

乌鲁木齐近31年大雾天气气候特征分析

郑玉萍 李景林

(新疆乌鲁木齐市气象局, 830002)

提 要: 统计分析了1976—2006年乌鲁木齐大雾天气的气候特征, 乌鲁木齐大雾多出现在夜间, 持续时间以3小时之内为多。31年来年平均大雾日为29.5天, 一年中大雾主要出现在冬季11月至次年3月; 冬季大雾的持续时间最长。31年来大雾日随着年代的推移总体呈逐渐减少的趋势, 平均以1.9天/10年的速度减少, 1990年代大雾日明显偏少, 进入21世纪后大雾日又迅速增多。当气温为 $0\sim-10^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 $85\%\sim 95\%$ 、风速 $0\sim 3\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 、气压 $910\sim 925\text{hPa}$ 时, 出现大雾的频率最高; 冬季大雾天气出现在逆温层底部距地高度低、逆温层厚度大、强度强的低空温度层结条件中。

关键词: 大雾 气候特征 逆温层

A Study of the Climatic Characteristics of Heavy Fog In Urumqi in Recent 31 Years

Zheng Yuping Li Jinglin

(Urumqi Meteorological Office, Xinjiang, Urumqi 830002)

Abstract: The climatic characteristics of heavy fog in Urumqi in 1976—2006 were analyzed statistically. The results showed some features about heavy fog in Urumqi as follows: it mostly appeared in nighttime, the duration of most fog was within 3 hours. Over the past 31 years average fog days every year were 29.5d; it appeared from November in winter to March next year; the duration of heavy fog in winter was the longest. The fog days was decreasing gradually with the trend of collectivity in the past 31 years, its average decreasing rate was 1.9d/10a. The fog days decreased obviously in 1990's, but increased rapidly in twenty-first century. Fog occurred with the highest frequency when temperature, relative humidity, wind speed and air pressure were in $0\sim-10^{\circ}\text{C}$, $85\%\sim 95\%$, $0\sim 3\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ and $910\sim 925\text{hPa}$, respectively. The heavy fog in winter happened in the following conditions of atmospheric stratification, such as lower, thicker and stronger inversion layer.

Key Words: fog climatic characteristics inversion layer

基金项目:新疆气象局科研项目(200309)资助。

收稿日期:2007年12月3日; 修定稿日期:2008年3月21日

引言

大雾是比较常见的危害天气之一,近年已成为高影响天气气候事件^[1-2]。大雾是造成低能见度的主要天气现象,随着航空事业和高速公路的发展,大雾对交通运输安全的影响日益成为重要灾害^[3];随着城市的快速发展,乌鲁木齐的大气污染日益严重^[4],而重污染天气形成的因素之一就是大雾^[5],冬季大雾天气伴随的重污染日时有发生,对人们生活造成很大危害。研究大雾天气的气候特征及影响因子对预报、预防大雾天气意义重大,常军等^[2]研究认为:气候变暖,大气污染严重,能见度下降是河南省大雾日数呈增加趋势的一个主要因素;康志明等^[6]对华北平原持续大雾天气研究认为:雾层内无逆温,雾层以上有明显的逆温层,其高度和强度影响大雾的形成和状况,大雾边界层中存在着水汽饱和层,向上湿度快速递减;毛冬艳等^[7]提出:在大雾的日常预报中除了考虑大尺度环流背景和影响系统外,更要密切关注数值模式对当地温、湿、风等要素的预报,同时结合不同要素条件下大雾发生的概率分布;向波等^[8]认为:城市热岛效应可能是造成重庆主城区大雾日数减少的重要原因之一。乌鲁木齐地形复杂、冬季逆温强^[9],大雾天气的气候特征及气象条件与国内其他地区相比有较大的区别,本文通过对1976—2006年的气象资料进行统计分析乌鲁木齐大雾的气候特征及大雾日的气象要素特征,为预报防治大雾天气造成的危害、改善生存环境提供科学依据和基础信息。

