

中国湿润地区
洪水预报方法



水利电力出版社

中国湿润地区 洪水预报方法

华东水利学院

水利电力出版社

中国湿润地区洪水预报方法

华东水利学院

•

水利电力出版社出版

(北京德胜门外六铺炕)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力出版社印刷厂印刷

•

1978年3月北京第一版

1978年3月北京第一次印刷

印数 00001—5270 册 每册 0.60 元

书号 15143·3313

出 版 说 明

本书是我国为世界气象组织（WMO）和联合国开发计划署（UNDP）举办的“区域间洪水预报讲习班”的教材，由华东水利学院编写。现以中文版介绍给国内水文工作者参考。中文版的内容未作变动，与英文版一致。

英文版书名为：Flood Forecasting Method for Humid Regions of China

前 言

在人类与洪水作斗争的长期实践中，积累了丰富的经验。在这个斗争中，洪水预报为洪水的未来情况提供了信息，对于控制洪水起着耳目的作用，是人们在与洪水作斗争过程中的重要武器。

我国有史可考的水文观测工作，约在公元前250年就开始了。向上级报告雨情的记载，最早见于“后汉书”（公元25～220年）。明万历元年（1573年）开始在黄河上建立报汛制度，以快马向下游传递水情，每三十里为一站，日夜不停，并根据水流情况，预报水势的涨落。但是，由于长期的反动封建统治，妨碍了水文事业的发展。特别是1840年鸦片战争以后，我国受到帝国主义、封建主义、官僚资本主义的残酷剥削和压迫，成为半封建、半殖民地社会。解放前，我国没有水文预报，水情工作也十分薄弱。

1949年新中国建立以来，我国水利建设与水文事业，以历史上没有过的规模和速度向前发展。解放后迅即建立起中央和各大流域的防汛指挥机构，开展水情与预报工作。

1954年长江曾发生比淹了汉口的1931年洪水更大的洪水，1963年海河又发生比曾淹了天津的1939年洪水更大的洪水，但是由于解放后兴修了大量水利工程，依靠群众加强防守，加上水文预报的开展，不但保证了武汉、天津等城市的安全，并大大减轻了农业损失。又如，历史上异常多灾多难的黄河，曾是“三年二决口”的局面，但解放后二十多年来，

虽发生过1958年、1976年等大洪水，都没有发生过决口灾情。

我国现在不仅水利电力部和多数省（市、自治区）、地区的水利部门和流域机构承担了所辖范围内重要河流和水库的水文预报，一些施工和管理单位也搞预报，而且全国有45%的基层水文站能发布当地河流和水库的水文预报。原来一般只发布水文站断面上的预报，现在逐步发展到预报沿河各个地区受洪水威胁的具体情况。不少地区的水文测站，深入调查本地区历史上几次大洪水的淹没范围和受灾情况，测量重要河段、村庄及厂矿、仓库等重要设施的高程，有了这些资料，只要预报出各控制站的水位，就可预先知道洪水对河流两岸的重要设施的危害程度，使领导机关在防汛斗争中更加心中有数。

在我们的实践过程中，洪水预报的技术和方法有了一定程度的提高，总结出了一些适合我国情况并广为使用的方法。例如，我们认为，湿润地区（或湿润季节）具有蓄满产流的特点，而干旱地区（或干旱季节）具有超渗产流的特点。据此提出了适合我国特点的流域水文模型和水文预报方法，又如对于河道洪水演算中常用的马斯京根法，我们提出了改进意见。在本书内我们介绍这些观点和方法，其内容主要分成两大部分：一是降雨产流量预报，其中主要介绍在我国湿润地区行之有效的，以蓄满产流为特点的方法。我们论证了这种方法的根据，提出了降雨径流关系的线型，蒸发计算模式，以及一些具体问题的处理方法。二是河道与流域汇流预报，其中主要介绍我们改进了的马斯京根法，并根据我国湿润地区预报的经验，提出了一种流域水文模型。此外还附有三个实例，一是流域产流汇流方面的，二是河道汇流方面的，

