

《中小型绿色低碳智慧市政污水处理设施
集成装配规范》编制说明

编制组
二〇二六年三月

目 录

一、任务来源	3
二、制定标准的必要性和意义	4
三、主要工作过程	5
四、制定标准的原则和依据及与现行法律、法规、标准的关系	6
五、主要条款的说明	8
六、重大意见分歧的处理依据和结果	13
七、采用国际标准和国外先进标准的程度	14
八、贯彻山东环境科学学会团体标准的要求和措施建议	14
九、作为推荐性标准或者强制性标准的建议及其理由	14
十、其他应予以说明的事项	15

一、任务来源

2020年9月，习近平总书记在第七十五届联合国大会上宣布，中国力争于2030年前二氧化碳排放达到峰值，努力争取2060年前实现碳中和。2021年10月，国务院印发《2030年前碳达峰行动方案》，明确提出要“推进城镇污水处理设施建设，推广污水处理厂节能降耗技术”，“推动建材循环利用，强化绿色设计和绿色施工管理”。

2022年1月，国家发展改革委、住房城乡建设部、生态环境部联合印发《关于推进建制镇生活污水垃圾处理设施建设和管理的实施方案》，提出“推广适合小城镇的处理技术和装备”，“推动设施建设和运行管理专业化、标准化、智能化”。2022年6月，生态环境部等七部门联合印发《减污降碳协同增效实施方案》，明确要求“推进水环境治理环节的碳排放协同控制，增强污染防治与碳排放治理的协调性”。

2023年12月，国家发展改革委、住房城乡建设部、生态环境部联合印发《关于推进污水处理减污降碳协同增效的实施意见》，提出“推广低碳处理工艺和节能设备，降低污水处理能耗和碳排放”，“推动污水处理设施智能化改造，提高运行管理效率”。

海普欧环保集团有限公司作为装配式污水处理设施领域的领军企业，长期致力于零碳智慧集成装配式污水处理技术的研发与应用。为规范中小型绿色低碳智慧市政污水处理设施集成装配的设计、制造、装配与验收技术要求，推动行业技术进步和产业升级，海普欧环保集团有限公司向山东环境科学学会申请制订《中小型绿色低碳智慧市政污水处理设施集成装配规范》团体标准。

二、制定标准的必要性和意义

“十四五”时期，我国生态文明建设进入了以降碳为重点战略方向、推动减污降碳协同增效、促进经济社会发展全面绿色转型、实现生态环境质量改善由量变到质变的关键时期。污水处理领域作为市政基础设施的重要组成部分，也是我国实现碳达峰碳中和的关键领域之一。推动污水处理设施绿色低碳高质量发展，加快污水处理行业减污降碳协同增效进程，成为污水处理行业转型升级、实现“双碳”目标的重要工作。

随着我国城镇化进程加快和生态文明建设深入推进，中小型市政污水处理设施建设需求持续增长。据统计，我国现有城镇污水处理厂约 5000 座，其中中小型污水处理厂（处理规模小于 5 万 m^3/d ）占比超过 70%。传统现场施工建设模式存在以下突出问题：

（1）建设周期长：传统钢筋混凝土结构污水处理厂建设周期通常需要 6-12 个月，难以满足应急处理、快速扩容等时效性需求。

（2）施工质量难控：现场湿作业受天气、人员技能等因素影响大，施工质量一致性差，渗漏、腐蚀等问题频发。

（3）能耗与碳排放较高：传统污水处理厂电耗占运行成本 40%-60%，碳排放强度普遍在 $0.5\text{-}0.8 \text{ kgCO}_2 \text{ e}/\text{m}^3$ ，节能减排潜力巨大。

（4）运维管理粗放：自动化程度低，依赖人工经验判断，精准控制不足，药剂和能源浪费严重。

集成装配技术通过模块化设计、工厂化预制、现场快速装配，将传统“现场建造”转变为“工厂制造+现场装配”，可有效缩短建设周期 30%-50%、提升工程质量、降低能耗与碳排放 20%-40%，并融合智慧水务、精准控制等先进技术，是实现污水处理设施建设工业化、智慧化、绿色化的重要发展方向。

