

黄冰. 东莞市智慧水务污水运营管理分析及应用[J]. 净水技术, 2026, 45(1): 172-178.

HUANG B. Analysis and application of smart water in wastewater operation and management in Dongguan City[J]. Water Purification Technology, 2026, 45(1): 172-178.

## 东莞市智慧水务污水运营管理分析及应用

黄冰\*

(东莞市环保产业促进中心, 广东东莞 523000)

**摘要** 【目的】 随着现在社会污染物的多样性和复杂性, 污水处理厂正面对更大的经营生存压力, 在国家和地方“低碳、绿色运营”政策的指引下, 东莞市污水处理行业积极实践应用智慧水务工具, 进而实现降低运营成本、增量增收的经营目标。【方法】 将智慧平台管理、曝气系统、加药调节、智能排泥调节等智能化重点模块嵌入工艺处理中, 污水厂可根据进水水质、工艺处理段、现场条件进行选择应用。【结果】 根据东莞市数座中大型污水厂已实行 3 年以上的效益数据, 在节约能耗方面, 曝气系统可降低 10.5%~52.8% 的能耗, 加药系统可降低 10.4%~46.5% 的能耗, 脱泥系统可节省 8.89%~33.33% 的聚丙烯酰胺(PAM)药耗(可取消石灰投加)和 16.77%~42.86% 的电耗, 亦可相应增加水量创收收益。若推广至全市 72 座污水厂, 即处理能力达 451.5 万 m<sup>3</sup>/d 的规模, 理论上可至少节约成本 901 万元/a(仅采用智能加药系统), 最高可达 5 616 万元/a(采用智能加药系统、曝气系统、脱泥系统), 亦可在增加水量上有所帮助。以东莞市某污水厂(15 万 m<sup>3</sup>/d)为例, 如采用智慧化运营模块, 该污水厂可节约成本达 152.3 万元/a; 电耗节约 13.75%; 药耗可节约 20%。【结论】 该模式实施只需在自身污水厂工艺运行稳定, 水质稳定达标的前提下, 积累成熟的运营数据即可, 易复制推广。因此, 东莞市数家污水厂进行智慧水务运营实践具有可参考的价值和意义, 为行业内的污水处理“智慧运营、提质增效”提供可参照的范例。同时在“物”(硬件)和“人”(软件)方面也应同步提升, 以满足智慧水务带来的模式转变。

**关键词** 智慧水务 东莞市 提质增效 污水处理 低碳运营

**中图分类号:** X52    **文献标志码:** A    **文章编号:** 1009-0177(2026)01-0172-07

**DOI:** 10.15890/j.cnki.jsjs.2026.01.021

## Analysis and Application of Smart Water in Wastewater Operation and Management in Dongguan City

HUANG Bing\*

(Dongguan Environmental Protection Industry Promotion Center, Dongguan 523000, China)

**Abstract** [Objective] With the diversity and complexity of pollutants in society, wastewater treatment plants (WWTPs) are facing greater pressure to operate and survive, under the guidance of the national and local "low-carbon, green operation" policies, the wastewater treatment industry in Dongguan actively practices the application of smart water tools, so as to achieve the business goal of reducing operating costs and increasing income. [Methods] Intelligent key modules such as intelligent platform management, aeration system, dosing adjustment, and intelligent sludge discharge adjustment were embedded in the process treatment, and the WWTPs could select and apply them according to the influent quality, process treatment section, and site conditions. [Results] Based on the operational performance data collected over the past three years from several medium-to-large-scale WWTPs in Dongguan City, in terms of energy saving, the aeration system could reduce energy consumption by 10.5%~52.8%, the dosing system could reduce energy consumption by 10.4%~46.5%, and the desliming system could reduce the chemical consumption of polyacrylamide (PAM) by 8.89%~33.33% (lime dosing could be canceled) and 16.77%~42.86% of the power consumption, also increased the income of wastewater consumption accordingly. If it was extended to 72 WWTPs in the city, that is, the scale of the treatment capacity reached 4.515 million m<sup>3</sup>/d, it could theoretically save at least 9.01 million yuan/a (only using the intelligent dosing system), and

