

# 中国冬夏季模式降水方案的应用分析研究<sup>\*1</sup>

徐国强 黄丽萍 薛纪善 陈德辉

(中国气象科学研究院,北京,100081)

## 摘 要

通过对中国冬夏季各一次降水过程的模拟分析,研究了不同云降水方案在中国区域的应用特征。结果指出,夏季,Kain-Fritsch(KF)和 Betts-Miller(BM)积云方案模拟产生的积云降水是有差异的,KF 方案对本次连续降水过程的预报要优于 BM 方案;KF 方案和 BM 方案可以使周围环境大气状况发生不同的变化,KF 方案可以使周围环境大气变得更湿、上升气流更加深厚,更有利于网格尺度降水的产生,即不同积云对流方案对网格尺度降水具有重要的影响;冬季,中国北方大陆基本没有对流降水产生,不同积云对流方案对网格尺度降水预报的影响基本可以不予考虑,中国北方的冬季降水主要是由网格尺度降水构成的。

**关键词:** 模拟,降水方案,积云降水,网格尺度降水。

## 1 引 言

数值模式中的湿物理过程对数值预报的准确性具有非常重要的影响。云降水过程是数值模式中最重要的非绝热加热物理过程之一,云降雨过程发生以后通过感热、潜热和动量输送等反馈作用影响大尺度环流,并在决定大气温度、湿度场的垂直结构中起着关键的作用,也是人们最为关心的降水预报的关键所在。

云降水方案主要有次网格积云对流参数化方案和网格尺度显式降水方案两大类。对流参数化始于 20 世纪 50 年代中期,现已提出了许多各种各样的方案,主要分成浅对流参数化方案和深对流参数化方案两大类,浅对流过程又被称为非降雨性对流过程,深对流过程又被称为可降雨性对流过程,它不仅会引起水热场垂直结构的改变,也会产生净的潜热释放和对流降雨。深对流参数化方案主要有抽吸式方案<sup>[1]</sup>、湿对流调整方案<sup>[2~4]</sup>、大尺度水汽辐合式方案<sup>[5,6]</sup>、对流质量通量式方案<sup>[7,8]</sup>、对流有效位能释放式方案<sup>[9~11]</sup>等,实际上这些方案之间也不是截然不同的,它们之间在某些方面也存在相似之处。通常显式降水方案可根据是否包含有冰相过程分为暖云方案<sup>[12]</sup>和混合相云方案<sup>[13]</sup>。显式降水方案有明

确的物理基础,但在中尺度模式格距还远未达到全部显式计算云过程的情况下,人们尝试用积云对流参数化方案计算次网格尺度降水,用显式降水方案计算网格尺度降水,两者的结合称之为全物理过程方案或混合方案。这两类方案在实际应用中的一个非常重要的问题就是,它们在不同时间和不同天气过程中具有什么关系,哪一种占主导地位,从而为实际天气预报提供更加深入细致的参考。在湿物理过程中,云降水方案的开发、选择以及应用是非常重要的科学问题,也是当前数值预报研究的热点。

本文首先简单介绍了常用的两个积云对流参数化和一个混合相云降水方案的基本原理,利用美国最新发展的中尺度数值预报模式(WRF)<sup>①</sup>,通过对中国北方冬季和江淮流域夏季降水过程的模拟,研究了在不同季节和不同区域云降水方案的选择问题,并对所应用降水方案的特征进行了深入的讨论,初步研究了不同积云对流方案对网格尺度降水预报的影响。

## 2 模式云降水方案简介及试验方案设计

### 2.1 云降水方案介绍

#### 2.1.1 Betts 和 Miller 对流参数化方案介绍

对流调整水热场参考廓线的选择是对流调整式

\* 初稿时间:2004 年 1 月 19 日;修改稿时间:2004 年 5 月 25 日。

资助课题:国家自然科学基金重点项目“40233036”和国家“十五”科技攻关项目(2001BA607B03)。

① WRF (Weather Research and Forecasting)模式从网站(<http://www.wrf-model.com.org>)下载。

作者简介:徐国强,男,1964 年生,博士,研究员,主要从事数值模式开发和大气低频振荡研究。

方案的重要内容。Manabe<sup>[2]</sup>取“平均湿静态能线”作为参考廓线,而Betts<sup>[4]</sup>取“观测的准平衡状态线”或修正的湿绝热线作为深对流调整参考廓线,“混合线”作为浅对流调整参考廓线。

对流调整新方案需要解决的问题是确定对流调整特征时间 $\tau$ 是否进行对流调整和对流调整水热场参考廓线 $T_a, q_a$ 。

### (1) 深对流调整过程

深对流调整的控制条件是调整前后气柱的湿静态能守恒

$$\int_{p_T}^{p_B} (h - \bar{h}) dp = 0$$

式中 $h = gz + c_p T + Lq$ 为湿静态能。

确定对流调整的初估值后,再根据湿静态能守恒的控制条件对初估值进行修正。确定对流调整水热场参考廓线后,估算降雨量。

### (2) 浅对流调整过程

浅对流调整的控制条件是气柱无对流降雨发生,即

$$\int_{p_T}^{p_B} \frac{q_a - \bar{q}}{\tau} \frac{dp}{g} = \frac{c_p}{L} \int_{p_T}^{p_B} \frac{T_a - \bar{T}}{\tau} \frac{dp}{g} = 0$$

在浅对流调整过程中,假设饱和气压差从云底到云顶保持不变、参考热力廓线与混合线平行。

虽然Betts和Miller对流参数化方案不能详细地描述出积云对流参数化与环境强迫场之间的相互作用,但该方案有两个特点:一是同时考虑了深、浅对流的相互影响作用;二是采用虚湿绝热线(修正的湿绝热线)作为对流调整参考廓线。

