

我国可能最大暴雨洪水研究的进展*

詹道江

邹进上

(河海大学水资源水文系)

(南京大学大气科学系)

提 要

我国的暴雨洪水大、人口众、土坝多。为了保障人民生命财产和工农业的安全,许多大型、重要的中小型水库多采用可能最大暴雨洪水作为设计、校核的标准。在水文与气象人员的协作下,我国近十年来的可能最大暴雨与洪水计算方法得到一定的发展,提出了具有中国特色的方法、论文和一些专著,并开始了国际交流。本文综述这方面的进展并提出了几点看法。

一、可能最大暴雨与洪水

水利工程的大坝及溢洪道设计常决定于预期发生的最大洪水或某种频率洪水。如洪水估算偏大,工程费用也就随之偏大,有时甚至于使工程不能修建,水资源得不到利用。如洪水估算偏小,则工程不够安全,有些水库一旦溃决,会给下游人民生命财产和工农业造成毁灭性灾害。如何平衡经济与安全,是设计者和决策者的严峻任务和艺术。

现代的大坝一般都要考虑垮坝后果。我国由于暴雨特大,人口众,土坝多,所以我国《水利水电工程等级划分及设计标准(山区、丘陵区)SDJ 12-78》第十三条规定:失事后对下游造成较大灾害的大型水库、重要的中型水库以及特别重要的小型水库的大坝,当采用土石坝时,应以可能最大洪水作为非常运用的洪水标准”。

又如位于河川附近的核电站,其防洪措施需要特别安全,自然也以可能最大洪水作为设计对象。

所谓可能最大洪水(Probable Maximum Flood,简称PMF)是指设计流域(或地区)内各种水文气象条件最严重组合所能发生的最大洪水。这里的最严重组合是指合理而恰当的组合,不是各种条件均取其极端情况下的组合,因为自然条件下很少极端情况遭遇在一起,如若都取极值来组合,就会过于保守。

PMF来自可能最大降水(Probable Maximum Precipitation,简称PMP)。所谓可能最大降水是指一定历时内理论上的最大降水量,这种降水量对于特定流域在一年的某一时期是可能发生的(美国气象学会1959)^[1]。近年来美国国家气象局(NWS)在一篇报告中^[2]将“特定流域”改为“特定地理位置的给定雨面”,这是因为考虑到雨型(等雨量线分布型式)不会与流域形状恰好一样的缘故。

可能最大降水,也就是一定流域或地区内一定时段所能达到而又不被超过的降水量。不过目前由于气象科学水平还不足以精确计算这种雨量,而是一种近似估值。

* 本文于1985年1月22日收到,1985年12月16日收到修改稿。

我国的自然条件(气象、水文、地理)与社会条件(政治、经济、人口)以及四化建设需要研究这种暴雨和洪水,因而近十余年来,可能最大暴雨和洪水在工程设计中得到广泛重视并取得了一定的进展。

二、中国暴雨特点

中国河流洪水绝大多数来自强烈暴雨,而很少是融雪洪水。现将暴雨特点归纳如下:

1. 暴雨强度大、历时长、洪水峰高量大

近年来,我国不少地区强烈暴雨频繁发生,记录不断刷新。24 h 降水量超过或接近 1000 mm 的暴雨已发生过 10 多次^[3,4]。美国的地理纬度与我国相当,但我国的暴雨却较美国为大。例如,王家祁(1985)^[5]曾利用 1977 年以来我国 930 次暴雨时面深资料与美国的暴雨进行了比较,指出,我国暴雨数值除 24 h 300—1000 km² 的面暴雨略小于美国外,长历时各种面积的面暴雨量以及短历时小面积暴雨均大于美国。作者(1980)^[6]与骆承政(1985)^[1]等人对我国特大暴雨、洪水进行了调查分析,并与国外资料进行了比较,也发现多种历时的最大点暴雨和各种面积的洪峰流量均已接近世界记录。

