

## 广西湿地松短周期工业用材林二元材积表的研制

苏杰南,周全连

(广西生态工程职业技术学院,广西柳州 545004)

**摘要:**编制广西地区湿地松短周期工业用材林二元材积表,为湿地松森林经营中蓄积量计量以及生产应用提供科学依据;笔者调查收集了广西国营钦廉林场9个营林分场不同立地条件、不同林分年龄和不同造林密度下的湿地松工业用材林样木632株,利用5个数据模型,采用DPS统计软件分析;通过比较选出最佳材积生长模型  $V=-0.036509+0.010357D-0.000730D^2-0.000498DH+0.000084D^2H+0.001466H$ ,编制了湿地松短周期工业用材林二元材积表;模型1经精度检验,平均误差为6.1%,系统误差为2.9%,精度符合林业生产和应用要求。

**关键词:**湿地松;用材林;二元材积表

中图分类号:S758.6

文献标志码:A

论文编号:2011-1396

### The Study on Volume Table with Two Factors for Short-rotation Industrial Timber *Pinus elliottii* Engelm Plantation in Guangxi

Su Jienan, Zhou Quanlian

(Guangxi Eco-engineering Vocational and Technical College, Liuzhou Guangxi 545004)

**Abstract:** The paper focused on establishment of volume table with two factors for short-rotation industrial timber *Pinus elliottii* Engelm plantation in Guangxi, which offers scientific bases for volume calculation and application of *Pinus elliottii* Engelm forestry management. 632 sample *Pinus elliottii* Engelm industrial timber trees were measured in 9 sub-farms of Guangxi stated Qinlian forestry farm with different site conditions, ages and density, 5 data models were conducted, the best volume increment model:  $V=-0.036509+0.010357D-0.000730D^2-0.000498DH+0.000084D^2H+0.001466H$  and volume table with two factors  $D$  (diameter) and  $H$  (height) for short-rotation industrial timber *Pinus elliottii* Engelm plantation were established. The average error and system error were 6.1%, 2.9%, respectively in model 1, its precision was eligible to be used in forestry production and application.

**Key words:** *Pinus elliottii* Engelm; timber forest; volume table with two factors

### 0 引言

湿地松(*Pinus elliottii* Engelm)原产于北美东南部亚热带低海拔的潮湿地带,具有适应性强、生长快、产脂量大等特点<sup>[1]</sup>。作为速生、丰产的引种树种,中国于20世纪70年代大面积引种湿地松<sup>[2-3]</sup>,广西湿地松林面积约37.8万hm<sup>2</sup>,蓄积量815.0万m<sup>3</sup>。由于在森林资源经营、管理和保护工作中,经常要用二元材积表(模型)来估测立木材积。因此,研制湿地松二元材积表(模

型),具有十分重要的意义。自1846年二元立木材积表问世至今,林学家们在编制材积表的方法上进行了多方面的尝试,提出了数十种材积模型<sup>[4]</sup>。湖南、湖北、江西、广东均已经研制了湿地松二元材积模型<sup>[5-8]</sup>。然而,目前广西还没有适用于计算湿地松蓄积量的二元材积模型,传统资源调查中仅以马尾松材积模型替代计算,这种替代产生很大偏差,难以满足当前森林调查和林业生产的需要。因此,新建适合本区高精度的

基金项目:广西生态工程职业技术学院基金项目“柳州市主要用材树种地径材积表研制——以教学实验林场为例”(201102)。

第一作者简介:苏杰南,男,1963年出生,广西贵港人,副教授,高级工程师,本科,研究方向:森林经理。通信地址:545004 广西柳州市柳北区君武路168号 广西生态工程职业技术学院, E-mail: gxlzsjn@yahoo.com.cn。

收稿日期:2011-05-13,修回日期:2011-07-13。

湿地松立木材积计量模型,已成为当前森林资源管理工作中必须解决的问题。笔者通过对广西国营钦廉林场湿地松的树高、胸径与材积生长模型研究,编制了湿地松短周期工业用材林二元材积表,以期为本地区湿地松森林经营中蓄积量计量以及生产应用提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验时间、地点

