

浅谈中长期水文预报方法

鹿 坤

(贵州省水文水资源局, 贵州 贵阳 550002)

摘 要: 由于影响水文要素的各种因素十分复杂, 中长期水文预报方法目前尚不够成熟, 因此在做中长期水文预测时必须参考诸多因素, 采用多种方法综合分析、合理取值; 并结合当地实际不断积累经验, 进一步探讨中长期水文预报方法, 以提高水文要素长期预报的精度。

关键词: 工程水文学; 中长期水文预报; 预报方法; 水文要素; 趋势预报

中图分类号: P456.2; P456.3

文献标识码: B

文章编号: 1007-0133 (2004) 02-0017-03

中长期水文预报具有较长的预见期, 能够使人们在解决防洪与抗旱、蓄水与弃水及各部门用水之间矛盾时及早采取措施进行统筹安排, 以获取最大的效益。随着社会的不断发展, 国民经济各个部门对水文预报提出的要求越来越高, 如防汛抗旱的指挥和大中小型水利、水电、水运工程的兴建及运行管理等, 都要求水文部门能提供预见期长、准确性高的中期与长期预报; 不仅要求有比较准确的短期预报, 而且要求有预见期更长的中长期预报; 不仅要求有定性分析, 而且要求有定量的预报。显然, 积极开展中长期水文预报是非常必要的。

但是, 中长期水文预报仍还处于探索、发展阶段。随着对预见期要求的增加, 许多影响因素变化也增加了不确定性, 因此预报的难度也加大了。贵州省在这方面做了一些工作, 积累了一些经验。

1 预报的主要方法与途径

中长期水文预报的预见期一般为 3 d 以上至 1 年, 所使用的途径和方法与短期水文预报相比有明显差异。目前用于中长期水文预报的方法主要有天气学方法、天文地球物理因素方法及统计学方法。

1.1 天气学方法

径流的变化主要取决于降水, 而降水又是由一定的大气环流形势与天气过程决定的。天气学方法就是基于这一成因概念, 根据前期大气环流特征及表示这些特征的各种高空气象要素, 直接与后期的水文要素建立起定量的关系, 并按此关系进行预报的一种方法。

1.2 天文地球物理因素方法

海温特征、火山爆发、臭氧的多少及太阳活动规律等, 对大气运动与水文过程都有一定的影响。分析这些因素与水文过程的对应关系后, 就可以对后期水文要素可能发生的变化情况作出预测。

1.3 统计学方法

该方法应用数理统计方法从大量历史资料中去寻找分析水文要素变化的统计规律, 以及与其他因素的关系, 然后应用这些规律来进行预报。

该方法又可分为单要素法和多要素综合法: 单要素法是通过分析预报对象自身随时间变化的规律作为预报的依据, 如历史演变法、时间序列分析法

收稿日期: 2003-09-04

作者简介: 鹿 坤 (1966-), 女, 辽宁省盘锦市人, 高级工程师, 河海大学在职硕士研究生, 从事水资源研究工作。

别是淹没及资源补偿和税收分配问题。

(2) 移民是水库成败的关键, 道真县为少数民族自治县, 且经济落后, 解决好移民问题就显得更为重要。

(3) 水电开发受投资、市场、水库、政策等的影响大, 且这几个因素都在不断变化, 既可成为有利因素, 也可变为不利因素, 其中水库投资只会随着时间的推移越来越大, 甚至制约方案的成立, 如浩口电站本身具有建高坝大库的良好工程条件, 但

受水库淹没等的影响需要降低工程规模。规划方案一般是相应客观条件下最为合适的开发方案, 所以对其中较好的梯级应立即促进实施, 才能收到最好的效果, 即早建好于晚建。芙蓉江水电资源较好, 应积极创造条件进行开发, 在对经济发展和投资收益有利且能促进工程建设的情况下, 可对“浩口”梯级进一步调整, 必要时也可对沙阡及鱼塘梯级进行适当调整。

等；多要素综合法是从分析影响预报对象的因子中挑选出一批预报因子，建立其统计规律来作为预报的依据，如多元线性回归分析法等。

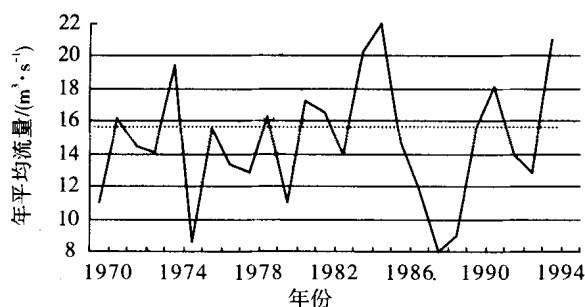
以上各种方法中，统计学方法使用较为普遍，本文以贵州三岔河上游向阳水文站为例着重介绍统计学方法中的历史演变法。

