

# 沙漠化问题研究综述

李祥余<sup>1,2</sup> 李 帅<sup>1,2</sup> 何 清<sup>2</sup>

(新疆大学资源与环境科学学院, 新疆 乌鲁木齐 830046;  
中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所, 新疆 乌鲁木齐 830002)

**摘 要** 沙漠化是当今世界干旱、半干旱地区面临的严重的生态、社会和经济问题之一。在查阅大量文献的基础上,详细评述了沙漠化的概念及其在时间、空间、内容、景观、发展趋势、结果上等的内涵;总结了国内外沙漠化的监测评价指标体系、分级及其在世界上的分布,在沙漠化问题争论焦点之一的沙漠化成因上,综合了各家的观点,归纳为干旱气候和大风的自然原因及不合理的“六滥”人为原因;同时对全球变暖和沙漠化之间的相互关系也做了概述,最后对沙漠化的防治方法、根本途径等方面问题进行了系统的总结。

**关键词** 沙漠化;成因;评价指标体系;全球变暖;防治对策

**中图分类号** F301

**文献标识码** A

沙漠化作为全球重要的环境问题之一,它严重地影响和困扰着全人类的生存与社会可持续发展,不仅威胁到整个人类的生存环境,而且已成为制约全球经济发展和社会稳定的障碍因素。因此,越来越受到国际社会的广泛关注。

目前,全球有100多个国家和地区的近10亿人口的生存条件受到沙漠化的严重威胁,其中1.35亿人在短期内有失去土地的危险,每年有1200万人因缺水或饮用污水致死。全球陆地面积的1/4,即35.92亿 $\text{hm}^2$ 的土地受到沙漠化的威胁。每年造成的直接经济损失高达420多亿美元,并且每年以 $6 \times 10^6 \text{hm}^2$ 以上的速度增长。沙漠化不仅使可利用土地面积减少、土地肥力降低,直接造成农牧业严重减产、毁坏各种生活设施和建设工程、污染环境外<sup>[1]</sup>,它还引起饥荒、社会动荡、政治和武装冲突,加重生态不平衡,导致全球气候异常、生物物种减少<sup>[2]</sup>。

## 1 沙漠化的概念和内涵

关于沙漠化(sandy desertification)的概念国内外不同的专家和学者,由于他们的专业背景和所强调的研究内容不同,并从各自学科的侧重面出发,特

别是从各国的实际出发,对沙漠化做出了许多不同的解释。

英文“Desertification”一词是1949年法国科学家A. Aubreville在研究热带和亚热带森林的稀树草原更替进展过程时首次使用的。但是,他当时并未给出沙漠化的明确定义,只是描述了当时土地破坏的一种现象。他认为,当地居民的活动是森林退化的主要干扰因素,由于森林退化,导致干旱环境的出现,从而发生了以严重土地侵蚀、土壤理化性质的变化以及众多旱生植物入侵等为特征的土地生物生产潜力的下降和破坏。因此他使用Desertification这一术语来表明他所研究的实例。10a之后,即1959年,法国科学家H. 拉霍鲁(H. Lehouerou)采用了Desertization(沙质沙漠化)一词,它主要用来强调真沙漠边缘干旱、半干旱地区的人为活动作用<sup>[3]</sup>。之后,直到20世纪60年代末、70年代初,沙漠化一词才逐渐广泛使用,但其含义不同。下面是一些主要的有代表性的解释。

国外的拉普(A. Rapp)沙漠化是在干旱和半干旱或年平均降水量在600mm以下的半湿润地区,由于人类影响或气候变化,沙漠条件的扩张过程<sup>[4]</sup>。强调沙漠的扩张。

收稿日期 2005-10-11 改回日期 2005-12-06

基金项目:中国沙漠气象研究基金项目(Sqj2005001)和中国气象局软科学基金项目(2005ND006)共同资助

作者简介:李祥余(1981-),男,湖北阳新县人,在读硕士,主要从事气候与环境方面研究。E-mail:lixiangyu108108@yahoo.com.cn

嘎杜努提出,沙漠化是人为活动影响下,在干旱、半干旱及一些半湿润地带生态系统发生的一种贫瘠现象,沙漠化是滥用土地的恶果<sup>[3]</sup>。强调人类土地利用。

托尔巴(M. K. Tolba)认为,沙漠化乃是干旱、半干旱及半湿润地区的生态退化过程,包括土地生产力完全丧失或大幅度下降,牧场停止适口生长,旱作物农业歉收,由于盐渍化和其它的原因,使水浇地弃耕<sup>[4]</sup>。强调人类活动。

科夫达则认为,地球表面广泛分布着自然形成的沙漠,其分布范围在第四纪时期就已经发生波动,显示出一种普遍增加的倾向。这就是以前的草场、大草原、干草原及冲积平原之自然沙漠化的过程<sup>[3]</sup>。强调地质年代时间尺度现象。

罗札诺夫和佐恩指出,沙漠化是干旱土地的土壤和植被向着干旱化和生物生产力衰退的方向发生不可逆变化的自然或人为过程。在极端情况下,这种过程可能导致生产力的完全破坏,并使土地转化为沙漠<sup>[3]</sup>,强调沙漠化的不可逆性。

H. E. Dregne 对沙漠化的定义和嘎杜努的定义十分相似,认为沙漠化是在人为影响下引起的土地生态系统的贫瘠化过程。但是他认为干旱不会引起沙漠化,但会恶化干旱土地维持生产的管理条件<sup>[5]</sup>。

国内的朱震达等认为,沙漠化是干旱、半干旱和部分半湿润地区,在具有一定的沙质基础和干旱、大风动力条件下,由于过度人为活动与资源、环境不相协调所产生的一种以风沙活动为主要标志的环境或土地退化过程<sup>[6]</sup>。

吴正概括为,沙漠化是在干旱、半干旱和部分半湿润地区,由于自然因素和人类活动的影响引起生态系统的破坏,使原非沙漠的地区出现了以风沙活动为主要标志的类似沙漠景观的环境变化过程,以及在沙漠地区发生了沙漠环境条件的强化与扩张过程,简言之,亦即沙漠形成演化<sup>[4,7]</sup>。

杨根生等提出,沙漠化是在具有沙物质分布的干旱、半干旱及部分半湿润地区,不同时间尺度下,以风为动力参与其他条件作用的一系列气候地貌过程<sup>[8]</sup>。

