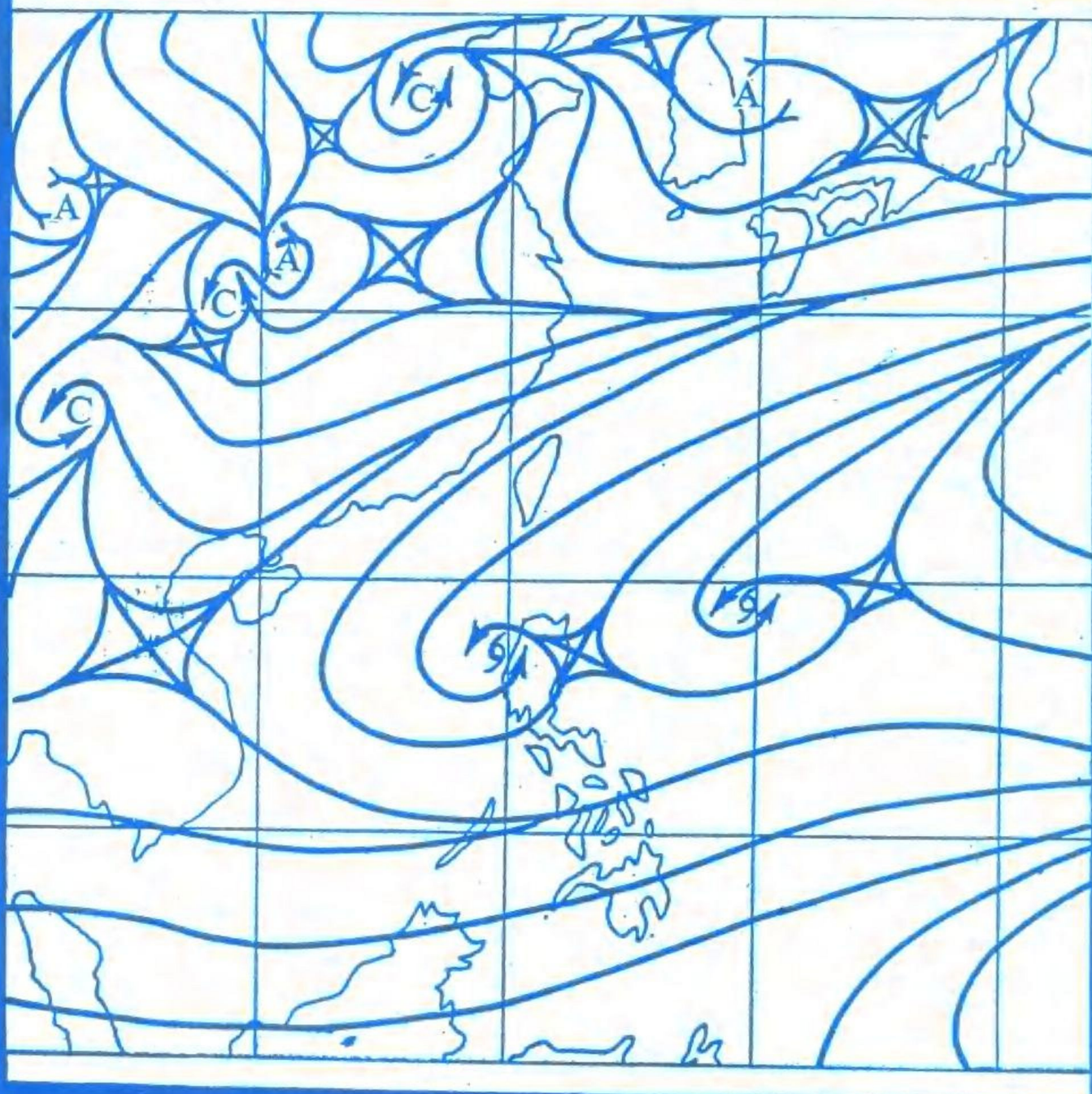


台风会议文集

1985



气象出版社

台风会议文集

(1985)

全国台风科研协作技术组
上海台风研究所

编

气象出版社

内 容 简 介

本文集选编了第七届(1985)全国台风学术交流会上报告的论文,共50篇,它反映了我国当前台风科研的最新成果。主要内容包括:台风暴雨,台风路径,台风发生、发展及其强度变化,台风结构,台风动力学,数值预报和数值模拟等方面的研究,另外还包括微型计算机在台风定位、资料检索以及台风天气、台风路径预报中的应用。本文集还对当前国内外台风科研的成果和进展作了综合评述。

本文集可供从事台风观测研究和业务预报的气象科技人员和台站预报人员参考,对同台风天气有关的海洋、水文、航海、海上石油勘探的科技人员和气象院校师生也有参考意义。

台 风 会 议 文 集

(1985)

全国台风科研协作技术组

上海台风研究所

责任编辑 - 奚熙贤

编

* * *

高 泰 出 版 社 出 版

(北京西郊白石桥路46号)

密云华都印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 全国各地新华书店经售

* * *

开本: 787×1092 1/16 印张: 26.75 字数: 646千字

1987年11月第一版 1987年11月第一次印刷

印数: 1—1,000

统一书号: 13194·0403 定价: 6.25元

前 言

第七届全国台风学术交流会于1985年11月4日—8日在山东省泰安市召开。这是“六五”期间最后的一次学术会议，其主要任务是检阅“六五”后期的科研成果和进行学术交流。为提高会议质量，吸取1983年全国台风学术交流会的经验，早在8月8日至12日就由全国台风科研协作技术组于秦皇岛市召开了扩大会议，审编了《1985年全国台风会议文摘(预印本)》，共收进论文摘要115篇。经研究确定在会议上报告的论文74篇，最后选进本文集的为50篇。

会议交流的学术成果和文集的主要内容表明了如下一些事实：(1) 台风路径：进一步加强了疑难台风路径的研究，着重对台风左折、右折、北上，北翘、转向等造成台风路径突然改变等方面，进行了较为系统的天气学分析和动力学分析，前者涉及的年代长，样本多，代表性好；后者则较为详尽细致，具有一定深度。台风路径、位置等资料的检索系统和台风路径客观预报方法已在微机上形成了一个比较完整系统，这在以往客观定量的基础上向自动化方面迈进了一大步。在台风定位上，经利用飞机探测、卫星、雷达及常规天气图等资料，通过内插、平滑确定的台风最佳位置，对实时定位和资料整编提供了重要依据，这是一大进步。(2) 发生发展：正在朝综合方面发展，引用了天气气候学、动力学、卫星气象学等方法，开展多台风年、少台风年的比较分析，概率统计分析，中、低纬度系统的相互作用分析，能量收支和平衡分析等等，无论在水平和质量上均较过去有所提高。

