

内部资料

大气环境研究

ATMOSPHERIC ENVIRONMENT RESEARCH

第 12 集

1999

总参谋部大气环境研究所

科学出版社

大气环境研究

中国科学院大气物理研究所 中国科学院环境研究所 中国科学院地理研究所

目 录

1999

中国科学院大气物理研究所 中国科学院环境研究所 中国科学院地理研究所

目 录

军用天气分析及预报

- 局地突发性暴雨过程的数值研究 徐幼平 宇如聪 夏大庆(1)
- 人工消云效果检验个例分析 赵增亮 高建春 魏 强 刘峰(8)
- 概率分布模型及确定方法 董双林(13)
- 大气波导传播的形成条件 戴福山(21)
- 制作概率天气预报的事件条件概率方法 董双林(25)

军事气候

- 环境严重指数的气候分布及季节变化 宋 丽(28)
- 东南沿海及台湾地区厚度合成风气候分析 阎书源 谢志辉 丁丽娟(42)
- 我国抬升波导和表面波导的气候统计 高建春 董双林(47)
- 中国 1 min 降雨量极值的统计研究 董双林(54)
- 东南沿海及台湾地区空中气候要素极值 阎书源 丁丽娟 谢志辉(60)
- 我国东南部及其邻近海域温湿指数分布特征 阎书源 李 群(67)
- 我国东北地区风寒指数极值的统计分析 董双林(71)
- 我国东南部地区及邻近海域近表层大气折射指数分析 阎书源 李 群(75)
- 中国参考大气参数计算方法 阎书源 李 群 谢志辉(80)
- 我国东南部地区空中大气折射指数分布 阎书源 谢志辉 李 群(84)

军用大气探测

- 联合反演大气气溶胶光学特性和地面反照率 赵增亮 毛节泰(87)
- 微波遥感在军事气象领域的应用 林龙福 蒋兴安 薛震刚(97)

气象与军事

- 论电波传播气象辅助决策系统建设 戴福山(100)
- 大气环境对激光的影响 董双林(106)
- 美军电光武器气象保障研究特点分析 崔宏光(110)
- 联合作战的气象水文条件初探 张程道(115)
- 大气环境因子对武器装备作战效能评估系统影响初探 ... 崔宏光 董双林(119)
- 从北约空袭南联盟 看美军气象保障研究 蒋雪莲 崔宏光(123)

军用气象装备

- 空基激光测风雷达的发展概况及需求分析 薛震刚 杜晓勇(126)

军事气象信息工程

- 微机平台上的飞机探测资料预处理 赵增亮 高建春 钱越英(135)
- 粒子云和大气环境参数数据库 宋 巍 宋 丽(140)

军事气象综述

- 人工影响天气技术发展现状
- 魏 强 高建春 赵增亮 刘 丰 应亚江(149)
- 美军天基红外系统云表象研究情况分析 蒋雪莲(154)
- GPS 气象学及其军事应用价值 张贵银 王景青 陈世敏 张训械(160)
- 美军研制新一代天气影响辅助决策系统 崔宏光(164)
- 国外空间天气研究动态 张贵银 冯学尚(167)

·军用天气分析及预报·

局地突发性暴雨过程的数值研究*

徐幼平 宇如聪** 夏大庆

提 要 用新改进的 REM,对 1998 年 7 月 20—22 日长江流域的暴雨过程进行预报试验。从降雨分布、雨强变化、中尺度流场和中- β 尺度对流系统发展等多个方面,对预报结果进行验证和分析。结果表明,预报的暴雨系统发展及各时段降雨量变化,都与实况相当一致。特别是,相当成功地预报出中- β 尺度对流系统的生成和发展,及其在武汉地区造成的突发性暴雨。

数值研究表明,中- β 尺度对流系统的强烈发展,是造成武汉地区突发性暴雨的直接原因;新版 REM 有能力预报中- β 尺度对流系统的生成和发展,以及它所造成的突发性暴雨。

关键词 突发性暴雨 中- β 尺度对流系统 数值研究

0 引言

中国地处东亚季风区,特殊的地理环境和独特的气候特点,使我国成为世界上暴雨最多的国家之一。暴雨引起的洪涝灾害,几乎每年都给我国经济建设和人民生命财产造成严重损失,也直接影响我军的作战、训练和抢险救灾等军事行动。

暴雨预报,特别是会造成重大灾害的局地突发性暴雨的预报,技术难度很大,一直是地方和军队气象工作者十分关注并大力研究的重要课题。

多年来,我国气象工作者对暴雨的成因和预报进行了大量的研究和试验^{[1][2][3]}。20 世纪 80 年代,总参谋部曾组织过一次历时数年的、有多军兵种参加的“华东中尺度天气试验”研究。试验和研究的规模之大,是我国气象发展史上少见的。建立和发展暴雨的诊断模式和数

值预报模式,开展中尺度天气系统的诊断分析和数值模拟研究,是这次试验研究的重要内容。试验取得了一大批处于当时国内领先或先进水平的科技成果,提高了我军的暴雨预报水平和军事气象保障能力,也推动了我国暴雨的成因及其预报的研究。

但是,由于暴雨形成的物理机理十分复杂,造成暴雨的各种时-空尺度天气系统之间,存在着非常复杂的非线性相互作用;特别是,由于暴雨与当地特有的地形、地貌和气候特征等关系密切,常具有局地性和突发性特点……,这些更增加了暴雨研究和预报的技术难度。应该说,对于暴雨预报,特别是局地突发性暴雨的预报,还有许多未知的领域,等待我们继续探索和深入研究。

本文用新改进的 REM,对 1998 年 7 月 20—22 日暴雨过程进行预报试验。研究暴雨

* 国家重点基础研究项目(G1998040907)资助

** 中科院大气所大气科学和地球流体力学数值模拟国家重点实验室(LASG)研究员、博士生导师

过程中不同尺度天气系统之间的相互作用,以及一些物理因素的影响,也分析和检验新版 REM 的暴雨预报能力。

1 REM 模式概述

REM 模式是在中国科学院大气物理研究所 IAP-GCM 动力框架的基础上,实行坐标变换建立数学模型的^{[4][5]}。模式的主要特点有:用具有完全能量守恒性质的差分格式,离散化微分形式的控制方程组;差分格式的构造保持了数学模型的整体物理性质和各项差分计算之间的协调性;在 η 坐标下,地形被表示成三维阶梯状,使模式的坐标面保持准水平,因而减小了因地形,特别是陡峭地形引起的计算误差;采用静力扣除法,减小了水平气压梯度力的计算误差;采用变量的 E 网格水平分布;采用特殊的技术处理,解决 E 网格的波解分离问题;用“半格距”差分,计算矩形 E 网格及球坐标 E 网格沿对角线的差分;设计保形正定的水汽平流计算方案^{[6][7]},克服了大多数数值模式在计算水汽输送时常出现的负水汽现象,以及平滑耗散过强的现象;采用显式分解的时间积分方案;等等。

