

全球热带气旋 预报指南

袁国庆 方维模等 译



气象出版社

全球热带气旋预报指南

世界气象组织技术文件
(WMO/TD-NO. 560)

裘国庆 方维模 等译

气象出版社

(京)新登字 046 号

内 容 简 介

本书是1993年世界气象组织首次出版的全球性的热带气旋预报指导用书。书中汇集了国际上最新的热带气旋预报业务和研究成果,较系统地介绍了热带气旋的分析和预报方法。

本书共分九章。第一章全球概论;第二章热带气旋结构;第三章热带气旋的移动;第四章居住层;第五章季节预报;第六章业务对策;第七章警报对策;第八章数值路径预报模式;第九章便览。本书内容新颖、资料丰富、重点突出、技术方法准确,实用性强,是一本理论与实际紧密结合的热带气旋业务预报用书。

本书供从事热带气旋预报的气象、海洋、航空、水文工作者使用,也可供有关的科研人员和中、高等院校气象专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

全球热带气旋预报指南/世界气象组织(WMO)编;裘
国庆等译. —北京:气象出版社,1995.6
ISBN 7-5029-1875-2

I.全… I.①世… ②裘… III.热带气旋-天气预报-
指南 IV.P457.8-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(95)第 09159 号

全球热带气旋预报指南

世界气象组织技术文件

(WMO/TD-NO.560)

裘国庆 方维模 等译

责任编辑:王桂梅 终审:周诗健

封面设计:严瑜仲 责任技编:席大光 责任校对:白凌燕

* * *

气象出版社 出版

(北京西郊白石桥路46号 邮政编码:100081)

北京昌平环球印刷厂印刷

* * *

新华书店总店科技发行所发行 全国各地新华书店经销
开本:787×1092 1/16 印张:15.25 字数:380千字

1995年6月第一版 1995年6月第一次印刷

印数:1200 定价:15.00元

ISBN 7-5029-1875-2/P·0726

前 言

尽管数值模式和技术方法的研究和开发使全球热带气旋预报的精度有了重大提高,但在预报诸环节中最重要仍是有经验的预报员。官方预报几乎总比最好的客观预报方法还要好,这主要是由于人在业务环境中能识别天气类型和区别好坏技术方法的非凡能力。世界气象组织很早就认识到预报员这个环节的重要性,并已积极支持如国际热带气旋系列研讨班(IWTC)这样的计划。首次研讨班的成果——《全球热带气旋展望》是美国专家 Russ Elsberry 编辑的。这本《全球热带气旋指南》起源于在第一届和第二届国际热带气旋研讨班上交流的学术材料。其目的是补足全球范围热带气旋预报比较实用的业务指导方面的理论性和描述性内容。我们的目标是提高预报员区分和客观判断以下几条:a)通过分析和预报提供逻辑方法程序;b)经过观察思考转入提供使用;c)清楚地指出各种预报技术的局限性。

“指南”以活页形式发行,这种设计便于应用和浏览,也便于快速参阅。我们也鼓励插入地区性的内容和预报思路。

国际热带气旋系列研讨班的建立,使预报人员和研究人员能在一个研讨的环境中讨论相互间的问题和解决办法,这有助于改进他们之间的联系。这本“指南”和“全球展望”所提供的即是这些相互作用的非常现实的成果。我荣幸地利用这次机会感谢 Bill Gray 在建立系列研讨班问题上的远见卓识和 Nobuo Suzuki 卓越的组织工作。

Greg Holland
1995 年 2 月 16 日

译者的话

本书是在总结全球热带气旋预报、研究成果的基础上,由当代国际上一些知名热带气旋专家、学者经过长期努力撰写而成的。其主要内容包括全球热带气旋的概况、结构与移动、监测、定位、预报、警报和服务等。为了及时引进、推广和应用国际上热带气旋的预报技术,推动我国的热带气旋监测预报技术的发展,提高预报准确率和服务效果,减轻热带气旋灾害造成的损失,特翻译本书献给广大读者。

本书由中国气象局业务发展与天气司和国家气象中心联合组织翻译。第一、二章由方维模翻译,田翠英校对;第三、四章由田翠英翻译,方维模校对;第五章由唐惠芳翻译;第六章由焦佩金翻译;第七章由姚学祥翻译;第八、九章由高拴柱翻译;第五—九章由裘国庆校对。全书由纪乃晋总审校。

在本书翻译和出版过程中得到业务发展司、天气司和国家气象中心领导的支持和帮助,谨在此表示感谢。

由于本书专业性强、涉及面较广,加之译者水平有限,译文难免有欠妥甚至错误之处,请批评指正。

译者

1995年2月

目 录

前言

1 全球概论	(1)
1.1 引言	(1)
1.2 全球热带气旋预报网	(1)
1.3 全球气候	(10)
1.4 区域性气候	(31)
2 热带气旋的结构	(32)
2.1 引言	(32)
2.2 热带气旋的形成	(33)
2.3 热带气旋的强度	(37)
2.4 外部结构	(47)
2.5 温带变性	(51)
2.6 降水	(60)
附录:热带扰动和气旋周围平均风速的计算	(68)
3 热带气旋的移动	(70)
3.1 引言	(70)
3.2 定位分析	(71)
3.3 热带气旋移动的预报方法	(81)
3.4 制作位置预报	(93)
3.5 检验方法	(96)
4 居住层	(100)
4.1 引言	(100)
4.2 风暴潮	(100)
4.3 海况(风浪)	(111)
4.4 登陆时的地面风	(116)
5 季节预报	(119)
5.1 引言	(119)
5.2 厄尔尼诺和南方涛动(ENSO)与热带气旋季节性活动的关系	(119)
5.3 准两年振荡(QBO)对热带气旋的调节	(123)
5.4 季节内的预报	(126)
5.5 北大西洋的季节预报	(128)
6 业务对策	(132)
6.1 引言	(132)
6.2 预报台的设计	(134)
6.3 通讯:资料接收	(136)
6.4 工作站	(140)
6.5 预报的分发	(141)
6.6 与新闻媒介的联系	(142)
6.7 季节前的准备	(143)

