

引用格式: 孙业晖, 隋媛. 化工污水处理标准化研究[J]. 标准科学, 2025(10):86-92.

SUN Yehui, SUI Yuan. Research on Standardization of Chemical Wastewater Treatment [J]. Standard Science, 2025(10):86-92.

化工污水处理标准化研究

孙业晖¹ 隋媛²

(1. 山东裕龙产业园水处理有限公司; 2. 中国标准化研究院)

摘要: 【目的】化工污水具有污染物成分复杂、危害性大等特点, 化工污水处理标准化在环境保护及化工行业可持续发展中发挥着重要作用。【方法】运用文献研究与归纳分析的方法, 梳理我国化工污水处理在技术、排放、智能化及化工园区等方面已发布标准情况, 剖析化工污水处理标准化现存的问题。【结果】我国在化工污水处理标准化工作中已经取得了一定的成果, 但是仍存在规划不足、重点领域标准有待加强等问题, 应完善化工污水处理标准体系, 强化标准化的引导作用。【结论】持续推进化工污水处理标准化工作, 不仅能够有效推动精准治污、科学治污, 更有助于实现化工行业与生态环境的协调发展。

关键词: 化工污水; 污水处理; 标准化; 标准

DOI编码: 10.3969/j.issn.1674-5698.2025.10.012

Research on Standardization of Chemical Wastewater Treatment

SUN Yehui¹ SUI Yuan²

(1. Shandong Yulong Industrial Park Water Treatment Co., Ltd.; 2. China National Institute of Standardization)

Abstract: [Objective] Chemical wastewater is characterized by complex pollutant components and high harmfulness. The standardization of chemical wastewater treatment plays a crucial role in environmental protection and the sustainable development of the chemical industry. [Methods] This paper uses the methods of literature research and inductive analysis to review the existing standards in aspects such as treatment technology, emissions, intelligence, and chemical industrial parks in China's chemical wastewater treatment. It analyzes the existing problems in the standardization of chemical wastewater treatment. [Results] The study finds that certain achievements have been made in the standardization of chemical wastewater treatment in China. However, there remain deficiencies in overall planning and gaps in standards for key sectors. It is necessary to construct a standards system for chemical wastewater treatment and strengthen the guiding role of standardization. [Conclusions] It suggests that continuing to promote the standardization of chemical wastewater treatment can not only effectively achieve precise and scientific pollution control, but also contribute to the coordinated development of the chemical industry and the ecological environment.

Keywords: chemical wastewater; wastewater treatment; standardization; standard

作者简介: 孙业晖, 本科, 助理工程师, 研究方向为污水处理及其标准化。

隋媛, 硕士, 助理研究员, 研究方向为电子业务标准化。

0 引言

化学工业泛指生产过程中化学方法占主要地位的过程工业。化工污水主要来自化工原料生产、化学反应、产品分离等环节,包括基本化学工业和塑料、合成纤维、石油、橡胶、药剂、染料工业等化学工业产生的废水。相对于其他工业污水,化工污水含有大量的有机物、重金属和有害微生物等污染物,因此具有种类繁多、成分复杂、浓度高、毒性大等特点^[1]。化工行业生产和排放的污水中含有大量的有害物质,如果不能及时采取合理的手段进行处理,必定会导致环境污染问题的不断加重。这不仅直接影响人们的身心健康,还会加重社会问题,已成为影响社会稳定发展的重要因素^[2]。研究化工污水处理标准化能够规范化工企业的污水处理行为,提高污水处理效率和质量,降低环境污染风险,促进化工行业的可持续发展,实现经济与环境的协调共进。

1 化工污水处理标准化现状

在全国标准信息公共服务平台(<https://std.samr.gov.cn/>),通过搜索“化工”“化学工业”“污水”“废水”“污染物”“水处理”“水治理”等关键词,并对标准文本进行分析,排除“城镇污水处理”等相关方面的标准。截至2025年6月15日,我国已发布的与化工污水处理相关的国家标准、行业标准、地方标准和团体标准共计313项。其中,国家标准19项,行业标准117项,地方标准61项,团体标准116项。污水处理设备设施(52项)、水处理剂(53项)和试验与测定方法(23项)等相关标准是支撑污水处理的通用性标准,以下主要针对化工污水处理技术(68项)、污染物排放(45项)、污水处理数字化(17项)、化工园区(8项)4个与化工污水处理密切相关的方面进行标准化现状分析。

