

DOI:10.3880/j.issn.1004-6933.2016.02.003

基于节水优先的水资源配置模式

向 龙,范云柱,刘 蔚,龙珂良

(河海大学水文水资源学院,江苏 南京 210098)

摘要:分析节水优先的水资源优化配置内涵,提出“节水优先,以供定需,倒逼产业格局”的思路,分析评估现状年节水水平,确定规划年节水目标,根据分行业定额法预测节水约束条件下的需水量和区域规划年需水量,并对浙江省台州市玉环县的水资源进行优化配置分析,以验证基于节水优先的水资源配置模式的可行性。结果表明,基于节水优先的水资源配置模式能大幅提高水资源利用效率,提升水资源利用的可持续性。

关键词:水资源配置;节约用水;节水潜力;供需平衡分析

中图分类号:TV213.9 **文献标志码:**A **文章编号:**1004-6933(2016)02-0009-05

Model of water resources allocation based on idea of giving priority to water-saving

XIANG Long, FAN Yunzhu, LIU Wei, LONG Keliang

(College of Hydrology and Water Resources, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: Based on the implications of optimal allocation of water resources with water-saving as a priority, the idea of water-saving priority, water demand depending on water supply, and forced industrial patterns are proposed. The current water-saving level is analyzed and assessed, the planning year's water-saving target is determined, and the water demand under saving conditions, which reflects the planning year's water demand, is forecasted according to the industry quota method. The feasibility of the proposed method was verified through its use in optimizing the allocation of water resources in Taizhou City, in Yuhuan County of Zhejiang Province. The results show that the model of water resources allocation based on the idea of giving priority to water-saving can significantly improve the efficiency of water resources utilization and enhance the sustainability of the water resources utilization.

Key words: water resources allocation; water-saving; water-saving potential; supply and demand balance analysis

水资源优化配置是实现区域水资源可持续利用的根本保证,是保障区域人口、经济、生态协调发展的准绳,对区域生产生活质量、产业结构调整及生态环境有重要的影响^[1]。水资源配置研究大致经历了从基础性的水资源评价到考虑地表水、地下水的联合配置,进而到基于区域宏观经济的水资源配置,再到基于二元水循环和面向生态的水资源配置,目前已发展到基于实时调度的水资源配置与调控和基于ET(蒸腾蒸散)的水资源整体配置^[2-6]。配置目标也从单一的供水效益最大化发展为水资源管理目

标的多属性识别,提出了多目标下的水资源合理配置^[7]。水资源的水量与水质决定了区域社会经济可持续发展的空间,这也是水资源倒逼区域经济发展格局的主要思路。浙江省提出“五水共治”战略,并在水资源供需上积极实践“三条红线”的管理制度,如何体现“节水优先”成为重要研究议题^[2]。

经济社会的快速发展对传统的水资源配置方法提出了更新、更高的要求,将节水因素考虑进配置方案,逐步成为保障区域可持续发展的一大需求。而目前传统的水资源配置过程往往弱化了节水指标

基金项目:国家自然科学基金(51309078, 51209071)

作者简介:向龙(1982—),男,讲师,博士,主要从事水资源配置和流域分布式水文模型耦合研究。E-mail: Xianglong@hhu.edu.cn.com

与节水潜力的关注,使得水资源配置与区域节水型社会建设相脱节,鉴于此,笔者结合目前国家发展现状与最新政策导向,在传统需水预测的同时,考虑区域节水指标,分析节水潜力,提出“节水优先,以供定需”的水资源优化配置模式,在水资源需求上考虑节水约束,计算水资源总量,之后在总量“红线”基础上,反过来进行规划制定,实行以供定需的水资源配置方案。

1 节水优先的水资源配置概念与内涵

1.1 考虑节水型社会需求的必要性

节水型社会是水资源高效利用、社会经济快速发展、人与自然和谐相处的社会,是生态文明建设的基础条件之一。2014年,习总书记提出“节水优先、空间均衡、系统治理、两手发力”的新时期治水思路,2015年,国务院又发布《关于印发水污染防治行动计划的通知》,其中第3条——着力节约保护水资源,从控制用水总量、提高用水效率和保护水资源3个方面对水资源的合理配置提出了更高要求,也将节约用水提到一个新的高度^[8]。在新的治水方针指导下,节水渗透到社会发展的方方面面,如果水资源配置过程中不优先考虑节约用水,将不足以反映社会发展过程中的水资源需求潜力,不能达到优化配置水资源的总体目标。

