

此件已作成果鉴定所发。

刘德纯
91.3.1

S718.45
3

湖南省生态学会
第四届会员代表大会
暨学术研讨会论文

森林生态系统 最佳总体效益开发模型初探

冷水江市农业区划办

一九九〇年五月

森林生态系统

最佳总体效益开发模型

图解法建模，其过程系一、问题的提出

（一）环境质量状态量化评价值的确定

随着冷水江市工矿业的发展，城市生态环境日趋恶化。

旺盛的森林植被，是扭转大自然生态环境向衰变方向发展的保证。因而，我市各级党和政府曾多次发动人民群众，投入大量的人力物力，大面积营造人工林，绿化荒山，以期创造一个良好的森林生态系统，促使城市生态环境向良性方向发展。然而，事与愿违，许多地方营造的人工林成林无几，反而破坏了原有的植被，加速了生态环境的衰败。究其原因，是我们对森林生态系统的组成单元，及其结构、功能、层次等相互关系未予充分研究，不能发挥最佳的总体效益之故。为此，我们在农业区划与国土规划中，通过大量的野外调查与资料整理，运用系统工程的方法和原理，就冷水江市森林生态系统最佳总体效益开发模型的建立，作了大量的研究工作。经过反馈验证，该模型有较高的实用价值，为因地制宜，适地适树，选择最佳树种，建立良好的森林生态系统，寻求最佳的生态效益，经济效益、综合效益开发模式提供了科学依据，现就建模的有关问题叙述于后。

二、建模过程系统

森林生态系统最佳总体效益开发模型采用专家评审，系统层析图解法建模，其过程系统见图一。

(一) 环境质量状态量化评价值的确定

森林生态系统由环境子系统与植物种群子系统两个主要方面组成。环境是生命活动的基础，决定了植物种群的兴衰与繁衍。因此，建模时首先要对环境质量有一个可供评价与比较的量化值。

怎样确定环境质量状态的量化值呢？

森林生态环境的构成单元多，层次多，结构复杂，功能各异，互相影响，互相制约。用什么方法来寻求和表述这个复杂子系统的特点呢？我们是采用因子归并取舍级方和求解环境质量状态实数值的方法来解决的。

