

台风研究和预报问题的评述

陈联寿

(中央气象台)

一、引言

全世界每年平均产生 50—70 个热带风暴(包括台风和飓风),其中 36% 出现在西北太平洋,尤其强台风也多集中于这个洋区。西北太平洋台风平均每年有 35% 在我国登陆是影响我国的重要灾害性天气,它对我国国防和国民经济建设以及人民生命财产都会造成损失。因而有关台风的研究具有很重要的意义。

我国气象工作者,在毛主席“**独立自主,自力更生**”伟大方针的指引下,遵照周总理的指示:“气象工作是保护人民的,首先是保护劳动人民的”,积极开展了群众性的台风科研活动,取得了不少成绩。本文就近十余年来国内外有关台风研究和业务预报的进展作概括论述。

二、台风的形成和发展

卫星观测表明,全球热带洋面上每年平均有几百个热带扰动发生,但其中大约只有 1/10 可以发展为台风。关于台风形成和发展的条件,至今未取得一致看法。近年来,有人^[1]对这些条件进行了全球分布的气候研究,指出台风形成和发展的条件可以概括为六个方面:

(1) 气候条件 洋面上存在深厚的位势不稳定湿层,海面水温 $> 26.5^{\circ}\text{C}$, 位于距赤道 5—6 个纬度以外的地区。

(2) 环流条件 在赤道辐合区或赤道槽中有天气尺度气旋性水平风场切变。

(3) 辐合条件 在行星边界层中,埃克曼效应使低空辐合加强,积云对流发展、潜热释放和对流层增热。

(4) 时间条件 辐合区长期存在,有利发展,反之不利。卫星观测表明,生命史持续 3—4 天的云团对台风发展有利。

(5) 通风条件 风场垂直切变小,抑止对流层内的通风,增暖得以高度集中,使暖心形成。

(6) 动量条件 如斜压性增强,则积云对流发展,造成动量垂直输送以减小垂直切变和通风效应。使得地面气压下降、风速增长。

1977 年 1 月 3 日收到

以上6个条件都是必要条件,台风形成和发展的充分条件并没有找到。因此,目前有关台风发生、发展的预报,主要根据预报员的经验和诊断分析。

目前我国主要是根据常规气象报告、台风探测资料、卫星资料和雷达回波对台风的发生发展作诊断分析,确定出低空辐合、位势不稳定和积云对流、高空辐散、风速垂直切变和通风等有利于发展加强的条件,最后综合考虑作出预报。台风发生发展环流特征的研究^[2]表明,有利于台风发展的低空辐合和高空辐散条件,应从南北半球环流的相互作用、中低纬度环流的相互作用,东西方向环流的相互作用以及高低空环流的相互作用等四个方面去分析。这概括了台风发展的环流背景。卫星云图的分析经验表明,卷云罩和积雨云团的纹理、结构、色调等特征,在一定程度上反应出高空辐散、垂直切变和低空辐合等发展条件。两个和三个云团的相互旋转、合并、经常是台风突然加强发展的一种方式。例如,7203和7507号两个台风的突然发展都和两块云团的合并有关。7507号台风合并前为两块云团,在合并后强烈发展。中心附近最大风速在合并前后增长了20米/秒。7513号台风是由三块云团互相旋转合并,合并后也使风速增长了20米/秒。另外,海洋资料(海面水温、海表等温层深度、海水盐度等)对发展的作用也有了进一步研究,它反映了热带扰动从海洋获取能量的程度。

台风发生发展的理论,目前比较公认的是第二类条件不稳定理论^[3]。这个理论能合理地解释一些主要的观测事实。目前认为,积云对流对台风的发展起着加热作用和动量垂直输送并抑止通风的作用。尤其是前者,对台风发展起了重要作用。第二类条件不稳定理论特别强调了积云对流尺度的运动与大尺度运动之间的相互作用。这个理论指出,热带扰动中积云单体释放凝结潜热加热大气,使扰动的地面气压稍有下降,这就加强了扰动低空的气旋性环流。由于行星边界层内的埃克曼效应使风向产生径向分量而加强了低空辐合,引起更大规模的积云对流,释放大量的潜热,形成暖心结构,这使地面气压显著下降。如此循环,使扰动发展成台风。这个理论中所指出的高空增暖现象为大量观测事实所支持。这个理论还指出边界层埃克曼效应所产生摩擦辐合(尤其引起水汽辐合)的重要作用。摩擦辐合所提供潜热释放的加热能量要比摩擦耗能大两个量级。在五十年代曾将高空辐散列为发展的一个基本条件,上述理论对这个观点提出了异议。它认为高空辐散是行星边界层内摩擦作用所产生低空辐合在高空的必然反应,并不需要这样一个独立的条件。但实际工作中表明,扰动上空辐散区的存在,对发展是有利的,至今仍不失为业务预报的判据之一。

