

某水厂扩建工程调试方案的制定与实施

陆纳新 袁 君

(无锡市自来水有限公司, 无锡 214031)

摘要 无锡某水厂扩建工程包括取水工程和净水厂两部分。取水泵站增设 1 根 DN 1 800 浑水管; 净水厂为新建, 工艺含预处理、常规处理、深度处理和尾水处理, 其中, 预处理总规模为 60 万 m³/d, 包含了一期 30 万 m³/d, 其余部分扩建规模为 30 万 m³/d。根据其工艺特性, 结合扩建工程建设及一期水厂生产运行情况, 统筹考虑单机单体调试、局部系统调试和联动调试需求, 制定了分阶段调试方案。该方案将整个扩建工程的调试分为预处理、尾水处理和常规—深度处理三个部分, 逐步进行, 相继投运。在实施中没有对工程进度造成影响, 保证了现有生产安全, 期间处理并解决了调试过程中暴露出的几个问题, 最终实现扩建工程的整体投产和与现有生产系统较好的衔接。

关键词 净水厂 调试 扩建工程 预臭氧—生物接触氧化 臭氧—生物活性炭

DOI:10.13789/j.cnki.wwe1964.2015.0507

1 背景

无锡某水厂始建于 2003 年, 采用常规处理工艺。处理规模为 30 万 m³/d, 其中取水泵房土建规模 80 万 m³/d, 取水泵房至沉淀池间安装 DN 1 600 浑水管 1 根, 总长度约为 3.7 km; 2008 年建设了尾水处理工程, 以减少水厂生产过程中污染物的排放, 改善周边水体生态环境; 2010 年在常规处理后增加了 30 万 m³/d 臭氧—生物活性炭深度处理工艺, 整体改善提高了出厂水水质(以上部分在文中也称“一期”)。

为满足正常及应急状态下的供水需求, 2011 年年底, 该水厂又进行了扩建(文中也称其为“二期”), 包括取水工程和净水厂两部分内容。取水泵站建在太湖中, 本次扩建更换设备, 增设 1 根 DN 1 800 浑水管; 净水厂为新建, 处理工艺含预处理、常规处理、深度处理和尾水处理, 其中, 预处理总规模为 60 万 m³/d, 包含了一期 30 万 m³/d, 其余部分扩建规模为 30 万 m³/d。

2 工艺概况

2.1 工艺流程

在该水厂原水工艺试验研究基础上, 结合类似水源水厂运行经验, 水厂扩建工程采用预臭氧—生物预处理—混凝—沉淀—砂滤—臭氧—生物活性炭—消毒等处理工艺; 沉淀池排泥水、滤池反冲洗水和深度处理废水收集后, 进行浓缩—平衡—脱水处理。

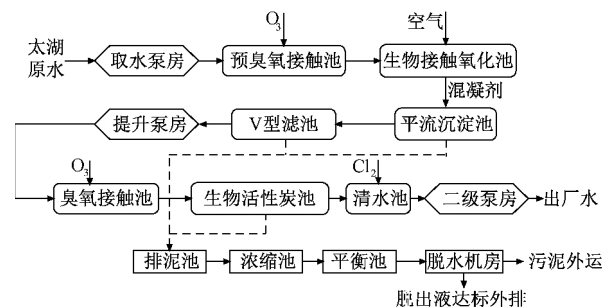


图 1 水厂扩建工程工艺流程示意

其工艺流程示意图 1。

2.2 主要工艺设计参数

预处理采用预臭氧—生物接触氧化工艺。设预臭氧接触池 2 座, 臭氧采用水射器投加, 设计停留时间为 5 min。悬浮填料生物接触氧化池 4 座, 采用鸭嘴式曝气头布气, 设计停留时间 50 min, 气水比为 1:1~1:1.3, 暂不填充填料, 不设排泥管。