三是湿润地区的一个降雨径流流域模型。我们的目的，是想请大家来讨论一下，这些观点与方法是否正确，与其他自然条件相类似的国家及地区的经验是否有共同之处，在那些地方还需要改进与提高。

我国是一个发展中的社会主义国家，属于第三世界。水文预报工作虽然取得了一定成绩，但还是不够的。希望大家多多提出意见，并在今后的工作中互相交流，互相帮助，共同提高。

目 录

前 言

第一篇 降雨径流量预报

第一章 降雨径流的形成	1
第一节 引言	1
第二节 两种显著差异的降雨径流关系	2
第三节 包气带在降雨产流中的作用	7
第四节 两种产流方式	12
第五节 我国一些地区产流方式的情况介绍	17
第二章 蓄满产流模型的降雨径流关系	19
第一节 流域蓄水容量曲线	20
第二节 降雨径流关系	21
第三节 流域蓄水容量曲线的线型	25
第三章 流域蒸散发计算	28
第一节 流域蒸散发能力的确定	29
第二节 流域蒸散发计算模型	30
第四章 蓄满产流情况下的产流量预报	37
第一节 流域降雨径流关系的建立	37
第二节 时段径流量的推求	47
第三节 地面地下径流的划分	48
第五章 超渗产流情况下的产流量预报	52

第二篇 河道与流域汇流的预报

第一章 相应水位法	61
第一节 洪水波运动	61

第二节	相应洪峰关系	63
第三节	常用方法	65
第四节	小结	70
第二章	马斯京根法及其改进	74
第一节	马斯京根法	74
第二节	马斯京根法存在的问题	79
第三节	马斯京根法的理论	81
第四节	河道特性与各参数间的关系	85
第五节	有支流河段的流量演算	87
第三章	分段连续演算	89
第一节	长河段演算中的问题	89
第二节	马斯京根法分段连续演算	92
第三节	按特征河长分段连续演算	97
第四节	方法对比	106
第四章	单位线法	111
第一节	单位线法简介	111
第二节	实际应用中存在的问题	112
第三节	经验改正方法	115
第五章	新安江降雨径流流域模型	120
第一节	流域水文模型	120
第二节	单元面积的划分	123
第三节	单元面积的出流过程的计算	125
第四节	河槽汇流计算	128
第五节	模型的应用	130
附录		135
实例 I	浙江省衢县站降雨径流预报方案	135
一、	流域概况	135
二、	基本资料	135

三、径流预报方案	135
(一)选用资料 (二)各项参数的计算 (三)绘制降雨径流关系图 (四)第二套方案 (五)成果分析	
四、径流过程预报方案	162
(一)选用资料 (二)确定单位线时段长 Δt (三)从实测流量过程线上分割地下水 (四)从实测降雨过程推求地面净雨过程 (五)单位线分析 (六)成果及分析 (七)单位线方案	
实例Ⅱ 沅水沅陵至王家河河段洪水预报方案	182
一、河段情况	182
二、相应水位法	185
三、马斯京根法	189
实例Ⅲ 新安江水库洪水预报方案	206
一、单元面积的划分	207
二、产流量计算	208
三、流域汇流计算	210
四、库水位过程计算	213
五、预报方案的验证	218
六、简化方案	219

第一篇 降雨径流量预报

第一章 降雨径流的形成

第一节 引言

我国湿润地区的降雨径流计算，普遍使用降雨径流经验相关图的方法。在长期广泛的生产实践中，发现这种相关图具有一些共同的特点，即：雨强对降雨径流关系的影响不明显；相关图中只要加入反映降雨开始时的土壤湿度的参数，便可建立较好的关系曲线；这种关系曲线的上部，即雨量较大的部分，径流系数很大，若将制作经验相关图时所扣除的地下水还原，则径流系数将趋近于1。

