第一章 对象建模与 geodatabase

本章内容：

- 使用 GIS 进行对象建模
- 地理数据模型的发展
- Geodatabase，地理数据存储仓库
- 面向对象数据模型中的要素
- 地理数据服务及访问
- 创建数据模型
- UML 对象图导读
- 技术动向

地理数据模型是 GIS 中用以对真实世界进行模拟表达，它能够应用于地图生产、交互式信息查询以及功能分析等。数据库技术和软件技术的不断发展也促进了新一代地理数据模型的产生。

1.1 GIS 对象建模

地理信息系统（GIS）的目标是提供一个空间框架——在这个体系中，我们可以对地球资源的合理化应用以及人类环境的可持续发展管理进行决策支持。

更通俗的说，GIS 以地图及符号的形式传递信息，使用地图，我们可以知道哪儿有什么东西、这些东西是什么、使用什么交通工具经过哪些线路能到达那儿，并且我们还可以知道与目的物邻近的地方还有哪些东西。我们也可以从单机 GIS 上交互式的获取信息，在这样的 GIS 中，可以获取到很多印刷地图上无法表达的信息。比如，我们可以查询要素的所有属性，获取网络中与某一个点要素连通的事物列表，还可以模拟水流量、传输耗时统计以及污染源扩散信息等。

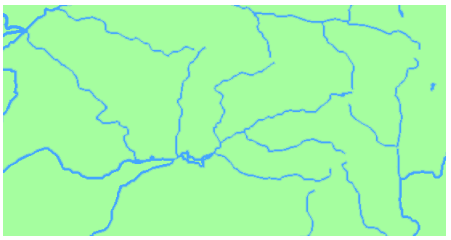
在 GIS 中，地理对象建模尤其重要，系统中的信息显示和分析方法都取决于地理信息数据模型。本书的重心便是描述地理对象的建模。

1.1.1 系统建模的方式

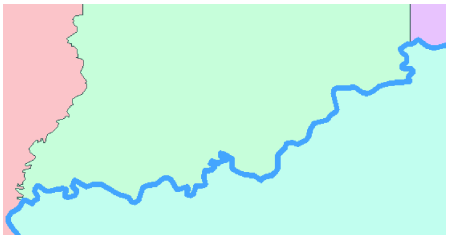
人类和现实事物的交互是丰富多彩的，对现实世界建模的方式因此也多种多样。

比如河流：我们知道，河流是地球表面上的非常重要的元素。河流属于自然要素，人们使用其作为交通运输工具，还将其作为划分行政区域界线的重大依据。在 GIS 中，可以考虑使用以下几种方式进行河流建模：

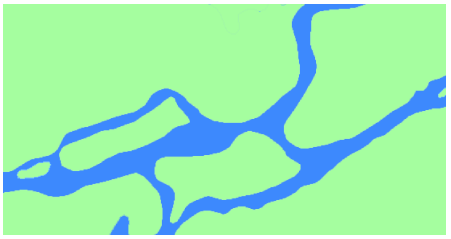
- 河流做为组成网络的一系列线要素。每条线段都拥有流量、容量和其它属性。你可以使用线性网络模型（几何网络）来分析水文流量或者船务运输等。



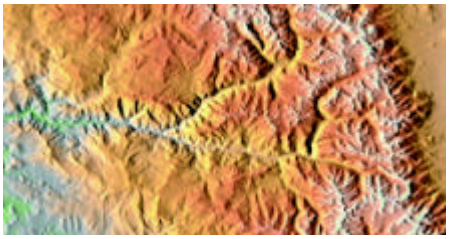
- 河流做为疆土的边界。河流可以作为政治区域比如省或者县的边界线，或者作为自然区域的疆界线比如野生动物栖息地的自然边界。



- 河流做为面状要素表达，具备堤岸、河网以及航线等等描述信息。



- 河流做为模拟表面的一系列弯曲的地槽。通过地表河流的路径，你可以计算它的下降剖面和比率、径流分水岭还有在预定降水量情况下洪灾发生的可能性。



1.1.2 地图的使用方式决定数据模型选取

通过上面的例子，我们可以明显感受到，像河流这样普遍的地理要素能在 GIS 中以多种方式表达。那么我们应该怎样得到模拟河流的最佳模型呢？

实际上，最好的通用数据模型是不存在的。数据模型的优劣取决于你的需要。在你的 GIS 中，你需要使用什么类型的地图，需要解决什么样的问题，这才是决定数据模型优劣的标准。也就是说，数据的使用方式是决定数据模型选取的关键。

关键术语：

●要素类（features）

在地图上，要素类是离散对象。“小”对象（small objects）表示为点要素；“长”对象表示为线要素；“大”对象表示为多边形要素

●几何网络（Geometric network）

几何网络用于存储参与线性拓扑功能的一系列线要素，体线增强型的线性拓扑功能。几何网络适用于使用跟踪（trace）分析的系统，如电力网络、河流网络、道路交通网络

●拓扑（topology）

拓扑存储地理对象之间的空间关系，可以通过指定拓扑规则来实现对现实世界的模拟，比如，在土地利用信息中，每一片土地都对应一种土地类型，地块之间不允许存在缝隙（gap），这样可以使用“Must Not Have Gap”的规则来管理土地利用数据

●表面（surface）

在 Geodatabase 中，地球表面可以使用 TIN 来存储，其中高程值存储在栅格像元中；地球表面也可以使用等高线来表现

●位址（Location）

Geodatabase 中使用地址、XY 坐标定位、邮政编码、地区名称以及 Route 等工具来体现 Location（位址）。

●影像（image）

在 Geodatabase 使用现有的栅格技术表现连续的影像数据。影像可用于作为地图的背景底图

1.2 地理数据模型的发展

地理数据模型是对真实世界的抽象，它是由一系列支持地图显示、查询、编辑和分析的数据对象组成的。

ArcInfo 8 引入了全新的面向对象的数据模型——geodatabase 数据模型。它能够表达要素的自然行为以及这些行为的关联。这个全新的数据模型的意义是非常重大的。为了我们能够很好理解 Geodatabase，下面预先回顾以前使用过的地理数据模型。

1.2.1 CAD 数据模型

最早的计算机制图系统，使用阴极射线管的显示线绘制矢量地图、使用行式打印机上的

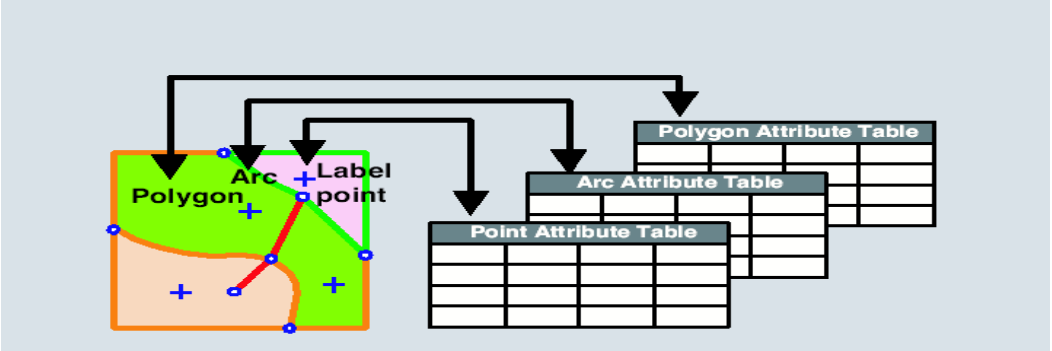
加印技术绘制栅格地图。以此为起源，十九世纪六十到七十年代出现了精致的绘图硬件工具以及能够使用合理逼真制图技术将地图符号化的制图软件。

这一时代，地图通常用一般的 CAD（计算机辅助制图）软件来制作。CAD 数据模型以表示点、线、面的二进制文件格式存储地理数据。但是这些文件中，不能存储足够多的属性信息。地图图层和注记标注是基本的属性描述。

1.2.2 Coverage 数据模型

1981 年，ESRI（Environmental System Research Institute，Inc.）推出了它的第一个商用 GIS 软件，ArcInfo，它实现了第二代地理数据模型——coverage 数据模型（也称地理关系数据模型）。这个模型有两个关键之处：

- 空间数据与属性数据相结合。空间数据存储在二进制索引文件中，使得显示和访问最优化。属性数据存储在表格中，用等于二进制文件中要素数目的行来存储，并且属性和要素使用同一 ID 连接。
- 矢量要素之间的拓扑关系也被存储。这意味着，线的空间数据记录包含这些信息：哪些结点分割线、可以推算有哪些线相连，同时还包含线的右侧及左侧有哪些多边形的信息。



在 Coverage 数据格式中，要素集中的点、弧段、多边形要素是和属性表是一一对应的

Coverage 数据模型的优势是用户可以自定义要素表格；不仅可以添加字段并且还可以建立与外部数据表格的关联。

因为计算机硬件和数据库软件的性能局限，当时把空间数据直接存储在关系数据库是不可能的。所以，coverage 数据模型将二进制文件中的空间数据与表格中的属性数据连接起来。

尽管将空间数据和属性数据分开存储，coverage 数据模型依然在 GIS 领域占统治地位。其原因在于：coverage 数据模型使追求高性能的 GIS 成为可能，储拓扑关系的存储使得高级的地理分析操作和更精确的数据输入得以实现。

1.2.2.1 Coverage 数据模型的局限

Coverage 数据模型有个重大缺陷——要素是以统一的行为聚集的点、线和面的集合。也就是说，表示道路的线的行为和表示溪流的线的行为是一模一样的——显然，这并不是我们所需求的。

Coverage 数据模型支持的这种特定的行为加强了数据集的拓扑整合。例如在 coverage 中，如果你穿过多边形添加一条新的弧线，多边形会被自动分成两块。

但是光有上述的这些行为对于现实世界的模拟还是不够的。我们还需要支持真实世界对象的特殊行为。比如，溪流沿山坡线向下游并且当两条溪流汇聚时，其流量应是上游两条溪流流量的总和。另外，当两条道路交叉的时候，在它们的连接处就应该有一个交叉路口，除非有另外的一个天桥或地道。这些事情在 coverage 中是很难完成的。

1.2.2.2 在 coverage 中自定义要素

在 coverage 数据模型中，ArcInfo 应用开发者已经取得了一些显著的成果，他们用 AML 语言编写宏代码来向要素添加某些类型的行为。在 coverage 中，许多复杂的、大规模的、特定的工业应用得到了成功模拟与创建。

然而，随着应用变得复杂，当需要一种更好的关联要素及其行为的数据模型的时候，在 coverage 的基础上编写再好的代码也无法满足应用的需求。并且，对于开发商来说，要将数据模型与最新的应用代码保持一致，是一个难度太大的问题。因此，对新一代地理数据模型出现的需求越来越迫切，在这个新模型中，要求具有能够将要素与行为紧密结合的体系框架。

1.2.3 Geodatabase 数据模型

ArcInfo 8 引入了一种新的面向对象的数据模型——geodatabase 数据模型。在这个全新的数据模型中，通过给要素添加更贴切的“自然”行为，从而使得 GIS 数据库中的要素更加智能化，在 Geodatabase 中，还允许在要素之间定义几种类型的关联。

Geodatabase 数据模型中，数据的物理模型与逻辑模型的概念联系更加紧密。Geodatabase 中的数据对象大多都是用户在逻辑数据模型中定义的对象，如业主、建筑物、宗地和道路等等。

其实，有了 geodatabase 数据模型，你就可以在不需要编写任何代码的情况下，轻松实现大量的“自定义”行为了——这些所谓的“自定义”行为在以前的数据模型中，都是需要编写代码才可以实现的。这些行为可以通过域、验证规则和 ArcInfo 软件框架中为 Geodatabase 提供的其它功能来实现。有了 geodatabase 数据模型，只有在要素需求特别专业化的行为操作的时候才需要用到代码编写。

