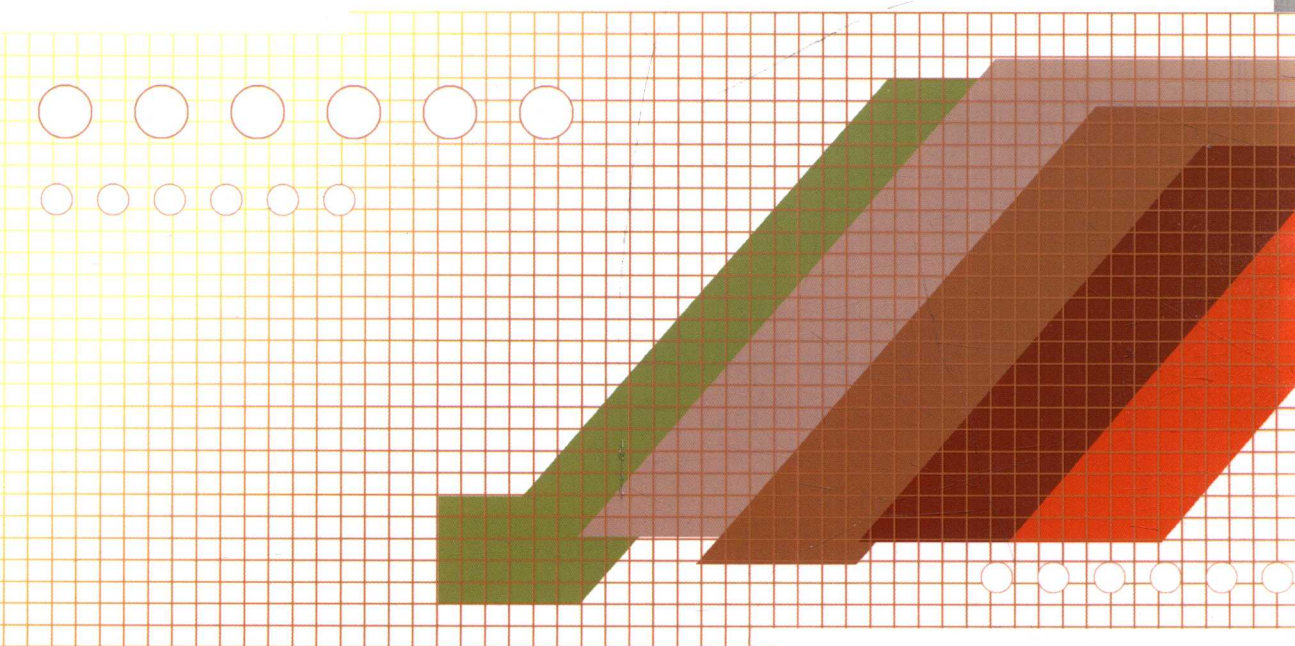


地理信息系统 数据分析技术

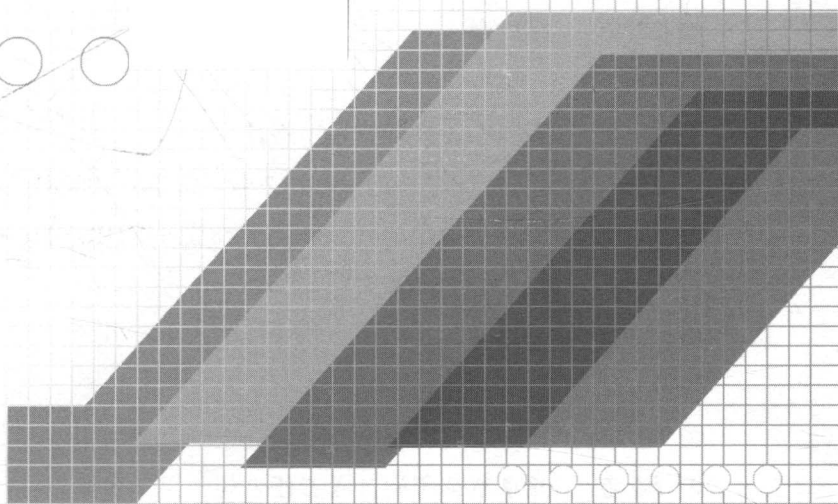
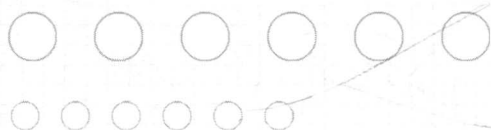
◎ 自由路 等 著



