

污水厂构筑物水池结构的优化设计分析

王鹏 朱明圆

中国市政工程中南设计研究总院有限公司

摘要：污水厂构筑物水池结构的优化设计可以使污水在水池中更加充分地跟氧气接触，从而促进污水中的有机物质和污染物的降解，提高污水处理效率。合理的结构设计可以促进氧气和污水的接触，减少死区，提高溶解氧的利用率，从而加快水池中的生物降解速度。本文先阐述污水厂构筑物水池结构优化的必要性，然后分析污水厂构筑物水池结构设计常见的问题，最后结合实际案例，研究污水厂构筑物水池结构的优化设计的策略。旨在降低设备能耗，减少设备运行的功率和运行时间，降低运行成本。

关键词：污水厂；构筑物水池结构；优化设计

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.13.091

引言：污水厂构筑物水池能够通过减速水流使悬浮物和固体颗粒沉淀到水底，从而分离出污水中的固体物质，达到净化水质的目的，还能够用于调解不同来源和质量的污水，以确保整体污水质量的均匀性，以此发挥多样化的功能。因而在污水厂构筑物水池结构设计期间需要综合考虑水池的结构强度、材料选择、防腐蚀等因素，注重提高水池的稳定性和可靠性，减少维护和修复成本，从而延长设施的使用寿命。

一、污水厂构筑物水池结构优化的必要性

通过优化水池结构设计可以使污水在处理过程中得到更有效地搅拌和通气，从而促进污水中的有机物质和污染物的降解，提高污水处理效率。污水厂构筑物水池如图1。合理的水池结构设计还可以减少机械设备的能耗，包括搅拌设备、泵站等，降低运行成本，有利于可持续的污水处理过程。对于城市污水处理厂而言，土地资源十分宝贵，因此设计紧凑且高效的水池结构可以减少占地面积，为城市的其他建设留出更多的空间，或者用于进行生态修复和环境绿化。同时，优化设计还可以节约建筑材料和减少基建投入，降低建设和运维成本，对于城市污水处理设施的可持续发展有着积极的作用。在实际水池结构设计期间应当考虑防渗透和防渗漏的问题，选择符合环保标准的材料，从源头上减少地下水和土壤的污染风险。优化设计也需要考虑池体的耐久性和抗腐蚀性，以减少设施的维护和修复成本，延长使用寿命，提高稳定性和可靠性，最大限度地减少对环境的负面影响。



图1 污水厂构筑物水池

二、污水厂构筑物水池结构设计常见的问题

（一）水池的防渗透性能过低

污水处理厂水池防渗问题是一个长期存在且极具挑战性的问题，结合以往经验来看，这一问题可能源于施工材料选择不当、施工工艺缺乏合理性以及设计与实际使用条件不相符等多种复杂因素。当水池的防渗性能遭受严重影响时，可能会导致水池渗漏、水质污染以及结构材料受到损坏，进而对整个污水处理系统的安全性和效率造成严重威胁。因此，为解决这一问题，必须在水池设计的早期阶段，对施工材料选择、施工工艺以及施工质量控制等方面进行全面细致的考量和规划，以确保水池具备优异的防渗性能，达到长期稳定安全运行的标准。

（二）水池表面材料施工工艺设计不足

水池表面材料施工工艺设计不足可能导致水池表面材料与基础结构黏附力不足，易脱落，进而导致水池漏水，甚至浸泡基础结构，造成结构损害。而且由于施工工艺设计不足，水池表面材料可能无法满足耐磨损的要求，导致池底、池壁生锈、龟裂，甚至损坏，缩短了水池的使用寿命并增加了维护成本。假如水池表面材料无法满足化学抗性要求，由于施工工艺设计不足，可能会使水池无法抵御污水、化学品的腐蚀，影响水池的稳定运行。此外，未符合环保要求的水池表面材料，由于施工工艺设计不足，可能含有有害物质，不仅对环境造成负面影响，还违反了相关法律法规。最重要的是，由于水池表面材料施工工艺设计不足可能导致整体结构稳定性不佳，进而可能导致设备损坏，特别是在大型水池中，设备损坏可能对整个污水处理系统造成严重影响。

（三）污水厂构筑物水池防渗防漏问题

污水处理厂构筑物水池结构渗漏问题通常源于多方面的因素，如防渗层材料选择不当、施工工艺存在缺陷等。一旦水池漏水，可能导致地下水和土壤的污染，甚至引发严重的环境污染，对周边生态系统和人类健康构成潜在威胁（如图2）。因此，在设计阶段就需要充分考虑材料的防渗性能、施工工艺的全面性，以及防渗层的完整性和稳定性。在设计阶段，应当从材料选择和设计方法等方面着手，确保防渗层具有出色的工程性能。针对施工工艺，应当加强管理和监督，保证施工质量，避免因施工工艺问题导致防渗层损坏。同时，对于实际使用中可能遇到的情况，也需要进行充分的考虑和预案设计，保障水池结构的稳定性和安全性。因此，在污水厂构筑物水池结构设计的防渗防漏问题中，需要综合运用材料科学、工程施工技术以及环境保护等方面的知识，从而确保水池结构在使用过程中能够牢固、安全地运行，同时最大限度地减少环境污染风险。

