

热带气旋降水客观分离业务化探讨

鲁小琴¹ 赵兵科¹ 张 维¹ 任福民²

(1. 上海台风研究所, 200030; 2. 国家气候中心)

提 要: 针对中国热带气旋(Tropical Cyclone, 简称 TC)降水的分离问题, 利用国家气候中心任福民等提出的客观天气图分析法(Objective Synoptic Analysis Technique, 简称 OSAT)对 2005 年影响我国强度达到台风以上的 6 个 TC 降水进行了客观分离, 并与人工的主观识别方法进行了对比。结果表明, OSAT 客观方法由于对 TC 外围流系最大范围半径 D_1 设置偏大, 导致原来的判别测站数比主观方法多, 其他系统或 TC 和其他系统共同作用的降水被包含进来, 所以误判率较高, 但遗漏少。为了减少误判率, 将 OSAT 方法中的 D_1 根据实况环流场给出, 判别准确率得到了提高, 但会出现判别结果比主观方法略偏少的现象, 原因是 TC 和其它系统(冷锋、西风槽等)的相互作用结果没有考虑进去。总的来说, 对 D_1 的设定由原来根据 TC 强弱度给出常参数方案组改为根据实况观测、云图等资料获得后, 提高了识别效果。使用该客观方法识别 TC 降水的精确度能满足业务需求, 可以投入业务使用。

关键词: TC 降水分离 客观方法 主观方法 业务系统

Discussion on the Objective Partitioning Operation of Tropical Cyclone Precipitation

Lu Xiaoqin¹ Zhao Bingke¹ Zhang Wei¹ Ren Fumin²

(1. Shanghai Typhoon Institute, CMA 200030; 2. National Climate Center)

Abstract: For partitioning precipitation of tropical cyclone (TC) in China, an Objective Synoptic Analysis Technique (OSAT) was used on six TCs affecting China in 2005. The results were compared with those results using subjective technique. It showed that some station observations caused by other weather systems or interaction between TC and other weather systems were included because the radius D_1 of circulation around maximum TC area was set too big. So the distinguish error is high, but missed unlikely. In order to reduce the distinguish error, a method of setting D_1 by real-time observations circulation radius and cloud and so on was proposed. Finally

资助项目: 本研究得到中国气象局上海台风研究所基金项目“中国台风降水客观分离方法及其应用研究”资助

收稿日期: 2007 年 5 月 29 日; 修定稿日期: 2007 年 12 月 7 日

the distinguish error was reduced, but missed a little more. The new result showed that rain station numbers partitioned by improved objective technique could be less than that of subjective technique because the effect of interaction between TC and other weather systems (cold front, west wind trough etc.) was not taken into account. Shortly, the accuracy of partition was improved after D_1 was reset by integration of observation data and cloud image and so on instead of intensity of TC. The precision of TC precipitation partitioned by the objective method could be accepted in operation. It could be applied in operation.

Key Words: partitioning of TC precipitation objective technique subjective technique operation system

引 言

热带气旋带来的灾害居于当今危害全球十大自然灾害之首,其主要灾害是由风暴潮、暴雨和大风引起的。对 TC 引起的暴雨研究是 TC 研究的一个重要方面^[1-2],也是目前的国际前沿课题。而在暴雨研究中,如何准确客观地分离 TC 系统的降水和其它天气系统的降水无疑是 TC 暴雨研究中的重要一环。一方面有利于人们客观认识 TC 天气系统;另一方面有助于增强人们对 TC 灾害的客观评估。同时 TC 系统的降水分离问题也是 TC 业务工作中面临的一个重要问题。任福民等^[3-4]针对中国 TC 降水的分离问题,提出 OSAT 方法。该方法主要从降水场的结构分析入手,首先将降水场划分成不同的雨带,然后根据 TC 结构的气候学特征来识别 TC 降水,分离效果尚可。该方法中主要参数 D_0 (TC 前飚线距 TC 中心的最远距离)和 D_1 (TC 外围流系半径的上限)的设定对降水分离结果起决定性作用。最近,王咏梅等^[4]对此方法做了进一步的改进,实时修定 D_0 和 D_1 可以改进分离效果,但仍是以固定常数方案组给出。目前,在上海台风研究所 TC 降水分离业务工作中常采用人工判别方法来进行 TC 降水分离。由于它十分费时,而且人为参与了判别过程,不利于结果的客观化,

