

关岛联合台风警报中心及其多海域 热带气旋预报任务

Charles P. Guard 等

(美国关岛联合台风警报中心)

1 前言

1.1 概述

关岛的联合台风警报中心(JTWC)成立于1959年5月1日。它是世界上最繁忙的热带气旋(TC)警报中心,平均每年制作和发布60个热带气旋的警报。JTWC位于关岛Nimitz山,其预报责任范围(AOR)包括南北半球自国际日界线到非洲东海岸的宽广海域,包括4个大洋区和7个热带气旋区域。全球70%的热带气旋在其预报责任范围内发生发展。

JTWC的警报和侦察资料也被在其特定海域或接近特定海域的各国气象中心所利用。实际上,JTWC责任范围内的其它每一个国家的和区域的警报中心在制作自己的警报时都在一定程度上考虑了JTWC警报。世界气象组织(WMO)也使用JTWC命名西北太平洋和南海所有热带风暴和台风的惯例。

1.2 多海域预报环境

JTWC责任区域内包含许多国家的和区域的热带气旋警报中心,包括世界气象组织指定的位于东京、新德里、惠灵顿和留尼汪岛的区域专业气象中心(表1)。各中心提供的警报信息、时效和所用的制作警报的方法各异(McBride和Holland,1987)。一般来说,对每一海域JTWC制作最长时效的预报——北半球3天,南半球2天。

1.2.1 路径预报变率与困难

JTWC作预报误差统计是按预报位置与相应后分析的最佳路径位置间的绝对大圆差

计算的。西北太平洋预报误差在70年代后期达到顶峰,且以后仅有很小变化。Neumann和Pelissier(1981)在大西洋也观测到类似的情况。而从1985年起西北太平洋预报一直有改进。

JTWC在其它海域的预报也像在西北太平洋一样有很多改进。在北印度洋海域24和48小时预报继续得到改进。自1980年JTWC开始发布南半球预报以来,开始也获得改进,但与在西北太平洋看到的相似,这个改进看来已达到平稳状态而无更多进步。

Neumann(1981)发现在大西洋异常的大预报误差相对很少且主要与转向形势有关。尽管很少,但其误差很大,对平均预报误差有明显影响。由于预报性能的大起大落,冲淡了用户的信任度,故大的预报误差必须消除。

Pike和Neumann(1987)使用专门开发的CLIPER模式对全球6个海域计算了热带气旋预报难度水平(FDL)。他们定义FDL为对最佳路径起始资料试用气候-持续性模式(CLIPER)的预报误差。表3按海域从难到易排列了标准化的FDL。据研究,最困难的是西南太平洋-澳大利亚海域,最小困难的是北印度洋海域。

JTWC责任范围内热带气旋经历的持续时间和移动距离变化很大。有些热带气旋持续仅一天或移动仅几百公里。而其它如起源于夏威夷东南部的热带风暴Winona(1989)和台风Wynne(1987)移动却超过8000公里。在西南印度洋海域路径可超过4000公里。南印度洋热带气旋Elinor(1983)和西北

表 1 JTWC 责任区域内的其它警报机构,和预报产品的公报标题、台站标识符、台站名称、发布频率、预报时效及各自覆盖的责任区域(摘自 McBird 和 Holland, 1987)

公报标题	标识符	台站名称	发布频率	预报时效	责任区
WWJP20	RJTD*	东京日本气象厅	6 小时一次	24 小时	西北太平洋
WWJP21	RJTD	东京日本气象厅	过渡		—
WWCC	RJTZJ	东京 JSDF	6 小时一次	48 小时	本地
WTSS20	VHHH	香港	6 小时一次	24 小时	本地到 120°E
WTK0	RKSF	韩国	6 小时一次	36 小时	朝鲜半岛
WHCI28	BCGZ	上海	6 小时一次	48 小时	南(中国)海
WTCI	RCTP	台北	6 小时一次	36 小时	本地
WTVM20	VVVS	西贡	6 小时一次	—	南(中国)海
WTSR20	WSSS	新加坡	—	—	本地
WTPH	RPMH	马尼拉	6 小时一次	24 小时	135°E—114°E
	DEMS*	新德里	—	—	北印度洋
WTBW	VGDC	达卡	—	—	孟加拉湾
WTIN/WTAR	OPKC	卡拉奇	—	—	阿拉伯海
WTKN20	HKNA	蒙巴萨	—	—	南印度洋
WTMA20	FIMP	毛里求斯	6 小时一次	24 小时	70°E 以西的南印度洋
WHIO20	EMEE*	留尼汪	6 小时一次	24 小时	70°E 以西的南印度洋
WTAU	ADDN	达尔文	6 小时一次	48 小时	北澳大利亚
WTOC	APPH	珀斯	6 小时一次	48 小时	西澳大利亚至 95°E
WTAU	ABBN	布里斯班	6 小时一次	48 小时	东澳大利亚至 160°E
WHPS	NWWB	新喀里多尼亚	6 小时一次	24 小时	当地
WTPS	NFFN	斐济 Nandi	6 小时一次	24 小时	西南太平洋
	NZKL*	惠灵顿	—	—	西南太平洋