董光荣认为,沙漠化是原非沙漠地区出现以风沙活动为主要标志的类似沙漠景观的环境变化以及原系沙漠地区环境条件的强化与扩张过程<sup>[9]</sup>。

董玉祥参照联合国的荒漠化定义认为,沙漠化是在干旱、半干旱和亚湿润干旱地区内由于气候变化与人类活动等因素作用下所产生的一种以风沙活动为主要标志的土地退化过程<sup>[10]</sup>。

陈广庭认为,沙漠化是人类不合理的经济活动改变地面结构和覆被状况,使风对土地风蚀,产生风沙活动,地面出现风蚀和风积物,景观类似沙漠的变化<sup>[11]</sup>。

王涛认为,沙漠化是干旱、半干旱及部分半湿润地区由于人地关系不相协调所造成的以风沙活动为主要标志的土地退化<sup>[12]</sup>。

1977年联合国荒漠化大会首次对沙漠化问题进行了系统、科学的分析与总结,明确了沙漠化的定义,即土地的生物潜力降低或破坏,并最终导致类似沙漠的环境<sup>[13]</sup>。

1992年联合国环境与发展大会完成的《21世纪议程》及1994年6月通过的《联合国关于发生严重干旱和/或荒漠化的国家特别是在非洲防治荒漠化的公约》又对上述定义进行了补充,提出了沙漠化是由于气候变化和人类活动等因素造成的干旱、半干旱和干燥半湿润地区的土地退化<sup>[14]</sup>。

综合以上各家观点可将沙漠化定义为:沙漠化是在极端干旱、干旱、半干旱和部分半湿润地区的沙质地表条件下,由于自然因素或人为活动的影响,破坏了自然脆弱的生态系统平衡,出现了以风沙活动为主要标志,并逐步形成风蚀、风积地貌景观的土地退化过程,使原来不具备沙漠景观的地区出现了类似沙漠景观的环境变化。

根据以上沙漠化的定义可以概括其内涵<sup>[10,12,15-19]</sup>。时间上,是发生在人类历史时期,特别是最近一个多世纪以来;空间上,发生于干旱和半干旱及部分亚湿润地区;成因上,是在干旱多风、生态环境脆弱的自然条件基础上,加上气候变化、人类活动等因素作用的结果;内容上,包括风力作用下的土地风蚀、风沙流、流沙堆积、沙丘活化与前移等一系列过程;景观上,是一个以风沙活动及其造成的地表形态为景观标志的渐变过程,最终大多形成类似沙漠的景观;实质上,是有时空等条件限定的一种以风沙活动为主要标志的土地退化过程;发展趋势上,沙漠化土地的分布和强度与区域的干旱程度和人类活动关系密切,特别是在人类活动的积极或消极影响下,沙漠化土地会呈现出发展或逆转的趋势,沙漠化

结果上,地表逐渐为风蚀地、粗化地、流动沙(丘)地等侵占,造成土地生产力下降、土地生产潜力衰退和可利用土地资源的丧失等。

在这里有必要归纳一下沙漠与沙漠化的不同点:首先,它们研究的时空范畴不同。沙漠研究范畴相对较长,沙漠化则相对较短。其次,沙漠为自然因素所形成,而沙漠化是潜在的自然因素的基础上,以人为因素为主所形成和发展的。再次,由于受控于气候变迁,沙漠的活化和扩张或局部固定和收缩,在现代相同的气候条件下,在大多数地区是不可能发生的,只有人为采取措施,才能局部地固定沙区或利用沙漠地区的水资源,如开辟新绿洲;而沙漠化土地的发展由于主要受控于人类经济活动,一般在消除人为干扰因素或调整土地利用结构后,可恢复到原有的非沙漠化的自然景观或生产力

水平,特别是在采取治理措施后可加速其恢复过程。

综上所述,沙漠与沙漠化的研究在时间、空间、成因、景观、发展趋势及整治利用方面均不属同一范畴。但这并不是说,沙漠与沙漠化研究没有联系,事实上,这两大部分恰恰组成了一个完整综合的、以风沙活动为标志的沙漠科学体系<sup>[15,17]</sup>。

## 2 沙漠化监测评价指标、分级及其分布

### 2.1 沙漠化的监测评价指标和分级

沙漠化监测评价指标是判断沙漠化程度的有效手段。因而建立沙漠化监测评价指标体系就成为指标设置最关键的问题。监测指标体系的设置一般遵

表 1 沙漠化监测评价分级标准

Tab. 1 Standard of desertification monitoring appraisal and graduation

评价方面	指标	分 级			
		轻度	中度	强度	极强度
沙漠化现状	1 沙丘占地百分比(%)	<5	5~15	15~30	>30
	2 土壤表层土损失率(%)				
	a 原生土层厚度 < 1.0m	<25	25~50	50~75	>75
	b 原生土层厚度 > 1.0m	<30	30~60	60~90	>90
	3 现实生产力占土地潜在生产力比率(%)	>85	65~85	25~65	<25
沙漠化速率	4 土壤厚度(cm)	>90	90~50	50~10	<10
	5 地表岩砾覆盖率(%)	<15	15~30	30~50	>50
	1 面积年扩大率(%)	<1	1~2	2~5	>50
	2 土壤损失 Mt/ha·a	<2.0	2~3.5	3.5~5.0	>5.0
内在危险性	3 生物生产力年下降率(%)	<1.5	1.5~3.5	3.5~7.5	>7.5
	4 1 m 线的年输沙量(m <sup>3</sup> )	<5	5~10	10~20	>20
	1 土壤结构	沙壤土, 粉砂, 沙粘壤土		其它	壤质沙土 沙土
	2 2 m 高年均风速(m/s)	<2	2~3.5	3.5~4.5	>4.5
人畜压力	3 起沙风频率(V≥6 m/s)(%)	<5	5~20	20~33	>33
	4 沙粒运动潜在能力	<5	5~15	15~25	>25
人畜压力	1 人口超载率(%)	<-34	-34~0	0~100	>100
	2 牲畜超载率(%)	-80~-34	-34~0	0~100	>100

表 2 沙漠化土地的分类指标<sup>[27]</sup>  
Tab. 2 Classified indices of sandy - desertified land

