

“双碳”背景下污水厂的低碳设计分析

李庆桂

[上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司,上海市200092]

摘 要:城镇污水处理厂是污染减排的主要承担者,同时也是主要的碳排放大户,因此在“双碳”背景下城镇污水处理厂的低碳设计至关重要。优化工艺和清洁生产是低碳的首要控制因素,通过选择先进的处理工艺和设备,可从源头控制能量的消耗,加强资源的回收和综合利用,减少碳排放,实现可持续发展的目标。从“双碳”角度出发,在清洁能源的利用、工艺设计、设备选型、智能控制等方面对城镇污水处理厂低碳设计进行全方位分析,同时提出城镇污水处理厂未来工艺的选择方向。

关键词:碳达峰;碳中和;清洁能源;工艺设计;设备选型;智能控制

中图分类号: TU991.2

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2023)01-0022-04

0 引言

2020年9月22日,习近平总书记在第七十五届联合国大会一般性辩论上郑重宣布:“中国将提高国家自主贡献力度,采取更加有力的政策和措施,二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值,努力争取2060年前实现碳中和^[1]。”这是中国应对全球气候问题作出的庄严承诺。

目前,欧盟、美国和日本均已实现碳达峰,其实现碳中和的时间均为2050年。从碳达峰到碳中和,欧盟间隔约70 a,美国和日本间隔约40 a,但我国仅有30 a时间,任务艰巨。“双碳”目标的提出,为各行业未来的发展指明了新的方向。城镇污水处理厂是污染减排的主要承担者,同时也是碳排放大户。总体上,污水处理行业碳排放量占全社会总排放量的1%~2%^[2]。因此在“双碳”背景下,如何进一步降低城镇污水处理厂碳排放量是全体排水工作者孜孜以求的目标。

目前,我国城镇污水处理厂的低碳化之路刚刚起步,国家各部门也陆续出台了一系列引导政策。2021年2月,《国务院关于加强建立健全绿色低碳循环发展经济体系的指导意见》(国发〔2021〕4号)发布,要求加快建设污泥无害化资源化处置设施,因地制宜地布局污水资源化利用设施^[3]。2021年6月,国家发展改革委、住房城乡建设部联合印发《“十四五”城镇污水处理及资源化利用发展规划》(发改环

资〔2021〕827号),要求加快形成布局合理、系统协调、安全高效、节能低碳的城镇污水收集处理及资源化利用新格局^[4]。

污水处理厂碳排放包含直接排放和间接排放^[2],其中间接排放主要是生产过程中的电力、药剂等消耗。优化工艺和清洁生产是低碳的首要控制因素,通过选择先进的处理工艺和设备,可从源头控制能量的消耗,加强资源的回收和综合利用,减少碳排放,实现可持续发展的目标。本文将从清洁能源的利用、工艺设计、设备选型、智能控制等方面对城镇污水处理厂低碳设计展开详细论述。

1 清洁能源的利用

采用绿色可再生能源替代传统能源是促进碳减排的有效手段,综合利用太阳能、污水中的热能等清洁能源,作为对电能的补充,减少对传统能源的依赖是减少人类对环境负面影响,是实现“双碳”目标的重要举措。

1.1 太阳能的利用

我国太阳能资源较为丰富,城镇污水处理厂占地面积较大,空间开阔,为太阳能的利用提供了有利条件。随着除臭要求的逐步提高,目前大多数城镇污水处理厂内构筑物如沉砂池、初沉池、生物反应池等,池上均进行了加盖,池上有大量空间可利用,适合布置光伏发电设施;对于无除臭要求的构筑物,如二沉池、高效沉淀池、气水反冲洗滤池等,也可在顶部布置太阳能板,既能实现能源利用,又可起到遮光作用,防止池内藻类滋生。目前,该技术在安徽王小郢污水处理厂、武汉北湖污水处理厂等工程中得到了应用,节能

