

王璐璐, 孙建华, 沈新勇, 等. 江淮流域无层状云线状对流系统发生的环境条件和地面特征分析[J]. 热带气象学报, 2014, 30(3): 551-558.

文章编号: 1004-4965(2014)03-0551-08

江淮流域无层状云线状对流系统发生的环境条件和地面特征分析

王璐璐¹, 孙建华², 沈新勇¹, 黄伟¹

(1. 南京信息工程大学/气象灾害教育部重点实验室, 江苏 南京 210044;
2. 中国科学院大气物理研究所/云降水物理与强风暴重点实验室, 北京 100029)

摘 要: 对2007—2010年6—9月发生在江淮流域的19个无层状云(NS型)线状对流系统个例进行环流背景和地面形势分析。根据个例发生环境的整层可降水量分为干环境($<50\text{ mm}$)和湿环境($\geq 50\text{ mm}$)。干环境下(5例)的天气形势可以分为槽后型和高压后部型两种,湿环境下(14例)的天气形势可分为槽前型、高压后部型和槽后型三种。干环境下以槽后型为主,对流系统多发生在干暖区,湿度较小,发展剧烈,易发生大风、冰雹天气;湿环境下槽前型的发生概率最高,地面系统较复杂,有静止锋、倒槽、冷锋和暖锋,最不稳定层相对较高,水汽充足,有利于强降水发生。研究表明,干、湿环境下NS型线状对流系统的触发和维持机制可能存在明显差异,需今后进一步深入研究。

关键词: 天气学; 线状对流系统; 环流形势; 地面特征

中图分类号: P458.1.21

文献标识码: A

Doi: 10.3969/j.issn.1004-4965.2014.03.016

1 引 言

国内外研究表明,中纬度地区致洪暴雨的发生往往与中尺度对流系统(MCS)的活动密切相关,而且线状中尺度系统造成的天气更剧烈^[1]。目前,对中尺度灾害天气的预报准确率仍很低,其原因:一方面是由于以往观测资料的匮乏,模式分辨率不够;另一方面,造成灾害的中尺度灾害天气的主要系统是次天气尺度或中小尺度系统,它们的发生具有局地性和突发性,由于观测极缺乏,对它们的结构特征、形成机理、发展过程等分析了解还很不够。所以加强对这类天气系统发生发展理论的研究,是做好防灾减灾及提高影响天气精确预报的关键。

国外对中尺度对流系统已做过许多深入的研

究,主要在MCS的雷达回波特征、发生条件、生命史演变、组织方式、中尺度结构和数值模拟等方面。特别是由于MCS的不同组织方式与其发展的动力和热力条件有关,且其产生的天气现象不同,不少研究利用雷达资料对MCS的不同组织方式进行分类。Parker等^[2]将线状飑线分为拖曳层状云降水飑线型(Trailing Stratiform)、平行层状云降水飑线型(Parallel Stratiform)、前端层状云降水飑线型(Leading Stratiform)。Gallus等^[3]把对流风暴划分为三大类(蜂窝型、线性型、非线性型),其中线性型包含5类:无层状云降水飑线型、拖曳层状云降水飑线型、平行层状云降水飑线型、前端层状云降水飑线型、弓形回波型。

根据雷达回波形态,Zheng等^[4]将2007—2010年6—9月发生在江淮和黄淮流域46个对流天气过程的159个回波分为线状系统和非线状系统(图

收稿日期: 2012-09-14; 修订日期: 2013-08-08

基金项目: 国家自然科学基金项目(41075032); 中国气象局公益类行业专项(GYHY200906004); 国家重点基础研究规划项目(2010CB951804); 国家自然科学基金项目(41375058、41075039)共同资助

通讯作者: 沈新勇, 男, 江苏省人, 教授, 博士, 研究方向: 台风与中尺度气象学。E-mail: shenxy@nuist.edu.cn

1), 线状回波分为: 无层状云线状系统(NS型)、前部层状云线状系统(LS型)、嵌入型线状系统(EL型)、后部层状云线状系统(TS型)、平行层状云线状系统(PS型)和弓状回波(BE型), 除EL型外, 其余都与Gallus等^[3]提出的对流类型相同。NS个例占有所有个例的11.9%(19例), 是线性型系统中常见的, 可产生短时强降水、冰雹和大风等天气现象, 是值得深入研究的一类线状对流系统。分析发现, 江淮流域的个例并不都发生在湿背景条件下, 有

些个例发生在环境湿度较小的地方, 且在干、湿环境下对流发生时, 除了湿度场的差异显著外, 环流背景条件和地面特征也有明显差异, 这些差异可能导致干、湿环境中对流系统的触发和维持机制不同。本文在文献[4]的基础上, 深入研究江淮流域无层状云线状对流系统在干、湿环境下发生的地面特征、环流背景形势及系统的触发维持机制。对了解这类对流系统活动规律和产生的天气有重要作用, 对于对流天气的预报意义重大。

