

2009年灾害性天气 预报技术论文集

端义宏 曲晓波 主编



2009 年灾害性天气预报技术论文集

端义宏 曲晓波 主编

内容提要

本论文集围绕 2009 年的天气气候、暴雨与强对流、台风、低温冰冻雨雪天气等灾害性天气发生发展成因、预报难点、预报技术,以及异常天气气候分析等进行了疑难预报个案分析和总结,提炼了灾害性天气的预报难点和需要解决的关键科学问题,提出了可供预报业务借鉴的预报着眼点和结论。

本书适用于从事天气预报业务的预报员和业务技术管理人员、科研院所的研究人员阅读。不仅可推动业务人员开展重大灾害性天气、转折性天气的研究,而且可拓宽研究人员的研究思路,同时对如何提高重大灾害性天气的预报能力有一定参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

2009 年灾害性天气预报技术论文集/端义宏,曲晓波主编.

北京:气象出版社,2010.9

ISBN 978-7-5029-5043-9

I. ①2… II. ①端… ②曲… III. ①灾害性天气-天气预报-文集
IV. ①P457-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 178673 号

2009 年灾害性天气预报技术论文集

端义宏 曲晓波 主编

出版发行:气象出版社

地址:北京市海淀区中关村南大街 46 号

总编室:010-68407112

网址:<http://www.cmp.cma.gov.cn>

责任编辑:林雨晨 张 斌

封面设计:王 伟

责任校对:石 仁

印刷:北京中新伟业印刷有限公司

开本:787mm×1092mm 1/16

字数:550 千字

版次:2010 年 9 月第 1 版

定价:75.00 元

邮政编码:100081

发行部:010-68409198

E-mail: qxcbs@263.net

终审:黄润恒

责任技编:吴庭芳

印 张:21.5

彩 插:14

印 次:2010 年 9 月第 1 次印刷

序 言

2009 年是不平凡的一年,重大活动多,气象灾害多,突发事件多。区域性极端暴雨、阶段性严重干旱、局地性强风飚线、高频次登陆台风以及初冬季节华北暴雪等严重气象灾害接连发生。首都国庆 60 周年庆祝活动、济南第十一届全运会等重大活动的气象保障服务,要求高、挑战大。全国广大气象工作者以高度的责任心,齐心协力,扎实工作,经受住了各种困难考验,圆满完成了各项气象服务任务,取得了显著的经济效益和社会效益。

胡锦涛总书记在 2009 年 12 月中国气象局建局 60 周年的贺信中强调:广大气象工作者要努力探索和掌握气候规律,大力推进气象科技创新,不断提高气象预测预报能力、气象防灾减灾能力、应对气候变化能力、开发利用气候资源能力,进一步推进我国气象事业实现更大发展。提高气象预测预报能力,特别是提高灾害性天气预测能力,是党中央、国务院对各级气象部门的最基本要求,也是社会各界对气象工作者的最基本要求。广大气象工作者一定要努力提高气象预测预报准确率和精细化水平。

提高气象预测预报能力,重点要提高灾害性天气预测能力。一要重视对灾害性天气发生发展规律的研究和认识。天气预报员既要有比较扎实的大气科学理论知识,特别是动力气象等方面的基本理论,也要善于总结灾害性天气过程,更好地把握好灾害性天气发生发展规律。二要重视各种观测资料的综合分析和应用。天气预报业务是典型的研究型业务,只有不断地对灾害性天气过程进行技术总结,积累经验,提高认识,综合分析和应用卫星、雷达、飞机、自动气象站、风廓线仪、闪电定位仪等各种气象观测资料,才能更好地理解和认识灾害性天气发生发展规律。三要重视对飚线、冰雹、短时强降水、雷雨大风等灾害性天气识别和临近预报技术的研发,加快建立国家和省级定量降水估测和预测业务,提高灾害性天气预报的定量化和精细化水平。最近,中国气象局正在组织对灾害性天气短时临近预报预警系统 SWAN 的研发,并推进在各级气象台的本地化应用工作,推进建立全国中尺度天气分析业务,开展台风路径和强度预报、台风风雨精细化预报业务等。

提高灾害性天气预测能力还要重视提高天气预报员的综合素质。目前,我国天气预报员队伍总体上素质高,预报能力也比较强,能够担负起气象防灾减灾的

目 录

序言

前言

2009 年海洋和大气环流异常及对中国气候的影响	艾婉秀 孙林海 宋文玲(1)
“080603”与“090603”河南强对流天气的对比分析	吴 蓁 俞小鼎 席世平等(8)
利用新加密探测资料对 091031 北京初冬大雪的动力诊断	 段 丽 张琳娜 王国荣等(24)
2009 年山西暴雨特点及其预报	赵桂香(34)
“090713”北京局地暴雨及城区内涝成因分析	郭 虎 孙秀忠 何 娜等(50)
2009 年汛期山西横切变暴雨的可预报性分析	苗爱梅(57)
广西 2009 年 7 月 2—5 日连续性强降水天气过程分析	赵金彪(70)
海陆风环流在天津 2009 年 9 月 26 日局地暴雨过程中的作用	 何群英 解以扬 东高红等(77)
强对流天气短时临近预报技术进展与监测技术	郑永光 张小玲 周庆亮(87)
2008 年苏皖特大暴雨过程机理研究及预报技术分析	尹东屏 吴海英 张 备等(101)
2009 年两次上海强对流天气分析与思考	戴建华 陶 岚 茅 懋等(110)
发生在辽宁中部的飑线阵风锋二次发展过程分析	袁子鹏 崔胜权 陈艳秋等(122)
2009 年 9 月 9 日广西大范围雷雨大风过程分析及临近预报	李向红(130)
2009—6—3 商丘强飑线天气过程中尺度分析	牛淑贞 张一平 席世平等(139)
渤海湾大气边界层辐合线触发对流风暴对比分析	赵金霞 徐灵芝 王万筠等(150)
热带气旋“天鹅”复杂路径和异常暴雨成因分析	卢 山 吴乃庚(159)
一种利用数值预报产品定量计算台风移向实用方法初探	尹 洁 陈云辉(167)
台风“莫拉克”引起的浙江强降水分析	董加斌 娄小芬 杨 军(175)
2009 年 3 月中旬新疆融雪性洪水气象成因分析	田 华 杨晓丹 张国平等(182)
2009 年 2 月川东南森林火灾气象条件分析	吴 昊 赵琳娜 陈 辉(192)
国家级道路气象灾害监测服务图形与文本产品生成技术	 吴焕萍 田 华 吕终亮等(203)
宁夏一次区域性沙尘暴天气的热力、动力触发机制	赵 蔚 丁永红 辛尧胜等(209)
应急服务中基于 GIS 的面雨量、体积水预报技术总结	王 志 赵琳娜 许凤雯(217)
相似离度法在宁夏雷电潜势预报中的应用及业务系统建立	 纪晓玲 穆建华 杨 侃等(225)
应用模糊评价法进行台风灾害影响预评估	李佳英 薛建军 王维国(232)
2009 年初冬华北暴雪过程成因分析	张迎新 裴玉杰 张 南等(237)
台风“莫拉菲”(0906)降水分布分析	高拴柱(244)

