

水资源承载力分析预测

——以莒南县为例

王智勇¹, 郑昭佩¹, 韩 美¹, 袁洪刚²

(1. 山东师范大学人口·资源与环境学院, 济南 250014; 2. 山东日照茶叶所, 日照 276800)

摘要:在明确水资源承载力内涵基础上, 分析了山东省莒南县水资源承载力, 认为人口总数、工业产值、农业产值是莒南县水资源承载力变化最主要的驱动因素。通过对水资源承载力变化驱动因子的线性回归分析, 预测了莒南县 2010 年和 2015 年水资源的供需状况, 预测结果表明: 水资源不能满足莒南县社会经济发展的需求。为解决莒南县水资源紧缺的矛盾, 并保证莒南县未来水资源的供需平衡, 应当提高科学用水和科学管理水平, 实行“节流”为主, “开源”为辅相结合的政策。

关键词: 莒南县; 水资源承载力; 回归预测; 对策

中图分类号: P331

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2006)05-0114-03

Analysis and Prediction on Water Resource Carrying Capacity

——A Case of J nan County

WANG Zhi-yong¹, ZHENG Zhao-pei¹, HAN Mei¹, YUAN Hong-gang²

(1. College of Population, Resources and Environment, Shandong Normal University, Jinan 250014, China

2. Institute of Tea Science of Rizhao City, Rizhao 276800, China)

Abstract: The connotation of the water resource carrying capacity is explained and the water resource carrying capacity in J nan county is analyzed. The total population, the industry production value and agriculture production value are the main driving forces leading to the changing of the water resource carrying capacity. Using regressive equation based on the data of the driving forces, the prediction of the water resource carrying capacity in J nan county is done for 2010 and 2015. The result of prediction makes it clear that the water resource will not meet the need of enlarging population and developing economy. To get over the difficulty, several suggestions is put forward as following: improving the technology on using water resource, economizing water all-around and exploiting new water resource seientifically.

Key words: J nan County; water resource carrying capacity; regressive equation; countermeasure

水资源承载力是区域自然资源承载力的重要组成部分, 是水资源短缺地区能否支撑人口、经济与环境协调发展的一个“瓶颈”指标^[1]。研究缺水地区的水资源承载力并且做出合理的预测, 对于解决缺水地区的水资源供需矛盾, 提高水资源的节约与保护意识, 合理开发利用水资源, 以有限的水资源支持社会经济的可持续发展具有十分现实和深远的意义^[2]。

1 水资源承载力概念及其内涵

1.1 水资源承载力概念

目前, 学术界对水资源承载力的定义已有多种表述, 但其思路并无本质上的差异, 都强调了支撑能力的概念。水资源承载力可定义为: 一定的水资源开发利用阶段, 满足生态需水的可利用水量能够维系某一地区人口、资源与环境有限发展目标的最大的社会-经济规模^[1]。

1.2 水资源承载力的内涵

随着人类活动的加剧, 水资源利用程度不断深化, 水资源的内涵也在不断深化, 就目前而言, 单从经济角度出发, 继

续扩大水资源的开发, 势必给生态环境带来不良影响, 而生态恶化反过来又会阻碍经济发展, 所以必须从“水资源可持续利用, 合理配置与有效利用水资源”这一主题对水资源的内涵加以准确衡量。本文认为对水资源承载力的认识应建立在生态系统, 特别是水生生态系统的整体功能基础之上, 并结合可持续发展理念, 更加全面的理解水资源承载力的内涵, 基于此, 本文主要从时空、社会-经济、技术-管理、可持续、生态等角度阐述了水资源承载力的内涵。

时空内涵。资源禀赋、社会经济发展水平都不同程度地受到时空的制约, 不同的时间和区域, 开发利用水资源能力, 水资源利用效率不同, 水资源承载力也不同^[3]。在水资源开发利用过程中, 水资源利用程度不断的扩展深化, 目前, 在缺水地区, 水资源已成为发展的“瓶颈”因素, 且这种“瓶颈”作用日益加重, 这时, 水资源承载力的概念就具有了实际意义。

社会-经济内涵。水资源承载力关心特定的社会经济系统内部的人口规模和经济规模是否超过了水资源最大利用通量及废物最大排放通量, 这就使得水资源承载力具有社

* 收稿日期: 2005-09-27

基金项目: 山东省自然科学基金(Y2004E05)资助项目; 山东省软科学项目(B2005021)部分内容

作者简介: 王智勇(1979-), 山西省吕梁市人, 山东师范大学 2004 级自然地理研究生; 郑昭佩(1972-), 山东省邹城人, 山东师范大学人口资源与环境学院副教授, 硕士生导师。

