

DOI :10.3969/j.issn.1004-6933.2010.06.008

# 昆明城市发展进程中的水资源演变分析

方绍东<sup>1</sup>, 黄 英<sup>2</sup>, 柏绍光<sup>1</sup>

(1. 云南省水文水资源局昆明分局, 云南 昆明 650051; 2. 云南省水文水资源局, 云南 昆明 650106)

**摘要** 根据近年昆明市水资源量监测及其开发利用的有关资料,分析了昆明市发展过程中水资源及其开发利用变化的特征量。结果表明:昆明市水资源总量呈减少趋势,用水结构发生变化,生活用水缓慢增加,生产用水小幅减少,城市绿化等其他用水大幅度增长,供用水矛盾日益突出;GDP 总量用水量增大,用水效率提高,但与发达地区相比,具有一定的节水潜力;同时,饮用水水源地水质也呈下降趋势,滇池及其入湖河流水质长期处于 V 类或劣 V 类。随着经济社会快速发展,滇池流域水资源将不能满足昆明市发展的需要。昆明仍是全国 14 个最缺水城市之一,城市用水将依赖于外流域远距离调水,但应充分考虑城市雨水资源利用,同时也应做好突发性水安全事故的应急预案。

**关键词** 城市发展;水资源;水质;用水结构;昆明市

中图分类号:TV213.4 文献标识码:B 文章编号:1004-6933(2010)06-0032-05

## Analysis of water resources evolution with urban development in Kunming

FANG Shao-Dong<sup>1</sup>, HUANG Ying<sup>2</sup>, BAI Shao-Guang<sup>1</sup>

(1. Kunming Hydrology and Water Resources Bureau of Yunnan Province, Kunming 650051, China; 2. Yunnan Hydrology and Water Resources Bureau, Kunming 650106, China)

**Abstract**: Based on recent water resources quantity monitoring data and relevant data on the development and utilization of water resources, the characteristic quantity of water resources and development and utilization change in the urban development process was analyzed. The results indicated that the total water resources had a decreasing trend, and water consumption was increasing in Kunming. The water utilization structure had changed: domestic water increased slowly, process water decreased slightly, urban landscaping and other water use increased greatly, and the contradiction between water supply and water use became more and more significant. The water consumption of the total GDP quantity increased, as did the water use efficiency. However, compared with the developed region, the water-saving potential was still large. Meanwhile, the water quality of the drinking water source had a decreasing trend, and the water quality of Dianchi Lake and its inflow rivers stayed at a level V water standard or worse than level V for a long time. With the rapid development of the economy and society, the amount of water resources of the Dianchi Lake Basin could not meet the need of urban development in Kunming. Kunming was one of 14 cities with water scarcity in China, and the water supply depends on long-distance water diversion from other basins. Urban rainwater resources utilization should be fully considered, and emergency measures for sudden water safety accidents should be prepared.

**Key words**: urban development; water resources; water quality; water utilization structure; Kunming City

城市是区域社会经济、文化与政治的中心,也是物质消耗的中心。其中,与城市经济和居民生活关系最密切的是具有一定质量和足够数量的淡水资源<sup>[1]</sup>。区域水资源的多寡与时空分布、水环境的优

劣、水文特征的稳定性等直接影响城市的分布和未来发展进程<sup>[2-3]</sup>。目前我国城市发展在不同程度上受到干旱缺水、洪涝灾害、水环境恶化的威胁,同时,城市的发展也对区域水资源环境产生深刻的影

基金项目:云南省水利厅 2008 年科技项目

作者简介:方绍东(1963—),男(撒梅族),云南昆明人,高级工程师,主要从事水文水资源管理工作。E-mail: ynswwsf@126.com

响<sup>[4]</sup>。随着城市需水的增长,许多城市的用水对远距离调水的依赖性越来越大,从而促使区域水资源分布及水环境也发生改变。笔者以昆明市为例,对城市水资源演变进行分析,有助于理清水资源变化趋势,查明水资源变化过程中存在的问题,为水资源开发利用、保护、优化配置和管理提供科学依据。

