

2024 年 4 月 21 日南宁吴圩国际机场强对流天气过程分析

钟若媚 梁宸 刘晔恒 詹鸿宇

民航广西空管分局，广西南宁，530048；

摘要：本文利用多普勒雷达和自动观测系统资料、NECP 再分析资料、常规气象观测资料对 2024 年 4 月 21 日南宁吴圩国际机场强对流天气过程进行分析。结果表明：1. 本次系统性天气过程主要受高空浅槽东移引导低层低涡、切变线南压及地面弱冷空气南下影响，2. 南宁地区上干下湿的垂直结构分布，不稳定能量大，0-6km 垂直风切变大，各项物理量符合雷暴大风的特征；3. 当 700hPa-500hPa 偏西风都较大时，中层较大的风速一方面可以使雷达回波移速速度较快，另一方面对流发展产生的动量下传也可以将中层偏西风的动量传递至地面，从而增大对流系统在地面往东的出流速度，进一步加强雷暴大风的强度。

关键词：强对流天气，雷暴大风，多普勒雷达

DOI: 10.69979/3041-0673.24.11.042

引言

强对流天气是一种局部的灾害性天气，通常涉及短时强降水、冰雹、雷暴大、龙卷风等天气^[1]，主要发生于中小尺度天气系统，具有突发性强、局地性强、持续时间短和强度大等特点^[2]，对于民用航空运输飞行的安全运行有着极大的威胁。

多年以来，我国的气象工作者们对于强对流天气的预警预报开展了许多研究。曹艳察等^[3]分析了东北冷涡背景下的强对流天气；盛杰^[4]分析了华北地区线性对流系统特征。但由于民航机场的强对流天气预警一般都是单点预报，且气象资料单一，预报难度大。来小芳等^[5]对上海管制区一次强对流天气过程的民航气象保障进行总结和思考，指出目前数值预报及天气学理论，还不足以支撑定点定量的精细化准确结论，而气象意义上的准确已不能完全满足用户的需求，管制用户需要气象预报员进一步提高预报的精细化程度^[6]。本文主要通过对 2024 年 4 月 21 日南宁吴圩国际机场一次系统性强对流天气过程进行诊断分析，以掌握短时强降水、雷暴大风等强对流天气的成因，为提升南宁机场强对流天气预报准确率提供参考。

1 天气过程概况

2024 年 4 月 20 日至 21 日，受高空浅槽东移引导低层切变线南压及地面弱冷空气南下影响，南宁管制区出现系统性对流天气（图 1）。4 月 20 日傍晚，广西上游（贵州、云南）开始出现系统性对流，分别从管制区北部和西南部进入广西区域并横扫管制区，35dBZ（含）以上回波覆盖率极值出现在 21 日凌晨至上午（最大 20

-25%），随系统东移后覆盖率逐渐减小，21 日午后至夜间覆盖率降至 10% 以下。此次系统性对流天气具有非典型型华南前汛期降水日变化特征，对流强度在夜间加强，但未在日出后出现明显的减弱趋势。

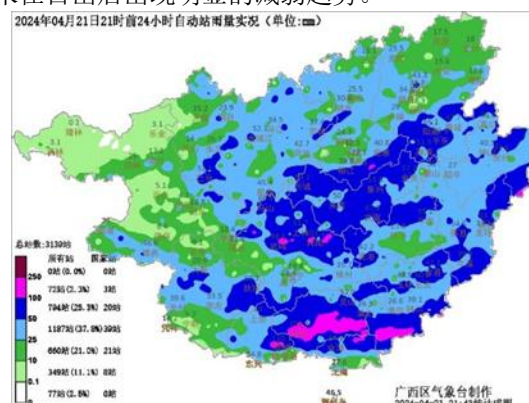


图 1.4 月 21 日 21 时广西区域过去 24 小时降水

受此次系统性对流天气过程影响，4 月 21 日南宁机场一共出现四次雷雨过程（图 2），第一次雷雨过程出现在 21 日 02:16-02:24（北京时，下同），天气为中雷雨，中间雷雨短暂消失，随后 02:33-02:47 受弱雷雨影响；第二次雷雨过程出现在 21 日 05:56-06:48，先出现弱雷雨，07:48-09:20 受补充对流云团影响，本场出现强雷雨，其中 07:47-07:52 出现大风，最大阵风 26m/s（10 级）；第三次雷雨过程出现在 21 日 13:23-14:48，本场出现强雷雨；第四次雷雨过程出现在 21 日 18:25-20:08，本场出现强雷雨。21 日南宁机场的 24 小时累积降水量为 65.1mm，达到暴雨量级，其中第三次雷雨过程的最大一小时降水量为 26.5mm，达到短时强降水量级。本次系统性对流天气过程具有分段影响、短时降水强度大、局地伴随有雷暴大风等特点。

