
草地调查规划学实验

主编：王明君

东北农业大学
动物科学技术学院草业科学系
二〇一一年四月

主编：王明君（东北农业大学）

编者：李景欣（东北农业大学）

殷秀杰（东北农业大学）

洪锐民（东北农业大学）

审稿：崔国文（东北农业大学）

目 录

- 内容简介
- 前言
- 草地调查规划的准备工作
- 实习项目 1. 草地调查方案的制定
- 实习项目 2. 草地基本情况的调查和整理
- 实习项目 3. 草地植被的调查
- 实习项目 4. 草地植物生态经济类群的调查
- 实习项目 5. 土壤野外调查
- 实习项目 6. 分析样品的取样
- 实习项目 7. 草地牧草现存量的估测和草地植被的动态监
- 实习项目 8. 草地资源综合评价及制图
- 实习项目 9. 草地植物名录的编写及草地类型分类系统的编排
- 实习项目 10. 草地产草量计算
- 实习项目 11. 草地载畜量计算
- 实习项目 12. 草地畜产品单位产量计算
- 实习项目 13. 草地畜牧业生产结构优化配置及经济核算
- 实习项目 14. 草地资源调查报告
- 实习项目 15. 草地资源规划报告

内 容 简 介

本书系统地介绍了《草地资源调查与规划学》的实验实习内容和方法、原理，包括：草地调查资料的搜集、草地资源的野外调查技术和原理、草地调查资料的整理和综合分析方法等。为了使学生在相对较短的实习时间内掌握基本知识和技术方法及原理，内容上精简和综合实验实习项目，同时，增强原理和方法及技能使用方面的详细讲解，并加入和更新了一些草地调查内容和技术方法，使学生能够更好地了解和学习草地调查规划学的知识和技能。

草地调查规划学是草业科学专业的主干课程，实验实习课程是专业课程的实践教学内容。通过该课程的学习使学生在巩固已有相关知识的基础上继续学习实践知识，提高查阅资料和实际操作的能力。收集草地资源分布图、植被资料、土壤资料、水文水资源资料、地形资料、社会经济资料等，并学会获取资料的方法和锻炼解读资料的能力。通过野外的调查，学习调查草地资源的方法，包括：草地植被调查、土壤调查、利用状况调查和草地生产力调查等相关的内容和方法。通过室内分析整理，学习和掌握调查数据的整理和分析方法，学会总结和规划的基本技能，完成草地调查规划报告，并具备实际进行草地调查规划的能力和潜力。在实习过程中学生要严格遵守实习单位的规章制度，符合实验实习的技术规范和相关要求。

本书适合草业科学专业学生在草地调查规划学、草原管理学、草地生态学等课程的实验实习中使用，生态学专业及草学相关专业也可作为参考书使用。

前 言

草地资源面积巨大，我国有近 4 亿 hm^2 的草原，18 个草地类型，与其他各个生态系统都息息相关，共同发挥着巨大的生态系统服务价值。其中，物质生产功能仅占很小的比例，单纯强调物质生产功能会使草地大面积退化，草地的环境功能和文化功能等受到严重损害。因此，只有符合生物学、生态学规律，合理地利用草地，才可以充分地发挥其生态系统服务价值。

草地调查规划学的研究任务和趋势必将趋向于草地生态功能的维持，但如何准确地了解、利用、规划及保护草地资源使其可持续发展将非常重要，鉴于以往教材缺乏且有些陈旧，并为了满足草地调查规划学的实践教学任务和实际工作需要，编写了这一校内教材《草地调查规划学实验实习指导》。

本书根据草地调查规划学的实验和实习课程大纲的要求和内容编写，内容包括草地调查、数据文件管理和生产规划设计三大部分。其内容和方法及技术突出现代科技技术的应用，并附加技术应用实例和原理详解，以提高学生的实践能力为主。以我国的草地资源调查和规划、区划的经验为主，并总结了国内外较为成熟的研究成果作为补充，每个实验实习项目内容丰富且完整、系统，增加了技术操作的图例和详细说明，并引入了众多实例，整体项目也具有良好的连贯性和可操作性，希望为从事草学的学生和广大工作者提供一定的参考。

本书由王明君主编，负责全书内容的编写和整体校对工作。李景欣副教授、洪锐民副教授、殷秀杰讲师参与了书稿的编写、整理和校对工作，感谢崔国文教授对书稿的审阅。本书主要以刘德福教授主编的《草地调查与规划学实习指导》为基础材料，并参考了相关的资料编写而成。

由于编写时间仓促，加之编者学识水平有限，本书一定会有不足之处，希望专家和广大同学批评指正，以待再版时更正和更新。

编 者

2011 年 4 月 2

草地调查规划的准备工作

➤ 草地调查的准备工作

- 组成调查团队，明确分工，进行经费预算，并做好组织安排；
- 拟定调查计划和调查大纲；
- 收集和熟悉相关资料；
- 调查工具的准备
 - a) 仪器和用具：GPS、样方框、剪刀、天平、塑料袋、小型布袋、钢卷尺、样线（50m 钢卷尺或皮尺）、草地监测工具、照相机、望远镜、标本夹及采集标本的工具、土壤环刀、铝盒、土钻、放大镜、生物显微镜、1:10 万、1:5 万或更大比例尺的地图、地形图、卫星图片、航空图片等，如有需要可携带便携式的电脑及相关测定仪器（如 pH 计、电导率仪、土壤稳定性测定仪等）。
 - b) 调查表格：草地类型及生境特征记录表、土壤剖面调查记录表、草地调查登记表、草地群落结构分析表、频度样方测定表、草本产量测定表、草地生态系统健康评价表，等相关表格。
 - c) 其他调查工具及辅助工具和设备，如野外防暑、防蚊的药物和衣帽等，如有条件还可配备相应的车辆。

➤ 草地规划的准备工作

- 数据的收集整理及归类方案和方法；
- 数据的录入格式及管理；
- 数据分析软件的安装和使用学习，在学习高等数学和统计分析课程的基础上灵活运用 SAS，SPSS 等国际通用分析软件；
- 图件分析处理软件的安装和使用学习，如 MAPGIS，ArcGIS 系列软件（如 ArcView）；
- 草地规划的目的、一般原则和常用方法；
- 一级标题（章）三号黑体上下 5 号一行 3.3 4.3 1.5 3.5
- 二级标题节四号黑体上下空 5 号一行
- 表格内容小五号，标注小五号图题小五号，节中一级标题 5 号加粗黑体，行距 1.5 倍，段头空两字。

➤ 实习项目 1. 草地调查方案的制定

一、实习目的

草地调查方案制定，是草地调查工作中的首要环节。包括调查尺度、技术路线、调查方法、预期成果等，是草地调查工作的提纲和总领。草地调查常采用常规调查方法和 3S 技术（遥感 Remote Sensing, RS；地理信息系统 Geographical Information System, GIS；全球定位系统 Global Positioning System, GPS）相配合的方法。常规调查方法是以地面实地调查为主完成调查任务的方法，3S 技术主要通过遥感影像和图像数据处理分析等调查草地状况。3S 技术通常也需要与野外实地观测的真实数据、图像相匹配，最后，生成相关图片和数据库。草地资源的野外调查，是通过具体的调查路线和选取具有代表性的样地，以点连线，以线带面完成的。能否正确选择调查路线，确定样地的数量与布局，对调查成果的准确性和生产实用价值至关重要。踏查是对调查区初次进行的一次全面的概括了解，其目的是初步搞清调查区或单位的范围边界，草地成因、地形条件、利用条件的总特征，草地类型及其分布规律，季节牧场的分布，利用与草地基本建设情况。依据调查工作的目的、任务和服务对象，通过野外踏查了解调查区草地状况，进而采取相应的方法更好、更准确地选择调查路线、确定样地数量与布局。

通过实习，使学生了解常规调查方案拟定的步骤、内容和方法，了解踏查内容，掌握工作方法。要求学生学会根据地形图和有关草地植被、土壤、水文、地形等方面的调查资料，在地形图上设计调查路线，确定调查样地数量与布局的方法和技能。

二、实习仪器设备

调查区地形图、航空像片、卫星像片，调查区已有的植被、草地、土地利用现状等文字与图件资料；GPS、绘图计算机、图板、直尺、绘图笔、透明硫酸纸、透明胶带、标本夹、草地类型-生境调查表、记录本、纸张和笔。

三、实习内容与方法

草地资源调查方案是对草地调查工作内容、采用的植物、草地分类系统等规范、技术路线、调查研究方法、如何达到预期目标等工作的具体化、系统化过程。制定草地调查方案一般包括：制定草地调查的目标和预期成果；制定草地野外实地调查方案，包括具体调查内容及调查方法和依据；进行野外实地踏查来制定草地调查路线及方法，同时进行植物标本采集和识别，草地类型的初步判断；调查样地的选取与布局设计，制定草地调查样地分布图和路线图。最后综合以上制定草地资源调查方案。

（一）草地调查方案的初步设计

1. 草地类型调查方案

（1）草地类型分类法的设计：首先确定采用何种分类法，并说明分类原则、系统和各单

位标准。

(2)重点设计草地型的调查:草地型是任何分类系统的最小单元和自然经济特性的基础。草地型的特性是由样地和样方的调查数据决定的;样地、样方数量与草地型性质的准确度成正比。其设计要点:每个草地型必须有样地和样方作依据;并且一个样地只控制一定面积的草地。设计时,依据技术规程中样地控制面积进行布点。再根据草地实际设计样方数量及大小,确保草地型种类、结构和产量资料的精度。

(3)草地组和草地类调查设计:突出各级单位关键指标的深入调查。例如多元综合顺序分类法的草地组,在山区突出地形单元调查,在平原区突出土壤类型的调查。全国草地资源调查分类法的草地组突出草群的生态经济类群的调查。

2. 草地资源图资料的调查设计

(1)地形底图的选择:地形底图是路线调查的必备条件,其选择原则:它的比例尺应大于成图比例1倍,以保证成果的精度。最低标准二者比例尺相同。(2)调查路线的设计:调查路线是调查草地类型分布的线状取样,用此法掌握类型分布系列和控制两条路线间类型界线。其设计要点:按地形底图比例尺设计路线间距,根据调查区地形和草地复杂情况确定路线选择原则和在图上的布局方法。

(3)草地型的图斑线调查设计:草地型是上图的基本单位,它是由若干性质相同的样地决定的,其图斑界线也是由这些样地的现场勾图界线规律决定的。它的设计要点:每个样地的草地型界线一定要沿其边界实际观察,并在地形底图上勾绘出来;沿每条调查路线前进工作时,注意找出沿线所出现的草地型之间的区分点,并标于图上。内业据此资料划定草地型图斑界线。

3. 草地产草量调查设计

(1)测产取样设计:草地产草量调查常用样方抽样法测定,其设计要点:样方的大小、重复次数的多少,关系到产草量的准确程度,应根据草群的种类组成与生长的均匀度而定。一般分为草本法和灌木法,样方从 0.4m^2 到 4m^2 或更大。

(2)测产时间的设计:路线调查是临时性的一次测产,其测产时间应在当地草群产草量最高季节进行,以利草地生产能力的估算。

(3)剪割和称重的设计:如果要测定草群地上生产总量,则应齐地面剪割;如果要测定地上可食生产量,则草本应有一定留茬高度,灌木应剪割当年枝条和直径 2mm 以下的老枝条。剪割立即称重为鲜重,鲜重影响准确性的因素多,不易掌握统一标准,所以国际强调以风干重为统一标准。

4. 标本、样品和照片的采集设计

(1)标本采集:植物、病害、虫害和鼠害的标本采集,除常规要求外,指明特殊要求。如植物营养体分类需采集营养期标本。

(2)草、土、水样的采集:如果需要草、土和水样的分析、化验资料、野外必须采集样品,设计要点:抽样的方法和需要采集数量与质量。

(3)照片采集:应重视照片资料的采集,它能直观、真实地反映草地资源的性质,方案应设计拍照项目和要求。例如牧草个体、类型景观、家畜采食、饲草加工等等。

5. 访问调查设计

访问调查一定要求有详细调查提纲，让被访问者随意谈论，必要时带上底图到现场边看边谈，防止模式化的问答，还可配合一定的访问技巧辅助访问效果。

（二）草地踏查

1. 踏查方案的拟定

首先要进行踏查人员的组织，除了调查人员以外，应有熟悉当地情况的干部、牧民参加。踏查工作可分组进行，也可集体进行。其次，要拟定踏查路线。踏查只是对调查区总概貌的初步了解，路线的选择、布局以达到踏查的目的即可。最后，要拟定踏查的内容，明确工作目的。踏查内容包括：

（1）范围界线，包括调查区或乡、村、场的范围边界；草地分布的大体范围边界；季节牧场的范围边界等。

（2）进行调查区草地形成和利用条件总貌的观察，包括地形、地貌特征；水、土、气候条件以及与草地形成分布的关系。

（3）了解草地类、亚类的分布规律，代表性群落的种类组成、结构、空间分布格局特点等。

（4）了解草地利用，基本建设现状，如草地是否有退化现象，退化的程度，主要原因；人工草地、改良培育草地的面积、位置、形式；基本建设的项目、地点、规模等。

（5）了解草原生产中存在的主要问题与矛盾。

2. 踏查的工作方法

踏查根据拟定的踏查内容，携带与工作底图比例尺一致或者是小一倍的地形图，沿所布置踏查路线进行。在踏查路线上，要随时将地形图与现场地形、地物点相对照，明确前进的位置。注意踏查内容的观察，并在地形图上尽可能的勾绘出它们分布的大体范围、边界与位置，如一时难以做到，至少要勾绘出在路线上内容分布的剖面线。同时要对有代表性的草地型进行分析记载，最后，对踏查资料进行整理与总结，并编制草地初步分类系统名录。

（三）草地调查方案的制定

1. 资料阅读与消化

首先对地形图与航空图片、卫星图片进行阅读和分析，地形图与航卫片详细地记述了草地资源自然与经济特性的多方面的直接与间接信息，包括地形与地貌、海拔、水源条件、土壤状况、植被类型与分布，交通道路，草地利用与建设现状的某些信息等内容，可以获得调查区与草地发生形成与分布，利用建设等许多的直接或间接信息，对于正确的选择调查路线，布局样地必不可少。

阅读方法：可将地形图与航、卫片对照进行。着重分析图件上所提供信息，如地形、地貌的特征、海拔、水文、土壤、植被等与草地形成、分布的关系，初步对调查区草地及环境总概貌有一个了解。

对调查区草地及其环境、利用条件等内容粗略的概查，调查区样地布局与数量的确定通常很难满足，应在所掌握的其它资料中得到补充。

2. 访问座谈

与熟悉当地情况的干部、群众访问座谈。其方法是以地形图、航卫片为基本资料、说明要开展的工作内容、目的，然后就草地分布情况、交通道路状况以及调查路线选择的初步设想进行座谈，对座谈内容要做好记录，有些内容可直接在图上标明。

3. 调查路线的选择与布置

（1）调查路线选择的要求：

所选择调查路线必须要有代表性，所穿越地段能反映调查区域内草地及其生长地特征变化的规律；

调查路线应垂直于地形变化，能够穿越随地形而发生变化的草地部位；

调查路线必须能够到达凡在分类系统名录中所列类型的典型分布地段；

能够人、车前往，视野开阔。

（2）调查路线的选择与布置方法

调查路线的选择：要依据调查区的地形状况，草地分布特点、交通道路的情况而定。在同一调查区内，根据实际情况，可用一种路线布置方法，也可同时选用几种方式的路线布置方法。

调查路线的布置方法如下：

①路线间隔法调查路线的布置：适用于调查区地形比较规则，草地类型分布规律明显，有道路可行的情况下应用。布置的方法，是在地形图上，以一定的间距设置若干条路线，由图边的一个方向向另一个方向用绘图笔或彩笔逐张选择绘制。路线间隔通常依底图比例尺有如下规定：

表 1-1 不同比例尺地形图路线间距

地形图比例尺	1: 5 万	1: 10 万	1: 25 万	1: 50 万
路线间距 (km)	2.5-5	5-7	7-10	10-15

所绘每条路线的间距，不可机械地强求一致，要照顾到地形、道路等条件，允许有一定的差别，但不可超过 30%。

②方格网法调查路线的布置：适用于地形开阔平坦，且缺乏明显地物作为标志和草地类型分布复杂的情况下采用。其方法是，首先确定出方格路线的间距，间距的大小应根据草地类型分布的复杂程度而定。一般规定方格路线的间距为调查底图比例尺基数的 1: 50 — 1: 100。

表 1-2 不同比例尺地形图网格布置间距

地形图比例尺	1: 1 万	1: 2.5 万	1: 5 万	1: 10 万
网格路线间距 (m)	100-200	250-500	500-1000	1000-5000

在方格路线间距确定之后，依间距逐条划于地形图上，并对每条路线进行编号。布置路线的线条颜色不可与调查图中斑勾绘线条用色一致。为了使调查底图图面清晰，负载量不致于过大，也可选用与调查区相同大小的一张透明纸或薄膜，在转绘部分地理坐标基础上将网格绘制在上面，与地形图套合使用。路线绘完之后，再向当地干部、群众征求意见，而后定案。

（3）调查样地数量的确定与布置

调查样地数量的确定可根据调查区草地类型的多少，群落特征变异的程度而定（在项目 3 中详细介绍）。根据以往工作，在一般情况下，一个草地型，定性分析样地不应少于 3 个；产草量测定样方以 4—6 个为宜。群落特征变异较大的类型可再适当增加。

调查样地的布局与取样方法有关。常用的取样方法如下：

典型取样：样地的布置是沿着调查路线，设置于每一草地类型中认为是最有代表性并符合样要求的地段。技术的关键是，要对类型判断准确，这就要求调查这根据事先已掌握的资料认真进行分析判断。在样地的具体位置确定之后，可用符号加样地编码在地形图上标明，以备调查是使用。符号与编码可参考以下方式：□01、□02、□03……□n。符号、编码在图上不可画的太大，以 2×4mm 为宜。

随机取样：样地的布置是随机分布的。调查区如果范围极大，样地布置的方法是，首先在工作底图上决定一条直线，然后作若干平行线，利用随机数字表在每条线上进行取样。小范围的调查，可将调查区分成若干大小一致的方格，每格都编号，然后以方格网中的两对随机数字决定样地的位置。

系统取样：样地的布置方法，首先在调查区内的工作底图上随机选定一个样地，然后沿一定的方向，每隔一定距离取一个样地，距离的间距可根据调查区草地分布的复杂程度而定。类型简单，群落内部变异不大的可大些，否则宜小些。根据以往的调查应用，以 1:10 万、1:5 万地形图作为工作底图，在类型分布较有规律的山区，样地间隔 2—2.5cm 基本可满足调查的要求。在类型比较单一的平原区，样地的间隔为 4—5cm 就可满足精度要求。

分层抽样：一般是在一个调查区域内先分为几个类型（层），然后按各层面积所占总面积的比重分配抽样点数。

在上述分配抽样数的基础上，然后可按等距抽样布置。后两种抽样技术，仅适用于在非路线调查情况下采用。

四、实习作业

以组为单位，完成各组所承担调查任务的方案设计的拟定；绘制踏查路线及其调查内容剖面图；熟悉和鉴定当地植物种类，编制踏查区草地初步分类系统名录。

➤ 实习项目 2. 草地基本情况的调查和整理

一、实习目的

草地资源调查与规划工作是开发和管理草地资源的首要环节，通过实习使学生掌握草地基本资料的收集与整理方法和技术，了解调查地区的草业生产情况，为分析草地形成、分布和生产规划及发展提供科学依据。

二、实习内容与方法

（一）社会资料

行政组织、民族、人口、劳动力、土地总面积、草地面积、生产能力、机械化程度等；

（二）经济资料

国民生产总值、农牧林业所占比例、当前布局、发展规划

（三）畜牧业资料

家畜种类和品种、数量、畜群结构、饲养方式、草地管理情况、草地载畜率、季节牧场的划分、放牧方式、割草地的管理、饲草料来源、饲料和人工草地种植面积、草场建设情况。

（四）水文水利条件

饮水点的情况（水源、水质、利用情况）、水利设施。

（五）自然环境条件

地理位置（行政区划、经纬度、地理名称等）、地形（如平原、高原、山地、丘陵、盆地、河谷、盐碱斑、风蚀残丘等）、气候（气象资料，温度、降水量、相对湿度、蒸发量的年平均值和月平均值、绝对最高和最低值及出现日期、年平均日照数、 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的年积温及期间的降水量，根据上面数据计算干燥度或湿润系数、无霜期、降雪深度、积雪时间、冻土深度等，其他相关内容，如沙尘暴、蝗虫鼠害等）、土壤（类型、特征、分布、利用改良情况、母质），主要通过土壤剖面和查阅资料获得。

以上资料主要依赖调查访问和查阅资料获得。

（六）草地类型调查

主要包括草地类型、植物群落名称、地貌、地形、植物生长发育状况、草地改良和

利用现状、人为及其他经济活动的影响等，见表 2-1。

三、实习作业

完成以上资料的调查和数据资料整理，完成表 2-1 的内容，并将调查资料分类汇总，录入数据库。

表 2-1 草地类型、生境调查表

样地号		
调查时间、样地面积	调查人	
地形图图幅号		
地理位置		
经纬度	海拔高度	
草地类型		
植物群落名称		
利用方式		
利用季节		
地貌类型	坡度	坡向
地形特征		
土壤类型		
地表特征		
水文及侵蚀		
植物生长发育状况及群落季相		
草地利用现状		
人为、其他经济活动对草地的影响		

➤ 实习项目 3. 草地植被调查

一、实习目的

草地植被调查是用来确定草地类型基本特征的重要手段，是进行草地定量分析最常用的方法，通过实习使学生了解与掌握草地调查中如何使用样方、样线、样带等方法，包括取样方法、样地大小、取样数量等；学会测定植物盖度、多度、频度、高度、生产力等群落基本特征；熟悉不同类型的植物群落测定方法。

二、实习仪器设备

样方、剪刀（适用于手工剪草）、钢卷尺（3m、50m）、电子天平（0.01g）、布口袋（30cm×40cm）、标签、样方记录表。

三、实习内容与方法

（一）样地的设置

抽样调查是在草地上选择有代表性的典型地段，在其中设立一定数量的样地，进行群落的特征描述和数量测定，以代表该草地类型。但由于草地因微地形、土壤等因素，以及植被分布及利用情况而存在空间异质性，所以取样要尽可能代表样地，排除人为因素，充分反映客观实际。取样可分为随机取样、系统取样、分层取样，也可其中两种同时使用。具体应视样地面积及草地植被的分布情况而定。

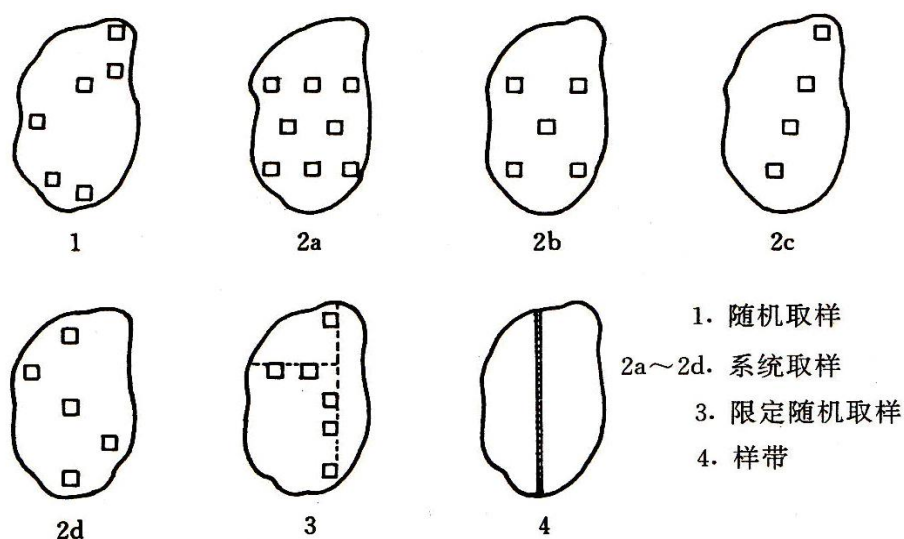


图 3-1 取样和取样单位布局示意图

（二）测定方法

1. 样方法

样方，即方形样地，是面积取样中最常见的形式，也是植被调查中使用最普遍的一种技术。当然，其它形式的样地也同样有效，有时甚至效率更高，如样圆。样方的大小、形状和数目，主要取决于所研究群落的性质和采用的学术思路(如英美学派和法瑞学派)。一般地，群落越复杂，样方面积越大，取样的数目一般不少于3个。取样数目越多，取样误差越小。

因工作性质不同，样方的种类很多，可以分为以下几种：

①记名样方：主要用来计算一定面积中植物的多度、个体数等等。比较一定面积中各种植物的多少，就是精确地测定多度。

②面积样方：主要是测定植物群落所占生境面积的大小，或者各种植物所占整个群落面积的大小。这主要是用在比较稀疏的群落里。一般是按照比例把样方中植物分类标记到坐标纸上，然后再用求积仪计算。有时根据需要，分别测定整个样方中全部植物所占的面积（样方面积），以及植物基部所占的面积（基面样方）。这些在认识群落的盖度、显著度中是不可缺少的。

③重量样方：主要是测定一定面积样方内群落的生物量。将样方中地上和地下部分进行收获称重，研究其中不同种类植物的地下和地上生物量。该方法适应于草本植物群落，对于森林群落，多采用体积测定法。

