

基于微波辐射计资料对黄花机场两次大雾天气过程的对比分析

谢睿

民航湖南空管分局 长沙 410100

【摘要】利用YKW5(QFW-6000)型地基微波辐射计对黄花机场2023年4月7日与4月12日两次大雾天气过程进行对比分析,结果表明:1)逆温层的存在对辐射雾天气有一定的指示作用,但逆温层不是辐射雾生成的必要条件。2)高湿度层的变化对大雾的生消有一定指示作用,夜间低云的变化与大雾天气过程中主导能见度的变化有一定的联系,同时微波辐射计可考虑作为夜间观测云的辅助手段。3)液态水含量迅速增加的30分钟-50分钟后,大雾天气会随之形成,但液态水含量降低的时间晚于大雾消散的时间。

【关键词】微波辐射计,大雾,黄花机场

Based on the microwave radiometer data to the Huanghua airport twice Comparative analysis of the foggy weather process

Xie Rui

CAAC Hunan Air Traffic Control Branch Changsha 410100

【Abstract】YKW 5 (QFW-6000) foundation microwave radiometer is used to compare and analyze the two fog weather processes on April 7 and April 12,2023. The results show that: 1) the existence of the temperature inversion layer has a certain indicator effect on the radiation fog weather, but the temperature inversion layer is not a necessary condition for the formation of radiation fog.2) The change of high humidity layer has a certain indicator effect on the birth and elimination of fog. The change of low cloud at night is related to the change of leading visibility in the process of fog weather. At the same time, microwave radiometer can be considered as an auxiliary means of cloud observation at night.3) After 30 minutes to 50 minutes of the rapid increase of liquid water content, the fog will form accordingly, but the decrease of liquid water content is later than the fog dissipated.

【Key words】microwave radiometer, heavy fog, huanghua airport

1.引言

大雾天气作为影响机场航班正常运行的主要天气原因之一,始终是航空气象领域从业者关注的重点。据统计,长沙黄花机场大雾天气主要集中在春冬两个季节,大雾类型以辐射雾为主,鉴于民航湖南空管分局目前的技术手段尚不能实时、立体地监测大雾,导致大雾的预报仍是黄花机场航空气象服务的重点和难点。近年来,微波辐射计已经广泛应用于低云、雾等的研究^[1-5]。牟艳彬等^[1]利用微波辐射计数据研究发现,液态水含量的激增对应雾的加深。方莎莎等^[3]指出微波辐射计对气温的反演效果比对相对湿度的反演效果更好,对比同时次微波辐射计反演结果与探空数据,两者气温与相对湿度的相关系数分别为 0.96 和 0.72。为了提供更好的航空气象服务,民航湖南空管于 2022 年在黄花机场部署了 YKW5(QFW-6000)型地基微波辐射计,目前已投入试运行,为了提高预报准确率,结合微波辐射计资料分析黄花机场大雾天气过程十分迫切且必要,基于此,本文利用微

波辐射计数据对发生在 2023 年 4 月 7 日和 4 月 12 日的大雾天气过程进行了对比研究分析,评估微波辐射计在黄花机场持续监测大雾的能力,以及用于提高黄花机场大雾预报准确率的可行性。

2.资料与方法

本文数据包括:(1)黄花机场《中国民用航空地面气象观测簿》(例行);(2)黄花机场 YKW5(QFW-6000)型地基微波辐射计;(3)2023 年 1-4 月 Micaps 资料。

微波辐射计主要通过反演亮温数据得到温湿产品,辐射计数据密度高,连续性强,其产品主要包括温度廓线、湿度廓线、液态水路径(LWP)等,通过这些数据产品对天气进行监测与应用分析。

对黄花机场的天气纪要和 2023 年 1-4 月 Micaps 资料的分析后,筛选出两次大雾天气个例,利用黄花机场的辐射计温湿资料对其进行研究分析,得到雾天温湿情况的变化过

程以及预报指标。

3.环流形势

4月6日20时(本文均采用北京时间)500hPa夜间槽过境转脊控制,700、850hPa转高压控制,地面弱形势场,地表水汽充沛(图略),属于典型的辐射雾天气形势。

4月11日08时500hPa短波槽平直多波动,晚间短时弱脊控制,700hPa、850hPa切变线影响,地面受弱冷空气影响,11日白天受切变线影响本场为阴天间多云短时阵雨天气,夜晚切变线南压转为多云到晴的天气(图略),且地面温度较高,此天气形势下较难判断辐射雾是否生成。

