

# 重庆城市化过程与水资源环境变化关系研究\*

刘金萍<sup>1</sup>, 李为科<sup>1</sup>, 郭跃<sup>1,2</sup>

(1. 重庆师范大学地理科学学院; 2. 重庆师范大学研究生处, 重庆 400047)

**摘要**: 首先对城市化进程与水资源环境变化关系的国内研究现状进行了较为详细的综述, 进而对重庆市的水资源环境现状特征进行了分析, 同时通过重庆市工业化过程、城镇化过程, 与水环境的演变规律对重庆市城市化进程与水资源环境的耦合关系进行了深入剖析, 指出工业结构性矛盾突出、能源结构差、城镇用地迅速扩张等是重庆水环境恶化的主要成因。最后, 根据重庆市环境保护“十一五”规划纲要提供的资料, 预测出 2030 年全市总需水量为 145.53 亿 m<sup>3</sup>, 2010 年废水排放总量将达到 25.3 亿 m<sup>3</sup>。

**关键词**: 水资源; 水环境; 工业化; 城市化; 供需预测; 重庆

中图分类号: F291.1 X52

文献标识码: A

文章编号: 1672-6693(2007)01-0086-05

## A Study on the Relationship Between Urbanization Process and Changes of Water Resources Environment in Chongqing City

LIU Jin-ping<sup>1</sup>, LI Wei-ke<sup>1</sup>, GUO Yue<sup>1,2</sup>

(1. College of Geography Science 2. Graduate Section, Chongqing Normal University, Chongqing 400047, China)

**Abstract**: At the beginning of this paper, the author generally summarizes the current situation on domestic research of urbanization process and changes of water resources environment, and analyzes the current situation of water resource environment of Chongqing. At the same time, through analyzing the industrialization process, urbanization process and the evolution regulation of water environment in Chongqing, and dissects the coincident relationship between water environment and urbanization process in Chongqing, the author points out that water environment degeneration of Chongqing was formed by low quality of the structural weakness of industry, the lack of qualified energy and the extension of urban land. Lastly, according to the resources is afforded by the “eleven - five” plan of environmental protection in Chongqing, we can predict that the total need amount of water will be 14 553 million m<sup>3</sup> in 2030 year and the total amount of waste water exhausted will be added up to 2 530 million tons in 2010 year in Chongqing.

**Key words**: water resources; water environment; industrialization; urbanization; predetermination of supply and demand; Chongqing

城市化是一个复杂的空间形态变化和社会、经济发展过程<sup>[1-3]</sup>。目前全世界城市化的水平以每年 1% 以上的速度递增, 且发展中国家逐渐成为增长的重点, 预计到 2025 年, 将有 2/3 的世界人口生活在不同规模的城市中<sup>[4]</sup>。由城市化过程导致的大规模的土地利用/覆盖变化及其对各种生态环境过程的影响最为引人注目。主要表现在城市水资源紧缺、城市水资源污染和城市雨洪灾害等方面。申仁淑从

气温、径流、峰量、峰型、降水和大气污染诸方面对城市化前后状况做了对比分析<sup>[5]</sup>。认为由于城市道路及铺砌路面的不断增加, 同量级的降水产生的径流远比自然状态下的大。韦明杰等通过对北京市城市化进展的分析, 建立了以不透水面积为参数的降雨径流相关图<sup>[6]</sup>。史培军等研究指出, 土地利用所引起的流域下垫面变化严重影响着洪涝灾害的致灾过程, 并分析了下垫面条件的改变对流域径流过程的

\* 收稿日期: 2006-01-06

资助项目: 重庆市自然科学基金(渝科基金(2005)9009号)