1.1 化工污水处理技术

化工污水处理技术的复杂性与专业性,本质上由化工污水的特殊属性决定。这类污水富含大

量难降解有机物与有毒有害物质,成分复杂,会抑制或毒害微生物,导致可生化性显著降低。例如,难降解有机废水的化学需氧量(COD)常超2 000 mg/L,还具有色度高、气味刺鼻、酸碱性极端等特点,处理难度大,需依赖特殊技术工艺,甚至要进行预处理提升可生化性。化工废水处理技术主要包括物理法、化学法和生物法,为了提高废水处理效果,一般会将各种处理工艺结合应用^[3],形成组合工艺路线。

我国已发布了相关的国家标准、行业标准与地方标准,从不同层面推动化工污水处理技术向规范化、专业化、区域化发展,标准与技术相互依存、协同发展。

国家标准基于广泛的技术研究和实践验证,具有较强的普适性和指导性。目前针对难降解有机废水、含氰废水等已经出台的国家标准有《煤化工废水处理与回用技术导则》《含氰废水处理处置规范》《工业废水电化学处理技术规范》等。以《难降解有机废水深度处理技术规范》为例,该标准对难降解有机废水深度处理技术的处理处置方法、组合工艺路线及环境保护提出了要求,对高级氧化法、电化学絮凝法、射频复合法、曝气生物滤池法等技术的适用范围、方法提要、工艺流程和工艺控制条件等进行了详细规定,对于相关技术在难降解有机废水深度处理中的广泛应用具有重要的指导作用。

工业和信息化部发布了HG/T 6237—2023《有机氮工业废水处理及回用技术规范》和HG/T 5361—2018《焦化脱硫脱氰废水处理及回收技术规范》,农业农村部发布了NY/T 3985—2021《天然橡胶加工废水处理技术规程》等行业标准,针对特定行业的化工污水处理的需求,具有较强的专业性。

部分省/市充分考虑区域产业需求和环境特点,出台了化工污水处理技术方面的地方标准,如广西壮族自治区发布的DB45/T 995—2014《高硫高氮有机废水治理技术指南》,推动了污水处理工艺的区域差异化发展。

不同层级标准的发布实施,一方面通过规范处理工艺实施流程,确保企业处理行为有规可依,有效规避因技术应用不当导致的处理失效与环境污染风险;另一方面,通过明确推荐先进处理技术,加速新技术在行业内的推广应用,为化工污水处理提供全方位技术保障,持续推动行业技术创新与升级。

1.2 水污染物排放

水污染物排放标准是在法律允许范围内,对水污染物排放行为所做的限制性的技术规定^[4]。我国以标准为手段规范水污染防治工作起步较早,1988年首次发布了《污水综合排放标准》,在当时大力发展重工业的情况下对污染限排和水环境保护起到了重要的作用^[5]。该标准于1996年进行了第二次修订,按照污水排放去向,分年限规定了69种水污染物最高允许排放浓度及部分行业最高允许排水量,为全国范围内的污水排放管理提供了准则,使各地环保部门在执法时有明确的依据。部分省/市也发布了污水综合排放的地方标准,如北京市的《水污染物综合排放标准》和天津市的《污水综合排放标准》等,形成国家与地方协同的基础管控网络。

为了进一步控制不同化工领域污染物的排放,我国又相继发布了《炼焦化学工业污染物排放标准》《无机化学工业污染物排放标准》《石油化学工业污染物排放标准》等国家标准,分别针对炼焦化工、无机化工、石油化工等行业的水污染物排放限值、监测和监控等进行了要求。这些强制性国家标准的发布与实施,能够有效引导化工污水治理技术的发展,对于推动经济结构调整、促进区域经济与生态环境的协调具有重要意义。

地方标准与国家标准在化工污水排放管控中形成互补关系。地方标准可针对国家标准或行业标准中未作规定的项目制定地方污染物排放标准,或对国家标准中已作规定的项目制定严于该标准的地方污染物排放标准。这一机制充分考虑区域产业结构差异和环境承载能力,为此,部分省/市已出台了针对化工水污染物排放的地方标准。

例如,江苏省发布的《化学工业水污染物排放标准》、河南省发布的《化工行业水污染物间接排放标准》。这种差异化标准的设定,既保障全国统一的环境安全底线,又赋予地方灵活应对产业污染的能力。

