

过境水对南京市水资源承载能力的影响程度分析

李冰¹,董增川¹,王聪聪²,鲍庆煜³,冯胜男²,纪小敏²

(1. 河海大学水文水资源学院,江苏南京 210098; 2. 江苏省水文水资源勘测局,江苏南京 210029;
3. 江苏省水文水资源勘测局南京分局,江苏南京 210000)

摘要:过境水资源是沿江沿河地区社会经济发展用水的重要来源。定量确定过境水资源对沿江沿河地区的水资源承载能力的影响程度,为沿江沿河地区的水资源利用政策的制定提供依据,对保障沿江沿河地区社会经济稳定、良好发展有着重要的作用。构建基于耗水的水资源承载能力计算模型,并以南京市为研究对象,分别计算 2015、2030 年考虑过境水资源的南京市水资源承载能力和基于本地水资源的南京市水资源承载能力。分析各来水频率下过境水资源对南京市水资源承载能力的影响情况。结果表明:在日益增长的社会发展需求下,2015 年南京市现有过境水资源状况对南京市水资源承载能力影响占比 0.51,但随着社会经济发展,南京市过境水资源对全市水资源承载能力的影响程度将在 2030 年增长到 0.59。

关键词:过境水;水资源承载能力;本地水;影响程度;南京市

中图分类号:TV213 **文献标志码:**A **文章编号:**1003-9511(2020)01-0074-06

我国水系十分发达,许多重大城市都在大江大河附近,沿江沿河地区经济水平以及人口规模都处于较高水平,沿江沿河地区的过境水资源在其发展中起着重要作用^[1]。其中,作为我国第一大河的长江沿线就有诸多依赖过境水资源的城市。长江经济带 2016 年 GDP 达 33 万亿元,占全国经济总量的 43.1%。长江经济带的城市大多由过境水资源作为主要水资源进行供给。南京市作为典型的依赖过境水资源的城市^[2],市区内绝大部分用水取用长江的过境水资源。过境水资源是指流经一个区域的外来水资源,又称客水。过境水资源易受上游来水水量和质量的影响,具有不稳定的特点。研究一个地区在过境水资源发生紧急状况(如洪涝灾害、突发污染事件等情况)时是否可通过本地水资源暂时支撑地区的社会经济发展是十分必要的。但学者对过境水(客水)的研究主要集中于客水对于本地水体污染物及富营养化的影响研究^[3]以及客水对本地水资源水质的影响研究^[4],对于过境水资源对区域水资源承载能力影响的研究较少,且缺乏定量计算过

境水资源对于地区水资源承载能力的影响。笔者选取南京市作为研究对象,结合水资源承载能力的概念^[5],分析过境水资源与本地水资源支撑本地经济社会生活的能力,分析若过境水资源出现紧急突发情况时仅靠本地水资源是否能暂时支撑地区经济社会正常发展。自 20 世纪 80 年代起,我国水资源承载能力的研究已经历了 30 多年的实践^[6-7],现学界普遍认为水资源承载能力是反映区域水资源承载能力的阈值^[8],这个阈值往往由系统动力学或多目标决策分析计算得到。虽然这两者具有不同的内涵,但均切实反映区域水资源对经济社会的支撑水平。水资源承载能力的研究方法^[9]多种多样,包括系统动力学^[10]、多目标决策分析^[11]、综合评价等方法^[12-13]。笔者构建了基于耗水的水资源承载能力计算模型,以各计算单元用水部门耗水量与水资源可利用量以及用水效率为模型切入点,从水资源量、社会经济、水环境 3 个方面考虑各情境下水资源所能承载的人口与社会经济情况。

基金项目:江苏水利科技重点项目(2016003)

作者简介:李冰(1995—),男,硕士研究生,主要从事水资源管理与规划研究。E-mail: libing7237@126.com

通信作者:董增川(1963—),男,教授,主要从事水资源管理与规划研究。E-mail: zcdong@hhu.edu.cn

1 南京市概况及过境水情况

1.1 南京市概况

南京市位于江苏省西南部,市域形状略呈南北长条形,市域总面积 6582 km²,属北亚热带湿润气候类型,多年均降水量 1 090.4 mm。全市多年平均水资源量 31.10 亿 m³ (1998—2015 年)。2015 年末,全市常住人口 823.59 万人,全市户籍总人口为 653.40 万人。2015 年全年实现地区生产总值 9 720.77 亿元,人均 GDP 为 11.81 万元。2015 年三次产业结构比例为 2.4:40.3:57.3。2015 年全市实际用水总量 40.24 亿 m³,小于全市用水总量控制指标 (45 亿 m³)。

