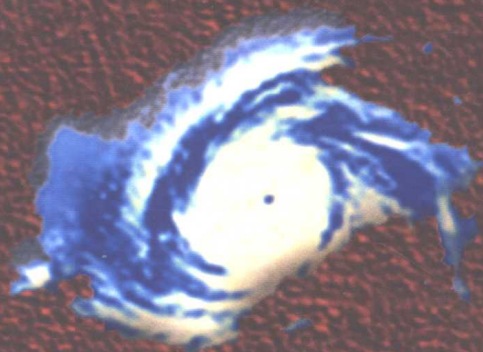


王达文 著

北上热带气旋分析与预报



气象出版社

北上热带气旋 分析与预报

王达文 著

1724.

气象出版社

内 容 简 介

本书是在总结我国 40 年来北上热带气旋预报业务工作经验和科研成果的基础上,系统整理而写成的。是一本有关北上热带气旋特点和预报问题的专著。

全书共分九章。内容包括北上热带气旋的气候特征,北上热带气旋路径及异常变化分析,北上热带气旋路径的各种预报方法及其自动化业务系统,北方特大暴雨与北上热带气旋的关系,北上热带气旋暴雨的气旋属性和影响方式及其预报方法,北上热带气旋资料库的建立和应用。书中还对北上热带气旋分析和预报状况做了评述。

本书可供从事热带气旋预报的气象工作者、有关科研人员和院校师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

北上热带气旋分析与预报/王达文著. —北京:气象出版社, 2001. 1

ISBN 7-5029-3068-X

I. 北… II. 王… III. ①热带低压-天气分析

②热带低压-天气预报 IV. P444

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 82832 号

气象出版社 出版

(北京海淀区中关村南大街 46 号 邮编: 100081)

责任编辑: 顾仁俭 终审: 纪乃晋

封面设计: 王 鹏 曾金星 责任技编: 赵 侯 责任校对: 希 英

* * *

北京怀柔新华印刷厂印刷

新华书店总店北京发行所发行 全国各地新华书店经销

开本: 850mm×1168mm 1/32 印张: 8.125 字数: 210 千字

2001 年 1 月第一版 2001 年 1 月第一次印刷

印数: 1~1500 定价: 20.00 元

序

台风是危害我国的主要自然灾害，我国每年因台风造成的经济损失达 246 亿，每年平均 570 人死于台风。据 ESCAP/WMO 台风委员会年度报告 (Annual Review) 的统计显示，我国因台风造成的经济损失和人员伤亡失踪之总和均列在亚太地区台风委员会诸成员国和地区之首，并远远超过频受台风袭击的日本、菲律宾、韩国、越南、泰国、马来西亚、朝鲜等国。可见我国台风灾害之深重。

我国东部、南部和北方漫长的海岸线都是台风可能登陆的地区，其中以东南部和南部沿海的登陆台风最为频繁，但北方沿海也不可忽视。山东半岛和辽东半岛沿海以及黄、渤海海域由于复杂地形和台风环流的相互作用，往往会引发强烈风暴潮和中尺度对流暴雨，严重地加剧台风灾害。影响我国北方的台风除了经过黄、渤海登陆以外，还有相当一部分是先在我国浙一带登陆后，从陆地上移来的。经过与中纬度环流系统的相互作用，使登陆后减弱的台风再度加强，造成我国北方地区的暴雨洪涝灾害。北上台风不光对山东、河北、天津、辽宁等沿海省市有重大影响，就是对山西、内蒙古、吉林、黑龙江等省也会造成灾害。例如，1985 年 7 月下旬到 8 月中旬竟连续有三个北上台风 (Jeff、Lee 和 Mamie) 袭击我国东北地区，造成东北辽宁、吉林、黑龙江三省洪水泛滥、暴雨成灾。北上台风虽然来得少，但它是要来就来，来者不善，要特别提高警惕。可见对北上台风的研究和提高北上台风的预报能力十分重要。

