

85-906-07 课题组

台风科学、 业务试验 和天气动力学 理论的研究

第二分册

国家科技攻关 85-906 项目
台风、暴雨灾害性天气
监测、预报技术研究

气象出版社

PDG

前 言

台风和暴雨是影响我国的两类主要重大灾害性天气,几乎每年都给我国国民经济建设和人民生命财产造成严重损失。据有关部门统计,随着我国经济的高速发展,自然灾害带来的损失也呈迅速上升的趋势,平均每年直接经济损失超过 1000 亿元人民币,死亡数千人。近几年中,洪涝灾害严重的 1991 年和 1994 年经济损失分别达 1215 亿元和 1876 亿元,其中台风和暴雨带来的洪涝等灾害损失最为严重。因此,加强对台风、暴雨灾害性天气监测、预报以及服务手段的研究,减轻台风、暴雨等气象灾害造成的损失,已成为各级政府和人民群众的迫切需求,成为气象科技发展的当务之急。

为此,1989 年初,中国气象局、中国科学院和国家教委联合提出在“八五”期间开展台风、暴雨灾害性天气监测、预报技术研究的申请,得到了国家科委和国家计委的高度重视和积极支持。经过两年多的组织准备,于 1991 年 7 月 26~27 日,由国家科委主持,对“项目可行性研究报告”进行了可行性论证。1991 年 10 月 16 日,国家科委正式批准同意台风、暴雨灾害性天气监测、预报技术研究项目列入“八五”国家科技攻关计划,编号为 85-906。从此,代表国家水平的台风、暴雨攻关研究正式实施。

一、项目攻关的研究目标和内容

1. 攻关最终目标

研制东海、南海和长江、黄河流域防汛重要地域台风、暴雨灾害性天气的监测、预报技术,使我国台风、暴雨灾害性天气的预报水平在现有基础上有明显提高,达到或接近 80 年代中后期的国际先进水平。

2. 研究内容

(1)研究台风、暴雨的位置、强度和动向等关键监测技术和方法;

(2)研究台风、暴雨重大灾害性天气的监测资料、预报信息的快速、可靠的通信传输及数据处理技术和方法;

(3)研究台风发生发展、加强、运动和台风暴雨的物理成因、演变规律和定量预报方法,特别是研究台风在近海突然加强和路径突变、台风暴雨突然增幅的物理机制和诊断预报方法;

(4)研究我国黄河、长江流域防汛重要地域的暴雨发生发展规律、物理机制和客观预报方法;

(5)研究和完善全国、东海、南海和长江、黄河防汛重要地域的台风、暴雨的警报和服务系统,开展台风、暴雨灾情评估方法的研究。

根据上述研究内容,共设置 10 个课题,构成较为完整的系统。它们分别是:

01——台风、暴雨灾害性天气探测、数据采集技术的研究;

02——台风、暴雨灾害性天气信息通信传输技术和数据处理技术的研究;

03——台风、暴雨业务数值预报方法和技术研究;

04——台风、暴雨数值预报新技术的研究;

05——台风及其灾害性天气业务预报方法的研究;

06——暴雨业务预报方法和技术研究;

- 07——台风科学、业务试验和天气动力学理论的研究；
- 08——暴雨科学、业务试验和天气动力学理论的研究；
- 09——台风、暴雨预报、警报系统和灾害诊断评估预测技术方法及防灾对策研究；
- 10——台风、暴雨灾害性天气监测和服务系统的研制。

这10个课题分别根据其研究内容和研究任务，共分解为55个专题。

3. 项目(课题)“八五”考核目标

(1)完成以数字化气象雷达和气象卫星为主，配合其它遥感设备的台风、暴雨监测系统和通信传输系统所必需的一整套技术的研制，并在试验区对台风和暴雨进行有效监测，实现监测资料的快速和可靠传输，为台风、暴雨重大灾害性天气的预报提供及时和准确的信息。

(2)完成国家级和区域级以数值预报产品为基础的台风客观预报系统的研制，在具备业务运行条件时，使台风的预报时效提高到2~3天。

(3)上述系统的24小时和48小时台风预报、警报位置误差达到国际先进水平，使一般台风的24和48小时平均位置误差分别小于200和400公里。对台风路径突变，台风的突然加强和台风暴雨突然增幅具有一定的诊断和预警能力。

(4)完成国家级和区域级以数值预报产品为基础的暴雨客观预报系统的研制，在具备业务运行条件时，有能力发布24小时大范围暴雨概率警报和48小时暴雨概率预报，以及72小时大范围雨带的趋势预报。

(5)上述系统的24小时和48小时区域性暴雨预报的准确率(T_s 评分)，比目前提高10%~15%。

二、项目组织实施的主要经验

1. 明确指导思想，保证攻关研究与业务发展需求的紧密结合

科技攻关的根本宗旨是研究、攻克国民经济和社会发展中的重大或关键技术问题，促进科技成果转化现实的生产力。对本项目而言，就是攻克监测预测技术中的关键技术问题，建立和完善台风暴雨监测预报系统，提高业务监测、预报和服务能力，这是一项系统性工程，有着明确的应用目的。因此，从项目设立一开始就明确了以下攻关指导思想：

(1)注重项目的攻关目标、任务和进程与气象业务建设计划的协调，使本项目在促进气象业务发展的同时也能与其互为支持，互为依托。

(2)中央和地方科技攻关任务密切结合，通过设立对台风、暴雨灾害影响较大的东南沿海和长江、黄河流域四个试验示范区域，争取地方政府的支持，推动攻关成果在重点地区的应用。

