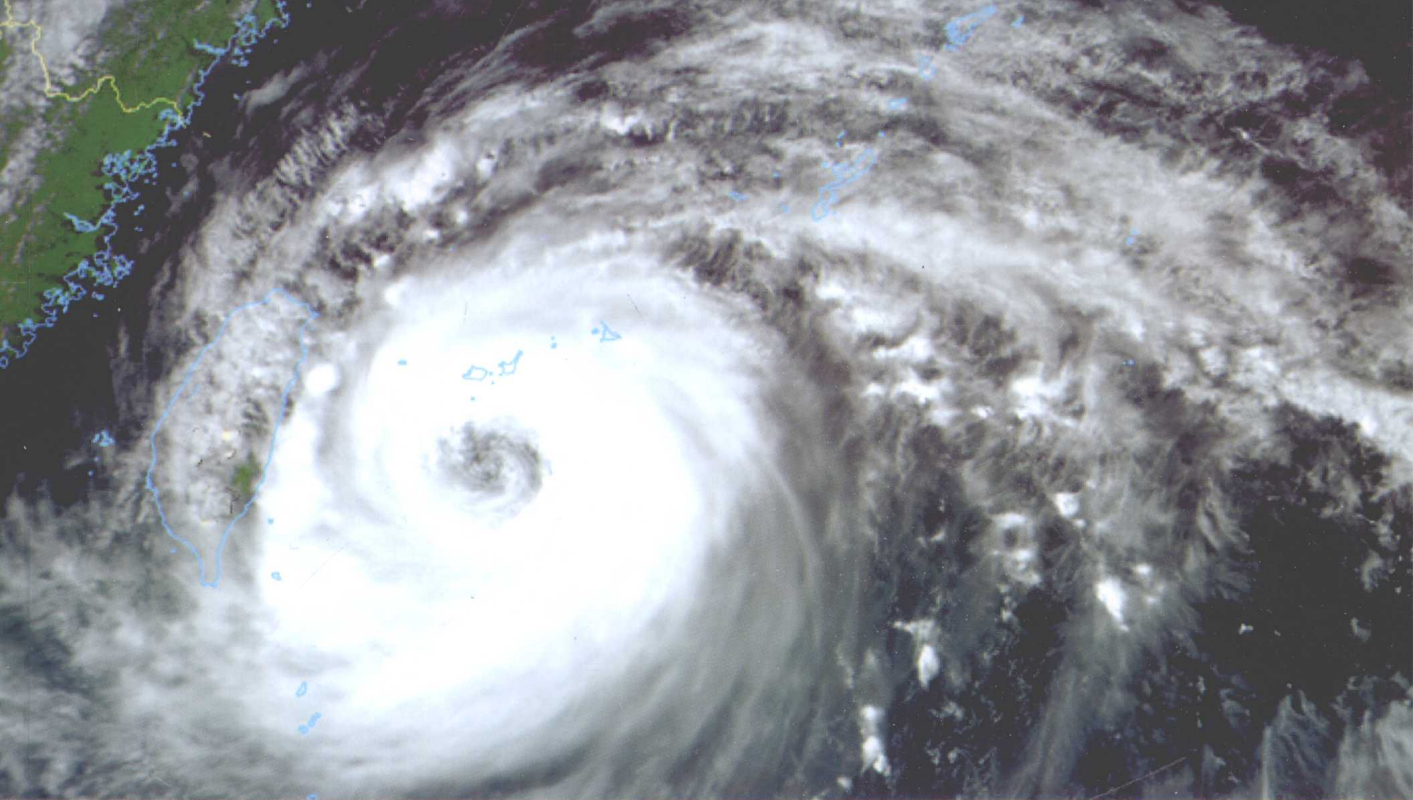




台风对我国风电开发的影响与对策

张秀芝 阎俊岳 杨校生 张容焱等 编著



 **气象出版社**
China Meteorological Press

序

风能作为一种清洁的可再生能源，越来越受到世界各国的重视。我国风能资源储量大、分布广，发展前景十分广阔，近年来我国风电发展十分迅速。2006年以来，装机容量已连续4年实现“翻倍增长”，到2009年底，全国装机容量已达2400万kW，跃居世界第2位。在当前全球应对气候变化的新形势下，加快风电发展具有重要意义。

我国近海风能资源丰富，但西北太平洋热带气旋对近海风电设备和风电场运行提出了新的要求，如果考虑不当，当强台风或超强台风袭击风电场时，风电设备就可能受到破坏。例如，2006年8号台风“桑美”8月10日正面袭击苍南风电场，若干叶片被折断，个别塔筒折断或倒塌。强热带气旋袭击成为近海风电发展的制约因素之一。

面对我国沿岸及近海风电快速发展的形势，风电工作者深感对热带气旋活动的气候规律认识不够，特别是对直接影响风电场的台风极端风速、风向突变、风垂直切变、异常湍流等了解不够，对强台风对风电场的破坏缺乏科学分析，尚未形成一套成熟的应对台风灾害的科学策略。在中国—欧盟能源与环境合作项目“台风对近海风电开发的影响研究”的支持下，中国气象局风能太阳能评估中心与风电行业专家密切合作，编写了《台风对我国风电开发的影响与对策》。本书内容着眼于风电开发实际需要，着眼于台风对风电开发影响方面的科学难点，从影响我国大陆沿岸和近海地区的热带气旋气候特征出发，逐步深入，全面地揭示了热带气旋活动的气候背景以及与风电开发密切相关的工程设计参数，详细介绍了台风对风电开发的影响及台风作用下风电场受损机理，系统地阐述沿岸及近海风电场应对台风的技术对策和科学方法。

本书成果新颖，结构严紧，图文并茂，具有知识性、可读性。附录部分还给出热带气旋名词解释、热带气旋不同发展阶段的典型卫星云图以及部分台风信息网站，方便风电场管理人员、操作人员使用参考。相信本书的出版将对促进我国沿岸及近海风电场防台风工作、有效地开发利用台风风能资源

并科学地应对强、超强台风起到积极作用。

A stylized handwritten signature in black ink, consisting of several fluid, connected strokes. The signature is positioned above the date.

