

许君清, 汪正然, 李光明. “双碳”背景下的水务行业可持续发展前景探析[J]. 净水技术, 2023, 42(10): 1-6, 195.

XU J Q, WANG Z R, LI G M. Exploration of sustainable development prospect of water industries under the background of "carbon peaking and carbon neutrality" goals[J]. Water Purification Technology, 2023, 42(10): 1-6, 195.

“双碳”背景下的水务行业可持续发展前景探析

许君清¹, 汪正然², 李光明^{1,*}

(1. 同济大学环境科学与工程学院, 上海 200092; 2. 普瑞法生态环境科技<上海>有限公司, 上海 200092)

摘 要 实现“碳达峰”“碳中和”是推进可持续发展的必然趋势。水务行业作为城市运行的基础保障与支持行业, 其低碳转型策略与路径是推进“碳达峰”“碳中和”的关键之一。文章以面向生活用水的典型城市水务行业系统为例, 从供水和污水处理两方面, 探讨碳减排可行性与实现路径, 从目标设定、技术研发与储备、全生命周期评价等方面, 分析水务行业实现“碳中和”的技术创新与管理策略。

关键词 水务行业 碳中和 碳达峰 可持续发展 全生命周期

中图分类号: TU991; TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-0177(2023)10-0001-07

DOI: 10.15890/j.cnki.jsjs.2023.10.001

Exploration of Sustainable Development Prospect of Water Industries under the Background of "Carbon Peaking and Carbon Neutrality" Goals

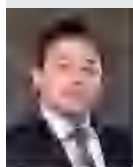
XU Junqing¹, WANG Zhengran², LI Guangming^{1,*}

(1. College of Environmental Science and Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China;

2. Prefa Ecological Environment Technology <Shanghai> Co., Ltd., Shanghai 200092, China)

Abstract To achieve "carbon peak" and "carbon neutrality" is an inevitable trend to promote sustainable development. As the basic guarantee and support industry of city operation, the low-carbon transformation strategy and path of water industry is one of the keys to promote "carbon peak" and "carbon neutrality". Taking the typical urban water industry system for domestic water as an example, this paper sorts out and analyzes the feasibility and realization path of carbon emission reduction from the two aspects of water supply and wastewater treatment. It discusses the technological innovation and management strategy of "carbon neutrality" in the water industry from the aspects of goal setting, technology development and reserve, and life cycle assessment.

Keywords water industries carbon neutrality carbon peak sustainable development full life cycle assessment



李光明, 博士, 同济大学环境科学与工程学院教授、博士生导师, 研究方向为包括水质控制与水资源利用过程在内的污染预防与控制过程。曾任英国东英吉利大学荣誉教授(Honorary Professorship of University of East Anglia)(2007年—2012年); 兼任上海重金属污染控制与资源化工程技术研究中心技术委员会副主任, 中国再生资源产业技术创新战略联盟理事会常务理事, 英国《水和环境杂志》(Water and Environment Journal)编委; 上海市科普基金会理事长。

[收稿日期] 2023-04-23

[作者简介] 许君清(1995—), 男, 博士, 研究方向为低碳技术与可持续发展, E-mail: xjq0512@tongji.edu.cn。

[通信作者] 李光明(1963—), 男, 博士, 教授、博导, 研究方向为包括水质控制与水资源利用过程在内的污染预防与控制过程, E-mail: ligm@tongji.edu.cn。

2020年9月,习总书记在第75届联合国大会上郑重提出,“我国CO₂排放力争于2030年前达到峰值,努力争取2060年前实现碳中和”。水务行业作为能耗较密集的行业,对电力、化学药剂的消耗都直接或间接促使大量温室气体排放。因此,尽快通过技术创新、能源高效清洁利用、智能生产等手段实施低碳变革,降低行业碳排放,有助于为全行业提供更为广阔的发展空间。同时,以清洁能源替代化石能源消耗,建立绿色电力使用渠道,将有助于进一步抵消行业碳排放,赋能产业绿色低碳转型。