(3)重视台风、暴雨应用基础研究和技术开发研究相结合，确保在有一批攻关成果迅速投入业务应用的同时，为下一代业务系统的发展提供技术储备。

(4)积极发挥业务、科研、教育等部门的作用，充分调动中央和地方的积极性，大力组织协同攻关，在出成果的同时出人才。

五年来，906攻关项目的全体科技人员正是按照这一指导思想进行攻关研究的，这是906攻关项目能够取得今天这样的成绩，能获得国家有关主管部门充分肯定的一个根本保证。

2. 加强组织管理，确保攻关任务顺利进行

为了保证科技攻关宗旨的实现，使攻关成果真正能转化为业务能力，906项目采用按科技内容分类为主，即课题、专题为主的组织方式，避免了研究内容和类似专题的重复设置，考虑了课题分解的科学性和系统性。为克服研究与需求脱节，实行了“双向合同制”，即专题既要对照课

题负责,也要对主要应用的业务实体负责。在专题合同的签订中,规定必须明确成果应用单位,比较可靠地提供了研制成果向业务能力转化的途径。

为了使上述组织管理工作得到保证,确保攻关研究工作的整体性和系统性,中国气象局、中国科学院、国家教委三个组织部门联合采取了强化的组织措施。

(1)成立项目领导小组。由项目组织部门的领导和管理专家组成,负责与项目有关的重大问题的审批、监督、检查、成果验收、协调和决策,由中国气象局任组长,中科院和教委分别任副组长。设立项目攻关办公室负责与项目有关的日常管理,挂靠在中国气象局科教司,以便于与上级主管部门、地方以及攻关实施单位及时取得联系。

(2)设立项目技术组与项目攻关办公室。由课题负责人、国家和区域业务化实体的主持人和三大主持部门的专家组成技术组,以中国气象局科教司为主,中科院和教委派员参加组成攻关办公室。技术组与攻关办分别负责项目有关的技术工作和学术活动的计划、组织、检查、评估、鉴定、验收和协调等。

(3)根据国家计委、国家科委、财政部的《“八五”国家重点科技项目(攻关)计划管理办法》,国家科委的《“八五”国家科技攻关计划实施管理细则》并结合该项目的特点,制定了本项目的实施管理规定,从制度上给予保证。

3. 重视攻关研究成果的集成,形成攻关研究对业务发展的系统性贡献

加强攻关成果的集成,一直是 906 攻关项目领导小组十分重视的问题。为此,在攻关项目的课题设计中创造性地设立了 10 个课题,要求参与攻关的各有关业务单位,充分发挥现有现代化装备的作用,将攻关技术成果组装,适时投入业务试用,并在试用中进一步优化,以便尽快形成业务能力。在实施过程中,项目领导小组、技术组注意跟踪有重大潜力的攻关研究课题和专题的动态,认真分析和解决影响攻关成果集成和总装的难点,并在技术环境、资金调度和组织管理上给予重点支持,确保了重大攻关成果组装集成工作的顺利进行。通过五年的攻关,形成了以下五方面的集成性成果:

(1)形成比较现代化的探测与通信传输能力,并在 1995 年汛期进行业务性试验。

(2)形成不同层次,可以业务运行的台风、暴雨数值天气预报业务方案。该方案具有相当水平的预报能力。

(3)新一代的台风、暴雨预报系统与方法,其时间、空间与强度的预报结果均达到攻关规定标准。

(4)形成了一批经过现场试验、计算机模拟和分析归纳得到的新认识、新理论、新技术与新方法。

(5)建立了台风、暴雨灾害评价系统和资料库、对策方案及快速方便的现代化警报、预报服务手段。

4. 狠抓攻关成果的转化,努力提高业务应用能力

在 906 攻关项目实施的全过程中,项目组织部门和领导管理机构通过狠抓攻关研究与业务发展的结合,确保了重大攻关成果转化工作的顺利进行。从项目立项开始,中国气象局多次召开局长办公会,协调并研究解决如何加强攻关研究与业务发展的结合问题,较好地解决了多普勒天气雷达研制和台站使用、地基遥感系统的业务试用、分布式数据库在大中型工程项目中的采用,以及 VSAT 气象通信可行性试验与 9210 工程的结合等一系列问题,推动了攻关成果在“八五”业务建设和发展中的系统性应用。

除此之外,906 攻关项目还在积极吸引地方经费配套支持攻关研究等方面也取得了很大

的成绩。通过这五年的攻关研究,一批攻关成果已经或将在国家和区域的台风、暴雨的监测、预报和服务业务中发挥作用,部分已经构成业务系统。

为便于成果的交流应用和相互借鉴,项目领导小组决定将这些成果汇编成册,分批出版。第一批成果按10个课题,分成10册出版。

在总结经验,肯定成绩的同时,我们也清醒地看到,在诸如台风疑难路径和暴雨的定量、定时、定点的预报等方面仍然有大量工作要做,国民经济建设和社会越发展,对减轻这类灾害造成的损失的需求就越迫切,要求将越高,还有更为艰巨的科技难关需要我们去攻坚。

展望未来,任重道远。希望各有关部门和单位以及广大气象科技人员发扬我国大气科学界团结协作的优良传统,在各级政府的大力支持下,在台风、暴雨等重大灾害性天气的监测、预报和服务工作中再创佳绩,为我国国民经济建设作出新贡献。