④永久样方：为了进行追踪研究，可以将样方外围明显的标记进行固定，从而便于以后在该样方中进行调查。一般多采用固定的标记物在样方的左上方和右下方固定住，并应用GPS辅以定位寻找。

2. 样带法

为了研究环境变化较大的地方，以长方形作为样地面积，而且每个样地面积固定，宽度固定，几个样地按照一定的走向连接起来，就形成了样带。样带的宽度在不同的群落中是不同的，草原地区为10~20cm左右，灌木林为1~5m左右，森林为10~30m。有时，在调查一个环境异质性比较突出，群落也比较复杂多变的群落时，为了提高研究效率，或以沿一个方向、中间间隔一定的距离布设若干平等的样带，再在与此相垂直的方向，同样布设若干平等的样带。在样带纵横交错的地方设立样方，并进行深入的调查分析。

3. 样线法

用一条线绳置于所要调查的群落中，调查绳一边或两边的植物种类和个体数。样线法获取的数据在计算群落数量特征时，有其特有的计算方法。它往往根据样线所截的植物个体数目、面积等进行估算。

表 3-1 草地群落样线法测定表

样线地点:	登记时间:					
草地类型:	登记人:					
样线号:	样线长度:	m	线段长度:	m		
植物种	线段 1		线段 2		线段 3	
	出现次数	长度 (cm)	出现次数	长度 (cm)	出现次数	长度 (cm)
备注						

表 3-2 草地群落样线法测定结果汇总表

样线号:		样线总长度:		m		线段总数:	
植物种	个体数	总长度 (m)	出现的线段数		株丛的平均直径 (m)		备注
总计或平均							

4. 无样地取样法

无样地法是不设立样方，而是建立中心轴线，标定距离，进行定点随机抽样。无样地法有很多方法，比较常见的是中点象限法（图 3-2）。

在一片森林地上设若干定距垂直线（借助地质罗盘用测绳拉好）。在此垂直线上定距（比如 15m 或 30m）设点。各点再设短平行线形成四个象限。在各象限范围测 1 株距离中心点最近的，胸径大于 11.5cm 的乔木，要记下此树的植物学名，量其胸径和圆周，用皮尺测量此树到中心点的距离。同时在此象限内再测 1 株距中心点最近的幼树（胸径 2.5~11.5cm），同样量胸径和圆周，量此幼树到中心点的距离。有时不测幼树，每个中心点都要作 4 个象限，在中心点（或其附近）选作 1 个 1m² 或 4m² 的小样方，记录小样方内灌木、草本及幼苗的种名、数量及高度。

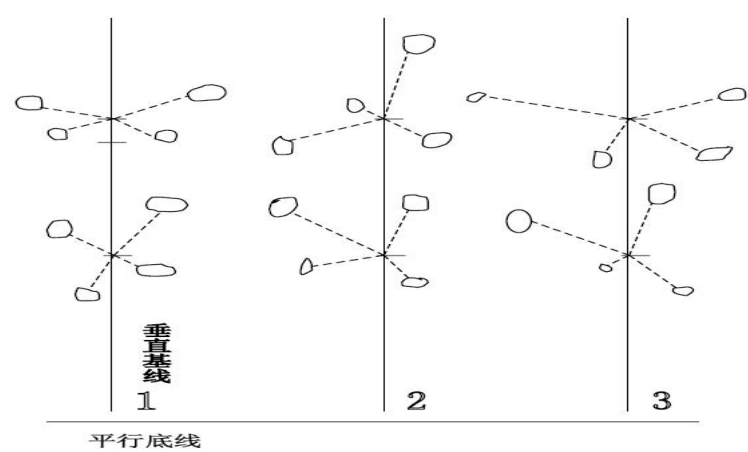


图 3-2 无样地取样法示意图

在我国亚热带常绿阔叶林及其次生林中采用这个方法，20 个中心点的数据中可以与 2 个 500m² 样方的精确度相当。该方法也可用于草地群落，只是相关的距离是根据实际情况进行调整。

(二) 样方大小、形状、取样数量的确定

1. 样方大小

样方是测定植物群落特征的取样，因此应小于记录样地的面积。具体应用多大的样方，应根据草地植物群落的结构、种类分布均匀度而定。一般采用巢式样方测定种-面积曲线来确定，长期研究表明，以草本植物为主组成的草地，如草甸、草甸草原、草原、荒漠草原的样方面积为 1×1m² 比较合适，对于稀疏植被，但分布较均匀以半灌木为主的荒漠、草原化荒漠草地，样方为 2×2m²，1×4m²。

测定种面积曲线可通过样方式巢式样方或样带式巢式样方来测定，巢式样方的排列方法及种面积曲线如图 3-3 所示。具体测定过程可按图 3-3 所示方法进行测定，并记录相应面积出现的种类数。形成种面积曲线图（图 3-3），连接原点 O 与最大种类数 P 形成一条直线，然后再作一切线与之平行，切点 Q 所对应的 R 值即是最小取样面积（切点直线的斜率即是 Q 点曲线函数的导数，求出 Q 点横坐标 R 值，即可得出 R 对应的面积值，即样方面积）。

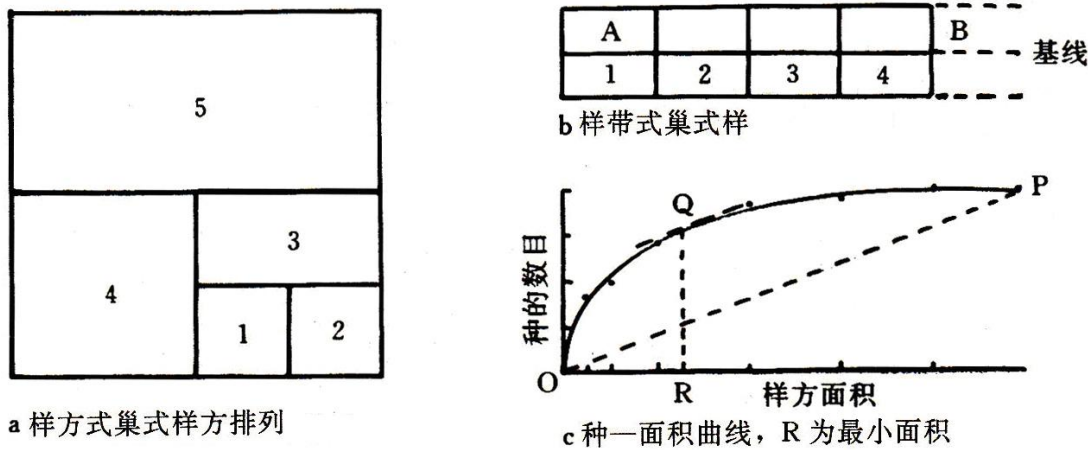


图 3-3 样方式巢式样方和样带式巢式样方排列方式及种-面积曲线、最小面积

1	2	5	6	9	10（样方排列顺序）												
3																	
4																	
7																	
8																	
顺 序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
样方面积（m ² ）		1/64	1/32	1/16	1/8	1/4	1/2	1	2	4	8	16	32	64	128	256	…
出现的植物种类数																	…

图 3-4 样方式巢式样方排列顺序及记录方法

2. 样方的形状

一般有正方形、长方形和圆形。正方形样方较为常用，长方形样方边际效应较大，在具有梯度的测定中常使用，而圆形样方的边际效应最小，在测定频度时可使用。

3. 取样数量

取样是否具有代表性，常常与样方大小和取样数量有关，取样数量的确定方法与样方大小的确定方法相似，以种-数量曲线来确定（方法与种面积曲线类似）。但根据测定的内容也有一定的差异，如频度样方就要数量增加，其他指标可在一个草地型内设置 5—10 个。

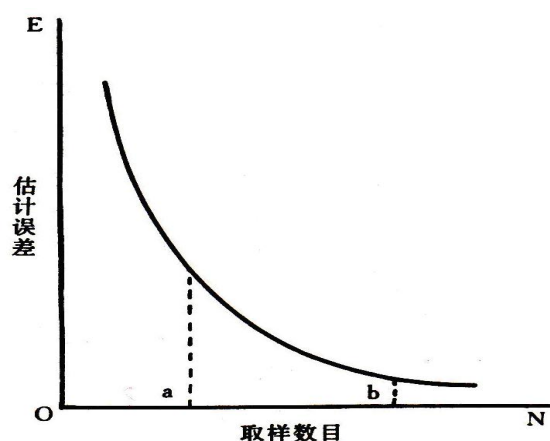


图 3-5 取样数目 (N) 与估计误差 (E) 的关系 (仿李博, 1986)

(三) 草地植物群落的结构

草地生物群落有其特定的结构，并与其功能相联系。群落的结构要素包括：生活型、叶片大小、性质及叶面积指数、层片（Synusia）、同资源种团（Guild）、生态位。从总体结构来看，可分为垂直结构和水平结构。垂直结构主要指群落的分层现象，如图 3-6 所示。

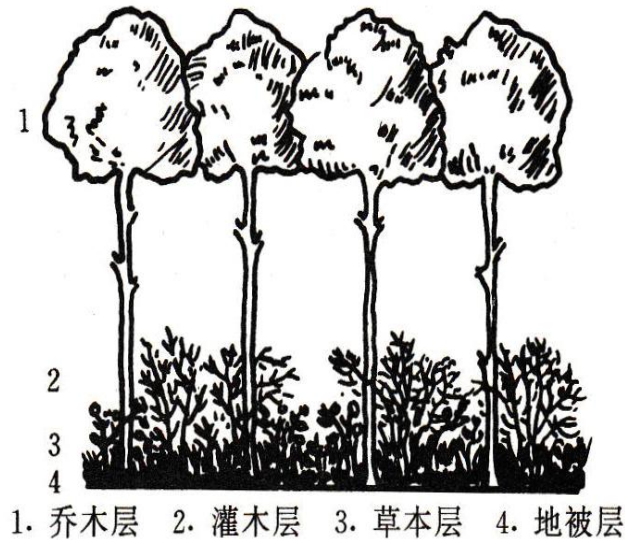


图 3-6 森林中的成层现象（仿А л е х ц и н；引自任继周，1998）

对于植物群落的地下部分也可进行分层，如图 3-7 所示。

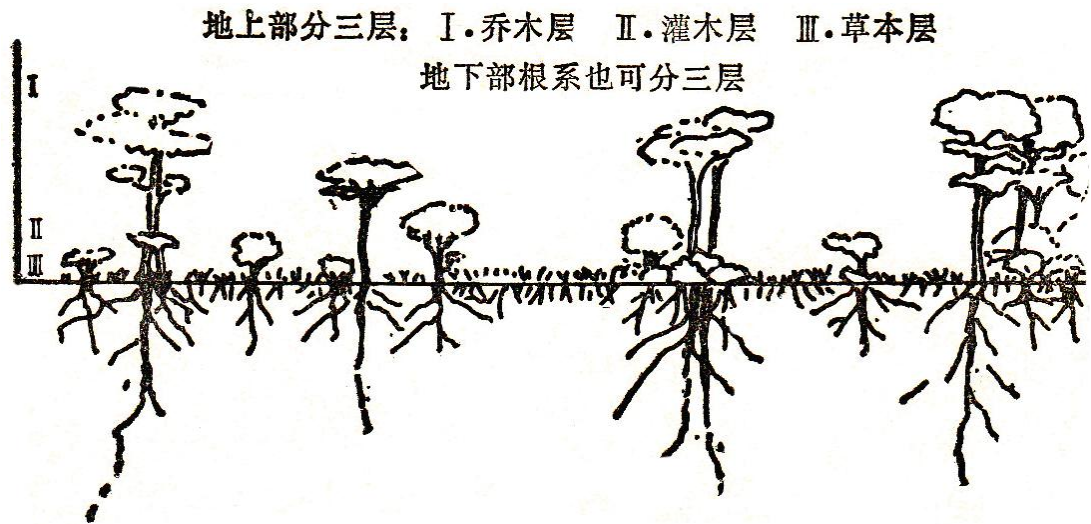


图 3-7 草地植物群落垂直结构图（引自周寿荣，1993）

对于绝大部分的草原群落（除萨王纳草原外），主要分为灌木层和草本层，而草本

层也可分为高大禾草层、杂类草层及地被层，如图 3-8 所示。

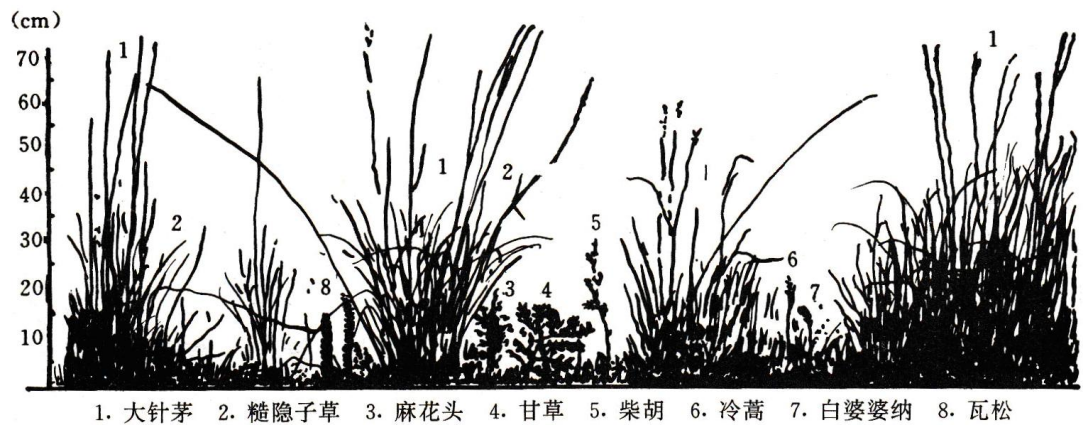


图 3-8 大针茅草原垂直投影图（引自李博，1980）

草地植物群落的水平结构是指群落的配置状况或水平格局。最为典型的是镶嵌性（Mosaic）层片，在群落外形上表现为斑块相间。如因群落内部环境因子的不均匀性引起的锦鸡儿灌丛草原便是镶嵌群落的典型例子。

然而，引起群落结构分布的关键正是植物组成与环境因子的相互作用，以及植物之间的相互作用。如图 3-9 所示，禾草类通过叶片和根系分布及根茎、匍匐茎、幼苗的繁殖获得种群的发展，禾草类中的众多植物都会采用这样的模式，利用这些资源，因此，它们的生态位重叠也就比较大，如图 3-10 所示。而其他如豆科牧草则利用较深的土壤养分，与禾草类的生态位重叠较小，因此，在群落中也就发挥着不同的功能，即属于不同的植物功能群。

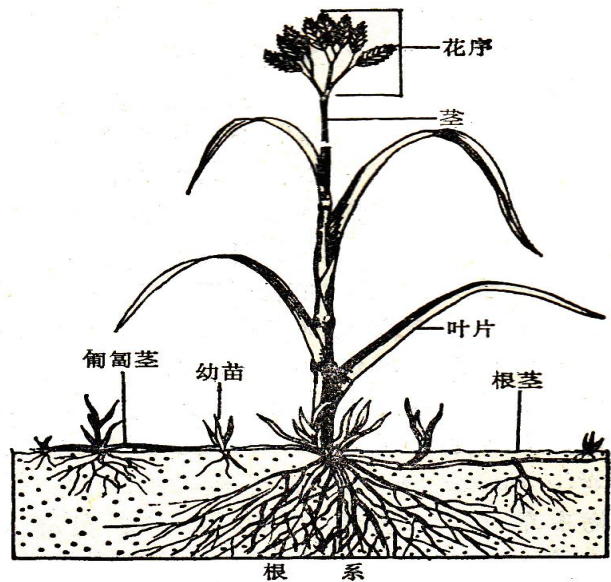


图 3-9 典型的禾草类（禾草、类禾草）结构（仿 Horton，1979）

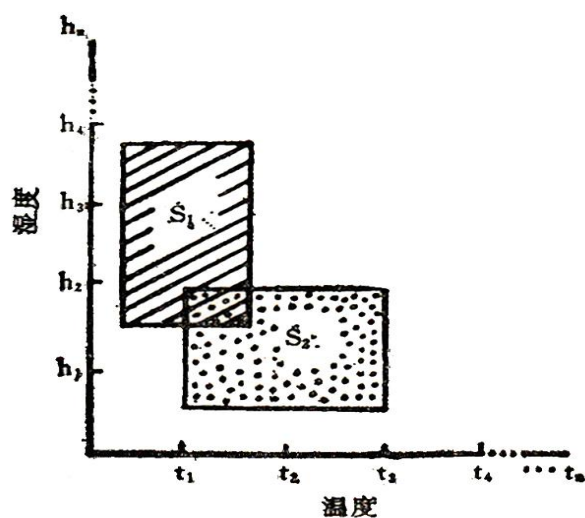


图 3-10 物种 S_1 和 S_2 的生态位空间模式图（仿 Krebs, 1978; 引自孙儒泳, 1992）

（四）样方测定的内容与方法

1. 盖度的测定

测定盖度的方法有很多种，较为常用的为投影盖度目测法和样方法来测定，样方法是将 $1 \times 1 \text{m}^2$ 样方分为 100 个 $10 \times 10 \text{cm}^2$ 小格，统计草地植物投影占有的方格数来统计盖度。目测法是直接在样方内目视估测盖度，一般要求多次测定的结果误差不能超过 5%。测定的盖度可分为投影盖度和基盖度，如图 3-11 所示，投影盖度和基盖度的界面示意图，实际的面积将是由投影和植株基部构成的不规则面积所构成。另外还有点测法估测盖度（如图 3-12），盖度的单位采用百分数（具体测定方法如表 3-3 所示），采用盖度等级时也可为数字（如图 3-13），但最后也需要转化为百分数，如美国常用的 Daubenmire 样方（表 3-4）。

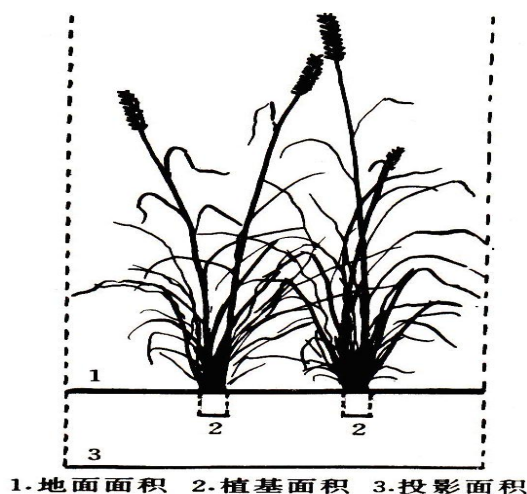


图 3-11 草地植物投影盖度和基盖度的示意图

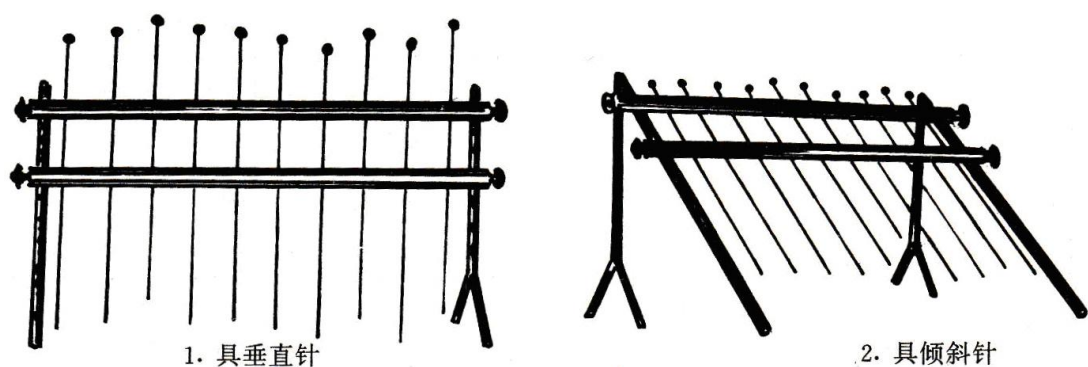


图 3-12 点测器（针刺仪）（引自任继周，1998）

表 3-3 草地群落样点法测定结果登记表

测定地点:	登记时间:															
草地类型:	登记人:															
植物种名	测定次数															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	---	小计

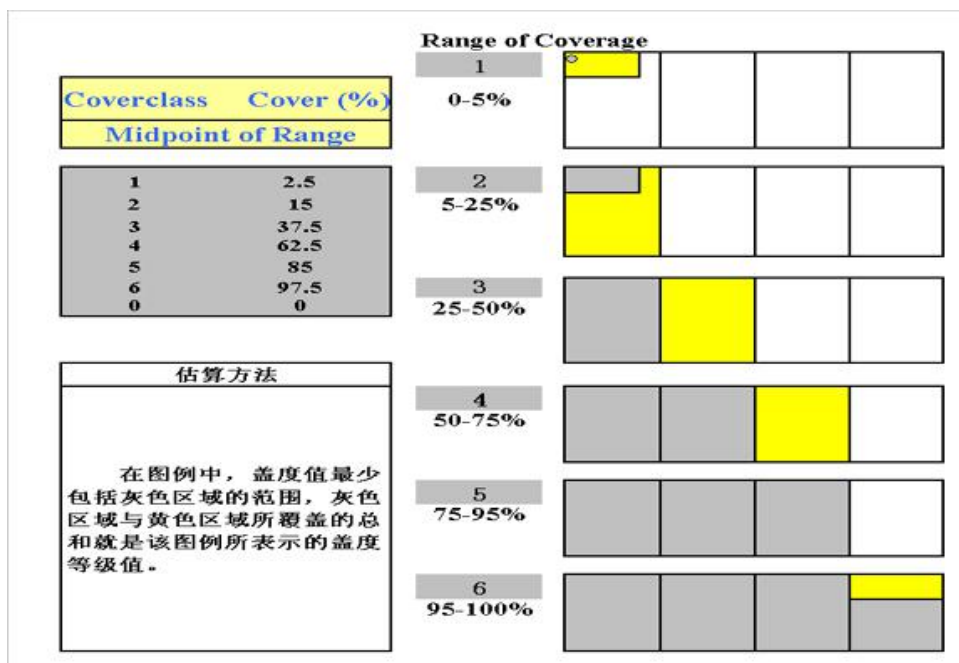


图 3-13 Daubenmire 样方测定盖度示意图

表 3-4 Daubenmire 样方

盖度等级	所代表的盖度范围 (%)	中心点的盖度值 (%)
1	0—5	2.50
2	5—25	15.00
3	25—50	37.50
4	50—75	62.50
5	75—95	85.00
6	95—100	97.50

如若灌丛间还有草本植物时，则草本层仍用样方法或目估法测其盖度，并分别说明灌丛层和草本层的分盖度，而群落的总盖度可用下列公式计算：

$$\text{总盖度} = \text{灌丛盖度} + (1 - \text{灌丛盖度}) \times \text{草本层盖度}$$

其中，株丛分级与代表性株丛的选择：株丛的分级是根据灌丛的株径，对每种分为大、中、小三级（100cm 以上为大丛；50—100cm 为中丛；50cm 以下为小丛），并分别统计其在样方内的数量，然后在每一级中再各选出 3 株有代表性的株丛待进行产量测定。

2. 多度的测定

多度的测定方法一般采用个数统计来确定，或用德氏（Drude）多度等级来确定（如图 3-14 所示）。但要注意以丛生的植物统计多度时按丛计数。

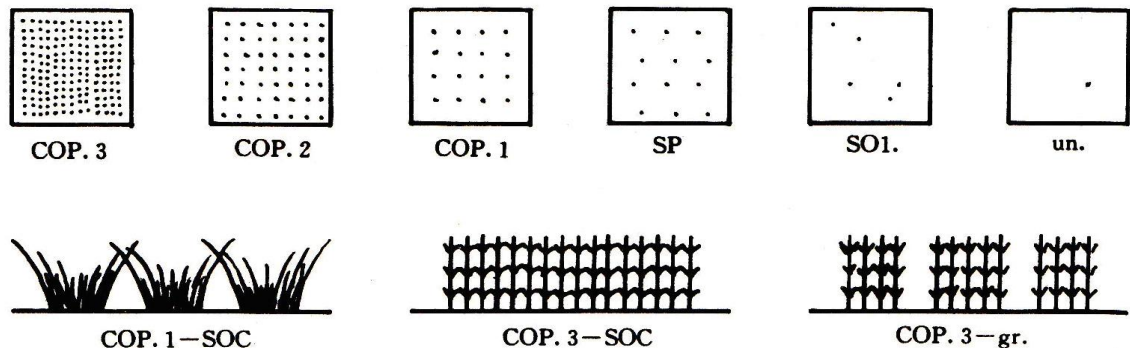


图 3-14 Drude 多度标准模式图

注：Soc 极多；COP.3 很多；COP.2 多；COP.1 尚多；SP.尚少；SOL.少；Un.个别；Gr.植株块状分布。

表 3-5 常用的多度等级分类方法（引自李博，2000）

德鲁捷 (Drude)		克列门茨 (Clements)		布朗-布朗奎 (Braun-Blanquet)	
Soc(Sociales)	极多	D(Dominant)	优势	5	非常多
Cop.3(Copiosae)	很多	A(Abundant)	丰盛	4	多
Cop.2	多	F(Frequent)	常见	3	较多
Cop.1	尚多	O(Occasional)	偶见	2	较少
Sp(Sparsal)	尚少	R(Rare)	稀少	1	少
Sol.(Solitariae)	少	Vr(Very rare)	很少	+	很少
Un.(Unicum)	个别				