在台风形成机制的理论研究中,台风数值模拟是一种有效的工具。在这个工作中如何用大尺度场的参数表示中小尺度积云对流的作用是一个关键问题(这叫积云对流参数化问题)。六十年代中后期所进行的数值模拟^[4]其参数化方案的主要特点是认为积云对流所造成的大尺度加热,是云-环境温差和气柱内净水汽辐合的函数。这样使数值积分得到了稳态解,模拟出热带气旋增长,并且还成功地模拟出了热带气旋的生命史^[5]。参数化方案的提出,使数值模拟的观点与初期的考虑有根本改变。以前把整个涡旋看成是条件不稳定的,凝结是垂直运动的结果,大尺度运动看成由浮力推动的自由环流。后来,整个把涡旋看作稳定层系统,垂直运动是凝结的结果,大尺度运动是由积云单体释放凝结潜热所推动的强迫环流。正是由于这种改变,推动了数值模拟的发展。以后通过数值模式和参数化方案的改进,进一步考虑了台风非对称结构的作用,并对各种物理参数(加热空间

分布、边界层参数等)和计算条件(初值和边值条件、计算区域等)进行了大量试验,现在已经可以把台风的暖心、眼区、风场分布、螺旋雨带、非对称性、垂直运动、气压分布、增长率、能量平衡和整个生命史等主要特点模拟出来,并且还模拟出海面水温及其空间分布的不均匀性对台风加强和衰减的影响,证明台风的增长和衰减受海温的影响很大。关于台风能量收支和能量循环,模拟结果与实际台风也基本符合。这些成果表明,数值模拟不仅揭露出台风的动力机制,而且对得出台风形成和发展的充分条件,也是一条重要途径。

但数值模拟还有一些难题尚未解决。至今所有数值试验都没有充分考虑台风四周流场与台风的相互作用。如要将模拟结果用于实际预报,就必需把周围系统、垂直切变、流场等放入模式。另外,在数值模拟中所采用的圆对称假定、加热方案、参数化方案、非对称结构、中尺度系统等,都有待进一步研究。

关于台风胚胎的起源问题,可以概括为三类:即赤道辐合区中的扰动,信风扰动(包括东风波)以及斜压扰动。过去认为台风主要由东风波发展起来的,但从六十年代后期以来,卫星揭露的大量事实表明,绝大多数台风都是由赤道辐合区中的扰动发展起来的。从最近几年的资料看,我国编号的西太平洋台风,平均每年有 80% 以上是由赤道辐合区中的扰动发展而成。尤其当赤道辐合区两侧季风和信风的一次全线加强,经常可使赤道辐合区中的扰动连续或同时发展为台风。¹⁾这是多台风发生的环流背景(图 1)。大量的台风主要起源于此。

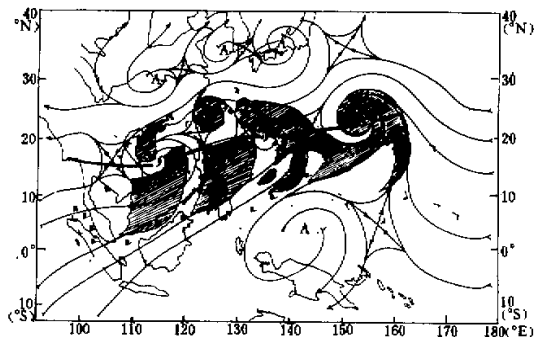


图 1 1967 年 7 月 30 日 8 时低纬流场(6706、6707 和另一个编号区外台风在一次季风和信风的加强过程中形成在赤道辐合区上,北侧的一个台风(6708)由东风波发展而成。)

近年来卫星探测还揭示出一个很有趣的事实,即有一小部分台风的早期胚胎是斜压扰动。这类台风是由中纬度冷槽的切断部分或中纬对流层低层冷性切变线上的低压涡旋移入低纬海面发展起来的。这类斜压环流系统原来是冷性的,在热带洋面经过几天变性,形成暖心结构,生成台风。1974 年我国沿海竟连续出现 4 个台风,都起源于斜压扰动。7405 和 7418 两个台风是中纬冷槽南端切断部分在沿海海面变性发展的,7417 和 7419 两个台风是华南陆地上的切变线被东北季风推到南海北部经过几天变性而发展的。冷空气活动和南亚季风的一次爆发是这两个斜压扰动发展的重要背景。此外,在 1974 年盛夏曾发生一个罕见的事实。在 8 月 12—13 日南海北部一个台风,它的胚胎是我国西南地区的

