



北京沃尔德斯水务科技有限公司
Beijing World's Water Technology Co., Ltd
网址: www.bjworlds.cn
电话: 010-68844710 68640933

总部

地址: 北京市门头沟区雅安路6号利德衡量大厦A座6层

生产基地

地址: 江苏省宜兴市高塍镇红旗路5号

WORLD'S

视野

沃尔德斯 企业内刊

2025年 第1期 总第二十三期



WORLD'S

視野

2025年第一期 总第二十三期

沃尔德斯 内刊

出版单位：北京沃尔德斯水务科技有限公司

主管部门：品宣部

主 编：王陆军

总策划：卑丽艳

责任编辑：张佩娟

专栏投稿：王陆军 梁 硕 赵乔华 谢瑞瑞

张佩娟 刘志远 王飞宇 张雪利

联络地址：北京市门头沟区雅安路6号院1号楼A座6层

邮 编：102308

电 话：010-68640933

企业网址：www.bjworlds.cn

出刊日期：2025年9月

目录 Contents

◆卷首语

03/ 伏枥蓄势 再跃青云 ----- 文/王陆军

◆本期焦点

05/ 沃管家：智领设备焕新 优享服务升级 ----- 文/梁 硕

◆企业动态

07/ 喜报 | 沃尔德斯荣获“门头沟区科服企业规模十强”

08/ 门头沟区科委及北京创业孵育协会领导走访沃尔德斯

09/ 科技创新 | 沃尔德斯疏自养技术知识产权再获重要突破

10/ 拥抱AI时代 | 沃尔德斯迈向高效AI办公新模式

11/ 沃尔德斯荣获2024年度“污水深度脱氮除磷处理年度标杆”奖

11/ 庆祝沃尔德斯成立11周年

12/ 铭记历史，展望未来——抗日战争胜利80周年阅兵

◆行业动态

13/ 行业资讯 ----- 编辑/赵乔华

◆管理专栏

15/ 环保水务市场从增量市场迈向存量市场销售体系转型的相关探讨 ----- 文/赵乔华

◆基地纪实

17/ 七格污水处理厂清洁排放提标改造工程（三、四期）

19/ 邹平市城市污水处理厂提标改造项目

20/ 株洲排水枫溪污水处理厂二期改扩建工程

◆技术之窗

21/ 基于人工智能技术的污水处理领域设备运维管理浅谈 ---- 文/王 钰

◆人物访谈

25/ 如期交付、按时回款：一位工程经理的“八年坚守”--- 文/张雪利

◆职场磨砺

29/ 入职一年：从“只做人事”到“又做人又做事” ----- 文/张雪利

30/ 三年学步：一名工程师的技术与市场探索手记 ----- 文/王飞宇

◆品味经典

31/ 《传习录》：向内求索，以心学智慧破局前行 ----- 文/张潇桐

◆环保博览

33/ 王凯军：连续流好氧颗粒污泥技术发展的瓶颈与挑战 ----- 摘自/未来水科技公众号

◆员工天地

37/ 燃情再出发

卷首语 Foreword



伏枥蓄势 再跃青云

文/王陆军

当国庆的红旗在晴空舒展，《视野》第23期特刊如约而至。这册纸页里，藏着的不只是一个季节的收获——更有行业浪潮中我们踏浪而行的足迹，有公司从技术攻坚到产品迭代的成长年轮，有每一位同仁在岗位上书写的坚守与突破。这些细碎而坚实的印记，终究汇成了同一种力量：在时代与行业的变局中，向着更专业、更智能的方向扎实前行。

一、以初心破万难

回望过去的三个季度，市场的波澜曾带来重重考验。订单压力、成本攀升、转型阵痛，如骤雨突袭，让每一步都充满挑战。但艰难方显勇毅，困境更见担当：技术部为“沃管家”落地攻克道道难关，项目一线同事坚守岗位，各部门凝心聚力在压力中寻出路，始终保持“竹杖芒鞋轻胜马”的从容。这些挑战未击退我们，反而让我们更坚信：真正的成长，永远在破局中诞生。

如今，我们可以自豪地呈现“沃管家”——这款凝结着团队近六百个日夜地攻坚、融合着公司十余年行业积淀与前沿AI技术的创新产品服务体系。在污水处理行业面临设施升级与运营提效双重挑战的当下，它以“智领设备焕新，优享服务升级”为核心理念，通过“设备焕新”的节能革新、“单元提效”的精准优化、“工艺升级”的定制方案、“智控商店”的AI赋能构建起一站式、全方位的升级焕新解决方案。这不仅是对市场需求的精准回应，更是企业从“传统模式”向“智能模式”跨越的关键一步，是为行业破解痛点的切实答卷。

“沃管家”的每一项功能，都承载着“为客户创造价值”的初心，彰显着突破自我、拥抱变革的决心。它如一束光，照亮下半年我们的前行的路，也印证了：唯有扎根行业痛点，方能在转型浪潮中站稳脚跟。

二、以蜕变创新赴新程

在新中国成立76周年之际，展望2025剩下的最后一个季度，我们目标清晰：以“沃管家”为新起点，秉持“榫卯穿凿显匠心”的严谨态度，加快市场布局，让更多水厂实现水质稳达标、能耗再降新低、管理更加高效；持续优化内部管理，让每位员工在高效温暖的环境中，与企业共赴智能化转型新战场。我们更要铭记“为客户创造价值”的初心，以“沃管家”为支点，在技术研发上精益求精，在品质把控上绝不将就，用行动证明：我们不仅能跨越风雨，更能在推动行业智能化与绿色化转型中，完成从“设备供应商”到“工程技术服务商”再到“全流程解决方案服务商”的蜕变，迈向更强。

三、以根基固长远

前行之路，创新为翼，根基为盾。沃尔德斯十余年深耕水务行业，沉淀下的工程技术与设备开发经验，成为我们从容应对行业变革、稳步向前的坚实底气，更是“沃管家”创新体系的源头活水。

从工艺优化到设备升级，这些深度处理领域的技术积淀，为“沃管家”的“工艺升级”提供底层逻辑，为“设备焕新”注入节能内核，更为“智控商店”的AI技术落地奠定行业适配基础。正是这份深植行业的技术根基，让“沃管家”的智能升级有了落地的土壤，也让我们的转型之路走得更稳、更实。

四、以文化铸灵魂

所有成绩的取得，离不开“沃尔德斯”文化的滋养。这份基因，让我们在困境中凝聚力量，在顺境中保持清醒，成为行稳致远的精神支柱。

亲爱的同仁们，企业的每一步成长，都离不开你们的汗水；《视野》的每一页精彩，都记录着我们的共同足迹。正如雷军所言：“真正的勇气不是无畏，而是在恐惧面前选择勇敢。”下半年征程已开启，或许仍有挑战，但只要我们心怀匠心、坚守诚意，以“沃管家”为桥、以技术为根，心往一处想、劲往一处使，就没有迈不过的坎。让我们以这册特刊为新起点，怀揣着对未来的坚定信念并肩前行，共创属于我们的辉煌新未来！

2025年9月

本期焦点 Current Focus

沃管家：智领设备焕新 优享服务升级

文/梁硕

传统的污水处理是一个复杂的大型流程工业系统，涉及沉淀、混凝、离心、过滤和氧化等复杂过程，其稳定、高效、低耗运行长期依赖于操作人员的经验，面临着处理效果波动大、能耗物耗高、应对突发冲击负荷能力弱、专业人才短缺等诸多挑战。行业需通过技术创新实现“降本、增效、提质”的跨越式发展，更亟需一套一站式、全方位的升级焕新方案，把零散改造变成系统解题。与此同时，我们正身处一场波澜壮阔的科技革命之中。以人工智能（AI）为代表的第四次工业革命核心技术正以前所未有的广度和深度渗透至各行各业。

人工智能分机器学习（ML）和深度学习（DL），在数据处理、模式识别、预测分析和优化决策方面展现出超乎想象的能力。从AlphaGo的横空出世到ChatGPT的现象级爆发，AI技术不仅在消费互联网领域大放异彩，更在工业互联网、智能制造、智慧城市等领域扎根生长。

污水处理领域庞大的数据基础、明确的优化目标（出水水质、能耗、成本）以及强烈的自动化、智能化需求，使其成为人工智能技术绝佳的应用场景。借助先进的深度学习技术，具有增强学习能力的网络模型已成功应用于预测规划。例如，Pisa等人，开发了一种基于采用长短期记忆模型（LSTM）的人工神经网络的软传感器，用于预测氮衍生成分，该模型仅依赖于预测单个变量而不考虑其他变量的影响，因此具有有限的泛化能力。此外，Zhang等人通过模糊神经网络用于污水处理中的磷含量预测。虽然该模型具有很强的泛化能力，但复杂度高、参数调整困难、严重依赖数据质量等问题。这些预测研究使用通用网络模型来预测污水处理过程中的重要指标，取得了良好的结果。因此，人工智能驱动的可持续环境基础研究将极大地加速整个环境领域的科学发现。

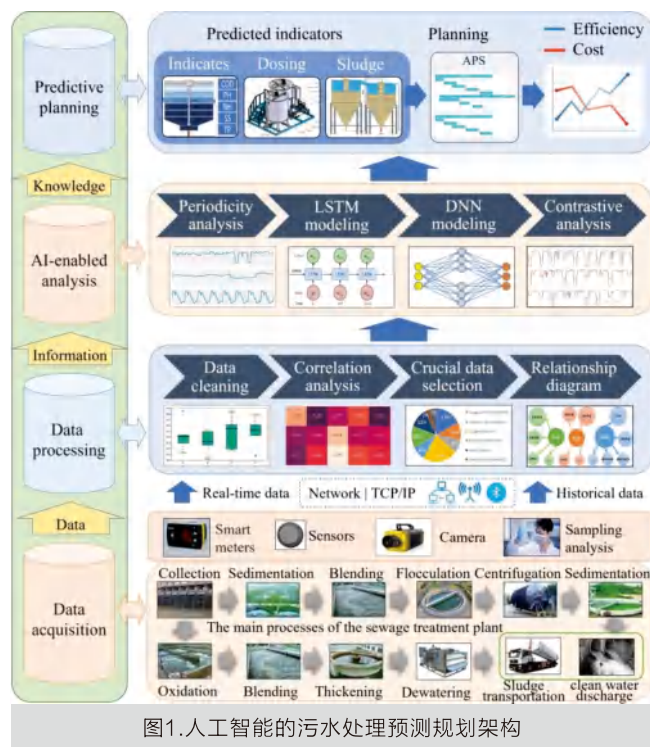


图1.人工智能的污水处理预测规划架构

行业现状痛点集中爆发，传统运营模式难以为继

（1）设备老化效率低，能耗成本高企：超过60%的污水处理厂设备运行年限超过10年，这些老旧设备的能耗比新设备高出30%以上。以核心设备鼓风机为例，传统罗茨鼓风机输入功率达110kW，而新一代磁悬浮离心式鼓风机仅需75kW，按每年运行8640小时计算，单台设备每年可多消耗30万度电，大量老旧设备的持续运行导致污水处理厂运维成本居高不下，同时也造成能源浪费。此外，老化设备还存在

运行稳定性差、故障频次高、维护成本高的问题，如泵、搅拌机、污泥干化设备等，频繁的故障停机不仅影响污水处理效率，还可能导致出水水质波动。

（2）环保要求持续提升，传统设备与工艺难以达标：新修订的《城镇污水处理厂污染物排放限值》进一步收严氮磷排放要求，明确2027年出水标准需全面提至准IV类，部分地区甚至要求准III类。然而，传统污水处理设备与工艺在脱氮除磷效率上存在明显短板，如普通快滤池仅具备过滤功能，无法实现原位反硝化脱氮；活性砂滤池反硝化脱氮能力弱；磁混凝沉淀池因设备老化导致磁粉流失严重，SS（悬浮物）和Tp（总磷）指标难以达标。这些问题使得污水处理厂面临“达标难”的困境，若不进行设备与工艺升级，将面临环保处罚风险。

（3）运营管理效率低，智能化水平不足：多数污水处理厂仍依赖人工进行设备巡检、数据记录与工艺调整，存在诸多弊端。例如，活性污泥沉降比检测依赖人工采样，采样点、深度、量易受操作影响，样本实时性不足；静置时间与读数记录依赖人工把控，不同操作人员的结果偏差大，数据易出错、遗漏；加药系统采用固定投加量模式，无法根据水质水量波动动态调整，导致药剂浪费或出水水质不稳定；设备维护采用“故障后维修”模式，无法提前预警故障，故障停机时间长，维护成本高。

国家政策强力驱动，设备更新与工艺升级成为必然趋势

（1）国家行动纲领明确方向：国务院《推动大规模设备更新和消费品以旧换新行动方案》（2024年）将污水处理设施纳入重点支持领域，要求推动设备高端化、智能化、绿色化升级，为污水处理厂设备更新提供了政策依据与资金导向。

（2）地方政策积极响应落地：各省纷纷出台配套政策，强调污水处理设备“高端化、智能化、绿色化”升级。例如，浙江、江苏等地推出“零直排区”“污水资源化示范区”建设政策，强制要求工业园区污水处理设备升级；多地明确规划升级污水处理厂30-100座不等，全面推进存量污水处理厂提质增效。

在当前污水处理行业面临设施升级与运营提效双重挑战的背景下，沃尔德基于10余年水务行业的工程技术与设备开发积淀，引进融合前沿的AI技术，全新推出“沃管家”产品服务体系，致力于为水厂提供一站式、全方位的升级焕新解决方案。“沃管家”的推出并非偶然，而是沃尔德基于对污水处理行业发展阶段、现状痛点及政策导向的深刻洞察，量身打造的服务体系。从行业演进规律到现实运营困境，从国家政策要求到客户核心需求，多重因素共同推动了“沃管家”的诞生。



