（二）草业数据库设计示例

为了便于理解数据库设计的各个步骤，现以草地调查数据录入数据库为例，简要介绍数据库的设计过程。

第一，需求分析。本系统的目的是便于整理、分析和分发草地调查数据。数据包括调查人员、调查样方数据、数据录入人员等，并能够按地区、时间等条件列出相应的调查样方数据。

第二，明确需求后，就可以进行概念设计。在本例中，涉及的实体集有调查人员、数据录入人员和调查样方。实体集中调查人员的属性包括编号、姓名、性别、专业、工作单位，其中编号是主键。实体集中调查样方的属性包括样方编号、调查日期、调查地点、盖度、高度、生物量、样方照片，其中样方编号是主键。实体集中数据录入人员的属性包括编号、姓名、性别、工作单位和职务。根据专业知识我们知道调查样方中各个属性的可能取值，如盖度、高度一般精确到一位小数，调查地点一般采用经纬度表示。实体集间的联系有 2 个：首先是“调查”联系，调查人员调查得到样方数据，并且“调查人员”和“调查样方数据”间是多对多的联系；其次是“录入”联系；数据录入人员录入数据，并且“数据录入人员”和“调查样方数据”间是一对多的联系。

第三，逻辑设计阶段。假设要在 Microsoft SQL Server 数据库管理软件下实现该数据库，那么需要先考察上述 3 个实体集合，将 2 个联系转换成关系模式。一般将每个实体集转换成一个关系模式，实体的属性作为关系模式的属性。这样就得到如下 3 个关系模式

调查人员（调查人员编号，姓名，性别，专业，工作单位）

调查样方（样方编号，调查日期，经度，纬度，盖度，高度，生物量，样方照片）

数据录入人员（数据录入人员编号，姓名，性别，工作单位，职务）

第四，考察 2 个联系。一般对于“一对多”的联系，可以将关系“一”中的主键放到关系“多”中，所以对于“录入”联系，可以将数据录入人员关系中的数据录入人员编号属性加入到调查样方关系中。这样调查样方关系就可改为如下形式

调查样方（样方编号，调查日期，经度，纬度，盖度，高度，生物量，样方照片，数据录入人员编号）

对于“多对多”的联系，一般采用建立新的关系模式的方式表达。因此，“调查”联系需要建立一个新的关系模式，新关系模式中应加入联系两端的主键作为属性，即建立如下的调查关系

调查（样方编号，调查人员编号）

当关系模式设计完成后，应检查设计的关系是否符合范式要求。本例中的 4 个关系模式均符合第三范式要求。

第五，物理设计阶段，即在 Microsoft Office Access 或其他数据库管理软件中完成数据库表、视图和约束的建立工作，主要考虑数据库管理软件本身的特性。

二、现有草业数据库简介

（一）中国草业开发与生态建设数据库

中国草业开发与生态建设网（http://www.ecograss.com.cn）是兰州大学草地农业科技学院草地农业信息实验室 1999～2007 年研发的一种基于“3S”技术的，能将空间数据库、图形、图像、文字集于一体，便于检索、推理、显示、打印的综合性专业数据库管理系统，包含县级行政区划、遥感影像、草地类型、栽培牧草分布、家畜分布、农牧业资源与环境等方面的 23 个空间数据库，以及全国栽培牧草和天然牧草特征、牧草区划、牧草病害、牧草虫害、草地害鼠、草地杂草、草业生态经济分区、草坪建植区划、土壤类型、草地类型和畜禽品种等草业知识数据库（李春娥等，2008）。近年来该系统仍然处于不断更新和完善之中，先后增加了基于草地综合顺序分类系统（Comprehensive Sequential Classification System，CSCS）的世界草地分类管理信息系统、甘南牧区草畜平衡管理决策支持系统、青藏高原牧区积雪监测与雪灾预警系统和中国北方温带地区草地资源管理信息系统，其中包含了过去 100 年（1901～2000 年）及未来 50 年（2001～2050 年）多期基于 CSCS 的世界自然植被分类空间数据库，以及甘南州的草地畜牧业资源、青藏高原的积雪空间分布和中国北方温带地区的草地、土壤及放牧家畜等方面的数据库。

（二）中国农业信息数据库

1996 年建成的我国农业部农业综合信息服务网站（http://www.agri.gov.cn）——中国农业信息网，沿用原中农网名称和域名，主要为农户、涉农企业和广大社会用户提供分行业（分品种）和分区域的与生产经营活动及生活密切相关的各类资讯信息及业务服务，是中国国家农业综合门户网站的重要组成部分，主要包括数据库。网站由中华人民共和国农业部信息中心承办（农业部信息中心，2015）。

（三）中国农业科学院数据库

中国农业科学院数据库（http://www.caas.cn/sjk/index.shtml）挂靠在中国农业科学院官方网站，包括中国农业科技文献与信息服务平台（http://www.nais.net.cn/publish/default/）、国家农业科学数据共享中心（http://www.agridata.cn/）、玉米病虫草害诊断系统、国家作物种质资源数据库（http://www.cgris.net/query/croplist.php）、中国外来入侵物种数据库（http://www.chinaias.cn/wjPart/index.aspx）、中国生态农业信息数据库（http://www.cgap.org.cn/）、中国农业生态环境政策法规数据库、中国农业生态环境规范标准数据库、中国牧草种质资源信息网（http://www.chinaforage.com/）、中国草地资源、牧草种质资源信息系统、中国转基因作物检测与监测网、中华农业文明网、中国烟草种质资源信息系统、中国水稻品种及其系谱数据库（http://www.ricedata.cn/variety/）、国家水稻数据中心（http://www.ricedata.cn/gene/）和中国家禽行业市场信息数据库（http://www.zgjq.cn/bjtb/index_price_list.asp）（中国农业科学院，2015）。

中国农业科技文献与信息服务平台是中国农业科学院农业信息研究所（原中国农科院科技文献信息中心）于 2004 年自主开发、拥有独立知识产权的“一站式”农业科技文献信息保障与服务平台。该平台充分整合了丰富的农业科技文献信息资源，面向全国 100 多万农业科研、教育和推广人员提供服务。

国家农业科学数据共享中心是由科技部“国家科技基础条件平台建设”支持建设的数据中心试点之一。中心建设由中国农业科学院农业信息研究所主持，中国农业科学院部分专业研究所、中国水产科学研究院、中国热带农业科学院等单位参加。该中心建设是以满足国家和社会对农业科学数据共享服务需求为目的，立足于农业部门，以数据源单位为主体，以数据中心为依托，通过集成、整合、引进、交换等方式汇集国内外农业科技数据资源，并进行规范化加工处理，分类存储，最终形成覆盖全国、联结世界、可提供快速共享服务的网络体系，并采取边建设、边完善、边服务的原则逐步扩大建设范围和共享服务范围。农业科学数据是指从事农业科技活动所产生的基本数据，以及按照不同需求而系统加工整理的数据产品和相关信息，农业科学数据是农业科技创新的重要基础资源，通过农业科学数据中心的建设可以为农业科技创新、农业科技管理决策提供农业科学数据信息资源的支撑和保障。

玉米病虫草害诊断系统数据库系统包括玉米无公害生产信息数据库、玉米专家人才数据库、玉米知识数据库、玉米病虫草害标准图像实例数据库等多个子数据库。玉米病虫草害标准图像实例数据库主要包括玉米病害（32 种）、虫害（44 种）、杂草（50 种）的典型形态特征文字描述知识库和彩色图像实例库，入库标准图谱 3800 余张，信息丰富、质量高。玉米无公害生产信息数据库，入库数据达到 23 万条；玉米专家人才数据库中包括有我国各地从事与玉米生产相关专业的 560 位专家。

国家作物种质资源数据库，由中国农业科学院作物科学研究所国家作物种质信息中心负责建设和维护，经过 20 多年的努力，目前已拥有 200 多种作物、39 万份种质的基本信息、形态特征和生物学特性、品质特性、抗逆性、抗病虫性和其他特征特性等 6 个方面的数据，数据量约 200GB。国家作物种质资源数据库通过中国作物种质信息网（http://www.cgris.net）在互联网上向社会开放共享。通过国家作物种质资源数据库，可以全面掌握和了解我国农作物种质资源的情况，促进种质资源的保护、共享和利用，为科学研究和农业生产提供优良种质信息，为社会公众提供科普信息，为国家提供资源保护和持续利用的决策信息。

中国外来入侵物种数据库在收集外来入侵物种历史文献，集合入侵物种近年来的野外考察资料，以及综合“生物入侵系列”专著部分内容的基础上，整理和收录了我国 200 多种外来入侵物种（IAS）的野外考察信息、700 多种 IAS 的基本信息、43 种 IAS 的检测和监测技术、22 种 IAS 的生物防治技术和 71 种 IAS 的风险评估信息。用户可通过物种名称、分类、栖息地类型、入侵时间、分布地区等字段进行查询。该数据库是我国最大的外来入侵物种信息共享和交流的平台，为从事外来入侵物种相关的科研人员、管理人员和公众，提供便捷的在线数据库，帮助其了解外来入侵物种的最新动态。

中国生态农业信息数据库以现代信息技术为基础，对我国近 20 年来生态农业信息资源进行了有效的收集、汇总和标准化。该系统设有生态农业基础知识、模式与技术、

政策法规、研究成果、科技论文、生态农业进展、热点技术、专家论坛等功能模块，并进行了网络共享，实现了规范的网络化运行。根据农业建设的适时性，增加了生态农业建设进展、当前热点、生态与环境、转基因生物安全和专家论坛等模块，搭建了一个高效、实用的生态农业环境信息平台。这是我国生态农业向数字化、综合化、规范化发展的实际需要和必然选择，是国内外了解我国生态农业建设的现状、典型模式、技术及发展趋势的窗口，同时也是国家制定农业政策的重要参考依据，更是提高政府服务水平的必然选择。

中国农业生态环境政策法规数据库自 2000 年创建以来，广泛收集查阅相关文献资料，整理收录了中华人民共和国全国人民代表大会、国务院及国务院各行政主管部门颁布的法律、法规及政策性文件 410 个，各省级、自治区、直辖市人民代表大会、人民政府颁布的地方性法规及政策性文件 417 个。农业环境保护法律法规数据库主要结构划分为农业环境保护相关法律法规、农业环境保护行政法规及法规性文件、农业环境保护地方法规及规章、司法解释及国际环境保护法等。通过定期更新、补充和完善，在中国农业生态环境网上发布并供所有用户免费下载。农业生态环境政策法规数据库的用户群包括管理者、生产者、科技工作者、学生及普通老百姓，通过本数据库提供的政策法规知识，可使广大的人民群众，在生产、经营和消费的同时，利用法律武器及时解决农业环境污染方面的纠纷问题，使我国的农业环境保护领域基本上做到有法可依；同时，本数据库对于宣传农业生态环境保护思想，提高公民的环境保护意识必将起到举足轻重的作用，具有广阔的应用前景。

中国农业生态环境规范标准数据库包括农业环境标准数据库和农产品标准数据库，涉及国家标准、地方标准、行业标准及国外农产品标准。农业环境标准数据库广泛收集查阅相关文献资料，整理收录了近 20 年来我国颁布的约 1052 个有关农业生态环境的标准，包括国家标准 558 个、行业标准 226 个、地方标准 268 个。该数据库自 2000 年创建以来，通过定期更新、补充和完善，在中国农业生态环境网上发布并供所有用户免费下载，受到广大用户的普遍欢迎。农业生态环境标准数据库的用户群包括政府部门、生产企业、技术推广部门、科技工作者及广大农民群众。本数据库提供的标准知识，对于保护农业生态环境、保障农产品质量安全具有极其重要的意义，并具有广阔的应用前景。

中国水稻品种及其系谱数据库是国家水稻数据中心的一个数据子库。该数据库的主要特色是将品种与系谱合二为一，在查询品种信息的同时，能直接追溯该品种的亲缘关系。截至 2011 年 5 月 31 日，累计收录品种资料 10 800 份，收录范围包括历年省级以上审定品种、新品种权申请和授权品种、年推广面积 10 万亩[①]以上品种、外引品种和农家品种等，收录对象涉及常规稻、杂交稻、育种材料，如不育系、恢复系、保持系和稳定的中间品系等。

国家水稻数据中心是国家水稻数据中心的一个数据子库。该数据库以中国水稻研究所自主设计的 ontology 系统进行归类，主要收录国内外文献公布的已鉴定的水稻基因数据，包括基因名称、符号、染色体位置、基因过表达或抑制表达产生的表型特征和基因

① 1 亩≈666.7m^2

功能等。此外，对于克隆的基因，还包括它在各个主要数据库的登录号，根据该登录号，可以直接链接到相关网站查询更详细的信息。

中国家禽行业市场信息数据库包括自 2009 年以来家禽行业相关的市场行情数据，按种禽、活禽、禽产品、饲料与添加剂 5 个大类 78 个小类的保存时间、地点、价格、最高价格、最低价格等信息，地域上按省、市、县三级分类，时间上可按日、周、月、季、年统计，可自动生成统计数据并绘制价格曲线图或拆线图。

第三节　大数据及其在草业科学中的应用

随着互联网技术的飞速发展，特别是近年来随着社交网络、物联网、云计算及多种传感器的广泛应用，以数量庞大、种类众多、时效性强为特征的非结构化数据不断涌现，数据的重要性越发凸显，传统的数据存储、分析技术难以实时处理大量的非结构化信息，大数据的概念应运而生。如何获取、聚集、分析大数据成为广泛关注的热点问题。大数据是云计算、物联网之后又一大颠覆性的技术革命。本节主要介绍大数据的相关概念及其在草业科学领域可能的应用方向。

一、大数据的概念和特征

关于大数据的概念众说风云。2011 年全球知名咨询公司麦肯锡在《大数据：创新、竞争和生产力的下一个前沿领域》报告中称："数据已经渗透到当今每一个行业和业务职能领域，成为重要的生产因素。人们对于海量数据的挖掘和运用，预示着新一波生产率增长和消费者盈余浪潮的到来。"其中给大数据的定义是大小超出常规的数据库工具获取、存储、管理和分析能力的数据集。同时强调，并不是说一定要超过特定 TB 级的数据集才算是大数据。

研究机构 Gartner 认为大数据是需要新处理模式才能具有更强的决策力、洞察发现力和流程优化能力的海量、高增长率和多样化的信息资产。从数据的类别上看，大数据指的是无法使用传统流程或工具处理或分析的信息。它定义了那些超出正常处理范围和大小、迫使用户采用非传统处理方法的数据集。