会经济方面的内涵。这一内涵主要表现为水资源承载力制约着一个社会中经济及人口的最大规模。

技术-管理内涵。水资源承载力离不开特定的科学技术背景和经营管理水平,这不仅在于水资源承载力的生态极限与特定的技术水平有关,而且在于通过优化水管理或提高科学技术水平,可以提高水资源对社会经济的承载能力。因此,不同的科学技术和不同的水资源管理水平对应着不同水平的水资源承载力。

持续内涵。首先,水资源承载力表示水资源持续支撑社会经济体系发展的能力,它要求区域的发展与水资源承载力的关系应是“以供定需”,区域发展的规划和实施应该是节水模式,特别注重水资源的合理配置和有效利用;其次,持续的内涵还隐含着水资源承载力是随着社会经济技术的发展而不断增强的,并且这种增强追求水资源需求量零增长甚至负增长趋势下的社会经济可持续发展,最终使水资源承载力与发展规模相适应的协调发展状态。

生态内涵。水资源承载力的生态内涵具有两层涵义:第一,水资源所承载的综合效用具有生态上的极限,水资源的开发利用应以不超过这种极限为前提^[4],如果水资源消耗量过大,将会引起自然生态系统的恶化,而这又会殃及人类自身;但是,如果社会-经济-人口的综合发展规模在水资源的承载力之内,就意味着还可以进一步开发水资源,以提高综合发展的水平。第二,水资源承载力的生态极限应当建立在整个生态系统的整体性上,水资源的开发利用程度不应该超过水资源更新能力,污染物的浓度值和累积值都应处于极限值以下,满足水生态系统的安全性和生物多样性的需求以及区域宏观生态环境的用水需求^[4]。要从区域各种资源或发展因子的综合利用效益考虑,保持区域发展的完整性。

基于以上理论,本文对山东省莒南县水资源和水环境现状做了分析,并做了该县未来10年用水预测和分析,以期能为该县未来发展中水资源的合理利用提供参考。

2 莒南县水资源和水环境状况及水资源承载力分析

2.1 莒南县水资源、水环境状况

莒南县位于鲁东南地区,是省级生态县建设示范县,全县地形东高西低,东部为低山丘陵区,西部为洪积-冲积平原区。气候属于暖温带季风性湿润、半湿润过渡类型,年平均气温12.7℃,多年平均降雨量为842.7mm,降水季节分配不均,多集中在6~9月份,多年平均降水达625.5mm,占全年降水的74%。莒南县多年平均径流深316.6mm,多年平均水面蒸发量1116.6mm,约为多年平均降水量的1.3倍。

莒南县多年平均水资源总量 $5.94 \times 10^8 \text{ m}^3$,受降水年际变化的影响,水资源数量在不同年份间的变化比较大。多年平均全县现有工程可供水量 $2.48 \times 10^8 \text{ m}^3$,其中当地地表水 $2.07 \times 10^8 \text{ m}^3$,地下水 $0.41 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。而年总需水量 $2.69 \times 10^8 \text{ m}^3$,缺水量为 $0.21 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。水资源不能满足发展需求。

莒南县水环境的污染比较严重。污染源主要来自工业生产废水和城市生活污水,其次来自自然界及农林业生产中的面源污染。全县最大的河流为沭河和龙王河,通过测定COD、氨氮、高锰酸钾的含量,沭河出境断面含量分别为55.5mg/L、0.98mg/L、7.69mg/L,属于Ⅲ类地表水水质;龙王河含量分别为46.89mg/L、24.14mg/L、9.49mg/L,超出了Ⅲ类地表水水质标准。

2.2 莒南县水资源承载力分析

莒南县属资源型缺水型地区,人均水资源量约为670 m^3 ,不及全国的1/3,更不及国际人均水资源的最低警戒线

(1700 m^3)。按国际水资源承载力标准,莒南县最大人口规模34.9万人,而2004年莒南县人口总量已达90.02万人,为水资源最大承载人口的2.6倍;同时,地表水的利用已经达到了地表水的35%,国际上通常认为水资源的开发利用率在20%以下较为理想,极限不超过40%,否则将对河流生态系统的维护造成不良影响^[6];另外,该县地下水可开采量为 $0.5 \times 10^8 \text{ m}^3$,目前开采量为 $0.41 \times 10^8 \text{ m}^3$,可见,水资源开发利用前景并不乐观。水资源的短缺形势已经成为制约经济发展的“瓶颈”因素。

3 水资源承载力预测

在某一地区、某一时段内的水资源量(因变量)与其驱动力(自变量)之间存在线性关系,通过对引起水资源承载力变化的各种驱动因子分析,建立线性回归模型,可以确定水资源承载力变化并做出预测^[7],为水资源合理规划利用做出基础性工作。

