

# 天气预报 技术论文集 (1999)

中国气象局预测减灾司 编



气象出版社

# 天气预报技术论文集 (1999)

中国气象局预测减灾司 编

气象出版社

## 内容提要

本论文集收入了 1999 年在山东威海市召开的“1999 年全国重大灾害性天气过程总结和预报技术经验交流会”上交流的论文 60 篇。内容涉及到:造成'98 长江、松花江特大洪水的暴雨天气过程的分析总结以及沙尘暴、台风等灾害性天气的个例分析、多普勒雷达资料的应用、数值预报产品的解释应用、MICAPS 的二次开发和应用、短期气候预测及预报业务管理的经验总结等。

本书可供气象、水利、航空等部门从事天气预报的科技人员和高等院校相关专业师生参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

天气预报技术论文集(1999)/中国气象局预测减灾司编.  
北京:气象出版社,2000.10  
ISBN 7-5029-3026-4

I. 天… II. 中… III. 天气预报—文集 IV. P45-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 55091 号

## 天气预报技术论文集(1999)

中国气象局预测减灾司 编

责任编辑:俞卫平 终审:周诗健

封面设计:沈 辉 责任技编:吴庭芳 责任校对:孙 红

---

气象出版社出版

(北京海淀区白石桥路 46 号 邮政编码:100081)

北京金瀑印刷厂印刷

---

新华书店总店北京发行所发行 全国各地新华书店经销

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:14.5 字数:370 千字

2000 年 12 月第 1 版 2000 年 12 月第 1 次印刷

印数:1~1000 册 定价:22.80 元

ISBN 7-5029-3026-4/P·1048

# 编者的话

中国气象预测减灾司与国家气象中心联合组织,于1999年9月13~15日在山东威海市召开了“1999年全国重大灾害性天气过程总结和预报技术经验交流会”,与会代表140人,会议共收到论文和总结250余篇。经专家审阅和评选,本文集共录用刊登会议交流的论文60篇,其中全文刊登的44篇,摘要刊登的16篇。由于编者水平有限,错漏之处在所难免,欢迎读者提出宝贵意见。

编 者

2000年8月

AAH24/12

# 目 录

1998 年全国重大灾害性天气过程和预报技术经验交流会技术总结 ..... 大会技术小组(1)

## 第一部分 1998 年全国重大灾害性天气过程总结和预报技术经验交流会优秀论文和总结

|                                        |                     |
|----------------------------------------|---------------------|
| 1998 年长江中游特大洪涝特征和气候变化背景分析 .....        | 熊安元 刘 敏 周月华 王海军(4)  |
| “98.8”松嫩流域一次低涡暴雨的数值模拟初步分析 .....        | 姜学恭 孙永刚 沈建国(10)     |
| 上海 1998.7.23 大暴雨过程多普勒雷达资料分析 .....      | 姚祖庆 杨引明(15)         |
| 夏季分县降水量集成预报试验 .....                    | 苗爱梅 郭玉玺 梁明珠 袁怀亭(18) |
| 综合指标方法在降水分级预报中的应用研究 .....              | 王建国 李玉华 耿 勃 吴 炜(24) |
| 市级 MICAPS 系统本地化和二次开发初探 .....           | 常富玉 张继赢(28)         |
| 一次发生在天气尺度脊中的强对流大暴雨的环境条件及动力触发发展机制 ..... | 李志楠 李廷福(31)         |
| 从江西“98.7”降水看低空急流诱发地面辐合线的过程 .....       | 张延亭(36)             |
| 1998 年长江特大洪涝前期异常特征的分析 .....            | 严小华(40)             |
| 卫星云图在巴州短期降水预报中的应用 .....                | 潘新民(43)             |

## 第二部分 天气过程总结和预报技术

|                                                  |                         |
|--------------------------------------------------|-------------------------|
| 1998 年与 1954 年夏季大尺度环流特征的对比分析 .....               | 晁淑懿 李月安(47)             |
| 热带大气环流异常与'98 长江流域暴雨 .....                        | 杨祖芳 李伟华 李月安(51)         |
| “98.6”江西连续大暴雨过程诊断分析 .....                        | 曹晓岗 詹丰兴 许 彬 王 欢(57)     |
| 河南省暴雨客观分型相似预报系统(摘要) .....                        | 郑世林 吴 蓁 赵培娟 布亚林(61)     |
| 高效的人机交互系统 .....                                  | 张 瑛 汪 薇 谢基平(62)         |
| 以 MICAPS 为核心的地市级新预报业务流程 .....                    | 戴有学 薛双青 王文义(66)         |
| 用 MICAPS 制作分县要素预报的流程(摘要) .....                   | 谢亦峰 刘 勇(72)             |
| “98.7”鄂东南持续特大暴雨的分析 .....                         | 邓秋华 王登炎 黄治勇 宋清翠 张 吉(74) |
| 1998 年松花江流域特大洪水期间的暴雨个例分析(摘要) .....               | 刘 辉 张礼宝 王承伟(80)         |
| “98.7.4”宁夏区域性暴雨天气过程分析 .....                      | 陈豫英 陈 楠 丁永红(81)         |
| 西北地区“4.18”强沙尘暴、浮尘天气成因分析 .....                    | 许东蓓 杨 民 孙兰东 徐建芬(87)     |
| MICAPS 系统的二次开发及应用——秦皇岛预报业务流程 .....               | 居丽玲 王 志 宁秀凤(92)         |
| 一次冰雹云气流结构的分析(摘要) .....                           | 李云川 许焕斌 胡 欣(95)         |
| “8.19”川西北大暴雨天气过程成因的对比分析天气图实况场同 T106 预报场的对比 ..... | 顾清源 肖洪郁 周定文(96)         |
| 引发 1998 年松嫩两江洪水的阻塞形势分析(摘要) .....                 | 袁美英(101)                |

