

# Application of Low-Frequency Weather Maps in Mid-Term Extension Weather Forecast

Pengcheng Liu, Tiangui Xiao\*, Peirong Li

School of Atmospheric Sciences, Chengdu University of Information Technology, Chengdu Sichuan  
Email: 1206136234@qq.com, xiaotianguai@cuit.edu.cn, 1227623225@qq.com

Received: Jun 22<sup>nd</sup>, 2018; accepted: Jul. 4<sup>th</sup>, 2018; published: Jul. 11<sup>th</sup>, 2018

---

## Abstract

The low-frequency weather map is a new method for extended weather forecasting from the perspective of low-frequency oscillations in the atmosphere, and is a new direction for future extension forecasting. This article uses daily 500 hpa flow data from April to June 2012-2017, the selected area ranges from latitude 10° - 70° and longitude 80° - 140°, and precipitation data from 97 ground stations in Hunan Province. Based on these data, a low-frequency weather map was drawn to determine a weather-critical area suitable for the precipitation process in Hunan Province, and the movement path and change period of the low-frequency cyclone (C) and the low-frequency anticyclone (A) were analyzed, and the low-frequency synoptic precipitation in Hunan Province was established. The model for forecasting can predict precipitation in Hunan in 30 days or so. Finally, an extended period forecast application was made for the heavy precipitation process in April-June 2017 in Hunan, and a total of eight forecasts were performed using the established forecast model according to the method. Among these eight forecasts, seven heavy precipitation processes were forecasted. One heavy precipitation process was empty and there were three missed cases. The integrated forecast accuracy rate was over 60%. From the accuracy of the application, it can be seen that the use of low-frequency weather maps for the extended period weather forecast in Hunan is feasible. The analysis of the reasons for the empty and missing reports was conducted, and the spatial distribution maps of the average precipitation and precipitation days from April to June in 2017 were analyzed. The reasons for the missing reports and the empty reports may be related to the topography of Hunan, and the uneven distribution of precipitation. There are many precipitations in Xiangxi and northern Hunan, and the direction of future research can be predicted based on the actual precipitation area.

## Keywords

Low-Frequency Weather Maps, Hunan Province, Low Frequency Weather System, Extended Weather Forecast

---

\*通讯作者。

# 低频天气图在中期延伸期天气预报的应用

刘鹏程, 肖天贵\*, 李培荣

成都信息工程大学, 大气科学学院, 四川 成都

Email: 1206136234@qq.com, xiaotianguai@cuit.edu.cn, 1227623225@qq.com

收稿日期: 2018年6月22日; 录用日期: 2018年7月4日; 发布日期: 2018年7月11日

## 摘要

低频天气图是一种从大气低频振荡的角度来做延伸期预报的新方法, 是未来延伸期预报的新方向。本文采用2012~2017年4月至6月逐日500 hpa流场数据, 选取的区域范围为北纬10°~70°、东经80°~140°之间, 另有湖南省97个地面观测站的降水资料。根据这些数据绘制出低频天气图, 确定出适合湖南省降水天气过程的天气关键区, 分析出低频气旋(C)和低频反气旋(A)的移动路径和变化周期, 建立湖南省低频天气图降水预报的模型, 该模型可以提前30天左右对湖南地区进行降水预报。最后对湖南地区2017年4~6月份的强降水过程进行了延伸期预报应用, 根据本方法利用建立的预报模型总共进行了8次预报, 这8次预报中有7次的强降水过程是预报出来了, 有1次强降水过程是空报了, 另外还有3次漏报的情况, 综合预报准确率在60%以上, 从应用的准确率可以看出使用低频天气图进行湖南地区的延伸期天气预报有一定的可行性。对空报和漏报的原因进行分析, 分析了2017年4~6月平均降水量和降水日数的空间分布图, 得出漏报和空报的原因可能是与湖南的地形有关, 降水分布不均匀, 湘西和湖南北部降水较多, 以后研究的方向可以根据实际降水范围划分区域分别预报。

## 关键词

低频天气图, 湖南省, 低频天气系统, 延伸期天气预报

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

当今全球的气象界把天气预报业务分为了三种: 第一种为短期天气预报, 第二种为中期天气预报, 第三种是以月为尺度的气候预测。在中期天气预报和气候预测之间一直存在一个预报业务部门难以攻克的难题——中期延伸期天气预报(10 d~30 d), 目前学术界仍然缺少客观有效的预报方法来对此项预报业务提供技术支持, 是当前没有解决但又是亟需解决的气象预报业务问题之一。

经过多年的研究发现[1], 大气中其实一直存在天气噪音之上的缓慢变化, 这些变化与大气大尺度运动、低频外源强迫有一定的联系, 它们的时间尺度很长, 而且还有周期性。MJO (Madden-Julian Oscillation) 是指 Madden [2]等第一次发现了热带地区纬向风的低频振荡周期为 30~50 天。Yasunari [3]把向东传播的 MJO 联系印度季风降水的活跃 - 中断期, 被看作低频天气振荡研究的转折点。

国内外学者都在这一方面取得一些进展, 国外的一些学者[4]建立了统计模型, 并定期发布一些 MJO

产品, 通过使用 MJO 的 8 个位相的周期和强度变化对延伸期的降水趋势进行预报, 有效实现了对 MJO 的预测和监测; Jones 等[5]发现了热带季节内的对流活动有异常, 建立了相对应统计预报模型, 预测出了未来一段时间的低频天气系统活动过程; 国内有关研究方面, 丁一汇(2010) [6]和梁萍(2012) [7]基于 MJO 对我国部分地区的延伸期降水预报过程进行了很多研究。李建平(2006) [8]从理论上证明了 20 天左右的大气有一定的可预报性。孙国武(2008) [9]提出了运用低频天气图对延伸期降水的预报方法, 利用低频天气图上的低频天气系统造成的南北气流辐合进行延伸期降水预报, 后来进一步研究出了关键区大气低频预报方法。

在上个世纪 80 年代末, 90 年代初, 章基嘉等(1991) [10]就已经提出来了使用大气低频震荡来制作低频天气图进而预报中长期天气预报的设想, 并且和何金海教授等人共同将低频振荡预报方法应用于气象业务部门。2011 年前后, “月内重要过程趋势预测系统” [11]才被中国气象局预报与网络司立项, 后被列为中国气象局现代气候业务试点, 先在多省份的省气候中心推广低频天气图方法, 后来进一步扩大使用范围。现在已经有多名气象专家对一些地区进行了实际研究, 比如陈申鹏对华南地区强降水的研究[12], 孙国武对上海地区强降水的研究[13], 陈青对湖南地区强降水的研究[14]。