研究于2011年3月1日—4月30日在广西国营钦廉林场进行,研究地位于北纬 $21^{\circ}41'$ — $22^{\circ}10'$ ,东经 $108^{\circ}38'$ — $109^{\circ}30'$ ,濒临北部湾,是低丘地貌,属北热带海洋性气候,年平均温度 $22.4^{\circ}\text{C}$ ,最热月(7月)平均气温 $28.2^{\circ}\text{C}$ ,最冷月(1月)平均气温 $13.9^{\circ}\text{C}$ ,极端最高气温 $37.4^{\circ}\text{C}$ ,极端最低气温 $-0.8^{\circ}\text{C}$ ,无霜期358天, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的年积温 $7868^{\circ}\text{C}$ ,年降雨量1668 mm,年蒸发量1601.8 mm,年相对湿度82%。干湿季明显,5—9月为雨季,10—4月为旱季。成土母岩为砂岩,土壤类型为赤红壤,土层厚度为30~80 cm,下层含石砾20%~50%,偶有露岩,土壤肥力较低。林下植物主要有桃金娘、铁芒箕等,高度为40~50 cm,覆盖度达20%~70%。

### 1.2 材料来源

钦廉林场林地资源丰富,经营面积5.98万 $\text{hm}^2$ ,是广西区林场中面积居第2位的国有林场,自然条件优越,20世纪90年代林场以营造马尾松和湿地松为主。测定收集的样木材料主要来源于广西国营钦廉林场9个营林分场,横跨广西北海、钦州两市的合浦、钦南、浦北、灵山4个县(区),该区域是广西湿地松的主要栽培区。

### 1.3 试验方法

1.3.1 试验设计 外业按不同的立地条件、林分年龄和不同的造林密度随机抽取选定树干形正常、无生长缺陷的样木632株,每个径阶和树高级均有相应的样木。样木伐倒后,测量树干长度(树高)和带皮胸径,按中央断面区分求积(区分段长度2 m)的作法,测定各个区分段的中央带皮直径和梢底带皮直径。内业对每株伐倒样木主干采用中央断面区分求积式,计算样木

的材积<sup>[9]</sup>。样木主要测树因子分布范围为:树龄4~15年,树高4.0~16.4 m,胸径3.4~19.8 cm。

1.3.2 试验仪器 直径测量采用测树钢围尺(2 m,河南省商丘市虞城县产),测量精度为0.1 cm;树高、长度测量采用长城牌纤维尺(30 m,宁波产),测量精度为0.01 m。

1.3.3 统计分析 按1 cm为径阶,分别计算各径阶的算术平均胸径( $D$ )、算术平均树高( $H$ ),标准差( $S_b$ )和算术平均材积( $V$ )以及标准差( $S_v$ )<sup>[10]</sup>。在剔除各径级 $\pm 2S_b$ 和 $\pm 2S_v$ 以外的样木后,最后得到编表样木512株,检验样木100株。数据统计采用DPS数据处理系统9.50。

## 2 二元材积表的编制

### 2.1 二元材积表模型的建立

二元立木材积表是根据材积与胸径、树高2个因子之间的函数关系编制而成的数表。笔者采用5种数学模型描述材积与胸径和树高的关系<sup>[11-14]</sup>。利用DPS软件进行统计分析,以512株样木材积、树高、胸径数据代入表1数据模型1~5中,采用非线性麦夸特迭代求解法确定各模型参数、剩余标准差、相关指数,结果见表1。

剩余标准差 $SSE$ 和相关指数 $R$ 反映了二元材积模型的拟合效果,从这2个统计指标来看,表1中的二元材积模型都能取得较好的拟合效果,5个模型的剩余标准差均为0.01,相关指数都达到0.96且很接近。因此,这5个模型都可以用来编制湿地松立木二元材积表。

### 2.2 适应性检验

模型的拟合精度检验不能回答在建模单元范围内能否满足既定精度要求,只有通过检验样木对模型在应用中产生的最大偏差,证明其不会超过既定要求时,该模型才能在生产中应用<sup>[15]</sup>。

2.2.1 检验样木材积计算 将检验用的100株样木分别用所选的5个二元材积模型进行材积计算,结果见表2。

2.2.2 精度检验 主要包括平均误差、系统误差的计算,具体见公式(1)~(2)。

表1 湿地人工林二元材积模型参数、指标统计

序号	数学模型	提出者	$a_0$	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$	$a_5$	$SSE$	$R$
1	$V=a_0+a_1D+a_2D^2+a_3DH+a_4D^2H+a_5H$	迈耶(1949)	-0.0365	0.0104	-0.0007	-0.0005	0.000084	0.0015	0.01	0.9668
2	$V=a_0+a_1D+a_2D^2+a_3DH+a_4D^2H$	迈耶(1949)	-0.0215	0.0079	-0.0006	-0.0003	0.000075		0.01	0.9668
3	$V=aD^2H^2$	山本和藏(1918)	0.000039	1.7807	1.2569				0.01	0.9657
4	$V=a_0(D^2H)^{a_1}$	斯泊尔(1952)	0.000055	0.9622					0.01	0.9650
5	$V=a_0+a_1D^2+a_2D^2H+a_3H$	斯托特(1945)	0.0001	-0.0001	0.000048	0.0007			0.01	0.9664