常规处理选用机械混合—机械絮凝—平流沉淀池—V 型滤池, 平流沉淀池与清水池合建, 统称“沉清池”。混合絮凝时间共 19 min, 水平流速 18.7 mm/s, 停留时间 111 min, 出水槽负荷为 300 m³/(m·d)。V 型滤池设计滤速 7 m/h, 采用气水反冲加表面扫洗方式。

深度处理采用臭氧—生物活性炭工艺。臭氧接触池总接触时间 15 min, 分 3 阶段曝气, 各阶段接触时间依进水方向约为 4.0 min、5.5 min 和 5.5 min。

活性炭翻板吸附池空床滤速 9.8 m/h,反冲洗时气冲和水冲轮流进行。

尾水处理包括排泥池、浓缩池、平衡池和脱水车间。浓缩后污泥依靠重力流至污泥平衡池,上清液达标排放或回流到沉淀池前再回用,干污泥进行外运、资源化等处理处置。

3 工程调试方案

3.1 调试目的

检验扩建工程各组成系统是否符合设计要求,整个系统的工艺性能能否满足生产需求,及时发现并解决问题,确保主体构筑物及其辅助建筑物以及鼓风机、臭氧发生器等设备、管道在设计负荷状态下能够正常运行,为整个扩建工程顺利投入生产运行做好充分准备。

3.2 前提条件

- (1)调试前,主体构筑物土建已交工验收合格,其结构性能已达到设计要求。
- (2)新建的管线(生产、雨水及排水系统等)按规定程序验收合格。
- (3)相应的电气设备、仪表等已经安装到位,各技术指标符合安装质量要求,其机械与电器性能已得到初步检验,等待进行机械设备的带负荷试验。
- (4)调试内容相关的技术资料已完善。
- (5)参与调试人员经过相应培训及安全教育工作,提高岗位人员自我保护意识,避免误操作。
- (6)各车间规章制度和操作规程已制定完成和颁布。
- (7)充分考虑调试中的各类突发状况,组建应急队伍。

3.3 方案设计

根据工程建设的计划安排,2012年5月底完成预处理工程,8月完成尾水处理工程,主体工艺工程在2012年底完成,在此基础上结合生产实际,将整个扩建工程的调试分为预处理、尾水处理和常规一深度处理三个部分,逐步进行,其中每一部分的调试分为单机调试、局部系统调试和联动调试三大块,参见图2。

单机调试主要是各单体构筑物的充水调试,鼓风机、臭氧发生器等设备的单机调试,以及电磁流量计、气体流量计等仪表的调试。局部系统调试的内容主要有鼓风曝气系统以及臭氧、混凝剂、消毒剂等

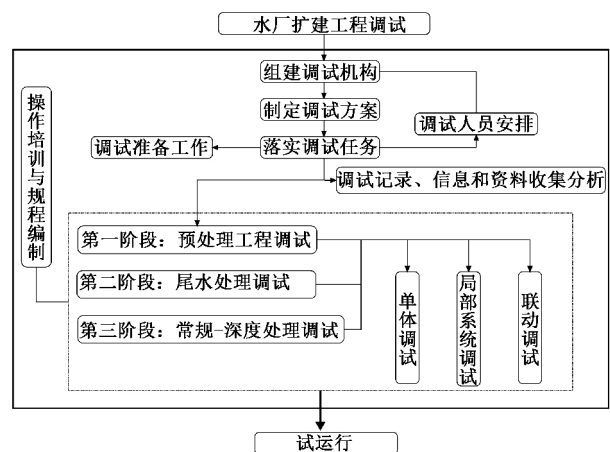


图2 某水厂扩建工程调试总体安排

药剂投加系统的调试。联动调试主要按工艺流程和设定的流量进行各工艺单体和设备的联动,并与原有系统有机衔接。

在原水水质、处理工艺以及混凝剂等条件一定的情况下,改善絮凝的水力条件,包括混凝剂与水的混合条件、絮凝条件可降低混凝剂用量^[1]。因此,本次水厂扩建工程中采用了机械混合的方式,并在设计中考虑将一期混合方式由管道混合改为机械混合。为保证现有生产,改造在二期投产后进行,为此,在一期沉淀池前保留原有的管道静态混合器和一系列加药系统前提下,第一阶段预处理工程调试中预处理与一期常规处理的衔接是调试的重点。

