

2019年初春乌鲁木齐机场一次持续性浓雾天气分析

张天成, 王清平, 张 茜, 孙少明

民航新疆空中交通管理局, 新疆 乌鲁木齐
Email: 657712595@qq.com

收稿日期: 2021年5月30日; 录用日期: 2021年6月25日; 发布日期: 2021年7月2日

摘 要

利用常规观测、跑道自观系统、FNL $1^\circ \times 1^\circ$ 再分析、微波辐射计及FY4A卫星等资料, 分析2019年3月18日发生在乌鲁木齐国际机场的一次大雾天气, 发现: 1) 此次大雾发生于高空槽前的西风带配合地面冷高压底部的环流背景下, 前期的降水造成低层明显增湿, 配合稳定的层结, 为大雾的形成和维持提供有利条件; 2) 西北及偏北风有利于大雾维持, 东南及偏南风则相反; 3) 微波辐射计、卫星云图等探测资料对大雾生消预报具有一定的指导意义。

关键词

乌鲁木齐机场, 大雾, 逆温, 微波辐射计, 风云4A卫星云图

Analysis of a Continuous Fog at Urumqi Airport in Early Spring of 2019

Tiancheng Zhang, Qingping Wang, Qian Zhang, Shaoming Sun

Xinjiang ATMB.CAAC, Urumqi Xinjiang
Email: 657712595@qq.com

Received: May 30th, 2021; accepted: Jun. 25th, 2021; published: Jul. 2nd, 2021

Abstract

Using conventional observation, Automated Weather Observing System, FNL $1^\circ \times 1^\circ$ reanalysis, microwave radiometer and FY4A satellite data to analyze a continuous fog at Urumqi International Airport on March 18, 2019, it is found that: 1) The fog occurred under the circulation background of the westerly belt in front of the high altitude trough and at the bottom of the surface

文章引用: 张天成, 王清平, 张茜, 孙少明. 2019年初春乌鲁木齐机场一次持续性浓雾天气分析[J]. 气候变化研究快报, 2021, 10(4): 300-308. DOI: 10.12677/ccrl.2021.104036

high pressures. The precipitation in the early stage resulted in the obvious humidification of the lower layer, and the stable stratification provided favorable conditions for the formation and maintenance for fog; 2) The northwest and northerly winds are favorable for fog maintenance, while the southeast and southerly winds are opposite; 3) The data of microwave radiometer and satellite cloud image have certain guiding significance for the forecast of fog.

Keywords

Urumqi Airport, Fog, Temperature Inversion, Microwave Radiometer, FY4A Satellite Cloud Image

Copyright © 2021 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

大雾是常见的灾害性天气之一，对于民航运输会造成巨大的影响。雾是航空事故的最大诱因，大雾中飞行员看不清跑道，易使飞机偏离跑道或过早过晚接地，从航空史资料看，空难事故多数伴有雾天气，大雾会使航空港瘫痪。在目前还没有很好的手段消除大雾的前提下，能否提前预报大雾的生消，使航空工作人员做好应对的准备成为问题的关键[1]。

受特殊的地理位置和地形环境影响，乌鲁木齐机场的地方性天气特点显著，对航空活动影响最大的是冬半年的阴雾。阴雾天气特指在冬季新疆准噶尔盆地经常出现范围较大，时间较长的大雾弥漫或低云沉沉的天气，主要分布在准噶尔盆地，最多出现在准噶尔盆地中央及北疆沿天山一带的精河、乌苏、呼图壁、乌鲁木齐地区，对交通、军事、航空有很大的影响，是冬季乌鲁木齐机场危及航空安全，造成大量航班不正常的主要天气。乌鲁木齐机场冬季大雾常与准噶尔盆地阴雾天气相伴出现，维持时间短则数小时，长则 2~5 天，受日变化的影响，午后能见度较好，但常出现能见度时好时坏的反复现象，表现为有时雾抬升为层云，有时层云降至地面成雾，并伴有有很低的碎层云，严重影响飞行安全[2]。王春红[3]通过研究认为，大雾出现前的低槽降水为近地层提供了充足的水汽来源，高空冷槽和地面冷高压的快速移出，使沿天山一带很快处于稳定的均压场控制下，有利于大雾天气的发生。王清平等[4]通过研究 2015 年 1 月 14 日本机场的一次严重影响航班运行的大雾天气，发现乌鲁木齐以西的北疆沿天山一带均为大雾天气所覆盖，大雾天气的范围大，厚度厚，且大雾期间各站的温度日变化很小，湿空气长时间维持饱和状态，这是乌鲁木齐机场大雾长时间维持的主要原因。韩磊等[5]对影响乌鲁木齐机场运行的“持续双低大雾”的天气标准进行了定义，并认为局地风向与雾的生消维持有密切关联，偏北风有利于雾的出现和维持，东南风常使雾消散。