就暴雨成因而论,引起特大暴雨的天气系统主要有台风、梅雨锋、切变低涡、中尺度热带云团等,其中台风暴雨尤为强烈。例如,台湾省新寮台风暴雨 24 h 最大降水量为 1672 mm,三天总量达 2749 mm,仅次于法国留尼旺赛路斯(Cilaos)暴雨^[7]。又如河南省林庄台风暴雨 24 h 最大降水量为 1060.3 mm(1975 年 8 月 7 日 0—24 时,林庄),大于 400 mm 的雨量分布如图 1 所示。图中有三个特大暴雨中心:一个位于林庄,这里最大 6 h 雨量达 830.1 mm,与世界最大雨量记录相比,毫无逊色;另一个位于老河水库;第三个中心位于春水站与桃花店一带。

梅雨锋暴雨或低涡暴雨,往往是持续时间长,雨区范围广,或呈纬向带状型,或呈经向型(低涡暴雨),有时会造成峰高量大的稀遇洪水。1954 年 7 月长江流域长时间维持准静止锋,多次出现气旋波暴雨^[8]。1981 年 7 月四川西南低涡缓慢移动,1983 年 7 月长江中下游梅雨锋持久、稳定,均造成了长江流域的特大暴雨和洪水^[9]。1983 年 7 月 13 日大通流量曾达 74,500 m³/s,仅次于 1954 年 8 月 1 日的 92,600 m³/s。

2. 地形影响显著,暴雨的地域性强

我国西有青藏高原,东南濒太平洋,地势高差大,山系、河谷交错纵横,地形极为复杂,各地雨量差异很大。地形对暴雨的影响可以归纳为^[10-11]: 1) 地形坡度对潮湿气流的强迫抬升作用; 2) 对位势不稳定能量的触发; 3) 对中、小尺度系统的阻滞与组织作用; 4) 屏蔽作用与拔海高度的影响; 5) 对微观物理过程的影响。

实际观测表明,绝大多数暴雨都是与迎风坡、喇叭口等有利地形有关。迎风坡不仅使暴雨频数增加,而且可使暴雨增幅 15—20%^[12]。图 2 为通过林庄 75.8 暴雨区的地形廓线与雨量廓线图。在平原地区,雨量廓线变化比较平缓,但至林庄附近(迎风坡),雨量陡增,再沿风向至西北山区,拔海高度增高,雨量又减少,也就是说,在山脉的迎风坡(林庄)出现了雨量峰值。如果林庄附近的地形起伏不存在,则雨量将沿虚线变化,林庄 24 h 雨

¹⁾ Luo Chengzheng, A survey of historical flood and its regionalization in China, 中美双边水文极值学术讨论会文集, 1985. 南京。

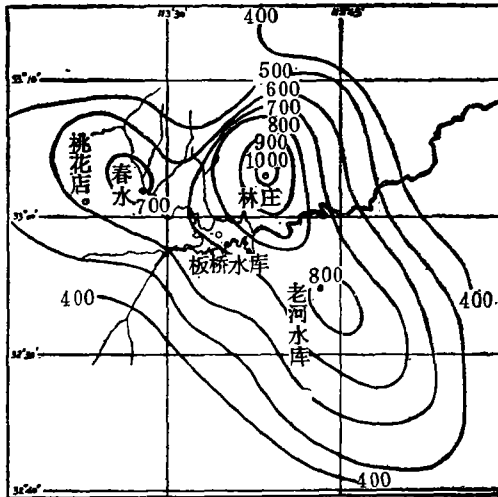


图 1 1975 年 8 月 7 日 2 时—8 日 2 时 24 h
雨量分布
(引自水电部淮委, 1975 年 8 月暴雨洪水调查
报告, 1979.3)

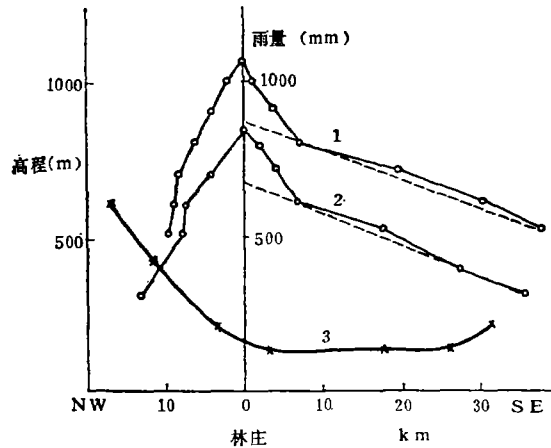


图 2 林庄 75.8 大暴雨廓线图
(1 24 h 雨量廓线, 2 6 h 雨量廓线, 3 地形廓线)
(引自胡绩勋, 1976)

