

银川河东国际机场弱压场背景下地面风的预报

冯亮, 余晶

民航宁夏空管分局, 宁夏 银川

收稿日期: 2023年9月30日; 录用日期: 2023年10月27日; 发布日期: 2023年11月3日

摘要

复杂下垫面下地面弱压场尤其是风向的准确预报对于飞机跑道的选取, 避免飞机在进近过程中由于顺风过大复飞有积极意义。本文利用气象局自动站5 mins风场资料、激光雷达、风廓线雷达、以及多普勒天气雷达资料, 选取2023年8月9日一次典型弱压场天气背景的风场进行分析讨论, 得出: 气象局自动站、激光雷达、风廓线、多普勒天气雷达资料在风场预报中各有千秋; 对于地面弱压场下风向的预报, 多普勒雷达0.5°仰角速度资料优势明显; 在实际业务中需要综合利用以上资料来获得更准确的预报。

关键词

弱压场, 地面风, 风向预报

The Forecast of Ground Wind under the Weak Pressure Field of Yinchuan Hedong International Airport

Liang Feng, Jing Yu

Ningxia Air Traffic Management Sub-Bureau of CAAC, Yinchuan Ningxia

Received: Sep. 30th, 2023; accepted: Oct. 27th, 2023; published: Nov. 3rd, 2023

Abstract

The accurate prediction of complex underlying surface weak pressure fields, especially wind di-

rections, is particularly significant for selecting aircraft runways and avoiding aircraft go-around due to excessive tailwind during approach. In this study, the 5-minute wind field data from the meteorological bureau's automatic stations, as well as the data from the laser radar, wind profiler, and Doppler weather radar, were used to analyze and discuss a typical weak pressure field weather background wind field on August 9, 2023. The findings indicate that each of the meteorological bureau's automatic stations, laser radar, wind profiler, and Doppler weather radar data have their own advantages in wind field prediction. For predicting wind direction under weak pressure fields at the ground level, the Doppler radar data at a 0.5° elevation angle showed a significant advantage. It is necessary to comprehensively utilize the aforementioned data in practical operations to obtain more accurate forecasts.

Keywords

Weak Pressure Field, Ground Wind, Wind Direction Forecast

Copyright © 2023 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

近地面风速风向的变化对于飞机起降具有重要的影响。特别是 500 米(含)以下的近地面,无论是低空风切变还是湍流或乱流都有可能对飞机起降产生危害[1] [2] [3]。由于飞机在起降过程中在近地面的时间约为几分钟,因此风场分钟级预报显得尤为重要。而近地面风场的复杂程度一方面取决于天气的复杂程度,强对流天气下尤其明显;一方面当天气系统较弱或无明显天气系统时,取决于下垫面的复杂情况。

银川河东国际机场地理位置复杂,南北走向的贺兰山脉绵亘于宁夏西北部,距银川河东国际机场 50 公里左右[4]。银川河东国际机场周围也具有较复杂的地形地貌分布:其西边距黄河 2 公里;东边有一片沙丘,距沙漠也仅十几公里。一方面贺兰山阻挡了上游西移过来的冷空气,使低层冷空气绕流。较大的西北风遇到贺兰山阻挡时会绕山向南从青铜峡附近的缺口进入银川地区吹西风、西南风,银川河东国际机场风向为西南风。同时贺兰山也阻挡了中低层东南和西南暖湿气流向西北方向的输送,使得水汽在贺兰山背风坡囤积,也为强对流天气的发生发展提供了充沛的水汽。另一方面,标况下沙漠中的沙砾及矿物质的比热约为 $733 \text{ J}/(\text{Kg}\cdot\text{K})$,而水的比热为 $4200 \text{ J}/(\text{Kg}\cdot\text{K})$,即沙漠表面温度上升 1 K 所需要的热量远远小于河水水面温度上升 1 K 所要吸收的热量,由于沙砾与水的比热相差很大,容易形成局地的热力环流。在均压场或气压场较弱的形势下,在中午到下午时段,银川河东机场极易出现热力湍流,是地面风场较乱,由于跑道切换很大程度上取决于对地面风的实况,此时无论是对管制员还是预报员都有很大的挑战。有时飞机落地时已接近地面由于跑道风的变化,需要换跑道,飞机复飞。目前情况下,对于风场的预报很大程度上依赖于数值预报模式,例如欧洲中期天气预报中心(European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, 简称 EC)提供的最长 240 小时的 3 小时分辨率的 10 米风场预报[5] [6] [7]、中国气象局的 GRAPES 提供的同样最长 240 小时的 3 小时分辨率的 10 米风场预报[8]等;对于银川河东国际机场有宁夏气象局开发的分辨率 1 小时的 WRF 风场预报。在使用过程中发现,这些数值模式产品对于明强的系统过境时特别是强冷空气过境时风场的预报把握较准确,但是当天气系统较弱时,甚至没有明显天气系统

