

30-32

工业节水水平预测方法探讨

李智慧

周之豪 TUPPI.4

(山西省水资源技术开发研究所 太原 030001) (河海大学水利水电工程学院 南京 210098)

摘要 通过对工业节水水平的影响因素和变化机理的详细分析,并根据作者多年从事节水研究的经验,本文对最常用的预测节水水平方法——“复用率提高法”进行了一些改进尝试。以山西为实例,引入灰色系统方法(GM(1,1)模型)预测了万元产值用水量,并采用改进的公式对2000年的分行业工业节水水平进行了预测。

关键词 节水水平 万元产值取水量 复用率 灰色系统

1 工业节水水平变化机理分析

万元产值取水量的高低反映了工业节水水平的高低,所以工业节水水平的预测即指这个指标的预测。工业节水水平预测涉及工业生产发展规划、现状节水水平、当地水源紧张程度、用水管理水平、社会因素(如地方政府对环境的要求等)、经济技术条件、国家及地方政策等因素。当然,这些因素都是先决条件和外部因素,而且往往受许多人为因素影响,未知条件很多。

实践证明,从节水水平变化的内部机理上看,万元产值取水量的增加或减少主要是通过技术措施实现的,技术措施指水的重复利用措施和技术改造措施(即改造用水工艺而使用水量或取水量有所下降的措施)。管理措施一般不投资就能见成效且成效较明显,这往往在开展节水工作的初始阶段效果比较显著。但随着节水工作的深入,节水工作渐渐向科学化管理迈进,节水的途径将主要以技术措施为主。

在以往的同类研究中,大多采用“复用率提高法”预测万元产值取水量(或万元产值需水量),并假定万元产值用水量为一常数,事实上,这个指标是变化的,随着技术的不断进

步,技术改造措施所占比重将不容忽视,如推行用水少的工艺和设备,甚至不用水的工艺和设备。在此情况下,万元产值用水量呈下降趋势。但是,有些企业片面追求重复利用率的提高,而忽视节水的实际效果,造成在万元产值取水量下降情况下万元产值用水量在一定时期内暂时甚至连续上升的不正常现象。另一方面,由于行业内部的产业结构调整,使高用水企业所占比重加大或因企业经济效益不好、生产不正常而造成产值增长缓慢甚至减产,而用水量和取水量下降不明显(即大马拉小车),由此而出现了部分行业万元产值用水量连年上升或有时上升的情况。总之,在以往研究中采用万元产值用水量不变情况下的复用率提高法是有一定缺陷的,甚至会造成较大误差。本文考虑这一因素,提出对“复用率提高法”进行改进,取名为“修正复用率提高法”。

复用率提高法是国内同类研究中采用比较普遍的一种方法,虽然考虑因素不尽全面,但抓住了主要矛盾(即抓住了主要因素)。因为近年来,许多城镇和工矿区由于水源紧张,供水不足,工业用水得不到充分保证,是被迫采用了一些节水措施,而压缩工业需水量的,使工业生产在取水量下降或增长不大的情况

下得到了发展。显然采用趋势法、相关法、弹性系数法等预测节水水平都不适用或有一定的缺陷。实践已经证明,工业节水最主要的途径是提高水的重复利用率。所以在考虑万元产值用水量变化情况下,采用复用率提高法预测万元产值取水量是符合工业发展规律的。

2 修正复用率提高法的基本原理

修正复用率提高法主要是根据水平衡原理推导而得。根据重复利用率的概念,

$$n = \frac{C}{Y} \times 100\%$$

而根据水平衡原理,

$$Y = Q + C$$

则 $n = (1 - Q/Y) \times 100\%$

又万元产值取水量

$$q = Q/A$$

式中 C 为复用水量; Y 为用水量; Q 为取水量; A 为工业产值。

当产值增加时,上述指标都将发生变化,于是

$$1 - n_2 = Q_2/Y_2 \quad (1)$$

式中脚标“2”表示预测水平年(下同)。将式(1)右端分子、分母分别除以产值 A_2 得

$$1 - n_2 = \frac{Q_2/A_2}{Y_2/A_2} = \frac{q_2}{y_2} \quad (2)$$

上式也可写成:

$$q_2 = y_2(1 - n_2) \quad (3)$$

显然,对于产品比较单一的行业,可用单位产品取水量或单位产品用水量取代公式(3)中的万元产值取水量或万元产值用水量。

3 万元产值用水量预测

3.1 方法确定

灰色系统是普遍存在的。近年来的实践表明,用灰色系统建立的模型不仅适用范围广泛,而且也便于描述社会、经济、科学等系统内部的物理过程的本质特性。经对比多种预测方法,认为用灰色系统模型来预测山西省分行业万元产值用水量较其它方法更符合实际。

