第52卷 第2期　　气 象 学 报　　Vol.52, No.2
1994年5月　　ACTA METEOROLOGICA SINICA　　May, 1994

1991年6月12—16日江淮特大暴雨中尺度天气过程分析*

杨金锡　冯志娴　郑媛媛

(安徽省气象台,合肥,230061)

提　要

依据高空、地面常规资料,风、雨量自记资料及卫星、雷达资料分析了1991年6月12—16日江淮地区一场罕见大暴雨中尺度降水系统的演变过程,揭示了梅雨锋暴雨一些新的观测事实,其中包括中-α系统中对流云核的串状排列、快速向东传播以及中-β系统的若干统计特征等。

关键词:江淮地区,大暴雨,中尺度系统

1　引言

1991年6月12—16日江淮地区发生一场特大暴雨,造成淮河、滁河首次特大洪峰,导致淮河流域的蒙洼蓄洪区行洪,大范围的洪涝灾害使安徽遭受巨大的经济损失。本文利用自记资料、阜阳713雷达、GMS-4的每小时增强红外云图和每0.5经纬度、0.1经纬度两种T_{BB}资料以及常规气象资料,分析了这场特大暴雨期间的中尺度天气过程。第1节分析过程雨量分布特点和环境流场特征;第2节研究中-α对流系统的演变过程;第3节讨论中-β对流系统及其与每小时雨团的关系。

2　过程雨量分布及环境流场特征

2.1 过程雨量分布

12日5时到17日5时安徽省淮河流域中上游至沿江东部有大范围降雨区,最大雨量中心为415mm,出现在安徽省颍上县,另一个200mm以上大值区发生在沿江东部。

2.2 环境流场特征

在暴雨期间,江淮地区对流层低层风场通常维持一条准东西走向的切变辐合线,其上并有涡旋存在;对流层高层则相应地维持一条风的辐散线。江淮地区大暴雨往往就在这种特殊背景下发生[1]。从沿115°E的风场随时间演变可以发现,在850hPa上,江淮地区维持一条切变线,12日20时以前为冷式切变线性质,13日8时到15日8时切变线上有一低涡通过该经度,低涡前(13日8时到14日8时)该地区受暖式切变线控制,之后转为冷式切变线控制。另外一个重要特点是切变线南侧有一支强西南气流,有利于向辐合区输送暖

* 1992年6月26日收到原稿,1992年11月29日收到最后修改稿。

湿空气，这支气流的建立是预报暴雨发生的一个重要指标。在200hPa高空，江淮地区为偏北气流控制，且气流向东散开很明显(图略)。

3 中-α天气过程特征

这场大暴雨由3次降水过程组成，每次过程由一个尺度约为1000km左右的中-α系统引发。第一次过程从6月12日10时到13日10时止，从第一个胚胎云核初生至消亡约经历24h；第二次过程由13日2时起到14日7时，经历约29h，但形成位置偏东。第三次过程从13日18时起到15日8时，经历了38h，其尺度与形成位置均与第一次过程类同，严重影响安徽的主要是第一和第三次过程。中-α演变过程可分为三个阶段，即形成阶段、维持阶段和消亡阶段。

3.1 形成阶段特点

从每小时的T_{BB}演变看，中-α系统形成阶段有两种类型。第一种类型中-α的第一个胚胎云核源于江淮地区，在胚胎的东西两侧不断有新的云核发生，并迅速与之合并、扩展为其形成特点，图1示出这种中-α的形成过程。在12日10时30分的T_{BB}图上(图1a)，在32.5—33°N，114°E附近有一云核A发展，东西两侧有B、C云核新生。到11时30分在云

