

2023年3月贵阳机场一次辐射雾天气过程分析

曹阳, 宋媛

中国民用航空西南地区空中交通管理局贵州分局, 贵州 贵阳

收稿日期: 2023年11月10日; 录用日期: 2024年1月1日; 发布日期: 2024年1月9日

摘要

本文利用常规气象资料、自动观测资料等对贵阳龙洞堡机场一次辐射雾天气过程进行诊断分析。结果表明: 此次天气过程为一次典型的辐射雾天气过程, 其环流形势属于高压型, 这样的大气环流形势为辐射雾的形成提供了良好的条件; 适宜的风速有利于产生适度的垂直混合作用, 而适度的垂直混合作用有利于辐射雾的生成; 辐射冷却使近地面水汽达到饱和, 同时逆温层的存在使低层水汽不易扩散, 有利于辐射雾的形成与维持; 日出后随着太阳短波辐射增强, 近地面空气温度上升, 逆温层逐渐被破坏, 近地面水汽含量减少, 辐射雾也逐渐消散。

关键词

逆温层, 辐射雾, 温度露点差

Analysis of a Radiation Fog Weather Process at Guiyang Airport in March 2023

Yang Cao, Yuan Song

Guizhou Sub-Bureau of Southwest Air Traffic Management Bureau of Civil Aviation of China, Guiyang Guizhou

Received: Nov. 10th, 2023; accepted: Jan. 1st, 2024; published: Jan. 9th, 2024

Abstract

In this paper, conventional meteorological data and automatic observation data are used to diagnose and analyze the weather process of primary radiation fog at Longdongbao Airport in Guiyang. The results show that this weather process is a typical radiation fog weather process, and its circulation situation belongs to the high-pressure type, which provides good conditions for the for-

mation of radiation fog. The appropriate wind speed is conducive to the generation of moderate vertical mixing, and the moderate vertical mixing is conducive to the generation of radiation fog. Radiative cooling saturates the water vapor near the surface, and the existence of the inversion layer makes it difficult for the water vapor in the lower layer to diffuse, which is conducive to the formation and maintenance of radiant fog. After sunrise, with the enhancement of solar shortwave radiation, the temperature of the air near the surface rises, the inversion layer is gradually destroyed, the water vapor content near the surface decreases, and the radiation fog gradually dissipates.

Keywords

Inversion Layer, Radiation Fog, Temperature Dew Point Difference

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

辐射雾是指由于地表辐射冷却作用使近地面水汽凝结而形成的雾, 主要出现在晴朗、微风、近地面水汽充沛的夜间或清晨, 随着太阳辐射增强, 地面气温上升, 辐射雾也逐渐消散。辐射雾天气也是严重影响飞行安全的危险天气之一, 因此对辐射雾的形成、维持和消散机制的研究显得尤为重要。近年来, 关于辐射雾的研究日益丰富, 同时取得了一定的研究成果, 郭荣芬等对云南辐射雾的气候分布特征及天气成因分析中指出近地层良好的水汽条件、静风或弱的风力条件、晴空少云、地面变性冷高压后部的均压场环境、低层大气弱的上升运动、中高层大气较强的下沉运动、低层暖平流、中高层冷平流以及边界层存在逆温层等特征是形成雾的重要条件[1]。岳炼等对双流机场一次低能见度天气过程分析中指出高压脊控制下的下沉气流有利于夜晚地面辐射降温, 形成辐射逆温层[2]。张礼春等对南京一次辐射雾过程的边界层特征分析中指出逆温层的存在, 使大气层结更加稳定, 有利于雾的形成和发展[3]。钱玮等对江苏地区夏季一次辐射雾的数值模拟及生消机理分析中指出夜间地表辐射冷却作用是浓雾形成的重要因素, 地面风速稳定低于 2 m/s, 有利于浓雾的维持[4]。马学款等对重庆市雾的天气特征分析及预报方法研究中指出发展成熟的辐射雾大多具有逆温结构, 雾顶上下的温、湿存在明显跃变特征, 相对湿度递减率迅速增大并配合有逆温层存在的高度即大致为雾顶高度[5]。