|                                        |                          |     |          |
|----------------------------------------|--------------------------|-----|----------|
| 1998 年夏季长江流域降水及环流特征 .....              | 王效瑞                      | 刘锦云 | 周厚福(103) |
| 气象信息综合分析处理系统的二次开发与应用(摘要).....          | 李俊                       | 刘荃  | (107)    |
| 用螺旋度和热力参数作短时暴雨预报 .....                 |                          |     |          |
| ..... 卢 荻 顾善齐 吴士兰 王 瑞 苏永清 姚 群 宋苏兰(109) |                          |     |          |
| “98.6”云南强降水天气过程的环流特征分析(摘要).....        | 普贵明                      | 鲁亚斌 | 马联翔(114) |
| 重庆“98-08-02”暴雨过程分析 .....               | 李 梗 阳作明 王 中 周国兵 陈道劲(115) |     |          |
| 1998 年清江流域主汛期四次致洪暴雨天气分析 ...            | 关世雄 宋春远 于大峰 饶传新(119)     |     |          |
| 西辽河台河口枢纽洪水预报技术总结(摘要).....              | 杨金岭 柯良福 赵翠君 林 红(124)     |     |          |
| 1998 年夏季长江流域持续暴雨与副高异常跳动的关系(摘要) .....   | 李文源                      | 周 军 | (126)    |
| 合力随时间线性变化的热带气旋路径分析.....                | 李开奇                      |     | (128)    |
| 宁夏中期天气预报人机交互系统(摘要).....                | 杨强铭 纪晓玲 国际珍 尤志宇(134)     |     |          |
| 天津春季中雨(以上)降水的中期预报方法研究(摘要).....         | 周 慧 刘 娟(135)             |     |          |
| 1998 年特大洪涝的天气成因盛夏副高脊线位置偏南的分析 .....     | 孙彭龄 雷 媛(136)             |     |          |
| 淮河 1998 年暴雨洪水天气成因分析及其预报(摘要) .....      | 徐 慧 梁树猷(140)             |     |          |

### 第三部分 雷达和卫星技术的应用

|                                                 |                      |  |  |
|-------------------------------------------------|----------------------|--|--|
| 联合雷达网和卫星定量估算降水累积量技术及在“98.7”特大暴雨监测中的应用 .....     |                      |  |  |
| ..... 万玉发 杨洪平 吴翠红(141)                          |                      |  |  |
| 714CD 多普勒天气雷达在 1998 年河南省灾害性天气监测、预报和服务中的应用 ..... |                      |  |  |
| ..... 牛淑贞 吴富山 鲍向东(145)                          |                      |  |  |
| 1998 年 4 月 14~16 日强沙尘暴云图分析(摘要) .....            |                      |  |  |
| ..... 郑新江 罗敬宁 叶惠明 徐建芬 孙兰东 许东蓓(150)              |                      |  |  |
| 雷达定量估测降水及外推预报.....                              | 邓雪娇 黄浩辉 游积平 吴 兑(151) |  |  |
| 利用 GMS-5 静止气象卫星资料定量测量黄河流域汛期降水 .....             |                      |  |  |
| ..... 王庆斋 王春青 傅德胜(156)                          |                      |  |  |

### 第四部分 数值分析预报产品解释应用

|                                            |                      |  |  |
|--------------------------------------------|----------------------|--|--|
| 夏季集合预报的检验及 1998 年的应用试验 .....               | 晁淑懿 毛恒青 胡 博(161)     |  |  |
| 有限区域地面气温(场)实时统计 MOS 预报系统及其评分(摘要) .....     | 辜旭赞(165)             |  |  |
| 1998 年 8 月 MM5 中尺度非静力模式降水预报在河北省的检验评价 ..... |                      |  |  |
| ..... 康锡言 李运宗 张迎新 胡 欣 杨秀真(167)             |                      |  |  |
| MOS 方案在江苏的实施及其应用效果检验 .....                 | 朱 双 路红英 韩桂荣 范淦清(173) |  |  |
| 三种数值预报产品在清江流域面雨量预报中的释用 .....               |                      |  |  |
| ..... 罗剑琴 毛以伟 饶传新 王运高(176)                 |                      |  |  |
| 卡尔曼滤波和逐步回归方法在温度预报中的适应性探讨.....              | 贺 皓 吕 红(182)         |  |  |
| 辽宁暴雨的数值预报产品释用预报方法(摘要) .....                |                      |  |  |
| ..... 陈力强 张立祥 曹汝佶 韩秀君 刘文明(186)             |                      |  |  |
| 欧洲中心高度场预告资料在遵义市中期预报中的应用.....               | 唐渝萍(188)             |  |  |
| 1998 年 7 月鄂东特大暴雨过程的数值模拟试验 ...              | 崔春光 胡伯威 李 劲 闵爱荣(190) |  |  |

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| 根据相似法用数值预报产品制作广西前汛期暴雨落区预报 ..... |  |
| ..... 林开平 李 菁 郑宏翔 董良森(196)      |  |

## 第五部分 热带气旋预报

|                          |                  |
|--------------------------|------------------|
| 云迹风资料在热带气旋移向预报中的应用 ..... | 冯业荣(200)         |
| '98 热带气旋特少之初探 .....      | 石蓉蓉 潘小凡 毛燕军(205) |