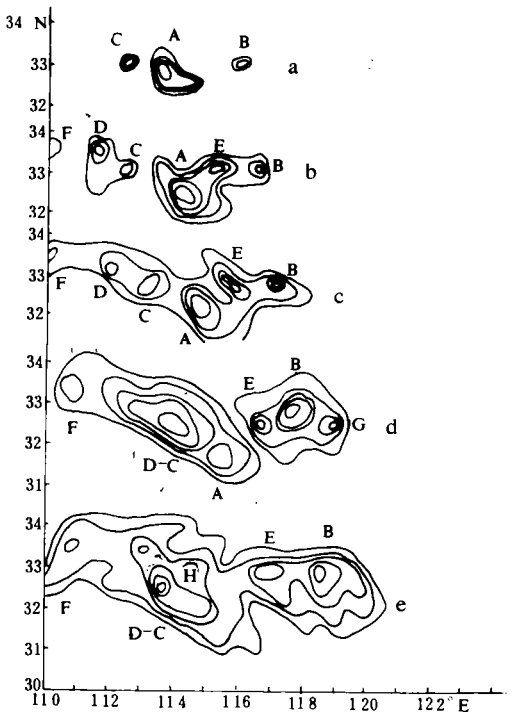


图1 中-α第一种形成过程数字化云图(T_{BB})演变特征

(a. 12日10时30分；b. 11时30分；c. 12时30分；d. 13时30分；e. 14时30分；等值线数值从外到内分别为−55，−60，−65，−67，−69，−72，−76；单位℃)

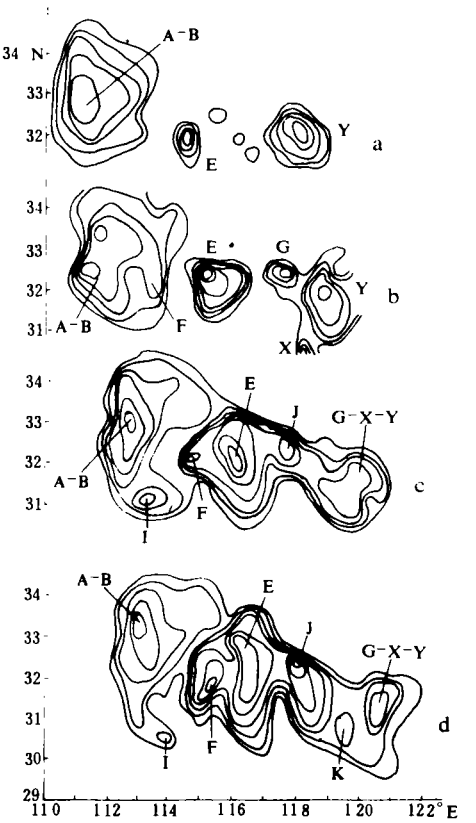


图2 中-α第二种形成过程数字化云图(T_{BB})演变特征

(a. 14日0时30分；b. 1时30分；c. 3时30分；d. 4时30分，说明同图1)

核的两侧又有 D、E、F 云核新生,这时 A、B、E 云核已发展合并形成较大对流系统,D 和 C 也已经合并(图 1b)。到 12 时 30 分各云核进一步发展合并形成一条东西向窄带(图 1c)。到 14 时 30 分云带中各云核继续发展东扩,其中又有新的云核出现,形成图 1e 的中-α系统。从发现第一个胚胎云核到中-α 形成仅经历 4h。

第二种形成类型的第一个胚胎云核源于 108°E、32°N 附近的大巴山地区,其后发展东移。当移至江淮地区西部时,在其前沿残存的梅雨锋上或其北侧不断引发新云核发生、发展并与之合并而成中-α 系统,使江淮地区减弱的梅雨锋再度复苏或引起锋带系统更替使雨带增强北抬。这种类型的典型例子如图 2 所示。13 日 18 时 30 分在四川万源附近有两个小云核初生,之后两云核合并加强并东移(A-B),到 14 日 0 时 30 分该云核移到 111°E、32.7°N 附近,此时在其前沿减弱的梅雨锋上有云核 E 出现(图 2a)。14 日 1 时 30 分 E 云核发展东移其前又有 G 云核发展,另外在 A-B 云核前有 F 云核出现(图 2b)。到 3 时 30 分 A-B 云核已和 E、G 云核合并,并有 I 和 J 云核出现(图 2c)。4 时 30 分 F 和 J 云核进一步加强,并有 K 云核在前方形成,从而发展成一个强的中-α 对流系统(图 2d)。这一过程从发现第一个胚胎云核到中-α 系统形成经历约 10h。

3.2 中-α 系统的维持

这场大暴雨时段三个中-α 系统的维持特点有两种类型。一种是在系统形成之后,整体东移过程中后部不断有中-β 云核新生并入。另一种是在中-α 系统前部或中部有中-β 云