(3) 台风天气：有关台风暴雨的论文，和过去相比占的分量较多。分析特点已从单纯的大尺度转向中尺度系统，尤其是热带云团在台风暴雨中的贡献更为详尽。另一特点是台风暴雨的概率统计方法已得到普遍应用，并且达到一定深度和投入实际业务应用。(4) 台风结构和动力学研究：过去限于资料，很少进行台风结构的研究，动力学的分析更加薄弱，在这次会议中较过去有所改善，比如应用板对称扰动方程组结合海洋的表层混合层，讨论海温及其水平梯度对台风扰动的增长率的影响，达到了一定水平。在数值模拟上，提出了较先进的模式，成功地得到了模式台风逼真的发展概貌，并同时证实了环境流场对台风发展的重要作用。如上所述，我国当前的台风科研工作正在日益蓬勃的发展。这本反映台风“六五”期间成果的文集，当然不能概括其全貌，但却可以起到一豹之斑的作用。

由于编者水平有限，错误在所难免，敬希读者们批评指正。

全国台风科研协作技术组

上海台风研究所

1986年7月

目 录

第七届(1985)全国台风学术交流会议技术总结.....全国台风科研协作技术组(1)

综合报告

热带气旋运动研究和业务预报的现状和发展.....陈联寿(6)
天气尺度环境条件在热带气旋形成中的作用.....许健民(31)
台风暴雨的研究.....包澄澜(38)
台风高空流出层结构.....金汉良(47)
热带气旋—环境相互作用与风暴结构的变化.....金汉良(55)

台风暴雨

TOPEX期间影响我国的台风暴雨及其中尺度系统.....焦佩金 范永祥(70)
台风外围对流云团暴雨形成的物理机制分析.....李玉兰 王婧婧 陈向红(83)
西风系统与台风共同作用下暴雨的成因及其与台风环流暴雨的对比分析.....
.....唐章敏 金秀兰(91)
台风倒槽暴雨的动力结构.....励申申 卢小川(99)

台风路径

低纬台风东折、北翘路径的探讨.....包澄澜 徐海明 许亮(107)
用云天综合分析法预报台风.....束家鑫 张秀雯 鲍宝堂 申如居(116)
利用卫星云图定量预报台风路径的一种新方法.....陈渭民 陈鹏(127)
流函数切变平流与台风路径演变的初步分析.....刘伯汉(137)
近海北上台风西折的天气气候分析.....陈企岗 束家鑫(142)
200hPa环流特征量和CLIPER方法预报台风强度变化的验证.....薛秋芳 许健民(149)
一个带有天气型的台风路径相似预报方案.....吴天泉 费亮 薛宗元(156)
形成多时刻因子的一种途径.....贡九丁 程煜(163)
台风路径的天气-动力统计(T-SDS)预报方法.....王达文 周晓珊(168)

台风强度和结构

一个南海台风登陆后的结构变化和涡度平衡.....王作述 赵平(177)
对流层中高层冷空气对台风发展的贡献.....陈光宇 邓勇(189)
同心双眼台风的特征分析.....陈善敏(199)
热带气旋强度的动力-统计预报方法.....钮学新 滕卫平(212)

台风动力学分析和数值预报

- 非静力热对流飓风模式所求得的飓风结构和演变 (不含冰的相态变化)
.....金汉良 H.E.Willoughby J.M.Piotrowicz(221)
台风发生的非线性动力机制.....杨大升 丁敏芳(231)
热带气旋中心位移动力预报.....李忠琛 林邝泗莲 杨平章 姜宁等(244)
五层原始方程模式套网格台风路径预报方案.....朱永提 殷鹤宝(253)
台风垂直扰动速度的非线性稳定性问题及平衡振幅.....毛琦(263)
夏季西北太平洋热带气旋发展与不发展时期天气尺度能量平衡.....胡坚 邹晓蕾(271)
台风初始低压扰动的一个简单动力模式的随机解.....李小凡(278)
海温、海温水平梯度对台风发生发展和路径的影响.....李小凡(284)

微机应用

- 台风最佳路径的客观定位方法.....张经文(292)
台风路径业务预报系统——STFS.....吴天泉 费亮 薛宗元(305)
东海台风环流影响上海暴雨预报方法及微机处理.....姚祖庆(311)
用APPLE II 图象显示作台风相似路径及影响程度预报.....李伟伦(315)

台风长期预报研究

- 赤道东太平洋海表水温异常与西北太平洋台风活动.....韦有暹(320)
东亚及太平洋上空热带环流的三维特征结构与台风活动.....王继志(334)

短 文

- 台风倒槽的雨区分布与基本气流垂直切变的关系.....肖文俊(343)
大气能量跃变与台风暴雨.....陈士仁(349)
角动量输送对台风路径的影响.....张学圣 刘小根 王忠法(357)
两个东海近海台风的消长与天气尺度的动能平衡.....林有任 邱君瑞(362)
南海近海台风发展过程中的涡度平衡.....彭金泉 张青 李忠芳 黄佩玲(367)
垂直切变流场对台风的影响.....朱良富 毛承润(374)
东海近海7909号台风发生发展的角动量收支.....梁力 周学鸣 吴志伟(379)
热带气旋发展的数值模拟——对流凝结加热方案.....李天明(388)
一个用准拉格朗日格式预报台风路径的正压原始方程模式.....朱复成 徐祥德 阎艳(392)
用原始方程套网格模式预报浙江台风路径的效果检验.....
.....邬宗汉 范爱芬 刘孝麟 张冰(399)
8305 (Abby) 台风路径的动力诊断分析.....刘科成(44)
南海区域台风活动的季节预报初探.....王静渊(409)
南海台风的风浪和涌浪分析.....郭秀英(415)

第七届（1985）全国台风学术交 流会议技术总结

全国台风科研协作技术组*

第七届（1985）全国台风学术交流会于1985年11月4日至8日在山东省泰安市召开。会议共收到136篇论文。115篇列入预印本。大会交流了6篇，分会交流了68篇。在这次会议上提出的报告内容丰富，水平较高。一批青年科研人员崭露头角，尤其是在我国台风研究的薄弱环节——台风动力学领域内初显才能。这些充分反映出近两年的台风研究工作，无论是基础理论，实际应用，还是人材培养方面，都取得了可喜的进展。