1) 丁-汇、范惠君等,热带辐合区中多台风同时发展的初步研究(见本刊)

西南涡。这个大陆上的西南涡被其东侧 7412 号台风西部的北风推到海上变性发展为台风(图 2)。这个实例表明,台风初始扰动不一定都来自海洋。只要条件有利,中纬陆地上的某些涡旋同样可以发展为台风。正如飓风的部分胚胎来自非洲大陆一样。

三、结 构

在垂直方向上台风可以分为三层,3 公里以下为流入层,气流向中心辐合。最强的流入辐合出现在 1 公里以下的行星边界层。3—7 公里是中层,这一层基本上不存在风的径向分量,主要是切向分量。从低层辐合的暖湿气流通过中层向高层输送。7 公里到台风顶部是流出层,气流从中心向外流出。最大流出在 12 公里左右。最近研究表明,流出层气流分布是非对称的,左半圆经常是气旋性环流,强的反气旋环流出现在右半圆。这种非对称结构对于维持台风的涡度、角动量平衡起了重要作用。在卫星云图上流出层表现为复盖在台风上

空的卷云罩,流出空气在台风外围出现下沉,组成了台风的径向—垂直环流。1968 年 10 月在飓风格拉迪斯^[6] (Gladys) 中发现的中尺度圆形抽气云 (CEC) 对飓风径向垂直环流的发展有重要作用,人们认为这种深厚的云团 (12—14 公里) 是低层环流和高层环流的主要联系,在不少从风暴向飓风过渡的热带气旋中都发现有这种云团和相应的环流。

在水平方向上台风可以分为三个区域,外区是从台风外围到最大风速区外缘,风速向中心增加。雷达观测表明,在这个区域中有一条或几条螺旋雨带。螺旋雨带的起因,有人认为是一种重力波,它和潜热释放的垂直分布有关。因此这个地区是台风内部热量垂直输送以及位能转换为动能的主要地区。中间区域是最大风速区,宽度一般为 8—20 公里,它与密蔽云区组成的台风云墙相符。台风中的最大风速、强降雨和最大的破坏力集中于此。个例分析表明,最大风速分布是不对称的,以台风前进方向的右前方为最强。内区是眼区,位于台风的中心附近。眼区直径一般在 10—70 公里之间,有来自眼壁和平流层下部的下沉气流,因此一般风平天晴。

台风结构的最突出一点是暖心结构。中心温度很高,在对流层上部中心气温要比四周高出 $10^{\circ}\text{--}15^{\circ}\text{C}$ 。最近的观测指出,有时台风存在两个暖中心,另一个暖心出现在 600 毫巴附近(图 3)。在暖中心四周的一条很窄的环带上,存在有很强的温度梯度,强度超过中纬冬季的斜压锋区。台风暖心结构是台风发展和维持的重要因素。暖心结构所建立的径向强温度梯度和力管场产生台风中的垂直环流,使热能转化为位能,又转化为台风动能。按热成风规则,暖心结构使风场随高度逐渐转变为反气旋成份造成高空气流的流出,从而



图 2 1974 年 8 月 15 日超高分辨率卫星云图。
一个由西南涡变成的台风。

使低空的辐合加强。当台风移到冷水面或陆地上,或吸入了冷空气时,由于对流凝结加热减小或抑制,这将使暖心破坏而导致台风衰亡。

台风中的中尺度系统是其结构的另一个特色。大量雷达回波资料表明,台风前颯线

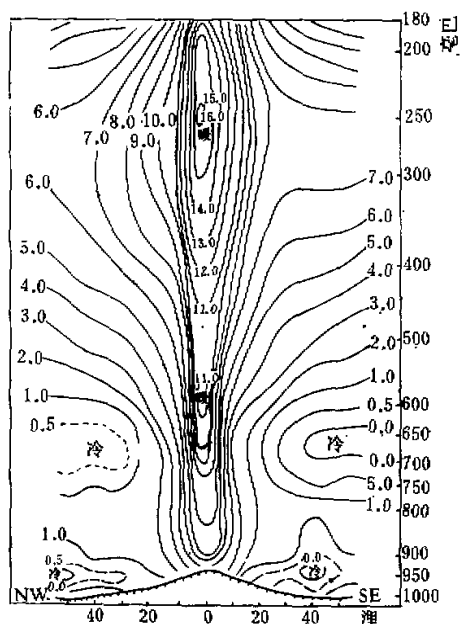


图3 1966年伊内兹 (Inez) 飓风两个暖心的结构
实线表示对热带平均温度的距平(取自 Hawkins 等, 1976年)

