

银川河东机场风切变预报指标探究

潘 佳

中国民航宁夏空管分局, 宁夏 银川

收稿日期: 2023年11月16日; 录用日期: 2024年1月2日; 发布日期: 2024年1月11日

摘 要

本文利用常规观测资料和多普勒雷达资料对河东机场气象用户关注的风向转换、季节性大风及雷暴大风三种常见的风切变类型选取典型个例进行分析, 总结出: (1) 当预计未来10分钟内风速 ≥ 5 M/S, 且风向变化 $\geq 90^\circ$ 时, 需发布风切变机场警报。(2) 对于大风天气, 当预计风速 ≥ 8 M/S, 且未来10分钟内风速增大或减小 ≥ 5 m/s 时, 发布风切变机场警报。(3) 雷暴天气背景下风切, 当预计机场跑道正侧风 ≥ 10 m/s, 700或850 hPa风速16 m/s时, 发布风切变机场警报。

关键词

激光测风雷达, 预报指标, 风切变

Exploration of Wind Shear Forecast Indicators at Yinchuan Hedong Airport

Jia Pan

Ningxia Air Traffic Control Sub-Bureau, Civil Aviation Administration of China, Yinchuan Ningxia

Received: Nov. 16th, 2023; accepted: Jan. 2nd, 2024; published: Jan. 11th, 2024

Abstract

This article uses conventional observation data and Doppler radar data to analyze three common types of wind shear that meteorological users at Hedong Airport are concerned about: wind direction conversion, seasonal strong winds, and thunderstorm strong winds. Typical cases are selected for analysis, and it is summarized that: (1) when the wind speed is expected to ≥ 5 m/s and the wind direction change is $\geq 90^\circ$ in the next 10 minutes, the wind shear airport warning needs to be issued. (2) For windy weather, when the wind speed is expected to ≥ 8 m/s, and the wind speed increases or decreases by ≥ 5 m/s in the next 10 minutes, a wind shear airport alert is issued. (3)

Wind shear in the background of thunderstorm weather, when the positive side wind of the airport runway is expected to ≥ 10 m/s, and the wind speed of 700 or 850 hPa is 16 m/s, the wind shear airport alert will be issued.

Keywords

Laser Wind Radar, Forecast Indicators, Wind Shear

Copyright © 2024 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

风切变是影响航空安全的重要因素,特别是低空风切变(距地面高度 600 米以下)对于航空器进近着陆产生严重影响,使飞机的姿态、高度突然变化,可能会导致偏离跑道、提前接地或重着陆等飞行事故。风切变具有尺度小、高度低、变化快等特点,往往很难探测到,风切变预警更是世界难题。银川河东机场地处银川平原东部,西临黄河,机场的西、北、东三面分别是腾格里沙漠、巴丹吉林沙漠和毛乌素沙漠。其周边特殊的地形地貌造成机场多低空风切变、乱流和沿跑道方向吹对头风等现象,易造成航空器不稳定进近和低高度复飞。

尽管过去已有大量学者对风切变的形成原因进行过研究[1],但其形成原因会随着各个机场所处位置的不同而有所差异。张亚男等[2]对贵阳机场的风切变主要分为有冷锋型、昆明准静止锋型、低空急流型和局地对流型,针对四种类型的风切变的成因进行分析。赵文凯等[3]研究了风切变的形成、风切变对于飞行安全的影响以及现有的风切变监测手段,着重介绍了激光测风雷达并分析了激光测风雷达在低空风切变监测预警方面的研究进展。

在 2020 年之前,宁夏空管分局气象台对风切变的探测手段仅限于航空器空中报告和地面自动气象观测站,并没有有效的低空风场探测和告警设备。随着银川机场航班量的增加,对风切变预警服务提出了更高要求。

为了更好的保障航空安全,降低因为天气原因造成的不正常飞行情况。宁夏空管分局气象台于 2020 年引进了西物激光的 FC-III 型激光测风雷达(以下简称激光雷达),利用激光测风雷达进行低空风切变的探测和告警研究,对提高航空气象风切变预警服务水平以确保航空安全有着重要意义。2020 年分局气象台在引入激光测风雷达设备后,预报技能及服务手段均得到了一定的提升,并在预报服务过程中不断思考提炼风切变的预报指标。

