

# 广州市水资源可持续利用研究

赵彦伟, 徐琳瑜

(北京师范大学环境学院, 北京 100875)

**摘要:**以城市复合生态系统为研究对象, 综合考虑水体净化、河道基流与环境美化等生态环境需水与社会经济用水, 对广州市水资源供需平衡进行了分区评价。基于评价结果, 提出了城市发展战略调整, 加强污水处理基础设施建设、污染防治及节水社会体系建设等水资源可持续利用对策。

**关键词:**水资源; 生态环境需水; 供需平衡分析; 广州市

**中图分类号:** TV213.2      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1004-693X(2006)01-0026-04

## Sustainable utilization of water resources of Guangzhou City

ZHAO Yan-wei, XU Lin-yu

(School of Environmental Sciences, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

**Abstract:** Taking Guangzhou City as an example, water resources equilibrium of supply and demand in composite ecosystems of urban areas is assessed regionally through comprehensive consideration of socio-economic water demand and eco-environmental water demand, including water body purification, river base flow and environmental beautification water demand. Based on the assessment results, measures as adjusting urban development strategy, strengthening waste water treatment and pollution prevention facilities construction, establishing water-saving social system, and other measures are put forward to promote sustainable utilization of water resources.

**Key words:** water resources; eco-environmental water demand; supply-demand equilibrium analysis; Guangzhou City

城市化与工业化对水资源系统施加了前所未有的压力, 全球范围内普遍存在着不同程度的工程型、水质型与资源型缺水现象。如何解决缺水问题, 合理利用全球有限的水资源, 使之发挥最大效益, 成为当前研究的热点。可持续发展概念的提出, 为水资源利用方式的改变提供了理论依据, 可持续成为人类所推崇的水资源合理利用模式<sup>[1]</sup>。1992年“里约会议”通过的《21世纪议程》进一步明确提出了资源保护、排污、需求管理等一体化的水资源综合管理思想, 要求统筹考虑各类用户与影响水资源系统的压力源, 进行综合科学决策。

作为重要的水资源配置决策依据, 长期以来, 水资源供需平衡分析以社会经济系统为对象<sup>[2-5]</sup>, 强调以需定供的思想, 忽视了包括水体本身在内的自然生态环境系统对水资源的数量与质量要求。随着社

会经济用水的增加, 挤占生态环境需水的现象时有发生, 带来了一系列的生态失衡与水环境恶化, 如城市河湖面积萎缩、地下水漏斗等问题, 并因此影响到水资源的可持续利用。也就是说, 以往的供需平衡分析是面向社会经济系统的。本文从复合生态系统协调发展的要求出发, 以广州为对象, 综合考虑生态环境、生活、生产三大用水部门, 并通过计算水体净化需水, 在供需分析中把水量与水质统一起来, 兼顾了水资源的开发利用与保护, 提出具有针对性的措施。

### 1 水环境概况

广州市位于珠江流域的东江、西江与北江下游, 境内河网密布, 主要河流为流溪河、增江、白坭河、东江北干流、珠江干流前后航道、沙湾水道、蕉门水道、狮子洋等(图1)。受亚热带海洋性季风气候的影

响,本区降水丰富,多年平均状况下水资源量为 81.29 亿 m<sup>3</sup>,过境客水量约 1245 亿 m<sup>3</sup>[6]。



图 1 广州市地理位置及河网水系分布

城市与人口规模的扩大对水资源环境系统造成巨大的压力,城区附近河流与市区内河均受到不同程度污染,氨氮、总磷超标严重,表现出富营养化特征。主城区主要水厂饮用水源取水口水质保证率下降,枯水期生活用水供需矛盾突出。城市开发与水环境污染的双重影响,使城市景观水体面积萎缩,水生态系统结构遭受破坏,生态服务功能降低,水资源成为广州市社会经济持续发展的制约因素。

## 2 水资源供需平衡分析

分中心区(即荔湾、天河等 8 区)、番禺区、花都区、从化市、增城市五个区域(见图 1),对广州市水资源供需平衡现状进行分析。

### 2.1 供水分析

分析中考虑了河流生态环境用水,供水总量除本地地表水、本地可开采地下水、过境客水、区域间调水与资源化水量(如再生回用水、淡化海水等)外,还考虑了水利设施的季节调蓄水量。研究区水资源季节分异性较强,水利设施调蓄能力有限,多年平均状况下汛期供水总量明显大于非汛期(表 1)。