然而，当前集成装配技术的应用还面临一些挑战：

（1）模块接口标准不统一：不同厂家的模块接口规格各异，难以实现互换和兼容，制约了模块化优势的充分发挥。

（2）缺乏全过程技术标准：现有标准多聚焦于单一环节（如设计或施工），缺乏针对集成装备全过程（设计-制造-装配-验收）的系统技术标准，导致技术应用和质量验收无据可依。

（3）新兴技术缺乏规范：装备级智慧功能、低碳运行、数字孪生等新兴技术缺乏系统规范，制约了技术的推广和应用。

（4）质量评价体系缺失：缺乏针对集成装备性能、能效、碳排放、智慧化水平的综合评价体系，难以客观评价装备质量和运行水平。

因此，制定中小型绿色低碳智慧市政污水处理设施集成装配规范迫在眉睫，亟需从模块化设计、工厂预制、接口技术、智慧化功能配置、低碳运行、质量控制与性能验收等方面建立系统完整的技术标准体系，规范集成装备全生命周期技术要求，推动集成装配技术的产业化和规范化发展，提升设施建设质量和运维水平，助力污水处理行业绿色低碳转型和高质量发展。

三、主要工作过程

本标准基于装配式污水处理设施产业发展现状，广泛收集省内外相关工程案例和技术数据，在全面系统研究的基础上，完成本标准的制订。着重突出本标准的科学性、先进性、协调性和实用性。

本标准制定工作过程如下：

1、预研阶段（2025年10月-2025年11月）：海普欧环保集团有限公司在多年装配式污水处理设施研发、制造与工程实践基础上，系统梳理了零碳智慧装配式集成污水处理厂的技术特点、应用经验与行

业需求，分析了国内外模块化污水处理设施、工厂预制装配技术、智慧水务系统、碳排放核算方法等标准资料和文献，初步形成了标准编制的技术框架。

2、起草阶段（2025年12月-2026年1月）：成立标准编制组，基于前期技术预研成果，确立"模块化设计—工厂预制—智慧集成"的技术路线，完成标准草案编制，明确工厂预制率（ $\geq 80\%$ ）、装备级智慧功能、碳排放核算边界等核心技术指标及条款，经过内部讨论修改，形成工作组讨论稿。

3、立项阶段（2026年1月-2026年2月）：完成标准立项其他申请材料的编制，包括编制说明、立项申请书。2026年2月9日，山东环境科学学会组织召开立项评审会，评审专家组由齐鲁工业大学王晨教授、济南大学魏东教授、山东省标准化研究院李倩正高级工程师组成。专家组认为标准申请单位提交的技术文件内容完整、技术路线合理、必要性论述清晰，与现行法律、法规、规章及相关标准无冲突、无交叉重复，同意该标准的立项申请。

4、征求意见阶段（2026年2月-2026年3月）：根据立项评审专家意见，标准编制组对工作组讨论稿进行完善。山东建筑大学组织多次讨论会，对模块划分原则、接口技术要求、装备级智慧功能、碳排放核算指标、性能验收方法等关键性内容进行了深入研究。中碳绿能（山东）数字科技有限公司就智慧水务系统、数字孪生等技术内容提供了专业支持。根据专家意见，补充了相关规范性引用文件，优化了术语定义，完善了技术要求和验收指标，删除了验收之后的第9、10章内容，形成征求意见稿，面向社会公开征求意见。

