

氨法脱硫工艺的设备腐蚀与防护措施

夏召平

国家能源集团宁夏煤业煤制油分公司动力厂

DOI: 10.12238/jpm.v5i10.7315

[摘要] 氨法脱硫工艺因其高效性和经济性在工业烟气脱硫领域得到广泛应用。然而，该工艺中设备腐蚀问题日益凸显，严重影响了设备的稳定性和使用寿命。本文分析了氨法脱硫过程中腐蚀机理，探讨了氨、硫化物和酸性气体等对设备材料的腐蚀作用；提出了一系列防护措施，包括材料选择、涂层保护、防腐设计和在线监测等，以减缓腐蚀速率，延长设备使用寿命；对氨法脱硫工艺的发展趋势和未来研究方向进行了展望。

[关键词] 氨法脱硫；设备腐蚀；防护措施；材料选择；在线监测

Equipment corrosion and protective measures for ammonia desulfurization process

Xia Zhaoping

National Energy Group Ningxia Coal to Oil Branch Power Plant

[Abstract] The ammonia desulfurization process has been widely used in the field of industrial flue gas desulfurization due to its high efficiency and economy. However, the issue of equipment corrosion in this process is becoming increasingly prominent, seriously affecting the stability and service life of the equipment. This article analyzes the corrosion mechanism in the ammonia desulfurization process and explores the corrosive effects of ammonia, sulfides, and acidic gases on equipment materials; A series of protective measures have been proposed, including material selection, coating protection, anti-corrosion design, and online monitoring, to slow down the corrosion rate and extend the service life of equipment; The development trend and future research direction of ammonia desulfurization process were discussed.

[Key words] ammonia desulfurization; Equipment corrosion; Protective measures; Material selection; Online monitoring

引言：

随着全球对环境保护意识的增强，工业烟气脱硫技术的研究和应用日益受到重视。氨法脱硫工艺以其脱硫效率高、运行成本低等优点，在众多脱硫技术中脱颖而出。然而，该工艺在实际应用中面临着设备腐蚀的挑战，这不仅增加了企业的维护成本，也对环境治理效果产生了不利影响。本文旨在深入探讨氨法脱硫工艺中的设备腐蚀问题，提出有效的防护措施，以期对相关领域的研究和实践提供参考。

一、氨法脱硫工艺概述及其腐蚀问题

氨法脱硫工艺作为一种高效的烟气脱硫技术，广泛应用于工业生产中，尤其是燃煤发电领域。该工艺通过向烟气中喷射氨水，与其中的二氧化硫发生化学反应，生成硫酸铵，从而达到脱硫的目的。硫酸铵可以作为肥料回收利用，实现了资源的

循环利用。然而，氨法脱硫工艺在实际运行过程中，设备腐蚀问题成为制约其进一步发展的关键因素。氨法脱硫工艺中，设备腐蚀主要发生在脱硫塔、管道、泵等关键设备上。腐蚀的类型包括化学腐蚀和电化学腐蚀。化学腐蚀主要是由于氨水与二氧化硫反应生成的硫酸铵溶液对设备材料的直接侵蚀作用。

电化学腐蚀则是由于溶液中的离子在设备表面形成微电池，加速了腐蚀过程。氨法脱硫过程中的高温、高压和酸性环境也加剧了腐蚀的速率。设备腐蚀不仅会导致设备性能下降，还可能引发安全事故，给企业带来巨大的经济损失。因此，对氨法脱硫工艺中的设备腐蚀问题进行深入研究，提出有效的防护措施，具有重要的实际意义。在防护措施方面，需要选择合适的材料。传统的碳钢材料在氨法脱硫环境下易发生腐蚀，因此，可以考虑使用不锈钢、钛合金等耐腐蚀性能更强的材料。

同时，涂层技术也是减缓腐蚀的有效手段。通过在设备表面涂覆防腐涂层，可以形成一层保护膜，隔绝腐蚀介质与设备材料的接触，从而延长设备的使用寿命。除了材料选择和涂层保护，防腐设计也是解决设备腐蚀问题的重要环节。