2009 年海洋和大气环流异常及对中国气候的影响

艾婉秀 孙林海 宋文玲

(国家气候中心, 中国气象局气候研究开放实验室, 北京 100081)

摘 要 2009 年总体来看, 全国天气气候的特征为气温偏高, 平均降水偏少, 夏季为近 10 多年来降水最少的年份, 区域性和持续性干旱非常显著: 黄淮、华北发生了严重的秋冬季连旱, 东北西南部夏秋旱严重, 江南西部、华南西部和西南南部夏秋旱明显等等。2009 年在南海和西太平洋生成的热带气旋个数明显偏少, 但是登陆的偏多, 初次登陆时间偏早。分析发现, 2009 年赤道中东太平洋春季前处于冷水位相, 4 月以后进入暖水位相, 6 月开始了一次厄尔尼诺事件。受海洋异常强迫和海气相互作用的影响, 北半球大气环流表现出的主要特征是: 500 hPa 西太平洋副高强度和位置变化较大; 东亚冬季风偏弱, 夏季风偏强; 西太平洋暖池区冬春季热带对流活动偏强, 夏秋季正常; 亚洲中高纬度经纬向环流交替转换, 其中 5 月纬向环流盛行, 6 月、10 月和 11 月经向环流盛行。这些环流异常是影响 2009 年中国气候异常的主要原因。

关键词 大气环流 海温 气候异常

1 引 言

2008/2009 年冬季(2008 年 12 月至 2009 年 2 月), 气候总体具有气温高但冷暖起伏大、降水少干旱重、灾害多的特点。主要的天气气候事件有: 北方冬麦区发生罕见秋冬连旱; 华南及云南等地 2 月气象干旱发展迅速, 森林火灾频发; 2 月中下旬长江中下游出现大范围持续阴雨天气; 福建、广西等地遭受霜冻; 黄河壶口瀑布景区出现罕见凌汛; 东北降水量异常偏多, 部分地区发生雪灾; 内蒙古、宁夏等地出现大风沙尘天气。

春季(3—5 月), 全国平均气温为历史同期次高值, 平均降水量接近常年同期。季内主要天气气候事件有: 内蒙古东北部、黑龙江干旱严重; 华北南部、黄淮及我国南方部分地区出现强降水, 局部地区发生洪涝灾害; 黑龙江等省局部地区最高气温突破极值; 春季沙尘天气过程次数与 2003 年并列为 2000 年以来最少。

夏季(6—8 月), 全国平均降水量较常年同期略偏少, 但干旱的面积比涝的面积大, 降水偏少站数为近 20 年来同期第一。我国夏季降水出现了三条多雨带: 北面的在东北中北部, 中间的在 $32^{\circ}\sim 38^{\circ}\text{N}$ 之间, 南面的在华南东南部, 东北南部至华北北部、长江中游至江南西部、华南西部及西北大部降水偏少; 夏季全国平均气温较历史同期偏高, 除东北、内蒙古东部和新

疆北部气温较常年偏低外,全国其余大部气温偏高。主要天气气候事件有:黑龙江发生罕见低温冷害,南方高温范围广,持续时间长,强度大;北方地区遭受严重气象干旱;局地强对流天气灾害范围广,灾害重。2009 年夏季,我国洪涝的灾害较常年偏轻,干旱的灾害较常年偏重。

秋季(9—11 月),全国平均气温比常年同期偏高,降水量比常年同期偏少,为近 10 年来最少值,距平百分率分布为北多南少。主要天气气候事件有:南方大范围持续高温,西北、华北阴雨寡照;辽宁、吉林、内蒙古东南部出现严重夏秋连旱,南方多省遭遇 50 年罕见秋旱;青海、西藏等地发生雪灾;华北黄淮等地遭受寒潮暴雪袭击;我国中东部地区持续出现大范围的雾天气。11 月是近 30 年来气温最低的月份。

2009 年,西北太平洋和南海海域共有 22 个热带气旋(中心附近最大风力不小于 8 级)生成,生成个数较常年(平均 27 个)明显偏少,其中有 9 个在中国登陆,比常年偏多 2 个。

海洋和大气环流异常是产生上述我国天气气候异常分布和影响的主要原因^[1,2] 本文将重点从这两个方面予以分析。

2 赤道中东太平洋海温

2008 年下半年,赤道中东太平洋海温距平为正常状态,10 月赤道中东太平洋负海温距平增强(图 1),12 月 Nino Z $\leq -0.5^{\circ}\text{C}$,在 2009 年 3 月之前,Nino Z 指数在 $-0.5\sim -0.6^{\circ}\text{C}$ 之间波动变化。进入 4 月份后,赤道中东太平洋海温距平迅速上升,4 月份 Nino Z 指数为 0.0°C ,随后赤道中东太平洋大部海温呈增暖趋势,各 Nino 区海温监测指数逐步回升,6 月 Nino Z 指数超过 0.5°C ,达到 0.7°C 。截止 11 月,Nino Z 指数已连续 5 个月大于 0.5°C 且累积值超过 4.0°C ,已经形成了一次新的厄尔尼诺事件。