这次会议挑选了若干篇具有较高水平的研究论文，实用性较强的技术报告和反映当前国内外动态的综合报告在大会上作了介绍。韦有暹报告了赤道东太平洋海温异常与西太平洋台风活动的关系。王达文等将数值预报结果中的系统性误差用统计方法订正，性能上的误差用天气学方法订正，由此建立了台风路径的天气-动力-统计预报方法，取得了一定的效果。杨大升简单评述了耗散结构，并将多平衡态理论试用于台风发生发展的分析。包澄澜综合介绍了四类台风暴雨和影响台风暴雨的诸物理因子。金汉良综合介绍了台风高空流出层结构研究，以及环境—气旋相互作用与风暴结构变化研究的国外进展状况。

围绕“六五”台风科研规划，最近两年内所进行的科研工作成就不少，许多理论性和应用性的课题都得到了进一步的开展。现根据会议上的报告，将其内容概述如下。

一、台风天气的研究

对台风暴雨的研究，许多作者强调中尺度对流云团的作用，或台风环流与西风带的共同作用。有些研究人员比较注意台风暴雨在能量场上的反映。台风暴雨客观统计预报方法已在个别台站作了试验。但风、浪、潮方面的研究，相对而言，尚嫌不足。

赵亚民收集了8207台风降水资料，结合卫星云图，分析该台风云系内中尺度对流云团（直径10—20km）的发展与演变过程。结果表明，引起特大台风暴雨的是云系中那些新生的和发展的中尺度对流云团。这些云团或是台风外围的云体被吸引到台风云系中，或是对流云体在低层辐合高层辐散的台风流场中得到充分发展的结果。李玉兰等分析的两个个例也有类似结果。刘素恩对8304台风暴雨所作的个例分析，也指出其成因乃为在台风环流、副高、低空急流和能量锋区所组成的环境场中，先后形成的两个中尺度的超级对流单体所致。

焦佩金利用TOPEX资料，将登陆台风暴雨按相对于台风中心的位置作了分类。指出台风中心附近的雨团，有逆时针旋转向外传播的趋势，并有100km左右波长的中尺度扰动叠置在台风场上。肖文俊则将台风倒槽暴雨按相对于倒槽的位置作了分类，并用热成风适应过程中铅直运动的发生规律给以解释和判别，可供实际预报使用。唐章敏比较了单

*执笔人金汉良。

纯台风暴雨和台风与西风带共同作用造成的暴雨之间的差别。它们的每小时雨量强度差别不大，但由于后者的持续时间很长，故降水总量很大。刘桂芬认为，8407号台风造成辽西大暴雨，其原因也是由于有弱冷空气侵入台风环流和中低纬相互作用的结果。

在台风暴雨的诊断分析方面，比较注意了它与能量场的关系。陈士仁指出，在暴雨出现前12—24小时，能量有跃变现象。中层由高能向低能、低层由低能向高能跃变。杨金钊等则用能量锋生函数作了分析，强调低层湿度平流既有利于能量锋生，又有利于不稳定性增大，是触发暴雨的一个重要机制。

台风暴雨的客观定量预报一贯被认为是一个难点。在近期的工作中，除了继续改进落区预报方法外，沈志芳作了在不考虑台风路径的前提下，用两级判别法直接预报有无暴雨的研究，预报时效为12—36小时，效果较好。姚祖庆则对上海地区的台风暴雨建立了降水量级和出现时间的统计预报方程。她先用纬度过滤一部分对上海无影响的台风，再选取因子作逐步回归，整个操作微机化，客观地作出综合结论，试报效果不错，是一项较有实效的科研成果。贡九丁也曾试验了将同一性质、不同时刻的因子，加权组成一个因子，用于台风降水预报。他的工作还在接受进一步的检验。

台风风、浪、潮的研究都是结合预报业务需要开展的。徐家隽报告了用于南海海域上的梯度模式；郭秀英根据1981至1983年的28个个例分析了南海台风或热带低压所引起的风浪和涌浪的情况；阎秉耀等用动力学方法导出在台风影响下计算港口逐时暴潮增水的公式，然后再用历史资料估算台风暴潮的最大增水值。

二、台风路径的研究

这方面的研究报告体现出四个特点：（1）加强了疑难路径的天气学分析；（2）比较集中地研究了南海台风的移动路径；（3）逐步完善台风路径各种预报系统；（4）卫星云图的使用。

包澄澜指出，台风在低纬也会发生突然左折和北翘等异常路径。1974至1983年总共190个西北太平洋台风中有29个在 22°N 以南左折或北翘，其中24个是由于赤道反气旋或赤道缓冲带的强烈发展引起的。当低纬有12—24m/s的赤道西风爆发后，20—32小时内南海台风就会左折或北翘。张学敏用天气动力学方法，分析了台风转向的特点和环流形势，并提出了一些预报指标。陈企岗给出了台风左折和右折条件的合成对比分析，可供预报参考。

吴兴国对850hPa温度场与西行或北上的南海台风路径作了天气、气候分析，对比特点较明显。刘伯汉探讨了无辐散风和流函数的铅直切变与南海台风未来移动的关系。

杨平章等导出了含有涡度、散度等动力作用项的台风中心移动方程，用于台风移动的24小时预报。张学圣探讨了角动量输送与台风路径的关系。刘科成尝试用Holland方程预报台风路径。

吴天泉等研制了一个带有天气型指标的台风路径相似预报方案，初步结果表明，对预报有所改进。赵贵英在路径分类的基础上为山东省台建立了12—72小时路径预报的逐步回归方程，效果达到一定水平。

台风路径定位和预报在过去客观预报方法形成和发展的基础上，已移植到微机，形成一套比较完整的系统。在这次会议上许多单位作了微机在台风资料检索、定位以及台风预报等方面的操作表演。这是近两年来的一项重要研究成果，说明台风科研工作正在向着业务

化、自动化、系统化方向稳步发展。吴中海建立了TOFS台风业务资料和预报系统，包括如下功能：各种探测报告和警报中的台风位置的检索；预报结果的核对和修改；台风路径检索；气候规律查询；台风的实时定位；相似预报模式；以及历史资料的储存和修改。整个系统包括的资料比较全面，使用方便。吴天泉等研制成了STFS台风路径预报系统，内容计有：历史资料库；台风路径的统计预报，统计-动力预报和持续性预报；以及检索相似个例，给出预报结果和绘制预报图表等。整个系统快速便捷，很适合业务使用。张经文利用飞机资料、卫星和雷达定位资料、常规天气图上的台风位置，经内插、平滑确定台风路径的最佳位置。这种台风客观定位系统可对台风的业务实时定位和台风年鉴的整理、出版起到积极作用。郑和文等建立的江苏台风业务预报系统，除了气候资料、相似路径和路径统计预报外，还包括台风暴雨的落区预报。李纬伦则为江苏昆山县站建立了适用于AP-PLI-Ⅱ机的影响该站的台风历史资料库，包括影响的持续时间、过程雨量和最大风力等。

较长时期以来，利用卫星云图作路径和强度预报研究较少。这次会上，陈渭民提出一种利用卫星云图预报台风路径的方法。该方法从云图上选取四个与台风移向密切有关的云系特征，作为预报未来移向偏转量的预报因子。方法有定量概念，反映较好。吕晋文根据卫星云图分析，指出产生南海台风复杂路径有几种原因，其中中尺度对流云团的影响甚为明显。当中尺度云团往东北方向移行时，台风北行；当中尺度云团离台风中心较远或消失时，台风恢复西行。此外，束家鑫将本地台风云系变化，结合环流背景，对严重影响上海的台风作了云天综合分析。指出台风有向对流云系移动的趋势。

三、台风发生发展和强度预报

台风发生发展的研究已持续多年。近两年内，对南海台风发生发展的天气气候分析作了很多工作，对台风活动频繁和稀少年份的环流特征作了许多分析，强度变化的统计预报方法也在陆续研制中。

邹美恩讨论了冷空气、高层东风急流、西南季风和东南信风对南海台风发生发展的综合影响，指出南海的初始扰动来自太平洋，南支东风加强和南海稳定的西南气流有利于台风发生发展。王佑之分析了南海台风发展成强台风的气候条件，热带对流层上层环流对南海台风生成和发展的作用，以及南海特强台风的成因。彭金泉等分析了南海近海台风发生发展期间的涡度平衡。梁力初步探讨了东海近海台风发生发展的角动量收支。

朱良富讨论了登陆台风发展的环境热力、动力条件，并给出判别发展的参数。他还应用CISK理论，从板对称扰动方程组出发讨论了气流铅直切变对台风发展的影响。陈光宇等分析了对流层中高层冷空气对台风发展的贡献，认为中高层冷空气的侵入，可能是台风发展加强的一个必要条件。胡坚利用FGGE资料，通过能量平衡的计算，指出扰动发展的主要能量来源是高层的有效能量。当青藏暖高压向东伸展时，因为高层有效位能较大，扰动将发展成台风。林有任则采用能量平衡方程，讨论了两例台风在发展阶段的动能收支状况。

王继志使用新研制成的自动图象显示系统对台风生存的热带大尺度环境作了诊断分析，给出了台风高低频活动时期热带环境的特点和差异。在1983强埃尔尼诺年，台风活动很少。此时的西太平洋ITCZ的平均风场表现出辐合很弱。从110—140°E的经向环流反映出，台风高频年，反哈特莱环流北侧的上升气流分支很强；低频期，反哈特莱环流北侧出

现低空很强的下沉辐散环型。王静渊根据每年初夏500hPa赤道纬向气流的位相和100hPa南亚高压初登青藏高原的路径讨论了台风发生的频率和优势路径季节预报的可能性。朱维民指出,南亚高压的东西振荡与副高活动和台风移动都有密切关系。南亚高压西缩南退时期容易生成台风;南亚高压东伸北上时,台风易向西北移动。卢春城研讨了多台风期前后的高低空流场特征。

钮学新从动力-热力学方程出发,分析了与热带气旋强度变化有关的物理因子,用统计方法确定剩余项和诸因子的系数,给出预报强度变化的动力-统计预报方程。经两年试报,24和36小时预报结果较好。薛秋芳等利用200hPa环流特征量作为预报因子的一部分,对台风强度变化试作统计预报。

四、台风结构研究和动力学分析

台风结构的研究,过去限于资料,成果甚少。动力分析也是整个台风研究的一个薄弱环节。这次学术交流会上,上述两方面工作均有初步改善。特别是后者,一批青年研究人员加强了动力学研究工作,这是令人十分高兴的事。

王作述以登陆的8006南海台风为例,计算了四个时次的涡度收支情况,用来讨论该台风的结构变化。张廷治讨论了8407台风在登陆后衰减、变性、发展、减弱等阶段的铅直热力结构特征。陈善敏较全面地总结和分析了西北太平洋地区同心双眼台风的气候概况,并给出这类台风的移动规律。吴中海等利用微机图象处理系统,将卫星云图的亮度信息输入微机,给出三类特殊形状的台风眼区,并对近中心最大风速作了定量估计。陈瑞闪对8411台风作了形态描述,指出这是一个空心台风,台风中心在三块云团所围成的中央无云区。

李小凡采用板对称扰动方程组,结合海洋的表层混合层(两层大气,一层海洋),讨论了海温及其水平梯度对台风扰动的增长率的影响。与会同志反映,这是一篇较好的台风动力学论文。他还利用简单的两层模式,讨论了随机加热场对初始扰动的影响。刘辉、董克勤利用线性化两层模式,分别就冷空气位于台风外区或内区的情况作了研究。理论结果表明,只有当冷空气影响台风扰动的外区时,才有利于发展;冷空气进入内区以后,对扰动的发展是不利的。毛琦从轴对称、静力平衡假定下的非线性铅直扰动速度方程出发,运用非线性分析方法和平均变分法讨论了台风中铅直扰动速度的稳定性和平衡振幅。

上述这些青年作者的研究成果,连同前面提到的张经文在台风业务定位系统方面的工作,胡坚的能量诊断分析工作,以及下面将要提到的李天明的凝结对流加热方案的研制工作,都有一定的水平。我们希望这些青年工作者戒骄戒躁,相互学习,共同研讨,尊重师长,积极努力,共同把我国的台风研究工作推向新的更高水平。

五、台风数值预报和数值模拟

这次会议收到三篇数值预报方面的论文。朱永禔等以五层原始方程模式为基础,设计了一个两重套网格的台风路径预报方案。邬宗汉等逐步改善了浙江的正压原始方程套网格模式,并进行了路径预报的效果检验。朱复成等尝试用准拉格朗日方法求解正压原始方程,试报台风路径。