REM 模式考虑的物理过程主要有:(1)大尺度凝结降水;(2)Betts 积云对流参数化;(3)物理量的水平扩散和垂直输送;(4)整体边界层参数化。

新版 REM 对原 REM 的改进有:(1)模式的水平分辨设定为约 35 公里,从海平面到模式大气顶(取为 100 百帕)不等距分为 20 层,提高了模式的分辨率,并使水平分辨与垂直分辨更加协调;(2)大量调整了模式的各种物理参数,进一步优化了模式的计算程序和结构;(3)实行并行化计算,并在计算程序和结构上具有可扩展性;(4)引入了大气重力波阻参数化;(5)更加细致地考虑了水面、绿地、沙漠和高山等不同地

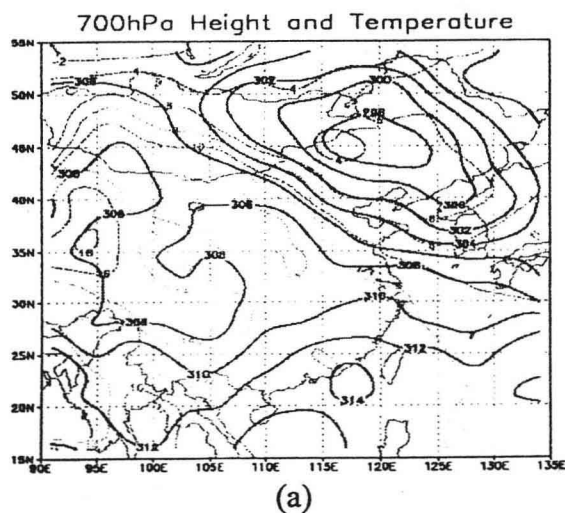
表特征的影响。

此外,还建立了与新版 REM 相配套的常规气象资料处理和客观分析系统。在客观分析中,采用了改进的弯曲流客观分析方案,使初始质量场与风场、位势高度场与地面气压场等更趋协调。

2 暴雨天气过程概述

1998 年夏季,我国长江流域发生了自 1954 年以来最严重的水灾。其中,7 月 20-23 日武汉及其附近地区的大暴雨更是历史上罕见的。尤以 7 月 21 日清晨,武汉地区的降雨来势凶猛,雨量集中,造成了严重的洪涝灾害。欧洲中期天气预报中心(ECMWF)、日本和我国的一些数值预报模式都未能对此作出预报。

对这次暴雨天气过程的分析表明^[8],1998 年 7 月下旬,东亚大气环流发生调整,中、高纬度地区由两槽一脊形势变成两脊一槽形势,我国北方大部地区受宽槽的控制,宽槽底部不断有短波东移;它们与副热带高压西侧的暖湿西南气流相遇,使长江中、下游地区再次出现连绵不断的降雨,并在一些地区酿成暴雨、大暴雨。长江流域再度“入梅”,也就是所谓的“二度梅”现象。



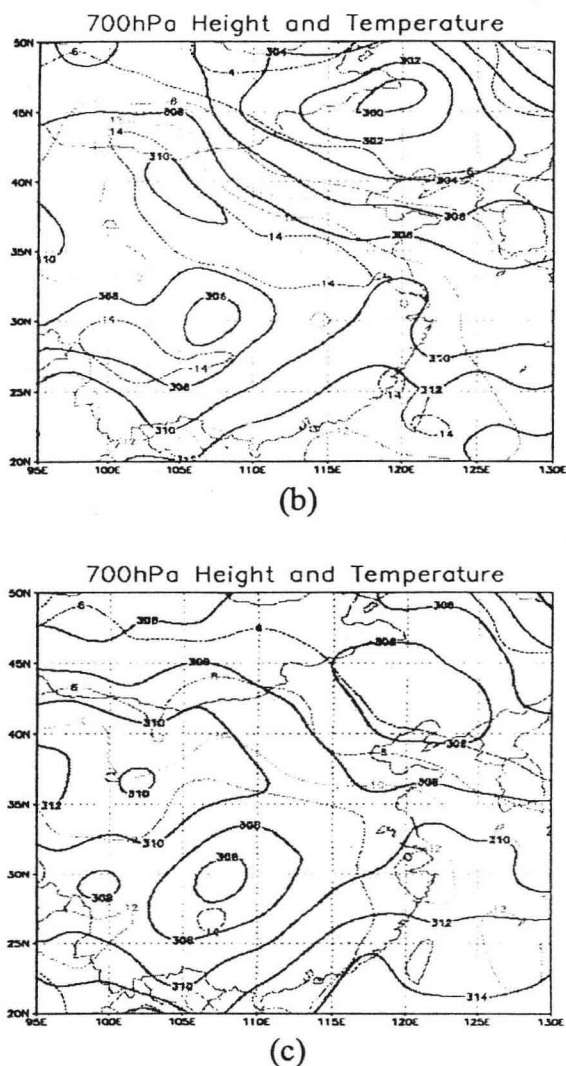


图1 1998年7月20-21日700hPa形势图

a)7月20日08时;b)7月20日20时;c)7月21日08时

造成武汉及其附近地区暴雨过程的天气系统主要有3个(图1):伴随西风槽的华北低压,南退的副热带高压,以及西南低涡及其前缘的切变线。华北低压在东移的过程中明显减弱;副热带高压南退后,脊线稳定在 19°N 附近;西南涡移出后,遇到副热带高压,受阻于 108°E 附近,移动缓慢。这期间,西南低空急流明显增强;西南涡前缘的切变线在流场上呈现为一条强辐合线(图略)。武汉等地位于切变线南侧,西南低空急流中心下风方向的北侧。在有利的环流形势下,充沛的水汽持续输送和集中,对暴雨的发生和发展十分有利。7月20-22日,湖北省有近10个县、市的48小时降雨量超过300毫米,其中黄石达到500毫米。7月20日20时-21日20时(北京时,下同),武汉的降雨量达286毫米。特别需要指出的是,7月21日06-07时,武汉出现创记录的小时降雨量88.4毫米,突显出武汉地区这次暴雨的局地突发性特征。

图2给出7月20日08时-21日08时的24小时累计降雨量分布。由图可见,在长江流域,沿 30°N 有一条近于东-西走向的、狭长的降雨带,其间分布有数个暴雨中心。其中,武汉附近(57494站)的强暴雨中心的24小时降雨量为159毫米。