## 1 气象水文概况

昆明市位于云南省中部,东经 102°10' ~ 103°41',北纬 24°24'—26°22',东与曲靖市接壤,西与楚雄州相连,南与玉溪市、红河州毗邻,北临金沙江,与四川省隔江相望。其行政区由市区及所属县(市)两部分组成。县(市、区)包括安宁市、呈贡县、晋宁县、嵩明县、宜良县、石林县、富民县、禄劝县、东川区、寻甸县 10 个,市区包括五华、盘龙、官渡和西山 4 个区,市区总面积 2 240.31 km<sup>2</sup> (滇池流域面积 2 920 km<sup>2</sup>),市中心海拔 1 891 m。市区位置及水系见图 1。

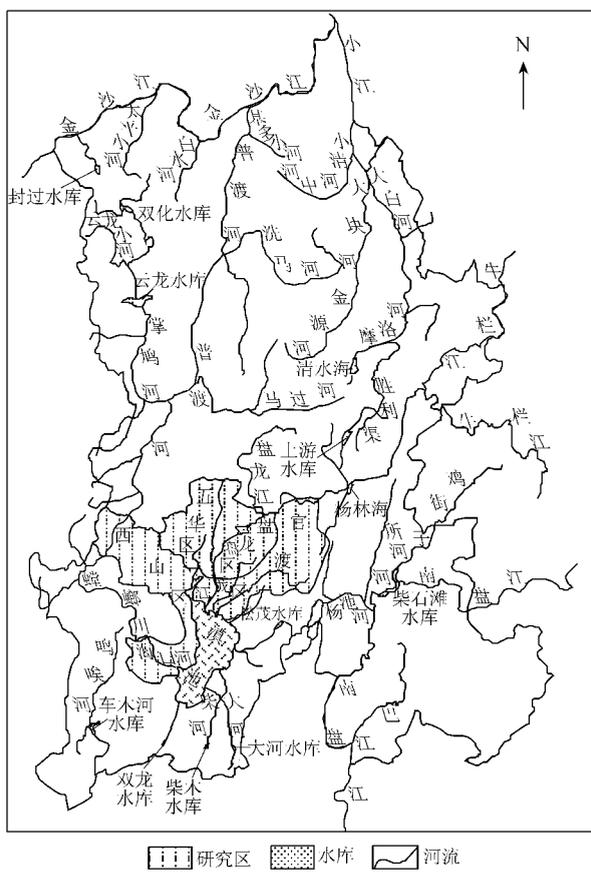


图 1 昆明城区位置及水系

昆明市所处的滇中盆地是云南高原面积最大、发育最全的新生代山间断陷盆地,地貌复杂多样,地形高差较大,气候特征具有明显的垂直分层和水平分带。昆明城区位于金沙江一级支流普渡河上游的滇池流域腹地,主要受印度洋西南季风和太平洋东南季风影响,属亚热带低纬高原季风气候区。由于滇池、阳宗海对温度和湿度的调节作用,形成了昆明

市区四季如春的气候。据昆明气象站资料统计,多年平均气温 14.7 ℃,最热月(7 月)平均气温 19.7 ℃,最冷月(1 月)平均气温 7.5 ℃;年均相对湿度为 74%,年均蒸发量为 1 685 mm;全年晴天较多,年均日照数 2 445.6 小时,平均无霜期 240 天。据滇池流域多站点雨量资料统计,流域多年平均降水量 985.5 mm,其中市区多年平均降水量 888.8 mm,5—10 月降水量占全年降水量的 80% 以上,11 月至次年 4 月降水量约占全年降水量的 20%。