2. 天气概况及资料方法

2023 年 3 月 4 日 04:26~10:00 (北京时, 下同), 贵阳机场及周边出现辐射雾天气过程, 期间主导能见度最低 200 米。本文利用常规气象资料、自动观测资料、贵阳机场例行天气报告及特殊天气报告等资料, 采用统计及天气学诊断分析方法, 通过对此次辐射雾天气过程发生前后地面气象要素值的变化进行统计, 并对大气环流形势与影响系统、水汽条件、动力条件、层结条件等进行诊断分析, 以探寻导致此次辐射雾天气过程产生的机制, 同时为贵阳机场辐射雾天气的预报提供一定的思路及参考。

3. 气象要素分析

此次辐射雾天气过程的能见度和 RVR 随时间变化趋势如图 1 所示。由图 1 可知, 能见度在 04 时前呈波动下降趋势, 04 时后能见度和 RVR 随时间变化曲线大致呈“U”字型, 04 时后能见度在急剧下降,

在 07 时 34 分下降至本次过程最低值 200 米, RVR 也从 04 时后急剧下降, 在 04 时 41 分下降至本次过程最低值 75 米, 此后逐渐抬升。10 时, RVR 和能见度均抬升至 2800 米, 辐射雾消散, 此次天气过程结束。

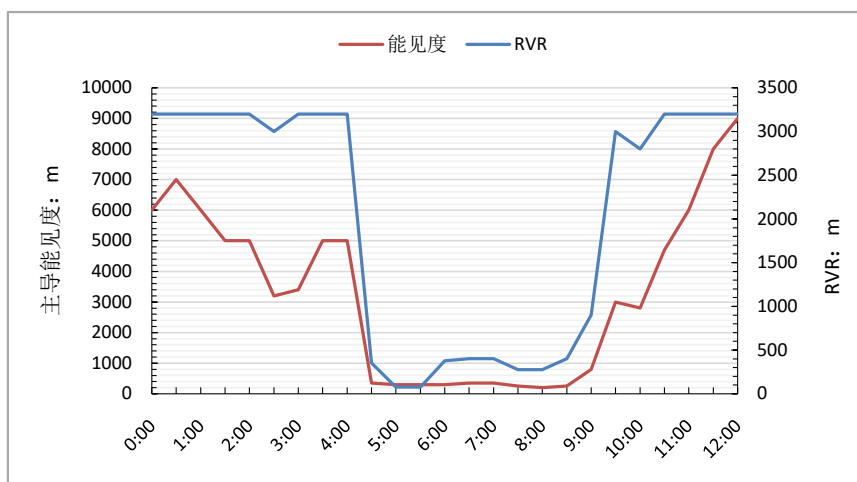


Figure 1. Time variation of visibility and RVR from 00:00 to 12:00 on March 4, 2023 (unit: m)

图 1. 2023 年 3 月 4 日 00 时~12 时能见度和 RVR 随时间变化(单位: m)

