

沈阳桃仙机场一次持续性冻雾天气过程分析

裴昭昭, 杜旭, 徐记亮

民航气象中心, 北京

收稿日期: 2022年6月20日; 录用日期: 2022年7月19日; 发布日期: 2022年7月26日

摘要

本文利用桃仙机场天气图资料、自动观测系统(AWOS)数据、METAR报文和EC数值预报等资料,对2021年1月26日桃仙机场一次持续性冻雾天气过程进行了研究分析。本文着重分析了冻雾发生时的大气环流形式和地面气压场特征、近地层物理量特征和高空水汽条件。结果表明:本次持续性冻雾天气发生,主要是由于持续偏南风的暖湿气流输送叠加平流逆温造成,而数值预报在风向上的预测与实况风向的严重差别,是引起本次持续性冻雾天气前期没有预报准确的一个根本原因。

关键词

桃仙机场, 低能见度, 天气分析, 平流逆温

Analysis of a Continuous Freezing Fog Weather Process at Shenyang Taoxian Airport

Zhaozhao Pei, Xu Du, Jiliang Xu

Aviation Meteorological Center, Beijing

Received: Jun. 20th, 2022; accepted: Jul. 19th, 2022; published: Jul. 26th, 2022

Abstract

Based on weather map data, AWOS data, METAR message and EC numerical forecast data of Taoxian Airport, a continuous freezing fog weather process on January 26, 2021, was studied and analyzed in this paper. The atmospheric circulation pattern, surface pressure field characteristics, physical quantity characteristics near the stratum and water vapor conditions in the upper air are analyzed emphatically. The results show that the continuous freezing fog weather is mainly caused by the continuous southerly warm and wet air transport and advection inversion, and the

deviation of numerical forecast for the wind direction in Taoxian is an important reason for the failure of the forecast in the early stage of the continuous freezing fog weather.

Keywords

Taoxian Airport, Low Visibility, Weather Analysis, Advection Inversion

Copyright © 2022 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

沈阳桃仙国际机场位于沈阳市南郊的桃仙街道,距沈阳市中心 20 公里,目前是 4E 级民用国际机场,是我国八大区域性枢纽机场之一,是东北地区航空运输枢纽。沈阳地处我国东北地区辽河平原中部,东部为辽东丘陵山地,北部为辽北丘陵,地势由东向西缓缓倾斜,向西、南由山前冲洪积过渡为大片冲积平原。因此,沈阳桃仙机场北部和东部受丘陵地形影响,当低层为偏西、偏南风时,经常在沈阳桃仙机场本场形成明显的风向辐合带,从而利于低能见度天气的形成。

冻雾是由于空气中温度低于 0℃ 而没有冻结的过冷却雾滴,在比它温度更低的地面和近地面冷物体上冻结,或者由过冷却水汽经过冷却雾滴蒸发后再宁化而成的一种天气现象,往往会造成能见度小于 1 公里,是影响航空器飞行的危险天气之一。冻雾会使得能见度迅速降低,直至为 0,由于气温低于 0℃,道面结冰,地面的航空器外表面还会结冰,将严重影响飞行安全。遭遇冻雾后,外站和本场飞机无法起落;如果在降落时遭遇冻雾,航空器还有可能结冰,导致飞行员在飞机着陆时看不清跑道,使飞机偏离跑道或过早、过迟接地;还能使飞行员看不清地标,只凭感觉和仪表飞行,同时由于心理上的压力产生操纵错误发生事故。

2. 天气实况

2021 年 1 月 26~27 日,沈阳桃仙机场受持续性冻雾天气影响,导致大量航班返航备降、延误和取消。由图 1 可以看出,06 跑道端 RVR 从 26 日 5:00 开始出现明显下降趋势,5:28 RVR 迅速降到 550 米,5:54 RVR 降低到 225 米。7:20 RVR 降到此次过程的最低值 75 米。14:24 RVR 开始出现上升趋势,14:32 上升到 550 米。16:30 又开始出现下降趋势,17:19 下降到 350 米。26 日 18:05 至 27 日 4:50 RVR 一直维持在 150~300 米之间。4:54 后 RVR 快速上升,5:02 上升到 2000 米。但随后 RVR 还是出现了短暂的波动,最低时也达到了 125 米。7:20 后 RVR 才稳定在 1000 米以上,这次冻雾过程彻底结束。