收稿日期:2022-04-30

作者简介:李庆桂(1990—),男,硕士,工程师,从事排水设计工作。

减排效果显著。

目前,技术成熟且应用较多的光伏组件包括薄膜、单晶硅和多晶硅。薄膜光伏组件多附着于建筑物表面,其柔性好,但光电效率比晶体硅低,因此城镇污水处理厂内光伏发电不推荐薄膜组件。晶体硅光伏组件以绝对优势占据着光伏组件市场,主要是由于地球上硅原材料贮量丰富,晶体结构稳定,硅半导体器件工艺成熟,对环境的影响很小,而且有望进一步提高光电效率以降低生产成本。晶体硅光伏组件中多晶硅组件以其成熟度较高,效率稳定,价格相对较低等优点在国内外相关工程得到了较大规模的应用。

1.2 污水源热泵

污水源热泵的主要工作原理是借助污水源热泵压缩机系统,在冬季把存于水中的低位热能“提取”出来为用户供热,夏季则把室内的热量“提取”出来,释放到水中,从而降低室温,达到制冷的效果^[5]。水源热泵系统负责为厂区综合楼、鼓风机房、变电所等建筑物提供冷风或热风,保持人体的舒适感和部分设备设施的正常运行温度。

系统采用闭式污水源热泵系统,分为污水侧开式子系统、中介水闭式循环子系统和末端循环水子系统三个子系统,水源取自处理后的厂区尾水,尾水先将热量或冷量传递给中介水,中介水再进入热泵机组进行冷热量转换。设计时先根据建筑面积进行冷热负荷的计算,然后根据负荷分别计算得到冬季和夏季的最大小时取水量,最后根据计算结果选取对应的设备。目前,该技术在上海嘉定南翔污水处理厂、北京高碑店再生水厂等工程中得到了应用。

上海嘉定南翔污水处理厂水源热泵系统为厂区综合楼和科普馆等建筑物提供冷风或热风,服务总建筑面积约 9 975 m²,热负荷总计 637.5 kW,冬季最大小时取水流量为 66 m³/h;冷负荷总计 1 167.1 kW,夏季最大小时取水流量为 360 m³/h。通过水源热泵技术,年可回收热量 9 355 GJ,年标煤减少 254.13 t,可达到年碳减排量约 666 t 的 CO₂。

2 工艺设计

(1) 选择低碳处理工艺

随着国家对环保事业的重视程度不断提升,污水处理厂的出水标准也在逐步提高。传统工艺在将污水处理达标的同时,碳排放量也随之增加,因此要实现低碳处理,需要重新梳理和评估处理工艺。在

“双碳”背景下,污水处理工艺未来发展方向需从“以能消能”转变为能源利用、资源回收和低碳和谐。未来低碳处理工艺方向是碳氮两段法,即首先对污水中的有机物进行分离,分离出的污泥通过厌氧消化产生沼气,或对污水直接进行厌氧处理产能,分离后含有氨氮的污水通过主流厌氧氨氧化进行脱氮。

目前,高效沉淀池在市政污水深度处理中得到广泛应用,但其存在加药量较大等问题。随着出水 TP 要求逐步提高,需要投加的混凝剂量将会大幅增加。在“双碳”背景下,未来具有加药量少,除磷效果优的气浮工艺将会得到进一步推广应用。

选用先进成熟的除臭工艺,根据各工序不同的臭气性质和处理目标要求优化除臭工艺组合方案,在满足除臭效果的前提下尽可能采用低净空加罩方式,减少除臭风量。

(2) 减少提升能耗

构筑物非对称布置时,存在为满足流程最长的处理线而使流程短的处理线大量跌水的问题,不利于节能。因此,构筑物布置时建议采用同程布置法,利用超高通过堰板调节构筑物的水位,从而使不同处理线上构筑物间总水头损失相同,节省提升水头达到节能目的。大型城镇污水处理厂设计尽量采用大型渠道配水,优化水力计算,节省配水及管道水头损失,节省提升能耗。