湖南省地处中国腹地, 长江的中游省份, 省会是长沙市, “湖南” 的名字由来是因为全省大部分城市位于洞庭湖的南边。湖南省的地理区域范围在北纬  $24^{\circ}38' \sim 30^{\circ}08'$  之间, 东经  $108^{\circ}47' \sim 114^{\circ}15'$  之间。北边紧邻的省份为湖北省、重庆市, 西边与贵州省、广西壮族自治区相接, 南边紧靠广东省, 东边与江西省相邻, 全省面积为 21.15 万平方千米, 排全国第 10 位, 据 2015 年统计的人口有 6700 余万人。流经湖南的江河比较多, 比如湘江、资江、沅江、澧水等。其中湘江是湖南省最大的河流, 它的发源地在广西境内, 从湖南西南方向入境, 沿着东北方向最后注入洞庭湖, 湘江流域的长度最长可达 856 千米, 在湖南境内的长度也超过 670 千米。湖南省总体的地形特征为: 以丘陵和山地为主, 占 80% 以上, 平原不足 20%, 东、南、西三面环山, 北边地区为平原, 中部以丘岗为主, 呈现出西边和南边地理位置高, 东边和北边地理位置低, 向东北方向开口的马蹄形盆地, 海拔第一的高山雪峰山贯穿全省, 把湖南划分为了自然条件不同的东西两个部分。湖南有丰富的光资源、热资源和水资源, 这三种资源峰值出现的时间接近, 在 4 月~10 月期间的日照辐射量占全年总辐射量的七成以上, 这几个月降水量也占全年降水量的七成以上。湖南省属于亚热带湿润季风气候, 东南方向离南海直线距离大约仅为 400 km, 所以受东南季风环流影响明显。其气候的年内变化和年际变化较大, 特别是以湘西与湘南山地最为显著, 常常在汛期呈现降水时间长, 降水量大的特点。在冬季的时候, 湖南地区受自西伯利亚南部和蒙古高原南下的干冷空气影响, 经过准静止锋和气旋活动的作用后, 通常会出现雨, 雪天气。夏季的时候, 湖南大部分地区都受低纬度副热带高压控制, 气温较高, 水汽充足, 年均降水量在 1200 mm 以上。在春季的时候, 南北气流在地面汇合, 气旋和锋面等气象要素的活动频繁使得降雨概率大大增加并且天气变化无常。秋季时西太平洋副高逐渐向南移动, 北方冷气流南下控制全省, 秋高气爽, 空气中的湿度比较低。

## 2. 资料概况

本文所采用的流场资料为 2012~2017 年 4 月至 6 月逐日 500 hpa 流场资料, 水平分辨率为  $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ , 选取的预报范围在北纬  $10^{\circ} \sim 70^{\circ}$  之间、东经  $80^{\circ} \sim 140^{\circ}$  之间; 降水资料采用的是湖南地区 2012~2017 年 4~6 月 97 个地面观测台站的逐日降水量资料。

## 3. 低频天气图预报方法

### 3.1. 低频天气图的建立

低频天气图与风场、等压面位势高度场等常规天气图的原理相似, 但还是有一点区别, 区别在于低

频天气图是通过 Butterworth 带通滤波器将风场或者等压面位势高度场数据进行了滤波处理, 进而得到了相关气象要素的分布图, 这样就称为低频天气图。

将已经获取的流场数据 NCEP/NCAR 再分析资料的 nc 格式用 Grads 脚本转化为 dat 格式, 再用已经取得的滤波程序在 fortran 将流场数据进行滤波, 得到是以 dat 格式的滤波数据, 接着编写 ctl 文件, gs 文件, 最后在 grads 上绘制出低频天气图(图 1)。

### 3.2. 低频天气系统建立

在目前的低频天气图预报方法中, 将低频天气系统划分为两种。第一种如果低频天气图采用的是低频位势高度场数据, 那么低频天气系统就会分为低频低压(D)和低频高压(G)。另一种是目前使用较多也是本文使用的方法, 低频天气图的数据利用的是低频流场数据, 那么低频天气系统就会分为低频气旋(C)和低频反气旋(A)。低频气旋(C)与低频低压(D)的意义相同, 低频反气旋(A)与低频高压(G)的意义相同, 将它们一并统称为低频天气系统。

低频天气系统有四个特征。第一个特征是周期性特征, 一般情况低频天气系统出现和消失的活动周期是三十天左右, 有很强的规律性; 第二个特征是相似性特征, 低频天气系统的移动路径有两种, 分为移动型路径和振荡型路径, 在关键区上的移动路径很相似; 第三个特征是连续性特征, 在空间平面范围有连续特点; 第四个特征是依赖性特征, 低频天气系统的生成源地大多数与区域内的地形有关。

低频天气系统的预报优势: 因为低频天气系统有明显的周期特征, 相似特征, 连续性特征和依赖性特征, 所以在低频天气图上追踪天气系统的活动情况比一般的天气图更加直观明显, 这样容易总结出低频天气系统的演变规律, 因此很适合做延伸期的预报。

