

朱雯娜,王清平,王春红,等.微波辐射计在乌鲁木齐机场浓雾监测中的应用[J].沙漠与绿洲气象,2018,12(5):23—31.
doi: 10.12057/j.issn.1002-0799.2018.05.004

微波辐射计在乌鲁木齐机场浓雾监测中的应用

朱雯娜^{1,2},王清平²,王春红²,陈阳权²

(1.南京大学大气科学学院,江苏 南京210093;2.民航新疆空管局气象中心,新疆 乌鲁木齐830016)

摘要:选取2016—2017年乌鲁木齐机场冬季浓雾个例,根据浓雾出现时环流形势分为槽后—脊前和偏西气流弱短波两类,进一步分析微波辐射计监测气象要素变化,结果表明浓雾出现、持续、结束与气象要素变化紧密相关:90%浓雾个例出现在综合水汽含量持续下降阶段,浓雾出现前1 h综合水汽含量降幅0.1~1.5 kg/m²。浓雾出现前1 h近地面相对湿度增幅5%~15%,浓雾出现时近地面空气相对湿度出现90%以上的湿区,多数出现相对湿度为95%以上的湿区,并向垂直方向扩展、接地;近地面相对湿度为95%以上的湿区消失,主导能见度好转。浓雾出现前30~60 min近地面探空气温持续降温,同时出现贴地逆温层,500~1500 m高度探空气温增温出现更早;浓雾结束前形成脱地逆温层,近地面出现等温层或减温层;浓雾结束时近地面增温,或近地面等温层或减温层高度达到300 m以上。

关键词:浓雾;微波辐射计;相对湿度;探空气温

中图分类号:P407.7;P426.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-0799(2018)05-0023-09

低云、低能见度天气严重影响航班的正常运行,其中机场浓雾天气是造成大面积航班延误的首要原因,对于浓雾探测与监测,气象卫星资料对北疆沿天山一带阴雾^[1-2]天气的雾区分布与变化有一定的监测能力,但无法有效监测乌鲁木齐机场附近局地小范围的雾,且卫星资料时空分辨率相对偏低。乌鲁木齐机场的风廓线雷达,探测范围为3000 m以下,可提供边界层虚温资料,对于监测近地面风场以及温度层结与变化有一定的作用,特别是监测东南风层强弱变化对浓雾监测非常有帮助^[2-3],但是风廓线雷达0~200 m高度为其探测盲区。新疆区域内自动气象站对周边环境监测起到重要作用,但是站点空间分布较为稀疏,部分站点要素不全(如缺少能见度),资料获取的及时性也受限于传输条件有较大延迟。总之,就目前的探测监测能力而言,尚无法满足航空气象服务对浓雾天气的监测与预警需求。

微波辐射计通过被动遥感测量大气中氧气、水汽和液态水的多通道微波辐射强度,可获取高达10 km的大气温度、湿度和液态水含量廓线分布,分

钟级分辨率的数据可全天候实时监测天气过程的演变,有其独特优势和较高的应用价值。随着微波辐射计技术的不断进步,近些年来微波辐射计观测数据已经越来越多地应用于人工影响天气、强对流、雾、霾等研究及实际业务应用^[3-11]。微波辐射计在遥感监测雾的形成与发展过程方面更具优势,Guo等^[12]在中国华北一次持续性雾、霾天气的研究中发现,微波辐射计相对湿度廓线的变化可以反映辐射雾向平流雾的转化过程。赵金霞^[13]利用MP-3000A微波辐射计观测资料,对16次天津大雾典型个例的发生、维持及消散时近地层温湿结构特点进行了分析。

微波辐射计的探测优势在航空气象危险复杂天气监测与预报预警方面的应用前景也开始引起关注。2016年10月起,北京爱尔达电子设备有限公司的Airda-HTG3型微波辐射计开始在乌鲁木齐机场试用。本文选取2016—2017年乌鲁木齐机场冬季浓雾个例,分类总结微波辐射计监测探空气象要素的特点,对微波辐射计在乌鲁木齐机场冬季浓雾监测方面进行评估,也为乌鲁木齐机场浓雾预报预警提供支持。

收稿日期:2018-05-24;修回日期:2018-06-18

作者简介:朱雯娜(1983—),女,工程师,从事航空气象和数值模拟研究。Email: juju8343@163.com

1 资料与方法

使用2016年11月—2017年1月乌鲁木齐机

场 Airda-HTG3 型地基多通道微波辐射计资料,对流层温度垂直分辨率在 1000 m 以下为 100 m, 1000~2000 m 为 200 m, 2000~10 000 m 为 400 m; 对流层湿度垂直分辨率在 500 m 以下为 50 m, 500~2000 m 为 150 m, 2000~10 000 m 为 250 m; 共 14 个通道,时间间隔约 3 min,输出产品包括探空温度、相对湿度、绝对湿度、液态水等。另外还包括乌鲁木齐机场逐小时主导能见度、跑道视程、降水量资料和 NCEP 0.25°×0.25°的 FNL 分析资料。

2 浓雾个例选取与分类

按照《中华人民共和国国家标准-雾的预报等级》中的术语和定义,将雾的等级依据当时的能见度,划分为 5 个等级。而航空气象多使用主导能见度和跑道视程(Runway Visual Range,简称 RVR),主导能见度指观测到的超过机场四周一半或以上范围内所具有的能见度值,跑道视程指在跑道中线,航空器上的飞行员能看到跑道面上的标志或跑道边界灯或中线灯的距离。

本文借鉴国家标准,兼顾影响航空运行的天气标准,将所选个例标准确定为乌鲁木齐机场天气实况(Meteorological Aerodrome Report,简称 METAR/Special Meteorological Aerodrome Report,简称 SPECI)持续 2 h(含)以上出现主导能见度≤500 m,且跑道主降方向跑道视程≤550 m,所选出个例则称为“浓雾”。由此共选出 10 个浓雾个例,并根据浓雾出现时环流形势将浓雾个例分为两类:Ⅰ类为槽后脊前;Ⅱ类为偏西气流弱短波(表 1)。

