

黄土高原沙地和沙漠区的土地沙漠化研究

高照良

(西北农林科技大学 水土保持研究所 陕西 杨凌 712100)

摘要: 由于人地关系不协调以及人类不合理经济活动和脆弱环境相互作用而造成土地生产力下降,土地资源丧失,最终使地表呈现沙漠化现象。沙漠化是荒漠化的主要类型之一,以风沙活动为主要标志,在全球范围内不断蔓延,影响日益严重,是当今世界上一个很重要的环境问题。本文首先在总结前人理论研究与科学实践成果的基础上,结合黄土高原地区实际情况划定了黄土高原沙地沙漠区范围,分析了沙漠化的成因,揭示了其发生发展的基本条件和内在决定因素——地表沙性物质基础和干旱多风的动力条件以及外在因素——人为因素,推断出该区沙漠化有加速发展以及有进一步由北向南推进的趋势;然后通过确定分区原则,构建指标体系,将黄土高原沙地沙漠区划分为内蒙古河套区、鄂尔多斯沙地区、黄土丘陵与沙地区,并对各区的土地利用及治理措施提出了相应的要求;最后展望了黄土高原沙地和沙漠区沙漠化治理的未来。

关键词: 沙地和沙漠区;荒漠化;沙漠化;治理展望;黄土高原

中图分类号: S157 **文献标识码:** A **文章编号:** 0468-455X(2012)06-0001-10

沙漠化(desertification)是指干旱、半干旱及部分半湿润地区,由于自然因素和人类活动的影响而引起生态系统的破坏,使原来非沙漠地区出现了类似沙漠环境的环境退化过程^[1]。目前全球荒漠化的地区涉及世界6大洲100多个国家,受到荒漠化威胁的人口超过10亿^[2]。面积约3370万km²,占世界耕地面积近1/4,目前全球荒漠化面积以每年15万km²的速度增加。由于沙漠化土地面积的迅速扩展,造成环境退化和巨大的经济损失,引发了局部地区政局动荡和社会安全问题,使之成为全球广泛关注的热点^[3-12]。黄土高原沙地和沙漠区是我国比较典型的农牧业交错区域,长期的过度农垦与放牧,植被累遭破坏,使得已失衡的生态系统进一步失去平衡,土地沙漠化不断扩大。本文在总结国内外沙漠化已有研究的基础上,从黄土高原沙地和沙漠区沙漠化的分布、成因、分区及治理措施等方面进行探讨,并展望了未来的趋势。

1 沙漠化的研究进展

20世纪30年代,美国学者对由大规模农业开发引起的土壤风蚀进行了系统研究,带动了沙漠化过程之风沙动力学的发展^[13]。1949年,法国学者A. Aubreville在研究热带雨林沙漠化过程中提出“desertification”一词,认为荒漠化发生的部分原因是由人类活动造成的^[14]。20世纪60年代末,非洲撒哈拉地区经历了持久的干旱,从北非经阿拉伯半岛、中亚一直到我国北方的广大地区进入新一轮的干旱时期,沙漠化问题成为对世界农业发展的一个重大威胁^[15]。1977年,联合国召开世界荒漠化会议提出治理荒漠化的行动纲领,各国相继开展了荒漠化研究。1992年在里约热内卢地球峰会上,沙漠化被定义为“在干旱、半干旱和亚湿润的地区由气候变化和人类活动造成的土地退化。”

收稿日期:2012-07-03

基金项目:“十二五”农村领域国家科技计划课题:农田水土保持关键技术与示范(2011BAD31B01)

作者简介:高照良(1969-),男,河南灵宝人,博士,副研究员,研究方向:水土保持与荒漠化防治、水土保持生态工程规划与设计。

E-mail: gzl@ms.iswc.ac.cn

当前国际上沙漠化的研究主要集中在四个方面。第一:沙漠化地区环境背景及演变规律研究。欧美科学家研究发现中纬度干旱半干旱地区生态较脆弱,受不同时间尺度气象的变化而发生急剧变化,这些气象因子主要有降雨、大气辐射、地面反射率等^[16-18]。第二:沙漠化的生物过程与沙漠地区植物恢复机理研究,大量学者从恢复生态学、植物生理学的角度研究沙漠化的生物过程与沙漠地区植物恢复机理。第三:沙漠化进程的动态监测和评估研究。沙漠化的进程研究多通过RS、GIS的技术手段对沙漠化动态监测,从宏观尺度长时间序列研究沙漠化与植被等的互馈机制^[19]。第四:沙漠化治理实践技术研究。各国科学家通过研究土地承载能力与环境承载能力^[20],总结凝练了适合本国干旱土地生态系统功能、干旱沙漠区人类生存模式的大量治理范式和技术^[21-23]。此外,科学家还依据沙漠化与生态环境、经济发展、人类生活密切相关,涉及自然社会经济等多领域的相关问题,从多方面展开了对沙漠化的综合研究,立足点也从单纯强调治理和恢复自然转变到强调适度开发,提出了“适度干扰理论”^[24-25]。

20世纪50年代初结合铁路选线工作,我国开展了风沙地貌和风沙活动的初步观测、沙区农田防护林的试验研究和建设。60多年来中国在有关沙漠化的基础研究、动态监测与评价、植被演替、整治模式和技术研究等方面取得了重大进展^[26]。第一,对于沙漠化成因和特征进行综合性考察,编制了若干专题研究报告,如中国北方地区沙漠化过程及其治理规划和中国沙漠化土地整治纲要等。第二,在不同类型沙漠化地区建立治理沙漠化的示范试验基地,开展沙漠化治理的研究。第三,20世纪90年代后期形成了沙漠化科学的理论框架和研究方法及部分研究成果,带动了不同生物气候区沙漠化的防治,开展了广泛的国际合作交流^[27]。第四,21世纪,围绕我国北方沙漠化过程及其防治的基础理论和工程实践中的问题开展了多学科综合研究,取得了一些创新性成果,完善了我国沙漠化学科的理论体系和方法,推动了学科的发展,研究成果的推广也产生了较好的生态、社会和经济效益,并使我国沙漠化科学在国际同类领域中占有重要的地位^[28]。主要有:魏春江^[29,30]提出的干旱沙漠地区治理的新途径——中国西部荒漠地衣及其固沙生物学研究,慈龙骏^[31]、王占军^[32]、朱震达等^[33]的草原地带沙漠化环境特征及适合沙漠化治理的草灌立体防护模式,卜崇峰等^[34]的生物结皮治沙机理、规模化生产及人工繁育结皮的野外植入试验示范,王丹等^[35]、张继等^[36]、李勇刚等^[37]进行了沙地野生花卉、沙蒿、甘草、观赏树林、药物资源等的开发利用研究。