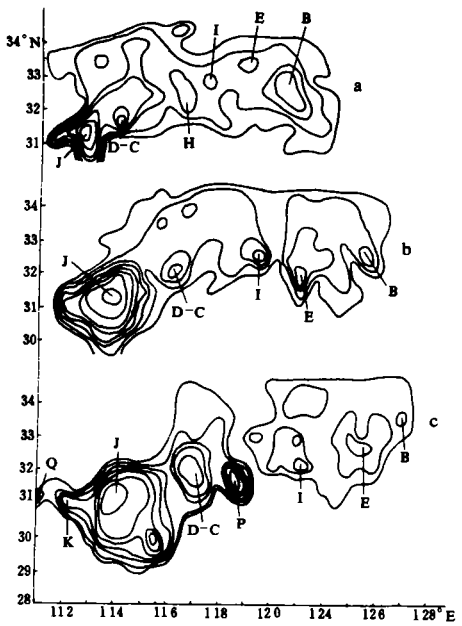


图 3　中-α 系统第一种维持类型(中-β 云核从系统后部并入)数字化云图(T_{BB})演变特征
(a. 12 日 16 时 30 分;b. 18 时 30 分;c. 20 时 30 分,说明同图 1)

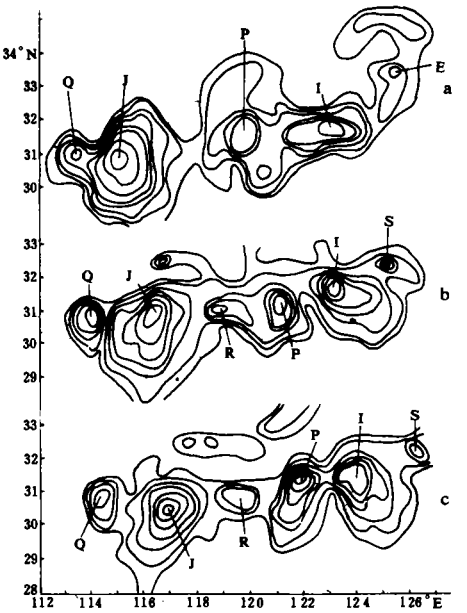


图 4　中-α 系统第二种维持类型(中-β 云核在系统前部或中部新生发展)数字化云图(T_{BB})演变特征
(a. 12 日 23 时 30 分;b. 13 日 1 时 30 分;c. 2 时 30 分,说明如图 1)

核新生发展。图3给出后部有中-β新生并入的例子。12日15时30分中-α系统后部有J、K云核出现，16时30分J云核发展并入该系统(图3a)，之后J云核发展东移，到20时30分K云核也并入该系统，其后部又有Q云核并入(图3b，c)。

图4给出中-β云核在系统前部和中部新生发展的例子。12日23时30分中-α系统前部云核E东移较快，13日1时30分E云核脱离该系统并东移减弱，这时在系统前部有S云核新生；另外在系统中部J与P云核之间有R云核新生，2时30分R、S云核进一步得到扩展(图4)。可见，梅雨切变线上中-α对流系统可以由于后部中-β系统的新生、并入而维持，也可以由于中-β云团在系统的前部或中部新生发展而维持。

中-α系统的消亡阶段有两个特点，其一是系统减弱、解体而消散；其二是主体消散过程中在江淮冷式切变线尾部有新云核发展，这些云核可成串排列，造成局部强降水(图略)。

4 中-β对流系统及其与每小时雨团的关系

4.1 中-β对流系统的若干特征

上节分析指出，一个中-α系统由若干中-β系统组成。中-α系统一旦形成，由于其中的中-β系统之间的相互作用使中-α可维持较长时间。活跃的梅雨锋带上的中-β对流系统(尺度为20—200km)演变有如下特点：

(1) 有序的空间排列：梅雨锋带上或中-α系统中的中-β云核几乎以相等间距有序地排列着形成所谓"串状云核"，据此推测可能中-α系统具有重力波结构特征。分析发现有两种类型重力波，一种可能是由于梅雨锋带气层具有对流中性或对流稳定层结结构，在西风带系统触发下或低层急流非地转作用下容易激发出重力波。锋面激发的重力波的波长一般在100—300km之间，图5a为锋面重力波引发之云核波状排列特征。另一种是梅雨锋上有强云团发展时，由强云团发展激发的重力波，其波长较短，一般在40—60km，其形成过程大致如下：图5a的C云团正好位于850hPa流场上的鞍形区，1h之后其范围和强度都得到发展，这时在它的前头激发重力波导致C_1，C_2，C_3云核发展，见图5b。而图5b中的C_3云团是发展中的云团，1h后其云顶温度降到$-70℃$以下，在其前面激发出C_4和C_5云核，从而导致中尺度降水系统不寻常地快速向前发展。用T_{BB}资料分析经常可看到梅雨锋带上中尺度云团分布具有这两种波叠加的性质，如图5d所示。这种具有重力波性质的分布特点的事实与物理原因的探讨工作虽已有提及[1—4]，但尚须深入研究。