## 2.1.2 Kain-Fritsch 对流参数化方案

Kain-Fritsch 方案<sup>[11]</sup>是在Fritsch-Chappell方案<sup>[10]</sup>基础上发展起来的。Fritsch-Chappell方案认为大气中的对流有效位能可直接用于控制或调整积云对流发展过程,描述积云过程对环境场的反馈作用。Kain-Fritsch方案考虑了卷入、卷出、上升支气流、下沉支气流等情况,引入了一维卷入/卷出烟雨流模式,垂直运动中考虑了凝结物的拖曳作用,对抬升凝结高度处气块浮沉判据进行了修正,由云底高度和风垂直切变共同确定降水有效率,用云底和500 hPa即对流层中层的平均风来计算对流特征时间。此方案避免追踪单个小云块的路径,而是在假定累积的混合空气块的质量分布下,积分产生净卷入/卷出率,新模式提高了对流参数化方案对云尺度环境的敏感性,这主要是由于引进了云量侧面卷出率的物理真实估计和在云层中允许上升气流质量通量随环境条件变化。

## 2.1.3 NCEP 简单冰相云方案

这个方案是Hong等<sup>[13]</sup>提出的,并经过一些修正,增加了冰的沉降过程效应。它是一种包含冰相过程的云方案,具体包括3种水物质,即水汽、云水/云冰和雨/雪。云水/云冰被认为是一种水物质,它们是通过温度区分的,当其温度低于或等于冰点温度,即低于0℃时,认为是云冰;其他情况认为是云水。同样雨/雪也被认为是一种水物质,根据其是否高于或不高于0℃划分为雨或雪。

## 2.2 数值试验方案设计

本文所用模式为美国最新发展的新一代中尺度数值预报模式(WRF),WRF模式采用Arakawa-C跳点格式和全压缩非静力动力框架,其坐标可选采取质量地形追随坐标或高度地形追随坐标。物理过程包括云微物理显式降水、次网格积云对流参数化、长波辐射、短波辐射、陆面过程、边界层过程和次网格扩散等物理过程。

因为重点研究中国区域云降水方案的选择和应用状况,故模式格距取20 km,采用质量地形追随坐标,其他物理过程均取一致,以便研究讨论中国区域冬季和夏季不同云降水方案的应用对预报降水的影响。

本文设计了两种数值试验方案,分别通过对2002年中国北方冬季和长江中下游区域夏季各一次降水过程的模拟分析,研究了不同云降水方案在中国不同区域和不同季节的应用特征,并进行了深入讨论。模式所用资料为美国AVN分析资料。

试验(1):选用Betts-Miller次网格积云参数化方案和网格尺度显式降水方案(NCEPCLOUD3方案),试验方案在夏季简称为BM-S,冬季简称为BM-W;

试验(2):选用Kain-Fritsch次网格积云参数化方案和网格尺度显式降水方案(NCEPCLOUD3方案),试验方案在夏季简称为KF-S,冬季简称为KF-W;

## 3 中国夏季降水方案应用分析

### 3.1 实况

2002年6月19~6月25日中国中东部地区连续降雨,图1分别给出了2002年6月22日08时~25日08时中国每天24 h降水量分布。由图可见,6月22日08时至6月23日08时(图1a)中国江淮流域、华北中东部和东北南部有大片降水区,强降水区呈带状分布,其中长江北部、淮河南部降水最强,河南南部、湖北北部、安徽北部和江苏北部地区24 h降水量均超过50 mm,达到暴雨量级,其中在河南

南部、安徽西部部分地区 24 h 降水量超过 100 mm, 达到大暴雨量级。6 月 23 日 08 时至 6 月 24 日 08 时(图 1b), 降雨范围有所减小, 强降雨带缓慢南压, 位于长江和淮河之间, 在合肥、南京至上海一线仍有暴雨, 在合肥的西部仍有大暴雨出现。6 月 24 日 08

时至 6 月 25 日 08 时(图 1c), 随着来自北方的冷空气的侵入, 降雨区范围进一步缩小, 分裂成南、北两片, 长江以北地区降水减弱或消失, 较强降雨带减弱并南移到江南地区, 只在浙江省的中部仍有暴雨出现, 其他地区基本上没有强降雨。