1、排列生态环境因子。

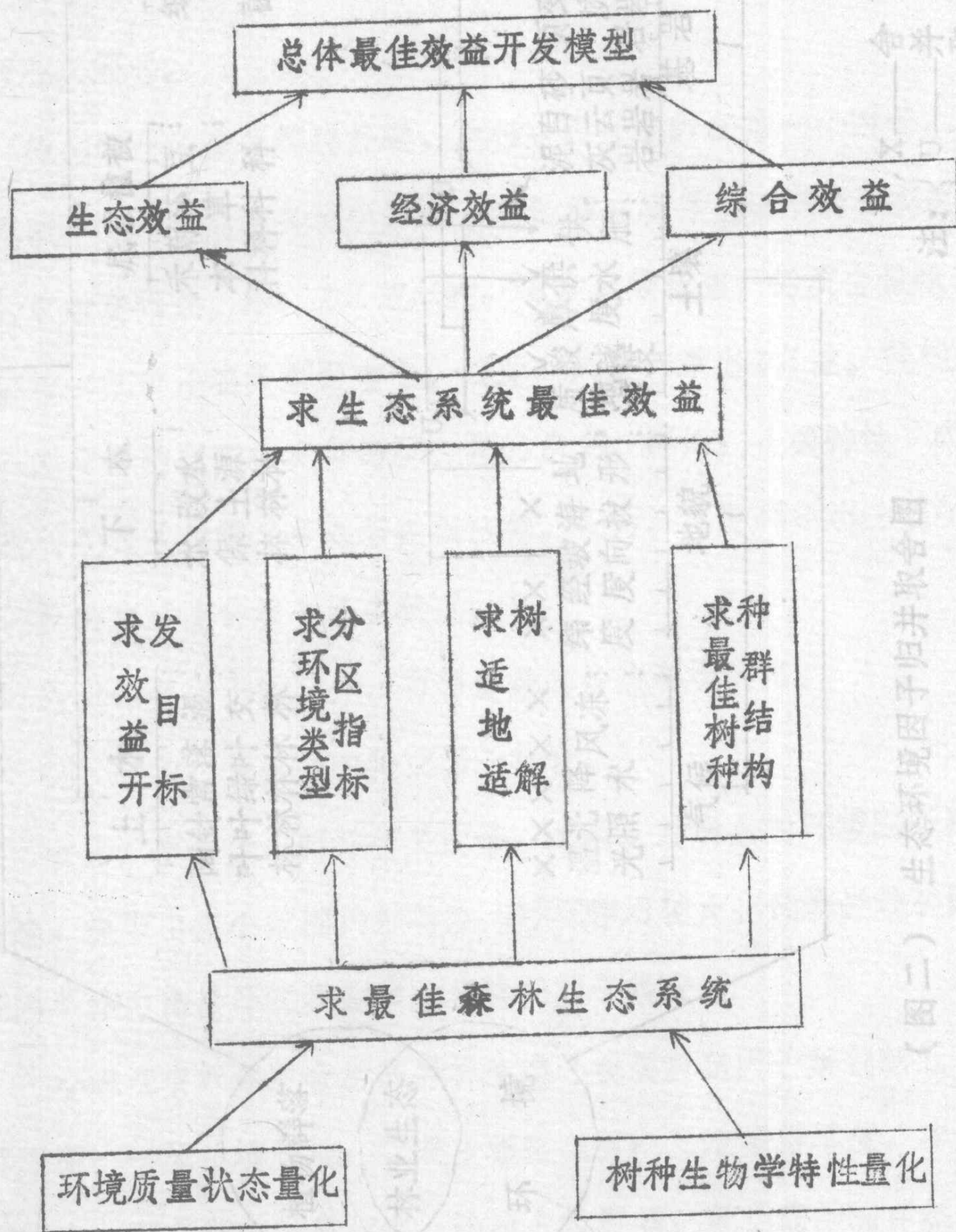
将有关的环境因子一一列举，制成因子图（见图二）。

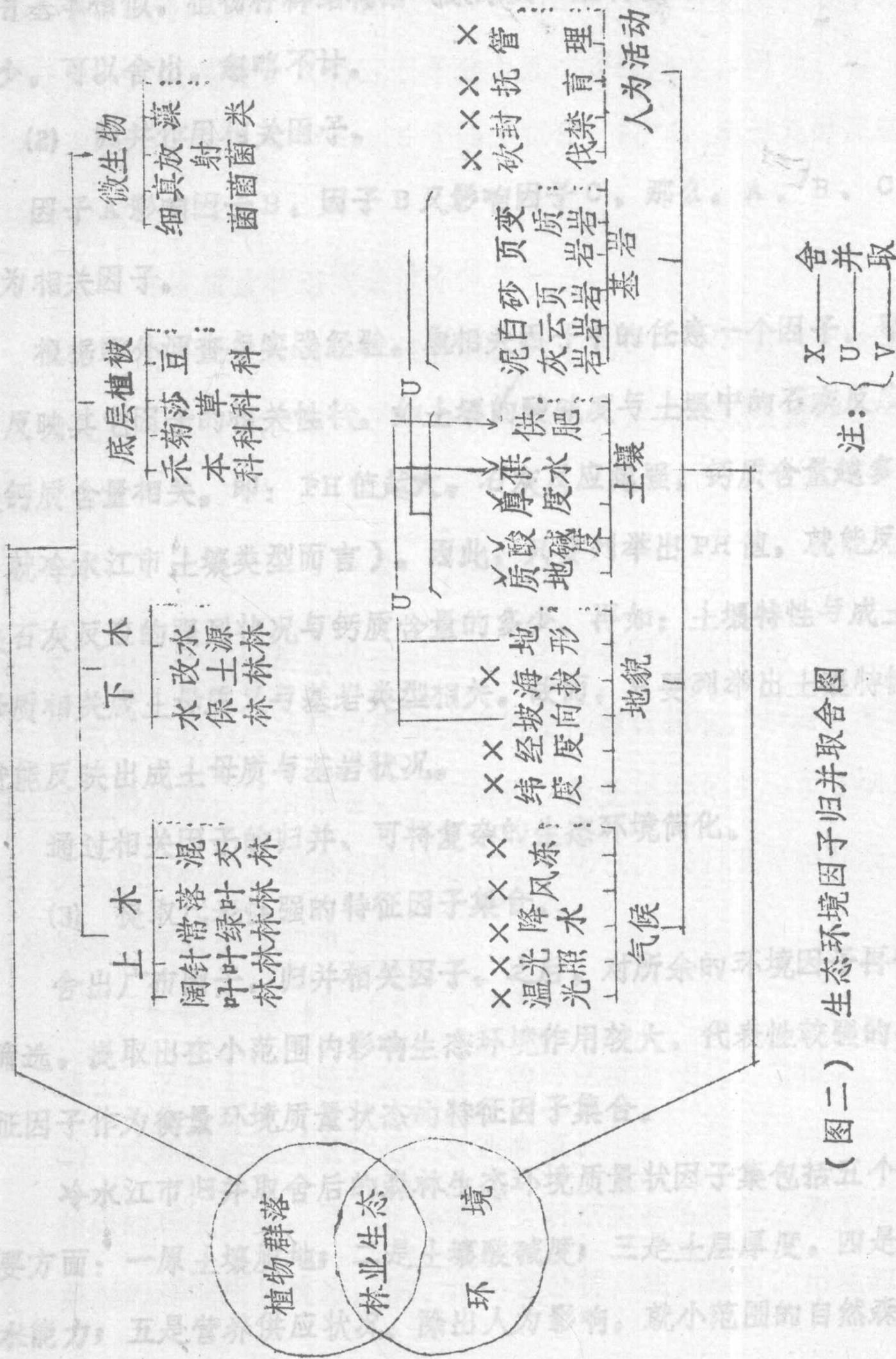
2、逐个进行因子分析，决定归并取舍内容。

(1) 舍出变异作用较少的广布因子。

变异作用较少的广布因子，就是指该环境因子的作用范围非常广泛，对局部范围的影响较少，不能使局部的植物种群结构产生明显的变异，可以忽略不计。如：气象因子对一个乡，一个村来说，

最佳总体效益开发模型建模过程系统图(图一)





(图二) 生态环境因子归并取舍图

作用基本相似，植物种群结构因气象原因产生明显变异的可能性非常少，可以舍出，忽略不计。

(2) 归并作用相关因子。

因子A影响因子B，因子B又影响因子C，那么，A、B、C互为相关因子。

