

气象灾害丛书

TAIFENG YUBAO JIQI ZAIHAI

台风预报 及其灾害

陈联寿 端义宏
宋丽莉 许映龙

 气象出版社
China Meteorological Press

气象灾害丛书

台风预报 及其灾害



陈联寿 端义宏
宋丽莉 许映龙

国家自然科学基金重点项目 (40730948)

国家重点基础研究发展计划项目 (2009CB421500)

内容提要

本书是《气象灾害丛书》的一个分册,讲述了台风的基础知识和监测预报,台风灾害及防御,台风与工程防灾,并详述了历史著名台风、飓风和气旋性风暴。

本书可供台风预报、科学研究人员和高等院校师生阅读和参考。

图书在版编目(CIP)数据

台风预报及其灾害/陈联寿等主编. —北京:气象出版社, 2009. 11(气象灾害丛书)
ISBN 978-7-5029-4879-5

I. 台… II. 陈… III. 台风—基本知识 IV. P444-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 212070 号

Taifeng Yubao Jiqi Zaihai

台风预报及其灾害

陈联寿 端义宏 宋丽莉 许映龙

出版发行:气象出版社

地 址:北京市海淀区中关村南大街 46 号

总 编 室:010-68407112

网 址: <http://www.cmp.cma.gov.cn>

总 策 划:陈云峰 成秀虎

责任编辑:隋珂珂

封面设计:燕 彤

印 刷:北京中新伟业印刷有限公司

开 本:700 mm×1000 mm 1/16

字 数:615 千字

版 次:2012 年 4 月第 1 版

印 数:1~6000

邮政编码:100081

发 行 部:010-68409198

E-mail: qxcbs@cma.gov.cn

终 审:周诗健

责任技编:吴庭芳

印 张:24

印 次:2012 年 4 月第 1 次印刷

定 价:57.00 元

丛书编辑委员会成员

主 任：秦大河
副 主 任：许小峰 丁一汇
成 员：马克平 马宗晋 王昂生 王绍武 卢乃锰 卢耀如
刘燕辉 陈联寿 宋连春 林而达 张人禾 李文华
陈志恺 黄荣辉 董文杰 端义宏
编写组长：丁一汇
副 组 长：宋连春 矫梅燕

评审专家组成员（按姓氏笔画排列）

丁一汇	马宗晋	毛节泰	王昂生	王春乙	王绍武	王根绪
王锦贵	王馥棠	卢乃锰	任阵海	任国玉	伍光和	刘燕辉
吴 兑	宋连春	张小曳	张庆红	张纪淮	张建云	张 强
李吉顺	李维京	杜榕桓	杨修群	言穆弘	陆均天	陈志恺
林而达	周广胜	周自江	徐文耀	陶诗言	梁建茵	黄荣辉
琚建华	廉 毅	端义宏				

丛书编委会办公室成员

主 任：董文杰
副 主 任：翟盘茂 陈云峰
成 员：周朝东 张淑月 成秀虎 顾万龙 张 锦
王遵娅 宋亚芳

《台风预报及其灾害》分册编著人员

主 编：陈联寿 端义宏 宋丽莉 许映龙
参加人员：朱永褪 雷小途 徐 晶 钮学新 余 晖
 梁旭东 李永平 黄 忠 钱传海 赵兵科
 冀春晓 方 翔 李 英 高拴柱 顾 华
 郭丽霞 钱燕珍

