

目 录

第1章 总 论

1	营林机械系统的基本概念与研究概况	(1)
1.1	基本概念	(1)
1.2	分 类	(2)
1.3	研究概况	(3)
1.4	研究的目的与意义	(7)
2	营林机械系统的制定原则、程序与步骤	(8)
2.1	制定原则	(8)
2.2	制定程序与步骤	(11)
3	营林机械化自然生产条件类型的区划	(12)
3.1	专家评估法(演绎排列法)	(14)
3.2	多因子工时测定法	(15)
4	机械化生产工艺典型方案的拟定	(16)
4.1	工艺方案的年度成本	(17)
4.2	投资收益率(投资回收系数)	(18)
4.3	投资回收期	(19)
5	机械化作业项目的选择	(19)
5.1	选择原则	(19)
5.2	选择的数量化方法	(19)
6	动力机械、作业机具的初选与匹配	(21)
6.1	动力机械的初选	(21)
6.2	作业机具的初选	(23)
6.3	初选后的动力机械与作业机具的功率匹配	(24)
7	营林机械系统的选优方法	(25)
7.1	方案比较法	(25)

7.2 数学模型法	(29)
7.3 系统综合评价法	(32)

第2章 苗圃生产机械系统

1 林业苗圃简况	(34)
2 苗圃立地条件、生产性质和作业方式的类型划分	(35)
2.1 按育苗生产管理体系分	(36)
2.2 按作业方式分	(37)
2.3 按面积和产苗量分	(39)
2.4 按苗圃性质分	(41)
2.5 按生产任务分	(42)
3 苗圃类型区划	(43)
4 苗圃作业机械化生产工艺的分解	(44)
5 土壤管理机械化工艺和机械类型的选择	(45)
5.1 整地	(45)
5.2 土壤处理和改良	(57)
5.3 施肥	(60)
5.4 播前整地	(63)
6 播种与扦插机械化工艺和机械类型的选择	(65)
6.1 播前种子处理	(65)
6.2 播种	(66)
6.3 覆盖	(69)
6.4 扦插繁殖	(69)
7 苗圃管理机械化工艺和机械类型的选择	(74)
7.1 灌溉	(74)
7.2 松土除草	(78)
7.3 移植和截根	(79)
7.4 病虫害防治	(82)
7.5 苗木防寒	(88)
8 苗木出圃机械化工艺和机械类型的选择	(89)

8.1 起 苗	(89)
8.2 假植与贮藏	(90)
8.3 包装与运输	(92)
9 机械系统定量优选举例	(93)
9.1 苗圃喷灌机械化工艺类型	(93)
9.2 经验评分法选优	(95)
9.3 结论与分析	(98)
10 林业苗圃机械系统的配置	(100)

第3章 造林机械系统

1 机械化造林立地条件类型的划分	(112)
2 机械化造林的典型生产工艺	(117)
2.1 荒山荒地造林	(117)
2.2 采伐迹地的更新造林	(126)
3 国内造林机械化现状和造林机械的选型	(130)
3.1 国内各地区造林机械化现状	(130)
3.2 国内可供选型的造林机械	(134)
3.3 造林机械系统的组配	(154)
4 造林机械系统的优化	(160)
4.1 造林机械系统优化的数学模型	(160)
4.2 造林机械系统优化的实例	(163)
主要参考文献	(171)

第 1 章 总 论

1 营林机械系统的基本概念与研究概况

1.1 基本概念

近几年来,一些林业发达国家都很注重研究营林机械系统。

要了解营林机械系统,首先要了解什么叫系统。有关系统定义的表达方法很多,具有代表性的日本工业标准 JIS 的用语是:“系统是多个构成要素保持着有机的秩序,谋求达到同一个目的。”这一简短用语明确地表述了系统必须具备的三条原则:一是总体性原则,即系统必须由多个要素构成,单个要素成不了系统;二是相关性原则,即构成系统的各要素是相互有联系、有影响的,它们之间保持着有机的秩序,各不相关的要素凑合在一起构不成系统;三是目标性原则,即各要素具有同一个目标,各行其事也不成系统。这三条原则是每一个系统都必须同时具备的。营林机械系统也不例外。