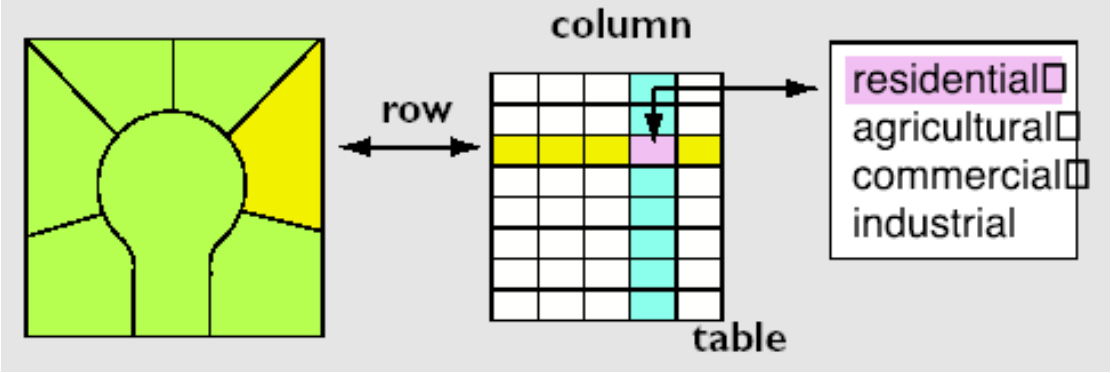
1.2.4 对象交互作用的方案

面向对象的数据模型是十分重要的，可以浏览底下描述的要素所需要执行的常见的任务工作。从这些执行方案中，你可以体验到面向对象数据模型的优点。下面我们可以看看 geodatabase 数据模型的一些特定性质。

1.2.5 添加和编辑要素

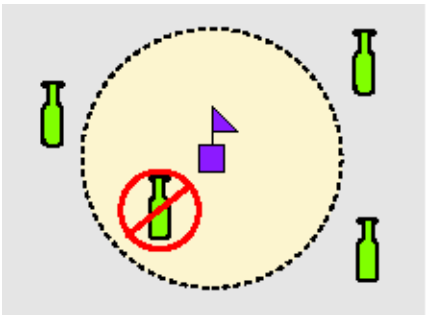
当你向 GIS 数据库添加地理要素时，你需要根据一些规则来确保数据的准确性：

- 如果需要对要素赋值，那么这些要素必须是预先定义的一组允许的值域范围内的一个。例如，地块要有特定的土地利用类型，如居民地、农业用地或工业用地。

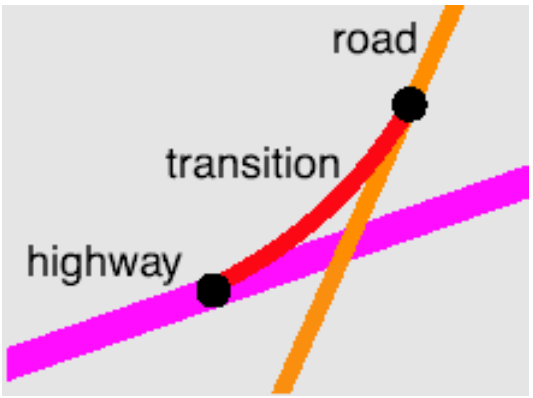


每个要素对应一条记录，记录的某个列值可以通过域（Domain）限定

- 只有在某些条件满足时，要素才能与其它要素邻接或相连。把酒店放在学校附近是违法的。城市道路不能与高速公路相连，除非有如辅桥这样的连接设备。

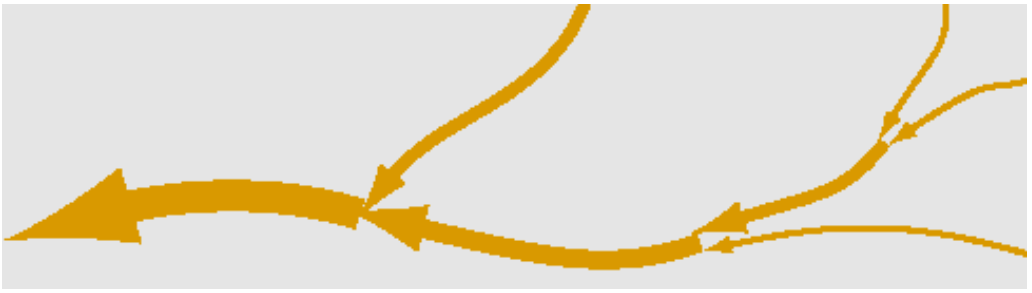


通过空间位置确定在学校周围有哪些不符合距离要求的酒吧

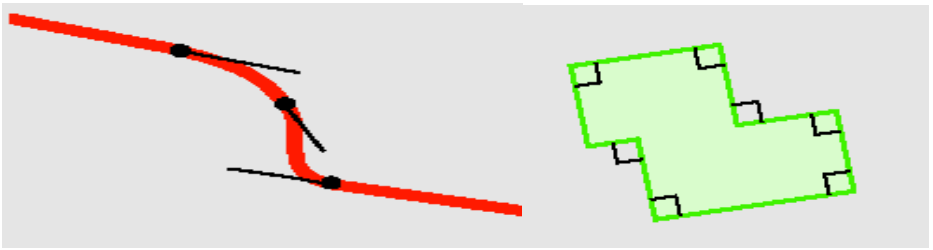


道路交通中的主要设施之间必须通过相应的辅助设施实现连通

- 某些要素的集合要与它们的自然空间分布一致。河流是由上游向下汇流的，汇聚点的流量是上游河流的总流量。



- 要素的几何形状遵从它的逻辑分布。组成道路的线和曲线应该是正切的，建筑物转角通常是直角。



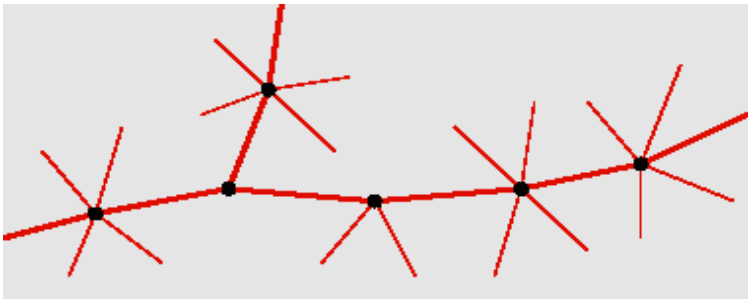
1.2.6 要素之间的关联

现实世界中的对象都与其它对象有着错综复杂的关联。从 GIS 角度出发，这些关联可以划分为三种：拓扑、空间和普通（general）。

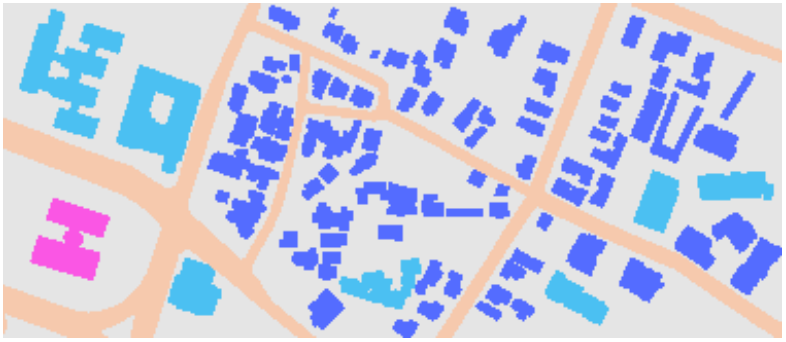
以下是各个类型的关联的实际例子：

- 当你在一个电力设施系统中编辑要素时，你要保证一级线路和二级线路的末端正确

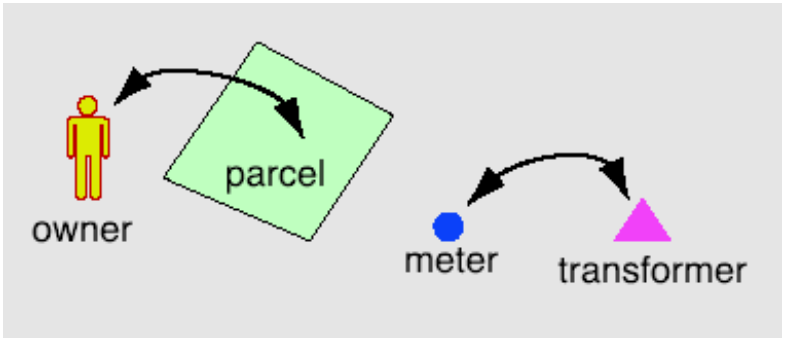
连通并且可以在该电力网络上做跟踪分析。当你在连通系统中载入和编辑要素的同时，需要定义一系列的拓扑关系。



- 当你处理一幅有建筑物、街区和学校的地图时，你可能需要决定在哪个街区创建某一特定建筑物、在学校区域中应该有哪些建筑物，还有哪个街区应该不包含建筑物。这些都属于 GIS 的基本功能——判断要素是否在另一要素内、是否接触、在另一要素外或与另一要素重叠。空间关联是从要素的几何形状来获取的。

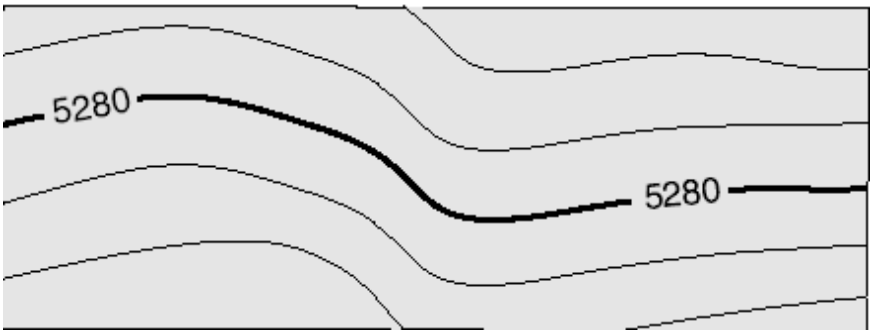


- 还有一些对象可能在图上无法表现关联。比如地块与业主存在关联，但业主并不能够表现为地图上的要素，使用普通的关联就可以将地块和业主连接起来。另外，对于地图上某些要素之间具有的关联，然而它们的空间关联可能很难判断。比如，用度表在变压器邻近，但它们并不接触。在狭促的地图中，很有可能无法使用空间关联将用度表和变压器的关联表达出来，这时我们需要使用一般关联，将这两个要素关联在一起。

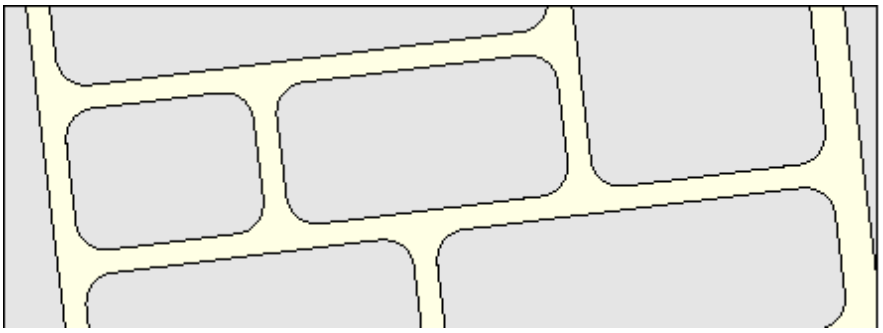


1.2.7 制图显示

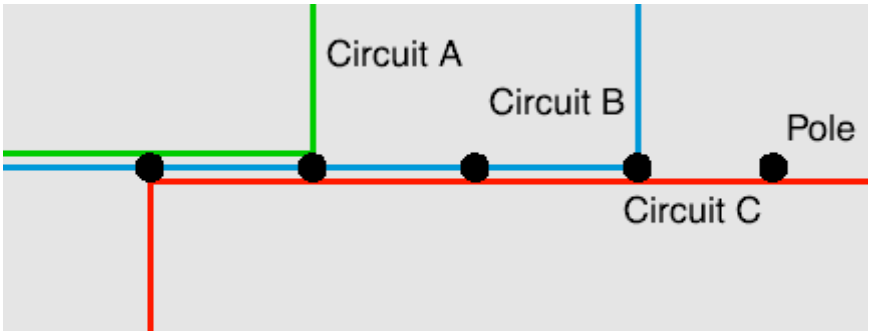
在大多数情况下，用户都可以使用预先定义好的符号绘制要素，但有些时候，现有的符号库无法满足制图需要，因此需要对地图符号进行定制。比如：