类 型	年扩大面积占 该区面积(%)	流沙面积占植被 盖度生物量(%)	地表形态特征	植被盖度 (%)	生物量 (t/hm <sup>2</sup> )
潜在的沙漠化土地	0.25	<5	偶见流沙点	>60	>3
正在发展的沙漠化土地	0.25~1.0	5~25	流沙、灌丛沙堆 及风蚀地相间	60~30	3~1.5
强烈发展的沙漠化土地	1.0~2.0	25~50	灌丛沙堆密集, 吹扬强烈	30~10	1.5~1.0
严重的沙漠化土地	>2.0	>50	流动沙丘占绝对优势	<10	<1.0

循以下几大原则:综合性原则、动态性原则、主导性原则、科学实用性原则和多层次性原则<sup>[20~21]</sup>。从而,选取的指标不仅要有代表性,即能反映沙漠化过程;同时又要具有较强的实用性,还要便于数据的获取。

沙漠化是土地生态系统一个复杂的贫瘠化过程,因此一般认为,应在自然条件、人类及社会经济方面去确立一些指标,但因为对指标的选择和应用缺乏一致性,全球范围内的、较为统一的指标系统还没有建立起来<sup>[22]</sup>。在国外,1977年,Berry和Ford<sup>[23]</sup>首次以气候、土壤、植物、人类影响等因子为依据,提出了用于全球、地区、国家和地方的4级沙漠化监测指标体系。1978年,Reining<sup>[24]</sup>对沙漠化监测与评价指标体系进行了进一步归纳,制订一个由物理、生物和社会3方面指标组成的沙漠化监测与评价指标体系。1979年,Dregne<sup>[23]</sup>又提出新的指标体系,增加了植被监测指标。1984年,苏联根据其于联合国环境规划署(UNEP)达成的协议编写了“制定防止沙漠化的区域性综合发展纲要的指南”,提出了与Reining相类似的监测指标体系,包括物理(土壤、地球化学和水文指标)、植被、动物、社会4个方面的众多指标<sup>[25]</sup>。随后,联合国粮农组织(FAO)和联合国环境规划署(UNEP)以沙漠化评价为目的制定了一个反映沙漠化成因及动态的指标体系,包括了表征沙漠化现状、发展速率与危险性的许多指标<sup>[26]</sup>,它是目前最为完整的沙漠化监测指标系统(表1)。在国内,朱震达,陈广庭<sup>[27~28]</sup>、董光荣<sup>[18]</sup>、杨根生<sup>[29]</sup>、黄兆华<sup>[30]</sup>、刘建军<sup>[31]</sup>、董玉祥<sup>[20]</sup>等都对沙漠化程度及其等级类型划分做过研究。笔者认为以朱震达教授的表达最具有代表性,故将其列表如下(表2)。

## 2.2 世界范围沙漠化的分布

图1列出了世界范围内的沙漠化分布图,从中

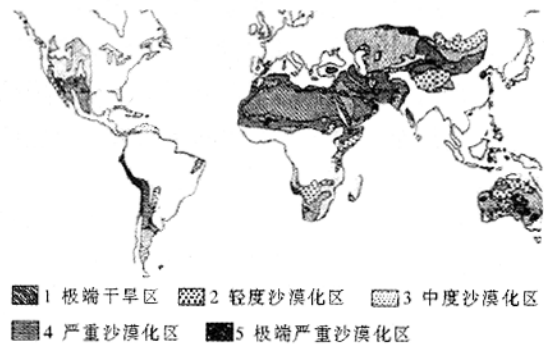


图1 世界干旱区沙漠化图<sup>[32]</sup>

Fig. 1 Desertification chart of arid regions in the world

不仅可以看出世界干旱区沙漠化的严重性,也可以得知世界沙漠化土地主要分布在非洲和亚洲。其中,严重沙漠化的地区,西班牙约占30%,北美洲27%,南美洲22%,亚洲20%,非洲18%,大洋洲只占8%。中度沙漠化地区的百分比范围从非洲的11%至西班牙的70%<sup>[32]</sup>。

## 3 沙漠化的成因

对于沙漠化成因,目前争论的焦点是,沙漠化过程究竟有多少是自然因素所致,即多少与气候变化有关;多少则是人类活动所为。持人为作用观点者<sup>[16, 21, 33~35]</sup>认为沙漠化只发生在人类历史时期,强调沙漠化的成因是以人类活动为主要因素,人是沙漠化的导致者。而持自然观点的则认为<sup>[7, 36]</sup>沙漠化并不是人类活动的唯一和必然结果。

综合以上及其他各家学者的观点<sup>[17, 37~43]</sup>,沙漠化成因主要归结为2类:自然因素和人为因素。

### 3.1 自然成因

自然因素首先是气候因素,而气候变化影响沙漠化形成的重要原因是气候干旱;只有干旱的气候

条件才能促使沙漠化的形成和发展,它是沙漠化形成的一个最重要因子。干旱即 1~2 a 或更长时间里降水量低于多年平均,或者是一个干旱时期持续达 10 a 左右的干旱化。由于干旱,地表自然环境系统失去了水分的协调功能,使地表植被覆盖度降低,结果是沙漠化极易发生。如非洲撒哈拉沙漠边缘沙漠化的形成过程,就是因为该地区处于副热带,气候多次变动、变冷、变干的结果。据费尔布里奇(R. Fairbridge)研究,大约在 5 300~4 900 a 以前、3 600~3 400 a 以前、3 100~2 400 a 以前和 2 100~1 800 a 以前的几次全球变冷时期(新冰期),撒哈拉南部处于明显的干燥期,沙漠化迅速发展和蔓延,埃及一些地区的沙丘侵入尼罗河,居民被迫迁移。可见,气候干燥化加剧,为沙漠化土地的扩展创造了重要的环境条件。

除干旱之外,大风也是影响沙漠化形成的重要因素之一。它是沙漠化扩展的重要动力。在干旱半干旱地区,一般地表植被较少,且植被稀疏矮小、群落结构简单、裸露面大、组成物质松散、沙源丰富,提供了沙漠化扩展的物质基础。如我国北方地区大风频繁,为沙尘暴形成提供了动力条件。西北地区全年平均风速为 3.3~3.5 m/s,春季平均风速达 4.0~6.0 m/s,超过临界起沙风速的天数 200~300 d,8 级以上大风日数为 20~80 d。因此,这些地区的沙尘暴活动频繁,土地沙漠化相对严重。