3. 高度的测定

植物种高度的测定可分为自然高度和绝对高度，可进行测定叶层高度和生殖枝高度，叶层高度是指草丛叶层集中分布部位的一般高度。

4. 频度的测定

可采用样圆（直径为 36.5cm）或样方来测定，统计某一植物种在草地中出现的次数。频度测定样方重复次数布少于 20 次。同时，应注意频度、存在度和恒有度概念的区分（图 3-15），以及频度与多度的区分（图 3-16）。

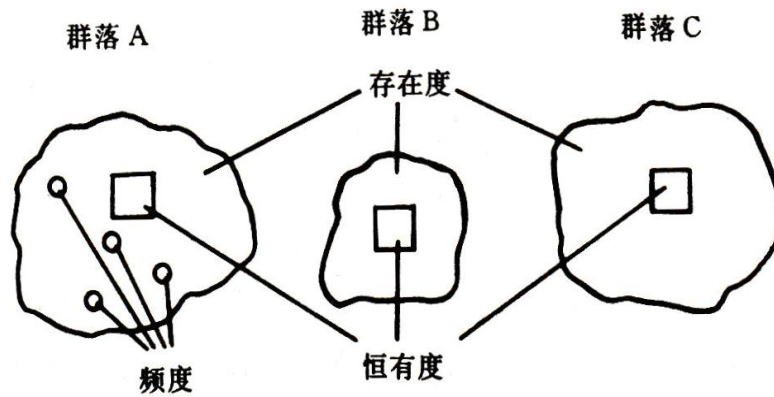


图 3-15 频度、存在度和恒有度概念的比较（引自姜汉桥，1983）

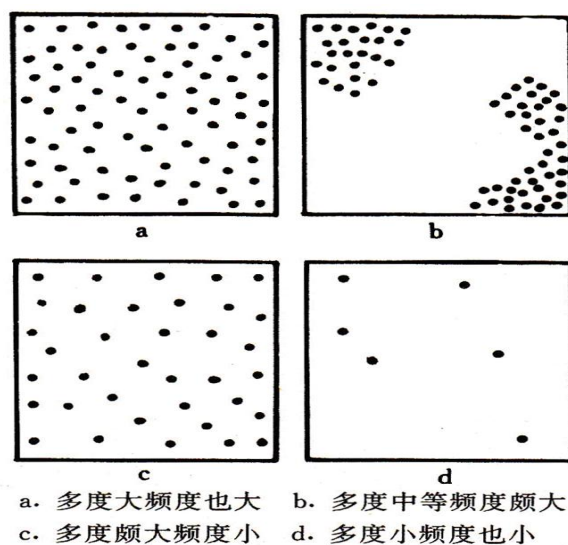


图 3-16 多度和频度的关系示意图（仿Ярошенко, 1959; 引自任继周, 1998）

5. 草地生产力及现存量的测定

以草本为主的草地进行地面刈割分种测定称重记录，对于半灌木及灌木，木质化较强的（如驼绒藜、木本猪毛菜等），只刈割家畜能利用的部分，但茎秆木质化较弱的（如冷蒿、木地肤），与草本测定方法相同。

灌木的剪割，只剪取家畜可采食到的粗细在直径 2mm 以下的当年嫩枝叶，采食不到的可不剪。一般绵羊和山羊可以采食到 1.2m 高度；牛和马 1.8—2.0m；骆驼可采食 3.0m 的高度。高大草本的剪割与一般草本植物相同，齐地面剪割。

如若灌丛下层有草本层，其产草量测定，样方面积，同草本植物测定方法要求相同。样方内总产量可根据以下公式计算：

$$\text{总产草量}(g/m^2) = \text{灌木产量}(g/m^2) + (1 - \text{灌木郁闭度}) \times \text{草本层产量}(g/m^2)$$

本公式适用于群落灌木郁闭地段，下层草本植物家畜不能采食到的情况下应用。如若在群落中灌木所郁闭地段，下层草本植物家畜仍都可采食，则用下式计算：

$$\text{总产草量}(g/m^2) = \text{灌木产量}(g/m^2) + \text{草本层产量}(g/m^2)$$

称重分为鲜重和干重，测定鲜重后放入布袋中风干后再烘干（65℃，10h），再称干重。值得注意的是，在草地上往往直接测定的是地上现存量，而不是草地生产力，草地生产力应根据草地利用情况，而采用相应的测定方法，如移动围笼法等。

6. 草地植物物候期判定方法

植物基本上可分为如下物候期：营养期、现蕾期、抽穗期（禾本科等）、始花期、盛花期、花后期、绿果期、果熟期、果后营养期。具体测定特征如表 3-6 所示。

表 3-6 一年生和多年生草本植物的物候期特征表

序号	物候期	确定该物候期的特征	
		禾本科及莎草科	豆科及杂类草
		营 养 前 期	
1	播种	——	——
2	种子膨胀	——	——
3	种子开始萌发	出现胚根和胚茎	——
4	开始出苗	第一片真叶或胚芽露出地面	子叶或胚芽露出地面
5	完全出苗	田野泛绿，条播者出现明显行列	真叶出现，条播者出现明显行列
6	分蘖或分枝	分蘖枝形成	侧枝形成
7	拔节，茎形成	开始孕穗	孕蕾前茎的发育
		孕 蕾 期	
8	开始抽穗（禾本科）或开始孕蕾（豆科）	花序开始从叶鞘中伸出	花序或花蕾开始出现
9	完全抽穗（禾本科）或完全孕蕾（豆科）	花序完全从叶鞘中伸出	大部分花序或花蕾发育成熟，具有颜色，个别花蕾开始开放
		开 花 期	
10	开花初期	花序伸展，在继续完成孕蕾的同时，花蕾开始完全开放	
11	开花盛期	花蕾大部分开放为花朵	
12	开花末期	花朵大部分凋谢，花序上只有个别花蕾和少数花朵	
		结实与种子脱落期	
13	果实开始形成	花被凋谢，子房膨大	
14	果实开始成熟	种子形成，达到乳熟或腊熟	
15	种子完全成熟	果实成熟，种子完熟并十分坚硬	
16	果实开始脱落	未成熟或成熟的果实开始脱落	
17	大量落粒	种子由于生殖枝或植株干枯死亡而落种	
		营 养 末 期	
18	叶片开始枯死	叶片颜色开始改变	
19	完全死亡	一年生植物的全部植株或多年生植物的生殖枝和营养枝干枯和死亡	
		多年生植物的补充物候期（生活的第二年和以后）	
20	越冬后开始萌发 （春季萌生，营养开始）	越冬后开始生长，绿色组织长达 2mm	
21	第二次分蘖	由分蘖节形成新枝条或在开花与其他营养阶段完成后形成新枝条	

物候期是一个循序渐进的过程，相邻的物候期之间都会产生一定的重叠，如图 3-17 所示，羊草+丛生禾草群落几种优势植物的物候图谱，其中，羊草在 4 月中旬至 5 月中旬都是营养期，然而，拔节期在 5 月初也已经开始。

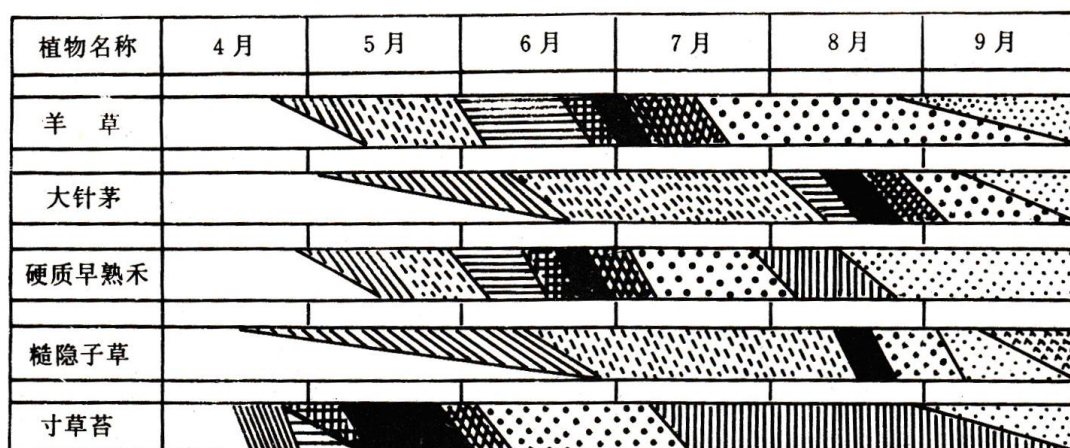


图 3-17 羊草+丛生禾草群落几种优势植物的物候图谱（仿李博，1980）

四、实习作业：完成测定内容，填写相应的数据表格。

表 3-7 草地植物群落样方测定表

天气状况							
样方号	样地号		调查时间			调查人	
草地类型							
群落名称							
总盖度							
植物名称	平均高度（cm）		盖度	多度	物候期	鲜重（g）	干重（g）
中文名	叶层	生殖枝	（%）				

注：如为乔木、灌木群落则采用表 3-8。

表 3-8 草地乔木、灌木群落结构分析表

样方号：		调查日期：				样地面积：				调查人：			
草地类型：													
群落名称：													
郁闭度	乔木层：		层高（cm）				乔木层：						
	灌木层：						灌木层：						
植物名称	郁闭度	株（丛）数	高度（cm）		株（丛）径（cm）		株距（cm）		年龄	生活力	生态型	物候期	备注
			平	最	平		平均	最大					
			均	高	均	最大							

表 3-9 草地植物频度测定表

样地号	调查时间							样地面积	调查人												
草地类型																					
群落名称																					
植物种名	样方号																			频度	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	

表 3-10 草地生产力及现存量统计表

样地号		测产时间		样地面积		测定人						
草地类型												
群落名称												
草地利用方式												
草群总盖度（%）		草群平均高度（cm）				测产刈割高度（cm）						
测产样方的生物量（g/m ² ）												
经济类群	植物名称	1		2		3		4		5		生物量 (kg/hm ²)
		鲜	干	鲜	干	鲜	干	鲜	干	鲜	干	
		重	重	重	重	重	重	重	重	重	重	

注：如只进行草地生物量的测定可采用表 3-10。

表 3-11 草地植物物候期观察表

样地地点:			草地类型:				记录人:				备注
日期 年、月、日	植物名称	物候 期	%	高度 cm	物候 期	%	高度 cm	物候 期	%	高度 cm	

表 3-12 草地植物适口性观测表						
观测地点:			草地类型:			
植被型:		地形、土壤:		利用方式及年限:		
畜群种类:		畜群数量:		畜群结构:		
植物名称	牧草物候期	适口性评价				备注: 观测期的天气状况及其他干扰因素
		早晨	上午-午休前	午休后-下午	傍晚	

➤ 实习项目 4. 草地植物生态经济类群

一、实习目的

了解草地植物生态经济类群的划分方法、原则及划分过程，进一步了解生态经济类群的概念和生态条件、植物生长型、饲用价值等一般特征。

二、实习仪器设备

标本夹、放大镜、采集标本工具、钢卷尺、植物检索表。

三、实习内容与方法

该内容一般与草地调查工作相结合在野外进行，但也可在室内进行。但需要准备好的相关的材料进行分析，并提供不同植物生态经济类群的植物名录、典型植物标本及有关参考资料，学生通过熟悉名录，按标本区分不同生态经济类群，同时了解各类群植物在生长型和形态外貌、生态地理分布以及饲用价值等特征、特性。

首先，进行植物标本的采集与记载（可在实习项目 3 中同时完成）。凡在调查区内出现的植物种类均应采集，对于不认识的植物进行种名鉴定。然后编写出调查区内的草地植物名录。采集植物标本的同时，应记载清楚与划分生态经济类群依据有关的内容，如生活型、形态外貌特征、生态地理分布、饲用价值等，供划分类群使用。生态经济类群划分依照编制的植物名录，记载内容，对照植物标本，以先类群后亚类群逐层分析的方法，区分不同生态经济类群，编制出调查区内草地植物生态经济类群分类系统名录。具体划分方法如下：

（一）草地植物生态经济类群的划分依据

按照许鹏教授提出的划分方法和系统，根据草地植物的生态生物学特性和饲用价值的相似性，对草地植物进行的综合分类，同一生态经济类群的植物，在生长型和形态外貌、生态地理分布以及生物量与饲用价值上有相似性。共划分 10 个类群、23 个亚类群和 1 个附类，见表 4-1。

（二）草地植物生态经济类群的划分方法

可与草地样方调查相结合，在测定植物样方的同时，同时，测定其生活型、形态外貌特征、生态地理分布、饲用价值等。对照植物名录及生态经济类群特征，按照从类群到亚类逐层分析的方法，划分出不同生态经济类群，编制出调查区草地植物生态经济类群分类系统名录。

（三）生态地理分布类型的划分方法

生态地理分布着重说明每种植物在集中分布区的生态地理类型。如大针茅（*Stipa*

grandis) 是地带性草原中典型的代表种, 集中分布区, 主要是在草原带。再如沙生针茅 (*Stipa glareosa*) 是荒漠草原的代表种, 集中分布与荒漠草原带。

表 4-1 草地植物生态经济类群分类表

类群	亚类群
I.短生、类短生草本	1.禾草、苔草
	2.杂草类、豆科
II.长营养期一年生草本	3.禾草
	4.豆科草
	5.杂类草
	6.小丛禾草
	7.密丛禾草
III.多年生禾草	8.疏丛与根茎禾草
	9.高大粗糙禾草
	10.小丛豆科草
IV.多年生豆科草	11.中型细茎豆科草
	12.粗大豆科草
V.多年生莎草类	13.小莎草
	14.大莎草
	15.小杂类草
VI.多年生杂类草	16.中型细茎杂类草
	17.粗大杂类草
	18.蒿类半灌木
	19.盐柴类半灌木
VII.半灌木	20.多汁盐柴类半灌木
	21.杂类半灌木
	22.垫状半灌木
	23.无叶灌木
	24.肉叶灌木
VIII.灌木	25.小叶灌木
	26.宽叶灌木
	27.小灌木
	28.小乔木
	29.针叶乔木
IX.乔木	30.阔叶乔木
	31.竹类
	32.苔藓地衣
X.苔藓地衣、蕨类	33.蕨类

附：有毒有害植物类。

草地植物的生态地理分布类型以草地类与亚类为依据，可分为：沙质温性荒漠类型、砾沙质、砾石质温性荒漠类型、土质温性荒漠类型、盐土温性荒漠类型、高寒荒漠类型、温性荒漠草原类型、沙地温性荒漠草原类型；温性草原类型、沙地温性草原类型、高寒草原类型；暖性草丛类型、暖性灌草丛类型、暖性稀树灌草丛类型；热性草丛类型、滩涂盐生草甸类型、低地沼泽化草甸类型；高寒草甸类型；低地高寒沼泽化草甸类型；沼泽类型。

（四）生活型、生态型、生长型、生态类型的区分

1、生活型（Life form）

生活型是植物对综合条件长期适应，在外貌上反映出来的植被类型。

植物的生活型在某种程度上反映了植物有机体与环境统一性的形式。同一生活型表明他们对环境的适应途径和方式是相同或相似。

①按照植株大小划分：

高位芽：度过不利时期的复苏芽距离地面 > 25cm；

地上芽：度过不利时期的复苏芽距离地面 < 25cm；

地面芽：不利时期，平卧地面上的残枝条内；

隐芽（地下芽）：不利时期，芽位于地面以下；

沼生植物：芽位于水面

水生植物：芽位于水中

②按照植株形状划分：莲座状、垫状等。

③按照分枝方式划分：密丛型、疏丛型、根茎型等。

④按照生长型划分：乔木、灌木、草本等。

生长型（Growth form）：指控制有机体一般结构的形态特征，根据总体形态，即，习性划分的。

⑤按照寿命划分：一年生、二年生、多年生。

2、生态型（Ecological form）

生态型是同种植物对不同生境条件趋异适应的结果而产生的在同一植物种内的类型分化。

①气候生态型：长期受气候因子的影响所形成的生态型。如杠柳在阴湿林中为攀援状藤本，生在空旷草原上为低矮灌木；

②土壤生态型：由于长期在不同土壤条件的作用下分化的生态型。如鸭茅在河洼地上植株高大，叶肥厚、深绿，再生性强；在碎石滩上植株低矮，叶小而薄、色浅，再生性差。

③生物生态型：在生物因子作用下形成的生态型。如车前子生于低矮稀疏群落中，紧贴土壤的根生丛叶车前草；生长在稠密群落中则有向上斜伸较长的根生丛叶车前草。

3、生态类型(Ecological type)

在一定条件下，根据某一主导作用的生态因子分布强弱、多少的不同要求，而对植

物进行的生态分类，就叫某一生态因子的生态类型。

①按照对光强度要求划分：阳性、阴性、耐阴性；

②按照光照持续时间划分：长日照、短日照、中日照；

③按照对温度要求划分：积温、变温；

④按照对水分要求划分：水生、陆生（湿生、中生、旱生）

⑤按照土壤划分：

A、土壤质地划分——粘土、壤土、沙土等植物；

B、土壤肥力划分——富营养、中营养、贫营养等植物；

C、土壤 pH 值划分——酸性土、中性土、碱性土等植物；

D、土壤盐分划分——盐土、碱土等植物。

（五）生活型的划分

植物生活型是草地植物生态经济类群划分考虑的重要依据之一，不同生活型的植物，在生长发育习性、植株外貌特征、生态生物学特性乃至饲用价值上都有一定的差别，而这些差别也正是划分不同生态经济类群植物的依据。

生活型可划分为：乔木、灌木、竹类、藤本、半灌木、多年生草本、一二年生草本、苔藓、地衣、附生、寄生。多年生草本可再详细划分为根茎草类、疏丛草类、根茎-疏丛草类、密丛草类、匍匐茎草类、根蘖草类、根颈草类、鳞茎草类、块茎草类等。

（六）在草地植物群落中的地位

可根据植物种所在群落中的多度、频度、盖度和对群落形成与发展的作用来进行分析。概括的可分为：建群种、优势种、次优势种、主要伴生种、半生种、常见种、偶见种、侵入种。

（七）饲用价值

可按所划分的生态经济亚类群为单元，以各单元内具体的植物种为对象进行分析与评价。在了解每种植物饲用价值特征的基础上，总结出同属一亚类植物在饲用价值上所表现出的共性特征。可采用粗蛋白、粗脂肪、粗纤维、无氮浸出物、粗灰分等含量及其比例或按一定的标准进行分析（如 NRC 标准）。这些指标可通过资料查询获得，在有条件的情况下也可在实验室内分析。

（八）适口性

适口性可根据家畜对每种植物的喜食程度来评定。可按以下五个标准划分：

优：家畜特别喜食的植物，优先选择采食。

良：家畜喜食的植物，在任何情况下均采食，不呈现优先选择采食。

中：家畜常愿意采食的植物，但不表现贪食喜食情态。

低：家畜不喜食的植物，采食少，在上述牧草缺乏时才采食。

劣：家畜不愿采食的植物，只有在个别情况下才采食。

适口性评价，要注意对不同畜种在不同季节可能发生的差异，要从动态中分析。

（九）草地生物产量

一般测定的往往是草地植物现存量，如有可能最好获得其地上净初级生产力数据或草地植物生长高峰期的值。此项指标的评价要注意年际之间、季节内产量的稳定性。

（十）利用特征

可根据利用畜种、利用时期、利用方式、利用强度和饲养条件的改变来评价。

四、实习作业

编制草地植物生态经济类群分类系统，完成数据表，并分组讨论划分草地植物生态经济类群的意义。

表 4-2 草地植物生态经济类群名录

植物名称		生活 型	生态经济类群		生态地理分布类 型	标出优势 种	标出主要的生态经 济类群
中文名	学名		类群	亚类群			

表 4-3 草地植物生态经济类群评定表

植物名称			经济价值						
中文名	学名	草地植 物群落 中地位	生物产量 (kg/hm²)	采食 率 (%)	含营 养成 分特 点	适 口 性	适 宜 利 用 的 畜 种	适 宜 利 用 的 时 期	适 宜 利 用 的 方 式

➤ 实习项目 5. 草地土壤调查

一、实习目的

土壤是草地的立地条件，其类型和理化性状与草地类型和生产力有密切的关系，通过实习使学生掌握土壤调查的野外方法，了解土壤与草地形成和草地分布的关系。

二、仪器与工具

测定土壤剖面的挖掘工具（铁锹、铁镐）、剖面刀、土钻、记录表、标签、土袋、便携式 pH 计、土壤水分-盐分-温度测定仪、稀盐酸、塑料袋等。

三、实习内容和方法

（一）土壤剖面的选择

在每一个草地调查样地设一个土壤剖面，选择在地形和植被典型地段，深度一般应达到母质层，是全面观察记载的剖面。另外，还可设置对照剖面 and 定界剖面。其中，对照剖面用以了解主要剖面土壤特征的变化程度与稳定性，设在同一土类的某些性状发生变化的地段，深度要求达到主要土层。定界剖面则可了解土壤界线，设在土壤类型边界，深度用土钻达到 30-40cm。

（二）土壤剖面的设置

在选好的地点，用挖掘工具挖一个 2m 长，1m 宽，1.5-2.0m 深的土坑，坑背面修成台阶，以便取样和观察，迎光面修成垂直断面，这就是土壤典型剖面（见图 5-1）。如母质层较深超过 2m，则一般挖到 1.5m 即可，最深达到 2m 即可。如为盐碱土则应挖到潜水水位。

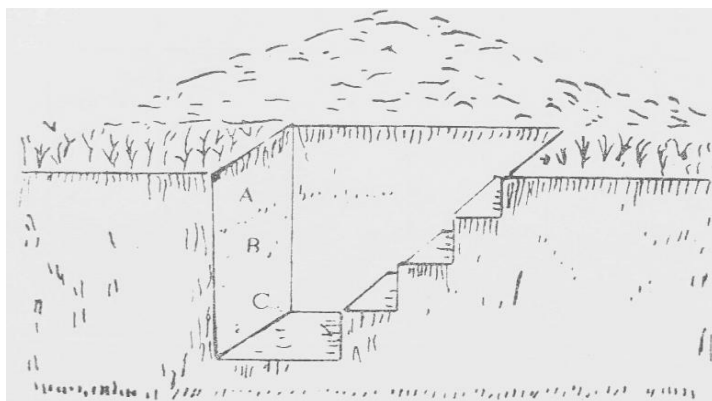


图 5-1 土壤剖面示意图

（三）土壤剖面的分层及测定

在剖面坑中观察剖面时，首先在坑底采集一个土样。然后在观察面的右边安设米尺（最小刻度达厘米），左边用剖面刀修成宽约 20cm 的毛面，深度与剖面相同。用盐酸逐层鉴定石灰反应的强弱，再依颜色、质地、结构、干湿度等特征划分出 A、B、C 层。按层观测其厚度、坚实度、植物根系、新生体、石灰反应、PH 值、过渡状态等。土壤剖面层次的划分：

1. 表土层

即 A 层。在自然情况下，由于植物根系与枝叶腐解、累积，故颜色一般较黑，也称腐殖质层。如果开垦，则称为耕作层。

2. 心土层

即 B 层，又称为淀积层。该层较紧实，根系较上层少。

3. 底土层

即 C 层，常称为母质层，是形成该土壤的原来物质。

在各层描述中主要填写以下 10 项内容：

（1）颜色

黑色、暗栗色、栗色、褐色、暗棕色、棕色、红棕色、红色、黄色、白色、灰白色、浅灰色、灰色、暗灰色等。

（2）质地

野外感观测定划分为 6 个级别，分为砂土、砂壤土、轻壤土、中壤土、重壤土、粘土。鉴定方法见表 5-1。

（3）结构

片状结构（粘土）、团粒结构、柱状结构（盐碱土）。在草地正常湿度下，取一大块土，轻微地触地，所散碎成不同形状、不同大小的碎粒或碎块，野外可用感观鉴定：表土层结构呈单粒，主要见于含粘质少的砂土，易被风吹动。块状，大块状大于 10cm，小块状 5-10cm。粒状，又称团粒结构，大小在 1-10mm 左右，呈小球状，多孔，在水中不易泡散。心土层与底土层结构呈片状，结构成 1-5mm 厚的片状；层状，如片状厚度大于 5mm，则为层状结构。柱状，土体中裂隙呈相互平行而垂直于地面。块状，多见于粘质土壤，不利于水分下渗与根系下扎。

（4）湿度

干旱、湿润、潮湿、湿润，在野外可用观感测定：干（放在手中无湿感）；润（放在手中有明显湿感，土团上可按出手印）；潮（用手挤土团，手有湿印，但无水流出）；湿（用手挤土团有水流出）。

（5）松紧度

疏松（轻压土壤即可散开，不粘结）、较疏松（用力不大小刀可深入土壤）、较紧实（稍用力小刀可入土 2-3cm）、紧实（用大力小刀可入土 1-2cm）、极紧（小刀不能切入，锤击才可进入几毫米），或用土壤紧实度仪来测定。

(6) 石灰反应

用 10%的 HCl 滴测, 根据产生气泡的多少来划分等级, “—”无泡沫, “+”有少量泡沫与微啞声 (反应微弱), “++”有中量泡沫与明显啞声 (反应明显), “+++”强烈起泡沫与啞声 (反应强烈)。

