

# 一次低涡造成的南宁机场强对流天气过程分析

李 叶

中国民用航空中南地区空中交通管理局广西分局, 广西 南宁

收稿日期: 2025年12月8日; 录用日期: 2026年1月2日; 发布日期: 2026年1月12日

---

## 摘要

本文利用EC再分析资料ERA5 ( $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ )、风廓线雷达资料、自动气象观测站资料、探空资料, 对2024年5月19日南宁吴圩国际机场发生的强对流天气过程进行分析。结果表明: (1) 高空短波槽东移、中低层低涡切变系统活动与地面冷空气南下共同作用, 是此次强对流天气的主要触发条件; (2) 低层湿舌北伸与偏南暖湿气流持续输送, 为对流发展提供了充足的水汽供应和辐合抬升条件; (3) 南宁机场探空“上干下湿”的垂直结构, 有利于对流不稳定能量积累与释放; (4) 低层辐合与高层辐散形成的垂直抽吸效应, 是此次对流天气维持、发展并增强的关键动力机制。

---

## 关键词

低涡, 强对流, 水汽输送, 动力抬升

---

# Analysis of a Strong Convection Weather Process Caused by a Low Vortex at Nanning Airport

Ye Li

Guangxi Branch of the Central-South Region Air Traffic Management Bureau of the Civil Aviation Administration of China, Nanning Guangxi

Received: December 8, 2025; accepted: January 2, 2026; published: January 12, 2026

---

## Abstract

This article analyzes the severe convective weather process that occurred at Nanning Wuwei International Airport on May 19, 2024, using EC reanalysis data ERA5 ( $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ ), wind profile radar data, automatic weather observation station data, and sounding data. The results show that: (1) The eastward movement of the high-level shortwave trough, the activity of the low-level low vortex

**shear system, and the southward movement of cold air on the ground are the main triggering conditions for this severe convective weather; (2) The northward extension of the low-level wet tongue and the continuous transport of warm and humid air towards the south provide sufficient water vapor supply and convergence lifting conditions for convective development; (3) The vertical structure of “dry on top and wet on bottom” sounding at Nanning Airport is conducive to the accumulation and release of convective unstable energy; (4) The vertical suction effect formed by low-level convergence and high-level divergence is the key driving mechanism for the maintenance, development, and enhancement of this convective weather.**

## Keywords

**Low Vortex, Strong Convection, Water Vapor Transport, Power Lifting**

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

## 1. 引言

雷雨作为典型的中小尺度强对流天气，其伴随的冰雹、积冰、大风、风切变等天气现象具有极强的破坏力[1][2]。在雷雨天气条件下，航空器易遭遇强烈的垂直气流扰动，导致机体剧烈颠簸，严重时可能破坏飞机结构的完整性[3][4]。同时，降雨引发的低能见度、跑道积水等问题，会显著增加飞机起降难度，严重威胁航空飞行安全[5]。据统计，雷雨天气是导致航空事故的主要气象因素之一，有超过35%的航空事故受雷雨天气影响[6][7]。因此，掌握雷雨天气的特点、研究雷雨天气的触发机制，对减少飞行事故具有重要的指示意义。本文选用EC再分析资料ERA5( $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ )、风廓线雷达资料、自动气象观测站资料、探空资料，对2025年5月19日南宁机场发生的强对流天气过程进行分析，用天气学分析及物理量诊断方法，从大气环流背景和垂直结构特征等方面探讨该过程的特点和成因，为今后强对流天气的实时监测、分析研判和预警预报提供有益的思路。

