

Example of Upgrading and Reconstruction Project of an Urban Wastewater Treatment Plant in Minjiang River Basin

Aiyue Hou

CAUPD Beijing Planning & Design Consultants Company, Beijing, 100044, China

Abstract

Since January 1, 2017, the effluent quality met Emission Standards for DB51/2311—2016 Water Environment in the Minjiang and Tuojiang River Basins of Sichuan Province, the key control areas of urban wastewater treatment plant wastewater discharge standards for class IV water quality standards, the project is located in Minjiang River Basin in Chengdu City, Sichuan Province, the current phase of the treatment scale is 10000m³/d, with the rapid development of the city, the wastewater treatment plant upgrading and renovation of the imminent, the design adopts the process route of “coarse and fine grating + cyclone sedimentation tank + improved five-stage Bardepho process (A/A/O/A/O) + high-efficiency sedimentation tank + deep-bed denitrification filter + ultraviolet disinfection”, upgrade the effluent standard of 20000m³/d from Class I-A to Class IV water quality standard.

Keywords

Upgrading; Class IV water quality standard; TN; modified five-stage Bardepho process

岷江流域某城市污水处理厂提标改造工程案例

侯爱月

中规院（北京）规划设计有限公司，中国·北京 100044

摘 要

自2017年1月1日，四川省岷江、沱江流域污染物排放执行DB51/2311—2016《岷江、沱江流域水污染排放标准》，重点控制区域城镇污水处理厂废水排放标准为类Ⅳ类水质标准，本项目位于四川省成都市岷江流域，现状一期规模为1万立方米/日，随着城市的快速发展，本项目污水处理厂提标改造迫在眉睫，设计采用“粗细格栅+旋流沉砂池+改良型五段Bardepho工艺（A/A/O/A/O）+高效沉淀池+深床反硝化滤池+紫外消毒”的工艺路线，将2万立方米/日的污水出水标准由一级A提标到类Ⅳ类水质标准。

关键词

提标改造；类Ⅳ类水质标准；TN；改良型五段Bardepho工艺

1 引言

近年来，随着中国城镇化的快速发展，城镇用水量和排水量也在逐年增加，水环境的污染问题日趋严重。对城市污水进行综合治理，最大程度削减污染物排放量，是缓解城市水环境污染的重要措施。本项目位于岷江下游，岷江系长江一级支流，为Ⅲ类水体。大量未达标污水直接排入岷江，使得岷江水系的污染将日趋严重，不但直接影响本地人民群众的生活和工农业生产，而且危害下游地区。治理水污染、保护水环境是建立长江流域生态屏障，促进经济可持续发展的重要举措之一。自2017年1月1日起，四川省颁布执行DB51/2311—2016《岷江、沱江流域水污染排放标准》，岷

江、沱江流域的重点控制区域城镇污水处理厂废水排放标准为类Ⅳ类，出水指标要求相对严格，保障TN等关键指标稳定达标为技术难点。本案例结合现有一期工程的实际运行情况，借鉴目前国内外城市污水处理厂提标改造的设计运行经验，对污水处理厂提标改造工艺方案进行论证介绍。

2 项目现状

本项目位于四川省成都市，为二级污水处理厂，一期工程于2010年10月建成，规模1万m³/d，占地15.0亩，主体工艺采用改良型奥贝尔氧化沟工艺。场内预留有扩建用地，约18亩。一期工程出水标准执行GB18918—2002《城镇污水处理厂污染物排放标准》一级A排放标准。一期工程设计进出水水质如表1所示。

【作者简介】侯爱月（1990—），女，中国河北张家口人，硕士，工程师，从事市政基础设施规划设计、黑臭水体治理、海绵城市等研究。

表 1 城市生活污水处理厂一期工程
进出水水质 (单位: mg/L)

项目	COD _{Cr}	BOD ₅	NH ₃ -N	TN	TP	SS
一期设计 进水水质	320	180	35	45	3.0	250
一期设计 出水标准 (一级A)	≤ 50	≤ 10	≤ 5(8)	≤ 15	≤ 0.5	≤ 10