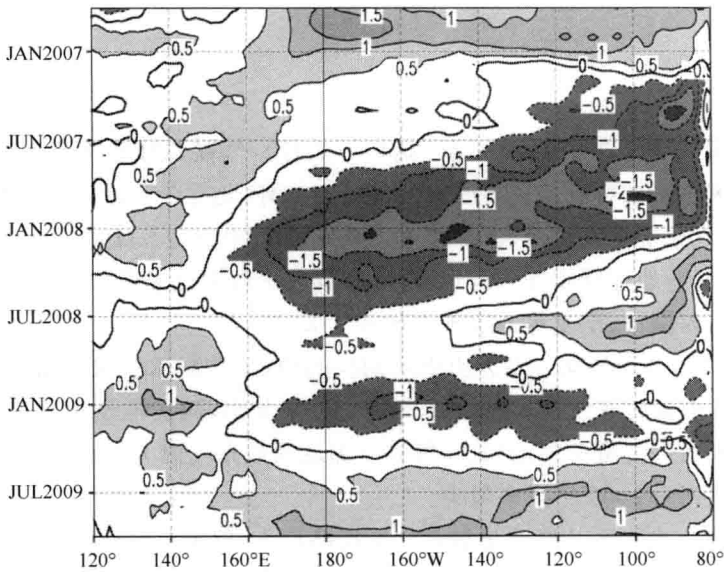


图 1 赤道太平洋海表温度距平时间—经度剖面图($^{\circ}\text{C}$)

3 北半球大气环流

2008/2009 年冬季,北半球中高纬 500 hPa 高度距平场波型分布清晰,自欧洲西南部向东到北太平洋的距平为“一十一”的波列分布,北太平洋北部、亚洲中西部至俄罗斯西部以及北美西南至东北太平洋海域上空为高于 40 gpm 的正高度距平控制,其中北太平洋东北部的正距平中心超过 160 gpm;北非局部及欧洲南部和俄罗斯东南部局部上空为低于-40 gpm 的负高度距平控制,其余大部分地区接近正常。

2009 年春季,北半球 500 hPa 位势高度距平场上,北太平洋北部大部、加拿大东北局部至大西洋北部局部、欧洲中西部部分地区等地上空为高于 40 gpm 的正高度距平控制,北太平洋北部部分地区中心值高于 80 gpm;俄罗斯西部局部和格陵兰岛以南局部海域等地上空为低于-40 gpm 的负高度距平控制,其余大部分地区高度场接近正常。

2009 年夏季,北半球 500 hPa 季平均位势高度场上,中高纬度环流多短波槽活动。距平场上,极区偏西为一高于 80 gpm 正距平中心,并向南伸展至加拿大东北部;加拿大西海岸 50°N 附近和黑海西北部为两个高于 40 gpm 距平区。日本海附近有一明显的负距平区,中心低于-40 gpm,北大西洋中高纬度有一明显的负距平区,中心低于-80 gpm。其余大部分地区高度场接近正常。我国除东北为负距平控制外,其余大部地区为正距平控制。

2009 年秋季,北半球 500 hPa 季平均位势高度距平场上,乌拉尔山脉附近、喀拉海、北美东北部上空为高于 40 gpm 正距平中心。东北太平洋有一负距平区,中心低于-40 gpm。其余大部分地区高度场接近正常。我国为北低南高的距平分布。

3.1 高纬度环流系统

2009 年,北半球高纬度地区位势高度场以偏高为主,北半球极涡强度偏弱,除夏季极涡面积偏大外,其他季节面积均偏小;亚洲区的极涡面积与北半球极涡有相似的特征(图 2),极涡中心强度春季偏强,其他季节偏弱;北半球极涡中心位置冬季和夏季在东半球,春季和秋季在西半球。2008/2009 年冬季亚洲高空西风急流偏弱,纬向环流占优势,虽然东亚槽位置偏西,但强度偏弱,冷空气活动总体偏弱;春季和秋季 200 hPa 西风急流接近常年同期或偏强,夏季西风急流偏强,位置偏北。

夏季东亚 500 hPa 环流的显著特征是 120°E 附近从低纬到高纬为“十一”的距平分布,其中高纬的负距平中心在黑龙江东北部,是由于东北低涡持续活跃,导致该地区 500 hPa 高度距平异常偏低;另外,6 月、7 月的北极涛动 AO 指数异常偏低,表征极涡的扩大及向南扩张,表现为东北低涡的活跃。

用西风环流指数^[1]来表示欧亚或亚洲西风带环流是以经向还是纬向环流占优势,当指数 ≤ 0 时,表示西风带纬向环流占优势,反之为经向环流占优势。2009 年欧亚和亚洲西风环流指数(图 3)在 2 月、3 月、5 月和 9 月为正值,其他时间为正常至负值,其中 2 月、5 月、9 月亚洲区纬向环流优势明显,对整个欧亚区只有 5 月和 9 月纬向环流优势明显;2008 年 12 月整个欧亚区经向环流优势明显,6 月和 10 月亚洲区经向环流优势明显。

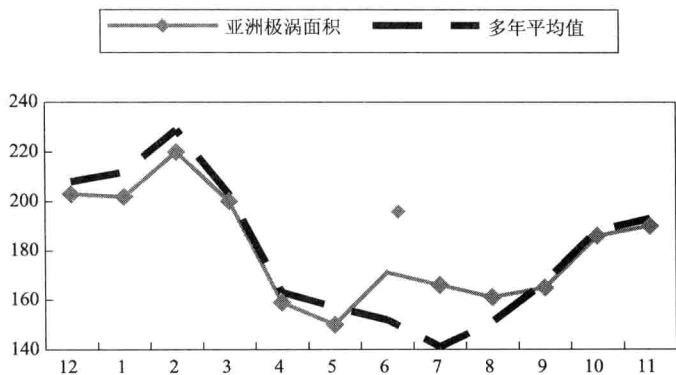


图2 2008年12月至2009年11月亚洲极涡面积指数变化

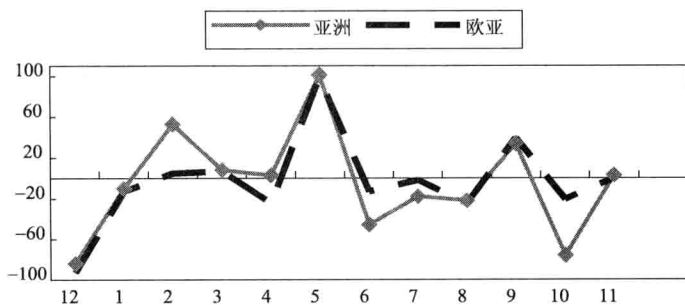


图3 2008年12月至2009年11月西风指数指数变化

3.2 副热带系统

2008/2009 年冬季至 2009 年 6 月,西太平洋副热带高压面积和强度都在正常附近波动,7 月以后迅速加强,11 月又有明显的减弱(图 4);副高脊线除 6 月和 10 月明显偏南外,其他时间接近正常或偏北,2 月和 7 月偏北明显;副高西伸脊点冬春季和 6 月为正常至偏东,盛夏 7、8 月和秋季为明显偏西。总的来说,上半年副高的正常偏弱和偏东状态,反映了赤道中东太平洋处于冷水至正常位相,下半年副高有明显的增强西伸,与赤道中东太平洋海温发生的厄尔尼诺密切相关。

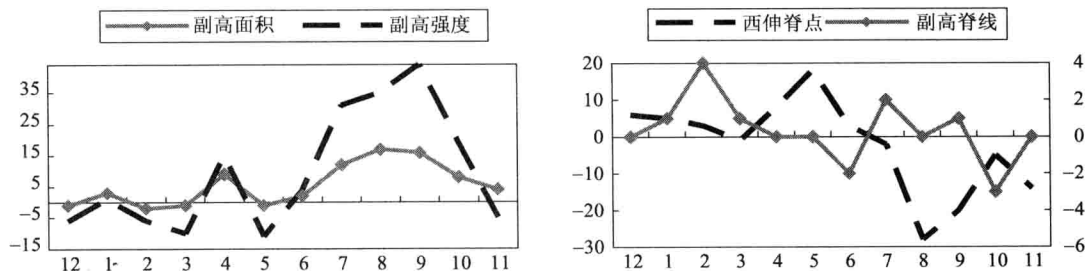


图4 2008年12月至2009年11月西太平洋副高指数距平变化(左:面积和强度;右:脊点和脊线)

冬季,西太平洋副高面积接近常年同期,强度偏弱。在 500 hPa 高度距平图上,西北太平洋副热带地区距平分布北高南低,亚洲中低纬及我国大部地区为弱的正距平控制,这种环流的配置造成了我国冬季气温偏高,降水偏少。

夏季,西太平洋副高脊线位置 6 月偏南,7 月偏北,8 月正常,西伸脊点 6 月偏东,7 月、8 月偏西。6 月副高的偏弱偏南偏东与 7 月副高的偏强偏北偏西,这样的副高特征及高纬东北低涡的活跃,造成了长江中下游在 6 月中至 7 月上旬期间没有典型的梅雨集中期,出现了 2000 年来的第三个空梅。副高状态的变化及波动不稳定,水汽输送少,是 2009 年夏季没有发生流域性洪涝、旱重于涝的主要原因。

3.3 热带对流活动

从 $10^{\circ}\sim 20^{\circ}\text{N}$ OLR 距平的时间—经度剖面图(图 5)上可以看出,2009 年 6 月中之前,南海及西太平洋暖池区对流比较活跃,并且在 1 月至 2 月初和 4 月中旬至 5 月上旬、5 月下旬至 6 月上旬期间有三个明显活跃阶段,出现了较大区域的 OLR 距平值在 $-40\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ 以下。2009 年 5 月和 6 月各有两个编号热带气旋,其中 6 月的两个分别在南海北部和菲律宾东部生成,分别在我国福建和广东登陆。台风活动偏早与 2009 年春末夏初西太平洋暖池区对流活跃存在密切联系,特别是南海地区,阶段性的活跃分明,也是 2009 年南海地区热带气旋活跃的原因。由于在南海生成的热带气旋离我国陆地近,所以登陆我国华南的偏多,登陆时平均强度偏弱。

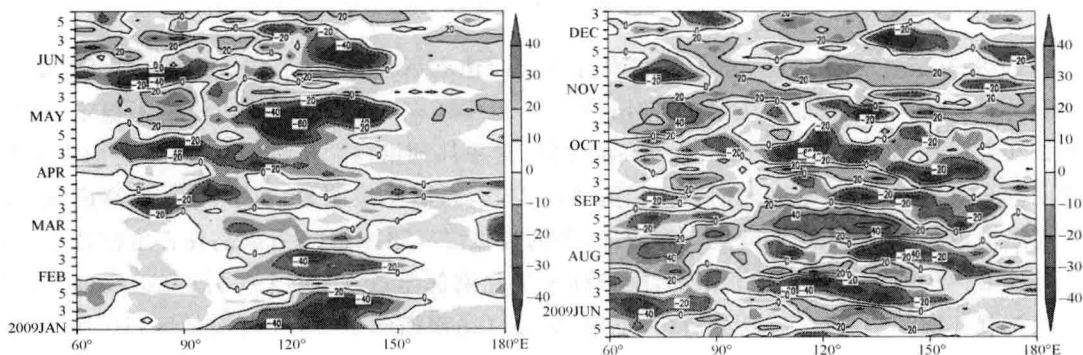


图 5 2009 年热带太平洋射出长波辐射(OLR)距平(单位: $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$)时间—经度剖面图

(左)2009 年 1—6 月;(右)2009 年 6—11 月

4 亚洲夏季风

亚洲地区的夏季风主要包括南海季风、印度季风(西南季风)、副热带季风及东亚夏季风。不同的季风、不同的强度以及不同的起止时间对我国夏季降水异常的分布都会产生不同的影响。

4.1 南海夏季风

2009 年南海夏季风^[3]于 5 月第 6 候爆发,较多年平均时间偏晚,于 10 月第 3 候结束,较多年平均时间偏晚,总体强度正常略偏弱(南海夏季风强度指数为-0.35)。从逐候南海夏季风强度的演变来看,5 月第 6 候至 6 月第 5 候、7 月第 3 候至 8 月第 2 候、9 月第 2、3、6 候及 10 月第 1、2 候偏强,其他时间为偏弱(图 6)。

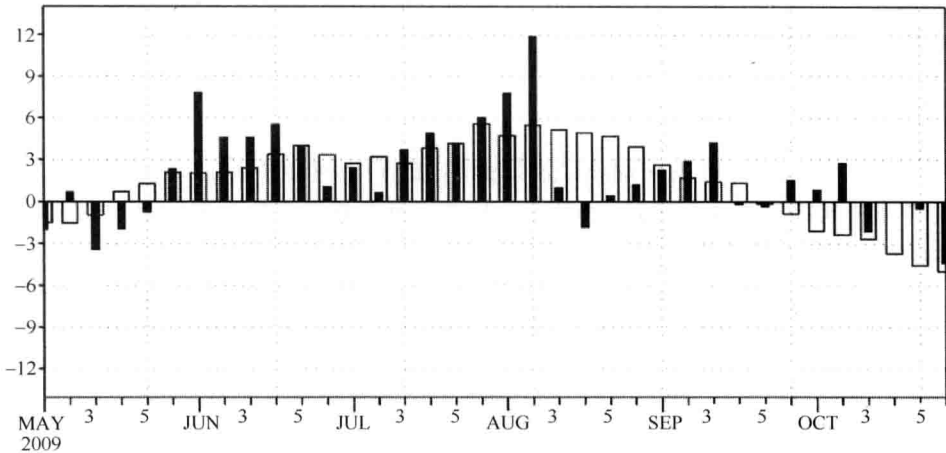


图 6 2009 年 5—10 月逐候南海季风强度指数变化(方框为气候平均值)

2009 年东亚夏季风于 5 月第 6 候在南海的全面建立后,至 7 月上旬,由于东北低涡的持续活跃,西北太平洋副热带高压偏东、偏南(图 4),夏季风向北进退变化大,雨带不稳定,在华南和长江之间摆动;7 月上旬末,伴随副高的北跳,夏季风前沿向北推进到华北,中旬雨带移至华北南部至黄淮地区,江淮和江南皆为暖湿气团控制,高温热浪明显;7 月下旬,副高南撤,夏季风前沿南退,主雨带回到江淮至江南西部,华南为暖湿气团控制;8 月副高在正常位置摆动,夏季风前沿再次向北推进到华北中部,雨带移至华北南部至黄淮地区;9 月副高继续偏北,暖湿气团控制江南和华南地区,高温持续,下旬,暖湿气团南撤到了 25°N 以南地区;10 月中,夏季风撤离南海地区,南海夏季风结束。

4.2 东亚夏季风

由于副热带的夏季风复杂性,目前有多种不同指数指标对其进行描述,这些指数指标从不同的角度和侧面刻画了副热带夏季风的特征。国家气候中心业务中采用的东亚夏季风指数,为在 10°~50°N 范围内 110°E 与 160°E 之间的海平面气压差^[4]。如果指数不小于 1.0,则表征东亚夏季风较强,指数小于 0.9 为偏弱,0.9~1.0 之间为正常。2009 年夏季 6 月、7 月、8 月的东亚夏季风强度指数分别为 1.31、1.05、1.07,夏季平均为 1.14,夏季风强度偏强。

5 热带气旋活动异常

2009 年在南海和西太平洋生成的热带气旋个数明显偏少,但登陆的热带气旋偏多,第一个登陆的时间在 6 月 21 日,较常年(6 月 29 日)时间偏早,最后一个登陆的时间在 10 月 12 日,较常年(10 月 7 日)略偏晚。

表 1 为 2009 年 5—10 月编号和登陆我国的热带气旋个数,5 月、6 月各有两个编号,7 月有 3 个,8 月有 5 个,9 月有 7 个,10 月有 3 个,其中 5 月、6 月和 9 月编号数均比常年同期偏多;6—9 月期间,除 7 月是 3 个外,其余每个月都有 2 个热带气旋登陆我国,10 月有 1 个登陆,均比常年同期偏多,且登陆地点集中在华南。2009 年热带气旋活动偏早与春末夏初西太平洋暖池区对流活跃存在密切联系,南海地区对流阶段性的活跃分明、季风槽在该地区加深是 2009 年南海地区热带气旋活跃的原因;另外,由于在南海生成的热带气旋离我国陆地近,所以登陆我国华南的偏多,登陆时平均强度偏弱。

表 1 2009 年 5—10 月编号和登陆热带气旋个数

	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月
编号	2(1.0)	2(1.7)	3(4.3)	5(5.6)	7(5.1)	3(3.9)
登陆	0(0.1)	2(0.7)	3(1.9)	2(1.9)	2(1.6)	1(0.6)

括号内的数字为多年平均值。

6 小结

2009 年我国气象灾害属于一般年份,总体气象灾害较轻,未发生流域性的洪涝,这与赤道中东太平洋由前期持续的冷水位相向暖位相发展、到夏季发生了厄尔尼诺事件的变化密切相关,各主要大气环流因子变化和转换明显且较快,不能形成较强的持续异常,尽管如此,我国还是出现了不少非常显著的天气气候异常事件,如平均年降水量为 1987 年以来的最少值,东北春末夏初旱涝急转、6—7 月低温阴雨持续,夏季长江流域降水偏少,黄淮至江淮降水偏多(2000 年以来该特征一直持续),11 月华北黄淮等地遭受寒潮暴雪袭击,全国平均温度为 1982 年以来历史同期最低等等。在海洋、大气状况变化明显的阶段,寻找和把握导致上述天气气候异常的预测信号变得尤为重要,这也是短期气候预测的难点和重点所在。由于影响我国气候异常的因子多、关系复杂,本文仅是对几个主要的因子进行了初步的分析。在全球变暖和极端事件频发的背景下,还需要对影响我国气候异常的相关物理因子进行更为深入的分析 and 研究。

参考文献

- [1] 赵振国. 中国夏季旱涝及环境场[M]. 北京:气象出版社,1999.
- [2] 陈兴芳,赵振国. 中国汛期降水预测研究及应用[M]. 北京:气象出版社,2000.
- [3] 朱艳峰,李威,等. 东亚夏季风监测诊断业务系统[J]. 气象,2007,33(9):98-102.
- [4] 赵汉光,张先恭. 东亚季风和我国夏季雨带的关系[J]. 气象,1996,22(4):8-12.

“080603”与“090603”河南强对流天气的对比分析*

吴 蓁¹ 俞小鼎² 席世平¹ 徐文明¹

(1. 河南省气象台, 郑州 450003; 2. 中国气象局培训中心, 北京 100081)

摘 要 强对流天气突发性强、危害大、分类预报难。为了使预报员对强对流天气的形成机制有一个清晰的认识, 选择发生在河南的两次区域性强对流天气进行对比分析。应用常规气象观测资料、地面加密观测资料、NCEP、多普勒天气雷达等资料, 从天气形势、对流潜势、动力条件、触发机制及雷达速度特征等多方面对比分析两次强对流天气的形成原因及异同点。分析结果表明这两次强对流天气均发生在东北冷涡底部西北气流控制下, 高低空气温度的差动平流导致河南境内上冷下暖的大气不稳定层结加强; 对流区上空中高层明显的干冷气层和高层强风速的下传有利于形成雷暴大风。地面中尺度辐合线和冷锋是“080603”的触发机制, “090603”的触发机制也是地面中尺度辐合线, 飑线则出现在中等偏弱的垂直风切变与强的 CAPE 相结合的区域, 形成于 925 hPa 切变线附近。“080603”具有强的垂直风切变和明显的干侵入; “090603”具有强温度直减率。两次过程在 1.5°仰角雷达速度场上均出现 ≥ 20 m/s 的大风区, 逐时地面图上有中尺度辐合线, 其后 3 h 正变压中心与雷暴大风及其演变有很好的对应, 中尺度辐合线较雷暴大风出现有 20~60 min 提前量。因此, 东北低涡形势下, 强对流的预报需关注大气对流不稳定的加强与近地层辐合系统的结合, 若中高层有干冷空气侵入则有利于形成雷暴大风; 追踪 1.5°仰角雷达速度场上 ≥ 20 m/s 的大风区和中尺度辐合线及其后部 3 h 正变压中心, 可通过外推提前预报地面强对流大风。

关键词 强对流 东北低涡 地面辐合线 飑线 干侵入 雷达速度场

1 引言

2008 年 6 月 3 日和 2009 年 6 月 3 日河南省均出现了区域性的强对流天气(以下简称为“080603”、“090603”), 主要为雷雨大风, 伴有阵性降水、局部冰雹。“080603”造成 15 人死亡, 171 人受伤, 房屋倒塌、树木毁坏等现象严重。“090603”发展为飑线, 导致 24 人死亡, 81 人受伤, 经济损失约 16.09 亿元, 商丘地区受飑线影响最重。强对流天气一直是天气预报的难点, 为了深入了解强对流天气的形成机制, 提高其预报能力, 气象工作者们做了大量的研究^[1~3], 杨晓霞等^[4]对山东的一次飑线过程进行诊断分析指出: 低层大气湿斜压性增强使上升运动加强、并与垂直风切变相互作用促使对流系统发展形成飑线; 慕熙昱等^[5]对一次飑线过程进行雷达回波分析和

* 资助项目: 国家自然科学基金 40575014 以及 2010 年中国气象局预报员专项 CMATG2010Y12

数值模拟,发现在系统发生的带状区域内有多个中尺度涡旋存在,在飑线内有中尺度涡旋簇和弓形回波;谢键标、张芳华、冯晋勤^[6~8]等,分别对出现在广东、上海和福建的强对流及飑线过程从天气背景、物理量、雷达回波特征、中小尺度影响系统等方面进行了分析,得出许多对预报有益的结论。河南“080603”和“090603”的主要灾害是大风,为了加深预报员对此类天气的认识,找准预报着眼点,本文从不同角度对这两次强对流天气进行了深入细致的分析。

2 天气实况

2008年6月3日14:20—17:40(北京时,下同),豫北、豫东出现阵雨、雷阵雨,最大降雨量 ≤ 30 mm;自北向南20余站出现7级以上大风(图1a阴影),15站瞬时风速 ≥ 20 m/s,鄢陵31.5 m/s、黄泛区农场27.1 m/s,两站均突破历史极值。新乡、中牟、鄢陵等地伴随冰雹。

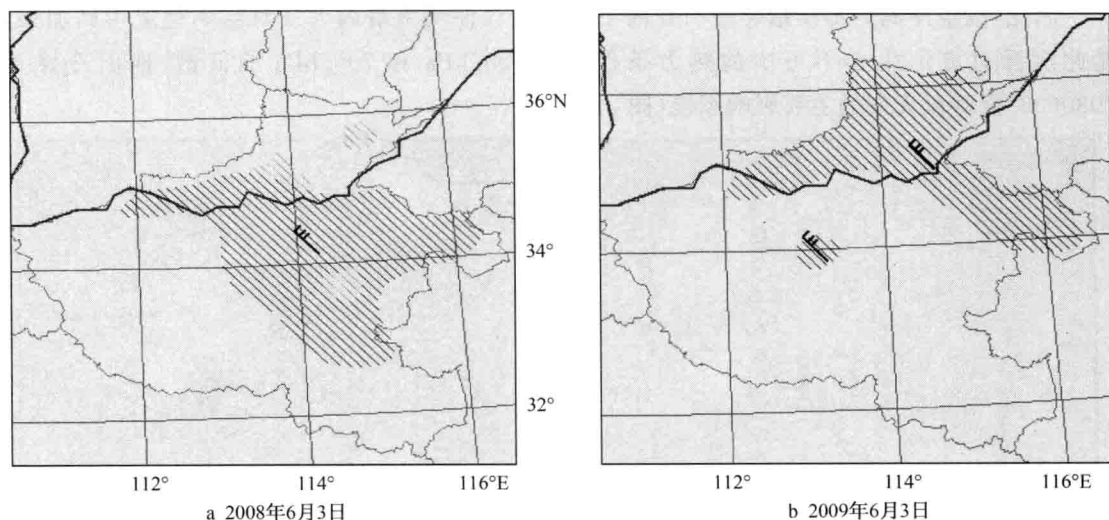


图1 强对流天气影响区域(阴影)分布

2009年6月3日下午到夜里,河南的北部、东部先后出现强对流天气,15:00—19:00强对流影响豫北,19:00—23:00发展成为飑线影响豫东开封、商丘等地。整个过程有42站出现雷电、26站出现阵性降水(≤ 22 mm)、19站出现17 m/s以上的短时大风(图1b),其中商丘地区永城最大风速达29 m/s(22:42),创1957年有气象记录以来的历史极值,商丘地区睢县、柘城两地的大风分别达27 m/s(21:23)、22 m/s(21:37)。20:10前后开封郊区、杞县两地出现直径约3 mm的冰雹。

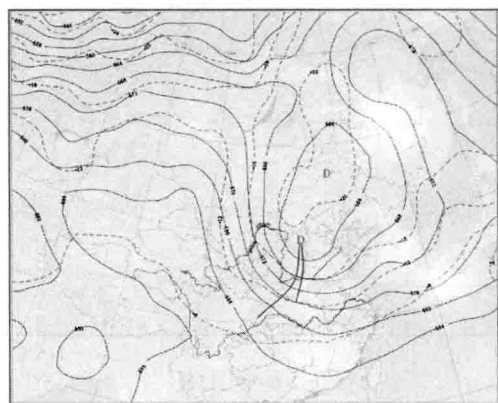
3 强对流产生的背景条件

“080603”和“090603”强对流天气主要表现为强烈的雷暴大风。下面首先分析这两次强对流天气形成的背景条件。

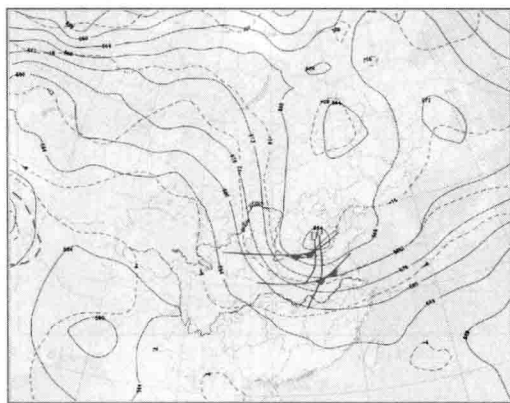
3.1 天气形势与影响系统

2008 年 6 月 2 日, 500 hPa、700 hPa 我国东北到华北北部为一冷涡, 其后部有一横槽位于中蒙边界(45°N), 河南处于低涡底部后部西北气流中, 3 日 08:00, 冷涡稳定, 其后部的横槽转竖引导冷空气南下影响山西、河南(图 2a); 此时 500 hPa 在山西北部生成一气旋性环流, 伴有一 $-2\sim-4^{\circ}\text{C}$ 的变温区; 700 hPa 在山西也出现一 304 dagpm 线的闭合低涡, 从低涡中心向南伸出一槽。随后上述系统向东南方向移动, 500 hPa 气旋性环流底部加强的偏北气流及 700 hPa 低槽影响河南北中部。另外 2 日夜间到 3 日 850 hPa 有低槽影响河南, 低槽导致 2 日夜间接河南大部出现弱降水, 还成为 3 日强对流发生、发展的动力抬升条件之一。地面图上, 对流发生前河南处于低压带中, 3 日 14:00—17:00, 有弱冷空气从华北南下影响河南, 地面冷锋影响与强对流天气有很好的对应。

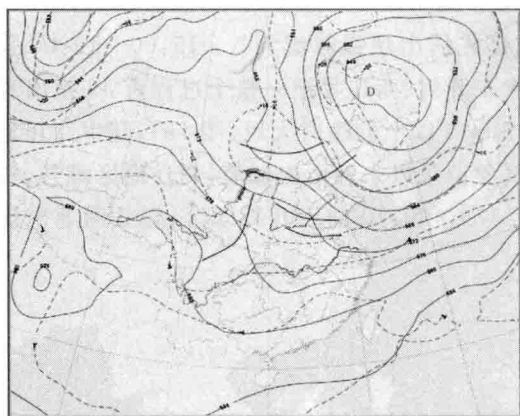
因此, 高空冷涡后部横槽转竖引导南下的冷空气使河南境内大气对流不稳定得到加强, 是此次强对流产生必不可少的热力条件。而 850 hPa 和 700 hPa 的低槽、地面冷锋是“080603”强对流天气的主要影响系统(图 2b)。



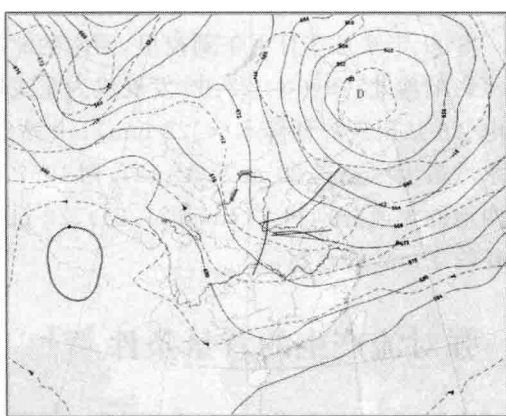
a 2008年6月3日 08:00



b 2008年6月3日 20:00



c 2009年6月3日 08:00



d 2008年6月3日 20:00

图 2 500 hPa 环流形势与各层影响系统

“090603”强对流天气出现前,500 hPa、700 hPa 高空图上东北地区为一冷涡,3 日 08:00 涡后偏北气流区有一横槽(图 2c),槽后伴-2~-5℃的变温区,随后横槽转竖引导高层冷空气南下影响河南北中部地区。过程前河南连续 4 天为晴热天气,最高气温达到 32~37℃,3 日 08:00,925 hPa、850 hPa 上河南仍处于 20~24℃的暖区。因此当 500 hPa、700 hPa 横槽转竖引导高层冷空气南下时,加强了河南北中部上冷下暖的不稳定层结。另外 925 hPa、850 hPa 上,3 日 08:00 河南境内 34°~35°N 有一东西向的辐合线(图 2c),20:00,850 hPa 辐合线略南压,925 hPa 的辐合线原地维持但两侧风速明显加大、辐合明显加强,位于郑州、开封、商丘一带(图 2d)。地面图上,3 日河南处于暖低压中,午后出现中尺度辐合线,该辐合线自北向南移动,先后影响郑州、商丘,近 20:00 飊线在地面中尺度辐合线影响下形成,并在 925 hPa 辐合线附近得到发展加强。

