

The Application of Watershed System Strategy on Urban Water Environment Treatment

Qihui Yu, Conglin Wu, Shuna Qiao, Bo Wu, Jialing Wang

Changjiang Survey, Planning, Design and Research Co., Ltd., Wuhan Hubei
Email: wuconglin@cjwsjy.com.cn

Received: Feb. 15th, 2019; accepted: Mar. 25th, 2019; published: Apr. 17th, 2019

Abstract

The problem of urban water environment is complex, which should not only be considered as a systematic watershed, but also has local characteristics on each drainage unit. To achieve the four targets of "water resources, water environment, water ecology, water security", a strategy of watershed system treatment is developed, which has become the fundamental strategy to solve urban water environment problems. In this paper, the water environment treatment of Jingzhou urban area is taken as an example. By introducing the treatment strategy of "overall planning of large basins, subdivision of small basins and differentiated policies", the causes of water environment problems in urban area are systematically analyzed firstly, and the application of watershed system strategy is attempted on urban water environment treatment secondly, and subarea treatment measures are proposed. The study shows that the watershed system treatment strategy proposed by the author has extensive applicability, and can be widely applied to water environment treatment in urban areas and basins at different scales.

Keywords

Watershed System Strategy, Urban Water Environment, Comprehensive Treatment, Jingzhou Urban Area

流域系统思路在城市水环境治理中的应用

余启辉, 吴从林, 乔书娜, 吴波, 王佳伶

长江勘测规划设计研究有限责任公司, 湖北 武汉
Email: wuconglin@cjwsjy.com.cn

收稿日期: 2019年2月15日; 录用日期: 2019年3月25日; 发布日期: 2019年4月17日

摘要

城市水环境问题复杂, 既具有流域性、系统性, 又在各排水单元上呈现出本地性特点。启用流域系统治理思路,

作者简介: 余启辉, 男, 教授级高级工程师, 从事水资源、水环境规划设计研究相关工作

全面统筹“水资源、水环境、水生态、水安全”以实现四水共治，成为解决城市水环境问题的根本策略。本研究以荆州市城区水环境治理为例，通过引入“大流域统筹、小流域分区、差异化施策”治理策略，系统分析了城区水环境问题成因，探讨了流域系统治理思路在城市水环境治理中的应用，提出了荆州市城区水环境系统治理方案。研究表明，作者提出的流域系统治理思路具有较强的科学性和系统性，能广泛应用于城市地区及不同流域尺度的水环境治理工作，具有广泛的适用性。

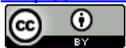
关键词

流域系统思路，城市水环境，综合治理，荆州城区

Copyright © 2019 by author(s) and Wuhan University.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着我国城市化进程的加快和城市经济的迅速发展，城市水环境承受的压力越来越大，致使许多城市出现水质恶化、洪涝频繁、水生生态系统退化等诸多问题[1]。随着2015年“水十条”的发布与实施，以及“绿水青山就是金山银山”等生态文明理念的提出，全国各地纷纷开展黑臭水体整治工作。然而，各地提出的水环境治理思路普遍缺乏整体性、系统性，往往“头痛医头，脚痛医脚”，导致水质极易出现反弹。整治的黑臭水体返黑返臭，环保督查暴露的问题反复出现，水质状况整体仍不容乐观。

城市水环境问题十分复杂，涉及岸上水下、上游下游，具有流域性、系统性和跨部门性特点，在制定治理方案过程中需要统筹考虑水资源、水环境、水生态、水安全等要素，并要求住建、水利、环保、市政等部门共同发力，综合施策。因此，启用流域系统治理思路，提出跨部门、跨专业的治理措施，才是解决流域和城市水环境问题的根本策略。研究表明，目前我国水环境治理研究工作偏重于水环境治理相关技术的研究[2][3]，基于流域分区的水环境综合治理思路及其应用研究较少。本文作者曾针对成都沱江流域水环境治理，提出了“大流域统筹、小流域分区、差异化施策”的水环境综合治理理念与思路[4]，取得了较好的效果。本研究以荆州市城区水环境治理为例，探讨把流域系统治理理念应用到城市水环境治理中，拟为城市水环境治理提供有益的借鉴。

