

双碳背景下污水处理厂碳达峰、碳中和实践路径探索

万 巍

深圳北控创新投资有限公司 广东深圳 518117

摘要: 在“双碳”背景下，城镇污水处理厂作为主要的碳排放大户和污染减排的主要承担者，其低碳设计显得尤为关键。以某大型城市污水处理厂为例，分析了其工艺流程和运行方式，并对各环节进行低碳设计研究。改善工艺和实施环保生产是实现低碳的关键控制因素。通过采用先进的加工技术和设备，我们可以在能源消耗的起点上进行控制，增强资源的回收和综合利用，以减少二氧化碳的排放量，实现可持续发展的目标。

关键词: 碳达峰；碳中和；污水处理

Exploration of the practical path of carbon peaking and carbon neutrality in wastewater treatment plants under the background of dual carbon

Wei Wan

Shenzhen Beikong Innovation Investment Co., Ltd. Guangdong, Shenzhen 518117

Abstract: In the context of the “dual carbon” initiative, urban sewage treatment plants, as major carbon emitters and key contributors to pollution reduction, play a crucial role in low-carbon design. This paper takes a large urban sewage treatment plant as an example, analyzing its process flow and operational methods, and conducting research on low-carbon design for each stage. Improving processes and implementing environmentally friendly production are critical control factors for achieving low carbon emissions. By adopting advanced processing technologies and equipment, we can control energy consumption from the outset, enhance resource recovery and comprehensive utilization, reduce carbon dioxide emissions, and work towards sustainable development goals.

Keywords: Carbon Peak; Carbon Neutrality; Sewage Treatment

近年来，水务行业开始探索实现碳达峰、碳中和的新途径，其中污水处理厂低碳化运营管理是一个重要的起点。目前，世界主要发达国家已率先开启污水处理行业的低碳转型，我国也正在加快推进污水处理行业的低碳化进程。2021年我国在建设人类命运共同体之路上提出了争取到2030年前二氧化碳排放最高点和2060年前实现碳中和的国家战略目标，这意味着中国将实现世界上所有国家最高碳排放量下降和从碳达峰向碳中和的速度最快；同时，随着经济的快速发展，我国对能源的需求量不断增加，这就要求我们必须加大对新能源的利用力度，以此来提高能源效率，减少碳排放。因此，这一目标的提出给国民经济的各个领域带来了前所未有的困难。在这一过程中，污水处理行业是其中一个关键领域。

尽管污水处理行业对整个社会的碳排放贡献较小，但在全社会为实现“双碳”目标而采取各种节能减排措施的大背景下，污水处理行业应积极寻求低碳发展途径，为实现整个社会的碳达峰和碳中和目标做出应有的贡献。目前，我国城市污水处理行业仍然存在着不规范的发展模式，其能源消耗主要是来自废水的产生，这导致整个行业的能源利用效率不高。

一、可再生能源的利用

推广可持续能源替代传统能源是一项有效的举措，通过综合利用太阳能、废水中的热能等清洁能源来补充电力，减少对传统能源的依赖，从而减少人类对环境的不良影响，实现减少碳排放的目标。

1. 太阳能的利用途径

我国太阳能资源充足,城市污水处理厂占用大量土地,为高效利用太阳能奠定了良好的基础。由于对除臭的要求越来越高,现在大部分城市污水处理厂内部的结构,例如沉砂池、生物反应池等,都进行了盖板处理,池面上留出了很大的空隙,所以很适用于安装光伏发电设备;此外,考虑到地形的影响,需要在消毒室、厌氧区等建筑上设置屋面照明,以保证阳光的照射。二沉池、高效沉淀池、气水反冲洗滤池等是不需要除臭的,可以在其上面安装太阳能电池板,既可以提高能量的利用率,又可以起到遮光的作用,有效抑制池中的藻类生长。有关文章介绍了一种采用光伏系统与除磷脱氮装置相结合的污水处理新模式——一体化处理设备,并对其设计原理及结构组成作了简要分析。目前,该项技术已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广泛应用,其卓越的节能减排效果令人瞩目。根据不同需求选择合适的光伏组件可以达到预期目的,如降低设备运行能耗,提高系统发电量等。目前,在光伏领域,薄膜、单晶硅和多晶硅等成熟且广泛应用的组件已经成为主流技术。薄膜光伏组件与晶体硅光伏组件相比,具有成本低、重量轻、寿命长及可靠性高等优点。在城镇污水处理厂内,由于薄膜光伏组件的柔性较好,其光电效率相较于晶体硅而言较低,因此不建议使用薄膜光伏组件进行光伏发电。多晶硅光伏组件因具有成本低、效率高及易于制造等优点被广泛应用。由于地球上存在大量的硅原料,并且硅具有稳定的晶体结构和成熟的硅半导体器件技术,所以它对环境的影响非常小,所以在光伏模块的市场上,晶硅光伏模块具有绝对的优势,而且它还可以进一步提高光电转换效率,以此降低生产成本。多晶硅电池是以晶硅电池为代表的一类,由于其技术成熟、效率高、价格低廉等优势,已被国际上和国际上有关的工程领域所采纳。

