

# 高原环境下高盐废水低温蒸发处理技术的研究与应用

王强强

中检西北生态技术(陕西)有限公司 陕西 西安 710068

**摘要:** 本文探讨了高原环境下高盐废水的特性及其对处理技术的影响,重点分析了低温蒸发处理技术在高原地区的适用性、经济可行性及优化策略。文章定义了高盐废水并阐述了高原环境对处理技术的挑战,接着评估了低温蒸发技术的适应性与经济成本,最后提出针对高原环境的工艺优化、设备选型与改造、运行参数调整等策略,研究旨在为高原地区高盐废水的有效处理提供技术支持和实践指导。

**关键词:** 高原环境;高盐废水;低温蒸发;处理技术;应用研究

引言:高原环境下,高盐废水的处理面临诸多特殊挑战。由于高原地区独特的气候和地理条件,如低气压、低氧含量、强紫外线辐射和昼夜温差大,传统废水处理技术往往难以适用。因此,探索适合高原环境的高盐废水处理技术显得尤为重要。本文聚焦于低温蒸发技术,分析其在高原环境下的适用性,旨在为高原地区高盐废水的处理提供一种新的解决方案。

## 1 高原环境下高盐废水的特性分析

### 1.1 高盐废水的定义

高盐废水是指含有机物和至少总溶解固体(TDS)质量分数大于1%的废水。这类废水来源广泛,涵盖化工、制药、食品加工、石油开采等多个行业。在生产过程中,由于原料处理、化学反应、产品分离等环节的需求,会使用大量的盐类物质,这些盐类物质最终进入废水中,形成高盐废水。高盐废水中的盐分主要包括氯化钠、硫酸钠、氯化钙等常见无机盐,同时还可能含有一些有机酸盐以及重金属盐等。高盐废水的复杂性不仅体现在盐分种类多样,还在于其往往含有高浓度的有机物、悬浮物和其他污染物,这使得高盐废水的处理难度远高于普通废水。

### 1.2 高原环境对高盐废水处理的影响

#### 1.2.1 低气压对废水处理的影响

高原地区低气压的环境会降低水的沸点,这在一定程度上有利于低温蒸发处理技术中水的蒸发过程。然而,低气压也可能导致设备内的压力平衡发生变化,影响蒸发设备的正常运行。例如,在真空蒸发系统中,低气压可能会使真空度难以精确控制,从而影响蒸发效率和产品质量。

#### 1.2.2 低氧含量对废水处理的影响

低氧含量会影响废水处理过程中的生物反应和化学反应。对于一些依赖微生物降解有机物的高盐废水处理

方法,低氧环境会抑制微生物的活性,降低有机物的去除效率。同时,低氧含量也可能影响某些化学反应的速率和方向,对废水处理效果产生不利影响<sup>[1]</sup>。

#### 1.2.3 强紫外线辐射对废水处理的影响

强紫外线辐射可能会对废水中的有机物和微生物产生破坏作用。一方面,紫外线可以降解部分有机物,但同时也可能导致一些有机物发生光化学反应,生成更难处理的副产物。另一方面,紫外线对微生物具有杀菌作用,这可能会影响生物处理单元中微生物的种群结构和数量,进而影响处理效果。

#### 1.2.4 昼夜温差大对废水处理的影响

昼夜温差大会导致设备材料的热胀冷缩,加速设备的老化和损坏。同时,温度的变化也会影响废水的物理和化学性质,如粘度、溶解度等,从而影响处理工艺的稳定性和效率。例如,在低温条件下,废水的粘度增大,可能会影响蒸发设备的传热效率。

## 2 高盐废水处理的技术需求与挑战

### 2.1 处理效率与能耗的平衡

高盐废水处理过程中,处理效率与能耗之间存在着紧密的关联,实现二者的平衡是技术研发和应用的关键难题。为了提高处理效率,往往需要采用更高强度的处理工艺和设备,如提高蒸发温度、增加蒸发压力、强化传质传热等措施,这无疑会导致能耗的大幅增加。而在高原地区,能源资源相对匮乏,且能源供应成本较高,过高的能耗不仅会增加处理成本,还可能受到能源供应的限制。因此,如何在保证高盐废水处理效率的前提下,尽可能降低能耗,是高原环境下高盐废水处理亟待解决的问题。这就要求研发人员不断探索新的处理工艺和技术,优化设备设计,提高能源利用效率,寻找处理效率与能耗之间的最佳平衡点。