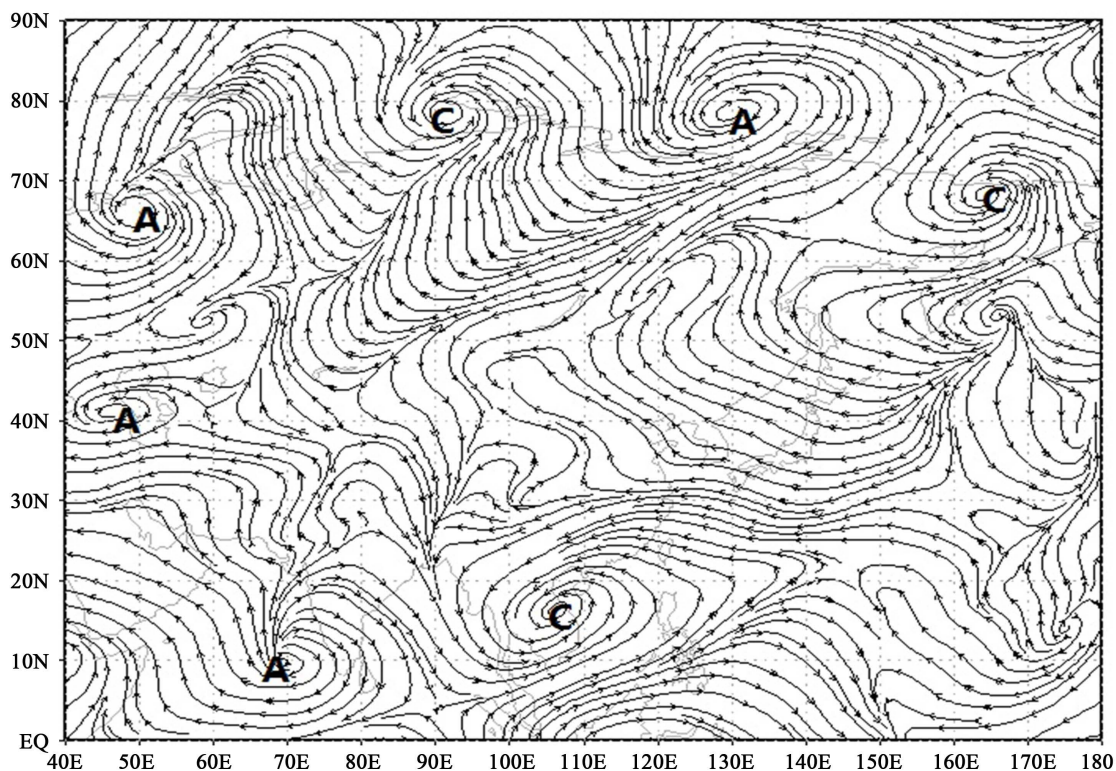


Figure 1. Low-frequency weather map of May 1, 2016 (C indicates low-frequency cyclone, A indicates low-frequency anticyclone)

图 1. 2016 年 5 月 1 日的低频天气图(C 表示低频气旋, A 表示低频反气旋)

### 3.3. 湖南地区强降水低频影响关键区分析

为了更清楚的分析低频天气系统的演变过程,所以划分关键区的前提是在不破坏低频天气系统的地域特点下划分若干个区域,每个区域都能表现各自区域内天气系统的特点。关键区的原理是各个方向的低频天气系统促使强降水发生所必需的冷暖气流汇合,就导致了强降水的发生。北纬 $30^{\circ}$ 以北主要考虑的是来自贝加尔湖-西伯利亚的冷空气,北纬 $10^{\circ}\sim 30^{\circ}$ 之间主要考虑的是新疆、河套地区的偏西气流加强冷空气的南下;北纬 $30^{\circ}$ 以南主要考虑的是来自西太平洋和孟加拉地区的暖湿空气北上。

以湖南省为例,根据湖南省4~6月低频天气系统周期性、相似性、连续性、依赖性等特点,划分出7个区域代表北方、西方和南方的天气系统(图2),即1区:高纬度的贝加尔湖-西西伯利亚地区( $50^{\circ}\sim 70^{\circ}\text{N}$ 、 $80^{\circ}\sim 140^{\circ}\text{E}$ );2区:中纬度的我国西北部的新疆地区( $30^{\circ}\sim 50^{\circ}\text{N}$ 、 $80^{\circ}\sim 100^{\circ}\text{E}$ );3区:我国中部的河套地区( $30^{\circ}\sim 50^{\circ}\text{N}$ 、 $100^{\circ}\sim 120^{\circ}\text{E}$ );4区:我国的东海地区( $30^{\circ}\sim 50^{\circ}\text{N}$ 、 $120^{\circ}\sim 140^{\circ}\text{E}$ );5区:孟加拉湾地区( $10^{\circ}\sim 30^{\circ}\text{N}$ 、 $80^{\circ}\sim 100^{\circ}\text{E}$ );6区:我国的华南地区( $10^{\circ}\sim 30^{\circ}\text{N}$ 、 $100^{\circ}\sim 120^{\circ}\text{E}$ );7区:西太平洋地区( $10^{\circ}\sim 30^{\circ}\text{N}$ 、 $120^{\circ}\sim 140^{\circ}\text{E}$ )。

关键区划分的考虑分析如下:1区主要考虑有高纬度大尺度环流系统引导的冷空气,可从东北,北和西北三个方向南下;2区和3区考虑的是偏西气流的影响,2区的青藏高原加强冷气流南下的作用特别明显;5区考虑的是来自孟加拉湾地区的西南暖湿气流;7区考虑的是来自西太平洋的偏南或者偏东南移动的暖湿气流;6区考虑的是两个季风(印度洋季风和南海季风)的影响,印度洋季风加强来自5区的孟加拉湾暖湿气流北上,南海季风则加强7区的西太平洋暖湿气流北上。当5区的孟加拉湾暖湿气流、7区西太平洋暖湿气流、北方南下的冷气流发生交汇,就可能导导致湖南地区发生强降水过程。

### 3.4. 低频天气系统移动变化路径

根据已经绘制出的2013~2016年逐日低频天气图,发现了低频天气系统的移动变化路径可以分为两种:第一种是移动型路径,第二种是振荡型路径。其中,移动型路径是指低频活动周期内的低频天气系统在一个关键区产生,产生后向东西方向移动,或者向南北方向移动,最后移出产生时的关键区。另一个是振荡型路径,指低频活动周期内的低频天气系统在关键区产生后就在原地振荡后自己消亡,始终没有移出产生时的关键区。

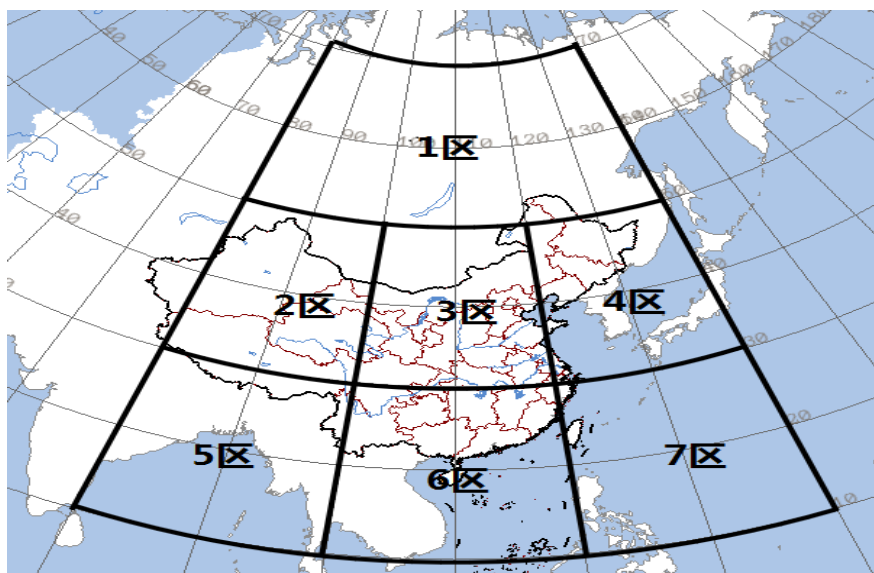


Figure 2. Key area of low frequency weather system  
图2. 低频天气系统的关键区

下图(图 3)是移动型变化路径,在 a 图的西南方向生成一个低频气旋(C),经过一段时间以后这个低频气旋向东北方向移动,再经过一段时间之后这个低频气旋移出了这个关键区。(图 4)代表的是振荡型变化路径,首先在(图 4(a))生成了一个低频气旋(C),经过一段时间之后这个低频气旋没有发生移动而是逐渐消失,这就是振荡型变化路径。