- 显示等高线的时候，你要在等高线的平直部分高程标注，比如以一个平均 4 英寸的间距标注，且不能遮盖其它要素。



- 当你在一幅内容详尽的地图上绘制道路时，你需要将道路绘制成平行线且在相交处有明显的交点。

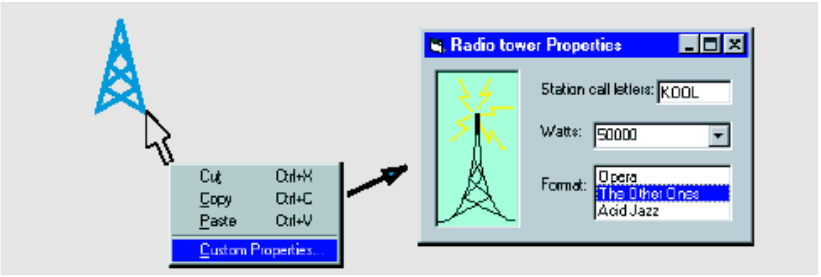


- 当多条输电线物理地搭建在同一个电线杆上，你需要以一组平行线来区分描述它们，并且定义它们之间的间距。

1.2.8 互操作分析

动态地图显示中，用户可以对要素进行操作、获取要素的属性及关联，并进行分析操作。比如：

- 操作地图中的显示要素，使用表格查询属性，更新要素属性值。



- 查找电力网络中需要维修的线路，分析得到所有受影响的用户，并做出邮件列表通知单。



1.2.9 Geodatabase 数据模型的优点

Geodatabase 对要素建模是十分有效的，下面列举说明。使用面向对象的数据建模，可以定义自己的对象类型，通过定义对象之间的拓扑、空间和普通关联，以及获取它们之间的相互作用关系，以便更自如地表现地理信息。以下是 Geodatabase 数据模型的一些优点：

- 地理数据统一存储的仓库。所有数据都能在同一数据库里存储并中心化管理。
- 数据输入和编辑更加准确，通过智能的属性验证确定减少很多的编辑错误——这对于很多用户来说，便是采用 geodatabase 数据模型的最根本原因
- 用户更为直观地处理数据模型。有了准确的设计，geodatabase 包含了与用户数据模型相对应的数据对象。操作 Geodatabase 的数据，与处理一般的点、线和多边形要素不同，用户可以针对操作他们感兴趣的现实对象一样，比如变压器、道路和湖泊等等。
- 要素具有丰富的关联环境。使用拓扑关系、空间表达和一般关联，你不仅可以定义要素的特征，还可以定义要素与其它要素的关联情况。当与要素相关的要素被移动、改变或删除的时候，用户预先定义好的关联要素也会做出相应的变化。
- 可以制作蕴含丰富信息的地图。通过直接在 ArcInfo 制图应用窗口——ArcMap 中应用先进的绘图工具，可以更好地控制要素的绘制，还可以添加一些智能的绘图行为。有一些特殊的专业化绘图行为的操作也能够通过编写代码实现。
- 地图显示中，要素是动态的。在 ArcInfo 中处理要素时，它们能根据相邻要素的变化做出响应。你也可以将要素与自定义查询或分析工具关联到一起。
- 要素形状可以更形象地定义。Geodatabase 数据模型中，你可以使用直线、圆弧、椭圆弧和贝塞尔曲线来定义要素形状。
- 要素都是连续无缝的。Geodatabase 中可以实现无缝无分块的海量要素的存储。
- 多用户并发编辑地理数据。Geodatabase 数据模型允许多用户编辑同一区域的要素，并可以协调出现的冲突。

确切地说，要实现上面列举的某些优点，是可以不需要使用面向对象的数据模型的。但是，如果不使用这种数据模型，你发现会遇到很多的困难和麻烦——很多时候，你都得编写连接要素的外部代码，但是这样的代码编写十分复杂，并且容易出错。总的来说，Geodatabase 数据模型的主要优点是它搭建了一个框架，这样用户便可以轻易地创建智能化要素，模拟真实世界中对象之间的作用和行为。

作者：Michael Zeiler
译：张俊、孙朝阳、庄怀耀
校 ：邢超

声明：本书版权系 ESRI 出版社所有。本书是 ArcGIS 学习精品，译校不做于商业用途，属个人爱好，与广大 GIS 爱好者共同分享。

1.3 Geodatabase--地理数据存储仓库

Geodatabase 含有四种地理数据的描述方式：

- 描述要素（Feature）的矢量数据
- 描述影像（Image）、专题格网数据和表面的栅格数据
- 描述表面的不规则三角网络（TIN）
- 地理寻址的 addresses（地址）和 locator（定位器）

Geodatabase 将所有对地理数据存储到商业关系数据库中。这样我们将主流的数据库技术集成到 ArcInfo 中，实现了地理数据的中央化管理。

Geodatabase 内部结构	
要素集 空间参考 对象类，子类 要素类，子类 关联类 几何网络 拓扑	要素集（Feature Dataset）中的所有要素必须具有相同的坐标系统。因为在要素集中存储了 Geodatabase 的拓扑关系。空间参考（Spatial Reference），是维护拓扑关系的关键。 要素集中可以存储对象（Objects）、要素（features）及关联类（Relationship class）。对象不包含空间实体，要素则相反。关联类可以将要素和对象关联到一起。需要指出的是，对象、要素和关联类直接存储在 Geodatabase 中。而不需要非得存放在要素集中。 对象类中存储的一组类型相同的对象。要素类是同种类型的要素的集合。要素类和对象类的区别在于：要素类中存储了空间信息，而对象类中没有。 关联类存储了对象类、要素类两两之间的关联信息。关联可以是对象类之间的、也可以是要素类之间的、或者要素类和对象类之间的。 几何网络（Geometric Network）用于模拟线性系统，如道路交通网络等。支持丰富的网络跟踪和分析功能。 ArcGIS 8.3 之后开始支持拓扑功能，可以体现要素类之间的空间拓扑关系。这样的拓扑，可以应用于各种几何类型的要素的空间关系分析和定义。
域 属性验证	域（Domain）是对象属性的有效值集合。可以是文本型的，也可以是数值型的。 通过关联类和连通规则（connectivity rules），属性验证用以增强数据的完整性。
栅格数据集 栅格	栅格数据集（Raster Datasets）可以表现为影像地图、表面、表现某个环境因子采样数据的 Grid、或者是普通的实物照片。有些栅格数据具有多个波段。
不规则三角形网络数据集	不规则三角形网络数据集（TIN datasets）是从表面上采样高程点数据生成的不规则三角形。TIN 可以用于模拟地球表面，同时也可用于连续性的环境因子的分布研究，比如碳元素的分布。

位址 地址(Addresses) x,y 定位 邮政编码 位置名称 Route 定位	位址包含很多定位信息，这样可以利用这些信息创建要素，并且使用地图将这些要素显示。

1.3.1 使用矢量格式描述要素

现实世界中，任何实体都具有天然形体，矢量数据使用带有相关属性的有序坐标集来表现这些实体的形体，这样的矢量数据在 ArcInfo 中称呼为要素（Feature）。矢量格式数据支持几何操作，比如计算长度和面积，同时还可以进行叠加、相交或最邻近要素查找等。

矢量数据根据要素的尺寸分级：

- 点描述的是零维形状的、很小而不能够描述为线或面的地理要素。点存储为单个的带有属性值的 x, y 坐标对。
- 线是一维形状的，描述狭窄而不能够描述为多边形（area）的地理要素。线存储为一系列有序的带有属性值的 x，y 坐标。线的形状可以是直的、圆的、椭圆的、或带有旋转的。
- 多边形是二维形状，描述由一系列线段围绕而成的一个封闭的具有一定面积的地理要素。这样的地理要素是封闭的、并且具有面积。

还有一种特殊的矢量数据类型称呼为注记（annotation）。注记属于和要素相关联的有描述信息的标注（label），可以显示要素的名称或者其它属性。可以将注记理解为特殊的标注。

Geodatabase 依据要素的尺寸大小及关系，将矢量数据组织到不同的结构体系中。如：要素集（Feature Dataset）中可以存储空间实体（要素）、非空间实体（对象）以及它们之间的关联（Relationships）。几何网络（Geometric network）和拓扑（Topolopgy）工具体现了要素之间的空间拓扑关系。在 ArcInfo 的后续版本中，我们还会看到更多体现空间拓扑的工具。

Geodatabase 中还存储了属性验证规则（validation rule）和域（domain），这样可以确保对要素创建或者更新操作时，数据库数据的完整性。

1.3.2 使用栅格来描述格网数据

栅格数据使用网格形式组织，这是由栅格数据的数据源所决定的。我们都知道，普通的照相机或影像处理系统都是以二维的格网或栅格的像素值来记录数据的，在 Geodatabase 中同样如此。

每个像元（cell）代表栅格的一个像素要素，像元值可以描述各种数据信息。像元中可以存储部分光谱的光的反射率、图片的颜色值，还可以存储专题属性如植被类型、表面值或高程值。

1.3.3 用 TINS 描述表面

不规则三角形网络（TIN）是表面的一个模型。Geodatabas 将 TIN 表达为带有高程的结点和带有边界的三角形的集合。在 TIN 的地域范围中，任何点的高程值都可以内插获得。

TIN 可应用于表面分析，譬如分水岭研究。TIN 也可以描述地表的物理地貌。

提示：在 ArcInfo 8 的先期版本中，Geodatabase 还无法实现 TINS 和栅格的存储。在这期间，TIN 存储在 COVERAGE 的工作空间中。注意：栅格数据只能存储在 ArcSDE Geodatabase 中，Personal Geodatabase 中不支持栅格数据的存储。

1.3.4 使用定位器获取地址

可以说，地址查找是最普通的地理任务之一。Geodatabase 可以存储地址以及其它位置信息。Geodatabase 同时也存储创建位置要素的定位器的信息。

关键提示：

1. ArcInfo 是个通用的地理信息显示和分析平台。
2. ArcInfo 可以操作多种数据源，包括 Geodatabase、coverage 和 shapefile
3. Geodatabase 数据访问对象由程序接口实现。
4. 数据可以通过三种视图方式访问：

- 关联表视图（relational table view），体现数据库底层表的物理存储内部细节。
- 简单要素视图（simple data view），体现要素类型
- 对象视图（Object view）体现接近于用户数据的概念模型图的高层次结构及其它底层细节。对象视图中观察的是对象模型图。

1.4 面向对象的数据模型中的要素

ArcInfo 8 与以前版本的区别就是它在地理数据建模中使用了面向对象（object-oriented）的方法。开发者可以通过面向对象软件类的框架，即 Geodatabase 数据访问对象（geodatabase data access objects），与数据对象进行互操作。