维基百科（http://en.wikipedia.org/wiki/Bigdata）对大数据的定义则简单明了，认为大数据是指利用常用软件工具捕获、管理和处理数据所耗时间超过可容忍时间的数据集。也就是说大数据是一个体量特别大、数据类别特别大的数据集，并且这样的数据集无法用传统数据库工具对其内容进行抓取、管理和处理。

大数据技术的意义不在于掌握庞大的数据信息，而在于对这些含有意义的数据进行专业化处理。换言之，如果把大数据比作一种产业，那么这种产业实现盈利的关键在于提高对数据的"加工能力"，通过"加工"实现数据的"增值"。

从技术上看，大数据与云计算的关系就像一枚硬币的正反面一样密不可分。大数据必然无法用单台计算机进行处理，必须采用分布式架构。它的特色在于对海量数据进行分布式数据挖掘，但它必须依托云计算的分布式处理、分布式数据库和云存储、虚拟化

技术。

从一般意义上来说，大数据是指无法在合理时间内用传统技术和软硬件工具对其进行收集、处理与分析的数据集合。一般而言，大家比较认可的关于大数据的定义从早期的 3V 和 4V 说法演变到现在的 5V（方巍等，2014；马建光和姜巍，2013）。大数据的 5 个“V”，业界将其归纳为 Volume、Velocity、Variety、Veracity 和 Value。实际上也就是大数据包含的 5 个特征，包含 5 个层面意义：第一，数据体量（Volume）巨大，指收集和分析的数据量非常大，从 TB 级别跃升到了 PB 级别。第二，处理速度（Velocity）快，需要对数据进行近实时的分析。以视频为例，连续不间断监控过程中，可能有用的数据仅仅有一两秒，这一点和传统的数据挖掘技术有着本质的不同。第三，数据类别（Variety）多，大数据来自多种数据源，数据种类和格式日渐丰富，包含结构化、半结构化和非结构化等多种数据形式，如网络日志、视频、图片、地理位置信息等。第四，数据真实性（Veracity），大数据中的内容是与真实世界中的现实事件发生息息相关的，研究大数据就是从庞大的网络数据中提取出能够解释和预测现实事件的过程。第五，价值密度低，商业价值（Value）高，通过分析数据可以得出如何抓住机遇及收获价值。

涂子沛（2014）在《数据之巅：大数据革命，历史、现实与未来》一书中认为，大数据具有价值和容量两个维度，大数据可以理解为传统的数据加现代的大记录，结构化数据加非结构化数据，大价值数据加大容量数据。

综合上述定义可以看出，大数据具有如下特征。

一是数据量大，一方面是指数据的存储容量可达到 TB、PB、EB 甚至 ZB 级，更多地是指人们对数据的认识方式发生了根本变化。首先，随着互联网的广泛应用，使得数据的搜集和获取变得相对容易，以前人们通过调查、取样的方法获取数据，这就决定了很难在短时间内获取大量的数据，而通过网络，用户可以获取海量的数据，同时用户也在通过分享、发布和操作生产新的数据。其次，随着各种传感器数据获取能力的提高，人们获取的数据越来越接近原始事物，描述事物的数据量激增。例如，草地调查最初采用样地采样法进行，耗时耗力，而且获得的数据量小，随着遥感技术的发展，如今可以通过卫星搭载的各类传感器，每隔一段时间即可获得一次全球草地的全覆盖卫星图像，这些图像不但能够更全面地反映草地的生长变化，而且随着传感器的不断发展，能够获得的数据将更加详细，数据量也将成倍增加。最后，也是最重要的，是人们处理数据的方法和理念发生了根本的变化。早期人们对事物的认识受限于数据获取和分析能力，一直采用的是采样的方法，以少量的数据来近似地反映和描述事物的全貌，样本数量的大小取决于数据获取和处理能力。研究的重点是如何通过正确的采样方法，以较小的样本数据分析事物整体的属性特征。大数据变革的另一个重要特征是人们不再局限于随机样本，而是使用全体数据，这种变革将改变人们的思维方式。

二是数据类型的多样化，数据不能够或不需要用传统的数据库表格进行管理，半结构化和非结构化的数据不断出现。以往的数据，不管数据量是否庞大，但都是基于特定的结构模式的，即将事物的各种属性向便于数据库系统进行存储、处理和查询的方向抽象，抽象的过程忽略了一些在特定应用中可以不必考虑的属性。这种结构化的数据可以通过关系表格进行存储、管理、查询。但是，随着数据来源的不断丰富，半结构、非结

构化数据大量出现。这种数据几乎不能被抽象成结构化关系。例如，照片、图像、视频、各类文本等，这类数据不但占用空间大，而且同传统结构化数据相比，增加的速度更快。大数据的重要目标就是处理这些非结构化的快速增长的数据。

三是数据生成速度快，处理时效要求高。随着数据获取方式多样化、数据结构复杂化，必然带来数据的快速增长，新的数据时刻都在大量产生，这也要求数据处理的速度和时效性要能满足数据分析与应用的需求，这样才能使得海量的数据发挥作用，否则海量的数据带来的不再是优势，而是负担。

四是数据价值密度低。传统的结构化数据是依据特定的应用目标对事物进行的抽象，其每一条记录都包含了该应用需要考量的信息，如草地资源数据库。而大数据不再是对事物的抽样，而是事物的全体，是未进行采样、抽象、归纳的原始数据，这样既保留了数据的原貌，又引入了大量没有意义的、甚至是错误的信息。因此，相对于特定的应用而言，大数据关注的数据的价值密度偏低。但也应该看到，对于大数据，我们应该重新审视数据精确性的优劣。正如《大数据时代》（2013）一书中指出的："执迷于精确性是信息缺乏时代和模拟时代的产物。只有 5%的数据是结构化且能适用于传统数据库的。如果不接受混乱，剩下 95%的非结构化数据都无法被利用，只有接受不精确性，我们才能打开一扇从未涉足的世界的窗户。"

二、大数据分析方法

与传统的统计分析相比，大数据具有数据来源复杂、数据类型多样、数据量巨大、价值密度低等特点。同时，大数据概念的内涵和外延也在不断发生着变化，各行各业对大数据的认识，以及对大数据分析方法的理解也不尽相同，这使得不同学者对大数据的分析应该包括哪些方法也有不同的认识。

美国国家研究委员会在 2013 年出版的《海量数据分析前沿》中提出了七种基本统计数据分析方法，包括：①基本统计（如一般统计及多维数分析等）；②N 体问题（N-body Problems）（如最邻近算法、Kernel 算法、PCA 算法等）；③图论算法（Graph-Theoretic Algorithm）；④线性代数计算（Linear Algebraic Computations）；⑤优化算法（Optimizations）；⑥功能整合（如贝叶斯推理模型、Markov Chain Monte Carlo 方法等）；⑦数据匹配（如隐马尔可夫模型等）。Chen 等（2012）认为，商业智能分析涵盖了五类核心的分析方法：①数据分析，涉及数据仓储、ETL（Extract，Transform，and Load）、联机分析及数据挖掘等分析技术，可应用在时间序列挖掘、网站挖掘、空间数据挖掘等方面；②文本分析，涉及信息检索、查询处理、相关反馈等分析技术，可应用在问答系统、观点挖掘、多语义分析、可视化分析等；③网站分析，涉及信息检索、网络爬虫、日志分析等分析技术，可应用在云计算、社会网络分析、网站可视化等；④网络分析，涉及信息计量、引用网络、数学网络模式等分析技术，可应用在链接分析、社区发现、社会影响力及扩散模式等；⑤移动分析，可应用在移动通信服务、个性化分析、游戏营销分析等。

美国计算社区协会出版的《大数据的机会与挑战》指出，大数据分析是一个多阶段

任务循环执行过程，从整体看，其分析的过程包括了五个阶段，每一个阶段都包含该阶段需要使用的方法：①数据获取及记录，从各种感知工具中获取的数据通常与时空相关，需要及时分析技术处理数据并过滤无用数据；②信息抽取及清洗，从异构数据源抽取有用信息，并转换为结构化的格式；③数据整合及表示，将数据结构与语义关系转换为机器可读取、自动解析的格式；④数据建模及分析，从数据中挖掘出潜在规律及知识，涉及可扩展的挖掘算法或知识发现等方法；⑤诠释，为了让用户容易解读分析结果，可视化分析技术变得十分重要。严霄凤和张德馨（2013）依照搜集、分析可视化的流程，梳理了适用于大数据的关键技术，包括遗传算法、神经网络、数据挖掘、回归分析、分类、聚类、关联规则、数据融合、机器学习、自然语言处理、情感分析、网络分析、空间分析、时间序列分析等多种方法。王星等在《大数据分析：方法与应用》一书中从统计学习、数据挖掘和模式识别的角度讲解了大数据分析技术。王宏志等编著的《大数据算法》一书从算法设计与分析角度介绍了大数据分析中涉及的算法，包括亚线性算法（时间亚线性算法和空间亚线性算法）、外存算法、并行算法（MapReduce 算法）和众包算法等。

目前常见的大数据分析程序有以下几种。

1. Hadoop（http://hadoop.apache.org/）

Hadoop 是一个由 Apache 开发的基于 Java 的开源的分布式系统基础架构。Hadoop 是一个能够对大量数据进行分布式处理的软件框架。Hadoop 以一种可靠、高效、可伸缩的方式进行数据处理，是一个能够让用户轻松架构和使用的分布式计算平台。用户可以轻松地在 Hadoop 上开发和运行处理海量数据的应用程序。Hadoop 的核心是 Hadoop Common（Hadoop Distributed File System，HDFS）和 MapReduce。Hadoop 之所以如此受到欢迎，主要是因为它降低了分布式编程的难度，即使对分布式环境不了解的程序员也能编写出非常高效的并行化代码，程序员无需关心集群中各个节点的位置及数据的存放问题，MapReduce 计算模型和 HDFS 分布式存储系统已经很好地解决了这两大问题。MapReduce 与 HDFS 是 Hadoop 的两大核心技术，MapReduce 将计算过程分为两个函数过程（Map 函数和 Reduce 函数）保证了执行效率；HDFS 由于其高容错性，从而能够部署在低端的计算机集群上，不仅可提高文件存储量，而且还可使文件读写速度更快。Hadoop 还具有很强的健壮性和易扩展性，它能够自动保存多个文件块副本，当某个文件块损坏时能够及时利用其他副本进行恢复，其目的是保持系统内文件块的完整性与可靠性；Hadoop 集群可以通过简单的添加节点进行线性扩展，这对大数据的处理尤为有利。MapReduce 大大降低了分布式编程的难度。MapReduce 封装了许多底层细节问题，简化了数据分布、容错、负载均衡等问题的处理，程序员只需要关注业务逻辑如何实现即可（廖晶贵，2015）。

2. Apache Storm（http://storm.apache.org/）

Apache Storm 是一个开源的分布式的高容错的实时计算系统，主要由 CloJure 编程语言编写。Storm 使持续不断的流计算变得容易，弥补了 Hadoop 批处理所不能满足的实时要求。Storm 经常用于实时分析、在线机器学习、持续计算、分布式远程调用和 ETL

（Extraction-Transformation-Loading）等领域。Storm 的部署管理非常简单，在同类的流式计算工具中 Storm 的性能也是非常出众的，Storm 被广泛应用于实时分析、在线机器学习、持续计算、分布式远程调用等领域。很多知名的企业都在使用 Storm，包括雅虎、Twitter、Groupon、淘宝、百度等。

3. Apache Drill（https://drill.apache.org/）

Apache Drill 是一个用于 Hadoop、非关系型的数据库（NoSQL）和云存储的自由模式的 SQL 查询引擎。Drill 支持各种 NoSQL 数据库和文件系统，包括 Hbase，MongoDB，MapR-DB，HDFS，MapR-FS，Amazon S3，Azure Blob 存储，谷歌云存储（Google Cloud Storage），Swift，NAS 和本地文件。一个简单查询可以将来自多个数据存储的数据连接起来。例如，可以加入一个用户配置文件收集 MongoDB 在 Hadoop 事件日志的目录。

4. Apache Spark（http://spark.apache.org/）

Apache Spark 是一个快速、大规模数据处理引擎，是一个围绕速度、易用性和复杂分析构建的大数据处理框架。最初在 2009 年由加利福尼亚大学伯克利分校的 AMPLab 开发，并于 2010 年成为 Apache 的开源项目之一。相对于 Hadoop 的 MapReduce 而言，Spark 会在运行完工作后将中介数据存放到磁盘中，Spark 使用了存储器内运算技术，能在数据尚未写入硬盘时（即在存储器内）分析运算。Spark 在存储器内运行程序的运算速度能做到比 Hadoop MapReduce 的运算速度快 100 倍，即使是程序运行于硬盘时，Spark 的运行速度也能快 10 倍。Spark 允许用户将数据加载至簇存储器内存，并多次对其进行查询，非常适用于机器学习算法。使用 Spark 需要搭配簇管理员和分布式存储系统。Spark 支持独立模式（本地 Spark 簇），Hadoop YARN 或 Apache Mesos 的簇管理。在分布式存储方面，Spark 可以和 HDFS、 Cassandra、OpenStack Swift 和 Amazon S3 等界面搭载。Spark 也支持伪分布式（Pseudo-distributed）本地模式，不过通常只用于开发或测试时以本地文件系统取代分布式存储系统。在这样的情况下，Spark 仅在一台机器上使用每个 CPU 核心运行程序。

与 Hadoop 和 Storm 等其他大数据及 MapReduce 技术相比，Spark 有如下优势：Spark 提供了一个全面、统一的框架用于管理各种有着不同性质（文本数据、图表数据等）的数据集和数据源（批量数据或实时的流数据）的大数据处理的需求。Spark 让开发者可以快速地用 Java、Scala 或 Python 编写程序。它本身不仅自带了一个超过 80 个高阶操作符集合，而且还可以用它在 shell 中交互式地查询数据。除了 Map 和 Reduce 操作之外，它还支持 SQL 查询、流数据、机器学习和图表数据处理。

5. HPCC Systems（High Performance Computing Cluster）（https://hpccsystems.com/）

HPCC Systems 是 Lexis Nexis 公司发布的一款开源的大数据处理和分析计算平台，可实现大规模并行处理。HPCC 系统可以更有效和可靠地处理与分析大数据。该平台具有卓越的性能、灵活性和可扩展性。与 Hadoop 类似，HPCC 是一个可以使用集群服务器并进行大数据分析的系统，HPCC 在 Lexis Nexis 内部使用多年，是一个成熟可靠的