但是在自然界,自然生态系统总是存在着一定的自我调节能力,当生态系统受到轻度损伤时,会通过自我修复而保持生态系统的稳定。因此,自然原因所引起的沙漠化往往规模小、程度低,并可得到自然恢复。

### 3.2 人为成因

干旱地区、特别是半干旱地区(包括部分湿润地区),自然生态系统极具脆弱性和敏感性。这里气候干旱、降水多变、大风频繁;生物有机体与环境条件之间处于临界的相对状态之中,只要稍受人为了的干扰,就很容易引起生态平衡的破坏,诱发和促进沙漠化的发生和发展。同时,沙漠化既可以发生在人类历史时期,也可以发生在地质历史时期。发生于人类历史时期的沙漠化,尤以近百年来发展为快,但在百年尺度下,自然条件的变化,即主要是气候的波动毕竟较小,不足以造成自然环境有较大的改变;因而,人类活动则进一步加速了沙漠化过程。

关于沙漠化的人为成因,目前比较统一的认识

是在大的不利环境背景条件下,由于人口增长迅速,生产经营方式落后和资金投入不足及人类不合理利用资源等活动,从而造成地表覆盖破坏,最终导致了沙漠化迅速发展。

人类不合理的活动破坏生态系统平衡,导致气候干旱,出现沙漠化。主要表现在<sup>[41~43]</sup>以下几方面:

(1) 滥垦。滥垦是指在不具备垦殖条件又无防护措施的情况下,在干旱、半干旱和亚湿润干旱地区进行的农业种植活动。它有两种方式:一是随着人口的增长,人均占有粮食的数量不断下降,农牧民在粮食单产较低的生产条件下为增加粮食产量盲目开荒,其规模较小,但量大、面广,数量难以统计。二是有组织的开荒,其特点是规模大、范围广。

(2) 滥牧。滥牧是指超过天然草地承载能力的放牧活动。由于草场建设投入低,天然草场生产力低,随着人口增加和受市场利益驱动,牧民为了增加收入,盲目增加牲畜头数,导致草场严重超载过牧,抢牧、争牧现象也经常发生。结果,一方面使牧草植株变稀变矮,优良牧草减少,毒草增加;另一方面使地表结构受到破坏,造成风蚀沙化。

(3) 滥樵。滥樵是指过度砍伐灌木或树木作为生活燃料。荒漠化地区燃料缺乏,由于生活贫困、交通不便,煤炭难以购进,农牧民主要以天然植物和畜粪为燃料。樵柴的方式通常是大片的连根挖掘,使地表植被和土壤遭到彻底破坏,在风力作用下,大面积固定、半固定沙地顷刻之间变成流沙。

(4) 滥采。滥采是指农牧民为了增加副业收入,无计划、无节制地掏挖药材、发菜等资源植物。荒漠化地区甘草、琐阳、肉苁蓉、发菜等植物易采集、价格高,一些邻近草原地区的农民以挖药材、撿发菜作为脱贫致富的捷径,常年采挖贩卖;由于采挖时铲掉草皮,挖土刨坑,翻动土层,严重破坏草场,大大加速了风蚀荒漠化过程。

(5) 滥开矿。由于不重视生态环境保护,工矿开发及道路、城镇等基本建设常常导致荒漠化的发生,如露天开采毁坏地表土层和植被,矿山废弃物中的酸性、碱性或重金属成分通过径流和大气飘尘污染土地、水域和大气,尾矿坝或废石堆造成坍塌、滑坡或泥石流等。

(6) 滥用水资源。很多地区土地沙漠化,是由于水资源开发利用不合理造成的。主要包括 3 个方面:①缺少水资源综合管理规划,导致不同地区间水

资源开发、利用上的矛盾 ;②用水浪费和灌溉方式不合理导致严重的土壤次生盐渍化 ;③过度开采地下水 ,导致干旱地区绿洲地下水位下降。

如在我国北方沙漠化成因中 ,草原过度农垦占 25.45% ,过度放牧占 28.3% ,工矿城市建设破坏植被占 0.7% ,水资源利用不当占 8.3% ,自然因素占 5.5%<sup>[42]</sup>。因此由于人为原因所形成的沙漠化经过生物—地球物理反馈机制的影响 ,其危害要比自然原因所形成的沙漠化更为迅速、直接 ,也更为严重<sup>[39]</sup>。

据研究表明 ,沙漠化的成因有一定的时空域。历史时期甚至地质时期 ,沙漠化过程主要受制于气候变化 ,基本上是一个自然过程 ;现代时期的沙漠化 ,则是以现有干旱、多风和地表富含沙物质等沙漠化的潜在因素和近期气候日趋干旱造成的自然演变为基础 ,人类活动极大地激发、加剧了沙漠化的潜在因素和自然过程而导致的 ,是一个人为加速、加剧过程<sup>[44]</sup>。

## 4 全球变暖与沙漠化

### 4.1 沙漠化对全球变暖的响应

自 1860 年以来的气象观测记录分析表明 ,近百年来全球气候正在逐渐变化。2001 年底 ,联合国政府间气候变化专门委员会( IPCC )在发表的关于全球气候变化的第三次评估报告中指出 ,20 世纪全球平均温度升高  $0.6 \pm 0.2$  °C ,20 世纪的升温大于过去 1 000 a 以来任何世纪 ,最近 100 a 是过去 1 000 a 中最暖的 ,而 20 世纪 80 年代和 90 年代是近 100 a 中最温暖的 20 a<sup>[42, 45-46]</sup>。

在全球变暖的大趋势下 ,不同地区呈现出不同的响应<sup>[47-52]</sup>。由于沙漠化是干旱自然气候和人类不合理活动的产物 ,对于全球气候变化 ,沙漠化土地以敏感的下垫面性质会得到响应 ,并且在响应的过程中又以沙漠化土地特殊环境的反馈作用影响气候。对于干旱半干旱地区的景观特征及其大气组分产生根本性影响的机制 ,就是通过干扰干旱半干旱地区的地—气能量交换平衡而产生效力 ,具体表现在对地表反射率、地表粗糙度、土壤水分、大气粒子含量、水分交换及地—气能量平衡的扰乱 ,从而对中、小尺度的区域性气候产生影响。如果灌木丛被毁 ,则强烈的阳光会直照地面 ,使其更热更干 ,而使表土层生物质很快氧化为 CO<sub>2</sub> 逸出。牲口因减少草料 ,游动觅食加多 ,更多的踏破土壤的结皮 ,使土