考虑节水型社会的需求,按照节水优先的水资源配置方式,有利于提高全社会的合理用水水平,减少新水的取用和不必要的废水排放。节水优先是节约社会资源、保证经济建设的必然选择,也是减少污染源、减轻供水及污水处理设施负担的有效途径,还是有效控制用水总量、提高民众文明用水意识、增强科学用水自觉性,形成水资源可持续利用良好环境的先决条件^[8]。

1.2 基于节水优先的水资源配置概念

传统的水资源配置可以定义为,在特定流域或区域内,对有限的、不同形式的水资源,按照一定的原则,通过工程与非工程措施在各用水户之间进行科学分配。其具体内涵可概括为以下几点:①配置需要明确的限制范围,在一定的区域内;②配置水源的多样性,水源须包括地表水、地下水、外调水和非常规水等;③根据配置目的及区域特点,确定一定的水资源分配原则;④配置区域内有多个用水户:生产用水户、生活用水户、生态用水户;⑤通过一定的工程和非工程措施干预水资源的天然时空分布,实现水资源高效利用;⑥配置兼顾经济目标、社会目标、生态目标^[9-10]。节水优先的水资源配置模式,是在传统水资源配置的基础上,优先考虑节水目标,根据

既定的节水指标预测规划年需水量,供需平衡优先考虑规划年非常规水源的开发利用和节水工程的建设,按照节水优先的原则制定合理的水资源配置方案。

2 节水优先的水资源配置方法

传统水资源配置方法侧重于利用工程、科技、行政和经济等手段,寻求流域或区域供水量、用水量、耗水量和排水量之间的平衡,将多种水源在多用水户之间进行调配,其配置方案遵循“三次平衡”,即在现状开发利用模式、考虑区域节水和考虑区域外调水3种情形下的供需平衡。而节水优先的水资源配置理念是,以社会经济发展良性循环为基础,按照水资源需求的轻重缓急、采用最优化原理平衡规划,从社会、经济、生态环境3类目标出发,平衡各项约束指标,确定最优配置方案。与以往配置方法的区别,主要在于需水预测时优先考虑节水目标,即节水潜力决定用水总量红线指标;预测节水指标约束下的需水总量与可供水总量分配之间的平衡方案,即以供定需的配置约束。因此,仅需进行2次供需平衡分析,分别对应于一次和二次水资源配置平衡分析。节水优先的水资源配置方案,将严格控制用水总量,倒逼产业结构转型,力求从源头上减少水污染,遏制水资源浪费现象。节水优先的水资源配置方法主要对节水指标体系的定量情况和分行业的需水约束条件进行修正,其他配置及多目标优化方法参考《水资源规划技术导则》推荐的方法。

2.1 考虑节水的需水预测方法

需水预测方法一般包括趋势分析法、时间序列法、分产业预测法和数字模型法^[11]。本次研究以分产业预测法为基础,加入节水指标约束条件,从生活、生产、生态3方面进行约束条件下的需水预测。

生活用水分为城镇生活用水和农村生活用水,生活用水量主要由人均用水定额和人口数确定,可采用以下公式计算:

$$W_{s,t} = P_t D_{s,0} (1 + i_s)^t \quad (1)$$

式中: P_t 为第 t 年城镇或农村的人口数; $D_{s,0}$ 为初始年城镇或农村的人均用水定额; i_s 为生活用水定额年增长率。

考虑节水条件后,在此公式的基础上乘上系数 α_0/α_t , α_0 、 α_t 分别为初始年和第 t 年的节水器具普及率。

生产用水又分为第一、二、三产业用水。第一产业用水主要是灌溉用水,灌溉用水量与灌溉面积和灌溉定额成正比。第一产业用水量 $W_{n,t}$ 具体计算公式为

$$W_{n,t} = g_t F_t \quad (2)$$

式中: g_t 为第 t 年单位面积的灌溉用水量,需综合考虑农作物类型、灌溉方式和灌溉制度来确定; F_t 为第 t 年灌溉面积。

第二产业用水量可以根据水资源重复利用率和万元工业增加值用水量来确定,且认为在企业设备或生产工艺流程发生变化时,生产同等数量的产品需水量呈递减趋势,具体计算公式为

$$W_{g,t} = (1 - \eta_t) / (1 - \eta_0) q_0 (1 - \alpha)^t G_{g,t} \quad (3)$$

式中: η_0 和 η_t 分别为初始年和第 t 年的水资源重复利用率; q_0 为初始年的万元工业增加值用水量; α 为万元工业增加值用水量的递减率; $G_{g,t}$ 为第 t 年第二产业增加值。

第三产业用水量的计算方法参照第二产业,不考虑水的重复利用。生态用水包括河道内和河道外生态需水。河道内生态环境需水以河道正常水深的 10% ~ 20% 作为生态需水的最小水深,河道外需水指城镇公共绿地及环境卫生等用水,根据社会发展和城市化进程逐年递增。

2.2 节水潜力计算方法

节水潜力包括农业节水潜力、工业节水潜力和城镇生活节水潜力 3 个方面,计算公式采用水利部计算公式^[12]。

a. 农业节水潜力计算公式。

$$W_n = A_0 \left(\frac{Q_0}{\mu_0} - \frac{Q_t}{\mu_t} \right) \quad (4)$$

式中: W_n 为农业节水潜力; A_0 为现状灌溉面积; Q_0 为现状年作物加权净灌溉需水定额; Q_t 为规划年作物加权净灌溉需水定额; μ_0 为现状年灌溉水利用系数; μ_t 为规划年灌溉水利用系数。

b. 工业节水潜力计算公式。

$$W_g = Z_0 (Q_0 - Q_t) \quad (5)$$

式中: W_g 为工业节水潜力; Z_0 为现状年工业增加值; Q_0 为现状年万元工业增加值取水量; Q_t 为规划年万元工业增加值取水量。

c. 城镇生活节水潜力计算公式:

$$W_s = W_0 - W_0 \frac{1 - L_0}{1 - L_t} + R J_z \cdot 365 / 1\,000 (P_t - P_0) \quad (6)$$

式中: W_s 为城镇生活节水潜力; W_0 为现状年城镇生活用水量; L_0 为现状年管网漏损率,; L_t 为规划年管网漏损率; R 为现状年城镇人口; J_z 为采用节水型器具的日节水量,这里取 30 L/(人·d); P_t 为规划年节水器具普及率; P_0 为现状年节水器具普及率。

3 实例应用

玉环县位于浙江省东南沿海黄金海岸中段,东

濒东海,南连洞头洋,西嵌乐清湾,北与温岭市接壤,地理坐标介于东经 121°05′ ~ 121°32′、北纬 28°01′ ~ 28°19′ 之间。县域由玉环本岛、楚门半岛和 135 个岛屿组成,总面积 2 279 km²,其中陆域面积 378 km²,约占县域总面积的 16.5% (图 1)。2013 年玉环县总人口为 69.8 万人,人均水资源量为 386.2 m³/人,约为浙江省平均水平的 1/4,仅相当于全国平均水平的 1/5,处于国际公认的人均 1 700 m³ 的用水紧张警戒线以下,属于重度缺水地区,接近极度缺水地区。受海岛自然条件的限制,境内无过境水,水资源基本靠天然降水补给。因此,考虑节水优先是缓解玉环县水资源紧缺的一项重要措施。



图 1 玉环县区位图

3.1 节水目标及潜力分析

2013 年,玉环县农业灌溉水利用系数为 0.65 (低于国际先进水平,综合用水效率不高),万元工业增加值用水量为 33.3 m³/万元,工业用水重复利用率仅为 40%,管网漏损率为 10.04%,城镇节水器具普及率仅为 40%。通过老旧管网改造工程,玉环县管网漏损率已有所减小,但仍有一定的节水空间^[13]。基于玉环县现状年节水水平,结合节水型城市创建要求,确定玉环县 2020 年节水目标为:农田灌溉水有效利用系数提高到 0.75,万元工业增加值用水量减少至 28 m³/万元,工业水重复利用率达 75%,城镇供水管网漏损率降至 9%,节水器具普及率达到 95%^[14] (表 1)。

