



随机水文学

丁 晶 高荣松 邓育仁

(成都科技大学)

导 言

(一) 随机水文学的含义

大家知道,水文现象随时间而变化,一般称之为水文过程。大量实测资料表明:实际的水文过程既受到确定因素的作用,又受到随机因素的作用,是非常错综复杂的过程。但是不管如何复杂,一般而言,水文过程中总包含两种成分:一是确定成分,二是随机成分。前者常常表现为水文现象的趋势变化和周期性变化;后者常常表现为水文现象的相依性(相关性)和纯随机的变化(白噪声)。这种包含有随机性成分和确定性成分的水文过程,就称之为随机水文过程,人们常常依据随机水文过程理论研究这样的水文过程。随着高速电子计算机的应用和各种随机过程理论及分析技术引入水文学中,研究随机学这个领域,逐渐形成了一门新的学科,这就是“随机水文学”。因此,所谓“随机水文学”是指以随机水文过程为研究对象的一门学科,它是最近二十多年发展起来的水文学中的一个新领域。按上述含义,随机水文学的研究范围是非常广泛的。当一个水文过程受随机因素的影响很小,即其中随机性成分相当小以致可忽略不计时,这一过程便是确定性过程(又称决定性过程);反之,当一个水文过程不受确定性因素影响,而且在时序变化上无相依性,即确定性成分和系列相依性不予考虑时,这一过程便为纯随机过程(又称为概率过程)。水文计算中通常的频率计算就是研究这一过程。因此,对确定性过程的研究和对纯随机过程的研究是随机水文研究中的两种极端情况。但一般而言,随机水文学是研究既受确定性因素又受随机性因素综合影响的随机水文过程,而重点在于研究其中的随机性成分。

(二) 随机水文学的主要应用

随机水文学之所以形成一门学科且不断发展,是因为在生产实际中有着日益广泛的应用。通常对随机水文现象可以应用随机水文学的原理,建立一定的数学模型,这样的模型叫做“随机模型”。随机模型可广泛用于水资源系统的规划和设计等方面。例如:根据时历法进行多年调节,若取短期资料来进行调节演算,那么所得到的结果只能局限于已有系列内少数几种丰枯水的组合情况。但是在规划中,要求了解更恶劣的组合(如连续丰水年和连续枯水年组)情况。运用随机模型通过统计试验法,产生人工逐流系列,在一定程度上可以满足规划设计的要求。随机模型还可以用来研究水资源系统运行

在编写过程中得到成都科技大学数学系副教授黄斌同志的帮助,特此致谢。

的规划;研究未来的工程措施对环境的影响;研究插补延长资料的方法等。

随机模型日益得到预报人员的重视和应用,这不仅因为随机模型可以在传统的预报上使用,而且当前的卡尔曼滤波方法是建立在随机模型的基础上。

除上述以外,随机水文学还有一个重要的应用,就是解决统计上的一些难题,这些难题由于理论上的复杂性不可能进行数学上的解析运算。例如:我国目前广泛使用适线法来推求总体频率曲线,使用这一方法时,怎样得到所配频率曲线各种统计参数及设计值的均方误公式等,这从理论上是难以解决的。但是借助于随机水文学的概率模型,应用统计试验法便可以解决这些问题。

(三) 随机水文学的发展概况

早在本世纪初,水文现象便被当作纯随机过程以概率模型进行统计研究,并且随后相继出现了几种不同的概率模型。但是正如前面指出的,许多水文现象存在着时序上的相依性,概率模型不可能反映这类水文现象的统计变化特性。为了考虑水文现象客观存在着的相依性,马尔柯夫模型被引入随机水文学中。在马尔柯夫一类的模型中,重要的有三种:自回归模型,滑动平均模型和谐波和模型*。虽然自回归模型六十年代初期才开始用来模拟年、月径流量过程,但是近二十多年的发展甚为迅速。目前此模型广泛地用于各种随机水文过程的模拟研究。

从六十年代末期以来,在随机水文学中产生了一类新的模型。这类模型和上述的马尔柯夫模型有别,故叫做非马尔柯夫模型。它们的出现部份原因是为了解释赫斯特现象(此现象的含义以后将会说明)。这类模型中,主要有自回归滑动平均求和模型、解集模型、散粒噪声模型、分数高斯噪声模型、快速分数高斯噪声模型以及折线模型等**。自回归滑动平均求和模型以及解集模型常用于生产实际。其它几种模型由于复杂,耗费计算机时间较多,生产上尚未广泛应用。

在建立上述各种模型过程时,通常将数学上的理论直接用到随机水文过程中来,而没有考虑水文过程的物理特性。为了克服这一缺点,不少水文学者致力于对水文过程进行概化,或者提出了一些有一定物理概念的随机模型,或者对已有模型作出物理解释。这一类模型尽管不太成熟,但加深了人们对随机模型的认识并有助于对模型进行合理性分析,所以它们的出现促进了随机水文学的发展。

近来,为了尽可能利用各种信息资料以提高随机模型的可靠程度,在随机水文学中开始应用贝叶斯方法和卡尔曼滤波方法来估计模型中的参数。由于信息的不断增多,模型的参数亦随之不断变化,所以特地称这样的模型为变参数模型。目前,变参数模型中正处于研究试用阶段,予期不久会得到普遍的应用。

总的说来,随机水文学的发展是从纯随机模型到随机模型,从马尔柯夫模型到非马尔柯夫模型,从纯数学理论的模型到有一定物理基础的模型,从定参数的模型到变参数的模型。今后将随着模型在各方面的应用和理论研究的不断深入,它必将有更大更快的发展。

(待续)

*引自《Evolution of stochastic Hydrology》Ven Te Chow 1978

**这些模型将在以后介绍。