“沃管家”产品服务体系：四大核心模块协同发力，提供一站式解决方案

“沃管家”通过以下四大核心产品模块，赋能水厂实现水质达标、节能降耗、管理增效的突破性升级，助力水厂向智能化与绿色化转型。

（1）模块一：设备焕新——节能高效设备替换老旧资产，夯实运营基础

提供全面的设备更新服务，以节能高效型设备替换原有老旧设备，从根本上提升水厂的运行效率和能耗水平，确保设备性能符合绿色低碳环保要求。

（2）模块二：单元提效——聚焦核心工艺单元，挖掘系统潜能

针对某些工艺单元运行效率低、维护不便问题，通过增加或改造配套组件及设施，提升系统单元的运行效率，降低维护成本，使运营工作更加便捷高效。

（3）模块三：工艺升级——定制化工艺改造，确保水质达标

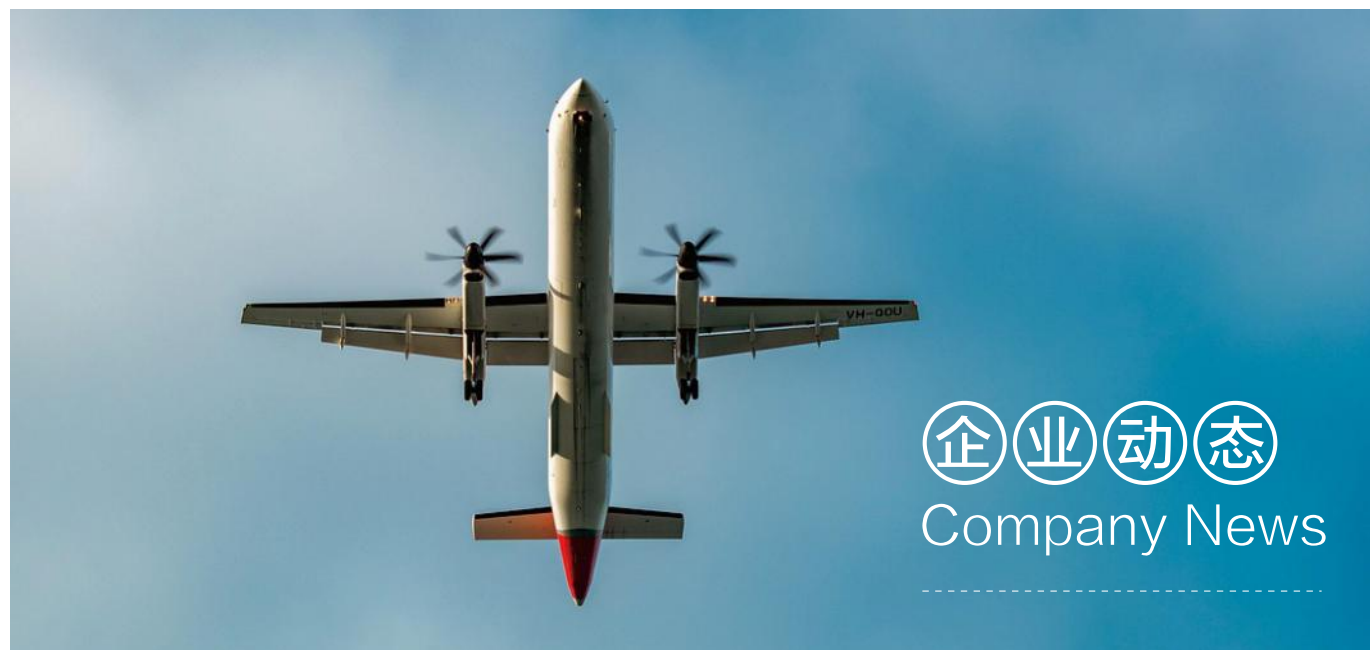
结合最新的污水处理技术，为水厂量身定制工艺升级方案，优化工艺流程，提升水质处理效果，确保出水水质稳定达标，同时降低运营成本，提高经营效益。

（4）模块四：智控商店——AI智控系统加持，实现智能运维与精准调控

以人工智能技术为核心，打造“智控商店”模块，为水厂提供多样化的智能产品选择，实现设备运行的优化与节能降耗，助力水厂向智能化运营转型。

四大模块并非简单叠加，而是一站式、全方位的闭环：先诊断、再换血、后提效、长赋能，让客户“只签一次约，就能跑完整个升级马拉松”。

“沃管家”通过四大模块的协同发力，构建起覆盖污水处理厂设备全生命周期、工艺全流程的服务体系，不仅有效解决了设备老化、工艺落后、运营低效等行业共性痛点，更助力污水处理厂实现“节能降耗、水质达标、管理增效、成本优化”的多维目标，为污水处理行业从“增量建设”向“存量提质”转型提供了切实可行的解决方案。



喜报 | 沃尔德斯荣获 “门头沟区科服企业规模十强”

近日，门头沟区未来产业发展大会在中关村科技园区门头沟园顺利召开。本次大会旨在表彰门头沟区在工业企业、信软企业、科服企业、专精特新企业以及高新技术企业中的佼佼者，并见证北京市未来产业育新基地的正式授牌。沃尔德斯凭借多年在污水深度处理技术研发与应用荣获“门头沟区科服企业规模十强”。



沃尔德斯自成立以来，一直致力于为客户提供高效、可持续的水处理解决方案。公司拥有一支资深研发团队，凭借十余年的技术实力和行业经验，成功研发出了一系列具有自主知识产权的水处理技术和产品，广泛应用于工业废水、市政污水等领域，取得了显著成效。



此次获奖，不仅是对沃尔德斯过去努力的肯定，更是对未来发展的鞭策。对此，公司将以此为契机，积极融入门头沟区未来产业发展布局，与未来产业育新基地展开深度合作。

未来，沃尔德斯将继续发挥其在环保污水深度处理领域的专业优势，不断探索新的应用场景和解决方案。同时，公司还将积极参与门头沟区的科技创新和产业升级，为区域经济的绿色发展贡献自己的力量。

门头沟区科委及北京创业孵育协会领导 走访沃尔德斯

近日，北京创业孵育协会与门头沟区科委领导相继走访沃尔德斯，深入调研企业发展现状，为企业提供全方位支持，助力企业高质量发展。

2月18日，门头沟区科委副主任高同雨同志一行莅临沃尔德斯。就企业一季度“开门红”营收情况深度交流，并就市级科技服务业惠企政策进行了详细解说。同时，高主任表示，区科委高度重视“科技服务企业”在发展过程中所遇到的各种问题，将积极协调相关资源，为企业科技发展提供支持，助力企业研发创新。沃尔德斯作为一家专注于污水深度处理技术研发与应用的高新技术企业，近年来凭借其创新技术与优质服务，在行业内取得了显著成绩。



同期，北京创业孵育协会闫秘书长在利德衡孵化器领导的陪同下，来到沃尔德斯走访调研。公司负责人卑丽艳详细介绍了沃尔德斯的发展历程、核心技术、市场布局及业绩等情况。闫秘书长认真听取介绍后表示，协会将充分发挥自身优势，为企业提供产业资源对接等服务，助力企业实现更好发展。

近期，领导们的走访调研，不仅体现了政府和行业协会对企业发展的关心与支持，更为沃尔德斯的未来发展注入了动力。公司将充分利用此次走访调研的契机，进一步加强与各方的合作，推动技术创新与市场拓展，为区域经济社会贡献更多力量。



科技创新 | 沃尔德斯硫自养技术知识产权再获重要突破

春回大地，万物复苏。近日，北京沃尔德斯水务科技有限公司在深度脱氮领域取得重要进展：“氮曲·0碳源硫自养滤池”技术新获3项国家发明专利授权，并在《环境科学学报》、《中国给水排水》等核心期刊发表5篇学术论文，标志着该创新产品在技术研发与理论验证层面实现双重突破。



发明专利

核心专利构筑技术壁垒

作为“氮曲·0碳源硫自养滤池”的核心技术支撑，本次授权的发明专利《一种硫自养反硝化功能生物载体材料及其制备方法和应用》（专利号：ZL2023 1 1530276.6）、《硫自养反硝化滤池的反冲洗布水布气滤砖及布水布气装置》（专利号：ZL2024 1 1534538.0）与《一种异养自养后置反硝化滤池无氧反冲洗系统》（专利号：ZL2024 1 1909975.6）。三项发明专利系统改善了硫自养技术在以滤池为反应器模型的种种不利因素，如传统硫自养滤池脱氮容积负荷低、硫基滤料板结、反冲洗跑料、滤池构造深度大等问题，目前已成功应用于市政污水提标、工业废水处理及流域水质提升等场景。

技术落地验证产品价值

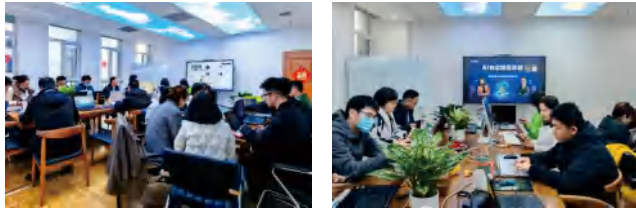
截至目前，“氮曲·0碳源硫自养滤池”已获得10余项专利授权。其研究成果已应用于河北、天津、陕西、宁夏等多个城市地区的工程项目。

沃尔德斯将持续拓展该技术在市政污水提标、工业废水深度处理及敏感水体修复等场景的应用边界，以更高效、更经济的可持续解决方案赋能水环境治理行业。



拥抱 AI 时代 | 沃尔德斯迈向高效AI办公新模式

3月17日，沃尔德斯组织开展了一场具有前瞻性的“AI办公应用实践”专项培训，特邀完美拾光创始人李谦子与维观万物创始人杨帆两位在AI提效应用领域的实战专家，为全员带来了理论深度与实践厚度兼具的智慧盛宴。



本次培训以“全场景覆盖+深度实操”为核心理念，创新性地采用了“理论赋能-工具实战-场景进化”的三维模式。通过这种系统化的培训方式，公司不仅为员工解锁了AI办公的新技能，更开启了一场干货满满、创新无限的思维革新之旅。

拥抱AI：提升效率与思维革新

公司执行董事卑丽艳指出“AI技术正以迅猛之势重塑各行各业，它不仅是未来的发展趋势，更是我们当下提升工作效率、实现突破的关键力量。掌握AI，就是把握未来的核心竞争力。对公司而言，AI是推动业务增长、提升运营效率的加速器；对个人来说，它是提升技能、拓展职业发展的新引擎。”她希望通过这次的培训，大家都能突破传统认知边界，让AI为公司发展注入新动力，也为个人成长开辟新天地！

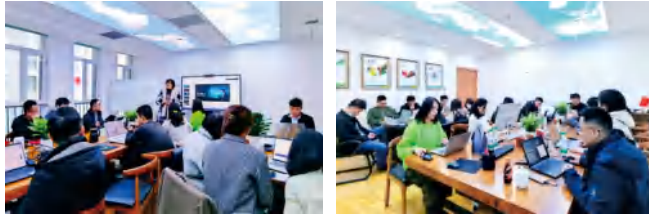
三维赋能：认知进阶与场景突破

① 认知觉醒：解码AI工具革命

培训伊始，谦子老师分享了在这个社会大变革时代，她个人在突破传统思维及工作模式方面一路走来的成长历程，以及在自己对AI使用的经验及带给个人强大的效率提升。

② 沟通进化：提示词工程实战

杨帆老师则聚焦于提示词的使用。他指出，提示词是与AI工具沟通的桥梁，掌握正确的提示词使用方法是高效使用AI工具的关键。通过实际案例演示，大家了解了如何根据不同的任务需求，选择合适的提示词，并构建有效的提示词组合。这一环节不仅提升了员工的思考力，更让AI工具能够更



好地理解我们的意图并作出精准响应。

③ 场景革命：办公全流程再造

在实操环节，培训模拟了真实工作环境中的任务，让员工们使用AI工具完成报告撰写、数据分析、项目管理、部门流程优化以及公司知识库的建立等办公任务。通过将AI工具与实际办公场景相结合，员工们在实践中熟练运用理论知识，见证了自己从传统办公模式向智能办公模式的蜕变与成长。



Ai赋能：开启智能办公新时代

沃尔德斯正积极拥抱AI时代，着力培养熟练使用AI工具的员工队伍，推动办公场景向智能决策升级，最终实现全流程智能化转型。

培训接近尾声时，销售总监赵乔华分享心得说到，此次培训显著提升了工作效率，并让他掌握了辩证判断AI输出内容的能力。AI是赋能工作和生活的工具，而非替代人类，大家无需焦虑。

技术总监梁硕认为，AI的普及已成必然趋势，这场培训是拥抱AI的起点。他提醒大家，AI将改变世界，逃避者将被社会淘汰。

持续进化：创造智能化未来

正如卑总在总结时所言：“在AI时代，真正的竞争力源于人类创造力与技术工具的深度融合。此次培训是公司开启智能化的起点。沃尔德斯将持续深化AI应用，助力员工与企业共成长，为行业智能化注入强劲动力。”



沃尔德斯荣获2024年度 “污水深度脱氮除磷处理年度标杆”奖

近日，在北京举行的2025年（第二十三届）水业战略论坛上，2024年度“水业市政环境领域领先企业”榜单隆重揭晓，沃尔德斯获评“污水深度脱氮除磷处理年度标杆”奖，这是沃尔德斯连续两年获得该项荣誉。