6.8	性能检验	(145)
6.9	预报员的业务策略	(146)
6.10	总结	(148)
7	警报对策	(150)
7.1	引言	(150)
7.2	警报和响应的特性	(151)
7.3	热带气旋警报和响应系统的业务对策	(153)
7.4	限制——警报对策面临的挑战	(158)
7.5	危险、易损性和风险评价	(161)
7.6	警报和响应对策(以菲律宾为例)	(164)
	附录:菲律宾大气、地球物理和天文服务管理局(PAGASA)风暴警报信号系统	(165)
8	数值路径预报模式	(168)
8.1	引言	(168)
8.2	数值模式方法概述	(168)
8.3	业务数值模式	(172)
9	便览	(175)
9.1	缩略语	(175)
9.2	词汇	(178)
	附录:定容管理术语的层次	(183)
9.3	单位换算	(184)
9.4	蒲福风力等级表	(185)
9.5	常用的热带气旋参数	(186)
9.6	常用的常数	(187)
9.7	参数的含义	(188)
9.8	热带气旋记录	(191)
9.9	轶事拾零	(193)
	参考文献	(194)

1 全球概论

1.1 引言

本章介绍涉及本书以后各章有关的比较专题性的背景材料。为保持与“指南”的主题一致,重点介绍表格或图解格式的材料,供随时参阅。我们从讨论世界气象组织全球热带气旋预报的概念入手,内容包括世界气象组织热带气旋计划的结构和目标、预报责任区、热带气旋命名的惯例和描述的术语。一个关键的问题是介绍了在不同的海域甚至于在一个比较小的范围内以及不同的气象台之间,存在着许多不同的业务流程。

尽管美国在关岛的联合台风警报中心与世界气象组织没有直接关系,但其活动覆盖的广阔的地域则与世界气象组织全球性预报系统的概念相互关联着,故联合台风警报中心有关热带气旋预报的内容也收集在本章内。对联合台风警报中心业务和系统的完整指导详见“安全及其他”(1992)。

本章在 1.3 节中还用一种格式介绍了新的全球热带气旋气候,有可能在有关海域间进行直接比较。为了这一目的,一种新的全球热带气旋资料系列得到了发展。作出了各种不同的全球和海洋海域图,用以阐明在不同海域的预报问题。本章的最后用黑体段落表示的内容是当地预报台的区域性气候。

1.2 全球热带气旋预报网

世界气象组织的全球职能划分为 6 个大陆区域。这些区域(I 区~Ⅵ区)分别包括非洲、亚洲、南美洲、北美洲和中美洲、西南太平洋、欧洲,包括各自周围的岛屿和海域。

世界气象组织热带气旋计划(WMO/TCP),寻求促进和协调并采取措施,以减轻全球的热带气旋灾害。由于不是所有的区域都受热带气旋的影响,而区域的划分也不总是与热带气旋出现的海域相一致,所以热带气旋计划建立了跨区域的热带气旋委员会(表 1.1)。这些委员会也是跨越表 1.2 中定义的海域。表 1.1 中提到的世界气象组织业务计划和手册包括业务资料,如台站的任务、地址、电话和其它通信号码、通信程序、术语、定义、业务流程、热带气旋命名规定、单位换算、协作分析要求、雷达、卫星观测和分发、飞机侦察(适用的地区)及警报用词。通过世界气象组织热带气旋计划的实施,各区域内的成员已有相当多的流程实现了标准化。然而,如本节中讨论到的,仍然存在着某些不统一的地方。

1.2.1 热带气旋警报

热带气旋警报一般有两种形式:一种是为陆地和沿海的,另一种是为公海的(有时则称海洋警报)。区域内的各成员,正常情况下原则上只负责各自的陆地和沿海海面的警报。在Ⅳ、Ⅴ区有一些例外。例如,按照协议迈阿密区域专业气象中心(RSMC)和热带气旋警报中心发布的警报不仅是为了本国,也是为了别的国家。有关的细节在表 1.1 引用的世界气象组织业务计划和手册中已有相应的讨论。

表 1.1 所列的世界气象组织文件中,确定的陆上广播的公海警报责任区见图 1.1、1.2、1.4、1.5 和 1.6,联合台风警报中心发布警报的责任区见图 1.3。另外,最近引进的是通过海事卫星的警报广播。

表 1.1 世界气象组织热带气旋计划的五个区域

名 称	责任区域	业务计划和手册	海域编号	图号
世界气象组织 I 区协热带气旋委员会	西南印度洋	世界气象组织,1983a	5	图 1.1
世界气象组织 IV 区协飓风委员会	北大西洋 加勒比海 墨西哥湾和 东北太平洋	世界气象组织,1988	1.2	图 1.2
世界气象组织 V 区协热带气旋委员会	南太平洋和 东南印度洋	世界气象组织,1989	6.7	图 1.4
世界气象组织和亚太经社会热带气旋小组	孟加拉湾 阿拉伯海	世界气象组织,1986	4	图 1.5
世界气象组织和亚太经社会台风委员会	西北太平洋	世界气象组织,1987	3	图 1.6

1.2.2 热带气旋的命名

在业务上和档案上对热带气旋命名或编号有助于对热带气旋的识别(世界气象组织,1993)。以区域为基础取得同意,三个非亚太经社会区域的成员使用热带气旋命名,而两个世界气象组织和亚太经社会区域的成员使用编号系统。当气旋达到临界强度 63 公里/小时(34 海里/小时)时,开始命名或编号。孟加拉湾的气旋业务计划例外,它开始起编的临界强度为 52 公里/小时。然而,Mandal 指出(个人通信,1993),实际上使用的是 63 公里/小时的全球标准,并将修改其业务规定。这里使用的是标准值。

热带气旋名字是从预先设计好的名单上获得的,这个名单由各区域成员循环更新使用。假如某个热带气旋因其强度、毁灭性、破坏性或其它特殊理由使其声名狼籍,这个名字将因该区域有关成员的要求而从名单上撤换。

在 I 区协,中等的热带气旋(63 公里/小时或 34 海里/小时见图 1.1)由毛里求斯或马达加斯加国家气象局负责从预先拟好的名单中命名。在东经 55~90 度之间发展的热带气旋命名由毛里求斯气象局负责;东经 55 度以西的热带气旋命名由马达加斯加气象局负责。

IV 区协的区域专业气象中心使用两套预先设计好的气旋名字,例如区域专业气象中心迈阿密飓风中心(也是迈阿密美国国家飓风中心),一套名字用于北大西洋、加勒比海和墨西哥湾的气旋,另一套则用于东北太平洋的气旋,命名起始强度均为 63 公里/小时。

