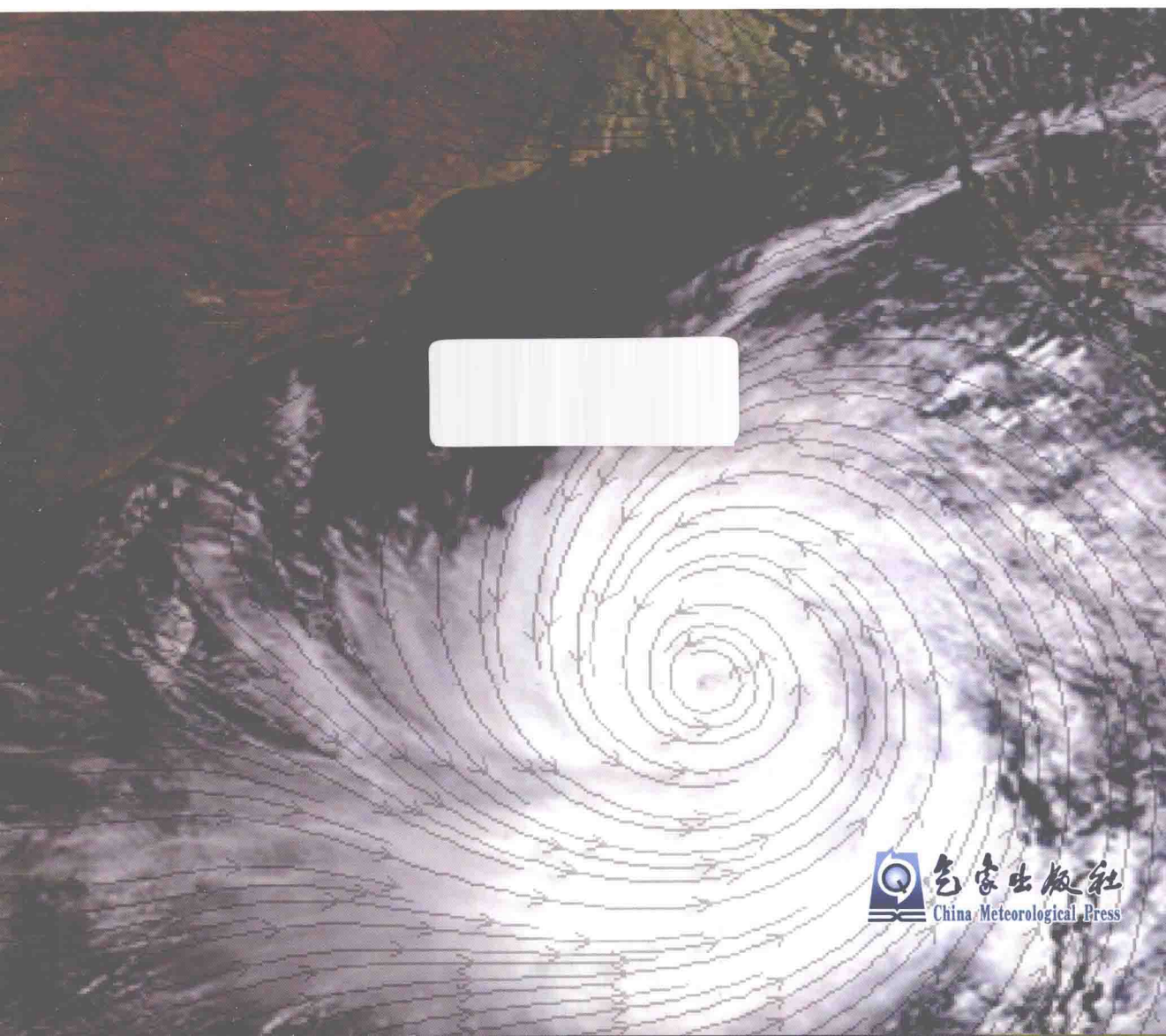


孟加拉湾风暴 对高原地区的影响

段旭 王曼 林志强 许美玲 李英
梁红丽 段玮 曹杰 张瑾文 著



孟加拉湾风暴对高原地区的影响

段 旭 王 曼 林志强 许美玲 李 英 著
梁红丽 段 玮 曹 杰 张瑾文

内 容 简 介

本书统计了 1977—2010 年共 34 年在孟加拉湾发生的风暴个例,分析研究了风暴生成、发展、消亡和移动路径等时空分布特征以及大尺度环流背景和制约系统,基本掌握了其活动规律;从风暴登陆位置、登陆前后结构(动力和热力)变化特征、水汽输送及辐合、辐散特征等方面入手,分析了偏北路径(孟加拉国)和东北路径(缅甸)登陆风暴对高原地区降水产生的影响;对典型登陆风暴个例进行了数值模拟试验,研究了高原大地形阻挡和抬升作用对降水强度和分布的影响。本书可供天气预报人员和大气科学研究人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

孟加拉湾风暴对高原地区的影响 / 段旭, 王曼, 林志强等著.
—北京: 气象出版社, 2014. 6
ISBN 978-7-5029-5788-9

I. ①孟… II. ①段… ②王… ③林… III. ①孟加拉湾—
热带风暴—影响—高原—地区—降水 IV. ①P426. 6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 131090 号

