

《城镇复合面源污染全过程梯级削减技术指南》

团体标准编制说明

一、编制背景与必要性

1.1 政策背景

面源污染作为全球性环境问题，已被联合国《2030年可持续发展议程》列为重点治理领域。我国作为《巴黎协定》的履约国，承诺到2030年实现“碳达峰”、2060年“碳中和”，而城市面源污染治理是减少温室气体排放、改善水生态系统的关键环节。2021年《中共中央 国务院关于深入打好污染防治攻坚战的意见》明确提出“强化面源污染综合治理”，要求到2025年城市黑臭水体治理成果巩固率 $\geq 95\%$ ，地表水I-III类水体比例提升至85%。

近十年来，国家在这方面的政策在不断完善和升级。2015年《水污染防治行动计划》（“水十条”）首次将面源污染纳入重点治理范畴，提出“控制农业面源污染、整治城市黑臭水体”等目标；2022年《“十四五”城镇污水处理及资源化利用发展规划》要求“推进雨水资源化利用，构建海绵城市体系”，明确2025年城市再生水利用率 $\geq 25\%$ ；深圳、上海等城市出台《海绵城市建设管理条例》，将面源污染控制指标纳入地方立法。

发达国家如德国、日本通过“低影响开发”（LID）和“可持续城市排水系统”（SUDS）显著降低面源污染，但其技术体系多基于小尺度城市特征。我国城市规模大、人口密度高、降雨时空分布不均，直接套用国外技术易导致“水土不服”。例如，北京中心城区不透水面积占比超75%，传统雨水管网在暴雨时溢流污染量可达旱流的3倍以上，亟需本土化技术集成方案。

为落实《水污染防治行动计划》《“十四五”城镇污水处理及资源化利用发展规划》等政策要求，针对我国城市面源污染治理中存在的“源头管控不足、过程拦截薄弱、末端治理低效”等突出问题，亟需构建系统性技术框架。

1.2 现实需求

在城市点源污染得到基本控制的今天，城市面源污染已经成为城市化进程中的污染治理困境。我国城市面源污染贡献率攀升，2020年污染源普查数据显示部分地区面源污染对总氮（TN）、总磷（TP）的贡献率分别达57%和67%，甚至超过工业点源污染。人口剧增和城市化进程加速背景下，我国水体中约33%的湖泊处于富营养化状态，其中约70%的污染负荷来自城市地表径流携带的化肥、油污及生活废弃物；每年因面源污染导致的渔业损失可超200亿元，城市内涝造成的直接经济损失达GDP的0.5%-1%。新型城镇化与生态安全之间存在矛盾，2000-2020年，我国城市建成区面积扩张113%，但同期绿地覆盖率仅增长8%，生态空间被挤压；极端降雨事件频发（如郑州2021年“7·20”特大暴雨），传统排水系统超负荷运行，面源污染扩散风险加剧；面源污染导致的水体致病菌超标，与城市居民消化道疾病发病率呈显著正相关。以污水处理厂为核心的“末端拦截”模式难以应对暴雨径流冲击，也难以满足水环境质量改善需求，需从全链条视角推进污染控制技术集成与标准化。

1.3 技术缺口

现有技术体系呈现了碎片化与滞后性，分散于不同领域，缺乏跨阶段协同方案，且区域差异化治理策略不足，亟需形成覆盖“源头-过程-末端-运维”的全周期技术体系。

透水铺装、人工湿地等技术虽能局部改善水质，但缺乏全链条耦合方案。智能化水平不足，80%的现有监测设备依赖人工巡检，数据更新滞后（>24小时），难以支撑动态调控；运维标准缺失导致效果难以持续，如清淤周期、植物修剪规范等缺乏统一标准，导致设施效能衰减（如截流井堵塞率3年内可达40%）。而且，技术的区域适应性方面的研究较为薄弱。如忽视了地理差异，南方多雨区与西北干旱区面源污染特征迥异，但现有技术指南多采用“一刀切”模式。例如，西北地区推广透水铺装后，地下水入渗率超设计值3倍，引发地基沉降；还存在行业壁垒突出问题，水利、住建等部门技术标准不兼容。数据驱动能力不足，面源污染监测站点占比较低，且以人工采样为主，时空分辨率低。此外，现有模型