1.2 南京市过境水资源情况

根据南京市实际情况,以行政区为单元,将河道概化成长江、滁河、水阳江等河道对南京市水资源进行概化,具体南京市各行政分区的水资源概化图详见图 1。南京市地处长江、水阳江、秦淮河、滁河下游,过境水资源丰富,根据 2010—2015 年《南京市水资源公报》,南京市平均过境水资源量为 8 874.56 亿 m³,其中长江的过境水资源量为 8 813.18 亿 m³,水阳江过境水资源量为 48.20 亿 m³,滁河过境水资源量为 13.18 亿 m³。

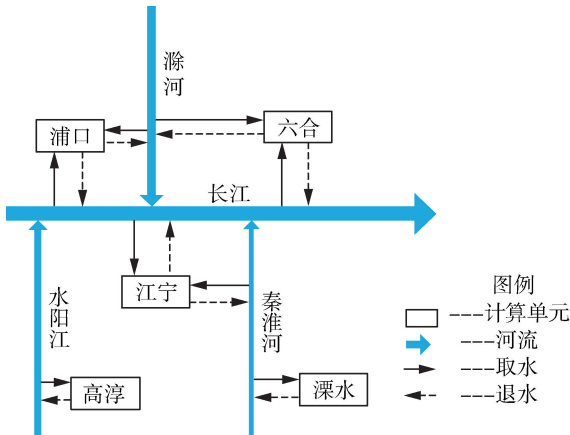


图 1 南京市各行政区取退过境水概化图

本文数据均来源于《南京市水资源公报》(2005—2015 年)、《南京市水资源总体规划》《南京市水资源保护规划(2015—2030 年)》《南京市统计年鉴》(2005—2015 年)等规划、公报。

2 基于耗水的水资源承载能力计算模型

为明晰社会经济发展过程中,生活、生产、生态 3 个用水部门联系,笔者从水资源量、社会经济、水环境 3 个方面考虑,设定约束条件,建立水资源系

统、社会经济系统、生态环境系统相互关联与制约的水资源承载能力多目标量化计算模型^[8]。模型目标包括人口目标、经济目标、生态环境目标;约束条件包括水量约束、限排总量约束和社会经济约束等。

2.1 模型目标

a. 人口目标:水资源承载人口最大。

$$\max f_1 = \sum_{k=1}^k X_p^k \quad (1)$$

式中: $\max f_1$ 为水资源承载人口最大的目标; X_p 为 k 单元的计算人口,万人。其中计算 k 单元有南京市、浦口区、江宁区、六合区、溧水区、高淳区共 6 个单元。

b. 经济目标:水资源承载的国内生产总值最大。

$$\max f_2 = \sum_{k=1}^k X_g^k \quad (2)$$

式中: $\max f_2$ 为水资源承载国内生产总值最大的目标; X_g 为 k 单元的国内生产总值,万元。

c. 生态环境目标:COD 排放量最小。

$$\min f_3 = \sum_{k=1}^k X_c^k \quad (3)$$

式中: $\min f_3$ 为水 COD 排放量最小的目标; X_c 为 k 单元的 COD 排放量,t。

2.2 约束条件

2.2.1 水量约束

南京市各个计算单元社会经济发展用水量不大于用水总量。

$$P_k < W_k \quad (4)$$

$$\sum_{k=1}^k P_k < \max W \quad (5)$$

式中: P_k 为 k 单元 t 时段 i 用户的社会发展用水量,万 m³; W_k 为 t 时段通过 k 单元 i 用户的用水量,万 m³; $\max W$ 为 k 单元的用水总量限制,万 m³。其中, i 用水用户分为各计算单元中生产、生活、生态环境 3 个用水部门。

2.2.2 限排总量约束

南京市各个计算单元污染物排放量小于其相应的限排总量。

$$\sum_{k=1}^k X_c^k < \max COD \quad (6)$$

式中: $\max COD$ 为 k 单元 COD 限排总量,t; X_c^k 为 k 单元 i 用水户的 COD 排放量,t;总 COD 排放分为点源 COD 排放与面源 COD 排放量计算,具体公式为

$$X_C^k = X_D^k + X_M^k \quad (7)$$

式中: X_D^k 为 k 单元的点源 COD 排放量,t; X_M^k 为 k 单元的面源 COD 排放量,t。

a. 点源污染 COD 排放量为

$$X_D^k = \left(X_1^k \frac{1 - a_1^k}{a_1^k} + X_3^k \frac{1 - a_3^k}{a_3^k} \right) (1 - \beta) A_1 + X_2^k \frac{1 - a_2^k}{a_2^k} (1 - \beta) A_2 \quad (8)$$

