

中国台风降水分离客观方法的改进研究

王咏梅^{1,3} 任福民² 王小玲² 李维京² 邵德民⁴

- (1. 北京大学物理学院大气科学系, 北京 100871;
2. 国家气候中心 中国气象局气候研究开放实验室;
3. 山西省运城市气象台; 4. 上海台风研究所)

提 要: 针对中国台风*降水的分离问题, 对原客观分离方法进行改进研究。首先提出判别指标, 然后对主、客观方法分离台风降水结果进行对比分析, 在此基础上确定了将原客观方法中两个重要的参数由固定参数调整为可变参数的方案思路, 并最终确定了最佳改进方案。

结果显示, 客观分离方法的改进效果十分明显。此外, 对客观方法进行个例检验, 并引入了美国卫星综合降水 (CMORPH) 资料, 结果表明改进后客观方法在双台风降水和台风与中纬度系统相互作用产生的降水识别上均表现出较强的能力。

关键词: 台风降水分离 客观方法

The Study on the Objective Technique for Partitioning Tropical Cyclone Precipitation in China

Wang Yongmei^{1,3} Ren Fumin² Wang Xiaoling²
Li Weijing² Shao Demin⁴

- (1. Department of Atmospheric Sciences, the School of Physics, Peking University, Beijing 100871;
2. Laboratory for Climate Studies, National Climate Center, CMA;
3. Yuncheng Meteorological Observatory; 4. Shanghai Typhoon Institute)

Abstract: An advanced technique for partitioning tropical cyclone precipitation is studied.

资助项目: 本研究工作得到中国气象局 2005 年度气候变化专项“中国近五十年影响台风的长期变化趋势研究”的资助
收稿日期: 2005 年 12 月 12 日; 修定稿日期: 2006 年 1 月 17 日

* 本文中的台风一词并非严格意义下的台风, 而是泛指所有的热带气旋。

First, indices describing the differences between the subjective and objective partitioning precipitation are defined. Second, an idea for generating developing scheme was drawn up; changing the two important fixed parameters into variable parameters. Finally, the best scheme for the advanced technique is determined. Results show that the advanced technique has made a great improvement. Then, case verifications, especially with NOAA's CMORPH data, prove that the advanced technique showed relative strong ability in distinguishing precipitations from two different TCs or a TC with a mid-latitude system.

Key Words: partitioning of tropical cyclone precipitation objective technique

引言

台风暴雨是台风带来的主要灾害之一^[1,2]。IPCC认为就台风(飓风)研究而言,对其降水的研究是一个重要的方面,尤其是关于如何从观测资料中分离出台风降水以及台风降水的气候变化问题^[3]。实现对台风降水的有效分离,无疑将增强台风灾害评估的基础,而且对于台风及台风降水气候预测机理与成因的研究也同样具有重要的现实意义。

目前,中国台风降水分离方法主要有上海台风研究所使用的人工判别方法和一种用于研究的客观方法^[4]。在实际业务应用中,人工判别方法尽管目前还在使用,但由于它十分费时,而且由于人参与了判别过程,不利于结果的客观化,因此正试图以客观方法取代人工判别方法^[5]。任福民等^[4]提出的客观方法在研究中尽管表现出了一定的台风降水识别能力,但还不能充分满足业务需求。原因有二:其一,方法中的重要参数主要是依据美国历史资料确定的,对中国只进行了台风个例对比,因而有必要利用中国历史资料对方法中的有关参数进行调整,使之更适合于中国台风降水的分离;其二,原客观方法所用资料的台站数量仅为196个,而台站的多寡对分离效果有很大影响,目前随着资料共享程度的提高,已具备了开展此改进研究的条件。

本研究工作以上海台风所的人工台风降水分离方法为参照,利用更丰富的台站资料,从重点考查中国历史台风降水分离总体效果的角度,对中国台风降水分离的客观方法进行改进研究。