3. 气象条件分析

3.1. 地面气象要素分析

平流雾多发生在冬春季,只要有适当的风向、风速,雾一旦形成,就会持续很久,如果没有风,或者风向转变,暖湿空气源中断,雾也会立刻消散。由图 1 沈阳桃仙机场气象要素演变趋势可以看出,桃仙机场的 RVR 在降低之前,本场几乎维持静风,风速小于 0.5 米/秒,并且相对湿度达到 92% 以上,因此,前期静稳的天气,造成本场水汽的累积,使得能见度逐渐降低。08:00 以后,风速开始逐渐增大,并维持偏南风,当风速增大到 3 米/秒左右的时候,本场 RVR 降低到最低值 75 米,并且维持了 2 小时。

持续的偏南风，一方面把桃仙机场西南侧的雾区(由图 2 可见)输送到桃仙本场，而受到北部和东北丘陵地形的阻挡，使得水汽在桃仙机场汇合，加剧相对湿度的增长，为这次冻雾天气的长时间维持提供了有利的水汽条件[1]；另一方面，随着西南暖湿气流的输送，虽然本场温度短时出现了上升，但随着日变化的影响，本该升高的气温反而维持不变，这是由于暖气气流遇到冷的下垫面，冷却凝结形成了平流逆温层，稳定的垂直结构使得相对湿度持续维持在 90% 以上，为这次冻雾天气的长时间维持提供了较好的动力条件[2]。

