

文章编号:1004-9045(2007)04-0295-06

武汉区域分县可能最大降水预报研究

崔讲学¹, 王仁乔², 王 丽², 金 琪², 李银娥²

(1.湖北省气象局, 武汉 430074; 2.武汉中心气象台, 武汉 430074)

摘 要:针对强降水过程预报,介绍了一种包含大尺度降水、不稳定能量释放、地形影响作用等因子的可能最大降水预报模型的建立方案。方案利用历史强降水过程资料和精细的地形资料,从暴雨的基本成因出发,构造了多个影响因子,分别设计了不稳定降水方程和地形影响降水方程。通过 2007 汛期业务试运行表明,同其它模式相比,该模型对暴雨有较强的预报能力,为防汛抗灾提供了可靠的气象决策依据,最大可能降低了暴雨洪涝灾害造成的损失。

关键词:可能最大降水;暴雨;不稳定降水;地形作用

中图分类号: P458.1*21.1 文献标识码: A

1 引言

世界气象组织给可能最大降水下的定义是:在现代气候条件下,一年中的某一时期,一定流域面积上在给定历期内,可能发生的最大降雨深度^[1]。国内外研究表明^[2],降水是存在上限的。首先,地球大气是一个不断运动的整体,大气环流对水汽、热量、能量等物理量具有自动调节的功能。强降水是大气环流严重异常的产物,而大气环流又受到太阳辐射、高原、海洋、极冰以及大气成分等诸多因子的作用和制约,不会永远向某一独特的方向发展;其次,作为暴雨形成的物理因子之一——大气中的水汽含量也是有上限的。大气中的水分主要来源于海洋表面的蒸发,蒸发量受海温控制,多年观测表明,海温变化很小,更不可能无限制增加;另外,从降水的长期变化来看,降水具有周期性振动,并不是无限增加的^[2];最后,国内外实测最大暴雨记录表明,特大暴雨是在一个有限范围内变动的^[2]。

农田的灌溉与排水、水库、城市下水道等的设计与施工,都需要掌握百年一遇或二百年一遇的可能最大降水量,以便做到既节省投资又安全可靠。因此,国内外专家学者对可能最大降水的研究都集中在一定气候背景下某区域可能出现的最大降水,为市政规划、水利工程提供服务^[1-6]。与上述研究有所不同,本文是以强降水过程预报为研究对象,着眼于不同天气形势下,武汉区域各县市 24 h 内可能产生的最大降水,其研究结果主要应用于暴雨预警、面雨量、洪水程度预报,为防汛决策服务提供参考,同时也可对地质灾害预警、城市渍涝预报提供依据。

2 方法简介

可能最大降水的估算方法最早始于美国,其它国家的处理方法与美国相似,只是在一些环节的处理上有所差异^[9]。目前国内外的研究是多种方法并存^[1-6],主要有:当地暴雨放大法、暴雨移置法、暴雨组合法,但以上方法都是以工程设计保障为目的,并不是针对每次天气过程所能产生的最大降水预报。因此,有必要从强降水的基本成因出发,设计一套适合强降水天气过程预报的估算方法。

强降水的产生是多种因素作用的结果,其中大尺度天气系统的配置对强降水的发生有直接的影响。强降水的组成中有一部分是由大尺度天气系统引起的降水。国内各种数值预报产品检验分析表明^[7-12]:全球模式能较好地反映大尺度范围的降水发生机制,对短期内区域强降水过程的发展趋势具有较强的预报能力,但降水量预报与实况有一定的差距,往往漏报多,空报少。一方面全球数值模式由于自身分辨率,物理过程设计以及初始地表参数等多方面原因,对中尺度降水过程的预报能力是不足的;同时也反映出全球数值预报模式的降水预报更贴近大尺度天气系统引起的降水实况。因此,选择一种定性准确,预报稳定的全球数值模式的降水预报产品作为可能最大降水的组成因子。

大尺度天气背景下的可能最大降水,往往还与中小尺度系统的激发、地形的抬升、辐合作用密切相关。因此,可能最大降水预报在充分考虑全球模式降水预报的基础上,还应包含中小尺度的不稳定降水和地形