2.1 Ⅰ类浓雾个例(6 例)

Ⅰ类浓雾个例(图 1),环流形势与《新疆短期天气预报指导手册》^[1]中对阴雾天气的暖脊型经典分类类似。其形势演变特点为浓雾天气出现前一天左右有一个低槽入侵北疆,造成一次降水天气过程,使低层增湿,在浓雾持续阶段,500 hPa 高空图上低槽已经经过乌鲁木齐东移至哈密附近,北疆地区处于槽后一脊前西北气流控制中,脊线在国境线附近,并配合有温度脊。地面图上,蒙古冷高压位置偏西,乌鲁木齐位于冷高压底部,易形成逆温,形势趋于稳定。雾区覆盖北疆沿天山一带,北疆沿天山一带相对湿度>80%,乌鲁木齐机场相对湿度 80%~85%。Ⅰ类浓雾个例在浓雾结束后主导能见度 1~2 h 以内上升至 1000 m 的个例占比 70%。

2.2 Ⅱ类浓雾个例(4 例)

Ⅱ类浓雾个例(图 2),环流形势与《新疆短期天

表 1 浓雾个例出现时间、持续时间和类型

编号	浓雾出现时间段(北京时间)	持续时间/h	类型
1	2016 年 11 月 28 日 06:00—11 月 28 日 08:30	2.5	Ⅰ类
2	2016 年 11 月 28 日 18:30—11 月 29 日 13:00	18.5	Ⅰ类
3	2016 年 12 月 2 日 08:30—12 月 2 日 11:30	3	Ⅰ类
4	2016 年 12 月 7 日 23:30—12 月 8 日 01:30	2	Ⅱ类
5	2016 年 12 月 9 日 06:00—12 月 9 日 10:30	4.5	Ⅱ类
6	2016 年 12 月 9 日 15:00—12 月 9 日 22:00	7	Ⅰ类
7	2016 年 12 月 12 日 05:00—12 月 12 日 14:30	9.5	Ⅱ类
8	2016 年 12 月 22 日 01:00—12 月 22 日 03:00	2	Ⅰ类
9	2016 年 12 月 31 日 22:30—2017 年 1 月 1 日 10:00	11.5	Ⅰ类
10	2017 年 1 月 2 日 05:30—1 月 2 日 08:00	2.5	Ⅱ类

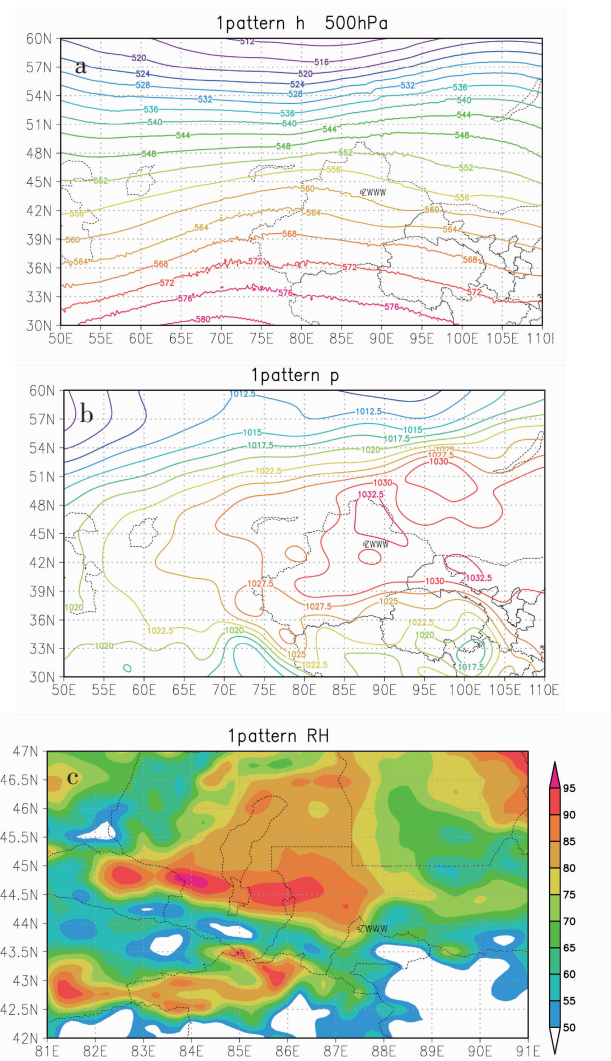


图 1 6 例浓雾个例合成分析 500 hPa 高空图(a)、地面图(b)和相对湿度图(c)

气预报指导手册》^[1]中对阴雾天气的槽前型经典分类类似。其形势演变特点为西风带上弱波动影响北

疆地区,为北疆北部或沿天山一带增湿(有时会在北疆北部西部,或者北疆沿天山一带出现微雪),却又不能彻底破坏北疆沿天山一带的稳定层结,使得波动过后,浓雾再次出现。500 hPa 高空图上低槽位于里咸海附近,北疆偏西偏北地区处于槽前西南气流控制,地面图上,乌鲁木齐处于带状高压底部,伊犁河谷有低压倒槽东伸。雾区覆盖北疆盆地大部,北疆盆地大部相对湿度>80%, 乌鲁木齐机场相对湿度80%~85%。Ⅱ类浓雾个例浓雾结束后仍然维持较低的主导能见度,主导能见度 500~1000 m 持续 4 h 以上的个例占比 75%。

3 个例分析

对上述浓雾个例,在浓雾出现和结束前后、维持阶段,微波辐射计监测到的综合水汽含量(垂直积分

水汽总量即大气整层水汽含量,单位为 kg/m^2)、绝对湿度、相对湿度、液态水、探空气温等变化进行深入分析,其要素变化值如表 2 所示。由此可得 10 个浓雾个例全部为冻雾,气温在 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下,浓雾持续期间主导风向为西北风或者风向不定,风速变化范围 $0\sim 3\text{ m/s}$,相对湿度 $\geq 85\%$ 。选取有代表性的三次浓雾个例进行详细描述,包括 2 个Ⅰ类浓雾个例(编号2、编号9),1 个Ⅱ类浓雾个例(编号7)。