时, 风场的预报无论是从预报时间精度还是准确度上都难以满足业务需求。本文基于业务运行中的实际, 对银川河东国际弱压场背景下的风场的预报进行探讨, 力求找到此种背景下风场精细化短临预报的有效方法, 这对于航班保障既有安全意义, 亦有经济意义。

2. 数据与方法

数据来源于气象局常规资料, 多普勒天气雷达资料, 自动站加密 5 分钟地面风场资料, 激光测风雷达资料, 风廓线雷达资料。以 2023 年 8 月 09 日 12:00~15:00 时间段风场为例, 对利用上述资料进行分析, 理出在这种弱压场背景下风场的预报思路和方法。

3. 结果及分析

根据银川机场气候特征, 弱压场环流背景下, 一般在早间(08 时(北京时, 下同)前后), 午后(12~15 时), 傍晚(20 时前后)三个时段风场风向较乱。本文选取 2023 年 8 月 09 日 12:00~15:00 时间段风场数据进行分析。

3.1. 自观数据

从自动观测系统(AWOS)自观数据可以看到 12:00~12:48 风向偏南风主导, 由西南风转向东南风; 12:48~14:16 风向以偏北风为主; 14:16 之后转为东南风为主。14:20 之前风速基本小于 5 m/s, 14:20~15:00 风速在 1~7 m/s 之间波动, 这个时段对于管制和机组而言要考虑跑道的选取以防止顺风过大(图 1)。

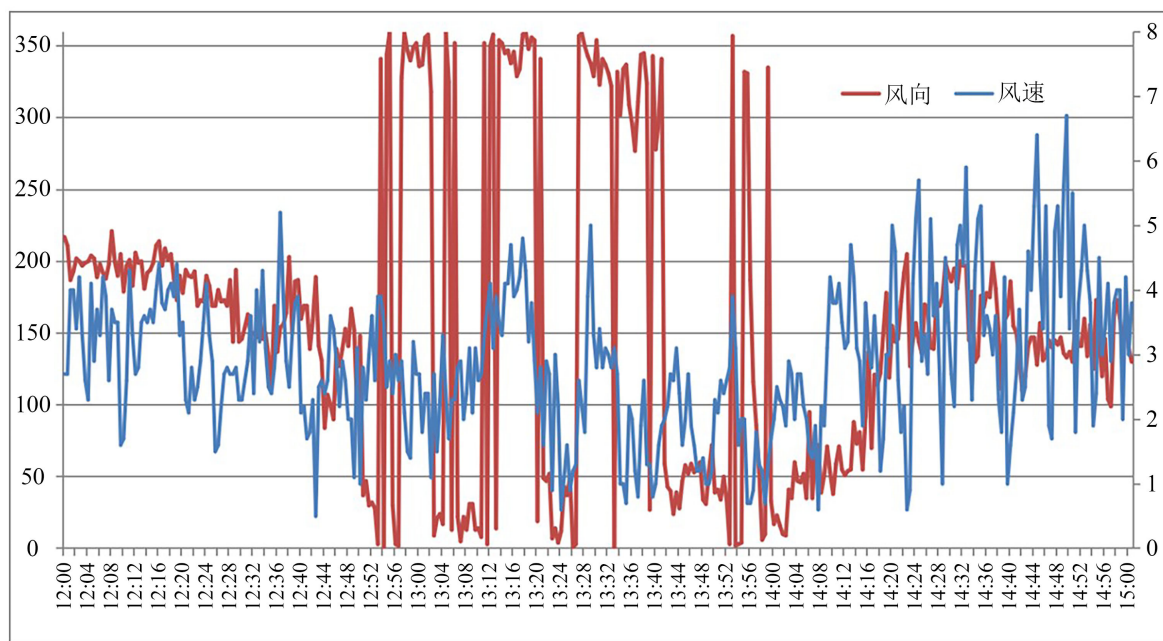


Figure 1. Automatic weather observing system (AWOS) wind direction and speed variation curve from 12:00 to 15:00 on August 9 (red line represents wind direction in degrees, blue line represents wind speed in m/s)

图 1. 8 月 9 日 12:00~15:00 自动观测系统(AWOS)风向风速随时间变化曲线(红线为风向($^{\circ}$), 蓝色为风速(m/s))

3.2. 天气图

8 月 9 日的地面气压场(图 2)可以看到整个河套地区大体处于东高西低的形势场中, 大体风向以南风为主。不过, 银川机场周边等压线稀疏, 处于弱压场之中, 这种形势下, 地面风场受局地热力扰动影响