2 黄土高原沙地和沙漠区土地沙漠化的基本概况

中国的沙漠、沙漠化及风沙化土地的分布范围非常广,最主要分布在北纬 $35^{\circ} \sim 50^{\circ}$ 之间的中纬度干旱、半干旱和半湿润区,形成一条西起塔里木盆地,东至松嫩平原西部,东西长4500km,南北宽600km的沙漠带^[38],总面积已达33.4万 km^2 (图1),其中沙漠化土地约17.6万 km^2 ,潜在沙漠化土地达15.8万 km^2 。国家“沙漠化”最新研究成果——《中国沙漠与沙漠化》报告显示,近年来我国土地沙漠化造成生态破坏和环境污染引起的经济损失值约占GDP的14%,土地沙漠化成为亟待解决的问题。

黄土高原沙地和沙漠区(图2)是指巴彦淖尔市的磴口县;鄂尔多斯市的东胜区、乌审旗、伊金霍洛旗、鄂托克旗、鄂托克前旗、杭锦旗、达拉特旗。根据2011年《内蒙古统计年鉴》和中国科学院水利部水土保持研究所提供资料计算得出(表1),黄土高原沙地和沙漠区总面积为8.45万 km^2 ,占黄土高原地区总面积的13.03%,其中鄂托克旗面积为21174.1 km^2 (最大),东胜区面积为2136.4 km^2 (最小);草地面积为56369.7 km^2 ,占黄土高原沙地和沙漠区总面积的66.7%,沙化草地26212.1 km^2 ,沙化草地占草地面积46.5%。黄土高原沙地和沙漠区降水量270~450mm,平均392.6mm,降水年度变率达26%,月变率达75%,冬、春季风大且频繁,夏、秋短,冬季干冷漫长,季风力较弱,黄土高原沙地和沙漠区主要位于鄂尔多斯草原和毛乌素沙地。

从20世纪60年代到70年代中后期,在“建设基本农田”和“以粮为纲”的口号下,鄂尔多斯市经历了3次大规模开荒运动,开荒总面积达66.7万 hm^2 ,沙区植被遭到严重破坏,沙漠化到了极其严重的程度。据1994年内蒙古林业勘察设计院进行的鄂尔多斯市毛乌素沙地沙质荒漠化调查做出的《毛乌素沙地态势报告》,50年代鄂尔多斯市毛乌素沙漠化土地面积为250万 hm^2 ,1981年为278万 hm^2 ,增加了28万 hm^2 ;1994年沙质荒漠化土地面积为383.8万 hm^2 ,比1981年增加了105.8万 hm^2 。1998-2000

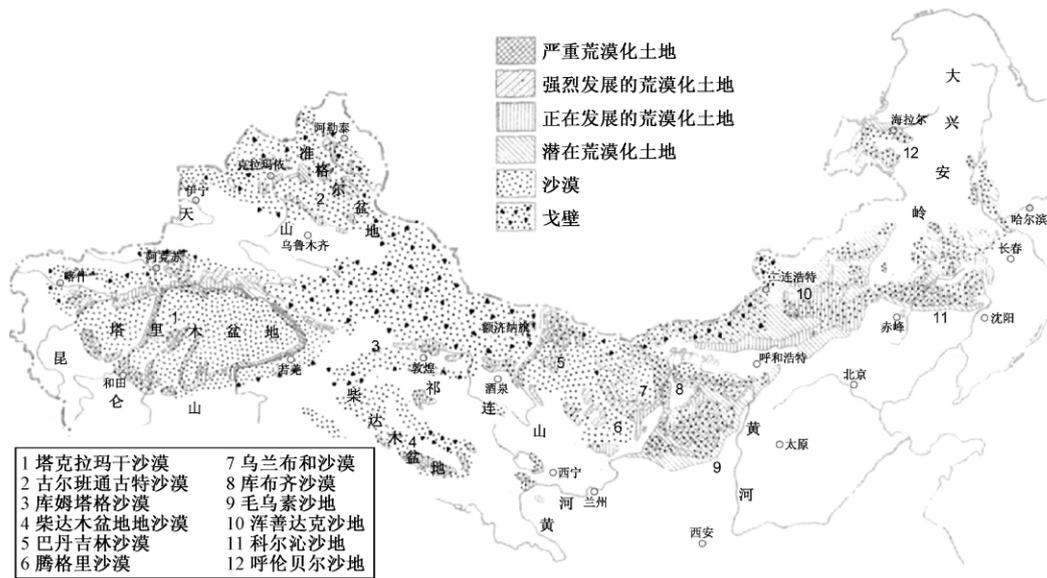


图1 中国北部沙漠、荒漠化土地的分布范围(唐林、田红卫绘制)
 Fig.1 China's northern desert and desertification land distribution