表 2 微波辐射计观测的最大绝对湿度、最大逆温温差和人工观测的主导能见度、气温、风

编号	最小主导能见度/m	相对湿度/%	最大绝对湿度/(g/m^3)	最大逆温差/ $^{\circ}\text{C}$	气温/ $^{\circ}\text{C}$	主导风向/ $^{\circ}$	风速范围/(m/s)
1	100	90~91	4.2	4	-8.5~-9.6	西北风	0~1
2	100	89~91	3.6	14	-8.2~-10.5	风向不定	1~2
3	100	88	3.2	18	-11.9~-12.4	风向不定	1~2
4	100	96	6	9	-1.9~-2.2	风向不定	2~3
5	100	93~94	6	8	-4.9~-6	风向不定/西北风	1~2
6	100	95~96	5.8	6	-2.8~-3.9	风向不定	1~2
7	100	96	5.4	2	-2.9~-3.5	风向不定	0~2
8	30	88~89	3	11	-11.4~-13.1	风向不定	0~2
9	100	89~91	3.4	6	-9.4~-10.8	风向不定	0~2
10	30	85~87	3.2	19	-13.2~-16.9	风向不定/西北风	0~2

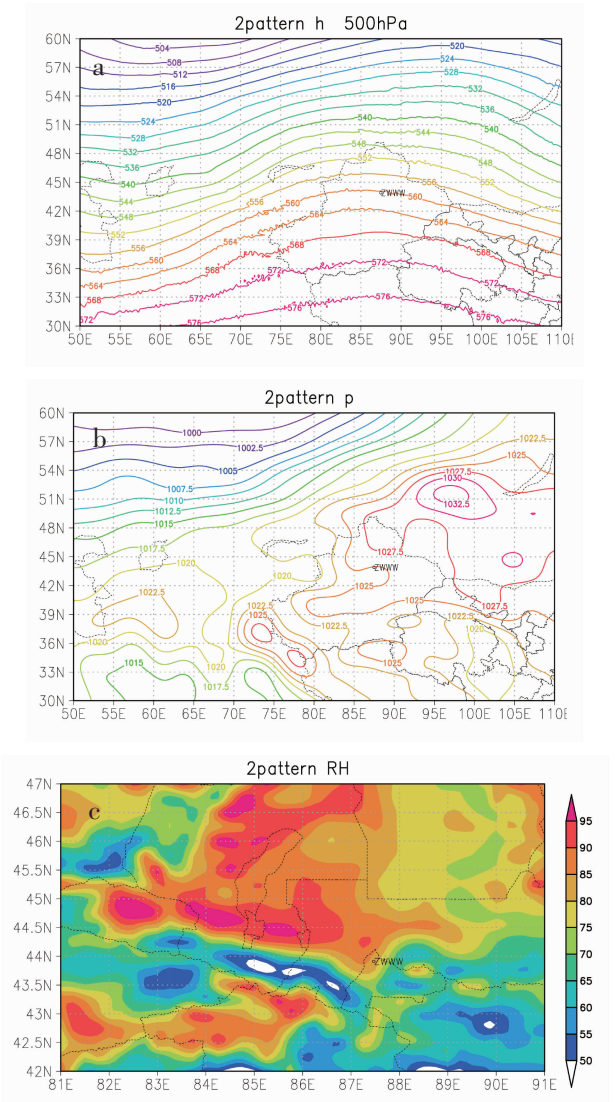


图 2 4 例浓雾个例合成分析 500 hPa 高空图(a)、地面图(b)和相对湿度(c)

3.1 2016 年 11 月 28 日—29 日(Ⅰ类浓雾)

乌鲁木齐机场 2016 年 11 月 28 日 18:00 (北京时间,下同)—29 日 13:00 出现浓雾,浓雾持续 18.5 h(图 3),主导能见度 100~250 m,跑道视程大多维持在 125~325 m,造成 311 架次航班延误、401 架次航班取消,29 日 11:45—30 日 20:50 小雪,过程降水量 0.3 mm。

在浓雾持续阶段 2016 年 11 月 28 日 20 时 500 hPa 高空图上低槽经过乌鲁木齐东移至甘肃省

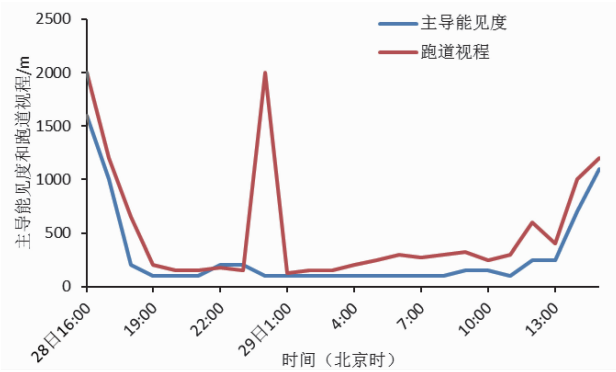


图 3 2016 年 11 月 28—29 日主导能见度和跑道视程

内,北疆地区处于槽后西北气流控制中,中亚至新疆西部为宽广的高压脊控制,形势趋于稳定。同时次地面图上,乌鲁木齐位于冷高压底部,有利于近地面降温,形成逆温(图4)。

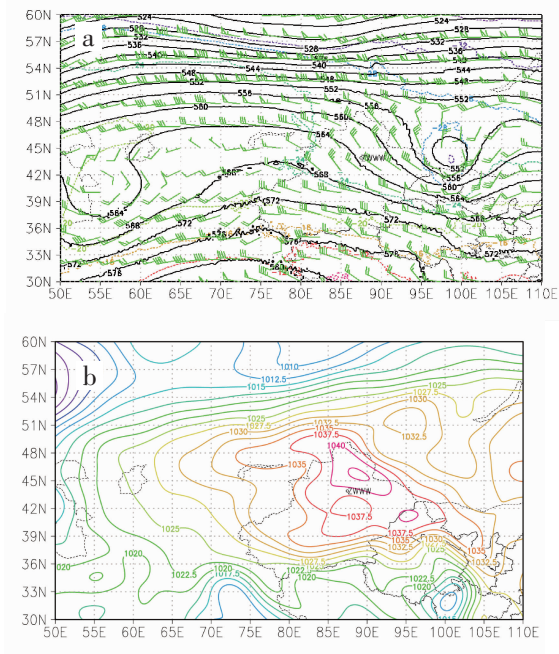


图4 2016年11月28日20时500 hPa
高空图(a)和地面图(b)