85-906 项目领导小组组长

马鹤年

1995年9月19日

目 录

前言

热带气旋异常运动的天气气候分析(一).....	贺芳芳等(1)
热带气旋异常运动的天气气候分析(二).....	冯泾贤等(6)
台风路径异常与环流基本流场分析	董克勤等(13)
TYPHOON MOTION AND ENVIRONMENTAL STEERING FLOW(摘要)	Guo Yinghua ect. (18)
TYPHOON RECURATURE AND ENVIRONMENTAL CIRCULATION FEATURES(摘要)	Dong Keqin ect. (19)
ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL STEERING DEVIATIONS(摘要)	Dong Keqin ect. (20)
热带环流系统对台风路径突变影响的诊断分析	狄扬波(21)
热带气旋穿越副热带高压的数值试验研究	杨美川等(25)
对一个近海突然北折台风的数值模拟	杨美川等(30)
越赤道气流对台风路径影响的数值试验(摘要)	杨美川等(36)
大尺度基流速度变化对热带气旋移动影响的数值研究	朱永捷等(39)
大尺度环境流场的垂直结构对热带气旋移的动影响	黄 立等(42)
大尺度系统调整对热带气旋移动影响的数值模拟研究	朱永捷等(45)
环境基流变化对热带气旋移动的影响(摘要)	朱永捷等(51)
台风 9012 号(Yancy)台风路径异常的数值模拟研究(摘要)	朱永捷等(53)
台风结构及其运动路径问题的研究(07-02-04 子专题研究小结)	罗哲贤(54)
台风非对称结构及其移动的若干问题	罗哲贤(56)
初始场结构对台风路径的影响	王咏青等(59)
9414 号台风的非对称结构与路径的联系	董文乾等(64)
非对称结构理论的应用研究	马镜炯等(68)
非对称结构理论几个应用指标的初步验证	周桂芝等(73)
9112、9219 和 9309 号台风非对称结构的初步分析	周桂芝等(77)
非对称结构理论在 9504 号台风路径预报中的应用	仰国光(81)
非对称结构理论在 9505 号台风路径预报中的应用	范淦清(85)
热带气旋异常运动可预报性的理论研究	罗哲贤(88)
西太平洋台风路径动力学结构	肖天贵(91)
西太平洋台风路径的动力学系统重建的初步研究	肖天贵等(96)
台风路径可预报性问题的数值研究	罗哲贤等(101)
不同区域大尺度涡旋系统相互影响的初步研究	黄小莉(105)
涡旋相互作用及其对移动的影响	蔡 蕃等(110)
能量频散对台风结构和移动的作用(摘要)	罗哲贤(114)
台风移速突变的数值研究(摘要)	马镜炯等(116)

β 涡旋的垂直结构及其对热带气旋移动的影响(摘要)	田永祥等(118)
非对称环流的细致结构与台风路径的摆动(摘要)	田永祥(120)
科氏力作用下涡旋运动的等值线动力学(摘要)	罗哲贤(121)
台风移动准地转正压模式计算方案精度检验的一种方法(摘要)	罗哲贤等(123)
边缘区域扰动演变对台风结构的影响(摘要)	罗哲贤(125)
较小尺度涡旋与台风的相互作用及其对台风路径的影响(摘要)	马镜炯等(127)
EFFECT OF ENERGY DISPERSION ON THE STRUCTURE AND MOTION OF TROPICAL CYCLONE	
	Luo Zhexian(129)
VERTICAL STRUCTURE OF BETA GYRES AND ITS EFFECT ON TROPICAL CYCLONE MOTION	
	Tian Yongxiang ect. (131)
VENTILATION FLOW IN A BAROCLINIC VORTEX RELATED TO TROPICAL CYCLONE MOTION	
	Tian Yongxiang(133)
CONTOUR DYNAMICS FOR VORTEX MOTION INFLUENCED BY THE CORIOLIS FORCE	
	Luo Zhexian(135)
EFFECT OF SMALLER VORTICES IN THE PERIPHERAL REGION ON TYPHOON STRUCTURE	
	Luo Zhexian(137)
SPECTRUM 期间目标台风移动的数值试验(摘要)	
	罗哲贤等(139)
NUMERICAL EXPERIMENTS ON THE MOVEMENT OF TARGET TYPHOONS DURING THE SPECTRUM	
	Luo Zhexian ect. (141)
小尺度涡旋的形成及其对热带气旋移动的影响(摘要)	
	田永祥(143)
热带气旋逆时针打转物理机制的研究(摘要)	
	田永祥(145)
台湾地形强迫对 Yancy 台风异常运动影响的数值试验	
	陈联寿等(142)
台风与冷涡 bogus 方案及其相互作用的数值试验	
	赖碧波等(146)
冷涡对 9009(Tasha)台风相互作用的数值模拟	
	赖碧波等(153)
台风结构对其路径影响的观测研究	
	李文弘等(165)
双台风间接相互作用的数值模拟试验及其分析	
	高拴柱等(179)
台湾岛地形诱生次级环流系统对台风异常运动的影响机制	
	孟智勇等(185)
A NUMERICAL STUDY ON THE FORMATION AND DEVELOPMENT OF ISLAND INDUCED CYCLONE AND ITS IMPACT ON TYPHOON STRUCTURE CHANGE AND MOTION	
	Meng Zhiyong ect. (198)
DYNAMICAL EFFECTS OF TYPHOON BACKGROUND FLOW ON TYPHOON SUBCIRCULATION AND TYPHOON MOTION	
	Kang Di ect. (212)
STUDY OF ENVIRONMENT EFFECT ON TROPICAL CYCLONE ASYMMETRIC STRUCTURE	
	Kang Di ect. (220)
THE IOP'P DATA UTILIZATION IN CHINA AFTER SPECTRUM	
	Kang Di(233)
THE CHARACTERISTICS OF TROPICAL CYCLONE STRUCTURE AND ITS EFFECT ON RECURVATURE MOTION	
	Kang Di ect. (241)