[收稿日期] 2025-05-14

[通信作者] 黄冰(1970—), 女, 高级工程师, 主要从事生态环境保护产业、生态环境污染治理技术研究等工作, E-mail: huangbing20250509@163.com。

up to 56.16 million yuan/a (using the intelligent dosing system, aeration system, and desliming system), which could also help increase the amount of water. Taking 150 thousand m<sup>3</sup>/d of a WWTP in Dongguan City as an example, if the intelligent operation module was adopted, the WWTP could save 1.523 million yuan/a; electricity consumption could be saved by 13.75%; consumption of drugs could be reduced by 20%. [Conclusion] The implementation of this model only needs to accumulate mature operation data under the premise of stable process operation and stable water quality of its own WWTP, which is easy to replicate and promote. Therefore, the practice of smart water operation in several WWTPs in Dongguan City has reference value and significance, in order to provide a reference version for the "smart operation, quality and efficiency upgrading" of WWTP in the industry. At the same time, the hardware and software should also be improved simultaneously to meet the paradigm change brought about by the smart water.

**Keywords** smart water Dongguan City quality and efficiency upgrading wastewater treatment low-carbon operation

近年来,国家层面上对于节能减排的要求逐渐提高,2021年12月,《国务院关于印发“十四五”节能减排综合工作方案的通知》指出:推进节能改造和污染物深度治理,加快绿色数据中心建设。2022年,《广东省“十四五”节能减排实施方案》提出:全面推进节能改造升级和污染物深度治理。同年6月,东莞市节能减排办公室关于印发《东莞市“十四五”节能减排实施方案》的通知:“清洁低碳、安全高效、智能创新”的现代能源体系初步形成,更好地支撑经济社会高质量发展。”同时,国家“十四五”规划中亦提到“以数字化助推城乡发展和治理模式创新,分级分类推进新型智慧城市建设,将物联网感知设施、通信系统等纳入公共基础设施统一规划建设,推进市政公用设施、建筑等物联网应用和智能化改造”。2022年3月,东莞市人民政府办公室印发《东莞市科技创新“十四五”规划》,新一轮的科技革命与产业变革为东莞构建高质量的现代化产业体系带来全新的发展机遇。因此,在污水处理行业中,如何运用智能化技术满足节能减排、提质增效的要求,并在应急事件中提高响应,对污水处理进行自动分析联动是目前亟需解决的一大难点<sup>[1-3]</sup>。

在此需求下,以数字化为主的智慧水务显得尤为重要和迫切。它是指将新一代信息技术和水务业务深度融合应用,充分挖掘数据价值,通过城镇水务的数据资源化、管理数字化、控制智能化、决策智慧化,使水务行业运营更高效、管理更科学、服务更优质,进而推动水务行业创新发展与升级换代<sup>[1-2]</sup>。我国的“智慧水务”发展主要分为自动化、数字化、智能化、智慧化4个阶段,从基础的各环节自动化阶段,最终实现智能化管理以及跨地域、跨运营部门、财务、综合等合作系统的智慧化阶段<sup>[4-5]</sup>。该方式

的主要目标是通过物联网技术、云计算技术、互联网技术等智能化技术将人工经验转化为数字控制逻辑,从而根据实际情况自动智能降低材料成本和能耗,助力污水企业在面临较大的经营压力现状下为实现利润增长提供可挖掘的空间,实现“精细化运营、绿色运营”。

在国家政策的要求和当地污水处理行业通过提质增效以期降低运营成本的双重推动下,广东省东莞市积极响应污水处理的节能减排要求和数字化转型的政策,运用智能化系统或模块,探讨污水处理行业智慧水务的应用成效,以期实现东莞市污水处理行业“节能减排、智慧运营”的目标。

## 1 东莞市污水处理行业智慧水务现状

东莞市位于广东省中南部,珠江口东岸,东江下游的珠江三角洲。地处东江下游,96%属东江流域,境内较大的河流有东江干流、石马河、寒溪水及东引运河等。截至2023年,东莞市常住人口为1 048.53万人,实现地区生产总值为1.14万亿元,且经济发展稳定<sup>[6]</sup>。同时,该市污水处理规模呈逐年上升趋势,累计建成并投产污水处理厂72座,中大型设计规模( $\geq 5$ 万m<sup>3</sup>/d)占比达61.11%,处理能力达451.5万m<sup>3</sup>/d,可基本满足全市污水处理需求(图1、图2)。