* 区域专业气象中心

表 2 20 世纪与热带气旋有关的重大死亡事件[取自 World Almanac, 1989; Anthes, 1982; 台风年鉴(1959—1979)和热带气旋年鉴(1980—1991)]

日期	位置	死亡数
1908 年 9 月 18 日	香港	10,000
1942 年 10 月 15—16 日	印度孟加拉邦	40,000
1952 年 10 月 22 日	菲律宾群岛	10,300
1959 年 9 月 17—19 日	(台风 Sarah)	2,000
1959 年 9 月 26—27 日	日本和韩国 (台风 Vera)	4,466
1963 年 5 月 28—29 日	日本本州岛	4,466
1963 年 5 月 28—29 日	孟加拉国	22,000
1965 年 5 月 11—12 日	孟加拉国	17,000
1965 年 6 月 1—2 日	孟加拉国	30,000
1965 年 12 月 15 日	孟加拉国	10,000
1970 年 11 月 13 日	孟加拉国	300,000
1977 年 11 月 19 日	(热带气旋 22—77)	10,000+
	印度维贾亚瓦达 (台风 Ike)	1,363
1984 年 9 月 2 日	菲律宾南部	1,363
1985 年 5 月 25 日	孟加拉国	10,000
1991 年 4 月 30 日	孟加拉国	138,000*

* 估计数

太平洋热带气旋 Rita(1972)分别持续了 20 天,创下对台风 Rita 发布警报达 79 次的记录。

1.2.2 强度和地面风结构变率

在 JTWC 责任区的整个范围内,各个热带气旋的大小和强度差别很大。Weatherford (1985)发现西北太平洋热带气旋最大强度与气旋的 15 和 25 米/秒风区的半径间变率很大。表 4 是挑选的热带气旋及 15 米/秒风区直径。台风 Tip(1979)达到创记录的 2220 公里的最大环流型(Dunnavan 和 Diercks, 1980)。台风 June(1975)强度和大小仅次于台风 Tip(Holliday, 1976)。台风 Gay(1989)在泰国湾强度接近 50 米/秒,在孟加拉湾再次加强到接近 70 米/秒,15 米/秒风直径不超过 200 公里。飓风 Tracy(1974)横扫澳大利亚达尔文时强度达 55 米/秒,但 15 米/秒风区半径从中心延伸不到 50 公里(Muffatti, 1975)。在西北太平洋或南半球海域小台风或

表 3 各海域平均标准化预报难度水平值,从最难到最易排列(Pike 和 Neumann, 1987)

排序与海域	预报难度水平标准化值					
	12 小时	24 小时	36 小时	48 小时	60 小时	72 小时
1. 西南太平洋-澳大利亚	1.39	1.37	1.34	1.34	1.33	1.32
2. 北大西洋	1.13	1.19	1.22	1.24	1.24	1.24
3. 西北太平洋	0.99	1.05	1.08	1.11	1.13	1.15
4. 西南印度洋	0.92	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91
5. 东北太平洋	0.83	0.82	0.80	0.79	0.79	0.78
6. 北印度洋	0.71	0.66	0.64	0.61	0.62	0.60
所有海域平均	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

表 4 挑选的北太平洋和印度洋热带气旋估计大小(15 米/秒风直径)与强度关系

名称	年	位置	强度 (米/秒)	大风直径 (公里)
Tracy *	1974	澳大利亚达尔文	75	<100
Kate	1970	4.5°N, 135°E	65	<200
Gay	1989	泰国湾	50	~200
Gay	1989	孟加拉湾	70	~200
June	1975	12.5°N, 135°E	80	~2200
Tip	1979	16.0°N, 135°E	80	2220

* Tracy 中心周围 20 公里范围损失惨重,自中心有 40 公里的大风范围(Muffatti, 1975; 强度取自 Murphy, 1984)

微型台风并非罕见。目前对决定热带气旋大小的机制了解不深,仍需大力研究。

西北太平洋超级台风很普遍,平均每年观测约有 3 个发生。这个平均值会引起某些误解,因年与年间有很大变率。如 1974 年没有超级台风发生,而 1987 年却有 7 个。表 5 (略)列出了全球热带气旋最低海平面气压记录,其中大部分发生在西北太平洋。大西洋和北太平洋海域以外的其它地区的发生情况,表中数字可能偏少,因为没有侦察飞机进行海面气压实测。