通过统计分析湖南省 2013~2016 年 4 月~6 月 500 hpa 低频流场图上低频天气系统的移动路径特征得出: 1 区生成的低频天气系统移动路径大多数为移动型,移动的方向是西南方向或者东南方向,5 区的天气系统移动路径大多数为移动型,移动的方向多为东方向或者东北方向,7 区的低频天气系统移动路径大多数为移动型,移动的方向多为西方向或者西北方向。除此之外还有 2 区、3 区、4 区和 6 区生成的低频天气系统移动路径为振荡型。

### 3.5. 低频天气系统的活动周期分析

根据经验定义当一个低频反气旋(或者低频气旋)生成,然后逐渐的消亡,再到低频气旋(或者低频反气旋)生成到消亡的时间段为低频天气系统的周期;定义强降水开始的日期为地面观测站 $\geq 10$ 毫米并且站点数 $\geq 30$ 个的时间,强降水结束的日期为地面观测站点数 $\leq 20$ 个的前一天。

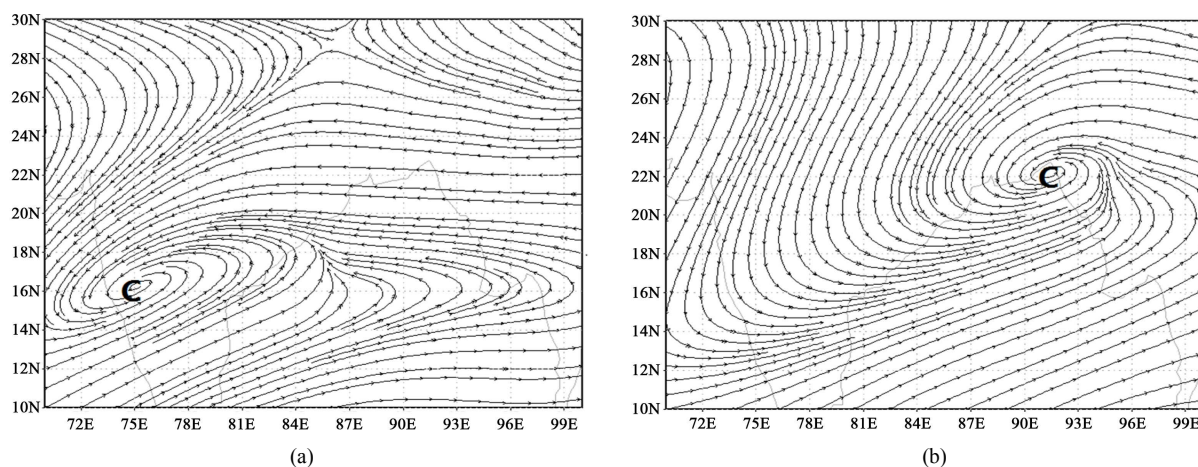


Figure 3. (a) Indicates that before moving on May 1, 2016; (b) Indicated that after moving on May 4, 2016

图 3. (a)表示 2016 年 5 月 1 日移动之前(b)表示 2016 年 5 月 4 日移动之后

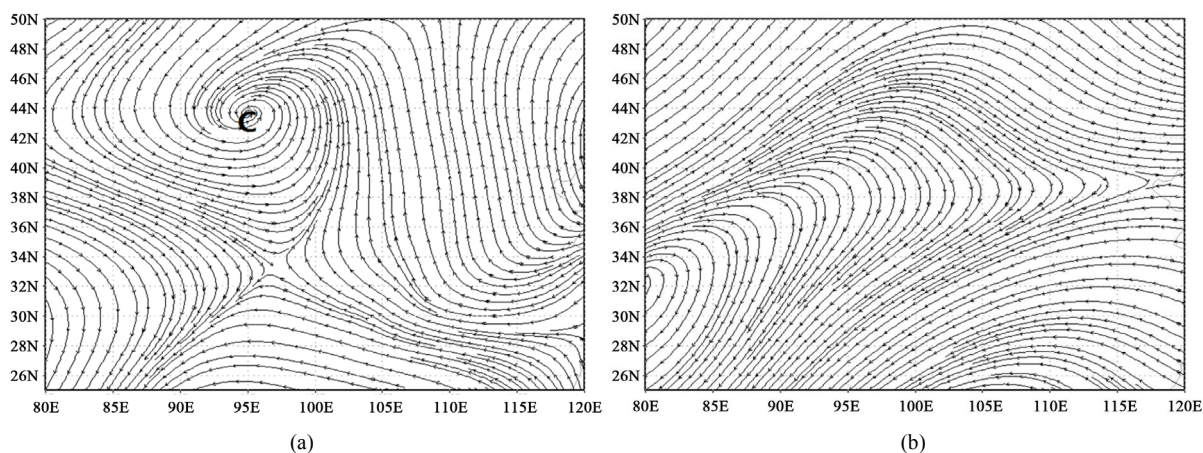


Figure 4. (a) Before the oscillation on May 14, 2016; (b) After the oscillation on May 15, 2016

图 4. (a)是 2016 年 5 月 14 日振荡之前;(b)2016 年 5 月 15 日振荡之后

具体用 2016 年 3 月 12 日~4 月 7 日 500 hpa 低频天气图 5 区(10°~30°N、80°~100°E)的低频天气系统活动来分析(图 5)。在 3 月 12 日的时候 5 区出现了低频反气旋, 3 月 22 日左右低频反气旋消失, 经过了几天之后, 在 4 月 1 日左右开始出现低频气旋, 4 月 7 日的时候低频气旋消失, 低频天气系统的活动周期大约在 27 天左右。

## 4. 湖南地区强降水模型的建立和预报应用

### 4.1. 湖南地区模型的建立

低频天气图的预报模型是以预报地区的地形和低频天气系统相对应的范围为基准建立的, 预报模型有较强的地域性, 因为每个地方的地形地貌、气候特点以及降水天气系统的环流形势各不相同, 所以关键区范围划分要有科学性, 因地制宜。建立预报模型是有多个步骤的:

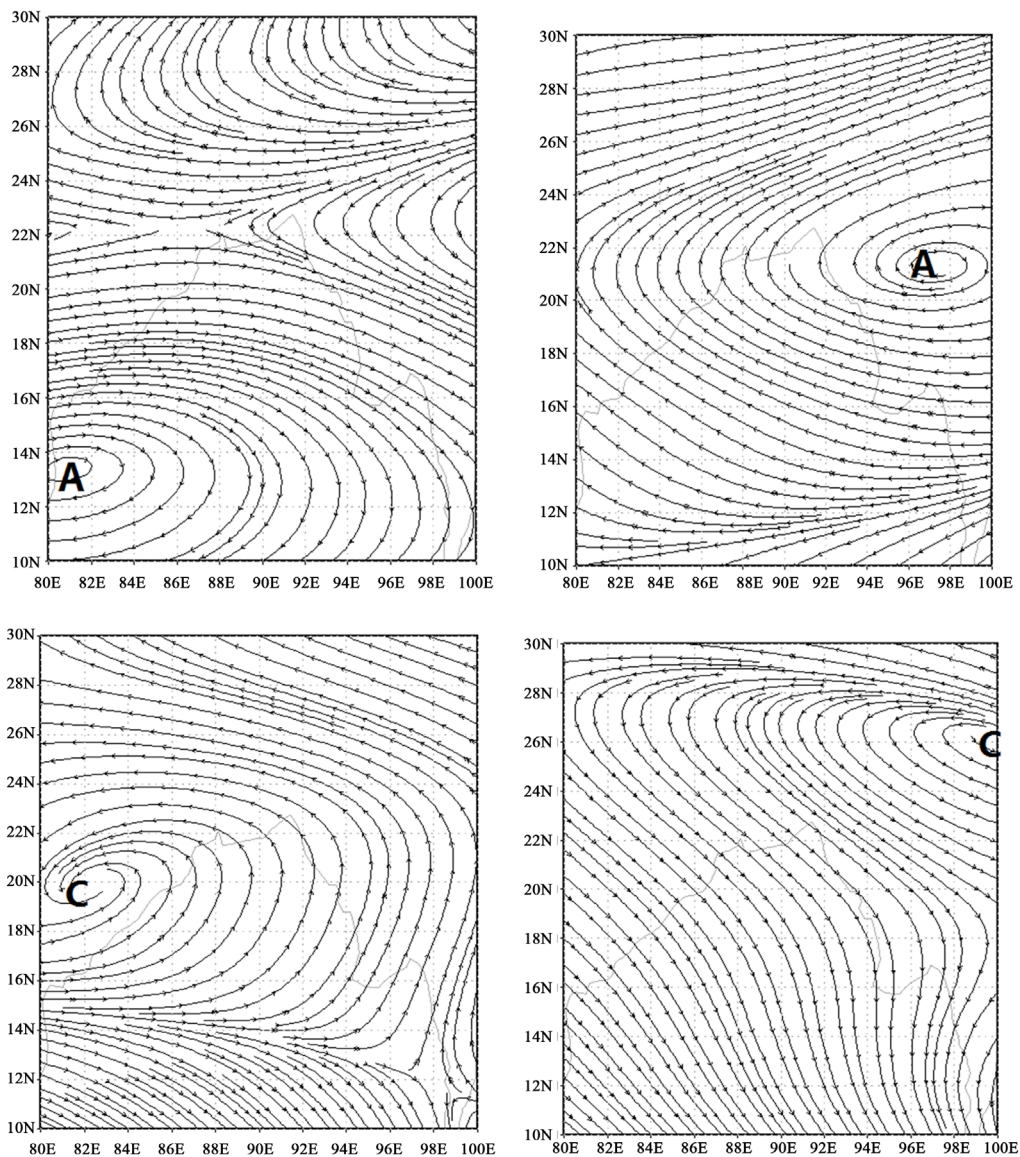


Figure 5. Low temperature weather map of 500 hpa from March 12 to April 7, 2016

图 5. 2016 年 3 月 12 日至 4 月 7 日 500hpa 低频天气图

第一，确定预报的对象。本文的预报对象是强降水过程。

第二，找出预报地区范围内的天气个例与关键区低频天气系统的对应关系，分析低频天气系统的移动路径(移动型还是振荡型)。通过已经绘制出来的低频天气图分析可知，1区、5区、7区的低频天气系统变化路径以移动型为主，2区、3区、4区、6区的低频天气系统的变化路径以振荡型为主。

第三，分析各个关键区的低频天气系统的配置关系。通过降水资料可知，2013~2016年4~6月湖南地区总共有46次强降水过程，分析这46次强降水过程出现的时候低频天气图上的低频天气系统(A)或者(C)在各个关键区出现的次数(表1)。

从湖南省2013~2016年4~6月的降水数据中统计，湖南总共出现了46次强降水。从500 hpa的低频天气图上分析低频气旋和低频反气旋出现的次数得出：当在1区出现强降水过程中，低频气旋(C)发生的次数与低频反气旋(A)出现的次数相差不大，所以1区考虑低频气旋(C)或者低频反气旋(A)控制；当2区降水时，低频气旋(C)发生的次数与低频反气旋(A)出现的次数也差不多，所以2区也考虑被低频气旋(C)或者低频反气旋(A)控制；在3降水区时，低频气旋(C)发生的次数比低频反气旋(A)多，所以考虑3区主要被低频气旋(C)控制；在4区降水时，低频气旋(C)发生的次数与低频反气旋(A)大致相同，4区考虑被低频气旋(C)控制和低频反气旋(A)控制；在5区降水时，低频反气旋(A)发生的次数比低频气旋(C)少，所以5区考虑被低频反气旋(C)控制；在6区和7区降水时，低频反气旋(A)发生的频次比低频气旋(C)多，考虑被低频反气旋(A)控制。

根据以上分析建立预报模型(图6)，这种模型充分考虑了各种对强降水有利影响的天气系统，比如来自孟加拉地区的暖湿气流，西太平洋的暖湿气流，青藏高原动力和热力的作用，来自北方贝加尔湖的冷空气等。

