

# 桂林市水资源贫度变化趋势分析

程文虎

(广西壮族自治区水文水资源桂林分局, 广西 桂林 541001)

**摘要** 通过计算水资源贫度值的大小, 结合降水特性、水质状况和取水比例 3 个无量纲参数, 综合分析了 1991~2002 年桂林市水资源状况及其变化趋势, 得出产生水资源问题的主要原因是降水分配不均匀和水量不足, 分析结果与实际情况相符。

**关键词** 水资源贫度; 降水; 水质状况; 取水比例

**中图分类号** :TV211      **文献标识码** :A      **文章编号** :1004-693X(2005)06-0053-03

## Change of water resources deficiency-degree in Guilin City

CHENG Wen-hu

(Bureau of Hydrology and Water Resources Survey of Guilin in Guangxi Province, Guilin 541001, China)

**Abstract**: Based on the calculation of the deficiency-degree value of water resources and three non-dimensional parameters, including precipitation feature, water quality status and proportion of water intakes, the situation of water resources from 1991 to 2002 and the change trend were analyzed. It is concluded that the problem of water resources is mainly caused by non-uniform precipitation and deficiency of water capacity. The analysis results fit well with the actual situation.

**Key words** :deficiency-degree of water resources; precipitation; status of water quality; proportion of water intakes

### 1 桂林市水资源简况

桂林市是一座具有 2 100 多年历史的优秀旅游文化名城, 享有“国际旅游明珠”之美誉。改革开放以来, 随着城市化进程的加快和经济的快速发展, 对桂林市的主要地表水源地的漓江来说, 科学、合理地规划和开发利用其有限的水资源就显得十分重要。

漓江桂林市区以上共有集雨面积 2 762 km<sup>2</sup>, 多年平均径流量为 41.9 亿 m<sup>3</sup>, 多年平均流量为 133.0 m<sup>3</sup>/s, 市区年降雨量在 2 050 mm( P = 20% )和 1 365 mm( P = 95% )之间, 多年平均蒸发量为 1 480 mm。年内各月径流量分配不均, 其中 3~8 月占全年的 77.5%, 5~6 月占全年的 37.7%, 12 月至翌年 1 月仅占 4.5%。市区实际年供水量从 1991 年的 0.706 亿 m<sup>3</sup> 逐年增加至 2002 年的 0.949 亿 m<sup>3</sup>, 总排

污水量从 1990 年的 10.36 万 m<sup>3</sup>/d 增至 1999 年的 33.19 万 m<sup>3</sup>/d, 增加了 2 倍多。漓江主要污染物为氨氮、高锰酸盐指数、生化需氧量和粪大肠菌群等, 污染特性为有机污染和生物性污染。因此, 虽然漓江具有较丰富的水资源总量, 但其属山区雨源性河流, 降水的季节性差异较大, 时间上分布极不均匀, 因而汛期洪水频发(水多), 造成水量损失, 枯水期来水又严重不足(水少), 且取水量逐年增加, 极易形成水污染, 使水资源日益成为桂林市经济可持续发展的障碍。