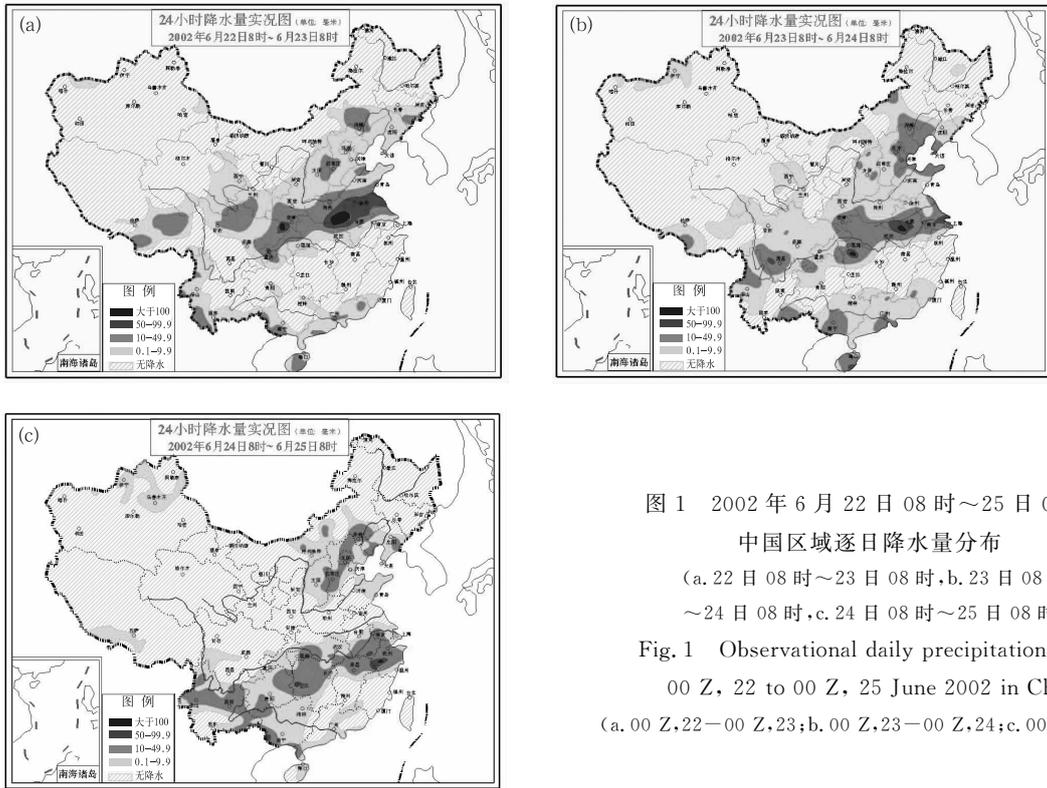


图 1 2002 年 6 月 22 日 08 时~25 日 08 时  
中国区域逐日降水量分布  
(a. 22 日 08 时~23 日 08 时, b. 23 日 08 时  
~24 日 08 时, c. 24 日 08 时~25 日 08 时)

Fig. 1 Observational daily precipitation from  
00 Z, 22 to 00 Z, 25 June 2002 in China  
(a. 00 Z, 22-00 Z, 23; b. 00 Z, 23-00 Z, 24; c. 00 Z, 24-25)

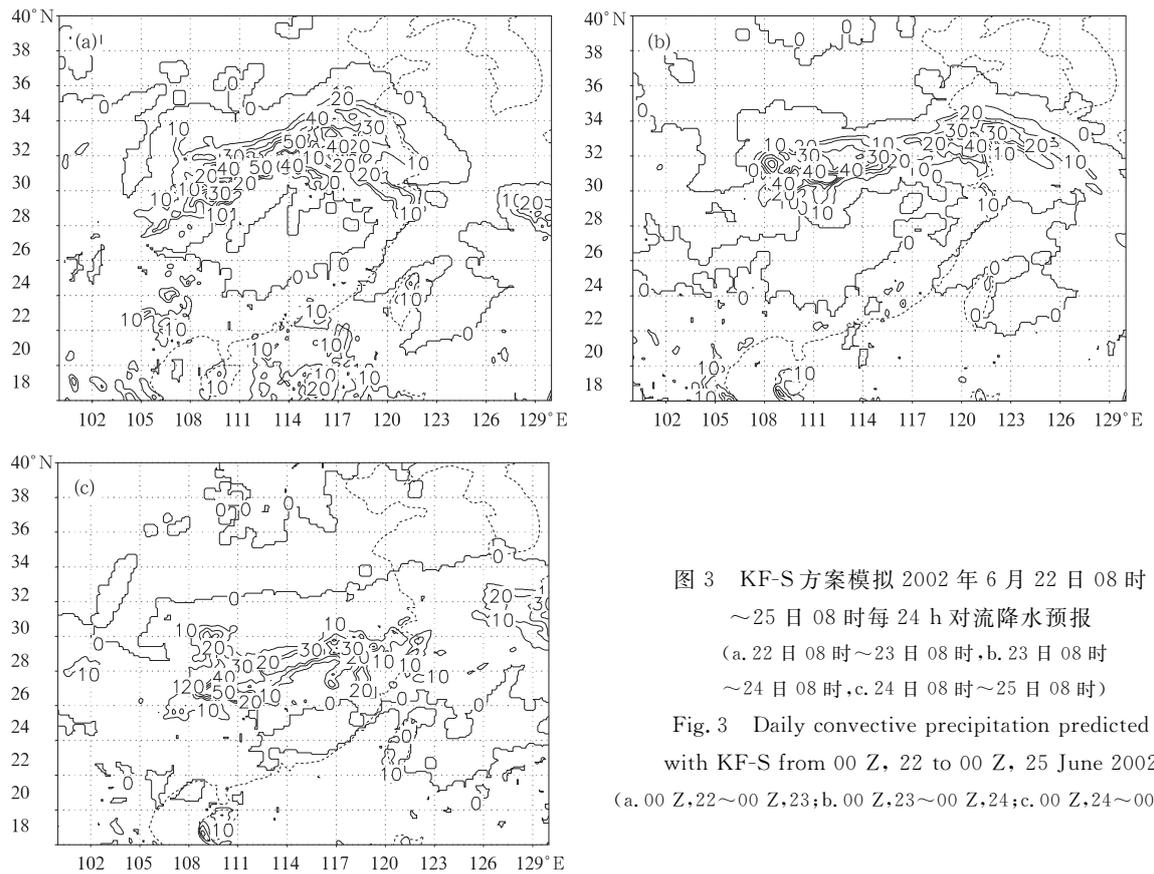
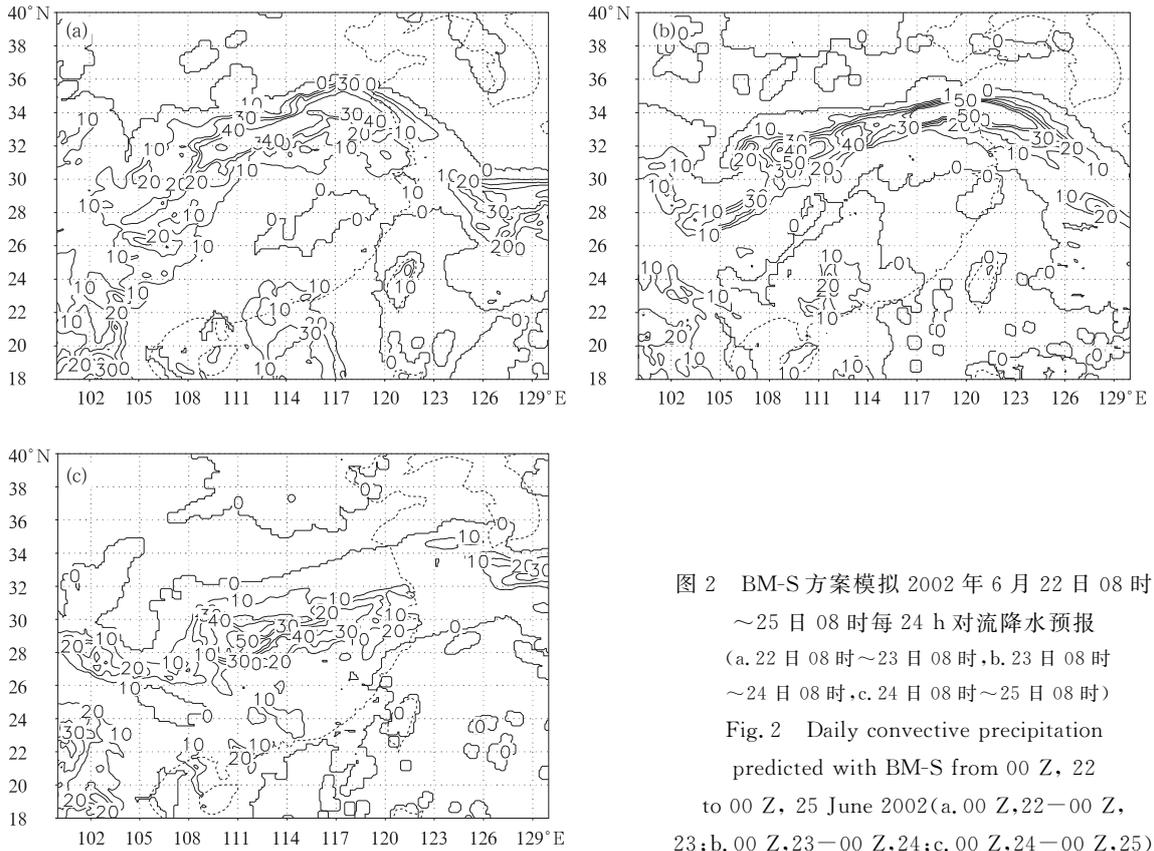
### 3.2 不同积云对流方案对次网格积云对流降水预报的影响分析

