

高淳县水资源承载能力多目标综合评价研究

王金兰¹, 方国华², 郭天翔², 黄显峰², 陈玉明¹

(1. 南京市高淳县水务局, 江苏 高淳 211300; 2. 河海大学水利水电工程学院, 江苏 南京 210098)

摘要 在分析高淳县水资源状况的基础上, 以可持续发展为出发点, 从社会经济系统、生态环境系统和水资源系统 3 个方面构建了区域水资源承载能力评价指标体系, 根据该指标体系和模型, 对高淳县进行实例分析。分析结果表明: 高淳县生态环境属于好层次, 在进行水资源二次平衡的前提下, 高淳县 2010 年和 2015 年的社会经济发展方案均选择方案 B。

关键词 水资源承载能力; 指标体系; 多目标综合评价模型; 高淳县

中图分类号 TV211.1 **文献标识码** A **文章编号** 1003-9511(2009)05-0004-03

水资源是人类社会赖以生存和发展的自然资源, 是人类社会实现可持续发展的基本支撑之一。随着人口的不断增长和社会经济的快速发展, 水资源短缺以及水质恶化问题已经成为了制约社会经济可持续发展的“瓶颈”因素。本文对江苏省高淳县水资源承载能力进行综合分析, 为区域水资源综合规划和水资源合理配置提供科学依据。

1 高淳县水资源现状

1.1 水资源概况

高淳县位于江苏省南京市最南端, 总面积 801.8 km²。高淳县水资源西部多东部少, 本地水资源贫乏, 且年内、年际分布不均, 过境水资源比较丰富, 但利用率较低。高淳县本地产流可利用量为 18572.22 万 m³/a, 过境水可利用量为 73952 万 m³/a。平均多年地下水资源开采量为 3253 万 m³/a。

通过对高淳县 11 个水质监测断面的监测分析可知, 高淳县水环境质量状态不容乐观。具体表现为: 固城湖和龙墩河水库区水质较好, 以 II ~ IV 类为主; 固城湖西圩区主干河道水质以 III ~ V 类为主; 乡村河道和城镇河道(主要为官溪河)水质较差, 以 IV ~ V 类为主; 固城湖东区的胥河、桤溪河水质最差, 以 IV 和劣 V 类为主。

1.2 水资源开发利用状况

高淳县水资源开发利用工程主要包括蓄水工程和引水提水工程, 此外还有少量的地下水开采工程。固城湖是高淳县生产、生活用水的主要供给水

源, 正常蓄水位为 7.8 m, 对应库容为 0.65 亿 m³。除此之外, 高淳县还有龙墩河水库、苗圃水库、九龙山水库等 16 座中小型水库, 总库容 2157 万 m³, 灌溉面积 1236.67 hm², 有塘坝 21423 个, 总库容 5959 万 m³。全县具有提水引水作用的泵站 111 座, 水闸 21 座, 涵洞 43 座, 县级水厂 1 个(高淳县自来水厂), 日供水量 5 万 m³, 供水人口 24 万人; 镇级水厂 8 个, 日供水量共 1.08 万 m³, 供水人口 16.08 万人。全县地下水开采少, 据统计, 全县地下水实际年平均开采量约为 65 万 m³。

2 水资源承载能力评价指标体系构建

水资源承载能力评价指标体系是一系列独立的指标相互联系、相互制约, 共同形成的一个科学、完备的总体^[1]。根据水资源可持续利用的量度需求, 结合评价指标的选取原则, 笔者从社会经济系统、生态环境系统和水资源系统构建能反映区域水资源承载能力的评价指标体系, 具体指标如图 1 所示。

3 水资源承载能力多目标综合评价模型

水资源承载能力是由一系列数值组成的集合, 涉及社会经济系统、生态环境系统和水资源系统^[2-3]。

水资源承载能力多目标综合评价模型如图 2 所示。模型分为上下两层, 底层为社会经济系统、生态环境系统和水资源系统的单一模型, 顶层为社会经济系统、生态环境系统和水资源系统 3 者的多目标复合模型。单一模型为复合模型提供决策目标, 复合模型的分析成果反映了区域水资源的承载能力^[4]。

