

DOI :10.3969/j.issn.1004-6933.2010.06.012

厦门市水资源可持续利用评价

林俊宏

(厦门大学海洋与环境学院,福建 厦门 361005)

摘要 :为促进水资源可持续利用,在建立城市水资源可持续利用评价指标体系的基础上,采用层次分析法和综合指数法对厦门市 2001—2007 年水资源利用水平进行评价。结果表明:厦门市水资源可持续利用水平相对较高且总体呈上升趋势,主要得益于水资源与社会、经济、环境的协调水平较高;相对而言,厦门市水资源系统发展水平较低。针对水资源可持续利用中存在的问题,从开源、节流、保质和管理 4 个方面提出建议。

关键词 城市水资源;可持续利用;指标体系;层次分析法;综合指数法

中图分类号:TV213.4 文献标识码:B 文章编号:1004-6933(2010)06-0051-06

Assessment of sustainable utilization of urban water resources in Xiamen City

LIN Jun-hong

(College of Oceanography and Environmental Science, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

Abstract : In order to promote sustainable utilization of water resources, the sustainable utilization level of water resources from 2001 to 2007 in Xiamen was evaluated using the analytic hierarchy process (AHP) and composite index method based on construction of the index system of sustainable utilization of urban water resources. The results showed that sustainable utilization level of water resources in Xiamen was relatively higher and had a rising trend, which was mainly due to good coordination of water resources with the society, economy, and environment. In comparison, the development level of the water resources system was low in Xiamen. According to the existing problems in the sustainable utilization of water resources, some countermeasures and suggestions are put forward for exploration, saving, quality and management.

Key words : urban water resources; sustainable utilization; index system; analytic hierarchy process (AHP); composite index method

厦门市位于福建省东南部九龙江入海口,是东南沿海的重要中心城市。厦门市水资源十分匮乏,多年平均水资源总量仅为 12.47 亿 m^3 。2007 年全市水资源总量为 12.79 亿 m^3 ,按常住人口 243 万人计算,人均水资源占有量仅有 526 m^3 ,是全国人均占有量的 1/4,全省的 1/6,大大低于国际公认的人均水资源 1700 m^3 的警戒线。厦门市水系均属山丘区短小河流,发源于境内,流域面积小,流程短,水量随季节变化大;主要河流有东西溪、九溪、官浔溪和后溪等。目前厦门本岛及海沧区、集美区用水,主要依靠跨地区九龙江北溪引水;尤其是厦门岛,其引水量约占岛内供水量的 80% 以上。水资源短缺已成为

厦门市经济社会发展的制约因素。因此,进行厦门市水资源可持续利用评价研究,对该市可持续发展具有重大意义。

1 评价指标体系的建立

1.1 原则

城市水资源可持续利用评价指标体系不仅要体现城市水资源系统的发展水平,还要体现水资源与社会、经济、环境的协调发展水平。评价指标的选取必须遵循以下原则^[1]:①科学性。指标的确定要建立在公认的科学理论基础之上,能反映城市水资源可持续利用的真实性和目标的实现程度。②全面性和

概括性相结合。要求指标体系既能全面反映城市水资源可持续利用内涵,又精简指标。③系统性与层次性相结合。城市水资源可持续利用系统是一个多要素、多层次的复杂系统,要求各指标之间具有层次性和独立性,指标体系结构清晰。④可行性与可操作性相结合。指标的选取要尽可能选用目前统计制度中所包含的或通过其他办法能达到的。⑤动态性和静态形相结合。指标应在保持其相对稳定的基础上,充分考虑其变化特点,使指标体系既反映水资源可持续利用的历史特点和现状,又能反映发展趋势。⑥可比性和灵活性相结合。设计指标时,其数据的选取和计算要采取统一口径,使不同年份间具有可比性。指标的选取应具备灵活性,可根据具体情况进行相应调整。

1.2 体系

根据指标体系的建立原则,综合相关研究中水资源可持续利用指标体系的优点,并结合城市水资源利用及统计工作实际,选取了水资源系统发展水平、水资源与社会协调水平、水资源与经济协调水平、水资源与环境协调水平 4 个准则层的 27 个指标^[2-6]。城市水资源可持续利用评价指标体系见表 1。