1 资料及处理方法

资料来自乌鲁木齐市气象站1976—2006年的地面观测资料和2000—2006年的

探空资料。

大雾即空中浮游的大量微小的水滴且常呈乳白色,能见度 $<1.0\text{km}$ 的天气现象^[10]。大雾日统计:以20时为日界,一日内只要有一次或以上大雾记录就统计为一个雾日,对跨越20时的大雾按两个雾日统计。大雾持续时间统计:一日中当大雾的间隔时间在4小时以内时,按一场大雾统计,持续时间累计;当一日中大雾的间隔时间在4小时以上时,就定义为另一场大雾;将跨越20时的同一场大雾作为一次连续大雾的过程处理。大雾逐时出现频率统计:将逐日大雾出现的具体时段以分钟数为单位换算成 $24\text{h}\times 60\text{min}$ 序列进行统计^[11],得出31年来24小时每分钟出现大雾的累积次数,与31年大雾出现的总次数相比得到一日之中每个时次大雾的出现频率。同时每个时次大雾的生成和消散频率根据大雾的起止时间分别统计。

2 大雾的气候特征分析

2.1 大雾的日变化规律

乌鲁木齐大雾有明显的日变化(图1),以夜间大雾为多。多在傍晚日落生成,日出后逐渐消散。从18时开始到翌日10时是大雾出现频率较高的时段,其中深夜2时至早晨9时出现频率均最高,31年平均为25.3%;白天11时至17时出现大雾的频率相对较低。从31年的资料分析大雾的生消,一天之中24小时都有大雾生成和消散。大雾生成多数集中在夜间23时至次日10时,占总数的60%,其中大雾生成频率最高的时间是在深夜0时和早晨8至9时,出现频率分别为6.1%和6.9%;下午18时生成大雾的几率也较高,出现频率为5.1%。一日之中大雾消散的频率最高时段出现在早晨日出后9时至11时,发生频率为6.8%~8.0%。

乌鲁木齐冬季地面有稳定积雪,湿度大,

风速小,在晴朗的夜间至早晨这一时段,近地面辐射降温幅度较大,加强了低空逆温的强度,使之稳定而深厚,极易形成辐射雾,并维持;日出后随着近地层气温上升,雾滴气化。同时,低空逆温层逐渐被破坏,大雾也随之消散。

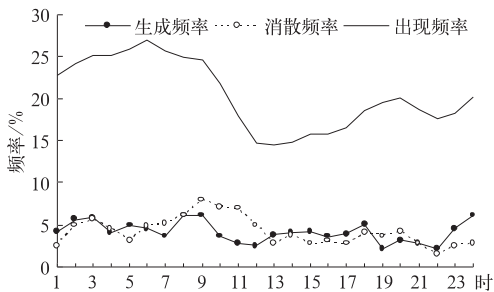


图1 乌鲁木齐大雾的日变化图

由表1可见,大雾的维持时间以0~3小时为多,占总数的50.6%;3~6小时占22.8%;6~12小时占16.9%;12~24小时的大雾占6.9%;持续24小时以上的特长大雾占2.8%。31年中大雾持续时间最长的一次过程出现在1977年,从11月28日17时30分起大雾至12月3日16时结束,长达112小时之多;持续时间最短的大雾仅为5分钟,出现在1983年11月26日。

表1 大雾持续时间统计表

持续时间(小时)	0~3	3~6	6~12	12~24	>24	合计
次数(次)	452	204	151	62	25	894
频率(%)	50.6	22.8	16.9	6.9	2.8	100

2.2 大雾的年变化规律

乌鲁木齐31年来年平均大雾日为29.5天,以地方性阴雾和辐射雾为主,具有明显的年变化。一年中,大雾主要出现在11月至次年3月(图2),占全年总大雾日数的98%,其中以12月最多,月平均大雾日为9.0天,11月次之,月平均大雾日为5.5天,1月、2月同为5.4天,3月为3.2天,4月和5月平均大

雾日不到1天,6—9月没有出现过大雾。历年12月最多大雾日为18天,2月最多大雾日为15天,1月、11月最多大雾日均为14天,3月最多大雾日为10天。大雾产生这种月分布的原因是乌鲁木齐市冬季11月中旬至次年3月中旬地面有固定积雪,湿度条件好,降雪天气及雪面蒸发为冬季大雾天气提供了重要水汽来源,湿度大是阴雾天气产生的必要条件;冬季适合的温度条件,低空强而稳定的逆温层为大雾的形成提供了非常有利的条件;同时乌鲁木齐冬季主要是锅炉取暖,煤烟排放量大,污染物为大雾的形成提供了大量的凝结核,也是乌鲁木齐冬季大雾多的重要原因。