政策驱动行业升级

2025年正值“十四五”规划收官关键节点，随着《城镇污水处理厂污染物排放标准》等政策进一步收严氮磷排放限值，推动行业向低碳高效转型。沃尔德斯积极响应政策需求，聚焦污水深度脱氮除磷领域，持续技术创新，成为推动政策落地与产业升级的践行者。

十年深耕技术突破

作为国内污水深度处理领域的先行者，沃尔德斯十余年来始终以国家环保需求为导向，聚焦污水脱氮除磷核心难题，构建了涵盖工艺比选与设计、设备开发与制作到工程实工与系统调试的整体解决方案。其中，“氮曲·0碳源硫自养滤池”是一款创新的深度脱氮技术产品。该技术无需投加外部碳源，即可高效去除水中的硝态氮，解决了传统异养反硝化技术药剂成本高、污泥产量大、运营维护复杂等问题，为污水深度处理脱氮提供了更为经济、高效的解决方案。

项目成果丰硕

目前，沃尔德斯已覆盖全国近30个省市自治区，累计建设近200个污水深度脱氮除磷项目，积累了丰富的实践经验。



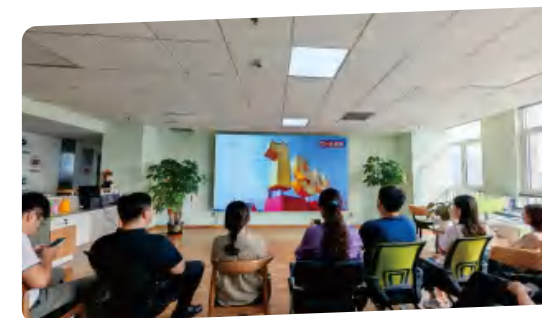
铭记历史，展望未来 ——抗日战争胜利80周年阅兵

沃尔德斯与您一起纪念中国人民抗日战争胜利80周年

今天是2025年9月3日，天安门广场迎来了一个庄严的历史时刻。在纪念中国人民抗日战争暨世界反法西斯战争胜利80周年的特殊日子里，我国以一场盛大的现代化阅兵，向世界展示了和平的尊严与力量。



❄️ 我们一起看阅兵 ❄️



庆祝沃尔德斯成立 11周年

沃尔德斯11周年

砥砺前行十一载

感恩相伴共成长

沃尔德斯成立11周年之际

全新推出“沃管家”服务

智领设备焕新 优享服务升级

让“沃们”一起加油

共创美好未来！





编辑/赵乔华

01 Ai技术加速重构环境产业

2025年初DeepSeek引爆AI浪潮，环保龙头纷纷布局智能化，但行业整体仍处探索期：场景碎片化、投入高、见效慢、标准乱。专家提出“让环境人主导环境智能”，优选突破口，共建共创共享行业底座，打造开放生态，使有梦想的企业低成本、高效率实现智能进阶。

02 环保企业应收款成为行业痛点

中国水网统计228家上市环保公司应收账款合计3492.17亿元，平均每家15.32亿元；规模越大、历史越久的企业工程属性越强，账款越高——5家超百亿，12家50-100亿；48家应收高于营收，最高者营收28亿、应收70亿，占比达2.5倍。某企业应收21.68亿，占总资产28.39%，坏账准备5亿。环保产业将从“工程驱动”转向“运营为王”，从“政策驱动”转向“市场驱动”，从“规模扩张”转向“价值创造”，淘汰劣币，技术领先、贴近客户的企业将胜出。

03 第26届中国环博会盛大开幕

第26届中国环博会4月21日在上海新国际博览中心开幕，展览面积创纪录，全球2600余家展商覆盖水、固、气、土、噪声、监测全产业链；主题“聚焦细分·持续进化”，同期举办30余场细分领域论坛，邀请协会、龙头企业 and 科研院所共议绿色低碳转型与新质生产力。

04 《美丽河湖保护与建设行动方案（2025—2027年）》印发

经国务院同意，七部委5月16日印发《美丽河湖保护与建设行动方案（2025—2027年）》，提出19项措施：巩固水环境治理6项、保障生态流量3项、水生态保护修复6项、全民共治与支持4项。生态环境部表示，相较2015年“水十条”聚焦治污，新方案突出“提质增效”，统筹水资源、水生态、水环境。

05 2025年中央生态环境保护督察工作正式启动

第三轮第四批中央生态环境保护督察5月26日启动，系《生态环境保护督察工作条例》实施后首次行动。共设8个督察组，用一个月左右对山西、内蒙古、山东、陕西、宁夏五省区及华能、大唐、国家电投三大央企进行“流域+省域”综合督察，覆盖广、靶向明、力度不减。

06 六五环境日国家主场活动在重庆举行

2025年六五环境日国家主场活动6月5日在重庆举行，生态环境部、中央文明办、重庆市政府联合主办。发布《2024中国生态环境状况公报》，举行“从这里看见美丽中国”主题展，公布2025年“美丽中国，我是行动者”先进典型案例名单，宣布2026年主场由粤港澳联合举办并交接会旗。长江经济带11省市发布“共护美丽长江”联合倡议，启动志愿服务，现场唱响主题歌曲《让中国更美丽》。

07 习近平山西考察定调资源型经济转型

7月7-8日，习近平在山西考察时强调，生态优先推动资源型经济转型：一体推进治山治水治气治城，加快矿山生态修复和重点行业节能降碳，强化水土保持与防沙治沙；构建新型能源体系，煤炭由初级燃料向高端化、高值化升级，同步配套发展风电、光伏、氢能；同时守牢安全底线，精细做好主汛期防汛减灾，防范重特重大事故，确保生态安全和民生安稳。

08 联合国秘书长古特雷斯在世界环境日致辞

联合国秘书长古特雷斯世界环境日致辞：今年聚焦终结塑料污染，塑料已堵塞河流、毒化海洋、威胁野生动物；呼吁各国代表8月重返谈判桌，下定决心克服分歧，开辟一条共同道路，达成我们的世界需要的条约。让我们一起终结塑料污染的祸害，为我们所有人建设更美好的未来。

09 财政部：规范PPP存量项目建设和运营

财政部8月20日发布《关于规范政府和社会资本合作存量项目建设和运营的指导意见》，明确对符合条件的在建PPP项目，可统筹一般债、专项债、中央转移支付及地方自有资金用于建设成本与运营补贴，提升公共服务质量，稳定社会资本预期，推动经济平稳运行。

10 国务院审议通过《“三北”工程总体规划》

8月22日，李强主持国务院常务会议审议通过《“三北”工程总体规划》，强调把“三北”工程作为筑牢北方生态安全屏障的重大战略，实行山水林田湖草沙一体化保护治理，完善财税土地支持政策，因地制宜发展特色产业，压实后期管护责任，鼓励多元主体共建共享，实现生态、经济、社会效益多赢。

管理专栏

Management Column

环保水务市场从增量市场迈向 存量市场销售体系转型的相关探讨

文/赵乔华

当前，环保水务市场形势与过去相比，发生了深刻转变。我国GDP增速放缓，水务基础设施固定资产投资呈下降趋势。财政收支缺口持续扩大，政府To G业务在收费方面面临挑战。市政供水和污水处理普及率已超99%，增长空间极有限。随着基础设施完善和政策红利递减，环保行业正从“增

量扩张”转向“存量优化”。

在增量时代，产业逻辑是：水务投资公司或地方政府作为投资方建设污水厂，行业本质是工程，业绩增长依赖新项目。头部运营商靠PPP项目扩张，工程公司靠项目盈利，设备商靠供货，药剂商靠供应。整个产业链围绕“拿项目”展开。

进入存量时代，产业发展逻辑发生了巨大转变。笔者综合众多信息，做如下几点分享：

一、作为头部企业的运营平台公司，随着特许经营权新规落地，加之地方支付能力受限，跨步跃进的时代一去而不复返。并购重组，本地水务公司的市场占有率尚未占据绝对主导地位，存在进一步整合资源、提升行业集中度的潜在契机；现有存量资产是块宝，优化运行，节能降耗，满负荷水厂降50%成本，增加50%利润；原位倍增——增量运营，现有设施增加运营负荷，提高利润。未来，随着污水进水浓度的持续提高，在行业补短板之后，将会迎来存量时代的机会窗口；资源全回收，包括热电回收、营养物回收、水资源回收，变废为宝。

二、对产业链中的众多工程公司，设备及解决方案服务商，面临的困境更加严峻。大部分中间环节公司，无运营资产及项目，一旦增量大幅放缓，市场一定会有大量企业出清。对很多大型工程公司来说，公司核心主要是工程，而非环保，环保工程是在环保市场大爆发阶段，他们也会寻觅其他行业的工程建设项目。而环保工程公司，设备厂家，不少企业基于自身资源、能力，稳妥探索“出海”，把握国外重要区域（如东南亚、非洲、中东等）的水务市场机会。内部管理方面，为提升管理效能，推进管理体制优化工作。不少企业在重构契合业务发展的目标体系、内控制度、组织结构与绩效考核机制。将人员薪酬与考核目标、业务完成度紧密关联，并与同行业公司开展对标分析，以明确差距、持续改进。同时，过去一段时间，中间部门企业，积累了大量的应收款项，重新梳理跟进应收款，认真评估接下来的客户支付能力尤为重要。而技术转型，AI赋能，找到与水务公司优化运行，节能降耗路线一致的技术，是未来能否留在环保市场牌桌的关键一环。

行业变化也推动销售体系转型。过去，“水十条”发布后，市场扩张，企业业绩攀升，销售体系快速扩张。多数公司通过直销或代理建立全国网络，部分企业在发达地区设区域公司，配置技术、商务、售后支持。销售部门权重高，费用大，人才选拔更重资源和经验，专业能力相对薄弱。销售路径多是从一线到区域负责人，再到高管或创业。整体更偏向“关系型销售”。

而下一阶段，销售体系会发生非常大的转变。首先，对于很多公司来讲销售团队的重新锤炼尤为关键。当前处于十四五末阶段，关于公司重点业务市场，重点业务骨干，重点销售产品，需要重新梳理，重新调整。一些多年增长缓慢，未来发展前景不大的市场，需要果断放弃；不能与时俱进，跟上公司转型脚步的销售，不愿深刻转变的销售要妥善处理。为销售团队从关系营销型向下一步技术顾问型销售奠定基础。

销售工作的重点也会不断从开拓新市场，新客户，向服务老客户，挖掘新需求转变。过去一个工程建设项目，基本在初步设计阶段，工艺基本定型，所需设备类型也基本确定。只要了解到项目建设信息，公司能提供相关产品服务，便是销售开始下功夫的时候。这种模式，除了新工艺，或者市场上少见的工艺，需要通过前期与建设单位沟通好技术方案和经济可行性，大部分情况，销售为被动销售，很难创造需求。而存量时代，更多针对客户的痛点，现存问题，提出解决方案，是创造需求，满足需求的过程。也同时要求，销售团队具有较强的技术功底，沟通能力和长线思维。

过往，销售团队在初步了解项目信息后，技术团队更多起到的是配合作用，出图纸，技术方案或者报价。而现在，更需要多部门的协同作业。销售人员必须懂技术，能初步诊断问题；技术团队也要具备客户沟通和方案呈现能力。销售一线反馈的客户需求，应高效传导至研发、产品部门，驱动产品迭代和创新，形成“市场-研发-销售”的闭环。

最后，销售的薪资和激励机制，也会发生深刻转变。部分企业采用低薪资，高提成制度。之后，可能会增加销售人员基础薪资，项目奖金与团队分享机制。当然，各公司对销售人员的要求不同，政策也会不尽相同。

而销售从业人员，也需要不断调整自己，适应新形势。笔者认为，销售人员首先需要调整心态。很多优秀的销售人员，在过往是拿到过结果，取得过大的成就，但在近些年及今后一段阵痛期会发现，想做出成绩越来越难，想取得大成更是难于上青天，收入及职业发展受到很大冲击，很多人员在内卷和躺平之间摇摆不定，甚至否定自己。面临这个时代，并非个体的问题，我们还是要以更加积极的心态，面对行业发展的规律，大周期对产业的影响。而且整个产业并非堕落，是趋向成熟和平衡。一些确实很难发挥出自身价值的人员，也可以及时调整赛道。而决意留下之人，也会向产业的各个环节一样，面临调整和转型。销售人员，需要不断丰富和体系化过往的专业知识，内化成再次跃升的基础；要不断通过资源，下沉到用户端，多与使用者，运行者打成一片，发现痛点，找到需求；销售人员更要具备商业嗅觉和投资知识，通过技改收益，改造性价比，吸引客户；销售人员需要对更微观的政策有更高的嗅觉，过去大开大合的政策，跟着风口走就行，而现如今，政策更精准，细微，很多政策是区域性的，甚至直达具体的地市。同时，拥抱新时代，拥抱AI，靠科技提升分析能力和决策力。

人心似水，时节如流，世事如轮。当前不仅是环保水务市场，大气固废领域，整个环保行业无疑进入了大的震荡周期。行业需要周期深度调整，企业需要看清周期，顺势而为，而行业内的个体，更需要看清世界的真相后依然热爱世界，在冬天里播种出一片春天。