面向对象的三个关键特征为：多态性、封装性和继承性。

- 多态性表明一个对象类的行为（或方法）可以与对象的变更相适应。不管要素存储于 Geodatabase、Coverage 还是 Shapefile 中，要素的核心操作，如绘制、增加或删除等，都是一样的。
- 封装性意味着对象只能通过预先定义好的一系列软件方法访问，同时这些方法被组织到软件接口中。Geodatabase 数据访问对象隐藏了数据对象的内部细节并提供了标准的编程接口。
- 继承性表明一个对象类可以被定义成包含其它对象类的行为，但对象类也可以具有其它行为。你可以在 ArcInfo 中创建定制的要素类型并继承标准要素的行为。比如，一个变压器对象可以从一个标准的 ArcInfo 要素类型（比如一个简单的节点要素）中被扩展或分成子类。

1.4.1 数据模型标准化

Geodatabase 数据访问对象包含提供对多个数据源的地理数据的统一访问的软件技术，数据源可以是 Geodatabase，Coverage 和 Shapefile。

ArcInfo 的开发者通过一系列的数据项，如数据集、表、要素集、列、对象和要素与地理数据进行互操作。

因为数据模型的标准化，ArcInfo 用户可以用相同的方法对 Geodatabase，Coverage 和 Shapefile 进行操作。数据模型标准化通过增加数据的共性来使用户对数据的操作简单化。

1.4.2 可扩展要素

Geodatabase 的一个重要特性便是你可以有选择地创建定制的要素，这样的要素可以描述为变压器和道路，而不单单是点和线。

这一点对于 ArcInfo 的用户尤为重要，这意味着：你不仅仅是对变压器或道路这样的要素进行普通的地理信息显示、查询或者编辑了，你可以对它们赋予行为！比如，可以规定变

压器在被绘制的时候，必须连接到电杆上的规则。再比如，编辑道路要素的时候，规定所有道路必须都是相互连通的。

数据建模者可以在标准的要素类型基础上配置一个更加富有表现力的数据模型。开发者可以使用面向对象技术扩展标准的要素类型和创建定制要素，以满足高级的专业应用定制。

开发者在此基础上创建的定制要素与 ArcInfo 中提供的原有标准要素类具有同样的特性和功能。这意味着：可以通过程序定制来开发无限复杂要素行为。

1.4.3 要素和面向对象

Geodatabase 中的要素被配置成为一系列的相关表。这些相关表的一部分是用于描述要素的收集，另一部分描述要素之间的关系，验证规则和属性域。

ArcInfo 管理这些表的结构和完整性，并通过地理数据访问模型提出一个面向对象的地理数据模型。

用户或者开发可以不用知道或者不用关心 Geodatabase 的内部结构。使用 ArcInfo 中的 ArcCatalog 应用程序，用户边可以创建、修改和精炼 Geodatabase 数据的结构。

如果你想知道 Geodatabase 的物理数据结构，可以通过查看数据的对象图获取，这让用户便可以创建更好的地理数据模型。

作者：Michael Zeiler
译：张俊、孙朝阳、庄怀耀
校 ：邢超

声明：本书版权系 ESRI 出版社所有。本书是 ArcGIS 学习精品，译校不做于商业用途，属个人爱好，与广大 GIS 爱好者共同分享。

1.5 地理数据库服务

有了 ArcSDE 软件，这个空间数据引擎提供，ArcInfo 便能够访问空间数据库。在 ArcSDE 中，你可以创建自己的 Geodatabse，并且，这个 Geodatabase 在理论上可以是无限大的！同时，ArcSDE 还提供关系型数据库的开放接口。

1.5.1 Geodatabase 如何扩展数据库

Geodatabase 是表达地理信息的数据模型，在很多方面增强了关系数据库的技术：

- Geodatabase 可以将地理数据描述为四种形式：不连续的对象描述为矢量数据，连续对象描述为栅格数据，表面描述为 TINs，将位址描述成为 Locatro 或 address。
- Geodatabase 存储要素的几何形状，ArcInfo 中提供空间操作功能，比如查找要素的邻近、相连或相交的对象。Geodatabase 中还提供定义和管理数据的地理坐标系统的框架。
- Geodatabase 中的拓扑关系可以模拟道路运输事业或其它公用设施网络，进行地理操作，线性要素的拓扑功能是在几何网络（Geometric Network）中完成的
- ArcGIS Desktop 8.3 出现后，Geodatabase 中的拓扑工具（Topology）还可以定义不同类型的要素之间的拓扑关系。
- Geodatabase 中可以定义对象、要素之间的关联（Relationships）
- Geodatabase 通过定义域（Domain）和验证规则（Validation rule）来增强属性的完整性
- Geodatabase 将要素的“自然”行为绑定到存储要素的表中
- Geodatabase 可以具有多个版本（Version），同一时刻允许用户编辑对同一数据进行编辑

1.5.2 个人 Geodatabase（personal Geodatabase）和多用户 Geodatabase

Geodatabase 可以分成两种——个人 Geodatabase 和多用户 Geodatabase。

ArcGIS Desktop 对个人 Geodatabase 操作有全功能支持。个人 Geodatabase 适用于小型项目的地理信息系统。Personal Geodatabase 可以使用 Access 数据库打开。在安装 ArcInfo 软件的同时，微软 Jet 引擎也同时完成安装，这样 ArcInfo 便可以创建和更新 Access 数据库。

对于大型的企业数据库，可以使用 ArcSDE 软件。ArcSDE 安装管理企业数据的关系数据库的服务器上。通过 TCP/IP，ArcSDE 为运行在 PC 上的 ArcInfo 应用程序提供 Geodatabase。ArcSDE 可以运行在 Windows NT 或者在 UNIX 操作系统上。

ArcSDE 不仅提供对地理数据的远程访问，而且还允许多用户同时编辑同一地理数据。ArcSDE 可以实行海量数据的中央化管理。

15.3 开放且可扩展的数据库服务器

在 ArcInfo 中，你可以根据自己的需要，使用各种大小规格的 Geodatabase。如果数据量不大，你可以直接在 ArcCatalog 中使用个人 Geodatabase。一般来说，个人 Geodatabase 支持的对象少于 250，000 个。它只支持同一时刻的单一编辑用 。

如果用户机构数据量巨大，并且有对同一数据进行同时编辑的需求，那么这时候便需要在关系数据库中配置 ArcSDE 了。

使用 ArcSDE 软件的优点：

- 可以有弹性的选择数据库的规模和大小
- 可以使用关系数据库进行空间数据的存储

- 可以在 Windows NT 上或 UNIX 上提供地理数据服务
- 可以向其它的应用程序比如：MapObject，ArcIMS，ArcView GIS 和 CAD 客户端应用程序提供数据服务
- 可以中央化存储和管理 Geodatabase
- 可以集成与 OGC 标准相符的应用程序。
- 可以使用结构化查询语句（SQL）应用程序来访问 Geodatabase 的表和记录

Geodatabase 提示：
Personal Geodatabase 的功能集成在 ArcInfo 软件中。
ArcSDE 将 geodatabase 数据格式的功能和扩展了空间功能的关系型数据库有机结合。
ArcSDE 可以理解为 ArcInfo 的多用户扩展。

1.6 地理数据访问

开发人员可以从三个基本层次中获取 Geodatabase 数据：

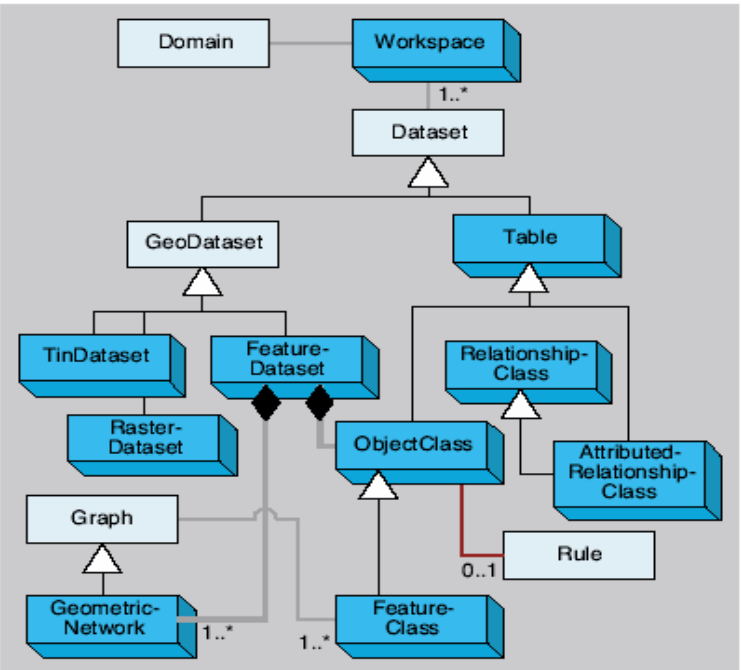
- 通过 Geodatabase 数据访问对象，它是 ArcObject 的一个子集。ArcObject 是 ArcMap 和 ArcCatalog 软件构建的组件基础。
- 简单的非拓扑要素层次，通过符合 OGC 简单要素协议的 ArcSDE 应用程序编程接口实现。
- 行，列和表的层次上，通过关系数据库的本地 SQL 接口实现。

1.6.1 通过 ArcObjects 访问数据

获取数据的最合适的方法是通过 Geodatabase 数据访问对象。在这个层次上，Geodatabase 的整个结构被展示出来：拓扑，关系，集成规则和行为，同时还有栅格，表面和位置显示。

你可以通过 ArcObjects 使用 VBA 或 Visual C++或其它合适的 COM 开发环境编程获取数据。

以下是一部分 Geodatabase 数据访问对象的一个简化的标准建模语言（UML）表，它将在第四章“地理数据的结构”中被讨论。



1.6.2 访问简单要素的数据

对于空间应用程序来说，完全可以获取简单非拓扑要素形式的地理数据。

ArcSDE 下在支持 C API 和 Java API，这两种语言都符合 OGC 简单要素规范。

OGC 是领导空间数据厂商的组织，它的目的是开发标准的软件接口，这样可以使得各种 GIS 空间数据可以自由地进行交换。

在网络上拥有不同格式的地理数据的不同组织可以将本地数据格式组织为“简单要素”集成到应用程序中。

ESRI 是 OGC 技术规范最主要的贡献者，并且承担地理数据公开交换的义务。

1.6.3 通过 SQL 访问数据

GIS 是丰富的地理数据资料档案库，这个资料档案库中管理存储了各种自然要素、交通运输之类的基础设施、或者入公共事业几何网络等等这样的数据。使用 Geodatabase 来维护和管理数据的时候，外面的数据库应用程序可以有效地获取享的以非空间形式表达的数据。

使用关系数据库自带的 SQL 接口，便可以建立从 Geodatabase 中提取数据的应用程序，可以将这些提取的数据用于各种分析工作，比如处理工作流程或则统计分析等。

在这个视图中，Geodatabase 是一系列的表、列和行。通过 SQL 接口，可以观察到 Geodatabase 数据库的内部物理结构。这个结构在 ArcInfo 中是不能直接可见的，要通过 ArcCatalog 图形界面管理。使用 SQL 开发程序可以更新要素属性，在这个过程中，尤其小心不要破坏 Geodatabase 的管理结构。

1.7 创建数据模型

设计 Geodatabase 与其它数据库原理是基本上一致的。因为 Geodatabase 属于关系数据库的一种，只不过 Geodatabase 中存储的是地理数据。

Geodatabase 通过描述一个基于对象的数据结构，扩展并简化设计流程，在这个结构中，描述了地理要素的空间和拓扑关系。这个结构中有一部分是专门用于将地理对象集成表达为有机系统的，如：河流和道路网络、或者地块集。这样的结构叫做拓扑。