3.2 建模原理

GM(1,1)模型为单序列的一阶线性动态模型,是常用的一种灰色系统模型。

对于给定的原始时间数据序列

$$\{x^{(0)}(i)\}, (i = 1, 2, \dots, M)$$

一般不能直接用于建模(采用线性回归法误差很大,不能客观反映不同阶段的变化特点),因为时间数据多为随机的、无规律的。若将原始数据序列经过累加生成,可获得新的数据序列

$$\{x^{(1)}(i)\}, (i = 1, 2, \dots, M)$$

其中 $x^{(1)}(i) = \sum_{K=1}^i x^{(0)}(K)$

累加生成曲线,显然增加了原数据序列的规律性,随机性被弱化了,而且有明显的减小。一般说来,对于非负的数据系列,累加次数越多,则随机性弱化也越显著,规律性越强。这样就很容易用指数曲线逼近。

GM(1,1)模型就是根据上述原理而建立起来的,其微分方程为

$$\frac{dx^{(1)}}{dt} + ax^{(0)} = u$$

解微分方程后可得该模型的时间序列函数

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

系数向量

$$a = [a, u]^T = [X(B)^T X(B)]^{-1} X(B)^T Y_m$$

其中

$$X(B) = \begin{bmatrix} \frac{-[x^{(1)}(2) + x^{(1)}(1)]}{2} & 1 \\ \frac{-[x^{(1)}(3) + x^{(1)}(2)]}{2} & 1 \\ \vdots & \vdots \\ \frac{-[x^{(1)}(M) + x^{(1)}(M-1)]}{2} & 1 \end{bmatrix}$$

$$Y_m = (x^{(0)}(2), x^{(0)}(3), \dots, x^{(0)}(m))^T$$

若经检验满足精度要求,则可计算预测值,否则再进行残差修正。

3.3 模型计算

GM(1,1)模型采用 TRUE BASIC 语言编程建模。

山西省 2000 年分行业万元产值用水量预测结果见附表。

附表 山西省现状及预测水平年工业节水指标表

行 业	1989 年			2000 年		
	万元产值取水 量(m ³ /万元)	万元产值用水 量(m ³ /万元)	重复利用率 (%)	万元产值取水 量(m ³ /万元)	万元产值用水量 (m ³ /万元)	重复利用率 (%)
冶 金	193.2	933.5	79.3	123.2	879.7	86.0
电 力	1413.1	15877.0	91.1	728.2	30343.6	97.6
煤 炭	153.0	258.9	40.9	188.8	377.6	50.0
石 油	55.6	56.6	1.8	53.8	56.6	5.0
化 工	469.5	2015.1	76.7	296.3	1346.6	78.0
机 械	99.1	281.4	64.8	90.2	265.3	66.0
建 材	131.3	182.4	28.0	110.4	169.8	35.0
森 林	123.7	148.9	16.9	94.9	135.5	30.0
食 品	131.7	222.1	40.7	71.7	204.9	65.0
纺 织	128.5	406.7	68.4	101.7	406.7	75.0
缝纫及皮革	47.1	50.2	6.1	41.0	45.6	10.0
造纸及文教	573.4	868.8	34.0	428.6	857.2	50.0
其它工业	49.7	51.1	2.7	40.4	51.1	21.0

注:表中指标用 1990 年不变价产值计算得到。

3.4 结果分析

本模型预测仅收集到 6 年的资料,若采用更长的系列,精度将明显提高;电力行业万元产值用水量提高是由于贯流式用水机组将被改造或替代为循环冷却机组;煤炭行业万元产值用水量提高是因目前尚处于饥饿供水状态所致。

内外有关用水资料确定的。收集到的部分行业合理复用率如下:

冶金 80% ~ 95% 化工 75% ~ 90%
 电力 95% ~ 98% 煤炭 50% ~ 70%
 机械 60% ~ 70% 建材 35% ~ 66%
 造纸 50% ~ 90% 纺织 60% ~ 80%
 印染 30% ~ 50% 食品 60% ~ 80%

万元产值取水水量根据公式(3)进行预测,预测结果见附表。

4 山西省 2000 年节水水平预测

采用 QUATTRO 软件进行预测。

山西省现状(1989 年)工业节水指标详见附表。

山西省 2000 年分行业复用率是在现状基础上,结合山西工业自身发展特点,参考国

参考文献

- 1 王学萌,罗建军.灰色系统预测决策建模程序集.北京:科学普及出版社,1986

(收稿日期:1995-06-23)

李家峡水电站工程简介

李家峡水电站(见封面照片)位于青海境内尖扎县与化隆县交界处,是一座以发电为主,兼有综合效益的大型水利枢纽工程,是黄河上游原梯级开发规划中的第三级。枢纽建筑物由混凝土拱坝、泄水建筑物、坝后式厂房和左右岸灌溉渠首组成。坝型为双曲三圆心拱坝,底宽 45 m,坝顶厚度 8 m,最大坝高 165 m,坝线弧长 414.39 m。李家峡水电站的发电机组采用双排机方式排列,这在国内尚属首例。电站总装机容量为 2000 MW,保证出力 58.1 万 kW,多年平均发电量 59 亿 kW·h,水库总库容 16.5 亿 m³。主要工程量为石方明挖 336 万 m³,主体工程土石方洞挖 64 万 m³,混凝土 268 万 m³。李家峡水电站工程静态总投资为 32 亿元,1987 年正式开工兴建,1991 年 10 月 13 日实现截流,1993 年 4 月 28 日主坝混凝土开盘浇筑,计划 1996 年第一台机组发电,1999 年全部竣工。