注: 括号内数值为水温 ≤ 12 度时要求。

城市生活污水处理厂一期工程工艺流程图如图 1 所示。

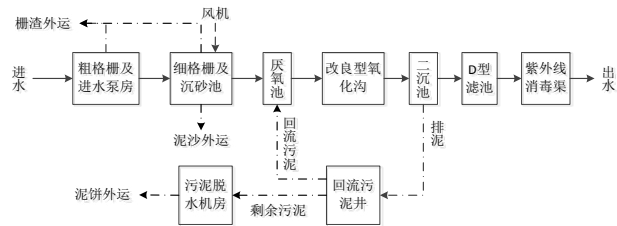


图 1 城市生活污水处理厂一期工程工艺流程图

3 工程规模和处理程度

3.1 工程规模确定

3.1.1 现况运行水量

污水处理厂一期工程 2015—2018 年各月处理量数据详见表 2。

表 2 污水处理厂 2015~2018 年处理水量月平均值
一览表 (单位: 万 m³/d)

日期	2018 年	2017 年	2016 年	2015 年
一月	7501.42	4720.87	5841.90	6004.90
二月	6741.71	4563.18	5324.50	6176.46
三月	6036.65	5117.42	7180.42	5764.97
四月	6943.61	6369.77	8222.27	7201.87
五月		6536.71	7933.10	8001.58
六月		6731.10	8491.67	7007.90
七月		7897.42	8118.74	8093.13
八月		10077.32	8342.74	8020.68
九月		8153.03	8544.43	7535.43
十月		5988.71	7842.00	4393.23
十一月		7063.53	6961.33	6885.23
十二月		7830.16	6320.74	6596.74
平均水量	7032.71	6768.55	7437.39	6808.18

由污水处理厂实际运行数据可以看出, 该水厂现况运行水量满足设计要求, 随着城市的快速发展和该地区远期规划, 用水量和排水量也将逐年增加。

3.1.2 污水水量预测

本工程采用定额法预测污水量, 根据该城市发展现况及 GB50282—2016《城市给水工程规划规范》和 GB50318—2017《城市排水工程规划规范》, 单位人口综合生活用水

定额取值 220L/(人·d), 污水排放系数取值 0.85, 污水管网收集率取值 0.85, 地下水渗入等不可预见水量系数取值 1.1.5。近期: 2020 年服务人口 6.7 万人, 污水水量预测 1.22 万 m³/d。远期: 2030 年服务人口 10.1 万人, 污水水量预测 1.85 万 m³/d。

3.1.3 工程规模确定

结合现况城市发展和远期规划, 预测未来 2 年后, 水厂将满负荷运行, 本工程设计年限为 2030 年, 因此最终确定设计总规模为 2 万 m³/d, 原有一期工程为 1 万 m³/d, 本次扩建工程为 1 万 m³/d。

3.2 设计进水水质

3.2.1 一期工程进水水质

污水处理厂一期工程进水水质如表 3 所示。

表 3 污水处理厂一期工程进水水质

项目	COD _{Cr}	BOD ₅	NH ₃ -N	TN	TP	SS
一期设计进水水质	320	180	40	50	3	250

3.2.2 二期工程设计进水水质

综合一期工程设计及实际进水水质指标, 保证各进水指标设计保障率不低于 90%, 确定本工程改扩建设计进水水质如表 4 所示。

表 4 本工程设计进水水质 (单位: mg/L)

项目	COD _{Cr}	BOD ₅	NH ₃ -N	TN	TP	SS
本项目设计 进水水质	320	180	35	45	3	250
设计保障率	97.43%	—	95.51%	97.01%	94.61%	100%

3.3 设计出水水质

本项目出水执行《四川省岷江、沱江流域水污染物排放标准》(DB51/2311—2016), 未涉及的水质指标参考《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918—2002) 一级 A 排放标准。具体水质指标见表 5。

表 5 本工程设计出水水质 (单位: mg/L)

