

工业需水量综合预测方法

钟平安¹, 陈筱云², 陈 凯²

(1. 河海大学水文水资源及环境学院, 江苏 南京 210098; 2. 深圳市水利规划设计院, 广东 深圳 518001)

摘要 综合了趋势法、分块预测法、相关法、分行业重复利用率提高法等方法的优点, 导出了包含以上诸方法的综合预测通用公式, 该公式具有结构简单、通用性强的特点, 从理论上揭示了常用预测方法的内在联系, 尤其便于编制计算机通用软件, 为大区域水资源规划与管理中涉及多部门、多行业复杂组成的工业系统的需水量预测提供了一个有效的方法. 实际应用表明, 本文方法与供需分析和优化配置模型集成, 可提高方案分析的灵活性和效率.

关键词 预测 工业需水量 综合 公式 软件

中图分类号 :TV213.9

文献标识码 :A

文章编号 :1000-1980(2001)04-0067-05

需水量预测是水资源规划与管理的重要内容之一. 趋势预测法、分块预测法、相关法、分行业重复利用率提高法等是较为常见的工业需水量预测方法, 这些方法各具特色, 但各有一定的使用条件, 如趋势法与相关法适用于具有一定工业基础的城市或具有一定基础的行业, 而分块预测法则适用于需水量有突变或工业用水组成极不均衡的情况.

实际上, 在一个城市或区域, 涉及多部门、多行业的工业需水量的不同变化特征相互交织在一起, 单一预测方法的应用受到一定局限, 特别是在水资源规划中, 经常遇到指标变化、方案比较等情况, 多方法预测的效率较低. 本文通过分析当前常用预测方法的内在联系, 将不同预测方法综合成统一的公式, 建立了通用性更强的工业需水量的综合预测模型.

1 综合预测法

1.1 综合预测模型

设某分区有 m 个工业部门, 现以第 i 个工业部门为例, 说明其综合预测模型的原理. 将整个预测期分成 n 段, 分段原则如下:

a. 工业需水增长率发生变化的年份, 通过分段考虑不同时期由于用水水平增加或重复利用率变化导致的不同时期用水增长率的变化, 反映用水增长率的阶段性.

b. 工业需水增长率未变, 但用水量发生突变的年份, 通过分段, 考虑由于高耗水企业投产或新经济增长点产生增加的工业用水量.

图 1 表达了综合预测模型的结构, T_n 为第 n 分段末的年份; P_0 是计算初始年份 (T_0) 的工业需水量; α_i 表示第 i 子段的用水量增长率, 若以需水增长率变化为分段原则, 则 α_i 各不相同, 若以新企业投产或新的经济增长点的产生为分段原则, 则会出现若干段的用水量增长率相同的情形; W_n 表示第 n 分段末, 由于新企业投产或新经济增长点产生而导致的用水量的增加量, 若第 k 分段界点仅有用用水增长率发生变化的因素, 则取 $W_k = 0$.

通常情况下, 由于新的企业投产或新的经济增长点的产生, 使用水水平发生较大变化, 也可能导致此后用水增长率的降低, 从这一意义上说, 用水水平的较大变化与用水增长率的降低具有较好的一致性.

值得注意的是, 新增加的用水量 W_i 在后续时段中可能会出现两种情形: 一种是新增的用水量成为后续时期初始值的一部分, 即新增的水量在后续时期, 作为基础工业用水按一定的用水增长率增长; 另一种情况, 新增

用水量的增加,仅仅是一种偶然因素,这部分水量在后续时期内保持稳定而不发生变化.为了表达这一特性,引入因子 $\beta_i, \beta_i = 0$ 表示第 i 段新增水量 W_i 为偶然因素所致, W_i 在后续时期内作常数处理.当 $\beta_i = 1$ 时,表示新增水量将作为后续时期初始水量的一部分,与前期计算结果一起在后续时期中以一定的增长率增加.