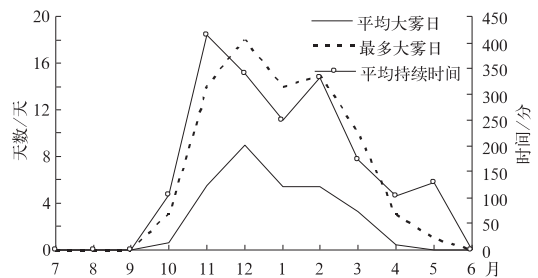


图2 乌鲁木齐大雾日的年变化特征

对各月大雾平均持续时间进行统计可见,全年以冬季大雾的持续时间最长,初冬11月居首位,平均每场大雾持续415分钟,12月至次年2月平均每场大雾持续时间为251~340分钟;春季3月至5月和10月平均每场大雾持续时间为104~174分钟(图2)。

2.3 大雾的年际变化和年代际变化

31年中大雾的年际变化较大,年大雾日最多的年份高达70天,出现在1988年;年大雾日最少的年份仅12天,出现在1996年。31年中,年大雾日 ≥ 25 天的年份占61%, ≥ 30 天的年份占42%,而 ≤ 20 天的年份占10%,仅出现了3年。

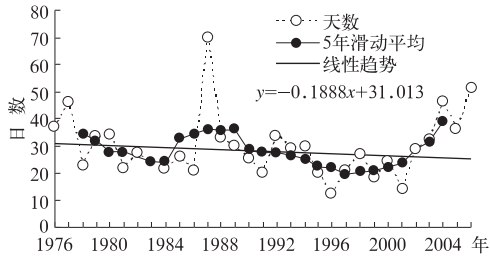


图 3 乌鲁木齐市年大雾日的变化趋势图

利用线性趋势分析方法^[12]分析了乌鲁木齐市年大雾日的变化趋势(图 3),31 年来年大雾日随着年代的增加,总体呈逐年减少的趋势,平均以 1.9d/10a 的速度减少。从图中可以看出 2001 年以前年大雾日减少趋势比较明显,特别是到了 1990 年代大雾日明显偏少,但是进入 21 世纪后大雾日又迅速增多,2006 年大雾日为 51 天,是近 31 年来继 1987 年后的第二多年份。

从大雾日的年代际变化来看,1976—1980 年为大雾多发时段,平均年大雾日为 35 天;1981—1990 年减少为 30 天;1991—2000 年为近 31 年中大雾日最少的时段,平均年大雾日仅为 24 天;2001—2006 年大雾日又呈现明显的增多趋势,平均年大雾日 35 天,与 1970 年代后期相同。

3 大雾天气的气象要素特征

大雾形成是由多种天气条件、环境因素决定的,其形成受到天气系统、本地气温、相对湿度、风速、大气稳定性、大气成分等诸多条件的影响^[1]。表 2 统计了近 31 年乌鲁木齐气温、相对湿度、风速、气压等气象要素的不同值域出现大雾天气的概率,粗略得出大雾天气的气象要素指标。

表 2 大雾日气象要素特征表

相对湿度/%	出现频率/%	气温/℃	出现频率/%	风速/m·s ⁻¹	出现频率/%	气压/hPa	出现频率/%
<60	0.6	>5	1.0	0	24.9	<905	0.8
60~70	2.4	5~0	8.6	0~1	23.7	905~910	7.2
70~80	12.4	0~-5	37.3	1~2	16.1	910~915	22.9
80~85	13.2	-5~-10	35.1	2~3	22.8	915~920	38.6
85~90	32.0	-10~-15	14.3	3~4	8.3	920~925	24.2
90~95	34.3	-15~-20	2.9	4~5	2.6	925~930	5.6
>95	5.2	<-20	0.8	>5	1.7	>930	0.7

3.1 近地层水汽充沛

大雾日的平均相对湿度为 85%。出现大雾时,对应相对湿度在 80% 以上的占大雾日总数的 84.7%。对应相对湿度为 85%~95% 的,占大雾日总数的 66.3%。相对湿度在 60% 以下时出现大雾的概率很低,仅为 0.6%。相对湿度明显增加时极易形成大雾,24 小时正变湿对应出现大雾的比例占大雾日总数的 65.7%,平均变湿为 7%。乌鲁木齐各个季节的相对湿度差别比较显著,冬季属于湿润季节^[13],11 月至次年 3 月的月平均