Geodatabase 数据模型构建了“人们对现实世界周围对象认识的理解”和“这些对象在关系数据库中如何存储”的桥梁。

1.7.1 Geodatabase 设计

一般来说，关系数据库设计需要两个基本步骤：数据逻辑模型的结构化和数据模型的物理实现。

逻辑数据建模体现数据的用户视图，数据库建模则在关系数据库技术的框架中物理实现数据模型。

1.7.2 数据逻辑模型设计

建立数据逻辑模型的关键任务是准确定义有意义的对象集并明确它们之间的关系。

你考虑的对象，可能是比如街道、地块、所有者和建筑物这样的事物。那么对应它们之间关系的一些描述就是“位于”、“被拥有”和“是一部分”等。

在原始逻辑数据模型设计完成后，可以提交给用户，进行下一进程的需求分析，确定用户对数据录入、更新和访问的要求。

设计逻辑数据模型是个反复的过程，通过不断的实践可以获取到最终的“艺术”成果。

不存在绝对“正确”的模型，只能说某个模型适合还是不适合。要确认数据模型是否完全符合需求是非常困难的！可以回答以下三个问题，如果你的答案都是肯定的，那么意味着你所创建的模型已经很不错了：

- 逻辑数据模型表现了所有数据，且没有冗余
- 逻辑数据模型支持业务流程？
- 逻辑数据模型满足不同用户组的数据视图？

1.7.3 表达数据逻辑模型

先前，逻辑模型通常绘制为 E-R 图。面向对象技术建模的前人推出了各种不同的设计方法和图表符号。E-R 图的一个不足之处是它们的表现形式会被设计方法左右。

现今，大部分面向对象的建模者已经开始采用统一建模语言（UML），UML 是表达对象模型的标准符号。UML 已被主导软件公司和数据库厂家所认可。

需要提醒的是，UML 不是设计方法，而是一个绘图符号。UML 支持面向对象的设计方法，并且按照标准方式表达数据模型。

本书是使用 UML 绘制 ArcInfo 对象模型图（也称为 ArcObjects）的。同样，如果需要绘制定制的 Geodatabase 对象模型，也使用 UML。

1.7.4 物理模型实现

物理库模型由逻辑模型创建而得。一般情况下，关系型数据库专业开发者从数据建模者那儿得到逻辑模型后，使用数据库管理工具来定义数据库方案（schema）并创建新数据，为数据输入做好准备。

数据库物理设计跟逻辑模型设计虽然有很多相似之处，但是也存在很多区别。逻辑模型中设计好的类和对象在物理表中实现的时候经常会被拆分获者合并。规则和关联类也可以使用多种方式表达。

Geodatabase 的一个显著优势在于它不是仅仅实现数据的物理配置而已，你可以在 Geodatabase 中构建与逻辑模型相近的物理结构。

1.7.5 逻辑模型和数据库模型中的元素

下图中表示的是数据逻辑模型中的元素以及它们相应的数据库中的元素：

Logical elements	Database elements
Object	Row
Attribute	Column, Field
Class	Table

逻辑模型是对人类生产应用中所处理的对象的一种抽象。这种抽象被具体成数据库中的元素。

比如，对象（Object）都代表某个实体，如一栋房子、一条河流，或消一名费者。对象用行来组织存储。对象具有一系列的属性。属性值体现对象的特征，比如对象名称、度量值、等级。属性以列（或字段）的形式存储在一个数据库中。

类（Class）是相似对象的集合，类中的每一个对象都具有相同的一组属性。类以表的形式存储在数据库中。表中的行、列构成一个二维矩阵。

1.7.6 复杂数据处理

由于关系数据库是基于简单、智能和易于理解的理论基础建立的，所以在商业推广上，它们具有优势。当然，这种简化可以理解为优点，也可以看作是短处——建立关系数据库的概念是很简单的，但是在对复杂数据建模的时候，就会有些困难。

Geodatabase 包含有复杂的地理数据。构成线要素和面要素的一系列坐标形状是不能用标准类型的字段（如：整形，实数，字符串）来表示的。并且，在地理数据库中，要素一般都是具有一定的拓扑关联、隐含的空间关联或者普通关联的。

关系数据库是 Geodatabase 的基础。Geodatabase 的目的是使用独立于关系数据库的统一的数据模型来处理复杂的地理数据。本书第十二章，“ Geodatabase 设计指南 ”，将进一步介绍 Geodataabase 设计方法。

1.7.7 Geodatabase 设计原则

使用 Geodatabase，你可以设计和地理数据库的逻辑概念模型非常相近的数据库——Geodatabase 是用要素集、要素类、拓扑关系、关联类和其它元素组织的。对于 ESRI 的数据模型的开发人员来说，这也是在 ArcInfo 中引入 Geodatabase 数据模型的基本原因。

以下是 Geodatabase 设计的基本步骤：

1. 数据的用户视图建模。和用户交流，了解用户结构，解析用护的业务模型。
2. 定义对象和关联。使用对象集和创建逻辑数据模型，并定义它们之间的关联。
3. 选择地理描述方式。对有意义的数据采用确切的描述方式，如矢量、栅格、表面或 Locator。
4. 与 Geodatabase 元素匹配。将逻辑模型中的对象与 Geodatabase 中的元素互相匹配起来。
5. 组织 Geodatabase 结构。考虑地图专题、拓扑关联以及不同用户部门对数据的需求，创建 Geodatabase。

作者：Michael Zeiler
译：张俊、孙朝阳、庄怀耀
校 ：邢超

声明：本书版权系 ESRI 出版社所有。本书是 ArcGIS 学习精品，译校不做于商业用途，属个人爱好，与广大 GIS 爱好者共同分享。

1.8 UML 对象模型图阅读指南

ArcInfo 的使用方式由两种：其一便是直接使用 ArcGIS 桌面应用程序，ArcMap 和 ArcCatalog，进行 GIS 操作；其二，可以使用其中提供的框架构建开发自己的 GIS 应用程序。

数据建模人员需要站在以上比这两种方式更高的位置来完成自己的工作。用户大多数情况下都会直接使用预先提供的 ArcGIS 桌面应用程序创建 Geodatabase。当然有时候也会需要你进行一些代码定制，特别是在专业化程度很高的复杂数据模型的模拟上，代码的工作更是不可或缺。

本书的目标之一便是介绍数据建模的概念，这样的数据建模不仅在 ArcInfo 的应用程序中适用，还在 ArcInfo 的软件组件中使用，这个软件组建便是我们熟悉的所谓的 ArcObjects。

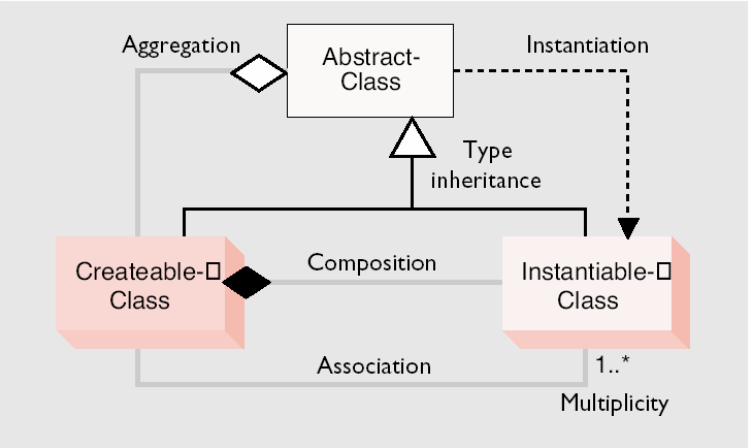
本书中，从使用 ArcInfo 软件时遇到的概念说起，然后再使用对象模型图来表现 ArcInfo 中的这些概念，以利于读者理解。

比如，首先从一个 ArcCatalog 用户的角度来讨论 geodatabase、要素数据集和要素类的结构。接着从程序员的角度用模型图的相关部分介绍 geodatabase 数据的访问对象。

这两种视图模式有相似之处，但是也有很大差别。应用程序的用户界面有时隐藏了对于程序员来说非常重要的一些软件组件细节。本书的目标是让你能够站到比用户和开发者这两个角度更高的位置处理数据建模的工作。

1.8.1 解读类模型图

下面图示中，便是贯穿本书的对象模型图的钥匙。



这些符号是基于 UML 画图工具创建的，UML 符号是面向对象分析和设计的工业图样标准。

对象模型图中提供的信息非常多，是对象浏览器中信息的重要补充。Visual Basic，或者其它的开发环境，都会列出所有的类和成员，但不会指明这些类之间的关系。所以，对象模型图是非常有利于读者对 ArcInfo 组件的理解的！

本书使用 UML 来描述 ArcInfo 组件，即 ArcObjects，并描述你能够创建的数据模型。以下详细说明。

1.8.2 类和对象

在 UML 图中有三种类型的类：抽象类（abstract class）、可创建类（createable class）与可实例化类（instantiable class）。

抽象类不能用以创建新对象，但可以用来指定子类。举个例子，“line”（线）是“primary line”（干线）和“secondary line”（副干线）的抽象类。

可创建类指的是那些你能够直接使用开发环境中的对象定义语法来创建对象。比如在 Visual Basic 中是这样书写：Dim As New <object> 或者 CreateObject <object>。

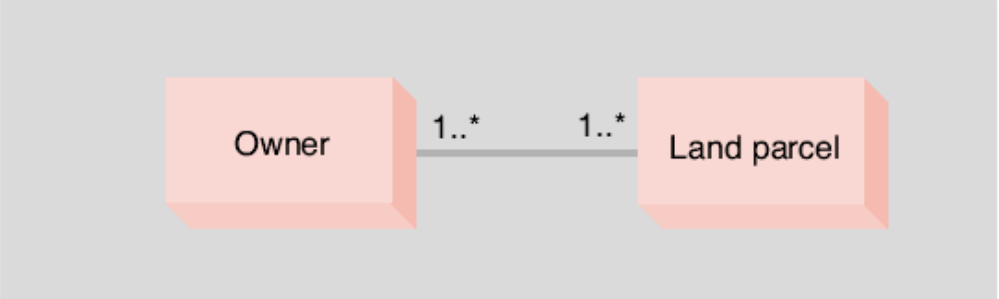
可实例化类不能够直接创建新对象，但是这种类的对象能够作为其它对象的属性被创建或是从其它类的方法中创建。

