

姚健,叶子祥,庄千宝,等.台风环境场特征相似预报方法[J].暴雨灾害,2010,29(4):344-349

台风环境场特征相似预报方法

姚 健¹,叶子祥¹,庄千宝¹,陈宣森¹,余贞寿²

(1.浙江省乐清市气象局,乐清 325600; 2.浙江温州市气象台,温州 325027)

摘 要:通过多种场相似计算方法的试验比较,提出环境场特征的场相似分析方法,建立台风相似预报系统。利用 1950—2006 年 NCEP 再分析资料,计算关键区域的物理量场特征值;设计图形识别程序,获取每个台风过程的天气形势场各种特征值;建立环境场特征数据库和相应的台风过程实况资料库。预报时,利用数值预报产品和实况资料计算特征值,采用逐步相似筛选的方法,在特征数据库里选出相似历史个例作为预报参照。检验表明:该系统对 2007—2009 年的台风预报,尤其是台风暴雨雨量预报效果较好。

关键词:台风环境场;特征数据库;相似预报

中图分类号:P457.8 **文献标识码:**A **文章编号:**1004-9045(2010)04-0344-06

1 引言

近 10 多年来,对大尺度天气形势的数值预报取得长足的进展,其预报精度和时效已明显超过人工和经验的预报水平。台风移动路径的预报精度也大为提高。但是,目前还没有一个模式具有异常台风路径的预报能力,这一状况 10 多年来并未得到改善^[1]。台风暴雨的预报,由于其物理机制的复杂性,局地台风暴雨时空分布预报仍以预报员主观经验为主。迄今为止,在台风预报诊断分析中,相似预报仍是重要而常用的手段。

如何利用大量的实况探测资料和数值预报产品,提取相关因素,在历史台风个例中寻找最佳相似个例作为预报台风的参照,在技术上还在不断探索之中。近几年取得的研究成果表明^[2-5],相似预报研究取得一定进展,但距业务化应用还有差距。文献[4-5]的研究方法是目前在相似预报分析中较为普遍应用的格点场统计相似方法:分别取某一范围中高层高度场、流场反映大尺度天气形势场,取台风中心附近某移动范围的多种物理量反映台风本身的特征;将历史台风个例的上述资料和台风初始参数(台风位置、中心气压、移向移速)建立数据库。预报时综合评估历史样本和预报台风在多元判据下的连续动态相似程度,以此为判据,找相似个例。但文献[5]指出:据 2007 年多次台风试用检验,常出现找不到和预报台风相似的台风样本或相似度较低的情况。乐清市气象台在经过多种相似计算方案试验计算比较后,提出了一种带有智能性

的环境场特征相似分析法,在近几年的实际应用中取得较好效果。

2 环境场特征相似方法思路的探讨

2.1 两种场相似分析方法的比较

如何利用实况场和数值预报场资料寻找环境场(包括天气形势场、流场和物理量场,下同)相似的个例,常用的有两种方法。

(1)格点场相似统计分析。取某一范围相关区域某几个要素的格点场,通过预报个例和历史个例要素格点场的相似统计计算,选出相似个例。这种方法的优点是计算方法比较客观,使用时,不需预报员人工干预,文献[4-5]采用了这种场相似统计方法。由于台风是一个移动路径多变的涡旋,它的移动和其周围的环境场、不同尺度天气系统的相互作用及其本身的结构变化有关。如用事先指定区域的相似场资料、采用既定的某几个相似要素来寻找相似有可能找不到真正相似的个例样本。

薛纪善^[6]指出:尽管数值预报目前取得巨大的成就并在业务预报中发挥了巨大作用,但预报员的经验分析作用依然是不可替代的。因此,对于台风这样复杂的天气系统的相似预报诊断,在选取相似要素、相似场区域时,应该有人工经验的参与。

(2)环境场特征相似分析。该方法是根据台风周围的环境场特征值,建立历史个例特征数据库;预报时,预报员根据天气学原理和经验,选取某些关键特征,在历史特征数据库里寻找相似个例^[7]。

收稿日期:2010-05-01;定稿日期:2010-07-28

资助项目:乐清市科技局项目(2006R003)