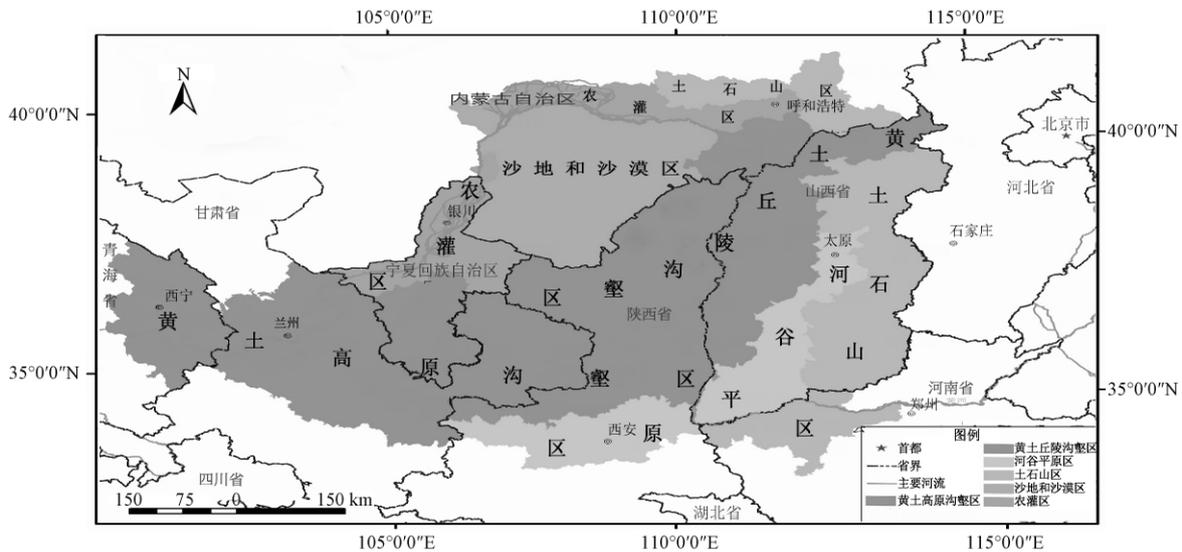


图2 黄土高原沙地和沙漠区地理位置图(唐林、田红卫绘制)
 Fig.2 Loess Plateau sand and desert areas

表1 黄土高原沙地和沙漠区的土地面积和草地沙漠化面积
 Table 1 Grassland desertification area in sand and desert areas of Loess Plateau

项目	东胜区	乌审旗	达拉特旗	伊金霍洛旗	鄂托克旗	鄂托克前旗	杭锦旗	磴口县	合计
土地面积/km ²	2 136.4	11 645.3	8 198.5	5 958.1	21 174.1	12 317.6	18 789.0	4 296.0	84 515.0
草地面积/km ²	1 487.3	6 060.0	4 874.0	3 374.1	17 741.4	9 300.25	10 715.5	2817.1	56 369.7
草地面积占土地面积/%	69.6	52.1	59.5	56.6	83.8	75.5	57.0	65.6	66.7
沙化草地面积/km ²	173.4	3 725.4	2 404.6	1 973.8	6 987.6	4 690.5	4 663.5	1593.3	26 212.1
沙化草地占草地面积/%	11.7	61.5	49.3	58.5	39.4	50.4	43.5	56.6	46.5

* 根据2011年《内蒙古统计年鉴》整理而成。

年,连续3年大旱,鄂尔多斯草原赤地千里,80%草原沙化、退化,植被覆盖度下降到不足30%。2012年鄂尔多斯市有307万hm²荒沙、荒滩和沙化土地需要治理,土地荒漠化和沙化的总体形势仍很严峻。

3 黄土高原沙地和沙漠区沙漠化的成因

水是干旱地区植物生长与覆盖率的驱动和限制因素,自然环境因素决定该区位于生态脆弱区。土地沙漠化问题不是一个孤立的问题,它根源于一定的社会经济活动方式,与人口、经济、政策等紧密相关,受到人类活动的影响。人为自然因素综合是黄土高原沙地与沙漠区沙漠化的主要成因。

3.1 人为成因

过度放牧、过度樵采、过度农垦、水资源利用不当、工矿和交通建设中忽视环保等人类的不合理开发活动无一不造成生态环境严重退化,加剧了土地沙漠化(表2)。尤其是以天然植被为主体的生态系统和生态过程因对水资源时空格局的人为改变而受到严重影响,造成环境恶化、天然植被全面衰败、沙漠化加剧(图3)。黄土高原沙地和沙漠区在我国北方草原地带具有优越的水土条件,可牧可农,2000年来,农耕民族和游牧民族反复在土地争夺拉锯过程中,过度开发利用,地表植被破坏,水资源不合理利用,导致脆弱的生态系统遭到破坏,土地沙漠化日渐严重。

表2 沙漠化成因分类表

Table 2 Classification of causes of desertification

成因分类	人为因素						自然因素	合计
	草原开荒垦殖	草原过度放牧	樵采	交通、水利、工矿建设	水资源不合理利用			
占土地沙漠化的比重/%	23.3	29.4	32.4	0.8	8.6	5.5	100	

* 引自高照良,彭珂珊,张晓萍.《西部地区生态修复与退耕还林还草研究》一书。

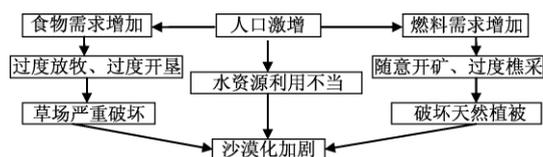


图3 人类活动对沙漠化的影响

Fig. 3 Influence of human activities on desertification

3.1.1 草原过度开垦及放牧

历史上黄土高原地区曾是中国的政治、文化中心,生态环境优越,森林密布(见表3)。由于人们肆意毁坏,加上人口迁移、战乱、开荒屯田、滥垦,导致该区森林面积越来越少,形成了今天光山秃岭的局面。由于过度开垦、放牧、樵采及其它人类活动破坏地表植被导致裸露和半裸露地面积增大,在干旱少雨的气候下,土壤含水率低,土壤颗粒松散,粘结力弱,极易受风力的吹扬形成土壤沙化。过度开垦及放牧导致植被恢复速度在放牧中逐次减慢,超过阈值后,就不能自然恢复。沙漠区大多为贫困地区,且基本没有农业以外的经济支柱,许多地方无计划、无节制地进行开垦,边开垦,边撂荒。另一方面,由于强调经济效益而单纯追求牲畜的数量,造成超载过牧的现象在我国沙漠区普遍存在。沙漠区草原牲畜超载率一般在60%左右,部分地区超载率甚至在110%以上^[39]。过度开垦和放牧使得草原面积锐减,草场承载压力增大,大量牲畜对有限草场的反复啃食和践踏,使植物得不到生息之机,地表植被遭到破坏,地表裸露,引起风蚀,造成沙漠化。沙区滥采中药材、搂发菜等现象也十分突出,大面积破坏植被,加剧土地沙化。据报道,每年进入阿拉善盟搂发菜的农牧民达10万余人,内蒙古近几年因搂发菜破坏草原达1300万hm²,其中400多万hm²已经沙漠化。