表 1 城市水资源可持续利用指标体系

准则层 A	约束层 B	指标层 C
水资源系统发展水平 A1	水资源状况 B1	人均水资源量 C1
		产水系数 C2
		集中式饮用水水源地水质达标率 C3
	开发利用程度 B2	水资源开发利用率 C4
		地表水控制率 C5
		工业用水重复利用率 C6
供水水平 B3	人均年供水量 C7	
	供水水源中地下水比重 C8	
	城市化水平 C9	
水资源与社会协调水平 A2		人口自然净增率 C10
		人均日生活用水量 C11
		水资源相关法规健全率 C12
		公众节水意识普及率 C13
		自来水用水普及率 C14
水资源与经济协调水平 A3		人均 GDP C15
		第三产业比重 C16
		万元 GDP 用水量 C17
		人均水费占人均收入比例 C18
		环保投资指数 C19
水资源与环境协调水平 A4	水环境 B4	城市水环境功能区水质达标率 C20
		万元 GDP 废水 COD 排放量 C21
		工业废水排放达标率 C22
		城市污水处理率 C23
	生态环境 B5	建成区绿化覆盖率 C24
		酸雨频率 C25
		供水管网漏损率 C26
	排水管道密度 C27	

2 综合评价方法

当前国内外对指标体系的综合评价,通常采用

加权法,即按不同指标所占的权重进行加权,最后得出评价可持续利用的综合指数。

2.1 指标数据标准化处理

2.1.1 确定指标的评价标准

为衡量城市水资源可持续利用的真实状态,依据以下原则提出指标体系的评价标准:①尽量采用已有的国家标准或国际标准中的指标,或者国际上通用的衡量指标值;②参考国内城市与区域的有关工作指标值(如国家环境保护模范城市验收标准、节水型城市考核标准、生态市建设指标等);③评价标准值应尽量与国家、地方现有的相关政策研究(如中国 21 世纪议程、中国环境保护 21 世纪议程等)的目标值相一致;④根据理论分析并结合评价城市的典型特征来确定评价标准;⑤对目前统计制度中不十分完整的重要指标,采用专家咨询法确定。

2.1.2 指标标准化方法

先将指标分为 3 大类,即正指标、逆指标和适度指标。为了比较真实地反映各指标对水资源可持续利用水平的贡献,同时也消除各指标量纲不同带来的影响,首先对指标进行标准化处理^[1],各类指标标准化公式如下:

正指标:

$$I_i = \begin{cases} \frac{X_i}{X_0} & X_i < X_0 \\ 1 & X_i \geq X_0 \end{cases} \quad (1)$$

逆指标:

$$I_i = \begin{cases} \frac{X_0}{X_i} & X_i > X_0 \\ 1 & X_i \leq X_0 \end{cases} \quad (2)$$

适度指标,可看成是正逆指标的组合:

$$I_i = \begin{cases} \frac{X_i}{X_0} & X_i < X_0 \\ \frac{X_0}{X_i} & X_i \geq X_0 \end{cases} \quad (3)$$

式中: I_i 为某个单项指标的评价指数值; X_i 为某个单项指标的实际值; X_0 为某个单项指标的评价标准。

2.2 确定指标权重

笔者采用层次分析法作为衡量指标权重的基本计算方法。层次分析法(AHP)是处理多目标、多准则、多因素、多层次复杂问题,进行决策分析、综合评价的一种实用而有效的方法,是一种定性和定量分析相结合的系统分析方法,基本步骤如下^[7-8]:

2.2.1 构造判断矩阵

建立层次模型,将各层元素进行两两比较,比较结果用 1~9 作标度,构造判断矩阵。标度含义如表 2 所示^[7]。

表 2 判断矩阵的标度

标度	含义
1	表示两个元素相比,具有同样重要性
3	表示两个元素相比,前者比后者稍微重要
5	表示两个元素相比,前者比后者明显重要
7	表示两个元素相比,前者比后者强烈重要
9	表示两个元素相比,前者比后者极端重要
2,4,6,8	表示上述相邻判断的中间值
上述值的倒数	若元素 <i>i</i> 与元素 <i>j</i> 的重要性之比为 a_{ij} ,那么元素 <i>j</i> 与元素 <i>i</i> 重要性之比为 $a_{ji}=1/a_{ij}$