4.天气过程

表 1 为这两次大雾天气的主导能见度演变过程,图 1

表 1 4月7日、4月12日大雾天气演变纪要

4月7日主导能见度演变过程:	
BR00:00-FG(600)06:29-(300)06:53-(400)08:47-(500)08:55-(800)09:20-BR(1200)09:30-(2000)09:35	
-10:50	PRFG03:25-06:29
4月12日主导能见度演变过程:	
BR00:00-(1400)02:34-FG(900)02:36-(300)02:39-(600)03:35-(900)03:38-BR(1700)03:47-(1100)05:48-	
FG(500)05:56-(300)06:09-(200)07:26-(300)07:55-(600)08:21-(800)08:23- BR(1200)08:34- FG(700)08:57	
-(500)09:12-BR(1000)09:19-(1600)09:25-11:33	

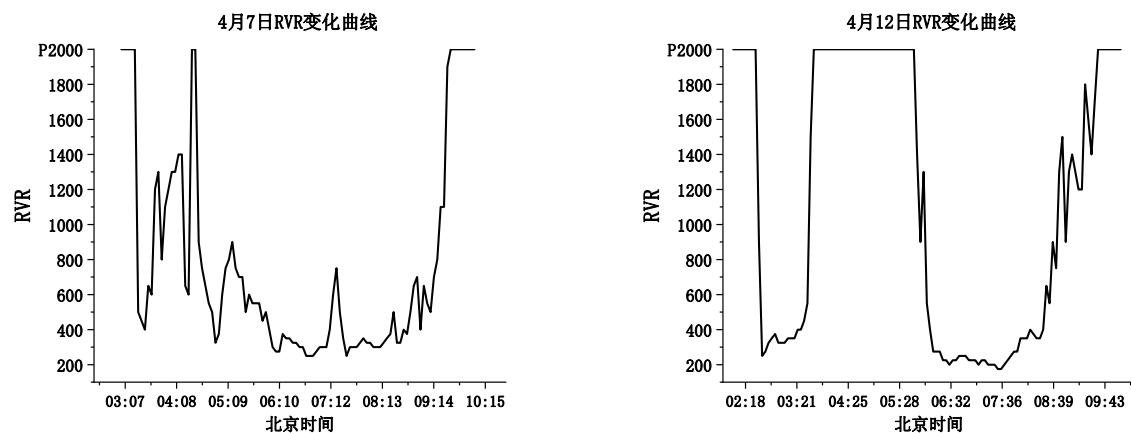


图 1 4月7日、4月12日大雾天气时机场跑道36L端RVR变化过程

5.要素分析

5.1 地面温湿度

图 2 为两次大雾过程中地面温湿度的变化曲线,在 4

为跑道 36L 端 RVR 演变过程。由表 1 与图 1 可知,4月7日在 03:25 黄花机场受部分雾 (PRFG) 影响导致 36L 端 RVR 下降至 550 米以下,在 03:25-06:29 期间,部分雾由南向北移动,使得 RVR 数值出现波动,其他端口 RVR 数值下降至 550 米以下(图略),最终发展成大雾,导致机场主导能见度下降至 1000 米以下,最低时主导能见度为 300 米,直到 09:30,大雾天气结束,主导能见度上升至 1000 米以上。

4月12日00:00-02:34主导能见度逐渐下降,在02:36时形成大雾,03:47主导能见度上升至1000米以上,在此期间主导能见度最低为300米,05:56主导能见度再次下降,于07:26下降至200米,08:23-08:34期间主导能见度短暂上升后开始第三次下降,直至09:19时刻,能见度稳定于1000米以上,大雾天气结束,在此期间RVR变化趋势与主导能见度趋同。

月7日夜間,地面相对湿度始终保持在98%以上。在00:31到00:53的短短22分钟内,地面温度从10.7℃急剧下降到8.7℃。此后,地面温度持续呈下降趋势,这为辐射雾的形成提供了有利条件。直到日出前后,地面温度开始回升,相

对湿度随之下降，导致大雾开始消散。

4月12日虽然夜间相对湿度较高，维持在97%以上，但由于夜间低云的影响，降温幅度较小，且最低温度仍在20.2℃以上，这种条件下，并不利于大雾的生成，然而在02:36时主导能见度便下降至900米，并且在大雾彻底消散前经历了两次较大的波动。

