

扎兰屯机场雷雨天气气候特征及对运行的影响

蔡镐泽¹, 刘琳²

¹中国民用航空局空中交通管理局航空气象中心, 北京

²扎兰屯成吉思汗机场, 内蒙古 扎兰屯

收稿日期: 2021年10月2日; 录用日期: 2021年11月2日; 发布日期: 2021年11月11日

摘要

利用扎兰屯机场 2018~2020年地面观测资料, 统计分析了雷暴日数、雷暴时长、雷暴导致航班延误或取消架次, 以及初雷终雷发生方位的长期变化特征, 并统计分析每次导致雷暴发生的主要天气系统。结果表明: 2018~2020年扎兰屯出现雷雨总时长147.3小时, 年均49.1小时, 从每年五月开始出现雷暴, 六月雷暴日数逐步增加, 七月、八月上中旬雷暴活动最为频繁, 八月下旬开始雷暴日数明显减少, 东北冷涡、西风槽、低层偏东风是导致扎兰屯机场产生雷暴的三种主要天气形势, 其中对机场运行影响较大的是东北冷涡背景下的雷暴, 三年内共导致19班航班延误或取消, 占受雷雨影响总架次的45%, 因此统计分析不同天气类型下的雷暴特征及天气形势, 对机场强对流预报及航班信息研判决策具有一定的指示意义。

关键词

雷暴, 东北冷涡, 西风槽, 强对流预报

Climate Characteristics and Impact on Flight Volume in Zhalantun Airport

Haoze Cai¹, Lin Liu²

¹Air Civil Aviation Administration of China Traffic Management Bureau Aviation Meteorological Center, Beijing

²Zhalantun Genghis Khan Airport, Zhalantun Inner Mongolia

Received: Oct. 2nd, 2021; accepted: Nov. 2nd, 2021; published: Nov. 11th, 2021

Abstract

Using the ground observation data from 2018 to 2020, the number of thunderstorms, thunderstorm duration, flight delay or cancellation sorties, and long-term changes of initial thunder were

statistically analyzed, and the main weather system causing each thunderstorm was analyzed. The results showed that the total duration of thunderstorms in the Zhalantun Airport was 147.3 hours, and the average annual rate is 49.1 hours. Thunderstorms begin in May of each year, the number of thunderstorm days gradually increases in June, the thunderstorm activity is the most frequent in July and mid-August, and the number of thunderstorm days has been significantly reduced since late August. The northeast cold vortex, the trough in westerlies, and the low layer of the east wind are the three main weather conditions that lead to thunderstorms at the Zhalantun Airport. Among them, the greater impact on the airport flight volume is the background of the thunderstorm in northeast cold vortex. A total of 19 flights were delayed or canceled within three years, accounting for 45% of the total sorties affected by thunderstorms. Therefore, the statistical analysis of thunderstorm characteristics and weather situation under different weather types has significance to the airport's severe convection forecast and the decision of flight information.

Keywords

Thunderstorm, Northeast Cold Vortex, Trough in Westerlies, Strong Convection Prediction

Copyright © 2021 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

扎兰屯机场地处呼伦贝尔市南部, 大兴安岭东麓, 水汽条件充沛, 1980~2010 年扎兰屯市平均雷暴日数为 21 天, 1991~2020 年市区平均降水量 522.6 毫米, 年平均降雨日数为 88 天。扎兰屯机场南北方向地势平坦, 东西方向临山, 距离西侧山脚最近距离 3100 米, 距离东侧山脚最近距离 7200 米, 周围最高山脉海拔高度 923 米, 周围没有显著的高海拔地形, 地形如图 1 所示, 受此地理位置影响, 少有因地形抬升产生的局地对流天气。扎兰屯机场夏季主要受我国的经向环流影响, 不断有东北冷涡、高空槽等天气系统经过机场上方, 在 6~8 月较为频繁地出现雷雨天气, 雷雨季也是一年中对航班运行影响最大的时期, 因此统计扎兰屯机场的夏季雷雨天气特征, 总结不同天气系统下的强对流天气及其对运行的影响, 有助于尽早掌握天气, 及时做出航班的取消、补班等决策, 保证机场运行效率, 提高飞行正常率。