2.2.2 计算判断矩阵的特征根和特征向量

a. 判断矩阵元素按行相乘。

$$M_i = \prod_{j=1}^n a_{ij} \quad (4)$$

b. 所得乘积分别开 n 次方。

$$\bar{W}_i = \sqrt[n]{M_i} \quad (5)$$

c. 将方根向量正规化,即得特征向量 W 的第 i 个分量。

$$W_i = \frac{\bar{W}_i}{\sum_{i=1}^n \bar{W}_i} \quad (6)$$

d. 计算判断矩阵最大特征根 λ_{max} 。

$$\lambda_{max} = \sum_{i=1}^n \frac{(AW)_i}{nW_i} \quad (7)$$

式中 $(AW)_i$ 为向量 AW 的第 i 个分量。

2.2.3 判断矩阵的一致性检验

一致性检验指标 I 计算公式如下:

$$I = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (8)$$

式中 n 为判断矩阵阶数。

为了度量不同阶数判断矩阵的一致性,引进判断矩阵随机性指标 R 值。如表 3 所示。

表 3 判断矩阵的 R 值

阶数	1	2	3	4	5
R	0	0	0	0.90	1.12
阶数	6	7	8	9	10
R	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

当判断矩阵的随机一致性比例 α 满足

$$\alpha = \frac{I}{R} < 0.10 \quad (9)$$

时,认为矩阵具有满意的一致性,否则需要调整判断矩阵,直至具有满意的一致性。

2.3 计算综合评价

2.3.1 系统指数的计算

在各系统单项指数的基础上,按权重进行加权求和。计算公式如下:

$$C_j = \sum_{i=1}^n I_i W_i \quad (10)$$

式中 C_j 为 j 子系统的系统指数值; I_i 为该子系统中 i 个单项指标的评价指数值; W_i 为该子系统中 i 个单项指标的权重。

2.3.2 综合指数的计算

按各子系统在城市水资源可持续利用中的权重进行再次加权求和,得到城市水资源可持续利用综合评价指数值。计算公式如下:

$$I_{SD} = \sum_{j=1}^n C_j W_j \quad (11)$$

式中 I_{SD} 为城市水资源可持续利用综合评价指数; C_j 为第 j 子系统的系统指数值; W_j 为第 j 子系统在城市水资源可持续利用中的权重。

3 厦门市水资源可持续利用评价

3.1 水资源可持续利用评价

厦门属沿海城市,根据实际情况,将城市水环境功能区水质达标率指标分为地表水功能区水质达标率和近岸海域功能区水质达标率 2 个指标。

评价标准反映了一定时期人们对评价对象某一方面发展水平的要求,是客观性与主观期望的统一。在厦门市水资源可持续利用评价指标体系中,评价标准应体现可持续性的总要求。以下对各指标性质进行分析,并确定评价标准值,详见表 4。

收集 2001—2007 年厦门水资源可持续利用评价所需的指标数据^[10-11]。水资源利用评价指标体系各层权重、指标评价标准、2001—2007 年指标原始数据如表 5 所示。

根据综合指数法式(10)(11)计算得到厦门市 2001—2007 年水资源可持续利用综合评价指数以及水资源系统发展水平指数、水资源与社会协调水平指数、水资源与经济协调水平指数、水资源与环境协调水平指数。评价结果如表 6 和图 1 所示。

3.2 厦门市水资源可持续利用评价结果分析

厦门市水资源利用综合评价指数最大值为 2005 年的 0.843 2,最小值为 2003 年的 0.768 4,2007 年达到 0.829 3。2003 年综合评价指数值最小主要是因为该年人均水资源量仅为 394 m^3 ,而水资源开发利用率高达 43.9%。厦门市 2001—2007 年水资源利用综合评价指数值曲线虽有所波动,但变化总趋势是上升的,可见厦门市水资源利用水平总体上升。厦门市水资源利用综合评价指数相对较高,主要得益于水资源与社会协调水平指数、水资源与经济协调水平指数、水资源与环境协调水平指数均较高,相对而言,水资源系统发展水平指数低些,最高值 0.7846 出现在 2005 年,2003 年仅为 0.6627。

