

冷雾的边界层温湿层结特征

宋润田 孙俊廉

(北京市人工影响天气办公室, 北京 100089)

提 要

以 1981~1996 年 58 次冷雾(成雾时 $T \leq 0^\circ\text{C}$)为样本, 利用高空和部分低空探测资料, 对其边界层的温湿度层结分布特征进行了统计分析。所得结果不论对人工消除冷雾的研究还是对提高预报水准都是有益的。

关键词: 边界层 逆温强度 冷雾 辐射雾 平流雾

前 言

雾作为边界层特有的一种天气现象, 其生消变化无不与边界层的温、湿状况以及风的水平、垂直分布等密切相关, 在日常的预报业务中, 常常只注意天气尺度系统的研究, 往往导致预报的失误, 其中很重要的一个原因是忽略了对边界层气象要素的研究。

随着首都向现代化和国际化大都市的迈进, 以交通运输严重受阻, 大气质量严重恶化为主的雾害, 愈来愈引起人们的普遍关注, 消除雾害、净化大气, 已引起政府和社会的严重关切。

大雾时边界层条件的研究是消除雾害研究工作的基础之一。本项研究将提高对大雾天气的认识, 同时为提高大雾预报的水平提供参考。

日常对大雾天气的预报, 采用天气背景加本站条件的方法, 其中本站层结状况是十分重要的条件。我们利用常规观测资料对其层结状况进行深入的研究。

1 冷雾的分类

北京地区冷雾根据其成因可分为两大类, 即辐射雾和平流雾。由于辐射冷却达到最大时多在后半夜至次日日出之前, 对于辐射雾而言, 其成雾时的温度均低于前一日临近傍晚的定时观测即 20 时地面露点温度, 即

$T \leq T_d(20)$ 。平流雾成因是考虑有暖湿气流的流入, 所以其成雾的温度一般高于其前一日 20 时的地面露点温度, 即 $T \geq T_d(20)$, 出现于次日 12 时以后的平流雾, 其以上对应差值应取成雾时的温度与其前一定时观测时段的地面露点温度之差。

雾的含水量间接地可用成雾前与成雾后的绝对湿度之差表示^[1], 对于辐射雾由于着重考虑强烈的辐射冷却导致水汽凝结(近似气团的绝热冷却)而形成的, 所以绝对湿度之差一般均为正值。而平流雾着重考虑有暖湿气流的流经, 而用上述方法求出的相应绝对湿度之差一般均为负值(其含水量取其绝对值作为湿度平流的参考)。

选取: ①成雾时温度与其成雾前定时观测的地面露点温度之差; ②绝对湿度之差; ③参考天空状况, 即总云量(N)是否大于等于 8(即若 $N \geq 8$, 结合①、②, 可考虑是平流雾)。依以上 3 条为依据, 对 1981~1996 年 58 次冷雾进行分类。其结果是辐射雾 36 次($36/58 = 0.62$), 平流雾 22 次($22/58 = 0.38$)。