量将为 875 mm。由此可以认为, 林庄由于地形影响所增加的雨量约为总雨量(1060 mm/24 h)的 17.5%。

从历史雨洪分析来看, 某些地区特大暴雨重现的可能性是很大的。这可能和该地的地形、地理位置和气象条件有关。例如, 在河南 75,8 暴雨区就有 1593 年“黑风四塞, 雨若悬盆, 鱼游城囿, 舟行树梢”的暴雨洪水记载。又如汉江上游, 1583 年曾发生过一次特大雨洪, 以致安康城被毁。1693 年夏, 安康一带沦为泽国。1983 年 7 月底安康又遭大水, 造成严重灾害^[13]。

3. 季节性鲜明

东亚季风气候的显著特点之一是暴雨带随夏季风的推进自南向北移动^[14]。华南暴雨出现早, 而结束晚, 可分为两个汛期, 5—6 月和 8—9 月。华北、东北暴雨出现晚, 而结束早, 主要集中在 7—8 月。6 月中、下旬至 7 月上、中旬, 暴雨带一般发生在长江中、下游和淮河流域, 主要为梅雨锋或低涡切变线所造成。我国西南部(包括四川、云贵高原)暴雨一般发生在 6—8 月。有些暴雨洪水甚至延迟到 9—10 月。例如, 四江流域(怒江、澜沧江、金沙江、雅砻江)和汉江中上游即是如此。至于台风暴雨主要发生在 7—9 月。

4. 强盛的低空暖湿急流

无论是梅雨锋暴雨, 或台风暴雨都是和西南或东南暖湿急流的维持和发展相联系的。所以有人认为, 低空暖湿急流是造成我国特大暴雨的主要因素。由于低空暖湿急流为暴雨区输送大量水汽、热量和不稳定能量, 促使对流活动加强, 释放凝结潜热, 反馈大气, 如遇中、高纬度冷空气的作用, 乃产生强大的水汽辐合, 即 $g^{-1}\nabla \cdot q\mathbf{V} < 0$ (g 为重力加速度, \mathbf{V} 为风速矢量, q 为比湿), 导致强烈暴雨。图 3 为台风暴雨区(a)和梅雨锋暴雨区(b)附近水汽通量散度的铅直分布。由图可见, 水汽通量辐合最大值出现在 850 hPa 层附近,

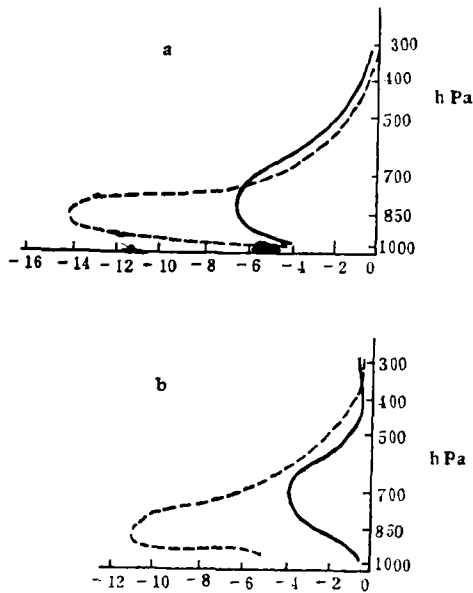


图3 暴雨区附近(驻马店)水汽通量散度($g^{-1}\nabla\cdot gV$)的铅直分布
 a, 实线为1975年8月5日20时,虚线为7日20时(引自丁一汇等),8月7日林庄24h雨量为1060mm; b, 实线为1982年7月21日08时,虚线为20时,7月21日肖县24h雨量为362mm)。