(3) 提高污水回用率

污水再生利用对每个城市而言都是巨大的稳定水源,在确保安全的前提下,污水的再生利用,意味着降低了能耗、节省了药耗,既可减少污染物的排放,又可减少碳的排放。在“双碳”背景下,建议提高污水回用率,减少碳排放。针对除臭用水、建构筑物冲洗用水、厂区道路绿化浇洒、车辆冲洗等对水质要求不高的用水点,可采用厂区尾水直接回用。针对混凝剂溶解稀释用水等对水质要求稍高的溶药用水,可将尾水进一步处理后回用。为促进城市资源节约型、环境友好型社会的建设,根据区域的用水情况,处理后的再生水可作为周边小区生活杂用水。

3 设备选型

高效低耗设备的选用是节能的重要措施,通过优选先进设备淘汰替换落后低效设备,可以大幅降低单位工程的能耗指标,相比设备增加的投资,节能效益显著。

(1) 机械设备

目前,绝大多数污水处理厂采用鼓风曝气工艺,而鼓风机是此工艺中最为关键的设备,鼓风机的能耗有时可占城镇污水处理厂的总能耗的60%左右,风机选择正确与否与投资大小和运行管理费用密切相关。建议选用国内外效率高、能耗低的鼓风机,电动机选择时应避免“大马拉小车”现象。当流量在90%~100%范围内变化时,可以通过风门、阀门、阀门开度等调节,超出该范围时可采用调速装置进行节能。曝气器建议选用低阻力的刚玉曝气器,减少曝气能耗。水泵选型时确保经常工作点位于高效区,采用“变频水泵和普通水泵”组合的方案,水泵可根据集水井内液位高度自动调整变频水泵运转频率,避免小流量频繁启动,达到节能的目的。

(2)除臭设备

药剂洗涤装置建议选用高效填料塔,并设置进气量和喷淋药剂的连锁调节,减少药剂投加量;生物滤池进气加湿和喷淋采用一体化设计,缩短管道线路,减少动力消耗,喷淋水进行循环利用;土壤滤池喷淋水采用高效喷淋器,并自动控制。

(3)电气设备

合理选择变电所的位置,使其深入负荷中心,合理选择电缆截面,减少配电干线电缆长度,减少损耗。合理选用变压器,在保证供电可靠性的同时,使其长期负载运行在高效区,降低损耗^[6]。采用新型无功补偿装置,提高功率因数,减少电力网无功损耗。厂区路灯采用绿色能源—光伏发电供电,各建筑物室内照明选用高效节能灯具,采用感光控制及智能控制照明时间,以节约电耗。地下厂建议采用智能照明系统,根据不同运维模式自动控制。

(4)暖通设备

选用空调机组时,选择其额定工况下性能系数满足节能规范的产品,并考虑在实际运行工况和部分负荷时段内的综合性能系数。空调通风系统中的各类设备建议选用效率高、能耗小的产品,空调机组的风机单位风量耗功率 $\leq 0.48 \text{ W}/(\text{m}^3 \cdot \text{h})$,普通机械通风系统的单位风量耗功率 $\leq 0.27 \text{ W}/(\text{m}^3 \cdot \text{h})$ 。

4 智能控制

(1)采用智能生物控制系统对内外回流比进行优化

普通城镇污水处理厂内外回流比相对恒定且按最不利条件设计,当污泥沉降性能良好,回流浓度高或反硝化速率高,出水 $\text{NO}_3\text{-N}$ 很低的情况下,大回

流比不仅没有必要且耗能浪费。采用智能生物控制系统可根据实际水质条件和运行情况,自动给出最佳工况点的各项控制参数,配合变频回流泵可实现能耗和运行状态的最优化,节电效益显著。