收稿日期:2007-08-26;定稿日期:2007-11-20

基金项目:中国气象局新技术重点推广项目“长江中游气象水文预报与服务系统研究”(CMATG2006Z08)资助

作者简介:崔讲学,男,1958年生,高级工程师,湖北省气象局局长.E-mail:hbqxzdq@126.com

影响作用。中小尺度系统为强降雨提供能量和触发机制,只有不稳定能量的释放才能形成暴雨或大暴雨,天气学中各种物理量场正是不稳定能量储存和释放机制的表征。同样,地形影响在强降水中也起着重要的作用,坡度、坡向的不同、站点位置的分布,直接影响垂直速度的发展,另外地形的绕流作用也会产生辐合辐散作用,造成气流上升和下沉运动,抬升作用的强弱直接影响降水的大小。因此,可能最大降水的组成还应包括不稳定能量的充分释放和地形影响作用产生的强降水。

3 资料的来源及预处理

3.1 资料的来源

可能最大降水方法应用了历史实况、客观分析及数值预报等资料,包括:

(1) 中国气象局 9210 系统下发的 2002~2006 年 mcaps 数据资料,包括全国 08~08 时 24 h 降水实况、08、14、20 时地面观测。

(2) 中国气象局武汉暴雨研究所提供的 2002~2006 年日本(JMA)6 h 降水预报产品,其范围为 60°E~160°W,20°S~60°N,格距 1.25°×1.25°;2004~2006 年德国(GRE)降水预报,其范围为 30°~180°E,0°~90°N,格距 1.5°×1.5°;2002~2006 年 T213 降水预报,其范围为 70°~140°E,10°~60°N,格距 1.0°×1.0°。

(3) 2002~2006 年 NCEP 逐年客观分析资料,包括高度、温度、相对湿度、东西风、南北风、垂直速度等六种物理要素场,层次 1000~300 hPa 共计 8 层,格距 2.5°×2.5°。

(4) 华中区域 1:250000 的地形资料。

3.2 资料的预处理

以湖北省武汉市可能最大降水预报模型建立为例,处理步骤如下:

(1) 通过普查 2002~2005 年历史降水资料,选取武汉市 24 h 降水达到 25 mm 以上的强降水个例。

(2) 运用 2002~2006 年日本(JMA)降水预报产品,结合武汉日降水 25 mm 的降水个例,计算相应时段的日本降水预报,并将网格点资料插值到武汉站点。

(3) 利用武汉强降水个例日期,分离与各个例对应的 NCEP 年客观分析资料。

4 预报模型的建立

4.1 大尺度降水预报场选取

为选择一种定性准确,预报稳定的全球数值模式的降水预报产品作为可能最大降水的组成部分,对日本(JMA)、德国(GRE)、T213 这三种在预报业务中有

着广泛应用的全球数值预报产品进行了强降水分析检验。检验结果表明:在强降水过程预报中,日本(JMA)的降水预报更为稳定,降水发生发展趋势更能代表大尺度天气系统的降水。因此,选取日本(JMA)的降水预报作为大尺度降水场,强降水正是在其背景下发生的。

4.2 地形影响降水的设计

4.2.1 坡度、坡向的计算

文献研究表明^[13-15]:坡度、坡向是不可忽略的因子,迎风坡和背风坡对降水的影响,可以远远超过高度对降水的影响。图 1 是坡度、坡向的示意:坡面 abcd, o 为其中心点, o 点及坡面的法向矢量 on 在水平面上的投影分别是点 o' 及矢量 o'n', 以 o 为坐标原点, z 轴指向天顶, y 轴指向正南, x 轴指向正东, 则坡面法向矢量 on 与 z 轴的夹角就是坡度, 而坡面法线方向在水平面上的投影 o'n' 与正南方向(即 y 轴方向)的夹角就是坡向。