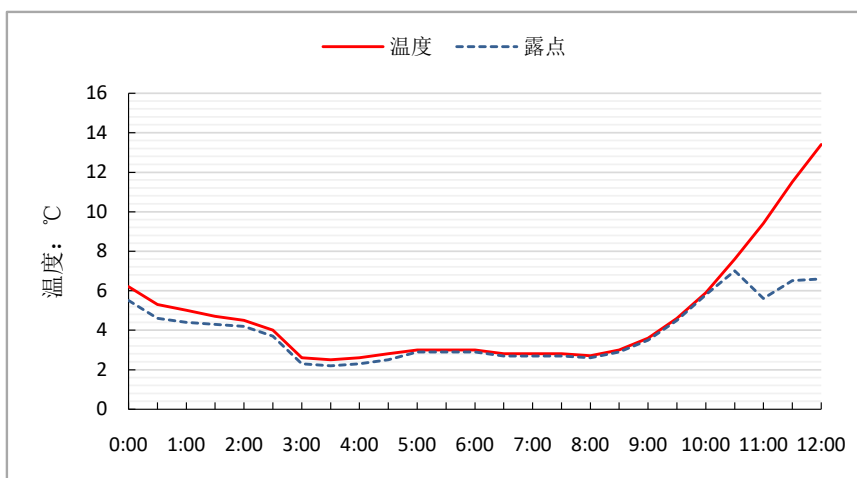


Figure 2. Temperature and dew point changes over time on March 4, 2023 from 00:00 to 12:00 (unit: °C)

图 2. 2023 年 3 月 4 日 00 时~12 时温度和露点随时间变化(单位: °C)

由图 2 所示, 04 时前温度和露点总体呈下降趋势, 从 00 时至 04 时, 温度下降 3.9°C, 露点下降 2.1°C。辐射雾开始前后, 温度露点差为 0.3°C, 04 时 39 分温度露点差下降至 0.1°C, 两者曲线接近重合, 随后一直维持。08 时以后, 温度、露点均随时间逐渐增加, 10 时, 两者均上升至 5.9°C。10 时 20 分, 温度露点差增至 0.3°C, 随着近地面温度升高, 温度露点差也逐渐增大。

由图 3 所示, 相对湿度在 00 时达 95%, 并且随时间逐渐增加, 04 时 39 分, 相对湿度达到此次过程最大值 99%, 此后稳定维持, 时间一直持续至 10 时 19 分。在辐射雾持续时间段内, 相对湿度在 98%~99%。10 时 19 分后, 随着太阳辐射增强, 空气中水汽含量减少, 相对湿度逐渐下降, 12 时, 相对湿度下降至 63%。

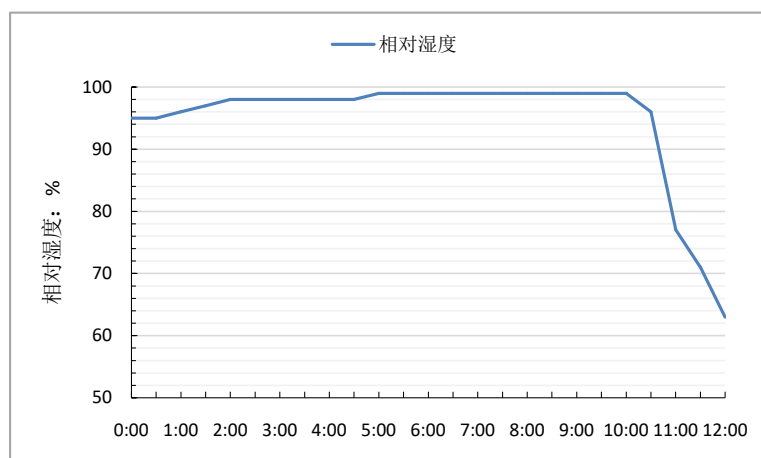
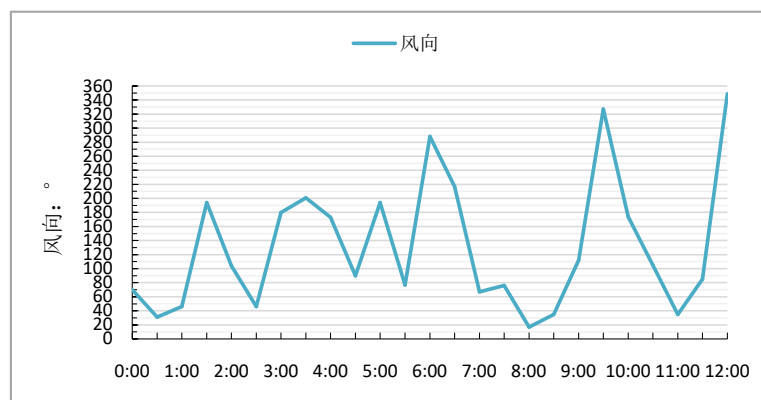
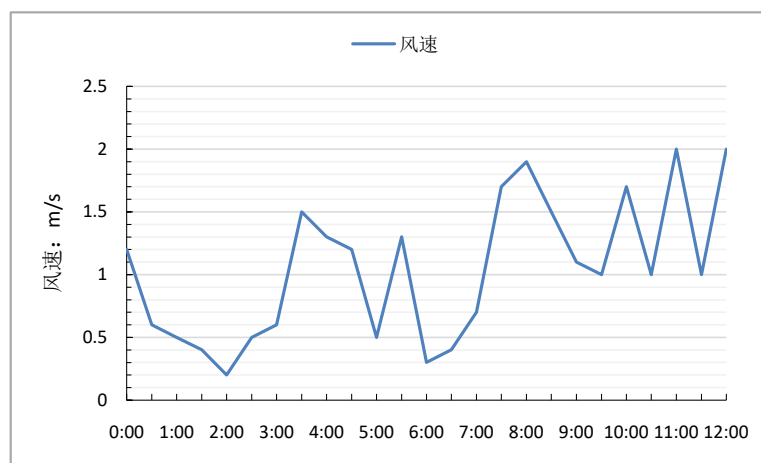