表 1 各区域供水量统计 亿 m<sup>3</sup>/月

区域	非汛期	汛期	区域	非汛期	汛期
从化市	1.24	2.10	番禺区	26.03	98.72
增城市	7.70	28.67	中心区	20.19	72.68
花都区	0.53	1.12			

## 2.2 需水分析

### 2.2.1 生态环境需水

根据广州面临的水生态环境问题,生态环境需水考虑河流生态环境需水与城市环境美化需水,其中河流生态环境需水包括河道基本流量与水体净化需水两部分。

#### 2.2.1.1 河流生态环境需水

a. 河道基本流量。河道基本流量是维持河流生态系统的基本存在,保持其结构稳定与功能正常发挥所需水量[7]。对于大范围的多河道或流域性的基本流量计算,Tennant 法[8](表 2)简单易行,不需要现场测量,应用广泛。研究区处于丰水地区且位于珠江入海口,河道基本流量应以保证河流生态系统结构稳定和功能的充分发挥为目标。受咸潮影响的中心区、番禺区与增城市河流,取“极好”等级,汛期、非汛期分别取平均流量的 80%、70%,不受咸潮影响的花都区与从化市取“非常好”等级。

表 2 Tennant 法推荐的基流标准(平均流量的百分比) %

时间	极好	非常好	好	中	差或最差	极差	最小
非汛期	60~100	40	30	20	10	10	0~10
汛期	60~100	60	50	40	30	10	0~10

b. 水体净化需水。水体净化需水指为改善水体水质,维持水体环境功能,减轻废污水污染,保证水生生物生存所需的水质要求,而需要保持在水体中的符合一定功能要求的水量,其数量大小表征水体所受污染压力。通过引入此项,在供给与需求数量的比较中考虑了水环境质量。在因水污染排放过多、水体净化需水过大导致失衡的情况下,需采取污染控制与削减措施,减少污染排放,降低水体净化需水量,促进平衡,从而把水量与水质、水资源的开发与保护统一起来。计算公式为:

$$Q = \frac{Q_e - Q_p}{C_0 - C_b} \quad (1)$$

式中:Q 为水体净化需水量;Q<sub>e</sub> 为污染物排放总量;Q<sub>p</sub> 为污染物在水体中自净量;C<sub>0</sub> 为水体环境目标;C<sub>b</sub> 为水体中污染物背景。

从化、花都与增城境内河流的下泄水量是中心区的客水,也是中心区的水源。根据中心区用水功能要求,以上 3 个区域 C<sub>0</sub> 按Ⅲ类标准取值。为保护近岸海域水质,维持水体的基本景观环境及使用功能,中心区与番禺区 C<sub>0</sub> 按Ⅳ类标准执行。

c. 河流生态环境需水。河道基流是河流生态系统稳定的水资源基础,是保证河漫滩及湿地结构稳定,保持河流生物生存,维持水沙、水盐平衡等的数量需求,水体净化水量则是水体质量的重要保证,二者是一对自然组合,互有重复,以二者中数量较大

者为河流生态环境需水量。

### 2.2.1.2 环境美化需水

环境美化需水是城市道路净化、绿化、草地与人工园林及城市防护林等人工生态建设所需水量,由人工与天然补给共同满足,以人工投入为主。其供给有助于城市环境卫生改善,保证城市各种生态廊道(如绿带、绿网等)的连通性,促进城市生态流的通畅传输。本文采用需水定额法计算,即城市铺装道路面积、植被覆盖面积与相应耗水定额的乘积。

### 2.2.2 社会经济需水

社会经济需水包括生产与生活部门需水,分为城镇与农村居民生活用水、工业生产用水、农业生产用水等,其持续、安全供应是城市社会经济系统正常运转的重要物质基础,也是城市复合生态系统健康的体现。采用需水系数法计算,即工业总产值、农田灌溉面积、人口数量、畜禽数量与相应的综合用水系数乘积。

## 2.3 供需平衡状况分析

依据上述理论,参考《广州市 2000 年环境统计资料》、《广州市 2000 年统计年鉴》、《广州市 2000 年环境监测年鉴》,计算出各分区 2000 年的水资源供需平衡状况(表 3)。