达到超级台风强度(67 米/秒或更大)的大多数热带气旋都经历了一个迅速加深的过程,其 24 小时气压下降 ≥ 42 百帕(Holliday 和 Thompson, 1979)。西北太平洋热带气旋的迅速加深非常频繁且可通过使用 Dvorak 强度技术方法(Dvorak, 1975, 1984)由气象卫星图象可靠地估算得到。例如台风 Flo (1990)接近日本冲绳岛时,从气象卫星图象

估算得最小海平面气压 898 百帕、风速 72 米/秒,对应 Dvorak T 指数为 7.0。随后眼墙穿透探测由美国宇航局(NASA)DC-8 型研究飞机提供下投式探空仪进行,得到海平面气压 891 百帕。利用 Atkinson 和 Holliday (1977)风-压关系得到风估计值 75 米/秒。

在讨论热带气旋强度时,用什么测量标准是一个要考虑的重要因素。如 JTWC 与其它警报中心间对于大于 49 米/秒的热带气旋最大强度的估计经常相差甚远。JTWC 强度普遍偏高。Atkinson(1974)利用早期的几个风研究,得出平均 10 分钟风速近似于 1 分钟平均值的 88%,因此, JTWC 对强度作较高估计。强度比较中使问题更复杂的是各警报中心用的 1 分钟对 10 分钟的换算是不同的,有的用 90%,有的用 80%,其它介于两者之间。日本气象厅气象卫星中心也使用从 Dvorak T 指数到 Dvorak 目前强度指数的修正换算方法(Osano, 1989)。结果台风强度以下的热带气旋比 Dvorak 方法给出的强,而强台风则比 Dvorak 值弱。因此用日本气象厅换算方法很少达到超级台风强度(大于 66 米/秒)。

关于最大阵风, Atkinson(1974)引用了 Myers (1954), Kitaoka 等(1971), Taniguchi (1962)和 Deacon(1955)的研究结果,平均而言,最大阵风是 10 分钟平均风速的 1.4 倍和 1 分钟平均风速的 1.23 倍。

1.2.3 多海域预报的基础与人为因素

在 4 大洋区和 7 个热带气旋区域,西北太平洋资料最多。另外在该海域 JTWC 也可直接获取高分辨率极轨卫星资料和每小时一

次的静止卫星图象。西南太平洋是第二个资料丰富区。虽然那里每小时一次的静止卫星覆盖可利用,但 JTWC 必须依靠设在美国内布拉斯加州 Offutt 空军基地的空军全球天气中心(AFGWC)获取滞后的、从极轨卫星得出的热带气旋位置,从中分辨率(3公里)图象估计强度和从微波图象资料看 15 米/秒地面风分布。在印度洋中部和西部的赤道南北两侧,可用资料显著下降,没有实时卫星覆盖资料可供 JTWC 利用,只能全部依靠从外界,主要是空军全球天气中心得到滞后的热带气旋位置和强度资料。设在马里兰州 Suitland 的 NOAA/NESDIS(美国国家海洋大气局/国家环境卫星、数据和情报服务处)分析系统的滞后卫星定位,设在印度洋迪戈西亚岛的海军海洋学指挥特遣舰队的低分辨率自动图象传输(APT)位置和国防气象卫星计划利用的海军舰船发送的非经常定位资料等均作为补充资料。

随太阳南移北半球热带气旋活动减弱,1—3 月南半球热带气旋活动跃为峰值。由于军事需要,值班台风预报员(TDO)任职期一般为 2 年,但未婚美空军人员在关岛服役可短到 15 个月。这意味着培训与取得证书必须是高效的受时间限制的(通常为 3 个月)。在短期内获得所需知识成为每一海域的“专家”本身就是一个巨大的挑战。

西太平洋和南印度洋的多个风暴的特性也提出了挑战。

由于经费有限,多海域特征不仅影响人员与室内项目的开展,也影响室外研究和开发。各警报中心间相互合作对于热带气旋研究与开发的财政节约效果是非常重要的,这种合作的极好例子是海军研究局的“热带气旋移动试验”,它在 1990 年 8、9 月实施,与 3 个别的区域试验——WMO 关于“台风转向与异常移动的特别试验”(SPECTRUM-90)、“台风”(TYPHOON)(前苏联)和“台湾地区台风试验”(TATEX)(Elsberry, 1990)一起进行。

由于同一海域有多个热带气旋预报/警报中心的存在,使得用户自然要比较不同的预报,特别是预报差别很大时。不同警报之间有显著差异时, JTWC 与其责任区域的其它几个警报中心进行会商。

2 背景与展望

2.1 历史

1944 年 12 月俗称“公牛”的海军上将 Halsey 率领美第三航空母舰队执行军事行动闯入菲律宾海的一个破坏性台风中,结果 3 艘驱逐舰沉没,790 人丧生,另外 9 艘军舰船体结构受损,丢失或严重受损飞机 146 架。这次灾难是美海军历史上最大的非战斗性损失。后来调查表明“指挥官太过相信远离此出事点得出的数据和预报了”(Calhoun, 1981)。在关岛建立的台风跟踪中心于 1945 年 6 月 17 日开始实施飞机侦察和警报业务。