(7) 新生体

盐壳、盐斑、石灰结核、结晶体、铁铝结核、氧化亚铁斑等。

(8) 侵入体

虫类与动物, 动物穴, 植物根, 石块 (直径 20cm), 角砾 (直径 3-10cm), 碎石 (直径 1-3cm) 等。

(9) 根系的量

根系的量可用 “+++” 表示 “大量”、“++” 表示 “中量”、“+” 表示 “少量”。

(10) pH 值及盐分

用便携式 pH 计、便携式土壤盐分测定仪进行测定。

以上内容的填写可参考表 5-2。

表 5-1 土壤质地野外鉴定方法

质地	一般判断	干捻法	捏成直径 1cm 的土球的状态	湿搓法	
				搓成 3mm 粗土条的状态	挤压成薄皮时的状态
砂土	全为单粒砂粒。	松散的单粒, 放于手中, 砂粒自指缝自动流下。	不能捏成球, 水分多时勉强捏成但一触即碎。	搓不成条。	不能成片。
砂壤土	以砂粒为主, 有少量细土粒。	有松脆的土块, 一压即碎, 有较多砂粒存在, 感觉粗糙。	可捏成球, 轻压能碎。	勉强搓成不完整的短条。	可成片, 表面很不平, 边缘有裂口, 易碎。
轻壤土	砂粒多, 细土占到 20-30%。	有土块, 稍捻即碎, 捻时有砂粒感觉。	可以捏成球, 压扁时边缘裂缝多而大。	可成条, 但轻轻提起即断。	可成片, 表面较平整, 边缘有裂缝。
中壤土	砂粒少, 粘粒多, 干时形成硬土块。	土块较硬, 难捻碎, 捻碎后有面粉状细腻感。	可捏成球, 压扁时边缘有小裂缝。	可成条, 弯成 2cm 直径圆圈时易断。	可成片, 表面平整光滑, 边缘略有裂缝。
重壤土	基本无砂粒, 粘粒比例大, 干时土块坚硬。	土块硬, 很难捻碎, 土块棱角明显。	可捏成球, 压扁时边缘略有裂缝。	可成条, 可弯成直径 2cm 圆圈但压扁时有裂缝。	可成片, 表面光滑有反光, 边缘无裂缝。
粘土	无砂粒, 全为粘粒, 常因氧化铁胶膜呈红色。	土块用手基本无法捻碎, 锤击也不会碎成粉末。	可捏成球, 压扁时无裂缝。	可成条及弯成圆圈, 压扁时无裂缝。	可成片, 表面光滑, 有强反光。

表 5-2 土壤剖面性状登记表

地表状况											
植被:		草地类型:				地形:		地表特征:			
剖面性状											
层次	深度 (cm)	质地	结构	松紧度	孔隙度	新生体	浸入体	湿度	石灰反应	PH 值	有机质

注：编号可采用以下代号 ①01，①02，……。

（四）土样样品取样

在土壤剖面形态观察记录完成后，进行土壤样品的取样工作。

1. 分析土样

各主要剖面均采集，并分层采 1kg 装袋，袋内外均加标签，说明剖面编号、日期、深度、地点。

2. 定容土样

按原来状况取一定容积的土样，以测定土壤物理性质，定容土样用定容器取。

3. 分段标本

将各层土壤保持原来结构，采集少量装入分层的纸盒中，盒内外贴标签。

4. 整段标本

按土盒大小（通常长 100cm，宽 20cm，厚 12cm），将土壤整段采下装入，钉紧并贴上标签。

（五）土壤理化性质分析

根据需要决定分析项目，通常包括土壤水分、电导率、机械组成、有机质，全量氮、磷、钾及速效氮、磷、钾的含量。

四、实习作业

完成样地典型地段的土壤剖面，并填写完成表 5-2 和表 5-3 的内容。

表 5-3 土壤剖面调查登记表

土壤剖面编号：	日期：	登记人：
土壤图件及编号：		
草地类型：		
调查地点：		
海拔高度（m）：	坡度：	坡向：
母质及母岩：		
地下水位及水质：		
排水及灌溉条件：		
土地利用情况：		
土壤侵蚀情况：		
剖面所在地断面位置图：		
土壤野外定名：	土壤最后定名：	

➤ 实习项目 6. 分析样品的取样

一、实习目的

分析样品的野外取样,是草地调查工作的重要内容之一。主要包括牧草分析样品的取样;土壤分析样品的取样;水质分析样品的取样;草地群落现场拍照等内容。通过实习,使学生了解与掌握各类样品现场取样的要求与方法。

二、实习仪器设备

样品袋、剪刀、土钻、铁锹、500—1000ML 的装水样瓶、照相机、标签、记录本。

三、实习内容与方法

分析样品的野外取样,与草地类型野外调查工作结合进行。草地植被调查取样的设计将直接影响分析样品的取样,理论上,样地调查的样点设置即是分析样品的取样点。如果设置了不同的处理,那么取样时还应注意尽可能地将处理与草地空间异质性区分开,因为,即使不设置处理,草地依然存在很大的空间异质性,如果不能很好地分开,将很难区分误差来源,也难以分清处理效应。

(一) 取样方法基础

对于自然科学来讲,一般取样都存在共性,表现为:自然科学都需采样和分析;任何分析结果的可靠性取决于采样的准确性;如果采样不具代表性及准确性,精密的分析也会成为一种浪费;通常采样误差要比分析误差大。

常用的基本取样方法包括:简单随机取样(Simple random sampling)、分层取样(Stratified sampling)、集群取样(Cluster sampling)、系统取样(Systematic sampling)、混合取样(Composite sampling)。有时以上取样方法常因试验设计而组合使用。

一般情况下,取样的数量越多就越能代表总体,从统计学上来分析,即取样数目越多,估计误差也就越小。然而,实际上往往希望以尽可能少的取样来反映出尽可能多的总体信息,所以,取样数量最少也应反映大部分的总体信息并且能够满足统计分析的要求。

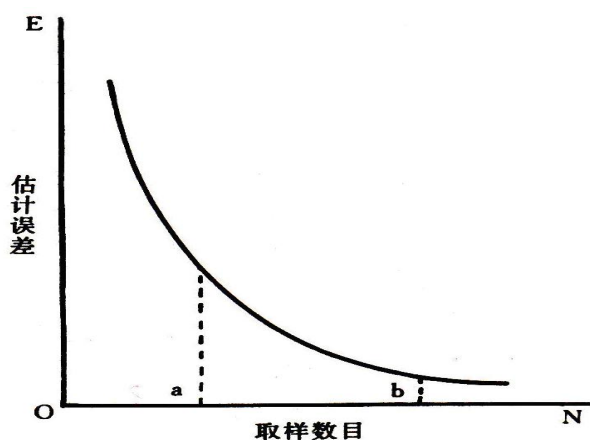


图 6-1 取样数目 (N) 与估计误差 (E) 的关系 (仿李博, 1986)

同时,值得注意的是无论采用哪种取样方法,其中都会存在准确性和精确性的问题,科

学的试验既需要有很高的取样准确性，也需要有很高的取样精确性。准确性和精确性共同反映取样的代表性。如取样的准确性和精确性都很差，或其中之一较差，在一定范围内，取样数量即便很多也不具有代表性。不具有代表性的取样包含多种情况，一般称之为“伪重复(Pseudo replication)”。

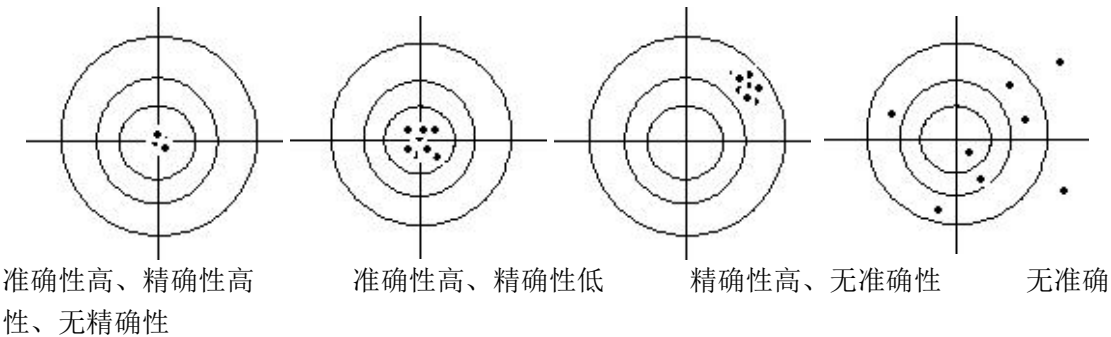


图 6-2 关于准确性和精确性的示意图

“伪重复”是由美国生物学家 Stuart H. Hurlbert 最早发现并定义的。Hurlbert 分析了 1960-1980 年发表于《Ecology》杂志上的 176 个实验，发现在使用统计检验的文章之中有 48%存在“伪重复”，“伪重复”是指“进行了推断统计以检验处理效果，而数据所源自的试验没有重复——尽管可能存在多个抽样(samples)或者重复不独立”的情况。

(二) 野外取样

1.牧草分析样品的野外取样

草地调查牧草分析样品的取样，通常有单种牧草取样和混合牧草取样两种方式，单种牧草取样，是以被调查的草地群落中的植物个体为对象，采集样品供分析。混合样品是以被调查的草地中的植物群体为对象采集的样品，通常是以草地“型”为对象进行取样。取样前要对被取样的类型作详细的种类组成、盖度结构、物候期等项目的描述与记载，这一工作应与草地类型调查样地记载工作结合。

单种牧草样品的取样，通常取每种草地类型的优势种和主要伴生种。每种牧草剪割鲜重 500g，分种装入样品袋，编号登记（表 6-1），并在袋内外挂好标签。牧草的剪割方法与产量测定牧草的剪割要求相同，或按具体试验要求进行。

混合牧草样品的取样方法是在草地调查样地内，按试验设计要求以样方法测定，可将全部样品进行混合，或将相同植物种进行混合。从中抽取鲜重 1kg 样品装入袋内，然后编号登记（表 6-1），挂好标签。

表 6-1 植物分析样品记录表

样品	牧草种名或混合样品的类型名称		采集地点	采集时间	物候期	样品重量风干重 (g)	采集人
代号	中文名	学名					

2. 土壤分析样品的野外取样

草地调查土壤分析样品的野外取样,其目的是通过对在不同草地类型下发育土壤的取样分析,了解草地土壤内含化学成分和营养状况及与草地状况的关系。

(1) 取样剖面点的设置

草地调查土壤分析样品的取样,一般是以草地类或亚类为取样对象。取样剖面点的设置应选择在草地类或亚类特征发育的最典型和未受人为影响与污染的地段,通常可与草地类型调查样地布置的位置设置在一起。

取样时首先要正确划定采用范围,然后根据地形、土壤肥力状况,确定采样点的布置方法。在地形平坦,土壤肥力差异不大的情况下,可随机取样;在地形有起伏,土壤肥力不匀的地段,可采取蛇形法;在山区,取样要照顾到坡面的上、中、下部位。

如用土钻多点取样(根据试验设计设置多个取样点,每个取样点以五点取样法取样)。每点的取土深度、重量要尽量保持一致,上下层的比例大致相同,土钻应垂直地面,深度根据具体要求而定,一般可采用 0-5cm、5-10cm、10-20cm、20-30cm 等。

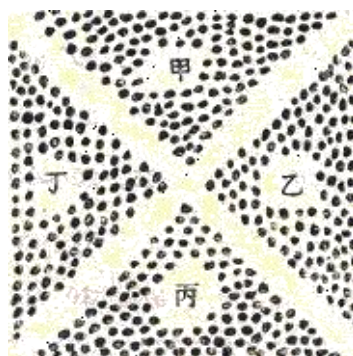


图 6-3 四分法示意图

(2) 取样方法

在同一土类内,对重复剖面或取样点采集到的所有土样,按混合样分别摊放在相应的位置风干(可平铺在厚牛皮纸上),捏碎土块,除去较大的石砾、植物根系及其他杂质。待风干后用“四分法”(图 6-3)分取约 1kg 土样装入袋内,用铅笔填写标签,注明采样地点、日期、编号、土类名称和所在草地类型、取样深度、采样者等,土袋内外各挂一个标签。

对草地土壤中含有较高盐分的草地类型,如低地盐生草甸、盐土荒漠,还需要了解土壤中的总盐和盐成分的含量及垂直分布规律,剖面的取样深度要求达到地下水或不少于 1.5m 的深度。按自然层次进行通层取样,上密下疏,但取样层次厚度不得超过 50cm,通常为 0-5cm, 5-10cm, 10-20cm, 20-40cm, 40-60cm, 60-100cm, 100-150cm。地表的盐结皮或盐壳,需要单独划分取样。

3. 水质分析样品的野外取样

通过对调查区内各种水源的取样分析,了解它们的内含化学成分及其水质状况。野外采集水样为 500—1000ml,采样前,首先对采样瓶要清洗干净。采样时,采样瓶要再用取水样冲洗两次后再装入水样,然后封口,贴好标签,注明采样地点、时间、水源类型、采集人、样品编号。

4. 草地调查野外拍照

野外拍照是草地外业调查重要工作内容之一。通过现场对草地拍摄照片,能够直观了解

调查区内草地及其他内容的总貌及基本特征，同时也是调查工作分析总结、制图的重要参考资料。

（1）草地类型及其分布规律的拍摄

拍照是以反映草地类型为主体内容。现场拍照一般以草地“型”为对象，分近景与景观照两种拍摄方法，近景照以说明草地群落的种类组成，结构特征为目的；景观照则主要以说明草地类型的整体外貌，以及在草地生态分布格局中的位置等。在具体的取景要求上，近景照，照相机的取景景深要浅，要突出被摄内容的细微特征及其差别；景观照，要求取景要深，景观开阔，强调草地的宏观特征。

拍照地点的选择，要有所摄内容的代表性，视眼尽可能开阔。近景拍照，可在类型调查所选的记载样地上进行；景观照可在附近制高点上拍摄。

（2）草地利用现状内容的拍摄

可对人工草地，改良、培育草地，退化草地等方面的内容进行拍摄，包括近景与远景。

（3）草地基本建设项目的拍摄

此方面涉及内容较多，在实际工作中，根据需要可有选择性的拍摄一些内容。

另外，根据制图的需要还要结合航片、卫片的需要来进行定点定位拍摄。

（二）室内样品的整理

1.样品检查

野外所取各类样品，通过运输，容易使样品袋上挂的标签脱落，样品袋或容器破损，在运到室内后，要即时进行检查，如有标签脱落，样品袋、容器破损的，要马上进行补挂标签和更换口袋或容器，对因容器破损严重，所装样品已失去分析意义的，应做出样品的补采计划。

2.样品处理

野外所采集的草样、土样中均含有一定的水分，容易霉变，分析处理一般也需要风干样品。因此，对采回的样品，要进行风干，但要注意避免样品因各种原因污染。

四、实习作业

将采集的样品处理好（如干燥、过筛等达到分析要求），编号登记，放在规定的样品柜中，以待分析。

➤ 实习项目 7. 遥感技术应用及植被动态监测

一、实习目的

了解和学习利用遥感技术进行草地牧草产量估测的方法，学习和掌握草地监测的内容和方法，能够组织进行草地植物现存量的快速估测法和草地植被动态监测。

二、实习仪器设备

野外地物光谱测定仪、密度分割仪、GPS 接收机、计算机、卫星图片、航空像片、绘图仪、测产标杆等。

测产标杆（如图 7-1）：高 150cm，用黑白两种不同颜色交替涂匀，每种颜色的高度是 2.54cm，按从下到上的顺序标上读数，两杆之间用一根长为 4m 的无弹性的绳联结，绳子的两端分别固定在两个标杆距接地端为 1m 的位置上。另外还需 50m 长的钢卷尺、剪刀和 Daubenmire 样方框(长 50cm，宽 20cm，分 6 个等级, 等级情况如表 7-1 所示,)，记录工具为铅笔、记录本、简易罗盘仪、GPS。



图 7-1 标杆示意图

表 7-1 Daubenmire 样方框的等级情况

Class 等级	Percentage covered range 盖度范围	Midpoint (%) 盖度值
1	0—5	2.5
2	5—25	15.0
3	25—50	37.5
4	50—75	62.5
5	75—95	85.0
6	95—100	97.5

GPS 接收机是卫星系统支持的终端产品，可提供误差在 5m 以内的位置信息。利用 GPS 可采集经纬度、海拔等信息，同时还可利用 GPS 确定草地面积和位置形状，其数据信息与其他图件信息一同在遥感软件上共同使用。GPS 的一般按键说明，如图 7-2 所示。



图 7-2 GPS 的按键的简要图示

三、实习步骤与方法

利用遥感技术进行草地牧草产量的估测方法有多种，所用设备与要求的手段各不相同，各学校在具体实习中，可根据条件进行。下面对几种常用的草地产草量估测方法进行实习。

（一）目视估测法

用与草地产量测产时期同时相的遥感图像，通过现场典型抽样建立草地产量解译标志，采用目视分析的方法，判读与勾绘出不同类型或不同等级草地的产量区。采用目视估测法与统计抽样技术相结合，可以获得比较可靠的结果。其工作步骤与方法是：

1.材料准备

- （1）搜集与草地测产时间同时相的、有助于草地判读的波段或波段合成的估产基本遥感图像与辅助图像，如以卫片作为估产判读的基本信息源，辅助信息源一般选用大比例尺的航片。
- （2）搜集或制作与影像比例尺相同的地理要素透明底图，用作与图像套合判读成图。
- （3）搜集同一地区的草地调查图件与生产力统计资料。

2.建立草地估产图像判读标志

（1）确定估产制图的基本单位

主要明确是以草地类型为基本上图单位，还是以草地产量区为基本上图单位。是用平均产草量表示，还是用区间产草量来表示，这主要由用户的要求与遥感图像的可判性来决定。

（2）现场建立判读标志

首先根据遥感图像上的影像特征差别，在图像上选择出现场建立判读标志的路线与取样的地段，而后沿路线采用典型抽样的方法，取样建立标志。取样测定的内容，着重是针对与草地产草量有直接相关的一些项目，如草地的盖度、草层高度、地面生物量等。建立的每一判读标志，都要进行标志卡的登记，以备判读用。标志卡的形式，可参照下页表式样。

（3）判读成图

根据建立的判读标志卡与影像特征，结合所搜集的资料，在经过定位蒙覆于遥感图像上的透明薄膜图上，逐块进行判读勾绘界线。图面注记均采用图例式标注。

目视判读与统计抽样技术相结合的估产方法，以遥感资料进行草地类型判读和图件编

绘；以数理统计进行抽样调查和精度分析；成数抽样和样地实测结合进行草地产草量估测。北京农业大学（1984）利用 1：20 万陆地卫星 MSS 标准假彩色合成片，用该方法对内蒙古巴林右旗的草地进行生产力的估测研究。工作方法是：以 95%的可靠性，90%的精度进行系统成数点抽样，以 0.5cm 点间距进行两次成数点抽样判读，并进行显著性测验。然后，又抽取了 1097 个点，结合野外调查，用航片进行判读结果验证，判对率 94%。根据判读结果进行了各类型草地的面积计算和精度分析，然后，根据遥感资料抽样判读得出的各地类成数，卫星图像的分层，疑难地类的验证，地形、气象要素的差异等布设了 120 各实测样地，进行了草地产草量和载畜量的计算。

$$M = \frac{Y_i \times a \times A \times b}{1825}$$

式中：M—可牧养的羊单位数；
Y_i—各类型草地的平均单产（kg）；
a—可食牧草系数；
A—遥感抽样各类型草地面积（kg）；
b—可利用草地面积系数；
1825—是一个羊单位按日粮标准为 5kg 鲜草的全年需要量（kg）。

（二）以像片密度估测草地地面生物量

根据像片密度是地物对电磁波反射能量的反映的原理，进行草地生物量的估测。工作方法是：采用密度分割仪或光密度计对估产区的遥感影像的正胶片进行光密度值的测定，按线性分级或对数分级，分割出密度值不同的等级，每一等级用一种颜色代表，并通过显示器显示出来。然后在每一等级区内，随机抽取几个点进行现场取样测定，取其平均值，再与各等级的草地面积相乘，即可估测出调查区草地的总生物量与各等级的生物量。

日本学者前野休明，用两台经过同步调节的照相机，用彩色和彩虹外胶片拍摄草地试验场内的试验苗圃，同时调查了每一分幅(4m×1.3m)的产草量，并用微密度计测量正片的光透过率（密度），以胶片上最明亮的部分汽车顶部为 100，在每个分幅图内随机抽取 10 各点进行测定，取其平均值，结果表明，牧草收获量与光透过率之间存在着很高的相关，彩色像片的相关系数为 0.96，彩虹外片为 0.66。

表 7-2 遥感技术估测草地产草量判读标志卡

信息源种类：		波段合成：					
成像时间：		标识卡编号：					
草地类型名称或 产量区代号		草地群落基本特征			遥感图像影像特征		
		盖度（%）	高度 （cm）	经济类群组成与结构 比例（%）	地面生物量 （g/m ² ）	色 调	形 状
样地照片		遥感图像			光谱特征曲线		

(三) 以草地光谱反射率估测草地生物量

在不同草地类型的草地上，选择具有代表性的典型地段，用野外地物光谱测定仪测量草群在各波段的反射率，然后将草刈割称重，进行相关分析，列出回归方程进行生物量估测。国内外的一些学者都曾采用此种方法进行过草地生物量的估测，效果较好，例如北京农业大学的刘富渊（1984）对内蒙古巴林右旗的羊草、羊草+胡枝子、蒙古冰草+杂类草三种不同草地类型进行光谱测定，同时刈割测产，将取得的 41 组数据作为一个整体进行相关回归分析，结果表明，牧草产量与 0.5-0.6um，0.6-0.7um 波段的反射率相关显著。并与 0.7-0.8um、0.5-0.6um 的光谱反射率比值相关显著，复相关系数为 0.85，建立回归方程如下：

$$Y = 57.8229 + 130.198X$$

式中：Y—牧草鲜重（kg）；
X—0.7-0.8um/0.5-0.6um 光谱反射比。

(四) 以陆地卫星资料光谱亮度值估测生物量

这一方法是用陆地卫星数字资料（CCT）在计算机上进行的。具体工作步骤与方法是：

1. 无监督分类和等密度分割

用计算机对产量估测区的 CCT 数据作无监督分类和等密度分割；

2. 建立模式样地

携带卫星图像、航片、地形图与无监督分类和等密度分割图，到现场以草地类型和草地产量区为单位建立模式样地，并在无监督分类图上确定出每一模式样地的准确位置，然后对模式样地测产记载。

3. 产草量估测

以模式样地数据（光谱亮度值）构成类似自然分类器，对整个估产区 CCT 数据进行监督分类、成图与统计面积，在根据每一草地类型或产量区的面积与单产，即可估测出全区或分类型的草地产草量。

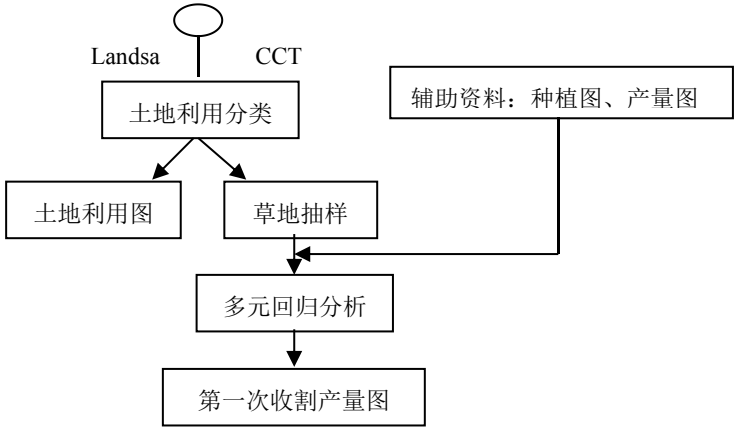


图 7-3 陆地卫星影像的 CCT 进行土地分类与产草量调查工作程序框图（秋山侃等，1985）

日本学者秋山侃、安田嘉纯等（1985）在日本栃木县，利用陆地卫星 MSS 的 CCT 资料，在进行土地利用分类的基础上，进行牧草第一次刈割产量估测。他们在 26 各样点，共 144hm² 的草地上进行了产量抽样调查，并折算成干重，然后分别取 MSS 的光谱亮度值或各波段的

比值进行回归分析。结果表明，牧草产量与 MSS_6 和 MSS_7 相关性较高。同时他们还进行了多元回归分析，根据回归方程制作出牧草产量图，其产量分级为：0-1.9t/hm²；1.9-4.1t/hm²；4.1-5.7t/hm²；>5.7t/hm²，工作程序如图 7-3 所示。

（五）草地植被演替及生物量动态监测技术

1. 草地植被演替监测技术

在草地内设置 50m 长的样线，从 50 米长的样线一端记录其经纬度和样线的角度，按照米尺上的刻度每隔 2m 做一个样方，记录日期、植被类型、该地区的经纬度、海拔、植物种类、盖度等级（裸地、植被凋落物、石头、灌木、杂类以及禾草的盖度等级），按照如上的方法测定数据，输入计算机后要对数据进行处理，处理的步骤如下：把 Daubenmire 样方的盖度等级转化为盖度值，根据 Daubenmire 样方盖度等级与盖度值的对应关系，进行盖度等级和盖度的转换，应用的 SPSS 分析软件转换程序如下：

```
IF (Class=1) Cover=2.5%.
IF (Class=2) Cover=15.0%.
IF (Class=3) Cover=37.5%.
IF (Class=4) Cover=62.5%.
IF (Class=5) Cover=85.0%.
IF (Class=6) Cover=97.5%.
EXECUTE
```