涡动力学在台风异常路径研究中的应用.....	李家春等(249)
非线性正压涡度方程的两类精确解.....	刘国华(255)
用 CD 方法模拟台风异常路径.....	林 邈等(262)
热带气旋运动曲率的数学模型与路径异常的月尖突变判据.....	徐祥德等(269)
TCM-90 现场科学试验目标台风 Flo 的“ β 陀螺”偶极子型(β -top dipole)、“通风流” (ventilation flow)物理图象及其动力结构.....	徐祥德等(277)
TCM-90 台风现场科学试验有关台风动能传播及其波列路径特征的诊断分析与数值试验	徐祥德等(282)
阻塞结构对近海台风异常路径影响的数值试验.....	徐祥德等(286)
环境场因子时间变率与台风移动轨迹曲率特征、异常变速运动的相关模型	徐祥德(290)
热带气旋结构和结构变化研究的进展.....	陈联寿(296)
热带气旋科学讨论会技术总结.....	陈联寿(304)
A NUMERICAL SIMULATION ON THE IMPACT OF ASYMMETRIC THERMODYNAMIC STRUCTURE ON TYPHOON MOTION	Chen Lianshou ect. (309)
THE EFFECT OF THE INTERACTION AMONG MULTI-SCALE SYSTEMS AND THE ASYMMETRIC DYNAMIC AND THERMODYNAMIC STRUCTURE OF TROPICAL CYCLONE ON ITS TRACK	Xu Xiangde ect. (317)
AN OVERVIEW OF THE NUMERICAL SIMULATION ON THE IMPACT OF ASYMMETRIC STRUCTURE OF TROPICAL CYCLONE ON ITS MOTION	Chen Lianshou(327)
PERSPECTIVES OF TROPICAL CYCLONE UNUSUAL MOTIONS ——The difficulties In Current Tropical Cyclone Forecasting ...	Chen Lianshou(333)
THE EFFECT OF DIFFERENT MOTION SCALES INTERACTION AND STRUCTURE FEATURES ON TROPICAL CYCLONE MOTION	Chen Lianshou(343)
影响台风移动的两类本质性因子.....	陈联寿等(357)
9012 号台风路径的动力学结构	陈联寿等(365)
非对称结构与台风移动的若干联系.....	陈联寿等(371)
地形对台风移动路径的作用.....	陈联寿等(375)
不同尺度涡旋相互作用对台风的结构和移动的影响.....	陈联寿等(380)
斜压涡旋中的通风气流与热带气旋移动的关系.....	田永祥(384)
EFFECT OF THE INTERACTION OF DIFFERENT SCALE VORTICES ON THE STRUCTURE AND MOTION OF TYPHOONS	Chen Lianshou ect. (389)
地形对热带气旋运动影响的研究.....	杨平章(395)
台湾地形对 Dot 台风运动影响的数值研究	杨平章等(400)
9012 号热带气旋异常路径的数值研究(摘要)	万齐林等(410)
对流凝结降水对热带气旋运动的影响(摘要).....	杨平章等(411)
弱地转引导气流中热带气旋的准惯性运动(摘要).....	杨平章等(413)

非线性水平动量平流作用对热带气旋运动的影响(摘要).....	杨平章等(418)
台风移动规律的研究(摘要).....	贺海晏等(419)
转向台风路径的预报与分析(摘要).....	朴贤雄等(420)
南海沿岸登陆热带气旋的若干特征(摘要).....	高绍凤等(421)
地形对台风移动路径影响的实验与研究.....	魏鼎文等(422)
海表温度对台风移动影响的研究.....	江吉喜等(430)

热带气旋异常运动的天气气候分析(一)

贺芳芳 冯泾贤

(上海台风研究所)

一、引言

我国对热带气旋异常运动的探讨起始于 70 年代后期,许多气象工作者对移向突然西折、移速突然停滞以及蛇形路径、双台风打转等异常路径的成因都有深入细致的研究,但大多偏重于天气动力诊断及数值试验。本文从气候背景着手,分析 1951~1990 年西北太平洋热带气旋异常运动的区域分布、年际和月际变化及强度变化,探寻其天气气候规律(本文分析的单元为 $5^{\circ} \times 5^{\circ}$ 经纬网格)。本文研究的异常运动主要包括移速突变、移向突变及打转路径三类。有关热带气旋运动的突变标准为:12h 前后移向角度左偏 $\geq 30^{\circ}$ 为突然左折;12h 前后移向角度右偏 $\geq 40^{\circ}$ 为突然右折;12h 前后热带气旋移速变化的绝对值 $\geq 15\text{km/h}$ 为突然加(减)速。

二、突变的区域特征

1. 移速突变的区域特征

热带气旋突然加速,主要分布在 $10^{\circ} \sim 40^{\circ}\text{N}$, $115^{\circ} \sim 155^{\circ}\text{E}$ 区域内,突变频数最大区域位于日本南部海区及琉球群岛一带,呈东北-西南向分布(图 1)。热带低压阶段较少出现突然加速现象,随着强度的增强,突然加速频数加大,突变区域北移(图略)。

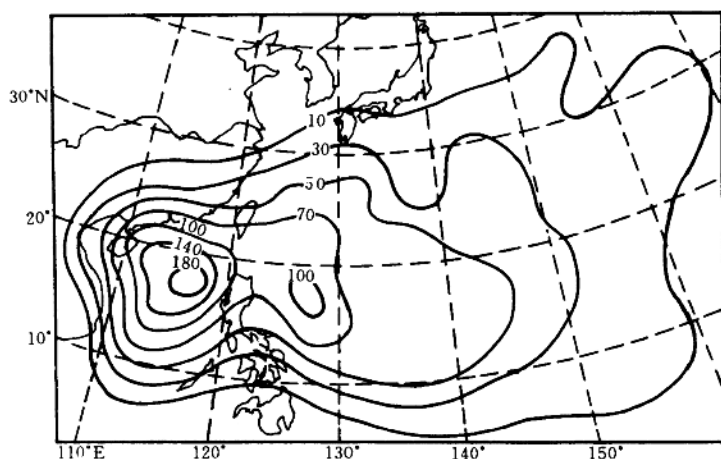


图 1 热带气旋突然加速的区域分布

热带气旋突然减速的区域,明显集中在 20°N 以南, 140°E 以西,两个中心分别在南海北部及菲律宾以东约 10 个经度洋面上,中心数值明显小于突然加速频数(图 2),与突然加速现象相反,随着中心强度的增强突然减速频数减小,在热带低压阶段突然减速现象最多,主要区域