### 2.2 设备耐候性与适应性要求

由于高原环境的特殊性，对高盐废水处理设备的耐候性和适应性提出了极高的要求。设备需要能够在低气压、低温、强紫外线辐射等恶劣环境下长期稳定运行。在材料选择方面，设备应采用耐低温、抗紫外线、耐腐蚀的特殊材料，以防止设备因环境因素而快速老化和损坏。例如，对于管道材料，可选用耐低温性能良好的聚乙烯（PE）或聚氯乙烯（PVC）材料，并添加抗紫外线助剂；对于设备外壳，可采用不锈钢材质，并进行特殊的表面处理，提高其抗腐蚀和抗紫外线能力；在设备结构设计上，需要充分考虑高原环境的特点。例如，针对低温环境，对设备和管道进行保温设计，采用高效的保温材料包裹，防止废水和设备内部介质结冰；为应对低气压环境，对依赖气体压力运行的设备进行压力补偿设计，确保设备能够正常工作。此外，设备还应具备良好的可维护性，便于在高原地区有限的维护条件下进行检修和保养。

### 2.3 盐分资源化利用的潜力

高盐废水中蕴含着大量的盐分资源，如果能够实现盐分的资源化利用，不仅可以减少废弃物的排放，降低环境污染，还能带来一定的经济效益。盐分资源化利用的方式多种多样，例如，通过蒸发结晶等技术从高盐废水中提取氯化钠、硫酸钠等常见无机盐，这些提取的盐类可以作为工业原料重新应用于化工、纺织、印染等行业。对于含有特殊盐类或稀有金属盐的高盐废水，通过进一步的分离和提纯技术，还可以提取出具有高附加值的金属和化合物。然而，在高原环境下实现盐分资源化利用面临诸多挑战<sup>[2]</sup>。一方面，高原地区的地理环境和交通条件限制了盐分产品的运输和销售，增加了资源化利用的成本和难度；另一方面，目前的盐分资源化利用技术在高原环境下的适应性和稳定性还有待提高，需要进一步优化和改进处理工艺，以确保能够高效、稳定地提取和分离盐分资源。

## 3 低温蒸发技术在高原环境下的适用性评估

### 3.1 技术适应性分析

低温蒸发技术是一种在较低温度下使高盐废水中的水分蒸发，从而实现盐分与水分分离的处理技术。该技术在高原环境下具有一定的适应性优势。如前文所述，高原地区的低气压环境使得水的沸点降低，这与低温蒸发技术的原理相契合。在低气压条件下，高盐废水可以在更低的温度下实现蒸发，减少了对外部加热能源的需求，降低了能耗。低温蒸发技术可以避免高温蒸发过程中可能出现的盐分结垢、设备腐蚀等问题，延长设备的使用寿命。另外，低温蒸发技术的操作相对简单，自动

化程度较高，能够适应高原地区人力资源相对匮乏的现状。通过设置合理的运行参数和自动化控制系统，可以实现设备的稳定运行和远程监控，减少人工操作和维护的工作量。然而，低温蒸发技术在高原环境下也存在一些局限性。由于高原地区的低温和昼夜温差大，会影响蒸发设备的热交换效率，导致蒸发速率不稳定。同时，低气压环境下蒸汽的携带能力增强，可能会使更多的盐分随蒸汽一起蒸发，增加了后续盐分分离和蒸汽冷凝的难度，需要配套更高效的分离和净化设备。

### 3.2 经济可行性考量

在评估低温蒸发技术在高原环境下处理高盐废水的经济可行性时，需要综合考虑设备投资、运行成本、维护费用以及处理效果等多个因素。从设备投资来看，低温蒸发设备的成本相对较高，尤其是一些高端的低温蒸发设备，其研发和制造技术复杂，价格昂贵。随着技术的不断发展和规模化生产，低温蒸发设备的成本有望逐渐降低。在运行成本方面，低温蒸发技术由于利用高原地区的低气压环境，降低了能源消耗，在一定程度上可以减少运行成本。但同时，为了应对高原环境带来的特殊挑战，如设备保温、压力补偿等，可能需要增加额外的设备和能源消耗，这又会使运行成本有所增加。另外，设备的维护费用也是一个重要的经济因素。高原地区的恶劣环境会加速设备的老化和损坏，需要更频繁地进行设备维护和更换零部件，增加了维护成本；从处理效果和经济效益来看，如果能够实现盐分的资源化利用，将可以抵消部分处理成本，甚至带来一定的经济效益。例如，通过低温蒸发技术提取高盐废水中的盐分并进行销售，可获得一定的收入。综合来看，虽然低温蒸发技术在高原环境下处理高盐废水的前期投资较大，但随着技术的成熟和优化，以及盐分资源化利用带来的经济效益，其经济可行性具有一定的潜力，需要通过技术创新和成本控制来提高其经济竞争力<sup>[3]</sup>。

## 4 高原环境下低温蒸发处理技术的优化研究

### 4.1 高原环境对低温蒸发处理技术的影响分析

高原环境的低气压、低温、强紫外线辐射和昼夜温差大等因素，对低温蒸发处理技术的各个环节都产生了显著影响。在蒸发过程中，低气压导致水的沸点降低，虽然有利于水分的蒸发，但同时也改变了蒸汽的性质和传质传热规律。蒸汽的密度和粘度发生变化，使得蒸汽与废水之间的热交换效率受到影响，可能导致蒸发速率不稳定，影响处理效率。低温环境会降低蒸发设备的热交换性能，设备和管道的散热加快，需要消耗更多的能量来维持蒸发所需的温度，增加了能耗。同时，低温还