然后，应用 SPSS 程序计算平均盖度和频度，公式如下：

$$\text{Average cover(\%)} = (\text{plot1} + \text{plot2} + \dots + \text{plot50}) / \text{number of plots}$$

$$\text{Frequency(\%)} = (\text{number of hits}) / \text{Total number of plots}$$

平均盖度是指每一样线上各植物种在 26 个样方中的平均盖度值，首先打开文件 Cover.SPS，然后计算平均值，然后删掉盖度值为 0 的数据组，之后统计出现的次数，再计算出各植物种的频度，计算植被监测指数(index)值，计算公式为： $\text{Index} = \text{Average cover} \times \text{Frequency}$ 由此公式可得出各植物种、裸地、植被凋落物、石头、灌木、杂类以及禾草的指数值。

聚类分析：根据植被监测指数选择有代表性的植物种进行聚类，聚类程序应用 ISODATA 程序。根据聚类结果确定出可划分出的类别和各样线的聚类结果。

判别分析：判别函数的一般形式为： $Y = a_1X_1 + a_2X_2 + \dots + a_nX_n$ ，其中 Y 为判别指标， X_1 、 X_2 等为反映研究对象特征的变量（指数 index 就是草地的特征变量）， a_1 、 a_2 等为各变量的系数，也称判别系数。例如：

$\text{Light}(Y) = a_1(\text{Pulchi}) \times x_1(\text{Pulchi}) + a_2(\text{Thapet}) \times x_2(\text{Thapet}) + a_3(\text{Cardur}) \times x_3(\text{Cardur}) + a_4(\text{Leychi}) \times x_4(\text{leychi}) + a_5(\text{Stibai}) \times x_5(\text{Stibai}) + b$ ，进而得出判别方程，用以监测草地的动态变化。

2. 草地植被地上生物量的动态监测方法

沿着每条 50m 长的样线，每隔 5m 处进行一次植被高度、密度的测量（通过看标杆得出高度和密度的综合值，见图 7-4），将标杆竖直放置在卷尺的一边，距卷尺 10cm 处，观察时一根标杆被固定，观察者在距离杆的 4m 处（另一个标杆的位置）的位置抓住另一根杆，视线从距地面 1m 高处（标杆的 1m 刻度处）顺着拴绳的方向观察植物所能遮住的标杆刻度，记录此数字的上一个刻度。其后，在样线的每 5m 处进行一次目视阻隔测量（四个方向各取一个值），同时设置一个 50×50cm² 样方，将样方内的植物按禾草、杂类草和灌木分别齐地面剪割，并分类收集。每条样线可收获得到 10 组目视阻隔测量值和 10 个地上植被生产量的值。所有刈割得到的植物带回实验室中烘干(65℃，10h)称重，精确到 0.1g。

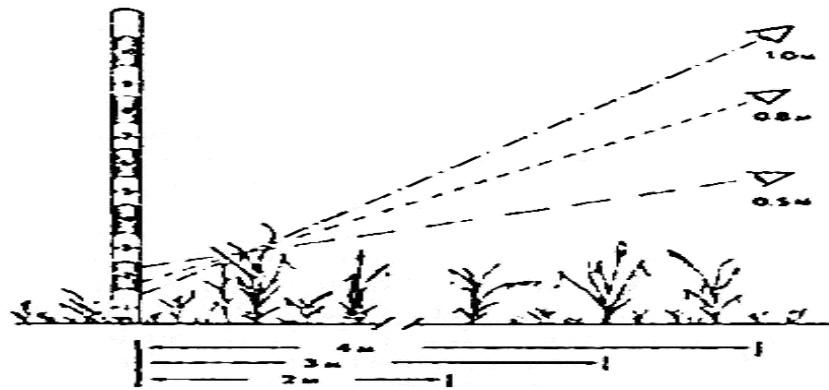


图 7-4 目视阻隔法的观测方法

把各条样线中每组目视阻隔测量值做平均, 这样每条样线就有 10 个标杆的平均读数值, 把此值与地上刈割得到的植被产量值作回归分析, 就可以得到一个标杆读数与植被地上生物量之间的回归模型, 用此模型便可快速地估测草地地上生物量。

四、实习作业

记录相应的数据, 处理后得出草地动态监测模型和草地生物量的估测模型。

➤ 实习项目 8. 草地资源综合评价及制图

一、实习目的

草地评价是对草地生态系统的结构和功能进行评定,根据其基本规律和特点人为评定的过程。我国以往的草地等级评价是多指草地数、质量的综合评定,其中“等”表示草地的质量,“级”表示草地的数量。国内外关于草地评价的方法很多,包括单因子评价、多因素评价等。20 世纪 90 年代兴起了草地健康评价,也是对草地的一个评价过程。但无论哪种草地评价都是为了更好地利用和保护草地,所以草地评价对于草地资源利用和保护,以及草地管理、经营都是十分重要的。

草地等级图是草地等级在图纸上反映,是合理开发利用和改良草地的重要依据,也是草地资源调查工作的主要成果之一。草地利用现状图和草地退化图是评价草地资源的重要手段,也是合理开发利用和改良草地的重要依据。

通过实习使学生了解和掌握草地生态系统健康评价的过程和方法。使学生熟悉草地等级的评定标准,掌握草地等级评价的方法及草地等级图编图内容与方法。

二、实习仪器设备

草地资源调查样地资料、草地类型分类系统、草地类型图、草地草群或主要建群种、优势种的营养成分分析表、主要牧草适口性和采食率调查表、调查区地形图、卫片、航片、调查地区草地类型图、草地退化专题调查资料、草地等级图、绘图板、直尺、比例尺、透明纸、胶带纸、绘图笔、铅笔、小刀、橡皮、白纸、计算器、制图设备等。草地健康评价特性表格、土壤刀等。

三、实习内容与方法

(一) 草地评价的理论基础

草地评价的对象应该是草地生态系统,而草地生态系统的结构是草地生态系统评价的关键因素。草地生态系统的结构可简单地概括为:无机环境、生产者、消费者和分解者。这些环节有相互依存联系,最终构成草地生态系统。草地生态系统的结构模型见图 8-1。

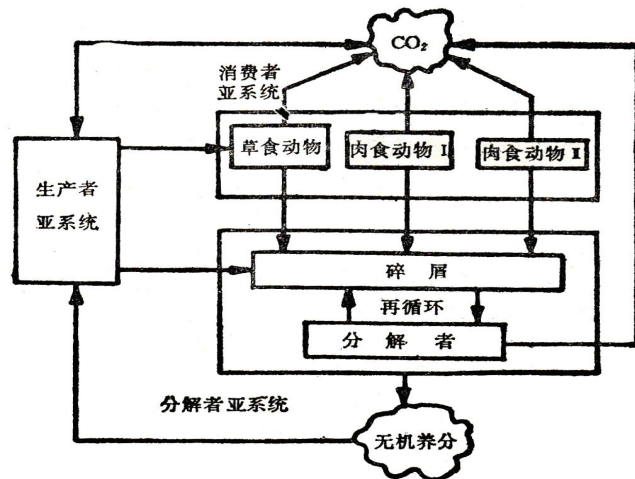


图 8-1 草地生态系统结构模型（仿孙儒泳，1992；引自周寿荣，1996）

然而，草地评价中很多指标都是草地植被指标或单一的土壤指标（如土壤有机质），但这些评价依然能很好地反映草地的状况和发展趋势。即使是草地生态系统健康评价也不是采用草地生态系统所有的结构指标进行评价。原因就在于草地生态系统的组分内部存在着密切的关系和相互影响所导致的。草地生态系统的组分、影响因素及其相互关系如图 8-2 所示。

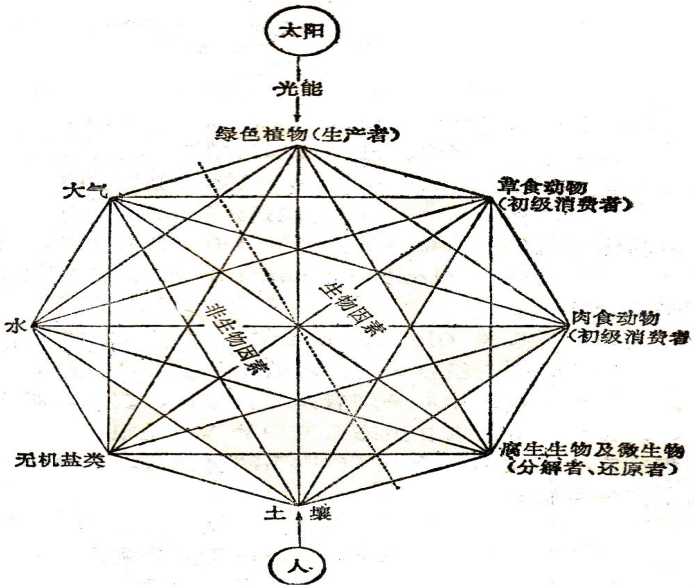


图 8-2 草地生态系统的组分、影响因素及其相互关系（仿 Cook, 1970；引自周寿荣, 1996）

同时，要进行草地资源评价首先要清楚评价的框架，草地生态系统可包括两级物质生产，其中还有六个转化过程，以及三个转化系列。因此，评价要确定好评价的范围和内容。草地生产的两级生产为：初级生产——在草原生态系统中，从日光能及无机物转化为植物有机体（牧草）的过程叫初级生产，或叫第一性生产。次级生产——从牧草转化为畜产品的过程。任继周院士将草业分为四个生产层，即：前植物生产（前初级生产）、植物生产（初级生产）、动物生产（次级生产）、后动物生产（后次级生产）

六个转化可采用 $P_1 \sim P_6$ 表示，转化率用 R 表示，如表 8-1 所示。其中， R_1 是日光能的利用率，1~2%，（除去生命活动呼吸等）； R_2 是可食率，（除去地下部分及不可食部分）； R_3 是采食率，（被家畜采食的部分）； R_4 是消化率，（一部分不能消化）； R_5 是同化率，（一部分消化，部排泄，代谢维持）； R_6 是畜产品率，（一部分不能被人们利用）。

两级生产还可分为 3 个转化系列，即：

A、牧草生产系列： P_1 、 P_2

B、家畜利用系列： P_3 、 P_4 、 P_5

C、畜产品转化系列：从 P_1 到 P_6 的转化过程是草地生产能力转化的全过程，也是草地生态系统中能量流动的全过程，根据以上流程，人们能直接利用的畜产品 P_6 可以用下式推算：

$$P_6 = R_1 \times R_2 \times R_3 \times R_4 \times R_5 \times R_6$$

P_6 根据现有的生产技术水平 R_6 只有 1~2%，世界先进水平也不过 16%，在这个流程过程中，有 98% 左右的能量被漏掉，没有物质生产意义。

表 8-1 草地生产能量流程

转化阶	转化过程	转化率 (%)	低产 (%)	高产 (%)
	日光能 + 无 机 物			
	R ₁ ↓ 光能利用率	1-2		
P ₁	植物生长量 (总初级生产量)			
	R ₂ ↓ 牧草利用率	50-60	50	60
P ₂	可食牧草 (净初级生产量)			
	R ₃ ↓ 采食率	30-80	15	48
P ₃	采食牧草			
	R ₄ ↓ 消化率	30-80	4.5	38.4
P ₄	消化营养物质			
	R ₅ ↓转化率 (同化率)	(0) 60-85	0-2.7	32
P ₅	动物生长量 (总次级生产量)			
	R ₆ ↓ 畜产品率	0-50	0-1.3	16
P ₆	可用畜产品 (净次级生产量)			

(二) 等级评价标准与方法

1. 草地“等”评价

“等”表示草地草群的品质优劣，可以划分为五个等；草地植物按其营养价值、适口性和利用率划分优、良、中、低、劣五等。它们的重量百分比组合，是草地划分成等的主要依据。

(1) 评价方法一

根据“等”的评定因素，采用评分的办法分为若干等。满分为 100 分，其中草地植物的适口性占 50 分、化学成分占 30 分、利用率占 20 分。各评定因素评分标准如下：

依据草地主要植物或草群营养成分分析，将粗蛋白质含量和粗纤维含量评定标准划分为 5 级给分，见表 8-2。

表 8-2 草地植物主要化学成分评分标准

级别	粗蛋白质含量评分标准		粗纤维含量评分标准	
	粗蛋白质含量%	给分	粗纤维含量%	给分
1	13 以上	20	16 以下	10
2	11.1-13	16	16.1-21	8
3	8.1-11	12	21.1-26	6
4	5.1-8	8	26.1-31	4
5	5 以下	4	31 以上	2

又根据动物对饲用植物的采食习性、采食状况、采食时间、利用率，将草地植物划分 5 级给分，见表 8-3。

表 8-3 草地植物适口性、利用率评分标准

级别	动物种类	适口性评分标准				利用率评分标准		
		给分	采食状况	给分	采食时间	给分	利用率%	给分
1	五种	20	嗜食	20	四季	10	80-100	20
2	四种	16	喜食	16	三季	8	60-70	16
3	三种	12	乐食	12	二季	6	40-59	12
4	二种	8	采食	8	一季	4	20-39	8
5	一种	4	少食	4	小于一季	2	20 以下	4

(2) 评价方法二

依据全国制定的草地草群重量百分比组合的原则，首先以构成草地型草群总产量 60%以上植物的“等”的组合代表草地质量总体，把这些植物按重量百分比依次选出来，并计算这些植物“等”的重量加权平均得分，即选出植物每个种占其总重量的百分比乘以每个种的综合得分，然后计算草地型“等”的总得分，即把选出的各植物“等”的重量加权平均数相加之和，最后按草地等的评价标准划分等别。

草地等的评定标准：根据植物种和草群等的评价方案，其重量加权平均得分按等差级数划分为五组，全距为 20-100 分，组距为 16 分。见表 8-4。

表 8-4 草地等的评定标准

等别	加权平均数值范围	饲用价值
I	84 分以上	优
II	68-83.9	良
III	52-67.9	中
IV	36-51.9	低
V	35.9 以下	劣

2. 草地“级”的评价

草地级表示每个草地型地上部分的产量，根据单位面积产草量的高低划分为八级，其标准列于表 8-5。

表 8-5 草地级的评定标准

草地级别	产鲜草 (kg/hm ²)	产干草 (kg/hm ²)
一级	12000 以上	4800 以上
二级	12000-9000	4800-3600
三级	9000-6000	3600-2400
四级	6000-4500	2400-1800
五级	4500-3000	1800-1200
六级	3000-1500	1200-600
七级	1500-750	600-300
八级	750 以下	300 以下

3. 草地的等和级的综合评价

在对草地类型等和级的评价基础上，还必须进行草地等级综合评价，只有此评价才能综

合地揭示草地质量的优劣和反映草地生产力的高低。草地等级组合结构，见表 8-6。

表 8-6 草地等级组合结构表

草地等级组合	1	2	3	4	5	6	7	8
I	I ₁	I ₂	I ₃	I ₄	I ₅	I ₆	I ₇	I ₈
II	II ₁	II ₂	II ₃	II ₄	II ₅	II ₆	II ₇	II ₈
III	III ₁	III ₂	III ₃	III ₄	III ₅	III ₆	III ₇	III ₈
IV	IV ₁	IV ₂	IV ₃	IV ₄	IV ₅	IV ₆	IV ₇	IV ₈
V	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	V ₅	V ₆	V ₇	V ₈

（三）草地营养物质产量评价法

草地营养物质产量评价法：指草地生产的牧草中含有家畜生活和生产所需要的各种营养成分来评价草地的方法。

用草地生产的营养成分或家畜可消化营养成分的多少来表明或比较草地的生产能力。主要的评价对象通常有两种：第一，表明或比较不同草地类型或地区的单位草地面积营养物质或可消化营养物质生产能力的高低；第二，表明和比较地区的放牧场与割草场的全年、季节的营养物质或可消化营养物质生产总量。

1. 确定评价指标

（1）草地生产营养物质产量指标选择

与产草量评价指标选择相同，草地类型的单位产量、平均产量，季节产量、月产量等。

（2）草地生产营养物质的质量指标选择

① 概略养分指标

即粗蛋白质（CP）、粗脂肪（EE）、无氮浸出物（NFE）、粗纤维（CF）、粗灰分、钙（Ca）、磷（P）、胡萝卜素的含量。该指标是国内外研究中最常用的指标，也是最初始的指标。

② 纯养分指标

各种氨基酸、矿物质、微量元素、维生素、以及木质素、酸性洗涤纤维（ADF）与中性洗涤纤维（NDF）等，木质素家畜不能消化。

③ 草食家畜各种可消化的概略养分含量

包括可消化干物质、可消化粗蛋白质、可消化粗脂肪等指标。

④ 总消化养分（TDN）。

⑤ 各种能量指标

即消化能（DE）、代谢能（ME）、净能（NE）、总能（GE）。其中：

总能（GE，MJ/kg 干物质）：饲料完全燃烧所释放的能量

消化能（DE）= 总能（GE）— 粪能— 甲烷等气体的排放

净能（NE）= 总能（GE）— 消化能（DE）— 代谢能（ME）

当今的发展趋势，正从概略养分指标向可消化概略养分指标、向纯养分指标和能量指标发展。用营养物质与能量指标评价无疑比产草量评价更切合家畜利用的实际。因此，在草地资源调查时，以测产单位为基础采集牧草分析样品，按评价指标要求确定项目及方法进行分析测定是十分必要的。

2. 确定评价方法

首先，要换算成绝对干物质计算各种营养物质含量。

(1) 计算草地单位面积生产营养物质数量

a. 按草群的混合样品分析资料计算：

$$A = P \times M$$

式中：A——单位面积草地某种营养物质产量（kg/hm²）

P——单位面积草地产草量（kg/hm²）

M——每公斤草群的某种营养物质含量（%）。

b. 按草群中各植物种分析资料计算：

$$A = \sum P_n \times M_n$$

式中：A——单位面积草地某种营养物质产量（kg/hm²）

P_n——草群各种植物单位面积产草量（kg/hm²）

M_n——草群各种植物某种营养物质含量（%）。

(2) 计算可消化营养物质

牧草被消化的成分称为可消化营养成分，其求法是把草地营养成分乘以消化率即可得出。一般求牧草的消化率都是求粗蛋白质、粗脂肪、粗纤维、无氮浸出物的消化率，所以可消化营养成分分别为可消化粗蛋白质、可消化粗脂肪、可消化无氮浸出物、可消化粗纤维。

关于水分和粗灰分，水分的消化不考虑，粗灰分在体内吸收和排泄极复杂，一般不用可消化营养成分表示。

消化率通过消化试验测得，也可用回归公式计算得出。

$$\text{消化率 (\%)} = \frac{\text{已消化分量}}{\text{食入的分份量}} \times 100\% = \frac{\text{食入的分份量} - \text{粪中排出分量}}{\text{食入的分份量}} \times 100\%$$

3. 制定草地营养物质生产的评价系统

评价系统分为单指标评价系统和多指标评价系统。单指标评价系统多采用蛋白指标或纤维指标。而多指标评价系统也综合主要的单指标进行综合，在美国牧草质量测定方法也并没有统一的标准，但相对饲用价值(RFV, Relative feed value)和总可消化养分(TDN, Total digestible nutrients)是被广泛地应用于牧草质量测定，同时，也采用粗蛋白、中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维指标。我国蒙宁综合考察队(1980)提出“草地营养类型”的评价方案，也是多指标评价系统的典型例子。

(四) 草地健康评价

关于草地健康评价方法有很多种，较为成熟的评价体系是 VOR (Vigor, Organization, Resilience) 活力，组织力，恢复力综合评价体系。较为典型的评价方法是北美采用的 17 项指标法，首先访问一个草地利用单元的参照地区，在草地利用单元的参照地区修改指标特性，理想上，每一个草地利用单元有一套一致的指标特性，但实际上能够找到的样地并不都是原始的植物群落（顶极植物群落），因此，需要根据实际的参考利用单元进行指标特征的修正。返回样地，测定和填写草地健康评价的 17 项指标并完成样地特性表格，最后得出草地健康状况。

(五) 草地图件的编绘

1. 草地利用现状图和草地退化图的编绘

(1) 草地利用现状图的内容

(a) 利用现状界限

现时所属各级经营单位的草地范围界限；农、林、牧用地的范围界限；已利用草地与未开发利用草地的范围和界限；在已利用草地内，季节牧场的界限；割草地的界限、基本草地、改良草地和人工草地界限；缺水、无水草地界限。

(b) 草地生产建设现状

家畜棚圈、配种站、药浴池、剪毛房、畜产品加工厂、饲料加工厂、围栏设施、居民点、运输道路、牧道、饮水点、引水工程、扬水站、水库、塘坝、输水管路、井、桥、高压线、防护林、排水清污等工程的布局 and 现时位置。

(c) 畜群退化图的内容

草地退化图主要反应草地退化程度、面积、分布现状和位置。

(2) 草地利用现状图和草地退化图的编绘方法

(a) 在踏查和详查过程中，能看到的草地生产建设现状和界限等在地形图上现场勾绘。

(b) 通过访问调查在地形图上勾绘。如：各级经营单位的草地范围界线，已利用草地与未开发利用草地的范围界限，缺水和无水草地界限，畜群布局现状及交通不便偏僻地区的生产建设现状。

(c) 通过现场专题调查在地形图上勾绘。如：季节牧场界限；割草地、基本草地、改良草地及人工草料地的界限；退化草地界限。

(d) 草地退化图的编绘是在现场专题调查的基础上，先根据草地退化程度划分级别的标准，编排统一图例。然后参照草地类型图和等级图编绘草地退化图。

(e) 图例设计要求反映专业图的内容，编排要合乎逻辑。注记符号要尽量简化，使图面负载量适中，使专业图内容在图面上能清晰表现出来，便于阅读。专业内容的图例符号见图 8-3。

(f) 图斑、界线精度、接边处理、图廓、注记、清绘及晒蓝图。

2. 草地类型图的编绘

(1) 草地类型野外草图的审查

(a) 首先审查草图上草地类型图斑线，森林、农田和草地的界线，其次审查行政区线（县、乡、村）和调查路线。

(b) 检查草图中样地号、位置、草地类型名称是否与样地记载表一致。

(c) 核对相邻图幅的图斑界线是否衔接和草地类型（或代号）是否一致。如界线不衔接或草地类型不一致时，应根据样地记录和地形图，参照当地地形、土壤等形成条件复查校正，并完成整个图幅和相邻图幅的衔接。

(d) 根据草地类型系统，将各草地型的样地制成一定颜色或代号的小旗，插在铺好的地形底图样地点上，分析同一型的海拔、坡向、坡度、坡位等地形部位相同特点，与气候区域性的相关性，以及与周围草地型的相关性。

(e) 结合各草地型样地观测记录和型的主要特征，确定各型分布与调查区生物气候、地形、土壤的相关性，找出各型的分布规律。

(2) 草地界线的确定

(a) 依据样地、野外填绘草图和沿调查路线所勾绘的草地型分布界线，把样地和调查路线两侧的草地型的界线进行修正。

(b) 用推图法检验野外填绘的草图：在无航卫片地区，以类型草图规律进行填绘。其原则是以最近样地为依据向周围推绘，首先分析地形特征（大地形形态及其中地形特点、中地形组合）；其次，依一定顺序从上而下、从左而右判定各中地形属什么草地型；

各草地型的界线与等高线的高度关系等。

(c) 用航片或卫片判读法检验野外填绘的草图：在有航卫片地区，用航卫片判读勾绘和检验类型界线。其方法是用特种铅笔在航卫片上勾绘出类型图斑，然后用转绘仪将航卫片上的图斑转到地形图上检验野外草图的类型界线。如果用于地形图同比例尺的航片或卫片勾绘草地类型界线时，可先将工作底图制成透明地形图或用聚脂薄膜描成工作底图，后者将水系、道路、城镇、高程等主要控制点描下来，蒙在航卫片上直接勾绘草地类型界线，然后，对野外填绘的草图进行检验。

(d) 图斑和界线精度：草地类型的空间位置是以图斑来表示的。由于成图比例不同，最小图斑的大小有规定：1/10 万要求大于 $2\text{mm}^2 \times 2\text{mm}^2$ ，即实地面积在 $200\text{m}^2 \times 200\text{m}^2$ 的草地型便可上图。小于最小上图面积时，则并入邻近相似类型中，或以复合图斑上图，用文字注记表示。如羊草、寸草苔型草地中有规律的分布有碱茅、碱蒿草地构成复合体，则此图斑用分类系统编号中的这两型草地符号相加表示。此外，有特殊意义的草地可用非比例符号扩大表示，但位置应准确。

草地类型图界限精度在地形复杂区误差不大于 2mm。

(3) 接边处理

分幅要使图内所有内容能统一，在清绘前必须进行接边处理，使各种图斑及地理要素都能互相衔接，不致发生矛盾，必须达到协调一致。

(4) 图例设计

(a) 草地类型系统图例按类型系统排列，图例符号应与类型系统编号一致。如：草地类图例用罗马字母 I、II、III……来表示；亚类图例用英文字母 A、B、C……来表示；组的图例用阿拉伯数字 1、2、3……来表示；型的图例用带括弧的阿拉伯数字 (1)、(2)、(3)……来表示。复合类型用复合图例表示，其编号用分数线来表示，分子为面积大的

的草地型、分母为面积小的草地型。如：
$$\frac{\text{II A1(3)}}{\text{II B3(2)}} \text{ 或 } \frac{\text{II A1(3)(80\%)}}{\text{II B3(2)(20\%)}}$$