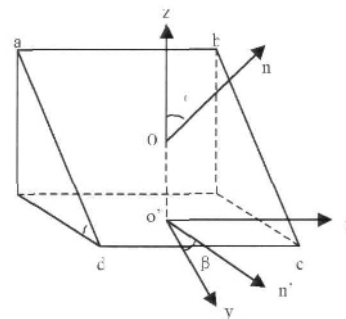


图 1 坡度、坡向示意图

设站点海拔高度场为 $h(x,y)$ (其中 x,y 分别代表东西向和南北向坐标), 则使用李占清等^[13]的坡度、坡向分析表达式:

$$= \arctan \left[\left(\frac{\partial h}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial h}{\partial y} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (1)$$

$$= - \arctan \left[\left(\frac{\partial h}{\partial x} \right) / \left(\frac{\partial h}{\partial y} \right) \right] \quad (2)$$

利用华中区域 1:250000 地形资料, 计算武汉所在网格的坡度、坡向, 计算出的坡向, 规定以正南为 0°; 沿顺时针方向为正, 则 -22.5° ~ 22.5° 为南向坡, 22.5° ~ 67.5° 为西南向坡, 其余类推。

4.2.2 地形抬升速度的计算

地形抬升速度和风速、风向与坡向的夹角及地形坡度有关。表示坡地的坡度, 和 分别表示向风坡的坡向和降水时的盛行风向, α 则表示风向和坡向的夹角。吹向坡面的风速 V 由于受到斜坡阻碍的影响, 产生对降水有意义的上升运动 v_z , v_z 又在 z 方向即指向天顶的方向上产生地形抬升速度 v_{up} :

$$= v_z \sin \alpha = \frac{V}{2} \cos \alpha \sin 2\alpha \quad (3)$$

4.2.3 地形影响降水的设计

利用凝结函数计算地形抬升降水:

$$R = \frac{1}{g} \int_0^{P_p} Fdp \cdot RTime \quad (4)$$

其中 F 为凝结函数:

$$F = \frac{q_s T}{p} \left(\frac{LR - C_p R_v T}{C_p R_v T^2 + q_d L^2} \right) \quad (5)$$

q_s 为饱和比湿, T 为温度, p 为气压, $L=2.501 \times 10^6$ $J \cdot kg^{-1}$, $R_v=461.5$ $J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$, $C_p=1004.675$ $J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$ 。

(4) 中 w 为垂直速度, F 为符号函数, 当 $q \geq q_s$ 且 $w < 0$ 时, $F=1$, 否则 $F=0$, $RTime$ 为降水持续时间, 其合理设定, 是一个难点, 这里根据其它文献的试验^[16-17], 取为 1.5 h。由于武汉区域各站点海拔基本在 850 hPa 以下, 为便于统一计算, 地形影响降水积分从地面至 850 hPa。

4.3 不稳定降水的设计

在大尺度降水和地形影响降水设计的基础上, 结合历史资料, 运用线性逐步回归方法建立不稳定降水模型。

4.3.1 不稳定降水模型预报对象的处理

大尺度系统降水、地形影响降水、不稳定能量释放引起的降水组成了强降水过程, 则不稳定降水可近似看作强降水与大尺度系统降水、地形影响降水的差值。

计算 2002-2005 年武汉市降水达 25 mm 以上的过程中日本预报降水和地形影响降水, 并利用实况雨量减去日本预报降水、地形影响降水, 近似得到武汉历史强降水过程中的不稳定降水序列。

4.3.2 不稳定因子的构造

从动力诊断角度而言, 强降水天气都对对应强的条件不稳定层结, 底层暖湿, 高层干冷。但是除了大气层结外, 还应包括充足的水汽输送和强烈的水汽辐合, 冷暖空气的有利配合, 强烈的上升运动(非地形作用)。本文的不稳定因子是一个广义的概念, 它包含了上述产生强降水的基本条件。因此, 从强降水的动力诊断构造以下因子(表 1)。

以上因子有的是表征地面冷暖空气强度、有的表征地面或高空水汽含量、水汽辐合强度, 中低层垂直运动的发展等, 表 1 是这些因子的名称和为引用方便而设置的符号, 其中 R_1 - R_{19} 均是表示 24 h 内各项因子的最大、最小或平均值, 因子可按照常规方法理解, 特殊之处解释如下:

(1)对流性稳定度指数(R_{10})^[18]: 定义为 $I_{Cone} = T_{500} - T_{地面}$, 即 500 hPa 假相当位温与地面假相当位温之差。若 $I_{Cone} < 0$, 为对流性不稳定; $I_{Cone} = 0$, 为中性; $I_{Cone} > 0$, 为条件性稳定。

表 1 因子符号及名称

符号	名称
R_1	最大地面气压差
R_2	最大地面温度差
R_3	最大地面露点
R_4	最小地面温度露点差
R_5	地面平均温度露点差
R_6	500、700、850 hPa 露点和最大值
R_7	500、700、850 hPa 温度露点差和的最小值
R_8	500、700、850 hPa 相对湿度和的最大值
R_9	500、700、850 hPa 假相当位温和的最大值
R_{10}	对流性稳定度指数
R_{11}	条件性稳定度指数
R_{12}	条件- 对流稳定度指数
R_{13}	全总指数
R_{14}	修正全总指数
R_{15}	K 指数
R_{16}	修正 K 指数
R_{17}	深对流指数
R_{18}	850 hPa 水汽通量
R_{19}	700 hPa 水汽通量
R_{20}	850 hPa 水汽通量散度
R_{21}	700 hPa 水汽通量散度
R_{22}	强天气威胁指数
R_{23}	湿理查森数
R_{24}	850 hPa 垂直速度
R_{25}	700 hPa 垂直速度
R_{26}	850 hPa z- 螺旋度
R_{27}	700 hPa z- 螺旋度

(2)条件性稳定度指数(R_{11})^[18]: 定义为 $I_{Cnd} = T_{500} - T_{地面}$, 即 500 hPa 处饱和湿静力温度与地面湿静力温度之差。若 $I_{Cnd} < 0$, 为条件性不稳定; $I_{Cnd} = 0$, 为中性; $I_{Cnd} > 0$, 为条件性稳定。

(3)条件- 对流稳定度指数(R_{12})^[18]: 条件性稳定度是考虑一小块空气上升得到的, 而对流性稳定度是考虑厚度相当大的某一层空气抬升得到的, 两者各有其独立性。从实用出发, 常把两者结合为条件- 对流稳定度指数, 其表达示为: $I_{Cnd-Cone} = I_{Cnd} + I_{Cone}$ 若 $I_{Cnd-Cone} < 0$, 为不稳定; $I_{Cnd-Cone} = 0$, 为中性; $I_{Cnd-Cone} > 0$, 为稳定。

(4)全总指数(R_{13})^[18]: 其表达示为: $TT = T_{850} + T_{850} - 2T_{500}$ 。TT 越大, 越容易发生对流天气。修正全总指数的表达示为: $TT_{mod} = \bar{T} + \bar{T}_d - 2T_{500}$, 式中 \bar{T} 与 \bar{T}_d 分别为地面- 850 hPa 的平均温度与平均露点温度, 与全总指数相同, TT_{mod} 越大, 越容易发生对流天气。

(5)修正 K 指数(R_{16})^[18]: 考虑了地面温度状况:
 $mK = \frac{1}{2} (T_0 + T_{850}) + \frac{1}{2} (T_{d0} + T_{d850}) - T_{500} - (T - T_d)_{700}$ 。mK 值越大

表示气团低层越暖湿, 稳定度越小, 因而越有利于对流产生。

(6) 深对流指数(R_{17})^[19]: $\Sigma_{DG} = T_{850} + T_{850} - 1$, 1 为地面抬升指数。深对流指数反映了对流层中低层的稳定度情况, 反映的是一种不稳定和对流潜势, 深对流指数越大, 预示条件不稳定越强。