作者简介:姚健,男,1976 年生,工程师,主要从事天气预报工作。E-mail: zjwzyx@yahoo.cn

该方法比较接近预报员平常的预报思路,预报员常用的天气形势相似比较分析就是一种简单定性的、主观经验的特征相似分析;台风环境场特征实际上就是预报员在台风预报诊断时最关注的起主导因素的因子,例如 500 hPa 副热带高压 588 线西脊点(大陆高压取东脊点)、脊线的朝向、西风槽南端或低涡中心位置,850 hPa 冷温度槽南端位置、台风环流 580 线和台风中心高度等。另外,为了反映物理量场特征,对多个关键区域的有关物理量场进行统计计算,建立物理量场特征数据库;台风预报分析时由预报员根据具体情况,选择相关的要素场及所在的关键区,并可设计具有一定人工智能的计算程序计算提取这些特征。

在实际相似预报分析中,路径预报和台风暴雨预报是分别进行的,前者主要选择天气尺度的高度场、流场特征为主;后者则在确定未来台风预报路径的前提下,在选择天气系统特征的同时,主要选择中尺度物理量场特征。

2.2 过程动态相似

台风过程的相似应该是动态相似,一是指环境场特征的动态变化相似,例如副热带高压带的进退、强度的加强减弱、副高脊的脊线北抬南压或脊线朝向转变、低涡中心的移动、台风周围流场变化、台风外围某处的变高和水汽通量变化等。二是指同一台风在不同的位置、不同的环境场下可选择不同的特征值进行相似分析。因此,特征相似应该反映台风移动过程中特征的连续变化。

2.3 相似特征的计算和特征数据库、台风实况资料库的建立

取 15° — 50° N, 95° — 145° E 作为历史个例格点场资料取值范围,采用 NCEP 提供的再分析历史资料和台风历史实况资料,统计 1950—2006 年强度已达到热带风暴以上、进入预报警戒线(浙南沿海 750 km 范围)的 376 个个例,计算提取台风个例起报日前 1~2 d 到起报日后 2~5 d(台风减弱消失或远离浙江为止)的环境场特征值,建立历史个例环境场特征库和相应的台风实况资料库。其中,台风实况资料库包括台风路径、强度、中心风力、浙江省沿海风力、台风过程雨量及 1 h、3 h、24 h 全省各站最大雨量(水文或自动站资料)的详细资料,以便通过相似分析,参照相似个例作出局地风、雨强度的预报。

相似特征数据库中有关环境场的特征值计算有两种方式:一是用某区域要素格点场计算的要素场特征。这种要素格点场计算的特征值一般是中尺度的特征,且大多在台风暴雨相似预报分析中采用。如以台风中心为中心点,取该中心某一相对区域的某要素格

点场计算特征值,这些移动的格点场特征一般是反映台风周围流场或物理量场的特征;例如 500 hPa 台风中心北侧 6~8 个纬距处的平均风矢量、700 hPa 台风中心周围 5 纬距以内的湿区(相对湿度>90%)面积等;另外是多个中小尺度区域的要素格点场计算的平均值表示的特征,例如闽中到浙南沿海的水汽通量、500 hPa 涡度、200 hPa 散度等。二是天气形势场的特征,计算获取天气形势场特征值的方法是:设计一具有图形自动识别的计算程序,在等值线(等高线、等温线、等湿度线)或天气系统标志线(如槽线、脊线)上,采取鼠标点击自动读取数值(读取经纬度和高度或温度、湿度值),并根据读取的数值计算出相应的特征值,实现天气系统图形的自动识别,使得系统具有一定的人工智能。

如图 1 所示,在 1994 年 8 月 19 日 20 时 500 hPa 形势图上(9417 号台风)点击 588 线,取 8 个点(最多一次性可点击 25 个点)读取每点的高度值和经、纬度值,然后点击副高中心和脊线上 3 个点,根据这 12 个点值就可以计算出副高中心位置和高度、588 线西脊点、脊线最西点、脊线朝向(同风向的表示方式)、588 线包围的面积(表示副高范围)、588 线最南端和最北端位置等表示副高状态的特征值;如图中在槽线上取 4 个点(规定自北到南顺序选取)可获取西风槽的最南端位置、槽线平均高度、槽线朝向等特征;同样,在大陆高压 588 线上取 12 个点、在台风低压 580 线上取 8 个点可获取大陆高压和台风低压的有关特征。以上物理量格点场计算的特征和天气形势场计算的特征各自建立特征数据库,供相似预报分析时使用。

