

WUMAI FANGHU  
ZHISHI DUBEN

# 雾霾防护 知识读本

邓彦 张振文 主编

陕西新华出版传媒集团  
陕西人民出版社

WUMAI FANGHU  
ZHISHI DUBEN

# 雾霾防护 知识读本

邓彦 张振文 主编

陕西新华出版传媒集团  
陕西人民出版社

图书在版编目(CIP)数据

雾霾防护知识读本 / 邓彦 张振文主编. -- 西安 :  
陕西人民出版社, 2019.12

ISBN 978-7-224-13449-0

I. ①雾… II. ①邓… ②张… III. ①空气污染—影  
响—健康—基本知识 IV. ①X510.31

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第277241号

总策划 宋亚萍 李晓锋  
责任编辑 梁彩虹  
封面设计 翟 竞

雾霾防护知识读本

主 编 邓 彦 张振文

出版发行 陕西新华出版传媒集团 陕西人民出版社  
(西安北大街147号 邮编: 710003)

印 刷 陕西中实艺术印务有限公司

开 本 787 mm × 1092 mm 1/16

印 张 7.125

插 页 2

字 数 78千字

版 次 2019年12月第1版

印 次 2019年12月第1次印刷

书 号 ISBN 978-7-224-13449-0

定 价 26.00元

---

如有印装质量问题, 请与本社联系调换。电话: 029-87205094

## 《雾霾防护知识读本》编委会

主	编	邓彦	张振文
编	委	连锋	邓顺熙
		张力元	马俊杰
		黄学敏	盛耘

## 前言

《2013年中国环境状况公报》首次公布了灰霾污染状况，指出中国中东部地区发生了2次较大范围区域性灰霾污染，污染过程首要污染物均以PM<sub>2.5</sub>为主。党中央、国务院对此高度重视，习近平同志要求加大自然生态系统和环境保护力度，着力解决雾霾等一系列问题，努力建设天蓝地绿水净的美丽中国。李克强同志把治理环境污染作为政府重点工作常抓不懈，在今年的政府工作报告中明确要求加快改善空气质量，坚决打好蓝天保卫战。

为了提高广大公众的环境保护意识，普及雾霾相关知识，动员社会各界积极主动参与“治污降霾·保卫蓝天”行动，铁腕治污，有效削减污染物排放，全力推进蓝天白云常驻陕西。陕西省环境科学学会、陕西省环境科学研究院组织编写了《雾霾防治知识读本》（以下简称《读本》）。

《读本》由陕西省环境科学研究院院长、陕西省环境科学学会理事长张振文教高和陕西省环境科学研究院副院长、陕西省环境科学学会秘书长邓彦提议并负责总协调，长安大学邓顺熙教授、张力元负责第一章，西北大学马俊杰教授负责第二、三章，西安建筑科技大学黄学敏教授和陕西省环境科学研究院盛耘负责第四、五章，原陕西省环

境科学学会常务副理事长连锋负责全书统稿和终审。陕西省环境科学学会陈洁、牛金安、赵玉华、梁思源以及西北大学陈新新、史谊飞、李鹏飞、张彤、长安大学佟惠、西安建筑科技大学秦彩虹等参与并做了大量具体翔实的工作。

《读本》力求用科学严谨、通俗易懂的语言和插图，向公众介绍雾霾形成机理、危害和防护知识，避免引入有争议的观点。编者希望通过相关科学知识的普及，动员广大公众自觉行动起来，成为陕西省“治污降霾·保卫蓝天”行动计划的倡导者、参与者，为建设美丽陕西做出贡献。

《读本》编写中引用了一些公开出版物的文字和插图，在此诚表谢意。

编者

2019年3月

# 目 录

## 第一章 认识雾霾 / 001

### 第一节 雾霾的概念 / 001

1. 雾 / 001
2. 霾 / 002
3. 雾霾 / 003
4. 雾与霾的区别 / 003
5. 霾的组成 / 004
6. 霾的度量指标 / 004
7. 霾的预警和等级 / 008

### 第二节 颗粒物 / 010

1. 污染物的源 / 010
2. PM2.5的化学成分 / 015
3. 颗粒物的性质 / 016
4. 颗粒物的传输 / 020
5. 颗粒物的去除 / 020

### 第三节 雾霾形成的自然因素 / 022

1. 气象因素 / 022
2. 区域地形因素 / 027

### 第四节 光化学烟雾 / 033

1. 什么是光化学烟雾? / 033
2. 光化学烟雾的形成条件 / 036
3. 光化学烟雾与雾霾的区别 / 037

## 第二章 雾霾的危害与防护 / 038

### 第一节 雾霾对人体健康的危害 / 038

1. 呼吸系统的构成与作用 / 038
2. 雾霾对人体健康的影响 / 041

### 第二节 雾霾的其他影响 / 045

1. 雾霾对公路交通的影响 / 045
2. 雾霾对航空运输的影响 / 046
3. 雾霾对景观和心理的影响 / 046
4. 对植物和动物的影响 / 048

### 第三节 雾霾的防护 / 048

1. 个人防护 / 048
2. 家庭防护 / 052
3. 公共场所防护 / 054

## 第三章 国外大气污染典型事件与治理 / 057

### 第一节 大气污染典型事件简介 / 057

1. 英国伦敦烟雾事件 / 057
2. 美国洛杉矶光化学烟雾事件 / 058
3. 美国多诺拉烟雾事件 / 059
4. 日本四日市事件 / 061

### 第二节 国外大气污染治理历程 / 062

1. 英国大气污染治理历程 / 062
2. 美国大气污染治理历程 / 065

## 第四章 大气污染物减排技术简介 / 071

### 第一节 除尘技术 / 071

1. 旋风除尘器 / 071
2. 电除尘器 / 072
3. 文丘里洗涤器 / 073
4. 袋式除尘器 / 074

### 第二节 烟气脱硫、脱硝技术 / 075

1. 烟气脱硫技术 / 075
2. 烟气脱硝技术 / 078

### 第三节 挥发性有机废气净化技术和机动车尾气净化技术 / 080

1. 挥发性有机废气净化技术 / 080
2. 机动车尾气净化技术 / 085

## 第五章 治污降霾人人有责 / 086

### 第一节 地方政府的责任 / 088

1. 依法严格监管 / 089
2. 调整能源结构 / 090
3. 有效减少污染物排放 / 091
4. 妥善应对重污染天气 / 094
5. 强化科技对减排的贡献 / 094
6. 加快推动民众生活方式绿色化 / 095

## 第二节 企业的责任 / 096

1. 依法生产，不偷排 / 097
2. 实行清洁生产 / 097
3. 保证净化设施正常有效地运行 / 097
4. 加强员工环保教育，落实环保责任 / 098

## 第三节 公众的责任 / 098

1. 选择绿色生活方式 / 098
2. 养成节约用电、用水的好习惯 / 101
3. 积极参与环境监督 / 101

# 第一章 认识雾霾

雾霾是一种古老的灾害性天气。工业革命以来，人类大量燃烧化石燃料，破坏生态环境，雾霾天气才真正开始威胁人们的生存环境和身体健康。治污降霾，保卫蓝天，必须认识雾霾，了解雾霾，才能对症下药，综合施治，实现绿色发展。本章重点介绍雾霾的概念、成分以及形成原因等基础性知识。

## 第一节 雾霾的概念

了解雾、霾和雾霾的基本概念与区别，认识雾霾成因及其危害，对于理清治污降霾思路，积极采取应对措施，有效缓解雾霾影响，进而对解决雾霾污染有着极其重要的意义。

### 1. 雾

雾由大量悬浮在近地面空气中的水汽凝结物（微小水滴或冰晶）组成，会使能见度下降。在气象学上，凡是因大气中悬浮的水汽凝结，使能见度低于1km时的天气现象称为雾。



图1.1 雾的组成



图1.2 雾

形成雾的基本条件是近地面空气中水汽充足，有使水汽发生凝结的冷却过程和凝结核的存在。如果在一定的温度条件下，空气中含有水汽量大于饱和水汽量，过饱和的水汽就会凝结成小液滴或冰晶，当大量小液滴悬浮在近地面的空气层时，就形成了雾，如图1.2。雾主要是由水汽凝结形成的微小液滴组成，会对能见度产生影响，浓雾时的能见度明显降低，对人们出行和交通运输带来不便，甚至会导致高速公路和机场关闭。

## 2. 霾



图1.3 霾

霾由空气中的灰尘、硫酸盐、硝酸盐、有机碳、元素碳等混合物组成，能使大气混浊，视野模糊并导致能见度降低。水平能见度小于10km时，将这些粒子组成的气溶胶系统造成的视程障碍称为霾

或灰霾。

霾是特定气象条件与人类活动相互作用的结果。高密度人口下的经济、社会活动必然会排放大量的细颗粒，一旦排放量超过大气净化能力和承载度，细颗粒将持续累积。此时，如果天气处在静稳条件下，极易出现大范围霾天气。

### 3. 雾霾

雾霾是雾和霾的统称。雾和霾这两种不同的现象，通常混合出现，尽管在定义上有明确的区别，但在实际观测和研究中不容易区分，所以经常统称“雾霾天气”。简单说，雾霾天气就是“气溶胶粒子在高湿条件下引发的低能见度事件”。

### 4. 雾与霾的区别

雾与霾对人类生活都有影响，如人体健康、交通通行等。但在不同方面影响程度也不同，霾对人类健康的危害更大。其区分方法如表1.1所示。

表1.1 雾与霾的区别

项目	雾	霾
组成	大量悬浮在近地面空气中的微小水滴或冰晶	灰尘、硫酸盐、硝酸盐等粒子
大小	颗粒物粒径范围为1—100 $\mu\text{m}$ ， 平均粒径大约为10—100 $\mu\text{m}$	颗粒物粒径范围为0.001—10 $\mu\text{m}$ ， 平均粒径为1—2 $\mu\text{m}$ 。
视觉	呈乳白色或青白色	呈黄色或灰色
厚度	比较薄，小于200m	比较厚，可达1—3km
能见度	水平能见度小于1km	水平能见度小于10km
相对湿度	大于90%	小于80%
边界特征	边界清晰	没有明显的边界
日变化	一般午夜至次日清晨最易出现	日变化特征不明显
天气符号		

雾和霾是可以相互影响的。如形成霾的颗粒物飘浮在空气中，当湿度增加时能够吸收空气中的水蒸气从而形成较大液滴，加重雾的形成；形成雾的小液滴还能吸附空气中的气态污染物（如二氧化硫、氮氧化物）形成硫酸盐、硝酸盐等粒子，加重霾的污染程度。不同时间段，雾和霾还可以变换角色。比如，早晨空气中湿度比较大，水汽含量丰富，出现雾的概率较高。中午太阳辐射增强，空气和地面的温度上升，一部分水汽蒸发，空气湿度下降，霾出现的概率就会偏大一些。

### 5. 霾的组成

霾的本质是“颗粒物污染”所导致的视程障碍现象，因此霾的核心组成物质主要是工业、焚烧、机动车等排放的颗粒物或气态污染物经过一系列化学反应所形成的悬浮颗粒。

形成霾的主要颗粒物为PM<sub>2.5</sub>（指粒径小于2.5 $\mu\text{m}$ 的颗粒物），又称为细颗粒物或可入肺颗粒物。PM<sub>2.5</sub>不仅可以通过消光作用造成大气能见度下降，危害交通安全，而且由于其粒径小，容易进入人体呼吸系统，对人体健康造成危害。

图1.4为电子显微镜下观察到的形成灰霾的颗粒物。形成灰霾的颗粒物形态各异，如扬尘等矿物颗粒一般为棱角分明的不规则块状，燃煤飞灰颗粒呈表面光滑的圆球状，机动车排放的碳烟颗粒则呈链状结构。不同形态的颗粒物对人体健康和能见度的影响不同。

### 6. 霾的度量指标

通常用相对湿度、能见度和颗粒物的质量浓度来定量地描述霾。

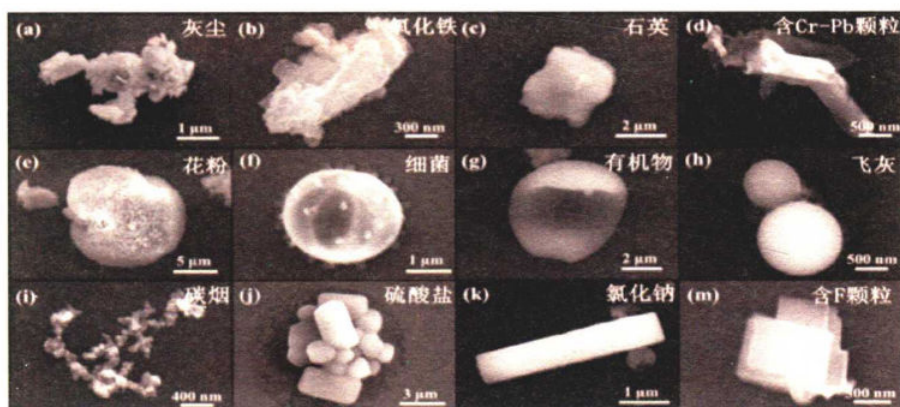


图1.4 扫描电镜下的灰霾颗粒物

### (1) 相对湿度

表示在一定时间内，某处空气中所含水蒸气量与该气温下饱和水蒸气量的百分比。



### 相对湿度的测量

在日常生活中，我们可以直接通过温湿度计测得环境中的相对湿度，其中，最常使用的是指针式温湿度计，如图1.5指针式温湿度计形如仪表盘，也称寒暑表。通常湿度表盘的湿敏元件是在金属游丝上涂敷高分子亲水塑料制成的。其原理属长度变化



图1.5 指针式温湿度计

式，即元件能随空气湿度的变化而改变其长度，利用长度变化产生的位移来驱动指针轴，使指针在表盘上移动，从而实现湿度的计量功能。

温湿度的温度表盘是用金属的热胀冷缩原理制成的。它是以双金属片作为感温元件，用来控制指针。双金属片通常是用铜片和铁片铆在一起，且铜片在左，铁片在右。由于铜的热胀冷缩效果要比铁明显得多，因此当温度升高时，铜片牵拉铁片向右弯曲，指针在双金属片的带动下就向右偏转（指向高温）；反之，温度变低，指针在双金属片的带动下就向左偏转（指向低温）。



图1.6 便携式气象站

在环境监测中，常用气象站来测量环境中的湿度值。图1.6为便携式气象站，同时还可获取气温、风向、风速、大气压等气象数据。这些气象因素会对雾霾的形成产生很

大的影响。如风速增大时会有利于雾霾的消散。

## （2）能见度

能见度，也叫可视距离，是反映大气透明度的一个指标，定义为一个具有正常视力的人，能够看清楚目标物轮廓的最大距离，单位为m或km。大气能见度和当时的天气情况与空气污染程度密切相关。当出现降雨、雾、霾、沙尘暴等天气过程时，大气透明度较低，能见度较差。



## 能见度的测量

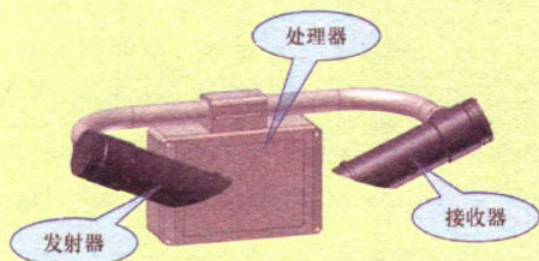


图1.7 能见度仪

在气象观测与环境监测中，常用的能见度观测仪主要有透射式和散射式两种。环境监测中广泛使用散射仪。

图1.7为散射式能见度仪，一般由发射器、接收器与处理器组成。发射器发出近红外光脉冲，接收器测量发射光束经颗粒物散射后的光束，然后由处理器计算出气象光学视程，即能见度。

### (3) 颗粒物的质量浓度

大气中的颗粒物浓度可以用数量浓度（单位体积空气中含有颗粒物的个数）和质量浓度（单位体积空气中含有颗粒物的质量）等参数来定量表征。在环境监测中一般采用质量浓度这一指标，我国现行的《环境空气质量标准》（GB3095—2012）中规定颗粒物的监测指标为PM<sub>2.5</sub>和PM<sub>10</sub>的质量浓度。