表 1 玉环县现状年节水水平与规划年节水目标

年份	农业灌溉 水利用 系数	万元工业增 加值用水量/ (m ³ · 万元 ⁻¹)	工业用水 重复利用 率/%	管网漏 损率/%	城镇节水 器具普及 率/%
2013	0.65	33.3	40	10.04	40
2020	0.75	28	75	9	95

根据节水目标计算各行业需水量。农业考虑 50%、75% 和 95% 来水频率下的需水量,根据灌溉

制度确定玉环县各来水频率下的净灌溉定额分别为 3 225 m³/hm²、4 020 m³/hm² 和 5 625 m³/hm²。预计 2020 年工业增加值达到 214.1 亿元,第三产业产值 180 亿元,城镇人口 59.4 万人,用水定额 146 L/(人·d)、农村人口 14.9 万人,用水定额 118 L/(人·d)。由以上需水指标,得到 2020 年平水年、枯水年和特枯年农业需水量分别为 2 074 万 m³、2 844 万 m³、4 005 万 m³,工业用水 5 994 万 m³,第三产业用水 1 008 万 m³,城镇生活用水 3 176.2 万 m³,农村生活用水 641.8 万 m³,河道内生态环境需水 1 586 万 m³,河道外生态需水 605 万 m³。除河道内生态需水外,2020 年不同来水频率下需水总量分别为 13 499 万 m³、14 269 万 m³ 和 15 430 万 m³。

基于各项节水指标计算各行业的节水潜力,得到不同来水频率下农业节水潜力分别为 319 万 m³、398 万 m³、557 万 m³,占不同来水频率下农业需水量的 15.4%、14.0% 和 13.9%,工业节水潜力 732 万 m³,占工业需水量的 12.2%,城镇生活节水潜力 248 万 m³,占城镇生活需水量的 7.8%。玉环县各来水频率下总节水潜力分别为 1 299 万 m³、1 378 万 m³和 1 537 万 m³,见表 2。

表 2 不同来水频率下需水量与节水潜力

频率/%	需水量/万 m ³	节水潜力/万 m ³
50	13 499	1 299
75	14 269	1 378
95	15 430	1 537

3.2 节水条件下的供需平衡分析

玉环县现状供水包括常规水源与非常规水源供水,其中常规水源又包含地表水、引调水和地下水。跨区引调水和地下水可供水量不受来水频率影响,二者分别可供水 2 190 万 m³ 和 270 万 m³。平水年、枯水年、特枯年来水频率下,地表水可供水量分别为 6 006 万 m³、5 402 万 m³ 和 4 168 万 m³。非常规水源

包括再生水、海水淡化水和海水、雨水集蓄水等其他水源,其供水不受来水频率影响,分别可供水量为再生水 184 万 m³,海水淡化 800 万 m³,其他水源 10 万 m³。通过供需平衡分析可知,在现有工程条件下,玉环县 2020 年的需水将得不到满足,全县平、枯、特枯年均缺水,具体供需情况见表 3。此次供需平衡不考虑河道内生态需水,其需水量直接从河网蓄水中扣除。

在现有工程条件下,2020 年玉环县总缺水率较高,可供水量和供水保证率有待提高。结合玉环县的地理位置及水资源开发利用条件,规划年着重考虑海水淡化、中水回用、雨水集蓄等非常规水源的开发利用,并增加区域外调水。预计到 2020 年,玉环县再生水和海水淡化量将分别达到 2 190 万 m³ 和 2 340 万 m³。区域外调水方面,玉环县周边两座大型水库长潭水库和楠溪江水库供水保证率较高,考虑增加水库调水量以缓解用水紧张问题,预计 2020 年引调水量将达到 5 690 万 m³。其他常规水源方面,考虑到玉环县近年地下水水位下降、咸水入侵等环境问题,地下水不宜过分开采,其供水水平仍维持现状水平不变,地表水可供水量在河道整治和水库山塘加固后考虑适当提高。规划工程条件下水资源供需分析结果见表 4。