所以正试图以上述客观方法取代人工判别方法,故需要对该方法进行一些对比试验,检验此客观方法的分离精度能否满足 TC 降水分离业务的要求。同时,由于该客观方法中的重要参数的确定主要根据 TC 强弱和 TC 中心位置的变化来进行,不是很合理,有待做进一步的改进。

文中使用 OSAT 方法,对 2005 年影响我国的强度达到台风以上的 6 个 TC 作了试验,并对其中参数 D_1 作了进一步改进,改善了热带气旋降水识别的准确率,使得 TC 降水划分工作的客观化程度和工作效率得到提高。对该方法中的参数 D_1 改进后精度满足业务的需求,可以投入业务运行。最终在上海台风研究所建立起相应的准实时 TC 降水客观分离业务系统。

1 试验所采用的方法和使用的资料

采用 OSAT TC 降水客观分离方法进行 TC 降水分离。该方法首先是基于降水分布的结构分析,日降水场可分解成几个独立的雨带和一些离散的降水台站;然后,根据 TC 中心与各独立雨带和离散降水台站之间的距离关系,确定相应的 TC 降水雨带。值得一提的是,TC 降水控制距离最小范围半径 D_0 和 TC 外围流系半径的上限值 D_1 是两个重要参数。

所用资料为 2005 年影响我国强度为台风以上的 TC 资料(分别为 0505、0513、0519、0515、0509 和 0518)。资料包括 TC 路径、强度、风速风向和 730 个台站逐日降水资料,资料时段为前一天 20 时至当日 20 时,另外,也使用了加密的降水资料及上海台风研究所 TC 降水人工分离资料。路径、强度和风速风向资料来源于上海台风研究所,降水资料来源于国家气象中心。资料为每个热带气旋生命史的完整资料。值得一提的是,上海台风研究所在进行 TC 降水人工主观分离时,一般不考虑 1mm 以下的降水;另外,由于台湾地区详细的降水资料得不到,在《热带气旋年鉴》中 TC 降水资料分析未考虑台湾地区,所以本文无论用主观方法还是客观方法分析 TC 降水都不考虑台湾地区。

2 TC 降水客观分离试验

对 2005 年影响我国强度为台风以上的 6 个 TC 进行降水客观分离试验,其中登陆后西北行并消失的有 0505 台风、0513 台风和 0519 超强台风;登陆后转向的有 0515 台风和 0509 强台风;西行的有 0518 强台风。其路径分布如图 1 所示。

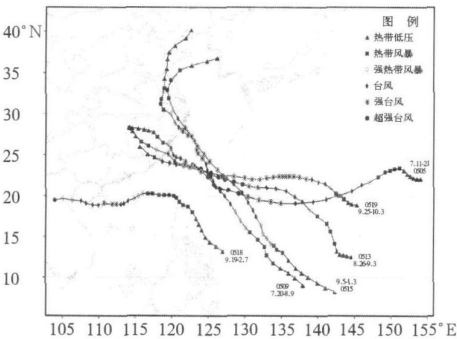


图 1 2005 年影响我国的强度达到台风以上的 6 个 TC 路径

2.1 试验 1

针对上述 6 个 TC 资料,依据 OSAT 方法进行 TC 降水客观分离。以主观方法分离结果作为基准,定义差异率为:(误判 + 遗漏)/主观方法分离结果。表 1 给出了 0515、0518 号 TC 降水主客观分离结果的对比。

表 1 0515、0518 号 TC 降水主客观分离结果对比

日期	降水站个数		差异率 / %	偏差个数			
	客观	主观		1 象限	2 象限	3 象限	4 象限
050910	11	8	37.5	0	3	0	0
050911	105	98	23.5	0	15	0	0
050912	229	203	29.6	0	19	12	11
050913	76	56	35.7	0	6	14	0
050922	4	3	33.3	0	1	0	0
050923	60	52	57.7	3	16	0	0
050924	136	93	63.4	30	21	0	0
050925	136	124	35.4	14	14	0	0
050926	173	131	48.9	52	1	0	0
050927	260	181	60.2	32	62	0	0

从结果可以看出,利用 OSAT 方法和主观方法分离结果的差异数在 TC 中心的 4 个象限的分布平均为 13 个、32 个、9 个和 3 个;OSAT 方法分离结果(分离台站数)的差异率平均为 42.4 %;并且差异主要分布在当日平均 TC 中心的北部,即 1 和 2 象限。因为 6 个 TC 的路径趋势为西行或西转向,因此分离偏差即大多在气旋移动方向的右前侧,这可能与 TC 本身带来的狂风暴雨一般主要在其右前象限区域分布偏重有关,故容易在该区域产生偏差。