项目	COD _{Cr}	BOD ₅	NH ₃ -N	TN	TP	SS
本项目设计 水质	≤ 30	≤ 6	≤ 1.5(3)	≤ 10	≤ 0.3	≤ 10
设计标准	四川省岷江、沱江流域水污染物排放标准					一级 A

注: 括号内为水温 ≤ 12℃时的控制指标。

3.4 污泥产量论证

根据污水处理厂一期工程 2015 年 1 月至 2018 年 5 月监测实际的污泥产量统计数据表明, 日产生绝干污泥量约为 0.14~0.4t; 本次改扩建工程建设投产后, 一期工程运行水量将达到 1 万 t/d, 分析计算届时绝干污泥日产量将达到 400kg/t 左右。

改扩建工程总规模为 2.0 万 t/d, 新增生化单元处理水量 1.0 万 t/d, 高效沉淀池处理水量 2.0 万 t/d。根据 GB50014—2006《室外排水设计规范》(2016 版) 污泥产量计算方

法,新增生化单元和高效沉淀单元日产生绝干污泥量约为1280kg/t。

本工程结合现有实际运行产泥量和理论计算产泥量,预测本改扩建工程日均绝干污泥总产量为1680kg/d,考虑到污水处理量及进水水质的变化,确定本项目污泥处置规模为日均绝干泥量2t/d,含水率为80%时,湿泥量约为10t/d。

4 工艺方案论证

4.1 预处理工艺

预处理段工艺通常包括粗/细格栅、提升泵房和沉砂池,这是污水处理厂必备的工段。通常,同样的预处理构筑物和设备选择可以满足不同类型的生物处理工艺的预处理要求。

本项目现有一期工程预处理段土建规模按远期2万t/d建设,处理单元包括粗格栅、提升泵房、细格栅、旋流沉砂池。因此本次改扩建工程沿用现有预处理工艺。

4.2 二级处理工艺

本项目出水指标要求相对严格,其中TN达标是技术难点。二级处理工艺选择时应采用具有高效脱氮除磷功能的相关工艺。根据本工程的特点,选择适用于本工程的部分高效脱氮除磷工艺比选如表6所示。

表6 二级处理工艺方案比选

	方案一: 氧化沟工艺	方案二: A ² /O 工艺	方案三: 改良型五段 Bardepho 工艺(A/A/O/A/O)
工艺特点	技术成熟,运行简单,占地大	鼓风曝气,具有除磷脱氮活性污泥法	多段A/O、多点进水,高效脱氮除磷
处理效果	稳定达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》一级A排放标准,碳源投加量较多	稳定达到《岷江、沱江流域水污染物排放标准》,碳源投加量较多	稳定达到《岷江、沱江流域水污染物排放标准》,碳源投加量较少
维护管理	简单	方便	较复杂
适应季候变化	抗冲击负荷能力弱	抗冲击负荷能力强	抗冲击负荷能力强
用地	较大	一般	一般
费用	投资高、运行费用高	投资低、运行费用高	投资低、运行费用较低

各方案评价如下:

①从经济角度评价:方案一(氧化沟工艺)占地面积最大,工程投资和运行费用比方案二和方案三略高,方案三(A/A/O/A/O工艺)较方案一和方案二运行成本最低。

②从工程建设和运行管理角度评价:方案一(氧化沟工艺)和方案二(A²/O工艺)在国内具有许多工程实例,工程建设和运行管理经验丰富,方案三(A/A/O/A/O工艺)是近些年提标改造工程较常用的工艺,一些工程案例成功验证了多级AO对总氮的去除、减少碳源投放的可靠性。

③从对环境影响角度评价:污水处理厂本身是一个环境保护项目,但污水处理厂的运行对本地区环境也会产生一定的影响,主要是污水处理过程中产生的气味、污泥。方案二(A²/O工艺)和方案三(A/A/O/A/O工艺)对污水进水的变化适应性强,出水水质稳定。虽然方案二和方案三在污水处理过程中产生的气味对周围环境有一定影响,可采用除臭设施减少气味对周围环境的影响。因此,综合考虑本厂污水处理过程中产生的气味、污泥及出水对环境影响,方案二和方案三工艺运行对环境影响较小。