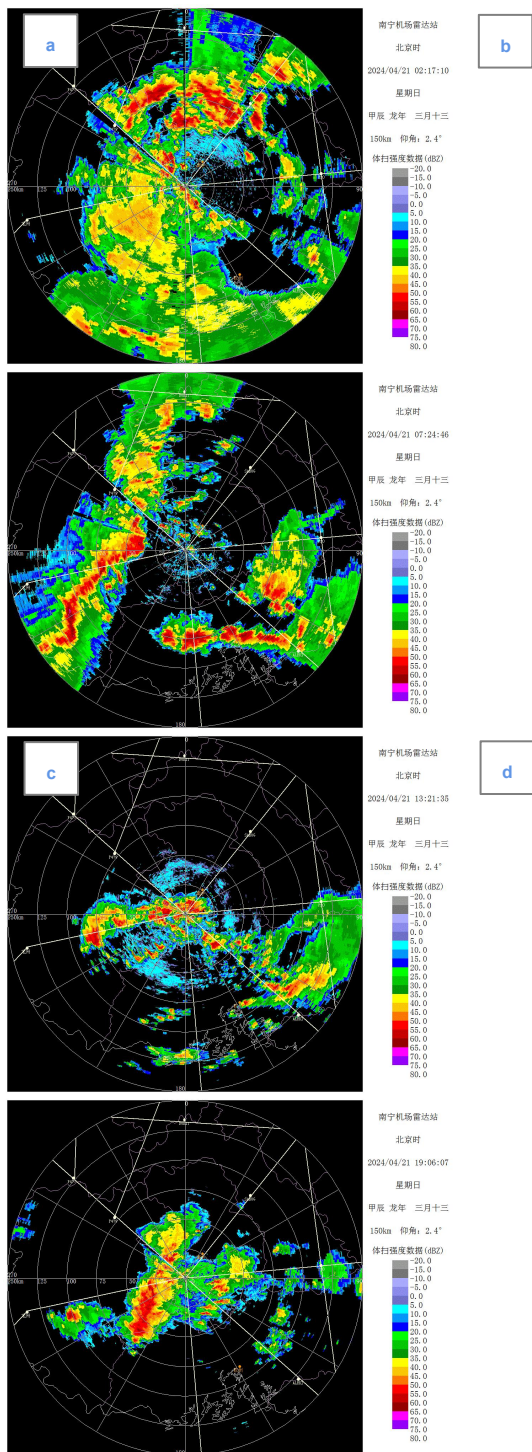


图 2. 2024 年 4 月 21 日南宁机场四次雷雨过程实况雷达图

2 天气形势分析

4 月 20 日 20 时-21 日 20 时（图略），500 百帕和 700 百帕有高空槽东移过境且加深发展，广西地区由槽前西南风转为槽后西北风控制，温度槽落后于高度槽（后倾槽），此外，槽线随高度倾斜程度较小，易造成垂直运动强烈发展；4 月 20 日 20 时-21 日 20 时，850 百帕均处于高湿区中，切变线东移南压，21 日 08 时在

广西境内形成低涡；21 日 20 时 925 百帕由西南风转受东北气流控制，由温度槽可知，低层冷平流从东北路侵入广西地区；地面 21 日 20 时前，准静止锋在桂中至桂南一带摆动，广西地区处于低压槽中，21 日 20 时后逐渐转为弱高脊形势，与 925 百帕形势相对应。2024 年 4 月 20 日 20 时-21 日 08 时，200 百帕广西地区处于辐散区中，高层辐散有利于加强抽吸作用，从而加强对流天气的发展。

