

# 吴忠市第一污水处理厂提标改造工程施工管理案例分析

王仁德<sup>1</sup> 陈志丽<sup>2</sup>

1. 宁夏环保集团有限责任公司; 2. 吴忠市聚创大数据运营有限责任公司

**摘要:**以宁夏回族自治区吴忠市第一污水处理厂提标改造工程为案例,探讨和总结城镇污水处理厂提标改造工程施工管理关键控制要点,对同类工程施工管理提出意见建议。

**关键词:**污水处理; 施工管理; MBBR工艺

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.14.114

“十三五”期间,国务院《水污染防治行动计划》发布实施,提出了到2020年黄河等七大重点流域水质优良(达到或优于Ⅲ类)比例总体达到70%以上的主要指标,以及敏感区域城镇污水处理设施应于2017年底前全面达到一级A排放标准的具体要求。宁夏回族自治区积极响应,提出沿黄城市带污水处理厂出水水质全部达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)一级A标准的总体目标。

吴忠市第一污水处理厂工程于2002年建设完成并投产,设计处理规模6万m<sup>3</sup>/d,原污水处理工艺采用前置选择(厌氧)池的卡鲁塞尔2000氧化沟工艺,设计出水水质为《污水综合排放标准》(GB8978-1996)二级排放标准。提标改造工程设计处理规模保持6万m<sup>3</sup>/d不变,生化处理段采用流动床生物膜(MBBR)工艺,设计出水水质提高至《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)一级A标准。

## 一、主要工艺简述

生化处理段的工艺选择是污水处理厂提标改造的核心要素,也是提标改造工程施工管理的控制要点。吴忠市第一污水处理厂提标改造工程生化处理段采用的流动床生物膜(MBBR)工艺,是我国国内污水处理厂提标改造常见的重要工艺之一,其在国内的首次成功应用可以追溯至2008年无锡芦村污水处理厂提标升级<sup>[1]</sup>。该工艺在沈阳市沈水湾污水处理厂、青岛市李村河污水处理厂、团岛污水处理厂升级改造中均得到了实际应用,并取得了良好的提标改造效果<sup>[2-3]</sup>。

MBBR工艺是以传统活性污泥法为基础的改良型工艺,其核心是通过向生化池不同功能区内投加悬浮载体(生物填料)以提高微生物富集程度,达到去除污染物的目的。采用MBBR工艺对污水处理厂进行提标改造,具有节约用地、处理高效、工艺稳定、抗冲击能力强、提升处理负荷和处理能力等特点<sup>[4]</sup>。

## 二、案例分析

### (一) 工程介绍

#### 1. 核心工艺部分

采用MBBR工艺对污水处理厂的生化段系统进行改造是本次提标改造工程的核心内容。吴忠市第一污水处理厂生化段采用三组并行的卡鲁塞尔2000氧化沟系统,每组氧化沟独立运行。提标改造设计将氧化沟整体结构进行改造,以调整好氧区、缺氧区比例,并向各功能区内投加MBBR工艺专用改性生物填料;将原有表面曝气方式改为水池底部曝气;新增和更换部分在线监测仪表、水下推流器等设备;新增氧化沟顶部钢结构走道板和设备平台。

#### 2. 新建单体部分

根据工艺改造需要,提标改造工程配套新建鼓风机房,主要设备为空气悬浮风机,用于氧化沟曝气;新建深度处理车间,采用滤布滤池工艺截留水中的悬浮杂质,进一步降低出水悬浮物指标;新建加药间,主要设备为甲醇储罐和加药泵,用于向氧化沟投加甲醇补充碳源。

#### 3. 其他改造工程

主要包括更换粗格栅间配套回转式格栅并配套螺旋输送机、栅渣压实机;更换旋流沉砂池渣浆泵;更换终沉池出水三角堰板等内容;更换和增加COD在线监测设备等分析仪表;对污水处理厂原有电气系统、自控系统、监控系统、照明系统、管网系统进行改造和修复等。