## 第六部分 短期气候预测

|                                         |                  |
|-----------------------------------------|------------------|
| 试用卡尔曼滤波方法作冬季平均气温的短期气候预测 .....           | 臧传花 李 君 夏福华(210) |
| 1998 年夏季西藏地区异常气候及天气形势特征 .....           | 旦增卓嘎(214)        |
| 1998 年主汛期洞庭湖区特大洪涝灾害的气候背景暨成因分析(摘要) ..... | 余曼平(217)         |

## 第七部分 天气预报业务系统建设和管理

|                                 |              |
|---------------------------------|--------------|
| 新预报业务流程下的业务管理探讨 .....           | 周 云 曾志刚(220) |
| 加强天气预报业务技术体制改革时期的预报业务管理工作 ..... |              |
| ..... 石保平 符之趁 王超琪(224)          |              |

# 1998 年全国重大灾害性天气过程 和预报技术经验交流会技术总结

## 大会技术小组

在本届会议上,大会交流的技术报告有 18 篇,分会交流的技术报告有 42 篇。会议突出了 1998 年重大灾害性天气过程总结和预报技术经验交流这一主题,内容丰富、涉及面广、既有深入细微的区域灾害天气和局地强对流天气的分析,又有长、中、短期和短时预报的研究成果;同时还有预报业务体制和技术体制改革,以及现代化建设和实时监测网等方面的探讨。现按 6 个方面的内容进行初步的归纳。

### 1 1998 年汛期长江流域、嫩江、松花江流域特大洪涝的气候异常分析

众多工作的分析表明,1998 年下垫面热状况及东亚大气环流都发生了异常的变化,主要有以下 5 个方面:

(1)海洋热力异常。1997 年春季发生了本世纪最强的厄尔尼诺事件,冬季达盛期,一直持续到 1998 年夏季。它是造成 1998 年长江全流域和东北地区严重洪涝灾害的海洋背景。

(2)高原热力异常。1997 年冬季青藏高原出现了历史上罕见的异常大雪,冬春积雪异常导致高原热源强度减弱,从而使季节转换推迟、夏季风减弱,有利于长江流域多雨。

(3)热带环流异常。1998 年夏季,澳洲及以东地区冷空气和越赤道气流偏弱,同时西太平洋赤道辐合带、热带对流活动以及亚洲季风明显偏弱,对流层上部 TUTT 位置偏南、偏西。热带大气环流的这些异常变化对 1998 年汛期长江流域多雨洪涝是极为有利的。

(4)亚洲中高纬环流异常。1998 年夏季东亚阻塞活动频繁,其持续之长是历史上罕见的,超过了 1954 年。由于东亚阻塞高压的建立与维持,西风带经向环流异常发展,冷空气活动频繁,势力强劲,致使副热带锋区明显偏南,强降雨带位置随之偏南。伴随东亚阻高的发展,东北或华北冷涡也异常活跃,这也是嫩江、松花江发生洪涝的主要环流背景。

(5)副热带环流异常。1998 年夏季西太平洋副热带高压是 1951 年以来最为庞大强盛、位置持续偏南偏西的 1 年。异常强大和偏南的副高使北方南下的冷空气与西南暖湿气流频频交汇在长江流域一带,形成持续强降水。

另外,年代际变化趋势分析表明,90 年代的特点是赤道东太平洋为暖水期、青藏高原多雪期、亚洲季风减弱期、东亚阻塞形势频发期、西太平洋副高增强期。在这种气候背景下,长江流域处于多水期,容易出现洪涝灾害。

### 2 初步探讨 1998 年副高异常的成因

(1)1997~1998 年强厄尔尼诺事件导致太平洋中部哈得来环流的增强,使副高加强西伸。同时,由于东亚遥相关型的发展,相应副高位置偏南。

(2)西风带中高纬强盛的经向环流,不利副高北上。

(3)热带赤道辐合带的异常偏弱,低值系统波动传播致使副高北上的作用偏弱。

### 3 1998 年暴雨,尤其是特大暴雨天气过程分析和机制探讨

会议论文从环流背景、影响系统、物理量诊断、中尺度分析、地形影响及暴雨产生的动力和热力机制等方面进行了分析和探讨,提出了一些新的预报思路方法。

一些工作指出,低层切变线、地面辐合线、低涡和中层东北冷涡是暴雨、特大暴雨天气过程的主要影响系统,并且对这些影响系统的热力条件、水汽条件、稳定度条件与动力条件进行了较全面的诊断分析。也有将 1998 年暴雨过程的物理条件与历史资料进行对比分析,从中得到一些异同点,并归纳出暴雨概念模式或初步总结出预报这类暴雨的物理诊断指标,为今后预报同类暴雨提供了有效的预报思路。

不少论文讨论了暴雨发生的机制,提出低空急流诱发地面辐合线的过程及一个良好循环机制使其维持的原因;也讨论了高层大气辐散的“组织”和“抽气”动力作用;分析了在中层天气尺度脊中华北地区发生强对流大暴雨的两个动力触发机制。

对大暴雨过程进行的中尺度分析中,分析了中尺度雨团与中尺度云团、中尺度辐合线、中低压、中高压等中尺度系统的关系,分析了在有利环境背景下,中尺度风速脉动产生能量场突变和辐合,大暴雨通常就产生在风速脉动由南向北传播时段内。

