

H 型可提升管式曝气器在石化水处理中的经济应用 与优化分析

徐玉明（大庆炼化公司，黑龙江 大庆 163411）

摘要：本文探讨了H型可提升管式曝气器在水处理工程中的应用及其优化策略。通过对传统固定式曝气器存在问题的分析，介绍了H型可提升管式曝气器的设计原理、技术特点及其在实际应用中的优势。同时，结合具体案例，详细阐述了H型可提升管式曝气器在提高充氧效率、降低能耗、简化维修流程等方面的实际效果及经济优势。在为石油化工水处理工程中的曝气系统提供经济高效的解决方案，为企业的节能减排与降本增效提供有益参考。

关键词：H 型可提升管式曝气器；石化水处理；充氧效率；能耗；维修优化

曝气系统作为石化企业污水处理工程中的核心部分，其性能直接影响到整个处理过程的效率和效果。然而，传统的固定式曝气器在使用过程中存在维修困难、必须停产维修等问题，给水处理工程的运行带来了诸多不便。因此，开发一种新型、高效、易维护的曝气器显得尤为重要。H型可提升管式曝气器应运而生，它采用反浮力的先进工艺，融合中间同步进气与自由提升机制，改进了传统底部固定掺气坎的设计，为常规掺气坎所面临的挑战提供了全新的解决方案。

1 H 型可提升管式曝气器的构造与工艺亮点

H型可提升管式曝气器，凭借其反浮力工艺的创新，实现了中间同步进水与自由上浮的科学结合，全面取代了旧有的底部固定掺气设备。其构造涵盖竖管、不锈钢分配器及通气管等核心组件。运作原理为：空气经由进气总管汇入集气总管，随后通过微孔曝气器均匀释放至水体中，如图1所示。此外，曝气装置在作业时会产生自然左右摆动，有效减少了污泥沉积，增大了曝气池的曝气容量与面积。

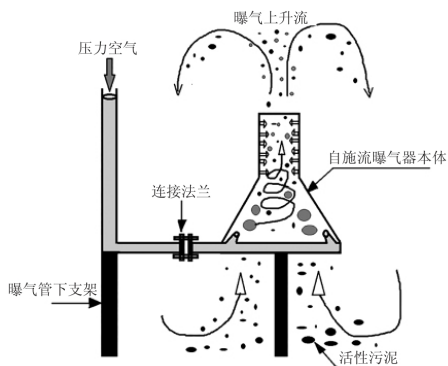


图1 曝气器设计原理

H型可提升曝气器展现出多重优势。其通气均匀，气泡细腻，氧气与功率的利用率均高；流速与流态优越，阻力与能耗双重降低；安装便捷，无论水池有水或无水均可操作，长期暴露也没有影响，维护时轻松升降，无需排空水池或停机；省去了空气净化、反冲洗等额外步骤，管理更为简便。

2 H 型可提升管式曝气器在石化水处理工程中的应用案例

污水处理站平时巡检时无法确定曝气系统是否出现问题且检修不便。曝气头处于池体底部，容易被堵塞且维修不便。一旦确定维修，无论出现故障的是一组曝气头，还是主管出现问题，都必须抽空池体内泥水混合液，池内污泥需要当成危险废物进行处理，施工周期长，需要抽空池内积水，由于装置停工时间短，污水处理站检修施工周期长，严重影响检修质量，人力、物力、资金损耗严重，且严重影响生产运行易导致单侧负荷过高引起的外排水超标。



图2 可提升式曝气系统

将底部固定式曝气系统改为H型可提升式曝气系统见图2。采用池体顶部固定支架，曝气管支管延伸至

池体底部。平时正常运行时发现问题可以直接将故障单元提出水面进行维修或者更换，不需要停止进水抽空池内泥水，也不需要处理危险废物、培养菌种，节省大量的人力、物力、资金，施工周期短。

在 2023 年装置大修期间，更换了 1# 好氧池的 H 型可提升管式曝气器的曝气系统。根据 2023-2024 年分析化验数据，1# 好氧池的溶解氧数据在五个监测点均呈现出较高的水平，系统运行至今依然稳定可靠，且溶解氧含量始终满足既定的要求。相比之下，2# 好氧池的五个监测点数据均偏低，提示该池的曝气器已到了需要更换的阶段。3# 好氧池的情况则是前四个监测点的数据较低，但第五个监测点由于安装了移动式曝气器，数据显著较高，显示出该设备具有良好的曝气效果。此外，4#、5#、6#、7# 这四间好氧池的溶解氧数据也普遍偏低，同样表明它们的曝气器需要维修。至于 8# 好氧池，虽然 2023 年已部分更换了曝气系统，但目前的监测数据显示其数值偏高。见表 1

