

Dust Events and Its Impacts on
Atmospheric Environment

沙尘天气 对大气环境影响

高庆先 任阵海 等 著



科学出版社
www.sciencep.com

沙尘天气对大气环境影响

Dust Events and Its Impacts on Atmospheric Environment

高庆先 任阵海 等著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书对影响我国的沙尘天气的时空分布特征、长期演变特点、下垫面状况和影响沙尘天气发生的主要因子等进行了详细分析,揭示了影响我国沙尘天气潜在沙尘源区的位置和沙尘的传输路径,提出了沙尘天气潜在沙尘源地的概念并对其进行分类;通过对2000~2006年发生的影响我国的典型沙尘天气过程的仔细分析,探讨了影响我国的沙尘天气的天气与气候背景;介绍了利用卫星遥感、激光雷达监测技术开展的对沙尘天气的监测,并结合典型沙尘天气个例进行了分析;利用环境保护部公布的空气质量日报、收集到的北京地区大气环境监测资料、AERONET和ACE-Asia试验期间东亚地区若干观测点的大气颗粒物浓度监测和化学成分分析结果以及TOMS卫星逐日大气气溶胶指数等资料,对强沙尘天气及其对大气环境质量的影响进行了分析,特别是分析了沙尘天气对北京地区大气环境质量的影响;介绍了沙尘天气数值模拟的进展和最新成果,开展对典型过程的模拟研究;在对沙尘源区进行设点采样的基础上,完成了沙尘天气期间沙尘颗粒物的理化特征分析。

本书可供环境保护、气象、农业、自然地理等领域的研究人员、政府部门决策人员、相关专业高校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

沙尘天气对大气环境影响 / 高庆先等著. —北京: 科学出版社, 2010

ISBN 978-7-03-028816-5

I. ①沙… II. ①高… III. ①沙暴—影响—大气环境—研究—中国
IV. ①P425.5 ②X16

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第168324号

责任编辑: 张 震 / 责任校对: 桂伟利

责任印制: 钱玉芬 / 封面设计: 无极书装

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>

陈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

*

2010年9月第 一 版 开本: B5 (720×1000)

2010年9月第一次印刷 印张: 24 1/2 插页: 18

印数: 1—1 500 字数: 500 000

定价: 96.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前 言

敕勒川，
阴山下，
天似穹庐，
笼盖四野。

天苍苍，
野茫茫，
风吹草低见牛羊。

北朝民歌《敕勒歌》

这是一首描写草原风光的千古绝唱，形象生动地描绘了草原上水草茂盛和牛羊肥壮的景象。然而，人类对大自然毫无节制地索取，盲目开垦，过度放牧，导致土地退化，荒漠化扩展，沙化加剧，破坏了大自然生态系统的自然演变规律，导致沙尘天气现象频繁发生。

在我国西北干旱、半干旱地区，每年春季由于荒漠化扩展、土地沙化严重以及沙尘天气的肆虐，一望无际的广阔草原已是“天苍苍，沙茫茫，风吹沙地掩牛羊”了，很多地方是荒漠化、沙漠化的荒凉景象，赤地千里，触目惊心，每年春季大风一刮，昏天黑地，沙尘飞扬。

沙尘天气是一种灾害性天气现象，有着巨大的破坏力，每年由于沙尘天气给国家和人民带来的经济损失是巨大和难以估量的。沙尘天气是特定气象条件和特殊的地质地理条件下的产物，是发生在干旱地区、半干旱地区、荒漠化地区和农牧交错带的特有的一种灾害性天气现象，在我国古代史书中早有记载。《宋史》记载：“宋真宗天禧四年四月丁亥，大风起西北，飞砂折木，昼晦数刻，五月乙