（如 SWMM）对复杂城市下垫面的模拟误差率还较大，难以精准预测污染负荷时空分布。

1.4 本标准编制的意义

当前，我国城镇面源污染治理存在标准体系不完善、技术规范零散等问题。在最新的国家标准《室外排水设计标准》（GB50014）补充定义了城镇面源污染（即径流污染）的术语，并提出低影响开发（LID）理念，要求通过渗透、滞蓄等技术减少径流量和污染物排放，适用于全国范围内的城镇排水系统设计，强调与城市防洪、水环境治理的协同；行业标准如《人工湿地污水处理工程技术规范》（HJ2005）规定了人工湿地的设计、施工及运维标准，适用于面源污染的后端治理，如雨水径流的生态净化。其他部分标准涉及雨水径流管理（如《海绵城市建设技术指南》）和污水处理（如《城镇污水处理厂污染物排放标准》），还有地方标准如《白洋淀流域城镇面源污染控制技术规范》（DB13/T 5916—2024），针对河北省白洋淀流域的城镇建成区及规划区，涵盖交通干道、建筑小区、绿地广场等区域的污染控制，该标准强调预防为主，结合自然渗透、滞蓄、净化等技术，因地制宜选择治理设施，优先采用低影响开发模式；所提及的污染控制技术包括源头减排（如透水铺装、绿色屋顶）、迁移控制（如植草沟、雨水花园）和后端治理（如人工湿地）的组合应用；还给出了相应的监督管理要求，要求对排水口排查、水质监测及工程效果评估，确保污染负荷达标。尚未形成针对城镇复合面源污染全过程梯级削减的系统性技术指南。

城镇复合面源污染来源复杂，包括雨水径流、生活污水、管道沉积物等多种类型，其污染特征、迁移规律及治理技术差异显著。现有标准多聚焦单一污染源或末端治理，缺乏从面源“污染监测-污染溯源-技术匹配-源头控制-过程阻断-末端治理-效果评估-长效运行”的全链条技术规范。例如，低影响开发（LID）技术虽在部分城市试点，但缺乏与后续处理设施的衔接标准；生态沟渠、雨水花园等技术的设计参数尚未统一，导致实际应用效果参差不齐。

本标准的制定依据重点研发计划课题“城镇复合面源污染生物生态处理与最佳治理技术模式研究及示范”（2021YFC3201504）的研究成果，将研究所得的监

测溯源方法、梯级削减技术体系、绩效评估办法等内容进行凝练，形成覆盖“监测—溯源—治理—评估—维护”全流程的技术指南。其创新性体现在：（1）系统性：提出城镇面源“污染监测—污染溯源—技术匹配—源头控制—过程阻断—末端治理—效果评估—长效运行”的全链条梯级技术路径，解决现有标准碎片化问题。

（2）适用性：针对不同区域（如建成区、城乡结合部）和气候条件（如南方多雨、北方干旱）提供差异化方案。（3）前瞻性：纳入智能化监测、低碳治理等新技术，为未来标准升级预留接口。该标准的出台将推动我国面源污染治理从“经验驱动”向“标准驱动”转变，为行业提供权威技术依据。

当前，地方政府和企业城镇面源污染治理中普遍面临污染控制技术选择困难、成本高昂、长效性不足等挑战。例如：部分城市盲目照搬“海绵城市”模式，但因缺乏本地化适配的生态配置或缺乏长效运行机制，导致设施闲置或运行失效。而且，企业因技术标准不明确，难以评估污染治理设施的投入产出比，影响投资积极性。本标准将通过以下方式提供解决方案：（1）优化技术选择：通过监测、溯源明确面源污染的量 and 质，通过溯源找准污染源头，再通过模型情景模拟进行技术匹配，提供在控制目标下的最佳配置方案。（2）降低治理成本：推广“自然生态—工程”融合技术（如生态护坡、雨水回用），减少高耗能设施依赖，同时考虑如单位污染削减成本、运维周期等技术经济指标，帮助用户选择性价比最高的技术组合，支持分阶段实施，缓解地方政府财政压力。（3）保障长效运行：规定设施维护频率、监测指标及责任主体，解决“重建轻管”问题。引入数字化管理工具（可并入智慧水务平台），提升运维效率。通过本标准，地方政府可科学编制面源污染治理规划，企业可精准匹配技术方案，最终实现城镇面源污染控制环境效益与经济效益的双赢。

《“十四五”生态环境保护规划》明确提出“到2025年，地表水劣V类水体比例降至0.7%以下”等目标，而面源污染已成为制约水质达标的关键因素。以长江流域为例，面源污染对总磷污染的贡献率超过50%。本标准的制定将直接支撑国家战略的落地：支撑长江黄河等重点流域大保护工作，助力“美丽河湖”“无废城市”等试点建设，提升治理精准度。而且，本标准可衔接住建部《海绵城市建设评价标准》、农业农村部《农业面源污染治理技术规范》，消除部门

标准间的矛盾或重复,为生态环境部“排污许可制”扩展至面源污染领域提供技术储备;还可促进绿色低碳发展,可推荐碳汇型植被缓冲带等低碳技术,响应“双碳”目标,通过雨水资源化利用,减少治理过程中的碳排放等。此外,本标准还可为《水污染防治法》的实施提供实践案例,推动法律法规与技术标准的协同创新。