中国农业科学技术出版社

地理信息系统 数据分析技术

◎ 白由路 等 著



中国农业科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

地理信息系统数据分析技术 / 白由路等著. —北京: 中国农业科学技术出版社, 2015. 10

ISBN 978 - 7 - 5116 - 2286 - 0

I. ①地… II. ①白… III. ①地理信息系统 - 分析方法 IV. ①P208

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 233546 号

责任编辑 穆玉红

责任校对 马广洋

出 版 者 中国农业科学技术出版社

北京市中关村南大街 12 号 邮编: 100081

电 话 (010)82106626(编辑室) (010)82109702(发行部)
(010)82109709(读者服务部)

传 真 (010)82106626

网 址 <http://www.castp.cn>

经 销 者 新华书店北京发行所

印 刷 者 北京富泰印刷有限责任公司

开 本 787 mm × 1 092 mm 1/16

印 张 7.5

字 数 150 千字

版 次 2015 年 10 月第 1 版 2015 年 10 月第 1 次印刷

定 价 35.00 元

地理信息系统数据分析技术

编委会

■ 主 任：白由路

■ 副 主 任：杨俐苹 王 磊 卢艳丽 王 贺

■ 参加著作人员：

白由路 杨俐苹 王 磊 卢艳丽

王 贺 黄绍文 程明芳 倪 露

周丽平

前 言

地理信息系统是随计算机技术发展起来的新兴学科，目前已应用到了国民经济的各个行业。同时，地理信息系统又是一门理论和实践并重的课程，在学习过程中，除了了解地理信息系统的基本原理以外，必须掌握地理信息系统的基本操作技能才能将地理信息系统应用到科研、生产中。所以，本书是作者编写的《地理信息系统及其在土壤养分管理中的应用》一书的配套书籍，旨在指导地理信息系统的实际操作。

为了方便读者的实际操作，本书所有练习均在 ArcGIS 平台上进行。但是，不同软件均有各自的优势，在解决实际问题过程中还需要多种软件并用，以发挥软件的优势。

根据地理信息系统的基本操作，由浅入深，本书的内容分为八章，第一章介绍平台软件的基本结构与基本操作；第二、第三章介绍地理信息中栅格数据格式的基本操作与主要的空间分析及其操作过程；第四、第五、第六章介绍矢量数据格式文件的建立过程和基本空间分析；第七章结合土壤养分管理的实际，介绍地统计学分析在地理信息系统中的应用；第八章结合实际案例介绍地理信息系统中栅格数据格式与矢量数据格式的相互转换使用等复杂的分析方法。为了使读者进行实际操作，本书还配备了与练习内容相适应的数据文件。

需要指出的是，本书练习的主要目的是让读者掌握地理信息系统的基本操作技能，多接触到不同分析方法，练习中的分析流程可能还不是解决问题的最优流程，谨为读者在解决实际问题中提供一些分析问题的思路和基本操作方法。在解决实际问题时还要参考不同软件的具体要求，不断完善与优化。

本书在编写过程中得到了中国农业科学院农业资源与农业区划研究所、研究生院、中国农业科学院国家测土施肥中心实验室和农业部植物营养与肥料重点实验室的大力支持，在此一并表示感谢！