按照水资源需求的轻重缓急确定配置方案,从社会、经济、生态环境 3 类目标出发,供水量不能满足需水要求时需要平衡各项约束指标,以社会多目标综合效益最大化为最优目标,确定最终配置方案。玉环县在节水条件下 2020 年供水保证率可达 95%,因此,只需按照供水水源和各行业用水的水质要求进行配置。水库外调水等优质水主要用以满足生活和第三产业用水,海水淡化等非常规水主要用于工业生产,河网提水等地表水主要供给农业灌溉和林牧渔畜等用水,剩余水量用以补充河道生态用

表 3 现有工程条件下水资源供需分析结果

来水频率/%	需水量/万 m ³						可供水量/万 m ³							总缺水量/m ³	综合缺水率/%
	生活	第一产业	第二产业	第三产业	生态环境	合计	地表水	引调水	地下水	再生水	海水淡化	其他水源	合计		
50	3 818	2 074	5 994	1 008	605	13 499	6 006	2 190	270	184	800	10	9 460	4 039	29.90
75	3 818	2 844	5 994	1 008	605	14 269	5 402	2 190	270	184	800	10	8 856	5 413	37.90
95	3 818	4 005	5 994	1 008	605	15 430	4 168	2 190	270	184	800	10	7 622	7 808	50.60

表 4 规划工程条件下水资源供需分析结果

供水率/%	需水量/万 m ³						可供水量/万 m ³							总余水量/万 m ³	综合余水率/%
	生活	第一产业	第二产业	第三产业	生态环境	合计	地表水	引调水	地下水	再生水	海水淡化	其他水源	合计		
50	3 818	2 074	5 994	1 008	605	13 499	6 626	5 690	270	2 190	2 340	1 102	18 218	4 719	34.90
75	3 818	2 844	5 994	1 008	605	14 269	5 952	5 690	270	2 190	2 340	786	17 228	2 959	20.70
95	3 818	4 005	5 994	1 008	605	15 430	4 548	5 690	270	2 190	2 340	550	15 588	158	1.00

水,改善生态环境。高保证率方案下的水资源可供水总量基本能够满足行业的需水要求,并略有盈余。

考虑节水潜力后,供水规模低增长和社会经济高增长模式下,用水结构得到优化、供水保证率不变时能提高用水抗风险能力和调节能力。

通过采取节水措施和节水优先的水资源配置模式,玉环县用水效率和效益将得到显著提高,用水总量到 2020 年将控制在 15 000 万 m³ 以内,实现在人口、城镇化、国民经济等快速增长的情景下,区域用水总量保持低速、缓慢增长,基本实现节水型社会建设的总目标。与此同时,节水优先产生的生态环境效益显著,基本生态需水得到满足。通过工业节水、生活节水、农业节水等措施有效减少污染物排放量,减小社会经济用水与生态用水之间的竞争性,提高玉环县水资源与水环境承载能力,水环境质量明显改善。

4 结 语

a. 提出基于节水优先的水资源配置模式,改进了传统需水预测计算方法中的节水约束指标,计算节水约束指标下的需水量和节水潜力;以节水优先原则确定用水总量控制红线,规划供水工程规模来约束行业用水需求增长和实际供水量。结果表明,优先考虑节水更符合节水型社会的需求,将更科学地反映规划年需水量,以此为依据,可更合理地优化配置水资源,提高用水效率、改善水生态环境。

b. 以玉环县水资源优化配置为例,以设置的节水控制指标体系为约束条件,计算未来需水或用水总量规模,并通过节水潜力的评估来确定未来供水规模和水资源开发利用规模。计算结果表明,玉环县在规划条件能提高不同供水保证率下的水资源可供水量,节约了总水量,提高了整个用水体系的保证率,大幅提高了水资源的利用效率和社会效益。

c. 在优先考虑节水型社会约束指标和修正配置方法的基础上,应进一步考虑节水指标的合理取值范围,寻求用水效率红线指标的建立依据,确定“供需动态平衡”的双向水资源最优配置方案,而不是简单地用“以供定需或以需定供”模式来确定规划条件下的水资源配置。

参考文献:

[1] 吴泽宁,索丽生. 水资源优化配置研究进展[J]. 灌溉排水学报, 2004, 23 (2): 1-5. (WU Zening, SUO Lisheng. Progress of research on water resources optimization allocation [J]. Irrigation and Drainage, 2004, 23 (2): 1-5. (in Chinese))

[2] XIANG L, CUI G B, CHEN X, et al. Systematic

methodology and practice of a co-governance program for five waters in a typical area of China [J]. Water Policy, 2015, 17 (5): 804-814.