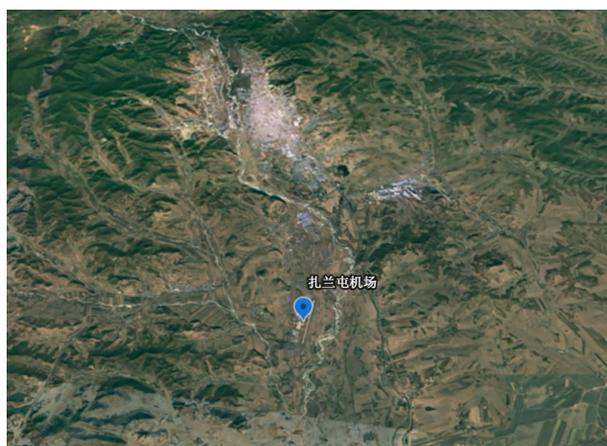


Figure 1. Terrain around Zhalantun Airport

图 1. 扎兰屯机场周边地形

2. 分析统计方法与资料

本文对天气形势统计的数据选用 Micaps 常规资料、NECP 水平分辨率 $1.0^{\circ} \times 1.0^{\circ}$ 再分析资料, 统计了 2018~2020 年雷雨季 6~8 月的天气形势, 并对 500 hPa 高度场进行了逐月平均, 统计气候背景下机场所处的环流形势。所使用的机场数据来自扎兰屯机场自动气象观测系统中采集数据和本场气象观测员人工观测的逐小时数据, 扎兰屯机场自 2016 年 12 月 28 日正式通航, 2017 年全年航班量和观测数据较少, 为保证数据质量, 本文主要采用 2018~2020 年的观测统计数据进行分析。

3. 扎兰屯机场雷雨气候特征

内蒙古的降水呈现“东多西少”的分布特征。东北部地区夏季年平均累积降水量可达到 350 mm 以上, 中部过渡区为 150 mm 上下, 在内蒙古中部偏南的地区也有站点可达到 200~250 mm, 而最西部地区夏季年平均降水只有不足 50 mm [1]。扎兰屯地区夏季降水量较本省其它地区明显偏高, 初夏降水主要受东北冷涡及高空槽活动的影响, 盛夏主要受西太平洋副热带高压和中高纬环流型的共同作用。

东北冷涡是 500 hPa 高度场上 $115^{\circ}\sim 145^{\circ}\text{E}$, $35^{\circ}\sim 60^{\circ}\text{N}$ 范围内出现等高线的闭合圈, 并有冷中心或冷槽相配合, 持续 3 天或以上的低压环流系统, 并且根据地理位置将东北冷涡分为北涡($50^{\circ}\sim 60^{\circ}\text{N}$)、中间涡($40^{\circ}\sim 50^{\circ}\text{N}$)和南涡($35^{\circ}\sim 40^{\circ}\text{N}$) [2]。扎兰屯机场位于 122.8°E , 47.9°N , 频繁受到东北冷涡及东北冷涡外围影响。

东北冷涡中心 500 hPa 位势高度场的演变趋势作为东北冷涡发展、维持和衰减三个阶段的划分依据, 将东北冷涡中心最低值的持续时间定义为维持阶段, 持续降低趋势为发展阶段, 反之为衰减阶段[3]。在冷涡发展期, 对流层高层干冷空气向对流层中下层侵入, 形成高空露点锋, 触发中 α 尺度对流系统; 在冷涡消亡期, 低涡减弱为高空槽并快速东移, 其后部冷空气其后部冷空气置于低层大范围暖湿空气之上, 地面中尺度辐合触发不稳定能量释放, 形成中 β 尺度对流系统[4]。详细区分统计给扎兰屯机场带来雷雨的天气系统, 有助于更好预报不同系统下雷雨的影响程度。

对扎兰屯机场 2017~2020 年期间的所有雷雨天气进行了统计, 共有 72 天有雷雨天气。根据雷雨形成原因分为三类, 分别为东北冷涡、西风槽和低层偏东气流辐合。东北冷涡导致的雷雨日数有 25 天, 占总雷雨日数 34.7%; 受西风槽影响产生雷雨的日数有 44 天, 西风槽影响又分为高空槽配合低层低涡、高低层垂直结构好的槽线和低层短波槽三种形势, 分别占总雷雨日数的 22.2%、16.7% 和 22.2%; 受低层偏东气流辐合产生雷雨的日数有 3 天, 占总雷雨日数 4.1%。