较大, 风场变化尤其是风向变化预报难度较大。

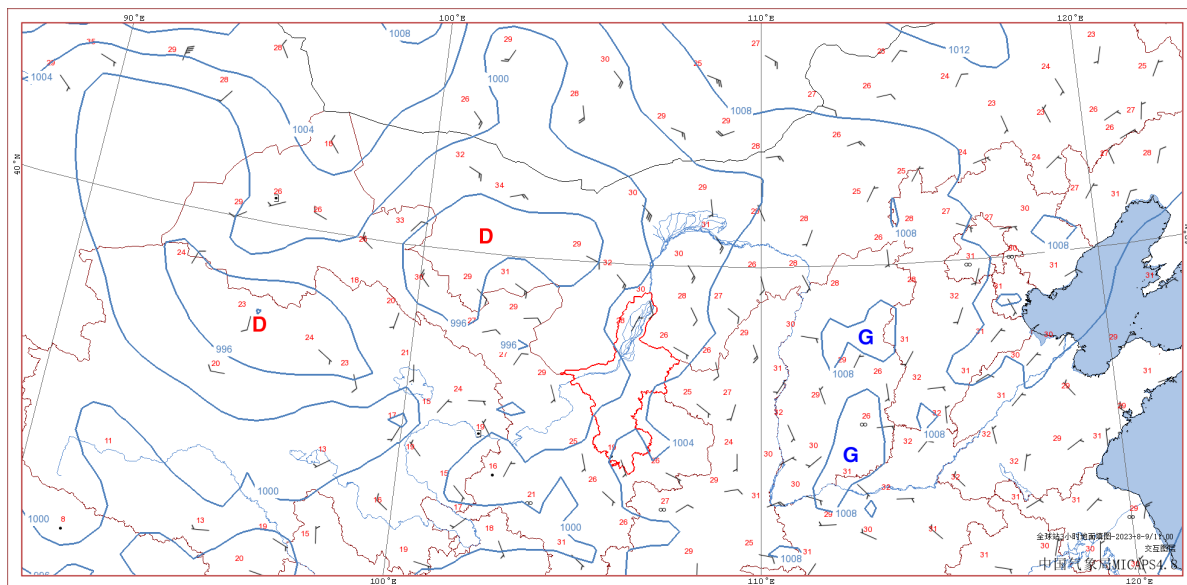
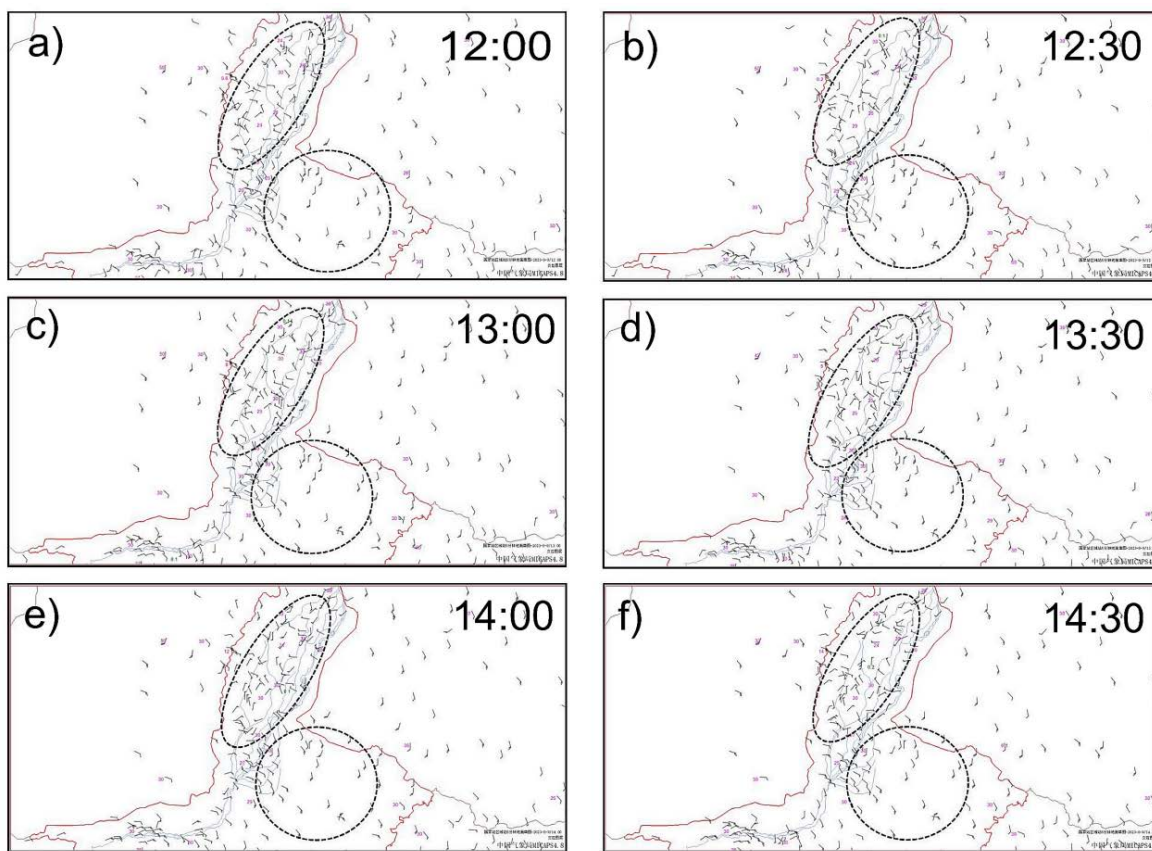