3.1 水资源承载力变化的线性回归模型

莒南县水资源变化的驱动因素主要是农业产值,工业产值,人口总数,其中农业用水高达75%以上。农业用水一直都是用水主体,而农业产值增加比较缓慢;工业用水相对较少,而且增幅不大,但工业产值增加迅速;人口总数近些年增长缓慢,然而用水却迅速上升。

基于以上实际情况,本文对主要驱动因子和各自的水资源利用量变化分别做出一元线性回归预测,并求和做出总的用水量预测。在进行建模运算之前,为了减少偶然因素带来的数据的突变,对所有数据都采用滑动平均法(滑动平均字段数为3)作了修正,每列数据的首数和末数保持原值不变。最后,根据莒南县1993~2004年的统计数据对各种用水量作了预测,并求和预测出总用水量,与实际用水量作了对比,拟合精度很高,本文认为用该模型作预测是可行的。

经计算得出莒南县用水量与其主要驱动因子的线性回归模型分别为:

农业用水量线性回归模型:

$$Y_1 = 4.806x_1 \times 10^{-2} + 10104.09$$

工业用水量线性回归模型:

$$Y_2 = 2.652x_2 \times 10^{-3} + 9994.141$$

生活用水量线性回归模型: $Y_3 = 326.207x_3 - 29912.5$

总用水量为: $Y = Y_1 + Y_2 + Y_3$

式中: Y ——全县总用水量(万 m^3); Y_1 、 Y_2 、 Y_3 ——农业用水、工业用水、生活用水量(万 m^3); x_1 、 x_2 、 x_3 ——农业产值(万元)、工业产值(万元)、全县总人口数(万人)。模拟值与实际值对比曲线见图1:

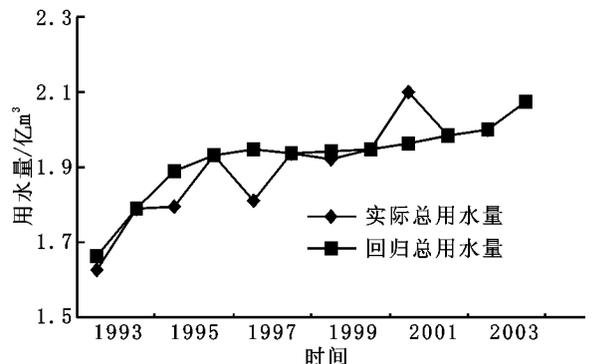


图1 实际用水总量和预测用水总量对比

3.2 水资源承载力的预测分析

要对用水量做出预测,须对农业产值、工业产值和人口总数做出预测,根据人口和经济不断增长的特征,可采用

GM(1,1) 模型对之建模预测^[5]。通过建模运算得到 2010 年、2015 年农业产值、工业产值、人口总数为:

表 1 莒南县农业产值、工业产值、人口总数预测

	农业产值/万元	工业产值/万元	人口总数/万人
2010 年	132235.81	528140.2	101.2
2015 年	138269.67	891262.96	102.59

将数据带入回归模型可得出 2010 年和 2015 年的用水量分别为:

表 2 莒南县需水量预测 10^8 m^3

	农业需水	工业需水	生活需水	总需水量	缺水
2010 年	1.646	1.013	0.310	2.969	0.121
2015 年	1.675	1.236	0.355	3.266	0.422

从上表可知莒南县 2010 和 2015 年预测用水量分别 $2.969 \times 10^8 \text{ m}^3$ 和 $3.266 \times 10^8 \text{ m}^3$; 而该县在保持生态用水的情况下, 多年平均最大可供水量为 $2.844 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。该县水资源短缺将日益严重。

另外还需强调两点, 第一, 本文所用统计数据为实际用水量, 而近年来每年供水都不能满足工农业生产需求, 所以实际缺水量要大于预测缺水量; 第二, 由于第三产业用水与其他用水有所交叉难于统计, 所以忽略了少部分用水的预测, 未来发展无疑第三产业的用水将不断增加; 总的缺水情况将还要严重。可见, 水资源短缺已成为该县未来发展中亟待解决的问题。

4 水资源承载力问题的解决对策

莒南县水资源严重短缺, 地表水和地下水的利用已接近允许开采的极限, 水环境污染比较严重, 所以应该实行“节流”为主, “开源”为辅相结合的政策, 以解决水资源承载力问题。

在水资源的“节流”方面主要应当采取以下几个方面的措施: 一是提高全县的节水意识, 推广节水器具, 降低莒南县人口生活用水的综合定额。1993~2004 年全县人口增加不到 2%, 而生活用水总量增加了 46%。所以生活用水有很大的压缩空间。