运用多普勒雷达和卫星云图探测资料,来追踪中小尺度天气系统的演变过程特性,揭示强对流天气(冰雹、雷雨大风、龙卷风)和对流性暴雨、混和性暴雨天气在多普勒雷达强度场上与速度场上所反映的特征是不相同的;多普勒雷达径向速度场上零速度区位置、宽度的变化,以及正负速度区范围、位置、强度的演变能充分揭示中小尺度对流性天气系统的生成和发展;VAD 廓线能反映大气各层次之间风切变的大小及引导气流的变化;雷达回波的特殊形态及不同性质回波的追赶、交叉、合并与强降水的发展趋势密切相关;并指出利用上述的发现可以提前 1~2 小时制作暴雨的短时预报。也有运用相关技术,进行雷达推导风,从而得到雷达回波移动速度场,进行简单外推降水的短时预报。另外,还提出了两种估算降水量的方法:一种是联合应用 6 部数字化天气雷达网和 GMS 卫星为主要技术手段,研制“轨迹象元瞬时摄像沾染求和法”,开发了大范围降水实时监测自动化系统,可实时产生出反映时、面、深等特征,以及对气象与水文具有很大使用价值的面降水累积量。另一种是运用充分考虑降水随机变化、非均匀特点的变分法调整技术,实现了雨量计和雷达各自优点的结合,提高定量测雨的精度。也有对云图进行定界、增强、分层处理后,统计各要素与降水量的对应关系,用多元决策加权法作出降水的定量和概率预报。

为探讨暴雨产生的动力和热力机制及地形影响,还运用数值模式对灾害性天气过程进行模拟和对比试验,揭示了暴雨过程中的一些中尺度特征,分析得出鄂海阻高南侧的东路冷空气,对造成松花江流域暖性切变影响系统的维持、加强及降雨量的大小有重要作用等。

此外,也有论文对 1998 年 4 月 14~18 日西北地区沙尘暴天气的成因进行了分析,指出强沙尘暴是由加强的冷锋云带与多条云带共同作用形成的,位于高空急流区的右侧;同时指出:在基本稳定的大气层结中也可发生强沙尘暴天气,过程发生前当地大气整层明显增湿,气温达最高时也是沙尘暴爆发之时。

## 4 数值预报产品的释用

在以数值预报产品解释应用为基础,综合应用天气学、统计学、动力学、人工智能等中短期预报方法方面也有了新的发展趋势。目前已普遍注意到在数值产品解释应用前,首先对各种模式直接产品进行统计检验等对比分析,为进一步的解释应用打下基础。在实际应用中,除了应用回归分析、判别分析、聚类分析等统计方法作 MOS、PP、相似预报外,还运用了灰色预测、卡尔曼滤波、BP 神经元等方法。也有将两种或两种以上方法加以综合或集成应用,建立了各地的配套预报方法或预报系统。

在预报因子的选取上,梯度因子、平流因子,以及反映系统移动变化的因子已引起足够的重视。为此,对数值产品也进行各种加工和计算处理,这在一定程度上提高了预报精度。

## 5 开展动力气候模式制作汛期降水预报试验

在 1998 年汛期降水预报中,动力气候模式也取得初步效果,并对国际上的一些气候模式进行了对比分析。

## 6 预报业务自动化和体制改革取得了重要进展

自 1997 年南昌全国预报业务技术体制的改革会以来,各级台站预报业务技术体制改革取得重要进展。9210 工程的准业务化,解决了气象信息传输的“瓶颈”问题;MICAPS 系统的本地化和二次开发,使操作更加简单快捷,以人机交互平台为核心的新的预报业务流程已初步建立,完成了作业方式的初步转变,预报逐级指导技术的研究和应用也趋于普及。

# 1998 年长江中游特大洪涝特征 和气候变化背景分析

熊安元 刘 敏 周月华 王海军

(武汉中心气象台, 武汉 430074)

## 摘 要

本文对 1998 年夏季长江中游地区特大洪涝期间降水的主要特征进行分析,揭示出长江中游地区 1998 年洪涝的主要特征是降水集中、强度大。对 6~7 月降水进行三参数 weibull 概率分布函数拟合,得出长江中游 1998 年 6~7 月降水中心区的降水强度超过百年一遇;利用小波变换的尺度分离技术,从多时间尺度振动观点分析夏季降水及其主要影响物理因子在年际、年代际和长期趋势等不同时间尺度振动对 1998 年洪涝形成的作用,揭示出 1998 年长江中游地区特大洪涝是在极有利其产生的气候变化背景下出现的。

**关键词:** 长江中游 洪涝 多时间尺度 气候变化背景

## 1 引言

1998 年夏季长江流域发生了自 1954 年以来的又一次全流域性特大洪涝灾害,长江中游的湖北、湖南、江西三省是洪涝最严重的地区,长江中游沿江和洞庭湖、鄱阳湖地区,除武汉、黄石外,江河水位均超过 1954 年,降水持续偏多,人民生命财产损失严重。

本世纪以来,除了 1998 年外,长江流域出现过两次(1954、1931 年)全流域性大水,从多雨范围、受灾面积考虑,张家诚<sup>[1]</sup>将它们列入严重水灾年,而将一些区域性大水年(如 1969、1980、1983、1991 年)列入次严重水灾年。1998 年,长江出现全流域性洪水,上游的岷沱江、嘉陵江、乌江流域、三峡区间,中游的洞庭湖、鄱阳湖流域及荆江河段均出现历史罕见的特大洪水,从雨情和水情综合看,它超过 1931 年,仅次于 1954 年。因此,1998 年长江中游的特大洪涝在历史上占有重要地位,本文将从降水异常方面分析 1998 年长江中游特大洪涝的基本特征。