Figure 3. Time variation of relative humidity from 00:00 to 12:00 on March 4, 2023 (unit: %)

图 3. 2023 年 3 月 4 日 00 时~12 时相对湿度随时间变化(单位: %)



(a)



(b)

Figure 4. Wind direction and speed changes over time from 00:00 to 12:00 on March 4, 2023 (Wind direction unit: °; Wind speed unit: m/s)

图 4. 2023 年 3 月 4 日 00 时~12 时风向、风速随时间变化(风向单位: °、风速单位: m/s)

适度的垂直混合作用有助于雾的生成。如图 4(a)所示, 起雾前后风向整体呈风向不定的状态, 06 时~10 时浓雾期间, 风向以偏北风居多。要形成一定强度及一定厚度的辐射雾, 还必须有适度的风速, 产生一定的湍流混合作用, 以便形成较厚的冷却层[6]。如图 4(b)所示, 起雾前风速小于 2 m/s, 有利于产生适度的垂直混合作用, 在起雾期间, 风速最低值为 0.2 m/s, 起雾时段内风速整体较小, 有利于辐射雾天气形成和维持。

4. 天气形势与影响系统分析

分析 2023 年 3 月 3 日 20 时, 500 hpa 中高纬有一高空槽, 高空槽从山东经河南一直延伸至湖南地区, 且温度槽落后于高度槽, 未来高空槽将东移发展, 西南地区为高压脊控制, 受西北气流影响。700 hpa, 我国东部地区有一切变线, 切变线从浙江延伸至江西地区, 贵州地区处于脊前偏西北气流控制。850 hpa, 贵阳地区处于高压环流前部偏东北气流控制。地面, 贵州地区受高压控制, 贵阳位于高压环流前部受偏东北气流影响。3 月 4 日 08 时, 500 hpa 高空槽发展东移, 从黄海经浙江一直延伸至福建地区, 西南地区仍受高压脊控制。700 hpa, 贵阳地区转为弱的偏南气流影响, 风速约 4 m/s。850 hpa 贵阳地区仍受高压前部偏东北气流影响。地面, 贵阳地区位于高压底部, 受偏东风影响。在这样的大气环流形势下, 有利于辐射雾的形成和维持。