综上,本标准的制定不仅是技术文件的编制,更是对我国城镇面源污染治理技术体系的系统性升级。其意义体现在三个维度:(1)技术维度:填补国内城镇复合面源污染全过程治理技术标准的空白,推动治理科学化;(2)应用维度:降本增效,提升实施可行性;(3)政策维度:服务国策,助力生态文明建设,为2035年“美丽中国”目标奠定基础。

1.5 本标准编制的必要性

(1) 城镇面源污染已成为水环境质量改善的主要瓶颈,亟需统一的技术规范

城镇面源污染因其分散性、随机性和复杂性,已成为我国水环境治理的突出难题。根据生态环境部《2022年中国生态环境状况公报》,全国地表水监测断面中,面源污染对总磷、氨氮等指标的贡献率分别达45%和32%,在长江、珠江等流域,面源污染对总磷污染的贡献率甚至超过60%。相较于点源污染(如工业废水),面源污染治理难度更大。城镇区域的面源污染来源多样:包括雨水径流携带的屋面、路面污染物、生活污水直排、冲刷出来的管道沉积物等,且污染负荷时空分布不均。现有治理多依赖末端截污(如污水处理厂),但雨水径流等污染在强降雨期间远超管网承载能力,导致溢流污染频发。例如,2021年郑州“7·20”特大暴雨期间,城市内涝引发大量污染物入河,造成严重水体黑臭。而分流制区域的混接错接和初期雨水入河也带来城市内河的返黑返臭现象。当前《水污染防治法》虽提出面源污染治理要求,但缺乏配套技术规范。地方政府在制定治理方案时,常因标准空白而陷入“无据可依”的困境,亟需制定相关技术指南。

(2) 现有标准多针对单一污染源或末端治理，缺乏全过程、梯级削减的系统性指导

我国现行面源污染相关标准呈现“碎片化”特征：单一污染源导向，如《海绵城市建设技术指南》侧重雨水径流源头控制，《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）则聚焦生活污水末端处理，但未涵盖多污染源全链条协同治理。目前，还是末端治理为主，全过程考虑则存在技术衔接断层问题，以海绵城市为例，尽管《海绵城市建设技术指南》提出“渗、滞、蓄”理念，但未规定其与排水管网的衔接参数，导致部分城市出现“LID 设施满负荷、管网瘫痪”的矛盾。

综上所述，城镇复合面源污染全过程、梯级削减的系统性指导必要性体现在：

(1) 技术协同增效：通过源头减量（如低影响开发）降低末端治理压力，结合过程拦截（如生态沟渠）提升系统抗冲击能力。(2) 成本优化：全过程治理可避免重复投资。(3) 长效运维保障：规定设施维护周期、监测指标及责任分工，解决“重建轻管”问题。重庆市某生态护坡项目因缺乏维护标准，3年后植被退化率达40%，导致水土流失加剧。

本指南的编制，旨在回应国家生态文明建设战略需求，破解城市面源污染治理的技术瓶颈与管理难题。通过系统整合国内外先进技术、构建标准化实施框架、创新跨部门协同机制，为我国城市水环境质量改善提供科学支撑，助力实现“美丽中国”建设目标。

二、编制依据与原则

2.1 编制依据

2.1.1 国外的经验与标准

(1) 美国 EPA《国家雨水污染物排放标准》（NPDES）：美国 NPDES 体系自1972年《清洁水法》确立以来，逐步构建了覆盖“源头—过程—末端”的全过程雨水管理框架如下：

i. 许可制度：要求地方政府和企业申请雨水排放许可，明确污染物削减目标。例如，洛杉矶市通过“低影响开发（LID）强制性条例”，规定新建项目必须实现 80%的雨水径流滞留。