根据这些特点，联系湿润地区的自然地理条件及径流实验研究的成果，从六十年代初期开始，逐步形成了湿润地区蓄满产流的概念。就是说，在湿润地区，降雨形成径流的条件，主要是雨量超过了土壤缺水量，而不是雨强超过土壤下渗能力。在此基础上建立了蓄满产流的降雨径流模型，并应用于湿润地区的生产实践中。

需要说明，在我们建立的蓄满产流模型中，径流是包括一切水源在内的总径流。也就是说，不割去地下水。这样做可以使湿润地区的扣损计算问题简化，避免了推求下渗曲线和分割地下水方法上的不完善所带来的降雨径流关系的经验性。但是，由于地面地下汇流特点不同，因此，在汇流计算

中仍将总径流划分成地面、地下两部分。我们认为，这种第一步求总径流量，第二步划分水源的做法，比单纯以地表径流为研究对象要好。

当径流是指总径流时，损失就是降雨中不从出口断面流走的部分。对闭合流域来讲，这部分水量必消耗于蒸散发。因而，径流量计算问题归根到底是流域蒸散发计算问题。准确的蒸散发计算有利于建立正确的降雨径流关系，而实测的降雨量、径流量又可作为检验蒸散发计算的依据。因此，我们在研究流域降雨径流关系时，对蒸散发计算给予了足够的重视。

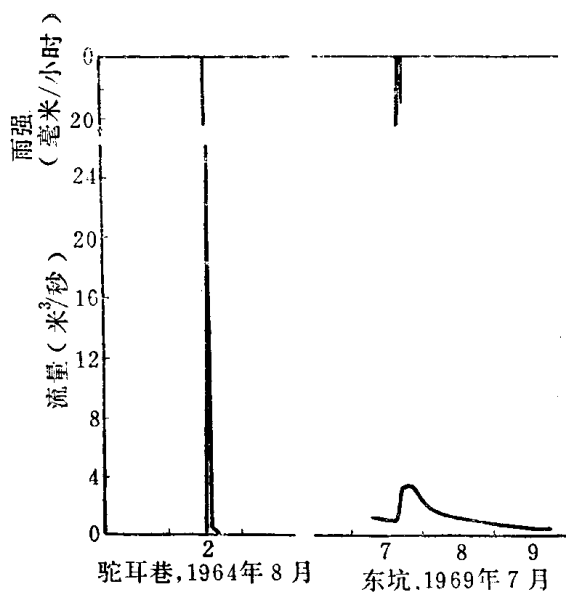
第二节 两种显著差异的降雨径流关系

湿润地区和干旱地区的降雨径流关系有着明显不同的特点。我们对降雨产流的认识，就是从认识这种不同自然地理区域降雨径流关系的特点中加深的。这些不同特点主要表现在下列三方面。

一、流量过程线的差异

流域出口断面上的流量过程线能够综合反映流域的特性。因此，流量过程线的差别，在一定程度上，能反映出流域特性的差别。

我国湿润地区和干旱地区的流域，有着截然不同的流量过程线。为了突出反映流域的产流特性，我们着重对比小集水区的情况。图1-1给出了湿润地区和干旱地区两个小流域的两条流量过程线。由图可见，面积基本相等的两个流域，两场差别不大的降雨，形成的流量过程却大不相同。东坑的洪水总量为驼耳巷的五倍，洪峰流量却只有它的七分之一。



自然情况	陕北驼耳巷 干旱黄土地区	安徽东坑 湿润多林山区
流域面积(平方公里)	5.74	5.65
雨量(毫米)	24.6	38.7
最大一小时雨量(毫米)	22.1	23.3
洪水总量(毫米)	7.9	38.2
洪峰流量(米³/秒)	26.1	3.5
主要洪水历时(小时)	3	30

