

DOI :10.3876/j.issn.1000-1980.2010.06.006

快速城市化过程中深圳的水资源与水环境问题

邱国玉 张清涛

(北京大学环境与能源学院 ,广东 深圳 518055)

摘要 :近 30 年来 ,深圳经历了快速城市化过程 ,出现了许多严重的水资源和水环境问题 ,如水资源短缺、水质污染严重、水生态退化、水灾害风险增加等 .深圳在全国率先成立水务局 ,实现了城乡水务一体化 ,并推出 5 级阶梯水价政策 ,但当前水价仍未充分反映水资源紧缺程度 .针对深圳的水资源和水环境问题 ,提出了 6 条保护建议 :必须走出“ 违法成本低 ,守法成本高 ”的怪圈 ;“ 源头减排 ”和“ 污水零排放 ”是根本 ;学习新加坡经验 ,推广水资源的循环利用 ;优化产业结构 ,努力发展第三产业 ;充分利用海水 ,借鉴发达国家的城市雨水资源利用经验与技术 .

关键词 :水资源 水环境 城市化 深圳

中图分类号 :X22 文献标志码 :A 文章编号 :1000-1980(2010)06-0629-05

城市化地区的水循环由自然水循环和社会水循环 2 部分组成 ,自然水循环由降水、蒸发、入渗、产流、汇流等环节组成 ,社会水循环由原水分配、耗水过程、污水排水收集与处理、再生水配置与调度等环节组成 .城市化在相当程度上改变了水循环的自然过程 .同时 ,由于自然、社会和经济活动的影响 ,各城市的社会水循环不尽相同 ,由此产生了许多既有共性 ,又各具特色的城市水环境与水资源问题 .本文主要研究深圳快速城市化过程中产生的水资源和水环境问题 ,并提出有针对性的建议 ,为水资源管理提供决策依据 .

1 深圳城市化的基本特征

2010 年是深圳特区建设 30 周年 ,30 年来深圳经历了一个高速城市化过程 .如表 1 所示 ,深圳人口由 1979 年的 30 万人增加到 2007 年的 860 万人 ,增加了近 30 倍 .1980—2001 年 ,深圳 GDP 平均每年递增 29.5% .截止 2007 年底 ,深圳人均 GDP 达到 8 万元左右^[1] ,全国第 1 ,经济总量全国第 4 .

随着城市的快速扩张 ,居民生活和工业用水增长较快 ,年均用水增长率分别为 10.3% ,13.3%(图 1) .其中 ,居民生活是最大用户 ,占 38% ,远高于全国平均水平^[2] .人均占有水资源量也由 1979 年约 6 000 m³ 迅速下降至 2007 年的 204 m³^[3] .按照国际标准 ,人均 500 m³ 为水资源危机线 .因此 ,深圳已属严重缺水城市 ,是我国 7 大缺水城市之一 .

深圳万元GDP用水量呈快速下降趋势(图2) ,1998—2003

表 1 深圳社会经济动态变化^[1]

Table 1 Dynamic variation of social and economic parameters in Shenzhen^[1]

年份	人均 GDP/元	户籍人口/万人	非户籍人口/万人	职工年平均工资/元
1979	606	31.26	0.15	769
1989	6 710	64.82	76.78	3 858
2000	32 800	124.92	576.32	23 039
2007	79 645	212.38	649.17	38 798

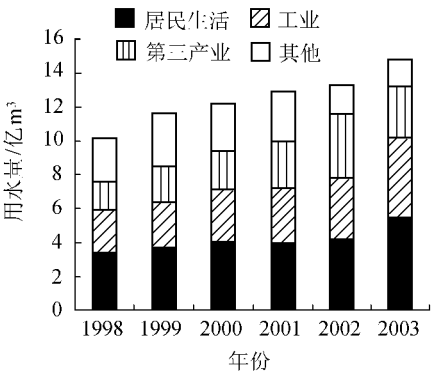


图 1 深圳 1998—2003 年用水变化过程^[2]