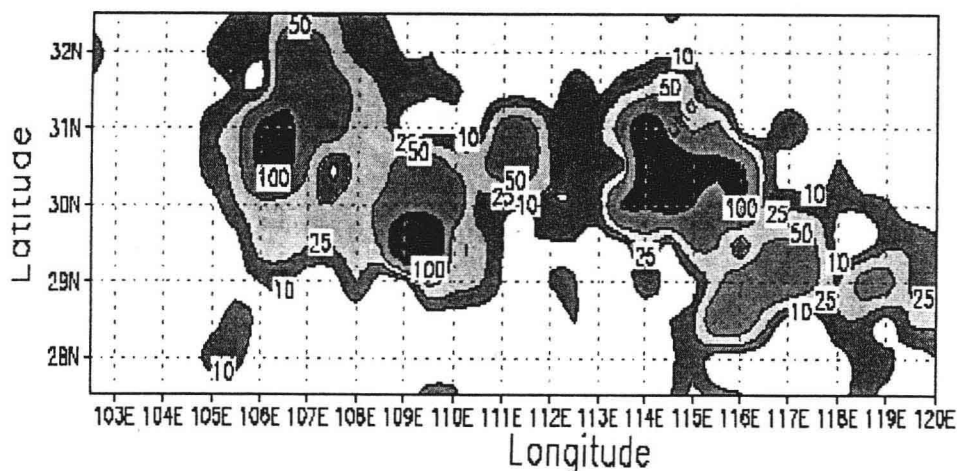


图2 1998年7月20日08时-21日08时24小时累计降雨量(毫米)分布

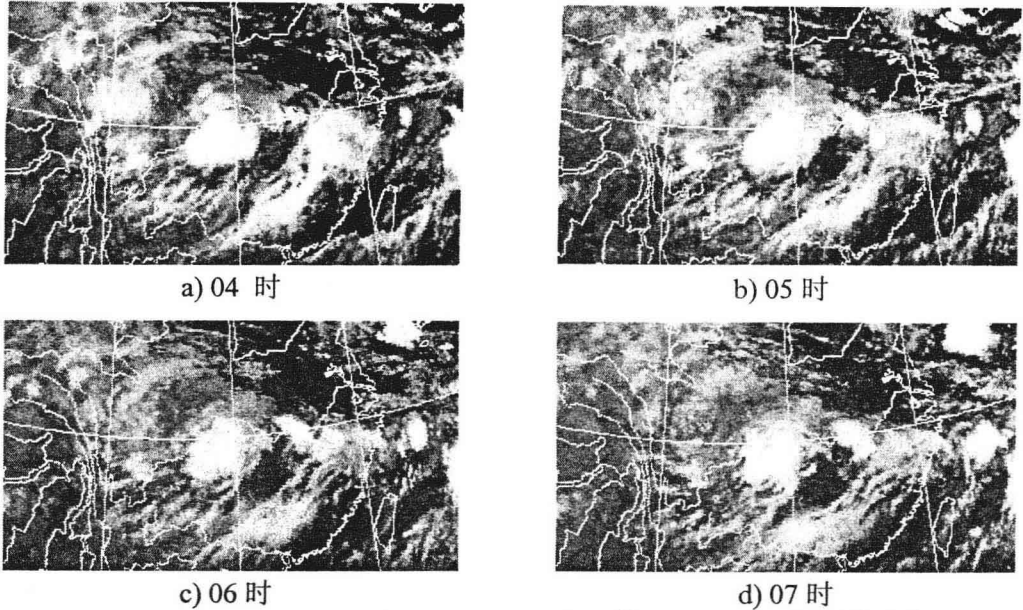


图3 1998年7月21日04-07时静止卫星红外云图

图3给出7月21日04-07时的静止卫星红外云图。由图可见,武汉附近有中- β 尺度对流云团生成并强烈发展,导致武汉地区的突发性暴雨。

这次暴雨过程,是在天气形势转折时发生的,预报的难度很大;直接造成武汉地区突发性暴雨的是中- β 尺度天气系统,更增加了预报的难度。

3 试验结果分析

预报范围为 $90^{\circ}\text{E}-135^{\circ}\text{E}$, $15^{\circ}\text{N}-50^{\circ}\text{N}$ 。以经过资料处理和客观分析的7月20日08时常规气象资料为初值,用新版REM作48小时预报积分。

3.1 降雨

图4给出预报的24小时累计降雨量分布。由图可见,在 30°N 附近, $100^{\circ}\text{E}-120^{\circ}\text{E}$ 之间的带状区域内,分布着三片降雨区。自西向东,它们分别位于四川东部到湖北西部、武汉地区和江西北部。预报的雨区及降雨中心的分布,与实况(图2)相当一致。尤其是,新版REM成功地预报出武汉地区与中- β 尺度对流系统相对应的强暴雨中心。中心强度为197毫米,比实况稍强。中心位置比实况偏东不到0.5个经度。考虑到模式的水平分辨,这个偏差应属允许的范围之内。

