

1,4-丁二醇废水处理工程设计与运行

赵 宾

河南开祥精细化工有限公司 河南 义马 472300

摘 要: 1,4-丁二醇废水成分复杂,含多种有害物质,水质指标差,处理难度大。处理工艺包括预处理(调节池、中和、高级氧化)、生化处理(厌氧、好氧)和深度处理(混凝沉淀、过滤、膜处理)。运行管理需控制工艺参数、维护设备、监测水质并应急处理。运行中常见膜污染、厌氧污泥活性下降、生化系统泡沫问题,需采取相应解决措施。

关键词: 1,4-丁二醇废水;废水处理工程;工艺设计;运行管理;深度处理

引言: 1,4-丁二醇废水成分复杂,含未反应原料、中间产物、副产物及重金属离子等有害物质,具有高COD、低可生化性、pH波动大、水质水量不稳定等特点,处理难度高。为确保废水达标排放或回用,需合理选择与设计处理工艺,强化运行管理,解决膜污染、厌氧污泥活性下降、生化系统泡沫等常见问题,保障处理系统稳定高效运行。

1 1,4-丁二醇废水水质特征分析

1.1 污染物成分

1,4-丁二醇废水成分复杂,含多种有害物质,对环境和处理工艺构成严峻挑战。(1)未反应的原料乙炔和甲醛是废水中的关键毒性成分。乙炔化学性质活泼,易燃易爆,且能与多种物质发生反应,进入水体后会破坏水生生态平衡,干扰生物的正常生理活动。甲醛是强致癌物,对水生生物和人体健康危害极大,即使低浓度也存在潜在风险。(2)中间产物炔醛类、丁烯二醇等结构复杂,分子中常含有不饱和键、羟基等官能团,化学性质不稳定,易发生聚合、氧化等反应,难以通过常规方法去除,增加了废水处理的难度。(3)副产物丁二酸、丁内酯等也会对水体环境产生不良影响,如导致水体酸化、产生异味等。此外,生产过程中添加的催化剂可能含重金属离子,酸碱物质使废水pH值波动大,这些因素进一步恶化了废水水质,导致废水COD值极高,部分物质具有生物毒性,会抑制微生物活性,严重影响后续生化处理效果。

1.2 水质指标

典型1,4-丁二醇废水的水质指标呈现出明显特征。COD浓度高达15000-40000mg/L,远超一般工业废水,表明废水中有机物含量极高。五日生化需氧量(BOD₅)为1000-5000mg/L, B/C比(BOD₅/COD)较低,说明废水可生化性差,单纯依靠生化处理难以使废水达标排放。

氨氮含量为50-200mg/L,过高的氨氮会导致水体富营养化。pH值范围在2-12之间,波动极大,对处理设备和微生物的生存环境构成挑战。悬浮物(SS)浓度为200-800mg/L,会增加后续处理的负担。

1.3 处理难点

1,4-丁二醇废水处理面临诸多难点。首先,高浓度有机物对微生物具有毒害作用,常规生化处理中的微生物难以在这种恶劣环境下生存和发挥作用,无法直接降解废水中的有机物。其次,部分污染物结构稳定,属于难降解有机物质,常规处理方法难以破坏其分子结构,导致处理效果不佳。最后,废水水质水量波动较大,生产过程中的各种因素如原料配比、反应条件等的变化,都会导致废水水质和水量的波动,这对处理工艺的稳定性 and 适应性提出了极高要求^[1]。

2 废水处理工艺选择与设计

2.1 预处理工艺设计

(1)调节池:为均衡水质水量,设置调节池。调节池有效容积根据废水产生量与波动情况确定,一般按8-12小时废水量设计。池内设置搅拌装置,防止悬浮物沉淀,同时调节池起到缓冲水质突变的作用,确保后续处理单元稳定运行。(2)中和处理:由于废水pH值波动大,需进行中和处理。采用加药中和法,酸性废水投加氢氧化钠、石灰等碱性药剂,碱性废水投加硫酸、盐酸等酸性药剂,将废水pH值调节至6-9的适宜范围,为后续处理创造条件。(3)高级氧化预处理:针对废水中难降解有机物和有毒物质,采用高级氧化技术(如芬顿氧化、臭氧氧化)进行预处理。以芬顿氧化为例,通过投加硫酸亚铁和双氧水,利用产生的羟基自由基($\cdot\text{OH}$)强氧化性,破坏有机物分子结构,提高废水的可生化性,将B/C比提升至0.3-0.4左右。