二是降低工业万元产值用水量, 工业发展方面以高科技节能型和节水型产业为主来考虑, 随着经济的发展、科技的参考文献:

[1] 夏军, 朱一中. 水资源安全的度量: 水资源承载力的研究与挑战[J]. 自然资源学报, 2002, (5): 262-270.
 [2] 胥信平. 黑龙江省水资源承载力探析[J]. 中国水利, 2003, (8): 12-15.
 [3] 韩俊丽, 段文阁. 城市水资源承载力基本理论研究[J]. 中国水利, 2004, (7): 12-15.
 [4] 龙腾锐, 姜文超, 何强. 水资源承载力内涵的新认识[J]. 水利学报, 2004, (1): 38-46.
 [5] 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, 2002. 114-123.
 [6] 黄明聪, 陈能志. 福建晋江流域水资源承载力研究[J]. 水利水电技术, 2004, (4): 104-107.
 [7] 孟凡德, 王晓燕. 北京市水资源承载力的变化趋势及驱动力研究[J]. 中国水利, 2004, (9): 22-27.

(上接第 113 页)

参考文献:

[1] 汤国安, 陈正江, 等. ArcView 地理信息系统空间分析方法[M]. 北京: 科学出版社, 2002.
 [2] 姚文艺, 汤立群. 水力侵蚀产沙过程及模拟[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 2001.
 [3] 北京市水土保持工作总站, 等. 基于 3S 技术的北京市水土保持生态环境管理信息系统专题报告集[Z]. 2002.
 [4] Wischmeier W H, D Smith. Predicting rainfall erosion losses—a guide to conservation planning[A]. U. S. Department of Agriculture, Agricultural Handbook nr. 537[M]. Science and Education Administration, United States Department of Agriculture, 1978.
 [5] 水利部水土保持检测中心, 全国土壤侵蚀遥感快速调查技术规[Z]. 1999.
 [6] 李志林, 朱庆. 数字高程模型[M]. 武汉测绘技术大学, 2000.
 [7] 秦大河, 丁一汇. 中国西部环境演变评估(第二卷)[A]. 中国西部环境变化的预测[M]. 北京: 科技出版社, 2002.

进步, 工业节水水平将有进一步的提高。近年来由于科技发展和管理进步莒南县工业用水随着工业产值的迅速增长只是略有增长或徘徊不长。

三是节约农业用水量。农业是用水的一个大户, 也是潜力最大的节水领域, 农业以发展两高一优农业为主, 将进一步增加灌溉面积。灌溉发展方向以节水灌溉为主, 推广滴灌、喷灌、低压管灌, 取消大水漫灌等, 到 2007 年, 全县有效灌溉面积达到 $5.4 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 占耕地面积的 74%, 发展节水灌溉面积 $0.67 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 其中: 喷灌 $0.2 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 微灌 $0.13 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 低压管灌 $0.13 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 防渗渠灌 $0.2 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。这将会大大的节省水资源。

四是在加大治污力度后, 充分开发利用污水回用的再生水或中水, 这样, 即可节省用水量, 也可提高排水质量, 保护生态环境, 目前全县污水回用只有 $150 \times 10^4 \text{ m}^3$, 所以污水回用有很大的潜力可开发; 另外, 虽然该县河流污染严重, 但近年来由于科技进步和管理水平、节水意识的提高, 污染的状况在不断的转好, 水环境在不断改善。2004 年, 莒南县对 8 个河流断面进行了监测, 其主要污染物(COD、氨氮、高锰酸钾)监测指标均低于 2003 年, 其达标率提高分别为 14%、5%、5.8%。

在水资源的“开源”方面, 主要包括地表水和地下水的开发, 地表水的开发主要是在 2007 年前对现有水利设施的修补完善, 提高水利设施利用率, 并建塘坝 120 座, 拦截河道 15 条, 共 75 km; 地下水方面, 主要是打机井、大口井 1 000 眼, 共计可增加供水量 $1 880 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。通过以上多方面的努力, 莒南县水资源和水环境现状将得到不断改善。

5 结 语

随着社会经济不断扩展和深入, 工业、农业、生活对水资源量和质的要求越来越高, 而可持续发展要求集约利用水资源, 提高水资源利用率, 这一矛盾的不断发赋予水资源承载能力新的内涵。本文以山东省莒南县为例做了分析, 该县属资源型缺水地区, 水资源短缺将是莒南县社会经济发展的长期问题。莒南县必须从战略高度来认识水资源问题的严重性, 实施“节流”为主, “开源”为辅相结合的政策, 同时加强科技和管理水平, 使有限的水资源可以支持更大的社会-经济发展规模。