

关于水文气象学研究中的时空尺度问题

刘 春 蓁

(水利调度中心)

一、水文气象学与水文循环

水文气象学是利用气象学及水文学的某些原理和方法研究水文循环与水量平衡中与降水,径流,蒸发等水文气象要素有关问题的一门学科。它是气象学与水文学之间的边缘科学,既是应用气象学的一个分支,又是水文学的重要组成部分。

水文循环即地球上的水(包括陆地,沼泽,湖泊水,土壤水,海洋水及冰雪等)在太阳辐射下蒸发到空中,在一定条件下凝结形成降水回到地表。其中由海洋蒸发的部分水汽在风力作用下,被输送到大陆上空形成降水,落在陆面的水,除一部分蒸发,一部分渗透到土壤补给地下水外,其余通过河川径流返回海洋。图1给出全球水循环。从图中可以看到连接大气水、地表水、地下水之间的纽带是降水、蒸发、水汽输送及河川径流。

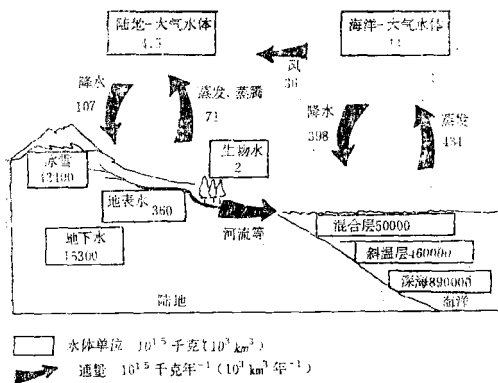


图1 全球水循环

二、时间及空间尺度问题

水文气象学作为边缘学科,自然要涉及水文现象以及产生这一现象的气象系统之间

相互关系问题。这种关系首先表现在它们对应的时间及空间尺度。这是研究水文气象现象的首要问题。“大网捞不到小鱼”,“小网也捞不到大鱼”,只有正确地认识所研究对象的尺度才能捕捉住它。以下仅就暴雨洪水及旱涝丰枯的时空尺度问题进行讨论。

I. 暴雨、洪水的时空尺度问题

为了将暴雨与洪水的时空尺度联系起来,对于短期暴雨、洪水过程,有:

$$Q = \frac{1}{g} \int_0^{\text{地面}} \overline{\nabla \cdot \vec{V}_Q} dp - F - A$$

式中右端第一项为流域平均水汽辐合量,第二项下渗量 F 取决于前期降雨条件或土壤蓄水量。如果洪水前降雨少,土壤干旱,则下渗量大,反之下渗量小。相同等级的暴雨发生在久旱后及多雨条件下,将产生不同量级的洪水。第三项拦蓄量 A 代表由于采取工程性措施而对洪水过程的影响,其影响程度取决于滞洪蓄水工程所拦蓄的水量以及采取措施的地点和时间。正确地使用滞洪蓄水工程可以削峰或错峰。这两项的空间尺度显然等于或小于流域的空间尺度即 \sqrt{S} (S 为流域面积)。产生降水的水汽辐合尺度有以下三种即天气尺度(L_1),中尺度(L_2)及小尺度(L_3)系统。

对于暴雨洪水,一般总是由于这三种不同尺度的辐合系统同时相互作用而产生的,

根据水汽水平辐合尺度与流域面积间的关系可分成以下三种类型暴雨洪水:

(1) 小流域暴洪(flash flood)。这时的中小尺度水汽辐合系统(即 L_2 或 L_3)刚好与一个流域尺度相对应。其空间尺度为几百—几千平方公里。这种洪水的特点是洪水暴

涨,峰现时间小于24小时,洪峰高,洪量小,洪水过程线呈尖瘦单峰型。

(2) 中等流域(几千至几万平方公里)或全流域(几万至几十万平方公里)的峰高量大的洪水。前者是由一个至两个三一五天的天气尺度系统(低涡,锋面,切变线,台风)中的强暴雨产生。当天气尺度系统的移向与河流走向一致,且不断有强辐合系统产生时,可出现稀遇的特大暴雨洪水。全流域性暴雨洪水则是由连续数个天气尺度系统在流域内重复出现,持续时间达七天以上。这种洪水的特征是洪峰高,洪量大,洪水过程线呈高胖型。

(3) 洪峰矮、洪量大的洪水,容易出现在几万平方公里的中等流域。往往是由相继在流域内生成或移过的天气尺度系统产生的。每个系统相隔时间较长,在出口断面出现若干个洪峰。但雨洪没有遭遇。洪水过程线呈多峰矮胖型。

