

# 我国京津冀地区良性水资源调控思路及应对策略

周斌<sup>1</sup>, 桑学锋<sup>2</sup>, 秦天玲<sup>2</sup>, 刘姗姗<sup>2</sup>, 严登华<sup>2</sup>

(1. 中国21世纪议程管理中心, 北京 100038;

2. 中国水利水电科学研究院流域水循环模拟与调控国家重点实验室, 北京 100038)

**摘要:**以水资源良性循环理论为基础, 针对京津冀水资源复杂问题, 提出自然水资源循环的循环通畅和社会水资源循环协同均衡的总体调控思路, 并从富自然调蓄水、污水集中与分散处理相结合、统一调控管理、消耗水管理及水市场协同发力5方面提出应对策略, 旨在实现良性水循环, 以支撑区域水资源可持续利用和绿色发展。

**关键词:**水资源; 良性循环; 可持续利用; 应对策略

中图分类号: TV213

文献标志码: A

文章编号: 1006-7647(2019)03-0006-05

**Regulation ideas and coping strategies of virtuous water resources in Beijing-Tianjin-Hebei region of China//** ZHOU Bin<sup>1</sup>, SANG Xuefeng<sup>2</sup>, QIN Tianling<sup>2</sup>, LIU Shanshan<sup>2</sup>, YAN Denghua<sup>2</sup> (1. The Administrative Center for China's Agenda 21, Beijing 100038, China; 2. State Key Laboratory of Simulation and Regulation of Water Cycle in River Basin, China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100038, China)

**Abstract:** Aiming at the complex problems of water resources in Beijing-Tianjin-Hebei region, an overall regulation and control idea based on the theory of virtuous circulation of water resources is proposed, which includes the smooth circulation of natural water resources and the cooperative equilibrium of social water resources circulation. Coping strategies are put forward in five aspects, including nature-enriched water regulation, combination of concentrated and sporadic sewage treatment, unified regulation, water consumption management, and synergetic utilization of water market. The present study is aimed at achieving virtuous circulation to support sustainable utilization of water resources and green development.

**Key words:** water resources; virtuous circulation; sustainable utilization; coping strategies

我国京津冀地区多处于干旱半干旱地区, 降水量较少, 且降水量多集中于汛期, 蒸发量较大, 水资源较为贫乏。近年来, 随着社会经济的发展, 生产用水严重挤占生态用水, 部分河流断流、湖泊湿地退化、地下水超采、水污染等问题并存。此外, 由于本地水资源量有限, 多数地区利用南水北调水、引黄水等客水, 诸多城市对外调水依赖程度过高<sup>[1-7]</sup>。

十九大提出我国当前主要矛盾是人民日益增长的美好生活需要和不平衡不充分的发展之间的矛盾, 强调遵循自然规律及生态文明体制改革; 新时代社会发展要坚持人与自然和谐共生, 树立和践行绿水青山就是金山银山的绿色发展理念, 统筹山水林田湖草系统治理。新时期相关治水思路提出为我国北方地区水资源调控提供了重要的历史机遇。本文以水资源良性循环理论为基础, 提出我国京津冀地区水资源良性循环的调控思路及应对对策。

## 1 水资源良性循环理论基础及调控思路

### 1.1 水资源良性循环理论基础

随着人类开发利用水资源强度的加大, 流域水循环系统不再是由“降水-坡面-河道-地下”等基本路径组成的自然水循环结构, 而是形成了由自然主循环与区域“取水-给水-用水-排水-污水处理-再生利用”社会侧支循环耦合而成的自然-社会二元水循环结构<sup>[8-12]</sup>, 形成相互嵌套的复杂系统。处理水资源问题, 应从水资源系统整体优化和整体协调出发, 按照系统本身所特有的性质与功能, 研究系统与环境之间、系统与各子系统之间、子系统与子系统之间、子系统与各要素之间、各要素之间的相互作用、相互依赖和相互协调的关系, 应用系统工程理论解决水资源系统问题。