表4 指标性质及评价标准的确定

评价指标	单位	计算公式	指标性质	指标评价标准的确定原则	指标评价标准
人均水资源量	m ³	水资源总量/总人口	正指标	国际共识水资源紧缺指标判定标准和专家咨询	2 200
产水系数		水资源总量/年降水量	正指标	相关文献和专家咨询	0.6
集中式饮用水水源地水质达标率	%	各饮用水水源地取水水质达标量之和/各饮用水水源地取水量之和×100%	正指标	《生态市建设指标》	100
水资源开发利用率	%	用水总量/水资源总量×100%	适度指标	联合国刊印的“全面评价世界淡水资源”报告和专家咨询	25
地表水控制率	%	地表水蓄水工程年入库量/地表水资源量×100%	适度指标	国际经验值和专家咨询	10
工业用水重复利用率	%	工业用水重复利用量/(工业取水量+重复利用量)×100%	正指标	《节水型城市考核标准》	75
人均年供水量	m ³	城市总供水量/城市总人口	正指标	中国水资源战略规划	440
供水水源中地下水比例	%	供水水源中地下水总量/供水总量×100%	适度指标	结合厦门市水资源特点和专家咨询	10
城市化水平	%	城镇总人口/城市总人口×100%	适度指标	《生态市建设指标》	55
人口自然净增率	‰	人口出生率-人口死亡率	逆指标	《厦门市国民经济和社会发展规划第十一个五年规划纲要》	8
人均日生活用水量	L/d	生活用水量/(城市总人口×365天)	适度指标	《城市节水2010年规划总体目标》	180
水资源相关法规健全率	%	-	正指标	相关文献和专家咨询	95
公众节水意识普及率	%	-	正指标	相关文献和专家咨询	80
自来水用水普及率	%	自来水用水人口数/城市总人口×100%	正指标	《国家生态园林城市标准》	100
人均GDP	万元	城市国内生产总值(GDP)/城市总人口	正指标	《生态市建设指标》	33 000
第三产业比重	%	第三产业产值/城市国内生产总值(GDP)×100%	正指标	国际经验值和专家咨询	50
万元GDP用水量	m ³	城市总用水量/城市国内生产总值(GDP)	逆指标	《生态市建设指标》	150
人均水费占人均收入比例	%	人均水费支出/人均可支配收入×100%	适度指标	用户需水量价格弹性系数研究分析	2.5
环保投资指数	%	城市环境保护投资/城市国内生产总值(GDP)×100%	正指标	《国家环境保护模范城市考核项目及指标》	1.7
地表水功能区水质达标率	%	地表水认证水体达标频次之和/认证监测总频次×100%	正指标	《国家环境保护模范城市考核项目及指标》	100
近岸海域功能区水质达标率	%	近岸海域认证点位达标频次之和/认证监测总频次×100%	正指标	《国家环境保护模范城市考核项目及指标》	100
万元GDP废水COD排放量	kg	城市排放的废水化学需氧量/城市国内生产总值(GDP)	逆指标	《生态市建设指标》	5
工业废水排放达标率	%	工业废水达标排放量/工业废水排放总量×100%	正指标	《节水型城市考核标准》	100
城市污水处理率	%	城市污水处理量/城市污水排放总量×100%	正指标	《节水型城市考核标准》	80
建成区绿化覆盖率	%	城市建成区绿化覆盖面积/建成区面积×100%	正指标	《福建省“十一五”环境保护与生态建设专项规划》	40
酸雨频率	%	酸雨发生次数/降水总次数×100%	逆指标	非酸雨区的一般定义	20
供水管网漏损率	%	(城市供水总量-城市有效供水总量)/城市供水总量×100%	逆指标	《城市供水管网漏损控制及评定标准》(CJJ92—2002)	12
排水管道密度	km/km ²	排水管道总长度/建成区面积	正指标	相关文献和专家咨询	10

厦门市水资源系统发展水平指数相对较低,主要是由于人均水资源量、地表水控制率、人均年供水量与评价标准差距较大。厦门市水资源十分匮乏,多年平均水资源总量仅为12.47亿m³,2007年全市水资源总量为12.79亿m³,按常住人口243万人计