基地纪实 Base Documentary

杭州七格污水处理厂清洁排放 提标改造工程（三、四期）

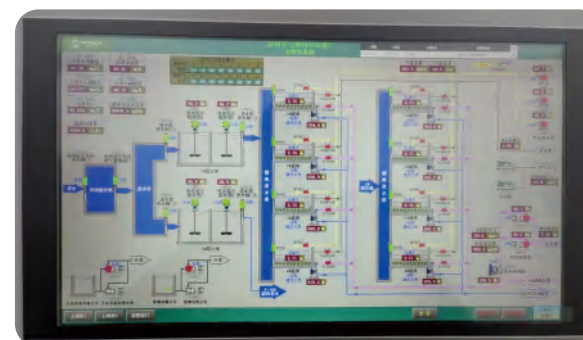
七格污水处理厂坐落在钱塘江岸，与杭州主城区仅一江之隔。自2003年一期投运以来，150万m³/d的处理规模让这座“地下工厂”成为杭州主城区和钱塘区日均270余万居民生活污水、工业废水的最终归宿，默默守护着钱塘江的水质与城市的水环境。

随着“亚运时代”的到来，浙江省提出了更严格的DB33/2169-2018地方排放标准，七格三期60万m³/d的提标改造，成为杭州兑现“绿色亚运”承诺的关键一环。沃尔德斯承担了20万m³/d反硝化深床滤池系统整体解决方案的设计与实施。

七格污水处理厂共分四期建设，一期40万m³/d、二期20万m³/d、三期60万m³/d、四期30万m³/d，现状出水执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》一级A。本次提标仅针对三期，要求在原有60万m³/d反硝化深床滤池的基础上，通过“老池降负荷+新池扩容”的组合方式，把总出水提到浙江省《城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》（DB33/2169-2018）标准。老池处理量由60万m³/d降至40万m³/d，沃尔德斯新建20万m³/d反硝化深床滤池补缺，实现整体60万m³/d全面提标。



项目经理
段杨杨



新建滤池总变化系数1.3，高峰流量10833m³/h；反硝化深床砂滤池选用大粒径石英砂，兼具“截留SS—微絮凝除TP—反硝化脱氮”三重功能。设计平均滤速5.54m/h、高峰滤速7.20m/h，可在不停产条件下弹性应对水量冲击。进出水指标锁定：进水SS≤30mg/L、TP≤0.5mg/L、TN≤15mg/L；任意时段出水SS≤5mg/L、TP≤0.3mg/L、TN≤10mg/L，全面满足最新设计要求。

为保证除磷药剂与反硝化碳源精准投加，前端增设机械混合池。除磷药剂PAC采用液态10%浓度稀释4-5倍投加；乙酸钠采用液态20%浓度直接投加；两种药剂在池中快速均匀混合，为后续滤池创造最佳反应条件。滤池共16格，单格净尺寸L×B=26.4m×3.56m，总渠道流速控制在<0.5m/s。严格控制16各滤池进水口施工，确保孔口尺寸、形状、底标高绝对一致，以克服总渠内沿程的水位差影响。采用矩形堰且堰顶标高绝对一致，调平过程使用精密水准仪。

池体长宽比7.4，对布水布气系统提出极高精度要求。T型滤砖安装前对池体浇筑渠道两侧进行二次找平，标高误差控制在3mm以内。调试结果显示，16格滤池反冲洗均达到预期反洗效果。配套机械混合池、滤池、管廊间、中间提升泵房、反冲洗设备间及废水池一次建成，仪表、PLC系统同步到位。

项目于2024年12月正式通水运行，调试阶段水量逐级提升，最终在满负荷条件下出水水质稳定并优于浙江省清洁排放标准，为钱塘江再添一道清澈屏障。

沃尔德斯沿用常规工艺、常规设备，通过毫米级施工控制与系统级调试，一次性实现设计出水指标，16格滤池配水均匀性、滤砖安装精度及自动化控制均按合同要求一次达标。七格20万m³/d反硝化深床滤池的顺利投运，再次验证了沃尔德斯深床滤池技术的成熟稳定与落地实力，也为后续同类型项目提供了可复制的“七格样板”。



邹平市城市污水处理厂 提标改造工程



邹平市城市污水处理厂位于邹韩路18号，黛溪河臂弯之间，是山东规模最大的县级污水厂，也是国家重点流域水污染防治规划建设项目。总处理规模为16万 m^3/d ，把老城区、城南新区、经开区及周边乡镇的生活污水、工业废水一并揽入，静静守在河岸边，为百万居民托住最后一道水质底线，也替黄河下游守住一方清澈。

随着邹平跻身全国百强县、创建国家级生态文明示范区，原有“一级A”排放已难以匹配城市高质量发展的底色。2024年，沃尔德斯承担反硝化深床滤池系统整体解决方案的设计与实施，经过数月的紧张施工与调试，同年12月正式通水运行，出水水质正式告别“一级A”，稳稳跃升至《地表水环境质量标准》准IV类，实现历史性跨越，成为山东省首座全面达到准IV类排放的县级污水厂。

本次提标改造新增反硝化深床滤池规模16万 m^3/d ，总变化系数为1.3，高峰流量为8667 m^3/h 。14格滤池对称布置，7格传统石英砂滤料（异养模式）、7格自养反硝化滤料，异养与自养可随时切换，既保证了处理效果又降低了运行成本。滤池平均滤速5.26 m/h 、峰值滤速6.84 m/h ；反冲洗气强度92 $\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ ，反冲洗水强度30 $\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ 。新建968 m^3 反洗废水池和823 m^3 中间水池，再配4格单格16.4 m^3 的碳源混合池，为高负荷冲击留足余量。

滤池底部布水布气系统全部采用沃尔德斯S型滤砖，采用双层配水配气系统（一级分配腔+二级补偿腔）通过压力差产生逆向补

偿，确保整个滤池反冲洗水、气压力均匀分布，彻底消除盲区。二级腔室内的挡板设计在每一列连通的滤砖腔室内形成气垫层，使得布水布气更加均匀，避免了两端气量不一致的情况。均匀的反洗过程可以更好地适应不同滤料的反洗强度需求，即使在气量与水量随工艺需求调整的过程中，均匀度也丝毫不受影响。

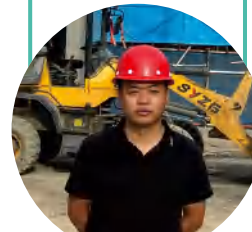
为了保证14格滤池的配水均匀性，项目团队将配水井设置于总渠道中间，并刻意降低渠道流速，设计平均流速仅为0.3 $\text{m}/\text{s} \approx 0.24\text{m}/\text{s}$ ，接近静态流状态。施工过程中，使用精密水准仪对进水口堰板进行调平，确保14个进水口的孔口尺寸、形状、底标高绝对一致，克服了总渠内沿程水位差的影响。池体长宽比较大，对布水布气系统提出了极高精度要求，滤砖安装前对池体浇筑渠道两侧进行了二次找平。

完善的自控逻辑系统同样是支持系统稳定运行的关键。系统可根据自养或异养滤料池体的不同需求，自动区分反洗周期，并结合进出水仪表的实时数据，自动连锁调节加药量，实现高精度运行。调试阶段，项目经历了冬季低温与春节高负荷的双重考验，出水TN稳定在7-9 mg/L ，任意时段出水水质均稳定达到 $\text{SS} \leq 10\text{mg}/\text{L}$ 、 $\text{TP} \leq 0.3\text{mg}/\text{L}$ 、 $\text{TN} \leq 10\text{mg}/\text{L}$ ，全面优于准IV类要求。

至此，邹平市城市污水处理厂提标改造工程圆满收官，也为城市的发展掀开了崭新的篇章。黛溪河清波荡漾，倒映出更加明净的天空，也映照岸边晨练的老人与放学途中奔跑嬉戏的孩童。



枫溪污水处理厂（二期） 新扩建项目纪实



项目经理
刘志远

在湖南省株洲市芦淞区枫溪街道，紧邻湘江干流的枫溪污水处理厂二期扩建工程正全速推进。作为株洲市中心城区污水系统综合治理的核心子项，本次扩建总投资32.7亿元，旨在将日处理能力由2.5万吨提升至5万吨，出水水质执行湖南省地方标准《DB43/T 1546-2018》二级排放要求，最终经一期出水泵房汇入枫溪港。

项目新增的核心构筑物包括高效沉淀池2座、精密过滤器3套、智能加药系统1套、紫外消毒渠1座，并同步升级出水泵房、除臭及配电自控系统。改造完成后，COD年削减量将超1800吨，为湘江下游水质改善提供关键支撑。

在此次扩建项目中，沃尔德斯主要负责了高效沉淀池系统整体解决方案的设计与实施。然而，项目的推进并非一帆风顺。自2024年11月28日进场施工以来，挑战便接踵而至。

首要任务是进场难，因场地受限及交叉作业阻碍，设备到场后无法及时卸货，现场立即更改卸货方案，采用夜间吊装、卸货，配备三名专业安全人员值守。

在安装高效沉淀池时的毫米级要求，由

于基坑狭长，斜管填料支架与污泥刮泥机必须贴墙就位，设备间隙仅留 $\pm 2\text{mm}$ ，比一张信用卡还薄；更棘手的是一期泵房仍在运转，低频振动顺着混凝土持续传来，稍有偏差，支架就会“走位”。

面对“ $\pm 2\text{mm}$ ”与“持续震动”并存的双重难题，项目经理刘志远把问题拆成两条线：先解决“测得准”，再解决“震得少”。他调来两台激光定位仪，双人双机互校，把每一根横梁的水平度误差锁在1 mm 以内；随后把焊接工序全部压缩到夜间22点至凌晨5点，避开白天交叉施工带来的额外扰动。为抵消振动对回流量的冲击，他又把污泥回流泵改为变频控制，实时匹配二期水量波动，让设备在“摇晃”中保持稳态。最终，沉淀效率较设计值提高40%，出水浊度稳定在0.5NTU以下，为后续精密过滤奠定前提。

精密过滤器作为“最后防线”，过滤精度15 μm 、峰值流量115 m^3/h 。

目前，高效沉淀池主体设备及精密过滤器已安装完毕，待其他工段完成后进入系统级工艺调试。项目完工后将为湘江下游再添一道生态屏障。





基于人工智能技术的污水处理领域设备运维管理浅谈

文/王飞宇

摘要：随着污水处理行业向智能化、精细化方向发展，传统设备运维管理方法面临效率低、成本高、适应性不足等挑战。本文基于结构化/时序数据的机器学习方法、基于文本语言数据的大语言模型（LLMs）方法两个维度，系统梳理人工智能技术在该领域的应用原理、特点及具体实施方法，为设备运维管理优化提供思路。

1. 引言

2022年以来，伴随大基建时代落幕，增量市场急速锐减，行业步入以存量市场为主的高质量发展阶段，日均处理能力已超2.7亿吨。然而，在转型过程中，污水处理厂在运营管理、成本控制、技术优化等方面面临诸多挑战。其中，机电设备及其运维管理作为污水处理厂可靠运行的重要保障，其效率与质量直接影响污水处理效果与运营成本。

传统污水处理设备运维管理主要基于人工巡检、SCADA系统监控和固定阈值报警等方法，进行事后维修和预防性维护。事后维护属于故障驱动维护，即在设备故障后对损伤的部件进行修复和替换，难以降低事故风险的发生概

率；预防性维护是时间驱动维护，即基于固定周期或设备累积运行时间来对设备进行检查或大修，但其未动态考量设备实际运行状态，且受制于维护保养工作人员专业技术能力影响，常导致“过修”和“欠修”问题发生。由于污水处理行业常用机械设备的复杂度和集成化程度不断提高，任何关键部位出现退化都有可能影响到设备性能，甚至造成财产损失。因此，传统维护方式已经难以满足现有设备的运行方式。

在此背景下，本文基于结构化/时序数据的机器学习方法与基于文本语言数据的深度学习模型方法两个维度出发，总结了其在设备健康状态评估、运行状态预测、故障诊断、寿

命预测等方面的创新应用和关键技术路径，为行业内推动新型污水处理机电设备智能化运维提供技术启示。

2. 基于结构化/时序数据的机器学习方法

在设备智能运维体系中，结构化日志与时序传感器数据为核心输入数据。针对这两类数据，机器学习（ML）与深度学习（DL）形成“特征工程驱动”与“表征学习驱动”两条技术路线，在健康评估、状态预测、故障诊断、寿命预测四大运维场景中互补适配。

传统机器学习以“特征工程+浅层模型”为核心：先通过小波、谱分析、ISOMAP等手段人工提取敏感特征，再输入SVM、随机森林等模型，完成健康指标构建、故障分类或RUL（剩余使用寿命）回归。该模式模型轻量、可解释性强，适用于运维中样本稀缺、机理相对清晰的场景，但对高维原始数据与非线性长程依赖的刻画能力有限，难以满足复杂运维需求。

深度学习通过端到端多层网络自动挖掘特征，显著提升复杂工况下的运维表现：CNN可从时频图中捕获设备局部故障纹理，LSTM/GRU借助门控机制追踪健康退化的时间演化，Transformer以自注意力建立任意距离依赖解决长序列信息衰减问题，生成对抗网络（GAN）则通过合成少数故障样本缓解运维数据不平衡问题。

实际运维系统常采用“ML+DL”融合策略：以机器学习快速搭建运维基准模型，待数据充裕后通过深度学习持续优化，形成设备健康状态评估、运行状态预测、故障诊断与寿命预测的运维闭环，为预测性维护与零停机生产提供支撑。

3. 基于文本语言数据的深度学习模型

污水处理设备运维文本数据存在“多源异构、术语混乱、格式不统一”问题：如巡检日志中“格栅机卡堵”“格栅堵塞”“格栅卡料”实为同一故障表述，曝气风机故障报告中“异响”“噪音超标”“异常声响”常混用，人工整理耗时费力。

