

DOI: 10.3880/j.issn.1004-6933.2019.03.008

# 基于水资源配置平衡的云南省水系连通格局效果分析

翟正丽<sup>1</sup>, 桑学锋<sup>1</sup>, 顾世祥<sup>2</sup>, 周祖昊<sup>1</sup>, 严子奇<sup>1</sup>

(1. 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;

2. 云南省水利水电勘测设计研究院, 云南 昆明 650021)

**摘要:**为分析云南省水系连通工程供水安全保障效果,结合水资源精细化管理需求,在传统水资源三次平衡方法基础上,提出“三层四级”水系连通供需平衡分析方法。分析结果表明:经济社会发展引起用水增长和水资源空间极不均衡,到2030年,水资源供需矛盾更加尖锐,仅使用域内节水挖潜措施,全省一次供需平衡缺水率40.3%,二次供需平衡缺水率20.4%,供水安全受到严重威胁。通过水系连通工程的合理布局和供水,各级连通工程建设供需平衡分析表明,四大级别连通工程建设可以使得缺水量减小到11.56亿m<sup>3</sup>,缺水率减小到5.3%,连通工程对于云南省供水安全保障具有重要作用。

**关键词:**水资源配置;水系连通;供需平衡;云南省

**中图分类号:**TV122 **文献标志码:**A **文章编号:**1004-6933(2019)03-0048-05

**Effect analysis of water system connectivity pattern in Yunnan Province based on water resources allocation balance**// ZHAI Zhengli<sup>1</sup>, SANG Xuefeng<sup>1</sup>, GU Sixiang<sup>2</sup>, ZHOU Zuhao<sup>1</sup>, YAN Ziqi<sup>1</sup> (1. State Key Laboratory of Simulation and Regulation of Water Cycle in River Basin, China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100038, China; 2. Yunnan Institute of Water & Hydropower Engineering Investigation, Design and Research, Kunming 650021, China)

**Abstract:** In order to analyze the effect of water supply security of Yunnan water system interconnection project, a method of “three layers and four levels” water system interconnection supply and demand balance analysis was proposed on the basis of traditional three times of water resources balance method combined with the demand of fine water resources management. The analysis results show that with the development of economy and society, the growth of water use and the spatial imbalance of water resources are caused. By 2030, the contradiction between supply and demand of water resources will be more acute. The water shortage rate after the first time supply and demand balance is 40.3% and that after the second time supply and demand balance is 20.4% only by using water saving measures in the region. Water supply security is seriously threatened. However, through the rational distribution and water supply of water system connection projects, the analysis of supply and demand balance of all levels of connection projects shows that the four levels of connection projects can reduce the water shortage to 1.156 billion m<sup>3</sup> and the water shortage rate to 5.3%. Connection projects play an important role in ensuring water supply safety in Yunnan Province.

**Key words:** water resources allocation; water system interconnection; supply and demand balance; Yunnan Province

经济社会跨越式发展造成很多地区的水资源需求达到或者远远超过本区域水资源承载力<sup>[1-2]</sup>,而水系连通工程则成为解决水资源短缺问题的有效措施之一。水资源三次供需平衡分析是水资源规划和管理的重要方法<sup>[3-4]</sup>,按照“先节水、后挖潜、再调水”

的思路,在节水优先的基础上首先重点考虑蓄水工程建设,再考虑连通工程建设。根据新建蓄水工程、连通工程等水利工程的地理位置、工程条件、供水范围、供水规模等实际情况,通过水资源供需平衡分析,可以确定规划供水工程实施对各单元城市生活

基金项目:国家自然科学基金(51679253,51409274);国家重点研发计划(2016YFC0401306);云南省重大水利项目(YNWRM-2012-01, YSZD-2014-001)

作者简介:翟正丽(1980—),女,高级工程师,博士,主要从事水资源与水环境调控研究。E-mail: zhaizl@iwhr.com

通信作者:桑学锋,教授级高级工程师。E-mail: sangxf@iwhr.com

(含生态)、农村生活、工业和农业分配的水量和存在的缺口,明晰区域水资源供需形势,以及各种配置措施在实践过程中的客观作用,很多学者做了大量相关的研究<sup>[5-9]</sup>。