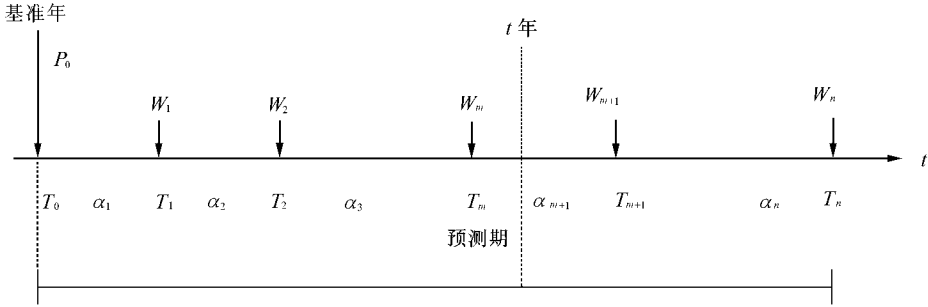


图 1 综合预测需水流程

Fig.1 Water demand prediction procedure of synthetical prediction method

1.2 综合预测通用公式

基准年用水量 P_0 , 各分段末新增加水量为 W_i 以及各段内用水量平均增长率 α_i 为已知, 求第 t 年(水平年)的用水量. 由图 1 所示, 第 t 年的需水量为 $P_0, W_1, W_2, \dots, W_m$ 这 $m+1$ 个用水量的计算值在 t 年的和, 设 P_0^i 表示 P_0 在第 i 阶段末的计算值, W_j^i 表示 $W_j (j = 1, 2, \dots, m)$ 在第 i 阶段末的计算值. 则第 m 阶段末

$$P_0^m = P_0 \prod_{j=1}^m (1 + \alpha_j)^{T_j - T_{j-1}}$$

第 t 时刻

$$P_0^t = P_0 \prod_{j=1}^m (1 + \alpha_j)^{T_j - T_{j-1}} (1 + \alpha_{m+1})^{t - T_m}$$

同理可导出

$$W_i^t = W_i \prod_{j=i+1}^m (1 + \alpha_j \cdot \beta_i)^{T_j - T_{j-1}} (1 + \alpha_{m+1} \cdot \beta_i)^{t - T_m}$$

第 t 时刻的需水量之和

$$W_t = P_0^t + \sum_{i=1}^m W_i^t$$

设 $W_0 = P_0$, 并取 $\beta_0 = 1$, 则图 1 所示需水量流程的第 t 时刻的需水量计算公式为

$$W_t = \sum_{i=0}^m W_i \prod_{j=i+1}^m (1 + \alpha_j \cdot \beta_i)^{T_j - T_{j-1}} (1 + \alpha_{m+1} \cdot \beta_i)^{t - T_m} \tag{1}$$

当 $W_i = 0 (i \neq 0)$, 且 $\alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_m = \alpha$ 时,

$$W_t = W_0 (1 + \alpha)^{t - T_0}$$

此即为通常趋势法的表达式, 可见趋势法是综合预测法的一个特例. 当 W_i 不全为零而 $\beta_i = 0 (i = 1, 2, \dots, m)$ 时, 式(1)变为

$$W_t = W_0 \prod_{j=1}^m (1 + \alpha_j)^{T_j - T_{j-1}} \cdot (1 + \alpha_{m+1})^{t - T_m} + \sum_{i=1}^m W_i$$

该式反映分块预测情形.

1.3 需水量分区综合

各分区工业需水量综合按下式计算:

$$W_{it} = \sum_{j=1}^{M_2} W_{ijt}$$

式中: W_{it} ——第 i 分区第 t 年的需水量; W_{ijt} ——第 i 分区第 j 部门第 t 年(水平年)的需水量; M_2 ——第 i 分区工业部门数.

全区域工业需水量综合按下式进行：

$$W_t = \sum_{i=1}^{M_1} W_{it}$$

式中： M_1 为分区数。

2 综合预测公式推广

2.1 与相关法进一步综合

相关法将工业需水量的预测分成三步进行。第一步,建立不同工业部门万元产值(或 GDP)取水量与产值(或 GDP)的关系。第二步,通过前述综合预测模型对不同水平年各行业的产值(或 GDP)进行预测。第三步,计算不同水平年不同工业部门的需水量。相关法常采用的公式为

$$\log Y = \alpha \log X + b$$

式中： Y ——万元产值(或 GDP)用水量； X ——产值(或 GDP)； a, b ——待定参数。设参数识别后万元产值(或 GDP)取水量表达为 $Y(X)$ ，代入式(1)形成以下表达式：

$$W_t = Y(X_t) \cdot X_t = Y(X_t) \cdot \sum_{i=0}^m X_i \prod_{j=i+1}^m (1 + \alpha_j \cdot \beta_i)^{T_j - T_{j-1}} \cdot (1 + \alpha_{m+1} \cdot \beta_i)^{t - T_m} \quad (2)$$