序

据世界气象组织统计，全球气象灾害占自然灾害的 86%。我国幅员辽阔，东部位于东亚季风区，西部地处内陆，地形地貌多样，加之青藏高原大地形作用，影响我国的天气和气候系统复杂，我国成为世界上受气象灾害影响最为严重的国家之一。我国气象灾害具有灾害种类多，影响范围广，发生频率高，持续时间长，且时空分布不均匀等特点，平均每年造成的经济损失占全部自然灾害损失的 70% 以上。随着全球气候变暖，一些极端天气气候事件发生的频率越来越高，强度越来越大，对经济社会发展和人民福祉安康的威胁也日益加剧。近十几年来，我国每年受台风、暴雨、冰雹、寒潮、大风、暴风雪、沙尘暴、雷暴、浓雾、干旱、洪涝、高温等气象灾害和森林草原火灾、山体滑坡、泥石流、山洪、病虫害等气象次生和衍生灾害影响的人口达 4 亿人次，造成的经济损失平均达 2000 多亿元。2008 年，我国南方出现的历史罕见低温雨雪冰冻灾害，以及“5·12”汶川大地震发生后气象衍生灾害给地震灾区造成的严重人员伤亡和财产损失，都说明进一步加强气象防灾减灾工作的极端重要性和紧迫性。

党中央国务院和地方各级党委政府对气象防灾减灾工作高度重视。“强化防灾减灾”和“加强应对气候变化能力建设”首次写入党的十七大报告。胡锦涛总书记在 2008 年“两院”院士大会上强调，“我们必须把自然灾害预报、防灾减灾工作作为事关经济社会发展全局的一项重大工作进一步抓紧抓好”。在中央政治局第六次集体学习时，胡锦涛总书记再次强调，“要提高应对极端气象灾害综合监测预警能力、抵御能力和减灾能力”。国务院已经分别就加强气象灾害防御、应对气候变化工作做出重大部署。在 2008 年全国重大气象服务总结表彰大会上，回良玉副总理指出，“强化防灾减灾工作，是党的十七大的战略部署。气象防灾减灾，关系千家万户安康，关系社会和谐稳定，关系经济发展全局。气象工作从来没有像今天这样受到各级党政领导的高度重视，

从来没有像今天这样受到社会各界的高度关切，从来没有像今天这样受到广大人民群众的高度关心，从来没有像今天这样受到国际社会的高度关注。这既给气象工作带来很大的机遇，也带来很大的挑战；既面临很大压力，也赋予很大动力，应该说为提高气象工作水平创造了良好条件”。

我们一定要十分珍惜当前气象事业发展的良好环境，紧紧抓住气象事业发展的难得机遇，深入贯彻落实科学发展观，牢固树立“公共气象、安全气象、资源气象”的发展理念，始终把防御和减轻气象灾害、切实提高灾害性天气预报预测准确率作为提升气象服务水平的首要任务。面对国家和经济社会发展对加强气象防灾减灾工作的迫切需求，推进防灾减灾工作快速发展，做到“预防为主，防治结合”，很有必要编写一套《气象灾害丛书》，从不同视角吸收科学、社会以及管理各方面的研究成果，就气象灾害的发生、发展、监测、预报和预防措施，普及防灾减灾知识，提高防灾减灾的效益，为我国防灾减灾事业、构建社会主义和谐社会做出贡献。

2003年中国气象局组织编写出版了《全球变化热门话题丛书》，主要立足宣传和普及天气、气候与气候变化所带来的各方面影响以及适应、减缓和应对的措施。这套书的出版引起了很大反响，拥有广大的读者群。《气象灾害丛书》是继《全球变化热门话题丛书》之后，中国气象局组织了有关部委、中科院和高校的气象业务科研人员及相关行业领域的灾害研究专家，编写的又一套全面阐述当今国内外气象灾害监测、预警与防御方面最新技术成果、最新发展动态的科学普及读物。《气象灾害丛书》分21分册，在内容上开放地吸收了不同部门、不同地区和不同行业在气象灾害和防御方面的研究成果，体现了丛书的系统性、多学科交叉性和新颖性。这对于进一步提高社会公众对气象灾害的科学认识，进一步强化减灾防灾意识，指导各级部门和人民群众提高防灾减灾能力、有效地为各行业从业人员和防灾减灾决策者提供参考和建议都具有重要意义。同时，根据我国和全球安全减灾应急体系建设这一大学科的要求，“安全减灾应急体系”共有100多部应写作的书籍，《气象灾害丛书》的出版为逐步完善这一科学体系做出了贡献。

