

# 污水处理厂的节能降耗途径研究

## Research on Energy Saving and Consumption Reduction Approaches for Wastewater Treatment Plants

李明

Ming Li

葛洲坝水务(天津)有限公司 中国·天津 300000

Gezhouba Water (Tianjin) Co., Ltd., Tianjin, 300000, China

**摘要:** 随着环保要求提高,污水处理厂耗能也日益提高,对于节能降耗的研究显得尤为重要。污水处理厂设计、建设、运营密不可分,论文探索从设计、建设到运营阶段全流程的节能降耗的途径,旨在污水处理达到环保要求的同时能最大限度地节约能源。

**Abstract:** With the improvement of environmental protection requirements, the energy consumption of sewage treatment plants is increasing, and the research on energy conservation and consumption reduction is particularly important. The design, construction, and operation of wastewater treatment plants are inseparable. This paper explored ways to save energy and reduce consumption throughout the entire process from the design and construction stage to the operation stage, aiming to achieve environmental protection requirements while achieving greater energy conservation in wastewater treatment.

**关键词:** 污水处理厂; 节能; 降耗

**Keywords:** sewage treatment plant; energy saving; cut down the consumption

**DOI:** 10.12346/etr.v5i3.7788

### 1 引言

近年来,中国进入高质量的生态经济良性发展模式,对现代化污水处理厂的建设发展尤为重视,并对污水处理企业提出了更高的环保要求和更严格的排放标准,其中,北京、天津等地已经对城镇污水处理厂的出水提出了高于国家标准的地方标准,这随之带来的是污水处理设施能耗不断增加,运行成本不断提高。然而,当前污水处理厂已处于市场经济体制下,不仅面临成本和环境保护的问题,还面临着来自社会各界的压力,所以,实现污水处理厂的节能降耗刻不容缓。节能降耗不仅仅是在污水处理厂运营过程中考虑的重点,更要在源头设计及建设阶段就将节能贯入设计方案,即在工艺和设备选型设计中充分考虑节能降耗和可持续发展理念,做到全流程管理<sup>[1]</sup>。下面从不同阶段、不同角度分析污水处理厂节能降耗的有效措施。

### 2 设计建设阶段节能降耗

设计建设在污水处理厂节能降耗中起到至关重要的作

用,城市污水处理厂设计应加入专项节能设计方案,完成相应的节能评价报告。其间,可从厂站网一体化管理、平面高程总布置、工艺技术方案节能降耗、设备节能降耗、建筑节能、清洁能源利用等方面进行统筹考虑<sup>[2]</sup>。

#### 2.1 厂站网一体化管理

排水管网、泵站以收集和输送污水为目的,污水处理厂则肩负着污水处理和达标排放的目的。作为市政污水的被动承接方,污水处理厂的运行效能受到排水管网、泵站发展变化和运行状态的显著影响。例如,排水管网随城市发展同步建设,而污水处理厂并未同步改扩建,造成排水管网来水超出污水处理厂处理能力;排水管网存在广泛的地下水入渗和雨污混接问题,由于缺乏有效的污水水量、水质预报、预警措施,导致污水处理厂长期面临着负荷冲击问题。在“厂、站、网”运营管理机制下,城市排水系统设施运行应主体统一,高效实施厂站网协调运行,通过各类设施联动联动,提升整个排水系统整体运行效能。

【作者简介】李明(1984-),男,中国黑龙江七台河人,硕士,高级工程师,一级建造师,从事环境工程及市政工程的管理、技术与建设研究。

## 2.2 平面高程总布置

污水处理厂平面布置应考虑风向、朝向、地形地势,减少污染,满足节能减排的要求。在保证各种安全距离的同时,努力节约用地,使相关建、构筑物布置合理。要合理协调高程与平面布置的关系,降低前后构筑物落差,减少机械提升,尾水宜自流排入下水道或接纳水体<sup>[1]</sup>。