LLMs通过预训练与领域微调，实现运维文本数据标准化治理：一方面，基于标准、规范、污水处理运维技术手册等已有先验知识和术语库，微调BERT、RoBERTa等模型，自动统一故障术语、设备名称表述，将非结构化日志转化为“设备型号-故障现象-记录时间-巡检人员”的结构化数据；另一方面，依托LLMs信息抽取能力，从历史检修报告中精准提取关键运维信息（如污水提升泵“故障类型（气蚀）-诱因（进口液位过低）-处理措施（调整进水阀门开度）-修复周期（8小时）”），构建标准化运维文本数据库，数据利用率较传统人工整理提升70%以上，为运维管理提供高质量数据支撑。





污水处理设备故障具有“关联性强、根因隐蔽”特点：如曝气风机电流超标，可能由“生物膜堵塞进气口”“轴承润滑失效”“电机绕组老化”等多种原因导致，传统诊断需人工翻阅大量历史故障文本排查，耗时且易遗漏关键线索，影响运维效率。

LLMs通过文本语义匹配与案例推理，加速故障诊断与根因分析：将实时故障报警文本（如“曝气风机异响+溶解氧骤降”）输入微调后的 LLaMA、ChatGLM 等模型，模型自动检索历史相似故障案例库，对比“异响频率+溶解氧变化趋势+处理结果”等语义特征，快速定位故障根因。某市政污水厂实践显示，基于LLMs的故障诊断系统，可将曝气风机、污泥脱水机等关键设备的故障根因分析耗时从4小时缩短至30分钟，诊断准确率达92%，有效避免因误判导致的“过修”问题，降低运维成本。

污水处理设备运维高度依赖经验知识：老员工的“格栅机链条松紧度判断技巧”“污泥脱水机滤布更换时机把握”等隐性经验，传统多通过口头传授，难以系统沉淀；设备厂商提供的检修手册多为通用文本，缺乏针对污水厂特定工况的适配性，导致运维知识难以有效复用。

LLMs可构建专属运维知识库，实现知识沉淀与复用：一方面，将专家经验、历史运维案例转化为结构化知识条目，通过“问答式交互”为运维人员提供指导（如新员工查询“格栅机链条断裂应急处理”，模型即时输出“停机断电

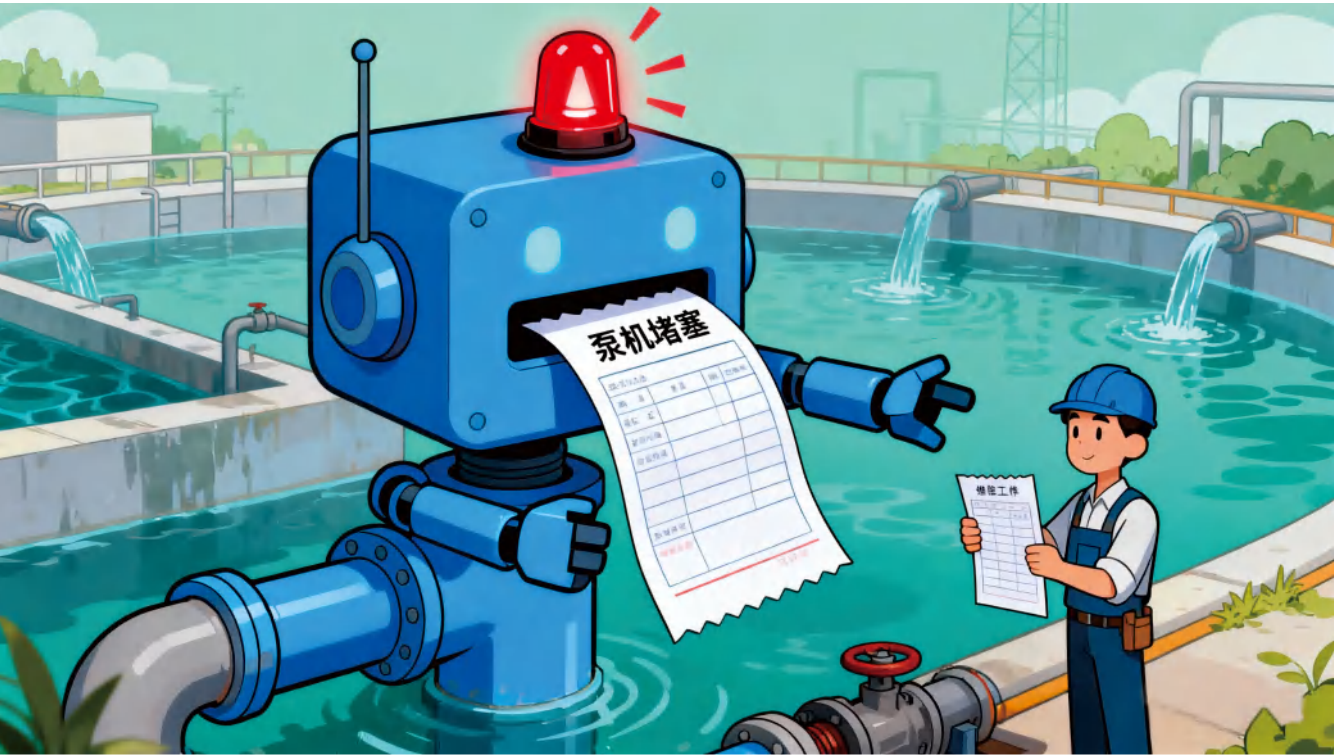
→拆除损坏链条→更换备用链条→空载测试→恢复运行”步骤，并标注“需同步检查刮板磨损情况”的注意事项）；另一方面，LLMs可自动更新知识库，将新发生的故障处理案例、工艺调整后的运维要点纳入其中，实现知识动态迭代。某中型污水厂应用后，新员工运维操作熟练度达标时间缩短50%，设备“欠修”导致的故障发生率下降28%，提升运维整体水平。

综上，基于文本语言数据的LLMs，能有效激活污水处理设备运维中的文本数据价值，破解传统运维在数据治理、故障诊断、知识复用等环节的痛点。未来随着LLMs与污水处理工艺知识的深度融合，有望推动设备运维从“经验驱动”向“知识驱动”转型，助力污水处理行业运维智能化升级。

4. 结语

人工智能技术（含基于结构化/时序数据的机器学习、基于文本数据的大语言模型）为污水处理设备运维管理提供了智能化解决方案。机器学习通过数据驱动实现设备健康评估、状态预测等运维核心环节的精准化，大语言模型则激发原有文本数据价值、加速故障诊断与知识复用，两者协同打破传统运维局限。未来，随着人工智能技术与污水处理设备运维场景的深度融合，有望将进一步推动运维模式升级，助力污水处理行业实现高质量运营。

维度	目标	典型信号	机器学习代表方法	深度学习代表方法	输出形式	应用价值
健康状态评估	量化当前退化程度	振动、电流、温度	随机森林+ ISOMAP降维、SVM分类	一维CNN、LSTM 自编码器	健康指标 HI、退化等级	为后续预测与维修提供基准
运行状态预测	预报下一时段状态量	多传感器时间序列	ARIMA、卡尔曼滤波、ELM回归	序列到序列LSTM、Transformer 预报器	未来 1→k 步状态曲线	提前发现趋势异常，优化调度
故障诊断	判定故障类型与部位	振动频谱、声发射	KNN、小波+ SVM、RF 特征重要性	2-D CNN 对时频图、CNN-SVM 混合	故障类别/ 概率分布	缩短停机 排查时间，降低维修成本
寿命预测 (RUL)	估计剩余使用寿命	全生命周期数据	线性回归、高斯过程、RF 回归	Deep LSTM、BiLSTM、CNN-LSTM、Transformer	剩余周期数/概率密度	实现预测性维护，最大化设备可用度



人物访谈

Interviews

如期交付、按时回款： 一位工程经理的“八年坚守”

本期人物：周艳飞 沃尔德斯工程部经理

文/张雪利



人物特点：做事严谨、责任心强、敢于担当、充满正能量、不拘小节、脾气稍显急躁

2017年10月加入沃尔德斯，8年里，他只做一件事——让项目“如期交付、按时回款”。其中亲自挂帅的31个项目，涵盖反硝化深床滤池、磁混凝、高效沉淀池及全厂提标改造，全部一次验收通过。在他的笔记本里，每个项目的到货计划、施工进度、安装节点等都有他的手写批注；工期再紧，他坚持按天规划进度，合理配置现场资源。在此期间，他及其团队因专业能力和负责态度多次获得甲方表扬信。2025年6月，他获评“中关村优秀共产党员”，这一荣誉是对他在业务实践与党员标准的真实表现。

Q1、当年为什么挑中沃尔德斯？

“一句话，想补空白。”

32岁那年，我手里握着3年技术型销售、6年项目管理的履历，做过节能、新能源等多个领域的项目，却唯独没碰过市政污水。看到国家大力提倡“绿水青山”，我决定主动填补这个职业空白。因此就踏入了市政污水行业。

面试前，我仔细查了沃尔德斯的资料，感觉这是一家充满朝气、团队融洽的公司，非常符合我的期待。为此我还专门做了功课，最终也很顺利通过了面试。

Q2、入职后最关键的成长阶段是什么时候？

就是入职头三年，2017到2020年，在广东练江项目上“泡”出来的。

那时公司同时在潮汕地区推进有10多个项目，对我来说是前所未有的平台。我对污水处理工艺还不熟，只能靠“笨功夫”——多看、多学、多问。每个设备的安装都盯在现场，不光监督质量，更琢磨安装逻辑和对后期调试的影响。就这么日积月累，终于把污水厂的全流程啃了下来，从“门外汉”变成能和甲方平等对话的项目负责人。

那段时间，日常就是“催”和“协调”——催货、催进度，协调现场条件、应对甲方需求的变化。当然还需要公司的支持，最终所有项目都顺利验收，赢得了甲方认可。

当时现场共3名项目经理，每人独立负责1-2个项目，还要支援其他项目安装管理。我独立负责粤海陈店、粤海陇田、潮阳中心城区、广业南区4个项目，同时统筹全局。虽然辛苦，但看着事情一步步有序推进，心里也踏实。

现在回想，依然感激那段“高压”时光，感激当时一起拼的兄弟们，也庆幸自己没退缩。是那三年扎扎实实的实战，为我后来的工作打下了最坚实的基础。

Q3、从项目经理到部门负责人，最大的变化是什么？是如何转换角色的？

2019年我被提拔为工程部经理，第一感受是肩膀上的担子更重、压力也更大了，一个字——忙：当年出差320天以上。啃了几本管理类的书，一句话铭记于心：第一次带团队，先“以身作则，树立威望”。

做项目经理时，只需要把自己的项目做好即可；当了部门经理，满脑子都是“怎么把这支队伍带好、把水平整体拔高”。那时项目经理能力参差不齐，有的系统性差、有的考虑不周，我采取“过程提醒+现场兜底”——谁卡壳，我第一时间赶到，先把问题摁住，再手把手复盘，直到问题解决了。大家私下都叫我“飞哥”，我觉得这是认可，更是托付。





Q4、在带队过程中，有没有好的管理经验分享给大家的？

“困难不少，归纳起来就五条，每条都配了土办法，今天掏出来，给新同事当个垫脚石。”

1.目标不清或需求反复

“口头一句、图纸一改”最拖进度。

- ① 开工先开“目标启动会”，用 SMART原则一条条写死，会后24h内发会议纪要，谁签字谁负责。
- ② 需求变更必须走书面单，评估对进度、成本的影响，经核心成员和客户确认再执行，避免“口头变更”。

2.任务分配不均、资源冲突

有人忙死、有人闲得发慌，跨部门协作时资源被抢占，影响整体进度。

借助“工作分解结构（WBS）”拆解任务，按能力分配，明确节点与责任，通过甘特图可视化进度；提前与相关部门沟通资源需求，签订资源使用协议；若出现冲突，优先协调核心任务资源，非核心任务适当调整时间。

3.沟通低效或信息断层

在项目中，我们工程部总要与采购、技术以及销售这三大部门沟通。跨部门沟通会很耗时，团队内部信息传递不及时，导致误解或重复工作。在遇到这种情况时，我总结了2步，

- ① 建立固定沟通机制，如每日站会（5-10分钟同步进度和问题）、每周复盘会（总结进展和风险）。
- ② 用协作工具（如钉钉、飞书、Teambition）共享项目文档、任务进度，确保信息实时同步，减少线下沟通成本。

4.风险预判不足，突发问题难处理

项目初期开展风险评估，列出可能的风险，提前准备预案；出现问题立即组织紧急会议，快速定位、优先处理关键问题。

5.团队积极性低，执行力不足

设置阶段性目标，及时认可与奖励；定期一对一沟通，为成员提供支持，而不是一味压任务。

这些方法的核心是“提前规划、明确规则、及时沟通、灵活调整”，通过标准化流程减少混乱，同时兼顾。

Q5：项目验收后还追回款，图啥？

去年公司业绩下滑，回款吃紧，工资几度延迟。春节前若无大额现金进账，就有可能导致年底发不了薪水。厦门项目结算节点成了最后“救命稻草”。流程上本是销售职责，因我驻场最久、甲方人熟、合同条款门儿清，临时顶了上去。

连续一周蹲办公室，把验收单、结算书、发票按页码排开，一条一条核、一次一次跑签字，终于在春节前把回款打进公司账户。今年6月、7月的工资，也靠我在执行的项目陆续回款得以按时发放。