数值模拟的工作,已提出较先进的模式。陈秋士等在他们设计的轴对称静力台风模式中,给定气旋性动量输入或涡动动量输入,成功地得到了模式台风的逼真的发展情况,充

分证实环境流场对台风发展的重要作用。他们的三维非轴对称的原始方程模式也在积极研制改进中，并已取得初步结果。金汉良报告了用一个非静力轴对称模拟飓风的结果。这种以热对流模式为基础的飓风模式，由于采用内区分辨率很高的网格，故对台风眼区的形成过程的模拟相当逼真。王康玲等采用热带有限域四层套网格半隐式斜压模式，考虑台风的凝结加热，初步模拟出了热带气旋的形成和发展，并说明了越赤道气流对热带气旋形成的贡献。李天明提出一改进的对流凝结加热方案，该方案隐含地将凝结加热也作为一个变量，在模式中自行调节。初步试用结果，得到了模式风暴的迅速发展。

六、小 结

成果可喜，这是参加本次学术交流会的人员的共同看法。在全国台风预报和研究工作者的共同努力下，我国的台风预报和研究水平逐年有所提高。有的项目已接近国际先进水平。同时，我们也应该看到，目前的研究工作与国民经济建设的实际需要仍有不小差距。为缩小这一差距，也为了今后的台风科研工作多出成果，谨对未来的工作提供几点参考意见。

气象科学，特别是观测研究，需用大量资料。因此，台风研究者必须迅速地熟练使用微机资料处理和图象显示系统。这几年，台风研究成果比较突出，与涌现出一批既懂气象又会使用微机的行家不无关系。可以预计，这个方向将会越益清楚。当然，有了处理资料的先进工具，还要有尽量完整的、适于研究课题的基本资料。谁掌握了先进的探测资料，及时地揭露新事实，提出新概念或理论，谁就在某一方面占有领先地位。限于我们目前的国情，还不可能组织大规模的台风探测活动，但是必须采取措施，加快建立全国性的台风档案资料库。边建边用，首先用于改善台风路径、强度、风、雨、潮的业务预报。

其次，要进一步完善各种台风业务预报系统。一要全国协调；二要全国交流；三要慎重选择课题避免重复。当前，要对已有的各种台风路径预报方法，包括天气、气候、统计、动力等方法的性能进行分析，从而一方面可以指导热带气象预报员如何使用这些方法，另一方面也可以有针对性地改善已有方法，或研制新的模式。

随着新技术的发展，一些过去认为是特种资料，现在已成为日常不可或缺的常规资料了，例如，飞机、卫星、雷达探测资料。如何使用这些资料，改善台风业务预报和研究工作的质量，这是知识更新的重要内容之一。预期数字化的卫星云图和雷达回波资料很快可以推出，这方面的应用研究工作尚待开展和加强。

此外，结构研究与诊断研究限于资料匮乏，得到的结果，概念不新，说服力也不强。一些动力研究工作也偏重于理论兴趣。我们希望这几方面的工作能指向环境流场与热带气旋相互作用的研究，为解决某几类异常的路径预报提供较深刻的理论根据。至于台风路径业务数值预报，近几年来一直踏步不前，进展缓慢。我们相信，随着计算机等条件的改善，模式的研制工作将会有明显的改观。

最后，祝愿全国台风预报和研究工作者，携手并进，群策群力，为尽快提高我国台风预报水平作出各自的贡献。

热带气旋运动研究和业务预报的现状和发展

陈联寿

(北京气象中心)

提 要

本文对台风运动的研究和预报方法作了综述。目前全球各热带气旋预报中心对台风运动的业务预报模式可概括为5类,即:(1)统计-气候模式(2)统计-天气模式(3)统计-动力模式(4)正压动力模式(5)斜压-动力模式。文中对各模式的性能、存在的问题、发展趋势和误差分析作了讨论。

卫星和雷达用于定位上有了一些新的探索,但精度并未提高,卫星资料和雷达回波对台风移向预报上也在进行新的尝试。

台风的理论研究从线性 β 效应和非线性涡度平流的角度对台风运动的趋势来作出解释,并作了不同的讨论。

目前台风运动的客观业务预报方法对预报台风异常路径仍是无能为力,文中对其原因作了讨论。这方面的工作我国起步较早,目前也已引起了国外一些热带气旋预报中心的重视。

本文最后对热带气旋运动的研究和预报业务中存在的主要问题作了归纳,并对其进一步发展提出了建议。

一、引 言

热带气旋的运动无论在研究方面还是在业务预报方面都是一个基本而重要的问题。当洋面上出现了热带气旋,预报员首先考虑的是预报其未来路径,公众最为关心的是台风在何处登陆,将会带来怎样的经济损失和洪涝灾害。这些考虑所关系到的最本质的问题就是热带气旋的运动。

过去十年来,热带气旋路径预报的数值模式和客观预报方法在全球一些热带气旋的预报中心已经得到了很大发展,尤其在资料加工处理、流程的客观化和自动化方面有了明显的提高。但由于种种原因,平均的预报误差并未显著缩小。研究表明,目前全球各热带气旋预报中心在业务上使用的种类繁多的模式很难说那一种具有绝对的优势,那一种是绝对的低劣。一般来说,含有持续性(P)和气候(C)因子的统计模式用于低纬洋面的短期预报(6—12小时)具有优势,运算这些模式经济省时,便于应用,效果也较好。一些斜压多层原始方程数值模式对较长时效(48—72小时)的预报占有优势,预报结果较好,但运算较复杂,机时多而化费大。

在这种情况下,要求预报员必须了解多种模式的特点、性能和误差分布。只有这样,才能根据不同的实际情况,从不同模式的产品中得到最有价值的指导。为了使这种指导客观化,看来目前还需要从这些模式的特点和性能中发展出一种技术,按不同纬度、不同预报时效、不同环流形势等对不同模式的产品进行某种“加权”,从而从互不相同的预报路径中综合出一条最佳预报路径。这对业务预报将可提供客观而有效的指导。

作者^[1]曾在首届全球热带气旋科学讨论会(IWTC)上向80余位热带气旋研究专家和预报专家征询一条意见:即在目前台风路径预报中,经验预报即主观预报是否还需

要？一致的答复是需要，因为目前台风路径的客观预报还不能代替经验预报。这不仅是因为各种模式的产品互相矛盾，还因为受各种模式的预报能力所局限，尤其在海洋资料缺乏和对突变的物理机制了解不多的情况下，这些模式并不能预见到异常路径的出现。客观模式并不能包括某些似是而非的经验，而这些经验却在业务预报的决策中目前仍起着重要作用。

