

Analysis of Water Quality Changes and Influential Factors of Siya River in Huaxi University Town in Guiyang City

Hongping Wen, Zhihua Su*, Xiaoyu Jian, Lulu Wei

The School of Management Science, Guizhou University of Finance and Economics, Guiyang Guizhou
Email: *suzhuhua1219@163.com

Received: Jun. 25th, 2018; accepted: Jul. 19th, 2018; published: Jul. 26th, 2018

Abstract

The surface water samples of the Siya River were collected in December 2016, June and September 2017 respectively to determine the contents of TN, TP, COD, and their contents in the water and their distribution characteristics and influencing factors were discussed. The results showed that the mass concentrations of TN and TP in Siya River were between 0.54 and 3.6 mg·L⁻¹ and between 0.06 and 0.26 mg·L⁻¹, respectively, and the fluctuation range was relatively large. The average values were 1.17 mg·L⁻¹ and 0.21 mg·L⁻¹, respectively. Outside the sampling point S₂, the mass concentration of TN in the remaining sampling points reached the water quality requirements of Class II and Class III in three seasons. The anomalous increase at S₂ may be related to the location of the site at the embankment, which is conducive to the enrichment of TN and the immediate discharge of domestic sewage. The concentration of TP meets the water quality standard of class II - IV, which is more serious than that of TN. The COD and BOD₅ reached nearly 3 times and 1.5 times the limits of Category V, respectively, and the pollution of organic matter was very serious. The non-persistent organic matter dominated the organic matter. Domestic and human feces, leftovers and vegetable residues in domestic sewage, and litter of coastal plants are the main influencing factors of organic pollution of water bodies. In view of the pollution status of the Siya River, this paper proposes to further strengthen the legal system construction, give full play to the role of market regulation, and further increase government regulation and guidance to encourage the public to actively participate in prevention and control measures.

Keywords

Siya River, TN, TP, COD, BOD₅, Distribution Characteristics, Influencing Factors

*通讯作者。

贵阳市花溪大学城思雅河的水质变化特征及影响因素分析

文红平, 苏志华*, 简小玉, 魏露露

贵州财经大学管科学院, 贵州 贵阳

Email: *suzhigua1219@163.com

收稿日期: 2018年6月25日; 录用日期: 2018年7月19日; 发布日期: 2018年7月26日

摘要

研究小组分别于2016年12月, 2017年6月和9月采集思雅河表层水样, 测定水体中TN, TP, COD和BOD₅的含量并探讨其分布特征及影响因素。结果表明, 思雅河TN和TP的质量浓度分别在0.54~3.6 mg·L⁻¹和0.06~0.26 mg·L⁻¹之间, 波动范围较大, 平均值分别为1.17 mg·L⁻¹和0.21 mg·L⁻¹, 除了S₂采样点外, 其余采样点TN质量浓度在三个季节均达到了II类和III类水体水质的要求。S₂处的异常增大可能与该处位于堤坝处有利于TN的富集和紧邻生活污水排放口有关。TP浓度符合II~IV类水质标准, 较TN的污染严重。COD和BOD₅含量分别达到V类限值的近3倍和1.5倍, 有机物污染非常严重, 有机物以非持久性有机物为主。生活污水中的人畜粪便、剩饭和菜渣以及沿岸植物的枯枝落叶是水体有机物污染的主要影响因素。针对思雅河的污染现状, 本文提出了进一步加强法制建设, 充分发挥市场调节作用, 进一步加大政府调控引导力度和鼓励公众积极参与的防治措施。

