

# 基于水资源承载力的城市适度人口分析

——以金华市为例

王艳, 冯利华, 杨文

(浙江师范大学地理与环境科学学院, 浙江金华 321004)

**摘要:** 金华市目前水资源问题已成为制约其经济发展的因素之一, 也限制其人口增长。在对金华市水资源承载力的定性及定量的研究的基础上, 针对金华市人口增长的特征, 利用灰色预测模型, 对金华市适应城市发展的适度人口容量进行预测分析。结果表明: 2020年金华市人口容量已超出水资源可承载的适度人口容量, 提出控制人口规模; 保护水资源和水环境; 提高水资源的利用效率; 建设新型节水城市等基本措施, 为金华市今后的发展规划提供一定的参考。

**关键词:** 水资源承载力; 适度人口容量; 灰色模型; 金华市

中图分类号: TV213.4

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2012)01-0047-04

## Analysis of optimum urban population based on water resources carrying capacity: Taking Jinhua city as an case

WANG Yan, FENG Lihua, YANG Wen

(College of Geography and Environment Sciences, Zhejiang Normal University, Jinhua 321004, China)

**Abstract:** Currently, water resources has become one of the factors to restrict the economic development of Jinhua City, it also limited the growth of Jinhua City's population. On the basis of qualitative and quantitative research for the carrying capacity of water resources in Jinhua City, and in the light of characteristics for Jinhua City's population growth, using the grey prediction model, the paper predicted and analyzed the suitable population capacity in Jinhua City, which adapted to the city development. It is found that the population capacity in Jinhua City will be exceed the water resources carrying capacity. We put forward some basic measures, as controlling the size of the population; protecting water resources and water environment; improving the water utilization efficiency; constructing the new water - saving city and so on. The measures can supply some reference for the future development of Jinhua City.

**Key words:** water resources carrying capacity; optimal population capacity; grey prediction model; Jinhua city

## 0 前 言

水资源承载力是20世纪90年代中期提出的新概念。20世纪以来,随着人口膨胀,工农业用水猛增而出现水资源紧缺以及水环境污染的问题日益严重,威胁到人类自身的生存和发展,因此,水资源可持续发展的概念应运而生。“水资源承载力”的概念也伴随水资源的可持续利用的理念的产生以及人们在对社会可持续发展与水环境相互关系有了深刻认识的基础上提出的。水资源开发规模论或容量论认为,水资源承载能力是在一定社会技术经济阶段,在水资源总量的基础上,通过合理分配和有效利用所获得的最合理的社会、经济与环境协调发展的水

资源开发利用的最大规模或在一定经济技术水平和社会生产条件下,水资源可供工农业生产、人民生活 and 生态环境保护等用水的最大能力,也即水资源的最大开发容量<sup>[1]</sup>。人口容量的思想在我国古代思想家、政治家著作中早已有所提及。但正式作为科学概念的提出,是最近几十年的事。联合国科教文组织对其定义为:某一国或某一地区在可以预见的时期内,利用该地的能源和其他自然资源及智力、技术等条件,在保证符合社会文化准则的物质生活水平条件下,所能持续供养的人口数量<sup>[2]</sup>。简而言之,某一国家或地区的人口容量就是该国家或地区在一定时期内所能供养的人口数量。

本文分析水资源承载力下的金华市人口容量问

收稿日期:2011-09-01; 修回日期:2011-10-12

基金项目:国家自然科学基金项目(41171430)

作者简介:王艳(1987-),女,江苏镇江人,硕士研究生,主要研究方向为水资源规划。

通讯作者:冯利华(1955-),男,浙江建德人,教授,主要从事资源地理和灾害地理的教学与研究工作。

题,旨在寻求区域水资源最大承载能力下的最适宜人口容量。目前为止,国内、外对水资源的承载力的分析研究尚处于初始阶段,至今没有成熟统一的方法。现有的研究方法主要有供需水的预测平衡法、模糊综合评判法、多目标分析法、灰色聚类评价法等。而研究适度人口容量的方法有单因子分析法、资源综合平衡法、土地资源分析法和系统动力分析法等。为求方便,本文则选择两者通用的灰色模型法。灰色模型是把随机变量作为研究对象,将随机过程作为在一定范围内变化的、与时间有关的灰色过程。灰色模型对信息数量和分布的要求不高,不需要有原始数据的先验特征,而且建模精度高,能较好反应系统的实际情况<sup>[3-4]</sup>。

