

需水量预测方法的评析与择优

张雅君, 刘全胜  
(北京建筑工程学院城建系, 北京 100044)

**摘 要:** 在深入地研究了目前常用的需水量预测方法的基础上, 对需水量预测方法进行了科学的分类, 重点评析了 ARMA、回归分析、指标法、灰色预测、人工神经网络、系统动力学等预测方法的优缺点及适用条件, 并对具体预测过程中的方法择优问题进行了探讨。

**关键词:** 需水量; 预测方法; 评析

**中图分类号:** TU991.31

**文献标识码:** B

**文章编号:** 1000-4602(2001)07-0027-03

随着城市用水量的高速增长和水资源的日益短缺, 水资源规划和用水系统的优化调度变得越来越重要, 因而作为供水管理前提和基础的需水量预测也得到了长足的发展。以前对需水量预测的研究多集中在针对某一种方法的研究及该方法在某一预测中的具体应用, 缺乏对各种方法的横向比较。基于此种情况, 有必要在深入研究目前常用的需水量预测方法的基础上, 通过分析以前的预测成果, 对需水量预测方法进行分类, 对常用预测方法进行评析和比较, 并对预测过程中的择优问题进行了探讨。

1 需水量预测方法的分类

由于用水系统的复杂性, 无法建立一个确定模型对它进行描述, 所以绝大多数需水量预测方法都是建立在对历史数据的统计分析基础上, 不同的只是数据处理方式及应用特点。

根据对数据处理方式的不同, 需水量预测方法主要可以分为: 时间序列法、结构分析法和系统方法, 具体分类情况如表 1 所示。

根据预测模型对未来的描述能力, 即预测周期的长短, 需水量预测方法可以分为单周期预测方法和多周期预测方法。此处提及的周期可理解为时、日、月、年等时间单位。如以过去的历史数据预测未来一个单位时间的需水量, 可视为单周期预测; 预测未来二个以上单位时间的需水量, 可视为多周期预测。一般来说, 各种预测方法的预测误差都会随着预测周期的增加而增加, 然而, 误差增长速度和抗随机因素的能力有很大差别。时间序列分析法由于其所用数据单一(只是用水量的历史数据), 而最近的数据则包含了极其重要的预测信息, 所以它的预测周期不宜太多。灰色预测方法实质上是一个指数模型, 当需水量发生零增长或负增长

时, 系统误差严重, 而且预测周期越多误差越严重。人工神经网络方法需要数据动态的训练系统, 近期数据对系统影响很大, 预测周期也不宜太多。上述三种方法均属单周期预测方法。而结构分析法和系统动力学方法是分析用水系统、收集多种用水数据后建立起来的, 在用水系统未发生很大变化的条件下, 可以得到较多周期的预测值, 属多周期预测方法。

值得一提的是, 按周期对预测方法的分类应与以前人们常用的长、短期分类区分开来, 严格讲, “长期、短期预测方法”的提法在概念上是不准确的。长、短期分类是针对预测的分类, 而不是针对预测方法的分类, 通常情况下, 根据需水量预测目的、预测对象的特点, 可将其分为长期预测和短期预测。短期预测一般是为用水系统实施优化控制而进行的日预测和时预测, 这种预测对预测要求精确度高、预测速度快; 长期预测一般是指以水资源规划为目的的年预测, 它要求预测周期长、考虑因素多。

表 1 需水量预测方法的分类			
时间	确	移动平均法	简单平均法

序 列 法	定 型		简单移动平均法
			加权移动平均法
	指 数 平 滑 法		一次指数平滑法
		二次指数平滑法	布朗单一参数指数平滑
			霍特双参数指数平滑
		三次指数平滑法	布朗单一参数指数平滑
			温特线性季节性指数平滑
	趋 势 外 推 法		多项式模型
			指数曲线模型
			对数曲线模型
			生长曲线模型
	季 节 变 动 法		季节性水平模型
			季节性交乘趋向模型
			季节性迭加趋向模型
	马 尔 可 夫 法		一重链状相关预测
			模型预测
	随 机 型	博克斯—詹金斯法(B—J)	自回归模型(AR)
			移动平均模型(MA)
			自回归—移动平均模型(ARMA)
结 构 分 析 法	回 归 分 析		一元线性回归分析
			多元线性回归分析
			非线性回归分析
			工业用水弹性系数预测法
			指标分析法
系 统 分 析 法	灰 色 预 测 方 法		灰色关联度分析
			灰色数列预测
			灰指数预测
			灰色灾变预测
			灰色拓扑预测
			人工神经网络方法(ANN)，以 BP 模型为代表
			系统动力学方法

2 几种典型预测方法的评析

2.1 ARMA 方法

ARMA 方法集时间序列模型之大成，是对自回归模型和移动平均模型的综合，它将预测对象随时间变化形成的序列先加工成一个白噪声序列进行处理，所以它可对任何一个用水过程进行模拟，对时预测、日预测和年预测均有效，且预测速度快(用计算机动态建模预测)，能得到较高的预测精度。但是该方法与其



他时间序列方法一样,具有预测周期短、所用数据单一的缺点,只能给出下一周期需水量的预测值,且无法剖析形成这一值的原因及合理的误差估计,所以它更适用于优化控制的短期预测。此外,该方法还存在着明显的滞后性,即最近一期实际数据发生异常变化时,由于模型的平滑作用,预测数据无法立即对之作出反应,使得在预测一些异常值时造成较大误差,甚至失真。对此,笔者认为应分析出现异常值的可能原因,并据此修正 ARMA 模型。

## 2.2 回归分析法

该预测方法是通过回归分析,寻找预测对象与影响因素之间的因果关系,建立回归模型进行预测,而且在系统发生较大变化时,也可以根据相应变化因素修正预测值,同时对预测值的误差也有一个大体的把握,因此适用于长期预测。而对于短期预测,由于用水量数据波动性很大、影响因素复杂,且影响因素未来值的准确预测困难,故不宜采用。该方法是通过自变量(影响因素)来预测响应变量(预测对象)的,所以自变量的选取及自变量预测值的准确性是至关重要的。针对我国基础数据短缺、预测及决策体系不完善的现状,笔者认为在抓住系统主要影响因素的基础上,引入的自变量应适当,过多的自变量不仅会使计算量增加、模型稳

定性退化,还容易把不可靠的自变量预测值引入模型,使误差累加到响应变量上,造成很大的误差。

## 2.3 指标分析法

指标分析法是通过对用水系统历史数据的综合分析,制定出各种用水定额,然后根据用水定额和长期服务人口(或工业产值等)计算出远期的需水量。该方法与回归分析有很多相似之处,在一定意义上它等效于以服务人口为自变量的一元回归,用水定额相当于回归系数。所不同的是,回归分析具有针对性,而用水定额具有通用性,与回归分析相比,它的工作量要小得多,但是由于用水定额的通用性,在对特殊城市或地区进行需水量预测时会造成很大的误差。

## 2.4 灰色预测方法

灰色预测方法是一种不严格的系统方法,它抛开了系统结构分析的环节,直接通过对原始数据的累加生成寻找系统的整体规律,构建指数增长模型。该方法能根据原始数据的不同特点,构造出不同的预测模型,例如:应用于增长速度有变化的灰指数模型,应用于处理有季节变化数据或噪声数据的灰色拓扑模型,以及能包含多个用水量影响因素的  $G(1,N)$  模型,所以该方法的预测范围很广,对长、短期预测均可,且所需数据量不大,在数据缺乏时十分有效。

## 2.5 人工神经网络方法

人工神经网络是一种由大量简单的人工神经元广泛连接而成的,用以模仿人脑神经网络的复杂网络系统。它在给定大量输入/输出信号的基础上,建立系统的非线性输入/输出模型,对数据进行并行处理,被学术界称为无模型,而不像传统方法(从概念模型到数学模型)的建模过程。实质上它是把大量的数据交给按一定结构形式和激励函数构建的人工神经网络进行学习,然后在给出未来的一个输入的情况下,由计算机根据以往“经验”判断应有的输出。

该方法实际上是对系统的一种黑箱模拟,更适于短期预测和动态预报短期负荷值以及动态训练系统,在这方面不乏成功的实例。而对于长期需水量预测,目前还未见有人进行研究。而且即使能得到较高的预测精度,由于其“黑箱操作”对制定用水政策、提高水的利用率方面并无帮助,因此,该方法不宜用于长期预测。

## 2.6 系统动力学方法

系统动力学方法把所研究的对象看作是具有复杂反馈结构的、随时间变化的动态系统,通过系统分析绘制出表示系统结构和动态特征的系统流图,然后把各变量之间的关系定量化,建立系统的结构方程式,以便运用计算机语言进行仿真试验,从而预测系统未来。

该方法应用效果的好坏与预测者的专业知识、实践经验、系统分析建模能力密切相关。通过系统分析、系统模型的建立,可以对系统进行白化,再经过计算机动态模拟,可以找出系统的一些隐藏规律。所以,该方法不仅能预测出远期预测对象,还能找出系统的影响因素及作用关系,有利于系统优化。不过,系统



分析过程复杂，工作量极大，且对分析人员能力要求较高，所以不适用于短期需水量预测。而对长期需水量预测，其优势是十分明显的。

### 3 预测过程中的择优探讨

各种需水量预测方法都有其自身的优点及不足，而需水量预测就是结合预测的目的、特点，结合用水量变化规律，合理地选择一种或几种预测方法，并收集所需的数据进行预测。因此，必然会遇到预测方法的择优问题。在一般情况下，笔者建议：

①对水资源规划、城市水量平衡前期所做的需水量长期预测，由于其用水对象复杂、预测周期要求长，更重要的是在预测工作完成后，还要制定政策以能动地影响系统，因此宜采用回归分析法或系统动力学方法。

②针对优化运行调度所进行的时预测和日预测，宜采用 ARMA 模型或人工神经网络模型，且充分考虑用水系统中其他因素的影响(如天气等)，并把实际数据及时地传输给计算机，由计算机动态地完成建模—预测—再建模—再预测过程。

③对基础数据缺乏的城市或地区进行预测时，采用灰色预测方法进行建模能得到较理想的预测结果。

④对新建水厂、管线、泵站等供水设施设计前所进行的需水量预测，沿用以前常用的指标法即可满足要求。

⑤对旧设施改造前所进行的需水量预测，在用水结构变化不大且用水量历史数据具有明显的趋势性时，宜根据历史数据建立趋势模型，预测出服务期限内的需水量。该方法较指标法针对性更强、预测值更准确，且计算方法也很简单。不过，在前面条件不能满足时，还应采用指标法。