二次世界大战后隶属马里亚纳群岛海军指挥的海军台风跟踪中心在关岛 Nimitz 山成立。在此期间,美空军也拥有自己的多种台风警报机构。然而为了消除混乱和过多的重复劳动,提高效力,美国太平洋司令部总指挥下令成立联合台风警报中心这个海空军联合活动,于 1959 年 5 月 1 日开始,负责向 180° 经度以西的所有美国政府机构和密克罗尼西亚公众提供热带气旋警报。一开始, JTWC 发布北半球 180°—100°E 范围的热带气旋警报。越南战争期间和以后, JTWC 扩大了责任区。1971 年 6 月 4 日,增加了孟加拉湾至 80° E 范围。1975 年增加了阿拉伯海至 62.5° E。到 1976 年底,责任区包括从国际日界线到非洲东岸的整个北半球。1979 年 12 月 1 日又增加波斯湾海域。最后一次扩大是 1981 年 JTWC 承担西南太平洋和整个南印度洋热带气旋预报责任。

2.1.1 飞机侦察

1944 年和 1945 年海军上将 Halsey 的毁灭性台风遭遇促使 1945 年关岛台风跟踪中心成立,海军气象中队使用军用飞机进行台

风侦察。

第一个位于西太平洋 30.2°N, 146.3°E 的穿台风眼记录是 1945 年 8 月 12 日由一架从 Iwo Jima 起飞的 PB4Y-1 型飞机完成的。尽管这次以及其它数次顺利地进行了穿眼飞行,但在 40 年代后期特别对发展旺盛的台风,侦察飞机却经常围绕台风眼墙外围飞行且使用雷达确定中心位置(第一气象中队 1947)。1947 年美国空军第一次进行了穿台风(Kathleen 和 Laura)飞行(Owen, 1987)。

1950 年驻日本的第 512 侦察中队开始服役,主要用于台风跟踪,特别是对 20°N 以北的热带气旋。1951 年 2 月 20 日,第 512 和第 514 飞行中队退役。后来驻关岛 Andersen 空军基地的第 54 战略侦察中队和驻日本 Misawa 空军基地的第 56 战略侦察中队服役。1954 年第 54 和第 56 战略侦察中队转属美空军气象局(AWS)管辖。

1957 年海军获得 4 引擎“超级星座 WC-121”型飞机替代老式台风跟踪飞机。近十年来,由于 WC-121 型飞机载有先进的 10 公分雷达,故海军常常夜间执行飞行任务而空军则白天进行。历史上海军的穿风暴飞行常在 100 米以下的低层进行,而空军则在 500—3000 米穿风暴。1971 年 11 月 1 日海军中止了太平洋热带气旋气象侦察飞行任务(台风年鉴 1971)。

1963 年和 1964 年,美空军用 WB-47 型喷气式飞机替代过时的 WB-50 型飞机。然而,由于缺乏下投式探空仪装置、航程短以及云中飞行通信差等原因,证明 WB-47 型飞机是不好的台风跟踪平台。1965 年 7 月第 54 气象侦察中队得到第一架 WC-130 型飞机并开始在台风云天气侦察中使用。

从 70 年代到 80 年代,由于飞机老化和可靠性降低,且来自卫星新的热带气旋位置和强度信息源已是日常可获的信息,故对热带气旋警报的飞机侦察的依赖慢慢下降。

由于信任度降低和经费紧缩的原因,1987 年 1 月 5 日美空军宣布 10 月 1 日第 54

气象侦察中队退役。该中队的最后一次热带气旋侦察飞行是 1987 年 8 月 15 日对台风 Gary,在西北太平洋数百万英里和无数飞行时间后,这次飞行成为美海、空两军参与执行侦察飞行员的时代光辉顶点。

2.1.2 卫星侦察

1960 年 4 月 1 日美国宇航局(NASA)发射首颗气象卫星 TIROS I,开创了气象观测的新纪元。不过在此十年后,JTWC 才从卫星和地面站业务网中受益。由于 70 年代后期一系列 DMSP 空间飞行器失败,迫使 JTWC 使用 TIROS-N 卫星图象。直到 80 年代初期 DMSP 又恢复正常。

为了全球大气研究计划(GARP)的应用,1977 年 NASA 发射了第一颗日本静止气象卫星,从此开辟了太平洋卫星观测的新纪元(Markus 等,1987)。然而两年后 Det 1 和 JTWC 才有了使用这些宝贵新资料的业务能力。到 1980 年,JTWC 对西北太平洋热带气旋一半以上的警报是基于静止卫星资料得出的定位和强度估计值。现在,Det 1 和 JTWC 在开发气象卫星图象新方法及技术改进,更好地确定热带气旋位置、移动、强度和地面风分布方面处于世界领先地位。