### (二) 施工管理

吴忠市第一污水处理厂提标改造工程整体上以PPP模式(政府和社会资本合作模式)实施。项目初期,政府方通过公开招标选定PPP项目社会资本方,由政府方出资代表与项目中标社会资本方共同出资成立项目公司,该项目公司作为建设单位以ROT(改造-运营-移交)方式对污水处理厂实施提标改造工程、负责改造后的污水处理厂运营,并在同政府方合作期(30年)结束后将污水处理厂无偿移交至政府方。项目社会资本方选定后,政府方通过公开招标选定了工程设计、勘察单位。同时,由于中标社会资本方自身具备相关工程设计和施工资质并满足《中华人民共和国招标投标法实施条例》相关规定,因此本工程通过直接发包的形式由中标社会资本方作为工程施工单位,采用采购-施工总承包(P-C)方式负责工程设备采购、工程施工、调试试运行。其中,项目中标社会资本方既参与了建设单位的组建,又作为施工单位负责工程具体实施,还要主导合作期内的生产运营,因此本项目实质上将建设单位、施工单位、运营单位三重身份合一,但在不同利益主体间

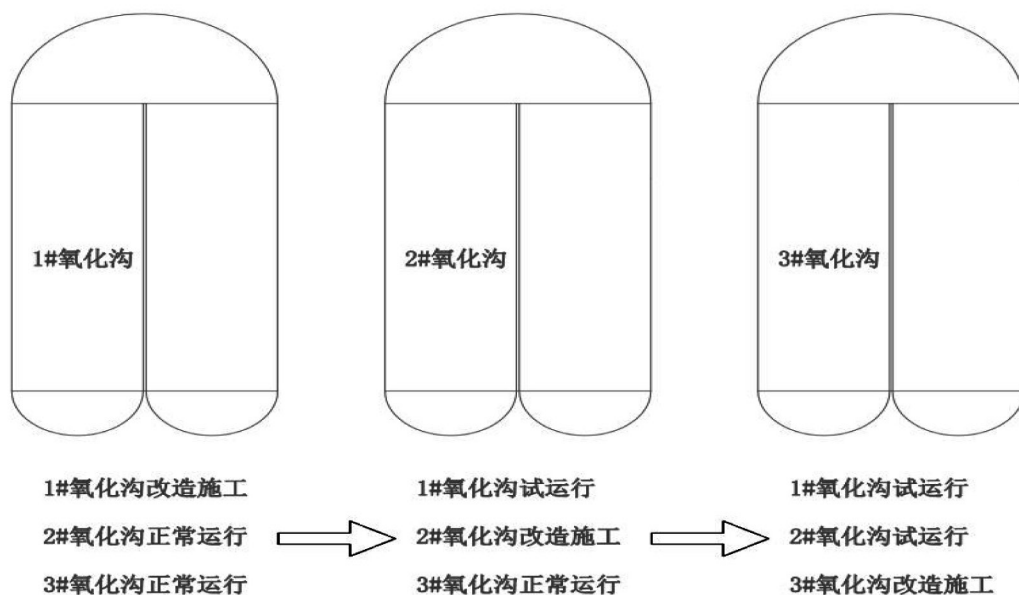
形成了相互掣肘的关联关系。

### 1. 施工准备阶段

(1) 原始资料收集和现场情况复勘。吴忠市第一污水处理厂建成于2002年,距离提标改造工程实施已经过去约15年,工程竣工图等重要原始资料不全,且在此期间污水处理厂经历了多次维修改造,收集到的原始资料与现场实际情况存在较大偏差。在已批复初步设计方案的基础上,各单位根据现场实际情况对污水处理厂各构筑物及设备、管线等进行了详细复勘,对原有初步设计方案进行优化论证,调整了重要工艺设备选型、优化了总图管线和单体布置,在PLC自控系统、厂区照明和监控系统等方面进行了大量补充设计。

(2) 明确生化段工程改造实施思路。污水处理厂不停产施工存在诸多技术难题,除了现状情况与竣工图纸不符之外,新工艺与原有工艺衔接、需要进行结构性改造的污水处理构筑物原有污水、污泥放空等问题也是影响工程实施的重要障碍<sup>[5]</sup>。本工程施工准备阶段,时间为9月下旬,吴忠市第一污水处理厂日处理水量约