相对湿度为 71%~78%,与各月大雾日的平均相对湿度之间差值为 6%~15%,有利于大雾的形成,其中冬季 12 月至次年 2 月平均相对湿度为 77%~78%,与近 31 年大雾日的平均相对湿度之间差值仅为 6%,只要近地层存在辐射冷却的有利条件,在静风或微风的天气条件下,最有利于大雾的形成;而 10 月和 3 月空气较为干燥,月平均相对湿度为 57% 和 48%,与同期大雾日的平均相对湿度之间差值为 30%~34%,说明只有在剧烈增湿的条件下才有可能形成大雾。乌鲁木齐的相对湿度存在明显的日变化,从近 31 年的

平均值来看,以夜间相对湿度较大,02 时和 08 时分别为 70%和 72%,而白天 14—20 时相对较小,分别为 57%和 63%,夜间的湿度条件好,因而大雾多出现在夜间。

3.2 适合的温度条件

乌鲁木齐市大雾日平均气温为 -6.6°C ,大雾形成的温度范围比较大,在 $-23.5\sim 6.0^{\circ}\text{C}$ 的范围内都有大雾出现,但 86.7%的大雾出现在 $0\sim -15^{\circ}\text{C}$ 的温度范围中,其中以 $0\sim -5^{\circ}\text{C}$ 略偏多。从表 2 中可以看出当气温高于 5°C 时大雾的出现频率仅为 1%,说明温度过高不利于辐射冷却或冷却不到水汽凝结的温度^[14]而影响大雾的形成;当温度很低时水汽直接凝华成冰晶,也不利于大雾的形成,气温低于 -20°C 时大雾的出现频率仅为 0.8%。经统计,在温度相对较高的秋末冬初 10 月至 11 月上旬和春季 3 月至 4 月,历年大雾日的平均气温低于同期的平均气温值,其中以 10 月和 3 月下旬到 4 月底差值最大,达 6.0°C 以上,11 月上旬为 -2.6°C ,3 月上中旬差值较小,为 $-0.6\sim -1.0^{\circ}\text{C}$;而从冬季 11 月中旬开始到次年 2 月底,除了 2 月上旬相同外,其余各旬出现大雾时的平均气温高于同期的旬平均气温值,偏高幅度为 $0.2\sim 1.6^{\circ}\text{C}$,差值较小。这说明气温越高的时期,距离成大雾时温度条件差距越大,也越难形成大雾;而 11 月中旬到 3 月中旬这一阶段的气温条件有利于大雾的形成。

3.3 风速

大雾多出现在风速为 $0\sim 3\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的条件下,占总数的 87.5%,其中静风出现频率最高,为 24.9%, $0\sim 1\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 为 23.7%,居第二位; $2\sim 3\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 出现频率为 22.73%,高于 $1\sim 2\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的出现频率;大于 $5\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 时大雾的出现频率仅为 1.7%。静风一般出现在大气低层湿度条件好的情况下,当仅在近

地面层湿度好的情况下,适当的风力能把大气低层的水汽输送到较高层次,起到扩散作用^[8],更有利于大雾的发生发展;风速过大时使得大气中的乱流加强,不利于大雾的生成。乌鲁木齐的风速也存在明显的日变化,夜间风速比白天风速小,因而更有利于大雾的形成。

3.4 气压及形势场特征

乌鲁木齐冬季常出现阴雾天气,大部分阴雾天气出现前先有降水天气,随后 700hPa 槽后暖脊控制新疆。前期降水使低层增湿,暖脊控制使中层形成逆温或逆温加强,为阴雾天气的形成提供了有利的天气条件^[3]。马禹等分析指出^[15]:新疆大雾天气属于天气系统影响下的高压雾,强冷空气快速东移不易形成大雾天气,只有较弱的冷空气缓慢移过北疆或冷空气移过北疆后在新疆东部地区向东南方向加深时,才会造成大雾天气,地面图上表现为受高压控制。新疆大雾天气的地面形势有带状高压、东部高压和南疆高压 3 种类型^[15](图 4)。