目 录

前言

第1章 绪论	1
1.1 引言	1
1.2 沙尘天气的概念、影响因素及划分	2
1.2.1 沙尘天气的概念	2
1.2.2 沙尘天气的影响因素	3
1.2.3 沙尘天气的等级划分	4
1.2.4 沙尘天气过程的划分	5
1.3 国内外研究现状	5
1.3.1 沙尘天气的时空分布特点和传输路径	6
1.3.2 沙尘天气的天气气候背景分析	8
1.3.3 沙尘起沙物理机制、传输和沉降的数值模拟研究	9
1.3.4 沙尘天气的遥感探测研究	10
1.3.5 沙尘天气的野外观测、监测系统和风洞实验研究	12
1.3.6 沙尘气溶胶的成分分析和理化特性分析	14
1.3.7 沙尘天气的危害、影响及对策研究	14
主要参考文献	15
第2章 我国沙尘天气的特点	20
2.1 我国沙尘天气的空间分布	20
2.2 我国沙尘天气的历史演变趋势	25
2.2.1 南疆沙尘天气的历史演变	25
2.2.2 北疆沙尘天气的历史演变	26
2.2.3 甘肃、宁夏和青海沙尘天气的历史演变	27
2.2.4 内蒙古中西部沙尘天气的历史演变	28
2.3 我国沙尘天气的季节变化	30
2.4 影响沙尘天气的因子分析	31

尘天气是一个不可忽视的重大环境问题。

作者基于多年在沙尘天气及其影响方面的研究成果完成本书。本书分为 9 章,作者利用气象台站的沙尘天气历史资料,结合卫星云图分析资料,对影响我国的沙尘天气的时空分布特征、长期演变特点、下垫面状况和影响沙尘天气发生的主要因子等进行了详细的阐述和分析,揭示了影响我国的沙尘天气潜在沙尘源区的位置和沙尘的传输路径,提出了沙尘天气潜在沙尘源地的概念并对其进行了合理分类(第 2 章至第 3 章);通过对 2000~2006 年发生的影响我国的典型沙尘天气过程的仔细分析,探讨了影响我国沙尘天气的天气与气候背景(第 4 章);介绍了利用卫星遥感、激光雷达监测技术开展的对沙尘天气的监测,并结合典型沙尘天气个例进行了分析(第 5 章至第 6 章);利用环境保护部公布的空气质量日报、收集到的北京地区大气环境监测资料、AERONET 和 ACE-Asia 试验期间东亚地区若干观测点的大气颗粒物浓度监测和化学成分分析结果以及 TOMS 卫星逐日大气气溶胶指数等资料,对强沙尘天气及其对大气环境质量的影响进行了分析,特别是分析了沙尘天气对北京地区大气环境质量的影响(第 7 章);介绍了沙尘天气数值模拟的进展和最新成果,开展了对典型过程的模拟研究(第 8 章);在对沙尘源区进行设点采样的基础上,完成了沙尘天气期间沙尘颗粒物的理化特征分析(第 9 章)。

参加本书撰写的还有中国气象局的张志刚和牛若芸,北京工业大学的陈东升,北京师范大学的郭敬华,北京市气象局的杜吴鹏、孟伟和王耀庭,北京市环境监测中心的李令军,内蒙古环境监测中心的谷雨,呼和浩特市气象科学研究所的卢士庆和南京信息工程大学的康娜等。