分布在南海北部洋面上(图略)。

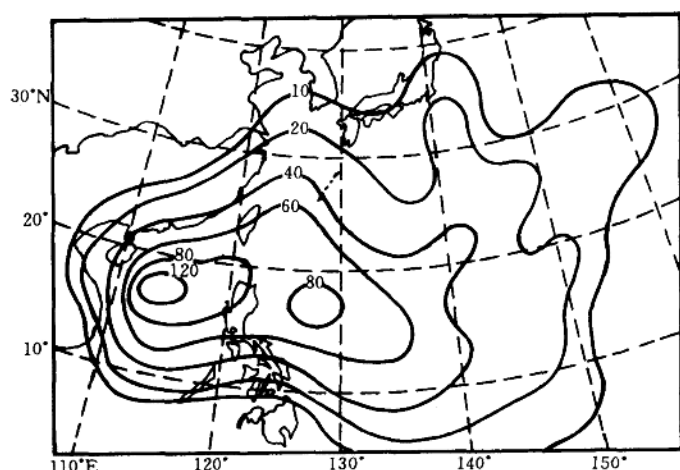


图2 热带气旋突然减速的区域分布

另外,针对前12h内移速在0到 $\leq 5\text{km/h}$ 的准静止热带气旋,统计了它们开始启动后,12h前后加速 $\geq 10\text{km/h}$ 的区域分布。经分析发现,这类热带气旋主要出现在南海北部;同时也统计了突然静止的前12h移速 $\geq 10 \sim < 15\text{km/h}$,12h前后减速 $\geq 10\text{km/h}$ 的热带气旋区域分布,其主要分布在西沙群岛附近(图略)。

2. 移向突变的区域特征

热带气旋突然左折大多集中在 $10^\circ \sim 30^\circ\text{N}$, 150°E 以西范围内,高发区分别位于南海北部及台湾、吕宋岛以东10个经度左右的洋面上,其中以南海东北部最甚(图3)。台风、热带风暴、热带低压突然左折的高发区与上述两个区域基本相符(图略)。

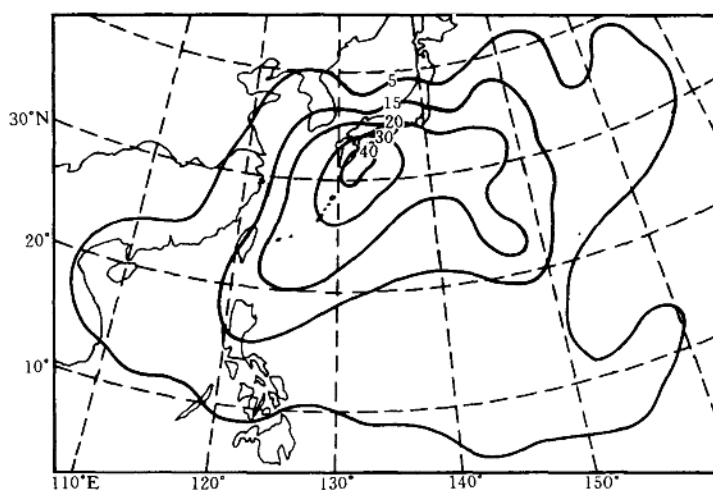


图3 热带气旋突然左折的区域分布

热带气旋突然右折区域与突然左折基本相似(图 4),唯南海的主要中心略偏西 5 个经度。同突然左折一样,突然右折的高发区并未由于热带气旋强度不同而明显改变。

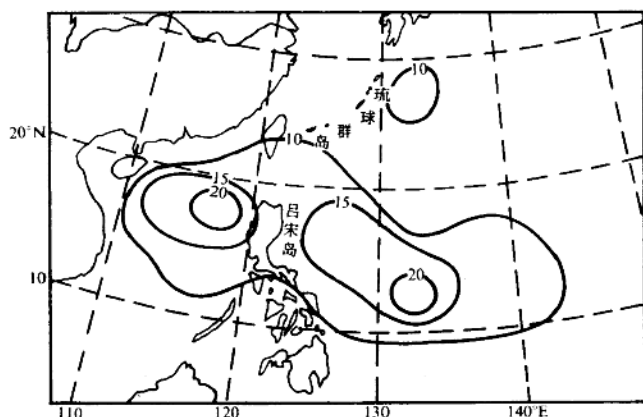


图 4 热带气旋突然右折的区域分布

3. 移向、移速同时突变的区域特征

既达移向突变又达移速突变标准的热带气旋频数较少, $5^{\circ} \times 5^{\circ}$ 网格内最大频数不超过 10 (图略), 在台湾东部、吕宋岛附近沿海及 $10^{\circ} \sim 15^{\circ} \text{N}$, $130^{\circ} \sim 135^{\circ} \text{E}$ 海区内移向移速同时出现突变的热带气旋较多, 广东西部沿海也相对较多; 另外, 从突然加速左折、加速右折、减速左折、减速右折的区域分布来看(图略), 发现在广东西部沿海 ($20^{\circ} \sim 25^{\circ} \text{N}$, $110^{\circ} \sim 115^{\circ} \text{E}$) 区域内, 移向移速同时突变频数与突变加速左折频数相同, 说明此区域内, 只有在突然加速左折的情况下, 热带气旋移向移速才能同时突变。

三、突变的年际变化和月际变化

1. 移速突变类

本文用五年滑动平均来表示其年际变化(下同)。

热带气旋加速突变的年际分布呈二峰三谷状, 峰值在 60 年代中期及 70 年代末至 80 年代初, 谷值分别出现在 50、70 及 80 年代中期, 热带气旋减速突变的年际变化比较平稳, 随着热带气旋强度增强, 减速突变的年际变化越趋平稳, 台风阶段的年际变化曲线基本上呈一直线(图略)。