式中: X_1^k 为第 k 个计算单元城镇生活用水量,万 m^3 ; a_1^k 为第 k 个计算单元城镇生活耗水率; X_2^k 为第 k 个计算单元三产用水量,万 m^3 ; a_3^k 为第 k 个计算单元第三产业耗水率; X_3^k 为第 k 个计算单元二产用水量,万 m^3 ; a_2^k 为第 k 个计算单元第二产业耗水率; β 为城镇污水处理系数; A_1 为城镇生活用水经污水处理后的 COD 质量浓度,t/ m^3 ; A_2 为第二产业用水经污水处理后的 COD 质量浓度,t/ m^3 。

b. 面源污染 COD 排放量为

$$X_M^k = \frac{X_4^k A_4 \beta_4}{a_4^k} + \frac{x_5^k A_5 \beta_5}{a_5^k} + \frac{X_6^k A_6 \beta_6}{a_6^k} + X_7^k A_7 \beta_7 \quad (9)$$

式中: a_4^k, a_5^k, a_6^k 为第 k 计算单元种植业亩均耗水量、渔业亩均耗水量、单位牲畜耗水量,万 m^3 /亩; A_4, A_5, A_6, A_7 分别为第 k 计算单元种植业、渔业、畜牧业、农村生活 COD 产生系数; $\beta_4, \beta_5, \beta_6, \beta_7$ 分别为第 k 计算单元种植业、渔业、畜牧业、农村生活 COD 的入河率; $X_4^k, X_5^k, X_6^k, X_7^k$ 为第 k 计算单元种植业耗水量、渔业耗水量、畜牧业耗水量、农村生活耗水量,万 m^3 。

2.2.3 社会经济约束

a. 城镇人口约束:城镇人口规模不得超过预测城镇化率下的人口值。

$$X_{up}^k \leq X_p^k C_k \quad (10)$$

式中: X_{up}^k 为 k 单元的城镇人口数,万人; C_k 为第 k 个计算单元的人口城镇化率。 k 单元的人口数为

$$X_p^k = X_{up}^k + X_{cp}^k = \frac{H_1^k}{365\gamma_1^k} + \frac{H_2^k}{365\gamma_2^k} \quad (11)$$

式中: X_{cp}^k 为 k 单元的农村人口数,万人; H_1^k 为城镇生

活耗水量,万 m^3 ; H_2^k 为农村生活耗水量,万 m^3 ; γ_1^k 为城镇人均日生活耗水量,单位: m^3 ; γ_2^k 为农村人均日生活耗水量,单位: m^3 。

b. 人均 GDP 约束为

$$\sum_{k=1}^k X_g^k \geq A_p \quad (12)$$

式中: X_g^k 为 k 单元的 GDP 值; A_p 为人均 GDP 发展下限值。

c. 产业结构约束为

$$\min r_2^k < r_2^k < \max r_2^k \quad (13)$$

$$\min r_3^k < r_3^k < \max r_3^k \quad (14)$$

式中: r_2^k, r_3^k 分别为 k 单元二产占比和三产占比; $\min r_2^k, \max r_2^k$ 分别为 k 单元二产占比上下限; $\min r_3^k, \max r_3^k$ 分别为 k 单元三产占比上下限。

模型采用混沌粒子群方法求解^[14]。模型包含人口规模、社会经济规模、生态环境 3 个不同目标,笔者在求解模型时衡量了各目标的重要程度,确定了各目标占综合目标权重,将多目标分析转换为单目标问题。其中,目标权重分别为 0.33。

3 计算与分析

计算情景分为基于本地水资源的南京市水资源承载力计算情景和考虑过境水资源的南京市水资源承载力计算情景,计算年份选取现状年 2015 年和规划年 2030 年,其中各年份又考虑了 50%、75% 和 90% 的来水频率。

3.1 考虑过境水的南京市水资源承载力计算结果

通过计算得到了南京市 2015 年、2030 年各来水频率下仅基于本地水资源的水资源承载能力的计算结果,详见表 1、表 2;2015 年、2030 年各来水频率下考虑过境水资源的水资源承载能力的计算结果,详见表 3、表 4。

