

# 杭州市水资源承载力评价及提升路径

王晟

(浙江省发展规划研究院, 浙江 杭州 310012)

**摘要:** [目的] 评价浙江省杭州市的水资源承载力, 分析不同区域出现超载问题的原因, 并研究破解超载问题的对策和提升承载力的路径。[方法] 在国家试行的水资源承载能力评价方法的基础上, 提出兼顾水量、水质并考虑上游来水情况的承载力评价方法和超载成因分析指标体系, 对杭州市 8 个评价单元(包括主城区和 7 个县、市、区)的水资源承载力进行评价并分析超载成因。[结果] 近 3 a(2013—2015 年)杭州市水资源承载力趋向改善, 超载和临界超载单元数量逐年下降, 从 7 个下降到 2 个。超载和临界超载问题主要是由于快速城市化导致的用水总量区域差异扩大, 现代都市生活方式对水资源需求明显增大, 平原河网地区环境自净能力不足, 部分流域上游县市水资源利用效率偏低等原因造成的。[结论] 建议针对水资源超载区域和主要问题, 从保障、整治、限制、监管 4 个方面完善水资源管理政策和措施。

**关键词:** 杭州市; 水资源; 承载力; 提升路径

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-288X(2018)03-0307-05

**中图分类号:** X24

**文献参数:** 王晟. 杭州市水资源承载力评价及提升路径[J]. 水土保持通报, 2018, 38(3):307-311. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2018.03.049. Wang Sheng. Evaluation and improvement approaches of water resources carrying capacity in Hangzhou City[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2018, 38(3):307-311.

## Evaluation and Improvement Approaches of Water Resources Carrying Capacity in Hangzhou City

WANG Sheng

(Zhejiang Development and Planning Institute, Hangzhou, Zhejiang 310012, China)

**Abstract:** [Objective] To evaluate water resources carrying capacity and analyze the causes of overloading problems of Hangzhou City, Zhejiang Province in order to study countermeasures and improvement approaches. [Methods] Based on national trial water resources carrying capacity evaluation method, we proposed a new evaluation method considering water volume, water quality and upstream conditions. The water resources carrying capacity of 8 units (central downtown and 7 counties, cities or districts) was studied by the new method, and overloading causes were analyzed by a set of proposed indexes. [Results] The water resources carrying capacity of Hangzhou City experienced continuous improving in the past 3 years (2013—2015), the number of overloading and critical overloading units (counties) declined from 7 to 2. There were four reasons for the overloading and critical overloading problems: ① total water consumption difference among 8 units enlarged due to rapid urbanization, ② water demands increased by modern urban lifestyle, ③ insufficient self-purification capacity in river network plain, ④ relatively low efficiency of water utilization in some upstream units (counties). [Conclusion] Water resources management policies and measures should be improved in aspects of protection, rectification, restriction and supervision in the overloaded areas.

**Keywords:** Hangzhou City; water resources; carrying capacity; improvement approaches

随着经济社会发展和人口的集聚, 水资源消耗的空间差异越来越明显, 即便在南方的丰水地区, 大城

市及重要工业区水资源供给矛盾也日益显现, 水资源短缺将严重影响经济发展和人民生活。水资源承载

收稿日期: 2017-10-23

修回日期: 2017-11-21

资助项目: 中国清洁发展机制基金赠款项目“基于碳排放总量控制目标约束下的浙江转型发展对策研究”(2013058); 国家生态文明先行示范区建设研究课题“杭州市资源环境承载能力监测预警机制研究”

第一作者: 王晟(1983—), 男(汉族), 浙江省湖州市人, 博士, 高级工程师, 主要从事资源环境承载力评价、区域可持续发展研究。E-mail: wangsheng0572@163.com。

力是在特定条件下,对某一地区社会经济发展所能提供的最大支撑能力<sup>[1]</sup>。水资源承载力研究是可持续发展理论在水资源管理领域的具体体现和应用<sup>[2]</sup>,对于水资源承载力的研究必须综合考虑水资源系统、社会系统、经济系统以及生态系统的协调发展,同时要充分考虑到水资源承载力评价指标的多层性、综合性、不确定性与模糊性<sup>[3]</sup>。目前,国内外水资源承载力研究方法主要有常规趋势法<sup>[4]</sup>、多因素综合评价法<sup>[5]</sup>、主成分分析法<sup>[6-7]</sup>、多目标规划方法<sup>[8]</sup>、系统动力学法<sup>[9]</sup>等。国内外学者也建立了一些用于评价区域水资源承载力的指标体系,主要包括水资源自然条件、利用效率、工程设施等方面。2016年,国家发改委等十三部委联合印发了《资源环境承载能力监测预警技术方法(试行)》,同年,水利部制定了《全国水资源承载能力监测预警技术大纲》,水资源承载力从理论探索、方法模型研究,逐步进入工作应用阶段。