关键词

思雅河, TN, TP, COD, BOD₅, 分布特征, 影响因素

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

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

随着工业化和城市化进程的加快以及人口的不断增加, 城市河流受到的污染日趋加重, 水质不断恶化。其中, 有机物污染和水体富营养化就是一个极为典型的污染现象[1], 已经严重影响到城市水资源可持续利用和经济发展, 并破坏了河流沿岸的自然及人文景观[2]。在此背景下, 前人在不同空间尺度上对各类水体的富营养化机理做了大量的研究, 指出氮、磷是水体富营养化主要的限制性因素[3][4], 尤其磷是限制水体中藻类生长繁殖的最主要因子。然而, 当前对水体水质的研究主要集中在城市干流流域, 对其支流研究甚少[5]。而支流作为各级中小城市的受纳水体和排污沟, 与城市有着密切的联系, 受城市居民生活的影响更为强烈, 并且对干流的水质有着较大影响。河流支流富营养化不仅会导致河流本身的经济、生态、环境功能下降, 也是导致其受纳水体(注入河流、湖泊、水库和海湾等)污染的重要原因[6]。因此, 全面了解城市次级河流氮、磷营养盐及有机污染物时空动态及富营养化状况, 有助于制定相应的

治理措施,可以有效地预警和预防城市河流水体富营养化的产生,保障城市河流功能的正常发挥。

2. 研究区概况

贵阳市花溪大学城位于贵阳市西南部、贵州贵安新区东部(图 1(a)),主要位于贵安新区党武镇范围内,境内分布有贵州师范大学和贵州财经大学等 12 所高校。思雅河是流经花溪大学城的主要河流,对花溪大学城的环境质量有显著影响,思雅河全长 10.7 km,起源于花溪区燕楼乡坝楼村,终点为花溪区贵筑办事处下板桥。思雅河所在区域为亚热带季风气候,河流补给方式为雨水补给和地下水补给,流量小、径流年变化大,有丰水期和枯水期。思雅河流经区域地势相对平坦,河流流速较缓,流经区域有 4 处堤坝,1 处人工水塘,3 处施工区。

3. 样品采集与实验分析

通过多次对思雅河进行实地考察、调研,并严格按照地表水和污水监测技术规范(HJ/T 91-2002)确定 6 个采样站位 S_1 、 S_2 、 S_3 、 S_4 、 S_5 和 S_6 ,从下游向上游依次编号(图 1(b))。分别于 2016 年 12 月(冬季)、2017 年 6 月(夏季)和 9 月(秋季)在各采样点采集表层水样,采样时同一期各监测点温度无较大差距。水样收集在 500 mL 聚乙烯瓶中,现场用硫酸固定水样,然后带回实验室分别测量 TN、P、COD 和 BOD_5 指标,样品测试在贵州大学农学院农资实验室完成。测试方法均根据《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002) [7]或《水和废水监测分析方法》[8]进行。

4. 监测指标变化特征与分析

4.1. TN、TP 变化特征及营养状态分析

2016 年 12 月至 2017 年 9 月,6 个采样点 TN 和 TP 的质量浓度分别在 $0.54\sim 3.6\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 和 $0.06\sim 0.26\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 之间,波动范围较大,平均值分别 $1.17\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 和 $0.21\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,超过了《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) III类水限($1.0\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 和 $0.2\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$),污染较为严重。除了 S_2 采样点和秋季的 S_4 采样点外,其余采样点 TN 的质量浓度在三个季节均小于 III类水限值 $1.0\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (图 2(a)),达到了 II 类水体水质的要求,表明 TN 的污染情况总体比较轻微。 S_2 采样点的 TN 质量浓度最高($3.6\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$)可能主要与该采样点位于堤坝处、生活污水排放口附近和 TN 在该处大量富集有关。除了 S_4 和 S_5 采样点,其余采样点在夏季

