

# 沙尘暴 简编

决策者摘要



联合国  
防治荒漠化公约



## 联合国 防治荒漠化公约

《联合国防治荒漠化公约》（《防治荒漠化公约》）是关于良好土地管理的国际协定。《公约》建设有利环境，支持土地使用者进行可持续土地管理，以此帮助公民、社区和国家创造财富，发展经济，保障获得充足的粮食、清洁水和能源。《公约》的197个缔约方通过伙伴关系建立了强大的系统，以期迅速有效地管理干旱。基于完备政策和科学的良好土地管理有助于整合和加速实现可持续发展目标，增强对气候变化的抵御能力，并防止生物多样性损失。

本《沙尘暴简编：决策者摘要》由Utchang Kang和Charles Kelly编撰并共同编辑，是《沙尘暴简编：关于评估和应对沙尘暴所致风险的信息和指南》完整报告的部分摘要。

《沙尘暴简编》由《联合国防治荒漠化公约》（《防治荒漠化公约》）秘书处牵头，与《防治荒漠化公约》科学与政策联系平台（SPI）、世界气象组织（气象组织）、世界卫生组织（世卫组织）、联合国环境规划署（环境署）、联合国妇女署、联合国粮食及农业组织（粮农组织）、联合国开发计划署（开发署）、联合国减少灾害风险办公室（减灾办）以及外部专家和合作伙伴共同编写。

### 合作伙伴



中华人民共和国国家林业  
和草原局



本报告中文翻译由张巍负责审校。

美术设计：Strategic Agenda

排版和设计：Strategic Agenda

保留所有权利。©《联合国防治荒漠化公约》，2022年

© 地图、照片和插图来源请参照说明。

2022年由《防治荒漠化公约》于德国波恩出版。《联合国防治荒漠化公约》（《防治荒漠化公约》）秘书处 Platz der Vereinten Nationen, 53113 Bonn, Germany 电话：+49-228 / 815-2800 传真：+49-228 / 815-2898/99 [www.unccd.int](http://www.unccd.int) [secretariat@unccd.int](mailto:secretariat@unccd.int)

建议引用格式：《联合国防治荒漠化公约》（《防治荒漠化公约》）。2022年。《沙尘暴简编：决策者摘要》。德国波恩

# 沙尘暴 简编

决策者摘要

# 免责声明

本出版物所采用的名称与材料的呈现方式并不代表《联合国防治荒漠化公约》(《防治荒漠化公约》)关于任何国家、领土、城市或地区、或其当局的法律地位或发展状况或关于其边界划定表示任何意见。凡提及某些公司或某些制造商的产品时，无论是否为专利产品，都并不代表它们已获《防治荒漠化公约》认可或推荐，或比其他未提及的同类公司或产品更好。本出版物中表达的观点为作者或撰稿人的观点，不一定代表《防治荒漠化公约》或作者或撰稿人各自所属组织的观点或政策。

《防治荒漠化公约》鼓励使用、复制和传播本出版物中的材料。除非另有说明，否则可以复制、下载和打印材料仅用于私人学习、研究和教学目的，或用于非商业产品或服务，前提是已把《防治荒漠化公约》作为来源和版权所有者给予适当承认，并且并不以任何方式暗示为《防治荒漠化公约》对用户的观点、产品或服务的认可。《防治荒漠化公约》将感谢使用者向我们寄送任何使用本出版物而形成的新的出版物。

未经《联合国防治荒漠化公约》事先书面许可，不得将本出版物用于转售或任何其他商业目的。如需申请许可，请向《防治荒漠化公约》执行秘书提出申请，说明复制的目的和范围。通信地址为：Executive Secretary, UNCCD, UN Campus Platz der Vereinten Nationen 1, 53113 Bonn, Germany。

除非另有说明，否则本文件中引用的货币价值并未根据通货膨胀或通货紧缩调整为2020年的价值。

以环保认证纸印制。

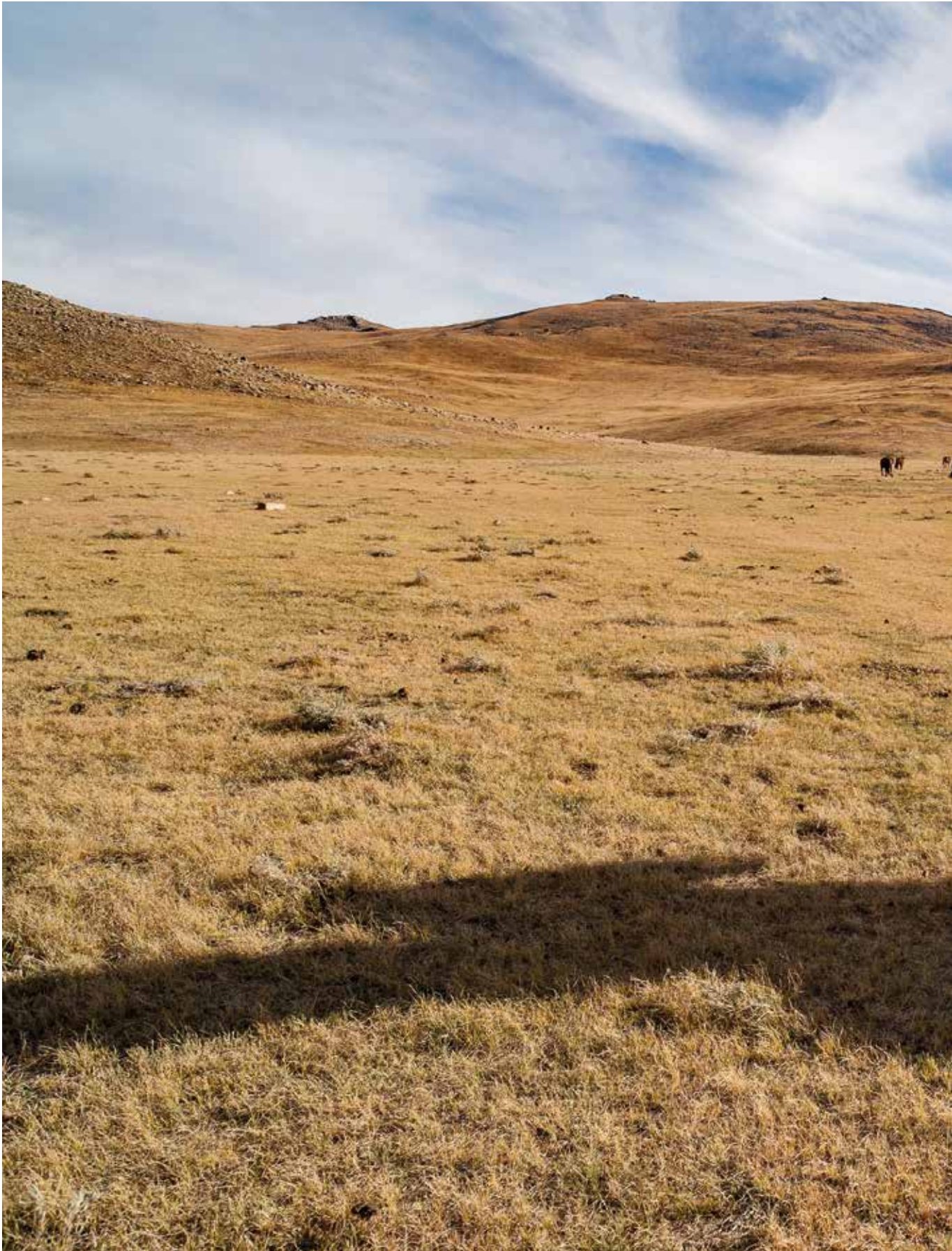
封面照片：美国国家航空航天局地球观测站的图像，由Joshua Stevens使用美国国家航空航天局EOSDIS LANCE和GIBSWorldview的MODIS数据制作而成。

ISBN 978-92-95118-10-2 (纸质版)

ISBN 978-92-95118-11-9 (电子版)

# 目录

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| 1 — 导言.....                    | 1  |
| 2 — 沙尘暴的性质.....                | 5  |
| 3 — 认识到沙尘暴是一种灾害风险 .....        | 7  |
| 4 — 性别与减少灾害风险 .....            | 9  |
| 5 — 沙尘暴风险评估框架 .....            | 11 |
| 6 — 基于地理信息系统的沙尘暴脆弱性评估和绘图 ..... | 13 |
| 7 — 沙尘暴经济影响评估框架 .....          | 15 |
| 8 — 沙尘暴与健康 .....               | 19 |
| 9 — 沙尘暴来源地绘图 .....             | 20 |
| 10 — 沙尘暴观测、监测和建模.....          | 20 |
| 11 — 沙尘暴预报.....                | 26 |
| 12 — 沙尘暴预警.....                | 26 |
| 13 — 源头管理和影响减缓.....            | 30 |
| 14 — 备灾和影响减缓 .....             | 34 |
| 15 — 参考文献.....                 | 36 |





# 关键信息

## 沙尘暴挑战

**沙尘暴有许多地方性名称：如西洛可风、哈布、黄尘、白色风暴或哈马丹，是一种区域性和季节性的常见自然现象，土地和水资源管理不善、干旱和气候变化都会加剧这种现象。**强风与空气中矿物粉尘颗粒结合会对人类健康和社会产生重大影响。沙尘暴的强度、幅度或持续时间不一，因而不可预测，十分危险。

**近年来，一些地区沙尘暴出现的频率大幅增加。人类引起的气候变化、荒漠化、土地退化和干旱都被认为起到了推波助澜的作用。**沙尘暴可以滋养陆地和海洋生态系统，但也给人类健康、生计和环境带来了一系列危害。在来源区域以及受地表粉尘沉积直接和间接影响的较远地区都观察到了影响。沙尘暴相关危害对实现可持续发展构成了巨大的挑战。

**沙尘暴事件通常不会造成大范围或灾难性的实体损害；然而，此种影响日积月累下来却不容小觑。**在来源区域，沙尘暴破坏作物，杀死牲畜，并剥离表土。在沉积区，大气粉尘会引发或恶化人类健康问题，如呼吸系统疾病，特别是与当地工业污染结合之后。通信、发电、交通运输和供应链也会因能见度低和灰尘引起的机械故障而中断。

**沙尘暴并不是新的现象——世界上一些地区早就深受沙尘暴的危害。**沙尘暴事件通常起源于植被稀疏或缺乏植被的低纬度干旱地区和半湿润地区。当特定的风和大气条件吻合时，沙尘暴也可能发生在其他环境中，包括湿润的农业地区和高纬度地区。

**沙尘暴事件可能产生巨大的跨境影响，影响范围超过数千公里。**全球和区域政策响应需要协调一致，特别是在源头减缓、预警系统和监测方面。

**沙尘暴造成的是多方面、跨部门和跨国的影响，直接影响到17个可持续发展目标中的11个——但全世界对沙尘暴这种危害的认识却普遍不足。**导致这一局面的原因是沙尘暴的影响十分复杂，呈现季节性累积特点，再加上数据有限。关于这些影响的信息和评估不足，阻碍了有效决策和规划，故而难以有效应对沙尘暴的来源和影响。

## 应对沙尘暴

**沙尘暴政策和规划的目标是通过减轻风蚀的影响来减轻社会脆弱性。**以信息共享为着力点的多部门进程涉及短期和长期干预措施，能够让多个利益攸关方参与进来，并增强人们对沙尘暴的认识。

**源头和影响减缓活动是沙尘暴所致风险综合管理方法的一部分，无论是地方和区域风险，还是全球范围的风险。**来源区域的当地社区受到直接影响，需要采取的行动与数千公里外的受影响社区截然不同。有效的沙尘暴决策和政策要建立在最新科学知识的基础之上，而所有利益攸关方的参与在此过程中也发挥重要作用。

**源头减缓：**土地恢复利用水土管理措施来保护土壤和增加植被覆盖，可以显著减少来源区域的范围和脆弱性，并降低典型沙尘暴事件的强度。此类技术对于土地退化零增长也是至关重要的，如果将其纳入可持续发展和土地使用优先事项，将有助于粮食安全、减贫、性别平等和社区凝聚力，也有助于实现沙尘暴减缓目标。

**预警和监测：**所有有效的沙尘暴预警系统都需要采取全社区方法。在最新的风险知识、监测和预报的基础上，所有利益攸关方（包括风险人群）都要参与进来，才能确保及时和有针对性地提供警报，并由各部门采取相应的行动来减少或避免影响。

**影响减缓：**备灾工作可降低脆弱性，增强韧性，支持对沙尘暴事件采取及时、有效的应对措施。备灾工作需要个人、社区和组织以及工商业参与其中。有效的备灾战略包括减缓措施和保护性行动，以可靠的科学知识、脆弱性分析和风险评估为依据。

**合作、协作和协调：**联合国防治沙尘暴联盟于2019年9月成立，下设五个工作组：适应和减缓；预报和预警；健康和安全；政策和治理；以及调解和区域协作。联合国防治沙尘暴联盟将通过从地方到全球层面的协作与合作，帮助全球应对沙尘暴，目的是让更多人关注这一问题，加强知识共享，并筹集资源以加大现有的努力。



## 1 — 引言

沙尘暴是一种自然气象和水文灾害，几乎可以影响所有的社会和环境部门（联合国减少灾害风险办公室和国际科学理事会，2020年）。据估计，每年有20亿吨沙尘进入大气层。大多数沙尘是自然排放，但是由于不可持续的土地管理和用水方式，人类活动也成为沙尘暴的重要来源。