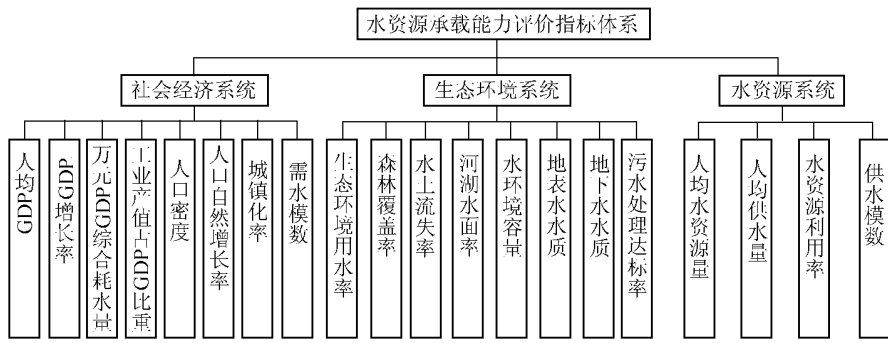


图1 水资源承载力评价指标体系框图



图2 水资源承载力多目标分析评价模型结构框图

社会经济系统模型选取社会经济系统所隶属的评价指标为研究目标,以研究目标相应的理论(实际)上限或下限值为主要约束条件。

水资源系统模型选取水资源系统所隶属的评价指标为研究目标,以研究目标相应的理论(实际)上限或下限值为主要约束条件。

生态环境系统较其他两个系统复杂。笔者将生态环境系统分为5个层次:差、较差、一般、较好、好。以生态环境系统评价指标为具体研究目标并将评价指标同样划分为5个评价等级,然后按灰度关联法^[5-6]综合确定生态环境层次。参照有关资料确定各评价指标的评价标准。高淳县生态环境评定标准如表1所示。

4 高淳县水资源承载力分析

高淳县水资源承载力分析选取2005年为现状年,2010年和2015年为预测年。

4.1 现状分析

4.1.1 现状年水资源承载力指标计算

a. 对2005年高淳县社会经济指标进行分析计算,计算结果见表2。

b. 对高淳县生态环境指标进行分析。根据实际情况及掌握的基本资料,选择生态环境用水率、森林覆盖率、河湖水面率、水环境容量、地表水水质、地下水水质和污水处理达标率为评价指标。

高淳县现状年生态环境用水率为9.45%,森林覆盖率为17.02%,河湖水面率为29.4%,水环境容量较差,地表水水质差,地下水水质一般,污水处理达标率为40%。按照灰度关联法分析计算高淳县现状年的生态环境状态,结果总体上属于好层次^[7]。

c. 对高淳县水资源指标进行分析。2005年高淳县人均水资源量为 $6321.643 \text{ m}^3/(\text{人}\cdot\text{a})$,人均供水量为 $1034.096 \text{ m}^3/(\text{人}\cdot\text{a})$,水资源利用率为45.4%,供水模数为 $76.759 \text{ 万 m}^3/\text{km}^2$ 。

4.1.2 现状年水资源承载力分析

高淳县本地水资源可利用量短缺,但过境水资源丰富。由于供水能力的限制,尤其是缺乏对过境水资源的调引工程,致使全县可供水量不足。此外,高淳县各级水厂的取水水源除固城湖和龙墩河水库的水质尚好外,其他水源多数不符合生活饮用水水源标准,这加剧了水资源的供需矛盾,因此,高淳县的缺水类型属综合型,即工程型缺水与水质型缺水的综合。

4.2 预测分析

4.2.1 预测年水资源承载力指标

对高淳县2010年、2015年水资源承载力评价指标进行预测,具体指标值见表3。

表1 高淳县生态环境评定标准

评定指标	生态环境用水率/%	森林覆盖率/%	河湖水面率/%	水环境容量	地表水水质	地下水水质级别	水达标处理率/%
差	<2	<9	<6	纳污能力远小于污染物量	水功能区达标率小于60%	V	<35
较差	2~3	9~12	6~9	纳污能力略小于污染物量	水功能区达标率60%~70%	IV	35~50
一般	3~4	12~15	9~12	纳污能力等于污染物量	水功能区达标率70%~80%	III	50~65
较好	4~5	15~18	12~15	纳污能力略大于污染物量	水功能区达标率80%~90%	II	65~80
好	>5	>18	>15	纳污能力远大于污染物量	水功能区达标率大于90%	I	>80

表2 高淳县现状年社会经济指标

社会经济指标	人均GDP值/(万元·人 ⁻¹)	GDP增长率/%	万元GDP综合耗水量/m ³	工业产值占GDP比重/%	人口密度/(人·km ⁻²)	人口自然增长率/%	城镇化率/%	需水模数/(万m ³ ·km ⁻²)
指标值	2.21	20.25	400	51.75	524	0.29	33	54.24

