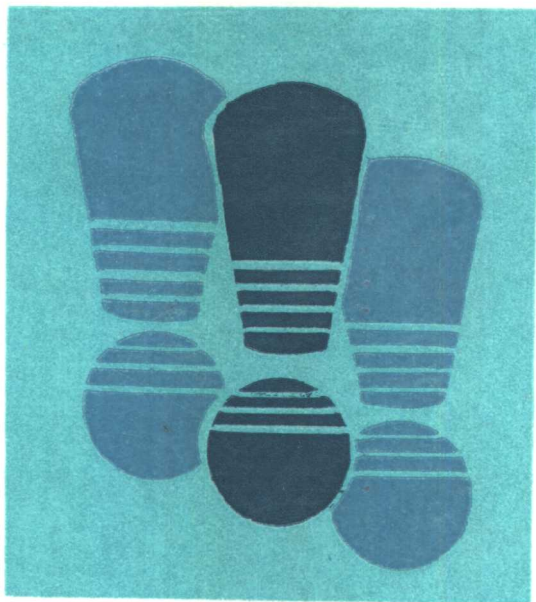


灾害性浓雾

孙奕敏 编著



气象出版社

灾害性浓雾

孙奕敏 编著

气象出版社

(京)新登字 046 号

内 容 简 介

本书主要介绍灾害性浓雾方面的专业知识,内容包括我国雾日的地理分布,雾的物理特性、宏观和微观结构、观测方法、自然生消规律、雾的预报方法、室内试验、数值模拟,以及人工消雾的应用知识和人工消雾的作业技术方法。

本书可供气象类高等院校有关专业的师生,以及气象、航海、航空、大气环境、交通运输等部门的科技工作者参考。

灾害性浓雾

孙奕敏 编著

责任编辑:陶国庆 终审:顾仁俊

封面设计:严瑜仲 责任技编:席大光 责任校对:林雨晨

* * *

气象出版社出版

(北京西郊白石桥路46号 邮政编码:100081)

北京昌平环球印刷厂印刷

* * *

新华书店总店科技发行所发行 全国各地新华书店经销

* * *

开本:787×1092 1/32 印张:4.875 字数:105千字

1994年12月第一版 1994年12月第一次印刷

印数:1—700

ISBN 7—5029—1850—7/P·0719

定价:4.50元

前 言

浓雾是一种灾害性天气现象,它主要发生在近地面层。研究灾害性浓雾是为了揭示近地面大气中的各种物理现象和物理过程,如温湿结构、水的相变、大气湍流、大气污染、大气化学、气溶胶和污染物等微粒的稀释扩散等问题,其目的是为了作出正确的雾的预报,以便进行人工消雾作业,减小浓雾对空中和海上航行,以及陆地交通的影响。

世界上许多国家由于航海、航空、交通运输、工农业生产、生活和军事等方面的需要,都在对灾害性浓雾进行试验研究,并已取得相当大的进展,有些国家已在业务上应用其研究成果。近 30 年来,我国在灾害性浓雾的观测、预报和人工消除等方面的试验研究,也取得了很大进展。作者从 60 年代开始从事这方面的资料收集和应用研究工作,本书即为作者近 30 年来的研究总结。

本书内容共分四章。第一章介绍雾的物理性质、概念、分类、地理分布、宏观和微观结构、观测方法和室内试验;第二章介绍雾的生成和消散的物理过程和机制,并着重讲述辐射雾、平流雾、蒸发雾和地方性雾的形成过程;第三章介绍雾的预报,其中包括预报雾的一般原则和方法、辐射雾的预报、平流雾的预报、烟雾和光化学雾的潜势预报、大气污染物的湍流扩散的数值模拟;第四章介绍人工消雾,其中包括人工消雾的一般方法和要求、人工消除过冷却雾和暖雾的理论基础、室内和野外试验研究、作业方法,以及人工消雾的展望等。