让我再次意识到：对项目经理来说，验收单只是“毕业证”，回款到账才是“学位证”——少一张，都不算真正毕业。

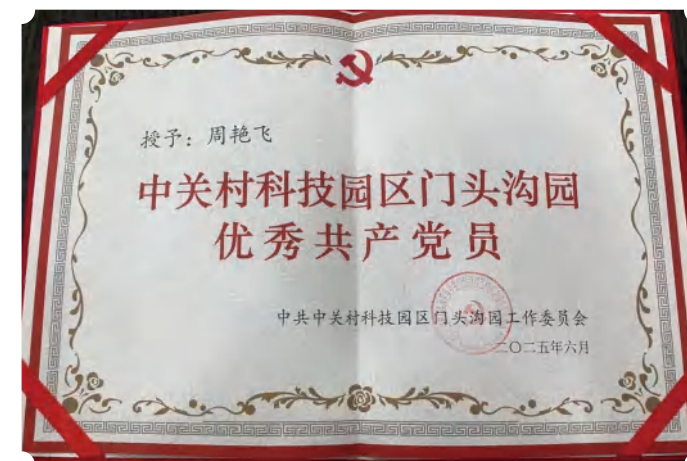
Q6、您是在什么契机下加入中国共产党的？

我之所以加入中国共产党，受家庭的熏陶是最重要的一方面，家里有亲戚是当兵入伍，同时也是一名党员，我从小就觉得当兵是一件很光荣的事情，但是后来因为体检的原因，没能入伍，十分的遗憾，但是党员我是一定要当上。当时公司正在发展入党积极分子的要求，我立刻写了入党申请书，在后续工作中积极的向党组织靠拢，最终成为一名真正的共产党员。

“最主要还是家庭熏陶。”家里有长辈当过兵、也是党员，从小就觉得“当兵光荣、入党更光荣”。后来体检没通过，当兵错过了，但“入党”这颗种子一直埋在心里。赶上公司发展积极分子，我立刻就交了申请书，之后主动承担急难险重任务，按期培训、定期汇报，2024年6月正式转正，算是圆了家里的期待，也给自己立了条新“生命线”。

Q7、获评“中关村优秀党员”时，您有什么感受？这份荣誉对您意味着什么？

“当时有点激动，但更多的是惭愧——总觉得自己为党组织、为项目做的还不够。”这份荣誉不是句号，是起跑：往后对自己要求再严一格、标准再高一档，用实际行动把“优秀”两个字坐实。



Q8、最后，一句话送给公司。

祝公司在2025年突破壁垒，在污水环保领域再开新局；也祝每位同事在岗开心、事业尽欢。

职场磨砺

Workplace Tempered



入职一年：从“只做人事”到“又做人又做事”

文/张雪利

一晃入职公司已经一年了，如果要用一句话来总结，那就是：把习惯了“只做人事”的自己，逐渐塑造成“又做人又做事”的模样。

过去，我一直从事人力资源工作，信手拈来的是招聘、薪酬、入转调离等人事工作。直到新岗位“人事”后面多了“行政”两个字，刚开始我以为行政只是繁琐了些，耐心去做就好。



没想到“打击”来的那么快。去年8月刚入职，就面临9月要发中秋福利。前任行政未留下任何供应商信息，我像一只“无头苍蝇”，在网络搜索、公众号、小红书里四处碰壁。就在焦头烂额之际，几通主动找上门的礼品公司电话，仿佛救命稻草，让我从“乱无头绪”中暂时脱身。

然而，真正的考验才刚刚开始。报价单纷至沓来，却处处是陷阱：预算内的，品牌闻所未闻，质量堪忧；品牌过硬的，价格却超预算；好不容

易找到一家价格、品牌都还合适的，却又需要额外付运费。经过数轮拉锯般的沟通，终于锁定一家，将报价降低了10%，并含运费与税费。我长舒一口气，以为大功告成。

可当月饼送达，我傻了眼——保质期仅有30天。我一边分发着福利，一边心惊胆战地盘算：同事们会不会忘了吃？万一过期食用，出了问题怎么办？那份作为HR的从容，在一盒盒月饼面前，碎了一地。那一刻我才明白，行政工作，容不得半点想当然的“我以为”。

如果说中秋采购是一场“遭遇战”，那么此后的日子，则是一场场无休止的“游击战”。行政的琐碎与繁杂，远超我的想象：

公司的灯坏了，不能直接微信物业，必须在物业群里报修，附上照片。如需更换配件，物业提供的配件价格虚高，需要另外购买，等配件到了再约时间上门更换。

卫生间下水道堵了，物业告知人工疏通无效，要用机器，物业报价疏通一次150元……

下水道刚通，打印机又罢工了，屏幕提示卡纸，却遍寻不着那张“罪魁祸首”的纸，只能把机器各个部位逐一打开、排查。

还有突如其来的停水、同事蓝屏的电脑……这些事，加起来连工时都填不满，可偏偏就是这些小事，一点一点耗着你的精力还有耐心。

起初，我最怕听到的一句话就是：“XX坏了。”这几个字像一道指令，瞬间启动我大脑的恐慌模式：“为什么坏？”“怎么修？”“找谁修？”一片茫然，手足无措。

过去做人事，我习惯于将任务清单化，逐一攻破。而行政工作，却是一张千头万绪的网，时有突发情况，没有先后，只有轻重缓急。它要求你必须成为一个多线程处理器，大事不误，小事不漏。

如今，再听到“水管漏水”、“灯坏了”的消息，我已经不会像刚开始那样的“救火式”工作——哪里出问题就冲向哪里。我会先判断优先级，然后拆解问题，逐一解决。例如，水管漏水可能影响办公环境甚至设备安全，属于优先级问题；而灯坏了若不影响主要工作区域，则可以适当延后处理。

这一年，我没有学会什么高深的管理工具，也没有做出什么非常亮眼的业绩。我只是把一件件小事，做得比昨天快一点，错得少一点。

我依然热爱人事工作那份关乎“人”的温度，但也慢慢学会了行政工作所要求的“事”的利落。这大概就是我所理解的“职场磨砺”——它并非让你去参与什么高大上的项目，而是把你扔进一地鸡毛的琐碎里，日复一日地打磨，直到你不再抗拒那些尘埃与卡纸，而是能从容地将它们一一拂去。

三年学步：一名工程师的技术与市场探索手记

文/王飞宇



作为一名97年出生、刚步入职场三年的化学工程专业硕士，我始终相信‘实践是检验真理的唯一标准’。2022年毕业后加入北京沃尔德斯水务科技有限公司，是我职业生涯的宝贵起点，也是我思维模式在前辈指导和团队氛围中不断学习、迭代的开端。从销售岗位到技术岗位的跨越，从技术思维到产品思维再到商业思维的初步探索，这段充满挑战与学习的职场历练之路，让我开始思考职场新人如何在复杂环境中努力实现自我成长。

一、初入职场：从实验室到市场的第一课

刚进入公司时，我被安排在销售岗位。然而，正是这段看似与专业无关的销售经历，开启了我学习市场、理解客户的第一步。在与客户的沟通中，我逐渐意识到，单纯的技术知识无法打动客户，必须将技术语言转化为客户能够理解的价值语言。这种从“技术参数”到“客户需求”的转换，让我开始思考如何将技术与市场相结合，这或许可以看作是产品思维的一个萌芽。

在销售岗位上，我不仅学习了产品知识，更重要的是学会了倾听和表达。每一次与客户的交流，都是一次对市场需求的了解。这些宝贵的经验

在领导和同事的帮助下，为我后来的技术工作提供了重要的参考和视角，让我逐渐学会站在客户的角度思考问题，努力避免仅仅关注技术本身。

二、转型技术：技术与需求的交响曲

一年半后，我转岗至技术部门。这次转变看似‘回归专业’，实则对我提出了更高的要求。技术工作要求我不仅要有扎实的专业知识，还要有将技术转化为产品的能力。对我记忆很深的就是修改“氮曲·0碳源硫自养滤池”的宣讲PPT，修改一遍又一遍，始终达不到领导的要求。在领导一遍又一遍的“站在客户角度去思考”的提醒下，我把PPT从“技术自述”回炉成“客户自洽”，一版一版褪掉工程师味。那一刻，我真正开始听懂市场。



这种初步的、尝试性的系统性思考，促使我开始尝试构建覆盖产品全生命周期的思维模式。我不再囿于技术本身，而是转向关注技术如何高效转化为产品，产品又如何精准满足市

场需求。在深度参与公司多个技术项目的过程中，我深刻体悟到：技术唯有深入产业场景，与市场需求紧密结合，方能真正创造价值。这一认识也让我开始重新理解‘专业能力’——作为一名新人，我认识到真正的专业能力，似乎不仅仅是单一的技术精湛，更在于在实践中学习如何将技术优势尝试转化为商业价值。

三、综合提升：从技术人到价值创造者

随着在技术岗位的深入实践，我的视野不再局限于单一的技术实现或产品功能，而是开始思考技术如何创造更广泛的市场价值。这种视野的拓展，很大程度上得益于我有幸参与了公司新产品与新技术的孵化与商业化探索项目。其中，针对人工智能（AI）在污水处理领域潜在应用的商业调研，为我理解商业逻辑提供了宝贵的学习机会，这可以看作是我商业思维初步接触的一个契机。

通过参与针对具体新技术（如AI）的商业化探索，我逐渐体会到：作为一名工程师，其价值不仅在于努力攻克技术难关，更在于开始学习识别技术背后的潜在商业机会，尝试设计可行的价值传递路径，并努力将创新探索转化为具有一定潜力的初步成果。

四、结语：持续学习，不断超越

如今，站在技术、产品和商业的交汇口，作为一名仍在学习道路上的年轻工程师，我更加清晰了自己的努力方向。未来，希望能继续跟着团队，把技术-产品-商业的每一步踩实。因为我深知，这三年于我而言是成长路上的一个重要标记，而非终点；唯有保持持续学习的热情、拥抱适时的改变、追求思维的不断跃迁，才是职场中持续前行的基石。



品味经典 Taste Classic

《传习录》：向内求索，以心学智慧破局前行

文/张潇桐



在本期《视野》内刊中，我曾纠结许久该选哪部经典著作来分享。直到前几天王总（王陆军总经理）在全员大会上提及，自己在一年的时间里已读完四书五经，也分享了自己在逆境中的经历与感悟。这让我突然想到明代思想家王阳明，他正是在龙场困境中悟道，开创心学流派。于是，我想结合王阳明的《传习录》，谈谈自己的阅读感受，更想借其中的智慧，与大家聊聊当下我们共同面对的处境。

最初接触《传习录》，源于此前的一段工作经历。我曾在一家教育机构就职七八年，当时机构常围绕思维提升展开内容，核心偏向入世哲学。那时候读不少中西方哲学著作，一来是想提升自己，能跟上公司的发展节奏；二来也是为了更理解老板分享的理念，而《传习录》正是其中给我触动特别深的一本。

它与孔子的《论语》体例相似，都是记录“先生”与弟子的问答对话，在师生思辨间，把深奥的哲学思想讲得透

彻易懂。只不过书中的“先生”，换成了王阳明。这本书最核心的启示，便是告诉我们：真理从不在外界的喧嚣里，而藏在每个人的内心深处。“知行合一”“致良知”这些看似简单的词汇，恰恰藏着打破困境、改变状态的巨大力量。

“心即理”——困境中，先唤醒内心的力量

传统程朱理学认为，想要认识真理，必须向外求索。靠读书、“格物”积累知识。但王阳明却提出了一个颠覆性观点：“心即理”。他说“心外无物，心外无事，心外无理”，意思是我们对事物的认知、面对问题的勇气，本质上都源于自己的内心。

最经典的“心花对话”，恰好能解释这个道理。王阳明在贵州龙场悟道后，有弟子问他：“先生说‘心即理’，那外面的花树和我的心有什么关系？”王阳明答：“你未看此花时，此

花与汝心同归于寂；你来看此花时，则此花颜色一时明白起来，便知此花不在你的心外。”他还曾用“镜子”作比：我们的心本如明镜，能照见万物真相，可一旦被私欲、妄念、怯懦、懈怠这些“尘埃”遮蔽，就会看不清方向；唯有擦去尘埃，内心重新明亮，才能找到破局的办法。



这个道理，在当下对我们格外重要。今年公司业绩严重下滑，大家渐渐生出“躺平”的心态：觉得任务难就先放一放，遇到压力就想往后退，仿佛把“等待”当成了应对困境的办法。可王阳明告诉我们，真正的力量从不是向外“等机会”，而是向内“找决心”。就像著名企业家稻盛和夫，创办京瓷时曾遭遇技术瓶颈、员工流失的双重困境，他没有向外抱怨或求助，而是静下心来倾听内心的声音。最终领悟到“以纯净之心做事、以利他之心待人”，靠着这种心学智慧，他不仅解决了问题，更成功地创建出两家世界五百强企业。

对我们而言，业绩下滑不是“躺平”的理由，而是唤醒内心力量的契机。当我们不再纠结“外界有多难”，

转而思考“我能做什么”，当我们把“完成不了”的顾虑，换成“再试一次”的勇气，内心的“镜子”就会重新明亮，解决问题的思路自然会浮现。

“知行合一”：别让“知道”，停在“做到”之前



传统观念总觉得“知在前、行在后”，先学懂道理，再动手实践。但王阳明确提出“知行合一”的观点，他说：“知是行的主意，行是知的功夫；知是行之始，行是知之成。”真正的“知”，从来不是“知道道理”，而是“做到道理”；真正的“行”，也必然带着清醒的认知，二者从不是割裂的。