从发展趋势看,化工污水排放标准与处理技术呈现双向驱动特征,严格的排放标准促进企业研发新型处理工艺,技术突破又为标准的进一步加严提供可行性支撑。

1.3 污水处理数字化

化工污水处理具有水质成分复杂、处理工况动态多变的特点。传统依赖人工经验与固定参数的处理模式,难以精准匹配水质波动与工况差异。随着物联网、大数据、人工智能、大模型等前沿技术的渗透,实时感知与智能决策能力为解决这些难题提供了新路径。污水处理数字化成为化工行业提质增效的重要方向。

化工污水中含有高浓度有毒有害物质及多种混合污染物,处理过程对参数控制精度要求极高。依托高精度传感器,可实时采集水质中的重金属离子浓度、有机污染物含量、pH值等关键指标,以及设备运行的压力、温度、流量等状态数据。通过AI算法深度分析这些数据,结合化工污水处理工艺特性,动态调整设备运行参数和药剂投加比例。人工神经网络(ANN)及遗传算法(GA)和粒子群优化(PSO)对废水中重金属[Cu²⁺、Cd²⁺、As³⁺、Mn²⁺和Cr(VI)]去除的预测精度高达0.948~1.000;有机污染物和混合污染物的去除主要采用人工神经网络进行研究,预测精度约为0.99^[6]。

在标准建设方面,部分省/市和社会团体已开展了一定的探索。例如,江苏省发布了《污水处理厂智能化管理系统建设技术规范》地方标准,中国工程建设标准化协会发布了《智慧城镇污水处理厂数字化系统技术规程》等团体标准,山东环境科学学会发布了《智慧污水处理厂感知层设备布设规范》和《智慧污水处理厂建设规范(生产运行)》等团体标准。这些标准主要是针对污水处理厂的相关技术进行了规定,对于推进智能化化工

污水处理的发展具有一定的指导作用。

1.4 化工园区污水处理

在当今工业发展进程中,化工园区作为化工产业集聚化、规模化发展的重要载体,承担着推动经济增长与产业升级的关键作用。截至2024年年底,我国已认定的化工园区达700家,国家级化工园区已达71家^[7]。化工园区内聚焦了医药、焦化等不同行业,其生产活动产生了大量污水,加上生产工艺各异,导致污染物组成的复杂性大幅度上升^[8],若处理不当,将对生态环境造成严重威胁。

当前化工园区普遍实施废水预处理制度,化工园区内的化工企业所排放的废水须经厂内预处理后达到接管标准,再排入化工园区内的污水处理厂进行集中处理^[9]。化工园区内企业在生产背景、生产装置、生产规模、生产工艺以及产品数量等方面存在巨大差异,不同企业废水混合后,污染物之间可能发生复杂的化学反应,进一步增加了水质的复杂性,使得化工园区混合废水处理难度远超单一企业废水处理。因此,对化工园区污水处理涉及的废水处理厂的选址、安全管理、运行维护、“三废”处理、设计水量和污染负荷、工艺设计、排放及再生回用要求等进行统一要求具有重要的意义。工业和信息化部发布了《化工园区混合废水处理技术规范》行业标准,为引领国内化工园区混合废水处理技术规范化发展,提高化工园区混合废水处理水平、园区管理水平和服务保障能力提供重要的依据。

近年来,国家大力推进化工企业进入园区,众多省份明确禁止在认定的化工园区外新、改、扩建危险化学品生产项目。在此背景下,园区污水处理厂成为化工废水进入环境的最后一道关键防线,其运行效果直接关系到区域生态环境安全。随着园区内化工企业废水排放模式由以直接排放为主转变为以间接排放为主,传统的管理模式已难以满足精细化环境管理的需求。这就迫切需要明确间接排放管控要求,建立有针对性的化工园区水污染物排放标准。四川省发布的《四川省化工园区水污染物排放标准》、重庆市发布的《化工园区主

要水污染物排放标准》等地方标准,正是基于当地化工园区的产业结构、水质特点等实际情况制定的。这些标准的出台为当地化工园区化工污水的排放提供了精准、有效的指导,有助于提升化工园区污水处理的针对性和有效性,推动化工园区实现绿色、可持续发展。

2 化工污水标准化存在问题

2.1 化工污水处理标准体系规划不健全

尽管我国在化工污水处理标准化领域已取得一定成果,陆续制定并发布了一系列针对特定污染物排放浓度的限制标准及部分处理工艺的技术规范,但从全局视角审视,化工污水处理标准化建设仍面临严峻挑战,标准体系不健全的问题尤为突出。