在本套丛书即将出版之际，谨向来自气象、农业、生态、水文、地质、城乡建设、交通、空间物理等多方面的作者、专家以及工作人员表示诚挚的感谢！感谢他们参与科学普及工作的高度热忱以及辛勤工作。

郑国光

编著者的话

通过两年的努力,《气象灾害丛书》终于编写完毕。丛书由 21 册组成,每一册主要介绍一个重要的灾种,整个丛书基本上将绝大部分气象以及相关的衍生灾害都作了介绍,因而是一套关于气象灾害的系统性丛书。参加此丛书编写的专家有 200 位左右,他们来自中国气象局、中国科学院、林业部和有关高等院校等部门。他们在所编写的领域中不但具有丰硕的研究成果,而且也具有丰富的实践经验,因而,丛书无论是从内容的选材,还是从描述和写作方式等方面都能保证其准确性和适用性。编写组在编写过程中先后召开了六次编写工作会议,各分册主编和撰稿人以高度负责的态度和使命感热烈研讨,认真听取意见和修改,使各册编写水平不断提高,从而保证了丛书的质量。另外,值得提及的是,丛书交稿之前,又请了 46 位国内著名的院士、专家和学者进行了评审。专家们一致认为,《气象灾害丛书》是一套十分有用、有益和十分必要的防灾减灾丛书。它的出版有助于政府、社会各部门和人民群众对气象灾害有一个全面、深入的了解与认识,必将大大提高全民的防灾减灾意识。丛书的内容丰富、全面、系统、新颖,基本上反映了国内外气象灾害的监测、预警和防御方面的最新研究成果和发展动态,可以作为各有关部门指导防灾减灾工作的科学依据。

在丛书包括的 21 个灾种中,除干旱、暴雨洪涝、台风、寒潮、低温冷害、冰雪等过去常见的气象灾害外,丛书还包括了近一二十年新出现的或日益受到重视的新灾种,如霾、生态气象灾害、城市气象灾害、交通气象灾害、大气成分灾害、山地灾害、空间气象灾害等。这些灾害对于我国迅速发展的国民经济已越来越显示出它的重大影响。把这些灾害包括在丛书中不但是必要的,而且也是迫切的。另外,通过编写这些书,对这些灾种作系统性总结,对今后的研究进展也有推动作用。

为了让读者对每一种灾害都获得系统而正确的科学知识以及了解目前最

新的防灾减灾技术、能力和水平，编写组要求每一册书都要做到：（1）对灾害的观测事实要做全面、正确和实事求是的介绍，主要依据近 50 年的观测结果。在此基础上概括出该灾种的主要特征和演变过程；（2）对灾害的成因，要根据大多数研究成果做科学的说明和解释，在表达上要深入浅出，文字浅显易懂，避免太过专业化的用语和用词；（3）对于灾害影响的评估要客观，尽可能有代表性与量化；（4）灾害的监测和预警部分在内容上要反映目前的水平和能力，以及新的成就。同时要加强实用性，使防灾减灾部门和人员读后真正有所受益和启发；（5）对每一灾种，都编写出近 50 年（有些近百年）国内重大灾害事件的年表，简略描述出所选重大灾害事件发生的时间、地点、影响程度和可能原因。这个重大灾害年表对实际工作会有重要参考价值。

在丛书编写过程中，所有编写者亲历了 1 月发生在我国南方罕见的低温雨雪冰冻灾害和“5·12”汶川大地震。在全国可歌可泣的抗灾救灾精神的感召下，全体编写人员激发了更高的热情，从防大灾、防巨灾的观念重新审视了原来的编写内容，充分认识到防灾减灾任务的重要性、迫切性和复杂性。并谨以此丛书作为对我国防灾减灾事业的微薄贡献。

丛书编写办公室与编写组专家密切配合，从多方面保证了编写组工作的顺利完成，在此也表示衷心感谢。另外，由于这是一套科普丛书，受篇幅所限，各册文中所引文献未全部列入主要参考文献表中，敬请相关作者谅解。

