

# 陕北榆林风沙区防风固沙林体系结构优化研究

王子玲<sup>1</sup>, 杨 伟<sup>1</sup>, 石长春<sup>1</sup>, 高保山<sup>2\*\*</sup>

(1. 陕西省治沙研究所, 陕西 榆林 719000; 2. 西北农林科技大学, 陕西 杨陵 712100)

**摘 要:**以群落为研究对象,在全面调查研究陕北榆林风沙区防风固沙林体系植被建设状况和历年经营情况的基础上,针对该区域复杂的地貌环境和立地条件,筛选提出了各种适合不同立地类型区的林种、树种结构优化配置模式,为低质林分改造和沙地综合治理提供了科学依据。

**关键词:**陕北风沙区;防风固沙林体系;结构配置;立地类型;模式

**中图分类号:**S759.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-7461(2005)02-0007-06

## Modified Structure Disposition of Sand-break Forest System in Yulin Sandy Area in Northern Shaanxi Province

WANG Zi-ling<sup>1</sup>, YANG Wei<sup>1</sup>, SHI Chang-chun<sup>1</sup>, GAO Bao-shan<sup>2</sup>

(1. Shaanxi Institute of Desert control, Yulin, Shaanxi 719000, China; 2. Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** Communities were regarded as the research objects in this paper. On the basis of the full-scale investigation on sand-break forest development and management, several modified structure modes were selected out in the light of the complex physiognomy and site condition in Yulin sandy area. The results would offer scientific basis for comprehensive administration of sandy area and for the reconstruction and improvement of low quality forests.

**Key words:** sandy area in northern Shaanxi; sand-break forest system; structure disposition; site type; mode

陕北榆林风沙区位于长城沿线,地处毛乌素沙漠南缘,是鄂尔多斯台地和黄土高原的接壤区,也是我国荒漠化发展严重的地区。经多年防沙治沙和林业建设,特别是“三北”防护林工程建设,使该区林草植被覆盖率由1.8%提升到25%左右,建成了星罗棋布的绿洲和各种防护林,实现了局部人进沙退的局面。但该区66.7万hm<sup>2</sup>天然草场受到“三化”侵袭,已治理为固定、半固定沙地的42.7万hm<sup>2</sup>林地,已有33.3万hm<sup>2</sup>发生退化性演替(其中20万hm<sup>2</sup>低质林分急需改造提高),尚有17.3万hm<sup>2</sup>流沙仍急需治理,并且出现了区域性地下水位下降快,虫、鼠、兔危害严重,林木早衰,开发与治理矛盾突出等一系列问题。针对该区域复杂的地貌环境和立地条件,通过对历年营林情况、现有林木生长情况的调查,从中筛选提出了各种适合该区域各种立地类型的林种、树种结构配置模式。对指导风沙区低质林

分改造和沙地综合治理,促进风沙区生态恢复和重建具有重要意义。

## 1 研究区概况

调查研究区域设在定边县长茂滩林场、靖边县沙石峁林场、横山县赵石畔林场和庙山林区、榆阳区巴拉素林场和古城滩林场、芹河乡前湾滩村、陕西省治沙研究所红石峡沙地植物园和神木大堡当沙地柏天然林保护区。研究区域为暖温带干旱半干旱大陆性季风气候<sup>[1]</sup>。该区域植被稀少,主要分布有耐干旱、耐瘠薄、耐风蚀沙埋的灌木植物和草本植物,乔木树种稀少,多为乡土树种和近年引进发展的治沙造林树种。

## 2 调查内容与方法

野外调查采用标准地法,并搜集研究区域的档

收稿日期:2004-12-14 修回日期:2004-12-27

基金项目:国家科技攻关项目“黄土高原北部连片沙地高效开发利用技术示范区”(2002BA517A04);陕西省科技攻关项目“榆林风沙区综合治理与农林牧复合经营关键技术研究”(2002K02G9-5)

