

农村饮水安全水厂建设型式比选

卜令全

山东恒源勘测设计有限公司 山东 潍坊 261000

摘要:在农村饮水安全水厂建设中,中小型地表水水厂建设型式较多;为帮助新建水厂快速高效、优质的选择建设型式,本文以安丘市金山水厂扩建工程为例,从该工程的占地面积、运行管理费用、建设投资、结构耐久性 & 出水水质稳定性等方面对地表水水厂建设型式进行了对比选择。最终得出:在农村饮水安全地表水水厂建设中,旋流气浮澄清池+虹吸滤池水处理建设型式的优势明显,值得推荐。

关键词:农村饮水安全;建设型式;城乡供水;旋流气浮澄清池

引言

农村饮水安全是民生大计,也是建设中国特色社会主义新时代过程中实现乡村振兴的重要条件,其中水厂的建设及运行是农村饮水安全的重要环节。根据乡村振兴战略规划要求及进一步统筹城乡发展和改善城乡居民用水条件的需求,依据新的农村供水标准,结合目前农村供水现状存在的问题,本文以安丘市金山水厂扩建工程为例来阐述中小型地表水水厂建设型式的选择。

1 水厂基本简介

1.1 建设背景

金山水厂位于安丘市兴安街道金山村东,于2009年9月建成运行,供水范围覆盖3个街道、2个开发区、3个镇及市南区部分区域等。水厂经过十余年的运行,受限于设备老化等原因,在保证水质安全的情况下,设备现有最大处理能力为3.2万m³/d;此外水厂原水于家河水库水随季节变化,锰含量超标,现处理工艺无法去除锰离子。

由于城乡用水需求量的日益增大和原水季节性锰含量超标的情况,金山水厂的现有供水能力和用质指标已不满足居民用水需要,更难以保证供水区域内重点工业项目的用水需求。根据对供水区域近期居民及工业需水量测算及远期规划,拟在金山水厂原厂址东北侧空地处进行规模扩建,水处理能力新增4万m³/d,以进一步提高安丘市城乡供水保障水平。

1.2 原水水质情况及出水水质要求

(1) 原水水质情况

金山水厂原水拟采用于家河水库水,根据水厂提供的资料,于家河水库水锰含量随季节变化,超标情况主要集中在6~9月份,指标范围大部分在0.2~0.6mg/L;总氮指标范围大部分在1.0~3.3mg/L;其余水质指标均能达到地表Ⅲ类水要求及其以上。

(2) 出水水质要求

要求出水锰含量控制在0.04mg/L以内,浊度值 ≤ 0.5NTU,其余水质指标符合《生活饮用水卫生标准》(GB5749-2022)的要求。

2 水厂建设型式

2.1 建设型式初选

我国的地表水厂主要采用“絮凝-沉淀-过滤-消毒”的传统水处理工艺,此工艺发展到今天,已经比较成熟、可靠。如今水厂建设方案的选择关键是在保障出水水质的前提下,以是否节省占地和投资,是否技术先进、稳定可靠,是否便于运行管理、降低工人劳动强度,是否节水、节能,是否便于控制、便于提高水厂的自动化水平,是否以低成本运行来加以比选组合,力求取得较好的社会效益和经济效益。

根据以上选择关键条件,在《村镇供水工程技术规范》(SL310-2019)中涉及到并适合原水为地表水相应水质条件下的水处理建设型式有以钢筋混凝土建(构)筑物为主的传统建设型式、集成式一体化设备水处理建设型式和旋流气浮澄清池+虹吸滤池水处理建设型式等。但考虑到金山水厂厂址东北侧空地范围小、用地受限的重要因素,本次排除建设占地面积大的传统建设型式水厂,选用适合中、小型地表水水厂的集成式一体化设备水处理建设型式与旋流气浮澄清池+虹吸滤池水处理建设型式进行比选。

2.2 建设型式介绍

金山水厂规模扩建4万m³/d,上述两种建设型式中,除水处理构(建)筑物不同外,其余清水池、消毒加药间、供水泵房、污泥处理设备及厂区配套设施均相同;因此本次主要介绍水处理构(建)筑物部分。

2.2.1 集成式一体化设备水处理

新建4套10000m³/d镀锌板材质集成式一体化设备+2套20000m³/d镀锌板材质锰砂滤池设备,其中集成式一体化

设备主要含有成品网格絮凝池+斜管沉淀池、成品石英砂V型滤池等。

(1) 絮凝

采用湿投法将原水中投加聚合氯化铝(PAC),在静态管道混合器中混合后进入网格絮凝池。絮凝区呈多方格布置,每个方格上以对角交错的形式设置孔口,起到连通作用。原水在絮凝区通过格与格之间孔口射流作用,在方格内呈旋转流动,随着顺水流方向孔口面积的增大,进而因水流流速梯度的变化产生小型涡流,从而促使水流内因投加絮凝剂形成的矾花充分接触,形成更大具有良好沉淀性能的大絮凝体^[1]。