本文尝试使用 NCEP FNL 再分析资料、常规高空与地面资料、自动气象站、机场跑道自动观测系统 (AWOS)、乌鲁木齐市风廓线雷达、FY4A 卫星云图等资料，分析研究 2019 年 3 月 17~18 日发生在乌鲁木齐机场的一次对于运行有严重影响的大雾天气，以期提高大雾天气的监测与预报。

2. 天气实况及对运行的影响

2019 年 3 月 18 日，北疆沿天山一带乌苏至乌鲁木齐机场出现了长时间的、大范围的大雾天气，乌鲁木齐机场在 18 日 00:00~08:00、10:30~18:00 分别出现了能见度为 100~900 米、0~600 米的大雾天气。00:00~04:30 期间，25 方向的跑道视程低于一类标准，04:30~06:30、10:30~12:00 以及 15:30~17:00 期间，

25 方向的跑道视程均为一类以下二类以上。此次大雾天气造成出港航班共延误 86 班(延误长两小时以上 56 班), 备降 76 班, 返航 11 班, 取消 240 班, 给航班正常运行带来较大影响。

3. 环流形势分析

3 月 15 日, 500 hPa 形势场(图略)上, 中亚地区中低纬度呈“两脊一槽”的形势, 里海、咸海北部为槽区, 新疆地区为脊区所控制。16 日, 高空槽减弱并东移, 北疆大部受槽前的偏西及西北气流控制, 多短波活动。17 日 08 时, 高空槽继续东移, 并且由“南 - 北”向转为“东北 - 西南”向。至 17 日 20 时(图 1(a)), 高空槽尾部进入北疆北部。18 日 08 时(图 1(b)), 高空槽进入北疆地区, 主体东移至东疆, 打破了北疆地区的静稳结构。700 hPa 与 500 hPa 形势较为对应。对应的 850 hPa 图上, 伊犁河谷 - 沿天山一带为暖平流区, 温度为 8℃~12℃, 暖性特征明显。地面图上(图 2), 北疆大部一直处于冷高压控制之下, 850 hPa——地面形成了稳定的上暖下冷的层结, 有利于大雾的形成和维持。

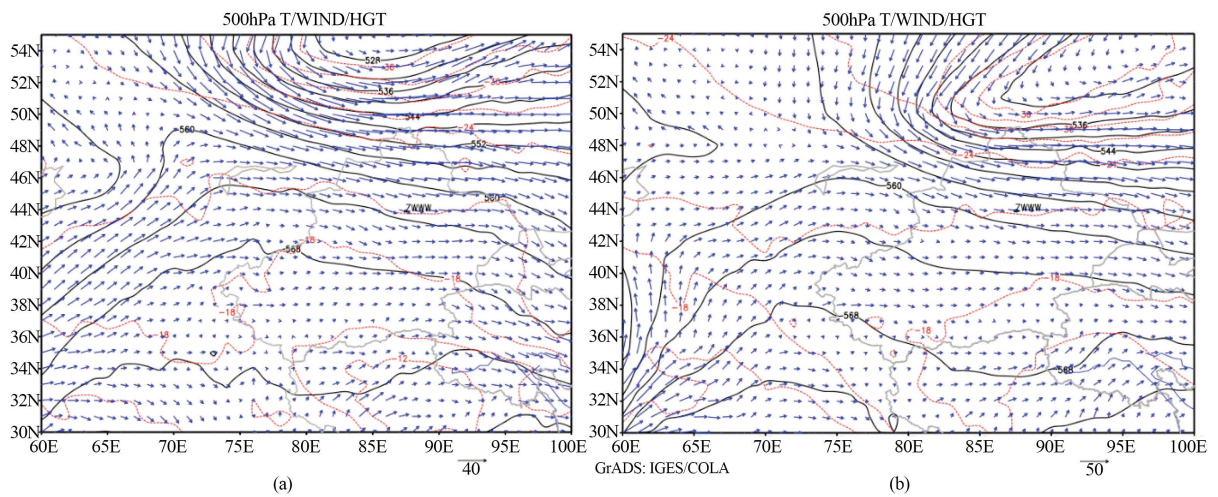


Figure 1. (a) 20:00 on March 17, 2019 and (b) 08:00 on March 18, 2019 500 hPa circulation charts