作者简介:王子玲(1956-),女,陕西吴堡人,高级工程师,主要从事经济林栽培和荒漠化治理研究工作。

\*\* 通讯作者:高保山。

案资料和历年经营情况。选择有 20 a 以上封育历史的历年造林管护林地的人工——自然复合群落,对群落稳定、长势较优、土壤侵蚀较轻的 44 种典型植被模式设置 30 m×30 m 的标准地,调查群落结构、树种组成及其配置密度、植被盖度、地被物(地表结皮、苔藓、枯落物)的多少、群落的生长状况、土壤侵蚀强度<sup>[2]</sup>。

3 结果与分析

3.1 原流动沙地迎风坡植被

原流动沙地沙丘迎风坡,通过飞播、封禁、沙坡中下部搭设草沙障、煤矸石沙障,采用前挡后拉的方法造林。原分布于沙丘顶部稀疏的沙柳等植物因风蚀局部加重和水分亏缺而死亡。经 20 a 以上反复造林,形成了以灌丛沙堆为主的平缓的蜂窝状固定、半固定沙地(表 1)。其植被演替模式可归纳为一年

生的沙米、沙蓬,多年生的沙竹和少量的灌木<sup>[1]</sup>,在封育条件下自然侵入和人工植入物种的影响下,逐渐演变为以油蒿、柠条、沙柳、踏郎、沙地柏、白柠条、紫穗槐、草木樨、沙打旺为优势种的植物群落,流动沙地逐渐变为固定、半固定沙地,植被盖度达到 30%~60%,此后个别地方又植入合作杨、小叶杨和樟子松等乔木,逐渐形成了以这些乔木树种为优势种的林分,群落多度明显增加,种的优势度进一步显现。特别是一些林草盖度大,以乔木为优势种的林分,个别地方植被生长状况较差,部分浅根性的物种因水分胁迫而死亡,一些深根性植物也因竞争而退出群落。部分地段由于天牛、木蠹蛾、鼠、兔的危害和灌木未按时刈割等原因,使得林木长势衰退,牛心朴子和短命草本植物增多,地表发生鳞片状沙化斑块,预示着局部植被在发生退化性演替。

表 1 原流动沙地迎风坡植被建设状况

Table 1 Constructed situations of vegetation on sand-drift slopes

群落结构		配置密度		植被盖度		地被物	群落生长情况	土壤侵蚀分级
优势种	伴生种	乔木/株 ·hm <sup>-2</sup>	灌木/丛 ·hm <sup>-2</sup>	乔木 郁闭度	灌草 盖度			
沙柳	柠条、花棒、踏郎、紫穗槐、沙蒿		1 170		0.25	少	优势种退化,长势一般	重度
油蒿	沙地柏、柠条、紫穗槐、花棒		3 780		0.36	较少	演替,长势较好	中度
紫穗槐	沙柳、柠条、沙蒿		2 070		0.47	较多	长势衰退,急待平茬	轻度
踏郎	花棒、沙蒿		4 410		0.62	多	稳定,长势良好	轻度
柠条	油蒿、沙地柏、紫穗槐		1 755		0.54	多	稳定,长势良好	轻度
白柠条	白茨、沙枣		1 140		0.30	较多	稳定,长势良好	中度
沙地柏	油蒿		1 320		0.34	少	稳定,长势良好	中度
小叶杨	柠条、沙蒿、沙柳	330	765	0.14	0.19	多	退化,长势较好	中度
沙枣	白柠条、沙蒿	225	1 020	0.19	0.26	较多	稳定,长势良好	轻度
樟子松	柠条、紫穗槐、踏郎、油蒿、沙地柏	540	630	0.25	0.20	较少	稳定,长势良好	轻度

3.2 原沙区丘间地和下湿滩地植被

该地类沙层具有良好的通透性和防蒸发能力,水分存贮丰富,个别地方有积水现象,原有乌柳自然分布,形成了独特的柳湾林。由于乌柳可以用于柳编,具有较高的经济价值,所以人为破坏严重。个别地方沙柳成为优势种,后人工植入合作杨、河北杨、