图 2 是使用 Betts-Miller(BM)积云参数化方案(BM-S)模拟的 2002 年 6 月 22 日 08 时~25 日 08 时每 24 h 对流降水。图 3 是使用 Kain-Fritsch(KF)积云参数化方案(KF-S)模拟的 2002 年 6 月 22 日 08 时~25 日 08 时每 24 h 对流降水。比较图 2a 和 3a 可见, 在 6 月 22 日 08 时~23 日 08 时的降水预报中(即 0~24 h 预报), KF 方案与 BM 方案对流降水预报的范围基本一致, 在淮河流域都有明显的降水并且呈带状分布, 在长江以南和 36°N 以北地区, 基本没有对流降水存在; 两图的主要区别是 KF 方案的对流降水强度要大于 BM 方案, 强降水区的位置也存在差异, KF 方案预报的强降水区位置比 BM 方案预报的要偏南一些。

对比图 2b 和 3b, 在 6 月 23 日 08 时~24 日 08 时的降水预报中(即 24~48 h 预报), KF 方案与 BM 方案对流降水预报的雨区范围仍基本一致, 在江淮

流域都有明显的降水并且呈带状分布, 与前 24 h 降水预报相比均缓慢南压; 两图的主要区别是, 强降水区的位置仍存在差异, KF 方案预报的强降水区位置比 BM 方案预报的稍微要偏南一些, 与前 24 h 预报的两者差异一致, 但 KF 方案的对流降水强度要略弱于 BM 方案, 这与前 24 h 预报两者的差异正好相反。在 6 月 24 日 08 时~25 日 08 时的降水预报中(即 48~72 h 预报), 同样比较图 2c 和 3c 可得, 原在江淮流域的强降水带均明显南压到长江流域, 预报的雨区范围大致相似, 但从预报的强降水区位置来看, KF 方案比 BM 方案预报的稍微要偏南一些, KF 方案预报的雨带宽度也比 BM 方案预报的稍微要窄一些, 两个方案降水预报的强度基本相似。

将图 2, 3 与降水实况(图 1)比较, 可以看出, 两个方案预报的强对流降水均呈带状结构, 与实况一致; 但两者预报的强降水区位置均比实况偏北一些, 强度也弱一些, KF 方案比 BM 方案预报的强降水区位置更接近于实况, 综合来看, KF 方案对本次连续