ii. 技术分级：将治理措施分为“最佳管理实践（BMPs）”和“绿色基础设施（GI）”，前者侧重工程设施（如沉淀池），后者强调生态技术（如透水路面）。

iii 动态更新：每五年修订一次标准，纳入最新科研成果。2020 年新版 NPDES 新增微塑料监测要求，并强制大型城市提交雨水资源化利用计划。

NPDES 的实施使美国城市面源污染负荷削减 30%-50%，但其成功依赖于严格的执法和资金保障机制。

（2）欧盟《水框架指令》（WFD）：WFD（2000/60/EC）通过系统性、多层次的治理框架，将城镇面源污染纳入流域综合管理，强调技术、经济与公众参与的协同作用，为全球城市水环境治理提供了重要参考。其以“流域综合管理”为核心，要求成员国在 2015 年前实现“水体良好状态”目标，其面源污染控制特点包括：在流域管理计划中，要求成员国建立面源污染监测网络，覆盖初期雨水、融雪径流等关键污染源，并定期评估污染物（如氮、磷、重金属）浓度；需评估城镇面源污染（如雨水径流、城市地表污染物冲刷）对水体的影响，并制定针对性措施。对于跨国流域（如多瑙河、莱茵河），要求相关国家共同制定管理计划，统一面源污染控制标准。强调面源污染与点源污染的综合控制，提出通过推广低影响开发（LID）技术（如透水路面、雨水花园），减少城镇地表径流的污染物负荷；通过建设生态沟渠、雨水调蓄池等设施，阻断污染物迁移路径；结合污水处理厂升级（如三级处理）和人工湿地等技术，提升面源污染净化能力。而且，在经济手段方面，还规定了污染者付费原则：要求地方政府和企业承担面源污染治理成本，例如通过征收雨水管理税或生态补偿费，激励绿色基础设施建设。在公众信息透明化方面，强制公开流域管理计划和污染监测数据，鼓励公众参与决策。例如，要求成员国在制定计划时预留 6 个月公众咨询期。此外，WFD 与多项欧盟法规形成互补，共同应对面源污染。在荷兰、德国等国家，通过流域综合管理，城镇面源污染负荷已削减 30%-50%。WFD 的挑战在于成员国执行力度差异较

大。东欧部分国家因资金短缺，仍依赖传统末端治理，而北欧国家已率先实现“近零面源污染”目标。

2.1.2 国内的经验与标准

我国在城镇面源污染控制方面已制定多项标准，涵盖技术规范、监测方法及管理要求等。以下是主要相关标准及其简要说明：（1）国标如《室外排水设计标准》（GB 50014-2021）适用于全国城镇排水系统设计与改造，涉及面源污染控制相关内容包括：定义“城镇面源污染”及“低影响开发”概念，强调通过雨水渗透、滞留和净化减少径流污染。提出雨污分流、初期雨水截流等技术要求，配套设计参数（如透水铺装率）。（2）行标如《人工湿地污水处理工程技术规范》（HJ 2005）适用于城镇面源污染的末端治理，尤其适用于雨水径流和分散式污水处理。规定了人工湿地的设计参数（如水力负荷、植物配置），优化污染物去除效率。强调与源头控制技术的协同应用，提升系统整体效能。（3）地标如《白洋淀流域城镇面源污染控制技术规范》（DB13/T 5916-2024），针对白洋淀流域内的城镇建成区和规划区，重点解决雨水径流污染问题。强调“预防为主、因地制宜、节约高效”，通过低影响开发（LID）技术（如透水路面、雨水花园）减少径流污染负荷，包括源头减量（如初期雨水截流）、过程拦截（如生态沟渠）和末端治理（如人工湿地）的全流程技术体系。在监督管理方面，要求建立污染监测网络，明确责任主体和运维标准，避免“重建轻管”。

其他相关标准还包括《海绵城市建设技术指南》、《深圳市面源污染整治管控技术路线及技术指南（试行）》、《面向城市面源污染监测的典型城市下垫面遥感提取技术指南》、《乌鲁木齐市海绵城市建设生物滞留设施技术指南》、《乌鲁木齐市海绵城市建设透水铺装技术指南》、《重庆市湖库生态修复适宜技术选择指南（2017版）》。我国目前在城镇面源污染控制方面的标准以区域性标准为主，仅适用于特定流域；存在技术衔接不足的问题，现有标准侧重末端治理或单一环节，需加强全过程协同设计。继续加快制定覆盖多污染源、多环节并强化低碳技术的面源污染控制技术指南，以支撑“双碳”目标与生态文明建设。

2.3 城镇复合面源污染控制文献调研

2.3.1 城市面源污染负荷核算方法

采用文献计量法对中国知网和 web of science 核心数据库中 2000-2021 年的所有文献进行主题检索，并将关键词分别进行可视化分析（图 1）。结果显示，中文文献中 EMC 方法、SWMM 模型、输出系数法和 SWAT 模型为热点方法；英文文献中 EMC 方法、SWMM 模型为热点方法。