作者简介: 刘金萍(1973-), 女, 山东诸城人, 副教授, 博士, 研究方向为资源环境、土壤生态及环境保护。

影响,指出土地利用的变化使径流量趋于增大,人类活动对径流的影响最大的区域主要集中于城市用地和水体。我国学者汪慧珍等分析了北京市雨水径流的污染源,估算了其污染量,并提出了多种控制径流污染的措施<sup>[7]</sup>。张勇等分析了上海市地表水水质近20年的变化后指出,水质变化主要与人类社会经济活动的影响有关,而与水文气象因素相关性较小,尤其是农牧业及生活污染是影响水质变化的主要因素<sup>[8]</sup>。整体说来,目前对城市区域地表水质量的研究大多限于点源污染及其对大江、大河的影响,而对面源污染,尤其是城市化后地表径流引起的污染以及和人类活动的耦合关系等研究较少<sup>[9]</sup>。有鉴于此,选择城市化水平快速发展的重庆市为例,在分析重庆区域水资源环境现状的基础上,通过研究重庆市工业化过程、城镇化进程等对水环境演变的影响,深刻剖析重庆城市化进程与水环境的耦合关系,最后通过重庆市环境保护“十一五”规划纲要提供的资料,对重庆市水资源用量和水环境进行预测,为重庆市水资源环境规划提供技术支持。

## 1 重庆市水资源环境现状

### 1.1 过境水资源丰富,非沿江地区利用水源难度大

重庆位于四川盆地东南雨水充沛的长江和嘉陵江的交汇处。年平均降水量为1 000~1 400 mm,境内河流几乎全为长江水系,流域面积大于500 km<sup>2</sup>的河流有41条,地表水和地下水为604亿 m<sup>3</sup>(不含过境水)。2009年三峡工程竣工后,重庆将拥有世界上少有的巨大水库,库容储量400亿 m<sup>3</sup>。然而重庆在地貌构成上,以山地、丘陵为主,地势起伏大,层状地貌分明,山地和丘陵面积占幅员面积的94%,这对非沿江地区利用两江水源增加了难度。

### 1.2 水资源空间和时间分布不均匀

首先,东南山地丰富,西部丘陵贫乏,加之水源被污染,西部已出现严重缺水的现象。其次,雨量的时间分布也不均匀,6—9月的降水量占全年的50%~70%,其余8个月则不到30%~50%。而6—9月的降水分布又极不均匀,常常出现连续几十天高温的“伏旱”。

### 1.3 “三江”水质稳定在Ⅱ、Ⅲ类水平,次级河流污染严重

2005年,长江、嘉陵江和乌江重庆段27个监测断面均满足Ⅲ类水质标准,其中满足Ⅱ类的断面数比2004年增加了3个,但水质超标的项目与2004

年相比,增加了石油类。都市区、渝西地区、三峡库区生态经济区次级河流不满足水域功能的断面分别达到82%、57%、50%,近30%的监测断面属于Ⅴ类或劣Ⅴ类水质,大肠菌群、化学需氧量(COD)、石油类、氨氮、总磷、高锰酸盐指数和生化需氧量指标是主要影响因素,有机物污染特征突出,对于饮用水源地水质构成威胁。近63%大中型水库出现富营养化,局部区域水库水质有整体下降的趋势<sup>[10]</sup>;自2003年6月三峡工程二期蓄水以来,我市库区大宁河、神女溪、抱龙河、朱衣河和梅溪河等多条入江支流的回水顶托段先后出现“水华”现象,其发生的频次增加,富营养化呈现上升趋势。

## 2 城市化进程对水资源环境的影响

### 2.1 工业化过程与水环境演变

人均GDP、产业结构和工业产值占GDP的比重诸因素与工业污染物的排放有密切的关系。随着工业化、城市化的发展,三次产业结构在不断变化,工业部门所占的份额以及化工与重工业在工业部门内所占的份额先增加,然后出现持平,进而开始逐步下降,而信息技术和服务业所占的比重不断上升<sup>[6]</sup>。这些结构的变化必然导致工业污染物排放的变化。

从重庆地区工业化的过程来看,在改革开放初期,重庆的轻重工业比重基本相等,自20世纪90年代开始,重工业比重不断上升,至90年代后期达到顶点,1999年重庆重工业比值比1980年上升了13.1个百分点。而在国民经济中具有重要地位且是资金密集技术含量高、环境污染少的产业,如电子通信业、电气机械制造业、纺织业等。表面上处于稳定状态而实际上处于衰退状态边缘。而与之相对应的是,1990年重庆工业废水排放量为6.1235亿 m<sup>3</sup>,1997年达到10.1324亿 m<sup>3</sup>。工业化进程的加速导致重庆地区的“三江”水环境逐渐恶化。