算,人均水资源占有量仅有526m³,大大低于评价标准2200m³。2001—2007年厦门市地表水控制率在3.76%~7.06%之间,低于评价标准10%,可见地表水蓄水工程年入库量不足。2001—2007年厦门市人均年供水量在240~276t/a,低于评价标准440t/a,

表 5 厦门市 2001—2007 年水资源可持续利用评价相关数据

准则层权重	约束层权重	评价指标	评价指标权重	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年	2007 年	评价标准	
水资源系统发展水平 0.5205	水资源状况 0.4	人均水资源量/ m^3	0.4545	705	658	394	523	756	853	526	2200	
		产水系数	0.0909	0.59	0.58	0.45	0.53	0.58	0.6	0.54	0.6	
		集中式饮用水水源地水质达标率/%	0.4545	98.11	97.87	99	99.51	99.57	100	100	100	
	开发利用程度 0.4	水资源开发利用程度/%	0.5396	27.8	28.1	43.9	35.7	26.1	21.1	26.9	25	
		地表水控制率/%	0.1634	3.97	5.16	6.10	7.06	5.25	3.76	4.32	10	
		工业用水重复利用率/%	0.2970	90.67	92.21	90.33	89.98	90.85	91.3	91	75	
供水水平 0.2	人均年供水量/t	0.5	266	263	258	276	274	268	240	440		
	供水水源中地下水比重/%	0.5	7	6.1	12.1	14.6	12	11.9	9.5	10		
水资源与社会协调水平 0.0776	城市化水平/%	城市人口自然净增率/‰	0.0696	51.9	70.2	59.1	62	62.8	68.1	68.3	55	
		人均日生活用水量($L \cdot d^{-1}$)	0.1205	183	177	186	192	195	211	212	180	
		水资源相关法规健全率/%	0.2298	89	90	91	92	93	94	95	95	
		公众节水意识普及率/%	0.2298	60	65	70	75	80	85	85	80	
		自来水用水普及率/%	0.2298	59.75	59.12	96.93	93.37	100	100	100	99.96	100
		人均 GDP/万元	0.0640	26461	30297	35009	40351	44737	50130	57113	33000	
水资源与经济协调水平 0.2010	第三产业比重/%	0.3601	43	40.8	39.1	38.4	43	44.5	45.6	50		
	万元 GDP 用水量/ m^3	0.3601	95.2	79	74	69	60	54	42.4	150		
	人均水费占人均收入比例/%	0.1518	1.37	1.32	1.14	1.16	1.06	1.12	1.05	2		
	环保投资指数/%	0.0640	2.22	2.34	2.2	2.26	2.49	2.58	2.58	1.7		
	地表水功能区水质达标率/%	0.2124	100	100	100	100	100	100	100	100		
水资源与环境协调水平 0.2010	水环境 0.75	近岸海域功能区水质达标率/%	0.1192	65	93.33	77.33	91.66	58.34	28.7	24.07	100	
		万元 GDP 废水 COD 排放量/kg	0.0693	4.02	3.4	7.04	5.98	5.52	4.6	3.6	5	
		工业废水排放达标率/%	0.2124	95.98	97.58	97.57	96.6	95.3	97.07	99.75	100	
	生态环境 0.25	城市污水处理率/%	0.3867	55.6	59.15	71.6	66.1	75.8	75.5	80.6	80	
		建成区绿化覆盖率/%	0.3937	34.94	34.43	36.06	36.9	36.82	36.59	36.34	40	
		酸雨频率/%	0.0752	85.3	88	91.9	86.8	87.8	84.5	76	20	
		供水管网漏损率/%	0.3937	19.55	15.21	15.53	13.18	13.11	13.29	12.7	12	
		排水管道密度($km \cdot km^{-2}$)	0.1374	10.76	10.08	11.25	11.09	10.25	8.9	8.37	10	

