

# 水文预报论文选集

(一九八一年全国水文预报学术讨论会)

长江流域规划办公室汇编

水利电力出版社

# 水文预报论文选集

(一九八一年全国水文预报学术讨论会)

长江流域规划办公室汇编

水利电力出版社

## 内 容 提 要

本书收录了1981年全国水文预报学术讨论会的45篇论文,基本上显示了我国当前水文预报科学技术和实践方面的水平,也反映了近些年来我国水文预报技术的新进展和研究动向。主要内容有:产流、汇流、水文流域模型、冰情预报、中长期水文预报、水库水文预报、施工水文预报、风暴潮预报、新技术应用等。

本书可供从事水文预报、水文计算、水资源调查评价、工程管理调度、水文科研等方面的人员和有关院校的师生阅读参考。

## 水文预报论文选集

(一九八一年全国水文预报学术讨论会)

长江流域规划办公室汇编

\*

水利电力出版社出版

(北京三里河路6号)

\*

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力印刷厂印刷

\*

787×1092毫米 16开本 18.5印张 416千字

1985年2月第一版 1985年2月北京第一次印刷

印数0001—2880册 定价4.65元

书号 15143·5599

# 前 言

水文预报是研究和运用水文变化客观规律，揭示和预测未来水文要素变化的一门应用学科，是水文学的一个重要分支。水文预报不但在防汛抗旱斗争、水库调度运用和工农业生产建设等方面可以起到很好的参谋和耳目作用，而且在保护与合理地利用水资源方面也能发挥显著的作用。建国以来，我国的水文预报工作从无到有，得到了迅速发展，特别是近几年来，由于新技术在水文预报中的应用，水文预报技术积累了许多新经验，提出了不少新成果。为了总结、交流我国水文预报技术发展的新经验、新成果，经中国科协批准，中国水利学会于1981年12月在四川省成都市召开了第二次全国水文预报学术讨论会。受中国水利学会的委托，原水利部水文局协同中国水利学会水文专业委员会筹备和组织了这次会议。来自全国29个省（市、自治区）和流域机构水利系统，以及电力、铁道、交通、海洋、中国科学院等生产、科研部门及院校从事水文预报的科技人员、专家、教授共220余人出席了这次盛会。

在这次会议上交流的论文共218篇，其中大会介绍的总报告、专题报告和论文共83篇。为了传播和推广这些成果，促进我国水文预报技术水平的进一步提高，会议建议出版论文选集。受水利电力部水文局和中国水利学会水文专业委员会的委托，由长江流域规划办公室水文局负责汇编本集。

由于篇幅所限，经有关专家审议，共录选45篇论文刊入本集。其主要内容包括：产流、汇流、水文流域模型、冰情预报、中长期水文预报、水库水文预报、施工水文预报、风暴潮预报、新技术应用及其它方面。这些论文涉及面较广、内容比较丰富，在生产上和理论上都具有相当的价值，基本上显示了我国当前水文预报科学技术和实践方面的水平，也反映了近些年来我国水文预报技术的新进展与研究动向。

由于编者水平所限，在论文的编排方面未必完全恰当，为尊重原稿作者使用习惯，本集中所采用的符号未予全部统一，敬请读者鉴谅，并望批评指正。

最后，我们对所有为本集的编辑、审查和出版工作给予帮助的单位和个人，表示衷心的感谢。

长江流域规划办公室水文局

一九八三年四月

**审稿人:**

- |     |                 |
|-----|-----------------|
| 曾代球 | (辽宁省水文总站)       |
| 文康  | (水利电力部南京水文研究所)  |
| 冯焱  | (水利电力部第三工程局)    |
| 庄一鸽 | (华东水利学院)        |
| 林三益 | (成都科学技术大学)      |
| 陈赞廷 | (黄河水利委员会)       |
| 陈金荣 | (长江流域规划办公室)     |
| 范钟秀 | (华东水利学院)        |
| 王喜年 | (国家海洋局海洋环境预报中心) |
| 曹家声 | (长江流域规划办公室)     |
| 张恭肃 | (水利水电科学研究院)     |
| 金光炎 | (安徽省水利科学研究所)    |
| 张德尧 | (水利电力部水文局)      |