Fig. 1 Variation of water consumption in Shenzhen from 1998 to 2003^[2]

收稿日期 :2010-09-16
基金项目 :国家自然科学基金(30972421)
作者简介 :邱国玉(1963—)男 ,内蒙古阿右旗人 ,教授 ,博士 ,主要从事植物-土壤-大气系统中的物质和能量流研究 .E-mail :qguoyu@szpku.edu.cn

年年均下降 8.9%^[2],略快于同期全国平均水平(8.4%).深圳一般工业万元增加值用水量大约只有全国平均值的 1/5(图 3),用水效率较高.

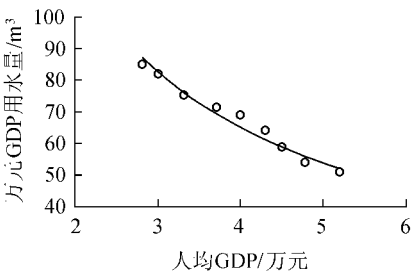


图 2 深圳国民经济与万元 GDP (2003 年可比价)用水量的关系

Fig. 2 Relationship between per capita GDP and water consumption per 10 000 Chinese Yuan

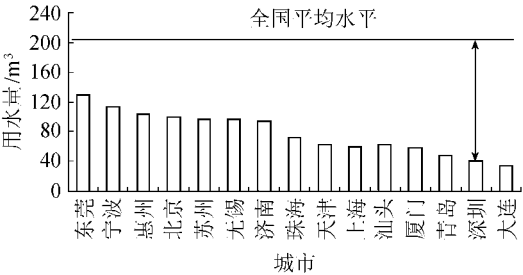


图 3 2000 年全国及部分城市一般工业万元增加值用水量^[2]
Fig. 3 Water consumption per added value 10 000 Chinese Yuan of normal industry in whole country and some cities in China in 2000^[2]

2 城市化对自然水循环的影响

城市化对自然水循环的影响很强烈,它可以改变降水、蒸发、入渗、产流和汇流多个环节.多数研究者^[4-5]认为城市的动力和热力作用会使城区和城市下游地区降水增加,少数研究者^[6]认为城市大气污染物的微物理过程会使城市下游地区的降水减少.城市化改变了自然地形地貌,以不透水地面铺砌代替原有的透水土壤和植被,造成下渗与蒸发显著减少,增大同等强度暴雨下的地表径流量和洪峰流量,也即增大防洪压力.同时,由于植被减少,植物的蒸发和蒸腾作用相对减弱.另一方面,城市化产生的大量污水,常污染河湖等水域,减少水资源的可利用量,造成水质性缺水.

近年来,暴雨强度增大,频率增加,但这部分资源在缺水城市不仅未合理利用,相反往往积水严重,产生洪涝灾害,或在雨季弃之排走,造成水资源的浪费,在旱季则严重缺水^[7].

3 深圳面临的水资源和水环境问题

由于城市化的进程过快,深圳出现了许多严重的水资源和水环境问题,主要问题为水资源短缺、水污染严重、水生态退化和水灾害风险增加等.

3.1 水资源短缺

深圳多年平均降水量约 1 800 mm,其中雨季 4—9 月占年降水量的 85%.深圳地处沿海,地势平坦,不适于修建大型水利工程.众多的小水库,细小、分散,调蓄能力差,汛期径流量难以集中利用.随着经济发展和人口增加,深圳水资源短缺的程度将会进一步加剧.缺水已成为深圳经济和社会可持续发展的重要制约因素^[8].

稳定的径流量是城市用水的基本保障,植被、林地和土壤又是实现径流量稳定的基本要素.林地的降水有 30% 变为地下水,而在裸露地面,仅有 5% 的降水渗入土壤.林地涵养水源的能力比裸地高出好几倍.在深圳城市化过程中,大面积的天然植被被毁,林木被砍伐,土地大量硬化.深圳仅 1993 年就建成公路 1 205 km.截止 2007 年上半年,建成区面积达 710 km².林地的大量消失,导致保水能力下降,这也是近年来深圳逢急雨天气就大水泛滥的原因之一.而在旱季,深圳又会发生河流枯竭现象,从而造成季节性缺水.