台风运动物理学的理论研究十分重要而且复杂。焦点在于揭示基本气流和非对称结构对台风运动的影响以及台风环流系统和环境流场的相互作用。不同尺度运动系统之间相互作用的物理学对台风运动规律具有本质上的重要性。另外，应当加强对台风路径突变问题（即异常路径）的理论研究和数值试验。目前在预防上措手不及的台风大多数同其路径的突变有关^[2]。热带气旋运动在理论研究上的某些突破，预期对业务模式预报能力的提高将会起关键性作用。

另一个对热带气旋路径预报精度至为敏感的问题是台风定位。最近十年来探测技术虽有很大发展，但定位精度并未明显提高。NOAA极轨卫星试用微波探测确定暖核核心来定出台风中心，但定位精度并不比用可见光或红外云图定出的中心好。最新的发展是用空载雷达来追踪热带气旋，苏联已经有一个高分辨率的星载雷达在轨道上，但它对热带气旋的定位精度究竟如何尚有待分晓。目前各种客观预报方法的预报误差有相当成份是由定位不确所引起。

目前热带洋面资料缺乏仍然是提高客观预报模式预报能力的基本障碍。全球不少海域至今仍缺乏卫星推导的风场，另外对流层中层的风场资料更为缺少，而这一层次的风场与台风运动的引导层有密切关系。

统计结果表明，长期以来台风路径预报平均精度的提高甚微。未来5—10年内，如在技术或资料的获得上没有新的突破，仍难以预期在提高平均的预报水平上会出现什么奇迹。突破点似乎可以放在三个方面：即改进资料条件；发展新的探测技术；提高台风运动理论研究水平尤其是对异常路径的理论研究。大的预报误差往往是由异常路径引起。相信在未来十年内，一些国际性的热带气旋研究和试验计划或一些热带气旋研究和预报中心在台风运动问题上将会把注意力放在这几个方面。

二、预报方法

自六十年代至今，为了提高台风路径预报的精度，全球各热带气旋预报中心都已先后发展了不同类型的客观预报模式并正式投入业务应用。最后向公众发布的预报都是在这些预报模式产品的基础上，经过预报员的经验判断后作出的。全球各海域热带气旋路径预报模式可概括为以下5类：

（一）统计-气候模式

该模式主要用该海域热带气旋路径的历史资料用回归统计来求出未来的路径。方程中的预报因子主要取用气候资料。其中两个主要方法是CLIPER(气候-持续性)和ANALOG(相似)。CLIPER被普遍地采用，例如美国的国家飓风中心、关岛联合台风警报中心、澳大利亚、日本都将此作为一个基本的方法，并将其预报结果作为一个基准，来判断其他方法的预报技巧。

相似法用相似路径族和相似形势来作预报，例如美国飓风中心的HURRAN，关岛联合台风警报中心的RECR、STRA和TOTL，澳大利亚的CYCLOGUE，我国和马达加

什加也用这种方法。

(二) 统计-天气模式

预报方程中的因子还用了天气资料即实时观测的高度场和风场等，它能反映出形势场对热带气旋运动的影响。这类模式包括美国的NHC-67、NHC-72，澳大利亚的TOPEND和AUSTCYC7075，我国的两层引导^[3]和一些逐步筛选或回归的路径预报方程等。

(三) 统计-动力模式

统计-天气模式的进一步发展，形成统计-动力模式。除了气候、持续性和天气因子外，它还使用了最近时次数值预报的结果。例如美国的NHC-73，我国的MOS等。上海台风研究所使用的统计-动力模式采用另一种概念^[4]，即将二维运动方程的应力项进行统计处理，其预报结果为动力和统计相结合的产品。这种模式具有一定的特色，效果总的来说较好。

(四) 正压动力模式

采用一个简化的方案，即把动量平流作为台风运动的一个基本物理机制。美国飓风中心使用的模式SANBAR即为这一类正压引导模式；即将台风看成为内含于大尺度流场内的一个涡旋系统并受大尺度流场所引导。先得出深层（1000—100hPa）气压权重风场并对涡旋附近的风场进行平滑，用松弛法求得初始流函数场，然后由正压涡度方程报出不同步的流函数场，由最小流函数值和最大涡度值确定为风暴中心并得出预报路径。相比之下，SANBAR 48小时的预报较好，但其效果深受初值场分析的影响。

上海台风协作组^[5]用正压原始方程的路径预报模式在一定程度上能反应出不同尺度环流系统之间的相互作用，对某些台风路径提高了预报能力，但初值分析误差同样显著影响预报效果。

(五) 斜压动力模式

目前用于业务的斜压动力模式一般用原始方程，物理机制基本类似，但按网格的方案可分为三类：即美国国家气象中心的活动细网格模式、关岛警报中心的套网格模式和日本气象厅活动多重套网格模式。将引导概念引入动力模式对路径预报甚为有效，对流层中层对引导预报更为重要。C. Neumann认为用气压权重整层平均得出的引导场预报效果更好。

美国活动细网格的使用经验表明，它对较长时效例如48—72小时的预报结果甚优，但对较短时效例如12—24小时的预报误差反而较大。对于较长时效的预报，采用斜压动力模式和高分辨率网格具有显著优势，但运算费时而不经济。

