

城市水利可持续发展评价体系模型及其应用研究

陈 杰,董增川

(河海大学水资源环境学院,江苏 南京 210098)

摘要 应用可持续发展理论,分析影响城市水利可持续发展评价的影响因素.利用层次分析法,建立了城市水利可持续发展评价模型,给出城市水利可持续发展的评判方法.对淮安市的城市水利现状进行评价,提出淮安市城市水利可持续发展的对策.

关键词 城市水利 可持续发展 评价体系模型 淮安市

中图分类号 TV21 **文献标识码** A **文章编号** 1000-1980(2003)04-0470-05

可持续发展评价是一个多层次、多领域的决策问题,为了增强可持续发展思想在研究和制定城市水利发展战略中的指导作用,就必须将可持续发展目标具体化,从定性转向定量,从抽象转向具体,用一些定量指标将其明确地表述出来,并构成指标体系,对城市水利可持续发展水平进行分析与评价,从而提出简单易行、科学合理、反映趋势的定量法则,为城市水利发展科学决策提供理论支持.

1 可持续发展评价的基本概念

1.1 城市水利可持续发展评价的概念和内涵

可持续发展是既满足当代人的需要,又不损害子孙后代满足其需求能力的发展.城市水利可持续发展评价就是通过对城市水利系统的结构功能分析、反馈功能分析、环境适应性分析和生产效率分析,找出城市水利发展过程中出现的问题,或面临的危机,或遇到的机遇,从而帮助决策者采取措施,以保证城市水利可持续发展.

1.2 评价标准的相对性

进行可持续发展评价,关键问题是确定评价标准,即用什么基准值作为标准来衡量城市水利可持续发展水平及其变化.由于区域不同,自然条件差异大,经济发展不平衡,很难用统一的标准去评价差异性较大的区域.因此,城市水利可持续发展的评价标准是相对的,是以现实为基础的相对评价.对某城市来说,时间序列的纵向比较比空间地域的横向比较更为重要,因为它表明被评价城市的水利可持续发展水平是逐步改善还是逐步下降.

1.3 评价指标和权重的相对性

城市水利系统总是处于不断的发展变化之中,某一时刻反映某城市水利发展变化的主要矛盾或矛盾的主要方面,在另一时刻可能会降为次要矛盾或矛盾的次要方面.由于对城市水利发展变化的特征与规律的认识具有相对性,因此评价指标体系和权重也具有相对性,必须随着城市水利的发展变化不断地修改补充评价指标体系.同时,城市水利系统又具有空间差异性,因而在建立可持续发展评价指标体系和确定权重时,必须考虑具体区域的特殊性,不同城市、不同城市化进程(如城市化率、城市化水平和产业政策),水资源条件不同的地区评价指标和权重应有所侧重和有主次之分.

1.4 指标筛选的思路和方法

建立科学合理的评价指标体系关系到城市水利可持续发展评价结果的正确性,建立评价指标主要遵循完备性、针对性、主成分性以及独立性 4 项原则.确定评价指标时先采用专家咨询法提出评价指标,再进一步征询有关专家的意见,对指标进行调整,最终得到可持续发展评价的一般指标体系.

2 城市水利可持续发展评价指标体系构成

指标是反映系统要素或现象的数量概念和具体数值,它包括指标的名称数值两部分.城市水利可持续发展评价指标体系本质上是城市水利发展条件的集合,它是由若干相互联系、相互补充、具有层次性和结构性的指标组成的有机系列.构成评价指标体系的指标既有直接从原始数据而来的基本指标,用以反映子系统的特征;又有对基本指标的抽象和总结,用以说明各子系统之间的联系及城市水利系统作为一个整体所具有性质的综合指标,如各种“比”、“率”及“度”等.城市水利系统是复杂的大系统,它是由许多同一层次、不同作用和特点的功能团以及不同层次的复杂程度、作用程度不一的功能团组成的.根据可持续发展评价的目标,设置的是描述系统不同发展特征,具有层次结构的功能团指标.在城市水利可持续发展评价体系中,笔者选择的是防洪排涝、城市水资源、城市水环境、城市节水、投入和科技水平以及城市水管理等 6 个方面.