图 1. (a) 2019 年 3 月 17 日 20 时与(b) 3 月 18 日 08 时 500 hPa 环流形势图

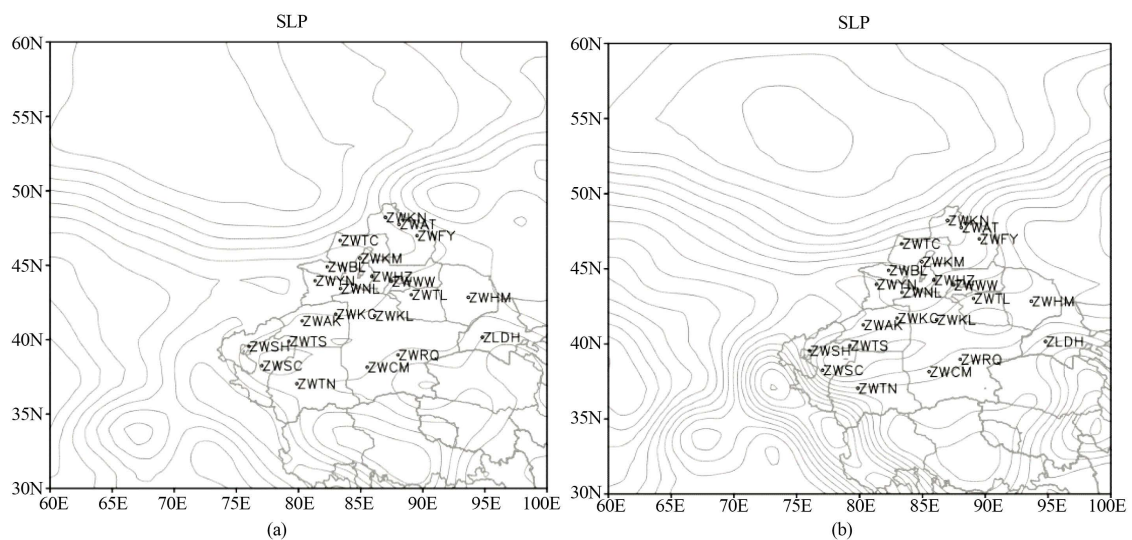


Figure 2. (a) 20:00 on March 17, 2019 and (b) 08:00 on March 18, 2019 surface pressures charts

图 2. (a) 2019 年 3 月 17 日 20 时与(b) 3 月 18 日 08 时地面压力图

4. 机场气象要素演变分析

机场跑道自动观测系统安装于机场两端，可以实时监测跑道附近温湿环境变化。本文利用跑道自动观测系统对跑道温湿条件进行分析。温度和相对湿度是判断大雾生消的主要气象要素。18日凌晨乌鲁木齐机场出现了4个时次的冻毛毛雨和小雪天气，使地面的湿度增加。从机场跑道自动观测系统观测到的数据可以看出，18日00时开始，乌鲁木齐机场的相对湿度就维持在95%以上，上午10:00过后，相对湿度一直为96%，有利于大雾的维持(图3)。18日00:00~05:00，乌鲁木齐机场25号跑道气温持续下降，相对湿度较大，因此这段时间内由于辐射降温，乌鲁木齐机场能见度在一类运行标准一下，短时低于二类运行标准。后面气温在逐步回升，升温幅度不大，保持在1℃左右，并且由于乌鲁木齐机场周边及上游自动站的能见度较差，因此乌鲁木齐机场的能见度在短暂好转后又再次转差。

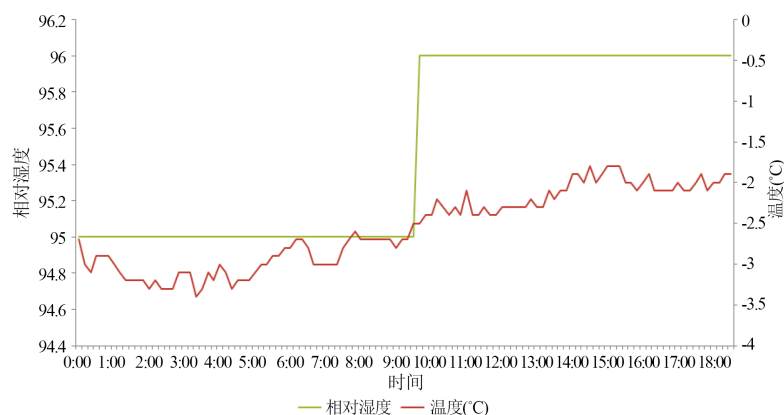


Figure 3. Variation trend of temperature and relative humidity on R25

图 3. 25 跑道温度与相对湿度变化趋势

3月18日出现两个时段的低能见度天气，分别是00:00~08:00，10:30~18:00。由图4，13:00~15:00乌鲁木齐机场25号跑道的RVR值都在一类以上，并且呈现一个上升的趋势，但是15:00~15:30期间RVR值迅速下降至一类以下二类以上，并且维持1.5小时，从图3上可以看出，在此期间，25号跑道温度在-2℃上下波动，相对湿度一直为96%，从图5可以看到，本场的风向在此期间为340°，风速2米/秒，是一个比较稳定的状态。