1 水务行业与碳排放紧密相关

水务行业是指由原水、供水、节水、排水、污水处理及水资源回收利用等构成的产业链,如图1所示。城市水务行业是城市发展、居民生活和工业生产等的基础,其行业上游是原水的获取,水资源获取的形式(地表水、地下水)及水源地的品质情况直接影响着供水成本与能耗;行业下游是污水与污泥的处理处置,城镇居民耗水量、节水情况及污水厂工艺技术和智能化管理水平将直接影响污水处理的综合能耗及药剂消耗。



图1 一种典型的的城市水务行业系统

Fig. 1 A Typical Urban Water Industries System

据数据统计,2020年全国城镇污水处理全过程碳排放量为3 416.0万t CO₂,碳抵消量为769.1万t CO₂,净排放量为2 646.9万t CO₂,全国城镇供水系统碳排放量超过2 200万t CO₂^[1]。由此可见,水务行业实现碳减排对我国早日实现“碳达峰”“碳中和”有着重要意义。

1.1 供水的碳排放

由水源处取得的原水在经过原水管网输送、水厂处理、供水管网输送后送入千家万户。原水管网输送、供水管网输送过程中需通过多级泵站、泵房处理,此过程中水泵消耗电能的间接排放是主要的温室气体排放形式。水厂处理过程中一般不直接排放温室气体,其间接排放源于设备运行产生的能耗,以

及预处理环节加氯、絮凝剂和消毒剂投加产生的药耗^[2]。

赵荣钦等^[3]结合郑州市水源供给情况及相关数据进行分析计算,结果表明,城市依靠地下水开采和南水北调供水的取水系统碳排放值达0.14 kg/m³,制水和输配水过程能源强度分别为0.543 kW·h/m³和0.320 kW·h/m³。依照2020年全国单位火电发电量CO₂排放量换算,制水和输配水过程的CO₂排放量分别为0.452 kg/m³和0.266 kg/m³,制水过程对碳排放的贡献率更大。

1.2 污水处理的碳排放

生活污水处理的碳排放形式主要分为直接排放和间接排放。其中,直接排放一般为污水处理过程中,由于水中有有机污染物被降解,释放了CO₂、CH₄和N₂O等温室气体,进入大气;间接排放一般为污水处理过程中,所使用的包括电、气和药剂等所折算的碳排放。

马博雅等^[4]通过调研提出,相较于直接排放,目前对于间接排放方面的研究较为深入,技术方向也较明确,相关研究主要集中在节能降耗和污水能源回用两个方面。北京城市排水集团与深圳水务集团两家规模较大的水务公司曾分别对污水处理过程温室气体排放情况进行测算,结果表明在污水处理的过程中,因电力消耗导致的间接排放及脱氮过程中产生的氮氧化物直接排放是温室气体排放量的主要组成,占排放总量的80%~90%。

2 水务行业碳减排可行性与路径分析

2.1 供水过程的碳减排可行路径

供水过程中的碳排放主要集中在管网输送及处理设备用电、药剂使用,减少药剂消耗、推动节能减排、减少单位能耗碳排放量等措施均有助于实现供水环节的碳减排。

2.1.1 水源保护

现代饮用水在加工处理过程中,需经加氯消毒去除大部分微生物,先后经混凝沉降、煤砂滤池、活性炭池的过滤和吸附进行处理。因此,优质的水源地将提供更高品质的原水,相应地,其处理过程所消耗的药剂剂量更低,碳排放更低。强化对水源地的保护,不仅有助于提高生态环境质量,还能够降低净水处理过程中间接碳排放。