指标体系是由 1 组相互关联、具有层次结构的功能团组成的,某一功能团指标又由 1 组系统指标和要素指标组成.因此,功能团指标的选择,决定了可持续发展评价指标体系的结构框架,是指标体系成功与否的关键.要选择出可持续发展评价的全面又简练的功能团指标,就要对城市水利系统本身的结构、功能、特点有透彻的了解.依据可持续发展研究的系统学理论内涵,笔者设计了 1 套“三级叠加,逐层收敛,规范权重,统一排序”的城市水利可持续发展指标体系.该指标体系分为目标层、准则层和指标层 3 个层次,见图 1.

3 评价权重的确定

指标权重的合理与否在很大程度上影响综合评价的正确性和科学性.近年来,用层次分析法确定权重越来越受到研究人员的重视并在许多方面得到应用,这种多层次分别赋权法可避免大量指标同时赋权的混乱和失误,从而提高预测和评价的简便性和准确性.

多目标决策问题中的指标权重反映各个指标的重要程度,可持续发展评价属于多目标决策问题,各指标的权重应反映其对可持续发展的重要程度,因此采用层次分析法确定各指标权重.首先建立递阶层次结构,将评价指标层次化,然后构造两两比较判断矩阵.指标层次结构建立后,上下层次指标间的隶属关系就被确定了.对同一层次指标,进行两两比较,其比较结果以 T. L. Saaty 的 1-9 标度法表示.

3.1 构造判断矩阵

判断矩阵表示针对上一层次某因素之间的相对重要性,通过判断矩阵调查表(表 1)进行调查,了解对某因素之间的真实看法.表中所填数为相对于总体目标的横向各条标准体系分别与纵向标准指标体系逐一比较所得的相对重要性标度值.判断者可以根据自己的认识和经验,对 6 项指标的相对重要性做出判

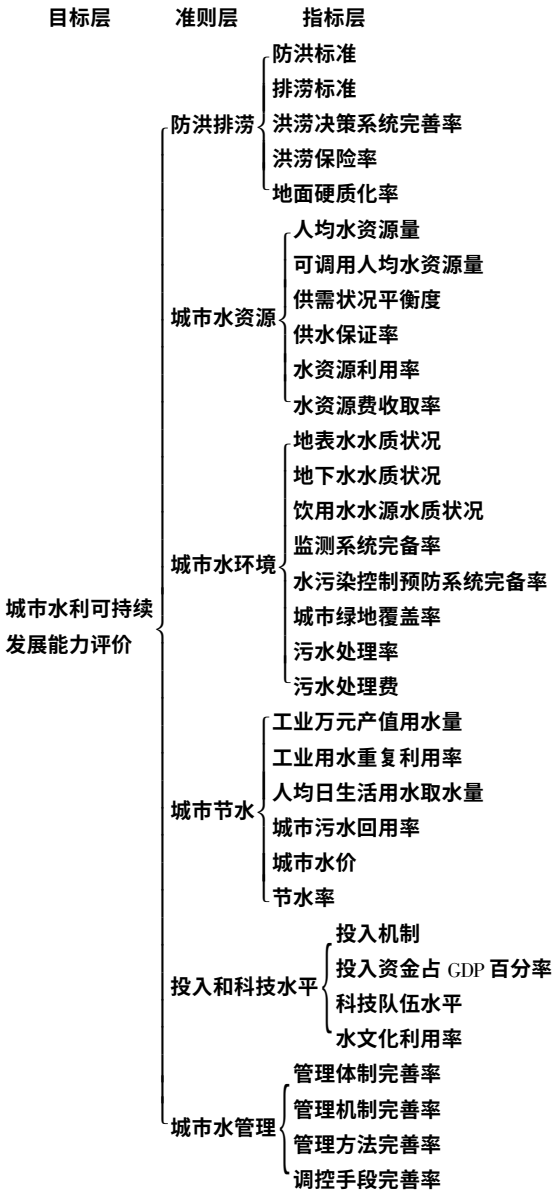


图 1 城市水利可持续发展评价指标体系结构

Fig.1 Structure of evaluation index system for sustainable development of urban water resources