表3 黄土高原地区历史时期的森林面积变化

Table 3 Changes of forest area of Loess Plateau in history

时间	西周	南北朝	唐宋	明清	1949年	1988年	1998年	2008年
面积/万hm ²	3200	2500	2000	800	370	450	594	984
覆盖度/%	53	40	33	15	6.1	7.2	9.5	15.18

3.1.2 水资源不合理利用

上游来水不足和区内对有限水资源的不合理利用是导致历史时期沙质荒漠化发生的主因。长期以

来,黄土高原沙地和沙漠区水资源短缺,用水效率低下,浪费现象普遍存在,严重制约了该区经济社会的全面可持续发展。

水资源不合理利用主要表现在:第一,普遍实施大水漫灌,水资源浪费严重。全国农业灌溉平均定额为 $870\text{m}^3/\text{hm}^2$,黄土高原沙漠区灌溉定额高达 $15\ 000\text{m}^3/\text{hm}^2$ 左右,最高达 $21\ 000\text{m}^3/\text{hm}^2$ 。第二,在水资源的管理上,缺乏合理利用地下水资源的调控手段,对地下水的开发利用不够合理,存在严重的滥开滥采现象。第三,对潜水、承压水的混采现象也相当严重,往往只求水量,不求质量,使地下水相互贯通,使水质良好的承压水(潜水)受到不同程度的污染、水质变坏^[38],使本不丰盈的水资源更加短缺。第四,长期以来,水资源开发利用规划没有考虑生态用水需求,因生态需水的短缺导致内陆河流域生态系统演变呈现,人工绿洲和沙漠化土地同时扩大,而处于两者之间的天然林地、草地、野生动物栖息地和水域缩小,沙漠化加剧。具体到黄土高原沙地和沙漠区,由于森林急剧减少,涵养水源的能力明显下降,呈现雨季洪水泛滥,冬季无水供给,河流干枯现象突出,生态用水难以实现。第五,水资源调配的科学性和管理制度还有待完善,黄河多次出现断流^[40]的现象除了与水量减小原因密切外,与水资源调配和管理制度以及对生态用水的重视与否密不可分。

3.1.3 交通、水利、工矿建设

黄土高原沙地和沙漠区从西到东到处开矿,交通、水利、工矿建设加快,造成黄沙连绵,百孔千疮。交通、水利、工矿大规模的开发建设,更加速了沙漠化进程,给本已很脆弱的生态环境带来许多直接或间接的压力,同时交通、水利、工矿项目本身也面临着沙漠化的严重威胁^[41]。神府东胜矿区现有沙漠化面积 $2\ 457.0\text{km}^2$, 占总面积的 64.0% , 其中轻度 $1\ 120.0\text{km}^2$, 中度 531.4km^2 , 强度 805.6km^2 。煤田开发前沙漠化“自然”增长速度为 0.5% 。开发前期(1988-1991年)受建设施工活动影响,沙漠化增长速度 0.95% , 为开发前沙漠化“自然”增长速度的 1.90 倍,开发后期(1992-2006年)建设施工活动仍然频繁,地面塌陷和地下水位降落日益加剧,沙漠化增长速度达到 1.18% , 为开发前沙漠化“自然”增长速度的 2.36 倍,沙漠化增长趋势明显。

3.2 自然成因

自然因素主要包括两个方面:一是干旱多风,降水量偏少导致严重干旱多发,特别是风季旱季在时间上同步,大风和沙尘暴频繁发生;二是大部分地区地表沙源丰富,地表覆被较为深厚疏松的沙质沉积物。前者是动力条件,后者是物质基础。

3.2.1 风季旱季同步

在沙漠化的自然因素中,气候干旱是决定性的。全新世以来,中国干旱区气候变化经历了多次的相对暖干和相对冷湿的交替变化。早全新世、中全新世、晚全新世气候特点因时因地而异,总体特征以干旱化为主,转为暖干期时总的环境特征表现为河流水量减少,绿洲范围逐渐萎缩,沙漠化逐步加剧。

在黄土高原沙地和沙漠区,干旱面积逐步扩大,其发展的趋势是越来越重。鄂尔多斯市的西北面多年平均降雨量 200.0mm 左右,属于干旱大陆性气候区;东南面多年平均降雨量 400mm 以上,为东亚季风气候区。该区降水少,且不稳定,干旱年频率高,占 60% ,如杭锦旗有资料的 45 年中,负距平均占 26 年,占 57.78% 。鄂尔多斯市四个气象站点的多年干湿指数均值自最西边的陶乐到最东边的河曲依次减小(表 4)。分析对比 1976-1990 年和 1991-2005 年这两个时间段内的平均干湿指数,发现 1991-2005 年时段内四个站点干湿指数均值均大于 1976-1990 时段内的均值,且高于 30 年的平均值。表明 1990 年后鄂尔多斯高原的气候趋于暖干化。

表 4 鄂尔多斯高原周围四个气象站点不同时段平均干湿指数
Table 4 Dought-humidity index at four weather stations on Ordas plateau

地区	陶乐县	鄂托克旗	东胜区	河曲县
30 年平均值	7.2	4.6	3	2.3
1976-1990 年	7	4.5	2.8	2.1
1991-2005 年	7.5	4.7	3.2	2.5

近代厄尔尼诺现象发生时,整个赤道太平洋的大气状况都会改变,生态平衡被破坏^[41],特别是中纬

度地区的气候正朝暖、干的方向发展,使大的生态背景有利于沙漠化的发生。就黄土高原沙地和沙漠区的情况看,风力均较强,年平均风速一般在 1.8~4.6m/s(表 5),全年刮 8 000 多次。特别是冬、春季节,大风次数较多,加之雨水稀少,旱季风季同步使得砂质地表土壤容易被吹扬,促进沙漠化及沙尘暴的形成^[42]。