2 历史演变法

2.1 历史演变方法的基本思路

目前采用的预测方法多是依据水文要素(降雨量、流量、水位等)历史演变规律做长期预测，其预见期可达 1 年。它的基本出发点是：任何一个水文要素的长期记录反映了这一要素全面的变化过程。在实际工作中，根据水文要素历史演变曲线情况，可以归纳出以下几种主要规律：

(1) 持续性。所谓持续性是指水文要素的历史变化中升降变化的持久程度，如贵州三岔河上游向阳水文站 1970~1995 年期间的年平均流量的历史演变曲线见图 1，可以看出有如下规律：a. 如果某年年平均流量上升至均值附近或均值以上，则第二年一般要下降；b. 如果第一年下降，第二年继续下降，则第三年一般要上升；c. 如果某年年平均流量下降至最低点(或上升至最高点)，则第二年必然上升(或下降)，而且一般情况是上升(或下降)的幅度比较大。



注：虚线为多年平均流量线

图 1 三岔河向阳水文站年平均流量过程线

(2) 相似性。相似性是指历史变化曲线在某一段时期与另一段时期的变化趋势，在外形上有很相似的地方。例如在图 1 中可以看到 1970~1974 年和 1991~1995 年演变趋势非常相似。都表现为升降降升降。而且都是后一个峰点比前一个峰点高。

(3) 周期性。这里所指的周期性并不是严格的周期，而是指某一水文要素的变化过程在经过一定的时间间隔以后会出现类似的变化，同时周期性本身在历史变化中也不是永远不变的。这种规律需要

根据工作经验适当掌握，并结合其他水文要素规律用来进行分析预报。例如图 1 中，一般间隔 10 年左右出现一个峰谷值。

(4) 最大与最小可能性。任何水文要素的历史变化，它的数值在一定时期内均有适当的变化范围。一个水文要素的数值超出它的历史变化的范围是有可能的，但是这种可能性很小；历史记录年代越长，则超出这种范围的可能性就越小，因此称超出历史变化范围的情况为最小可能，而在历史变化中经常出现的范围则称为最大可能性。如图 1 中，向阳水文站年平均流量数值大于 $22 \text{ m}^3/\text{s}$ 的是最小可能性，同样小于 $8.0 \text{ m}^3/\text{s}$ 的也是最小可能性；年平均流量历史变化范围大约在 $8 \sim 22 \text{ m}^3/\text{s}$ 之间，最大可能性在 $9 \sim 20 \text{ m}^3/\text{s}$ 之间。

(5) 转折点。若水文要素在历史变化中的某一时期内很明显的特征，并在其后一时期中有所改变又出现新的特征，就称这两个时期之间的转折期为转折点。因此，转折点就是两个历史变化时期中的分界线。转折点在历史变化中不是经常出现的，例如在图 1 中，从 1985~1988 年历史变化过程的趋势是降降降，但是到 1988 年时变为升升升，因此 1988 年可以看成是一个转折点。

2.2 分析与预测的步骤

分析一个水文要素的历史变化，记录年份越长越好，一般至少需要二三十年以上。如果记录年份过少，有些规律反映不明显或反映不出来，则会降低预测结果的可靠程度。分析和预测的方法有以下几个步骤：

(1) 整理记录。首先按照预测要求，将资料加以整理和统计计算，然后以横坐标表示年份、纵坐标表示要素的实际数值或距平值画出历史演变曲线。采用实际数值时，同时要计算历年的平均值并将其标注在历史演变曲线上，以便看出各年要素值与均值的关系。

(2) 统计分析主要规律。在水文要素历史演变曲线上，检查哪一种规律比较明显。统计每种规律在全部实测资料年限内出现的次数，分析例外的情况能否用其他规律补救及转折点的年份有什么特征等。对这些结果进行综合研究判断。

(3) 做出初步预测值。应用上一步中已判断出来的主要规律，推估出下一年可能出现的数值，这时特别要注意近几年的变化与全部历史变化曲线内哪一时期的情况相似，尤其要注意到当年的情况有些什么变化。