旱柳、沙棘、紫花苜蓿等植物,尤其是以沙棘为灌木种的乔灌混交林长势良好。随着沙丘顶部的削平,丘间地的沙埋,形成了以杨柳为主的岛状用材片林。这些片林已有 30 a 多的历史,杨树到了采伐期,且天牛危害严重,而部分地段上增加了樟子松、臭椿等树种进行改造的林分,长势明显好转(表 2)。

表 2 原流动沙地丘间地植被建设状况

Table 2 Constructed situations of vegetation on the ground among dunes

群落结构		配置密度		植被盖度		地被物	群落生长情况	土壤侵蚀分级
优势种	伴生种	乔木/株 ·hm <sup>-2</sup>	灌木/丛 ·hm <sup>-2</sup>	乔木 郁闭度	灌草 盖度			
乌柳	沙柳、樟子松	600	2 910		0.65	较多	乌柳退化,乔木生长良好	轻度
合作杨	沙棘、柠条、臭椿	660	1 740	0.68	0.23	较多	合作杨过熟退化,生长一般	轻度
旱柳	沙棘、沙柳、白榆	255	2 385	0.47	0.30	多	稳定,生长良好	轻度
樟子松	沙柳、沙地柏、紫穗槐	615	1 245	0.46	0.39	较少	稳定,生长良好	轻度
怪柳	乌柳、白茨、沙枣、小叶杨	75	2 625	0.09	0.54	多	稳定,生长良好	轻度

3.3 原平缓沙地植被

原平缓沙地经过多年的治理,基本上处于固定、半固定沙地。自然植被多为油蒿,沙地柏、柠条、白柠条、沙柳、白茨等形成的纯林或灌丛沙堆,一些地段分布小叶杨、旱柳、沙枣、白榆等乔木树种,还有绵蓬、沙米、沙蓬、沙竹、苦豆子、沙生冰草、紫云英等草本植物。在封育条件下,通过搭设沙障,栽入紫穗槐、花棒、踏郎、沙棘等灌木混交,引入樟子松、油松、杜松、合作杨、旱柳、白榆、沙枣等乔木搭配,使原群落结构发生显著改变。灌木种经历了10 a左右的旺盛生长期后,油蒿群系中增加的沙地柏占据主导地位,沙柳群系中增加的踏郎占据主导地位,柠条、紫穗槐群系中的合作杨、樟子松、油松长势明显增

强,成为优势种(表3)。连续治理的沙地,先是一年生植物退出群落,多年生草本很快侵入且生长良好,紧接着灌木进入旺盛生长期,后来一些浅根性的灌木因缺水而死亡,植入的乔木树种,首先是杨、柳、榆、沙枣等落叶树种生长快,起防护作用早,接着开始向过熟林转化,常绿针叶树种进入旺盛生长期,达到一定的盖度后,一些落叶乔木开始退出群落,一些灌木也开始更替,出现种内自疏现象,沙地出现鳞片状面蚀,整个群落向稀树灌木干草原的景观格局演替。其中一部分稳定性较差,处于退化阶段的林分和过熟林被定为改造的对象,需要对其群落结构、配置密度、盖度作出新的调整,以便充分发挥林木的生态功能。

表3 原平缓沙地植被建设状况

Table 3 Constructed situations of vegetation on gentle sandy grounds

群落结构		配置密度		植被盖度			群落生长情况	土壤侵蚀分级
优势种	伴生种	乔木/株·hm <sup>-2</sup>	灌木/丛·hm <sup>-2</sup>	乔木郁闭度	灌草盖度	地被物		
油蒿	柠条、紫穗槐、沙棘、合作杨	240	4 185	0.07	0.42	较多	稳定,生长良好	轻度
沙地柏	油蒿、柠条、杜松	330	2 430	0.05	0.40	较少	稳定,生长良好	轻度
踏郎	花棒、紫穗槐、沙蒿、沙柳		4 650		0.65	多	稳定,生长良好	轻度
柠条	白榆、沙蒿	255	2 070	0.14	0.60	多	稳定,生长良好	轻度
合作杨	紫穗槐、柠条、油蒿	660	1 050	0.24	0.18	较少	杨树退化,向灌木方向演替	中度
樟子松	油蒿、踏郎、紫穗槐、白柠条	660	1 005	0.35	0.17	较多	灌木退化	轻度
油松	合作杨、紫穗槐、白柠条、沙棘	930	1 290	0.49	0.20	多	合作杨退化,油松自疏	轻度
旱柳	沙柳、柠条、踏郎	210	1 215	0.17	0.15	较少	灌木退化	重度
沙柳	沙蒿、花棒		1 890		0.35	较多	开始退化性演替	重度