下面我们从气象用户关注的风向转换、季节性大风及雷暴大风三种常见的风切变类型选取典型个例进行分析。

2. 风向转变型风切变个例分析

我们选取 8 月 29 日的一次过程为例,从当日激光雷达 PPI 模式(图 1)可以清楚地看到 13:50 机场上空均为偏南风,风速在 8~12 m/s,到了 14:11 本场东侧 5000~7000 米出现明显的偏北风,但其他大部区域仍为偏南风。14:49 左右,机场上空为南风向北风转变的过程中,北部转为偏北风,南部仍为偏南风,在机场上空南风和北风对峙区域,出现明显的风向切变。15:25 时,跑道上空转为一致的偏北风,风向转变结束。所以在 14:49~15:25 河东机场上空有风切变天气。

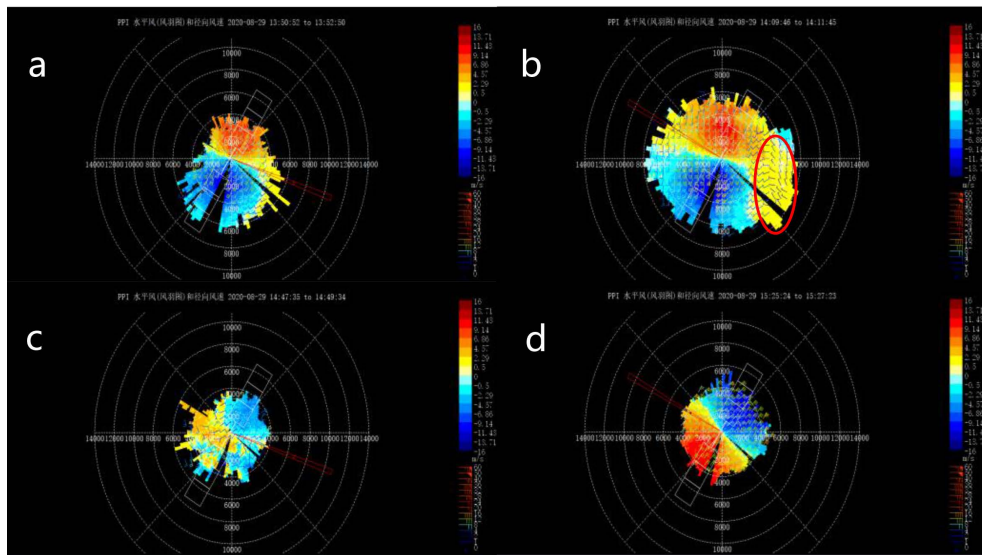


Figure 1. Radial wind speed map of PPI model on August 29, 2020 (13:50~15:27)

图 1. 2020 年 8 月 29 日(13:50~15:27) PPI 模式径向风速图

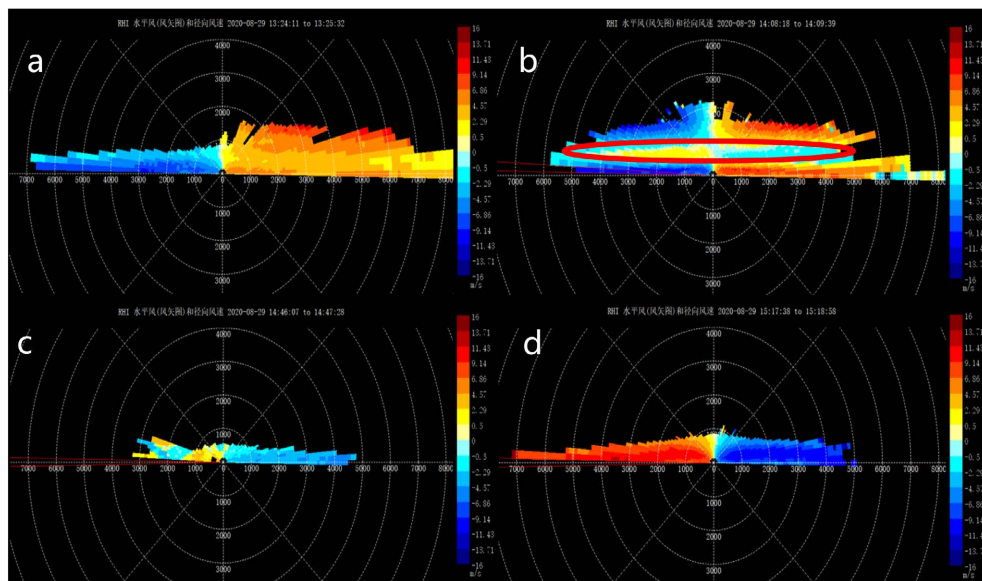


Figure 2. Radial wind speed of the RHI model on August 29, 2020 (13:24~15:18)

