

人机交互的短时预报流程

朱文琴 杨志伟 石定朴

(中国气象科学研究院)

提 要

在微机上采用部分人机对话的方式,实现综合分析,包括物理量诊断、雷达回波、卫星云图、UHF风廓线、闪电和水汽遥感资料并提出预报意见。为提高京津冀地区汛期强天气的预报准确率和预报自动化服务。

京津冀中尺度气象试验基地针对基地的探测手段和所收集到的气象资料,研究了北京地区中尺度强对流天气的短时预报方法,编写了短时天气分析和预报手册。在此基础上利用计算机,实现了人机交互式的半自动预报流程。它可以快速、灵活、系统地使用基地所有采集到的数据与信息,为预报员归

纳出当前产生较强天气的有利条件和可能产生的天气情况,并可打印出有关表格、计算结果和预报意见。

流程包括如下内容:

- ①高空形势场分析的人机对话输入。
- ②高空和地面物理量的诊断分析及等值线图形显示。

③北京单站大气静力稳定度的诊断分析。

④人机对话方式的卫星云图分析。

⑤人机对话方式的Doppler天气雷达资料的分析。

⑥UHF多普勒风廓线资料的分析。

⑦闪电资料的分析。

⑧水汽遥感资料的分析。

⑨自动预报集成与半自动预报决策。

下面介绍人机交互系统的结构和功能。

一、系统结构简介

该系统采用 Olivetti 386微机 (IBM 兼容机), 640×480高分辨率彩显和EPSON LQ-2500 型打印机。系统以软件为主, 除诊断计算是用 Fortran语言编制外, 人机对话的选择菜单、屏幕作图、打印输出汉字文件都用C语言编制。各类探测资料的分析处理程序是独立的, 整个预报流程用批命令文件联结起来完成。常规资料处理分析和非常规资料的处理分析有不同的启动命令, 这样可以人为地用最新的非常规资料分析结果随时补充完善原来的预报意见, 发挥了非常规资料采集密集的优点。图1是预报流程框图。

二、软件功能

1. 天气形势分析

根据天气图分析结果, 采用计算机屏幕菜单选择, 输入产生降水或对流天气的条件。计算机记忆输入的信息, 作为判断是降水系统过境产生的系统性降水或仅为局地降水的条件, 同时作为对北京附近在满足上升运动、稳定度、水汽这三个基本降水条件方面的定性分析。

2. 常规高空地面气象资料诊断分析

高空诊断范围为30—50°N, 105—125°E, 包括96个站的探空资料, 共14×11个网格点, 格距200km。诊断计算产生7个

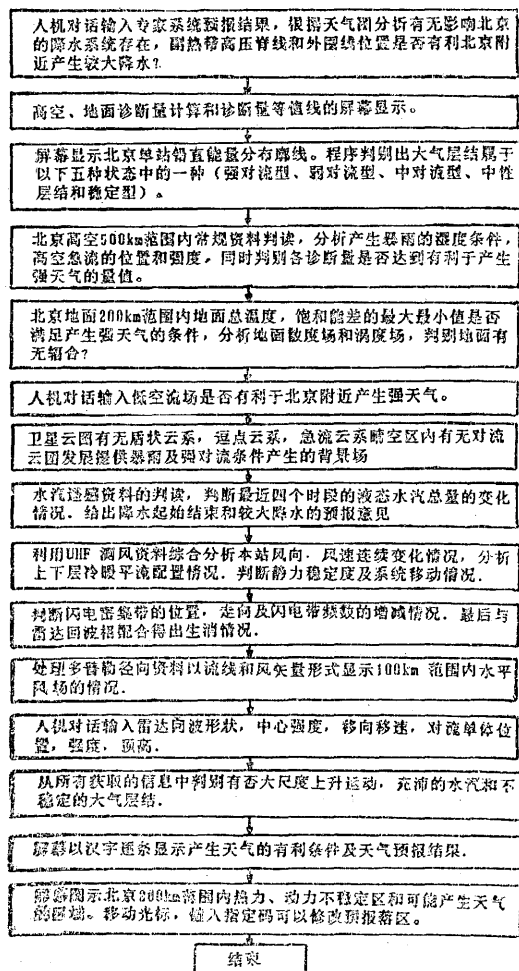


图1 人机交互的京津冀基地超短时
预报流程框图

层次的散度、涡度、温度平流、涡度平流、垂直速度、水汽通量散度格点值和96个单站稳定度指数。地面诊断范围为38—41°N, 114—118°E, 共89个气象站的地面常规资料, 格距为25km的13×12个网格点。诊断产生总温度、饱和能差、散度和涡度等格点数据。

