

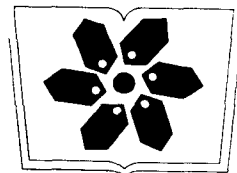
车凤翔 主编

空气生物学

原理及应用



科学出版社
www.sciencep.com



中国科学院科学出版基金资助出版

空气生物学原理及应用

车凤翔 主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书全面系统地论述了空气生物学的学科体系、结构及应用范围,分10篇38章,包括医学空气生物学、动物空气生物学、植物空气生物学、工业空气生物学、军事空气生物学和实验空气生物学等内容。书中既对空气生物学的理论作了全面概述,又对空气生物学在各方面的应用作了详细介绍。

本书对从事医药卫生、环境工程、净化工程、生物安全、人和动植物空气传播传染病防治等方面工作的人员具有重要的参考价值,可供相关高等院校、科研单位的教师、研究人员、研究生、本科生及相关部门的领导使用。

图书在版编目(CIP)数据

空气生物学原理及应用/车凤翔主编. —北京:科学出版社,2004

ISBN 7-03-011536-8

I. 空… II. 车… III. 空气-生物学 IV. Q

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 045490 号

责任编辑:韩学哲 梁淑文 黄 方 / 责任校对:柏连海

责任印制:钱玉芬 / 封面设计:王 浩

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

源海印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2004年9月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2004年9月第一次印刷 印张:48 1/2

印数:1—1 500 字数:1128 000

定价:98.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈新欣〉)

《空气生物学原理及应用》编委会

主 审 陈宁庆

主 编 车凤翔 李劲松 柴同杰

副主编 朱 虹 翟俊辉 曲连东 赵廷昌

编 委 (以姓氏笔画排列)

王云峰 马云燕 马瑞华 万安民 仇华吉 车 红

冯 力 孙振海 白雪源 宋秀龙 吴东来 孟令英

鹿建春 周 煜 周益林 俞肇基 崔 红 崔尚金

序

空气生物学已有一百多年的历史,它是由微生物学、空气动力学、气溶胶力学、传染病学和农学等学科融合而成的一门新的边缘学科。在理论研究和实际应用方面有着广阔的前景。它的开山鼻祖是著名化学家、微生物学家巴斯德。1867年,巴斯德为了证明有机物发酵是由空气中的微生物引起的,发明了曲颈瓶。为了证明空气中存在细菌,他在阿尔卑斯山2000米高处,用他发明的世界上第一个空气微生物采样器,采到了细菌,从而否定了生命自然发生学说。这是空气生物学在生命科学理论研究方面的重要贡献。

空气生物学在实际应用方面也做出了许多重要贡献。一些有关呼吸道传染病的问题,特别是在2003年抗击SARS过程中的许多问题,如空气要不要消毒?病毒在空气中究竟能活多长时间?能传播多远距离?多少个病毒粒子才能引起发病?SARS病毒的传播究竟以呼吸道传播为主,还是以间接接触传播为主?这些都需要空气生物学实验来证实。一些家畜和农作物传染病的流行病学方面的问题,如法国西北部家畜中口蹄疫流行是否由英国家畜所带的口蹄疫病毒气溶胶随风飘到法国所造成的?美国南部的小麦矮病是否由加拿大的真菌孢子气溶胶远距离传播造成的?这些也有赖于空气生物学的研究证明。

近年来,全世界过敏性疾病发病率明显上升,过敏原除了食物以外,更主要是空气中的各种生物颗粒,如花粉、木屑、动物皮毛落屑、真菌孢子等。为了预防过敏性疾病,一些发达国家开始对空气中的有机粒子浓度进行监测,并每天在气象预报中预报其浓度,以供过敏症患者参考,采取预防措施。这也是空气生物学在预防医学上的应用实例。

此外,随着“9·11”事件的发生,人们对生物恐怖和生物战的警觉进一步提高。空气生物学是反生物恐怖和生物战防护研究的理论基础和实验指导,在反恐和生物防护措施研究方面具有重要的指导作用。

车凤翔等同志长期从事空气生物学研究,具有丰富的实践经验,他们所著《空气生物学原理及应用》一书的出版,必将对我国空气生物学的发展做出重要贡献。可供防疫工作人员、传染病工作者、畜牧兽医工作者、过敏症研究者和反恐、防生物危害研究人员以及发酵工业研究人员等多方面、多领域人员参考,是很有价值的一本参考书,故乐于为之作序。