500 hPa 以下的 $g^{-1}\nabla\cdot qV$ 积分值占整个对流层内积分总值的绝大部分。这种由于低空暖湿急流稳定维持或增强而产生的强烈水汽辐合是造成特大暴雨的主要原因。研究表明,暴雨中心一般降落在低空急流的左前方^[15],200 hPa 高度上急流的右侧,见图4。因为这里低空风速辐合强,低空急流轴左侧为气旋性切变,产生正值涡度,上升运动最强。绝大多数暴雨发生在低空急流轴左侧离轴0—200 km 之间。

华南前汛期特大暴雨不仅伴有低空暖湿急流,而且往往降落在地面锋前暖区内。1982年5月中旬初粤北大暴雨就是适例^[16]。暴雨伴有雷暴、阵风,引起山洪暴发,淹没村庄,并导致山崩和泥石流等。这次暴雨中心区,清远24h雨量为640.6mm。暴雨区内不仅水汽入流强,而且上升运动剧烈,稳定持久(见图5)。显然,这与低空、超低空的强盛暖湿急流长时间持续以及有利的迎风坡地形有关。

三、可能最大暴雨研究的进展

近年来,我国 PMP、PMF 的估算研究大致可以归纳为以下几方面:

1. 暴雨移置法 在非山岳地区而且具有特大暴雨资料时,暴雨移置是推求 PMP 的最基本方法。但在我国地形复杂的山区,本法也存在许多困难。近几年来,我国提出的一

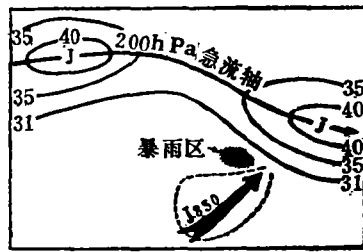


图4 高、低空急流与暴雨区的相互配置示意图(引自张裕华)
 (细实线为200 hPa上的等风速线(ms^{-1}),虚线为1.5 km高度上等于 $12 ms^{-1}$ 的等风速线带有阴影的箭头为低空急流轴,其特点是强大的低空西南暖气流呈“盾形”向东北方向涌进,向暴雨区输送水汽、热量和不安定能量)。

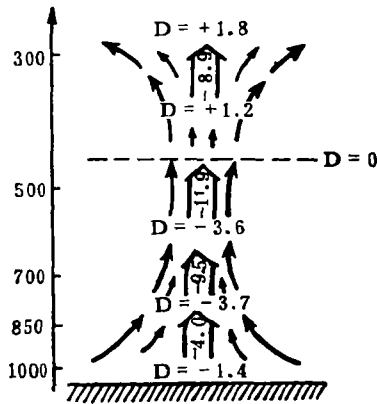


图5 1982年5月12日08时粤北暴雨区附近散度(D)与铅直速度($cm s^{-1}$)分布模式
 (引自杜杰、薛惠翔,1982;箭头表示上升运动)

些改进山区暴雨移置的方法与经验是值得注意的^[17]。

1) 暴雨移置需要进行水汽调整。水汽调整时,一般只将低于 1000 m 的山脉作为“水汽障碍”,移置时可作水汽改正。高出 1000 m 的山脉扰乱系统的自然状态,甚至使风暴结构变性,不宜作“水汽障碍”来改正水汽。许多事实说明,高大山岭往往是“气候一致区”的边界,不宜越过它移置暴雨。

2) 短历时(1 h 以内)暴雨量只相当于当地水汽近似全部凝结的水量,因此,短历时暴雨分布的地域性不明显^[18]。

3) 山岳地区大暴雨是温、压、风场结构变化与地形相配合的产物。天气系统的活动区域比较广阔,但天气系统与某一特定地形造成的特大暴雨则不宜轻易搬移。

4) 我国有些工程设计,将暴雨作沿山脊方向的移置,是一个成功的经验^[19]。

山岳降水受天气系统和地形的影响,可假定由辐合分量与地形分量组成,胡绩勋(1976)^[20]提出的线性分割不失为是一种实用的方法。这种分割使山区暴雨的辐合部分得以作为移置对象。

5) 等百分数线法在山区暴雨移置中得到了广泛的应用。

为了暴雨移置的便利,需要建立暴雨档案和暴雨区划研究。邹进上等¹⁾曾根据暴雨成因、季节和地形特点等对中国大暴雨进行了区划,共分十个大区 and 四个副区。这对气候一致区的划分和暴雨移置边界的确定无疑是有重要参考意义的。