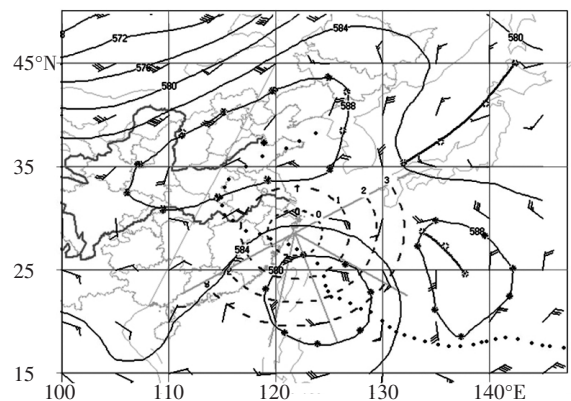


图 1 台风警戒区(虚线内)及 9417 台风天气系统特征取值示意图
(黑圆点表示取值点)

2.4 相似程度的计算

考虑到相似特征数据库中各特征要素的物理意义不同、数据形式也不同,在计算相似程度时,难以采用同一计算公式。为此,将特征数据库中的要素分为

四类,每一类采取相应的相似分析计算方法。

(1)反映天气系统位置的要素。如副高中心,西风槽南端等在数据库中经纬度形式保存的。计算相似距离时,用两点间距离的方法计算地理距离并统一转化为纬距单位来表示,若选 m 个要素,则预报样本 Z_0 和某样本 Z_k 综合距离为:

$$D_{0k} = \sum_{j=1}^m [(x_{0j}-x_{kj})^2 + (y_{0j}-y_{kj})^2]^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

式中, (x_{0j}, y_{0j}) 、 (x_{kj}, y_{kj}) 分别为 Z_0 和 Z_k 的地理坐标。

(2)反映天气系统位置 24 h 移动趋势或朝向等可表示为向量的要素。例如副高中心、槽线南端、低涡中心、付高西脊点等 24 h 移动趋势或槽线和脊线的朝向,可以按时间序列连续计算或按不同天气系统分别计算,采用两个向量夹角的余弦作为相似系数^[8]。设 Z_0 、 Z_k 为两个向量,则相似系数 R_{0k} 为:

$$R_{0k} = \cos \theta_{0k} = \frac{Z_0^T \cdot Z_k}{\|Z_0\| \cdot \|Z_k\|} \quad (2)$$

当 $R_{0k}=1$, 则说明两样本该天气系统移向完全一致, $R_{0k}=-1$, 移向相反。如选 m 个天气系统的移动趋势,则可用 m 个相似系数的平均值选出相似。

(3)反映数值大小的要素。如高度、温度、湿度、水汽通量等多种物理量的数值。若选 m 个要素,设 Z_0 和 Z_k 分别为预报样本和某历史样本的要素,则参照相关系数的计算方法按下式计算相似系数:

$$R_{0k} = \frac{\sum_{j=1}^m Z_{0j} \cdot Z_{kj}}{\sqrt{\sum_{j=1}^m Z_{0j}^2 \cdot \sum_{j=1}^m Z_{kj}^2}} \quad (3)$$

由于(3)式中各样本要素的量纲不同,要先经标准化处理:

$$Z_i = (z_i - z_{\min}) / (z_{\max} - z_{\min})$$

其中 z_{\max} 、 z_{\min} 分别为样本 Z 的最大值和最小值, Z_i 为标准化处理后的值 ($0 \leq Z_i \leq 1$), $i=1 \sim n$, n 为样本个数。

(4)反映系统时间序列动态的要素,如 24 h 变高、变温、付高面积变量等的连续变化。我们采用动态相似计算方法^[9]。若选取 m 个 24 h 变量,计算起报日开始三天的动态变化相似,则三天 m 个要素时间序列矩阵 A 为:

$$A = \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} & Z_{13} \\ Z_{21} & Z_{22} & Z_{23} \\ \dots & \dots & \dots \\ Z_{m1} & Z_{m2} & Z_{m3} \end{bmatrix}$$