4.0万m<sup>3</sup>/d,原有三组卡鲁塞尔2000氧化沟系统以两用一备、定期调整的方式运行。计划于10月至11月开展主要工程施工,结合污水处理厂历史运行数据和实际情况分析,临近冬季居民用水量和施工降水情况逐渐减少,预计污水处理厂生产负荷将稳定维持在4.0万m<sup>3</sup>/d以下,经各单位论证,两组氧化沟系统完全能够满足污水处理厂正常生产运行,剩余一组氧化沟可停止运行进行改造,此为改造工程施工创造了有利的条件,各参建单位据此明确了“改造一组、调试一组、移交一组”的生化段工程改造实施思路。在此施工条件下,不用考虑污水处理厂在提标改造工程实施过程中的停产问题,同时可通过将拟停产改造的氧化沟内原有污水及污泥导排至正在运行的系统中,避免了小规模、单系统污水处理厂在改造过程中可能发生的停产协调难、污水和污泥放空难、施工工期紧张等不利因素。三组氧化沟系统依次改造施工、调试运行,还能以已完工系统为参考,总结工程施工和调试过程中的问题和经验,为后续系统改造提供优化建议。



(3) 做好施工组织设计和专项方案的编制审查工作。污水处理厂生产运营人员全面、深度参与本工程施工组织设计和专项方案编制审查过程,为工程前期准备工作顺利开展打下了坚实的基础。各参建单位充分讨论并发表意见,在明确生化段工程改造实施思路后,又明确了本工程实施的关键控制点,据此要求施工单位专门编制了生化段不停产改造施工、工艺管线连通等专项方案,并要求施工单位结合现场管线走向不清晰的实际情况,重点关注土方开挖、地理管线施工等涉及动土作业的专项方案编制。

### 2. 工程施工阶段

(1) 合理推进工程进度。吴忠市第一污水处理厂提标改造工程计划工期为1年,自2016年9月至2017年9月。根据施工所在地住建部门往年的建设管理要求,预计当年11月15日至次年3月15日为停工期,因此有效施工工期只有约8个月,工期紧、任务重,进度控制至关重要。在此情形下,施工单位合理安排和推进工程进度,土建施工方面优先推进新建单体和单个氧化沟结构性改造,安装施工方面同步开展原有构筑物内设备、管线施工,各工种作业面有序交叉、互不干扰,有效保障了工程进度。至当年11月土建停工时,新建单体主体施工完成、单个氧化沟结构性改造完成,为安装工程冬

季施工创造了有利的抢工期条件。

(2) 严格执行作业票管理制度。工程施工阶段,为保证污水处理厂正常生产运行不受影响,建设单位组织运营人员、监理单位共同编制了适用于工程施工期间的作业票管理制度,针对动火、土方开挖、有限空间作业、吊装等具有较大危险性和容易影响污水处理厂正常运行的施工作业工序进行重点管理,要求每一上述关键工序施工前由施工单位办理作业票,监理单位、建设单位当值运营人员共同审核签批,并现场见证施工。尽管各单位对可能存在的问题做了充分预判和准备,在地理管线施工土方开挖过程中,仍然出现了多次因原有竣工资料同实际管线走向不一致、运营人员无法确定开挖地点管线布置导致开挖作业造成管线破损、断裂的情况。施工单位严格按照专项方案要求准备抢修物资,并对破损和断裂的管线进行了及时修复,未对污水处理厂正常生产造成重大影响。

(3) 设备、材料质量控制。由于本工程采用PPP模式实施,中标社会资本方既参与组建建设单位、又是工程施工单位、还负责工程竣工后的长期运营管理并以此获得长期投资回报,使得本工程重要设备、材料采购和工程施工质量得到了极大的保障。施工单位设备、材料采购过程中同设计单位充分沟通,并听取建设单位及运营管理人员的意见进行补充优化,为每个重要标段的设备、材料采购编制了详细的技术协议,经建设单位、设计单位、施工单位三方签字确认后再进行招标采购。在采购合同签订阶段就明确了对设备基础、安装条件、技术参数、调试运行规程等具体要求,为工程施工过程中孔洞和预埋件的预留、管线隐蔽工程的实施、设备基础同建构筑物主体同时施工、单机调试和联动调试等重要工序创造了有利条件,大大降低了土建施工和安装施工的工序衔接困难。到货验收阶段,在监理单位的组织下,各单位依据技术协议和相关标准规范进行现场验收,严格核对合格证书及质量保证资料,确保进场设备、材料符合要求。