### 2 水资源贫度计算方法<sup>[1]</sup>

水资源贫度( V )是客观上从水质、水量两方面综合衡量开发利用中的区域水资源状况的无量纲指标, 也是在水资源综合评价工作中一种全新的探索,

作者简介: 程文虎(1970—), 男, 江西萍乡人, 工程师, 主要从事水文水资源监测评价研究与质量管理工作. E-mail: GLshk@126.com

表 1 桂林市 1991~2002 年水资源贫度计算

年份	$Q_{max}$ ( $m^3 \cdot s^{-1}$ )	$Q_{min}$ ( $m^3 \cdot s^{-1}$ )	$\bar{Q}$ ( $m^3 \cdot s^{-1}$ )	$W$ ( $亿 m^3$ )	$I_{max}$	$q$ ( $亿 m^3$ )	$S$	$I$	$Q$	$V$
1991	1950	21.80	105	33.16	36.00	0.706	18.36	36.00	0.02129	14.07
1992	4190	8.00	146	46.29	41.60	0.731	28.64	41.60	0.01579	18.81
1993	3050	8.20	178	56.20	32.57	0.781	17.09	32.57	0.01390	7.74
1994	4500	11.40	187	58.85	44.80	0.822	24.00	44.80	0.01397	15.02
1995	1990	24.00	112	35.34	91.60	0.852	17.55	91.60	0.02411	38.76
1996	3230	15.70	141	44.54	87.20	0.869	22.80	87.20	0.01951	38.79
1997	2130	21.00	136	42.90	42.40	0.854	15.51	42.40	0.01991	13.09
1998	5890	17.50	194	61.30	57.60	0.913	30.27	57.60	0.01489	25.96
1999	4190	11.30	136	42.88	51.20	0.911	30.73	51.20	0.02124	33.42
2000	2460	6.30	119	37.51	47.20	0.928	20.62	47.20	0.02473	24.07
2001	2640	9.40	92	29.09	33.14	0.934	28.53	33.14	0.03211	30.36
2002	3960	7.97	164	51.60	46.80	0.949	24.10	46.80	0.01840	20.75

其值越大,水资源状况越差;其值越小,水资源状况越好。它全面地考虑了水多、水少、水污染三大水资源问题,选定降水时间分布不均匀参数( $S$ )、水质污染程度参数( $I$ )<sup>2</sup> (即采用水质指数评价法,按我国水利行业现行评价城市供水水源地时的指数模式计算出的水质指数)和取水量参数( $Q$ )<sup>3</sup> 个无量纲参数,以乘积的函数形式进行综合分析计算,因而在水资源贫度的计算结果中,等量地综合了 3 个因素的共同影响,避免了由于 3 个参数数量级的不同而造成的偏差,同时又根据 3 个参数在水资源贫度值中贡献的大小,通过时间系列进行比较,就可一目了然地掌握某一特定区域水资源状况的总体变化趋势和方便地找出产生水资源问题的最主要原因。其具体计算模式如下:

$$V = SIQ \quad (1)$$

$$I_i = \left( \frac{C_i - C_{iok}}{C_{iok+1} - C_{iok}} \right) \times 20 + I_{iok} \quad (2)$$

$$I = \max(I_i) \quad (3)$$

$$Q = \frac{q}{W} \quad (4)$$

$$S = \frac{Q_{max} - Q_{min}}{Q} \quad (5)$$

式中: $Q_{max}$  为年内最大流量,  $m^3/s$ ;  $Q_{min}$  为年内最小流量,  $m^3/s$ ;  $\bar{Q}$  为年平均流量,  $m^3/s$ ;  $C_i$  为  $i$  项污染物质量浓度年均值,  $mg/L$ ;  $C_{iok}$  为  $i$  项污染物的  $k$  类标准质量浓度,  $mg/L$ ;  $C_{iok+1}$  为  $i$  项污染物的  $k+1$  类标准质量浓度,  $mg/L$ ;  $I_{iok}$  为  $i$  项污染物的  $k$  类水质指数值(当  $C_i$  小于该项污染物的 I 类标准浓度时,  $I_{iok} = 0$ ,  $C_{iok} = 0$ , 当  $k$  为 I, II, III, IV, V 时,  $I_{iok}$  分别为 20, 40, 60, 80, 100);  $I_i$  为当  $C_{iok} < C_i < C_{iok+1}$  时,  $i$  项污染物的水质指数值;  $I$  为所有评价污染物的最大指数值;  $q$  为年内取水总量,  $亿 m^3$ ;  $W$  为年内总径流量,  $亿 m^3$ 。