式中的 Z_{ij} , i 为因子号, j 为日期,起报日 $j=1$ 。将要素 Z 的值进行标准化处理但是保持正负号不变,按

下式计算 Z_0 与 Z_k 的动态趋势相似距离:

$$A_{0k} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^3 (|Z_{0ij} \cdot Z_{kij}| - Z_{0ij} \cdot Z_{kij}) \quad (4)$$

显然,当 $A_{0k}=0$ 时, Z_0 与 Z_k 的 m 个要素每天变量趋势完全一致,取 A_{0k} 值较小者为相似个例。

3 逐步过滤相似筛选

预报员在相似分析时,一般总是先选择最重要的要素相似,然后再考虑其他要素,逐步选出最相似的个例,这就是逐步筛选过程。在实际应用中,根据数据库提供的台风相似特征要素菜单进行人工选择。由于特征要素项目较多,输入太多的相似条件或条件太严格,往往找不到相似,输入和本次台风非相关的要素又得不到真正相似的个例。因此采用逐步过滤相似筛选的方法^[10]较客观实用。

逐步过滤相似筛选的思路是先选取前期路径、强度大致相似的初选台风样本个例;然后在初选样本中选用最重要的关键要素进行相似分析,采用相似距离或相似系数排序方法选取相似样本;该相似样本通过相关检验后,再进入下一步相似筛选,如相关检验通不过则退回上一步重新筛选;直到选出最佳相似个例。以下以乐清台风相似诊断系统为例说明筛选的具体步骤。

3.1 前期路径及发生季节相似

预报起始时刻之前不同的台风路径和强度变化是台风和不同的前期环境场及其变化相互作用的综合反映;因此,在相似预报中,一般要选取前期路径、强度、台风发生季节大致相似的台风个例为初选样本,为统计分析的需要,规定初选样本不少于 30 个。

3.2 选择相似特征要素

系统菜单列出上述四类环境场特征要素。每一步相似筛选都可采用人机对话形式,从四类要素中任选 n 个特征要素(一般同时只取 1~3 个)进行相似筛选,每一次筛选都要根据系统默认的相似距离标准或相似系数标准(也可人工输入标准)选出相似个例,且要保持一定的样本数。

3.3 计算相似距离或相似系数

按上述要素分类计算相似距离或相似系数并排序,选取距离值较小或相似系数显著者为相似样本。当所选特征要素为 2 个类型以上时,规定取各类特征要素排序表中前 k 名重叠的个例为相似个例。

3.4 相似样本的相关检验

为了检验每一步筛选的效果,需进行相关检验,如经检验符合相关要求则将进入下一步相似筛选。否则,该步筛选结果取消,重新返回进行。相关检验

的目的是选取和台风移动路径或台风暴雨有较好相关关系的特征要素,从而选出真正相似的个例。

相似筛选分析和聚类分析的基本思路相同^[10],若将样本个例分为 n 类,如果选了某几个特征因素作相似分析时,筛选得到新的相似样本基本上同属一类,这样就可用于预报。实际上,仅当所选因素和台风路径或台风暴雨存在较好的相关关系时,这一步相似筛选才有效。文中设计相似筛选所进行相关检验的方法如下:

(1)分类统计气候概率。假设根据台风对浙江的影响程度分为 1、2、3 三类。例如,路径可分为浙江省登陆、福建省登陆、不登陆 3 类;过程雨量可按区域面雨量大小划分;先对前期路径相似的初选样本按类别统计各类的气候概率 $P_1、P_2、P_3$ 。

(2)第一步筛选。输入相似特征值后,分别计算初选样本经本次筛选后上述三类台风的发生机率 $PM_1、PM_2、PM_3$ 。取每类的检验概率 $PO_i=P_i+PJ(i=1、2、3、PJ$ 取值可人工输入),当某类 $PM_i>PO_i$,确认所选因子和台风影响程度存在显著相关。这第一步筛选很关键,属于定性相似分析,所以需要经过不同要素的多次选择试验,系统可以自动从中提取最佳选择。