# 目 录

前言

洪水预报——产流论文评述	曾代球 ( 1 )
流域产流计算数学模型	文康 李蝶娟 金管生 李琪 ( 10 )
流域综合产流模型的探讨	许大同 安德顺 何长春 ( 18 )
流域蒸散发计算方法的探讨	李纪人 ( 25 )
蓄满产流模型参数地区综合分析	卢可源 俞茂松 陶永格 ( 32 )
大伙房流域产流模型	刘爱杰 ( 38 )
壤中流的分析	刘炳衡 ( 45 )
近年来我国汇流计算进展述评	文康 冯焱 ( 49 )
论马斯京根法几个问题	罗伯昆 钱学伟 ( 55 )
移滞马斯京根汇流模型	冯焱 潘屏 何长春 ( 63 )
河道洪水非线性演进	文其义 ( 70 )
黄河下游变动河床洪水水位预报方法的探讨	胡汝南 张优礼 李世东 王涌泉 ( 76 )
小流域单位线的数值试验研究	张恭肃 ( 84 )
多点入流汇流计算方法	李心铭 罗钟毓 ( 91 )
对马斯京根槽蓄方程的研究	孙祥燕 ( 100 )
降雨径流流域模型述评	庄一鸽 林三益 ( 107 )
新安江连续径流模型——对新安江模型地下水计算模式的改进	庄一鸽 张泉生 ( 113 )
斯坦福第IV号流域模型和萨克拉门托流域模型的对比分析	林三益 薛焱森 晁储经 金长兴 ( 121 )
新安江模型(三水源)与萨克拉门托模型的比较	朱华 ( 129 )
水箱(坦克)模型在东江站洪水预报中的应用	朱希贤 ( 136 )
应用第IV号斯坦福流域模型模拟洪水过程的经验和体会	袁作新 吴建春 ( 141 )
清江水文连续模型	金长兴 晁储经 ( 148 )
现行冰情预报方法综述	陈赞廷 ( 155 )
松花江下游冰坝形成条件分析及预报	刘桂筠 徐德治 ( 160 )
水电站下游最小不封冻距离的估算	杨 昕 ( 165 )
黄河下游的冰情预报	王文才 李振喜 ( 170 )
我国中长期水文预报的现况与发展趋势	陈金荣 范钟秀 ( 174 )
北太平洋和青藏高原下垫面热状况与长江流域汛期旱涝关系初步	

探讨.....	黄忠恕 王钦梁 匡奇 ( 180 )
葛洲坝工程大江截流中长期水文预报.....	范钟秀 ( 188 )
一个水文长期预报的模型及其试验.....	林绍朋 ( 193 )
四川盆地洪水分型与趋势预报的初步分析.....	马益三 王廉 黄静涵 ( 197 )
黄河中上游汛期旱涝大气环流特征分析.....	王云璋 刘为纶 ( 203 )
应用聚类分析中的A.I.D方法作水文长期预报的体会.....	吴贤坂 ( 211 )
水库水文预报综述.....	林三益 ( 215 )
施工水文预报概论.....	冯 焱 ( 219 )
乌江渡水电站施工水文预报特点和分析.....	郭劲长 ( 222 )
我国风暴潮现行预报技术评述.....	王喜年 ( 230 )
我国东南海岸台风潮逐时预报的动力学模式.....	陈金泉 陈 光 ( 234 )
黄冲站台风潮过程预报方法的探讨.....	李天坚 ( 239 )
黄浦江黄浦公园站和米市渡站潮位预报.....	黄祥媛 张 颖 边善裕 ( 246 )
新技术在水文预报中的应用.....	曹家声 张恭肃 ( 251 )
浦阳江流域洪水实时联机预报系统的初步应用.....	张文尧 任可仁 冯志林 ( 255 )
流域汇流非线性系统方法的探讨——Volterra二阶系统的识别与预报 .....	夏 军 ( 263 )
线性水文系统识别的响应函数逼近法.....	葛守西 ( 270 )
实际防汛预报中应注意的问题.....	华士乾 ( 281 )

# 洪水预报——产流论文评述

曾 代 球

(辽宁省水文总站)

## 一、论文概况和分类

### 1. 近年来产流计算方面的进展

这次全国水文预报学术讨论会收到产流方面的论文共42篇。这些论文，大多通过了实际资料的分析验证和严格的数学推导，因而在生产上和理论上都具有相当的价值。这些论文，充分反映了我国水文工作者自1977年水利电力部在广西南宁召开的水文预报技术经验交流会议以来，在产流计算方面所取得的重大进展。总起来说，这些进展主要表现在以下几个方面：