表 5 黄土高原沙地和沙漠区各月(2000-2009 年)平均风速 单位: m/s

Table 5 Monthly average wind speed in sand and desert areas of Loess Plateau unit: m/s

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年值
东胜区	3.3	3.5	3.9	4.5	4.3	3.7	3.2	3.3	3.1	3.3	3.3	3.4	3.6
伊金霍洛旗	3.3	3.5	4.0	4.6	4.7	4.0	3.4	3.1	2.9	3.0	3.8	3.5	3.6
乌审旗	1.8	2.1	2.6	3.2	3.1	2.7	2.2	1.9	1.8	1.9	2.1	1.9	2.3

* 根据中国科学院水利部水土保持研究所提供资料整理而成。

3.2.2 地表沙源丰富

沙地和沙漠区土壤主要为轻壤质和沙壤质土,其中粉砂、细砂、中砂含量丰富,粘结力弱^[43]。黄土高原沙地和沙漠区地层在沙漠区广泛分布,非常疏松,极易被流水和风力搬运,形成流沙^[44]。该区主要位于鄂尔多斯高原与黄土高原之间的湖积冲积平原凹地上。出露于沙区外围和伸入沙区境内的梁地主要是白垩纪红色和灰色砂岩,岩层基本水平,梁地大部分顶面平坦。各种第四系沉积物均具明显沙性,松散沙层经风力搬运,形成易动流沙。流动沙丘在沙地南部长城沿线较多,因植被破坏所致,多为新月形沙丘链,由东北-西南向排列,高约 4~6m,过去每年向东南移动约 3~5m。根据形成时代,胶结程度分别为古生代、中生代、第三纪基岩类和第四纪松散沉积物,这类地表物质,除古生代岩石外,其它均含有丰富的沙源,为本区土地沙漠化提供了丰富的物质条件。

4 黄土高原沙地和沙漠区的治理历程、分区、侵蚀状况与治理措施

4.1 黄土高原沙地和沙漠区治理历程

自 20 世纪 50 年代以来,黄土高原沙地和沙漠区的人民与沙漠化进行了长期不懈的斗争,先后经过了 50 年代的试验摸索阶段,60-70 年代的集体化大规模治理阶段,70 年代末-90 年代末的大发展阶段,以及 90 年末以来的巩固发展提高阶段,并取得了显著的效果。归纳总结了固、输、积、削、堵、导的“六法”治沙法,其中固与输、积与削、堵与导互为对偶。以固、积、堵抑制流沙侵袭,促进其停滞;以输、削、导促进流沙运移,克服其停滞。6 种方法能攻守兼备,或单用或组合,因地制宜,辩证施治。地处毛乌素沙地的内蒙古自治区鄂尔多斯市土地沙漠化及其治理过程:50 年代鄂尔多斯市在“禁止开荒,恢复牧场”方针指导下,沙区植被得到一定恢复,沙化速度较解放前明显减缓。根据鄂尔多斯市土地沙漠化的危害情况,围绕草原的发展大力发展草原林业,森林覆盖率由解放前的 4.65%,2000 年的 12.16%,增加到 2009 年的 22.21%。植被覆盖率由 1985 年的 26.5%,2000 年的 30% 增加到 2009 年的 75%。例如:鄂托克旗始终坚持生态立旗的发展思路,按照封、飞、造“三并举”,乔、灌、草、带、片、网“六结合”的办法,大力推广科技治沙适用技术,开展植被恢复和防沙治沙工作,沙漠化土地得到了有效治理,林草植被显著增加,森林覆盖率和植被覆盖度分别由 2000 年的 3.84% 和 15%~25% 提高到 21.61% 和 35%~45%,生态环境实现了由严重恶化向整体遏制、大为改善的历史性转变。

4.2 黄土高原沙地和沙漠区分区原则

黄土高原沙荒地沙漠区分区原则是黄土高原沙地及沙漠区的分区基础,综合考虑黄土高原沙地和沙漠区自然特点及其所构成的空间组合的相似性和异质性,提出黄土高原沙地和沙漠区分区的原则。

地理单元及行政区域完整性原则:同一地理单元在沙漠化发生发展条件及沙漠化防治措施上通常具有较高的相似性,尽可能保持地理单元的相对完整有助于在同一地理单元范围内统一协调防治措施。保证行政区划的完整性,尽量不打破区、县的行政界线,以利于原始资料收集、整理及分析,简化分区过程,沙漠化治理措施的连续贯彻、有效实施。

定性分析与定量研究相结合原则:定性分析可以提供宏观控制性框架,减少单纯定量分析造成的总体分区失误,但系统界线不易确定,定量分析可以提出明确的分区界线,对定性分析进行补充。

主导因素和综合分析原则:明确黄土高原沙漠化的主导因素,有利于在解决分区问题时能够区分出主次,在此基础上制定出更为高效和有针对性的防治策略。与沙漠化相关的因素很多,为对区域差异做出全面、正确的诊断,在明确沙漠化主导因素的同时应进行综合分析,应当尽可能全面分析各种相关因素,以避免以偏概全或遗漏重要信息。

兼顾实践应用原则:黄土高原沙地沙漠区分区旨在归纳和总结出黄土高原沙地沙漠区的沙漠化格局,为有关人员全面、准确认识黄土高原的沙漠化过程、沙漠化现状以及沙漠化治理方向提供参考。正因为沙漠化防治是一项实践性很强的工作,因此沙漠化分区的成果应尽可能便于实践应用。

可持续发展原则:黄土高原沙地和沙漠区分区应考虑到社会经济及生态建设的可持续发展问题,提出的分区及防治措施应当因地制宜,切合实际,对黄土高原地区社会经济发展和生态环境建设起到促进作用。