该市水资源丰富,人口较多,工业发达且复杂多样,污水处理量规模巨大,运营降本需求较高,因此对该市的污水处理“提质增效”提出了更高的要求,目前市内大多数污水厂处于自动化阶段,运行依赖人工经验,人的参与度比较高,电耗、药耗等运营成本仍存在一定的空间,且应急事件偶发时,缺乏有效及时的预警报警系统,响应时间略长。在高标准运行、高压监管及信息技术飞速发展的大环境下,污水处理厂亟须向“数字化、智能化”方向发展。

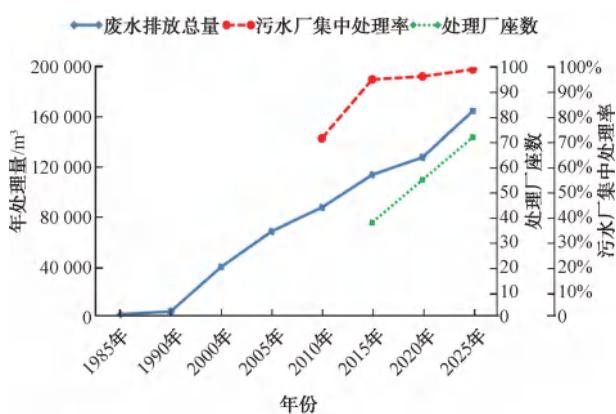


图 1 东莞市污水处理能力统计

Fig. 1 Statistics of Wastewater Treatment Capacity in Dongguan City

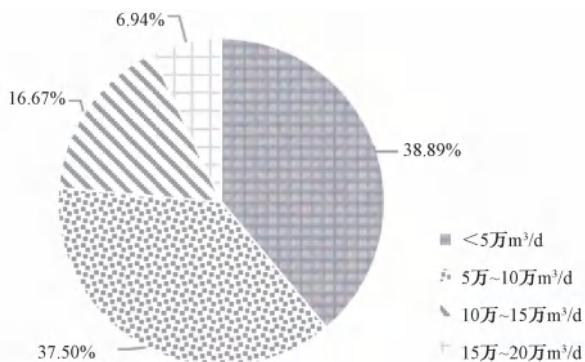


图 2 东莞市污水厂设计规模分布

Fig. 2 Distribution of Design Capacity of WWTPs in Dongguan City

## 2 污水处理段建设的智慧平台或模块

在智慧水务系统构架中,由底到上可分为感知层(例如运营数据接入等)、基础层[例如数据采集与监视控制(SCADA)网络系统等]、支撑层(例如物

联网平台等)、应用层(例如管理层系统等)、展示层(例如大屏幕,手机端等)。东莞市污水厂运用该成熟的系统构架,进行运营管理的实践,取得实质性的成效和价值。

智慧模块主要实现污水处理工艺过程的自动化控制,如对生物处理工艺中的进水、曝气、沉淀、排水等阶段进行自动切换和控制,保证工艺过程的稳定性和连续性。通过自动化控制,可以提高污水处理的效率和质量,减少人工操作的误差和劳动强度,同时也有利于实现节能减排的目标,且各模块的实施基础也较有普遍性,污水厂自身工艺运行稳定,水质稳定达标,积累成熟的运营数据即可施行。

### 2.1 智能管理平台

现实污水厂的数字化镜像以三维虚拟模型为基本呈现形式,基于实时的在线数据,大数据的实时深度学习,通过图形界面实现数据展示、异常报警、历史曲线、报表分析等监控管理功能。污水处理厂中控系统采用基于物联网的管理平台,在提升污水处理效率、优化管理决策、加强安全保障等方面可取得显著效果,处理效率与质量提升、运行管理优化、能耗管理精细化、数据管理与决策支持强化。

通过该智能管理平台的应用,可实现污水厂现场设备、控制、管理决策层面的全面数字化和智能化,充分满足污水处理厂工艺稳定运行、出水水质稳定达标前提下的精益运行模式要求,实现生产过程和管理过程的智能化(图 3):①采用工业互联网、机器视觉等人工智能、大数据等技术对污水处理厂设备、仪表、自控系统等进行优化、完善,实现智能提升、除渣、排砂、搅拌、曝气、加药、回流、消毒、排泥、脱水,正常情况下由系统根据水量、水质和生产过程