其中分离差异最大的是 0513 号热带气旋在 8 月 31 日降水分离结果(图 2)。进一步分析指出,其差异主要是由于 OSAT 方法对于 TC 前侧线距 TC 中心的最远距离 D_0 和 TC 外围流系半径的上限值 D_1 的设定问题。任福民和王咏梅等^[3-4]根据 TC 的不同强度级别以及距离降水台站的远近给出了

12 种最佳参数方案。但是该组参数仍然是以固定常数给出的,因此它们不能充分反映该时次 TC 的尺度范围情况。事实上,TC 强度和其大小之间的相关性很差^[5-6],故以强度来推测其尺度(如外围流系半径)不很合理,而应该增加实时 TC 大小尺度因子来描述。另外由于主观分离 TC 降水时 1mm 以下的降水测站被忽略,而客观方法无此规则,故这也会在 TC 环流中或边缘产生一定的偏差。

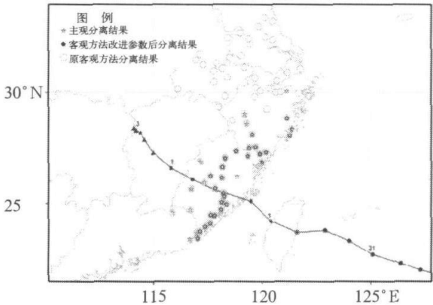


图 2 2005 年 08 月 31 日降水主客观分离结果对照图

2.2 试验 2

依据试验 1 的 OSAT 方法,对参数 D_1 的设定作进一步修正。修正方法(简称 OSAT2)主要是综合实况观测(如天气图等)和卫星资料,用满足低压风场环流情形的外圈闭合等压线的平均半径来表示^[5] TC 环流区域范围,进而给出特定热带气旋特定时次的外围流系半径上限值。

由于天气图只有每日 08 时资料(试验使用香港天文台当日 08 时天气实况图),因此选取试验日 08 时天气实况,并读取其外圈闭合等压线的平均半径,同时根据对应时刻地面风场的环流情形、卫星云图的螺旋云带等进行适当的大小调整。如 TC 系统边缘虽在闭合等压线内,但由于其他因素内部风场环流部分已经改向,并不满足 TC 风场逆时针

旋转的流向,因此适当调整至流向合理的范围内。OSAT2 方法结合了实时天气形势,但不考虑西风槽、冷空气等其他系统的共同作用。取本次试验中影响我国的 6 个 TC 对应时刻的环流半径如表 2 所示。

表 2 试验日 08 时 TC 环流半径(以 0515、0518 为例)

TC 编号	日期	D_1 /km	备注
0515	050910	400	
	050911	350	
	050912	250	
	050913	600	
0518	050922	600	TC 前方有冷锋
	050923	800	
	050924	800	
	050925	750	北部有冷高压
	050926	750	
	050927	700	

重新设定 D_1 后,就试验 1 相同的降水资料 and TC 基本资料分离 TC 降水,部分结果如表 3 所示。

从分离结果可以看出,更改了参数 D_1 的设定后,利用 OSAT2 方法和主观方法分离差异数在 TC 中心的 1、2、3 和 4 象限分布平均为 8 个、12 个、5 个和 3 个。同样也主要分布在当日平均 TC 中心的北部,即 1 和 2 象限;OSAT2 方法分离 TC 降水结果(分离台站数)差异率降为 38.1%。表明综合了实况观测对 TC 尺度进行描述后,降水分离准确率较原客观方法有了改进提高。如 0513 号热带气旋在 8 月 31 日的分离效果,比原参数方案的结果更好,如图 2 所示。但是由于和其他系统的相互作用没考虑,故也有个别的分离偏差也加大了,如 9 月 22 日。从天气图上可以看出,在 0518 号热带气旋移动方向的右前侧,有一冷锋与其相遇,因此在其交界处存在降水,可能是共同作用造成,OSAT2 方法没有将其统计为 TC 降水。

表 3 OSA T2 方法对影响我国的 TC 降水与主观分离结果对比

日期	降水站个数		相同数	差异率 / %	偏差数			
	客观	主观			1 象限	2 象限	3 象限	4 象限
050910	11	8	8	37.5	0	3	0	0
050911	103	98	88	25.5	0	15	0	0
050912	229	203	186	29.6	0	19	12	11
050913	74	56	55	35.7	0	6	13	0
050922	1	3	0	133.3	0	1	0	0
050923	52	52	39	50.0	1	12	0	0
050924	118	93	81	52.7	20	17	0	0
050925	114	124	102	27.4	8	4	0	0
050926	128	131	108	32.8	19	1	0	0
050927	145	181	135	30.9	2	8	0	0