1) 较广泛地应用了蓄满产流模型：考虑流域蓄水容量的蓄满产流模型具有简便易行的特点，自南宁会议以来，在国内得到较为广泛的应用。有的论文分析了较大范围内的产流参数，进行了综合分析，绘制了参数分布图；有的论文认真地探讨了一些问题，总结了技术经验，提出了改进意见。

2) 提出了较完善的超渗产流模型：考虑流域下渗容量（能力）的超渗产流模型是采用 R. E. 霍顿和 J. R. 菲利普下渗公式推导土壤蓄水量和流域平均下渗能力的关系式，用已知土壤蓄水量求得其相应流域平均下渗能力，然后直接与流域平均雨强对比计算产流量；或将流域平均下渗能力作流域分配与雨强对比推导出产流量计算式。这种模型已开始应用于生产中。

3) 推荐了新的产流计算方法：主要有蓄满产流模型和超渗产流模型结合使用的方法，这个方法既考虑蓄满面积上的蓄满产流，又考虑未蓄满面积上的超渗产流。有的论文探讨了平原、水稻、岩溶等特殊地区的产流计算方法；有的还推导了以流域缺水度、雨前流量等为参数的降雨产流计算公式。这些方法还处在研究、论证阶段。

4) 初步改进了流域蒸散发量计算方法：七十年代初开始使用的分层计算，得到了较广泛的应用。为了改进现行用蒸发皿观测值确定流域蒸散发能力的局面，初步提出了用蒸发公式计算流域蒸散发能力的方法，提出了用流域蓄水曲线，考虑蒸散发机会和土壤蓄水量垂直分布的流域蒸散发量计算方法。

### 2. 论文分类

这些论文所涉及的范围，如果按所采用的方法区分，可以分为8类（见表1）。



表 1

产流论文分类表

方 法 类 型	研 究 类 型						合 计
	现成方法应用的			新 提 出 的			
	体 会	讨 论	参数研究	蓄水曲线 线 型	观点公式 计算方法	问题讨论	
1.用蓄满产流模型计算	9	4	1	5			20
2.用下渗公式计算	1		1		1	1	4
3.下渗公式与下渗能力流域分配结合	3	1			4		8
4.蓄满产流模型与超渗产流模型结合					1		1
5.初损后损法	1					1	2
6.用产流公式和其它方法计算	1	1			3	1	6
7.用流域蓄水曲线计算流域蒸散发量				1*	1*	1*	
8.用蒸发公式计算流域蒸散发能力					1		1
合 计	15	6	2	5	10	4	42

注 数字带\*者为非单独论文,未作统计。

如果按所研究的范围区分,可以分为6个方面,即:①现成方法应用后的收获、体会和技术经验;②现成方法应用后提出讨论和商榷意见;③对现成方法的参数进行研究,探讨其地区规律;④新提出的蓄水曲线线型;⑤提出新的学术观点和方法;⑥提出较大技术问题供讨论研究。

## 二、论文中的主要技术问题和评述

### 1.下渗能力和土壤蓄水量的关系

凡利用下渗公式计算产流量的方法,以供水率(雨强减去储蓄率) $i > f$ 作为直接径流的产流条件,这里的关键在于要知道下渗能力 $f$ 。影响 $f$ 的因素较多,诸如土壤类型、土壤蓄水量、有机物质、植被和季节等。但就固定流域而言,主要的一个因素是土壤湿度,因此关键在于推求下渗能力 $f$ 与土壤蓄水量指标 $P_0$ 的关系。如果 $f$ 只决定于土湿指标 $P_0$ ,则 $f \sim P_0$ 关系与下渗曲线 $f \sim t$ 关系就完全可以互换。这次论文有关这个问题的共同点是采用霍顿和菲利普公式 $f \sim t$ 关系转换成 $f \sim P_0$ 关系,不同点是对霍顿公式中的 $f_0$ 和菲利普公式中的参数 $A$ 有不同的理解和处理,结果求得了不同的 $f \sim P_0$ 关系式。

1) 霍顿公式 $f = f_0 + (f_0 - f_c)l^{-kt}$ ,论文中关于 $f_0$ 有三种不同假定:①不考虑 $f_0$ (即设 $f_0 = 0$ );②考虑 $f_0$ ,其下渗量作为包气带或影响土层的排水量,而不作为土壤蓄水量;③考虑 $f_0$ ,其下渗量在稳定点 $T$ 时以前作为土壤蓄水量。三种情况的各种 $f \sim P_0$ 关系式如表2。