Mengjialawan Fengbao dui Gaoyuan Diqu de Yingxiang

孟加拉湾风暴对高原地区的影响

段 旭 等 著

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>

责任编辑: 李太宇

封面设计: 易普锐创意

印 刷: 北京京华虎彩印刷有限公司

开 本: 787 mm×1092 mm 1/16

字 数: 450 千字

版 次: 2014 年 7 月第一版

定 价: 85.00 元

邮政编码: 100081

发 行 部: 010-68409198

E-mail: qxcbs@cma.gov.cn

终 审: 章澄昌

责任技编: 吴庭芳

印 张: 17.75

印 次: 2014 年 7 月第一次印刷

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等,请与本社发行部联系调换。

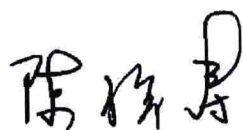
序 言

全球八大洋区,东南太平洋和南大西洋极少有强热带气旋活动。飓风在这两大海域难以生成(南大西洋仅有一例,即飓风“Catarina”—2004)。而西北太平洋和西南太平洋是全球热带气旋生成最为频繁的两个海域。尤其是西北太平洋,全球达到风暴级别以上的热带气旋的 33% 出现于此海域。与此相比,北印度洋不易生成热带风暴,它是全球热带风暴出现频率较低的海域。北印度洋分两个海域,其中孟加拉湾(Bay of Bengal)热带风暴以上的热带气旋只有全球的 7%,而阿拉伯海(Arabian Sea)只有 5%。

孟加拉湾风暴虽然发生频率低,但却不可小觑,出来一个就不得了。世界上最严重的热带气旋灾害就发生在孟加拉湾沿岸的国家。例如,超强热带气旋性风暴“Bhola”,于 1970 年 11 月 12 日在如今的孟加拉国恒河三角洲(Ganges Delta)东侧吉大港的哈提亚(Hatia, Chittagong)登陆,竟造成 30 万~50 万人死亡。它是 20 世纪全球造成死亡人数最多的一个风暴,也是 20 世纪人类的一场悲剧。孟加拉湾风暴造成的如此惊天大灾,并非一次两次,而是时有发生。近年来,特强气旋性风暴“Nargis”2008 年 5 月 2 日登陆缅甸伊洛瓦底(Ayeyarwady)江三角洲人口稠密区,竟造成 13.8 万余人死亡和失踪。孟加拉湾喇叭口地形和大陆架浅海效应对孟加拉湾风暴大灾起了重要作用。

孟加拉湾风暴不仅灾害重,而且“很有个性”。全球热带风暴一般在盛夏为其发生的高峰期,而孟加拉湾风暴的发生频率恰恰相反:在盛夏为发生的低谷,而高峰出现在春末和秋末,呈双峰型分布。孟加拉湾风暴影响范围广,不仅影响孟加拉湾周边国家,如孟加拉国、印度、斯里兰卡、缅甸以及中南半岛诸国,还影响到我国的西南和高原地区。当孟加拉湾风暴与南支槽相互作用时,孟加拉湾风暴所携带的水汽甚至可输送到我国的中东部地区,提供了降水的水汽条件。高原地形对孟加拉湾风暴降水也会有一定的增幅作用。孟加拉湾风暴对我国的影响研究具有重要的学术和业务应用价值。

段旭等撰写的《孟加拉湾风暴对高原地区的影响》对上述科学问题和业务应用作了详细论述,是一本很有价值的专著。我国对西北太平洋和南海台风作了不少研究,而对孟加拉湾风暴对我国影响关注较少。这本著作弥补了这一不足,对我国热带气旋研究和预报应用增添了色彩。希望本书对我国防灾减灾能起到应有的作用。



(陈联寿)

2014 年 7 月

前 言

孟加拉湾是全球八个热带气旋易发生的地区之一,每年的初夏(5月)和秋末(10—11月)是孟加拉湾风暴最为活跃的时期。它的形成和出现,对我国西南地区水汽输送带的建立和强弱有密切联系。孟加拉湾风暴向北移动,可对孟加拉国和青藏高原产生重大影响,常出现大海潮和暴风雪等严重灾害;向东北方向移动,可对缅甸、中南半岛北部和我国西南地区有较大影响,是造成高原地区暴雨的主要天气系统之一。

本书汇集了孟加拉湾风暴对高原地区影响的最新研究成果,统计了风暴登陆路径、活动频次、形成位置、维持时间以及孟加拉湾风暴的时空分布特征;介绍了印度洋偶极子对风暴活动的影响、风暴活动与中国降水的关系、风暴“双峰”型活动特征的成因以及“双峰”期风暴对西南水汽输送的贡献等方面的研究,对孟加拉湾风暴的活动机理有了初步的认识。书中包括对孟加拉湾风暴过程空间降水描述、风暴过程对高原地区降水的影响、云南初夏风暴过程引发的强降水、云南秋季风暴降水的差异、云南受风暴影响的站点降水统计和环流特征、风暴“Akash”对我国西南地区的影响等内容,基本掌握了孟加拉湾风暴影响高原地区产生降水的范围和强度。本书还介绍了孟加拉湾风暴结构的合成特征和各路径登陆风暴典型个例特征,给出了风暴登陆前后水平流场、垂直环流、涡度、散度和垂直风切变等大气要素结构及分布;利用中尺度数值模式开展了高原大地形对孟加拉湾风暴影响的数值模拟研究,分别模拟了东北路径登陆和西北路径登陆的五个典型风暴个例。研究表明,地形的阻挡抬升和摩擦作用能较明显地使风暴强度减弱、移动速度加快。地形对降水存在双重作用,一方面地形抬升使风暴产生的降水增加,另一方面地形摩擦使风暴强度减弱从而减少降水。我们还诊断分析了孟加拉湾风暴暴雨的湿位涡、能量收支、TBB特征,建立了风暴影响下西藏降水的动力相似预报方法、风暴移动路径的客观分类和预报方法。在上述研究工作和成果的基础上,建立了包括风暴时空分布特征、风暴三维结构及最有利于生成的环境、风暴导致的高原地区降水分布、“峰值”期风暴水汽输送、高原大地形的阻挡和抬升作用等的风暴概念模型,以便预报员在预报和分析