1 原客观方法与资料简介

原客观方法的基本思想是由计算机按照预报员识别台风降水的思路来进行台风降水识别。主要步骤如下:首先,进行自然雨带分离,从降水场的结构分析入手,将降水场划分为多个独立的雨带以及一些零星降水台站;第二步是进行台风雨带识别,根据这些雨带与台风中心之间以及各降水台站与台风中心之戒的距离关系来确定台风降水。需要说明的是其中的两个重要参数: D_0 为绝对台风降水控制距离,所有与台风中心距离小于此值的降水均被定义为台风降水; D_1 为可能台风降水控制距离,对于台风与中纬度系统相互作用产生的可能台风雨带中的降水,只有当它与台风中心距离小于此值,才被定义为台风降水。 D_0 一般取500km, D_1 取台风外围流系半径的上限值约1100km^[2]。方法详见参考文献[4]。

所用资料为:(1)来自上海台风研究所的1949~2004年西北太平洋台风资料。(2)供客观方法使用的1951~2004年677个台站逐日降水资料。来源渠道有二:一是国家气象信息中心,包括659个台站,日资料时

段为前一天 20 时至当日 20 时；另有来自台湾岛的 18 个台站资料。(3) 上海台风研究所 1949~2003 年台风降水资料。日资料时段有变化：1949~1984 年为当日 8 时至次日 8 时，1985~2003 年为前一日 20 时至当日 20 时；资料涉及 1474 个台站。

2 对比分析

2.1 指标定义

在对主、客观方法分离结果作比较时，主要从两种方法分离结果中台风降水范围（即面积）上的差异进行考虑。图 1 为主、客观方法台风降水分离结果示意图，其中 A 代表人工识别分离的台风降水面积，B 代表客观方法分离的台风降水面积。

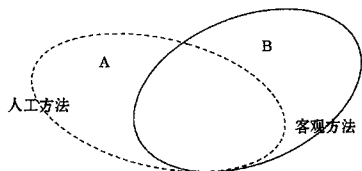


图 1 主、客观方法台风降水分离结果示意图

可建立两个反映 A 与 B 之间差异程度的指标

$$Q = A \cup B - A \cap B \quad (1)$$

$$P = A \cap B / A \cup B \quad (2)$$

其中， Q 表示两者的绝对面积差， Q 越大表明两者的差异越大； P 表示两者的面积吻合率， P 越小表明两者的差异越大。不难理解，当 $Q \rightarrow 0$ 且 $P \rightarrow 1$ 时，两种方法的差别最小。

基于上述两种指标，根据研究对象（某日、某一台风个例或某一给定时段）的不同，可以得到三类指标：

日指标：日绝对面积差 Q_d 和日面积吻合率 P_d ；

个例指标：个例累积绝对面积差 Q_g 和

个例累积面积吻合率 P_g ；

总体指标：总体累积绝对面积差 Q_t 和总体累积面积吻合率 P_t ；

其中，个例指标和总体指标中的“累积面积”或“累积绝对面积差”均表示对相应的“日面积”或“日绝对面积差”的累积量。

2.2 对比分析结果

取资料共有时段 1951~2003 年作对比分析。原客观方法结果显示，1951~2003 年发生在西北太平洋的台风共有 1811 个，其中给中国带来降水的有 1013 个。效果图（图略）表明，主、客观方法分离结果之差异较大，个例累积绝对面积差 Q_g 的平均值为 $126 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，最大值高达 $779 \times 10^4 \text{ km}^2$ ；而个例累积面积吻合率 P_g 的平均值仅为 0.29，甚至有 273 个个例的吻合率为 0。进一步分析发现，差异明显的原因可以归纳为以下四种情况：

(1) 客观方法参数选取方式有待改进

从日台风降水分离中选取满足 $0.38 > P_d > 0$ ， $Q_d > 150 \times 10^4 \text{ km}^2$ 差异最显著日的台风强度进行统计，分析面积误差与台风强度之间的可能关系。结果表明，所有差异显著的情形均出现在强度等级最低一级（即热带低压，最大风速 $< 17.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ）。由于原客观方法中 D_0 和 D_1 为固定参数，并未考虑到它们与台风强度之间可能的联系，这就是导致客观方法出现误差的主要原因。可以预期，对于 15 个差异显著日的情形，客观方法如果使用较原来小的参数 D_0 和 D_1 ，必将改进其台风降水分离效果。