以台风暴雨预报为例,若局地受台风影响分为:1)特大暴雨、2)大暴雨或暴雨、3)无暴雨三类(按平均面雨量划分);假设路径相似初选有 30 个个例,其中 1 类 7 个、2 类 15 个、3 类 8 个;则 $P_1=7/30=0.23、P_2=15/30=0.5、P_3=8/30=0.27$ 。若第一步筛选出特征相似个例 17 个,其中各类个数分别为:1 类 6 个、2 类 9 个、3 类 2 个;取 $PJ=5%$,则 1 类 $PM_1=6/17=0.353、PO_1=0.23+0.05=0.28、PM_1$ 明显大于 PO_1 ;而 $PM_2=9/17=0.53、PO_2=0.55;PM_3=2/17=0.12、PO_3=0.32$,第 3 类的 PM_3 明显小于气候概率 PO_3 。据此,可认为大暴雨或特大暴雨可能性较大。

(3)第二步筛选。这一步筛选是在第一步基础上的精选,所以只计算第一步已选类型的 PM 。经检验,仅当 PM 明显提高时才予以确认。这一步筛选同样可从多次要素选择中选出最佳相似个例。例如上例中只

计算 1、2 两类,第 3 类不再计算。

(4)相似筛选结束。利用上一步相似样本继续相似筛选,直到不大于 K_0 个个例(一般取 $K_0=2\sim 5$),筛选结束,所筛选个例作为预报相似样本。

4 预报实例

乐清台风环境场特征相似预报诊断系统(以下简称“系统”)于 2007 年 10 月建成投入业务试用,据 2007 年 10 月至 2009 年 10 月 6 个进入预报区的台风(0716 罗莎,0807 海鸥,0808 凤凰,0813 森拉克,0815 蔷薇,0908 莫拉克)预报试用,取得较好的效果。6 个台风的暴雨等级预报,分特大暴雨(过程面雨量 ≥ 350 mm 或 24 h 最大降水量 ≥ 250 mm)、大暴雨(200 mm \leq 过程面雨量 < 350 mm 或 150 mm \leq 24 h 最大降水量 < 250 mm)、暴雨(100 mm \leq 过程面雨量 < 200 mm 或 70 mm \leq 24 h 最大降水量 < 150 mm)、无暴雨(过程面雨量 < 100 mm 或 24 h 最大降水量 < 70 mm)4 级,除海鸥预报偏大一个量级外,其他 5 个台风预报正确;5 个登陆台风的登陆前 36 h 做登陆和登陆后路径预报基本正确,特别是 0716、0808、0908 3 个对乐清市有严重影响的台风过程雨量和 24 h 雨强预报较为成功。

4.1 起报警戒区的设定和预报资料的选取

如图 1 所示,以浙江中部的石塘镇为中心,分别以 250、500、750、1 000 km 画弧,设置了 0、1、2、3 四条警戒线,2 线以内(半径为 750 km 范围内)为台风警戒区。当台风进入 2 线为开始起报点,取起报点当天、前一天的实况场和后 12~72 h 的预报场资料进行相似分析,寻找最相似个例作为台风未来路径或局地暴雨过程雨量预报参照。其后每隔 12 h 的台风位置都可以作为新一轮预报分析起报点。过 2 线第二天开始,起报点利用当天、前二天的实况资料和其后 12~48 h 的预报场资料,如台风已登陆或将登陆,则系统作登陆后的台风路径和台风暴雨预报。

4.2 相似预报诊断步骤

以下以 0808 台风“凤凰”2008 年 7 月 28 日 08 时在台湾登陆时对未来 48 h 温州地区的暴雨预报为例

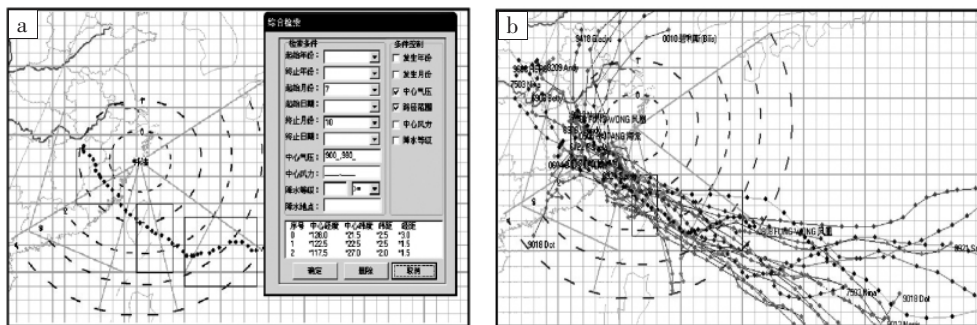


图 2 2008 年台风“凤凰”前期路径及相似路径个例选择框图(a)及初选相似台风路径图(b)