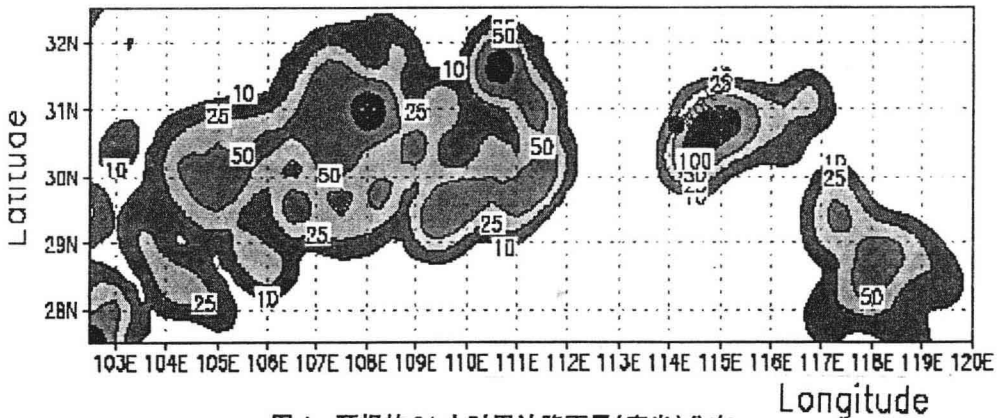


图4 预报的24小时累计降雨量(毫米)分布

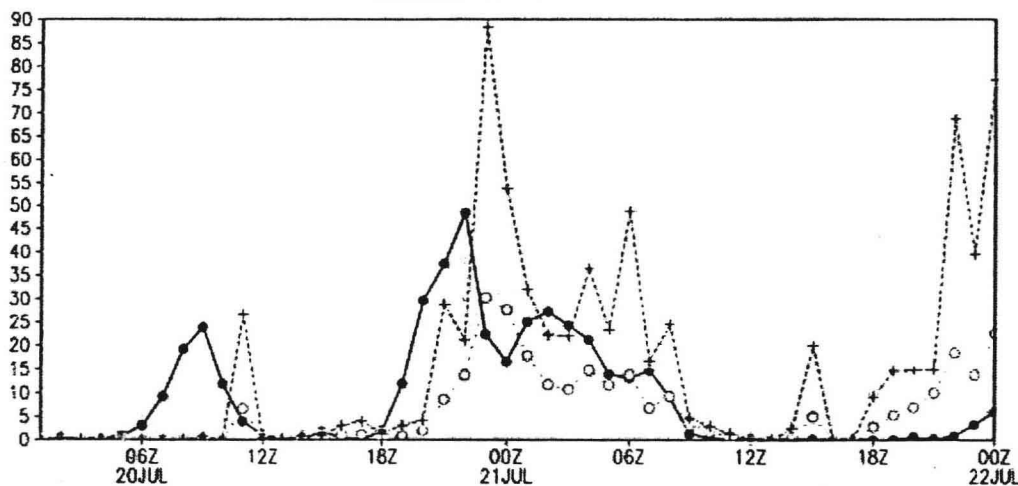


图5 7月20日08时-22日08时武汉地区观测(虚线)和预报(实线)的逐小时降雨量(毫米)的时间演变

图5给出7月20日08时-22日08时,武汉地区观测和预报的小时降雨量的时间演变。实线是武汉(30.5°N , 114.5°E)预报的小时降雨量;虚线是武汉及邻近的3个站(彼此相距小于 0.5 经、纬度)观测的小时降雨量中的最大值;点线是武汉与这3个站观测的小时降雨量的平均值。观测的小时降雨量的时间演变中出现多个峰值,新版 REM 基本上成功地报出了实况中出现的各个雨峰;最大的雨峰值为 49 毫米,比实况的小,但比平均的略大。预报的雨峰比实况提前 $1-2$ 小时。

新版 REM 对这次暴雨过程的预报是成功

的。特别是,相当成功地预报了武汉地区的突发性暴雨。

3.2 暴雨与中尺度雨团

图6给出7月20日08时-21日08时,每6小时累计的降雨量预报结果。可以看出,降雨开始于四川盆地和江西北部。此后,在 $109-110^{\circ}\text{E}$ 的 30.5°N 沿线,有中、小尺度雨团活动。特别是20日14时以后,武汉地区的中、小尺度对流活动渐趋活跃。21日02-08时,武汉地区突发暴雨,出现大于 100 毫米的大暴雨中心(图6d)。预报结果与实况(图略)相当吻合。

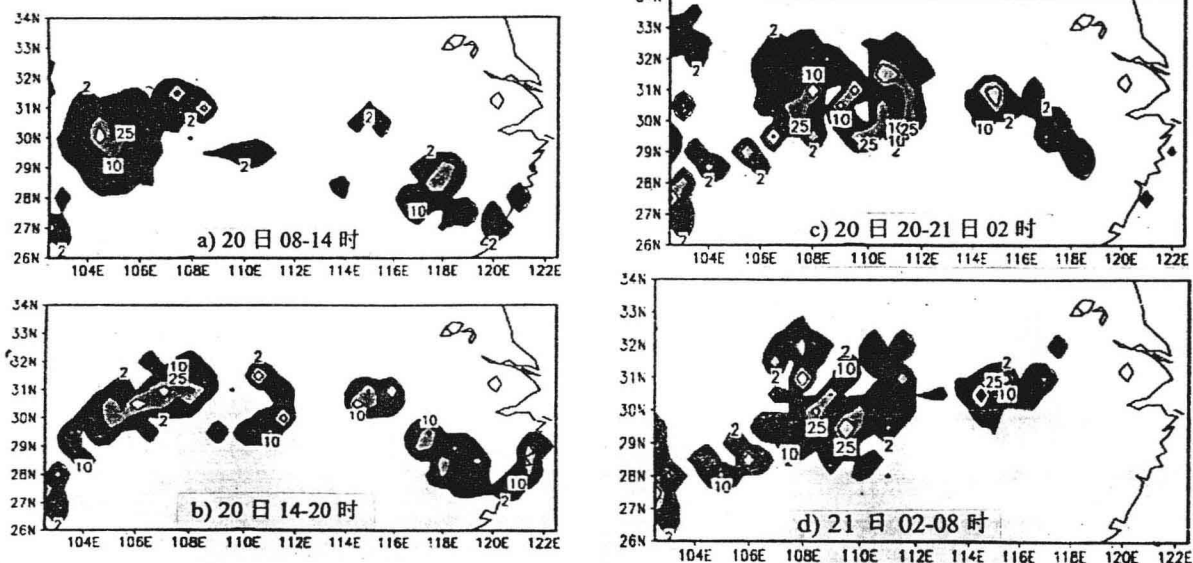
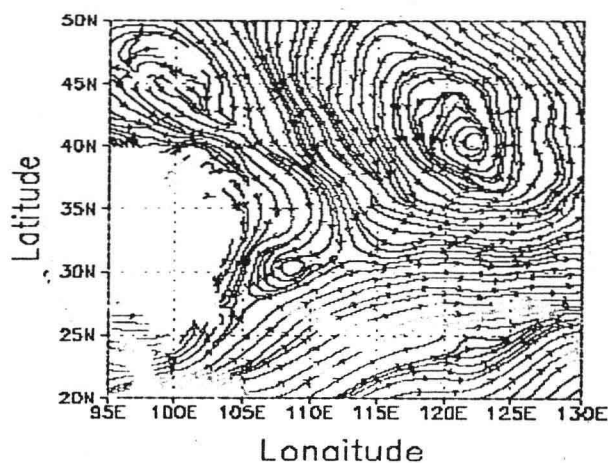


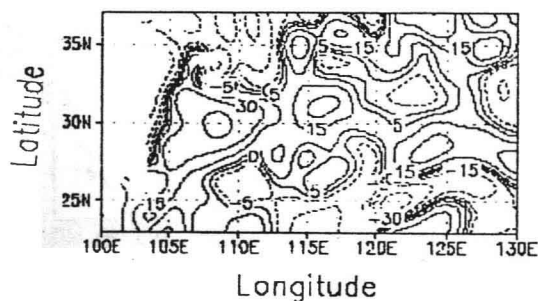
图6 7月20日08时-21日08时预报的每6小时累计的降雨量(毫米)分布

3.3 暴雨与中尺度流场

图 7 是 24 小时预报的 700 百帕流场和涡度场。由图 7a 可见,在 30°N 、 108°E 附近,有一闭合的气旋性环流,即西南低涡。它的移动方向与实况(图略)相当一致,只是移动速度略快。四川东部到湖北西部的降雨(图 4),与这个西南低涡有关。发生暴雨的武汉地区,位于西南低涡前缘的辐合切变线之中。沿辐合切变线,有中- β 尺度低涡扰动(图 7b)相继生成和发展。武汉地区的中- β 尺度强低涡中心的涡度值达 $4.1 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ 。正是这个中- β 尺度低涡的强烈发展,造成武汉地区的突发性大暴雨。



(a)



(b)

图 7 24 小时预报的 700 百帕流场(a)和涡度场(b)

新版 REM 对这次暴雨过程中中尺度流场的演变,特别是对造成武汉地区突发性暴雨的中- β 尺度低涡的生成和强烈发展,都作出了

相当成功的预报。

3.4 暴雨与中- β 尺度对流系统

图 8 给出 12 和 24 小时预报的垂直速度和散度沿 30.5°N 的垂直剖面。可以看到,20 日 20 时,武汉地区低层还没有明显的辐合和上升运动;只是在武汉以西的 112°E 附近有一较弱的中- β 尺度的上升运动区,但在其上游的 108°E 附近有一与西南低涡相伴随的上升运动区作为其后盾;这个中- β 尺度系统在移向武汉地区的过程中,对流活动渐趋活跃。到 21 日 08 时,这个中- β 尺度对流系统已有了强烈发展,最大上升运动超过 -3.5×10^{-2} 百帕·秒 $^{-1}$,并伴有很强的低空辐合和高空辐散(图 8d)。正是这个中- β 尺度对流系统的生成和强烈发展,导致武汉地区出现了历史上罕见的突发性暴雨。

新版 REM 相当合理、非常成功地预报了中- β 尺度对流系统的生成和发展,及其所造成的突发性暴雨。

4 结语

本文用新改进的 REM 对 1998 年 7 月 20-22 日长江流域的暴雨过程进行预报试验。从降雨分布、雨强变化、中尺度流场和中- β 尺度对流系统发展等多方面,对预报结果进行验证和分析。特别是,深入地研究了这次暴雨过程中,发生在武汉地区的突发性暴雨。初步得出如下几点看法:

(1)这次暴雨过程的主要影响系统,有伴随西风槽的华北低压、西南低涡及其前缘的辐合切变线、南退后稳定的副热带高压。

(2)在辐合切变线上,有中- β 尺度对流系统相继生成和发展。其中的一个中- β 尺度对流系统强烈发展,直接造成了武汉地区的突发性暴雨。

(3)新版 REM 成功地预报了 7 月 20-22

日暴雨过程中主要影响系统的发展变化,预报出中- β 尺度对流系统的生成,及其在武汉地区的强烈发展。预报的中- β 尺度暴雨中心的位置、强度及雨强的时间演变等,都与实况相当吻合。

(4)必须结合我国特殊的地理环境和独特的气候特点,设计和改进暴雨数值预报模式。用新版 REM 进行的数值研究说明,由于在

REM 物理方案和计算方案的设计和改进行中,充分注意并认真考虑了这一重要问题,研究并采取了一系列相关的技术措施,所以,即便以静力平衡为其动力框架,采用常规气象观测资料建立初值,新版 REM 也有能力预报暴雨过程,还能相当成功地预报出中- β 尺度天气系统的生成和发展,及其所造成的局地突发性暴雨。

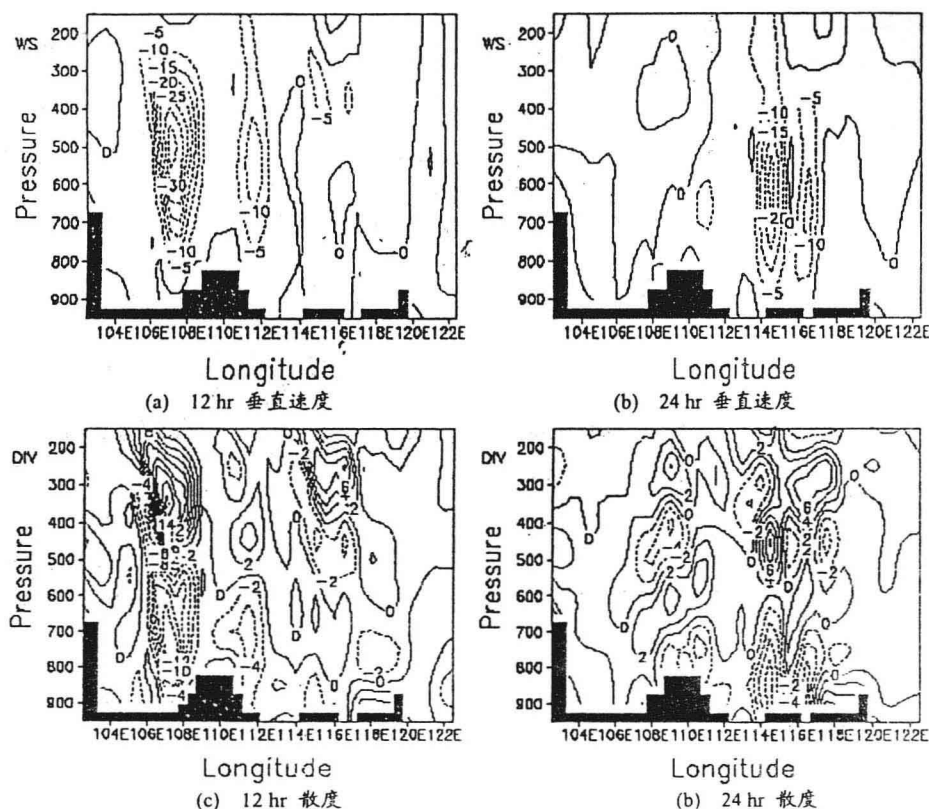


图 8 12 和 24 小时预报的垂直速度和散度沿 30.5°N 的垂直剖面

参考文献

- 1 周晓平,赵世雄等.一个东亚季风区的暴雨数值预报模式. 大气科学,1998,12.
- 2 宇如聪.LASG-REM 对 1994 年中国汛期降水的实时预报试验. 大气科学,1994,18(增刊):801-809.
- 3 徐幼平,宇如聪等. The Numerical Study of Local Torrential Rain Process in YA'AN, Annual Report, LASG, 1996.
- 4 宇如聪,曾庆存等.“雅安天漏”研究 II:数值预报试验. 大气科学,1994,18(6):535-551.
- 5 曾庆存,宇如聪等.“雅安天漏”研究 III:特征、物理量结构及其形成机制. 大气科学,1994,18(6):649-659.