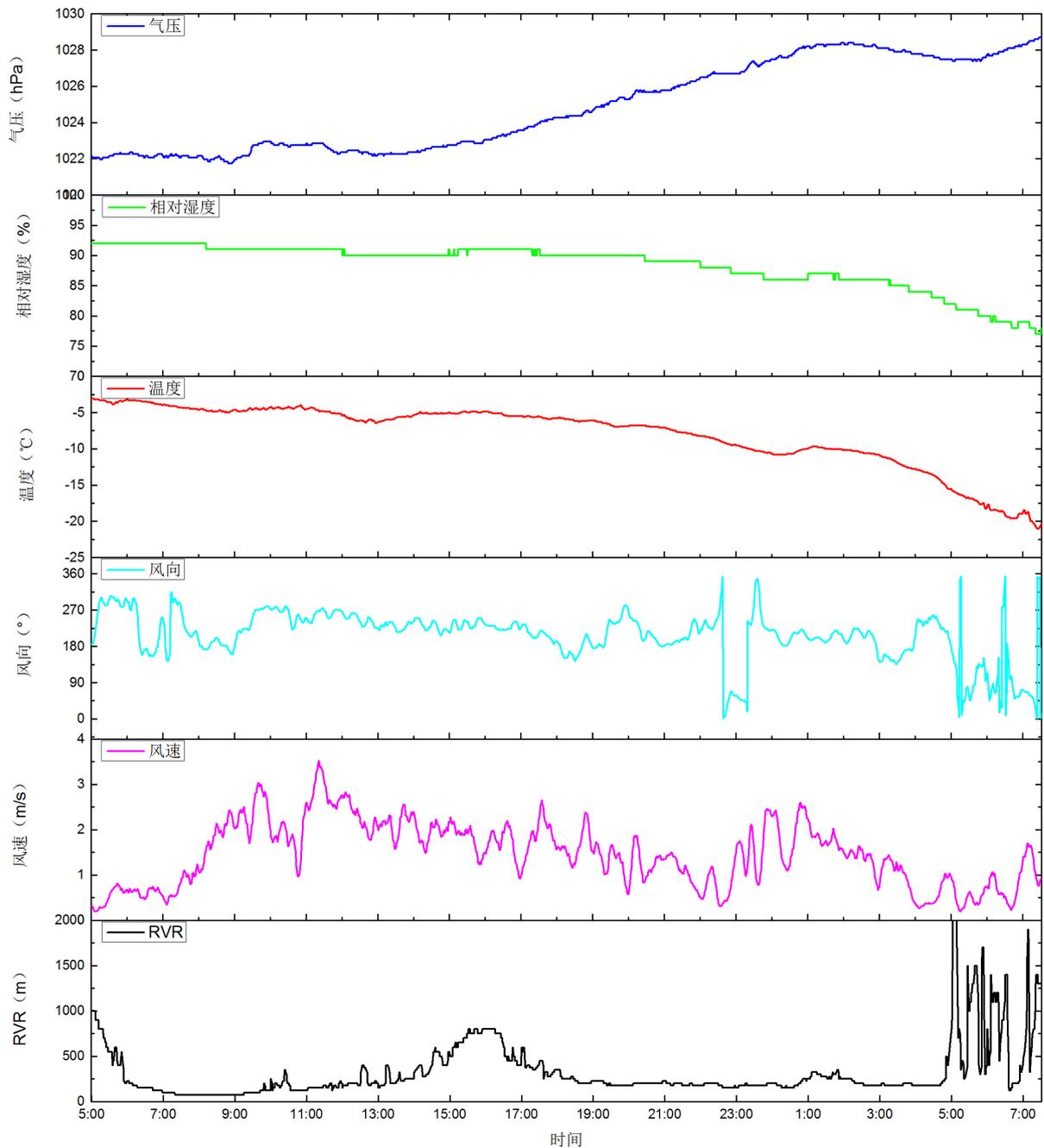


Figure 1. Evolution trend of RVR and meteorological elements at Taoxian Airport on January 26~27, 2021

图 1. 2021 年 1 月 26~27 日桃仙机场 RVR 和气象要素演变趋势图

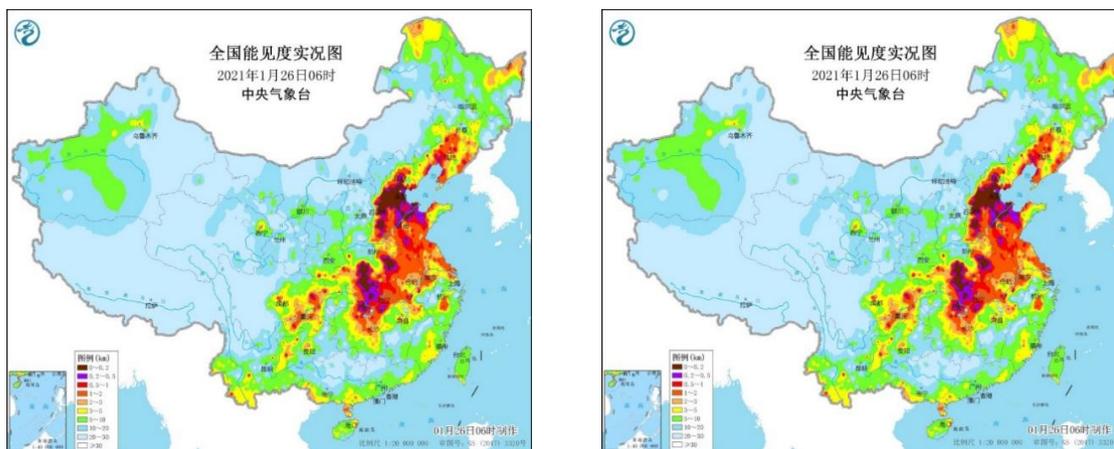


Figure 2. National visibility forecast at 06:00 and 20:00, 26 January 2021

图 2. 2021 年 1 月 26 日 06 和 20 时全国能见度实况图

由图 1 的风向风速变化曲线可见, 27 日 05:00 之前, 桃仙机场的风速基本低于 3 米每秒, 风向也基本维持在偏南风至偏西风之间, 而对应时间段的 RVR 也都低于 550 米, 因此, 持续弱的西南风条件, 是导致此次冻雾天气持续长时间的最直接的气象因素。从 RVR 转好的时间点看, 风向风速发生了明显的变化, 05:10 桃仙机场的风向转为偏北风, 由于风速仍然较小, 虽然 RVR 已经出现上升趋势, 但是能见度并没有明显的转好, 短时出现了波动。07:20 之后随着风速增大, 持续的偏北风使得 RVR 迅速转好, 并稳定维持在 1000 米以上, 此次冻雾天气彻底结束。

