

# 毛乌素沙地能源开发区植被建设技术研究初报

高国雄

(西北农林科技大学, 陕西 杨凌 712100)

**摘 要:** 针对毛乌素沙地能源开发区自然条件和环境问题, 进行了自然分区, 提出了因地制宜, 分区治理原则, 选择了适宜的树种草地, 并建立了示范模式区, 取得了显著的生态、经济效益。

**关键词:** 资源开发区; 植被建设; 研究

**中图分类号:** X171.1; Q948.157

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1005-3409(2002)03-0152-03

## Preliminary Research on Technique of Vegetation Construction in Resources Exploitation Area of Maowusu Sandy Land

GAO Guo-xiong

(Northwest Sci-tech University of Agriculture and Forestry, Yangling 712100, Shaanxi Province, China)

**Abstract:** Based on natural conditions and environmental problems, the author suggested principle of adopting measures in the light of the realities of specific regions and regional control, selected suitable trees and grasses. A demonstration area was set up, achieving remarkable ecological and economic results.

**Key words:** resources exploitation area; vegetation construction; study

随着我国经济建设的战略转移及西部大开发的实施, 西部资源的开发已成为国家建设的重点, 特别是榆林毛乌素沙区已成为我国能源开发的重点。然而随着能源资源的进一步开发所带来的诸如植被破坏、土地占压、环境污染、水位下降、沙丘活化等一系列环境问题, 严重制约和影响了农林牧各业的协调和可持续发展。因此, 恢复资源开发区植被, 改善生态环境, 既是当前生态工程和山川秀美工程建设的重要内容, 也是生态农业建设和农林牧复合经营可持续发展的前提条件和必要保障。为此, 我们针对毛乌素沙地榆林沙区的资源及环境特点, 开展了本项研究, 旨在探讨沙地工矿区植被快速恢复和重建的相关技术和模式, 为西部生态环境治理提供理论依据。

### 1 研究区域概况及研究方法

#### 1.1 研究区自然地理条件

毛乌素沙地位于北纬  $37^{\circ}30' \sim 111^{\circ}30'$ , 面积  $4 \text{ km}^2$ , 海拔  $1000 \sim 1600 \text{ m}$ , 包括内蒙古伊克昭盟, 陕北榆林地区和宁夏东北部。该区具有中温带大陆性季风气候, 属荒漠草原—干草原—森林草原的过渡带。年均气温  $6.0 \sim 8.5^{\circ}\text{C}$ , 1月平均气温  $-9.5 \sim -12^{\circ}\text{C}$ , 7月平均气温  $22 \sim 24^{\circ}\text{C}$ , 年大于  $10^{\circ}\text{C}$  积温  $3000^{\circ}\text{C}$ ; 年降水量  $260 \sim 450 \text{ mm}$ , 年蒸发量  $1800 \sim 2500 \text{ mm}$ , 干燥度  $1.0 \sim 2.5$ , 7~9月降水量约占全年的

$60\% \sim 70\%$ ; 年日照时数  $2700 \text{ h}$  以上, 大于  $5 \text{ m/s}$  的起沙风平均每年出现  $220 \sim 580$  次; 具有固定—半固定沙丘向黄土丘陵过渡的地貌特征, 兼具风蚀、风积与水土流失的特点; 植被具有从西北部的超旱生半灌木荒漠, 经灌丛沙丘向森林草原与落叶阔叶林地带过渡的特征, 地带性植被是与沙基质相联系的各种灌木生活型为主的植物群落<sup>[1]</sup>。

#### 1.2 社会经济条件

毛乌素沙区包括陕、蒙、宁三省(区)14个县(旗)的151个乡镇, 总人口133.45万, 其中农业人口117.44万, 农村劳力42.69万, 人口密度  $34 \text{ 人/km}^2$ ; 土地总面积  $447.66 \text{ km}^2$ , 其中耕地面积约占总面积的  $6\%$ , 以旱地为主, 一年一熟, 产量低而不稳。

本区有丰富的矿产资源, 已探明拥有煤、石油、天然气、盐、高岭土等8类40余种资源, 其中含煤面积占全区总面积的  $52.8\%$ , 预测储量8600亿t, 已探明储量1659.71亿t, 占全国已探明储量的  $17\%$ , 是世界八大煤田之一; 天然气预测储量4亿t, 是我国目前已探明陆上最大的整装气田。资源的开发对本区的经济和社会发展起着重要作用。