系统，包含一系列的工具，有高级编程语言（Data-centric Programming Language，ECL）及数据仓库工具。

6. RapidMiner（https://rapidminer.com/，http://www.rapidminerchina.com/zh/）

RapidMiner 是一个基于数据挖掘的预测性分析平台，其产品包括 RapidMiner Studio（基础平台）、RapidMiner Server（企业分析）、RapidMiner Radoop（大数据）和 MUMI（图像分析）。RapidMiner Studio 有机器学习、数据挖掘、文本挖掘、预测性分析和商业分析的功能，具有拖拽功能的图形化工具，可以轻松地设计从混合到建模再到部署的预测性分析流程，也可以让企业机构通过使用预测性分析来优化业务，从而获取竞争优势。RapidMiner Server 是一个经过性能优化的应用，可以用它来调度和运行分析流程，并迅速返回结果。它不仅无缝集成了 RapidMiner Studio，同时还集成了其他企业级数据源，使流程能够持续地保持更新，让其能够反映任何外部数据源变化。通过共享资源库和版本管理，企业用户能够从本地或远程进行协作建立交互式应用、HTML5 图表和地图可视化结果。可以在 RapidMiner Studio 中建立和编辑分析流程，RapidMiner Studio 和 RapidMiner Server 采用标准的协议相互连接和彼此交互。每个 RapidMiner Server 都能连接一个或多个 RapidMiner Studio 客户端。RapidMiner Radoop 具有大数据预测分析功能，且可以作为连接 Hadoop 的媒介。无需代码的可视化环境可以让用户摆脱 Hadoop 的复杂操作，专注于分析流程的实现。RapidMiner MUMI 是一个与 RapidMiner Studio 和 RapidMiner Server 集成的扩展，主要用于高级图像处理、图像分析和图像数据挖掘，该扩展集成了最先进的图像处理算法和最新的人工智能算法。

7. Pentaho BI（http://www.pentaho.com/）

Pentaho BI（Business Intelligence）平台是一个以业务流程为中心，面向解决方案的商业智能开源框架。其目的在于将一系列企业级 BI 产品、开源软件、API 等组件集成起来，方便商务智能应用的开发。它的出现，使得一系列面向商务智能的独立产品如 Jfree、Quartz 等，能够集成在一起，构成一项项复杂的、完整的商务智能解决方案。

目前，大数据分析处理技术正处在快速发展变化之中，相关的分析方法、程序和软件也在不断涌现中，上面仅对常见的大数据分析程序做了简要介绍，除此之外还有很多。例如，Apache Accumulo，Apache Cassandra，Apache CouchDB 等针对大数据处理中的某一部分或过程专门设计和开发程序。

三、大数据在草业科学中的应用

大数据具有数据占用存储空间大，数据类型多样，数据生成速度快，数据价值密度低的特征。大数据对人们传统思维的冲击有以下几点（涂子沛，2014）：一是改变了传统抽样分析的思想，大数据需要的是所有的数据，即“样本=总体”。二是改变了对“精确”数据的追求，大量的非结构化数据使得精确成为不可能。要想使用“所有”数据，就必须首先接受数据的不精确。三是弱化了对因果关系的探索和追求，更多地关注数据间的相关性。大数据使得人们更多地关注数据间的相关关系，研究与目标事物或现象有

相关关系的其他事物或现象，进而实现预测分析。这些变化会不断改变人们认识和探索世界的方式，必然影响草业科学领域的研究思路和方法。

随着数据搜集和处理方法的不断改善，草业科学领域的各种数据也在爆发式增长。例如，草地遥感技术的不断发展，使得研究人员可以方便地获取研究区大量的历史和现状遥感数据，不仅有各种卫星图像，还有基于卫星数据开发出的系列产品，如基于AVHRR 传感器开发的 GIMMS 数据集、Pathfinder 数据集，基于 SPOT 卫星的 Vegetation 数据集，以及基于 MODIS 传感器的植被指数产品、净初级生产力产品等。这些数据均达到 GB、TB 甚至 PB 级。随着草业科学相关学科的发展，科技工作者也可便捷地获取许多与草业相关的实时数据集，如来自气象台站、自动观测站的气象观测数据，来自各级政府和职能部门的社会经济数据等，这些数据每时每刻都在产生，并且随着观测和监测设备及技术的不断发展，必然导致数据量的不断增加。同时，各类科技期刊、学术专著等也发表了大量的草业科学相关研究结果数据，大数据和云计算的发展也在影响着草业科学领域工作者处理数据的习惯及方式。例如，谷歌公司推出的 Google Earth Engine（https://earthengine.google.com/）为用户提供了一个云端的数据浏览、计算和分析平台，Google Earth Engine 不仅组合了海量的卫星图像和地理空间数据集（包括 Landsat、Sentinel、MODIS 系列卫星图像数据及地形、土地覆盖、地表温度等专题数据），还支持对本地数据的在线处理分析，具有全球尺度的分析能力，为科学家和研究人员提供了发现地球表面的变化、动态和差异的工具及平台，使得用户在一定程度上摆脱了处理庞大数据的困扰。ESRI ArcGIS Online（http://www.esri.com/software/arcgis/arcgisonline），CartoDB（https://cartodb.com/），Turf（http://turfjs.org/）等产品也在做类似的工作。面对极大丰富的数据集，如何处理样本和总体的关系，到底什么数据应该采样获取，什么数据应该使用全集如传统草地调查采样多采用“样地+样方”法进行，存在的问题是传统采样数据并不能完全代表研究区的草地生长状况，但又很难做到采集“全部”样地数据。在采样中使用无人机、照相机拍摄的大量照片，以及随机采集的调研数据等资料如何使用；在研究某一现象时，应该考察哪些指标；是考查可能存在因果关系的指标，还是分析可能存在相关关系的指标。这是大数据带给我们的思考，也是大数据时代必然会面对的问题。

思 考 题

1. 简述关系型数据库的基本概念和优缺点？
2. 简述草业数据库设计的一般步骤？
3. 关系数据库的主要范式有哪几种？有何差别及特点？
4. 简述 SQL 在关系数据库处理方面的主要作用？
5. 什么是大数据？举例说明大数据在草业科学研究方面的潜在应用领域及其科学意义。

参 考 文 献

曹卫星. 2005. 农业信息学[M]. 北京: 中国农业出版社.

陈晓云, 徐玉生. 2009. 数据库原理与设计[M]. 兰州: 兰州大学出版社.

方巍, 郑玉, 徐江. 2014. 大数据: 概念、技术及应用研究综述[J]. 南京信息工程大学学报(自然科学版), 6(5): 405-419.

黄河, 王贤志. 2011. SQL 语言与关心数据库[M]. 北京: 电子工业出版社.

李春娥, 马轩龙, 严建武, 等. 2008. 网络版《中国草业开发与生态建设》数据库的更新[J]. 草业学报, 17(1): 100-106.

廖晶贵. 2015. 基于 Hadoop 的大数据关联规则挖掘算法的研究与实现[D]. 广州: 华南理工大学硕士学位论文.

马建光, 姜巍. 2013. 大数据的概念、特征及其应用[J]. 国防科技, 2013, 34(2): 10-17.

农业部信息中心. 2015. 中国农业信息网[EB/OL]. http://www.agri.cn/. 2015-05-10.

涂子沛. 2014. 数据之巅: 大数据革命, 历史、现实与未来[M]. 北京: 中信出版社 .

维克托·迈尔-舍恩伯格, 肯尼思·库克耶. 2013. 大数据时代[M]. 盛杨燕, 周涛译. 杭州: 浙江人民出版社.

严霄凤, 张德馨. 2013. 大数据研究[J]. 计算机技术与发展, 2013(4): 168-172.

中国农业科学院. 2015. 中国农业科学院数据库[EB/OL]. http://www.caas.cn/sjk/index.shtml. 2016-05-10.

Chen HC, Chiang RHL, Storey VC. 2012. Business intelligence and analytics: from big data to big impact[J]. MIS Quarterly, 36(4): 1165-1188.

Computing Community Consortium. 2012. Challenges and Opportunities with Big Data[R]. Washington, DC: Computing Research Association.

National Research Council. 2013. Frontiers in Massive Data Analysis[R]. Washington, DC: The National Academies Press.

第六章　草业资源管理信息系统

草地是人类生存和发展的基本资源，它不仅为人类提供了多种畜牧产品，还提供了多样化的生态服务，诸如防风固沙、保持水土、维持生物多样性及孕育不同特色的民族文化等，是保障人类生存不可或缺的基础资源（鲁春霞等，2009）。从人类把草地作为一种资源开发利用开始，草业资源管理也应运而生，不同时空条件下，形成了符合时代需要与特点的相关理论、方法和技术，产生了多种管理系统。计算机技术的应用和信息技术的发展，推动了相关领域的变革，也促使草业资源管理进入一个新阶段，这就是将草业资源管理与计算机相融合，通过信息手段对草业资源进行管理和调控。

草业资源管理信息系统的英文是 Management Information System of Practacultural Resource。本章主要从整体上讨论草业资源管理信息系统的相关问题，包括概念、特征、发展及开发过程等。

第一节　草业资源管理信息系统的概念与特征

本节从相关概念出发，对草业资源管理信息系统的定义、内涵和特征进行介绍。

一、草业资源管理信息系统的概念

草业资源管理信息系统就是运用管理信息系统的理念及方法对草业资源进行信息化的管理，因而草业资源管理信息系统的概念是草业资源和管理信息系统两个概念相互交融的产物。

（一）草业资源的概念

1. 定义

《中国草业可持续发展战略》（Du，2006）认为草业就是草地农业，它是以草地资源为基础，从事资源保护、植物生产和动物生产及其产品加工经营，获取生态、经济和社会效益的基础性产业。由此可以认为，草业资源就是草地农业系统所涉及的所有资源，它的主体是牧草和家畜，此外，还有草地上的其他动植物资源、微生物及其提供的生态服务，它具有一定的生物结构和地段类型并形成特有的生态环境。

草业资源可以分为物质资源和非物质资源，其中物质资源包括草地资源、家畜资源及野生生物资源；非物质资源包括草地景观资源、生态效能资源及社会效能资源。

2. 属性

草业资源作为在一定技术条件下被人类利用的自然资源，不仅具有组分构成属性、

自然属性和经济属性，还有功能开发属性（许鹏，2000）。

（1）草业资源构成的多组分性和整体性

构成草业资源的组分包括气候资源、土地资源、生物资源和人类生产劳动要素，它是具有新的特殊功能的复合型资源。在草业资源中，气候资源决定着草地资源类型的地带性分布和净初级潜在生产力；土地资源则为草地植物和动物提供栖居地，同时还对光、热、水分和养分进行再分配；生物资源是草业资源中最积极、最活跃的组分，是开展草地生产的主要对象，植物性生产系统和动物生产系统的相互耦合是草业生产最主要的特征；而生产劳动要素是使草地和植食性动物从自然体成为具有经济意义的草地资源和家畜的决定性因素。

尽管构成组分是多样性的，但对于具体的草业资源而言，其发生、存在和发展的气候过程、地貌过程、土壤过程、生物过程和生产过程等，都是在统一的时间内各自发生而又相互作用的，这深刻地反映出草业资源功能和特性体现的整体性。

（2）草业资源的自然属性

一是草业资源存在的物质基础——草地的数量巨大。在广袤的内陆半干旱到半湿润气候区，降水不足以支持森林群落的发育，但能够维持耐旱的多年生草本植物生长，同时适应复杂的生境条件，形成种类繁多的草地类型。二是草业资源质量的差异性。日地关系及地球特性的复杂性，造成地球表面不同区域环境条件的差异性和位置的有序固定性，进而形成各种具有地域性动植物的草业资源。三是草业资源发展的阶段性。在一定的时间段内，草业资源处于一定的发展阶段。当其能量和物质的产生与消耗大体相同时，资源处于平衡的稳态阶段。当能量与物质的产生大于消耗时，处于正向发展的富化状态阶段，资源数量也会随之增加。当能量与物质的产生小于消耗时，草地就处于负向发展的贫化状态阶段，资源数量不断减少。

（3）草业资源的经济特性

一是草业资源的易退化性与可更新性。一方面，草业资源容易因外力的影响而发生系统的退化和逆行演替；另一方面，它可以不断接收系统外的能量、水分、元素及支持性能量，通过维持和强化系统的生存与运动，实现系统的可更新性，同时在自然更新的基础上，草业资源还可以通过农业技术措施，提高其生产潜力。二是草地面积的有限性与生产潜力的可发展性。不但单位面积上由光、水、热量所决定的草地植物的自然生产力是有限的，而且在一定的技术水平下，人们能够开发利用的草地资源的数量和产量也是有限的。但这种数量的有限性和利用的局限性都是相对的，随着科学技术的进步，可以通过采用各种草地畜牧措施，综合提高草业资源的生产率；通过开发利用草业资源的其他功能，充分发挥其非物质生产能力。三是草业资源的资产性与增值性。跟其他资产一样，草业资源可以成为个人、法人或国家的固定资产，从而通过租赁或出售体现其价值。有效能的投入、区位的向好、需求的增加、利用方式的集约化及生态保护意识的增强都会使草业资源产生资产的增值。四是草业资源利用的个体性和后果的社会性。草业资源的开发和经营，是由不同规模的生产单位分别实现的，因而具有资源利用的个体性。然而，这些个体性利用对一定区域所产生的综合性后果，尤其是不良后果，不仅会影响本区域的生态环境和经济效益，还会通过“蝴蝶效应”在国家尺度、洲际尺度，甚至全

球尺度上产生巨大的社会性后果。

（二）管理信息系统的概念

1. 定义

管理信息系统的英文是 Management Information Systems，简称 MIS。其定义为：用系统的方式，通过信息媒介控制，达到服务于管理目的的系统（薛华成，2012）。

它包含三个概念：管理、信息和系统。管理就是收集信息，分析事物；信息是经过加工后，能够对决策者的行为产生影响的数据；系统是为了某种目的而相互联系的部件的总体。管理信息系统绝不只是信息，更不只是计算机，它是从管理出发通过信息手段来进行计划和控制的系统。

2. 特点

由上述管理信息系统的定义，可以看出管理信息系统具有如下的特点。

1）它是一个为管理决策服务的信息系统。管理信息系统必须能够根据管理的需要，及时提供信息，帮助决策者做出决策。

2）它是一个对组织乃至整个供需链进行全面管理的综合系统。管理信息系统综合的意义在于产生更高层次的管理信息，为管理决策服务。

3）它是一个人机结合的系统。管理信息系统的目的在于辅助决策，而决策只能由人来做，因而它必须是一个人机结合的系统。在管理信息系统中，各级管理人员既是系统的使用者，又是系统的组成部分，在管理信息系统开发过程中，就要根据这一特点，正确界定人和计算机在系统中的地位，充分发挥人和计算机各自的长处，使系统得到整体优化。