(2) 源地与路径：从每小时T_{BB}低于$-65℃$区域统计出的中-β路径示出，中-β系统发生的源地大致有三。其一是大巴山区一带，这类系统移至江淮地区西部一般即减弱消散。另一源地在江淮地区西部山区，引起江淮大暴雨的中-β系统主要来自此源区。再一个源地在江淮地区东部，主要影响江苏省。

(3) 中-β生命史及移向移速统计：暴雨期间约有51个中-β活动，统计发现梅雨锋带的中-β系统空间尺度一般$\leqslant$250km，50%的中-β生命时间$\geqslant$5h，最长达16h(见表1)。

在对流层高层偏西北气流引导下，中-β系统向偏东到东南方向移动，只有少数向东偏北方向移动，见表2。中-β系统的移速，除原地消失的，一般$\geqslant 45 km h^{-1}$，有12%移速$\geqslant 100 km h^{-1}$。一般，处于中-α系统前部的，特别是减弱阶段的中-β移速较快，处于后部或发展旺盛期中的中-β移速较慢(见表3)。

表 1　中-β 生命时间

t(h)	2≤t	5≤t	10≤t	15≤t
累积百分比	100	50	20	2

表 2　中-β 移向

移　向	E	ESE—SE	ENE
频数百分比	45	45	10

表 3　中-β 移速(就地消失除外)

移速 kmh^{-1}	$45 \leqslant v$	$60 \leqslant v$	$80 \leqslant v$	$100 \leqslant v$
累积百分比	100	74	41	12

4.2 中-β 系统与每小时雨团的关系

本文利用 T_{BB}低于－65℃的区域来跟踪中-β 系统。首先对比了过程总雨量分布与中-β 云团空间频率分布的关系,之后讨论中-β 与每小时雨团的关系。中-β 系统空间频率分布由图 6 给出,可以看到在江淮地区有一高频带,大值中心在淮河中游地区,与大暴雨带相当一致,可以发现正是由于江淮地区中-β 云核频繁活动才导致这场大暴雨。值得注意的是大暴雨带处于高频轴略偏北侧的位置上。

用安徽省 80 多个雨量点每小时雨量资料与每小时 T_{BB}资料进行对比分析发现,中-β 云核北侧温度梯度大于南侧,大多数每小时大于 10mm 以上雨团出现在强对流云核北侧等 T_{BB}线密集区内或略偏于冷区一侧,强降水多发生在中-β 云核发展增强阶段(图 7a,b)。从 T_{BB}资料分析还发现,有时持续数小时少动的雨团是由几个中-β 系统先后经过该地造成的。看来单从每小时雨团跟踪中-β 系统有缺陷。

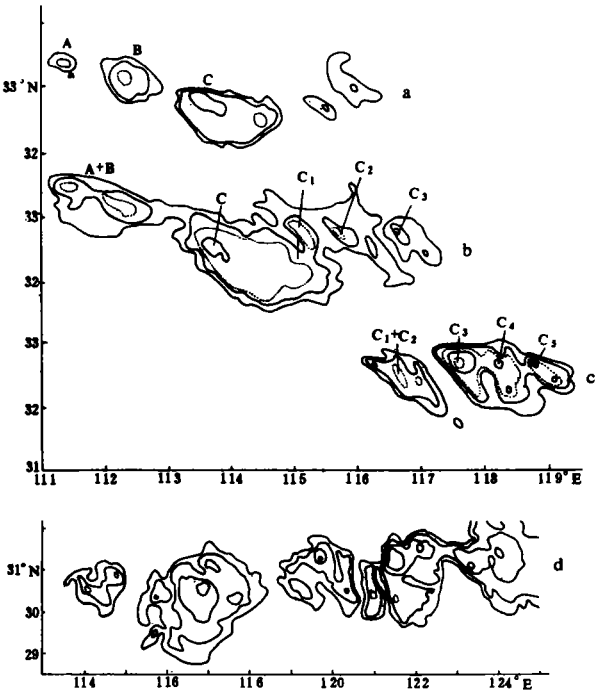


图 5　中尺度云核串状排列特征

(a. 12 日 10 时 30 分;b. 11 时 30 分;c. 13 时 30 分;d. 13 日 2 时 30 分;T_{BB}外廓线为－60℃,实线间隔为 5℃)