考虑到一个地区的水资源对经济社会发展的承载能力是一个动态的过程,随着技术、管理和保护水平的提高,人均水资源量、单位 GDP 用水量将不断下降,区域的水资源对经济社会的承载能力逐渐上升。本文认为一个地区具有较强的水资源承载力(不超载)应包括 2 个方面:一是区域的水资源量能够满足需求;二是本地产生的水环境污染物基本能够被自然消纳。

杭州市地处东南沿海丰水地区,虽然水资源总量较为丰沛,多年平均降水量 1 553.8 mm,多年平均水资源总量  $1.45 \times 10^{10} \text{ m}^3$ ,但人均多年水资源量仅为  $1\ 608 \text{ m}^3$ ,低于全国人均多年的  $2\ 020 \text{ m}^3$ ,只有世界人均水资源量的 1/5。此外,由于工业发达、人口密集,杭州市也存在较大的水环境压力。因此,全面评价杭州市水资源承载力,研究破解超载和临界超载问

题的对策,有助于杭州市更好地推进新型城市化和经济社会发展。本文拟在国家试行水资源评价方法基础上,构建水资源承载力评价和追因分析指标体系,以期对全市 8 个评价单元的水资源承载力进行评价,并量化分析杭州市水资源承载力面临的主要问题,并提出相应的对策建议。

## 1 评价方法

### 1.1 评价方法和指标

作为区域水资源科学管理的重要抓手,水资源承载力评价指标体系建设应考虑 3 个方面:一是客观性。评价指标应能客观反映一个地区可利用水资源数量和质量的客观状况。二是权威性。评价指标和阈值数据应由主管部门统计和划定。三是公平性。评价指标应能有效界定上下游水资源开发利用权和污染排放权,体现上下游发展的公平性。

基于此,本文把反映区域水资源开发利用总量指标和质量指标作为水资源承载力评价指标,把反映承载人口、经济的能力以及用水效率、用水结构、水体自净能力等指标用于分析水资源超载的原因(见表 1)。

水资源承载力评价指标中,水量指标采用用水总量和地下水供水量 2 项指标。水质指标采用非外因(水功能区)水质不达标率,即当一个县(市)某个水功能区不达标时,追溯该县(市)上游交界断面情况,如果交接断面水质不达标,则判定为外因造成水功能区水质的不达标;如果交接断面水质达标,则判定为非外因造成的水功能区水质不达标。这主要是考虑到部分水功能区受上游来水影响较大,或者两个县(市)共有一个水功能区,造成上下游争议较多,使得以行政区域为单元考核水功能区达标率的做法,不能完全反映所在地的管水成效。

表 1 水资源承载力评价和超载成因分析指标

指标类型	指标类型	具体指标
承载力评价指标	水量指标	用水总量、地下水供水量
	水质指标	非外因(水功能区)水质不达标率
超载成因分析指标	承载人口情况	区域人口、城市化水平
	承载经济情况	地区生产总值、工业增加值
	水资源利用效率	人均用水量、单位 GDP 用水量
	水资源利用结构	工业、农业、生活用水占比
	水体自净能力	水环境污染物排放总量、水资源开发利用率

### 1.2 评价参数和阈值

根据用水总量、地下水供水量和非外因水质不达标率情况,将评价结果划分为水资源超载、临界超载和不超载 3 种类型。评价指标控制目标根据《最严格水资源管理制度考核办法》(杭政办函〔2013〕205 号)

中明确的用水总量、地下水供水量控制指标和考核水功能区水质目标进行确定(见表 2)。用水总量、地下水供水量和非外因水质不达标率,3 项指标中一项指标大于控制指标的,或存在地下水超采的,划分为水资源超载;其中一项指标介于控制指标的 0.9~1 倍,

另2项指标不大于控制指标且不存在地下水超采的,划分为临界超载;3项指标均小于控制指标0.9倍且不存在地下水超采的,划分为不超载。

## 2 评价结果与分析

### 2.1 杭州市水资源承载力评价结果

根据上述评价方法,本文对杭州市主城区、萧山区、余杭区、富阳区、临安市、建德市、桐庐县、淳安县8个评价单元2013—2015年水资源承载能力进行评价,评价数据来源于2013—2015年《杭州市水资源公报》,各评价单元的用水总量、地下水供水量和水质达标情况见表3。