(我国预报员称外辐合带)和台风中高亮度点的存在,它们对台风的移动、发展具有指示意义。我国东南沿海渔民曾目睹台风前缘的一排水龙卷在台风登陆前袭击了沿海,带来了猛烈的天气。这些中小尺度系统产生的条件和机制目前尚未完全搞清。

当台风北上如与中纬度强斜压区接近并有冷气团侵入时,这时减弱中的台风可能会再生,转变成强温带气旋。它的温度结构出现半冷半暖型。大西洋上的1954年飓风黑兹尔(Hazel)是一个典型例子。日本和我国北方台风亦常见这种结构。著名的7203^[7]和7416号^[8]台风移到黄海曾一度减弱,但与冷气团结合后,出现了突然而猛烈的发展,成为盛夏辽鲁沿海的重大灾害性天气。关于这种复合结构的形成,目前有人认为^[9],当锋面移到台风内部时,则台风将在这条锋面上诱出一个新的温带气旋,变成由台风主涡和温带气旋组成的复合结构。

台风的尺度特征,在垂直方向可到对流层顶(15—20公里),少数可达平流层下部(27公里);水平范围可达1000—2000公里。台风尺度波谱一般是连续的。有两类尺度的台风特别值得注意,即2000公里左右的超级台风和200公里左右的微型台风,经常造成严重危害。尤其微型台风,其经常在眼壁存在一条狭窄而异常猛烈的强风带,风灾的破坏范围小但极其严重,具有龙卷的性质。在我国登陆的6811和7314号台风均属此例。这类台风容易在常规布站中漏掉,比较理想的追踪和监视工具是卫星和雷达。加强微型台风的结构研究,在实际业务预报中有重要价值。

有关台风结构的天气学研究我国从六十年代已开始。最近几年来进行了流体实验研究^[10],采用红外加热系统模拟积云对流的加热作用。实验研究表明,模拟台风下部的气旋性辐合流入层、上部中心附近的气旋性弯曲气流和外围转变为反气旋辐散的流出层、眼壁积云对流、眼区和台风外围的下沉气流,都和真实台风相符。这说明台风的模拟实验是研究台风结构及其形成的有效途径之一,但复杂条件下的模拟实验还有待于进一步研究。

四、移 动

七十年代初期以来,台风移动问题的研究取得了不少成果,这使得台风路径的业务预报向客观和定量的方向迈进了一大步。台风路径的客观预报可以分为以下4类:

1. 统计预报方法 用数理统计原理,建立台风未来位置(预报量)与有关物理因子(预报因子)之间的预报方程。在这种方法中预报因子是关键。目前一般从台风四周的流场特点、台风本身的内部参数、移动的持续性特点和预报员的经验等四方面选取可能的预报因子。统计预报方法要求预报因子之间相关性尽量小,而预报因子与预报量之间的相关性要好。在建立统计预报方程时,首先得从大量可能的预报因子中挑选有效因子,剔除独立性差、效果不明显的因子,建立最佳的预报方程。这一般由电子计算机对因子进行自动筛选来实现。

目前比较流行的台风路径统计预报方法有多元线性逐步回归、事件概率回归、判别分析(包括两级逐步判别、多级逐步判别、多次两级判别)以及按信息论原理设计的信息评分来分辨路径类型。美国国家飓风中心的 NHC-64 和 NHC-67^[11] 等业务预报方案和我国中央气象台、上海、广东、浙江^[12]等省市气象台设计的逐步回归等统计预报方法,都已经在日常台风(飓风)的业务预报中使用。我国沿海的县气象站,一般也都有单站的台风路径统计预报方法。

统计预报的主要问题在于预报量和预报因子之间的物理机制不清楚,预报因子并不能提供台风移动的全部信息,并且不容易报出历史样本中所没有的个例。在大形势急变时期,以及对于分布在界线(计算边界和类型界线)附近的台风,这种方法的效果并不很好。另外,这种方法对定位等初值很敏感。

2. 相似法 相似路径在一定程度上与反映影响台风移动的诸因子综合作用等效。相似方法的基本思路,是用前期路径相似的台风样本,来推断台风未来动向。美国国家飓风中心从 1970 年起,在飓风业务预报中正式使用相似法(即 HURRAN 方法)^[13]。这个方法把大量台风路径历史样本储存在磁带上,按一定相似标准,用电子计算机挑选出与所要报的台风相似的样本路径束,假定位移的经纬向分量满足于二维正态分布,就可以算出初始时刻以后 12、24、36、48、72 小时的概率椭圆,质量中心的联线即为所要报的台风路径。几年来应用的结果表明,这个方法是美国台风业务预报中效果较好的一种方法。