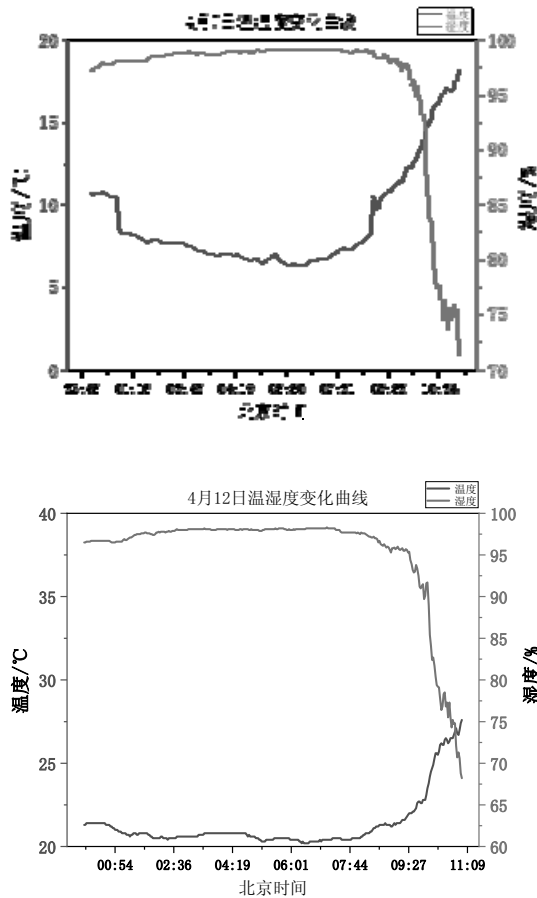


图2 4月7日、4月12日地面温湿度变化曲线

5.2 温度廓线

在微波辐射计产品中，温度廓线是反演产品，能够反映气温在垂直空间的分布及演变情况。图3为4月7日、4月12日温度廓线图。由图可知，4月7日01:00前后边界层逐渐由近等温层转变为逆温层，黄花机场于03:25开始出现部分雾，机场跑道由于部分雾遮蔽使得RVR数值下降到550米以下，随着逆温层逐变厚，逆温强度变大，部分雾继续发展直至覆盖整个机场，直到08:35，逆温层消失，主导能见度逐渐开始上升，在09:30前后达到1000米以上，大雾天气也随之结束。

由4月12日温度廓线图所示，整个大雾过程没有出现逆温层，由此可见，逆温层的存在对大雾天气有一定的指示

作用，但逆温层不是大雾生成的必要条件。

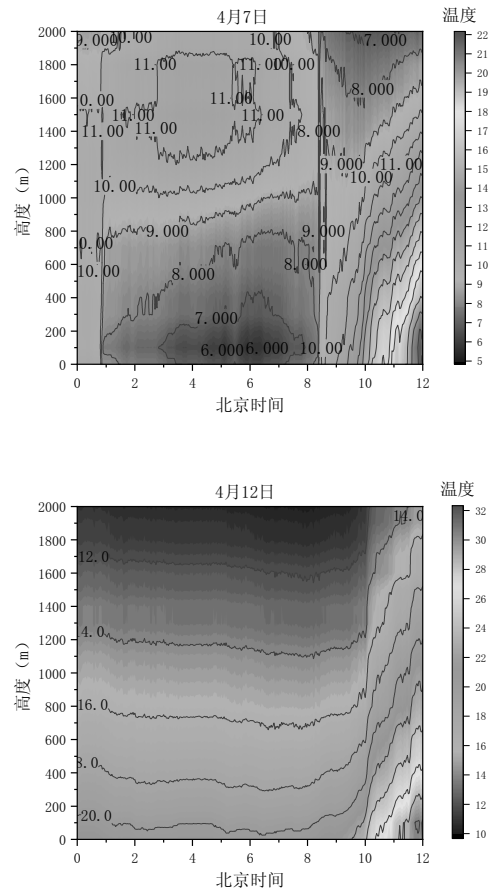


图3 4月7日、4月12日温度廓线图

5.3 相对湿度廓线

图4展示了4月7日、4月12日相对湿度廓线图，相对湿度廓线能够反映相对湿度在垂直空间的分布和演变情况。由图可知，4月7日凌晨近地面就已处于相对湿度 $\geq 98\%$ ，说明近地面水汽充足，在01:00前后，高湿度层（相对湿度大于等于80%）有增厚的趋势，从地面到800米左右的高度层，高度越高，增厚速度越快。在一定的时间后，高湿度层的厚度开始持续减小，高度越高，开始减小的时间更慢，但变化速度较底层更快。我们以相对湿度为80%的等值线变化为例，湿度层增厚的时间较出现部分雾的时间提前了近2小时25分钟，较大雾出现时间提前了5小时29分钟；湿度层减小的时间较大雾消散的时间提前了近1小时。