Figure 2. Ground situation field on August 9 at 11:00
图 2. 8月9日 11:00 地面形势场

3.3.5 mins 自动站数据分析



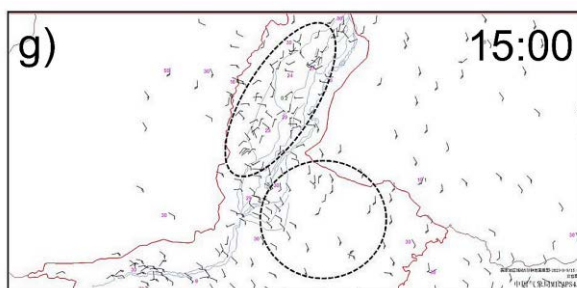


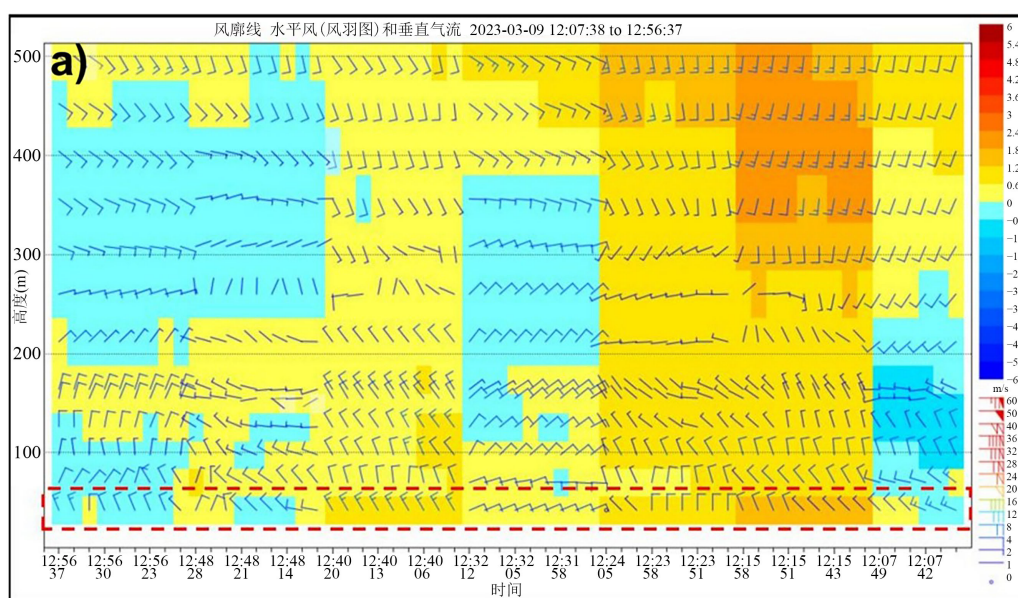
Figure 3. 5 minute automatic station wind field data (figures a, b, c, d, e, f, g represent wind field data at 12:00, 12:30, 13:00, 13:30, 14:00, 14:30, 15:00)

图 3. 5 mins 自动站风场数据(图 a、b、c、d、e、f、g 分别表示 12:00、12:30、13:00、13:30、14:00、14:30、15:00 时间的风场数据)

从 5 mins 自动站风场数据可以看到 12:00 银川机场东南方向大片区域东南风为主(图 3a), 并且风速较大, 在 7~10 m/s, 整个宁夏北部地区特别是银川机场西北地区, 由于气流受贺兰山阻挡形成的回流及黄河影响, 风场较乱, 并且风速不大, 在 2~5 m/s 左右, 此时机场区域还是以西南风为主。12:30 时(图 3b)风场形势与 12:00 的大体相同, 此时, 银川机场地面风已转为东南风, 机场北侧, 则转为较一致的西北风, 并且沿黄河与东南风形成一条地面辐合线。13:00~14:30 (图 3c、图 3d、图 3e、图 3f)机场处于南北风交接处, 风场风速较小, 风向较乱。14:30~15:00 (图 3g)银川机场南风逐渐占了主导。