经统计乌鲁木齐大雾日的平均本站气压为 917.5hPa,当气压为 910~925hPa 时出现大雾的频率较高,为 85.7%,其中以 915~920hPa 时出现大雾的频率最高,为 38.6%。气压高于 930hPa 或低于 905hPa 时都不利于大雾的形成。气压过高时表现为地面受强大的冷高压控制,此时是强冷空气过境造成气温过低而不利于大雾的形成;而气压过低则在天气形势上表现为受暖低压控制,同样不利于大雾的形成。

3.5 低空温度层结特征

乌鲁木齐由于受河谷盆地特殊地形和天气气候原因的影响,一年四季都有低空逆温层存在,其中冬半年是逆温的多发时段,低空逆温层的存在是产生大雾天气的重要条件。

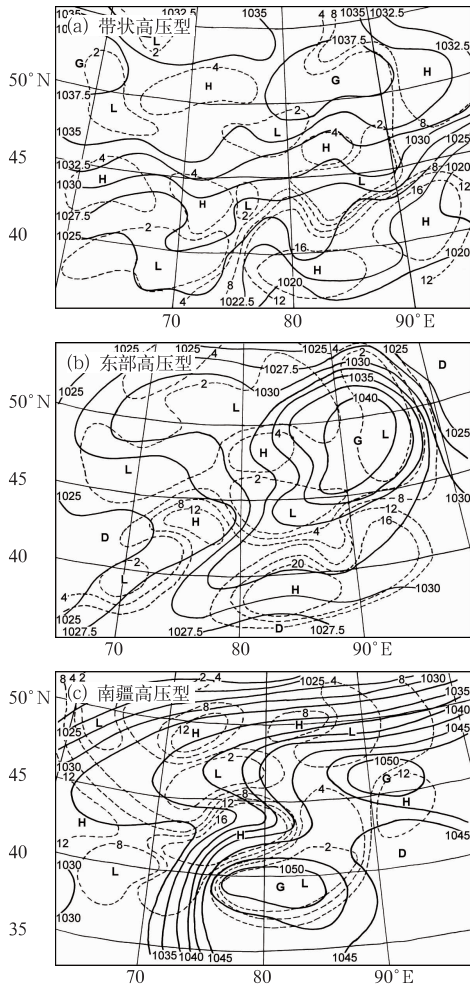


图 4 新疆大雾天气的地面形势
(实线为等压线,虚线为 $T-T_d$)

表 3 2000—2006 年大雾日逆温与无大雾时逆温平均特征值比较

平均值	贴地逆温厚度/m		脱地逆温厚度/m		脱地逆温底高/m		温差/°C		强度/°C/100m	
	有大雾	无大雾	有大雾	无大雾	有大雾	无大雾	有大雾	无大雾	有大雾	无大雾
	811	756	571	535	508	759	7.1	5.3	1.4	1.0

低,逆温层厚度越厚、强度越强,近地层污染物颗粒和水汽越集中,越难以突破较厚的逆温层向上扩散,从而易于形成大雾天气。

4 结 论

(1) 乌鲁木齐大雾有明显的日变化,以夜间大雾为多,从 18 时开始到翌日 10 时是

2000—2006 年冬半年 11 月至次年 3 月共出现 205 天大雾日,有 198 天大雾日有低空逆温层存在,占大雾日总数的 97%,其中有 95 天为贴地逆温,即从地表面开始的逆温^[9],对应出现的为晴天夜晚因地面辐射降温而形成的辐射雾;103 天为脱地逆温,即从离开地面一定高度开始的逆温,对应出现的为地方性阴雾天气,低云雾主要存在于逆温层下的湿中性层或不稳定层^[16]。分析了近 7 年冬半年 11 月至次年 3 月大雾日下的低空逆温层特征,并与同期无大雾日低空逆温层特征值相比较,得出大雾日逆温层存在底高、厚度厚、温差大、强度强的特点,其中大雾日贴地逆温的平均厚度比无大雾日逆温厚 55m,脱地逆温平均厚度比无大雾日逆温厚 36m;大雾日脱地逆温平均底高比无大雾日逆温低 251m;大雾日逆温层平均顶底温差比无大雾日逆温大 1.8°C;大雾日逆温平均强度为 1.4°C/100m,比无大雾日逆温强度值大 0.4°C/100m(表 3)。冬季低空逆温层的底高、厚度和强度是影响大雾的主要因子,大雾天气出现在逆温层底部距地高度低、逆温层厚度厚、强度强的低空温度层结中。文献^[17]也得出污染物日平均浓度和逆温层底高之间为显著的反相关,和厚度、顶底温差之间为显著的正相关,逆温层底部距地面高度越