沙尘暴影响地方和全球天气、营养循环和生物量生产率，但其中一些影响被认为是积极的影响。沙尘暴也会对空气和水的质量、个人卫生和环境卫生、人类和动物健康、交通运输、教育、农业，以及商业和工业产生不利影响。

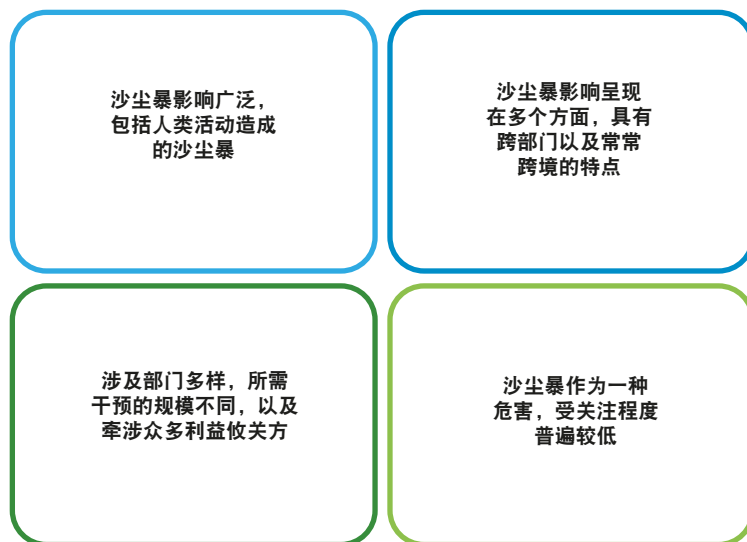
沙尘暴往往对经济有重大影响：例如，科威特石油部门每年因沙尘暴损失约1.9亿美元。2009年仅一场沙尘暴就给澳大利亚造成了估计在2.29亿至2.43亿美元之间的损失。

沙尘暴影响到每个人——男人、女人、男童和女童，但影响方式不尽相同。这些差异源于生产、经济、家庭和社会领域中基于性别的角色。此外，沙尘暴对健康状况不佳的人来说可能会危及生命。

应对沙尘暴的不利影响面临多个挑战（图1）：

- 沙尘暴影响广泛，包括人类活动造成的沙尘暴
- 沙尘暴影响呈现在多个方面，具有跨部门以及常常跨境的特点，需要采取相应的跨部门和跨国办法，还需要各级利益攸关方之间开展合作
- 涉及部门多样，所需干预的规模不同，以及牵涉众多利益攸关方，需要有效分享对沙尘暴管理成效至关重要的沙尘暴相关信息
- 沙尘暴作为一种危害，受关注程度普遍较低，而关于影响的数据集不足意味着沙尘暴在主流灾害风险管理工作中受到的关注有限

**图1.应对沙尘暴影响时面临的挑战**



简编汇集了来源广泛的信息和指南，可以帮助用户：（1）界定沙尘暴影响的范围，以及（2）制定计划应对这些影响。预期用户包括地方、国家以下各级和国家政府、应急管理、医疗保健、自然资源管理、农业、畜牧业、林业和运输（包括航空部门）的官员，以及社区和民间社会利益攸关方。本简编将特别对决策者和其他利益攸关方有所助益，能够帮助他们确定减轻沙尘暴影响并解决源头问题的政策和方法。

本简编旨在支持《联合国防治荒漠化公约》防治沙尘暴政策宣传框架的实施（《联合国防治荒漠化公约》[UNCCD]，2017）。“政策宣传框架”的目标是减轻面对沙尘暴的脆弱性，着重于：（1）灾后危机管理（应急响应程序），（2）灾前治理，以增强韧性、降低脆弱性和尽量减少影响（减缓行动），和（3）备灾计划和政策，包括监测、预报和预警（图2）。

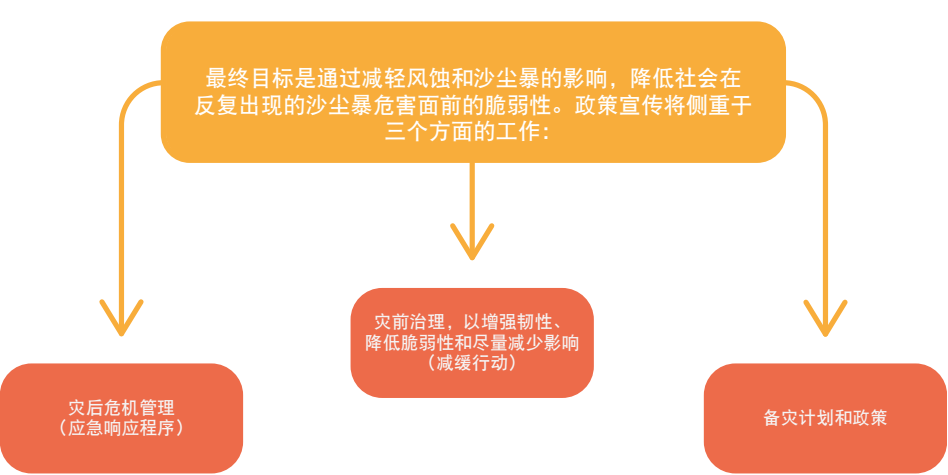


图2. 《联合国防治荒漠化公约》防治沙尘暴政策宣传框架：目标和行动领域

利用本简编来解决沙尘暴问题，将有助于实现8个可持续发展目标（SDG）：可持续发展目标1、2、3、6、11、13、15和17（图3）。简编通过以下方式支持《仙台减少灾害风险框架》：

- 增进对沙尘暴风险的了解（仙台优先事项1）
- 加强沙尘暴风险治理（仙台优先事项2），以及
- 增加有关预防措施和影响减缓方案的知识
- 通过加强沙尘暴预报、预警、备灾和应对能力加强备灾以作出有效响应（仙台优先事项4）

**图3.**  
**沙尘暴和可持续发展目标之间的联系**



减少沙尘暴造成的空气污染可以帮助家庭改善健康状况，节省医疗费用并提高生产力。



沙尘暴会造成作物减产，对食品质量/数量和粮食安全产生不利影响。减少来源区域的荒漠化/土地退化（包括土壤侵蚀）将有助于提高农业生产能力。



沙尘暴造成的空气污染对人类健康构成严重威胁。许多研究认为，粉尘暴露与呼吸及心血管疾病死亡率和住院率的增加之间存在联系。



沙尘沉积会损害水质，因为沙尘中通常会携带微生物、盐和/或人为污染物。



减轻沙尘暴灾害将大大减少受影响的人数和所造成的经济损失，有助于建立更安全、更可持续和更具抗灾能力的人类住区。



改善沙尘暴来源区域的土地/水资源使用和管理，有助于建设能够抵御气候变化的景观和社区。



减少沙尘暴来源区域的风蚀，有助于实现土地退化零增长，加强陆地生态系统的可持续利用。



沙尘暴防治活动可并入更大范畴的行动，以期加强执行手段，重振可持续发展全球伙伴关系。

资料来源：改编自<https://sustainabledevelopment.un.org/?menu=1300>。

本简编由《防治荒漠化公约》秘书处牵头，与《防治荒漠化公约》科学与政策联系平台（SPI）、世界气象组织（气象组织）、世界卫生组织（世卫组织）、联合国环境规划署（环境署）、联合国减少灾害风险办公室（减灾办）、联合国妇女署、联合国粮食及农业组织（粮农组织）以及外部合作伙伴共同编写。

本简编汇集了众多作者和撰稿人的意见和想法，旨在提供跨部门和跨学科的最新信息。不可否认的是，与任何优秀的研究/科学作品一样，本简编还有进一步研究和完善的空间，未来会有更多的证据、信息、案例研究和最佳实践不断出现。

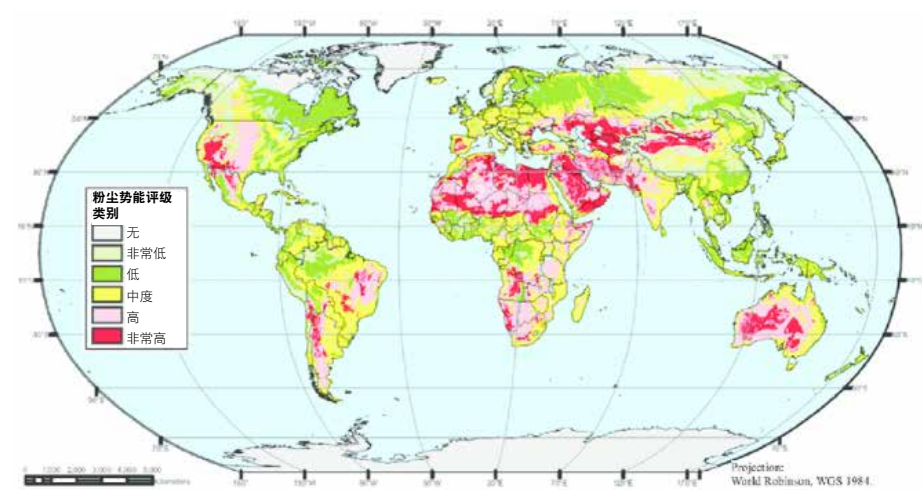


图4.  
全球沙尘暴来源  
区域

资料来源：联合国环境规划署、世界气象组织和《联合国防治荒漠化公约》，2016年。

## 2 — 沙尘暴的性质

沙尘暴的发生是因为风带动的机械过程将地球表面的矿物粉尘卷起到大气之中。在植被稀少的干旱和半干旱地区，矿物粉尘的产生大多数情况下被认为是自然现象，而人类活动直接导致的粉尘排放则被视为人为现象。

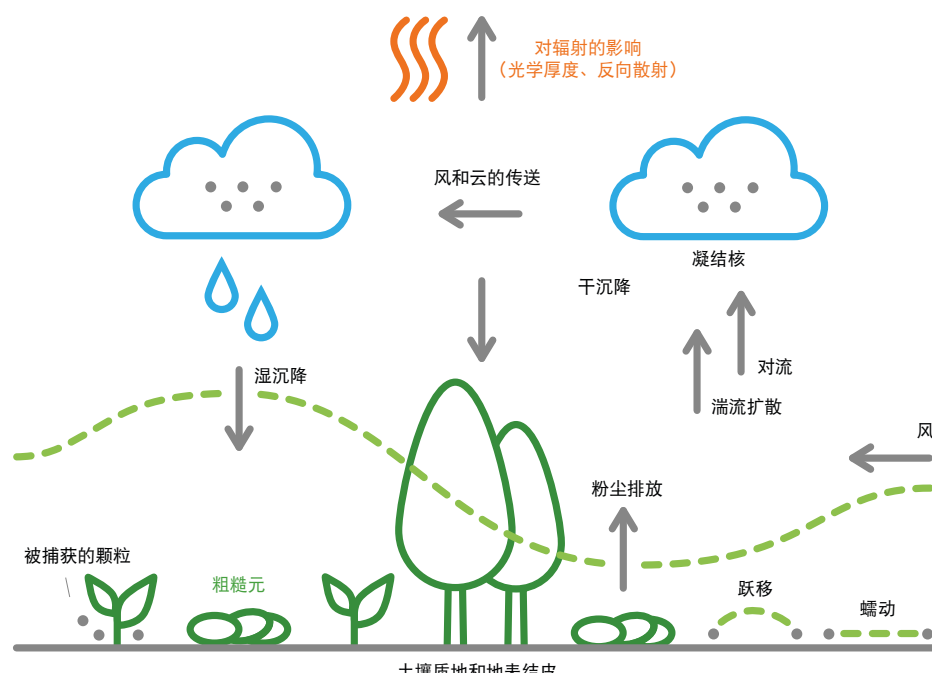
全球矿物粉尘的主要来源在北半球，横跨北非、中东和东亚。在南半球，粉尘来源的空间跨度较小，主要位于澳大利亚、南美洲和南部非洲（图4）。从全球来看，主要的大规模粉尘来源区域是干涸的湖泊，但在任何尘土可以被风吹到空中的地方都可以找到局部尘源，包括冰川冲刷平原、火山灰区、最近犁过的农田。

沙子或灰尘进入大气的可能性受到土壤湿度、土壤质地、地表结皮、粗糙元、植被和风速的影响。一个地方粉尘排放的有利条件可能在一年中不同时点之间发生变化，并且不同年份之间也可能发生显著变化。

沙尘暴发生时，粉尘的排放、传输和沉积可能有不同的空间和时间尺度（图5）。沙子和灰尘通过以下途径释放到大气中：

- 60微米至2毫米颗粒的跃移碰撞
- 小于60微米颗粒的气动卷扬或悬浮
- 大于2毫米的滚动（或蠕动）颗粒的解聚

图5.沙尘暴过程概述



资料来源：Lu and Shao, 2001年。

细小的粉尘微粒通过湍流扩散和对流被提升到更高的对流层(可高达若干公里)，随后被风长距离运输。粉尘微粒在对流层中停留的时间取决于微粒大小。一般来说，小微粒比大微粒需要更长时间才能沉积回地表。