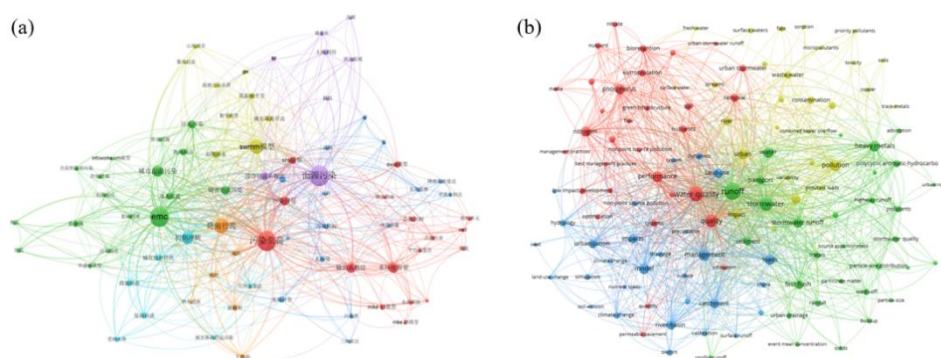


图 1 (a) 中文文献关键词共现网络图和 (b) 英文文献关键词共现网络图

经文献调研，用于核算城市面源污染负荷方法主要有三类。

第一类是地表径流污染负荷核算方法，其中场次降雨平均污染物浓度法（EMC）应用最为广泛，它计算过程简单、计算结果具有代表性，但用其累加计算年负荷量，难以做到监测每一场降雨。除此之外，计算地表径流污染负荷的方法还有浓度法、输出系数法、华盛顿模型和比例估算法。

第二类是排水系统污染负荷核算方法，水文线分割法常用于核算排口的污染负荷，但在排口污染物浓度资料匮乏的地方，也可以采用河流断面的污染物浓度数据。此外，根据污染物的来源，还可以将各要素的污染负荷相加得出排水系统的污染负荷。

第三类是城市流域面源污染负荷核算方法，主要有平均浓度法^[2]，其计算过程简便、所需资料较少且容易获取。此外，水质水量相关法、降雨量差值法也可以计算城市流域面源污染负荷，但平均浓度法、降雨量差值法是水质水量相关法的计算基础。

2.3.2 源解析方法在城镇面源污染中的应用

采用文献计量对近 15 年的相关研究文献开展研究热点分析，发现主成分分

析为城镇面源污染源解析最常用的方法，常用于屋顶、道路等典型下垫面的降雨径流污染源解析，并且常与多元统计方法、APCS-MLR 模型联合使用开展受纳水体污染的溯源。通过核算污染源负荷进而建立污染排放清单以及污染源特征比值进行溯源也是当前研究热点。此外，PMF、CMB 等受体模型由于在源解析过程中不依赖于污染源排放条件，不需追踪目标污染物迁移过程的特点在城镇面源污染的源解析中也备受关注。综合国内外研究进展，源解析方法在城镇面源污染中的具体应用主要有三个方面。

一是下垫面降雨径流污染源解析，常用的方法有主成分分析法、特征比值法、稳定同位素混合模型、排放清单法。但现状应用于下垫面降雨径流的源解析方法多为定性分析，并且对于污染源的划分并没有统一的标准，后续发展中应强化对定量解析下垫面降雨径流污染来源的源解析方法的研究，建立统一、普适性的径流污染来源体系框架。

二是合流制管网面源污染源解析，常用的方法有质量守恒法、化学质量平衡法、正定矩阵因子分解、特征比值法。但现状解析位点多集中在管网总出流，而实际进入水体的为溢流口出水，后续应加强对合流制溢流排口位点污染负荷的源解析研究，并在解析时根据当地实际情况判断污染来源。

三是降雨径流对受纳水体污染负荷贡献解析，常用的方法有排放清单法、主成分分析—绝对主成分得分/多元线性回归、正向扩散模型、通用流域负荷模型。但在受纳水体污染源解析中，较多研究仅解析了地表径流污染产生量的贡献，忽略了排水管网贡献的污染负荷，在后续研究中应充分考虑管网带来的城镇面源污染。

2.3.3 城镇分流制排水系统面源污染控制综述

目前大中城市和新建城区多采用分流制排水体制，它可以避免CSOs的污染。针对分流制存在的初期雨水污染、雨污混接和管道入渗等问题，要采取相应的控制措施。本课题对中英文文献进行检索并进行关键词共线分析（图2），发现国内在该领域的主要研究热点为初期雨水、调蓄池、海绵城市、污染负荷、雨水径流、面源污染及雨水利用。国外的研究热点为雨水水质、雨水径流、初雨污染、初雨冲刷模型。