北方登陆台风往往使得特大暴雨、强风、(风) 暴潮三灾并发。诸如 7203 号 (Rita) 台风和 7416 号台风即为如此。7203 号台风于

1972年7月26号突然西折，袭击山东半岛、渤海、黄海北部和辽东半岛沿海，向岸大风和暴潮引发了这一带严重海难。7416号台风与冷空气相互作用变性，吸收斜压能量致使在渤海突然加强发展引发重灾。我国台风专家，尤其是北方地区的台风专家对此作过系统性的研究。本书作者就是多年来从事北上台风预报警报业务工作和研究工作著名的热带气旋专家。他在北上热带气旋异常路径、数值预报和数值试验、路径预报、北方特大暴雨和业务自动化系统等方面均做过大量研究工作，提出了一些新观点、新方法。本书就是作者在其工作基础上，归纳了北上热带气旋的有关研究成果，系统整理写成的。可以说，本书反映了北上热带气旋的主要研究成果。本书的出版，也是对北上热带气旋业务和研究工作很有价值的总结。

《北上热带气旋分析与预报》一书，概括了我国北方地区热带气旋分析和预报的研究成果和技术方法，反映了我国热带气旋研究在一个区域的深化。我国不同海域台风在登陆前后都有鲜明的特点，用新的有限区模式，引入经过同化的遥感资料和常规加密观测资料来研究这些特点，这对提高登陆台风的预报极为重要，希望这类研究成果和专著能不断问世。

陈联寿

2000年11月29日

前 言

北上热带气旋是影响我国北方诸省市、自治区的重要天气系统。新中国成立以来的几十年，广大气象业务技术和科研人员揭示了北上热带气旋性质、路径、暴雨的特性，研制了北上热带气旋路径和天气的各种预报方法，取得了显著进展和许多研究成果。20 世纪 90 年代初，作者以建国以来 40 年北上热带气旋资料为基础，收集、整理北上热带气旋的研究成果，试图总结出一本以北上热带气旋为主要内容的文稿。由于种种原因，业已开始的工作一年年地被拖延。为系统总结北上热带气旋的研究成果，作者还是把它写了出来，以供北上热带气旋的业务、预报和科研工作者参考使用。

本书共分九章：第一章，北上热带气旋的定义区域、路径延续及其气候分析；第二章，北上热带气旋路径分类和天气分布；第三至第四章，北上热带气旋路径预报方法及其自动化业务系统；第五章，北上热带气旋后期异常路径分类、形势特征和数值试验；第六至第八章，北上热带气旋暴雨的气旋属性、影响方式，北方特大暴雨与三带天气系统的关系以及暴雨预报方法；第九章，北上热带气旋资料库的建立和应用。由于本书绝大多数内容，都是作者参与的业务总结和科研成果，因此全书章节内容不够全面。为了与本书使用北上热带气旋的资料时限相一致，收集成果也截止于 90 年代初，因而近年来的一些成果未被收入书中。

对于台风名称的使用，由于我国自 1989 年 1 月 1 日起，使用国际规定的热带气旋名称和等级标准，故本书统一按现行的热带气旋名称使用，只是在摘引文文献时仍使用台风名称。

作者从事北上热带气旋业务和研究工作 20 多年,幸运地得到陈联寿、束家鑫、王志烈、朱永禔、祝啓桓、韦有暹等老师始终如一的指教、关心和爱护。台风协作技术组的费亮、金汉良等同志也给了作者很多帮助。本书的出版,得到王锦贵、索朗多吉同志的支持。作者谨对以上同志的指教、帮助和支持,表示衷心地感谢。陈联寿院士还为本书写了序言,作者对此表示深切的谢意。本书引用了很多同仁的观点、资料和图表,都已在正文或参考文献中标明,这里就不一一列名致谢,敬请谅解。作者还要感谢责任编辑顾仁俭同志,没有他的督促、帮助,本书难以出版。

王达文

2000 年 10 月 10 日

目 录

序

前 言

绪 论 北上热带气旋分析与预报评述 (1)

§ 1 北上热带气旋路径延续和基础资料建设 (2)

§ 2 北上热带气旋路径及其预报 (4)

§ 3 北上热带气旋的变性 (7)

§ 4 北上热带气旋的天气影响 (8)

§ 5 北上热带气旋数值预报和数值试验 (10)

§ 6 北上热带气旋业务化工作的开展 (11)

参考文献 (12)

第一章 北上热带气旋的气候分析 (17)

§ 1.1 北上热带气旋的定义区域 (17)

§ 1.2 北上热带气旋路径的延续 (18)

§ 1.3 北上热带气旋的源地 (19)

§ 1.4 北上热带气旋的年、季变化 (20)

§ 1.5 北上热带气旋的路径频数 (21)