(2)采用智能加药系统对加药量进行优化

污水处理工艺多样,在处理环节需要投加碳源和多种化学药剂,不可避免会产生碳排放。优化加药环节,有助于减少碳排放。智能加药系统是一套独立的应对城镇污水处理厂出水总磷达标优化的控制系统,其目的就是将城镇污水处理厂化学除磷工艺段做到“按需加药”,该系统自动根据进水总磷的负荷对于城镇污水处理厂所采用的前端/中端/后端化学加药除磷工艺中投加的PAC进行全自动的计算与控制,确保出水总磷的达标率以及优化加药量,以降低药剂的用量,从而减少碳排放。

(3)采用智能曝气控制系统对曝气量进行优化

智能曝气控制系统是一个集成软件和硬件的智能化系统,其主旨功能是针对城镇污水处理厂的污染负荷和工艺运行状况的变化,实时跟踪和评估各个曝气控制区的曝气量需求,自动控制鼓风机和空气调节阀,按需调节和分配曝气量,稳定精确控制好氧区的溶解氧的同时,实现活性污泥系统的高效稳定运行,从而降低鼓风机的电耗以及药剂的投加量,实现污水处理厂的运行管理的精细化,从高效迈向卓越。

为响应国家“碳中和、碳达峰”要求,建设低碳型现代化污水处理厂,可在生物反应池应用智能曝气控制系统。应用智能曝气控制系统后,在单台风机稳定运行在60%以上风量时,系统可实现以下效果:

(1)生物池好氧区溶解氧的实际测量值,其90%以上的波动范围可稳定控制在目标设定值 $\pm 0.5 \text{ mg/L}$ 以内。

(2)应对污水处理厂的实际运行和新型污水处理技术的对生物池好氧区的溶解氧控制值需求,当生物池溶解氧的低至设定值 $0.3\sim 0.5 \text{ mg/L}$ 时,仍能实现稳定精确控制。

(3)通过曝气就地控制系统和鼓风机优化控制系统,根据进水负荷变化自动调整和分配风量,可降低生物池鼓风曝气系统能耗15%以上。

5 结 语

(1)采用绿色可再生能源替代传统能源是促进节能减排的有效手段,综合利用太阳能、污水中的热能

等清洁能源,作为对电能的补充。

(2)选择低碳处理工艺,厂内构筑物采用同程布置,节省提升能耗;提高污水回用率,厂内生产用水尽可能利用回用水,减少自来水的消耗。

(3)高效低耗设备的选用是节能的重要措施,通过优选先进设备淘汰替换落后低效设备,可以大幅降低单位工程的能耗指标,相比设备增加的投资,节能效益显著。

(4)通过智能控制系统对内外回流比、加药量和曝气量进行优化,节约运行能耗。

城镇污水处理厂是污染减排的主要承担者,同时也是主要的碳排放大户,因此在“双碳”背景下城镇污水处理厂的低碳设计显得尤为重要。本文从清洁能源的利用、工艺设计、设备选型、智能控制等方面对城镇污水处理厂低碳设计要点进行总结,以期

为城镇污水处理厂低碳设计提供可参考借鉴的解决方案。

参考文献:

[1] 甄士龙,张丽莎.雄安新区生态环境项目投融资机制研究[J].河北金融,2021(10):17-20.
[2] 王洪臣.我国城镇污水处理行业碳减排路径及潜力[J].给水排水,2017,43(3):4.
[3] 中华人民共和国国务院.国务院关于加强建立健全绿色低碳循环发展经济体系的指导意见[Z].北京:中华人民共和国国务院,2021.
[4] 国家发展和改革委员会,住房和城乡建设部.“十四五”城镇污水处理及资源化利用发展规划[Z].北京:国家发展和改革委员会,住房和城乡建设部,2021.
[5] 田传永.污水源热泵技术的开发与应用[J].科技经济导刊,2015(1):186.
[6] 刘洋.咸阳市张家山泉群供水研究[D].西安:西安建筑科技大学,2015.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站:<http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱:cdq@smedi.com