大雾出现频率较高时段,大雾生成时段主要集中在夜间 23 时至次日 10 时,大雾消散的频率最高时段出现在早晨日出后 9 时至 11 时;大雾持续时间以 3 小时之内为多。

(2) 31 年平均年大雾日 29.5 天,一年中大雾主要出现在冬季 11 月至次年 3 月,其中以 12 月最多,6—9 月无大雾出现;冬季大雾的持续时间最长,初冬 11 月居首位,平均每

场大雾持续 415 分钟,12 月至次年 2 月平均为 251~340 分钟,春季 3 月至 5 月和 10 月平均为 104~174 分钟。

(3) 大雾的年际变化较大,31 年来大雾日随着年代的推移总体呈逐渐减少的趋势,平均以 1.9 天/10 年的速度减少。2001 年以前年大雾日减少趋势比较明显,1990 年代大雾日明显偏少,平均年大雾日仅为 24 天;进入 21 世纪后大雾日又迅速增多,2001—2006 年平均年大雾日高达 35 天,2006 年大雾日达到了 31 年来继 1987 年后的第二多年份。

(4) 当气温为 $0 \sim -10^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 $85\% \sim 95\%$ 、风速 $0 \sim 3\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 、气压 $910 \sim 925\text{hPa}$ 时,出现大雾的频率最高;春秋季节气温距离成大雾时温度条件差距大,不利于大雾的形成,而冬季 11 月中旬到 3 月中旬的气温接近成大雾时的气温条件,有利于大雾的形成。

参考文献

- [1] 刘小宁,张洪政,李庆祥,等.我国大雾的气候特征及变化初步解释[J].应用气象学报,2005,16(2):220-229.
- [2] 常军,黄玉超,李素萍,等.河南省大雾的时空分布特征及 500hpa 环流特点分析[J].气象,2007,33(6):83-87.
- [3] 张学文,张家宝.新疆气象手册[M].北京:气象出版社,2006,12,102-103.
- [4] 于子江,海热提,帕拉提,等.乌鲁木齐大气环境质量评价模型[J].干旱区研究,2001,18(04):72-75.
- [5] 黄忠.乌鲁木齐市重污染天气与气象因素变化的影响分析[J].干旱环境监测,2005,19(3):154-157.
- [6] 康志明,尤红,郭文华,等.2004 年冬季华北平原持续大雾天气的诊断分析[J].气象,2005,31(12):51-56.
- [7] 毛东艳,杨贵名.华北平原雾发生的气象条件[J].气象,2006,32(1):79-83.
- [8] 向波,刘德,廖代强.重庆雾的特点及变化分析[J].气象,2003,29(02):48-52.
- [9] 刘增强,郑玉萍,李景林,等.乌鲁木齐市低空大气逆温特征分析[J].干旱区地理,2007,30(03):351-355.
- [10] 中央气象局.地面气象观测规范[M].北京:气象出版社,1979,21-27.
- [11] 王旭,马禹,冯志敏.新疆雾的时空分布[J].新疆气象,2002,25(1):6-7.
- [12] 丁裕国,江志红.气象数据时间序列信号处理[M].北京:气象出版社,1998:194-201.
- [13] 李霞.乌鲁木齐气象要素对大气气溶胶光学特性的影响[J].干旱区研究,2006,23(3):484-488.
- [14] 贺浩,吕红,徐虹.陕西省大雾的气候特征[J].高原气象,2004,23(3):407-411.
- [15] 马禹,任宜勇,陈春艳.40 年来新疆雾的演变特征及大雾天气过程分析[J].干旱区地理,2005,28(4):474-477.
- [16] 张家宝,孙沈清,张凤廷,等.新疆短期天气预报指导手册[M].新疆:新疆人民出版社,1986:100-104.
- [17] 李景林,郑玉萍,刘增强.乌鲁木齐市低空温度层结与采暖期大气污染的关系[J].干旱区地理,2007,30(04):519-525.