2.1.2 新能源应用

提高非化石能源发电量是电力行业实现“碳达峰

峰”的重要途径。研究^[5]表明,水厂的能源消耗占到总成本的 20% 以上,其中包括水泵、风机等在内的关键能耗设备耗能超过总能耗的 85%。中电联相关数据表明,2020 年和 2021 年全国全口径非化石能源发电量分别为 9.8×10^8 kW 和 1.11×10^9 kW,分别占到当年总发电装机容量的 44.7% 与 47%^[6]。提高水厂用电中非化石能源的比例,可有效降低净水处理过程中的能耗与碳排放。东京自来水公司结合试运行计算与实际发电成效,评估太阳能发电设备和水力发电设备的使用寿命分别为 20 年和 22 年,在公共系统的支持下,通过自用和售电获利的方式,可适当降低电力成本、减少碳排放,有望在寿命期内收回建设和维护成本^[7]。丰顺大罗水厂的建设过程中充分利用了厂区建筑物房顶及池体,通过采用“门式刚架屋面加盖”等方式的光伏设备铺设,为厂区生产用电提供保障并抑制了池体内水藻生长。

2.1.3 技术创新

少人/无人化水厂是当前现代化水厂发展的主要目标之一,为实现高效、少人工、自动化的设备运行,将电气自动化及人工智能运用于水厂,将有助于提高生产管理效率,保障供水可靠性,降低误差、减少能耗(图 2)。以苏州吴中水厂为例,该厂通过电气自动化控制系统的应用^[8],实现精准排泥,同时自动加药系统能够与水源水质、过程水质、出厂水水质实现多参数联动,通过数据指导生产管理,有效降低了能耗,提高了工作效率。其自研的管网补氯一体化装置可实现联网全自动化运行,降低前端余氯指标,有效提升下游管网余氯,提升用水品质(图 3)。武汉余氏墩水厂在自动化改造中,建设了采用 PLC 控制的自动加药控制系统、进排水自动控制系统等,实现均匀配水、稳定出水,降低了能耗^[9]。

在工作实践中,电气自动化控制技术对提高生产效率、减少劳动力成本、降低能源与材料的消耗等有着较为明显的积极作用,然而其在面对部分生产预警时,相比于工作阅历丰富的熟练技术工、工程师,存在处理上的滞后性,且对于突发性问题的解决能力有限,仍需人力介入。因此,推动发展供水行业人工智能技术尤为重要,可依托人工神经网络与自我学习能力,预测用水需求并智能化调控设备功率,实时依照水源质量调节工艺确保出水稳定,智能预



图 2 自动化智能加药投加系统使沉淀池出水浑浊度波动减少 50%,出水余氯指标波动减少 45%^[10]

Fig. 2 Automatic Intelligent Dosing System for Reducing Turbidity Fluctuation of Outflow in Sedimentation Tank by 50% and Residual Chlorine Index Fluctuation by 45%^[10]

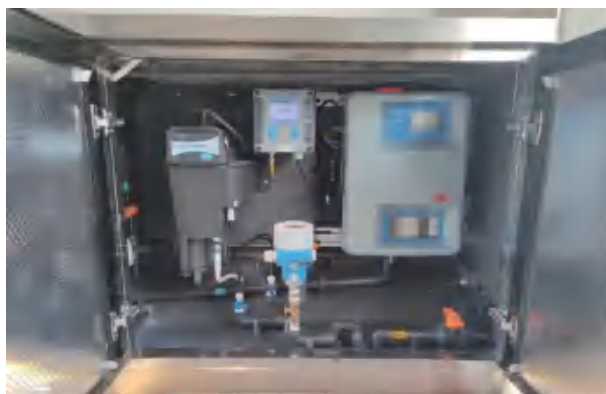


图 3 全自动管网补氯一体化装置实现净水消毒及自动检测^[11]

Fig. 3 Automatic Pipe Network Chlorine Integration Device for Water Disinfection and Automatic Detection^[11]