由于时间匆促，加之作者水平有限，谬误之处请广大读者斧正。

作 者

2015 年 9 月

目 录

第一章 ArcGIS 简介与基本操作	(1)
1.1 ArcGIS 桌面产品的结构体系	(1)
1.1.1 ArcInfo Desktop	(2)
1.1.2 ArcInfo Workstation	(4)
1.2 ArcMap 操作基础	(5)
1.2.1 ArcMap 的启动	(5)
1.2.2 ArcMap 的操作界面	(5)
1.2.3 ArcMap 的基本操作	(7)
1.3 ArcCatalog 操作基础	(15)
1.3.1 ArcCatalog 的操作界面	(16)
1.3.2 ArcCatalog 的基本操作	(16)
1.3.3 目录内容浏览	(18)
1.3.4 数据搜索	(19)
1.3.5 地理数据输出	(22)
1.4 ArcInfo Workstation 操作基础	(23)
1.4.1 ArcInfo 的数据组织	(23)
1.4.2 ArcInfo 的启动与退出	(24)
1.4.3 ArcInfo 的基本操作	(24)
第二章 栅格文件显示与输出	(27)
2.1 栅格数据文件显示	(28)
2.1.1 数据获取	(28)
2.1.2 操作步骤	(29)

2.1.3 思考题	(30)
2.2 栅格数据图层输出	(31)
2.2.1 数据获取	(32)
2.2.2 操作练习	(32)
第三章 栅格数据的空间分析	(35)
3.1 栅格空间的环境设置	(35)
3.1.1 加载空间分析 (Spatial Analyst) 模块	(35)
3.1.2 分析过程设置	(35)
3.2 栅格数据的再分类	(39)
3.2.1 数据获取	(39)
3.2.2 操作练习	(39)
3.3 叠加分析	(42)
3.3.1 数据获取	(42)
3.3.2 操作练习	(42)
3.3.3 思考题	(45)
3.4 实际表面高程与视野分析	(46)
3.4.1 问题提出	(46)
3.4.2 数据获取	(46)
3.4.3 操作练习	(46)
3.4.4 思考题	(52)
3.5 地形分析	(52)
3.5.1 坡度分析	(52)
3.5.2 坡向分析	(54)
3.5.3 等高线提取	(54)
3.5.4 思考题	(55)
第四章 空间数据的输入与编辑	(56)
4.1 图层创建与地图数字化	(56)
4.1.1 数据背景	(56)
4.1.2 数据获取	(56)
4.1.3 操作练习	(58)
4.2 图层修整与接边	(64)
4.2.1 图层的修整	(64)

4.2.2 建立图层的拓扑关系	(66)
4.2.3 图层的接边	(66)
4.3 基于 ArcMap 的屏幕数字化	(67)
4.3.1 图像配准	(67)
4.3.2 图层编辑	(68)
第五章 属性数据的输入与编辑	(69)
5.1 图层属性的添加	(69)
5.1.1 属性表中列的添加与删除	(69)
5.1.2 属性值的添加	(70)
5.2 图层属性表的链接	(73)
5.2.1 链接文件的建立	(73)
5.2.2 数据库的链接	(73)
第六章 矢量数据的空间分析	(75)
6.1 缓冲区分析与叠加分析	(75)
6.1.1 数据来源	(75)
6.1.2 满足条件	(75)
6.1.3 基本思路	(76)
6.1.4 操作练习	(76)
6.2 网络分析	(84)
6.2.1 数据来源	(85)
6.2.2 操作步骤	(85)
第七章 地统计学分析	(90)
7.1 样点图层的建立与数据链接	(90)
7.1.1 数据来源	(90)
7.1.2 操作步骤	(90)
7.2 空间插值与栅格图层生成	(94)
7.2.1 数据来源	(95)
7.2.2 操作步骤	(95)
第八章 综合分析	(97)
8.1 栅格数据缓冲区与面积分析	(97)
8.1.1 问题提出	(97)
8.1.2 数据准备	(98)

8.1.3 建立思路	(98)
8.1.4 练习操作	(98)
8.1.5 思考题	(101)
8.2 耗费路径分析	(102)
8.2.1 问题提出	(103)
8.2.2 数据获取	(104)
8.2.3 操作步骤	(104)
原始文件列表	(108)
主要参考书目	(109)

第一章 ArcGIS 简介与基本操作

ArcGIS 是美国环境系统研究所 (Environment System Research Institute, 简称 ESRI) 在 ArcView 和 ArcInfo 之后开发的新一代 GIS 软件, 是目前世界上应用最广泛的 GIS 软件之一。ArcGIS 全面整合了 GIS 与数据库、软件工作、人工智能、网络技术及其多方面的计算机主流技术之后, 成功地推出了代表 GIS 最高技术水平的全系列 GIS 产品。