表3 高淳县预测年主要评价指标

预测年	万元综合耗水量/ m ³	工业产值占GDP比重/%	人口密度/(人·km ⁻²)	人口自然增长率/%	城市化率/%	生态环境用水率/%	森林覆盖率/%	河湖水面率/%	水环境容量	地表水水质	地下水水质	污水处理达标率/%	年人均水资源量/m ³	年人均供水量/m ³	水资源利用率/%	供水模数/(万m ³ ·km ⁻²)
2010年	200	55	531	2.48	69	8.25	26	29.35	一般	一般	一般	53	6245.94	1021.71	45.40	76.759
2015年	140	60	534	1.74	72	8.35	28	29.35	较好	较好	较好	66	6214.72	1016.22	45.40	76.759

表4 高淳县2010年不同经济发展方案缺水情况

方案	蓄水工程供水/万m ³	水利工程供水/万m ³	水厂供水/万m ³	企业自备供水/万m ³	浅层地下水/万m ³	中水回用/万m ³	总供水量/万m ³	缺水量/万m ³			缺水率/%		
								高发展方案	中发展方案	低发展方案	高发展方案	中发展方案	低发展方案
方案一	10271	29316	2522	2800	65	0	44974	14119	11430	8740	24	19	15
方案二	10271	46922	6413	2800	65	331	66802	0	0	0	0	0	0

4.2.2 发展方案确定

4.2.2.1 社会经济发展方案

根据高淳县2000~2005年社会经济发展状况,拟定高淳县2010年发展方案,共分高、中、低3个方案:①高发展方案,即经济运行环境良好,实行国民经济高速发展战略,GDP平均增长速度为21.0%;②中发展方案,即考虑具体的挑战,实现经济高速发展存在一定的困难,采用适度的高速增长战略,GDP年平均增长速度为17.0%;③低发展方案,即充分考虑制约因素,实施保守战略,实行低速发展,GDP平均增长速度为13.0%。

4.2.2.2 生态环境发展方案

在发展高淳县经济的同时,至少要维持生态环境不变,在有条件的情况下还应该改善当地的生态环境。对2010年生态环境进行评定,生态环境状态属于好层次。

4.2.2.3 水资源系统发展方案

对高淳县水资源进行供需平衡分析,将水资源系统发展拟定为2个方案。方案一即零方案,保持现有引水工程规模,结合产业结构调整、节水、治污、挖潜等措施,进行水资源一次供需平衡分析;方案二即二次平衡方案,在新建引水和蓄水工程、水系分期整治后,结合产业结构调整、节水、治污、挖潜等措施,进行水资源二次供需平衡分析。具体供需情况见表4。

由表4可知,在方案一中,不论何种发展方案,均会出现缺水现象;在方案二中,高、中、低3种经济发展方案的缺水率均为零。本着水资源可持续利用的原则,高淳县应该实施方案二——二次平衡方案。

4.2.2.4 发展方案决策

根据对社会经济系统、生态环境系统、水资源系统的分析,组成4种复合系统的发展方案,见表5。在这4种发展方案中,生态环境系统状态都是一样的,但社会经济系统和水资源系统在不同方案下仍有差别。方案A不利于高淳县可持续发展,较其他

3个方案差。为了反映不同方案带来的差异性,在4种方案的决策矩阵中加入一项可持续性指标,当满足可持续性要求时该指标取1.0,不满足时该指标取0.0^[8],组成的决策矩阵元素见表6。

表5 复合系统发展方案

系统名称	方案A	方案B	方案C	方案D
社会经济系统	低方案	高方案	中方案	低方案
生态环境系统	好	好	好	好
水资源系统	零方案	二次平衡方案	二次平衡方案	二次平衡方案

表6 2010年高淳县水资源承载力决策矩阵组成

方案	人均GDP值/万元	GDP增长率/%	生产用水量/万m ³	可持续性指标
方案A	4.03	13	32122.16	0.01
方案B	5.67	21	47384.22	1.0
方案C	4.79	17	38358.65	1.0
方案D	4.03	13	29333.09	1.0

计算可得2010年各方案的优属度分别为^[7]: $d_A = 0.1188$, $d_B = 0.9809$, $d_C = 0.9704$, $d_D = 0.9652$,可知 $d_B > d_C > d_D > d_A$ 。因此,选择方案B为发展方案。方案B对应的承载力指标即为高淳县2010年水资源承载力指标。

同样,在2010年社会经济发展方案的基础上,拟定2015年3种发展方案:GDP增长率分别为15%,13%,10%。根据表3中2015年主要评价指标的预测值,对生态环境层次进行评定,结果为好层次;对水资源系统方案进行供需平衡分析,结果为需要实行二次平衡方案;对高淳县2015年发展方案进行预测,水资源承载力决策矩阵组成见表7。