在 Visual Basic 对象浏览器中，你能够查看 ArcInfo 所有的可创建类和可实例化类，但看不到抽象类。

1.8.3 关联

在抽象类、可创建类和可实例化类之间，有几种存在的关联（或称关系）。

联系（association）便描述了类之间的关联。在两端的类中可以定义多重性（Multiplicity）关联。

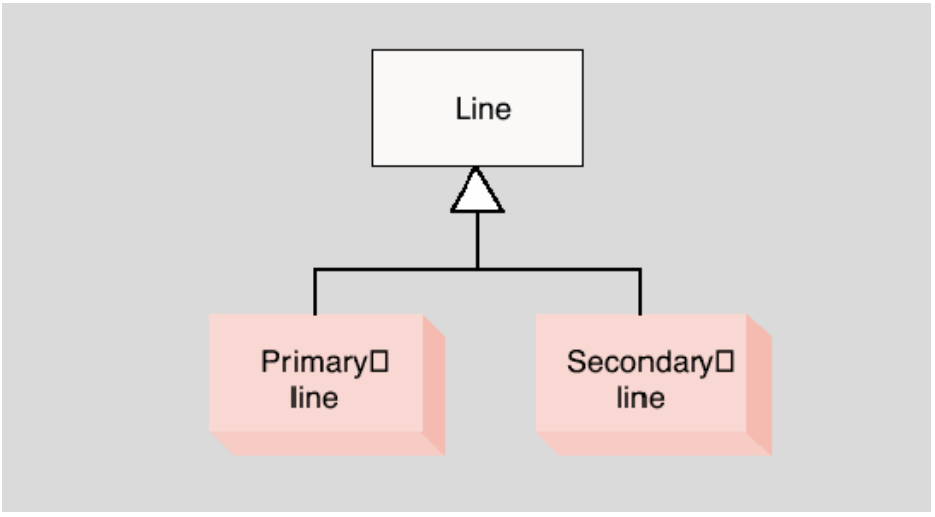


在这张图上，一个业主能有拥有一块或多块宗地；同样地，一块宗地可以被一个或多个业主所共有。

多重性关联就是限制对象类与其它对象关联的数目关系。以下是用于多重性关联的符号：

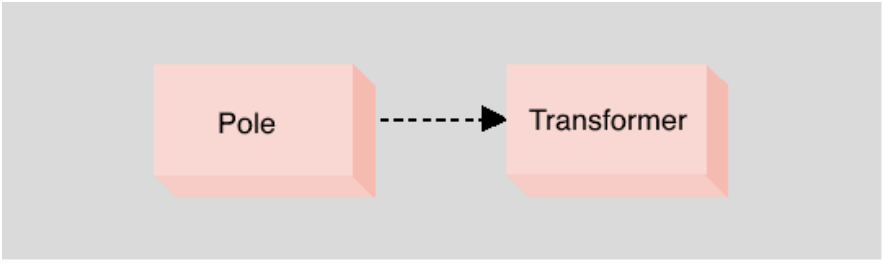
1 —— 一个并且只有一个，这种多样性是可选的；如果不标明，则默认为“1”
0..1 —— 零个或一个
M..N —— 从 M 到 N（正整数）
或者 0… —— 从零到任意正整数
1…* —— 从一到任意正整数

类继承（type inheritance）定义了专门的类，它们拥有超类的属性和方法，并且同时也有自身的属性和方法。



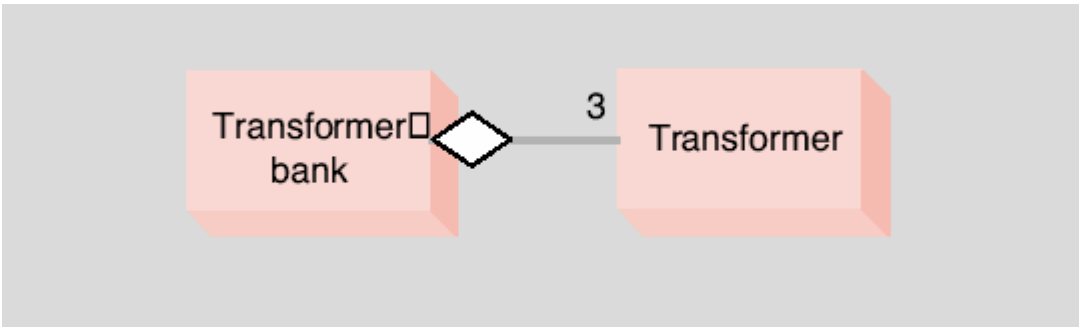
上图说明 primary line 和 secondary line 是 line 的一种类型。

实例化（Instantiation）指定一个类的对象有这样的方法，它能够创建另外一个类的对象。



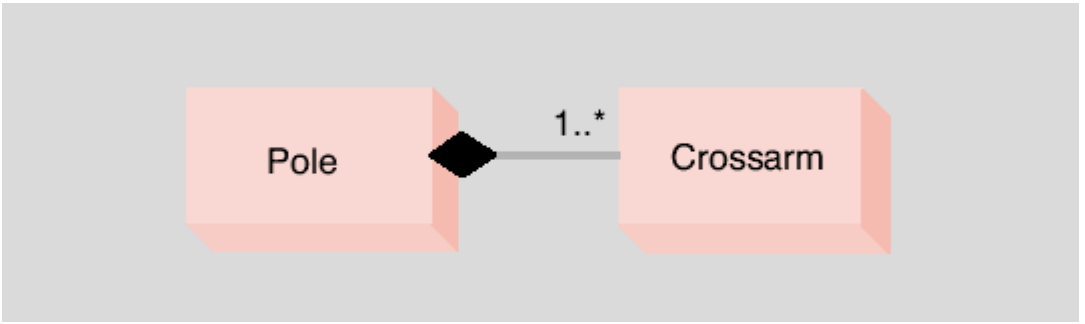
pole 对象有一个方法能够创建 transformer 对象。

聚合（Aggregation）是一种不对称的关联方式，在这种方式下一个类的对象被认为是一个“整体”，而另一个类的对象被认为是“部件”。



一个 transformer bank 正好有 3 个 transformer。在这个图中 transformer 能和一个 transformer bank 相关联，但当 transformer bank 移除以后，transformer 依然能够存在。

组成（Composition）是一种更为强壮的聚合方式，此种方式下，“整体”对象控制着“部分”对象的生存时间。



一个 pole 包含一个或多个 crossarm。在这个图中当 pole 被移除后，crossarm 就不能再使用了。因为 pole 控制着 crossarm 的生存时间。

1.8.4 用图形符号描述模型

起初你也许不大习惯使用这种图形符号，可以先试着读解上面的例子，并结合自己的实际情况考虑。尝试使用这样的工作方法，而后你将会发现这样的图的读解释很容易的，而且你也觉得其实花点力气去理解这些符号真的帮助很大——它用简单而富有表现力的方法将对象模型很好的展示给我们，这样理解 ArcInfo 组件的概念便轻松简单多了。

如果你需要定制要素，扩展 geodatabase 数据访问对象，那么这些 UML 符号也是很重要并可以使用的。

1.9 技术动向

GIS 核心在于一个强大的存储、检索和显示空间数据的数据库管理系统。

ArcInfo 8 是一个采用全新 GIS 技术的新一代软件，它的构建采用了非常重要的主流技术，也为这个软件走向市场做好了铺垫。这些主流技术从 GIS 的角度来看体现为“地理的可用数据库”。

ArcInfo 8 的出现是非常幸运的，那段时间正是软件开发技术和数据库技术的日益成熟的时候。下面介绍构成 ArcInfo 8 框架的主要技术。

1.9.1 空间数据和数据库

Coverage 数据模型实现的时候，当时的技术能力决定了只能将要素空间信息存储在二进制文件中，同时将要素的属性信息存储在关系型数据库表的带有唯一标识符的行中。

随着数据库技术的不断发展，如今在数据库中能够将空间数据和属性信息共存于同一个数据库中。

将空间数据直接存入商用数据库有利于提高空间数据库的管理、数据访问效率和管理服务能力也得到提高，并且更方便地与其它数据库进行数据交换。

还有一点需要指出的是，ArcInfo 用户能够选择有很多符合工业标准的关系数据库来构建他们的地理数据库。现在支持的关系数据库有 IBM DB2、Oracle、Informix、MS SqlServer。

1.9.2 用户界面

ArcInfo 桌面应用程序在 MS Windows 操作系统上开发了一套全新的、简单易用且风格一致的用户见面。用户可以使用习惯的工具进行操作，比如鼠标操作、菜单、对话框等等。标准的用户界面对用户的需求不高，使得很多大型软件的上手和使用变得更加容易。

ArcInfo 8 完全实现了标准的 Windows 用户界面，矗立了 GIS 软件的一个里程碑。

1.9.3 软件组件技术体系

现行的软件都遵循组件技术，这些技术有如 Component Object Model (COM)、Common Object Request Broker Architecture (CORBA)和 Java Remote Method Invocation (RMI)等。

组建技术的理念就是将软件划分为离散的、能够独立开发、测试并组成程序的功能模块。这样，组件能用来构建很多应用软件而不需要修改很多东西。这也是软件重用的高级层次。

组件技术的优势在于更好的软件质量、更好的使用性能，并且在不影响其它安装软件的前提下可进行软件版本升级。

ArcInfo 8 是基于微软的 COM 技术而构建的。

1.9.4 开发环境

可视化的开发环境已经成为了应用程序开发的标准，比如 Visual Basic。

使用这样的语言进行开发的好处在于有大量的经验丰富的程序员以及实用的开发环境。现在已经不再满足于使用专用的宏语言来完成工作了。

ArcInfo 8将 Visual Basic for Applications（VBA）作为内置的定制应用程序 ArcMap 或者 ArcCatalog 的宏语言。支持 COM 的其它开发语言，如 Visual C++，也可以用来扩展 geodatabase 的数据模型和桌面应用。

1.9.5 技术动向总结

这些主流技术的共同点是便是“开放标准”和“互用性”。这些主流技术的实现吸收了其它工业技术的优势。ESRI 在这个基础上，便能够集中力量进行核心 GIS 功能的研究和开发了。

作者：Michael Zeiler
译：张俊、孙朝阳、庄怀耀
校 ：邢超

声明：本书版权系 ESRI 出版社所有。本书是 ArcGIS 学习精品，译校不做于商业用途，属个人爱好，与广大 GIS 爱好者共同分享。

第二章　地图信息表达

本章内容：

- 地图的功能
- 地图如何表达信息
- 地图的组成部分
- 图层分类表达地理信息
- 要素符号化
- 要素图层的绘制
- 属性值的分级
- 专题图、光谱或图像数据的显示
- 用 TIN 可视化表面

地图是地理信息系统表达信息的首要方式。人们通过地图可以识别空间格局、关系和趋势。

2.1 地图的功能

人类使用地图已经有了很悠久的历史。但是直到近代，地图才作为文档印刷出来。地图通过在在纸或羊皮上等其它材料上绘制道路、居民点和自然要素等——如此，便得到了用以描述真实世界的平面图。

随着地图学实践的发展，人类学会了使用种类繁多并且富有创造性地使用多个图层来表达现实世界。地图学也积累了中有很多描述要素的方法，用以要素分类、标识识别、地球表面的形状以或者资源与商品的流动。

现代地图中仍然沿用了许多古代地图的表达方法，如，用双线表示道路、用文字作注记、用蓝色表示水体等。

随着计算机的普及和地理信息系统（GIS）技术的发展，地图现在已成为我们非常熟悉的印刷品，并且地图也能在计算机上交互地可视化显示。

GIS 进一步加强了人类与地图之间的相互作用。在 GIS 中，你可以非常容易地确定信息在地图上的表达方式，也可以很方便地通过查询和分析选择位置或目标。

2.1.1 地图的功能

地图具有以多种方式表达现实世界的独特功能。

地图可以识别在某一位置上有什么东西。在地图上，指向图上任何位置，都能够知道这个地方或对象的名字以及其它相关的属性信息。

地图可以标明你所处的位置。如果你的地图可以实时地输入全球定位系统（GPS）的数据，你就能看到你在哪里、以多快的速度在旅行并且你的旅途目的地在何方。

地图可以让你识别用其它方式不能体现的空间分布、关系和趋势。人口统计学家通过比较过去编制的城区地图和现在的城区地图，可以支持公共决策。流行病学家通过把罕见疾病爆发地点与周围环境因素相关联便可以找出可能的病因。

地图可以将不同来源的数据集成到同一地理参考坐标系中。市政府可以将街道分布图与建筑布局图结合起来以调整市政建筑结构；农业科学家可以把气象卫星影像图与农场、作物分布图结合起来，以提高作物产量。

地图可以通过数据的合并或叠加来分析空间问题。省政府可以通过合并多层数据来找到合适的废弃物处理地点。

地图可以用来确定两地之间的最佳路径。通过地图，包裹速递公司能够找到最有效的运输路径；公共交通设计者也能设计出最优的公交路线。

地图可以用来模拟未来的情况。公共事业服务公司可以模拟新设施添加后会产生怎么样的效果，并且根据这个效果判断是否需要进行投入。市政规划者也可以模拟一些严重的意外事故如有毒物质泄露等，从而得出相应的解决方案。

