

# Life Water Demand Forecasting for Hunan Province

Hongcui Shan, Dong Sheng\*, Wenjuan Guo, Xingyi Xu, Huaiguang He

Hunan Water Resources and Hydropower Research Institute, Changsha Hunan  
Email: shanhongcui2008@163.com, \*shengdong1979@163.com

Received: Jan. 6<sup>th</sup>, 2016; accepted: Jan. 21<sup>st</sup>, 2016; published: Jan. 28<sup>th</sup>, 2016

Copyright © 2016 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

---

## Abstract

This paper forecasts the life water demand of Hunan province for planned years with quota method and exponential smoothing principle. The results show that the calculated life water consumption is relatively accurate in 2014. Residents living water demand shows different rises in 2020 and 2030 based on the quota method, and the rising rate from 2020 to 2030 in less developed cities is higher than that of the developed regions. Using the exponential smoothing method to forecast public water demand in cities, this article used the average value of Holt linear trends, Brown linear trend and damping as the forecasting value in planned years. There has been a sharp growth for public water demand in planned years, and the mean rising rate from 2020 to 2030 is higher than the rate from 2015 to 2020.

## Keywords

Life Water Demand, Hunan Province, Quota Method, Exponential Smoothing Principle

---

# 湖南省生活需水量预测

山红翠, 盛东\*, 郭文娟, 徐幸仪, 何怀光

湖南省水利水电科学研究所, 湖南 长沙

Email: shanhongcui2008@163.com, \*shengdong1979@163.com

收稿日期: 2016年1月6日; 录用日期: 2016年1月21日; 发布日期: 2016年1月28日

---

作者简介: 山红翠(1989-), 女, 河南南阳人, 硕士研究生, 研究方向为水文学及水资源。

\*通讯作者。

## 摘要

本文采用定额法与指数平滑法预测湖南省不同规划水平年生活需水量。结果显示,此方法计算2014年生活用水量误差较小;采用定额法预测居民生活需水量在2020年和2030年均不同幅度的上升,且目前欠发达地区的居民生活需水量在2020~2030年间的增长率明显高于目前较发达城市;城镇公共用水预测采用指数平滑法,本文取Holt线性趋势、Brown线性趋势、阻尼趋势三者预测的需水量均值为规划水平年的预测值。结果显示,湖南省各市城镇公共需水量在规划水平年有显著增长,2020~2030年间平均增长率高于2015~2020年。

## 关键词

生活需水, 湖南省, 定额法, 指数平滑法

## 1. 引言

水是人类社会赖以生存和发展的主要物质基础。随着国民经济持续稳定地增长,水资源问题成为制约经济社会进一步发展的重要因素[1]。为加强水资源统一管理,控制用水总量增长,加强定额管理,节水减排,提高水资源和水环境承载能力,迫切需要开展用水总量控制与定额管理研究。

湖南水资源丰富,构成全省水资源的地表水径流量大,地下水资源充足。境内多年平均水资源量 2539 亿  $m^3$ ,其中地表水 2082.8 亿  $m^3$ 。湖南省人均水资源占有量 2563  $m^3$ ,略高于全国平均水平[2]。但目前仍存在水资源时空分布不均、水污染严重、水质性缺水、水资源浪费严重等问题。随着人口的增加,经济社会的发展,需水量将持续增加,用水结构不断调整,对供水的要求将为更高。因此,建立合理的需水预测模型,对研究如何合理制定用水总量控制指标和确保不同水平年全省生活用水总量控制指标的实现具有重要作用,同时也是促进水资源的合理配置和高效利用,保障“两型”社会建设及经济社会可持续发展的重要基础工作,具有十分重要的现实意义和应用价值。