降水过程的预报要优于 BM 方案。

### 3.3 不同积云对流方案对网格尺度降水预报的影响分析

积云对流与大尺度环流和周围环境大气的相互作用是一个极其复杂的非线性过程,至今依然是气象学者面临的最具有挑战性的难题之一。对流触发和启动后,大气加热、变干效应的垂直分布状况,还需要深入研究,对大尺度系统和周围环境大气的反馈作用还缺乏深入的了解。本文在此着重研究不同积云对流方案对网格尺度降水预报的影响。积云对流影响了周围大气环境场的分布状况,即使大气的温度和湿度分布状况发生了改变,必然也会引起网格尺度云物理过程的变化。首先给出对网格尺度降水影响的结果。图 4a,b,c,d 分别为试验 BM-S 和 KF-S 方案的 0~24 和 24~48 h 网格尺度降水预报场。由图可见,在 0~24 h 网格尺度降水预报中, BM-S(图 4a)和 KF-S(图 4b)网格尺度降水范围比较相似,但 KF-S 中的网格尺度降水强度比 BM-S 的要大,在图 4b 中,降水中心位于河南中部、山东南部 and 湖北北部,另外在河套的西部也有一个降水中心,中心强度均达 50 mm;在 BM-S 中,只在河套西部有一个降水中心,中心强度只有 20 mm。在图 4c

和 4d 中,与前面图 4a 和 4b 的异同类似,两者的雨区范围基本一致,在长江以北地区大部分都有网格尺度的显式降水产生,在这个降水范围内都各有 4 个中心,但 KF-S 中的降水中心均比 BM-S 的降水中心区域要大一些,中心强度要强一些。

以上分析说明,由于积云对流参数化方案的不同,使周围环境大气的结构发生了不同的变化,引起网格尺度降水产生差异。为深入了解网格尺度降水的产生这种变化的原因,本文从对降水有非常重要影响的气象要素场出发,研究了在应用不同积云对流方案时垂直速度、湿度和温度场的变化及其可能原因。

这次降水过程范围很大,某一定点气象要素的变化可能对整个降水过程不具有代表性,在此主要研究网格尺度降水变化的原因,为此选取在两个试验中网格尺度降水都非常明显的降水区域,对该区域要素做面积平均,用要素的平均变化研究降水变化的原因。分析图 4,取(33°~35°N, 112°~120°E)为 BM-S 研究区域,取(32°~34°N, 112°~120°E)为 KF-S 研究区域,分别对这两个区域的垂直速度、位温和湿度场做区域平均,然后将平均要素场对应相减(KF-S 减去 BM-S)得到图 5。

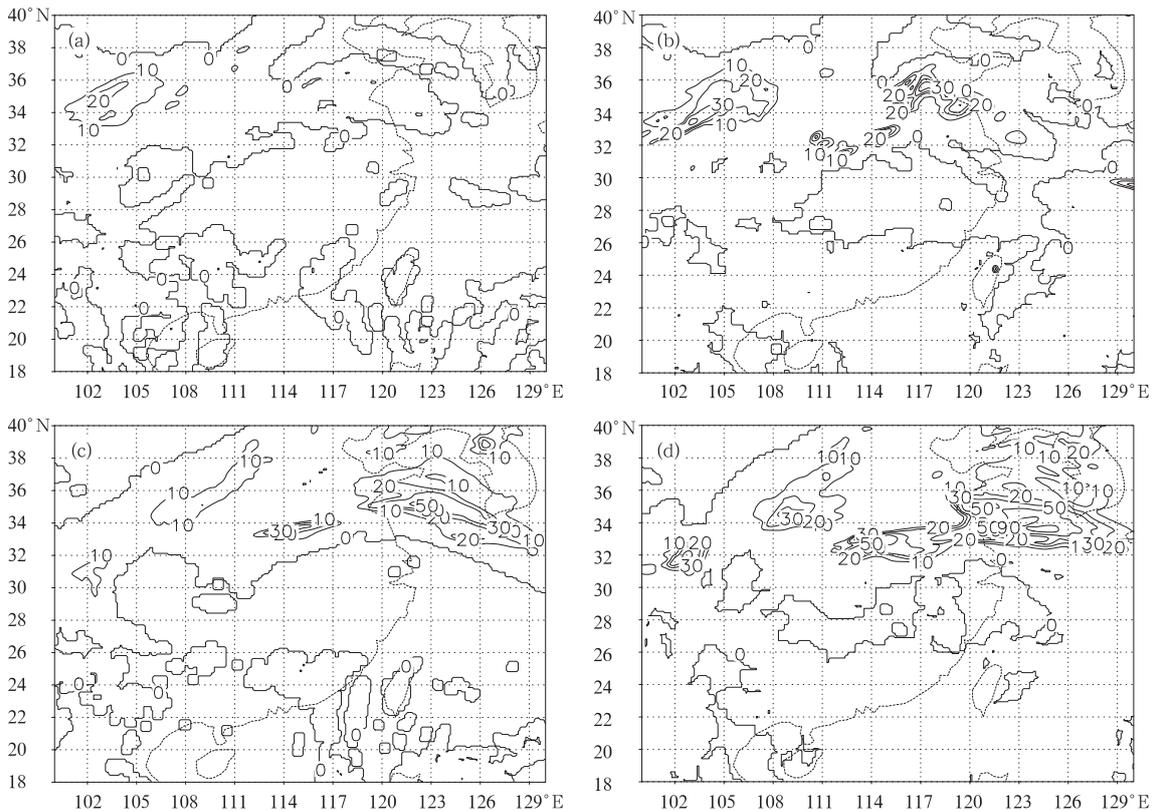


图 4 BM-S 和 KF-S 方案的 0~24 h(a,b)和 24~48 h(c,d)网格尺度降水预报

Fig. 4 Daily grid-scale precipitation forecast with BM-S (a,c) and KF-S (b,d)

(a,b, 0-24 hour forecast, c,d, 24-48 hour forecast)