本文以《云南省水中长期供求规划》水系连通工程为基础<sup>[10]</sup>,根据区域水系连通的功能作用<sup>[10-12]</sup>,提出水系连通四级划分方法以及“三层四级”水系连通供需平衡分析思路,从而确定各级水系连通工程的作用和效果。

## 1 水系连通效果分析

### 1.1 水系连通级别划分方法

以自然水系为基础,以重点水源工程为节点,综合考虑流域分级、行政区划与水系连通的覆盖范围和作用,研究四级河湖水系连通分级划分方法。1级连通工程为跨一级江河流域分区并对省级行政区有重要覆盖作用的连通工程;2级连通工程为一级河道干流并对地市级行政区有重要覆盖作用的连通工程;3级连通工程为跨支流水系并跨区县互连互通的连通工程;4级连通工程为跨支流水系对区县内的连通工程。通过四级水系连通工程的划分识别,可逐步分层进行水资源平衡分析,摸清分区域水系连通效果和作用,水系连通工程级别越大投资也越大、影响也越大,小一级别的连通工程能解决区域水资源问题就不用规划大一级别的连通工程;同时避免水系连通规划重叠,合理且高效利用水资源。

### 1.2 水系连通效果分析思路

在传统的三次供需平衡方法基础上,针对精确确定外调水类别和规模这一需求,提出“三层四级”水系连通供需平衡分析思路(图1)。该方法在首先开展水资源一次、二次供需平衡,分析区域节水、挖潜措施效果基础上,开展第三次四级连通供需平衡分析,对规划的1、2、3、4级水系连通工程方案进行细化配置,分析不同级别水系连通格局下区域水资源供需形势,支撑水资源精细化规划与管理。

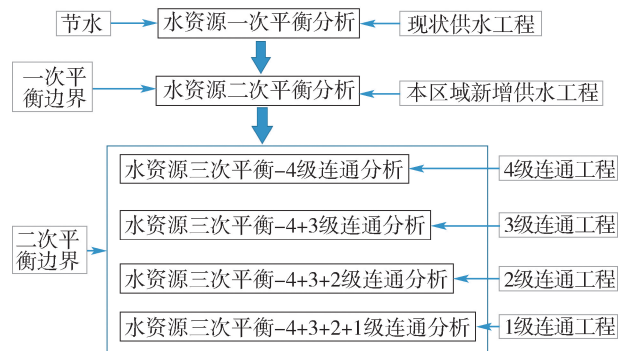


图1 基于水资源配置平衡的水系连通效果分析思路

### 1.3 云南省水资源单元划分

考虑全国水资源综合规划细则要求,结合云南省地形及区域实际情况,充分考虑已有数据资料,结合单元的自然条件及社会经济发展水平,既要突出各行政区城乡和三产面临的水资源问题,又要体现流域和水系的独立性特点<sup>[13-15]</sup>,为连通工程布局和水资源配置服务。水资源配置基本单元采用水资源五级区套乡镇进行划分。云南省共有16个州市、1332个乡镇(街道),139个五级区。根据上述原则与方法,将全省划分出2216个五级区套乡镇水资源配置单元(图2)。