测水质波动并及时预警等。

2.1.4 节水措施

我国供水管网建设年代跨度大,管道类型普遍有钢管、铸铁、球墨铸铁、预应力混凝土、塑料等,管道布置日益复杂紧密,受地质变化、路面沉降、施工、材料老化、道路振动等因素影响,自来水管道的渗漏难以避免。渗漏导致的净水外泄将进一步提高水厂面对同等用水需求时的处理水量,有必要对管网巡查、检漏专业工作人员强化学习,并更新检测技术,进而确保供水管网运行稳定。

2.2 排水过程的碳减排可行路径

与钢铁、有色金属行业等高耗能的行业相比,污水处理系统的能耗因其相对较低,被人们长期忽视,

但实际上污水处理也属于能耗密集型行业^[12]。通过强化资源再利用、优化污水处理工艺与技术、降低单位用电碳排放等有助于污水厂实现节能减排。

2.2.1 废水回用

对于经处理后达到非饮用水标准的尾水,可在检测后确保其达到相关回用水质要求,用于不与人体直接接触的用水,例如可用于厂区/园区绿化用水、风机冷却循环水及带式脱水机的滤带冲洗水等^[13]。

2.2.2 技术创新

生活污水的处理技术多种多样,但目前应用广泛、技术成熟的处理技术一般是通过外部添加能源、碳源或药剂对污染物进行降解,此过程会向外界环境排放大量温室气体^[14],减少额外能量、碳源的输入,将有助于降低污水厂碳排放。在副产品利用方面,当前的工艺技术中多采用焚烧发电、厌氧消化产

出甲烷^[15]、生物产氢等途径,对污水处理过程中其副产物污泥进行能源转化^[16]。例如,日本部分污水厂将热能用于供暖及融雪工程^[17];德国卡地茨污水厂综合利用太阳能发电、废水发电、热能发电、沼气发电 4 种发电方式解决厂区自身电能需求;青岛光威污水厂、六圩污水厂利用沼气发电技术减少外部输入电能^[12]。Schaubroeck 等^[18]与 Besson 等^[19]将生命周期评估法应用于奥地利 Strass 污水处理厂的工艺研究,表明污泥消化产生的沼气等可生产充足电力并对外输出并网,获取一定经济利益。图 4 展示了美国格雷沙姆污水厂通过工艺优化提高沼气产量,使用燃气发电机组将可再生沼气热电联产与太阳能发电协同利用,实现能源净零,厌氧发酵池的副产品仍可作为肥料回用于农田^[20]。



图 4 美国俄勒冈州格雷沙姆污水处理厂建设热电联产系统,通过可再生沼气热电联产和太阳能发电实现能源自给^[20]

Fig. 4 A Cogeneration System of Gresham WWTP in Oregon, USA for Energy Self-Sufficiency through Renewable Biogas Cogeneration and Solar Power Generation^[20]

王京凡等^[21]的研究也指出,未来可持续的工艺是新型 AB 工艺,即 A 段负责高效碳捕获,目的是使污水中的有机物在生物氧化之前被捕获,后续用于能量回收,B 段实施低碳新技术(如使用厌氧氨氧化技术减少外加碳源),进一步去除污水中的污染物。

2.2.3 新能源应用

国内污水厂的耗电量普遍达 $0.29 \text{ kW}\cdot\text{h}/\text{m}^3$,相较于美国的污水厂耗电量($0.2 \text{ kW}\cdot\text{h}/\text{m}^3$)而言,该数据显然远超发达国家^[22]。通过工艺改进,在降低单位废水处理耗电量的同时,减少的单位电耗碳排放量将有助于降低厂区整体碳排放量。污水厂占地较