表 1 生化池八间好氧池溶解氧平均数据

好氧池溶解氧	1#	2#	3#	4#	5#	6#	7#	8#
1	2.22	0.28	0.13	0.67	0.14	0.18	0.21	1.24
2	2.7	0.23	0.11	0.27	0.28	0.30	0.13	0.5
3	2.55	0.25	0.18	0.26	0.26	0.16	0.14	0.23
4	2.7	0.21	0.36	0.25	0.35	0.22	0.24	0.4
5	2.83	0.17	1.3	0.48	0.2	0.45	0.244	0.62
在线溶解氧数据	2.07	/	曝气器附近溶解氧 5.89 左右	0.43	0.34	/	/	0.47

3 应用优势

H 型可提升式曝气系统以其卓越的产品特性，在众多曝气解决方案中脱颖而出。该系统具备出色的耐腐蚀性，能有效抵抗酸、碱、苯、酚、油等介质的侵蚀。其氧利用率高，动力效率高，服务面积广泛，且能耗相对较低，展现出高效节能的特点。产生的气泡细小而均匀，确保了良好的流速与状态，提升了曝气效果。系统采用环路布置设计，不仅安装便捷，还能实现布气均匀，减小水阻，优化运行效能。特别地，橡胶膜中融入了加强切纱，极大地增强了耐用性，不易破裂，从而延长了使用寿命。此外，该系统无需空气净化与反冲洗步骤，大大简化了管理工作。相较于同类产品，其造价仅为进口盘式橡胶膜曝气器的 60%，以及进口管式曝气器的 30%，具有极高的性价比。更令人称道的是，原有使用风机鼓风曝气的装置，在保持原风机与进气管道不变的前提下，可直接升级为 H 型管式曝气器，实现无缝改造，灵活适配各种应用场景。

凭借多重显著优势，引领曝气技术新潮流。融合了先进的抗浮力技术，采用四头八点同步进气设计，并通过悬挂可提升的安装方法，确保了安装的灵活性与便捷性。在性能上，该系统实现了曝气的极致均匀，气泡细小且氧利用率与动力效率均达到高水平，加之良好的流速与流态，使得阻力减小，能耗显著降低。尤为值得一提的是，曝气过程中曝气器的左右摆动特性，有效减少了池底污泥的沉积，消除了死区，从而增大了曝气面积，显著提升了充氧能力。

精心设计的特殊进气口，从根本上避免了污水的倒灌问题，确保了曝气器的长久畅通无阻，延长了使用寿命。在安装与维护方面，该产品同样表现出色。不论在水池中有水或没有水的情况下，都可以很容易地进行安装，且不需要在水池中做另外设置。如果需要长期曝气后进行维护，只要提起曝气器，不需要排水，也不需要关闭风机。更具人性化之处在于，本系统不需要净化空气，反冲洗，排放阀门等烦琐的工序，使管理工作大为简化。在原水池底部固定掺气装置的基础上，在保留原有进水管的基础上，直接进行改造，达到了无缝对接和高效率升级的目的。



图 3 H 型方管卡槽

H 型方管卡槽可提升曝气器，是在充分借鉴国内外同类产品连接方式优点的基础上，精心研发的创新之作。相较于传统的卡箍圆管设计，新型曝气管采用了更为轻盈的构造，大幅度减轻了重量，使得安装与维修过程中的提升操作变得更为简便易行。同时，与传统方管分配器丝头连接方式相比，新型卡槽连接展现出了更为明显的优势。

由于丝头焊接过程中难以避免的变形问题，即便是 1mm 的微小变形，也会导致 1m 长的曝气管角度倾斜 2cm-3cm，从而难以实现四管曝气器的水平平行，严重影响曝气的均匀性。传统的螺纹连接方式，由于钢制与塑料材质涨缩系数的差异，往往会导致曝气管松动漏气，甚至脱落。

而钢制与塑料螺纹在制造过程中，由于螺纹螺距无法完全匹配，二次接塑料螺纹时往往会造成损伤，

使得曝气管无法继续使用。相比之下,新型方管卡槽连接则有效避免了这些问题,确保了曝气系统的稳定性和耐用性。

同时,通过对生化池八间好氧池溶解氧数据的分析,发现采用 H 型可提升管式曝气器后,曝气效果明显提高,溶解氧数据在末端有明显的提升。特别是在 3# 好氧池末端增加移动式曝气器后,曝气效果更加均匀,表面没有死泥,进一步验证了 H 型可提升管式曝气器的实际效果。