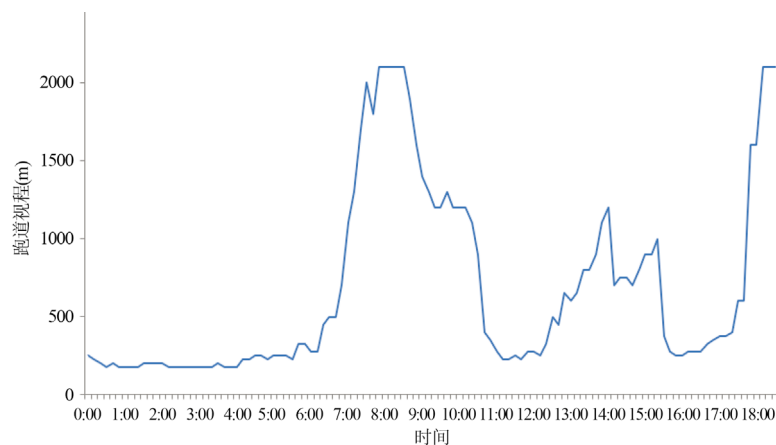


Figure 4. Variation trend of runway visual range on 18th

图 4. 18 日跑道视程变化趋势

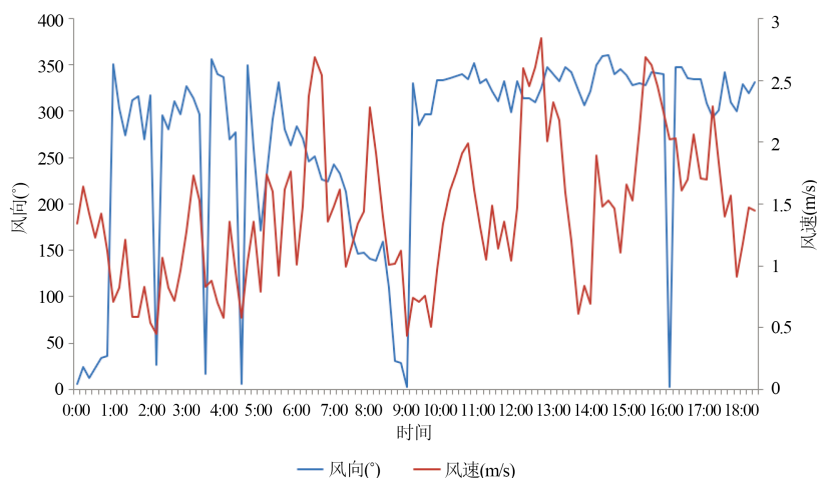


Figure 5. Variation trend of wind direction and speed on R25
图 5. 25 跑道风向与风速变化趋势

由图 5, 3 月 18 日 00:00~07:00、10:30~17:30 这两个时间段内, 25 跑道的风向以偏西北风和偏北风为主, 对应也是能见度最差的两个时段。25 跑道的风向转为偏南风, 对应能见度上升。

5. 大雾期间周边及上游自动站要素分析

本文采用乌鲁木齐、米泉、昌吉、蔡家湖、呼图壁、玛纳斯、乌兰乌苏、沙湾、石河子和乌苏这几个自动站的大雾期间能见度和各个气象要素进行分析(图 6(a)、图 6(b))。

17 日 23:29~18 日 08:00 乌鲁木齐机场冻雾, 乌鲁木齐以西的北疆沿天山一带能见度基本都在 1 公里以下; 乌鲁木齐市区的能见度从 4 公里及以上逐渐下降到 1 公里以下, 最差达到了 0 米。18 日 10:30~18:00 乌鲁木齐机场冻雾, 乌鲁木齐市区的能见度由好转差; 除米泉站的能见度较差以外, 乌鲁木齐机场周边其它几个站点的能见度均没有特别差, 基本都在 2 公里以上。18 日 00~08 时, 乌鲁木齐机场大雾期间, 除市区外, 机场上游的自动站均以偏西——偏西北风为主, 且风速基本都在 2 m/s 以下或为静风, 且风场是辐合的, 有利于大雾的维持。虽然 08:00~10:30 期间乌鲁木齐机场能见度短时好转, 但是上游自动站的能见度依旧比较差, 基本都在 2 公里以下, 并且从实况上可以看到, 本场从夜间至上午温度在 -2°C 和 -3°C 之间转换, 因此不考虑 10:30 开始的第二场雾为辐射雾。从实况报文中可以看到, 10:00 的时候本场的风向为 340° , 而此时上游的能见度除昌吉外都在 1 公里以下, 很大的可能是上游的大雾被吹到了本场, 导致本场再次出现了低能见度的情况。10:30~18:00 之间, 本场风向为 340° 或 VRB, 而周边几个自动站为偏北风或静风, 缺少打破大雾天气的动力条件。14:00 以后, 逆温层抬升至乌鲁木齐市的高度, 导致乌鲁木齐市区的能见度也开始变差。周边自动站在大雾期间各个气象要素的微弱变化, 是本场能见度在短暂好转以后再次变差的主要原因。

6. 微波辐射计在此次大雾天气过程中的应用

微波辐射计能够探测垂直方向上的温度和湿度场特征, 能较为细致的分析大雾期间的温湿层结构, 下文主要对微波辐射计产品进行分析。

6.1. 水汽条件分析

由综合水汽含量图(图 7)可以看出, 大雾期间, IWV 的数值范围为 $5\sim 15\text{ kg/m}^2$, 有缓慢上升的趋势, 直至大雾结束后 3~4 小时才开始急剧下降。