表 1 2015 年南京市本地水资源承载力计算结果

计算单元	现状人口 /万人	现状 GDP /亿元	来水频率为 50%		来水频率为 75%		来水频率为 90%	
			承载人口/万人	承载 GDP/亿元	承载人口/万人	承载 GDP/亿元	承载人口/万人	承载 GDP/亿元
市区	451.16	4993.52	217.94	2412.19	160.98	1781.78	102.22	1131.36
浦口	74.94	822.3	94.19	1033.57	89.70	984.25	49.51	543.24
江宁	119.14	1652.52	173.01	2399.72	113.69	1577.01	80.81	1120.82
六合	93.44	951.04	42.92	436.85	27.32	278.10	19.17	195.13
溧水	42.44	603.94	56.43	802.98	41.56	591.46	30.44	433.17
高淳	42.47	564.51	44.07	585.74	34.54	459.08	28.79	382.66
合计	823.59	9587.83	628.56	7317.38	467.80	5445.93	310.93	3619.73

表 2 2015 年南京市考虑过境水资源的水资源承载能力计算结果

计算单元	现状人口/万人	现状 GDP/亿元	来水频率为 50%		来水频率为 75%		来水频率为 90%	
			承载人口/万人	承载 GDP/亿元	承载人口/万人	承载 GDP/亿元	承载人口/万人	承载 GDP/亿元
市区	451.16	4993.52	433.64	4799.53	433.64	4799.53	433.64	4799.53
浦口	74.94	822.3	200.48	2199.86	200.48	2199.86	200.48	2199.86
江宁	119.14	1652.52	198.95	2759.55	198.95	2759.55	198.95	2759.55
六合	93.44	951.04	290.38	2955.56	272.16	2770.09	241.97	2462.82
溧水	42.44	603.94	87.23	1241.32	87.23	1241.32	87.23	1241.32
高淳	42.47	564.51	64.67	859.53	64.67	859.53	64.67	859.53
合计	823.59	9587.83	1275.35	14846.98	1257.13	14629.88	1226.94	14322.61

表 3 2030 年南京市本地水资源承载能力计算结果

计算单元	预测人口/万人	预测 GDP/亿元	来水频率为 50%		来水频率为 75%		来水频率为 90%	
			承载人口/万人	承载 GDP/亿元	承载人口/万人	承载 GDP/亿元	承载人口/万人	承载 GDP/亿元
市区	557.07	19445.91	152.34	5317.88	113.08	3947.31	71.80	2506.33
浦口	92.53	2673.03	62.27	1798.86	59.59	1721.35	32.89	950.08
江宁	147.11	5429.05	84.65	3124.16	78.9	2911.84	57.41	2118.71
六合	115.38	2919.84	66.43	1681.21	42.49	1075.41	29.82	754.57
溧水	52.40	1942.04	39.21	1453.19	36.76	1362.32	26.92	997.90
高淳	52.44	1821.73	29.30	1017.75	28.40	967.34	25.68	892.23
合计	1016.93	34231.63	434.20	14393.05	359.22	11985.57	245.53	8264.76

表 4 2030 年南京市考虑过境水资源的水资源承载能力计算结果

计算单元	预测人口/万人	预测 GDP/亿元	来水频率为 50%		来水频率为 75%		来水频率为 90%	
			承载人口/万人	承载 GDP/亿元	承载人口/万人	承载 GDP/亿元	承载人口/万人	承载 GDP/亿元
市区	557.07	19445.91	301.25	10515.91	301.25	10515.91	301.25	10515.91
浦口	92.53	2673.03	195.82	5656.90	195.82	5656.90	195.82	5656.90
江宁	147.11	5429.05	130.94	4832.32	130.94	4832.32	130.94	4832.32
六合	115.38	2919.84	326.60	8265.37	321.60	8138.83	298.60	7556.77
溧水	52.40	1942.04	60.34	2236.15	60.34	2236.15	60.34	2236.15
高淳	52.44	1821.73	45.39	1576.91	45.39	1576.91	45.39	1576.91
合计	1016.93	34231.63	1060.34	33083.56	1055.34	32957.02	1032.34	32374.95

南京市 2015 年、2030 年的水资源承载能力计算结果显示,2015 年、2030 年仅基于本地水资源的情况下各区域各来水频率的水资源承载能力主要约束均为水量,故随着来水频率的增加,来水量减少,水资源承载能力呈减小趋势,其中 2015 年仅基于本地水资源情况下承载能力最大的区域为市区,承载能力最小的区域为六合区;2030 年仅基于本地水资源情况下承载能力最大的区域为市区,承载能力最小的区域为高淳区。