3.4 覆沙黄土地治理后的植被

长城沿线的覆沙黄土地多是由粒径较细的沙粒越过黄土梁顶,风速减缓,产生沉降堆积于东南坡顶而形成的。这一地类由于沙层有良好的存贮降水和防蒸发特性以及黄土层较好的土壤肥力条件,具有较好的林木适生环境。从表4可看出,原生树种基本上是以柠条、白柠条为主的群落,伴生杠柳、河朔莢花、沙蒿以及白榆、小叶杨、旱柳、银白杨、河北杨等乔木树种的稀疏林地。后人工植入原生种外,还植入油松、樟子松、刺槐、杜松等树种,一些地方已郁闭成林。调查中发现一些以杨树为主的阔叶林地,长势衰弱,白头沙蓬等一年生植物的出现,预示着植被开始退化;一些油松密植林,由于栽植密度过大,原生灌木柠条也大部分死亡,生物多样性明显降低,地表发生鳞片状侵蚀,林地土壤水分条件变差,且森林火险加重。这些现象表明,营造以原生灌木种群为主的乔灌混交林,应严格控制乔木栽植密度。

3.5 沟边、梁顶、河谷边坡治理后的植被状况

该地类主要分布以柠条为优势种的群落,伴生

种主要有胡枝子、蒙古莢、河朔莢花、银白杨、白榆、刺槐、酸枣、文冠果等,个别地方人工植入油松、刺槐、侧柏、圆柏、云杉等树种。从表5可看出,梁顶阳坡油松、刺槐、白榆表现较好,阴坡云杉、圆柏生长较好,石质地面侧柏生长较好。

3.6 沟道治理情况

长城沿线的沟道历史上记载为该区域森林分布的尾间地区,曾有小叶杨、杜梨、山杏、油松、杜松、旱柳等树种的天然林分布。这些沟道随着坝系的建设,农田水利的发展,已开发为高产农田,林木多为保护农田而设置的农田防护林。造林树种主要以杨、柳为主,沿河道、农田呈带状、网状分布。目前这些乔木多数到了采伐期,局部天牛等病虫害危害严重。调查中发现,一些地方在原杨柳为主的林中,加入臭椿、国槐、小叶白蜡、复叶槭、云杉、杜松、油松、枣、杜梨、沙棘、乌柳等树种,无论生长还是防护效益均较好(表6)。

3.7 农田、道路、水域地段植被

这些地段水分条件较好,经调查发现,原以杨树

为主的农田林网严重老化,护路林树种单一,病害严重;水域防护林树种单一,抗冲蚀作用差。个别地方在农田林网中加入枣树,枣粮间作,在原以合作杨为主的护路林中加入臭椿,并和沙棘行间混交,形成了较好的隔离墙,更新后的林木生长良好;水域防护林增加怪柳、乌柳、毛桑、沙棘等灌木树种后,抗冲抗蚀作用明显增强(表7)。

表 4 覆沙黄土地治理后的植被建设状况

Table 4 Constructed situations of vegetation on loess covered with sand under control