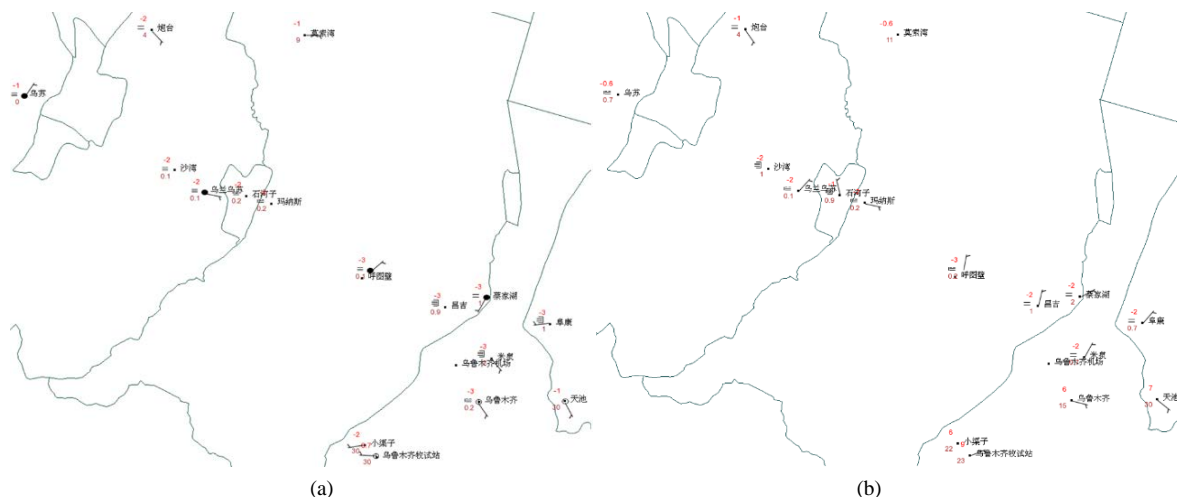


Figure 6. Live from Xinjiang Automatic Station at (a) 08:00 and (b) 12:00 on March 18, 2019
图 6. (a) 2019 年 3 月 18 日 08 时与 (b) 12 时新疆自动站实况

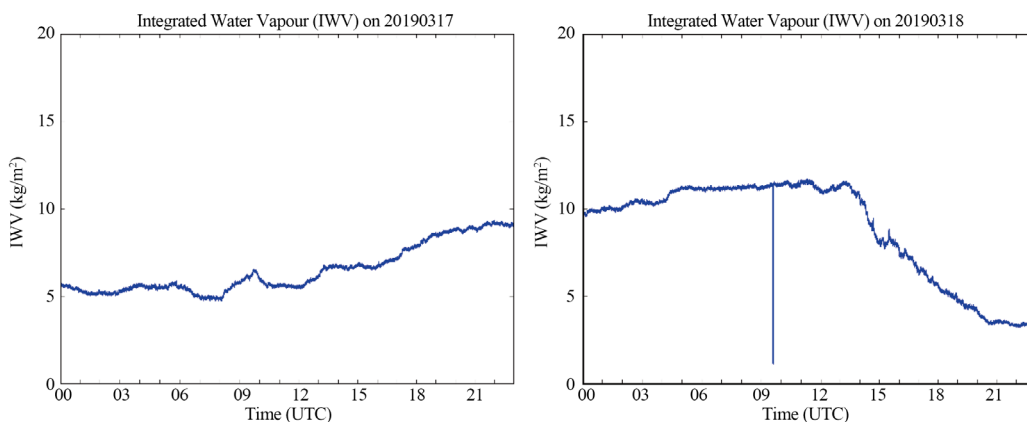


Figure 7. Comprehensive water vapor content chart
图 7. 综合水汽含量图

大雾出现时(18 日 00:00), 近地面相对湿度(图 8)明显开始增大, 在第一段大雾持续阶段(18 日 00:00~07:30) 300 米高度以下出现相对湿度为 90%~100%的湿区; 07:30~10:00 时大雾短时消散, 此时近地面相对湿度也有所减小至 90%; 第二段大雾期间(10:30~18:00), 1500 米以下相对湿度基本维持在 95%~100%。

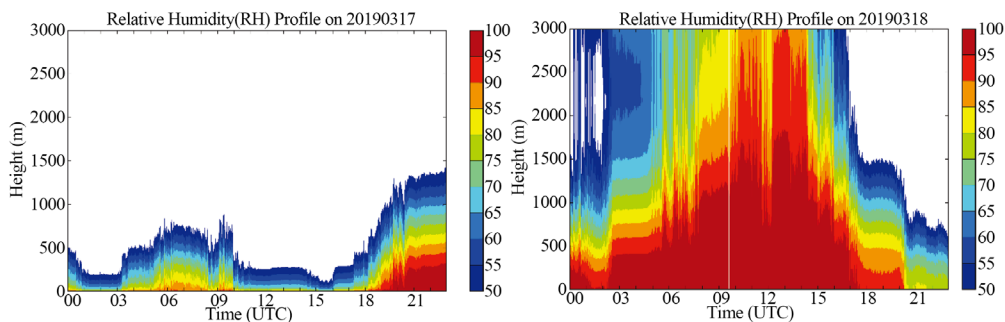


Figure 8. Relative humidity
图 8. 相对湿度

6.2. 层结条件分析

如图 9 所示, 大雾出现时, 逆温层顶降至最低, 位于 500 米, 温差达到最大, 为 12°C, 第一段大雾持续期间, 逆温层顶有所抬升, 高度为 1300 米, 温差为 6°C; 第二段大雾出现时, 逆温层顶下降至 500 米, 温差为 8°C; 大雾结束时, 500 至 1000 米高度温度降低, 500 米以下温度上升, 整层变为减温层。