2. 典型暴雨放大法 分析流域内的典型暴雨,抓住影响暴雨的关键因子,如水汽和降水效率等加以极大化。这种方法称为典型暴雨放大法。例如,水汽效率放大法、人流指标法、水汽辐合上升指标法^[21]、水汽净输送放大法等^[22]。

3. 暴雨组合法 经验表明,大面积和长历时的可能最大洪水,仍以采用暴雨组合为宜。近年来,暴雨组合有以下三种办法: 1) 天气过程连续性分析法; 2) 大水典型年相似过程代换法; 3) 长短历时雨量相关法。暴雨组合法的关键是组合的可能性与合理性论证。其中,应用了所谓“相似原则”,即要求: ① 大环流形势基本相似; ② 产生暴雨的天气尺度系统必须相同; ③ 雨型及其演变大致相似; ④ 暴雨发生的季节相同。不过,长时段的暴雨组合仍缺少可靠的办法,合理性论证也较为困难。南大、长办、淮委、昆明水电设计院、黄委等估算我国丹江口、万安、淮河洪泽湖、澜沧江漫湾以及长江三峡、黄河三门峡的 PMP、PMF 都曾用过了组合法。本法近来也应用于缺少资料情况时推求 PMP,既作时间上的组合也作空间上的组合,即所谓时空放大。

4. 全程模型——PMP 估算的新发展 全程模型就是输入气象信息及有关流域参数即可直接输出洪水过程线。这种模型是水文与气象的结合,可以简化 PMP 估算或进行洪水预报。这种模型必须满足下述条件: 1) 模型必须对设计流域(或地区)有针对性与现实性,的确是设计流域内发生最大暴雨的模型。因为不同流域内引起最大暴雨的天气系统不尽相同。2) 模型的关键性因子(或参数)在大暴雨时应能观测到,并且具有长期观测资料。3) 须能确定各参数的最优组合,以便确定暴雨的最大值。

下面简要地介绍两种适合于我国某些流域的模型。

1) 邹进上、王梅华、张薇,中国暴雨区划初步研究,1985。

(1) 台风模型

吴谦明^[23]将台风分解为对流雨与地形雨两部分：对流雨利用连续性方程式和水汽调整法，地形雨则利用福尔克(Fulk)降雨强度公式计算。

利用水汽连续方程，假定台风结构圆对称，两个同心圆 r_1 和 r_2 之间环形区域的平均降水强度 i_r

$$i_r = 2W \frac{r_2 u_2 - r_1 u_1}{r_2^2 - r_1^2} \quad (1)$$

式中 u_1, u_2 分别为圆 r_1 和圆 r_2 吹向台风中心的风速。 W 为可降水量，一般为已知或给定。

对于不同的台风可从地形图上得到简化地形剖面，然后由福尔克公式计算沿山坡抬升气流形成的地形雨，其降雨强度 i_i 为

$$i_i = \frac{0.622}{RT} \left(\frac{de}{dz} + \frac{eg}{RT} \right) w \Delta Z \quad (2)$$

式中 R 为空气的气体常数， Z 为高度， ΔZ 为气层厚度， w, T, e 和 $\frac{de}{dz}$ 分别为平均垂直速度、温度、水汽压及其在该气层中的垂直变率。把实测参数数据放大到实测最大值，此模型就可自动给出降雨的面分布，再与降雨径流模型相联就得出了 PMF。

根据这个模型算得的台湾点 PMP，只是台湾实测点雨量的 1.1 倍。

(2) 梅雨模型

单位时间内单位面积上的降水量 I 为

$$I = \frac{1}{g} \int_{p_0}^0 \frac{dq}{dt} dp = \frac{1}{g} \int_{p_0}^0 \frac{\partial q}{\partial p} \omega \cdot dp \quad (3)$$