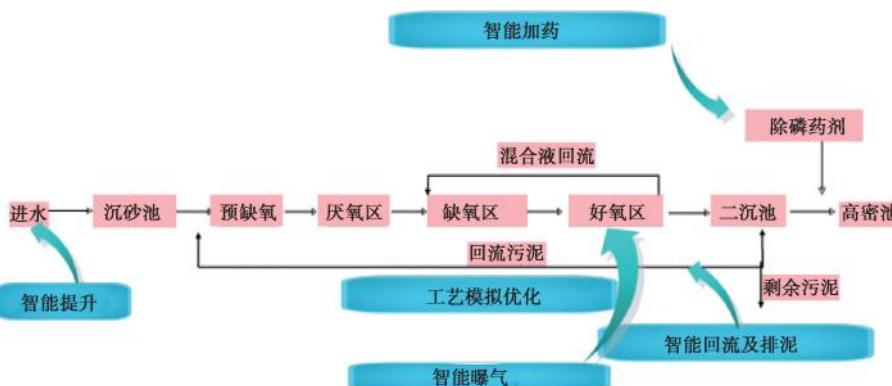


图 3 智能化流程

Fig. 3 Flow of Intelligent Process

运行数据、设备工况等数据智能控制各单元自动运行,基本不需要人工干预操作;②在现阶段“组团式”高效智能污水厂运营信息平台管理功能的基础上,增加智能管理功能,自动识别生产异常情况、监督化验数据等信息录入并发出相应工单,自动跟踪、监督、记录工单的执行过程。

## 2.2 曝气系统智能化模块

曝气系统是一种用于污水处理和水体净化的设备,它通过向水中注入空气或氧气,以促进好氧微生物的生长和繁殖,从而有效地分解水中的有机物质,去除水中的污染物。传统污水处理厂的生化池曝气系统无法智能控制,存在曝气不均、曝气不足、曝气过量等情况。实施生化池分区域智能曝气,减少人工操作,保证出水的稳定达标,同时节约风机能耗和生产药耗,并为行业少人/无人值守集中监控提供了较好的实践经验与借鉴。主要分为气动阀门逻辑和鼓风机启停逻辑。1)气动阀门逻辑:按照好氧池不同的廊道,分为溶解氧(DO)控制(位于前端和末端的阀门和DO联动)及氨氮控制(中间廊道的阀门和出水氨氮联动)2种模式。(1)DO控制模式:通过应用(APP)设置DO值,根据DO实际值相应调整阀门比例。(2)氨氮(氨氮为检测的出水氨氮)控制模式:设置6个相位,开启主控制器,选择相位1时,阀门全开,氨氮降低时,相位数提高,阀门减少开启比例。2)鼓风机启停逻辑:风机风量的变化根据出水水质自动调节进行鼓风机台数的开启,根据设定的出水氨氮内控指标值,根据污水厂里现有的风机数量进行相应选择。该2种逻辑可按照项目是否有气动阀门的现场要求选择独立的实施模式进行,在无气动阀门的情况下,可选择鼓风机启停逻辑进行节能运行,如有气动阀门或计划安装,可选择“鼓风机启停为主,气动阀门控制为精”进一步节能降耗。

为节约改造成本,氨氮以出水仪表数据为依据,

DO仪表可在廊道前端和末端前某个位置进行安装。

## 2.3 加药调节模块

通过智能升级改造药剂投加系统,可以实现药水的自动投加功能,支持按药流量、进水流量或生化池水质自动调节的投加方式,确保使用药量的准确性,节约药耗,降低人工干预的需求,并减少因接触药水而带来的人身安全隐患。

## 2.4 智能排泥调节模块

该模块通过智能检测污泥浓度进行定量排放。在储泥池上部溢流口旁加装混合液悬浮固体(MLSS)分析仪,探头高度略低于溢流口,通过探测污泥浓度判断上清液含泥量,自动控制剩余泵启停进行排泥。在污泥浓度较高时再进泥,通过提高进泥浓度降低进泥体积,从而减少后续脱水系统的电耗和药剂投加量。

## 3 东莞市智慧水务的运营管理实例成效分析

在采用智慧水务模块之前,数座污水厂常年处于较高水平的药耗、电耗,并体现出精细化不足、能耗较高的特点。在经智慧模块嵌入各运行段后,东莞市已运用的污水厂在降低成本和增加收益方面均取得了较大的实例成效,具体介绍如下。