月际变化主要反映在移动突然加速上, 大多发生在 5~12 月, 以 8~10 月较为集中, 而突然减速的频数较少, 分布较零碎, 无明显特征(图略)。

2. 移向突变类

热带气旋突变左折主要出现在 60 年代后期, 而在 50 年代及 80 年代则较少; 热带低压和热带风暴突然左折年际变化与热带气旋较一致; 而台风的突然左折峰值在 50 年代末至 60 年代初。热带气旋突然右折的峰值也在 60 年代后期, 谷值则出现在 50 年代前期及 70 年代中期; 与突然左折类似, 热带低压、热带风暴突然右折的年际变化与热带气旋一致, 而达台风强度的突然右折较多地出现在 50 年代后期。同时, 不论左折或右折, 突变频数的年振幅。随着强度增强而逐渐减小, 以热带低压类最明显(图略)。

月际变化主要发生在 5~12 月, 以 8 月和 9 月为最多。须指出的是在 6 月份, 西沙群岛附

近海面是左折和右折突变的主要区域(图略)。

四、突变与强度的关系

表 1 列出了热带气旋突然加速、减速、左折、右折前后 12h 中心最大风速增加或减弱所占的比例。

表 1 移向移速突变时中心最大风速变化

突变类别	西 北 太 平 洋 区 域		突 变 发 生 主 要 区 域	
	中心风速增加百分比(%)	中心风速减弱百分比(%)	中心风速增加百分比(%)	中心风速减弱百分比(%)
加 速	41.1	58.9	20.7	79.3
减 速	69.0	31.0	81.3	18.7
左 折	71.2	28.8	75.9	24.1
右 折	65.7	34.3	70.2	29.8

由表 1 可知,在西北太平洋区域内,热带气旋突然加速时,其中心风速大多数呈减弱趋势(约占 6 成),由于加速突变主要发生在 25°~35°N,125°~145°E 的海区内(此区域内强度减弱尤其显著,约占 8 成)。这不难发现,此时热带气旋已进入副高脊线以北,接近西风带气流的范围,本身强度减弱,受西风槽前气流引导而加速。对于突然减速的热带气旋而言,中心最大风速以增加为主(约占 7 成),突变发生的主要区域内(见图 2)强度增加达 8 成,在此海区内活动的热带气旋大多处于发展阶段,但环境流场较弱,故常发生停滞打转现象,易减速。热带气旋突然左、右折主要发生在南海北部及台湾吕宋岛以东洋面上,此时的热带气旋也大多处于发展阶段,强度变化以增强为主,其中心最大风速增加达 70%~76%,而减弱只有 24%~30%。

五、打转路径的变化特征

热带气旋打转包括单台风打转(泛指出现在西北太平洋上的含热带低压在内的热带气旋)、双台风打转(指同时出现的两个强度达到风暴级以上,并且间距≤20 纬距的热带气旋)及多台风打转(指同时出现 3 个以上强度达到风暴级以上的热带气旋)三种类型。

1. 打转频数的年际和月际变化

据统计,40 年中热带气旋打转共发生 238 次(其中热带低压 74 次),平均每年约 6 次,最多年份为 15 次,最少 0 次。除去热带低压打转外,单、双、多台风分别为 93(57%)、52(32%)及 19(11%)次,由此看来,热带气旋打转主要是单和双台风引起的,而多台风活动尽管较少,但也能导致热带气旋打转,这也是不容忽视的事实。用打转频数的五年滑动平均(图略)来表示其年际变化,可以看出 60 年代后期为一持续高峰期,70 年代后期为一次高峰期,其它年代变化较为平稳。

热带气旋打转频数月际变化呈现出准正态分布(图略),峰值集中在 8~9 月,约占全年的一半。热带气旋打转频数的年际、月际变化与热带气旋总频数的年、月际变化趋势是一致的。

2. 打转频数的区域分布

按 5°×5°经纬度网格作打转频数区域分布图(图略),可以看出 10°~20°N,135°E 以西的海区为打转频数高值区,这个海区同时也是双台风和多台风中西台风活动较多的区域,并处于弱流场内,因此有利于热带气旋打转。

3. 打转的持续时间

热带气旋打转持续时间从 6~198h 不等,最为集中的是 12~30h 时段,约占总频数的 3/4,而 40 年中打转时间极值是 8616 号台风,共持续了 438h,长达 18 天之久,是个非常罕见的疑

难台风(图略)。

4. 打转中热带气旋的强度变化

40 年统计结果表明(见表 2), 风暴级的热带气旋较易打转, 其次为热带低压, 而台风级打转的频数随中心强度的增加而递减, 也即强度强的台风不易打转, 这可能是特强台风运动主要受台风本身内力操纵, 而不易被引导气流所左右之故。

表 2 打转过程中热带气旋强度变化统计表

频 数	台风→台风	台风→ 热带风暴	台风→ 热带低压	热带风暴→ 热带风暴	热带风暴→ 热带低压	热带低压→ 热带低压
1951~1990 年	23	27	10	54	50	74

5. 打转类型和方向

单台风、双台风和多台风在特定的环境流场中都会打转。统计结果表明, 单个热带气旋(含热带低压)打转占总数的 7 成, 双台风的打转比例只占 3 成左右, 其中东台风打转 18 次, 而西台风打转 37 次。表 3 显示热带气旋打转以逆时针方向居多, 而顺时针打转仅占 1/3; 双台风中东、西台风均可作顺、逆向旋转, 一般说来, 西台风更易作逆时针打转。

表 3 多、双、单台风打转方向频数统计表

年 份	顺 转				逆 转			
	多台风	双台风(西)	双台风(东)	单台风	多台风	双台风(西)	双台风(东)	单台风
1951~1990 年	4	10	7	58	15	27	8	109