[3] 陈星,崔广柏,刘凌,等. 计算河道内生态需水量的 DESKTOP RESERVE 模型及其应用[J]. 水资源保护, 2007 (1): 39-42. (CHEN Xing, CUI Guangbo, LIU Ling, et al. The calculation of ecological water demand in river channel RESERVE DESKTOP model and its application [J]. Water Resources Protection, 2007 (1): 39-42. (in Chinese))

[4] 顾文权,邵东国,黄显峰,等. 水资源优化配置多目标风险分析方法研究[J]. 水利学报, 2008, 39 (3): 339-345. (GU Wenquan, SHAO Dongguo, HUANG Xianfeng, et al. Study on the multi objective risk analysis method for water resources optimization allocation [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2008, 39 (3): 339-345. (in Chinese))

[5] 王浩,汪林. 水资源配置理论与方法探讨[J]. 水利规划与设计, 2004 (增刊 1): 50-56. (WANG Hao, WANG Lin. Theory and method of water resource allocation, [J]. Water Conservancy Planning and Design, 2004 (Supl): 50-56. (in Chinese))

[6] 陈太政,侯景伟,陈准. 中国水资源优化配置定量研究进展[J]. 资源科学, 2013, 35 (1): 132-139. (CHEN Taizheng, HOU Jingwei, CHEN Zhun. Quantitative research on water resources optimization allocation in China [J]. Resources Science, 2013, 35 (1): 132-139. (in Chinese))

[7] 王浩,游进军. 水资源合理配置研究历程与进展[J]. 水利学报, 2008, 39 (10): 1168-1175. (WANG Hao, YOU Jinjun. Research progress on the reasonable allocation of water resources [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2008, 39 (10): 1168-1175. (in Chinese))

[8] 方子杰. 浙江践行治水新思路的再认识再实践[J]. 中国水利, 2014 (12): 13-16. (FANG Zijie. Recognition of new ideas of Zhejiang flood control practice [J]. Chinese Water Conservancy, 2014 (12): 13-16. (in Chinese))

[9] 李金燕. 基于生态优先的宁夏中南部干旱区域水资源合理配置研究[D]. 银川:宁夏大学, 2014.

[10] 高亮,张玲玲. 最严格水资源管理制度下区域水资源优化配置研究[J]. 辽宁农业科学, 2014 (3): 14-18. (GAO Liang, ZHANG Lingling. Study on the optimal allocation of regional water resources under the most stringent water resources management system [J]. Liaoning Agricultural Sciences, 2014 (3): 14-18. (in Chinese))

[11] 王海锋,贺骥,庞靖鹏,等. 需水预测方法及存在问题研究[J]. 水利发展研究, 2009, 9 (3): 19-24. (WANG Haifeng, HE Ji, PANG Jingpeng, et al. Research on water demand forecasting methods and existing problems [J]. Water Resources Development Research, 2009, 9 (3): 19-24. (in Chinese))

要原因。通过实施“五水共治”,用水总量得到控制,环境功能区达标率提升,水资源开发利用增加,从“开源”、“节流”、“纳污”3个方面解决水资源“超载”问题。可见,“五水共治”综合规划能够提高水资源承载力,实现资源生态、经济社会发展的协调统一。

参考文献:

[1] 施雅风,曲耀光. 乌鲁木齐河流域水资源承载及其合理利用[M]. 北京:科学出版社,1992.