新世纪伊始,重工业比重又有所下降。随之,工业废水排放量也逐渐缓慢下降,由1997年的10.1324亿 m<sup>3</sup>下降到2004年的8.3031亿 m<sup>3</sup>。由此可以看出,重庆的工业化不是一种自然的发展过程。而是走了一条先重工业后轻工业的道路。2001年,重庆工业产值排名前八位的为:交通设备运输制造业386.4亿元;化学原料及化学制品制造业79.4亿元;黑色金属冶炼及压冶加工业57.5亿元;非金属矿物制品业54.9亿元;电气、蒸气、热水的生产和供应业51.8亿元;其他制造业46.7亿元;医药制造业

39.3 亿元;有色金属及压冶加工业 36.8 亿元。从中可以看出重庆总体工业水平仍停留在传统工业技术的粗、大、普的初级加工和劳动密集型工业阶段。高新技术比重过低。虽然其经济总量、产业结构和工业内部结构在不断提升,然而结构性矛盾依然存在。

“十一五”期间,我市仍处于工业化中期的初中级转换阶段,经济增长方式在短期内难以发生根本性转变,以冶金、火电、有色金属、化工、建材等高耗能、高污染产业仍将成为我市的支柱产业,这将进一步导致能源需求居高不下,能耗增长率估计保持在 5.24% 左右,按 2002 年万元工业产值用水与工业废水排放比例测算,2007 年,工业用水在 2002 年的基础上将增加 24.8 亿  $m^3$ 、工业废水排放增加 9.15 亿  $m^3$ ;工业废水中的主要污染物化学需氧量将增加 10.12 亿  $m^3$ 。工业废水排放量将达到 10.79 亿  $m^3$ 。

## 2.2 城镇化进程与水环境演变

分析城镇化过程带来的生态环境问题,系统评价其对重庆水环境的影响,可以为城市发展规划和污染控制战略的制定提供科学依据。

解放前,重庆市仅为一个大城市,没有一个中、小城市,58 个建制镇聚集的人口也不多。经过 50 年的发展,一个以特大城市为中心、中等城市为骨干、小城市为纽带、建制镇为基础的城镇等级规模结构已初步形成,与之相伴随的是城镇土地利用总量呈高速增长态势。以重庆市都市区为例,建成区面积由 1978 年的 73.4  $km^2$  扩大到 1993 年的 157.78  $km^2$ ,据重庆市都市区城市总体规划(2004-2020)的预测,到 2020 年,建成区面积将激增到 300.47  $km^2$ 。

同时,改革开放后,重庆市小城镇发展迅速。1978 年有建制镇 70 个,1985 年增加到 151 个,1998 年底猛增至 648 个,2002 年达到 683 个。在 1978 至 1998 的 20 年间建制镇数量共增长了 8.3 倍,城镇密度每万  $km^2$  78.3 个,远远高于全国 18 个/万  $km^2$  的平均水平。根据重庆市相关规划,“十一五”期间,城镇化发展速度将年均提高 1.3 个百分点左右,2010 年城镇化率约达 52%,全市总人口 3 230 万,城镇人口将达 1 615 万;2020 年城镇化率达到 65%,全市总人口 3 320 万人,城镇人口将达 2 160 万人<sup>[11]</sup>。

随着城镇化水平的提高,重庆市 1999 年城市生活污水排放总量为 4.26 亿  $m^3$ ,增至 2004 年的 6 亿  $m^3$ 。可见生活污水对水环境污染十分突出。尤

其是对 TP 指标,生活污水率达 60% 以上。然而,在城市人口和城市建设用地快速增加的同时,许多城镇的发展缺乏科学合理的规划,城市基础设施建设严重滞后,尤其是环境保护基础设施建设大大落后于城市人口和建成区面积的增长步伐。尽管重庆主城区已是拥有百万人口以上的特大城市,但在 1997 年以前却没有建设城市污水集中处理设施。近年来,为了保护长江和嘉陵江水体水质,减少城市污水对水环境的污染,重庆才陆续在主城区、北碚、渝北等地建成了 3 座城市污水处理厂,日处理城市污水 11.8 万  $m^3$ ,城市污水集中处理率仅 7.8%,远低于全国城市污水集中处理率 17% 的水平。严重制约了区域社会经济的可持续发展。