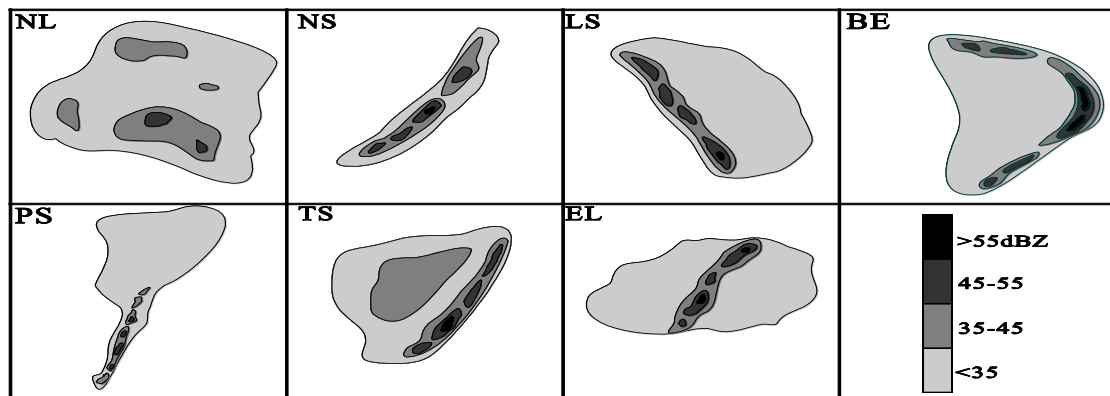


图1 7种雷达回波类型概念图^[4] NL: 非线性系统; NS: 无层状云线状系统; LS: 前部层状云线状系统; EL: 嵌入型线状系统; TS: 后部层状云线状系统; PS: 平行层状云线状系统; BE: 弓状回波。

2 资料和方法

根据国家气象中心提供的强对流风暴资料, 研究2007—2010年6—9月19个NS型强对流天气个例, 研究区域为110°E以东, 27~40°N的江淮流域和华北南部地区。由于探空资料时空分辨率不高, 有些个例发生前的探空资料缺乏, 因此采用6h一次的NCEP-FNL资料中的整层可降水量进行分析, 发现虽然大部分个例发生在湿环境下, 也有些个例发生在环境湿度较小的地方。根据Zheng等^[4]定义可降水量<50mm为干环境, ≥50mm为湿环境, 干环境下有5例, 湿环境下共14例。用NCEP-FNL资料分析环流背景场, 根据对流发生前12h内的高低空环流配置, 对干、湿环境下中尺度对流系统的环流背景进行分类。用全国地面加密观测资料对地面环境场进行分析。

由于探空资料一日两次, 具有局限性。因此采用探空构建的方法^[5], 用11、14、17时(北京

时)的地面观测资料修正08时的探空观测数据, 用23、02、05时的地面观测资料修正20时的探空观测数据, 得到相应时刻的探空数据。探空时间和地点的选定方法: “发生前”的3h以内, 距离发生地向着系统移动方向的200km以内。

3 干、湿环境下对流性天气发生前的探空参数特征分析

表1是干、湿环境下对流性天气发生前的物理参数特征对比, 这里的干、湿环境值分别是5个干个例、12个湿个例的物理参数特征均值。地面到300hPa整层可降水量PW和地面到500hPa平均相对湿度RH在干环境下低于湿环境, 表示湿环境下更易产生强降水天气。抬升指数LI的绝对值越大表示越不稳定, 干环境中LI明显比湿环境中的小, 表明干环境下系统触发所需的条件较强。最不稳定层是 θ_e 最大的层次, 干环境中的最不稳定层的高度LMU值略大于湿环境的值(单

位: hPa), 即干环境中的最不稳定层相对于湿环境要更接近地面。湿环境下从最不稳定层抬升的对流有效位能 MUCAPE 明显大于从地面抬升的对流有效位能 SBCAPE, 相反从最不稳定层抬升的对流抑制能量 MUCIN 小于从地面抬升的对流抑制能量 CBCIN。干环境中的 MUCAPE 与 SBCAPE、MUCIN 与 CBCIN 差别较小, 这从另一方面说明了干环境下最不稳定层更接近地面。Zheng 等^[4]对所有个例的统计结果是 MUCAPE 的值在湿环境中明显比干环境小。NS 个例的干环境 MUCAPE 值 (2 372 J/kg) 小于所有个例的统计结果 (3 094 J/kg), 这表明在干环境下 NS 系统的触发和组织比其他类型需要的对流有效位能小, 其原因有待进一步的研究。下沉气流可能达到的强度与下沉对流有效位能 DCAPE 成正比, 干环境中的 DCAPE 大约是湿环境中的 3 倍, 表明干环境中易形成地面大风。总切变(total shear)是整个高度上(3 km、6 km)每隔 500 m 垂直风切变的总和。干环境的总切变均大于湿环境。整体理查德数 BRN 与垂直稳定度及垂直切变有关, 低值对应着弱的不稳定性或强的垂直切变, 在干环境下其值明显大于湿环境。