可能导致废水中的某些成分结晶析出，堵塞管道和设备，影响处理流程的正常运行。强紫外线辐射会对蒸发设备的材料造成损害，降低材料的强度和耐腐蚀性，影响设备的密封性和安全性。昼夜温差大则会使设备材料频繁承受热胀冷缩的应力变化，容易导致设备出现裂缝、泄漏等问题，缩短设备的使用寿命。

#### 4.2 低温蒸发处理技术的工艺优化

针对高原环境对低温蒸发处理技术的影响，需要对处理工艺进行优化。在蒸发工艺方面，可以采用多级蒸发的方式，充分利用低气压环境下废水易蒸发的特点，提高蒸发效率。通过设置多个蒸发单元，逐步降低废水中的水分含量，减少后续处理的负荷。同时，优化蒸发设备的结构设计，提高设备的热交换效率。例如，采用高效的传热元件，如螺旋缠绕管、翅片管等，增加传热面积，提高传热系数，减少热量损失。在盐分分离和蒸汽冷凝工艺方面，针对低气压环境下蒸汽携带盐分能力增强的问题，可采用高效的气液分离设备，如旋风分离器、丝网除沫器等，对蒸汽进行多级分离，减少蒸汽中的盐分含量<sup>[4]</sup>。对于蒸汽冷凝，可采用多级冷凝的方式，提高冷凝效率，回收更多的水资源。另外，还可以结合膜分离技术，对蒸发后的浓缩液进行进一步处理，提高盐分的分离效果和资源化利用程度。

#### 4.3 设备选型与改造

在设备选型方面，应优先选择耐低温、抗紫外线、耐腐蚀的设备和材料。对于蒸发设备，可选用不锈钢材质的蒸发器，并对其表面进行特殊处理，如镀镍、镀铬等，提高设备的抗腐蚀和抗紫外线能力。对于管道系统，选用耐低温性能良好的聚乙烯（PE）或聚氯乙烯（PVC）管道，并添加抗紫外线助剂，同时对管道进行保温设计，采用聚氨酯泡沫、岩棉等高效保温材料包裹，防止管道结冰和热量散失。对于一些关键设备，如真空泵、压缩机等，应选择能够适应低气压环境的型号，并进行压力补偿设计，确保设备在高原地区能够正常运行。此外，还可以对现有设备进行改造，例如，在蒸发器上安装温度和压力传感器，实时监测蒸发过程中的温度和压力变化，并通过自动化控制系统对设备运行

参数进行调整，实现设备的稳定运行。

#### 4.4 运行参数调整与控制策略

为了适应高原环境，需要对低温蒸发处理技术的运行参数进行合理调整，并制定科学的控制策略。在温度控制方面，根据高原地区的气温变化和低气压条件下的沸点变化，适当降低蒸发温度设定值，同时优化加热系统的控制方式，采用PID控制算法，实现温度的精确控制，避免温度波动过大影响蒸发效率。在压力控制方面，根据高原地区的气压变化，调整真空泵和压缩机的运行参数，维持蒸发系统内的稳定压力。通过安装压力传感器和自动调节阀，实现压力的自动调节和控制，确保蒸发过程在最佳压力条件下进行。通过实时监测设备的运行状态、处理效果和环境参数等信息，及时发现设备故障和运行异常情况，并发出预警信号。同时，根据监测数据对运行参数进行动态调整，优化处理工艺，提高处理效率和设备的稳定性。

#### 结束语

综上所述，高原环境下高盐废水的处理需要综合考虑多种因素，低温蒸发技术作为一种有效的处理方法，在高原地区具有广阔的应用前景。通过工艺优化、设备选型与改造以及科学的运行参数调整，可以进一步提高低温蒸发技术的处理效率和稳定性，为高原地区的高盐废水处理提供有力的技术支持。未来，随着技术的不断进步和成本的降低，低温蒸发技术有望在高原地区得到更广泛的应用和推广。

#### 参考文献

- [1]张骏驰,薛旭.煤化工高盐废水零排放分盐处理技术进展研究[J].大氮肥,2022,45(1):60-64,68.
- [2]郭世伟,郑力玮,罗建泉,等.纳滤膜在高盐废水处理中的应用研究进展[J].膜科学与技术,2022,42(2):175-182.
- [3]李雨晴,车心怡,何云海.高盐废水处理技术研究进展及其在海藻盐渍加工应用潜力[J].广东化工,2022,49(9):89-91.
- [4]李斌,王晓宇,陈勇.高盐有机废水的处理技术现状与展望[J].环境工程,2023,41(2):75-81.