在 V 区协的热带气旋强度达到 63 公里/小时的首次分析命名由热带气旋警报中心负责(图 1.4)。由三个澳大利亚热带气旋警报中心(珀斯、达尔文和布里斯班)的每一个及斐济气象局和巴布亚新几内亚国家天气局规定分别使用各自的热带气旋名字系列命名。

世界气象组织/亚太经社会区协的两个成员的热带气旋识别系统与区域协会热带气旋计划委员会是不同的。新德里区域专业气象中心提供一种适用于整个区域(图 1.5)的热带气旋识别编号。这些编码由字母 BOB 或 ARB 组成,分别表示属于孟加拉湾的还是阿拉伯海的热带气旋,接着是年份和两位连续的数码。例如,1992 年发生在阿拉伯海的第二号热带气旋的识别号为 ARB 9202。台风委员会的区域不使用英文字母,因而负责台风编号的区域专业气象中心东京台风中心将 1992 年第一个热带气旋编为 9201。

几个国家,例如菲律宾,对直接影响他们国家的热带气旋使用地方名字命名。夏威夷中部太平洋飓风中心编制了一套热带气旋名字,用于在其责任区形成的热带气旋命名(如图

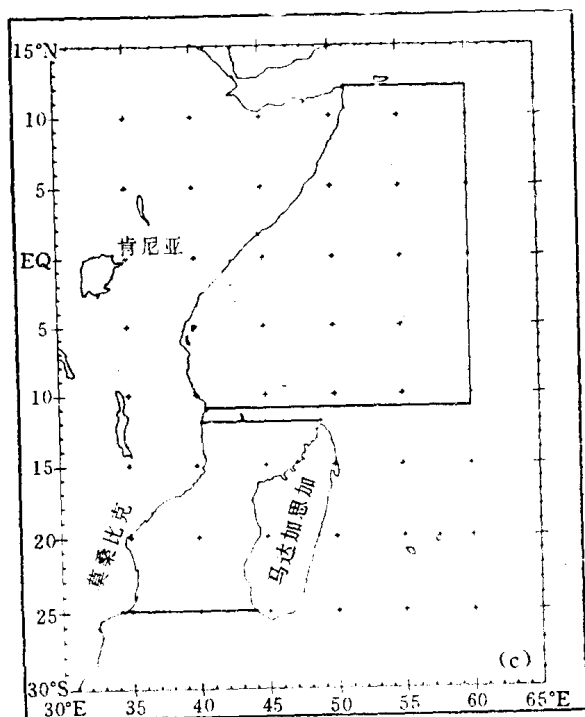
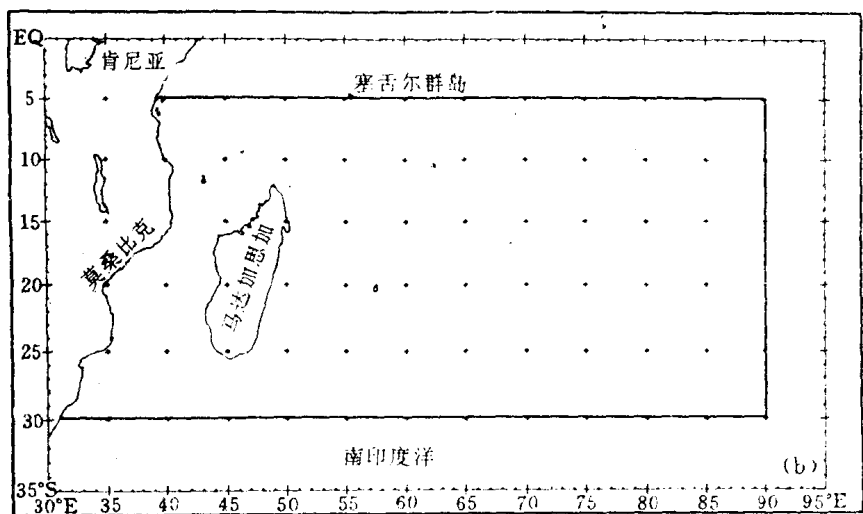
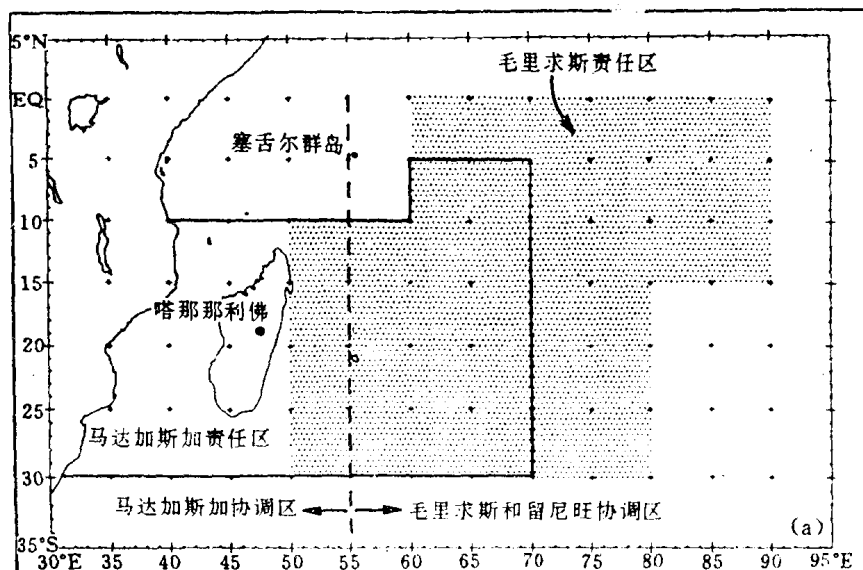


图 1.1 I 区协(世界气象组织,1983a)西南印度洋公海热带气旋警报责任区
A) 马达加斯加和毛里求斯责任区;
B) 留尼旺责任区;
C) 莫桑比克和肯尼亚责任区