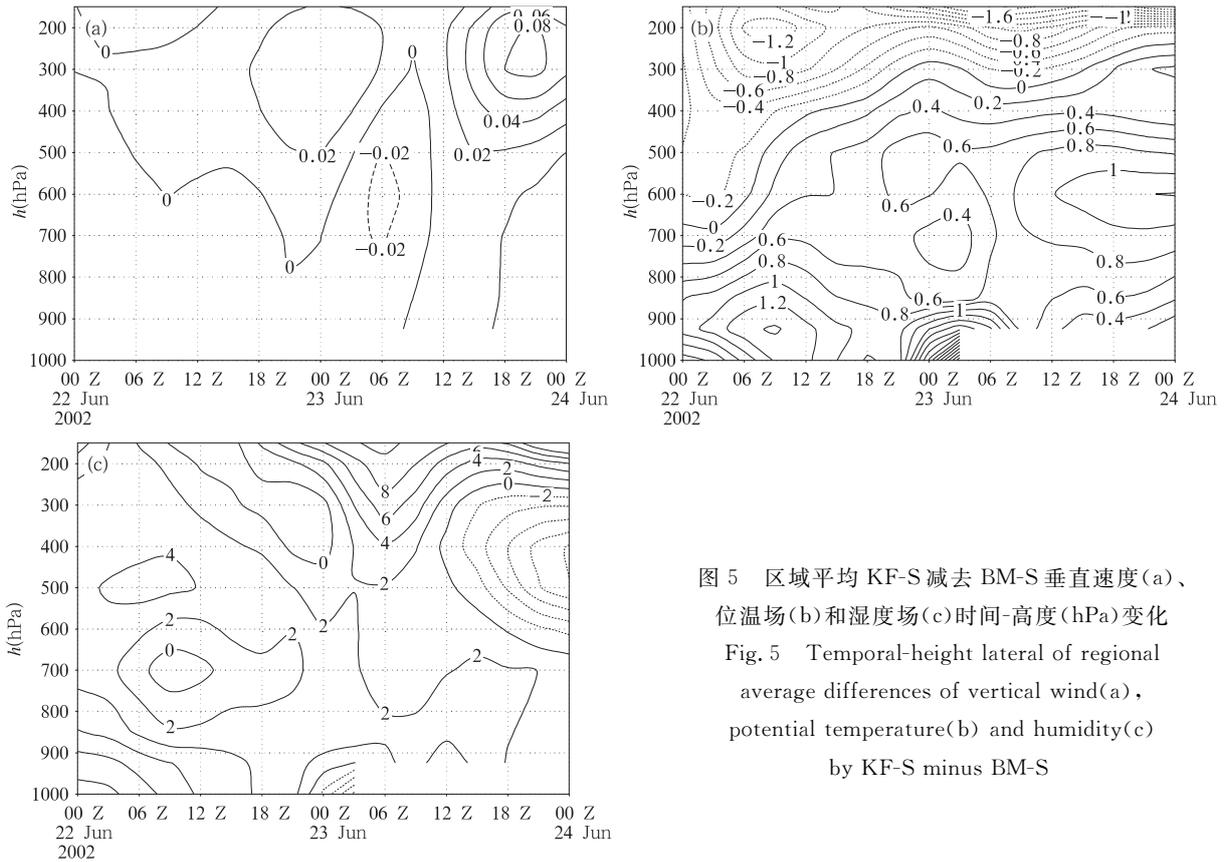


图5 区域平均 KF-S 减去 BM-S 垂直速度(a)、位温场(b)和湿度场(c)时间-高度(hPa)变化  
Fig. 5 Temporal-height lateral of regional average differences of vertical wind(a), potential temperature(b) and humidity(c) by KF-S minus BM-S

在垂直速度的差值图上(图 5a), 对流层低层(600 hPa 以下), 基本上是零值区, 600 hPa 以上, 基本上是正值区, 只是在 23 日 06 时时段附近, 存在弱且窄的负值区; 这说明在模式积分 48 h 产生明显降水的区域中, KF-S 的上升气流大部分时间都比 BM-S 中的上升气流深厚, 即 KF-S 中的上升气流高度可以比 BM-S 中的更高, 特别是在 23 日 13 时~24 日 00 时, KF-S 的上升气流在 500 hPa 以上比 BM-S 高出 0.02~0.08 m/s, 揭示出 KF-S 中上升气流具有比 BM-S 中的明显深厚的特征。为进一步了解产生这种现象的原因, 从大气稳定度的变化研究包含对流天气过程的垂直运动的变化是合适的。由位温场的差值图(图 5b) 可以看到, 在对流层中低层都是正值区, 而在对流层中高层基本上都是负值区, 特别是在积分 12 h 以后, 400 hPa 以下均为明显的正值区, 300 hPa 以上均为明显的负值区; 说明 KF-S 试验在对流层中低层中的位温比 BM-S 的要高, 而在对流层中高层则比 BM-S 的位温要低; 温度的差值图(图略)与位温的差值图同样非常相似。这揭示出 KF-S 试验比 BM-S 试验在对流层中低层有更高的能量, 而在对流层中高层有较低的能量, 即使得试验 KF-S 比 BM-S 更加不稳定, 从而在 KF-S 中

产生更加深厚的上升气流。KF 方案比较细致地考虑了积云对流与环境大气的相互影响, 较强的不稳定可能使环境大气产生更深厚的上升运动, 关于这部分工作还需要今后从两类方案本身物理过程的差异来进行更加深入的研究。

