

多段改良 A²O 工艺用于污水处理厂工程实例

赵一飞¹, 郭跃华², 韩斌武², 唐彪²

(1. 中交天津港湾工程研究院有限公司; 2. 中交一航局生态工程有限公司)

摘要: 为了解决进水浓度高、碳源低和出水水质要求高等问题, 广东某污水处理厂二期工程采用“预沉砂池及粗格栅+细格栅曝气沉砂池+多段强化脱氮改良型 A²O 生物池+矩形双层二沉池+磁混凝高效沉淀池+滤布滤池+紫外线消毒”污水处理工艺、“污泥浓缩+板框压滤+低温干化”污泥处理工艺。投入运行后, 出水水质得到了大幅改善, COD_{Cr}、BOD₅、SS、TN、NH₃-N、TP 的平均去除率分别达到了 91.0%、97.3%、99.5%、85.2%、99.9%、95.9%, 均满足设计排放标准, 表明该污水处理厂的工艺可较好地解决进出水水质问题, 可为类似工程提供参考。

关键词: 污水处理厂; 多段强化脱氮改良 A²O; 脱氮除磷

1 工程概况

广东某污水处理厂二期工程设计总规模 30 万 m³/d, 占地 6.19 万 m², 先行启动部分规模为 20 万 m³/d, 采用半地下结构, 设计使用年限 50 a。粗格栅、进水泵房、深度处理土建按照 30 万 m³/d 规模建设, 设备按照 20 万 m³/d 规模建设; 污泥处理土建及设备按照 30 万 m³/d 规模一次性建设。该工程存在进水污染负荷高、碳氮比低、出水排放要求高等难点, 本文对其处理工艺、设计参数、运行效果进行分析。

2 工程方案

2.1 设计进、出水水质

出水水质常规监测指标达到 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》中的 IV 类标准(TN≤10 mg/L, SS≤8 mg/L), 其他控制指标须达到 GB 18918—2002《城镇污水处理厂污染物排放标准》一级 A 标准的要求。常规监测指标为: COD_{Cr}≤30 mg/

L; BOD₅≤6 mg/L; NH₃-N≤1.5 mg/L; TN≤10 mg/L; TP≤0.3 mg/L; SS≤8 mg/L。设计进、出水水质指标见表 1。

表 1 设计进、出水水质指标

	mg/L					
	COD _{Cr}	BOD ₅	SS	TN	NH ₃ -N	TP
设计进水水质	410	150	180	35	30	4
设计出水水质	30	6	8	10	1.5	0.3

2.2 工艺方案

该水厂规模较大, 进水浓度较高, 碳源较低、厂区可利用面积较小且出水 TN、TP 要求高, 因此污水的生化处理需优先脱氮, 并配备化学除磷的辅助措施。经多种方案比选, 采用多段强化脱氮改良型 A²O 工艺, 见图 1(Q 为流量), 具有脱氮效率高、建设和运行成本较低、占地面积小、运行管理性好、设计理论成熟和规范齐全等优点, 具有不亚于传统 A²O 工艺的生物除磷性能^[1-4]。

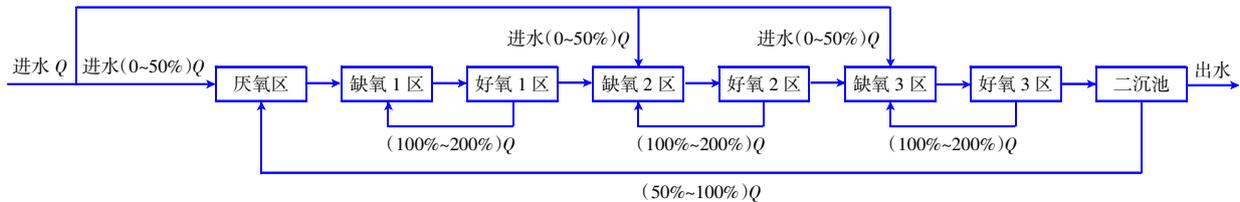


图 1 多段强化脱氮改良型 A²O 工艺流程

经生化处理后, 出水 BOD₅、COD_{Cr}、TN 有较高的去除率, 而 SS、TP 去除率尚难以稳定达标, 需要采用深度处理。本工程的深度处理主要处理

进水中的 SS、TP 及化学除磷形成固体沉淀物, 结合深度处理的出水水质要求, 及选址用地的现状条件, 经过分析研究并综合考虑各工程方案技术

的可行性、对主要污染物去除率的保证性、经济的合理性、运行的稳定性等因素后，采用“混凝沉淀+过滤”的深度处理工艺组合。

采用消毒技术来最终控制出水水质，本工程

的尾水处理采用“紫外线+次氯酸钠”消毒工艺。污泥采用“污泥浓缩+板框压滤+低温干化”组合工艺，实现厂内污泥减量化总体要求，再进行厂外的后续处置。整体工艺流程如图2所示。