2.1.2 地图是什么

GIS 技术的发展拓宽了人们对地图的认识。与过去作为单纯的静态实体相比，现在的地图成为了地理信息动态表达的一种主要手段。

地图是地理信息的一种图形表达方法。为了信息表达取得更好的效果，地图在视觉必须要有很强的感染力。另外，图形设计的很多经验如版面设计、比例、色彩平衡、符号和版式等都被应用到地图的制作中。

地图可以理解为“地理信息”与“人类对信息理解”这之间的媒介。地图借用人类特有可识别的空间格局的感知能力，提供地理对象和地点的有关情况的可视化信息。

地图是地理信息的抽象。地图的使用者不同，那么所得到的对地图信息的理解也会有不同。对于特定的使用目的，地图将表现特定的信息。地图将一些复杂的并且内部结构隐藏着的数据进行简化。同时，也可以在地图上对数据进行描述——如，用标注（label）表示名称、种类(categories)、类型(types)和其它信息。

数据建模的目的就是设计一种能够创建包含丰富信息量和美学特点的地图的数据结构。理解地图信息的表达方式，是创建“恰当”的数据模型的前提。

2.2 地图如何表达信息

在阅读地图的时候，你能获得有关地理要素的形状和位置、与地理要素有关的属性信息及要素间的空间关系等信息。

2.2.1 地图是如何表达地理信息的

地理要素分布于地球表面或近于地表，包括自然产生的要素如河流、植被和山峰，也包括人类活动的产物如道路、管道和建筑等，还包括土地利用类型的分类（比如乡村、地块或者行政区划等）。

地理要素的表达在地图上主要有三种方法：以一系列离散的要素来表达、以一种图像或采样格网来表达、以一个表面的方式来表达。

2.2.2 以离散要素的方法表达

许多地理要素具有独特的形状，可以用点、线或多边形来描绘。



点（Points）用来表达那些很小且不能用线或多边形来表示的地理要素，如钻井位置、电线杆或建筑物等。点也可以用来表示那些没有面积属性的特定区域，如山峰等。

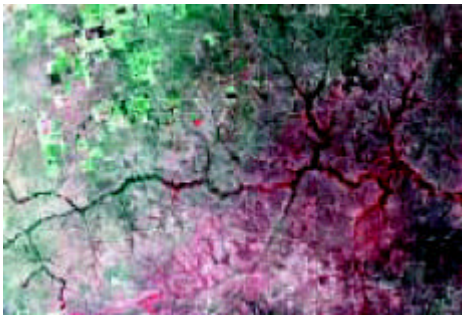
线（Lines）用来表达那些长条形的，非常狭窄也不能用多边形表示的地理要素，如街道、溪流等，或者是某些表面的曲线（SLICES），如等高线等。

多边形（Polygons）是一个封闭的图形，用来表示均质要素的形状和位置，如州、县、土地、土壤类型或者土地利用类型区等等。

2.2.3 以图像或采样格网的方式表示

我们获取地球的大多数信息来自于航空相片或卫星影像。这些影像通常可以作为其它地图数据的背景。

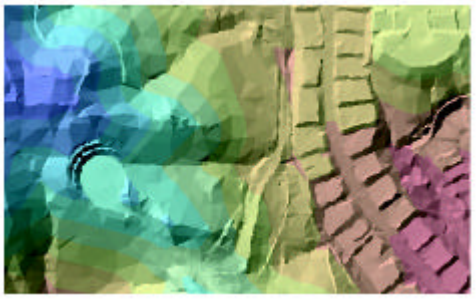
与图像形式相同的是数据采样格网，它们用来表示一些连续的现象如温度、降雨或高程等。



图像或数据采样栅格都被称为栅格图。栅格图由一系列象元的二维矩阵组成，这些象元含有反映颜色、光谱反射率或降雨量等特性的信息。

2.2.4 用表面的形式表示

地球表面的形状是连续的。一个表面的外貌可以抽象为要素，如山脉、山峰或溪流。相同高程的线可以用等高线来表示。



为了描绘地球的形状，你可以创建一个用不同颜色来表示太阳光照、高程、坡度或坡向的表面。通常情况下，可以用一个点的值表示海拔，但诸如人口密度的东西就只能用表面来有效地描述了。

2.2.5 地图是如何描述属性的

地图上的要素都会有一定的属性信息。这些属性信息存贮在这些要素的数据库表中并且通过链接可以与其它数据库间进行访问。

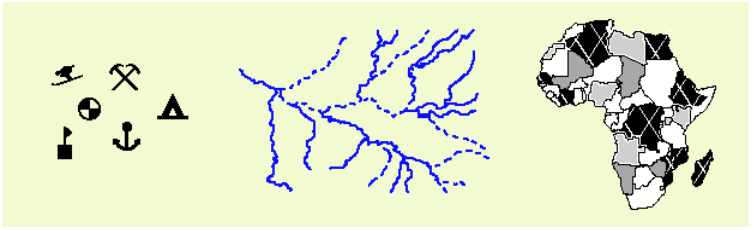
最常见的属性类型如下：

- 描述性字符串，用来给出要素的名称或者描述要素的种类、状况或类型。
- 编码的值，用来表示某一类型的要素。它可以是数字型的值，也可以是简略的字符串。
- 离散的数字值，用来表示一些可以用来计算的要素，如航道或道路等。
- 实数值，用来表示一些连续的、可用来测量或计算的数据，如距离、面积或流。

- 对象标识符很少使用，但它是访问外部数据库的关键码。

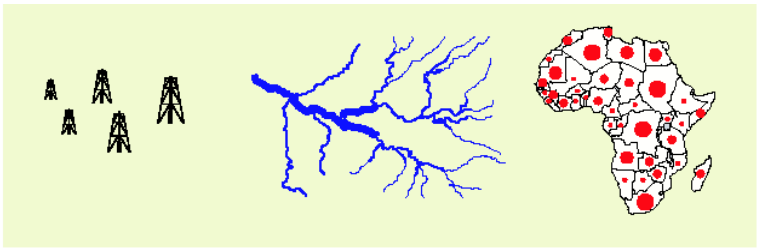
以上均是一些地图上用来描述信息的各种技术。

2.2.5.1、类型属性的描述



编码的值通常用符号表示以描绘某一类型的目标。用一些可识别的符号绘制的点可以表示学校、矿山、港口等。用一些独特样式画出的线，可以表示连续的或间歇性的溪流。不同填充的多边形可以表现不同的分类等。

2.2.5.2、可量测属性的表达



在地图上，数值可以用不同规模的符号表示。这样的数值可以是整型的，也可以是实数型的，并且可以分组进行分级和分类。

2.2.5.3、绘制分类的属性



在地图上，编码值或数值可以用颜色表示出来。一种颜色代表具有相同值的要素。通过两种颜色的混合或者色调、亮度和饱和度的梯度的不同，一种颜色可以表示一定范围内的数字值。

2.2.5.4、描述性属性的标注



描述性字符串可以标注在它所描述的要素的下面、旁边或者里面。

2.2.6 地图是如何表达空间关系的

当你看一幅地图时，你大脑里就有了空间格局的概念了。许多地图的生产目的是为了让人们更方便的找到商业场所，或者选择行走的最优路径及了解居民地情况的。

地图可以表达下列空间关系：

- 哪些要素与其它要素相连接
- 哪些要素与其它要素相邻近
- 哪些要素包含在一定的区域内
- 哪些要素是相交的
- 哪些要素相互之间很靠近
- 高程要素的差异
- 要素间的相对位置

GIS 中的地图也支持生成列表或选择集的空间查询。

作者：Michael Zeiler
译：姚永惠
校 ：邢超

声明：本书版权系 ESRI **出版社所有。本书是** ArcGIS **学习精品，译校不做于商业用途，属个人爱好，与广大** GIS **爱好者共同分享。**

2.3 地图的组成部分

ArcInfo 及其制图模块 ArcMap 表达的数字地图模型与我们对传统地图的理解是一致的。

使用 ArcMap，你可以在大型打印机中将具有高质量制图标准的数字地图打印出来。也可以在计算机中对数字地图进行互操作式的修改专题显示、查询要素、进行分析或编辑要素。ArcMap 中使用扩展名为.mxd 的文件保存地图，这个文件被称为地图文档（或简称为地图）。

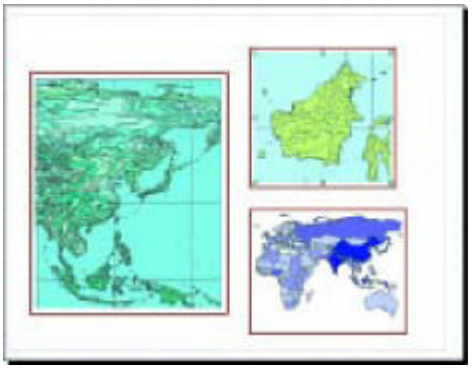
2.3.1 地图和及其元素

地图文档中包含很多大家都很熟悉的地图学元素——指北针、比例尺、整饰线、标题、插图和图例。地图中的主要元素是按下列方式来组织的：

- 一张地图中含有一个或两个表达地理数据的数据框（data frame）
- 每一个数据框架具有一个或几个可以表达地图内容的地图环境（map surrounds）
- 一张地图的版面图（layout）中应该包括完整的一系列地图元素

2.3.2 地理要素的地图载体

数据框中包含了地图中所需的所有地理数据。一个地图可以包含一个或几个数据框。

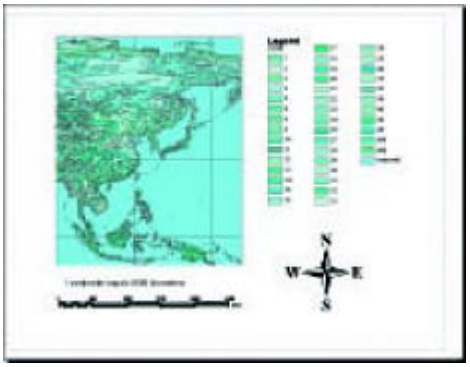


如上图的地图中，数据框中可以有一个或多个图层，一般来说这些图层的数据是相互重叠并跨越一定的地理范围的。一个数据框在版面图中占据一定的图幅范围，同时也表示一定的地理尺寸。

每个数据框都有一个描述地图投影的坐标系统。数据框的坐标系统可以与加载到其中的图层的坐标系统相同，也可以不同。

2.3.2 数据框的制图特性

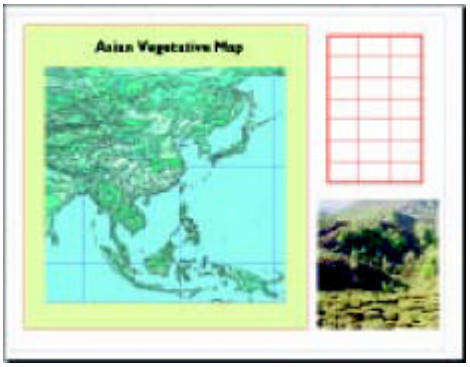
数据框能够与表示制图内容（如比例尺）的地图环境（map surrounds）相关联起来。



地图环境动态地与数据框相关联。当绘图方法改变时，图例也会更新。当地图比例尺发生变化时，比例尺文字也会更新，同时比例尺也会调整大小。当地图倾斜时，指北针也作相应地旋转。

2.3.3 完成地图制作

添加地图元素以完成你的地图。



地图元素包括标记、线、多边形、矩形、文本和图片等。图片可以是 windows 图元文件或者位图文件。地图元素与数据框架之间没有明确的联系。

2.4 使用图层表达地理信息

图层（layer）是 GIS 是地图上地理表达的基本单位。每个图层表达的是按照地图绘制者的规范绘制出的一系列有关联的地理数据。比如，你可以创建表达溪流、政区界线、测量点位和公路的图层。