2.2 生化处理工艺设计

在1,4-丁二醇废水处理中,生化处理工艺是关键环节,能有效去除废水中的有机物和氨氮等污染物。(1)厌氧生物处理阶段,选用UASB(升流式厌氧污泥床)或EGSB(膨胀颗粒污泥床)等高效厌氧反应器。这些反应器具有处理效率高、占地面积小等优点。在反应器内,需严格控制运行条件,维持温度在 $35\pm 1^{\circ}\text{C}$,为厌氧微生物提供适宜的生长环境;控制pH值在6.8-7.2,避免酸碱度对微生物活性产生影响;同时保持污泥浓度在10-20g/L,确保有足够的微生物参与反应。在此条件下,厌氧微生物菌群将废水中的大部分有机物分解为甲烷、二氧化碳等,使COD去除率达到50%-70%。(2)厌氧处理后的废水进入好氧处理单元,可采用接触氧化法、MBR(膜生物反应器)等工艺。以MBR为例,它将膜分离技术与生物处理有机结合,能提高污泥浓度至8-12g/L,增强系统对有机物的去除能力,使出水COD降至500mg/L以下,氨氮降至15mg/L以下^[2]。

2.3 深度处理工艺设计

生化处理后的1,4-丁二醇废水仍可能含有一定量的污染物,需通过深度处理工艺进一步提升水质。(1)混凝沉淀是深度处理的重要环节。在生化处理后设置混凝沉淀池,向废水中投加聚合氯化铝(PAC)和聚丙烯酰胺(PAM)等混凝剂。PAC能在水中水解生成带正电荷的胶体,中和水中胶体颗粒的负电荷,使其脱稳凝聚;PAM则通过架桥作用,使微小颗粒形成较大絮体。这些絮体在沉淀池中沉降,从而有效去除水中微小悬浮物和胶体颗粒,降低出水悬浮物(SS)和部分化学需氧量(COD)。(2)过滤处理进一步强化水质净化。采用砂滤、活性炭滤池等过滤设备,砂滤可截留水中较大的悬浮物,活性炭滤池则凭借其发达的孔隙结构,吸附水中的色度、异味及部分难降解有机物,使出水水质得到显著提升。(3)对于出水水质要求较高的情况,膜处理技术是理想选择。反渗透(RO)、纳滤(NF)等膜处理技术能有效截留小分子有机物、无机盐等,确保出水达到回用或排放标准。

3 工程运行管理要点

3.1 工艺参数控制

在1,4-丁二醇废水处理过程中,各阶段的工艺参数控制至关重要,直接关系到处理效果与系统稳定性。(1)预处理阶段,芬顿氧化是关键环节。需严格控制硫酸亚铁与双氧水的投加比例,一般维持在1:2-1:3,同时将反应时间控制在60-120分钟,pH值精准调节至3-4,如此才能确保芬顿试剂充分发挥氧化作用,有效降解废水中的难降解有机物。中和处理时,要实时监测pH值,依据

监测结果精确控制药剂投加量,使废水pH值达到后续处理要求。(2)生化处理阶段,厌氧反应器中,水力停留时间(HRT)应控制在8-12小时,并保持稳定的进水负荷,为厌氧微生物提供适宜的生长环境。好氧处理单元,需调节溶解氧(DO)浓度在2-4mg/L,以保证微生物活性。此外,定期监测污泥浓度、污泥龄等指标,根据监测结果及时调整排泥量和回流比,维持系统平衡。

(3)深度处理阶段,膜处理过程中,要严格控制进水压力、流量和回收率,防止膜污染。同时,定期对膜组件进行化学清洗,以延长膜使用寿命,确保出水水质稳定达标^[3]。

3.2 设备维护与管理

在1,4-丁二醇废水处理系统中,设备维护与管理是保障处理工艺稳定运行、实现达标排放的重要环节。(1)应建立完善的设备定期巡检制度。针对水泵、风机、搅拌机、膜组件等关键设备,安排专业人员开展日常检查工作。巡检过程中,仔细查看设备的运行状态,包括是否有异常振动、噪音,温度是否正常等,及时发现设备潜在的故障隐患,并迅速采取处理措施,避免故障扩大化,影响整个废水处理系统的正常运行。(2)定期对设备进行润滑、保养和易损件更换。根据设备的使用说明书和实际运行情况,制定科学合理的润滑和保养计划,按时添加润滑剂,对设备进行清洁和紧固。对于易损件,如水泵的密封件、风机的皮带等,要定期检查并及时更换,以延长设备的使用寿命。(3)建设备运行台账也十分必要。详细记录设备的运行参数、维护情况等信息,为设备的故障诊断、性能评估和后续的维护管理提供数据支持,确保设备始终处于良好的运行状态。