表2 杭州市水资源承载力评价指标控制目标

评价单元	水量指标		水质指标
	用水总量/ 10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup>	地下水供水量/ 10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup>	非外因(水功能区) 水质不达标率/%
主城区	8.447 1	0.014	≤40
萧山区	10.635 8	0.083	≤50
余杭区	6.275 2	0.065	≤33
富阳区	5.002 8	0.069	0
临安市	4.099 5	0.038	0
桐庐县	2.817 3	0.049	0
建德市	2.908 2	0.03	0
淳安县	1.626 1	0.017	0
杭州市合计	41.812 0	0.365	≤15

表3 杭州市2013—2015年用水总量、地下水供水量和水质达标情况

评价单元	用水总量/10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup>			地下水供水量/10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup>			非外因(水功能区) 水质不达标率/%		
	2013年	2014年	2015年	2013年	2014年	2015年	2013年	2014年	2015年
主城区	7.677 2	8.076 5	7.793	0.003 5	0.000 4	0.000 5	20.00	60.00	40.00
萧山区	10.142 6	9.378 7	8.444 4	0.11	0.08	0.062	100.00	75.00	75.00
余杭区	6.067 1	5.318 8	5.060 2	0.004 5	0.004 6	0.004 6	0.00	0.00	0.00
临安区	3.738 5	3.371 1	3.233 5	0.033 6	0.029 2	0.031 7	0.00	33.33	0.00
富阳区	4.721 3	4.271 3	3.984 6	0.008	0.004 2	0.004 3	0.00	0.00	0.00
桐庐区	2.535 4	2.570 8	2.444 5	0.041 8	0.041 8	0.031 7	16.67	50.00	0.00
建德区	2.739 1	2.756 6	2.510 7	0	0	0	11.11	22.22	0.00
淳安区	1.415 9	1.395 1	1.319 6	0.010 4	0.007 5	0.004 8	0.00	0.00	0.00
杭州市合计	39.037 1	37.138 9	34.790 5	0.211 8	0.167 7	0.139 6	12.96	24.07	11.11

结果显示,2013和2014年全市水资源超载,2015年为不超载,近3a各县市区水资源承载力存在不同程度的超载问题,但超载单元逐年减少,水资源承载能力呈现趋好态势。2013年,全市超载指标是用水总量,各县、市、区有萧山区、桐庐县两个单元超

载,5个单元临界超载;2014年全市水资源超载,超载指标是水质,各县、市、区有主城区、萧山区、富阳区、桐庐县超载,建德市临界超载;2015年全市水资源不超载,各县、市、区中萧山区超载,主城区临界超载(见表4)。

表4 杭州市2013—2015年水资源承载力评价结果

评价单元	2013年		2014年		2015年	
	评价结论	(临界)超载指标	评价结论	(临界)超载指标	评价结论	(临界)超载指标
主城区	临界超载	TW	超载	TW,WQ	临界超载	TW
萧山区	超载	TW,UW,WQ	超载	UW,WQ	超载	WQ
余杭区	临界超载	TW	不超载	—	不超载	—
临安区	临界超载	TW	不超载	—	不超载	—
富阳区	临界超载	TW	超载	WQ	不超载	—
桐庐区	超载	WQ	超载	TW,3Q	不超载	—
建德区	临界超载	TW,WQ	临界超载	TW	不超载	—
淳安区	不超载	—	不超载	—	不超载	—
杭州市合计	超载	TW	超载	WQ	不超载	—

注:TW为用水总量;UW为地下水供水量;WQ为非外因(水功能区)水质不达标率。

### 2.2 杭州市水资源承载力存在问题分析

根据对水资源超载成因指标的分析,并结合实地

调研,本文认为造成杭州市水资源超载和临界超载的主要原因有以下4个方面(图1—2)。

(1) 快速城市化导致用水总量区域差异进一步拉大。近年来,随着快速城市化的推进,人口向沿海发达地区特别是中心城市集聚的趋势越来越明显。“十二五”期间,杭州市市区人口从初期(2011年初)的 $4.35 \times 10^6$ 人,增加到末期(2015年)的 $5.33 \times 10^6$ 人,增长 22.5%。因此,在工农业用水量明显下降的背景下,主城区用水总量仍然维持在 $7.60 \times 10^8 \text{ m}^3$  每年的高位,主城区用水总量占全市用水比例从 2011 年的 18.6% 增长到 2015 年的 21.8%,区域用水差异进一步拉大,导致自身水资源量并不充裕的城市化地区出现水资源临界超载的情况。