1998 年长江流域的特大洪涝的形成有其基本的气候系统异常背景,根据已有的研究<sup>[2~4]</sup>,初步可归纳为:洪涝前期出现了本世纪最强的 ENSO 事件;菲律宾周围的热带西太平洋对流活动异常偏弱;春夏季西太平洋副热带高压持续偏强,西太平洋副高面积指数持续多月达到历史最高;前期冬春青藏高原积雪异常偏多;春夏东亚季风持续偏弱,等等。上述因子的综合作用导致降水长时间集中出现在华中沿江及江南北部地区,形成特大洪涝。

## 2 降水特征

### 2.1 前期冬春季降水异常偏多

1997 年冬至 1998 年春季,长江中游大部地区降水异常偏多,秋末至初春持续阴雨(雪)天气,一些地区还降了暴雨。1997 年 11 月中旬至 1998 年 3 月上旬长江中游大部地区降水 200~600mm,其中江西中北部、湖南东北部、湖北东南部和南部降水达 600~900mm,江西的贵溪和

上饶分别为 1117mm 和 1147mm,这些地区的降水量一般较常年偏多 8 成至 1.5 倍,江西中部和东部偏多 2 倍左右,不少台站为近 40 年来同期降水量的最大值(表 1)。持续降水使长江中游冬春季各干流主要控制站水位、流量均超过历史同期,元月份长江监利以下江段均为有记录以来最高水位,汉口水文站出现 18.88m 的历史最高水位,出现罕见的冬汛。3 月上旬湘、赣和鄂东南出现大范围大到暴雨,洞庭湖四水(湘、资、沅、澧)和鄱阳湖的赣江、抚河、信江等相继发生洪水,长江监利以下河段水位急剧上涨,3 月 16 日汉口站水位达 21.23m,比历史同期最高水位高 0.63m,为 1865 年有水文记录以来同期最高值。长江中游春汛因此而提前 20~30 天。

表 1 1997 年 11 月中旬至 1998 年 3 月上旬部分站点总降水量与历史同期最大值比较 (单位:mm)

| 地 点 | 总降水量 | 历史同期最大值(年份) | 多年平均值 |
|-----|------|-------------|-------|
| 南 昌 | 937  | 586(1952)   | 282   |
| 九 江 | 683  | 492(1952)   | 267   |
| 景德镇 | 880  | 547(1973)   | 326   |
| 贵 溪 | 1117 | 576(1959)   | 357   |
| 上 饶 | 1147 | 552(1959)   | 351   |
| 南 城 | 986  | 551(1983)   | 317   |
| 长 沙 | 709  | 503(1985)   | 280   |
| 岳 阳 | 569  | 405(1959)   | 234   |
| 武 汉 | 305  | 317(1994)   | 181   |

## 2.2 主汛期雨量异常偏多

每年 6~7 月是长江中游主汛期,是长江防汛的关键时期。1998 年长江中游地区的主要强降水过程均出现在这一时段。1998 年 6~7 月湖南中北部、江西中北部和湖北南部地区降水异常偏多,降水量一般都在 600~1100mm,较常年平均偏多 1~1.8 倍(图略)。降水中心位于湖南北部至江西北部一线,降水多达 800~1300mm,与历年同期相比偏多 1.7~2 倍。

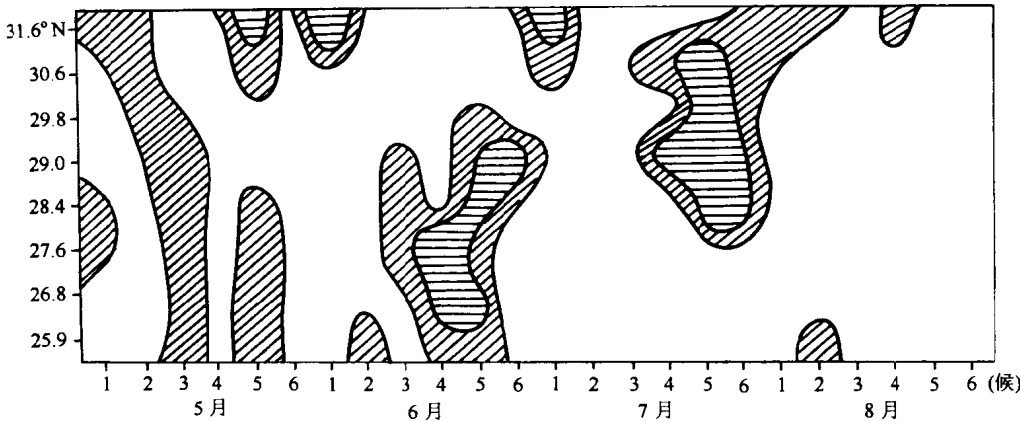


图 1 1998 年 5~8 月逐候降水沿 114.5°E 时间纬度剖面图  
(图中阴影区为 $\geq 100\text{mm}$ 降水,斜线区为 $\geq 50\text{mm}$ 降水)

图 1 为沿 114.5°E 5~8 月逐候降水的时间-纬度剖面图。由图可见汛期主要降水过程集中在 6 月中下旬和 7 月下旬两段时间。第一段降水过程较偏南,中心在湘赣北部;第二段为 7 月下旬,多雨中心位于鄂中南部至湘赣北部。这两段集中期高强度降水分别发生在两段梅雨期内,是 1998 年长江中游特大洪涝的直接致灾原因。

6月12~30日,江西、湖南中北部持续暴雨天气,局地出现特大暴雨,连续暴雨日数达8至16天。主要多雨中心位于江西上饶和湖南安化地区,中心雨量多达600~900mm,局部超过1000mm,超过有记录以来同期最大值。这场大范围持续暴雨天气过程的降水强度之大、影响范围之广、持续时间之长均为历史罕见。受其影响,长江中游沿线于6月下旬相继突破警戒水位,7月2日长江第一次洪峰形成,7月4日和5日监利、武穴、九江出现超历史记录的高水位。