陈宁庆

2003年7月1日

前 言

空气是人类和地球上所有生物赖以生存的环境因子,此外,现代许多精细加工、现代制药和仪器生产、绿色食品和日用化工用品的生产、疾病的治疗和重大手术的实施、科学研究和实验动物饲养等等都要求无菌无尘的空气环境。空气质量一旦不好或受到破坏,就会导致人体健康受损,产品合格率降低,生态失去平衡。

空气中存有某些生物性微粒本来也是自然现象,其中微生物还是生物圈重要的成员,在播种和授粉、物质循环和食物链中起重要作用。然而,随着人类社会的发展,尤其近数十年的飞速发展,使得包括生物性颗粒在内的空气污染源日益增多,空气质量日趋恶化,与人类卫生保健和社会的需求以及“无菌无尘”的要求发生了尖锐矛盾。因此,如何消除和控制气溶胶污染必然成为当前人类生活和生产中必须解决的重大课题,已受到工业发达国家和我国的重视,解决处理好空气生物性污染的问题势在必行。

在国外的科学技术词典和学术界中,对“空气生物学”已经有明确的定义,使用了几十年,经常召开世界空气生物学研讨会,并有空气生物学学会和杂志。研究空气生物性颗粒的来源、传播、沉积和作用规律、机制及其相互影响因素的科学,统称空气生物学(aerobiology),空气生物性颗粒也称“生物气溶胶”(bioaerosol)。“空气生物学”侧重于生物领域对空气生物性颗粒的论述;而“生物气溶胶”往往侧重于气溶胶领域的论述。本书之所以取用“空气生物学”这个名称,正是要强调空气生物性颗粒的生物特性和作用。本书没有采用“空气微生物学”名称,因为它不能包含非繁殖的生物性颗粒。

我国空气生物学工作虽然也有几十年的历史,取得了不小的成绩,但是,至今还没有一本系统的著作。在本书中,我们查阅了国内外的有关科技资料和成果,以较大的篇幅讨论了空气生物学在各个领域的作用和应用问题,并对现代生物技术在生物气溶胶领域中的应用问题进行了较为细致的探讨,以求它能适用于社会多方面的需求,但终难全部涵盖,不足和遗漏之处恳请广大读者批评指正。

在本书的编写出版过程中,得到了中国科学院科学出版基金委员会和各位作者单位领导的大力支持,得到了中国科学院化学冶金研究所名誉所长和现任所长郭慕孙、李静海两位院士,著名气溶胶专家王明星教授,著名预防医学专家和空气生物学家陈宁庆教授,中国农业大学植物保护学院陈建新副研究员的关怀和指导,全书得到了陈宁庆教授的审改,在此一并表示衷心感谢。

车凤翔

2001年1月

目 录

序 前言

第一篇 空气生物学概论

第一章 空气生物学的研究内容与作用	车凤翔(1)
第一节 空气生物学的研究对象	(1)
第二节 有关空气生物粒子的概述	(6)
第三节 空气生物学的学科体系、研究内容、任务和特点	(17)
第二章 空气生物学的由来	车凤翔(20)
第一节 空气微生物及空气传播感染的验证	(20)
第二节 空气传播变应原性疾病和植物病的研究史	(21)
第三节 空气微生物的监测史	(23)
第四节 生物洁净和生物安全的发展	(24)
第五节 我国空气生物学研究现状	(25)
第六节 空气生物学的发展趋势	(27)
第三章 空气生物性颗粒的来源和分布	车凤翔(28)
第一节 概述	(28)
第二节 空气生物性颗粒的来源	(28)
第三节 大气微生物的时空分布	(30)
第四节 室内空气微生物	(41)
第四章 空气生物性颗粒在呼吸道内的沉积	翟俊辉(56)
第一节 概述	(56)
第二节 呼吸系统	(56)
第三节 粒子传输和沉积机制	(56)
第四节 肺沉积模型	(58)
第五节 生物气溶胶粒子沉积的特殊性	(61)
第五章 气溶胶的物理特性及污染范围估计	孙振海(62)
第一节 气溶胶的基本概念与数学描述	(62)
第二节 气溶胶物理特性简述	(65)
第三节 气溶胶粒子在大气中的扩散	(69)
第四节 沉积对污染浓度的影响	(75)
第五节 其他大气扩散模式	(77)
第六章 空气微生物检测	翟俊辉(80)
第一节 空气微生物检测概述	(80)
第二节 空气微生物定性检测	(83)