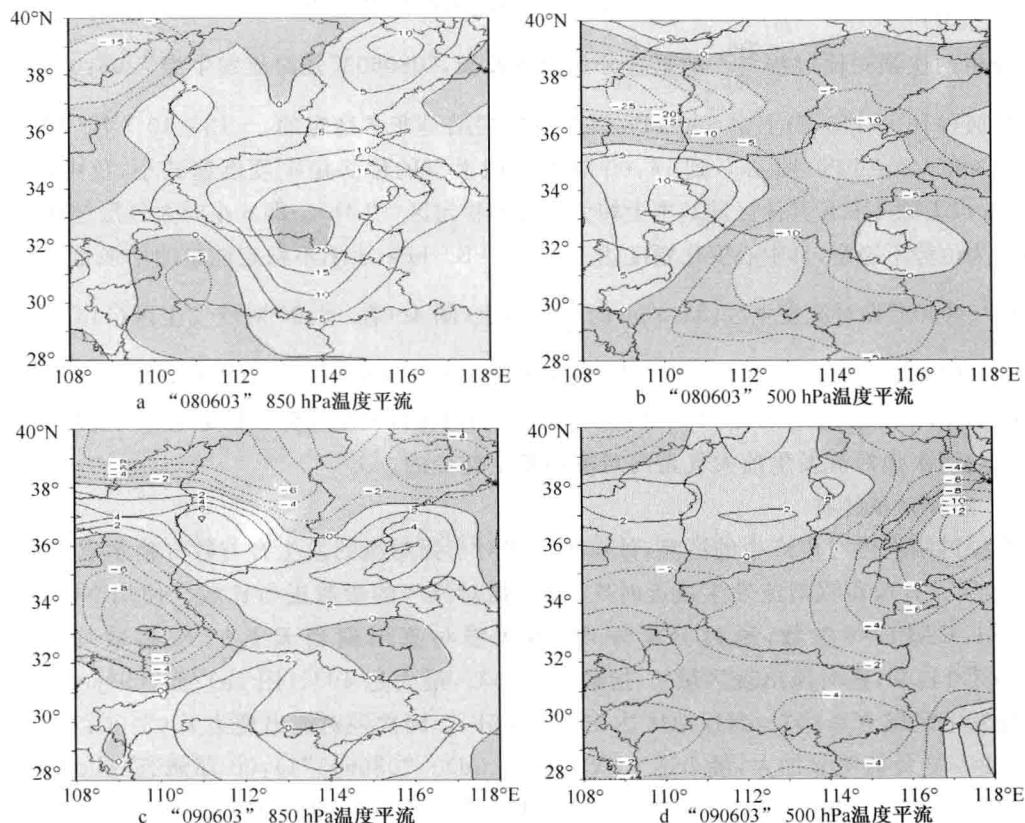
因此,上冷下暖的大气不稳定层结与近地层辐合线的共同作用,导致了此次强对流天气的发生发展,地面中尺度辐合线为飊线触发机制,925 hPa 辐合线对于飊线的形成起组织作用。

3.2 对流不稳定

对以往河南强对流天气的技术总结表明,低涡天气形势下,存在对流不稳定迅速增长的机制^[9]。以下分析这两次强对流过程不稳定条件的演变。

3.2.1 温湿平流

计算、分析两次对流过程前高低层温度平流演变发现,“080603”和“090603”低层有暖平流、高层有冷平流(图 3a、b、c、d),加剧了上冷下暖的大气层结。



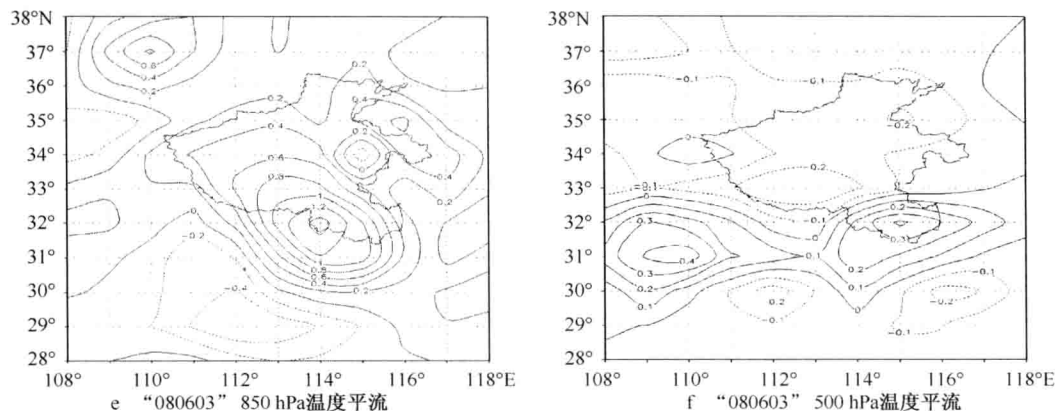


图3 应用 NCEP 资料计算的 08:00 温度、比湿平流

而两次对流过程前高低层湿度平流的演变表明,“080603”08:00,对流区 850 hPa 有湿平流,500 hPa 有干平流(图 3e、f)。而“090603”08:00,850 hPa 有湿平流,但高层 500 hPa 的干平流到 20:00 才明显。因此高低层温度的差动平流是“080603”、“090603”位势不稳定增长的主要原因。

3.2.2 大气层结稳定度

大气层结不稳定是强对流天气发生发展的必要条件,前面的分析表明“080603”和“090603”温、湿的差动平流均有利于河南大气对流不稳定的建立。

分析两次强对流过程 $\frac{\partial \theta^*}{\partial p}$ 的垂直分布特征发现,“080603”强对流发生当天 08:00,在强对流发生区(113°~116°E)上空 800 hPa 以下大气层结是非常稳定的, -12×10^{-2} K/hPa 的中心位于 900~800 hPa(图 4a),到 14:00 对流区域上空的位势稳定度迅速减小,负中心消失,600 hPa 以下除 116°E 其他区域基本上转为位势不稳定区(图 4b)。即 6 小时大气层结从位势稳定演变为位势不稳定,且中心变化幅度达 12×10^{-2} K/hPa,表明不稳定能量的增强是非常迅速的。从“090603”强对流发生区(35.5°N)的 $\frac{\partial \theta^*}{\partial p}$ 图上(图 4c)看,08:00 对流发生区(113°~115°E)基本上为位势稳定区, -8×10^{-2} K/hPa 的中心位于 950 hPa 附近,而 14:00 对流区上空转为位势不稳定区,中心值达 3×10^{-2} K/hPa(图 4d),表明对流区上空位势不稳定也有明显增长。

因此两次强对流发生前大气是向对流不稳定转变的。

3.2.3 潜势预报特征

为探讨两次强对流产生的潜势,计算了一些对于强对流的发生有着较好指示意义的物理参数^[10~12]。并取距强对流发生最近时次、位于强对流区的参数进行比较。使用 NCEP 计算了 K、SI、CAPE 等参数,通过分析发现:两次强对流出现当天上午 K 指数均有增长,“080603”14:00,强对流出现区域 K 指数多 $\geq 35^\circ\text{C}$,最大达 40°C (图 5a);而“090603”20:00,在飚线发生区域 $K \geq 30^\circ\text{C}$,商丘地区达 35°C (图 5b)。两次强对流出现当天 08:00,对流区 $SI \leq 0^\circ\text{C}$,14:00 负值明显加大,最小达 -8°C (图 5c、5d)。“080603”14:00 郑州、许昌、周口一带的 CAPE 达 2500 J/km ,正是出现强对流大风的区域(图 5e)。而“090603”14:00,在飚线产