新建尾水处理系统的调试工作放在第二阶段,利用一期生产废水进行调试。

最后进行常规一深度处理的调试工作,进行重要管道、构筑物的冲洗,按照工艺流程依次进行主体构筑物的调试,在前一构筑物出水达到要求后再进入下一工艺构筑物,否则,进行排放。其中沉淀池排泥水以及砂滤池、炭池冲洗水直接进入尾水处理系统,如整个工艺出水未达要求,进行排放,确保不合格水不进入管网。

3.4 重点措施

根据整体方案的部署,需主要配合实施好以下几个措施。

3.4.1 预处理与常规处理(一期)的衔接

在第一阶段,即预处理工程部分调试中,预处理工程与现有(一期)常规处理工程的连接考虑比较了

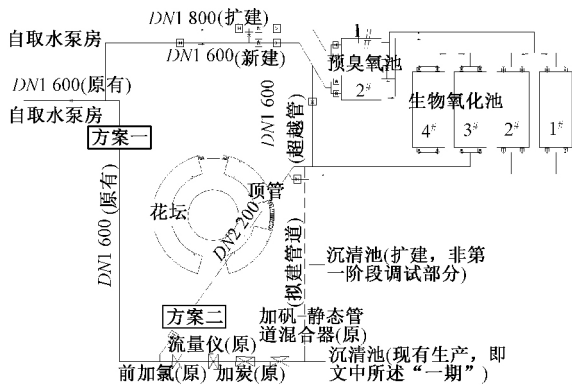


图3 预处理工程与现有常规处理工程的连接示意

以下两种方案,见图3。

第一种方案,原水从新建 DN 1 800 浑水管进入预臭氧接触池、生物接触氧化池,通过阀门状态控制,再利用本次扩建中已完成的 DN 1 600 超越管(超越预处理)、新建 DN 1 600 管道和原有的 1 根 DN 1 600 浑水管道一部分,进入现有沉淀池。

第二种方案,生物接触氧化池出水后采用 1 根顶管与现有沉淀池连接。

方案一与方案二比较,方案二中顶管与现有沉淀池前管道的连接需水厂停产 30 h 左右,而方案一不会对水厂正常生产造成影响。但考虑生物接触氧化池与沉淀池两构筑物间的高差一定,现有管道静态混合器的水头损失较大(流量为 11 000 m³/h,水头损失为 0.9 m),方案一中两构筑物间的水头损失较大,高峰供水时,预处理工程进入沉淀池的水量至少需保证在 10 000 m³/h,该方案无法保障;经仔细计算与充分讨论,采用方案二,顶管直径选 DN 2 200。

3.4.2 新建砂滤池和炭池反冲洗水的来源及排放

为确保不发生水质污染等情况,在联动调试前,要求砂滤池和炭池的反冲洗排放水浊度在 1 NTU 以下,因此,砂滤池和炭池的冲洗工作是很重要的一个部分。

砂滤池反冲洗过程中水冲和气冲分别采用反冲洗水泵和鼓风机,如按照砂滤池设计的反冲洗流程,单格砂滤池冲洗耗水 180 m³/次,砂滤池管廊清水总渠可以存 320 m³ 水量。炭池的水反冲洗采用高位水箱,气冲过程气量由鼓风机提供,按照炭池设计的反冲洗流程,单格炭池冲洗耗水约 320 m³/次,炭

池高位水箱可以存 480 m³ 水量。

砂滤池和炭池的冲洗时间长短取决于冲洗次数及冲洗间隔。冲洗次数将根据冲洗效果决定。而冲洗间隔主要取决于冲洗水的补充,即对砂滤池,取决于砂滤池渠道内水补充时间;对炭池,取决于对水箱内水的上水速度。为此,考虑两种补充反冲洗水源的方案。