3.1.1 水汽条件分析

11月28—29日综合水汽含量持续缓慢减少,

浓雾出现时综合水汽含量为 6 kg/m^2 降至浓雾结束时 4.5 kg/m^2 。浓雾出现前近地面绝度湿度从 3.2 g/m^3 增至 3.6 g/m^3 ,浓雾持续阶段缓慢减少,至浓雾结束时降至 3.0 g/m^3 。

浓雾出现前(28日11:00)8000 m高度出现相对湿度50%以上的湿区,至浓雾出现(17:30)50%以上的湿区高度降至2000 m,随后下降至(22:00)1100 m并维持;浓雾出现前(16:00)近地面相对湿度不断增大,相对湿度(16:00)为75%的湿区,浓雾出现时(17:30),200 m高度出现相对湿度为90%~95%的湿区;浓雾持续阶段(23:30时)近地面高度125 m出现相对湿度为95%~100%的湿区,高度250 m相对湿度为90%~95%的湿区;浓雾结束时(13:40—14:40)近地面相对湿度短暂下降,近地面相对湿度为95%~100%湿区消失,随后近地面相对湿度为95%~100%湿区再次出现,整体变化不大,此时主导能见度大于1 km,伴随小雪(图5)。

浓雾属于冻雾时,液态水含量较少,即便探测到液态水,也不是雾层中的液态水。在此例中,浓雾出现前没有液态水,浓雾出现3 h后(28日20:30)出现液态水,逐渐增多,29日03:00达到峰值 120 g/m^2 ,而液态水廓线显示液态水存在于1800~2700 m,对应相对湿度小于50%区域,显然不是雾层中的液态水。

3.1.2 层结条件分析

由探空温度廓线(图6)可见,浓雾出现前(28日

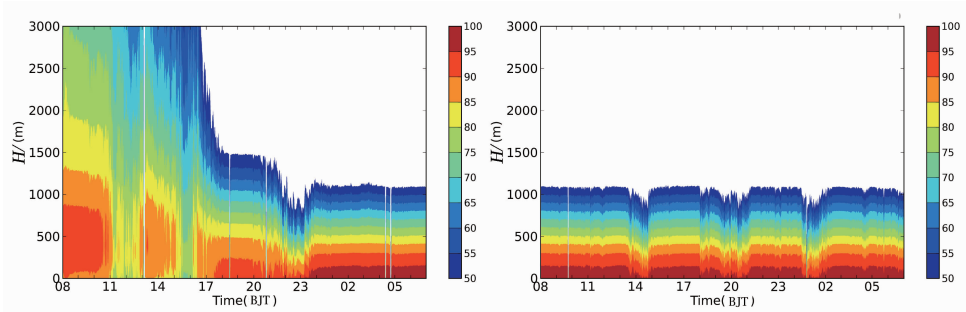


图5 2016年11月28—29日相对湿度廓线

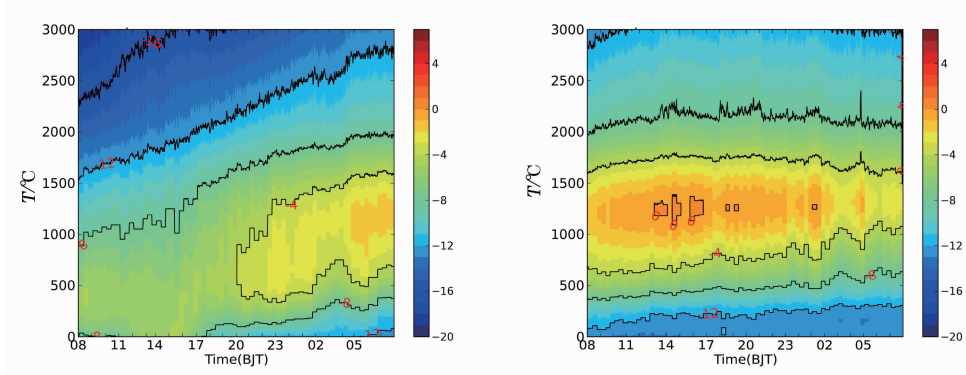


图6 2016年11月28—29日20:00时探空气温廓线

08:00)高度 5000 m 以下探空气温增温;17:00 起近地面探空气温持续降温出现贴地逆温,逆温层高度位于 250 m,逆温温差 2 °C,随后逆温逐渐加强,浓雾出现并持续;至 29 日 07:00,逆温层高度位于 1100 m,逆温温差 11 °C;08:00 近地面出现等温层,逆温层脱离地面形成脱地逆温;浓雾结束(13:40)等温层高度增至 320 m,脱地逆温层高度位于 1200 m,逆温温差 14 °C。

3.2 2016年12月31日—2017年1月1日(I类浓雾)

乌鲁木齐机场 2016 年 12 月 31 日 21 时—2017 年 1 月 1 日 10 时出现浓雾(图 7),主导能见度 100~300 m,RVR 大多维持在 225~450 m,造成 75 架