3.4. 激光雷达数据分析

从激光雷达风廓线图上可以看到从 12:00~14:08 (图 4a 红色虚线)上看来在近地面(50 m 高度)基本以偏北风为主, 到了 14:17 (图 4c 蓝色虚线)之后转为较一致的偏南风。从垂直速度上来看(图 4c 箭头), 12:00~14:00 近地层主要为上升气流, 14:00~15:00 近地层转为下沉气流, 并且在 14:17~14:42 看到明显的动量下传现象, 300 m 的南风传导到地面, 这一过程对于风场预报有指导意义。这与自观系统(AWOS)数据相符。从垂直方向上来看(图 4a、图 4b), 12:00~13:30 之间 400~500 m 高度偏南风主导, 300 m 以下偏北风为主, 13:30 (图 4b)之后 400~500 m 的水平风转成北风, 此时 500 m 以下整体以偏北风为主, 到了 14:17 (图 4c)之后 500 m 以下又开始整层转为偏南风。



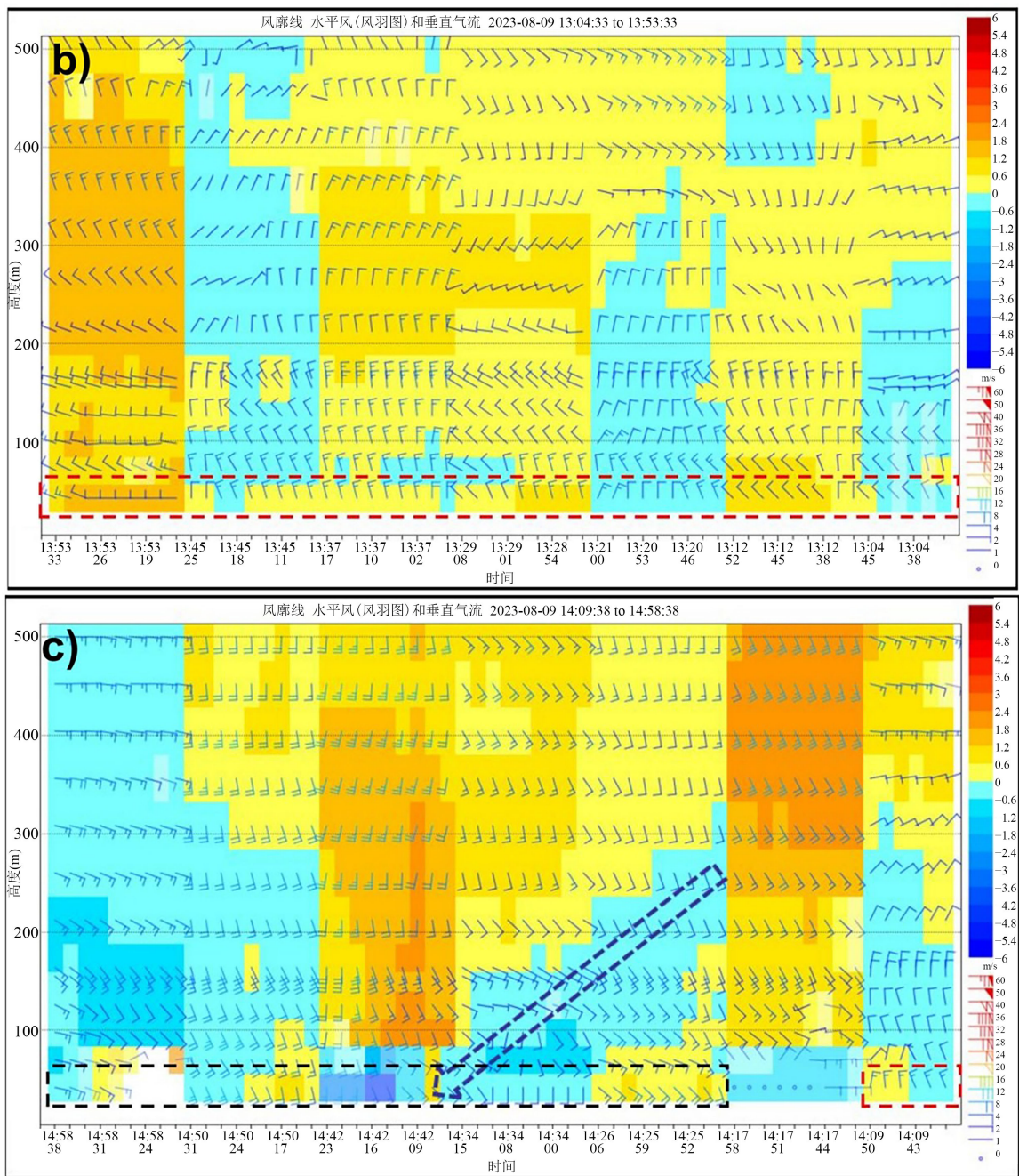


Figure 4. Laser radar wind profile map (color scale represents vertical velocity, warm colors indicate positive velocity indicating upward airflow, cold colors indicate negative velocity indicating downward airflow; wind feathers indicate horizontal wind. Figures a, b, c represent wind profile maps from 12:00~13:00, 13:00~14:00, 14:00~15:00)