2010 年 4 月

* 史立山，国家能源局新能源和可再生能源司副司长。

前 言

本书是中国—欧盟能源与环境合作项目“台风对近海风电开发的影响研究”的成果之一，由中国气象局风能太阳能评估中心与风电行业专家合作，经过近一年的资料分析研究，并结合作者们长期的工作积累撰写而成，全书分六章。

第一章根据长年代的热带气旋资料，统计、分析西北太平洋热带气旋、影响中国近海的热带气旋以及登陆中国大陆的热带气旋气候特征；使用数值模式计算获得的台风影响范围内的大风资料，计算出与风电机组安全等级对应的风速出现频率和不同重现期的热带气旋风速极值。第二章使用沿海 80 多个测风塔资料，分析对风电场产生严重影响的热带气旋大风、湍流强度、水平风向突变和垂直风切变变化规律。第三章根据影响中国近海的热带气旋强度及风电场安装的风电机抗风特性，提出可利用型、需防御型和破坏型热带气旋的概念，通过大量风电机组和其他设备破坏的案例，分析了热带气旋破坏机理分析。第四章主要针对热带气旋对风电开发的破坏，提出与沿海风电场建设有关的应对技术策略，主要包括：风电场的选址、风电机组的选型、输变电设备的选型、新技术的应用、对已建成风电场落后设备的改进。第五章对定桨距风电机组抵抗台风袭击的加强措施进行分析，包括主要部件承载能力的加强和主动保护措施，即进入台风状态时，使风电机组处于最佳抗台风姿态。第六章根据台风袭击风电场受灾特点，按照防御台风应急管理的四个阶段，阐述应对台风的四个关键环节：制定科学的防台预案，热带气旋到来之前的预警，热带气旋邻近时应急措施，灾后评估和恢复生产。附录部分给出热带气旋、台风、台风眼、飓风等名词解释和热带气旋不同发展阶段的典型卫星云图，方便风电场管理人员、操作人员认识、诊断热带气旋的强度、发展和衰退。

本书编写组由张秀芝、闫俊岳、杨校生任组长，成员有：张容焱、李强、邢旭煌、吴金城、梁志强、曲海滨、邓彤彤、陆文杰。顾问：朱瑞兆。张容焱、张秀芝、李强执笔第一章；张容焱、张秀芝、邢旭煌执笔第二章；吴金城执笔第三章；梁志强执笔第四章；邓彤彤执笔第五章；曲海滨执笔第六章；附录由闫俊岳组稿。初稿完成后由闫俊岳、张秀芝、杨校生统稿修改，罗勇、朱瑞兆审阅。

本书编写过程中得到中国—欧盟能源项目办公室、中国气象局预报与网络司、国家气候中心及中国气象局风能太阳能资源评估中心（CWERA）的热情指导和鼓励；得到龙源电力集团股份有限公司，浙江风电公司，维司塔斯风力技术（中国）有限公司，福建、海南、浙江省气候中心大力支持！在此一并表示衷心感谢！

由于时间仓促，书中定有许多不当之处，请广大读者特别是风电场管理人员、操作人员多提宝贵意见！

本书编写组
2010 年 4 月

目 录

序

前言

第一章 影响中国大陆和近海的热带气旋气候特征	(1)
第一节 西北太平洋热带气旋	(2)
第二节 进入中国近海的热带气旋	(4)
第三节 登陆中国大陆的热带气旋	(9)
第四节 风电机组安全等级风速出现频率分析	(14)
第五节 台风影响下极值风速分布	(19)
第二章 热带气旋风场特性分析	(23)
第一节 热带气旋近地面层湍流强度	(23)
第二节 热带气旋近地面层的风速垂直切变	(27)
第三节 2009 年 8 号台风“莫拉克”	(30)
第四节 2007 年 13 号超强台风“韦帕”	(41)
第五节 2005 年 18 号台风“达维”	(48)
第三章 热带气旋对风电开发的影响	(57)
第一节 热带气旋对风电开发影响分析	(57)
第二节 台风对风电机组的破坏	(59)
第三节 台风对输电线路的破坏	(66)
第四节 台风对风电场建设、运行和维护的影响	(68)
第四章 沿海风电开发中台风应对策略	(70)
第一节 台风影响地区风电场的选址	(70)
第二节 台风影响地区风电机组及附属设备选型	(76)
第三节 台风影响地区风电技术的改进	(80)
第五章 风力发电机组抗台风加强措施	(87)
第一节 部件承载能力的加强	(87)
第二节 主动保护措施	(89)
第三节 “台风状态”模式控制程序说明	(90)
第四节 备用电源	(90)
第六章 风电场台风应急管理	(92)
第一节 制定科学的防台预案	(92)
第二节 台风预警	(93)
第三节 台风应急措施	(94)
第四节 灾后评估和恢复生产	(97)



附录	(99)
一、名词解释	(99)
二、热带气旋发展阶段的典型卫星云图特征	(101)
三、热带气旋的命名	(105)
四、部分台风网站	(105)

第一章 影响中国大陆和近海的热带气旋气候特征

热带气旋是发生在热带洋面上逆时针急速旋转(北半球)并向前移动的大气涡旋。在不同的海域有不同的名称,在大西洋或北太平洋东部称为“飓风”,在孟加拉湾称为“风暴”,我国习惯称其为“台风”。为了避免使用上的混乱,自1989年1月1日起我国采用了国际标准,把发生在热带洋面上的大气涡旋统称为“热带气旋”,2000年1月1日起,我国中央气象台发布热带气旋警报时,除使用热带气旋编号外,还使用热带气旋名字。2006年6月15日起正式实施新的《热带气旋等级》国家标准(见表1.1),按其底层中心附近最大风力(速)的大小分为6级,把台风级别细分为超强台风(≥ 16 级,即风速 ≥ 51.0 m/s)、强台风(14~15级,即风速41.5~50.9 m/s)、台风(12~13级,即风速32.7~41.4 m/s),其他级别不变。

热带气旋是破坏性颇为严重的灾害性天气系统,位居当今危害全球的十大自然灾害之首。我国所面临的西北太平洋(包括南中国海)是全球热带气旋发生频数最多的海区,热带气旋生成数约占全球的三分之一(中国气象局上海台风研究所,2006)。中国是世界上受热带气旋影响最严重的国家之一,影响中国沿海的热带气旋灾害具有发生频率高、影响范围广、突发性强、群发性显著和成灾强度大等特点。我国东部绝大多数省区都受到热带气旋危害,但严重灾害多发生在南部和东南沿海,在这些地区热带气旋灾害也居各种自然灾害之首。