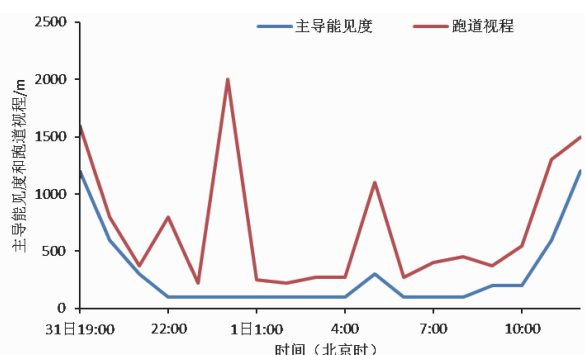


图 7 2016 年 12 月 31 日—2017 年 1 月 1 日主导能见度和跑道视程

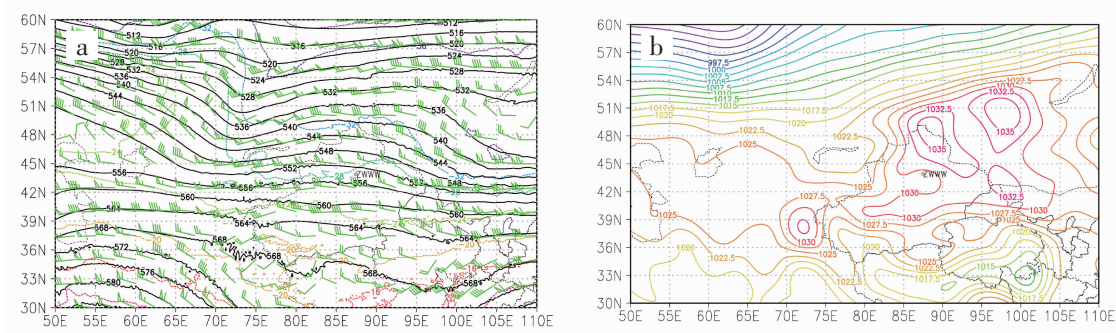


图 8 2017 年 1 月 1 日 02 时 500 hPa 高空图(a)和地面图(b)

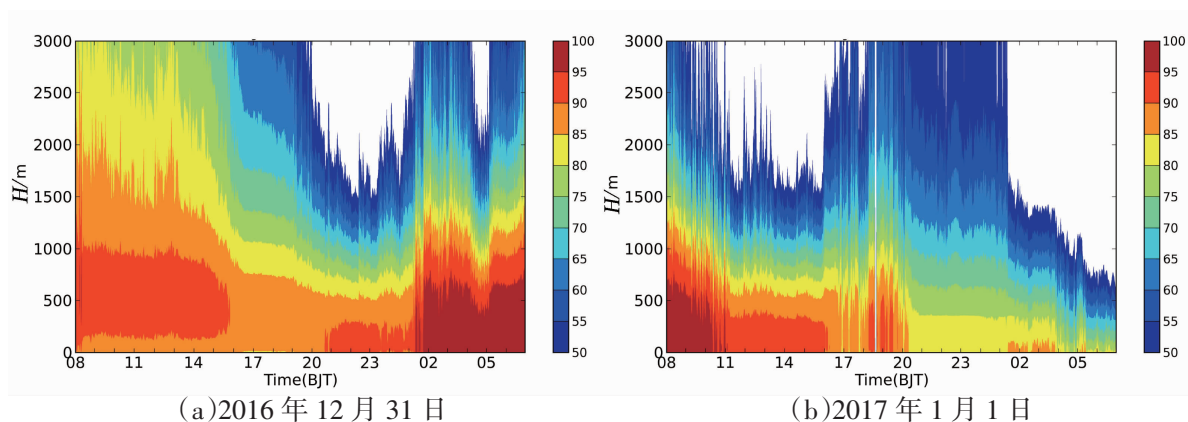


图 9 2016 年 12 月 31 日(a)—2017 年 1 月 1 日(b)相对湿度廓线

次航班延误,38 架次航班取消,1 日 02:40—12:50 伴随凝结飘雪,过程降水量 0.0 mm。

在浓雾持续阶段(图 8),2017 年 1 月 500 hPa 高空图上低槽经过乌鲁木齐东移至蒙古境内,北疆地区处于槽后浅脊控制,形势趋于稳定。同时次的地面图上,乌鲁木齐位于冷高压底部,有利于近地面降温,形成逆温。

3.2.1 水汽条件分析

浓雾出现阶段综合水汽含量呈现先增后减的趋势,变化范围在 5~6 kg/m³ 之间。浓雾出现前(1 日 19:00)近地面绝对湿度为 3.2 g/m³ 增至浓雾出现时(22:00)3.4 g/m³,浓雾持续阶段绝对湿度缓慢减少,至浓雾结束时绝对湿度降至 2.8 g/m³。

浓雾出现前(12 月 31 日 16:00)8000 m 高度出现相对湿度 50% 以上的湿区,至浓雾出现(21:00)50% 以上的湿区高度降至 2000 m;浓雾出现时近地面相对湿度明显增大,250 m 高度出现相对湿度为 90%~95% 的湿区;浓雾持续阶段(1 月 1 日 02:00)近地面高度 700 m 出现相对湿度为 95%~100% 的湿区,并维持;浓雾结束时近地面相对湿度为 95%~100% 的湿区消失,300 m 高度相对湿度为 90%~95% 的湿区(图 9)。

浓雾出现前没有液态水,浓雾出现后 40 min 出

现液态水并迅速增大,有数个波峰,最大峰值 250 g/m^2 ;07:00起液态水迅速减少,浓雾结束后(11:30)液态水消失。液态水廓线高度 $1300\sim 2100\text{ m}$,对应相对湿度 $<85\%$ 区域,同样不是雾层中的液态水。

3.2.2 层结条件分析

浓雾出现前(31日20:00)等温层高度位于 200 m ,探空气温为 $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$, 200 m 以上为减温层,随后近地面降温;21:00贴地逆温层建立浓雾出现,随后逆温层加厚抬升,22:00达到最强,逆温层高度位于 330 m ,逆温温差 $6\text{ }^{\circ}\text{C}$;02:00近地面出现减温层,减温层高度位于 300 m ,减温温差 $1\text{ }^{\circ}\text{C}$,高度 $300\sim 1000\text{ m}$ 为脱地逆温层;浓雾结束前,09:00近地面出现等温层 $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$,高度位于 400 m ,随后近地面缓慢升温, $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ (10:00)升至 $-9\text{ }^{\circ}\text{C}$ (17:00)(图10)。

3.3 2016年12月12日(Ⅱ类浓雾)

