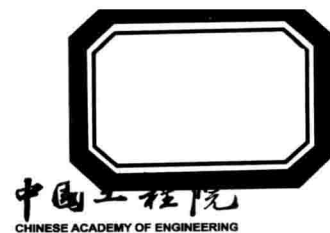


国际工程科技发展战略高端论坛
International Top-level Forum on Engineering Science
and Technology Development Strategy

中國工程院
CHINESE ACADEMY OF ENGINEERING

热带气旋突变现象机理 及预报技术研究

RAPID CHANGE
PHENOMENA IN
TROPICAL CYCLONES



国际工程科技发展战略高端论坛

International Top – level Forum on Engineering
Science and Technology Development Strategy

热带气旋突变现象机理 及预报技术研究

REDAI QIXUAN TUBIAN XIANXIANG JILI JI YUBAO JISHU YANJIU

RAPID CHANGE PHENOMENA IN TROPICAL CYCLONES



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容提要

台风突变现象包括运动路径突变、结构和强度突变以及台风暴雨的突然增幅。台风中的突变现象是当今台风预报的难点,也是台风研究的前沿。为了交流世界各国对热带气旋突变问题的研究成果和预报技术,2012年11月中国工程院主办了国际工程科技发展战略高端论坛“热带气旋突变现象机理及预报技术研究”,中国气象局(CMA)和世界气象组织(WMO)协办,为突变现象提供一个学术交流平台。参加此论坛的国外专家来自频受热带气旋之灾的国家,如美国、澳大利亚、印度、菲律宾和泰国等国的研究所、研究生院、大学和预报部门;国内专家有来自大气科学研究机构、高等院校的研究专家和来自气象业务部门的预报专家,中外专家共同探讨台风突变问题。为了促进中外专家学术交流,特将学术报告论文汇编成册,全书内容涵盖了热带气旋的突变现象和预报技术。为方便读者阅读,本书提供了中文和英文摘要。

本书是中国工程院国际工程科技发展战略高端论坛系列丛书之一,可供从事台风理论、业务预报和观测试验的科技人员阅读,也可供大专院校气象专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

热带气旋突变现象机理及预报技术研究:汉英对照
/ 中国工程院编著. -- 北京:高等教育出版社,
2014.3

(国际工程科技发展战略高端论坛)
ISBN 978-7-04-038894-7

I. ①热… II. ①中… III. ①气旋波-研究-汉、英
IV. ①P433

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第278073号

总策划 樊代明

策划编辑 王国祥 黄慧靖 责任编辑 沈晓晶
封面设计 顾斌 责任印制 韩刚

出版发行	高等教育出版社	咨询电话	400-810-0598
社址	北京市西城区德外大街4号	网 址	http://www.hep.edu.cn
邮政编码	100120		http://www.hep.com.cn
印刷	北京市汇林印务有限公司	网上订购	http://www.landaco.com
开本	850 mm × 1168 mm 1/16		http://www.landaco.com.cn
印张	31.25	版次	2014年3月第1版
字数	600千字	印次	2014年3月第1次印刷
插页	1	定价	80.00元
购书热线	010-58581118		

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物料号 38894-00

编辑委员会

主 任

陈联寿

副主任

徐祥德 端义宏

委 员

张胜军 姚文清 孟智勇 魏 娜

目 录

第一部分 综述

热带气旋突变现象国际高端论坛综述	陈联寿	3
------------------------	-----	---

第二部分 参会专家名单

参会专家名单		13
--------------	--	----

第三部分 特邀报告及报告人简介

西北太平洋台风加强减弱的环境调控因子——风速垂直切变和海洋热容量	Russell L. Elsberry	19
登陆热带气旋结构和强度变化研究综述	陈联寿	21
中国台风预报、预警系统的现状和挑战	端义宏	23
强热带气旋 George(2007) 路径预报的挑战	Jim Davidson	27
热带气旋突变现象的初始化、预报和诊断	Noel E. Davidson	29
飓风 Wilma (2005) 快速增强的研究	Da-Lin Zhang	31
关于台风 Megi(2010) 强度、结构和路径突变的数值研究	Yuqing Wang	33
莫拉克台风引发台湾地区异常降水可能原因	徐祥德	36
孟加拉湾气旋强度和路径突变相关的风暴潮预报	Shishir K. Dube	39
热带气旋加强和稳定阶段内核结构的差异	Robert F. Rogers	42
对流加热对热带气旋涡旋结构演变的影响——理想三维全物理模式 模拟	Chun-Chieh Wu	45
热带气旋的结构和路径突变:策略、技术和工具	Mark A. Lander	48
热带气旋对上海的益处——缓解盛夏酷暑	雷小途	51