根据野外调查与实践经验，取相关因子中的任意一个因子，可以反映其它因子的相关性。如土壤的酸碱度与土壤中的石灰反应及钙质含量相关。即：PH值越大，石灰反应越强，钙质含量越多（就冷水江市土壤类型而言）。因此，只要列举出PH值，就能反映石灰反应的强烈状况与钙质含量的多少。再如：土壤特性与成土母质相关，成土母质又与基岩类型相关。故而，只要列举出土壤特性，就能反映出成土母质与基岩状况。

通过相关因子的归并，可将复杂的生态环境简化。

(3) 提取代表性强的特征因子集合。

舍出广布因子，归并相关因子，之后，对所余的环境因子再行筛选，提取出在小范围内影响生态环境作用较大，代表性较强的特征因子作为衡量环境质量状态的特征因子集合。

冷水江市归并取舍后的森林生态环境质量因子集包括五个主要方面：一原土壤质地；二是土壤酸碱度；三是土层厚度，四是供水能力；五是营养供应状况。除出人为影响，就小范围的自然森林

植被而言，我们认为，上述五因子能够反映环境质量状态。由于五个因子是一个可变量，又将五因子分为五个等级水平。因此，有25个环境因子质量等级625个因子组合，故而，能够充分反映环境质量状态特征。