### 3.1 降低运营成本

#### 3.1.1 生化反应段

通过编程逻辑设定,根据进水水质或指示仪器[氧化还原电位(ORP)仪表、氨氮仪表等]进行调整曝气,在理论上比现场人工按经验操作具有一定的经济效益。在实践过程中,亦有案例进行佐证。以东莞市5座大中型污水厂为例,通过2021年—2024年智能曝气的调试经验,产生前后效能如表1所示[电费按均值为0.8元/(kW·h)],曝气系统节省10.5%~52.8%,均值为36.4%;可节省电耗金额共计294.5万元/a,每万m<sup>3</sup>水节省电耗金额为8.2万元/a。

表1 生化反应段智能曝气工艺前后经济效益对比

Tab. 1 Comparison of Economic Benefits in Biochemical Reaction Section by Smart Aeration Process

污水厂	设计规模/(m <sup>3</sup> ·d <sup>-1</sup> )	调整前曝气系统单耗/(kW·h)	调整后曝气系统单耗/(kW·h)	降低百分比	节省金额/(元·a <sup>-1</sup> )
A	12万	0.073	0.055	24.6%	63.1万
B	8万	0.114	0.064	43.9%	116.8万
C	6万	0.067	0.032	52.8%	62.0万
D	5万	0.057	0.051	10.5%	8.8万
E	5万	0.060	0.030	50.0%	43.8万

### 3.1.2 加药段

和智能曝气类似通过编程逻辑设定,根据进水水质和多年运行数据等进行反馈加药,节省投加药剂,从而减少投加药量,具有一定的经济效益。在实践过程中,亦有案例进行佐证。

以东莞市5座大中型污水厂为例,通过智能加药,产生前后效能如表2所示(药剂按800元/t),加药系统节省10.4%~46.5%,均值为29.8%;可节省药耗金额共计108万元/a,每万m<sup>3</sup>水节省电耗金额2.0万元/a。

表2 智能加药前后经济效益对比

Tab. 2 Comparison of Economic Benefits of Intelligent Chemicals Dosing

污水厂	设计规模/(m <sup>3</sup> ·d <sup>-1</sup> )	应用前除磷药剂/(mg·L <sup>-1</sup> )	应用后除磷药剂/(mg·L <sup>-1</sup> )	降低百分比	节省金额/(元·a <sup>-1</sup> )
A	20万	15.99	10.34	35.3%	33.0万
B	15万	43.80	38.72	11.6%	15.2万
C	10万	23.27	20.84	10.4%	7.1万
D	5万	34.56	18.50	46.5%	23.4万
E	5万	44.47	24.38	45.2%	29.3万

### 3.1.3 排泥系统

和智能曝气、加药类似通过编程逻辑设定,排泥系统根据进泥浓度等进行反馈加药,进泥质量浓度由10 000 mg/L左右增至20 000~30 000 mg/L,甚至更高。污泥含水率由99.5%可降至99%左右,体积可缩小2倍左右,以处理规模为5万m<sup>3</sup>/d,产泥系数为1.5,产泥含水率为55%的污水厂为例,进泥量可由1 500 t降至750 t。因此,可通过智能排泥的方式,减小需处理的进泥体积,从而节省脱泥机、反冲洗机等脱水系统的电耗和投加聚丙烯酰胺

(PAM)药耗,从而减少运营成本,具有一定的经济效益。在实践过程中,亦有案例进行佐证。

以东莞市5座大中型污水厂为例,通过智能排泥,产生前后效能如表所示[电费按均值为0.8元/(kW·h),PAM按30 000元/t,石灰为1 000元/t,产泥系数按平均值为1.5],节省8.89%~33.33%的PAM药剂费,均值为21.10%,使用石灰的污水厂可取消投加;电耗节省16.77%~42.86%,均值为29.00%,共节省总金额共计73.9万元/a,每万m<sup>3</sup>水节省金额2.24万元/a,如表3所示。

表3 智能排泥前后经济效益对比

Tab. 3 Comparison of Economic Benefits of Intelligent Sludge Discharge

污水厂	设计规模/(m <sup>3</sup> ·d <sup>-1</sup> )	药剂单耗			电耗			备注
		调整前/[kg·(t DS) <sup>-1</sup> ]	调整后/[kg·(t DS) <sup>-1</sup> ]	降低百分比	调整前/(kW·h·m <sup>-3</sup> )	调整后/(kW·h·m <sup>-3</sup> )	降低百分比	
A	8万	2.6	2.04	21.54%	57.2	44.2	22.73%	11.91万
B	8万	58.1	0	100.00%	65.0	54.1	16.77%	29.27万 取消
C	6万	2.52	1.68	33.33%	70.0	40.0	42.86%	16.16万 石灰
D	6万	1.80	1.64	8.89%	75.2	51.4	31.65%	7.84万 投加
E	5万	1.74	1.16	33.33%	58.0	40.0	31.03%	8.71万