本书的撰写得到了环境保护公益性行业科研专项(项目编号:200709008)的资助。

尽管做出了很大努力,但书中仍可能有一些错误之处,敬请读者批评指正。

高庆先

2010 年 3 月

目 录

前言

第1章 绪论	1
1.1 引言	1
1.2 沙尘天气的概念、影响因素及划分	2
1.2.1 沙尘天气的概念	2
1.2.2 沙尘天气的影响因素	3
1.2.3 沙尘天气的等级划分	4
1.2.4 沙尘天气过程的划分	5
1.3 国内外研究现状	5
1.3.1 沙尘天气的时空分布特点和传输路径	6
1.3.2 沙尘天气的天气气候背景分析	8
1.3.3 沙尘起沙物理机制、传输和沉降的数值模拟研究	9
1.3.4 沙尘天气的遥感探测研究	10
1.3.5 沙尘天气的野外观测、监测系统和风洞实验研究	12
1.3.6 沙尘气溶胶的成分分析和理化特性分析	14
1.3.7 沙尘天气的危害、影响及对策研究	14
主要参考文献	15
第2章 我国沙尘天气的特点	20
2.1 我国沙尘天气的空间分布	20
2.2 我国沙尘天气的历史演变趋势	25
2.2.1 南疆沙尘天气的历史演变	25
2.2.2 北疆沙尘天气的历史演变	26
2.2.3 甘肃、宁夏和青海沙尘天气的历史演变	27
2.2.4 内蒙古中西部沙尘天气的历史演变	28
2.3 我国沙尘天气的季节变化	30
2.4 影响沙尘天气的因子分析	31

2.4.1 影响我国沙尘天气的天气系统	32
2.4.2 降水对沙尘天气的影响	34
2.4.3 大风对沙尘天气的影响	37
2.4.4 沙尘源区气候变化特点	42
2.4.5 水资源利用不合理对沙尘天气的影响	42
2.4.6 其他不合理人类活动对沙尘天气的影响	46
2.5 结论	49
主要参考文献	50
第3章 影响我国的沙尘天气的源地及其传输路径	51
3.1 影响我国的沙尘天气的源地及其分类	51
3.1.1 沙尘天气源地的定义	51
3.1.2 沙尘源地的分类	51
3.2 影响我国及北京的沙尘天气的传输路径	52
3.2.1 影响我国的沙尘天气的传输路径	52
3.2.2 影响北京的沙尘源地和传输路径分析	53
3.3 源区地表状态及其变化	56
3.3.1 沙漠与戈壁	57
3.3.2 黄土	60
3.3.3 农牧交错带	61
3.3.4 沙尘源区地表土壤粒径分析	63
3.4 沙尘源区的地表植被指数特征及其演变	66
3.4.1 绿色植物的光学特性	66
3.4.2 植物的反射率随波长与叶子中叶绿素含量的关系	67
3.4.3 归一化植被指数	68
3.4.4 AVHRR-NDVI 数据国内外使用情况	72
3.4.5 沙尘源区 NDVI 特征及其演变	73
3.5 结论	78
主要参考文献	78
第4章 影响我国的沙尘天气的天气与气候背景分析	81
4.1 典型沙尘天气的天气与气候背景分析	81

4.1.1	2000 年沙尘天气的天气与气候背景	81
4.1.2	2001 年沙尘天气的天气与气候背景	84
4.1.3	2002 年沙尘天气的天气与气候背景	95
4.1.4	2003 年沙尘天气的天气与气候背景	99
4.1.5	2004 年沙尘天气的天气与气候背景	102
4.1.6	2005 年沙尘天气的天气与气候背景	106
4.1.7	2006 年沙尘天气的天气与气候背景	109
4.2	结论	112
	主要参考文献	113
第 5 章	沙尘天气的卫星遥感监测与分析	116
5.1	我国沙尘暴卫星遥感监测研究进程和现状	116
5.1.1	我国沙尘灾害卫星遥感监测研究进程	116
5.1.2	卫星遥感监测在沙尘灾害研究中的重要作用	117
5.2	沙尘天气卫星遥感监测概述	118
5.2.1	卫星云图与沙尘光学特性	118
5.2.2	沙尘天气卫星遥感原理	119
5.2.3	沙尘天气卫星遥感数据源及特点分析	120
5.2.4	沙尘天气卫星遥感监测的技术方法	123
5.2.5	沙尘源地及移动路径遥感监测	129
5.2.6	沙尘信息遥感定量提取研究	130
5.3	利用卫星遥感监测沙尘天气典型个例分析	131
5.3.1	利用 MODIS 监测沙尘天气	131
5.3.2	利用静止卫星资料跟踪沙尘天气的发生、发展及传输	140
5.3.3	利用 TOMS 资料分析沙尘天气	147
5.3.4	利用 AVHRR 资料分析沙尘天气	175
5.4	沙尘天气遥感监测的研究发展	179
5.4.1	多平台遥感数据的综合应用	179
5.4.2	多学科交叉渗透与研究深度、广度的强化	180
5.4.3	地基遥感和卫星遥感综合研究	180
5.5	结论	181