2.1.3 业务更改的评估(OPEVAL)

在第 54 气象侦察中队退役前,美空、海军在 JTWC 进行了一个联合试验,来定量评估失去飞机数据的影响。得到了无飞机报告时制作台风警报任务的优缺点的宝贵认识。令人惊奇的是,无飞机报告的热带气旋平均初始位置误差是有正常飞机报告时的 2 倍(40 公里对 22 公里),但各试验组的路径预报误差却相似。

2.1.4 热带气旋移动(TCM-90)的外场试验

1990 年 8—9 月举行的 TCM-90 外场试验(Elsberry, 1989; Elsberry 等, 1990; Sandgathe, 1987)提供了一个在西北太平洋收集一套与热带气旋有关的最完整气象资料的难得机会。

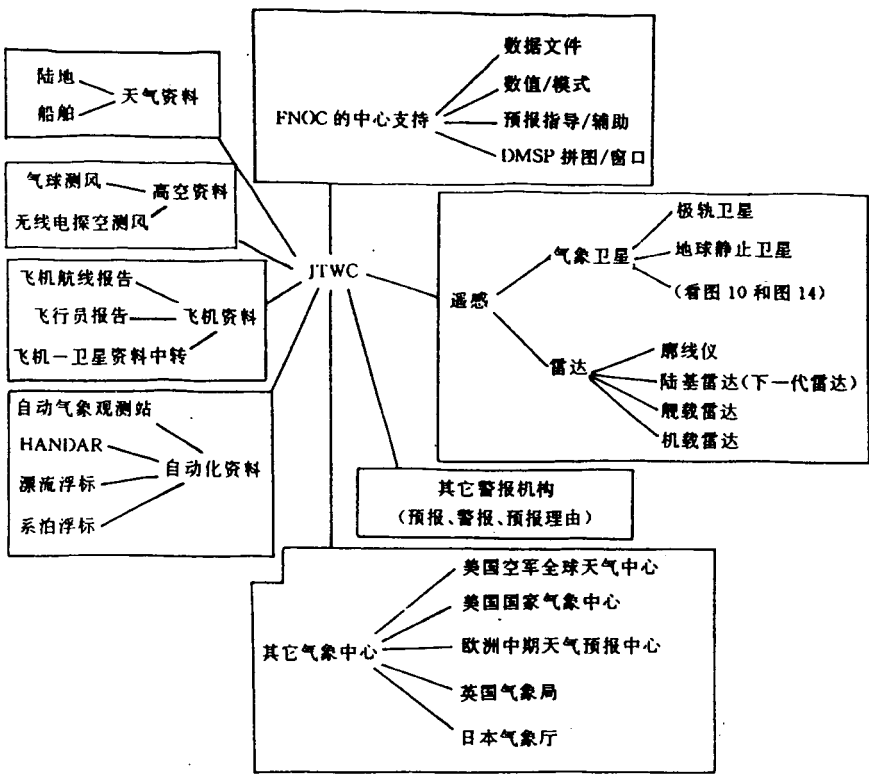


图 11 JTWC 用于分析和预报的各种类型资料的显示排列

TCM-90 外场试验在时间上与另外 3 个单独的外场试验是一致的,使这次试验是最大的一次台风试验。世界气象组织台风委员会发起组织了名为 SPECTRUM 的实时预报试验。名为 TYPHOON-90 的苏联海洋学考察提供了菲律宾海的气象观测, TATEX 研究了台风与台湾地形的相互作用。

大概 TCM-90 试验结果给人印象最深的是环境流场的复杂性和高空大气变化的迅速。在各个加强观测期(IOP)观测到了季风槽、中纬度槽和热带对流层上部槽(TUTT)与嵌置在其中的一些气旋单体的相互作用。在一些例子中台风路径摇摆不定,而另一些例子则路径稳定。对这些影响和其发生的时间的记录提供了一个坚实可靠的科学结果,将有助于预报的改进。

外场试验非常成功且在以下几点极有价值:(1)收集到的资料是高质量的;(2)JTWC 热带气旋业务预报员(包括来自其它警报中

心的访问学者)与研究专家直接交互参与;(3)研究专家获得外场试验经验;(4)国际参与合作来达到共同目标——更好了解和预报热带气旋活动。

2.2 警报的基本原则

JTWC 仅对西北太平洋和南海海域的热带低压(TD)当其强度达到 12 米/秒时有预警要求。因此, JTWC 会指出预计未来 12—24 小时将会发展的热带低压。在其它海域,如果出现对生命财产或军事行动有潜在威胁的热带低压时, JTWC 也将发布热带低压警报。

