

毛乌素沙地生态经济型防护林体系结构研究※

(技术总报告)

李广毅 周心澄 王忠林 廖超英 高国雄
李会科 薛智德 肖智 吕悦来 武永昌 郭建斌 尹忠东
(西北林学院 陕西杨陵 712100)

摘 要 根据毛乌素沙地的自然地理特征,沙地被分为北、南两个一级区及六个二级区,以动态仿真理论为依据,以C语言编制模型,分区对土地结构调整进行了分析,提出了近期和远期的土地利用优化结构。继而对林业内部土地利用结构,即林种结构进行了探讨,并在此基础上对七个主要林种的配置结构作了具体分析,提出了53个造林模式,同时采取组装配套的方式对生态经济型防护林体系建设设计了整体和局部的模型。

关键词 毛乌素沙地 生态经济型 防护林体系 结构

Study on Structrue of Eco—Economical Type of Protection Forest System to Maowusu Sandy Land

*Li Guangyi Zhou Xincheng Wang Zhonglin Liao Chaoying Gao Guoxiong
Li Huike Xue Zhide Xiao Zhi Lu Yuelai Wu Yongchang Guo Jianbin Yin Zhongdong*

(Northwestern College of Forestry Yangling Shaanxi 712100)

Abstract According to the characteristics of physical geography of the MaoWusu desert, the sand land have been classified into two first—class zones of its north and sorth parts, and six second—class subzones. On the basic of dynamic simulation theory, the models were compiled with the computer language C. The adjustification of land composition in each sub—zones were analyzed and the recent and long—term optimized structures for land use have also been put forword. Forthemore, we have discussed the land use structure in the forestry section, ie, the forest—type structure, and use it as the basis to concretely analyze the spacial patten of the seven dominant forest—types. 53 afforestation types have been put forward, meanwhile, we heve designed the overall and partial models for construction of the eco—economic types of shelter

① 收稿日期:1995—03—20

systems, by employing the method of installation and matching each other.

Key words Maowusu desert eco-economic types shelter systems structure.

第一部分 研究区概况及研究方法

1 研究区自然地理条件

1.1 自然地理基本情况

毛乌素沙地位于北纬 $37^{\circ}30'$ ~ $39^{\circ}20'$, 东经 $107^{\circ}20'$ ~ $111^{\circ}30'$ 。面积 4 万 km^2 , 其中包括内蒙古伊克昭盟, 陕北榆林地区和宁夏东北部。

毛乌素沙地具有中温带气候, 属荒漠草原—干草原—森林草原的过渡地带。其年降水 260~450mm, 干燥度 1.0~2.5。在热量条件方面则处于由中温带向暖温带的过渡地带。具有固定—半固定沙丘向黄土丘陵过渡的机制与地貌特征, 兼具风蚀、风积与水土流失的特点。

就植被地理来说, 在上述过渡性气候与地质地貌的背景条件下, 毛乌素沙地具有从西北部的超旱生半灌木荒漠, 经灌丛沙丘而向森林草原与落叶阔叶林地带过渡的特征, 其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。

上述三方面的自然地理背景在很大程度上决定了毛乌素沙地防护林建设在造林类型与植物种选择方面的基本原则与方向。在结构上, 应以沙生及早生灌木网带为基本构架, 结合以局部的乔木树种与草地的栽植模式, 因地制宜地构成各类“草(灌木)—林—农”的复合系统。这是由其自然地带性所决定的, 生态经济型防护林体系的建设也不能违背这一客观规律。

1.2 气候特征

在大气环流方面, 毛乌素沙地受到西北部与北部蒙古—西伯利亚大陆高压的控制; 夏季降水系统则受到东南季风的影响。致使这里的水份状况明显地形成由东南向西北的梯度。年平均降水量东南部为 440mm, 向西递减至 250mm, 7~9 月降水约占全年的 60%~70%, 尤以 8 月最多。

毛乌素沙地在热量方面可划分为两个亚带, 即北中温亚带与南中温亚带, 大致以南中温亚带的界限为分界线, 即大于 10°C 积温 $3\,000^{\circ}\text{C}$ 与 1 月均温 -10°C 等直线为界。

从干燥度或水热平衡条件看, 毛乌素沙地基本上处于干旱区, 其中部大部分地区的降水在 300~400mm 之间, 蒸散率为 1.1~1.7。沙丘是最典型的景观, 不同厚度的沙层上生长有灌木和沙蒿 (*Artemisia*) 及其他草本植物, 当地称为“巴拉”。沙丘间的低地水份条件较好, 常有天然生长的沙柳 (*Salix psammophica*) 灌丛, 当地称为“柳湾”。

1.3 植被与土壤特征

毛乌素沙地的植被可以划分为三个地带与三大类群。从植被地带来说, 其西部边缘属于向荒漠过渡的荒漠草原亚地带, 占 90% 以上的中部和东部则属于干草原亚地带。在东南缘, 开始向森林草原过渡, 但由于沙基质的覆盖, 在植被上差异不显著, 一般仍划为干草原亚地带。本区的三大植被类群是梁地上的草原与灌丛植被, 半固定、固定沙丘与沙地上的沙生灌丛, 滩地上的草甸、盐土与沼泽植被。与其相对应的土壤类型是梁地上的栗钙土和淡栗钙土, 沙地上的各类风沙土, 以及滩地上的草甸土, 盐碱土和沼泽潜育土。毛乌素沙地大部分位于淡栗钙土干草原地带, 向西北过渡到棕钙土半荒漠地带, 向东南过渡为黄土高原暖温带黑垆土地带, 恰处于几个自然地带的过

渡地区。

1.4 水文条件

毛乌素沙地与全国各沙漠、沙地相比较,最突出的特点是水份条件较好。地表迳流达 14 亿 m^3 ;东南部有若干河流注入黄河,主要有无定河、秃尾河、窟野河等;可利用水量约 4 亿 m^3 。内陆水系多年平均迳流量为 1.05 亿 m^3 。长城沿线沙区还有内陆海子 200 余个。本区东南部地下水,潜水补给条件好,地下水相当丰富,埋藏浅,水质良好。

2 社会经济条件

毛乌素沙区包括内蒙古自治区伊克昭盟的南部(伊金霍洛旗南部、乌审旗、鄂托克旗南部),陕西榆林地区北部(神木、府谷、榆林、横山、靖边、定边六县的北部和佳县西北一小部分)以及宁夏回族自治区的盐池、灵武、陶乐,共计 14 个县旗的 151 个乡镇,总人口 133.45 万,农业人口 117.44 万,农村劳力 42.69 万,人口密度 34 人/ km^2 ,土地总面积 6714.86 万亩,其中,耕地面积约占总土地面积的 6%,以旱地为主,一年一熟,产量低而不稳。

本区草场辽阔,类型多,有悠久的畜牧业发展历史。本区草场面积有 3 111 万亩,占总土地面积的 46.3%,草原类型有干草原类草场,沙生植被类草场,沼泽草甸类草场等,产草量 100~150kg/亩,牲畜以羊为主,大家畜次之。毛乌素沙地有林地 1 068 万亩,林地包括天然灌木林,防护林和经济林等。

本区有丰富的矿产资源,煤、石油、天然气等蕴藏量大,对本区的经济发展起重要作用。

3 研究方法

毛乌素沙地森林植物条件类型复杂,生态经济型防护林体系的结构在各个类型上也有不同的模式,从理论上讲,其模式是千差万别的。森林植物条件类型也称“立地类型”。立地,在林学中的概念,同生态学中的生境具有同一含义,是指植物生长某一范围的地段作用于植物环境条件的总体,包含影响植物生存、生长的非生物的生地因子。在不同的立地类型上进行“结构”的研究,我们约定了以下原则:

3.1 研究的原则

3.1.1 宏观分区原则 “体系”的研究是大尺度的研究,探讨“体系”的“结构”,无论是其外延部分—土地利用结构,还是其内涵部分—林业内部结构,都必须依据自然条件的差异,采用分区的原则。为加强研究成果的可行性,在充分考虑到自然地带性外,同时保持乡镇行政区划的完整性,并尽量利用地方的研究成果。在一级分区中,以“毛乌素沙区自然条件及其改良利用”^[1]的分区为基准;在二级分区中,采用“陕西省榆林地区农业区划”^[2]中农业综合分区成果;对于毛乌素沙区内蒙古部分,也依据上述原则划分为三个亚区(表 1-1)。分区结果如下(图 1-1)。

3.1.2 典型分析原则 在森林立地类型的划分中,森林立地类型仍有广阔的地域范围,限于各种条件,在“体系”效益的观测分析上,不可能面面俱到,我们结合标准地调查,选择典型地段进行观测分析。

3.1.3 组装修套的原则 由于林木的生长周期长,研究工作不可能一切都重新设计、施工、再进行观测,主要在现有林分的基础上,“择优伐劣”“去粗取精”,采取组装修套的方法,结合对有关问题的研究成果,进行林种的设计,再拿到实践中去检验。试验区设在榆林市金鸡滩乡海流滩村。

3.1.4 量化分析的原则 在标准地调查的基础上,采取定性定量相结合的方法进行,其定量方法依据采集的数据,分别用数理统计、系统动力学等数量化方法进行分析,以加强研究的科学性。

3.2 标准地调查方法

3.2.1 准备工作 调查前首先收集本区气象、地貌、土壤、植被、水文以及社会经济等方面的资料和图件,研究和制定调查方案,确定调查内容和指标。在调查期间,对调查区进行了两次路线踏查,确定不同土地类型、林分结构、及标准地的分布,使所调查的标准地能均匀分布,确保在调查区内具有典型性和代表性。

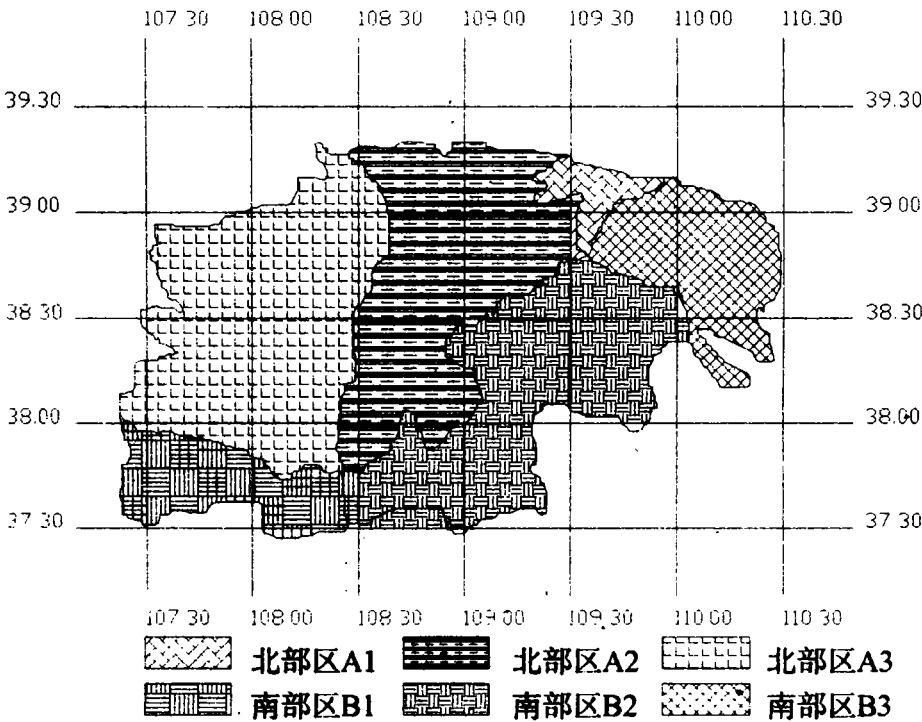


图 1—1 毛乌素沙地土地结构调整分区图

北部区(称为 A 区):以牧业为主的毛乌素沙区北部

A1 区:东部亚区(风沙草滩粮畜区);A2 区:中部亚区(风沙草滩畜牧区);A3 区:西部亚区(风沙草滩畜牧区)。

南部区(称为 B 区):农林牧相结合的毛乌素沙区南部

B1 区:西部亚区(风沙草滩畜牧区);B2 区:中部亚区(风沙草滩粮畜区);B3 区:东南亚区(窟野河上中游城郊型农业区)。

3.2.2 标准地调查面积的大小和数量的确定 在踏查的基础上,选择具有代表性的标准地,标准地应含各林种的各种结构,并在数量上保证。可以从下列公式求得预估要调查的标准地数量:

$$N = (t_{\alpha} \frac{S\bar{X}}{\Delta\bar{X}_a})^2 + 1$$

式中: $\Delta\bar{X}_a$ ——在 $1-\alpha$ 可靠性的平均值误差; t_{α} ——误差 α 的 t 分布双侧分位数表值; $S\bar{X}$ ——标准差; n ——标本数。