5. 物理量分析

5.1. 水汽条件

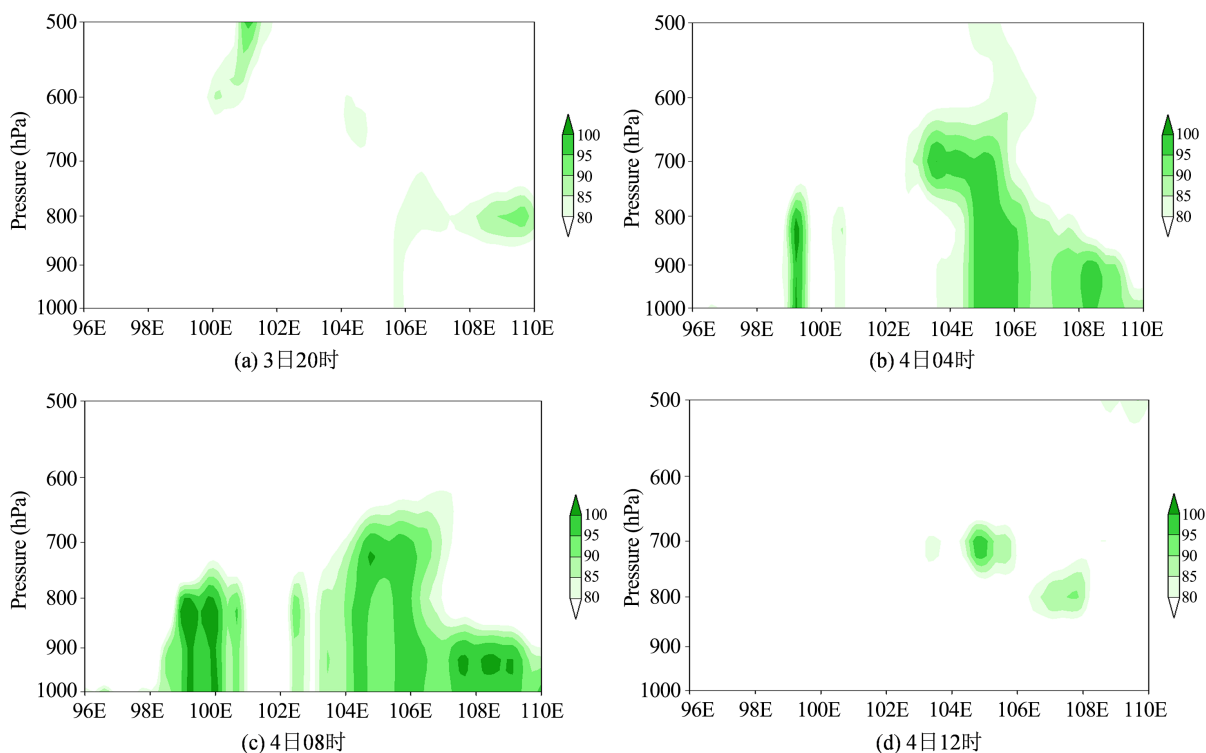


Figure 5. Vertical profile of relative humidity from 20:00 on March 3 to 12:00 on March 4, 2023 (along 26.3°N, unit: %)
图 5. 2023 年 3 月 3 日 20 时~4 日 12 时相对湿度垂直剖面图(沿 26.3°N, 单位: %)

近地面充足的水汽是形成辐射雾的重要条件之一。从相对湿度垂直剖面图可知, 2023 年 3 月 3 日 20

时, 如图 5(a)所示, 贵阳机场上空水汽条件较弱, 850 hpa 以下相对湿度小于 80%, 中高层较干, 起雾前期天空状况打开, 有利于夜间辐射降温。如图 5(b)所示, 4 日 04 时, 近地面相对湿度增加至 95% 以上, 随着辐射降温的加强, 近地面水汽凝结成水滴, 逐渐形成辐射雾。如图 5(c)所示, 4 日 08 时, 700 hpa 以下相对湿度仍为 95%, 此时正是浓雾期间。如图 5(d)所示, 4 日 12 时, 随着太阳短波辐射的增强, 近地面水汽含量减少, 相对湿度减弱, 700 hpa 以下相对湿度小于 80%。