ArcGIS 是开放的地理信息系统处理平台, 具有强大的地理数据管理、编辑、显示、分析等功能, 它主要有 ArcMap、ArcCatalog、ArcToolBox、ArcScene、ArcGlobe 等多个功能子系统。ArcGIS 的技术基础是微软的组件对象模型 (COM)。ArcGIS 完全 COM 化, 这对于需要进行结构定制和功能扩展以及独立程序开发的高级应用来说, 具有非常大的吸引力。

对于初学者来说, 主要是掌握 ArcGIS 的基本操作, 本章以 ArcGIS 9.3 的桌面产品 (Desktop GIS) 为对象, 介绍 ArcGIS 的基本操作。有关 ArcGIS 的其他部分, 可参考有关书籍。

1.1 ArcGIS 桌面产品的结构体系

ArcGIS 桌面产品是一系列整合的应用程序的总称, 包括 ArcCatalog、ArcMap、ArcGlobe、ArcToolBox 和 ModelBuilder。通过协调一致地调用应用程序, 用户可以实现任何从简单到复杂的 GIS 任务, 包括制图、地理分析、数据分析、数据编辑、数据管理、可视化和空间处理。

ArcGIS 桌面产品是可以满足各种用户的可伸缩的产品, 从功能上讲, 它可分为 3 个层次: ArcView、ArcEditor、ArcInfo。

ArcView 主要关注复杂数据的使用、地图的显示以及分析;

ArcEditor 增加了高级的地理编辑和数据创建;

ArcInfo 包含复杂的 GIS 功能和丰富的空间处理工具。

在以后的介绍中,除了特殊说明外,主要介绍 ArcInfo。ArcInfo 又由两部分组成(图 1-1),即 ArcInfo Workstation 和 ArcInfo Desktop,其中,Workstation 可以在 UNIX 和 Windows 上运行,Desktop 只能在 Windows 上运行。Windows 版和 UNIX 版的 Workstation 在功能上是完全一致的,Workstation 和 Desktop 可以安装在同一个 Windows 版的工作站、服务器或计算机上使用。

1.1.1 ArcInfo Desktop

ArcInfo Desktop 含有 3 个应用程序,即 ArcMap、ArcCatalog、ArcToolbox,它们是三级桌面软件 ArcView、ArcEditor 和 ArcInfo 共同的 3 种应用环境,ArcMap 提供数据的显示、查询和分析;ArcCatalog 提供空间的和非空间的数据管理、生成和组织;ArcToolbox 提供基本的数据转换。虽然对应于 3 个软件的应用环境在功能上有所区别,但在环境组成、界面风格、应用操作和定制方法等方面基本一致,3 种应用环境相互协调,共同为用户提供进行地理空间数据的生成、编辑、管理、处理、转换、分析、制图和表达等功能。

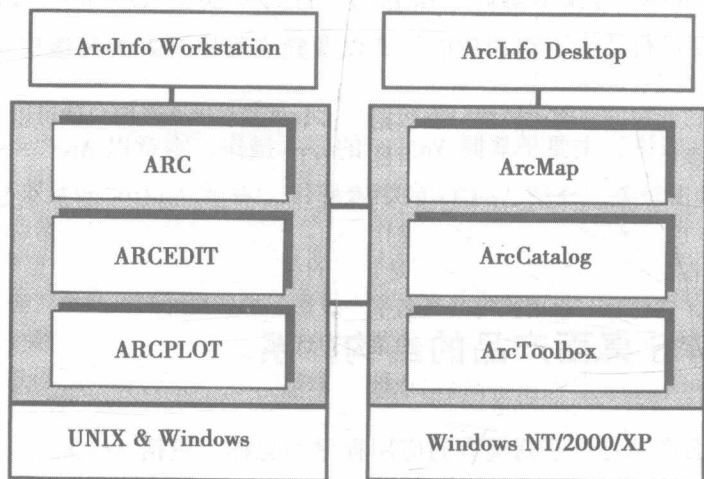


图 1-1 ArcInfo 的内容组成

1.1.1.1 ArcMap

ArcMap 是一个用于编辑、显示、查询和分析地图数据的以地图为核心的模块,ArcMap 包含一个复杂的专业制图和编辑系统,既是一个面向对象的编辑器,又是一个完整的数据表生成器。ArcMap 不仅可以看成是能够完成制图和编辑任务的 ARCEDIT 和