5 月东北冷涡活动比较偏北, 可达到 45°N 以北地区, 而 6 月可向南扩展到 40°N 以南, 逐步开始影响扎兰屯机场并出现雷雨天气, 在 7~8 月, 随着东亚高空急流的减弱和北进, 东北冷涡的活动区域向北收缩, 当急流减弱北移且强西风等值线向急流轴收缩时, 急流北侧正涡度加强, 冷涡频数增加。利用 NECP 水平分辨率 $1.0^{\circ} \times 1.0^{\circ}$ 再分析资料, 对 2018~2019 三年期间 6~8 月的 500 hPa 形势场进行了逐月平均, 从图 2 可看出, 6 月西北太平洋副热带高压主要影响江淮, 扎兰屯地区水汽条件较差, 因此短时强降水较少, 到了 7 月, 副高有明显的北抬, 副高脊线北跳至 $25^{\circ}\sim 30^{\circ}\text{N}$ 之间, 受西副高北部偏南气流影响, 内蒙古东部夏季的水汽条件较好, 利于扎兰屯机场短时强降水的发生。8 月下旬开始我国北方整体的经向环流偏弱, 受冷涡控制的天气日数显著减少, 所以对应的出现强降水的日数也有明显的减少。

统计所有雷暴的始发方位, 如图 3 所示, 由于扎兰屯机场西侧是大兴安岭, 水汽主要聚集在大兴安岭东侧, 内蒙古东部的的水汽条件较好, 因此有较多的雷雨发生在扎兰屯机场东侧和北侧发生发展, 雷暴的始发方位比较分散, 除了南向的初始方位较少外, 东、北、西方向雷暴始发的次数均超过 10 次, 由于西侧有大兴安岭, 系统处于西风带中, 大多数雷暴终止方位位于机场东侧。

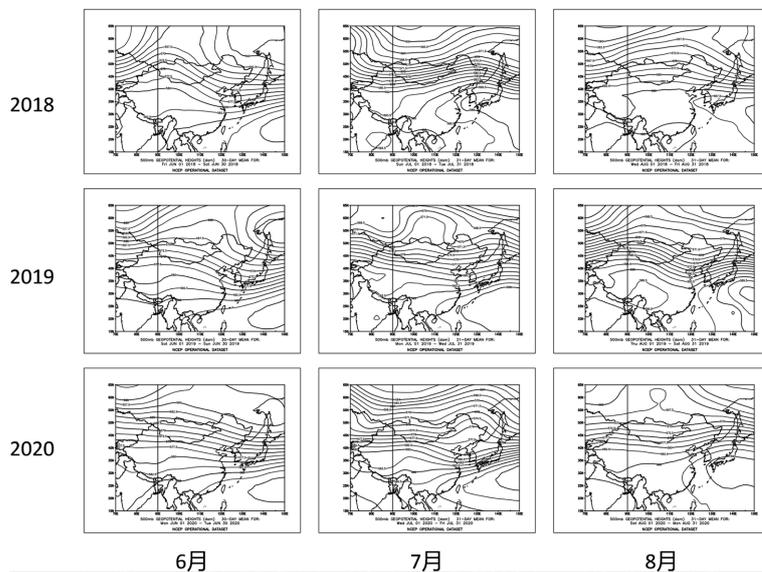


Figure 2. Monthly average of 500 hPa height from June to August 2018~2020
图 2. 2018~2020 年 6~8 月 500 hPa 高度场逐月平均

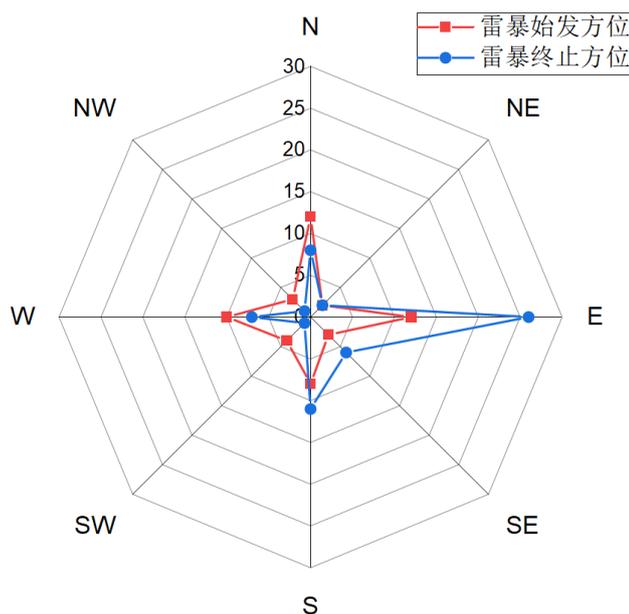


Figure 3. Starting and ending directions of thunderstorm at Zalantun Airport
图 3. 扎兰屯机场雷暴始发、终止方位

4. 雷雨对航班运行影响

因 2017 年扎兰屯机场航班量及观测数据较少, 对扎兰屯机场 2018~2020 年所有雷暴时长、雷暴日数及雷雨影响的航班数进行了统计分析, 为避免单日统计误差大, 对以上数据进行逐十日平均, 如图 4 所示, 可以看到雷雨日数、雷暴时长和雷雨影响的航班数有明显的正相关性, 扎兰屯机场一般每年五月间初雷, 六月开始雷暴时长和雷暴日数开始逐渐增加, 七月八月开始频繁受雷雨天气影响, 且出现雷雨日数为全年峰值。