热带气旋也有其有利的一面,伴随它而来的滂沱大雨可以缓解或者解除旱情,调节当地气候。对风电开发而言,强度较弱的热带气旋(如热带风暴量级以下)、台风和强台风的外围环流,可以给风电场带来较长的“满发”时段;但是当台风或强台风中心附近经过风电场时,风电设备就可能受到破坏。因此,全面地认识热带气旋的活动规律,了解其与风电开发密切相关的特性参数变化,才能有效地利用台风风能,科学地应对台风,减轻台风灾害带来的损失。本章介绍西北太平洋热带气旋、进入中国近海的热带气旋以及登陆中国大陆的热带气旋气候特征;并使用数值模式计算获得了台风影响范围内的大风分布,获得了与风电机组安全等级大致对应的风速出现频率和热带气旋极值风速。

表 1.1 热带气旋强度等级标准

名称	超强台风	强台风	台风	强热带风暴	热带风暴	热带低压
风速(m/s)	≥ 51	41.5~50.9	32.7~41.4	24.5~32.6	17.2~24.4	10.8~17.1
风力(级)	≥ 16	14~15	12~13	10~11	8~9	6~7



第一节 西北太平洋热带气旋

1. 西北太平洋热带气旋年频数特征

使用中国气象局上海台风研究所 1949—2008 年西北太平洋热带气旋资料统计,西北太平洋 180°E 以西共有 2012 个热带气旋发生,平均每年为 33.5 个(表 1.2)。其中超强台风、强台风、台风分别有 355 个、284 个和 376 个,合计占总发生数的 50.4%。热带风暴以上强度的热带气旋 1639 个,占总发生数的 81.5%,平均每年为 27.3 个。

表 1.2 西北太平洋各级热带气旋出现频数(1949—2008 年)

强 度	超强台风	强台风	台风	强热带风暴	热带风暴	热带低压	合计
总 数	355	284	376	386	238	373	2012
平 均	5.92	4.73	6.27	6.43	3.97	6.22	33.5
占总发生数频率(%)	17.6	14.1	18.7	19.2	11.8	18.5	100

统计了西北太平洋热带气旋历年出现频数(图 1.1),可以看到:1949—2008 年西北太平洋热带气旋年频数经历了一个由少到多再到少的变化,1960—1974 年为明显偏多期,1949—1959 年和 1975—1995 年为正常期,1996—2008 年为明显偏少期,整体上呈减少的趋势。

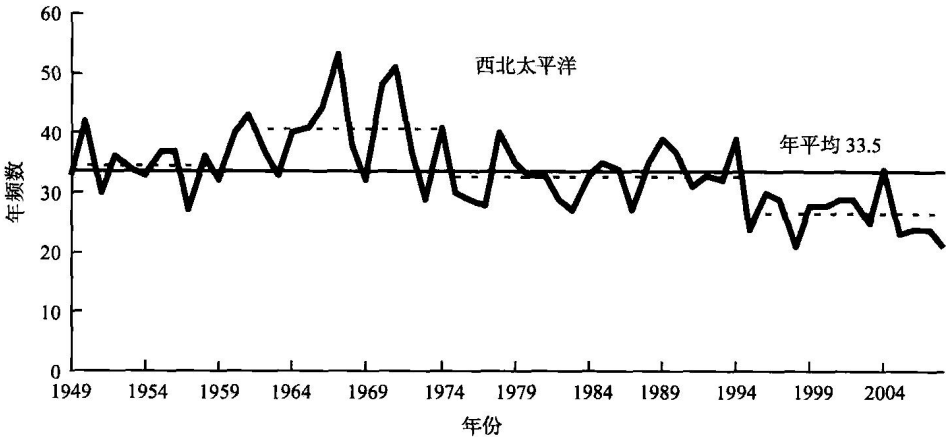


图 1.1 西北太平洋年热带气旋频数的多年变化

2. 西北太平洋热带气旋频数的月变化特征

由西北太平洋热带气旋月频数变化图(图 1.2)可以发现:西北太平洋上全年各月均有热带气旋发生,平均发生频数 2 月最少,8 月最多,较集中地发生在 7—10 月。

就不同强度的热带气旋发生频数而论,9 月超强台风出现最多,达 82 个,平均每年 9 月 1.4 个超强台风;8 月、9 月、10 月强台风出现个数差异不大,每个月约 50 个左右,平均每年这 3 个月内会出现 2.6 个强台风;台风强度的热带气旋主要出现在 7—10 月,平均每年每月可发生 1.2 个;强热带风暴以下强度的热带气旋 8 月最多。

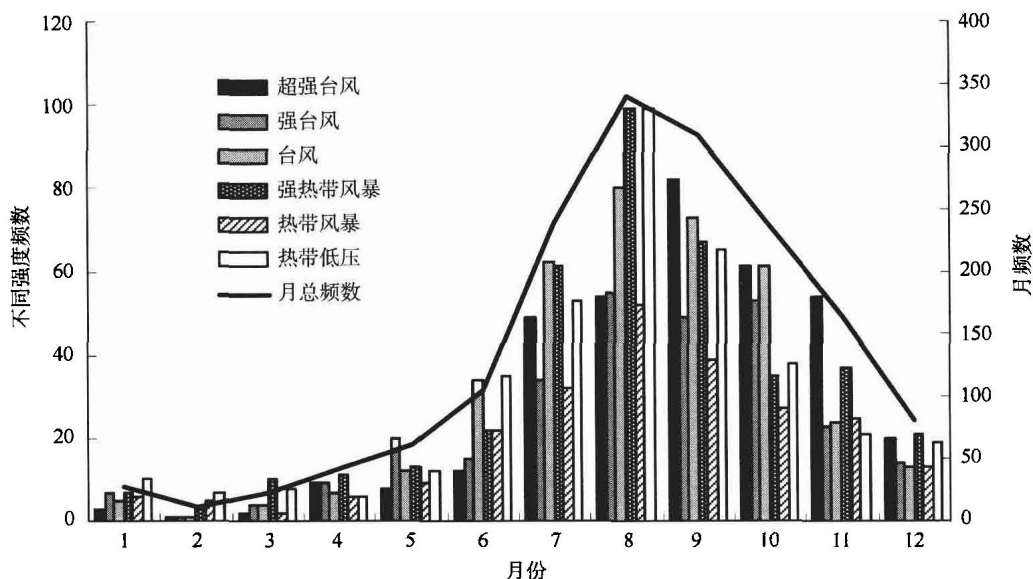


图 1.2 西北太平洋热带气旋月频数(1949—2008 年)