综合上述比较,改良型五段 Bardepho 工艺(A/A/O/A/O)具有污泥浓度高、碳源利用充分、抗冲击负荷能力强、运行成本低等优点,能够在保障TN关键指标达标的基础上,通过合理设计和运行控制水厂运行成本,因此本次改扩建工程二级生物处理工艺选用改良型五段 Bardepho 工艺(A/A/O/A/O)^[1]。

4.3 深度处理工艺

本工程出水指标要求较高,TN、TP等主要指标要达到四川省DB51/2311—2016《岷江、沱江流域水污染物排放标准》类Ⅳ类水质标准,SS达到一级A排放标准,出水SS指标和TN指标要求稳定达到10mg/L以下,在二级处理比较完善和运行良好的情况下,后续仍需要对SS、TN等主要指标进行深度处理。

SS的去除主要通过混凝、沉淀、过滤等工艺单元实现,其中沉淀单元可以应对悬浮物较高的情况,但出水SS指标难以稳定达到10mg/L以下。过滤单元出水指标一般较好,但当进水SS偏高时,容易出现频繁堵塞的情况。当生化处理单元出水SS指标不稳定时,经常采用“混凝沉淀+过滤”组合的工艺路线。

近年来,对原有传统混合沉淀工艺进一步改进优化,开发成功新型高效沉淀池,并且在实际工程中逐步得到推广应用,并取得了良好的效果。这种工艺通过污泥回流增加絮体的沉降速度以及污泥中的生物絮体的絮凝吸附作用,能够较大程度的提高污染物的去除率,并减少絮凝剂的投加量,同时把混合/絮凝/沉淀进行重新组合,混合、絮凝采用机械方式搅拌方式,沉淀采用斜管装置,与普通平流式沉淀池相比,可大幅度提高水力负荷^[2]。

反硝化滤池是集生物脱氮及过滤功能合二为一的处理单元,采用特殊规格及形状的石英砂作为反硝化生物的挂膜介质,同时深床又是硝酸盐氮(NO₃-N)及悬浮物极好的去除构筑物。2~4mm介质的比表面积较大,1.83m深介质的滤床足以避免窜流或穿透现象,即使前段处理工艺发生污泥膨胀或异常情况也可减少滤床水力穿透现象发生。介质有较好的悬浮物截留功效,在反冲洗周期区间,每平方米过滤面积能保证截留≥7.3kg的固体悬浮物。固体物负荷高的特性大大延长了滤池过滤周期,减少了反冲洗次数,并能轻松应对峰值流量或处理厂污泥膨胀等异常情况^[3]。

因此本项目深度处理工艺选择具有同步去除 SS、TN 和 TP 的深床反硝化滤池工艺, 为保证各处理单元的良好运行, 最终选择“高效沉淀池+深床反硝化滤池”的深度处理工艺。

4.4 消毒处理工艺

各种消毒工艺各有其特点, 各有其适用的条件和场合, 结合本工程特点, 现有一期工程消毒工艺选用紫外消毒, 土建规模按远期 2 万 t/d 建设, 因此本次改扩建工程沿用现有一级紫外消毒处理工艺。

4.5 污泥处理处置工艺

就本项目而言, 在污水处理中, 污泥已趋于好氧稳定。同时国内许多已建成的污水处理厂采用生物脱氮除磷工艺, 产生的污泥直接浓缩脱水, 运行稳定, 已证明得到好氧稳定

的污泥直接浓缩脱水是可行的。同时考虑到污水处理厂一期工程采用带式浓缩压滤一体机, 因此推荐本期设计仍采用带式浓缩压滤一体机。脱水后的污泥含水率达 80% 以下。根据相关部门要求, 本污水处理厂的污泥将由政府统一进行无害化处理, 因此在厂区内暂不考虑污泥处置, 最终处置由政府统筹考虑。

4.6 工艺路线总结

本项目污水处理采用“预处理+改良型五段 Bardepho 工艺 (A/A/O/A/O)+高效沉淀池+深床反硝化滤池+紫外消毒”的工艺路线; 污泥处理采用带式浓缩压滤机至含水率 80% 以下, 污泥处置由政府统一进行无害化处理。处理工艺流程见图 2。