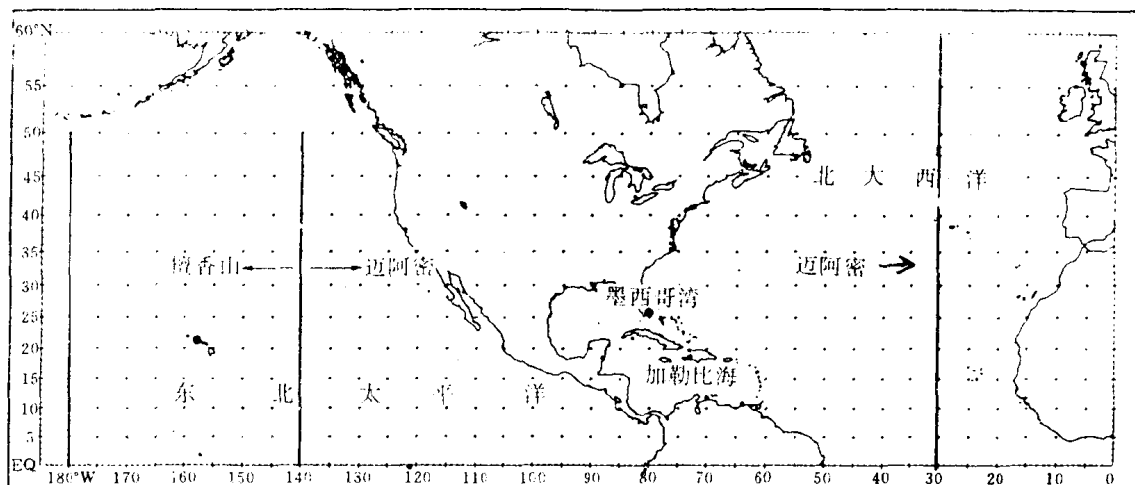


图 1.2 N区协(世界气象组织,1988)国家飓风中心(迈阿密)和中太平洋飓风中心(檀香山)公海热带气旋警报责任区

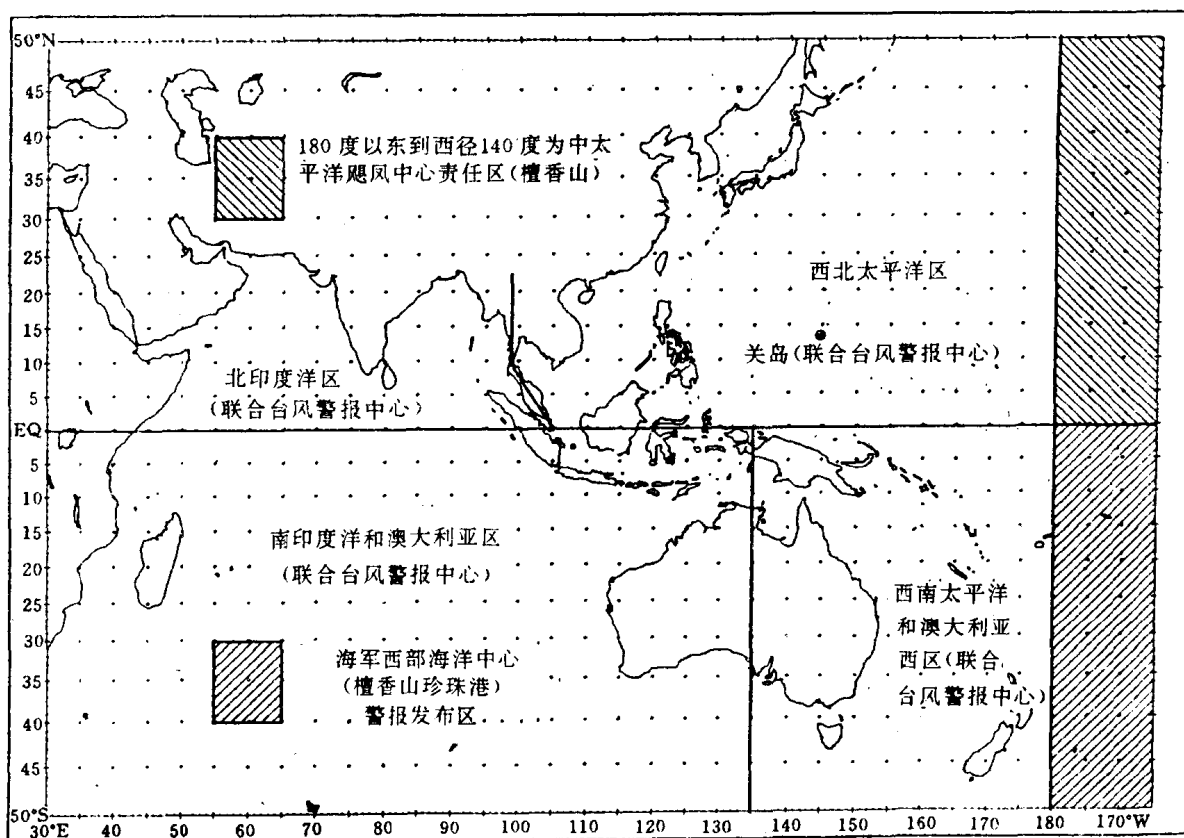


图 1.3 台风联合警报中心(关岛)公海警报发布区