为给预报员提供北京附近各层的湿度及水汽辐合信息和从平流引导角度考虑某诊断量未来的变化趋势是否有利于北京地区出现降水类天气, 程序挑选读入探空资料中北京附近17个站, 3个层次(850hPa, 700hPa,

500hPa) 的温度、露点、风向风速。为判断高空风垂直切变的大小, 高空急流的位置及强度, 读入北京附近 6 个站和北京东北方向 12 个站 200hPa 上的风向风速。挑选地面常规资料中北京附近 12 个站的风向、风速和露点资料, 以分析地面湿度条件及变化趋势, 并根据地面风速大小决定诊断的散度、涡度是否有意义。

常规资料产生以下分析预报信息:

①有无辐合上升区, 辐合中心的方位和离北京的距离。

②850hPa 温度平流是否有利。

③850hPa 水汽通量散度是否有利。

④北京 500km 范围内有无潜在不稳定区。

⑤北京附近 700hPa 或 850hPa 露点是否达到产生大一暴雨所需的标准。

⑥北京附近 500hPa 露点是否满足产生较大降水的条件。

⑦200hPa 高度上北京东北方向 (44°N 以北, 110°E 以东) 是否存在风速大于 $40\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的急流。

⑧北京附近 6 个站 (200hPa 层上) 风速是否大于 $30\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。

⑨地面露点是否满足产生较大降水的条件。

⑩地面总温度数值、分布及变化是否满足出现强天气的条件。

⑪03 时地面饱和能差是否满足 $\leq -4^{\circ}\text{C}$ 条件。

⑫北京地区是否有 5 个站的风速大于 $2\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。

⑬地面有无辐合区, 辐合中心的强度及离北京的距离和方位。

计算机自动记忆以上判别信息, 供决策程序使用。

3. 北京单站铅直能量分析

用 08 时北京单站探空资料计算各层干空气静力温度、湿空气静力温度、饱和湿静力温

度, 并在屏幕上显示它们的垂直廓线。程序能按计算结果和廓线随高度的变化与三条廓线的相互配置情况, 自动判别大气能量结构类型是属于强对流型、中对流型、弱对流型、中性层结或稳定型中某一种, 并在屏幕左上角显示判别结果。

4. 卫星云图分析

配合图形工作站的云图图象显示, 程序运用屏幕分区开窗, 逐次显示三级菜单。主菜单根据不同天气系统的云图特征, 选择判断有无反映大尺度高空辐散区的高空急流云系, 有无大尺度斜压扰动的盾状、逗点状或涡旋状云区, 有无产生强对流天气的积云区、强对流云团或积云线等。一级菜单配合主菜单的显示, 进一步选择相应云系的云状及亮度。例如高空急流云带是否有呈疏散的急流条纹, 其北侧边界是否光滑, 是否有明显的反气旋式弯曲等。二级菜单自动显示一级菜单选择的云系云状特征, 相应的可能产生的天气或进行其可能造成的影响的分析解释。三个层次的菜单在同一屏幕上出现, 采用中文字幕。

程序记忆主菜单和一级菜单所有选择的结果, 用来判别是否有降水系统过境, 是否存在大尺度上升运动区, 不稳定区和水汽输送条件, 是否存在产生暴雨或强对流天气的条件。

5. Doppler 天气雷达图象分析

屏幕菜单显示格式同于卫星图象分析。菜单选择内容见流程框图。程序记忆菜单选择的输入内容, 判别已影响或将影响本站的降水回波演变情况, 是否有锋面过境及其位置, 监测范围内是否存在中尺度气旋和辐合、辐散及风切变情况。