表2 样木实测材积和不同模型计算材积

序号	树高(H) /m	胸径(D) /cm	原实测材积 /m <sup>3</sup>	模型(1)计算 材积/m <sup>3</sup>	模型(2)计算 材积/m <sup>3</sup>	模型(3)计算 材积/m <sup>3</sup>	模型(4)计算 材积/m <sup>3</sup>	模型(5)计算 材积/m <sup>3</sup>
1	11.0	9.2	0.03928	0.04099	0.04087	0.04140	0.03992	0.04170
2	9.6	9.1	0.03114	0.03469	0.03467	0.03422	0.03429	0.03444
3	10.0	10.5	0.04717	0.04681	0.04675	0.04647	0.04698	0.04613
4	10.0	9.1	0.03219	0.03625	0.03620	0.03602	0.03567	0.03630
5	10.3	10.3	0.03936	0.04685	0.04679	0.04661	0.04658	0.04637
6	11.2	9.4	0.04650	0.04353	0.04341	0.04400	0.04234	0.04420
7	10.4	15.1	0.10219	0.08982	0.08985	0.09323	0.09816	0.09297
8	9.8	7.8	0.02817	0.02629	0.02629	0.02669	0.02600	0.02772
9	10.0	9.0	0.03226	0.03551	0.03546	0.03532	0.03492	0.03565
10	10.9	12.5	0.06267	0.07019	0.07021	0.07064	0.07139	0.06998
11	10.0	10.0	0.04073	0.04299	0.04293	0.04260	0.04277	0.04246
12	11.0	11.7	0.06067	0.06336	0.06335	0.06352	0.06341	0.06294
13	10.5	9.4	0.02997	0.04058	0.04050	0.04057	0.03979	0.04075
14	8.5	8.8	0.02034	0.02865	0.02875	0.02766	0.02860	0.02778
15	10.4	11.4	0.04747	0.05652	0.05648	0.05652	0.05715	0.05596
16	10.4	12.5	0.05124	0.06601	0.06599	0.06659	0.06823	0.06588
17	10.0	8.9	0.03850	0.03477	0.03473	0.03462	0.03417	0.03501
18	9.5	9.3	0.03668	0.03568	0.03566	0.03510	0.03540	0.03520
19	10.3	9.4	0.04168	0.03974	0.03967	0.03960	0.03906	0.03977
20	10.6	13.0	0.06277	0.07228	0.07228	0.07314	0.07494	0.07246
...	...	...	...	...	...	...	...	...
91	10.4	11.8	0.05219	0.05989	0.05989	0.06010	0.06107	0.05946
92	9.2	9.1	0.03434	0.03309	0.03314	0.03243	0.03292	0.03258
93	10.0	13.0	0.07467	0.06671	0.06672	0.06797	0.07086	0.06717
94	10.5	11.7	0.05543	0.05974	0.05976	0.05991	0.06063	0.05930
95	9.6	9.7	0.03404	0.03886	0.03886	0.03834	0.03878	0.03826
96	10.0	12.0	0.06030	0.05857	0.05856	0.05894	0.06074	0.05821
97	11.0	13.0	0.07752	0.07591	0.07598	0.07662	0.07766	0.07599
98	11.3	13.4	0.07858	0.08289	0.08299	0.08365	0.08449	0.08308
99	8.6	10.1	0.02971	0.03669	0.03669	0.03588	0.03770	0.03536
100	9.0	8.7	0.02754	0.02977	0.02987	0.02912	0.02956	0.02944

$$\text{平均误差: } s = \sum \left( \frac{v_0 - v}{v} \right) / n \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{系统误差: } E = \frac{\sum (v_0 - v)}{\sum v} \dots\dots\dots (2)$$

式中:  $s$ 为平均误差;  $v_0$ 为计算材积;  $v$ 为实测材积;  $n$ 为株数;  $E$ 为系统误差。

5个二元材积模型精度检验结果,见表3。

系统误差  $E$ 值表示每个样本单元实际值与其相应的模型估计值的相对误差的平均水平,是衡量材积模

型精度高低的一个常用指标,中国现行规范规定为不超过±3%。平均误差表示各样本单元实际值与其相应的模型估计值的相对误差绝对平均数,它排除了样本单元间正负误差的相互抵消,反映的是在胸径、树高的二元控制下,用材积模型估计单株材积的误差平均水平。由表3可知,5种模型的系统误差在2.9%~5.4%,只有模型1在3.0%以内,且平均误差为6.1%,系统误差和平均误差在5个模型中均最小,满足材积表编制要求<sup>[16]</sup>。