7月16~17日,由于西太平洋副热带高压减弱南退,一度中断的梅雨在长江中游再次出现,鄂中南部、湘赣北部再次出现持续暴雨天气。主要降雨区位于长江沿江至江南北部地区,总雨量为200~500mm,降雨中心位于鄂东沿江至江西北部,雨量多达400~780mm。此段降雨范围虽比6月中下旬小,持续时间也较短,但突发性强,强度大。

### 2.3 暴雨过程频繁,强度大

1998年6~7月长江中游频繁出现暴雨、大暴雨和特大暴雨过程,这是1998年汛期雨量异常偏多的主要原因。暴雨日数最多的区域位于江南北部的两湖地区,两个月暴雨日数均在6天以上,有6个站在10~11天,而历史同期长江中游地区6~7月暴雨日数多为2~2.5天<sup>[5]</sup>。

6~7月份的两段集中期降水多以暴雨形式出现,几乎是逢雨便有台站出现暴雨。如江西省6月12~27日出现了持续15天的暴雨过程,共出现暴雨214站次,大暴雨86站次,特大暴雨4站次,其中13~15日有6个站出现了连续3天的大暴雨。

此外,暴雨强度异常大,6~7月间华中三省共有33站次出现日雨量 $\geq 200\text{mm}$ 的特大暴雨过程,其中以湖北黄石7月22日360.4mm降水强度最大。

### 2.4 降水中心区降水强度超过百年一遇

为了对1998年6~7月间降水强度作一客观评价,我们利用三参数Weibull分布函数对6~7月间各站雨量进行拟合,资料样本取1951年(或建站)以来逐年6~7月总雨量。三参数Weibull分布概率密度函数为

$$f(x) = \begin{cases} \frac{k}{c} \left( \frac{x - x_0}{c} \right)^{k-1} e^{-(x-x_0/c)^k} & x \geq x_0 \\ 0 & x < x_0 \end{cases} \quad (1)$$

式中 $k, c, x_0$ 分别为形状参数、尺度参数和位置参数,可用高斯-牛顿法<sup>[6]</sup>进行估算。

对华中区47个代表站的拟合结果表明,所有站均通过拟合适度统计检验,表明用三参数Weibull分布拟合6~7月降水量是适宜的。

用各站1998年6~7月实际降水量 $x$ 可计算其保证率 $P(x) = 1 - \int_{x_0}^x f(t)dt = e^{-(x-x_0/c)^k}$ ,重现期即为 $1/P(x)$ 。计算结果表明,位于降水中心区的江南北部两湖地区长沙至南昌一线,几乎所有代表站重现期均在百年以上,其中江西省的宜丰、宜宾、上饶和湖北省的黄石在300年以上。由于上述部分站点资料样本不含1954年,可能估算重现期偏大,但南昌、修水、长沙三站资料始于1951年,重现期也均在百年以上。降水中心外围的沿江地区,重现期一般为10~50年一遇,如岳阳、武汉、九江分别为18年、25年和40年一遇。

因此,对长江中游1998年雨量大小的客观评价应该是:江南北部两湖流域发生了百年一遇的特大降水,中游沿江地区降水平均为30年一遇。

### 3 气候变化背景

1998 年长江流域特大洪涝的形成有其深刻的气候背景,从气候变化的角度考虑,1998 年的异常多雨是不同时间尺度振动综合作用的结果。

本节运用小波分析原理,对分析对象进行小波变换,对时间序列作尺度分离,得到不同时间尺度的子序列。分析对象包括华中雨量代表序列和影响华中区夏季降水的重要物理因子,包括西太平洋副高、赤道东太平洋海温、季风等。

#### 3.1 方法

根据子波变换理论<sup>[7]</sup>,时间序列  $f(t)$  的小波变换:

$$W_f(a, b) = \frac{1}{\sqrt{|a|}} \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) dt \quad (2)$$

$\psi(x)$  是小波母函数,本文取墨西哥帽小波母函数,即  $\psi(x) = (1 - x^2)e^{-x^2/2}$ ,式(2)中  $a, b$  分别为尺度参数和位置参数。

$f(t)$  可由小波系数  $W_f(a, b)$  得以恢复,即求  $W_f(a, b)$  的逆变换为

$$f(t) = \frac{1}{c} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} x_f(a-b) \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) / a^2 da db \quad (3)$$

通过调整尺度参数  $a$  的积分范围,由(3)式可得到不同时间尺度范围内  $f(t)$  的子序列。本文规定 8 年以下尺度的变化视为年际变化,9~40 年尺度的变化视为年代际变化,40 年以上尺度的变化视为长期趋势。

#### 3.2 主汛期雨量

对华中地区三省 47 个代表站 6~7 月雨量的 EOF 分析表明,占 35.1% 方差百分比的第一特征向量基本反映了华中主汛期降水分布的主要特征,其主要多雨中心位于长江中游江南北部沿江地区(图略),因此,可选取位于雨量变率中心区的荆州、武汉、修水、九江、南昌、岳阳、常德、长沙 8 站平均 6~7 月雨量序列作为长江中游降水的代表。

