

DOI:10.3969/j.issn.1674-1951.2019.11.016

水务投资与综合能源耦合利用及发展

Water investment and integrated energy coupling utilization and development

韩买良
HAN Mailiang

(华电水务科技股份有限公司,北京 100160)
(Huadian Water Technology Company Limited, Beijing 100160, China)

摘 要:当前,环境和能源问题成为世界各国广泛关注的焦点,在全球面临能源危机和环境污染的严峻形势下,人类在能源利用方面也将进入一个多样化的时代。结合水务投资全产业链发展方向,对污水处理厂能耗现状进行分析,提出有针对性的节能降耗方案与措施,充分挖掘污水处理厂的可再生能源,有效回收与利用城市污水热能及生物质能等。在厂内建设分布式光伏,安装污水源热泵,围绕城市热电开展污泥处置及掺烧,实现多能协同供应的节能、环保、高效水务综合能源利用。

关键词:水务投资;能源;多能互补;耦合;光伏发电;水源热泵;生物质;污泥掺烧

中图分类号:TK 01⁺9 **文献标志码:**A **文章编号:**1674-1951(2019)11-0066-04

Abstract:At present, environment and energy issues have got worldwide attention. While facing severe energy crisis and environmental pollution, we need to diversify the ways of energy utilization. Concerning the development direction of the whole water investment industry, the current situation of energy consumption in sewage treatment plants was analyzed, and specific countermeasures were put forward, such as fully tapping the renewable energy in sewage treatment plants, recovering and utilizing the heat and biomass of municipal sewage effectively. Distributed photovoltaic power generation system and water source heat pump were installed. And sludge disposal and burning contributed to heating and electricity supply, which realized the energy saving, environment protection and effective utilization of integrated energy.

Keywords:water investment; energy; multi-energy complementary; coupling; photovoltaic power generation; water source heat pump; biomass; sludge blending and burning

0 引言

近年来,随着我国生态文明建设快速推进,全国城市污水处理厂的建设规模迅速增加。传统污水处理厂需要消耗大量的电能、燃料和药剂等,针对城市污水处理厂的污水、污泥和空间资源,利用污水源热泵技术、污泥高温厌氧消化技术和太阳能光伏发电技术将这些资源分别转化为热能和电能,用以抵消污水处理厂消耗的能源,可显著抵消污水处理厂的二氧化碳间接排放量,对提高污水处理厂综合能源利用效率具有重要意义。

1 水务投资与综合能源耦合利用技术分析

2018 年,我国污水日处理能力已逾 1.7 亿 m³,为保护国家的水环境资源发挥了重要作用。水务行

业能源消耗通常会占到全部运营成本的 30% ~ 50%,在净水中用于取水和配水的各种提升泵、处理设备能耗巨大。在污水处理中,能耗主要集中在生物处理单元,占到总能耗的 50% 以上^[1]。据统计,目前我国污水处理年耗电量约为 180 × 10⁸ kW · h,污水处理厂单位处理水量的平均能耗约为 0.29 kW · h/m³。在污水处理普及率与处理程度日益提高的背景下,高能耗污水处理方式不仅提高了污水处理厂的运营成本,同时还间接增加了温室气体二氧化碳的排放量。

然而,污水中蕴含大量的低品位余热资源,污泥中含有丰富的有机物质,污水热能的污水源热泵,可为车间及办公室供冷供热;在污水处理厂布置光伏发电组件以及采用污泥高温厌氧消化和沼气发电,补偿污水处理过程的电能消耗;结合燃煤电厂污泥掺烧,充分利用生物质可以获得可观的环境效益。这种多能互补的综合能源供应系统整合了污水热

能、太阳能和电能,可实现污水处理厂能源利用最大化及综合能源耦合利用。污水处理厂综合能源利用如图 1 所示。

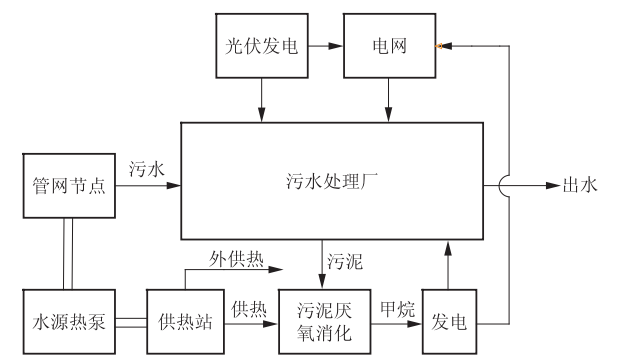


图 1 污水处理厂综合能源利用示意
Fig. 1 Integrated energy utilization in a sewage treatment plant

1.1 城市污水热能回收与利用

城市污水热能回收与利用是将存赋于处理或未经处理的污水中的热量回收后并加以有效利用的一项技术。我国城市污水水量巨大,水温变化幅度小并且具有冬暖夏凉等特性,在对城市污水进行处理的同时,利用其中的热能已被逐渐重视。污水源热泵即利用城市污水资源向建筑物供热、制冷的装置。热泵技术节能效果明显、符合环保要求,同时也符合社会大众在生活水平提高后追求个体生活与环境和諧并存的需求^[2]。