简要说明操作步骤:

(1)通过 MICAPS 系统调入“凤凰”28 日 08 时前期路径资料并输入 12、24 h 台风预报位置。

(2)打开“系统”的相似路径选择菜单,在前期路径和未来登陆路径预报上用鼠标取 3 个矩形框,调节矩形框大小,以取得一定数量样本的路径相似初选样本(图 2a),本次选取 32 个个例(图 2b)。

(3)进入天气形势选择菜单,先选择本次相似分析的形势特征项目,然后在底图上用鼠标点击取点,画出形势图(图 3)。

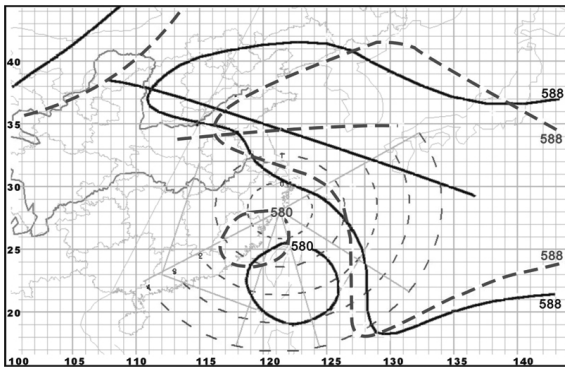


图 3 “凤凰”7 月 27 日 500 hPa 形势场(实线)及 24 h 预报场(虚线)图

(4)本次选择 27 日 20 时和 24 h 预报场的 500 hPa 副高 588 线、脊线、槽线、台风中心位置和强度。系统从 32 个初选样本中选出 12 个个例(图略),其中浙南

地区发生特大暴雨或大暴雨有 6 例(机率 50%),该样本的大暴雨机率明显大于初选样本的气候概率(31%),本次筛选有效。

(5)第二次筛选选择格点场物理量特征值。取浙闽海区 28 日 08 时 850 hPa 平均风矢、水汽通量实况和 29 日 20 时 850 hPa 台风 NE 方 6 纬距处的水汽通量(预告值)为特征值,进行第二次筛选,选出 5 个相似个例为 8209、9018、9608、0010、0513 号台风(图略),其中温州发生大暴雨或特大暴雨 3 例(8209、9018、0010 号台风),暴雨 2 例。

(6)确定过程暴雨预报参照明相似个例。进入系统的个例检索模块,打开形势场、物理量场资料图形库,进行 5 个相似个例的天气形势场(包括台风登陆后路径)、其他多种物理量场(主要看散度、涡度场、流场)和“凤凰”28 日实况场及 29 日预报场图形的对比分析;其中,数值预报产品给出的台风登陆后未来 24 h 强度、移速、路径变化是相似分析的重要因素,必须给予考虑。经相似对比分析,确认最相似个例为 8209、0010 号台风;这两个个例浙南地区受台风影响分别发生特大暴雨、大暴雨,以此两例的浙南台风雨量时空分布作为预报参照明相似个例。图 4a、b、c 分别是 8209、0010 号台风的过程雨量分布图和 0808 号台风的过程雨量实况图。由图可见,受“凤凰”影响温州地区过程雨量分布和 8209、0010 号台风基本相似。