标准地调查面积和数量之间有一定的关系。依据专家信息和“七五”工作实践经验,标准地以 10m² 大小为宜。同时规定,反映标准地结构特点的树种调查株数应不小于 10 株。标准地的形状:片林为长方形;带林为长条形。

本项研究共调查标准地 1 380 块。

3.3 标准地的设置

标准地的设置要全面反映毛乌素沙地立地、林种、树种的实际情况。其立地的确定参考“七五”关于立地条件划分的研究成果;林种依据《森林法》的有关规定,在林种配置的研究上,选取沙区主要林种,包括:防护林(防风固沙林、农田防护林、护路林、护牧林及水域防护林—我们把护渠林、护库林以及井、塘等水面的防护林统称水域防护林)、用材林、经济林;树种应包括毛乌素沙区的主要造林树种。

3.4 标准地的调查

3.4.1 林木调查

(1)乔木调查。 应包含毛乌素沙地各立地的主要林分结构,从宏观上划分主要为:片林、带林和散生林木(岛状分布或称“林岛”),标准地面积为:600~1000m²,同时规定在每个标准地内调查株数不小于 100 株。由于测树学数据反映了林分结构的合理性,也反映了林分的经济效益,因此,对标准地内的乔木进行了一系列的测树学调查。

按一般要求进行每木检尺,计算平均胸径,平均胸径 10cm 以下的,径级 1cm;10cm 以上的,径级 2cm;上线排外法检尺。平均胸径计算采用株数加权法:

$$D = \frac{\sum_{i=1}^n f_i d_i}{N}$$

式中: d_i ——每径级中值; f_i ——每径级株数; n ——径阶数; N ——标准地总株数。

平均树高的测定采用散点法在标准地内选出三株优势木,最大最小径级必须有 1~2 株。

在主要立地的典型结构林分中保证有两株大龄优势木的解析木,树高 10m 以上的按 2m 区分段计算;10m 以下按 1m 区分段计算。根据平均树高及径级中值查各树种二元材积表计算立木材积。

同时,调查林分郁闭度及林地的抚育管理情况。

(2)灌木调查。 在毛乌素沙地,分布的主要林种为灌木固沙林,其主要造林树种 90%以上是灌木,80 年代末到 90 年代,灌木固沙林中栽植樟子松(*pinus sylvestris* L. var. *mongolica*),但数量有限。对于林分结构而言,其优劣主要由两个指标决定,其一,生态效益,具体说即主要为防止或削弱风蚀的效益;其二,经济效益,具体说即林分的生物量。作为防风固沙林应以前者为主。因此灌木调查项目的设置即围绕以上指标进行。

根据毛乌素沙地的气候条件、植物的物候相及研究的需要,每年分春(4~5 月)、夏(7~8 月)、秋(10~11 月)三季进行。

调查项目为:灌木种的地径、丛高、灌幅、灌层厚度,并计算这些因子的平均值,据此选出三株标准株计算生物量。

表 1-1 内蒙古沙区分区气候特征表

项 目	A1	A2	A3
降雨量(mm)	403.7	370.2	275.8
无霜期(天)	137	163	151
干 燥 度	1.36	1.45	2.08
年平均风速(m/s)	3.0	3.4	2.9
大风日数(≥8 级)	9.5	29.2	50.7
冰雹日数/年	2.7	1.9	1.3

同时在标准地内观测该片林地的各项小气候因子,特别注重对风蚀的观测分析,风蚀的测定以观测输沙量及风蚀、沙埋程度。灌木的标准地为 30m×10m(图 1-2)。

本项研究,在毛乌素沙地共进行乔、灌木标准地调查 916 块,并利用“七五”期间标准地资料 464 块,共计 1 380 块。其中:西部区 348 块,中部区 813 块,东部区 219 块(表 1-2)。

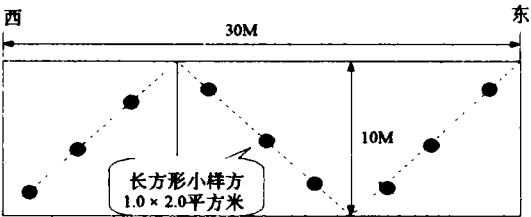


图 1-2 灌木标准地

3.4.2 农田防护林的调查与观测 农田防护林在毛乌素沙地对于农业的稳产高产具有举足轻重的地位。如果从生态经济型的角度考虑,不仅应发挥其以防止风蚀为主的综合生态效益,还应具有以提供木材为主的经济收益,因此,其调查与观测也同样围绕这两方面进行。

本次对农田防护林的观测特点是,不仅如常规在空间上采取多点进行,而且进行了时间序列的观测;不仅在现有的防护林中进行观测,而且追踪新造防护林的生长、发育过程进行观测。

农田防护林的小气候观测采取均匀布点法,每块样地设观测点 6 个,对照样地选取距测定样地迎风面 200m 以外,无林木影响或影响微弱,并且在立地条件、作物种类和管理措施均较相近的空旷地。小气候观测采取定时定位观测,每日分 5 次进行。观测项目有风速、温湿度、地温,其观测高度距地面 1.5m;梯度

表 1-2 标准地分布情况一览表

项 目	合 计	西部区	中部区	东部区
防风固沙林	576	125	346	105
农田防护林	146	32	98	16
用材林	168	40	106	22
经济林果园	27	6	12	9
护 牧 林	154	66	62	26
护 路 林	122	35	76	11
水域防护林	187	44	113	30
合 计	1380	348	813	219

观测高度取距地面层 0.2m 及 1.5m。同时进行林带结构及其配置的调查。

利用彼德洛夫经验公式计算出水分蒸发量:

$$E = d(0.35 + 0.13v)$$

式中: E——水分蒸发量; d——温湿度饱和差; v——风速。

利用德科公式计算出乱流系数:

$$k = 0.010\ 4\Delta\mu(1 + 1.38\Delta t/\Delta\mu)$$

本次研究取得了 1992~1994 年各季相农田防护林小气候的系统技术数据。分析后,找出能够发挥最大防护效益的农田防护林结构模式。

3.4.3 研究区的地貌调查 土壤的调查及分析、植被演替的调查方法见《毛乌素沙地生态经济型防护林体系效益研究(总报告)》。

第二部分 防护林体系结构数据库建立的研究

由于毛乌素沙区防沙造林历史悠久,在漫长的林业历史过程中,人们对树种的生物学特性和环境的生态学因子是逐步深化认识的,随着认识的阶段性,对防护林体系的设计也表现出复杂的阶段性。尽管榆林造林树种还是比较单纯的,但在结构上却反映着各个阶段的不同认识。同时也造成了各个林种结构千变万化,用一句俗语可以说,“没有两片相同的树叶”。这给归纳、分析带来了很大困难。因此,数据库的建立是本项研究得以进行不可缺少的环节,同时数据库也是为防护

林结构的评价提供的一种数据形式。

1 数据库的建立

防护林体系结构数据库是利用 FoxPro2.5 for Windows 数据库系统按不同的林种建立的，在建立过程中，为更好地反应实际情况，特作如下规定：

- 1、打破行政区划，按照自然地带性归属所调查的标准地及其所含的技术数据；
- 2、同一林分兼而具有两种或两种以上并列作用的，可以重复统计在两个林种内；
- 3、同一林分具有多种作用，但营造目的明确且作用主次分明，则统计在主作用的林种内；
- 4、建立数据库的参数除立地及生长量等基本参数外，以林种的经营目的为主要依据。

下面对所建立的数据库结构作简单的介绍。

1.1 防风固沙林数据库[简称 F 数据库]结构

防风固沙林数据库，在效益指标方面，突出有关风蚀及其它生态因子动态变化的的参数(表 2—1)。主要有：

1. 光能利用率指标；
2. 防风固沙效益指标，降低风速、风蚀、输沙量等；
3. 小气候效益指标；
4. 水分利用效率指标；
5. 改良土壤效益指标；
6. 种的群落优势度指标。

1.2 农田防护林数据库[简称 N 数据库]结构(略)

1.3 用材林数据库[简称 Y 数据库]结构(略)

1.4 经济林数据库[简称 J 数据库]结构(略)

1.5 水域防护林数据库[简称 U 数据库]结构(略)

1.6 护路林数据库[简称 H 数据库]结构(略)

1.7 护牧林数据库[简称 M 数据库]结构(略)

2 异常数据的识别和剔除

在野外调查中，由于各种原因，难以使取得的数据全部复合实际，异常数据是不可避免的。因此，在统计分析时，需将不符合规律的数据剔除。本次研究一般采取散点法或两倍标准差法处理数据。在作图过程中，凡离散性大，比正常点所代表的数据差一至几个数量级的点，则被认为是异常数据；此外，当一样本大于(小于)或等于两倍总体标准差也认为该样本是异常点。

表 2—1 F 数据库结构表

字段名意义	字段	字段名	类型	宽度	小数
区 号	1	QH	字符型	4	
亚 区 号	2	YQH	字符型	2	
立地类型组	3	LD	字符型	5	
乔木或灌木	4	QG	字符型	5	
树种	5	UV	字符型	3	
标准地号	6	BVDH	字符型	5	
平茬次数	7	SU	数字型	1	1
混交方式	8	HP	字符型	4	
行 距	9	HJ	数字型	4	1
行 数	10	HU	数字型	2	1
株 距	11	VJ	数字型	4	1
密 度	12	MI	数字型	4	1
林 龄	13	LL	数字型	3	1
平均树高	14	JG	数字型	4	1
平均胸径	15	JJ	数字型	4	1
郁 闭 度	16	YB	数字型	3	1
灌木分枝数	17	FV	数字型	2	1
新梢生长量	18	XV	数字型	4	1
丛 高	19	CG	数字型	4	1
灌 幅	20	GF	数字型	4	1
平均地径	21	DJ	数字型	4	1
1M 层沙地含水量	22	HU	数字型	4	1
风蚀或沙埋	23	UM	数字型	4	1
地表结皮	24	JP	数字型	2	1
50CM 处透风系数	25	TF	数字型	4	1
6—7M/S 输沙量	26	UU	数字型	5	2
合 计				89	

第三部分 外延部分—毛乌素沙地土地利用结构研究

毛乌素沙地的防护林体系建设不要说在大农业中,对于整个地方经济都有至关重要的作用。研究作为大农业一部分的防护林体系,不能不考虑到地方经济,特别是整个农业的发展战略与规划及诸如人口等社会因素,在系统工程中称为“约束条件”。因此,研究防护林体系结构,必须首先依据自然的和社会的各种因子,确立沙区的土地利用结构。

土地利用结构中的林业部分依据《森林法》,将人工林划分为五个林种,即用材林、防护林、经济林、薪炭林和特种用途林。

1. 研究方法—动态仿真(System Dynamics)