4、求环境质量状态实数值（见表一）。

单因子集不能反映整个环境特征。为了确定一个可以量化的环境质量比较标准，我们取因子状态级的平方和定为环境质量状态实数值。

即：
$$Y = \sum_{i=1}^{n=5} X_i^2$$

（式中Y为环境质量状态实数值，X为各因子状态级）。

Y值就是我们反映环境质量状态的量化衡量标准，如调查某地生态环境情况是：土质粘重，呈强碱性，活土层在25~50cm之间，供水能力极差，营养供给状态极差，那么，我们就可根据表一所列标准求算因子级方和。

$$Y = 5^2 + 5^2 + 4^2 + 5^2 + 5^2 = 116$$

那么，Y=116就是某地量化的环境质量状态实数值。

(5) 求环境类型质量状态实数集合值。

相同的环境类型，不一定环境质量状态实数值相等。为了体现某一类型的环境质量状态，便于作类型分析，我们取可能出现的最

环境类型质量状态实数值求算表

表一

环境类型			级 别	薄	层中	层厚	白云质	硅	质	砂壤土
特征因子				红灰土	红灰土	红灰土	灰红土	灰红土		
土壤质地	粘 粘壤 砂 砂	土	5	5	5	5	3	3	2	
		壤	4		4	4	15	13		
		土	3				3			
		壤	2					2		
		土	1	125	100	74	75	47	36	
酸碱度	碱 微中 微酸	性	5	5	5	2	2	1		
		碱性	4	4	4					
		性	3		3	3	11	7		
		酸性	2			2	2	2		
			1					1		
供肥能力	差 较一 较	差	5	5	5	4	4	2		
		一般	4	4	4	4				
		好	3		3	3	3	3		
			2				2	2		
			1	5	5		5			
供水能力	差 较一 较	差	5		4	4	4	4		
		一般	4			3		3	3	
		好	3						2	
			2							
			1							
土层厚度 cm	2 5 以下		5	5						
	2 5 — 5 0		4	4						
	5 0 — 7 5		3		3		3	3	3	
	7 5 — 100		2		2					
	100 以上		1			1	1	1	1	

续表一 为上限，最少 γ ，值作为下限，处在 γ 上下限之间的所有

环境类型			薄层	中层	厚层	白云质	硅质	砂壤土
特征因子			红灰土	红灰土	灰红土	灰红土	灰红土	
环境质量状态实数集合值	上跟 y_1	平限数 $\bar{X}$	5	4.4	3.6	3.8	3	2.6
		总和 $\sum_{i=1}^n X_i$	25	22	18	19	15.4	13
		平方和 $\sum_{i=1}^n X_i^2$	125	100	74	75	47.16	36
	下限 y_2	平均数 $\bar{X}$	4.4	3.8	2.8	2.8	2.2	1.4
		总和 $\sum_{i=1}^n X_i$	22	19	14	14	11	7
		平方和 $\sum_{i=1}^n X_i^2$	98	77	44	46	27	11

Y_1 值作为上限，最少 Y_2 值作为下限，处在上、下限之间的所有实数值作为某一环境类型的质量状态实数集合值。即：

$$A = \{ \leq Y_1 \geq Y_2 \}$$

(式中 A 为环境类型质量状态实数集合值， Y_1 为上限值， Y_2 为下限值)。

(二) 树种生物学特性值的确定。

最佳的森林生态系统，应是环境条件与树种生物学特性相吻合的总体系统。因此，总体效益开发必须求出和环境质量状态相吻合的树种生物学特性实数值。其法是：

1、根据树种对环境因子的要求，填入树种生物学特性实数求算表(见表二)

