

# 2020年5月24日初雷天气总结及成因分析

陈洁

中国民航三亚空中交通管理站 海南 三亚 57200

**【摘要】**本文利用常规地面资料及高空资料、ERA5分辨率 $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$ 逐1小时再分析资料、FY2G1小时平均相当黑体亮度温度TBB资料、海南省区域自动站资料、三亚凤凰机场地面观测和自动观测站资料,对2020年5月23-24日初雷天气形成机制和对流系统的演变特征进行了分析。结果表明:(1)500hPa南支槽、中低层切变线和低压槽之间的相互配合是此次雷雨形成的大尺度环境条件。(2)水汽辐合的加强与对流的发展加强有较好的对应关系,来自南海和孟加拉湾强盛的水汽输送为此次雷雨过程提供了充足的水汽和不稳定能量。(3)23日夜间三亚地区温度露点差小,水汽接近饱和,且湿层非常深厚,K指数达 $41.7^{\circ}\text{C}$ ,SI指数达 $-3.58^{\circ}\text{C}$ ,CAPE值达 $2613.4\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,反映出雷雨前期有不稳定能量聚集,大气层结构不稳定。(4)强降水发生在云顶亮温低值中心北侧的温度梯度密集区,TBB梯度与降水强度成正比;根据中小尺度对流云团的TBB强度及变幅,当 $\text{TBB} \leq -70^{\circ}\text{C}$ , $\nabla\text{TBB}/0.5^{\circ}\text{E}$ 在 $40-70^{\circ}\text{C}$ 之间时,对强降水有较好的预报辅助作用,可提前1-2h预报短时强降水,以提升航空气象预报服务工作。

**【关键词】**切变线;南支槽;低压槽;初雷;气象预报服务

## Summary and cause analysis of the initial thunder weather on May 24,2020

Chen Jie

Sanya Air Traffic Management Station, Sanya, Hainan 57200

**【Abstract】**In this paper using conventional ground data and high data, ERA 5 resolution  $0.25 \times 0.25$  by 1 hour analysis data, FY 2 G 1 hour average body brightness temperature TBB data, Hainan regional automatic station data, Sanya phoenix airport ground observation and automatic observation data, on May 23-24,2020. The results show that: (1) the coordination between the 500 hPa south trough, the low layer shear line and the low pressure trough is the large-scale environmental conditions formed by the thunderstorm.(2) The strengthening of water vapor convergence has a good correspondence with the development of convection. The strong water vapor transport from the South China Sea and the Bay of Bengal provided sufficient water vapor and unstable energy for the thunderstorm process.(3) On the night of 23rd, the temperature dew point difference in Sanya was small, the water vapor was close to saturation, and the wet layer was very deep. The K index reached  $41.7^{\circ}\text{C}$ , the SI index reached $-3.58^{\circ}\text{C}$ , and the CAPE value reached  $2613.4\text{ Jkg}^{-1}$ , reflecting the unstable energy accumulation in the early thunderstorm, and the atmosphere was unstable.(4) Heavy precipitation occurs in the temperature gradient dense area in the north of the low temperature center of the ceiling, and TBB gradient is proportional to precipitation intensity. According to the TBB intensity and amplitude of small and medium-scale convective cloud, when  $\text{TBB} < -70^{\circ}\text{C}$  and  $\text{TBB} / 0.5\text{ E}$  are between  $40-70^{\circ}\text{C}$ , it has a good role in forecasting heavy precipitation, and short-time heavy precipitation can be forecast 1-2h in advance to improve the aviation weather forecast service.