表 2 是 2000 年规划的 2010 年深圳用水标准^[9].当时预计 2010 年的人口规模约为 430 万人,但是 2010 年的实际人口是当时预计人口的 2 倍以上.出乎意料的人口增加极大地加剧了水资源供给的压力.

从表 3 可以看出,深圳供水主要为外调水,约占 80%,本地蓄水约占 10%^[9].预计 2020 年深圳的水资源缺口将达到 6.73 亿 m³^[3].

表 2 深圳 2010 年用水标准

Table 2 Water consumption standard in Shenzhen in 2010					
镇区	规划人口/ 万人	生活用水 定额/ (L·(人·d) ⁻¹)	工业 产值/ 亿元	万元产值 耗水量/m ³	漏耗及未 预计水量/ (万 m ³ ·d ⁻¹)
罗湖	46.4	420	660	21	5.6
福田	56.0	420	700	21	6.3
南山	66.4	420	1060	21	8.1
盐田	11.2	420	280	21	1.3
保安	130.0	380~400	1 002	20~25	19.0
龙岗	120.0	400	1 251	20~25	22.0

3.2 水质污染与水生态退化

深圳河流水质污染严重超标,不能使用.珠江水系河流几乎全部河段,海湾水系、东江水系河流约 80% 河段水质超过Ⅴ类标准^[10],造成了严重的水质性缺水.深圳主要饮用水源地和小型以上水库水质受到不同程度污染,水质为Ⅲ类以上的为 98%.西丽水库周围有 3 个村委会,由于建立了大量村工厂,外来人口急剧增加,居民活动已直接威胁到水库的供水水质安全^[8].

水污染严重的主因在于源头减排控制不严、城市水生态基础设施建设滞后、管网建设不匹配、特区内外发展不均衡.很多未处理或处理不达标的排水系统以“点污染源”的形式污染深圳生态.更加严重的是,占整个水生态系统污染物近 50% 的“面源污染”几乎没有任何控制措施.此外,陆地污染物进入近海海域,致使赤潮发生频率逐年增加,目前尚未实施有效的保护措施^[10].2010 年 8 月,深圳附近海域发生大规模赤潮,海洋富营养化依然严重.

特区内 2005 年的排污量约 130 万 m³/d,但实际只处理污水约 80 万 m³/d.每天约有 50 万 m³ 未经处理的污水通过 3034 个市政管线接入口、372 个雨水排放口向河流和海湾排放,污染源个数高达 43000 个.另外,有 1300 多个住宅小区存在雨污混流问题,特区内分流制实际上是“混流制”.

多年来,深圳海岸带湿地面积一直呈减少趋势.与 1980 年相比,2005 年潮间淤泥海滩和红树林沼泽面积减少 60%^[11],城市化对土地的需求增加是根本原因.污水排放导致湿地水质净化负荷加重^[11].

3.3 水灾害风险增加

深圳属台风、洪涝灾害多发地区,城市化进程带来一系列防洪(潮)新问题.

1981—2000 年,深圳除 4 个年份有旱灾无洪灾外,其余各年都有洪灾^[12].洪灾的形成和严重程度与降雨量、下垫面条件、社会经济有关.深圳特区和布吉镇为洪灾多发区.深圳的局部洪灾特点是暴雨洪水来势凶猛、历时短、洪灾出现快,基本无预见性可言.

城市化对流域雨洪影响的物理机制主要有城市热岛效应、城市阻碍效应和凝结核效应.热岛效应使空气层极不稳定,阻碍效应促使城市上空热力对流发展,对流性降水有所增加,形成的雷雨范围小、雨势急、时间短,造成城市雨强较郊区大.