4.3 黄土高原沙地和沙漠区分区指标

指标体系是进行黄土高原沙地和沙漠区分区的依据,指标体系的确立和各个指标的选取要尽可能的体现分区的目的,并反映其区域分异规律。理论上,所有能够反映黄土高原沙地和沙漠区在沙漠化发生条件、沙漠化现状以及沙漠化防治措施与策略方面区域差异的表征因子都应该作为分区指标选择时的参考。但是有些因子是对区域差异的直接反映;有的则是间接反映,或者是需要在其它因子的协同下才能正确表达区域差异。指标过多可能会过分增加系统指标体系结构的复杂程度和分区的难度,而且掩盖了主要的关键因素。指标过少,评价过程简单,但又难以全面反映系统客观状况。因此,经过科学、合理分析和对比筛选,并考虑到可操作性和资料可获取性,选取以下因子作为黄土高原沙地和沙漠区分区的指标(表6)。主要包括生态环境指标、社会经济指标、土地利用指标、沙漠化治理指标。

表6 黄土高原沙地沙漠区分区指标体系
Table 6 Loess plateau desert partition index system

类型	指标	单位	类型	指标	单位
生态环境指标	年均降水量	mm/y	土地利用指标	垦殖率	%
	年沙尘天气数	d/y		农业用地比重	%
	植被覆盖率	%		林业用地比重	%
	年大风天数	d/y		人均耕地面积	hm ² /人
社会经济指标	人口密度	人/hm ²	沙漠化治理指标	土地生产力	kg/hm ²
	人均GDP	万元/人		沙漠化面积	hm ²
	地均GDP	万元/hm ²		沙漠化治理率	%

4.4 黄土高原沙地和沙漠分区、侵蚀状况与治理措施

当前黄土高原生态环境脆弱,加上长期以来人类不合理地利用资源,土地沙漠化问题日益严重。治理沙漠化需要掌握土地沙漠化的现状,以沙地和沙漠分区为基础,在研究比较以往沙漠化分区方法的基础上,尝试进行黄土高原沙地和沙漠分区,并对侵蚀状况与治理措施作了分析(表7)。

5 黄土高原沙漠化治理的展望

进入21世纪,随着沙漠科学的发展以及社会经济建设的需要,对沙漠化防治提出了新的要求。最新数据表明,我国沙漠化一直在扩展,沙漠化防治仍然处于“局部治理,整体恶化”的严峻态势,任重道远。今后沙漠化治理任务重,时间紧,且气候条件不利情况下,要遵守人与自然和谐共存原则,进行全面规划,做到“预防为主,因地制宜,全面规划,综合整治,加强管理,注重效益”。在沙漠化防治中:

一是做好制度的顶层设计。从组织上、制度上、技术上对黄土高原沙地沙漠区的治理进行综合规划,进行沙漠化治理制度创新,不断调整经济制度和管理制度,以更好的适应土地沙漠化防治和经济发展的需要,建立以公共财政为主的稳定投入机制,以法律、条例的形式保证制度的稳定性、权威性^[45]。改革投资管理方式,降低投资成本,搞好生态效益补偿机制,创新、完善产权制度,推动社会各界治理沙漠化的积极性。

二是优化经济结构,调整土地结构。根据黄土高原沙地沙漠区自然资源环境、社会经济特点,结合

表7 黄土高原沙地和沙漠分区、侵蚀状况与治理措施

Table 7 Sand and desert areas partition, erosion condition and management measures of Loess Plateau

分区	内蒙古河套区	鄂尔多斯沙地区	黄土丘陵与沙地区
县数	磴口县	杭锦旗、鄂托克旗、鄂托克前旗、乌审旗	达拉特旗、东胜区、伊金霍洛旗
气象状况	区内属暖温带大陆性季风气候。气候干旱、降水稀少,年降雨量400mm以下,蒸发量大,水蚀轻微,风蚀剧烈,“沙尘暴”灾害频繁,土地沙化严重,地貌上以毛乌素沙地地貌类型为主。		
土地利用	本区土地利用类型较复杂,不同利用方式常交错分布在一起。农林牧用地的交错分布自东南向西北呈明显地域差异,东南部自然条件较优越,人为破坏严重,流沙比重大;西北部除有流沙分布外,还有成片的半固定、固定沙地分布。东部和南部地区农田高度集中于河谷阶地和滩地,向西北则农地减少,草场分布增多。现有农、牧、林用地利用不充分,经营粗放。多年来,通过固沙工作,引水拉沙,发展灌溉,植树造林,改良土壤,改造沙漠,通过各种改造措施,毛乌素沙区东南部面貌已发生变化。		
治理措施	<p>落实磴口县生态建设“两区三线”(两区:沙区、套区;三线:沿沙一线、沿路一线、沿山一线)的总体规划,在套区基本实现灭荒,完善农田林网建设,大力发展肉苁蓉产业。治理方针上采取分类指导进行治理,对危害严重地段采取工程与生物措施相结合的模式进行治理;对乌兰布和沙漠腹地采取禁牧封育结合人工补播及飞播的办法,使植被逐渐得到恢复;在土壤及地下水条件较好的地区,合理规划发展沙草产业建立人工植被,提高其土地的利用价值,增加区域经济收入;加大对农田防护林的补贴力度,可比照退耕还林的补贴政策进行补贴。同时,创新林木采伐和更新制度,制定优惠政策,调动群众造林的积极性,全面落实“谁绿化谁所有,谁投入谁受益,谁经营谁得利”等政策,通过政策引导、激励企业及社会各部门、各行业参与生态建设,大力培育后备森林资源。全面实施好退耕还林、退牧还草、天然林保护等国家重点生态工程,积极推广各项适用技术。将生态建设工程与城镇、工矿区、主要交通干线的绿化相结合,加大对非公有制业主和大户的支持力度,完善全民义务植树的管理办法。</p>	<p>合理利用土地,提高经营水平。沙区治理的根本在土地如何合理、高效的利用,依据用地功能、土地利用不安全程度、地形地貌、单因子不安全程度、自然地带、生态岛等原则,借助遥感和GIS技术对土地利用进行生态安全评价,以期实现经济效益和生产效益并重的目标。将丘陵沟壑区、沙区、硬梁区的农区和水源匮乏、人畜饮水困难的牧区等生产生活条件极差地区,以村为单位制定人口整体迁移规划,划定封禁保护区,实施封禁保护工程,保护区不再投入项目资金,不允许再从事农牧业生产活动,把退出来的农牧民直接转移到城镇或工矿区从事二、三产业。对流沙采用工程措施与生物措施相结合的方法治理,降水250mm以下的工程措施为主,降水250~400mm以下的生物措施为主,降水400mm以上的生物措施为主,不用工程措施。设立管护机构,加强沙区植被保护,制止破坏沙区林草植被行为,巩固防沙治沙成果,促进沙区生态、经济的良性循环。合理轮牧,封山育林,推动全区防沙治沙工作深入。</p>	<p>以保护、恢复和增加现有植被为重点,实行生物措施与工程措施相结合,人工治理与自然修复相结合,建设以乔灌木、多树种、多树种结合的防风固沙林为重点的沙区生态防护体系。对沙化土地通过人工造林种草、封沙育林育草、人工补播等方式促进植被恢复,全面实行封山(沙)禁牧、舍饲圈养,禁止滥垦、滥樵,改变畜牧业生产经营方式,条件适宜地区发展人工种植草料基地,促进草场的休养生息。在有条件的地方坚持治理与开发相结合的方针,发展沙区特色林果、农副产品加工业。保护和合理利用沙区水资源,优先保障生态用水,控制大规模工矿企业和农业开发,在平原边缘沙化区逐步开发新灌区,发展林果及沙产业,防止土壤沙化。加大争取国家立项投资的同时制定优惠政策,鼓励企业和民间参与,提高生态治理的积极性。创新投融资机制,拓宽投融资渠道,坚持国家、地方、集体、个人、银行多渠道筹资,加大招商引资力度,建立多元化投入机制。抓好林木、牧草种子工程建设,大力推广优质苗木新品种,建立优质林草种子扩繁基地。走龙头带基地,基地连农户的发展之路。加快林沙产业发展,必须突出重点,合理布局,强化工业原料林基地建设。要根据林业产业布局和各地区具体情况,合理规划原料林基地。通过龙头企业带动基地建设,建基地增加农户收入。</p>
投入产出比	<p>沙漠化治理是一项利国富民的生态工程,既可以有效恢复生态环境,又可以有效增加收入。大力发展的肉苁蓉产业,有力推动着治沙实现了生态、经济、社会三效合一,走出沙漠治理、经济发展、农牧民致富的“多赢”之路。梭梭草前两年主要投入为种植和所需人工、接种成本,平均37500元/hm²左右,从第3年起可连续收15~20年。可产鲜苁蓉3750kg/hm²左右,单产值60000元/hm²,投入产出比为1:5。</p>		