2 冷雾时的温湿层结

2.1 冷雾时的温度层结特征参数

以冷雾临近发生前(或冷雾发生时), 某一高空观测时次的温度层结作为冷雾形成时

的温度层结,对 1981~1996 年 36 次辐射雾 和 22 次平流雾分别进行统计分析,其结果如

表 1 冷雾的逆温层特征量

逆温层顶高 H/m	辐射雾(36次)		平流雾(22次)		
	次数	几率	次数	几率	
$H \leq 300$	6	0.17	2	0.09	
$300 < H \leq 500$	4	0.11	1	0.05	
$500 < H \leq 1000$	15	0.42	8	0.36	
$H > 1000$	11	0.31	11	0.50	
H_{max} 1567.8	出现时间	1987.1.6	2808.3	出现时间	1989.1.5
H_{min} 207.9	出现时间	1990.2.16	210.2	出现时间	1991.1.22
逆温强度 $\gamma/(^{\circ}C/100m)$	次数	几率	次数	几率	
$\gamma > 1.5$	4	0.11	4	0.18	
$1.0 < \gamma \leq 1.5$	10	0.28	2	0.09	
$0.0 < \gamma \leq 1.0$	22	0.61	15	0.68	
$\gamma \leq 0.0$	0	0.00	1	0.05	
γ_{max} 1.94	出现时间	1987.12.8	4.75	出现时间	1990.2.14
γ_{min} 0.15	出现时间	1990.2.16	-0.05	出现时间	1991.2.10
逆温层顶高 $\Delta H/m$	次数	几率	次数	几率	
$150 < \Delta H \leq 250$	8	0.22	6	0.27	
$250 < \Delta H \leq 500$	10	0.28	6	0.27	
$500 < \Delta H \leq 750$	6	0.17	4	0.18	
$750 < \Delta H \leq 1000$	6	0.17	2	0.09	
$\Delta H > 1000$	6	0.17	4	0.18	
ΔH_{max} 1462.3	出现日期	1991.11.29	2155.4	出现日期	1991.2.10
ΔH_{min} 153.9	出现日期	1990.2.16	156.2	出现日期	1991.12.15
逆温层分布特征	次数	几率	次数	几率	
贴地	24	0.67	7	0.32	
低悬	12	0.33	15	0.68	
底高极值 1015.7m	出现日期	1987.1.2	1510m	出现日期	1989.1.5

从表 1 可以看出:

①就其逆温强度而言,61%的辐射雾和 68%的平流雾发生时 $0 < \gamma \leq 1.0$;28%的辐射雾发生时 $1.0 < \gamma \leq 1.5$,18%的平流雾发生时 $\gamma > 1.5$;辐射雾发生时 $\gamma > 0$,而当 $\gamma_m < \gamma \leq -0.05$ 时,平流雾仍可发生, γ 极大(4.75)和极小(-0.05)均出现在平流雾发生时。

②就其逆温层厚度(ΔH)而言,当其逆温层厚度为 $750 < \Delta H \leq 1000(m)$ 时,平流雾出现的几率最小(9%),当其厚度为 $150 < \Delta H \leq 250(m)$ 时,平流雾出现的几率高于辐射雾。平流雾发生时逆温层厚度最大时可达 2155.4m。

③就其逆温层顶高(H)而言,顶高在 500m 及其以下时,辐射雾发生的几率比平

流雾高出一倍,其逆温层顶高在 500~1000m 时,辐射雾发生的几率比平流雾高出 6%,当顶高超过 1000m 时,平流雾发生的几率比辐射雾高出近 20%。就其平均状况而言,平流雾发生时其逆温层顶比辐射雾要高,发生在 500m 以上的平流雾的几率比辐射雾高出 13%。

④就其逆温层垂直分布特征而言,辐射雾多贴地逆温($24/36=0.67$),而平流雾多低悬逆温($15/22=0.68$);平流雾低悬逆温层的底高极值为 1510m,比辐射雾高近 500m。

2.2 冷雾发生时湿度特征参数

表 2 给出的是冷雾发生时湿层 [$(T - T_d) \leq 4^{\circ}C$] 的厚度 $h(m)$ 和冷雾的含水量 $\Delta a(g \cdot m^{-3})$ 。

表2 冷雾的湿度特征量

辐射雾(36次)			平流雾(22次)		
湿层厚度 h/m	次数	几率		次数	几率
$h \leq 300$	17	0.47		2	0.09
$300 < h \leq 500$	2	0.06		3	0.14
$500 < h \leq 1000$	12	0.33		4	0.18
$1000 < h \leq 2000$	3	0.06		5	0.23
$h > 2000$	2	0.06		8	0.36
h_{max} 3000	出现时间	1989.1.18	3000(6次)		
含水量 $\Delta\alpha/(g \cdot m^{-3})$	次数	几率		次数	几率
$\Delta\alpha > 1.0$	1	0.03		4	0.18
$0.5 \leq \Delta\alpha < 1.0$	12	0.35		3	0.14
$0.0 < \Delta\alpha < 0.5$	21	0.62		12	0.55
$\Delta\alpha < 0.0$	0	0.00		3	0.14
$\Delta\alpha_{max}$ 1.77	出现时间	1989.1.18	2.13	出现时间	1990.2.14
$\Delta\alpha_{min}$ 0.05	出现时间	1987.1.21 1989.1.25	-0.69	出现时间	1996.12.29