第四部分 专题报告及部分报告人简介

专题 A 热带气旋路径突变

台风 PARMA (Pepeng, 2009) 第三次登陆菲律宾责任区的分析	Carina G. Lao	57
--	---------------	----

北印度洋热带气旋路径突变特征	M. Mohapatra	60
西北太平洋热带气旋路径突变的合成分析	吴立广	62
近十年来西北太平洋台风摆动路径的原因初探	王咏青	65
近 180°极端转向路径台风的机制分析	黄小刚	67
台风 Saola(1209)路径特点及成因分析	刘爱鸣	69
超强台风 Megi(2010)路径偏折的可预报性及动力学分析	钱传海	71
西北太平洋热带气旋运动及其突变的若干统计特征(P)	戴高菊	74

专题 B 热带气旋结构和强度突变

基于红外云图的迅速加强热带气旋的中尺度强对流特征分析	余 晖	79
浙江沿海登陆台风结构特性的多普勒雷达资料分析	冀春晓	81
热带气旋结构变化对环境水汽变化的响应	张庆红	83
初始涡旋结构对热带气旋快速加强影响研究	徐 晶	85
海洋飞沫对热带气旋结构和强度变化影响	曾智华	86
西北太平洋热带气旋变性阶段强度变化的比较研究(P)	应 俊	87
东海台风 Xangsane(0020)强度减弱特征及其机理研究(P)	钱燕珍	89

专题 C 登陆热带气旋降水突然增幅

登陆台风暴雨增幅及其云微物理特征	崔晓鹏	93
冷空气强度影响 Talim(0513)降水增幅的数值研究	董美莹	96
热带气旋内、外螺旋雨带的数值模拟比较研究	李青青	98
江淮梅汛期热带气旋倒槽暴雨特征分析	濮梅娟	100
北京地区的台风降水特征研究	李 英	102
热带气旋内混合涡旋 Rossby - 重力波 I :理论分析	陆汉城	104
热带气旋内混合涡旋 Rossby - 重力波 II :特征频率分析(P)	钟 玮	106
一个关于热带气旋远程降水统计和诊断分析的研究(P)	丛春华	107
一次孟湾风暴 Akash(0701)对我国西南地区强降水过程的影响分析(P)	吕爱民	109

专题 D 热带气旋突变预报技术

基于卫星资料得到的动力和物理约束进行台风模式初始化	马雷鸣	113
广义位涡、广义位温的回顾及其在极端天气事件中的应用	高守亭	116
双台风效应对 Morakot(0908)极端降雨影响的数值试验	许映龙	119
台风路径集合预报的集成方法研究	漆梁波	121

鄱阳湖对热带气旋影响的统计分析和数值模拟 张胜军 123

基于 NCEP 气候预报模式建立西太平洋热带气旋生成频次预报系统 李 勋 124

一种登陆台风暴雨业务预报思路 程正泉 126

台风桑美(2006)快速增强的数值模拟研究及其对微物理参数化方案的敏感性试验
..... 明 杰 127

陆面水体对台风 Rananim(0414)内陆维持和降水影响的敏感性试验(P) 魏 娜 130

后记 485

CONTENTS

Part I Overview of the Forum

An Overview of International Top-level Forum on Rapid Change Phenomena in Tropical Cyclones	Lianshou Chen	135
---	---------------	-----