壤易受风蚀。植被破坏引起土地多孔状结构下降 ,下次阵雨到来就易受到冲蚀 ,造成水土流失 ,而不利于水分渗入地下以维持以后的土壤湿度。因此 ,沙漠化不仅使土壤丧失生物生产力 ,而且也引起地表小气候恶化 ,使生态系统和小气候同时往不利方向变化<sup>[53]</sup>。

干旱和半干旱地区一致被视为大气搬运浮尘的源地。大气尘埃对地—气能量平衡的影响过程相当复杂 ,且受控于多种因素 ,像尘埃的大小和分布 ,尘源的强度 ,尘埃的下沉速率、消光性、旋光性、吸光性 ,单粒散射—反射率、不匀称性等等。现已查明 ,暖相一般发生在尘埃层 ,而冷相多发生在尘埃层下部的近地表层 ;大气的温度升速约每日 2 °C ,而地表的降温速率为每日 10 ~ 15 °C。因此 ,在吸收性尘埃层存在的情况下 ,地表能量平衡的变化集中表现在对短波辐射接收的急剧减少 ;一个重要的次级变化则是近地表层增温并增加了大气的稳定性。众多观察发现 ,沙漠化对地—气能量平衡的另一个根本性的影响源于对水文循环的破坏。多数情况下 ,植被的减少或消失 ,升高了地表和近地表的温度 ,提高了近地表的风速 ,降低了近地表层的大气湿度 ,进而导致了地表径流和潜在蒸散的增加。Phillips 总结了这一现象并提出假设 :旱地的土壤水分直接与植被覆盖度、降雨量和水蚀成正相关 ,而与反射率、温度和风蚀成负相关。人为活动通过对地—气能量平衡的影响而引起的旱地地表和大气组分的变化肯定会对区域性气候和小气候产生影响 ,且已经被众多数量化模型所模拟 ,并被大量野外试验所证实 ;气候在沙漠化地区有变暖和变冷趋势 ,而降水的增加或减少尚难以确定<sup>[47, 54]</sup>。

### 4.2 全球变暖与沙漠化的相互作用<sup>[47, 54]</sup>

在全球变化中 ,沙漠化与全球气候变暖也相互作用。20 世纪以来 ,干旱地区正在变暖的趋势已成定局。从空间和时间尺度看 ,全球变温的总体趋势是大部分区域变暖 ,极小区域变冷 ,且南北半球存在差异。南半球稳定且持续变暖 ,北半球 20 世纪 40 年代为暖期 ,然后经历了 30 a 左右的冷期 ,70 年代再次变暖。有史以来的 10 个最暖年份中 ,有 7 个发生在 20 世纪 80 年代 ,北半球尤为明显。同时 ,全世界干旱半干旱地区主要集中在 10°N 附近向东北延伸至 55°N 附近 ,形成一个几乎连绵不断辽阔的干旱沙漠区 ,占世界干旱区和沙漠区的 67%<sup>[55]</sup>。因而 ,美国西北、南美洲南部、南部非洲和澳大利亚的

干旱地区,气候变暖十分明显;同样的情况也发生在东部中东地区和西半壁亚洲沙漠地区,令人疑惑的是,亚洲沙漠的区域性变冷也时有发生;气象资料统计结果表明,旱地的降雨水平没有发生显著变化,且北美的西部和澳大利亚的西部荒漠还表现出变湿的趋势。

至今,在所有旱地中降水变化最显著的地区首推 Sahel。该地区自 20 世纪 50 年代中期以来,降雨量急剧下降,甚至带来了人员和经济的惨重损失。为了探究 Sahel 地区降水减少的真正原因,气候学家提出了多种成因机制,即海平面温度变化(包括厄尔尼诺南方涛动)、地表状况、大气环流模式、各种温室气体的累积等。上述因素的任一变化,都会或多或少对降水产生影响。尽管一些模型预测到:温室气体升高将导致降水减少。这一结论与实际的降水记录基本一致,但与温度因子不同,降水及其过程受控于多种大气环境因素(包括温度因子),更难推断温室气体对降水变化的准确贡献率。目前对荒漠化和气候变化相互作用进行定量评价的重要障碍源于所用数据的不一致性及其数据特征的差异,迄今仍然缺乏能以较大精确度来显示各不同地区的变化和速率的精确数据。

综上所述,沙漠化对气候的影响是通过干扰干旱半干旱地区的地—气能量交换平衡机制而产生效力;另一个根本性的影响则源于对水文循环的破坏。由人为活动对地—气能量平衡的影响而引起的旱地地表和大气组分的变化,肯定会对区域性气候产生影响,且已经被众多数学模型所模拟,并被大量野外试验所证实。气候在沙漠化地区有变暖和变冷趋势,而降水的增加或减少尚难以确定;目前有足够的证据表明,增加植被可能有利于旱地降水,植被减少则可能对当地降水不利。

## 5 沙漠化的防治

沙漠化主要是人为过度活动作用于自然环境的结果。因此,在沙漠化的防治中,既要充分考虑减轻人类对生态环境的压力,又要符合其自然发展规律和提高资源的生产潜力。在防治过程中,通过人工措施消除沙漠化产生的人为因素,重建适于人类生存的生态环境,恢复和发展生产力,实现社会、经济的可持续发展。

沙漠化防治方法可分植物治沙(又称生物治沙)、工程治沙(又称机械固沙)、化学治沙和旱地节

水农牧技术 4 类。其中,植物治沙是通过封育、营造植物手段,恢复和改善沙区生态环境的根本措施。工程治沙是采用各种机械工程手段,通过对风沙的阻、输、导、固等工程达到减轻风沙作用,具有收效快、有效期较短的特点,通常被用于流沙危害严重的交通干线、农田和居民点分布区、重要工矿基地等地区,常与植物治沙措施相配合,作为植物防沙治沙的辅助性或过渡性措施。化学治沙是指在风沙环境下,利用化学材料与工艺,对易发生沙害的沙丘或沙质地表建造一层能够防止风力吹扬又具有保持水分和改善沙地性质的固结层,以达到控制和改善沙害环境,提高沙地生产力的技术措施。节水农牧技术是采用滴灌、渗灌、微喷等节水措施,达到充分高效利用水资源,是发展经济、巩固生态建设成果的关键技术之一<sup>[16,56]</sup>。