2) 菲利普公式 $f = \frac{1}{2}st^{-\frac{1}{2}} + A$ ,论文中有两种假定:①不考虑参数 $A$ ;②考虑参数 $A$ 。两种假定的 $f \sim P_0$ 关系列如表3。

根据上述情况,笔者认为,描述垂直下渗的菲利普公式在不考虑参数 $A$ 的情况下,仅考虑土壤的吸附性 $S$ ,这个性质,在下雨时可以向下,不下雨时可以向上,因而不能充分

表达下渗。关于霍顿公式，从概念上理解，上述第 2 ) 种假定是比较合理的。 $f_e$  虽然是下渗能力的一个组成部分，但它是包气带或影响土层的排去部分，这种理解和 J. C. I. 杜格提出的线性吸收器的概念是一致的<sup>[5]</sup>。线性吸收器以  $f_e$  的速率输送水量补给地下水，甚至在不满足土壤缺水时也是如此。这种理解和处理同巴西的 C. E. M. 杜西提出的理解完全一致<sup>[1]</sup>，它的图形如图 1 所示，这个图就是表 2 中第 2 ) 种情况两个图合并在一起的图形。另外，表 2 中第 2 ) 种假定推导的参数关系为  $f_e = kI_M$ ，和 A. 柯勒尔<sup>[2]</sup>、S. W. 鲍尔<sup>[3]</sup>等推导的关系完全一致。

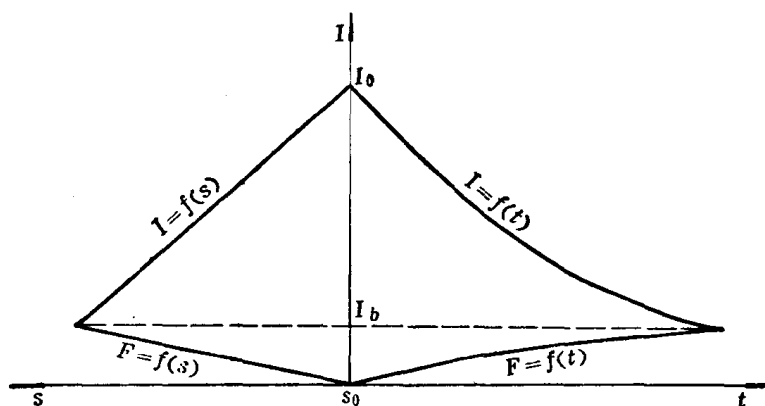


图 1 下渗 (I) 和渗漏 (F) 为时间 (t) 和蓄量 (s) 的函数关系图

## 2. 流域蒸散发量计算

这次论文涉及到流域蒸散发量计算的也不少，主要包括两个方面：一是确定流域蒸散发能力  $E_M$ ；另一是计算流域实际蒸散发量  $E$ 。

(1) 流域蒸散发能力 已应用和提出的有三种方法：

1) 取广大自由水面蒸发值作为蒸散发能力，国内研究认为它接近于 E601 型埋地式水面蒸发皿的观测值。有的采用多年正常值，有的采用逐日实测值。

2) 使用一个系数  $Z$ ，使  $E_M = ZE_{601}$ ，以符合多年水量平衡。 $Z$  值包括：蒸发皿系数，水面与流域蒸发差别系数，以及蒸发皿对全流域高程代表性系数等。

3) 推荐修正后的彭门蒸发能力公式，在此基础上提出了计算流域蒸散发能力的半经验公式，只要有了风速、温度、日照百分率和饱和差（或相对湿度）资料就可计算。按月计算流域蒸散发能力总量后，借助于蒸发站的逐日观测值按比例确定每天的流域蒸散发能力。