各高度层天气系统叠加，进行中尺度分析可知（图 3），20 日 20 时，500hPa 短波槽影响广西西部，伴有冷湿槽；850-925hPa 切变线位于广西北部至中部，切变线以南为偏南急流，全区大部比湿达到 13g/kg 以上，T 850-500 达 25℃以上，温度直减率大，层结不稳定。探空显示，广西北部、西部 CAPE 值在 700-2400J/kg，广西北部湿层有一定厚度，地面层有倒 V 型缺口；广西北部 0-6km 垂直风切变较大（21-29m/s）。21 日 08 时，500hPa 短波槽东移，850hPa、925hPa 切变形势发展为低涡，中心位于广西东北部，低层西南急流加强。综上，20 日 20 时-21 日 08 时，广西北部至中部大部地区有雷电、短时强降水、雷暴大风和局地冰雹天气。

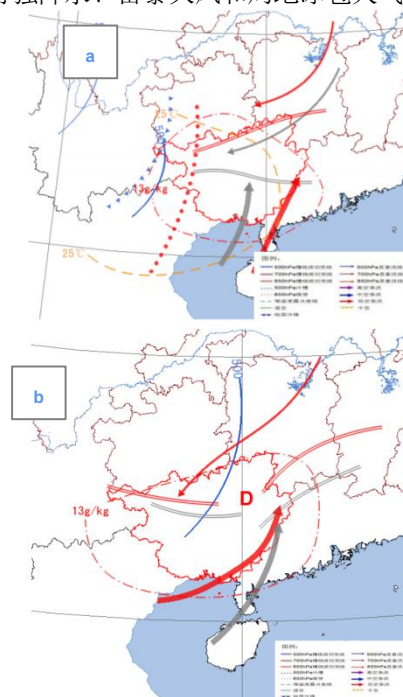


图 3. 2024 年 4 月 20 日 20 时 (a)、21 日 08 时 (b) 中尺度分析

从南宁站的探空图（图 4）和对应的参数（表 1）可知，4 月 20 日 20 时，南宁地区湿层较薄，高度仅为 1500m，1500m 以上存在干区，“喇叭口”的特征明显。CAPE 值 2245.9，K 指数 36.2，最大抬升指数-5.38，850hPa 与 500hPa 温差为 26.7℃，不稳定能量充足，符合雷暴大风的探空物理量特征，同时由于 0-6km 垂直风切

变为 12m/s, 有利于对流发展为强盛的对流, 此外由于 0℃层高度在 600hPa 以上, -20℃层高度也在 400hPa 以上, 出现冰雹的概率较小。21 日 08 时, 南宁此时正处于强对流天气影响的时段, 湿层变得深厚, 由于能量释

放, 不稳定能量减弱, CAPE 值迅速下降至 58.6, 抬升指数变为 0.05, 850hPa 与 500hPa 温差降低至 20.9, 但是 0-6km 垂直风切变上升至 20m/s, 有利于强对流天气进一步维持和发展, 符合短时强降水的探空物理量特征。

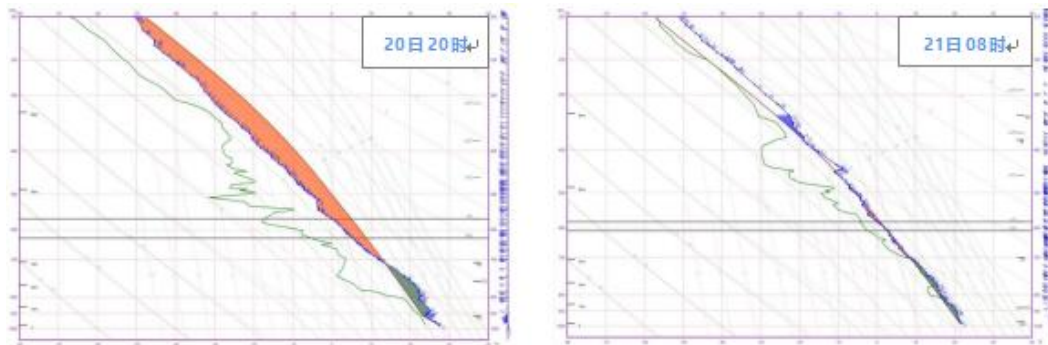


图 4. 南宁站 2024 年 4 月 20 日-21 日探空曲线 (a. 20 日 20 时, b. 21 日 08 时)

表 1. 南宁站 2024 年 4 月 20 日-21 日探空数据

强对流指标	20日20时	21日08时
温度直减率 ($\Delta T_{850-500}$)	≥ 29	26.7
700hPa及以上温度露点差 ($^{\circ}\text{C}$)	> 6	700hPa及以上均 > 6
0-6km垂直风切变 (m/s)	≥ 9	12
CAPE (J/kg)	> 1300	2245.9
K指数 ($^{\circ}\text{C}$)	≥ 38	36.2
LI指数	≤ -2.8	-5.38