## 2. 天气过程概况及特点

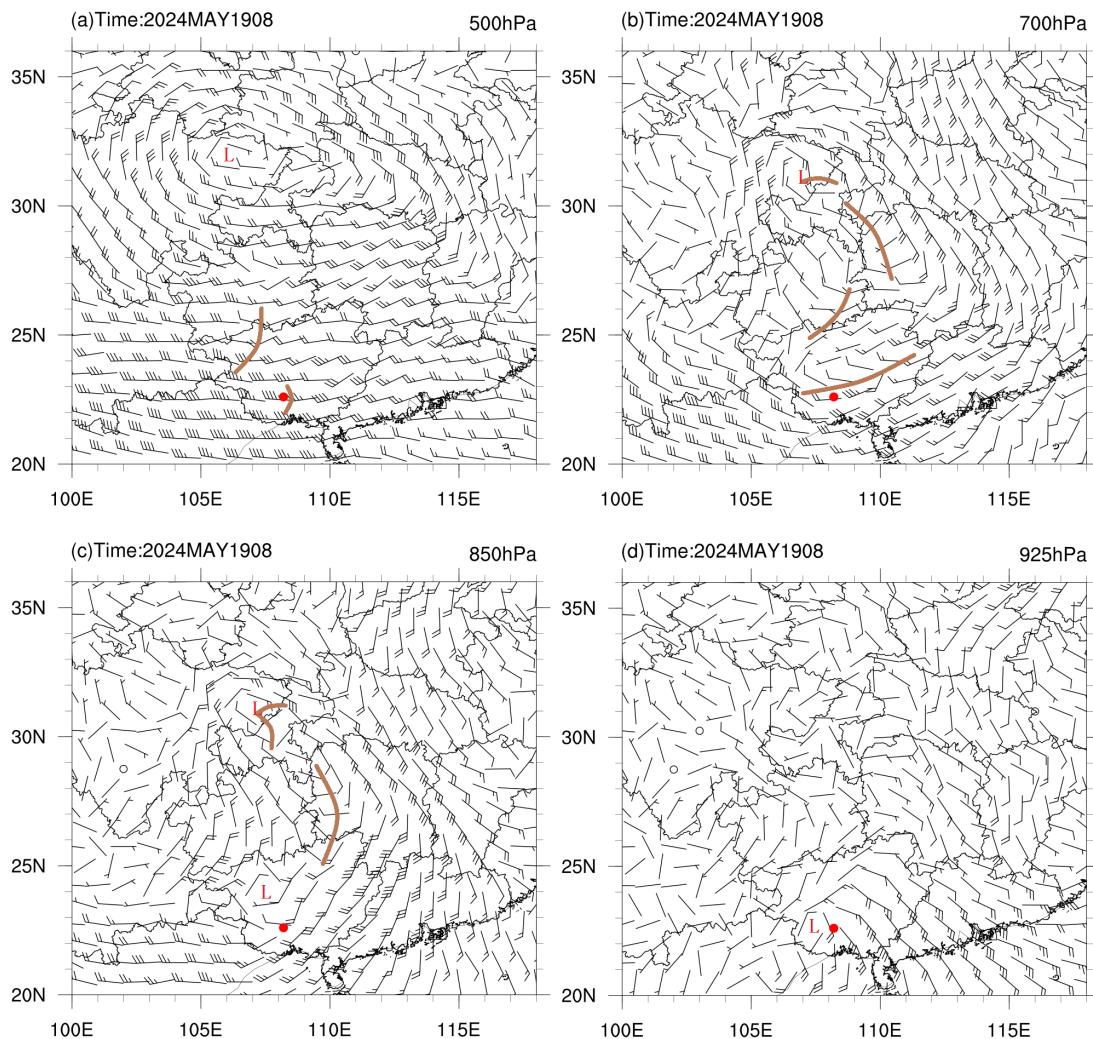
2024年18日至19日，受高空槽和西南低涡东移影响，有系统性对流天气自西北向东南横扫广西地区，强降水落区主要集中在广西东北部、西部、中部和南部沿海地区。南宁机场处于强降水区中部，19日04:24~04:47(北京时、下同)、07:27~09:29、11:06~11:46出现弱雷雨天气，19日07:40~08:19、08:22~09:12出现中等及以上强度雷雨天气，其中07:40~07:57、08:47~08:57出现强雷雨，06~09时的3小时降雨量达50毫米以上，达到暴雨级别，07:44出现最大阵风16米/秒，短时最低能见度800米，日累计降雨量达74.9毫米。

## 3. 天气形势分析

### 3.1. 环流形势场

从5月18日20时空中风场可以看出(图略)，500 hPa南宁机场处于西北气流中，有短波槽影响桂北，700 hPa桂西北有短波槽活动，850 hPa南宁机场受低涡东南侧的西南气流影响，925 hPa桂北有风速辐合，机场处于辐合线南侧的偏南气流中。19日08时天气形势如图1所示，500 hPa副高南落，高原槽东移影响桂北，机场(红点位置，下同)有浅槽过境，700 hPa西南低涡东移，切变线南压到南宁机场，相较

