

工业水处理中节能优化控制的研究

罗世刚

北京亦庄环境科技集团有限公司, 北京 100176

[摘要] 随着社会的进步、经济的发展, 人们对生活环境质量也提出了更高标准的要求。但是, 随着工业污水排放量的增多, 污水的组成成分也越来越复杂, 污水处置难度也在不断增大, 这与社会环保理念和人们的生活要求产生巨大的分歧。随着人们生活水平的不断提高, 物质生活的充裕导致人们节约用水、保护水资源的意识日益薄弱, 进一步加重了水资源短缺问题。如何做好工业污水治理工作, 减少废水排放量, 日益受到广大民众的关注。而污水处理厂的运行需要使用大量的电机设备, 能耗较高, 如果不对电机设备运行进行科学、有效的控制, 会提高其投资成本, 降低污水处理效果。为了达到节约能源的目的, 污水处理厂必须通过科学、合理的电气设计, 从多方面进行节能减排, 不断地提升污水处理厂的处理能力, 推动污水处理厂的可持续发展。

[关键词] 工业水处理; 节能; 优化控制

DOI: 10.33142/sca.v6i3.8804

中图分类号: X703

文献标识码: A

Research on Energy-saving Optimization Control in Industrial Water Treatment

LUO Shigang

Beijing Yizhuang Environmental Technology Group Co., Ltd., Beijing, 100176, China

Abstract: With the progress of society and the development of the economy, people have also put forward higher standards for the quality of their living environment. However, with the increase in the discharge of industrial wastewater, the composition of wastewater is becoming increasingly complex, and the difficulty of wastewater treatment is also increasing. This is a huge disagreement with the concept of social environmental protection and people's living requirements. With the continuous improvement of people's living standards and the abundance of material life, people's awareness of saving water and protecting water resources is becoming increasingly weak, further exacerbating the problem of water resource shortage. How to do a good job in industrial wastewater treatment and reduce wastewater discharge has increasingly attracted the attention of the general public. The operation of sewage treatment plants requires the use of a large number of electrical equipment, which consumes high energy. If the operation of electrical equipment is not scientifically and effectively controlled, it will increase its investment cost and reduce the effectiveness of sewage treatment. In order to achieve the goal of energy conservation, sewage treatment plants must adopt scientific and reasonable electrical design to achieve energy conservation and emission reduction from multiple aspects, continuously improve the treatment capacity of sewage treatment plants, and promote the sustainable development of sewage treatment plants.

Keywords: industrial water treatment; energy saving; optimization control

在城市污水处理厂中, 普遍会配置多种单体功率相对较高的设备, 包括粗细格栅、刮泥机、脱水机、风机、水泵等, 且为了确保各个设备的运行安全, 还要配套引入更多的保护、连锁以及监测装置, 保证电气设备以及线缆等能够长期安全稳定运行, 这就使得城市污水处理厂电气工程的整体施工难度增高。

1 污水净化厂电气构件设计

污水处理厂的运行效率间接影响生态环境的改善。污水处理厂电力系统的运行状况直接影响废水处理工艺, 必须持续改进污水处理厂的电力系统。污水处理系统中常用的电力系统包括低压配电系统、高压配电系统、照明系统等。某些特殊的废水治理工程中, 还会使用防爆电器等设备, 设备设施的齐全可以有效保证污水处理的效率。污水处理厂设计电力系统时, 需要具有长远的眼光, 充分考虑

公司的实际发展状况, 为污水处理厂的发展和变革预留一定的空间。电气设计人员应将节约能源的思想融入污水处理厂的电气设计过程, 提升电气系统的使用价值。

2 城市污水厂能耗分类、特点及污水厂能耗分析方法

2.1 污水厂能耗分类

污水处理厂的耗能环节包括提升系统、曝气系统、污水污泥处理系统、电气系统等, 其能量消耗可分为直接能耗和间接能耗两类。直接能耗能客观反映了污水处理厂实际运行过程中的能量消耗, 一般是源于电力、煤、天然气等能源, 如曝气电机的电耗、污水和污泥提升的电耗、污泥浓缩脱水的电耗、污泥消化消耗的热能、热源泵耗能、厂区照明能耗等; 间接耗能主要包括絮凝剂、铝盐等耗材生产所消耗的能量。