早期的北京高碑店污水处理厂(供热供冷面积约 900 m²)、北京北小河污水处理厂(供热供冷面积约 6 000 m²)、河北秦皇岛污水处理厂(供热供冷面积约 3 500 m²)等分别在这方面进行了有益的尝试,运行效果良好。但目前国内总体应用的供热供冷面积都还较小,与污水中含有的巨大能量相比还不成比例,未来具有较大的潜力可挖。污水源热泵系统比燃煤锅炉和空气源热泵的运行费用要低 25% 以上,更远低于其他供热方式的运行费用^[2]。常用污水源热泵余热利用系统如图 2 所示。

1.2 污泥高温厌氧消化制沼气

污泥厌氧消化能源回收是指利用厌氧微生物使

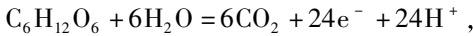
污泥和有机物转化为生物能源。它是目前国际上最为常用的污泥生物处理技术,也是大型污水处理厂较为经济的污泥处理方法。污泥在无氧条件下有机质分解成 CO₂,CH₄ 和水等物质,产生的甲烷可以作为能源进一步被利用。污泥厌氧消化沼渣富含有机质、腐殖酸、微量营养元素、多种氨基酸和酶类等,能起到改良土壤的作用,具有重要的土地利用价值。沼液富含液态腐殖酸、无机氮磷、微量营养元素等,其速效营养能力强,养分可利用率高,是多元的速效复合肥料。目前,在北京、上海等地约有 60 座大型污水处理厂建设了厌氧污泥消化系统。呼和浩特市近几年厌氧污泥消化系统的运行经验表明,在一定工艺下且系统运转稳定,不但可以满足自身中温消化的能量需求,还可以产生沼气和输出大量的热量用于发电、厂内热水供应等。但是多数已建污泥厌氧消化设施产气率较低,相对于欧洲一些污水处理厂能源回收能够满足 60% 的污水处理电耗存在较大差距^[1]。所以,国内污泥的厌氧消化技术还需要进一步开发研究,以解决高级厌氧消化技术的工程应用和推广。

1.3 基于微电池生物氧化发电技术

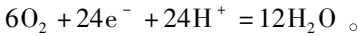
基于微电池生物氧化发电技术是从污水中“提取”潜在电能的新方式,即采用自然界存在的“产电菌”设计的一种微生物电池,能够在消化分解污水中的动植物废物时,充当小型的高效发电厂。作为一种全新的废水处理技术,微生物燃料电池不再仅仅将废水中的有机质作为去除对象,而是看作一种能源。利用微生物将废水中有机质的化学能转化为电能,既净化了污水又获得了能量,这无疑是污水处理理念的重大创新,未来具有可观的发展潜力^[3]。

微生物燃料电池工作原理与传统的燃料电池存在许多相同之处。以葡萄糖作底物的燃料电池为例,其阴阳两极反应如下式所示:

阳极反应



阴极反应



阳极室内的微生物在厌氧条件下代谢水中的有

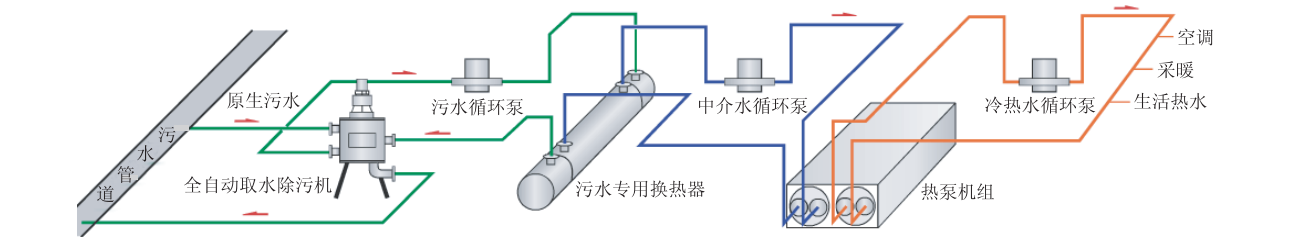


图 2 污水源热泵余热利用系统
Fig. 2 Waste heat utilization system of a water source heat pump

理系统为“HW 石灰高效澄清 + 变孔隙过滤”,处理水量 1 000 m³/h。

华电石家庄污水处理厂采用多能互补的综合能源供应系统每年可节约标准煤 387 t,减排 483 t 二氧化碳以及其他大气污染物,提高了资源利用率,有效降低了生产运营成本,社会、经济及环境效益显著提升^[4]。项目实施符合华电集团综合能源发展规划方向。华电水务依照华电石家庄污水处理厂模式,后期可在栾城、元氏、濮阳、正定等供水厂进行推广应用。