图 2. 2020 年 8 月 29 日(13:24~15:18) RHI 模式径向风速图

从激光雷达 RHI 模式径向风速图(图 2)显示, 13:24 时, 跑道上空西侧为负速度区, 即朝向雷达方向, 而东侧为正速度区, 即远离雷达方向, 所以此时机场上空为一致的偏南风。到 14:08 时, 高层开始出现风向的转变, 跑道西侧出现正速度, 东侧出现负速度。14:46 时, 东侧低层转为负速度, 西侧的风向较乱, 仍处于风向转换期间, 此时飞机穿越, 会有遇到明显的风向切变。15:18 时, 跑道上空转为一致的偏北风, 风向转变结束。

预报员以上激光雷达数据为参考, 在 14:35 分发布风切变预警, 预计 14:35~14:50 之间会出现风切变天气。随后在 14:55, 收到航空器空中报告, 内容如下: 29 日 14:51 东方 2663 机组在跑道以南 2 海里、高度 120 米处遭遇风切变, 航班复飞。风切变预报成功得到验证。

综上所述,此次过程,激光雷达在风向转变以及风切变预报方面提供了准确、及时的资料和告警提醒。预报员以此为参考,提前 15 分钟发布预警,并成功得到验证,为气象用户提供了切实有效的预警服务。

由此我们提炼出风切变预报指标,当预计未来 10 分钟内风速 ≥ 5 M/S,且风向变化 $\geq 90^\circ$ 时,需发布风切变机场警报。

3. 季节性大风风切变个例分析

季节性大风天气容易造成风场风向风速切变,常伴有低空风切变、高空颠簸等危险天气,并且地面大风历来都是飞机在进近着陆或起飞爬升阶段的重大天气危害之一,因此选取 2020 年 3 月 25 日的一次大风过程,进行分析,探究在大风期间风切变的发生过程。

2020 年 3 月 25 日 15:00~21:00 银川机场出现了大风天气,最大风速 17 m/s,出现在 16:49,期间伴随有风向风速剧烈变化,是一次典型的春季强冷锋过境引起的大风天气。

从 3 月 25 日 PPI 模式 3 度水平风羽图(图 3)可以看到,在 15:00 时,银川机场从地面到 6000 米的高空均为西南气流控制,风速在 4~6 m/s。在 15:12 分的激光雷达图上可以看到,在机场西北方向出现了东北风,且风速明显增大,在 8~16 m/s 之间,对后续的偏北大风起到预警作用。之后,西北大风从机场上空西北方向向东南方向推进,在 15:36 机场上空大部分受偏北风控制,地面风加大,风向 20° ,风速 9 m/s。到了 15:58 机场上空均为偏北风控制,且风速大于 12 m/s。提前 25 分钟左右。

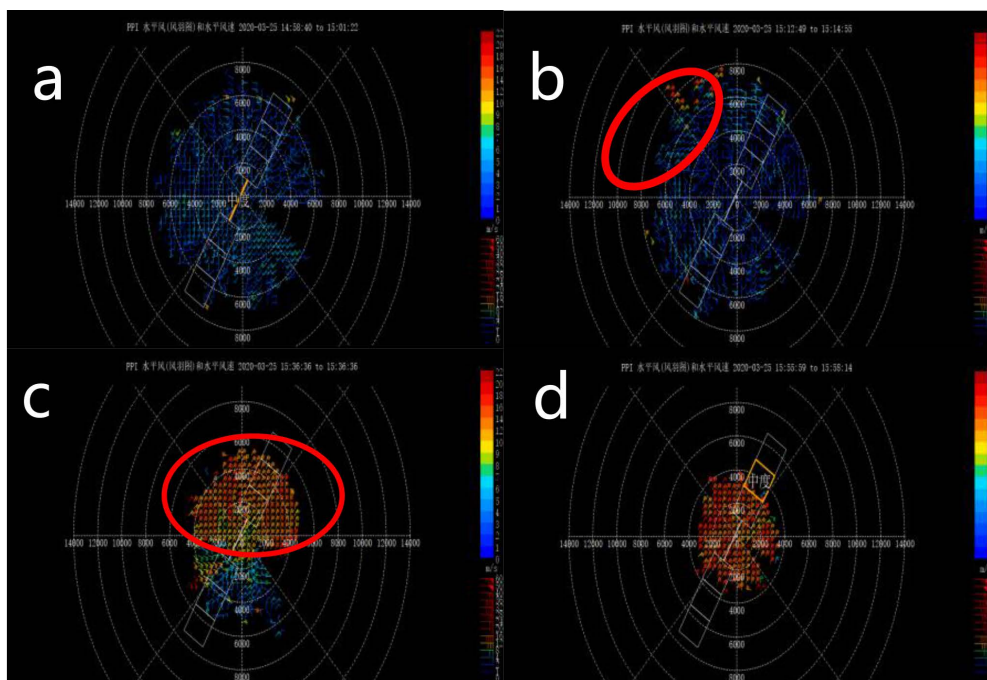


Figure 3. Horizontal wind plume of 3 degrees for PPI pattern from 14:58 to 15:58 on March 25, 2020