## 2 水资源现状分析

### 2.1 水资源量

根据流域内昆明、小河、干海子、双龙湾、海口代表性水文站实测资料分析,滇池流域多年(1956—2000 年)平均水资源总量为 8.2 亿 m<sup>3</sup>,产水模数 28.1 万 m<sup>3</sup>/(km<sup>2</sup>·a)。按 2006 年昆明市人口 295 万人计算,人均水资源量为 278 m<sup>3</sup>,不足全国人均水资源量的 11%,比京津唐地区还低。地表水供水比例为 83.8%,地下水供水比例为 9%,回用水供水比例为 7.2%。在滇池流域内通过新建松华坝大(二)型水库和 7 座中型水库和 94 座小型水库(总库容达 3.83 亿 m<sup>3</sup>,控制面积 1 318 km<sup>2</sup>,占滇池流域陆面面积的 49.5%)并对“2258”工程采取联合供水,以及 2007 年 3 月外流域掌鸠河调水工程竣工通水后,在一定程度上缓解了昆明市缺水现状。若按调水 60 万 m<sup>3</sup>/d 计,与该区域水资源合计后也仅为 10.39 亿 m<sup>3</sup>,昆明市人均水资源量为 352 m<sup>3</sup>,远低于 1 700 m<sup>3</sup>/人的警戒线,也低于 500 m<sup>3</sup>/人的极度缺水划分标准,但从滇池流域水资源开发利用情况看,其利用率已超过 40%,地下水的开采程度也超出允许开采量的 18.8%,表明滇池流域已无开发潜力而只能外调。因此,要彻底摆脱缺水的状况还任重道远。

### 2.2 水污染状况

据相关资料,2006 年昆明市污水处理率为 76.76%,垃圾无害化处理率达到 98.13%,对改善滇池水质是非常有益的,但即便是完全控制工业污染源与城市生活污水,因非点源污染的存在,其入湖污染负荷也超过了滇池的水环境容量,城区入湖河流及滇池水质近年来一直处于劣 V 类,表明目前的水资源虽然能基本满足昆明市的生产和生活用水,但却无法满足生态环境需水。在水资源被过度开发利用的情况下,河流水量减少,甚至出现断流,进入滇池的清洁水越来越少。据昆明水文站实测资料分析,入湖水量由 20 世纪 80 年代的 3 亿 m<sup>3</sup> 减少到 0.7 亿 m<sup>3</sup>,使得滇池水体自净能力下降,治理难度增加。滇池综合治理耗时 10 多年,先后投入资金 100 多亿元,湖泊生态恶化问题不仅没有逆转,部分水域

污染状况日趋严重,富营养化加剧,水葫芦、蓝藻暴发性繁殖势头不减,呈“绿岛”状长期覆盖湖面,水体变色,功能衰退,生态进一步恶化。因滇池被污染,原来极为丰富的水生植物从种类、分布、数量到演替均发生巨变,一些敏感群落灭绝或濒临灭绝,水生植物面积锐减,鱼虾减少,土著鱼从原来的15种减少到4种<sup>[5]</sup>。

### 3 水资源变化分析

#### 3.1 水资源量变化

滇池流域水资源由大气降水补给,多年平均降水量为28.78亿m<sup>3</sup>,其中昆明市为19.91亿m<sup>3</sup>,但因年内分配极不均匀,年际变化也较大,呈现出干旱缺水、城市内涝并存的特点。

近年代表站资料分析表明,降水量、水资源总量呈下降趋势,且年际变化大,如2006年水资源总量为6.70亿m<sup>3</sup>,仅为2001年12.56亿m<sup>3</sup>的一半左右。由于昆明市人口的快速增长,人均水资源量迅速下降,到2006年,人均水资源量仅为227m<sup>3</sup>(表1)。根据城市总体规划,昆明市发展规模还将进一步扩大,这将迫使城市发展必须把解决水资源紧缺作为最迫切的任务。继2007年3月掌鸠河引水工程竣工,暂时缓解昆明市目前的缺水状况后,目前正实施清水海引水一期工程,争取2011年完成,届时可确保每年向昆明市输水1.04亿m<sup>3</sup>。但随着昆明市规模的不断扩大和人口增加,用水量也随之加大,不论是人均用水量还是万元工业产值用水量都很低,因此,