Part II List of Experts Attending the Forum

List of Experts Attending the Forum		149
---	--	-----

Part III Keynote Lectures and Brief Introduction of Speakers

Vertical Wind Shear and Ocean Heat Content as Environmental Modulators of Western North Pacific Tropical Cyclone Intensification and Decay	Russell L. Elsberry	155
A Perspective on the Research of Structure and Intensity Change for Landfalling Tropical Cyclones	Lianshou Chen	168
Current Status and Challenges of Typhoon Forecasting and Warning Systems in China	Yihong Duan	170
Challenging Aspects of Severe Tropical Cyclone George's Track Forecasts	Jim Davidson	175
Initialization, Prediction and Diagnosis of Some Rapid-Change Phenomena in Tropical Cyclones	Noel E. Davidson	185
On the Rapid Intensification of Hurricane Wilma (2005)	Da-Lin Zhang	197
A Numerical Study of Rapid Changes in Intensity, Structure, and Track of Typhoon Megi (2010)	Yuqing Wang	207
A Possible Mechanism Responsible for Exceptional Rainfall over Taiwan from Typhoon Morakot	Xiangde Xu	223
Storm Surge Forecasting Associated with Sudden Changes in the Intensity and Tracks of Cyclones in the Bay of Bengal	Shishir K. Dube	234

Inner-core Structural Differences of Intensifying and Steady-state Tropical Cyclones	Robert F. Rogers	242
The Role of Convective Heating in Tropical Cyclone Vortex Evolution		
—Idealized Three-dimensional Full-physics Model Simulations	Chun-Chieh Wu	266
Rapid Structure and Track Changes: Another Look at Strategies, Techniques,		
Tools	Mark A. Lander	278
The Benefit of Tropical Cyclone on Mitigating the Summer Heat Wave in Shanghai		
	Xiaotu Lei	290

Part IV Topic Presentations and Brief Introduction of Partial Speakers

Session A Sudden Change of Tropical Cyclone Tracks

Typhoon PARMA (2009; Pepeng) Made its Third Landfall in the Philippine Area		
of Responsibility	Carina G. Lao	301
Characteristics of Sudden Changes in Tropical Cyclone Tracks over North Indian		
Ocean	M. Mohapatra	305
Sudden Tropical Cyclone Track Changes over Western North Pacific: A Composite		
Study	Liguang Wu	314
Meandering Typhoon Tracks in the Western North Pacific during 2001 – 2009		
	Yongqing Wang	317
The Mechanism Analysis for the Nearly 180° Sudden Reversal Typhoon		
	Xiaogang Huang	325
Rapid Changes in the Track of Tropical Cyclone Saola(1209) in 2012		
	Aiming Liu	333
Probabilistic Evaluation of the Dynamics and Prediction of Supertyphoon Megi (2010)		
	Chuanhai Qian	341
Statistical Characteristics of Tropical Cyclone Motion and Sharp Turning over		
North Western Pacific(P)	Gaoju Dai	343

Session B Rapid Change of Tropical Cyclone Structure and Intensity

Infrared Features of Mesoscale Deep Convection in Tropical Cyclones Experiencing

Rapid Intensification _____ Hui Yu 351

Study of Structures and Characteristics of Typhoons Landing on Southeast Coast of Zhejiang

Province in China from Doppler Radar Data _____ Chunxiao Ji 359

A Modeling Study on Tropical Cyclone Structural Changes in Response to Ambient Moisture

Variations _____ Qinghong Zhang 366

Sensitivity of Tropical Cyclone Rapid Intensification to the Initial Vortex Structure

_____ Jing Xu 368

Impact of Sea Spray on Tropical Cyclone Structure and Intensity Change

_____ Zhihua Zeng 371

A Comparison Research of Intensity Change of Western North Pacific Tropical Cyclones

during the Extratropical Transition(P) _____ Jun Ying 372

An Analysis of the Characteristics and Mechanisms of Xangsane(0020)'s Decaying Process

Over the East China Sea(P) _____ Yanzhen Qian 376

Session C Rainfall Reinforcement of Landfalling Tropical Cyclones

Rainfall Enhancement Associated with a Landfalling TC and Its Cloud Microphysical

Characteristics _____ Xiaopeng Cui 387

Numerical Study of Cold Air Impact on Rainfall Reinforcement Associated with

Tropical Cyclone Talim (2005) I. Impact of Different Cold Air Intensity
_____ Meiying Dong 393

A Comparison of Inner and Outer Spiral Rainbands in a Numerically Simulated Tropical