大、楼层较低,采用太阳能、风能等新能源将有助于减少厂区所用市电需求量(图 5),Goswami 等^[23]研究了在污水处理系统中开发浮动太阳能光伏(FSPV)系统,将光伏组件漂浮在水面上实现太阳能发电,15 MW 太阳能光伏系统可向电网供电 $26\,465.7 \text{ MW}\cdot\text{h}/\text{年}$,减少蒸发 788 万 m^3 的水,减少 CO_2 排放量近 52 万 t,有助于污水厂向可持续发展转型。刘玉涛等^[24]对山东某地下污水厂开展实例分析,论证了通过建设包含光伏发电、沼气发电等在内的多能互补综合能源系统,可实现污水厂的稳定供电,每年可节约标准煤 2 855 t,减排 CO_2 以及其他大气污染物排放 7 699 t。



图5 建设污水厂光伏电站提供绿色清洁电能^[25]

Fig. 5 Construction of WWTP Photovoltaic Power Station for Green Clean Electricity Supply^[25]

3 总结与建议

3.1 打造“低碳水务”是迈向水务“碳中和”的必由之路

水是人类日常生活和社会发展不可或缺的重要物质资源,污水直排所产生的黑臭水体在厌氧环境中会增加大量碳排放。水务行业的减碳举措既能够直接推进水环境治理环节的碳排放协同控制,又可有效覆盖全行业用水过程的碳减排。“低碳水务”可通过新技术的应用降低单位用电量和药剂投加量,从而减少额外能量和碳源的输入,同时依靠厂区内新能源的使用、副产物能源转化等方式实现供排水行业“碳中和”目标。

3.2 实现水务行业“碳中和”的关键是管理策略与技术创新

(1)明确阶段发展目标,提高从业人员对水务行业实现“碳中和”的共识。

水务行业实现“碳中和”不是一蹴而就的,既要避免运动式的“碳冲锋”,也要避免全行业从业者对实现“碳中和”的“事不关己”。需要明确阶段性发展目标,优先减少厂区能耗、物耗,结合技术创新、工艺改良实现“碳达峰”,再进一步通过引入新能源、降低单位水处理碳排放过渡至“碳中和”。通过阶段性目标的设立及从业人员培训,逐步提高水务行业工作人员对实现“碳中和”必要性、紧迫性的认识,自上而下与自下而上同步提高全行业探索节能减排技术与管理措施及积极性。

(2)研发低碳处置技术,促进产业转型与升级。

进一步研发净水处理、污水处置过程中的新技术、新设备,提高处理运行效率、减少能耗与药耗、增加能源回收利用比例,积极开发包括太阳能、风能等适用于水务行业的可再生能源,推动工艺过程无人化、处理装置智能化,实现水务行业处理厂稳定运

行、节约外能输入、资源再利用,使相关处理过程由能源消耗型转化为能源外溢型,实现“碳中和”运行,促进包括温室气体减排技术在内的研发与应用。

(3)开展全生命周期评价,推动行业全产业链碳减排。

全生命周期评价有助于清晰量化各流程中物质流动时碳排放情况,分析碳足迹,评估不同流程、不同技术下厂区温室气体排放潜能。应进一步健全水务行业全链条产品生命周期评价,实现“水源-净水处置-终端用水-污水处置-排水”全过程碳排放评价,为开发绿色低碳水务产品、进一步降低水务行业碳排放提供支撑。

参考文献

- [1] 城乡建设编辑部. 2022 中国城镇污水处理碳排放研究报告[J]. 城乡建设, 2023(4): 60-67.
Editorial Department of Urban and Rural Development. Research report on carbon emissions from urban wastewater treatment of China in 2022[J]. Urban and Rural Development, 2023(4): 60-67.
- [2] 郭怡, 陈广, 马艳. 城市水系统关键环节碳排放影响因素分析及减排对策建议[J]. 净水技术, 2021, 40(10): 113-117.
GUO Q, CHEN G, MA Y. Analysis on influencing factors of carbon emission in key processes of urban water system and suggestions for emission reduction [J]. Water Purification Technology, 2021, 40(10): 113-117.
- [3] 赵荣钦, 余娇, 肖连刚, 等. 基于“水-能-碳”关联的城市水系统碳排放研究[J]. 地理学报, 2021, 76(12): 3119-3134.
ZHAO R Q, YU J, XIAO L G, et al. Carbon emissions of urban water system based on water-energy-carbon nexus [J]. Acta Geographica Sinica, 2021, 76(12): 3119-3134.
- [4] 马博雅, 孙立坤, 杨春维. 碳中和背景下我国污水处理技术思考[J]. 应用化工, 2022, 51(10): 2997-3000.