未来昆明市用水仍然面临巨大压力。

表1 昆明市水资源量变化

年份	降水量/mm	产水模数/ (万m <sup>3</sup> ·km <sup>-2</sup> ·a <sup>-1</sup> )	水资源 总量/ 亿m <sup>3</sup>	人口 总数/ 万人	人均 水资源 量/m <sup>3</sup>
2001	1070.4	35.3	12.56	270.0	465
2002	1088.4	35.5	12.21	274.1	446
2003	763.4	24.8	8.14	278.2	293
2004	965.2	30.7	10.16	282.3	360
2005	893.3	28.7	9.91	286.6	346
2006	683.0	20.8	6.70	295.2	227
常年	888.8	28.4	8.20	295.2	278

注:常年指1956—2000年多年平均值,常年人均水资源量按2006年人口计算。

#### 3.2 水质变化

昆明市污水排放量增长缓慢。据相关资料统计,2001—2006年增长2.1%,污水处理率逐步提高,2001—2006年增长23.2%,2006年达到76.76%(表2)。但由于昆明市最主要的污染源为地表径流产生的面源污染,而面源污染没有得到有效控制,因此滇池水环境不容乐观,总体形势依然严峻。

表2 昆明市污水排放量与污水处理率变化

年份	水排放量/ (万t·d <sup>-1</sup> )	污水 处理率/%	年份	水排放量/ (万t·d <sup>-1</sup> )	污水 处理率/%
2001	72.12	62.31	2005	73.63	64.01
2002	71.90	63.29	2006	73.63	76.76
2003	71.90	65.19	5年增长 率/%	2.1	23.2
2004	71.90	65.19			

近年来,治理滇池投入的资金已超过100亿元,但昆明市所依伴的滇池及其汇入河流的水质并没有得到根本改善(表3)。

表3 滇池及其汇入河流水质变化

湖泊、河流	水质状况					超标指标
	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年	
滇池	草海	劣V	劣V	劣V	劣V	BOD <sub>5</sub> 、NH <sub>3</sub> -N、TN、TP、Mn
	外海	劣V	V	劣V	V	COD <sub>Mn</sub> 、BOD <sub>5</sub> 、TN、TP
入 草 海 河 流	新河	劣V	劣V	劣V	劣V	COD <sub>Mn</sub> 、BOD <sub>5</sub> 、NH <sub>3</sub> -N、TN、TP、挥发酚、石油类
	运粮河	劣V	劣V	劣V	劣V	BOD <sub>5</sub> 、NH <sub>3</sub> -N、TN、TP、石油类
	船房河	劣V	劣V	劣V	劣V	COD <sub>Mn</sub> 、BOD <sub>5</sub> 、NH <sub>3</sub> -N、TN、TP、挥发酚、石油类、硫化物、Mn
	乌龙河	劣V	劣V	劣V	劣V	COD <sub>Mn</sub> 、BOD <sub>5</sub> 、NH <sub>3</sub> -N、TN、TP、挥发酚、石油类
入 外 海 河 流	盘龙江	劣V	劣V	劣V	劣V	BOD <sub>5</sub> 、NH <sub>3</sub> -N、TN、TP、Mn
	大清河	劣V	劣V	劣V	劣V	COD <sub>Mn</sub> 、BOD <sub>5</sub> 、NH <sub>3</sub> -N、TN、TP、挥发酚、石油类、硫化物、Mn、Fe
	宝象河	劣V	劣V	劣V	劣V	COD <sub>Mn</sub> 、BOD <sub>5</sub> 、NH <sub>3</sub> -N、TN、TP、Cd、石油类、硫化物、Mn、Fe
	洛龙河	—	劣V	劣V	劣V	TN、硫化物
	大河	IV	IV	IV	劣V	BOD <sub>5</sub> 、TN、TP
	柴河	劣V	劣V	劣V	劣V	COD <sub>Mn</sub> 、BOD <sub>5</sub> 、NH <sub>3</sub> -N、TN、TP、石油类
	东大河	劣V	II	劣V	IV	TN
	采莲河	劣V	劣V	劣V	劣V	COD <sub>Mn</sub> 、BOD <sub>5</sub> 、NH <sub>3</sub> -N、TN、TP、石油类、硫化物、Mn、Fe
	城河	劣V	劣V	劣V	劣V	COD <sub>Mn</sub> 、BOD <sub>5</sub> 、NH <sub>3</sub> -N、TN、TP

