

# 黄土高原植被建造优化模式

汪有科 吴钦孝 韩 冰

(中国科学院西北水土保持研究所·陕西杨陵·712100)  
水 利 部

**摘 要** 文章分析了黄土高原植被建设的现状,总结选择了适宜黄土高原植被建设的宏观、中观、微观模式和种植模式,对黄土高原植被建设具有指导意义。

**关键词** 黄土高原 植被 模式

## Optimum Patterns to Building Vegetation on the Loess Plateau

Wang Youke Wu Qinxiao Han Bin

(Northwestern Institute of Soil and Water Conservation, Academia Sinica  
and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi, 712100)

**Abstract** In this article, we analysed the situation of the vegetational building, and Selected optimum patterns to building vegetation on the Loess plateau. It includ macropattern, middium pattern, micropattern and planting pattern. These patterns has important significance of guidance for vegetational building on the Loess plateau.

**Key words** Loess plareau vegetation pattern

## 引 言

黄土高原的人口—资源—环境是该区的主要矛盾。为了解决这一问题,人们一直在寻求各种优化方案和途径,植被建造优化模式则是有效途径之一。植被建造优化模式研究是运用科学的方法论,对植被、土壤和需求循环系统的模拟或塑造,借以寻求比较理想的资源利用结构。由于黄土高原自然地理条件的多样性和社会发展等变化,植被建造模式不论从时间或空间上都是多样的。

近年来在中国科学院的主持下又建立了11个区域治理实体模式(黄土高原综合治理试验示范区),还涌现出很多以经济林为主体的实体模式。现在我们仅讨论适合目前黄土高原植被建造的主要优化模式。

## 1 宏观模式

按照《中国林业区划》规定的森林覆盖率,并考虑到本区的土地资源条件和水土保持需要,黄

土高原各种地貌类型区的森林覆盖率应为：河套平源和汾渭平原应达到 10%，风沙区 50%—60%，黄土丘陵 35%，土石山区 50% 才能达到植被建设的宏观要求。按表 1 各地貌类型区的土地比例计算，本区共需保护性林地约 28 703 万亩，占总土地面积的 30.5%，除了现有林 14 085.6 万亩外，尚需增加林地 14 617.4 万亩。当然类似的宏观调控模式(或模型)在国家和各省其它区划中(如农业区划，自然区划)也有涉及，对该区的植被建设具有指导意义。

表 1 黄土高原地区的地貌类型

地貌类型	总土地	黄土丘陵	平 原	土石山地	沙 漠	水 域
面积(万亩)	94 011.6	31 491.5	34 073.6	20 535.5	7 286.8	624.2
占总土地(%)	100	33.5	36.2	21.8	7.8	0.7

另外，近年随着计算机的发展，人们利用计算机建立数学模式(或模型)也很多。如通过“七五”黄土高原综合科学考察，提出的《林业发展战略 SD 模型》(张汉雄，1991)就是一个很有代表性的优化方案。

SD 理论是从实际系统的客观存在和内在联系为基础，通过分析建立反映系统实际状况的结构模型，然后在计算机上模拟实际系统的动态行为。它是定性与定量分析结合的一种数值模拟方法，亦称动态仿真(dynamics Simulatrty)方法，能解决单纯追求数学解的一般系统分析法无法解决的复杂问题，被誉为“政策和策略实验室”，因而目前在社会经济系统和生态经济系统分析中得到广泛应用。SD 模型属于结构模型，由系统流图和构造方程两部分组成。系统流图是反映系统内部各元素、子系统间的因果关系与反馈机制，构造方程是流图的数学表达式，二者相辅相成，融为一体。

仿真结果得出 4 种发展战略(表 2)，经对 4 种发展战略的综合评审认为，到 2000 年目标期，综合型林业发展战略的总体效益最优，用材型次之，防护型最差。这说明黄土高原地区近期林业发展的主要目标是用材、燃料和提高经济效益，单纯发展防护林不能取得最佳的总体效益。到 2030 年目标期，评审结果仍然是综合型方案最优，与近期排序相同，但防护型由近期的第四位上升到第二位，用材型由第二位降到第三位。这是由于防护林采伐周期长，后期效益好，即林业生产中的滞后效应。用材林采代周期较短，短期效益明显。综合型发展总体效益增长稳定，有利于森林资源永继利用，是黄土高原地区林业发展的最优战略。