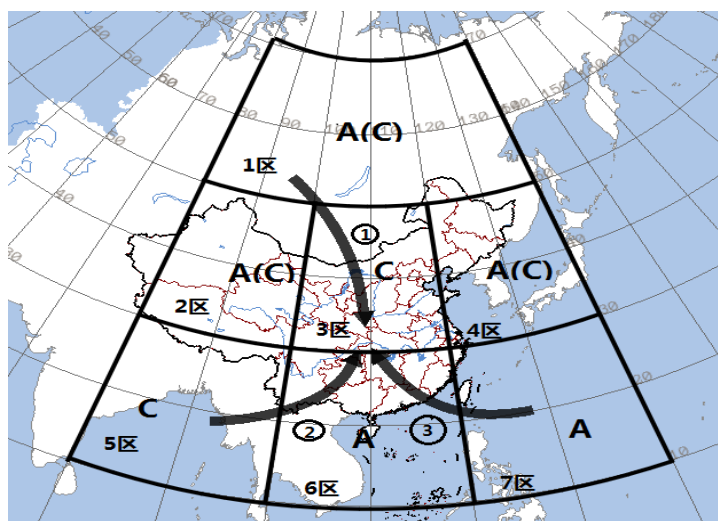


Figure 6. Forecast model

图6. 预报模型

Table 1. Heavy rainfall process and frequency of upper-low frequency weather system in key regions in Hunan from April to June in 2013~2016

表1. 湖南2013~2016年4~6月强降水过程与各关键区上低频天气系统出现的次数

低频天气系统	1区	2区	3区	4区	5区	6区	7区
低频反气旋(A)	16	14	9	11	10	11	19
低频气旋(C)	15	13	16	10	18	7	11



当 1 区出现的是低频气旋(C)或者低频反气旋(A)的时候就会使高纬度环流引导冷空气南下, 2、3 区的低频天气系统的作用是青藏高原作用的偏西气流加强冷空气南下(1 号箭头), 5、7 区分别是孟加拉湾地区(2 号箭头)和西太平洋(3 号箭头)的暖湿气流, 6 区有印度季风和南海季风, 它们的作用分别是将孟加拉湾地区和西太平洋地区的暖湿气流向北输送, 4 区为西太平洋的偏东气流, 也是加强气流输送到达降水区域的上空, 多个过程共同作用就会产生强降水天气过程, 这种就是低频天气图做延伸期预报的模型。这样的模型与实际强降水天气过程有较好的对应关系, 进一步证明了利用低频天气图预报方法进行延伸期预报是行得通的。

#### 4.2. 湖南地区的降水预报应用

利用低频天气图做延伸期预报, 分析了低频天气图上低频天气系统的特征, 划分出了地形特点与气候特点相结合的关键区, 建立起了适合湖南地区强降水预报模型, 对湖南省 2017 年汛期 4~6 月的强降水过程进行应用试验。从绘制出的低频天气图中, 根据是否与模型对应, 总共预报了 8 次湖南地区的强降水过程(表 2), 其中有 7 次强降水过程是预报出来了, 有 1 次强降水过程是空报了, 另外还有 3 次漏报, 综合预报准确率为 63%, 可以从中看出使用低频天气图预报方法对湖南地区进行强降水预报是有效果的。

下图(图 7)是 2017 年 3 月 8 日的低频天气图, 可以看出 1 区出现低频反气旋(A), 2 区为低频反气旋(A), 3 区为低频气旋(C), 4 区为低频反气旋(A), 6 区为低频反气旋(A)。当 1 区的高纬度冷空气南下, 2 区和 3 区的偏西气流加强冷空气南下, 7 区的西太平洋暖湿气流北上, 4 区的偏东气流使暖湿气流向大陆输送, 当这南北两股冷暖气流在湖南附近上空交汇时就产生了降水过程, 再根据已分析出低频天气系统的振荡周期在 30 天左右, 所以预测在 4 月的上旬会有强降水过程。

下图(图 8)是 2017 年 3 月 20 日低频天气图, 在 2 区存在低频反气旋(A), 引导大范围的高纬度冷空气向南方移动, 7 区的低频反气旋(A)引导西太平洋暖湿空气向北移动, 当暖湿空气在 6 区受到季风的影响, 推动暖湿空气向北上, 在湖南上空附件与高纬度的冷空气交汇时产生降水, 再根据低频天气系统振荡的周期为 30 天左右, 所以推测在 4 月下旬可能会发生强降水过程。

下图(图 9)为 2017 年 3 月 22 日的低频天气图, 1 区有一低频气旋(C), 高纬度大尺度环流引导冷空气向南流动, 在 3 区存在一个低频气旋(C)加强冷空气南下, 在 5 区孟加拉湾地区有一低频反气旋(A), 引导

Table 2. Hunan April-June test and forecast

表 2. 湖南 2017 年 4~6 月检验预报

发布时间	预报降水时间	实际降水时间
3 月 8 日	4 月上旬	4 月 9 日~4 月 11 日
漏报		4 月 17 日~4 月 18 日
3 月 20 日	4 月下旬前期	4 月 21 日~4 月 23 日
3 月 22 日	4 月下旬后期	4 月 25 日~5 月 2 日
4 月 6 日	5 月上旬到中旬	5 月 4 日~5 月 16 日
漏报		5 月 21 日~5 月 24 日
4 月 29 日	5 月下旬后期	空报
5 月 1 日	6 月上旬	6 月 1 日~6 月 8 日
5 月 10 日	6 月中旬	6 月 11 日~6 月 13 日
5 月 17 日	6 月中旬后期	6 月 16 日~6 月 19 日
漏报		6 月 23 日~6 月 30 日