深圳城市化对流域降水量的影响表现为:流域年降雨总量没有发生较大变化,但降雨天数及暴雨次数明显增加.2008 年 6 月,深圳出现了范围广、强度大、持续时间长的异常降水事件,导致百万人受影响,诱发的洪涝及地质灾害等造成直接经济损失约 5 亿元^[12].

4 深圳水资源与水环境管理方面的经验和实践

4.1 体制建设

长期以来,我国水务市场基本由政府行政垄断,市场化程度低,效率低下,在经营方式上形成了“低水价+亏损+财政补贴”的模式^[13].在这种背景下,深圳在全国率先成立水务局,实现城乡水务一体化.截止 2007 年底,深水集团公司净资产 81 亿元.水务管理的实践证明:水务统一管理综合考虑水资源自然和经济属性,符合水资源的开发利用规律.这也是优化配置水资源,提高水资源利用效率的体制保证^[13].

深水集团成功的经验主要有:转变理念,引入竞争机制,推进市场化改革;按照市场规律推进现代企业制度改革,明确职责,政企分开;推进水务管理一体化改革,由集团公司承担制水、供水和污水处理的职能,打破了部门、行业和城乡分割体制的限制,统筹规划了城市防洪、城乡给排水、污水处理、地下水管理和节约用水 5 大职能^[14].

但是,改革中还存在着政府监管落后于市场化发展的问题,如深圳政府向法国威利雅环境集团和首创威水公司转让深圳水务集团 45% 的股份时,政府与新的水务集团签署了《特许经营协议》,但由于依据不充分,对取得特许经营权企业的要求不够具体,对政府的监管内容也缺乏明晰的规定.对水务行业发展而言,没有严格监管的市场化比传统计划体制更加有害^[13].

4.2 价格机制的探索

深圳于 1990 年率先进行水价改革,推出了 5 级阶梯水价政策,区分了居民生活用水、机关用水、工业用

表 3 深圳 2010 年可供水量

Table 3 Allowable water supply quantity in Shenzhen in 2010 10 ⁸ m ³						
本地蓄水工程	河道提、引水	地下水允许开采量	中水、污水回用	海水可利用量	东部供水水源	东深供水水源
1.97	0.63	0.65	0.86	0.18	7.2	8.73

水、商业用水和特种用水^[3]。1997年,深圳出台污水处理收费政策。近年来,深圳又先后提高了自来水价格和污水处理费标准,并拉大了阶梯水价级差。但长期以来,深圳实行的是市民普遍受惠的补贴政策。水价体系不合理阻碍了水资源基础产业的发展,当前水价未充分反映深圳水资源紧缺程度,也未反映污水处理成本。

深圳目前的水价体系还不完善,主要表现为^[3](a)累进加价的阶梯收费制度没有对单位及企业等用水大户的用水行为进行约束,仍依单一水价收费;(b)没有建立鼓励使用再生水替代自然水源和自来水的价格机制;(c)污水处理费没有分类收取,未做到高污染高收费,不污染不收费。

与发达国家相比,深圳万元GDP耗水量偏高,雨洪尚未有效利用,海水淡化才刚开始起步。通过水价改革促进节水是必然趋势。深圳水价在全国属于偏低水平,今后将整体上适度提高水价标准,大幅提高洗车等特殊行业用水价格,小幅提高居民必需生活用水费用。

4.3 水环境治理和管理

“十一五”期间,深圳水务建设工程总投资389.6亿元^[3],重点主要集中在水资源开发利用及城市排水与水环境治理2大方面。但是,到目前为止,深圳的水资源和水环境问题并没有很好地得到解决,人口和经济规模持续增加固然是一个重要原因,没有有效地控制排放源也可能是主要原因之一。

5 城市水资源与水环境保护的思路与建议

5.1 必须走出“违法成本低,守法成本高”的怪圈

我国环境违法成本低,法律制度设计和执行上都存在缺陷。应当完善相关法律条款,加大对违法者的处罚和打击力度,使违法者必须付出相应的成本。同时,应该立法追究环境监测部门和执法部门不作为的责任。建立舆论监督和第三方评估制度,当其进行失真或虚假评估时,也应当追究相关单位和评价专家的法律责任,并取消其从事这一行业的相应资质。