2018~2020 三年期间, 七月下旬及八月上旬雷雨对运行造成的影响最大, 在该时段有冷中心与低涡

中心配合, 这样的温压场配置, 有利于冷涡的维持和发展, 为强降雨天气的发生、发展提供了大尺度环流背景。并且在七月下旬及八月上旬, 副高位置偏北, 东北冷涡发生位置北抬, 扎兰屯机场处于冷涡的东南侧, 而中尺度对流系统易发生在东北冷涡东南侧的气旋性曲率最大处, 低层易形成强辐合区, 而风场的水平辐合运动激发出垂直上升运动, 在对流不稳定区配合着强上升运动, 有利于对流系统发展而产生降水, 因此在低压系统东南侧产生的对流强度更强, 使扎兰屯机场本场及通往南部的航路被对流云覆盖, 频繁导致航班延误和取消。

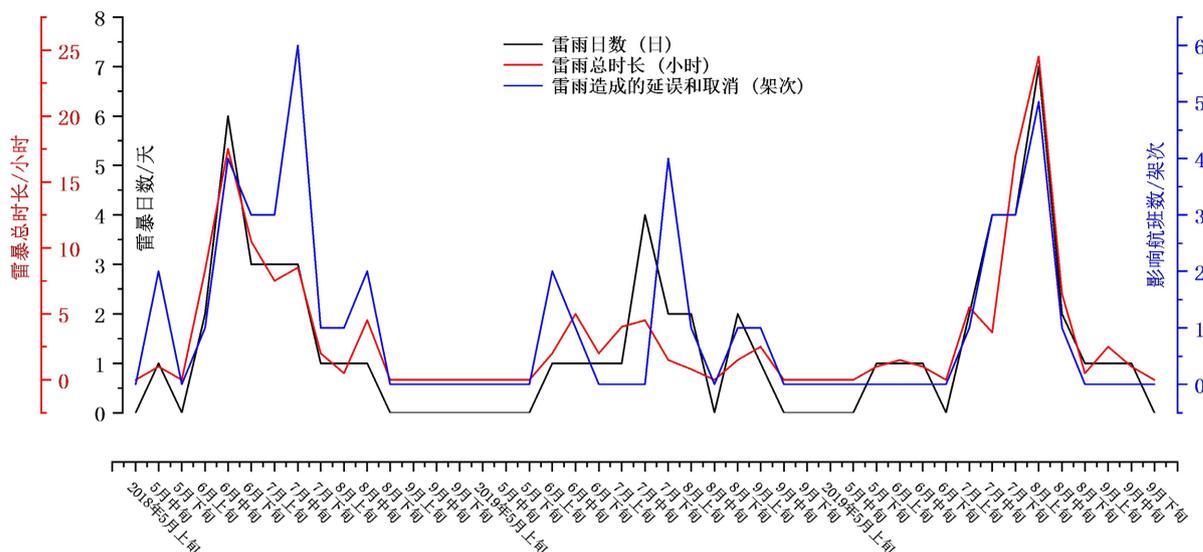


Figure 4. Thunderstorm days, duration and impact on flight volume of Zalantun Airport

图 4. 扎兰屯机场雷雨日数、雷雨时长及对运行的影响

2018~2020 年出现雷雨总时长 147.3 小时, 年均 49.1 小时, 三年雷雨总共导致扎兰屯机场 42 班航班的延误或取消。不同类型的天气系统带来的雷雨天气对运行影响也不同, 在五类天气系统中, 东北冷涡产生的雷雨总时长时最长的, 2018~2020 年累积时长总计 55 小时, 占三年雷雨总时长的 37.3%, 并且对运行的影响也是最大的, 导致 19 班航班延误或取消, 占受雷雨影响总架次的 45%。三年共计有 89.2 小时雷雨是由西风槽导致的, 但西风槽影响的持续时长较东北冷涡影响的时长更短, 所以对运行的影响相对较小; 受偏东气流辐合产生的雷雨时长最短, 占总雷雨时长的 1.7%。