### 3.2 增加效益——提升水量

通过多项智能化升级,在降低能耗的同时,更加保障运行工况的同时,也为提高水量提供了更大的空间,处理水量亦应有所提升。例如提标段智能化运用厌氧/好氧-膜生物发生器(AO-MBR)工艺运行模式,根据季节性不同,通过“冬季浓度高水量少,实行全带泥运行;夏季雨水多,AO池可适时排泥实行清水-泥水混合”的运行模式改造,解决了提标膜

组件跨膜压差大、产水流量不足、接收率低、膜清洗成本高及产水泵鼓风机电耗高的问题。根据进水水质、水量的不同及膜堵塞严重情况等选用不同运行模式,生产过程灵活性高,在保证出水水质达标的情况下,增加处理水量,降低能耗,从而实现节能降耗,水量增收的目标。以东莞市2座大型污水厂为例(以利润0.1元/m<sup>3</sup>计),按智能化逻辑运行,每万m<sup>3</sup>水增加收入金额为9.65万元/a(增加收入模

块因厂而异,该数据仅供参考),如表4所示。

表4 增加水量后经济效益

项目	设计规模/ (m <sup>3</sup> ·d <sup>-1</sup> )	调整前水量/ (m <sup>3</sup> ·d <sup>-1</sup> )	调整后水量/ (m <sup>3</sup> ·d <sup>-1</sup> )	节省总金额/ (元·a <sup>-1</sup> )
A	8万	6.6万	8.5万	69.4万
B	6万	5.8万	7.6万	65.7万

### 3.3 未采用智慧水务的污水厂降本预测经济值

以东莞市某污水厂(15万m<sup>3</sup>/d;一期规模为10万m<sup>3</sup>/d;二期规模为5万m<sup>3</sup>/d)为例,2024年总电耗为0.189 kW·h/m<sup>3</sup>,曝气段电耗占比为43.94%;药耗平均质量浓度为48.21 mg/L,进水TP质量浓度较高时,可达60 mg/L以上。该污水厂运行较为稳定,但存在精细化不足,能耗较高的情况,运营数据如表5所示。

表5 2024年某污水厂污水运营能耗

Tab. 5 Energy Consumption for Wastewater Operation of a WWTP in 2024		
项目	数值	
总水量/m <sup>3</sup>	4 978.37万	
总电量/(kW·h)	939.4万	
电耗/(kW·h·m <sup>-3</sup> )	0.189	
提升泵	电量/(kW·h)	342.4198万
	占比	36.45%
曝气段	电量/(kW·h)	412.773万
	占比	43.94%

经测算,如采用智慧化运营模块,该厂每年可节约成本达152.3万元/a(含电耗和药耗):电耗可由0.189 kW·h/m<sup>3</sup>降低至0.026 kW·h/m<sup>3</sup>,节约13.75%的电能损失,计113.9万元/a;药耗质量浓度由48.21 mg/L,降低至38.57 mg/L,可节约20%的聚合氯化铝(PAC)药耗投加,计38.4万元/a。此预测数据亦和以上各节各模块降低成本范围相符。因此,采用智慧水务的污水厂实现降本增效是显著的。

### 3.4 东莞市智能运行的经济总效益预测

理论状态下,若某污水厂均采用智能方式进行运行,每万m<sup>3</sup>水节省金额最低2.0万元/a(仅采用智能加药系统),最高可达12.44万元/a(采用智能加药系统、曝气系统、脱泥系统);在增加效益方面,以东莞市2座大型污水厂为例(以利润0.1元/m<sup>3</sup>计),每万m<sup>3</sup>水增加金额9.65万元/a。若推广至

全市72座污水厂,即处理能力达451.5万m<sup>3</sup>/d的规模,可节约成本至少901万元/a(仅采用智能加药系统),最高可达5 616万元/a(采用智能加药系统、曝气系统、脱泥系统),亦可增加水量收益。