4月12日起雾期间，地面至100米左右高度的相对湿度一直维持在90%以上，期间能见度经历两次大幅度变化，但相对湿度无明显变化，直至09:26相对湿度开始下降，晚于大雾消散时间。00:00到08:20分在1600米-2000米高度相对湿度达到了90%，考虑存在低云，与当晚值班观

测员观察结果一致。由图可知，能见度好转的时间段基本处于云底较高的时间段内（03：00—04：00，08：20 之后），因此我们可以考虑将夜间低云的变化作为导致大雾天气过程中主导能见度变化的一个因素。

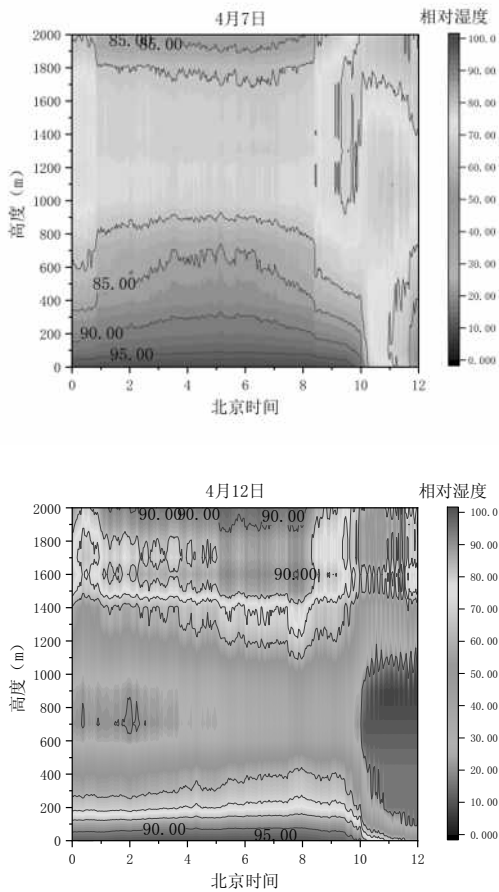


图4 4月7日、4月12日相对湿度廓线图

5.4 液态水路径

图5为4月7日、4月8日的液态水路径图，能够反映大气柱中的液态水含量。由图可知，4月7日03：31，液态水含量开始逐渐上升，此时黄花机场已出现部分雾，直到大雾发生前30分钟，液态水含量出现迅速的增长，但液态水含量的数值变化范围与大雾中能见度的关系并不确定。大雾在09：30消散，液态水含量的变化晚于大雾消散的时间，考虑为大雾抬升为低云，抬升初期低云量较多，导致液态水含量较高。根据当日观测记录得知，低云在10：00左右大幅度减少，与图中液态水含量变化趋势相符合。

4月12日00：00左右黄花机场被2个量180米的碎雨云、4个量630米的层积云以及8个量2100米的层积云覆盖。由于低云的存在，4月12日大雾过程的液态水含量数值为云和雾的叠加值，与4月7日液态水含量相比，数值较

大。根据当晚观测实况，在01：00时2100米以下的低云消失，且2100米的层积云减少到5个量，所以00：00—01：46之间的液态水含量变化考虑为低云的移动和消散导致。在01：56，液态水含量出现迅速的增长，较第一次大雾发生提前40分钟；05：06液态水含量第二次，主导能见度也随之下降，发生第二次大雾。6：46—7：22液态水含量的低值考虑为日出后低云消散导致，从能见度上看，此时大雾也处于日出后最浓的阶段，但由于机场上游地区大雾消散飘到本场的低云（液态水含量再次升高），阻碍了地面温度的上升，使得逐渐转好的能见度再次下降，导致大雾在09：19才得以消散，液态水含量变化同样晚于大雾消散的时间。