土地利用和产业发展中存在的问题和沙漠化治理的典型经验,本着经济效益、生态效益和社会效益统一的目标,建立既可防止土地沙漠化,又可促进生产发展的资源节约型、适度开发型和环境保护型的经济体系。实现沙漠区经济良性循环,积极调整种植业、林业、牧业之间的关系,调整优化产业区域布局,积极发展沙产业,实现沙漠区人民脱贫致富。

三是构建沙漠化防治技术体系。建立沙漠化综合预警技术体系,包括预防决策技术、综合预防技术、沙漠化监测预警技术。完善沙漠化综合治理技术体系,包括沙漠化综合治理技术与可持续经营模式研究和示范、沙漠化综合治理效益评价等。强化沙漠化防治技术支撑体系,包括水资源优化利用及高效

节水配套技术、沙漠化地区节水型植被设施、营建技术、抗逆性植物材料的种质资源信息和评价及测定技术、优良抗逆基因研发、不同区域沙漠化土地综合治理技术与集成、沙区生产、生活环境安全保障与沙产业开发技术研究。

通过以上技术的研发、制度的建立完善、产业结构的优化并大力推动沙漠化土地治理开发技术和模式的集成与应用,黄土高原沙地沙漠区必将达到有效地治理。

参考文献:

- [1] 王涛,吴薇. 我国北方的土地利用与沙漠化 [J]. 自然资源学报,1999(4):355-358.
- [2] 慈龙骏. 以色列等四国的荒漠治理 [J]. 西部大开发,2001(1):60-64.
- [3] 孙秀艳. 沙漠化考验世界——我国荒漠化治理遇尴尬 [N]. 人民日报(海外版),2006-6-5.
- [4] 朱震达,刘恕. 关于沙漠化的概念及其发展程度的判断 [J]. 中国沙漠,1984,4(3):2-8.
- [5] 朱震达,王涛,刘恕. 从若干典型地区的研究对近10余年来中国土地沙漠化演变趋势的分析 [J]. 地理学报,1990,45(4):16-24.
- [6] Bell S. S., Fonseca M. S., Motten L. B.. Linking restoration and landscape ecology [J]. Restoration Ecology,1997,5(4):318-323.
- [7] Bradshaw A. D., Hüttl R. F.. Future minesite restoration involves a broader approach [J]. Ecological Engineering,2001,17:87-90.
- [8] Cairns J.. Setting ecological restoration goals for technical feasibility and scientific validity [J]. Ecological Engineering,2000,15:171-180.
- [9] Karrar G., Stiles D. (李开荣译). 全球荒漠化的现状与趋势 [J]. 世界沙漠研究,1985(4):1-2.
- [10] Kassas M.. Desertification: a general review [J]. Journal of Arid Environments,1995,30(2):115-128.
- [11] 印度环境计划办公室、印度政府科学技术部(王丽琳译). 印度沙漠化的成因和治理 [J]. 世界沙漠研究,1983(1):17-22.
- [12] 苏联部长会议国家科学技术委员会国际计划中心(朱延荣译). 制定防止荒漠化的区域性综合发展纲要的指南 [J]. 世界沙漠研究,1985(2):8-11.
- [13] 王涛. 沙漠化研究进展 [J]. 中国科学院院刊,2009,24(3):290-296.
- [14] Aubr Ville A., Chevalier A.. Climats, forêts et désertification de l'Afrique tropicale [M]. Société d'éditions géographiques, maritimes et coloniales,1949.
- [15] Lamb P. J., Pepler R. A., Hastenrath S.. Interannual variability in the tropical Atlantic [J]. Nature,1986,322(6076):238-240.
- [16] Tucker C. J., Dregne H. E., Newcomb W. W.. Expansion and contraction of the Sahara Desert from 1980 to 1990 [J]. Science,1991,253(5017):299-300.
- [17] Nicholson S. E., Tucker C. J., Ba M. B.. Desertification, drought, and surface vegetation: An example from the West African Sahel [J]. Bulletin of the American Meteorological Society,1998,79(5):815-829.
- [18] Solomon S., Beran M., Hogg W.. The influence of climate change and climatic variability on the hydrologic regime and water resources [M]. 1983.
- [19] Helld N. U., Tottrup C.. Regional desertification: a global synthesis [J]. Global and Planetary Change,2008,64(3-4):169-176.
- [20] He J., Xing E., Guo J. Y., et al.. Study on threshold expansion of the carrying capacity in desert grassland within the environmental capacity of grass and water resources, F,2011 [C]. IEEE.
- [21] Reynolds J. F., Smith D. M. S., Lambin E. F., et al.. Global desertification: building a science for dryland development [J]. Science,2007,316(5826):847-851.
- [22] Mortimore M. Dryland development: success stories from West Africa [J]. Environment: Science and Policy for Sustainable Development,2005,47(1):8-21.
- [23] Grishkan I., Zaady E., Kidron G.. Mycobiota of biological soil crusts in the Negev desert, Israel—differences on a regional and local scale, F,2012 [C].
- [24] Babaev A. G. Desert problems and desertification in Central Asia: the researches of the Desert Institute [M]. Springer Verlag,1999.