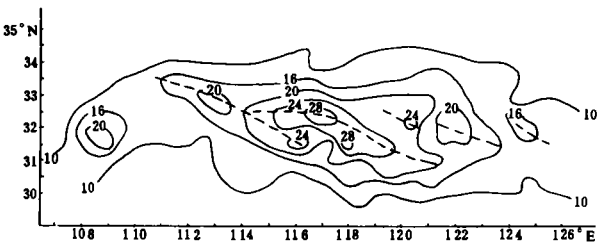


图 6　1991 年 6 月 12 日 8 时 30 分到 14 日 20 时 30 分 $T_{BB} \leqslant -65$℃频率空间分布(等值线数值为频数)

5　结语

1991 年 6 月 12—16 日导致淮河、滁河洪水的大暴雨过程,先后有三次长生命的中-α 对流系统活动,中-α 形成较为迅速,4 个小时之内就由若干较小的中-β 合并发展而成,使预报困难,特别是在主体云核前部激发的中-β 系统,更易使预报员措手不及。中-α的解体阶段一般也较短,但在冷切变南压时,中-α 处于解体阶段,由于冷锋激发重力波有时仍会

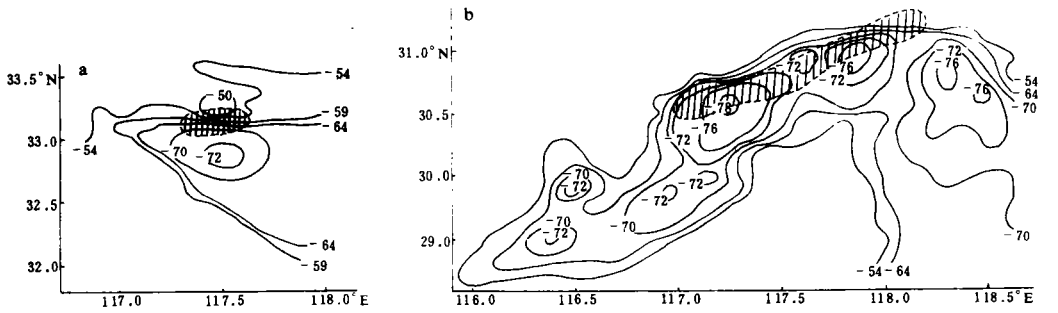


图 7 T_{BB}与每小时雨量大于 10mm(阴影区)的配置

(a. 沿淮地区;b. 沿江地区;T_{BB}单位:℃)

有中-β系统在后部新生,造成局地暴雨。当西来系统逼近在减弱中的梅雨锋并与之叠加时,会促使梅雨锋复苏,并使梅雨带加强北移。这次降水过程约有 51 个中-β云核活动,其源地在大巴山区、江淮西部山区和江淮东部,其路径一般由 WNW 至 ESE,移速在 45kmh^{-1}以上,生命期平均 5—6h。在环境流场影响下主要暴雨带发生在中-β系统活动频繁区的北界,每小时强雨区经常发生在中-β对流云团北侧 T_{BB}等值线密集处或偏冷区一侧。在梅雨锋云系中较大尺度的孤立云团较少见,经常是由"串状云核"组成的中-α云带。

参考文献

[1] 杨金锡. 梅雨涡旋结构特征. 高原气象,1982,1(2):25—36.

[2] Matsumoto S, Akiyama T. Some characteristic features of the heavy rainfalls observed over the western Japan on July 9,1967 Part I: Mesoscale structure and short period pulsation. J Meteor Soc Japan,1969,47: 255—266.

[3] 翟国庆等. 华东飑线过程中的地面中尺度物理特征. 大气科学,1991,15(6):61—68.