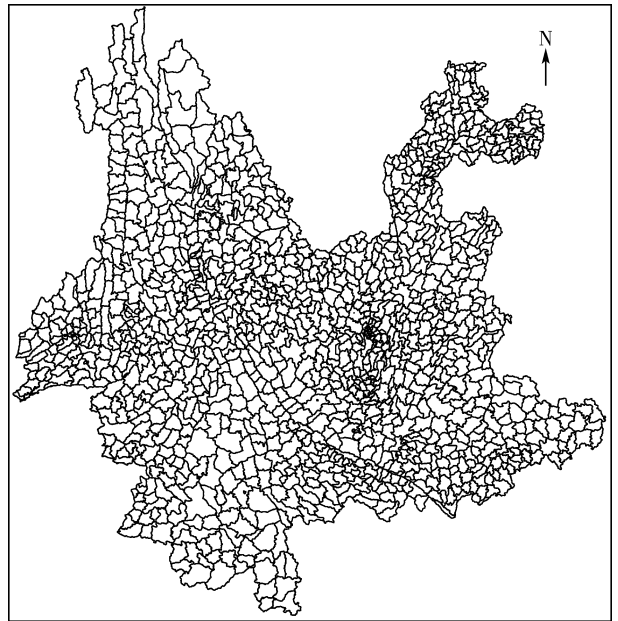


图2 云南省五级区套乡镇水资源配置单元

## 2 云南省水系连通工程规划

至2030年,规划新建233项、续建4项水系连通工程,新增供水量62.41亿 $m^3$ 。其中:1级水系连通工程新建1项(滇中引水工程),新增供水量34.03亿 $m^3$ ;2级水系连通工程新建16项、续建4项,新增供水量9.87亿 $m^3$ ;3级水系连通工程新建4项,新增供水量为1.80亿 $m^3$ ;4级水系连通工程新建212项,新增供水量16.71亿 $m^3$ 。具体每一项工程的供水量、供水范围、供水对象等资料参见《云南省水中长期供求规划》及附表<sup>[10]</sup>。

## 3 水资源配置平衡分析

考虑云南省实际水情省情,水系连通工程以保障重大干旱事件发生时的城乡饮用水安全、生产用水安全和生态用水安全为主要目的,因此本次供需平衡分析采用枯水年各供水方案下的水资源配置<sup>[12,16]</sup>,以真实分析各水系连通工程的实际效用,确保用水安全。全省水资源配置情况见表1。

表 1 云南省水资源供需平衡三层四级配置

亿 m<sup>3</sup>

项 目	全省 需水量	供水量						缺水量					
		水资源 一次平衡	水资源 二次平衡	水资源 三次平衡 4级连通	水资源 三次平衡 4+3级 连通	水资源 三次平衡 4+3+2 级连通	水资源 三次平衡 4+3+2+1 级连通	水资源 一次平衡	水资源 二次平衡	水资源 三次平衡 4级连通	水资源 三次平衡 4+3级 连通	水资源 三次平衡 4+3+2 级连通	水资源 三次平衡 4+3+2+1 级连通
城镇生活	31.92	24.78	27.44	28.03	28.60	28.71	30.66	7.14	4.48	3.89	3.31	3.20	1.25
农村生活	15.08	12.30	13.03	13.46	13.56	13.80	14.04	2.78	2.05	1.62	1.51	1.28	1.04
工 业	37.89	25.80	28.46	28.96	31.81	31.89	35.83	12.10	9.43	8.93	6.08	6.00	2.06
农 业	152.86	79.00	120.41	132.74	135.52	138.08	144.66	73.86	32.45	20.13	17.34	14.78	8.20
总 计	237.75	141.87	189.34	203.18	209.51	212.49	225.20	95.88	48.41	34.57	28.25	25.26	12.56

### 3.1 一次供需平衡分析

根据水资源一次供需平衡分析,在需求侧主要考虑通过各项节水措施,参考全国行业最严格产业用水定额,压缩各部门水资源需求的增量<sup>[4]</sup>,识别区域现状供水能力与节水模式下外延式增长的用水需求间的供需矛盾。

图 3 为水资源一次供需平衡分析后缺水量分布。水资源一次供需平衡分析结果表明,2030 年云南省需水量为 237.75 亿 m<sup>3</sup><sup>[10]</sup>,全省缺水量为 95.88 亿 m<sup>3</sup>,缺水率 40.3%,其中农业缺水 73.86 亿 m<sup>3</sup>,缺水率 48.3%;工业缺水 12.10 亿 m<sup>3</sup>,缺水率 31.9%;农村生活缺水 2.78 亿 m<sup>3</sup>,缺水率 18.5%;城镇生活缺水 7.14 亿 m<sup>3</sup>,缺水率 22.4%。按照现状的用水效率和供水能力,未来规划水平年各区基本存在缺水情况。在州市层面上,以昆明市、曲靖市、楚雄市、大理市、红河州、文山市 6 市缺水最大,均在 6 亿 m<sup>3</sup> 以上,其中昆明市缺水高达 19.35 亿 m<sup>3</sup>。