时参考。

本书中的一些内容已在《地球科学》、《大气科学》、《气象学报》、《高原气象》等核心期刊上发表,还有多篇论文也即将在包括 SCI 在内的高水平刊物上发表。鉴于过去对孟加拉湾风暴研究相对较少,其研究成果具有独创性和创新性。

本书共分 7 章,第 1 章由段旭撰写,第 2 章由段旭、林志强、曹杰、李英、段玮、张瑾文撰写,第 3 章由段旭、李英、许美玲、段玮撰写,第 4 章由段旭、张瑾文撰写,第 5 章由王曼撰写,第 6 章由林志强、许美玲、梁红丽撰写,第 7 章由段旭、段玮撰写。全书由段旭统稿。

在编写过程中,云南省气象局的符睿、陶云、陈小华、许迎杰,西藏自治区气象局的边巴扎西、假拉、普布次仁、文胜军、周振波、德庆,中国气象科学研究院的吕爱民,云南大学的袁俊鹏等做了大量的基础性工作,在此一并表示衷心感谢。

作者

2014 年 4 月

目 录

序 言

前 言

第 1 章 孟加拉湾风暴时空分布特征	(1)
1.1 孟加拉湾风暴国内外研究概述	(1)
1.2 孟加拉湾风暴统计标准	(2)
1.3 孟加拉湾风暴年月平均变化	(4)
1.4 孟加拉湾风暴登陆路径和活动频次	(5)
1.5 孟加拉湾风暴形成位置及维持时间	(7)
第 2 章 孟加拉湾热带风暴活动机理	(10)
2.1 印度洋偶极子对风暴活动的影响	(10)
2.2 风暴活动与中国降水的关系	(24)
2.3 孟加拉湾风暴双峰型活动特征的成因	(35)
2.4 “双峰”期风暴对西南水汽输送的贡献	(47)
第 3 章 孟加拉湾风暴产生的降水	(55)
3.1 风暴过程空间降水描述	(55)
3.2 风暴过程对高原地区降水的影响	(61)
3.3 云南初夏风暴过程引发的强降水	(69)
3.4 云南秋季风暴降水的差异	(80)
3.5 云南受风暴影响的站点降水统计和环流特征	(90)
3.6 风暴“Akash”对我国西南地区的影响	(96)
第 4 章 孟加拉湾风暴结构特征	(106)
4.1 东北路径登陆风暴典型个例	(106)
4.2 西北路径登陆风暴典型个例	(123)
4.3 东北路径登陆风暴合成分析	(140)
4.4 西北路径登陆风暴合成分析	(152)
第 5 章 高原大地形对孟加拉湾风暴影响的数值模拟	(164)
5.1 2007 年“04B”风暴数值模拟	(165)
5.2 2013 年“Phailin”风暴数值模拟	(175)

5.3	2008 年“Nargis”风暴数值模拟	(186)
5.4	2008 年“Rashmi”风暴数值模拟	(198)
5.5	2006 年“Mala”风暴数值模拟	(209)
第 6 章	诊断分析和预报方法	(219)
6.1	风暴暴雨的湿位涡分析	(219)
6.2	风暴能量收支分析	(226)
6.3	东北路径登陆风暴 TBB 特征	(233)
6.4	风暴活动路径的客观分类	(238)
6.5	风暴影响下西藏降水的动力相似预报方法	(247)
6.6	风暴移动路径的客观预报方法	(251)
第 7 章	孟加拉湾风暴概念模型	(256)
7.1	风暴时空分布特征	(256)
7.2	最有利于风暴生成的环境	(258)
7.3	风暴三维结构	(259)
7.4	风暴导致的降水分布	(261)
7.5	“峰值”期风暴水汽输送	(263)
7.6	高原大地形的阻挡和抬升作用	(265)
参考文献		(267)

第1章 孟加拉湾风暴时空分布特征

孟加拉湾属于印度洋的一个海湾,总面积 217.2 万 km^2 ,平均水深 2586 m,位于印度半岛、中南半岛、安达曼群岛和尼科巴群岛之间。印度洋的南北是以 5.0°N 划分的,因此孟加拉湾是指包括 $5.0^\circ\sim 22.6^\circ\text{N}$, $80.0^\circ\sim 98.8^\circ\text{E}$ 范围内的海区(图 1.1)。孟加拉湾是全球八个易发生热带气旋的地区之一(阿特金森,1974)。

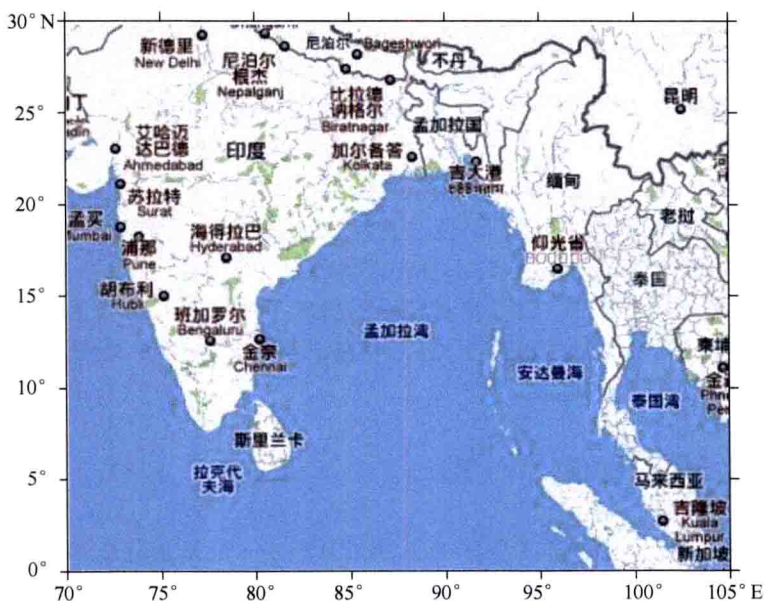


图 1.1 孟加拉湾地理位置示意图

孟加拉湾风暴偏北方向移动,可对孟加拉国和青藏高原形成重大影响,常出现大海潮和暴风雪等严重灾害;偏东方向移动,可对缅甸、中南半岛和我国西南地区有较大影响,是造成我国西南地区强降水的主要天气系统之一;偏西方向移动,可对印度、斯里兰卡等国造成重大影响。同时,孟加拉湾风暴对于我国西南方向水汽输送和高原雨季的开始也密切相关。因此,认识和研究孟加拉湾风暴十分重要。