编写组长 丁一汇

2008 年 10 月 21 日于北京

前言

热带洋面上存在着一种逆时针方向旋转（赤道以南为顺时针旋转），中心附近最大风速达到 6 级（10.8 m/s）或以上的大气涡旋，统称为热带气旋 Tropical cyclones。不同海域的强热带气旋，中心附近最大风速达到 32.7 m/s 者，有不同的名称，西北太平洋和南海上的称台风（Typhoon），东北太平洋、大西洋（Atlantic）和墨西哥湾（Gulf of Mexico）上的称飓风（Hurricane），北印度洋包括孟加拉湾（Bay of Bengal）和阿拉伯海（Arabian Sea）上的称特强气旋性风暴（Very Severe Cyclonic Storm），西南印度洋上的称热带气旋，东南印度洋和西南太平洋上的均称为强热带气旋（Severe Tropical Cyclone）。名称虽因地而异，但其本质是相同的。

最近几年来，不同海域都曾出现热带气旋引发的大灾。2004 年 3 月，很少出现强热带气旋活动的南大西洋竟生成了一个飓风 Catarina。该飓风在巴西（Brazil）的 Santa Catarina 州登陆而得此名。这个一级飓风使很少有飓风袭击的巴西遭受重创。2005 年 8 月，著名 5 级飓风 Katrina 袭击了美国 Louisiana 州（登陆时为 3~4 级），并将一座名城 New Orleans 淹没。2006 年 8 月，西北太平洋超强台风 Saomai 登陆中国浙闽交界，造成两省大灾。2007 年 6 月，阿拉伯海超强气旋性风暴 Gonu 袭击了阿曼湾，给这一带造成重灾。2008 年 5 月，孟加拉湾超强气旋性风暴 Nargis 袭击了缅甸伊洛瓦底三角洲，竟造成 13 余万人死亡或失踪。2009 年 8 月超强台风 Morakot 先后登陆我国台湾和福建，在台湾阿里山日降雨量竟达 1623.5 mm，引发洪水和泥石流，拔树倒屋，吞没村庄，酿成大灾。2010 年 10 月超强台风 Megi 移入南海后减速滞留，并折向北移，造成我国台湾宜兰苏澳 24 小时降雨量达 935.9 mm，致使苏花公路多处塌方，38 名大陆游客和台湾同胞因此丧生或失踪。台风之灾连年不断，可见，加强台风研究，提高预报能力，减轻台风之灾，这是永恒的主题，也是写本书的目的。

本书按不同内容分为6章。第1章为台风概论,论述了台风的专门知识、当前国际研究的前沿课题以及台风研究的现况及其发展。第2章为台风的灾害及其特征,台风灾害包括台风狂风、暴雨洪水及其引发的山体滑坡和泥石流以及台风引起的风暴潮等。本章分析了这些灾害的特点,对次生灾害也做了讨论。第3章为台风的监测和预报,本章介绍了各种新技术对台风的监测、资料的应用、台风中心位置和强度的确定,并论述了当今台风的预报方法,包括路径预报、强度预报、风雨强度和分布预报、暴潮预报以及地质灾害预报。论述中可以看出台风预报方法的进步和发展趋势。最后也介绍了气候变化对台风活动的影响。第4章为台风灾害评估和防御,说明了台风及其灾害影响等级、台风预报决策服务、台风灾害的预估和评估,台风预警区划和预警信号含义以及台风防御措施和趋利避害。第5章为台风的工程防灾,随着经济建设发展,很有必要开创一门新的学科,即台风工程学(Typhoon Engineering),研究抗击台风风力、洪水和暴潮的力学问题和工程设计。本章介绍了工程设计中对抗风抗洪的考虑。这也是一门新兴的边缘学科,正在受到越来越多的重视。