(b) 图例中各地要素的内容要与图面内容一致。

(c) 基本地形图的图式与图例符号不能随意制定，必须采用国家测绘主管部门立法颁布实行的图式和图例。

(5) 图廓及注记

(a) 图廓：外图廓和内图廓用外粗内细二条直线，且相同间隔绘制而成。

(b) 图边注记。四邻注记有图名、制图单位及时间，字迹大小有所差异。

(6) 清绘

修改定稿的草图，要进行清绘做为正式的成品图纸，成图通常都需要晒制多份，因此，清绘应用透明纸蒙在草图上，置于透光绘图台上抄绘。清绘的最细线条 0.2mm，要求墨色浓黑，线条流畅、干净、清晰、不得有玷污、擦伤和掉墨现象，注记符号应选明显位置用仿宋体、按上下方向端正填写。跑线编距不得超过 0.2 mm。

(7) 晒蓝图和刻板印刷

晒图可在日光下或在透光绘图台上进行。蓝晒图可以用不同颜色着色。如需要刻板印刷时，设计号图例符号，写清标准和要求，把蓝晒图送到专业制图单位进行制图。

3. 草地资源等级图的编绘

草地资源等级图主要反映草地草群的质量和数量及其配置情况，着重衡量草地资源的经济价值。不同类型的草地之间，在牧草数量和质量上均有明显的差异，一般用“五等”、“八级”来区别这一差异，其中“等”表示草地植被草群品质的优劣，“级”表示草地植被草群

地上部分的产草量。草地资源等级图的编绘，是在已勾绘的草地类型图的基础上，用不同底色或技巧性线条，勾绘成不同色调或不同形式线条围成的图斑。图斑上“等”用罗马字（Ⅰ—Ⅴ）、“级”用阿拉伯字（1—8）标明其代号。“级”的代号注明在“等”的代码右下角，例如：Ⅰ₁、Ⅱ₂、Ⅲ₃、……Ⅴ₁、Ⅴ₂、Ⅴ₃等。图斑和界线精度、接边处理、图廓及注记、清绘、晒蓝图及刻板印刷等的方法与草地类型图相同。

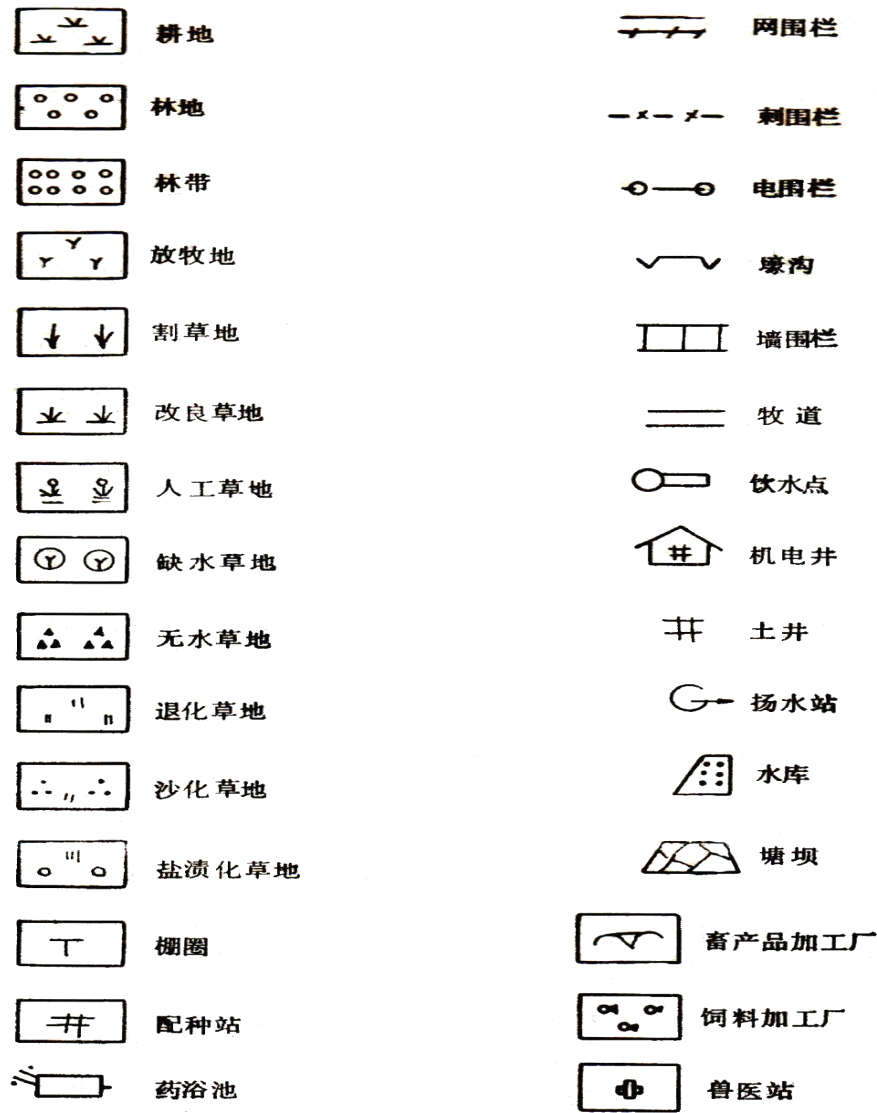


图 8-3 草地利用现状图的图例标识

四、实习作业

以小组为单位，根据草地等级评价方法和标准，对实习地区草地资源进行等级评价，完成相应的测定和特性表格的填写，得出草地健康状况。试绘调查区草地草地类型图、草地退化图、草地资源分布图等图件。

附中国草地资源区划图（图 8-4）及黑龙江草地资源区划图（图 8-5），

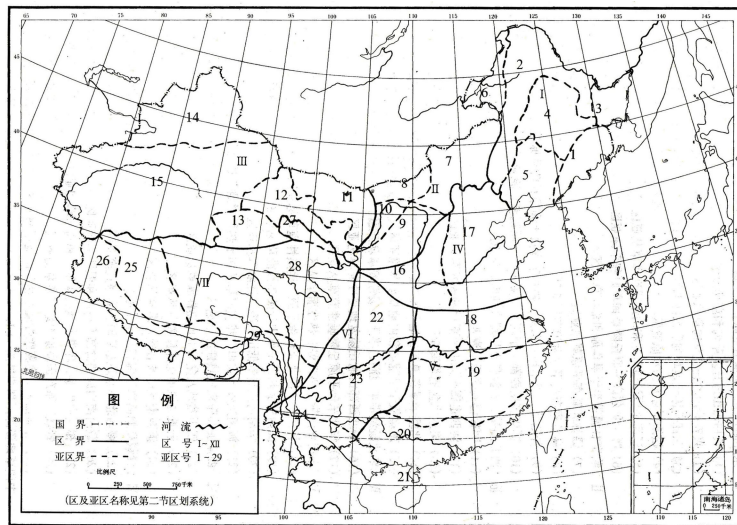


图 8-4 中国草地资源区划图 (引自许鹏, 2000)

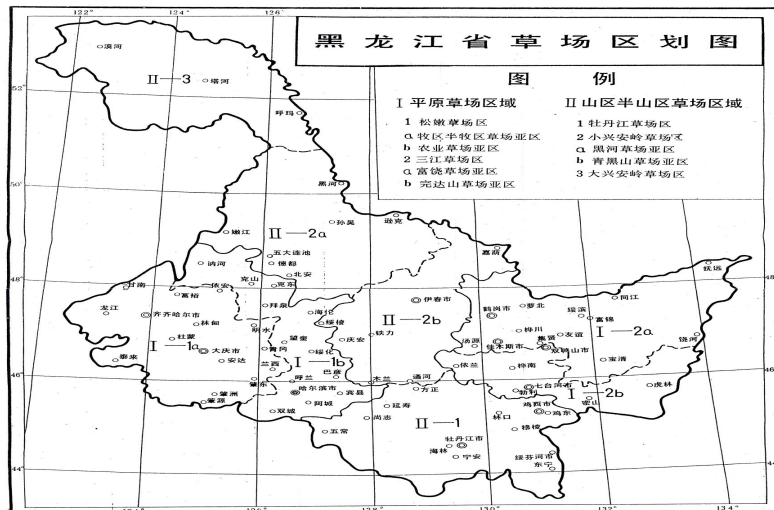


图 8-5 黑龙江省草地区划图
(此图由黑龙江草原饲料实验站提供)

中国草地资源区划系统

I 东北温带半湿润草甸草原和草甸区

- (1) 长白山山地丘陵草甸和灌丛亚区
- (2) 兴安岭山地丘陵草甸草原亚区
- (3) 三江平原低地草甸和沼泽亚区
- (4) 松嫩平原草甸草原亚区
- (5) 辽河平原沙地草原和山地暖性灌丛亚区
- (6) 呼伦贝尔高平原丘陵草甸草原和草原亚区

II 蒙宁甘温带半干旱草原和荒漠草原区

- (7) 锡林郭勒高平原草原亚区
- (8) 乌兰察布高平原荒漠草原亚区
- (9) 晋西北、鄂尔多斯东部、陕甘宁青黄土高原丘陵草原亚区

- (10) 鄂尔多斯西部、宁西北、陇中高平原荒漠草原亚区
- III 西北温带、暖温带干旱荒漠和山地草原区
 - (11) 阿拉善高平原荒漠亚区
 - (12) 河西走廊平原山地荒漠和高寒草甸亚区
 - (13) 柴达木盆地荒漠亚区
 - (14) 北疆干旱荒漠和山地草原亚区
 - (15) 南疆极干旱荒漠和山地荒漠草原亚区
- IV 华北温暖带半湿润、半干旱暖性灌草丛区
 - (16) 华北西部山地丘陵盆地暖性灌草丛亚区
 - (17) 华北东部平原丘陵暖性灌草丛亚区
- V 东南亚热带、热带湿润热性灌草丛区
 - (18) 长江中下游北亚热带平原山地热性灌草丛亚区
 - (19) 江南中亚热带中低山丘陵热性灌草丛亚区
 - (20) 华南南亚热带低山丘陵热性灌草丛亚区
 - (21) 海南热带丘陵山地热性灌草丛和干热稀树灌草丛亚区
- VI 西南亚热带湿润热性灌草丛区
 - (22) 四川盆地及盆周山地热性灌草丛亚区
 - (23) 云贵高原山地热性灌草丛亚区
 - (24) 滇西南高山峡谷热性灌草丛亚区
- VII 青藏高原高寒草甸和高寒草原区
 - (25) 藏西北高原高寒草原和高寒荒漠亚区
 - (26) 藏西南山原湖盆高寒草原和温性草原亚区
 - (27) 祁连山山地、环湖盆地高寒草原和高寒草甸亚区
 - (28) 青藏高原东部高原山地高寒草甸亚区
 - (29) 喜马拉雅上南翼暖性灌草丛和山地草甸亚区

➤ 实习项目 9. 草地植物名录及草地类型分类系统编排

一、实习目的

调查区草地植物名录的编写时划分草地类型、等级及评价的基础工作。对查清调查区植物资源、利用现状和存在问题，揭示其各种植物的饲用价值、特性而进行利用，当地牧草栽培、改良和饲料不断提供种质资源都具有重要的意义。

草地类型的分类是认识、利用和建设草地的重要基础，是科学揭示草地形成、发展、演替规律，正确认识草地自然特性和经济特性及生态特性，合理利用草地资源的科学方法。通过实习使学生掌握草地资源调查资料的整理和分析，草地类型的确定与归类及草地类型系统的编排内容和方法。

二、实习仪器设备

调查区植物标本、样地资料、植物野外记录、植物检索表、标签、显微镜、放大镜、镊子、铅笔、白纸板、植物名录表。

草地分类系统、计算工具、草地资源调查野外草图、样地资料、样地卡片、绘图板、透明胶带、直尺、比例尺、铅笔、计算器、小刀、橡皮、绘图笔、大头针、各种颜色或代号的小旗帜等。

三、实习内容与方法

（一）草地植物名录的编写

- 1.草地植物名录编写内容包括调查区植物学名、中文名、当地名、生态生物学特性、地理分布、饲用价值、用途。
- 2.符合质量要求的植物标本进行鉴定定名。
- 3.植物名录按门、纲、族、科、属、种排列，必须采用全国统一植物检索表排列顺序。
- 4.正文的排列以种名为顺序，下面分学名、别名、当地名、生态生物学特性、地理分布、饲用价值、其他用途等逐项简述。
- 5.引用的种名，必须选用《中国植物志》、《中国高等植物图鉴》等习用和通俗易懂的名称；学名用植物拉丁文名，只录用现行植物分类书刊上常用的名称，一般公认为正名；拉丁名异名，列于拉丁文正名之后，加括号；别名选取某些书籍中惯用的名称或某些省、区群众通用的俗名；当地名选用少数民族地区惯用的少数民族语言中的名称。
- 6.生态生物学特性的编写内容和顺序排列为：生活型、适应性、生境、土壤、抗寒性、抗旱性、耐盐碱性等。
- 7.地理分布包括调查区分布地域、地貌、海拔等，饲用价值包括饲用植物的饲用方式、经济价值、适口性和刈割、放牧等。
- 8.其他用途：药用、食用、水土保持、造纸、纤维、美化环境等。

（二）草地类型分类系统的编排

1.草地类型资料的整理

依据“草地资源调查登记表”的记载，结合野外草图与笔记本记录，将草地调查中与草地形成和分布相关的资料进行分类整理，同时，整理样方资料，对草地型的植被优势度进行

计算，采用综合优势比（SDR）进行计算和确定。

$$SDR = \frac{(\text{盖度比} + \text{密度比} + \text{频度比} + \text{高度比} + \text{产量比})}{5}$$

在进行计算时，高度采用绝对高度，丛生禾草的多度采用枝条数（或株丛数×丛径），其他植物采用植株数；产量采用干重计算。根据优势度计算结果，按数值大小取前两名确定草地型的名称。其次是为了便于划分类型制作样地卡片，对调查区所有样地统一编写“样地卡片”详细登记各个样地特征。“样地卡片”见表 9-1。

表 9-1 样地卡片

样地号		测定时间
草地型名称		
野外定名		
优势度定名		
次优势种		
主要伴生种		
分布地点		海拔高度：
地 形		
土 壤		
产草量（kg/hm ² ）	鲜重：	干重：

2.草地类型的确定与类型系统的编排

按照综合优势比的排序，把生境相同，排在前两位的植物一致的样地卡片列在一起，分析这些样地的植被和生境相似性，再把生境一致，排在第一位的植物相同，第二、三位植物名称相同（不考虑顺序）或排在第二、三位植物中有一个相同植物种的样地资料归类在一起。

上面选择的样地称为典型样地，其余样地按其特征与典型演替的相似程度以及分析产生差异的原因（样地不典型、放牧演替、围封等原因），然后，决定样地的草地型。最后把很不典型的样地和样方予以淘汰（需要有一定的草地学基础）。

将资料卡片整理好后，进行草地类、组、型的确定和分类系统的编排。

首先是型的确定，先按型的属性合并卡片，接着审查型的分布所处地段、种和种群的区系地理、群落景观、自然条件和人为干扰作用，然后依据草地型的标准，归纳草地型的特征，从而确定型的名称。

第二是组的归并，根据组成草地建群层片的植物生态经济类群，首先把建群层片的植物生态经济类群相同的各草地型归并在一起，分析和找出它们之间的同异以及各组间的区别和联系，最后对草地组进行命名。

第三是亚类和类的归并，亚类是根据大地形或土壤基质和植被的分异，把各草地组归并在一起，分析和找出它们之间的差异和联系，然后命名。类是根据水、热为中心的气候因素和植被型或亚型特征，把各草地亚类归并在一起，并找出各类之间差异。最后给草地类命名。

草地类型系统的编排按照“中国草地分类原则与分类系统”，把调查区的整个系统按类（亚类）、组、型的顺序编排。

第一级：类

具有相同水热、大气候带特征和植被特征，具有独特地带性的草地或具有广域分布的隐域性特征的草地。各类草地之间的自然特性和经济利用特性有质的差异。

成因一致，反映以水热为中心的气候和植被特征具有一定的地带性或反映大气范围内

生境条件的隐域性特征。

亚类：在类范围内，根据大地形、土壤基质和植被分异来划分。

第二级：组

在类，亚类的范围内，以组成建群层片的建群种（北方地区）或共优种（南方地区）所属的经济类群相同的草地。

第三级：型

在组的范围内，主要层片的优势种和共优种生存条件相似，利用方式一致的草地。

划分指标

A、类：热量（温性、暖性、热性、干热、高寒）5级

植被型和植被亚型（草甸草原、典型草原、荒漠草原、草原化荒漠、典型荒漠、草丛、灌草丛、稀树灌草丛、草垫、沼泽）10型

B、组：草地植物生态经济类群

(1) 高禾草——高度大于 1M 禾本科

(2) 中禾草——高度 30~100cm 禾本科

(3) 矮禾草——高度小于 30cm 禾本科

(4) 豆科草本——

(5) 大莎草——高度大于 20cm 灯心草科、莎草科、黑三棱科

(6) 小莎草——高度小于 20cm 灯心草科、莎草科、黑三棱科

(7) 杂类草——除禾本科、豆科、莎草科以外的其它科

(8) 蒿类半灌木——蒿属、绢蒿属半灌木、小半灌木

(9) 半灌木——除蒿属、绢蒿属以外的半灌木、小半灌木

(10) 灌木——无主干的木本植被

(11) 小乔木——高 3~5m，有明显主干，枝叶可作为饲料

C、型的划分、命名 P68~69

(1) 在草甸类的主要层中，往往难以分出主要优势种，选择优势种中的优势度最大的饲用植物命名，其余的可按属或经济类群来命名，如裂叶蒿、苔草型，蓬子菜、丛生禾草型。

(2) 在主要层中的中要优势种为非饲用植物时，除优势种要加括号表示外，还要从草地型中选择一种可食的植物或在草群中占比例较大的属名来命名，如（狼毒）、长芒草型；（乌头）、苔草型。

(3) 主要层中出现乔木、灌木的优势种时，可分以下情况处理：

(a) 具有饲用价值的乔木、灌木，可按其优势种的名称来命名。如榆、褐沙蒿型（科尔沁沙地）；小叶锦鸡儿、克氏针茅型。

(b) 具有饲用价值的乔木、灌木，其优势种的饲用价值相同，生境相似的，可将不同种的优势种进行合并，用属名来进行命名，如狭叶锦鸡儿、短花针茅型；中间锦鸡儿、短花针茅型；荒漠锦鸡儿、短花针茅型；可合并成锦鸡儿、短花针茅型。

(c) 没有饲用价值的灌木、乔木的优势种要加括号表示。如（马尾松）、白茅型。

(d) 没有饲用价值的乔木、灌木为优势种，且其下层草类饲用植物又相同时，可将优势的灌木合并统称为“灌木”来表示。如具（乔木）的×××型，或具（灌木）的×××型。

如采用任继周、胡自治综合顺序分类法可参考如下方法：

第一级：类的划分

① 草原热量级：以 0℃ 以上的年积温为指标，将全世界热量级分为七级（见表 9-2）

表 9-2 热量级的划分

热量级（7 级）	Σ （>0℃年积温）（℃）	相当的热量带
寒 冷	< 1300	高寒带
寒 温	1300~2300	寒温带
微 温	2300~3700	中温带
暖 温	3700~5300	暖温带
暖 热	5300~6200	（北）亚热带
亚 热	6200~8000	（南）亚热带
炎 热	>8000	热带

② 草原湿润度的计算方法：

$$K = \frac{r}{0.1 \sum \theta}$$

式中：r：全年降水量（mm）；

$\sum \theta$ ：>0℃的年积温（℃）。

草地湿润度可划分为六级，如表 9-3 所示。

表 9-3 草地湿润度

湿润度	K 值	相应的自然景观
极 干	<0.3	荒漠
干 旱	0.3~0.9	半荒漠
微 干	0.9~1.2	草原、干生阔叶林、稀树草原
微 润	1.2~1.5	森林、森林草原、草原、稀树草原
湿 润	1.5~2.0	森林、草甸
潮 湿	>2.0	森林、草甸、冻原

注：注意与伊万诺夫湿润度区分，见表 9-4。

表 9-4 伊万诺夫湿润度与草地植被类型

伊万诺夫湿润度	草地植被水分生态类型	草地植被类型
<0.13	极干旱	荒漠
0.13-0.20	强干旱	草原化荒漠
0.20-0.30	干旱	荒漠草原
0.30-0.60	半干旱	草原
0.60-1.00	半湿润	草甸草原
>1.00	湿润	草甸、草丛、灌草丛

③ “类”检索图：

以 0℃以上的积温（ $\Sigma \theta$ ℃）为纵轴，以降水量（r mm）为横轴。

④ 命名：热量级+湿润度级

7 个热量级、6 个湿润度级，1 个草甸级，1 个沼泽级，理论上可以形成 56 各类，如图 9-1 所示。辅以地带性代表植被（顶级植被）确定，如，微温极干旱带荒漠类、微温微干旱带典型草原类。

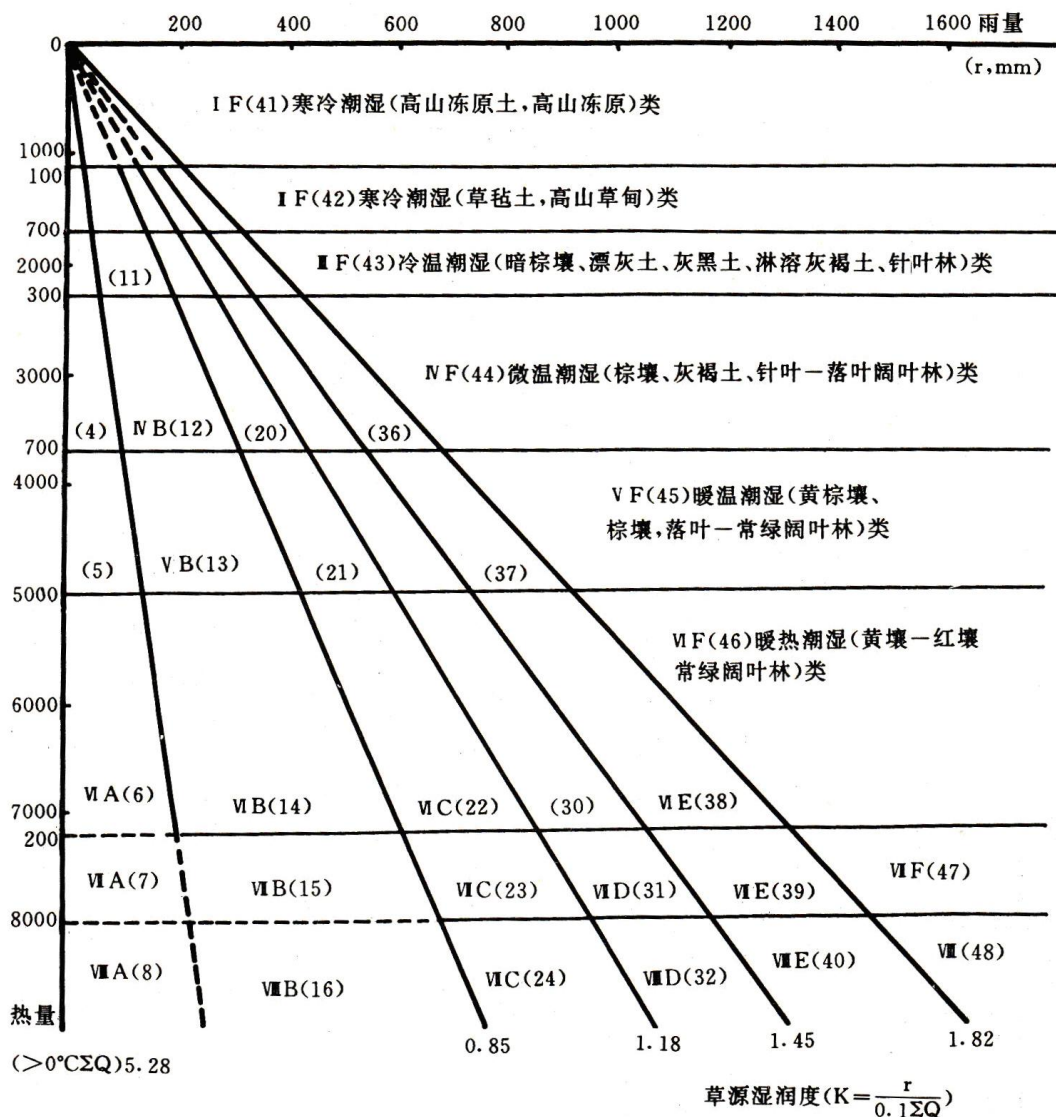


图 9-1 草地类型综合顺序分类发法检索图（引自胡自治，1997）

综合顺序分类法的分类检索

- | | |
|-------------------------|------------------------|
| I A1 寒冷极干寒带荒漠、高山荒漠类 | I D22 寒冷微润少雨冻原、高山草甸草原类 |
| II D23 寒温微润山地草甸草原类 | III A3 微温极干温带荒漠类 |
| I C15 寒冷微干极地干冻原、高山草原类 | II C16 寒温微干山地草原类 |
| V A5 暖热极干亚热带荒漠类 | III C17 微温微干温带典型草原类 |
| II B9 寒温干旱山地半荒漠类 | II B8 寒冷干旱寒带半荒漠、高山半荒漠类 |
| V C19 暖热微干亚热带-禾草灌木草原类 | V D26 暖热微润落叶阔叶林类 |
| II A2 寒温极干山地荒漠类 | III D24 微温微润草甸草原类 |
| I E29 寒冷湿润冻原、高山草甸类 | II E30 寒温湿润山地草甸类 |
| III E31 微温湿润森林草原、落叶阔叶林类 | V E33 暖热湿润常绿-落叶阔叶林类 |