#### 1.3 研究方法

本研究从毛乌素沙地的实际出发, 在全面调查的基础上, 采用专家评审法、层次分析法、组装配套法、定位观测试验研究等技术措施和方法, 针对影响植被恢复的主要因子,

收稿日期: 2002-03-27

基金项目: 国家“九五”攻关课题毛乌素沙地荒漠化土地综合治理技术与示范的部分内容。

作者简介: 高国雄, 男, (1969-), 陕西清涧人, 副教授, 从事水土保持与荒漠化数学与研究工作。

吸收、组装现有的技术成果,在进一步试验的基础上,建成具有科学性、先进性、实用性和可看性的高质量示范模式区,示范指导整个沙区资源开发区植被建设。示范区建设紧紧围绕沙地工矿区荒漠化治理,立足于生态环境建设,以植树种草建设植被为基础,开展林草植被恢复和农业土地复垦,发展生产力,把植被恢复与生产相结合、与群众的实际收益相结合,边研究边建设,研究与示范推广相结合,调动煤矿经营者和周围农民群众的积极性,共同建设,恢复植被,遏制荒漠化发展,改善生态环境。

## 2 榆林毛乌素沙地能源开发对植被及生态环境的影响

据调查统计,全区在能源开发中,仅煤田开发一项破坏植被  $1.77 \text{ 万 hm}^2$ ,侵占基本农田  $0.63 \text{ 万 hm}^2$ ,造成  $2 \text{ 万 hm}^2$  土地风蚀沙化<sup>[2,3,5-7]</sup>。其中:露天开采挖损,仅神府矿区露天采面积  $0.72 \text{ 万 hm}^2$ ,加上外排土及矸石等占地和其它工程占地,总计直接破坏面积达  $1.05 \text{ 万 hm}^2$ 。井采破坏面积达  $0.03 \text{ 万 hm}^2$ 。铁路、公路交通建设及其它基本建设征用等破坏面积达  $1.06 \text{ 万 hm}^2$ 。地表塌陷影响,截止1998年底,仅大柳塔矿区,塌陷受害面积达  $0.14 \text{ 万 hm}^2$ 。井下开采引起地表水渗漏,水源断流。如金鸡滩矿区因井采排水,使井水水位下降  $3\sim 7 \text{ m}$ ,境内原有的6个湖泊已全部干涸;大柳塔矿区因水源断流造成  $25.5 \text{ 万 hm}^2$  水地旱作,  $40 \text{ 万 m}^3$  的水库干涸报废,  $7.5 \text{ 万 hm}^2$  新修水地弃耕,  $1.5 \text{ 万 hm}^2$  果园濒临死亡,同时造成7个机砖厂、一个农场倒闭。废水、废气、粉尘污染,神府矿区一、二期工程每年耗煤  $155.35 \text{ 万 t}$ ,排放有害气体  $3.78 \text{ 万 t}$ ,烟尘  $1.274 \text{ 万 t}$ ,排放污水  $2.87 \text{ 万 m}^3$ ,此外,还有医院、洗煤、生活等大量废水污水排放,造成严重污染;金鸡滩矿区因煤粉尘及废气废水污染影响面积约  $25 \text{ 万 hm}^2$ 。人畜践踏、樵采、放牧等破坏。随着矿区建设,矿区人口急剧增加,人畜对土地、植被破坏也不断增加,仅金鸡滩矿区樵采面积占全部现存植被面积的10%,放牧影响面积约占全部现存面积的70%~80%。

由于人为的影响和破坏,加剧了水土流失,使沙丘活化、荒漠化扩展。其中仅神府矿区一期工程弃土石量达  $1.86 \text{ 亿 t}$ ,造成新增流失量  $5574.7 \text{ 万 t}$ ,年均流失量达  $506.8 \text{ 万 t}$ ;新增沙漠化面积  $129.6 \text{ km}^2$ ,沙漠化速度为自然条件下沙漠化发展速度的1.5倍。金鸡滩矿区由于植被破坏直接造成沙丘活化形成流沙面积  $32 \text{ 万 hm}^2$ ;沙丘前移埋压设施,造成境内榆东渠  $2/3$  流水渠段被流沙淹没<sup>[9]</sup>。随着矿区建设的进一步发展,将对植被和土地造成更大的影响和破坏。因此开展矿区土地复垦,加速植被恢复建设刻不容缓。