## 2.3 工艺技术节能管理

污水处理厂在处理污水问题的时候应该采用先进的工艺处理技术,并且在污水处理过程中一定要做好节能工作,这是在污水处理阶段可以达到较好节能减排效果的一个重要过程和因素。工艺设计应充分调查服务范围内的污水水质数据,针对不同的水质选用合理的节能工艺。宜采用高效的脱氮除磷工艺,减少外加碳源、除磷等药剂的投加量<sup>[2]</sup>。近年来,厌氧氨氧化、短程硝化反硝化等新型工艺逐步发展,大大节省碳源的利用。此外,A3/O(预脱硝+厌氧+缺氧)和BAF(曝气生物滤池)组合工艺,也可有效控制能耗。

## 2.4 节能设备选型

污水处理厂的能耗主要包括两部分,一是直接能耗主要为曝气鼓风机、回流泵以及提升泵等运行时所耗的电能,二是间接能耗主要为化学除磷、污泥脱水及消毒等投加的化学药品等,其中电耗大约占总能耗的60%~90%。电耗是污水处理厂碳减排的重中之重,具体而言,污水提升的电耗占10%~20%,生物处理的电耗占50%~70%,污泥处理处置的电耗占10%~25%。因此,想要实现真正的节能减排,就必须降低电能的消耗。优化污水处理设备可以达到节约电能的目的,一般来说,污水处理厂耗电设备主要为输送泵、曝气装置及其他设备,其中污水提升电耗占总能耗的10%~20%,提升泵设施主要有进水提升泵、污泥回流泵、剩余污泥泵、内回流泵以及二次提升泵;曝气系统的电耗占到总能耗的40%~70%,占总能耗的绝大部分。所以,在设计建设阶段设备的选择至关重要。

污水处理厂在设备选型时可改进的措施包括:强化污水处理厂提升泵、回流泵和鼓风机等动力设备的自动化水平,更换高效变频电机,根据进水量和水质随时间、上游工况变化对动力设备进行变频调速,优化其工作性能;曝气系统采用微孔曝气、表面曝气或混合式曝气等方式,同时优化自动控制DO、SRT等参数以解决曝气系统效率不高和过度曝气的问题;采用水质实时监控与加药匹配连锁控制,减少碳源、化学药剂的投加有助于降低间接能耗;等等。

### 2.4.1 变频系的使用

污水处理厂处理单元的提升泵耗能较高的原因主要为水量波动幅度大、电机效率较低、控制管理水平低以及设计能力远超运行能力等,目前,中国污水处理厂主要通过变频控制技术控制提升泵的能耗。变频泵是对传统泵(属于工频泵)的优化升级,其不仅具备基本的提升功能,还具有自动化变频调节的能力,能够依据各个阶段的污水实际提升量来调整频率。实践表明,通过使用变频调速装置能够使泵

的平均转速相比于工频转速降低20%以上,节能效率可达20%~40%,与同样情况下的用挡板、阀门调节相比,可节约能耗40%~60%。在进水提升泵配置设计时,一般至少配置1台变频泵或1台小型泵,以应对污水处理厂进水水量波动变化,同时达到节省进水提升泵运行能耗的目的。

变频泵选型设计时还需注重节能降耗措施:①在污水处理厂的设计阶段需进行全面调研,尽可能地降低扬程并且考虑采用淹没流模式;②根据泵所需提升的污水量以及变化特征,选择合适的泵及组合方式;③注重电机与泵的匹配程度,加强电机的高效运行;④注重污水管道的设计,尽可能减少弯管和管道的长度,降低污水在运输过程中的阻力和能耗,降低扬程。