(2) 现代都市生活方式对水资源需求明显增大。随着经济的发展,人民生活水平不断提高,导致“十二五”期间,全市居民生活用水总量增长 44.7%,其中余杭区最多(64.2%),主城区次之(61.4%),明显快于人口的增长,建德市和淳安县基本保持稳定。同时,随着城市公共服务设施的数量和质量不断提升,“十二五”期间城市公共用水量增长 72.9%,其中,主城区增长 55.3%,萧山区增长 67.1%,余杭区、临安市、富阳区、淳安县增长都在 100% 以上。居民生活用水和城市公共用水的快速增长,在一定程度上抵消了工农节水成效,改变了区域用水结构,使杭州市特别是主城区用水总量基本保持稳定。

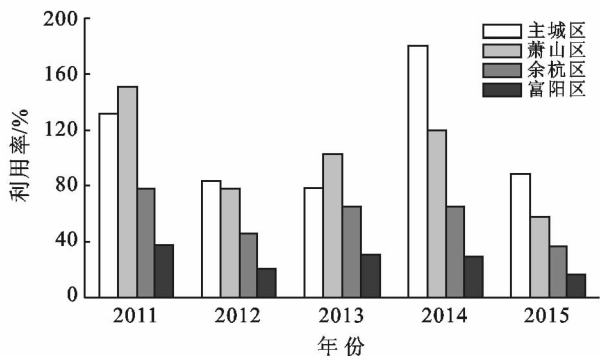


图 1 “十二五”期间杭州市城区水资源利用率

(3) 平原河网环境自净能力不能满足产业人口集聚的需求。杭州市主城区、萧山区、余杭区大部分地区位于太湖和钱塘江流域的平原河网地区,人口密集、产业发达,用水量和本地水资源量极不匹配,用水总量占全市的 60% 以上,而本地水资源量仅占全市的 16%。国际上一般认为,对河流的开发利用不能超过其水资源量的 40%<sup>[10]</sup>,而在主城区、萧山、余杭区水资源利用率(用水量/水资源量)已经超过这个阈值,特别是在枯水年和平水年,主城区和萧山区水资源利用率已经超过 100%。一方面导致需要增加外来水源

供给,更突出的是大量污水产生在当地排放,造成原本流量小、自净能力差的平原河网出现严重的环境问题。其中,主城区由于环境配水量较大,每年保持在 $1.00 \times 10^9 \text{ m}^3$  以上,河道水质基本保持稳定;萧山区环境配水每年只有 $2.00 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,尚不能起到明显改善水体的作用,因此水功能区达标率在全市垫底,甚至出现所有考核水功能区不达标现象。

(4) 位于上游的县市水资源利用效率仍然偏低。从各评价单元万元 GDP 水耗指标来看,全市除主城区、余杭区高于全省评价水平( $43.4 \text{ m}^3/\text{万元}$ )外,其他县、市、区单位 GDP 水耗均高于全省平均水平,建德市、桐庐县、临安县单位 GDP 水耗已超出全省平均水平的 1.5 倍以上。其中,临安市为 $69.2 \text{ m}^3/\text{万元}$ ,高于浙江省平均水平近 60%,主要是由于产业用水量偏大(工业用水占比超过 45%),考虑到苕溪流域基本无过境客水,且下游人口和产业聚集程度高,特别是城西科创大走廊等重要平台建设对水资源需求的逐渐增大,应加强对苕溪上游地区高耗水行业管控力度。

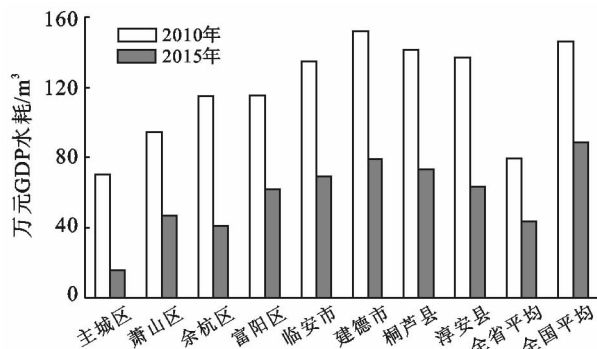


图 2 杭州主城区及各县、市、区水资源利用效率

### 3 结论与建议

2013—2015 年杭州市水资源承载能力总体呈现趋好态势,但 2015 年仍有部分城区处于超载或临界超载状态,其中主城区主要由水量因素引起,萧山区主要由水质因素引起。对近 3 a 的超载问题开展成因分析发现,城市化导致人口集聚程度增大、用水结构变化、河网自净能力有限、部分地区用水效率偏低是引起水资源超载的主要原因。为缓解杭州市水资源超载问题,建议从保障、整治、限制、监管 4 个方面完善水资源管理政策,提升区域水资源承载能力。