**【Key words】**shear line; south branch trough; low pressure trough; early ray; weather forecast service

## 引言

目前天气原因造成航班延误的比例越来越高,导致管制签派用户对气象的需求越来越精细化。在日常的航空保障中,雷雨是一种影响飞行安全的危险天气,对飞行危害较大,也是航空气象预报的重点和难点。从宏观物理条件来说,产生雷雨的主要物理条件是充足的水汽、强盛而持久的气流上升运动和大气层结构的不稳定。本文借助了再分析资料、常规和非常规观测资料,分析了雷雨的水汽条件、大气稳定度条件及降水云系的中尺度特征。希望针对此次雷雨天气过程提供预报着眼点和思路,以提高今后的雷雨预报水平,为航

空气象用户提供更精准有效的信息服务。

## 1 资料和过程概述

本文所用资料有常规地面资料及高空资料、ERA5分辨率 $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$ 逐1小时再分析资料、FY2G1小时平均相当黑体亮度温度TBB资料、海南省区域自动站资料、2015-2020年三亚凤凰机场地面观测和自动观测站资料,先考察了2015-2020年三亚凤凰机场六次初雷天气过程,对近6年三亚初雷日的环流场特征进行分析。

初雷日选取标准为:2015-2020年各年份三亚凤凰机

场首次闻雷或探测到闪电，且观测报文出现 TS 或 VCTS。按照这个标准：2015-2020 年的初雷日，如表 1

分析 2015-2020 年六次初雷天气过程，发现南支槽、切变线、西南急流、低压槽和弱冷空气等系统之间的相互配合是三亚凤凰机场出现初雷天气的主要原因。根据三亚机场气候志记录知，近六年中初雷出现月份最早发生在 3 月，最晚发生在 6 月；雷暴持续时间基本在 1-2 小时以内。唯独 2020 年持续时间最长，超过 2 小时，期间出现中等及以上强度降水，影响了三亚凤凰机场及其终端区内多条航路及其导航点，造成共 8 架进港航班在空中等待或备降。因此本文选取 2020 年 5 月 23-24 日的初雷天气过程进行成因分析，本次天气演变如表 1 和图 1

表 2 2020 年 5 月 23-24 日的观测实况天气演变

日期	实况天气演变 (UTC)
5 月 23 日	-RA13:09-13:40(0.0)13:40
	-SHRA14:21-16:00(0.4)16:00
	TS16:08S-16:32Z-17:05N-18:32NE
5 月 24 日	-SHRA16:00-SHRA16:36-
	-SHRA16:50-19:05(15.1)19:05
	19:45-20:45(0.2)20:45

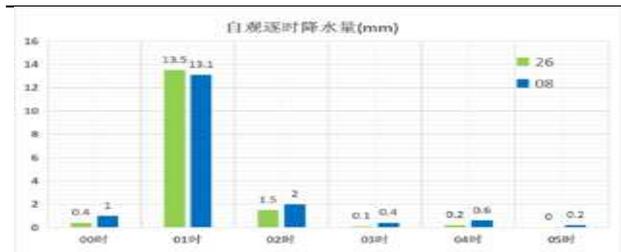


图 1 三亚凤凰国际机场 08 和 26 号跑道逐时降水量柱状图

由表 2 可知，本次雷雨过程降水持续时间为 7 小时 36 分钟，雷暴持续时间为 2 小时 24 分钟。由图 1 可知，本次天气降水时段比较集中，自观逐时降水量显示最大降水量出现在 01 时，为 13.5 毫米。

## 2 环流背景

由 23 日 08 时至 20 时高低空环流场(图略)知，500hPa 海南岛一直受副高控制，23 日白天处于槽后脊前的西北气流控制区，夜间转受南支槽前的西南气流控制；此外，高空有两条水汽通道，一条来自南海，另一条来自孟加拉湾，源源不断的水汽通过偏南和西南气流输送至海南岛，使得三亚地区具有充足的水汽和不稳定能量。850hPa 在海南岛中部有明显的切变线，海南岛南部地区受较强的西南气流影响，伴随切变线南压出海，南部地区具有强的位势不稳定层结。地面受华南低槽影响，低层辐合，有利于对流抬升运动。