§ 1.6 北上热带气旋的移向、移速 (25)

§ 1.7 北上热带气旋的强度 (29)

参考文献 (31)

第二章 北上热带气旋路径分类和天气分布 (32)

§ 2.1 北上热带气旋路径分类 (33)

§ 2.2 北上热带气旋分类路径的天气分布 (35)

参考文献	(40)
第三章 北上热带气旋路径预报方法	(41)
§ 3.1 客观自动化相似预报方法.....	(41)
§ 3.2 复相关表预报方法.....	(46)
§ 3.3 数量化预报方法.....	(56)
§ 3.4 数值预报 LN-1 模式	(61)
§ 3.5 移动型套网格数值预报(LN-2)模式	(71)
§ 3.6 客观自动化专家系统.....	(80)
§ 3.7 天气-动力-统计(T-SDS)预报方法	(88)
参考文献	(96)
第四章 北上热带气旋路径预报自动化业务系统	(98)
§ 4.1 实时资料库的建立和预报初始场的形成.....	(98)
§ 4.2 天气系统和天气因子的“机选”方法	(100)
§ 4.3 数值预报热带气旋中心客观定位方法	(108)
§ 4.4 数值化仪在图形资料网格数值化上的应用	(115)
§ 4.5 图形输出系列程序	(122)
§ 4.6 北上热带气旋路径预报自动化业务系统	(130)
参考文献.....	(135)
第五章 北上热带气旋后期异常路径.....	(136)
§ 5.1 问题的提出	(136)
§ 5.2 北上热带气旋后期异常路径分类	(137)
§ 5.3 北上热带气旋后期异常路径的形势分析	(140)
§ 5.4 北上热带气旋后期异常路径的数值试验	(151)
§ 5.5 北上热带气旋后期异常路径的环流形势特征 ...	(169)
参考文献.....	(170)
第六章 北方特大暴雨与“三带”天气系统.....	(172)
§ 6.1 简要的回顾	(172)
§ 6.2 北方特大暴雨定义	(174)

§ 6.3	辽宁特大暴雨概况	(175)
§ 6.4	“三带”天气系统的相互作用及其对特大暴雨的影响	(184)
§ 6.5	一个热带气旋特大暴雨预报程序	(196)
	参考文献	(197)
第七章	北上热带气旋暴雨的气旋属性和影响方式	(200)
§ 7.1	北上热带气旋暴雨三种不同的气旋属性	(200)
§ 7.2	北上热带气旋暴雨三类不同的影响方式	(206)
§ 7.3	多个北上热带气旋连续影响的暴雨过程	(213)
	参考文献	(216)
第八章	北上热带气旋暴雨预报方法	(218)
§ 8.1	北上热带气旋直接暴雨预报指标	(218)
§ 8.2	北上热带气旋与西风槽迎合暴雨预报程序	(219)
§ 8.3	热带气旋与副高特定形势暴雨预报方法	(222)
§ 8.4	模式输出统计预报方法	(226)
§ 8.5	北上热带气旋暴雨预报专家系统	(228)
	参考文献	(235)
第九章	北上热带气旋资料库的建立与应用	(236)
§ 9.1	热带气旋实时资料库和历史资料库及其检索系统	(236)
§ 9.2	热带气旋环流形势图历史资料库及其查询系统	(245)
	参考文献	(249)

绪论 北上热带气旋分析与预报评述

北上热带气旋通常是指经过黄海、渤海在华北、东北区域沿海登陆的热带气旋,或是在我国东南沿海登陆后进入华北、东北区域的热带气旋,或是经过日本海从亚洲大陆东岸进入东北的热带气旋。北上热带气旋是造成我国东北区和黄渤海沿海诸省大范围洪涝灾害和强风、风暴潮的重要天气系统。建国以来,著名的1975年河南特大暴雨,主要影响系统就是7503号北上热带气旋。1960年和1985年辽宁二次罕见的洪涝灾害,就是由于热带气旋6005、6007连续影响和8507、8508、8509连续影响造成的。1972年夏季,北上热带气旋7203引发了在黄海,特别是在渤海的强风和风暴潮,造成极大的危害。至于从我国南方移到华北、东北区的长途跋涉的北上热带气旋,则是一路风雨,更不在少数。