在设计阶段，应充分考虑设备的耐腐蚀性能，采用合理的结构设计，减少腐蚀介质的侵蚀作用。还可以通过优化工艺流程，控制反应条件，降低腐蚀速率。在线监测技术的应用，可以实时监测设备的腐蚀状况，及时发现并处理腐蚀问题，避免腐蚀事故的发生。通过安装腐蚀监测传感器，结合数据分析技术，可以实现对设备腐蚀状态的实时监控。氨法脱硫工艺在实现高效脱硫的同时，也面临着设备腐蚀的挑战。通过选择合适的材料、应用涂层技术、优化防腐设计以及采用在线监测技术，可以有效减缓设备腐蚀，延长设备的使用寿命，促进氨法脱硫工艺的可持续发展。

二、氨法脱硫过程中的设备腐蚀机理分析

氨法脱硫作为一种重要的工业烟气净化技术，其核心在于利用氨水与烟气中的二氧化硫发生化学反应，生成硫酸铵，实现硫的固定和去除。然而，这一过程中，设备腐蚀问题不容忽视。设备腐蚀机理的深入分析，对于制定有效的防护措施至关重要。在氨法脱硫过程中，设备腐蚀主要表现为化学腐蚀和电化学腐蚀两种形式。化学腐蚀是由氨水与二氧化硫反应生成硫酸铵溶液，该溶液对设备材料具有腐蚀性，尤其是对金属材质的设备，如碳钢、铸铁等。硫酸铵溶液中的硫酸根离子和铵离子，能够与金属表面的原子发生置换反应，形成可溶性的金属硫酸盐，导致材料的逐渐溶解和腐蚀。电化学腐蚀则涉及到金属设备在腐蚀介质中的电化学反应。

在氨法脱硫环境中，金属设备表面容易形成微电池，即局部的阳极和阴极区域。在阳极区域，金属原子失去电子，形成金属离子进入溶液中，而在阴极区域，溶液中的氧气或其他氧化剂获得电子，形成氧化产物。这一过程中，金属离子的溶解和迁移，加速了设备的腐蚀速率。除了硫酸铵溶液外，氨法脱硫过程中还可能产生硫化氢等还原性气体。硫化氢对金属设备具有强烈的腐蚀作用，尤其是在高温条件下，硫化氢能够与金属形成硫化物，进一步加剧腐蚀过程。氨法脱硫过程中的高温、高压环境，也会对设备材料的耐腐蚀性能提出更高要求。高温会加速化学反应的速率，增加腐蚀介质与设备材料的接触机会，从而加剧腐蚀。

高压则可能导致设备材料的应力腐蚀开裂，尤其是在含有氯化物等腐蚀性离子的环境中。针对氨法脱硫过程中的设备腐蚀问题，需要从材料选择、工艺优化、防腐涂层以及在线监测等多个方面进行综合考虑。选择合适的耐腐蚀材料，如不锈钢、

钛合金等，可以有效减缓化学腐蚀和电化学腐蚀的速率。工艺优化，如控制氨水的喷射量、调节 pH 值、降低操作温度等，可以减少腐蚀介质的生成和腐蚀反应的进行。防腐涂层的应用，可以在设备表面形成保护层，隔离腐蚀介质与材料的接触。在线监测技术的应用，可以实时监控设备的腐蚀状态，及时发现并采取措施，防止腐蚀事故的发生。

三、氨法脱硫设备腐蚀的防护材料与技术

氨法脱硫工艺中，设备腐蚀问题一直是工程实践中需要重点关注的难题。为了有效延长设备的使用寿命并保障工艺的稳定运行，选择合适的防护材料与技术显得尤为关键。在材料选择方面，传统的碳钢材料由于其成本低廉而被广泛应用，但在氨法脱硫环境中，其耐腐蚀性能不足，容易受到化学腐蚀和电化学腐蚀的双重影响。因此，转向使用具有更好耐腐蚀性能的材料，如不锈钢、镍基合金、钛合金等，成为了解决腐蚀问题的有效途径。这些材料不仅能够抵抗硫酸铵溶液的侵蚀，还能在高温、高压以及含有硫化氢等还原性气体的环境中保持稳定。涂层技术是另一种有效的防护措施。通过在设备表面施加防腐涂层，可以形成一层保护屏障，隔离腐蚀介质与设备材料的直接接触。

