

供水厂工艺优化与能效提升策略研究

张希河 吕 增

天津市安达供水有限公司 天津 300270

摘 要：在当今社会，供水厂的作用举足轻重，其运行状况直接关联到城市居民的日常生活与工业生产的顺利开展。本文聚焦供水厂工艺优化与能效提升策略展开深入研究。首先概述了供水厂包括取水、沉淀、过滤、消毒等在内的工艺流程，接着剖析其现存问题，涵盖设备老化、能源消耗不合理、水质波动应对不佳以及自动化程度低等方面。随后针对性地提出工艺优化策略，如沉淀、过滤、消毒各工艺环节的具体优化举措，还阐述了能效提升策略，涉及设备选型与运行管理、能源回收利用及智能控制系统应用等内容，旨在提升供水厂运行效率与能效水平，保障供水质量。

关键词：供水厂；工艺优化；能效提升；策略研究

引言：水作为生命之源，供水厂在保障居民用水安全与稳定供应方面起着关键作用。随着社会发展以及对水资源质量与利用效率要求的不断提高，供水厂现有的工艺及能效状况面临诸多挑战。部分供水厂存在设备老化、工艺落后的情况，导致能源消耗不合理且难以有效应对水质波动，自动化程度也有待提升。在此背景下，深入研究供水厂工艺优化与能效提升策略具有重要的现实意义，关乎供水厂的可持续发展以及水资源的高效利用。

1 供水厂工艺流程概述

1.1 取水工艺

取水工艺是供水厂的起始环节，其目的是从水源地获取原水，并输送至后续处理单元。水源类型多样，包括地表水如江河、湖泊、水库以及地下水等。对于地表水取水，常采用固定式取水构筑物，如岸边式和河床式取水构筑物，通过合理设计进水口位置和取水头部形状，确保在不同水位和水流条件下能稳定取水，同时防止泥沙、漂浮物等杂质大量进入。

1.2 沉淀工艺

沉淀工艺旨在去除原水中悬浮颗粒，通过重力作用使颗粒沉降至水底，实现固液分离。常见的沉淀方式有平流沉淀、斜管沉淀等。平流沉淀池构造简单，水在池内水平流动，颗粒在沉淀过程中逐渐下沉，沉淀效率相对稳定，但占地面积较大。斜管沉淀池则利用斜管增加沉淀面积，缩短颗粒沉淀距离，提高沉淀效率，在相同处理水量下所需占地面积较小。沉淀过程中，合理控制水流速度至关重要，过快会导致颗粒未充分沉降就随水流流出，过慢则影响处理能力。

1.3 过滤工艺

过滤工艺通常采用滤池，其内部填充滤料，如石英

砂、无烟煤、活性炭等。当水流经滤层时，杂质被滤料截留吸附，从而使水得到净化。石英砂滤料具有机械强度高、化学稳定性好等优点，广泛应用于常规过滤工艺；无烟煤滤料相对密度较小，与石英砂配合使用可实现双层或多层过滤，提高过滤效果；活性炭则具有较强的吸附能力，不仅能去除颗粒杂质，还能吸附部分溶解性有机物和异味物质。过滤过程中，需控制合适的滤速和反冲洗周期。滤速过快会使过滤水头损失迅速增加，缩短过滤周期；反冲洗则是定期清除滤料截留的杂质，恢复滤池过滤能力，确保过滤工艺持续稳定运行，保障出水水质符合要求。

1.4 消毒工艺

消毒工艺是保障供水微生物安全性的最后一道防线，旨在杀灭水中致病微生物，防止水传播疾病。常见的消毒方法有氯气消毒、二氧化氯消毒、紫外线消毒等。氯气消毒历史悠久，成本相对较低，通过向水中投加氯气，生成次氯酸，次氯酸具有强氧化性，能有效灭活细菌、病毒等病原体。但氯气消毒会产生消毒副产物，如三卤甲烷等，具有潜在健康风险。二氧化氯消毒杀菌能力强，消毒副产物生成量相对较少，但二氧化氯制备相对复杂，且具有一定的腐蚀性^[1]。

2 供水厂工艺存在的问题分析

2.1 设备老化与工艺落后

部分供水厂建厂时间久，设备长期运行磨损严重，如水泵效率降低、管道锈蚀漏损等，导致维护成本高且运行不稳定。采用的传统工艺难以满足现代水质标准提升的需求，像沉淀、过滤效果有限，无法有效去除新型污染物，在应对水源水质变化时缺乏灵活性，严重制约供水厂的高效稳定运行和供水质量的提高。

2.2 能源消耗不合理

供水厂中水泵、电机等设备存在“大马拉小车”现象,选型不合理导致能源浪费。而且设备运行过程中,未根据实际工况进行优化调度,如全天恒速运行,在用水低峰期消耗过多电能。此外,能源回收利用环节缺失,例如水的余压未有效利用就直接排放,整体能源利用效率低下,造成大量不必要的能源消耗,增加了供水成本和能源负担。