表 1 干、湿环境下对流性天气发生前的物理参数统计

参数	干环境	湿环境
PW/cm	2.53	6.54
RH/%	36.02	80.03
Li/K	-6.76	-4.22
LMU/hPa	1 002	992
MUCAPE/(J/kg)	2 372	2 557
MUCIN/(J/kg)	32	4
SBCAPE/(J/kg)	2 366	2 331
SBCIN/(J/kg)	23	26
DCAPE/(J/kg)	1 283	424
0~3 km 总切变/(m/s)	18.70	16.92
0~6 km 总切变/(m/s)	27.93	24.06
BRN	93	53

4 NS 型线状对流系统的干、湿环境下环流形势和地面特征分析

在一定高空环流背景下, 当受到有利的触发机制作用时系统可以发展起来。丁一汇等^[6]将飏线发生的环流背景分为四种类型: 槽前型、槽后型、高压后部型和台风倒槽型。李鸿洲^[7]基于 500

hPa 流场把飏线发生的背景流场分为西北风和偏南风流型。飏线的发生发展与其发生前的地面环境条件密切相关, 且冷锋、暖锋、静止锋、露点锋、低涡、低压倒槽等对飏线系统的触发和组织有一定作用^[6-7]。因而分析 NS 型线状对流系统发生的环流形势及其地面特征, 对了解该类系统的生成、演变及预报都有重要意义。

4.1 干环境下 NS 个例的环流形势和地面特征

在 5 个干个例中, 生命史都较短, 维持约 1~3 h(表 2)。上文研究表明, 干环境下易产生大风和冰雹天气。雷暴高压和尾流低压是中纬度强飏线系统的主要特征。Fujita^[8]认为雷暴高压是由于下沉气流中降水物的蒸发而形成的, 云中产生的下沉气流冲到地面附近形成大风。其中 4 例出现了雷暴高压, 这也是干个例易出现大风天气原因之一。Johnson 等^[9]指出尾流低压是后侧急流下沉到地面后的表现, 段鹤等^[10]统计发现飏线的后部入流急流区下方近地面易出现大风, 特别是与强回波区重叠的区域, 有 3 例出现尾流低压。按照丁一汇等^[6]提出的飏线发生时的 4 种天气背景, 将它们分为 1 个高压后部型和 4 个槽后型(表 2)。

4.1.1 高压后部型

5 个干个例中有 1 例属于高压后部型, 即系统出现在副热带高压西北侧的偏南气流中。该干个例 2007 年 7 月 27 日发生在湖北、江西交界处, 系统维持时间较短, 伴随大风冰雹天气。500 hPa 上, 副高西侧有低槽缓慢东移, 槽后西北气流带来的冷空气与来自海上的暖空气在副高西侧交汇, 产生不稳定。另一方面, 由于副高是一个深厚的暖性系统, 且 850 hPa 层上处于负涡度区, 受下沉气流的影响, 因此对流性天气常出现在干暖地区, 水汽不充足, 不易产生强降水天气, 属于干热对流。地面上有局地弱低压, 南北两侧均是高压, 类似于许焕斌等^[11]提出的有利于强对流云的发生和维持的中低层“S”流型, 即旋转辐合流型可提供稳定的倾斜上升气流, 有利于维持对流。

4.1.2 槽后型

干环境下槽后型个例有 4 个, 其中 3 个发生在暖锋的暖区中。对流发生区通常在 200 hPa 高

空急流影响的地区, 这里风速垂直切变较强, 冰雹云的发展与之关系密切。系统位于 500 hPa 层高空槽后的西北气流中, 850 hPa 层上, 发生区位于槽前, 即有辐合场存在。同时中、高层冷平流很强, 叠加在低层暖舌、湿舌之上, 上冷下暖形成位势不稳定层结。地面上, NS 型线状对流系统发生在温度较高、湿度较小的环境中, 系统的发生一般与暖锋有关。对于出现暖锋形势的 3 个

个例, 地面有暖区低压、冷区高压相伴出现, 均产生大风、冰雹天气。另外一个槽后型个例的地面出现了倒槽, 倒槽与西侧高压间有明显的温度梯度。可以看出, 槽后型 NS 型线状对流系统发生在 500 hPa 槽后、850 hPa 槽前, 地面对应暖锋或是倒槽, 在空间上具有“前倾”结构, 这也是槽后型天气形势的主要特征。