2.2 污水处理厂的能耗特点

污水处理厂的消耗主要集中在电力、药物、燃料等方面,电能在水处理厂总能耗的占比超过70%。同时,在污水处理厂投资中,电气部分投资占比为12%左右。因此,加强污水处理厂的电气节能设计对污水处理厂减少能耗与投资具有重要意义。

在污水处理厂中需要用到大量的用电设备,如在预处理系统中需要用到排污泵、闸门、除污机等,在沉淀池中需要用到搅拌机、提升泵、排泥机等,在污泥处理系统中需要用到压榨泵、清洗泵、螺杆泵等,这些用电设备需要消耗大量电能。此外,紫外消毒、照明、除臭等系统也需要消耗大量的电能。根据《城市污水处理工程项目建设标准》的有关规定,达到一级B排放标准的污水处理厂处理每立方米污水的电耗是0.15~0.28kW·h,达到一级A排放标准的污水处理厂处理每立方米污水的电耗是0.28~0.4kW·h。在污水处理厂的电气设计中,节能优化必须考虑的问题。

在节能设计前,需要针对《城市污水处理工程项目建设标准》中污水处理厂电耗的“硬指标”,分析污水处理厂的能耗特点。污水处理厂中的工艺处理单元大致可以分为预处理单元、生化处理单元和污泥处理单元。其中,预处理单元中一般会有多台大功率水泵;生化处理单元的电能消耗一般达到整厂工艺设备电能消耗的50%~70%,而生化处理单元中的曝气处理能耗又在其中占很大比例,因为曝气处理的用电设备主要是鼓风机等。由此可见,污水处理厂的电能消耗分布相对集中,呈现“大集中,小分散”的特点。

2.3 污水厂能耗分析方法

2.3.1 生命周期评价法

污水处理的生命周期分为施工建设、生产运行、废弃拆除3个阶段。生命周期评价(Life Cycle Assessment,简称“LCA”)是通过对其一条过程链上出现的能量产出和吸收进行数据收集、记录、整合,并纳入过程中的若干不确定性因素,评估某一项目在各个阶段的能量消耗和影响因素。

2.3.2 比能耗分析法

城污水处理的比能耗计算简单,实用性强,可用处理单位体积污水所消耗的能量直接折算成电能(kWh/m³)表示,或用去除单位重量的污染物(COD或BOD)所消耗的能量(kW或kJ)表示。比能耗可以是正值,也可以是负值,正值表示消耗能量,负值表示产生能量。但是,比能耗无法揭示城市污水处理厂能耗的影响因素和能源利用效率。

3 环境工程中工业污水治理节能优化措施

3.1 反硝化生物滤池和浸没式超滤系统

为了使污水处理厂达到地方标准DB43/T 1546—2018中准IV类出水水质标准,在原有氧化沟工艺段后可以增加深度处理工艺(反硝化系统+超滤系统)。反硝化系统耗电量为0.036kW·h/m³,占总耗电量的18.26%;浸没式超滤系统耗电量为0.022kW·h/m³,占总耗电量的10.93%。深度处理工艺电耗高达总电耗的29.19%,存在较大的节能

降耗空间,具体措施如下。

①优化反硝化自动化控制系统,合理调控反硝化系统。定期维护、清洗反硝化滤池和膜池,保障反硝化系统、超滤膜系统高效运行。

②引进反硝化除磷技术,利用反硝化除磷菌(DPB)在硝化过程中同步实现脱氮和除磷,可节省碳源。姜鸣等的研究表明,应用反硝化除磷技术可节省碳源达50%,污泥产量也可削减50%。