3. 西北太平洋热带气旋源地特征

西北太平洋 $0^{\circ}\sim 40^{\circ}\text{N}$, $105^{\circ}\sim 180^{\circ}\text{E}$ 内均有热带气旋生成,但空间分布很不均匀(图 1.3)。最多生成数分布在以下三个海域:我国的南海中北部偏东洋面($14^{\circ}\sim 18^{\circ}\text{N}$, $114^{\circ}\sim 120^{\circ}\text{E}$)、菲律宾以东至加罗林群岛之间洋面($8^{\circ}\sim 14^{\circ}\text{N}$, $128^{\circ}\sim 133^{\circ}\text{E}$)、加罗林群岛一带($6^{\circ}\sim 12^{\circ}\text{N}$, $136^{\circ}\sim 152^{\circ}\text{E}$)。就热带风暴而言,大约 80% 集中生成在北回归线以南、 5°N 以北、 125°E 以东、 160°E 以西的海域,其中心位于马里亚纳群岛西侧海域。

西北太平洋热带气旋在源地生成后一般沿副热带高压南侧向西或者西北移行,其中相当数量会在我国登陆。另一部分在洋面上转向东北方向,对我国大陆影响不大。在南海形成的热带气旋一般向西北、北、东北方向移动,多数台风转向后在华南、越南登陆。

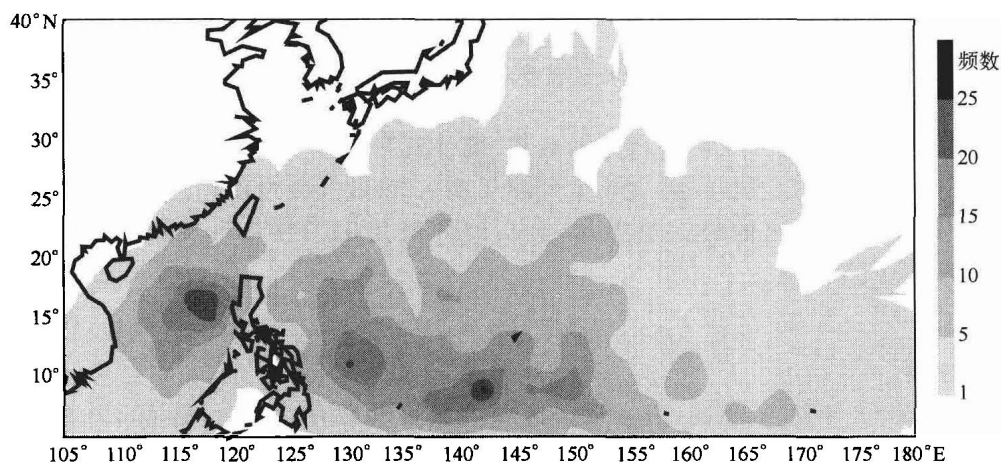


图 1.3 西北太平洋热带气旋生成源地(1949—2008 年)



第二节 进入中国近海的热带气旋

西北太平洋上生成的热带气旋并非都能影响中国。为了分析影响中国近海的热带气旋特征,取 130°E 以西, 15°N 以北和中国大陆海岸带之间的区域为近海统计区域。研究表明热带气旋 6 级风圈半径大约为 2.7~4.3 个纬距(陈联寿,1979),也就是说当热带气旋在距海岸线大约 3 个纬距时,沿海区域就有可能出现由热带气旋环流引起的大风,因此本书取 3 个纬距警戒线为影响大陆沿岸的统计区(图 1.4)。

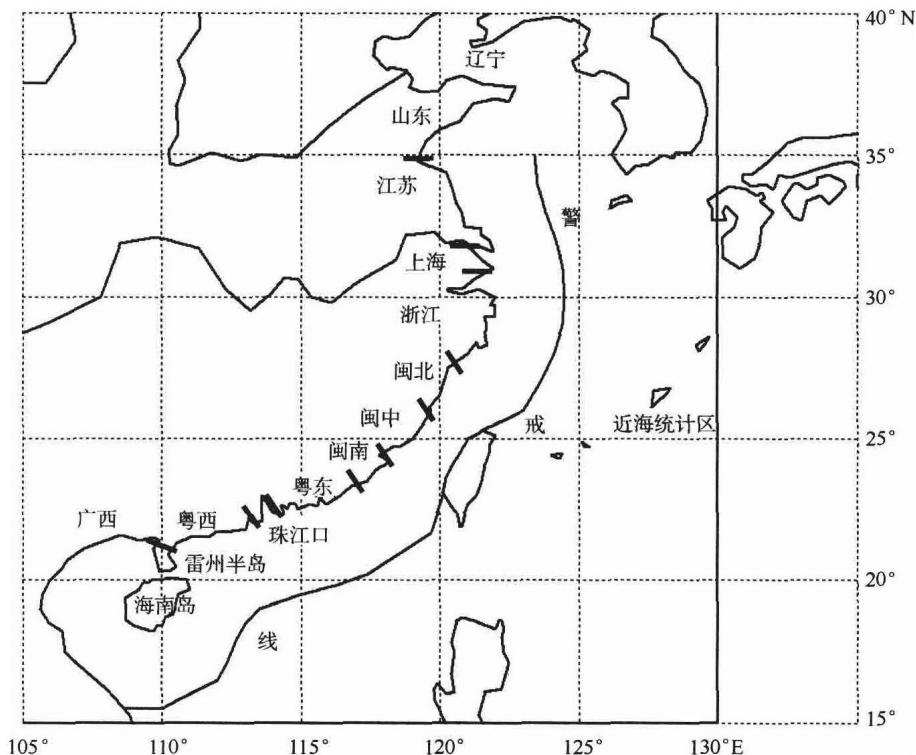


图 1.4 近海、警戒区和登陆热带气旋统计区域划分

考虑到年代较近的热带气旋资料更加可靠,统计资料年限取 1961—2007 年,资料来自上海台风研究所编制的《台风年鉴》、《热带气旋年鉴》。热带气旋强度用进入警戒线后热带气旋中心 2 min 最大风速的最大值表示,分析时同时使用了热带气旋影响期间各台站 10 min 平均最大风速资料。