于 18 日 20 时, 850 hPa 低涡中心由桂西北东移南压至桂中附近, 925 hPa 切变线南压并形成低涡, 机场处于低涡偏东侧的东南风与西南风的水汽辐合区, 存在较强的风速辐合。



**Figure 1.** Circulation pattern field at 08:00 on May 19th: (a) 500 hPa; (b) 700 hPa; (c) 850 hPa; (d) 925 hPa  
**图 1.5 月 19 日 08:00 环流形势场: (a) 500 hPa; (b) 700 hPa; (c) 850 hPa; (d) 925 hPa**

### 3.2. 地面天气形势

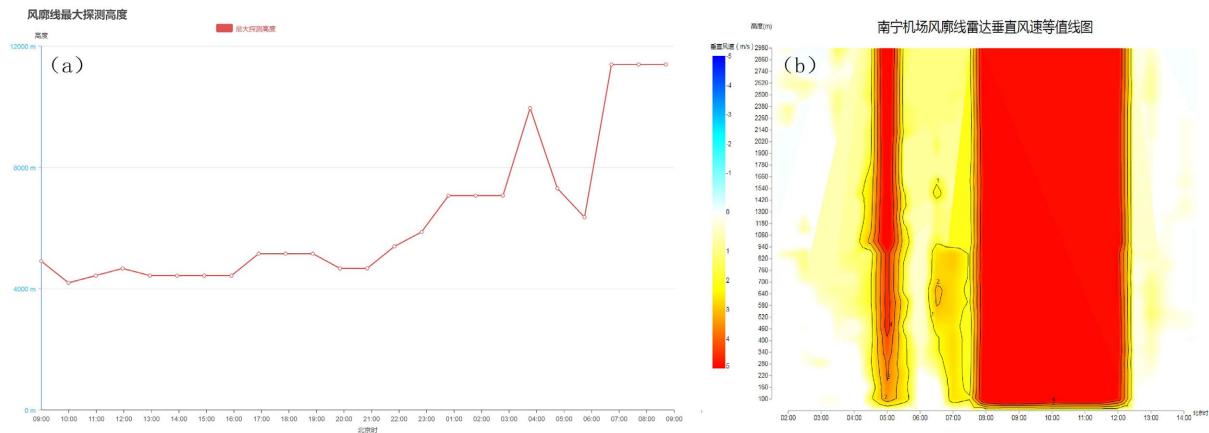
由地面天气形势可知(图略), 18 日 20 时南宁地区处于低压槽内, 此时冷空气主体仍在四川北部区域, 桂北有弱冷空气渗透, 随着冷空气逐步向南推进, 19 日 08 时冷锋南压至南宁机场附近, 地面辐合线位于桂东南至沿海一带。

### 3.3. 风廓线雷达

从南宁机场风廓线雷达风羽图(图略)可以看出, 19 日 05:00~08:00 南宁机场 925 hPa 以下为偏南气流, 925 hPa~700 hPa 存在较强的西南低空急流, 08:00 冷空气渗透, 从近地面到 700 hPa 逐渐转为偏北气流, 08:20 时 700 hPa~500 hPa 有浅槽移到南宁机场上空。

由图 2(a)可以看出, 19 日 03:00 开始, 南宁机场风廓线雷达的最大探测高度由 5700 米突增至 7500

米, 19 日 04:00~06:00 减小, 06:00~07:00 再次增大至 11,000 米, 可知对流性降水发生前风廓线雷达的探测高度有两次增大, 在降水发生时最大探测高度达到最大, 表明在降水发生前南宁机场上空的水汽在增加, 水汽的辐合增强, 在强降水发生时段水汽条件充足。由图 2(b)可知, 19 日第 1 次降水过程(04:20~04:50)发生前, 探测到 400 米以下垂直速度几乎为零, 400 米以上有较小的垂直下降速度, 降水发生后期, 因降水粒子影响, 垂直下降速度加大, 07:27 第二次降水过程开始时, 因降水发生时降水粒子影响, 探测到垂直速度瞬速增大至 5 米/秒以上, 且 3000 米以下均为垂直下降速度, 一直维持至第三次降水过程(11:06~11:40)结束。