警报最重要的一点是它要以能被用户很好理解的方式传送给用户。JTWC 依靠在军事基地和海军舰船上的气象专家、灾害预警专家以及民用部门的领导人以及各种媒介向用户解释它的警报。JTWC 保持与所有用户的紧密联系,不仅当警报发出时,且在整年起教育作用。这就确保了警报的有效传送、正确

理解,从而使用户作出恰当的响应。

3 分析和预报初始处理

3.1 资料收集与资料分析

图 11 表示 JTWC 用来作分析和预报的资料情况。图 12 表示为收集资料的通信系统。气象卫星资料的分析由 JTWC 使用的几个地面处理站及系统完成(图 13)。分析的主要工具是卫星云图,收到的标准可见光和红外云图是单张图,或者直接从静止或极轨气象卫星传送来,或者是来自贮存的极轨气象卫星和来自一个气象中心的全球卫星数据库的数字化拼图。

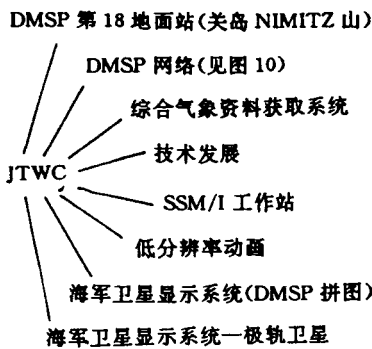


图 12 获取图 11 所示各种资料的数据收集网络

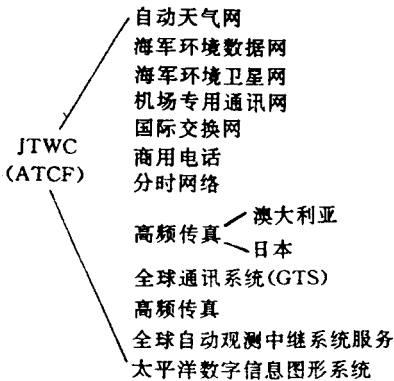


图 13 JTWC 使用的地球静止和极轨卫星资料信息源

卫星气象专家和预报员将从过境卫星监视对流活动已持续了 12 到 24 小时并表现出有组织活动增强的地区。图象分析员必须有

敏锐的眼光和识别各种图型的辨别力。过去几年中新技术发展已大大增加了卫星图象分析员的有用工具。特别重要的是动画功能把静止图象转变成电子文件,它们连接起来就构成运动。这可展示云的相对运动,可暗示旋转风的中心。然而,由于可见光和红外感应器不能透过高层密蔽云区进行观测,故遮蔽了低云。

通过感受发自地球表面的向上辐射的微波能量,国防气象卫星上的 SSM/I(特殊微波/图象传感器)提供来自密蔽云层下部的信息。SSM/I 捕获能量后将其特征发送到国防气象卫星地面处理站进行图形处理、地理定位和视频显示。由于雨水吸收一定的微波频率,故结果图象可显示降水类型和深厚水汽,它有助于分清热带气旋的雨带和台风眼型结构,虽然它们可能会被厚的卷云造成模糊不清。由于来自海表一定频率的微波能量的发射是已有海洋泡沫量的函数,它又正比于风造成的海表粗糙度,故深厚水汽和降水区域以外的海表风速分布型可恢复出来(Hilliday 和 Waters, 1989)。这些分布型拓展了预报员的地面风场以及热带气旋的降水结构知识。

由于海面上常规资料稀少,故热带气旋中心位置须进行遥感确定。大多数情况都用卫星图象为好,雷达定位资料是第二个重要的信息源,特别是对于那些转向系统路径沿着从台湾到日本本州北部稠密的雷达观测网移动时。在缺乏台风眼特征的情况下,卫星分析员有许多有用的定位技术,包括上层与下层云特征的外推和动画处理。增强曲线对注视不同云的温度非常有用。热带气旋强度(例如对热带气旋中心附近 1 分钟平均持续最大表面风的量度)也同位置一样重要。强度资料由 Dvorak 的统计技术(Dvorak, 1977, 1984)得到,它从特定的云型与特征确定一个“T 参数”。随后把 T 参数用于一系列规则获得一个“当前强度数”,它是热带气旋强度的一个估算值。1977 年 Dvorak 技术只是用每天一次大致同一时刻的可见光卫星图象,以

便把云的日变化影响降到最低限度。1984年又改进该技术,采用增强的红外(EIR)资料,这样白天黑夜都可得到强度估算值,对可见光和增强红外两个技术用于白天的情况作了比较。Dvorak技术已被大西洋和西北太平洋海区的侦察飞机证实,可以认为它也可用在其它洋区。在一定天气形势下,例如活跃季风槽中天气系统的发展初期,或迅速加速的系统或环境气压梯度非常大的非季风期系统,Dvorak技术就无能为力。