数据来源:厦门经济特区年鉴,厦门水资源公报,厦门市环境状况公报。部分数据如水资源相关法规健全率、公众节水意识普及率等经专家咨询确定。

表 6 厦门市 2001—2007 年水资源可持续利用评价结果

年份	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
可持续利用综合评价指数	0.7917	0.7977	0.7684	0.7921	0.8432	0.8275	0.8293
水资源系统发展水平指数	0.7417	0.7328	0.6627	0.7036	0.7846	0.7591	0.7552
水资源与社会协调水平指数	0.8296	0.8509	0.9507	0.9556	0.9859	0.9799	0.9753
水资源与经济协调水平指数	0.8891	0.8769	0.8562	0.8527	0.8782	0.8936	0.8962
水资源与环境协调水平指数	0.8090	0.8656	0.8836	0.8973	0.9045	0.8792	0.8978

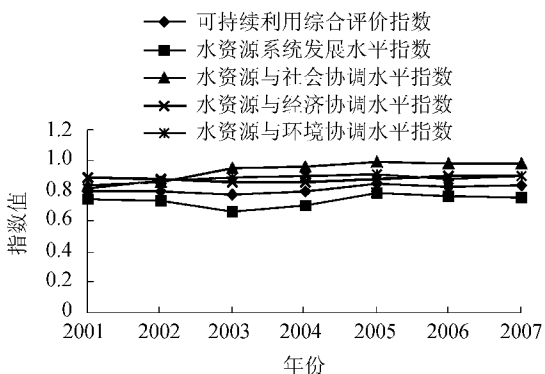


图 1 厦门市 2001~2007 水资源可持续利用趋势
随着城市社会经济的不断发展,对水的需求急剧增长,厦门市水资源供需矛盾将日益突出。不过,厦门市工业用水重复利用率在国内属于相对领先水平,

2007 年达到 91%。集中式饮用水水源地水质基本呈逐年提高趋势,2006 年和 2007 年均达到 100%。

水资源与社会协调水平总体呈上升趋势,协调指数介于 0.8296~0.9859 之间。厦门市城市化水平除了 2001 年为 51.9% 外,其余年份均高于 55% 的评价标准,2007 年高达 68.3%。厦门市人口自然净增率 2007 年达到 0.845%,比评价标准 0.8% 偏高。自来水用水普及率从 2001 年的 59.75% 上升到 2006 年的 100%,2007 年稍微下降为 99.96%,可见厦门市的自来水普及率较高。水资源相关法规健全率、公众节水意识普及率逐年升高。但是,厦门市 2001—2007 年人均日生活用水量基本上都高于评价标准 180 L/d,2007 年达到 212 L/d,厦门市人均日生活用水定额为 150~180 L/d,因此仍有较大的节水

潜力。总体而言,厦门市水资源系统与社会系统能够和谐发展。

从水资源与经济的协调水平来看,其可持续能力也较高,最高水平指数为2007年的0.8962,最低水平指数为2004年的0.8527。人均GDP由2001年的26461万元上升到2007年的57113万元,经济处于高速发展状态。万元GDP用水量从2001年的95.2 m³逐年递减到2007年的42.4 m³,该项用水效率指标与福建省及沿海其他城市相比,处于相对领先水平。2001—2007年环保投资指数均大于1.7%的评级标准。但是,第三产业比重均小于50%的评价标准,2004年仅为38.4%,2007年为45.6%。人均水费占人均收入比例基本上呈递减趋势,在1.05%~1.37%之间,均小于2%的评价标准。由于第三产业用水效率高,另外自来水的水价低造成中水回用难以推广;因此产业结构和水价需要进一步调整。总体而言,厦门市水资源对经济的发展提供了较好的资源条件,经济系统也保证了水资源可持续利用的资金需求。

水资源与环境协调水平总体而言呈上升趋势,协调指数从2001年的0.8090上升到2005年的0.9045。之后稍微下降,2007年为0.8978。地表水环境质量稳定达标。工业废水排放达标率趋于稳定,7年来都保持在95%以上,2007年高达99.75%。城市污水处理率从2001年的55.6%逐步提高到2007年的80.6%。除了2003—2005年的万元GDP废水COD排放量大于评价标准5 kg/万元,其余年份均达标,2007年减小至3.6 kg/万元。但是,海域环境质量堪忧,2007年厦门市近岸海域功能区水质达标率仅为24.07%。厦门市供水管网漏损率从2001年的19.55%降低到2007年的12.7%,仍高于CJJ92—2002《城市供水管网漏损控制及评定标准》中城市供水管网基本漏损率不应大于12%的评定标准。厦门市属于重酸雨区,2001—2007年酸雨频率在76%~91.9%之间,城市水环境受到酸雨的威胁。环境污染进一步加剧了水资源的短缺程度。