从表2可以看出,就其湿层厚度而言,47%的辐射雾湿层在300m以下,59%的平流雾湿层厚度在1000~3000m之间,其中湿层厚度超过2000m的平流雾占36%,27.3%的湿层厚度为3000m,而只有6%的辐射雾湿层厚度在2000m以上。

就其含水量而言,当 $\Delta\alpha > 1.0$ 时,平流雾发生的几率比辐射雾高出15%,而当 $0.5 \leq \alpha < 1.0$ 辐射雾发生的几率比平流雾高出21%;当 $0.0 < \Delta\alpha < 0.5$ 时,辐射雾发生的几率略高于平流雾。14%的平流雾含水量小于零,显然这种平流雾的辐射冷却过程是不可忽视的。

2.3 部分冷雾低空探测的温度层结特征

以上关于温湿度层结的分析只是提供了各种冷雾产生的温湿层结条件,真正与冷雾发生和发展有较好的对应关系的是低空探测所得的结果。但是我国为研究雾而进行的低空探测(包括声雷达)资料还很少,对雾的研究造成极大的困难。

本文结合现有冷雾的样本,利用所有能够搜集到的与其匹配的低空探测资料对冷雾发生时温度层结进行了分析(见表3)。

表3 部分冷雾低空探测的温度层结特征

辐射雾(8次)			平流雾(7次)		
逆温层顶高 H/m	次数		次数		
$25 < H \leq 50$	2		2		
$50 < H \leq 200$	5		1		
$200 < H \leq 400$	1		3		
$400 < H \leq 1000$	0		1		
H_{max} 320	H_{min} 25		H_{max} 960	H_{min} 25	
逆温强度 $\gamma/(^{\circ}C/100m)$	次数		次数		
$-0.4 \leq \gamma \leq 1.0$	0		4		
$1.0 < \gamma \leq 3.0$	3		1		
$3.0 < \gamma \leq 5.0$	2		0		
$5.0 < \gamma \leq 10.0$	2		0		
$\gamma > 10.0$	1		2		
γ_{max} 18.4	γ_{min} 1.93		γ_{max} 11.54	γ_{min} -0.4	
逆温层顶高 $\Delta H/m$	次数		次数		
$25 \leq \Delta H \leq 100$	3		3		
$100 < \Delta H \leq 200$	5		1		
$200 < \Delta H \leq 500$	0		3		
ΔH_{max} 200	ΔH_{min} 25		ΔH_{max} 410	ΔH_{min} 26	
逆温分布特征	次数		次数		
贴地	7		4		
低悬	1		3		

①就逆温层顶高而言,7/8辐射雾顶高在200m以下,而4/7的平流雾在200~1000m之间,其中最高达960m。

②就逆温层强度而言,5/8的辐射雾,其温度递减率 $1.0 < \gamma \leq 5.0$,4/7的平流雾,其温度递减率 $-0.4 \leq \gamma \leq 1.0$ 。

(下转第50页)

(上接第 45 页)

③就逆温层的厚度而言,8/8 的辐射雾逆温层的厚度在 200m 以下,3/7 的平流雾厚度在 200~500m 之间。

④7/8 的辐射雾发生在贴地逆温下,而 3/7 的平流雾发生在低悬逆温下。

以上分析,尽管资料有限,但得出的结果对认识冷雾有一定的参考价值。

参考文献

- 1 А С зверев(刘小译). 雾及其预报. 北京:财政出版社, 1954.

Boundary Layer Temperature and Humidity Stratification of Cold Fog

Song Runtian Sun Junlian

(Beijing Weather Modification Office, Beijing 100089)

Abstract

The boundary layer temperature and humidity stratification were statistically analyzed using the upper-level data and the part of low-level data of 58 cold fogs ($T \leq 0^{\circ}\text{C}$ when fog forms) in 1981—1996. The results are necessary basis for artificial dissipation of supercooled fog and improvement of forecast level.

Key Words: boundary layer intensity of inversion cold fog radiation fog advection fog