如考虑到隐域性草地及人工草地类型则完整的检索表见表 9-2。

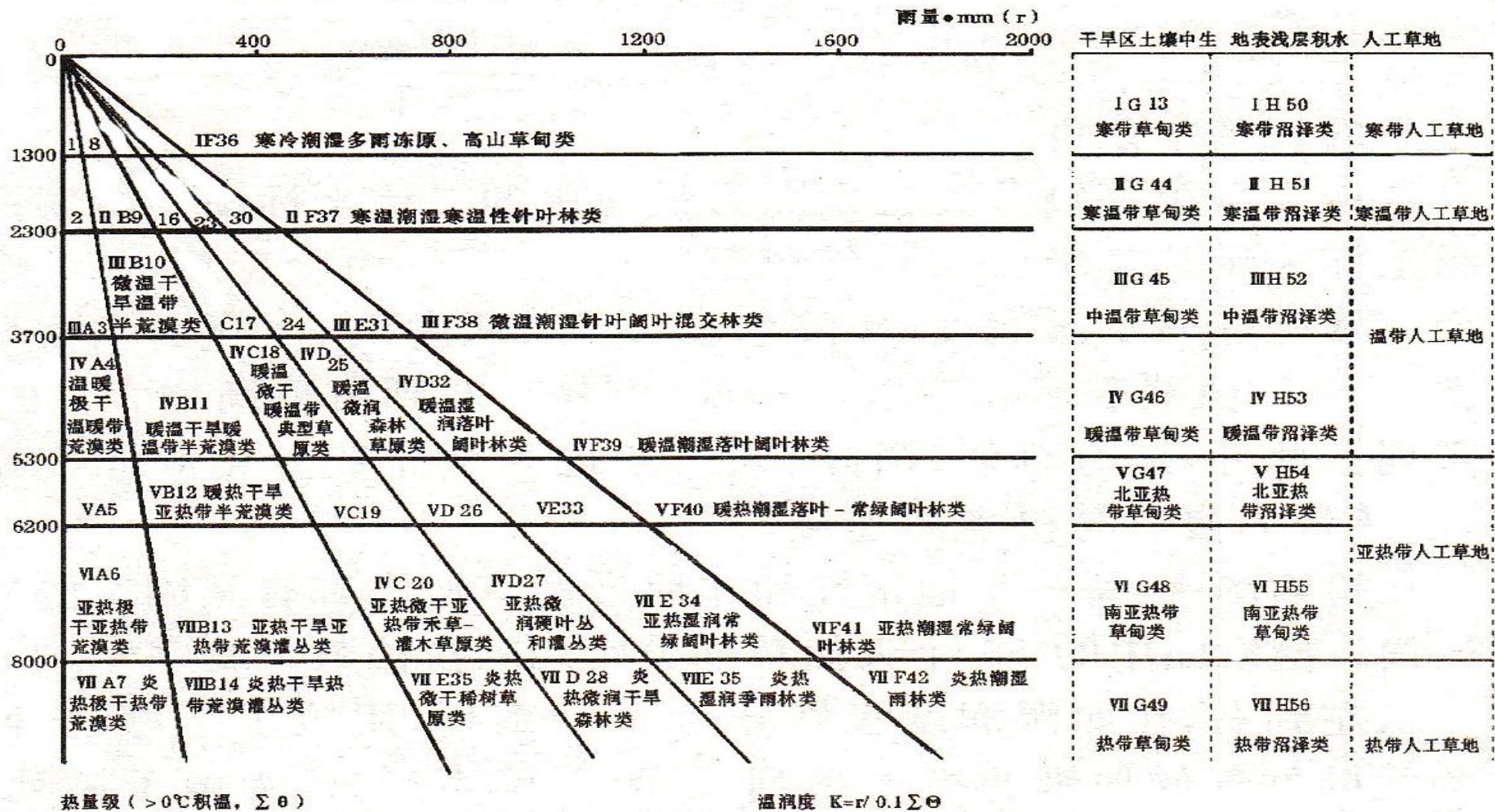


图 9-2 草地类型综合顺序分类发法检索图 (引自胡自治, 1997)

四、实习作业

每位同学承担几种植物，以组为单位，编写出调查地区的草地植物名录。同时编排出草地类型分类系统。

举例：以黑龙江松嫩草原，草甸草原类型的羊草为例。

羊草：*Leymus chinensis*(Trin.)Tzvel.*Aneurotepidium chinense*(Trin.)Kitag.

别名：碱草

当地名：黑雅嘎（蒙名）

多年生根茎型禾草，中旱生-广旱生草原种。生态幅度广泛，生于平原、山地、丘陵、山间谷地、丘间宽谷、河谷、盐碱低地。主要分布在黑土、碳酸盐黑钙土、栗钙土上。适应性强，耐旱、耐寒、耐盐碱，也能在排水不良的碱土、碱化草甸土上良好生长。分布于全旗各地。羊草是中型宽叶禾草，在野生牧草中为营养价值优良的优等饲用禾草。适口性好，营养物质丰富，一年四季各种家畜所喜食。在春季有恢复体力，夏、秋季节有抓膘催肥，冬季饲喂青干羊草可起到补料的作用。羊草草场产量和高度均较高，是北方最好的割草场和放牧场。

上面羊草的植物学名因改变所以会出现两个学名，一般书写时可只写：羊草 *Leymus chinensis*(Trin.)Tzvel.，之后出现可缩写为：羊草 *L. chinensis*。

➤ 实习项目 10. 草地产草量的计算

一、实习目的

草地产草量是草地生产力高低的基本指标，但产草量的年（月）变动较大，不同的草地类型差异也较大。因此，正确测定和计算产草量是评价生产能力的最基本的条件。通过本实习使学生掌握草地产草量计算程序和换算方法。

二、实习仪器设备

草地资源调查的样地资料、草地类型系统、电脑、纸笔等。

三、实习内容与方法

（一）产草量的时区指标和组成结构指标

1. 产草量时区指标

（1）区划和规划

- ① 平年产草量（平均年产草量）
- ② 北方牧区选用季节产草量（冷、暖季或四季）

（2）轮牧设计：月份产草量。

2. 产草量组成结构指标的选择

- （1）科学研究：选择地上生物量及各植物种组成比例
- （2）生产实际：选择草地可利用产量及各种经济类群的比例

草地产草量的基本概念是容易混淆的，如生物量（Biomass）、净初级生产力（NPP, Net primary production）、现存量（SC, Standing crop）等，图 10-1 是关于草地生产的模型，可有助于理解、区分相关的概念和联系及过程。

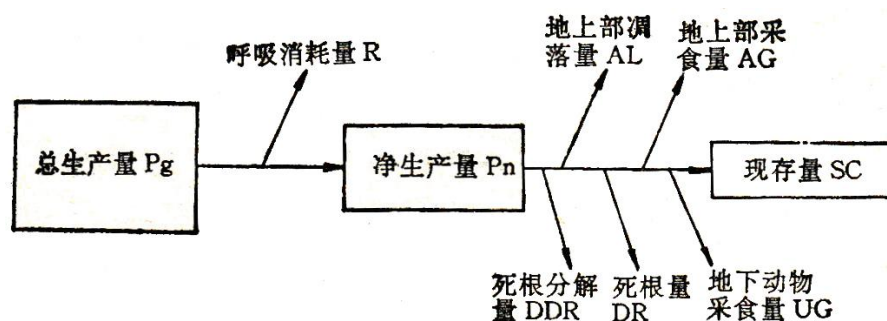


图 10-1 草地生态系统第一性生产量动态（仿祝廷成，1988）

（二）产草量的计算

1. 计算产草量的基本单元

该单元必须是草地分类的最低单位，以保证计算单元内的产量基本一致。由于不同时期

产草量不能相比较,为此,首先需要确定用何时期或何生育期产量为计算草地产草量的基数。

2.产草量的计算

(1) 单位面积最高月产草量的换算

野外调查测定的产草量是当时一次测产的值,必须依据草地月份动态系数,换算成单位面积最高月产草量。常用的换算公式为:

单位面积最高月产草量 (kg/hm²) = 调查时实测单位面积产草量 / 调查时测产月动态百分数

在没有产草量月份动态系数时,可根据草地定位研究资料进行对比,求出月份动态系数。如,外业调查时各月测产资料进行比较,确定最高月产草量,而后进行换算;或补测最高月产量;或根据定位研究资料,如表 10-1 所示。

表 10-1 草地月产草量动态系数 (%)

类型 \ 月份	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
草甸类	37.0	34.3	17.0	37.9	68.2	100	83.9	69.4	54.1	46.1
草甸草原类	47.3	46.8	14.9	34.6	33.7	100	87.5	62.8	55.4	50.4
典型草原类	41.7	36.3	20.7	40.8	72.7	85.9	100	81.8	67.0	60.2
荒漠草原类	30.1	29.9	43.0	60.4	63.1	81.2	100	69.4	42.3	39.9
草原化荒漠类	47.4	52.1	61.8	89.8	89.6	91.2	100	79.6	71.6	63.7
荒漠类	50.1	48.3	55.5	64.4	67.5	100	71.2	60.0	59.1	53.2
针茅+早熟禾+苔草* (铁卜加)	55.2	—	7.7	38.3	70.4	91.4	100.0	64.5	59.3	58.3
蒿草 (天祝)	15.9	8.1	—	29.6	74.8	86.6	100.0	77.8	52.6	45.8
蒿属+短柱猪毛菜) (巩乃斯)	—	19.5	39.7	77.9	91.8	100.0	70.2	61.7	45.5	—
针茅+羊茅 (紫泥泉)	70.3	61.3	78.3	100.0	67.9	45.4	75.1	73.9	—	40.3
蒿属+针茅+羊茅+草原苔草 (紫泥泉)	26.2	43.9	99.7	100.0	74.0	65.1	70.7	57.9	46.0	—
大针茅+胡枝子+芨芨 (盐池)	—	11.7	57.4	95.5	100.0	92.1	68.1	—	—	—

注: 引自《内蒙古草地资源》, 1990 年

(2) 季节产草量的计算

(a) 冷、暖季划分: 由于我国草原分布的地理位置因素, 草地一年四季气候变化非常明显, 草地植被的表现是“春华、夏茂、秋实、冬黄”, 草地的产草量季节变动也较大。因此, 计算草地产草量时, 根据当地气候条件和畜牧业生产的实际情况(冷、暖季牧场交替使用-牧民称呼为“倒场”), 划分季节计算产草量具有实际的生产意义。冷、暖季划分原则以当地一年中日平均气温始终≥5℃的时期为暖季, 其余时间为冷季, 并参照当地畜牧业生产的实际情况而定。

(b) 冷、暖季和全年总产草量的计算: 求出草地最高月份产草量和确定冷、暖季天数之后, 换算暖季和冷季的总产草量及全年总产草量。暖季总产草量就是最高月份产草量, 而冷季总产草量为暖季总产草量乘上保存率。即为:

冷季总产草量(kg/hm²) = 暖季总产草 × 冷季草地保存

冷季草地保存率是指枯草期牧草保存量占草地最高月份产草量的百分比。例如：内蒙古自治区确定的主要草地类型保存率指标为：

灌木草地、半灌木草地保存率为 55%-60%；

根茎禾草草地和莎草草地保存率为 60%-65%；

丛生禾草草地保存率为 50%-55%；

杂类草草地保存率为 45%-50%。

(3) 可利用产草量

可利用产草量：在合理放牧利用的前提下，草地能够提供的饲草量。

草地利用率：适宜载畜量下所代表的放牧强度。

可利用产草量=地上生物量×利用率

草地利用率依据草群适口性、草群和土壤耐牧程度、合理利用强度、利用季节，按草地类型而定。例如内蒙古草地资源统计资料所确定的草地类型利用率，见表 10-2。

表 10-2 草地利用率

草地类型		利用率 (%)	
		暖季	冷季
草甸草原	平原丘陵草甸草原	70	75
	山地草甸草原	65	70
	沙地草甸草原	50	60
典型草原	平原丘陵典型草原	65	70
	山地典型草原	60	65
	沙地典型草原	50	55
荒漠草原	平原丘陵荒漠草原	60	65
	山地荒漠草原	55	60
	沙地荒漠草原	45	50
草原化荒漠	砂砾质草原化荒漠	45	50
	土质草原化荒漠	50	55
	砾石质草原化荒漠	50	55
荒漠	沙质荒漠	40	45
	沙砾质荒漠	40	45
	砾石质荒漠	40	50
草甸	盐土荒漠	45	50
	亚高山草甸	65	70
	山地草甸	65	70
隐域性草地	低地草甸	65	70
	沼泽化草甸	50	60
	低地盐生草甸	60	70
	沼泽	40	60

注：引自《内蒙古草地资源》，1990 年。

可利用草产量的换算公式：

$$\text{暖季可利用产草量}(H, \text{ kg} / \text{ hm}^2) = \text{草地最高月份产草量} \times \text{暖季利用率}$$

$$\text{冷季可利用产草量}(C, \text{ kg} / \text{ hm}^2) = \text{草地最高月份产草量} \times \text{冷季保存率} \times \text{冷季利用率}$$

$$\text{全年可利用产草量}(kg/hm^2) = H \times \left(\frac{\text{暖季天数}}{\text{全年天数}} \right) + C \times \left(\frac{\text{冷季天数}}{\text{全年天数}} \right)$$

冷、暖季和全年可利用草产量的换算：可利用草产量是指在合理放牧利用的前提下草地能提供的饲草量。因为天然草地所有的植物不可能完全被家畜同样利用，因此，除了不利用的草以外其余为可利用草。但由于草地类型的不同和冷、暖季家畜的采食习性的差异以及牧草本身的变化，草地的利用率也各不相同。

（4）年度产草量的换算

调查年份的产草量是某一年度的产量，必须依据草地产草量的年变率，换算成丰、平、欠年的产草量。丰、平、欠年的确定依据主要以年降水量的多少来确定，以多年平均降水量作为年降水量，超过平年降水量的 25% 为丰年，低于平年降水量的 25% 为欠年。草地产草量的年变率可根据动态产草量资料来计算，如没有这些资料可按降水量与平均降水量的比值，结合访问资料，找出年度降水量变化和草地产草量的关系，确定草地产草量的年变率。

产草量丰、平、欠年变率的地方标准（以当地标准为准）：草甸草原：110、100、90；典型草原：120、100、80；荒漠草原：130、100、65；草原化荒漠：135、100、60；荒漠区：130、100、70。根据年变率测定出平年的产草量：调查年度产草量/年变率。

如在放牧试验中表示草地生产力时，可采用载畜量法、饲用植物重量法或畜产品法表示，而且，要注意牧草在放牧影响下的补偿性生产问题。

四、实习作业

计算最高月产草量、季节产草量、可利用产草量和年度产草量。

➤ 实习项目 11. 草地载畜量及畜产品单位产量核算

一、实习目的

草地载畜量是指在一定时期和一定草地面积上，即能充分利用草地资源，又不造成草地退化，并保证家畜正常生长和生产的状态下，能饲养放牧家畜的数量。载畜量又三种表示方法，家畜单位法、时间单位法、草地面积单位法。

草地牧草产量是草地的基础生产能力，载畜量反映草地的承载能力，由于不完全代表草地生产了多少畜产品，因此它主要是中间生产能力，而畜产品的多少才是草地最终生产能力。通过实习使学生熟练掌握草地载畜量及畜产品单位的计算方法和确定过程。

二、实习仪器设备

草地资源调查的数据资料、产草量、某生产单位畜牧业统计表、计算工具等。

三、实习内容与方法

（一）载畜量的计算

1.家畜日食量的确定

需要将各种家畜折算为标准的畜单位来计算，我国的标准家畜采用羊单位，即体重 40kg 的母羊及其哺乳的羔羊所能维持正常生长发育和一定生产性能的日需饲草数量。标准为 2kg 干草。利用率按 50%。我国各种小畜（羊）日食量与适合于我国牧区使用的家畜折算系数见表 11-1 和表 11-2。

如需准确测定家畜的采食量，还有很多方法，如三结合法、双指示剂法、链烷指示剂法、粪氮指数法等。

表 11-1 我国各种放牧小畜（羊）日食量表（干草 kg）

放牧小畜 类别	日食量	放牧小畜 类别	日食量	放牧小畜 类别	日食量
新疆细毛 成年母羊	2.1	西藏羊 (混合群)	2.0	新藏高代杂种 成年母羊	1.8
蒙古羊成年母羊	1.8	滩羊成年 母羊	1.7	山羊成年母羊	1.6
蒙古羊成年羯羊	2.1	蒙藏杂种一岁育成羊	1.6		
蒙古羊一岁育成羊	1.3	新藏杂种一岁育成羊	1.7		

表 11-2 适合于我国牧区使用的家畜折算系数表			
放牧家畜类别	折算羊单位	放牧家畜类别	折算羊单位
绵羊:		牦牛:	
繁殖母羊及其哺乳羔羊	1.0	混合群平均	3.0
成年公羊	1.0	繁殖母牛及其哺乳犊牛	5.0
一岁育成羊	0.5	马或骡:	
山羊:		成年马或骡 (中役)	5.0
繁殖母羊及其哺乳羔羊	0.9	繁殖母马及其哺乳幼驹	5.5
成年公羊	0.9	一岁育成马或骡	2.5
一岁育成羊	0.4	二岁育成马或骡	3.5
牛:		三岁育成马或骡	4.5
乳牛、日产奶 7.5kg	5.0	驴:	
肥育的肉用阉牛	5.0	繁殖母驴及其哺乳幼驹	4.0
役牛 (中役)	5.0	成年驴 (中役)	4.0
6-12 月龄育成牛	2.5	一岁育成驴	2.0
12-18 月龄育成牛	3.5	二岁育成驴	2.5
18-24 月龄育成牛	4.5	三岁育成驴	3.0
		骆驼:	
		成年驼	7.0

2.季节划分和放牧时间的确定

一般草地都是划分为季节来利用的,因此应按各季节的实际放牧时间和实际可利用的产草量来计算各季节的载畜量。

冷、暖季的划分原则:冷、暖季划分以当地日平均气温稳定通过≥5℃的初、终日,并参照当地畜牧业生产的实际情况而定。

各地区冷、暖季放牧时期和天数的确定原则:草地分布广,各地区气候条件及畜牧业生产的实际情况不同。因此,各地区冷、暖季放牧时期和天数,应根据当地生物气候条件和畜牧业生产的实际情况而确定。

放牧时间的确定,全年放牧按 365d 计算,划分冷、暖季牧场的分别按当地的具体划分时间来确定,一般以当地平均气温稳定在≥5℃的初始日和结束日为准。

3.草地载畜量的计算

一个羊单位所需要的草地面积:

暖季一个羊单位所需要的草地面积 (hm²) =
$$\frac{\text{暖季放牧天数} (d) \times \text{日食量} (kg/d)}{\text{暖季可利用产草量} (kg/hm^2)}$$

冷季一个羊单位所需草地面积 (hm²) =
$$\frac{\text{冷季放牧天数} (d) \times \text{日食量} (kg/d)}{\text{冷季可利用草单产} (kg/hm^2)}$$

全年一个羊单位所需要的草地面积 (hm²) =
$$\frac{\text{全年放牧天数} (d) \times \text{日食量} (kg/d)}{\text{全年可利用产草量} (kg/hm^2)}$$

一个羊单位全年需草地面积 (hm²) = 暖季所需草地面积 + 冷季所需草地面积

草地载畜量的计算可在以上基础上来计算草地载畜量，公式为：

$$\text{载畜量(羊单位)} = \frac{\text{可利用草地面积}(hm^2)}{\text{一个羊单位所需草地面积}(hm^2)}$$

或采用以下载畜量的计算公式：

$$\text{载畜量(羊单位)} = \frac{\text{产草量}(kg/hm^2) \times \text{利用率}(\%)}{\text{全年放牧天数}(d) \times \text{日食量}(kg/d)}$$

在计算出草地可利用面积和一个羊单位所需草地面积的基础上，可以计算出草地冷、暖季和全年载畜量，其公式如下：

$$\text{暖季载畜量(羊单位)} = \frac{\text{暖季草地可利用面积}(hm^2)}{\text{暖季一个羊单位所需草地面积}(hm^2)}$$

$$\text{冷季载畜量(羊单位)} = \frac{\text{冷季草地可利用面积}(hm^2)}{\text{冷季一个羊单位所需草地面积}(hm^2)}$$

$$\text{全年载畜量(羊单位)} = \frac{\text{全部草地可利用面积}(hm^2)}{\text{全年一个羊单位所需草地面积}(hm^2)}$$

4.草地载畜量计算范例

例如：某县（旗）有天然草地总面积 937119hm²，草地可利用面积 860275hm²；平年草地可利用草产量为 630kg/hm²，干草，暖季草地平均利用率 63%，冷季草地平均利用率 68%，冷季草地平均保存率 56%；该县（旗）暖季放牧天数 180d、冷季放牧天数 185d；每个羊单位日食量为 2kg 干草。计算如下：

（1）可利用草产量计算：

$$\begin{aligned}\text{暖季可利用草产量} &= 630\text{kg}/\text{hm}^2(\text{干重}) \times 63\% \\ &= 396.9(\text{kg}/\text{hm}^2, \text{干重}) \\ \text{冷季可利用草产量} &= 630\text{kg}/\text{hm}^2(\text{干重}) \times 68\% \times 56\% \\ &= 239.9(\text{kg}/\text{hm}^2, \text{干重})\end{aligned}$$

（2）每个羊单位所需草地面积的计算：

$$\text{暖季每个羊单位所需草地面积} = \frac{2\text{kg}/\text{羊单位}/\text{日}, \text{干重} \times 180}{396.9\text{kg}/\text{hm}^2, \text{干重}} = 0.91(hm^2)$$

$$\text{冷季每个羊单位所需草地面积} = \frac{2\text{kg}/\text{羊单位}/\text{日}, \text{干重} \times 185}{239.9\text{kg}/\text{hm}^2, \text{干重}} = 1.54(hm^2)$$

$$\text{每个羊单位全年所需草地面积} = 0.91\text{hm}^2 + 1.54\text{hm}^2 = 2.45\text{hm}^2$$

（3）草地载畜量的计算：

$$\text{暖季载畜量} = \frac{\text{暖季草地可利用面积}}{\text{暖季每个羊单位需草地面积}} = \frac{860275\text{hm}^2 \times \frac{180}{365}}{0.91\text{hm}^2/\text{羊单位}} = 463225(\text{羊单位})$$

$$\text{冷季载畜量} = \frac{\text{冷季草地可利用面积}}{\text{冷季每个羊单位需草地面积}} = \frac{860275\text{hm}^2 \times \frac{185}{365}}{1.54\text{hm}^2 / \text{羊单位}} = 284896.3(\text{羊单位})$$

$$\text{全年载畜量} = \frac{\text{草地总可利用面积}}{\text{全年每个羊单位需草地面积}} = \frac{860275\text{hm}^2}{2.45\text{hm}^2 / \text{羊单位}} = 351132.7(\text{羊单位})$$

(二) 草地畜产品单位产量计算

三、方法和步骤

一个畜产品单位规定相当于中等肥度的放牧肉牛增重 1kg 体重。将调查或统计表中所获的各类畜产品换算为畜产品单位（各类畜产品的畜产品单位换算见表 34），算出畜产品单位系数，再除以草地总面积，得到单位面积的畜产品单位产量，即为草地的最终生产能力。

举例：

内蒙古自治区科左中旗巴音塔拉嘎查(村)，草地面积 9334hm²，1992 年饲养牛约 5000 头、绵羊约 5000 只，马约 500 匹，山羊 800 只，以其当年生产实际为例，求算其草地总的畜产品单位（APU）生产能力和单位面积草地的畜产品单位生产能力：

- ①淘汰肉食牛 565 头×175（平均活重 250kg）=98875APU；
- ②淘汰肉食羊 787 只×34.5（平均活重 50kg）=17250APU；
- ③生产牛奶 75000 公斤×0.13（1kg 蒙古牛奶相当于 0.13kg 标准奶）=9750APU；
- ④生产净羊毛 4920kg×13=63960APU；
- ⑤出售役马 105 匹×500=52500APU；
- ⑥出售役牛 20 头×400=8000APU；
- ⑦工作役马 40 匹×200=8000APU；
- ⑧工作役牛 70 头×160=11200APU；
- ⑨生产牛皮 245 张（非正常死亡牛剥皮）×17.5（按 250kg 平均活重的 7%计）=4287.5APU；
- ⑩生产羊皮 228 张（非正常死亡牛剥皮）×4.5=1026APU；

以上 10 项共计生产 274848.5APU，即 1992 年巴音塔拉嘎查 9334hm² 草地总的畜产品单位生产能力，平均每亩草地的生产能力为：

$$274848.5\text{APU} \div 9334\text{hm}^2 = 29.5 \text{ APU} / \text{hm}^2$$

表 34 各类畜产品的畜产品单位换算表*

畜产品	畜产品单位
1kg 肥育牛增重	1.0
一个活重 50kg 羊的胴体	22.5（屠宰率 45%）
一个活重 280kg 牛的胴体	140.0（屠宰率 50%）
1kg 可食内脏	1.0
1kg 含脂率 4%的标准奶	0.1
1kg 各类净毛	13.0
一匹 3 岁出场役用马	500.0
一头 3 岁出场役用牛	400.0
一峰 4 岁出场役用骆驼	750.0
一头 3 岁出场役用驴	200.0
一匹役用马工作一年	200.0
一头役用牛工作一年	160.0
一峰役驼工作一年	300.0