3.2. 环流形势分析

从图 3 中 26 日 08 时的环流形势场来看, 500 hPa 的高空图中, 我国东南部受槽前的西南气流控制, 在垂直方向上大气运动是辐合上升的; 由 700 hPa 高空图可见, 东北南部主要以暖平流影响为主, 暖平流与桃仙机场冷的下垫面造成本场水气的冷却凝结, 近地面层形成平流逆温层, 为冻雾的长时间维持提供了有利的水汽条件; 而从 850 hPa 的高空图可以看出, 东北南部的等压线比较稀疏, 气压梯度力较小, 受弱的均压长控制, 为冻雾的长时间维持提供了较好的动力条件。此外, 由地面形势场可见, 我国东北的南部为一个较弱的辐合区, 大量的水汽在此汇集, 为后面平流雾的生成提供了充足的水汽条件, 是此次持续性冻雾天气产生和维持的一个根本原因[3]。所以, 桃仙机场在冻雾天气发生之前, 我国东北地区的高层受槽前的上升气流控制, 而低层呈现弱的气压场形势控制。东北地区南部一直处于静稳形势影响, 没有明显的系统波动, 天气条件不利于水汽的扩散, 这种环流形势场易造成区域性持续冻雾天气[4]。

因此, 当暖湿空气与冷地表之间有较大温差时, 近地表气层的温度才能迅速降低, 相对湿度不断增大而形成平流雾。同时, 在近地表气层中形成平流逆温, 就更有利于平流雾的形成。适宜的风向和风速不但使暖湿空气源源不断地流向冷的地面, 而且能产生一定强度的湍流, 使雾达到一定的厚度。

4. 数值预报产品分析

图 4 为 EC 模式 25 日 20 时起报的 26 日 08 时和 12 日 14 时的 2 米风场和相对湿度情况, 从图中可以看出, 桃仙机场 26 日 08 时处于高湿度区有利于冻雾天气的发生, 但 14 时预报资料显示, 桃仙机场将转为低湿度区控制, 地面风向将转为以偏西风为主, 所以按照 EC 预报的这个气象条件, 14 时后不利于冻雾的维持, RVR 将逐渐转好[5]。而从实际观测的情况来看, 桃仙机场地面的风向在 14 时后仍然维持偏南风, 直到次日才转为偏北风。由此可见, EC 数值预报对于桃仙本场风向的预测存在严重的偏差, 这也是导致桃仙机场本次冻雾前期预报乐观的一个重要原因。