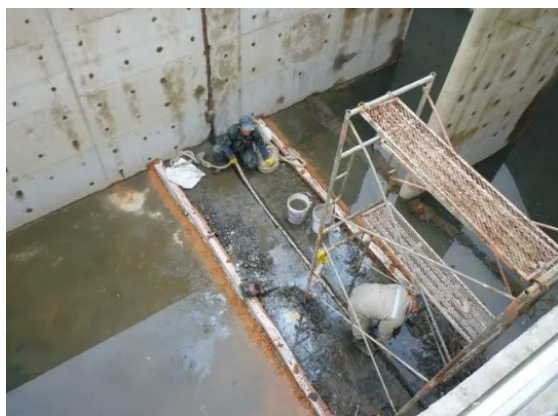


图2 污水池渗漏

（四）污水厂构筑物水池抗浮问题分析

污水处理厂构筑物水池抗浮问题通常源于设计上的缺陷或施工方法的不足，比如可能会存在对于水池结构的荷载计算不足以满足其抗浮要求，或者在选材和施工工艺上存在问题，导致水池的抗浮性能不达标^[1]。水池抗浮能力不足会使其在运行过程中发生浮起、变形，甚至倾覆等情况，这将对设备的正常运行和使用安全造成严重影响。因此，在设计阶段，有必要充分考虑水池的抗浮能力需求，并选择适当的结构形式和材料。例如，在设计中可以采用适当的倒角和加强筋来增加结构的刚度，提高水池的抗浮能力。在材料选择方面，应优先选择密度较大的材料，以减小水池的浮力。在施工阶段，需要严格控制施工工艺，确保水池具有良好的抗浮性能。

三、项目概况

深圳市宝安区固戍水质净化厂位于宝安区西乡社区，二期新建污水处理规模为32万m³/d，下部水质净化

厂占地面积约 62806 平方米，采用半地下的形式将整个水质净化厂污水处理构筑物集于一体，内部设置管廊相互连通，主要构筑物有预沉池、粗格栅及进水泵房，细格栅及曝气沉砂池、多段 A0 生化池、矩形二沉池、高密度沉淀池、滤布滤池及尾水设施、污泥设施、辅助设施等。水质净化厂上方为双层上盖，一层为停车场，一层为上盖公园，公园覆土约1.5m。二期效果图如图3。为集约利用土地，水质净化厂采用双层上盖型式，上层建设市政体育公园，覆土约1.5m，中间建设停车场，每层面积约 62806 平方米，项目结构复杂，上盖造型新颖，周边采用退台的形式与地面衔接，双层上盖均采用框架结构。半地下水水质净化厂作为上部停车场及公园的支撑，将所有主要构筑物集于一体，采用整板+预制管桩基础，主要构筑物为钢筋混凝土水池结构，根据工艺流程及功能布局依次布置，水力流程相互衔接。



图3 水质净化厂二期效果图

四、污水厂构筑物水池结构的优化设计分析

（一）污水厂构筑物水池结构荷载设计

在污水厂构筑物水池结构荷载方面，需要综合需要考量水池内部的水压荷载，以及水池周围土壤对水池的侧向土压力，并要同步考虑结构自重、设备和管道的重量、人员活动等荷载情况。针对水池内部的水压力荷载，需要通过结构力学和工程计算方法，确定水压力的作用方向、大小和分布，以此为依据设计合理的结构截面和厚度。通过有限元分析等方法，评估水压力对结构的影响，确保水池结构在不同水位和压力下能够安全稳定地运行。然后可通过地质勘察和土力学计算，确定土压力的大小和分布情况，采用合适的抗挡土结构设计和地基处理方案，确保水池能够有效地抵御土压力的作用。在设计中需要合理配置结构的截面和钢筋布置，以确保水池具有足够的承载能力，而对于设备的重量，需要合理布置设备位置，避免对结构产生集中荷载，确保结构安全稳定。除了静态荷载，还需考虑动态荷载，如人员活动、设备操作等，对结构的振动和疲劳特性进行

评估,建议通过优化结构减震和防振措施,来确保水池能够承受这些动态荷载而不产生损伤。需要额外注意的是,要考虑到极端情况下的荷载,如突发性极端天气、地震等情况下产生的额外荷载,需要采用相应的抗震和抗风设计措施,确保水池在极端情况下可以安全运行。