- MA B Y, SUN L K, YANG C W. The feasible wastewater treatment technology in China under the background of carbon neutrality [J]. *Applied Chemical Industry*, 2022, 51 (10): 2997–3000.
- [5] 翁晓姚. 碳达峰与碳中和目标下供水企业绿色低碳发展的思考[J]. *净水技术*, 2022, 41(5): 1–4, 13.
- WENG X Y. Consideration for green and low-carbon development of water supply enterprises under the goals of carbon peaking and carbon neutrality [J]. *Water Purification Technology*, 2022, 41 (5): 1–4, 13.
- [6] 王丽娟, 张剑, 王雪松, 等. 中国电力行业二氧化碳排放达峰路径研究[J]. *环境科学研究*, 2022, 35(2): 329–338.
- WANG L J, ZHANG J, WANG X S, et al. Pathway of carbon emission peak in China's electric power industry [J]. *Research of Environmental Sciences*, 2022, 35(2): 329–338.
- [7] YOSHIKAWA K. Advanced water treatment system of the bureau of waterworks, Tokyo Metropolitan Government [J]. *Ozone Science & Engineering*, 2019, 41(4): 312–321.
- [8] 杨建峰. 吴中水厂电气自动化应用与生产管理思考[J]. *天津科技*, 2021, 48(2): 4–6.
- YANG J F. Application and production management of electrical automation in Wuzhong waterworks [J]. *Tianjin Science & Technology*, 2021, 48(2): 4–6.
- [9] 夏天明, 黄煊华, 庞融. 余氏墩水厂改造工程实践[J]. *武汉轻工大学学报*, 2022, 41(3): 116–119.
- XIA T M, HUANG Y H, PANG R. Practice of Yushidun water plant reconstruction project [J]. *Journal of Wuhan Polytechnic University*, 2022, 41(3): 116–119.
- [10] Unknown. Rockwell automation successfully deploys intelligent dosing systems for waterworks [EB/OL]. (2022–02–27) [2023–09–04]. <https://www.rockwellautomation.com.cn/company/news/case-studies/rockwell-automations-intelligent-dosing-system-for-waterworks.html>.
- [11] 吴中供水有限公司. 公司自主研发见山桥管网补氯一体化装置建成投运 [EB/OL]. (2023–08–09) [2023–09–04]. <https://wuzhongwater.com/NewsInfo.aspx?Id=46470>.
- Wuzhong Water Co., Ltd., The company's independent research and development of the Jianshanqiao pipeline network chlorine integration device was completed and put into operation [EB/OL]. (2023–08–09) [2023–09–04]. <https://wuzhongwater.com/NewsInfo.aspx?Id=46470>.
- [12] 张安龙, 谢飞, 罗清, 等. 中国城镇污水处理厂节能降耗研究进展[J]. *环境科学与技术*, 2018, 41(s1): 116–119.
- ZHANG A L, XIE F, LUO Q, et al. Research progress on energy saving and consumption reduction of urban sewage treatment plant in China [J]. *Environmental Science & Technology*, 2018, 41(s1): 116–119.
- [13] 张春燕. 工业园区污水处理厂运营管理中的节能降耗措施 [J]. *广东化工*, 2012, 39(11): 152–152, 116.
- ZHANG C Y. Measures applied for energy saving and consumption reduction in the process of operation and management of the sewage treatment plant in the industrial park [J]. *Guangdong Chemical Industry*, 2012, 39(11): 152–152, 116.
- [14] 胡大龙, 王罗春, 周振. 污水处理过程中的温室气体排放现状及展望[J]. *环境科学与技术*, 2014, 37(3): 108–112.
- HU D L, WANG L C, ZHOU Z. Status and prospects of greenhouse gas emissions in wastewater treatment [J]. *Environmental Science & Technology*, 2014, 37(3): 108–112.
- [15] ALSHAWAF M, ALSULAILI A, ALWAEI M, et al. The role of biomethane from sewage sludge in the energy transition: Potentials and barriers in the Arab Gulf States Power Sector [J]. *Applied Sciences*, 2021, 11 (21): 10275. DOI: 10.3390/app112110275.
- [16] 郝晓地, 赵义, 仇付国, 等. 从微观机理认识污水处理厂的节能减排[J]. *中国给水排水*, 2008(4): 89–94.
- HAO X D, ZHAO Y, QIU F G, et al. Understanding energy saving and emission reduction in WWTPs from microcosmic mechanism [J]. *China Water & Wastewater*, 2008(4): 89–94.
- [17] FUNAMIZU N, IIDA M, SAKAKURA Y, et al. Reuse of heat energy in wastewater: Implementation examples in Japan [J]. *Water Science and Technology*, 2001, 43(10): 277–285.
- [18] SCHAUBROECK T, DE-CLIPPELEIR H, WEISSENBACHER N, et al. Environmental sustainability of an energy self-sufficient sewage treatment plant: Improvements through DEMON and co-digestion [J]. *Water Research*, 2015, 74: 166–179. DOI: 10.1016/j.watres.2015.02.013.
- [19] BESSON M, TIRUTA-BARNA L, SPERANDIO M. Environmental assessment of anammox process in mainstream with WWTP modeling coupled to life cycle assessment [M]. Berlin: Springer, 2017: 392–397.
- [20] Unknown. Cat® generator sets help wastewater treatment plants achieve net zero energy [EB/OL]. (2022–05–01) [2023–09–04]. https://www.cat.com/en_US.html.
- [21] 王京凡, 杨庆, 刘秀红, 等. 污水处理厂碳中和运行技术研究进展[J]. *净水技术*, 2023, 42(3): 28–38.
- WANG J F, YANG Q, LIU X H, et al. Research progress on operation of carbon neutral technology in WWTP [J]. *Water Purification Technology*, 2023, 42(3): 28–38.
- [22] 臧小华. 污水处理厂如何降低能耗分析[J]. *节能*, 2019, 38 (4): 101–102.