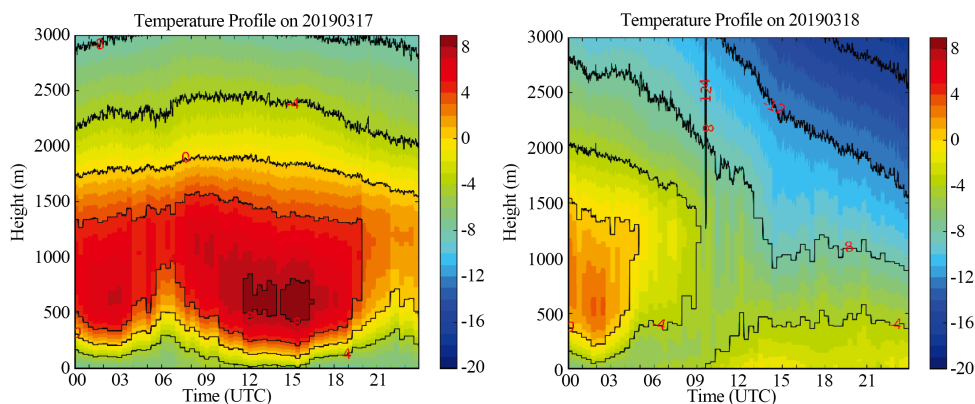


Figure 9. Temperature profile
图 9. 温度廓线

7. 卫星云图在此次大雾天气过程中的应用

各通道图像分析

第一阶段

进入三月以后, 北疆地表温度升温明显, 地面几乎无积雪, 因此卫星探测低云/雾效果更好。3月16日白天, 北疆沿天山一带主要为轻雾天气, 自动气象站能见度在 1~3 km, 温度-2°C~2°C, 夜间温度开始下降, 沿天山一带能见度略有下降。16日23时, 乌鲁木齐机场周边的米泉、昌吉、五家渠三站出现 1000 m 以下大雾。

3月17日大雾维持期间 10:30 卫星云图 Ch03 通道(图 10(a))上 J-W-S-Z-q 一带上空有色调较亮的低云雾, 低云反射率大约为 0.5~0.7, J-W-S 云顶不光滑, 有不均匀凸起, 说明雾顶上空有扰动云系, S-Z-q 一线云顶较为光滑均匀, 边界清晰, 地面自动气象站实况显示 S-Z-q 一线为 200~500 m 的浓雾, 而 J-W-S 能见度为 2~4 km 轻雾。Ch01、Ch02 通道图像(图略)差别不大, 但 Ch03 图像对比度稍高, 对地表监测效果更好, 更容易观察沿天山一带雾区, 其色调较 Ch01 更亮一点。Ch06 中波红外(图 10(b))图中 J-W-S-Z-q 一带雾区色调明显较周围亮, 轮廓很清晰, 但 J-W-S 色调较 S-Z-q 暗, 这是由于 J-W-S 一线雾区上空的中低层扰动云系中含有半径较大的雨滴粒子, 其反射率小于雾区的半径较小的雨滴粒子。Ch08 通道图像(图 10(c))中 Z-q 一线温度较高, 能表现出“黑云”特征, 且“黑云”轮廓与 Ch03 通道沿天山一带中东部轮廓一致, 云顶亮温在 270~300 K。Ch12 通道长波红外图(图 10(d))中北疆盆地雾区温度分布很不均匀, 这说明云顶温度差别较大, S-Z-q 温度相对较高, 约为 240~260 K, 而 J-W-S 温度最低达到 200~230 K, 这可反映出云顶高度不均匀, 与 Ch03、Ch06 通道反映出的雾顶之上有中低扰动云系较对应。随着 J-W-S 一带的中低扰动云系的移动, 北疆盆地雾区东部边缘开始向西消散, 边缘开始模糊, 而雾区西部无明显变化, 此时地面实况中 W-S 能见度上升至 1~2 km, 说明中高云带来了扰动, 使得地面静稳条件略有减弱。