化工污水处理涉及化工企业、污水处理厂、科研机构、政府监管部门等多方利益相关者,各方在标准化建设过程中缺乏有效沟通与协同。化工企业更关注生产效益,对污水处理标准的执行动力不足;污水处理厂因处理工艺和成本差异,对标准的诉求各不相同;科研机构侧重于新技术研发,与实际应用中的标准需求存在脱节;政府监管部门则面临监管资源有限、标准执行难度大等问题。这导致标准在制定目标、技术指标、实施要求等方面缺乏有机整合,无法形成完整、高效的标准体系,严重制约了化工污水处理的规范化和科学化发展。

2.2 新污染物导致标准空白

在化工产业蓬勃发展的当下,新的生产工艺不断涌现,这不仅推动了化工行业的技术革新,也使得污水成分和特性持续变化。随着绿色化学工艺的大力推广,一些原本难以处理的污染物可能转变为新的形态。而新能源材料化工、新型生物医药化工等新兴化工领域的快速崛起,导致生产过程中可能产生一系列新型污染物。这些污染物不仅具有潜在的生态毒性,还可能在环境中积累,对生态系统和人体健康构成长期威胁。

《国务院办公厅关于印发新污染物治理行动

方案的通知》(国办发〔2022〕15号)指出,“国内外广泛关注的新污染物主要包括国际公约管控的持久性有机污染物、内分泌干扰物、抗生素等”,并要求“动态发布重点管控新污染物清单”。新污染物的产生也将对化工污水的处理技术和排放标准提出新的要求。

2.3 再生利用、智能化等重点领域标准有待加强

工业污水分类收集、分质处理有利于提高工业污水再生处理效率和经济性,应提倡企业及工业园区对工业污水进行分类收集、分质处理和再生利用^[9]。再生利用是化工污水处理的一个重要的环节,需要考虑利用途径的选择、水质要求和管理要求等多个方面。目前,我国已发布了部分工业污水再生利用的团体标准,但是针对化工污水再生利用方面的标准整体上仍存在相对缺失的问题。

人工智能、大模型的爆发式发展,对于化工污水处理的影响是不可忽视的。人工智能通过传感器收集污水水质、水量、处理设备运行参数等大量数据,利用机器学习算法对数据进行分析,能够实时感知污水特性变化,并据此精准调控处理设备的运行参数。大模型凭借其强大的数据处理和模式识别能力,能够对污水处理设备的运行状况进行实时监测与故障预测。通过分析设备历史运行数据、维修记录及当前运行参数,大模型可以提前预测设备可能出现的故障,为维护人员提供预警信息,避免设备突发故障,提高污水处理系统的稳定性和可靠性。目前,我国已发布的智能化化工污水处理标准主要聚焦于污水处理厂智能化管理方面,针对精准曝气与回流控制、泵站变频调控与负载匹配、数字计量精准加药等^[10]重要环节的智能化化工污水处理标准相对缺失。

3 对策与建议

3.1 完善化工污水处理标准体系

标准体系是系统性的知识集合,体系中的标准互相配套、互相引用,既能解决个别局部问题,也

能解决系统化问题^[11]。化工污水处理标准体系的规划应综合考虑化工污水处理涉及的各种因素,充分调研化工污水处理相关政策、技术及标准化现状,对已发布的各类标准进行梳理和统计。在行业调研和资料整理的基础上,构建化工污水处理标准体系框架。化工污水处理标准体系应涵盖化工污水处理的全生命周期,还应考虑标准体系的可扩展性,确保在新污染物或者新技术出现时,能够在标准体系中纳入新的标准。

化工污水处理标准体系包括基础通用、化工污水处理技术、设备设施与材料、污染物排放与监测、运维与管理、数字化6类标准,其中:

(1) 基础通用类标准主要包括化工污水处理业务中涉及的术语、分类与编码等方面的标准。

(2) 污水处理技术类标准主要包括化工污水处理技术(包括涉及的物理技术、化学技术、生物技术、综合性技术等)、试验方法、测定方法等方面的标准。针对化工污水处理技术还可从不同维度建立子体系。

1) 以有机/无机为维度划分,可从污染物本质属性出发,匹配差异化的技术标准;

2) 以行业维度划分,能够充分体现“产业链-污染物-技术方法”的联动性,如无机盐工业、农药、化肥等不同行业;