在相对湿度的差值图上(图 5c), 22 日 00 时~23 日 12 时, KF-S 中的相对湿度在整层大气大都比 BM-S 中的要大 0~8%, 只是在 23 日 14 时~24 日 00 时, 650~280 hPa, BM-S 中的相对湿度要大于 KF-S。通过对图 5 分析可得出, 在此次暴雨过程中, KF-S 方案大部分时段内, 其大气层结比 BM-S 方案更不稳定, 上升气流和湿度比 BM-S 方案的要强或大, 即 KF-S 的周围环境场与 BM-S 相比更有利于降水的产生, 说明 KF 和 BM 积云参数化方案可以使周围环境大气状况发生不同的变化, KF 方案可以使周围环境大气变得更湿、上升气流更加深厚, 更有利于降水的产生, 这也揭示出不同积云对流方案对网格尺度降水具有重要的影响。

#### 4 中国北方冬季降水方案应用分析

##### 4.1 实况

2002 年 12 月 18~23 日, 北京持续 6 d 降雪。

本次降雪持续时间长,主要是因为大气低层的偏东气流和来自海上的暖湿空气共同作用,并且这期间没有强冷空气活动,造成降雪天气系统稳定维持,从而持续降雪。北京地区的累积降雪量普遍达10 mm以上,其中石景山区最大,达到14.1 mm。此次连续6 d的降雪超过了常年1 a的降雪量,也创造了北京128 a来同期连续降雪的最高纪录,为百年未遇。

#### 4.2 不同积云对流方案对次网格积云对流降水预报的影响分析

按照同样的数值试验方案,对2002年12月18~23日的连续降雪过程进行了模式积分。为使数

值模拟更接近实况,每个初始场只积分48 h,这样这次连续降雪过程的模拟分3次完成,积分初始时间分别是18日00时、20日00时和22日00时。在BM-W和KF-W中,北京地区连续6 d均没有次网格积云对流降水生成(图略),在这两个试验中,在35°N以南有很弱的对流降水,并且积云对流降水分布也比较相似。由此分析可得到,中国北方冬季的降雪过程中,几乎没有积云对流降水产生,即不同积云对流方案对次网格积云对流降水预报几乎没有影响。换句话说,北方冬季降水可以不考虑积云降水,这与实际观测是相符的。

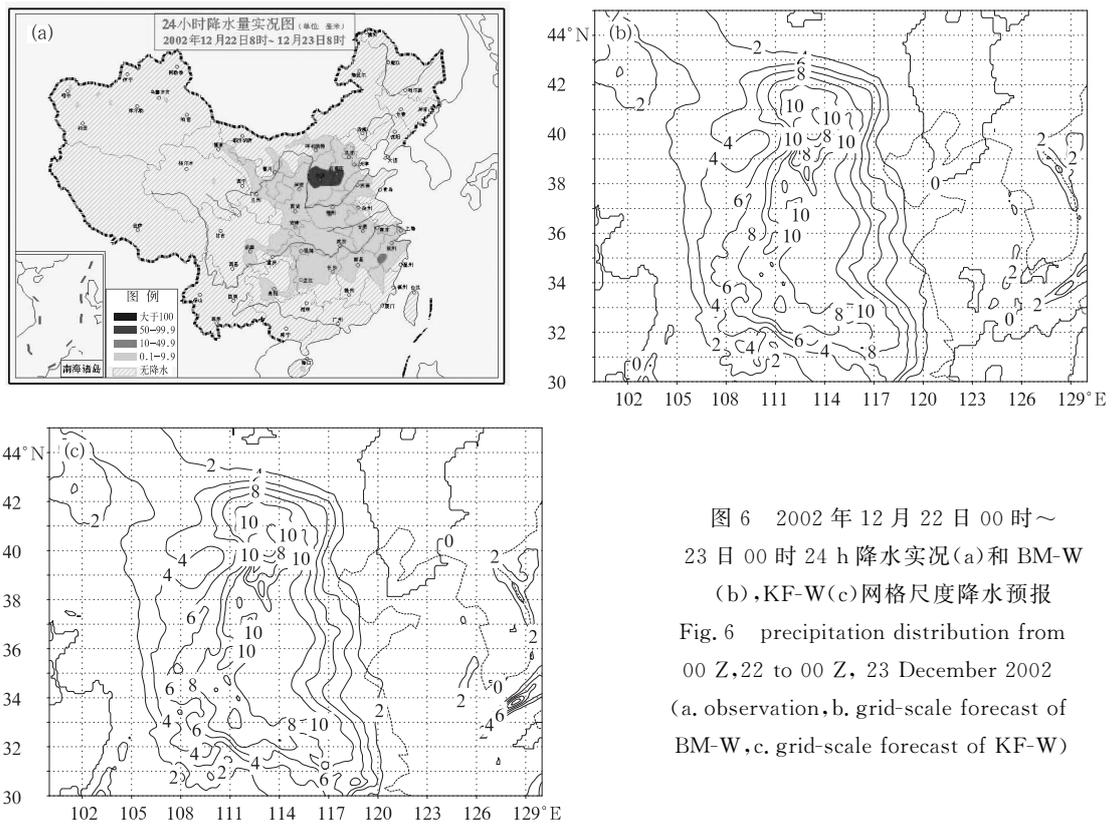


图6 2002年12月22日00时~23日00时24 h降水实况(a)和BM-W(b),KF-W(c)网格尺度降水预报  
Fig. 6 precipitation distribution from 00 Z, 22 to 00 Z, 23 December 2002 (a. observation, b. grid-scale forecast of BM-W, c. grid-scale forecast of KF-W)