2 中观模式

视整个黄土高原地区为宏观区域，那么黄土高原分为若干区则视为中观区域。建立该区域的模式可称为中观模式。将黄土高原林业分区(侯庆春，1989)的各区作为建模区域，采用线性规划方法建立本区的林种结构与布局总体优化模型其结果如表 3。

该优化方案的总体效益及合理性如下：

1. 优化后的森林覆被率为 28%，考虑各类型区森林发展的需要与可能，为取得总体效益最优，而并非局部均优，因而各区的覆盖率亦有差别，Ⅴ区最大为 35.7%，Ⅰ区最小为 20%，黄土丘陵(Ⅳ)区为 29.7%。
2. 优化方案的最大林业产值可达 96.53 亿元比 1985 年林业产值约提高 6.2 倍。
3. 优化方案的年木材总产量可达  $1\,550 \times 10^4 \text{m}^3$ ，水果总产  $1\,179 \times 10^4 \text{t}$ ，薪柴总量  $6\,798 \times 10^4 \text{t}$ ，按规划期总人均  $0.11 \text{m}^3$ ，果品 84kg，农村人均燃料 653kg，均可不同程度满足该区社会经济发展的多目标需求。

4. 优化方案的农田防护总面积为 2 894. 6 万亩, 水土保持林 7 335. 6 万亩, 固沙林 2 557. 0 万亩, 用材林 7 550. 5 万亩, 经济林 3 078. 0 万亩, 薪炭灌木林 2 928. 0 万亩, 分别占总林地面积的 11%、27. 8%、9. 7%、28. 7%、11. 7% 和 11. 1%, 与现有林种结构相比, 防护林、水土保持林和经济林比重显著提高, 林种结构都比现状更为合理。

表 2 4 种林业发展战略仿真的主要指标

方 案	控制参数	时间趋势	总人口 (万人)	粮食总产 (10 <sup>4</sup> t)	防护林 (万亩)	用材林 (万亩)	灌木林 (万亩)
		1985	8 124	2 316	3 938	5 985	3 748
防护型	$P_{6A}=10.8-16, P_8=45$	2000	10 308	3 288	7 212	6 451	4 685
	$P_{2A}=0.023, P_2=0.028$	2015	12 110	3 995	9 598	9 709	5 858
	$PP_B=0.025, P_2B=0.13$	2030	14 227	5 052	11 081	6 959	7 324
用材型	$P_6=10.8-16, P_8=35$	2000	10 308	3 288	5 326	7 838	4 038
	$P_{2A}=0.025, P_2=0.03$	2015	12 110	3 995	6 440	8 858	4 353
	$PP_B=0.015, P_2B=0.13$	2030	14 227	5 052	7 660	9 748	4 690
薪材型	$P_6=10.8-16, P_8=40$	2000	10 308	3 288	4 667	6 895	5 589
	$P_{2A}=0.015, P_2=0.02$	2015	12 110	3 995	4 861	6 591	8 334
	$PP_B=0.037, P_2B=0.13$	2030	14 227	5 052	4 904	5 883	12 429
综合型	$P_6=10.8-16, P_8=40$	2000	10 308	3 288	5 044	7 080	5 044
	$P_{2A}=0.02, P_2=0.025$	2015	12 110	3 995	5 724	7 896	6 788
	$PP_B=0.03, P_2B=0.13$	2030	14 227	5 052	6 341	7 964	9 136

  