## 3 能源开发区植被恢复与治理规划

### 3.1 治理分区及治理方向

根据毛乌素沙地自然条件及资源开发对植被和土地的影响破坏状况,应进行因地制宜,分区治理。依据煤田开发对植被和土地影响破坏程度的不同,把矿区复垦治理区域划分为井田作业区、周缘保护区和环境影响区三个大类型区。按照不同的地貌特征和自然条件及用途实行分类复垦,以林草植被建设为重点,结合农业、水利、基建等多种措施综合治

理。

3.1.1 环境影响区 本区位于矿区与沙漠和黄土丘陵过渡地带,风蚀沙化和水土流失相当严重,生态环境十分脆弱,对矿区生产与生活构成严重威胁。因此,应采取林草措施,提高植被盖度,固定流沙,防风降尘,保持水土。以建设稳定的生态系统为目标,实行封沙育林育草和飞播造林种草相结合,尽快恢复植被,形成稳定的生态环境体系。根据主导生态因子,本区还可以进一步划分为风沙区和水土流失区。

3.1.2 周缘保护区 主要包括居民区、洗煤厂、火电厂等附属企业厂区、车站、铁路、公路沿线等,该区的主要危害因子是废气、污水、粉尘等,因此,要因害设防,采用柴草、矸石、碎石搭设各种形式的防风固沙障蔽,选择适宜的树种草种,植树种草,建立乔灌草结合的高效能的防护林体系。

3.1.3 井田作业区 本区是植被和环境破坏最为严重的区域,按采矿方式及破坏程度的不同又可分为露天开采剥离岩区、井采塌陷区和排矸石场等,应根据土地利用总体规划进行合理复垦。对露天剥离岩区先回填,后进行林业复垦或农业复垦。在条件差的区域植树种草,建设林草植被;条件较好、水源充足的区域,可种植农作物,发展大棚蔬菜,建立果园等,发展生态农业。也可根据地质条件及水源情况进行水域复垦、建筑复垦、发展水产养殖等,以充分利用自然条件,发挥最大生态经济效益。对井采塌陷区、排石场等应先填埋,后覆土,再进行林业复垦,选择适宜的树种草种和合理的种植方式,尽快建立起稳定的人工植被群落,改善生态环境条件。

### 3.2 植物种选择

3.2.1 植物种选择的原则 毛乌素沙地的自然地理背景决定了其植被恢复建设的造林类型和植物中选择的基本原则和方向。在结构上,应以沙生和旱生灌木网带为基本构架,结合以局部的乔木树种与草地栽植模式,因地制宜地构建各类“灌(草)—林—农”复合型生态系统。在植物种选择时,应在适地适树前提下,具体遵循以下原则:首先考虑当地的沙生乡土树种;具有较强的适应能力,能适应干旱、贫瘠、严寒、酷热及风蚀沙埋、沙割,对粉尘污染、大气污染具有一定的抵抗能力的植物种;具有固氮能力,可以缓解养分的不足;根系发达,根蘖性强,深根性植物;容易成活,种源丰富的植物种。

3.2.2 植物种的选择 在对毛乌素沙地全面调查的基础上,同时利用“七五”“八五”期间1380块标准地的调查资料,根据资源开发区的特点和植物种选择的原则,选择了如下乔灌木植物种:花棒、踏郎、柠条(毛条)、沙柳、紫穗槐、沙棘、沙地柏、怪柳、侧柏、杨树、旱柳、樟子松、油松、杜松、元宝枫、青扦、龙爪槐、榆树、刺槐、沙米、沙蒿、沙打旺、甘草、沙芥等20余种。

### 3.3 植被建设整体布局

为了防止因资源开发而加剧沙漠化和水土流失的进一步发展,加快区域环境治理,确保矿区资源开发的顺利进行,应依据矿区自然环境特点,建设具有网片带、乔灌木相结合的生态防护林体系。在沙漠地区,封沙育林育草,保护与恢复

天然植被;在农田及井田作业区周围荒漠化发展区,采取多种措施造林种草,固沙护土,防止水土流失;在农田种植区,加强农田防护林网的建设;在矿区内部,以交通沿线、井田作业区、居民点、生活区及河流沿岸为中心进行绿化美化,达到总体防护的目的。植被建设具体布局如下<sup>[4,5]</sup>。