2. 研究区概况

荆州市城区地处长江北岸、四湖流域上区，中心城区总面积为102.5 km²，由荆州区和沙市区组成。城区西依引江济汉渠、南滨长江、北临长湖、东接四湖总干渠(见图1)。城区现有港南渠、太湖港渠、护城河、荆沙河、荆襄内河、荆襄外河、鼓湖渠、西干渠等河渠10条，总长43 km，黑白龙王潭、江津湖、范家渊等湖渊10个，总面积130.0 hm²。城区河道基本为雨源型河道，来水量小，河道宽、深较小，宽度约20~80 m，水深1~2 m。

3. 关键问题

3.1. 污水设施建设滞后

荆州市城区现有城南、草市、红光3座生活污水处理厂，处理规模为5、3、10万 m³/d，尾水分别排入港南渠、太湖港渠、西干渠；现有中环水业1座工业污水处理厂，处理规模为8万 m³/d，尾水排入长江，4座污水厂均执行一级A标准(见图1)。荆州现状排水系统大部分为雨污合流制，受雨污合流、管网覆盖的限制，城区污水收集系统仍不完善，部分污水未通过管网截留进入污水厂，城区污水集中处理率仅为87%。长期的污水直排和合流制溢流污染，导致荆州市中心城区大部分水体长期处于V类或劣V类，呈黑臭状态，水污染形式严峻。