第三节	空气微生物定量检测	(87)
第四节	生物传感器与空气微生物检测	(99)
第五节	综合性空气微生物检测系统	(104)
主要参考文献		(106)

第二篇 气溶胶与人体健康

第七章	中国城市气溶胶危害评价	车凤翔(112)
第一节	概述	(112)
第二节	气溶胶危害评价的领域	(112)
第三节	空气污染与呼吸道疾病	(113)
第四节	中国城市大气 TSP 与疾病	(114)
第五节	中国城市大气 TSP 的化合物及其毒性	(115)
第六节	小结和建议	(119)
第八章	大气气溶胶与人体疾病	车凤翔(121)
第一节	大气气溶胶概述	(121)
第二节	空气环境污染的危害	(121)
第三节	大气气溶胶与人体疾病	(122)
第九章	生物气溶胶与人体疾病	车凤翔(130)
第一节	概述	(130)
第二节	生物气溶胶的组分	(130)
第三节	生物气溶胶危害的职业	(134)
第四节	生物气溶胶引起的疾病	(138)
主要参考文献		(141)

第三篇 空气传播感染与过敏

第十章	空气传播与空气感染	李劲松(143)
第一节	概述	(143)
第二节	微生物空气传播与空气感染的危害性	(143)
第三节	影响空气传播与传染的因素	(151)
第四节	微生物空气传播的机制	(162)
第十一章	空气微生物与医院获得性肺部感染	车凤翔, 孟令英(170)
第一节	概述	(170)
第二节	院内肺炎特点及病原体	(171)
第三节	医院获得性肺部感染途径	(174)
第四节	医院空气微生物的控制	(177)
第五节	空气消毒	(181)
第六节	关于传染性隔离病房的讨论	(194)
第十二章	实验室空气传播与感染	李劲松(203)
第一节	概述	(203)
第二节	实验室空气传播和感染的危害性	(204)
第三节	实验室空气传播与感染的原因	(212)

第四节	实验室空气传播与感染的控制	(215)
第五节	实验室污染空气的消毒处理	(219)
第十三章	真菌空气传播感染	车凤翔(220)
第一节	概述	(220)
第二节	空气真菌的监测	(221)
第三节	空气真菌的危害	(223)
第四节	真菌孢子的释放	(232)
第五节	空气真菌的传播	(233)
第六节	空气中真菌的时空分布	(234)
第十四章	过敏空气生物学	李劲松(246)
第一节	花粉气溶胶与呼吸道过敏	(246)
第二节	真菌气溶胶与呼吸道过敏	(259)
主要参考文献		(264)
第四篇 生物气溶胶吸入治疗与免疫		
第十五章	生物大分子气溶胶的吸入治疗	周煜(272)
第一节	气溶胶吸入治疗概述	(272)
第二节	生物大分子的吸入治疗	(277)
第十六章	呼吸道黏膜免疫的原理与应用	白雪源(286)
第一节	黏膜免疫系统的组成与结构	(286)
第二节	呼吸道黏膜免疫应答的细胞与分子基础	(293)
第三节	呼吸道黏膜免疫应答的基本原理	(301)
第四节	气溶胶吸入疫苗的研究	(304)
主要参考文献		(309)
第五篇 动物空气生物学		
第十七章	空气传播在动物传染病中的作用	柴同杰,曲连东(312)
第十八章	动物空气传播感染的条件、特点和规律	柴同杰,曲连东(315)
第一节	概述	(315)
第二节	微生物气溶胶的传播	(316)
第三节	呼吸与感染	(317)
第四节	气溶胶对呼吸器官的作用	(318)
第五节	气源性感染的必须条件	(319)
第六节	病毒气溶胶的传播	(321)
第七节	动物舍环境卫生管理与感染气溶胶	(322)
第十九章	动物传播感染的空气影响因素	马瑞华(323)
第二十章	空气传播动物传染病	马云燕等(326)
第一节	牛结核病	(326)
第二节	禽结核病	(329)
第三节	鼻疽	(332)
第四节	禽霍乱	(335)