第一种方案,完全采用自用水,即从厂内自用水接管分别至砂滤池渠道和炭池高位水箱。

第二种方案,采用自用水和清水池补水相结合的方式。根据相应构筑物与管道的标高,如炭池清水总渠可与 1 座清水池相连,冲洗前,清水池放至高液位可基本满足炭池一天的冲洗工作,这一过程采用炭池的 2 台水箱补充泵进行。砂滤池继续用自用水进行冲洗。

考虑到工地现状,砂滤池附近有 DN 200 自用水管,还有一根 DN 300 临时自用水管(三通一平用),压力为 0.3 MPa。据水力计算,如从 DN 300 管引一根 DN 200 至炭池水箱,从 DN 200 管引一根 DN 150 管至砂滤池管廊,采用自用水补充水量的方式可以完全满足砂滤池和炭池连续冲洗的需求,所产生的水压波动也不会影响现有生产对自用水的压力要求,即方案一可行;而方案二中,清水库需提前冲洗干净。考虑清水库冲洗的工作量以及联动调试初期出水水质不稳定等情况,采用方案一。

此外,由于炭粒较轻,为避免反冲过程过多炭粒浮于水面,对炭池先进行了 48 h 以上的浸泡,在冲洗中特别是初期,采取了较长的静置时间和较小的翻板阀初始开启度,避免了大量炭粒的流失。在冲洗中,还观察石英砂及炭粒表面水、气的均匀性,膨胀度等,检验滤头有无破损情况,记录各阀门的漏水现象等,对浮于滤池表面的悬浮物等杂质采用人工打捞、冲洗等方式去除。

本阶段初期的冲洗废水进入尾水处理系统,后期视冲洗废水浊度情况,结合尾水处理系统调试运行情况,酌情适当进入尾水系统或雨水系统。

3.4.3 联动调试初期不合格出水的排放

受工程建设和生产工艺中各因素的影响,不能确保本次扩建工程调试初期出水完全符合出厂水要求,另外,新建管道特别是从清水库经二泵房至外界管网的一段管道没有进行大流量冲洗工作,这会严重影响初期出水水质。

综合水厂外部管网条件和扩建工程实际,初期不合格出水可通过新建二泵房经厂门外一段 DN 1 800 管道排放至运河。外部管网及该管道具体意见见图 4,将这根管道靠近运河的一个阀门关闭,即可切断其与其他管道的沟通,再在该阀门前设置向上三通,接管至运河,经计算, DN 1 000 即可满足。

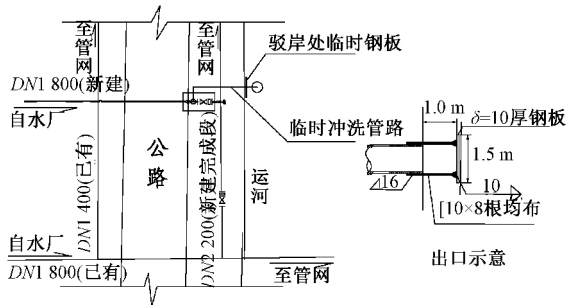


图 4 扩建工程初期出水排放和排放口防冲刷设置示意

另外,为防止排放口对驳岸造成的冲刷影响,在驳岸边两侧 3 m 范围内设置钢板,排放口设置围挡,示意图见图 4。

4 调试中出现及解决的主要问题

按照调试部署,2012 年 5 月底开始了第一阶段预处理工程部分的调试工作,8 月份开始对尾水处理系统进行调试,至 2012 年底扩建主体工程完工后进行了最后阶段的联动调试工作。