方 案	经济林 (万亩)	总林地 (万亩)	蓄积量 (10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> )	人均木材 (m <sup>3</sup> /人)	农均薪柴 (kg/人)	林业产值 (亿元)	土壤流失量 (10 <sup>8</sup> t)	农业总产值 (亿元)
现 状	415	14 086	21 963	0.041	314	13. 4	14. 66	175. 0
防护型	1 515	19 864	34 197	0.058	495	38. 7	12. 85	286. 8
	2 641	24 086	49 086	0.071	552	65. 7	10. 32	384. 5
	3 184	28 438	64 291	0.079	614	87. 7	9. 19	487. 9
用材型	1 515	18 718	28 672	0.078	467	46. 7	12. 97	294. 2
	2 641	22 292	36 925	0.085	792	71. 1	11. 61	389. 9
	3 184	25 283	44 864	0.098	520	90. 5	10. 78	490. 6
薪材型	1 515	18 666	29 952	0.067	504	42. 2	13. 11	290. 2
	2 541	22 428	37 056	0.071	585	65. 0	11. 89	383. 2
	3 184	26 399	40 971	0.067	692	80. 2	11. 10	480. 2
综合型	1 515	18 683	30 512	0.069	695	42. 9	12. 98	296. 8
	2 641	23 049	39 524	0.076	557	66. 5	11. 65	407. 1
	3 184	26 625	46 698	0.084	627	85. 1	10. 81	523. 1

需要指出的是上述宏观和中观调控模式, 仍属生态型和自然型。即它的目标是: ①保护该区生态平衡; ②满足该区人民对木材、燃料、水果等需; ③改善目前农林牧结构不合理状况等。而当今随着市场经济的发育, 市场是个更开放的系统, 不局限在整个黄土高原, 而是全国乃至世界, 所以随着目标的改变, 模式结构必须改变, 如目前黄土高原的苹果面积产量就超出该市场的需求水平, 而走向全国和国际, 发展经济林也并不限于原有的宜林地, 而是良好的农田, 随之带来了农林结构的变化, 这种结构、优劣将受市场的控制, 所以说优化模式是相对的, 随着社会的发展它是动态的。

表 3 黄土高原地区不同地类林种布局优化方案(单位:万亩)

林 种	区 号	I	Ⅰ	Ⅱ	Ⅳ	V	Ⅵ	合 计
农防林	平 原	667.8	423.7	103.6	541.0	518.5	640.0	2 894.6
水保林	丘 陵				4 437.0			4 437.0
	土石山		16.5	437.2	416.9	2028.0		2 898.6
固沙林	沙 地	496.0	1 932.0		129			2 557.0
用材林	丘 陵			29.0	2 416.0	258.0		2 703.0
	土石山			430.6	1.6	1 434.0	2981.3	4 847.5
经济林	丘 陵			57.2	802.0		782.0	1 641.2
	土石山	312.7			281.3	819.0	23.7	1 436.7
薪炭材	丘 陵	538.0	934.0	79.0				1 551.0
	沙 地		1 377.0					1 377.0
合 计		2 014.5	4 683.2	1 136.6	9 024.8	5 057.5	4 427.0	26 343.0
覆盖率%		20.0	24.9	22.0	29.7	35.7	32.8	28.0

3 微观模式

与上述宏观区域和中观区域范围相比,那么把黄土高原小流域植被建设模式可视为微观模式。“七五”期间,在黄土高原不同类型区建立的 11 个综合治理试验示范区,以丰富的试验研究成果和具有科学依据的实体模型,向人们展示了它所代表的区域发展模式(表 4)。

表 4 黄土高原土地分片植被建造模式

特 征	地 貌	植被带	试区	农用地(亩)	林用地(亩)	草用地(亩)	农:林草
关中渭北片	残塬、台塬	落叶阔 叶 林	乾县	7969	3304	83	1:0.42
			淳化	4493	6124	1094	1:1.60
			长武	5807	4696	270	1:0.85
宁南陇中片	梁状宽谷丘陵	草原	西吉	3116	2004	3244	1:1.23
			定西	7094	2138	2470	1:0.65
			固原	7085	2400	11584	1:1.94
陕北晋西片	梁峁丘陵	草原—森 林草原	安塞	3438	3118	4328	1:2.17
			米脂	3233	1841	1194	1:0.94
			离石	5601	5500	1826	1:1.31
晋西北片	沙黄土覆盖梁状丘陵	草原	河曲	17321	14015	2804	1:1
内蒙南部片	覆沙丘陵	草原	准格尔	1341	3991	4301	1:6.2