营林机械系统是指实现营林生产过程机械化所需各种动力机械和作业机械的有机组合。所谓“有机组合”,非但指进入系统内的机械必须在机械性能和工艺性能上是互相协调和互相匹配的;而且这些机械应该适应自然生产条件和所采用的生产工艺;适应操作人员的技术水平和身体素质。因此,营林机械系统实际上是研究机械与机械之间,机械与营林生产自然条件、营林生产工艺过程之间,以及机械与操作人员之间相互关系的科学。研究的目的是要

提高营林机械化水平,获得尽可能高的生产效率,最好的经济性,最低的能源消耗,最佳的生态效益和社会效益。研究一般采用定性研究和定量研究相结合的方法。

从学科角度看,营林机械系统是林业机械系统学科的重要组成部分,是一门综合性的新兴边缘学科。它涉及到系统工程学、林业机械学、林业生产技术与工艺学、技术经济学、人机工程学等多种学科,是一门综合性的新兴边缘学科。

1.2 分 类

营林机械系统可以按生产阶段、产品种类、服务地区等进行分类。

按营林生产的生产阶段,营林机械系统可以分成育苗、造林、抚育等机械系统。

按各阶段生产的产品种类,又可以分成若干个系统。如育苗生产阶段的容器苗生产、裸根苗生产机械系统等。

按机械系统的服务地区,还可以分成北方平原地区、南方丘陵山区、黄土高原区等地的营林机械系统。

从上述分类中可以看出,营林机械系统具有以下特征:

(1)层次性。制定营林机械系统是有层次的,不同层次的机械系统的要求和目的是有区别的。从高层次到低层次的机械系统,都是前者包含后者,越往下越具体。全国的营林机械系统就是在这些很具体的各个机械系统的基础上建立起来的。

(2)区域性。由于各地区发展营林机械化的条件(包括自然生产条件、社会经济发展水平等)各不相同,有时往往差异很大,制定营林机械系统也就必然要考虑区域性因素,做到因地制宜,经济适用。

(3)时段性(时阈性)。由于林业机械技术的不断进步和林业生产工艺、生产技术的不断发展,不同时期要求不同的营林机械系统,但每个时期的营林机械系统确定后,就要保持一定时段的相对

稳定性,一般不随意变动。随着技术进步和条件的变化,经过一段时期后再进行修改、补充、完善,制定出与之相适应的新的机械系统。一般认为,目前营林机械系统相对稳定的时段为5年左右。随着技术进步速度的加快,这一时段有进一步缩短的趋势。

1.3 研究概况

如上所述,营林机械系统是林业机械系统的重要组成部分;并且,营林机械系统的发展也是与整个林业机械系统的发展密切相关的。因此,要了解营林机械系统的研究概况,也就必然要涉及到整个林业机械系统的发展过程。

林业机械系统的研究工作,是60年代末期首先在美国、前苏联和挪威、瑞典、芬兰开展起来的。当时随着林业机械化的发展,特别是木材生产部门机械数量、品种的日益增多,以及伐木联合机等新型机械的出现,感到仅研究单个机器已经满足不了生产的要求,必须从生产的整体上、从环境—机器—人三者的相互关系上来考虑问题;并且,系统工程和计算机技术的兴起也为深入研究提供了必要的手段,因此发展很快。从各国的研究情况看来,由于国情不同,其研究的侧重点也不完全相同。