Cyclone _____ Qingqing Li 395

An Analysis of the Characteristics of Tropical Cyclone Inverted Trough Torrential Rainfalls

During the Meiyu-period of Yangtze-Huai River Basin _____ Meijuan Pu 397

A Study on Typhoon-induced Rainfalls over Beijing: Statistics and Case Analysis

_____ Ying Li 411

A Theory for Mixed Vortex Rossby-gravity Wave in Tropical Cyclones. Part I: Theoretical Analysis _____	Hancheng Lu	413
An Eigen-frequency Analysis of Mixed Rossby-gravity Waves on Barotropic Vortices(P) _____	Wei Zhong	415
A Study on the Tropical Cyclone Remote Precipitation-statistical and Diagnostic Analyses(P) _____	Chunhua Cong	417
Study of the Impact of Tropical Cyclone Akash (0701) over the Bay of Bengal on a Heavy Rainfall Event in Southwest China(P) _____	Aimin Lv	432

Session D Forecast Techniques of Rapid Change Events

Tropical Cyclone Initialization with Dynamical and Physical Constraints Derived from Satellite Data _____	Leiming Ma	441
The Generalized $PV-\theta$ View and Their Applications in the Severe Weather Events _____	Shouting Gao	450
Numerical Test for the Effect of Binary Typhoons To the Extreme Rainfall from Typhoon Morakot (0908) _____	Yinglong Xu	456
A Selective Ensemble Mean Technique for Tropical Cyclone Track Forecast Using Ensemble Prediction Systems _____	Liangbo Qi	465
Statistical Analysis and Numerical Simulation of Poyang Lake's Influence on Tropical Cyclone _____	Shengjun Zhang	468
A Dynamical-statistical Forecast Model for Western Pacific Named Tropical Cyclones Based on the NCEP Climate Forecast System _____	Xun Li	469
An Operational Forecasting Thinking of Torrential Rain Associated with Landfalling Tropical Cyclone _____	Zhengquan Cheng	471
Modeling Rapid Intensification of Typhoon Saomai (2006) with the Weather Research and Forecasting Model and Sensitivity to Cloud Microphysical Parameterizations _____	Jie Ming	477
A Numerical Study of Impacts of Land Surface Water on Inland Behavior of Typhoon Rananim(0414)(P) _____	Na Wei	479

第一部分

综 述

热带气旋突变现象国际高端论坛综述

陈联寿

中国气象科学研究院

一、论坛背景

地球上自从有了人类,人类就一直受到自然灾害的袭击,尤其受到热带气旋(台风、飓风、气旋性风暴)的袭击,死伤无数。热带气旋的杀伤力主要由它的狂风、暴雨和风暴潮(storm surge)引起。狂风可以拔树倒屋,摧毁堤坝,掀翻巨轮。更为严重的灾害是暴雨,它可以冲毁水库河堤,引起山体滑坡、塌方、泥石流,洪水泛滥,掩埋良田村庄。最为严重的灾害往往是风暴潮,海水可以被台风低气压气柱吸上几米(增水),淹没岛屿,冲毁海堤,倾泄内陆,一片汪洋,生灵涂炭。

20 世纪 70 年代,一个北印度洋上的超级气旋性风暴(super cyclonic storm) Bhola 于 1970 年 11 月 12 日登陆孟加拉国吉大港。孟加拉国大批土地和恒河口外的很多岛屿被淹没,竟有 30 万~50 万人被夺走了生命,这是 20 世纪一场人类历史的悲剧。2008 年 5 月,孟加拉湾的一个超强气旋性风暴 Nargis 袭击缅甸伊洛瓦底江三角洲人口密集区,强烈的风暴潮横扫了这一地区,造成 13.8 万余人死亡和失踪。严重的风暴灾害也频发在大西洋沿岸国家。2005 年 8 月,飓风 Katrina 从北大西洋穿过美国佛罗里达进入墨西哥湾后逐渐加强为 5 级(美国标准最高级)飓风,后登陆路易斯安那州,一座名城——新奥尔良(New Orleans)被暴潮洪水浸淹,造成 1800 余人死亡。全球年平均 33% 的热带风暴出现在西北太平洋和南中国海,这是全球热带风暴活动最为频繁和活跃的海域,风暴之灾也最为严重。2013 年 11 月,台风海燕(Haiyan,1330)登陆并穿越菲律宾,竟造成 6166 人死亡、1855 人失踪,造成经济损失达 550 亿比索(菲币单位)。日本也深受台风之灾,台风 Vera(5908)袭击日本,暴潮从伊势湾一带冲刷入城,连屋带人一起卷走,造成 5000 余人死亡,经济损失高达 5000 亿日元。中国是世界上登陆台风最多的国家之一,台风灾害十分严重。中国大陆破历史记录的特大暴雨 1062 mm/24 h,就是