农林牧系统是一个由自然—社会—经济构成的复合生态系统,影响系统的自然因素和人为因素甚多,相互促进与制约,具有多层次、结构复杂、随机性大、跟踪控制困难的特点,加之该系统属开放系统,追求多目标而又统筹兼顾需求,其动态变化大。一般数学规划与导优方法等理论,如线形规划方法,都偏重于追求数学最优解。鉴于农业系统的复杂性、参数时变性和结构动态变化难于调控性,其最佳解往往成为一种难于实现的假设解。这种情况在以往的研究中并不少见。而系统动力学方法,简称“SD”的理论则不同,它不追求最佳解,唯以农业系统实际存在的结构现状和问题为前提,依据抽象假设,寻求改善系统行为的机会和途径,在系统结构动态变化过程中实现理想的总体优化功能。所以,“SD”方法更适于对农业生态经济系统进行系统分析。但是,“SD”方法也存在许多不足之处,其一,该方法以常微分方程为模型主体结构,方法上偏于单一;其二,该方法构造模型使用专用语言,模型通用性差,且使读者不宜读懂。故本文以“SD”方法的基本思想为指导,以 C 语言编制模型,模拟适合各区的基础产业结构及产业部门结构,预测各业的发展趋势。

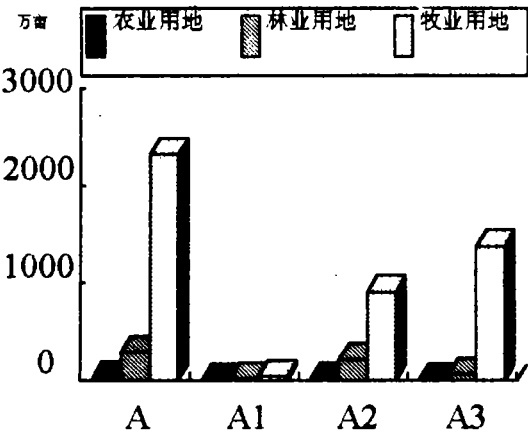


图 3—1 A 区土地利用结构数量图

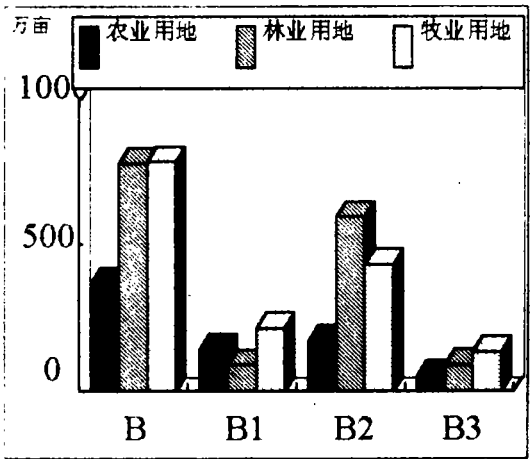


图 3—2 沙区土地利用结构数量图

模型方程的一般形式为：

$$\frac{dl}{dt} = f(Li, Ri, Ai, Ci) = R$$

$$l(t + \Delta t) = L(i) + f(Li, Ri, Ai, Ci)\Delta t$$

其差分方式为:

$$l(t + \Delta t) = L(t) + f(Li, Ri, Ai, Ci)\Delta t$$

式中: L ——为状态变量; R ——为流率变量; A ——为辅助变量; C ——为参数。

模型建立的约束条件:

1. 政策约束。一个地区的各种产业结构均与政策有很大关系,故本文在建模时充分考虑到对于该区农业生产结构有较大影响的各种政策条件。
2. 土地约束。农业生产受土地限制很大,本文根据毛乌素沙区土地条件及利用现状制定其发展的方向及规模。
3. 需求约束。结构调整的目的是为了改善当地生产、生活条件,提高人民消费水平,所以规划必须尽可能地满足改善生态条件、促进经济发展的需求。

2. 土地利用结构现状及分析

2.1 土地利用结构现状

根据宏观分区原则,以1990年数据取得各分区土地利用结构的汇总表(表3-1)(表3-2)。从表中可以看出沙区土地利用结构现状的特点。为了更直观、更明确的说明现状,我们从上表中抽出农业用地(这里所指为狭义的农业概念,泛指耕地),林业用地与牧业用地,并按分区作出立体直方图,可以比较清晰地看出目前毛乌素沙区土地利用结构上的问题(图3-1)。

2.2 毛乌素沙地土地利用结构现状分析

2.2.1 数量结构的特点

(1)大农业用地面积大,全区农林牧占地69.48%,高出陕西省10个百分点^[3],这表明农业在本区经济中处于十分重要的地位。

从上表摘出农(指耕地)、林、牧各业用地的数据,绘制了结构比例直方图,可以直观地反映各业用地的结构比例特征(图3-3)。

(2)农业用地(指耕地),除B1区外,均有开发的潜力和必要。全区耕地面积400万亩,仅为本区土地面积的5.9%,而在农用地中比重也仅为8.7%。而陕西省土地利用结构中,耕地面积可占到土地面积的26%。在毛乌素沙区理应“退耕还林”“退耕还牧”的舆论中,提出这一观点,其依据将在下文论述。从图3-2可以看出,对A区来说,几无耕地可退。沙区地方政府接二连三地倡导“兴修水地”这种决策不能说全无道理。在处理各种问题当中,应该实事求是。

(3)林地占地比例小,全区林业用地面积(包括灌木林)占土地面积的16%,低于陕西省水平。特别是A区,自然条件恶劣,为保障农、牧业的生产及人民生活,必须进一步造林,改善自然条件。B区应以巩固现有林分为主,改善林业内部结构。在林地中,灌木林所占比重远大于其它林

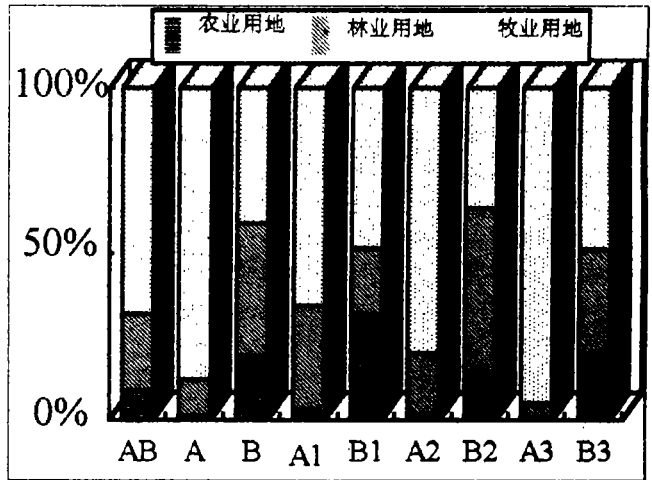


图3-3 沙区土地利用结构百分比图

种所占比重,表明灌木应该在该区林地中占据主要的地位,这也是受自然条件制约的结果。在乔木林中,防护林与用材林所占比例较大,结构不合理;特别是用材林比例过大,而其它几个林种的比例较小,很难满足人们对林业多方面的需求。此外,林分质量也较低,结构并不稳定。

表 3-1 毛乌素沙区 A 区土地利用结构现状表 单位:万亩 %

项目	毛乌素沙区	A 区	A1 区	A2 区	A3 区	项目	毛乌素沙区	A 区	A1 区	A2 区	A3 区
土地面积	6714.86	3671.04	85.7	1746.79	1838.55	农林牧占地比例	1:2.8:8.1	1:19.21:10.51:40.9	1:7.5		
农业用地	4579.34	2647.05	58.62	1137.00	1451.43			154.1	21.6	177.5	168.0
占本区面积	68.20	72.10	68.40	65.09	79.16	防护林面积	141.97	36.02	1.55	27.88	6.64
耕地面积	400.05	32.47	1.77	18.50	79.16	占林地面积比	58.80	50.44	26.76	54.77	44.86
占本区面积	5.96	0.88	2.07	1.06	0.67	用材林面积	79.47	26.26	4.00	16.27	5.99
占农地面积	8.74	1.23	3.02	1.63	0.84	占林地面积比	32.92	36.77	68.93	32.02	40.53
草地面积	3111.11	2325.31	38.31	909.00	1378	薪炭林面积	8.15	4.20	0.14	3.16	0.90
占本区面积	46.33	63.34	44.70	52.04	74.95	占林地面积比	3.38	5.88	2.41	6.21	6.09
占农地面积	68.20	88.43	65.35	80.90	95.20	经济林面积	7.13	2.88	0.08	2.21	0.54
林地面积	1068.18	289.27	18.54	209.5	61.23	占林地面积比	2.95	3.96	1.38	4.35	3.65
占本区面积	15.91	7.88	21.63	11.99	3.33	特用林面积	4.71	2.10	0.03	1.35	0.72
占农地面积	23.41	11.00	31.63	18.65	4.23	占林地面积比	1.95	2.94	0.52	2.65	4.87

表 3-2 毛乌素沙区 B 区土地利用结构现状表 单位: 万亩 %

项 目	毛乌素沙区	B 区	B1 区	B2 区	B3 区	项 目	毛乌素沙区	B 区	B1 区	B2 区	B3 区
土地面积	6714.86	2716.10	529.60	1771.60	414.90	农林牧占地比例	1:2.8:8.1	1:2.1	1:0.6	1:3.5	1:1.70
农业用地	4579.34	1932.29	448.05	1204.10	280.17			2.10	1.50	2.50	2.60
占本区面积	68.20	70.81	84.60	67.97	67.53	防护林面积	141.97	105.95	11.81	81.90	12.24
耕地面积	400.05	367.58	142.41	172.60	52.57	占林地面积比	58.80	62.32	45.28	70.83	44.31
占本区面积	5.96	13.53	26.89	9.74	12.67	用材林面积	79.47	53.21	12.70	28.68	11.83
占农地面积	8.74	19.02	31.79	14.33	18.76	占林地面积比	32.92	31.30	48.70	24.80	42.82
草地面积	3111.11	785.80	215.60	434.40	135.80	薪炭林面积	8.15	3.95	0.78	2.50	0.72
占本区面积	46.33	28.93	40.70	24.52	32.73	占林地面积比	3.38	2.32	2.80	2.16	2.61
占农地面积	68.20	40.67	48.12	36.06	48.47	经济林面积	7.13	4.30	0.70	2.87	0.73
林地面积	1068.18	778.91	90.01	597.10	91.80	占林地面积比	2.95	2.53	2.68	1.89	2.64
占本区面积	15.91	28.68	17.00	33.71	22.13	特用林面积	4.71	2.61	0.14	0.36	2.11
占农地面积	23.41	40.31	20.09	49.58	32.77						

(4)从人均占有农、林、牧地的绝对数量来看,本区人均占有水平远高于全国平均水平。本区农村人口人均耕地达 5 亩之多,是全国平均水平的 3 倍多,草地人均面积更是高达 40 亩,为全国平均水平的 10 倍。虽然本区有林地面积(不包括乔木)仅为 198 万亩,但人均林地仍达到 2 亩多,也高于全国人均水平^{[4][5][6][7][8]}。

2.2.2 空间结构

(1)农、林、牧用地的比例,除 B2 区外其它各区草地面积比例均大,平均占全区土地面积的 46%,而在农用地中比例更高达 68%,这表明牧业在该区农业经济中的重要地位。草地与耕地的比例达到 8 : 1,该值远高于全国水平,而与陕西省相比则高出更多。

(2)可以看出,A、B 两区在土地利用结构上有着明显的差异。A 区的耕地,除 A1 区在图中勉强可以反映出来外,其它各区难于划出,实际上 A 区耕地面积在农林牧占地比例中不到 1%,而耕地在 B 区各分区明显占有一定比重,面积在大农业用地中平均为 13. 53%,反映了内蒙古沙区