王阳明曾用生活中的小事举例：“如好好色，如恶恶臭。”看到美好的事物是“知”，喜爱美好的事物是“行”。可当你看到美好事物的那一刻，喜爱就已经产生了，从不是“先看到，再特意生出喜欢的念头”；闻到恶臭是“知”，厌恶它是“行”。当你闻到的瞬间就会厌恶，而不是“先闻到，再单独决定厌恶”。这便是“知行合一”的本质：真正懂一个道理，就一定会付诸行动；若只停留在“知道”却不动，本质上是没真正懂。

放在当下，这个道理戳中了很多人的状态：我们都知道“业绩需要靠拼出来”，却总在任务面前找“明天再做”的借口；我们都清楚“客户需要用心维护”，却懒得主动跟进、了解需求；我们都明白“团队要抱团取暖”，却在同事需要协助时选择“少管闲事”……这些“知道却不做”的行为，就是典型的“知行分离”，也是我们陷入困境的重要原因。

王阳明自己就是“知行合一”的践行者。他在江西剿匪时，面对复杂的军事形势，没有死板地照搬兵书，而是一

边在战场上实践，一边根据实际情况调整策略——在行动中完善认知，在认知中优化行动，最终以少胜多，平定了困扰朝廷多年的匪患。

对我们全体同事而言，“知行合一”不是抽象的道理，而是当下最该践行的准则：知道“业绩要突破”，就从今天的客户拜访、方案修改开始行动；知道“团队要协作”，就从主动帮同事分担一个小任务、分享一个客户资源开始做起；知道“公司要共渡难关”，就从减少一次拖延、多提一个建议开始落实。王阳明确说“未有知而不行者，知而不行，只是未知”——别让“知道”停在嘴边，让“做到”成为行动，才能真正改变现状。

“致良知”：守住内心的准则，才能走得更远

什么是“良知”？王阳明确说：“良知者，孟子所谓是非之心，人皆有之者也。是非之心，不待虑而知，不待学而能，是故谓之良知。”简单来说，良知就是我们天生具备的道德判断，知道什么该做、什么不该做，知道什么是责任、什么是敷衍，它像内心的“指南针”，从不会出错。

只是后天的私欲、懈怠，会慢慢蒙蔽这颗“指南针”。王阳明曾遇到过一个盗贼，他对盗贼说，你也有良知。盗贼嘲笑他：“我是盗贼，哪有什么良知？”王阳明反问：“你敢在大庭广众之下脱掉衣服吗？”盗贼大怒：“这怎么可以！”王阳明笑着说：“这就是你的良知。连脱衣服都知羞耻，难道偷盗就不知不对吗？”盗贼听后羞愧低头。这个故事告诉我们良知是普遍存在的，即使是作恶多端的人，内心深处也保留着一颗善良的种子。致良知，就是要唤醒这种内在的道德自觉，让我们的行为符合内心最深处的道德标准。

对我们而言，“致良知”就是守住工作中的“是非心”：面对业绩压力，不搞投机取巧，而是靠专业和真诚打动客户，这是良知；接到任务，不敷衍应付，而是尽最大努力做到最好，这是良知；看到同事陷入困境，不冷眼旁观，而是伸手搭一把，这是良知；面对公司的挑战，不选择“躺平”逃避，而是主

动扛起责任，这也是良知。

曾国藩就是“致良知”的典范。他年轻时脾气暴躁，常因小事与人冲突，接触王阳明心学后，他开始用“良知”约束自己：每天写日记反省自己，记录自己的过失，时刻提醒自己要以良知为准则。正是这份坚持，改变了他的性格，更成就了一番伟业，成为立德、立功、立言的“晚清中兴名臣”。

王阳明说：“良知只是个是非之心，是非只是个好恶，只好恶就尽了是非，只是非就尽了万事万变。”越是在业绩承压、人心容易浮躁的时刻，越要守住内心的“良知”，守住对工作的责任，守住对团队的信任，守住对未来的期待，这份坚守，会成为我们走出困境的底气。



王阳明在《传习录》中，给我们留下了一套完整的“内心修炼体系”：从“心即理”唤醒内在力量，到“知行合一”把认知落地为行动，再到“致良知”守住做事的准则，这三者层层递进，既是五百年前的智慧，更是我们当下破局的钥匙。

年底的钟声越来越近，业绩的缺口还在眼前，“躺平”带不来改变，“行动”才能迎来转机！王阳明曾在绝境中凭心学破局，今天的我们，何不用“心即理”的清醒驱散迷茫，用“知行合一”的行动填补缺口，用“致良知”的担当扛起责任？从今天起，少一分犹豫、多一分坚定，少一分敷衍、多一分较真，少一分观望、多一分冲锋。我们不是一个人在战斗，而是一群人在并肩！相信只要我们拧成一股绳、拼尽一份力，定能啃下年底目标这块“硬骨头”，为公司拼出一条向上的路，更为我们自己拼出一份无悔的答卷！

环保博览 Eco Expo



王凯军：连续流好氧颗粒污泥技术发展的瓶颈与挑战

摘自/未来水科技公众号

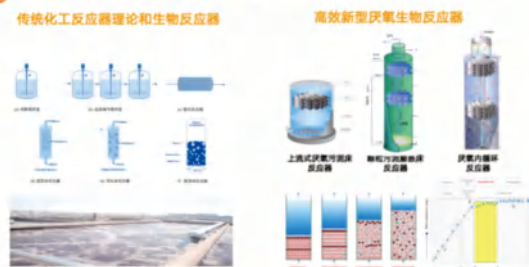
01 厌氧颗粒污泥的经验

要深入讲解好氧颗粒污泥，必须先从厌氧颗粒污泥谈起。为何如此？我相信大家在听完我的阐述后，可能会认同这一观点。

首先，我想请大家铭记这位人物——Merle，她是好氧颗粒污泥领域中在国内被低估的关键人物，尽管她的贡献在国外得到广泛认可。她承前启后，成功推动了颗粒污泥技术从实验室研究迈向工程应用。作为Mark的博士生，她的博士论文工作为颗粒污泥的工程化奠定了坚实基础。在此之前，业界历经近十年的探索，却始终未能突破至工程应用阶段。在谈及好氧颗粒污泥研究时，她曾说“我借鉴了厌氧颗粒污泥的宝贵经验”。

厌氧颗粒污泥对于水处理技术有几个重要贡献，**第一，实现了高效的反应器**，通过UASB的发明，厌氧技术的负荷从原先的5公斤提升至10公斤以上。特别是以颗粒污泥为基础的厌氧膨胀床（EGSB），得益于其高浓度的颗粒污泥和快速的沉降性能，实现了极高的负荷水平。在工业应用中，平均负荷超过20公斤，最高可达100公斤，这是其首要贡献。

厌氧技术的重大进展 2) 反应器理论的重大创新



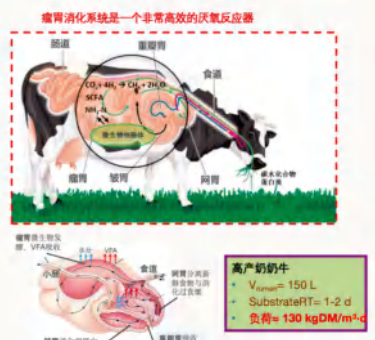
水处理行业缺乏本学科特有的基本反应器理论和反应器

第二，反应器理论的重大创新。我们不难观察到，广泛地应用于环境工程之中连续搅拌反应器（CSTR）、推流式反应器、流化床反应器以及固定床反应器等概念最初源自化学工程领域。直至上流式厌氧污泥床（UASB）和颗粒污泥膨胀床（EGSB）反应器的问世，环境工程领域才真正拥有

了其专属的反应器——这些设备与化学工程中的反应器存在本质上的区别。比如，在流化反应器的研究领域，化学工程的反应器主要关注的是刚性、均质颗粒反应器，而环境工程则更多地涉及柔性、非均质颗粒，两者在数学理论方面存在显著的差异。在此，仅对此问题简单涉及不展开论述，若各位对此话题感兴趣，建议深入研究化学工程反应器与环境工程反应器之间的差异，无疑会对此问题有深入的了解。

第三，高效厌氧反应器几乎达到生物处理的理论极限。刚才提到厌氧反应器的负荷上限可达到100公斤，这接近生物处理的上限。我们可以进行如下类比：牛胃的消化能力折算为负荷大约为100公斤，而在处理简单废水方面，EGSB系统便能实现100公斤的负荷。相较于之前仅能消化池三、五公斤的负荷，这无疑是数量级上的显著提升。

厌氧技术的重大进展 3) 高效厌氧反应器达到理论的极限

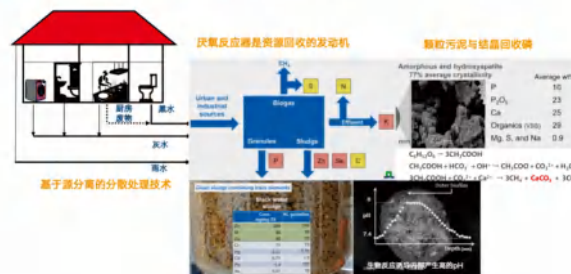


第四，厌氧颗粒污泥的研究揭示了颗粒污泥形成的一般规律。在厌氧颗粒污泥之后，相继出现了四五种不同的颗粒污泥，例如磷酸盐还原颗粒污泥、厌氧氨氧化颗粒污泥、产氢颗粒污泥、厌氧氨氧化颗粒以及好氧颗粒污泥，这些均在各类工程中得到了实际应用。我曾经在所著《厌氧生物技术》一书中总结了颗粒污泥形成的四大机制：**颗粒化不仅限于产甲烷微生物，其他缓慢生长微生物（1）中也可发生颗粒化现象；只要采用适合的反应器（2）形式并以正确方式运行（3），其他生物处理工艺也能形成颗粒污泥；其中升流式反**

应器结构（4）有利于颗粒化过程。

第五，厌氧技术的应用场景广，比如源分离的应用场景。Lettinga教授多次提到厌氧是可持续发展的核心技术，**近期也有人提出厌氧反应器是资源回收的“发动机”**。证据来自于他们在源分离研究中发现，形成的颗粒污泥内部形成了磷酸钙的核心，五氧化二磷含量高达23%——须知，复混肥NPK标准含量为25%，由此可见，厌氧技术能够富集极高比例的资源。

厌氧技术的重大进展 5) 源分离的应用场景



02 好氧颗粒污泥早期发展

这里不可能全面回顾好氧颗粒污泥的发展历史，仅回顾四个点两线非常意思节点或事件。第一点，现在基本公认的是日本人发明了好氧颗粒污泥工艺，用纯氧曝气的方式进行体外曝气，升流式反应器形成了好氧颗粒污泥。

好氧颗粒污泥发展历史（四点两线）



第二点，是20世纪90年代中期当时Mark团队与慕尼黑大学的Morgenroth教授在啤酒俱乐部达成了一项协议——双方携手开展好氧颗粒污泥研究，一方负责发表论文，另一方则申请专利。在1997年前后，双方如约发表了几篇相关论文和专利。

第三点，要提及慕尼黑大学Wilderer教授与我国好氧颗粒污泥研究的渊源，中国首位发表好氧颗粒污泥技术文章的彭党聪、随后竺建荣教授和浙江工业大学李军教授，都在他的门下研究好氧颗粒污泥，这些人后来直到现在都是中国研究好氧颗粒污泥的中坚力量。由此可见，他在好氧颗粒污泥技术研究方面对中国的影响深远，因此值得一述。

第四点，在2000年至2004年间，Mark团队因一位女博士的加入而选择了技术路线，使得好氧颗粒技术取得了突破性的成功。有机会我们可以详细探讨这一过程。因此，现在

仅仅提及蕴含着四个小方面诸多有趣的亮点。

这两条线究竟是什么呢？日本在研究初期关注的是连续化颗粒污泥，随后这一研究由Mark接手，并最终发展成了SBR反应器。如今，以清华大学余诚博士在WR上报道3万吨级大规模连续流好氧颗粒污泥为第二条线索，使得我们今天在这里再次探索连续流问题，这无疑形成了一个技术发展的循环。

接下来，我简要的以Wilderer教授当时的研究成果来说明，我在一个时期内对好氧颗粒污泥技术兴趣不大的原因：首先，早期研究中主要是采用剪切力驱动，可以迅速形成颗粒污泥，但是，在其生长过程中，颗粒最终会变得异常大。我记得十年前李军老师介绍研究过颗粒能长到一厘米以上，但是，所有的报道都提到随后颗粒便会发生解体，导致颗粒生长过程周而复始——也就是说缺乏稳定性，这是首要问题。

第二个问题是，一旦进入厌氧状态，这些颗粒也会迅速解体，因此在条件上也不够稳定。以我给大家展示的电镜照片来看，指示bar长5毫米，表明颗粒污泥达到七八毫米大小的颗粒，显得过于庞大且“虚胖”。

因此，从那个阶段来看，由于培养方法不当，虽然大量研究发表，但是我称之为“洪荒之力”，并未用对地方，所以上千篇文章发表也没有推动真正的实用化。此外，大家不要误以为Mark团队从一开始就是正确的。若你查阅他的文章，会发现在2004年之前，其基本路线主要围绕剪切力展开，所以大部分采用气升式反应器。直到Merle加入团队后，研究方向才步入正轨。