4）它是一个需要与先进的管理方法和手段相结合的信息系统。人们在管理信息系统的应用实践中发现，如果只简单地采用计算机技术提高处理速度，而不采用先进的管理方法，管理信息系统的应用仅只是减轻了管理人员的劳动，其作用发挥十分有限。要充分发挥管理信息系统在管理中的作用，就必须与先进的管理方法和手段结合起来，在开发管理信息系统时，融入现代化的管理思想和方法。

（三）草业资源管理信息系统的概念与内涵

1. 草业资源管理信息系统的概念

草业资源管理信息系统是草业资源管理与信息科学、计算机科学相融合的产物，也是草业资源管理者管理意识提高、管理需求增长的必然结果。

总的说来，草业资源管理信息系统是对草业资源信息进行管理的一系列元素相互联系相互作用的综合体，它是运用计划、组织、指挥、控制、协调等管理手段，对草业资源信息进行收集、存储、加工，并为生产提供服务，从而有效地利用人、财、物，实现草业资源的可持续利用的系统。

草业资源管理信息系统的核心是草业资源管理，强调对信息的组织、加工、分配、服务等过程，通过信息对草业资源及其管理进行分析、决策、控制、协调来规范人类的

行为。

2. 草业资源管理信息系统的新内涵

（1）现代草业资源管理信息系统是以可持续发展的信息观为指导的管理信息系统

传统的信息观强调信息是一种战略资源，是一种财富，是一种生产力要素，而片面地认为促进经济发展就是它最大的作用，却没有把信息放在“自然-社会-经济”这一完整系统中加以全面考虑。正是在这种传统信息观的指导下，信息技术取得迅速发展的同时，却加剧了人类对物质、能源资源的开发和利用，导致了地球环境恶化和生态严重失衡，因此迫切需要突破传统信息观的局限，形成一种新的信息观——可持续发展的信息观，即信息是社会、经济和自然的反映，如图 6-1 所示。

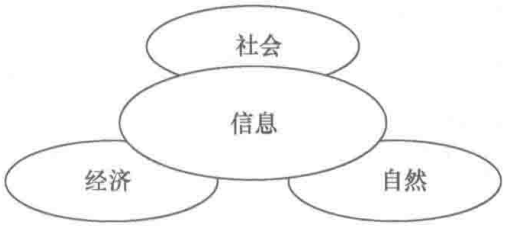


图 6-1　信息是对社会、经济和自然的反映

可持续发展是人类系统、资源系统、科技系统、经济系统、法律系统和伦理系统等系统良性综合作用的结果，而信息是对社会、经济、自然的反映，是这些系统相互关系的纽带和它们高效运行的前提。可持续发展的信息观在传统信息观的基础上，增加了以信息促进“自然-社会-经济”的全面进步并与之协调发展的内涵，是站在人类可持续发展的战略高度对信息内涵的揭示。

在现代草业资源管理信息系统中，信息资源是协调草业资源与社会、经济之间关系的纽带，而不是置环境和生态于不顾，片面强调草业资源的开发利用服务，信息资源的滥用会带来草地的过度放牧、草地生态系统严重失调，加重经济危机、资源危机和环境危机。应树立可持续发展的信息观来指导现代草业资源信息管理，信息资源的合理开发和利用可以直接创造财富，可以将封闭的、传统的草业资源管理引向开放、活化的管理模式，并优化生产结构和劳动组合，将有限的草业资源进行合理配置和利用，减少资源的不合理消耗。

（2）现代草业资源管理信息系统是为草业资源可持续发展服务的管理信息系统

以可持续发展为指导思想的现代草业资源管理信息系统综合考虑草地生态系统整体，扩展草业资源的内涵，拓宽管理内容和对象，不仅集中于草业资源本身，还考虑它的自然条件、环境及草地生态系统与其他系统的能量、物质、信息的交换。同时，现代草业资源管理信息系统还要适应当前我国市场经济的特点，考虑“可持续”的同时也要考虑“发展”，而如何最大限度合理地利用草业资源，既满足“可持续”的需求，又满足“发展”的需求，是困扰草业资源管理决策者的重大问题，所以现代草业资源信息管理就必须充当起辅助决策的角色。现代草业资源管理信息系统的一个重要任务就是通过对草业可持续发展中各基本要素的分析和预测，为可持续发展决策提供服务。反之，在

现代草业资源管理信息系统支持下的可持续发展研究也必将产生新的信息需求，不断推动现代草业资源管理水平的发展和提高。

（3）现代草业资源管理信息系统的核心是知识管理

现代管理为适应生产和管理活动的需要，正从以“物”为中心向以“知识”为中心转变，知识作为一种生产要素在经济发展中的作用日益增长。草业资源管理信息系统正面临着由“物”向“知识”的转变，通过处理信息、管理知识，使草业资源管理从劳动密集型向知识密集型方向发展。

长期以来，草业资源管理是通过反映草地和牲畜数量的多少来实施对“物”的管理，缺乏足够的决策知识，“适度放牧”与“超载过牧”在决策者的一念之间，这是导致草地资源退化的原因之一。现代草业资源管理信息系统要求根据计算机的智能推理知识，在广泛听取专家和牧民意见的基础上，实现对草业资源的全面管理。

知识经济的到来，敦促现代草业资源管理信息系统具有知识管理的能力并提供知识创新的机制。在草业资源管理信息系统的初级阶段，草业资源管理者缺乏辅助决策的知识，仅根据专业人员提供的底层数据，用管理者的主观经验所进行的判断和决策替代了原本比较复杂的决策过程。在草业资源管理信息系统的发展阶段，草业专家和草地畜牧业从业者利用所掌握的丰富的专业知识及实践经验，帮助决策者利用计算机的智能推理方法从基础数据中获取知识，进行决策。而现代草业资源管理信息系统，是真正具有创新能力的“决策者”，它可以利用专家提供的知识进行创新，包括产品创新、思想创新和技术创新，是“知其所以然者”。草业资源管理信息系统的变化过程是从知道“有什么”到“怎么做”的过程，是从处理数据和信息到管理知识的过程。其基本途径是在以现代化手段进行草业资源经营和管理的基础上，逐步实现知识管理，将以“物”为中心的草业资源经营和管理，转变为以“信息和知识”为中心的管理；从草畜产品等有形资产的生产过程，转变为将信息和知识等无形资源转化为生产力的过程。

（4）系统集成是现代草业资源管理信息系统的新思路

可持续发展作为社会发展的一个新模式或战略，正在世界各国普遍实施，草业资源及其信息管理作为一个复杂系统也正在被关注，而信息技术的发展为信息管理提供了强有力的支持。面对较原来更高的目标和要求，对于复杂的系统组成要素及其相互关系，对于外部社会、经济、自然环境的变化，对于信息管理的组织、运行，都需要一个新的思想来指导信息管理。系统科学的发展与实践，正在解决这个问题，这就是系统集成思想。系统集成思想不仅把草业资源及其管理看成是一个系统，注意它的系统组成和组成要素的关系，而且还在控制系统运行即开展管理活动时，考虑到众多的管理者和被管理者、各层次的组织和机构、各种时空状态和它们的变化、各类信息和知识、相关的手段和技术，并将它们作为有机整体进行系统思考。未来的草业资源管理信息系统，将以可持续发展为指导思想，体现自然科学与社会科学的集成；视草业资源及其管理为一个开放的复杂巨系统，使用集成的方法来认识与研究；根据需要和可能集各种信息技术为一体，为取得整体效益，在各个环节发挥作用。综上所述，可以认为系统集成是现代草业资源管理信息系统发展的一种新思路，是现代思想、方法、

技术等方面的一个集成体。

3. 草业资源管理信息系统分类

国内外一些管理领域的学者，分析了工业社会管理发展过程，提出了它的发展阶段：工业时代初期以所有制为核心的第一代管理，严格等级制的第二代管理，矩阵型组织的第三代管理，以计算机网络化为特征的第四代管理。现在，新的生产要素对传统生产观念提出了严峻的挑战，以人为中心的管理观念开始取代以“物”为中心的管理观念，产品观念、竞争观念都发生了巨大的变化，这就是 21 世纪的管理——第五代管理。它是基于知识的，是通过人所实施的知识管理，是“以人为本”、“以知识为中心”的管理，是管理的巨大革命。

从草业资源管理系统发展阶段分析，已经经历了描述草业资源状态与利用方式的数据管理，经过加工与组织，提供对管理者有用的数据——信息管理阶段，现在又进入了一个新的阶段——知识管理，它是基于信息之上的有关草业资源及其管理内容之间的因果性或相关性联系，并可以预测未来的信息管理。以知识的生产、获取、使用、传播为主要内容的未来的草业资源知识管理，主要通过知识的生成管理、知识的交流管理、知识的积累管理、知识的应用管理，互相制约形成一个有机的系统来完成相关管理。可以认为，知识的应用是管理的目的，知识的交流是生成知识的手段和途径，知识的更新是草业资源创新的动力，知识的积累是草业资源发展的基础。

既然知识管理将成为今后草业资源管理信息系统的主要目标，知识管理也就成为所有管理者的重要职能，是运用集体的智慧，提高应变和创新能力。它强调人的行为、强调合作、强调共享、强调开发、强调效益。因此，草业资源管理信息系统的内容已经不再是数据和信息处理的管理，而是通过管理思想、组织、制度的变革，在高新技术支持下，信息和知识广泛地组织和开发利用。

草业资源管理信息系统的内容很多，根据不同的方式分为不同的类型，按信息使用方式可分为：单项管理系统、综合管理系统、集成管理系统；按信息属性可分为：属性信息管理系统、空间信息管理系统；按信息管理对象可分为：前植物生产层管理系统、植物生产层管理系统、动物生产层管理系统和后生物生产层管理系统；按信息作用方式可分为档案管理、预警系统、动态监测、信息发布、规划与决策。图 6-2 列举了以不同方式对草业资源管理信息系统内容进行的分类。

在完成知识的生成管理、知识的交流管理、知识的积累管理、知识的应用管理活动中，无论采取什么方式，其手段与办法应该是符合时代发展的，也就是应该采取现代管理方法和技术，应用计算机、通信网络等为主要支持技术平台，以系统哲学为基础，利用还原论与整体论结合、定性描述与定量描述结合、局部描述与整体描述结合、确定性描述与不确定性描述结合、系统分析与综合分析结合等方法，人-机一体化，认识和处理复杂系统，为管理者提供调控草业资源信息管理活动和进行管理决策所需要的信息与知识。



图 6-2　草业资源管理信息系统分类

二、草业资源管理信息系统的结构

草业资源管理信息系统，是在草业资源管理的总目标下，从管理实践出发，用信息语言对管理范围内的客观实体的作用和相互关系进行描述，对草业资源及其所处的社会、经济、自然等环境状态与运动方式中知识信息的采集、存储、传递、加工和提供使用等处理环节进行管理的复杂系统。因此，草业资源管理信息系统的结构需要从全局的管理职能和过程出发，通过对信息需求及信息流程的综合抽象和逻辑关系的分析，对其逻辑结构和功能结构分别进行描述。

（一）草业资源管理信息系统的逻辑结构

草业资源管理信息系统的逻辑结构描述的是草业资源管理信息系统的信息及信息流的逻辑关系，这一关系可由图 6-3 说明。

草业资源管理信息系统的逻辑结构由 8 个部分组成，分别是用户界面子系统、基本信息管理子系统、标准规范管理子系统、知识管理子系统、分析评价子系统、模拟专家子系统、辅助决策子系统和调控监测子系统。分述如下。

1. 用户界面子系统

用户界面子系统基于草业资源管理信息系统硬件而设计，便于用户有效地使用系统并与系统进行双向交互。它包括以多媒体形式对数据进行表达，对各子系统进行展示和

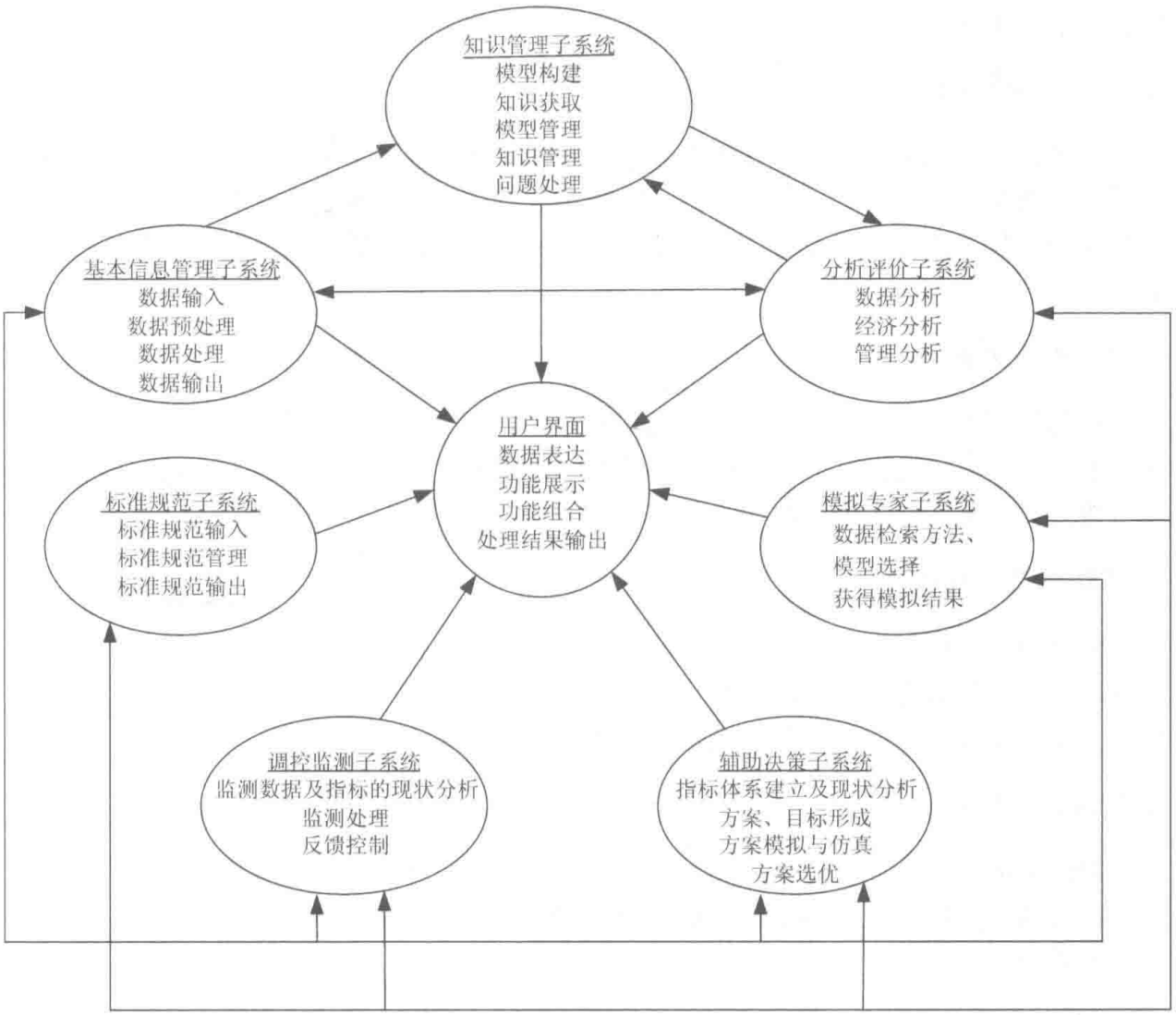


图 6-3　草业资源管理信息系统的逻辑结构

功能组合，以多媒体形式对处理结果进行输出及整个管理信息系统的网络传输。

2. 基本信息管理子系统

系统通过基本信息管理子系统实现对草业资源及其环境信息的存储、汇总与传递。主要功能包括原始数据的直接输入、检查、验证、标准化处理、编辑修改、查询检索等，外部数据格式的转换，以及结果数据的直接输出和网络传递。