3.2 曝气系统节能措施

曝气系统是城市污水处理工艺的核心,能耗最大,基本可占到整个污水处理系统能耗的60%~70%,是节能减排研究的重点。

3.2.1 确定合理的曝气系统规模

城市污水处理厂的曝气系统规模一般是根据日(时)高峰进水量的需氧量计算得到的,然而高峰段出现频率低,出现时间短。如果曝气调控设备配套不成熟,可能导致生物池中污水溶氧量偏高,即曝气系统的设计供氧能力>实际需氧量。因此,可适当减少曝气量,以达到节能降耗的效果。污水处理厂生物池的平均需氧量与曝气系统的供氧能力差值越小,曝气系统能耗越低、能效越高。

3.2.2 选择高效的曝气设备

曝气设备是污水处理厂曝气系统的重要组成部分,有鼓风机曝气和机械曝气两种。曝气设备选择不仅要满足供氧能力,还要有良好的调节能力。为了实现节能效果,应选择动力效率高且充氧能力高的曝气设备。

3.2.3 鼓风机中安装变频调速器

鼓风机是污水处理厂中不可或缺的设备,其风压一般是恒定的,风量大小只利用出气阀门进行调节,而鼓风机的出气阀开度仅50%~70%,节能效果不佳。为了减少能耗,可在鼓风机中应用变频调速技术。变频调速宜在额定转速的75%~100%,不宜小于额定转速的50%。变频调速技术的节能效果以某污水处理厂举例说明:鼓风机功率110kW,利用变频器将电流从120~130A调节至70~80A,频率在43Hz左右,每月能节电18000kWh。工作周期按11天计算,电费按0.45元/kWh计算,每年可节省电费至少10万元。同时,变频调速技术能减少机械的磨损,延长电机寿命。

3.3 建设数字化、智能化的智慧水厂

近年来,伴随着我国“新基建”“碳达峰、碳中和”等理念的提出,我国智慧水厂的建设进入高速发展期。建设智慧水厂是促进数字经济与实体经济深度融合,赋能传统产业转型升级的重要途径。智慧水厂中包含智能安防系统、智能药料投加系统、生产监控管理系统等,这些系统的相关配合可以从根本上减少人力、物力的消耗,最终实现节能减排的效果。在国家大力发展数字经济的背景下,需要对传统模式的污水处理厂进行数字化、智能化的升级改造。需要在智慧水厂建设中以数字化为驱动,可以通过数字化手段实现安防智慧防控、药剂精准投加、泵站智能调度、能源智能监

测等功能,从根本上实现电气节能、提质增效的目的。针对智慧水厂的建设,在设计阶段可以从以下几点着手。

(1)采用电能能效管理系统。污水处理厂的生产设备种类繁多,除了工艺设备,还有照明、通风、视频监控等辅助设备,在智慧水厂的建设中,需要采用电能能效管理系统实现对全厂用电设备及能源消耗的全面监测、评估和分析,进而优化生产运行中的用能过程。在设计阶段,可以采用自带监测器和通信功能的变压器、直流柜及发电机组等,将设备相关信息传递至能效管理系统。利用微机综合保护单元,通过网关将高压柜连接到能效管理系统,同时将配电回路中的各种断路器及低压开关柜通过相关网关连接至能效管理系统。通过系统的分析处理,实时掌握用电设备的运行状态,对全厂各用电设备的用电状态进行优化配置,对用电状态异常的设备做到尽早检修,使设备运行在最高效状态,从而提高污水处理厂的能效水平。

(2)采用智能照明系统。在地埋式的污水处理厂中,照明系统的耗电量远远大于常规水厂。因此针对地埋式的污水处理厂,需要设计智能照明系统。在灯具选型上,需要优先选用发光效率高、节能的灯具,同时需要实现区域照度的调整,以节约电能,并减少照明系统的维护成本。

(3)采用智能化曝气控制技术。曝气环节对污水处理工艺有着至关重要的作用。曝气过多会导致溶解氧进入生化池的缺氧区、厌氧区,影响反硝化效果,也会打碎污泥絮体,影响出水水质,同时会使电能消耗增加;曝气过少,会抑制生化池中的硝化反应,引起细菌繁殖,导致污泥膨胀等。因此,针对曝气系统,必须采用精确的控制技术实现曝气的精确化、合理化。相较于传统的曝气控制技术,智能化曝气控制技术可以合理分配曝气量、缩短工艺运行时间、减少电能消耗、提高生化处理效率,在有条件的情况下,需要优先采用智能曝气控制技术。