3.3 水质监测与应急处理

在1,4-丁二醇废水处理过程中,水质监测与应急处理是保障处理效果和达标排放的关键防线。(1)为实时掌握废水水质状况,需在处理系统的关键节点设置在线监测仪表,对废水的化学需氧量(COD)、pH值、氨氮等关键指标进行连续监测。这些在线监测仪表能够快速、准确地反馈水质数据,为工艺调整提供及时依据。(2)制定完善的水质异常应急预案至关重要。当在线监测数据显示水质出现超标或波动较大时,应立即启动应急预案。根据水质异常的具体情况,迅速调整工艺参数,如适当增加药剂投加量,以强化对污染物的去除效果;延长反应时间,确保污染物充分反应。此外,还可根据实际情况采取其他应急处理措施,如切换备用处理单元、启动应急处理设备等。通过及时有效的应急处理,确保出水水质稳定达标,避免因水质异常对环境造成不良影响。

4 运行中常见问题及解决措施

4.1 膜污染问题

在1,4-丁二醇废水处理的膜处理环节,膜污染是一个常见且棘手的问题。膜污染会显著降低膜的通量,使单位时间内通过膜的水量减少,同时导致运行压力升高,增加能耗和设备运行成本,严重时甚至会影响到整个废水处理系统的稳定运行。为有效解决膜污染问题,需采取一系列综合措施。首先,优化预处理工艺是关键。通过加强混凝沉淀、过滤等预处理环节,降低进水中的悬浮物和有机物含量,减少这些污染物在膜表面的沉积和吸附,从源头上减轻膜污染的程度。其次,采用合适的膜清洗药剂和清洗方法。定期对膜组件进行清洗,可交替使用酸洗和碱洗,酸洗能有效去除膜表面的无机垢,碱洗则可去除有机污染物,恢复膜的通量。此外,在选择膜材料时,应优先考虑抗污染性能好的膜,这类膜具有特殊的表面结构和化学性质,能够减少污染物的附着,延长膜的使用寿命,降低运行成本^[4]。

4.2 厌氧污泥活性下降

在1,4-丁二醇废水处理的厌氧生物处理阶段,厌氧污泥活性对有机物的降解效果起着决定性作用。然而,厌氧污泥活性易受多种因素影响,如温度、pH值、有毒物质等。温度过高或过低都会抑制厌氧微生物的代谢活动,适宜的温度范围通常为 $35\pm 1^{\circ}\text{C}$; pH值偏离6.8-7.2的最佳区间,也会影响微生物的酶活性;废水中若含有重金属、有机毒物等有毒物质,会直接毒害厌氧微生物,导致其活性下降。当厌氧污泥活性下降时,需及时采取措施恢复。可调整进水水质,降低有毒物质的浓度,减少对污泥的毒害;补充氮、磷等营养物质,为微生物的生长和代谢提供充足的养分;接种优质厌氧污泥,引入活性高的微生物菌群,增强系统的处理能力。通过这些综合措施,可有效恢复厌氧污泥活性,确保厌氧生物处理系统稳定、高效运行,保障1,4-丁二醇废水处理效果。

4.3 生化系统泡沫问题

在1,4-丁二醇废水处理的好氧处理环节,生化系统泡沫问题较为常见,会对系统的正常运行产生诸多不利影响。大量泡沫不仅会占据反应器的有效容积,降低处理效率,还可能携带污泥溢出,造成污泥流失,影响出水水质。泡沫产生的原因较为复杂,可能与废水中的表面活性物质、污泥负荷过高、曝气方式不当等因素有关。为解决这一问题,可采取多种措施。投加消泡剂是一种直接有效的方法,它能迅速破坏泡沫的稳定性,使泡沫迅速消散。调整曝气方式也至关重要,降低曝气量可减少对液面的冲击,避免泡沫大量产生;改变曝气头布局,使曝气更加均匀,也能在一定程度上缓解泡沫问题。此外,优化污泥负荷,将污泥负荷控制在合理范围内,避免微生物因营养物质过剩而产生过多代谢产物,进而减少泡沫的生成。通过综合运用这些方法,可有效解决生化系统泡沫问题,保障好氧处理系统的稳定运行。

结束语

综上所述,1,4-丁二醇废水水质复杂,处理难度大,需科学选择与设计处理工艺。从预处理、生化处理到深度处理,各环节紧密相连,工艺参数的精准控制、设备的有效维护管理以及水质监测与应急处理缺一不可。同时,要重视运行中膜污染、厌氧污泥活性下降、生化系统泡沫等常见问题,采取针对性解决措施。只有全面做好这些工作,才能确保1,4-丁二醇废水处理系统稳定运行,实现达标排放或回用,降低对环境的负面影响。

参考文献

- [1]陈婷,李建华,王明亮等.丁二醇生产回收装置的设计及优化[J].化学工程,2021,40(03):15-18.
- [2]王涛,张伟,杨阳等.丁二醇的合成方法研究进展[J].化工进展,2020,39(05):26-31.
- [3]谢君.我国1,4-丁二醇生产技术分析及展望[J].广东化工,2021,48(21):111-113.
- [4]董慧,张欣.浅谈1,4-丁二醇的生产技术及市场分析[J].河南化工,2021,38(7):6-9.