1.1 孟加拉湾风暴国内外研究概述

近年来,国内外对热带气旋活动比较关注。陈敏等(1999)对 1949—1996 年近 48 年的西太平洋热带气旋的气候特征进行了统计分析,给出了热带气旋发生频数的年际变化、季节分布、强度分布、路径类型、气旋源地等的统计特征。王志仁等(2002)对 1960—1992 年全球

三大洋热带风暴的时空分布特征进行了统计分析,给出了全球各海区热带风暴的发生频数的季节分布、年际变化、平均寿命和平均强度。李英等(2004)利用 1970—2001 年热带气旋年鉴资料,对 32 年来西太平洋热带气旋登陆我国的频率、位置、维持、衰减、变性、加强及消亡等进行统计分析,揭示了热带气旋登陆活动的一些事实和特征。Gray(1968)对 1948—1967 年孟加拉湾风暴的活动特征进行了分析,指出 5 月和 10—12 月是孟加拉湾风暴的活动高峰期,2 月和 3 月无孟加拉湾风暴生成。北京大学地球物理系热带天气研究组和国家海洋局水文气象预报总台(1976)根据国家海洋局水文气象预报总台的热带天气图、印度每日天气公报以及 1970—1973 年南亚范围的各种卫星云图和艾萨—9、爱托斯—1 的全球电视卫星云图,统计分析了孟加拉湾地区中心附近地面最大平均风速大于 $17.2\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的热带气旋的活动特征和对我国天气的影响。王友恒等(1988;1989)利用 1973—1987 年北印度洋热带风暴资料、天气图及卫星云图等资料,分析了北印度洋热带风暴与我国西藏地区降水的关系,指出北印度洋热带风暴的年变化呈双峰型分布,峰值出现在 5 月和 11 月,生成的区域主要在靠近印度半岛的孟加拉湾西部和阿拉伯海东部,且孟加拉湾风暴主要生成于 5 月和 10—11 月,3—4 月和 7—8 月没有孟加拉湾风暴生成。段旭等(2009)、许美玲等(2011)通过对 1945—2008 年孟加拉湾 TC(热带气旋)的分析统计,得出:(1)孟加拉湾热带气旋 1945—1976 年年平均为 12.4 个,1977—2008 年年平均锐减为 3.7 个,突变前和突变后两个时期的年代际变化相对较小;(2)孟加拉湾风暴呈双峰型分布,峰值为 5 月和 9—10 月,这正好与南亚季风爆发和结束的时间基本吻合;(3)孟加拉湾风暴的强度越大,登陆的可能性也越大。

上述研究表明,对孟加拉湾风暴时空分布统计特征由于资料年限不相同,所得结论有明显差异。因此,有必要利用最新、年限相对长的资料对孟加拉湾风暴的活动规律进行客观的统计,分析孟加拉湾风暴发生、移动路径、消亡等特征及其时空分布,为预报业务和科研提供进一步的基础数据。

1.2 孟加拉湾风暴统计标准

本节所用资料为关岛联合台风警报中心(Joint Typhoon Warning Centre,简称 JTWC)发布的 1945—2010 年的数据。按照热带气旋(TC)中心附近地面最大平均风速将 TC 分为 7 个等级(表 1.1)。

表 1.1 孟加拉湾地区 JTWC 的 TC 标准

热带气旋分类	热带气旋强度(中心附近地面最大平均风速)
热带低压(TD)	$<34\text{ knots}^{\text{①}}(<17.5\text{ m}\cdot\text{s}^{-1})$
热带风暴(TS)	$34\sim63\text{ kn}(17.5\sim32.4\text{ m}\cdot\text{s}^{-1})$
飓风 1(H1)	$64\sim82\text{ kn}(32.9\sim42.2\text{ m}\cdot\text{s}^{-1})$
飓风 2(H2)	$83\sim95\text{ kn}(42.7\sim48.9\text{ m}\cdot\text{s}^{-1})$
飓风 3(H3)	$96\sim112\text{ kn}(49.4\sim57.6\text{ m}\cdot\text{s}^{-1})$
飓风 4(H4)	$113\sim135\text{ kn}(58.1\sim69.4\text{ m}\cdot\text{s}^{-1})$
飓风 5(H5)	$>135\text{ kn}(>69.4\text{ m}\cdot\text{s}^{-1})$

① $1\text{ knots}=1\text{ 海里/h}=0.5144\text{ m/s}$,航速中的“节”。

JTWC 的 TC 标准与我国的 TC 标准稍有差异,两者 TS 的下限风速相差 $0.3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, H1 与台风(TY)的下限风速相差 $0.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,这一方面是由于两个标准所采用的单位不同(knot 与 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$),换算时出现小数位上的近似偏差;另一方面是由于 JTWC 的热带气旋标准采用整数位,这在一定程度上加大了两数小数位上的偏差,但总体上相差不大。