3. 标准规范管理子系统

标准规范管理子系统是草业资源管理涉及的各种理论、政策、法规和信息系统建设规范的集成。主要功能有相关法规、标准、概念、理论等的收集，系统代码规则的存储，相关指标的增删改，以及上述标准规范的检索查询等。

4. 知识管理子系统

知识管理子系统对草业资源管理信息系统的所有知识进行收集、整理和存储。主要通过构建知识库，将内容纷杂、格式各异的知识分类管理，实现知识的集中有序存储、

快速检索调用和及时维护更新。

5. 分析评价子系统

分析评价是根据草业资源管理的目标，对草业资源管理过程和结果进行分析与价值判断并为决策服务的活动。分析评价子系统在数据统计、汇总、提取的基础上，分析草业资源的数量、质量、消长变化和管理效果，并对其现状、经济性、管理水平和环境影响等进行评价。

6. 模拟专家子系统

模拟专家子系统是基于草业专门知识和经验，模拟草业专家思维过程的人工智能系统。主要工作流程包括草业资源模型库的建立和建模工具的选择，模型的增删改、检索和运算，以及模拟结果的输出等。

7. 辅助决策子系统

辅助决策是以计算机技术、仿真技术和信息技术为手段，利用数据和模型为草业资源管理的各种决策提供多层次支持。主要工作流程包括指标体系的建立和现状分析，目标、方案的形成，方案模拟与仿真，以及方案的优选等。

8. 调控监测子系统

调控监测是对草业资源的数量、质量、消长变化及管理效果进行监测和调控。主要工作流程包括对监测数据和指标的现状分析评价，对监测结果进行调整处理，根据处理结果对系统进行反馈控制等。

（二）草业资源管理信息系统功能结构

草地资源管理信息系统的逻辑结构表示的是草业资源管理的逻辑关系，草业资源信息管理系统的功能结构则是从用户使用的角度出发，表明其输入、处理和输出的基本功能。图 6-4 即为草业资源管理信息系统功能结构。

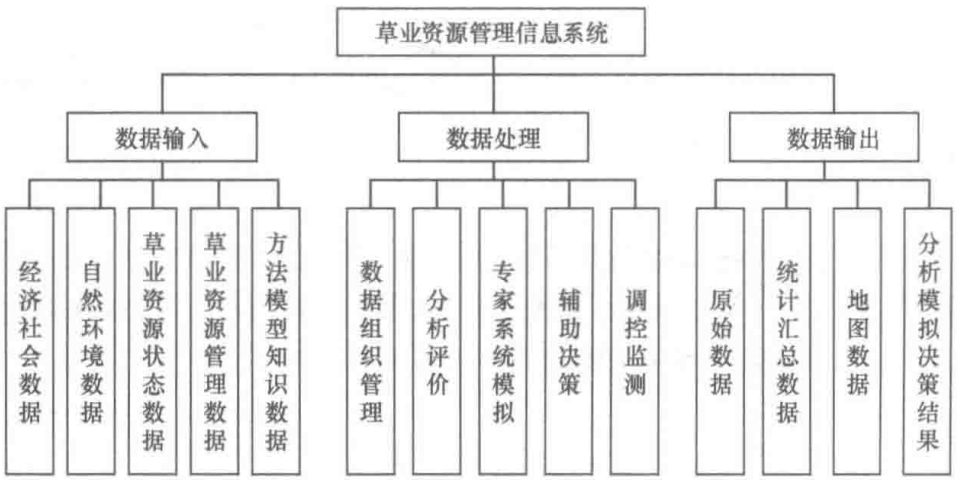


图 6-4　草业资源管理信息系统的功能结构

草业资源管理信息系统功能结构包括以下三大部分。

数据输入。其功能是将各种类型和格式的经济社会数据、自然环境数据、草业资源状态数据、草业资源管理数据和方法模型知识数据等输入系统中。

数据处理。其功能是对输入的数据进行组织管理，并用这些数据进行分析评价、模型模拟、辅助决策和系统的调控监测。

数据输出。其功能是将原始数据或处理的结果通过屏幕或纸质介质进行输出，输出的形式包括文字、图、表、地图等。

这里要指出的是，上述只是草业资源管理信息系统的一般结构，它不是固定的，可以由于时空的变化、目的和要求的变化，以及需求的变化而变化。对于一个具体的草业资源管理信息系统而言，需要在此基础上做进一步的细化，从数据管理、图形管理、图像管理、模型管理等多方面分别加以实现，并以超媒体技术实现功能和数据联系，采用科学化、信息化的手段使之成为经营管理草业资源的有力工具。

三、草业资源管理信息系统的特征

草业资源管理信息系统的特征，是指在系统的研制和应用过程中，与其他管理信息系统相比所具有的独特性质。

（一）草业资源管理信息系统是一个复杂的系统

草业资源管理信息系统是一个复杂系统，这是由系统的管理对象——草业资源的高阶性、非线性、随机性决定的，高阶性是指草业资源的组成要素多元复杂，非线性和随机性等则表明组成要素之间的联系方式方法和状态的复杂性。草业资源管理可分为宏观、中观和微观等类型，每一类型中又有上层决策、中层调控、下层实施等层次，每一类型、每一层次为完成一定的管理职能，又需要众多要素构成子系统，多个子系统相互关联就形成整个草业资源管理信息系统。首先，组成草业资源管理信息系统各个子系统的诸要素，来自社会、自然、经济各个领域，各要素之间，各类型、各层次的子系统之间，草业资源管理信息系统内部要素与外部环境要素之间，在特定的条件下，通过各种方式方法相互联系、相互影响、相互制约，这种种联系纵横交错组成一个复杂系统。其次，一方面草业资源状态与利用方式的众多关系，不是简单的线性关系，所以作为描述或者控制草业资源状态与运动方式的信息也不能采取简单的线性模型；另一方面，在很多时空条件下，信息之间的传递交换及管理者提取使用信息的方式都具有非线性性质，处理错综复杂的信息是草业资源管理信息系统的必然。最后，草业资源发生发展的社会、经济、自然环境的不确定性，以及管理者处理问题的主观性，决定着草业资源管理具有随机性，因而草业资源管理信息系统要对客观上和主观上的随机及它们的综合进行恰当的处理，这是系统复杂的又一个因素。

（二）草业资源管理信息系统是一个多元化的系统

草业资源存在时空差异，即时间和空间上的不一致性，因而构成草业资源管理信息系统的要素是多元化的，具体表现在系统信息源、信息需求、组成要素、载体、信息系

统的结构和功能等各个方面。首先，由于所处的时空环境不同，对特定区域内的草业资源而言，不同物种各有其发生发展的自然、社会、经济条件，同一物种又处于不同的发展阶段，在总体上表现为时间和空间的二维差异。其次，相同自然条件下的草业资源单元可能有不同的经济条件，而同一经济条件下，又有千差万别的自然和社会状况，各种组合进一步体现了多维差异。因此，表示草业资源状态和利用方式的信息，在信息源上，有社会、经济、自然环境、草业资源及其经营利用活动等多种来源；在形式、内容和时态上，有各种图形、图像、文字、数值为载体的不同的空间和时间信息。最后，不同的管理者不但需要多元化的信息，而且在处理、使用、组织、加工信息和知识时，也必然采用多元化的方法。

（三）草业资源管理信息系统是一个耦合的系统

草业资源本身就是集时空耦合和种间形态耦合为一体的复杂系统，在一定的时间与空间条件下，各子系统之间可能发生双相或多相的联系，形成时间耦合、空间耦合或时间-空间耦合。同时，特定的草业资源作为一个生态系统，包含丰富的植物、动物物种和种群，通过优化组合，产生种间形态的耦合。因此，单一的时态模型模拟、空间图像图形分析或物种状态分析，只能从一个侧面认识草业资源，只有把它们结合起来，在空间分析时考虑到时间的因素，在了解时间发展过程时结合空间性分析，在资源利用分析时将牧草和家畜相结合，形成一个耦合系统，才能客观、全面地认识和管理草业资源，从而更科学地调控它的发展。

（四）草业资源管理信息系统是一个动态的系统

对于以可持续发展系统草业资源为管理对象的草业资源管理信息系统来说，它必然是一个不断发展变化的连续过程，即动态的进程和系统。一方面，草业资源本身具有时间属性，会随着时间推进不断变化；而且处于不同生命周期的草业资源所产生的生态环境效益、经济效益和社会效益也不相同。另一方面，草业资源的资源生长与资源消耗之间、资源与人口之间的关系，也随着时间的变化而变化。需要特别说明的是，这并不意味着草业资源管理信息系统中不存在静态数据，因为正是一系列时间节点上反映当时当地条件下草业资源状态的静态截面数据构成了动态的草业资源管理信息系统。草业资源管理工作者面对的是客观存在的不断变化的数据，不管是否被获取，草业资源都在变化，反映草业资源状态的数据也在不断变化。正确、有效的管理来源于正确的判断，正确的判断来源于正确的信息，因此草业资源管理信息系统不仅需要，而且还应该依据客观存在且不断变化的事实，不断更新数据，保持草业资源管理信息系统中信息的时效性，是草业资源管理信息系统的重要任务。

（五）草业资源管理信息系统是一个社会开放性的系统

秉承“社会参与办草业”和“跳出草业办草业”的思想，吸引社会公众积极参与到草业资源管理中来，为草业资源的可持续发展建言献策，提供资金支持，达到自然、经济、社会和谐发展的最终目标，是草业资源信息管理信息系统必须要兼顾的内容。以此

出发，草业资源管理信息系统作为与外界存在能量、物质和信息交换的开放系统，必然源于社会，用于社会。社会化把经营和管理草业资源的人结合到一定的社会关系中，社会化程度越来越高，表明草业在生物的、经济的意义基础之上，表现出人文的和社会的意义越大，而这一切是通过草业资源管理层面与经济、社会、自然环境及其之间的能量、物质和信息的交换实现的，草业资源管理信息系统应该运用现代科学来解决草业资源管理中的问题，成为人类和自然之间整合为一的纽带。

四、草业资源管理信息系统的发展

（一）草业资源管理信息系统发展概述

早期的草业资源管理，以草业资源的定性和定量描述为主，并以此为基础进行简单的数据分析和决策控制，严格地说，这属于数据管理，而不是信息管理。直到 20 世纪 70 年代，随着计算机技术的发展，草业资源管理与信息技术的应用相结合，出现了可以提供草地资源特征属性状态报告的数据处理系统，它可以看作草业资源管理信息系统的雏形。

此后，随着计算机技术的发展，草业资源管理信息系统与地理信息系统（GIS）相结合，将属性数据资料叠加在空间资料上，生成信息更为全面的专题图件，如植被类型图、土壤类型图、水系图、土地利用类型图、草地类型图等。

从 20 世纪 90 年代开始，“3S”技术成为草地资源管理信息系统的核心技术，在放牧管理的监测和评估、草地生产力评价、草地土壤调查和制图、草原集水区研究、野生动物栖息地制图等方面广泛使用。例如，澳大利亚使用资源卫星影像与家畜分布模型相结合，评估干旱放牧区中牛的运动模式和放牧状况；美国用资源卫星的资料对北美草原的生长状况进行评估，利用机载仪器，如可见光、红外光谱仪（AVIRIS），高分辨率影像光谱仪（HIRIS）等探测草地植物组分。在此基础上，美国、澳大利亚、加拿大这些畜牧业发达的国家，开发研建了适用于不同草业生产层的草业资源管理信息系统，主要有以下几个系统。

放牧土地应用系统（Grazing Land Applications，GLA），由美国得克萨斯 A&M 大学草地生态和管理学系与美国农业部土壤保护中心联合开发，该系统的基本功能是通过分析草地饲草现存量、载畜量、畜群结构、饲草平衡状况，帮助土地管理技术顾问对各种类型的土地（包括山地、林地、人工草地、旱地和宜牧的作物土地）进行放牧日程安排、饲养管理、营养平衡分析、管理风险评估、长期土地改良投资分析等。扩展的功能有 GAAT 模块——动态专项投资分析子系统，GLAS 模块——图像化地貌分析子系统，以及 PHYGROW 模块——基于水文学的植物生长预测子系统。

Rangepack 系统，由澳大利亚联邦科学与工业研究组织（CSIRO）的国家牧区课题组和相关科研机构合作开发。该系统能够满足天然草地及羊群的财产管理和区域策略评价的要求，分为三个主要模块：Herd-Econ 子系统包含生物学、气候学和经济学的相关模型，用来评价天然草地长期投资的可行性；PAD-DOCK 和 CLIMATE 均为数据库，前者是 GIS 数据库，用来存储大型牧区的水系水文数据及牧区利用记录，后者是澳大利亚

干旱地区气象台的一个总数据库，专门用于分析各类极端气候的概率问题，对干旱牧区进行长期投资分析具有重要的实用价值。

Stockpol 系统，由新西兰农牧渔业部 Whatawhata 研究中心专家和牛羊生产顾问合作开发。该系统可以根据牧草生长及饲养计划安排、施肥、保护和刈割状况，确定草地最佳载畜量，还能够确定每类家畜的饲喂需求，并生成牧草生长和逐月牲畜需求及其物流信息报告、饲喂供应-需求曲线、牧草产量报告和财务报表等。