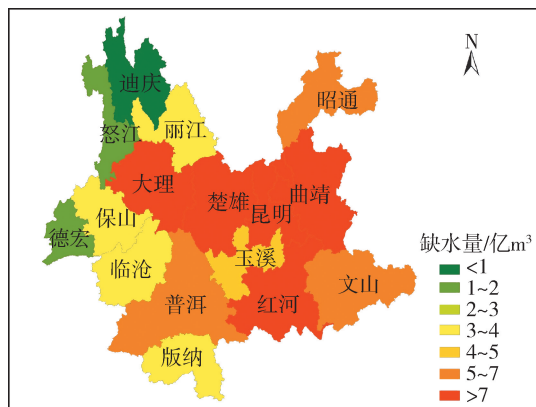


图 3 水资源一次供需平衡分析后缺水量分布

### 3.2 二次供需平衡分析

水资源二次供需平衡分析的基本思路是在水资源一次供需平衡分析的基础上,在供给侧除了立足于当前已建在建蓄引提调水工程,进一步考虑 2030 年通过本区域挖潜将要投入使用的拟建水库调蓄工程来进行水资源合理配置。

图 4 为水资源二次供需平衡分析后缺水量分

布。水资源二次供需平衡分析结果表明,2030 年全省总缺水量为 48.41 亿 m<sup>3</sup>,缺水率 20.4%,比一次平衡的总缺水率减少 19.9%。其中生活用水的供需矛盾基本解决;工业缺水缩小到 9.43 亿 m<sup>3</sup>,比上一次平衡的缺水减少 7%;农业缺水进一步缩小到 32.45 亿 m<sup>3</sup>,比一次平衡的缺水减少 27.1%。通过水资源二次平衡结果可以看出,在“十三五”期间,大力增加蓄水工程,对增强区域应对干旱能力、提高云南供水安全保障具有重大作用和意义。

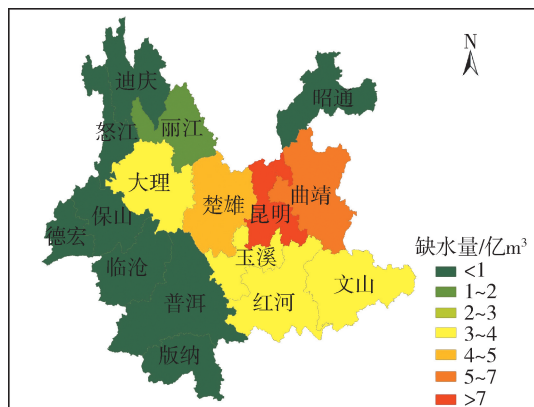


图 4 水资源二次供需平衡分析后缺水量分布

### 3.3 三次供需平衡分析

水资源三次供需平衡分析的基本思路是在水资源二次供需平衡分析的基础上,在供给侧逐级考虑 4、3、2、1 级连通工程,分析连通工程对水资源配置的作用。

#### 3.3.1 考虑 4 级连通工程

考虑 4 级连通工程的水资源供需平衡分析,是在水资源二次平衡分析的基础上,考虑 2030 年能投入使用的拟建 4 级连通工程,主要解决区县内的用水需求。

图 5 为考虑 4 级连通工程的水资源三次供需平衡分析后缺水量分布。分析结果表明,在特殊干旱条件下,2030 年全省供水达到 203.18 亿 m<sup>3</sup>,全省经济社会的总缺水量为 34.57 亿 m<sup>3</sup>,和二次供需平衡分析结果的总缺水相比减少 5.8%。由图 5 可见,滇中、滇东南各地市区县缺水情况有所改善。从

州市层面来看,昆明、玉溪、楚雄、丽江、红河、德宏等地区缺水状况有明显改善;从区县和乡镇层面上看,昆明(嵩明县)、曲靖(师宗县)、保山(腾冲市)、丽江(玉龙县、华坪县)、临沧(耿马县)、楚雄(姚安县)、红河(蒙自市、泸西县、元阳县)、德宏(芒市)等区县水资源保障有明显改善,其他区域缺水情况仍然严重。