关于 TC 的分类,印度、缅甸、孟加拉国、斯里兰卡、泰国等环北印度洋各国与 JTWC 稍有差异,但都无一例外的将中心附近最大平均风速达 34 knots 作为判定北印度洋风暴的标准。本书采用 JTWC 的 TC 等级标准,结合环北印度洋各国惯用提法,将孟加拉湾地区出现的中心附近地面最大平均风速大于 34 knots($17.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$)的 TC 统称为孟加拉湾风暴(包括 TS、H1—H5)。

1945—2010 年在孟加拉湾地区共有 529 个 TC 生成,最多年份为 17 个,最少为 1 个,年平均 8.02 个(图 1.2)。从演变情况看,1976—1977 年出现了巨大的突变,其原因目前可以参考两种观点。其一是与气候变暖有关,任国玉等(2005)指出,1951—2001 年中国年平均气温整体呈上升趋势,但增温主要从 20 世纪 80 年代开始,且有加快趋势;王绍武(1990; 1998)、丁一汇(1994)等也指出近百年来全球气温突变发生于 20 世纪 70 年代末期,图 1.2 给出的 TC 曲线突变期与上述研究结果中气温突变期基本一致;田荣湘(2003)在研究西北太平洋上 TC 时发现,随着全球气候变暖西北太平洋上 TC 频数在减少,与孟加拉湾 TC 的变化也非常相似;马丽萍等(2006)认为全球气候变暖,导致海面温度(SST)升高,强对流增强,释放潜热使得上层增暖,大气层结稳定,可抑制气旋生成;但 2007 年 2 月 IPCC(政府间气候变化专门委员会)第一工作组第 4 次评估报告(2007)称,近 100 年来热带气旋每年的个数没有明显变化趋势,这与图 1.2 和气候变暖突变给出的结论相悖,可能是 IPCC 报告中统计的 TC 只包括飓风和台风(没有包括 TS)。第二种观点认为,早期 TC 的监测主要依赖航海日志和陆面观测(Chu *et al.* 2002)在确定 TC 强度时还带有一定的人为主观性,造成了不同来源的 TC 强度资料的分歧;余晖等(2006)则通过对比西北太平洋 3 个主要预报中心(中国气象局(CMA)、日本东京台风中心(RSMC Tokyo)和 JTWC)的 16 年数据,分析了不同来源的热带气旋强度资料的差异性,结果表明差异性显著。

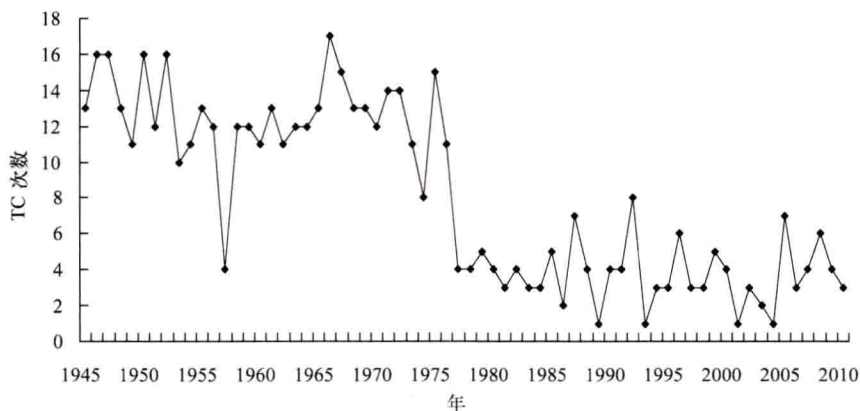


图 1.2 1945—2010 年孟加拉湾 TC 次数年际分布

总之,孟加拉湾 TC 年际变化呈明显下降趋势,气候变暖因素和探测手段差异都值得关注,有待进一步研究。

由于1976年以前绝大部分TC个例没有中心附近地面最大平均风速数值,其强度无法判别,因此,本书以下内容均讨论和研究1977年以后的孟加拉湾风暴。

1.3 孟加拉湾风暴年月平均变化

1977—2010年孟加拉湾达到TS强度的热带气旋共114个,最多年份为7个(1987年),最少为0个(2001年),年平均3.35个(图1.3),年际变化不大,总体呈略上升趋势。其中,达到TS强度的有73个,占总数的64.04%,达到H1—H5强度的个数分别为19、6、4、10和2个,分别占总数的16.67%、5.26%、3.51%、8.77%和1.75%。由此可以看出,近三分之二的孟加拉湾风暴较弱,只能达到热带风暴的强度,另外三分之一的风暴可到达飓风(台风)的强度。

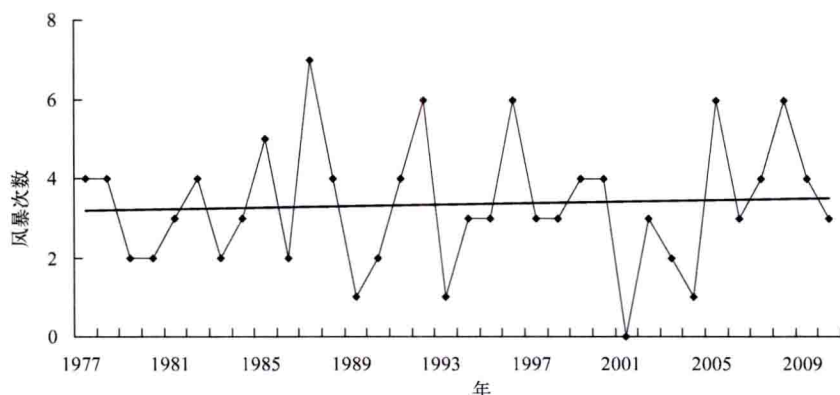


图 1.3 1977—2010 年孟加拉湾风暴次数年际分布

从孟加拉湾114个风暴生成数的月分布看,孟加拉湾风暴呈双峰型分布(图1.4),峰值为5月和10—11月。其中,10—12月为孟加拉湾风暴最为活跃的时期,34 a中出现71个,占总数的62.28%,年均2.09个;5月风暴也很活跃,出现19个,占总数的16.67%,年均0.59个;4月出现6个,年均0.18个;1月、6月和9月均各出现5个,年均各为0.15个;2月和8月没有风暴出现,7月仅出现2个,3月仅出现1个。