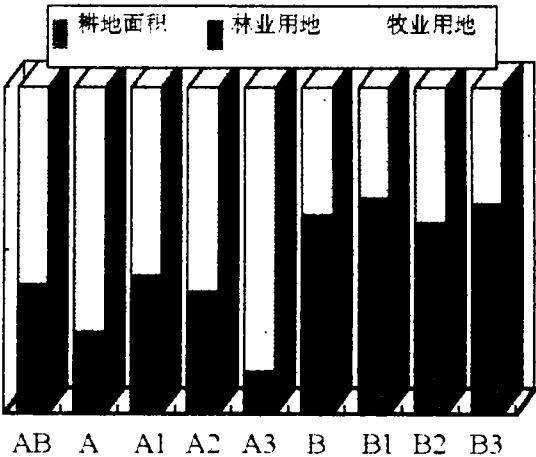


图 3-4 2000 年土地结构规划直方图

以牧业为主,榆林沙区农、林、牧结合经营的现状,也反映了其本质不同的自然特点,同时,反证了我们建立分区的科学性。

3 2000年及2030年土地利用结构调整目标

3.1 土地利用结构调整结果

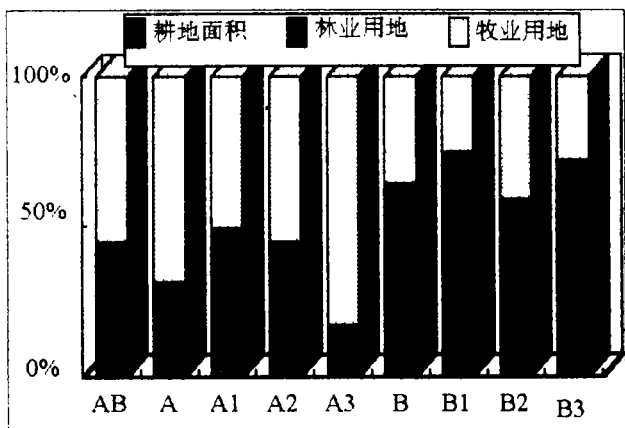


图 3-5 2030 年土地结构规划直方图

扩大农业的用地面积也是十分必要的。

2. 土地结构调整分两期进行,在不断的开发中进行调整,开发土地这种生产资料,建立人工生态系统新的平衡,符合沙区人口与消费发展的实际。近期目标(2000年),大农业面积增加 619.60 万亩;其中,耕地面积增加 48.99 万亩;林地面积增加 522.61 万亩;草地面积增加 48.0 万亩,其时土地结构比例为 1:3.7:7.3。远期目标(2030年),大农业用地面积增加 1 169.26 万亩;其中,耕地面积增加 136.62 万亩,林地面积增加 968.42 万亩,草地面积增加 64.22 万亩(以人工草场为主)。其时的土地结构比例为 1:4.0:6.2,当然,无论是北部区,南部区,都是总体的平均值,不仅南、北两分区有较大差异,各个亚区也不可能一视同仁。但其总的趋势大体如此,这一结构比例将满足计算所设定的约束条件,维持并发展毛乌素沙地生态系统与经济系统,也就是所谓生态经济系统这一复合系统的良性运转。

从图 3-6 可以看出土地利用调整的趋势,相对而言,近期目标侧重于数量的增长,大体上相当于远期 2030 年的数量;远期目标则侧重于经营水平的提高,这也符合土地开发局限和科技进步发展的规律。

3. 毛乌素沙区北部(A区)和南部(B区)从社会自然地理的角度看,有本质的不同,因此,土地结构的调整因约束条件的差异,而有显著不同的结果。北部区各阶段耕地面积占土地面积为:0.88%~0.88%~1.08%,传统的生产习惯和自然条件都是需要尊重的。不能要求以牧业为

以 2000 年和 2030 年为系统的时间界限,依据上述数量化方法,对土地利用结构调整进行预测,提出优化方案,其结果如下(表 3-3 至 3-6)。同样采用直方图可以直观地看出 2000 年和 2030 年农林牧土地利用的比例(图 3-4、5)。

3.2 土地利用优化结构的简单说明

1. 毛乌素沙地农、林、牧业存在的共同问题是经营水平比较落后,生产力处于相对低下而且不稳定状态。因此,今后的重要问题在于全力提高经营水平、土地生产力及其持续增长的稳定性。在此基础上,随着生态条件的改善及沙漠化土地的整治,适当

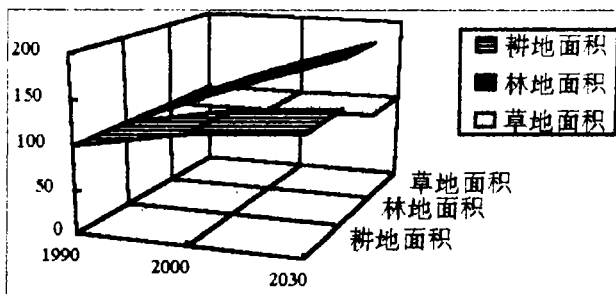


图 3-6 土地结构调整趋势图

主的北部区粮食自给,在历史上曾经有过要求“牧民不吃亏心粮”的惨痛教训。南部区各阶段耕地面积占土地面积为:26.9%~33.5%~45.1%,这对于人口密度已达到近 40 人/km²(联合国拟定的临界指标为 20 人/km²)的干旱、半干旱沙区来说,粮食的压力是相当大的,“无粮不稳”对南部区绝非夸大其词,六七十年代糠菜半年粮的日子给沙区人民留下了悲哀的回忆。这也是地方政府紧抓粮食不放的初衷。

表 3-3 毛乌素沙区 A 区 2000 年土地利用结构调整表 单位:万亩 %

项 目	毛乌素沙区	A 区	A1 区	A2 区	A3 区	项 目	毛乌素沙区	A 区	A1 区	A2 区	A3 区
土地面积	6714.86	3671.04	85.7	1746.79	1838.55	农林牧占地比例	1:3.7:7.3	1:4.7:41:14.6	1:100	1:22.5	
农业用地	5198.94	3079.77	65.87	1439.40	1574.50			154.1	21.6	177.5	168.0
占本区面积	77.42	83.89	76.86	82.40	85.64	防护林面积	415.40	279.68	6.92	197.20	75.56
耕地面积	449.04	32.47	1.77	18.50	12.20	占林地面积比	54.41	55.47	54.03	55.83	54.81
占本区面积	6.69	0.88	2.07	1.06	0.66	用材林面积	175.18	108.41	4.07	73.73	30.61
占农地面积	8.64	1.05	2.69	1.29	0.77	占林地面积比	22.96	21.50	31.19	20.87	22.20
草地面积	3159.11	2325.31	38.31	909.00	1378.00	薪炭林面积	94.87	59.15	1.01	42.47	15.67
占本区面积	47.05	63.34	44.70	52.04	74.95	占林地面积比	12.42	11.73	7.74	12.02	11.36
占农地面积	60.97	75.93	58.16	63.74	87.74	经济林面积	41.61	28.88	0.59	20.36	7.93
林地面积	1590.79	721.99	25.79	511.9	184.30	占林地面积比	5.45	5.73	4.52	5.76	5.75
占本区面积	23.69	19.67	30.09	29.31	10.02	特用林面积	36.41	28.06	0.46	19.49	8.11
占农地面积	30.70	23.58	39.15	35.90	11.74	占林地面积比	4.77	5.57	3.52	5.52	5.88

本表简要说明:① 大农业用地面积较 1990 年增加 432.72 万亩;② 耕地面积与 1990 年持平;③ 牧业用地面积与 1990 年持平;④ 林业用地面积积较 1990 年增加 432.72 万亩。

表 3-4 毛乌素沙区 A 区 2030 年土地利用结构调整表 单位: 万亩 %

项 目	毛乌素沙区	A 区	A1 区	A2 区	A3 区	项 目	毛乌素沙区	A 区	A1 区	A2 区	A3 区
土地面积	6714.86	3671.04	85.7	1746.79	1838.55	农林牧占地比例	1:3.7:7.3	1:61.81:16.3	1:116.9	1:32.6	
农业用地	5198.94	3378.64	75.24	1642.20	1661.20			141.7	16.6	149.5	168.0
占本区面积	77.42	92.03	87.79	94.01	90.35	防护林面积	415.40	444.79	12.09	310.40	122.30
耕地面积	449.04	39.80	2.13	22.20	15.50	占林地面积比	54.41	55.90	54.78	56.20	55.26
占本区面积	6.69	1.08	2.49	1.27	0.84	用材林面积	175.18	173.79	6.07	118.30	49.42
占农地面积	8.64	1.17	2.83	1.35	0.93	占林地面积比	22.96	21.84	27.50	21.42	22.33
草地面积	3159.11	2325.31	38.31	909.00	1378.00	薪炭林面积	94.87	899.48	1.93	63.29	24.26
占本区面积	47.05	63.34	44.70	52.04	74.95	占林地面积比	12.42	11.25	8.74	11.46	10.96
占农地面积	60.97	69.30	50.92	55.90	83.32	经济林面积	41.61	49.04	1.14	35.68	12.22
林地面积	1590.79	1013.5	34.80	711.00	267.70	占林地面积比	5.45	6.16	5.17	6.46	5.52
占本区面积	23.69	27.61	40.61	40.70	14.56	特用林面积	36.41	38.63	0.84	24.68	13.11
占农地面积	30.70	30.21	46.25	43.72	16.19	占林地面积比	4.77	4.85	3.81	4.47	5.92

本表简要说明:① 大农业用地面积较 1990 年增加 731.56 万亩;② 耕地面积较 1990 年增加 7.33 万亩;③ 牧业用地面积与 1990 年持平;④ 林业用地面积较 1990 年增加 724.23 万亩。

表 3-5 毛乌素沙区 B 区 2000 年土地利用结构调整表 单位:万亩 %

项 目	毛乌素沙区	B 区	B1 区	B2 区	B3 区	项 目	毛乌素沙区	B 区	B1 区	B2 区	B3 区
土地面积	6714.86	2716.3	529.60	1771.60	414.90	农林牧占地比例	1:3.7:7.3	1:2.1	1:0.6	1:3.5	1:2.1
农业用地	5198.94	2119.17	430.60	1402.00	286.570			2.0	0.8	3.2	1.8
占本区面积	77.42	78.02	81.31	79.14	69.07	防护林面积	415.40	135.72	19.29	83.93	32.50
耕地面积	449.04	416.57	177.40	180.60	58.57	占林地面积比	54.41	52.35	45.93	53.71	53.32
占本区面积	6.69	15.34	33.50	10.20	14.12	用材林面积	175.18	66.72	13.18	38.44	15.10
占农地面积	8.64	19.66	41.20	12.88	20.44	占林地面积比	22.96	25.74	31.38	24.60	24.77
草地面积	3159.11	333.80	147.30	583.60	102.90	薪炭林面积	94.87	35.72	6.30	22.82	6.607
占本区面积	47.05	30.70	27.81	32.94	24.79	占林地面积比	12.42	13.78	15.00	14.61	10.83
占农地面积	60.97	39.34	34.20	41.63	35.90	经济林面积	41.61	12.73	1.66	7.076	4.00
林地面积	1590.79	868.80	105.90	637.80	125.10	占林地面积比	5.45	4.91	3.94	4.52	6.56
占本区面积	23.69	31.99	20.00	36.00	30.16	特用林面积	36.41	8.35	1.57	4.029	2.76
占农地面积	30.70	41.00	24.60	45.49	43.66	占林地面积比	4.77	3.22	3.74	2.57	4.53

本表简要说明:① 大农业用地面积较 1990 年增加 186.88 万亩;② 耕地面积较 1990 年增加 48.99 万亩;③ 牧业用地面积较 1990 年增加 48.00 万亩;④ 林业用地面积较 1990 年增加 89.89 万亩。

4. 从人工生态经济系统的建立出发,两区的共同需要是林业的建设与发展。北部区的固沙林与

护牧林,南部区的固沙林与农田防护林因生产条件的需要,自然成为发展的重点。因此,林业建设在整个时段内处于直线发展的趋势。1990~2000~2030 年北部区林地面积递增为 289.27 万亩~721.99 万亩~1013.5 万亩,虽然增长的数值较大,但至 2030 年林地面积也不过占土地总面积的 30.32%;南部区为 778.91 万亩~868.8 万亩~1023.1 万亩,至 2030 年增长 131.4%,这和南部区林地基数较大,宜林面积相对较小有关,即使如此,林地面积也将占到土地总面积的 37.67%。计算表明,在毛乌素沙地,林地面积平均达到 35%是适宜的。林业部规划于本世纪末实现“天荒”。因此,林地面积应保持比较高的发展速度。