在矿物粉尘可被风吹起的地方，有六种情况可以引发沙尘暴：

1. 大规模气流（例如，与撒哈拉高压区相连的哈马丹风）
2. 天气尺度系统，如气旋、反气旋及它们的冷锋过境，导致偶发、大规模的强沙尘事件

3. 湿对流导致对流性中尺度尘暴，通常称为哈布尘暴
4. 沙漠上空白天大气边界层的微尺度干对流，造成湍流环流，导致尘卷风和羽状沙尘带
5. 地形效应，例如山脉峡口，可能形成风的通道并导致局部沙尘暴，以及
6. 昼夜循环，可以通过夜间低空急流的形成和分裂导致粉尘的移动



图6.粉尘与环境因素相互作用概要

### 3 — 认识到沙尘暴是一种灾害风险

对沙尘暴是一项灾害风险的认识程度在东北亚、西亚部分地区和北美似乎很高，但在其他地方则不那么突出。对沙尘暴是一项灾害风险的认识不足可能是由于单个沙尘暴事件在许多情况下没有直接造成重大人员伤亡，以及关于沙尘暴对健康、经济等领域长期影响的综合文献有限。

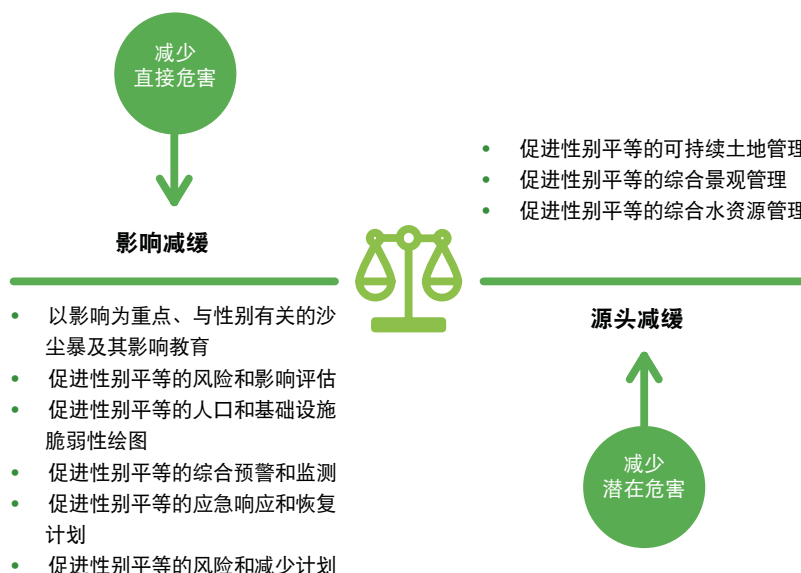
管理沙尘暴造成的灾害风险需要：(1)界定危害的物理性质及其物理因素如何随时间和空间而变化；(2)评估与危害相关的社会脆弱性和风险水平；(3)设计和实施措施，防范、应对危害并从中恢复，最重要的是要积极主动地减少沙尘暴风险；以及(4)监测沙尘暴的影响，以及减缓沙尘暴的干预措施。

这是一个涉及多利益攸关方的跨部门进程，需要短期和长期干预措施，并提升风险人群对沙尘暴作为一种危害和灾害风险的认识。

沙尘暴这种自然灾害是天气条件、矿物粉尘和沙子的地球物理存在以及特定的地形等因素综合作用的结果。了解形成沙尘暴所需的适当风速、适当大小的沙尘颗粒如何在适当的地形上聚集在一起（往往还涉及其他因素），对于定义和应对沙尘暴带来的风险至关重要。

根据《联合国防治荒漠化公约》防治沙尘暴政策宣传框架，减缓沙尘暴损害的行动分为两类：源头减缓和影响减缓。如图7所示，源头减缓和影响减缓活动共同构成了综合性方法，可用于管理沙尘暴在地方到全球范围内所带来的潜在灾害风险。

图7.减缓沙尘暴危害进而减少灾害风险的双轨方法



资料来源：改编自Middleton和Kang，2017年。

鉴于沙尘暴的多样化空间和时间性质，在影响管理和来源地管理方面，需要采取协调一致的跨部门方法。正如图8所总结的，这种方法涉及三个主要群体：

- 负责制定沙尘暴风险管理政策和实施相关计划（涉及减少风险、备灾、预警和响应等）的机构和当局
- 科研界和学术界
- 受沙尘暴影响的风险群体，他们应该获得直接授权参与减少沙尘暴风险。这个群体包括私营部门，可以采取一系列的方法、技术和行动来减轻沙尘暴的影响。

如图8所示，这一过程是循环反复的，三个群体之间不断交流，努力探索更好的政策和活动来减轻沙尘暴的影响。这一过程也关注了性别问题，认识到女人、男人、女童和男童受到沙尘暴的影响不同，应根据他们各自的社会或文化角色和期望，向他们介绍减少沙尘暴影响的不同方法。对幼儿和老年人以及有健康问题的人也给予了类似的关注，所有这些人可能比一般人群受到沙尘暴事件的影响更为严重。

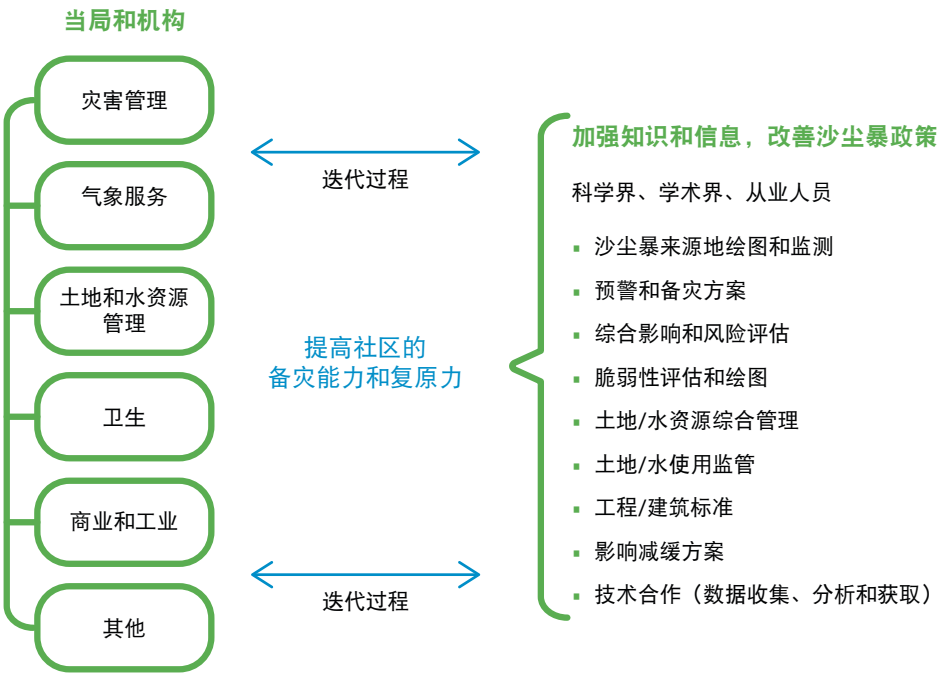


图8.沙尘暴风险管理协调与合作框架

## 4 — 性别与减少灾害风险

《2015-2030年仙台减少灾害风险框架》阐明：“妇女及其参与对于有效管理灾害风险以及敏感对待性别问题的减少灾害风险政策、计划和方案的制订、资源配置和执行工作至关重要；需要采取适当的能力建立措施，增强妇女的备灾力量，并增强她们灾后采用替代生计手段的能力”（联合国，2015年a，第36 (a)(i)段）

灾害对女人、女童、男童和男人的影响各异。性别不平等会限制妇女和女童对于涉及其生活决定的影响力和控制能力，限制她们获得资源的机会，如资金、食品、农业投入品、土地和财产、技术、教育、卫生保健、安全住房和就业。此外，社会对性别角色的期望和经济因素导致妇女和女童在参与决策和教育方面受到限制，她们获得资金的机会有限，获得信息的机会也受到限制，这些都会使妇女和女童比男人和男童更容易受到沙尘暴事件的影响。

尽管在制定关注性别问题的减少灾害风险措施方面取得了进展，但备灾计划和战略、脆弱性和风险评估以及预警系统仍鲜少纳入性别视角（联合国，2015b）。因此，许多致力于减少灾害风险的机构和组织

（包括国家和地方层面）并没有让妇女和女童像男人和男童一样平等地参与。

这种做法的结果是：

- 危害对妇女和女童的影响以及她们所面临的相应灾害风险没有得到认识
- 在规划、减少风险、应急响应和恢复活动中没有考虑到妇女和女童的需求和能力

这些结果使性别陈规长期存在，进而增加了妇女和女童的脆弱性。妇女和女童大约占人口的一半，不考虑性别问题的减少风险和应对计划充其量只是部分有效。

越来越多的国际法律和协定将性别平等置于减少灾害风险和抗灾能力建设的中心。在规范层面，国际社会已经承诺在减少灾害风险中关注性别平等和妇女权利。这些承诺依据的是《消除对妇女一切形式歧视公约》（CEDAW）<sup>1</sup>、《北京宣言和行动纲要》<sup>2</sup>、妇女地位委员会关于自然灾害中性别平等和增强妇女权能的决议以及其他国际协定。<sup>3</sup>

1 《消除对妇女一切形式歧视公约》（CEDAW），<http://www.un.org/womenwatch/daw/cedaw/cedaw.htm>。

2 《北京宣言和行动纲要》，<http://www.un.org/womenwatch/daw/beijing/pdf/BDPfA%20E.pdf>。

3 例如：《2005-2015 年兵库行动框架：建设国家和社区的抗灾能力》，<https://www.unisdr.org/we/inform/publications/1037>；妇女地位委员会关于灾害中的性别平等和增强妇女权能的第56/2号和第58/2号决议，[http://www.un.org/ga/search/view\\_doc.asp?symbol=E/2012/27&Lang=E](http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=E/2012/27&Lang=E)，[http://www.un.org/ga/search/view\\_doc.asp?symbol=E/2014/27&Lang=E](http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=E/2014/27&Lang=E)

《2015-2030年仙台减少灾害风险框架》强调了让妇女参与建设抗灾能力的重要性（联合国，2015a）。此外，让妇女和女童参与提高社区韧性，对于实现可持续发展目标（特别是可持续发展目标5——性别平等和增强妇女权能）至关重要。性别平等和妇女赋权是跨领域的问题，也是实现许多其他可持续发展目标的先决条件，包括可持续发展目标1——消除贫困、可持续发展目标11——可持续城市和社区以及可持续发展目标13——气候行动（图3）。

以下行动（改编自联合国开发计划署，2013年）是确保在整个沙尘暴综合风险管理规划过程中采取关注性别问题方法的关键：

1. 将性别视角纳入国家、地方和社区各级的沙尘暴风险管理工作，包括纳入政策、战略、行动计划和方案。
2. 提升妇女在各级决策过程中的参与度和代表性。
3. 从性别角度分析沙尘暴和气候数据，收集按性别分类的数据。
4. 记录女性和男性在沙尘暴有关部门中发挥的不同作用，开展性别分析，将此作为风险概况评估的一部分。例如：
  - a. 沙尘暴对女性和男性的生计有何影响？
  - b. 决策权和资产所有权/使用权方面的性别差异如何导致了应对危害的能力差异？
  - c. 妇女拥有和需要什么样的信息才能更好地防备沙尘暴？
  - d. 这对男女之间在脆弱性和应对能力方面的差异有什么影响？

5. 确保妇女作为变革的推动者光明正大地参与各个层面的沙尘暴备灾工作，包括预警系统、教育、宣传、信息和人际网络机会。
6. 考虑重新分配已规划行动中的资源，以实现性别平等结果。
7. 采取措施，通过提供支持、卫生服务、信息和技术，减少沙尘暴对妇女的不利影响，特别是与她们在农村地区提供水、食物和能源方面的关键作用有关的不利影响。
8. 提高国家和地方妇女团体的能力，并提供适当的平台来表达她们的需求和观点。
9. 纳入按性别和年龄分列的性别指标和数据，以监测和跟踪性别平等目标的进展情况。



## 插文1.概念和定义

**性别**是指特定社会在特定时期认为适合男性和女性的角色、行为、活动和属性。除了指与男性和女性相关的社会属性和机会，以及女性与男性之间的关系、女童与男童之间的关系之外，性别还包括妇女之间的关系，以及男性之间的关系。这些属性、机会和关系通过社会构建，在社会化过程中习得。它们具有环境和时间特异性，是可以改变的。性别决定了在特定环境下，有关女性或男性的期望、规范和价值。在大多数社会中，男女之间在责任分配、开展活动、获得和控制资源以及决策机会方面存在着差异和不平等。性别是更广泛的社会文化背景的一部分，社会文化分析的其他重要标准也是如此，包括阶级、种族、贫困程度、族裔群体、性取向和年龄。

资料来源：妇女署，无日期，[OSAGI性别平等主流化 - 概念和定义](#)

**关注性别问题的方法**是指在设计、实施和评估活动时，承认并充分考虑男女之间的需求、优先事项、权力结构、地位和关系。这种方法力求确保女性和男性有平等的机会参与某项干预措施并从中受益，并促进采取有针对性的措施来解决不平等问题，推动增强妇女权能。

资料来源：全球环境基金（全环基金），2017年，[全环基金性别平等政策](#)