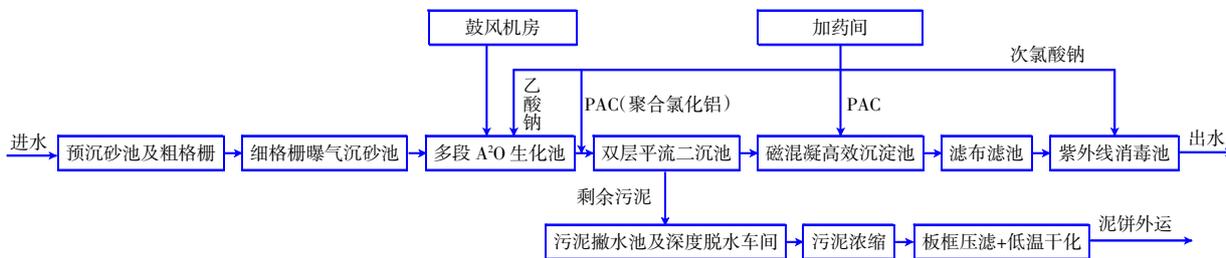


图2 工艺流程图

3 主要处理单元及设计参数

3.1 预沉砂池及粗格栅

预沉砂池、粗格栅与进水泵房合建，预沉砂池的功能是去除进水中的泥沙，设置3台过栅流速为0.6 m/s、栅宽2.2 m、栅条间隙20 mm的粗格栅，粗格栅是水厂中水处理的第1道预处理工序，位于污水处理的进水渠道上，主要功能是去除污水中较大粒径的悬浮物和漂浮物，减轻后道工序上水处理构筑物的处理负荷，并起到保护水泵、管道、仪表的作用。进水泵房用于提升污水，使污水产生足够的水头，通过重力流过各构筑物。进水泵房中设置6台潜污泵实现污水的提升，单台潜污泵的流量是3125 m³/h，提升高度为28 m。

3.2 细格栅及曝气沉砂池

细格栅栅宽1.6 m、栅条间隙3 mm，主要作用为去除污水中较小粒径的悬浮物和漂浮物。曝气沉砂池设置于细格栅之后，用于去除污水中粒径≥0.2 mm的砂粒和油脂，避免后续处理构筑物的沉积从而使水流不畅或处理构筑物中的闸(阀)门关闭不严。为提高曝气沉砂池的除砂效率，将池体分为4格，设置水力停留时间为13.5 min、气水比为0.2。与其他沉砂池相比，曝气沉砂池通过设置三叶罗茨鼓风机将有机物和无机物分离，三叶罗茨鼓风机的进气流量为12.5 m³/min，一般来说供气量越大分离效果越好，分离出的砂粒通过链板刮砂机和砂水分离器去除。

3.3 多段强化脱氮改良型A²O生物池

多段强化脱氮改良型A²O生物池利用厌氧区、缺氧区和好氧区的不同功能，进行生物脱氮除磷，同时去除BOD₅和COD_{Cr}⁶。设计规模为20万m³/d，池体共2座，每座分为2组，每组可以独立运行，

单组设计规模为5万m³/d。当污水进入生物池时，首先经过厌氧区，聚磷菌在厌氧条件下消耗大部分有机物释放磷元素，在缺氧区硝化细菌完成反硝化反应释放氮气达到脱氮的目的，此时由于污水中的较多有机物已在厌氧区消耗，通常需要外加碳源保证有机物的充足从而确保生化反应的正常进行，外加的碳源则是从加药间实现投加。好氧区发生的主要反应是硝化细菌在氧气充足的条件下发生硝化反应，将铵离子转化为硝酸根离子，生成的硝酸根离子除了通过内回流泵回流至缺氧区外，一部分将会直接流入二沉池，这也是出水中铵离子浓度较高的一个直接原因。为了保证污水进入到生物池有足够的反应时间去除污染物，总水力停留时间设置为16.0 h，其中，厌氧区1.2 h、缺氧1区1.8 h、好氧1区2.0 h、缺氧2区2.2 h、好氧2区2.6 h、缺氧3区2.5 h、好氧3区3.7 h。

3.4 沉淀池

本工程中的沉淀池包括双层平流二沉池和磁混凝高效沉淀池。二沉池通过重力沉降作用实现混合液固液分离，确保污水厂出水SS等指标达到排放标准。磁混凝高效沉淀池整体分为混凝池、磁粉投加池、絮凝池、斜管沉淀池4个部分，通过机械搅拌和投加磁介质的方式实现水中絮状物与磁介质的结合，使生成的絮体密度更大，从而达到高速沉降的目的。沉淀通过斜管装置实现，斜管长度1.3 m、间距50 mm，倾斜角度为60°。

3.5 滤布滤池及紫外线消毒池

滤布滤池将二级生化处理的出水进行过滤，去除水中的微小颗粒，进一步降低尾水SS和TP，保证污水处理厂出水SS在8 mg/L以下。滤池尺寸为26.7 m×34.85 m，平均时过滤速度为5.9

m³/(m²·h), 设置直径3 m的滤盘, 8套设备共112个滤盘, 单个滤盘有效过滤面积为12.6 m²。

紫外线消毒池对处理过的尾水进行消毒处理。紫外光灯管于明渠中与水流平行排放, 且排列间距均等, 确保明渠中每一点有均等的紫外光量, 以保持稳定的消毒灭菌效果。紫外线有效剂量为15.8 mJ/cm², 出水粪大肠菌群控制目标为小于1 000个/L。