由表 3 可见,滇池草海、外海水水质总体上处于 V 类或劣 V 类,到 2005 年,入湖河流中除大河、东大河水质为 V 类外,其余为劣 V 类。从污染物超标情况来看,以有机污染为主,污染指标为 TN、TP、BOD<sub>5</sub>、NH<sub>3</sub>-N、COD<sub>Mn</sub>。滇池富营养化问题研究结果表明,工业废水、城市污水及面源污染的分担率分别为 9%、24% 和 67%<sup>[6]</sup>。文献 7 研究表明,由于城市路面径流主要污染物平均浓度和典型生活污水污染物浓度相当,因此,今后滇池污染治理在继续控制点源污染的基础上,应同时重视面源污染的治理,特别是城市面源污染。

### 3.3 主要饮用水源地水质变化

2006 年以前,昆明市主城区集中式饮用水源地有 7 个。其中,地表水源地有松华坝水库、宝象河水库、大河水库、柴河水库和自卫村水库 5 个,地下水源地有海源寺和白龙潭 2 个。云龙水库调水前,城市供水以松华坝水库为主,其供水量占总供水量的 56.2%。2007 年 3 月,云龙水库调水实现后,城市供水以云龙水库和松华坝水库为主,其供水量分别占总供水量的 47.6% 和 29.2%。6 个水源地水质监测结果见表 4。

表 4 昆明市饮用水源地水质变化

水库名称	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年	2007 年	超标指标
松华坝	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ	TN
宝象河	—	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅲ	Ⅲ	TN、TP
大河	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	TN、TP
柴河	Ⅳ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ	TN、TP
自卫村	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ	TN、TP
云龙	—	—	—	—	—	—	Ⅱ	无

由表 4 可看出,供水水源地水质仅 2002 年和 2003 年全部合格,作为主要水源地的松华坝水库水质从 2005 年以来因 TN 超标而处于不达标状态,水源地水质总体呈下降趋势。由于云龙水库水质达到 II 类水标准,2007 年 3 月实现云龙水库调水后,饮用水源地水质总体得到较大改善。

## 4 水资源利用变化分析

### 4.1 用水结构变化

城市用水可分为生活用水、生产用水以及城市绿化用水。随着昆明市的发展和需水量的增加,城市供水总量呈现增长的趋势。据相关资料统计,自 2001 年以来,供水总量增加了 51.5%,城市生活用水量总体下降 20.5%,生产用水量和其他用水量分别增长 6.7% 和 418.5%。城市生活用水、生产用水和其他用水的比例由 2001 年的 100:22:22 变为 2006 年的 100:30:146(表 5)。由此可见,随着昆明

市的发展,用水结构发生了较大变化,生产用水和其他用水比例有所上升,特别是其他用水比例增长较快,而生活用水比例有所下降。昆明市人口不断增加,而生活用水量及其所占比例有所下降,这表明近年来生活节水效果明显。生产用水的增加主要是由工业发展所致,其他用水以绿化等城市生态用水为主,其他用水量及其所占比例的大幅提高表明在供水增加的支持下,绿化等城市生态需水满足程度提高,这将有助于城市生态环境的改善。

表 5 昆明市用水结构变化

年份	自来水 生产能力/ (万 t·d <sup>-1</sup> )	供水总量/ 万 t	生活用水/ 万 t	生产用水/ 万 t	其他用水/ 万 t
2001	143.6	26 600	18 396	4 095	4 109
2002	144.1	26 622	14 718	4 075	7 829
2003	147.6	26 553	14 565	4 039	7 949
2004	147.6	26 553	14 565	4 039	7 949
2005	152.9	36 949	20 620	6 916	9 413
2006	155.7	40 295	14 619	4 370	21 306
5 年增 长率/%	8.4	51.5	-20.5	6.7	418.5

### 4.2 水资源开发利用特征变化

总体来说,云南省是我国水资源量比较丰富的省份,多年平均自产水资源量为 2 222 亿 m<sup>3</sup>,年入境水量 1 943 亿 m<sup>3</sup>,水资源总量约占全国的 1/7。但由于水资源的空间分布不均,昆明市所处的整个滇中地区水资源极度匮乏。云龙水库调水以前,昆明市供水以本地水资源为主。但在城市快速发展与本地水资源过度开发的双重压力下,昆明市不得不实施分阶段调水。掌鸠河引水工程解决近期需水,已于 2007 年 3 月实现;清水海引水工程解决中期需水,金沙江引水工程解决长期需水,但这 3 个引水工程都存在引水线路过长的问题。云龙水库是掌鸠河引水工程的龙头水库,位于禄劝县云龙乡,距市区直线距离约 86 km;清水海引水工程设计线路总长 75 km,其中隧洞长 58 km,渠道长 15 km;金沙江自流引水到滇池距离更是达到 600 km。输水线路越长,管理难度和面临地质灾害的危险越大,存在的风险也就越大。

### 4.3 用水效率变化

随着昆明市城市化进程的加快,城市经济迅速发展,产业结构也不断优化。2001—2006 年间,昆明市 4 个区 GDP 总值由 497 亿元增长到 887 亿元,3 大产业结构也调整为 1.6:43.7:54.7;用水总量增长了 51.5%,GDP 总量却增长了 78.5%,万元产值用水量也下降了 16.7%(见表 6)。用水效率的提高主要得益于高新技术产业的引进与迅速发展,但昆明市的用水效率与发达国家和我国沿海发达地区相比,仍然存在一定的差距,还有较大的节水潜力。

表 6 昆明市用水效率变化

年份	用水总量/ 万 t	GDP 总量/ 亿元	万元产值 用水量/ m <sup>3</sup>	年份	用水总量/ 万 t	GDP 总量/ 亿元	万元产值 用水量/ m <sup>3</sup>
2001	26600	497	54	2005	36949	781	47
2002	26622	539	49	2006	40295	887	45
2003	26553	601	44	5年增 长率/%	51.5	78.5	-16.7
2004	26553	695	38				

注 :GDP 为当年价 ,由于原数据统计口径不同 ,2001—2004 年为推算值。

## 5 结 语

昆明市城市发展进程目前正处于加速阶段。然而 ,昆明市作为全国 14 个严重缺水城市之一 ,多年平均水资源量仅 8.2 亿 m<sup>3</sup> ,且降水年内季节分布不均 ,年际波动大。同时 ,由于 20 世纪 80 年代以来昆明市作为云南省的主要工业基地 ,工业发展对水环境造成了严重污染 ,城区所依伴的滇池水质已由 70 年代的Ⅲ类变成了如今的劣Ⅴ类。水资源短缺和水环境问题已成为制约昆明市发展的主要“瓶颈”。