南京市 2015 年、2030 年考虑过境水资源的情况下仅六合区各来水频率下的水资源承载能力主要约束为水量,其余各区域各来水频率下水资源承载能力的主要约束均为水质情况,故各年限制排污水平不随来水频率而改变,故各来水频率可承载人口和 GDP 不变。总体时间尺度上,无论是仅基于南京市本地水资源还是考虑过境水资源,随着时间的推移,除了六合区外各区域可承载人口呈减小趋势,可承载 GDP 呈增加趋势。

3.2 南京市过境水资源对全市水资源承载能力的影响程度

根据上节的计算结果,计算 2015 年与 2030 年

各来水频率下过境水资源对南京市水资源承载能力的影响程度,计算结果详见表 5、表 6。

表 5 2015 年南京市过境水资源对水资源承载能力的影响程度

计算单元	来水频率		
	50%	75%	90%
市区	0.50	0.63	0.76
浦口	0.53	0.55	0.75
江宁	0.13	0.43	0.59
六合	0.85	0.90	0.92
溧水	0.35	0.52	0.65
高淳	0.32	0.47	0.55
合计	0.51	0.63	0.75

表 6 2030 年南京市过境水资源对水资源承载能力的影响程度

计算单元	来水频率		
	50%	75%	90%
市区	0.49	0.62	0.76
浦口	0.68	0.70	0.83
江宁	0.35	0.40	0.56
六合	0.80	0.87	0.90
溧水	0.35	0.39	0.55
高淳	0.35	0.37	0.43
合计	0.59	0.66	0.76

南京市过境水资源对全市水资源承载能力影响计算结果显示,总体上,随着水平年来水量的减小,南京市过境水资源对南京市水资源承载能力的影响不断增加,随着时间的推移,各区域过境水资源对区域水资源承载能力的影响呈现出不同趋势,其中,六合区、浦口区随时间推移呈现出过境水资源对水资源承载能力的影响程度减小趋势;浦口区、江宁区、高淳区呈现出过境水资源对水资源承载能力的影响程度增大趋势;市区呈现出过境水资源对水资源承载能力的影响程度变化不大趋势。其中,2015年六合区90%来水频率的过境水资源对水资源承载能力的影响最大,为0.92;江宁区50%来水频率下的过境水资源对水资源承载能力的影响程度最小,为0.13。2030年六合区90%来水频率的过境水资源对水资源承载能力的影响最大,为0.90;其中,2030年江宁区、溧水区、高淳区50%来水频率下的过境水资源对水资源承载能力的影响最小为0.35,是因为该来水频率下江宁区、溧水区、高淳区的水资源承载能力限制因素为水质情况,所以过滤水资源量对上述三个区域的水资源可承载人口的影响程度最小。

3.3 计算结果分析

3.3.1 仅考虑本地水资源的承载能力分析

根据表1与表3计算结果,仅考虑本地水资源,南京市各区域在各年份来水频率下超载主要约束均为水量。2015年各来水频率下,市区、六合区现状人口均大于可承载人口;浦口区、江宁区、溧水区、高淳区均在50%来水频率下可承载人口大于现状人口,其余来水频率情况中仅浦口在75%来水频率下可承载现状人口,其余各区在75%与90%来水频率下可承载人口均小于现状人口。在不考虑过境水资源的情况下,南京市本地水资源在2015年较难承载全市人口;2030年随着南京市社会规模的扩大,用水量呈增加趋势,故2030年各区各来水频率下均难以承载2030年的预测人口。仅考虑本地水资源,南京市2030年将处在严重超载状态。

通过比较可知,基于本地水资源的南京各分区水资源可承载人口随着社会经济的进一步发展而减小。南京市现有本地水资源很难支撑全市社会经济的稳定发展。对于全市,若不考虑过境水资源,仅依靠本地水资源,南京市全市现状人口已处于严重超载情况。

3.3.2 考虑过境水资源的承载能力分析

根据表2与表4的计算结果,在2015年和2030年各来水频率下,南京市除六合外各区水资源可承载人口和可承载GDP均不变,因为全市除六合区

外,考虑过境水资源量后,各区域水量均较为丰富,故承载能力的约束条件均为水质,因为六合区处于南京市北部,区域内过境水资源量较少,且区域工业较发达,用水量较大,故其承载能力的主要约束条件依然为水量。