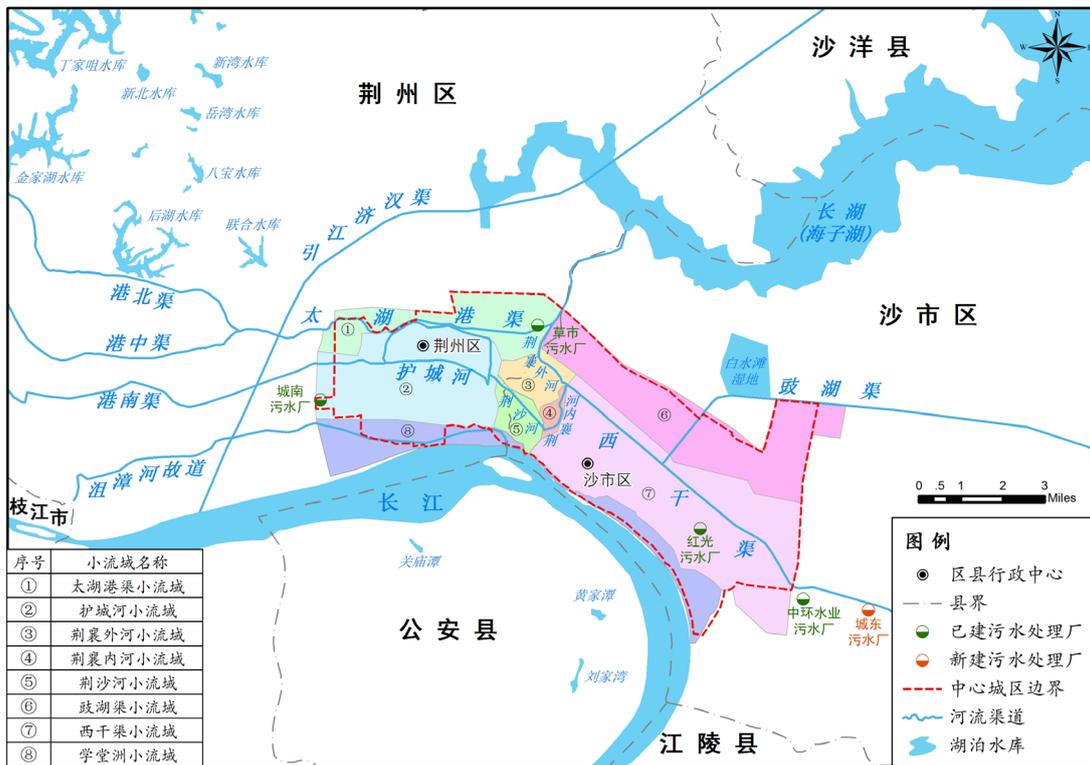


Figure 1. Water system map of Jingzhou urban area
图 1. 荆州市城区水系图

3.2. 水体流动性差

城区河流来水为上游丁家咀水库下泄洪水和汇水区汇水，受水系流径短、流域面积小等因素限制，城区水量来源有限。受荆沙河节制闸、荆襄内河进水闸等 13 座节制闸控制，各水体分割严重，水体流动性差，水环境容量严重不足，河渠基本无自净能力。

3.3. 防洪排涝能力有待提升

太湖港南北堤部分堤段尚未达到百年一遇防洪设计标准，存在长湖洪水入侵城区的隐患；城区排水能力不足，太湖港渠、荆襄内河局部河段淤塞严重；荆沙河、荆襄内河等节制闸设备老化，排水不畅；荆襄内河有约 400m 河段为暗涵，过流能力不足。

3.4. 生态服务功能严重退化

城区内河道、湖渊岸线大部分已渠化，水体水质较差，部分为黑臭，导致适宜水生生境缺失，生物多样性严重受损。同时，水体黑臭、岸线渠化等问题造成滨水景观体验较差，临水不亲水。

4. 应用研究

4.1. 整治目标

本研究按照“大流域统筹、小流域分区、差异化施策”的流域治理思路和“水环境、水生态、水资源、水安全”全要素覆盖的系统治理体系，提出近期水平年(2019~2021)，通过控源截污、初雨截流等项目实施，消除城区黑臭水体，使城区水系水质均达到地表水 V 类标准；远期水平年(2022~2030)，通过对城区水环境综合治理，

实现水功能区水质保护目标(见表 1)。

Table 1. Water system characteristics of small watershed units in Jingzhou urban area
表 1. 荆州城区小流域单元水系特征

流域单元	主要水系	汇水面积(km ²)	主要水系长度(km)	水质目标	
				2021 年	2030 年
太湖港渠	太湖港渠、黑龙王潭	12.3	9.7	V	III
护城河	港南渠城区段、护城河、白龙王潭、繁荣湖	23.1	13.5	V	III
荆沙河	荆沙河、文湖	3.2	3.0	V	III
荆襄内河	荆襄内河	1.1	2.2	V	IV
荆襄外河	荆襄外河	4.0	2.7	V	IV
豉湖渠	沙北排渠、豉湖渠	24.7	2.4	V	IV
西干渠	西干渠、江津湖、范家渊	14.8	11.7	V	IV

4.2. 大流域统筹

4.2.1. 水资源统筹

荆州城区客水资源丰富, 长江多年平均过境水量为 3946 亿 m³, 本地多年平均水资源量为 6.3 亿 m³, 过境水量远大于本地水资源量, 且过境水资源质量优于本地, 长江干流水质稳定在 II~III 类, 水质良好, 城区内水系水质长期处于 V 类或劣 V 类, 污染严重。荆州市城区同长江具有良好的水系联系条件, 为保障城区水系生态环境需水, 需对城内水资源和外引水资源统一规划和合理配置, 形成“河湖连通互济、丰枯互补”的流域水资源配置体系。

4.2.2. 排污口布局统筹

荆州中心城区排污口布局不尽合理, 除中环水业工业污水排入长江外, 其余排污口污水全部就近排入城市内河, 并在汛期随着排涝通道穿城而过, 导致排放一处, 污染全城。城区水环境治理, 需统筹考虑中心城区各水系环境容量, 合理布局城区入河排口, 优化污水处理厂尾水排放量和排放去向, 最大可能实现中心城区污染负荷本地消纳的目标。

