氢、二氧化碳等酸性气体可通过脱硫、脱碳等工艺去除。可使酸性气体从物料中分离出来，使物料的腐蚀性明显降低，如胺洗法、醇胺溶液吸收法等。

另外，对于物料中的氯离子，可采用吸附离子交换树脂等方法去除，使管道受到的氯离子腐蚀破坏程度降低，在实际操作中，应对预处理工艺的严格的控制，以保证达到最佳的介质的效果^[2]。

3.2 合理选择管道材质

①依据介质特性选材。管道介质特性各异，工艺条件不同部位有差异，材料选择需视具体情况，铬钼合金钢、双相不锈钢适合酸性介质，耐蚀合金管材优先选用，这些材料抗腐蚀性好，恶劣腐蚀环境下能稳定运转，高温高压部位需考虑材料性能，高温强度、耐热性能要充分考虑，镍基合金管道适合高温部位，裂解炉出口可用耐高温管道。

②严格材质检验。管材的好坏直接关系到它的抗腐蚀性和寿命，所以对管材的检测还需要加强，它的化学成分、力学性能、金相组织等在管道采购安装前都要经过严格的测试，以保证材料的质量达到要求。对重要部位的管材，采用超声波探测等方法，检测管材内部是否存在缺陷，可以适当增加无损检测的比重，同时要求供货商提供材料来源、质量追溯的详细材料质量证明文件，通过对材料的严格检测，确保管材质量，从源头上减少腐蚀管材的几率。

3.3 强化防腐措施

①采用防腐涂层。在管道内壁、外壁涂防腐方法中应用较多的一种，可选用耐腐蚀性好的环氧树脂涂层等有机涂料，在涂覆前，为提高涂覆与管面对管面进行除锈、除油、加粗等严格的预处理，要严格按照工艺要求进行涂层的施工工艺，保证涂层厚薄均匀，同时定期对涂料的完好性进行检查，对破损涂料及时

进行修补，防止腐蚀介质侵蚀管材。

②实施阴极保护。阴极保护技术可以应用在一些不能通过涂层保护的部位，也可以应用在涂层保护不好的部位，通过将牺牲阳极安装在管路附近，或通过加电流的方式使管路变成阴极，从而起到抑制管路腐蚀的作用，可以用锌合金牺牲阳极保护管路的阴极，牺牲阳极的消耗要定期检查，消耗完的阳极要及时更换。通过阳极地床和阴极保护站的合理布置，还可以采用附加电流阴极保护系统，保证对长输管线或大型装置中的重要管线进行有效保护，在进行阴极防护时，要选择合适的防护方式和参数，根据管线的实际情况进行防护，这样才能使防护效果达到最佳。

3.4 完善检测与维护

①优化检测技术与周期。采用超声导波探测超声探测的探测技术，全方位、精确地检测管材，这些技术可以对腐蚀缺陷、管道内部的裂缝等问题进行检测，并对安全隐患进行及时检测，检测周期是根据管材的使用环境、介质特性、使用寿命等因素合理制定的。对腐蚀比较严重的部位，检测周期适当次数适当增加，同时，为跟踪分析管材腐蚀情况，建立完善的管材检测档案，记录每次检测的结果和数据，及时调整防护措施，通过分析检测数据，确保管道运行万无一失。

②加强维护保养工作。建立和完善管材养护制度，对管材进行经常性的养护，如清洗、除垢、修补防腐涂料等，清洗管材时，应选择适宜的清洗方式，以免造成管材二次破坏，定期对保温层、防腐涂料等进行检查保养，对出现破损的地方要及时修补。同时，加大对经营者的培训力度，提高经营者的维修意识和技能，确保维修质量和工作成效，确保乙烯装置长周期稳定运行，通过科学合理的维护和保养，延长了管道的使用寿命。

4 结论

乙烯装置管道腐蚀由多因素造成，工艺环境、管道材质、施工安装、维护管理都有关，需优化工艺操作，合理选料，强化防腐，完善检测维护也很重要，企业应关注腐蚀问题，建立完善管理制度，发现问题及时解决，总结经验教训，随着科技发展，先进防腐措施将应用更多，检测手段也会改进，管道耐腐蚀性将提高，使用寿命会延长，乙烯装置运行更安全稳定。

参考文献：

- [1] 王宏丽. 乙烯装置酸腐蚀分析与安全防护措施 [J]. 化工安全与环境 ,2024,37(08):78-81.
- [2] 白宇辰. 乙烯装置脱丙烷塔系统长周期运行的探讨 [J]. 石油炼制与化工 ,2024,56(01):99-106.