图 3. 2020 年 3 月 25 日 14:58 至 15:58 PPI 模式 3 度水平风羽图

在 PPI 模式 6 度水平风羽图(图 4)可以看到,在大风出现前 1 小时,14:25 的激光雷达图上就已经可以看到在机场上空西北和东北方向均出现了风向由偏南风向偏北风的转变。在 15:10,偏北风的范围进一步加大,且风速增加,均在 8 m/s 以上。在 15:38 机场上空均被东北风控制,且风速在 10~18 m/s 之间,风羽呈红色,激光雷达提示有中度风切变。到了 16:00 机场上空风速进一步增大。从以上过程可以看出,对大风和风向转变,预警提前量在一小时以上。

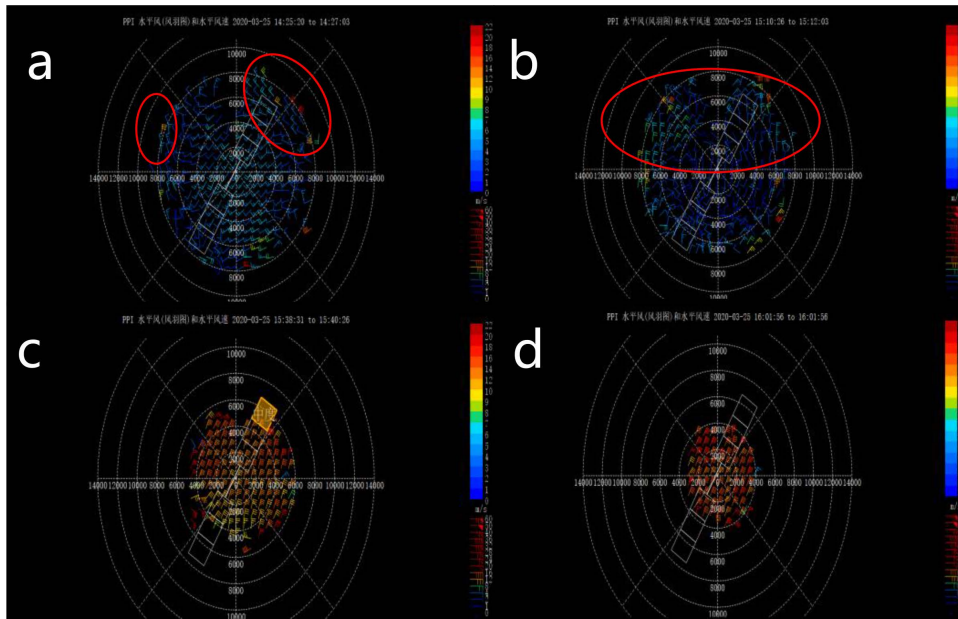


Figure 4. Wind plume of 6 degrees for PPI pattern from 14:25 to 16:01 on March 25, 2020
图 4. 2020 年 3 月 25 日 14:25 至 16:01 PPI 模式 6 度水平风羽图

基于激光雷达资料以及预报相关经验，预报员在 15:03 发布以上天气警报，提前 35 分钟对大风天气以及风向转变做出预警。通过本次大风天气的成功预报，我们总结出针对风速变化的风切变指标：当预计风速 $\geq 8 \text{ M/S}$ ，且未来 10 分钟内风速增大或减小 $\geq 5 \text{ m/s}$ 时，发布风切变机场警报。