注: 本文有关图详见《西北太平洋热带气旋路径、强度、降水变化的气候图集》

参 考 文 献

- [1] 费亮、徐静远, 中纬度切断冷涡与台风路径的关系, 1981 年台风会议文集, 上海科学技术出版社, 1981。
- [2] 陈联寿, 我国东部海面台风路径突然西折的成因分析, 大气科学, 3(3), 289~298, 1979。
- [3] 王志烈, 关于台风转向过程移动速度的几个问题, 1981 年台风会议文集, 上海科学技术出版社, 1981。
- [4] 丁金才、唐新章, 台风蛇行摆动路径的成因分析, 大气科学, 9(3), 217~225, 1985。
- [5] 吴中海, 双台风相互作用的一种分析, 大气科学, 5(1), 32~42, 1981。
- [6] 王玉清、朱永提, 环境流场对双涡相互作用的影响, 热带气象, 5(3), 193~200, 1989。
- [7] 王志烈、费亮, 台风预报手册, 气象出版社, 1987。
- [8] 陈联寿、丁一汇, 西太平洋台风概论, 科学出版社, 1979。

热带气旋异常运动的天气气候分析(二)

冯泾贤 贺芳芳 吴达铭 费亮

(上海台风研究所)

根据 1951~1990 年热带气旋路径资料,对路径突然左折、突然右折、突然加速和减速及蛇形、打转等路径进行了天气气候分析。对突变路径的年代间变化、月际变化、区域分布以及路径突变时与热带气旋强度变化的关系作了比较详细的天气气候统计,给出了它们的气候背景。本文在此基础上进一步分析造成这些突变路径的天气环流背景及其气候原因,力图使揭露的事实有一定的业务应用价值。

热带气旋(TC)运动受其周围基本气流支配。当基本气流发生急剧调整时,TC 路径就可能突变。本文从天气气候背景着手,分析基本气流突变的气候原因。西北太平洋上 TC 的活跃期是 6~10 月,所以选用的样本资料为 1951~1990 年 6~10 月,150°E 以西,10°N 以北的西北太平洋(包括南海)上符合突变标准的热带风暴、强热带风暴和台风。突变样本总数为 738 个。

一、突然左折类

左折标准是 TC 前后 12h 移向角度左偏 $\geq 30^\circ$ 。共计 225 次。分别出现在以下四类天气形势之中,即大型环流急剧调整下的副高西伸加强、双台风相互作用、低层引导气流影响及西风带长波槽的切断冷涡与台风的相互作用(表 1)。

表 1 热带气旋突然左折的天气形势分类、频数和月际分布

频数 形势	6	7	8	9	10	合 计
副高增强	8	43	64	37	24	176 78.2%
切断冷涡		2	1	1	1	5 2.2%
低层引导	3	1	2	4	10	20 8.9%
双 台 风		7	10	5	2	24 10.6%
合 计	11	53	77	47	37	225

由表 1 可看到,副高突然加强是 TC 左折的主要形势,共计 176 次,占左折总数的 78.2%。主要出现在 7、8、9 三个月内,尤以 8 月份最多。此类形势的主要特点是 TC 在移动过程中,由于大尺度环流形势急剧调整,在 TC 的北侧或东北侧的副高迅速西伸加强,TC 受副高南侧偏东气流引导,会改变它原来的移向而突然左折。从 TC 左折的区域分布(图 1)可看出,左折频数大于 30 的区域在 30°N 以南的洋面上,两个最大中心分别位于南海以及菲律宾以东约 500km 附近。这种 TC 左折主要发生区偏南的现象与副高脊线的纬度有密切关系。据 1971~1990 年 6~10 月、125°~140°E 上副高脊线平均位置统计,最偏北的位置在 29.2°N,出现在 8 月份(表 2)。6 月份的脊线位置在这五个月内最为偏南,在 20.4°N。由此可见,左折频数高发区偏南这一气候统计事实与副高脊线的平均位置是吻合的。历史上有名的 7203、7504、7708 和 8111 号台风分别在黄海、东海和南海的突然左折,就是由于不同位置上副高加强阻挡的结果。这种环境流场的迅速调整在 24h 前的涡度和涡度平流场上也有一定的反映。以 8111 号台风南海左折为例,在东亚槽的底部长江口附近已出现负涡底中心($-31.6 \times 10^{-6}/s$),同时在华南地

区到琉球群岛一带是一大片东西向分布的负涡度平流区,表明未来这一带的反气旋涡度将加强,有利副高重新西伸与华南高压合并,出现了 8111 号台风在南海的突然左折的路径。