Floekplan 系统，由英国肉类与家畜委员会的一些专家与 700 多个绵羊生产者协作开发的系统，在 Smartware Ⅱ（Informix SoftWare，Inc.）平台上开发。能够将生产者收集的羊群信息经过系统分析，使用咨询模型和草地规划模型对饲喂方式及羊群的合理平衡问题进行咨询，并发布总收入、市场流通格局、草地利用和产羔情况等信息。

Beefman 系统，由澳大利亚昆士兰州开发的肉牛业管理信息系统，用以帮助生产者在兼顾肉牛生产的生物持续性和经济持续性的前提下做出更好的决策。系统包括 6 个功能模块：GrassMan 子系统用于辅助防治杂草和确定载畜量，StockMan 子系统用于比较不同的肉牛群饲养管理策略，BreadCow 子系统是一个静态畜群平衡电子表格模型，DynaMan 子系统则是动态畜群平衡电子表格模型，RainMan 子系统可为气候分析提供概率计算，ForageMan 子系统则是一个用于饲草作物管理决策支持模型。此外，还有 3 个软件包 StockUp、FeedUp 和 BeefUp，分别帮助用户从事载畜量确定、饲草贮备利用和肉牛牧群的组织等管理活动。

我国对草业资源管理信息系统的研究工作起步较晚，第一个全面系统的草地资源数据库是 1992 年由中国农业科学院草原研究所建立的；1993 年该所以草地资源数据库为基础开发建设了具有遥感估产、草畜平衡动态监测、牧草长势预测和草原灾害监测功能的“北方地区草畜平衡动态监测系统”。此后，草业工作者从不同的使用目的出发，开发建设了各种草业资源管理信息系统，比较成功的有：1994 年内蒙古环境监测站的赵晓霞、张自学等为合理开发利用荒漠草原开发的具有信息提取、专题图编制、统计分析等多种功能的“达茂旗草原生态环境信息系统”；1996 年新疆农业大学和新疆农业科学院的朱进忠、常松等开发的“新疆草地资源管理信息系统”，不仅实现了统计数据库与空间数据库的连接，还加入了分析评价、发展预测、决策规划等管理模型；1999 年由任继周院士主持，甘肃省草原生态研究所的陈全功、梁天刚等开发研制的“甘肃省生态建设与草业开发专家系统”，将多年来草业专家积累的知识、经验和技术，以及甘肃草业资源的各种属性，以文本、图形、图像和视频等多媒体信息集成的方式集中展示在用户面前。

“3S”技术和计算机网络技术的不断成熟，为草业资源信息的快速获取、图形表达、维护管理等提供了可靠的技术支撑，使开发建设拥有处理海量数据、进行定量化分析能力的可以跨区域共享的草业资源管理信息系统成为可能。2002 年，由中国农业科学院草原研究所袁清研究员设计开发了我国第一个全国草地资源监测和信息管理的数据共享 WebGIS 平台。该系统运用 Java 语言、网络技术、数据库技术和遥感技术，将 8 个栅格图件（DEM 图、土壤类型图、草地类型图等）进行叠加，使用户可以通过互联网实现对系统内属性到图斑的浏览查询、图斑到属性的查询、空间运算等功能。2007 年陈全功

等也推出了基于 WebGIS 的“中国草业开发与生态建设系统”。兰州大学的冯琦胜等（2009）以 ASP.net 和 ArcGIS Server 技术为基础，在 Visual Studio 2008 开发环境下，设计开发出“甘南牧区草畜数字化管理系统”，实现了 B/S 环境下对甘南牧区草畜动态平衡状况的监测。

（二）草业资源管理信息系统的发展趋势

进入 21 世纪，国家信息化战略部署的深入，引起各地畜牧业管理部门对草业资源管理信息系统开发建设的重视，出现了面向多个层面的草业资源管理信息系统，服务于草业生产的各个领域。为更好地适应草业资源管理的复杂性特点，研究者将系统科学、管理科学和信息科学在草业资源管理领域的应用推向纵深，以系统集成为统领的草业资源管理信息集成系统成为草业资源管理信息系统研究的新趋势。

草业资源管理信息系统从科学管理需要出发，融合了相关理论、方法和技术，为管理者提供了强有力的技术支持。但是，对于草业资源管理这样一项复杂的系统工程来说，各要素的不确定性，如管理者的素质和价值观、组织机构的性质及其功能、不断变化的时空环境等，使传统的管理方式和建立在它们基础上的方法、技术，不能完全满足实践的需要。因此未来的发展趋势是利用系统科学、草业科学、管理科学、信息科学等科学技术发展的新思想、观点、方法与技术，在系统集成思想指导下建立草业资源管理信息集成系统，不仅仅是技术的改进，还包括人的思想、管理理念、组织结构、功能过程、方法技术等方面的全面变革。

草业资源管理信息集成系统是指导草业资源各生产层组织管理的方法和策略，它不仅需要技术，还含有艺术的成分，能够提供草业资源管理一体化的思路和解决方法。它是针对草业资源复杂性管理提出的全面解决方案，充分考虑草业资源管理活动中的人、组织、管理、信息、技术、计算机系统平台等多方面的因素，为建立一个基于统一的、标准的、开放的、综合运用各种先进信息技术的、有先进管理规范的技术系统而提出的新理念。

草业资源管理信息集成系统，不仅将系统置于自然-社会-经济大环境之中，而且还充分考虑“人”的主观能动性，从人的思想、素质、需求、人际关系等方面，进行人与人、人与计算机、人与资源、人与环境之间的集成，满足人对信息和知识的需求。“3S”技术、互联网、物联网、人工智能等各种高新技术为草业资源管理信息集成系统提供基础支撑，将草业资源管理涉及的计划、组织、执行、协调、控制等各种活动有机地综合为整体，进行组织集成，使其符合可持续发展的总体要求；通过各种管理手段促进知识的生产、传播和应用，使知识成为生产力。

草业资源管理信息集成系统，是在可持续发展、知识经济和数字地球等背景下，利用系统集成思想，从“自然-社会-经济”复合系统的整体出发，考虑草业资源管理问题，为知识创新和知识管理提供完善的功能与机制，使草业资源管理融入数字地球之中，最终使草业在知识经济社会中获得更大的发展；它是以人为本，变革思维方式，提高素质和技能，对管理体制进行革新，对草业资源管理业务进行重构；它是一个综合多种先进技术的支持系统，以信息集成为基础，搭建多级系统平台，是对草业资源管理的人、组

织、过程、方法、数据、技术的集成，完成计划、组织、指挥、控制、协调等管理职能，达到草业资源管理整体效益的最大化。

第二节　草业资源管理信息系统的开发

草业资源管理信息系统的开发是一项复杂的系统工程，本节将在概述草业资源管理信息系统开发流程的基础上，重点对系统的分析、设计和实施进行详细介绍。

一、草业资源管理信息系统的开发流程

（一）草业资源管理信息系统的生命周期

草业资源管理信息系统的生命周期是指从管理信息系统立项、功能确定、设计、开发成功、投入使用，并在使用中不断修改、完善，直至被新的系统所替代，而停止该系统使用的全过程。它包括开发和使用两个阶段。

（二）草业资源管理信息系统开发的任务

草业资源管理信息系统开发的任务就是根据草业资源管理的目标、内容、规模、性质等具体情况，从系统论的观点出发，运用系统工程的方法，按照草业资源发生发展的规律，建立计算机化的管理信息系统。其中的核心工作，就是开发出满足用户需要的现代化草业资源管理应用软件系统。

（三）草业资源管理信息系统开发的原则

为了保证草业资源管理信息系统开发的顺利进行，在系统开发过程中应遵循以下原则。

1. 完整性原则

草业资源管理信息系统是一个由不同功能的子系统构成的有机整体，它的完整性主要体现为功能目标的一致性和系统结构的有机化。在进行系统开发时，要坚持统一规划，严格按阶段分步实施，先确定系统信息及信息流的逻辑关系（模型），再设计完成系统信息处理功能的物理结构（模型）。计算机化的信息系统必须从系统总体出发，各子系统的功能要尽可能规范，数据格式要统一，语言描述要一致，信息资源要共享，从而保证各子系统协调一致地工作，避免信息的大量重复（冗余），寻求系统的整体优化。

2. 适应性原则

随着人们对于草业资源需求的多样化，新的管理内容和方法也会不断出现，因而在进行系统开发时，必须秉持开放性、超前性的理念，使系统具有较强的动态适应性。当管理内容和模式或计算机软硬件等发生变化时，只有具备良好的可扩展性和易维护性的草业资源管理信息系统，才能够很容易地进行修改、扩充。因而在系统开发时，一定要为各种编码、记录、文件程序等的变动和新增留有充分的余地。

3. 相关性原则

组成草业资源管理信息系统的各子系统各自有其独立的功能，同时相互联系、相互作用。信息流将各子系统的功能联系起来，形成一个不可分割的整体。某一子系统发生变化，其他子系统也要相应地进行调整和改变。因此，在进行系统开发时，必须考虑系统的相关性，不能孤立地看待和处理各子系统的目标、界限、输入、输出和处理内容等问题。

4. 可靠性原则

系统的可靠性是检验系统成败的主要指标之一，只有安全可靠的系统才能顺畅地运行和使用。因而在进行草业资源管理信息系统开发时，要保证系统所应用的软件和硬件设备的稳定性与适用性，要保证数据采集的质量，要对输入的数据进行校验，要有一整套切实可行的安全措施，这样就能使系统的可靠性得到充分的保证。

5. 创新性原则

开发草业资源管理信息系统不是简单地用计算机模仿传统的管理方式和内容，而是发挥计算机的各种能力去改进传统的工作，进行管理模式的创新。例如，利用计算机的图形图像功能对草地类型、轮牧小区等进行地图化表达，利用计算机的栅格计算功能对产草量、载畜量进行估算等。

（四）草业资源管理信息系统的开发流程

草业资源管理信息系统的开发流程包括系统规划、系统分析、系统设计、系统实施、系统维护和评价五个阶段，各阶段的主要工作内容如下。

1. 系统规划阶段

系统规划阶段的任务是在对草业资源信息进行初步调查的基础上提出开发管理系统的要求，根据需要和可能，给出系统的总体方案，并对这些方案进行可行性分析，产生系统开发计划和可行性研究报告两份文档。

2. 系统分析阶段

系统分析阶段的任务是根据系统开发计划所确定的范围，对草业资源进行详细调查，确定资源系统运作的业务流程、基本目标和逻辑模型，这个阶段又称为逻辑设计阶段。系统分析阶段的工作成果体现在“系统分析说明书”中，这是系统建设的必备文件。它是提交给用户的文档，也是下一阶段的工作依据，“系统分析说明书”一旦评审通过，就是系统设计的依据，也是系统最终验收的依据。

3. 系统设计阶段

系统分析阶段回答了开发草业资源信息系统“做什么”的问题，而系统设计阶段的任务就是回答“怎么做”的问题，即根据系统分析说明书中规定的功能要求，考虑实际

条件，具体设计实现逻辑模型的技术方案，即设计信息系统的物理模型，所以这个阶段又称为物理设计阶段。它又分为总体设计和详细设计两个阶段，产生的技术文档仍反映在“系统设计说明书”里。

4. 系统实施阶段

系统实施阶段的任务包括计算机等硬件设备的购置、安装和调试，应用程序的编制和调试，人员培训，数据文件转换，系统调试与转换等。系统实施是按实施计划分阶段完成的，每个阶段应写出“实施进度报告”，系统测试之后写出“系统测试报告”。

5. 系统维护和评价阶段

系统投入运行后，需要经常进行维护，记录系统运行情况，根据一定的程序对系统进行必要的修改，评价系统的工作质量和经济效益。

二、草业资源管理信息系统的分析

草业资源管理信息系统的系统分析阶段的任务是根据系统开发计划所确定的范围，确定系统的基本目标和逻辑模型，这阶段又称为逻辑设计阶段。

（一）系统需求分析

系统需求分析就是针对用户的实际需要展开分析和调查。只有了解用户的需求，才能确定系统的目标。需求分析的目的有三个：一是获取准确、清晰、完整的需求，包括功能需求和非功能需求；二是确定需求的分级，划分需求的优先级，指导后续工作；三是收集系统用户的业务资料，预测系统信息管理需求的发展趋势，为系统的开发方向提供依据。需求分析要求能够回答系统“做什么”这个关键问题，只有明确了这个问题，才有可能有针对性地去解决这个问题。把需要解决哪些问题、满足用户哪些具体需求分析清楚，从逻辑上，或者说从信息处理的功能需求上提出系统的方案，即建立逻辑模型，为下一阶段进行物理方案确定设计的方向。简单地说，系统需求分析阶段就是将系统的目标具体化为用户需求，再将用户需求转换为系统的逻辑模型，系统的逻辑模型是用户需求明确、详细的表示，它们之间的关系如图 6-5 所示。

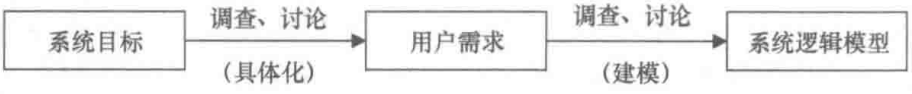


图 6-5　草业资源管理信息系统目标、用户需求和系统逻辑模型的关系

（二）系统功能分析

系统功能分析是整个系统分析中最先进行的一个环节，也是最为基础的环节。草业资源管理信息系统的建设有一个总的目标，要达到这个目标，各子系统就必须在各自功能充分完成的基础上形成良好的信息流反馈机制。功能分析的目的就是确定各个子系统的功能结构，并以其为线索，明确各个子系统信息流向，以此掌握系统的功能体系。

功能分析可以用功能结构图来表示。功能结构图是一个以系统功能为主体的树形图，它把一个复杂的草业资源信息系统分解为多个功能较单一的模块。一方面，各个模块具有相对独立性，可以分别加以设计实现；另一方面，模块之间的相互关系通过一定的方式予以说明，各模块在这些关系的约束下共同构成一个统一的整体，完成系统的功能。图 6-6 为“甘南牧区草畜数字化管理系统”的功能结构图（冯琦胜等，2009）。