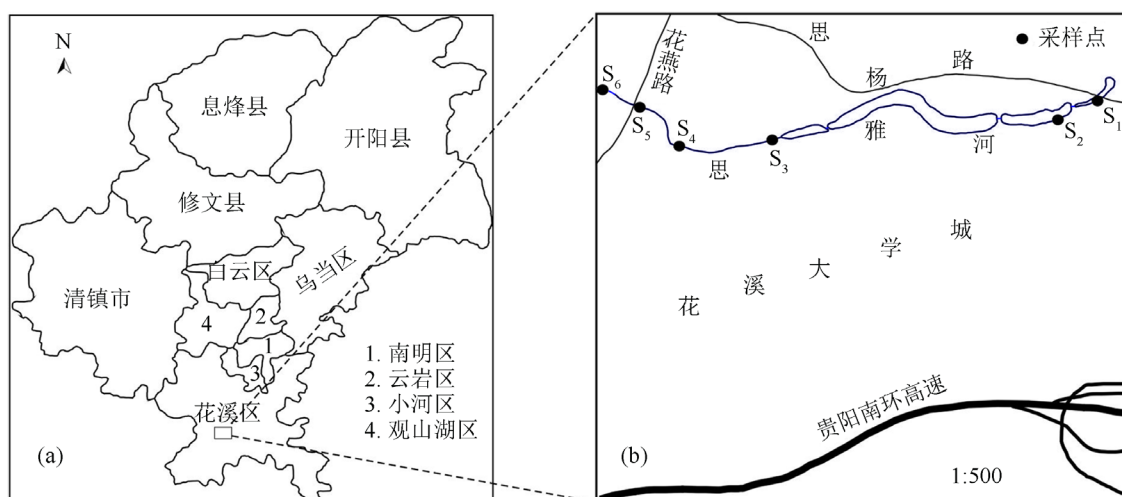


Figure 1. Guiyang municipal government district and Siya river water sample collection point
图 1. 贵阳市政区及思雅河水样采集点

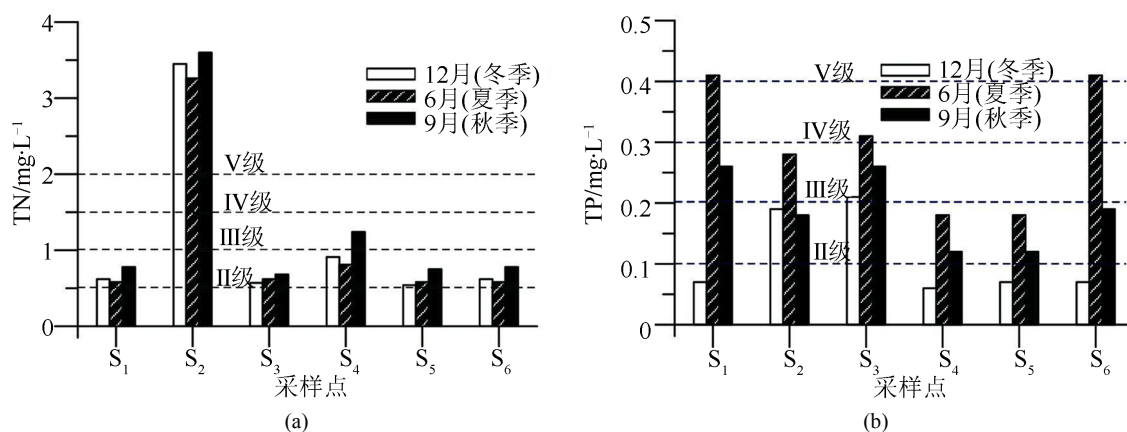


Figure 2. Temporal and spatial distribution characteristics of TN and TP in Siya River
图 2. 思雅河 TN、TP 时空分布特征

和秋季 TP 的质量浓度均接近和超过 III 类水最小允许值 $0.2 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, TP 的浓度为 IV 类和 V 类水标准, 甚至超过了 V 类的标准。TP 的污染相对于 TN 的更为严重。TN 和 TP 的平均质量浓度分别为 $1.17 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 和 $0.21 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, 远超过国际上广泛认可的发生水体富营养化的临界浓度(TN 为 $0.2 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, TP 为 $0.02 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$) [9], 尤其是磷的浓度几乎达到临界浓度的 6 倍, 表明氮、磷质量浓度完全可以满足藻类生长的需要, 一旦温度、光照、水动力等条件适宜, 藻类就可能快速生长、繁殖, 从而导致水质恶化[10]。