乌鲁木齐机场2016年12月12日05:00—14:30出现浓雾,主导能见度 $100\sim 200\text{ m}$ 。RVR大多维持在 $175\sim 550\text{ m}$,造成85架次航班延误、49架次航班取

消。

2016年12月9—12日乌鲁木齐冻雾和小雪多次交替出现,12日08时500 hPa图上低槽位于里咸海附近,北疆偏西偏北地区处于槽前西南气流控制之下。同时次地面图上,北疆处于蒙古冷高压底部,伊犁河谷有低压倒槽东伸(图11)。

3.3.1 水汽条件分析

浓雾持续期间综合水汽含量、绝对湿度持续降低,综合水汽含量从 10 kg/m^2 降至 8 kg/m^2 。绝对湿度从 5.8 g/m^3 降至 5.0 g/m^3 。

浓雾出现前(12日02:00—05:00)1000 m高度出现相对湿度为 $90\%\sim 95\%$ 的湿区, $200\sim 300\text{ m}$ 高度层出现 $95\%\sim 100\%$ 的湿区;浓雾出现时相对湿度为 $90\%\sim 95\%$ 的湿区高度骤升至 2000 m ,相对湿度为 $95\%\sim 100\%$ 的湿区接地,高度骤升至 1300 m ;浓雾持续阶段(06:30—10:20)相对湿度为 $90\%\sim 95\%$ 的湿区高度 1000 m 左右,相对湿度为 $95\%\sim 100\%$ 的湿区间断出现,11:30相对湿度为 $90\%\sim 95\%$ 的湿区高度 1200 m ,相对湿度为 $95\%\sim 100\%$ 的湿区高度 1500 m ;

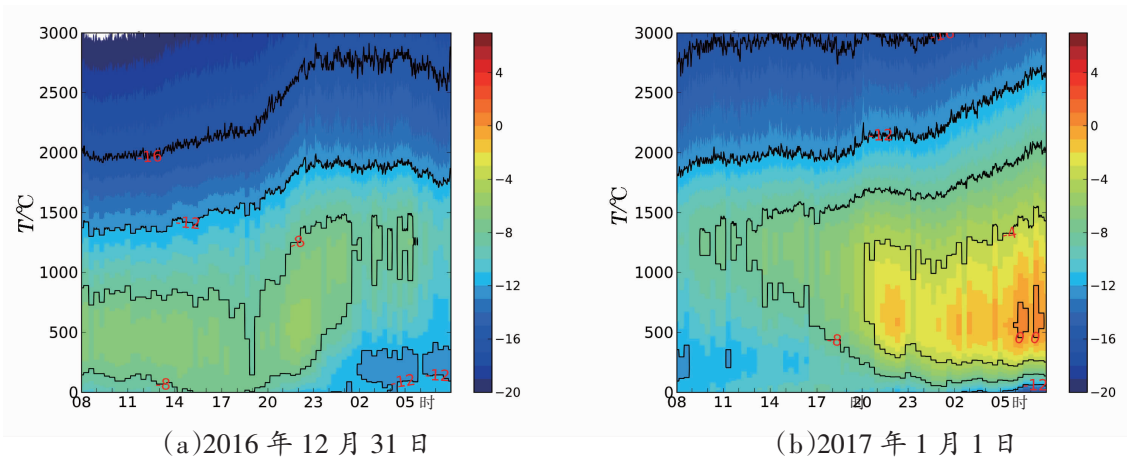


图10 2016年12月31日(a)—2017年1月1日(b)探空气温廓线

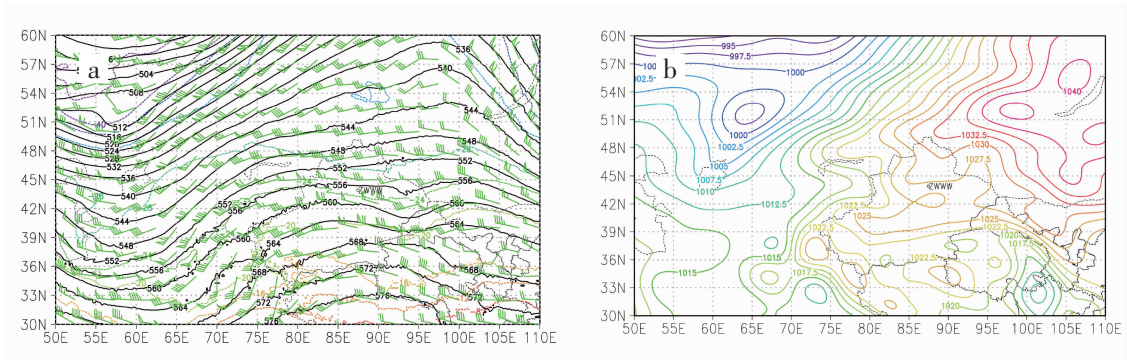


图11 2016年12月12日08时500 hPa高空图(a)和地面图(b)

浓雾结束时(14:30)相对湿度为 90%~95%的湿区下降至 800 m,相对湿度为 95%~100%的湿区高度下降至500 m(图 12)。

此例是唯一探测到雾层中的液态水,浓雾出现前(12日 02:40—04:10)没有液态水;04:10—05:30 冻雾出现液态水迅速增至 200 g/m^2 ,随后降低为 50 g/m^2 (08:00),11:30 时再次出现波峰,达到 300 g/m^2 ;浓雾结束时液态水在 $100\sim 200 \text{ g/m}^2$ 波动。12日 04:30—12日 11:00 液态水廓线浓雾持续,高度 500~1400 m,未接地。

3.3.2 层结条件分析

由探空气温廓线(图 13)可见,浓雾出现前(12日 03:00)近地面持续降温,形成贴地逆温,03:00 逆温层高度位于 300 m,逆温温差 2°C ;浓雾持续阶段逆温温差 1°C ;浓雾结束时减温层高度位于 200 m,减温温差 2°C ,脱地逆温层高度350~750 m。