### 1.2 水资源良性循环特征

水资源良性循环应具备以下4大基本特征, 即:

a. 天然性特征:天然性是水资源良性循环的资源特征,指水资源具有可再生性、资源性等特点,江河湖泊是水循环的基础载体,也是水资源良性循环的主要通道。

b. 均衡性特征:均衡性是水资源良性循环的社会特征,均衡化是水资源开发利用、服务人类的具体体现,这要求开展水体连通实现水循环驯化必须是有条件的和适度的,在人工与自然之间,一定要有个平衡,实现人水和谐。

c. 系统性特征:系统性是水资源良性循环的属性特征,指水资源具有系统、全局、整体特点,流域是自然水循环的基本单元,行政单元多为社会水循环的基本单元,从水的产汇流到开发利用,则是这两方面的结合,必须从流域和区域统筹的角度进行水资源系统建设和开发利用,方能实现水资源上下游、左右岸协同发展。

d. 安全性特征:安全性是水资源良性循环的目标特征,指良性水循环系统具备生活安全、生产安全、生态安全。

### 1.3 京津冀地区水资源特点与问题

a. 工程性控制能力强,水资源循环过程阻断。根据普查结果,京津冀地区共建成各类水库 1 193 座,总库容为 272.04 亿  $m^3$ ,修建加固各类提防 28 425.57 km,建成各类水闸 11 013 座、各类泵站 6 703 座、地下水取水井 919.6 万眼。在水利工程渐具规模,点、线连接日趋完善的情况下,京津冀地区水问题并没有得到根本解决。城市内涝频发,河北省地下水漏斗面积为全国之最,河湖水库水质日益恶化,河道断流、湖泊萎缩、湿地退化。以工程控制水为主要手段的治水模式,无法满足京津冀地区未来生态文明发展的要求。

b. 地下水超采严重,水资源循环由水平向垂直方向转变。据统计,京津地区地下水超采区面积为 8.3 万  $km^2$ ,超采量为 53.88 亿  $m^3$ ,20 世纪 80 年代以来,随着水资源的大量开发利用,河道断流时间不断延长,使流经漏斗区的河流来水量减少,河流对地下水的补给相应减少。由于超采漏斗区地下水位埋深过大,包气带厚度增加,使降水入渗过多地消耗于包气带,减少了地下水补给量,加剧了超采区的扩大。从而导致区域内的水资源循环逐渐由水平向垂直方向转换。

c. 用水总量不断增大,河湖断流及生态退化严重。近年来,随着社会经济的发展,京津冀地区供水量已达或接近红线值,社会经济用水不断挤占生态环境用水;再加上气候变化的影响,京津冀地区地表和地下水资源量均呈现减少趋势,河道断流趋势明

显。2016 年的卫星影像显示,京津冀地区 333 条河流中有 227 河流汛期断流。河北省境内的白洋淀湿地面积从 1998 年前的 25 008  $hm^2$  下降到当前的 21 573  $hm^2$ 。

d. 经济社会污染排放强度高,河湖污染不断加剧。近年来,随着工业和农业的快速发展以及城镇人口的快速增长,带来了石油类污染、纺织印染污染、城市垃圾等,加上生产生活污水的不合理处置以及农药、化肥的大量使用,造成河流污染不断加剧。京津冀地区主要位于海河流域,据统计,2000 年海河流域化学需氧量、氨氮入河量分别为 133 万 t 和 11 万 t,是水体纳污能力的 3.5 倍和 6.9 倍。目前海河流域是全国污染程度最高的流域。

### 1.4 水资源良性循环调控思路

以自然-社会二元水循环和系统工程理论为基础,从水资源良性循环 4 大特征出发,解析我国京津冀地区目前面临的水资源问题,以循环通畅、协同均衡为水资源良性循环与持续发展的调控思路,贯彻落实总书记提出的节水优先、空间均衡、系统治理、两手发力以及坚持人与自然和谐共生等治水新方略,符合京津冀协同发展战略下的水资源要求。据此制定实现水资源良性循环和持续利用调控对策如图 1 所示。

水资源具有自然、经济、社会、生态、环境 5 大属性,其中生态环境受自然与经济社会相互反馈的影响,二者反馈作用平衡是水资源良性循环的中枢,也是人与自然和谐的关键,具体包括两个方面的措施:

a. 自然水资源循环的循环通畅,其目标是通过一定措施降低水文极值过程、加强资源匹配过程,具体措施可包括富自然调蓄、污水水质提标与减排等措施。富自然调蓄的核心是恢复水的自然属性,结合节水型社会建设和最严格水资源管理的深入,减少对天然水循环的扰动;通过基础设施的优化布局,实现水循环多过程间、坡面-河道过程间、地表-土壤-地下过程间、常态过程与极端过程间的协调,充分发挥自然要素对水循环多过程的调节作用,同时通过再生水出水水质达标排放并提高回用,减少排水对生态环境的影响。

b. 社会水资源循环协同均衡,其目标是通过一定措施提高水资源利用效率与水资源的调配均衡,具体可包括水资源统一调控管理、消耗水管控、水市场协同发力等措施。通过统一调控管理措施实现水资源上下游、左右岸协同供水;通过消耗水管理实现经济社会真实节水并控制对生态环境用水的过度挤占;通过水市场协同发力实现水资源利用效率和效益的提高。