(下转第 195 页)

前建议根据水厂原水泥沙性质,建立符合自身水厂水质的浑浊度与 SS 的关系,避免统一将 1.1 作为浑浊度与 SS 值比值关系而导致设计规模偏小的情况。表 4 为长期对该水厂原水浑浊度和 SS 试验检测,得出的原水浑浊度与 SS 的关系。设计时还需考虑超高原水浑浊度及最大排泥水量等极端情况,设置合理的应急排放系统。

表 4 浑浊度与 SS 值的关系
Tab. 4 Relationship between Turbidity and SS Value

原水浑浊度/NTU	浑浊度转化为 SS 的系数
浑浊度 ≤ 20	1.17
20<浑浊度 ≤ 50	1.25
50<浑浊度 ≤ 100	1.29
浑浊度 >100	1.33

(2) 建议日后设计集水池时,将其分为进水格和供水格 2 格,沉淀后的浓缩池上清液和反冲水由集水槽流入另一格回用,底泥则抽至浓缩池处理。集水池单格调节水量按照浓缩池上清液溢流量和两格滤池反冲洗水量之和计算,从而进一步降低回流水浑浊度,提高回流水水质。

5 总结

(1) 离心机进泥质量浓度不宜低于 15 g/L,否则处理效率过低。当原水浑浊度高、排泥浓度过高时,需适当增加排泥次数,减少排泥水的污泥浓度,使离心机进泥质量浓度在 15~50 g/L,以提高运行效率。