由于城市人口增长 ,经济发展以及城市建设用地的增加 ,城市水资源和水环境承受着巨大压力。本地水资源已无法满足城市发展的需要 ,不得不进行远距离调水为昆明市供水提供保障 ,掌鸠河调水标志着客水资源已开始替代本地水资源 ,也使得昆

明市水资源供需结构发生了相应的变化。随着昆明市的进一步发展 ,城市用水将越来越依赖于远距离调水 ,区域间的争水现象也将越来越突出。由于云南省地质灾害频繁 ,远距离调水存在一定的风险 ,应相应加强对远距离调水的管理 ,并随时做好应急准备。在远距离调水的同时 ,应积极开展昆明市雨水利用的研究与推广 ,以缓解水资源紧缺、城市内涝以及径流污染等问题。

## 参考文献 :

- [1] 宋全香,左其亭,杨峰.城市化建设带来的水问题及解决措施[J].水资源与水工程学报,2004,15(1):56-58.
- [2] 白永平.区域工业化与城市化的水资源保障研究[M].北京:科学出版社,2004.
- [3] 牟海省,刘昌明.我国城市设置与区域水资源承载力协调研究刍议[J].地理学报,1994,19(4):32-36.
- [4] 陈定贵,吕宪国,周德民.长春城市发展下的水资源演变特征[J].干旱区资源与环境,2008,22(5):144-148.
- [5] 李伯根.控制滇池生态环境的关键[J].水资源保护,2002(1):18-21.
- [6] 赵剑强.城市地表径流污染与控制[M].北京:中国环境科学出版社,2002,3.
- [7] 赵剑强,闵敏,刘珊,等.城市路面径流污染的调查[J].中国给水排水,2001,17(1):33-35.

(收稿日期 2009-10-08 编辑 徐 娟)

(上接第 22 页)

0.5 m 沉降等值线已经把吴家堡、下元、万柏林等 3 个严重沉降区连成一片。吴家堡沉降区域有向东南方向扩展的趋势,到 2008 年小店区(太原市重要水源地)沉降量也达到 0.5 m 以上。通过敏感性分析发现,非弹性储水因子对模型计算结果的影响要远远大于弹性储水系数。模型可以应用于预测太原市控制地下水开采后地下水位的变化与含水层的压缩及恢复情况。

## 参考文献 :

- [1] 李勤奋,方正,王寒梅.上海市地下水可开采量模型计算及预测[J].上海地质,2000(2):36-43.
- [2] CHAI J C, SHEN S L, ZHU H H, et al. Land subsidence due to groundwater drawdown in Shanghai[J]. Geotechnique, ICE, UK, 2004, 54(3):143-148.
- [3] 吴铁钧,金东锡.天津地面沉降防治措施及效果[J].中国地质灾害与防治学报,1998,9(2):6-12.

- [4] 李洪然,张阿根,叶为民.参数累积估计灰色模型及地面沉降预测[J].岩土力学,2008,29(12):3417-3421.
- [5] 于广明,张春会,潘永站,等.采水地面沉降时空预测模型研究[J].岩土力学,2006,27(5):759-762.
- [6] TEATINI P, FERRONATO M, GAMBOLATI G, et al. A century of land subsidence in Ravenna, Italy[J]. Environ Geol, 2005, 47: 831-846.
- [7] 王银梅.太原市地面沉降的机理与防治[J].太原理工大学学报,1998,29(6):599-602.
- [8] 孙自永,马腾,马军,等.太原市地层空间异质性对地面沉降分布的影响[J].岩土力学,2007,28(2):399-403.
- [9] 谭荣初.吴江市地面沉降与开采地下水关系的研究[J].水资源保护,2002(2):48-50.
- [10] 张桂平,洪万才.沧州市地面沉降初探[J].水资源保护,2003(2):54-55.
- [11] 董少刚,唐仲华,马腾,等.太原盆地地下水数值模拟研究[J].水资源保护,2009,23(2):25-27.

(收稿日期 2009-11-18 编辑 徐 娟)