(2) 主、客观方法所使用的降水资料在日资料时段上不一致（详见本文第 2 部分），这必将对分离结果造成一定影响。

(3) 主观方法台风降水资料存在一定出入。

又包含三类情形。第一类如 1961 年第

17号、1967年第49号、1984年第15号等台风出现资料缺漏；另一类是由于主观方法中同一台风的降水与其路径的日期不匹配所引起；第三类是个别台风存在明显的误判（如2002年7号台风）所致。

(4) 对于 $P_g=0$ 、 Q_g 较小的个例，主要是由于原客观方法识别了大量的较远距离台风造成的大陆沿海或两大岛屿小范围降水，而主观方法未识别所致。

3 最佳方案及结果分析

3.1 最佳改进方案确定

以上分析表明，客观方法中 D_0 和 D_1 应该改变为可变参数，取值随台风强度等级而变化；同时，考虑到台风登陆前后与中高

纬度系统相互作用容易造成远距离暴雨的特点^[6~8]，对于近距离影响台风（含登陆期间）和远距离影响台风在参数取值上也应有所区别。基于上述考虑，设计了12种改进方案（含原方案）。结果表明，与主观方法结果差异最大者为原方案，表1给出最佳改进方案。

3.2 改进效果检验及讨论

对改进前、后客观方法年总体面积吻合率（图略）结果分析表明，改进后客观方法与主观方法之间的总体累积面积吻合率达到0.47，较原客观方法效果有较大提高，平均提高了0.07。对个例结果和日结果分离效果的分析也反映出改进效果十分明显：个例累积面积绝对差、最大日面积绝对差以及两者相应的平均值均大幅度下降。

表1 客观方法最佳改进方案参数设定*

台风中心附近最大风速/ $m \cdot s^{-1}$		D_0/km	D_1/km
远距离台风 ($D_{min} \geq 300km$)	<17.2 (热带低压)	200	500
	17.2~24.4 (热带风暴)	300	700
	24.5~32.6 (强热带风暴)	400	900
	≥ 32.6 (台风)	500	1100
近距离台风 ($D_{min} < 300km$)	<17.2 (热带低压)	300	700
	≥ 17.2 (热带风暴、强热带风暴、台风)	500	1100

* D_{min} 为台风中心与台站的最小距离

对造成“75.8”暴雨的7503号台风降水识别结果进行检验表明，改进后的方法保持了原方法对双台风产生的降水的有效识别能力（参见文献4）。

台风麦莎是2005年影响中国范围最广、带来降水最多、经济损失最大的台风。图2a显示，2005年8月5日中国东部自东北向南至东南沿海广大区域出现了降水，识别得到的台风麦莎降水为华东地区的所有降水。图2b反映的中国降水形势与图2a一致，当天麦莎造成的降水主要出现在海洋上，但在台湾及浙江沿海出现了成片的台风暴雨，华东地区大部都为台风降水覆盖，这

与图2a台风降水的分离结果相一致。结合环流形势及卫星云图（图略）分析发现，5日台风北部倒槽与其北面切变线相互作用而联成一体，直接造成了当天东部广大地区的降水。尽管目前台风与中纬度系统之间相互作用时很难清晰地划定各自环流的界限，但根据上述背景，不难看出图2a给出了相当合理的台风降水分离结果，较好地將台风倒槽降水与其北面切变线的降水实现了分离。