第五节	鸡传染性鼻炎·····	(337)
第六节	猪传染性胸膜肺炎·····	(340)
第七节	猪传染性萎缩性鼻炎·····	(343)
第八节	猪链球菌病·····	(346)
第九节	猪肺疫·····	(348)
第十节	猪地方流行性肺炎·····	(351)
第十一节	牛传染性胸膜肺炎·····	(354)
第十二节	禽支原体病·····	(357)
第十三节	禽曲霉菌病·····	(360)
第十四节	牛传染性鼻气管炎·····	(363)
第十五节	梅迪-维斯纳·····	(366)
第十六节	马流行性感冒·····	(369)
第十七节	禽流感·····	(372)
第十八节	新城疫·····	(375)
第十九节	鸡传染性支气管炎·····	(378)
第二十节	鸡传染性喉气管炎·····	(381)
第二十一节	口蹄疫·····	(385)
第二十二节	猪生殖-呼吸道综合征·····	(388)
第二十一章	空气传染病的防制·····	仇华吉(394)
主要参考文献 ·····		(397)

第六篇 空气传播植物病害生物学

第二十二章	气传植物病害的特点与规律·····	周益林, 万安民(403)
第一节	病害的时间流行特点与规律·····	(404)
第二节	病害空间流行的特点与规律·····	(410)
第三节	气传病害和病原菌的监测·····	(424)
第二十三章	影响气传植物病害的因素·····	万安民, 周益林(427)
第一节	生物因素·····	(427)
第二节	非生物因素·····	(434)
第二十四章	常见气传植物病害与防治·····	朱虹, 赵廷昌(446)
第一节	稻瘟病·····	(446)
第二节	小麦条锈病·····	(454)
第三节	小麦白粉病·····	(460)
第四节	玉米大斑病·····	(463)
第五节	玉米小斑病·····	(472)
第六节	苹果黑星病·····	(480)
第七节	黄瓜霜霉病·····	(483)
第八节	马铃薯晚疫病·····	(489)
第二十五章	气传病害的综合防治·····	赵廷昌, 朱虹(494)
第一节	抗病品种·····	(494)

第二节	栽培管理	(496)
第三节	药剂防治	(498)
第四节	预测预报	(499)
主要参考文献		(501)

第七篇 工业空气生物学

第二十六章	工业空气生物学概述	俞肇基(502)
第一节	工业空气生物学的主要内容	(502)
第二节	洁净室及其标准	(504)
第三节	洁净室的类型和应用	(508)
第四节	我国目前的状况及其与国外的差距	(515)
第二十七章	空气生物学技术在制药业中的应用	车凤翔(517)
第一节	药品生产中的空气污染和危害	(517)
第二节	空气污染的控制对策(GMP)	(519)
第三节	我国药品生产 GMP 的制定和内容	(523)
第四节	药品生产对空气净化化的要求	(523)
第五节	生物制品的洁净厂房特点	(526)
第六节	空气生物洁净度的检测	(527)
第二十八章	空气净化在食品工业中的应用	车凤翔(529)
第一节	食品生产中空气洁净技术的必要性	(529)
第二节	食品生产中空气洁净度的要求	(531)
第三节	生物洁净室洁净度的选择	(532)
第二十九章	生物洁净技术在化妆品生产中应用	车凤翔(533)
第一节	概述	(533)
第二节	化妆品污染的危害	(534)
第三节	防止化妆品污染的对策和标准	(534)
第四节	化妆品生产防止空气微生物污染的环节和效果	(535)
主要参考文献		(537)

第八篇 军事空气生物学

第三十章	历史概况	翟俊辉(538)
第一节	早期原始生物战	(538)
第二节	微生物学时代与生物武器的研制和使用	(538)
第三节	现代生物战威胁	(540)
第三十一章	生物战剂和生物战剂气溶胶	翟俊辉(543)
第一节	细菌	(543)
第二节	病毒	(551)
第三节	真菌	(555)
第四节	毒素	(556)
第五节	动物病与植物疾病	(558)
第三十二章	生物技术对军事空气生物学的影响	翟俊辉,崔红(559)
第一节	生物新技术及人类基因组计划	(559)

第二节	生物技术对进攻性生物战计划产生的影响·····	(561)
第三节	分子生物学技术及其对生物战剂确证的帮助·····	(563)
第四节	对生物战防御产生的影响·····	(567)
第五节	基因武器·····	(572)
第三十三章	军事空气生物学防护·····	翟俊辉(583)
第一节	侦察与预警·····	(583)
第二节	检测、鉴定与防护·····	(583)
主要参考文献	·····	(586)