4.2.3. 岸上水下统筹

岸上和水上分别是水环境污染物的源与汇, 岸上污染物入河量与水下环境容量的大小关系决定了水系整治目标是否可达。城区水环境综合整治需统筹考虑岸上污染物入河量与水下环境容量, 一方面, 通过实施岸上截污控污等措施, 有效削减污染物入河量, 另一方面, 基于城区水系水量小、环境容量不足的特点, 通过采取活水循环等措施, 提高水体环境容量与水环境承载能力, 岸上水下双管齐下、共同发力, 从根本上解决荆州中心城区水环境问题。

4.3. 小流域分区

城市水污染问题具有流域性和系统性, 各小流域单元又呈现出本地性特点。为实现问题导向、精准施策, 必须做到分区控制, 以小流域单元为基础因地制宜地实施差异化治理[5][6]。从国内外经验看, 总量控制是控制污染和达到环境目标的必由之路, 以环境质量标准为依据的容量总量控制是当前总量控制的主要方向[7][8]。本研究通过小流域单元划分、制定水质目标、污染物入河量和环境容量估算, 确定每个小流域单元的容量总量控制方案。

4.3.1. 小流域单元划分

根据流域汇水特点, 研究对荆州市城区水系进行划分, 共划分出太湖港渠、护城河、荆沙河、荆襄内河、荆襄外河、豉湖渠、西干渠 7 个小流域单元(见图 1)。

4.3.2. 容量控制

根据实地调查各类污染源, 估算污染物入河量, 中心城区主要污染物贡献率详见图 2。由图可知, 散排生活源为中心城区主要污染源; 根据近远期各水系水质目标要求, 分别计算城区 7 条河渠水系环境容量, 根据环境容量和污染物入河量, 制定各河渠流域单元主要污染物限排总量和入河负荷削减方案。据测算(以氨氮为例), 在现状治污水平下, 2021 年荆州中心城区氨氮入河量达 2452.6 吨/年, 水体环境容量 421.9 吨/年, 需要削减 2030.7 吨/年, 到 2030 年, 氨氮入河量达 2841.6 吨/年, 水体环境容量 271.2 吨/年, 氨氮需要削减 2570.4 吨/年, 其中, 西干渠、护城河和豉湖渠主要污染物入河负荷需削减量居前三位, 详见图 3。