常见的涂层材料包括环氧树脂、聚酯树脂、聚氨酯等，它们具有良好的化学稳定性和机械性能，能够有效减缓腐蚀速率。涂层的选择需要根据具体的工作条件和腐蚀环境来确定，以确保最佳的防护效果。除了材料和涂层之外，表面处理技术也是提高设备耐腐蚀性能的重要手段。例如，阳极氧化技术能够为金属表面形成一层致密的氧化膜，这层氧化膜具有优异的耐腐蚀性能，可以显著提高设备的使用寿命。热喷涂技术通过在金属表面喷涂一层耐磨、耐腐蚀的材料，也能够提供额外的保护。在防护技术的应用中，还需要考虑设备的设计与制造工艺。

合理的设计可以减少腐蚀介质的滞留和积聚，降低腐蚀发生的可能性。例如，采用光滑的内壁设计，避免死角和复杂的结构，可以减少腐蚀介质的滞留。同时，制造工艺的优化，如焊接技术的选择和处理，也能够减少焊接应力和焊接缺陷，从而降低应力腐蚀开裂的风险。设备的维护和监测也是防腐工作的重要组成部分。定期的检查和监测可以及时发现腐蚀迹象，采取措施进行修复或更换，避免腐蚀问题的扩大。采用先进的腐蚀监测技术，如电化学噪声监测、超声波测厚等，可以实时监控设备的腐蚀状态，为防腐工作的决策提供科学依据。氨法脱硫设备腐蚀的防护是一个系统工程，需要从材料选择、涂层技术、表面处理、设计优化以及维护监测等多个方面综合考虑。通过这些综合措施的实施，可以有效地减缓设备腐蚀，延长其

使用寿命，保障氨法脱硫工艺的稳定和高效运行。

四、氨法脱硫工艺中防腐措施的实施与效果评估

氨法脱硫工艺的高效性与环保性使其成为工业烟气处理的首选技术之一。然而，其过程中的腐蚀问题不容忽视，防腐措施的实施与效果评估对于保障工艺的长期稳定运行至关重要。在实施防腐措施时，需对氨法脱硫工艺中可能遇到的腐蚀环境进行全面评估，包括温度、压力、pH值、化学成分等。这些因素直接影响腐蚀速率和类型，为防腐材料的选择和防护措施的制定提供依据。例如，在高温高湿环境下，可能需要选择耐高温、耐酸碱腐蚀的材料，如316L不锈钢或双相不锈钢。材料的选择是防腐措施的基础。除了选择合适的基础材料外，表面处理技术的应用也是关键。通过阳极氧化、热喷涂、涂层等技术，可以在设备表面形成保护层，有效隔离腐蚀介质。

涂层技术的选择需考虑其与基材的结合力、耐化学腐蚀性以及耐磨性等因素。涂层的施工质量直接影响防腐效果。涂层的均匀性、附着力和完整性是评估其防护效果的重要指标。施工过程中需严格控制环境条件，如温湿度、清洁度等，以确保涂层的最佳性能。涂层的后期维护同样重要，定期检查涂层的完整性，及时修复损伤，可以延长涂层的使用寿命。防腐措施的实施还需要考虑设备的设计与布局。合理的设计可以减少腐蚀介质的滞留，降低腐蚀风险。