表 3-6 毛乌素沙区 B 区 2030 年土地利用结构调整表 单位: 万亩 %

项 目	毛乌素沙区	B 区	B1 区	B2 区	B3 区	项 目	毛乌素沙区	B 区	B1 区	B2 区	B3 区
土地面积	6714.86	2716.10	529.6	1771.60	414.90	农林牧占地比例	1:4.0:6.2	1:2.1	1:0.6	1:3.7	1:2.6
农业用地	5748.63	2369.90	495.9	1548.10	325.99			1.7	0.5	0.3	
占本区面积	85.61	87.26	93.64	87.38	78.57	防护林面积	660.09	215.30	34.11	121.80	59.39
耕地面积	536.67	496.87	233.90	193.00	64.97	占林地面积比	54.58	52.04	49.31	50.94	56.46
占本区面积	7.99	18.29	45.11	10.90	15.66	用材林面积	274.66	100.87	18.60	57.22	25.05
占农地面积	9.34	20.97	48.17	12.47	19.93	占林地面积比	22.71	24.38	26.89	23.93	23.81
草地面积	3175.33	850.02	123.90	634.50	91.62	薪炭林面积	142.43	52.95	10.44	31.71	10.80
占本区面积	47.29	31.30	23.40	35.82	22.08	占林地面积比	11.78	12.80	15.09	13.26	10.27
占农地面积	55.46	35.87	24.99	40.99	28.11	经济林面积	72.40	23.36	3.03	14.40	5.93
林地面积	2036.60	1023.00	133.10	720.60	169.40	占林地面积比	5.99	5.65	4.38	6.02	5.64
占本区面积	30.32	37.67	25.13	40.68	40.82	特用林面积	59.88	21.25	3.00	13.97	4.28
占农地面积	35.57	43.17	26.84	46.55	51.96	占林地面积比	4.95	5.14	4.33	5.84	3.83

本表简要说明:① 大农业用地面积较 1990 年增加 437.7 万亩;② 耕地面积较 1990 年增加 129.29 万亩;③ 牧业用地面积较 1990 年增加 64.22 万亩;④ 林业用地面积较 1990 年增加 244.19 万亩。

3.3 关于耕地面积问题

按照优化结构,耕地面积比目前耕地面积增加 130.61 万亩,从数量上看,增加较大,与某些干旱、半干旱区的区域性规划有所不同,其理由如下:

1. 本区耕地面积相对于宜农地来说目前并不大,本区目前有耕地面积 382.67 万亩,而仅毛乌素榆林沙区宜农地面积就达 585 万亩,根据“宜粮则粮,不宜粮则林牧”的原则,优先加强粮食生产的基础建设,如前所述,对于本区的经济生活是十分必要的^[2]。

2. 本区,特别是南部区,粮食必须自给。在市场经济比较发育的今天,在交通状况极为落后的毛乌素,粮食可以说是生产、生活的第一性物质资料。而粮食的增产,一靠单产的增加,二靠耕地增加。应该说,在毛乌素的自然条件下,实现大面积的单产增加受到严酷的自然条件,薄弱的经济基础和落后的科技水平的制约,1990 年本区粮食平均单产仅 54kg/亩,农村人均粮食仅 130kg 的低下水平,大幅度增加单产,尚需艰苦、长期的过程。美国、加拿大和澳大利亚的人均粮食产量均居于世界高水平,但是其粮食单产甚至低于世界平均水平。在世界上,粮食总产量居高不下的中国、美国、印度、及俄罗斯无不以大面的耕地为基础^[5]。我国总的情况是人多地少,但区域经济有其自身的特点,毛乌素沙区即是如此。

3. 从世界及我国各地区比较来看,粮食单产比较大的国家或地区大多人均耕地面积较小,如日本、德国、法国等;人均耕地面积比较大的国家或地区其粮食单产往往比较低,如美国、加拿大、澳大利亚等国^[9]。这也是由人口、经济和粮食生产成本等因素决定的。

4. 开发落后地区,扩大耕地,是许多发展中国家增加农业生产的一个传统的办法。六七十年代,靠扩大耕地来促进产量提高的约占发展中国家农业增产总额的 20%^[10]。对于我国来说,耕地面积发展的潜力主要在西部地区,扩大该区耕地面积对全国粮食产量的提高具有重大意义。

5. 从 1985 年到 2000 年,是我国也是本区人口新一轮的增长高峰期^[2],而自 1949 年以来,

本区耕地面积呈下降势态,特别在近期,由于商品经济大潮的冲击,以及开发土地的政策性限制,使可耕地减少。随着生态环境的改善,适当扩大耕地面积不仅是必须的,也是可能的。

6. 随着新技术的采用和推广(如沙地种稻技术),变荒地农田的可能性增加;国家不断对农产品价格进行调整,使农业经营有利可图,也有利于耕地的开发。但也不是说耕地越多越好,在当前技术条件下,耕地面积只有保持在适当的水平,收益方为正值。

7. 增加耕地面积,不仅用于粮食生产,还应用于多方面的种植业,如经济作物等。从“沙产业”的角度看问题,欲提高光能利用率,根本点在于发展种植业,而种植业又是畜牧业、加工业的基础。增加光能利用率,才能体现出“生态经济型”中经济的特征。

8. 符合经济规律。近 20 余年来,各种各样来自各方面以缩减耕地为目标之一的规划,很难落实。卫片判读可耕地、撂荒地、轮耕地面积为 1 442.7 万亩,是本次结构调整 2030 年数字的 1.4 倍;因此适当扩大稳产高产耕地是有基础的。此外,各级地方政府也经常出台扩大基本农田(以水田为主)的政策,这是农业赋予压力的结果。国家需要实现到 2000 年粮食总产 5 000 亿 kg 的目标,扩大耕地面积也是方针之一。专家预测,到 2000 年宜开荒地和同期减少耕地基本持平,但减好增差,粮食产量受到影响,因此扩大耕地,应提高复种指数。

3.4 荒沙是毛乌素沙地生态系统不可缺少的组成部分

在论及土地利用结构调整问题时,不能不涉及荒沙——这一因自然与历史作用而形成的客观实体。在特定的自然因子制约下,主要包括较高的有效辐射,较低的降水,丰富的沙源,强劲的风蚀等等,致使荒沙成为毛乌素沙地生态系统不可缺少的组成部分。至少在目前科技水平下,荒沙既要开发利用,又不可能全部开发利用,也没必要全部绿化之。这一点和地方政府提出的诸如若干年消灭沙荒的决策是有分歧的。对于此问题另有论述^[11],在这里仅涉及几个观点。

3.4.1 荒沙是毛乌素沙地物质流与能量流的基础 太阳辐射能是影响沙地土壤和空气温度

的主导因素,从而影响土壤蒸发和植物蒸腾以及大多数土壤物理过程。沙地是一种特殊的下垫面,主要由石英沙组成,据 B. P 威廉士对各种矿物成分比热的测定,以石英沙比热最小,而导热率最大。其特征决定了沙地特殊的温度条件,是形成沙地固有生物区系的条件之一。此外,从某种意义上说,可以被称为“黄色的水库”和“水量调节器”。毛乌素沙地和黄土高原,其共同点都是外力“侵蚀”的产物,其不同点在于沙地不“产流”或绝少“产流”,因此,沙地水动态和黄土地区大不一样。水分

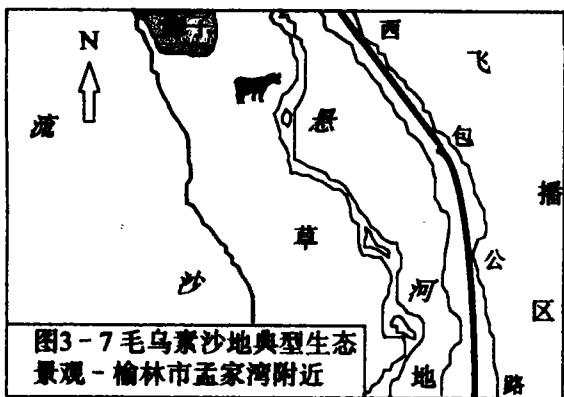


图3-7 毛乌素沙地典型生态景观 - 榆林市孟家湾附近

是沙区生产中最重要自然因子,沙地特殊的水动态在维持沙地水分平衡上有着极其重要的意义。从沙区常见的生态景观不难分析出这一点(图 3-6)。沙地以其良好的渗透、储藏、调节降的能力,滋养着沙地边缘星罗棋布的“海子”、河流和草地,除非异常年份,海子和河流相对稳定的水量也应和流沙的存在联系在一起。流沙水动态的改变,将影响流沙—草地—河流—食草动物这一小尺度生态系统。

3.4.2 毛乌素沙地绿色植物的数量限度 在结构调整当中,农、林、牧用地在近期和远期目标的制定上都有所扩大,这些“绿色产业”的数量,直接影响着沙地水分的平衡。在黄土区,人们常说“一棵树就是一个小‘水库’”,但在沙区却可以说“一棵树就是一个小‘水泵’”。沙生植物从生长

第一天起就开始创造自己消亡的条件,沙地植被的演替正说明这一点,其对整个沙地生态系统的影响还有待探讨。但国内外因无限制地在沙荒地上开发绿色植被而造成严重后果的教训还是不少的。因此,在干旱、半干旱地区,“绿色产业”的数量也并不是多多益善,而应有科学的依据,如此才能避免劳民伤财,事倍功半。

3.4.3 用线性规划的方法初步确立流沙地存在数量 以沙区最大产值为目标函数,以自然资源,特别是水资源为约束条件,以满足沙区人民生产、生活而必须的绿色植物量为基数,并计算其需水量,确立沙区土地资源利用的阈值,剩余的土地资源应作为保留的流沙,其将在维持沙地生态系统平衡,特别是水资源的平衡中发挥作用^[11]。

计算结果,土地剩余量在 20%左右。

本次结构优化,各区土地剩余量,扣除 4%左右的特用地,在 10%~26%之间(表 3-7)。各分区的差异反映了毛乌素沙地地形、地貌特点—沙丘密度及流沙面积自西北向东南逐渐增大。无论从生态系统考虑,还是从经济系统出发,继续在这部分土地上投入资金,都将徒劳无功。新的绿洲建立,往往意味着老的绿洲发生潜在的荒漠化。

表 3-7 毛乌素沙地各区土地剩余量表 单位: 万亩

项目	A+B	A	A1	A2	A3	B	B1	B2	B3
总土地面积	6715	3671	86	1747	1839	2716	530	1771	415
剩余土地面积	1515	593	12	308	265	597	100	370	128
剩余量(%)	22.6	16.2	14.0	17.6	13.9	22.0	18.9	20.9	30.8

从上表可以看出,本次土地结构优化已充分挖掘了土地资源潜力,可以说是土地资源利用的极限。剩余土地中,尚包括工矿用地,道路用地,居民生活用地及水面占地等,尽管这些用地在毛乌素沙区所占比重较小,根据榆林市的统计结果,大约占总土地面积的 2.5%左右。

4 结 论

1. 以动态仿真(SD)的方法对毛乌素沙地的土地利用结构进行分析和调整。针对毛乌素的自然资源特点,确立约束条件,并以 C 语言编制模型,模拟适合各分区的基础产业结构和产业部门结构。毛乌素沙区农、林、牧用地结构从 1990 年的 1:2.8:8.1,调整到 2000 年的 1:3.7:7.3;2030 年的远期调整目标为 1:4.0:6.2。其中,北部区由 1:19.2:154.1 调整到 2000 年的 1:47.4:154.1,2030 年的 1:61.8:141.7;南部区由 1:2.1:2.1 年调整到 2000 年的 1:2.1:2.0,2030 年的 1:2.1:1.7。防护林体系用地面积有较大的增长。调整结果符合各分区生态条件和生产经营方式,可以形成稳定的生态经济系统。