5.2. 动力条件

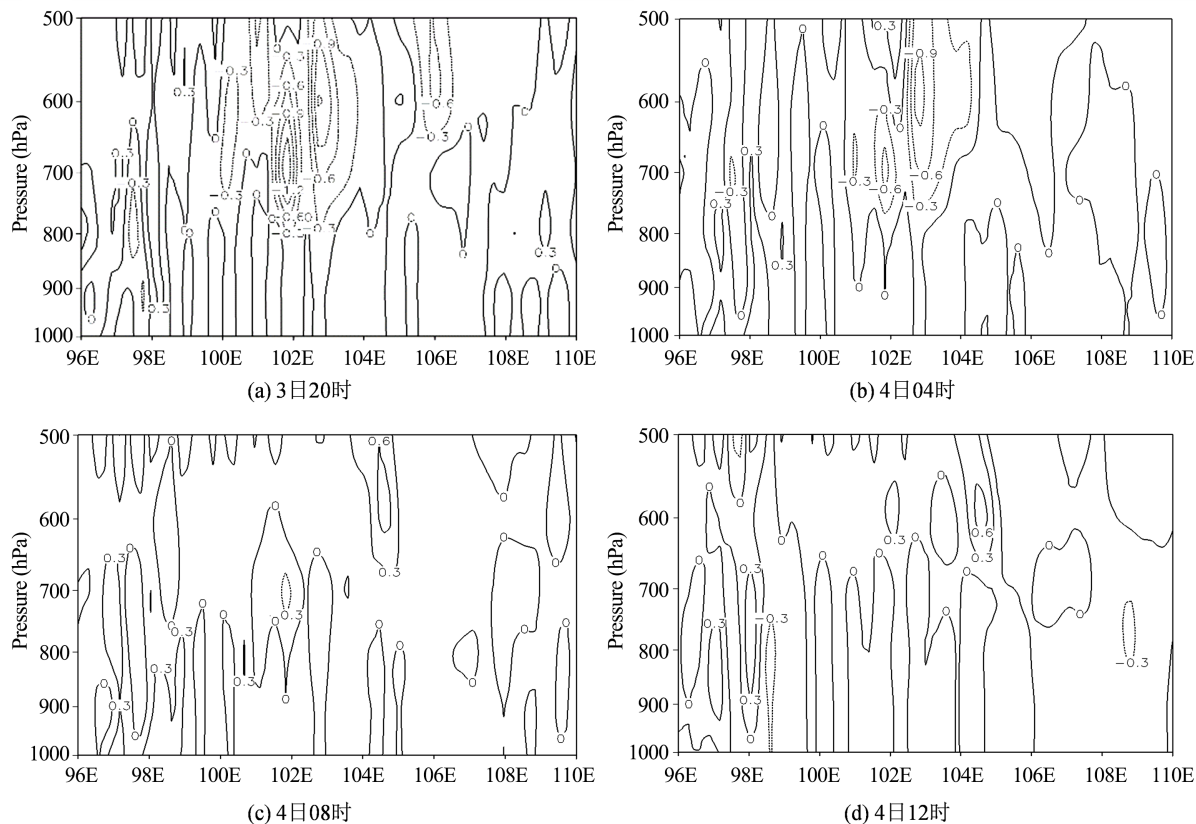


Figure 6. Vertical velocity profile from 20:00 on March 3 to 12:00 on March 4, 2023 (along 26.3°N, unit: hpa/s)

图 6. 2023 年 3 月 3 日 20 时~4 日 12 时垂直速度剖面图(沿 26.3°N, 单位: hpa/s)

分析垂直速度剖面图可知, 如图 6(a)所示, 贵阳机场上空 700 hpa 以上为弱的上升运动, 700 hpa 以下垂直速度趋近于 0, 中高层均为弱的下沉运动, 有利于低层大气稳定结构的维持。此后整层均转为弱的下沉运动, 有利于辐射雾的形成与维持。