进入 30°N 的北上热带气旋数量不多,而进入 40°N 的北上热带气旋就更少了。因此,长期以来讨论热带气旋的影响,通常是指南方沿海诸省。建国以来,北上热带气旋造成的洪涝灾害以及6005、6410、6612、6705、7203、7303、7416、8407、8509众多异常路径北上热带气旋的相继出现、严重危害和预报失误,促进了北方诸省对北上热带气旋的分析研究工作。经过气象科研、业务人员的共同努力,40年来北上热带气旋的分析研究工作得到了极其显著的进展,取得了可喜的成果。

40年来,北上热带气旋的分析和研究大致经过四个阶段:20世纪50年代,主要是把全国科研和业务成果应用于北方热带气旋日常工作,对个别影响较大的北上热带气旋进行个例分析。60年代初,预报改革中,在天气分型中把北上热带气旋纳入分型和影响系

统分类之中；在对有重大影响北上热带气旋个例分析的基础上，进行综合，提出北上热带气旋影响天气系统特征，建立相应的天气学预报方法。70年代，全面开展了北上热带气旋异常路径的分析研究，提出了主要影响天气系统；较系统地研制北上热带气旋路径预报方法；系统地研究北上热带气旋特大暴雨特点，提出了北方特大暴雨的基本观点；研制北上热带气旋路径预报的数值预报模式；并将分析研究成果应用于业务。80年代，进行大量的动力学分析研究，揭示了北上热带气旋性质、结构和变化特点，提出了半热带气旋性质；数值预报方法改进和数值实验的开展；北上热带气旋各种路径预报方法的充实、完善、综合应用并实现客观、自动化，开展北上热带气旋业务化系统的全面研制；全面系统地把研制的预报方法和基本观点，应用于业务实际，取得了可观的社会、经济效益和业务工作效果，大大增强了对北上热带气旋的预报能力。

现就北上热带气旋分析与预报状况予以评述。

§ 1 北上热带气旋路径延续和基础资料建设

从50年代直到60年代，北上热带气旋的科学研究和业务技术工作遇到的首要问题，就是收集、积累北上热带气旋的资料和路径。但是，同一个北上热带气旋，国内各主要气象台（如中央气象台和上海中心气象台）和国外气象台（关岛、日本）的资料和路径也不完全相同。因此，常常还要校准这些资料。这给研究和业务工作带来很多困难，也影响了工作进展。为了改变这种状况，建立一套北上热带气旋的基础资料，北方各气象台站一直在为之而努力工作。

60年代初，辽宁把进入 135°N 以西、 20°N 以北每一个北上热带气旋的中心位置和强度，每6小时一次给出一组资料，纳入辽宁省影响系统日历表中^[1]。1971年，《西北太平洋台风路径图（1949～1969）》的出版，以及其后每年《台风年鉴》的出版，解决了多年来

科研和业务工作者对于热带气旋基础资料的渴求。

在此基础上,1972年辽宁省气象局台风会战组^[2]考虑热带气旋消失后,它本身携带的暖湿空气对降雨天气的重要影响,提出了热带气旋路径延续方法,对《西北太平洋台风路径图》提供的路径进行了延续。之后,在总结1975年河南特大暴雨过程中^[3],对7503热带气旋后期路径进行了延续(对比7503热带气旋实时路径与总结中延续的路径一目了然,居然延续4天之多),这对登陆消失热带气旋路径延续的观点给予了强有力地支持。1956~1976年进入辽宁影响区延续路径的热带气旋就占6/31^[4],近1/5。可见,延续路径对北上热带气旋是何等重要!尽管这样,但在《台风年鉴》中并没有完全标示出来(如7207热带气旋等)。延续路径追寻热带气旋踪迹,常常可以把复杂的暴雨过程简单化。延续路径的问题,是北上热带气旋的一个重要问题。如何实施延续和补正热带气旋的后期路径不容忽视。

1976年,辽宁台风会战组^[4]出版了《1956~1976年进入辽宁省警戒区的台风年鉴》。内容包括:进入辽宁警戒区的“台风纪要”,“台风气候情况”,“台风路径”,“台风资料”,“欧亚环流形势和辽宁部分台站三天内的天气实况”。这是一本比较系统、全面地包括路径、天气和天气形势的北上热带气旋的图表化基础资料。