2、以填好的表格为基础，求树种可接受的环境因子级别值的平方和。以此作为树种生物学特性实数值。即：

$$Z = \sum_{i=1}^{n=5} X_i^2$$

(式中 Z 为生物学特性实数值， X 为树种可接受的环境因子级别值)。

3、以树种对环境要求的最大级别实数值 Z_1 为上限，最小值下限，处在上、下限之间的所有实数值定为树种生物学特性实数集合值(见表三)，即：

表二 主要树种生物学特性实数表

名 称	编 号	土 质			土 质 要 求			酸 碱			要 求			供 肥			要 求			供 水			要 求			土 层 深 度					
		粘 土	粘 壤	壤 土	砂 壤	砂 土	碱 性	微 碱	中 性	微 酸	酸 性	差	较 差	一 般	较 好	好	差	较 差	湿 润	潮 湿	渍 水	25以 下	25 至 50	50 至 75	75 至 100	100 以上					
杏 银	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	1	1	1	1	1
松 金	2		4	3	2			4	3	2			4	3	2			4	3	2											
松 尾	3		4	3	2	5	5	4	3	2		5	4	3			5	4	3												
木 柏	4	5	4	3	2			4	3	2			4	3	2			4	3	2		5									
泡 麻	5		4	3	2			4	3	2			4	3	2			4	3	2											
桉 皮	6		4	3	2			4	3	2			4	3	2			4	3	2											
樟 树	7		4	3	2			4	3	2			4	3	2			4	3	2											
楠 树	8		4	3	2			4	3	2			4	3	2			4	3	2											
木 樟	9		4	3	2			4	3	2			4	3	2			4	3	2											
楝 树	10		4	3	2	5	5	4	3	2			4	3	2			4	3	2											
椿 槐	11		4	3	2	5	5	4	3	2			4	3	2			4	3	2											
槐 树	12		4	3	2	5	5	4	3	2			4	3	2			4	3	2											
槐 树	13		4	3	2	5	5	4	3	2			4	3	2			4	3	2											
荚 树	14		4	3	2	5	5	4	3	2			4	3	2			4	3	2											
刺 槐	15		4	3	2	5	5	4	3	2			4	3	2			4	3	2											
皂 荚	16		4	3	2	5	5	4	3	2			4	3	2			4	3	2											
刺 槐	17		4	3	2	5	5	4	3	2			4	3	2			4	3	2											
皂 荚	18		4	3	2	5	5	4	3	2			4	3	2			4	3	2											
槐 树	19		4	3	2	5	5	4	3	2			4	3	2			4	3	2											
臭 元	20		4	3	2	5	5	4	3	2			4	3	2			4	3	2											
铁 尖	21	5	4	3	2			4	3	2			4	3	2			4	3	2											
杉 木	22		4	3	2	5	5	4	3	2			4	3	2			4	3	2											
木 桐	23	5	4	3	2	5	5	4	3	2			4	3	2			4	3	2											
木 樟	24		4	3	2	5	5	4	3	2			4	3	2			4	3	2											
木 樟	25		4	3	2	5	5	4	3	2			4	3	2			4	3	2											
木 樟	26		4	3	2	5	5	4	3	2			4	3	2			4	3	2											
木 樟	27	5	4	3	2	5	5	4	3	2			4	3	2			4	3	2											

续表二

主要树种生物学特性表

名 称	编 号	土 质 要 求			酸 碱 要 求			供 肥 要 求			供 水 要 求			土 层 深 度										
		粘土	壤土	砂壤土	砂	酸性	微酸性	碱性	微碱性	中	较差	一般	较好	好	差	较差	湿润	潮湿	渍水	25以下	25—50	50—75	75—100	100以上
枣	28	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	3					3	2	2	2	100
茶桃	29		4																	3	2	2	2	1
油核	30	5	4	3																3	2	2	2	1
油桐	31		4	3		5															2	2	2	1
油桐	32		4	3																3	2	2	2	1
千年桐	33		4	3	2															3	2	2	2	1
柏	34	5		3	2																2	2	2	1
栗	35	5		3																3	2	2	2	1
树	36	5		3																3	2	2	2	1
树	37			3																3	2	2	2	1
仲	38		4		2															3	2	2	2	1
朴	39			3	2															3	2	2	2	1
杉	40			3	2															3	2	2	2	1
檀	41	5		3		5														3	2	2	2	1
黄	42	5	4			5														3	2	2	2	1
马	43	5	4			5														3	2	2	2	1
光	44	5	4			5														3	2	2	2	1
皮	45	5	4			5														3	2	2	2	1
枝	46	5	4			5														3	2	2	2	1
冬	47	5	4			5														3	2	2	2	1
果	48	5	4			5														3	2	2	2	1
刺	49	5	4			5														3	2	2	2	1
响	50	5	4			5														3	2	2	2	1
青	51	5	4			5														3	2	2	2	1
刚	52	5	4			5														3	2	2	2	1
耳	53	5	4			5														3	2	2	2	1
化	54	5	4			5														3	2	2	2	1
苦	55	5	4			5														3	2	2	2	1
拐	56	5	4			5														3	2	2	2	1
南	57	5	4			5														3	2	2	2	1
桂	58	5	4			5														3	2	2	2	1
花	59	5	4			5														3	2	2	2	1
山	60	5	4			5														3	2	2	2	1
槐		5	4			5														3	2	2	2	1
香		5	4			5														3	2	2	2	1
梅		5	4			5														3	2	2	2	1