本书最后一章是历史著名台风,从过去62年(1949—2010)中论述了国内著名台风60个、国外著名台风、飓风和气旋性风暴16个。有些台风、飓风或风暴因其引发的巨灾而闻名于世,例如超强伊势湾大台风Vera(5908),它因狂风暴雨给日本带来世纪难忘的大灾,登陆前最大风速曾达90 m/s,暴潮倒灌,死亡5000人而名噪一时。超强气旋性风暴Bhola(1970.11)因其狂风暴雨致使孟加拉湾地区30~50万人死亡,是20世纪人类的悲剧。台风Nina(7503)因引发河南758特大暴雨,使两座大型水库崩溃,洪水夺命4万,酿成大灾而著名,这场特大暴雨开创了我国大陆暴雨之最。有的台风因其路径奇特而著名,例如台风Ellen(7009)和Fran(7010)在东海发生双台风(Binary typhoon)互旋、合并加强,合并后的环流内存在着两个并列而互旋的双眼,先后在闽中和闽南登陆。这样的台风奇观,古今中外难逢。超强台风Rita(7203)在黄海突然西折,快速登陆山东半岛顶端,穿过渤海登陆塘沽,并正面袭击了北京,这样的台风实属罕见。它的突然西折发生在当年观测“盲区”之中,山东半岛顶端的成山头雷达因此而建。强台风Wayne(8616)和Nat(9119)的路径迂回曲折,错综复杂,为全球罕见。穿过台湾再登陆大陆的台风很多,但像台风Nari(0116)那样从台湾东北方向切入,竖穿台湾岛入海登陆广东,这样的奇特路径62年来仅见此一例。台风Ora(7504)和超强台风Babe(7708)是两个东海突然西折的台风,后者还正面袭击上海;台风Rose(7118)和超强台风“鲇鱼”(Megi 1013)在南海北部突

然北翘，分别在珠江口（番禺）和闽南漳浦登陆。东海台风突然西折和南海台风突然北翘，这两类异常路径的背后隐藏着路径突变之谜。另有台风因其结构、强度突变和暴雨特强而著名，例如 Wendy（6811）和 Marge（7314）是两个超强“微型台风（Midget Typhoon）”，麻雀虽小，但五脏俱全，它们的破坏力惊人，使湛江和琼海惨遭重创。1974 年一个无名风暴（7416）是一个移至黄海南部行将消亡的低压扰动，但竟突然“跳入”渤海而猛烈发展，这个在北方近海突然复苏（Revival）的热带气旋因它的突变而令人经久难忘。台风 Bill（8807）移到浙江沿海突然加强登陆，穿过杭州，全市停水停电、惨遭蹂躏，西湖景区拔树倒屋，一片破败。超强台风 Herb（9608）在台湾的日降雨量竟达 1748.5 mm，创造了我国降雨之最的历史记录。

这些著名台风的背后，承载着人间生死两别之痛和经济财富的浩劫；承载着观测和预报人员的千辛万苦，无私奉献的日日夜夜。这些著名台风激励着后人去揭开它们神秘的面纱，那里隐藏着知识、力量和财富。

本书内容力求理论与实际相联系，科研与业务相结合。希望本书对台风预报人员、管理决策人员、科学研究人员和高等院校师生都有一定的参考价值。

陈联寿

二〇一一年十一月

目 录

序

编著者的话

前 言

第 1 章 台风概论	1
1.1 台风起源和形成	1
1.2 台风结构和强度	8
1.3 台风运动和路径	19
1.4 台风登陆和影响	30
1.5 台风试验和研究	47
参考文献	57
第 2 章 台风灾害及其特征	59
2.1 台风灾害特征	59
2.2 风灾	68
2.3 暴雨和洪涝	76
2.4 风暴潮	82
2.5 山体滑坡和泥石流	91
2.6 其他灾害	104
2.7 气候变化对台风潜在破坏力的影响	107
参考文献	113
第 3 章 台风的监测和预报	115
3.1 台风的监测	115