表 3 各区域 2000 年复合生态系统供需平衡状况 亿 t/月

区域	时间	生态环境需水			社会经济需水		供需差额
		水体净化	河道基流	环境美化	生活	生产	
从化市	非汛期	0.86	0.24	0.01	0.03	0.29	+0.05
	汛期	0.86	1.72	0.01	0.03	0.29	+0.05
增城市	非汛期	4.53	5.26	0.01	0.05	0.46	+1.92
	汛期	4.53	23.07	0.01	0.05	0.46	+5.08
花都区	非汛期	1.01	0.10	0.01	0.04	0.38	-0.91
	汛期	1.01	0.72	0.01	0.04	0.38	-0.32
番禺区	非汛期	4.58	20.82	0.05	0.12	0.73	+4.31
	汛期	4.58	88.85	0.05	0.12	0.73	+8.97
中心区	非汛期	22.48	14.12	0.35	0.70	1.52	-4.86
	汛期	22.48	58.13	0.35	0.70	1.52	+11.98

注:“+”表示供大于需;“-”表示供小于需。

分析表 3 结果,可见:

a. 总体上看,各区域社会经济用水量远小于总供水量,在现有供水能力下,社会经济用水数量能够保证。考虑生态环境需水,非汛期花都与中心区供需失衡,生态环境需水无法满足,导致水体功能不符合标准要求。

b. 从化与增城市,汛期与非汛期,在保证进入中心区的水资源保持在Ⅲ类水质情况下,水资源均有不同程度的富余,与当前广州市中心区主要依托从化流溪河与增城的东江北干流,获得符合质量要求的稳定供水的现状相符。

c. 花都区本地水资源缺乏,通过引水渠从流溪河引水,社会经济用水得以保证,但水体净化需水不能满足,非汛期缺水 0.91 亿 t/月,表现为区内重点河流白坭河下游河段为Ⅳ类水质,不能满足进入中心区Ⅲ类水质标准的要求。

d. 中心区人口与经济密集,与其他区域相比,污染排放尤其是生活污染排放量过多,水体净化需水量大,导致非汛期水资源供需严重失衡,缺水 4.86 亿 t/月,水体净化所需水量不能保证,造成中心区附近河流西航道、前后航道水质较差,在枯水期部分指标达劣Ⅴ类。

e. 由于西江、北江大量的较为清洁客水通过番禺区入海,番禺区水资源丰富,汛期与非汛期均有较大富余,可为社会经济发展提供较多的水资源支撑。

f. 水资源供需失衡并非水资源绝对数量不能满足社会经济需求引起的,主要由于污染排放导致水体净化需水过多,超过水体供给能力所致,因而引发了水质下降问题。供需平衡状态对污染负荷控制最为敏感,降低污染负荷可显著减小水体净化需水量,实现平衡。以中心区为例,把城镇生活污水集中处理率由目前的 25.3% 提高到 52%,整体上基本实现平衡。可见,广州市面临着“水质型”缺水问题,实施污染控制应是保证广州市水资源供需平衡的主导措施。

## 3 水资源持续利用对策

### 3.1 城市发展布局与策略调整

增城市与番禺区水资源大量富余,中心区水资源严重失衡,从化市水资源供给基本平衡。为实现合理配置与利用,保障全市水资源安全,应调整城市发展布局,实施“北优、南拓、东进、西联”的城市发展策略。从化市与花都区适当限制人口与工业规模,加速产业结构优化与重组,禁止高水耗与高污染产业的发展,重点保护广州市主要水源地流溪河;未来要发展的钢铁、石化等高水耗与高污染工业布置在南部番禺区,充分利用当地的水资源优势;中心区工业企业及人口逐步向增城、番禺方向搬迁与疏导,减轻中心区水资源与环境压力。

### 3.2 污水处理与再利用基础设施建设

尽快完成中心区的猎德一期挖潜、猎德二期、西朗一期、沥窖一期、大坦沙三期等污水处理工程建设,使全市总污水处理能力达 160 万~170 万 t/d,并完善城市雨污水收集管网,稳定污水处理厂出水水质。加强污水的资源化利用,在主城区河道上游的同和、石井等地建设深度污水处理厂,同时利用番禺南部大量的围垦湿地,对污水处理厂尾水实施强化

处理,用作市政建设、低质工业或景观用水。周边社会经济活动强度较大城镇,如街口、荔城、花都与市桥,建设适当规模的污水处理厂,以改善水源流溪河、增江、白坭河及沙湾水道水质。农村分散的居民点、村落及小城镇,因地制宜推广人工湿地、氧化塘等经济可行的处理技术。