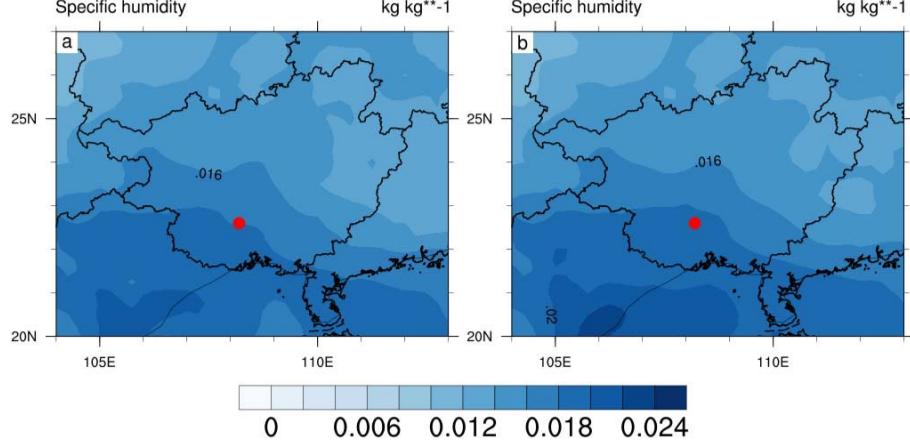
**Figure 2.** Nanning airport from May 18th to 19th: (a) Maximum detection altitude of wind profile radar; (b) Vertical velocity

**图 2.** 5 月 18 日~19 日南宁机场: (a) 风廓线雷达最大探测高度; (b) 垂直速度

## 4. 环境条件分析

### 4.1. 水汽条件分析

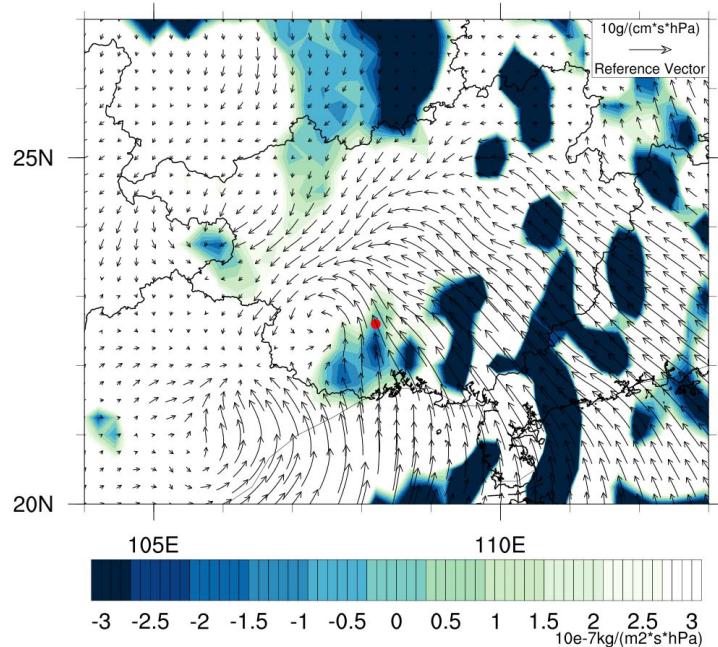
由比湿图来看, 850 hPa (图 3(a))湿舌呈东北 - 西南向, 由广西西南部向东北方向延伸, 南宁地区处于湿舌中部, 比湿接近 18 g/kg, 925 hPa (图 3(b))有显著湿区, 桂西南、桂南、桂中部分地区比湿达到 18 g/kg 以上, 南宁地区处于高值区内, 水汽条件充足。