式中 q 为比湿， g 为重力加速度， ω 为 p 坐标上升速度。

林炳章根据我国资料，假定从地面到高空上升速度呈正弦分布，即

$$\omega = \omega_m \sin \frac{\pi p}{p_0} \quad (4)$$

又比湿按下列经验公式分布

$$q = q_0 e^{-\alpha(p_0 - p)} \quad (5)$$

式中系数 α 取 $\frac{1}{300} \sim \frac{1}{340}$ ，得

$$I = -20 \omega_m \cdot q_0 \quad (6)$$

用于 PMP 估算时

$$I_M = -20 \omega_M \cdot q_{0M} \quad (7)$$

式中 q_{0M}, ω_M 可用实测最大值代入。推求 PMF 用三水源蓄满产流模型，并用单位线求出断面流量过程线。

尽管在一些研究中提出了这样或那样的模型，但至今未能建立一个行之有效和普遍承认的理论模型。正如魏士诺^[24]所说：“在讨论暴雨极大化时，现在应该明了强烈暴雨结构及暴雨资料均属有限，而且很不完善，因此，再考虑到理论模型的过分概化和许多假定，就不会对用理论模型计算出来的 PMP 所引起的争论感到意外了。”可见，全程模型是

PMP 研究中的一个新发展,但还有很多争论的问题需要进一步研究。

5. PMP 等值线图 1977 年我国 24 h PMP 等值线图完成^[25]。我国是世界上继英美之后第三个完成这种等值线图的国家。随后我国各省的分图及化算为其他历时、面积及推求洪水的查算图表也相继完成,为小流域的 PMP、PMF 估算提供了方便。

四、几点看法

1. 可能最大暴雨与洪水是一门边缘科学,是水文学与气象学的共同研究领域,需要水文与气象工作者的密切协作和共同努力。近年来,这项研究已经有了较大的进展,特别是暴雨洪水特性研究,PMP 与 PMF 估算理论与方法,全程模型等。然而,到目前为止,这种估算仍然是属于半经验半理论性质,因为暴雨机制及降雨效率仍不足以计算暴雨的极值,PMP 仅是一种近似估算值。估算方法也是各有其优缺点,应当根据工程的性质,流域的气象与地形特点,可供利用的气象资料来选用。工程上迫切需求 PMP,PMF,但现有方法还远不能令人满意,尚须气象和水文人员作出更大的努力,以期求得一个比较可靠的新方法。

2. 无论是暴雨洪水计算或洪水预报都需要分析暴雨的时空分布特征。暴雨的时间变化要用自记雨量计观测。从水文部门的分段雨量记录,参照附近测站的自记雨量记录也可以大致求得雨量的时程分配。暴雨的空间分布,需要相当稠密的雨量站网才能求得,例如,1975 年 8 月河南大暴雨等雨量线图就是由 279 个测站的雨量绘制而成的(参看图 1)。其中板桥水库流域面积 762 km² 有 15 个雨量站,单站控制为 51 km²,石漫滩水库上游单站控制面积为 31 km²。我国气象测站的数据比较完整,观测记录可靠,但由于台站均设在县城附近,山区台站很少,站网密度小,控制性差。1975 年河南大暴雨水文部门观测到林庄 24 h 最大雨量为 1060.3 mm,而气象站观测到的最大雨量仅有 879.4 mm(上蔡)^[26]。建议气象部门加强多雨山区的雨量观测。

3. PMP 是推求 PMF 的先决条件,但由 PMP 推算 PMF 时还有许多水文气象环节需要研究,诸如前期雨量、水库起始状况、PMP 的时空分布,产流汇流模型问题都足以影响洪水的最后结果,原则是当 PMP 确定后如何使其相应的 PMF 最大,这方面我国研究较少,今后不可忽视。

4. 近年来古洪水水文学(Paleo-flood Hydrology)利用地层学原理探测全新世(距今 0—10,000 年)的洪水沉积物,以放射性同位素测定其发生年代,再用水文学方法测算相当于这种洪水的流量,如此,可把洪水记录延长数千年。将实测洪水(包括历史调查洪水)置于这种系列,会使现行频率曲线大为改观,估计长重现期洪水的数量将趋于减小。这种完全不同于水文气象和统计的新途径算得的洪水,可以提供 PMF 以实证,是洪水计算中一个值得注意的新方法^[27]。