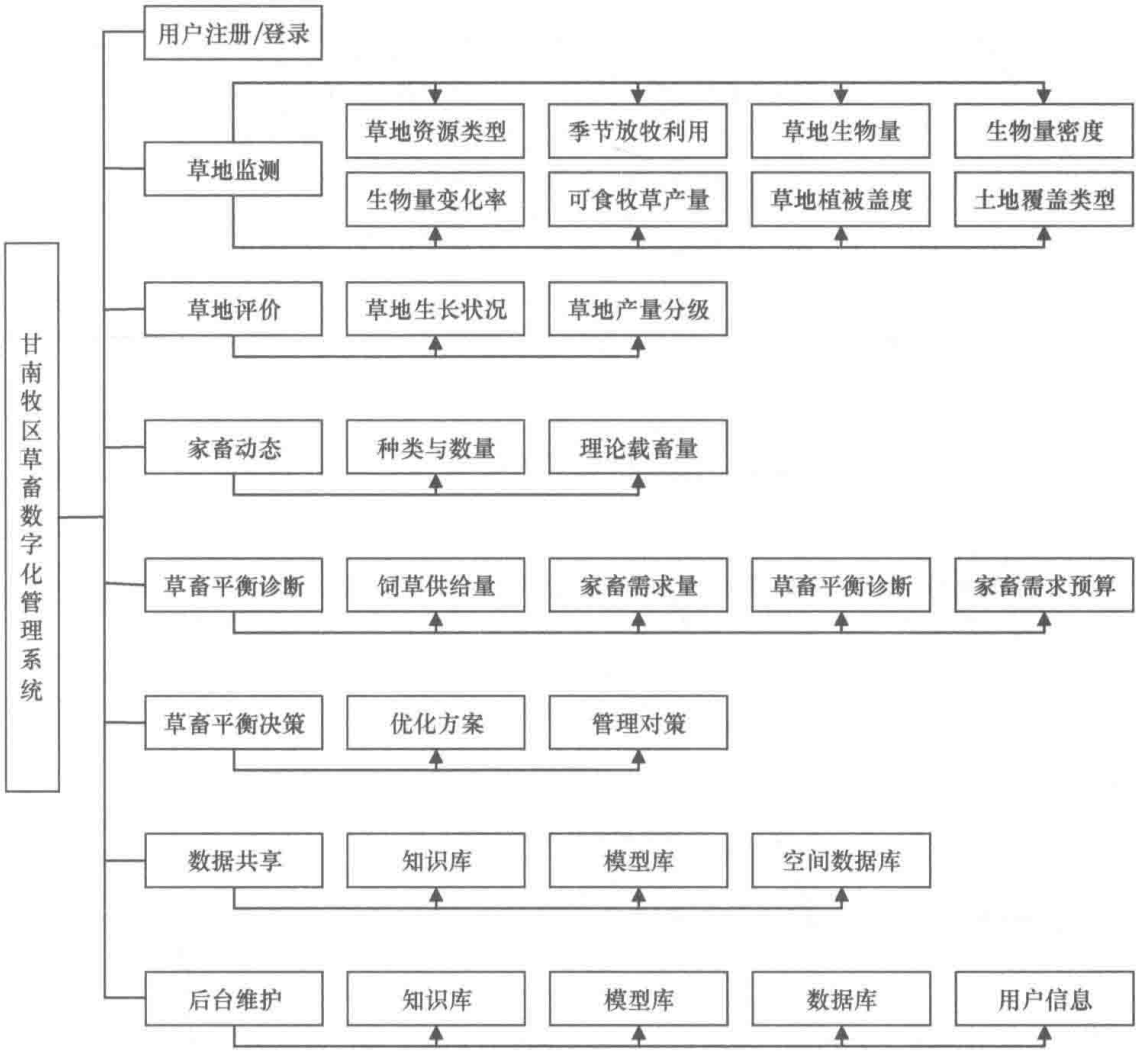


图 6-6　“甘南牧区草畜数字化管理系统”功能结构图

（三）系统流程分析

系统功能分析的重点在于描述系统的功能特征及各功能模块之间的调用关系，但并未表达各功能之间的信息传递关系。因此，为了进一步表达系统中信息的传递和处理过程，还必须进行系统流程分析，它是在系统功能分析的基础上，利用前期调研收集的资料，通过对输入输出信息的详细分析，然后将具体的信息处理过程在计算机中的主要运行步骤上标识出来，形成一个直观图，这样的图称为系统流程图。图 6-7 为“中国草业开发与生态建设”信息系统（http://www.ecograss.com.cn）中草原综合顺序分类电子地图的制作流程（梁天刚等，2001）。

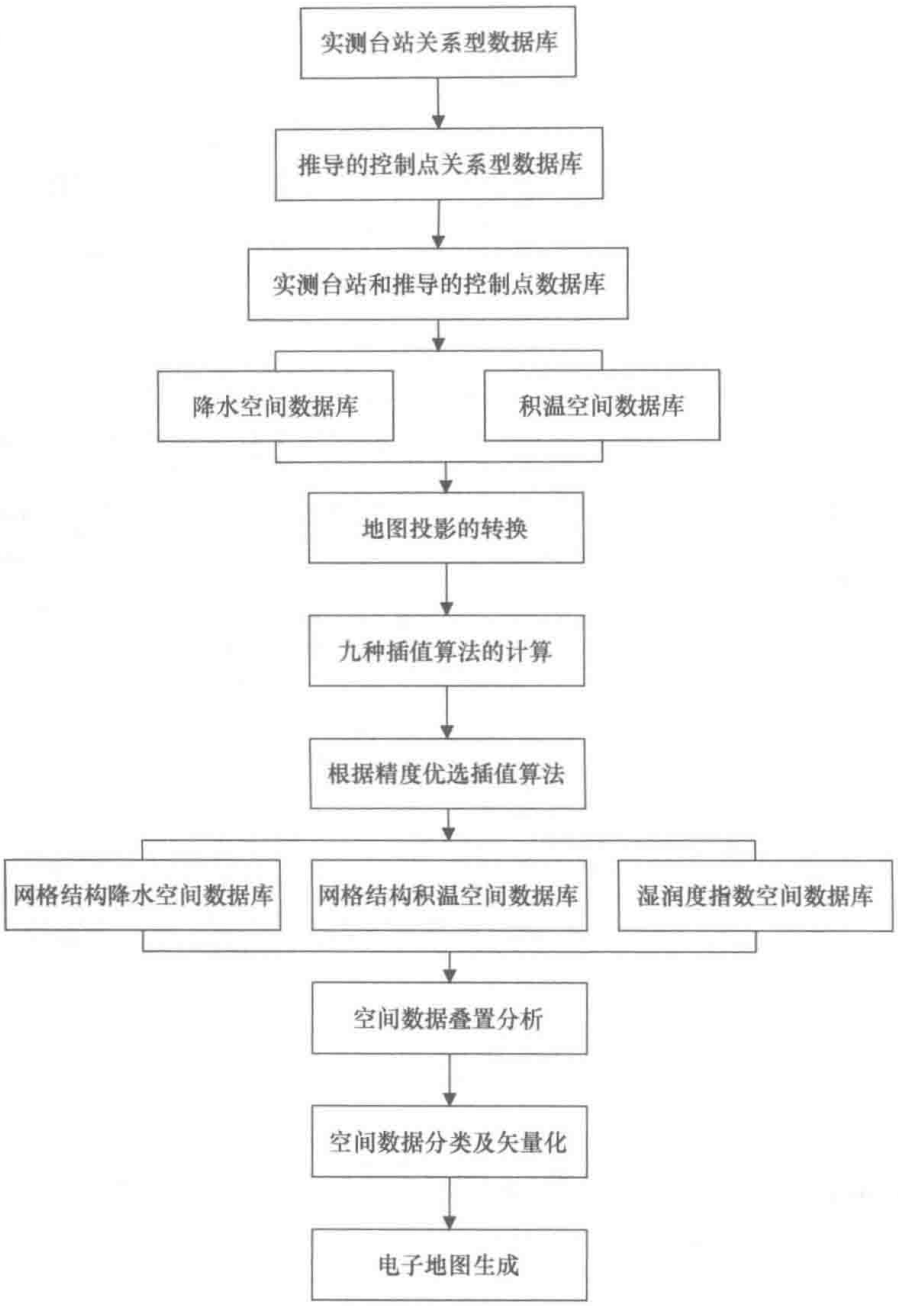


图 6-7 “中国草业开发与生态建设”信息系统中草原综合顺序分类电子地图的制作流程

（四）数据流程分析

数据流程分析是把数据在系统内部的流动情况抽象出来，舍去具体的信息载体、处理方法、技术手段等，单从数据流动过程来考查系统功能模块的数据处理模式。数据流程分析主要包括对信息的流动、传递、处理、存储等方面分析，其目的就是要发现和解决数据流通中的问题。

数据流程图是描述管理信息系统逻辑模型的主要工具，它主要有两个特点：一是概括性，数据流程图把系统内各种功能模块的处理过程联系起来，形成一个综合的数据流程整体，具有很强的概括性；二是抽象性，数据流程图不考虑具体的物理因素，如具体的存储介质、处理方法和技术手段等内容，只是抽象地反映数据的流向、自然的逻辑过程和必要的逻辑数据存储。数据流程图抽象地总结出草业资源管理信息系统的任务，以

及各项任务之间的顺序和关系，从信息处理的角度将一个复杂的实际系统抽象成一个逻辑模型。图 6-8 为“中国草业开发与生态建设”信息系统（http://www.ecograss.com.cn）中“草业知识库查询”模块的数据流程图。



图 6-8　“中国草业开发与生态建设”信息系统中“草业知识库查询”数据流程图

（五）系统分析报告

系统分析阶段的最终成果是系统分析报告，又称为系统说明书。系统分析报告反映了这一阶段调查分析的全部情况，是下一步设计与实现系统的纲领性文件。

一份好的系统分析报告应该不仅充分展示前段调查的结果，而且还要反映系统分析结果——系统的逻辑方案，这是非常重要的。系统分析报告主要包括以下内容。

1. 引言（概述）

主要是对系统的基本情况做概括性的描述，它包括系统的结构和目标，子系统的工作流程和功能，系统开发的有关背景及文本所用的专门术语等。

2. 项目概述

项目概述部分包括以下几部分。

1）项目的主要工作内容：简要说明本项目在系统分析阶段所进行的各项工作的主要内容。这些是建立系统逻辑模型的必要条件，而逻辑模型是书写系统说明书的基础。

2）系统需求说明：说明用户对系统的各种要求，包括系统的目标、主要功能、工作流程及有关的功能结构图和业务流程图。

3）系统的逻辑模型：通过对用户对系统目标和功能的分析，确定系统的逻辑模型并用数据流程图加以说明。

3. 实施计划

1）工作任务的划分：说明开发中应完成的各项工作，并按系统功能（或子系统）划分，进行任务分工，指明各项任务的负责人。

2）工作进度：说明各项工作任务的预定开始时间和完成时间，规定各项任务完成的先后次序及任务完成的界面。

3）经费预算：逐项列出开发项目所需要的经费预算。

系统分析报告的编写反映系统分析工作的水平，应认真对待，切实做到情况清楚、观点明确、论证有力、简单明了。系统分析说明书形成后必须组织开发单位的高层领导、管理人员、专业技术人员、系统分析人员等各方面的人员一起对已经形成的逻辑方案进行论证，尽可能发现其中的问题、误解和疏漏。对于问题、疏漏要及时纠正，对于有争论的问题要重新核实当初的原始调查资料或做进一步的调查研究，对于重大的问题甚至

可能需要调整或修改系统目标，重新进行系统分析。总之，系统分析说明书是系统分析阶段最重要的文档，用户可以通过系统分析报告来验证和认可系统的开发策略与开发方案，而系统设计师可以用它来指导系统设计的工作和以后的系统实施标准，必须非常认真地讨论和分析。

三、草业资源管理信息系统的设计

开发草业资源管理信息系统的系统分析阶段回答了系统“做什么”的问题，而系统设计阶段的任务就是回答“怎么做”的问题，是整个开发工作的核心。根据系统分析说明书中规定的功能要求，考虑实际条件，具体设计实现逻辑模型的技术方案，即设计新系统的物理模型。所以，这个阶段又称为物理设计阶段。它分为总体设计和详细设计两个阶段，产生的技术文档是“系统设计说明书”。

（一）草业资源管理信息系统的总体设计

系统总体设计也称为软件架构，它描述了系统的整体构成框架，这是系统设计阶段的第一步，需要根据系统的总目标和功能将整个系统合理划分若干个功能模块，正确处理模块之间的调度关系和数据关系，定义各模块内部结构等。也就是说草业资源管理信息系统的总体设计是从计算机实现的角度出发，对前一阶段划分的子系统进行校核，使其界面更加清楚和明确，并在此基础上，将子系统进一步逐层分解，直至划分到模块。

系统总体结构设计需要遵循以下两个指导思想。

1. 模块化设计思想

结构化设计方法的基本思想是使系统模块化，即把一个系统自上而下逐步分解为若干个彼此独立而又有一定联系的组成部分，这些组成部分称为模块。对于任何一个系统都可以按功能逐步由上向下，由抽象到具体，逐层分解为一个由多层次的、具有相对独立功能的模块所组成的系统。在这一基本思想的指导下，系统设计人员以逻辑模型为基础，并借助于一套标准的设计准则和图表等工具，逐层地将系统分解成多个大小适当、功能单一、具有一定独立性的模块，把一个复杂的系统转换成易于实现、易于维护的模块化结构系统。

2. 结构化设计思想

结构化设计思想是一个发展的概念，最开始时是受结构化程序设计的启发而提出来的，经过众多的管理信息系统学者不断实践和归纳，现在已经渐渐明确归纳为以下三个要点。

1）系统性：就是在功能结构设计时，全面考虑各方面情况。不仅考虑重要的部分，还要兼顾考虑次重要的部分；不仅考虑当前急待开发的部分，还要兼顾考虑今后扩展部分。

2）自顶向下进行分解：将系统分解为子系统，各子系统功能之和为上层系统的总功能，再将子系统分解为功能模块，下层功能模块实现上层的模块功能。这种从上往下

进行功能分层的过程就是由抽象到具体、由复杂到简单的过程。这样的分解从上层看，容易把握整个系统的功能不会遗漏，也不会冗余，从下层看各功能容易具体实现。

3）层次性：即系统内部各因素的排列组合方式，将上层模块分解为下层模块，有三种不同的结构形式，即顺序结构、选择结构和循环结构。

（二）草业资源管理信息系统的详细设计

系统详细设计是在系统总体设计基础上进行的，主要包括代码设计、数据库设计、输出设计、输入设计等。

1. 代码设计

代码是用来表示事物名称、属性和状态等的符号。在信息系统中，代码是人和计算机的共同语言，是系统进行信息分类、校对、统计和检索的依据。代码设计就是要设计出一套能为系统各模块公用的、优化的代码系统，目的是方便计算机排序、检索、查找等处理，这是实现草业资源的信息化管理的一个前提条件。