四、制定标准的原则和依据及与现行法律、法规、标准的关系

1、制定标准的原则和依据

(1) 原则

本标准是为中小型绿色低碳智慧市政污水处理设施集成装配提供全过程技术规范，制定本标准主要包括以下原则：

①科学性原则：标准内容基于海普欧环保集团多年的工程实践与技术积累，结合国内外先进经验，确保技术指标科学合理、可操作性强。

②先进性原则：充分体现“绿色低碳”“智慧化”“装配式”的技术特征，将工厂预制率不低于 80%、可再生能源替代率、数字孪生等创新要求纳入标准，引领行业技术进步。

③协调性原则：与现行国家标准、行业标准相协调，引用 GB 18918、GB/T 2589、GB/T 43441.1 等现行有效标准，避免重复和矛盾。

④适用性原则：标准适用于 $500 \text{ m}^3/\text{d} \sim 50\,000 \text{ m}^3/\text{d}$ 处理规模的市政污水处理设施，兼顾不同地区、不同场景的应用需求，具有较强的实用性。

(2) 依据

建立本标准技术体系的依据是国家有关产业发展、技术进步、环境保护政策和污水处理行业发展规划等有关文件，这些文件涉及到污水处理设施的建设和运行，明确了鼓励和限制的技术发展方向。同时依据编制组向企业发放技术现状调查表和征求意见讨论稿的反馈及工程实践收集的相关数据。

本标准按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

2、与现行法律、法规、标准的关系

本标准遵循《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国水污染防治法》《中华人民共和国清洁生产促进法》《中华人民共和国循环经济促进法》等法律法规，结合以上相关文件要求，完成本标准的制定。

本标准与现行强制性国家标准协调一致，不存在冲突：

1、出水水质要求符合 GB 18918《城镇污水处理厂污染物排放标准》相应等级要求。

2、能效与碳排放核算符合 GB/T 2589《综合能耗计算通则》、GB/T 12723《单位产品能源消耗限额编制通则》的规定。

3、数字孪生系统技术要求符合 GB/T 43441.1《信息技术 数字孪生 第1部分：通用要求》。

4、防爆区域设备安全符合 GB/T 3836 系列标准。

5、环保数据传输符合 HJ 212《污染物自动监测监控系统数据传输技术要求》。

6、与 T/CUWA 50054《钢结构装配式污水处理设施技术规程》、T/CAEPI 49《污水处理厂低碳运行评价技术规范》等行业团体标准协调互补。

五、主要条款的说明

1、范围

本标准规定了中小型绿色低碳智慧市政污水处理设施集成装配的

设计、制造、装配与验收等技术要求，包括模块化设计、工厂预制、接口技术、智慧化功能配置、低碳运行、质量控制与性能验收等内容。

本标准适用于单厂设计处理规模为 $500 \text{ m}^3/\text{d} \sim 50\,000 \text{ m}^3/\text{d}$ 的市政污水处理集成装备。

本标准不适用于以高浓度、高盐、高毒工业废水为主或需采用专门工艺路线处理的污水处理工程；含工业废水的混合污水处理工程在经预处理后满足常规市政污水处理条件时，可参照本文件执行。

【条文说明】 规模下限 $500 \text{ m}^3/\text{d}$ 基于工厂预制经济性确定，低于此规模宜采用一体化小型设备；上限 $50\,000 \text{ m}^3/\text{d}$ 考虑模块运输与现场组装的可行性。标准聚焦“装备”属性，区别于传统污水处理厂建设工程，强调工厂预制率 $\geq 80\%$ 和装备级智慧功能的预集成。

2、规范性引用文件

本指标体系内容引用了下列文件中的条款。凡不注明日期的引用文件，其有效版本适用于指标体系。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 1589 道路车辆外廓尺寸、轴荷及质量限值

GB/T 2589 综合能耗计算通则

GB/T 3836.1 爆炸性环境 第1部分：设备通用要求

GB/T 3836.2 爆炸性环境 第2部分：由隔爆外壳"d"保护的设

GB/T 3836.4 爆炸性环境 第4部分：由本质安全型"i"保护的设
备

GB/T 9119 平面、突面板式平焊钢制管法兰

GB/T 11918.1 工业用插头插座和耦合器 第1部分：通用要求

GB/T 12723 单位产品能源消耗限额编制通则

GB 18918 城镇污水处理厂污染物排放标准

GB/T 43441.1—2023 信息技术 数字孪生 第1部分：通用要求

GB 50303 建筑电气工程施工质量验收规范

CJ/T 51 城市污水水质检验方法标准

HJ 212 污染物自动监测监控系统数据传输技术要求

【条文说明】引用文件均经过现行有效性和适用性核查。其中，HJ 212 为生态环境部强制标准，确保与污染源自动监控平台无缝对接；GB/T 43441.1—2023 为数字孪生领域最新国家标准，本标准据此对污水处理场景进行细化。