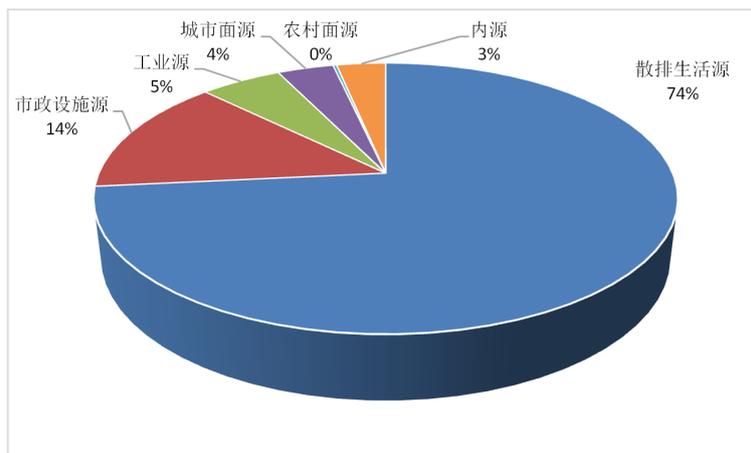


Figure 2. Contribution rates of major pollutants in urban area
图 2. 城区主要污染物贡献率

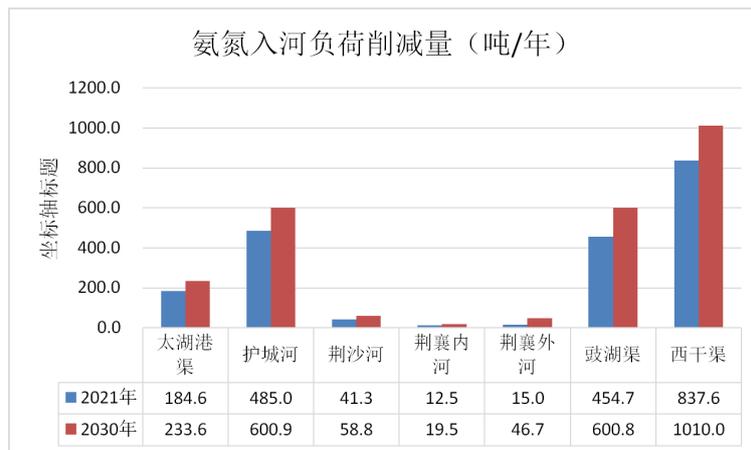


Figure 3. Analysis of the load reduction of each small watershed unit discharged into river

图 3. 各小流域单元入河负荷削减量分析

4.4. 差异化施策

为实现荆州市城区水环境综合整治治理目标, 围绕水环境改善、水安全保障、活水调度、水生态修复等四

大建设任务,研究提出荆州市城区水环境综合整治初步方案,见表 2。

1) 控源截污工程

控源截污是水环境治理的核心与前提,荆州城区控源截污工程包括排水管网检测与修复、雨污分流改造、沿河截污、污水处理厂扩建、城市初期雨水治理五大工程。近期扩建城南、草市、红光污水处理厂并新建城东污水处理厂(尾水入西干渠),排放标准均为一级 A。长湖为荆州市备用水源,太湖港渠为长湖一级支流,若草市污水厂尾水仍排入太湖港渠,将对城市备用水源造成影响。经统筹考虑,研究将草市污水厂尾水排放管下穿太湖港后经沙北排渠向东排入鼓湖渠。

2) 河湖整治与水利工程

针对护岸破损的港南渠、荆襄内河等河渠,实施岸坡改造工程,针对荆襄内河、西干渠等河道和江津湖、龙王潭等湖渊,分别采取底泥清淤和原位修复方式;重建原过水能力不足的荆沙河、荆襄内河节制闸,使城市河道内源污染得到控制、防洪排涝达到设计标准。

3) 活水循环工程

流水不腐,只有盘活全城水系,让水动起来,才能最大限度发挥水系的生态自净功能。荆州城区活水循环工程,采用“大水系、大循环、大调度”理念,遵循“自流优先、提水为辅”原则,以长江作为活水水源,充分利用现有水闸、泵站工程,实施河流和封闭湖渊活水工程。近期通过引江济汉渠向太湖港渠和护城河补水实现江河水系连通。远期在港南渠、西干渠水质治理达标后分别作为黑白龙王潭、范家渊活水水源。

4) 水生态修复工程

根据水系特点和功能,将城区水系分为生态良好型、排涝渠化型、城区景观型、封闭湖渊型 4 个类型,生态良好型治理措施以水生态空间管控为主,排涝渠化型治理措施以护岸生态化改造、原位修复为主,城区景观型治理措施以生态护岸、原位修复、水生动植物群落恢复为主,封闭湖渊型治理措施以原位修复、水生动植物群落恢复为主。

Table 2. Water environment subarea treatment measures in Jingzhou urban area

表 2. 荆州城区水环境分区治理方案(初始)

流域单元	控源截污工程	河湖整治与水利工程	活水循环工程	生态修复工程
港南渠	截污纳管、面源控制	清淤疏浚、生态护岸	活水循环	生态驳岸改造、水生植物群落恢复
太湖港渠	截污纳管、面源控制	清淤疏浚、堤防加固、防洪节制闸、排涝泵站	活水循环	水生态空间管控
护城河	管网检测与修复、雨污分流改造、城镇面源控制		活水循环	
荆沙河	管网检测与修复、雨污分流改造、城镇面源控制	清淤疏浚、重建节制闸	活水循环	生态浮床、曝气增氧、动植物群落恢复
荆襄内河	管网检测与修复、雨污分流改造、城镇面源控制	清淤疏浚、重建节制闸	活水循环	生态浮床、曝气增氧、生态驳岸改造、沉水植物
荆襄外河	管网检测与修复、雨污分流改造、城镇面源控制		活水循环	水生态空间管控
鼓湖渠	截污纳管、面源控制	清淤疏浚、	活水循环	
西干渠	管网检测与修复、雨污分流改造、城镇面源控制	清淤疏浚、生态护岸	活水循环	水生植物群落恢复