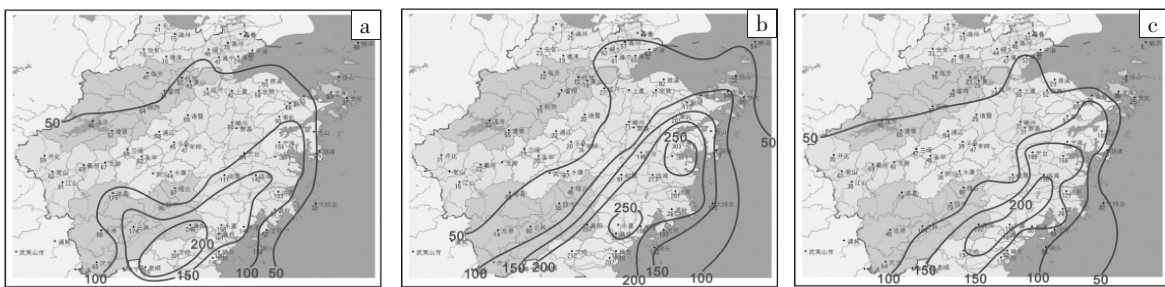


图 4 “凤凰”相似个例 8209 号(a)、0010 号(b)过程雨量(单位:mm)分布及 0808 号台风过程雨量实况图(c)

5 结论与讨论

(1)计算台风周围的环境场特征值,建立历史个例特征数据库;预报员选取某些关键特征,在历史特征数据库里寻找预报台风的相似个例,这种环境场特征相似预报思路比较适用于台风暴雨的预报。

(2)环境场特征相似的预报诊断方法比较接近台站预报员的预报思路,操作简单,在使用中可以充分应用预报员的经验,以此思路研制的系统较易被台站预报员接受和应用。该方法是台站数值预报产品释用的较为客观实用的方法。

(3)台风环境场相似预报系统经 2 年多的试用,

效果较好。特别是对于台风暴雨雨量的预报较经验预报水平有明显的提高。本系统的思路也适用于梅汛期大暴雨、强对流等其他灾害性天气预报。

(4)环境场特征的选择和计算方法及多元要素综合相似分析法还有待进一步完善,使之更为客观合理,并具有智能性。

参考文献:

[1] 罗哲贤. 弱环境场中台风运动及可预报性若干问题的研究[G]//全国热带气旋科学讨论会论文集.北京:气象出版社,2001:18-23.
 [2] 孙兴池, 吴炜, 赵宇, 等. 山东热带气旋预报业务系统 [J]. 气象, 2003,29(11):52-54.
 [3] 黄山江, 刘星燕, 李景宇. 用场相似方法释用分县预报[G]//天气预报

- 技术文集.北京:气象出版社,2008:244-246.
- [4] 钟元,潘劲松,朱红,等.一种台风过程雨量的相似预报方法[J].热带气象学报,2009,25(6):681-689.
- [5] 梁明珠,朱红,陈世春.多元相似预测在台风风雨相似中的应用[G]//全国热带气旋科学讨论会文集.2009:217-224.
- [6] 薛纪善.和预报员谈数值预报[J].气象,2007(8):3-11.
- [7] 章国才,矫梅燕,李延香.现代天气预报技术和方法[M].北京:气象出版社,2007:364.
- [8] 施能.气象科研与预报中的多元分析方法[M].北京:气象出版社,2002:175-176.
- [9] 陈静.动态相似在长江上游日降水预报中的应用[J].气象,2000(6):40-43.
- [10] 孔玉寿,章东华.现代天气预报技术[M].北京:气象出版社,2000:60-63.

The Typhoon Forecasting System Build on Similar Characters of Synoptic Situation

YAO Jian¹, YE Zi-xiang¹, ZHUANG Qian-bao¹, CHEN Xuan-miao¹, YU Zhen-shou²

(1.Yueqing Meteorology Bureau of Zhejiang Province, Yueqing 325600;
2.Wenzhou Meteorological Observatory of Zhejiang Province, Wenzhou 325027)

Abstract: Based on studying several similar methods, the environmental character fields similar analysis method is given and typhoon forecasting system is build on it. With the NCEP/NCAR reanalysis data from 1950 to 2008, the physical characteristic value in the key area is calculated, the automatic pattern recognition program is designed, and the synoptic situation characters are classified based on the database. Using the characters database and the numerical forecast products and observation data, the similar historical typhoon case can be chosen as a reference to forecast typhoon. It shows good forecast effect, especially for typhoon rainstorm prediction from 2007 to 2009.

Key words: Typhoon synoptic situation characters; Characters database; Similarity forecasting