3.4 不同类型浓雾个例对比分析

3.4.1 水汽条件

除了个例 9(I 类),浓雾均出现在综合水汽含量持续下降阶段,浓雾出现前 1 h 降幅 $0.1\sim 1.5 \text{ kg/m}^2$;综合水汽含量 II 类浓雾比 I 类浓雾略大, I 类浓

雾综合水汽含量 $4\sim 7 \text{ kg/m}^2$, II 类浓雾综合水汽含量 $8\sim 11 \text{ kg/m}^2$ 。绝对湿度从地面向上递减,集中在 1000 m 以下;浓雾存续期间近地面绝对湿度在 1 g/m^3 范围内小幅波动;近地面绝对湿度 II 类浓雾比 I 类浓雾略大, I 类浓雾绝对湿度多数为 $2\sim 4 \text{ g/m}^3$, II 类浓雾绝对湿度多数为 $5\sim 7 \text{ g/m}^3$ 。

相对湿度为 50%以上的湿区高度在 I 类浓雾出现前持续下降,4~6 h 之间高度从 5000 m 甚至更高,降至 2000 m 以下;浓雾出现前 1 h 近地面相对湿度增幅 5%~15%,近地面出现相对湿度为 90%以上的湿区,并在垂直方向扩展、接地,高度 1000 m 以下;如果近地面出现相对湿度为 95%以上的湿区,主导能见度多数小于 300 m;浓雾结束,近地面相对湿度下降 5%~15%。II 类浓雾出现前 1 h 近地面相对湿度增幅 5%~15%,近地面出现相对湿度为 95%以上的湿区,并在垂直方向扩展、接地,高度 500~1500 m,相对湿度为 90%以上的湿区高度超过 3500 m;浓雾结束时,相对湿度减少 5%左右。

虽然微波辐射计探测到的液态水和液态水廓线大多数并不是在雾层当中,但是也有其规律, I 类浓雾液态水与液态水廓线多伴随持续 3 h 以上浓雾出

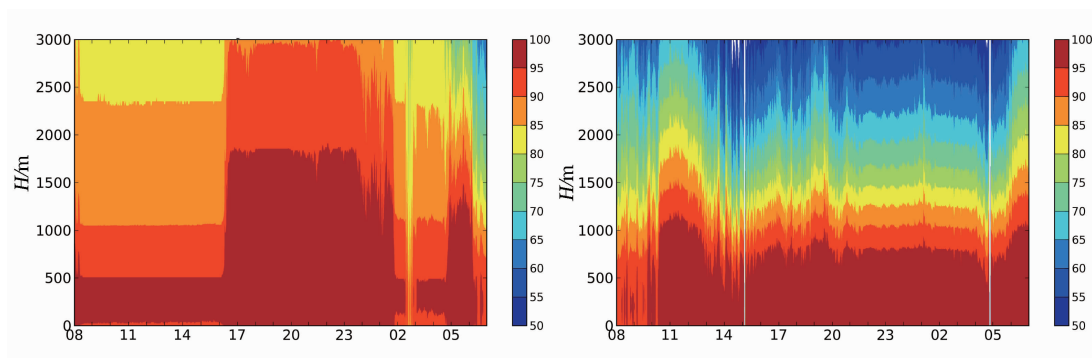


图 12 2016 年 12 月 11—12 日相对湿度廓线

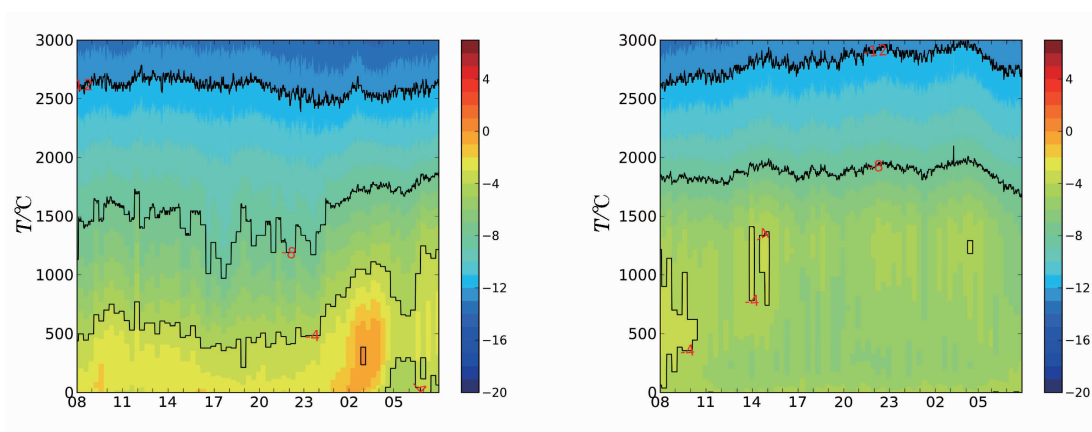


图 13 2016 年 12 月 11—12 日探空气温廓线

现,浓雾出现时或持续1 h之后出现,随后液态水迅速增大,最大值不超过 300 g/m^2 ;浓雾结束前1 h液态水明显下降,多数在浓雾结束时降至 0 g/m^2 ,高度 $1500\sim 3000\text{ m}$ 。Ⅱ类浓雾液态水与液态水廓线与浓雾同时出现或早于浓雾出现,随后液态水迅速增大,最大值达到 400 g/m^2 ;浓雾结束前1 h液态水明显下降,在浓雾结束时下降至 $100\sim 200\text{ g/m}^2$,高度 $500\sim 3000\text{ m}$;浓雾结束时多数液态水廓线高度下降并接地。

3.4.2 层结条件

近地面探空气温持续降温同时出现贴地逆温层 $30\sim 60\text{ min}$,Ⅰ类浓雾出现, $500\sim 1500\text{ m}$ 高度探空气温增温出现更早;浓雾持续阶段多数逆温层加强或维持,逆温层高度位于 400 m 左右,逆温温差 $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上,多数逆温层高度持续抬升,浓雾结束前形成脱地逆温;浓雾结束时近地面探空气温增温,或脱地逆温层高度抬升至 1000 m 左右,同时高度 300 m 或更高以下为等温层。与Ⅰ类浓雾相同,Ⅱ类浓雾近地面降温也是主导能见度转差的关键点;与Ⅰ类浓雾不同,Ⅱ类浓雾持续阶段逆温层高度抬升并略有减弱,浓雾结束前多数形成脱地逆温,近地面出现等温层或减温层,并且高度抬升至 500 m 或以上,浓雾结束。