表三

树种生物学特性实数集合值(一)

名 称	编 号	上 限 Z_1			下 限 Z_2		
		平均数	总 和	平方和	平均数	总 和	平方和
		$\bar{X}$	$\sum_{i=1}^n x_i$	$\sum_{i=1}^n x_i^2$	$\bar{X}$	$\sum_{i=1}^n x_i$	$\sum_{i=1}^n x_i^2$
银 杏	1	3.8	19	73	2.4	12	32
金钱松	2	3	15	45	2	10	22
马尾松	3	4	20	84	2.6	13	41
柏木	4	5	25	125	3.6	18	66
泡桐	5	3.6	18	70	2.6	13	39
麻栎	6	4	20	82	2.4	12	34
栓皮栎	7	4	20	82	2.4	12	34
樟树	8	3.2	16	54	2.2	11	27
楠木	9	3.2	16	54	2.2	11	27
擦树	10	3.4	17	61	2.2	11	27
苦楝	11	3.8	19	77	2.2	11	27
香椿	12	3.6	18	68	2.2	11	27
国槐	13	4.2	21	91	2.8	14	46
刺槐	14	5	25	125	3.2	16	54
皂荚	15	4.2	21	95	2.8		44
喜树	16	3.2	16	54	1.8	9	17
悬铃木	17	3.4	17	59	2	10	22
臭杨	18	3.66	18	68	2.2	11	27
臭椿	19	4	20	86	2.8	14	46
元宝枫	20	4.4	22	104	2.8	14	46
铁尖杉	21	4.6	23	107	2.8	14	42
杉木	22	3.2	16	54	2.2	11	27
梧 桐	23	4	20	86	2.2	11	27
黄莲木	24	4.6	23	109	2.4	12	32
南酸枣	25	3.8	19	73	2.2	11	27
紫穗槐	26	4.6	23	107	2.8	14	42
棕 榈	27	4.4	22	98		15	49

树种生物学特性实数集合值(二)