3.3 对策建议

针对厦门市水资源利用中存在的问题,从开源、节流、保质和管理4个方面提出以下对策与建议。

a. 开源。厦门市属水资源严重缺乏地区,根据有关研究机构预测,到2020年,特枯年该市需水量达11.78亿m³,可供水量为8.13亿m³,缺水达到3.65亿m³,缺水率为30.9%。为保障厦门市供水安全,首先需要从水资源数量上予以保证。可采取以下措施:①充分利用九龙江北溪的水资源;②对现有水源进行整合,综合整治湖边水库、汀溪水库群;③

建设地表水蓄水工程,如石兜水库扩容、开发建设厦门境内的莲花水库,开发长泰枋洋水利枢纽工程等,新水源工程,提高地表水控制率,为实施“以蓄补引”的配水思路创造条件,解决中期岛外的供水矛盾和满足2020年厦门市的供水需求。

b. 节流。针对厦门市具体情况,可采取以下节水措施:①不断完善相关法律法规,加强节水制度的建设,同时节水工作要在宣传方面加大力度,进一步增强市民的节水意识,推广普及节水器具,节约生活用水。②调整产业结构,增大第三产业比重^[12],发展高新技术产业,对产业部门进行水资源优化配置。③通过启动经济杠杆引导全社会节约用水^[10]。提高水价,特种行业用水定价与居民用水明显区分开来,刺激中水回用市场,进一步推行阶梯式水价,实行三级式阶梯水价。④不断加大投入,特别是加大对老城区管网改造的力度,加强维修保养,减少管网输水损失。⑤积极开展水平衡测试工作,进一步推进工业企业、宾馆、学校、医院等用水单位的水平衡测试。通过水平衡测试全面了解用水单位用水现状,查找用水单位的供水管网漏失点,挖掘节水潜力,提高用水效率。⑥增加海水利用、再生水回用与雨水利用,减少对外来水源的依赖,缓解水资源紧缺局面。

c. 保质。为保证水质,维护良好的水环境,可采取以下措施:①进一步规范饮用水源保护区建设与管理。坚决取缔饮用水源一级保护区内所有与供水设施和水质保护无关的建设项目。加大石兜坂头水库、汀溪水库和上李水库水源保护区建设、保护、执法和宣传力度,制定管理规范。积极参与九龙江北溪水资源保护和综合治理工作,推动畜禽养殖业污染治理,控制重点污染源向九龙江流域上游地区转移的趋势,推进九龙江流域上下游生态补偿机制。针对突发性水污染事件,按超前预警、有效处置、确保安全的原则,建立应急管理制度^[13]。②继续完善城市环境保护基础设施建设,提高污水处理率及工业废水排放达标率,进一步削减污染物排放总量。③对河湖和海域实施生态治理、生态修复,积极推进海域环境综合整治,加强水资源保护。

d. 水务一体化管理。改变“多龙管水”和城乡分割的水资源管理局面,将有关部门的涉水职能整合起来,组建厦门市水务局。对防洪、蓄水、供水、用水、节水、排水、水资源保护、污水处理及中水回用等诸多方面实现水务一体化管理,变“多龙管水”为“一龙管水”,实现水资源开发利用的统一规划开发,实行涉水事务统一管理,促进水资源可持续利用^[14]。

(下转第69页)

价结果中偏小的一个,原因是径流总量是通过径流深与面积计算出来的,因而方法三不仅考虑了面积大小对污染物总量的影响,同时也考虑了面积上径流总量对污染物浓度的影响,所以评价结果更为合理、可靠。

3 结论与建议

通过对横江流域水环境质量综合评价三种方法对比,方法一的评价结果较其他两种方法偏大,故不推荐使用此方法对流域水环境质量进行综合评价。对于其他两种方法,首先应对流域内各水质监测站点的枯、丰水期的水质监测参数采用单因子评价法进行评价,分析径流对枯、丰水期水质的影响。如径流对其水质影响不大,建议使用方法二进行流域水环境质量综合评价;如流域水质与径流大小有着密

(上接第56页)

4 结语

笔者在建立城市水资源可持续利用指标体系的基础上,利用层次分析法和综合指数法对厦门市水资源可持续利用水平进行综合评价,评价结果与实际吻合较好。因此文中指标体系和评价方法具有一定的合理性与可行性。

参考文献:

[1] 叶义成,柯丽华,黄德育.系统综合评价技术及其应用[M].北京:冶金工业出版社,2006.