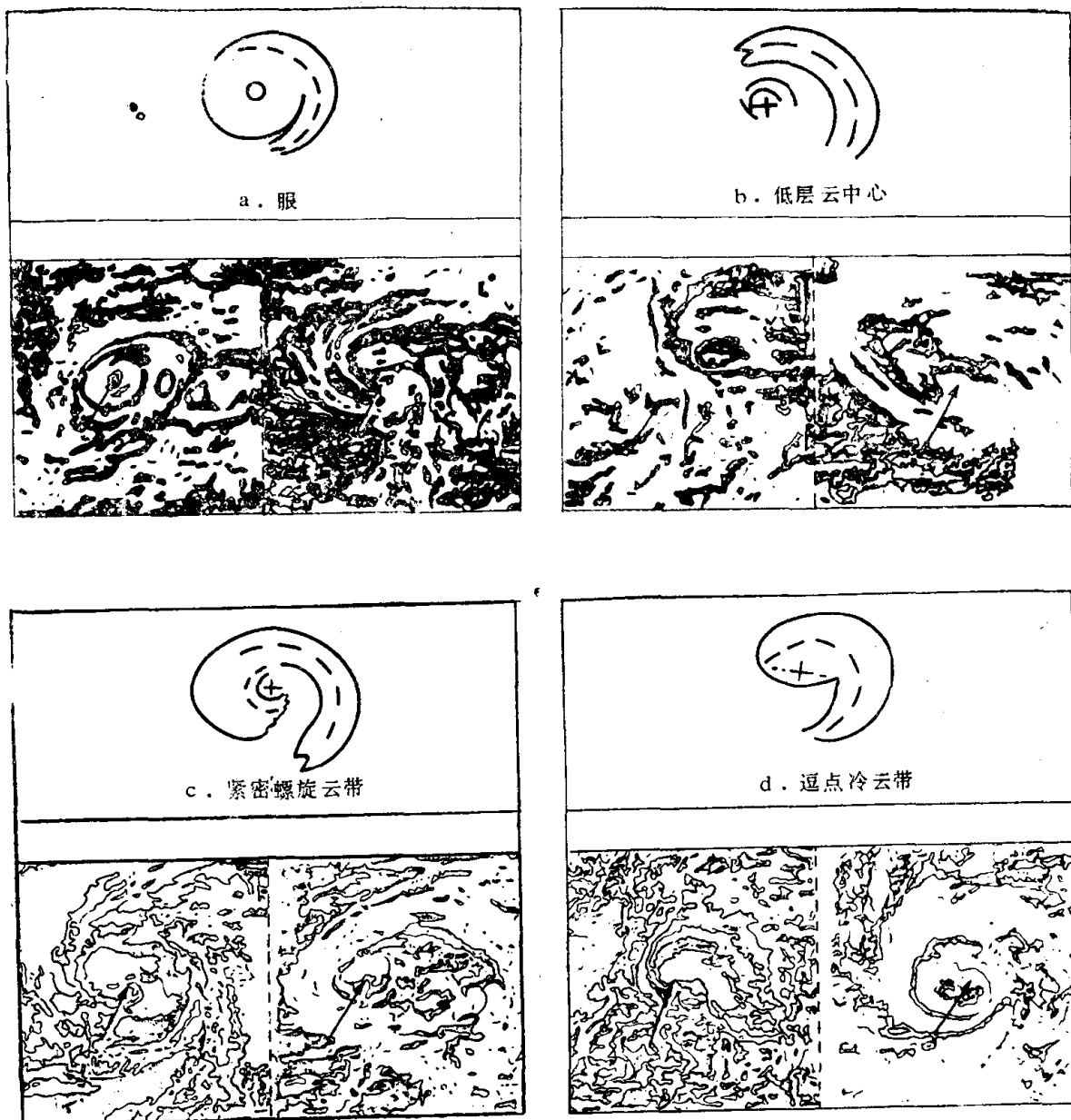
NHC对各模式的业务应用表明，每一类模式均有其一定的独到和不足之处。例如CL-IPER模式，不论什么情况，它总可以做预报，而且操作简便，运算省时而经济，预报低纬台风效果更佳，但却对高纬台风的预报效果差。ANALOG模式可提供较多的参考依据而且计算工作量小，但往往因选不中相似而做不出预报。NHC的HURRAN模式对低纬风暴的短时效预报较好。NHC-67和NHC-72（统计-天气模式）对高纬台风报得好，尤其对24小时的预报更有价值。但对低纬台风报得较差。NHC-73（统计-动力）模式比起其他模式要优越，但较长时效的预报和预报突变路径又不如动力模式。SANBAR（正压动力）模式对预报36—48小时路径很好，而12小时预报很差。MFM（活动细网格斜压动力）模式对48小时以上的预报最好，而对24小时以下预报极差且化费较昂贵。

由此可见，各模式从实用、经济、效果等方面有其各自不同的优点，但目前不可能把

这些优点集中到一个模式之中，形成一个全优模式。但了解各模式的性能和优点却至关重要。

改进上述各类模式预报的关键之一就是提高对台风初始位置的定位精度。卫星云图对台风定位起了极为重要的作用。Thompson等指出，七十年代东北太平洋依靠卫星定位的次数迅速上升，从1971年的40%升到1975年的100%，与此同时，飞机定位从20%降到几乎近于0，其他海域的情况也基本类似。

Dvorak的云图分析方法对定位起了积极作用。他给出增强显示红外云图上六种常见的台风云型（图1）。其中a—c很好定，台风中心即为紧密弯曲云带的曲率中心。d—f为云带的弯曲特征被卷云所复盖或特征不明显，则台风中心一般定在密蔽云区的中央，前者云特征往往出现在台风充分发展时，定位精度高。后者往往出现在风暴发展初期，定位误差大。同步卫星因图次多，所以改进了定位精度。虽然NOAA极轨卫星用微波仪来探测成熟台风云盖暖核的位置，但因微波仪探测的水平分辨率甚低，故其定位并不比可见光或红外云图高。



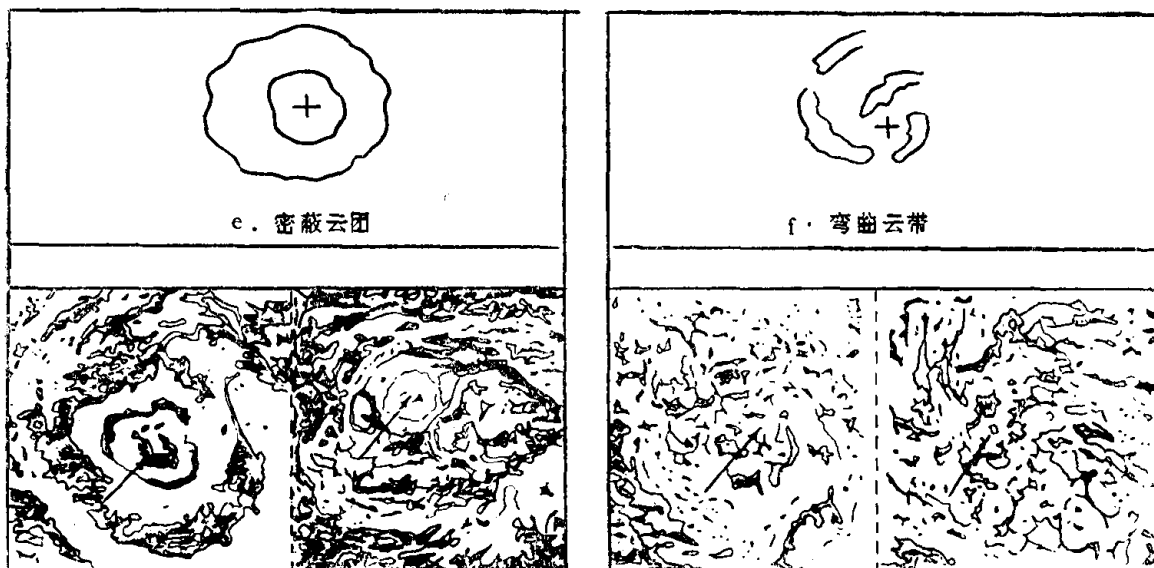


图1 用于台风定位的六种云型

当提供几种不同精度的定位报告时，将使定位难以决定。这时需要对精度和最靠近实时的资料加权或参考飞机报告和地面报告来作出决定。定位中反应出来的台风路径的短时振荡也可能是定位误差所造成。用卫星云图定位大的误差有时竟可达110km。