4 小结

综上所述，可以小结如下：

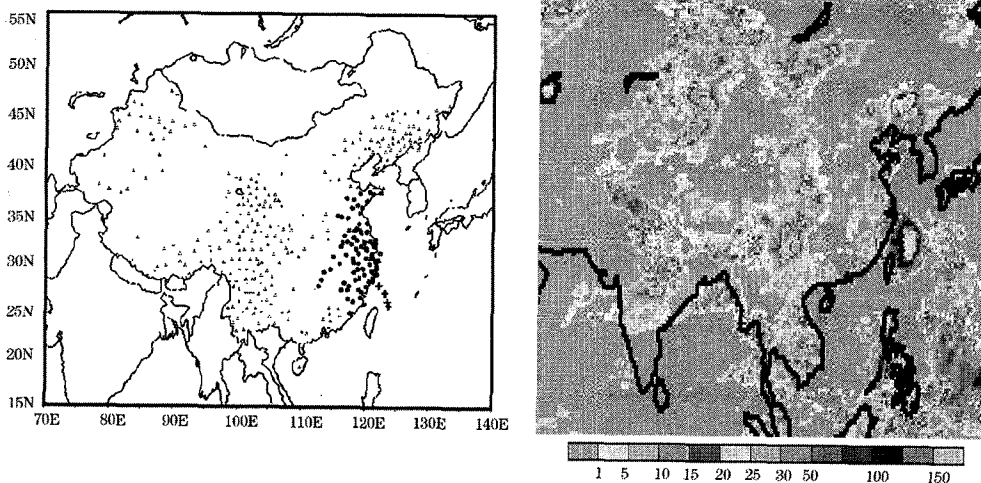


图 2 改进后客观方法对台风麦莎降水分离结果及 CMORPH 降水量分布

- a. 2005 年 8 月 5 日台风麦莎降水分离结果, 图中三角形表示非台风雨带, 实心圆为台风降水, 十字为当日不同时刻的台风位置
b. 当天卫星综合探测 CMORPH 降水量分布 (引自美国 NOAA CPC 网站)

(1) 对比分析揭示了原客观方法存在的主要问题是两个主要参数 D_0 和 D_1 为固定参数, 并确定了将它们调整为可变参数的改进方案。

(2) 最佳改进方案结果显示, 改进后客观方法不仅在总体上表现出了良好的改进效果, 而且无论对于个例还是日降水分离结果改进效果都十分明显。

(3) 个例检验结果表明, 改进后的客观方法对双台风产生的降水能进行有效识别; 台风降水与卫星综合降水 (CMORPH) 资料表现出较好的一致性; 对台风与中纬度系统之间相互作用产生的降水能给出较合理的分离。

(4) 分析结果也显示, 改进后客观方法与主观方法的结果之间仍然存在较大差异, 原因可能出自两个方面: 一是资料自身问题, 两种方法使用的降水资料在日资料时段和台站数目上不一致, 对分离结果必然造成一定影响; 二是主、客观方法都存在未尽善尽美之处, 这同样会引起两者结果上的差异。

参考文献

- 1 陈联寿, 丁一汇. 西太平洋台风概论, 北京: 科学出版社, 1979.
- 2 陈联寿, 董克勤, 金汉良等译. 热带气旋全球观. 北京: 气象出版社, 1994: 24~95.
- 3 IPCC. Workshop Report for IPCC Workshop on Changes in Extreme Weather and Climate Events, Beijing, China, 2002.
- 4 任福民, B. Gleason, and D. R. Easterling. 一种识别热带气旋降水的数值方法, 热带气象学报, 2001, 17 (3): 308~313.
- 5 上海台风研究所. 2005 年度“上海台风研究基金”课题申请指南.
- 6 雷小途, 陈联寿. 热带气旋的登陆及其与中纬度环流系统的相互作用研究. 气象学报, 2001, 59 (5): 602~615.
- 7 曹钢锋, 朱官忠, 朱君鉴. 影响我国北方的台风路径分类及降水特征. 气象, 1992, 18 (7): 12~16.
- 8 程正泉, 陈联寿, 徐祥德等. 近 10 年中国台风暴雨研究进展. 气象, 2005, 31 (12): 3~9.
- 9 MERRILL R T. A. Comparison of large and small tropical cyclones [J]. Mon Wea Rev, 1984, 112: 1408~1418.