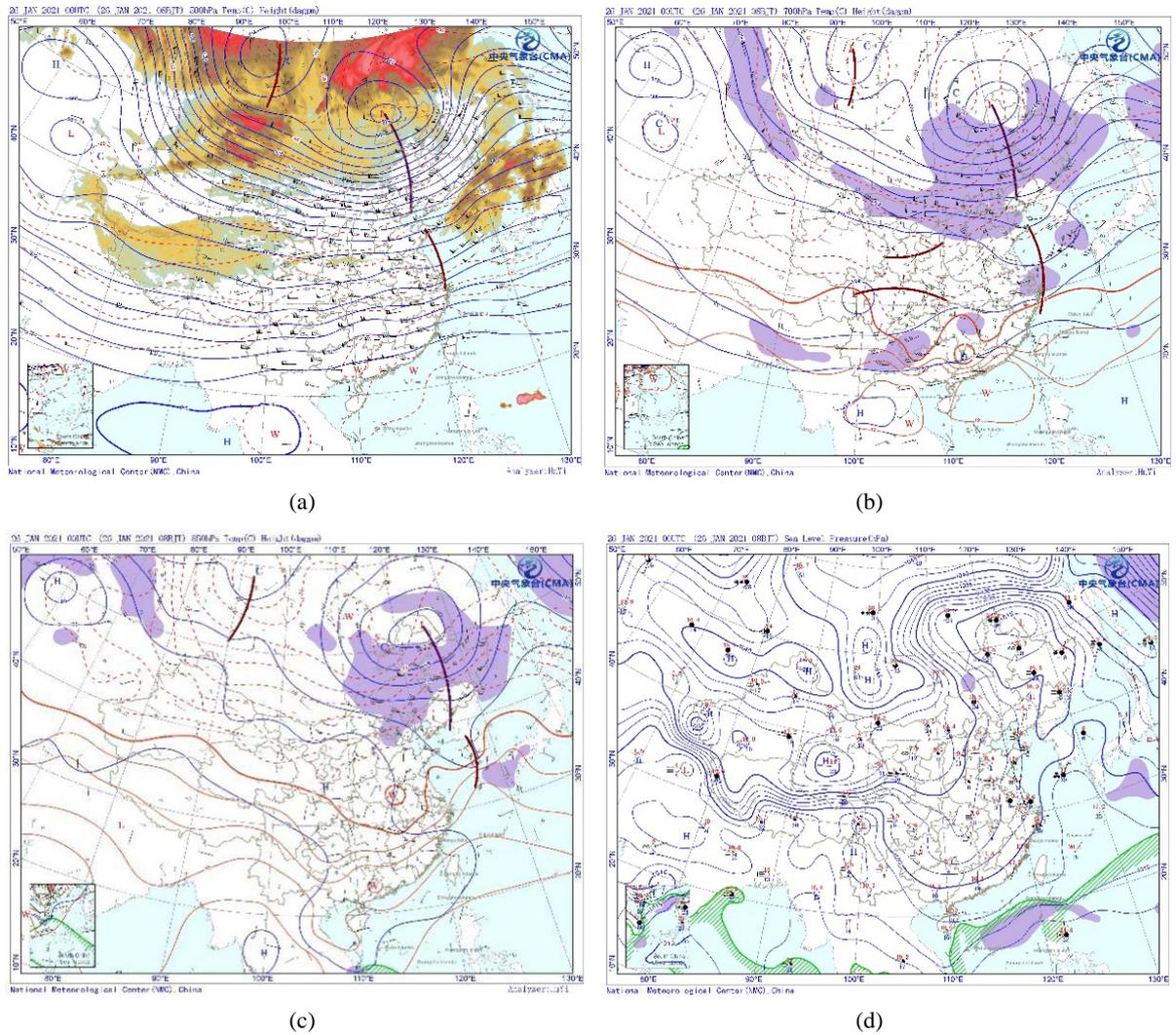


Figure 3. At 08:00 on 26th (a) 500 hPa, (b) 700 hPa, (c) 850 hPa and (d) Ground situation
图 3. 26 日 08 时(a) 500 hPa、(b) 700h Pa、(c) 850 hPa 和(d) 地面形势场

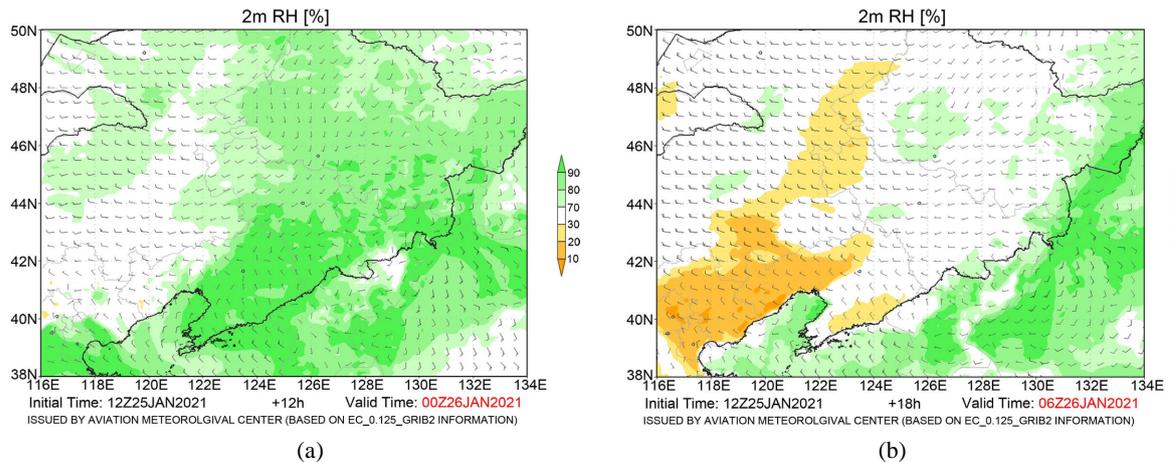


Figure 4. 2 m wind field and relative humidity at (a) 08:00 on 26th and (b) 14:00 on 26th, reported from 20:00 on 25th
图 4. 25 日 20 时起报(a) 26 日 08 时和(b) 26 日 14 时的 2 米风场和相对湿度