1989年,袁健等^[5]建立了进入辽宁警戒区热带气旋纪要表和中心要素库(1949~1988年),降水和大风数据库(1956~1988年);周晓珊等^[6]还建立了1965~1988年6~9月进入警戒区逐日08时和20时500hPa形势图。上述资料库又都建立了检索系统,实现了从历史资料库、图形库中调出数据和图形,并根据需要通过判别计算,显示或绘制出各预报台的热带气旋预报路径及实时路径;历史热带气旋路径及其相应降水、大风资料及500hPa环流形势图;还能根据需求,事先设置范围,计算历史热带气旋经纬度网内的移速和频数;挑选限定条件下的路径并确定转向点;进行简单的常规气候

分析。王达文等^[7]建立了东北和华北（辽、吉、黑、冀、京、津、内蒙古、鲁）8省市自治区的降水、大风资料库。上述工作，为建立一套适合北上热带气旋的自动化、信息化基础资料系统给出了一个雏型。

1972年3号热带气旋侵袭北方造成巨大损失，为了弥补北方“测台”空档，次年在山东省石岛安装了843“测台”雷达；在台风委员会组织下，北京试验中心安排北方诸省参加台风业务试验（TOPEX）和台风特别试验（SPECTRUM）；在非试验时期，北方一些省还组织了每隔1小时或3小时的加密观测；1974年16号热带气旋在大连、旅顺等几个气象台站^[8]和山东荣成石岛等气象站^[9]，都观测到了“台风眼”。所有这一切工作，为积累北方热带气旋资料，为深入研究北上热带气旋的特性，奠定了基础，创造了条件。

§ 2 北上热带气旋路径及其预报

50年代，由于北上热带气旋出现次数少，加之缺少资料，较系统的研究甚少，就连专门的技术总结也不多。60年代初，陶诗言等^[10]指出了东亚阻塞形势、我国东北和日本有高压脊发展而中国大陆有高空槽发展（或切断）是引起热带气旋北上的环流条件。章少卿等^[11]对影响吉林省3~10天台风趋势预报进行分析讨论，得出了类似的结论。陈联寿^[12]特别强调了阻塞形势的建立、维持和崩溃对热带气旋路径的影响。70年代，7203热带气旋的复杂少见的路径，把北上热带气旋路径研究，推向了异常路径的研究。中央气象台、河北、山东、辽宁、天津等气象台^[13]对7203热带气旋进行较全面、细致地分析、讨论，指出7203后期路径西折是由于东亚沿海长波槽减弱，其北侧发生了副热带高压与大陆高压打通加强，同时强调了切断冷涡的作用。一个大陆西风带高压，一个切断低涡，到底谁对北上热带气旋异常路径起主导作用？！

辽宁省气象局台风会战组^[14]提出,对北上热带气旋后期路径有重大影响的是西风带系统,当低压槽(低涡)并存时,南下的高压常常起到关键性影响。并把鄂海高压(有时是雅库次克高压)与副高过渡后形成完整的高压个体称为混体高压^[2]。王志烈^[15]指出,我国东北到朝鲜一带高脊的建立与这个暖高压里垂直切变弱,对黄海台风西折具有决定作用。陈联寿^[17]指出,当冷涡靠近一个台风时,将使台风四周的环境流场或引导气流急剧改变,从而使台风的移动方向和速度发生突然变化,往往使台风形成异常路径。费亮等^[18]提出,即使切断冷涡与热带气旋间距在10个纬距以内,使热带气旋西折的也只是少数;冷涡切断南移后,在它北侧高压脊的建立是促使热带气旋路径西折的主要条件。刘景秀^[19]指出,只有当冷涡与台风间距到7个纬距,二者呈逆时针旋转时,才引起台风的突然西折。王达文^[16]对北上热带气旋异常路径进行数值试验结果表明,当西风带高压和切断低涡共存时,它们对北上热带气旋后期路径的影响,高压将起主要作用。王志烈^[20]在其“我国疑难台风研究的十年进展”一文中指出,“当台风北上进入黄海时,适逢东北上空西风带里的暖高脊迅速发展,并与朝鲜一带的副高相叠加成为一个强大的高压坝。于是台风在新建的高压西侧强劲的东南气流引导下折向西北。当台风中心在这样有利的环境流场作用下,移近与西面冷涡相距7~9个纬距时,冷涡对台风的吸引作用又明显地表现出来,使台风的移向更偏西”。