1. 频数特征

(1) 年频数

在 1961—2006 年共 46 年间,进入近海区域的热带气旋有 566 个;进入 3 个纬距范围(警戒线)内的有 428 个,占近海热带气旋数的 75.6%,年均 9.3 个(详见表 1.3),其中登陆 371 个,占警戒线内总数的 86.7%,年均 8.1 个;没有登陆仅影响陆上的 51 个,年均 1.3 个。

从表 1.3 还可以看出,进入警戒线后超强台风频数减少了 6.9%,而强台风至强热带风暴强度的频率都表现为增加,其中台风频率增加了 9.9%,说明在靠近大陆时一些强度很强

的热带气旋的强度明显减弱。

进入警戒区的热带气旋年频数具有显著的年际变化(图 1.5),年频数总体上均呈减少趋势,1996 年以后持续在多年平均数以下。年频数最多的为 1985 年多达 16 个,最少的年份仅有 5 个。

46 年间,进入警戒区的热带气旋以台风和强热带风暴等级最多(表 1.3),分别占总数的 33.6%和 25.7%;超强台风和强台风分别占总数的 7.9%和 13.6%,此强度的热带气旋会给风电场造成损失;热带风暴和热带低压分别占总数的 10.3%和 8.9%,此强度的热带气旋一般可为沿海风电场带来很高的发电量。

表 1.3 不同统计区域热带气旋年频数和频率(1961—2006 年)

项目 名称	近海		3 个纬距警戒线	
	频数(个)	频率(%)	合计频数(个)	频率(%)
超强台风	88	14.8	34	7.9
强台风	70	12.2	58	13.6
台风	137	23.7	144	33.6
强热带风暴	125	21.9	110	25.7
热带风暴	58	9.5	44	10.3
热带低压	101	17.8	38	8.9
合计	566	100.0	428	100.0

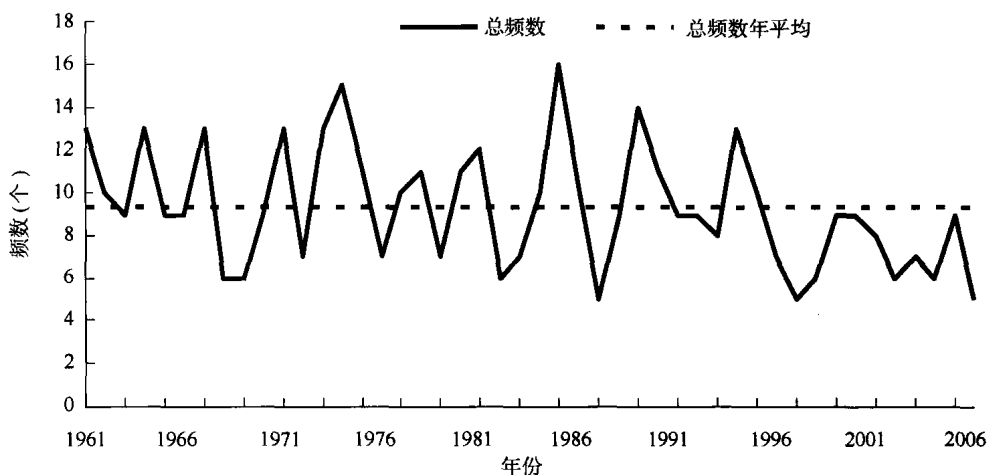


图 1.5 进入警戒区内热带气旋频数年际变化

(2) 月频数

由图 1.6 可见,进入警戒区的热带气旋总数以 8 月份最多,占 30.4%,其次是 7 月和 9 月份,分别占 23.6%和 23.1%,7—9 月合计占 77.1%,6 月和 10 月各占 7.9%和 9.6%,其他月份皆不足 3%;登陆热带气旋以 8 月最多(31%),其次是 7 月(25.1%)、9 月(22.1%)。

由表 1.4 可见,4 月进入警戒区的热带气旋强度较弱,为热带风暴级别;5—7 月强度逐

渐增强,多为台风级别;8—9月超强台风、强台风很多,频数分别达22和35;10月以后,进入警戒区的热带气旋强度开始减弱;46年来12月仅有1个个例,为台风级别。

从强度来看,超强台风频数占总数的8%,主要发生在7—9月,以9月稍多;强台风频数占总数的14%,多发生在7—10月,8—9月发生的频率比较高;台风频数最多,占总数的34%,发生的时间最长,5—12月均有出现,7—8月发生的频率为51%。强热带风暴频数稍次于台风,多发生在7—9月,各月频率为25%左右;热带风暴也多发生在7—9月,而频数大大少于强热带风暴,热带低压仅占总数的9%,主要发生在8月。

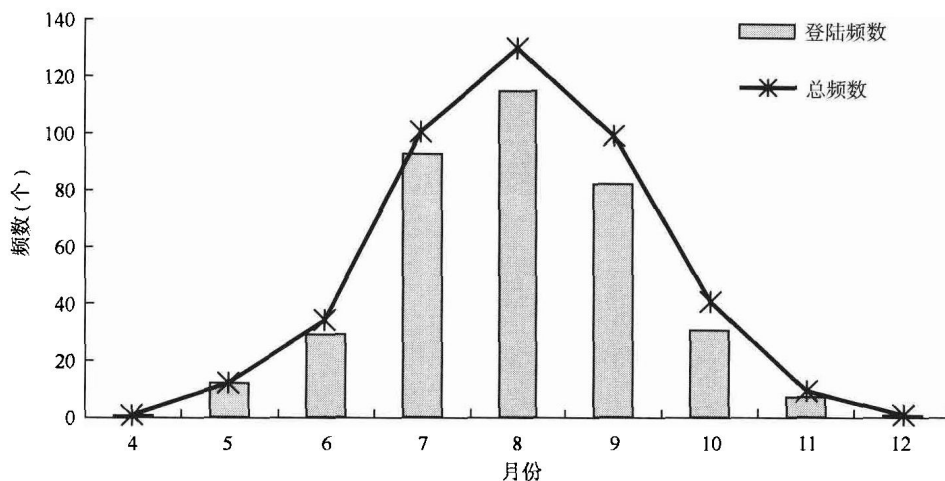


图 1.6 警戒线内热带气旋月分布(1961—2006年)