主要参考文献	182
第 6 章 利用激光雷达监测沙尘天气	186
6.1 国内外发展现状	186
6.2 激光雷达分类与组成结构	188
6.2.1 Mie 散射激光雷达的组成	188
6.2.2 NIES 型激光雷达系统组成及其工作原理	190
6.3 激光雷达方程及其反演方法	192
6.4 NIES 型激光雷达判断沙尘暴的标准	193
6.5 NIES 型激光雷达数据的解析方法	193
6.6 利用 NIES 型激光雷达对沙尘天气进行监测	194
6.6.1 沙尘暴过程中沙尘源区黄沙的分布高度、厚度、持续时间等特征	194
6.6.2 沙尘暴过程中沙尘源区沙尘气溶胶质量浓度的垂直分布	197
6.6.3 沙尘影响区(北京)2001 年春季 NIES 型激光观测结果	199
6.6.4 沙尘过程的大气颗粒物质量浓度的计算	210
6.6.5 与地面监测结果的比较	212
6.6.6 其他观测结果分析	213
6.6.7 与日本激光雷达观测结果的比较	214
6.7 结论	214
主要参考文献	215
第 7 章 沙尘天气的区域污染特征及对北京大气环境质量的影响	219
7.1 沙尘天气的区域污染特征	219
7.1.1 空气污染指数的长期演变与区域特征	220
7.1.2 沙尘天气传输路径上污染特征和颗粒物粒径分布特征	229
7.1.3 2002 年典型沙尘天气大气污染监测分析	234
7.2 沙尘天气对北京大气环境质量的影响	238
7.2.1 北京地区沙尘天气的时空分布	239
7.2.2 对区域大气环境质量的影响	243
7.2.3 沙尘天气中北京大气沙尘气溶胶的粒径分布特征	251
7.2.4 北京及上游源区降尘分析	255
7.3 结论	262

主要参考文献	263
第 8 章 沙尘天气数值模拟的研究与讨论	265
8.1 沙尘天气数值模拟的研究进展	265
8.2 模型简介	266
8.2.1 GOCART 模式系统	266
8.2.2 第三代区域气候模式 RegCM3 系统	268
8.2.3 Models-3 模式系统	270
8.3 模拟结果与讨论	277
8.3.1 GOCART 模式模拟结果与讨论	277
8.3.2 RegCM3 模式模拟结果与讨论	291
8.3.3 Models-3 模式模拟结果与讨论	300
8.4 结果讨论	308
主要参考文献	309
第 9 章 沙尘天气理化特征分析	310
9.1 分析沙尘天气常用的化学分析手段和方法介绍	310
9.1.1 颗粒物样品采集的常用方法	311
9.1.2 常用的颗粒物化学成分的分析方法	313
9.1.3 气溶胶化学成分信息的处理方法	325
9.2 我国沙尘源区土壤化学成分分析	334
9.2.1 样品采集与分析	335
9.2.2 源区土壤元素分布规律	336
9.3 我国沙尘源地气溶胶化学成分特征	338
9.4 典型沙尘事件沙尘气溶胶化学特征分析	344
9.4.1 2000 年我国沙尘暴的组成、来源、粒径分布	344
9.4.2 元素数据揭示的沙尘暴的几个阶段	353
9.4.3 北京沙尘气溶胶化学成分分析	363
主要参考文献	374