综上所述,曝气装置的安装过程简便快捷,无需在水池中额外配置任何设备,无论水池有水或无水均可安装。在长期运行需维护时,可轻松升降进行检修,无需排空水池或关闭风机,从而保证了设备的持续稳定运行。这一特性极大地简化了维护工作,降低了维护成本,确保了运行的稳定与可靠。H 型管式曝气器能够适应多种水质需求,无论是城市生活污水还是工业污水,都能进行有效处理。其独特的进气孔设计有效防止了污水倒流,避免了堵塞问题,从而延长了使用寿命。与进口的碟形橡胶薄膜曝气器相比,该装置的成本仅为前者的 60% 至 30%。在保持原有风机和进气管道不变的情况下,可直接改装为 H 型可上举管道掺气装置,大幅度节省了设备升级所需的费用。

4 H 型可提升管式曝气器在石油化工水处理中的经济应用

4.1 降低能耗成本

H 型可提升管式曝气器通过优化结构设计,提高了充氧效率与动力效率,使得能耗相对较低。相较于传统固定式曝气器,其能耗可降低 20% 以上,从而为企业节省了大量的电费支出。以一个日处理量为 10000 吨的石油化工废水处理站为例,采用 H 型可提升管式曝气器后,每年可节省电费支出数十万元。这对于企业来说,无疑是一笔可观的经济效益。

4.2 减少维修成本

传统固定式曝气器在使用过程中存在维修困难、必须停产维修等问题,给企业的生产运行带来了诸多不便。而 H 型可提升管式曝气器采用池体顶部固定支架,曝气支管延伸至池体底部,平时正常运行时发现问题可以直接将故障单元提出水面进行维修或更换,无需停止进水抽空池内泥水,也不需要处理危险废物等繁琐步骤。缩短了维修周期,还大大降低了维护成本。

4.3 提高生产效率与产品质量

H 型可提升管式曝气器产生的气泡细小而均匀,

确保了良好的流速与状态,提升了曝气效果。这使得废水中的有机物得到更充分的氧化分解,提高了处理效率。同时,由于曝气过程中曝气器的左右摆动特性,有效减少了池底污泥的沉积,消除了死区,从而增大了曝气面积,显著提升了充氧能力。这些都有利于提高废水处理的质量,为企业的生产运行提供更加稳定可靠的水质保障。

4.4 增强企业竞争力

H 型可提升管式曝气器的经济应用不仅降低了企业的生产成本,还提高了企业的生产效率与产品质量,从而增强了企业的市场竞争力。此外,其独特的进气孔设计有效防止了污水倒流,避免了堵塞问题,延长了使用寿命,降低了企业的长期运营成本。

为了进一步发挥 H 型可提升管式曝气器在石油化工水处理中的经济优势,可以从以下几个方面进行优化:一是优化曝气器的结构设计,提高其抗腐蚀性、耐磨性,延长使用寿命;二是加强对曝气器运行状态的监测与诊断技术,及时发现并解决问题,避免故障扩大化;三是探索更加高效节能的曝气方式与技术,进一步提高充氧效率与动力效率;四是加强与其他水处理技术的集成与应用,形成更加完善的水处理工艺体系。

5 H 型可提升管式曝气器前景展望

H 型可提升管式曝气器在水处理工程中已经取得了显著的应用效果,仍存在一些可以优化的空间。例如,可以进一步优化曝气器的结构设计,提高其抗腐蚀性和耐磨性;同时,也可以加强对曝气器运行状态的监测和诊断技术,以便及时发现并解决问题。随着水处理技术的不断发展和环保要求的日益提高,H 型可提升管式曝气器在未来还有广阔的应用前景。特别是在工业废水处理、城市污水处理等领域,H 型可提升管式曝气器将发挥更加重要的作用。H 型可提升管式曝气器作为一种新型、高效、易维护的曝气器,在水处理工程中具有广泛的应用前景和重要的研究价值。通过不断优化和完善其设计和技术特点,相信 H 型可提升管式曝气器将在未来的水处理工程中发挥更加重要的作用。

参考文献:

- [1] 邱飞龙,韩雪斌,叶兴凯,等.曝气设备在污水处理中的应用及发展前景[J].环境与发展,2020,32(4):114-115.