第九篇 实验空气生物学技术

第三十四章	微生物气溶胶的发生·····	鹿建春(588)
第一节	基本概念·····	(588)
第二节	液体气溶胶发生器·····	(589)
第三节	固体气溶胶发生器·····	(633)
第四节	选择发生器的原则·····	(637)
第三十五章	微生物气溶胶粒子大小的测定·····	鹿建春(641)
第一节	粒谱测定的意义·····	(641)
第二节	气溶胶粒子大小的概念·····	(641)
第三节	气溶胶粒子的采样和测定原理·····	(642)
第四节	常用的粒谱分析仪器·····	(650)
第三十六章	微生物气溶胶的储存·····	鹿建春(655)
第一节	微生物气溶胶存活的基本概念和测定方法·····	(655)
第二节	测定微生物存活的设备·····	(660)
第三节	气溶胶操作技术对其存活的影响·····	(664)
第三十七章	微生物气溶胶实验感染·····	鹿建春(667)
第一节	概述·····	(667)
第二节	微生物气溶胶感染的特点·····	(667)
第三节	微生物气溶胶实验感染技术·····	(669)
第四节	影响微生物气溶胶实验感染的因素·····	(688)
主要参考文献	·····	(696)

第十篇 空气洁净与安全

第三十八章	生物洁净与生物安全·····	车凤翔,车红(699)
第一节	绪论·····	(699)
第二节	生物安全的由来·····	(700)
第三节	病原体危险程度的分类·····	(707)
第四节	生物安全洁净技术原理·····	(710)
第五节	生物安全对策和安全级别的选择·····	(728)
第六节	生物安全的设备与设施·····	(733)
第七节	放(辐)射污染实验室的建筑要求·····	(751)
主要参考文献	·····	(754)
索引	·····	(755)

第一篇 空气生物学概论

第一章 空气生物学的研究内容与作用

第一节 空气生物学的研究对象

1. 空气生物学

空气生物学(aerobiology)是研究空气中生物性微粒的来源、传播以及对人、畜和农作物影响的一门学科。生物性微粒包括:病毒、细菌、立克次氏体、衣原体、支原体、真菌孢子、苔藓(moss)孢子、蕨类孢子(fern spore)、藻(alga)和植物的细胞(含花粉)、昆虫(包括螨)及其碎片和分泌物、动植物源性蛋白、酶、抗生素和生物工程产物及各种菌类毒素等。这些悬浮在空气中的生物性颗粒与空气形成的二相分散系统称为生物气溶胶(bioaerosol)。本学科的范畴包括环境生态学、环境卫生学、工业卫生学、医学、预防医学、流行病学、植物、动物和人体的病理学研究。

2. 气溶胶和生物气溶胶

讲到空气微生物必然涉及到气溶胶科学。实际上自从人类发明钻木取火和使用火以后,人为的大量的空气(气溶胶)污染便开始了,人类自己便受到吸入烟雾的威胁。Seidler (1996)报道,在 5000 年以前死亡并冷冻到现在的尸体中发现一个烟雾黑肺。在历史上各种代表性空气污染事件屡见不鲜,成千上万的人受到危害。第一次世界大战末期,Donnon 教授创立了“气溶胶”这个术语,用来讨论当时被发现的以砷烟为例的空气悬浮微粒,Scnmauss(1920)在一篇报告中完全独立性地使用了这个名词,Gibbsz 在他的《云或烟》一书中使用了气凝胶(aerogel,凝并气溶胶)和气溶胶(aerosol)概念。当时只是一个物理概念,主要研究布朗运动(Brownian motion)、埃特肯核(Aitken nuclei)和基本电荷的问题。在 19 世纪末和 20 世纪初,因为气溶胶实际上代表了当时可以观察到的最小的物体,所以气溶胶的研究做为物理学的前沿问题而得到发展。但当原子物理学出现之后,人们的注意力有所转移,对气溶胶的兴趣逐渐变小。直到第二次世界大战,气溶胶在军事上的应用又使其受到极大的关注。之后,工业卫生、环境污染、温室问题(greenhouse issue)和酸雨(acid rain)、光化烟雾(photochemical smog)、同温层臭氧消耗(stratospheric ozone depletion)等问题的出现和气溶胶仪器在工业上的应用,都引起人们极大的兴趣。决策者和公众提出的许多问题期待着气溶胶科学给予回答和解决。气溶胶科学的重要价值在各个领域得到较为广泛的认识,特别值得强调的是其研究成果对战略决策同样具有很大的意义。新的概念、新的现象、新的仪器都给气溶胶科学注入了新的活力。到了 20 世纪 70 年代,由于人们环境意识的进一步加强和对空气污染给予人体健康危害严重性的进一步认识,气溶胶科学变得越来越重要。近十多年世界各国气溶胶学发展迅速,各国学会组织非常活跃。世界气溶胶学会(IARA)每四年一次学术交流会,已经开了五次;欧洲