(7) 强天气威胁指数(R_{20})是根据日常预报经验得出的一个预报指标^[20]。表达式为: $I = 12T_{850} + 20(TT - 49) + 2f_{850} + f_{500} + 125(S + 0.2)$ 。其中 T_{850} 为 850 hPa 露点温度(), 若 T_{850} 是负数, 此项为 0; TT 为全总指数, 若 TT 小于 49, 则 $20(TT - 49)$ 项等于 0; f_{850} 、 f_{500} 分别为 850 hPa、500 hPa 风速; 切变项 $S = \sin(\alpha_{500} - \alpha_{850})$, α_{500} 与 α_{850} 分别代表 500 hPa 与 850 hPa 风向, $125(S + 0.2)$ 在下列条件中任何一项不具备时为零: 850 hPa 的风向在 $130^\circ \sim 250^\circ$ 之间; 500 hPa 的风向在 $210^\circ \sim 310^\circ$ 之间; 500 hPa 的风向减 850 hPa 的风向为正; 850 hPa 的风速与 500 hPa 的风速至少等于 15 海里/小时。强天气威胁指数反映了不稳定能量与风速垂直切变以及风向垂直切变对风暴强度的综合作用, 其值越高, 发生强对流的可能性越大。

(8) 湿理查森数(R_{23})^[20]: 考虑水汽的情况下, 描述湍流运动因抵抗重力所做的功与雷诺应力使平均动能转变成脉动动能之比的大小, 常用于区分各种尺度扰动系统是否稳定以及暴雨落区的预报中。 $Ri_m = \left[-R_d \frac{\bar{T}}{\bar{p}} \cdot \frac{P}{\bar{p}} \right] \frac{\rho_{850}}{(\bar{V})^2}$, 其中 \bar{T} 、 \bar{p} 、 \bar{P} 分别为两等压面的温度、假相当位温、气压的平均值; ρ_{850} 、 \bar{V} 分别是两等压面间的气压差、假相当位温差、风速差; R_d 一般取 $287.05 \text{ J} \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ 。考虑到近地层往往受局地因素影响较大, 所以计算中在 850-500 hPa 中进行。

(9) Z-螺旋度(R_{26} 、 R_{27}): 表达示为 $H_z = -\left(\frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y} \right)$, 即垂直方向的螺旋度, 综合表现了涡度和垂直运动的作用, 其意义为涡度的垂直平流, 研究发现其与低涡有关的强降水有较好的指示意义^[20]。

4.3.3 不稳定降水模型的建立

(1) 利用武汉强降水个例日期, 应用 NCEP 的高度、温度、相对湿度、东西风、南北风、垂直速度逐日四次的客观分析资料, 计算上述因子的网格点值, 然后插值到站点, 计算其与正态化处理后的站点降水实况的相关系数。以武汉站为例, 地面最小温度露点差, 500、700、850 hPa 露点和最大值, 500、700、850 hPa 假相当位温和的最大值, K 指数, 强天气威胁指数、850 hPa 水汽通量、850 hPa z-螺旋度都通过了 $\alpha = 0.05$ 的显著性检验, 相关系数均在 0.4 以上。

(2) 应用线性逐步回归方法, 根据初选的预报因子和正态化处理后的预报对象逐站建立 24 h、48 h、72 h 不稳定降水预报模型。为提高预报方程的稳定性, 最后进入方程的预报因子控制在 5 个左右。以武汉站 24 h 预报为例, 按照相关系数的大小选取因子, 进入预报方程有: 地面最小温度露点差, 500、700、850 hPa 露点和最大值, 500、700、850 hPa 假相当位温和的最大值, K 指数, 850 hPa 水汽通量。

$$Y = -28.6514 - 7.3211R_4 + 0.2762R_6 + 0.1792R_9 + 0.6590R_{15} + 0.748R_{18} \quad (6)$$

4.4 可能最大降水预报方程的集成

以 X_1 代表大尺度降水预报场, X_2 代表地形影响降水, X_3 代表不稳定降水, 则可能最大降水 Y :

$$Y = X_1 + X_2 + X_3 \quad (7)$$

方程从暴雨的形成机理出发, 既考虑了大天气尺度背景, 又考虑了中小尺度系统的作用和地形的影响。但在实际天气过程中, 并不是每次降水过程都有不稳定能量的完全释放和地形抬升作用, 而本模型在其因子构成中引入了不稳定降水和地形影响降水方程, 理想地考虑了中小尺度系统和地形的配合, 从而预报过程中可能出现的最大降水。因此, 在业务应用中若不考虑模型启动条件, 则会出现模型预报与实况相比过于偏大的情况, 而失去实际意义。因此, 在业务中应采取一定约束条件启动模型, 以武汉为例, 如 K 指数大于 30, 则启动该模型。另外, 还可根据日本降水预报定性准, 定量偏小的特点, 结合历史统计的结果, 设定临界值, 当日本降水预报达到这一临界值时启动模型。