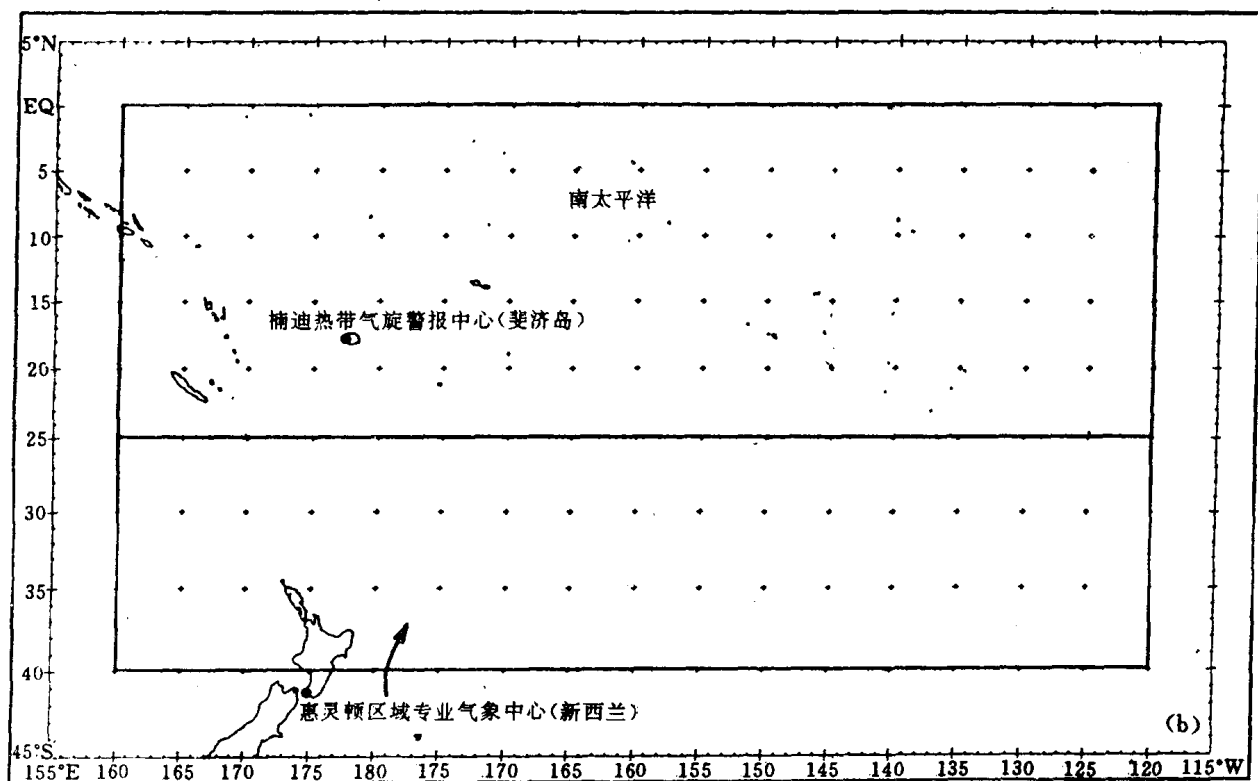
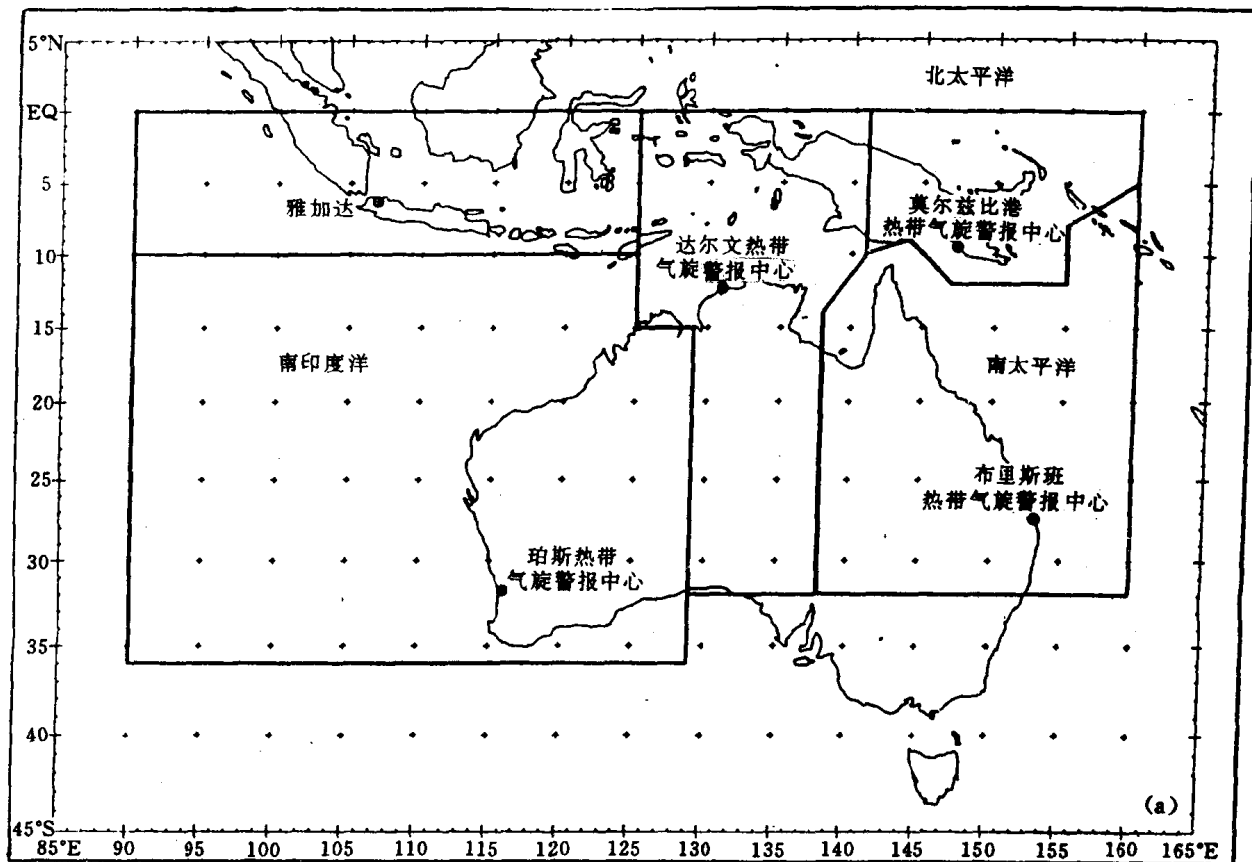


图 1.4 V 区协(世界气象组织,1989)南太平洋和东南印度洋热带气旋警报责任区

A) 澳大利亚(珀斯、达尔文、布里斯班)和印度尼西亚(雅加达);

B) 斐济(楠迪)和新西兰(惠灵顿)