表 1.4 进入警戒区各种强度热带气旋发生频数(个,1961—2006年)

月 名称	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合计
超强台风	0	0	0	9	9	13	3	0	0	34
强台风	0	1	2	11	16	19	8	1	0	58
台风	0	7	14	39	35	25	19	4	1	144
强热带风暴	0	1	9	26	35	28	8	3	0	110
热带风暴	1	1	3	12	16	10	0	1	0	44
热带低压	0	2	6	4	19	4	3	0	0	38
合计	1	12	34	101	130	99	41	9	1	428

2. 路径特征

影响我国的热带气旋路径一般分成4类:(1)西北行类,即热带气旋生成后西北行登陆我国沿海各省,有的二次登陆;(2)西行类,即移动方向基本向西;(3)近海转向类,即在我国东部沿海北上或者转向东北;(4)其他类,上述类别以外的影响我国的热带气旋(中国气象局上海台风研究所,2006)。

(1)各月影响我国的热带气旋移动路径

12月至次年4月,热带气旋发生较少,热带气旋生成区在 $5^{\circ}\sim 15^{\circ}\text{N}$ 之间,热带气旋生成后西行在南海转向,登陆地点位于广东珠江口以西沿海和海南岛(图1.7)。

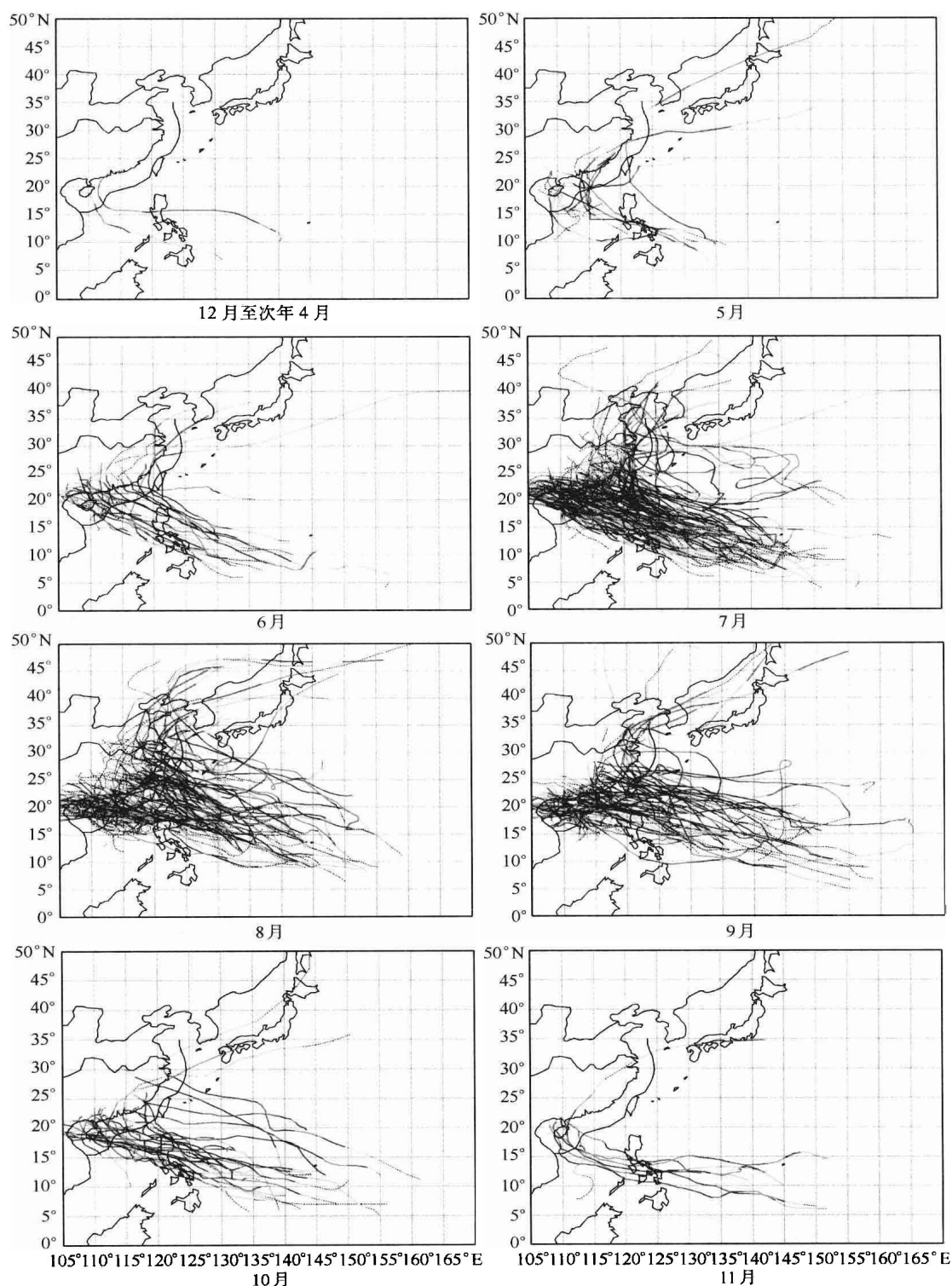


图 1.7 各月登陆中国沿海热带气旋路径图(1961—2006 年)

5 月,热带气旋生成区仍然在 $5^{\circ}\sim 15^{\circ}\text{N}$ 之间,活动区域大幅度北移,吕宋岛东北面、南海北部、琉球群岛附近为高频区,热带气旋路径多西北行和转向类。登陆地点在广东沿海和



南岛,台湾等省已受到台风影响。

6月,热带气旋生成区大部分在 $5^{\circ}\sim 15^{\circ}\text{N}$ 之间,个别达 15°N 以北。热带气旋路径多西北行,登陆地点除了广东沿海和海南岛外,北伸到福建沿海,强度多为台风。

7月,热带气旋大量增加,活动区域扩大到 $5^{\circ}\sim 35^{\circ}\text{N}$ 海域,吕宋海峡及以东洋面、南海北部、日本南部为高频区,除了转向及西行路径外,登陆类台风频率上升,特别是出现了沿东海北部、黄海北上的路径。我国大陆沿海各省都有可能成为热带气旋的登陆地点,其中强度较强的热带气旋多登陆福建和广东沿海。