## 5 — 沙尘暴风险评估框架

了解沙尘暴所带来的风险对于管理其灾害潜力至关重要。基于系统分析和性别分析的沙尘暴风险评估结果可以影响沙尘暴的预防和风险削减、备灾和预警、应对和恢复等措施。

风险是以下因素的组合：

- 特定规模、强度、空间范围和频率的危害（危害事件）
- 社会面向这一危害事件的直接或间接暴露情况
- 在这一危害事件面前的社会和自然脆弱程度，以及
- 应对这一特定危害事件影响的能力。能力被认为是脆弱性的实际对立面

风险评估可以使用多种方法。风险评估需要在准确性、成本和及时结果之间取得平衡。本简编提出了两种风险评估方法，一种基于对风险人群的调查，另一种基于对沙尘暴风险界定因素的系统性专家评估。基于调查的评估（**图9A**）可能需要数周到一个月以上的的时间，具体取决于样本量和调查团队的规模。基于调查的评估不需要由沙尘暴专家完成，但专家参与有助于理解调查结果，确定风险管理措施。

图9A

#### 基于调查评估过程的九个步骤

- 第一步 - 界定为什么需要评估
- 第二步 - 界定评估区域
- 第三步 - 收集背景数据
- 第四步 - 设计调查
- 第五步 - 编制调查问卷并规划实地调查
- 第六步 - 获得开展调查的授权
- 第七步 - 开展调查
- 第八步 - 分析和报告数据
- 第九步 - 分发和验证结果

图9B

#### 专家评估过程的七个步骤

- 第一步 - 界定为什么需要评估
- 第二步 - 界定评估区域
- 第三步 - 设计评估研讨会
- 第四步 - 收集背景数据
- 第五步 - 在研讨会之前分享信息
- 第六步 - 举办研讨会
- 第七步 - 记录、分发和验证结果

图9A, 9B. 基于调查的评估过程的步骤

专家评估过程（图9B）需要沙尘暴和相关领域的专家（例如气象学家、地理学家、社会学家、农业专家、社区发展专家、性别、年龄和残疾问题专家、卫生官员——医生以及公共卫生专家、负责可能遭受沙尘暴风险的基础设施的工程师），以便形成对沙尘暴风险的系统理解。专家评估可以在短短一天的会议中完成工作，但另外还需要几天时间来筹备会议和完成会后报告。

这两种方法都考虑到，沙尘暴危害性质和易受沙尘暴影响的脆弱性方面没有现成的详细数据，因此需要开展风险评估，来评价风险，确定削减风险的措施。简编中附载了一份调查问卷草稿和其他指南。

两种评估方法都能提供识别风险显著性的结果，可以为风险管理干预措施提供指导，包括：

- 沙尘暴风险管理政策：使用基于证据的风险识别方法来确定沙尘暴风险削减政策的框架。
- 沙尘暴警报：确定哪些触发因素与风险人群最相关。
- 沙尘暴应对措施：确定具体的应对措施在哪些地方可以更有效地减轻沙尘暴影响，了解风险人群使用的应对和适应策略，进而提出沙尘暴应对备选方案并提高其受关注程度。
- 减少风险：确定风险削减行动应当锁定的目标区域，并就干预措施的成本和性质提供合理的实证依据。沙尘暴风险评估结果也可以纳入与洪水或干旱等其他灾害相关的更大范围评估和战略。

## 插文2.关键的风险评估术语

- **灾害：**“由于危险事件与暴露、脆弱性和能力相互作用而导致一个社区或社会的运行受到任何规模的严重干扰，造成人员、物质、经济和环境的一项或多项损失和影响。”
- **危害：**一种“……可能造成人员伤亡或其他健康影响、财产损失、社会和经济干扰或环境退化”的事件。
- **减缓：**“……减轻或最大限度地减少危害事件的不利影响。”
- **韧性：**“遭受危害的系统、社区或社会以及时有效的方式抵御、吸收、调节、适应、改变灾害的影响并从中恢复的能力，包括用风险管理来保护和恢复必要的基本结构和功能。”
- **（灾害）风险：**“在特定时间段内一个系统、社会或社区可能发生的人员伤亡和资产损毁，发生概率由危害、暴露程度、脆弱性和能力所决定。”
- **（灾害）风险评估：**“通过分析潜在危害和评估可能会共同导致人员、财产、服务、生计及其依赖的环境受到损害的现有暴露情况和脆弱性，确定灾害风险性质和程度的一种定性或定量方法。”
- **风险管理：**“提出减少灾害风险的总体目标和具体目标，以及实现这些目标的有关行动的计划。”
- **减少风险：**“……防止新的灾害风险、减少现有灾害风险和管理残余风险，所有这些都有助于加强韧性，实现可持续发展。”
- **脆弱性：**“实体、社会、经济和环境因素或过程所决定、使个人、社区、资产或系统更容易受到危害影响的状况。”

资料来源：减少灾害风险指标和术语问题开放性政府间专家工作组报告  
[https://www.preventionweb.net/files/50683\\_oiewgreportenglish.pdf](https://www.preventionweb.net/files/50683_oiewgreportenglish.pdf)

## 6 — 基于地理信息系统的沙尘暴脆弱性评估和绘图

社会脆弱性地图可以提供关于下列问题的精准认识：（1）哪些人容易受到沙尘暴的影响（包括性别、年龄和残疾状况）；（2）他们的脆弱性程度，以及（3）产生这种脆弱性的原因。这种脆弱性绘图有助于决策者和政策制定者了解沙尘暴风险的严重性和程度，让他们知道哪些人群最脆弱；脆弱性绘图还可为地方政府、应急、卫生和社会福利官员、民间社会和其他利益攸关方提供信息，指导沙尘暴风险管理工作的方向。

社会脆弱性表现出巨大的时空可变性，基于交互式地理信息系统的平台有助于有效解决这一问题。脆弱性并非系统的固有属性，无法直接观察或测量；而是通过一组变量（指标）估测暴露程度、敏感性和适应能力，从而推断得出。

### 插文3.基于地理信息系统的脆弱性评估过程使用的关键术语

- **脆弱性**：由以下三个相互作用的组成部分所决定：（1）对变化的暴露程度，（2）相关的敏感度，以及（3）相关的适应能力。暴露程度或敏感度越高，脆弱性就越大。
- **暴露程度**：系统要素面临自然或人为危害的性质和程度。
- **敏感度**：系统被危害刺激改变或影响的程度。
- **适应能力**：应对、管理和适应潜在不利影响并从中恢复的能力。在定义适应能力时，需要考虑性别、年龄和健康状况。

评估脆弱性的一个常见做法是使用脆弱性组成部分的代理指标进行测量，然后对它们进行汇总，得出整体脆弱性得分。与人类健康、社会经济、环境和农业生态系统相关的指标被视为脆弱性评估过程的核心。

选择具体指标时需要考虑三个问题：

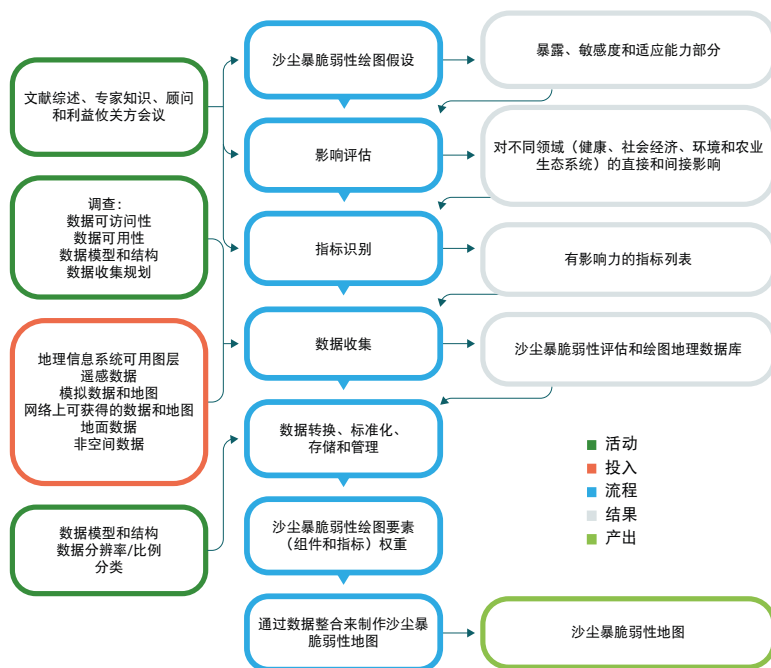
- 问题1：给定指标(地理信息系统数据层)如何导致受沙尘暴影响的脆弱性？

- 问题2：给定指标属于哪个脆弱性组成部分（暴露程度、敏感度和适应能力）？
- 问题3：给定指标属于哪个层级的分析(即地方、部门、国家或国际)？

在评估和绘图过程中，需要考虑一些技术问题。包括相同几何数据模型和结构中数据的一致性；将非几何数据源转换为空间表示；统一各种指标测量尺度，包括缩放和标准化，以及数据加权过程(图10)。



**图10.基于地理信息系统的脆弱性绘图过程概述**



## 7 — 沙尘暴经济影响评估框架

衡量沙尘暴的影响很重要，因为一国政府可参考评估结果来决定是否可以通过投资减缓项目来减少沙尘暴的成本。各国政府也应将沙尘暴的成本纳入其报告中，作为仙台监测进程的一部分。<sup>4</sup>

必须认识到，减缓的大部分惠益都将累积在个人身上，而大部分成本则是由政府或政府机构承担。因此，虽然可能存在净收益，但融资机构可能没有足够的资金来资助减缓方案。

空气中的沙尘微粒可以传播很远的距离，所以沙尘减缓项目也可能会在一国边界之外的来源区域开展。也就是说来源区域和影响区域之间可能存在很远的距离。其结果是，

减缓方案的效益和成本可能会落在一些并未遭受过严重沙尘影响的国家身上。然而，主要的决策标准是方案的净效益(影响区域和来源区域的效益总和)超过成本。

在评估经济影响时，需要考虑一系列成本。其中包括：(1) 直接成本——与灾害直接影响相关的成本，以及(2) 间接成本——由于业务中断或灾害造成的其他类似影响而给经济带来的成本。沙尘暴的成本也是按照现场成本和场外成本分别计算的。

**现场成本**通常表现为土壤和沙子的损失，反过来又造成土壤养分和有机质的损失，包括土壤碳。这可能会对沙尘暴来源区域的农业生产产生重大的长期影响。灌溉或供水系统等基础设施受损，围栏受损，牲畜和牲畜饲料损失，农作物遭受沙蚀

<sup>4</sup> 见<https://sendaimonitor.undrr.org/>。

和道路清理，都会给来源区域带来更进一步的现场成本。粉尘也可能含有土壤碳，这对土地所有者来说可能有价值，特别是在未来碳封存和碳市场走上正轨之后。

**场外成本（插文4）**取决于许多因素，主要是受影响地区的经济活动水平。场外成本的具体领域包括交通运输、健康、家庭清洁、商业和制造业，以及农业（包括作物和动物损失和/或其质量恶化）。

## 插文4.场外成本的具体领域

- **交通运输** - 任何限制运输能力或车辆出行的事件都会造成巨大的经济损失。然而，沙尘暴对行驶速度和运输成本的影响可能难以估计。
- **健康** - 由于不同国家或地区报告的差异以及数据分析的差异，沙尘暴对健康的影响难以衡量，也难以确定成本。粉尘健康影响相关的许多研究中都提出了影响归因的问题。例如，一部分风险人群，尤其是那些原先就有心肺问题的人，在沙尘暴期间的死亡率或发病率可能会更高，因为大气中的粉尘会令他们基础病况恶化。由此产生的问题是：粉尘是否对健康有直接影响，或者是否应被视为健康影响的间接调节因素。
- **家庭清洁** - 研究表明，由于室内和室外的清洁，以及建筑物和车辆的维修和保养，家庭面临的沙尘暴直接成本最高。
- **商业和制造业** - 衡量沙尘暴对商业部门的影响是一项充满挑战的任务。沙尘暴事件期间未发生的一些支出可能会在之后发生，这意味着一些商业经营者没有收入损失。人们在沙尘暴事件中可能不会购买时间敏感的产品，如新鲜食品，这意味着零售商将失去收入，产品必须被丢弃。同样，外卖咖啡等随意购买行为可能中断，这也会减少零售商的收入。由于生产原料交付或货物运输延误，商业部门可能会产生其他间接成本。
- 如果颗粒物进入制造工厂，或者由于生产所需的材料在运输过程中被耽搁，那么**制造部门**可能会受到沙尘暴的影响。另一种成本是缺勤：员工可能因为照顾孩子（如果学校在发生沙尘暴事件期间关闭）或其他需要照顾的人而缺勤。事实证明，缺勤会降低生产力，因此，缺勤作为沙尘暴事件的后果之一，必须计入成本中。
- **农业** - 沙尘暴可通过以下方式给农业部门带来成本：
  1. 毁坏作物或降低产量；
  2. 由于动物死亡或牛奶或肉类单产下滑而导致动物产量降低，以及
  3. 损坏基础设施。

对于一年生作物来说，损失的原因是幼苗或作物被埋在沙子沉积物下，植物组织损失以及沙蚀造成光合作用活性减弱。这可能会导致某一地区的作物绝收，或因部分损失或生长速度减慢/延迟而减

产。对多年生作物的影响可能与一年生作物相似，造成当年作物损失或减产。然而，树木或作物受损后（如苜蓿冠层被损坏），也可能对一些多年生作物产生较长期的影响，导致未来几年产量减少。