2734/10

由于本书篇幅有限，新近的文献资料收集较少，另因作者水平所限，加之成书仓促，虽勉力而行完成此篇，但书中定有挂漏或差错之处。希望读者不吝赐教。

本书在编写过程中，得到各方面有关同志的支持和帮助，承黄美元对本书总校，许绍祖、王鹏飞、酆大雄、郭恩铭、游来光、徐华英等分别提供资料，并提出宝贵意见，谨此表示衷心感谢。

孙奕敏

目 录

前言

第一章 雾的主要物理性质和化学成分	(1)
第一节 雾的概念.....	(1)
第二节 雾的分类.....	(3)
第三节 雾的地理分布和变化.....	(6)
第四节 雾的微物理特征及其观测方法	(11)
第二章 雾的生成与消散的物理过程及机制	(40)
第一节 雾的生成与消散的物理过程	(40)
第二节 雾的形成过程	(42)
第三节 雾的形成机制	(44)
第四节 辐射雾的形成	(50)
第五节 平流雾的形成	(52)
第六节 蒸汽雾的形成	(55)
第七节 地方性雾的形成	(59)
第三章 雾的预报	(60)
第一节 预报雾的一般原则和方法	(60)
第二节 辐射雾的预报	(68)
第三节 平流雾的预报	(83)
第四节 烟雾和光化学雾的空气污染预报	(96)
第四章 人工消雾	(115)
第一节 人工消雾发展概况.....	(115)
第二节 人工消过冷却雾.....	(116)
第三节 人工消暖雾.....	(128)

第四节	吸湿性物质消暖雾的数值模拟·····	(142)
第五节	人工消雾展望·····	(147)
参考文献	·····	(149)

第一章 雾的主要物理性质 和化学成分

第一节 雾的概念

雾是由大量浮游在近地面空气中的微小水滴或冰晶所组成的气溶胶系统。雾按其物理本质来说,是近地面层空气中水汽凝结(或凝华)的结果。雾的存在会降低空气透明度,恶化能见度,使视力受阻,视野模糊。如果目标物的水平能见度降低到 1000m 以内,这种漂浮在近地面层空气中的水汽凝结(或凝华)物的天气现象便称为雾。;降低到 1000~10000m 称为轻雾。如果在空气中有烟、尘等微粒子存在,也能使大气混浊,视野模糊,能见度恶化。当这种固态微粒所组成的气溶胶体系统,使水平能见度小于 10000m 时称为霾。霾不同于雾,有霾时虽然能见度也恶化,但空气中的水汽含量却很小并含有尘埃,相对湿度也不大,而雾中的相对湿度一般都是饱和的。

雾和云按其物理本质来说,都是空气中水汽凝结(或凝华)的结果。雾在形成过程中也与云有许多共同之处。在一定条件下,雾和云可以互相转换:雾升高离开地面便成为碎层云,云降低到地面便产生雾。

雾因发展强度不同,具有不同的雾滴密度,水平能见度的恶化程度也不同。按目标物的水平能见度距离,可把雾的强度划分为以下几个等级(表 1.1):

重雾:能见度小于 50m;

浓雾:能见度在 50~200m 之间;

中雾:能见度在 200~500m 之间;

轻雾:能见度在 500~1000m 之间。

根据雾的上界高度(或称厚度),又可分为以下几种雾:

地面雾:高度在 2m 以下;

浅雾:高度在 2~10m 之间;

中雾:高度在 10~100m 之间;

深雾:高度在 100m 以上。

根据雾中温度高低,又可分为暖雾和冷雾:

暖雾:雾中温度高于 0℃;

冷雾:雾中温度低于 0℃。

我国南方冬季多出现暖雾,北方冬季多出现冷雾。

表 1.1 雾的名称和划分依据

划分依据	名 称
雾的强度	重雾、浓雾、中雾、轻雾
雾的相态结构	冰雾、水雾
雾的形成过程	辐射雾、平流雾、平流辐射雾、蒸发雾
雾中温度	冷雾、暖雾
雾的厚度	地面雾、浅雾、中雾、深雾(高雾)
局地污染影响	城市烟雾、光化学雾