从不同季节来看, TN 的质量浓度在夏季略低于冬季和秋季, TP 的质量浓度在冬季显著低于夏季和秋季(图 2)。TN 的质量浓度在夏季略低的原因可能与夏季降水量大有关, 思雅河流量大, 对一定的 TN 量有较强的稀释作用[11], 这是导致 TN 的质量浓度比其它季节略低的原因。除此之外, TN 浓度在夏、秋季节较低, 也可能与水温较高有关, 水温较高时有利于水体微生物活动, 反硝化强度加大, 且藻类等浮游植物生长迅速, 消耗了迁移到水体的无机氮[12], 从而降低了水体中的营养盐, 而冬、秋季水温低, 植物、微生物对水体营养盐的利用降低, 而死亡藻类等的分解代谢及地层营养盐的释放, 均有利于表层水体营养盐浓度升高。但是, TP 的质量浓度在夏季反而最高, 与其他研究记录[13]有显著差别, 具体原因需要进一步研究。

4.2. 有机物污染特征及其影响因素

COD 是表示水中还原性物质含量的指标, 由于水中主要的还原性物质是有机物, COD 也可作为衡量水中有机物含量的指标。化学需氧量越大, 说明水体受有机物污染越严重[14]。BOD₅ 用来指示水体中有机物浓度和可生化性。思雅河水体中 COD 和 BOD₅ 质量浓度分别介于 $112.62\sim 180.62 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 和 $8.12\sim 9.66 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 之间, 平均质里浓度分别为 $114.24 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 和 $8.52 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, 大大超过了《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) V 类水最小允许值($40 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 和 $6 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$) (图 3), 尤其是 COD 的质量浓度是 V 类水限值 $40 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 的近 3 倍, 超标 200%, BOD₅ 的质里浓度超标 50%, 表明有机物污染非常严重, BOD₅ 相对较低说明水体中的有机物主要为非持久性有机物, 比较容易在微生物的作用下发生降解。这与周边的排放情况相一致: 思雅河的污染源主要为沿岸各高校和村庄的生活污水排放, 主要为厕所和厨房废水, 污水中的污染物主要为人畜粪便、剩饭和菜渣等非持久性有机物, 相对于工业排放较容易分解。

5. 治理对策

5.1. 进一步加强法制建设

1) 花溪大学城在环境保护方面的法制建设较为薄弱, 在今后的经济社会发展中应加强法制建设。对

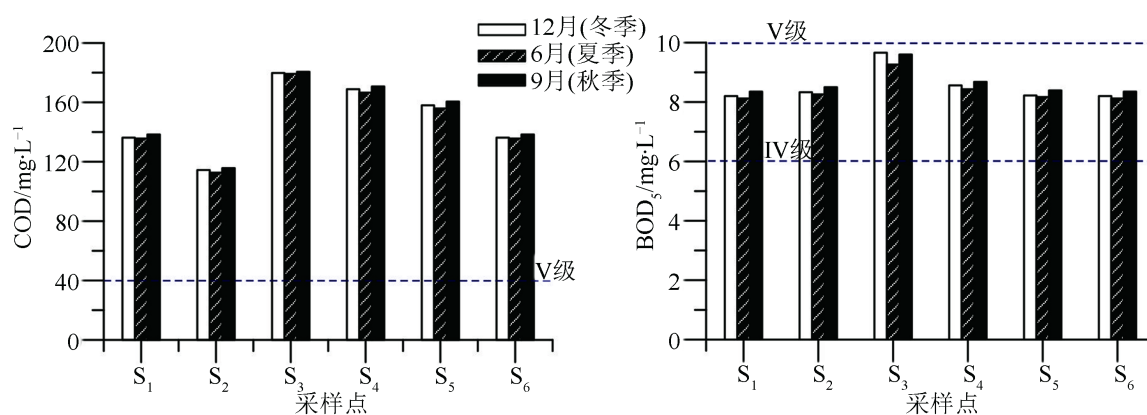


Figure 3. Spatial and temporal distribution characteristics of COD and BOD₅ in Siya River

图3. 思雅河 COD 和 BOD₅ 的时空分布特征

生态环境的破坏者应采取法律约束，并对生态环境的受益者收取一定的费用。大学城上游受到污染，对下游景区影响极大，夜郎谷作为生态环境的受益者应该对思雅河的保护作出一定的贡献；