### 2.4.2 精确曝气系统的使用

曝气是整个污水处理过程耗能最大的一个环节,因此想要从根本上实现节能降耗,就必须对曝气设备进行节能技术改进,有效控制曝气设备的实际能耗。传统工艺由于曝气系统缺乏自动调节装置,且为了保险起见,往往导致生物池过度曝气,直接造成了能耗的浪费,而实现精确曝气流量控制的关键在于模型设计和在线控制。精确曝气流量控制系统(以下简称:AVS)是一个集成的控制系统,旨在为生物处理过程提供精准的曝气。AVS以气体流量作为控制信号,溶解氧信号作为辅助控制信号,根据污水处理厂进水量和水质实时计算需气量,实现按需曝气和溶解氧的精细化控制。AVS系统按需曝气,极大地节省了曝气量。相对于依靠人工控制鼓风机而言,采用AVS精确曝气通常可以实现25%~40%的节气率,在鼓风机风量可调节的情况下,对应的可以实现鼓风机8%~15%的节电率。

### 2.4.3 精确碳源投加系统的使用

当前,出水标准愈发严格,对总氮要求高,天津市DB12 599—2015《城镇污水处理厂水污染物排放标准》A标准要求总氮小于10mg/L,这就带来污水处理厂大量碳源的投加。而进水量和水质是不断变化的,为保证达标大量碳源的投加容易造成浪费,还可能造成污泥系统膨胀。碳源投加智能控制系统是一个集成的控制系统,旨在实现碳源投加过程的精细化控制。系统采用了“前馈+模型+反馈”的多参数控制模式,综合考虑流入缺氧区的硝态氮的浓度、出水硝态氮的目标值、进水水质和水量等参数,利用反硝化动力学模型实时计算出碳源的投加量,并调节加药泵组的流量,使之输出的相应的实际加药量,从而完成对加药量的智能控制。

### 2.4.4 污泥处理系统的节能

污泥处理是对污泥进行污泥浓缩、污泥调质、污泥脱水、污泥稳定、污泥干化或污泥焚烧等减量化、稳定化、无害化的加工过程。污泥处理处置的基本原则为:安全环保、循环利用、节能降耗、稳妥可靠、因地制宜。污泥浓缩常用的方法有重力浓缩、离心浓缩、气浮浓缩、带式浓缩机浓缩等。重力浓缩的能耗最低,是国内外广泛采用的方法,且由于中国经济条件的限制,中国污水处理厂今后主要的减容手段还

将是重力浓缩为主。污泥稳定常用的方法有厌氧消化、好氧消化和污泥堆肥,以及大约有一半的污水处理厂并未进行污泥稳定处理,对后续的污泥处置造成极大的不便和危险。污泥经过浓缩和消化处理后体积可减少50%以上,但污泥体积依旧庞大,为了便于运输和处置,需要将污泥进行进一步处理即机械脱水。由于污泥特性的不同,污泥机械脱水的方式也不相同。比较不同污泥机械脱水时各物质、能量耗费的情况,结果表明,干化床以及离心脱水机总能耗较低。如果工程对于环境、气味和噪声有着较高要求,则推荐采用离心脱水机,可以减少臭味产生,同时起到较好的节能减排效果。

## 2.5 清洁能源利用

清洁能源设计宜考虑有机能源、热能、太阳能等资源的再利用。

### 2.5.1 有机能源回收

一种途径是对污泥直接进行焚烧发电,这种能量转换方式能量转化效率较高,可达80%左右。另一种途径是对污泥厌氧消化,将COD转化为能源物质甲烷(CH<sub>4</sub>)后发电利用。这种方式的能源转化效率为50%~60%,但是需要的技术设备相对较为简单,容易实现工程化。

### 2.5.2 污水中物理热能利用

用热泵技术可回收低位热能。污水四季温度变化小、流量大而稳定且储存热量大。因此,污水中蕴含的低位物理热能被公认是可开发利用的清洁能源,污水源本身便是一种资源与能源的载体。污水余温是一种可以加以利用的有效能源,可为冬季的夏热冬冷地区提供较好的工作环境。

采用热泵供暖制冷所投入的电能可在1kW时可以得到5kW左右的热能或冷能。采用污水源空调系统集中供冷,又可以代替传统中央空调,实现节能降耗。在满足厂区自身的供冷、供热能源自给外,污水源空调未来还可与厂外实现供冷(热)系统联动,扩大输出范围,其节能潜力巨大。