4.5. 效果分析及方案优化

根据现有同类措施对污染物负荷的削减效果,对 2021 年分区治理初始方案实施后污染物的削减情况进行估算。根据活水循环工程规模,对 2021 年各流域单元环境容量重新核算。经预测,2021 年,水环境综合治理措

施实施后,除护城河、鼓湖渠、西干渠外,其他河渠流域单元入河量均满足环境容量要求(见图4)。

护城河、鼓湖渠、西干渠流域单元由于承接城区城南、草市、红光、城东4座污水处理厂的尾水,污染物入河量仍不能满足环境容量要求,研究对设计方案进行如下改进:

方案一:城南、草市、红光、城东4座污水处理厂尾水执行类地表水IV类标准,尾水去向不变。

方案二:四厂合一,将城南、草市、红光、城东4座污水处理厂尾水集中收集,转输至长江干流城区下游排放,利用长江丰富的水量和优良的水流条件,消纳城区污染负荷。

方案三:草市、城南污水厂尾水均排放至白水滩湿地;城东、红光污水厂尾水均排放至规划新建湿地,经湿地处理满足类地表水IV类水质后,分别排入鼓湖渠和西干渠。

经方案比选,方案一污水厂运行成本高,方案二尾水排入长江会对长江产生一定的污染,且长江排污口审批困难,方案三人工湿地运行成本低,并能对西干渠与鼓湖渠实施生态补水,综合考虑,推荐采用方案三。经预测,实施优化方案后,城区河渠流域单元入河量均能满足环境容量要求(见图4)。

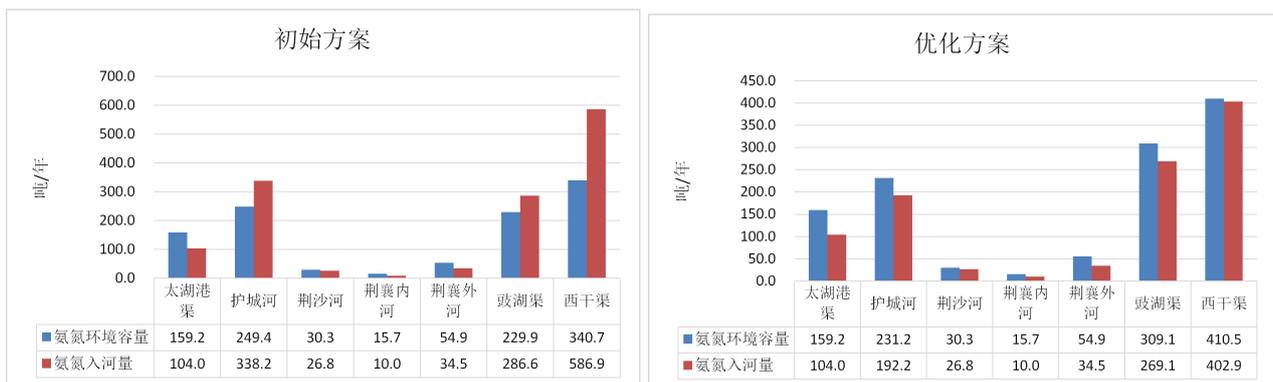


Figure 4. Analysis of the accessibility of limited discharge of each watershed unit in urban area