2) 确定考核目标、考核因子和标准[15]。就思雅河来说，水的基本用途为景观用水和农业用水，因此，思雅河水体达到《地表水质量标准》(GB3838-2002)IV类水体标准即可。评价因子有 TN、TP、COD、BOD₅等，水体无黑水、无臭味也是考察的因素；

3) 确定补偿标准[16]。在思雅河的治理中，应就主要监测指标作出补偿标准，实行污染物总量控制制度。补偿费用为各补偿因子之和，补偿标准分不同时段、不同时期调整其征收标准；建立健全生态保护举报制度，鼓励人们对污染环境的行为及时上报。

5.2. 充分发挥市场调节作用

既不具有排他性也不具有竞争性的物品叫做公共物品[17]，我们把水资源这一类不具有排他性却具有竞争性的物品叫做公共资源。思雅河作为一种公共资源，市场主体一房地产开发商、餐饮业等向思雅河排放废水，并没有承担相应的治理费用。市场主体为了自己的利益尽可能多地去开发利用思雅河，最终使思雅河污染严重，影响经济社会的绿色可持续发展。因此，市场从以下几个方面进行引导，保护水环境。

1) 严格市场准入，激励高新产业落户贵安新区。大学城是高校聚集地，应限制对生态环境造成威胁的企业进入，鼓励高新技术产业进入大学城或者贵安新区发展；

2) 借力“两河两园”项目建设，治理思雅河固体废弃物及雨水与排污沟渠混合造成的二次污染。同时完善排污设施，发挥好排污管道与污水处理厂的作用，不能让污水随意排放；

3) 逐步实行阶梯水价。随着大学城人口的增加，经济的快速发展，实行阶梯水价，有利于提高个体和企业的节水观念以减少水的使用，从而减少污水排放。

5.3. 进一步加大政府调控引导力度

通过实地调查，我们发现村民就政府的相关部门的管理成效评价较低。而政府是绿色发展理念的推动者、践行者和主导者，在思雅河的保护中应建立政府调控、市场调节、公众参与的节水型社会管理体制，具体如下：

- 1) 完善排水管道基础设施，避免或减少污水排入河流，使废水得到有效处理；
- 2) 提高河流沿岸植被覆盖率，增加地表雨水的下渗量，减少废水排入河流；

3) 思雅河地势起伏较小, 水流平缓, 再加上人工筑坝拦截河水, 使得污染物长期停留在坝内, 不能自我净化或者稀释。因此, 需要定期疏通河道。

4) 稳步推进雨污分流治理[18], 逐步减少污染物进入思雅河河道。

5.4. 鼓励公众积极参与

通过调查, 我们发现村民们希望思雅河得到有效治理的同时, 又无节制地向思雅河排放污水。思雅河两岸的居民和单位只享受河流带来的效益, 却未能履行保护环境、保护河流的义务。所以需要鼓励公众积极参与思雅河的治理与保护, 具体如下:

1) 高校师生作为生态保护的受益者, 理应成为大学城生态环境保护的践行者。据调查, 大学城轻工、贵财等高校有生态环境保护俱乐部, 政府和环保部门应鼓励学生团体加入到大学城思雅河的保护中去;

2) 思雅河村民有保护思雅河的愿望, 政府相关部门可以鼓励公众参与到河流治理的实际行动中, 就保护思雅河有突出贡献者给予鼓励;

3) 对污染河流的行为实行公众监督举报制度, 提高相关部门的执法效率, 使污染河流的行为及时得到整治。

6. 结论

1) 2016年12月至2017年9月, 思雅河TN和TP的质量浓度分别在 $0.54\sim 3.6\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 和 $0.06\sim 0.26\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 之间, 波动范围较大, 平均值分别为 $1.17\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 和 $0.21\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$;

2) 除了 S_2 采样点外, 其余采样点TN质量浓度在三个季节均达到了II类和III类水体水质的要求。 S_2 处的异常增大可能与该处位于堤坝处有利于TN的富集和紧邻生活污水排放口有关。TP浓度符合II~IV类水质标准, 较TN的污染严重;