群落结构		配置密度		植被盖度		地被物	群落生长情况
优势种	伴生种	乔木/株 · hm <sup>-2</sup>	灌木/丛 · hm <sup>-2</sup>	乔木 郁闭度	灌草 盖度		
柠条	小叶杨、杠柳、樟子松	300	1 890	0.22	0.37	较多	稳定,生长良好
沙棘	柠条、紫穗槐、小叶杨、旱柳	345	1 635	0.27	0.25	多	稳定,生长良好
旱柳	柠条、紫穗槐、河朔莠花、沙蒿	285	1 710	0.24	0.32	较多	稳定,灌木需刈割
银白杨	柠条、紫穗槐	690	1 470	0.32	0.19	多	生长良好,银白杨过熟、根蘖苗生长快
油松	柠条、沙地柏、沙蒿、紫穗槐、河北杨	735	1 740	0.46	0.17	多	油松自疏、柠条、紫穗槐退化
白榆	柠条、沙蒿、河朔莠花	330	2 010	0.25	0.31	较多	白榆虫害严重,灌木需刈割
刺槐	柠条、紫穗槐、沙棘、银白杨	660	1 800	0.37	0.25	较多	稳定,灌木需刈割
沙枣	怪柳、白茨、河北杨、白柠条	300	1 155	0.16	0.24	少	稳定,生长良好

表 5 沟边、梁顶、河谷边坡植被状况

Table 5 Constructed situations of vegetation on ridge tops and banks of gully and valley

群落结构		配置密度		植被盖度		地被物	群落生长情况	土壤 侵蚀 分级
优势种	伴生种	乔木/株 · hm <sup>-2</sup>	灌木/丛 · hm <sup>-2</sup>	乔木 郁闭度	灌草 盖度			
柠条	白榆、侧柏、蒙古莠、胡枝子	105	1 035	0.04	0.19	少	稳定,阳坡生长良好	中度
万寿菊	侧柏、云杉、油松、胡枝子	240	1 140	0.09	0.17	较少	稳定,阴坡生长良好	中度
油松	柠条	540	1 260	0.33	0.27	多	稳定,梁顶生长良好	轻度
刺槐	柠条、河朔莠花	630	1 305	0.29	0.22	较少	稳定,阳坡生长良好	中度

表 6 沟道治理情况调查表

Table 6 Constructed situations of vegetation in valleys

群落结构		配置密度		植被盖度		地被物	群落生长情况	土壤 侵蚀 分级
优势种	伴生种	乔木/株 · hm <sup>-2</sup>	灌木/丛 · hm <sup>-2</sup>	乔木 郁闭度	灌草 盖度			
小叶杨	沙棘、乌柳、国槐	840	690	0.62	0.20	多	稳定,生长良好	轻度
合作杨	白蜡、云杉、毛桑、怪柳	1 005	510	0.71	0.13	多	合作杨过熟,有虫害	轻度
旱柳	复叶槭、臭椿、怪柳	630	540	0.54	0.16	多	生长旺盛	轻度
杜梨	沙棘、山杏、枣、怪柳	1 050	645	0.75	0.25	多	有虫害	轻度

表 7 农田、道路、水域地段植被建设状况

Table 7 Constructed situations of vegetation around farmlands, along roads and banks of river

群落结构		配置方式	配置密度		地被物	群落生长情况	土壤侵 蚀分级
优势种	伴生种		乔木株行距/m	灌木株行距/m			
合作杨	沙棘、杜梨、臭椿	乔灌行间混交	3×3	3×2	多	生长良好	轻度
新疆杨	沙棘、枣	乔灌行间混交	3×2.5	3×1.5	较多	生长良好	轻度
樟子松	紫穗槐	乔灌株间混交	3×2	3×1.5	少	灌木生长差	中度
旱柳	乌柳、毛桑	乔灌株间混交	4×3	4×3	多	生长良好	中度
垂柳	新疆杨、沙棘、杜梨	乔木株间混交; 乔灌行间混交	3×5	3×2	多	生长良好	中度

4 不同立地防风固沙林体系结构优化配置模式

4.1 风沙区防风固沙林体系建设的整体布局构想

根据调查结果和榆林风沙区的自然地理特征以及该区域防风固沙林体系建设的实际需要,在遵循适地适树、适地适草和乔灌草结合、多林种多树种结合原则的基础上<sup>[2]</sup>,依照植被演替的规律和各种种

的生态学和生物学特性,提出了榆林风沙区不同立地类型区防风固沙林体系建设的整体布局构想。

4.1.1 流动沙丘迎风坡 针对该立地类型区的具体特点,先在新月型沙丘、沙垄迎风坡中下部搭设麦草方格沙障,雨季来临前飞播或撒播沙米、沙打旺、草木樨、柠条、花棒、踏郎、沙蒿等,待沙地固定后,再植入紫穗槐、沙地柏等灌木,沙丘上部被风力削平后,再根据沙地固定情况,植入樟子松、沙枣等树种<sup>[3]</sup>,以改善林分质量,提高防护效益。