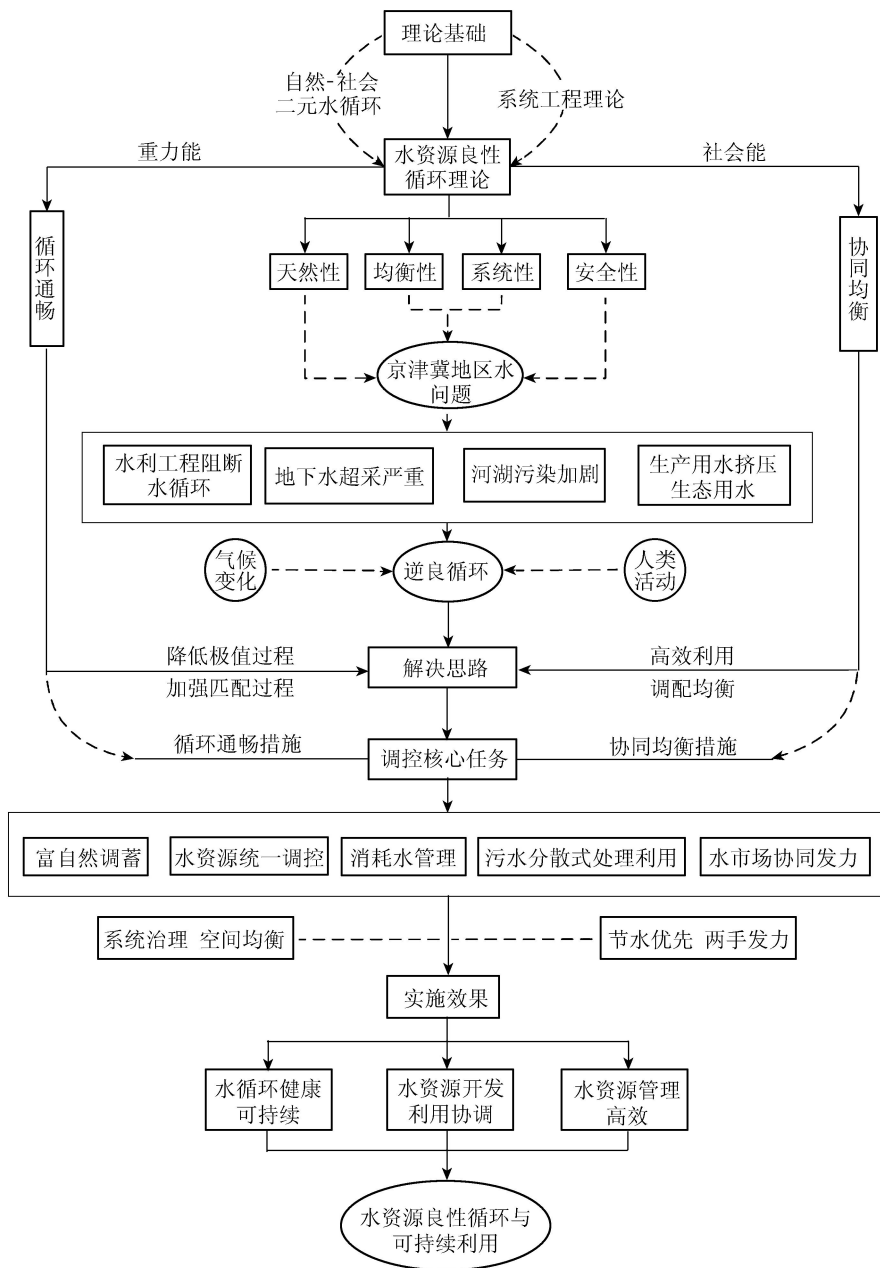


图1 水资源良性循环和可持续利用调控思路

## 2 水资源循环调控策略

### 2.1 工程控制与富自然调蓄相结合

以点(水库、闸坝)、线(河道、渠系)连接为核心的传统工程控水模式,手段单一,且存在次生的环境影响;以能量攻击能量,未能统筹考虑植被-土壤对减缓水问题的功能,不能充分发挥流域对水循环的天然调蓄作用。因此现阶段水问题治理的重点是,遵循水循环自然规律,充分发挥自然要素对水循环多过程的调节作用。通过系统布置和建设人工林草等绿色基础设施、土壤水库等棕色基础设施,结合已有水利工程建设等灰色基础设施,实现水循环多过程间,坡面-河道、地表-土壤-地下、常态与极值过程间的协调,由工程控水为主向富自然调蓄水转变。