## 3 成因分析

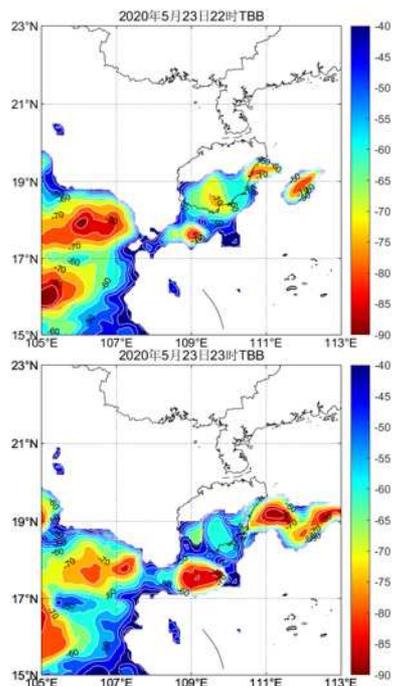
### 3.1 水汽条件

由环流背景分析得出本次雷雨天气的主要水汽来自南海和孟加拉湾。分析整层水汽通量散度和 925hPa 风场(图略)可知，23 日 20 时海南岛南部的整层水汽通量散度的垂直积分为负的极大值中心，代表此处为辐合，有很强水汽积聚，三亚凤凰机场附近中心值达  $-4 \times 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ ；且西南和偏南气流源源不断地将水汽输往三亚地区，使得对流得以持续发展。24 日 08 时，天气过程结束之后，整个海南岛的整层水汽通量散度的垂直积分均为正值，且值偏小，代表此时为弱的水汽辐散，此时风场上转西北气流控制，降水过程中基本结束。由此表明水汽辐合的加强与强对流的发展加强基本是同步的，暴雨发展最强时，水汽辐合基本也达到了最强，当水汽辐合减弱时，对流天气也随之减弱，当水汽辐散时，不利于天气持续发展，天气过程也基本结束。

### 3.2 大气稳定度条件

由三亚探空站 T-logP 图(图略)可知，雷雨开始前期(23 日 20 时)，三亚探空站 K 指数达  $41.7^\circ\text{C}$ ，SI 指数达  $-3.58^\circ\text{C}$ ，温度露点差小，相对湿度高，水汽接近饱和，处于条件不稳定状态；对流有效位能达到  $2613.4 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$ ，反映出雷雨前期有不稳定能量聚集，大气层结极不稳定；抬升凝结高度为 940hPa，有利于强对流发生发展。从 T-logP 图上可以很明显的看出 23 日夜间水汽条件非常好，整层湿度较大，有利于强降水天气出现。

### 3.3 降水云系特征



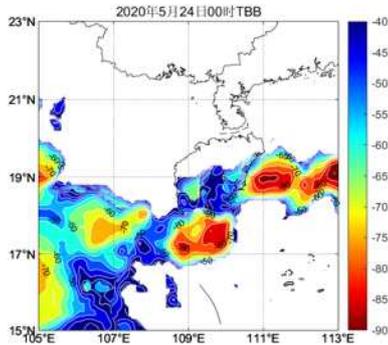


图3 2020年5月23-24日FY2G星1小时平均相当黑体亮度温度TBB资料(单位:℃)