沙漠化防治的具体途径有<sup>[16,33,38,42,57-58]</sup>:

(1)控制人口,合理开发利用自然资源。土地沙漠化有着复杂的自然、社会、经济因素和深远的历史背景。依据自然经济规律调控人类的生活活动,制约人类不合理的活动是综合防治沙漠化的根本。

①严格控制人口数量,提高人口素质。人口的迅速增加对资源、环境的压力是沙漠化发展蔓延最重要的原因之一。因此,要对农牧交错区的沙漠化土地进行治理,首先应控制人口的快速增长,减轻人口对资源的巨大压力。

②合理开发利用土地资源:不合理开发土地资源,如过度垦荒草原、陡坡种植,毁林开荒等都会导致沙漠化的发生。

③合理开发利用水资源:沙漠化发展的原因与水资源不合理利用关系密切。一方面,农田的大水漫灌不仅造成水资源的浪费,引发沼泽化和盐渍化;另一方面,广泛存在的超量开采地下水的状况,又加速了风沙化的发展。因而防治的途径,则要开展节水高效农业体系建设,健全排灌体系,防止盐渍化,搞好上下游用水规则与调控,留出生态用水和加强水资源管理。

④加强社会活动生态行为调控:在干旱半干旱地区建厂、开矿、修铁路、公路,进行基础设施建设,开发旅游资源等都必须遵循经济开发与环境保护同步进行的原则,进行社会生态行为的调控,否则将导致植被破坏,造成严重水土流失、风蚀沙化等荒漠化后果。

(2)加强植被的保护、恢复与重建。加强植被的保护、恢复和重建,既包括对天然植被的保护与合理利用,又含有对天然植被的培育改良和人工植被的建设。其中保护是使现有植被不再受到破坏,恢

复是使破坏或退化了的植被能够更新复壮,而植被重建则是使流沙裸地重新覆以植被,加强植被的保护、恢复和重建是沙漠化防治和改善生态环境的根本对策之一。①控制家畜数量,减轻草地压力。草地植被是一种可再生的资源,只要利用合理,它会给人源源不断地提供畜产品。②对严重退化草地进行全面封育,禁止放牧和樵采利用。③加强草地病、虫、鼠害的防治,减少对植被的危害。④加强退化植被的培育改良和人工植被建设。

(3)输入科学技术,提高劳动者素质和农业生产水平,积极推广沙漠化防治和整治技术。一般农牧交错区人口的文化程度不高,因而要提高农业生产水平和提高生态环境治理成效,就需要输入先进科学技术,提高农牧民的科学素质,依靠科技进步,促进生产力的发展。①加强生物治沙技术的推广:生物治沙技术主要是通过封育、营造植物来达到防治荒漠、稳定绿洲、提高沙漠化地区环境质量和生物生产力的一种技术措施。②加强工程治理沙漠化程度,开发和利用化学治理技术。③建立沙漠化环境自然保护区:在那些受到气候变化影响严重、沙漠化趋势非常明显的地区,要建立自然保护区,防止沙漠化环境的进一步恶化。对这些地区要尽量避免人为干预,在人为的保护下逐步实现自然的生态平衡。

## 6 结 语

沙漠化是在极端干旱、干旱、半干旱和部分半湿润地区的沙质地表条件下,由于自然因素或人为活动的影响,破坏了自然脆弱的生态系统平衡,出现了以风沙活动为主要标志,并逐步形成风蚀、风积地貌景观的土地退化过程,使原来不具备沙漠景观的地区出现了类似沙漠景观的环境变化。

沙漠化主要是自然和人为等综合因素作用的结果。在沙漠化形成的自然因素中,气候干旱是决定性的,大风是沙漠化扩展的重要动力。而人类不合理的滥垦、滥牧、滥樵、滥采、滥开矿、滥用水资源等活动又加剧和加速了沙漠化形成的过程。所以,人类既是沙漠化的导致者,也是沙漠化的受害者。因此,防治沙漠化已经作为环境建设的重要内容,引起国际社会的广泛重视。

沙漠化防治的根本途径是以防为主,防、治、用<sup>[41][43]</sup>相结合,是根治沙漠化,实现沙漠化地区人口、资源与环境协调发展的根本措施。“防”是保护和恢复干旱、半干旱地区植被的有效方法,促进沙漠

化土地(包括牧场、耕地和林地)迅速恢复植被,提高生产力。要根治沙漠化,必须消除滋生“六滥”的根源,即控制人口增长,引入科学技术,改变粗放、落后的生产经营方式。“治”是对已经沙漠化的土地进行系统的人工治理,恢复沙地生态系统的平衡,实施人工生态系统重建。通过植树种草和机械、化学等综合措施,防止和消除沙漠化给生产生活带来的危害,改造沙漠化土地,恢复和提高其利用价值。“用”指的是在治理的基础上,从农、林、牧、副、渔各个方面对沙漠化土地进行综合开发、综合利用,变潜在生产力为现实生产力。

沙漠化的发生和迅速扩展,既有自然原因,也有人为原因,人口快速增长和生产经营方式粗放、落后导致的人为“六滥”是主要原因。因此,以防为主,以治理保开发,以开发促治理,寓治理于开发中,防、治、用有机结合是根治沙漠化,实现沙漠化地区人口、资源与环境协调发展的根本途径。