3) 以污染物为核心划分,便于形成“污染物类型-技术方法-排放标准”的闭环体系,如酸碱废水、有机废水、重金属废水等不同类型。

(3) 设备设施与材料类标准主要包括化工污水处理涉及的设备(装置)、材料、水处理剂等方面的标准。

(4) 污染物排放与监测类标准主要包括化工污水处理后污染物排放及水质监测等方面的标准。

(5) 运维与管理类标准主要包括污水回收与利用、工程建设与管理、绩效与评价、绿色低碳等方面的标准。

(6) 数字化类标准主要包括信息系统建设与运维、智能化等方面的标准。

化工污水处理标准体系框架如图1所示。

此外, 还应建立化工污水处理标准明细表。一方面对已发布的国家标准、行业标准、地方标准、团体标准按照标准体系框架进行归类, 给出标准名称、标准号、归口单位、实施日期、主要技术内容等关键信息; 另一方面提出新的标准规划, 标准内容应能够解决实际问题, 并顺应先进技术在化工污水处理中的应用, 体现标准体系的先进性。

总之, 根据化工污水处理发展政策导向, 为符合法律法规、强制性标准的要求, 紧密结合化工产业和环境保护的需求, 所构建的化工污水处理标准体系, 能够有效指导各类标准的制定与实施, 为化工污水处理的高质量发展提供科学、系统的规划。

3.2 加强重点领域标准化研究和标准制定

《关于推进污水处理减污降碳协同增效的实施意见》(发改环资〔2023〕1714号)中要求“推动工业企业和园区废水循环利用”“推广建设智慧水务管理系统, 开展全过程智能调控与优化”及“科学合理、因地制宜制定污水排放地方标准”。建议依据政策导向中的重点领域, 开展化工污水处理过程节能降碳、智慧水务、循环利用等方面的标准

化研究。

各行业或地区可依托相关标准化组织、科研院所、行业协会、化工企业等组建专业团队, 结合化工行业发展的实际需求, 开展各层级标准研制工作。在国家标准层面持续完善化工污水处理通用技术和污染物排放等基础标准; 在行业标准层面进一步细化特定行业的化工污水处理要求; 在地方标准层面结合区域化工产业特色和环境承载能力, 制定更严格、更具针对性的标准; 在团体标准层面宜着眼于人工智能、大模型等先进技术在污水处理中的应用。

在标准制修订过程中, 还应注意各层级标准之间互相衔接与协调, 并建立动态调整机制, 根据地区经济发展、产业结构调整、污水处理技术进步及流域水环境状况变化, 定期对标准进行审查与修订, 及时更新不合理的指标, 使标准始终适应实际需求。