一个登陆台风 Nina(7503)所造成。Nina 在河南驻马店地区冲毁 2 座大型水库、2 座中型水库、58 座小型水库,酿成一片汪洋泽国,造成 2.6 万人死亡,百万人受灾。21 世纪以来,中国台风灾害连年深重,如强台风云娜(Rananim,0414),受灾人口达 1849 万;强热带风暴碧利斯(Bilis,0604)造成 843 人死亡、3194 万人受灾;超强台风桑美(Saomai,0608)造成 483 人死亡、665.6 万人受灾;台风莫拉克(Morakot,0908)在台湾引发了泥石流,将一个村庄掩埋,造成 673 人死亡,暴雨、洪水、海潮冲毁房屋路桥,灾害十分严重。

热带风暴是人类的杀手,减轻灾害的重要措施之一是事先提供正确的预报,可以减少生命财产损失。最近 10 年来,随着卫星和雷达资料同化质量的提高,计算机能力和数值预报技术的发展,台风运动路径数值预报技术和方法的改进,目前台风路径预报精度有了显著提高。24 h 路径预报的平均误差由原来的 200 km 左右提高到 100 km 以内。但目前对台风结构和强度的预报,进步还不明显,多种数值模式的预报能力还有待提高。

对此需要了解强度变化的机理,科学家为此做出了很大努力,近年来开展了一系列外场科学试验(field experiments),研究强度变化的机理,这类试验的代号有 THORPEX,这是一个全球性的科学试验计划,旨在改进全球天气预报水平,也包括热带气旋的预报水平。在这一框架下,实施了 TPARC/TCS08,这是 2008 年实施 THORPEX 亚太区域攻关和美国热带气旋结构研究的合作项目。以后在 2010 年又实施了代号为 ITOP/TCS10 的外场科学试验,研究海洋对台风的响应和热带气旋结构变化。中国在 2009 以后实施了国家“973”台风研究计划,并实施了 CEATIC(China Experiment on Abnormal Typhoon in Coast-area)。这些科学项目拟探讨台风异常变化的机理,并期望提高对台风强度变化的预报能力。科学家虽做了很大努力,但进展甚微。

更为重要的是台风(热带气旋)的突变现象,这包括台风移动路径突变(包括移向和移速的突变),结构和强度突变,台风暴雨的突然增幅,这些台风中的突发现象是当今台风预报的难点,通常客观和主观的预报方法都不易报出来。世界上除了东南太平洋、南大西洋很少有热带风暴活动,其他的七大洋区包括西北太平洋、北大西洋、东北太平洋、西南太平洋、南印度洋、孟加拉湾、阿拉伯海热带气旋活动频繁,且都存在热带气旋的突变现象,相应国家对此预报都是难题。尽管如此,各国都有自己的经验和理解。中国工程院召开国际工程科技发展战略高端论坛“热带气旋突变现象机理及预报技术研究”,提供了一个台风前沿研究学术交流的平台,相关国家的科学家有此良机对此台风预报难题进行学术探讨;且恰逢我国正在进行国家“973”台风突变项目的研究,该项目的首席科学家是本

次论坛的执行主席,有利于论坛和项目结合。本次学术会议对重大灾害天气系统台风突变现象的研究将会起到推动作用。

二、论坛整体情况

(一) 论坛的设计

从论坛背景介绍可知,热带气旋的突变现象是研究的前沿预报难题。“突变”是会议学术交流和研讨的唯一主题。会议设计6个专题围绕一个“突变”的主题,这6个专题为:①热带气旋运动路径突变(含移向突变和移速突变);②结构和强度突变;③登陆热带气旋暴雨的突然增幅;④突变现象的预报技术;⑤有关突变的外场科学实验;⑥突变引起的灾害。会议交流论文分为特邀报告(keynote lectures)和专题报告(contribution presentations)。会议交流论文共52篇,其中,特邀报告12篇,专题报告30篇,张贴报告(P)10篇¹⁾。除论文报告外,会议安排了很多时间进行讨论,会议有两次专题讨论(panel discussions),还有会议总结的讨论,代表有充分的时间来交换意见和理解论坛的报告。