### 4 建议及结论

污水处理采用智慧水务的经济成效显著,同时对“物”(硬件)和“人”(软件)的要求也是要求愈加严格。在“物”方面,技术系统的稳定性和可靠性上需要数据、信号模块转换器等通讯链路的加持;在“人”方面,因自动化水平的提高,员工应加强专业化培训,必须对整间污水厂的运营情况十分熟悉,能判断监管运行模块在各种调控模式下的情形是否合乎现场实际情况,并对平台自动算法给出的运行决策给予正确的判断,来保证污水厂的精细化稳定运营。同时,因智慧运营需要大量数据的累积和计算,数据安全与隐私保护也应引起重视。

总的来说,随着现在社会污染物的多样性和复杂性,污水处理厂面对更大的经营生存压力,在国家和地方“低碳、绿色运营”政策的指引下,智慧水务的应用为未来企业发展注入了新的生机,带来新的思考。东莞市污水处理行业积极实践应用,将智慧平台管理、曝气系统、加药调节、智能排泥调节等智能化重点模块嵌入工艺处理中,污水厂可根据进水水质、工艺处理段、现场条件进行选择,进而实现降低运营成本、增量增收的经营目标。根据东莞市数座中大型污水厂已实行3年以上的效益数据,在节约能耗方面,曝气系统可降低36.4%的能耗,加药系统可降低29.8%的能耗,脱泥系统可降低21.10%(均值)的药耗和29.00%的电耗,在增量方面,亦可助力。若推广至全市72座污水厂,即处理能力达451.5万m<sup>3</sup>/d的规模,理论上可至少节约901万元/a(仅采用智能加药系统)成本,最高可达5 616万元/a(采用智能加药系统、曝气系统、脱泥系统),亦可在增加水量上有所帮助。且该模式实施只需在污水厂工艺运行稳定,水质稳定达标的前提下,积累成熟的运营数据即可,易复制推广。因此,东莞市数家污水厂进行智慧水务运营实践具有可参考的价值和意义,为行业内的污水处理“智慧运营、提质增效”提供可参照范例。同时在“物”(硬件)和“人”(软件)方面也应同步提升,以满足智慧水务带来的模式转变。

## 参考文献

- [ 1 ] 中华人民共和国国务院. 国务院关于印发“十四五”节能减排综合工作方案的通知 [EB/OL]. (2022-01-24) [2025-05-14]. [https://www.gov.cn/zhengce/content/2022-01/24/content\\_5670202.htm](https://www.gov.cn/zhengce/content/2022-01/24/content_5670202.htm).  
The State Council of the People's Republic of China. The notice of the State Council on printing and distributing the comprehensive work plan for energy conservation and emission reduction in the 14th Five-Year Plan [EB/OL]. (2022-01-24) [2025-05-14]. [https://www.gov.cn/zhengce/content/2022-01/24/content\\_5670202.htm](https://www.gov.cn/zhengce/content/2022-01/24/content_5670202.htm).
- [ 2 ] 广东省人民政府. 广东省人民政府关于印发广东省“十四五”节能减排实施方案的通知 [EB/OL]. (2022-08-31) [2025-05-14]. [https://www.gd.gov.cn/zwgk/gongbao/2022/27/content/post\\_4023972.html](https://www.gd.gov.cn/zwgk/gongbao/2022/27/content/post_4023972.html).  
The People's Government of Guangdong Province. The notice of the People's Government of Guangdong Province on printing and distributing the implementation plan for energy conservation and emission reduction in Guangdong Province during the 14th Five-Year Plan [EB/OL]. (2022-08-31) [2025-05-14]. [https://www.gd.gov.cn/zwgk/gongbao/2022/27/content/post\\_4023972.html](https://www.gd.gov.cn/zwgk/gongbao/2022/27/content/post_4023972.html).
- [ 3 ] 东莞市人民政府办公室. 东莞市人民政府办公室关于印发《东莞市科技创新“十四五”规划》的通知 [EB/OL]. (2022-03-28) [2025-05-14]. <https://www.dg.gov.cn/gkmlpt/>

(上接第 171 页)