ARCPlot 的合并,而且类似于 CAD 结构的智能化地图生成工具,是一个使用简单、功能强大的集成应用环境。

ArcMap 提供了数据视图 (Data View) 和版面视图 (Layout View) 两种浏览数据的方法,在数据视图中,用户无须关心指北针等地图要素就可与地图进行交互;版面视图是一个包含制图要素的虚拟页,它显示数据窗口中的所有数据,几乎所有能在数据视图对数据进行的操作都可以在版面视图中完成。在数据窗口中单击右键激活窗口就可以对其中的数据进行操作,数据视图和版面视图都能使用目录表 (TOP) 来管理数据。

TOP 为地图中的数据提供集提供了一个类似图例的显示。数据集的显示效果可通过 TOC 来改变,TOC 也是地图版面 (Layout) 的操作界面。向数据图中添加数据就为该数据创建一个图层,图层不是数据的复制,而是数据的参考指针。每一个数据集都成为 TOC 中的一个图层,它包含一组用来定义其名字、投影、如何被绘制以及如何被标注等属性。在任何一个图层上单击右键,并从弹出的菜单中选择属性将会激活一个带若干选项的属性菜单,用户可利用这些菜单通过选择各种专题图类型、分类方法、色彩分级和符号来改变图层绘制的方式。

1.1.1.2 ArcCatalog

ArcCatalog 是以数据为核心,用于定位、浏览和管理空间数据的模块,是用户规划数据库表,用于制定和利用元数据的环境,利用 ArcCatalog 可以创建和管理空间数据库。

在 ArcCatalog 中可以直接浏览数据,ArcCatalog 有两个主要的可视化组件,分别显示内容列表的目录树和提供 3 种数据浏览方式的选项卡窗口。目录中包含以特殊图标显示的 GIS 数据集。ArcCatalog 能够识别不同的 GIS 数据集,如 Coverages、Shapefiles、Raster Filest SDE 数据集,每一种数据集都有一个惟一的图标来表示。这意味着可以利用较少的时间查找和组织数据,利用较多的时间来创建地图,进行分析。

选项卡窗口显示目录树选择的内容项,选项卡窗口顶部的标签让用户按照内容模式、元数据模式和预览模式三种方式浏览内容项。内容选项卡可以列表显示选择的工作空间或 SDE 数据库中的要素数据集、要素类 (Feature Class)、Shapefile 或 INFO 表中的属性项。元数据选项卡让用户利用扩展标记语言 (XML) 创建和显示被选数据集的元数据;预览选项卡可以较为详细地显示被选择数据集的内容,并提供缩放和漫游工具。

1.1.1.3 ArcToolbox

ArcToolbox 用于完成 ArcGIS 所提供的的数据转换、叠加处理、缓冲区生成和投影变

换等空间数据分析的处理环境。ArcToolbox 包含 140 多个以向导形式和菜单选项来表示的空间数据处理过程,使这些空间数据处理工作变得简单易行。

ArcToolbox 被组织成 4 个主要的工具集:数据管理工具集、空间分析工具集、数据转换工具集和用户定义工具集。数据管理工具可以管理 Coverage 的拓扑关系、图形投影和属性数据等。空间分析工具集中包含叠加分析、缓冲区分析、统计分析、邻域分析和三维分析等大部分 GIS 的空间分析功能。当用户需要解决空间分析和统计的问题时,在该工具集中总能找到相应的工具。借助数据转换工具集,可以转换 Coverage、Grids 和 TIN 等大量 GIS 数据格式。用户自定义工具集可以让用户将常用的工具组合在一起,形成自己的工具集。

ArcToolbox 不仅使以前在 ARC 命令行中完成的许多复杂空间数据处理过程流程化和简单化,而且还能够以 TCP/IP 协议建立一个客户/服务器的关系连接,从而将处理工作送到服务器上,在指定的时间内完成。