[2] 申毅荣,解建仓.水资源可持续发展的评价模型及其应用[J].求索,2007(9):66-68.

[3] 左东启,戴树声,袁汝华,等.水资源评价指标体系研究[J].水科学进展,1996,(4):367-374.

[4] 程乖梅,何士华.区域水资源可持续利用评价[J].水文,2006,26(5):20-24.

[5] 张丽萍,朱钟麟,邓良基.水资源评价指标体系的研究现状及问题探讨[J].国土资源科技管理,2004(4):5-9.

[6] 孙才志,张蕾,闫冬.我国水资源安全影响因素与发展态势研究[J].水利经济,2008,26(1):1-4.

[7] VAIDYA O S, KUMAR S. Analytic hierarchy process: an overview of applications[J]. European Journal of Operational Research, 2006, 169(1):1-29.

[8] 欧莉.运用层次分析法科学确定评标权重[J].中外建筑,2005(2):96-97.

[9] 宋松柏.区域水资源可持续利用指标及评价方法研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2003.

[10] 厦门经济特区年鉴编辑委员会.厦门经济特区年鉴(2001—2007年)[M].北京:中国统计出版社,2002-2008.

切联系,建议使用方法三进行流域水环境质量综合评价。

参考文献:

[1] 彭文启,张祥伟.现代水环境质量评价理论与方法[M].北京:化学工业出版社,2005.

[2] 云南省水文水资源局昭通分局.昭通市水文特性研究[R].昭通:云南省水文水资源局昭通分局,1997.

[3] 昭通市水利局,云南省水文水资源局昭通分局.昭通市水资源公报[R].昭通:昭通市水利局,云南省水文水资源局昭通分局,2008.

[4] 陆铭锋,徐彬,杨旭昌.太湖水质评价计算方法及近年来水质变化分析[J].水资源保护,2008(5):31-32.

[5] 水利部.重要城市主要供水水源地水资源质量旬报编制规定[G].北京:水利部,2005.

(收稿日期:2009-07-08 编辑:高渭文)

[11] 厦门市水利局.厦门市水资源公报[R].厦门:厦门市水利局,2001—2007.

[12] 王晓光,王启成.面向生态的水资源可持续利用对策研究[J].水资源保护,2003(3):37-38.

[13] 吕振霖.江苏水资源管理与保护的对策思考[J].水资源保护,2008,24(4):78-82.

[14] 何俊仕,林洪孝.水资源概论[M].北京:中国农业大学出版社,2006.

(收稿日期:2010-04-23 编辑:徐娟)

· 简讯 ·

“第八届全国泥沙基本理论研究学术讨论会”将在南京召开

由中国水利学会泥沙专业委员会主办,水文水资源与水利工程科学国家重点实验室、河海大学、南京水利科学研究院承办的“第八届全国泥沙基本理论学术讨论会”将于2011年11月在南京召开。会议主题为“河口海岸与河流演变”。会议的主要议题有:(1)河口海岸泥沙,包括河口海岸动力与泥沙运动、沿海开发与海岸演变、河口海岸泥沙与生态、河口治理及港口航道整治;(2)泥沙输移规律,包括流域侵蚀、沉积、搬运过程,以及河流泥沙运动规律、河床演变及河道整治;(3)工程泥沙、模拟理论与试验技术,包括港口及水利枢纽泥沙、涉河建筑物冲刷及防护、水沙数值模拟理论与技术、水沙试验及量测新技术;(4)环境生态、资源泥沙,包括泥沙与污染治理、泥沙与生态保护、疏浚吹填及泥沙循环利用、泥沙资源化;(5)泥沙灾害与防护,包括水土流失及治理措施、泥石流和滑坡发生机理及其治理措施、河流泥沙灾害及治理措施。会议网址:<http://www.difut.cn/sediment2011.htm>

(本刊编辑部供稿)