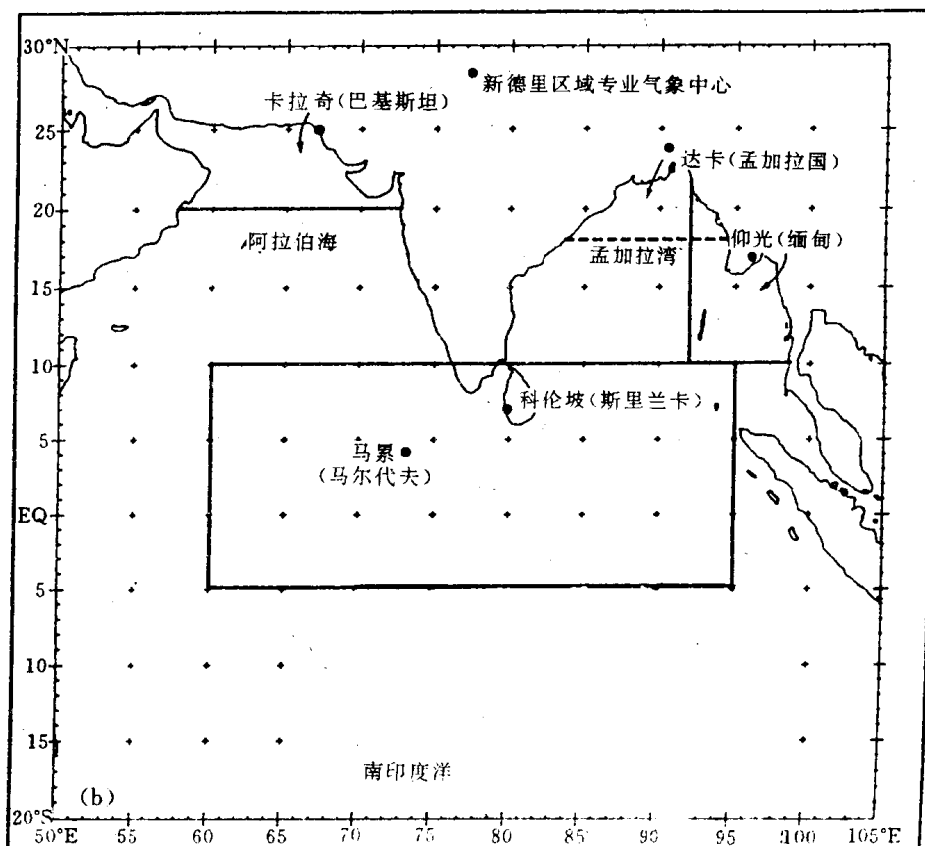
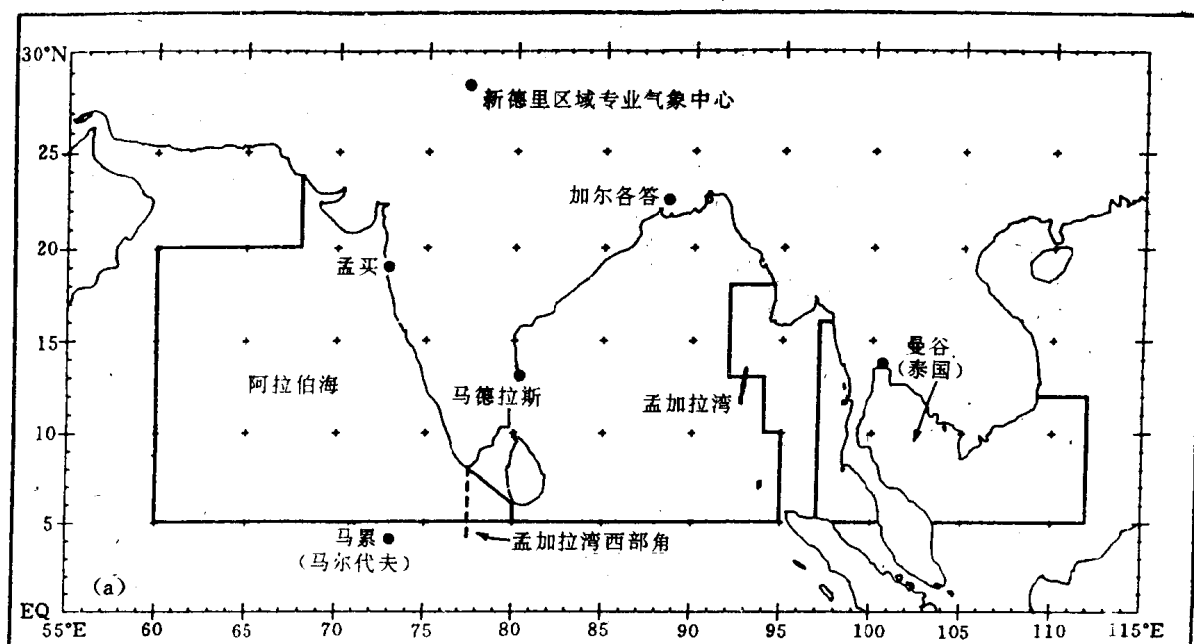


图 1.5 世界气象组织和亚太经社会热带气旋专门小组(世界气象组织,1986)

孟加拉湾、阿拉伯海及其邻近海域热带气旋警报发布责任区

A) 印度(加尔各答负责孟加拉湾并从马德拉斯重播广播内容,孟买负责阿拉伯海),

泰国(曼谷负责的区域其东部属于世界气象组织和亚太经社会台风委员会地区);

B) 巴基斯坦(卡拉奇)、孟加拉国(达卡)、缅甸(仰光)和斯里兰卡(科伦坡)