由图3可知,5月23日22时,西南方向海面上有几个分散的中尺度对流云团开始发展,云团云顶TBB值小于 $-70^{\circ}\text{C}$ ,云团北侧明显存在一个TBB值梯度, $\nabla\text{TBB}/0.5^{\circ}\text{E}\approx 40^{\circ}\text{C}$ ;22时21分,三亚凤凰机场开始出现小阵雨;23时,对流云团发展合并成一个 $\alpha$ 中尺度对流云团并向三亚机场靠近,云团云顶TBB值小于 $-85^{\circ}\text{C}$ ,云团北侧TBB值梯度增大, $\nabla\text{TBB}/0.5^{\circ}\text{E}\geq 70^{\circ}\text{C}$ ;23时30分,三亚凤凰机场风速突然增大,最大阵风为17.1米每秒。24日00时,云团云顶TBB值小于 $-80^{\circ}\text{C}$ 的区域面积增加,云顶TBB值小于 $-50^{\circ}\text{C}$ 的区域到达本场,本场位于云团北侧TBB梯度最大值区边缘,观测闻雷;00时36分,三亚凤凰机场出现中阵雨,风向紊乱,变化不定;01时,云顶TBB值小于 $-60^{\circ}\text{C}$ 的区域到达本场,本场位于TBB梯度大值区,机场自动观测站小时降水量达到最大值。02时,中尺度对流云团云顶TBB值增大至小于 $-60^{\circ}\text{C}$ ,云团持续向东北方向扩散,强度开始减弱,本场的小时降雨量维持在3毫米以下,风向稳定在偏东风;02时32分,本场解除雷暴预警。

此次降水实况分析结果表明,强降水发生在云顶亮温低值中心北侧的温度梯度密集区,TBB梯度与降水强度成正比。雨强13.5mm的降水出现前1-2h,TBB低值中心强度均在 $-70^{\circ}\text{C}$ 及以下,TBB1h降幅在 $10^{\circ}\text{C}$ 以上, $\nabla\text{TBB}/0.5^{\circ}\text{E}$ 在 $40-70^{\circ}\text{C}$ 之间。因此当TBB强度增强或梯度增大时对强降水的出现有很好的指示意义,可以作为短时强降水的临近预报指标。

#### 4 实况分析

本次雷雨过程对流分别自海南岛南部、西南部和西部海面向东北方向移动,降水落区主要分布在三亚凤凰机场终端区南部、北部和西部。

24日00时30分前三亚凤凰机场为一致的偏西风,00:30-02:00期间受雷雨天气影响,风向紊乱,变化不定,02

时之后随着对流向东北移动减弱,本场转为较稳定的东北风。图4可以看出23日23时30分,三亚机场风速骤然变大,大风持续时间约半小时,随后缓慢波动变小,24日02时之后风速稳定维持在 $6\text{m/s}$ 以下。



图4 三亚凤凰国际机场23日23时-24日05时08和26号跑道瞬时风速变化曲线

#### 5 气象预报服务

1、23日21时监测到西南面天气有东移北抬的趋势,立即电话通知了塔台、进近及航空公司用户天气发展实况与未来趋势,通报内容为:目前终端区北部对流已向东北方向移动并减弱,终端区西南部的对流向东北方向移动,强度维持,预计24日凌晨影响本场,本场短时有弱到中雷雨。

- 2、21:51值班预报员续发终端区天气预警;
- 3、22:00修订“引发大面积航班延误的重要天气发生概率”通报表(简称MDRS);
- 4、23:32发布机场雷雨警报;
- 5、23:44修订机场预报FT1212,发布趋势预报。

#### 6 总结

1. 南支槽、中低层切变线和低压槽之间的相互配合是此次雷雨形成的大尺度环境条件。

2. 水汽辐合的加强与对流的发展加强有较好的对应关系,暴雨发展最强时,水汽辐合也达到了最强,当水汽辐合减弱时,不利于天气持续发展,对流天气也随之减弱。

3. 探空图可分析出雷雨前期有不稳定能量聚集,大气层结极不稳定,有利于强对流天气发生发展。

4. 根据对流云团的TBB强度及变幅,当 $\text{TBB}\leq -70^{\circ}\text{C}$ , $\nabla\text{TBB}/0.5^{\circ}\text{E}$ 在 $40-70^{\circ}\text{C}$ 之间时,可提前1-2h预报短时强降水和大风,对强降水的大风有较好的预报辅助作用。

5. 机场警报准确预报出雷雨影响三亚机场的强度和结束时间,终端区天气预警和MDRS准确预报出三亚机场终端区雷雨影响范围、强度和时段。做到了提前预报和及时通报,为保障雷雨过境期间的航班运行提供了有效精准的气象支持。