前苏联是以计划经济为主的国家,他的研究重点是放在制订宏观规划上。从1968年开始,他们就着手编制一个到1990年的实现木材生产全盘机械化的机械系统发展规划。这个规划的制订过程大致经历了三个阶段:1968~1972年为机械系统组建阶段,主要是编制了一个20年实现全盘机械化的机械系统初步规划。这个规划根据前苏联的具体林地条件、生产工艺、机器制造水平和科技发展水平,提出了整个木材生产三个环节的4个机械系统,即伐区作业机械系统、木材运输机械系统、贮木场作业机械系统、工艺木片生产机械系统。每个系统内都包含有若干种不同类型的机械组

合。这一阶段的研究重点是机械技术经济方面的问题,即研究了系统内部机械之间的性能联系和匹配,以及系统内应该发展哪些新型机械,这些新型机械系统可能取得的经济效果等。1972~1975年为修正阶段,使研究机械系统的方法从定性分析逐步转入了定量分析,这一阶段对前苏联主要木材生产地区的自然生产条件(包括坡度、土壤承载能力、林分、每公顷木材蓄积量和单株材积)进行了系统化整理,提出了一个包括有324个不同类型的“典型伐区”模型,这些模型完全反映了前苏联任一领土单元的森林资源和林地情况;与此同时,还用回归分析、方差分析的方法对各种影响机械作业的自然生产因素进行排队,得出了主要机械的功能模拟模型。在这一基础上又对机械系统的可用范围、规模和发展方向进行了修正和补充,使原来的规划内容更为充实,并提高了规划的可靠性。1975年以后为优化阶段,主要是致力于机械系统的最佳化工作,重点是实现新型机械的最佳化。这一阶段确定了系统参数最佳化的标准和方法,编制及调整了机械功能的最佳化模型。这项工作目前仍在不断深入。因此,制定的机械系统也是随着条件的变化和研究工作的深入而不断修改和完善的。在制定采运机械的同时,前苏联还制订了木材水运和营林机械系统。到1990年的营林机械系统包含有203种营林专用机械和152种借用其它部门的机械(见表1-1),即总共需要355种机械才能使其营林作业全部实现机械化生产。这些机械系统的制定和实施,有力地推进了前苏联林业机械化事业的全面发展。

美国和加拿大等国私有林和私有企业占有相当大的比重,他们则以研究微观即企业内部的效益为主,重点放在如何降低生产成本上。为此他们很重视机械设备的组配与选择,大力发展了采运机械系统的计算机模拟技术。所谓“采运系统模拟”是指模拟生产

自然条件(环境)、机器功能和人的操作技术以及它们之间的相互作用,研究系统整个行为和功能,目的是用以确定系统的生产率、成本以及机器工作的可能性、可靠性,预测和组织新系统等。具体地说,模型主要解决以下三个问题:

- (1)一定林地条件下,人一机组配后的生产率和成本为多少?
- (2)一定条件下选用何种系统为最佳?
- (3)预测特定条件下的最佳系统或特定人一机组配的最适条件。

表 1-1 前苏联在 1981~1990 年的营林机械系统中
包含的各类专用机械数量汇总表

机械类型	总数	已生产	准备生产	正在试验	新研制
拖拉机及其附属装置	12	1	2	1	8
种子采集与加工	17	4	4	5	4
迹地清理	12	4	3	—	5
整地	54	24	11	7	12
迹林	19	10	2	1	6
播种	9	6	1	1	1
抚育	37	7	3	12	15
土壤改良	6	1	1	1	3
化学药剂应用	5	4	1	—	—
防火	23	16	4	1	2
其它	9	2	1	4	2
总计	203	79	33	33	58
1985 年 1 月 1 日状态	203	104	43	30	26

1967 年,在美国纸浆材联合公司的一项采伐研究计划中首先研究了采伐系统模拟问题,较全面地模拟了设备、环境、人及它们在作业中的相互影响和干涉。1973 年,学者 Gibson 等人运用网络技术及边界理论对伐区生产进行了动态分析,确定使用轮式拖拉机条件下的最优化问题。1976 年, Dykstra 用数学方法和启发式规