在考虑过境水资源的情况下,2015年除市区外各区域各来水频率下可承载人口均大于现状人口,2030年市区、江宁区、高淳区各来水频率下可承载人口小于预测人口;浦口区、六合区、溧水区各来水频率下可承载人口大于预测人口。通过两个年份的对比可知,考虑过境水资源的南京各分区水资源可承载人口(除六合区外)随着社会经济的发展均呈减小趋势。六合区水资源可承载人口随社会经济发展有所增加,因为其区域内在发展过程中积极进行产业结构调整、水环境情况较2015年发生较大改善。从全市角度看,市区水资源承载能力下降幅度最大,浦口区的下降幅度最小。而且,考虑过境水的水资源承载能力比仅基于本地水的水资源承载能力普遍要高。究其原因,因为南京市在2015—2030年间社会经济进一步的发展对水资源系统的压力有持续增大的趋势,且根据人口预测结果显示,南京市各区域人口在2030年会继续增长,所以南京市采取措施提升水资源承载能力势在必行。

总体来说,现阶段南京市在考虑过境水资源的情况下,全市社会经济处于可载状态。但随着社会经济的不断发展,市区的现有水资源量愈发难以承载日益庞大的社会经济规模,所以,采取相应措施改善南京市,尤其是市区的水资源承载状况势在必行。

3.3.3 2015—2030年过境水资源对全市水资源承载能力的影响程度分析

根据表5与表6计算结果,2015年南京市总体过境水资源对全市水资源承载能力影响大于0.50且随着水平年水量的变枯而影响程度不断增加。其中,六合区过境水资源对区域水资源承载能力的影响最大,但其变幅最小,因为六合区无论在何种来水频率下均较依赖过境水资源,所以过境水资源对六合区水资源承载能力影响程度维持在较高水平;江宁区过境水资源对区域水资源承载能力的影响最小,但其随来水频率变化幅度较大,因为江宁区是全市过境水资源较丰富的地区,其过境水资源受来水频率影响较大,加之其区域内水资源较丰富,故过境水资源对江宁区水资源承载能力影响程度变幅较大;2030年南京市总体过境水资源对全市水资源承载能力的影响较2015年小幅增加。其中,六合区依然是过境水资源对区域水资源承载能力的影响最大的区域,六合区不临长江,虽然其本地水资源丰富,

但其区域内工业发展对过境水资源有较大依赖,所以过境水资源对其区域内承载能力有较大影响;高淳区在 2030 年过境水资源对区域水资源承载能力的影响最小,因为其区域内水资源承载能力约束条件为水质,故过境水资源对该区域内水资源承载能力影响程度较低。综上所述,应建设相应水系连通工程使过境水资源对六合区整体供水进行补充,以提升六合区水资源承载能力。虽然在 2030 年南京市过境水资源对全市水资源承载能力的影响有所减弱,但依然影响占比不可忽视,尤其在枯水年,过境水资源依然是南京市社会经济稳定运行的必要支撑。故南京市应采取相应措施提升过境水资源的质量以及保障过境水资源安全,为南京市社会经济平稳发展保驾护航。

3.4 应对措施

南京市面临着较为严峻的水资源承载情势,合理利用过境水资源,保护区域水资源,是保障南京市社会经济与生态环境维持可持续发展的重要途径。具体措施可从以下方面考虑:

a. 山区源头水库的保护。南京市地处丘陵地区,本地水资源集中于山区水库、湖泊等地区,其中六合有 5 座中型水库,江宁区 1 座,溧水区 6 座,高淳区 1 座,其中水源地有:安基山水库水源地、金牛山水库水源地、大泉水库水源地、三岔水库水源地等十余个水库型水源地以及固城湖水源地。南京市应对上述水源地进行水源地生态屏障工程建设,设置生态隔离带、消落带、水下带等工程保护本地水源供给。并在水库入库支流前设置前置库,对水库入库生态环境进行保护。

b. 长江的保护与开发。通过上节分析可知,南京市的过境水资源对全市水资源承载能力的影响程度超过 50%,应加强对南京市过境水资源的保护与应用。南京市过境水资源主要为长江水源地。南京市有夹江水源地、燕子矶水源地、子汇洲水源地、八卦洲(左汊)上坝水源地、江浦、浦口水源地、龙潭水源地等 8 个长江干流水源地,南京市需要对长江干流水源地实行隔离防护工程建设和开展生态保护与修复工程等措施以实现对外过境水资源的保护。长江作为南京市居民最主要的过境水饮用水源地,除须开展饮用水源地保护工程外,对于水生态健康状况较差的通江河道应进行水生态修复。南京市沿江小流域普遍存在源短流急,流域范围小且简单的特点,对于水生态修复工程实施而言是有利条件。因此,应选择目前水环境状况较差,人类扰动大,未来环境压力大、生态系统退化比较严重的通江河道进行治理。