(2) 流域蒸散发量计算 论文中也反映了三种方法：

1) 基本方法。流域蒸散发量与土壤蓄水量成正比，与流域蒸散发能力成正比，即

$$E = \frac{P_a}{I_M} E_M \quad (1)$$

2) 分层计算。两层计算是按蒸散发能力先消耗上层，待上层消耗完后，按式 (1) 关系消耗下层。三层计算的前两层与两层计算同，待上两层消耗完以后，深层按固定值

表 2 霍顿公式  $f \sim P_e$  关系

项 目	时 段 (小时)	不 考 虑 $f_c$	考 虑 $f_c$ , 作 为 排 水 率	考 虑 $f_c$ , 稳 渗 点 正 前 作 蓄 水 量
公式变形形式		$f = f_0 e^{-kt}$	$f = f_0 e^{-kt} + f_c (1 - e^{-kt})$	$f = f_c + (f_0 - f_c) e^{-kt}$
图 形				
参数关系		$I_M = \frac{f_0}{k}$ $f_0 = k I_M$	$I_M = \frac{f_0}{k}$ $f_0 = k I_M$	$I_M = f_c T + \frac{f_0 - f_c}{k} (1 - e^{-kT})$ $f_0 = \frac{k(I_M - f_c T)}{1 - e^{-kT}} + f_c$
$f \sim P_e$ 关系式	瞬 时	$f = f_0 - k P_e$	$f = f_0 - k P_e + \frac{k P_e}{f_0} f_0$	$P_e = f_c t + \frac{f_0 - f_c}{k} (1 - e^{-kt})$ $f = f_0 - k(P_e - f_c t)$ 迭代合解二式得 $f \sim P_e$ 关系
		$f = k(I_M - P_e)$	$f = k(I_M - P_e) + \frac{P_e}{I_M} f_0$	$P_e = f_c t + \frac{I_M - f_c T}{1 - e^{-kT}} (1 - e^{-kt})$ $f = \frac{k(I_M - f_c T)}{1 - e^{-kT}} + f_c - k(P_e - f_c t)$ 迭代合解二式得 $f \sim P_e$ 关系

续表

项 目	时 段 (小时)	不 考 虑 $f_c$	考 虑 $f_c$ , 作 为 排 水 率	考 虑 $f_c$ , 稳 渗 点 丁 前 作 着 水 量
$f \sim P_a$ 关系式	$\Delta t = 1$	$f = (1 - e^{-k}) (I_M - P_a)$	$f = (1 - e^{-k}) (I_M - P_a) + \left[ 1 - \frac{I_M - P_a}{k I_M} (1 - e^{-k}) \right] f_c$	
	$\Delta t > 1$	$f = \left( \frac{1 - e^{-k \Delta t}}{\Delta t} \right) (I_M - P_a)$	$f = \left( \frac{1 - e^{-k \Delta t}}{\Delta t} \right) (I_M - P_a) + \left[ 1 - \frac{I_M - P_a}{k I_M} \left( \frac{1 - e^{-k \Delta t}}{\Delta t} \right) \right] f_c$	
$f \sim P_a$ 关系图				
	饱和后的水量平衡方程 (忽略雨期蒸发)		$I_M = P + P_a - R$	$I_M = P + P_a - R - f_c t$

表 3

菲利浦公式  $f \sim P_e$  关系

项 目	时 段 (小时)	不 考 虑 $A$	考 虑 $A$ ( $f > A$ )
$f \sim P_e$ 关系式	瞬 时	$P_e = \frac{S^2}{2f}$ $f = \frac{S^2}{2P_e}$	$P_e = \frac{S^2(2f-A)}{4(f-A)^2}$ $f = \frac{1}{4}SP_e^{-1}[S + (S^2 + 4AP_e)^{\frac{1}{2}}] + A$

消耗。

3) 用流域蓄水曲线, 考虑蒸散发机会, 考虑蓄水量的垂直分布。上层用蓄水曲线, 如图 2 所示, 蒸散发量为:

$$E_{\pm} = \int_0^{E_M} (1-\alpha) ds \quad (2)$$

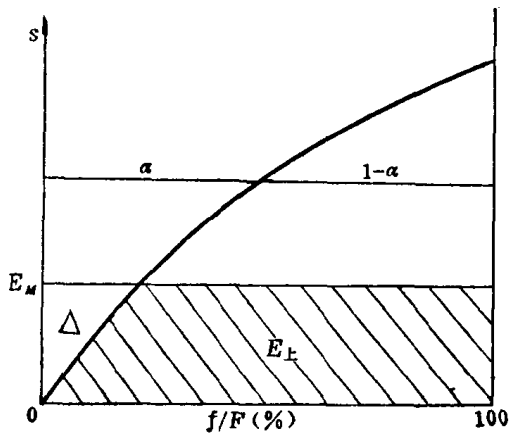


图 2 蒸散发量计算

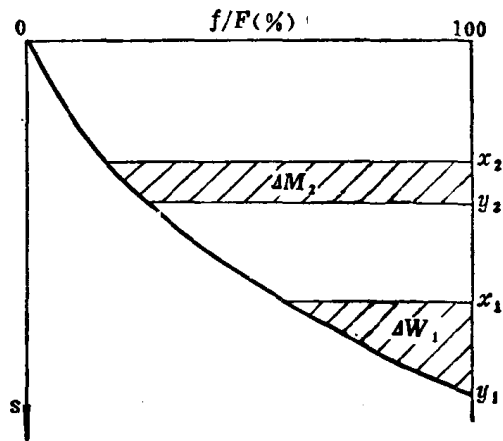


图 3 倒置蓄水曲线

剩余的蒸散发能力为  $E_M - E_{\pm}$  (即图 2 中的  $\Delta$  面积) 用作下层按式 (1) 或用下层蓄水曲线计算下层蒸散发量  $E_{\pm}$ 。

下层蓄水曲线如图 3 所示, 设开始为全面蓄满状态, 流域最大蓄水深为  $Y_1$ , 经过几天消耗干土深为  $X_1$ , 又降雨  $Y_2$ , 又消耗  $X_2$ , 则流域实际蓄水为  $\Delta W_1$  和  $\Delta W_2$ 。在流域形成多层蓄水情况后, 可用  $E' = \frac{P_{aT}}{I_{MT}} E_M$  按式 (2) 自上而下地逐层计算下层蒸散发量。其中  $E_M$  是上层剩余蒸散发能力,  $E'$  是下层不考虑蒸散发机会时的蒸散发量,  $P_{aT}$  是下层土壤蓄水量,  $I_{MT}$  是下层最大蓄水量。

近年来, 我国在流域蒸散发计算方面虽然有所进展, 譬如初步用蒸发公式确定流域蒸散发能力、分层计算以及用流域蓄水曲线考虑土壤蓄水量的垂直分布、考虑蒸散发机会等, 为改进流域蒸散发量计算初步提供了方法, 但有些问题还有待进一步研究。

另外,值得指出的是,不少同志可能是对符号 $E_M$ 的误解,把蒸发能力理解为最大蒸发能力,因此在引用  $k=1-\frac{E_M}{I_M}$  分析各月的正常 $K$ 值时, $E_M$ 采用的是历年最大值,这是不对的。应按往返一致的原则, $E_M$ 也应采用各月正常值。也有的人认为正常值的用法不妥,认为它不能代表某一具体日期的蒸散发能力,其实正常值并不代表某一具体日期,而是代表并用于该月的各日。至于用  $E_M=ZE_{601}$  确定流域蒸散发能力的方法,看来必须特别注意流域的闭合、资料精度以及雨量站代表性,等等。否则,名义上系数 $Z$ 只包括蒸发皿系数、水面与流域蒸发差别系数、蒸发皿对全流域高程代表性系数,实质上由于求得多年水量平衡,它必须还包括雨量站代表性系数、不闭合损失系数以及测验误差等系数在内,因此 $Z$ 就改变了性质,不单是蒸散发能力改正系数,而是水量平衡改正系数了。

### 3. 蓄满产流模型和超渗产流模型的关系

有的论文提出,蓄满产流模型是缺水容量 $(I_M-P_a)$ 的流域分布与雨量对比求得产流量,超渗产流模型是瞬时下渗能力 $k(I_M-P_a)$ 或时段下渗能量 $(1-e^{-k\Delta t})(I_M-P_a)$ (见表2中第1)种假定,时段下渗能量等于 $f\Delta t$ )的流域分布与雨强对比求得产流量。对瞬时而言,前者和后者当 $k=1$ 时是一致的;对时段而言,前者和后者当 $(1-e^{-k\Delta t})=1$ 时,也就是当 $e^{-k\Delta t}=0$ 时是一致的。 $e^{-k\Delta t}=0$ 的条件是 $k\Delta t\geq 4$ 。由此可见,蓄满产流模型用的是霍顿公式,而且是超渗产流模型当 $k\Delta t\geq 4$ 的特例。