雾的形成基本上是由于近地面空气的冷却作用。由于夜间地表面的辐射冷却而生成的雾称为辐射雾;由于暖空气移动到冷的地表面所生成的雾称为平流雾。

地理纬度越高,雾出现的频率越大。在极地区域,雾是常见的而且是持续的现象;反之,在热带地区,除了潮湿的亚热带(如我国重庆)和沿海地带外,雾是很少见的。在海岸近处,特别是在高耸的海岸或者为寒流所冲洗的海岸,雾则常见。越

深入大陆,出现雾的频率越小。

第二节 雾的分类

雾的分类是一个相当复杂的问题,因为雾的形成是自然界中各种因子在同时起作用,很难确定某种雾究竟是由于哪一种原因所形成。通常只能就形成雾的主要原因对雾进行分类。此外,人们还从其他不同的观点来对雾进行分类。但到目前为止,还没有统一和通用的分类法。人们为了预报雾,可以根据天气学原则来分类;为了研究气候特征,可以采用气候-地理分类法;为了探讨雾的形成机制和人工消雾,可以从大气物理学的观点进行分类。本书是按照兹维列夫(А. С. Зверев)和基留辛(Б. В. Кирхпн)的分类方法,把雾分成气团雾和锋面雾两大类。

一、气团雾

气团雾是由于近地面层空气与下垫面相互作用或不同气团相互作用而形成的。

1. 冷却雾

冷却雾是当空气冷却到露点以下所出现的雾。空气冷却除因气压降低而产生的绝热冷却外,大致还有以下四种冷却方式:辐射冷却、接触冷却、平流冷却和湍流冷却。由于冷却方式不同,冷却雾又可分为以下几种:

(1)辐射雾 日落后地面因辐射散热而降温,近地面层空气由于接触冷却的地面和空气本身的辐射冷却,使空气中的水汽达到饱和而凝结成雾滴或凝华成冰晶,从而形成雾。辐射

雾多形成于晴朗微风,且近地面层水汽比较充沛的夜间或清晨,特别是雨、雪后突然转晴的夜间。

(2)平流雾 暖湿空气移动到冷的下垫面上,因冷却而形成平流冷却雾,这在陆地和海上都常见。仅有暖湿空气的平流条件,有时不容易形成雾,往往是暖湿平流再配合地面的辐射冷却,在这两种因子综合作用下,而形成平流辐射雾。冷空气移行于暖湿下垫面之上,因水分凝结而形成平流蒸发雾。在冷暖洋流交汇的地方常常形成这类雾。

(3)斜坡雾 由于地形作用,湿空气沿斜坡上升,绝热冷却而生成雾。

2. 蒸发雾

蒸发雾的出现,在很大程度上是依赖于水温和气温的差值。其特点是:在暖水面上蒸发的水汽遇到比较冷的空气时达到饱和,并凝结成雾。这种雾分以下两种:

(1)海雾 这种雾是冷空气通过暖海面时出现的。其主要形成过程是,空气在湍流作用下,通过暖海面的蒸发作用,得到充分增湿而形成。这类雾在极地区域特别强;在海气交换界面处,会出现薄层饱和区,在此薄层饱和区内发生凝结生成雾。蒸发雾常出现在不冻的海湾和冬季冰窟窿上。

(2)河湖雾 秋末冬初当河面及湖面温度比陆地暖得多时,如果有较冷的空气从陆地流到水面上,就会发生强烈的蒸发,形成蒸发雾。这种雾在秋末和冬初的早晨尤为常见。我国横断山脉地区的河谷内,秋冬季节也常出现这种河谷雾。

3. 地方性雾

这类雾受局地条件的影响特别明显。它也分为两种:

(1)城市烟雾和光化学雾 这种雾常常出现在大城市、工

业中心以及工厂附近。由于这些城市上空有大量活跃性凝结核存在,对雾的形成特别有利,其持续时间也比较长,不但影响交通安全,有时在极不利的天气条件下,会形成光化学雾,造成二次污染。这对人体健康有严重危害。这种光化学雾的有害毒性要比一般烟雾大几十倍甚至上百倍。

(2)混合雾 混合雾不单纯是混合作用形成的雾,而是先有空中水滴蒸发,增大空中水汽含量后,再与流来的空气发生混合。它既不同于蒸发雾,也不同于单纯的混合雾,而是两种作用共同的产物。在海岸附近,当水温与气温之差很大时,则容易形成这种雾。混合雾与平流雾的共同之处,是它们多出现于弱风的天气条件下。

二、锋面雾

在锋面带上通常有浓密的云和降水形成,在个别情况下还有随着锋面移动的雾出现,这种雾便叫做锋面雾。锋面雾通常出现在微风,或与微弱的降水同时出现,或出现在锋面降水停止之后。锋面雾可分锋前雾和锋后雾两种。

1. 锋前雾

暖锋前的空气通常是向着温度低的方向移动,因锋面云降低到地面而形成的雾叫锋前雾。对冷锋来说,在锋前的暖气团中可能出现这种锋前雾。

2. 锋后雾

这种雾是暖锋中常有的现象,是锋线附近暖而潮湿的空气,直接进入到较冷的下垫面上而形成的雾。

除了空气因降水而变潮湿及锋区中空气的混合之外,平流因素在锋前雾和锋后雾的形成中也起着重要作用。

第三节 雾的地理分布和变化

一、世界各地雾的地理分布概况

雾的地理分布特点是北半球高纬地区频率大,持续时间长。北极盆地雾日全年可达 50~100 天,持续时间多大于 4 小时。低纬度地区潮湿的热带或中纬度地区的亚热带,雾的频率也很大,特别是山区的雾日可达 100~300 天。

表 1.2 北太平洋东西两岸各月雾日变化

区 域		北太平洋东岸			北太平洋西岸	
		白令海	阿留申群岛	北美西岸	北海道	日本本部
测站数		5	2	5	5	8
经、纬度 范围(°)		113~170W 56~64N	166W 53~54N	117~122W 32~47N	140~145W 41~43N	131~141W 31~40N
5 个 测 站 平 均 雾 日	1	1.3	3.9	3.0	1	1
	2	1.1	2.2	2.0	2	1
	3	0.8	1.6	1.4	2	1
	4	1.5	1.5	0.9	5	2
	5	2.0	5.3	1.1	8	2
	6	2.1	5.5	0.7	11	3
	7	2.8	7.6	0.5	12	3
	8	3.5	7.7	0.7	11	3
	9	1.2	3.3	1.7	5	2
	10	0.7	3.1	3.5	3	1
	11	0.5	0.6	3.6	1	1
	12	0.9	1.5	2.2	1	1
	年	18.4	43.8	21.9	62.0	21.0

世界上大陆内部由于空气中缺乏水汽,所以越深入大陆,出现雾的频率越小(潮湿的山区和盆地的雾例外)。在沿海以

及冷暖洋流交汇地区,如北太平洋两岸(表 1.2)、北美、南美沿海、非洲沿岸和亚洲东南沿海,雾日都比较频繁。在这些地区,全年雾日可达 100 天,个别月内雾日可达 24~28 天。海岸地区有海雾,也有陆地上产生的陆雾,不能把海岸出现的雾一律定作海雾,也不能一律定为平流冷却雾。

二、我国雾日的地理分布和变化

由于我国东南部广大地区河流纵横,海岸线较长,水汽充沛,所以出现雾的频率很大。如我国成山头是海雾雾日最多的港口。我国西南山区谷地是多雾区,尤其是四川盆地,一年四季皆有雾出现,如重庆是我国著名的“雾都”。我国西南高原和沙漠等地区的雾极少,如西宁、拉萨全年几乎无一个雾日。

1. 我国雾日的地理分布概况

我国沿海各港口和四川盆地是出现雾和轻雾最多的地区,但成都和重庆的雾一般要比沿海港口多 1~2 倍。成都一年中的雾日有 74 天,轻雾日有 275 天。沿海地区只有成山头的海雾,年平均为 81 天,与成都、重庆等多雾区相当。据蒋国碧统计,重庆的年平均雾日为 101 天,峰值达 205 天。作者根据 1980~1987 年全国 40 个台站的观测资料统计,重庆的雾日年平均为 348 天。内陆主要城市的雾和轻雾日数,普遍都比 1980 年增多,这是由于工业迅速发展所致。

2. 沿海的雾日和轻雾日数的对比

从我国沿海的 16 个城市的雾日和轻雾日数的对比分析来看,除成山头和秦皇岛相等外,其他沿海城市的轻雾日普遍比雾日天数多 4 倍(图 1.1)。广州、汕头的雾很少,但轻雾日却很多。广州年平均雾日只有 4 天,轻雾日达 239 天。福州、

温州、上海、连云港的轻雾日都占总雾日数的 90%。可见沿海城市的轻雾日数比较多,这显然与工业发展有关。

3. 我国各地雾日的月分布

由于各地区的地理条件、气象条件和工业发展状况的不同,各月雾日数存在差别。按照各地雾日的各月中的相同点,分别进行分析(表 1.3 和图 1.2),可发现有以下几种类型:

(1)冬季正态分布型 这种类型出现在我国号称“雾都”的重庆和成都,其特点是,1 月和 10~12 月为全年雾日天数的 65%;雾日峰值在 1 月和 12 月。另外,根据实验观测证实这些地区的浓雾灾害也多出现在冬季。

(2)夏季偏正态型 成山头和大连的雾日数在各月的分布均属于此类型,其主要特点是 3~8 月出现的雾日就占全年雾日数的 91%,其峰值在 6~7 月,7 月以后突然下降,雾日几乎都出现在夏半年。

(3)上半年雾日极多型 厦门和海口等地区属于此类型。该地区全年总雾日数,要比成山头、重庆、成都少一倍。上半年的雾日数为全年的 80%,下半年只有 20%。

(4)冬半年雾日多于夏半年 天津和北京等地区同其他地区相比,全年出现的雾日并不算多,但却都集中在秋末和冬季。据统计,1 月、2 月和 10~12 月为全年雾日的 74%。根据近年来的实验观测资料分析,天津市区的冬季,平均就有 15 个浓雾日,比统计的雾日数明显增加 2 倍。这与严重的大气污染密切相关。

(5)各月分布均匀型 贵阳、昆明、沈阳均属此类型。此类型的特点是全年雾日很少,平均每年只有 6 个雾日,12 月和 1 月就占全年雾的 46%,所以有的月份无雾日。

表 1.3 我国各地雾日的各月分布及其比例(1980~1987年)

类型	雾日 测站	月份												全年 合计	比 率
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1	成 都	116	40	43	34	17	17	30	32	27	41	70	109	576	1月、10~12月 占全年雾日 的 65%
	重 庆	66	20	18	12	11	26	21	24	27	42	44	76	387	
2	成 山 头	5	16	40	64	106	132	179	92	3	3	2	8	650	3~8月为全年 雾日的 91%
	大 连	7	11	24	41	54	59	67	23	3	4	10	8	311	
3	西 安	25	6	18	20	20	5	10	16	37	29	60	27	273	1月、5~12月 占全年雾日的 54%
	武 汉	37	22	23	27	17	10	4	7	18	36	33	30	264	
	上 海	26	12	27	28	21	15	15	4	11	18	29	36	242	
	厦 门	25	32	104	83	76	35	11	6	8	9	10	5	242	
4	海 口	49	52	46	20	3	0	0	1	2	7	7	20	207	除 6~7 比率 略少外其他各 月相等 1~2月、10~ 12月占全年雾 日的 73%
	郑 州	21	8	15	13	5	5	15	22	17	19	25	15	180	
	北 京	9	13	4	13	1	9	10	15	11	21	13	8	127	
	天 津	19	13	4	3	2	6	7	3	5	13	23	11	103	
5	塘 沽	30	17	8	6	4	2	1	2	4	11	14	22	121	2~11月占全 年雾日的 54%
	太 原	1	3	6	5	6	6	7	12	30	20	12	1	109	
	贵 阳	9	0	2	2	3	1	2	2	3	9	8	11	52	
	昆 明	11	3	1	1	0	0	1	0	0	0	6	17	40	
6	沈 阳	5	0	4	4	5	0	8	3	8	5	4	6	52	
	乌 鲁 木 齐	46	53	22	6	0	0	0	0	0	5	54	60	246	
7	西 宁	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	2	
	拉 萨	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

(6)雾日集中于冬季型 乌鲁木齐是全国各地各月雾日分布较特殊的地区。该地区历年的冬季平均雾日 31 天,同全国其他地区相比,冬季每月出现的雾日有 7 天(不包括轻雾日),冬半年占全年雾日的 96%。

(7)全年无雾型 西宁、拉萨地区各月几乎无一次雾出现。

综上所述,各地雾的年变化很大,主要视地理条件而定。

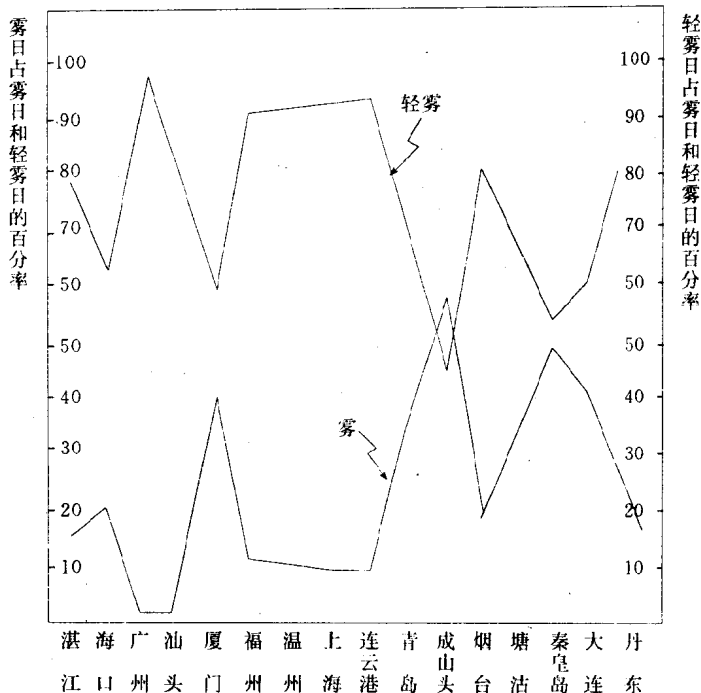


图1.1 我国沿海城市雾日和轻雾日的对比

内陆的雾以秋、冬两季最多,内陆城市雾主要出现在冬季;而沿海城市则以春、夏季最多,秋、冬季最少。

雾的日变化也很明显,尤其是辐射雾,它们大多数在夜间开始发展,清晨最强,有时在日出后1小时之内,雾中温度还继续下降,再加上地面蒸发及微弱的湍流交换,雾反而更浓,然后才逐渐消散或者抬升变成碎层云。平流雾、平流辐射雾和锋面雾,在一天内的任何时间都可以出现,而辐射因子则可使这些雾在夜间和清晨变得更浓。