动物生产也可能在几个方面受到影响。在沙尘暴事件期间，牛奶产量可能会减少，导致生产者收入减少，而成本却没有补偿性地降低。没有避开沙尘暴的牲畜可能会受伤，任何来自自然环境的应激都会降低牲畜的生产力，影响生长状况。

沙尘暴可能导致动物损失，要么是死亡（特别是在严重事件中窒息而亡），要么是生产者在动物逃离沙尘暴后无法找到它们。动物生产者还可能面临着饲料库存（牧草或饲料作物）被毁或受损的情况，他们因此不得不购买原本不会购买的饲料。

**其他不利影响**包括农业基础设施损坏（如灌溉渠被泥沙掩埋和运输路线被毁），河流和溪流的水质下降以及空气质量下降。

沙尘暴给受影响地区造成的其他成本包括：(1)建筑工地或矿区的健康和安全问题导致建设和采矿活动减少；(2)由于道路或交通事故，或运送粉尘相关病症的病人的救护车遭遇堵车，致使紧急服务活动增加；以及(3)公用事业基础设施损坏，如输电线或输电塔。沙尘暴也会影响文化、休闲和体育活动，经济成本将取决于受影响的活动类型。

通常，沙尘暴事件带来的直接好处很少，而且与场外成本相比，通常相对较小。沙尘暴的好处来自两个主要方面——陆地上的营养物沉积，以及水体尤其是海洋中的矿物和营养物沉积。沙尘暴中的粉尘可能含有土壤养分，如氮、磷和钾，以及有机碳。当这些营养物质沉积下来时，可以为来源区域下风处的作物或牧场提供营养。

有许多方法可以衡量沙尘暴以及减缓方案的成本和收益（表1）。然而，鉴于收集和分析沙尘暴对各国经济影响数据的资源种类繁多，建

议采取相对简单的方法。首选的方法是成本核算与调查相结合，其中调查用于确定可能不容易获得的成本，如家庭清洁成本。这种方法能够实现跨国比较，因为所有国家或地区将使用的都是相同的框架。



| 影响方法          | 数据要求                | 分析师技能                   | 方法的优点                                  | 方法的弱点                        | 在沙尘暴影响分析中的应用                                                                    |
|---------------|---------------------|-------------------------|----------------------------------------|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| 可计算一般均衡 (CGE) | 非常高 - 需要涵盖整个经济的数据集。 | 非常高 - 需要能够构建一个社会核算矩阵。   | 适合单一事件分析。                              | 需要一个对照年。                     | 没有应用于沙尘暴。已应用于单一事件灾害：Rose和Lim (2002)，加州地震；Horridge、Madden和Wittwer (2005)，澳大利亚干旱。 |
| 投入-产出 (I-O)   | 非常高 - 需要涵盖整个经济的数据集。 | 非常高 - 需要能够构建一个社会核算矩阵。   | 适合单一事件分析。                              | 需要一个对照年。                     | Ai和Polenske (2008)，沙尘暴对北京的影响。                                                   |
| 调查            | 中等 - 需要良好的调查回复率。    | 中等，但在调查设计和样本选择方面要求较高。   | 简单，对低技能分析师来说很容易。可以从单个事件推断多个事件。         | 要收集足够质量和数量的数据进行完整的分析，成本可能很高。 | Huszar和Piper (1986)，多重沙尘暴事件对新墨西哥州的影响。                                           |
| 混合方法          | 中等偏高                | 中等偏高 - 需要有识别数据和数据缺口的技能。 | 相对简单，只要没有数据缺口，就能捕捉到整体影响。可以从单个事件推断多个事件。 | 如果存在数据缺口或数据收集不力，结果将非常糟糕。     | Tozer和Leys (2013)，澳大利亚单一事件沙尘暴；Miri等人(2009)，在伊朗锡斯坦地区发生的多起事件。                     |

**表1.方法、数据要求和所需技能概述**

成本效益分析中的一个主要挑战是，对于可能受到沙尘暴影响但没有现成市场价值或无法使用市场化技术估值的属性，如何估测成本和/效益，例如环境效益、生态系统服务或社会效益，包括健康和性别平等。

有两类非市场估价技术：显示性偏好和陈述性偏好。显示性偏好可采用若干方法，包括特征定价法、旅行费用法、或有估价法、建立选择模型和试验性分析（**插文5**）。

## 插图5.沙尘暴经济影响评估成本效益分析中的显示性偏好方法

- **特征定价法。**特征价格分析不是把“产品”当作单一的产品，而是把它视作消费者渴望的、愿意为之付费的属性、品质和特点的集合。消费者为产品支付的价格反映了他们对该产品每种属性的“估值”（Costanigro和McCluskey，2011）。
- **旅行费用法。**旅行费用法利用消费者行为来衡量消费者赋予“商品”的价值，如具有环境或文化意义的景点（Hanley和Spash，1993）。该方法衡量消费者将支付多少钱来“旅行”到一个景点，这里所说的支付包括旅行费用（如乘坐飞机或驾车）、入场费、住宿费、资本设备（如露营装备）和现场费用（如食品和饮料）。将一个景点的预期游客数量的旅行费用汇总，就可以估算出该景点的“价值”。
- **或有估价法（CVM）。**这种方法对消费者进行调查，通常采取某种形式的对照实验，询问他们愿意为具有特定属性的特定产品或服务支付多少钱。在生态系统或环境分析中，“消费者”被问及他们愿意为生态系统或环境敏感区域提供的服务支付多少钱，或者，“消费者”被问及他们可以在多大程度上接受所提供服务的丧失（Ninan，2014）。
- **建立选择模型。**建立选择模型与或有估价法相似，但不是对生态系统或环境敏感区域提供的服务进行估值，而是要求“消费者”对该区域的具体环境属性进行估值，然后在提供不同程度属性的备选方案中进行选择（Ninan，2014）。
- **试验分析。**这种方法被用来解决陈述性偏好方法的一些缺陷，例如人们在调查中的回答（他们报告的支付意愿）和他们在现实中的行为（他们的实际行为）之间的差异，称为“假想偏差”。在一些试验分析中，消费者使用真金白银来确定更准确的支付意愿。借此可以消除一些假想偏差；有些假想偏差在调查回答中可能很明显，因为在调查中不需要为所做决定承担后果。

## 8 — 沙尘暴与健康

自20世纪末以来，人们越来越多地研究沙尘暴对健康的影响，特别是研究了受沙尘暴影响地区空气污染情况的变化，以了解其对健康的影响。

要理解沙尘暴对健康的影响，需要考虑的第一个问题是个体和人群的暴露特点可通过多种方式加以研究。其次，在许多受沙尘暴影响的地区，获取健康数据是一个难题。大多数研究是在东亚、欧洲和中东进行的；缺少在西非进行的研究。

流行病学研究已经对许多健康影响（包括对死亡率和发病率）进行了研究，这些研究主要侧重沙尘暴的短期影响，而系统审查的结果表明，各项研究结论不一。沙尘引发的呼吸问题和儿童哮喘导致心血管病死亡率和发病率风险增加。

大气中的沙尘与健康结果之间的因果关系仍然不清楚，有待开展更广泛的研究。由于这个原因，再加上与沙尘暴相关的发病率和死亡率数据存在缺口，对沙尘暴健康影响和疾病负担的具体估测工作仍需全面展开。

## 9 — 沙尘暴来源地绘图

沙尘暴来源地可以界定为相对干燥、无保护的表土层地表，没有植被、雪/冰或水，不冻结，土壤颗粒可在大风条件下在空气中传播。来源地的可蚀性或动态受气候、天气条件(如风速或干旱)、土壤表面条件和特征以及人类活动影响。

沙尘暴来源地的动态与植被覆盖、积雪覆盖的季节变化、水体范围的变化情况以及土壤是否冻结有关。这些变化差异导致沙尘暴来源地地理分布的显著变化。当土表含有较小的土壤颗粒（一般为直径不超过约50-60微米的黏土和粉土颗粒）时，更容易受到风蚀。如果土壤结构受到干扰和出现松动，卷入大气的尘土就会增加。

沙尘暴风险和影响评估、沙尘暴减缓规划、沙尘暴预报和建立沙尘暴预警系统都需要关于沙尘暴来源地的知识。绘制沙尘暴来源地的时空分布图需要了解沙尘暴来源地的成因及其是如何形成和激活的。

绘制沙尘暴来源地图可分为两种方法。一种使用关于以往沙尘暴发生情况的数据，有关数据集覆盖的时间范围越长，形成的地图就越全面。这种方法很好地概述了主要和活动频繁的沙尘暴来源地，包括主导沙尘暴产生的全球和区域来源地。这种方法的缺点包括：(1)观测数据在空间和时间上不连续；(2)与使用土壤相关参数相比，制图分辨率相对较低；(3)可能会忽略或低估地方性和短期沙尘暴事件和来源地。

另一种选择是基于地表条件数据制图，重点是评估风造成土表侵蚀的可能性。制作沙尘暴来源地图所需的重要土壤相关参数包括土壤特性，如土壤质地、土壤结构、土壤粒径分布、土壤湿度、土壤温度、土地覆盖和冻土。

这种方法的优点包括：(1)纳入了土壤特性和土地利用等土表状况信息；(2)可以发现和划定本地化来源；以及(3)可以确定休眠或不重要的季节性来源。然而，这种方法需要结合来自不同数据源的信息，比较复杂，还必须解决缺乏土壤特性和土壤分析信息的问题。

## 10 — 沙尘暴观测、监测和建模

粉尘测量可分为两类：遥感测量和现场测量。实际作业中气象学家通常使用对地静止卫星上仪器测量提供的多光谱结果进行粉尘监测和短时预报。最新一代的对地静止卫星影像(图11)为大气监测提供了一个重要工具，因为这种影像结合了地球同步轨道(频繁的广域图像捕获)的优点和高分辨率辐射计的能力，几乎可以做到实时获取。然而，用于监测粉尘事件的卫星产品也面临诸多挑战，包括：(1)难以确定粉尘微粒的高度；(2)对沙漠等明亮表面上的气溶胶探测能力低；以及(3)关于云层之下粉尘层的信息不足。

图11.戈壁沙漠的尘暴



说明：2013年3月8日，羽状沙尘带从戈壁沙漠升起，沿着中国-蒙古国边境吹拂。强风使灰尘在空中停留了几天。到3月13日，最东边的河南省和最南边的四川盆地都出现了沙尘。美国国家航空航天局（NASA）Terra卫星上的中分辨率成像光谱仪（MODIS）拍摄了这张真彩色图像。

资料来源：NASA/GSFC/Jeff Schmaltz/MODIS陆地快速反应小组，2013年。

现场收集沙尘暴信息也是有效监测和预报所必需的。这项工作包括地面测量站、空气质量网络、天气记录和能见度观测。这些测量既有优点也有缺点，取决于位置和测量方法。例如，天气记录中的能见度观测值可以用来识别过去的粉尘事件。基于世界气象组织(气象组织)实时天气代码的气象站报告可用于识别空气中的沙尘。

关于粉尘监测和特征描述方法（包括粒度分布、整体组分和光学特性）的详细信息可以在Rodríguez等人（2012）的综述文章和其中的参考文献中找到。世界气象组织全球

大气观测计划（GAW）设想通过现有研究气溶胶网络的联合体在全球范围内对气溶胶进行全面、综合和持续的观测，可以作为飞机、卫星和环境机构网络观测的补充（世界气象组织，2009）。

自2004年以来，应40多个国家的请求，世界气象组织在这一领域发挥了带头作用。世界气象组织建立了沙尘暴预警咨询和评估系统（WMO SDS-WAS），目的是开发和完善可用于减轻沙尘暴不利影响并评估沙尘暴社会和环境影响的产品，面向全球社区发布。

## 插图6.哥白尼大气监测服务：一项欧洲倡议

自2008年以来，欧洲中距离天气预报中心（ECMWF）一直在提供每日气溶胶预报（包括粉尘预报），作为连续欧盟资助项目的部分内容。Morcrette等（2009）和Benedetti等（2009）对预报和分析模型（包括气溶胶过程）进行了详细描述。

这些努力使得将粉尘预报纳入运行中的哥白尼大气监测服务（CAMS）成为可能，该服务最多提前5天发布每日全球粉尘预报，并为世界气象组织沙尘暴预警咨询和评估系统（WMO SDS-WAS）提供数据。所有数据都可以在<http://www.copernicus-atmosphere.eu>和世界气象组织沙尘暴预警咨询和评估系统各中心的网站上公开获取。下面是一个例子。目前，除了哥白尼大气监测服务/欧洲中距离天气预报中心之外，还有来自不同国家中心的六个全球粉尘预报模型为世界气象组织沙尘暴预警咨询和评估系统提供支持（世界气象组织，2020）。

2017年5月25日星期四00时（协调世界时）哥白尼大气监测服务预报t+036  
VT: 2017年5月26日星期五12时（协调世界时）  
沙尘气溶胶在550纳米的光学厚度