3.2	观测资料特性	132
3.3	台风中心位置和强度的确定	141
3.4	路径预报	151
3.5	强度预报	163
3.6	风雨预报	167
3.7	风暴潮预报	174
3.8	台风诱发地质灾害预报	180
	参考文献	189
第4章	台风灾害评估和防御	190
4.1	台风灾害影响等级	190
4.2	台风预报决策服务	194
4.3	台风灾害的预估和评估	201
4.4	台风预警	210
4.5	台风的趋利避害	219
	参考文献	223
第5章	台风的工程防灾	224
5.1	台风的工程抗风	224
5.2	台风暴雨洪水与工程	233
	参考文献	237
第6章	历史著名热带气旋	238
6.1	影响中国的著名台风	238
6.2	登陆国外的著名台风、飓风和气旋性风暴	336
	参考文献	362
附录1	扩大的蒲福风力等级表	364
附录2	西北太平洋和南海热带气旋命名表	365
附录3	西北太平洋和南海热带气旋名称的意义	366

第1章

台风概论

1.1 台风起源和形成

1.1.1 台风的起源

热带气旋 (tropical cyclones) 通常发生在 5°N 以北的西北太平洋热带洋面上。它有一个无云区的中心, 中心上空有一个暖核, 围绕中心的气流呈逆时针方向旋转。在这个涡旋中, 最低气压 ($P_{\min}$) 出现在中心, 其最大风速 ($V_{\max}$) 出现在中心附近, 并达到或超过 6 级 (10.8 m/s)。当热带气旋中心附近最大风速达到 32.7 m/s 时便称为台风。这样的涡旋在大西洋和东太平洋称飓风, 在北印度洋称特强气旋性风暴。

全球除东南太平洋和南大西洋外各大洋区的热带海域均有热带气旋发生和活动。例如在西北太平洋、北大西洋、东北太平洋、西南太平洋、南印度洋、孟加拉湾和阿拉伯海七大海域的热带洋面上均有热带气旋频繁活动, 其中以西北太平洋为最。历史资料表明, 西北太平洋热带气旋的活动最为频繁, 北大西洋、南印度洋、西南太平洋、东北太平洋上的热带气旋也很活跃, 阿拉伯海热带气旋也时有发生, 孟加拉湾三角区是一个地势低洼的脆弱 (vulnerable) 地带, 热带气旋不来则罢, 一来往往会造成洪水灭顶之巨灾。一个很有趣的自然现象在此值得一提, 赤道两侧、南北纬 5° 之间的环球带状海域和东南太平洋、南大西洋的热带洋面是非常特殊而引人注目的海域, 那里除个别情况外, 几乎没有热带气旋生成。只是赤道两侧 5° 间海域有两个例外, 南大西洋有一个例外。2004 年 3 月在南大西洋出现了一个一级飓风, 名为 “Catarina” (卡塔琳娜), 它因袭击了巴西南部 Santa Catarina 州而得名。Catarina 在南大西洋的出现并登陆巴西, 是历史的突破。至少在有了卫星探测的年代在南大西洋偶尔有热带气旋生成, 但尚未发现有过飓风登陆。上述海域

没有热带气旋发生是有原因的，生成热带气旋的基本条件不具备。

图 1.1 也同样显示，全球赤道邻近地区也极少有热带气旋的生成和活动。但有两个例外，2001 年 12 月 27 日在新加坡以东， 1.5°N 的赤道洋面上生成一个热带气旋 Vamei（画眉），该热带气旋在新加坡以北的马来半岛南端登陆，以后穿过马六甲海峡（Strait of Malacca）和苏门答腊（Sumatra）。另一个是 2004 年 11 月 28 日在阿拉伯海 0.7°N 的赤道洋面上形成的气旋性风暴（cyclonic storm）“Agni”，以后西行登陆索马里（Somalia）。这两个热带气旋生成纬度之低在历史上十分罕见。



图 1.1 1985—2005 年全球热带气旋分布（wikipedia, 2007）

多数台风起源于副热带高压以南的赤道辐合带（intertropical convergence zone, ITCZ）或季风槽（monsoon trough）区热带洋面上的热带扰动（tropical disturbance）。这些就是台风的胚胎（embryo）。我们曾发现有的胚胎最初是在大陆上活动的扰动，它被环境气流推到了海上的辐合区中，在暖海面上逐渐变性成热带洋面上风力达 6~7 级的小涡，称为热带低压（tropical depression）。以后，当风力进一步加强便发展成热带风暴。有的台风起源于多个胚胎，例如 2~3 个胚胎或热带扰动在天气尺度辐合环境（赤道辐合区或季风槽）中相互作用逆时针旋转，合并后加强为尺度较大的热带气旋。这些胚胎是在怎样的环境中孕育，又是在怎样的条件下成长的呢？