## 3 重庆市水资源环境预测分析

### 3.1 重庆市水资源用量预测分析

全市多年平均降水量为 1 211.9 mm,平均径流深度 650 mm,径流系数为 0.54,全市当地产水量为 535.6 亿  $m^3$ ,入境水量 3 843.8 亿  $m^3$ 。受地形影响,水资源的地区差异较大,根据降水和地形差异,在保持流域完整的原则下,将全市划为 7 个片区(如图 1)。



图 1 重庆市水资源分区

(1) 工业用水量预测。重庆市 20 世纪末的工业产值约 715 亿元,平均每万元产值实际耗水量约 450  $m^3$ ,随着经济的发展、生产工艺的改进,科技水平提高,预测到 2030 年,水的重复利用率将会提高到 50%,实际耗水量将减少到 350  $m^3$ /万元,到 2030 年预测工业总产值将达到 2 030 亿元,实际需水量为 71.1 亿  $m^3$ ,比现有用水量增加 1.3 倍,占全市总用水量的 48.8%,是全市最大的用水部门。工业用水最大的地区是盆东丘陵区,区内人口稠密,又是主城区所在地,城镇密布,是全市的主要工业区,工业

产值约占全市的 50% ,工业用水占全市的 41%<sup>[12]</sup>。

(2) 农业灌溉用水量预测。重庆市内降水充沛,有效降水量可达 400 mm 以上,基本能满足自然生态用水和部分农作物生长用水。农业灌溉以水稻为主,旱地作物很少灌溉,预测 2030 年稻田灌面达到 80% ,用水标准为 500 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,旱地灌面为 10% ,用水标准为 120 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>。全市农业灌溉用水量 50.69 亿 m<sup>3</sup>,占总用水量的 34.8% ,为第二用水大户。农业灌溉需水量最大的是盆东丘陵区 and 川东平行岭谷区,这些地区是全市的主要农业生产区,耕地垦指数达 28.1% ,稻田面积占耕地的 60% ,这两个地区的灌溉需水量占全市灌溉水量的 60%。

(3) 城镇用水量预测。预测 2030 年全市总人口为 3 685 万,城镇化水平达到 52% ,城镇人口为 1 788 万人,是现有城镇人口的 1.7 倍。预测生活用水标准为 150 L/人·日,市政用水为 100 L/人·日,合计为 250 L/人·日,总用水量达到 17.3 亿 m<sup>3</sup>,相当于现有城镇用水量的 4 倍,其中主城区所在的盆东丘陵区约占 50% ,川东平行岭谷区占 24% ,边远的大巴山地区和沅江流域区则很少。

(4) 农村人畜用水量预测。农村人畜用水的取水分散,且多数为浅层地下水和泉水,人均利用的河流水量比城市低得多,考虑牲畜用水在内,预测用水标准为 100 L/人·日。2030 年全市农村人口为 1 897 万,比现在农村人口减少 22.2% ,总需水量为 6.53 亿 m<sup>3</sup>,需水量最大的仍然是人口稠密的盆东丘陵区 and 川东平行岭谷区。

因此,可以预测出 2030 年全市总需水量为 145.53 亿 m<sup>3</sup>,占当地产水量的 27.17% ,总用水量中工业用水占 48.8% ,农业灌溉用水占 34.5% ,城镇用水占 11.9% ,农村人畜用水占 4.5%。但地区和时间分布不均匀,人类活动集中的盆东丘陵区 and 川东平行岭谷区需水量占资源量的比例过高,分别达到 85.7% 和 41.2% ,大巴山区和沅江流域的需水量不到当地产水量的 10%。全市农村和灌溉用水仅占当地产水量的 10.68% ,用水量最大的地区也不到 25%。长江、嘉陵江和乌江的过境水量十分丰富,全市多数城镇都沿这三条江河而建,过境水量是城镇和工业用水的主要水源。

### 3.2 重庆市水环境预测分析

社会经济高速增长和城镇化战略的快速推进,必将伴随污染物排放总量增加。据预测,2010 年全市废水排放总量约为 25.3 亿 m<sup>3</sup>,较 2004 年增加