这是她论文扉页上的一张手绘图，其中包含了现在经常谈到的一些基本概念，可从中看到关于PHB核心问题、反应器、生长等关键要素的详细列述。她告诉我原图已无法找到，所以毕业前请Mark重新写了一页。

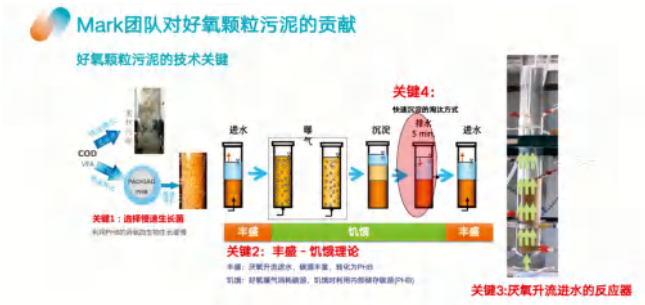
Mark团队对好氧颗粒污泥的贡献



Mark团队在好氧颗粒污泥研究领域的贡献究竟何在？他们提出了哪些关键点？若大家还记得我此前提及的第一条机制，便是选择慢速生长的微生物。快速生长的微生物迅速转变为絮状，难以形成颗粒。因此，他们首先选取除磷菌作为慢速生长的微生物。

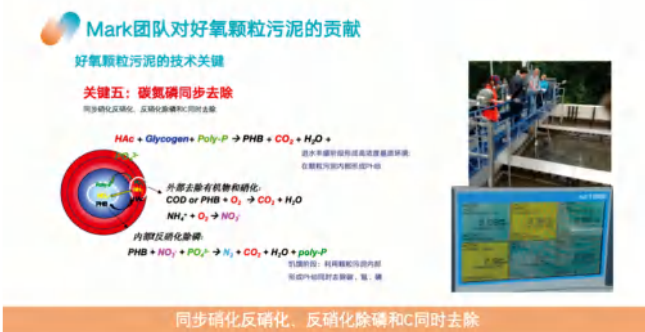
其次，第二和第三点是适合的运行方式与适当的反应器。他们选择了SBR反应器，并采用“丰盛——饥饿”模式

进行操作。所谓“丰盛”，指的是在厌氧进水阶段，有机物浓度较高，将碳源吸收并转化为PHB；而在“饥饿”阶段，则分解外源和内源的COD。稍后，我还会详细介绍这一模式的其他优势。



第四个关键点，是升流式方式。大家可以看到，在那之前的大量研究中，水都是从中间直接进入，而在Mark的研究中则转变为升流式方式，通常进水时间超过一个小时，采用缓慢升流的方式，因此称之为升流式反应器。这与我之前提到的四条原则有着极佳的对应性。因此，在此特别提醒大家，务必牢记这一点：当你的研究出现问题时，判断这四条原则是否对应，将是一个重要的经验依据。

第五个关键点，在这个过程中，由于存在脱磷菌的核心，以及中间的缺氧层和好氧层，发生了同步硝化反硝化以及反硝化除磷反应。在好氧阶段，利用PHB作为碳源也能进行反硝化，实现了碳、氮、磷的同步去除。我第一次参观他们首个采用混凝土结构的项目，发现废水磷含量降至0.1以下，氮含量控制在10毫克以下——这是尚未进行优化的结果，若进一步优化，碳、氮、磷的数值将更低，可达Ⅳ类水以上标准。需要说明的是，目前国内好氧颗粒污泥技术水平仍处于1.0阶段，即一级A水平阶段，在水质上与Ⅳ类水尚有较大差距。关键在于是否实现了碳、氮、磷的同步去除，这是判断好氧颗粒污泥优劣的重要依据。而且这种颗粒污泥形成后，稳定性极强。



此外，好氧颗粒污泥内部富含硅藻酸钠类物质，含量高达80%至90%，因此目前已被资源化利用，建成了专门工厂，用于生产染料乃至高档奢侈品。该工厂已投入运行，展现了其独特的价值。

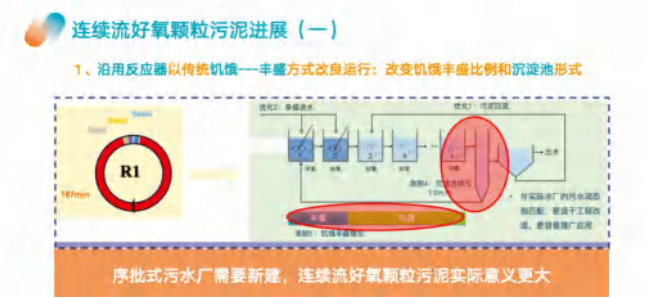
总结来说，好氧颗粒污泥具有诸多优势：结构更为紧

凑，综合效果显著，节地率超过75%，节能效果显著，若不计回流则节能30%，考虑回流后可达50%。此外，其碳、氮、磷同步去除能力可达Ⅳ类水标准。

03 连续流好氧颗粒污泥的发展与挑战

进展1

沿用反应器以传统饥饿——丰盛方式改良运行：改变饥饿丰盛比例和沉淀池形式。当前，人们聚焦于连续好氧颗粒污泥的研究，主要希望在现有的曝气池的AO工艺等基础工艺展开中进行改造或重建，尽管仍存在一些技术难题待解，但若能够实现，其影响将是巨大的。



研究的两个技术关键：**首先，在二沉池上进行高负荷选择**；其次，试图在厌氧缺氧区营造丰盛与饥饿交替的条件。然而，这一过程也面临挑战。若依据前面四条标准来评估，当前缓慢生长的机制尚不完善，因为升流式工艺直接接触原水，而曝气池前端迅速混合，导致丰盛与饥饿条件的判断标准较为模糊。虽然其具有一定的选择作用，但效果是否显著仍存疑。我认为，以此为基础颗粒污泥要达到理想状态会有很大差距。以这种方式再往前走的话，就是颗粒和悬浮长期并存方式，改善后的结果也很难达到序批反应器的效果，这也是我们下一步的挑战——到底以什么方式才能达到序批反应器要求？

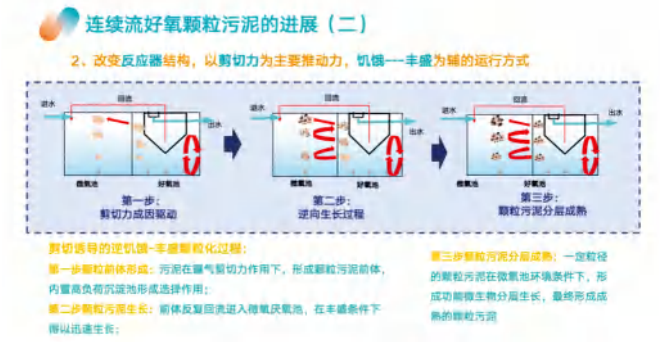
进展2

改变反应器结构，以剪切力为主要推动力，饥饿——丰盛为辅的运行方式。在这段时间里，我们在华益德公司合作的基础上，深入研究了连续流好氧颗粒污泥工程技术应用。还通过小试实验室、现场中试以及3万吨规模的实践，对连续流反应器的表现进行了分析。据此提出了连续好氧颗粒污泥的“逆饥饿——丰盛理论”。认为其机制是“以剪切力为主要推动力，辅以饥饿丰盛的运行方式”。

具体而言，由于好氧池内三相分离占据了较大体积，在流态实验中发现剪切力好氧中相对较高。正如之前所述，好氧颗粒污泥的早期颗粒化主要依靠剪切力驱动，能够快速形成颗粒污泥的前体；在形成颗粒污泥前体的基础上，当其回到微氧池中，经历丰盛条件后，会迅速发展；通过这种循环，最终形成了稳定的颗粒污泥。然而，这种方式仍存在一些问题。例如，微氧池中的溶解氧浓度一直维持在0.2至0.5之间，在此浓度下，磷的去除率可达90%以上。我们知

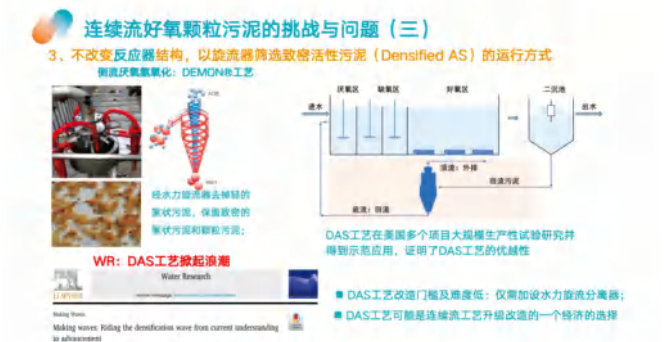
道，磷的去除通常依赖于厌氧释磷和好氧吸磷的循环过程，但这一反常现象目前尚未得到充分解释。

Glen T.Daigger——美国工程院院士、曾任水协主席，也曾指出这一现象。他在众多生物反应器中观察到此类情况，并提出了三种可能的解释：首先是宏观条件的影响，例如氧化沟这样的环境；其次，微环境中的生物膜内也可能出现此现象；第三，或许尚未发现某些完全不同的新型微生物。然而，这一问题仍需深入研究。



进展3

不改变反应器结构，以旋流器筛选致密活性污泥（Densified AS）的运行方式。这一概念最早由奥地利学者在污水处理厂中进行旁路厌氧氨氧化实验时提出，以此方式将厌氧氨氧化颗粒污泥富集。随后，该学者与美国DC Water合作，将这一技术应用于活性污泥处理中。在去年，他们发表了一篇文章，提出DAS工艺并希望引发了行业浪潮。这也是我们本次主题选用“颗粒浪潮”的原因之一，好氧颗粒污泥技术可以引发的真正的浪潮，比之更为浩大。



相对而言，这种方法实现较为简单，只需在剩余污泥和排放污泥中设置一个旋流装置即可。有可能提升现有活性污泥的功能。原因在于，致密度增加，生物量更大，从而可能使系统更紧凑，处理水量增加，或在污染物去除方面取得更佳效果。

综合这三种技术路线后，我们发现很可能在某个时期，或在现在所处的这个阶段，好氧颗粒污泥1.0版本——即不够成功、尚存缺陷的好氧颗粒污泥，与进一步发展后较为完美的DAS技术（尽管与理想中的完美好氧颗粒污泥相比，仍存在一定差距），会在关键的十字路口交汇，这个交汇是两者在这个

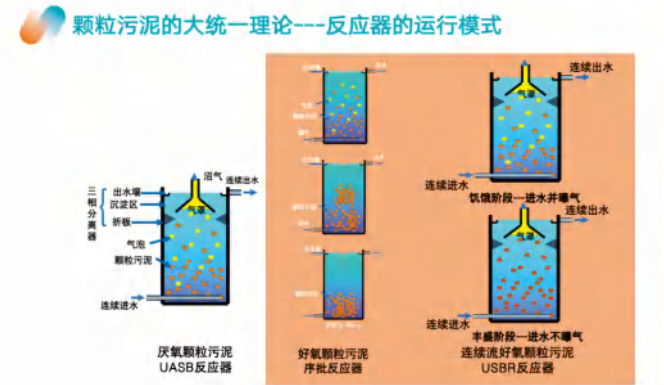
发展阶段功能暂时相当。目前可能正处于这个交汇的前夕，在这个过渡期确实存在一个技术选择的问题，从工艺研究的初心在这个不存在优劣问题，只要能够改善系统运行效果就是可用的技术。

但是，水处理追求的终极目标是不断完善好氧颗粒污泥工艺，我们进一步构建了一个数学模型，探讨多颗粒污泥大小能发挥作用的边界是什么？简而言之，在0.1毫米（即100微米）的颗粒污泥中，当DO浓度较低（如0.5mg/L的情况下），我们发现颗粒污泥半径一半处溶解氧耗尽。这意味着内部能维持一个厌氧核心。然而，当颗粒进一步降低且DO浓度较低时，溶解氧也可能穿透颗粒，导致厌氧核心无法维持，使其退化为普通活性污泥。

我们前面提到的好氧颗粒污泥两个优势中，从功能上讲重要的是碳氮磷同步去除，或达到极高的排放标准。若能形成完美的、大粒径的颗粒污泥，具备三层结构，必能取得卓越效果。反之，较小颗粒则需依赖精细的工艺控制，包括溶解氧、基质及反应器控制，难度更高。这是当前研究的三个主要方向及其进展。

04 连续流好氧颗粒污泥的统一理论

下一步该如何行动？在颗粒污泥领域，是否也如爱因斯坦提出的四种力之间存在大统一理论？观察厌氧系统，通过升流式反应器三相分离器实现了颗粒化，而好氧系统同样是升流式机构，但是没有三相分离器。连续好氧颗粒污泥是否具备这种可能性？存在两种可能途径：一是采用升流式三氧分离器结构，在丰盛期进水，饥饿期曝气，这种方式完全可行。昨天的课程中展示了这一方案的效果，小试中颗粒直径达到0.2毫米以上的颗粒占比80%以上。如此，升流式厌氧UASB结构与SBR结构，结合我们定义的升流式间歇进水连续流反应器，可实现一定程度反应器形式和结构的统一。



第二种方式是剪切力诱导成合，随后形成厌氧和好氧环境，这一过程也能形成好氧颗粒污泥。我们尚未进行此实验，但有企业家上次听过我们的课后立即着手尝试，声称一周内即可形成优质颗粒。我仍在关注这一进展，相关内容将在稍后高嵩院长讲解的联合研发课题中进一步探讨。

员工天地
Staff Corner



燃情再出发

新面孔新火力
老火种新赛程
下半年目标已点燃
执此淬火之剑
劈开寒冬，直上青云