各试区经过“七五”期间优化模型的设计与实施,土地利用不合理的状况得到了不同程度的改善,合理的农村经济体系开始形成,最突出的标志是农业产值结构的变化和经济效益的提高(表 5)。经济效益需要有一定的基础,如良好的农业生产基本条件与一定的林草覆盖等作保证,否则也是不巩固的。生态效益(减沙效益)经测定都有一定程度的提高。实际上,生态效益不可能象经济效益那样立杆见影。工程措施可以立即生效,但工程的覆盖面积和治理程度有限。而林地短短几年还没形成冠层和枯枝落叶层,拦沙蓄水能力作用不大。因此,几年的治理只能形成一个框架。对多数试区来说,还没有形成良好的防护林体系,随着时间的延续,林地的防护作用将不断增强,实现植被优化模型还需要循序渐进。

表 5 各试区治理前后纯收入对比

项 目	乾县	淳化	长武	西吉	定西	固原	安塞	米脂	离石	河曲	准格尔
总纯收入 1985 年	32.20	56.86	40.20	17.08	34.57	26.08	12.92	23.79	21.28	32.42	7.13
(万元) “七五”末期	76.01	298.89	94.28	28.36	54.35	66.69	25.57	43.74	95.65	142.20	28.80
人均 1985 年	186.00	210.00 *	230.00	237.00	295.00 *	355.00 *	309.00	246.00	148.00	136.00	215.00
纯收入 “七五”末期	414.00	1006.00	507.00	348.00	731.00	587.00 *	694.00	465.00 *	740.00	631.00	879.00
(元) 增长(%)	122.40	379.00	120.00	46.90	147.8	65.4	124.60	89.50	400.00	364.00	308.60

注:1. 有 \* 者为 1985 年价格;2. 西吉按 1980 年不变价格。

在模型设计上各试区加强了第一性生产者的原则,落实了土地利用镶嵌原理,功能上要求总体大于部分之和。上述模式是以小流域为(建模)单元,追求农林牧综合发展,实现生态平衡多功能的模式。但是人口稀少的地方(如吴旗)就不能要求每个小流域均实现农林牧共存的模式,可以建立林业(如水保林、经济林)小流域、草业小流域或林草混交等简单模式。

## 4 植被种植模式

以上讨论的模式从地貌单元来看,可分为宏观、中观和微观三种模式,从植被类型上主要反映了农、林、草或林种的布局比例。而对某一林种或某一地块如何建造成高效植物群体上述模式则显得不足。这就需要植被种植模式。我国种植业历史悠久、具体的种植模式众多,不能一一例举,可大致归纳为乔灌模式、林草模式、林农模式、林牧模式。

### 4.1 乔—灌模式

乔灌混交林在黄土高原是多年来提倡的优化模式,也是适宜黄土高原大多数地区建造的植被类型。但由于生产部门重乔轻灌,结果形成大面积“小老树”的现状。实际现有的乔灌混交林很少见。从自然条件讲,乔灌混交应是整个黄土高原造林的主体模式,它适合于黄土高原整个范围,只是从南到北,自东至西逐渐增加灌木的比例,直至灌木为主、乔木为辅,可谓疏乔密灌林。目前适于营造农田,道路防护林带的混交树种较多。如泡桐、刺槐、悬铃木、椿树、柳树、桑树及各种杨树等都可与多种灌木混交。形成不同效果的林带。而适宜荒山丘陵造林的乔木树较少。从生物量来看,还是杨树和刺槐较高。实地见到的,多为杨树+柠条、沙棘、黄花柳、杞柳、沙柳、紫穗槐、山毛桃等混交形式。虽然这些混交林显得较单调,但确实较纯乔木林效益更佳,可提早收益(取燃料)3—5 年,因有郁闭早,形成复层结构,冠层厚,总覆盖度大,可提供更多枯落物等优点,水土保持效益较纯林更为显著。