5 业务试运行情况分析

可能最大降水预报模型在 2007 汛期进行了业务试运行, 经过统计分析, 其暴雨预报准确率较其它数值预报模式有一定优势。应用中国气象局制定的《重要天气预报质量评定办法》对可能最大降水预报模型, 日本(JMA)、T213、德国(GRE)、AREM 等产品的湖北汛期强降水预报进行了 TS 检验, 如表 2 所示。

表 2 2007 年 5 月 1 日至 7 月 15 日各产品湖北暴雨 Ts 评分

时段	Ts 评分				
	可能最大降水	日本(JMA)	T213	德国(GRE)	AREM
24 h	11.4	1.0	3.5	4.3	6.3
48 h	11.7	1.6	0.6	0.7	1.7
72 h	9.7	11.3	0	0	0.5

从表 2 可以看出, 在湖北暴雨以上量级的预报中, 可能最大降水模型同其它模式相比, 预报提高明显, 72 h 强降水预报略低于日本(JMA), 但也远高于其

它模式。

自汛期模型运行以来,对湖北5月29~30日(图2)、7月12~13日(图略)的大范围强降水天气过程,河南5月30~31日(图略)、7月14~15日(图略)的暴雨天气过程,湖南6月6~7日(图略)的大暴雨灾害天气,都进行了准确的预报和及时的服务,为社会、政府防汛抗灾提供了可靠的气象决策依据,最大可能降低了暴雨洪涝灾害造成的损失。

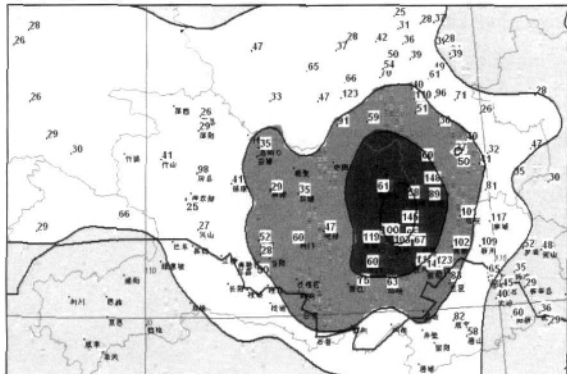


图2 2007年5月30日预报与实况对比
(线条与色斑为预报,数字为实况降水)

6 结论与讨论

不同于常规意义上的可能最大降水,本文着眼于强降水过程预报,介绍了一种基于数值预报和常规分析资料的可能最大降水预报模型的方法。

(1)在研究各种全球数值模式降水预报性能的基础上,充分利用日本降水预报在强降水预报中定性准确、定量偏小、预报稳定的特点,其降水发生发展趋势最能代表大尺度天气系统的降水,将其作为大尺度降水背景场和预报因子,增加了模型的稳定性。

(2)利用精细的地形资料,结合地形对风的影响和降水成因公式,设计了一套地形影响降水公式,引入到可能最大降水模型中。但其中降水持续时间的合理设定,是一个难点,在后期研究中仍需通过大量试验对比确定。

(3)从强降水成因出发,构造了多个能够比较全面反映不稳定降水特征的综合物理因子,与历史降水资料相结合,通过相关性分析,选取有效的指标参与模型的建立,提高了方程对强降水的预报能力。

(4)可能最大降水模型在2007年汛期业务试验中对强降水过程表现了较好地预报能力,有效地提高了暴雨预报水平,较其它模式有一定优势。

由于国内外研究对于过程性可能最大降水研究还较少,本文的研究也处于起步阶段,因此还存在以下问题值得探讨:

(1)本文所介绍的方法是基于历史强降水个例的

基础上建立预报模型,其模型对于未来可能出现超历史的强降水过程的预报能力还有待进一步检验。

(2)本项目在对可能最大降水模型启动机制的研究尚停留在对历史过程的统计基础上,后期应开展暴雨启动因子的探讨,最大限度地降低暴雨空报率和漏报率。

(3)不稳定降水模型中应增加更多的动力指标,扩大因子来源,对预报因子和方程进行深加工;另一方面,应加强对中尺度数值模式输出的不稳定降水预报的检验工作,直接引进其输出产品并进行试验。

参考文献:

- [1] 沃兰德,廖长路.澳大利亚亚热带地区估算可能最大降水的新方法[J].水利水电快报,2004,24(13):3-9.
- [2] 魏慧娟.用典型暴雨放大法估算可能最大降水量 AREM 中尺度暴雨模式降水预报试验[J].河南气象,2000,15(1):10-11.
- [3] 刘晓群.流域特征降水估算 PMP3d[J].湖南水利水电,1995,9(4):25-27.
- [4] 张志新.极限降水与可能最大暴雨的估算及预测[J].农业与技术,2003,23(5):84-85.
- [5] 王政祥.可能最大降水与洪水估算方法的进展及其在清江的应用研究[D].南京:河海大学,2005.
- [6] 杨德蓉,张大振,杨期丰.用综合经验指标法推求可能最大暴雨[J].水文,1995,20(5):37-41.
- [7] 王雨.2004年主汛期各数值预报模式定量降水预报评估[J].应用气象学报,2006,17(3):34.516-323.
- [8] 王雨.2003年主汛期及淮河强降水过程中外数值模式降水预报检验[J].天气与气候,2004,3(1):78-87.
- [9] 王雨.2002年主汛期国家气象中心主客观降水预报对比检验[J].气象,2003,29(5):21-25.
- [10] 顾永刚,王丽.2005年夏季华中地区四种数值预报模式的预报效果评估[J].湖北气象,2006,24(2):13-16.
- [11] 卢振礼,郑美琴.日本数值产品降水量预报的应用及检验[J].河南气象,2005,20(4):20-21.
- [12] 张建海,诸晓明.数值预报产品和客观预报方法预报能力检验[J].气象,2006,32(2):58-63.
- [13] 舒守娟,喻自凤,王元,等.西藏地区复杂地形下的降水空间分布估算模型[J].地球学报,2005,48(3):535-542.
- [14] 楼小凤,胡志晋,王广河.对流云降水过程中地形作用的数值模拟[J].应用气象学报,2001,12:113-121.
- [15] 张连强,赵有中,欧阳宗继.运用地理因子推算山区局地降水量的研究[J].中国农业气象,1996,17(2):6-10.
- [16] 夏建国.有限区数值预报产品的强降水动力释用试验[J].气象,1993,19(4):12-14.
- [17] 宋煜,王健.数值预报产品动力释用预报系统的研制[J].辽宁气象,2003,23(1):4-5.
- [18] 钟晓平.强对流降水前大气层结因子的分析[J].应用气象学报,1993,4(4):408-414.
- [19] 宋海鸥,王永红,顾善齐,等.应用K指数和TOT指数作江苏中期降水预报的试验[J].气象科学,2002,22(2):242-245.
- [20] 刘建文,郭虎,李耀东,等.天气分析预报物理量计算基础[M].北京:气象出版社,2005:215-217.

The Forecast of Possible Maximal Precipitation in Every Station in Wuhan Region

CUI Jiang-xue¹, WANG Ren-qiao², WANG Li², JIN qi², LI Yin-e²

(1.HuBei Meteorological Bureau, Wuhan 430074; 2.Wuhan Central Meteorological Observatory, Wuhan 430074)

Abstract: Aiming at strong precipitation forecast, a project about the forecasting model of possible maximal precipitation including factors like big-scale rain, unstable energy releasing, terrain effect is introduced. By using the historical strong precipitation examples and elaborate terrain datum, and based on the basic matter of strong precipitation, the unstable precipitation equation and terrain effect precipitation equation are designed. By examination during 2007 flood season, compared with other forecasting models, this model shows better forecast ability for strong precipitation, and provided credible weather decision-making gist, farthest reducing the damage caused by flood and torrential rain.

Key words: Possible maximal precipitation; Strong precipitation; Unstable precipitation; Terrain effect