- [25] Ditommaso A. , Aarssen L. . Resource manipulations in natural vegetation: a review [J]. *Plant Ecology* ,1989 ,84(1) : 9 –29.
- [26] 朱震达 陈广庭. 中国土地沙质荒漠化 [M]. 北京: 科学出版社, 1994.
- [27] 王涛. 西部大开发中的沙漠化研究及其灾害防治 [J]. *中国沙漠* ,2000 ,20(4) : 345 –348.
- [28] 王涛. 沙漠化研究进展 [J]. *中国科学院院刊* 2009(3) : 290 –296.
- [29] 魏春江. 沙漠生物地毯工程——干旱沙漠治理的新途径 [J]. *干旱区研究* ,2005 ,22(3) : 287 –288.
- [30] 魏春江. 菌物科学与人类健康 [J]. *作物育种信息* 2006(12) : 19 –20.
- [31] 慈龙骏. 全球变化对我国荒漠化的影响 [J]. *自然资源学报* ,1994 ,9(4) : 289 –303.
- [32] 王占军. 宁夏毛乌素沙地退化草原恢复演替过程中物种多样性与生产力的变化 [J]. *草业科学* 2005 22(4) : 5 –8.
- [33] 朱震达 刘恕. 中国沙漠化土地的特征及其防治的途径 [J]. *自然资源* ,1980(3) : 25 –37.
- [34] 卜崇峰 杨建振 张兴昌. 毛乌素沙地生物结皮层藓类植物培育试验研究 [J]. *中国沙漠* 2011 31(4) : 937 –941.
- [35] 王丹 宋湛谦 商士斌. 沙生生物质资源开发利用 [J]. *生物质化学工程* 2006(2) : 36 –40.
- [36] 张继 马君义 姚健 等. 黑沙蒿资源的综合开发利用研究 [J]. *中国野生植物资源* 2003(1) : 27 –29.
- [37] 李勇刚 康建宏 吴宏亮 等. 宁夏中部风沙区甘草有限灌溉技术研究 [J]. *农业科学研究* ,2009(2) : 11 –14.
- [38] 吴波, 慈龙骏. 五十年代以来毛乌素沙地荒漠化扩展及其原因 [J]. *第四纪研究* ,1998(2) : 2165 –171.
- [39] 杨根生. 黄土高原地区北部风沙区土地沙漠化综合治理 [M]. 北京: 科学出版社 ,1991.
- [40] 陈霁巍, 穆兴民. 黄河断流的态势、成因与科学对策 [J]. *自然资源学报* ,2000 ,15(1) : 31 –35.
- [41] 张冲, 赵景波, 罗小庆. 近 60 年 ENSO 事件与甘肃气候灾害相关性研究 [J]. *干旱区资源与环境* ,2011 ,25(11) : 106 –113.
- [42] 石广玉, 赵思雄. 沙尘暴研究中的若干科学问题 [J]. *大气科学* ,2003 ,27(4) : 591 –606.
- [43] 沈其荣. 土壤肥料学通论 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2001.
- [44] 李智佩, 岳乐平, 薛祥煦, 等. 毛乌素沙地东南部边缘不同地质成因类型土地沙漠化粒度特征及其地质意义 [J]. *沉积学报* ,2006 ,24(2) : 267 –275.
- [45] 国家林业局. 中华人民共和国防治沙法 [R]. 北京: 中国林业出版社 2001.

Analysis of land desertification of Loess Plateau sand and desert areas-causes and remedial measures

GAO Zhao-liang

(Institute of Soil and Water Conservation , Northwest A&F University , Yangling 712100 , China)

Abstract: The uncoordinated relationship between people and land , interaction of unreasonable human economic activity and fragile environment lead to a decline in land productivity and loss of land resources. Eventually , the earth's surface presents the phenomenon of desertification. Sandy desertification is one of the main types of desertification. As a main mark , sandy desertification induced by sandstorms spread continually on a global scale , resulted in increasingly serious influence. Therefore , sandy desertification is gradually becoming a significant problem in the world. Based on the previous practice and research achievement , and combined with the actual situation of the Loess Plateau in China , this paper delimites the area of Loess Plateau , analyzes the causes of sandy desertification , and indicates that surface sand material and dry windy condition are the basic requirements of desertification , as a decisive role. Human activities are external conditions , accelerating desertification , and desertification has further advanced from north to south. Then , this paper determines the division principle , constructs the index system , and divides the Loess Plateau sand and desert region into Inner Mongolia Hetao area , Erdos sand area and Loess hills and sand area , with the corresponding requirements of the entire district about land use and management measures. Finally , this paper predicts the prospect of the desertification control of the Loess Plateau sand and desert area.

Key words: sand and desert areas; desertification; governance outlook; Loess Plateau