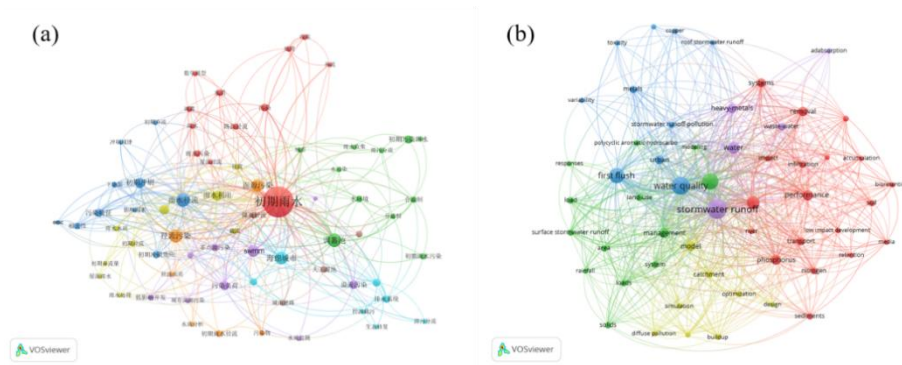


图 2 (a) 中文文献关键词共现网络图和 (b) 英文文献关键词共现网络图

根据导致分流制排水系统面源污染的初期雨水、雨污混接和管道入渗三个主要来源特征，提出了其污染控制方案的总体框架（图 3）。

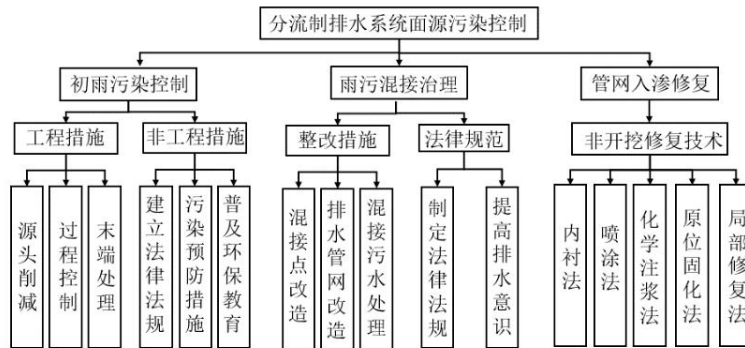


图 3 分流制排水系统面源污染控制框架

2.3.4 城镇合流制排水系统面源污染控制综述

采用文献计量学方法对中国知网和 Web of science 核心数据中 2000 年-2021 年文献进行检索并进行关键词共现分析（图 4）。其中国内在溢流污染方面的研究热点为溢流污染的特征与影响以及利用排水系统模型对溢流污染控制进行评估及优化；国外在溢流污染方面的研究热点为溢流污染的特征以及以采用实时控制技术进行“厂-网”联调联控为主的溢流污染控制措施。

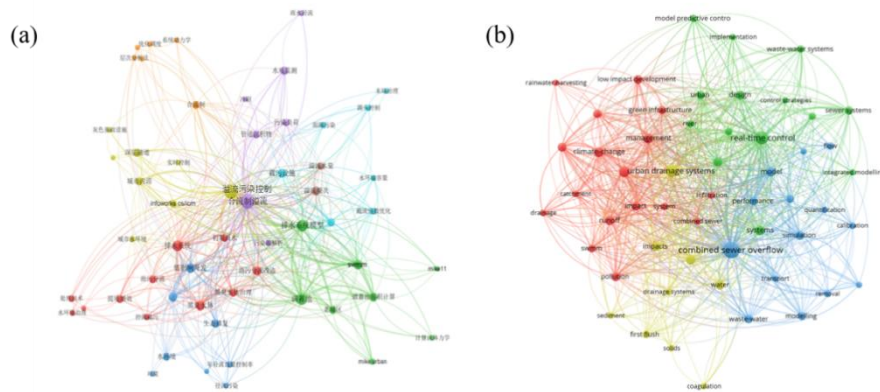


图 4 (a) 中文文献关键词共现网络图和 (b) 英文文献关键词共现网络图

合流制溢流污染措施分为降低溢流污染发生风险的控制措施及溢流现象发生后有效削减污染负荷的控制措施两类。前者包括雨污分流改造,对低影响开发源头控制、截流倍数的优化及管道清淤修复。后者包括调蓄设施(即溢流调蓄池或深层隧道)、快速处理设施(旋流分离等工艺)、“池-厂”结合处理及采用实时控制技术进行“厂-网”联调联控。

2.3.5 雨水快速净化技术综述

针对初期雨水,采用物理、物化分离和生态处理等方法进行就地快速处理。目前研究较成熟的技术主要有旋流分离、人工快速渗滤、磁混凝、超滤、快速过滤、雨水湿地等,本课题梳理了各类雨水快速净化技术的优缺点及适用性,结果如表 1 所示。

表 1 快速净水技术的优缺点及适用性

技术项目	优点	缺点	适用性
旋流分离	结构简单,成本低廉,操作容易,占地面积小,处理效率较高,使用寿命长,无能耗。	对氮、磷等溶解性污染物基本无去除能力。	适于人口密集区的道路径流或排河口径流。
人工快速渗滤	处理效果好,运行管理方便,不存在二次污染问题,占地面积小,处理能耗低,具有较强的抗冲击负荷能力。	运行时间过长会产生堵塞,气候条件的影响较大。	适合于产生量不稳定的分散式的雨水处理。
磁混凝	处理效率高,产水水质好,运行稳定,耐水力冲击,设备简单,技术安全,水力负荷高,占地面积小。	电耗较高。	适用于城市初期雨水进入湿地的预处理阶段。
超滤	占地面积小,处理效率高,可间歇运行,节能,无污染,操作方便。	运行时间过久会产生膜污染,需要	适用于分散式雨水、初期雨水的就