**Figure 3.** Nanning Airport specific humidity at 08:00 on May 19th: (a) 850 hPa; (b) 925 hPa

**图 3.** 5 月 19 日 08:00 南宁机场比湿: (a) 850 hPa; (b) 925 hPa

持续的水汽输送是降水形成与维持的必要条件。从 19 日 08 时 925 hPa 水汽通量及其散度的分布(图 4)可以看出,一条显著的水汽输送带自北部湾延伸至广西中部,其主要水汽源地为北部湾,广东南部沿海及南海北部也贡献了部分水汽。925 hPa 水汽通量最大值超过  $15 \text{ g}/(\text{cm} \cdot \text{s} \cdot \text{hPa})$ ,表明低层有较强的水汽输送。在水汽通量散度场上,广西沿海至南宁北部呈现明显的负值区,表明该区域低层存在持续的水汽辐合。低层水汽汇聚有利于增强垂直上升运动,为降水的发生与持续提供了必要的水汽条件,也从水汽收支角度解释了该时段降水系统的维持机制。



**Figure 4.** 925 hPa water vapor flux (vector arrow, unit  $10 \text{ g}/(\text{cm} \cdot \text{s} \cdot \text{hPa})$ ) and water vapor flux divergence (colored area, unit:  $10\text{e}^{-7} \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{hPa})$ ) at Nanning Airport on May 19th at 08:00

**图 4.** 5 月 19 日 08:00 南宁机场 925 hPa 水汽通量(矢量箭头, 单位  $10 \text{ g}/(\text{cm} \cdot \text{s} \cdot \text{hPa})$ )和水汽通量散度(填色区, 单位:  $10\text{e}^{-7} \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{hPa})$ )

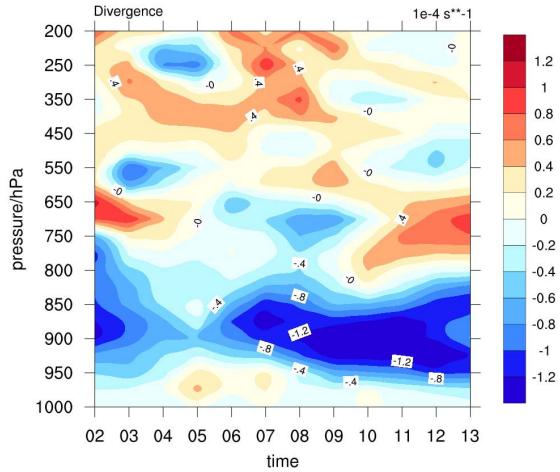
#### 4.2. 层结条件分析

根据 18 日 20 时探空资料分析(图略),南宁地区大气层结呈现有利于对流发展的条件。不稳定能量显著,对流有效位能 CAPE 值达  $814.9 \text{ J/kg}$ ,不稳定能量主要集中在 750 hPa 到 200 hPa 之间,表明具备较好的潜在不稳定能量,容易受到扰动的影响而释放。从温湿结构来看,地面至 700 hPa 为深厚的湿层,700 hPa 以上高度较干,形成典型的“上干下湿”层结。这种结构有利于在对流触发后,因上层干空气卷入而增强蒸发冷却,促进下沉气流发展,从而维持和加强对流活动。风场垂直结构显示,低层为东南风,随高度逐渐转为西北风,0~6 km 存在中等强度的垂直风切变。从常用热力指数看,18 日 20 时 K 指数为  $40.1^\circ\text{C}$ ,沙氏指数(SI)为  $-0.84^\circ\text{C}$ ,两者均达到有利于雷暴发生的阈值,表明当时大气具备较好的热力不稳定条件。

#### 4.3. 动力条件分析

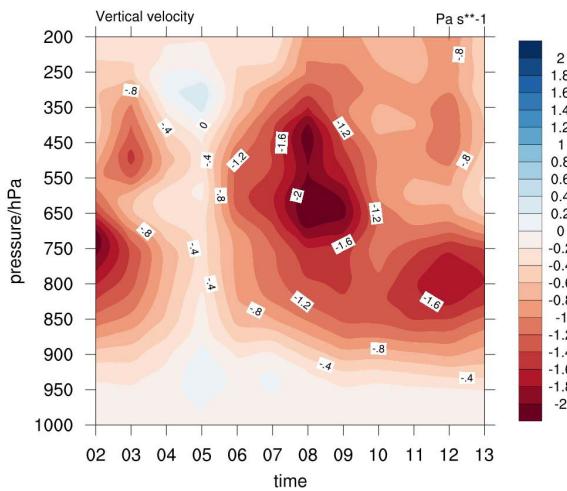
从水汽通量散度的垂直剖面图来看(图 5),19 日 04 时弱雷雨天气发生时,1000~925 hPa 为散度弱正值区,925~775 hPa 为散度负值区,表明 925 hPa 以下有较弱的辐散运动,925 hPa 以上高度有辐合运动,