图 4. 激光雷达风廓线图(色标表示垂直速度, 暖色正速度, 表示上升气流, 冷色负速度, 表示下沉气流; 风羽表示水平风。图 a、b、c 分别表示 12:00~13:00、13:00~14:00、14:00~15:00 时间的风廓线图)

3.5. 风廓线雷达数据分析

风廓线雷达 200 m 以下无风场数据, 仍可以看到 12:00~12:48 低层偏南风, 12:48~14:15 低层偏北风, 14:15~15:00, 低层转为偏南风(图 5), 这与激光雷达和自动站风向数据相一致。

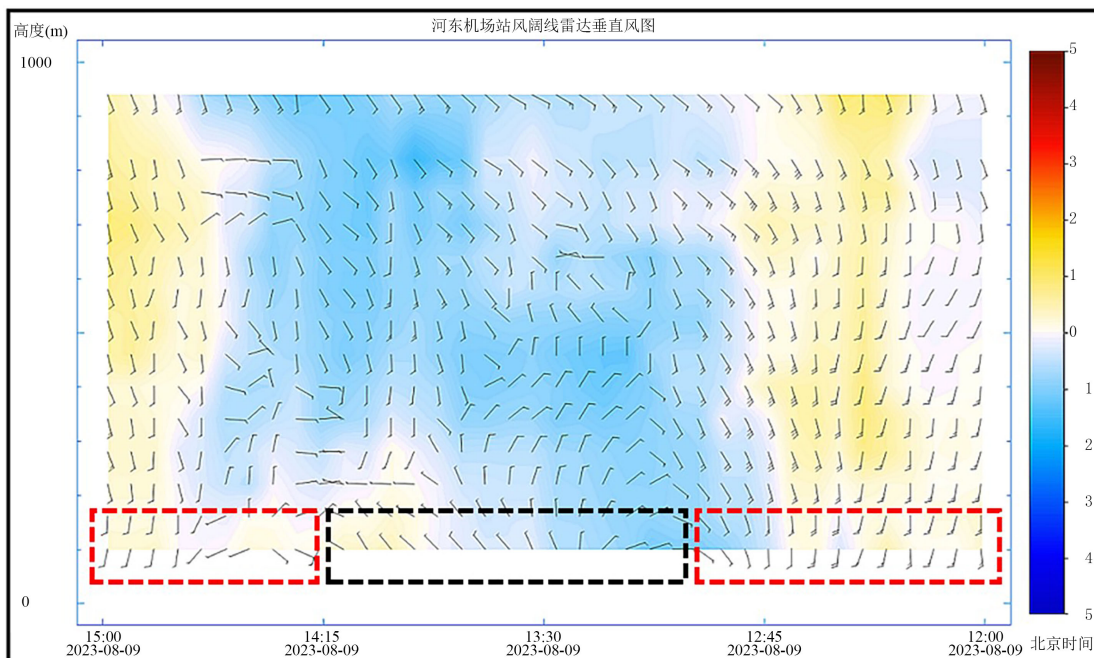
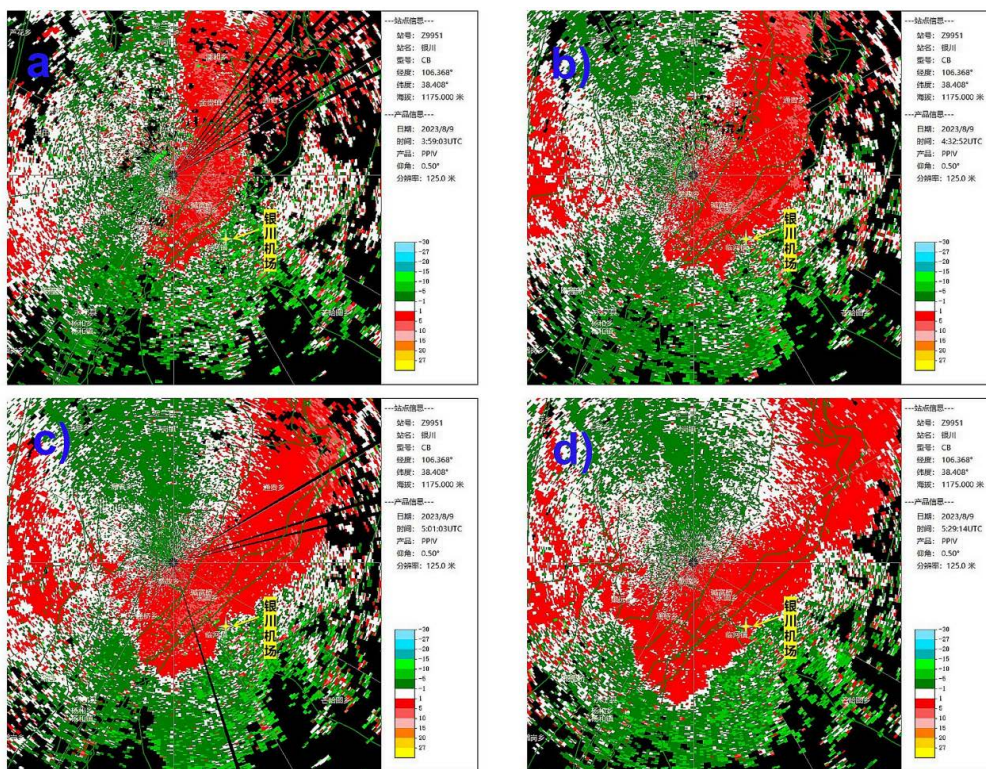