4 结论

选取2016—2017年乌鲁木齐机场冬季10个浓雾个例,首先根据浓雾出现时环流形势将浓雾个例分为两类:Ⅰ类为槽后—脊前;Ⅱ类为偏西气流弱短波。其次通过分析机场实况得出浓雾个例全部为冻雾,气温在 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下,浓雾持续期间主导风向为西北风或者风向不定,风速变化范围 $0\sim 3\text{ m/s}$,相对湿度 $\geq 85\%$ 。最后通过分析浓雾个例总结出微波辐射计监测浓雾在出现、持续、结束等不同阶段的气象要素变化特点有:

(1)90%浓雾出现在综合水汽含量持续下降阶段,浓雾出现前1 h降幅 $0.1\sim 1.5\text{ kg/m}^2$ 。绝对湿度从地面向上递减,集中在 1000 m 以下,浓雾存续期间近地面绝对湿度在 1 g/m^3 范围内小幅波动。

(2)浓雾出现前1 h近地面相对湿度增幅 $5\%\sim 15\%$;浓雾出现时近地面空气相对湿度出现90%以上的湿区,多数出现相对湿度为95%以上的湿区,并向垂直方向扩展、接地;近地面相对湿度为95%以上的湿区消失,主导能见度好转。

(3)微波辐射计探测到的液态水和液态水廓线

大多数并不是在雾层当中。液态水出现即迅速增大,最大值可达 400 g/m^2 ,浓雾结束前1 h液态水明显下降。

(4)浓雾出现前 $30\sim 60\text{ min}$ 近地面探空气温持续降温,同时出现贴地逆温层, $500\sim 1500\text{ m}$ 高度增温出现更早;浓雾结束前形成脱地逆温层,近地面出现等温层或减温层;浓雾结束时近地面增温,或近地面等温层或减温层高度达到 300 m 以上。

因此利用微波辐射计探测资料可辅助乌鲁木齐机场冬季浓雾的监测和预警,并有助于预报员向相关部门提供更及时、准确的气象信息,保障航班正常运行。

参考文献:

- [1] 张家宝.新疆短期天气预报指导手册[M].乌鲁木齐:新疆人民出版社,1986:319-324.
- [2] 王清平,朱蕾,黄海波,等.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.
- [3] 李霞,王磊,任泉.乌鲁木齐风廓线雷达探测能力评估[J].沙漠与绿洲气象,2016,10(1):9-18.
- [4] 王黎俊,孙安平,刘彩红,等.地基微波辐射计探测在黄河上游人工增雨中的应用[J].气象,2007,33(11):28-33.
- [5] 崔雅琴,张佃国,龚佃利,等.新型探测仪器资料在短时强降水过程中的应用[J].气象科技,2016,44(6):876-881.
- [6] 王健,吕新生,赵克明,等.地基微波辐射计对乌鲁木齐暴雨天气过程的观测分析[J].沙漠与绿洲气象,2012,6(3):45-49.
- [7] 詹正杰,尹仔锋,乔林,等.一次华北气旋造成的北京特大暴雪天气过程分析[J].沙漠与绿洲气象,2014,8(5):10-15.
- [8] 黄治勇,徐桂荣,王晓芳,等.基于地基微波辐射计资料对咸宁两次冰雹天气的观测分析[J].气象科技,2014,40(2):216-222.
- [9] 魏东,孙继松,雷蕾,等.三种探空资料在各类强对流天气中的应用对比分析[J].气象,2011,37(4):412-422.
- [10] 刘建忠,张蕾,杨道侠.雾日期间边界层特性分析[J].干旱气象,2010,28(1):41-48.
- [11] 张佃国,王洪,崔雅琴,等.山东济南地区2015年大气边界层逆温特征[J].干旱气象,2017,35(1):43-50.
- [12] Guo L J,Guo X L,Fang C G,et al.Observation analysis on characteristics of formation, evolution and transition of a long-lasting severe fog and haze episode in North China [J].Science China Earth Sciences,2015,58(3):329-344.
- [13] 赵金霞,范苏丹,朱晓晶.微波辐射计资料在大雾预报预警中的应用[J].沙漠与绿洲气象,2015,9(3):31-35.

Application of Microwave Radiometer in Dense Fog Monitoring at Urumqi Airport

ZHU Wenna^{1,2}, WANG Qingping², WANG Chunhong², CHEN Yangquan²

(1.School of Atmospheric Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093, China; 2. Meteorological Center of
Xinjiang Air Traffic Management Bureau, Urumqi 830016, China)

Abstract In this paper, dense fog cases were selected from 2016 to 2017 in winter at Urumqi Airport. According to circulation situation, dense fog cases were divided into two types: the rear of trough and front of ridge, the west airflow and weak short wave. Further analysis of the change of meteorological elements monitored by microwave radiometer, showed that dense fog cases occurrence, persistence and ending is closely related to the change of meteorological elements: 90% dense fog cases appear in decline of comprehensive water vapor, and comprehensive water vapor decreases 0.1–1.5 kg/m² and relative humidity near ground increases 5%–15% by 1 h before dense fog appearance. When dense fog come, more than 90% wet area appears near ground, more than 95% wet area extends to vertical direction, more than 95% wet area disappears and visibility turns better. By 30–60 min before dense fog appearance, continuous decreasing temperature near ground and ground inversion appears, increasing temperature of 500–1500 m is earlier. Ground inversion layer is lifted before the end of dense fog, isothermal layer or temperature reduction layer appears near ground. At the end of dense fog, temperature near ground increases, or isothermal layer or temperature reduction layer reaches more than 300 m.

Key words dense fog; microwave radiometer; relative humidity; temperature