一头役驴工作一年	80.0
一张羔皮（羔皮羊品种）	13.0
一张裘皮（裘皮羊品种）	15.0
一张牛皮	20.0（或以活重的 7%计）
一张马皮	15.0（或以活重的 5%计）
一张羊皮	4.5（或以活重的 9%计）
一头淘汰的中上肥度的菜羊（活重 50kg）	34.5（或以活重的 69%计）
一头淘汰的中上肥度的菜牛（活重 280kg）	196.0（或以活重的 70%计）

四、实习作业：根据调查区草地资源调查资料，计算出该草地类型的草地载畜量。

（一）在实习地区调查 10 户牧民，对其前一年的畜产品单位进行折算。

（二）根据某一生产单位畜牧业统计表，折算该单位畜产品单位生产能力。

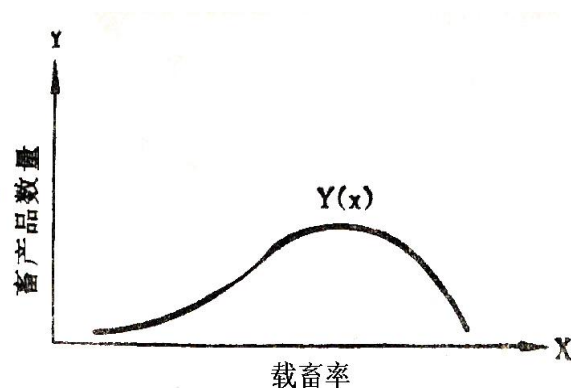


图 载畜率（放牧强度）与单位面积畜产品数量的关系

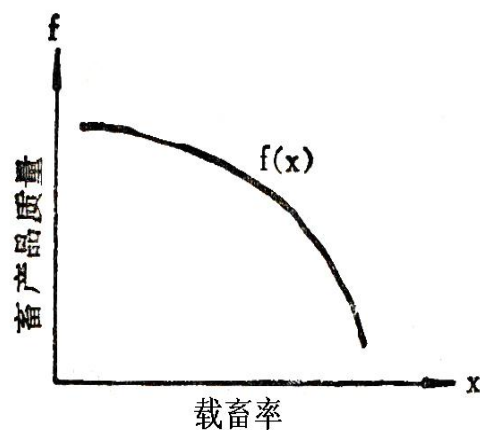


图 载畜率（放牧强度）与畜产品质量的关系

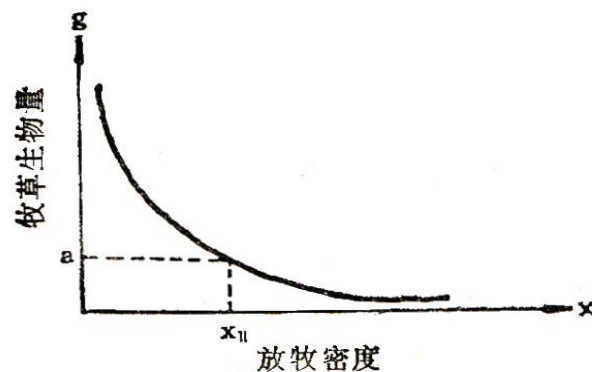


图 载畜率（放牧强度）与产草量的关系

关系

a.草地群落临界点 x_{11} .最适放牧密度

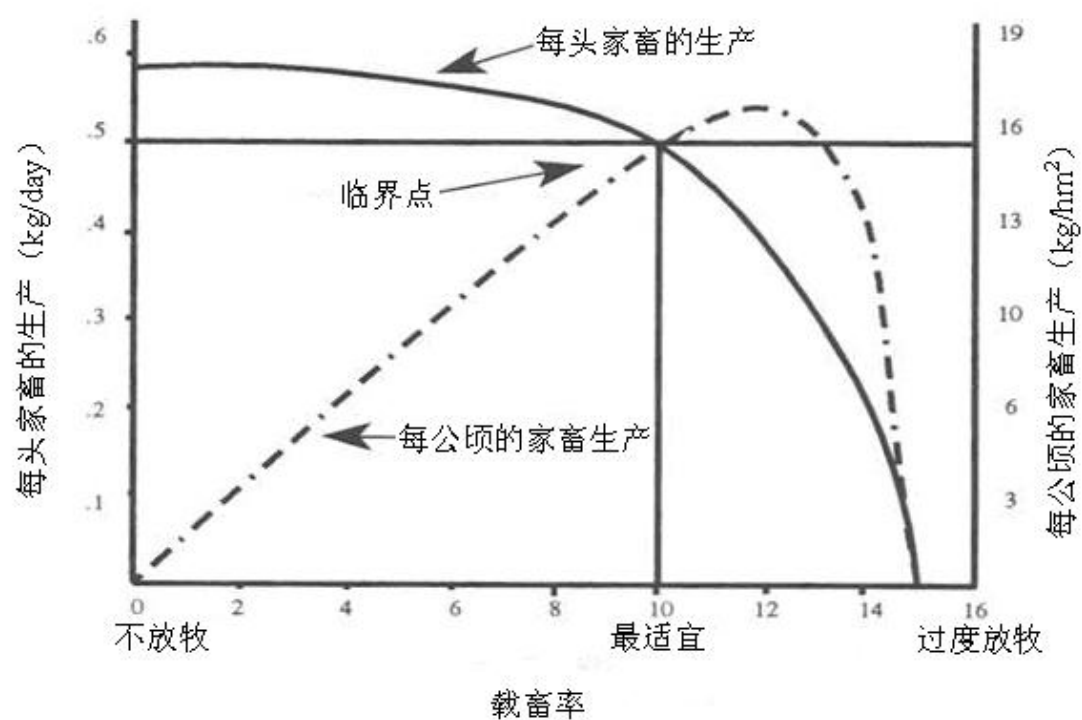


图 每头家畜生产与每公顷家畜生产与载畜率的关系 (仿 Mott, 1960)

➤ 实习项目 12.草地畜牧业生产结构优化配置及综合效益核算

一、实习目的

为实现规划所制定的生产发展目标，必须制定满足目标要求的最佳生产结构。草地生产总体规划中的生产结构主要建立以第一性生产为基础，农村、牧区生产各部的结构。通过应用农业系统工程的方法建立乡级草地生产最佳结构的实习，使学生掌握生产结构优化模型的基本技术。

根据各种家畜的生态、生理特性对草地的生态环境、草群的要求，以及家畜发展目标和畜牧生产优化结构，在草地类型图上进行家畜种类布局和畜群的配置，出现问题进行协调。这是在数学（模型）规划的基础上，接着进行图上空间布局和配置，所以是前面规划步骤的继续与深化。通过实习使学生学习家畜的布局和畜群配置及协调的程序，初步掌握其方法。

投入产出法是一种现代化的科学管理方法，它主要是研究各部门、各产品之间的投入与产出关系的一种方法。通过草地畜牧业生产的投入产出计算的实习，使学生初步掌握投入产出表的编制和投入产出模型的应用。

二、实习材料和用品

基础调查材料、分析软件、计算机、草地类型图、草畜平衡资料、草地生产优化结构、畜牧业生产优化结构、求积仪、计算器、绘图仪、三棱尺、铅笔、橡皮、白纸。

三、实习步骤和方法

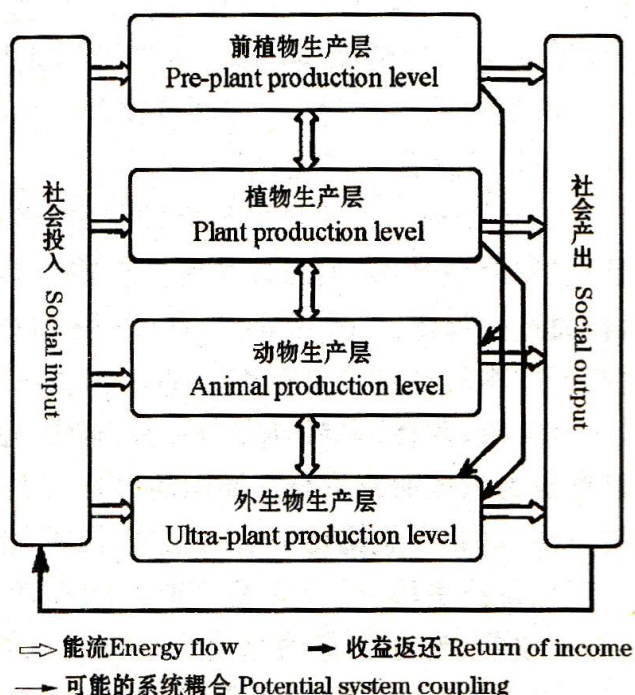


图 草地农业生态系统的四个生产层（引自任继周，1998）

关于建造结构模型的一般程序归纳如下：

（一）农牧林优化结构的设计原则

根据对规划区已进行的环境辨识和生产系统的诊断与确定发展目标的要求，确定设计原则，通常归纳如下几条：

1. 有利于资源的充分利用与保护更新；

-
2. 满足群众生活上台阶的目标;
 3. 尽快恢复生态平衡并保持生态系统的高效与稳定;
 4. 发挥科学技术的作用, 不断挖掘生产潜力;
 5. 形成产业特色, 发展商品经济;
 6. 讲求经济效益, 提高投入产出比率。

(二) 模型方法的选择

解决农牧林合理结构问题的数学方法, 目前国内通常采用线性规划, 系统动力学方法, 前者是静态, 后者是动态。按问题性质选择模型方法。

(三) 建模技巧与特色

为了使模型方法在解决实际问题中用得更有成效, 根据农牧林的特点及生态学和系统工程的有关原理, 建议参考下述建模技巧, 使模型具有较强功能和理想效果。

1. 在全面考虑目标的基础上, 重点抓住决定系统结构本质的因子与关系。例如在黄土丘陵地区选择防止水土流失作为关键因素。

2. 高效农牧林系统是一个开放系统, 系统之间与环境之间存在着物质和能量的交换, 因此在构造这种方程时, 应体现生态学的物质, 能量平衡原理, 并详尽的搜集有关的试验研究与调查测定资料, 确定单元间的物质能量交换系数, 以构造好这类约束方程。例如构造农田和人工草地肥力平衡方程。

3. 对农作物, 牧草和树木生产力参数的选择, 应反映科学技术水平对生产力的作用, 最好使用潜在参数的技巧。所谓潜在参数, 即是在当地的自然环境条件下, 使用已有的适用科学技术后, 所能达到的生产能力。具体确定方法: 第一, 应用系统生态模型计算, 例如作物生产潜力模型; 第二, 应用已有的综合试验高产资料; 第三, 调查同类型地区中群众的典型高产资料。

4. 为了使模型即能定量又能定位, 应充分使用土地适宜性评价的分类及分级资料。

5. 为了使模型能提供战略选择的方案, 在基本约束方程, 构造完备的基础上, 还可分别附加作物、牧草、树木大于 40%以上的约束方程, 以便多种方案对比选优, 从总体上确定一地的发展战略。

(四) 模型的建造与优化方案

1. 对模型功能的基本要求: 在设计该系统模型时, 经济效益和生态效益兼顾, 并注意系统的运动和发展, 同时力争模式达到定性、定量、定位和定序, 使模式与实体接近, 具有实施应用, 便于控制管理、检验分析及推广应用的价值。

2. 模式的资料来源和变量说明: 第一, 资料来源, 为了尽可能地使模式与实际情况接近, 资料的选用必须可靠准确, 并要有预测性。资料来源于综合调查分析结果, 当地访问、当地和外地科学试验和预测数据。第二, 变量说明: X_1, X_2, \dots, X_n 逐个说明。例如 X_{12} —人工草地公顷数。

3. 生产水平参数的选择: 在系统模式设计中, 参数的选择决定模型的功能与成败。潜在参数是充分应用现有科学技术之后某项生产活动所能达到的生产水平。该参数的求取常用两种方法, 第一应用系统分析的数学方法, 对资源与技术潜力进行求算而得。第二在无可行的数学方法计算时, 则选用典型地块的最高产量。在具体应用潜在参数时, 应根据现实技术经济条件的可能性, 恰当估计其可能实现的时期, 一般典型高产数据的实现比理论计算的数据花时要短。

4. 模式中约束条件与方程的设计: 在数字规划模型的一般数字形式中, 假设有几个变量 X_1, X_2, \dots, X_n 的实值函数 $f(X_1, X_2, \dots, X_n), g_1(X_1, X_2, \dots, X_n), \dots, g_m(X_1, X_2, \dots, X_n), h_1(X_1, X_2, \dots, X_n) \dots h_p(X_1, X_2, \dots, X_n)$ 。那么, 数学规划问题就在变量 X_1, X_2, \dots, X_n 满足由函数 $g_i(X_1, X_2, \dots, X_n) (i=1, 2, \dots, P)$ 的不等式和等式所限定的条件下, 使性能

指标 $f(X_1, X_2, \dots, X_n)$ 达到最小值（或最大值）。其数学表达式：求 X_1, X_2, \dots, X_n 使得 $f(X_1, X_2, \dots, X_n)$ 达到最小值，记为：

$$\min f(X_1, X_2, \dots, X_n)$$

满足限定的条件：

$$g_i(X_1, X_2, \dots, X_n) \geq 0, i=1, 2, \dots, m$$

$h_j(X_1, X_2, \dots, X_n) \geq 0, j=1, 2, \dots, P$ 称 $f(X_1, X_2, \dots, X_n)$ 为目标函数；称 $g_i(X_1, X_2, \dots, X_n) (i=1, 2, \dots, m), h_j(X_1, X_2, \dots, X_n) \geq 0, (j=1, 2, \dots, P)$ 为约束函数；称

$$\begin{cases} g_i(X_1, X_2, \dots, X_n) \geq 0, i=1, 2, \dots, m \\ h_j(X_1, X_2, \dots, X_n) \geq 0, j=1, 2, \dots, p \end{cases}$$

为约束条件；又称满足约束条件的一组变量值 X_1, X_2, \dots, X_n 为问题的可行解。

如果目标函数及约束函数均为线性函数，则称为线性规则，应设计线性方程模型，如果目标函数或约束函数中至少有一个函数是关于 X_1, X_2, \dots, X_n 的非线性函数时，就称其为非线性规则，则应设计非线性方程模型。

（五）计算结果分析与优化方案

分别按普模参数和潜模参数设计，应用计算机运算，则算出不同要求的若干个方案供选择。从中选出九个有代表性的方案，以供作决策比较，经过讨论最后决定一个满意的方案进行实施。

实习四十一 畜种和畜群的配置与协调

三、实习步骤和方法

（一）家畜种类的布局

1. 家畜畜种的布局：根据畜牧生产优化结构计算出来的家畜种类和数量，按其所要求的草群条件进行布局，计算各种畜种数量与所需要的草地类型载畜量是否供需平衡。例如牛要求水源充足、草层高的草甸和草甸草原类型；绵羊要求高燥，草群植物多样的类型；山羊布局在山坡、丘陵灌木较多的类型等等。
2. 家畜品种的布局：在同类家畜中，由于品种的不同他们之间对环境和饲草料的要求有很多差异性。例如毛用品种羊和肉用品种羊的要求差异，前者要求有接羔棚，饲草料含蛋白质多，放牧半径较近，后者对棚圈要求不严，饲草料含碳水化合物多，放牧半径较远；奶牛与肉牛品种要求生活条件差别更明显等等。根据畜牧生产优化结构概算出各种家畜不同品种和数量，按他们对地形、水源、饲草饲料、畜舍、交通、劳力等条件的要求和规划区满足程度在图上进行配置，并概算载畜量是否平衡。
3. 畜种和品种布局的协调：据两种布局的载畜量平衡计算的结果，如果供给大于需求则应增加适宜发展家畜种类和品种的数量，如果供给小于需求则要研究出协调的措施。

（1）若环境条件不能满足，如地形、气候和水源条件，一般情况采取减少家畜数量达到平衡。

（2）若饲草饲料条件不足，则采取提高单产和利用率的技术措施解决，如果经过投入产出计算盈利时，可以运送草料方法解决。

（二）畜群的配置

在畜种和品种达到布局合理和满足要求之后，接着进行个畜种的不同品种的畜群配置。

1. 畜群的组群：一般按畜的性别、年龄和生产性别进行组群，例如成年母羊群、成年公羊群、育成母羊群、育成公羊群、去势（羯）羊群、羔羊群。各种畜群头数多少因地区不同而异。
2. 畜群的配置：根据不同畜群对环境、草地、畜舍、交通等条件的要求，结合规划区草地

实际条件进行畜群配置。通常先配置基础母畜和种公畜，其次配置育成畜，最后配置去势畜群。

3. 畜群配置协调

（1）畜群点位置的协调：根据各种畜群要求的条件和规划区的实际情况，在草地类型图上进行畜群点位置的确定。当出现按某种畜群的要求条件找不到点时，应分析限制因素，采取建设措施达到要求，使各畜群都能到位；如果出现不落实畜群较多，短时又不能创造条件满足要求，则只能修改畜牧业发展规划，减少不能找到畜群点家畜数量。

（2）畜群点范围的协调：根据各畜群点上家畜数量和草地载畜量概算二者的平衡。如果出现供大于需，则可调到相邻点使用；若供小于需时，一是从邻近点调配，二是提高草地生产力，三是调整头数。根据具体问题灵活运用协调手段。协调结果在图上绘出畜群草地界线。

实习四十三 草地畜牧业生产的投入产出计算

三、实习步骤和方法

（一）投入产出表的编制

1. 全国价值型投入产出表种类很多，按计量单位分类有价值型、实物型、劳动型、能量型四种，常用价值型，我国一般形式见表 45。

表 45 全国价值型投入产出模型

价值型投入产出模型		中间产品					最终产品						总产品
		1	2	…	n	小计	消费	增加固定资 产	增加库存及国家 储备	进口 (-)	出口 (+)	小计	
生产资料补偿价值(C)	1	X ₁₁	X ₁₂	I	X _{1n}				II			Y ₁	X ₁
	2	X ₂₁	X ₂₂		X _{2n}							Y ₂	X ₂
	⋮												
	⋮			I					II				
	n	X _{n1}	X _{n2}		X _{nn}							Y _n	X _n
	小计												
	固定资产折旧	D ₁	D ₂		D _n								
新创造价值	劳动报酬纯收 入	V ₁ M ₁	V ₂ M ₂	III	V _n M _n				IV				
	小计												
总投入		X ₁	X ₂		X _n								

引自《农业投入产出技术与模型》，山东科学技术出版社，1987 年。

表中的符号含义如下：

- X_i —第 i 部门产值，如第 1 部门为农业，则 X_1 表示农业产值；
- X_{ij} —第 j 部门生产过程中对第 i 部门产品的消耗量，如第 2 部门为工业，则 X_{21} 表示农业生产过程中所消耗的工业品数量，而 X_{12} 则表示工业部门所消耗的农产品数量；
- Y_i —第 i 部门最终产品的合计数；
- D_j —第 j 部门的固定资产折旧额；
- V_j —第 j 部门的劳动报酬数额；
- M_j —第 j 部门的纯收入数额。

投入产出表水平方向的关系式：

$$\begin{aligned} X_{11} + X_{12} + \dots + X_{1n} + Y_1 &= X_1 \\ X_{21} + X_{22} + \dots + X_{2n} + Y_2 &= X_2 \\ &\dots\dots\dots \\ X_{n1} + X_{n2} + \dots + X_{nn} + Y_n &= X_n \end{aligned}$$

上述方程组可简写为：

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} + Y_i = X_i \quad (i=1, 2, \dots, n)$$

投入产出表垂直方向的关系式：

$$\begin{aligned} X_{11} + X_{21} + \dots + X_{n1} + D_1 + V_1 + M_1 &= X_1 \\ X_{21} + X_{22} + \dots + X_{n2} + D_2 + V_2 + M_2 &= X_2 \\ &\dots\dots\dots \\ X_{n1} + X_{n2} + \dots + X_{nn} + D_n + V_n + M_n &= X_n \end{aligned}$$

上述方程组可简写为：

$$\sum_{i=1}^n X_{ij} + D_j + V_j + M_j = X_j \quad (j=1, 2, \dots, n)$$

这个方程组，说明各部门产值的价值构成。其中，前两项即 $\sum_{i=1}^n X_{ij} + D_j$ 表示 j 部门的消耗的生产资料的补偿价值；后两项即 $V_j + M_j$ 表示 j 部门的新创造价值。

表中可分为四个象限，第 I 象限是由各部门的流量构成，反映了国民经济各部门之间的技术经济联系。第 II 象限反映最终产品的总量及其构成。数量等于国民生产总值，直接体现了发展生产的目的。第 III 象限包括各部门新创造价值及固定资产折旧，二者合计又称增加价值。第 IV 象限反映国民收入的在分配。在通常情况下这部分常略去。

2.家庭牧场草地畜牧业投入产出表的编制：参考全国投入产出表，结合乡级草地畜牧业情况编制表？。

表 家庭牧场草地畜牧业经济核算表				
原始费用	基本建设费用	运转费用	收入	年利润
草地及利用 情况、租赁 草场、牲畜 数量 平均年投入	土建工程、生产 设备、仪器仪表、 交通运输设备、 草原围栏 平均基建费 D_2	牲畜周转（包含死亡、更新）、 草产品生产费用、家畜饲养费 用（直接生产费用、间接生产 费用、人工费用） 年运转费 D_3	出售牲畜收 入、出售畜产 品收入、其它 收入 年收入 I_1	一定时间 内的平均 年利润 $S=I_1-(D_1+$

四、作业

每个实习小组设计出实习乡草地生产结构优化模型和三个供选择的方案。

分组绘出实习乡畜群配置图。

编制实习所在乡草地畜牧生产的投入产出表。

➤ 实习项目 13. 草地资源调查规划报告

一、实习目的：草地资源调查报告，是草地资源调查工作的全面文字总结，也是草地资源调查的主要成果之一。通过本实习，使学生掌握编写草地资源调查规划报告的程序和内容。草地生产发展规划报告是规划的重要成果，亦是发展草地生产和提高经济效益、社会效益和生态效益的法律性文件，因此，调查规划技术人员必须具有编写规划报告的能力。通过实习使同学掌握规划报告的提纲和基本方法。

二、仪器与工具：调查地区草地资源样地资料，社会和自然条件资料、草地类型分类系统、草地产草量和载畜量等计算分析结果、有关方针、政策和法律文件。

三、内容和方法：首先列出草地资源调查报告的编写提纲，按照编写内容和要求进行撰写，要求观点明确、论据充分、各项分析数据和结论准确可靠、文字通俗易懂，语言简明、扼要、精炼，对相应的数据处理应有数据统计分析过程及误差检验。对草地畜牧业和草业生产有重要的意义。

四、具体内容一般包括：

（一）前言

1. 目的、意义；
2. 调查区范围及概况；
3. 组织情况：人员分工、参加单位、任务分工；
4. 完成任务情况；
5. 主要完成成果。

（二）自然、社会、经济概况

1. 自然概况

（1）气候：全面评价调查区域内气候条件的基本特点和灾害性气候特征，气候对草地畜牧业生产的影响。

（2）地貌：阐述调查区主要地貌类型、特点、分布规律和面积等，地貌与草地植被的关系。

（3）土壤：简述调查区主要土壤类型、特征、分布规律及草地植被形成的关系。

（4）水文：阐述地表水和地下水资源状况及其开发利用前景。

2. 社会、经济概况

（1）调查地区的所在省（自治区）、地区（盟、市）、县（旗），地理位置和面积；

（2）草地畜牧业生产的历史、现状和特点；

（3）多种经营包括农、林、渔、副、机械化等的概况；

（4）经营管理体制、收益分配、农牧民文化和生活水平等。

（三）草地植被的基本特点

1. 草地植被的分布特点；

2. 草地植物种类成分和饲用植物种类成分；

3. 草地植被的利用特点。

（四）草地类型

1. 草地分类系统；

2. 草地分布规律及其特点；

3. 不同草地类型（按类、亚类、组、型）的特征（高度、盖度、频度、草群结构、等级）面积、产草量和载畜量等。

（五）草地资源评价

1. 草地产草量评价；

2. 草地载畜量评价；

3. 草地等级评价。

（六）草地保护、利用与建设

1. 草地保护、培育、利用和建设的历史经验教训和现状；

2. 草地退化及其防止、保护、改良和培育；

3. 合理开发利用草地资源的方向、原则、途径及措施；

4. 草地重点建设项目、技术和措施等。

（七）草地生产发展规划

拟定草地生产发展规划报告提纲，一般内容包括：规划发展思路和发展目标；草地生产部门优化和家畜结构优化；土地布局、草地布局、建设布局、畜群配置、作物比例配置和轮作方案配置等；结构协调、草畜协调、投入产出协调和空间布局及配置协调。

（八）草地畜牧业生产发展设想

根据草地资源的特点和草地生产力水平，确定草地畜牧业发展方向和经营规模，提出具体而可行的措施。

此外，如有必要还可有如下附件：

1. 专题报告

（1）退化草地调查专题报告；

（2）人工草地专题报告；

（3）草地鼠、虫害调查报告；

（4）季节牧场调查报告。

2. 图件

（1）草地类型图；

（2）草地等级图；

（3）退化草地分布图；

（4）草地利用现状图。

五、作业

以小组为单位，各撰写一份某一地区草地资源调查报告。

编写实习所在乡的草地生产发展规划报告（每班按学习小组完成一份报告，编写提纲集体讨论，然后组内分工，每人负责编写其中的一部分）。