笔者认为在不考虑 $f_a$ 的情况下,包气带缺水容量 $(I_M-P_a)$ 和霍顿公式推导的下渗能力 $k(I_M-P_a)$ 或 $(1-e^{-k\Delta t})(I_M-P_a)$ 之间似乎有数学关系。但作为蓄满产流模型,主要考虑在雨量充沛、植被良好、包气带较薄、土壤缺水量小、表土下渗能力较大的湿润地区,雨强很少起作用,降雨产流不受或很少受下渗规律支配,而主要受蓄水容量控制, $P>(I_M-P_a)$ 是产流的主要条件。超渗产流模型正相反,根据干旱地区的特性,雨强起决定性作用,降雨产流主要受下渗容量控制, $i>f$ 是产流的主要条件。因此,两个基本模型的根本分歧不是数学关系,而是基本概念,即一个受控于蓄水容量的概念,一个受控于下渗容量的概念。

### 4. 关于蓄水曲线线型

流域蓄水容量曲线或下渗能力流域分配曲线线型,除了南宁会议已提出的 $n$ 次抛物线线型和指数线型外,这次会议又提出几种新的线型,它们是:1)圆弧的四分之一;2) $m$ 次抛物线;3)频率曲线线型;4) $\Gamma$ 分布线型;5)双抛物线;6)衰减函数;7)直线线型。

蓄水容量曲线或下渗能力流域分配曲线是一种考虑随机分布的简化处理方法,是一种经验性的拟合,目前很难从理论上确定其数学形式。M.L.绥曼等人<sup>[6]</sup>根据集水区内许多测点的下渗观测资料分析了菲利普方程参数 $S$ 、 $A$ 和下渗能力的空间变化规律,点绘在对数~正态机率格纸上为直线(纵坐标对数格表达参数和下渗能力,横坐标机率格为参数和下渗能力等于和小于纵标值的累积概率);点绘在正态机率格纸上为指数曲线(纵坐标为普通格,横坐标同上)。蓄水容量和下渗能力流域分配曲线线型见诸于国外文献者,只有简便的直线和指数线型。R.K.林斯雷<sup>[4]</sup>在引用直线时说:假定为线性变化是任意的,用其

它关系式也不一定能改进成果。A.柯勒尔在考虑多容量水帐时<sup>[2]</sup>，对流域取下列容量比例： $s = 2$  英寸，面积为30%； $s = 5$  英寸，面积为40%； $s = 10$  英寸，面积为20%； $s = 20$  英寸，面积为10%。如果绘成面积分配曲线，也是一条简单的衰减曲线，如图4所示。

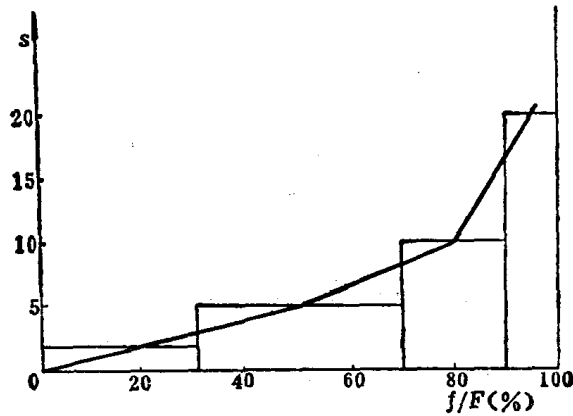


图4 多容量分配曲线

### 5. 应用下渗曲线时计算时段的选择

这次应用下渗曲线的论文有10多篇，而在计算时段的选择上很不一致。有的认为下渗曲线的变化很快，几十分钟就趋于稳渗，计算时段只能取几分钟；有的则认为下渗曲线在稳渗前有相当长的缓变段，计算时段取1小时、3小时，个别的甚至取到6小时和12小时。水利电力部南京水文研究所针对这个问题，利用陕北岔巴沟的详细记录进行了对比研究，认为时段取30分钟和取3分钟的计算结果都可达到精度要求，如果精度要求稍许放宽，时段可扩大到1小时。

笔者认为，点下渗曲线递减快慢，与下垫面关系密切，情况复杂，模拟的流域平均下渗曲线更是如此。一般说，下渗曲线初期阶段变化很快，几十分钟就能达到缓变拐点，然后经过相当长的时间趋于稳渗。林斯雷等在新修订的《工程水文学》<sup>[8]</sup>一书中引用下渗曲线的一个区段就是24小时，下渗率还没有达到稳渗。菲利普1981年访华时指出，他的公式虽然开始有一个较大的变化段，但递减缓慢，可以较好地模拟下渗过程。因此，看来在具有详细观测记录条件下，把计算时段取得较短，对提高计算精度有好处。如果雨量观测时段较长，例如1小时、2小时等，也是可以计算的。但如时段太长，例如6小时、12小时等，就不能保证精度，必须加密观测。