表 1 总目标判断矩阵调查

评价因素	标度值					
	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆
B ₁						
B ₂						
B ₆						

断,给定不同的标度值,由表 1 可得到相应的判断矩阵.表 1 中 B_i 表示各指标,标度值表示两个比较因素之间的相对重要性,用 $1/9 \sim 9$ 表示.其中 9 表示最重要,7 表示很重要,5 表示较重要,3 表示一般重要,1 表示同样, $1/3$ 表示稍差, $1/5$ 表示较差, $1/7$ 表示很差, $1/9$ 表示最不重要.上述相邻判断的中值,需要折中时采用.

由表 1 构成的矩阵为

$$P_k = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \cdots & b_{16} \\ b_{21} & b_{22} & \cdots & b_{26} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{61} & b_{62} & \cdots & b_{66} \end{bmatrix} = (b_{ij})_{6 \times 6}$$

其中 $k = 1, 2, \cdots, p$ $i, j = 1, 2, \cdots, 6$

式中 k ——第 k 位判断者 b_{ij} ——表示第 k 位判断者对于第 i 行与第 j 列两个指标因素判断的标度值.

各个子指标体系的判断矩阵也如上述方法构筑.

3.2 层次单排序

层次单排序是根据判断矩阵计算对于上层某因素而言本层次与之有联系的因素的重要性次序的权重值.它可以归结为计算判断矩阵的特征值和特征向量的问题,即判断矩阵满足:

$$PW = \lambda_{\max} W$$

式中 $\lambda_{\max}$ —— P 的最大特征根; W ——对应于 $\lambda_{\max}$ 的正规化特征向量,其分量 W_i 即是相应因素单排序的权值.

由于简单调查方法保持了判断思维的一致性和反商性,计算结果可以满足一致性指标的要求,因而可以直接进行群体判断的综合.

设第 k 个判断者构造的判断矩阵为 P_k ,则有

$$P_k W_k = \lambda_{\max, k} W_k$$

p 个判断者对于同一属性的判断矩阵计算的单排序向量为 $W_k = (W_{k1}, W_{k2}, \cdots, W_{kn})^T, k = 1, 2, \cdots, p$. 根据算术平均法综合计算得单排序向量为

$$W = (W_1, W_2, \cdots, W_n)^T$$

其中 $W_i = \frac{1}{p} \sum_{k=1}^p W_{ki} \quad i = 1, 2, \cdots, n$

3.3 层次总排序

在求得层次单排序后则可以自上而下推求层次的总排序.设层次总排序权集为 P ,则有

$$P = \{p_i\} = \left\{ \sum a_i b_{ji} \right\} \\ i = 1, 2, \cdots, m \quad j = 1, 2, \cdots, n$$

式中 a_i ——上层因素 A_i 的总排序权值; b_{ji} ——与 a_i 相对应的本层次因素 P_j 的单排序的结果.显然有

$\sum_{j=1, i=1}^m a_i b_{ji} = 1$, 因此,在对判断者给出的各层次单排序权重综合以后,便可得到评价因素的层次的总排序值.

4 可持续发展判断依据

4.1 评价的时间尺度

城市水利可持续发展是城市水利系统向理想状态逼近的动态过程,城市水利发展度的轨迹是一条组合 Logistic 曲线,该曲线在长时间尺度上看似平稳的发展过程,在短时间尺度上则存在波动,而且这种波动是不可避免的.在短时间内评价指标不可能都得到改善而在较长时间内却是可能的,因而评价的时间尺度不宜太短.评价是为规划决策服务的,即通过评价发现制约城市水利可持续发展的因素,及早采取预防措施加以克服,因此至少以 $10a$ 作为评价的时间尺度,以利于城市水利可持续发展规划的制定.当然,评价的时间尺度越长越能反映区域发展的趋势.能否做出长时间尺度的评价,取决于资料数据的可得性.