4.1.2 流动沙地丘间地 流动沙地丘间地多形成以杨柳为主的岛状乔木用材林和柳湾林。当沙丘被风削平,丘间地沙埋一定厚度,水分逐渐枯竭,这时就应及时伐掉那些已成材的树木,以减少其盖度,同时应植入樟子松、杜松、沙棘等经济价值更高的树种,以改善其结构,促进综合防护效益的提高。

4.1.3 平缓沙地 平缓沙地经过 50 a 多的建设,基本上处于固定、半固定沙地,自然多分布油蒿、沙柳、(白)柠条、踏郎、白茨等形成的纯林或灌丛沙堆,一些地段分布合作杨、小叶杨、旱柳、沙枣、油松等乔木树种,植物种还有绵蓬、沙生冰草、紫云英等。目前,这些地区的植被在经历了复杂的演替过程,盖度稳定在 0.4~0.6,达到了顶极群落,原有的杨、柳林已到了成熟或过熟林,从林分的稳定角度考虑,应及时伐掉已成材的树木和枯立木,在原有林分中增加一些乔木、灌木和草种,促进其持续稳定发展。

4.1.4 覆沙黄土地 以营造防护林为主,立地条件好的地方可以发展用材林。在植被建设时,应详细考察原生优势种群,以确定树种的配置。先在覆沙地上搭设麦草沙障,播入沙打旺、草木樨、紫花苜蓿等草种,使植被盖度迅速增大,利用豆科植物的固氮作用增加土壤肥力,加大原生优势灌木种的植入量,并从促进生物多样性的角度,选择植入柠条、紫穗槐、沙棘、沙地柏等灌木种,待林草盖度增大能抑制风蚀后,再植入白榆、小叶杨、银白杨、河北杨、合作杨、旱柳、沙枣、樟子松、刺槐等乔木树种。加强林地管护,按时刈割灌草,清除病虫害,可促进根系的生长、复壮树势、促进萌蘖、消除病虫害,提高开花结实率,确保林分稳定。

4.1.5 沟边、梁顶、河谷边坡 这些特殊地段主要营造以柠条、紫穗槐、酸枣、蒙古莠、胡枝子等为主的灌木防风林,立地条件较好的地方可栽植白榆、侧柏等乔木树种;梁顶主要营造以豆科牧草、柠条等优势灌木种和少量刺槐、油松等乔木为主的乔灌木混交林。治理初期,要结合鱼鳞坑整地等水土保持工程措施,

采用抗旱造林新材料、新技术以提高造林成活率和保存率。

4.1.6 沟道 长城沿线沟道均较宽、水分条件较好,是该区域营造用材林的最适地区。先伐掉一部分已成材的和感病严重的杨树,再植入耐盐碱的合作杨、小叶白蜡、臭椿、杜梨、复叶槭、云杉等乔木树种,水蚀严重的地方植入柞柳、乌柳、沙棘、毛桑等灌木树种,以增强防冲固土作用。

4.1.7 农田、道路、水域地段 这些地段水分条件较好,应主要发展用材林,仍要以杨、柳为主,个别地方可发展经济林。一方面要加强原以杨柳为主林网的改造,增加树种,植入新疆杨、臭椿、刺槐、火炬树、小叶白蜡、枣、油松、杜松、侧柏、云杉、圆柏、垂柳等抗病虫害强的树种;另一方面要加强对原有林木资源的抚育管护。

## 4.2 风沙区防风固沙林体系建设的优化配置模式

根据以上不同立地类型区植被建设和演替状况的调查结果,总结历年来防风固沙林体系建设的经验与教训,筛选提出了适合不同立地类型区的防风固沙林体系结构优化配置模式<sup>[4]</sup>(表 8)。