图 1-1 两种典型的流量过程线

同时，驼耳巷的过程线基本对称，而东坑的过程线却很不对称。图 1-2 给出了湿润地区和干旱地区两个小流域的峰量关系。它反映了同样的现象，即干旱地区峰形尖瘦，湿润地区峰形平缓。这种过程线上的差别，在大流域上同样有所表现。不难分析，造成这种差别的主要原因是这两类流域的流量中地面地下径流比例的不同。上述干旱地区两个流域的洪水几乎全部是地面径流，而湿润地区两个流域的洪水地下径

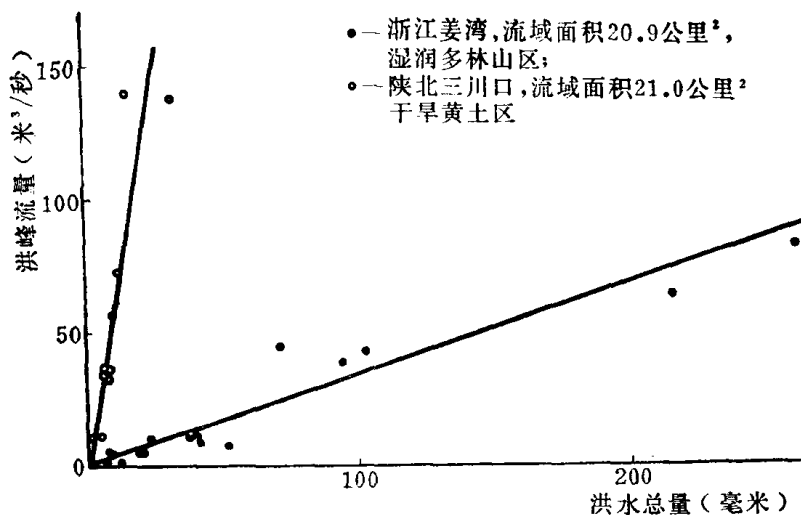


图 1-2 峰量关系

流的比重却相当大。

二、雨强对降雨径流关系作用的不同

湿润地区和干旱地区的降雨径流关系中，雨强的作用是明显不同的。干旱地区，雨强常会表现出超过土壤湿度甚至超过总雨量的作用，而成为影响产流量的第一位因素。表1-1和图1-3列出了陕北子洲径流站团山沟径流场的若干次降雨径流资料。从中可看出雨强的突出作用。如1968年10月6日和8日二次降雨，雨量分别为51.4毫米和41.2毫米，径流深均只有0.2毫米。而1968年7月15日一次降雨，雨量仅29毫米，雨前流域也并不湿润，只是因为雨强很大（最大五分钟平均雨强为2.8毫米/分）产生了14.8毫米的径流深。由图1-3可看到，总雨量对径流的关系还不如雨强明显。对比之下，湿润地区的情况就不一样。如表1-2和图1-4是浙江省姜湾径流站的降雨径流资料，从中可看到，雨量是决定径流深

表 1-1

子洲径流站团山沟降雨径流资料

日 期	降 雨 量	径 流 深	最大五分钟 平 均 雨 强	土壤湿度指标
年 月 日	P (毫米)	R (毫米)	i (毫米/分)	P_a (毫米)
1967.8.26	29.9	7.8	1.30	45.6
1967.9.5	32.2	0.7	0.10	50.0
1968.7.15	29.0	14.8	2.80	16.8
1968.7.25	41.0	7.1	1.72	19.3
1968.10.6	51.4	0.2	0.07	20.4
1968.10.8	41.2	0.2	0.08	50.0
1969.5.11	52.4	15.1	2.76	0.0
1969.8.9	45.5	3.0	0.44	42.6
1969.9.24	52.3	0.6	0.25	10.8