5.2 “源头减排”和“污水零排放”是根本

可以肯定地讲,如果不从排放源头上治理,深圳乃至中国的环境污染难有根本性的好转。在环境污染控制与治理方面,发达国家有许多值得借鉴的、成熟的经验、技术和管理模式。因此,在解决城市化和环境污染等问题时,应借鉴发达国家的环保机制、法律条文和减排经验,真正做到严格执法,逐步实现“污水零排放”。

5.3 学习新加坡经验,推广水资源的循环利用

新加坡严重缺水,人均水资源量只有211 m³,居世界倒数第2^[14]。新加坡成功开发出“新生水”技术,即回收生活废水加以循环利用。目前日产新生水约9.2万 m³,其中1.36万 m³(约占新加坡用水总量的1%)作为间接饮用水,其余的则作为商业用水^[15]。另外,新加坡全国所有的雨水被有效回收和利用。

5.4 优化产业结构,努力发展第三产业

在产业结构中,耗水量大、污染严重的是工业制造业等第二产业,因此,发展第三产业有利于节水和环保。深圳多年来第三产业占50%左右,距离发达国家60%~70%的水平仍相距甚远。因此,未来深圳应在发展高新技术产业的基础上,努力发展教育事业、现代金融业、新能源产业、现代物流业、现代会展业和文化产业。

5.5 充分利用海水

深圳是一个拥有丰富海水资源的沿海城市,属于本市的海域面积约100 km²。到目前为止,深圳利用海水仅限于沿海几个电厂的冷却用水^[10]。如果深圳通过生活杂用水、工业冷却用水、城市景观用水等方面利用海水,2020年可节水8.95亿 m³^[16]。

5.6 借鉴发达国家的城市雨水资源利用经验与技术

a. 尽量减少封闭路面。在德国巴伐利亚州,封闭路面仅占路面的3.4%^[7]。采用在绿色植被与土壤之间增设贮水层、透水层等方法可增加城市土壤的相对含水量;利用低洼地、渗透井、人行道和休闲区域,采用草皮砖等措施实现雨水渗透。

b. 建造雨水蓄水设施,汇集贮存城市雨水,用作冲洗用水、绿化喷洒用水等。以住宅小区为例,根据小区所在地的年平均降雨量和汇水面积计算出雨水量,可按其5%~10%确定贮水池的容积^[7]。

c. 利用雨水强化建筑屋顶绿化。

参考文献:

[1] 深圳统计局. 深圳统计年鉴[M]. 深圳: 深圳统计局, 2008.