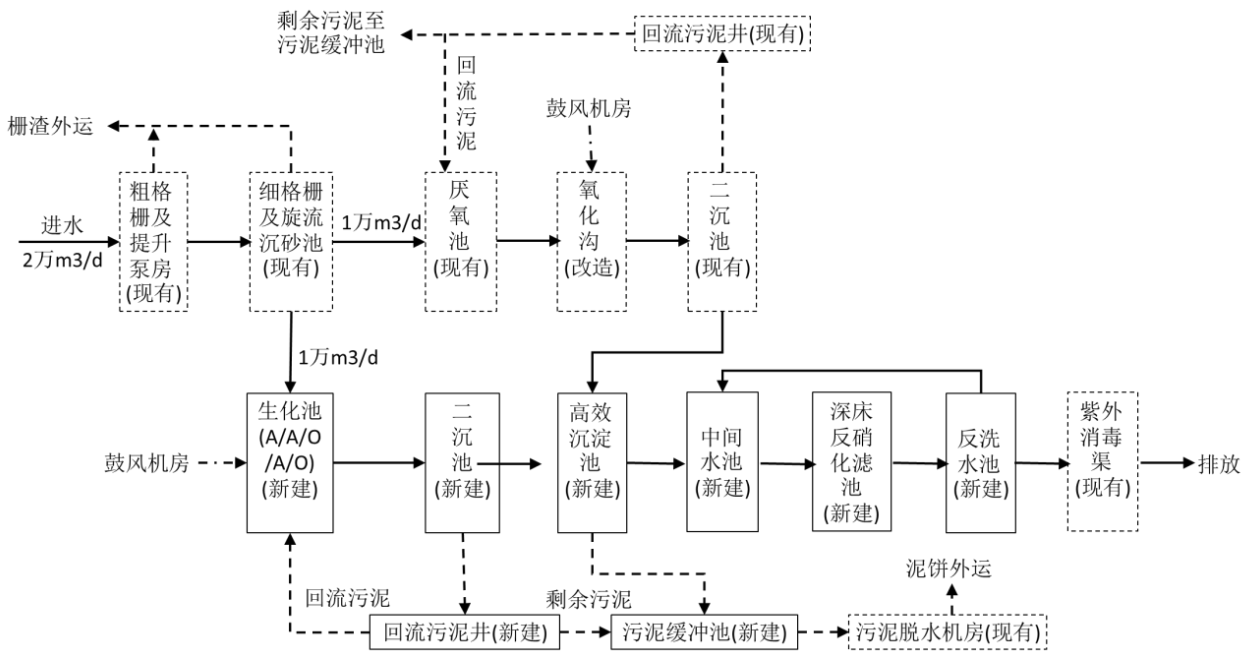


图 2 工艺流程图

5 结语

城市生活污水处理厂出水标准由一级 A 提标到类 IV 类水质标准, 其中 TN 达标是技术难点, 改良型五段 Bardepho 工艺 (A/A/O/A/O) 具有污泥浓度高、碳源利用充分、抗冲击负荷能力强、运行成本低等优点, 能够保障 TN 关键指标达标, 且通过合理设计和运行能够有效控制水厂运行成本。

反硝化滤池是集生物脱氮及过滤功能合二为一的处理单元, 能够同步去除 SS、TN 和 TP, 适用于污水处理厂类

IV 类提标改造的深度处理。

参考文献

- [1] 朱强, 常学佳, 朱超凡, 等. 五段 Bardenpho 及高密臭氧组合工艺在综合性污水处理厂提标改造的设计应用[J]. 水处理技术, 2022, 48(11): 135-156.
- [2] 包鹏, 庞洪涛, 曹效鑫, 等. 高效沉淀池在市政污水深度处理中的应用研究进展[J]. 中国给水排水, 2023, 39(22): 13-20.
- [3] 刘发辉. 反硝化滤池在污水处理厂提标改造工程中的设计探讨[J]. 中国市政工程, 2020, 4(211): 47-50.