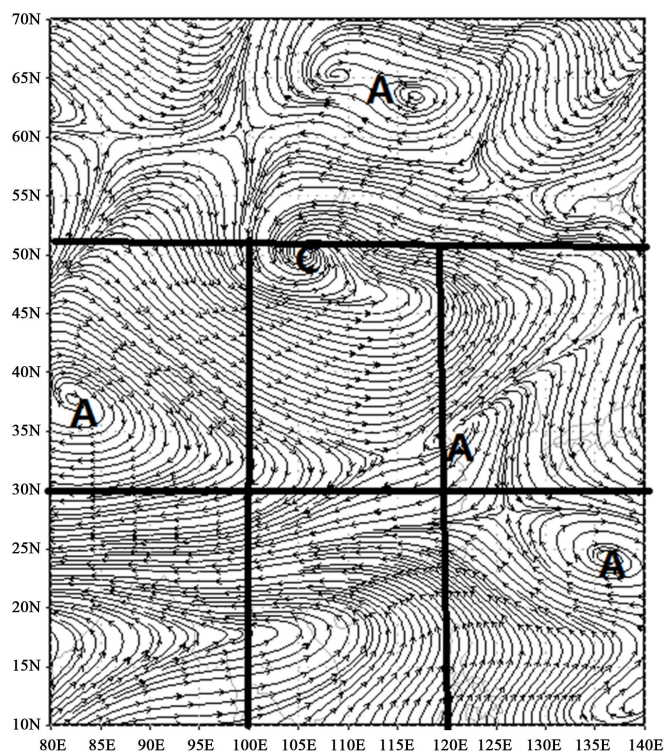


Figure 7. Low-frequency weather map of March 8, 2017

图 7. 2017 年 3 月 8 日的低频天气图

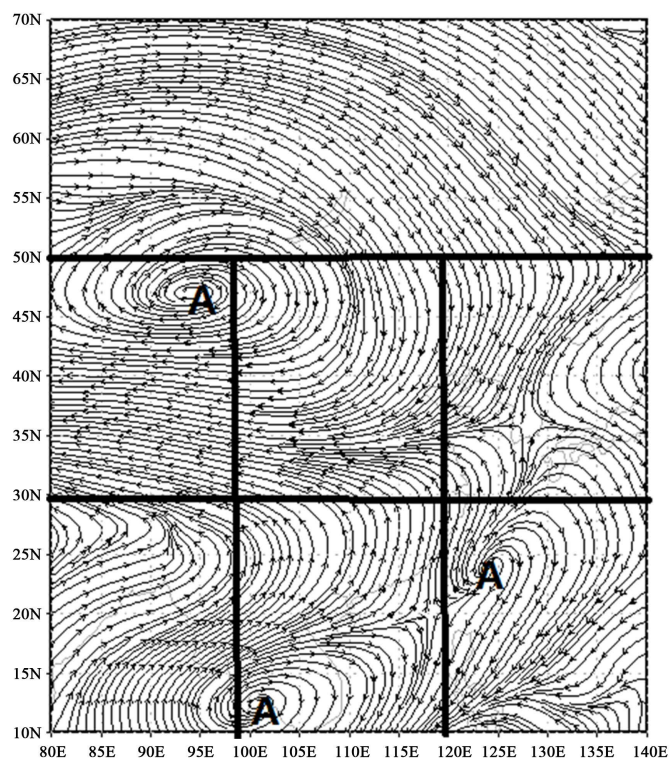


Figure 8. Low-frequency weather map of March 20, 2017

图 8. 2017 年 3 月 20 日低频天气图

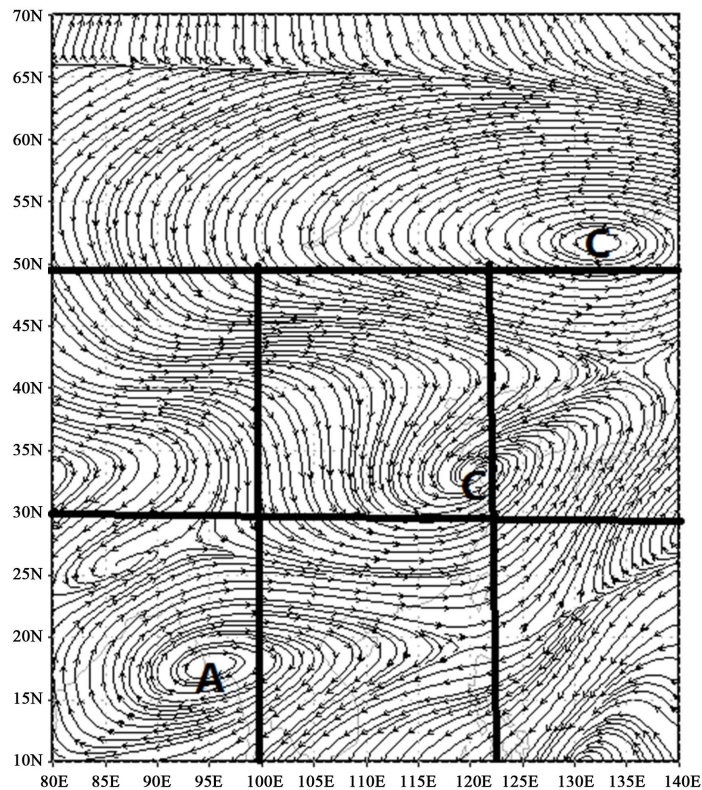


Figure 9. Low-frequency weather map of March 20, 2017

图 9. 2017 年 3 月 20 日低频天气图

西南暖湿空气向北流动，当这两股冷暖空气交汇时，就会导致附近地区发生强降水过程，再根据低频天气系统的振荡周期大约为 30 天，所以预测在 4 月下旬后期会出现一次强降水过程。其余日期预测以此类推，得到下面的预测表。

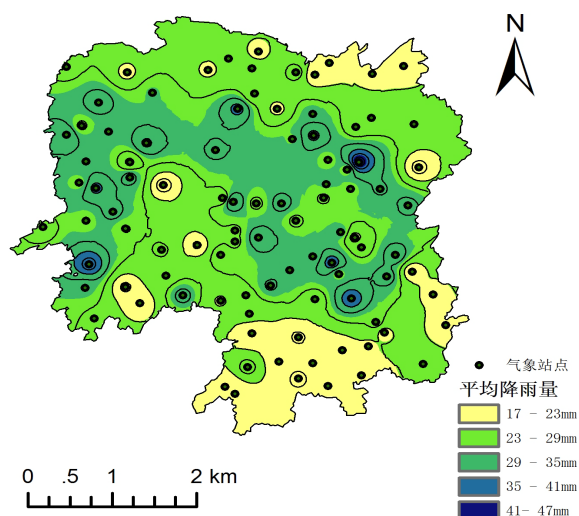
#### 4.3. 空报和漏报的原因分析

本次对 2017 年 4-6 月强降水预报试验虽然准确率还是比较高，但是我们也要看到它的不足，空报和漏报的比例还是相当大的，不容我们忽视。上图(图 10)为湖南省 2017 年汛期 4 月~6 月平均降水量空间分布图，可以从图中看出，湘西地区和中部地区降水比较充足，湖南北部和南部平均降水量较少。(图 11)是湖南 2017 年汛期 4 月~6 月强降水日数的空间分布图，可以看出湖南西北部降水日数多，最长可达 40 天，中部个别地区降水日数较少，降水分布极不均匀。