3.3 强化标准化引导作用

鼓励企业参与标准化工作。化工企业在实际操作中积累了丰富经验, 应鼓励其积极参与化工污水处理标准的制修订, 反馈实际生产过程中的

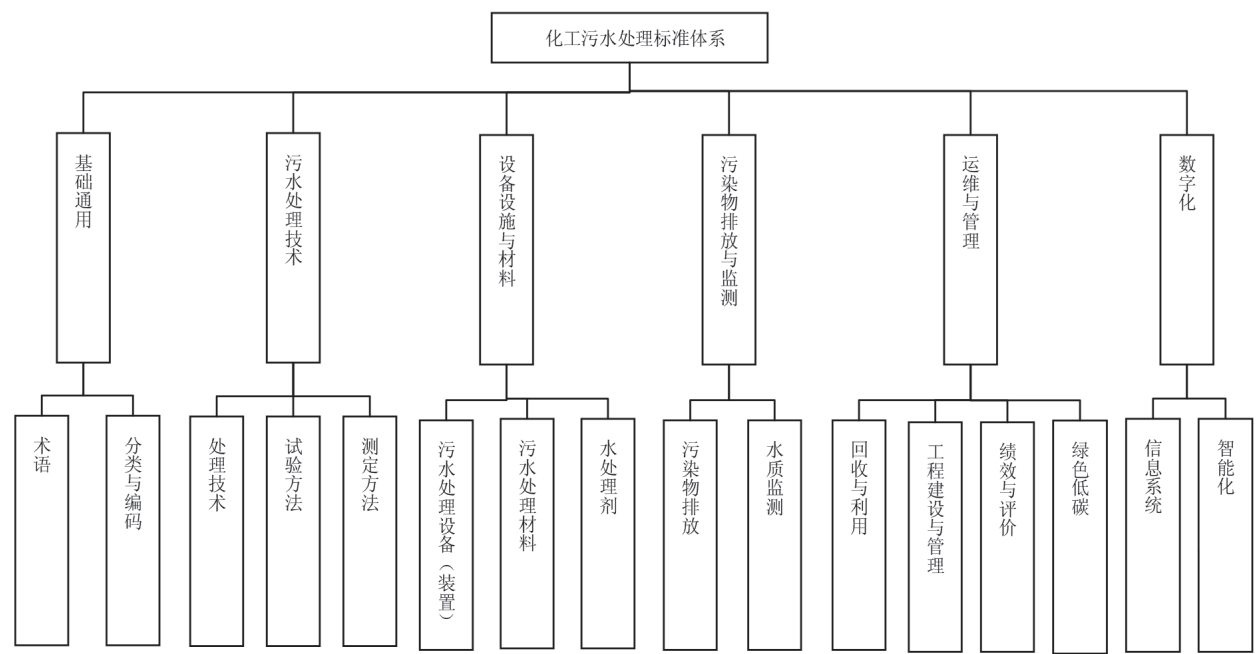


图1 化工污水处理标准体系框架

问题与需求,使标准更贴合生产实际。围绕污水排放、回收利用等相关标准的执行情况,构建科学合理的绩效评价体系。由环保部门、行业协会、第三方机构等对化工企业、污水处理厂等开展标准实施绩效评价工作。评价频率可根据地区、行业实际情况确定,并将绩效评价结果与企业的政策扶持、环保信用评级等挂钩。对于绩效评价优秀的企业,给予税收优惠、财政补贴、荣誉表彰等奖励,激励企业持续提升污水处理标准化水平;对于绩效不达标企业,提出整改措施,从而形成有效的激励约束机制,推动化工污水处理标准化工作持续改进。

4 结论

化工污水处理标准化在化工行业可持续发展

和环境保护进程中占据着重要地位。虽然我国在化工污水处理标准化方面已取得一定成果,为污水处理工作提供了有力支撑,但仍面临诸多挑战,如顶层设计缺失、部分重点领域标准亟待强化等。

为有效应对这些问题,需从多方面发力。构建科学合理的化工污水处理标准体系,确保各维度标准相互协调、有机整合,持续加强重点领域标准化研究和标准制定,依据政策导向与行业实际需求,完善各层级标准,同时建立动态调整机制;强化标准化引导作用,鼓励企业参与标准制定,构建科学的绩效评价体系,形成有效的激励约束机制,切实发挥精准治污、科学治污的导向作用,实现化工行业经济发展与环境保护的双赢,推动化工行业朝着绿色、可持续方向稳健前行。

参考文献

- [1] 耿晓玲,李奇聪.化工废水处理技术研究[J].皮革制作与环保科技,2024,5(7):5-7.
- [2] 田军.探讨化工污水处理技术方法实施[J].中国科技期刊数据库 工业A,2024(2):131-134.
- [3] 李伟.化工废水分质处理技术与资源化利用研究[J].工业用水与废水,2025,56(1):71-74.
- [4] 周羽化,武雪芳.中国水污染物排放标准40余年发展与思考[J].环境污染与防治,2016,38(9):99-104.
- [5] 马娜,韩晶.以污水综合排放为例的国家和地方强制性标准对比实证研究[J].标准科学,2014(4):20-23.
- [6] 张涛,陈猷鹏.人工智能在工业园区废水处理中的应用研究现状及展望[J].土木与环境工程学报(中英文),2024,46(6):192-202.
- [7] 刘凯.高浓度化工污水治理策略[J].化纤与纺织技术,2025,54(1):100-102.
- [8] 中国农药工业协会.我国化工园区建设大踏步前进:产业集聚,追智逐绿[EB/OL].(2025-01-13)[2025-04-10].<https://mp.weixin.qq.com/s/IM5qecqn23gMS22ipXMIXw>.
- [9] 贾文杰,陈卓,高强,等.《工业污水再生利用导则》团体标准解读[J].工业水处理,2025,45(1):153-158.
- [10] 金朝晖.《福建省城镇污水处理厂运行管理标准》在减污降碳协同增效方面的应用探索[J].价值工程,2024,43(22):49-52.
- [11] 黄婧,曲亮,刘建宇.文物保护领域标准体系建设方法研究[J].中国标准化,2025(4):71-78.