8月,热带气旋发生最多的月份,三类路径都出现较高的频率,南海北部、东海出现频率最高。热带气旋活动区域多在 $10^{\circ}\sim 40^{\circ}\text{N}$ 之间。沿海各省都有可能受到台风袭击,登陆浙江、福建和广东珠江口以西和海南沿海最多。

9月,热带气旋活动范围向南收缩,三类路径出现频率仍较高,热带气旋活动区域多在 $7^{\circ}\sim 30^{\circ}\text{N}$ 之间。部分登陆浙南、福建、广东后在江苏沿岸出海。

10月,热带气旋活动区继续南移,以转向类及西行类路径为主。我国南海及东海沿岸仍可受到台风影响,登陆点位于福建以南沿海,但是个别年份仍会登陆福建、浙江沿海,且强度达台风以上。

11月,菲律宾中部及东部洋面上热带气旋出现频率较高,热带气旋路径以转向类为主,部分西行至中南半岛,热带气旋在南海活动范围局限于 $5^{\circ}\sim 15^{\circ}\text{N}$ 之间。

(2)不同强度热带气旋主要移动路径

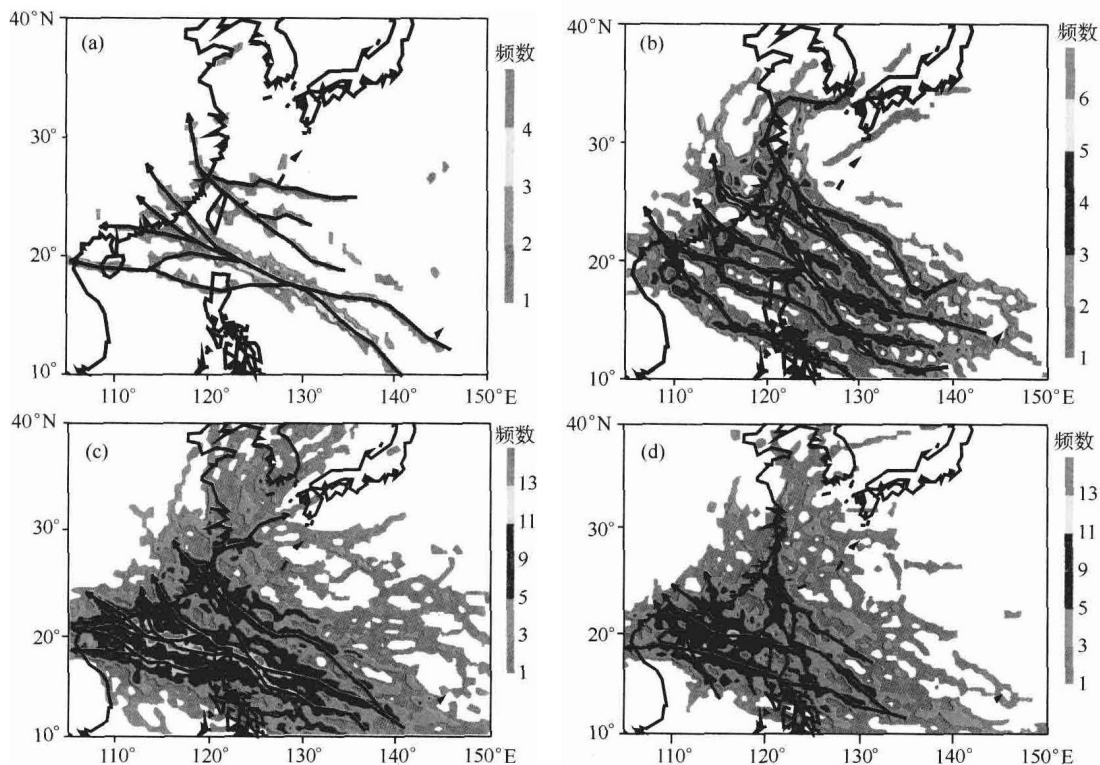


图 1.8 各种强度热带气旋优势路径(1961—2006 年)

(a)超强台风;(b)强台风;(c)台风;(d)强热带风暴

图 1.8 是影响中国大陆不同强度热带气旋移动主要路径图,由图可见:超强台风(图 1.8a)以西北太平洋生成并登陆广东中东部、福建和浙南为主,也有向西登陆海南的移动路径;强台风(图 1.8b)常见的移动路径有:经台湾进入福建中部沿海,或由西北太平洋直接进入浙江、广东珠江口以东沿海,或生成于南海登陆海南后再次登陆雷州半岛;台风(图 1.8c)常见的移动路径有 3 条:生成于西北太平洋并登陆粤西,或生成于南海并登陆海南,或从西北太平洋北上穿过台湾岛进入福建沿海;强热带风暴(图 1.8d)多由西北太平洋生成,穿过菲律宾进入南海,以登陆粤西和海南为多。

第三节 登陆中国大陆的热带气旋

1. 登陆区域

统计了 46 年间中国沿岸热带气旋登陆地点,可以看到,辽东半岛、山东半岛、上海附近每个地点登陆数为 1~3 个(图 1.9,表 1.5);浙江每个地点登陆数 3~7 个,其中温岭最多;福建登陆热带气旋较多,一般每个地点 3~9 个,连江和晋江分别达 11 个和 18 个;广东每个地点登陆热带气旋 3~11 个,徐闻、台山、阳江分别达 13 个、14 个和 19 个;海南岛为登陆热带气旋最多的省份,每个地点一般 13~21 个,文昌最多达 27 个。

若分 5 个地段(海南、粤西、粤东、闽中至闽南、闽东至浙南)统计(图 1.10),登陆数自南向北减少,年平均登陆海南 2.1 个、登陆粤西(包括雷州半岛)1.8 个、登陆粤东(包括登陆珠江口)1.7 个、登陆闽中南部 1.2 个、登陆闽东和浙南 0.6 个。