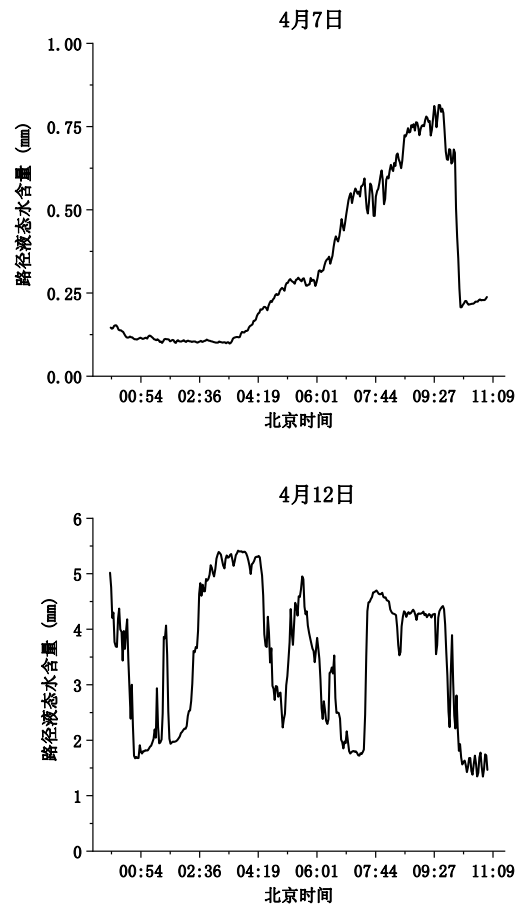


图5 4月7日、4月12日液态水路径图

6. 总结与讨论

1) 从天气形势和常规的地面温湿度要素来看，4月7日大雾为典型辐射雾，天气形势和地面温湿度要素变化有其明显特征；4月12日大雾为非典型的辐射雾，天气形势无明显特征，地面温湿度要素变化与大雾过程中能见度变化无

明显相关性。

2) 从温度廓线来看, 4月7日的大雾生消演变与逆温层具有一定联系, 逆温层的增厚和逆温强度的增加会使得大雾浓度增加, 逆温层被破坏大雾也随之消散; 而4月12日的大雾过程并无逆温层的生成, 因此我们可以认为逆温层的存在对辐射雾天气有一定的指示作用, 但逆温层不是辐射雾生成的必要条件。

3) 从相对湿度廓线来看, 4月7日大雾过程中高湿度层的变化对大雾的发生有指示作用; 4月12日大雾过程在地面湿度和高湿度层无明显变化时, 我们可以考虑将夜间低云的变化作为导致大雾天气过程中主导能见度变化的一个因素, 相对湿度廓线图能够反映相对湿度在垂直空间的分布和演变情况, 未来可考虑用于夜间云的观测的辅助手段。

4) 从液态水路径来看, 在液态水含量迅速增加的30分钟-50分钟后, 大雾天气会随之形成, 大雾抬升为低云后, 空中依然存在大量液态水, 故液态水含量降低的时间晚于大雾消散的时间, 同时液态水含量的变化对检测低云有一定的辅助作用。

5) 本文重在探讨微波辐射计在黄花机场持续检测大雾的表现, 微波辐射计在黄花机场尚属试验验证阶段, 分析讨论的个例数量有限, 所有的分析和结论有待于在今后的工作中进行不断的验证和修正。以期对黄花机场大雾的形成机制的研究更加深入。

参考文献

- [1] 牟艳彬, 宋静, 傅文伶等. HTG-4型微波辐射计的航空气象预报应用研究[J]. 高原山地气象研究, 2018, 38(01): 35-41.
- [2] 傅文伶. 基于HTG-4型微波辐射计的双流机场冬季天气过程分析[J]. 高原山地气象研究, 2022, 42(S1): 93-98.
- [3] 方莎莎, 陆鹏程, 廖可文等. 基于微波辐射计资料对武汉市冬季典型大雾个例的探测分析[J]. 气象与环境科学, 2020, 43(04): 81-87. DOI:10.16765/j.cnki.1673-7148.2020.04.011
- [4] 王春红, 王清平, 谭艳梅等. 微波辐射计资料在乌鲁木齐机场持续浓雾天气中的试验应用[J]. 气象科技进展, 2020, 10(04): 22-27.
- [5] 欧映瑜, 朱克云, 张杰等. 微波辐射计对昆明雾天的监测及应用[J]. 成都信息工程大学学报, 2018, 33(01): 54-61. DOI:10.16836/j.cnki.jcuit.2018.01.011