完善的分析一定要先确定外围海表风分布,船舶报告非常重要,已被广泛使用。Morrissey等(1988)发现西北太平洋的船舶测风非常有代表性。还利用海涌、波浪资料和对船舶风速表高度的了解来核实可疑的测风报告。然而,由于船舶都避开成熟热带气旋航行,故气旋中心附近的表面风资料经常很少。大风和暴风的起始分布是使用Martin和Holland(1988)开发的统计技术进行估计。

JTWC日常进行西太平洋(180°经度以西)和印度洋40°N—30°S范围的一天2次的天气尺度分析。为了尽可能提供最详细的分析,所有陆地天气报告,梯度风层或850hPa气球测风或无线电探空测风观测,浮标站,自动观测站报告以及日本和印度地球静止卫星的低层云迹风(Huber和Thomasoll,1979)都加以利用。另外,由SSM/I导出的15米/秒风半径资料也填绘在热带气旋周围。

高层200hPa图也是手工绘制的0000或1200UTC流线和等高线分析图,它还放进了该图天气时间前后3小时的飞机报告(AIREP)。由所有获得的资料,再加上卫星云图分析员给出的持续对流区的一些位置,就得出西太平洋和印度洋每日一次的重要热带天气报告。这些报告指明一个热带扰动是否有潜力发展为热带气旋。每当估计一个热带扰动有潜力发展为热带气旋时就发布热带气旋形成警报(TCFA)。TCFA报的是12至24小时,它立足于对云量增加、更加有组织的对流、有利的云旋转形式(气旋式打转)和

高空出流等的综合。1990年的JTWC的统计数字表明,对西太平洋的TCFA与实际最接近,这主要是利用了动画显示的地球静止卫星资料的结果。

3.2 热带气旋分析

一旦认为一个热带扰动有很好的机会发展,卫星分析员就提供该系统的位置和Dvorak强度分析。另外室内分析可以包括天气时刻的和1小时1次的区域天气地面分析,本地区域变压分析,海上海区500hPa24小时变高分析和提供此扰动附近及上游地区附加的高空和地面观测时间系列。这些附加资料可增加对扰动结构和影响它的周围天气环境的了解。针对此扰动区,在自动热带气旋预报(ATCF)系统上启动计算机文件,并启动一个过去扰动运动的最佳路径(每6小时一个位置)来帮助制作热带气旋移动预报指导,每次极轨卫星经过热带气旋上空时,由DM-SP网的几个分析员提供至少两个不同的热带气旋位置。另外静止地球卫星图象定位一般每3小时一次。对迅速变化的情况(如爆发性加深,不规则移动和预计会受到低层环流影响的强切变形势)则每小时定位一次。对这些卫星定位再添加雷达报告,天气学定位和气旋过去移动就得出当前位置。预报员按Dvorak技术和天气观测及过去强度趋势来确定最后强度估值。要完成一个热带气旋的最初分析,15、26、50米/秒风半径必须恰如其分地确定。这可综合使用SSM/I观测、天气观测和Martin与Holland风半径技术来完成。现在,预报员就作好了准备,去制作热带气旋路径、强度和风分布预报了。

上述分析方案是在西北太平洋海区使用的方法之一。在其它海区因资料限制,情况要复杂得多,决定一个热带气旋及其周围环境的真实特性更加困难。

4 热带气旋预报

4.1 概述

尽管气象学知识和数值模拟取得了稳定

表 12 客观预报手段

类型	名称	描述
持续性	XTRP (Extrapolation)	按过去 12 小时的运动外推
气候学	CLIM (Climatology)	在季节与空间窗中所有风暴的平均移动
半持续性 半气候	HPAC (Half Persistence and Climatology)	XTRP 和 CLIM 预报位置之间的简单内插
相似	TYAN	与当前热带气旋在位置、年中时间、过去移动、当前强度等方面匹配的所有热带气旋的路径的平均
统计	CLIP	基于持续性与气候学的回归方程
统计—动 力	CSUM (Colorado State University Model)	以相对于热带气旋的不同位置上的地面气压、500hPa 和 200hPa 高度作预报因子,建立 24 小时移动的回归方程组。按当前路径方向用不同的方程
动力	OTCM (One-way Tropical Cyclone Model)	三层原始方程数值模式,205km 网格,由 NOGAPS 预报场提供间隔 12 小时的单向影响边界条件
动力	FBAM (FNOC Beta Advection Model)	NOGAPS 深层(1000—100hPa)平均引导气流加上经验推导的 β 效应引起的传播
动力	MBAM (Medium Beta Advection Model)	同 FBAM,但引导的计算层在 850—500hPa
动力	SBAM (Shallow Beta Advection Model)	同 FBAM,但引导的计算层是 850—700hPa
统计	CCWF	用横向往纵向路径误差的协方差矩阵建立一个几种 ATCF 手段的混合

表中: NOGAPS——Navy Operational Global Atmospheric Prediction System(海军全球大气预报业务系统)