气溶胶学会(EAA)和美国气溶胶学会(AAA)每年一次学术会议,已经召开十多次。此外还有医学气溶胶学会(IMA)、空气生物学会(IAA)和吸入毒理学会(ITA)等等,美国还有专门的吸入毒理研究所(ITRI)。各学会和有关部门主办的有关杂志和出版的专著也很多,如 *Aerosol Science and Technology*, *Journal of Aerosol Science*, *Aerobiologia* 和 *Journal of Medical Aerosol* 等都是比较权威性的刊物。我国气溶胶科学起步也不算晚。下面对气溶胶及其分类进行扼要介绍。

气溶胶(aerosol)是固态或液态微粒悬浮于气体介质中所形成的分散系统。气体介质称连续相,通常是空气;微粒或粒子(particle)称分散相,是多种多样的,成分很复杂,也是气溶胶学研究的主要对象。从定义出发,气溶胶粒子直径范围在 $0.001\sim 100\mu\text{m}$ 之间。由于气溶胶是以稳定或准稳定系统状态存在,多数具有代表性的大气气溶胶粒子直径 $\leq 1\mu\text{m}$ 。但是,除绝对静止条件外,在正常湍流情况下也能使 $10\mu\text{m}$ 直径粒子充分混合,有时还有更大的粒子。在一般环境中,具有代表意义的粒子大小范围是 $0.1\sim 10\mu\text{m}$ 。但近年有很多学者研究纳米(nm)级的气溶胶粒子。

气溶胶主要指悬浮在气体中的颗粒,气体是自由运动的介质,气溶胶粒子是真正的系统。粒子的数量和质量远比气体分子少,但气溶胶粒子决定系统的基本性质。简而言之,气溶胶是水溶胶的相对物,除了介质不同以外,气溶胶具有相对的不稳定性。在实际工作中,气溶胶这一术语只适用于粒径相当小($0.001\sim 100\mu\text{m}$)具有某种稳定程度的系统。这样,小粒子的尘、烟和雾均属气溶胶范畴。日常生活中,如果气溶胶存在,就能借助可见光的散射显示出来。

迄今,气溶胶的分类方法很复杂,还没有完全统一。从空气生物学应用出发,如果分散相中含有某种具体的生物性颗粒,也可用其命名,如细菌气溶胶(bacterial aerosol)、病毒气溶胶(viral aerosol)、真菌气溶胶(fungal aerosol)、毒素气溶胶(toxin aerosol)、蛋白气溶胶(protein aerosol)等等。以上这些粒子中含有生物性物质并起主导作用的气溶胶,统称为生物气溶胶(bioaerosol)。对于一般气溶胶,分类更加复杂多样,根据粒子形成机制把其分为分散性和凝集性气溶胶;根据粒子的物态把其分为液体和固体气溶胶;根据粒子的核素性质把其分为放射、化学和生物气溶胶,从而演变出以元素和微生物名称命名的各种气溶胶;根据粒子大小($2.0\mu\text{m}$ 或 $2.5\mu\text{m}$)把其分为细粒子气溶胶和粗粒子气溶胶;根据粒子大小分布宽度把其分为单分散和多分散性气溶胶;有的结合通用科学术语,把其分为尘、烟和雾三大类。

2.1 尘

在胶体概念中,尘(dust)是指有机的或无机的固体物质,由于机械作用如压轧、研磨、钻孔和爆炸粉碎或在气体动力作用下分散形成的粒子。它的大小不一,范围也很宽,其中一部分属于气溶胶的范畴。从总体上说,尘为很不稳定的分散系统;其粒子大小分布上限为肉眼可见,下限可小到微米级,与烟和雾相比颗粒较大,数目通常少于烟。尘是固态粒子,能沉着在各种表面上,在大气中很容易再分散。尘粒可能含有各种核素,有些可引起人体呼吸道各种疾病。为人熟知的许多职业病都与尘埃有关,如人类矽肺和肺癌。有时街道的尘埃含有结核杆菌,条件适宜时能够造成人体空气传播感染;有时,尘粒含有花粉、尘螨、谷物蛋白、禽畜和昆虫微粒,引起人体变应原性疾病;有时尘粒含有真菌及其毒