续表 5

D	H									
	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
5										
6										
7	0.02248									
8	0.03393	0.03679								
9	0.04305	0.04685								
10	0.05273	0.05762								
11	0.06297	0.06913	0.07529	0.08145						
12	0.07376	0.08136	0.08895	0.09655						
13	0.08511	0.09431	0.10351	0.11271						
14	0.09702	0.10799	0.11896	0.12993	0.14090					
15	0.10949	0.12240	0.13531	0.14822	0.16113					
16	0.12251	0.13753	0.15255	0.16757	0.18259					
17	0.13609	0.15339	0.17068	0.18798	0.20527	0.22257				
18	0.15023	0.16997	0.18971	0.20945	0.22919	0.24893	0.26867			
19	0.16493	0.18728	0.20963	0.23199	0.25434	0.27669	0.29904	0.32139		
20	0.18018	0.20532	0.23045	0.25558	0.28071	0.30585	0.33098	0.35611	0.38124	

(2)二元材积表具有适用范围广、精度高的优点,是材积表体系中最基本的一个立木材积表。在材积表的编制工作中,如何根据各树种的本身特点,选择各自的最优材积方程十分重要。笔者在对5个常用的二元材积数学模型筛选的基础上,通过另置样木的初步检验表明,选择迈耶公式(模型1)研制的湿地松立木材积表,适用可行,充实与丰富了广西的立木材积表。

#### 4 讨论

(1)通过采用632株湿地松解析木,研制出了广西湿地松短周期工业用材林二元材积表,填补了广西湿地松人工林二元材积表的空白,可有效地改变现行的用马尾松材积表代替湿地松立木材积表的现状。

(2)材积表研建和应用因涉及较多基础样木材料,又受地域立地差异等影响,笔者建立模型和检验样木均取自广西湿地松短周期工业用材林主要区域(桂南地区),如果在桂北地区应用,有必要加强在林业生产实践中的检验,可通过更多全伐标准地等加以验证完善。

(3)本研究建模样木年龄范围为4~15年,树高和胸径分布范围分别为4.0~16.4 cm、3.4~19.8 cm,模型1在此范围内适用,超过此范围是否能达到精度要求,还有待进一步研究。

#### 参考文献

[1] 许建忠.2种国外松与马尾松生长比较[J].福建林业科技,2009,36(3):69-72.  
 [2] 杨章旗.文本松脂原料林发展现状、存在问题与对策研究[J].广西

林业科学,2007,36(3):143-146.  
 [3] 林健.湿地松造林经济效益调查与分析[J].林业勘察设计(福建),2010(2):20-23.  
 [4] 曾永祥.木荷二元材积表的研制[J].福建林业科技,2006,(2)33:20-24.  
 [5] 杨海军,许永恒,王永奎,等.湖南省湿地松地径二元立木材积表编制的研究[J].中南林业调查规划,1997,16(2):9-12.  
 [6] 许业洲,鲍立兴.湖北省湿地松立木二元材积表的编制[J].湖北林业科技,1999(4):9.  
 [7] 沈家智,龙红,周祥锡,等.湿地松二元立木树皮材积与树皮率估测模型的研究[J].中南林业调查规划,1995(1):7-10,22.  
 [8] 叶金盛.广东省湿地松二元立木材积模型的编制[J].广东林业科技,2006,22(2):27-30.  
 [9] 谢经荣,郭国志.湿地松树干解析研究[J].湖北林业科技,2009(6):15-17.  
 [10] 黄从德,胡庭兴,赖家明.四川巨桉短周期工业原料人工林二元材积表的编制[J].四川农业大学学报,2003,21(2):106-108.  
 [11] 罗明永.尾叶桉人工林二元材积表的研制[J].福建林业科技,2009,36(4):170-175.  
 [12] 茹正忠,陈启基,潘文,等.广东省湿地松二元材积表及林分蓄积量方程[J].广东林业科技,1995,11(4):46-48.  
 [13] 胡卫平,周志春,徐国祥.千岛湖天然林马尾松二元材积表的编制[J].华东森林经理,2007,21(1):19-22.  
 [14] 沈俊强,姚庆瑞,吴中南,等.漳州速丰桉常用测树和经营数表的编制[J].福建林业科技,2010,37(4):65-69.  
 [15] 何斌,冯促种,刘柯珍,等.云杉二元材积与蓄积量精度分析模型研究[J].林业调查规划,2010,35(4):1-6.  
 [16] 王钦昊,卢丹阳.浅谈森林资源调查技术规定中立木材积表检验问题[J].林业勘察设计,2009(1):33-34.