3 结论和讨论

从以上试验可以看出,将 D_1 参数改为根据 TC 实况环流场来给出后,判别的差异率有所降低,由原来的 42.4 % 降为 38.1 %。OSA T 方法由于对 TC 外围流系半径设的常数偏大,导致原来的判别测站数比主观方法多,其他系统或气旋和其他系统共同作用的降水全部被包含进来,所以误判率较高,但遗漏少。OSA T2 方法中存在的问题是, D_1 参数虽然得到改进,但由于没考虑其它系统和 TC 的共同作用,因此虽然判别准确率有所提高,但出现判别结果比主观方法偏少,有遗漏的现象。

进一步讨论的问题是对于参数 D_0 的设置问题,因为在热带气旋中会有飑线出现,但本方法中指得是 TC 快速移动时,在 TC 前方形成的一排强对流区,称其为 TC 前沿飑线(姚祖庆)。相当于在气旋外围,存在的环气旋中心雨带,类螺旋带。它相对于移动气旋保持着准静止性质^[5-6],不一定在同一圆周上。主带通常含有活跃的对流,并伴有强铅直运动和切向风的最大值,在结构上非常类似于一般的热带飑线。附近有明显次生螺旋带,次生带多是弱对流性的。故很难设定

其位置。因此如何获得此参数值,有待进一步试验和研究。其次是热带气旋带来的降水和多种因素有关,最基本的有热带气旋本身的结构、地形、大环境场以及它们之间的相互作用等。如何在本方法中将更多的影响因子结合进去,是提高识别准确率的一个关键。如:TC 结构尤其在登陆后的 TC 结构大多数是不对称的,不论高空还是地面。因此不能笼统地以一个圆来表述其范围,而以 4 个或 8 个象限的环流分布来取代可能更逼近真实情况。

4 TC 降水分离业务系统建设的初步设想

通过以上对 2005 年 TC 降水分离试验和讨论可知,OSA T 方法分离结果尽管与人工分离的有一定的差异(主要是由于 D_1 或 D_0 设置不合理而引起的),但通过调节参数 D_1 可以提高分离的准确率,从而满足业务需要。在以上分析和讨论的基础上,对上海台风研究所的 TC 降水分离业务系统建设有一个初步设想,首先在台风所建立自动和人工结合的 TC 降水分离业务系统,系统流程如下:从资料库中提取 TC 个例 24 小时降水资料;根据云图、实况观测等综合资料提供参数 D_1 ;实时运行自动分离系统,并保存分离结

果作为 TC 降水的初步确定;在综合分析处理平台上叠加初步的 TC 降水结果和对应时刻天气图,对识别结果进行人工修正,最终确定 TC 降水范围。然后通过 1~2 年的业务运转和研究建立完全自动的 TC 降水分离业务系统,即能根据多种综合资料自动决定 D_0 和 D_1 参数的取值。希望能够借助该业务系统快速、便捷、客观地识别 TC 降水。

本文仅仅对 TC 降水客观分离做了一些初步工作,在业务化之前还需要做更多的研究工作。譬如在使用同样降水资料的情况下对不同路径登陆 TC 进行主客观降水分离对比分析;TC 外围流系半径 D_1 的最佳选取及选取方法探讨等,有待下一步工作继续完成。

参考文献

- [1] 张少林,龚佃利,陈晓红,等. 热带气旋远距离暴雨过程的诊断分析[J]. 气象,2006,32(4):29-33.
- [2] 何立富,梁生俊,毛卫星,等. 0513 号台风泰利异常强暴雨过程的综合分析[J]. 气象,2006,32(4):84-90.
- [3] 任福民, B. Gleason, and D. R. Easterling. 一种识别热带气旋降水的数值方法[J]. 热带气象学报, 2001,17(3):308-313.
- [4] 王咏梅,任福民,王小玲,等. 中国台风降水分离客观方法的改进研究[J]. 气象,2006,32(13):6-10.
- [5] 陈联寿,董克勤,金汉良,等译. 热带气旋全球观[M]. 北京:气象出版社,1994:34-35.
- [6] 陈联寿,丁一汇. 西太平洋台风概论[M]. 北京:科学出版社,1979:31-58.