- 6 宇如聪. A Two Step Shape - Preserving Advection Scheme. Advances in Atmospheric Sciences, 1994, Vol. 11, No. 4, pp479-490.
- 7 宇如聪. Application of a Shape - Preserving Advection Scheme to the Moisture Equation in an E - grid Regional Forecast Model, Advances in Atmospheric Sciences, 1995, Vol.12, No.1, pp13-19.
- 8 陈红,孙建华等.1998 年中国科学院大气物理研究所气候与环境预测研究中心汛期暴雨短期数值预测. 气候与环境, 3(4):382-390.

·军用天气分析及预报·

人工消云效果检验个例分析

赵增亮 高建春 魏 强 刘 峰

摘 要 根据 1999 年 6 月 4 日人工消云外场试验的云物理实测资料,对消云效果进行了分析。结果表明,在暖性层状云中,人工引入较大云凝结核有一定的消云效果。作业后,空中人员观察到作业区出现云沟;云的微物理资料显示,作业区产生了雨滴,并开始下落,脱离云体;作业区的能见度稍好于对比区的能见度。

关键词 能见度 云滴谱 作业区 对比区

0 引言

根据国庆首都阅兵领导小组[1999]阅兵字第 2 号《关于组织消云、消雾等人工影响天气试验作业问题》通知精神和《建国五十周年国庆首都阅兵人工消云雾试验总体实施方案》,1999 年 5 月中旬至 6 月下旬,人工消云雾试验办公室在定兴机场组织了人工消云第一阶段的外场试验。

试验期间使用了两架运八飞机和一架米八飞机:一架运八是大气探测飞机,另一架运八是播撒飞机;米八飞机为观察飞机。大气探测飞机安装有机载 PMS 粒子测量系统,负责探测云的微物理结构;播撒飞机安装有半自动化的催化剂播撒器,最大装载量为 5 吨,向空中播撒催化剂;观察飞机配有摄像和照相设备及相应的观测人员,对作业过程和消云效果进行记录。6 月 4 日暖性层状低云出现的当天,人工消云试验办公室组织了外场消云试验作业,下面就根据该日的消云作业情况做消云效果评估的个例分析。

1 消云效果检验方法和理论依据

人工消云雾的目的是为了改善能见度,包

括水平和垂直两个方向上的能见度。为了能够比较客观地评价人工消云、消雾的作业效果,在这次人工消云试验期间,采用宏观和微观检验两部分进行了人工消云的效果评估。宏观检验:通过空中、地面观测人员观察作业区、对比区云体的变化,用照相和摄像的手段记录作业前后云体的变化,以此定性判断作业的效果;微观检验:通过载有粒子测量系统仪器的飞机穿云获取云的滴谱资料,分析作业前后云的微物理结构特征的变化,进行人工消云的效果检验。云雾对能见度的影响直接和云雾的微物理结构联系在一起,在水平均一条件下,气象能见距^[1] R 可表示为

$$R = 3.91/\beta_e, \quad (1)$$

式中, β_e 为大气消光系数(km^{-1}),云雾的存在使得大气消光系数加大,从而造成了低能见度。在云雾滴谱 $n(r)$ 已知的情况下,云雾的消光系数可表示为

$$\beta_e = \int_0^{\infty} \pi r^2 n(r) Q_e dr, \quad (2)$$

式中, r 为云粒子半径, Q_e 为云雾粒子的消光效率因子,对于水云云滴可作为球形粒子处理,单个粒子的散射和吸收问题由 Mie 散射理论给出了完整的解。在大滴近似下, $Q_e(r) \rightarrow 2$,

了较客观地判定实施消云雾作业后所引发的物理效应是人为干预的结果,需要设立对比区,以扣除云雾自然变化的影响。针对这次人工消云试验制定的飞行方案,作业区已选定在“从近距导航台开始,沿跑道方向5公里区域内”。考虑到层状云水平比较均匀,对比区可这样选取:(1)用照相、摄像方法进行效果检验时,可选取作业区周围区域作为对比区。若作业后出现云沟或云洞,则可定性判断有效果。尤其是当作业后,从空中的飞机上可看到地面,或者从地面可看到空中的飞机,这样作业效果比较理想。(2)应用云的微物理资料进行效果评估时,对比区可选在作业区的上风方向,接近作业的区域。从作业区 and 对比区云的微物理结构的变化来判断作业的效果。

4.1 第一次试验作业过程及消云效果

4.1.1 作业过程及宏观效果检验

采取在云顶上空200m一次播撒催化剂4吨的作业方式。06时16分,探测飞机从跑道南头起飞,测得云底高600m,云顶高1600-1700m,云上能见度良好。06时33分,播撒飞机装载鱼籽盐4吨,从跑道南头起飞;06时45分,自跑道南头近距导航台上空1800m高度开始播撒,播撒长度约4公里。探测飞机(代替观察飞机)随后在2100m的高度摄录了播撒作业过程,9分钟后重返作业区观察云顶变化情况,观察到出现一条“云沟”宽约400米;然后下降到云中,按探测航线飞行,探测云层微物理结构变化。06时57分,播撒飞机落地。07时18分,探测飞机重返作业区云上,发现“云沟”基本弥合。07时28分,探测飞机落地。

4.1.2 云的微物理特征及微观效果检验

第一次播撒作业前后,探测飞机分别对播撒作业区进行垂直探测,实测粒子总浓度和含水量在播撒前后随高度的变化情况见图2、图

3。由图可看出,播撒作业前层积云云底高700m,云顶高为1600m;云滴总浓度在垂直方向上呈双峰型,一个处于云底部,一个处于云顶部,极大值 $308.9\text{个}/\text{cm}^3$ 出现在800m高度上,次大值 $302.3\text{个}/\text{cm}^3$ 出现在1500m高度上;含水量峰区出现在云的顶部,极大值 $0.31\text{g}/\text{m}^3$ 出现在1400m高度上。大的云滴相对集中在云的顶部。播撒作业后,垂直方向上云滴总浓度的极大值减小为 $267.2\text{个}/\text{cm}^3$,且双峰结构不明显;含水量的极大值减小为 $0.22\text{g}/\text{m}^3$,高度降至1200m。对照图2、图3可以看出,含水量与粒子浓度的垂直分布变化基本一致,呈正相关。探测飞机除对云的垂直结构进行探测外,还对云的水平结构进行了探测。但由于探测飞机同时又要代替观察飞机执行空中观察任务,因此飞行高度多在云层以上,作业前没能对作业区和对比区进行探测。在完成空中观察任务后,探测飞机进入对比区和作业区进行水平探测,飞行高度1410m。探测结果见图4。