(2) 生产实践证明,回流比控制在 6% 以内可减少回用带来的水质风险,但回用后仍需长期关注微生物、有机物和关键重金属指标所造成的水质风险。

(3) 在运行中需定期采用浊度法检测 PAM 浓度,减少因冲融系统堵塞导致 PAM 浓度配置有误情况的发生。

(4) 运行中在避免集中排泥的同时,需根据集水池水位调整反冲和排泥时间,避免因排泥水溢流或沉淀时间不够而产生影响回流水质的问题,科学地做好反冲水量和排泥水水量的分配工作。

参考文献

- [1] 彭思琪. 净水厂沉淀池排泥水回用安全及参数研究[J]. 城镇供水, 2020(1): 33-38.
PENG S Q. Study on safety and parameters of sludge water reuse in sedimentation tank of water purification plant[J]. City and Town Water Supply, 2020(1): 33-38.
- [2] 鲁彬, 唐业梅. 深圳某水厂排泥水处理工况优化与安全回用[J]. 净水技术, 2019, 38(8): 85-88, 93.
LU B, TANG Y M. Operation optimization and safety reuse for sludge wastewater treatment of a WTP in Shenzhen[J]. Water Purification Technology, 2019, 38(8): 85-88, 93.
- [3] 刘杨, 赵建伟, 杨兴涛, 等. 水厂排泥水处理系统优化运行研究[J]. 供水技术, 2007(5): 56-57.
LIU Y, ZHAO J W, YANG X T, et al. Study on optimal operation of sludge water treatment system of water plant[J]. Water Technology, 2007(5): 56-57.
- [4] 杨劲松. 离心式脱水机在水处理中应用分析[J]. 工程技术研究, 2019, 4(1): 201-201, 208.
YANG J S. Analysis on application of centrifugal dehydrator in water treatment[J]. Engineering and Technology Research, 2019, 4(1): 201-201, 208.
- [5] 关淑霞, 范洪富, 吴松, 等. 聚丙烯酰胺质量浓度的测定——浊度法[J]. 大庆石油学院学报, 2007, 31(2): 106-109.
GUAN S X, FAN H F, WU S, et al. Examination of the concentration of HPAM—The turbidity method[J]. Journal of Daqing Petroleum Institute, 2007, 31(2): 106-109.
- [6] 张艳. 自来水厂污泥脱水系统的工程应用研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2013.
ZHANG Y. Research on engineering application of sludge dewatering system of waterworks[D]. Shanghai: Shanghai Jiao Tong University, 2013.

(上接第 6 页)

- ZANG X H. How to reduce energy consumption in WWTP[J]. Energy Conservation, 2019, 38(4): 101-102.
- [23] GOSWAMI A, SADHU P K. Adoption of floating solar photovoltaics on waste water management system: A unique nexus of water-energy utilization, low-cost clean energy generation and water conservation[J]. Clean Technologies and Environmental Policy, 2021, 25: 343-368.
- [24] 刘玉涛, 张庆庆, 赵瑜伯. 多能互补综合能源系统在地下污水处理厂提效运行中的应用[J]. 制造业自动化, 2023, 45(6): 215-220.

- LIU Y T, ZHANG Q Q, ZHAO Y B. Application of multi-energy complementary integrated energy system in improving the efficiency of underground sewage treatment plant[J]. Manufacturing Automation, 2023, 45(6): 215-220.
- [25] 光伏能源圈. “光伏+水务”典型案例[EB/OL]. (2023-08-11) [2023-09-04]. <https://www.163.com/dy/article/IBT13IPB0514DRR7.html>.
Photovoltaic energy circle. Typical cases of "photovoltaic + water industry" [EB/OL]. (2023-08-11) [2023-09-04]. <https://www.163.com/dy/article/IBT13IPB0514DRR7.html>.