总体上,调试工作较为顺利,构筑物和设备等基本达到了设计要求,期间出现及解决的几个主要问题如下。

4.1 预处理与常规处理(一期)的衔接水量

设计中生物接触氧化池出水堰口的高程为 5.84 m,其中一期沉淀池以机械混合池替代管道静态混合器的工况(见图 5)。

考虑到扩建不能影响现有生产,预处理与现有

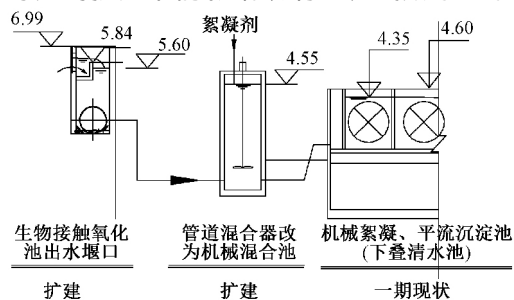


图 5 生物接触氧化池出水堰口至沉淀池(一期)标高示意

常规处理的衔接,即生物接触氧化池与一期沉淀池的连接,两者间采用 1 根 DN 2 200 顶管,为重力流,且有静态混合器,故两构筑物间水头损失与流量变化关系较大。在预处理系统与常规处理的连接调试中,生物接触氧化池堰口后水位与进入一期沉淀池流量实测值见表 1。

表 1 生物接触氧化池堰口后水位与进入一期沉淀池流量实测值

水位/m	流量/m ³ /h
5.7	9 500
5.9	10 000
6.0	10 400
6.1	10 700
6.2	11 000
6.3	11 300
6.5	11 700
6.6	12 000

据统计,该水厂出厂水流量白天绝大部分时候在 12 000 m³/h 以下,夜间在 5 000 m³/h,超过 12 000 m³/h 的出厂水量维持时间不长,一般利用水厂清水库即可顺利完成调节。但在水厂生产水量突变情况下,受生物接触氧化池出水堰口标高的限制,会出现取水泵房至清水库流量增加延迟时间较长的现象,也就是需待生物氧化池水位增加到一定高度水量才会增加(见表 1)。根据水厂这一现状再结合表 1 中的调试数据,在生物接触氧化池的出水堰上安装了不锈钢制作的堰板,高度为 6.3 m。

实施这一措施后,避免了上述现象的发生,也不会对二期造成影响。对公司管网的整体调度工作与水厂出水量的调节工作没有带来任何负担,即外部管网的调度工作与水厂出厂水量的调节按照原有经验和程序进行就能满足各项生产需求。

4.2 夏季预臭氧投加时过滤器出现堵塞现象

预臭氧接触池中臭氧气体是通过水射器进行投加的,在设计中水射器进水来自预臭氧接触池进水,这一方面是水射器投加处距离沉淀池及后续构筑物出水点都较远,其进水从以上几处获取均不经济;另一方面,这样可以节约水厂自用水量,降低水厂自用水量。因太湖水浊度波动较大且其相对水库水浊度较高,预臭氧接触池进水至水射器前增设了过滤装置,其核心部件为 0.5 mm 的滤网。

在预处理工艺的调试运行中发现,夏季温度较

高,太湖水中似贝壳类的微生物繁衍生长速度极快,运行不到半天的时间,滤网就全部被其堵塞,导致水射器无法正常工作。

为解决这一问题,在运行初期,对过滤器进行人工巡视,在其即将发生全部堵塞前进行清洗工作。实践中发现这一工作量比想象中大多,有时每天需对过滤器清洗3~4次,极大地增加了水厂的人力负担。通过观察发现,滤网外拦截的除小部分杂草外,大多数为似贝壳类的微生物,其大小刚好被拦截于滤网外,如不及时清理,其还将不断生长变大。对此,将原先设计的0.5 mm的滤网更换为3 mm的滤网,运行结果表明,其未对水射器投加设备造成影响,且滤网的清洗周期在夏季也延长至1个月甚至更长,在之后秋冬季节的运行过程中,滤网基本不需要清洗。