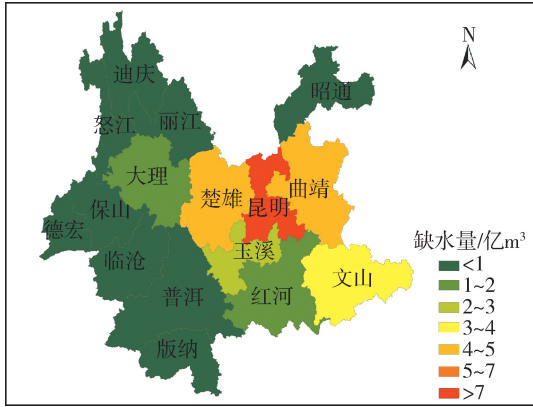


图5 考虑4级连通工程的水资源三次供需平衡分析后缺水分布

### 3.3.2 考虑4+3级连通工程

考虑4+3级连通工程的水资源供需平衡分析,是在考虑4级连通工程的水资源供需平衡分析的基础上,再考虑2030年能投入使用的拟建3级连通工程所能提供的供水量,主要是解决各地州市内各区县的供需缺水问题。

图6为考虑4+3级连通工程的水资源三次供需平衡分析后缺水分布。分析结果表明,在特殊干旱条件下,2030年全省供水达到209.51亿m³,全省总缺水量为28.25亿m³,比考虑4级连通工程的总缺水量减少2.7%,全省缺水量进一步减少。从州市层面来看,昆明、玉溪、楚雄、丽江、红河、德宏等地区缺水情况有明显改善;从区县层面上看,昆明(嵩明县)、曲靖(马龙县、师宗县)、保山(昌宁县)、

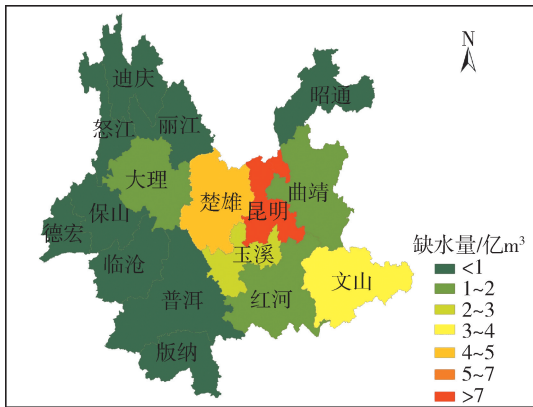


图6 考虑4+3级连通工程的水资源三次供需平衡分析后缺水分布

丽江(华坪县)、楚雄(楚雄市、大姚县)、红河(个旧市、蒙自市)等区县水资源保障有明显改善。但其他区域仍然缺水量较大,尤其是昆明(城区)、玉溪(红塔区)等地区缺水情况没有改善。

### 3.3.3 考虑4+3+2级连通工程

考虑4+3+2级连通工程的水资源供需平衡分析,是在考虑4+3级连通工程的水资源供需平衡分析的基础上,再考虑2级大中型水电站综合利用连通工程,进一步扩大区域供水能力,提高区域供水保障。

图7为考虑4+3+2级连通工程的水资源三次供需平衡分析后缺水分布。分析结果表明,在特殊干旱条件下,2030年全省供水量为212.49亿m³,全省总缺水量为25.26亿m³,全省缺水率减少到10.6%。从州市层面来看,曲靖、丽江等地区有明显改善;从区县层面上看,曲靖(麒麟区、陆良县、沾益区)、丽江(玉龙县)等区县水资源保障有明显改善,昆明(城区、晋宁区、禄劝县)、文山(砚山县、丘北县、广南县)和玉溪(红塔区)还有一定程度缺水。从行业缺水结构来看,城市供水基本得到保障(特枯年份供水保障率达到90%以上),农村供水还需进一步提高(特枯年份供水保障率在85%左右)。从缺水归因来看,文山属于工程型缺水,还有进一步挖潜的余地,可以通过继续在当地兴建蓄水工程来缓解水资源供需矛盾;昆明、玉溪属于资源型缺水问题,需要通过水系连通进行解决。