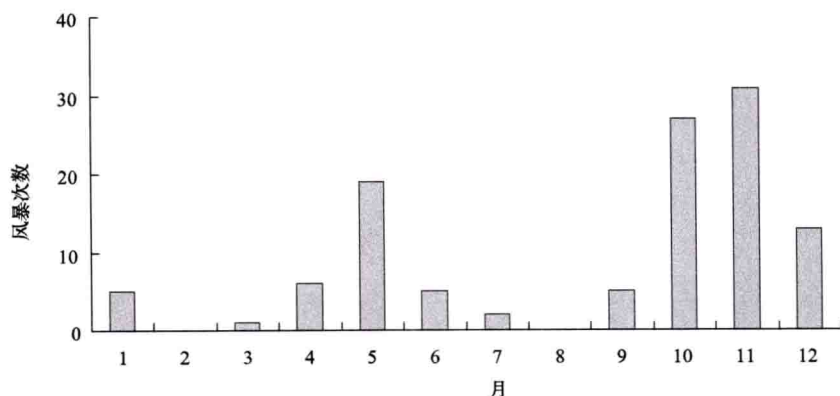


图 1.4 1977—2010 年孟加拉湾风暴次数月分布

图1.5给出了各登陆路径(各路径的规定见1.4节)风暴的月分布,可以看出:东北路径登陆风暴主要出现在5月、10月和11月,与图1.4呈现的双峰型分布基本一致;西北路径登

陆风暴主要出现在 10 月和 11 月,其他月份很少,为单峰型分布;偏西路径风暴出现在 10—12 月,其他月份很少或没有,也为单峰型分布。

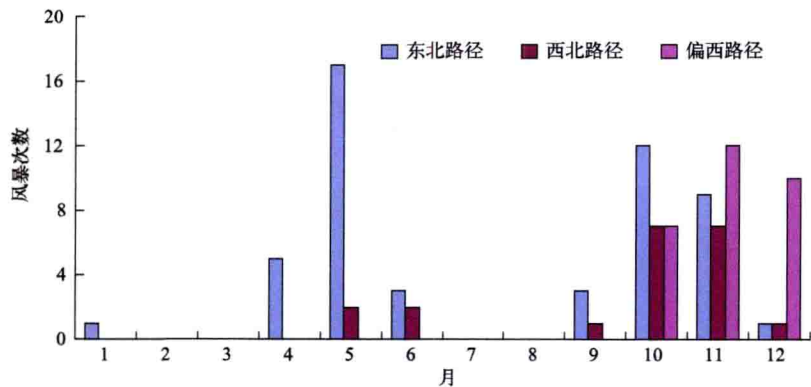


图 1.5 1977—2010 年各登陆路径孟加拉湾风暴次数月分布

1.4 孟加拉湾风暴登陆路径和活动频次

由于孟加拉湾呈喇叭口形状,就地生成或移入的风暴容易在该区域的沿岸登陆,考虑对高原的影响,定义孟加拉湾风暴:

- (1)15°N 以北、90°E 以东和 20°N 以北(孟加拉国、缅甸中北部沿海一带)登陆的为东北路径;
- (2)15°~20°N 之间、90°E 以西(印度东北部一带)登陆的为西北路径;
- (3)15°N 以南、90°E 东(缅甸南部西海岸一带)登陆的为偏东路径;
- (4)在 15°N 以南、90°E 以西(印度东南部、斯里兰卡一带)登陆的为偏西路径。

图 1.6 给出了 1977—2010 年 114 个孟加拉湾风暴各方向登陆比例。其中,东北方向(NE)登陆 51 个,占总数的 44.74%;西北方向(NW)登陆 20 个,占总数的 17.54%;偏西方向(W)登陆 29 个,占总数的 25.44%;偏东方向(E)登陆 0 个;未登陆 14 个,占总数的 12.28%。从登陆地点看,东北路径的风暴对中国的青藏高原和云贵高原影响最大。西北路

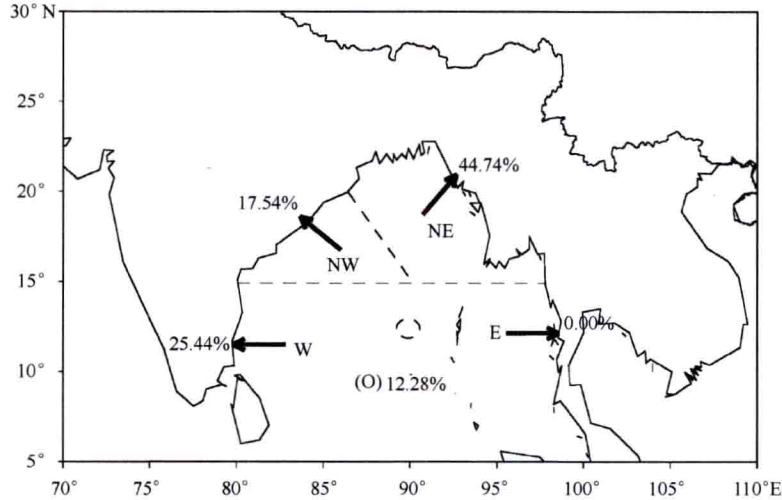


图 1.6 1977—2010 年 114 个孟加拉湾风暴移动登陆方向比例

图中 NE、NW、W、E 分别表示东北、西北、偏西和偏东方向登陆;O 表示未登陆

径登陆的 20 个风暴中,有 6 个登陆后向偏北方向移动,越过了 20°N ,也对青藏高原产生了影响。如果两者相加,超过 50% 的孟加拉湾风暴对中国的影响较大。