## 5 结语

水是制约榆林风沙区造林成活、生长的关键因子<sup>[5]</sup>。按照稀树灌木干草原这一地带性植被特征,因地制宜地安排低耗水的林种、树种,留足冠幅 3 倍左右的营养面积,成林盖度保持在 0.33~0.55;在全面封育条件下,防风固沙体系结构配置,需要结合飞播和必要的工程措施,采用先进的抗旱造林新技术、新材料,配置好乔灌木比例,遵循沙区植被的演替规律,积极人为干预,沙地乔木树种控制在 255~660 株/hm<sup>2</sup>,灌木树种控制在 900~1 800 丛/hm<sup>2</sup>,先植入草灌及耐风蚀沙埋的树种,后逐渐植入乔木的办法营造乔灌木混交林;不同立地条件类型,具有不同的建群种,按照调查结果,选择乡土优势种,充分考虑生物多样性,按照豆科与非豆科、常绿与阔叶、深根与浅根、速生与慢生相结合,以及种间相生相克、林地防病、虫、鼠、兔和防火的需要,选择能发挥其立地最大潜力的植被配置模式;加强原有林分抚育管护,灌木 5 a 左右平茬一次,及时伐除病虫害木和已成材的树木;榆林风沙区除沟道、道路、水域、农田、丘间地等地下水充分充足,人为管护容易的地方可适当发展用材林和经济林外,其它立地类型区主要营造能充分发挥其生态功能的防风固沙林、水土保持林和薪炭林。

表 8 榆林风沙区不同立地类型区防风固沙林体系结构优化配置模式

Table 8 Modified modes of structure configuration for sand - break forest system on various site types