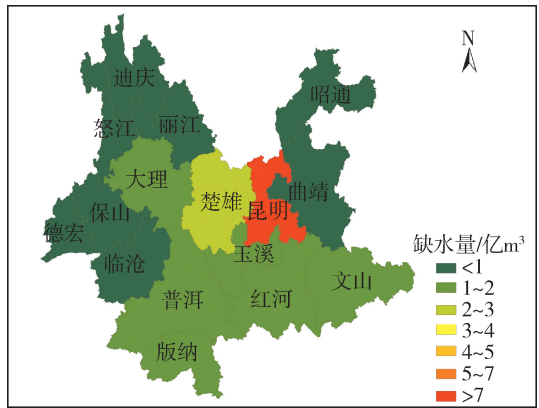


图7 考虑4+3+2级连通工程的水资源三次供需平衡分析后缺水分布

### 3.3.4 考虑4+3+2+1级连通工程

考虑4+3+2+1级连通工程的水资源供需平衡分析,是在考虑4+3+2级连通工程的水资源供需平衡分析的基础上,再考虑1级滇中引水连通工程,进一步扩大区域供水能力,提高区域供水保障能力。

图8为考虑4+3+2+1级连通工程的水资源三次供需平衡分析后缺水分布。分析结果表明,在特殊干旱条件下,2030年全省供水量为225.2亿m³,全

省总缺水量为 12.56 亿  $m^3$ , 全省缺水率减少到 5.3%。从州市层面来看,昆明、曲靖、丽江等地区有明显改善;从区县层面上看,曲靖(麒麟区、陆良县、沾益区)、丽江(玉龙县)等区县水资源保障情况有明显改善,昆明(城区、晋宁区、禄劝县)、文山(砚山县、丘北县、广南县)和玉溪(红塔区)还有一定程度缺水。从行业缺水结构来看,城市供水基本得到保障(特枯年份供水保障率达到 95% 以上),农村供水还需进一步提高(特枯年份供水保障率在 85% 左右)。从缺水归因来看,文山属于工程型缺水,还有进一步挖潜的余地,可以通过继续在当地兴建蓄水工程缓解水资源供需矛盾;昆明、玉溪属于资源型缺水问题,需要通过水系连通进行解决,加大滇中引水规模,同时还应控制产业需求,提高行业用水效率。

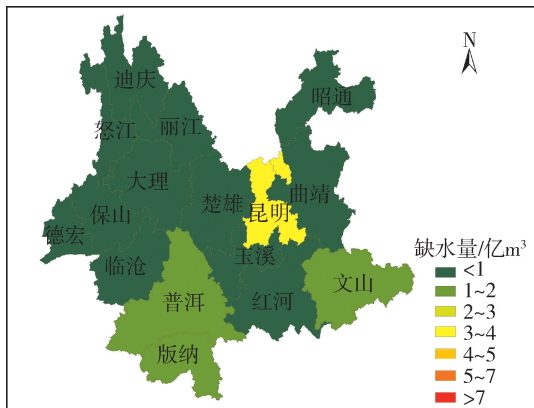


图 8 考虑 4+3+2+1 级连通工程的水资源三次供需平衡分析后水量分布

## 4 结论

a. 针对水系连通工程特点,提出水系连通四大级别划分方法和基于水资源配置平衡的水系连通效果“三层四级”分析思路,可以层次化分析区域水资源供需平衡状况以及水系连通工程效果,在一定层面上也符合水资源精细化管理要求。

b. 通过水资源“三层四级”供需平衡分析,发现随着云南省 2030 年水平年经济社会发展需水增加,由于云南高原山地特点下的水资源空间变化不均衡,导致区域缺水严重,一次供需平衡缺水率 40.3%,二次供需平衡缺水率 20.4%,供水安全受到严重威胁。

c. 根据水系连通工程的合理布局和供水配置,通过考虑 4、3、2、1 各级连通工程的 3 次水资源供需平衡分析,可以使缺水量减小到 11.56 亿  $m^3$ ,缺水率减小到 5.3%。四大级别水系连通布局建设对于云南省供水安全保障具有重要作用。

## 参考文献:

[1] 冯尚友. 水资源可持续利用与管理导论[M]. 北京:科

学出版社,2000.