3.6 加药间

加药间通过投加乙酸钠、PAC、次氯酸钠等化学药剂, 实现外加碳源的投加、化学除磷和消毒的功能。PAC加药间的设计AL:P摩尔比为3:1, PAC的最大投加量为120 mg/L(以Al₂O₃计); 乙酸钠加药间的设计投加浓度为200 mg/L, 最大投加量为40 000 kg/d; 次氯酸钠加药间的平均投加量为3 mg/L。

3.7 污泥处理系统

3.7.1 撇水池

撇水池对系统排出的剩余污泥和化学沉淀污泥进行初步浓缩, 使污泥的含固率提高到0.5%~1%, 减少污泥量, 从而减少后续处理规模。同时提供一定的调节容积, 保证污水和污泥处理协调。出泥含水率98.5%, 水力停留时间2.7 h。

3.7.2 深度脱水车间

污泥处理工艺采用“污泥调理+机械浓缩+板框压滤机+低温干化”工艺。污泥调理是污泥浓缩或机械脱水前的预处理, 目的是改善污泥浓缩和脱水性能, 提高机械脱水设备的处理能力。机械浓缩及调理工艺中的关键设备是叠螺浓缩机, 投加PAC溶液实现污泥的调理, 污泥脱水通过板框压滤机实现。污泥的低温干化通过低温干化机实现, 主要包括升温、脱水、烘干、炭化4个过程, 其核心原理是热量传递和污泥炭化, 热量传递是将热源产生的能量转移到污泥颗粒中, 污泥炭化是将污泥颗粒中的有机质分解并炭化。本工程低温干化后的污泥含水率小于40%。

4 应用效果

该工程自2022年11月开始调试, 至2022年12月完成调试并投入运行, 运行期间出水水质均

优于设计标准, 2023年1—6月的实际进出水水质指标如表2所示。

表2 2023年1—6月实际进、出水水质指标

	mg/L					
	COD _{Cr}	BOD ₅	SS	TN	NH ₃ -N	TP
实际进水水质	188.5	52.6	99.3	43.3	40.20	3.20
实际出水水质	17.1	1.4	0.4	6.4	0.01	0.13

实测出水水质结果表明, 多段强化脱氮改良型A²O工艺处理效果较好, 在TN和NH₃-N的进水浓度均超出设计水平的情况下, 其出水浓度均小于设计标准, TN和NH₃-N平均去除率达到85.2%和99.9%, COD、BOD₅、SS、TP平均去除率分别为91.0%、97.3%、99.5%、95.9%。COD_{Cr}和BOD₅的去除效果均较为良好, 二者出水浓度的差值为水中不可生物降解的有机物浓度, NH₃-N以外的氮素主要以硝态氮和亚硝态氮的形式存在, 这是好氧3区发生的硝化反应产生的部分硝酸根离子和亚硝酸根离子直接流向二沉池导致的。生物脱氮除磷对TP的去除效果有限, TP的出水浓度达标主要得益于化学除磷药剂的投加。

5 结语

本文依托广东某污水处理厂二期工程, 对多段强化脱氮改良A²O工艺的工艺方案设计和工艺水处理单元的组成进行总结, 结合实际运行数据对工艺的水处理效果进行分析。结果表明, 多段强化脱氮改良A²O工艺在处理市政污水时具有良好的效果, 运行期间出水水质各项指标达到设计排放标准, 对类似污水处理厂的建设具有借鉴意义。

参考文献:

- [1] 吴悦颖, 王洪臣, 孙娟, 等. 我国城镇污水处理设施脱氮除磷能力现状分析及对策建议[J]. 给水排水, 2014(S1): 118-122.
- [2] 周国标, 周鹏飞, 雷睿, 等. 传统A²O城市污水处理中存在的工艺问题及其优化控制策略[J]. 水处理技术, 2017(6): 11-17, 23.
- [3] 冯红利, 赵梦月, 丁舒喆. 城市污水厂A²O工艺生物脱氮过程优化控制[J]. 中国给水排水, 2021(6): 102-106.
- [4] 韦政, 杨燕梅, 翁蕊, 等. 高排放标准下我国城镇污水厂A²O工艺升级改造研究进展[J]. 华东师范大学学报(自然科学版), 2021(4): 55-63.
- [5] 周文明, 何钦雅, 黄荣敏, 等. 污水厂扩建及提标多段强化脱氮改良A²O工艺工程实例[J]. 水处理技术, 2019(12): 133-136.
- [6] 戴仲怡, 李瑞成, 王建兴. 多段强化脱氮A²O工艺用于大型半地下式污水处理厂[J]. 中国给水排水, 2017(16): 75-78.