统计不同天气系统出现的频次及对航班的运行影响, 如图 5 所示, 天气系统强度从左到右依次减弱, 东北冷涡本质上也是高空槽涡度大值区中形成的切断低压, 配合干侵入使冷涡加强发展并维持其冷心结构。由于形成东北冷涡后, 系统维持的时间较长, 且大气层结不稳定、热力作用明显, 这种时间长、强度大的天气系统导致航班延误及取消的概率大大增加。并且冷涡类雷雨不一定具备很好的水汽条件, 所以出现的对流天气经常伴有隐蔽性、突发性和危险性, 预报此类天气时需着重考虑大气稳定性和后部冷空气的渗透情况。

西风槽对扎兰屯机场的影响频次较为频繁, 但由于天气强度较弱, 并且大多高空槽系统具有快速东移减弱的趋势, 单次过程对机场影响的时间相对较短, 所以整体对航班运行的影响也相对较小。此外, 低层偏东气流辅合, 配合东南风输送的水汽, 产生上升运动, 也会导致扎兰屯机场出现雷雨天气, 但此类雷雨出现频次较低, 对航班运行的影响也相对较小。

5. 结论

综上所述, 对扎兰屯机场进行雷雨统计分析, 得出以下结论:

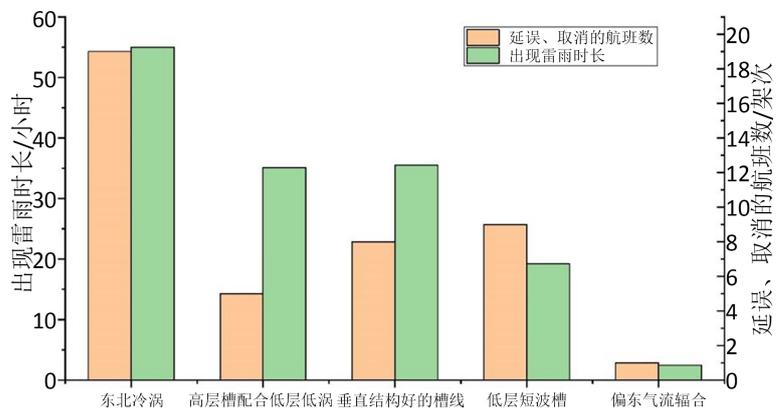


Figure 5. Thunderstorm produced by different weather systems and impact on the flight volume of Zalantun Airport

图 5. 不同天气系统产生的雷雨时长及其对扎兰屯机场航班量的影响

1) 扎兰屯机场夏季 6~8 月受雷雨天气影响较为频繁, 六月开始出现雷雨天气, 七月受副热带高压北抬影响, 内蒙古东部水汽通道打通, 高空槽及冷涡位置略有北抬, 扎兰屯机场频繁处于冷涡的东南部或西风槽槽前, 雷雨出现频率大幅增加, 在八月末北方纬向环流开始减弱, 扎兰屯机场出现雷雨的日数也开始迅速减少。

2) 扎兰屯机场雷雨主要是在东北冷涡、西风槽和偏东气流辐合三种天气系统下产生的, 东北冷涡是深厚冷空气的气旋性涡旋, 且维持时间较长, 东北冷涡诱发的中小尺度系统常具有突发性和反复性, 易于导致航班延误或取消。

3) 关注扎兰屯机场上空的热力结构、水汽输送、不稳定结构、垂直结构, 有助于更好地预报冷涡带来的雷雨天气。

4) 雷雨是影响扎兰屯航班正常率的重要因素之一, 2018~2020 年, 扎兰屯遇到雷雨天气, 有 50% 的几率会导致航班的延误或取消, 受到东北冷涡产生的雷雨时, 有 56% 的几率会导致航班的延误及取消。

对于扎兰屯机场雷雨天气, 最难预报的是大尺度系统下诱发的中小尺度强对流系统, EC 模式对此类系统预报的落区及量级也会有一定的偏差。扎兰屯机场因开航时间较短, 积累的历史数据较少, 未来统计分析扎兰屯机场强对流天气的气象要素范围, 可作为今后机场强对流预报的着眼点, 对雷雨天气预报和保证航班运行正常有重要意义。

参考文献

[1] 黄晓璐, 荀学义, 赵斐. 内蒙古强对流天气时空演变特征分析[J]. 暴雨灾害, 2017, 36(3): 287-291.
 [2] 李爽, 丁治英, 戴萍, 等. 东北冷涡的最新研究进展[J]. 干旱气象, 2016, 34(1): 13-19.
 [3] 蔡雪薇, 谌芸, 沈新勇, 等. 冷涡背景下不同类型强对流天气的成因对比分析[J]. 气象, 2019(5): 621-631.
 [4] 应爽, 袁大宇, 李尚锋. 一次东北冷涡不同阶段强对流天气特征对比分析[J]. 气象与环境学报, 2014, 30(4): 9-18.