4.2 可持续发展的判断方法

在确定评价基准年和评价时间尺度(m 年)之后,计算区域发展是 $x_i (i = 1, 2, \cdots, m)$. 参照区域发展的判

据,笔者认为区域可持续发展是区域发展条件改善的结果,表现为区域发展度 x 的增大,即 $dx > 0$. 在此给出可持续发展的判据如下:(a) $dx > 0$,可持续发展;(b) $dx = 0$,准可持续发展;(c) $dx < 0$,不可持续发展.

4.3 可持续发展水平评判

对于一个城市来说,经过数据收集,然后运用以上理论进行评判,能够得出多年的‘城市水利可持续发展能力系数’系列.但是相对于不同城市来说,这个系数可能相差很多,这也能够说明不同城市的可持续发展能力不同.对于同一城市,多年的‘城市水利可持续发展能力系数’系列数据可能增幅很大,也可能增幅很小,因此可以把‘城市水利可持续发展能力系数’系列数据增幅很大的城市水利看作为快速型可持续发展,把‘城市水利可持续发展能力系数’系列数据增幅很小的城市水利看作为缓慢型可持续发展,也可以把它看成不可持续发展.

5 评价实例

淮安市地处淮、沂、沭、泗诸水系下游,地势低平,又处于南北气候过渡地带,随着城市化进程的加快,水利作为重要基础设施越来越重要.淮安城市水利是否可持续发展?在水灾害防治、水资源开发和管理、水污染防治等方面是否存在问题?针对这些问题,笔者搜集了淮安市 1990~2000 年共 11 a 的城市水利各方面的数据,运用城市水利可持续发展评价体系模型,对淮安市城市水利的发展情况进行了综合评价.评价结果如表 2.

表 2 淮安市城市水利可持续发展评价目标评分

Table 2 Objective evaluation for water resources sustainable development of Huaian City							
年份	可持续发展能力系数	准则层得分					
		防洪排涝	城市水资源	城市水环境	城市节水	投入和科技水平	城市水管理
1990	57.10	62.84	84.36	59.17	26.65	62.84	67.19
1991	57.82	63.89	83.52	60.42	27.71	63.89	67.19
1992	57.66	65.47	81.51	60.31	26.26	65.47	67.19
1993	57.13	63.97	83.20	51.34	32.22	63.97	67.65
1994	58.33	63.93	80.16	55.53	35.71	63.93	68.00
1995	60.43	65.46	78.97	61.39	38.31	65.46	68.00
1996	59.00	64.97	78.34	58.81	35.53	64.97	68.00
1997	59.60	65.29	76.97	56.28	40.57	65.29	68.00
1998	57.62	65.82	76.96	46.27	39.56	65.82	68.65
1999	58.30	65.32	75.68	49.02	41.60	65.32	68.80
2000	58.10	66.57	72.12	45.60	43.99	66.57	69.15

从评价结果来看,目标层可持续发展能力系数呈不可持续状态,虽然 1990~1997 年有可持续发展的趋势,但是 1997~2000 年期间可持续发展能力系数呈下降趋势,说明这几年的城市水利发展呈不可持续发展特征.从可持续发展能力系数的分值上来看,分析期内 11 a 的历年分值都在 60 分以下,这说明淮安的城市水利发展是低水平的发展.从系统层指标的评价结果来看,城市节水、城市水管理、城市水利投入 3 个指标的分值为上升趋势,呈可持续发展状态,而城市水环境、城市防洪排涝、城市水资源 3 个指标的分值为下降趋势,呈不可持续发展状态,其中以城市水环境的下降趋势更为明显,平均每年下降 2%,说明城市水环境严重恶化,这一点从淮安市市区地表水水质的现状也可以得到很好的映证,尤其是淮安市区的清安河、里运河、大运河等主要河流,都已从 1990 年的 II 类变成了 IV 类,对城市居民的生活、生产造成了一定的影响.