第 1 章 绪 论

1.1 引 言

沙尘天气是一种灾害性天气现象，有着巨大的破坏力，每年由于沙尘天气给国家和人民带来的经济损失是巨大和难以估量的。沙尘天气作为一种气象灾害和生态环境问题，早已引起世界各国的注意。沙尘天气是特定气象条件和特殊地理环境下的产物，是发生在干旱地区、半干旱地区、荒漠化地区和农牧交错带特有的一种灾害性现象。沙尘天气发生时，飞沙走石、天色昏暗、空气浑浊，大气水平能见度差，一般情况下 1km 之外的景物难以辨认，强和特强的沙尘暴发生时甚至伸手不见五指。在我国西北地区，沙尘天气是一种比较常见的现象，老百姓又称之为“风沙”、“黄风”或“黑风暴”等。

由于干旱、半干旱地区地表植被稀疏，再加上人类活动的干扰，土地退化严重，地表面裸露面积扩大，沙化面积扩展迅速，形成大量潜在沙源地，在适当的天气条件下便可形成沙尘天气，从而影响我国北方大部分地区。作为一种具有强大破坏力的灾害性现象，我国古代史书中就将沙尘现象作为一种灾害记录下来，距今 3000 多年以前，我国史书中就有关于沙尘现象的记载，如“黄风自西北来，拔树发屋”，“飞沙如雨”，《宋史》记载的“宋真宗天禧四年四月丁亥，大风起西北，飞砂折木，昼晦数刻，五月乙卯，暴风起西北，有声，折木吹砂，黄土蔽天”，所描述的就是春季在我国西北地区发生沙尘暴时飞沙走石、摧朽拔木、遮天蔽日的情景。

《春秋·左传》中有记载：“晋烈公二十二年，国大风，昼昏，自旦至中。”南宋理宗绍定六年甘肃、内蒙古有“癸巳十二月，大风霾，凡七昼夜”的记载，向人们描绘了当时发生的一次持续时间长达 7 天 7 夜的强沙尘暴过程。

沙尘天气并不仅在我国存在，世界上许多国家也都发生过。20 世纪 30 年代在美国、加拿大发生的“黑风暴”就是其中典型的例子。美国由于 20 世纪 30 年代在西南大草原过度开垦和放牧，导致地表植被严重破坏，形成了沙尘天气，当时所发生的黑风暴其范围之广、损失之大、影响之远，是历史上罕见的。1934 年 5 月 12 日的沙尘暴东西长达 2400km、南北宽 400km，几乎横扫美国 2/3 的领土。从西海岸到东北海岸刮起了约 3 亿 t 表土，美国冬小麦严重减产，比过去 10

年减少了 51 亿 kg。当时的“黑风暴”毁灭性地打击了美国的农业，给美国社会和人民的生活带来了巨大的损失，生态环境遭到了严重破坏。

沙尘天气灾害自古以来就存在，并影响着人们的生活，因此引起了世界各国科学家和有关部门的关注。

1.2 沙尘天气的概念、影响因素及划分

沙尘天气是一个气象学名词，在气象学有明确的定义和分类，与一般百姓所认识的沙尘天气有差别，“风沙”、“黄沙”、“黑风暴”等都是在百姓中比较常用的叫法。气象学上根据沙尘天气发生时的风力、能见度和天空状况，又将其细分为沙尘暴、扬沙、浮尘三种天气现象。

1.2.1 沙尘天气的概念

1.2.1.1 沙尘暴

沙尘暴是沙暴和尘暴两者兼有的总称，是指大风将地面尘沙扬起，使空气浑浊，水平能见度小于 1km 的风沙天气现象。根据沙尘暴发生时的风速和水平能见度，又可分为沙尘暴、强沙尘暴和特强沙尘暴。强沙尘暴是指大气水平能见度小于 500m、风速大于 9 级的沙尘暴；特强沙尘暴是指大气水平能见度小于 50m、风速大于 10 级的沙尘暴。《明史》（卷三十）记载“明万历四十七年二月甲戌，从未至酉，尘沙涨天，其色赤黄”^①，描述了万历年间持续三个时辰（即 6h）的沙尘暴发生时的情景。国内外目前关于沙尘暴强度的划分很不一致，不同的国家和地区划分沙尘暴强度的标准也不一致。