表 2 5 例干环境下 NS 型个例的环流分类、地面系统和天气现象

500 hPa 流型	地面系统	整层可降水量/mm	干个例	天气现象
高压后部型	“S”流型(干暖区), 雷暴高压	40~45	2007 年 7 月 27 日 17:30—19:50	大风、冰雹
	低压倒槽, 雷暴高压, 尾流低压	25~30	2008 年 6 月 3 日 17:20—19:10	大风、冰雹、强降水
槽后型	暖锋(干暖区), 雷暴高压, 尾流低压	25~30	2009 年 6 月 3 日 18:30—21:40	大风、冰雹、强降水
	暖锋(干暖区)	25~30	2009 年 6 月 5 日 12:00—13:30	大风、冰雹
	暖锋(干暖区), 雷暴高压, 尾流低压	25~30	2009 年 6 月 14 日 15:20—16:20	大风、冰雹

注: 定义 $t-t_d \geq 4$ °C 为干区, < 4 °C 为湿区; 温度 ≥ 27 °C 为暖区, < 27 °C 为冷区。

2009 年 6 月 3 日 18:30 NS 型线状对流系统生成于河南北部, 之后向东南方向移动, 4 日 06 时在江苏东南部减弱入海(图 2a)。此过程使得河南、安徽、江苏部分地区遭受大风、冰雹等天气的影响, 至 21:40 转为“人”字形对流系统。梁建宇等^[12]指出, 东北冷涡使华北和中原地区都盛行西北风, 南下的冷空气和暖空气在河南地区相遇, 形成热力不稳定, 有利于强对流形成。如图 2c 和 2d, 对流位于 200 hPa 高空急流区, 风速垂直切变较强, 郁珍艳等^[13]研究发现华北冷涡背景下大风发生前的垂直风切变最强。850 hPa 上, 系统位于槽前正涡度区, 再加上地面暖锋切变的辐合上升, 即地面和低层辐合流场上空有辐散流场叠置, 抬升力增强, 这种具有“前倾”流场的配置为 NS 型线状对流系统的发展提供了有利的热力和动力条件。

地面(图 2b)上, 暖低压控制我国华北南部和华东地区。强对流天气发生前, 天气晴好, 地面吹偏南风, 有利于空气增暖增湿和低空不稳定能量积累。低压北侧紧挨着两个冷高压, 高、低压之间温度梯度很强。系统发生在地面暖锋的暖区内, 虽然受偏南风作用, 湿度增加, 但仍属于干区, 不易产生强降水。NS 型系统过境可造成

地面气压、温度、风场等气象要素的变化, 阵风锋过境会产生气压升高、风向改变、风速迅速增加、温度降低、降水等气象要素的改变^[14], 降水发生在降温和风场转变之后, 而气压的显著升高则发生在强降雨之后。

4.2 湿环境下 NS 个例的环流形势和地面特征

相对干环境的环流形势, 湿环境下 NS 型线状对流系统发生的天气形势的种类更多, 对应的地面系统更复杂(表 3), 有暖锋、冷锋、静止锋等, 以静止锋为主。湿个例发生在暖区或湿区的情况超过一半, 当低层有湿舌而其上层湿度较小时, 可能造成对流性不稳定层结。湿环境下的个例均产生强降水天气。由于降水造成的下沉气流的蒸发是雷暴高压存在的主要原因, 因此, 湿个例大多都出现雷暴高压, 而尾流低压只出现在系统触发条件较强或是系统维持时间较长的个例中。14 个湿个例中, 有 11 个槽前型、2 个高压后部型和 1 个槽后型, 以槽前型为主, 占 78%。

4.2.1 槽前型

这种类型的 NS 型系统主要出现在 500 hPa 槽前的西南气流中。湿环境下, 槽前型天气形势的特点是: 500 hPa 上有短波槽东移, 受副高的阻挡而移动缓慢, 由于槽后冷平流的发展使中层干

冷空气入侵。该类系统基本处于暖区中，上冷下暖，低层层结不稳定（表 3）。强对流天气出现在 850 hPa 槽前正涡度区内和湿舌中，因此，系统的槽前有强烈辐合上升运动和充足的水汽，有