探测资料的分析表明（Gray, 1968, 1975），按最初的探测点（或热带气旋起源的位置）分布（图 1.2），所有的热带气旋都起源于热带暖洋面，其中 87% 的热带气旋起源于赤道两侧 20°N （S）以内。全球热带气旋的 2/3 在北半球生成。因为如上所说，南半球有两块大洋（南大西洋和东南太平洋）没有热带气旋生成（Catarina 除外）。另外，起源于东半球的热带气旋远远多于西

半球的热带气旋，前者约为后者的2倍。

对全球风暴以上强度热带气旋27年（1958—1984）的统计结果（Gray, 1985）表明，全球平均每年有80个热带风暴和台风、飓风生成，其中33%生成在西北太平洋，是全球热带气旋最为频繁的海域。其余海域依次为西南太平洋（20%），东北太平洋（18%），南印度洋（11%），北大西洋（11%）、北印度洋（含孟加拉湾、阿拉伯海）（7%）。

热带洋面上热带低压和扰动是很多的，这些胚胎只有一部分能在一定条件下发育为成熟的热带气旋（台风或飓风）。另有相当一部分会在中途（达到热带风暴之前的微弱状态）夭折而消亡。什么样的胚胎能发育成长壮大，而什么样的胚胎却不能呢？这是一个很有趣的问题，将在后文说明。

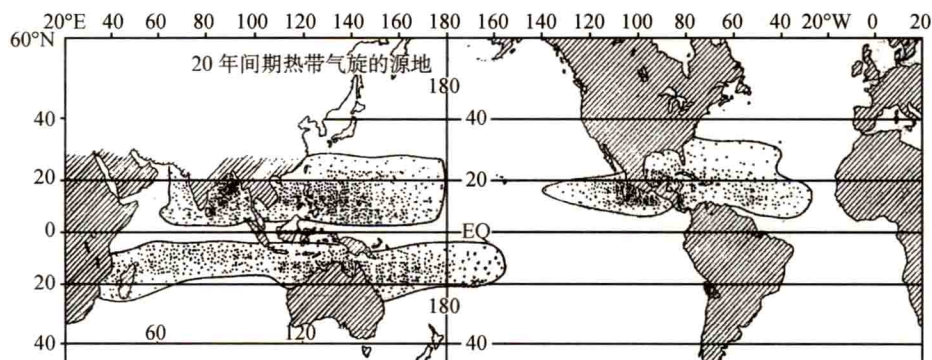


图 1.2 全球热带扰动（最初探测点或起源点）分布图（Gray, 1985）

各大海域热带气旋的起源和形成都有它一定特点（Gray, 1985），今简要介绍如下。

西北太平洋上的热带扰动比较容易发展成台风，这一海域平均每年生成热带风暴和台风26~28个，其中2/3都能达到台风强度。台风的产生有明显的季节性，高产月份为8月，其次为9月和7月。而全年各月均有热带气旋生成，这是全球唯一可以一年四季产生热带气旋的海域。在这海域绝大多数台风（91%）起源于 $5^{\circ}\sim 22^{\circ}\text{N}$ 的洋面，其胚胎扰动80%来自大尺度辐合区（赤道辐合带ITCZ或季风槽），有10%来源于深厚东风带上的波动。另有一些起源于不同的其他发育形式。

北大西洋上成熟热带气旋（飓风）的发生频率远比西北太平洋发生频率小。其高发期在8—10月，高峰期在9月。有一半以上的热带气旋是从非洲移来的东风波上生成的。在ITCZ上产生的反而较少。还有一些热带气旋的生成和中纬度入侵的环流系统有关。