## 1 金华市水资源现状

金华市位于浙江省中部,地理位置处于东经119°14'~120°47'、北纬28°32'~29°41',地势南北高、中间低。境内主要有钱塘江、瓯江、椒江三大水系,主要河流有钱塘江水系的兰江、衢江、金华江、东阳江、武义江、浦阳江等。水资源主要由地表水与地下水构成,2010年,全市平均降水量2 053.3 mm,折合降水总量为224.1757亿m<sup>3</sup>,比常年值偏多了35.7%,比上一年增加69.5735亿m<sup>3</sup>。全市水资源总量152.2162亿m<sup>3</sup>,其中地下水资源量为24.0160亿m<sup>3</sup>,比常年值偏多65.9%。

金华市水资源分布特点:一是水系较为发达,但人均占有量偏低,低于全省、全国平均水平。二是年降雨量丰富,但时空分布不均。正是由于上述特点,水荒问题已经悄然逼近。1996年的大旱使金华市16万人和8万头牲畜发生饮水困难,直接经济损失达1.7亿元;2003年夏季则出现了50年未遇的高温,夏旱连秋旱,7-10月的降水量只有124 mm,仅及正常年份的30%<sup>[5]</sup>。1998年金华市被迫放弃世代饮用的金华江水,花巨资改用沙畈水库作为市区的供水水源;2000年11月24日义乌市出资2亿元,向东阳市横锦水库永久性购买4 999万m<sup>3</sup>/a的淡水资源,成为水利部提出“水权与水市场”理论后的第一笔水权交易。因此,水荒问题已成为金华市2020年全面建设小康社会的重要制约因子<sup>[6]</sup>。

## 2 城市人口容量计算

### 2.1 模型的建立方法

GM模型的建立是对随时间变化的序列无明显

趋势时,采用“累加”的方法,建立一个随时间变化趋势明显的序列,按照累加的序列增长趋势建立灰色因子的预测模型进行预测,然后采用“累减”的方法进行逆运算,恢复原时间序列,得到预测结果。

首先,设原始时间数列 $X^{(0)} = \{x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), x^{(0)}(3), x^{(0)}(4), x^{(0)}(5), \dots, x^{(0)}(n)\}$ ,其累加生成序列 $X^{(1)} = \{x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), x^{(1)}(3), x^{(1)}(4), x^{(1)}(5), \dots, x^{(1)}(n)\}$ 。按 $X^{(1)}$ 序列建立微分方程模型为:

$$\frac{dX^{(1)}}{dt} + aX^{(1)} = u$$

上式所对应的时间响应函数为:

$$X^{(1)}(t+1) = (x^{(0)}(1) - \frac{u}{a})e^{-at} + \frac{u}{a}$$

确定参数 $a, u$ 按模型递推,便得到预测的累加序列,进行检验后“累减”便可以得到预测值<sup>[7]</sup>。

### 2.2 数据的选取

指标的选取要求能够从不同角度、不同方面客观反映区域水资源供需关系以及城市人口容量状况。本文的数据参考2000-2010年金华市统计年鉴以及水资源公报的信息,提取2000-2010年的各年人口总量、常住人口量以及年总用水量(表1),为求预测模型的更加精确,剔除前三年与以后差异较大的数据,选取2003-2010年的数据进行计算。

表1 2000-2010年金华市总用水量、生活用水量  
以及总户籍人口数 万人,亿m<sup>3</sup>

年份	各年户籍人口总量	年总用水量	生活用水量
2000	446.42	24.25	2.34
2001	447.94	24.20	2.51
2002	449.19	27.03	2.99
2003	449.91	18.85	2.23
2004	451.70	17.94	2.18
2005	454.13	17.97	1.66
2006	456.80	18.87	1.93
2007	459.19	19.02	2.06
2008	461.41	19.63	2.12
2009	463.68	19.90	2.55
2010	466.65	19.44	2.59

### 2.3 灰色模型的预测分析

运用dps数据处理系统对上述数据进行分析,得出城市总人口量、城市用水量的模型参数、所对应的时间响应函数、误差范围的数据(表2)。

根据表2,可得出金华市2011至2020年的户籍人口总量和总用水量的值,见表3。

表 2 金华市人口容量及水资源用水量以及生活用水量的灰色模型函数

%

指标	模型参数	时间响应函数	误差范围
人口量	$a = -0.013160, u = 5.127966$	$x(t+1) = 403.044361 \exp(0.013160t) - 389.676153$	0.37 ~ 1.41
用水量	$a = 0.184986, u = 1.528433$	$x(t+1) = -7.417840 \exp(-0.184986t) + 8.262429$	0.44 ~ 3.11
生活用水量	$a = 0.194646, u = 0.222831$	$x(t+1) = -1.023397 \exp(-0.194646t) + 1.144796$	1.23 ~ 3.41