式中： X_i ——第 i 阶段初跳变的工业产值(或 GDP)； $Y(X_t)$ —— X_t 产值相应的万元产值(或 GDP)用水量； α_j ——第 j 分段的工业产值(或 GDP)增长率； β_i ——指示变量， $\beta_i = 0$ 表示第 i 阶段产值(或 GDP)跳变值在后续阶段中保持不变， $\beta_i = 1$ 表示第 i 阶段产值(或 GDP)跳变值在后续阶段按相应增长率增长； T_j ——第 j 分段末的年序号； m ——时间 t 所在的分段序号。

比较式(2)与式(1)，可见式(2)比式(1)更具一般性，式(1)为式(2)的简化形式。

2.2 与分行业重复利用率提高法进一步综合

利用分行业重复利用率提高法预测工业需水量，首先是确定现状水平年与规划水平年的重复利用率 η_1 与 η_2 以及现状水平年的万元产值取水量 q_1 ，进而确定规划水平年的万元产值取水量 q_2 。与式(2)的指标法相比，两者的差别在于确定万元产值取水量的方法不同。

若工业用水重复利用率在 T_i 与 T_{i+1} 区间的变化规律是线性可知的(重复利用率逐步提高)，则第 t 年的万元产值取水量由下式确定：

$$q_t = \left[\frac{(1 - \eta_m)}{(1 - \eta_1)} - \frac{(\eta_{m+1} - \eta_m)(t - T_m)}{(1 - \eta_1)(T_{m+1} - T_m)} \right] q_1 \quad (3)$$

式中： q_1 ——基准年万元产值取水量； η_1 ——基准年工业用水重复利用率。将式(2)中的 $Y(X_t)$ 置换为 q_t 即得综合预测法与分行业重复利用率提高法的结合公式。

3 综合预测法的应用

3.1 软件编制

工业需水量预测是城市水资源供需分析与优化配置的重要内容，预测结果是供需分析与优化配置模型的主要输入条件之一，多部门、多行业的需水量预测中包含很多的不确定性，经常作方案比较或灵敏度分析，多方法分别预测，重复工作多，成果综合困难，特别是与供需分析模型以及优化配置模型的接口效率低下。笔者根据综合预测模型按图 2 所示的原理，编制了通用的计算机软件。软件提供了以下功能：(a) 多分区、多部门、多行业的工业需水量预测的建模功能；(b) 模型参数设定与维护功能；(c) 分区、分部门、分行业多方式预测结果输出功能；(d) 为供需分析和优化配置模型提供任意水平年的分区工业需水量过程。通过人机交互，可灵活高效地适应各种变化条件。

3.2 单一工业部门需水量预测示例

某工业部门 2000 年初需水量为 2000 万 m^3/a ，预测未来 15 年内，第一个 5 年需水量年增长率为 10%，第一个 5 年末有新企业投产，新增用水量 300 万 m^3/a ，该企业需水量作为该工业部门的基础在后续年份中与原有企业同步增长；第二个 5 年需水量年增长率为 6%，第二个 5 年末又有新企业投产，新增用水量 100 万 m^3/a ，该企业一次达到设计规模，其用水量在后续年份保持不变，第三个 5 年该工业部门的需水量增长率

为 3% .用综合预测模型预测未来 15 年该部门需水量的变化过程 .利用编制的软件设置相关参数,计算结果如图 3 所示.