划研究了伐区设备的合理组配问题。1978年, Peters 在 Matthews 数学模拟的基础上进行了发展, 分析研究了最小成本问题。特别应该指出的是, 美国林业试验站在系统模拟领域里做了大量的研究工作。从 1965~1979 年间, 他们针对不同的采伐工艺和地形条件, 发展并完善了 5 个模拟模型, 它们是森林采伐模拟模型(FHSM)、林地全树削片模型(FTFC)、采伐系统模型(HSS)、用于采运系统的模拟模型(SAPILOS)和木材采伐与运输模型(THATS)。这些模拟模型大大地减少了规划设计和计划阶段的工作量, 提高了企业的经济效益, 因而在生产中应用比较广泛。

近年来, 还出现了一种以几个国家的林业生产为对象来研究森林采伐问题的计算机模型。如挪威和瑞典技术协会资助的挪威政策研究小组建立了一个叫 SOS 的模拟模型, 将芬兰、挪威和瑞典三国的林业部门作为一个整体进行描述, 旨在解决木材资源、国际木材价格、木材需求量、劳动工资和机械设备等的动态联系问题, 以期能及时作出相应的对策。

在欧美, 营林机械系统的研究相对于采运机械系统来说比较落后。70 年代末, 奥地利研究了生产云杉、赤松、橡树等裸根苗的机械系统。这个系统包括从种子处理、播种、移植、抚育管理、起苗, 一直到造林的全部生产工艺, 进入系统的机械有种子脱粒机、旋耕机、星环形镇压器、播种机、移植机、抚育管理机、喷雾机、起苗机、打捆机、联合起苗机、假植机、植树机等。该系统适用于 5~7 行作业的苗圃。80 年代, 奥地利又研制出了全套杨树造林机械系统, 它包括切条机、插条机、起苗机、杨树抚育用高架拖拉机、锄草机、喷雾机、化肥撒播机、旋耕机、培土机、栽植机、掘根机、伐根削片机、除根机等, 称“爱莱塔里”系统。

我国的林业机械化事业, 建国以来得到了很大的发展。研制的

林业机械品种达 500 余种,规格近千个。国有森工企业的采运作业机械化程度已达 85% 以上,具有了一定的基础。但从总体上看,我国的机械化水平和整体效益还比较低,发展不平衡,机械的配套性和利用率比较差,机械产品的生产和新产品开发也存在着相当的盲目性。因此开展林业机械系统的研究工作很有必要。

1987 年,林业部委托北京林业大学、哈尔滨林业机械研究所等 5 个单位,开展了林业机械化生产工艺及林业机械系统的研究工作。他们通过大量的调查研究和试验验证,在对我国主要林区和宜林区的生产自然条件进行区划的基础上,提出了各区域的典型机械化生产工艺方案,组配了适宜于“八五”计划期间生产水平的机械系统,并对部分系统进行了优化。制定的林业机械系统包括有 6 个子系统,即苗圃机械系统、造林机械系统、抚育机械系统、采伐机械系统、木材运输机械系统、贮木场机械系统。这项研究为我国今后开展林业机械系统的研究奠定了基础。

1.4 研究的目的是意义

从理论上讲,本研究属系统论范畴。系统论的基本思想是整体性、综合性。整体效应是系统论最重要的观点。古希腊的先哲亚里士多德曾断言,“整体大于部分之和”。这个观点已被现代系统论的研究所证实。系统的整体具有其组成部分在孤立状态中所没有的新质,如新的特性、新的功能、新的行为等。分子的化学性质不同于组成它的原子性质的简单迭加,人体的功能不同于细胞功能的汇总,这些人们熟知的常识便是系统整体效应的实例。

从生产实际来看,机械系统研究属软科学范畴,其效益是综合性的。它将在下列几方面产生直接或间接的效益和影响:

(1) 对营林和木材生产企业来说,合理的工艺类型和机械系统将减少他们在购置设备上的盲目性,提高机械设备的利用率,因而

也就必然会提高机械化生产的经济效益和社会效益。另外,合理的机械系统也将减少机器对环境和地表的破坏,增加适应性,从而也能在一定程度上改善生态效益。

(2)对林业机械设计研究和制造部门来说,林业机械系统的制订可以减少他们在制造上和设计上的盲目性,逐步淘汰差、劣产品,发展优质产品,并且也能为今后提高产品适用性的研究和新产品的开发指明方向。

(3)对规划部门和机电管理部门来说,不论是科技发展规划、生产发展规划、机电产品发展规划,林业机械系统都将为他们提供科学的依据。

2 营林机械系统的制定原则、程序与步骤

2.1 制定原则

从研制和推广单工序作业机械过渡到研制和推广完成整个工艺过程中所有作业的机械系统,在思想观念上就要有一个大的转变。机械系统是建立在系统工程基础上的,因此制定机械系统也就必须符合系统工程的基本原则。具体到营林机械系统,主要应遵循下列原则。

(1)机械系统的组配要从我国的国情、林情出发。我国是一个发展中的社会主义国家,人口多,资金少,能源缺;我国的林业有三种所有制,即国有林、集体林和专业户林业。因此在现阶段和今后相当长一段时间里,林业生产必然是机械化、半机械化、手工作业并存,人、畜、机并用,大、中、小型机械并举而以中、小型机械为主。

(2)机械系统内部本身与系统外部必须相协调,这是系统能否充分发挥功能的重要条件。机械系统内部的协调表现为:

①动力机械与作业机械之间的协调,即在动力性能上要相互匹配。

②工序之间的协调,即生产中上一道工序与下一道工序,上一种作业与下一种作业之间的协调。这种协调是由生产工艺的技术要求决定的,如植树机与中耕除草机组之间,在行距、行数、幅宽和作业质量等方面都有一定的协调关系。

③机组生产率之间的协调,即进入系统的机械在生产率上要尽可能相互匹配、互成倍数,并在各种相关条件下(如每公顷出材量、产量等)都能使进入系统的机械充分发挥作用。

机械系统与系统外部(林业机械化大系统)也存在着协调关系,主要是:

①机械系统与操作者、作业对象、自然生产条件之间的协调。即机械必须与机务人员和操作人员的技术水平相适应;与加工对象(如土壤、苗木、木材等)和自然生产条件(如气候、地形地貌、森林资源状况等)相适应,否则系统也不可能发挥高的效能。

②机械系统与林业机械化生产的整体性协调。这包括三个方面:一是运转性协调,要求机械系统与能源、交通、信息等后勤服务系统取得协调;二是控制性协调,要求机械系统与现代化的管理和控制能力相适应;三是发展性协调,要求机械系统与相应的科学技术的发展相协调。否则,也难以发挥机械系统的整体功能和最佳效益。

③机械系统的经济效益必须与生态效益相协调。即要在尽可能满足生态效益的基础上,争取获得最大的经济效益。

(3)机械系统与林业生产工艺必须紧密结合,相互适应。在科学技术飞速发展的今天,林业科学技术也在不断地发展,生产技术和作业方式也将不断变化,为之服务的生产机具也必须相应地

更新。但是两者在如何结合上必须取得协调。林业生产工艺的发展要考虑机械技术的适应能力或可实现的程度;而机械系统的配置或新机器的设计、生产,则应力求能最大限度地满足生产工艺提出的要求,这样才能达到增产增收的目标。因此,营林机械与营林生产工艺紧密结合,相互适应,这是制定营林机械系统的一条重要原则。

(4)要正确处理技术先进性与经济合理性的关系。这是制定营林机械系统的关键之一,必须统筹兼顾,合理解决。技术先进与经济合理在一定发展阶段中有时是会出现矛盾的。在制定机械系统时,既要坚持技术的先进性;但又必须根据现实的客观社会生产条件(如经济发展水平、劳动力情况、所有制形式、经营规模等),考虑在经济上的可行性,和能否取得最佳的经济效益。即既要先进,又要可行。一般说来,营林机械系统的经济合理,就是要求以最少的机种和机型,最合理的机械配备数量,达到投资少、材料和能源消耗少、劳动生产率高的目的。