3 多普勒雷达分析

从雷达图来看, 由图 5 (a、b、c、e) 可以看出, 4 月 21 日 07:48-09:20 影响本场的对流天气从本场西面发展加强, 向东移动, 移动速度特别快, 达到了 60 公里每小时, 在强回波前沿之后存在着大面积强度较强的

降水回波, 本场出现了近 20 分钟强雷雨, 但由于移动很快, 过程降雨量并没有达到短时强降水的强度。由图 5 (d、e、f、h) 可以看出, 07:00 本场西面 60KM 处的强回波对应的径向速度已经出现速度模糊, 表明径向速度超过了 25 米/秒, 但因为距离较远, 该点的高度 3KM 左右, 并不能直接反映地面的风速, 但可以当做参考。

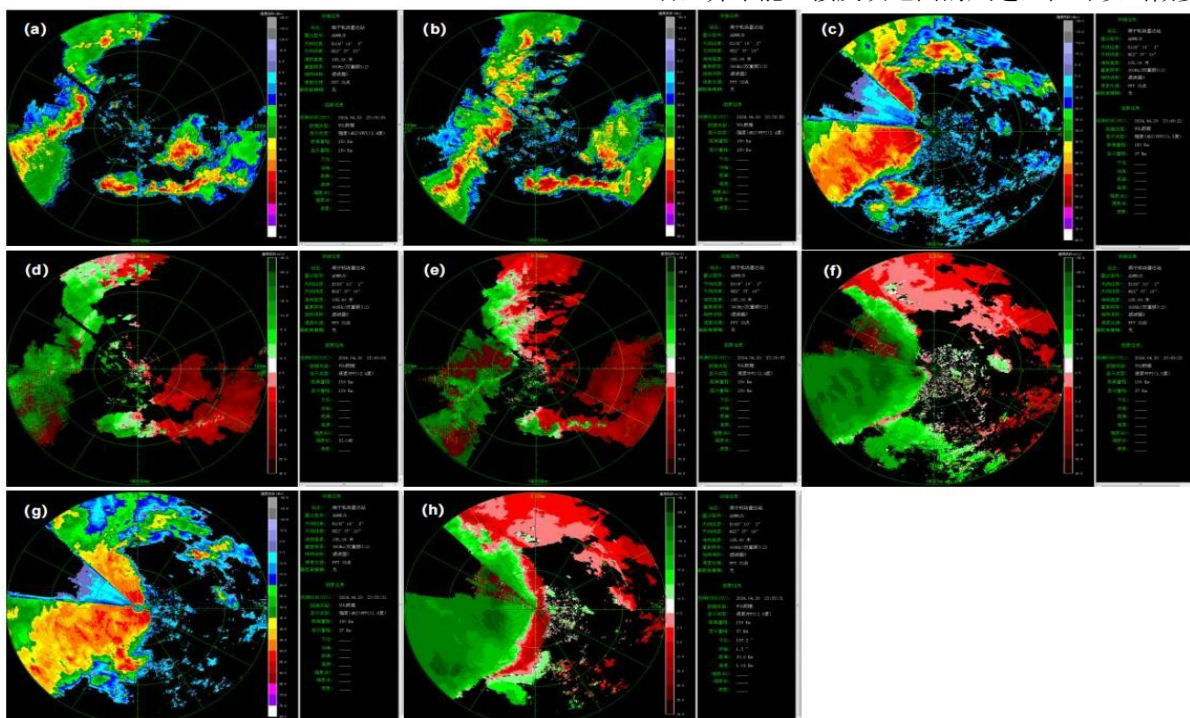


图 5. 南宁机场 2024 年 4 月 21 日雷达反射率因子 (a. 07:00, b. 07:30, c. 07:49, g. 07:55) 及径向速度图 (d. 07:00, e. 07:30, f. 07:49, h. 07:55) (其中 a、b、d、e 为 2.4° 仰角, c、g、f、h 为 1.5° 仰角)