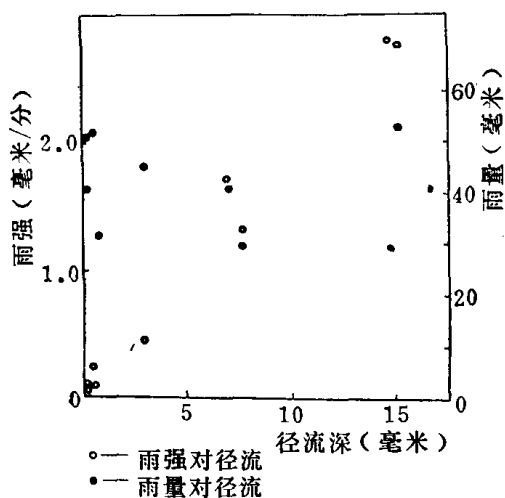


图 1-3 子洲径流站团山沟降雨径流关系

的第一位因素，而看不出雨强的作用。

三、土壤湿度对降雨径流关系作用的不同

生产实践证明，湿润地区普遍可建立以降雨开始时的土

表 1-2

姜湾径流站降雨径流资料

日 期 年 月 日	降 雨 量 P (毫米)	径 流 深 R (毫米)	最大十五分钟平均雨强 i (毫米/分)
1962.5.14	64.9	41.4	0.65
1962.6.18	120.1	94.3	2.51
1962.6.23	61.5	42.0	0.30
1962.8.6	53.6	21.3	0.39
1962.8.18	58.2	24.5	1.45
1962.9.5	229.7	216.7	0.43
1963.4.26	93.7	71.9	1.02
1963.5.9	56.3	51.6	0.59
1963.6.27	106.9	103.5	0.77
1963.7.29	30.4	0.5	1.11
1963.9.11	345.8	262.3	0.72

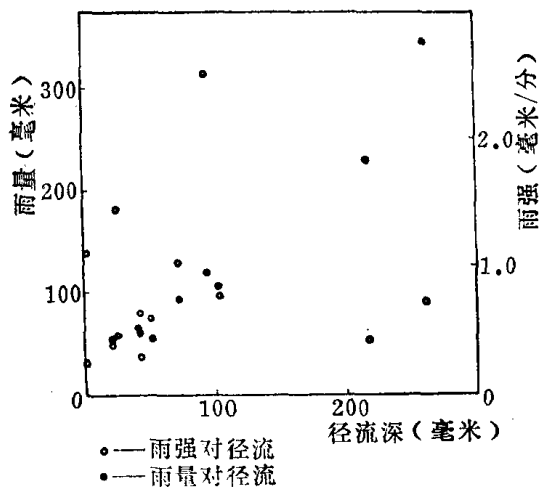


图 1-4 浙江省姜湾径流站降雨径流关系

壤含水量 W_0 为单一参数的降雨径流关系图。这种关系图若作成 $P + W_0 \sim R$ 的形式，则图的上部基本呈显单一 45° 直线，即：

$$P + W_0 - R = W_m \approx \text{常数} \quad (1-1)$$

这种关系所揭示的规律是：降雨损失量 $(P - R)$ 和土壤含水量 W_0 之和基本为一常数 W_m ，如果把 W_m 看作为土壤含水量的上限，则此 $(1-1)$ 式就意味着降雨补足土壤水分的亏缺 $(W_m - W_0)$ 后，余数便是径流深。湿润地区的降雨径流关系就是遵循着如此简单的一个水量平衡方程。这里土壤湿度的作用是直接而明显的。

可是干旱地区却不然，一般不成立如式 $(1-1)$ 的降雨径流关系。土壤湿度的作用往往不如雨强明显。

造成以上差别的原因何在？这个问题的答案是要到降雨产流这一物理现象的发展过程中去寻找的。流域降雨产流主要在包气带这一环境中发生发展。不同地理、地质和气候等条件也是通过影响包气带而影响着降雨产流的。因此，要研究降雨径流的关系，必须首先对包气带在降雨产流中的作用有所了解。

第三节 包气带在降雨产流中的作用

包气带是地下水面以上的不饱和的土壤含水带。它是土壤—水—空气三者同时存在的一个复杂系统，并且还受到生物和化学过程的影响。因此包气带中水分的运动极为复杂。目前对它的了解还很不够。这里仅简要介绍与降雨产流有关的一些水分运动特性。

一、包气带吸收水分的能力——下渗