表7 2015年高淳县水资源承载力决策矩阵组成

方案	人均GDP值/万元	GDP增长率/%	生产用水量/万m ³	可持续性指标
方案A	9.08	10	35491.79	0.01
方案B	11.35	15	48360.58	1.0
方案C	10.39	13	41912.50	1.0
方案D	9.08	10	32240.39	1.0

(下转第13页)

也必须交纳一定的排污费,企业就会积极主动地寻求低成本的污染治理技术以少交排污费。另外,采用经济刺激手段,还可以更快更好地提高人们的水域生态环境保护意识。如收费制度、押金制度等,都能改变人们的消费观念,培养水域生态环境意识,推进可持续发展,其意义深远而巨大。水域生态环境保护与管理手段的环境效益的货币化,也可以参照表1来进行。

2.3 经济手段实现的途径

要从根本上确保经济手段在水域生态环境保护与管理中的运用,并最大限度地发挥经济效益,一是要以政府的名义出台一些水域生态环境保护的经济政策。政府根据水域生态环境保护与管理的经济手段,因地制宜,制定一些政策性文件,如制定《河道生态系统经济管理暂行办法》等。二是要明确责任,落实到位。经济手段的顺利实施,需要明确有关部门职责。三是建立违规处罚机制。对于企业或个人未履行有关责任时,有关管理部门要有一套切实可行的处罚制度。

3 结 语

随着经济社会的快速发展,水环境负荷的增大,对水域生态环境保护的必要性和重要性进一步凸

现。与此同时,对保护与管理也提出了更高的要求。笔者根据环境经济学理论,对水域生态环境保护与管理费用效益进行了探讨,对保护与管理的经济手段进行了成本分析。初步结果表明,从经济角度考虑,运用经济手段对水域生态环境进行保护与管理是有效的手段之一。在当前的水域生态环境保护与管理中,采用命令-控制型手段为主,同时,结合经济手段的管理模式,将会进一步提高水域生态环境保护与管理的效率。

参考文献:

- [1] 陈英旭. 环境学[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2001: 355-356.
- [2] 张兰生. 实用环境经济学[M]. 北京: 清华大学出版社, 1992: 200-201.
- [3] 马中. 环境与资源经济学概论[M]. 北京: 高等教育出版社, 1999: 87, 192.
- [4] 张象枢. 环境经济学[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2001: 85, 174-175, 188-199.
- [5] RUSSO M V. Environmental management readings and cases [M]. Boston: Houghton Mifflin Co., 1999: 96-100.
- [6] 高岚. 环境经济学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2007: 56-62.

(收稿日期 2008-10-20 编辑 徐广生)

(上接第6页)

计算可得2015年各方案的优属度分别为^[7]: $d_A = 0.0908$, $d_B = 0.9870$, $d_C = 0.9828$, $d_D = 0.9799$, 可知 $d_B > d_C > d_D > d_A$, 所以方案B最优, 同时方案B也是最适应社会经济发展的方案, 因此, 方案B对应的承载能力指标即为高淳县2015年水资源承载能力指标。

5 结 语

笔者用系统科学的观点构建了高淳县水资源承载能力评价指标体系, 对高淳县水资源承载能力进行现状分析评价和预测分析。分析结果表明, 高淳县现状年通过增强供水能力、采取节水措施, 水资源承载能力能满足高淳县经济的发展, 但未来经济发展不能一味追求高速发展, 应注意保证生态环境状态的良好与稳定。该分析结果可为高淳县制定社会经济、生态环境和水资源可持续利用与协调发展方案提供依据。

参考文献:

- [1] 史凯. 生态小区评价指标体系的建立及其在生态工业园中的应用[D]. 成都: 四川师范大学, 2005.
- [2] 左其亭, 陈曦. 面向可持续发展的水资源规划与管理[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2003: 119.
- [3] 左其亭. 城市水资源承载能力: 理论·方法·应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005: 61.
- [4] 方国华, 胡玉贵, 徐瑶. 区域水资源承载能力多目标分析评价模型及应用[J]. 水资源保护, 2006, 22(6): 9-13.
- [5] 艾德春, 韩可琦, 刘利国. 影响综放产量因素的灰色关联度分析[J]. 煤炭技术, 2006, 22(9): 119-120.
- [6] 姚焕玫, 黄仁涛, 蒋文凯. 区域大气环境质量灰关联评价方法探讨[J]. 武汉大学学报: 信息科学版, 2005, 30(4): 326-327.
- [7] 南京市高淳县水务局, 河海大学. 区域水资源承载能力动态综合评价研究[R]. 南京: 河海大学, 2009.
- [8] 胡玉贵. 区域水资源承载能力研究[D]. 南京: 河海大学, 2005.

(收稿日期 2009-04-10 编辑 张志琴)