我国中央气象台也设计了一种相似法,历史相似路径是按季节、台风中心位置、移向和移速四个相似标准来选取。预报路径由惯性因子和相似路径束两部分的不同加权合成^[14]。这个方法的试验表明,在形势稳定阶段预报效果尚满意。近年业务预报的平均误差,24 小时 1.85 纬距,48 小时 3.75 纬距,72 小时 5.8 纬距。但在形势调整时期,这个方法误差较大。对摆动和打转台风,会因找不到相似样本而做不出预报。另外,这个方法对初值位置也十分敏感。相似标准的确定很关键,标准过严会找不到相似样本,过松会选进不相似样本。相似标准中如何来体现形势相似,这些都有待于进一步改进。

3. 动力预报方法 预报台风移动的动力模型可分两类。第一类把整个台风环流系统假定为质点(点涡),它的移动受基本气流场引导。如果预报出形势场,就可得到台风的预报路径。这个方法要抓两个关键,要用一套描述低纬大气运动性能较好的数值预报方程

来预报形势场;其次,要考虑除引导作用外其他因素(包括台风对形势的反馈)对路径的作用。这种作用使得引导所得的预报位置与实际位置产生偏差。试验还表明^[15],将这种矢量差订正到引导预报的结果中去,在一定程度上反应了除引导外其他因素对台风移动的综合作用,可以提高预报效果。

第一类动力预报方法的优点在于操作简便。它和统计方法不同,有清楚的物理意义。这种方法的问题在于:第一,如何提高引导效果,尤其要合理地考虑多层综合引导^[16]。第二,点涡假定下的动力预报方法中,不能反应出台风环流系统对大型基本场的反馈。上述位置矢量差的订正措施仅是一种经验处理。这是这个方法最突出的缺点。

第二类动力方法考虑了台风环流系统与大型基本流场的相互作用,一般称作内含台风预报方法。在内含台风预报方法中,主要问题在于台风流场是一个强梯度场。这对计算稳定性很敏感,往往引起动力方程计算不稳定。另外,理论和实践表明,内含台风这种尺度的波动,也是产生截断误差的源,使数值计算精度受到较大影响。因此,第二类动力预报方法在业务预报中的实现比较复杂。

我国于七十年代初期开始设计并试验了第二类动力方法^[17],采用正压原始方程并设计了一种内含台风环流系统位势场的数值计算方案。这个方法假定了预报区域内总能量守恒,抑制了计算不稳定。并用四级精度差分格式来提高数值计算的精度。这样使内含台风方法在业务预报中得以实现。它把预报得出的台风场极值区,内插出极值点位置,作为预报的台风中心位置。

用第二类动力模式可以预报出穿过太平洋高压的台风路径和双台风互相作用下的路径。而在第一类动力模型和统计模型中这些都是无法预报出来的。作者认为,这种方法是将来解决小概率台风路径客观预报最有希望的方法。但目前还存在一些系统性误差,预报移速常偏慢,中高纬度的槽移速偏慢显著,使台风预报的转向点常较实况偏西。同样,在形势急变时期,预报效果较差。这主要因为正压原始方程对中高纬度波动的斜压不稳定发展预报能力甚低。根据对1975年台风的试报结果,24小时误差1.8个纬距,48小时为2.9纬距,60小时为4.0纬距。

4. 统计—动力预报方法 统计动力相结合的方法是台风路径客观预报中新的研究成果之一。由于台风移动具有一定的随机性质,单纯提成一个初值问题有些片面;但台风移动又存在着明确的动力和热力过程,决不是单纯的随机问题。因此,统计预报和动力预报相结合的方法,将是台风路径预报中最有发展前途的方法之一。

目前统计和动力结合一般采用下面几种方式:(1)在统计预报方程中选用动力因子,加强统计因子的物理意义,(2)将动力预报结果作为因子输入统计预报方程,目前流行的所谓“MOS”方法即属此类,(3)将动力预报结果进行统计检验,并将统计偏差订正到动力方法中去,(4)建立一套动力和统计相结合的数值模型,使这种模型既保留了动力方程描述大气过程的物理机制,又用统计手段处理了动力过程难以描述的物理量。

我国台风路径预报中设计的统计动力模型^[18]属于第4种,其预报模型为

$$\frac{d\mathbf{V}}{dt} + 2\mathbf{\Omega}\mathbf{V} = \mathbf{F}$$

$\mathbf{V}$ 为台风中心移速矢, $\mathbf{F}$ 是影响台风运动的所有外力对台风环流系统的综合作用矢。这在动力模型中是不可能全部清楚的,故当作随机过程来处理。在这个模型的解案表达式