4.3 炭池投运初期出水 pH 偏高并遇高氨氮原水

虽然在联动调试前,活性炭池已用大量清水冲洗至符合要求,但在其通水运行后一段时间内,活性炭池出水的 pH 一直不稳定,在 8.0~9.0 区间呈现波动性下降趋势,未完全稳定达到《生活饮用水卫生标准》(GB 5749-2006)中 pH 不小于 6.5 且不大于 8.5 的限值规定。

在一年的绝大部分时间内,该水厂原水的氨氮在 0.2 mg/L 以下,而在这部分内容调试的初期(2013 年 1 月至 2 月)原水的氨氮存在突变情况,最大值为 0.86 mg/L,平均值在 0.4 mg/L,两个月原水氨氮变化的具体情况见图 6(图中标出了每天上午、下午各检测到的氨氮数值)。

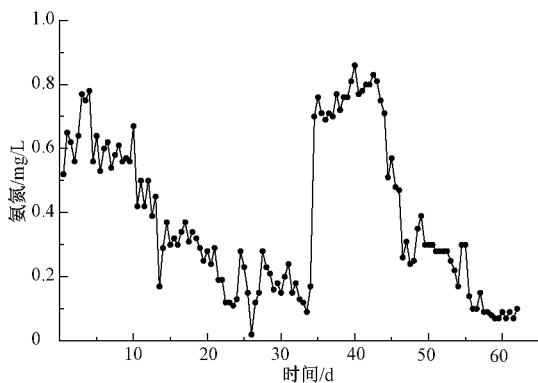


图 6 原水氨氮浓度的变化情况(2013 年 1~2 月)

针对原水氨氮较平常升高这一情况,如采用原水加氯的方法折去水中部分氨氮,其再经过刚刚投

运的活性炭池,会出现氨氮反弹现象,主要是活性炭池刚投运,其表面尚未形成生物膜,对氨氮无去除作用,且此时活性炭自身的物理化学性能较好,水中的游离氯可被其吸附,而化合氯被还原,使氨氮重新释放,表现出氨氮的负去除率^[3]。

而该水厂 2010 年增加的 30 万 m³/d 臭氧-生物活性炭深度处理工艺对氨氮的去除现已稳定在 90%左右,在原水氨氮波动及冬季枯水期高氨氮期间,炭池出水氨氮基本低于 0.1 mg/L,这主要是在其经过两年时间的运行,在活性炭上培养了活性和数量适宜的亚硝化细菌与硝化细菌,稳定了氨氮的去除效果^[4]。

为此,在初始阶段降低了该水厂二期负荷,对各个活性炭池出水跟踪监测,其出水与一期出水混合合格后一起经清水泵房送至供水管网,该时期二期水量基本在 1 000~2 000 m³/h。经一个多月的运行,二期活性炭池出水的 pH 基本稳定控制在 8.5 之内,原水氨氮值降低且趋于稳定,这之后在保证出水水质的前提条件下,逐渐调高了二期负荷,达到了设计要求。

5 试运行效果

水厂扩建工程试运行期间,混凝剂投加量为 18~22 mg/L;预臭氧投加量为 0.5~0.8 mg/L,后臭氧为 0.7~1.0 mg/L;取水头部加氯量为 0.5~1.2 mg/L,沉淀池前加氯 0.5~1.0 mg/L,清水池加氯 1.2 mg/L。

根据统计,V 型滤池后即常规处理后的出水浊度在 0.03~0.21 NTU,其对浊度的去除率在 99%以上,生物活性炭池出水即深度处理后出水浊度较常规处理后并没有明显变化,平均值在 0.09 NTU。

常规处理出水的 pH 一般在 7.0~7.6,较原水平均降低 0.7,其中平流沉淀池出水后 pH 较前一构筑物出水一般降低 0.5,pH 的降低主要是混凝剂投加引起的;深度处理对 pH 的影响不大。

这一期间,原水氨氮浓度在 0.2 mg/L 以下,加氯即可大幅度降低,此外,生物接触氧化池中暂未放置填料。亚硝酸盐在出水中含量极低,臭氧前后其变化幅度较大,一般臭氧后能降低 75%或以上。

深度处理出水的 COD_{Mn}和 UV₂₅₄数值在 0.45~1.68 mg/L 和 0.02~0.05 cm⁻¹,这说明水厂扩建

苏州某水厂活性炭运行现状

刘奔逸 张兰芳 陈 健

(苏州自来水有限公司, 苏州 215000)

摘要 苏州某水厂从物理指标方面对已经运行 7 年半的活性炭进行分析, 并对一组活性炭池再生后的活性炭与老炭的运行效果进行对比。结果表明: 活性炭的碘吸附值在初期使用时快速下降, 使用 3 年后下降速度放缓, 随着时间的延长趋于稳定; 活性炭的再生费用为换新炭费用的 60% 左右, 其因再生炭、新炭价格及再生周期不同, 费用比例会有所差异; 再生后的活性炭物理指标衰减速度快于新炭, 与继续使用的老炭相比, 其在有机物去除过程中有 3~4 年的优势。水厂可以采取每年分批再生或换新炭的方式, 既能减轻资金和现场管理的压力也能保证后续几年内对水中有机物的平稳去除和应急情况的应对。

关键词 活性炭 碘吸附值 再生 效果 费用

DOI:10.13789/j.cnki.wwe1964.2015.0508

近些年因供水水源问题突出, 供水水质越来越受到政府和市民的重视。江苏省各地自来水公司逐渐对水厂处理工艺进行升级改造并在新水厂建设中广泛应用臭氧—活性炭工艺。本文结合苏州某水厂活性炭的生产运行情况, 就长期运行中活性炭自身指标变化、再生和对水质的处理情况

等进行探讨。

1 水厂概况

苏州某水厂采用太湖作为水源, 是江苏省内较早采用臭氧—活性炭工艺的水厂。一期工程规模 30 万 m^3/d , 2007 年 6 月常规工艺投入运行, 随后 2008 年 3 月深度处理工艺投入使用, 至今活性炭实

工程的臭氧—生物活性炭深度处理工艺能较好解决水源有机物偏高的问题。

水厂扩建工程的预处理、常规处理以及深度处理各工艺段对主要水质指标的去处情况较为理想, 出厂水各项指标全面达到《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006), 其中浊度在 0.04~0.17 NTU, pH 在 7.2 左右, COD_{Mn} 在 0.56~1.44 mg/L, 氨氮小于 0.02 mg/L, 无臭味。

总体上, 扩建工程运行效果良好, 水量和水质都达到了设计目标。

6 结语

扩建工程包括了取水工程和净水处理厂两部分, 净水处理厂工艺含预处理、常规处理、深度处理和尾水处理。通过顶管衔接预处理与一期构筑物, 调试过程中不仅没有对现有生产系统造成影响, 还有效应对了原水水质氨氮指标波动的突发状况, 解决了活性炭池投运初期带来的出水 pH 偏高问题, 并

根据现场条件修改了水射器进水前过滤器内滤网等相关设计参数; 经调试后整个扩建工程系统能够正常运行, 出水水质达标, 各项指标达到了设计要求。

参考文献

- 1 何秉慈. 管式静态混合器在给水工程中的应用. 给水排水, 1986, 10(2): 25~27
- 2 严煦世, 范瑾初. 给水工程, 第 4 版. 北京: 中国建筑工业出版社, 1999
- 3 袁君, 胡淑圆, 胡侃, 等. 预加氯下臭氧—活性炭工艺运行初期对氨氮的去除效果. 第 11 届中日供水技术国际交流会论文集, 2011
- 4 笪跃武, 胡侃. 无锡深度处理工艺选型和存在的问题分析. 给水排水, 2013, 39(4): 34~39

○ 通讯处: 214031 江苏省无锡市人民西路 128 号无锡市自来水有限公司

E-mail: lunx_01@sina.com

收稿日期: 2015-09-30

修回日期: 2015-10-12