设备的布局应考虑到腐蚀介质的流动特性，避免形成死角或滞留区。在线监测技术的应用为防腐措施的效果评估提供了实时数据支持。通过安装腐蚀监测传感器，可以实时监测设备的腐蚀状态，及时发现腐蚀迹象，为防腐措施的调整提供依据。定期的离线检测，如超声波测厚、腐蚀速率测试等，也是评估防腐效果的重要手段。综合考虑防腐措施的实施与效果评估，可以形成一个闭环的防腐管理体系。从材料选择、表面处理、设计优化到在线监测和定期检测，每一步都需精心策划和严格控制。通过这种系统化的管理，可以最大程度地减缓腐蚀，延长设备的使用寿命，确保氨法脱硫工艺的高效稳定运行，总之，氨法脱硫工艺中防腐措施的实施与效果评估是一个复杂而细致的过程。

五、氨法脱硫工艺的发展趋势与未来研究方向

氨法脱硫技术作为一种成熟的工业烟气净化技术，其发展趋势和未来研究方向受到业界的广泛关注。随着环保标准的日益严格和能源结构的调整，氨法脱硫技术的应用范围将进一步扩大，同时，技术的创新和优化也将持续进行。氨法脱硫技术的效率和经济性是其发展的关键。未来，通过优化化学反应条件、改进设备设计和提高自动化水平，可以进一步提高脱硫效率，降低运行成本。例如，通过精确控制氨水的喷射量和pH

值，可以提高二氧化硫的去除率，减少副产物的生成。氨法脱硫技术的环保性和资源化利用也是未来的发展方向。通过改进工艺，可以将脱硫过程中产生的硫酸铵转化为高附加值的产物，如肥料或化工原料，实现资源的循环利用。

开发低能耗、低水耗的氨法脱硫技术，减少对环境的影响，也是未来的研究重点。随着新材料和新技术的应用，氨法脱硫设备的耐腐蚀性和稳定性将得到显著提升。例如，采用新型耐腐蚀材料或表面处理技术，可以有效延长设备的使用寿命，减少维护成本。结合先进的监测和诊断技术，可以实现设备的智能监控和故障预警，提高系统的可靠性。氨法脱硫技术与其他烟气治理技术的集成应用也是一个重要的研究方向。例如，将氨法脱硫与脱硝、除尘等技术相结合，形成一体化的烟气净化系统，可以更全面地解决工业烟气中的污染问题。

这种集成技术的开发，需要跨学科的知识和技术创新。随着数字化和智能化技术的发展，氨法脱硫工艺的智能化管理将成为未来的发展趋势。通过大数据、人工智能等技术，可以实现对脱硫过程的实时监控、优化控制和智能决策，提高系统的运行效率和稳定性。智能化技术的应用也将为氨法脱硫技术的远程诊断和维护提供支持。氨法脱硫工艺的发展趋势和未来研究方向主要集中在提高脱硫效率和经济性、实现环保和资源化利用、提升设备的耐腐蚀性和稳定性、推动技术的集成应用以及实现工艺的智能化管理等方面。通过不断的技术创新和优化，氨法脱硫技术将更好地适应未来工业烟气治理的需求，为环境保护和可持续发展做出更大的贡献。

结语：

氨法脱硫技术作为工业烟气净化的重要手段，其发展与创新是实现清洁生产和可持续发展的关键。随着环保标准的提升和新材料、新技术的应用，氨法脱硫技术正朝着更高效、更环保、更经济的方向发展。通过优化工艺参数、改进设备设计、提高自动化水平，氨法脱硫的效率和经济效益将得到显著提升。同时，资源化利用副产物、集成其他烟气治理技术、以及智能化管理的探索，将为氨法脱硫技术带来新的生命力。未来，氨法脱硫技术将继续在工业烟气治理领域发挥重要作用，为保护环境和实现绿色发展贡献力量。

[参考文献]

- [1]王晓东.氨法脱硫技术研究与应用进展[J].环境科学与技术, 2018, 41(3): 56-62.
- [2]李强.氨法脱硫工艺优化与设备防腐措施[J].化工环保, 2020, 40(2): 87-92.
- [3]赵丽华.氨法脱硫技术在工业烟气治理中的应用[J].环境工程, 2019, 37(4): 102-107.