中,将与 F 有关的量采用逐步回归来处理 and 表达。这些量可从初始场和前期路径所提供的信息(因子取值)来确定。于是得出这个模型的解——预报路径。

这种模型的设计思想有明显优点,模型的物理关系完全清楚,这是统计方法所不及;另一方面,在回归处理中考虑了多种因素的综合作用,并简化了偏微分方程组的计算工作量,动力方案不易做到这一点。在它的预报结果中,巧妙地融合了动力和统计两种信息。

然而统计和动力两方面的缺点在这种方法中也是存在的。反馈问题正像第一类动力模型那样难以体现,由于对 F 系统内的量采用回归处理,因此对历史罕见路径的预报能力仍不高。对初值同样也很敏感。

试验的效果表明,动力和统计相结合的模型比单纯统计方法有了改进,1975年24小时平均误差为1.7纬距,48小时为4.3纬距。

我国从六十年代后期开展卫星气象和雷达气象工作以来,台风路径的诊断分析有了发展。目前已经总结出台风登陆、转向等各类路径的云型特征,在业务预报中成为有价值的判据。雷达回波资料给出了外辐合带(即台风前侧线)螺旋辐合带等的平移、转动、曲度特征,以及高亮度点的位置、超折射效应等特征,这对台风移向都有一定指示作用。

非气象因素对台风移动的影响,在一定条件下,经常成为诊断台风移动的重要依据。例如台风靠近岛屿与海岸时的加速现象,在引导条件不变时,经常显示出来,这种现象在模拟实验^[10]中得到了证实。海面水温也影响着台风移动。在引导气流微弱时,台风经常沿着海温暖舌轴线移动,而避开冷海水区。当暖水区被冷水区包围时,台风经常在暖区打转。近年来台风冷尾迹对另一个尾随台风路径的影响受到重视。统计和经验表明,台风移动受到冷尾迹的排斥作用^[19],当引导微弱时,这种排斥作用将明显地表现出来。

台风移动的诊断分析内容很广,但每一种诊断方法仅突出二、三个观点,从一个侧面强调了某种因素(如海温)对台风移动的作用。预报员在诊断分析时要注意使用条件(如引导气流很强时,海温作用将受掩盖),不可盲目套用。

目前路径预报方法和诊断依据虽有显著发展,但对异常路径的预报仍缺少办法。我们把异常路径定义成:(1)实际路径与大型基本气流近于正交,(2)路径具有小概率特征。这两点使得目前以引导观点为背景和以历史样本为基础的预报方法失效。

提高异常路径预报水平是台风科研中一项迫切任务。异常路径的预报,目前还处在天气学研究阶段。作者曾把异常路径划分为十类,即黄海(或东海)台风西折、南海台风北翘、倒抛物线路径、正面登陆高纬路径、蛇形摆动路径、多台风迴旋路径、顺时针打转、逆时针打转、台风的突然加速和跳跃、突然减速和停滞(图4);并对这十类异常路径的成因作了初步分析。^{1),[20],[21]}另外还有和形势相联系的两类,即穿过强副高转向的路径和微弱东风(副高退缩)下的西移路径。对于这些异常路径,目前各种客观预报方法都难以对付。因此对于异常路径的成因研究和天气学分析还需深入,这是发展台风异常路径客观预报(它应包括在一个全面的路径预报方法中)不可缺少的环节。将来第二类动力学方法的发展,可望有助于提高异常路径的客观预报水平。

目前台风路径预报的水平大致如下:在大形势稳定时期的稳定路径,各种客观预报方法和诊断结果基本一致,并与实况接近。就是气候预报或惯性预报效果也颇佳。但在

1) 陈联寿,台风异常路径概论,南京大学热带气象训练班讲义,1975。

形势急变调整时期的路径和小概率路径面前,各种客观预报和诊断结果经常互相分歧并告失败。现阶段在业务预报中每种方法综合应用、合理判断的问题是预报员最感困难的问题。在目前如何最佳地综合应用各种方法的结果是业务预报最为关心的一个问题。

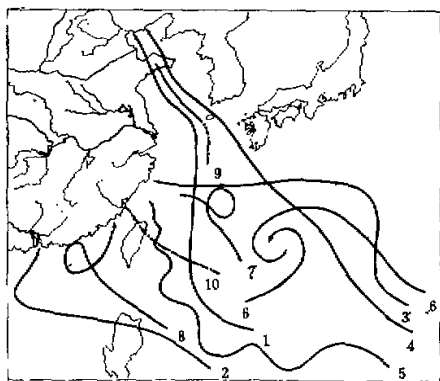


图4 西北太平洋台风的十类异常路径

我国1970年以来,根据数理统计、动力学、统计和动力相结合以及相似等原理,设计并试验了十几种客观、定量的预报方法,已经成为各级气象台站业务预报的重要依据。尤其是其中的九种方法,它的预报结果现在已经正式提交业务广播,供各级台站参考使用。

台风的诊断分析也有显著发展。尤其从卫星气象和雷达气象工作开展以来,根据云图和回波的大量特征,已经总结出台风形成、发展、^{[23]、[24]}衰减、路径和移向变化^{[25]、[26]}以及台风暴雨^{[27]、[28]}的指标,在业务诊断中常有良效。例如台风右侧来自南方的条状卷入云带常可作为台风特大暴雨的诊断依据之一,这条云带被认为是来自甚低纬度洋面水汽和涡度的能量输送通道。1969年8月,五小时下了787.4毫米特大暴雨的卡米尔(Camille)飓风和在我国下的最大一场特大暴雨的7503号台风都具备这样的条状卷入云带。

我国台风单站预报也有明显发展。新的进展在两方面比较突出;单站的客观预报和群众经验预报。沿海大部台站,根据单站资料和本地特点,设计并试用了数理统计预报方程,对靠近沿海的台风发展、可能影响本站的路径以及本站台风暴雨级别作出判别预报。以云状、云的移向、海水颜色、腥味、捕到深海鱼种以及谚语等组成的群众测台经验,也有了进一步的提炼和总结,并在台风单站预报中有独到作用。当然还需进一步验证和精炼这类经验,以便形成一个气象专业人员与广大群众相结合的群测、群报、群防的防台抗台队伍。

台风领域中最突出的薄弱环节是台风天气的研究和预报。个例分析表明,台风登陆后的特大暴雨,常和许多因素有关,如:(1)水汽和低空正涡度的输入,(2)中低纬度环流的相互作用,尤其是极锋和冷气团的作用,产生强的位势不稳定能量以及斜压能量的转化过程,(3)气流遇山脉地形的抬升作用和辐合作用,(4)对流层上部的强辐散区,(5)台风内中尺度降雨系统的作用,这在特大暴雨中占重要地位。这类系统有飑线、龙卷和雨团。(6)台风环流系统的停滞。除台风结构外,四周流场对这六个因素有重要影响。台风暴雨的预报,目前还处在天气学分析和经验预报阶段。主要用天气图、卫星云图和雷达回波报告,根据预报员对形势和天气系统预报的经验作出判断。台风暴雨的客观预报面临较大困难。一次台风登陆特别要抓准特大暴雨,由于它的小概率性经常使以历史样本为根据的各种统计预报方程无效。特大暴雨一般由几个中尺度系统连续影响所致,这也

五、结 语

最近十年来,台风研究和业务预报取得了不少新成果,进展是令人鼓舞的。发展最快的是台风路径预报。目前已经向客观化和定量化的方向迈进了一大步^[22]。我

使主要针对大尺度运动的动力预报方程报不出来。

关于台风中风速分布的估计,目前在预报业务上采用一些经验公式,^{[29][30][31]}有一定参考价值。国外对台风海潮的客观预报已经取得成效,^[32]只要根据天文潮位、台风风力和海岸特点就可报出潮水高度。

台风天气的预报问题涉及到探测手段、测点密度等一系列基本问题,并与台风结构以及强度变化和路径等的预报有关,因此它是一个综合而又复杂的问题。

其他的弱点,是近海台风突然形成和加强以及台风异常路径的研究。目前各国的预报水平,还不能有效地解决。

为了加速对台风的研究,赶超世界先进水平,使我们的台风预报和警报更好地为社会主义建设服务,值得注意下面几方面的问题:

(1) 加强研究目前预报中迫切需要解决的问题。尤其要加强对台风路径(特别重视异常路径)、台风天气(特别要重视台风暴雨)和发生发展(特别要重视近海台风的突然形成和加强)的研究。