素,导致人体吸入感染和中毒。

2.2 烟和熏烟

一般的理解,矿物燃料、沥青和木材等燃烧形成的气溶胶粒子称为烟(smoke),往往是黑色的,其中包括烟灰、液滴和矿物灰。少数情况,烟粒中也含有微生物。

根据 Green 的论述,烟是变化范围较大的由低蒸汽压的粒子形成的气体分散体系,包括由燃烧或破坏性蒸馏所形成的气溶胶,包括由挥发和凝结、化学和光化学以及电学所形成的气体分散粒子。如油脂酸蒸汽的凝结,氨和盐酸气体间的反应,氧化铁烟中产生的羧基铁的光化学分解,电弧金属蒸汽和粒子氧化作用等形成的分散系统都属于烟的范畴。由此说来,“烟”这个术语包括那些不能划分为尘和雾的许多其他气体悬浮粒子,甚至有时也能由机械粉碎所形成的粒子。但有一点是明确的,其主要指标是粒子直径大小。一般来说,主要是 $1\mu\text{m}$ 左右的粒子,大的到 $5\mu\text{m}$ 左右,小的到 $0.1\mu\text{m}$ 以下的亚微米粒子的范围,甚至相当小的溶液雾化后蒸发的固体粒子也可分类为烟。

按照这一论述,“烟”还包括熏烟(fume)。熏烟是由氧化、升华或蒸馏过程并随之凝聚或气体燃烧而形成的气溶胶粒子,直径 $0.001\sim 1.0\mu\text{m}$ 。例如在熔炼中金属氧化烟与二氧化硫同时产生时的烟即为熏烟。它有两个特点:①一个粒子是由许多更小的微粒凝聚结构组成。②粒子一旦形成,再把它们分开是相当困难的。在 Hinds(1981)的著作中特别提到,熏烟通常是指大气中含有的某些有毒污染物微粒。虽然熏烟中一般不含有微生物,但它却可以影响宿主对微生物气溶胶吸入感染的易感性,有时降低免疫反应和呼吸道抗病能力,也有时影响空气微生物的存活力。

2.3 雾、大雾、烟雾和霾

上述四个名词在英文原著论述中大同小异。总的看来,都是指空气中由雾化和凝结生成的液态微粒,或者说都是由凝结或雾化而形成的液体气溶胶。雾中常常含有微生物。

有人用粒子大小来区分雾(mist)和大雾(fog),直径大于 $40\mu\text{m}$ 的称雾, $5\sim 40\mu\text{m}$ 的称大雾。天然的雾一般由 $10\mu\text{m}$ 以上的粒子构成,但粒子数相当少。所以,雾是指人们常见的天然的雾。

大雾(fog),一般指可见的浓度很大的雾,即能见度减少到一定程度时的雾,在此我们称“大雾”,有人把其译为“雾气”。“雾”和“大雾”的粒子径分界并不十分明确。

烟雾(smog),一般指家庭和工厂烟筒所造成污染的雾气,这一术语也适于大气内其他的毒性气溶胶(Green & Lane, 1964),或者说也包括光化学产物。烟雾常伴有水蒸气(Hinds, 1981),粒子径 $< 1\mu\text{m}$, 或 $< 2\mu\text{m}$ 。在英文中,此术语由烟(smoke)和大雾(fog)二词合成。

霾(haze),指在大气中存在的大气污染的液滴和颗粒以及尘埃粒子。这一名词主要是从环境污染危害的角度提出的。

2.4 粒子云(particle cloud)

在 Green 的概念中,尘、烟和雾统称为粒子云。气体中经常存在的分子团大小的离子和核素悬浮体,也被纳入粒子云而称离子云和核云。这样,粒子云与气溶胶就不是完全相

同的概念了,按其气溶胶的粒径定义,气溶胶是不能包括离子云的。不能按常规分类的其他悬浮体如雨云和雪云可简易地归属此类,称为天然云和冰晶体云(clouds of ice crystals)。

鉴于对上述名词难于准确地定义,而且由粒子混合物组成的许多颗粒体系十分复杂,一般论述中很少使用这些专门术语,而使用气溶胶这个一般术语来描述悬浮在气体中的所有微粒体系。

空气中粒子浓度(concentration)、成分(composition)与其直径大小(particle size)构成决定气溶胶性质的三大要素。粒子大小是决定气溶胶行为的重要参数,粒子的沉降、扩散、蒸发、凝并、对光的散射以及对人体危害程度都与粒子大小有关;生物粒子的存活力(viability)和感染力(infectivity)与粒子大小关系也十分密切。

2.5 气溶胶工程(aerosol engineering)