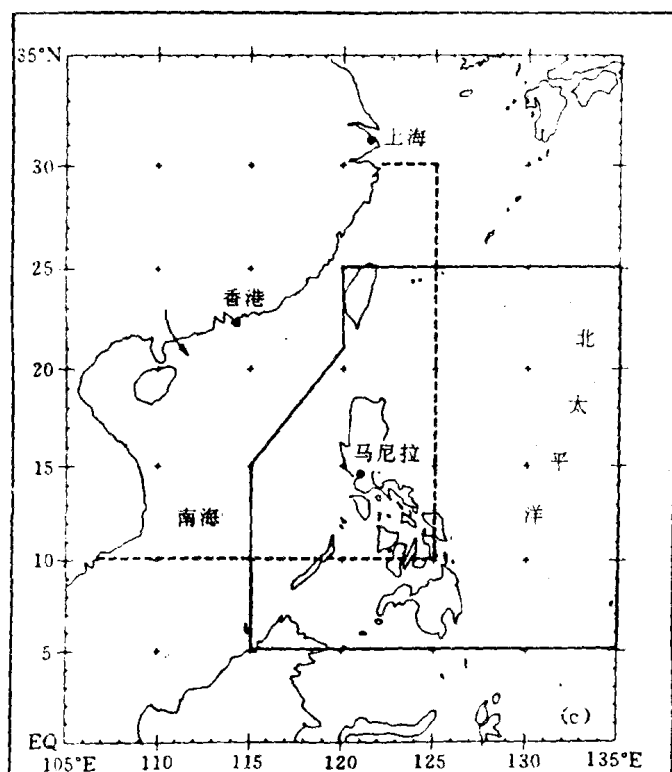
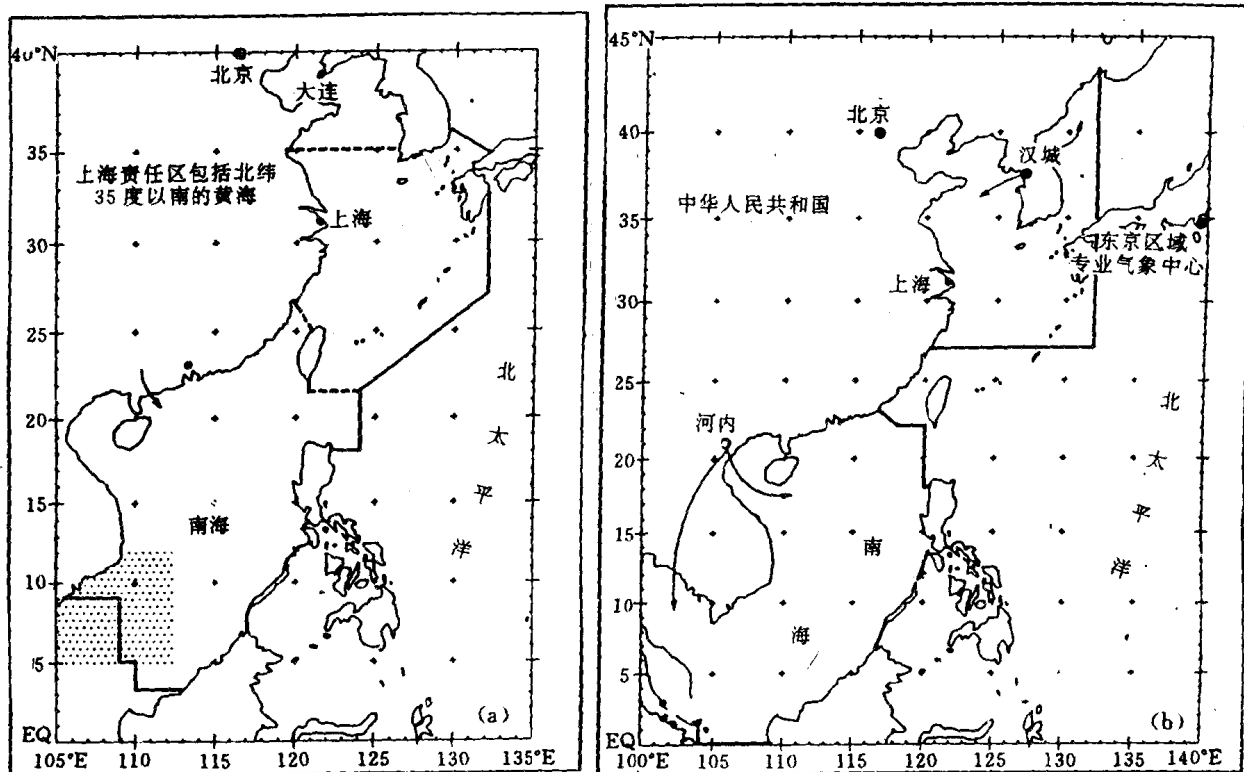


图 1.6 亚太经社会和世界气象组织台风委员会
(世界气象组织, 1987)。西北太平洋公海
热带气旋警报责任区

- A) 中华人民共和国(大连、上海和广州)及泰国
区域东部(点示的部分见图 1.6A);
B) 大韩民国(汉城)、越南(河内)和日本(东京,
包括北纬 25 度以南的全部西北太平洋海区);
C) 菲律宾(马尼拉)和香港

1.2 所示)。这一套字母名字由美国提供并列入 OFCM(1990),但由于这些风暴的影响没有超过一个国家的领域范围,所以没有将这套名字包括在世界气象组织业务计划和手册内。得到台风委员会区域的同意,联合台风警报中心设计的名字适用于西北太平洋的气旋。然而,大多数台风委员会成员发布的咨询报告中包括这个名字和他们自己的数码编号。对北印度洋联合台风警报中心使用一种连续的编号系统,其字母 A 和 B 分别表示发生在阿拉伯海和孟加拉湾的热带气旋。联合台风警报中心按惯例命名的其它信息可在他们最近发表的热带气旋年报上找到。

1.2.3 术语

五个热带气旋计划的区域成员在使用术语上有很大的变化,在世界气象组织的国际气象词汇、世界气象组织的海洋气象学委员会、蒲福风力等级和联合台风警报中心对热带气旋的不同阶段所用的术语也不同(图 1.7 和图 1.8a)。在北印度洋海域的国家之间也存在着很大的不同(图 1.8b)。平均风速的时间不同,进一步使问题复杂化,由于在不同的国家使用 1 分钟、3 分钟和 10 分钟的平均风速。这样,一个热带系统可能在一个国家获得命名或编号,但在使用同一风力标准而平均风速的时间不同的另一个国家,却没有命名或编号(1.3.3 节)。

最大平均风速 (海里/小时)	<34	34~47	48~63	≥64	通用术语
蒲福风级及描述用语	小于 7 级	8 级大风 9 级烈风	10 级狂风 11 级暴风	12 级飓风	
海洋气象学委员会 (WMO NO. 471)	1. 热带低压	2. 中等热带风暴	3. 强热带风暴	4. 飓风或当地同义词	热带气旋 (1~4)
V 区协南半球部分	1) 热带扰动 2) 热带低压	3. 热带气旋 (≥34 海里/小时)	4. 强热带气旋 (a)	5. 飓风	热带气旋 (3~5)
I 区协	1) 扰动性天气区; 2) 热带扰动 3. 热带低压区	4. 中等热带风暴	5. 强热带风暴	6. 热带气旋 (64~90 海里/小时) 7. 强热带气旋 (90~115 海里/小时) 8. 非常强的热带气旋 (>115 海里/小时)	热带气旋 (3~8)
热带气旋小组	1) 低, 低压区; 2) 低压, 热带低压; 3) 深低压	4. 气旋性风暴	5. 强气旋风暴	6. 极强热带气旋 伴有飓风核心	气旋性扰动 (1~6) 热带气旋 (4~6)
台风委员会	1. 低压区 2. 低压, 热带低压	3. 热带风暴	4. 强热带风暴	5. 台风	热带气旋 1~5
IV 区协	1) 热带扰动 2. 热带低压	3. 热带风暴		4. 飓风	热带气旋 (2~4)
国际气象词典	1. 热带扰动 2. 热带低压	3. 热带风暴	4. 强热带风暴	5. 飓风; 台风; 热带气旋 (SWIO)(c)	热带气旋 (1~5)