- [2] 袁宝招, 陆桂华, 酈建强. 深圳水资源需求及其调控对策[J]. 水资源保护, 2007, 23(2) : 60-63. (YUAN Bao-zhao, LI Gui-hua, LI Jian-qiang. Water resources demand and countermeasures for its regulation and control in Shenzhen[J]. Water Resources Protection, 2007, 23(2) : 60-63. (in Chinese))
- [3] 文奇. 深圳水环境问题及治理对策研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2009.
- [4] DIXON P G, MOTE T L. Patterns and causes of Atlanta ' surban heat island-initiated precipitation[J]. J Appl Meteor, 2003, 42 : 1273-1284.
- [5] DIEM J E, MOTE T L. Interepochal changes in summer precipitation in the southeastern United States : evidence of possible urban effects near Atlanta, Georgia[J]. Journal of Applied Meteorology, 2005, 44(5) : 717-730.
- [6] ROSENFELD D. Suppression of rain and snow by urban and industrial air pollution[J]. Science, 2000, 287(5459) : 1793-1796.
- [7] 陈卫, 孙文全, 孙慧. 城市雨水资源利用途径及其生态保护[J]. 中国给水排水, 2000, 15(6) : 26-27. (CHEN Wei, SUN Wen-quan, SUN Hui. Utilization of urban rainwater resources and protection of ecological system[J]. China Water & Wastewater, 2000, 15(6) : 26-27. (in Chinese))
- [8] 刘树锋, 陈俊合, 黄春苑. 深圳市水资源可持续利用主要矛盾及其实现途径探讨[J]. 国土与自然资源研究, 2004(1) : 83-84. (LIU Shu-feng, CHEN Jun-he, HUANG Chun-yuan. Analysis of contradiction and discussion of approach in sustainable utilization of water resources in Shenzhen City[J]. Territory & Natural Resources Study, 2004(1) : 83-84. (in Chinese))
- [9] 张保生. 深圳水资源优化配置方法与应用研究[D]. 武汉: 武汉大学, 2005.
- [10] 曾岭岭. 深圳市工业污水处理及回用研究[D]. 贵州: 贵州大学, 2007.
- [11] 吴吉东, 李宁, 李春华. 深圳海岸带湿地变化及存在的威胁[J]. 海洋环境科学, 2008, 27(3) : 278-282. (WU Ji-dong, LI Ning, LI Chun-hua. Change and threats of coastal wetlands in Shenzhen[J]. Marine Environmental Science, 2008, 27(3) : 278-282. (in Chinese))
- [12] 陈春浩. 深圳市洪涝灾害特性与防灾减灾对策研究[J]. 中国水利, 2003(3) : 39-41. (CHEN Chun-hao. Feature of flood disasters in Shenzhen City & countermeasure study[J]. China Water Resources, 2003(3) : 39-41. (in Chinese))
- [13] 张秋民. 论我国城市水务行业的运营改革[D]. 北京: 北京交通大学, 2006.
- [14] 张旭军. “深水模式”经验及对宁波的启示[J]. 宁波经济: 三江论坛, 2010(4) : 28-30. (ZHANG Xu-jun. “Shenzhen water management mode” experience and its enlightenment to Ningbo[J]. Ningbo Economy Sanjiang Forum, 2010(4) : 28-30. (in Chinese))
- [15] 陈安生. 对新加坡水资源管理的几点思考[J]. 人民长江, 2009, 40(14) : 90-91. (CHEN An-sheng. Several considerations on water resources management in Singapore[J]. Yangtze River, 2009, 40(14) : 90-91. (in Chinese))
- [16] 张宏达, 杨曦. 深圳市污水量预测方法探讨[J]. 市政技术, 2006, 24(1) : 52-54. (ZHANG Hong-da, YANG Xi. On the forecast method of sewage discharge in Shen-zhe[J]. Municipal Engineering Technology, 2006, 24(1) : 52-54. (in Chinese))

Issues of water resources and environment in Shenzhen with rapid urbanization

QIU Guo-yu, ZHANG Qing-tao

(School of Environment and Energy, Shenzhen Graduate School, Peking University, Shenzhen 518055, China)

Abstract : In recent 30 years, Shenzhen has witnessed the rapid urbanization, and many serious problems of water resources and environment such as water shortage, water pollution, degeneration of aquatic ecosystem and risk increase of water disasters have been aroused. Shenzhen has first established its Water Authority in China and realized the integrated management of urban and rural water resources, water services and water environment. Although the water price policy with 5 levels is carried out in Shenzhen, the water shortage is not sufficiently reflected in the current water price. With regard to the water resources and environment problems in Shenzhen, 6 suggestions were proposed as follows: (1) “illegality pays less than observance” must be stopped in wastewater discharge; (2) “reducing discharge from the source” and “zero liquid discharge” are the key points to manage wastewater; (3) good experience should be learnt from Singapore and the recycling of water resources should be popularized; (4) the industrial structure should be optimized and the tertiary industry be developed; (5) seawater should be sufficiently used; (6) the experience of rainwater resources utilization from developed countries should be learned and referred.

Key words : water resources; water environment; urbanization; Shenzhen