#### 4.3 不同积云对流方案对网格尺度降水预报的影响分析

两种试验的网格尺度降水预报相比较,连续6 d两者的降水区范围和强度都非常相似,图6a,b,c分别给出了降水最明显的12月22日00时~23日00时24 h降水实况和BM-W, KF-W两种试验网格尺度降水预报场。由图6a可见,中国华北至长江流域有大范围的降水区存在,北京周围的降雪一般在10 mm左右,太原和石家庄附近降水超过了10 mm,总体来看,降水的强度是比较均匀的,符合层状云连续性均匀降水的特征。在BM-W和KF-W的网格尺度降水预报图上(图6b和6c),两种试

验在中国大陆地区降水区范围和降水强度几乎一致,并且降水区中的细微结构也几乎一致;两者的主要差别出现在朝鲜半岛南部的海洋上,BM-W比KF-W的网格尺度降水的强度要弱一些,但两者的降水区范围和位置是基本相同的。在这一天BM-W和KF-W预报的对流降水分布特征是(图略),在中国长江以北的大陆上几乎没有对流降水产生,仅在朝鲜半岛南部的海洋上有对流降水出现,两者的雨区范围基本一致,但BM-W的对流降水比KF-W的要强一些。以上分析说明,在中国北方的冬季大陆上基本没有对流降水产生,因此不同积云对流方案对网格尺度降水预报的影响可以基本不

予考虑。同时也得到,中国北方的冬季降水主要是由网格尺度降水构成的。

## 5 结论与讨论

通过对中国冬夏季各一次连续降水过程的模拟分析,可得到如下结论:(1)对中国长江中下游区域夏季一次降水过程的模拟分析表明,KF 方案和 BM 方案预报的强降水区位置均比实况偏北一些,强度也弱一些,KF 方案比 BM 方案预报的强降水区位置更接近于实况,综合来看,KF 方案对本次连续降水过程的预报要优于 BM 方案。(2)夏季,Kain-Fritsch 和 Betts-Miller 积云方案可以使周围环境大气状况发生不同的变化,Kain-Fritsch 方案可以使周围环境大气变得更湿、上升气流更加深厚,更有利于降水的产生,引起网格尺度降水的产生差异;揭示出不同积云对流方案对网格尺度降水具有重要的影响。(3)中国北方的冬季大陆上基本没有对流降水产生,因此不同积云对流方案对网格尺度降水预报的影响可以基本不予考虑。同时也得到,中国北方的冬季降水主要是由网格尺度降水构成的。

## 参考文献

- [1] Charney, Eliassen A. On the growth of the hurricane depression. *J Atmos Sci*, 1964, 21:68~75
- [2] Manabe S, Smagorinsky J, Strickler R F. Simulated climatology of a general circulation model with a hydrological cycle. *Mon Wea Rev*, 1965, 93:769~798
- [3] Betts A K. A new convective adjustment scheme. Part 1, Observation and theoretical basis. *Quart J Roy Meteor Soc*, 1986, 112: 677~691
- [4] Betts A K, Miller M J. A new convective adjustment scheme. Part II: Single column tests using GATE wave, BOMEX, and arctic air-mass data sets. *Quart J Roy Meteor Soc*, 1986, 112: 693~709
- [5] Kuo H L. On formation and intensification of tropical cyclones through latent heat release by cumulus convection. *J Atmos Sci*, 1965, 22: 40~63
- [6] Kuo H L. Further studies of the parameterization of the influence of cumulus convection on large scale flow. *J Atmos Sci*, 1974, 31:1232~1240
- [7] Arakawa A, Schubert W H. Interaction of a cumulus cloud ensemble with the large scale environment, Part 1. *J Atmos Sci*, 1974, 37: 674~701
- [8] Grell G A. Prognostic evaluation of assumptions used by cumulus parameterization. *Mon Wea Rev*, 1993, 121:764~787
- [9] Kreitzberg C W, Perkey D J. Release of potential instability, Part 1, A sequential plume model with hydrostatic primitive equation model. *J Atmos Sci*, 1976, 33: 456~475
- [10] Fritsch J M, Chappell C F. Numerical prediction of convectively driven mesoscale pressure systems, Part 1, convective parameterization. *J Atmos Sci*, 1980, 37, 1722~1733
- [11] Kain J S, Fritsch J M. A one-dimensional entraining/detraining plume model and its application in convective parameterization. *J Atmos Sci*, 1990, 47:2784~2802
- [12] Kessler E. On the distribution and continuity of water substance in atmospheric circulation. *Meteor Monogr*, 1969, 10(32): 1~84
- [13] Hong S Y, Juang H M H, Zhao Q. Implementation of prognostic cloud scheme for a regional spectral model. *Mon Wea Rev*, 1998, 126: 2621~2639

## APPLICATION AND STUDY OF PRECIPITATION SCHEMES IN WEATHER SIMULATION IN SUMMER AND WINTER OVER CHINA

Xu Guoqiang Huang Liping Xue Jishan Chen Dehui

(Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081)

### ABSTRACT

Through simulation of summer and winter precipitation cases in China, the cloud-precipitation schemes of model were examined. Results indicate that it is discrepancy between convective precipitation simulated by the Kain-Fritsch scheme and Betts-Miller scheme in summer, the former scheme is better than the later one in this case. The surrounding atmosphere may be varied by different convective schemes. The air is wetter and the updraft is stronger in the Kain-Fritsch than in the Betts-Miller scheme, which can induce the more grid scale precipitation in the Kain-Fritsch scheme. That means, the cumulus schemes difference may have the important effect on grid scale precipitation. However, there is almost no convective rain in winter in northern China, so the effect of cumulus precipitation to the grid scale can be disregarded. Therefore the grid scale precipitation is primary in winter of northern China.

**Key words:** Simulation, Precipitation scheme, Convective precipitation, Grid scale precipitation.