3.3.1 风口沙源防风固沙工程 矿区西北部的流动、半流动沙地及乌兰木伦河与呼和乌素沟两大主要风口,是造成神府矿区风沙危害的根源,锁住风口、固定流沙,是矿区环境治理的根本和关键所在。应在两条河谷两侧的非行洪区营建防护林带,护岸防风,降低风速,而在巴苏公路以南、双沟至束鸡沟以北,矿区公路外侧营造灌草林带,固定沙源,以减轻风沙危害。

3.3.2 河流域防洪护岸水源保护林工程 对考考赖沟、石圪台沟、哈拉沟三水源所在流域,按风向、土质、地形,分层次种植乔灌草植被进行流域综合治理,抵御巴图塔西北一带南向的风沙,保护水源;而在乌兰木伦河及上湾红石圈渠、活鸡兔沟等流域进行综合治理,防洪护矿,减轻洪水危害。

3.3.3 绿化美化工程 在井田作业区、生活区、居民点及交通道路沿线选择抗风沙、抗污染树种,绿化美化环境。要考虑常绿树与阔叶树结合,乔木、灌木与花、草搭配,尽可能做到四季常青,鸟语花香,创造良好的居住环境。

#### 3.4 植被建设措施

3.4.1 飞机播种造林 飞机播种造林具有速度快、效率高、成本低、不受地形条件限制等优点,在榆林沙区已是成功经验。一般在5月中旬至6月初进行。适宜飞播的植物种有花棒、踏郎、沙蒿、沙打旺、甘草等,实行混合播种。种子需先进行大粒化。每公顷用种量花棒、踏郎为3.75~7.5 kg,沙蒿、沙打旺、甘草为1.5~3.75 kg。

3.4.2 天然植被恢复 通过封沙(山),避免人畜践踏破坏,促进天然植被恢复。

3.4.3 人工造林种草 在秋季或春季,选择良种壮苗,坐水或蘸泥浆造林,营建乔灌草混交林。株行距为樟子松3 m×4 m,紫穗槐1 m×1 m,沙地柏1 m×2 m。沙棘2 m×4 m,沙柳2 m×4 m。

3.4.4 农业作物种植 在平缓沙地采用机械推平整地,垫土施肥改良,利用矿井排水,发展节水灌溉,种植玉米、谷子、稻米、黄豆、马铃薯、葵花等作物。

### 4 植被恢复与重建示范区建设实施状况及初步效益分析

#### 4.1 示范区植被建设实施状况

在对毛乌素沙地区充分调研的基础上,引进、吸收和组装现有植被建设技术,在金鸡滩煤矿区,建立植被恢复模式示范样板区。该矿为年产10万t的中小型竖井煤矿,自1989年建矿以来,由于各种因素造成矿区及周围植被严重破坏<sup>[9]</sup>,植被盖度由38%下降为16.2%,使矿区土地严重沙化,境内6个小湖泊4年内全部干涸;井水水位下降3~7 m。1996年以来,根据该矿区的自然条件和地形特点,实行分区治理,进行了庭院、道路绿化,公路铁路防护和矿区沙地植被建设。利用煤矸石、矿渣废料搭设沙障植树种草,采用人工

造林种草、飞播造林种草和农业种植复垦试验等,共计治理面积165 hm<sup>2</sup>,其中飞播及人工播种沙蒿、花棒、踏郎、柠条、沙打旺、沙米85 hm<sup>2</sup>,人工植苗造林68 hm<sup>2</sup>,农业种植8.5 hm<sup>2</sup>,庭园绿化2 hm<sup>2</sup>,铁路公路防护4 km,搭设稻草障蔽40 hm<sup>2</sup>,煤矸石障蔽固沙试验1.5 hm<sup>2</sup>,共计营造樟子松、踏郎、紫穗槐、柠条、沙地柏、元宝枫、杨树、旱柳、侧柏、刺槐、沙棘、沙柳等树种20余万株,造林成活保存率平均达85%,播种出苗保存率平均80%,粮食公顷产提高3 000 kg。

经过多年的研究治理已初步建成植被建设模式雏形,形成适宜于沙地区域植被恢复与重建的几种治理模式,即:

草—灌混交模式,即在矿区周围流沙地先种草,固定沙地,改善环境,再植灌木,以尽快形成稳定的植被群落,如在沙丘先种沙蒿、沙米、沙打旺等草本,再栽植紫穗槐、柠条、沙柳、踏郎、沙地柏等灌木,形成多种草灌混交形式;灌—草—乔混交模式,即在矿区周围的低洼地、丘间地、沙丘下部营造沙棘、沙柳、紫穗槐等灌木,种植沙蒿、沙米、沙打旺等草本植物,再栽植杨树、樟子松、元宝枫、刺槐等乔木,以充分利用水分条件,形成前拉后挡固沙阻沙形式;乔—灌—草混交模式,即在农田、庭园、道路周围营造杨树、旱柳、紫穗槐等乔灌草立体结构防护林网,以收到良好防护效益。

#### 4.2 植被恢复建设初步效益分析

在试验研究中,采用先草灌、后乔木,实行乔灌草混交造林,可免去人工障蔽,节约财力物力。用草本植物为乔灌定居创造条件,能尽快形成稳定群落。目前试验区内几种混交造林种草建设植被的模式,已初步形成了稳定的植被群落,各种植物生长状况良好,成活保存率平均达85%以上,植被盖度提高到了53.4%,其中矸石沙障正交试验区植被盖度达到80%,显著改善了该矿区生态环境条件,使沙地地表粗糙度增加了0.21~2.44 cm,风速降低48.75%,输沙量减少67.8%,风蚀深度由20 cm降为3.1~7.6 cm,空气湿度提高2%~4%,温度调节±0.2~1.6℃。采用矸石障蔽固沙,使土壤含水率增加2.67%~11.17%,有利于植物种子发芽、生根,促进植物生长,使沙打旺播种出苗率达到90%以上,当年每m<sup>2</sup>有苗52株,苗高1.1 cm,地径0.1 cm,主根14 cm,二年生植株高度平均达40.80 cm,冠径37.62 cm,分枝4.4条,收到了显著生态效益。同时植被建设使沙地土壤也得到了明显改良,土壤中<0.10 mm的细粒物质增加了10.78%;全N、有机质、速效P和速效K含量分别是流沙对照地的3.05、3.46、1.2和1.41倍。此外,还利用矿井排水进行农业种植,充分利用了水资源,减缓了地下水位下降,对整个区域环境有积极影响,提高了沙地的土壤生产力,平均每公顷收入达9 000~15 000元,同时还节约了引水灌溉的水电费,收到了良好的经济效益<sup>[8,10]</sup>。

### 5 问题与建议

主要是经费不足,严重制约着研究的进一步深入。生态环境治理是造福人类、荫及子孙的千秋大业,要坚持长期不懈的治理,国家应加大投资力度继续扶持,确保攻关研究的连续性。同时,人们的环境意识差,资源开发缺乏合理统一的

(下转第157页)

生态经济系统中生态系统和经济系统之间相互关系及其规律的科学<sup>[14]</sup>。其核心内容是生态与经济的结合,即经济活动的生态效益与经济效益的统一。随着可持续发展思想的引入,生态经济学进一步完善为人类经济活动经济效益、社会效益、生态效益统一的指导思想。以往的教训值得吸取,滥垦、滥牧、滥樵采是追求经济效益而忽视生态效益,造成严重的生态环境问题;同样,生态环境建设中强调生态效益而忽视经济效益、社会效益也不可取。生态经济系统中经济是基础,生态是保障,这种割裂生态经济系统的做法,势必导致治理成果难以巩固,生态效益难以持久。宁夏防沙治沙工作进行了近50年,也建立了多个生态示范区,年年治理,年年风沙肆虐,总是治理的速度赶不上恶化的速度,其中一个重要原因是技术经济层面的经济效益问题,这集中体现在国家在防沙治沙整体上投入不足,而在局部投入过高,使生态经济系统中经济、社会、生态效益错位,示范区不具有普遍推广价值。生态示范区往往注重生态效益,对经济效益、社会效益重