参 考 文 献

- [1] Glossary of Meteorology, American Meteorology Society, Boston, Mass., 1959.
- [2] Application of probable maximum precipitation estimates-U. S. East of the 105th meridian, Hydrometeorological Report NO. 52, NWS, Silver Spring, Md., Aug., 1982.
- [3] 中国最大 24 小时点雨量记录, 编制全国可能最大暴雨等值线图组织协调小组办公室, 1978, 12。
- [4] 詹道江、邹进上, 可能最大暴雨与洪水, 水利电力出版社, 1983。
- [5] 王家祁, 我国暴雨的最大时面深记录的介绍, 水文, 1985 年第 1 期, 44—45。
- [6] 詹道江、邹进上, 可能最大洪水大于万年洪水吗? ——兼论暴雨洪水的物理上限, “水力发电”, 1980, 2, 18—24。
- [7] Zhan Daojiang, and Zou Jinshang, Recent development on the probable maximum precipitation (PMP) estimation in China, Jour. of Hydrology, 68, 285—293 1984.
- [8] 陈汉耀, 1954 年长江淮河流域洪水时期的环流特征, 气象学报, 28, NO. 1, 1—12, 1957。
- [9] 四川成都中心气象台, 1981 年四川的特大暴雨, 气象, 1982 年第 4 期, 2—6。
- [10] 章淹, 地形对降水的作用, “气象”, 1983 年第 2 期, 9—13。
- [11] 章名立, 地形对暴雨的影响, 暴雨文集, 58—64, 吉林人民出版社, 1978。
- [12] 陶诗言等, 中国之暴雨, 科学出版社, 1980。
- [13] 骆承政, 从历史上的洪水灾害看安康“83.8”特大洪水, 江苏水利科技, 水文专刊, 1984, 2, 61—65。
- [14] 查良松、邹进上, 我国东部地区汛期雨带的变动及其与环流的关系, 南京大学学报(自然科学版), 21, NO. 2, 380—393, 1985。
- [15] 李建军, 高、低、超低空急流的相互关系及其对暴雨的贡献, 华南前汛期暴雨文集, 58—63, 气象出版社, 1981。
- [16] 杜杰、薛惠纲, 一次暖区特大暴雨强度及落区的探讨, 热带气象, 1, NO. 1, 85—92, 1985。
- [17] 詹道江、邹进上, 我国可能最大降水研究十年, 水文, 1985 年第 1 期, 1—7。
- [18] 引自林炳章, 我国短历时暴雨分布图, 见参考文献 [4], 296。
- [19] 见参考文献 [4], 310—315。
- [20] 见参考文献 [4], 353。
- [21] 邹进上等, 可能最大降水量的一种估算方法, 南京大学学报(自然科学版), 1977 年第 1 期, 113—118。
- [22] 邹进上、刘惠兰、涂蓉玲, 应用水汽净输送法估算汉江上游秋季可能最大降水, 华东水利学院学报, 1983 年第 2 期, 51—61。
- [23] Wu Chian Min, A Typhoon flood computation model in Taiwan, International Symposium on River Mechanics, Bangkok, Thailand, Vol. 2, 171—182, 1973.
- [24] Wiesner, C. J., Hydrometeorology, Chapter 17, Chapman and Hall, London, 232.
- [25] 中国可能最大 24 小时点雨量等值线图, 编制全国可能最大暴雨等值线图协调办公室, 1977。
- [26] 淮河流域洪汝河、沙颍河水系 1975 年 8 月暴雨洪水调查报告, 水利电力部治淮委员会编印, 1979 年 3 月。
- [27] Kochel, R. C. et al., Paleohydrology of south Western Texas, Water Resources Research 18, no. 4, 1165—1183, Aug. 1982.

**THE PROGRESS OF PROBABLE MAXIMUM
PRECIPITATION (PMA) AND PROBABLE
MAXIMUM FLOODS (PMF) ESTI-
MATION STUDIES IN CHINA**

Zhan Daojiang

(Department of Water Resources and Hydrology, University of River and Ocean)

Zou Jinshang

(Department of Atmospheric Sciences, Nanjing University)

Abstract

Because of abundance of heavy rainstorms and dense population in China, the probable maximum flood should be used in the design criterion of dam safety. Some new ideas and methods put forward by Chinese hydrometeorologists and advances during the last 10 years are reviewed.