2.3 水质波动应对能力不足

水源受季节、气候、污染排放等因素影响,水质波动频繁。然而,部分供水厂缺乏有效的水质监测系统,难以及时准确掌握水质变化情况。现有工艺调整手段有限,在原水水质恶化时,无法迅速对沉淀、过滤、消毒等工艺参数进行精准优化,致使出水水质难以稳定达标,对居民用水安全构成潜在威胁,无法保障供水的可靠性和稳定性。

2.4 自动化程度低

许多供水厂自动化水平滞后,仍依赖人工操作控制各生产环节。设备的启停、运行参数调节等多由人工完成,不仅劳动强度大、效率低,而且易出现人为失误。各工艺单元之间缺乏自动化的联动协调机制,信息传递不畅,无法实现整体的智能优化运行,难以适应现代化供水管理的高效性、精准性要求,限制了供水厂的发展和管理水平提升^[2]。

3 供水厂工艺优化策略

3.1 沉淀工艺优化

3.1.1 采用高效沉淀技术

高效沉淀技术旨在显著提升沉淀效率与水质净化效果。其中,高密度沉淀池通过投加微砂等加重剂,形成絮体与加重剂的复合沉淀,加快沉降速度,减少沉淀时间和占地面积,能有效应对高浊度原水,提高对悬浮物和部分有机物的去除率。此外,采用斜板(管)沉淀技术,利用倾斜的板(管)增加沉淀面积,缩短颗粒沉淀路径,使沉淀过程更加迅速高效,在相同水力停留时间下,沉淀效果优于传统平流沉淀池,有助于提升供水厂整体处理能力,保障后续工艺进水水质,降低处理成本与能耗,适应供水厂的发展需求。

3.1.2 沉淀工艺与其他工艺的组合优化

沉淀工艺与其他工艺的组合可实现协同增效。沉淀与混凝工艺结合,合理选择混凝剂种类及投加量,使水中胶体颗粒脱稳凝聚形成大颗粒絮体,利于沉淀去除,同时可减少沉淀池中絮体上浮等异常现象,提高沉淀稳定性和效率。与生物预处理工艺组合,借助微生物作用

降解部分有机物和氨氮,降低原水负荷,减少沉淀池中藻类滋生和污泥量,优化沉淀性能,后续沉淀出水水质更稳定且利于过滤工艺运行,这种组合方式能充分发挥各工艺优势,提高供水厂对复杂原水水质的适应能力和处理效果,保障优质供水。

3.2 过滤工艺优化

3.2.1 滤料的选择与优化

新型滤料不断涌现,如纤维球滤料,具有比表面积大、过滤精度高的优势,能有效截留更细小的杂质颗粒,提升出水水质。通过优化滤料级配,采用不同粒径的滤料分层装填,可形成更合理的孔隙结构,既保证了过滤速度,又防止杂质穿透。此外,对滤料进行表面改性,如在石英砂滤料表面涂覆活性物质,能增强其对特定污染物的吸附能力,如对重金属离子和溶解性有机物的去除,从而拓展过滤工艺的净化效能,适应日益复杂的原水水质状况,保障供水水质安全。

3.2.2 过滤设备的升级改造

过滤设备的升级改造是提升过滤效果的关键手段。对传统滤池进行改造,如将普通快滤池升级为气水反冲洗滤池,利用气冲、水冲结合的方式,能更彻底地清除滤料截留的杂质,降低滤料板结风险,提高过滤周期和水质稳定性。采用自动化控制的过滤设备,可精准调节流速、反冲洗强度等参数,根据原水水质和出水要求实时优化运行状态,减少人工干预带来的误差和能源浪费。

3.3 消毒工艺优化

3.3.1 多元化消毒技术应用

随着供水水质要求的提高,单一消毒方式存在局限性,多元化消毒技术应运而生。将氯气与二氧化氯结合使用,前期用氯气进行预氧化和初步消毒,发挥其成本低、持续消毒能力强的优势,后续采用二氧化氯进一步氧化和消毒,减少氯气消毒副产物的生成。紫外线与过氧化氢协同消毒也是一种有效方式,紫外线破坏微生物的结构,过氧化氢产生的羟基自由基增强消毒效果,且两者协同可降低过氧化氢的用量,减少残留。

3.3.2 消毒剂量的精准控制

精准控制依赖于先进的监测设备和自动化控制系统,在线监测仪实时检测原水水质指标如微生物含量、有机物浓度等,根据这些数据和预设的消毒模型,自动调节消毒剂投加量。例如,当原水浊度升高或微生物数量增加时,及时增加消毒剂剂量;而在水质较好时,相应减少投加量,避免过度消毒。通过精准控制,不仅能保证消毒效果,有效杀灭致病微生物,还能防止因消毒剂剂量过高导致消毒副产物超标,减少消毒剂的浪费和对