(2) 对台风的理论研究和有关的科学实验应当以足够重视。应该把预报员的经验和预报指标上升到理论上。

(3) 加强台风探测技术和扩展资料来源,这是提高台风研究水平和预报水平的前提和保证。

我们相信,通过大量的台风研究工作和预报实践,不断总结经验,一定会在台风预报上有更大的进展。

参 考 资 料

- [1] W. M. Gray, Global view of the origin of tropical disturbances and storm, *Mon. Wea. Rev.*, 1968, 96.
- [2] 中央气象台,环境流场相互作用对台风发生发展的影响,1974年台风会议文集,上海人民出版社。
- [3] J. G. Charney, and A. Eliassen., On the growth of hurricane depressions, *J. Atmos. Sci.*, 1964, 21.
- [4] H. L. Kuo., On formation and intensification of tropical cyclones through latent heat release by cumulus convection, *J. Atmos. Sci.*, 1965, 22.
- [5] K. Ooyama. Numerical simulation of the life cycle of tropical cyclone. *J. Atmos. Sci.*, 1967, 25, p.p 3—40.
- [6] R. Cecil Gentry., T. T. Fujita., R. S. Sheets., Aircraft spacecraft, satellite and radar observations of hurricane gladys. 1968. *J. Applied meteor.* 1970, 9.
- [7] 中央气象台,关于一九七二年三号台风某些特点的初步探讨,7203号台风技术交流会汇编,1972。
- [8] 中央气象台预报组、中国科学院大气物理研究所热带气象研究组,一九七四年十六号台风减弱后变性发展为温带气旋的过程分析,1974年北方三省-市大风联防会议技术文件,1974。
- [9] 关风满,关于台风变性为温带气旋时在卫星云图上的云型特征,台风及其预报 *J. of the meteo. soci. of Japan*, 1970, 48(3)。
- [10] 张捷迁、魏鼎文、何阜华,台风结构和中国东南沿海地形对台风影响的初步实验研究,中国科学,1975. 5。
- [11] E. C. Hill, Miller, and P.P. Chase, Revised technique for forecasting hurricane movement by statistical methods, *Mon. Wea. Rev.*, 1968, 96.
- [12] 浙江省气象局,浙江大学数学教研组,台风路径的几种分型预报方案的试验,1974年台风会议文集。
- [13] J. R. Hope, and C. J. Neumann, An operational technique for relating the movement of existing tropical cyclones to past track, *Mon. Wea. Rev.* 1970.
- [14] 中央气象台,用相似法预报台风路径的一个客观预报方法,1974年台风会议论文集,上海人民出版社
- [15] 中央气象局研究所,一个正压模式加经验订正的台风路径数值预报,中央气象局研究所工作总结报告,1971。
- [16] 董克勤,两层综合引导方法,1976年台风会议交流文件汇编。
- [17] 上海台风协作组,预报西太平洋台风路径的正压原始方程模式,1974、1976两年台风会议交流文件汇编。
- [18] 上海台风协作组,西太平洋台风路径预报的一个统计动力学方法,1974、1976两年台风会议交流文件汇编。
- [19] S.Brand, The effects on a tropical cyclone of cooler surface water due to upwelling and mixing produced by a prior tropical cyclone, *J. Applied meteo.* 1971.

- [20] 陈联寿, 中纬度高空切断冷涡对台风路径的影响, 卫星云图的分析 and 接收, 第 5 集。
- [21] 中央气象台, 三类台风异常路径的成因分析, 1976 台风会议交流文件汇编。
- [22] 陈联寿, 十年来我国台风路径预报的进展, 气象科技资料, 1976. 第 5 期。
- [23] 陶诗言, 从卫星云图分析台风的发生发展方法, 卫星云图的分析 and 接收, 第 6 期。
- [24] 陈隆勋、王作述、方宗义、洪序团, 西太平洋赤道辐合带中台风发生发展的初步分析, 夏季西太平洋热带天气系统的研究, 中国科学院大气物理研究所集刊第 2 号, 科学出版社, 1974。
- [25] 李玉兰、王作述、黄文堂、王锦定、陈渭民, 卫星云图上云系与台风路径的关系, 同上。
- [26] 广东省汕头雷达站, 应用雷达回波资料预报台风路径, 1974 年台风会议文集, 上海人民出版社。
- [27] 丁一汇, 南支槽与台风高空流场的相互作用及其对天气的影响, 全国气象卫星云图接收应用会议文集, 科学出版社, 1976。
- [28] 福建省气象局雷达站, 雷达回波与台风风雨分布的关系, 1974 年台风会议文集, 上海人民出版社。
- [29] 38010 部队中心气象台, 7314 号台风强度分析, 1974 年台风会议文集, 上海人民出版社。
- [30] 广东省海南行政区气象台, 7314 号强台风的一些特征的分析讨论, 1974 年台风会议文集, 上海人民出版社。
- [31] 上海台风协作组, 关于台风区域内风速分布及其预告问题的初步探讨, 1976 年台风会议交流文件汇编。
- [32] C. P. Jelesnianski, Bottom stress, time history and linearized equation of motion for storm surges, *Mon. Wea. Rev.* 1970, 98.