[2] 刘晓,陈隽,范琳琳,等. 水资源承载力研究进展与新方法[J]. 北京师范大学学报(自然科学版),2014,50(3): 312-318. (LIU Xiao, CHEN Juan, FAN Linlin, et al. Progress and review of new methods in water resources capacity research[J]. Journal of Beijing Normal University(Natural Science),2014,50(3): 312-318. (in Chinese))

[3] 李林,付强. 偏最小二乘回归模型的城市水资源承载力研究[J]. 水科学进展,2006,16(6):822-825. (LI Lin, FU Qiang. Study on the city water resources capacity model with partial least-squares regression [J]. Advances in Water Science,2006,16(6):822-825. (in Chinese))

[4] 赵楠. 北京市水资源承载力与承压状态实证研究[J]. 城市发展研究,2009,16(8):10-14. (ZHAO Nan. The empirical research of Beijing water resources carrying capacity and pressure state [J]. Urban Studies,2009,16(8): 10-14. (in Chinese))

[5] 邵磊,周孝德,杨方廷,等. 基于主成分分析法和熵权法的水资源承载力及其演变趋势评价方法[J]. 西安理工大学学报,2010,26(2):170-176. (SHAO Lei, ZHOU Xiaode, YANG Fangting, et al. Research on water resources carrying capacity and evaluation method of evolution tendency based on principal components analysis and entropy weight method [J]. Journal of Xi ' an University of Technology, 2010, 26 (2): 170-176. (in

Chinese))

[6] 季妤,陆宝宏. 南京市水资源可持续利用评价[J]. 水资源保护,2014,30(1):79-83. (JI Yu, LU Baohong. Assessment of sustainable utilization of urban water resources in Nanjing [J]. Water Resources Protection, 2014,30(1):79-83. (in Chinese))

[7] 李蔚,林耿耿,赵丹丹,等. 基于主成分分析的杭州市水资源承载力评价[J]. 河海大学学报(自然科学版),2010,38(增刊2):320-323. (LI Wei, LIN Genggeng, ZHAO Dandan, et al. Hangzhou city water resources capacity evaluation based on principal component analysis [J]. Journal of Hohai University (Natural Sciences), 2012,38(sup2): 320-323. (in Chinese))

[8] 陈雯,黄长生,王宁涛. 广州市水资源承载力的主成分分析[J]. 华南地质与矿产,2013,29(4):322-326. (CHEN Wen, HUANG Changsheng, WANG Ningtao. Evaluation on water resources carrying capacity in Guangzhou City using principal components analysis [J]. Geology and Mineral Resources of South China,2013,29(4):322-326. (in Chinese))

[9] 邵磊,周孝德,杨方廷. 基于熵权和主成分分析水资源承载力评价分析[J]. 山东农业大学学报(自然科学版),2011,42(1):129-134. (SHAO Lei, ZHOU Xiaode, YANG Fangting. Entropy and principal components analysis-based study on water resources carrying capacity [J]. Journal of Shandong Agricultural University (Natural Sciences),2011,42(1):129-134. (in Chinese))

[10] 袁伟,楼章华,田娟. 富阳市水资源承载力综合评价[J]. 水利学报,2008,39(1):103-108. (YUAN Wei, LOU Zhanghua, TIAN Juan. Comprehensive evaluation of water resources carrying capacity in Fuyang City [J]. Journal of Hydraulic Engineering,2008,39(1):103-108. (in Chinese))

(收稿日期:2015-08-05 编辑:彭桃英)

+++++

(上接第 13 页)

[12] 马素英,李月霞,白振江. 节水潜力计算方法分析与比较[J]. 河北水利,2008(8):41-43. (MA Suying, LI Yuexia, BAI Zhenjiang. Analysis and comparison of the calculation method of water-saving potential power [J]. Hebei Hydraulic Calculation of Water Saving Potential, 2008(8):41-43. (in Chinese))

[13] 郭大本. 节水型社会建设的目标任务和实施[J]. 水利科技与经济,2014(3):1-4. (GUO Daben. The goals and tasks of water-saving society construction and

implementation [J]. Water Conservancy Science and Technology and Economy, 2014(3):1-4. (in Chinese))

[14] 吴炜,施六林,王艳,等. 国内外农业设施节水现状及展望[J]. 安徽农业科学,2015(1):104-105. (WU Wei, SHI Liulin, WANG Yan, et al. The present water-saving situation of the domestic and foreign agricultural facilities and its prospect [J]. Anhui Agricultural Science, 2015(1):104-105. (in Chinese))

(收稿日期:2015-12-28 编辑:彭桃英)