强沙尘暴（群众俗称黑风）出现时，黄沙滚滚，昏天暗日，水平能见度降至 500m 以下，并伴有很大风力，对人们的生产、生活产生很大影响。

特强沙尘暴（群众俗称黑风暴）出现时，黄沙滚滚，遮天蔽日，在沙尘源地可以形成数十米高的沙尘暴墙，水平能见度降至 50m 以下，最强时可以用伸手不见五指来形容，并伴有极大的风力，对人们的生产、生活产生极大影响。

1.2.1.2 扬沙

扬沙指大风将地面尘沙吹起，使空气相当浑浊，水平能见度在 1 ~ 10km 的风

^① 明万历四十七年即公元 1619 年。

沙天气现象。扬沙与沙尘暴都是由于本地或附近地区的沙尘被风吹起而造成的,其共同特点是能见度明显下降,天空浑浊,呈现灰黄色。两者大多在冷空气过境或受冷锋、飕线等天气系统影响时才出现。

1.2.1.3 浮尘

浮尘是指尘土、细砂均匀地浮游在空中,使水平能见度小于10km的一种天气现象。浮尘多数是远处的沙尘经上层气流传输而来,或为沙尘暴、扬沙出现后尚未沉降的细粒悬浮在空中而成。浮尘发生时,远处景物呈现黄褐色或灰黄色,天空呈苍白色或微黄色。《晋书·五行志》记载有“元帝太兴元年正月癸巳,黄雾四塞,埃氛蔽天”以及“穆帝永和七年三月,凉州大风拔木,黄雾下尘”^①,描写的就是沙尘细粒子悬浮在空中的浮尘情景。

1.2.2 沙尘天气的影响因素

沙尘天气的形成需要三个必备条件:强风、强对流不稳定和丰富的沙尘物质源。丰富的沙尘物质源是沙尘天气发生必不可少的物质条件;强风和强对流不稳定是沙尘天气形成的动力因素;大气垂直不稳定将地面沙尘卷入高空,并随高空风远距离输送。沙源区裸露地表、疏松土壤、退化的草场等在大风的作用下很容易被吹动,如果遇到大风和强对流不稳定便可以将松动的沙尘粒子卷扬起来形成沙尘天气,并在天气系统的携带下沿着风的方向向下游传输,从而影响其他地区。

影响沙尘天气形成的上述三个条件可以归纳为自然和人为两大因素。自然因素是指包括天气气候变化、地形地貌演变和土地荒漠化发展等情况,是不受人类控制的客观存在;而人为因素则是指由于人类不合理或不适当的活动,包括沙源区裸露地表面积扩大,草原超载过牧导致草原退化,地表状态和植被覆盖遭到破坏使荒漠化面积扩展,工业生产发展排放大量的温室气体引起全球的气候变化,农、林、牧业发展改变土地利用结构,对水资源不合理利用引起自然生态系统退化等。

自工业革命以来,随着科学技术的发展,人类的生活和生产方式发生了根本性的改变,人类对土地资源的需求加大,在对物质需要不断增长的情况下,人类对自然资源的开发、利用和索取到了毫无节制的地步,对生态、环境破坏的累积达到了极限,打乱了自然生态系统正常的演变规律,超出了自然生态系统本身的

^① 元帝太兴元年即公元318年,穆帝永和七年即公元351年。

承受能力,破坏了自然生态系统,加剧了土地退化和荒漠化发展。人类在改善其生活条件和生产能力,并陶醉于对大自然胜利的同时,也受到了大自然的报复。有些地区沙尘天气的频繁发生就是大自然对人类不适当活动的一种无情的报复。

沙尘天气的发生随着天气气候的演变有一定的发生、发展和传输规律。但是,由于人类活动的影响,破坏了自然系统本身的演变规律,因此沙尘天气是在自然现象基础上叠加了人为不合理因素影响的结果。