2. 对毛乌素沙地的农业用地(耕地)的问题进行了具体的分析,认为:根据国内外粮食产量与增加单产和扩大耕地的关系及国家粮食缺口较大的实际,结合本区因防护林建设对生态环境的改善,科学技术的进步,在现有基础上适当增加耕地是必要的。全区耕地逐步至 2000 年提高 24 个百分点,但由于林业用地面积大幅度的提高,耕地在总的结构中基本不变。

3. 在土地调整过程中,分析了毛乌素沙地生态系统的特征,提出流沙是该系统不可缺少的组成部分。用线性规划的方法计算结果表明,如果以产值为目标函数,以水资源为主要约束条件之一,沙地应有 20%左右的剩余土地,其中北部区为 16.2%,南部区为 22.0%。从这个意义出发,在本区所投入的主要力量应放在农、林、牧经营水平的提高上,而不应盲目开发、利用流沙从事第一性生产。由于水资源的制约,新的绿洲的建立,可能引起老绿洲的荒漠化。

第四部分 内涵部分—林业土地利用结构及林种配置结构的研究

概念:林业土地利用结构—依据森林植物条件所确立的各林种占有土地的比例。林种配置结构—依据经营目的所确立的林分及林分内部树种选择及其配置方式。

林业内部结构按《森林法》规定的林种划分方法;林种的配置结构根据毛乌素沙地的特点,着重分析防护林、用材林和经济林;防护林中,研究防风固沙林、农田防护林、水域防护林、牧场防护林和护路林。

1 林业土地利用结构

1.1 林业土地利用结构的现状

林业土地利用结构的现状见表 3—1 至表 3—6。其中,防护林主要为防风固沙林、水土保持林及少量的护牧林;薪炭林为经营目的明确的林分,兼有防护林等林种的作用;特用林包括农田防护林、护渠林、护岸林、护路林及树园子等。土地利用结构的调整是一种社会经济行为,天然分布的各种林分不在统计之内,这和上面的分析是相一致的。

根据表中资料绘制了直方图,以直观反应两区防护林结构的特征(图 4—1)。

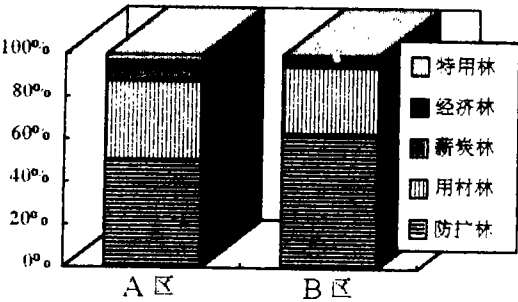


图 4—1 毛乌素沙地林种结构现状

1. 以“生态经济型”要求,林种结构不甚合理,南、北两区的整个体系几乎全部由防护林和用材林构成,特别是南部区,两个林种占到林业用地的近 94%。

2. 阔叶乔木用材林比重过大。在自然地带上大部分为干草原或荒漠草原的毛乌素沙地,客观上不可能有那么大的地域发展杨、柳、榆等用材林树种。过去盲目发展这些用材树种,是造成本区分布大量“小老树”的原因之一。

3. 北部区面积较大,宜林地较为广阔,防护林面积仅占一半,说明农田防护林和护牧林都比较薄弱;南部区气候、土壤条件相对较好,应发挥多林种的综合经济效应。

1.2 林业土地利用结构的调整

从表 4—3,4,5,6 中 2000 年、2030 年林业土地利用结构调整结果可以看出:

1、防护林面积稳步增加,北部区由 50.44% 增加到 55.47%;南部区虽然绝对数量有所增加,但相对比例保持平衡,重在提高防护林的质量。

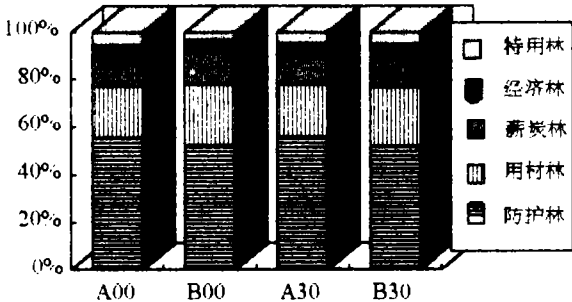


图 4—2 林业土地利用结构调整直方图

2、北部区因立地条件的局限,其用材林的比例保持相对平衡;南部区用材林的相对比例降低一个百分点,今后的工作主要是通过用材林的更新、抚育和改造,提高其生产力。

3、两区其它林种增加幅度较大,借以提高整个林业的经济效益及其它林种的生态效益。特别是经济林,北部区增加 2.2 个百分点,南部区增加 2.4 个百分点,因基数较大,绝对数量有显著增加。需要说明的是经济林应以经济灌木树种占主要地位,果树应选择抗逆性较强的品种。

下面分林种讨论林种配置结构的问题。

2 林种配置结构的分区

根据毛乌素沙地的立地条件类型和造林树种的生理生态的特征,将上述分区以求大同,存小异的原则,确立林种配置分区,以方便应用及实施。分区过细,由于树种相对单纯而造成重复和繁琐。专家信息和实际经验表明,沙地造林的主导因子是水分问题,因此分区应保持水分条件的相对一致性。分区结果如下(图 4-3)。

按干燥度和水分平衡条件,毛乌素基本上处于干旱区,其大部分地区降水在 300~400mm 之间,湿度指数在 -42~-54,属于干草原湿度状况。其西部边缘降水在 300mm 以下,蒸散率超过 1.7,可高达 2.5,属荒漠草原,并逐渐向荒漠过渡。在东部与东南缘的榆林、神木一带,降水 400~480mm,蒸散率低于 1.1,湿度指数大于 -42,局部达 -30,已属向森林带过渡的森林草原地带。在设计防护林林种的配置结构时,这种分区符合自然植被的地带性。

但由于毛乌素目前的造林树种相对比较单纯,而大部分树种在环境的作用下,适应的“宽容度”较强,在一定的人为干预下可以良好地生长,因此在干草原地带,特别在其东部边缘,乔木树种也有广泛分布,对林种配置的分区可以作适度的调整。以湿度指数 -32 至 -40 为东部区, -44 至 -48 为中部区,以 -52 至 -60 为西部区(图 4-4)。调查表明,中部区与东部区在主要造林树种的选择上差异不大,在林种的配置上可以统一处理。

3 林种配置结构

从土地利用结构的调整到确立了林业土地利用结构,进而确立了各个林种占用的土地面积及林种配置分区。接下来的问题则回归到林种的内部,需要解决一系列的造林学问题,包括树种的选择和树种的配置等。对这一问题,本节仅作简单的分析并给出结果,深入的分析和论述参阅“毛乌素沙地生态经济型防护林体系效益研究(总报告)”和各有关林种的专题报告。

3.1 防风固沙林配置结构

本项研究,外业调查防风固沙林标准地 576 块,如果从立地条件划分和树种配置差异来看,

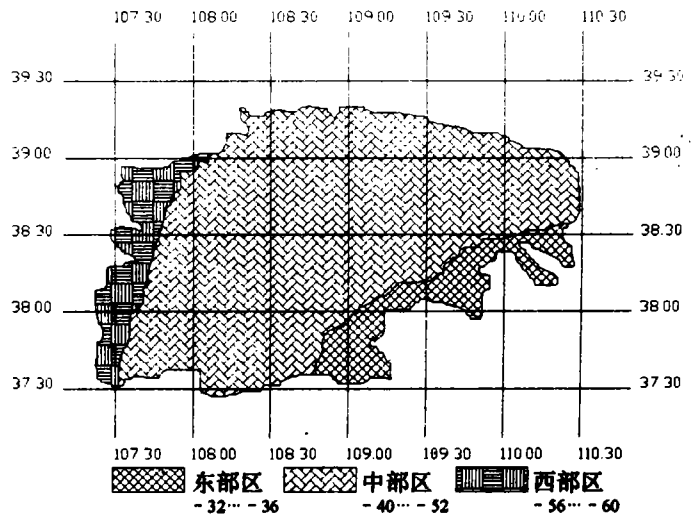


图 4-3 毛乌素沙地林种配置分区

每一块固沙林都是不同的。但从防风效益出发,并以树种选择为主要依据,把毛乌素沙地防风固沙林归为 67 个现有类型,再因其综合生态效益^[12],并参考其经济效益,分区筛选、设计出优化类型共 34 个。

3.1.1 防风固沙林的度量指标和树种选择 营造防风固沙林的目的主要就是防止或减轻风蚀,改善植物生长发育的环境条件,一是指沙地本身的环境改善,以使固沙林自身能够生存下去;二是沙地周围的环境改善,以使农牧业第一性生产得以进行。因此,就防风固沙林来说,虽说其经济效益也是需要考虑的因子之一,但其生态效益及其自身的稳定性应该是衡量其优劣的主要指标。

所谓对环境的改善,关键在于防止风蚀。在固沙林的生态效益中,小气候的问题,土地肥力退化的问题,沙地乃至防护区域的土壤水分,沙地地表结皮厚度,无不是和风蚀紧密相关而又影响植物生产力的。对风蚀的量化描述可以直接栽杆量取风蚀量,也可以用输沙量指标度量,尽管在输沙量的观测中很难避免人和输沙仪对气流的影响,但因这种影响的一致性,仍可以相对准确的说明不同林地的输沙量,而用输沙量即可计算某一时段沙地或林地的风蚀深度。

因此,在固沙林生物学稳定

性能够得到保证的前提下,风蚀量和输沙量都可以作为衡量其优劣的指标。采用多元回归的方法,在 2m 高风速相近(7.2~7.8m/s)的条件下,对乔木固沙林、灌木固沙林、和乔灌混交林配置类型的输沙量和减小风速的效益分别作了多元回归。筛选自变量时,不考虑树种的因素,而是着重考虑反应树种形态特征的因子,这是因为输沙率和减风效能只受“形态”的影响,并不理会该“形态”是由什么树种枝条构成的缘故。我们可以反过来根据回归方程,选择“形态”最优而又抗逆性强的树种。所筛选的“形态”指标包括:

Y——2.0m 高程,在 7.2~7.8m/s 风速下,固沙林成林林地(林龄 5 年左右)的输沙量(g/cm·min);X1——林木每丛的分枝数(分枝数/丛);X2——固沙林的密度(株/亩);X3——乔木或灌木的平均高(cm);X4——乔木或灌木的平均冠(灌)幅(cm);X5——林地草本植物的总盖度(%)。

(1)固沙林的输沙量。依上述因子建立固沙林输沙量回归方程(表 4-1)。从标准化回归方程可以看出,乔木林配置类型与输沙量有关的因子中,密度和草本盖度的权重最大;在灌木林或乔灌混交林中,以地表分枝数和地面草本盖度的权重最大;在逐步回归方程中,树高、冠(灌)幅等因子已被剔除。因此,单纯从固沙的角度看,应选择地表分枝数多而又能有效地改善生境,促使天然植物种发育的灌木树种。