水体的二次污染,在保障供水微生物安全性的同时,优化供水厂的运行成本和环境效益^[3]。

4 供水厂能效提升策略

4.1 设备选型与运行管理优化

4.1.1 水泵的优化选型与调速运行

在设计阶段,应依据供水规模、扬程需求等精准计算,选择合适流量和扬程的水泵,避免大流量低效率运行。采用调速技术,如变频调速,根据实际用水量变化实时调节水泵转速。在用水高峰期,提高转速保障供水;低谷期降低转速,减少能耗。通过优化选型与调速运行,使水泵工作在高效区,降低无效功率损耗,不仅能节省大量电能,还能减少设备磨损,延长使用寿命,提高供水系统稳定性,确保在满足供水需求前提下,实现能源利用的最大化,降低供水厂运行成本。

4.1.2 电机的节能改造

电机节能改造是提升供水厂能效的重要环节。对于老旧电机,可将其更换为高效节能电机,新型电机具有更高的能效等级,能降低运行中的电能损耗。此外,应用软启动技术,避免电机直接启动时的大电流冲击,减少对电网和电机自身的损害,同时降低启动能耗。还可采用无功补偿装置,提高电机的功率因数,减少无功电流在电网中的传输损耗,使电机运行更加高效稳定。

4.2 能源回收利用

4.2.1 余压利用

供水厂在供水过程中,水经过水泵加压后具有一定的余压。通过合理设计和安装余压回收装置,这部分能量可以得到有效利用。例如,将带有余压的水引入水轮机,使其带动发电机发电,产生的电能可回馈至厂区电网,为其他设备供电,实现能源的二次利用。或者利用余压将水直接输送至地势较低区域或对压力要求稍低的用水环节,减少后续加压所需的能耗。这种余压利用方式,无需额外消耗能源,只是对原本被浪费的能量进行回收,既降低了供水厂的电力消耗,又提高了能源的总体利用效率,为企业节约了大量成本,符合可持续发展的理念。

4.2.2 热能回收

在一些供水厂的处理工艺中,会产生大量的热能,如在消毒环节或污泥处理过程中。通过热交换器等设备,可以将这些废热进行回收。例如,利用消毒后热水的热量来预热进入处理系统的原水,提高原水温度,从而降低后续处理过程中加热所需的能耗。对于污泥处理产生的热能,也可以用于加热厂区的办公区域或其他需要热能的地方,实现热能的梯级利用。这种热能回收方

式,减少了对外部能源的需求,降低了供热成本,同时也减少了热量排放对环境的热污染,提高了能源利用的综合效益,在降低供水厂运营成本的同时,也为环境保护做出了贡献。

4.3 智能控制系统应用

4.3.1 建立能源管理系统(EMS)

EMS能够对供水厂内各环节的能源消耗数据进行实时采集,包括水泵、电机、照明等设备的能耗情况。通过数据分析功能,精准定位能源消耗的高、低峰时段及耗能异常区域,为节能措施的制定提供依据。例如,它可以生成详细的能耗报表和能耗趋势图,帮助管理人员直观了解能源使用状况。同时,EMS具备能源预测功能,结合历史数据和实时工况,预测未来能源需求,提前优化能源配置,确保能源供应的稳定性和合理性,从而有效降低能源浪费,提高能源利用效率,推动供水厂向智能化、节能化方向发展。

4.3.2 自动化控制与优化调度

自动化控制与优化调度可大幅提升供水厂运行效率。借助先进的自动化控制系统,实现对各工艺环节的远程精准控制,如根据原水水质和水量自动调节加药量、水泵运行台数及转速等,减少人工操作误差和滞后性。在优化调度方面,通过智能算法结合实时用水需求,合理安排设备运行组合和启停时间,避免设备空转和过度运行^[4]。

结束语

随着社会发展与水资源需求的增长,供水厂的工艺优化与能效提升势在必行。本研究深入剖析供水厂现存问题,并提出针对性策略,涵盖工艺优化各环节及能效提升多方面举措。通过实施这些策略,供水厂有望在保障水质安全稳定达标的同时,显著降低能源消耗,提高生产效率,增强应对水质波动能力,提升自动化水平,从而实现可持续发展,更好地满足社会对优质供水服务的需求,在水资源合理利用与供水保障领域迈出坚实步伐,为行业发展提供有益参考与借鉴。

参考文献

- [1]王春超,刘丙军,王鹏,等.基于多目标遗传算法的供水系统优化调度研究[J].给水排水,2023,59(08):46-52.
- [2]杨帆,王志石.城市供水管网漏损控制技术及对策研究[J].给水排水,2023,59(08):99-104.
- [3]张建伟,王志石,王志轩.基于GIS和BIM的城市供水管网智能化管理研究[J].给水排水,2023,59(08):105-110.
- [4]王志石,王志轩.城市供水系统节能降耗技术探讨[J].给水排水,2023,59(08):111-116.