1.2.3 沙尘天气的等级划分

不同的作者从不同的研究角度出发,有各自的沙尘暴强度等级划分标准。一般而言,主要采用风速和能见度两个指标。例如,Joseph等(1980)对发生在印度西北部的沙尘暴划分为三个等级:4级 $<$ 风速 $\leq$ 6级,500m $\leq$ 能见度 $<$ 1000m,称为弱沙尘暴;6级 $<$ 风速 $\leq$ 8级,200m $\leq$ 能见度 $<$ 500m,称为中等强度的沙尘暴;而风速 $\geq$ 9级,能见度 $<$ 200m,则称之为强沙尘暴。

我国学者对沙尘暴的定义与上述的定义大体相同,徐国昌等(1979)在强沙尘暴的等级范畴内,又划分出了强沙尘暴和特强沙尘暴,即50m $\leq$ 能见度 $<$ 200m时,称为强沙尘暴,当其达到最大强度(瞬时最大风速 $\geq$ 25m/s,能见度 $<$ 50m,甚至降到0m)时,称为特强沙尘暴(或黑风暴,俗称“黑风”)。

2006年国家质量监督检验检疫总局和国家标准化管理委员会批准颁布了国家标准《沙尘暴天气等级》(GB/T 20480—2006),规定了沙尘天气和沙尘天气过程的等级,将沙尘暴天气划分为浮尘、扬沙、沙尘暴、强沙尘暴、特强沙尘暴5个等级。

(1) 浮尘:当天气条件为无风或平均风速小于或等于3.0m/s时,尘沙浮游在空中,使水平能见度小于10km的天气现象。

(2) 扬沙:风将地面尘沙吹起,使空气相当浑浊,水平能见度为1~10km的天气现象。

(3) 沙尘暴:强风将地面尘沙吹起,使空气很浑浊,水平能见度小于1km的天气现象。

(4) 强沙尘暴:大风将地面尘沙吹起,使空气非常浑浊,水平能见度小于500m的天气现象。

(5) 特强沙尘暴:狂风将地面尘沙吹起,使空气特别浑浊,水平能见度小于50m的天气现象。

1.2.4 沙尘天气过程的划分

中国气象局对沙尘天气过程的判断是基于国家基本气象台站和国家基准气象台站所提供的同一次天气过程的观测数据进行的。

在天气预报的区域内,同一次天气过程中若有5个或5个以上国家基本(准)气象台站在同一观测时次均出现浮尘天气或扬沙天气,则定义为浮尘天气过程或扬沙天气过程;而在我国天气预报区域内,同一次天气过程中若有3个或3个以上国家基本(准)气象台站在同一观测时次均出现了沙尘暴天气或强沙尘暴天气,则定义为沙尘暴天气过程或强沙尘暴天气过程。

1.3 国内外研究现状

由于沙尘天气不仅影响大气环境质量,危害人们的生活,而且沙尘气溶胶还可以对全球气候系统产生直接和间接的影响,人类越来越认识到沙尘天气是一个不可忽视的重大环境问题。目前有关沙尘天气的研究受到了世界许多国家科学家的关注,也得到了政府相关部门的高度重视。1997年11月2~7日阿拉伯国家联盟和世界气象组织在叙利亚首都大马士革召开了第一届国际沙尘暴学术会议,1998年7月联合国教科文组织和国际地质科学协会在牛津召开了第四届国际风成研究学会,通过国际沙尘学术交流会议,各国学者交流了沙尘天气发生、输送和沉降等研究成果。方宗义等(1997)出版了《中国沙尘暴研究》专辑,该专辑对我国有关沙尘暴的研究工作进行了回顾和总结。全浩(1994)介绍了黄沙研究的历史以及当时国内对沙尘研究的最新进展,包括卫星云图和激光雷达探测等先进手段在沙尘暴研究中的应用。朱福康等(1999)对沙尘暴研究现状和趋势做了综述,王式功等(2000)从沙尘暴的基本特征与危害,沙尘暴形成原因分析与数值模拟研究,沙尘输送及沙尘暴灾害防灾减灾对策研究等方面,对沙尘暴的有关研究成果进行了简要的回顾,较系统地反映了沙尘天气研究的最新进展。毛节泰等(2002)在综述中国大气气溶胶研究时,对沙尘气溶胶的研究做过介绍。石广玉和赵思雄(2003)就沙尘天气研究中值得注意的若干科学问题进行了探讨。