让水和沙去其应该去的地方,让资源赋存在其应该赋存的区域。其中,绿色基础设施的建设,要充分遵循土地的适宜性,既要改善生态,又要防止过度生态建设;棕色基础设施建设,关键是合理布局坡耕地和旱田垄沟及微地貌特征,提高降水的有效性<sup>[13-14]</sup>。

### 2.2 污水集中处理向集中处理与分散处理、利用相结合

目前我国北方很多城市还存在雨污合流,大量污染物随雨水进入河湖;另一方面,由于河湖水环境纳污能力偏小,若采用国标处理污水,河流水质仍会恶化;此外,大多数区域都是集中收集处理,存在较大风险。因此我国北方京津冀地区需做以下几方面改进:①在污水收集方面,全面实行雨污分流。对于新建城区,严格实施雨污分流措施,条件适合地区可



以建设地下管廊;对于老城区,先封堵污水直排口,加大污水大户就地处理排放;在城区污染方面,按照城市规划和城中村改建规划,逐步推进雨污分流措施。②在污水处理方面,提高标准,分散处理。由过去集中统一的污水处理模式转化为分散式的处理模式,加入现代污水处理思路,例如地下污水处理厂的建设等。同时优化污水处理工艺,将污水处理标准提高一个等级,排放水质达到地表水环境质量的Ⅳ类水标准。③污水回用方面,消纳存量,消减增量。完善污水回用调配、输送及循环利用工程及配套管网,制定污水回用优惠政策,加强城镇污水处理回用,促进工业、环卫、绿化、景观等领域优先使用中水。扎实推进工业再生水循环利用工程建设,引导高耗水企业使用再生水。推进居民生活污水回用,缺水城市再生水利用率提高到25%<sup>[15-18]</sup>。

### 2.3 加强水资源统一调控管理

增强骨干供水工程及区域供水工程建设,在完善供水管网系统的基础上,要从区域全局角度出发,构建区域水资源调控的智能监控体系、智慧应用体系和支撑保障体系,对区域的水资源进行统一的调控。

a. 以行政单元为主体,完善水利信息现代化体系。加强基础设施改造,扩展水利信息传输网络,提高水利信息系统安全防御水平和基础承载能力;依托物联网技术,形成覆盖主要河湖、水利工程、水源地和取用水户的水利信息采集监测体系。

b. 区域水资源时空均衡优化统一调控。随着经济社会的不断发展和取排水量的不断增加,水资源总量、水环境容量和水生态空间约束日益显现,部分地区水资源开发利用程度已接近甚至超过了承载力,引发水源短缺、河湖生态退化及地面沉降等严重问题。当前我国北方许多地区水资源安全保障的主要矛盾已逐步从供给不足转向为负荷过大。以水资源荷载平衡为目标,通过水资源模拟与调控综合模型的仿真与核验,提出负荷均衡、空间均衡、代际均衡的流域/区域水资源配置格局和流域/区域配置方案。提高水资源与其他经济社会要素的适配性,将水压力负荷控制在水资源系统可承载范围之内,是落实国家空间均衡治水方针的具体体现<sup>[19-20]</sup>。

### 2.4 加强消耗水管理

2016年10月,水利部与国家发展和改革委员会联合颁布《“十三五”水资源消耗总量和强度双控行动方案》,说明耗水控制比取水控制更加重要,因此应从流域和区域相结合的角度,按照生态功能区划和生态文明建设的要求,研究行业用水耗水关系曲线,实行以消耗水总量为核心的取用水管理,实现

真实节水、良性循环的科学管控。在传统行业节水模式基础上,从水的用耗机理入手,加入区域水资源耗水控制总量和行业用水消耗强度指标,可以进一步强化最严格水资源管理3条红线,形成最严格水资源管理4条红线,进而倒逼区域行业节水效率和产业结构调整,实现水资源良性循环<sup>[21]</sup>。

### 2.5 部门管理与水市场协同发力相结合

水权水市场是落实中央决策部署的重大举措,是落实“两手发力”、充分发挥市场优化配置水资源作用的重要途径,是新时期落实最严格水资源管理制度的一项重要任务。要切实将思想和行动统一到中央的决策部署上来,采取有力措施,加快水权改革工作进度。尽快完成最后一公里的确权,确权到基本农户,并对一些水利工程进行确权<sup>[22-23]</sup>。

从“控制总量,盘活存量”的要求出发,积极培育水市场。鼓励通过区域水量交易解决区域间水资源的优化配置问题,在具备条件的区域尽量不再通过行政手段调剂区域用水指标。充分发挥中国水权交易所的平台作用,依托国家交易平台进行水权交易,打造互联网+水权。建设水权收储平台,对区域内的节水水权进行回购、收储,然后批量交易。

在行政单元范围内逐步实行统一水价,实行统一水价是大势所趋<sup>[24-26]</sup>,可更好地实现水资源的优化配置和统一调度。推行区域综合水价必须考虑到各地发展不均衡以及城乡差别带来的不同水价的承受能力,综合考虑以市或县为区域单位,实行多水源配置下的综合水价,结合智利、美国、澳大利亚等国家的经验,在统一水权的基础上,尽快开展基于多水源综合调配的全成本综合水价研究,制定相关价格形成机制,提出与配置方案相配套的统一水价核算方法。

## 3 结 语

基于自然-社会二元水循环理论,按照循环通畅、协调均衡的技术思路,遵循水资源循环的自然规律特点,根据水资源良性循环的4大特征,贯彻落实总书记提出的节水优先、空间均衡、系统治理、两手发力以及坚持人与自然和谐共生等治水新方略,提出我国京津冀水资源良性循环的调控思路及应对策略,旨在为新时期治水思路下水资源良性循环提供技术支撑,有效促进我国北方地区经济和社会发展。

### 参考文献:

[1] 鲍超,贺东梅. 京津冀城市群水资源开发利用的时空特征与政策启示[J]. 地理科学进展,2017,36(1):58-67. (BAO Chao, HE Dongmei. Spatiotemporal

- characteristics of water resources exploitation and policy implications in the Beijing-Tianjin-Hebei Urban Agglomeration[J]. *Progress in Geography*, 2017, 36(1): 58-67. (in Chinese))
- [ 2 ] 张盛,王铁宇,张红,等. 多元驱动下水生态承载力评价方法与应用:以京津冀地区为例[J]. *生态学报*, 2017, 37(12): 4159-4168. (ZHANG Sheng, WANG Teyu, ZHANG Hong, et al. Using a multivariate-driven model to evaluate water ecological carrying capacity: method-building and application in the Beijing-Tianjin-Ji (Hebei Province) region [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2017, 37(12): 4159-4168. (in Chinese))
- [ 3 ] 刘瑜洁,刘俊国,赵旭,等. 京津冀水资源脆弱性评价[J]. *水土保持通报*, 2016, 36(3): 211-218. LIU Yujie, LIU Junguo, ZHAO Xu, et al. Assessment of vulnerability of water resources in Beijing-Tianjin-Hebei region[J]. *Bulletin of soil and water conservation*, 2016, 36(3): 211-218. (in Chinese))
- [ 4 ] 钱正英. 中国可持续发展水资源战略研究综合报告 [C]//中国水利学会. 中国水利学会 2001 学术年会论文集. 郑州:黄河水利出版社, 2001: 5-17.
- [ 5 ] 陈志恺. 中国水资源的可持续利用 [C]//中国水利学会. 中国水利学会 2001 学术年会论文集. 郑州:黄河水利出版社, 2001: 38-40.
- [ 6 ] 夏军, 苏人琼, 何希吾, 等. 中国水资源问题与对策建议[J]. *中国科学院院刊*, 2008, 23(2): 116-120. (XIA Jun, SU Renqiong, HE Xiwu, et al. Water resources problems in China and their countermeasures & suggestions[J]. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences*, 2008, 23(2): 116-120. (in Chinese))
- [ 7 ] 汪恕诚, 人与自然和谐相处: 中国水资源问题及对策 [J]. *北京师范大学学报(自然科学版)*, 2009, 45(5): 441-445. (WANG Shucheng. Living with nature in harmony: water resources problem and counter measures in China [J]. *Journal of Beijing Normal University (Natural Science)*, 2009, 45(5): 441-445. (in Chinese))
- [ 8 ] 王浩. 协同合作缓解中国水资源问题[J]. *景观设计学*, 2017, 5(1): 40-47. (WANG Hao. Collaborative strategies to alleviate China's water resource problems [J]. *Landscape Architecture China Magazine*, 2017, 5(1): 40-47. (in Chinese))
- [ 9 ] 秦大庸, 陆垂裕, 刘家宏, 等. 流域“自然-社会”二元水循环理论框架[J]. *科学通报*, 2014, 59(4): 419-427. (QIN Dayong, LU Chuiyu, LIU Jiahong, et al. Theoretical framework of dualistic nature-social water cycle[J]. *Chinese Science Bulletin*, 2014, 59(4): 419-427. (in Chinese))
- [ 10 ] 王浩, 贾仰文. 变化中的流域“自然-社会”二元水循环理论与研究方法[J]. *水利学报*, 2016, 47(10): 1219-1226. (WANG Hao, JIA Yangwen. Theory and study methodology of dualistic water cycle in river basins under changing conditions [J]. *Journal of Hydraulic Engineering*, 2016, 47(10): 1219-1226. (in Chinese))
- [ 11 ] 王浩, 贾仰文, 牛存稳. 变化中的“自然-社会”二元水循环: 流域水循环演变机理与水资源高效利用[J]. *科技纵览*, 2017(4): 56-58. (WANG Hao, JIA Yangwen, NIU Cunwen. Dualistic water cycle in river basins under changing conditions: mechanism of basin water cycle evolution and efficient utilization of water resources [J]. *IEEE Spectrum*, 2017(4): 56-58. (in Chinese))
- [ 12 ] 王浩, 贾仰文, 杨贵羽, 等. 海河流域二元水循环及其伴生过程综合模拟[J]. *科学通报*, 2013, 58(12): 1064-1077. (WANG Hao, JIA Yangwen, YANG Guiyu, et al. Integrated simulation of the dualistic water cycle and its associated processes in the Haihe River Basin [J]. *Chinese Science Bulletin*, 2013, 58(12): 1064-1077. (in Chinese))
- [ 13 ] 桑学锋, 王浩, 王建华, 等. 水资源综合模拟与调配模型 WAS(1): 模型原理与构建[J]. *水利学报*, 2018, 49(12): 1451-1459. (SANG Xuefeng, WANG Hao, WANG Jianhua, et al. Water resources comprehensive allocation and simulation model (WAS), part I: theory and development [J]. *Journal of Hydraulic Engineering*, 2018, 49(12): 1451-1459. (in Chinese))
- [ 14 ] 马海良, 姜明栋, 侯雅如. 江苏省海绵城市建设的战略分析和路径规划[J]. *水利经济*, 2017, 35(6): 6-11. (MA Hailiang, JIANG Mingdong, HOU Yaru. Strategic analysis and path planning of constructing sponge cities in Jiangsu Province [J]. *Journal of Economics of Water Resources*, 2017, 35(6): 6-11. (in Chinese))
- [ 15 ] 高而坤. 设定水资源消耗上限严格实行用水总量控制 [J]. *中国水利*, 2016(13): 1-2. (GAO Erkun. Set the upper limit of water consumption and strictly control the total water consumption. [J]. *China Water Resources*, 2016(13): 1-2. (in Chinese))
- [ 16 ] 李海明. 农村生活污水分散式处理系统与实用技术研究 [J]. *环境科学与技术*, 2009(9): 177-181. (LI Haiming. Distributed rural sewage treatment system and practical technology [J]. *Environmental Science & Technology*, 2009(9): 177-181. (in Chinese))
- [ 17 ] 全向春, 杨志峰, 汤茜. 生活污水分散处理技术的应用现状 [J]. *中国给水排水*, 2005, 21(4): 24-27. (QUAN Xiangchun, YANG Zhifeng, TANG Qian. Development and application of decentralized treatment technology for domestic sewage [J]. *China Water & Wastewater*, 2005, 21(4): 24-27. (in Chinese))
- [ 18 ] 王建华, 翟正丽, 桑学锋, 等. 水资源承载力指标体系及评判准则研究 [J]. *水利学报*, 2017, 48(9): 1023-1029. (WANG Jianhua, ZHAI Zhengli, SANG Xuefeng, et al. Study on index system and judgment criterion of water resources carrying capacity [J]. *Journal of Hydraulic Engineering*, 2017, 48(9): 1023-1029. (in Chinese))

(下转第 17 页)