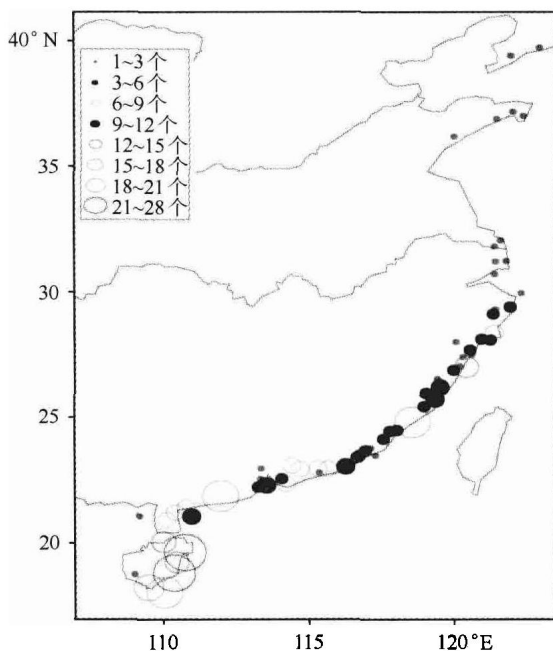


图 1.9 登陆热带气旋频数图(1961—2006 年)

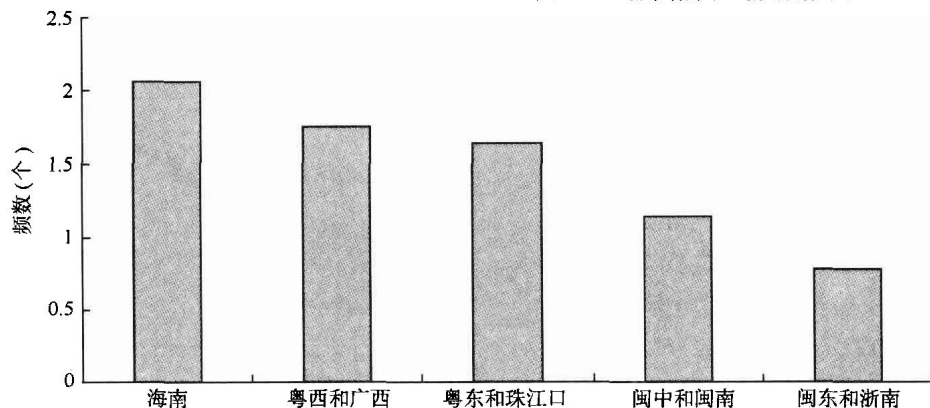


图 1.10 不同地段登陆热带气旋年平均数(1961—2006 年)

表 1.5 热带气旋登陆地点频数分布(1961—2006 年)

省名	辽 宁		山 东				江 苏			上 海		浙 江
登陆地点	庄河	新金	文登	荣成	乳山	海阳	如东	海门	启东	川沙	侯家镇	普陀
登陆个数	2	1	1	2	2	1	2	1	1	1	1	2
省名	浙 江										福 建	
登陆地点	象山	宁海	三门	温岭	乐清	玉环	温州	平阳	瑞安	苍南	福鼎	霞浦
登陆个数	3	1	3	7	3	4	1	5	1	2	2	5
省名	福 建											
登陆地点	罗源	连江	长乐	福清	莆田	崇武	晋江	厦门	龙海	漳浦	东山	诏安
登陆个数	2	11	3	9	5	5	18	3	3	5	1	1
省名	广 东											
登陆地点	饶平	澄海	汕头	潮阳	惠阳	惠来	海丰	陆丰	番禺	惠东	汕尾	深圳
登陆个数	4	3	5	2	6	11	6	8	1	7	1	4
省名	广 东											
登陆地点	中山	香港	珠海	澳门	斗门	台山	阳江	吴川	湛江	电白	海康	徐闻
登陆个数	1	8	9	1	3	14	19	6	7	10	6	13
省名	广 西	海南岛										
登陆地点	合浦	文昌	琼海	万宁	乐东	三亚	陵水					
登陆个数	1	27	13	21	2	15	18					

从登陆时间看,最早的出现在4月中旬(2008年登陆海南文昌),最晚出现在12月上旬(1974年登陆广东台山)。

2. 登陆强度

以登陆前6 h内的最大风速表示登陆热带气旋的强度,分别统计其各地点登陆频数,达到台风强度的均在上海及其以南登陆,其中发生5个以上的多在福建、广东东部惠来和西部阳江以及海南岛(见图 1.11)。

按地段分为14个区域(见图 1.4),分别统计各种强度热带气旋出现的频率,结果列于表 1.6。

由表 1.6 可见,登陆热带气旋以台风和强热带风暴居多,占登陆热带气旋的62%,登陆地区在福建中南部、浙南、粤东和海南东部沿海。有70.4%的登陆热带气旋强度在强热带风暴以上。强台风和超强台风虽然仅占登陆总数的12%,但危

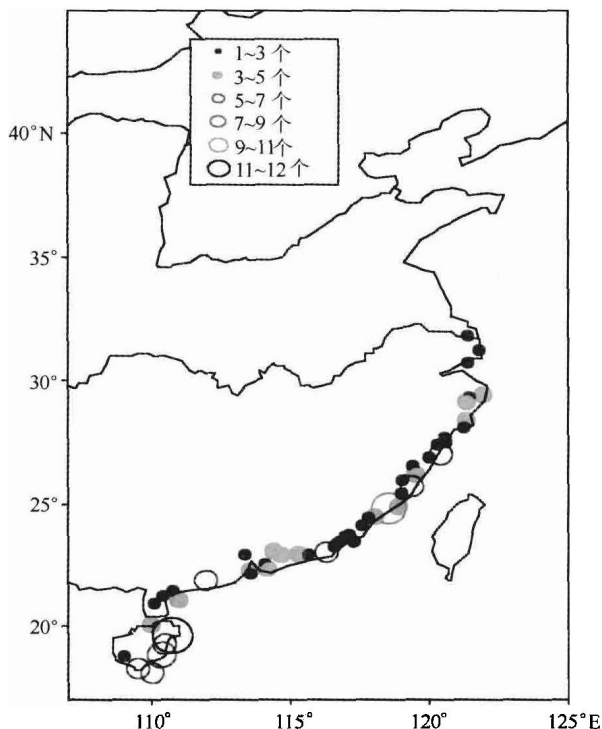


图 1.11 台风强度以上热带气旋登陆频数分布图
(1961—2006 年)