立地类型	原有优势种	植入共建种	配置方式与造林方法
流动沙丘 迎风坡	沙柳、沙米、沙竹	柠条、踏郎、沙打旺、草木樨、樟子松、花棒	搭设草方格沙障,营养袋栽植,使用抗旱保水新材料和生根粉。密度:乔木 255 株/hm <sup>2</sup> ,灌木 1 200 ~ 1 800 穴/hm <sup>2</sup> ,株间或行间混交,撒播牧草,群落稳定的林草盖度保持在 0.5 以上。
	油蒿、绵蓬 踏郎、沙竹 白柠条、绵蓬 柠条、冰草	沙地柏、杜松、樟子松、柠条、小叶杨、紫穗槐、草木樨 樟子松、花棒、柠条、沙蒿、沙打旺、草木樨 沙枣、白茨、花棒、踏郎、樟子松、紫穗槐、沙地柏、沙蒿、沙打旺、草木樨 紫穗槐、沙地柏、樟子松、小叶杨、沙打旺、草木樨	
流动沙地 丘间地	乌柳	沙棘、樟子松、白榆、紫穗槐、紫花苜蓿、沙打旺	营养袋栽植,灌木每隔 3 ~ 5 a 平茬一次。每公顷栽乔木 660 株,灌木 1 800 穴,株间或行间混交,撒播豆科类牧草,成林或改造后的林草盖度保持在 0.6 左右。
	乌柳、沙柳 合作杨、沙棘 旱柳、沙柳 怪柳	合作杨、臭椿、旱柳、紫穗槐、沙棘、紫花苜蓿、沙打旺 臭椿、樟子松、柠条、沙地柏、紫花苜蓿、沙打旺 沙棘、紫穗槐、怪柳、白榆、樟子松、紫花苜蓿、沙打旺 紫叶小蘖、四翅滨藜、白茨、沙枣、新疆杨、樟子松、白柠条、沙打旺	
平缓 沙地	沙柳	沙蒿、踏郎、花棒、紫穗槐、樟子松	搭设草方格沙障、乔木套笼栽植,针叶树种营养袋栽植,应用抗旱节水新材料。每公顷栽乔木 255 ~ 330 株,灌木 1 200 ~ 1 800 穴,撒播豆科类牧草,顶极群落盖度稳定在 0.4 左右。
	油蒿 沙地柏 踏郎 柠条 合作杨 樟子松 旱柳	柠条、紫穗槐、沙棘、合作杨、樟子松、沙地柏 柠条、紫穗槐、杜松 花棒、紫穗槐、杜松、沙蒿、樟子松 沙蒿、白榆、樟子松、沙枣 沙棘、紫穗槐、柠条、樟子松、臭椿 踏郎、白柠条、紫穗槐、沙枣 紫穗槐、柠条、沙棘、小叶杨、油松	
覆沙 广布数据	柠条、杠柳	紫穗槐、小叶杨、樟子松、沙打旺、紫花苜蓿、沙枣	搭设带状沙障,推广应用生根粉、保水剂等抗旱造林新材料。每公顷栽乔木 330 ~ 660 株,灌木 1 800 穴,行间或带状混交,飞播或撒播牧草,顶极群落盖度稳定在 0.4 ~ 0.5。
	沙棘、小叶杨 旱柳、沙柳 银白杨 油松 白榆 刺槐 沙枣、杨北杨	柠条、紫穗槐、合作杨、旱柳、樟子松、杜松、沙打旺 柠条、踏郎、紫穗槐、沙蒿、樟子松、沙打旺、草木樨 柠条、紫穗槐、沙棘、沙枣、樟子松、臭椿、沙打旺 柠条、沙地柏、紫穗槐、河北杨、沙打旺、紫花苜蓿 河朔莢花、柠条、沙枣、沙地柏、沙打旺、紫花苜蓿 柠条、紫穗槐、踏郎、沙棘、银白杨、沙打旺 怪柳、臭椿、花棒、白柠条、樟子松、沙打旺	
沟边、梁 顶、河谷 边坡	阳坡柠条	白榆、侧柏、蒙古栎、胡枝子	鱼鳞坑整地,覆膜,使用保水剂。每公顷栽植乔木 220 ~ 660 株,灌木 1 050 ~ 1 200 穴,行间或带状混交,撒播牧草,成林后盖度稳定在 0.3 ~ 0.5。
	阴坡柠条 梁顶白榆 梁顶油松 刺槐 银白杨	小叶杨、杜松、云杉、圆柏、紫穗槐、胡枝子 柠条、油松、紫穗槐、沙棘 柠条、紫穗槐、河朔莢花、胡枝子 柠条、沙棘、油松 柠条、毛桑、沙棘、刺槐	
沟道	小叶杨	沙棘、乌柳、白蜡、云杉、国槐	打谷坊,栽活柳桩。每公顷栽植乔木 660 ~ 1 230 株,灌木 900 穴,行间或株间混交,水生草甸自由生长,成林郁闭度保持在 0.7 以上。
	合作杨 旱柳 杜梨	毛桑、沙棘、怪柳、杜梨、白蜡、云杉 怪柳、乌柳、复叶槭、臭椿 沙棘、山杏、枣、怪柳、合作杨、臭椿	
农田、 道路、水 域地段	合作杨	沙棘、杜梨、臭椿、国槐	大苗带土栽植,加强修剪和管护。按行栽植,乔灌木间混交。乔木株间混交,株行距 2 ~ 4 m × 3 ~ 5 m,灌木株行距 1.5 ~ 3 m × 3 ~ 4 m。
	新疆杨 樟子松 旱柳 垂柳	沙棘、毛桑、复叶槭、枣 紫穗槐、杜梨、白蜡 乌柳、沙棘、毛桑、国槐、合作杨 新疆杨、沙棘、杜梨、毛桑、云杉	

参考文献:

[1] 李广毅,周心澄,王忠林,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): 36-69.

[2] 高保山,张曦,李广毅,等.生态脆弱带神府东胜矿区植被建设技术研究[J].西北林学院学报,2000,15(增刊): 33-39.

[3] 周心澄,李广毅,薛智德,等.毛乌素沙地生态经济型防护林

体系效益研究[J].水土保持研究,1995 2 (2): 2-35.

[4] 朱灵益,宝音.毛乌素沙地乔灌木立地质量评价[M].北京:中国林业出版社,1992.

[5] 高保山,朱首军,张曦,等.生态脆弱带工矿区植被恢复与重建制约因子的研究[J].西北林学院学报,2000,15(增刊): 27-32.