通过评价,可以发现淮安市城市水利处于不可持续发展状态,主要问题是城市防洪排涝标准较低,水资源相对短缺,水环境恶化等问题.针对这些问题,笔者认为淮安市应制定一个科学合理、切实可行的中长期城市水利发展规划,利用国家加大水利投入机遇,加固二河东堤、里运河大堤,兴建城区外排泵站,疏浚排涝河道,解决城市洪涝问题.利用南水北调机遇,对大运河、里运河截污,清安河疏浚,分区域兴建污水处理厂,解决城市水污染问题.抬高洪泽湖蓄水位,加大调引江水力度,严格控制地下水开采,开展城市节水,实行阶梯水价,解决城市水资源供求矛盾问题.成立水利资产经营公司,加大投入力度,改变城市水利投资单一状况;着力引进人才,提高水工程管理水平,加大城市水利执法力度,保障城市水利在法制的轨道上有序而行,从而实现淮安市城市水利可持续发展.

参考文献:

- [1] 牛文元. 中国可持续发展战略报告[M]. 北京: 科学出版社, 2001. 73—83.
- [2] 曹利军. 可持续发展评价理论与方法[M]. 北京: 科学出版社, 1999. 111—138.
- [3] 王慧敏, 徐明, 方乐润. 都江堰灌区可持续发展评价体系[J]. 水利学报, 1999(5): 20—23.
- [4] 侯捷. 中国城市节水 2010 年技术进步发展规划[M]. 上海: 上海文汇出版社, 1998. 38—50.
- [5] 陆渝蓉. 地球水环境学[M]. 南京: 南京大学出版社, 1999. 50—58.
- [6] 高长元, 王宏起. 高新技术产品评价系统的研究[J]. 系统工程理论与实践, 1999(2): 20—23.

Evaluation system model for sustainable development of urban water resources and its application

CHEN Jie, DONG Zeng-chuan

(College of Water Resources and Environment, Hohai Univ., Nanjing 210098, China)

Abstract Factors affecting the evaluation of sustainable development of urban water resources are analyzed based on the theory of sustainable development. An estimation model and judgement method are developed for sustainable development of urban water resources by use of the hierarchic analysis method. With the model, the present situation of water resources of Huaian City is evaluated, and some countermeasures are proposed for sustainable development of urban water resources of Huaian City.

Key words urban water resources; sustainable development; evaluation system model; Huaian City

《水资源保护》征订启事

(CN32-1356/TV, ISSN1004-6933, 双月刊, 邮发代号 28—298)

《水资源保护》是由环境水利研究会与河海大学共同主办的, 以技术性为主, 兼顾学术性和管理性的技术性期刊, 是全国惟一的水资源保护方面的专业性期刊. 1985 年创刊, 国内外公开发行. 本刊以宣传贯彻国家的水资源保护方针政策, 反映国内外水资源保护的先进科学技术, 促进我国水资源保护和管理以及水环境保护工作为宗旨. 其主要任务是探讨我国水资源保护的技术政策、科学技术、宏观管理及生产实践中的重大问题; 及时反映国内外在水资源保护领域中的新颖实用技术和科技信息; 推广全国各地在水资源保护工作中的成果和经验; 报道有关国内外学术会议、技术交流等消息动态.

主要刊登内容 水资源保护、管理、评价、监测、优化配置、节约以及水环境污染控制和水环境监测仪器等方面的文章, 主要栏目有科技政策、综述述评、学术研究、工程措施、成果推广、经验交流、专题讲座、国外动态等.

主要读者对象 从事水资源保护工作的水利、环保及相关领域的工作者, 有关工程技术、科研人员、管理干部以及大专院校的师生.

《水资源保护》全年定价 36 元. 每逢单月 30 日出版, 可在全国各地邮局办理订阅.

其他订阅方式:

(1) 邮局汇款: 请将订单和邮签与汇款单仔细填好后寄回本刊编辑部(请注明订阅《水资源保护》杂志), 未收到订单者亦可向编辑部函索订单.

(2) 银行汇款: 开户行中国工商银行南京宁海路分理处, 河海大学 4301011409001024513 (请注明订阅《水资源保护》杂志). 编辑部收款后即开具正式发票.

编辑部地址 210098 南京市西康路 1 号 河海大学. **联系电话**:(025)3786642.