2.2 围绕华电集团城市热电布置污泥处置及中水回用

2017 年,国家能源局、原环境保护部联合发文《关于开展燃煤耦合生物质发电技改试点工作的通知》(国能发电力[2017]75 号),鼓励相关企业积极申报燃煤耦合生物质发电技改试点项目。污泥发电可以有“大作为”,围绕城市热电开展污泥处置及掺烧,利用电厂锅炉炉烟处理污泥,既能让城市污泥得到有效处理,又可以使污泥中有效的热值得到充分利用。污泥是污水处理的产物,目前大部分以填埋为主。随着生态文明建设的大力推进,各地政府越来越认识到污泥处理处置项目建设实施的紧迫性。根据对污泥处理处置行业的调研分析,结合华电集团产业优势,华电水务围绕华电集团城市热电并依托在运污水处理厂项目,研究了利用燃煤电厂锅炉,采用“干化 + 掺烧”的工艺路线。当前,正在与青岛电厂开展合作,计划建设 300.00 t/d 污泥干化焚烧装置,处置青岛市城阳区污泥,相同发电量电厂每年可减少使用 1.00 万 t 标准煤。另外,华电水务漳沱河、武清、朔州水厂等正在实施污水深度处理后提供周边电厂用水的提标改造工作,希望后期能在华电集团电力比较集中的地区拓展这种“水 - 电 - 泥”的耦合与联合模式,逐步形成以水为中心的循环经济产业链。

2.3 智慧水厂能源解决方案

面对未来城市对水资源管理的需求,发展数字水务经济有望促进水务管理的转型,为企业和用户带来一场全新的变革。数字水务经济能够推动资产互联,能够汇总数据加以辅助智慧决策,可以改善企业价值链间的联系。例如,将市政污水、自来水、电厂用水和排水统一整合为潜在水源进行管理,利用革新方案来进行分离,创新并应用回收方案(包括中水回用、能量回收、营养物回收方案),可提高整体效率和持续发展。

华电水务围绕京、津、冀地区展开城市饮水处理、市政污水处理、水利工程、市政污泥处理、水环境治理等领域的投资,目前累计投资项目 16 个,处理规模达 55.67 万 t/d。污水处理过程是复杂的动态生化反应过程,它具有时变、高度非线性、滞后、强耦

合等特点,传统的优化、控制方法难以得到良好的效果。例如,污水处理过程中生化池的供氧能耗占运行总能耗的 60% ~ 80%。然而曝气量控制始终是个难题,控制滞后、精度低、溶解氧波动大、能耗高,从而直接影响处理效果。针对这一普遍存在的问题,华电水务正在开展智能节能技术研究,围绕节能降耗目标进行针对性的智能改造,提高污水处理出水水质以及节能效果。基于污水处理厂的多种环境参数(如季节、时间、气象等历史数据,运行工艺参数等)和能耗参数(如光伏发电量、峰谷电价、设备性能曲线等),建立基于峰谷电价及太阳能供能的经济效益最大化优化模型,对污水处理厂进行设备级和系统级的优化。同时结合智能优化算法,逐步探索实现运行策略自学习、自修正功能,使得系统运行时间越长控制策略越优,逐步完善智能水务专家决策系统,通过“智能微网、综合节能、数字化云平台”实现多能协同供应的节能、高效、绿色的智能水务管理系统。

3 水务综合能源发展利用展望

长期以来,以活性污泥工艺和生物膜工艺为代表的好氧处理技术处于污水处理领域的主体地位。尽管现有工艺在不断改进,新的工艺形式在不断涌现,但在原理上并无实质性突破,无法摆脱以高能耗的方式去除污水有机质的现状。面临气候变化,能源资源短缺等问题,“资源循环、绿色、健康”成为技术创新的重点,污水、污泥中“污染物”资源化回收利用是未来发展趋势。华电水务结合市政投资及集团热力发电的优势,通过模式创新、科技创新,深层次提高发展质量和投资运营效益,具有较好的发展前景,同时更能有效地保护生态环境,利在当代,业在千秋。

参考文献:

[1]尹朝辉,刘芳,王志明,等.污水处理厂典型节能技术分析[J].建筑科学,2016,32(12):107-113.
[2]周文忠,李建兴,涂光备.污水源热泵系统和污水冷热能利用前景分析[J].暖通空调,2004,34(8):25-29.
[3]刘道广,陈银广.同步污水处理/发电技术-微生物燃料电池的研究进展[D].上海:同济大学,2007.
[4]孙振宇,沈明忠,陈北洋,等.污水处理厂多能互补的综合能源供应系统构建及经济性分析[J].华电技术,2016,38(10):73-76.

(本文责编:张帆)

作者简介:

韩买良(1963—),男,陕西蓝田人,正高级工程师,从事能源工程、应用化学及环境保护等方面的研究工作(E-mail:hanmailiang@126.com)。