表 3 2010-2020 年金华市户籍人口总量及总用水量、生活用水量预测值 万人, 亿 m<sup>3</sup>

年份	各年户籍人口总量	年总用水量	生活用水量
2011	492.92	19.34	2.33
2012	509.79	20.02	2.43
2013	528.75	20.91	2.55
2014	550.22	22.04	2.67
2015	574.70	23.48	2.81
2016	602.83	25.31	2.95
2017	635.35	27.63	3.10
2018	673.21	30.56	3.27
2019	717.54	34.28	3.44
2020	769.76	38.97	3.63

## 2.4 结果与分析

由表 3 可知 2015 年和 2020 年的人口总量、总用水量以及生活用水量的预测值得出, 2015、2020 年居民综合用水量分别为 133.96 L/(人·d)、129.20 L/(人·d)。金华市属于我国规定的城市居民生活用水量标准的第三类区域, 用水标准: 120 ~ 180 L/(人·d)。由于金华市属于我国东部发达地区有大量的外来人口在此工作生活。因此金华市水资源承载力下的人口容量不仅包括本地人口也包括大量的流动人口, 即主要考虑常住人口的容量。最近几年金华市外来人口逐年增多, 特别是义乌市。第六次人口普查显示, 义乌市郊区的常住人口已达到 123.40 万人, 占全市的 23.02%。而金华市的常住人口增长趋势也将逐渐加快(图 1), 这无疑使水资源承载压力更大。

考虑到金华市人口流动较大, 城市居民用水包括大部分的外来及暂住人口。由城市生活用水总量以及常住人口数可得城市居民日生活用水量, 即可算出 2003-2010 年金华市居民日生活用水量基本稳定在 100 ~ 112 L/(人·d), 根据我国规定的城市居民生活用水标准可知金华市居民用水情况较为拮据, 因此根据我国规定的城市居民生活用水量标准设定 120 L/(人·d) 为居民最低用水量, 参考取其标准的中间值 150 L/(人·d) 为最适宜用水量, 则

得出金华市 2015 年和 2020 年最大人口容量及人口适度容量值(表 4)。

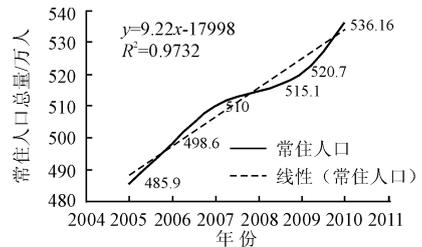


图 1 金华市 2005-2010 年常住人口变化趋势图

表 4 金华市最大人口容量及适度人口容量测算结果 万人

年份	最大人口容量	适度人口容量	户籍人口总量
2015	652.97	522.37	574.70
2020	858.45	686.75	769.76

由表 4 可知, 到 2020 年金华市适度人口容量为 686.75 万人, 而经预测的户籍人口总量已超过适度人口容量, 更遑论大量的外来人口的需水量。因此, 可持续运用水资源的问题是金华市在今后发展中必须考虑的一个重要课题。

## 3 水资源可持续发展的措施

金华市所面临的水资源问题, 并不是单一的特例, 它是目前国内众多缺水城市的一个缩影。而要解决水资源的短缺问题, 最终还得走和谐发展道路。即遵照自然发展规律和社会发展规律, 利用现代科学技术合理分配资源, 使其能够做到永续利用。就城市水资源的和谐发展而言, 就必须严格遵循水资源与城市人口、环境和经济协调发展的内在规律, 真正实现水资源发展与城市发展的“和谐共荣”。

### 3.1 控制人口规模, 合理规划人口分布格局

人口是水资源最主要的承载对象, 因此控制人口不仅是确保水资源安全的有效措施, 也是实现资源可持续利用的重要决策。为此, 合理进行城市人口的宏观调控, 将是金华市今后人口规模调控的根本工作。此外, 针对很多城市相继出现的“内密外疏”的人口分布, 今后应通过相关配套制度的改革, 加快城市基础设施建设, 引导农民自愿向城镇集中,

从根本上改变中心城区人口过于密集的状态,化解高密度人口集聚可能产生的风险,实现合理的人口空间布局<sup>[8]</sup>。

### 3.2 加强科学管理,保护水资源和水环境

目前,金华市城市生活、工业用水及农业用水以地表水为主,及少量的地下水。大部分水质为Ⅱ、Ⅲ以及劣Ⅴ类水。因此,必须加强科学用水、节水管理,保护好目前的水资源和环境。<sup>①</sup>金华市应该走新型的工业化道路,加强防治水污染,杜绝先污染再治理的老路子,杜绝污染项目进入城市。新建和扩建污水处理厂,集中处理污水,保护金华市的最大水源。<sup>②</sup>统一管理地下水资源,关闭企业自备井。以免企业自备井的过度开采,造成了地漏现象,严重污染城市的水资源。<sup>③</sup>加强中水合理利用,节约地下水资源的使用。