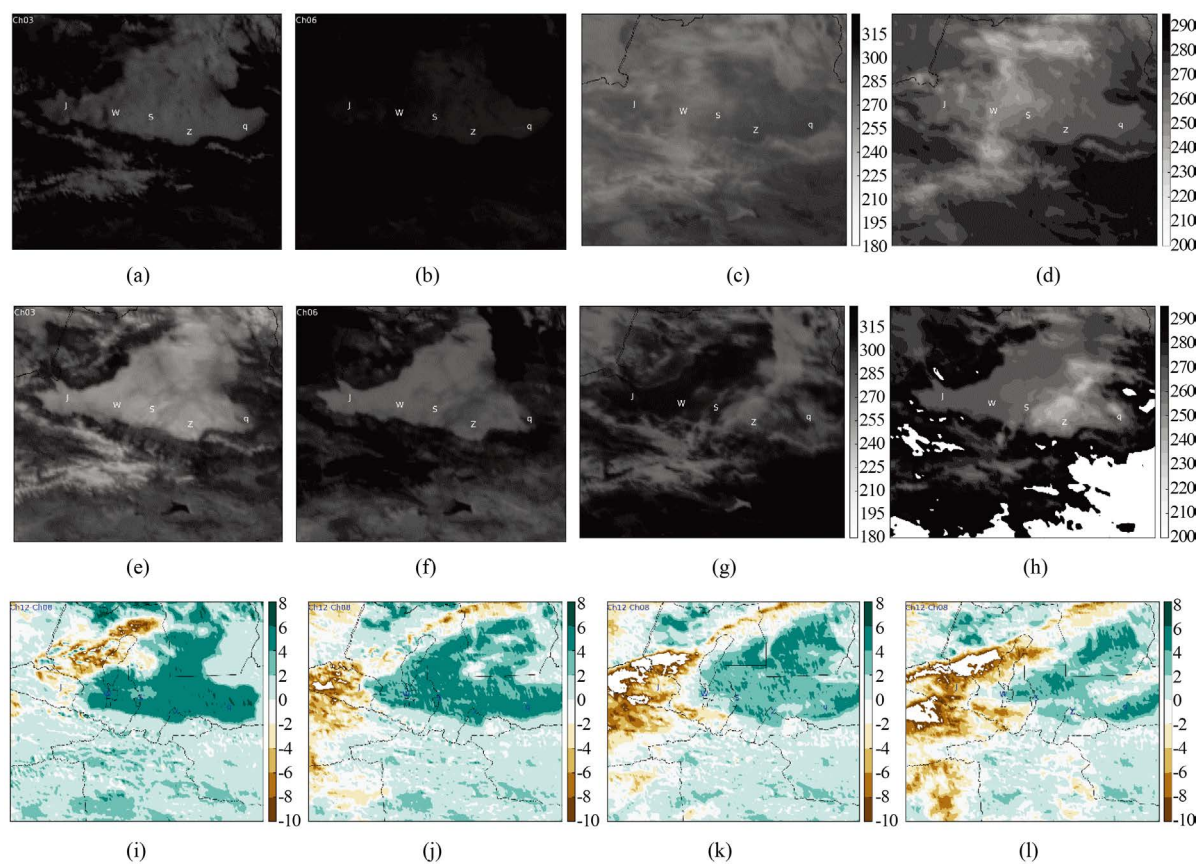
14:30 可见光 Ch03 通道(图 10(e))图像中 S-Z-q 一线色调较 S 以西地区亮且可清晰看出云顶不均匀的凸起, 盆地东部雾边缘进一步变得模糊, 而西部边界仍然很光滑, 云层厚度有所减小, Ch06 通道(图 10(f))

中盆地雾区轮廓仍然清晰可见，其反射率明显大于周围非雾区，但 S-Z 上空反照率相对雾区其余部分要暗，说明 Ch03 中显示的乌鲁木齐上空中高云的反射率较雾区的层云暗一些。Ch08 (图 10(g)) 中波红外图像中 J-W-S 由于雾区温度相对较高，显示为“黑云”，而 S-Z-q 区域色调呈灰白-白色，说明云顶相对较冷，且雾层相对较薄。而长波红外 Ch12 通道图像(图 10(h))显示与 Ch08 一致，说明此时石河子-乌鲁木齐上空有中高云扰动云系，对应地面实况中 S-Z-q 一线能见度均上升至 1~2 km。此后雾区范围维持缓慢减小，而 S-Z 一线受中高云影响，实况一致为轻雾，能见度 1~2 公里。乌鲁木齐机场第一阶段大雾结束。

第二阶段

3 月 18 日 00:00 开始，S-Z 一带轻雾再次转为大雾，个别站点出现 200~500 米浓雾。红外 Ch12-Ch08 图像 17 日 23:30 (图 10(i)) 开始北疆盆地雾区范围再次扩大，18 日 03:30 (图 10(j)) 雾区范围最大，地面实况中 W-S-Z-q 一线为 0~100 米特强浓雾。05:30 (图 10(k)) 开始高空波动云系进入新疆西部地区，并向东北移动。07:30 (图 10(l)) 雾区上空出现结构较为松散的波动云系，仅对 Z 及附近的阜康、天池站的大雾消散起到一定作用，W-S 一带大雾并大雾仍维持 100~200 m 特强浓雾。