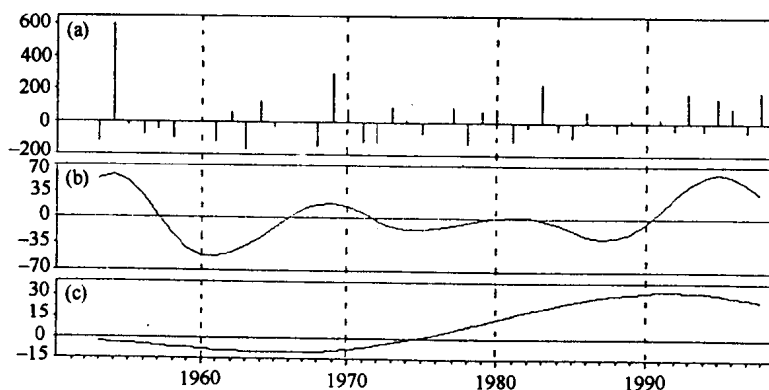


图 2 长江中游 6~7 月降水距平(mm)的年际(a)、年代际(b)和长期趋势(c)变化

图 2 是长江中游 8 个代表站平均 1953 年至 1998 年 6~7 月降水距平的年际变化、年代际变化和长期趋势变化图。年际变化是降水时间变化的主要贡献者,变幅远大于年代际变化和趋

势变化。长江中游汛期降水的年代际变化表现了 15 年左右周期的振动(图 2),90 年代处于这种振动的正位相时期,且变幅在近 40 多年中为最大。从降水变化长期趋势看,自 60 年代以来一直处于上升时期,至 90 年代初达到顶峰,整个 90 年代均处于正位相。

1998 年长江中游 6~7 月降水的年际变化项表现出的正距平仅次于 1954 年,但其所处的年代际和长期趋势变化背景较 1954 年更有利于降水正异常。

### 3.3 赤道东太平洋海温

赤道东太平洋地区是全球海温年际变化最大的地区之一,是导致我国夏季降水异常的重要强讯号。这里用 Nino3 区( $5^{\circ}\text{N}\sim 5^{\circ}\text{S}, 150^{\circ}\sim 90^{\circ}\text{W}$ )平均海表温度距平作为赤道东太平洋海温指数(EPSSTI)。

年代际变化反映出 50 年代和 60 年代处于海温变化的稳定时期,70 年代是海温的负异常时期,90 年代是赤道东太平洋海温近几十年来的异常偏高时期,长期趋势也反映出 70 年代中期以来的增温趋势,因而年代际变化和长期趋势变化均为 90 年代提供了一个 El Nino 较易出现和加强的背景,1998 年异常强的 El Nino 事件正是年际变化正异常叠加在这一背景上的结果。

许多研究结果表明,赤道东太平洋海温异常偏高,容易导致其后的夏季中国雨带位置偏南,长江中游地区梅雨明显,易出现洪涝。1998 年长江中游出现特大洪涝与 1997~1998 年异常强的 El Nino 事件有密切的关系,它不仅与赤道东太平洋海温年际变化有关,还与海温的年代际变化和长期趋势背景有关。

### 3.4 西太平洋副高

西太平洋副热带高压是长江中游地区夏季气候的直接影响系统,西太平洋副高的位置和强度基本决定了长江中游地区夏季降水的多寡。

从西太平洋副高面积指数(WPSHI)6~7 月距平在 1951~1998 年期间的时间变化的三个不同时间尺度的分量看(图略),小于 8 年时间尺度的年际变化是 WPSHI 时间变化的主要部分,9~10 年时间尺度的年代际变化的振幅约为年际变化的一半,90 年代是近几十年中正异常最大的时段,反映 40 年以上时间尺度变化的趋势分量自 60 年代后一直处于上升阶段。1998 年,西太平洋副热带高压达到近几十年来的最大值正是在其超低频振荡异常正位相的背景下产生的,这也是 1998 年长江中游地区夏季降水异常偏多的重要原因。

比较可发现,EPSSTI 和 WPSHI 的年代际变化和长期趋势分量除 50 年代外,变化趋势几乎完全一致,说明热带与副热带地区海气系统在超低频变化上的高度一致性。

### 3.5 南海夏季风

长江中游夏季降水异常是亚洲夏季风系统异常的表现。近年来对亚洲季风的研究表明<sup>[8]</sup>,亚洲季风系统中存在一个与南亚季风系统相互独立又有联系的东亚季风系统,东亚季风区又可分为南海季风和东亚副热带季风。张庆云等<sup>[9]</sup>的研究表明,这两个夏季风环流系统的强度呈相反变化的趋势,即南海夏季风(东亚热带辐合带)偏弱(强)时,东亚副热带辐合带(梅雨锋)偏强(弱)。因此,南海夏季风强弱与长江中游夏季降水有非常密切的关系。研究表明<sup>[4]</sup>,南海夏季风强度弱,中国夏季主要雨带位置偏南,长江中游夏季降水偏多。

南海夏季风强弱可用南海地区( $0^{\circ}\sim 20^{\circ}\text{N}, 105^{\circ}\sim 120^{\circ}\text{E}$ )850hPa 与 200hPa 西风切变指数,即南海夏季风指数(SCSMI)来表示,本文应用 NCAR/NCEP 再分析资料中的  $2.5\times 2.5$

格距风场资料,用  $u_{850} - u_{200}$  的月距平序列表示 SCSMI。

从 SCSMI 的长期趋势来看,60 年代至 90 年代前期一直呈现由强变弱的趋势,90 年代后期略有上升,但一直位于较大的负距平位相,年代际变化曲线也表明,90 年代是近几十年来负距平振幅最大的时期。1998 年,尽管年际变化表现出不太大的负距平,但由于年代际变化和长期趋势均处于较大的负振幅位相,使 1998 年 6~7 月南海夏季风异常偏弱。其它研究表明<sup>[4]</sup>,1998 年 4、5、7、8 月南海季风是 1980 年以来最弱的,这是 1998 年夏季梅雨锋偏强,雨带长期停留在长江流域的重要原因。