## 三、对今后产流研究工作的意见

1) 明确主攻方向，开展技术协作：产流研究方面的重点课题应当是下渗规律、土壤水运动、蒸散发损失、水源划分、产流参数地区规律以及人类活动对产流的影响等。应统筹规划，目的明确，组织协作，定期交流。

2) 加强水文科学实验，揭露雨洪成因规律：水文科学实验研究工作是揭露雨洪成因

规律、提高计算方法的重要途径，应重点加强径流实验站和开展实验流域的工作，做到野外实验和分析研究结合，调查统计和成因分析并重。

3) 加强国际科技交流：组织赴国外考察进修，翻印国外科技成果，聘请国外专家来华讲学等。

### 参 考 文 献

- [1] C.E.M. 杜西等，“运用概念性降雨径流模型作修正预报”，国际水文科学协会牛津讨论会论文集，1980年。
- [2] A. 柯勒尔，“降雨——径流模型”，华东水利学院《最近国外水文文献选译》，1973年。
- [3] S.W. 鲍尔，“适用于间歇降雨的霍顿入渗修正式”，长江流域规划办公室《水利水电科技情报》，1975年。
- [4] R.K. 林斯雷，“一个假想的水文模型”，华东水利学院《最近国外水文文献选译》，1973年。
- [5] J.C.I. Dooge, 《Deterministic methods in system hydrology》，1979年。
- [6] M.L. Sharma et al., “Spatial Variability of infiltration in a Watershed”, 《Journal of Hydrology》，1980年1月。
- [7] J. Mis, “Effective rainfall estimation”, 《Journal of Hydrology》，1980年2月。
- [8] R.K. Linsley et al., 《Hydrology for engineers》，1975年。



# 流域产流计算数学模型\*

文康 李蝶娟 金管生 李琪

(水利电力部南京水文研究所)

## 提 要

设想流域存在一条空间平均的下渗曲线, 考虑到流域上各点下渗能力的差异, 用数学模型来表示各点下渗能力在流域上的空间分配, 将下渗曲线与下渗率流域分配曲线结合起来, 构成流域产流计算模型。它概括了单纯用下渗曲线进行产流计算的超渗产流模型及蓄满产流模型。模型分一层产流模型和两层产流模型。

本文详述了这种产流模型的结构, 推导出若干种产流计算公式, 并从数学上和实际计算上证明蓄满产流模型是这种产流模型的特例。

通过我国干旱和湿润地区几个流域暴雨洪水资料的检验, 证明本模型具有较大的弹性和适应性。

## 一、下渗率流域分配曲线

Horton曲线与Philip曲线是描述单点下渗率变化的下渗公式。天然流域的下垫面在同一时刻下渗率迥然不同。因此, 不能直接应用单点下渗公式。设想流域存在一条空间平均的下渗曲线 $f \sim t$ , 数学公式仍与Horton和Philip公式相同。其任一时刻的下渗率代表流域的平均值, 它是由同一时刻许许多多大于、等于及小于该平均值的下渗率 $f$ 组成的。将这些不同的下渗率 $f$ 按大小顺序排列, 并对应地将小于和等于某下渗率 $f$ 的单元面积累加起来, 除以总面积, 得到累积面积百分数 $\alpha\%$ 。从而得到 $f \sim \alpha$ 曲线, 定义为下渗率流域分配曲线。曲线以下包围的面积表示流域平均下渗率 $\bar{f}$ 。

流域分配曲线具有随机性, 目前很难从理论上确定它的数学表达式, 而只能经验选定。

下渗率在流域上的分配包括两个含义, 一个是分配的数学模型; 另一个是分配的方式。为便于讨论, 我们暂将下渗率的流域分配分为全流域分配与部分流域分配。

(1) 全流域分配 随着土壤含水量的增加, 流域上各点的下渗率逐渐减小, 流域分配曲线逐渐平缓, 如图1所示。相应的数学模型如下:

\* 本模型的电算程序系由水利电力部天津勘测设计院莘志宏同志编制。