由于 25 日有弱冷空气侵入，夜间近地面辐射降温较快，输送到本场的暖湿空气层与冷的下垫面形成较大温差，使近地面气层迅速冷却形成平流逆温，生成辐射平流雾。从图 5 中 26 日 08 时的探空曲线上可以看出，800 hPa 到地面存在明显逆温层，平流逆温起到限制垂直混合发展，并聚集水汽的作用，逆温层出现表明大气层结比较稳定，所以说垂直方向的稳定结构是形成辐射平流雾的有利条件。

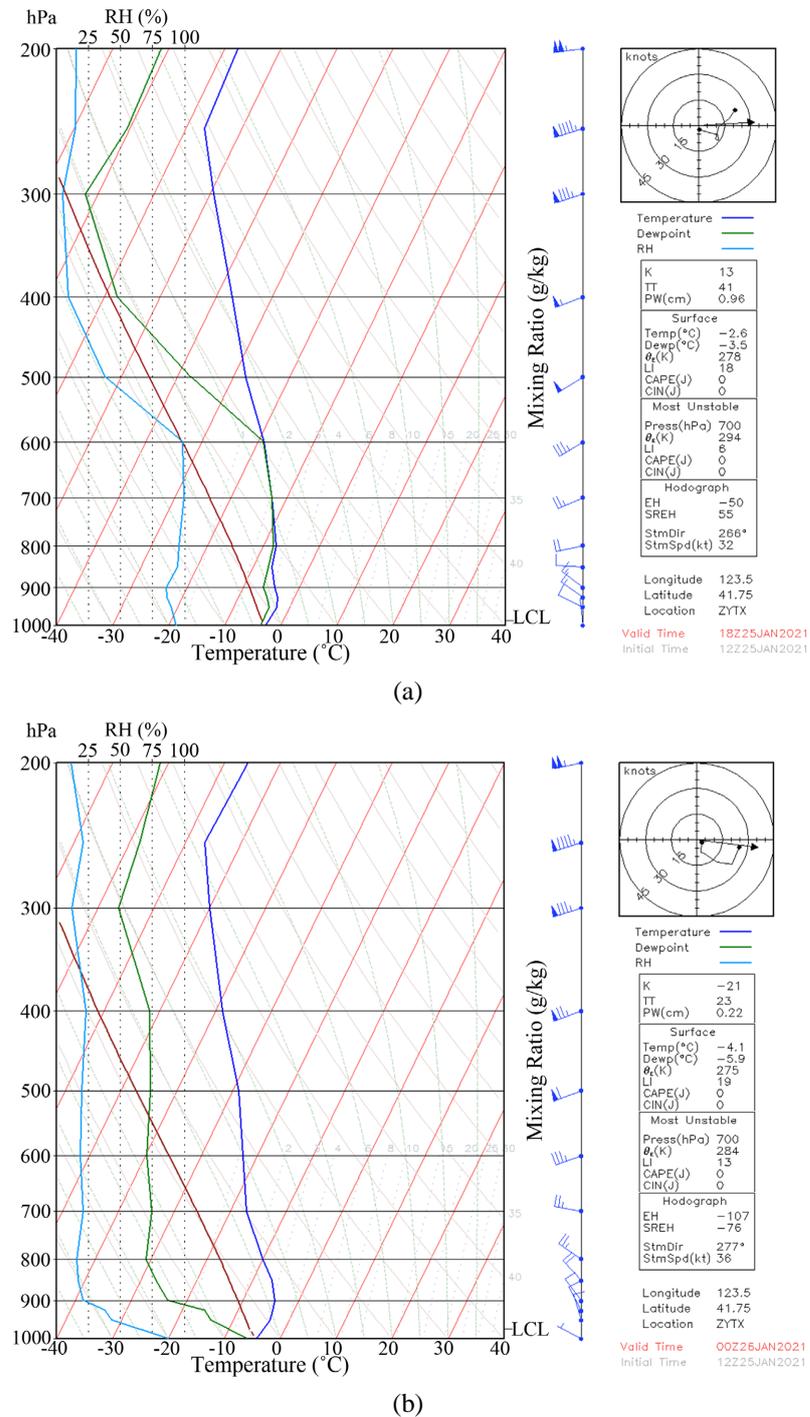


Figure 5. The t-logP chart of (a) 2:00 on 26th and (b) 8:00 on 26th, reported from 20:00 on 25th
 图 5. 25 日 20 时起报(a) 26 日 02 时、(b) 26 日 08 时的 T-logP 图

一般来说,平流雾在一天之中的任何时候都可能出现,发生时会很迅速很突然,需要综合考虑雾区的相对位置和风向,风场的变化往往是对平流雾判断的关键[6]。此次桃仙机场的持续冻雾天气过程位于南部雾区的东北边界,近地层风速一直处于静风状态,能见度缓慢降低,当风向转变为西南风,并且风速逐渐增到3米/秒,RVR迅速降低到了最低值。从本次预报失误的原因分析得出,一方面,由于目前平流雾的探测资料仍然不够,尤其是对于平流雾的移动缺乏足够的实时监测手段;另一方面,相关技术人员经验还不足,对于平流雾的产生和消散的时间考虑过于乐观,而过度依赖于水汽或相对湿度的观测和预报是本次预报失败的根本原因。因此,大雾预报首先要判别大雾的性质,如果是单纯的辐射雾,当日出后气温回升,如果能能见度仍没有任何好转的迹象,这个时候就要警惕,此次大雾不单是纯粹的辐射雾或者平流雾,是一次典型的平流辐射雾。当大雾预报出现偏差,最重要的是要找出区别于常规辐射雾和平流雾的依据,加以修订预报。做好实时天气监控,留意机场自观、周边自动站变化情况,及时发布和修订预报。