3、术语和定义

本标准定义了9个核心术语，包括：集成装备、工厂预制率、模块化设计、装备级智慧、数字孪生、精准曝气、智慧水务系统、可再生能源替代率、单位水量碳排放强度。

【条文说明】“集成装备”是本标准的核心概念，区别于传统的“污水处理厂建设工程”概念，强调“装备”属性，即把污水处理设施作为成套装备进行设计和制造。“装备级智慧”是本标准的重要创新，强调智慧功能应在工厂预制阶段完成集成，其控制算法、数据接口应在工厂完成编程验证，实现“即插即用”。“单位水量碳排放强度”是首次在装配式污水处理设施领域提出的核心指标，建立了可量化的低碳评价依据。

4、基本规定

本章确立了集成装备的四个基本原则：应采用模块化设计，工厂

预制率不应低于 80%；应具备装备级智慧功能，控制系统应在工厂完成编程与调试；应建立全生命周期碳排放核算机制；现场装配周期不宜超过同等规模传统建设周期的 50%。

【条文说明】工厂预制率 $\geq 80\%$ 的设定依据源于行业调研数据：成熟的装配式污水处理设施实际预制率普遍达到 82%-90%，该阈值既能确保工业化制造质量，又保留了现场必要的安装调试空间。装备级智慧的核心在于“工厂预集成”，较传统后期加装模式可缩短调试周期 70%以上。全生命周期碳排放核算覆盖设计、制造、运输、装配、运维全过程，与国家“双碳”战略形成技术对接。

5、系统设计与集成要求

本章包括设计原则、模块体系划分、工艺流程设计、模块接口要求、精准曝气与加药系统、可再生能源系统、废热回收系统、数字孪生系统等内容。

模块体系应按功能划分为预处理、主体生化处理、深度处理、污泥处理、加药与消毒、智慧控制、能源管理等单元。单模块处理能力宜按 500 m³/d、1000 m³/d、2000 m³/d 的标准化规格系列划分。

【条文说明】接口标准化是模块化互换性的技术保障。机械接口确保结构安全与吊装便利；工艺接口统一法兰标准（GB/T 9119，公称压力不低于 PN10）避免现场切割焊接；电气接口 IP55 防护适应潮湿环境；通讯接口采用 Modbus TCP/RTU、OPC UA 等通用工业协议消除信息孤岛。

【条文说明】精准曝气应采用溶解氧模糊 PID 算法，配置 DO、NH₃-N、NO₃⁻-N 或 ORP 多参数联动控制，可在保证出水氨氮达标前提下降低电耗 10%-30%。精准加药引入机器学习预测模型，突破传统“前馈+反馈”滞后性，降低药耗 7.5%-30%。

6、建设与装配要求

本章包括工厂预制要求、出厂检验（FAT）、运输与吊装、现场装配、系统联调与试运行、绿色建造与施工安全等内容。

主要焊缝应采用自动化焊接工艺，构件几何尺寸极限偏差不应大于 2 mm，与污水、污泥接触的部件应采用 SS304 及以上不锈钢或其他耐腐蚀材质。工厂预制率不应低于 80%。

【条文说明】FAT（工厂验收测试）是制造阶段的质量闸门，包括外观尺寸检验、防腐检验、密封耐压试验、电气控制检验、单机试运转等内容。模块总体尺寸宜不大于 12 m×3 m×4 m（长×宽×高），基于 GB 1589 道路车辆外廓尺寸限值确定，确保常规道路运输无需办理超限许可。