1.1.1.4 ModelBuilder

ModelBuilder 是为建立空间处理流程和脚本提供的可视化的建模工具。模型是数据流图示,它将一系列的工具和数据串起来以创建高级的功能和流程。用户可以将工具和数据集拖动到一个模型中,然后按照有序的步骤把它们连接起来,以实现复杂的 GIS 任务。

ModelBuilder 是一个高效的机制,它能让用户或者一个组织内外的人共享空间处理方法和流程。

1.1.1.5 ArcGlobe

ArcGlobe 是 ArcGIS 桌面系统中 3D 分析扩展模块中的一个部分,提供了全球地理信息的连续、多分辨率的交互式浏览功能。像 ArcMap 一样, ArcGlobe 也是使用 GIS 数据层,显示 GeoDatabase 和所有支持的 GIS 数据格式中的信息。ArcGlobe 具有地理信息的动态 3D 视图。ArcGlobe 图层放在一个单独的内容表中,将所有的 GIS 数据源整合到一个通用的全球框架中。它能处理数据的多分辨率显示,使数据集能够在适当的比例尺和详细程度上可见。

ArcGlobe 的统一交互式地理信息视图使得 GIS 用户整合并使用不同 GIS 数据的能力大大提高。ArcGlobe 能够完成数据编辑、空间数据分析、制图和可视化等通用 GIS 工作,将成为广受欢迎的应用平台。

1.1.2 ArcInfo Workstation

ArcInfo Workstation 包含的核心模块与 Arc/INFO 7.x 相同,有 ARC、ARCPLOT、

ARCEDIT 模块。Workstation 除采用传统的 GIS 点、线、面数据模型外,在此基础上又定义一系列先进的空间数据模型,如区域 (Region)、事件 (Event) 和路径 (Route) 等。Workstation 除了提供 AML 开发语言外,还提供开放的开发环境 (ODE),可应用 C、Visual C++、Visual Basic 等开发工具。

1.2 ArcMap 操作基础

ArcMap 是 ArcGIS 桌面系统的核心程序,主要用于显示、查询、编辑和分析地图数据,具有地图制图的所有功能,同时通过该程序可调用 ArcCatalog 等程序。ArcMap 提供了数据视图 (Data View) 和版面视图 (Layout View) 两种浏览数据的方式,在此环境中可完成一系列的高级 GIS 任务。

1.2.1 ArcMap 的启动

在计算机上安装上 ArcGIS 软件后,即可进行 ArcGIS 的操作,具体方法是在操作系统中,点击“开始”菜单中的“所有程序”,查找“ArcGIS”,在下一级菜单中点击“ArcMap”即可启动 ArcMap。屏幕界面显示见图 1-2。

1.2.2 ArcMap 的操作界面

ArcMap 的操作界面主要由主菜单、标准工具栏、内容表、显示窗口和状态栏等 6 部分组成 (图 1-3)。

1.2.2.1 主菜单

同其他应用程序一样,其主菜单位于窗口的上方,主要有文件操作 (File)、编辑操作 (Edit)、显示操作 (View)、插入操作 (Insert)、选择操作 (Select)、工具 (Tools)、窗口操作 (Windows) 和联机帮助 (Help) 等 8 组菜单组成。

1.2.2.2 标准工具栏

在 ArcMap 的操作界面上,同其他软件一样,菜单下方有一个标准工具栏,有 17 个工具按钮,其中,前 10 个为通用软件功能按钮,后 7 个为专用工具按钮 (图 1-4),依次为加载地图数据、设置显示比例、调用编辑工具、启动 ArcCatalog、启动 ArcToolbox、启动命令行和调用联机帮助等。