图4. 中心城区各流域单元限排总量可达性分析

5. 结论及建议

本研究以荆州市城区为例,探讨了“大流域统筹、小流域分区、差异化施策”的流域系统治理思路在城市水环境治理中的具体应用:1) 大流域统筹。把荆州市城市水系及水环境问题置于长江、四湖流域的大水系格局背景中,全面识别河流水环境、水生态、水安全等问题,以环境容量为约束,提出水资源统筹、排污口布局统筹、岸上水下统筹的总体策略。2) 小流域分区。研究通过小流域单元划分、污染物入河量和环境容量估算,确定每个小流域单元的容量总量控制方案。3) 差异化施策。根据各流域单元的容量控制方案,提出以控源截污工程、河湖整治与水利工程、活水工程为主,水生态修复工程为主的差异化措施体系。4) 效果分析。基于反馈机制,通过分析治理措施实施后水体环境容量可达性,确定推荐治理方案。

研究表明,本文作者提出的流域系统治理思路具有较强的科学性和系统性,能广泛应用于城市地区及不同尺度流域的水环境治理工作中,具有广泛的适用性,可为其它地区城市水环境治理提供有益的借鉴。

参考文献

- [1] 李新贵,孙亚月,黄美荣. 城市水环境的修复与综合治理[J]. 上海城市管理, 2017, 26(4): 12-18.
LI Xingui, SUN Yayue, Huang Meirong. City water environment restoration and comprehensive governance. Shanghai Urban Management, 2017, 26(4): 12-18. (in Chinese)
- [2] 聂俊英,邹伟国. 城市黑臭水体的功能恢复与水质改善案例分析[J]. 给水排水, 2017, 43(4): 34-36.
NIE Junying, ZOU Weiguo. Case study on functional recovery and water quality improvement of urban malodorous black river. Water & Wastewater Engineering, 2017, 43(4): 34-36. (in Chinese)

- [3] 蒋洪蛟, 姜高群. 城市水环境治理技术浅谈[J]. 建筑工程技术与设计, 2018(21): 3401.
JIANG Hongjiao, JIANG Gaoqun. Discussion on urban water environment treatment technology. Architectural Engineering Technology and Design, 2018(21): 3401. (in Chinese)
- [4] 余启辉, 吴从林, 李彬彬, 张志国. 流域水环境综合治理规划思路浅析[J]. 水资源研究, 2019, 8(1): 67-73.
YU Qihui, WU Conglin, LI Binbin, ZHANG Zhiguo. Analysis on comprehensive treatment planning strategy of river basin water environment. Journal of Water Resources Research, 2019, 8(1): 67-73. (in Chinese)
- [5] 程炜, 颜润润, 刘洋, 等. 基于控制单元的流域水污染控制与管理——以京杭运河苏南段为例[J]. 环境科技, 2010, 23(1): 70-74.
CHENG Wei, YAN Runrun, LIU Yang, et al. Water pollution control and management of river watershed based on control unit-sunan segment of Jinghang river watershed as a case study. Environmental Science and Technology, 2010, 23(1): 70-74. (in Chinese)
- [6] 高爽, 祝栋林, 车前进. 基于流域视角的水环境综合治理规划研究——以江苏省淀山湖为例[J]. 中国环境管理, 2015, 7(5): 54-60.
GAO Shuang, ZHU Donglin, CHE Qianjin. Watershed perspective based integrated management of water environment—A case study of Dianshan basin in Jiangsu province. Chinese Journal of Environmental Management, 2015, 7(5): 54-60. (in Chinese)
- [7] 李家才. 总量控制与太湖流域水污染治理——《太湖流域水环境综合治理总体方案》述评[J]. 环境污染与防治, 2010, 32(4): 96-100.
LI Jiakai. Total amount control and water pollution control in Tai Lake Basin—Review on the overall plan of comprehensive treatment on water environment in Tai Lake Basin. Environmental Pollution & Control, 2010, 32(4): 96-100. (in Chinese)
- [8] 魏文龙, 曾思育, 杜鹏飞, 等. 一种兼顾目标总量和容量总量的水污染物排放限值确定方法[J]. 中国环境科学, 2014, 34(1): 136-142.
WEI Wenlong, ZENG Siyu, DU Pengfei, et al. A method for determining water pollutant discharge limit based on combination of administrative goal-oriented and environmental capacity-based total pollution load control patterns. China Environmental Science, 2014, 34(1): 136-142. (in Chinese)