### 3.6 小结

以上分析表明,1998 年夏季,前期赤道东太平洋海温异常偏高,西太平洋副热带高压异常偏强,南海夏季风异常偏弱均是在其年代际变化和长期趋势在 90 年代表现出异常强的振幅这样一个大的气候变化背景下出现的,这些因子的综合作用,为 1998 年长江中游特大洪涝的出现提供了一个十分有利的气候变化背景,这也是 90 年代以来长江中游多次出现洪涝的重要原因。夏季降水本身的时间变化在 1998 年也有着异常多雨的降水变化背景。

## 4 结论

通过对长江中游地区 1998 年主汛期降水的分析,其主要特征可概括为:

(1)1998 年长江中游地区主要多雨区位于沿江及沿江南北部地区,以江南北部长沙至南昌一线雨量最大,6~7 月总雨量超过百年一遇。

(2)夏季主要降水集中在两个时段:6 月中下旬和 7 月下旬,前者主要多雨区位于江南北部,后者主要多雨区位于鄂东沿江和赣北鄱阳湖地区。

(3)暴雨频繁、强度大是 1998 年降水的重要特征。

通过对影响长江中游夏季降水的主要物理因子,赤道东太平洋海温、西太平洋副热带高压和南海季风等因子以及降水本身的时间变化的不同时间尺度变化分析,可以得到如下结论:1998 年长江中游的特大洪涝是气候系统在年代际变化、长期趋势变化均位于十分有利其产生的背景下出现的。

## 参考文献

- [1] 张家诚等,1995,近 60 年长江中下游大水和环流特征,我国短期气候变化及成因研究,气象出版社,55~59
- [2] 陶诗言等,1998,1998 年长江流域洪涝灾害的气候背景和大尺度环流条件,气候与环境研究,3(4),290~299
- [3] 黄荣辉等,1998,1998 年长江流域特大洪涝特征及其成因探讨,气候与环境研究,3(4),300~313
- [4] 国家气候中心,1998,'98 中国大洪水与气候异常,气象出版社,48~87
- [5] 赵明明、熊安元等,1995,长江中上游地区暴雨气候图集,气象出版社,19~20
- [6] 熊安元、赵明明,1997,三参数 Weibull 分布参数的 LS 估计:高斯——牛顿法,暴雨·灾害,1997 年第 1 期
- [7] 胡增臻、石伟,1997,子波变换在大气科学中的应用研究,大气科学,21(1),58~72
- [8] Tao Shiyan, and Chen Longxun, 1987, A review of recent research on the East Asian summer monsoon in China, Monsoon Meteorology, Oxford University Press, 60—92
- [9] 张庆云、陶诗言,1998,夏季东亚热带和副热带季风与中国东部汛期降水,应用气象学报(增刊),17~23

# “98.8”松嫩流域一次低涡暴雨的数值模拟初步分析

姜学恭 孙永刚

沈建国

(内蒙古气象台,呼和浩特 010051)

(内蒙古气象局,呼和浩特 010051)

## 摘 要

利用 MM5 中尺度非静力模式对 1998 年 8 月 8~9 日松嫩流域的低涡暴雨过程进行了数值模拟和对比试验。结果表明,MM5 能够对此类低涡切变型暴雨进行较成功的模拟,通过对比试验发现,偏南低空急流是此次暴雨过程的主要水汽输送带。西路冷空气强弱直接影响低涡和降水的强度,东路冷空气对暖切变的维持、强度和降水的多少有重要作用。同时鄂海阻高主要通过对上游低值系统的阻挡以及影响其底部偏东急流的位置间接影响降水分布。

**关键词:**低涡 暴雨 数值模拟

## 1 引言

1998 年 7 月下旬至 8 月,我国东北地区松嫩流域持续受到东北冷涡控制,连降暴雨,造成超百年一遇的特大洪水,形成严重洪涝灾害,降水特征表现为持续时间长、多局地性暴雨,有较强的中尺度特征。为了深入了解这一时期东北冷涡致洪暴雨的产生机制,本文利用 MM5 对 1998 年 8 月 8 日~9 日的一次典型暴雨过程作了数值模拟分析和对比试验,揭示出了主要影响系统在本次暴雨过程中的作用,得到了一些有意义的结论。

## 2 暴雨天气过程概况

本次过程是一次典型的冷涡发展加深产生暴雨的天气过程,前期欧亚大陆维持两脊一槽型,在鄂海附近中低层为一稳定的阻塞高压。8 日 08 时 700hPa 图上存在两个低涡中心。其后上游低涡东移与下游低涡合并发展加深,低涡前部形成东西向的暖湿切变。切变南侧低层(850hPa)为低空急流区,与高湿区配合;切变北侧为偏东急流区。低空急流加强北抬,降水强度达到最大。其中,巴雅吐胡硕(50928)站,7 日 20 时至 8 日 20 时降水量 148.7mm。本文选取低涡合并加强阶段(即 8 日 08 时至 9 日 08 时)进行了 48 小时模拟。

## 3 模式和资料

### 3.1 模式简介

MM5 是由美国国家大气研究中心(NCAR)和美国宾州大学(PSU)在 MM4 的基础上研制的新一代中尺度模式。MM5 中除保留了静力平衡方案外,还增加了非静力平衡方案选择,极大地提高了模式分辨能力,因而可以更好地揭示出暴雨天气的中尺度特征;对降水物理过程