### 4.2 林—草模式

乔、灌、草三者相比,草对环境的适应性及速效性最强,因此林—草混交类型特别是灌—草混交类型是黄土高原半干旱区最易建造的林型。中国科学院西北水保所曾在吴旗县首次飞播成功沙棘+沙打旺带状混交植被类型,收到良好的生态经济效益,为建速效、永久性植被开辟了一条新途径,得到社会的承认。近年来又在宁夏西吉、彭阳两县建立林—草混交燃料林,再次显示了这种模式的优势。一般纯灌木林在营林三年后才可收获利用,开始每亩年产量不足 100kg,如果混播草本植物(沙打旺、草木樨),种植当年可收获利用,每亩年产量 1 000kg。待草带衰败后,灌木(或灌木状乔木)已具有稳定的产量。林草混交还可提早郁闭林地、年冲刷量减少 80%左右,防止水土流失效果明显。林—草混交还可促进树木生长。王斌瑞等在宁夏西吉县进行了华北落叶松沙打旺间作试验研究。经观测,行间间作沙打旺牧草带的华北落叶松较其纯林根幅增加 15.9%,根系总长度增加 75.3%,树高增加 9.1%,地径增加 11.2%。落叶松成活率 94%,保存率达 92%。

不足之处是目前在半干旱地区荒山种植的沙打旺、草木樨都不能与林长期共存,一般3—5年后草便衰败,后期将为灌木纯林,总生物量不如林草共期。

#### 4.3 林—农模式

林—农模式,也可称为林—农复合体。这是黄土高原农地广泛采用的模式。黄土高原限制林木生长的主导因子是土壤水分,而农地的水肥条件均优于林牧业用地。所以利用现有的农地建立林农复合体,对林木生长极为有利,其经济效益为荒山造林的数倍。而且可充分发挥农地的生产潜力,提高农地生产率,按配置的方式可分为以下几种类型:

4.3.1 带状林 在缓坡带状灌草混交地,等草衰败后种植农作物可获较高的产量。西北水保所在西吉、彭阳就成功地建立了这种类型,以缓解林农矛盾。另外,广泛分布的护路、护渠林、农田防护林带等。

4.3.2 行状间作林 常见的有桐粮间作,枣粮间作,地埂造林等。近年很多果农在果园建立初期,在果树行间种粮、棉、油及其它经济作物(如药材)等都收到良好的效益,深受农民喜欢,所以广为采用。

4.3.3 块状经济林 由于目前农地已承包到户,经济林不宜连片建造,故形成以户为单元的小片种植。但集少成多,受市场经济的影响,这种经济林具有很强的生命力,越来越多的县已形成以经济林为优势的林业体系。

4.3.4 村庄林 主要分布于村庄道路两侧及房前屋后,树种繁多。其中庭院经济林是近年很受欢迎的一种形式,值得大力推广。

林—农间作是广大农民最易接受的模式。它具有成活率及保存率高、成材快、经济效益显著、农民直接受益大等优点。据统计(1985)黄土高原人工林与四旁树有这样的结构比(人工林:四旁树)面积为1:0.47,蓄积量为1:0.98(其中陕西省四旁树总蓄积量是人工林的2.1倍,山西省为7.5倍),亩均蓄积1:2.1。可见四旁植树的生产力远高于人工林,每亩平均蓄积量四旁树是人工林的2倍多。成材率和出材率也明显高于一般荒山造林,估计高达3倍以上。农民从中获得的经济效益明显大于其它各种类型的人工林。目前黄土高原全部宜林地都营造林,潜在森林覆被率约28%。实际上现有宜林地全部建成林的困难远大于林—农间作植树。例如,陕西省1949—1975年造林保存率25.4%;山西省1949—1978年造林保存率25.2%。按上述保存率推算全区造林面积>全部宜林地+有林地+疏林地+未成林地。如果能充分利用各种地坎、地埂,农林间作等形式,推广多种林农混交模式,必将加速黄土高原的植被建设,森林覆被率潜势将突破目前的宜林面积率。所以,我们认为林—农间作是黄土高原发展林业的快速高效途径。