(5)制定营林机械系统还必须充分注意系统本身的几个特性:

①时阈性。由于林业机械技术的进步和林业生产水平的不断提高,不同时期要求有不同的机械系统与之相适应。但每个时期的机械系统确定之后,就要保持一定时阈的相对稳定性(前苏联定为5年);随着技术进步和条件变化,经过一段时期后再对系统进行修改和补充,制定出下个时阈的新机械系统。

②区域性。由于各地区发展林业机械化的条件差异很大(包括自然、社会、经济等条件),因此机械系统必须考虑区域因素,做到因地制宜。

③层次性。林业机械系统是可以分层次的。如按林业生产的几个主要生产阶段划分,可以分成苗圃机械系统、造林机械系统、

抚育机械系统、采伐机械系统、木材运输机械系统、贮木场机械系统等。但这些子系统之间也必须做到相互协调,这样才能取得最佳的整体效益。

④国产化。我国是一个大国,组配机械系统时必须立足于国产机型(包括已经鉴定,并投入小批量生产的机型)。但对目前国内没有的,或国内虽有但已经明显落后、不宜列入系统的,可以提出待研制的机型及其主要参数。若国外已有现成机型可以采用或参照,则可指明其参照的机型,以备将来组织研制或消化吸收,填补这一机型的空缺。

2.2 制定程序与步骤

制定机械系统本身是一项系统工程。如何科学地、实用地制定出来,涉及到许多复杂的相关因素和问题。一般说来,林业机械系统是在林业机械化区划的基础上提出来的,是根据一定时期、一定区域林业生产发展的需要而制定的。它既要满足当地的林业生产工艺要求;又要经济合理,技术先进,用最少的机具品种完成生产要求。而所有这些都离不开系统论思想的指导。在综合有关文献论述的基础上,下面归纳整理出了一个制定营林机械系统的程序框图,它可使我们把握全局,从整体观点出发,进行系统的思维和有序的工作(图1-1)。

根据这个框图,制定营林机械系统的基本步骤是:

(1)对我国主要林区和宜林区的自然条件(地形地貌、气候、土壤、森林资源等)和生产条件(经济发展水平、技术水平、劳动力情况等)进行调研与区划,提出适合于进行机械化作业的林区区划类型或自然生产条件类型。

(2)对各主要类型区的生产工艺进行调查与必要的试验验证,提出适合于不同类型区的机械化生产工艺。

(3)对现有各种主要林业机械的性能进行分析与试验,并借鉴国外林业机械的成就与经验,通过合理组配和优化,找出适合于我国不同类型区和不同工艺类型的机械系统。

下面将分别进行叙述。

3 营林机械化自然生产条件类型的区划

林业机械化区划是因地制宜发展林业机械化的一项基础性工作。1982年我国完成了中国林业区划,将全国划分为8个地区、50个林区。这8个地区是:东北用材、防护林地区(包括7个林区);蒙新防护林地区(包括11个林区);黄土高原防护林地区(包括3个林区);华北防护、用材林地区(包括4个林区);青藏高原寒漠非宜林地区;西南高山峡谷防护、用材林地区(包括2个林区);南方用材、经济林地区(包括18个林区);华南热带林保护地区(包括5个林区)。同年,在我国完成的中国农业机械化区划中,对我国的林业机械化也进行了专题区划,将我国林区划分为5个机械化区,即东北用材防护林机械化区,西南水源用材林机械化区,南方经济林机械化区,“三北”防护林机械化区,平原绿化农田防护林区。这两项区划都是极其宏观的综合性区划,具有宏观指导意义。但为了制定林业生产各个阶段的机械系统,还必须在这一宏观区划指导下,针对不同生产阶段机械化作业的特点,对我国主要林区和宜林区的自然生产条件或立地条件类型进行专题区划,这样才能更好地做到因地制宜。