名 称	编 号	上 限 Z_1			下 限 Z_2		
		平均数 $\bar{X}$	总 和 $\sum_{i=1}^{n_2} x_i$	平方和 $\sum_{i=1}^n x_i^2$	平均数 $\bar{X}$	总 和 $\sum_{i=1}^n x_i$	平方和 $\sum_{i=1}^n x_i^2$
枣	28	4	20	82	2.4	12	40
油 茶	29	3.6	18	66	2.6	13	35
核 桃	30	3.8	19	77	2.8	14	44
油 橄	31	4.2	21	95	2.8	14	44
油 桐	32	3.4	17	59	2.4	12	30
千 年	33	3.4	17	61	2.2	11	27
乌 柏	34	4.6	23	107	2.8	14	40
板 栗	35	4.2	21	95	2.4	12	32
柿 树	36	4.4	22	100	2.4	12	32
漆 树	37	3.4	17	61	2.2	11	27
杜 仲	38	3.8	19	77	2.2	11	27
厚 朴	39	3.2	16	52	2	10	22
三 尖	40	3.2	16	52	2	10	22
黄 檀	41	4.8	24	116	2.6	13	37
马 桑	42	5	25	125	3.6	18	66
光 皮	43	4.6	23	107	3	15	51
胡 枝	44	5	25	125	4	20	80
水 冬	45	4	20	86	3	15	51
兰 果	46	3.6	18	68	2.2	11	27
刺 楸	47	4.4	22	100	2.8	14	44
响 叶	48	4.4	22	100	2.8	14	44
旱 柳	49	3.8	19	73	2.2	11	27
青 刚	50	4	20	86	2.4	12	32
鹅 耳	51	3.6	18	70	2.4	12	32
化 桤	52	5	25	125	3	15	49
苦 香	53	2.8	14	40	1.8	9	17
拐 木	54	4	20	86	2.4	12	34
南 枣	55	3.4	17	59	2.4	12	30
桂 竹	56	3.4	17	61	2	10	22
花 木	57	3.2	16	54	2.2	11	27
山 槐	58	4.8	24	116	3	15	51
枫 香	59	4.4	22	100	3.2	16	58
杨 梅	60	3.4	17	61	2	10	22

$$G = \{ \leq z_1 \geq z_2 \}$$

(式中 G 为树种生物学特性实数集合值, z_1 为上限, z_2 为下限)。

(三) 确定最佳森林生态系统特性集合值。

最佳森林生态系统是一个环境特性与树种生物学特性相吻合的统一整体。因此,最佳森林生态系统特性集合值应是 A 集合与 G 集合相交所共有的实数区间值。即:

$$R = A \cap G$$

(式中 R 为 A 与 G 的交集, A 为环境类型质量状态实数集合值, G 为树种生物学特性实数集合值)。

由于 A 、 G 之间存在一一对应的恒等映象关系(求树种生物学特性实数集合值时确定)。我们可以绘制一张森林生态系统实数区间吻合映象图(见图三)。

根据这张图,我们可以求得四项解。

1、森林生态环境类型分区指标界限解的确定。

从图三可以看到,以调查事实为依据所表述的环境类型实数区间里,中、薄层红灰土分布在 ≤ 125 与 ≥ 77 实数区间里,厚层灰红土分布在 $\leq 74 \geq 37$ 实数区间里,白云质灰红土分布在 $\leq 75 > 46$ 实数区间里,硅质灰红土分布在 $\leq 46 \geq 27$ 实数区间里,砂页岩土壤分布在 $\leq 35 \geq 11$ 实数区间里,基本上以 75 与 45

为界限值，分为三个明显的实数区间。一是 > 7.5 的实数区间，生态环境因子中，含有浅、粘、碱、旱、瘦五大障碍因素；二是 < 7.5 > 4.5 的实数区间，生态环境中含有部分障碍因素；三是 < 4.5 的实数区间，环境因子中基本不含障碍因素。故而， 4.5 与 7.5 可定为分区的指标界限。

2、效益开发目标解的确定。

根据环境实数区间的特点，来确定开发目标是获取经济效益为主，还是获取生态效益为主，或者是两者兼而有之的综合效益为主。这就是效益开发目标所要确定的内容。从吻合映象图中我们已经得知， > 7.5 实数区间含多种障碍因子，适宜树种少。而且，这些树种生长慢，产出量少，经济效用差，不可能获得较好的经济效益。但这些树种抗逆性强，能改良不良环境，因此，这个区间应以获得最佳生态效益作为开发目标。 < 4.5 实数区间环境条件较好，适宜速生常绿树种生长，能获得较多的林业产出，取得较多的经济收入，故而，应作为经济效益开发区间在 $4.5 \sim 7.5$ 这个实数区间里，环境因子中含有部分障碍因素，所以，开发目标应是改善部分不良生态环境条件的同时，去开发经济效益，即两者兼而有之的综合效益。

3、“适地适树”解的确定。

因为我们已经确定 A 、 G 之间为一一对应的恒等映象关系，当环境实数集合 A 中有元素 a 作为定义域时，那么，在树种生物学特

森林生态系统相互关系图

(图四)