[4] Curry M J and Murty R C. Thunderstorm-generated gravity waves, J Atmos Sci,1974,31:1402—1408.

A CASE ANALYSIS OF MESOSCALE SYSTEM DURING HEAVY RAINFALL PERIOD IN YANGTZE AND HUAIHE RIVER BASIN ON JUNE 12—16,1991

Yang Jinxi Feng Zhixan Zheng Yanyan

(*Anhui Meteorological Observatory, Hefei*, 230061)

Abstract

In this paper, the evolutional procession of mesoscale precipitation system during a seldom heavy rainfall in Yangtze and Huaihe river basin from June 12 to 16 1991 is analysed, which is based on the conventional data, recording precipitation and wind data, radar and GMS-4 data. Some new observation facts of Meiyu front heavy rainfall was re-

vealed, in which including "train distribution" and quick propagation of convective cloud core in meso-α system and some statistics features of meso-β convective system.

Key words: Yangtze and Huaihe river, Heavy rainfall, Mesoscale system.

《中国近海气候》评介

人类正以空前的规模开展气候和全球变化研究，占地球表面积 71%的海洋对气候变化有着举足轻重的影响。毗邻亚洲大陆的中国近海正是海洋-大气-陆地相互作用的典型地带，这里的环境及变化，已经引起科学界的关注。中国近海的海洋开发，正在推动着全国经济特别是沿海经济的发展，并将在我国现代化建设中发挥更大作用。由中国科学院出版基金资助，阎俊岳、陈乾金、张秀芝、黄爱芬编著的《中国近海气候》正是适应海洋开发和科学研究的需要而出版的，它是第一部论述中国近海区域的海洋气候专著。

该书以大量船舶观测和气象站历史资料为基础，汇集了作者及国内外海洋气候学有关的最新成果，系统地论述了中国近海气候的理论和应用问题。该书有以下特色：

1、结构严谨、系统性强。作者在内容安排上力求结构严谨、条理清楚、系统全面。全书共分 10 章，第 1 章简述了海洋气候监测、数据处理以及海洋在气候形成和气候变化中的作用；第 2、3 两章分析了气候形成的诸因子和影响天气、气候的主要天气系统；第 4—7 章分别介绍近海气候要素分布、海区气候、海岸带气候和港湾气候；第 8 章介绍近海海洋开发的实用气候方法；第 9 章讨论近海区域海洋和大气相互作用的若干问题；最后一章分析了中国近海气候变化及其对海洋生态环境的影响。

2、资料丰富详实、分析比较细致。书中荟集了用作气候分析所必需的丰富的海洋和气候资料，资料时间序列长，并经全面质量检查，统计网格的分辨率高。譬如船舶观测资料长达 100 多年，按 1°×1°经纬网格统计；沿岸和岛屿站观测大多为 30 年气候平均值；热带气旋及副热带天气系统资料分别在 36 年和 20 年以上。该书使用 50 年观测资料计算了海面辐射平衡、热量平衡以及海面动量和水汽通量；对海上航行、水上作业、海洋生产和生活影响较大的气候要素都作了详细的分析。作者在阐述问题时，不满足于现象的揭露，而尽可能地对成因予以解释和说明，使认识得到深化，并力争有所突破。

3、结合实际、实用性强。书中介绍了海岸带气候、港湾气候、航线气候、海洋工程气候，给出了国内主要航线和部分国际航线恶劣天气和海况的出现频率以及主要经济鱼类渔汛期渔场气候条件，系统阐述了风速、波浪、海冰等海洋工程设计参数的计算方法和结果，这对于我国海洋开发整体规划的制订，海洋资源开发和利用，无疑有重要参考价值。

4、材料新颖、富有创新。本书集 1991 年以前国内外有关海洋气候方面的研究成果于一体，选材新颖。其中许多是作者的最新研究成果，譬如根据海面风观测资料的计算，给出了我国近海风能源图，大胆地对近海气候进行了区划等。书中还给出了十分珍贵的 160 多幅气候图以及作者拍摄的 24 幅彩色云图，图文对照，形象逼真，增强了说服力。

综观全书，深感内容广泛，寓科学性、实用性为一体，不失为一部反映当代我国近海气候研究的百科全书；它的出版，必将推动我国海洋气候学的进一步发展。

秦曾灏（上海市气象局）