是控制空气中微小粒子的形成和行为的工程。有意义的粒子径为小到 $<10\text{\AA}$ 分子团,大到 $10\sim 100\mu\text{m}$ 的范围。研究的问题有两大方面:消除或控制污染的有害气溶胶,即坏气溶胶(“bad” aerosol),有目的地发生对某些产品生产、净化空气和健康有益的气溶胶(“good” aerosol)。在过去的几年中利用气溶胶工程做的工作有很多。例如生产光学纤维和在烟道(flue beam)气体中把 SO_2/NO_x 电子束(electron beam)转变为硫(硝)酸氨(ammonium sulfate/nitrate)等等。

3. 生物气溶胶和生物学分类

我们周围的自然界物质按其性质可分为生命和非生命两大类。气体、水体、土地、矿物等等属于非生命自然界;动物、植物和微生物属于生命自然界,即生物界。从上述空气生物学的定义可知,我们研究的对象有非生物界的空气和生物界的各种生物性粒子。

3.1 自然界生物的分类

为了更好地研究生物,生物学家根据它们的发生发育过程、形态结构、功能特性、亲缘关系、基因特性等对世界上 200 多万种形形色色的生物种群进行分类。分类的方法多而复杂,问题很多,至今也不完全统一,并且还在不断地发展。在此只能对与空气生物性颗粒有关的部分加以扼要说明。从生物进化和细胞结构可分为 3 类:①非细胞结构生命体,主要指病毒;②原核生物,由原核细胞构成的生命体,原核细胞有细胞形态,只有核物质没有核膜;其细胞质中没有线粒体、叶绿素、高尔基体等细胞器;不能进行有丝分裂繁殖;③真核细胞类,细胞结构完整,动植物和真菌都属于这类。在此基础上,1969 年 Whittaker 提出了 5 界分类系统。按照这一系统:原核生物类群分为原核生物界(Monera),把单细胞的真核细胞的动植物都定为原生生物界(Protista)。多细胞的生物根据其营养类型又分为:植物界(Plantae),真菌界(Fungi)和动物界(Animalia)。病毒界是 20 世纪 70 年代以后才公认单称一界。这样就把自然界生物分为 6 界。“微生物”(microbe)这个词来源于法国,意思是显微镜下的生物(microscopic organism)或微小生物体(microorganism),有的书把其定义为小于 1mm 的生物。这样,“微生物”只是一个综合的概念,虽然在实际工作中应用很广,但在分类学家中不是仅以生物大小来分类的(表 1-1)。

表 1-1 各种生物特性和分类

生物特性	分类
无细胞形态,只有 2 种核酸的 1 种,或有 RNA,或有 DNA	病毒界(Virus)
有细胞形态,细胞内同时具有 RNA 和 DNA	
核质周围无核膜与细胞质隔开	原核生物界(Procaryotae)
营光合作用,含有叶绿素 a 和藻蓝素	蓝细菌门(Cyanophyta)
大多数不营光合作用,营光合作用也不含叶绿素或藻蓝素	细菌门(Bacteriophyta)
核质四周有核膜与细胞质分开(真核生物)	
细胞无组织分化	真核原生生物界(Protistae)
细胞有组织分化	动物界(Animalia)
	真菌界(Fungi)
	植物界(Plantae)

3.2 空气

空气(air)是气溶胶的重要成分(连续相)。实际上,在非特殊情况下,空气是气体、水分和尘的混合物(表 1-2),它的这些成分通常是不固定的,即使是气体成分也随着纬度和海拔高度的不同稍有变化。大气中的臭氧是氧气在紫外线照射下形成的。大部分水气集中在大气层的下层,一般占总体积的 1.2%,但在寒冷气候时其可降至近乎零。在非特殊情况下,几乎任何空气样品都含有悬浮粒子,由生物性颗粒和非生物性颗粒组成。与气体成分不同,悬浮粒子的数量受各种因素的影响,变异很大。空气不是微生物产生和生长的自然环境,其中没有包括细菌在内的微生物所必需数量的水分以及种种它们可利用形式的养料。因此,空气中没有生物群落。但在空气中仍然能找到微生物和其他生物性颗粒,它们都是来源于土壤、水体和其他物体的“过客”。

表 1-2 空气成分及变化

元素	容积/%	变化幅度
氮	78.03	
氧	20.99	
氩	0.94	
二氧化碳	0.03	
氢	0.03	
氟	0.0012	
氦	0.0010	
氖	0.0004	
氙	0.0001	
臭氧	变化很大	2~20
水气	变化很大	0~4
尘土	变化很大	0~1ml 含百万个分子