## 2. 研究区概况

用水量是指供应给用户的包括输水损失在内的水量,按农业用水、工业用水、生活用水三大类统计,我国的统计制度从 2003 年开始又增加了生态用水,共四大类[3]。农业用水主要包括农田灌溉用水、林牧渔业用水。工业用水可以划分为制造业、电力行业和建筑业用水;按照湖南省对各市州的用水量控制指标,生活用水量不仅包括城乡居民生活用水,也包括城镇公共用水(建筑业用水和服务业用水)方面。生活用水量的评估可采用定额法,影响生活用水量评估的主要因素包括人口结构、建筑业规模、第三产业发展及相应的用水定额,而用水定额的评估是关键;生态用水仅包括城市环境和部分河湖、湿地的人工补水量。

统计湖南省 2003~2013 年间用水量变化情况[4],如图 1 所示。

如图 1 所示,2004 年以来,各市(州)用水量的总体变化和年际变化幅度基本都收窄,用水量的变化进一步趋于稳定。对 2003~2013 年各类用水统计发现,湖南省农业用水量呈逐年递减,占总水量的比例逐年下降;工业用水逐年增加,由 2003 年的 68.4 亿  $m^3$  逐渐递增至 2013 年的 94.05 亿  $m^3$ ;生活用水量由 36.14 亿  $m^3$  增加到 41.63 亿  $m^3$ ,占总用水量的比例由 11% 提高到 12.4%,城镇公共用水增长较快,由 2003 年的 3.85 亿  $m^3$  递增至 2013 年的 12.44 亿  $m^3$ ;生态环境用水在 2.48 亿  $m^3$  至 3.46 亿  $m^3$  之间变动。

## 3. 计算方法

### 3.1. 居民用水

随着湖南省近年来城市的快速发展,一方面,人户分离,人口流动性加大,户籍人口反映地区平均经济发

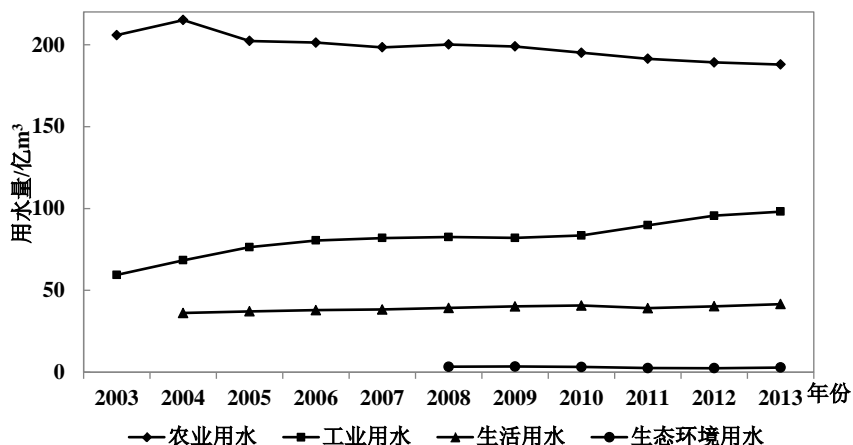


Figure 1. The changes of water consumption in Hunan province from 2003 to 2013  
图 1. 湖南省 2003~2013 年间用水量变化情况

展水平和资源水平的局限性越来越明显；另一方面，地区各种人均统计指标多采用常住人口。为使评估具有统一的口径，本项目涉及人口时均采用常住人口指标。对于建筑业和服务业增加值经济指标，采用当年价。

生活用水指标包括居民生活用水指标和城镇公共用水指标。居民生活用水指标可按城镇居民和农村居民分别计算，用人均日用水量表示：

$$q_{\text{城镇居民}} = 1000 \times W_{\text{城镇居民}} / (p_{\text{城镇}} \times 365)$$

$$q_{\text{农村居民}} = 1000 \times W_{\text{农村居民}} / (p_{\text{农村}} \times 365)$$

$q_{\text{城镇居民}}$ 、 $q_{\text{农村居民}}$  分别为城镇居民、农村居民人均日用水量，L/人·日；

$W_{\text{城镇居民}}$ 、 $W_{\text{农村居民}}$  分别为城镇居民、农村居民用水量，万 m<sup>3</sup>；

$p_{\text{城镇}}$ 、 $p_{\text{农村}}$  分别为城镇和农村常住人口，万人。

本文中不同水平年预测定额值采用湖南省水资源综合规划报告数据[5]。

据资料统计，湖南省 2013 年常住人口为 6690.60 万人，其中，城镇居民 3208.81 万人，农村居民 3481.79 万人，现状年城市化率为 48.0%。

参照国家“十二五”规划人口指标约束的要求和有关计划生育政策，预测 2013 年~2015 年人口平均增长率控制在 6‰左右，2015 年~2020 年人口平均增长率控制在 7‰左右，2020 年~2030 年人口平均增长率控制在 7‰左右。由于我省城镇化建设脚步的加快，农村居住人口将逐步向城镇转移，因此，根据全省及各市“十二五”规划，预测 2020 年全省总人口 7011.46 万人，其中，城镇居民 4226.29 万人，农村居民 2785.16 万人，城市化率为 60.3%。各地区人口增长预测分析结果见表 1。

### 3.2. 城镇公共用水

城镇公共用水量包括建筑业用水量与第三产业用水量(单位：万 m<sup>3</sup>)，但由于缺少城镇公共生活人均日用水量，因此本文城镇公共用水采用指数平滑法预测。

用水量指标时间序列在一定程度上存在着前后依存关系，指数平滑法认为这种变化具有稳定性或规则性[6]。该方法假定，未来预测值与过去已知数据有一定的关系，近期数据对预测值的影响较大，远期数据对预测值的影响较小，所以将较大的权数放在最近的状态，从而可被合理地顺势推延[7]。

指数平滑法已被广泛应用于商业、采矿业、水文学、环境科学等方面[8]，适用于时间序列长期趋势变动和水平变动事物的预测[9]，包括一次指数平滑法、二次指数平滑法和多次指数平滑法。一次指数平滑法适用于水

**Table 1.** The forecasts of population growth in cities of Hunan province  
**表 1.** 湖南省各市(州)人口增长预测结果

市(州)	水平年	人口(万人)			水平年	人口(万人)			水平年	人口(万人)		
		城镇	农村	小计		城镇	农村	小计		城镇	农村	小计
长沙	2015	608.72	142.79	751.51	2020	612.98	143.79	756.77	2030	617.27	144.80	762.07
株洲	2015	298.90	110.56	409.45	2020	300.99	111.33	412.32	2030	303.10	112.11	415.21
湘潭	2015	183.55	107.80	291.34	2020	184.83	108.55	293.39	2030	186.12	109.31	295.43
衡阳	2015	430.06	324.43	754.49	2020	433.07	326.70	759.77	2030	436.10	328.99	765.09
邵阳	2015	382.15	367.17	749.32	2020	384.83	369.74	754.57	2030	387.52	372.33	759.85
岳阳	2015	352.89	225.62	578.51	2020	355.36	227.20	582.56	2030	357.85	228.79	586.64
常德	2015	362.45	241.64	604.09	2020	364.99	243.33	608.32	2030	367.54	245.03	612.58
张家界	2015	88.14	69.26	157.40	2020	88.76	69.74	158.49	2030	89.38	70.23	159.61
益阳	2015	263.94	191.13	455.07	2020	265.79	192.47	458.26	2030	267.65	193.82	461.47
郴州	2015	301.01	184.49	485.50	2020	303.12	185.78	488.90	2030	305.24	187.08	492.32
永州	2015	293.79	260.54	554.33	2020	295.85	262.36	558.20	2030	297.92	264.20	562.12
怀化	2015	271.15	230.97	502.13	2020	273.05	232.59	505.64	2030	274.96	234.22	509.18
娄底	2015	219.44	179.54	398.99	2020	220.98	180.80	401.78	2030	222.53	182.07	404.59
湘西	2015	140.71	129.89	270.60	2020	141.69	130.80	272.49	2030	142.68	131.72	274.40
全省合计	2015	4196.91	2765.80	6962.71	2020	4226.29	2785.16	7011.46	2030	4255.87	2804.66	7060.53

平型变动的时序预测,二次指数平滑法适用于线性趋势型变动的时序的预测,多次指数平滑法适用于非线性趋势变动的时序预测[10]。本文以湖南省各市(州)2003~2013年城镇公共用水公报数据为基础。采用指数平滑法计算具体步骤如下:

(1) 设用水指标变化序列  $X^{(0)} = \{x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(n)\}$ , 先进行序列一次平滑,  $s^{(1)} = \{s^{(1)}(1), s^{(1)}(2), \dots, s^{(1)}(n)\}$  为一次平滑值,  $s^{(1)}(k+1) = \lambda_1 x^{(0)}(k) + (1-\lambda_1)s^{(1)}(k)$ , 其中,  $\lambda_1$  为加权平滑系数,  $0 \leq \lambda_1 \leq 1$ 。

(2) 对加权平滑系数进行寻优计算  $\lambda_1^* = \min_{\lambda_1} \left\{ \sum_k \left[ \frac{s^{(1)}(k) - x^{(0)}(k)}{x^{(0)}(k)} \right]^2 \right\}$ 。

(3) 进行精度评价,如满足要求,利用  $s^{(1)}(k+1) = \lambda_1^* x^{(0)}(k) + (1-\lambda_1^*)s^{(1)}(k)$  进行逐期递推预测;如不满足要求,在一次指数平滑预测结果基础上进行二次指数平滑,  $s^{(2)} = \{s^{(2)}(1), s^{(2)}(2), \dots, s^{(2)}(n)\}$ ,  $s^{(2)}(k+1) = \lambda_2^* s^{(1)}(k) + (1-\lambda_2^*)s^{(2)}(k)$ 。

(4) 如仍不能满足预测要求,在一次和二次指数平滑基础上,进行三次指数平滑计算,利用一阶自回归模式  $s^{(3)}(k+1) = s^{(3)}(k) + \beta(s^{(3)}(k) - s^{(3)}(k-1))$  进行趋势误差校正预测。

本文对指数平滑法采用 Holt 线性趋势、Brown 线性趋势、阻尼趋势三种变化趋势分别预测需水量,并用三者的均值作为指数平滑法预测城镇公共需水量的最终结果。最后将城镇居民需水、农村居民需水和城镇公共需水量合计作为生活需水量的预测值。

#### 4. 结果分析

本文在湖南省 14 个市(州)2003~2013 年逐年生活用水量数据的基础上,运用定额法和指数平滑法对 14 个市

(州)生活用水特征值进行了预测分析。其中定额法根据经济社会发展水平、人均收入水平、水价水平、节水器具推广与普及情况,结合生活用水习惯,现状用水水平,参考国内外同类地区或城市生活用水定额水平,参照建设部门制定的居民生活用水定额标准,结合用水人口预测成果,进行城镇生活用水量和农村居民生活用水量的预测。

#### 4.1. 现状年生活用水量计算

将分类定额法和指数平滑法相结合用以预测湖南省生活用水总量,计算得到湖南省各行政分区 2014 年生活用水量如表 2。

由表 2 可知,现状年采用分类定额法与指数平滑法预测生活用水量效果较好,与实际生活用水量相比,其绝对误差在 0.03~0.74 亿 m<sup>3</sup> 之间,所有市州相对误差均在±20%以内,相对误差在±10%以内的有 10 个市(州),剩余的 4 个市(州)其相对误差也在±15%以内;全省生活用水相对误差仅为 4.09%。综上,采用分类定额法和指数平滑法结合预测湖南省生活用水总量具有可行性,预测结果较为可靠。

#### 4.2. 不同规划水平年生活需水量预测

采用上述方法计算湖南省 14 个市(州)及湖南省在不同规划水平年生活需水量,结果如表 3 所示。

由表 3 可知,采用定额法预测不同水平年各市(州)的居民生活需水量均呈增加趋势,其中 2015 年到 2020 年间,湘潭的增加幅度最小,为 1.93%;岳阳市增幅 3.38%,增幅最大。2020~2030 年间,14 个市(州)居民生活需水量增幅较 2015~2020 年的增幅大,其中居民现有用水水平较高的长株潭地区增幅较小,而现状水平下用水水平较低的张家界、怀化等地区在 2020~2030 年间的用水增幅较大,基本在 5.0%左右。

**Table 2.** The contrast of predictive value and commune data of Hunan province for life water consumption in 2014 with quota method and exponential smoothing principle

**表 2.** 采用定额法与指数平滑法计算 2014 年湖南省生活用水量预测值与水资源公报数据比较

市(州)	长沙	株洲	湘潭	衡阳	邵阳	岳阳	常德	张家界	益阳	郴州	永州	怀化	娄底	湘西自治州	湖南省
用水总量															
公报值(亿 m <sup>3</sup> )	6.6	2.85	1.96	4.52	3.77	3.36	3.52	0.93	2.39	2.69	2.85	2.85	2.24	1.26	41.79
预测值(亿 m <sup>3</sup> )	7.34	3.25	2.10	4.44	3.49	3.28	3.75	1.04	2.45	2.81	2.78	2.73	2.52	1.29	43.50
相对误差(%)	11.20	14.00	7.17	-1.77	-7.31	-2.42	6.41	12.25	2.57	4.56	-2.33	-4.27	12.44	2.10	4.09

**Table 3.** The results of life water demand forecasting for cities in Hunan province

**表 3.** 湖南省各行政分区生活需水量预测结果单位: 亿 m<sup>3</sup>

预测内容	预测方法	长沙	株洲	湘潭	衡阳	邵阳	岳阳	常德	张家界	益阳	郴州	永州	怀化	娄底	湘西	全省	
居民用水	定额法	2015	4.32	2.28	1.55	3.42	2.90	2.66	2.62	0.65	2.00	2.18	2.36	1.97	1.85	1.08	31.84
		2020	4.41	2.33	1.58	3.52	2.98	2.75	2.70	0.67	2.05	2.23	2.43	2.03	1.90	1.11	32.69
		2030	4.55	2.40	1.63	3.67	3.13	2.88	2.84	0.71	2.14	2.33	2.54	2.13	1.98	1.16	34.09
城镇公共	指数平滑	2015	3.53	1.28	0.70	1.17	0.83	0.76	1.49	0.43	0.59	0.81	0.59	0.98	0.83	0.28	14.27
		2020	5.14	2.23	1.11	1.24	1.17	0.93	2.62	0.45	0.75	1.07	0.85	1.52	1.19	0.33	20.6
		2030	8.33	4.13	1.92	1.42	1.86	1.27	4.87	0.48	1.09	1.61	1.38	2.59	1.91	0.44	33.3
生活用水总量		2015	7.86	3.56	2.25	4.60	3.73	3.42	4.11	1.08	2.58	2.99	2.95	2.95	2.69	1.36	46.12
		2020	9.54	4.56	2.69	4.76	4.15	3.68	5.33	1.12	2.81	3.30	3.28	3.55	3.10	1.44	53.3
		2030	12.88	6.54	3.55	5.09	4.99	4.15	7.71	1.19	3.23	3.94	3.92	4.73	3.89	1.60	67.41

采用指数平滑法预测城镇公共用水需水量结果显示,各市(州)城镇公共用水需水量总体呈增加趋势,大部分市(州)增幅均在 50% 以上。其中长株潭地区未来时期城镇公共用水增加幅度更为显著。

对生活用水总需水量的预测结果显示,各市州(州)在预测水平年的生活用水均较现状年有显著增加,增幅较大的有长株潭地区、常德、怀化,增幅在 25%~40% 之间。

## 5. 结论与展望

本文采用定额法计算湖南省 14 市(州)在不同水平年居民生活需水量,采用指数平滑法的三种线型模拟城镇公共需水量,两者合计为生活需水量。结果显示 2020 年和 2030 年湖南省全省 14 个市(州)居民生活需水量均有不同程度的上升,且目前欠发达地区在 2020 年后的居民需水量增幅较大。各个市州城镇公共需水量在规划水平年均均有较大幅度增加,且较发达城市增幅更为明显。

随着湖南省社会经济的快速发展,人民生活水平的迅速提高,居民对水资源的需求日益提高,随之而来的水资源短缺问题也日益突出,因此研究生活需水量的演变以及科学的进行生活需水量分析和预测对于制定城市宏观经济发展规划、水资源规划、水资源合理配置,以及采取相应的节水措施等具有重要的指导意义,可为城市经济的可持续发展提供重要保障[11]。今后生活需水的预测研究中应细化至县(区),以期为各地区发展与规划提供更为详实的水资源资料,促进各县(区)城市化进程。另外,生活用水的预测要与农业用水、工业用水、生态环境用水等有机结合,以整体考虑水资源的综合利用与规划。

## 基金项目

衡邵干旱走廊典型灌区干早期水资源优化调度研究项目,合同编号:湘水科计【2013】243-17;湖南省用水效率指标体系研究;合同编号:湘水科计【2013】170-19;湖南省水生态文明建设指标体系及技术保障措施研究,合同编号:湘水科计【2015】13-34。

## 参考文献 (References)

- [1] 姜德娟,王会肖,李丽娟. 生态环境需水量分类及计算方法综述[J]. 地理科学进展, 2003, 22(4): 369-378.  
JIANG Dejuan, WANG Huixiao and LI Lijuan. A review on the classification and calculating methods of ecological and environmental water requirements. Progress in Geography, 2003, 22(04): 369-378.
- [2] 杨诗君. 湖南省水资源保护研究[D]: [硕士学位论文]. 南京: 河海大学, 2005.  
YANG Shijun. The protection of water resources in Hunan province. Nanjing: Hohai University, 2005.
- [3] 谢海涛. 湖南省用水现状及其影响因素研究[D]: [硕士学位论文]. 长沙: 湖南大学, 2011.  
XIE Haitao. The research of water resources utilization and its influencing factor analysis in Hunan Province. Changsha: Hunan University, 2011.
- [4] 湖南省水资源公报[R]. 湖南省水利厅, 2003~2013.  
Hunan Water Resources Bulletin. Hunan Water Resources Department, 2003-2013.
- [5] 湖南省水资源综合规划[R]. 长沙: 湖南省水资源综合规划领导小组办公室, 2007.  
Integrated Water Resources Planning in Hunan Province. Changsha: Integrated Water Resources Planning Leading Group Office of Hunan Province, 2007.
- [6] 肖庭延. 实用预测技术及应用[M]. 武汉: 华中理工大学出版社, 1993.  
XIAO Tingyan. Practical prediction technology and application. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology Press, 1993.
- [7] 何斯雯, 谢正文, 黄雅楠, 袁昌明. 基于指数平滑技术的水体污染灰色预测模型及应用[J]. 环境科学与管理, 2009, 34(8): 169-172.  
HE Siwen, XIE Zhengwen, HUANG Yanan and YUAN Changming. Improved grey model base on exponential smoothing for river water pollution prediction. Environmental Science and Management, 2009, 34(8): 169-172.
- [8] 吴健华, 李培月, 钱会. 基于 Holt 指数平滑模型的地下水水质预测[J]. 工程勘察, 2013, 41(10): 38-41.  
WU Jianhua, LI Peiyue and QIAN Hui. Groundwater quality prediction based on Holt exponential smoothing model. Geotechnical Investigation & Surveying, 2013, 41(10): 38-41.

- [9] 胡振林. 市场调研、预测与决策分析[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 武汉大学, 2005.  
HU Zhenlin. Market survey, predicting and making policies to analyze. Wuhan: Wuhan University, 2005.
- [10] 刘懿光. 土地利用规划需求量预测模型研究[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 华中农业大学, 2005.  
LIU Yiguang. Study on demand forecasting models in land use planning. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2005.
- [11] 刘治学. 包头市用水结构变化及用水量预测分析[D]. 西安: 西北农林科技大学, 2013.  
LIU Zhixue. Analysis on water demand structure change and water consumption forecasting in Baotou. Xi'an: Northwest A & F University, 2013.