### 3 桂林市水资源状况变化趋势分析

#### 3.1 贫度计算

根据桂林市 1991~2002 年共 12 a 的时间系列中水资源状况进行贫度分析。在参数  $I$  的计算中,选取桂林水环境监测中心实测漓江桂林水文站断面的氨氮、溶解氧、高锰酸盐指数和生化需氧量等主要污染物作为水质评价项目,并分别计算其水质指数的年平均值,其中氨氮的水质指数为决定水质类别的最大水质指数。以同断面各年内的相关流量和年径流量用于参数  $S$  及  $Q$  的计算,以向桂林市供水的 4 个水厂的年取水总量作为参数  $Q$  的计算指标,结果见表 1。

#### 3.2 综合评价分析

据表 1 作出  $S$ 、 $I$ 、 $Q$ 、 $V$  在 12 a 中的逐年变化情况图(如图 1~4)经检验  $Q \sim t$  和  $V \sim t$  的线性相关置信度分别为 90% 和 80%,见图 3 A 中的直线。

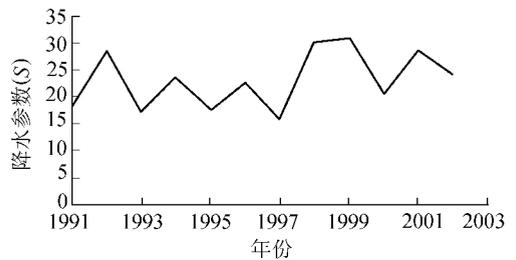


图 1 降水不均匀性

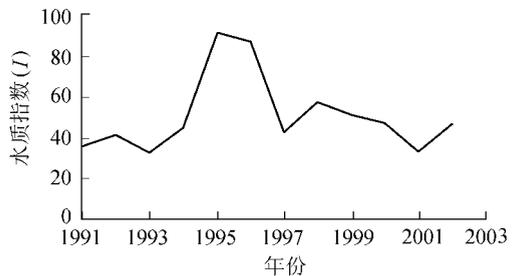


图 2 水质状况

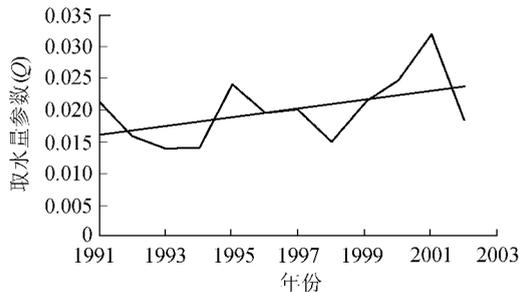


图 3 取水比例

分析图 1~4:

a. 从图 1 中可知,除“1998-06-24”百年一遇这场特大洪水外,漓江流域降水时间分布不均匀性变化具有交替进行的特征,这与桂林市洪水频发的交替特性有直接关系(从表 1 中历年的  $Q_{max}$  值可知),

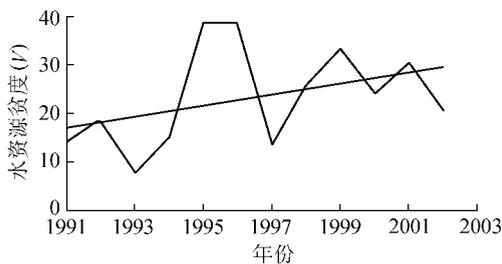


图4 水资源贫度

也反映了漓江作为雨源性河流的典型特点。

b. 从图2反映出漓江市区段的水质总体上较好,这是桂林市以“旅游立市”为建设方略从而重点保护漓江水环境的表现。除1995年、1996年的水质状况连续两年超标(超过GB 3838—2002Ⅲ类水质标准限值)为Ⅴ类外,其余10年间漓江水水质均满足广西水资源保护规划中水功能区划分规定的Ⅲ类水质保护目标。

c. 在图3中,1991~2002年桂林市区由于供水量逐年增大(见表1)从漓江取水的比例总体上呈上升趋势(从图3中 $Q \sim t$ 的线性走向可知)而2001年由于来水量的大幅减少(漓江年径流量为12a中的最低值),导致取水比例达到了历年来的最高值。