最近正在发展客观定位^[6]。其要点为使所定位置适合于按过去位置经过一定平滑以后的曲线并经某种客观方法进行一个短时效（例如3小时）的外推，结合对不同精度定位的权重得出的。

有些预报中心利用卫星和雷达资料对台风未来的移动趋势作出估计。即用大尺度环境场的变化和风暴的云型或水汽型的变化来估计风暴的路径变化，最近也尝试用云位移和水汽示踪体以及卫星导出的梯度风来预报热带气旋的运动。但目前尚在试验阶段，效果如何尚难断言。

三、误差分析

客观预报方法发展到如今阶段，就特别重视预报误差的分析研究。其目的有二，首先，误差分析可以使预报员了解不同模式的性能和预报能力，以便有效地应用。其次，为改进模式提供线索和基础。

目前计算误差常用下列几种方法，即预报误差（FTE）——预报位置和实况两点间的距离或其经纬向分量差，此法的缺点是不能反应出方向误差；路径误差（TKE）——在沿路径移动的坐标上，将距离误差分解为沿路径和正交于路径的分量，这个正交分量反应了方向误差，也反应出该模式对运动方向转变的预报能力。该两分量的相关系数近于0，故互为独立（经纬向分量存在相关性）。但沿路径方向的分量显然不同于速度误差；速度误差（SPE）——预报路径上的移速与最佳路径上移速之差。时间误差（TME）——预报位置到最佳路径作垂线，垂足点与实况位置之间的时差。在一定程度上反应出速度误差。尽管FTE存在不少缺点，但仍是传统的误差计算方法。

上述误差分析的结果表明，把个例按纬度带来进行分类，对了解误差的特性甚为有用，因为路径的特点在东风带和在西风带十分不同。路径特点取决于天气形势，因此误差特点亦为天气条件的函数。Elsberry和Peak（1986）按过去12小时路径的方向和速度（一定

程度上反应了不同的天气形势)把西北太平洋上的个例分成5类,则客观模式的结果在这5类中极不相同。这是由于不同的天气形势所造成。按上述分类结果表明, HURRAN 模式对 24.5°N 以南的风暴预报较好,而对较北部海域上的风暴预报极差。恰恰相反,统计-动力模式NHC-73对北部风暴的预报甚好,而对南部风暴预报极差,因低纬洋面资料稀少降低了统计模式的能力。Neumann^[7-8]等对误差分析后指出,美国的7种客观预报模式均有一个提供优质预报的区域和时效,因而不存在一个绝对优势的模式。

一个客观模式如果其预报精度不能超过气候和持续性预报,那就可以不认为它有预报技巧。因此Neumann等就把CLIPER作为一个基准来辨别其他模式的技巧水平(图2),它把7种预报模式的平均误差均列出于此图中,为了使各模式的样本均匀化,仅选用袭击人口密集地区(尤其是美国)的风暴。在所选样本中各模式的预报技巧均很好,这可能是这些特殊样本初始定位和资料条件均为上乘。此图表明MFM模式的12小时预报极差,而48小时预报极好。1984年MFM模式延伸到72小时,从该年19个样本看,72小时的预报技巧超过CLIPER大约10%左右。一般来说统计模式NHC-67, NHC-72, NHC-73均有较高技巧,而相似模式Analog的预报结果为最差。

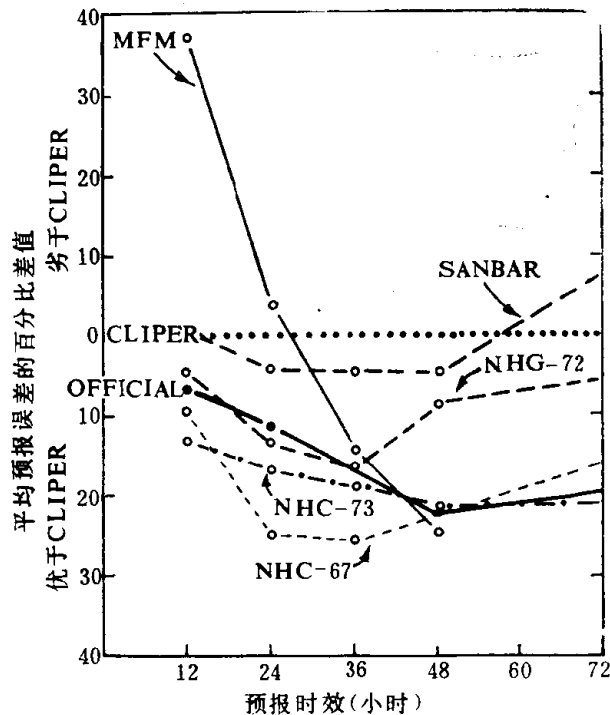


图2 1976—1979大西洋风暴(均匀样本)相对于CLIPER的预报误差

NHC用大西洋的样本进行规格化后的误差统计(图3)表明,31年中预报误差存在轻微的减小趋势,而近十年来减少甚微或几乎没有什么减小。原因可能和热带地区探空点和次数以及飞机探测减少有关。卫星探测虽有改进,但尚不足以弥补常规资料缩减这一漏洞。另外,一般的平均误差轻微的年际变化还不足以评价预报模式的进展,因各年的台风特点对误差影响很大。转向台风多、异常路径多的年份误差将上升,少台风年份一两个转向台风引起的大误差将使全年的平均误差升高。Jarrell等试图去掉逐年预报难度影响和定位误差,经过样本规格化以后,逐年误差减小的趋势还是明显的。但热带地区常规资料减少仍是一个大的障碍。目前研究和预报专家面临的挑战是在资料来源短缺的条件下要做出优质的预报。