同时,在 ArcMap 的主界面上,也可通过菜单栏上的 View 菜单中的“Toolbars”添加许多专用工具栏。

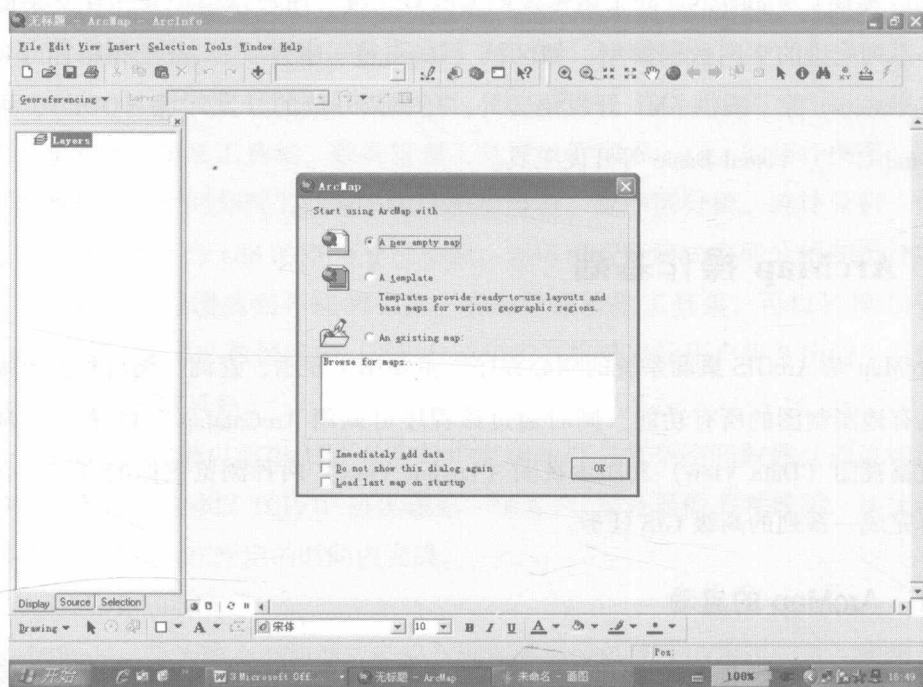


图 1-2 ArcMap 的启动界面

1.2.2.3 窗口内容表

窗口内容表在主界面的左侧，主要用于显示地图所包含的数据组（Data Frames）、数据层（Layers）、地理要素（Features）及显示状态等。它可以控制数据层、数据组的显示与否，可以设置地理要素的表示方法。

一个地图文档至少包含一个数据组，当有多个数据组时，只有一个数据组属于当前数据组（Active），只能对当前数据组进行操作，每个数据组由若干数据层组成，每个数据层前面的小方框用于控制数据层在地图中的显示与否。

窗口内容表中有三种表示方法，或称三种状态，一种是地图要素显示状态（Display），显示所有数据层地理要素的类型和表示方法；第二种是地图数据源显示状态（Source），即除了显示地理要素的类型和表示方法外，还显示地图数据的存贮位置和组织方式；第三种是数据选择状态（Selection），它仅显示数据层的选择与否。

1.2.2.4 地图显示窗口

地图显示窗口是 ArcMap 的主显示区，用于显示地图包括的所有地理要素。ArcMap 提供了两种地图显示模式，一种是数据视图模式（Data View），另一种是版面视图模式（Layout View）。在数据视图中，可以对数据进行查询、检索、编辑和分析等操作，但不包括地图辅助要素；版面视图模式中，图名、图例、比例尺、指北针等地图辅助要