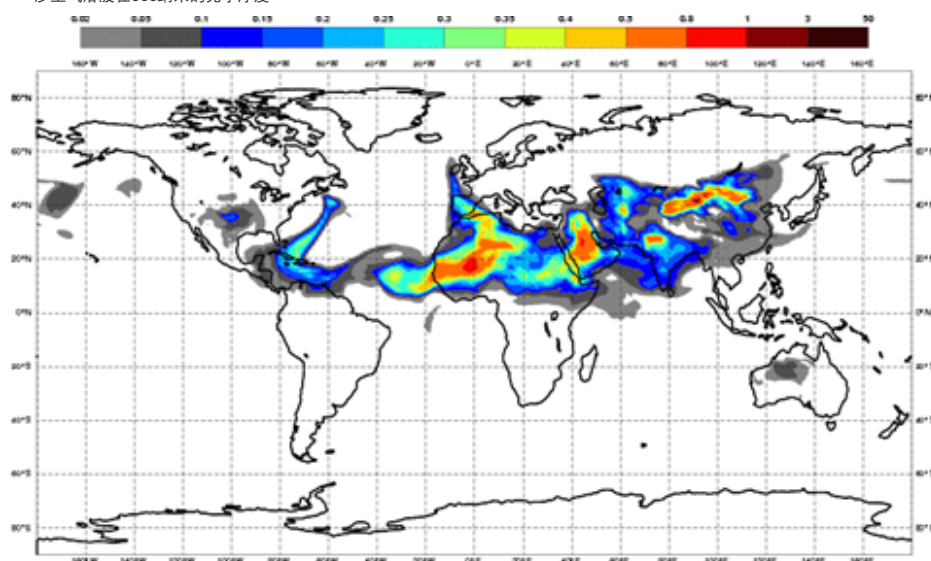


图12.哥白尼大气监测服务提供的2017年5月26日12时（协调世界时）的沙尘气溶胶光学厚度36小时预报

资料来源：CAMS, 2017: <https://atmosphere.copernicus.eu/>

在纳入大气组分（包括粉尘）传播和转化模型后，数值天气预报模型的能力得到了进一步发展，因此它们能够预测大气组分（如矿物粉尘）的浓度，突破现场观测的局限性。

这些数值模型与沙尘暴预报密切相关。在全球范围内，世界气象组织沙尘暴预警咨询和评估系统自2007年起开始启用。沙尘暴年度动态和严重粉尘事件描述发布在世界气象组织的《浮尘公报》中（世界气象组织，2017-2020年）。

世界气象组织沙尘暴预警咨询和评估系统通过研究界和业务界的国际伙伴关系，提高了各国向用户提供及时和高质量沙尘暴预报、观测、信息和知识的能力（Nickovic 等人，2015年；Terradellas 等人，2015年；Basart 等人，2019年；世界气象组织，2020年）。世界气象组织沙尘暴预警咨询和评估系统(<https://public.wmo.int/en/our-mandate/focus-areas/environment/SDS>) 作为国际平台，连接着研究、业务中心与最终用户，目前围绕三个区域节点组织：

- 北非、中东和欧洲区域节点，由西班牙巴塞罗那区域中心负责协调，区域中心设在西班牙国家气象局和巴塞罗那超级计算中心（**插图7**）
- 亚洲区域节点，由中国北京区域中心负责协调，区域中心设在中国气象局（**插图8**）
- 泛美洲区域节点，由巴巴多斯布里奇顿区域中心负责协调，区域中心设在加勒比气象与水文研究所（**插图9**）

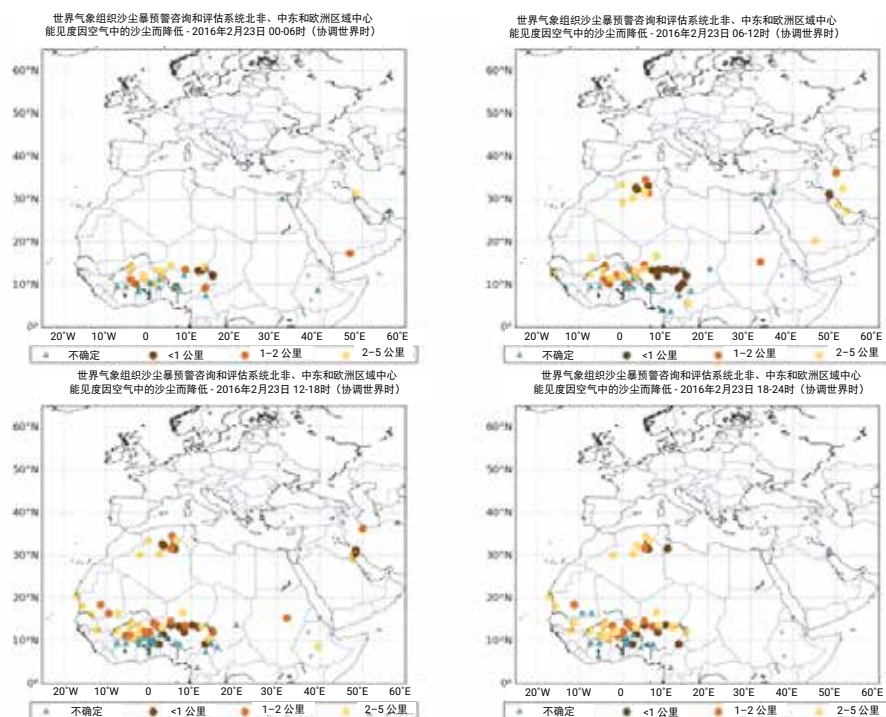
## 插图7.世界气象组织沙尘暴预警咨询和评估系统北非、中东和欧洲区域中心

气象组织沙尘暴预警咨询和评估系统北非、中东和欧洲区域中心（NAMEE）设在巴塞罗那，每天通过其网页（<https://dust.aemet.es/>）收集和分发基于不同数值模型的预报结果。随着越来越多的合作伙伴的加入，这一倡议发展迅速。

目前，12个建模小组每三小时提供一次550海里的地表粉尘浓度和沙尘光学厚度预报，参考区域的经度从25°W延伸到60°E，纬度从0°延伸到65°N。该参考区域旨在涵盖北非和中东的主要来源区域，以及从赤道到斯堪的纳维亚半岛的主要传输路线和沉积区。72小时之内的预报每三小时更新一次。

巴塞罗那区域中心将所有预报双线性内插到0.5° x 0.5°的通用网格后，每天生成集合多模型汇总结果。

自2015年10月以来，世界气象组织沙尘暴预警咨询和评估系统北非、中东和欧洲区域中心每6小时发布一次地图，显示其地理区域内报告能见度因空气传播沙尘而降低到不足5公里的气象站（**图13**）。



**图13.2016年2月23日空气传播沙尘导致能见度降低到5公里以下的6小时地图**

资料来源：世界气象组织沙尘暴预警咨询和评估系统北非、中东和欧洲区域中心，2016年：<https://sds-was.aemet.es/forecast-products/dust-observations/visibility>

## 插图8.世界气象组织沙尘暴预警咨询和评估系统亚洲区域中心

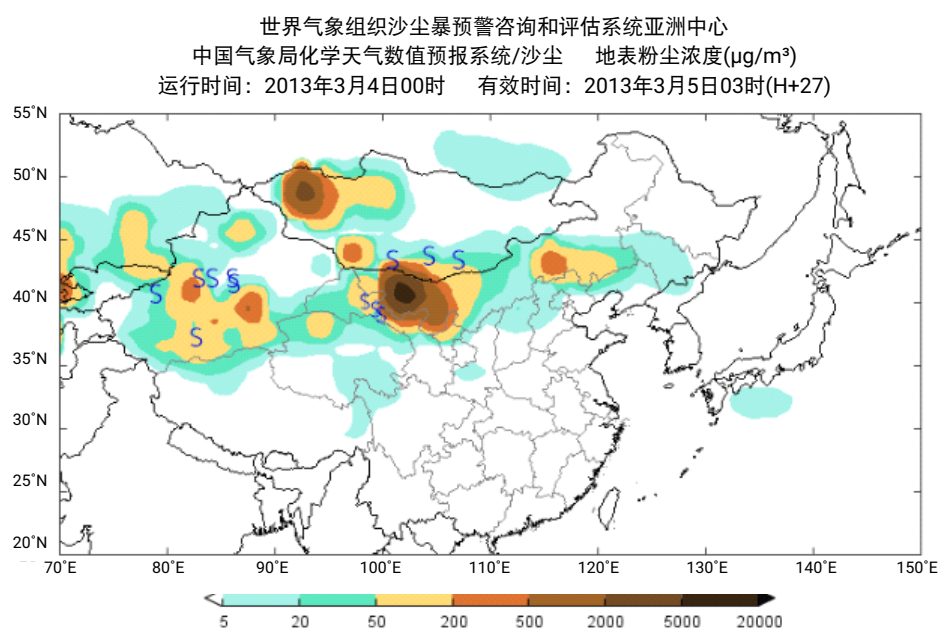
世界气象组织沙尘暴预警咨询和评估系统亚洲区域中心（[http://eng.nmc.cn/sds\\_was.asian\\_rc/](http://eng.nmc.cn/sds_was.asian_rc/)）设在北京，运行方式与巴塞罗那区域中心类似。北京区域中心每天收集沙尘信息，输入五个数值模型后生成每日报告。北京区域中心涵盖了中亚和东亚的主要尘源，以及延伸至中太平洋的传输路线和沉积区。与巴塞罗那区域中心一样，北京区域中心的预报涵盖了每三小时一次的地表粉尘浓度（DSC）和沙尘光学厚度（DOD），提前时间长达72小时。该倡议旨在促进预报技术的发展，提高区域内的预报准确性。

北京区域中心对粉尘预报的评估方法不同于巴塞罗那中心。基于不同观察来源的威胁评分系统已经整合到地理信息系统中。观测数据集包括定期的地面天气报告、可吸入颗粒物质量浓度数据、中国气溶胶地基遥感监测网（CARSNET）的气溶胶光学厚度（AOD）检索数据、风云卫星的检索数据和激光雷达数据。

目前定义了四类粉尘事件：

- 浮尘（水平能见度低于10公里，风速极低）
- 扬沙（能见度在1-10公里之间）
- 沙尘暴（能见度低于1公里），以及
- 严重沙尘暴（能见度低于500米）（Wang等，2008）。

**图14.中国戈壁沙漠的沙尘**



说明: CUACE是指中国粉尘统一大气化学环境

资料来源: Wang等, 2008。

## 插图9.世界气象组织沙尘暴预警咨询和评估系统泛美区域中心

设在巴巴多斯的世界气象组织沙尘暴预警咨询和评估系统泛美区域中心 (<http://sds-was.cimh.edu.bb/>) 开展的工作与其他两个区域中心相似。然而, 除了区域重点之外, 巴巴多斯中心还根据美国国家海洋和大气管理局 (NOAA)、美国国家航空航天局 (NASA) 和美国海军运行的三个美国全球模型, 以及国际气溶胶预测合作组织 (ICAP) 的全球运行模式组合, 提供全球沙尘暴预警咨询和评估系统预报。

根据世界气象组织沙尘暴预警咨询和评估系统的目标, 巴巴多斯中心是整个美洲的合作节点, 与世界气象组织沙尘暴预警咨询和评估系统的其他中心在以下方面开展合作:

- 开发、完善有助于减少沙尘暴不利影响的产品, 面向全球社区发布, 以及
- 评估沙尘暴对社会和自然的影响

该中心的首要任务是应对该地区空气传播沙尘对健康的不利影响, 该地区既有局部来源的沙尘, 如来自莫哈韦、索诺兰和阿塔卡马沙漠的沙尘, 也有来自其他大陆干旱地区的输入沙尘, 如来自非洲和亚洲沙漠的沙尘。

## 11 — 沙尘暴预报

以人为本和基于影响的预报在向公众提供信息时，会告知预报天气对可能亲身经历天气状况的个人产生的影响。传统的预报会说未来几天将会有沙尘暴，而基于影响、以人为本的预报会具体说明沙尘暴开始的时间以及沙尘对个人的潜在影响，例如，建议有呼吸问题的人应当针对所预报的沙尘暴采取保护措施。

基于影响的预报以下列内容为基础：

- 基于结合了来自地面和遥感来源的准确及时天气数据的天气模型，对不断变化的天气状况有着非常好的、近乎实时的了解
- 明确的天气条件类别以及相应的影响水平
- 风险评估，以此确定对特定地点或这些地点的特定群体(例如儿童)的影响。

预报信息通常是通过数值天气预报模型生成。在国家、区域和全球各级有许多可供使用的模型。为改善预报结果，目前正在开发的一种方法是集合预报，旨在从概率角度描述未来的大气状态。考虑到初始状态的不确定性，以及模拟过程中使用模型和数学方法的不准确性，一般会运行多次模拟（Palmer等，1993）。

国家气象水文部门负责编制国家一级的沙尘暴预报信息。也可在国家以下各级(省、州)进行预报，具体取决于国家的大小和国家气象水文部门的能力。这些预报和相关的预警信息必须与国家以下各级(省、州)灾害管理部门以及参与应对沙

尘暴问题的其他组织和行为体关联起来。

国家气象水文部门管理沙尘暴数据分析和预报过程的能力可能会有很大差异。若国家气象水文部门建模和预报能力有限，气象组织沙尘暴预警咨询和评估系统各区域中心和气象组织网站 (<https://public.wmo.int/en/our-mandate/focus-areas/environment/SDS>) 可以提供气象组织沙尘暴预警咨询和评估系统的全球或区域产品，支持国家气象水文部门进行地方预报。这些产出以及国家气象水文部门所建立的任何模型，可用于对沙尘暴进行每日预报和短期(三天)预报。