Figure 5. Wind profile radar map from 12:00 to 15:00 on August 9 (color scale represents vertical velocity, warm colors indicate positive velocity indicating downward airflow, cold colors indicate negative velocity indicating upward airflow; wind feathers indicate horizontal wind)

图 5. 8月9日 12:00~15:00 风廓线雷达图(色标表示垂直速度, 暖色正速度, 表示下沉气流, 冷色负速度, 表示上升气流; 风羽表示水平风)

3.6. 多普勒天气雷达资料分析



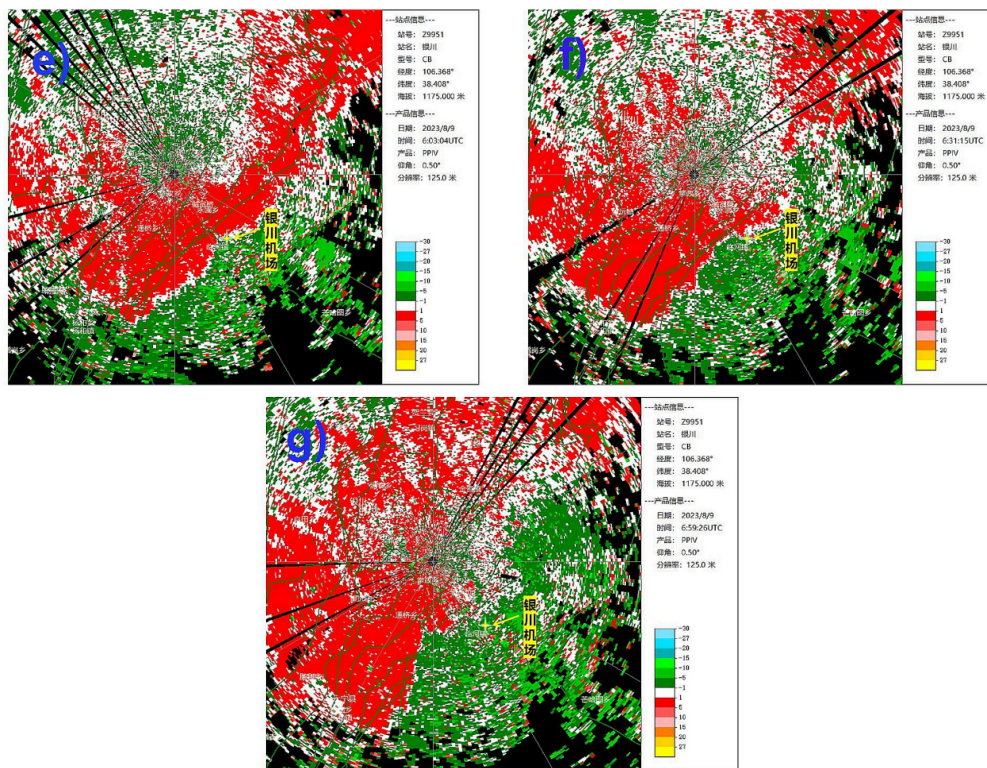


Figure 6. Doppler radar velocity map (5° elevation angle, red represents moving away from the radar, green represents moving towards the radar, white represents calm wind or wind perpendicular to the radar radial line; marked in yellow in the Yinchuan Airport map. Figures a, b, c, d, e, f, g represent Doppler velocity maps at 12:00, 12:30, 13:00, 13:30, 14:00, 14:30, 15:00)