		进行清洗。	地集中处理。
快速过滤	一般无需加药，来水即启动，占地面积小，滤速快，水头损失小且水头损失增长缓慢，截污容量大，处理效率高。	污染物削减效果较低。	适用于合流制溢流，安装在泵站等场所。
雨水湿地	除削减径流污染物外还可吸收氮氧化物、二氧化碳等温室气体，增加氧气量，洁净空气，吸收噪声，可美化环境。	占地面积大，停留时间较长，冬季效果较差。	适用于雨水末端处理。

总的来说，雨水快速净化技术可实现对初期雨水、溢流雨水等高污染负荷的雨水进行快速净化处理，但需要根据各类技术的优缺点、适用性和当地的污染情况进行选用。在下垫面污染负荷不高的区域，可以将其处理后通过路面漫流的形式直接排入受纳水体；如果下垫面污染严重，则需在雨水快速处理后增设生态湿地等处理单元。

2.3.6 城镇面源污染控制技术及其优化策略综述

城镇面源污染受下垫面类型、降雨特征及排水体制等影响，因此，对城镇面源污染管控措施的优化布局是有效治理面源污染研究路程中仍是关键。

综合考虑地区环境、社会及城市发展特点，设计不同城市土地利用类型、降雨强度、排水体制等情景下面源污染控制设施的径流滞蓄能力及净化效果，并对各种控制设施进行空间上的布局优化，以得到最优的面源控制效果。城市内部绿地、屋顶、硬化地面、水体等不同下垫面地表径流输送特点不同，采取的城镇面源污染控制措施也不同。利用雨水花园、绿色屋顶、植草沟、河道缓冲带等绿色设施与排水管网、泵站等灰色基础设施联合，充分发挥城市河湖水系、湿地、河漫滩、自然洼地等蓝色空间对雨水的渗透和滞蓄功能，优化空间组合方式，提高城市的复原能力和韧性。对于合流制溢流污染、管道沉积物再悬浮和分流制雨污水管混接错接、初期雨水径流污染等问题，分别采取合改分、选取合适截流倍数、管道冲刷及雨污混接点改造、建设调蓄池、采取雨水快速处理技术等方式进行技术优化，最终结合污水处理厂、低影响开发设施形成“厂网河湖”联动的治理策略。根据降水等级分异考虑小雨、中雨、大至暴雨等不同雨强条件下的城镇面源管控优化措施，构建“源头减排—小排水—大排水”系统体系。在小雨时，通过

源头绿色设施净化径流水质，体现源头减排；在中雨时，通过绿色设施与排水管网结合管控径流水质水量，体现小排水；在大至暴雨时，首先注重排水防涝，依据调蓄设施、大排水通道的位置做好竖向衔接，再重视基于灰、绿、蓝设施组合方案应用。

城镇面源污染控制技术的应用依据城市实际情况因地制宜、统筹协调，保证面源控制目标及指标的科学性。通过“渗、滞、蓄、净、用、排”等措施，将不同技术措施进行合理组合，实现综合治理效果的优化，并保证各个系统的完整性和良好衔接，减少城市开发对生态环境造成的负面影响，有效控制城镇面源污染。

2.4 编制原则

科学性：基于 SWMM、EFDC 等模型模拟与实证数据，确保技术参数合理。

系统性：覆盖“空间布局-技术耦合-智能调控”全链条；

可操作性：明确技术组合模式、维护周期与应急预案，适配不同区域特征。

三、编制过程与方法

3.1 研究阶段

编制组人员基于国家重点研发课题，开展了大量的文献调研和实地踏勘，围绕城镇面源污染控制进行了近四年的研究工作，针对典型研究区城镇复合面源污染特征，基于环境容量预测污染削减潜力，匹配单元技术及组合工艺；优化高效原位生态渗-滞-蓄-净功能材料，利用多向-多级生态拦蓄净化，强化根际微生物湿地净化，强化复合污染物去除滨水缓冲带等绿色源头削减、过程调控和末端高效处理技术，并结合初雨径流精准调蓄、溢流污染净化等关键技术；开展复合面源污染灰-绿-蓝技术集成及厂网河联合调控，实现提质增效，形成基于地域特征和区域环境容量的城镇复合面源污染削减生物生态最佳治理技术模式。课题形成了城镇复合面源污染渗-滞-蓄-净全过程梯级削减技术体系。