#### 4.4 林—牧模式

林牧结合有两种形式。一是圈养式,利用林地资源,收获林下牧草及树叶作饲料,舍饲牲畜;二是林地放养,利用林间草场或林下落叶放牧。

在黄土高原天然次生林边缘的灌木林和人工灌木林也常是放牧的场所,形成事实上的林—牧结合型。乔木幼林一般不宜放牧。成林后牲畜不能损坏树木时,可适当放牧。目前黄土高原的乔木林,政府部门一般明文禁牧。由于草场载畜量低,牧业用地不足,实际上能禁止放牧的人工林并不多,基本上各地都能见到林地放牧的现象,充分表现出林牧矛盾的尖锐性。

为了解决林牧用地矛盾,陇东黄土高原一些地方采取收获牧草舍饲牲畜。平凉地区水保所研究认为:①舍饲有利于天然草地的恢复,植被正向演替速度加快。封育后生物量比未封育地带提高7.5%,可食率提高20%,载畜量提高30%,舍饲羊的数量较放牧高40—44%,还可为种植业

提供较多的优质肥料;②利用灌木资源作为补充饲草,有计划地利用灌丛放牧。柠条较耐啃食,沙棘、山毛桃等灌木以轻牧为好。

## 5 讨 论

黄土高原成功的植被建设模式众多,各地均有自己的模式和技术经验。不胜枚举。但黄土高原植被建设仍是“老大难”。我们认为关键不是植被建设的技术问题,而是农林牧之间的矛盾未能解决所致。可以这样说,若无人破坏,黄土高原绝大多数地方自然恢复也能形成良好的水土保持型植被,很多封育试验表明,无人破坏植被生物量3年内可提高3—7倍就是很好的说明。诚然,规划中的宜林地(包括有林地)常常被开垦或过度放牧利用,林地往往受农牧工业的夹击,生存艰难。黄土高原人工林下无良好草被和死被物即是一个例证。出路在于急需解决提高粮食单产,减少非宜农地的垦植。否则植被建设不能巩固。

林一农模式经济效益明显,深受农民喜爱,也属近年世界上兴起和发展起来的一门新学科,即复合农业。作为一种综合效益显著的土地利用方式,值得大力提倡。荒山造林种草一是经济效益较低,二是林草往往属公有,谁去利用谁就受益,大家都去利用,林草则无法保住。农地则是分到了户,谁种谁有,利益明确,只要农民认识到农地植树有好的经济效益,他们就会积极去干,林农业也就会快速发展。

不言而喻,还有很多模式对黄土高原植被建设具有指导意义,如朱显谟提出的28字方略——“全部降水就地入渗拦蓄;米粮下川上塬;林果下沟上岔;草灌上坡下圪。”彭琳等人提出的“发展两环,整治两区”等。各种模式都是在一定的背景条件下产生的,具有各自的特色,即要尊重其科学性,又不可处处搬用,特别是当今社会主义市场经济体制逐渐形成的条件下,要注意科技与市场信息,遵循经济规律,才能使模式更具生命力。

## 参考文献

- 1 袁嘉祖,张汉雄.黄土高原地区森林植被建设的优化模型.科学出版社,1991
- 2 侯庆春.黄土高原地区林业建设分区.中国科学院西北水土保持研究所集刊,1989,(9)
- 3 杨文治,余存祖.黄土高原区域治理与评价.科学出版社,1992
- 4 杨文治等.黄土丘陵区人工林草地的土壤水分生态环境.中国科学院西北水土保持研究所集刊,1985(2)
- 5 汪有科等.薪炭林结构优化及效益模拟.中国科学院、水利部西北水土保持研究所集刊,1992(15)
- 6 程积民等.黄土高原丘陵半干旱地区天然草场恢复改良试验研究.中国草地,1989(4)
- 7 王忠林,王佐民.黄土高原区混农林结构的特征及其防护效益.黄土高原小流域综合治理与发展.科学技术文献出版社,1992
- 8 王哈生等.黄土高原复合农林业的经营实践.当代复合农林业,1993,(3)
- 9 杨纪珂.治理和利用国土的迂回战略,水土保持通报,1982,(5)
- 10 中国科学院黄土高原综合科学考察队.黄土高原地区农林牧业综合发展布局与分区概要.中国科学院、水利部西北水土保持研究所集刊,1989,(9)
- 11 王斌瑞等.西吉黄土丘陵区落叶松沙打旺间作试验研究.林业科技通讯,1987,(1)