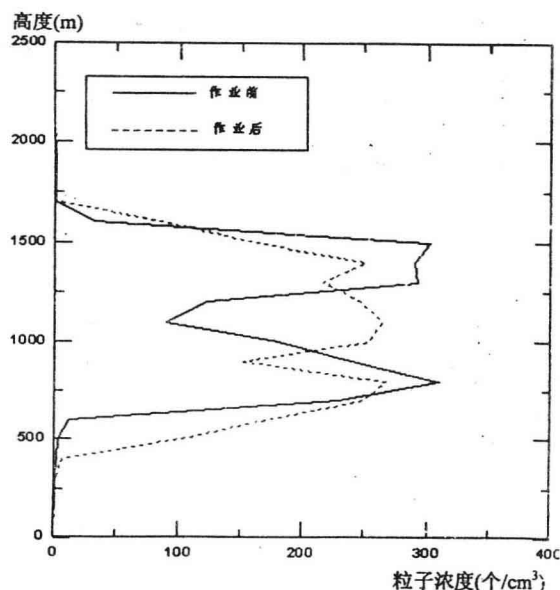


图2 第一次作业前后云滴浓度随高度的变化

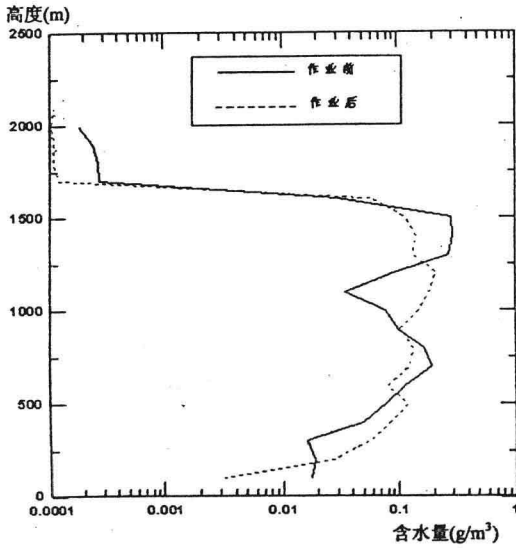


图3 第一次作业前后云含水量随高度的变化

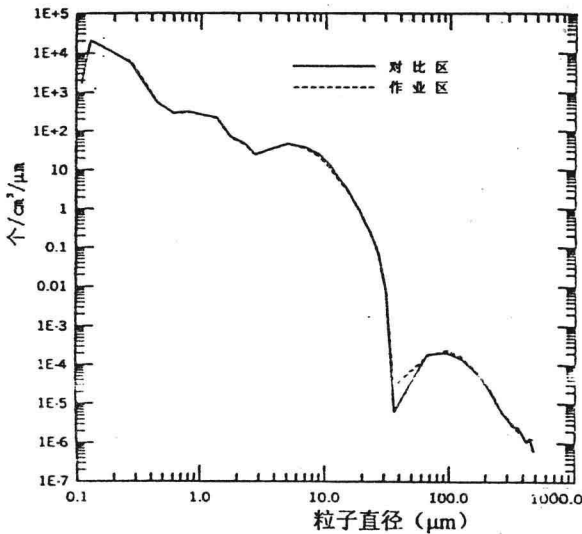


图4 作业区和对比区的云粒子谱分布

图中实线为对比区的平均结果,虚线为作业区的平均结果。由图上可看到:直径在 $2-20\mu\text{m}$ 之间的较小云滴的数密度,作业区的比对比区的小;直径在 $30-200\mu\text{m}$ 之间的较大云滴的数密度,作业区的比对比区的要大。在暖云中播撒催化剂的结果,使得云中大粒子数密度相对增加,小粒子数密度相对减少。作业区的体积消光系数为 29.6km^{-1} ,对比区的体积消

光系数为 33.1km^{-1} ,对应作业区的能见度为 13m ,对比区的能见度为 12m 。

4.2 第二次试验作业过程和效果检验

4.2.1 作业过程及宏观效果检验

09时08分,观察飞机起飞,实测云底高 750m ,云顶不清晰,由于日晒的缘故,云滴蒸发,观察飞机飞到 2700m 高度,四周仍雾气茫茫。

09时15分,探测飞机起飞,实测云底高 800m 。对云进行水平和垂直探测后,上升到云顶,实测云顶高 1600m 。同观察飞机一样,发现云上雾气茫茫,云顶不清晰。

09时34分,播撒飞机装载鱼籽盐 5吨 、精盐 2吨 ,从跑道南头起飞。09时54分,在 1600m 的高度自南头近距导航台开始播撒,播撒量约 3吨 ,播撒长度约 1.5km ;10时03分,在同样高度上,沿原播撒航线播撒长度约 3km ,播撒量约 4吨 。10时12分,播撒飞机落地,此时探测飞机在 1300m 高度穿过对比区和作业区,探测作业后云层的微物理结构的变化;10时20分,观察飞机报告“有效果,但不明显,录像看不到”;10时33分,观察飞机落地。11时探测飞机报告云底高 1000m ,云顶高 1700m ,然后上升到云上,空中待命。

4.2.2 云的微物理特征及微观效果检验

第二次作业前后,云的垂直结构见图5、图6。从图中可看到,云底高约 800m ,云顶高约 1600m ,播撒作业前后云层的厚度变化不大。播撒作业前,云滴浓度的极大值出现在 900m 的高度上,数值为 $274\text{个}/\text{cm}^3$;含水量的极大值出现在 1000m 高度上,数值为 $0.14\text{g}/\text{m}^3$ 。播撒作业后,云滴浓度的极大值降为 $250\text{个}/\text{cm}^3$,含水量的极大值减小到 $0.09\text{g}/\text{m}^3$,两个极大值出现的高度均抬升到 1300m 。