关于沙尘天气的研究,国内外学者主要集中在以下几个方面:

- (1) 沙尘天气的时空分布特点和传输路径;
- (2) 沙尘天气的天气气候背景分析;
- (3) 沙尘天气起沙物理机制、传输和沉降的数值模拟研究;
- (4) 沙尘天气的遥感探测研究;

- (5) 沙尘天气的野外观测、监测系统和风洞实验研究;
- (6) 沙尘气溶胶的成分分析和理化特性、光学特性分析;
- (7) 沙尘天气的危害和影响研究。

1.3.1 沙尘天气的时空分布特点和传输路径

世界沙尘天气发生频繁的地区主要位于非洲撒哈拉沙漠地区、澳大利亚中部地区、美国中西部地区、中亚及中国西北地区。这些地区都是沙漠或荒漠地区,缺少地表植被覆盖、干旱少雨,有适合沙尘天气发生的天气气候条件和丰富的沙尘物质。图 1.1 是全球沙尘天气多发区分布图,图中浅灰色区域是沙尘天气的高发区。从卫星遥感的资料分析,明显形成沙尘天气的地区是非洲撒哈拉沙漠和中国北部到蒙古国的沙漠地带。据估计,每年由撒哈拉沙漠输送到欧洲大陆的沙尘达几百万吨。通过对卫星观测资料的分析,撒哈拉沙漠的沙尘不仅能被输送到欧洲,而且可以输送到北美洲南部和南美洲北部。

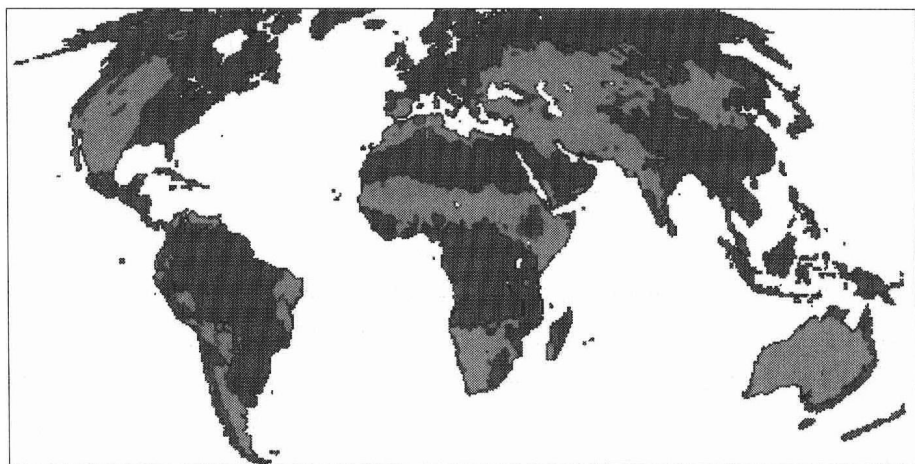


图 1.1 全球沙尘天气多发区分布图

从中亚形成的沙尘天气不仅影响我国西北、华北、东北的大部分地区,而且还可以飞越朝鲜半岛、日本列岛,有时甚至可以飞越太平洋上空数千千米。在有很大天气系统影响时,在夏威夷和美国西海岸以及阿拉斯加北部都可以观测到来自蒙古国和我国西北地区的沙尘。

国外从 20 世纪 20 年代就开始了沙尘暴时空分布、成因与结构以及监测与对策方面的研究。过去 20 年里很多有关沙尘天气的研究主要集中在沙尘气溶胶的