(2) 沉淀

斜管沉淀池内布设倾斜状蜂窝填料,原水在混凝剂作用下凝结成絮体矾花,从而形成较薄的一层泥聚集在斜管表面,后经自重落至污泥浓缩区,在此聚集后经排泥管排出,上清液沿斜管至集水区,完成固液分离^[2]。

斜管沉淀池基于“浅池沉淀原理”,沉速等于 u_t 的颗粒去除效率是该沉速与截流沉速的比值,通过在沉淀池内布置斜管增大沉淀面积,降低截流流速,提高了颗粒的去除比例;同时斜管的设置增大了过水断面,在保持水平流速不变的前提下,降低了雷诺数,保证水流层次性,有利于提高沉淀效率。

(3) 过滤

V型滤池内铺设粒径均匀的石英砂滤料,其含污强、出水效果好,表面冲洗与气水反洗组合使用、反洗效果好。V型滤池过滤时的水头和流速均为定值,通过出水阀门的调节控制池内水位不变;当单格滤池进行反冲洗时,其承担的待滤水成为滤料的扫洗用水,故对整个滤池而言,进水量和滤速基本恒定^[3];此运行方式可保证过滤水质稳定、延长运行寿命等。

(4) 除锰

氧化除锰是目前最经济且行之有效的方式,天然锰砂普通快滤池就是利用氧化原理,将水中的低价锰离子氧化成高价锰离子化合物^[4],在滤料的吸附及过滤作用下降低水中的锰含量;该滤池具有比表面积大、过滤阻力小,去除率高等优点。

此建设型式需配套钢结构封闭车间,加以防寒、防风、防尘等;且自V型滤池至锰砂滤池需设置中间水池及水泵加压提升并稳压,耗电导致运行费用增加;亦可采用架设平台的方式将絮凝、沉淀、过滤设备人为抬高,以实现V型滤池至锰砂滤池自流的方式,但絮凝、沉淀、过滤设备自重大,架设平台投资较大,便失去了建设投资小的明显优势。

2.2.2 旋流气浮澄清池+虹吸滤池水处理

新建40000m³/d钢筋混凝土结构旋流气浮高效澄清池、U型虹吸石英砂滤池及U型虹吸锰砂滤池各1座。旋流气浮高效澄清池是一种反应、絮凝、沉淀综合性池型,适用于高温高浊水、低温低浊水以及汛期突发性高浊原水,能加强接触絮凝,提高澄清效率。U型虹吸滤池集中了V型滤池、虹吸滤池及无阀滤池的特点,出水水质稳定,基本在0~0.5NTU范围内^[5];该滤池无需电动阀门控制,做好高程衔接后,进水、冲洗靠水力循环自动完成,具有高效节能、管理方便的优点。

(1) 絮凝沉淀

加药装置采用计量泵将配制好的混凝剂(PAC)送至静态管道混合器内与原水混合均匀后,经渐变管流入高效澄清池底部的预沉池内进行第一次沉淀,然后原水从预沉池向上流入设有高效容积网孔扰流装置的絮凝室,在扰流装置的作用下,水流产生的旋涡导致原始粒子多次发生相互接触、碰撞、聚集、絮凝,从而形成较为密实的絮凝次生粒子;同时比水轻的有机物、部分藻类以及矾花被水中气体减压时的气浮作用形成漂浮的碎渣,经辐射水流作用漂流到排渣水槽,而后定期从排渣管排出^[6]。在水力流的作用下,水体中的次生粒子被均匀的分配到高体积浓度接触絮凝室,逐渐变大且密实的絮凝体经排泥管排到渠内;未完全水解的絮凝剂与“脱稳”的矾花进入小循环絮体接触反应室中继续接触、碰撞、聚集成为新的絮凝体,经辐流式循环通道沉降进入沉淀区,充分利用活性泥渣悬浮层进行水泥分离,其中一部分絮凝体经沉淀排泥区、排泥管排到渠内,另一部分絮凝体在上升过程中与经斜管泥水分离出的泥渣形成新的活性絮凝体,伴随吸附部分金属元素和有机物而逐渐增大,并在斜管沉降区得到有效的分离,最后高效澄清池的产水经集水系统收集后进入滤池进行后续处理^[6]。

(2) 过滤

原水通过澄清池的絮凝沉淀工艺处理后,出水浊度一般小于10mg/L,絮体流入总配水渠时的尺寸基本都小于40~60 μ m,进水自动均分至每一格滤池进行过滤,滤速为6~8m/h。要求滤层深度不应小于滤料粒径的1250倍,选用小阻力配水系统,并通过虹吸及量水堰对滤池的进水量进行控制,以保证过滤后的出水水质^[5];一格滤池反冲洗用水来自本组滤池其他几格滤池的过滤水,滤池反冲洗由上升、下降大虹吸管及强度调节器进行控制^[7]。为保证滤料有较长使用寿命,该滤池增加气冲系统,可采用带有表面扫洗的气水联合冲洗方式,提高了反冲洗效果。该滤池具有反洗用水量低、水头损失小、滤速高、出水水

质好等特点。

(3) 除锰

空气中的氧气经天然锰砂U型虹吸滤池的曝气装置充分溶入水中,在催化的作用下,将吸附在滤料表面生物膜上的低价锰离子氧化成四价锰离子,形成新的滤膜参与反应,并定期反冲洗掉氧化产物。

此建设型式池顶均为封闭式,可防寒、防风、防尘、防藻类滋生;且由水泵提水的动能转化为势能再转化为动能,自流入旋流气浮澄清池再自流入U型虹吸滤池和清水池,该工艺流程具有控制设备少,运行保证率高,维修费用少等优点。

3 建设型式比选

本次从工程占地面积、运行管理费用、建设投资、结构耐久性 & 出水水质稳定性等各方面进行了对比,具体分析如下。

3.1 工程占地面积

拟在金山水厂原厂址东北侧空地处进行规模扩建,空地东西宽约35m、南北含已有调蓄池总长约190m,且应业主要求,可占用部分南部的已有调蓄池,但应尽量少占,因此两方案的水处理构(建)筑物、清水池、消毒加药间、供水泵房及厂区配套设施均应自北向南依次排列。因本项目为扩建工程,管理房为已有建筑物,无需建设;根据现状情况合理布置上述构(建)筑物后,统计可知集成式一体化设备水处理建设型式的工程占地约为7.5亩,旋流气浮澄清池+虹吸滤池水处理建设型式的工程占地约为6.2亩。

3.2 运行管理费用

项目的运行主要从厂区内设备、仪器、仪表、生活的用电费,絮凝药剂费,消毒加药费,水耗费及工人工资福利费等方面考虑成本。电费按控制水行业用电价考虑、絮凝药剂费和消毒加药费按市场价考虑、水耗费考虑水资源费和运行费、人工工资福利费从人员安全及水厂正常运行方面考虑值班人数。经与已建成运行的不同建设型式水厂技术管理人员沟通了解,并采用与理论计算相结合的方式复核对比得出,集成式一体化设备水处理建设型式运行成本约为0.259元/m³,如采用架设平台方式实现V型滤池至锰砂滤池的自流,则运行成本约为0.236元/m³;自流旋流气浮澄清池+虹吸滤池水处理建设型式运行成本约为0.203元/m³。

3.3 建设投资

根据两种建设型式的布置方案情况,优化各建设型式中的工艺流程及单体建(构)筑物,以尽量节省为原则,对两种建设型式水厂的土建、设备、安装和其他费用的总投资进行估算,集成式一体化设备水处理建设型式总投资约为4350万元,如采用架设平台方式实现V型滤池至锰砂滤池的自流,则总投资约为4870万元;旋流气浮澄清池+虹吸滤池水处理建设型式总投资约为5090万元。

3.4 结构耐久性 & 出水水质稳定性

集成式一体化设备水处理建设型式采用的是镀锌钢板材质,其结构耐久性一般,且需定期做防腐处理,使用年限约5~10年,出水稳定性随设备运行时间的增长而降低,后期出水水质及水量难以保证。旋流气浮澄清池+虹吸滤池水处理建设型式采用的是钢筋混凝土结构,其结构耐久性好,使用年限可达50年,出水水质及水量能得到较好的保证。

结束语

从上述对比可以看出,在中、小型地表水水厂建设中,旋流气浮澄清池+虹吸滤池水处理建设型式占地最小、运行成本低、钢筋混凝土结构耐久性高且出水水质稳定性好;虽建设期工程投资稍大,但综合考虑运行成本,其效益仍有明显优势。因此在建设资金相对充裕的情况下,建议中小型地表水水厂选用旋流气浮澄清池+虹吸滤池水处理建设型式。

参考文献

- [1]青岛鑫源环保集团有限公司.一种集成式一体化净水装置201620584107.X[P].2016-06-14:3-4
- [2]罗如生,林国鑫,陈艺聪,林翔,郑岩峰.珠海电厂2×700MW机组超低排放改造湿电技术分析[C].第十七届中国电除尘学术会议,2017:210
- [3]李林阳.长春市串湖污水处理工程设计及运行研究[D].吉林大学,2016:27
- [4]孙丽萍.地下水同步除锰降氟技术研究[D].西安建筑科技大学,2011:11-12
- [5]马培培.HAC水处理新工艺在阜南县农村饮水安全工程中的应用[J].华东科技(综合),2019,(2):23
- [6]任晨.水力自控(HAC)给水工艺的改进研究[D].合肥工业大学,2014:14
- [7]陈少斌,孙波,程勇.HAC净水工艺在丹江口市农村水厂建设中的推广与应用[J].水政水资源,2017,(3):38.