### 3.3 转换水权,提高水资源的利用效率

水权转换可实现在政府宏观调控下水资源的优化配置,提高水资源的利用效率和经济效益;解决工业用水的短缺问题,促进社会经济的和谐发展;改善农业生产条件,实现良好的社会价值,水资源含量少,政府应运用科学发展观,加强水权的转换,将部分农业用水用于基地的建设,工业发展后再反哺农业,促进人口、经济、资源、环境的协调发展<sup>[9]</sup>。

### 3.4 可持续发展,建设新型节水城市

在工业中运用经济杠杆,深化水价改革和加强节水工作,实现“谁用水、谁付费,谁污染、谁付费”;

在农业中通过技术创新,实现节水灌溉和节水农业相结合的办法实现农业节水,在城镇加强水的循环利用,鼓励企业推行清洁生产,循环利用经过处理的工业废水;此外,加快水利工程建设,加大供水工程的资金投入,加快供水能力建设,提高水资源的开发利用效率,从而提高流域和地区的水资源承载力<sup>[8]</sup>。

### 参考文献:

- [1] 许有鹏. 干旱区水资源承载能力综合评价研究——以新疆和田河流域为例[J]. 自然资源学报, 1993, 8(7): 230-237.
- [2] 陈卫, 孟向京. 中国人口容量与适度人口问题研究[J]. 市场与人口分析, 2000, 6(1): 21-31.
- [3] 郑元世, 张启敏. 银川市人口的灰色预测[J]. 辽宁大学学报(自然科学版), 2007, 27(5): 346-350.
- [4] 张启敏. 灰色预测模型[J]. 宁夏大学学报自然科学版, 2002, 23(2): 147-149.
- [5] 冯利华, 张行才, 桑广书, 等. 金华市水资源的丰枯变化特征[J]. 地理科学, 2005, 25(5): 626-630.
- [6] 冯利华, 黄中伟, 马跃刚. 金华市水资源承载力分析[J]. 热带地理, 2005, 25(2): 151-155.
- [7] 刘贤赵, 张安定, 李嘉竹. 地理学数学方法[M]. 北京: 科学出版社, 2009: 253-257.
- [8] 陈火星. 成都市水资源约束下的人口承载力研究[D]. 成都: 四川社会科学院, 2011.
- [9] 曹新平, 张启敏. 银川市人口、资源、环境多目标模型的建立及其人口合理规模的分析[J]. 宁夏大学学报(自然科学版), 2007, 28(1): 66-69.

(上接第46页)

本一致,降水主要集中在夏秋季,研究区域东南部降水最多,中部偏北地区降水最少,降水量从南向北呈下降趋势,从西向东呈上升趋势。降水的趋势性、持续性及周期性受空间地域影响不大,站点间变化基本一致。西安及附近地区除了春季降水有明显的下降趋势外,年及其他季节降水变化基本都不明显,年降水表现出略微的下降趋势(太平峪略增加),夏季降水有上升的趋势,秋季降水有下降趋势。R/S分析的结果表明,西安地区降水未来的变化趋势与现有趋势是一致的。周期分析结果则可以看出西安及附近地区年及四季降水基本存在着16年和28年左右的主周期。

### 参考文献:

- [1] 刘翔, 乔杉, 蔡杜蕊. 西安市水资源现状与展望[J]. 山西建筑, 2008, 34(10): 181-183.

- [2] 王文圣, 丁晶, 金菊良. 随机水文学(第二版)[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2008: 34-35.
- [3] Mann H B, Nonparametric tests against trend[J]. Econometrica, 1954, 13: 245-259.
- [4] Kendall M G, Rank Correlation Methods [M]. London: Griffin, 1975.
- [5] 徐建华. 现代地理学中的数学方法(第二版)[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006: 60-61, 414-417.
- [6] 张晓伟, 沈冰, 孟彩侠. 和田绿洲水文气象要素分析特征与R/S分析[J]. 中国农业气象, 2008, 29(1): 12-15.
- [7] 王文圣, 丁晶, 李跃清. 水文小波分析[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.
- [8] 飞思科技产品研发中心. MATLAB 6.5 辅助小波分析与应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 2003.
- [9] 王文圣, 丁晶, 向红莲. 水文时间序列多时间尺度分析的小波变换法[J]. 四川大学学报(工程科学版), 2002, (6): 14-17.