6. UHF 风廓线资料的分析

根据风廓线时间剖面图, 用菜单选择分析的内容有: 各层风速是否有增大趋势, 风速极大值的高度和强度, 是否存在低空急流, 风向的转变是否有利产生降水天气, 风

向变化所反映的影响本站天气系统的过境情况,利用上下层风向的垂直分布计算的冷暖平流上下配置,可分析大气层结稳定度是减小还是增大。菜单的选择不是唯一的,当几个条件同时满足时,可通过几次选择后一同记入程序中。

7. 闪电资料的分析

由于闪电定位资料可连续提供以北京为中心,半径320km范围内出现的闪电强度、频数与极性,分析逐时或逐10分钟的闪电活动的连续变化,可以及时揭示中小尺度系统中对流单体的生消、合并和移动等变化过程,对于对流降水的预报非常有用。程序判别北京320km范围内闪电密集带走向和方位,并及时挑选新生闪电出现的方位。闪电资料和雷达回波的对照分析表明,闪电发生频繁的地区大多位于强回波中心附近,而且闪电频数变化的时间可比回波强度的变化超前半小时到一小时。因此程序以闪电密集带走向与方位及新生闪电区与雷达回波配合起来判别和预报对流天气产生的时间和区域。

8. 水汽遥感资料

水汽和液态水遥感资料是利用双频微波辐射计测量波长为1.46cm附近的水汽微波辐射强度和波长为0.95cm附近的液态水微波辐射强度,计算出每5分钟或半小时的大气中的水汽总量和云中液态水含量。并利用探空资料中温度廓线反演比湿的垂直分布廓线。

程序以表格形式显示最近四个时次(即2个小时)水汽总含量、液态水含量的数值和比湿的增减情况,根据水汽总量与液态水含量的变化情况和500hPa、850hPa比湿的增加情况,可以预报降水加大的确切时间及降水开始或结束时间,作为一条预报意见提供给预报员,并在屏幕上用图示的方法显示降水可能加大的具体时间。

9. 预报集成和决策程序

对大量的分析结果和预报信息,如何进

行正确的预报集成和决策,从而得到可靠的预报结论,是这部分程序要解决的问题,也是此流程的核心。常规气象资料和各种遥感资料分析处理后,都自动产生相应的中间数据文件。集成决策程序分别读入这些中间数据文件存入相应的数组,然后按预报思路对这些记有各种预报因子信息的数组进行访问、比较和逻辑运算。由于产生强天气必需具备三个基本条件,即存在大尺度上升运动,有充沛的水汽供给和不稳定的大气层结,程序根据从天气形势分析与高空诊断分析所获取到的信息中,分别对这三个条件进行判别,如果北京周围500km范围内三个条件均满足,则将所有判读到的有利于产生降水类天气的条件用中文一一列举在屏幕上(也可用打印机输出)。预报员可用于检查最后得出的预报意见是否合理。然后依据天气形势分析和卫星云图分析所提供的信息,判别将出现的天气是属于有降水天气系统影响造成的系统性降水或仅仅是局地对流性降水。如果云图分析中不同尺度云系的外形、相对位置及排列、亮度(或云顶温度)等特征呈现有较大降水;常规资料分析中各层湿度(露点)都满足条件并存在水汽辐合的条件;雷达分析程序中反映回波强度增加并移速减慢,径向速度场中存在逆风区;水汽遥感资料出现水汽总量和液态水含量同步快速增长,对流层中低层比湿突然明显增大;闪电定位资料显示有明显的对流单体合并加强的情况;UHF风廓线中低空急流增强加厚;即只要有一个中间数据文件满足了上述对应条件,程序将得出有强降水的预报意见。北京及邻近地区强天气的落区预报主要由反映地面热力不稳定与动力扰动条件的诊断量相互配置关系,同时结合雷达回波的强度、位置、移动情况及径向风场配置,闪电资料中闪电密集区的位置及变化来确定。强降水可能发生的时间由雷达回波移动情况,云图演变及水汽遥感资料中水汽与液态水变化情况

综合分析后确定。最后屏幕显示北京200km范围内地面热力与动力不稳定区的叠加示意图。当满足系统性较大降水时还在可能产生天气的区域给出相应强度的降水符号。如果预报员对此客观预报结果有修改意见,可利用键盘矢量键移动光标到相应的位置,选择所需表示降水量级的降水符号显示到屏幕上,实时补充完善落区预报图。