(4) 校核预测值。初步预测值做出以后，再把最近三五年(包括下一年预测值在内)的演变趋势和全部历史变化曲线各时间比较一下：看是否相似的次数很多，例外的很少；预测值是否在最大可能范围以内，是否符合已有资料系列的历史变化规律。例如，对向阳站作 1995 年年平均流量的预测时，首先考虑它 2 年降 1 年升的持续性，同时可以明显地看出 1990~1994 年这一时期与 1970~1974 年这一时期具有相似性，判断 1995 年应呈下降趋势；又 1986~1990 年这一时期为一枯水期，且极小值出现在这一枯水期(1988 年)，1988 年以后逐步向均值附近演变，应为一平偏丰时期，由此判断 1995 年应下降至均值附近，预测 1995 年年平均流量为 $15.0\text{ m}^3/\text{s}$ (实测值为 $16.1\text{ m}^3/\text{s}$)。

综上所述，历史演变法提出了分析要素演变曲线变化规律的 5 个方面，是比较全面的，而且方法简便易行。其缺点是缺乏严格的定量标准，因此在预测时可能因人而异。

3 其他方法

前面已经提及，应用“历史演变法”作预报时存在缺乏定量的形式并且包含一定主观成分的问题，那么能否根据过去的历史资料分析它们的统计规律作出未来的定量预报呢？在目前长期预报没有成熟的方法的前提下，只能采取多种方法进行预测。然后根据各种方法的优缺点及预测的依据进行综合分析，合理取值。

3.1 周期均值叠加

一个水文要素随时间变化的过程尽管多种多样，但总可以把它看成是有限个具有不同周期的周期波互相重叠而形成的过程，其数学模型为

$$x(t) = p_1(t) + p_2(t) + \dots + p_n(t) + (t)$$
$$(t) = \sum_{i=1}^n p_i(t) + (t)$$

式中： $x(t)$ 为水文要素序列； $p_i(t)$ 为第 i 个周期波序列； (t) 为误差项。

只要根据实测的水文要素数据分析识别出所含有的周期，而且这些周期在预测区间内仍然保持不变的话，那么就可以根据分析出来的周期分别进行外延，然后再叠加起来进行预报，这种方法称为周期叠加。

由于影响水文要素长期变化因素的复杂性，它的周期实际上只是概率意义上的周期。它可理解为某一水文现象出现之后，再经过一定的时间间隔再

次重复出现这种现象的可能性较大而已。

由于各种水文要素过程线的外形比较复杂，在图形上不易直接判断它是否存在某种周期，因此需要借助于某些数理统计方法来对它进行分析识别。例如，对某站降雨量的预测，首先计算出各种年数的滑动平均降雨量，并计算出相应的自回归相关系数，再选择自相关系数好的年数(n 年)作为滑动周期，作 n 年滑动平均趋势预测。

3.2 一元线性回归相关方程

一元线性回归分析中，若已知变量 x 与变量 y 之间存在着某种相关关系，则变量 y 的数值在某种程度上随着变量 x 的数值变化而变化。在水文长期预报中，一般称 y 为预报对象， x 为预报因子。通常要建立 y 对 x 的自回归方程为

$$y = ax + b$$

式中： a 为自回归相关系数； b 为常数。

例如：当利用 3.1 节中优选的 n 年周期建立一元线性自回归相关方程来预测次年的降雨量时， x 为从实测系列第一年起的 n 年降雨量滑动平均值组成的系列(包括当年值在内的最后一个 n 年均值 x)， y 为从实测系列第二年起的 n 年降雨量滑动平均值组成的新系列，用自回归方程式计算出包括次年(即要预测年)值在内的 n 年均值 y ，即可计算出次年的降雨量预测值。

3.3 综合取值

在做中长期水文预报时，因为没有比较成熟的方法，因此应采用多种方法进行预测，并根据每一种方法的优缺点，进行综合分析，并以历史演变法为主要依据取值。

4 结语

中长期水文预报时，应在分析当地水、旱情变化规律和水文要素(如年均流量)历史演变的持续性、相似性、周期性、最大最小可能性、转折点等规律基础上，采取多种预测方法，综合分析各种方法的优缺点和预测依据，对照变化规律合理取值。

鉴于目前各种长期预报方法尚不够成熟，影响水文要素的各种因素十分复杂，如太阳运动规律和大气环流影响等。鉴于水文要素历史演变趋势的预测也可能随掌握资料的条件、分析规律的深入程度及综合各种方法进行合理取值时的可靠程度而带来相当的误差，因此在做中长期预测时，必须参考诸多因素(尤其是气象因素)，不断积累经验，探讨更为科学而实用的预报方法，以提高水文要素长期预报的精度。