7、智慧化与低碳运行要求

本章包括智慧水务系统功能、数据采集与传输、可再生能源配置、碳排放核算、运行维护等内容。

智慧水务系统应具备实时监控、智能控制、预警报警、数据分析、能效管理、运维管理、数字孪生、移动应用等八大核心功能。厂区可再生能源替代率应不低于 10%，具备条件时应提升至不低于 30%，示范项目可按项目目标提升至不低于 70%。

【条文说明】关键水质参数采集周期不宜大于 5 min，能耗数据采集周期不宜大于 15 min，设备状态数据采集周期不宜大于 1 min。数据传输应符合 HJ 212 规定，具备断点续传与日志留痕功能，确保数据完整性不低于 99%。

8、质量控制与验收要求

本章包括验收阶段、性能验收指标、出水水质验收、资料交付、培训与移交等内容。

验收应分为出厂验收（FAT）、到场验收（SAT）、安装验收、性能验收四个阶段。性能验收指标包括：出水达标稳定率不应低于95%；单位水量电耗不应高于 0.25 kWh/m^3 （ $500\text{-}5000 \text{ m}^3/\text{d}$ ）或 0.20 kWh/m^3 （ $>5000 \text{ m}^3/\text{d}$ ）；单位水量碳排放强度不应高于 $0.35 \text{ kgCO}_2 \text{ e/m}^3$ （ $500\text{-}5000 \text{ m}^3/\text{d}$ ）或 $0.30 \text{ kgCO}_2 \text{ e/m}^3$ （ $>5000 \text{ m}^3/\text{d}$ ）。

【条文说明】性能指标体系涵盖水质、能耗、碳排、建造质量、智慧化水平五个维度。四阶段验收覆盖装备全生命周期关键节点，每阶段验收不合格不得进入下一阶段，形成刚性质量约束。数字化交付包括 BIM 轻量化模型、点表与数据字典、联锁逻辑说明等，支持后期智慧运维。

六、重大意见分歧的处理依据和结果

标准编制过程中，就以下问题进行了充分讨论并达成共识：

1. 关于标准适用范围：经讨论确定适用于 $500 \text{ m}^3/\text{d} \sim 50\,000 \text{ m}^3/\text{d}$ 处理规模，既覆盖中小型城镇污水厂，也兼顾农村污水治理和应急处理需求。

2. 关于工厂预制率指标：经技术论证和工程实践验证，确定工厂预制率不应低于 80%，具备条件时应达到 85%及以上。

3. 关于可再生能源替代率：综合考虑技术可行性和经济性，确定不应低于 10%，具备条件时应达到 30%及以上，示范项目应达到 70%及以上。

4. 关于专家意见处理：根据 2026 年 2 月 9 日立项评审会专家意

见，已删除验收之后的第9、10章内容，补充了相关规范性引用文件。

七、采用国际标准和国外先进标准的程度

本标准编制时未采用国际标准和国外先进标准。目前我国尚未正式发布中小型绿色低碳智慧市政污水处理设施集成装配规范同类标准。

八、贯彻山东环境科学学会团体标准的要求和措施建议

1、组织措施

(1) 宣贯培训：建议山东环境科学学会组织标准宣贯培训，帮助相关单位准确理解和掌握标准内容。

(2) 示范推广：建议选取典型项目开展标准应用示范，总结经验并逐步推广。

(3) 跟踪评估：建议建立标准实施效果跟踪评估机制，收集应用反馈，为后续修订提供依据。

2、技术措施

(1) 技术培训：对设计人员、制造厂家、施工单位和运维人员进行专项技术培训，确保标准有效实施。

(2) 定期更新：集成装配式污水处理技术不断发展，标准需要根据新技术、新方法和新要求，及时更新内容，以保持其时效性和实用性。

九、作为推荐性标准或者强制性标准的建议及其理由

建议本标准作为推荐性团体标准发布实施。本标准属于产品和技

术类标准，涉及具体工艺选择和设备配置，宜采用推荐性标准，给应用单位留出技术选择空间。

十、其他应予以说明的事项

无。