利于强对流生成。部分个例有低空急流出现，低层有强的暖湿空气平流，加强了层结不稳定度和低层风切变，有利于不稳定能量释放。

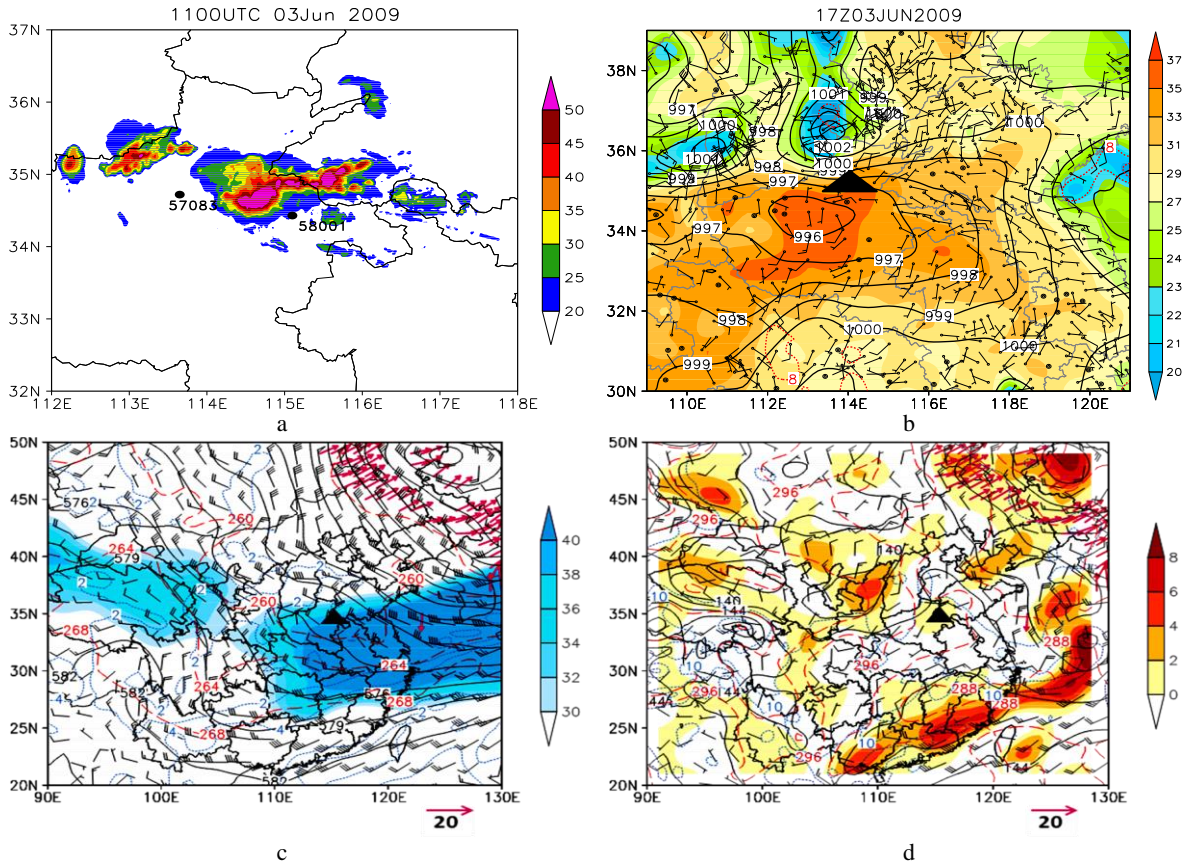


图2 2009年6月3日河南强对流天气过程 a. 19时雷达组合反射率(阴影); b. 17时地面图(黑色实线:等压线,红色虚线:等 $t-t_d$ 线,阴影:温度,风场:全风向杆为4 m/s); c-d分别是14时500 hPa和850 hPa的高空图(黑色实线:等高线,红色虚线:等温线,蓝色虚线:等比湿线,风场:全风向杆为4 m/s,蓝色阴影:200 hPa急流(风速 ≥ 30 m/s),洋红色箭头:850 hPa急流(风速 ≥ 12 m/s),红色阴影:正涡度区)。黑色三角为系统发生的位置。

表3 14例湿环境下NS型个例的环流分类、地面系统和天气现象

500 hPa 流型	地面系统	整层可降水量/mm	干个例	天气现象
槽前型	静止锋(温暖区), 雷暴高压	65~70	2007年7月2日 20:50—22:00	大风、强降水
	静止锋(暖区), 雷暴高压	70~75	2007年7月8日 15:00—20:00	强降水
	静止锋(湿冷区), 雷暴高压、尾流低压	70~75	2007年7月9日 00:30—04:00	强降水
	静止锋(温暖区), 雷暴高压、尾流低压	70~80	2007年7月19日 19:00—23:40	强降水
	静止锋(暖区)	55~65	2010年7月8日 14:30—15:50	强降水
	静止锋(暖区), 雷暴高压	55~65	2010年7月8日 16:00—18:00	强降水
	静止锋(湿冷区), 雷暴高压、尾流低压	55~65	2010年7月8日 19:00时—9日 00:30	强降水
	暖锋(温暖区), 雷暴高压(较弱)	65~75	2008年6月20日 19:00—21:00	强降水
	冷锋(湿冷区), 雷暴高压	65~70	2008年7月6日 05:00—10:30	大风、强降水
	冷锋(暖区), 雷暴高压、尾流低压 (冷湿区)	55~65 50~55	2009年8月26日 13:00—21:20 2008年6月20日 05:00—07:20	大风、强降水 强降水
高压后部型	静止锋(湿冷区), 雷暴高压、尾流低压	70~75	2007年7月6日 22:00时—7日 03:10	大风、强降水
	冷锋(暖区), 雷暴高压、尾流低压	65~70	2010年8月2日 14:20—15:20	大风、强降水
槽后型	雷暴高压(湿冷区)	55~65	2010年7月8日 06:00—08:00	强降水

注: 定义 $t-t_d \geq 4$ °C 为干区, < 4 °C 为湿区; 温度 ≥ 27 °C 为暖区, < 27 °C 为冷区。

从地面系统来看,湿环境下 11 例槽前型中有 7 例地面有静止锋,占槽前型的 63.6%,他们多数发生在静止锋南侧,发生区属于暖区或湿区,其中 3 例位于暖湿环境下。系统发生区域基本都受与 850 hPa 暖湿区相配合的地面低压控制。暖锋个例 1 例,系统位于暖锋南侧偏南风中,在低层有低涡或切变线,地面气旋性弯曲也较明显。对于 2 例地面出现冷锋的情况,系统都位于冷锋前部,其中 1 例位于湿区。冷锋前的偏南风使空气的温度升高、湿度增大,产生不稳定。

2007 年 7 月 19 日 19 时 NS 型线状对流系统

生成于安徽北部(图 3a),系统向东南方向移动,23:40 转为非线性对流系统。安徽中北部和江苏中北部地区都出现短时强降水天气,14 时(图 3c 和 3d),在 500 hPa 上安徽中北部位于自西向东移动的西风槽的槽前西南气流中,西风槽使得干冷空气入侵,同时槽前的上升运动也有利于对系统的生成。在 850 hPa 上,在重庆、四川一带有低涡发展,它可能是由西南涡东移发展而成,系统位于低涡东侧的具有较强暖湿平流的西南气流中,高层干冷气流叠加在低层暖湿气流上,有利于不稳定层结建立。

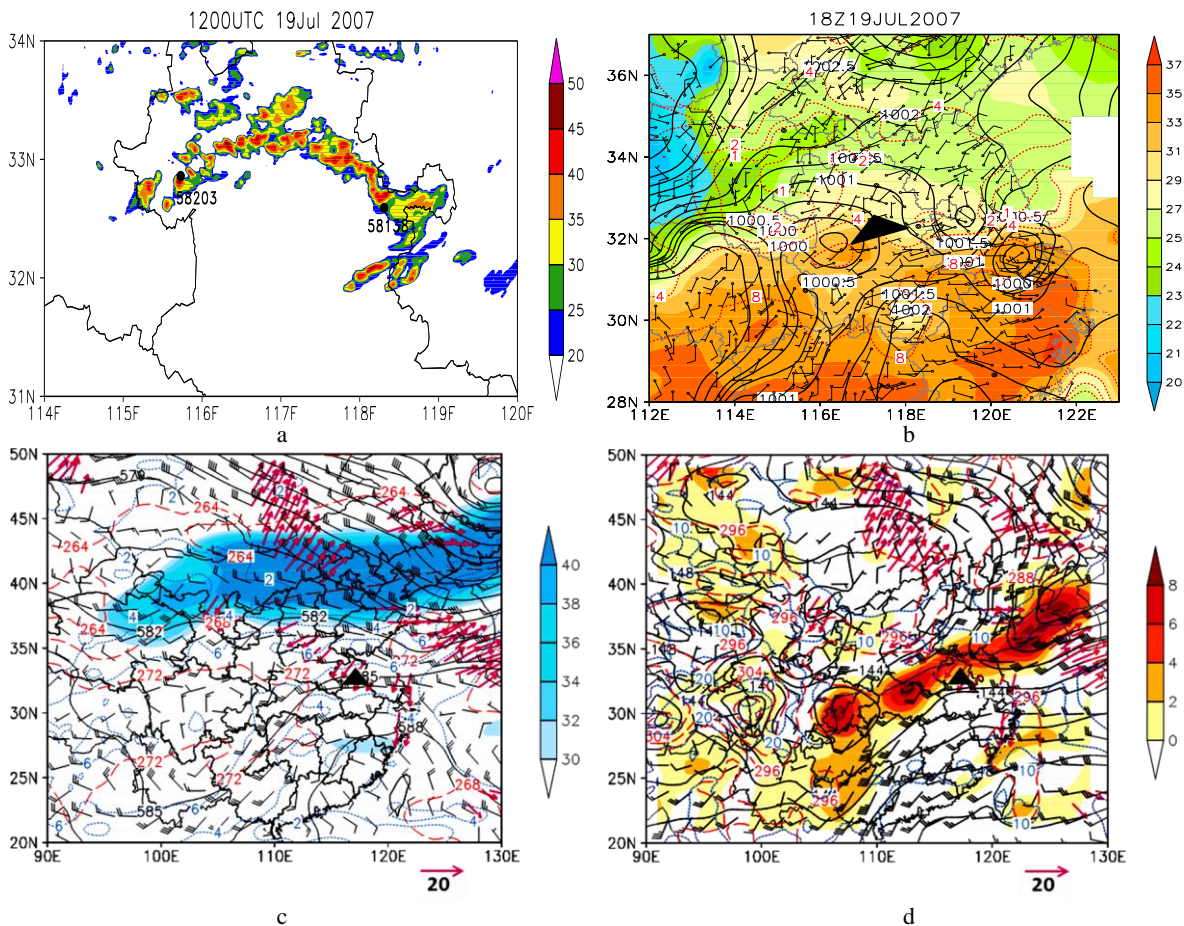


图 3 2007 年 7 月 19 日安徽强对流天气过程 a. 20 时雷达组合反射率; b. 18 时地面图; c~d 分别是 14 时 500 hPa 和 850 hPa 的高空图。说明同图 2。

地面(图 3b)上,系统呈东西走向有一个低压发展,右侧为一高压,低压上空 850 hPa 气层对应正涡度区,500 hPa 上为槽前上升区,该区域的抬升运动由地面一直延伸至对流层上层。系统处于地面低压北侧,属于静止锋暖区,同时也位

于偏东风气流中,偏东风气流将东海的水汽输送至内陆,使该区域达到一定水汽条件,容易触发短时强降水天气。系统经过地面观测站时,与干环境下系统过境产生的特征一致。观测现象表明,无论是在干环境下还是湿环境下,NS 型线性对

流系统过境都可造成地面气压、温度、风场等气象要素的变化。地面中尺度高压的形成主要是来自中层的下沉气流和降雨的蒸发冷却过程。

4.2.2 高压后部型

在 14 个湿个例中, 有 2 例属于高压后部型, 500 hPa 副高西北方向有小槽向东移动, 副高边缘来自海上的暖湿气流的水汽输送较强。而干环境下的高压后部型, 高压西侧是尺度较大的槽, 槽后干冷空气活跃, 系统受槽后西北气流影响较大。此外, NS 系统位于 850 hPa 正涡度区, 而干环境下的高压后部型个例在 850 hPa 处于副高下沉区。如 2007 年 7 月 6 日 14 时高空形势(图略), 高低空都伴有湿舌、暖舌, 可促进强降水天气的发生。从地面系统来看, 对流发生区常伴有气旋发展, 与 850 hPa 上暖湿结构相配合。湿环境下高压后部型中在地面有静止锋和冷锋的情况各有一例。静止锋情况下系统处于湿区; 冷锋情况下系统位于暖区, 在冷锋前面。

4.2.3 槽后型

湿环境下槽后型仅有一例, 发生的概率比干环境下小。干、湿环境下槽后型天气形势的主要特征类似(图略), 对流发生区通常在 200 hPa 高空急流通过的地区, 在 500 hPa 高空槽后, 850 hPa 槽前, 具有前倾式空间结构。这个系统生成于湖北东北部, 向河南南部移动。地面上, 一个低涡控制着我国中部地区, 在湖北东部有一温度较低值区, 偏南风将冷空气吹向系统生成处, 系统处于冷湿环境下, 有强降水天气发生。由于此类个例少, 无法总结其一般性特征, 需要今后通

过大量个例的深入研究予以揭示。

5 结 论

(1) 干环境下, NS 型线状系统触发所需的条件强, 最不稳定层接近地面, 发展剧烈, 容易产生大风天气, 对流有效位能的释放是干环境下对流发展的主要能量来源。湿环境下, 最不稳定层相对较高, 水汽充足, 有利于强降水发生。当地面和低层的系统启动了上升运动后, 降雨的凝结潜热释放能使对流发展并维持系统的发展。

(2) 干环境下, 天气形势可以分为槽后型和高压后部型, 湿环境下分为槽前型、高压后部型和槽后型。干环境下以槽后型居多, 而湿环境下槽前型发生的概率最高, 这与槽前有较强的水汽输送, 而槽后为干冷气流有关。干环境下超过半数个例的地面出现暖锋, 高空 500 hPa 槽后位于 850 hPa 槽前, 且高层有西风急流存在。主要的地面触发机制是暖锋、中尺度低压、干线和辐合线。此外, 干环境下槽后型系统多发生在干暖区, 湿度较小, 易发生大风、冰雹天气。

(3) 湿环境下, 无论 500 hPa 的天气形势的表现类型如何, 在 850 hPa 上系统都处于正涡度区, 中层具有暖湿结构。地面上常伴有气旋发展, 上升运动强烈。湿环境下个例触发机制的类型要比干环境下的复杂, 有暖锋、静止锋、冷锋、中尺度气旋、切变线出现, 以静止锋和低涡为主。

参 考 文 献:

- [1] HOUZE R A JR. Mesoscale convective systems[J]. *Rev Geophys*, 2004, 42: RG4003, doi: 10.1029/2004RG000150.
- [2] PARKER M D, JOHNSON R H. Organizational modes of midlatitude mesoscale convective systems[J]. *Mon Wea Rev*, 2000, 128(10): 3 413-3 436.
- [3] GALLUS JR W A, SNOOK N A, JOHNSON E V. Spring and summer severe weather reports over the Midwest as a function of convective mode: A preliminary study[J]. *Wea Forecasting*, 2008, 23(1): 101-113.
- [4] ZHENG L L, SUN J H, ZHANG X L, et al. Organizational modes of mesoscale convective systems over Central East China[J]. *Wea Forecasting*, 2012, 2013, 28(5): 1 081-1 098.
- [5] JOHNSON R H, J F BRESCH. Diagnosed characteristics of precipitation systems over Taiwan during the May-June 1987 TAMEX[J]. *Mon Wea Rev*, 1991, 119(11): 2 540-2 557.

- [6] 丁一汇, 李鸿洲, 章名立, 等. 我国飊线发生条件的研究[J]. 大气科学, 1982, 6(1): 18-27.
- [7] 李鸿洲. 区域地面天气图上华北飊线的特征及其临近预报[J]. 大气科学, 1988, 12(1): 42-48.
- [8] FUJITA T T. Precipitation and cold air production in mesoscale thunderstorm systems[J]. J Meteor, 1959, 16(4): 454-466.
- [9] JOHNSON R H, HAMILTON P J. The relationship of surface pressure features to the precipitation and airflow structure of an intense midlatitude squall line[J]. Mon Wea Rev, 1988, 116(5): 1 444-1 473.
- [10] 段鹤, 严华生, 王晓君. 滇南飊线的发生环境及其多普勒雷达回波特征[J]. 热带气象学报, 2012, 28(1): 68-76.
- [11] 许焕斌, 田利庆. 强对流云中“穴道”的物理含义和应用[J]. 应用气象学报, 2008, 19(3): 372-379.
- [12] 梁建宇, 孙建华. 2009年6月一次飊线过程灾害性大风的形成机制[J]. 大气科学, 2012, 36(2): 316-336.
- [13] 郁珍艳, 何立富, 范广洲, 等. 华北冷涡背景下强对流天气的基本特征分析[J]. 热带气象学报, 2011, 27(1): 89-94.
- [14] CHARBA J. Application of gravity current model to analysis of squall-line gust front[J]. Mon Wea Rev, 1974, 102(2): 140-156.

THE SYNOPTIC CIRCULATIONS AND SURFACE WEATHER PATTERNS OF LINEAR CONVECTIVE SYSTEMS WITH NO STRATIFORM IN DRY AND MOIST ENVIRONMENTAL CONDITIONS OVER YANGTZE AND HUAIHE RIVER BASIN

WANG Lu-lu¹, SUN Jian-hua², SHEN Xin-yong¹, HUANG Wei¹

(1. Key Laboratory of Meteorological Disasters of Ministry of Education/
Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044, China;
2. Key Laboratory of Cloud-Precipitation Physics and Severe Storms(LACS)/
Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China)

Abstract: The synoptic circulations and surface weather patterns of 19 linear convective systems with no stratiform which occurred over the Yangtze and Huaihe River Basin from June to September during 2007—2010 are investigated. The associated environmental conditions are classified as dry (moist) environments if precipitable water is <50 mm (≥ 50 mm). The synoptic pattern of the 5 samples of dry environment can be further classified into the rear portion of a trough and that of a subtropical high. The synoptic pattern of the 14 samples of moist environment can be subdivided into the front portion of a trough, rear portion of a trough and rear portion of a subtropical high. The rear portion of the trough is the main type in the dry environment for which convection systems occurred frequently in dry and warm areas with low humidity. These systems in the dry environment develop vigorously and are likely to produce high wind and hail. In the moist environment, the pattern of the front portion of troughs is the major type that characterizes various surface systems including stationary fronts, inverted troughs, cold fronts and warm fronts. The most unstable layer is relatively high and water vapor is sufficient. Heavy precipitation occurs in the moist environment with high frequency. The aforementioned analyses show that significant differences may exist between the dry and moist environmental conditions that trigger severe convective systems and mechanisms of convective systems in dry and moist environments should be investigated further in the future.

Key words: synoptic meteorology; linear convective systems; synoptic circulation; surface weather pattern