例如,2006 年 4 月 25—29 日孟加拉湾热带气旋 Mala,25 日 02 时增强为风暴,29 日 02 时达到最强(H4),并同时登陆。东北路径登陆(图 1.7)后,其云系覆盖整个中国长江以南地区,表明该路径登陆的风暴不仅能对云贵高原产生重大影响,而且对中国长江以南地区甚至东亚地区也会产生较大影响。

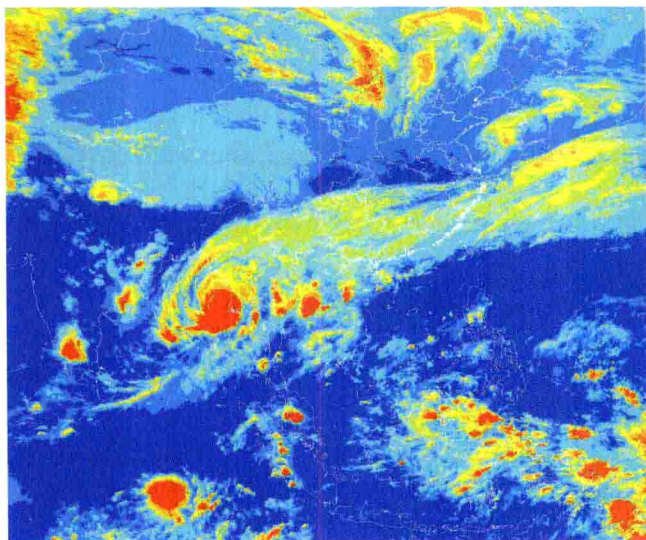


图 1.7 2006 年 4 月 29 日 02 时红外云图(TBB 数据)

同样,1999 年 10 月 25 日—11 月 3 日孟加拉湾第 4 号热带气旋,26 日 08 时增强为 TS,29 日 02 时达到最强(H5),29 日 1 时登陆。西北路径登陆(图 1.8)后,由于在西太平洋副热带高压西侧偏南气流和北侧偏西气流的引导下,虽然风暴主体位于印度东北部,但其影响范围与东北路径登陆风暴(图 1.7)相似。

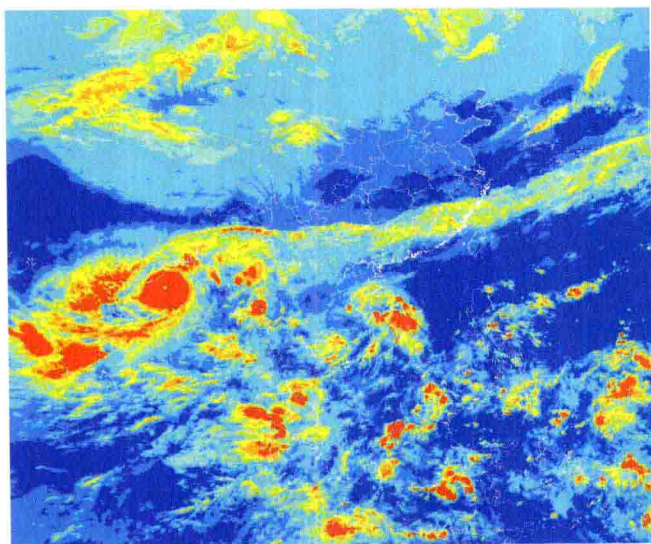


图 1.8 1999 年 10 月 29 日 02 时红外云图(TBB 数据)

取 $75^{\circ}\sim 105^{\circ}\text{E}$ 、 $5^{\circ}\sim 30^{\circ}\text{N}$ 范围 $1^{\circ}\times 1^{\circ}$ 经纬网格,将 114 个风暴路径的各个时间节点插值到距离最近的网格上(同一个风暴个例,某一个格点得到 2 次及以上插值,只记 1 次),得到孟加拉湾风暴活动频次年平均分布(图 1.9)。从活动频次分布看,孟加拉湾风暴登陆方向主要在印度半岛东海岸和中南半岛西北海岸,这与图 1.6 给出的结果一致。除此之外,还有两个特点:一是风暴登陆后减弱消失迅速,活动范围(频次等值线最外圈)分布基本位于沿岸一带,表明风暴在即将登陆或登陆后强度迅速减弱,直接影响陆地的以减弱低压为主;二是风暴登陆印度半岛东海岸和中南半岛西北海岸的频次较为均匀,平均每 10 年一次。