3) COD和 BOD_5 含量分别达到V类限值的近3倍和1.5倍, 有机物污染非常严重, 有机物以非持久性有机物为主。生活污水中的人畜粪便、剩饭和菜渣以及沿岸植物的枯枝落叶是水体有机物污染的主要影响因素。

4) 针对思雅河的污染现状, 本文提出了进一步加强法制建设, 充分发挥市场调节作用, 进一步加大政府调控引导力度和鼓励公众积极参与的防治措施。

基金项目

贵州财经大学2016年度在校学生科研资助项目; 贵州省科学技术基金(黔科合J字[2014]2048号)。

参考文献

- [1] Moore, J.W., Schindler, D.E., Scheuerell, M.D., *et al.* (2003) Lake Eutrophication at the Urban Fringe, Seattle Region, USA. *Ambio*, **32**, 13-18. <https://doi.org/10.1579/0044-7447-32.1.13>
- [2] 单保庆, 菅宇翔, 唐文忠, 等. 北运河下游典型河网区水体中氮磷分布与富营养化评价[J]. *环境科学*, 2012, 33(2): 352-358.
- [3] 蔡庆华, 胡征宇. 三峡水库富营养化问题与对策研究[J]. *水生生物学报*, 2006, 30(1): 7-11.
- [4] 聂泽宇, 梁新强, 邢波, 等. 基于氮磷比解析太湖苕溪水体营养现状及应对策略[J]. *生态学报*, 2012, 32(1): 48-55.
- [5] 廖剑宇, 彭秋志, 郑楚涛, 等. 东江干流水体氮素的时空变化特征[J]. *资源科学*, 2013, 35(3): 505-513.
- [6] Thieu, V., Billen, G. and Garnier, J. (2009) Nutrient Transfer in Three Contrasting NW European Watersheds: The Seine, Somme, and Scheldt Rivers. A Comparative Application of the Seneque/Riverstrahler Model. *Water Research*, **43**, 1740-1754. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2009.01.014>
- [7] 国家环境保护总局. GB 3838-2002 地表水环境质量标准[S]. 北京: 中国标准出版社, 2002.

- [8] 国家环境保护总局. 水和废水监测分析方法[M]. 第4版. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.
- [9] 罗固源, 卜发平, 许晓毅, 等. 三峡库区临江河回水区总氮和总磷的动态特征[J]. 土木建筑与环境工程, 2009, 31(5): 106-111.
- [10] 雷沛, 张洪, 单保庆. 丹江口水库典型入库支流氮磷动态特征研究[J]. 环境科学, 2012, 33(9): 3038-3045.
- [11] 檀满枝, 陈杰, 张学雷, 等. 南京市近 20 年城镇用地扩展对土壤资源数量和质量的影响[J]. 土壤学报, 2005, 42(6): 896-903.
- [12] Yan, X., Yang, R., Ti, C., *et al.* Nitrogen Budget and Riverine Nitrogen Output in a Rice Paddy Dominated Agricultural Watershed in Eastern China. *Biogeochemistry*, **106**, 489-501. <https://doi.org/10.1007/s10533-010-9528-0>
- [13] 庆旭瑶, 任玉芬, 吕志强, 等. 重庆市主城区次级河流总氮总磷污染特征分析及富营养化评价[J]. 环境科学, 2015(7): 2446-2452.
- [14] Kawabe, M. and Kawabe, M. (1997) Factors Determining Chemical Oxygen Demand in Tokyo Bay. *Journal of Oceanography*, **53**, 443-453. <https://doi.org/10.1007/BF02700745>
- [15] 李远, 彭晓春, 周丽旋. 流域生态补偿、污染赔偿政策与机制探索: 以东江流域为例[M]. 北京: 经济管理出版社, 2012.
- [16] 尤艳馨. 我国国家生态补偿体系研究[D]: [博士学位论文]. 天津: 河北工业大学, 2007.
- [17] 高鸿业. 西方经济学, 微观部分[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2014.
- [18] 李昫涛. 广州市中心城区雨污分流改造的思考[J]. 中国市政工程, 2010, 28(1): 30-31.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2332-8010, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>
期刊邮箱: wpt@hanspub.org