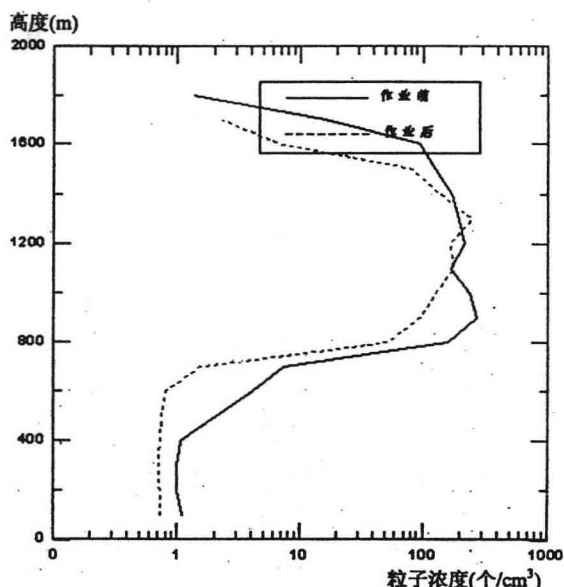


图5 第二次作业前后云滴浓度随高度的变化

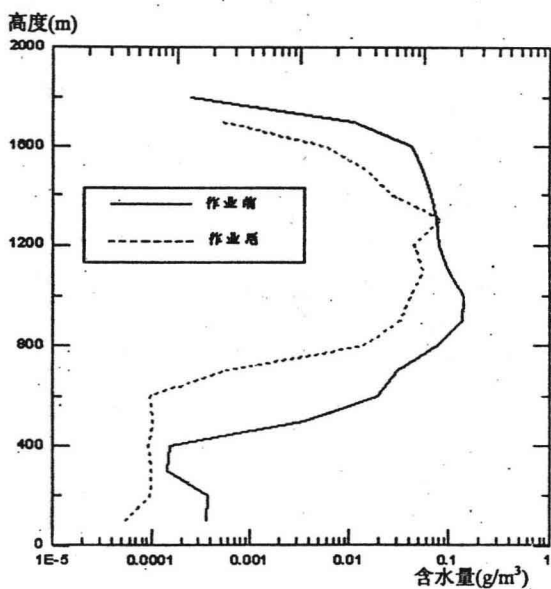


图6 第二次作业前后云水含量随高度的变化

第二次作业前对比区和作业区云中粒子谱分布结果见图7,穿云时间为09时49分,飞行高度为1300m。

第二次作业后对比区和作业区云中粒子谱分布结果见图8,穿云时间为10时08分,飞行高度为1300m。

比较图7和图8,我们发现云中的大云滴(粒子直径:100-200 μm)和未脱离云体的雨滴

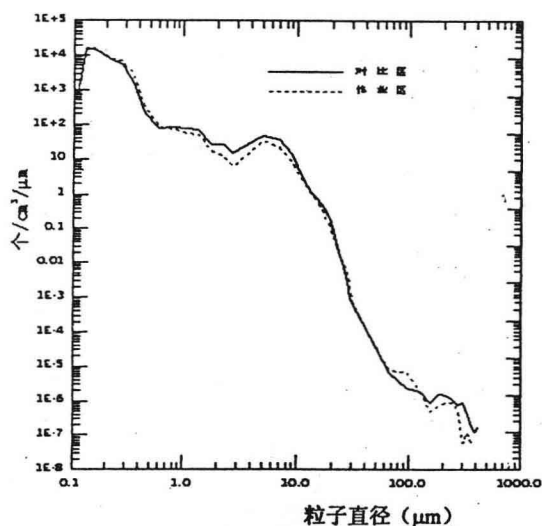


图7 第二次作业前对比区和作业区的云粒子谱分布

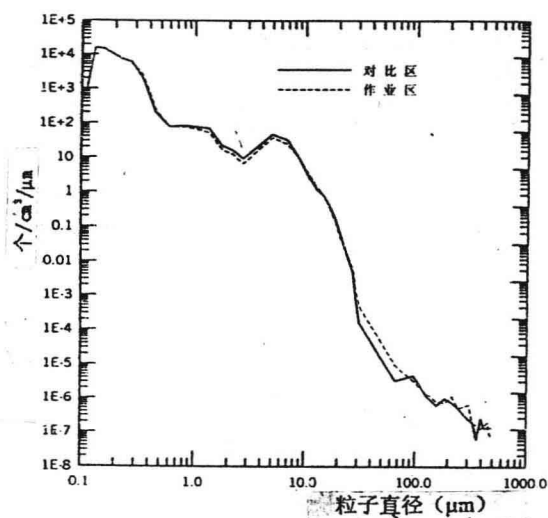


图8 第二次作业后对比区和作业区的云粒子谱分布

(粒子直径大于200 μm)的数密度,在作业前,作业区的值对比区的值小;而在作业以后,作业区的值对比区的值大。尤其是在作业区,直径300 μm 附近的粒子,作业前,谱分布在此是个极小值;而作业后,谱分布在此却是一个极大值。我们分析这可能是在1600m高度作业后,直径在300 μm 附近的雨滴降落到1300m高度造成的。原因如下,探测飞机水平穿作业区作探测是在10时07-08分,距作业的时间间

·军用天气分析及预报·

概率分布模型及确定方法

董双林

摘 要 归纳介绍确定概率分布模型的概率论法、数理方程法、收敛域法和分布假设检验法,提出界定大小样本的新标准。

关键词 概率分布模型 确定方法 界定 大样本

1 研究概率分布模型确定方法的意义

随着复杂性研究的发展,描述客观世界的随机论方法越来越受到重视。与确定论方法相比较,随机论方法相对显得支离破碎和难以理解。迄今为止随机论方法的核心是随机变量和分布函数。研究概率分布模型确定方法,可以加深理解、灵活应用随机论方法,促进其发展和完善。在此基础上探索随机论与确定论的统

一。为此,需要研究实际应用的各种概率分布模型的来源,彼此的差别与联系,应用方法及注意事项。

2 常用的概率分布模型

用 $F(x)$ 表示分布函数,用表示 $f(x)$ 分布密度函数。

2.1 离散型

P 二项分布 $B(n, P)$

隔约为 4—5 分钟,直径为 $300\mu m$ 的水滴在低层大气中下落末速度约为 $1.15m/s^{[3]}$,五分钟可下落约 350m,探测飞机刚好在播撒高度以下约 300m 进行的水平探测。

综合以上分析,我们看到,在暖性层状云中播撒催化剂产生了预期的物理效应,云中产生了雨滴,并逐渐下落脱离云体。

5 结论与讨论

根据两次作业的宏观记录,可以得出:采用人工播撒盐粉的方式,对消除暖性层状云有一定的效果,尤其是第一次作业时,在空中明显看到一条云沟。

这次人工消云作业试验取得了大量云的微物理资料。从第一次作业获得的云微物理资料

看,作业区的云体积消光系数对比区的小,即作业区的能见度好于对比区的能见度;分析第二次作业所获得的探测资料看到,在暖云中人工引入较大云核,引发了预期的物理效应,作业区云中产生了雨滴,雨滴开始下落,脱离云体。

致谢:本文在完成过程中得到何绍钦同志的指导,韩志刚同志提供 Mie 散射相关程序。

参考文献

- 1 王永生等. 大气物理学. 气象出版社, 1987. 402—403.
- 2 汪宏七, 赵高祥. 云物理光学特性对云光学和云辐射性质的影响. 应用气象学报. 1996, 7(1): 36—44.
- 3 王鹏飞, 李子华. 微观云物理学. 气象出版社, 1989. 285.