d. 从图4中的 $V \sim t$ 关系线性走向可知,在 $S$ 、 $I$ 、 $Q$ 这三个参数的综合影响下,漓江桂林市区的水资源贫度有增大的趋势,其中1995年、1996年由于水质的严重超标直接导致了水资源贫度成为最大值,为12a中水资源状况最差的2a,而1993年由于降水不均匀性参数、水质指数和取水比例同时处于较小的水平,使其年水资源贫度值成为最小,即为12a中水资源状况最好的1a。

e. 除1993年、1995年和1996年的水资源状况分别为最好、最差年份外,在其它年份中,1991年、1997年的影响因素主要为来水量不足,使取水比例相对较高。1992年、1994年、1998年、1999年4a中水资源状况的主要影响因素是降水不均匀造成的,洪水的水量损失较多,其中1999年与2000年一样,由于来水总量较少,使取水比例增大也是重要原因。另外,1998年的水质已接近超标临界值对水资源状况也造成了一定影响。使2001年的水资源贫度值较大的主要原因是来水总量不足,取水量较大,取水比例达到了12a中的最大值,同时年内降水也不均匀,虽然水质有明显好转,但水资源的总体状况仍不容乐观。在2002年,降水的不均匀性、水质和取水比例都不处于较差的状况,使其水资源贫度成为1998年以来的最小值。

#### 4 问题和对策

目前桂林市区的水资源总体状况并不十分严重,但已呈现进一步恶化的趋势(如图4),12a中的1995

年、1996年的水质虽已出现严重超标现象,但随着漓江环境综合整治工程的开展和“两江四湖”环城水系一、二期工程的建设,水质问题已逐步被解决(图2),而产生水资源问题的主要原因是在降水分配不均匀的自然条件下,由于经济增长和城市化进程的加快,人口迅速增多,使取水量逐年增加而形成的。实际上,降水不均匀和取水比例增加这两种产生水资源问题的因素,前者为天然因素,后者为人为因素。要同时解决这两个问题的关键,就在于科学地、系统地优化配置有限的水资源,通过采取兴建各类水库以发挥其年内或多年调蓄作用和实施跨流域引水以调配水资源等多种工程措施,提高可利用水资源的总量,降低洪水发生的频率,有效减少洪水损失量,合理调节水资源的时空分配。桂林市目前已作出从近期的青狮潭水库扩容、五里峡水库向市区补水开始,到远期的川江、斧子口、小溶江水库(该3个水库的项目建议书已于2004年初顺利通过水利部的水资源专家论证评审)等待建成后补水。2010~2015年水利工程建设规划向市区供水达84万 $m^3/d$ ,这将彻底解决桂林市区历年来形成的水资源问题,使桂林市经济的可持续发展得到充分的水资源保证<sup>[3]</sup>。

#### 5 结语

用水资源贫度表征开发利用中的区域水资源状况,能全面地、形象地描述各因素同时作用时对水资源造成的影响,并不片面地侧重于某一个方面,使其分析评价结果具有客观性、实用性和系统可比性。从对漓江桂林市区12a的水资源状况变化趋势的分析过程中可以看出,在得出各年份的水资源贫度值后,再结合历年的降水情况、水文特性和水质状况进行比较,就很容易知道是哪一因素在哪一时段对水资源造成了主要影响,并总结出某一特定区域的水资源特性,采取相应的有效解决措施,进而作出下一步的水资源综合治理规划等。

#### 参考文献:

- [1]程文虎.水质与水量综合评价水资源方法新探[A].中国水利水电工程未来与发展[C].大连:大连理工大学出版社,2002.349~352.
- [2]方子云.水资源保护工作手册[M].南京:河海大学出版社,1998.
- [3]唐标文.关于桂林市水利的建设与思考[J].广西水利水电,2002(3):19~18.

(收稿日期 2005-05-09 编辑 舒建)