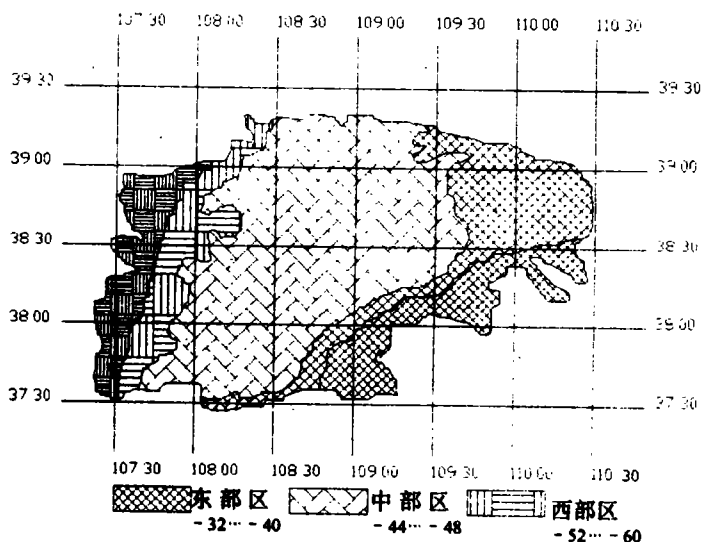


图 4-4 毛乌素沙地林种配置分区调整图

表 4-1 固沙林输沙量的回归方程※

类 别	方 程	R	F
乔 木	$Y=1.804-0.015X_2+0.067X_3-0.411X_4-1.803X_5$	0.865	7.44※
林	$Y=\{-0.520X_2+0.096X_3-0.265X_4+0.411X_5\}$	0.865	7.44※
灌	$Y=1.092-0.015X_2-0.205X_3$	0.842	8.60※
木	$Y=1.268-0.008X_1-0.002X_2+0.100X_3-0.164X_4-1.168X_5$	0.865	9.50※
林	$Y=\{-0.391X_1-0.423X_2+0.138X_3-0.191X_4-0.374X_5\}$	0.965	9.50※
乔 木	$Y=1.158-0.009X_1-0.002X_2-0.918X_3$	0.837	11.6※
林	$Y=1.617-0.034X_1-0.004X_2+0.256X_3-0.511X_4-0.123X_5$	0.921	10.1※
灌	$Y=\{-0.591X_1-0.327X_2+0.393X_3-0.468X_4-0.136X_5\}$	0.921	10.1※
林	$Y=1.390-0.040X_1-0.004X_4$	0.859	16.8※

※ №1——线性回归方程;№2——标准化回归方程;№3——逐步回归方程。

(2)固沙林的减风效能。

表 4-2 固沙林减风效能的回归方程※

类 别	方 程	R	F
乔 木	$Y=-74.279+0.029X_2+8.0X_3+34.561X_4+35.974X_5$	0.945	9.87※
林	$Y=\{0.034X_2+0.398X_2+0.771X_2+0.283X_2\}$	0.876	9.27※
灌	$Y=-72.032+7.953X_3+34.619X_4+34.449X_5$	0.944	12.0※
木	$Y=6.074-0.020X_1+0.012X_2+23.909X_3-4.902X_4-31.692X_5$	0.900	7.65※
林	$Y=\{-0.029X_1+0.078X_2+0.973X_3-0.168X_4-0.297X_5\}$	0.900	7.65※
乔 木	$Y=3.807+20.921X_3-28.257X_5$	0.893	9.87※
林	$Y=-1.630-0.368X_1+0.038X_2+15.653X_3+0.391X_4-4.078X_5$	0.891	6.92※
灌	$Y=\{-0.239X_1+0.104X_2+0.896X_3+0.013X_4-0.167X_5\}$	0.891	6.92※
林	$Y=-2.112+14.878X_3$	0.852	14.6※

※ №1——线性回归方程;№2——标准化回归方程;№3——逐步回归方程。

上表反映了固沙林减风效能的回归分析结

表 4-3 造林密度与水分盈亏

果,树高和冠(灌)幅均占有一定的权重,特别在乔灌混交林中,经逐步回归处理,筛选了大部分因子,而只保留了树高,说明减风效能以树高的权重为最大,地面草本盖度也具有很大作用,草本植物有效地改变了下垫面的性质,影响了地表粗糙度和近地表气层的风速值。因此,在可能的条件下,采取乔灌混交造林将具有多层次的防风固沙效益。

项 目	花棒	踏郎	紫穗槐
造林密度	476	222	1484
林 地	204.6	77.3	148.7
需水量	307.0	115.1	223.0
林 地	118.8	98.5	97.9
有效水量	178.2	147.1	146.8
盈亏量	-85.6	+21.2	-50.9
毫米数	-128.6	+32.0	-70.2
保存密度	92.5	1653*	407
林 地	152.6	575.2	153.2
需水量	228.8	862.8	229.8
林 地	190.0	157.6	156.7
有效水量	296.1	236.3	235.0
盈亏量	+45.4	-417.8	+3.5
毫米数	+68.1	-626.9	+4.8

3.1.2 防风固沙林的造林密度 除了造林树种选择,在配置问题上,最为重要的恐怕是沙地的造林密度了。我们以防风固沙林为代表讨论造林密度问题,对其它林种也具有同等的意义。

流沙地的造林密度历史上有两种观点:一是促进郁闭的密植观点,俄罗斯学者主张针叶树每公顷不少于 1.5 万株,甚至达到 2.5~2.8 万株^[13],我国早年颁发的《国营造林技术规程》也要求达到 13 333 个种植点;一是保证营养面积的“稀植”观点,欧、美林学家和部分俄罗斯专家主张干旱地区造林,每株应有 14~16m² 的营养面积^[14]。

沙地土壤水分主要靠降水补给,降雨量及其频率、保证率决定着沙地的水分,而沙地水分又是决定造林密度的主导因子。密植的观点,忽视了植物与水分之间的平衡关系,实践也证明了它

的片面性(图 4-5)。

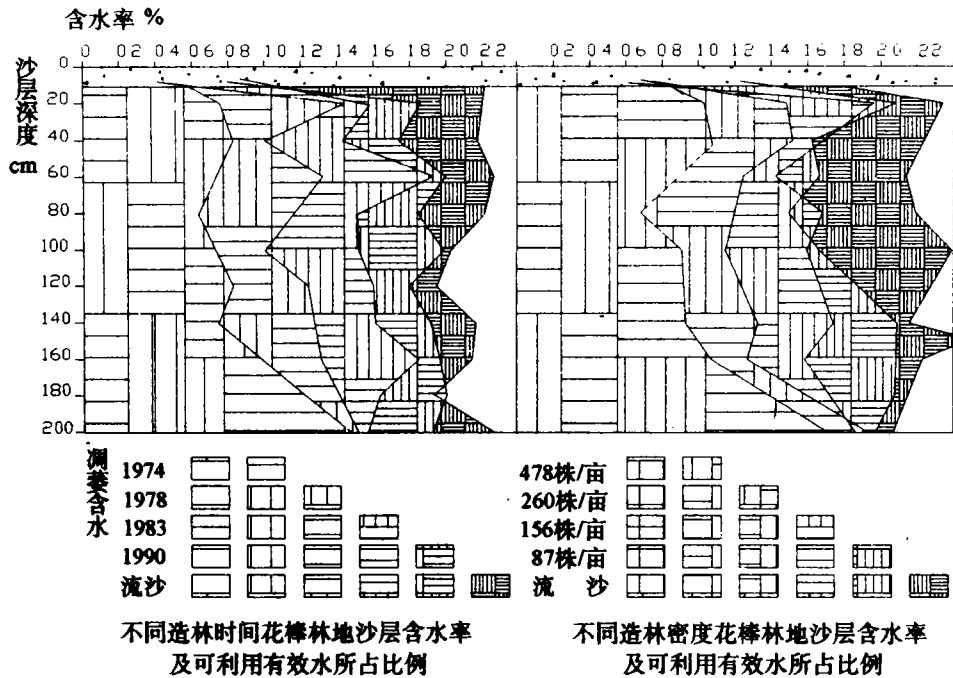


图 4-5 花棒造林密度和林龄对沙地含水率的影响

图 4-5 是根据作者分别在 1980 和 1991 年调查的资料绘制的,可以看出,随着林龄或密度的增加,沙地水分急剧下降,其可利用有效水的含量越来越低,分别只占流沙的 18.6%、84.3%。因此,在造林配置上,应保证足够的水分营养面积。作者在对沙地水分进行定量分析的基础上,计算了部分固沙植物种的水分盈亏[x](表 4-3)。

表 4-4 毛乌素沙地中、东部防风固沙林结构配置优化类型※

立地带	立地类型	树种组成	混交方式	株行距(m×m)	覆盖度(%)	风速 7m/s 输沙量
毛乌素沙地中部	迎风坡上	踏郎纯林		1.0×2.0	35-40	<0.41
		花棒纯林		25-35	<0.59	
		花棒+踏郎	行间、块状	1.5×4.0	40-50	<0.02
		樟子松+紫穗槐	行间混交	2.0×3.0	40-50	<0.41
素沙地中部	迎风坡中	樟子松+踏郎	行间混交	1.0×3.0	35-40	<0.02
		沙柳+紫穗槐	行间、块状	1.0×2.0	>40	<0.02
		紫穗槐纯林	带状	1.0×2.0	>40	<0.02
		踏郎纯林	带状	1.5×3.0	>50	<0.02
东部防风固沙带	迎风坡下部	花棒纯林	带状	1.5×2.0	>40	<0.02
		樟子松+紫穗槐	行间混交	2.0×3.0	40-50	<0.02
		樟子松+沙棘	行间混交	2.0×3.0	35-40	<0.41
		小叶杨+沙棘	行间混交	2.0×3.0	35-40	<0.41
中部防风固沙带	丘间地及平缓沙地	油松+沙棘	行间混交	2.0×3.0	35-40	<0.41
		沙柳+紫穗槐	行间、带状	1.0×2.0	>40	<0.02
		沙柳+沙棘	带状、块状	1.5×3.0	>50	<0.02
		沙柳纯林	带状	1.0×2.0	>35	<0.41
东部防风固沙带	平缓沙地	沙棘纯林	带状	1.5×4.0	>50	<0.02
		踏郎纯林	带状	1.5×2.0	>40	<0.02
		踏郎、花棒等	飞播林岛状	沙障定行	>35	<0.41
		臭柏纯林	随机分布	1.5×2.0	>55	<0.02
东部防风固沙带	各类型	杜松纯林	带状	1.5×2.0	25-35	<0.59
		中部带各类型				

※ 输沙量为成林的预期值,根据回归方程计算,表 4-5 同。

固沙林在生长发育过程中,具有自身调节密度的能力。初始栽植时的林分是不稳定的,而后逐渐降低密度,达到稳定,随着沙地水分的进一步恶化,又处于不稳定状态。在这一过程中固沙林

的密度和造林树种在植物群落中的重要值也在变化之中。

3.1.3 固沙林的混交方式 无论从近地气层不同高度的减风效能还是沙地水分的动态变化过程看,都需要混交造林,以充分发挥固沙林的功能。乔、灌隔行混交,灌木防止风蚀并有削弱风速的效能,所引起的小气候效应,可以降低土壤蒸发和增加植物蒸腾,从而有效地利用沙地水分。乔、灌块状混交,即在迎风坡栽植灌木,背风坡和无风蚀丘间地栽植乔木,长势均较好。横山县长城滩生长在落沙坡的小叶杨(*populus simonii*)平均高 9.28m,平均胸径 13.9cm,而生长在迎风坡的却长成了“小老头”。混交以灌木为主,乔木为辅并且稀植。树木需水量与叶量相关,3 林龄以下林分灌木耗水量大于乔木,从长远看,乔木又大于灌木。以油松(*Pinus tabulaeformis* Carr.)为例,蒸腾强度 120mg/g·h,远小于花棒(*Hedysarum scoparium* Fisch.)的 143.5、油蒿(*Artemisia ordosica* Krasch.)的 195.7mg/g·h(1991 年 7 月 20 日测定,土壤湿度 24%)。这也是灌木固沙林较乔木稳定的原因之一。

3.1.4 毛乌素沙地防风固沙林优化结构(表 4-4,5)。

3.2 农田防护林配置结构

毛乌素沙区的农田防护林的大规模营造始于 70 年代初期,特别在东南部榆林沙区基本上实现了林网化。通过大规模的调查认为存在问题:其一、结构配置不合理,其农田防护林结构大多为透风型和紧密型,防护效果欠佳;其二、树种单纯且大多无伴生树种,春季播种季节,也是风季,林带却处在无叶季相;其三、林带更新改造不利,病虫害严重。这些问题应随着农田防护林的更新予以逐步解决。本次外业调查农田防护林标准地 146 块,归纳配置结构类型 56 个,根据其生态经济效益的分析,分区设计农田防护林优化配置结构类型 16 个。