#### 参考文献:

- [1] 宁夏回族自治区人民政府. 宁夏土地荒漠化现状与防治报告[R]. 2000. 3- 9.
- [2] 钟德才. 中国沙海动态演化[M]. 兰州: 甘肃文化出版社, 1998. 94- 100.
- [3] 龙治普, 仇保铭. 整治沙化土地发展生态农业[A]. 中国生态农业适用模式与技术[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1995. 246- 249.
- [4] 李振山, 姚发芬, 王一谋. 三北防护林甘青宁类型区土地沙漠化遥感调查研究[J]. 干旱区资源与环境, 1997, 11(1): 79- 83.
- [5] 刘记远. 中国资源环境遥感宏观调查与动态研究[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1996. 304.
- [6] B. A. 阿努钦. 地理学的理论问题[M]. 李德美, 包森铭译. 北京: 商务印书馆, 1994. 64.
- [7] 孙儒泳, 李博, 诸葛阳, 等. 普通生态学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1993. 196- 267.
- [8] 景贵和, 周文龙, 徐樵利. 综合自然地理学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1990. 28- 47.
- [9] 尚德福. 节水灌溉是宁夏引(扬)黄灌区改造的必由之路[J]. 宁夏大学学报(自然版), 2000, 21(2): 170- 173.
- [10] 宁夏水利志编纂委员会. 宁夏水利志[M]. 银川: 宁夏人民出版社, 1992. 21- 23.
- [11] 景贵和, 许嘉巍, 刘惠清, 等. 吉林省东部山地林缘的景观生态建设[M]. 长春: 东北师范大学出版社, 1994. 13- 18.
- [12] 陈一鹗, 王宏杰, 姚支春, 等. 盐池草原的类型、结构和生产力[A]. 宁夏盐池农业资源与利用研究文集[C]. 银川: 宁夏人民出版社, 1987. 52- 69.
- [13] 史培军, 张宏, 王平, 等. 我国沙区防沙治沙的区域模式[J]. 自然灾害学报, 2000, 9(3): 1- 7.
- [14] 王东杰, 姜学民, 杨传林. 论生态经济学与环境经济学的区别与联系[J]. 生态经济, 1999, (4): 26- 28.

视不够。而事实表明,在没有改善当地居民基本生产和生活条件,没能使当地居民增产、增收,提高生活水平的配合,生态环境建设不会得到当地居民持久性的支持,生态环境建设的成果也就难以持久。

#### 3 结 语

伴随着西部大开发的热潮,生态环境建设已被提到很高的地位,回顾以往生态环境建设的正反两方面的经验和教训,反映出有关生态环境建设理论研究和指导的不足。生态环境建设是综合的,它是多学科、多行业、多部门的综合;生态环境建设又是系统的,它是整体与局部的统一,生物工程与生态环境的统一,经济效益、社会效益、生态效益的统一。应该看到,沙质荒漠化土地的生态环境建设的技术方法和模式仍处于探索阶段,还有许多问题缺乏深入研究,短期内建立起来的治理模式仍需长期实践的检验。因此,应大力加强风沙区生态环境建设理论及技术体系的深入研究,为西部大开发,西部秀美山川再造提供科学依据。

(上接第154页)

规划,法制不健全,执法不到位,都增加了研究治理的难度。今后要拓宽投资渠道,增加投资力度,促进环境治理,同时要

#### 参考文献:

- [1] 周心澄, 李广毅, 等. 毛乌素沙地生态经济型防护林体系结构研究[J]. 水土保持研究, 1995, 2(2): 2- 35.
- [2] 李锐, 唐克丽. 神府东胜矿区一、二工程环境效益考察[J]. 水土保持研究, 1994, 1(4): 5- 17.
- [3] 侯庆春, 汪有科, 杨光. 神府东胜煤田开发区建设对植被影响的调查[J]. 水土保持研究, 1994, 1(4): 127- 137.
- [4] 吕向荣. 神府矿区沙漠化与防护林体系建设[J]. 陕西林业科技, 1997(4): 29- 31.
- [5] 柳林旺. 神府东胜矿区的沙漠化及其防治[J]. 中国水土保持, 1998(4): 21- 24.
- [6] 杨根生, 陈渭南. 陕晋蒙三角地带能源基地开发中的土地沙漠化问题[J]. 干旱区资源与环境, 1988(1): 46- 56.
- [7] 张汉雄, 王占礼. 神府东胜煤田开发对乌兰木伦河道淤积与输沙的影响[J]. 水土保持研究, 1994, 1(4): 79- 85.
- [8] 高国雄, 高宝山, 李广毅, 等. 煤矸石在沙地植被建设中的应用[J]. 西北林学院学报, 2000, 15(增): 50- 55.
- [9] 高国雄, 高宝山, 李广毅, 等. 毛乌素沙地金鸡滩煤矿区植被破坏现状调查[J]. 西北林学院学报, 2000, 15(增): 46- 49.
- [10] 高宝山, 李广毅, 高国雄. 榆林沙地金鸡滩矿区植被建设生态效益研究[J]. 西北林学院学报, 2000, 15(增): 40- 45.

加强人们的环境意识教育,并要加强水土保持和荒漠化防治执法力度。