### 3.3 工业污染控制

严格执行总量控制、排污收费等国家各项环境管理与污染控制制度,制定地方法规完善清洁生产促进体系,推进清洁生产实施;在新建的黄阁工业区实施总量排污交易试点并逐步推广;升级改造主城区的石井、槎头等老工业园,结合“南拓、东进”战略的实施,对全市分散的村办、乡办工业园、工业村实施集中与整合,加强经济技术开发区西区的污染处理基础设施建设,依据循环经济与工业生态学原理,建设南沙开发区与广州科学城、经济技术开发区东区等新型生态工业园区,力求在园区内部消纳工业污染。

### 3.4 养殖业与面源污染防治

强制关闭流溪河、增江、沙湾水道等水源保护区内的规模化畜禽养殖场,提高养殖废水处理率与畜禽粪便资源化率。加强重点河流域的水土保持林、水源涵养林等生态公益林建设,2005年建成13万 $\text{hm}^2$ 生态公益林体系。提高自然保护区覆盖率,近期尽快建设帽峰山等森林公园与保护区,到2010年全市建成自然保护区19个、森林公园29个。优先在水源区发展生态农业、绿色农业,建成2个生态农业(县级)市、50个生态农业镇、887个生态农业村。加强河流生态廊道建设与水土保持,降低城镇硬化地面面积比率,实现对面源污染的有效控制。

### 3.5 节水生产与生活体系建设

对资源化污水、淡化海水、水厂制水等制定合理的水资源价格体系,推行生活用水分级与计量收费。强化工业用水审计与限额制度,促使企业自觉提高工业用水重复利用率。推广节水型生活用具,鼓励节水型住宅区建设,在建筑面积大于4万 $\text{m}^2$ 的大型社区、宾馆及人流、物流中心,要求实施中水回用。加强农田水利设施建设,实施科学的用水制度和灌溉方式,降低农田灌溉定额。加强对输水管道及沟渠的管理,减少渗漏水及风险事故型漏水现象的发生。

### 3.6 水利工程调节与挖潜

加强流域范围的协调,合理利用珠江上游的水库对枯水期上游来水量进行调节,减轻枯水期的供水压力。对市域范围内水库实施统一管理 with 联合调度,实施库坝清理,加强供水能力挖潜。取消流溪河水库的发电功能,转向城市供水。兴建牛路、龙潭口、南大等中、小型水库,适度加强水利工程建设。

## 4 结 语

水资源可持续利用是当前水资源研究与管理的关键点与热点问题,考虑生态环境需水的城市水资源供需平衡分析,是生态优先思想的重要体现,可为改善城市生态系统质量,为城市的水资源持续利用策略的制定提供系统、综合的决策支持。广州市当前水资源供需平衡状态区域分异明显,中心区与花都区非汛期供需失衡严重,但失衡并非水资源绝对数量的短缺造成,而主要由于污染负荷排放导致水体净化需水量超出水体供给能力而引起,即广州市面临的是“水质型”缺水问题。因此,实施节水战略的前提下,加强污染控制,降低水体净化需水量,根据水资源供需状况调整产业布局,合理配置水资源,并采取水利工程调节等辅助措施,才能保证广州市水资源的可持续利用。

### 参考文献:

- [1] 冯尚友. 水资源持续利用与管理导论[M]. 北京: 科学出版社, 2000: 6.
- [2] 周年生, 李彦东. 流域环境管理规划方法与实践[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2000: 96-110.
- [3] 陈永奇, 王铁民, 乔西现. 黄河流域片区缺水城市水资源供需预测[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 1997: 90-110.
- [4] 胡长忠. 江苏省水资源供需平衡现状分析[J]. 水利水电科技进展, 2000, 20(4): 35-38.
- [5] 翁焕新. 城市水资源控制与管理[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 1998: 79-88.
- [6] 广州市计划委员会, 广州市国土规划办公室. 广州国土资源[M]. 广州: 广州出版社, 1994: 128-130.
- [7] 杨志峰, 崔保山, 刘静玲, 等. 生态环境需水量理论、方法与实践[M]. 北京: 科学出版社, 2003: 50.
- [8] TENNANT D L. Instream flow regimens for fish, wildlife, recreation, and related environmental resources [C] // ORSBORN J F, ALLMAN C H. Proceedings of Symposium and Specility Conference on Instream Flow Needs II. Bethesda: American Fisheries Society, 1976: 359-373.

(收稿日期: 2004-04-30 编辑: 傅伟群)