## 参考文献

- [ 1 ] 刘怀利, 徐浩, 曼亚灿, 等. 皖南农村地区需水量特征分析及预测模型研究 [J]. 给水排水, 2024, 50(3): 17-24.  
LIU H L, XU H, MAN Y C, et al. Analysis and predictive model research of water demand features in southern Anhui rural areas [J]. Water & Wastewater Engineering, 2024, 50(3): 17-24.
- [ 2 ] 关思源, 张巧珍. 基于滤波重构时间序列回归算法的需水量预测 [J]. 中国给水排水, 2025, 41(7): 63-68.  
GUAN S Y, ZHANG Q Z. Water demand prediction utilizing filtering reconstruction time series regression algorithm [J]. China Water & Wastewater, 2025, 41(7): 63-68.
- [ 3 ] 楚士鹏. 供水管网节点需水量实时校核算法研究 [D]. 杭州: 浙江大学, 2020.  
CHU S P. Study on the real-time calibration of nodal water demand for the water distribution system [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2020.
- [ 4 ] LIU H, XING R, DAVIES E G R. Forecasting municipal water demands: Evaluating the impacts of population growth, climate change, and conservation policies on water end-use [J]. Sustainable Cities and Society, 2025, 130: 106581. DOI: 10.1016/j.scs.2025.106581.

content/3/3778/post\_3778442.html#684.

The Office of the Dongguan Municipal People's Government. The notice of the Office of the Dongguan Municipal People's Government on printing and distributing the 14th Five-Year Plan for Scientific and Technological Innovation in Dongguan City [EB/OL]. (2022-03-28) [2025-05-14]. [https://www.dg.gov.cn/gkmlpt/content/3/3778/post\\_3778442.html#684](https://www.dg.gov.cn/gkmlpt/content/3/3778/post_3778442.html#684).

- [ 4 ] 刘伟岩, 李鑫玮, 魏小凤, 等. 智慧水务标准现状与标准体系构建研究 [J]. 给水排水, 2024, 50(10): 152-158.  
LIU W Y, LI X W, WEI X F, et al. Study of standard status and standard system construction of smartwater [J]. Water & Wastewater Engineering, 2024, 50(10): 152-158.
- [ 5 ] 孔祥文. 城市水环境智慧水务系统建设探索 [J]. 环境与发展, 2020, 32(2): 239-240.  
KONG X W. Exploration on the construction of smart water affairs system for urban water environment [J]. Environment and Development, 2020, 32(2): 239-240.
- [ 6 ] 东莞市统计局. 2023 年东莞市国民经济和社会发展统计公报 [EB/OL]. (2022-01-24) [2025-05-14]. [https://tjj.dg.gov.cn/tjzl/tjgb/content/post\\_4186190.html](https://tjj.dg.gov.cn/tjzl/tjgb/content/post_4186190.html).  
Dongguan Statistical Bureau. 2023 statistical communiqué on national economic and social development of Dongguan City [EB/OL]. (2022-01-24) [2025-05-14]. [https://tjj.dg.gov.cn/tjzl/tjgb/content/post\\_4186190.html](https://tjj.dg.gov.cn/tjzl/tjgb/content/post_4186190.html).

- [ 5 ] 陆维佳, 朱建文, 叶圣炯, 等. 基于多因素长短时神经网络的用水量预测方法研究 [J]. 给水排水, 2020, 46(1): 125-129.  
LU W J, ZHU J W, YE S T, et al. Research on daily water quantity prediction method based on multi-variable long short term memory neural network [J]. Water & Wastewater Engineering, 2020, 46(1): 125-129.
- [ 6 ] VELAYUDHAN N K, DEVIDAS A R, SAVIĆ D. Generative AI for spatio-temporal multivariate imputation and demand prediction in water distribution systems [J]. Results in Engineering, 2025, 27: 106178. DOI: 10.1016/j.rineng.2025.106178.
- [ 7 ] JAHANGIR M S, QUILTY J. Sequence-to-sequence deep learning for urban water demand forecasting [J]. Engineering Proceedings, 2024, 69(1): 41-41.
- [ 8 ] 刘雅亭, 黄显怀, 杨伟伟, 等. 基于 Transformer 深度学习的供水量预测研究 [J]. 给水排水, 2024, 50(3): 148-153.  
LIU Y T, XUANG X H, YANG W W, et al. Research of water volume prediction method based on Transformer deep learning [J]. Water & Wastewater Engineering, 2024, 50(3): 148-153.
- [ 9 ] LIN P, ZHANG X, GONG L, et al. Multi-timescale short-term urban water demand forecasting based on an improved PatchTST model [J]. Journal of Hydrology, 2025, 651: 132599. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2024.132599.