5. 结论

本文对桃仙机场2021年1月26~27日的一次持续性冻雾天气过程进行了初步分析,分析了持续性冻雾天气发生的整个过程,通过对地面气象要素的变化、大气环流形势和EC数值预报偏差的综合研究,揭示了此次持续性冻雾天气的成因以及持续和消散机制,其结果表明:

1) 本次持续性冻雾天气的发生主要是因为近地面持续静风和弱的西南风,导致本场水汽的持续积累叠加西南部的雾区的输送,造成大量水汽在桃仙机场区域聚集。

2) 冻雾天气发生后地面的弱气压场和稳定的垂直结构,是导致此次冻雾天气持续长时间的最主要的天气形势。

3) 平流雾的消散常伴随风向的转变或减小,暖湿水汽输送终止,温度升高,逆温层被破坏,稳定层结消失。

4) EC数值预报对于桃仙本场风向的预测存在的偏差,是造成此次持续性冻雾天气前期没有预报出来的一个根本原因。

参考文献

- [1] 陈露,顾雷.首都机场雾过程的气候特征分析[J].气候与环境研究,2008,13(6):783-790.
- [2] 何晖,郭学良,刘建忠,等.北京一次大雾天气边界层结构特征及生消机理观测与数值模拟研究[J].大气科学,2009(6):1174-1186.
- [3] 吴彬贵,张宏升,汪靖,等.一次持续性浓雾天气过程的水汽输送及逆温特征分析[J].高原气象,2009,28(2):258-267.
- [4] 方春刚,郭学良.华北一次浓雾过程爆发性增强的微物理特征[J].应用气象学报,2019,30(6):700-709.
- [5] 尹晓惠,时少英,王华,等.北京一次大雾天气成因分析及模式预报性能检验[C]//中国气象学会.强化科技基础,推进气象现代化——第29届中国气象学会年会.2012:1-6.
- [6] 宋润田,金永利.一次平流雾边界层风场和温度场特征分析[J].气象科技,2001,29(3):36-39.