(二) 污水厂构筑物水池结构截面设计

针对截面设计,设计人员需要综合考虑水池的受力状态、受荷情况以及混凝土材料的特性,常见的截面形状包括矩形、T形、L形等,不同的形状适用于不同的受力情况,需要根据水池的受力状态和荷载特点,选择合适的截面形状。例如在承受水压较大的情况下,就需要选择具有较大截面面积的矩形截面可以有效增加承载能力。在确定了截面形状后,还需要合理地确定截面的尺寸(厚度、宽度等)参数,这需要综合考虑水压、土壤压力、水池高度等因素,并根据混凝土的抗压能力和受力分布,合理确定截面尺寸,以确保结构的稳定性和安全性^[2]。另外,根据水池结构的受力情况和混凝土的承载能力,设计人员需要合理设计和布置混凝土中的钢筋,以增强结构的抗拉和抗弯能力,并且通过合理的配筋设计,可以提高混凝土结构的整体性能和承载能力。在设计中需要考虑混凝土的防渗要求,采用密实性好的混凝土配方,并结合外加防水材料、防水涂料等措施,确保混凝土结构具有良好的防渗性能,以此可以有效地预防结构渗漏,避免水质污染和结构腐蚀问题。水池结构的连接处也是需要特别关注的地方,设计人员需要采用合理的构造方式和密封材料,确保结构连接处的密封性和稳定性,以防止水压和渗漏,通过合理的连接处设计,可以有效地防止结构之间的渗漏和变形。

(三) 水池结构配筋设计

水池结构的配筋设计期间,需要进行水池结构的静荷载、动荷载、地震作用等方面的受力情况进行分析,确定结构在不同工况下的受力情况,为配筋设计提供依据。根据结构受力分析的结果,计算出混凝土在不同截面的抗拉和抗压需求,然后根据混凝土和钢筋的性能参数,计算出所需的钢筋面积。合理的钢筋布置能够有效地增强混凝土结构的抗拉和抗压性能,这需要根据所需的钢筋面积和截面形状,设计钢筋的布置方案,从而保证结构的安全稳定^[3]。之后需要通过钢筋的配筋计算,确定各个截面和构件所需的钢筋数量、直径和位置,在此过程中要考虑到钢筋的受力性能和受力分布,以确保结构在不同部位都能够满足设计要求。在确定了钢筋的布置和数量后,需要进行钢筋的细部设计,包括连接方式、间距、弯钩长度等,这些细部设计将直接影响到结构的抗力性能和使用安全,需要特别注意。

(四) 抗上浮问题控制方法

一种有效的控制方法是增加水池的自重,可以通过选择密度更大的混凝土材料、增加混凝土截面的体积或在适当位置设置额外的重物来增加水池的重量,以抵消浮力的影响。设计专门的锚固设施也是非常重要的,可以在水池周围设置锚杆或地下钢筋混凝土梁,将水池固定在地面上,以确保其在浸泡和水压情况下保持稳定^[4]。此外,使用专门设计的防浮装置也是一种有效的控制方法,可以通过附加结构物或气囊等装置来抵消浮力,确保水池的稳定性和安全性。在池子运行过程中,尤其是在地下水位较高或池底常年处于浸泡状态时,水池结构可能会受到浮力的影响。上述控制措施可以加强水池的抗上浮能力,避免水池结构出现漂浮或倒塌的问题发生。

(五) 做好池体粉刷、防腐层等设计

合理选择使用的防腐材料,比如防腐漆、防腐涂料、环氧树脂等都是常见的防腐材料,这些材料具有耐腐蚀、耐磨损、耐高温等特性,能够有效地保护水池结构的金属或混凝土表面,防止其受到水质、化学品等因素的侵蚀^[5]。在施工过程中还需要确保涂层的均匀性和完整性,以确保整个水池结构都被有效覆盖。涂层的厚度、附着力、耐磨性等性能都需要经过严格的检测和验证,以确保其在实际使用中能够发挥最佳的防腐效果。另外,如果水池处于高湿度、高盐度的环境中,就需要选择具有抗盐雾腐蚀的防腐材料,如果水池长期暴露在阳光下,就需要选择耐紫外线照射的材料等。

结语:优化的水池结构设计对于污水处理厂的运行效率、成本控制、资源利用以及环境保护等方面都具有重要的意义,可以有效地提高污水处理的效率和质量,实现可持续发展。因此,在污水处理厂的规划和设计过程中,应充分考虑水池结构的优化,以实现最佳的工程效果。

参考文献

- [1]董长龙.半地下组合式准四类出水污水厂扩建提标工艺设计[J].中国新技术新产品,2022(19):120-123.
- [2]陈宇,潘迎.某污水处理厂水池结构设计重点研究[J].建筑技术开发,2019,46(11):9-10.
- [3]凌保林.污水厂构筑物水池结构改造的优化设计分析[J].工程建设与设计,2019(07):36-38.
- [4]王星星,赖庆文,廖光明等.岩石地基超长水池结构不设缝设计要点[J].特种结构,2023,40(03):42-46+52.
- [5]张茂诚.市政污水处理厂水池结构设计要点及措施[J].工程技术研究,2018(14):150-151.