3.4 变压器节能设计

变压器是污水处理厂电力系统中的关键装置,其能耗较高。变压器的总体结构分为铜、铁两大类,分析其损耗特性,负载电流的作用会造成变压器铜零件的损失。变压器的铜损失与负载电流成正比;铁元件的损失,如铁心造成的铁损耗,与负载电流之间无直接关系。

为了解决污水处理厂能耗问题,必须进行电力系统的优化设计,采用节能型变压器取代原有变压器,节能变压器在空载状态下的负载损耗较低。

目前,我国大部分污水处理厂均采用干式变压器,因为其具有便于维修的优点^[2]。但是与油浸式变压器相比,干式变压器存在空载、负载损耗大、承载能力差、造价高等缺点。油浸式变压器是优化设计中的重要选择之一。

3.5 减少线路损耗

污水处理厂中铺设大量的电缆是保证其正常运转的关键。电缆本身具有一定的电阻,且其电阻值与电缆的长度呈线性关系,随着电缆的长度的增加,电阻增大,造成

电压损耗增大。因此,污水处理厂的电气设计过程,降低电缆的损失也是降低能源消耗的方法。针对线路损耗问题,解决办法为优化高低电压配电房的选址,减少电缆的使用率,并尽可能地将配电室布置在接近负载中心的位置。

3.6 电气控制设备设置

污水处理厂的电力系统一般采用就地安装与集中式配置两种安装方式。就地安装在废水处理场地安装电气控制装置,可以根据需要随时调节控制参数,具有一定的灵活性,但是以就地安装方式难对整个控制系统进行全面控制;集中式配置方式集中配置所有的控制装置,为电气自控系统的构建和运行提供了条件,方便进行设备的连接和管理,减少了设备的检修和维护,但是设备发生故障将使整个系统的工作中断。集中式布置法便于进行集中管理,更具优越性,可以应用于污水处理厂的电气设计。

3.7 自动控制技术的应用

在科技不断进步和创新的背景下,污水处理设备也正不断向自动化、智能化和电气化方向发展。利用 PLC 智能控制,能够对污水处理设备进行指令化操作,实时在线监控污水处理过程;能够在监控过程中,通过信号反馈,自动调节工作过程,并做好信息数据的存储和利用,以此提高污水处理的工作质量和效率,维护相关处理设备的稳定运行;同时,在自动控制技术的作用下,还能有效实时调节设备运行状态,避免在不需污水处理时设备空转,造成不必要的能源损耗,可以在很大程度上降低设备运行的能源消耗,达到节能效果。

4 结论

经济的快速增长推动了工业企业的大力发展,也造成了工业生产过程中废水排放、化学产品排放、工业气体排放量增加给环境带来的严重污染问题。在全球环境日益严重的当今社会,环境治理,节能减排已经成为了各行各业的发展目标。为了推动污水处理厂可持续发展,需要采取相关措施节约能源,实现污水处理厂的节能降耗,电气设计方面充分考虑节能的思想,采取科学、合理的节能措施,降低企业的投资成本,推动污水处理厂的进一步发展。

[参考文献]

- [1]陈岭.工业水处理中节能优化控制的研究[J].环境与发
展,2020,32(1):235-236.
- [2]朱永满.浅析工业锅炉水处理节能减排的现状 & 措施
[J]. 科学技术创新,2019(20):189-190.
- [3]吴绮蓝.工业锅炉节能减排与水处理之我见[J].中外
企业家,2019(5):126.
- [4]张国祥.工业锅炉在保温和水处理环节的节能[J].科
技创新与应用,2018(34):66-67.
- [5]薛张辉.工业水处理中节能优化控制的研究[J].智能
城市,2018,4(21):71-72.

作者简介:罗世刚(1984.3-),所从事专业:水处理行业
电气工程师,职称:初级电气工程师。