### 参考文献:

- [1] 董光荣, 申建友, 金炯. 我国土地沙漠化的分布与危害问题[J]. 干旱区资源与环境, 1989(4): 33-42.
- [2] 宋连春, 邓振镛, 董安详, 等. 干旱[M]. 北京: 气象出版社, 2003. 118-121.
- [3] Michel M. Verstraete, 扬有林, 江伟铮译. 沙漠化概念的新观点(一)[J]. 世界沙漠研究, 1986(1): 22-27.
- [4] 吴正. 风沙地貌学[M]. 北京: 科学出版社, 1987. 2-9, 237-241.
- [5] Dregne H E. 路远译. 沙漠化[J]. 世界沙漠研究, 1990(3): 8-12.
- [6] 朱震达, 刘恕. 中国北方地区的沙漠化过程及其治理区划[M]. 北京: 中国林业出版社, 1981. 1-87.
- [7] 吴正. 浅议我国北方地区的沙漠化问题[J]. 地理学报, 1991, 46(3): 266-276.
- [8] 杨根生, 刘阳宣, 史培军. 有关沙漠化几个问题的探讨[J]. 干旱区研究, 1986(4): 73-77.
- [9] 王绍武, 董光荣. 中国西部环境特征及其演变 A]. 秦大河总编. 中国西部环境演变评估(第一卷)[C]. 北京: 科学出版社, 2002. 107.
- [10] 董玉祥. "荒漠化"与"沙漠化"[J]. 科技术语研究, 2000, 2(4): 18-21.
- [11] 陈广庭. 土地荒漠化[M]. 北京: 化学工业出版社, 2002. 23.
- [12] 王涛, 朱震达. 我国沙漠化研究的若干问题-1. 沙漠化的概念及其内涵[J]. 中国沙漠, 2003, 23(3): 230-235.
- [13] UNCOD. Desertification: Its causes and consequences. Oxford: Pergamon Press[M]. 1977. 1-10.
- [14] UN. United Nations Convention to Combat Desertification Those Countries Experiencing Serious Drought and/or Desertification Particularly in Africa[Z]. Paris, 1994. 311-453.



- [ 15 ] 朱震达. 中国沙漠、沙漠化、荒漠化及其治理的对策[ M ]. 北京 : 中国环境科学出版社 ,1999. 253 - 260.
- [ 16 ] 朱俊凤, 朱震达, 申元村, 等. 中国沙漠化防治[ M ]. 北京 : 中国林业出版社 ,1999. 2 - 19 21 - 41 84 - 174.
- [ 17 ] 王涛, 赵哈林, 肖洪浪. 中国沙漠化研究的进展[ J ]. 中国沙漠 , 1999 ,19( 4 ) 299 - 311.
- [ 18 ] 董光荣. 中国沙漠化形成演化气候变化与沙漠化研究[ M ]. 北京 : 海洋出版社 ,2002. 483 - 489 630 - 641.
- [ 19 ] 何绍芬. 荒漠化、沙漠化的内涵、外延及在我国的实质内容[ J ]. 内蒙古林业科技 ,1997 ( 1 ) :15 - 18.
- [ 20 ] 董玉祥, 刘毅华. 土地沙漠化监测指标体系的探讨[ J ]. 干旱环境监测 ,1992 6( 3 ) :179 - 182.
- [ 21 ] 王葆芳, 刘星晨, 王君厚, 等. 沙质荒漠化土地评价指标体系研究[ J ]. 干旱区资源与环境 ,2004 ,18( 4 ) 23 - 28.
- [ 22 ] 朱震达, 刘恕, 邱醒民. 中国的沙漠化及其治理[ M ]. 北京 : 科学出版社 ,1989. 1 - 109.
- [ 23 ] Dregne H E. 沙漠化指征[ J ]. 世界沙漠研究 ,1980 ( 3 ) :1 - 3.
- [ 24 ] Reining P. Handbook on desertification indicators[ Z ]. Washington DC : American association for the advancement of science ,1978. 265 - 270.
- [ 25 ] 苏联部长会议国家科学技术委员会国际计划中心. 朱延武译. 制定防止沙漠化的区域性综合发展纲要的指南( 续二 ) [ J ]. 世界沙漠研究 ,1985 ( 3 ) 8 - 11.
- [ 26 ] FAO and UNEP. Provisional Methodology for Assessment and Mapping of Desertification[ M ]. Nairobi ,1984. 1 - 58.
- [ 27 ] 朱震达, 陈广庭. 中国土地沙质荒漠化[ M ]. 北京 : 科学出版社 , 1994. 36 60 - 80.
- [ 28 ] 朱震达. 中国荒漠化( 土地退化 ) 防治研究[ M ]. 北京 : 中国环境科学出版社 ,1998. 6 - 7.
- [ 29 ] 杨根生, 刘阳宣, 史培军. 有关沙漠化几个问题的探讨[ J ]. 干旱区研究 ,1986 ( 4 ) :73 - 78.
- [ 30 ] 黄兆华. 内蒙伊盟牧场利用与沙漠化及其防治[ J ]. 中国沙漠 , 1981 ( 1 ) 21 - 31.
- [ 31 ] 刘建军. 荒漠化及其监测[ J ]. 干旱环境监测 ,1991 5( 1 ) :46 - 49.
- [ 32 ] Dregne H E. 何键译. 沙漠化过程的扩展与影响程度[ J ]. 世界沙漠研究 ,1988 ( 1 ) 25 - 30.
- [ 33 ] 朱震达, 王涛. 中国沙漠化研究的理论与实践[ J ]. 第四纪研究 ,1992 ,12( 2 ) 97 - 106.
- [ 34 ] Dregne H E. Desertification present and future[ J ]. International Journal for Development Technology ,1984 ( 2 ) 255 - 259.
- [ 35 ] 孙继敏, 丁仲礼. 中国东部沙区的荒漠化过程与起因[ J ]. 第四纪研究 ,1998 ,18( 2 ) :156 - 164.
- [ 36 ] 吴正, 钟德才. 中国北方地区沙漠化的现状与趋势之窥见[ J ]. 中国沙漠 ,1993 ,13( 1 ) 21 - 27.
- [ 37 ] 赵云龙, 唐海萍, 李新宇. 近 40 年来科尔沁沙地沙漠化过程的气候背景分析[ J ]. 干旱区资源与环境 ,2004 ,18( 5 ) 8 - 14.
- [ 38 ] 郭耀文. 关于沙漠化及其成因的见解[ J ]. 青海师范大学学报( 自然科学版 ) ,1994 ( 2 ) :46 - 50.
- [ 39 ] 王涛, 朱震达. 中国北方沙漠化的若干问题[ J ]. 第四纪研究 , 2001 21( 1 ) 56 - 65.
- [ 40 ] 段怡春, 陈建平, 厉青, 等. 沙漠化 : 从圈层耦合到全球变化[ J ]. 地学前缘( 中国地质大学, 北京 ) ,2002 9( 2 ) 277 - 285.
- [ 41 ] 冯道. 防治沙漠化与生态环境建设务实全书[ M ]. 长春 : 吉林科学技术出版社 ,2002. 41 - 59 377 - 466.
- [ 42 ] 李爱贞, 刘厚凤, 张桂芹. 气候系统变化与人类活动[ M ]. 北京 : 气象出版社 ,2003. 61 - 142.
- [ 43 ] 董光荣, 吴波, 慈龙骏, 等. 我国荒漠化现状、成因与防治对策[ J ]. 中国沙漠 ,1999 ,19( 4 ) 318 - 331.
- [ 44 ] 董玉祥. 沙漠化研究的现状与趋势[ J ]. 地球科学进展 ,1994 9( 3 ) 30 - 35.
- [ 45 ] Houghton J. 戴晓芬, 石广玉, 董敏, 等译. Global Warming[ M ]. 北京 : 气象出版社 ,1998. 4 - 14 112 - 145.
- [ 46 ] 高峰, 孙成权, 曲建升. 全球气候变化研究的新认识 - IPCC 第三次气候评价报告第一工作组报告概要[ J ]. 地球科学进展 , 2001 ,16( 3 ) :442 - 445.
- [ 47 ] 卢琦. 荒漠化对全球气候变化的响应[ J ]. 中国人口 · 资源与环境 ,2002 ,12( 1 ) 95 - 98.
- [ 48 ] 宋连春, 张强, 孙国武, 等. 全球变暖对甘肃省经济、社会和生态环境的影响及其对策[ J ]. 干旱气象 ,2004 22( 2 ) 69 - 75.
- [ 49 ] 杨莲梅. 塔克拉玛干地区气候变化对全球变暖的响应[ J ]. 中国沙漠 ,2003 23( 5 ) :497 - 502.
- [ 50 ] 杨学祥. 全球变暖、构造运动与沙漠化[ J ]. 地壳形变与地震 , 2001 21( 1 ) :15 - 23.
- [ 51 ] 苏里坦, 宋郁东, 张展羽. 近 40a 天山北坡气候与生态环境对全球变暖的响应[ J ]. 干旱区地理 ,2005 28( 3 ) 342 - 346.
- [ 52 ] 马玉玲, 余卫红, 方修琦. 呼伦贝尔草原对全球变暖的响应[ J ]. 干旱区地理 ,2004 27( 1 ) 29 - 34.
- [ 53 ] 张家诚. 气候与人类[ M ]. 河南 : 河南科学技术大学出版社 , 1988. 175 - 234.
- [ 54 ] 王澄海. 气候变化与荒漠化[ M ]. 北京 : 气象出版社 ,2003. 107 - 144.
- [ 55 ] 李江风. 沙漠气候[ M ]. 北京 : 气象出版社 ,2002. 1 - 9.
- [ 56 ] 杨连清, 江泽平. 中国沙漠化防治的理论和技巧[ J ]. 世界林业研究 ,2001 ,14( 2 ) :42 - 49.
- [ 57 ] 王涛, 朱震达, 赵哈林. 我国沙漠化研究的若干问题 - 4. 沙漠化的防治战略与途径[ J ]. 中国沙漠 ,2004 24( 2 ) :115 - 123.
- [ 58 ] 董玉祥. 土地沙漠化综合防治探析[ J ]. 农村生态环境 ,1989 , ( 3 ) 35 - 39.