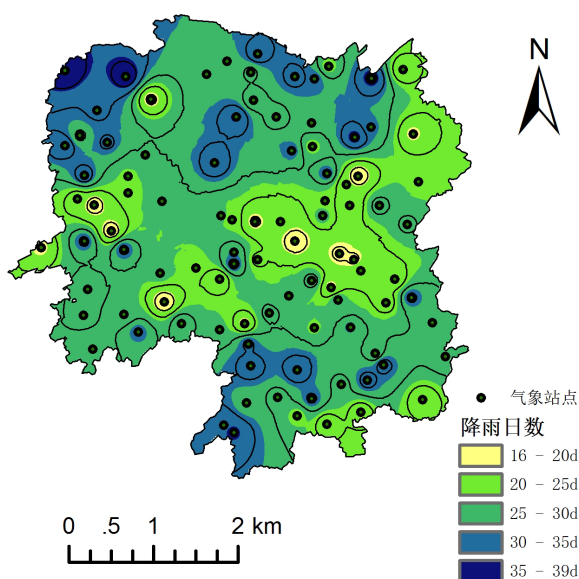
所以使用低频天气图做延伸期预报发生空报和漏报的原因可能是湖南地区横跨的经度和纬度的范围比较大，地形比较复杂，降水不均匀。以后为了提高预报的准确率可以从划分区域方向进行研究。

#### 5. 结论

本文通过绘制 2013 年~2016 年 4 月~6 月的低频天气图，分析了各个关键区低频天气系统的移动变化路径。其中，1 区、5 区、7 区多为移动型变化路径，2 区、3 区、4 区、6 区多为振荡型变化路径。统计出了各个关键区低频天气系统的活动周期在 30 天左右。划分了 7 个关键区，其中，关键区 1, 2, 3 区与来自贝加尔湖中高纬度大尺度环流系统引导的冷空气南下和青藏高原偏北气流南下有关，5 区与来自孟加拉湾地区的西南暖湿气流有关，7 区与西太平洋副热带高压作用带来的暖湿气流有关。



**Figure 10.** Spatial distribution of average precipitation in April-June in flood season in Hunan Province in 2017  
**图 10.** 湖南省 2017 年汛期 4~6 月平均降水量空间分布图



**Figure 11.** Spatial distribution of precipitation days in April-June in flood season in Hunan Province in 2017  
**图 11.** 湖南省 2017 年汛期 4~6 月降水日数空间分布图

利用 2013~2016 年 4~6 月强降水过程与低频天气系统在各个关键区出现的次数, 得出 1、2、4 区有低频气旋(C)或者低频反气旋(A)时、关键区 3 和 5 有低频气旋(C)、6 区和 7 区是低频反气旋(A)相互配合时, 就会形成湖南地区降水的条件, 由此分析出了低频天气系统的配置关系, 再将配置关系图和实际天气形势结合建立适合湖南地区的预报模型。

最后对湖南地区 2017 年汛期 4~6 月的强降水天气过程进行 8 次预报试验, 结果显示报对了 7 次过程, 空报了 1 次过程, 漏报了 3 次过程, 报对的次数较多, 综合准确率为 63%, 这充分说明低频天气图预报方法在湖南进行预报是可以采纳的。但是我们也要看到此方法的不足和缺陷, 可能是因为湖南地区地域面积比较大, 并且降水分布不均匀, 可以在以后研究中采取划分区域的方法, 针对各个地区的降水特点进行分别预报。

## 基金项目

国家自然科学基金(91337215, 41575066); 国家科技支撑计划(2015BAC03B05); 全国大学生创新训练计划项目(201610621033)支持。

## 参考文献

- [1] Hoskins, B.J. and Pearce, R. (1983) Large Scale Dynamical Processes in the Atmosphere. Academic Press, Cambridge.
- [2] Madden, R.A. and Julian, P.R. (1971) Detection of a 40-50 Day Oscillation in the Zonal Wind in the Tropical Pacific. *Journal of the Atmospheric Sciences*, **28**, 702-708.  
[https://doi.org/10.1175/1520-0469\(1971\)028<0702:DOADOI>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0469(1971)028<0702:DOADOI>2.0.CO;2)
- [3] Murakami, T., Nakazawa, T. and He, J. (1984) On the 40-50 Day Oscillations during the 1979 Northern Hemisphere Summer Part II: Heat and Moisture Budget. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, **62**, 469-484.  
[https://doi.org/10.2151/jmsj1965.62.3\\_469](https://doi.org/10.2151/jmsj1965.62.3_469)
- [4] Hendon, H.H. and Liebmann, B. (1990) The Intraseasonal (30-50 Day) Oscillation of the Australian Summer Monsoon. *Journal of the Atmospheric Sciences*, **47**, 2909-2923.  
[https://doi.org/10.1175/1520-0469\(1990\)047<2909:TIDOOT>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0469(1990)047<2909:TIDOOT>2.0.CO;2)
- [5] Jones, C., Carvalho, M.V., Higgins, R.W., et al. (2004) A Statistical Forecast Model of Tropical Intraseasonal Convective Anomalies. *Journal of Climate*, **17**, 2078-2094.  
[https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2004\)017<2078:ASF MOT>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2004)017<2078:ASF MOT>2.0.CO;2)
- [6] 丁一汇, 梁萍. 基于 MJO 的延伸预报[J]. 气象, 2010, 36(7): 111-122.
- [7] 梁萍, 丁一汇. 基于季节内振荡的延伸预报试验[J]. 大气科学, 2012, 36(1): 102-116.
- [8] 国家自然科学基金委员会地球科学部, 编. 21 世纪初大气科学前沿与展望: 第四次全国大气科学前沿学科研讨会论文集[M]. 北京: 气象出版社, 2006: 96-104.
- [9] 孙国武, 信飞, 陈伯民, 等. 低频天气图预报方法[J]. 高原气象, 2008, 27(增刊): 64-68.
- [10] 章基嘉, 孙国武, 陈宝德. 青藏高原大气低频变化的研究[M]. 北京: 气象出版社, 1991: 105-106.
- [11] 孙国武, 冯建英. 低频天气图预报方法的思索[J]. 干旱气象, 2013, 31(3): 558-560.
- [12] 陈申鹏, 孙国武, 曾鼎文. 大气低频系统与华南强降水过程的研究[J]. 高原气象, 2017, 36(2): 480-490.
- [13] 孙国武, 李震坤, 信飞, 等. 延伸期天气过程预报的一种新方法——低频天气图[J]. 大气科学, 2013, 37(4): 945-954.
- [14] 陈青, 廖玉芳, 杨书运, 等. 低频天气图方法在湖南省雨季强降水过程预报中的应用[J]. 气象, 2014, 40(2): 223-228.

### 知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2330-1724, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: [ojs@hanspub.org](mailto:ojs@hanspub.org)