代码设计是系统开发中一项重要的工作，合理的编码结构是使信息系统具有生命力的重要因素。设计代码需要遵循以下几个基本原则。

1）唯一确定性，或称为代码的单义性。每一个代码都仅代表唯一的实体或属性；每一种材料、物质、设备等只能有一个代码，不能重复。

2）标准化与通用性。代码要尽量按照有关的国际标准、国家标准、部门或行业标准进行设计，凡国家和主管部门对某些信息分类和代码有统一规定和要求的，必须采用标准形式的代码，以便于理解和交流。

3）可扩充性。代码设计要具有大局观和长远性，考虑到今后的发展，在设计的时候要留下足够的位置，为增加新代码留出修改的余地，从而使得系统可以适应不断变化的需要。

4）简洁性。要考虑结构简洁，尽量短小精悍，即选择最小值代码。代码的长度涉及存储空间的占用和信息的处理速度，代码越长，在输入时越容易出错。因此，在满足当前需要和扩充的前提下，代码要尽量结构简单，长度短小。

5）规律性。代码要具有规律性，便于编码和识别。代码应具有逻辑性强、直观性好的特点，便于用户识别和记忆。同时，简便易记的代码便于实现系统的修改和扩充。

2. 数据库设计

信息系统的主要任务是通过大量的数据获得管理所需要的信息，这就必须存储和管理大量的数据。因此，建立一个良好的数据组织结构和数据库，使整个系统都可以迅速、方便、准确地调用和管理所需的数据，这是衡量信息系统开发工作好坏的主要指标之一。

草业资源管理信息系统的数据不仅有描述资源实体的空间位置及其拓扑关系的空间数据，还有描述草业资源属性与经营利用状况的属性数据。草业资源管理信息系统的数据库设计就是根据系统的应用目的和用户要求，在一个给定的应用环境中，确定最优的数据模型、处理模式、存贮结构、存取方法，建立既能反映现实世界的地理实体间信

息之间的联系，又能实现系统目标并有效地存取、管理数据的数据库，满足用户需求。

空间数据库设计的关键是空间数据结构设计，结果是得到一个空间数据模型，良好的空间数据模型能够最大限度地反映现实世界，并在此基础上生成能较好地满足用户对数据处理要求的应用系统。数据结构设计分为概念设计、逻辑设计、物理设计和数据层设计四个步骤，此外还有数据字典设计。

概念设计是通过对错综复杂的现实世界的认识与抽象，最终形成空间数据库系统及其应用系统所需的模型。在概念设计的基础上，按照不同的转换规则将概念模型转换为具体数据库管理系统（Database Management System，DBMS）支持的数据模型的过程，即导出具体 DBMS 可处理的地理数据库的逻辑结构（或外模式），包括确定数据项、记录及记录间的联系、安全性、完整性和一致性约束等。物理设计是指有效地将空间数据库的逻辑结构在物理存储器上实现，确定数据在介质上的物理存储结构，其结果是导出地理数据库的存储模式（内模式）。主要内容包括确定记录存储格式，选择文件存储结构，决定存取路径，分配存储空间。数据层设计是将系统的空间数据按逻辑类型分成不同的数据层在 GIS 中进行组织，如草地类型数据可分为地形、水系、道路、草地类型、居民地等诸层分别存贮。数据字典用于描述数据库的整体结构、数据内容和定义等，其内容包括：①数据库的总体组织结构、数据库总体设计的框架；②各数据层详细内容的定义及结构、数据命名的定义；③元数据（有关数据的数据，是对一个数据集的内容、质量条件及操作过程等的描述）。

3. 输出设计

系统输出设计的任务是使信息系统的输出能满足用户需求的信息。输出设计的目的是正确及时反映和组成用户需要的信息。信息能否满足用户的需要，直接关系到信息系统的使用效果和信息系统的成功与否。系统的输出设计主要包括以下三方面的内容。

1）输出的内容。用户是输出信息的主要使用者。因此，输出内容的设计首先要确定用户在使用输出信息方面的要求，如输出信息的使用情况、信息的使用者、使用目的、信息量、输出周期、有效期、保管方法和输出份数等。

2）输出信息的格式。一是信息的输出形式，如输出项目、数据结构的精度、数据类型、信息形式（图表、文字、数字）等；二是信息输出的类型，如表格、报告、图形等。输出格式要满足使用者的要求和习惯，格式清晰美观，易于阅读和理解。

3）信息输出的设备和介质。常用的信息输出设备有打印机、显示器、绘图仪、多媒体设备等。输出的介质主要是光盘、纸张（普通、专用）、多媒体介质等。这些设备和介质各有特点，应根据用户的实际需要和对信息的输出要求，结合现有设备和资金条件来选择。

4. 输入设计

在信息系统中，输入数据的准确性决定着整个系统质量的好坏。若输入数据缺少精度和准确度，输入的数据滞后，不能适时使用，那么信息系统的输出结果就会产生偏差。因此，信息系统的输入设计要遵循以下几个基本原则。

1）最小量原则。输入量应保持在能满足处理要求的最低限度。输入量越少，出错机会越少，花费时间越少，数据一致性就越好。

2）简单性原则。输入的准备及输入过程应尽量容易进行，越简单越好，以减少错误的发生。

3）早检验原则。对输入的数据应尽早进行检查，以便使错误及时得到更正。

4）少转换原则。输入数据应尽早地用其处理所需的形式被记录，以免数据转换的时候发生错误。

输入格式应该针对输入设备的特点进行设计。若选用键盘方式人机交互输入数据，则输入格式的编排应尽量做到计算机屏幕显示格式与单据格式一致。输入数据的形式一般可采用“填表式”，由用户逐项输入数据，输入完毕后系统应具有要求“确认”输入数据是否正确无误的功能。

（三）编写系统设计说明书

设计说明书是整个系统设计的完整描述，是系统设计的阶段性成果的具体体现，也是系统实施的最重要依据。主要有以下 6 部分内容。

1）系统模块结构设计说明。系统的模块化结构及其说明，各主要模块处理流程图及其说明等。

2）输入输出设计和人-机对话说明。输入输出设备的选择，输入输出的格式，以及输入数据的编辑校验方法等。

3）网络设计说明。画出网络的拓扑结构图，说明所选网络软硬件平台、线路种类及联网的目标和具体方案等。

4）代码设计说明。说明编码对象的名称、代码结构、校验位的设计方法和相应的编码表等。

5）数据文件和数据库的设计说明。说明各数据文件和数据库的命名、功能、结构等。

6）安全说明。说明系统安全设计措施及细节，说明数据完整性设计的具体内容，给出系统安全计划文本。

编写好系统设计说明书，交有关部门批准后，即可正式转入系统实施阶段。

四、草业资源管理信息系统的实施

所谓草业资源管理系统的实施指的是将系统设计阶段的结果在计算机上实现，将原来纸面上的管理系统方案转换成可执行的应用软件系统，系统实施阶段的主要任务：购置和安装设备、建立网络环境，计算机程序设计，系统调试与测试，人员培训，系统试运行。

（一）购置和安装设备、建立网络环境

系统实施的该项工作是依据系统设计中给出的管理信息系统的硬件结构和软件结构购置相应的硬件设备与系统软件，建立系统的软、硬件平台。一般情况下，中央计算机房还需要专业化的设计及施工。为了建立网络环境，要进行结构化布线，以及网络系

统的安装与调试。

（二）计算机程序设计

在购置和安装完各种设备、建立起网络环境之后，开始进行程序的设计。程序的设计就是通过应用计算机程序设计语言来实现系统设计中的内容，程序设计工作一般由程序设计员来完成。

随着计算机技术的发展，程序设计的思想和方法也在不断地发展。目前，程序设计的方法主要有结构化的程序设计方法、面向对象的程序设计方法和利用软件生成工具的方法。不论采用哪一种程序设计方法，成功的程序设计应具有如下几个特点。

1）可靠性。对于管理信息系统的应用而言，可靠性是非常重要的，包括程序运行的安全可靠性、数据存取的正确性、操作权限的控制等。对于这些问题，在系统的分析与设计阶段就应该有充分的考虑。

2）实用性。它是从用户的角度来看系统界面是否友好，操作使用是否方便，响应速度是否可以接受。程序设计的实用性是系统顺利交付使用的重要条件。

3）规范性。程序的规范性指的是程序的命名、书写的格式、变量的定义和解释语句的使用等应参照统一的标准，具有统一的规范。

4）可读性。程序的可读性要求程序设计结构清晰、可理解性好，程序中要避免复杂的个人程序设计技巧，使他人也能够很容易地读懂，以利于对程序的修改和维护。

程序的规范性和可读性对于未来程序的维护与修改是非常重要的。如果程序的规范性和可读性不强，除了具体的程序设计人员，别人很难读懂程序，也就很难进行程序的维护和修改，影响未来的系统使用。

（三）系统调试与测试

系统调试是从系统功能的角度对所实现的系统功能及功能间的协调运行进行检验调整，找出系统中可能存在的问题，并进行更正，以达到系统设计的全部要求。

系统调试的过程通常由单个模块调试、模块组装调试和系统联调三个步骤完成。

第一步：单个模块调试，对单个模块进行检查，保证其内部功能的正确性。

第二步：模块组装调试，针对各个子系统，对各子系统内部的模块进行组装，并检查其模块间的调用关系、数据的传递是否正确，各子系统的功能是否完整。

第三步：系统联调，在单个模块调试和模块组装调试确认各模块及各子系统正确完整之后，开始进行整个系统的联调。系统联调是系统调试的最后一个阶段。

系统测试是利用测试数据及测试问题对已开发完成的系统进行检验。系统测试的内容包括数据处理正确性测试、功能完整性测试和系统性能测试。

数据处理正确性测试。检查输入和输出数据的正确性，包括明确输入的数据是否正确地存入数据库系统；数据库系统中的数据能够正确地输出；数据间的计算关系正确；数据统计的方法和口径与需求一致；不出现任何汉字字符或其他字符乱码等。

功能完整性测试。检查开发完成的系统是否具备系统设计中所提出的全部功能，不仅要检测主要的业务功能，而且还要检查所有的辅助功能和所有的细节性功能。

系统性能测试。性能测试是比较容易被忽略的一项测试内容，包括系统运行的速度、操作的灵活性和用户界面的友好性、对错误的检测能力等方面的测试。对于业务操作型管理信息系统而言，要求速度快、操作灵活，尽可能减少汉字的直接输入，不允许有错误数据的提交。

（四）人员培训

人员培训可以分为两种类型：一种类型指的是在软件开发阶段对程序设计人员的培训；另一种类型是在系统切换和交付使用前对系统使用人员的培训。这里，人员培训指的是第二种情况。在管理信息系统投入使用之前，需要对一大批未来系统的使用人员进行培训，包括系统操作员、系统维护人员等。

（五）系统试运行

管理信息系统实施的最后一项任务是进行系统的试运行，它包括进行基本数据的准备、数据的编码、系统的参数设置、初始数据的录入等多项工作。在系统正式交付使用之前，必须进行一段时间的试运行，以进一步发现及更正系统存在的问题。在系统交付使用的过程中，每项工作都有很多人员参加，因此会涉及多个业务部门。因此，该阶段的组织管理工作非常重要，要做好系统交付计划，控制工作的进度，检查工作的质量，及时地做好各方面的协调，保证系统的成功交付使用。

第三节　草业资源管理信息系统应用实例

中国草业开发与生态建设管理信息系统（http://www.ecograss.com.cn）是一个基于“3S”技术的，能将空间数据库、图形、图像、文字集于一体，便于检索、推理、显示、打印的综合性专业网站。含县级行政区划、遥感影像、草地类型、土壤类型、栽培牧草分布、家畜分布、农牧业资源环境等 23 个数据库，由中国草业与生态、草业知识库、草地管理与生态建设、草业科技、草业信息、畜牧业实用技术等 6 个子系统 42 个模块组成。它是农、林、牧等相关专业的从业人员及具有中等文化程度的农户进行生产管理、教学、科研的重要参考性网站。本节以“中国草业开发与生态建设管理信息系统”为例，较为详细地介绍该系统的界面、主要模块和功能。

一、中国草业开发与生态建设管理信息系统网站界面

（一）网站首页

中国草业开发与生态建设管理信息系统的网站首页主要包括网页窗口、目录栏、目录区、用户登录区、相关网站链接区和版权区 6 个部分（图 6-9）。

1）网页窗口。首页的网页窗口显示的是草业消息，主要发布涉及草业资源开发与生态建设的相关信息报道、政策法规、行业动态等。

2）目录栏。位于网站首页顶部，由中国草业与生态、草业知识库、草地管理与生



图 6-9　中国草业开发与生态建设管理信息系统网站首页

态建设、草业科技、草业信息、畜牧业实用技术 6 个子系统组成，以目录树结构包含了网站所有可运行的 42 个模块。

3）目录区。位于网页窗口的右上方，内容和功能与目录栏相近，点击相应的子系统，即进入二级页面，是为方便用户多渠道浏览而设置的。

4）用户登录区。位于网页窗口的左侧，是供新用户注册和老用户登录的窗口，网站的图形数据库仅对登录的注册用户开放。

5）相关网站链接区。位于网页窗口的右下方，所链接的网站都属于草业资源管理信息系统，只是专业侧重点不同，主要有中国北方草地退化管理信息系统、高寒地区草地分类及动态监测支撑系统、高原鼠害诊断及防控管理信息系统、全球潜在自然植被分类管理信息系统、牧区草畜数字化管理决策支持系统和青藏高原牧区积雪监测与雪灾预警系统等。

6）版权区。在网站首页右下角，主要说明网站的研发设计单位和所有者、联系人和联系方式、ICP 备案许可证号等版权信息。

（二）网站二级页面

中国草业开发与生态建设管理信息系统的网站二级页面即点击中国草业与生态、草

业知识库、草业管理与生态建设、草业科技、草业信息等子系统按钮后网站显示的页面。

1. 中国草业与生态

中国草业与生态以地图的形式分图层显示我国的行政区划、生态经济分区、草坪气候区划、土壤分区、畜牧业区划、栽培牧草区划和草原综合顺序分类。界面上设有工具条，可以进行地图的放大、缩小、移动、查询、距离测量等。

2. 草业知识库

草业知识库页面（图 6-10）包含栽培牧草、天然牧草、牧草区划、牧草病害、牧草虫害、草地鼠害、草地杂草、生态经济分区、草坪建植区划、土壤类型、草地类型、畜禽品种等 12 个知识库，可实现上述草业知识的浏览和查询。



图 6-10　草业知识库二级页面

3. 草地管理与生态建设

草地管理与生态建设页面（图 6-11）包含草地改良与利用、草地农业建设、退耕还草、草地生态系统服务、退化草地分级 5 个模块，从不同的角度对草地管理与生态建设相关技术进行阐述。