05 时后 925~825 hPa 之间的负值区向低层延伸且范围不断变大，直至 07:40 左右中雷雨天气发生时，1000~650 hPa 为散度负值区，说明低层存在强的辐合运动，中心最大值达  $-1.2 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ ，450~200 hPa 为散度正值区，中心最大值达  $0.8 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ ，表明高层存在较强的辐散运动，这种中低层辐合上升运动配合高层辐散的抽吸作用，有利于上升运动的发展和维持，为雷雨天气提供良好的动力条件。09 时后 825~500 hPa 为散度正值区，中层为辐散运动，此时中低层的辐合运动减弱，与 09 时后减弱为弱雷雨天气相对应。



**Figure 5.** Divergence profile of Nanning airport from 02:00 to 13:00 on May 19th (unit:  $10^{-4} \text{ s}^{-1}$ )  
**图 5.** 5 月 19 日 02:00~13:00 南宁机场散度剖面图(单位:  $10^{-4} \text{ s}^{-1}$ )

进一步分析南宁机场垂直速度剖面可知(图 6)，19 日大部分时段为垂直速度负值，在强雷雨天气发生时段(07~08 时)，925~250 hPa 负值区中心最大值达  $-2 \text{ Pa/s}$ ，表明此时有强烈的垂直上升运动，为强对流天气的触发提供了有利条件。



**Figure 6.** Vertical velocity profile of Nanning airport from 02:00 to 13:00 on May 19th (unit: Pa/s)  
**图 6.** 5 月 19 日 02:00~13:00 南宁机场垂直速度剖面图(单位: Pa/s)

## 5. 总结与讨论

(1) 孟加拉湾季风和南海季风加强北推，在华南地区与弱冷空气碰撞形成低涡切变，地面冷空气侵入

与高层东移的短波槽相叠加，共同构成了此次强对流天气发生的环流背景。

(2) 风廓线雷达的最大探测高度在降水发生前出现两次显著跃增，与后续两次强降水时段相对应。该特征能有效反映大气中水汽含量的增加与低层辐合的增强，对判断降水的发生时间具有一定的参考意义。

(3) 雷雨天气过程发生时段低层水汽条件充足，低层存在一支强盛的偏南暖湿输送带，水汽主要来源于北部湾；850~925 hPa 层上湿舌明显，925 hPa 比湿在 18 g/kg 以上。水汽通量散度场显示桂西南地区为辐合区，为强降水提供了充足的水汽供应。

(4) 大气层结呈现显著的对流不稳定特征。5月19日08时南宁机场探空资料显示 CAPE 值达 814.9 J/kg，K 指数为 40.1°C，沙氏指数为 -0.84°C，其“上干下湿”的垂直结构有利于对流触发与增强。

(5) 南宁地区低层辐合、高层辐散的动力抽吸作用，有利于上升运动的维持和发展。19 日南宁地区大部分时段均为负的垂直速度，雷雨天气发生时段上升运动最强，为雷雨天气提供了动力条件。

## 参考文献

- [1] 黄方斌. 雷雨天气对飞行的影响及其对策[J]. 广西气象, 1996, 17(1): 28-30+57.
- [2] 陈云峰, 区志中. 白云机场一次强对流冰雹过程的闪电特征[J]. 广东气象, 2020, 42(4): 18-22.
- [3] 余锋. 浅谈雷雨天气飞行特点[J]. 科技创新导报, 2013(17): 241.
- [4] 王超. 关于雷雨天气对飞行的影响及安全飞行措施探讨[J]. 科技风, 2019(25): 133.
- [5] 张朝光. 雷雨对飞行的影响[J]. 气象, 1977(4): 6-7.
- [6] 张序. 雷暴天气的分析识别及对飞行的影响[J]. 长沙航空职业技术学院学报, 2011, 11(2): 49-54.
- [7] 马宇琪. 浅析雷雨天气对飞行的影响及空中飞行安全[J]. 科技风, 2019(30): 125.