图 6. 多普勒雷达速度图(5°仰角, 红色表示远离雷达, 绿色表示移想雷达, 白色表示静风或者与雷达径向线垂直风向, 银川机场图中黄色标记。图 a、b、c、d、e、f、g 分别表示 12:00、12:30、13:00、13:30、14:00、14:30、15:00 时间的多普勒速度图)

多普勒雷达选用 0.5°仰角的速度图, 12:00 时刻(图 6a)雷达图的南部区域以偏南风为主。雷达中心西侧以偏西风为主, 风速不大, 在雷达西侧区域, 多以 VRB 为主。在东侧, 明显以黄河为界, 黄河西侧为偏西风, 东侧为偏东风, 风场沿黄河明显辐合。此时, 银川机场处于东南风的环境风中, 机场吹东南风, 与自观数据一致。12:30 时刻(图 6b)雷达图的南部区域仍以偏南风为主, 雷达中心西侧同样以偏西风为主, 多 VRB。在东侧, 风场仍沿黄河明显辐合, 不过偏西气流展示出向东移动状态, 其前端已移到银川机场附近。13:00 (图 6c)雷达中心的风场向西北风转, 同时西北气流已移到银川机场区域, 此时机场以西北风为主, 风速不大。13:30 (图 6d)偏西气流完全覆盖银川机场, 此时机场以西北风为主, 风速不大。13:30~14:00 (图 6d、图 6e), 机场偏被风为主, 14:30 (图 6f)之后银川机场区域东南风开始加强, 机场逐渐转为东南风。同时可以看到雷达中心区域风向较乱, 风场处于调整之中, 到了 15:00 (图 6g), 雷达中心风场开始出现偏东风转的趋势。

4. 讨论

综上可以看到不同资料在风场预报中各有特点: 自动站可以准确监测到周边风向风速, 对于风向一致并且风速较大的天气背景, 可以根据上游站风向风速的移动, 来判断本场未来风向风速的变化, 这种情况常常是气压场较强, 同时数值模式的风场预报一般较为准确。激光雷达对于风场的立体结构, 特别是其风廓线模式可以清晰展示风场的垂直结构, 可以捕捉打上上升和下沉气流, 当有明显规律动量下传出

现时, 可以预测到下传风到地面的时间, 从而对未来风场做出预测, 但是由于其观测范围有限, 预报时效也有限。风廓线雷达可以大致展示出低层风向风速的变化, 其精度来说, 激光雷达明显优于风廓线雷达。多普勒 5°仰角的速度图, 可以清晰判断出其扫描半径内的风场情况, 相对于激光雷达, 监测范围更广, 可以有效提高预报时效, 对于弱风场, 相对于自动站, 更直观。从其状态变化上, 对风场预报, 尤其是风向预报有积极的指示作用。

5. 结论

1. 弱压场下风向变化较快, 虽然风速相对较小, 但当风速大于或等于 5 m/s 时对飞机起降有影响, 特别是对跑道的使用, 因此风向的准确预报有重要作用。
2. 气象局自动站、风廓线、激光雷达、多普勒雷达资料在风场预报中各有千秋。对于地面弱风场下风向的预报, 多普勒雷达低仰角速度资料优势明显。
3. 实际工作中需要综合利用多种资料提高对弱压场下风的预报的准确率。

参考文献

- [1] 徐足音, 吴俊杰. 相干测风雷达的风切变识别及预警研究[J]. 气象水文海洋仪器, 2023, 40(2): 71-74.
- [2] 田尧, 高超, 刘亚. 水平轴风力机偏航与俯仰尾流特性[J]. 空气动力学学报, 2023, 41(X): 1-14.
<https://doi.org/10.7638/kqdlxxb-2022.0191>
- [3] 黄妍妮, 陈丰, Pak-wai Chan. 地形对香港国际机场起降航道低空风切变的影响[J]. 中国民航大学学报, 2023, 41(3): 31-40.
- [4] 冯亮, 王海霞. 银川河东国际机场一次夜间动量下传现象的探究[J]. 民航学报, 2022, 6(4): 57-60+105.
- [5] 王彬, 李文博, 李锐, 等. EC 模式和 GFS 模式对黄渤海 10 m 风速预报性能对比分析[J]. 海洋预报, 2023, 40(4): 64-71.
- [6] 陈金车, 王金艳, 苏士翔, 等. 3 种机器学习方法预报风电功率的对比[J]. 兰州大学学报(自然科学版), 2022, 58(1): 124-129+136.
- [7] 于鑫, 于明洋, 蔡景就. ECMWF 细网格 10 m 风产品在南海北部的检验与评估[J]. 广东气象, 2021, 43(5): 36-40.
- [8] 蒋德海, 宋耀明, 陈子通. GRAPES 模式在华南沿海风电场精细风场预报中的应用[J]. 资源科学, 2015, 37(2): 325-332.