为了确保协调一致的沙尘暴预报以及及时、准确和协调的沙尘暴预警，国家气象水文部门可与商业预报机构协作，制定协调统一的预报和预警发布方案。这种方案也可以包括来自国外的预报，如果这些来源通常会提供警报的话，例如通过全球性媒体。

## 12 — 沙尘暴预警

在判断沙尘暴警报系统和方案的效果时，根据的是受沙尘暴影响者采取行动避免或减少沙尘暴影响的程度，而不是沙尘暴预报和建模的准确性和复杂程度。优秀预警系统的一个关键功能是确保收到警报的人理解所提供的信息，并采取的相应行动减少影响。

以人为本、关注性别问题和注重影响的方法认识到，面临风险的个人要将警报转化为实际行动，以减轻沙尘暴对个人以及整个社会的影响。

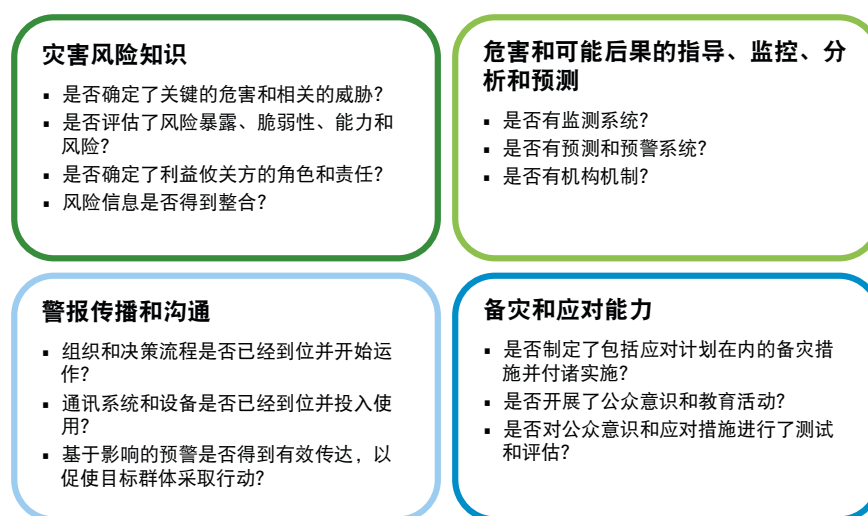
预警系统对于影响的关注有助于确定沙尘暴会如何影响受事件威胁的人，以及可以采取哪些行动来减少这种威胁。

如图15所示，一个有效的以人为本、关注性别问题和基于影响的预警系统有四个组成部分：(1)灾害风险知识；(2)危害和可能后果的发现、监测、分析和预报；(3)警报发

布和沟通；以及(4)备灾和应对能力。

有效的沙尘暴预警系统采用全社区方法，将所有利益攸关方（包括风险人群）（插图 10）纳入统一的体系，确保及时、有针对性地提供警报，并采取适当的行动减轻或避免影响。

图15.以人为本、基于影响的预报理念



资料来源：根据国际减灾战略（ISDR）和联邦外交部，2006年。

沙尘暴预警系统建立在总体预警方案的基础之上，其中包括信息来源和分析、信息发布方法和标准操作程序，确保及时收到警报。除总体方案外，还有针对特定部门(如卫生部门)和特定设施(如诊所)或特定目的(如公路旅行警告、航空警告等)的次级方案。预警流程的规划和总体协调通常由国家灾害管理局牵头。

由于不同国家的沙尘暴预警流程差异很大，以下问题需要准确回答，并且答案要得到所有利益攸关方的认同：

- 谁有发布警报的合法权力？
- 由谁确保就警报采取行动？(负责发布警报的部门，如当地气象局，可能不同于负责确保就警报采取后续行动的部门，如当地政府首脑、灾害管理办公室工作人员、警察等)。
- 国家气象水文部门或国家以下各级办事处向谁以及如何提供预报和预警信息，确保警报得以及时发布？

## 插文10.预警利益攸关方

在预报过程中，众多利益攸关方在编制、传输和使用沙尘暴预警信息方面发挥着重要作用。其中包括：

- 可能遭受沙尘暴带来的重大负面健康影响或其他影响的特定风险人群
- 区域预报中心，包括沙尘暴预报员、建模人员和研究人员
- 国家气象水文部门，包括预报员、建模人员和气象教育专家
- 国家灾害管理当局（NDMA）和国家以下一级的对应机构，包括规划人员、预警系统管理人员、响应管理人员和培训人员
- 电信官员，包括专注于系统可靠性和消息管理（包括将消息传递给特定地点或受众）的技术人员
- 卫生服务提供者，包括卫生专家、设施管理人员、病患管理人员和紧急医疗服务提供者
- 交通运输系统管理部门（空中、陆地、海上），包括规划人员、维修人员和警察，以确保沙尘暴事件期间的安全
- 媒体，包括广播、电视和互联网以及通过这些系统工作的人（例如，新闻读者、主持人和博主）
- 从事农业和畜牧业生产的人员，包括农艺师、畜牧业专家、推广人员和基础设施管理人员，以尽量减少与沙尘暴有关的损害和损失
- 工业，包括可能受到环境空气中高沙尘负荷影响的设施，如涉及高精度或低污染生产的设施
- 教育提供者，包括培训中心、提供沙尘暴教育的教师，以及在沙尘暴期间采取行动以确保学生安全的学校领导
- 社区福利或护理团体，其工作重点是帮助那些更有可能受沙尘暴影响的人

向公众提供预报或预警信息的方式因国家而异。在某些情况下，书面预警和警报信息是规范做法。在其他情况下，可能使用颜色或数字来表明警报的重要程度。常见的警报发布机制包括印刷媒体、广播、电视和互联网(包括电子邮件、社交媒体和警报网站)，以及手机短信。

沙尘暴预报和警报有助于以三种方式改善沙尘暴备灾工作：

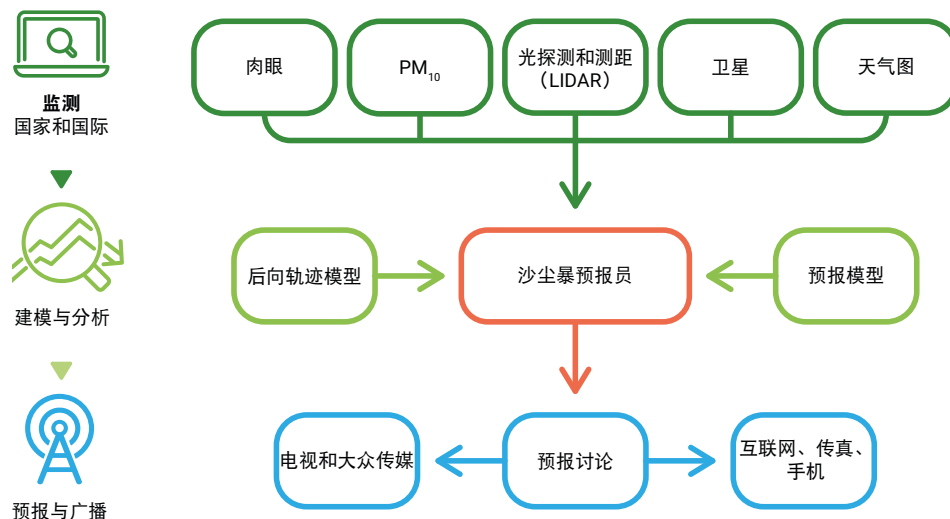
- 了解沙尘暴的性质，进而将沙尘暴视作是一种需要备灾的危害
- 预报可以触发警报，警报反过来又会触发减轻沙尘暴影响所需的其他行动
- 教育那些面临沙尘暴风险的人能使警报更加有效，这样不但可以提高收到警报后的响应能力，也可以提升个人和社会对沙尘暴的备灾水平

## 插图11.韩国气象局沙尘监测和预报系统

韩国气象局（KMA）分四个阶段监测和预报亚洲沙尘：

- 首先，韩国气象局使用肉眼获得的亚洲沙尘观察结果，以及位于沙尘暴来源区域和通往韩国路径上的中韩沙尘暴联合监测网络测到的PM<sub>10</sub>浓度值。
- 其次，韩国气象局还利用全球电信系统（GTS）每隔三小时提供的国际气象信息以及通信、海洋和气象卫星（COMS）、NOAA、葵花8号和Aqua & Terra/MODIS的卫星图像，来确定亚洲沙尘的位置和强度。
- 第三，将超级计算机模拟的亚洲沙尘气溶胶模型（ADAM）结果输入韩国气象局内网，用于预报亚洲沙尘，并将WMO SDS-WAS亚洲中心纳入区域集合。
- 最后，利用29个站点的PM<sub>10</sub>浓度值和7个站点的颗粒计数器数据来确定亚洲沙尘的路径和强度。

韩国气象局的亚洲沙尘预警系统利用监测和预报系统的结果，在每小时平均沙尘（PM<sub>10</sub>）浓度预计超过800微克/立方米且持续两小时以上时发布警报。当韩国气象局发布警报时，这些信息会在网上（包括通过社交网络服务）与公众和广播公司分享。



## 13 — 源头管理和影响减缓

减缓沙尘暴影响的措施分为两类，其目的是：(1)从源头减少来自沙尘排放(预防性措施/源头管理)，以及(2)减轻沉积区域移动沙尘的影响(保护性措施/影响减缓)。

预防性控制措施可进一步分为三类，分别在自然生态系统、森林和牧场；农耕地；和工业环境，包括采矿环境中使用。保护性措施包括对有价值资产，如城镇、基础设施和灌溉计划的实体保护；预报和预警系统；以及备灾和应急程序。

自然生态系统、牧场和农耕地的控制措施侧重于降低风速和土壤可蚀性。也考虑了对风积沙和移动沙丘的控制，尽管风速低于产生沙尘暴所需风速时也有可能发生这些现象。

可持续土地管理（**插文12**）和综合景观管理（**插文13**）是综合应用这些控制措施所需的重要概念。最需重视的应该是潜在来源地的综合景观管理，将所有景观要素的可持续管理结合起来，包括用水战略和减少工业场所的粉尘，如尾矿坝或露天储存区。

鉴于有多种因素可能加剧风蚀和沙尘暴，最有效的控制策略将是可持续土地管理系统，因为可持续土地管理系统能够：

- 减少大面积植被的消失
- 减少无植被区域的长度，以减少风的动力
- 增加土壤团聚体的土壤粘结性或稳定性以及土壤表面的阻力，防止土壤颗粒被风吹起
- 降低地面附近的风速，改变风向
- 控制形成沙丘的材料来源（Ben Salem，无日期）

根据特定地区的生物物理条件，可以组合实施可持续土地管理做法，以减少风对土壤的侵蚀并加强源头管理，控制沙尘暴。

可持续的牧场管理在减少沙尘暴来源区域方面也起着关键作用。控制牧场风蚀和土壤退化的方法通常为预防性措施，如牧场休牧和轮牧或控制放牧、降低放牧率或维持和支持无害生态的转场放牧系统。

然而，这种类型的牧场管理需要为牧场使用者提供有保障的使用权和充分的激励措施，并支持他们的组织能力和集体行动，特别是在开放的放牧系统中。人们越来越认识到，为了实现旱地的可持续牧场管理，需要考虑到多种时间和空间尺度上的地点、生物物理、社会、文化和经济等因素。

## 插文12.可持续土地管理原则

TerraAfrica伙伴关系(<http://terrafrica.org/>)提出了可持续土地管理的三项原则以及扩大可持续土地管理规模的原则 (<https://www.wocat.net/library/media/26/>)：

### 可持续土地管理原则1：提高土地生产力

- 提高用水效率和水生产力（减少损失、增加储存、升级灌溉）
- 提高土壤肥力，改善养分和有机质循环
- 改善植物材料和植物管理，包括病虫害综合防治
- 改善微气候条件
- 关键原则：改善土壤覆盖

### 可持续土地管理原则2：改善生计和人类福祉

- 在初始成本往往很高，而且没有直接收益的情况下，向小规模土地使用者提供初始投资支持
- 确保通过土地使用者的自发行动进行维护
- 考虑文化价值和规范

### 可持续土地管理原则3：改善生态系统

- 防止、减缓和恢复土地退化
- 保护和改善生物多样性
- 减缓和适应气候变化（增加地上和地下的碳储量，例如通过改善植物覆盖和土壤有机质）

### 扩大可持续土地管理规模的原则

1. 营造有利环境：制度、政策和法律框架
2. 确保当地参与和区域规划相结合
3. 建设能力和培训人才
4. 监测和评估可持续土地管理做法及其影响
5. 在地方和区域层面提供决策支持，以便：
  - 确定、记录和评估可持续土地管理做法
  - 选择和调整可持续土地管理做法
  - 选择优先干预领域

## 插文13.综合景观管理

综合景观管理有五个关键要素，所有这些要素都有助于参与式开发进程。这些关键要素是：

1. 共同的或商定的管理目标，包含景观带来的多种惠益。
2. 旨在促进多个目标的实地做法。
3. 管理生态、社会和经济之间的相互作用，以实现积极的协同作用，减少不利的权衡取舍。
4. 社区参与的协作式规划、管理和监测过程。
5. 市场和公共政策的重新配置，实现多元景观目标（Scherr等人，2012）。