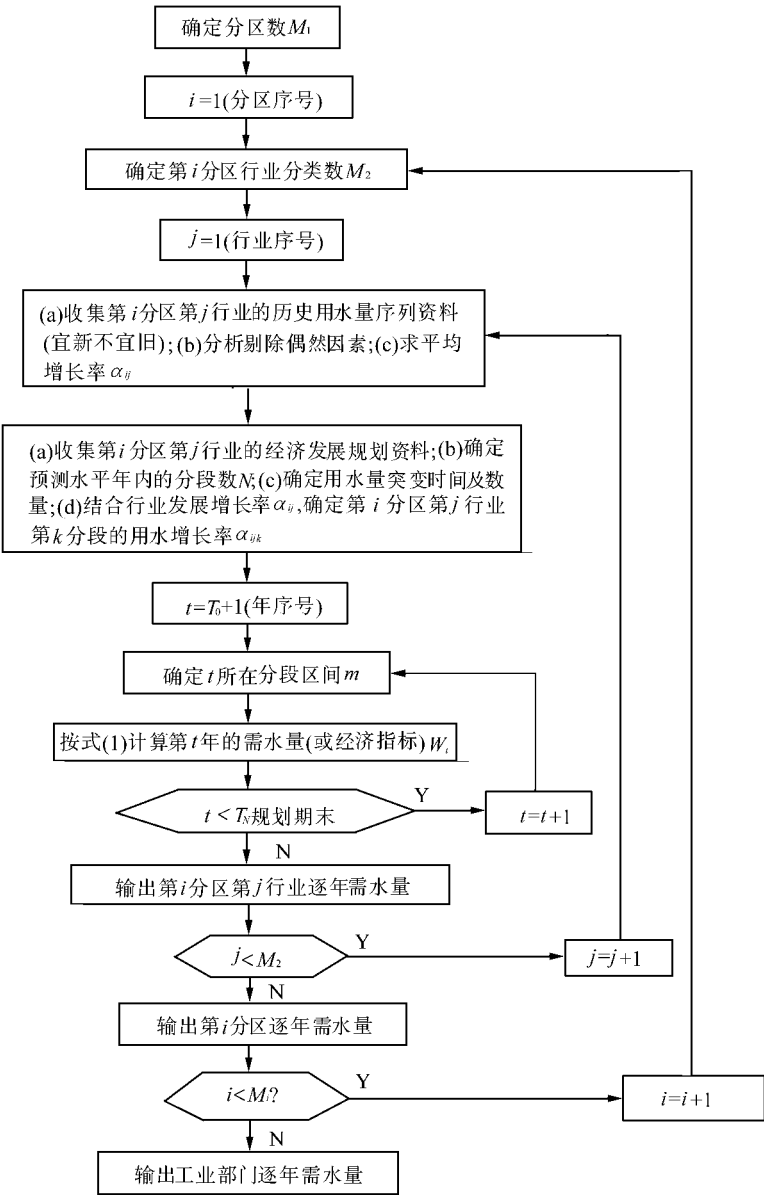


图 2 综合预测法流程
Fig.2 Flow chart of synthetical prediction

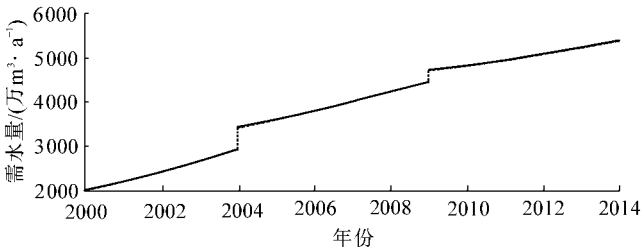


图 3 需水量预测结果
Fig.3 Result of prediction

这里仅仅是一个单元的计算示例,实际上在城市或区域水资源规划中,涉及到的工业部门与行业非常

多,各部门各行业有各自的发展计划、节水规划,相互交织在一起形成非常复杂的工业系统的需水量预测问题.在规模较大时 ,利用软件可提高效率,特别是与供需分析和优化配置模型配合使用,更能显示出优越性.

4 小 结

本文介绍的工业需水量综合预测模型,是对当前常用的工业需水量预测模型的提炼和综合,它既保留了原有方法的实用性,又拓宽了原有方法的适应性,从理论上揭示了常用预测方法的内在联系,便于编制计算机通用软件,在工业组成复杂的城市与区域的水资源供需分析与优化配置中有较好的应用前景.

综合预测法不仅适用于需水量的预测,对具有图 1 所示特性的任何指标的预测,如产值预测、GDP 预测、污染预测等均能适用.

参考文献：

[1] 黄永基,马滇珍.区域水资源供需分析方法[M].南京 河海大学出版社,1990.39 ~ 53.
[2] 朱永昌.水资源管理工作手册[M].南京 江苏科学技术出版社,1992.92 ~ 94.

Synthetic Prediction Method for Industrial Water Demand

ZHONG Ping-an¹, CHEN Xiao-yun², CHEN Kai²

(1. College of Water Resources and Environment , Hohai Univ. , Nanjing 210098, China ;
2. Shenzhen Hydraulic Planning and Designing Institute , Shenzhen 518001, China)

Abstract :The prediction of industrial water demand is one of the important parts for the management of water resources . In this paper, a formula for synthetic universal prediction is developed by the synthesis of merits of the tendency method, the block prediction method, the correlation method, and the utilization rate raising method of repeated utilization by different trades. The formula, with the characteristics of simple structure and universality, reveals theoretically the internal relations between the conventional prediction methods, and with it the universal software is easy to be programmed. An effective method is also provided for water demand prediction for complicated industrial systems involving various departments and trades in water resources management of large regions. Practical application shows that the formula can improve the flexibility and efficiency of scheme analysis by integration of supply-demand analysis and the optimization configuration model.

Key words :prediction ; industrial water demand ; synthesis ; formula ; software