

中国北方沙漠化过程及其防治研究

关键词 中国北方, 沙漠化过程, 沙尘暴, 基础研究, 防治

1 首席科学家

王 涛 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所副所长, 研究员, 博士生导师。风沙物理与沙漠环境实验室主任, 联合国环境规划署(UNEP)、国家环境保护总局和中国科学院国际沙漠化防治研究与培训中心主任, 国际干旱区开发委员会(IDDC)委员, 中国地理学会沙漠分会副主任, 中国治沙暨沙业学会副理事长。1988 年获原中国科学院兰州沙漠研究所博士学位。

主要从事沙漠化过程及其防治的研究。发表学术论文 50 多篇, 参加 4 部专著的撰写, 主要涉及沙漠的形成演变与沙漠环境、沙漠化的形成过程和发展趋势、沙漠化及其灾害的动态监测与评估、沙漠化防治的战略与技术等。曾获中国科学院科技进步奖一、二等奖各 1 项。

2 科学内涵及意义

沙漠化作为极其重要的环境和社会经济问题困扰着当今世界, 威胁着人类的生存和发展。我国是世界上受沙漠化影响最严重的国家之一。全国沙漠、戈壁和沙漠化土地约为 165.3 万 km^2 , 其中人类活动导致的现代沙漠化土地约 37 万 km^2 , 主要分布在北方干旱、半干旱和部分半湿润地区。沙漠化主要是由于不合理的人类活动与脆弱的生态环境相互作用所造成的土地退化。土地沙漠化发展速率不断加快, 20 世纪 60—70 年代为 $1560 \text{ km}^2/\text{a}$, 80 年代为 $2100 \text{ km}^2/\text{a}$, 90 年代达到 $2460 \text{ km}^2/\text{a}$ 。随着土地沙漠化的加速, 突发性风沙灾害——强沙尘暴的发生频率越来越高。据统计, 我国北方 50 年代共发生大范围强沙尘暴灾害 5 次, 60 年代 8 次, 70 年代 13 次, 80 年代 14 次, 90 年代 23 次。沙尘暴直接危害西北和华北地区, 并影响到我国南方和整个东亚, 成为东北半球一个重要的环境问题。沙漠化给生态环境和社会经济带来极大危害: 一是破坏生态

平衡, 使环境恶化和土地生产力严重衰退, 危及当地人民的生存发展, 加重了贫困程度; 二是导致大面积可利用土地资源丧失, 每年因沙漠化的扩展, 损失一个中等县的土地面积; 三是严重威胁村镇、交通、水利、工矿设施及国防基地的安全, 影响工农业生产, 每年因沙漠化造成的直接经济损失高达 540 亿元, 严重制约社会经济的持续发展。

尽管我国开展沙漠化研究与防治已有半个世纪, 但沙漠化一直在加速扩展, 目前仍处于“局部治理, 整体恶化”的严峻态势, 其中沙漠化发生机制不清楚、尚未建立比较完善的沙漠化防治理论和技术体系是重要的原因之一。沙漠化过程与防治中许多科学问题的解决, 需以沙漠科学为主的多学科交叉与系统集成研究。该项目汇集自然和人文领域的众多学科, 在强调整体和系统理念的基础上, 以自然与人为因素及其相互作用为主线, 以地球系统科学为框架, 以区域可持续发展为目标, 开展我国北方沙漠化过程及防治基础研究, 同时, 在我国实施西部大开发战略之际, 瞄准国家需求, 更加注重沙漠化防治的原理、技术和战略的研究。该项目的实施, 可以解决沙漠化研究及其防治中的一些重要科学问题, 发展沙漠科学理论, 促进相关学科的交叉和边缘学科的发展。

拟解决的关键科学问题: (1) 沙漠化过程中自然与人为影响因素指标的确定与量化方法; (2) 多场耦合的近地层风沙流运动的力学模型; (3) 土壤风蚀因子参数化及风蚀容忍量的确定; (4) 沙尘在源区释放量的测定与数值模拟, 沙尘暴系统结构特征及成因; (5) 沙漠化正逆过程中植被受损和恢复的关键动因及稳定性机理。总体思路是, 将科学前沿与国家需求紧密结合, 以沙漠化过程研究为纽带, 深入研究土壤-植物-大气系统中各组成部分的