07:30 的径向速度图也可以看出在强回波区存在大范围的速度模糊, 07:49 强回波到达南宁机场, 大风区也从机场西侧到达南宁机场, 同时在机场西侧 5KM 左右存在大风核并出现速度模糊, 退模糊后的径向速度达到 30 米/秒(高度约 300 米), 也就是在这个时候机场出现了 26 米/秒的阵风。07:55 天气已完全覆盖机场, 从径向速度图可以看出南宁机场附近仍具有强的偏西风, 但大风核已东移至机场东侧, 同样出现了速度模糊。

本次过程, 在雷达回波上移速特别快, 超过了 50 公里每小时, 且出现了速度模糊。在本场大风出现前, 可以通过径向速度图看出在低层存在大风区或者大风核, 这对于雷暴大风的预报预警有很好的指示作用。此外虽然此次过程没有出现明显的阵风锋, 但阵风锋的出现表明了对流在地面产生的辐散性大风特别强, 也是雷暴大风预报预警的有利指标, 同时出现阵风锋时可以考虑雷暴大风的影响时间将会比较长。

4 结论

4 月 21 日天气过程主要受高空浅槽东移引导低层低涡、切变线南压及地面弱冷空气南下影响, 南宁管制区出现系统性对流天气。由于南下冷空气强度较弱, 4 月 21 日 20 时前 850hPa、925hPa 以及地面的准静止锋在桂中至桂南一带摆动, 是造成南宁机场 4 月 21 日出现四次雷雨过程, 21 日 24 小时累积降水量达到 65.1mm(暴雨等级)的主要原因, 21 日 20 时后随着 850hPa 切变线南移, 南宁机场转受北风控制, 本次天气过程的影响结束。

4 月 21 日天气过程最大阵风为 26m/s, 出现在 4 月 21 日 07:47-07:52。最大一小时降水量为 26.5mm, 出现在 4 月 21 日 14:00-15:00。结合此次天气过程的探空图可知, 4 月 20 日 20 时南宁地区的低层湿度大, 中高层湿度小, 有“喇叭口”特征, 不稳定能量大, 且 0-6km 垂直风切变大, 各项物理量符合雷暴大风的特征。4 月 21 日 08 时南宁地区的不稳定能量下降, 但是湿层的厚度增加, 0-6km 垂直风切变上升, 有利于后续短时强降水天气的发生, 各项物理量符合短时强降水的特征。

从雷达径向速度图和自动站实况都能看到上游对流发生的区域低层存在大风区, 强对流天气过程其中层(700hPa-500hPa)偏西风都比较大, 中层较大的风速一方面可以使雷达回波速度较快, 另一方面对流发展产生的动量下传也可以将中层偏西风的动量传递至地面, 从而增大对流系统在地面往东的出流速度, 进一步加强雷暴大风的强度, 因此在制作雷暴大风短临预警产品时, 可适当参考上游地区的地面最大风速、雷达径向速度图以及探空资料等资料, 特别是当上游实况已经出现 8 级以上大风时, 需考虑南宁机场有出现 8 级大风的可能性。

参考文献

- [1] 张佳晖, 祝玉如, 黄和静. 2019 年 4 月 18—19 日福建地区一次强对流天气过程分析[J]. 黑龙江环境通报, 2024, 37(12): 41-43.
 - [2] 李克南, 陈曦, 傅宁, 等. 天津机场强对流天气气候特征[J]. 指挥信息系统与技术, 2024, 15(05): 36-43.
 - [3] 曹艳察, 郑永光, 孙继松, 等. 东北冷涡背景下三类区域性强对流天气过程时空分布和环境特征对比分析[J]. 气象学报, 2024, 82(01): 22-36.
 - [4] 盛杰, 郑永光, 沈新勇. 华北两类产生极端强天气的线状对流系统分布特征与环境条件[J]. 气象学报, 2020, 78(06): 877-898.
 - [5] 来小芳, 李新锋. 民航气象保障一次雷雨过程引起的思考[J]. 中国航班, 2020(18): 146-147.
 - [6] 梁秋枫, 苏蕾, 林航. 厦门机场一次强对流天气的气象保障分析[J]. 中国民航飞行学院学报, 2024, 35(04): 55-59.
- 作者简介: 钟若媚(1996-), 女, 汉族, 四川省峨眉山市人, 助理工程师, 硕士研究生, 研究方向: 航空气象。
- 梁宸(1996-), 女, 汉族, 广西梧州人, 工程师, 学士, 研究方向: 航空气象。
- 詹鸿宇(1997-), 女, 壮族, 广西南宁人, 助理工程师, 硕士, 研究方向: 航空气象。