本节将主要采用主导因子分析法来对自然生产条件类型进行区划,即通过大量的调查研究,将影响林业机械化的各种因子进行综合分析,按其相似性和差异性的地域分布规律,各因子对林业机

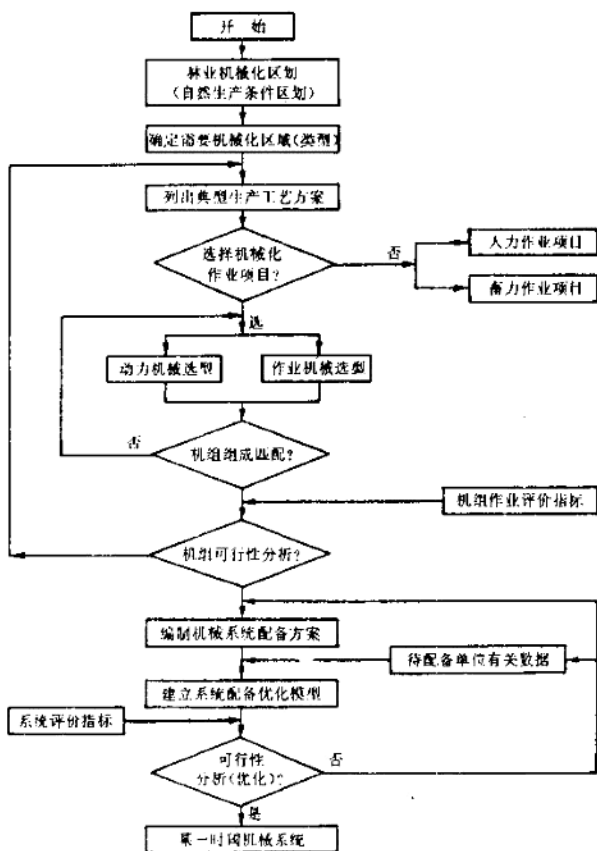


图 1-1 营林机械系统制定程序框图

械化影响程度的大小及因子间的相互关系,找出主导因子,确定分类标志,划分不同的机械化类型区或自然生产条件类型区。因此,

首先必须对影响林业机械化的有关因子进行调查分析,如对地形地貌、土壤质地和比阻、气候、林木资源状况、劳动力状况、经济发展状况、技术水平、经营规模等进行调查分析;第二,对林业机械化的现状与问题,包括装备水平、机械化程度等进行调查与分析;第三,对现有林业机械的地区适应性进行调查与分析,包括对林业技术要求以及土壤、气候、坡度等自然生产条件的适应性,对机具匹配的适应性和经济性等情况的调查分析。然后,再在此基础上找出主导因子,按主导因子进行类型区划。应该指出的是:各因子在林业生产的不同阶段其影响程度往往是不同的,因此不同生产阶段的主导因子也不尽相同,类型划分也就不同。

确定诸因子对机械影响程度的方法主要有:

3.1 专家评估法(演绎排列法)

专家评估法主要是吸取专家们(包括生产、科研、教学、管理等各方面的专家)的集体意见,通过发给专家们征求意见调查表的形式进行。调查表上列出影响因子,要求专家们对这些因子的影响程度进行评价,最重要的因子列为1,其次的列为2,再次的列为3,以此类推。专家们依次排列的因子汇总成专门的表格(见表1-2)。

表 1-2 专家评估汇总表

被征询专家	因 子				
	1	...	i	...	n
1	X_{11}	...	X_{1i}	...	X_{1n}
...	...	...	...	...	...
j	X_{j1}	...	X_{ji}	...	X_{jn}
...	...	...	...	...	...
m	X_{m1}	...	X_{mi}	...	X_{mn}

为了获得客观的评价,这一表格可表述如下: