

小型地表水厂集约化工艺设计分析

李兴

安庆供水集团公司

摘要：新时代背景下，水厂的设计与建设有了新的要求，不仅要做到水质的控制提升，同时还要综合考虑运行的安全性、可靠性与环保性。同时为了满足居民健康用水需求，水厂的工艺历程也不再单一，由原先的常规处理逐渐向预处理、深度处理、膜处理以及排泥水处理等系统化的处理方式过度与发展。在土地资源紧张与居民用水要求提高的背景之下，发展与实施集约化工艺是现代化水厂发展的重要方向。而水厂的集约化设计与改建是一项系统的、复杂的工作，所涉及的细部问题较多，存在较大难度。本文就针对小型地表水厂集约化工艺设计进行研究与分析。

关键词：小型地表水厂；集约化工艺；设计

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.05.103

一、新型工艺与技术

①**高效沉淀技术：**高效沉淀技术在水厂应用中的具体表现为高效沉淀池，其优势主要表现在如下几个方面：首先，它占地面积较小，可腾出更多空间用于水厂其他环节的建设；其次，它集多功能于一体，具有较好的适应性；最后，它的分离效率高。相比于平流沉淀池，高效沉淀池在用地面积上可以节约大致40%至50%左右，同时其底部的污泥浓度可以达到2%至3%，有效满足相关设备的进泥要求。

②**污泥浓缩沉淀工艺：**在斜管加强护着平流沉淀池中，传统方法是运用虹吸式吸泥机进行污泥处理，污泥浓缩沉淀工艺则是运用持续推进式水下浓缩排泥设备进行替代，它主要有两个方面的优势，首先，应用持续推进式水下浓缩排泥设备无须再对大型横梁进行安装，这对无效过水面积做出了合理减少；其次，这一设备在运行的过程中会在池底持续进行往返运动，这样可以将污泥层增厚，增大了污泥的固体含量，同时将她设置于泥斗之中可促使积泥在排泥管入口进行集中，由此实现对于排泥浓度的提高。

③**碳吸附砂过滤一体化集成技术：**这一技术是将原本独立的活性炭吸附与石英砂过滤融为一体，使其存在于一个新型池体中，并在此基础之上对滤料配级、滤层厚度、反冲洗防水及其强度进行了一定程度的优化，能够发挥出综合性的功能。首先，它具备基础的除浊与去除有机物功能，其次它又能够对生物安全性做出一定的保障。这一新型池体的建设，在用地面积减少与工程投资控制上具有明显优势，而且这种方式设计可以有效避免中间水力提升。

④**组合沉淀与臭氧上向流活性炭集成技术：**这一技

术是对平流沉淀、斜管加强沉淀与上向流活性炭工艺的集成与有机融合，优化之后的布置较为紧凑，可以发挥出出色的协同功能，在平流沉淀池的改造中应用较为广泛，且具有较强的适用性。

⑤**高效沉淀与超滤膜组合工艺：**膜分离是一项过滤技术，具有较高的精细化程度，它能够对水中存在的不溶解细小颗粒以及微生物进行有效截留，进而实现对于出水水质与卫生安全性的提升。将之与高效沉淀技术进行有机结合，可以起到更为显著的效果。

二、小型地表水厂集约化工艺设计案例分析

（一）工程概况

某市水厂供水水源较为单一，供应地下水作为居民生活用水、地表水作为农业与工业用水。在经历持续干旱之后，出现地下水水位下降、补给不足的问题，造成了该市的供水能源危机，经过研究与讨论，并得到相关部门的批准，决定建设地表水源厂。地表水厂的建设具有重大的社会意义与现实意义，它不仅可以对城市供水危机的问题进行有效环节，同时改变了该水厂原先的单一供水格局，对供水的安全性做出了一定程度的保障。该工程的一期规模为 $4 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ ，自用水系数为5%，水源为水库水。并对水库水质相关指标进行了检测，根据对检测结果的综合评价，确定可以将之作为集中式生活用水的水源地，然后在此基础上明确了水质控制目标：浊度小于等于1.0NTU，保证率大于95%。

（二）重点考虑要素

①在水源水质检测方便，虽然整体良好，满足生活用水条件，但在特定环境下仍然需要注意一些事项，例如夏季藻类滋生、冬季的低温低浊，以及偶尔会出现有机物指标超标的情况。除此之外，也需要对因突然状况导致水质受影响的情况进行考虑，并提前计划好针对新的解决措施。

②该市居民在之前的很长一段时期内都是饮用地下水，若换作地表水，可能在口感上会存在不适，这一点也需要考虑在内。

③地表水厂集约化设计改建分阶段进行，允许要远近结合，定下最终目标与近期小目标，对不同功能处理设施的本期建设规模进行科学、合理的配置。

④确保水质达到生活用水要求，并在此基础之上优化处理工艺，使其具备该效率、低能耗、便于管理的优势。

⑤考虑到该市水资源较为紧张，对于反冲洗排水与排泥水进行回收，并处理后二次利用。

⑥土地资源短缺，该工程的用地相对紧张，且被市

政道路分隔，基于这一方面的考虑，对净水工艺设置于排泥水处理设置进行分别集中布置，一来可以缓解用地紧张的局面，二来也可以提升管理效率。

（三）工艺说明

在本工程中，基于多个方面的考虑，采用了前置臭氧-活性炭工艺。首先在臭氧化副产物方面，当臭氧氧化之后会产生两类副产物，一类是溴酸盐和次溴酸盐，溴酸盐具有致癌性。另一类是小分子有机物，主要包含有醛类、脂肪酸、羧酸、酮类、AOC等，它们具备一定的生物毒性。采用前置臭氧-活性炭工艺，在经过生物活性炭一定处理之后，溴酸盐、次溴酸盐以及小分子有机会会得到一定程度的降解。其次在生物安全性方面。活性炭上长出的微生物会对炭滤后出水水质造成不同程度的影响，其影响主要保险在三个方面：第一，会产生胞外分泌物，室外分泌物可能带有生物毒性；第二，活性炭上长出的微生物可能会穿透活性炭床进而进入到出水中。而且臭氧消毒后仍然存货的微生物具有一定的耐受力，使用消毒剂灭杀更加困难；第三，在用消毒剂处理时，水中的微生物会被细微颗粒包裹，与消毒剂接触有限，消毒效果不佳。而本工程之中采用了前置臭氧-活性炭工艺，可以利用砂滤池对微生物的穿透起到很好的限制作用。除此之外，还进行了余臭氧值的监测工作，这样可以根据监测情况对臭氧的投加量进行合理控制，健儿对臭氧氧化后的副产物进行一定程度的减少，再经过活性炭滤池的处理，溴酸盐等有害物质也会得到有效控制。

（四）整体布局

工程共设计南北两个厂区，且主出入口都在市政道路同一侧，方便管理。北厂区设置的构筑物包含进水提升泵站、综合净水间、臭氧发生器间及液氧储罐区、排水调节池及排泥调节池、排泥水处理车间，同时还预留了一片区域，为后期的净水间做准备；南厂区布置的构筑物主要包含清水池、送水泵房、变配电间、加氯加药间。

（五）构筑物具体设计

①进水泵站：进水泵站以总规模进行设计，同时设置超越管。格栅渠道设计两条，宽度在1.5m，栅隙控制为5mm；配置了4台潜水离心泵，其中1台作为备用，单泵流量和扬程分别为900m³/h与70kPa。

②综合净水间：综合净水间为多功能、集成式的，所有净水相关设施设置全部布置在其中，具体参数如下。

机械混合池：设计总混合时间为98s，混合搅拌速度梯度为500~1000s⁻¹；

网格絮凝池：设计总絮凝时间为19.4min，在排泥方面选择穿孔管、气动排泥阀；斜管沉淀池；

斜管沉淀池：斜管沉淀区的上升流速设计为6.03m/h，在排泥上选择用液压往复池底刮泥机进行处理，定期用池顶冲洗栓对斜管进行冲洗，具体的周期需要结

合出水浊度来确定，同时将冲洗水排入到调节池之中；

主臭氧接触池：设计投加量为1.0至1.5mg/L，具体数值根据实际需求来决定，设计总接触时间为12.5min；

活性炭翻板滤池：活性炭采用的是8至30目柱状炭，炭层的厚度为1.8m。其中淘粒层的厚度为0.5m，有效粒径在1mm至2mm的范围之间，砾石层的厚度为0.25m，粒径在8mm至12mm之间。空床滤速为9.94m/h，其水冲洗强度和气冲洗强度分别为36m³/(m²·h)和55m³/(m²·h)。

石英砂翻板滤池：在设计时，对翻板滤池与V型滤池进行了对比，两者在处浊方面都能发挥不错的效果，但最终还是决定选择翻板滤池，主要是出于如下两点考虑：首先，翻板滤池冲洗方式为闭阀反冲洗，具有冲洗强度大、滤料流失低的特点；其次，翻板滤池构造相对简单，方便土建施工与相关设备的安装。所设计的石英砂翻板滤池采用的是单层石英砂均值滤料，承托层厚度为0.45m，粒径在8mm至12mm之间；滤料层厚度为1.0m，有效粒径为0.8mm，均匀系数在1.60之下，设计的滤速为7.0m/h。冲洗方式及其强度见表1所示：

表1：石英砂翻板滤池冲洗方式及其强度

冲洗方式	强度m ³ /(m ² ·h)
气冲洗	55
水冲洗	54
气水联合冲洗时单独气冲	55
气水联合冲洗时单独水冲	12

③清水池：在清水池设计方面，调节容积按照远期规模的20%进行建造，分为两格，在清水池的进水管之上设置加氯点，消毒接触时间设计为30min。

④加氯加药间：设计为戊类非防爆厂房。投加的药剂之中，混凝剂采用PAC，其氧化铝有效含量为30%，混凝剂投加点位于综合净水间的第一混合池内，所设计的最大投加量为30mg/L。在混凝剂投加方面，一共设置了3套隔膜计量泵，其中1套备用，单泵的流量为500L/h，扬程为400kPa；助凝剂采用的是PAM，投加浓度设计为0.1%，助凝剂投加点设置在综合净水间的第二混合池内，所设计的最大投加量为1mg/L。设备方面，一共投入了1套PAM一体化制备装置以及3套加药螺杆泵，PAM一体化制备装置的制备能力为5kg干粉/h，单泵的流量为1000L/h，扬程为200kPa；设计采用的消毒剂为次氯酸钠，但由于条件限制，无法获取到满足生活饮用水级别的次氯酸钠，需要进行现场制备，控制有效氯含量在0.8%之上。加氯分为前加氯、滤后加氯和补氯，前加氯按照流量比例进行投加，投加点设置于进厂总管之上，设计最大投加量为2mg/L，其目的主要是对管道和池体进行清洗与消毒处理。滤后加氯的投加需要应用复合环进行有效控制，加氯点的设置部位为综合净水间的出水

管,所设计的最大投加量为1.5mg/L。在补氯时,采用余氯反馈对投加进行控制,加氯点位于送水泵房吸水井进水管之上,最大投加量为1.0mg/L。在设备方面,一共投入了2台次氯酸钠发生器、2套前加氯隔膜计量泵、3套滤后加氯隔膜计量泵、2套补氯泵隔膜力量泵。在这其中,次氯酸钠的单台能力为7.5kg/h;前加氯隔膜计量泵单泵的流量为1000L/h,扬程为400kPa;滤后加氯计量泵单泵的流量为500L/h,扬程为400kPa;补氯泵隔膜计量泵单泵流量为5000L/h,扬程为400kPa。

⑤臭氧发生器间:参数上,设计臭氧总投加量为2.5mg/h;设施设备上,投入了2套臭氧发生器,其能力为4kg/h;标准上,设计为乙类非防爆厂房。

⑥排水调节池与排泥调节池:排水调节池的作用是对砂滤池与炭滤池的反冲洗排水与初氯水进行接受,通过流量调节操作之后再回流到进水端;排泥调节池则是对絮凝池与沉淀池的排泥进行接受,然后在经过浓缩池进行浓缩处理,并把上清液回流到进水端之中。为了方便管理,对两池进行合建,同时对排泥调节池进行分格处理,为清池提供方便。设备设施上,在排水调节池中投入了2套潜水离心泵,单泵的流量为200m³/h,扬程为140kPa;排泥调节池中投入了4套潜水离心泵,单泵流量为300m³/h,扬程为1000kPa;除此之外,为了对污泥沉淀进行有效的控制,还设施了4套潜水搅拌机。

⑦排泥水处理车间:在浓缩工艺方面,将重力浓缩与离心脱水工艺进行有机结合,其浓缩池进泥含水率99.7%,出泥含水率97%,脱水机出泥含水率80%。在设施设备方面,投入了污泥浓缩池2座、浓缩池污泥储池1座、潜水搅拌机2套、离心脱水机2台、浓缩污泥提升泵3台、脱水机进泥泵2台、絮凝剂制备装置1套、絮凝剂投加泵及其相应的系数装置5套。

(六) 水库取水端设计

取水端需要解决三个方面的问题,分别为生物与藻类的处理、臭味与微量有机物的处理、突发性与季节性水源污染的问题,具体设计如下:

①水中可能有贝类等生物附着于输水管壁之上,或者存在藻类滋生的情况,因此需要在取水段投加消毒剂,被消毒剂灭杀的生物会与水源一起输送至水厂,到水厂后再进行拦截与清除。一般情况下,常用的消毒剂有液氯、二氧化氯与次氯酸钠,在这其中液氯为剧毒化学品,在运输与存储方面都存在着较大的安全隐患,危险系数较高,不予考虑。在消毒剂投加方面,需要结合水质的具体情况,并在此基础上采用间歇新投加的方式处理。在消毒剂制备方面,由于二氧化氯需要做到在线制备、及时投加。而次氯酸钠可以利用加氯加药间设置的点电解食盐水进行制备。出于经济效益与资源合理利用等方面的考虑,最终确定采用次氯酸钠作为消毒剂。在加氯加药间制备完成之后,用槽罐车运动至取水库区按照流量比例投加。

②为了对水中的臭味以及微量有机物进行去除,设

置了高锰酸钾投加系统,将投加点设置于分水闸室内分水阀门后的输水管道之上,对投加浓度进行合理控制,所涉及的最大量为2mg/L。

③对于可能会出现的突发性与季节性水源污染问题,设计了粉末活性炭投加系统,投加点设置在库区管理站的输水管道之上。为了对活性炭板结进行有效的避免,对活性炭料仓采取了集成处理,加装了仓内锥型破拱器、高速气流破拱装置、仓壁振动破拱装置。

结论

①在充分调研水厂实际情况并借鉴了相关研究资料,对地表水厂进行了集约化设计。该工程设施设备较多,但通过集约化设计增强了有序性,便于管理。净水处理设置集中布置在综合净水间中、排泥水处理设置集中布置在排泥水处理车间内,不仅缓解了水厂用地紧张的问题,同时也达到了预期效果,满足工艺需求,在管理方面也更加高效。

②本工程所设计的工艺具有较强的适用性,能够应对各种工况。对于冬季低温低浊的情况,采用了机械混合池,通过对混凝剂投加量、絮凝剂投加量与混合搅拌机转速进行一定程度的调节,实现了较好的絮凝效果;对于有机物指标偶尔超标的情况,设置了臭氧-活性炭处理工艺,有机物去除效果较为理想,同时还解决了臭味去除与口感改善的问题;对于突发性与季节性水源污染的问题,在取水端进行了粉末活性炭投加、场内设置了一系列的处理设施。

③综上所述,在进行了地表水厂的集约化设计并投入使用之后,该市的用水危机得到有效环节,且通过将地表水厂与愿地下水厂的清水池进水管进行连接,对供水的灵活性做出了有效提高。

参考文献

- [1]陈冬琴.海绵城市地表水与地下水耦合模型研究[J].建筑技术开发,2021(07).
- [2]何小清.前后置生物活性炭工艺对有机物的去除效果比较[J].净水技术,2014(03).
- [3]陈晓惠.地表水常规净化流程单元工艺处理效能实验研究[D].哈尔滨工业大学,2011.
- [4]郭锋,王潇,肖强,肖禾.臭氧-生物活性炭技术在水处理中的应用与研究[J].工业水处理,2011(03).
- [5]王志军,何利,厉彦松,苏君,马晓平.翻板滤池在哈尔滨磨盘山净水厂的应用[J].中国给水排水,2010(08).
- [6]林学山,谢厚礼,张元,周世玉.重庆市若干地表水水源热泵示范工程初投资研究[J].建筑节能,2011(04).
- [7]邵志昌,陆少鸣,廖伟,陈小春,杨洁,陈江玲.针对O₃-BAC工艺生物泄漏问题后置砂滤池级配研究[J].水处理技术,2012(03).