87% ,其中工业废水排放量 10.79 亿吨,城镇污水 14.54 亿 m<sup>3</sup>;生活垃圾产生量增加 1.54 倍;COD 排放总量将达 98 万 m<sup>3</sup>,其中工业 COD 和生活 COD 排放总量约增加 79% ,分别为 18.7 万 m<sup>3</sup>、29.8 万 m<sup>3</sup>;氨氮排放总量将达 9.8 万 m<sup>3</sup>,其中工业和生活氨氮排放量约增加 79% ,分别为 1.76 万 m<sup>3</sup> 和 3.22 万 m<sup>3</sup>。

三峡库区具有自然环境的特殊性和脆弱性,人地矛盾突出,在三峡工程竣工后,三峡水库将在 145~175 m 水位运行,库区水文条件会发生变化,库区河湾、滞水区及部分次级河流入江的回水顶托段富营养化呈加重趋势,消落带生态与环境问题以及一些其他的潜在环境问题可能在“十一五”后期逐渐显现,库区水环境保护工作面临的形势不容乐观。

渝西地区随着经济发展速度加快以及部分主城区的污染企业迁入,如果污染物排放总量得不到有效控制,可能引起次级河流水污染加重,使得人均水资源短缺和功能性缺水问题进一步加剧。

在农业和农村发展中,农药、化肥的不合理使用,养殖业无序发展,工业不断向农村转移,污染由城镇向农村蔓延呈加快趋势,将会进一步加剧水体污染和土壤污染,将不利于保障农产品质量安全和农村居民生活环境的改善。

## 4 结论

本文在总结重庆市水资源、水环境现状的基础上,分析了重庆城市化过程与水资源环境耦合关系,主要论述了重庆的水环境的演变规律及对工业化过程、城镇化进程的响应,根据重庆市降水和地形地貌的差异,在保持流域完整的原则基础上,将全市划为 7 个片区,预测了 2030 年全市总需水量为 145.53 亿 m<sup>3</sup>。最后,根据重庆市环境保护“十一五”规划纲要提供的资料,在“十一五”期间,全市仍处于工业化中期的初中级转换阶段,经济增长方式在短期内难以发生根本性转变,2010 年废水排放总量将达到 25.3 亿 m<sup>3</sup>,环境容量难以支撑粗放型的增长模式,环境质量仍将面临非常严峻的形势。

### 参考文献:

- [1] 王荣祥. 生态与环境——城市可持续发展与生态环境调控新论[M]. 南京:东南大学出版社,2002.
- [2] 杨士弘. 城市生态环境学[M]. 北京:科学出版社,2002.
- [3] 许学强,周一星,宁越敏. 城市地理学[M]. 北京:高等教育出版社,2002.

育出版社 2001.

- [4] 陈杰,陈晶中. 城市化对周边土壤资源与环境的影响[J]. 中国人口·资源与环境, 2002, 12(2): 70-74.
- [5] 申仁淑. 长春市城市化影响效应分析[J]. 水文科技信息, 1997, 14(3): 39-42.
- [6] 陈建耀. 城市水文学研究进展——东南亚地区城市水文学学术研讨会综述[J]. 水文科技信息, 1997, 14(1): 1-5.
- [7] 汪慧珍,李宪法. 北京城区雨水径流的污染及控制[J]. 城市环境与城市生态, 2002, 15(2): 16-18.
- [8] 张勇,王云,叶文虎,等. 上海市地表水水质近20年的变化[J]. 环境科学学报, 2002, 22(2): 247-251.
- [9] 许刚. 太湖流域社会经济发展对水环境的影响研究[J]. 地域研究与开发, 2002, 21(1): 55-59.
- [10] 李艳丽,赵纯勇. 山东省水资源可持续利用研究[J]. 重庆师范大学学报(自然科学版), 2003, 20(4): 63-67.
- [11] 陈晔,赵纯能,魏兴萍. 重庆市沙坪坝区水资源用量趋势及保护措施[J]. 重庆师范大学学报(自然科学版), 2005, 22(1): 53-56.
- [12] 重庆社会科学院. 重庆蓝皮书 2005 年经济社会形势分析与预测[M]. 重庆:重庆出版社, 2005.

(责任编辑 许文昌)