(二) 会议的组织

这次高端论坛由中国工程院(CAE)主办,中国气象局(CMA)和世界气象组织(WMO)协办。论坛于2012年11月5~9日在台风活动频繁的海南岛海口市举行。陈联寿院士、徐祥德院士任论坛主席,端义宏研究员任论坛执行主席。会议设有国际组委会(IOC)和地方组委会(LOC)。

IOC成员中有半数左右为外国专家。LOC主要由海南省气象局担任,该局局长王春乙研究员任LOC主席,并具体承办此会。5日上午9:00~9:50有50 min的开幕式,论坛主席致开幕词,中国工程院和中国气象局的代表致欢迎词,专程赶来的世界气象组织代表致开幕词,国外专家代表著名热带气旋专家致辞,LOC代表致欢迎词。

(三) 会议代表

外国专家来自受台风、飓风、气旋性风暴袭击的不同国家,包括美国、澳大利亚、印度、菲律宾、泰国等(详见名单),美国专家中有的国际热带气旋委员会主席,有的是美国飓风研究部(HRD)高级专家,有的是不同大学或研究生院教授;

1) 本书中收录的报告,均只列出报告人;文章作者是多作者的,已在报告人姓名后标注“*”。

澳大利亚代表中,一位是著名研究专家,一位是著名预报专家;印度代表一位是著名的风暴潮专家教授,另一位是杰出的预报专家;菲律宾和泰国的代表均为杰出台风预报专家;来自太平洋科学协会(PSA)的代表是著名的台风专家和教授。

中国专家有5位院士参加了会议,其他为来自中国气象科学研究院、中国科学院大气物理研究所、国家气象中心、上海台风研究所、广州热带海洋气象研究所、北京大学、南京大学、解放军理工大学、南京信息工程大学、云南大学、气象探测中心等单位的研究专家以及有关气象业务部门的预报专家。中国代表中,研究员、教授、正研高工这一层次的高级专家占62%,其中一些是博士生导师或全国首席预报员。

(四) 高端论坛特点

1. 研究与业务预报互动效应

会议中外代表由研究专家和预报业务专家组成。研究专家介绍热带气旋突变的机理认识和研究结果,供预报参考;预报专家提供突变事实和预报技术及需求,丰富研究的思路。研究和预报业务的互动、相互渗透有助于突变研究成果向业务预报转化,也有助于提高热带气旋突变的预报能力。

2. 学术报告和讨论交互方式

会议每篇报告之后有讨论,大的专题段落之后有讨论。有较多的会议讨论使得学术报告和讨论紧密结合。与会代表有更多的时间去思考突变现象的学术问题,会议学术气氛十分活跃。

3. 融合代表性与广泛性的会议总结

论坛最后一天下午的会议总结由论坛主席事先选定5位专家对每一个专题作出总结报告,提交大会讨论。代表对该专题总结提出质疑和意见,经归纳形成该专题的总结,确定的专题有路径突变、结构和强度突变、暴雨突增和预报技术方法。另有一人作综合归纳。这样的会议学术总结具有代表性和广泛性。

三、高端论坛专家发言及研讨内容

Elsberry 教授对这次中国工程院举办的热带气旋突变现象高端论坛做了很高评价,认为论坛开得很好。他说,这次论坛是一个极好的机会,让他了解到中国在热带气旋突变问题上的研究进展,尤其是“973”台风研究计划的实施。同样也了解了其他国家在这一领域研究和预报技术的进展。中国的“973”台风研究计划应用了新的观测手段,包括 Doppler 雷达、风廓线仪、气象观测塔等,双多普勒观测得到了几个台风的资料,揭示了其时空变化,这很重要。夏威夷大学的王玉清教