FNOC——Fleet Numerical Oceanography Center 舰队数值海洋学中心(美国海军)

ATCF——Automated Tropical Cyclone Forecast (System) 热带气旋自动预报(系统)

的进展,但对热带气旋移动、强度和风分布的预报仍需预报员做大量的主观判断。移动预报的进展最快,主要归功于现代全球数值模式预报能力不断增强,它以合理的准确性预报出主要控制热带气旋移动的天气特征的演变。对于强度预报 JTWC 预报员必须更多依靠气候知识和经验技术,对风分布预报则基本上是靠持续性方法,加上预报员判断作修改。

4.2 风暴移动

表 12 表示 JTWC 日常使用的客观预报手段。1991 年 JTWC 开始向世界上几个数值预报中心提供热带气旋初始位置、强度和假想的 15 米/秒风半径资料。

基于这些方法, JTWC 预报员就制作出一个能代表预期是最好客观手段的综合预报。对于开始的 12—24 小时持续性预报的权

重总是很大。典型的情况是,当一个热带气旋深深地嵌置于热带东风带时,各种客观手段预报在方向和速度上非常一致。然而,当有“分叉点”时,就很难预报是否转向,还是继续直线移动或其它不规则运动。

4.3 强度

路径预报完成后, TDO 决定为期 3 天的强度和风结构预报。第一天强度预报使用 Dvorak 预报强度估计值与卫星云图动画相结合完成。第二和第三天预报使用带修改的气候学和相似方法,它基于是否当前和预报的天气环境状态会有利于正常或迅速发展/减弱。自 1990 年以来地球静止卫星资料已生动地揭示了热带气旋与对流层上部出流通道和环境之间的关系。当高空有多个出流通道或出流在特定位置上预计会与台风耦合, JTWC 则预报台风迅速加深。

4.4 风分布

一旦强度预报完成,气旋的风分布就决定了。初始风分布采用 Martin-Holland 风半径技术,它用中央密蔽云区大小和从卫星云图估计的当前强度来产生一个风剖面,由于加深、减弱(Weatherford, 1985, 1989)、温带转移和陆地相互作用,对该剖面然后作膨胀/收缩的修改。

5 警报过程

5.1 热带气旋警报的制作

一旦预报制作完成,热带预报员就必须制作恰当的警报。警报报文的产生是在 ATCF 上由预报员与计算机交互式自动进行的。

5.2 热带气旋警报的分发

热带气旋警报和相关的预报推理报文被放入各种不同通信电路以确保它们在可能范围内广泛分发。在美国本土,国家气象局把警报放入机场专用通信网(AFTN)和全球通信系统(GTS)。

一旦警报做成和分发完毕,热带预报员将同有可能受热带气旋影响地区的军事气象官员联系,讨论警报和一些相关的不确定性问题。热带预报员也回答当地预报员可能有的问题,若有需要并协助制作局地区域预报。

6 JTWC 的附加计划

6.1 后分析与文献工作

发生在西北太平洋和北印度洋的所有重要热带气旋的风暴后分析以《热带气旋年鉴》(ATCR)形式出版。在时间允许情况下也发表南半球资料。

JTWC 对每一个热带气旋季节进行了详

细的统计分析。汇编了每个初始警报时间和 24、48、72 小时预报的强度和位置误差。

风暴后分析与统计分析向预报员提供了业务应用和技术开发研究有价值的资料。通常在次年 4 月底前出版 ACTR。JTWC 预报员也以技术短文或论文形式发表其重要发现。

6.2 培训、资格与证书(略)

6.3 技术发展(略)

7 总结

1987 年西北太平洋侦察飞机的退役给 JTWC 带来了许多挑战。为作出响应, JTWC 和并列的卫星分析和技术开发部门完成了为增强分析和预报能力的许多革新性的改变。这些改变围绕着新资料源的识别与获取、新的自动化 ATCF 软件的改进,新的和改进的预报模式以及气象卫星资料应用的飞跃。新的红外增强曲线、动画技术、微波图象资料对热带气旋定位和决定 15 米/秒风半径的开发利用,和能提供真实非对称风剖面的富有创新的风分布模式,已使 JTWC 改进它的全部分析和预报能力成为可能。类似于在美国和澳大利亚使用的 McIDAS(Hibbard, 1986)和 VDUC(Perkins 和 Ambrose, 1989)系统,气象图象、资料显示和分析系统已给卫星分析员和台风预报员提供了集合使用所有资料源的能力。一个综合快捷的自动化参考项目——“热带气旋专家系统”现正在开发,它将在增加资料与时间管理效率、培训和“立即可得经验”获取方面发挥更大的作用。

解明恩译自美国 *Weather and Forecasting*, Vol. 7, No. 2, June 1992, Special Military Issue, 328—352

文昌校