4. 对流性大风风切变个例分析

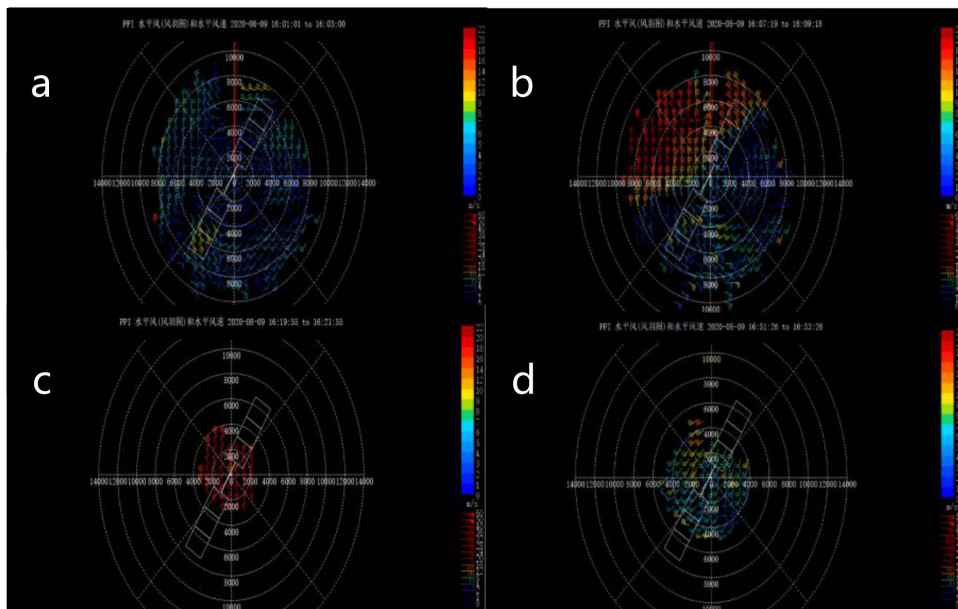


Figure 5. Wind plume of 6 degrees in PPI mode from 16:01 to 17:00 on August 9, 2020
图 5. 2020 年 8 月 9 日 16:01 至 17:00 PPI 模式 6 度水平风羽图

2020 年 8 月 9 日下午受强对流天气影响，银川机场短时出现了局地大风天气，最大风速 18 m/s，出

现在 16:19 且期间为正侧风风向 320°。

从大风出现时段 PPI 模式 6 度水平风羽图(图 5)可以看到, 16:00 时跑道上空大部分为偏南气流影响, 只有西北部为偏北风, 且风速有增大趋势。16:07 银川机场闻雷, 但还未出现降水天气, 此时自观风向为 10°, 风速 3 m/s。此时激光雷达探测到跑道上空西北侧风速剧增, 风速均在 15 m/s 以上, 而南侧大部仍为偏南风且风速没有明显增加。16:15 机场出现弱雷雨天气, 且地面风速增大。此时激光雷达上明显看到西北风范围由西北向东南推进, 且受降水影响, 西北侧探测距离较 8 分钟前有明显的减小, 从 8000 米降至 6000 米。16:24 雨势加强, 银川机场出现雷暴伴中雨, 地面风速也进一步加大。而随着雨势的加强, 激光雷达探测距离降至 3000 米左右, 跑到上空 3000 米范围内均转为西北风, 且风速均在 15~20 m/s。16:38 雨势减弱, 转为弱雷雨天气, 地面风速也随之减小。激光雷达探测距离随之增加, 跑道上空风速减弱, 且有转为南风风向的趋势。17:00 地面风向转为偏南风。17:13 雷雨天气结束。

从激光雷达可以清楚地看到雷暴天气背景下, 风切变的发生过程, 针对此次过程, 我们总结了针对正侧风风切变的预报指标: 当预计机场跑道正侧风 ≥ 10 m/s, 700 或 850 hPa 风速 16 m/s 时, 发布风切变机场警报。

5. 结论

(1) 激光雷达在风向转变以及风切变预报方面提供了准确、及时的资料和告警提醒。由此提炼出风切变预报指标: 当预计未来 10 分钟内风速 ≥ 5 M/S, 且风向变化 $\geq 90^\circ$ 时, 发布风切变机场警报。

(2) 对于大风天气, 激光雷达在开始时间及风向转变的预报方面提供了准确、及时的资料和提醒。总结出针对风速变化的风切变指标: 当预计风速 ≥ 8 M/S, 且未来 10 分钟内风速增大或减小 ≥ 5 m/s 时, 发布风切变机场警报。

(3) 从激光雷达可以清楚的看到雷暴天气背景下, 风切变的发生情况, 总结针对正侧风风切变的预报指标: 当预计机场跑道正侧风 ≥ 10 m/s, 700 或 850 hPa 风速 16 m/s 时, 发布风切变机场警报。

参考文献

- [1] 华志强, 黎倩, 黄轩, 马晓玲, 田维东, 赵启娜. 激光测风雷达在航空保障中的典型应用分析[J]. 激光技术, 2020, 44(5): 600-604.
- [2] 张亚男, 罗浩. 贵阳机场低空风切变成因初步分析[J]. 气象科技进展, 2023, 13(2): 58-66.
- [3] 赵文凯, 单雨龙, 赵世军. 激光测风雷达监测低空风切变研究进展[J]. 气象水文海洋仪器, 2020, 37(4): 97-100, 104.