## An Overview of Study on Sandy Desertification

LI Xiang - yu<sup>1,2</sup>, LI Shuai<sup>1,2</sup>, HE Qing<sup>2</sup>

( 1. College of Resources and Environmental Science, Xinjiang University, Urumqi 830046,

China; 2. Institute of Desert Meteorology, China Meteorological Administration, Urumqi 830002, China )

**Abstract** Desertification is one of the most serious ecological, social and economic problems in arid and semi - arid regions in the contemporary world. Based on referring to a large amount of literature, we have narrated and commented the concept of desertification in detail and its connotation from time, space, content, landscape, development tendency and results of sandy desertification in this article, and have particularly outlined the domestic and foreign desertification monitoring appraisal target system, graduation and its distribution in the world. On one of the focal arguments point of the causes of desertification, we have synthesized various viewpoints and finally summarized as natural reason and artificial reason, such as drought climate, gale and unreasonable human beings' "six excesses" activities. Simultaneously we have outlined the interaction between global warming and desertification. In the end, the preventing and controlling methods, basic ways of desertification and some questions like these have also been summarized systemically.

**Key words** desertification; cause; assessment index system; global warming; countermeasures

## 欢迎订阅 2006 年《干旱气象》

《干旱气象》是中国气象局兰州干旱气象研究所、中国气象学会干旱气象学委员会主办的专业学术期刊,国内外公开发行。《干旱气象》辟有研究论文、短论、应用技术报告、研究综述和学术争鸣等栏目,主要刊登有关干旱气象的最新研究成果、发展动向和趋势;气象科学各学科具有创造性的论文;有推广价值的技术经验;有关国内外气象科技的新理论、新技术、新方法等方面的短论和研究综述。《干旱气象》已被《中国期刊网》、《中国学术期刊(光盘版 CAJ - CD)》、万方数据 - 数字化期刊群、中国核心期刊(遴选)数据库全文收录。

《干旱气象》内容丰富、信息量大、研读性强,是进行学术交流的窗口。适合广大气象科研业务工作者、各相关专业技术人员、大专院校师生阅读。

《干旱气象》为季刊,2005 年正刊 4 期,每期定价 16 元,全年 64 元。欢迎广大读者订阅,并可以随时邮局汇款购买,款到开正式发票。

联系地址:甘肃省兰州市东岗东路 2070 号 中国气象局兰州干旱气象研究所《干旱气象》编辑部

邮政编码:730020 电话:(0931)4670216 - 2270

电子信箱:GSQX@chinajournal.net.cn

银行汇款:兰州市工商银行拱星墩分理处

户 名:中国气象局兰州干旱气象研究所

帐 号:2703001509026401376

邮 汇:兰州市东岗东路 2070 号 中国气象局兰州干旱气象研究所《干旱气象》编辑部