相互作用过程,以及这些过程在人类干扰逐渐增强情况下偏离自然状态的幅度、规律和机理,探讨沙漠化过程的调控对策和途径;在主要类型区利用原有试验示范基地,集成各方面研究成果,开展沙漠化防治模式和技术体系研究与试验示范,实现从“过程认识”到“过程调控”的科学目标与国家目标。项目以人-地关系为主线,在时间序列上,将沙漠化环境背景的形成演化、沙漠化与沙尘暴的现代过程及其在全球变化格局下的发展趋势的研究系统化,以揭示沙漠化的形成与演变;在空间结构上,将沙漠化地区的生态环境退化过程与区外乃至全球的大气环流格局视为统一的环境动力系统进行研究,以揭示沙漠化与沙尘暴的空间分异及其对环境和社会经济的影响。在时空上,定量认识人类活动影响下,沙漠化的演变规律及其调控的理论依据和技术途径,为沙漠化防治提供科学基础。

3 研究进展及创新点

(1)以最新的观测仪器和数据采集系统配备的沙漠环境风洞试验,发现在沙尘暴输移过程中,风沙尘的运动规律和一般扬尘和土壤风蚀有本质的区别,其主要受力为热力和交换力;其运动形式为扩散和湍流交换、混合;沙尘暴单宽输沙量 Q 与指示风速 U_s 的 7 次方成正比。由此可能指出拜格诺(Bagnold)的经典风沙运动“焦点”理论并不适合沙尘暴运动。

(2)通过对目前一些常见模拟方法的对比分析,将模拟研究主要集中在沙尘长距离输送方面的研究,通过使用 CFD 商用软件对其中部分数理模型进行试算,初步掌握了各模型的适应性和局限性,探索了新的颗粒动力学理论建模与数值模拟方法,为下一步直接模拟沙尘暴启动准备条件。

(3)沙尘暴主要站点的观测进展明显:在 2001 年沙尘暴的全年期,分别在策勒、阿克苏、敦煌、沙坡头、银川、榆林、长武、北京等地进行了连续的采样和观测。研究结果表明,样品相对重量的 82% 是亚洲粉尘,其中 Al、Ca、Fe、K、Mn、Si 和 Ti 等主要粉尘元素分别占粉尘质量的 7%、6%、4%、2%、0.1%、32% 和 1%;模拟计算的尘暴期间粉尘粒子的干沉积速度在 14—21cm/s 之间,平均为 17cm/s;干沉积通量为 197g/m²,其中尘暴过程贡献约为

85%。因子分析表明,粉尘粒子的 89% 是源于源区和输送区域,11% 是局地 and 背景粉尘的贡献。

(4)根据沙尘暴发生频率、强度、沙尘物质组成与分布、生态现状、土壤水分含量、水土利用方式和强度,结合区域环境背景,圈定了中国北方四个主要沙尘暴中心和源区:①甘肃河西走廊及内蒙古阿拉善盟;②南疆塔克拉玛干沙漠周边地区;③内蒙古阴山北坡及浑善达克沙地毗邻地区;④蒙、陕、宁长城沿线。上述沙尘暴多发地区的沙尘也常随西风和西北气流输移到华北及长江中下游,形成沙尘天气。

(5)初步建立了亚洲粉尘的定量卫星遥感监测方法:利用遥感数据可以对沙尘暴的下垫面状况进行动态监测,为沙尘的释放、模拟工作提供基础数据;对 2001 年发生的 10 多次沙尘暴天气进行了跟踪,获得了一些初步结果。

(6)初步揭示了沙质放牧草地沙漠化的生物过程:沙质草地因过度放牧引起的沙漠化有着独特特征。研究结果表明,在科尔沁沙质干草甸草地,当牧草采食率持续高于 55% 时,草地开始出现退化;当高于 70% 时,草地植被迅速退化和沙化。初步了解了沙漠化过程中植物的某些繁殖对策和种子库特征。研究发现:在极端干旱地区,红砂存在有性繁殖和无性繁殖两种方式,各类繁殖方式所占比例因草原类型不同而异。在种群水平上,种内竞争的数量调节作用表现为将变化幅度很大的初始密度调节为变化范围很小的终点密度,即由于水资源不足,水分对种群造成制约,种群间对水分的竞争必然造成自疏现象的发生;在个体水平上,竞争制约着可塑生长过程,植株平均重量随种群密度的增加而减小。天然荒漠土壤种子库种子的数量随沙漠化加剧先呈上升后呈下降的趋势。

(7)建立了北方地区沙漠化土地分类和程度分级的遥感监测指标体系,确定沙漠化土地类型和发展程度的遥感判别标志,为人机对话进行沙漠化土地遥感分析和状态评估,分析沙漠化发生、发展过程中的主要影响因素和指征打下了基础。已完成 300 万 km² 范围内沙漠化土地遥感监测和评价。

(相关图片请见彩插一)