14:30 云系大范围影响北疆地区，沿天山一带大部分站点浓雾消散转为轻雾，能见度 1~5 公里，可见光 Ch03 图像(图 10(m)) 沿天山一带呈“东-西”向云带，且反照率较强，可明显看出云层较厚，云顶出现纤维状卷云，反射率为 0.5~0.7。Ch06 短波红外图像(图 10(n)) 中沿天山一带出现反射率较亮“东-西”向云系，但范围较 17 日明显减小，主要集中在 S-Z 和 Z-q 一带，反射率约为 0.5~0.7。Ch08 中波红外图(图 10(o)) 中 Z 上空云系温度较低，呈灰色，“黑云”形状不明显。Ch12 长波红外通道(图 10(p)) 中沿天山一带云系色调较亮，Z 以东区域上空云顶温度 210~230 K，说明受中高云影响。随着冷空气主力进入新疆地区，沿天山一带大雾消散，乌鲁木齐机场大雾于 18:00 消散转为 1 km 以上的轻雾，此次大雾过程结束。



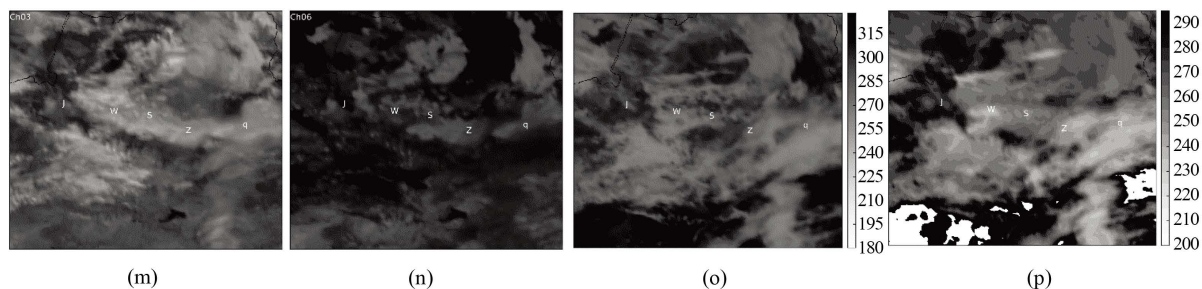


Figure 10. Fog on 17-18 March 2019, FY-4A satellite AGRI Cloud chart of each channel. (a)-(d) display 17th 10:30, (e)-(h) display 17th 14:30, (i)-(l) display 17th 23:30, 18 03:30, 05:30, 07:30; (m)-(p) display 18th 14:30. Figure “J”, “W”, “S”, “Z”, “q” represents Jinghe, Wusu, Shihezi, Urumqi airport, Qitai

图 10. 2019 年 3 月 17~18 日大雾天气, FY-4A 卫星 AGRI 各通道云图。(a)~(d)为 17 日 10:30; (e)~(h)为 17 日 14:30; (i)~(l)为 17 日 23:30、18 日 03:30、05:30、07:30; (m)~(p)为 18 日 14:30。图中“J”、“W”、“S”、“Z”、“q”分别为精河、乌苏、石河子、乌鲁木齐机场、奇台站

8. 结论

分析此次持续大雾天气过程, 得出以下结论:

1) 本次大雾天气的高空形势为北疆大部受槽前西风气流控制, 地面位于冷高压底部, 使近地层减温, 有利于逆温层的建立, 并且前期有降水, 使得低层水汽增湿。稳定的环流形势、上暖下冷的层结条件以及丰富的水汽, 为大雾的形成和维持提供了有利条件。

2) 此次大雾天气机场的能见度在上午短暂好转之后再次变差, 主要原因是前期有降水, 空气中水汽含量大, 呈饱和状态, 底层风场辐合, 并且上游自动站的能见度并没有好转, 乌鲁木齐机场也一直是西北风为主, 因此并不存在使大雾消散的有利条件。

3) 当乌鲁木齐机场转为西北风或偏北风时, 主导能见度较差; 而当风向转为东南风或偏南风后, 主导能见度逐步好转。

4) 此次大雾过程中, 微波辐射计、风云 4A 卫星云图等探测资料与实况匹配较好, 因此熟练运用新型探测资料对于预报大雾的生消具有一定的指导意义。

参考文献

- [1] 李秀莲, 陈克军, 王科, 等. 首都机场大雾的分类特征和统计分析[J]. 气象科技, 2008, 36(6): 717-723.
- [2] 乌鲁木齐地窝堡国际机场航空气候志. (内部资料)
- [3] 王春红. 乌鲁木齐国际机场 2009 年秋冬初雾天气的数值模拟分析[J]. 沙漠与绿洲气象, 2011, 5(5): 15-19.
- [4] 王清平, 朱蕾, 黄海波, 朱国栋. 乌鲁木齐国际机场一次高影响大雾的成因分析[J]. 沙漠与绿洲气象, 2017, 11(6): 46-51.
- [5] 韩磊, 王春红, 王勇, 等. 乌鲁木齐国际机场“持续双低大雾”天气特征分析[J]. 沙漠与绿洲气象, 2019, 13(5): 9-16.