三、个 例

1990年8月1日,在低槽冷锋前受副高西侧偏南暖湿气流影响,北京地区出现了汛期第一场大暴雨过程,此次降水主要是锋前的暖区强对流云团在晋东、冀西形成后,沿西南气流东北上的过程中强烈发展并在北京上空稳定少动所造成的。从GMS静止卫星云图上看,13:32(北京时,以下同)开始出现的对流云团,其直径仅35—40km,云顶温度 -54°C — -60°C 之间。到17:32开始影响北京时直径已超过250km,云顶温度低于 -70°C ,可见其发展之迅猛。北京的主要降水时段为19:00—23:00,最大一小时降水出现在19:00—20:00,北京观象台的一小时雨量达44.2mm。从24小时雨量分布看,北京有8个站超过50mm,三个站超过100mm,均位于北京西南部。预报流程利用京津冀中尺度气象试验基地的水汽遥感资料,UHF风廓线资料,闪电定位资料,多普勒雷达及一小时一次GMS云图资料,结合常规气象资料的诊断分析,不仅可以对这次降水过程的雨量(可出现一小时大于20mm的降水)及落区给出较为具体的预报,而且能预报出降水加大的时间为19时(在屏幕上显示出来)。预报结果与实况相比,主要雨区及走向,降水量级及降水加大时间基本相符,只是最大雨区位置比预报的落区(即符合降水条件最强处)偏西约50km。

图2是预报流程给出的对8月1日大暴雨过程的分析预报结果。

北京500km范围内产生天气的有利条件如下:

存在低空急流,强度为弱
低层暖平流移动趋势有利北京产生天气
低层露点满足条件
北京东北方高空存在急流
地面露点满足条件
地面能场满足条件
地面有辐合区
北京单站静力稳定度检验为弱对流型
有影响北京的低槽系统存在
有影响北京的锋面系统存在
副热带高压位置有利北京产生降水
卫星云图上有积云云区存在
雷达零速度线走向有明显折角,折角位于本站,锋面正影响本站
水汽遥感资料表明总水汽含量正在增加,降水可能加大
闪电密集带于北京西南
风廓线观测显示低空风速增大
风廓线观测显示低层有急流

诊断结果为系统性降水

专家系统预报结果为有暴雨

图2 预报流程给出的1990年8月1日大暴雨的分析预报结果

图3是利用地面资料诊断给出的8月1日落区预报示意图。



图3 地面资料诊断给出的8月1日落区预报示意图

四、结 论

此系统不需进入特定的语言系统框架,

屏幕作图、汉字显示与输出都用 C 语言编制。

流程中常规资料的分析判读实现了自动化,非常规资料除部分实现自动化外多数仍用人机交互输入信息的方式,这样有效地提高预报的准确率和可信度,但系统自动化的程度还有继续开发的余地。

流程为预报的集成和决策提供了十分丰富的信息。在众多的预报因子中评价它们各自对产生强天气的指示能力、权重大小是正在进行的工作,它将优化和提高预报流程的结构和水平。

参考文献

- (1) 京津冀中尺度气象试验基地,气科院中尺度气象研究所,短时天气分析和预报手册,1990年4月。
- (2) 陈渭民、肖稳安,卫星云图分析图册,南京气象学院大气物理系,1989年。
- (3) 陶祖钰、谢安,天气过程诊断原理和实践,北京大学出版社,1989年。
- (4) 斯公望,暴雨和强对流环流系统,气象出版社,1989年。
- (5) 章施等,暴雨预报,气象出版社,1990年10月。

Procedure for man-computer interactive very short-range forecasts

Zhu Wenqin Yang Zhiwei Shi Dingpu

(Institute of Mesoscale Meteorology, Chinese Academy of Meteorological science)

Abstract

On a microcomputer the comprehensive analysis is made on the diagnosis of physical quantities, radar echoes, satellite cloud pictures, wind profile by UHF radar, data about lightning and remotely-sensed water vapor, etc. in a partly man-computer interactive manner, and then the commended forecast by the microcomputer is put forward. This will serve for improving the accuracy of forecasting severe convective weather systems in flood seasons in Beijing-Tianjin-Hebei area and for forecast automation.