c. 加大节水力度。根据上节分析,南京市应同

时加大节水力度,减轻水资源承载压力,从而提升全市的水资源承载能力,具体可以通过开展节水型社会建设,加大南京市节水水平。目前南京市生活、农业、工业等各个用水户都存在着较大的节水潜力,比如南京市 2015 年农田灌溉用水量 14.58 亿 m^3 ,占用水总量的 42.55%,且仍有多数地方的灌溉方式效率较低,故应加快普及喷灌、滴灌等节水灌溉方式,以提高南京市节水水平。

d. 加强截污力度。根据上节分析,南京市在 2030 年水资源承载能力的主要约束因素是水质情况,对于南京市本地资源的保护,应以加强对南京市入河排污口布局与整治为重,严格控制污染物排放危害本地水资源与过境水资源。南京市应针对市规模以上入河排污口(不含生活污水泵站)设置、布局以及入河污染物削减等问题,通过入河排污口水域划定、排污口合并调整工程、生态净化工程以及明确污水回用要求等措施,达到优化入河排污口布局、削减污染物入河量的目的,从而实现污染物总量控制的目标,为全市水资源管理与保护提供支撑。

4 结论

a. 通过明晰过境水与本地水的关系以及水资源承载能力的概念,构建了基于耗水的南京市水资源承载能力计算模型,该模型能够切实体现水资源系统与社会经济和生态环境系统之间的相互联系与制约关系,计算结果基本符合实际,但该模型需要较多的基础数据。

b. 南京市在 2015 年与 2030 年 50% 来水频率下过境水对水资源承载能力的影响程度分别为 0.51 与 0.59,说明了过境水作为南京市重要供水水源,应得到相应重视,南京市在考虑过境水资源的情况下是可以较好支撑本地社会经济发展的,但当南京市过境水资源遭遇紧急情况不得使用时,仅靠南京市本地水资源不足以维持社会经济基本运行。所以研究过境水资源对于支撑保障南京市未来发展有着重要的意义。

c. 为了保障南京市社会经济的稳定发展,必须加大对过境水资源与本地水资源的保护力度。可以采取加强对南京市入河排污口布局与整治等工作减少过境水污染突发事件的发生,从而提升南京市的水资源承载能力。

参考文献:

[1] 李焕波,李泉娥,李泓臻.充分利用客水资源对济南保泉的重要[J].科技风,2012(9):234.

(下转第 84 页)

我国社会经济的发展,休闲时代逐步进入人们的生活,为满足人们日益增长的精神文化需求、改善生态环境需求等,城市滨水游憩空间的打造愈发重要。城市滨水游憩空间的规划应统筹水陆,结合“六位一体”的治水理念,在辨析“六位一体”治水理念与城市滨水游憩空间规划关系的基础上,综合考虑水资源、水安全、水环境、水生态、水文化、水经济等六个方面的要求,厘清城市滨水游憩空间规划思路。作为一项综合性强,难度大的工作,城市滨水游憩空间规划已不局限为一个规划工作,更是当代先进治水理念的体现,对提高人们生活水平与城市可持续发展具有重要意义。

参考文献:

[1] HALL C M. The geography of tourism in modern society [M]. Sudbury: Jones and Barlett Publishers, 2001.

[2] 黄颖. 城市滨水游憩空间品质评价体系的构建[J]. 现代园艺, 2015(3): 63-64.

[3] 范淑娇, 崔丽娟, 雷茵茹, 等. 浅议湿地公园滨水游憩空间设计[J]. 湿地科学与管理, 2017(2): 11-16.

[4] 徐永健, 阎小培. 城市滨水区旅游开发初探: 北美的成功经验及其启示[J]. 经济地理, 2000, 20(1): 99-102.

[5] 王寿兵, 李百炼. 中国中小河道生态治理与修复策略[J]. 水资源保护, 2018, 34(4): 12-15.

[6] 周永广, 阮芳施, 沈旭炜. 中外滨水区游憩空间研究比较[J]. 城市问题, 2013(10): 51-57.