表 4-5 毛乌素沙地西部防风固沙林结构配置优化类型

立地带	立地类型	树种组成	混交方式	株行距(m×m)	覆盖度(%)	风速 7m/s 输沙量
毛乌素沙地西部带	沙丘迎风坡	白柠条纯林	带状	1.0×2.0	>30	<0.41
		柠条纯林	随机分布	2.0×2.0	>30	<0.41
		花棒纯林	带状	1.5×3.0	>35	<0.41
		踏郎纯林	带状	1.5×2.0	>40	<0.02
	丘间地	沙枣+沙柳	带状混交	2.0×3.0	40—50	<0.02
		怪柳+草本	草地栽植	2.0×3.0	>25	<0.59
		白柠条+山竹子	带状混交	3.0×3.0	>35	<0.41
		榆树+草本	草地栽植	3.0×3.0	25—35	<0.59
	平缓沙地	白柠条纯林	带状	2.0×2.0	>30	<0.41
		白茨纯林	随机分布	2.5×2.5	>35	<0.41
		花棒纯林	带状	1.5×3.0	>35	<0.41
		踏郎纯林	带状	1.5×2.0	>40	<0.02

3.2.1 防风效能与结构因子的关系 沙区农田防护林的营造目的仍然是防止或减轻风蚀,在保证农、牧业的生产上具有至关重要的作用。影响农田防护林的生态效益的主要因子是防护林的结构,在考虑生态效益的同时,也应考虑其经济效益,决定经济效益的主要因子是主要树种和伴生树种的选择。结构不同的农田防护林防风效能不同表(4-6)。

表 4-6 不同结构林带防风效能

结构类型	调查编号	疏透度(%)	防风效能(%)	调查地点	结构类型	调查编号	疏透度(%)	防风效能(%)	调查地点	结构类型	调查编号	疏透度(%)	防风效能(%)	调查地点
稀	1	40	35.4	定边	疏	1	55	23.6	榆林	通	1	65	17.6	榆林
疏	2	40	26.9	石洞	透	2	50	19.9	牛家	风	2	60	19.2	海流滩
平均	3	40	30.0	沟	型	3	48	21.6	梁	型	3	68	17.9	试区
		40	30.8		平均		51	21.7		平均		64	18.2	

此外,毛乌素沙地,特别在西部地区,因生态环境较差而广泛分布以沙柳为主的紧密型农田防护林,是一种特殊类型。紧密型防护林带在本区林业发展初期,曾起到护农、护牧的重要作用。由于紧密型防护林带的堆沙作用强烈,在大部分地区已不采用,但在下湿滩地在林分更新过程中

仍不失为一种权宜之计。观测证明,稀疏型林带的防风效能显著高于其它三种类型,因此,该类型是沙区农田防护林的发展方向。营造稀疏型结构的林带,可以保证防风效能达到 30%。除疏透度外,影响防风效能的结构因子还较多,我们以表 4-7 进行综合线性回归分析。结果如下:

标准化线性回归方程: $Y=\{-0.840X_1-0.087X_2-0.048X_3-0.234X_4\}$;

相关系数=0.976; $F=34.902^{**}$ 。

逐步回归方程: $Y=\{-0.843X_1+0.234X_4\}$ 。

逐步回归方程说明,对防风效能权重最大的是林带主间距,其次是林带的疏透度,其它因子处于从属地位。因此,毛乌素林带的设计在充分考虑树种的生物生态学特性的前提下,主要需注意以上两因子。需要说明的是上述方程只在林带为稀疏型时成立。

经调查,各树种在不同的立地生长状况不同。在干滩地合作杨、小叶杨长势尚好,11~12 林龄高生长为 9.2~9.7m,可以 9.0~10.0m 作为设计树高;在下湿滩地合作杨(*Populus × opera* Hsu.)旱柳(*Salix matsudana* Koidz.)表现良好 8~10 林龄高生长为 6.0~8.0m,可以此作为设计树高;在河谷阶地各树种长势良好,7~9 林龄的杨树,高生长为 9.0~13.0m,也可以此作为设计树高。

表 4-7 防风效能与结构因子的关系

防风效能—Y(%)	主间距— X_1 (m)	株数— X_2 (株/m)	带高— X_3 (m)	疏透度— X_4
16.5	432.5	3.80	4.33	35.0
24.5	320.0	4.00	5.50	38.0
26.5	356.0	3.40	5.10	55.0
27.0	300.5	1.80	7.00	40.0
28.5	306.0	3.20	6.70	41.0
29.2	273.6	3.35	8.26	45.0
30.0	239.6	3.10	9.20	44.6
32.0	200.4	2.90	9.00	46.5
33.4	194.5	2.50	16.30	49.0
35.0	180.5	2.75	13.50	47.5
38.2	58.4	2.68	15.70	48.0

3.2.2 毛乌素沙地农田防护林配置结构的

优化设计 针对毛乌素沙地农田防护林存在的问题,并依据本次调查、观测结果,确立设计原则:其一、在树种选择上主栽树种与伴生树种相结合,常绿与落叶树种相结合,用材与经济树种相结合,充分体现出生态经济型的特点;其二、在配置上以稀疏型结构为主,但考虑到沙区的特点,适当减小其透风系数并在林带间距、断面结构、林带密度等方面做到长远考虑;其三、林带的配置应满足整体的

农田或牧场的规划。依据上述原则,分区设计农田防护林配置结构的优化类型 16 个(表 4-8)。

表 4-8 农田防护林配置结构优化设计 单位: m

立地带	立地类型	主栽树种	伴生树种	主林带距	副林带距	平均疏透度(%)	主林带宽	副林带宽	株行距 m×m
毛乌素沙地中东部带	干滩地	合作杨	隋郎	200	250	45-50	10.0	6.0	2.0×2.0
		旱柳	紫穗槐	180	200	40-45	8.0	6.0	3.0×1.5
		合作杨	紫穗槐	250	300	45-50	10.0	8.0	2.0×2.0
	湿滩地	樟子松	大扁杏						1.5×2.0
		旱柳	杞柳	200	250	50-55	10.0	8.0	3.0×2.0
		合作杨	紫穗槐	200	250	30-35	10.0	6.0	1.5×2.0
	河谷阶地	合作杨	沙棘	150	250	50-55	10.0	8.0	2.0×2.0
		樟子松							
		新疆杨	大扁杏	250	350	45	6.0	4.0	2.0×3.0
		油松							
		旱柳	杞柳	200	300	45-50	6.0	4.0	2.0×3.0
		北京杨	紫穗槐	250	300	50-55	6.0	4.0	1.5×2.0
毛乌素沙地西部带	干滩地	榆树	沙枣	150	200	55-60	10.0	8.0	1.5×2.0
		旱柳	沙柳	150	200	40	8.0	6.0	2.0×1.5
		合作杨	杞柳	150	200	50	8.0	6.0	2.0×1.5
	湿滩地	旱柳	沙柳	150	200	45	8.0	6.0	2.0×1.5
		小叶杨	紫穗槐	200	250	40-45	8.0	6.0	2.0×1.5
		旱柳	沙棘	200	250	35-40	6.0	4.0	3.0×3.0
	河谷阶地	旱柳	沙棘	150	200	45	8.0	6.0	1.5×1.5
		栓柳	芨芨草	150	200	45	8.0	6.0	1.5×1.5
		沙枣	芨芨草	150	200	45	8.0	6.0	1.5×1.5
	盐碱滩地								

※ 林带结构配置,主林带以稀疏型为主,总疏透度控制在 45%~50%,分层疏透度之差不超过 15%为宜;副林带宜采用低度疏透性或低度通风型结构,疏透度也控制在 50%左右。

3.3 用材林配置结构

毛乌素沙地用材林的营造有着不少历史的教训,五六十年代,杨、柳用材林在林业建设中占

有主要地位,致使在林业内部结构中所占比例较大。按自然地地带说,毛乌素沙地绝大部分属于干旱、半干旱的灌丛草原地带,年降水大部分地区在 400mm 以下,且变率大。因此,从自然规律出发,沙区不宜发展大面积的用材林。应在小尺度的范围内,适当营造用材林。此外,可在营造农田防护林、防风固沙林及其它林种时在树种选择时,考虑到用材。本项研究调查用材林标准地 168 块(含兼作用材的其它林种),归结各种用材林配置结构类型 36 个,最终筛选出用材林优化配置结构 8 个。

3.3.1 用材林立地类型和生产力预估

(1)用材林树种 从专家信息和几十年的用材林生产经验看,在目前科技水平条件下,毛乌素沙地的用材林在长期内仍以合作杨、新疆杨(*Populus bolleana*)、箭杆杨(*populus nigra* L. var. thevestina(Dode) Bean)、小叶杨、北京杨(*P. × pekinensis*)等、旱柳、樟子松等三个树种为主,上述 A3 亚区的盖沙黄土立地上可栽植油松,B1、A1 亚区可发展榆树(*Ulmus pumila*),这些树种同时也是农田防护林等林种的主要树种,兼服用材。

(2)立地类型和生产
力预估

根据“七五”期间通过调查标准木的树干解析资料,继而编制的立地质量得分表,可以预估生产力^[15]。根据预估的生产力可以反馈确立毛乌素沙地用材林的优化配置结构。其中,杨树和旱柳在“七五”期间编制了立地质量数量化表(表 4—9,10);樟子松于 1964 年引种至榆林,在红石峡

栽植,已郁闭成林。近年开始有较大规模的发展,目前,成林面积尚小,所分布的立地类型也比较单纯,大部分在固定或半固定沙地栽植。樟子松对风蚀沙埋相当敏感,据调查,在榆林城西沙营造的万亩樟子松人工林中,无风蚀的丘间地樟子松成活率达到 88.7%;在气流比较平缓的迎风坡下部,在灌木的保护下,成活率可达到 98.4%;在风蚀严重的有剧烈气流涡旋的丘间地或风口处,仅偶然发现成活植株;因此可以说樟子松是一个不耐风蚀的树种。但只要解决风蚀问题,根据对其生长状况调查表明,其不失为有发展潜力的用材树种。针叶树种还有乡土树种油松,对其栽培的研究在本集内另有报告(表 4—11)。

表 4—11 樟子松人工林生长进程表%										
林 龄	1	3	5	7	9	11	13	15	17	
树 高	0.20	0.60	1.00	1.65	2.50	3.30	4.00	4.85	5.42	总生长量 m
胸 径	0.20	0.40	0.40	0.65	0.85	0.80	0.70	0.85	0.57	连年生长量 m
树 高	1.00	2.40	3.83	5.25	7.04	7.85				总生长量 cm
胸 径	1.00	1.40	1.43	1.42	1.79	0.81				连年生长量 cm

※ 榆林地区治沙研究所。

从上两表中可以根据立地因子查出相应数据,再予以累加即可得出该立地杨树的高生

表 4—9 杨树立地质量数量化简表

项目	类 目	得 分
土 壤 质 地	沙土	10.116
	轻壤	10.710
	砂土	8.143
	粗沙	5.184
	干滩	2.097
	湿滩	1.380
	阶地	2.392
	河漫滩	1.024
	固定、半固定沙丘	-0.192
	平沙地、丘间地	0.103
地 貌 类 型	黄土	2.923
	湿	-0.120
	润	1.338
	潮	1.823
	度	1.823
	湿	-0.138
	紧	2.113
	密	-0.099
	度	1.919
	水	1.623
分 林 种	降水	-0.072
	潜水	1.095
	潜水	0.84
	片林	27.8**
	带状林	3.08
	带状林	
	复相关系数	
	F 值	
	F。	

表 4—10 旱柳立地质量数量化简表

项 目	类 目	得 分
密 度		-0.01557
	行	30.10671
	二	32.80328
	三	32.93638
	四	21.13278
	片	25.51122
	五—八行林	2.35651
	年 龄	3.96615
	干	-0.25861
	湿	5.68798
地 貌	盐碱滩	-20.5924
	河漫滩	-9.31595
	坡麓阶地	-1.66933
	固定半定沙丘	
	土	15.58926
	沙	7.524223
	粗	1.11538
	质	
	复相关系数	0.654
	F 值	6.25**
	F。	3.332