3.2 草案编制

参考《标准编写规则—第7部分：指南标准》（GB/T 20001.7-2017），构建“技术集成-协同管理-效果评估-运维保障”四维结构进行了指南稿的撰写工作。

指南的结构设计如下：

总则：明确指南目标、适用范围与基本原则；

技术章节：分源头、过程、末端、技术协同、运维 5 章，共 11 章。

指南的核心内容包括：

技术集成：提出“三级梯度控制”模式（源头减排率 $\geq 60\%$ 、过程阻断率 $\geq 30\%$ 、末端治理率 $\geq 90\%$ ）。

长效运维机制：明确设施和植物的长期效果维持的管理要点。

四、主要内容与特色

指南包含了技术集成创新，针对城镇复合面源污染问题构建了梯级削减体系，“源头减排-过程阻断-末端治理”三级联控模式大幅提升污染物削减率；提出了智能调控理念，推荐进行降雨预测与强化学习算法集成，以实现设施动态调度。明确了区域差异化策略，将技术组合进行分类分级，针对南方多雨区、北方缺水、西北干旱区提出差异化技术组合，如南方侧重调蓄池与湿地，北方推广透水铺装与雨水回用。形成了全周期管理机制，明确清淤周期、设备检修标准、植被维护等运维标准；建立“蓝色-黄色-红色”三级响应机制，覆盖管网泄漏、暴雨内涝等场景，形成应急预案。

指南进行了理论创新，提出“空间梯度控制-智能协同决策”理论模型，突破传统单一技术应用局限。指南还可提升公众对水环境保护的参与度，推动“政府主导-企业实施-公众监督”共治模式。

本指南通过系统性技术集成与标准化管理框架，为城市面源污染治理提供科学支撑。未来将持续跟踪技术进展，每 3 年修订一次，确保指南的先进性与适用性。

五、采用国际标准

本团体标准没有直接采用国际标准。

六、与现行相关法律、法规、规章及相关标准的协调性

6.1 国内相关的主要标准

国内现行的相关主要标准如下：

GB 50014-2021 室外排水设计标准

GB/T51345-2018 海绵城市建设评价标准

GB 51174-2017 城镇雨水调蓄工程技术规范

GB55027-2022 《城乡排水工程项目规范》

HJ 91.1 污水监测技术规范

HJ 91.2 地表水环境质量监测技术规范

HJ 493 水质 样品的保存和管理技术规定

HJ 494 水质 采样技术指导

HJ 1387—2024 入河入海排污口监督管理技术指南 监测

CJJ/T188 透水砖路面技术规程

CJJ/T190 透水沥青路面技术规程

CJJ/T135 透水水泥混凝土路面技术规程

JGJ155 种植屋面工程技术规程

DB 13/T5184—2020 人工湿地水质净化工程技术规范

HJ 2005—2010 人工湿地污水处理工程技术规范

6.2 本标准与相关法律、法规、规章、强制性标准相冲突情况

该标准的制定力求与现行的法律法规和强制性标准相一致的原则，制定的过程中认真的学习了相关的法律、法规、规章、强制性标准等文件和文件精神，参考了相关的技术文献和研究成果，标准及其说明与相应法律法规和强制性标准之间的尽可能衔接、协调。

6.3 本标准引用的标准及文件

下列标准所包含的条文，通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时，所示版本均为有效。所有标准都会被修订，使用本标准的各方面探讨

使用下列标准最先版本的可能性。

GB 50014-2021 室外排水设计标准
GB/T51345-2018 海绵城市建设评价标准
GB 51174-2017 城镇雨水调蓄工程技术规范
GB55027-2022 《城乡排水工程项目规范》
HJ 91.1 污水监测技术规范
HJ 91.2 地表水环境质量监测技术规范
HJ 493 水质 样品的保存和管理技术规定
HJ 494 水质 采样技术指导
HJ 1387—2024 入河入海排污口监督管理技术指南 监测
CJJ/T188 透水砖路面技术规程
CJJ/T190 透水沥青路面技术规程
CJJ/T135 透水水泥混凝土路面技术规程
JGJ155 种植屋面工程技术规程
DB 13/T5184—2020 人工湿地水质净化工程技术规范
HJ 2005—2010 人工湿地污水处理工程技术规范

七、重大分歧意见的处理经过和依据

本标准在编写过程中没有重大意见分歧。

八、标准作为强制性标准或推荐性标准的建议

建议将本标准作为推荐性标准。

九、贯彻标准的要求和措施建议

9.1 组织措施

在中国工业合作协会组织协调下，以标准起草组成员为主，成立标准宣贯小组。

9.2 技术措施

组织撰写标准宣贯材料，组织标准宣贯培训，争取标准颁布实施后尽快在中国工业合作协会会员单位中推广应用。

十、废止现行相关标准的建议

该标准为首次制定，目前没有标准发布实施所替代、废止现行有关标准的建议。

十一、其他应予说明的事项

本标准未涉及专利。