Sayer等(2013)提出了10项综合景观管理原则。景观方法的目的是为土地分配和管理提供工具和概念，以便在农业、采矿和其他生产性土地用途与环境和生物多样性目标发生冲突的地区实现社会、经济和环境目标。这些原则强调适应性管理、利益攸关方参与和多重目标：

1. 持续学习和适应性管理
2. 共同关切的切入点
3. 多种干预尺度
4. 多功能性
5. 多个利益攸关方
6. 协商和透明的变革逻辑
7. 明晰权利和责任
8. 参与式和方便用户的监测
9. 抗灾能力
10. 加强利益攸关方能力

可持续土地管理和综合景观管理政策的制定最好是置于土地退化零增长增长的背景下，以便在国家层面解决受影响地区的沙尘暴源头问题。土地退化零增长目标设定进程提供了一个契机，可以集体考虑减缓特别是减缓人为影响的沙尘暴来源的各种备选方案，包括评估土地退化趋势，确定土地退化的驱动因素，并让相关土地和水资源利益攸关方参与其中。可持续土地管理和综合景观管理的整体考虑办法可以纳入各类行动，以便更加长久、更大规模地减少人为粉尘排放；此种整体方法也能最大限度地发挥各项行动之间的协同作用。

稳固沙丘和植树造林是保护旱地和沙漠土壤免受风蚀的关键做法，也是恢复景观的重要初始步骤（图16）。

区域合作对于在景观层面管理人为粉尘排放至关重要，包括通过可持续用水。因此，需要建立以强有力政治承诺为基础的区域机制，协调来源地和沉积区的政策。

**图16.中国北方库布齐沙漠的沙丘稳固工作**



说明：图片显示的是稻草和灌木茎制成的栅栏以网格形式铺设，然后种植了抗旱的本地灌木，并通过喷水技术定植。25年后就会形成高速公路沿线的防护带。在背景中是该地区的正常沙丘。

资料来源：联合国环境规划署，2015年。

## 14 — 备灾和影响减缓

备灾和应急响应在灾害风险管理方面发挥重要作用，有助于减缓灾害风险，减轻影响。对沙尘暴事件的备灾工作和应急响应可以发生在个人、社区和组织层面。通常要识别相关危害并绘制地图、开展脆弱性分析和风险评估，同时纳入性别考量；在这些工作的基础之上可编制备灾战略，确定影响减缓措施，开发保护性行动。需要根据当地条件评估每项措施的有效性和成本效益合理性。

有效的备灾能够减轻脆弱性，提高减缓水平，及时有效地应对灾害事件。这些行动可缩短灾后恢复时间，同时提高社区的抗灾能力。有效的备灾还需要了解社区的具体情况，包括与灾害管理相关的性别不平等问题的。

特定地点或特定活动(如城市、学校、工厂)的沙尘暴灾害管理计划应与同一地点或同一活动的其他灾害风险管理计划保持一致。目前的一般良好做法是在家庭、村庄、城镇、城市、郡县、省或州以及国家各级制定灾害或应急计划，也要为工业和企业制定计划。

这些计划一般都遵循类似的模式，家庭计划侧重于灾后的即时生存（例如，储备食物、水和药品），而每一个更高级别的计划都侧重于为下一级提供支持，例如，国家计划界定对城市、城镇和村庄的支持；州或省的计划界定对州或省内各郡县的支持。

根据目前的良好实践，家庭以上层级的沙尘暴灾害计划应包括以下要素：

- 计划的主管部门（可包含在所有灾害的总体计划中）
- 计划覆盖区域内的沙尘暴危害综述。
- 风险评估。
- 性别分析。
- 基于风险评估的具体源头减缓和影响减缓措施。本节可能提及针对个别部门的辅助计划，例如针对医院或交通运输的计划。
- 警报、信息传播和提高公众意识程序。预警程序中要包括可根据基于影响的预报方法有效地传播警报的标准操作程序。
- 触发启动备灾计划的标准。
- 酌情提供减缓措施示例。
- 与其他可在减缓沙尘暴方面发挥作用的方案（如土壤保护）的联系。
- 信息来源和联系方式。

可在计划的附件中包括源头减缓和影响减缓措施的具体程序，并说明谁对实施这些程序承担主要和辅助责任。部门性计划往往涵盖主要的经济或社会部门，如农业、建筑、教育、电力、医疗保健、个人卫生、畜牧业、制造业、公共意识、体育和休闲、交通运输或水和环境卫生。一般来说，沙尘暴灾害计划应当包括充足的信息，以便采取必要行动，但不应包括可能妨碍计划使用的过多细节。

减轻沙尘暴的影响可以采取多种措施。选择具体措施时需要考虑可能发生的沙尘暴类型，发出警报的可能性，以及发生沙尘暴事件时正在进行活动的性质。在所有情况下，应向所有面临风险的人提供有关沙尘暴和影响措施的教育培训，哪怕是短时间的教育培训亦可，并辅以警报和备灾计划。

州（省）级沙尘暴灾害规划的一个例子是《2015年俄勒冈州自然灾害减缓计划》（俄勒冈州，2015）。该计划包括沙尘暴评估及历史影响实例，提及了警报和影响，以及源头减缓措施。



## 15 — 参考文献

- Ai, Ning, and Karen R. Polenske (2008). Socioeconomic impact analysis of yellow dust storms: An approach and case study for Beijing. *Economic Systems Research*, vol. 20, No. 2, pp. 187–203.
- Basart, Sara, and others (2019). The WMO SDS-WAS Regional Center for Northern Africa, Middle East and Europe. *E3S Web Conf.*, 99 (2019) 04008, doi: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20199904008>.
- Ben Salem, Brahim (no date). Prevention and control of wind erosion in arid regions. Available at <http://www.fao.org/3/u1510e/u1510e07.htm>.
- Benedetti, Angela, and others (2009). Aerosol analysis and forecast in the European Centre for Medium-Range Weather Forecasts Integrated Forecast System: 2. Data assimilation. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, vol. 114, No. D13.
- Benedetti, Angela, and others (2014). Operational dust prediction. In *Mineral Dust: A Key Player in the Earth System*, P. Knippertz and J.-B.W. Stuut eds., Dordrecht: Springer, pp. 223–265, doi:10.1007/978-94-017-8978-3\_10.
- Costanigro, Marco, and Jill J. McCluskey (2011). Hedonic price analysis in food markets. In *The Oxford Handbook of the Economics of Food Consumption and Policy*. Jayson L. Lusk, Jutta Roosen and Jason F. Shogren, eds. Oxford: Oxford University Press.
- Hanley, Nick, and Clive L. Spash (1993). *Cost-benefit analysis and the environment*. Cheltenham: Edward Elgar Publishing.
- Horridge, Mark J., John Madden, and Glyn Wittwer (2005). The impact of the 2002–2003 drought on Australia. *Journal of Policy Modelling*, vol. 27, No. 3, pp. 285–308.
- Huszar, Paul C., and Steven L. Piper (1986). Estimating the off-site costs of wind erosion in New Mexico. *Journal of Soil and Water Conservation*, vol. 41, No. 6, pp. 414–416.
- International Strategy for Disaster Reduction (ISDR) and Federal Foreign Office (2006). *Developing Early Warning Systems: A Key Checklist*. Working Draft. Third International Conference on Early Warning. From Concept to Action, Bonn. <https://www.unisdr.org/2006/ppew/info-resources/ewc3/Checklist-english.pdf>.
- Lu, Hua, and Yaping Shao (2001). Toward quantitative prediction of dust storms: an integrated wind erosion modeling system and its applications. *Environmental Modelling & Software*, vol. 16, No. 3, pp. 233–249.
- Middleton, Nick, and Utchang Kang (2017). Sand and dust storms: impact mitigation. *Sustainability*, vol. 9, No. 6:1053.
- Miri, Abbas, and others (2009). Environmental and socio-economic impacts of dust storms in Sistan Region, Iran. *International Journal of Environmental Studies*, vol. 66, No. 3, pp. 343–355.
- Morcrette, Jean-Jacques, and others (2009). Aerosol analysis and forecast in the European Centre for Medium-Range Weather Forecasts Integrated Forecast System: Forward modeling. *Journal of Geophysical Research*, vol. 114, No. D06206.
- Nickovic, Slobodan, and others (2015). WMO Sand and Dust Storm Warning Advisory and Assessment System (SDS-WAS). Science and Implementation Plan 2015–2020. World Meteorological Organization: WWRP 2015-5 Report. Available at [https://www.researchgate.net/publication/323384367\\_WMO\\_Sand\\_and\\_Dust\\_Storm\\_Warning\\_Advisory\\_and\\_Assessment\\_System\\_SDS-WAS\\_Science\\_and\\_Implementation\\_Plan\\_2015-2020](https://www.researchgate.net/publication/323384367_WMO_Sand_and_Dust_Storm_Warning_Advisory_and_Assessment_System_SDS-WAS_Science_and_Implementation_Plan_2015-2020).
- Ninan, Karachepone N. (2014). *Valuing ecosystem services: methodological issues and case studies*. Cheltenham: Edward Elgar Publishing.
- Palmer, T. N., and others (1993). Ensemble prediction. In *Proceedings of the ECMWF Seminar on Validation of Models over Europe*, vol. 1, pp. 21–66.
- Rodríguez, Sergio, Andres Alastuey, and Xavier Querol (2012). A review of methods for long term in situ characterization of aerosol dust. *Aeolian Research*, vol. 6, pp. 55–74.
- Rose, Adam, and Dongsoon Lim (2002). Business interruption losses from natural hazards: conceptual and methodological issues in the case of the Northridge earthquake. *Environmental Hazards*, vol. 4, pp. 1–14. Available at [doi.org/10.3763/ehaz.2002.0401](https://doi.org/10.3763/ehaz.2002.0401).

- Sayer, Jeffrey, and others (2013). Ten principles for a landscape approach to reconciling agriculture, conservation, and other competing land uses. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 110, No. 21.
- Scherr, Sara J., Seth Shames, and Rachel Friedman (2012). From climate-smart agriculture to climate-smart landscapes. *Agriculture & Food Security*, vol. 1.
- State of Oregon (2015). *Natural Hazards Mitigation Plan 2015*.
- Terradellas, Enric, Slobodan Nickovic, and Xiaoye Zhang (2015). Airborne dust: a hazard to human health, environment and society. *WMO Bulletin*, vol. 64, No. 2, 44-48.
- Tozer, Peter R., and John F. Leys (2013). Dust storms – What do they really cost? *The Rangeland Journal*, vol. 35, pp. 131–142.
- United Nations (2015a). Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030. Available at <https://www.undrr.org/publication/sendai-framework-disaster-risk-reduction-2015-2030>
- United Nations (2015b). Gender Responsive Disaster Risk Reduction. A Contribution by the United Nations to the Consultation Leading to the Third UN World Conference on Disaster Risk Reduction. Version 2. Available at [https://www.preventionweb.net/files/40425\\_gender.pdf](https://www.preventionweb.net/files/40425_gender.pdf).
- United Nations Convention to Combat Desertification (2017). Draft advocacy policy frameworks: gender, drought, and sand and dust storms. Conference of the Parties. ICCD/COP(13)19.
- United Nations Development Programme (2013). Gender and disaster risk reduction. Policy Brief 3. Available at <http://www.undp.org/content/dam/undp/library/gender/Gender%20and%20Environment/PB3-AP-Gender-and-disaster-risk-reduction.pdf>.
- United Nations Environment Programme (2015). Review of the Kubuqi Ecological Restoration Project: A Desert Green Economy Pilot Initiative. Nairobi.
- United Nations Environment Programme, World Meteorological Organization, United Nations Convention to Combat Desertification (2016). *Global Assessment of Sand and Dust Storms*. United Nations Environment Programme, Nairobi.
- United Nations General Assembly (2016). Report of the open-ended intergovernmental expert working group on indicators and terminology relating to disaster risk reduction. 1 December. A/71/644.
- United Nations Office for Disaster Risk Reduction and International Science Council (2020). Hazard Definition & Classification Review. Technical Report. Switzerland: United Nations. <https://www.undrr.org/media/47681/download>.
- Wang, Y. Q., and others (2008). Surface observation of sand and dust storm in East Asia and its application in CUACE/dust. *Atmospheric Chemistry and Physics*, vol. 8, No. 3, pp. 545–553.
- World Meteorological Organization (2009). Recommendations for a Composite Surface-Based Aerosol Network. GAW Report No. 207. Switzerland. Available at <https://www.wmo-gaw-wcc-aerosol-physics.org/files/gaw-207.pdf>.
- World Meteorological Organization (2017–2020). Airborne Dust Bulletins No.1-4. Geneva, Switzerland. Available at [https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice\\_display&id=19826](https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=19826).
- World Meteorological Organization (2020). Sand and Dust Storm Warning Advisory and Assessment System. Science Progress Report. Edited by Prof. Alexander Baklanov (WMO) and Prof. Xiaoye Zhang (CMA). World Meteorological Organization (WMO), GAW Report No. 254 & WWRP Report 2020-4. Geneva, Switzerland, June 2020, 55 pp. Available at [https://library.wmo.int/doc\\_num.php?explnum\\_id=10346](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10346)





# 联合国 防治荒漠化公约

联合国防治荒漠化公约

Platz der Vereinten Nationen 1,  
D-53113 Bonn, Germany  
电话: +49 (0) 228 815 2873

[www.unccd.int](http://www.unccd.int)