5.3. 层结条件

2023 年 3 月 3 日 20 时, 如图 7(a)所示, 贵阳站探空图呈现出多层逆温结构, 逆温层的存在, 使大气层结处于稳定状态, 在辐射雾形成前期有利于低层水汽聚集。3 月 4 日 08 时, 如图 7(b)所示, 在辐射雾期间, 贵阳站上空逆温层的厚度和高度均下降, 温度露点差减小, 低层水汽更易达到饱和状态。日出后随着太阳短波辐射增强, 近地面空气温度上升, 湍流发展旺盛, 上下层气流交换增强, 逆温层逐渐被破坏, 低层水汽向高空扩散而含量减少, 辐射雾也逐渐消散。

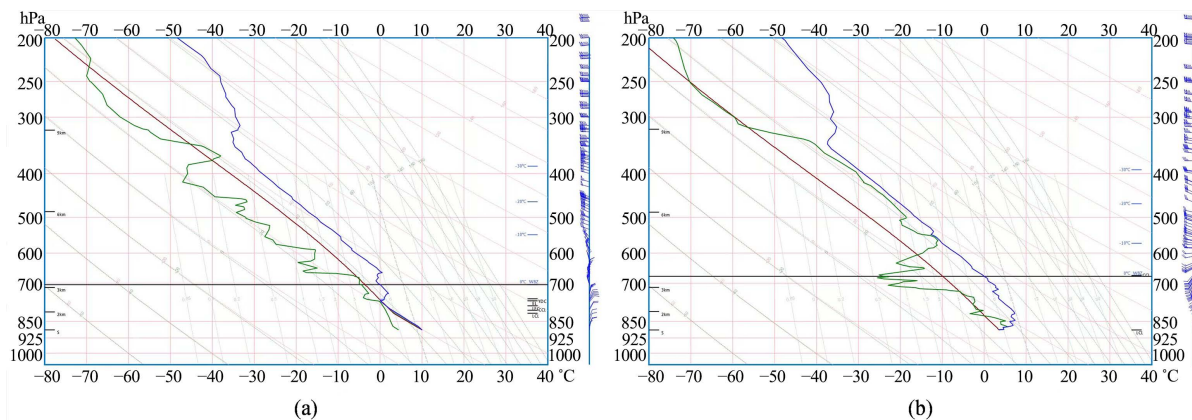


Figure 7. Sounding Map on March 3, 2023 at 20:00 and March 4 at 08:00

图 7. 2023 年 3 月 3 日 20 时及 3 月 4 日 08 时探空图

6. 结论

1) 此次天气过程为一次典型的辐射雾天气过程，其环流形势属于高压型，这样的大气环流形势为辐射雾的形成提供了良好的条件。

2) 适宜的风速有利于产生适度的垂直混合作用，而适度的垂直混合作用有利于辐射雾的生成。

3) 辐射冷却使近地面水汽达到饱和，同时逆温层的存在使低层水汽不易扩散，有利于辐射雾的形成与维持。

4) 日出后随着太阳短波辐射增强，近地面空气温度上升，逆温层逐渐被破坏，近地面水汽含量减少，辐射雾也逐渐消散。

参考文献

- [1] 郭荣芬, 鲁亚斌, 海云莎. 云南辐射雾的气候分布特征及天气成因[J]. 气象科技, 2008, 36(3): 281-288.
- [2] 岳炼, 段炼. 双流机场一次低能见度天气过程分析[J]. 高原山地气象研究, 2020, 40(3): 66-72.
- [3] 张礼春, 朱彬, 范晓青. 南京一次辐射雾过程的边界层特征[J]. 气象科技进展, 2014, 4(4): 65-68.
- [4] 钱玮, 宗晨, 袁成松, 等. 江苏地区夏季一次辐射雾的数值模拟及生消机理分析[J]. 气象科学, 2020, 40(2): 220-231.
- [5] 马学款, 蔡芎宁, 杨贵名, 等. 重庆市雾的天气特征分析及预报方法研究[J]. 气候与环境研究, 2007(6): 795-803.
- [6] 谢清霞, 唐延婧, 庞庆兵, 夏晓玲, 廖波. 贵州辐射雾的时空变化特征及其气象要素分析[J]. 气象与环境科学, 2016, 39(2): 119-125.