[7] 吴必虎, 贾佳. 城市滨水区旅游·游憩功能开发研究: 以武汉市为例[J]. 地理学与国土研究, 2002, 18(2): 99-102.

[8] 方庆, 卜菁华. 城市滨水区游憩空间设计研究[J]. 规划

师, 2003, 19(9): 46-49.

[9] 周晟. 城市滨水游憩空间景观设计研究[D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2006.

[10] 郑辽吉, 刘惠清. 城镇滨水区游憩管理模式[J]. 地理科学进展, 2010, 29(10): 1256-1262.

[11] 冯宝平, 吴东, 梁行. 基于 GA-PPE 模型的南京滨江风光带生态建设综合评价[J]. 水利水电科技进展, 2016, 36(6): 29-34.

[12] 俞锋, 刘晓惠. 以生态修复为导向的滨水景观建设[J]. 水利水电科技进展, 2011, 31(1): 54-57.

[13] 李小同. 渭河关中段滨水区游憩空间形态调查与研究[D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2016.

[14] 顾皓, 杨丰临, 张海畔. 面向综合开发规划的滨水游憩带规划探索[J]. 现代城市, 2019(1): 18-22.

[15] 左其享. 人水和谐论及其应用研究总结与展望[J]. 水利学报, 2019, 50(1): 135-144.

[16] 孙佩锋. 我国治水理念的发展和演变[J]. 华北水利水电大学学报(社会科学版), 2015, 31(5): 5-10, 50.

[17] 唐克旺. 中国治水已进入大保护的新时代[J]. 水资源保护, 2018, 34(1): 16-17.

[18] 王伟. 资源水利: 与时俱进的当代中国治水新理论[J]. 水利经济, 2003(2): 1-4, 9.

[19] 刘博敏, 侯逸康, 赵书, 等. 从“水城分离”到“水城融合”的城市生态设计思考[C]//中国城市规划学会, 杭州市人民政府. 共享与品质: 2018 中国城市规划年会论文集(08 城市生态规划). 北京: 中国建筑工业出版社, 2018: 30-42.

[20] 汪芳, 王舜奕, PROMINSKI M. 城镇化与地方性中的水资源: 可持续视角的水环境保护利用与水空间规划设计[J]. 地理研究, 2018, 37(12): 2576-2584.

(收稿日期: 2019-04-18 编辑: 陈玉国)

(上接第 79 页)

[2] 俞祎波, 董增川, 刘淼, 等. 水资源配置对水资源承载力影响研究[J]. 人民黄河, 2018, 40(7): 42-45, 50.

[3] 姜德刚, 陈慧, 徐金燕, 等. 不同客水对南淝河水体富营养化的影响及其降解特征[J]. 安徽农业科学, 2017, 45(19): 51-55.

[4] 许科文, 潘悦宾, 吕怀炼. 嘉兴市境外客水水量与水质研究[J]. 浙江水利科技, 2009(1): 13-16, 20.

[5] 王建华, 姜大川, 肖伟华, 等. 水资源承载力理论基础探析: 定义内涵与科学问题[J]. 水利学报, 2017(12): 1399-1409.

[6] 杨光, 董增川, 周毅, 等. 南京市水资源承载力研究[J]. 水电能源科学, 2018, 36(11): 26-29.

[7] 左其享. 水资源承载力研究方法总结与再思考[J]. 水利水电科技进展, 2017, 37(3): 1-6.

[8] 王雪薇. 考虑负荷均衡的流域水资源承载力研究[D]. 南京: 河海大学, 2018.

[9] 李如意, 束龙仓, 鲁程鹏, 等. 济宁市水资源承载能力评价方法的应用与对比[J]. 水资源保护, 2018, 34(6): 65-70.

[10] 冯海燕, 张昕, 李光永, 等. 北京市水资源承载力系统动力学模拟[J]. 中国农业大学学报, 2006, 11(6): 106-110.

[11] 高宏超, 徐一剑, 孔彦鸿, 等. 基于多目标优化方法的钱塘江流域杭州江段水资源承载力分析[J]. 净水技术, 2015(6): 18-24.

[12] 李放, 罗晓容. 三峡库区重庆段水资源承载力研究[J]. 人民长江, 2010, 41(21): 35-38.

[13] 胡启玲, 董增川, 杨雁飞, 等. 基于联系数的水资源承载力状态评价模型[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2019, 47(5): 425-432.

[14] 唐贤伦. 混沌粒子群优化算法理论及应用研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2007.

(收稿日期: 2019-06-20 编辑: 陈玉国)