图 1.7 世界气象组织热带气旋、热带低压和热带扰动等级

注: 本图表包括热带扰动和热带低压的等级划分, 不管它们是否在热带气旋的等级范围内。在以后的例子中这些术语将放在括号内。等级次序用数字指明。与表头栏目中指示的风速界限不同时, 则绘出风速界限值。

(a) 术语未专门定义, 但出现涉及风暴风力时, V 区协定义有 48~63 海里/小时。

(b) 低压或热带低压: 最大平均风速是 17~33 海里/小时, 但在孟加拉、印度和巴基斯坦使用的这一术语除外, 在那些地区当最大平均风速为 27~33 海里/小时时, 这种系统可以叫深低压。

(c) SWIO

西南印度洋		北印度洋	西北太平洋	南太平洋/ 东南印度洋	联合台风 警报中心	北大西洋/ 东北太平洋	
10	热带低压	低	热带低压	热带低压	热带低压	热带低压	
20		低压					40
30		深低压					60
40	中等热带 低压/风暴	气旋性风暴	热带风暴	热带气旋 伴有大风	热带风暴	热带风暴	
50	强热带 低压/风暴	强气旋性风暴	强热带风暴	热带气旋 伴有狂风			100
60	热带气旋	强气旋性 风暴伴有 飓风风核心	台 风	热带气旋伴有 飓风风力或强 热带气旋或飓风 或者 强热带气旋 或飓风	台 风	飓 风	
70							120
80							140
90	160						
100	强热带气旋				180		
110	非常强的 热带气旋				200		
120					220		
130		240					
140	260						
I 区协		热带气旋 小组国家	台风委员会	V 区协	联合台风 警报中心	IV 区协	

图 1.8a 热带气旋计划区域成员和联合台风警报中心热带气旋分类等级比较。北印度洋国家定义多样化,印度就是一例(见图 1.8b 的完整分级)。图中分隔线指明热带气旋命名或编号的强度界限,指明在北印度洋的值较低

		孟加拉	缅甸	印度	巴基斯坦	斯里兰卡	泰国		
最大风速(海里/小时)	10			低		低	热带低压	20	
	20		低			低压		40	
	30	低压	低压	低压				60	
		深低压	深低压	深低压					
	40	气旋性风暴	气旋性风暴	气旋性风暴	气旋性风暴	气旋性风暴	热带风暴	80	
	50	强气旋性风暴		强气旋性风暴	强气旋性风暴			100	
	60							120	
	70							140	
	80							160	
	90							180	
100	飓风强度的 强气旋性风暴	强气旋性风暴	强气旋性风 暴伴有飓风 的风核心	飓风强度的 强热带风暴	强气旋	台风、气旋 或风暴	200		
110							220		
120							240		
130							260		
140									

图 1.8b 印度洋气旋性扰动的等级分类

1.3 全球气候

本节介绍热带气旋各方面的全球统计结果。在1974年, Crutcher 和 Quayle 用一种麦卡脱投影地图, 以同样的尺寸和比例用于表示早期的全球气候, 显示同类资料和全球内容, 更确切地说为气旋发生海域的内容。附加的图表不是全球格式的, 是用于介绍各个热带气旋海域的。尽可能地使用视觉形式并伴以最少的叙述性文字。这些资料和补充讨论是从 Elsberry 等人 1987 年的著作中摘录的。

1.3.1 资料的收集和加工

在准备全球气候的初始阶段, 开发一种使用同一格式的全球资料系列。当前的热带气旋档案是从典型的海洋海域引证而获得的。这些资料有许多不统一, 需要提出发展一种共同的格式。这一切及与之有关的其它事项将在本节中讨论。

1.3.1.1 统一的格式和观测操作

从不同海域获得的资料广泛使用不同的计算机控制或不同的硬拷贝格式。这些格式的不统一是可以防止发生的, 而更困难的是如何解决不一致, 例如, 记录的时段不同、资料短缺、同一个热带气旋在相邻的海域文件各异、非天气观测的次数不同、热带气旋各阶段不同的风速界限、热带气旋命名的不同操作和在不同的海域使用不同平均风速的时间。一般来说, 除了风速平均值的不均匀外, 完全地或部分地处理上述所有问题都是可能的(1.3.3节)。

对于热带气旋资料档案标准的不足, 已由热带气旋计划技术协调会议(东京 1992 年 12 月)考虑过了, 会议提出了一种全球性的热带气旋资料集的报告格式, 随后被海洋气象学委员会推荐, 然后在 1993 年世界气象组织执委会上批准通过。其具体的标准格式见表 1.5。

1.3.1.2 历史的评述

准备一本完整的全球气候所以有了可能, 其原因是由于从 60 年代中期开始了人造卫星时代。在那以前, 在地球上遥远的区域热带气旋的资料是非常不完整的, 大部分依靠船舶遭遇的机会或有人居住的陆地区域(Holland, 1981c; Elsberry, 1987)的资料。飞机探测开始于 40 年代中期, 它提供了非常有价值的资料, 但只限于北大西洋和西北太平洋海域的部分区域。

即使用卫星资料, 一种标准化的释用方法, 建立合适的文件程序和格式, 以及分发资料等用了几年时间才发展起来。由于热带气旋是相对稀少的事件, 揭示其有价值的年际变化, 从气候学的角度看至少需要 20 年的记录。这样, 直到目前, 完成一个完整的全球性的热带气旋气候才成为可能。

1.3.1.3 海域的定义

在本节研究中考虑了七个热带气旋的海域(表 1.2)。Elsberry 等(1987)提出的东南印度洋、澳大利亚和西南太平洋作为单个存在的实体考虑。然而热带气旋的特性有足够的经向变化, 在东经 142 度处划分为两个海域可以为证。

1.3.1.4 资料来源和记录时段

在表 1.2 中, 说明了使用资料的基本来源。美国国家气候中心(阿升维尔, 北卡罗来纳州), 于 1986 年发表的全球热带气旋概要被用来填补了一些短缺的资料。联合台风警报中心