### 2.5.3 污水处理厂光伏发电

污水处理厂可将光伏发电和污水处理设施结合在一起,利用光伏所发电量,并配置电化学储能装置满足综合楼和厂前区的办公生活用电需求。在污水处理厂的生物池上方布设光伏组件,对清洁能源和土地资源进行最大限度利用。项目节约资源,并能产生清洁电力,带来经济和社会双重效益,实现双赢。

## 3 运营阶段节能降耗

污水处理厂进入运营阶段后,此时水价已定,控制运营成本尤为重要。而工艺技术及设备选型的优化多在设计阶段确定,运行时间久的污水处理厂可在提标改造时按照前述理念合理优化工艺,选用节能设备,降低运营成本。下面重点介绍工艺设备确定条件下运营阶段的节能降耗措施。

### 3.1 精细化管理

污水处理以三级的处理为主,先进行污水分离和对污水简单的沉降技术,这是一级处理办法,这种处理其实是较为

简单的,它主要是沉淀阶段,简便、能源消耗低,也方便管理,它所需要的成本也非常低,也可以达到较好的节能减排的效果。一级的污水处理效果达到最好时,二级生物处理才能更好地发挥作用。主要包括采用活性污泥沉淀技术。而为了水质达标,当前污水处理厂引入三级处理,即深度处理,通过化学加药进一步降低污染物浓度,成本高。故在污水处理厂运营过程中,精细化管理保养各段设备,合理调节工艺,充分发挥一级、二级处理的效能,减少三级处理的成本。

### 3.2 污水处理设备上的节能

污水处理厂在处理污水问题的时候应该注意选择更好的处理设备,以达到最好的节能效果,可以将污水处理厂分单元进行能耗特征分析,形成各单元能耗占比图,并筛选出重要的节能节点,识别出污水处理厂主要能耗设备,进而通过掌控主要影响因素找到节能途径<sup>[2]</sup>。有条件的污水处理厂可以建立能源管理体系和能效管理平台,加强设备节能管理。

### 3.3 原材料药剂选择上的节能

污水处理厂在处理污水问题的时候还应该着重选择原材料的质量,以达到节能的效果。污水处理药剂主要分为碳源药剂、除磷药剂、消毒药剂以及脱水药剂。药剂使用前应做好药剂选型试验,选择合适的药剂投加种类和投加地点等,可通过实验室小试及现场试验结果确定。

城市污水处理厂应建立药剂评估体系,对药剂使用性能进行评价,根据药剂规范要求对药剂指标进行化验,并根据检测结果对药剂进行评估。对于市场上新型药剂进行全面评估,选用性价比较高的药剂。对于性能评估不合格的药剂,应分析原因,并根据实际情况对药剂使用进行调整,并要求药剂厂家对药剂进行改进或者选择合适的替代药剂,同时对新药剂进行评估,合格后方可使用,以实现到环保、绿色、节能、高效的目的。

## 4 结语

实现城市污水处理厂的节能降耗,应从设计阶段、建设阶段、运营阶段进行全流程节能管理,可以更好地促进城市的可持续发展。设计阶段可从厂站网一体化管理、平面高程总布置、工艺技术方案节能降耗、设备节能降耗、建筑节能、清洁能源利用方面全面统筹考虑,建设阶段应严格按照设计图纸要求施工,提高质量,避免工艺运行出现问题。运营阶段从进水管网水质分析到各工段污染物去除效率分析与能耗分析,充分利用原水碳源,挖掘生物脱氮除磷潜能,实现最佳的设备运行,提升各工段处理效果。

## 参考文献

- [1] 刘礼祥,张金松,施汉昌,等.城市污水处理厂全流程节能降耗优化运行策略[J].中国给水排水,2009(16):11-15.
- [2] 罗岩松.城市污水处理厂节能降耗管理研究与评价[J].中国资源综合利用,2021(39):170-171.
- [3] 蔡瑾宇,何文斌,董国华.城镇污水处理厂节能降耗技术措施的思考[J].工程技术,2016(7):191.