北上热带气旋异常路径最典型的代表,正如上文提到的“黄海西折”路径。王达文^①指出,“这些热带气旋在黄海并没有‘西折’!而是实实在在地按照原来的移动趋势一直向西北方向移动。并把北上热带气旋后期路径的移向和消失的异常特点,作为北上热带气旋后期异常路径分类的主要特征。依此,分成最北转向、最北消失和

① 王达文,北上热带气旋异常路径分析,可参见本书第五章。

最北西折类异常路径热带气旋”。这样分类,有利于把复杂的异常路径预报问题简化了;对于一个在西北移或偏北移的北上热带气旋,不是需要考虑是否要“西折”,而只是要考虑其是否维持其原来移向,或者考虑其何时、何地向东转向;倒是已经东北移的热带气旋,却要考虑其是否会西折。

北上热带气旋路径预报始终被北方诸省广大气象台站重视。最初根据气候统计分析、天气图预报经验指标进行预报。60年代,吉林^[11]、辽宁^[21]、山东^[22]气象部门应用天气学方法各自建立了预报北上热带气旋路径的中、短期天气学模式。70年代,天气、统计、动力各种预报方法用于路径预报。辽宁气象局台风会战组^[2]应用了天气学复相关表以及数量化方法,王达文等^[23]研制了数值预报LN-1模式。到了80年代,路径预报方法注重客观、定量和自动化以及综合应用,各种预报方法得到充实和改进。王达文^[21]在LN-1模式基础上设计了移动型套网格台风路径数值预报模式,山东^[25]气象台应用统计学方法,辽宁台风会战组^[26]研制的相似预报方法和统计预报方法,王达文等^[27]建立了台风路径的天气-动力-统计预报方法,景学义等^[28]研制黑龙江省台风预报专家系统,袁健等^[29]研制了辽宁台风路径预报客观自动化专家系统,周晓珊等^[30]建立了辽宁台风路径客观自动化相似预报方法。这样,对北上热带气旋后期路径预报方法就包含了气候持续性方法、天气学方法、统计学方法、天气-统计方法、动力学方法、天气-动力-统计方法、专家系统方法等一整套各种方法及其综合运用的预报方法,同时基本上实现了客观、自动化。研制的各种预报方法都注意了实际应用。根据中国气象局业务司要求,LN-1模式参加了全国台风路径业务预报的实时广播,供北方省市使用。

§ 3 北上热带气旋的变性

1974年,围绕7416热带气旋的属性,发生过一场激烈的争论,一方^[31]强调了温压场明显的斜压性,认为已变性为温带气旋,另一方^[8]则认为暖心结构存在,特别是烟台、大连地区都观测到了台风眼,认为热带气旋性质未变。这种热带和温带二重性的气旋,就是所谓的半热带气旋。蒋尚诚等^[32~34]先后对7805、8407、8509等热带气旋暴雨过程进行分析,给出了大陆型半热带气旋和海上型半热带气旋的形成和结构特点。大陆型半热带气旋是指登陆北上的热带气旋,由于中纬度弱空气的侵入以及低纬度暖湿空气的补充,两者的相互作用使气旋的热带性质有所恢复和加强的一种变性热带气旋。它的垂直热力结构是下冷上暖;与温带斜压锋区不同,它的斜压性弱而水汽对比明显(故称为湿斜压锋区);气旋发展的能源来自斜压位能和凝结潜热能;生命史在一天以下;未来消亡或少数变为温带气旋;它所伴随的天气主要是大暴雨。海上型半热带气旋是指在海上北上的热带气旋,当有冷空气从中低层侵入热带气旋,由于低层斜压位能的释放,上升运动加大,促使其对流不稳定能量释放,垂直运动加速发展,再加上凝结潜热的释放促使高空暖心结构的加强,促使气旋急速发展和风雨骤增的一种变性热带气旋。它的垂直热力结构是高空有热带的暖心结构,低空又有半冷半暖的温带结构;气旋发展的能源,既有热带的对流凝结潜热释放的能量,又有温带的斜压位能释放的能量;它的云型不像典型的热带气旋云型,又与典型的温带气旋云型有所区别;它可使热带气旋发展再生,到中高纬度往往变为温带气旋;它伴随的天气是风力加大,暴雨加强。

孙力等^[35]通过对8509和8406二个前期路径及强度相似的热带气旋,而后8509的发展、8406很快消失的对比分析指出,温度平流是造成热带气旋变性的主要因子和先决条件。