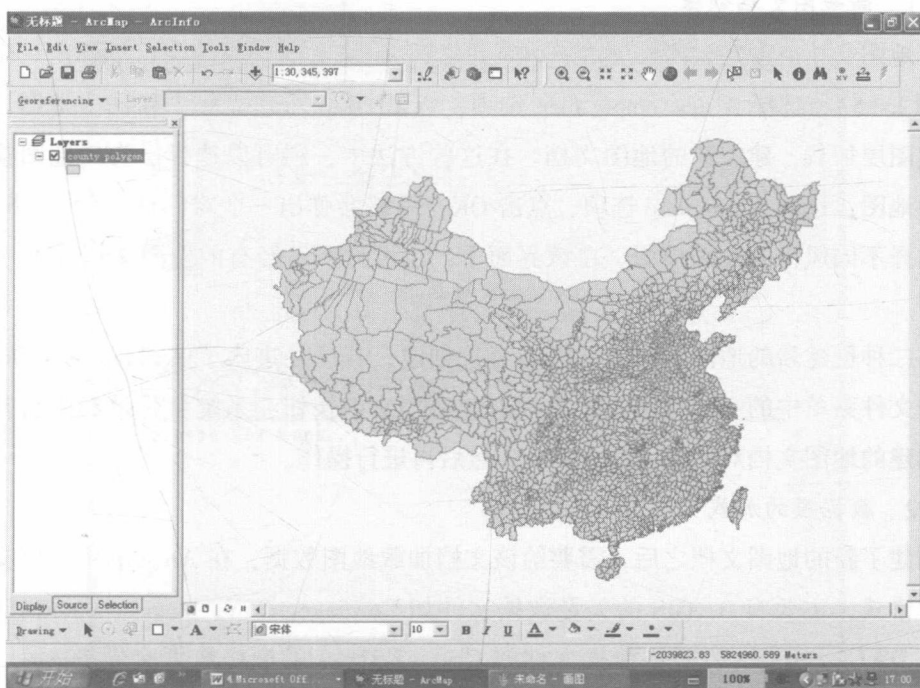


图 1-3 ArcMap 的操作界面



图 1-4 ArcMap 专用工具按钮

素均可加载其中，可借助输出显示工具完成大量在数据视图模式下可以完成的操作。两种视图模式可通过显示窗口左下角的两个按钮进行切换。

1.2.2.5 快捷菜单

在 ArcMap 操作过程中，为了提高效率，ArcMap 设置了几种快捷菜单，分别将鼠标放在窗口内容表的数据组上、窗口内容表的数据层或地图要素上、版面视图模式中的图层上、版面视图模式中的非图层上和在菜单栏或工具栏上击右键，可弹出不同的快捷菜单。

1.2.3 ArcMap 的基本操作

在 GIS 中，对数据图层的操作是最基本的操作，主要是新地图文档的创建、数据层的加载、数据层更名、复制、删除及数据层的保存等。

1.2.3.1 新地图文档创建

新地图文档的创建有两种方法,一是在启动 ArcMap 时,系统会自动弹出一个对话框(图 1-5),选择 A new empty map 选项,点击 OK,可建立一个新的空地图,然后再通过图层加载,建立新的地图文档。在这些方法中,还可以选择已有的地图模版创建新的地图,选择 A template 选项,点击 OK,系统会弹出一个对话框(图 1-6),然后可选择不同风格的地图模版。在该界面下,也可打开已经有的地图文档(An exiting map)。

第二种创建新的地图文档的方法是直接创建,若已经进入了 ArcMap 的工作环境,可点击文件菜单中的 new 选项或工具栏上的新创文档按钮,系统会弹出利用已有地图模版创建的地图文档对话框(图 1-6),然后再进行操作。

1.2.3.2 数据层的加载

创建了新的地图文档之后,需要给该文档加载地图数据,在 ArcMap 中,可支持多种文件格式,主要有 ArcGIS 的矢量数据文件如 Coverage、TIN、shape, AutoCAD 的矢量文件 DWG, ArcGIS 的栅格数据文件如 Grid, ERDAS 的栅格数据文件 Image, USGS 的栅格数据文件 DEM 等。加载数据层的方法有两种,一是直接在新的地图文档上加载数据层;二是用 ArcCatalog 加载数据层。

1. 直接在新的地图文档中加载数据层

该方法主要有以下步骤:

(1) 点击文件菜单下的 Add Data 命令或点击工具栏的“”按钮,打开添加数据层对话框(图 1-7)。

(2) 在对话框中选择需要加载的数据文件。如果需要选择多个图层文件时,按下 Ctrl 键可多选文件。如果连续多选时,可按下 Shift 键进行多选。

(3) 点击 Add 按钮,选择的数据文件即可载入新地图中。

2. 用 ArcCatalog 加载数据层

使用 ArcCatalog 加载数据层,只需将需要加载的数据文件直接拖放到 ArcMap 的图形显示窗口中即可,具体的操作如下:

(1) 启动 ArcCatalog。

(2) 在 ArcCatalog 中浏览需要加载的数据层文件。

(3) 点击需要加载的数据层文件,拖放到 ArcMap 窗口中即可完成数据层的加载。

1.2.3.3 数据层的基本操作

数据层的基本操作包括数据层的更名、改变数据层顺序、数据层的复制与删除、数据层的坐标定义、数据层的分组及数据层比例尺设置等内容。