- [2] 夏军,朱一中. 水资源安全的度量:水资源承载力的研究与挑战[J]. 自然资源学报,2002,17(3):262-269. (XIA Jun, ZHU Yizhong. The measurement of water resources security: a study and challenge on water resources carrying capacity [J]. Journal of Natural Resources,2002,17(3):262-269. (in Chinese))
- [3] 王浩. 我国水资源合理配置的现状和未来[J]. 水利水电技术,2006(2):7-14. (WAN Hao. Present situation and future of rational allocation of water resources in China[J]. Water Resources and Hydropower Engineering, 2006(2):7-14. (in Chinese))
- [4] 王浩. 黄淮海流域水资源合理配置[M]. 北京:科学出版社,2003.
- [5] 胡昊,董增川,李梓嘉,等. 平原区水系连通实践与思考[J]. 中国农村水利水电,2013(1):41-44. (HU Hao, DONG Zengchuan, LI Zijia, et al. Practice and consideration of river system connectivity in plain area [J]. China Rural Water and Hydropower, 2013(1):41-44. (in Chinese))
- [6] 崔广柏,陈星,向龙,等. 平原河网区水系连通改善水环境效果评估[J]. 水利学报,2017,48(12):1429-1437. (CUI Guangbo, CHEN Xing, XIANG Long, et al. Evaluation of water environment improvement by interconnected river network in plain area [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2017, 48(12):1429-1437. (in Chinese))
- [7] 周庆欣,袁丹凤,黄剑. 东方市农业灌溉与城乡供水的水系连通工程应用浅析[J]. 人民珠江,2012,33(6):43-45. (ZHOU Qingxin, YUAN Danfeng, HUNAG Jian. A brief analysis on the application of water system connectivity engineering of agricultural irrigation and urban and rural water supply in Dongfang City [J]. Pearl River,2012,33(6):43-45. (in Chinese))
- [8] ZHAO Junkai, LI Lixian, ZHANG Aishe, et al. A new approach for the health assessment of river systems based on interconnected water system networks [J]. Journal of Resources and Ecology,2017,8(3):251-257.
- [9] 赵进勇,董哲仁,杨晓敏,等. 基于图论边连通度的平原水网区水系连通性定量评价[J]. 水生态学杂志,2017,38(5):1-6. (ZHAO Jinyong, DONG Zheren, YANG Xiaomin, et al. Connectivity evaluation technology for plain river network regions based on edge connectivity from graph theory [J]. Journal of Hydroecology, 2017,38(5):1-6. (in Chinese))
- [10] 胡尊乐,汪姗,费国松. 基于分形几何理论的河湖结构连通性评价方法[J]. 水利水电科技进展,2016,36(6):24-28. (HU Zunle, WANG Shan, FEI Guosong. Evaluation method of structural connectivity for rivers and lakes based on theory of fractal geometry [J]. Advances in Science and Technology of Water Resources, 2016, 36(6):24-28. (in Chinese))

(下转第 62 页)

- (LI Falin, ZHENG Yuru, ZHENG Tao, et al. Influence of zonal grass on non-point source pollution control in orchard [J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2013, 27(3): 82-89. (in Chinese))
- [12] 付小猛, 毛加梅, 刘红明, 等. 国内外有机果园杂草管理技术研究综述[J]. 杂草学报, 2016, 34(4): 7-11. (FU Xiaomeng, MAO Jiamei, LIU Hongming, et al. Review on weed management in organic orchards at home and abroad [J]. Journal of Weed Science, 2016, 34(4): 7-11. (in Chinese))
- [13] 袁溪, 潘忠成, 李敏, 等. 雨强和坡度对裸地径流颗粒物及磷素流失的影响[J]. 中国环境科学, 2016, 36(10): 3099-3106. (YUAN Xi, PAN Zhongcheng, LI Min, et al. Influence of rainfall intensity and slope gradient on suspended substance and phosphorus losses in runoff[J]. China Environmental Science, 2016, 36(10): 3099-3106. (in Chinese))
- [14] 曾远, 张永春, 范学平. 太湖流域典型平原河网区降雨径流氮磷流失特征分析[J]. 水资源保护, 2007, 23(1): 25-27. (ZENG Yuan, ZHANG Yongchun, FAN Xueping. Characteristics of nitrogen and phosphorus loss of rainfall runoff in typical plain river-net area of Taihu Lake Basin[J]. Water Resources Protection, 2007, 23(1): 25-27. (in Chinese))
- [15] 张展羽, 王超, 杨洁, 等. 不同植被条件下红壤坡地果园氮磷流失特征分析[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2010, 38(5): 479-483. (ZHANG Zhanyu, WANG Chao, YANG Jie, et al. Characteristics of nitrogen and phosphorus losses in garden of red soil slope land under different vegetation measures [J]. Journal of Hohai University (Natural Sciences), 2010, 38(5): 479-483. (in Chinese))
- [16] 石飞, 于江华, 方华, 等. 模拟降雨下雨强对城市回填土草地径流系统中水量和污染物分配的影响[J]. 环境科学学报, 2017, 37(9): 3449-3455. (SHI Fei, YU Jianghua, FANG Hua, et al. Effects of rainfall intensity on the transport and distribution of water and pollutants in the runoff system with backfilled soil [J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 2017, 37(9): 3449-3455. (in Chinese))
- (收稿日期: 2018-07-30 编辑: 王 芳)

(上接第 38 页)

- [13] 裴丽萍. 可交易水权研究[M]. 北京: 中国社会科学出版社, 2008: 93-106.
- [14] 陈洪转, 杨向辉. 水权交易价值评估方法研究[J]. 能源技术与管理, 2007(5): 74-75. (CHENG Hongzhuan, YANG Xianghui. Study on value evaluation method of water right transaction [J]. Energy Technology and Management, 2007(5): 74-74. (in Chinese))
- [15] 韩绵绵. 水权交易的第三方效应研究[M]. 北京: 中国经济出版社, 2012: 75-97.
- [16] 田贵良, 杜梦娇, 蒋咏. 水权交易机制探究[J]. 水资源保护, 2016, 32(5): 29-33. (TIAN Guiliang, DU Mengjiao, JIANG Yong. Study on water rights trading mechanisms [J]. Water Resources Protection, 2016, 32(5): 29-33. (in Chinese))
- [17] 周晔, 陈艳萍, 吴凤平. 初始水权分配中的弱势群体初步评价[J]. 水资源保护, 2011, 27(2): 75-79. (ZHOU Ye, CHEN Yanping, WU Fengping. Preliminary study on evaluation of vulnerable groups in initial water rights allocation [J]. Water Resources Protection, 2011, 27(2): 75-79. (in Chinese))
- [18] 陈海嵩. 可交易水权制度构建探析: 以澳大利亚水权制度改革为例[J]. 水资源保护, 2011, 27(3): 91-94. (CHEN Haisong. Study on institution construction of tradable water rights: a case study of reform of tradable water rights in Australia [J]. Water Resources Protection, 2011, 27(3): 91-94. (in Chinese))
- (收稿日期: 2018-07-04 编辑: 彭桃英)

(上接第 52 页)

- [11] 云南省水利水电勘测设计研究院. 云南省水中长期供求规划[R]. 昆明: 云南省水利厅, 2013.
- [12] 马平森, 雷艳娇, 卯昌书, 等. 基于用水总量与效率控制的云南省水资源配置[J]. 水利水电科技进展, 2015, 35(1): 49-53. (MA Pingsen, LEI Yanjiao, MAO Changshu, et al. Water resources rational allocation based on total water consumption and water efficiency control in Yunnan Province [J]. Advances in Science and Technology of Water Resources, 2015, 35(1): 49-53. (in Chinese))
- [13] 李宗礼, 郝秀平, 王中根, 等. 河湖水系连通分类体系探讨[J]. 自然资源学报, 2011, 26(11): 1975-1982. (LI Zongli, HAO Xiuping, WANG Zhonggen, et al. Exploration on classification of interconnected river system network [J]. Journal of Natural Resources, 2011, 26(11): 1975-1982. (in Chinese))
- [14] 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))
- [15] 张欧阳, 熊文, 丁洪亮. 长江流域水系连通特征及其影响因素分析[J]. 人民长江, 2010, 41(1): 1-5. (ZHANG Ouyang, XIONG Wen, DING Hongliang. Drainage connectivity characteristics and influential factors of Yangtze River Basin [J]. Yangtze River, 2010, 41(1): 1-5. (in Chinese))
- [16] 顾世祥, 李俊德, 谢波, 等. 云南省水资源合理配置研究[J]. 水利水电技术, 2007(12): 54-58. (GU Shixiang, LI Junde, XIE Bo, et al. Study on reasonable allocation of water resources in Yunnan Province [J]. Water Resources and Hydropower Engineering, 2007(12): 54-58. (in Chinese))
- (收稿日期: 2018-07-05 编辑: 王 芳)