2. 利用废水回收的热泵系统

污水源热泵的基本工作原理是利用污水中的热能,通过压缩机系统将低温的污水中的热能提取出来,经过压缩和冷凝过程,将热能转移到室内供暖系统中,实现冬季供暖。夏天把室内的热能排到水体中,达到降温的目的。污水源热泵系统主要包括污水源热泵机组、换热器、水泵、风机和控制系统等。^[1]该系统由三个子系统构成,分别是废水侧开放式子系统、中间水封闭循环子系统和末端循环水子系统。这些子系统的水源来自经过处理的厂区尾水。首先,尾水会将热量或冷量传递给中介水。在实际运行中,由于出水水质较差,必须调整水

泵的流量,才能使出水达到所需的温度,所以必须对系统的水力平衡和有关参数进行分析和计算。在设计过程中,首先需要以建筑面积为基础进行准确的冷热负荷计算。根据负荷状况,分别推算出冬季和夏季的最大用水量,并根据计算结果选择适当的设备。此外,还需要对节能效果进行分析。

二、工艺规划

1. 采用低排放处理工艺

随着污水处理标准的提高,传统工艺所产生的碳排放量也随之增加,因此,为了实现低碳处理,必须重新审视和评估处理工艺。目前国内外关于污水处理工艺研究主要集中于生物接触氧化、水解酸化以及高级氧化等方面,而对于“双碳”技术则鲜有涉及。在“双碳”背景下,污水处理工艺的未来发展方向需要从单纯的“能量消耗”转向更加注重能源的高效利用、资源的高效回收以及低碳和谐的可持续发展。本文介绍了城市污水厂常用生物除磷方法以及传统活性污泥法脱氮原理与特点,分析了当前国内外针对城市污水厂主要采用的几种低碳处理工艺,包括碳源替代技术和厌氧氨化技术。未来的低碳处理工艺将采用碳氮分离工艺,其中包括对废水中的有机物进行分离,通过厌氧消化将分离出的污泥转化为沼气,或者直接对废水进行厌氧处理,以实现产能的目标。进行简化处理,以达到减轻负荷的目的。接下来,我们将采用主流厌氧氨氧化技术来处理含有氨氮的污水,以达到去除氮的目标。此外,可采用膜过滤技术去除剩余污泥中的磷和氮。目前,市政污水深度处理中广泛采用高效沉淀池,但其药量过大等问题仍待解决。气浮作为一种新型生物预处理技术可以有效去除水中大部分污染物。随着对出水TP的要求逐渐提高,混凝剂的投加量将呈现显著的增长。气浮工艺由于投资小,占地面积小且运行管理简单而受到广泛关注,同时也被应用于城市污水处理厂二级生化系统中。在“双碳”环境下,未来气浮工艺将进一步推广应用,其加药量较少、除磷效果卓越。结合工程实例对气浮除臭技术进行研究,提出了以曝气生物滤床为核心的一体化污水处理工艺,并通过对比分析确定该工艺作为城市二级生活污水深度处理的最佳处理工艺。对于每个城市而言,污水再生利用都是一项巨大而稳定的水资源,在确保安全的前提下,以低净空加罩方式尽可能减少除臭风量,同时确保除臭效果。