### 3. 调试试运行阶段

(1) 采用原厂污泥进行调试试运行。生化处理段污泥培养和驯化是影响污水处理厂提标改造成败的关键因素,新建污水处理厂通常通过接种周边同类正常运行污水处理厂的污泥进行调试。本工程采用“改造一组、调试一组、移交一组”的生化段工程提标改造思路,在一组氧化沟改造完工后,将另一待组改造氧化沟内的污水及污泥通过管道输送至已改造完成的氧化沟内,在清空待改造氧化沟为其创造施工条件的同时,无需向外部单位购买、拉运污泥,节省了调试费用。此外,采用原厂污泥进行调试,几乎不用过多考虑污泥培养和驯化问题,在一定程度上缩短了调试时间、提高了调试效率。

(2) 运营人员提前介入新工艺新系统。污水处理

厂运营管理人员全程参与工程建设,并在试运行过程中提前介入、发挥作用,从生产运行角度提出工程改进建议,协助施工单位试运行工作顺利开展,推动了调试试运行进程,为后续竣工验收和工程整体交接奠定了基础。

### (三) 典型问题及解决方案

拦截网堵塞是MBBR工艺改造过程中的典型问题<sup>[6]</sup>。本工程第一组氧化沟调试试运行期间,由于污水处理厂进水中含有大量毛发等纤维类物质,导致原本用于阻拦生物填料的拦截网堵塞、生物填料堆积,拦截网两边液面液位差逐渐增加,最终发生了污水溢流事故,大量生物填料随溢流污水泄漏。受到该事故影响,第一组氧化沟调试被迫中止,其他氧化沟改造施工进度也随之受到影响。经各方论证,施工单位在细格栅前端过水方槽断面安装了可拆卸不锈钢网片,通过定期清理对纤维类物质起到了前端拦截作用;在紧靠拦截网底部加装穿孔曝气管,通过曝气使生物填料在堆积攀爬过程中对拦截网产生摩擦清理效果,有效防止纤维类物质附着。通过上述措施双管齐下,彻底解决了填料堆积和拦截网堵塞问题。

### 三、结论

(1) 本工程整体采用PPP模式实施,工程施工推行采购-施工总承包(P-C)方式,施工准备充分、过程管理严格,各参建单位配合度高,成功完成了提标改造工程任务。

(2) 本工程实施过程中较好的预判和解决了污水处理厂提标改造常见的工期紧张、不停产改造、管线情况复杂等问题,对卡鲁塞尔2000氧化沟系统采用MBBR工艺改造时的调试运行管理尤其是拦截网堵塞的问题提出了解决方案。

### 参考文献

- [1] 常尧枫, 谢嘉玮, 谢军祥, 郭萌蕾, 陆辉, 江磊, 陈重军. 城镇污水处理厂提标改造技术研究进展[J]. 中国给水排水, 2022, 38(06): 20-28.
- [2] 吴琼, 郭庆辉, 张宏伟, 王雄, 蒋奇, 谭伟. A~2/O-MBBR工艺用于沈水湾污水处理厂提标改造[J]. 中国给水排水, 2020, 36(24): 99-103.
- [3] 李艳, 崔娇娇, 王仁德, 霍学军. MBBR工艺在吴忠市第三污水处理厂扩建工程中的应用及运行效果[J]. 环境工程学报, 2021, 15(10): 3437-3442.
- [4] 周家中, 韩文杰, 吴迪, 张晶晶, 宋美芹, 薛磊. MBBR工艺应用于市政污水处理的系列解决方案探讨[J/OL]. 中国给水排水: 1-14[2022-12-03].
- [5] 夏煦. 污水处理厂不停产提标改造工程技术难点及管理[J]. 居舍, 2019(07): 124.
- [6] 庄建成. 卡鲁塞尔氧化沟工艺改为MBBR工艺提标增效的应用[J]. 科学技术创新, 2021(32): 143-145.