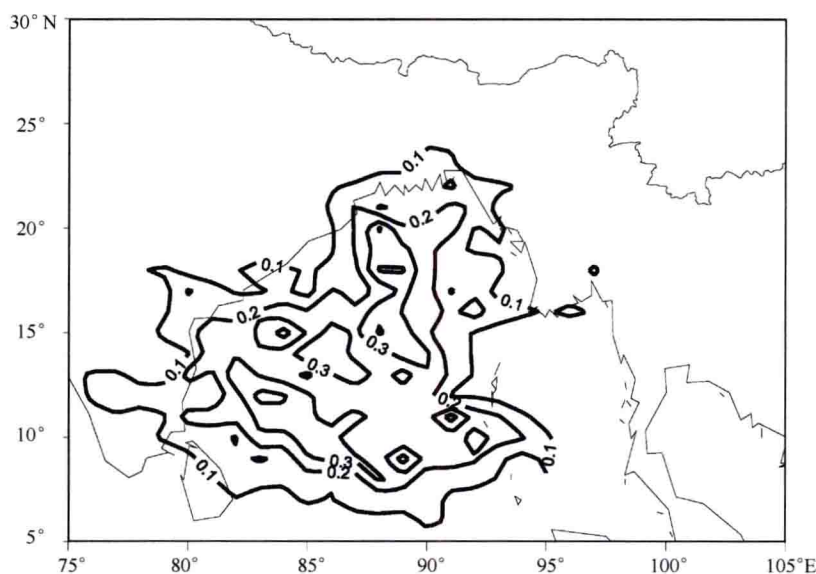


图 1.9 1977—2010 年孟加拉湾风暴活动频次年平均分布

1.5 孟加拉湾风暴形成位置及维持时间

图 1.10 给出了 1977—2010 年孟加拉湾热带气旋从 TD 加强成为 TS 时刻的位置。可以看出,孟加拉湾风暴初生位置的空间分布总体偏西,与图 1.9 所给的年平均活动频次分布一致。

按南北划分(表 1.2),31.6% 的风暴生成于孟加拉湾北部(15°N 以北海域),68.4% 生成于孟加拉湾南部(15°N 以南海域)。按东西划分(表 1.3),86.0% 的风暴生成于孟加拉湾西部(90°E 以西海域),14.0% 生成于孟加拉湾东部(90°E 以东海域)。显然, 15°N 以南、 90°E 以西是孟加拉湾初生的主要区域。

从各海域风暴初生位置的月际变化看(表 1.2 和 1.3),基本呈双峰型分布,与图 1.4 给出的结果一致。但各区域的情况有所差异,孟加拉湾北部海域双峰值位于 5—6 月和 9—11 月,峰值相当(5 月 8 次,10 月 9 次),其他月份(除 7 月外)没有风暴生成。南部海域双峰值位于 4—5 月和 10—12 月,峰值相差较大(5 月 10 次,11 月 25 次),除 7—9 月没有风暴生成外,其他月份均有风暴生成。东西分布也有类似情况,孟加拉湾东部双峰值相当,风暴生成月份相对集中;孟加拉湾西部双峰值相差较大,风暴生成月份比较分散。

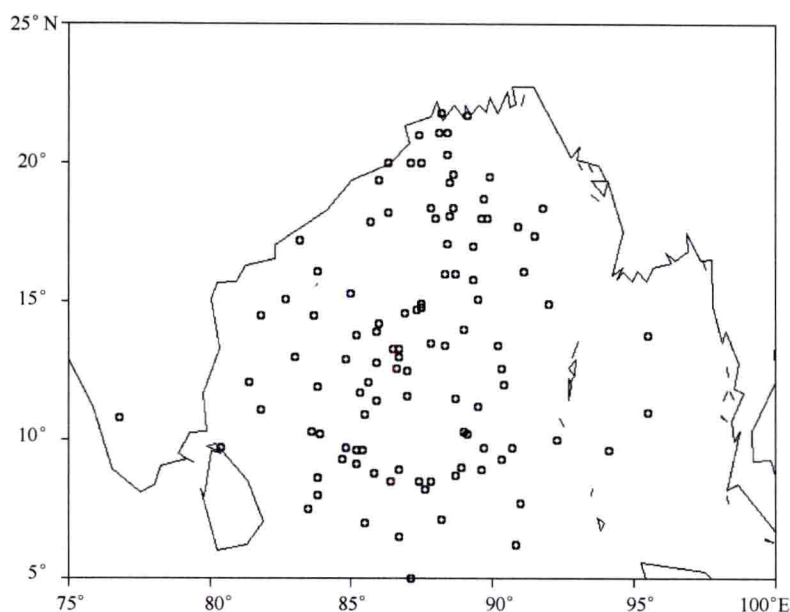


图 1.10 1977—2010 年孟加拉湾风暴初生位置

表 1.2 1977—2010 年孟加拉湾风暴生成频次按南北划分的月际分布

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	比例
15°N 以北	0	0	0	0	8	6	2	0	5	9	6	0	31.6%
15°N 以南	3	2	1	5	10	1	0	0	0	17	25	14	68.4%

表 1.3 1977—2010 年孟加拉湾风暴生成频次按东西划分的月际分布

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	比例
90°E 以东	0	0	1	1	4	0	0	0	0	3	7	0	14.0%
90°E 以西	3	2	0	4	14	7	3	0	5	23	23	14	86.0%

孟加拉湾风暴的维持时间指孟加拉湾热带气旋加强达到 TS 强度时至减弱成为 TD 时的时段。表 1.4 给出了 1977—2010 年各月孟加拉湾风暴的维持时间,孟加拉湾风暴的平均维持时间为 57 h,最长的达 222 h,最短的仅维持 6 h 即登陆减弱或在海上迅速减弱为热带低压。从各月孟加拉湾风暴的平均维持时间对比看,4 月孟加拉湾风暴的平均生命史最长,7 月最短。从风暴的平均维持时间和最长维持时间看,4—5 月和 11 月为峰值,与图 1.4 中给出的双峰型分布一致。但峰值的大小互换,4—5 月大于或等于 11 月。

孟加拉湾风暴登陆后,减弱消失迅速。对比表 1.4 与表 1.5 可以看出,风暴登陆后的平均维持时间、最长维持时间和最短维持时间分别为 11、22 和 4 h,分别占整个风暴维持时间的 19.3%、19.1%和 20.0%。李英等(2004)统计的登陆我国 TC 维持时间分别为 8 月 39 h、7 月 32 h、6 月和 9 月约 25 h、5 月和 10—11 月 16~20 h,孟加拉湾登陆风暴与之相比,维持时间较短。*