2. 提升污水的再利用效率

对于每个城市而言,污水再利用是一项巨大且可靠

的水资源，它不仅可以在确保安全的前提下降低能源消耗和药物使用率，还能减少污染物和碳排放。在考虑到“碳中和”问题的背景下，我们建议增加废水的再利用，以减少对生态环境的碳排放。对于生活污水处理系统，应尽量做到零排放，并根据不同情况采取不同措施进行深度脱氮。对于那些对水质要求不严苛的用水点，例如消除异味用水、建筑物清洗用水、厂区道路植物浇灌、车辆清洗等，可以直接将厂区的尾水回收利用。^[2]对于那些对水质要求稍高的溶药用水，例如混凝剂溶解稀释用水，我们可以对尾水进行进一步的处理，并将其回收再利用。通过实例分析，说明了再生水应用于城市污水处理厂中具有较好的经济效益和社会效益。为促进城市资源节约型、环境友好型社会的发展，根据不同地区的用水情况，经过处理的再生水可以作为周边小区居民日常生活所需的非饮用水源。

三、设备选择

1. 鼓风装置

目前，绝大多数城镇污水处理厂都采用鼓风曝气工艺来处理污水。在这种工艺中，鼓风机是至关重要的设备之一。鼓风机的能耗通常占据整个污水处理厂总能耗的约60%左右。因此，选择合适的鼓风机对于投资规模和运营管理费用来说非常重要。为了降低能耗，提高效率，减少成本，污水处理厂需要仔细选择和管理鼓风机设备。在选择鼓风机时，建议优先考虑国内外效率高、能耗低的型号，以避免出现“大马拉小车”的情况。根据不同工况合理设置风量及风压。当流量在90%~100%的范围内变动时，可以通过调整风门、阀门开度等来进行调整，如果超过这个范围，可以使用调速装置来降低能耗。应尽可能使用大功率风机，以降低能耗。为了降低曝气过程中的能耗，建议使用具有低阻力特性的刚玉曝气器。对供水管网系统应尽量设置多级压力缓冲罐，降低管网中水压波动幅度，提高供水质量。在选择水泵时，应确保其常工作点位于高效区，并采用“变频水泵和普通水泵”组合的方案，以实现根据集水井内液位高度自动调整变频水泵运转频率的目的，从而避免小流量频繁启动，达到节能的效果。^[3]

2. 去除异味的装置

为了减少药剂投加量，建议在药剂洗涤装置中采用高效填料塔，并通过连锁调节进气量和喷淋药剂的方式来实现；通过采用一体化设计的生物滤池进气加湿和喷

淋系统，可以实现管道线路的缩短和动力消耗的降低，同时还能优化喷淋水的循环利用。此外，还应用了高效的喷淋器来进行土壤滤池的喷淋过程，并实现了自动化控制。

四、电气设备

在选址变电站时，应综合考虑其地理位置的合理性和电缆截面的适宜性，以减少配电干线电缆的长度和能量损耗。对变电站进行合理的空间规划，充分利用现有设备和空间资源，优化布置配电室。在确保电力供应的可靠性的前提下，合理选择变压器，使其能够在高效区长期稳定运行，从而有效地减少能源损耗。优化电网结构，调整电压分布，减小网损。通过采用先进的无功补偿技术，可以提高电力网络的功率因数，并降低无功损耗。在厂区路灯的照明方面，我们使用了绿色能源—太阳能发电供电，同时在各建筑物的室内照明方面，我们选择了高效节能的灯具，并且还应用了光敏控制和智能控制照明时间的技术，以实现节约电能的目标。厂内配电设备选择低压开关柜、高压配电箱或箱式变电站等方式实现电能分配与管理。对于地下厂而言，智能照明系统是一种推荐的选择，因为它能够根据不同的运维模式自动调节照明，从而提高生产效率。

五、结语

在水环境治理中，污水处理是一项至关重要的任务，它可以有效地转移和净化水中的污染物，但同时也会导致大量CO₂的排放，从而增加大气中的温室气体含量。在我国大力推行“双碳”目标背景下，污水处理过程中采用低碳环保的处理方法，并积极推广低碳节能的新模式势在必行。通过这种方式，我们可以在一定程度上实现生物固碳，从而最终减少碳排放。这对于国家的碳达峰和碳中和战略目标具有积极的影响。也展示了污水处理行业的智慧和实力。

参考文献：

- [1]李欣.农村生活污水农业利用的可行性及其对作物与土壤的影响研究[D].浙江：浙江大学硕士学位论文，2017（12）：88.
- [2]代文臣.提高碳捕集率和强化产能的城市污水资源化工艺研究[D].大连：大连理工大学博士学位论文，2019（12）：142.
- [3]许保玖，龙腾锐.当代给水与废水处理原理（第二版）[M].2003：345.