(1) 分质保障,重点保障居民生活用水质量。生活用水质量的直接关系到人民群众安全健康和生活品质,对全面建成小康社会有重要意义。而大城市和重点城市化地区由于人口和产业集中,又面临比较严

重地表水环境问题。因此,在这些地区,应该建立分质供水保障机制,以重点保障居民生活用水水质为核心目的,开展跨区域的引调水工程。特别是从千岛湖调入的优质水源应最大限度地用于保证居民用水,避免浪费,尽可能减少对水源输出地生态环境的影响。工业、农林业和市政用水应尽可能就地取水或按照水质需求进行调水。

(2) 污染整治,加大“水环境脆弱地区”水环境整治力度。“水环境脆弱地区”主要指水功能区水质超标地区和对下游水质达标较敏感的地区。水功能区水质超标地区目前主要包括主城区、萧山区、余杭区等地区,对下游水质达标较敏感的地区主要指水源保护区上游、水质不稳定地区上游,千岛湖引水工程实施后可能造成下游建德市、桐庐县境内新安江干流水减少,特别是在枯水年对水质影响更大,也应作为水质不稳定地区。针对这些区域,在落实最严格的水资源管理制度、“五水共治”行动、“河长制”等水资源管理和水环境整治制度的基础上,应该进一步考虑以下措施:①在“水环境脆弱地区”等局部区域范围内建立用水总量限制和排污总量限制,实现控制目标精细化管理,提升水质改善效果;②对新引进的企业的污染物种类和污水排放量进行严格的限制,设立区域禁入产业名录;③提高污水处理厂排放标准要求,对设在“水环境脆弱地区”的污水厂,尾水排放标准建议采用地表水准四类水体标准。

(3) 严格限制,建立产业准入负面清单和惩罚淘汰机制。对于水资源超载地区,通过建立产业准入负面清单,在用水总量、污水排放总量、用水效率、污染物排放强度等指标做出严格的规定,限制发展用水和污水排放较多的化工、造纸、印染等产业,对高耗水、高污染坚决禁入。同时,对现有的企业也要建立惩罚淘汰机制,要求用水量较大的企业强制执行清洁生产标准,对相关指标达不到预定要求的,设定惩罚性措施,或勒令整改淘汰。

(4) 强化监管,建立部门紧密协作的水资源监测管理体系。加强水利、环保、渔业等部门协作,推进水资源管理制度协同落实。①要实现水资源监测体系共建共享,水利部门和环保部门在水量、水质监测站点布置、监测指标和数据处理等方面要互相协作、互为校正,打破部门管理局限,建立水资源监测网络体系,监测数据要纳入全市资源环境承载力监测体系中。②要细化水资源管理和保护责任,在河长制管理的基础上,根据入境、出境断面水质和水功能区水质情况,对水质超标、水资源超载等情况明确责任,分解责任,按照党政领导干部生态环境损害责任追究办法对相关责任人和责任单位进行处理。

#### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 惠泱河,蒋晓辉,黄强,等. 水资源承载力评价指标体系研究[J]. 水土保持通报,2001,21(1):30-34.
- [2] 党丽娟,徐勇. 水资源承载力研究进展及启示[J]. 水土保持研究,2015,22(3):341-348.
- [3] 张光凤. 南京市水资源承载力评价[J]. 水土保持通报,2014,34(3):154-159.
- [4] 施雅风,曲耀光. 乌鲁木齐河流域水资源承载力及其合理利用[M]. 北京:科学出版社,1992.
- [5] 许有鹏. 干旱区水资源承载能力综合评价研究:以新疆和田河流域为例[J]. 自然资源学报,1993,8(3):229-237.
- [6] 孟凡德,王晓燕. 北京市水资源承载力的变化趋势及驱动力研究[J]. 中国水利,2004(9):22-25.
- [7] 陈慧,冯利华,孙丽娜. 南京市水资源承载力的主成分分析[J]. 人民长江,2010,41(12):95-98.
- [8] 薛小杰,惠泱河. 城市水资源承载力及其实证研究[J]. 西北农业大学学报,2000,8(6):135-139.
- [9] 王建华,江东,顾定法,等. 基于SD模型的干旱区城市水资源承载力预测研究[J]. 地理学与国土研究,1999,15(2):18-22.
- [10] 安新代. 黄河水资源管理调度现状与展望[J]. 中国水利,2007(13):16-19.