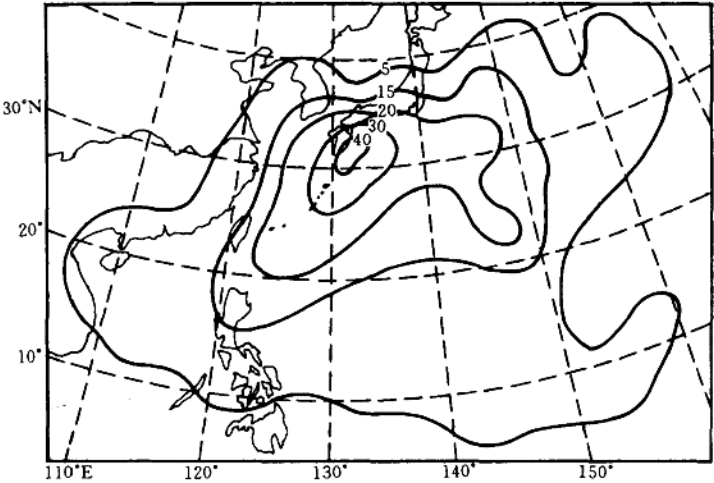


图 1 热带气旋突然左折的区域分布

表 2 1971~1990 年 6~10 月、125°~140°E 上副高脊线平均位置

月 份	6	7	8	9	10
纬度(°N)	20.4	26.9	29.2	25.0	21.4

双台风相互作用是仅次于副高增强造成 TC 路径左折的另一种常见的天气形势。造成左折的原因一方面是由于“藤原效应”而互相吸引或旋转。另一方面是由于赤道辐合区活跃加强和北移,不仅有利副高的持续稳定,副高南侧的偏东气流也会加强。这是双台风通过环境场影响的间接作用造成的西台风左折,这类样本共 24 个,占左折总数的 10.6%,常出现在 7、8 月份,而从 9 月份开始便逐渐减少。这一现象与盛夏期间赤道辐合区北移加强、双台风活跃有关。据气候图集(1990)及双台风气候特征(陈企岗,1981)介绍,双台风活动的频数中心在琉球群岛附近,中心轴线伸向菲律宾以东附近的洋面上。另外在南海还有一个次中心。因此,由双台风造成的 TC 左折位置同样应在 30°N 以南的海面上。

TC 运动受引导气流操纵这一概念已在业务预报中长期应用。Neumann(1979)等曾指出对流层中层是最佳引导层,如果用整层气压加权平均,则有更好的效果。但 TC 有时会受到低层 850hPa 气流的引导,而出现与 500hPa 引导气流方向差异很大的路径突然左折现象。当 500hPa 长波槽移至 120°E 或更偏东时,槽后锋区相应南移,在华东沿海出现西北或偏西气流,这时副高趋于衰退,热带气旋理应很快转向东北,但由于冷空气从低层首先渗透,反映在 850hPa 上是极锋锋区到达较低纬度,呈现较强的东北气流,TC 受这支低层气流引导而突然左折。这类个例主要出现在夏末和秋冬季,有一定的季节性特点。表 1 中统计的样本数为 20 次,由于没有包括 11 月在内,所以受低层气流引导而左折的实际样本数要多。

西风槽切断冷涡与台风相互作用导致突然左折的现象已引起较多的关注。切断冷涡的本身就反映了副高强烈西伸和西风带长波槽迅速减弱东移,是环流形势从经向朝纬向转变的过程。因此,冷涡的切断往往伴随着副高的增强。热带气旋一旦处于这种环流演变过程中,并与冷涡相距一定距离时,二者便出现气旋式互旋,使 TC 路径左折。前面提到过的 7203、7504 及

7708 号等台风的左折,都有切断冷涡的作用同时存在。据统计,当冷涡与台风相距 10 个纬距以内时,冷涡外围气流对 TC 有牵引作用(陈联寿等,1979),但是天气尺度之间的相互作用还受到行星尺度系统的牵制,冷涡对热带气旋路径的影响与热带气旋周围大尺度基本气流方向的改变相比是第二位的。因此,即使切断冷涡与热带气旋相距 10 个纬距之内,也只有 32% 的 TC 出现突然左折(费亮等,1981),只有当大尺度基本气流的改变与切断冷涡作用一致时,冷涡的吸引作用才会充分表现出来。

二、突然右折类

右折标准是 TC 前后 12h 移向角度右偏 $\geq 40^\circ$ 。符合上述标准的总次数为 239 次。出现在下列四类天气形势之中:西风带长波槽的引导,赤道高压北移加强、副高南落和双台风作用。

1. 西风带长波槽引导

长波槽在近海发展,促使副高分裂东撤。槽前西南气流引导使 TC 突然右折。这是一种主要天气形势。在 1951~1990 年 6~10 月期间共出现 125 次,占右折总数的 52.3%(表 3)。其右折点的纬度 $\geq 25^\circ\text{N}$ 的占 48.8%,随着纬度偏南,右折次数也逐渐减少(表 4)。在 20°N 以南的地区,由西风槽引起的突然右折次数明显减少,在盛夏季节则更少,这与这期间的副高控制这一气候概念是一致的。

表 3 热带气旋突然左折的天气形势分类,频数和月际分布

频数 形势	6	7	8	9	10	合 计
西风带长波槽	11	14	27	40	33	125 52.3%
赤道高压加强		7	3	7	4	21 8.8%
副高南落	12	8	18	15	11	64 26.8%
双台风	2	3	14	8	2	29 12.1%
合 计	25	32	62	70	50	239

表 4 东亚西风槽前突然右折的纬度和月际分布

频数 形势	6	7	8	9	10	合 计
$< 20^\circ\text{N}$	7	3	1	3	9	23 18.4%
$20^\circ \sim < 25^\circ\text{N}$	2	4	6	14	15	41 32.8%
$\geq 25^\circ\text{N}$	2	7	20	23	9	61 48.8%

在 TC 右折的区域分布图上(图 2)看到虽然在南海是一个频数中心,但在 125°E 和 140°E 处分别有一高值轴线,显然这与西风带长波槽的平均位置比较吻合,这里的右折是西风槽前西南气流引导所致。

赤道高压的加强北移,TC 会受它北侧西南气流引导而突然右折。如果赤道高压与南落的副高脊合并,则西南气流的引导将更为明显。这种突然右折的形势主要发生在南海及菲律宾以东的较低纬度洋面上,共出现 21 次,占右折总数的 8.8%。

副热带高压脊的南落,也是 TC 右折的另一种比较主要的形势。这类形势的右折次数为 64 次,占总数的 26.8%。副高的南落除了副高本身的活动周期性外,副热带地区某些天气尺度系统的变化也可造成局地升压,从而使副高脊南落。这种形势的出现无明显的季节性特点。

双台风的相互影响也可能出现突然右折的现象。当东台风北上转向时,由于副高的东撤和南落,西台风会突然右折,在低槽通道中尾随东台风朝东北方向移去。7304 号台风在南海西沙群岛附近的突然右折就是这类路径的典型例子。