对于不同时空尺度及不同类型的暴雨洪水有不同的成因规律,因此捕捉它们的方法也是不同的。对于小流域暴洪,应加强对低空风场的监视,特别是非地转风所导致的水汽高度集中以及高效造雨的动力触发机制。对于较大流域的暴雨洪水,由于水汽辐合系统小于流域集水面积,因此要着重研究产生大范围暴雨的天气尺度系统以及系统相对流域水系的移向、移速,即雨洪遭遇的水文气象条件。对于几十万平方公里的全流域性暴雨洪水,必须具备稳定的大尺度环流条件以及若干个暴雨天气系统连续发生的条件。因此要着眼于更大尺度系统的稳定性的研究。

II. 水资源丰枯及旱涝的时空尺度问题

水资源是指陆地表面及表层中短期(一年或数年内)可由降水补给更新的淡水资源。其数量等于河川径流与平原淡水区潜水蒸发量之和。其中河川径流量的权重较大。因此年径流量的丰枯及其距平变化,基本上可以反映水资源量的多寡。

影响水资源的因素有气候因素及非气候因素-人类活动两种。气候因素反映在大气环

流条件变化引起水循环偏离常态从而导致丰水或枯水。人类活动则表现在相嵌在水文循环中的侧支循环。侧支循环由以下三个部分构成:

(1) 用水量:包括用于工农业生产及生活饮用水的地下水开采量 I_G 及地表水拦截量 I_S 。

(2) 回归水量 D :指水的重复利用量。

(3) 通过蒸发返回大气的消耗水量 A_S 。

过去由于人类活动产生的侧支循环在整个水循环中占的比重不大,可忽略不计。随着人类社会的发展,在经济发达、人口密集、水资源问题突出的地区,侧支循环的比重及作用日益突出。

由于人类活动的需水量超出了水资源的承受能力,将出现断流,甚至绿洲变成沙漠,人类将面临大自然的惩罚。因此研究气候对天然水资源的影响以及气候变化可能引起的天然水资源的变化,对于科学合理地安排工农业生产建设及人民生活所需的用水,发展良性水循环是十分重要的。

从天气气候角度看,影响天然水资源丰枯的是由空间尺度为几千公里至上万公里的长波及超长波所制约的天气尺度系统在年内(或汛期)重复出现于某一流域的频次及强度决定的。

我国水资源量的年际变化对集水面积的尺度反应十分敏感。集水面积大的流域控制站,其年径流变差系数 C_V 要比集水面积小的流域控制站的 C_V 值小得多。从陆面过程看,集水面积的影响是因为不同频率的径流重新组合,使得同一年份的径流变化相互补偿,年际变化变得缓慢之故。从大气环流过程看,这是由于不同尺度的天气气候系统在不同时间地点条件下相互作用的结果。小流域的大 C_V 值往往反映的是某种短波-天气尺度系统的影响。它的随机性较大。而大流域的 C_V 值则反映了不同波长系统共同作用的结果。

(2) 丰水及洪涝的时空尺度要比枯水或干旱的时空尺度小。后者的时间持续性和空间范围都要大于后者。

丰水与洪水的概念是不同的。丰水是指年径流的大小，它反映的是年内或汛期内降雨量的多少，而洪水则是指一次降雨过程所产生的洪峰流量及洪量。洪水年未必是丰水年，反之亦然。

(3) 我国年径流量的地区差别很大，长江珠江及浙闽台诸河的径流量占总量的60%以上，东部地区的产流效率远远高于西部地区。因此在南涝北旱或东涝西旱年，从总水量上讲全国往往是丰水年。相反，南旱北涝年或东旱西涝年，全国往往是枯水年，因此应分别研究我国东、西、南、北、中不同地区的气候与水资源的关系问题。

目前关于气候变化对水资源影响的研究主要有以下三种方法：

(1) 利用长(短)系列历史水文气象资料研究不同时期气候因子的变化幅度以及相应的径流变化幅度。对于典型的极端丰枯年份以及连旱、连涝年份分析研究其环流特征和水文循环状况等。由水文、气象两种资料系

列中找出其相对应时空尺度的，且在物理上为内在相关的规律。这种方法是水文气象法，主要是利用统计计算及物理量场计算结果进行相关对比分析。

(2) 利用大气环流模型对某种气候变化因子进行数值试验(例如考虑大气中CO₂含量翻一番时大气环流变化的数值试验)，或将大气环流模型与水文模型结合进行气候变化引起径流变化的数值试验。

(3) 利用流域水文模型研究气候变化引起的径流量的变化。这里的气候变化是指气温升高、降低及降雨增加或减少的各种组合所引起的径流量的变化。一般所取的变化幅度为±1°C—2°C及降雨±10%—20%。这种方法为水文学方法，其特点是只研究这些气候因子变幅的水文结果，而不研究导致其变幅的气象原因。

如果说对暴雨和洪水相对应的时间空间尺度还有个初步认识，则不同时空尺度的径流量变化与产生它的天气气候系统间的关系尚很不清楚。这正是我们今后应该研究解决的。