2.4.1 图层是对地理数据的概括（抽象）

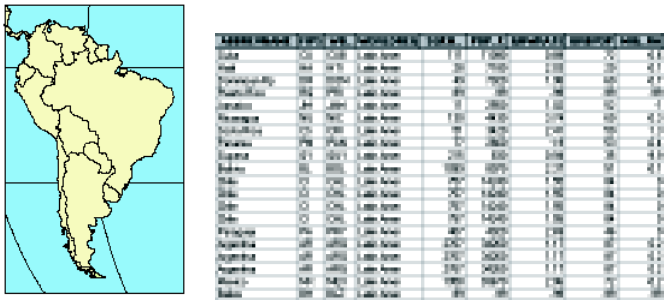
图层只是对一系列地理数据的“引用”，实质上它并不存储地理数据。这样的工作方法有以下好处：

- 对于同一地理数据，你可以创建表达不同属性的图层，或者使用不同的符号化方法来创建图层。
- 你可以对地理数据进行编辑，相应的地图图层在下次显示时也会做相应的更新。
- 图层之间可以共享同一地理数据文件而不需要制作副本拷贝。图层可以引用网络上任一位置的可以访问的数据。

图层可以作为地图文档的一部分保存或以具有扩展名为.lyr 的文件单独存储在硬盘上。你可以把图层理解为地理数据的“地图视图”(cartographic view)。图层，让你能够指定绘图的方法、设置比例尺阈值（scale threshold)、在视图中进行选择等。

2.4.2 绘制地理数据的多种视图

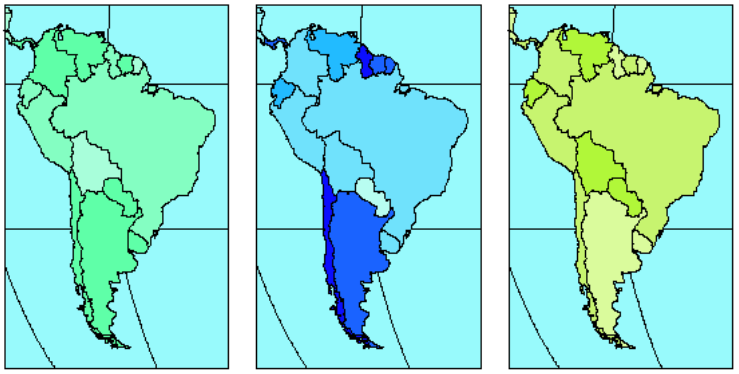
图层可以让用户指定地理数据集的任何一种绘图方法。



世界各国的地理数据集可以有大量的属性数据如人口、寿命、出生率、水质等

但是，地理数据集并不包含绘制这些数据的指令。当你创建一个图层时，你可以指定绘制这些数据的方法。

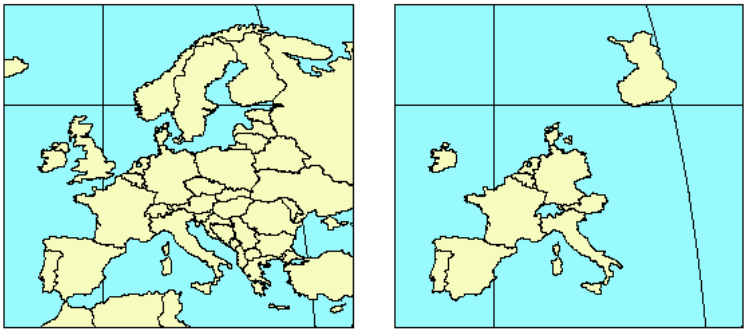
对于同一数据集，你可以创建多个图层。每一个图层都可以表现一个属性值的情况。



以上这些地图分别表示南美洲国家的人口寿命、水质和人口增长率

2.4.3 被选择要素的绘制

一些地图表示的是数据集中要素的子集。当你创建了一个图层后，你可以在地图上互操作地选择要素或者使用 SQL 语法构建属性查询。

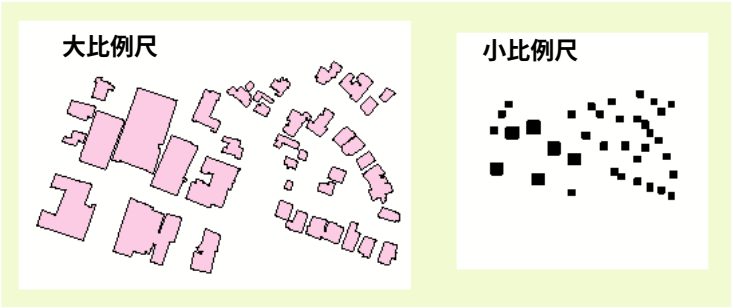


第一张图显示了欧洲所有的国家，而第二张图则只显示了那些参加统一货币流通的国家

在图层中使用不同的选择方法，你便可以在无需删除其它要素的前提下，绘制出那些自己感兴趣的要素。

2.4.4 控制图层的地图比例尺

你可以使用任一地图比例尺来绘制地图,但特定的图层只能在一定的比例范围内显示。你可以设置一个图层的比例尺阈值，并且在一定的比例尺下用一个图层替换另一个图层。



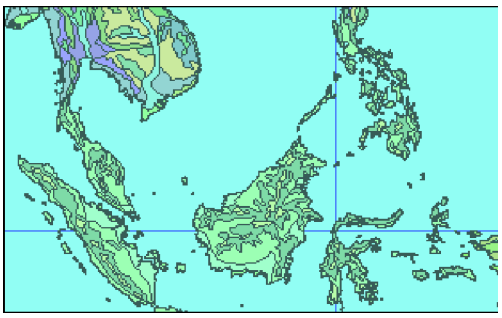
第一张图用充填的多边形符号绘出了建筑物的分布图 ;第二张图则用一些点符号来表示同一地理数据集的内容

2.4.5 图层的类型

我们在前面的章节中已经说倒，地理信息在地图上可以用一系列不连续的要素、影像或栅格、表面来表示。下面将列出一些可以加到地图中的图层类型。大多数图层与地理数据库（geodatabase）中的地理数据集有关联。本书的相关章节将提供这些数据对象的详细信息。

2.4.6 离散要素的绘制

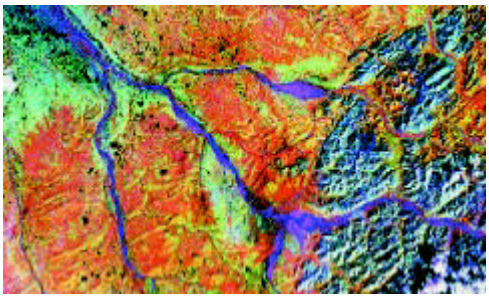
许多地理对象具有独特的形状。



要素图层用某种特定的绘图方法来表达与某一要素类型相关的描述性信息。要素类型可以为点、线、多边形。

2.4.7 影像或采样栅格的绘制

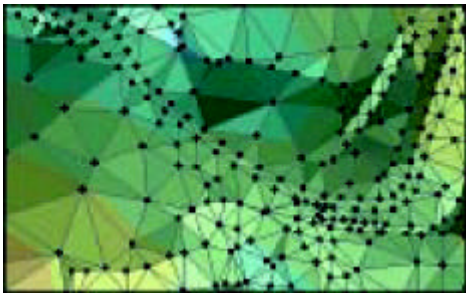
很多地理数据以遥感影像、航空相片或采样栅格的形式表达。



一个栅格层用某种绘图方法来表达光谱信息或与栅格的描述性信息。栅格层由具有属性值的象元的矩阵组成。

2.4.8 表面的绘制

表面表示的是地球表面的形状。



TIN 图层用一种绘图方法表示出了不规则三角网（TIN）中 Z 值的变化。一个 TIN 图层由一系列具有公共结点和边的三角形组成。

作者：Michael Zeiler
译：姚永惠
校 ：邢超

声明：本书版权系 ESRI 出版社所有。本书是 ArcGIS 学习精品，译校不做于商业用途，属个人爱好，与广大 GIS 爱好者共同分享。

2.5 要素符号化

地图用符号（symbol）或标注（label）来表示地理要素的描述性信息。

下面是地图中用来表达地理要素的描述性信息的一些常用方法：

- 公路用线性符号表示，不同宽度、样式和颜色的线代表不同级别的公路或者公路的其它属性
- 河流和水体用蓝色表示
- 使用专门的符号来表示特定的要素，如铁路和机场等
- 街道用名称属性作为标注
- 建筑物用它们的名字或功能类型作标注。

用来表示描述性信息的四种基本符号是：点符号、线符号、充填符号和文字符号。

2.5.1 绘制点符号

在一张地图上，你可以选用几种不同的点符号来表示点要素。



特征点符号（character marker symbol）是基于 TrueType 字体的单一字符或象形文字。这些符号用一种颜色来绘制。

简易点符号（simple marker symbol）是预先确定的一个简单的形状符号如一个小四方块或圆，用以最优最快的速度在屏幕上显示。

箭头符号（arrow marker symbol）是一个基于先前定义的 TrueType 字体的符号，这个符号在绘图线的末端画上一个箭头或进行线装饰。

图片点符号（Picture marker symbol）是一个位图或增强的图元文件。位图是扩展名为.bmp 的标准 Windows 栅格图像。增强的图元文件是扩展名为.emf 的标准 Windows 矢量图形。增强图元文件可以用多种颜色来表示，并且因为它们是基于矢量图形的，所以能在不同的尺度进行绘制而不会影响视觉效果。

多层点符号（Multilayer marker symbol）是由其它类型的点符号组合而成的。这对于那些用需要使用形状和文字结合表达的复杂符号来说很理想。简易点符号可以用来绘制多层点符号的轮廓线。

2.5.2 用线符号绘制线

地图上的线要素可以用下列线符号中的任何一种绘制：

制图（cartographic）线符号是一种通用的线符号，具有宽度、颜色、平移距离、线型（或模板）、箭头（或线装饰）、线帽（cap）和连接等特性。线帽用来指定线的末端是否画正方形，加粗或圆形。连接用来指定线的拐角处是方形、圆形的还是斜面的。

混列线符号是与一条线性路径垂直或以一定的角度相交的一些线段。混列线符号经常与制图线符号一起构成多层线符号。通常用的铁路轨道符号就是一个典型的例子。

点线符号包含用模板定义好的一定样式的点符号。任一类型的点符号都能包含在点线符号中。

多层线符号是其他线符号的组合类型。铁路轨道符号就是由一个制图线符号和一个混列线符号组成的多层线符号。



2.5.3 用充填符号绘制区域

你可以用下列充填符号绘制面要素：



简单充填符号具有颜色、外框风格（无、实线、虚线和其它）、外框宽度等特性。简单充填符号也包括一系列预先定义好的线充填符号如水平线阴影或交叉线阴影。简单充填符号也可以是空的，你可以只画出外框便用来表示面要素。

线充填符号具有简单充填符号的所有特性，但你要指定更丰富的线充填样式以使在任一角度和间隔的任一线符号可以合为一体。

点充填符号可以是用具有任意间隔和旋转角度的点符号格网或者以指定的平均水平和垂直间隔随机分布的点符号来绘制。

梯度充填符号是由两种颜色混合充填而成并且由一种颜色向另一种过渡。有四种类型的梯度充填符号：

- 沿某一方向线性梯度色彩充填，从上到下，从左到右，或者其它任意角度。
- 径向梯度色彩充填，以圆柱体的中心点向外充填外部区域。
- 矩形梯度色彩充填，以矩形样式从中心向外充填。
- 缓冲区梯度色彩充填，从一定区域的半径向内充填。用一个百分数来限定从这个半径向内充填的进度。这是绘制大洋海岸线的制图惯例。

图片充填符号由位图和增强图元文件组成。图片连续的或以固定的间隔绘制。

多层充填符号由其它各类充填符号组合而成。

2.6 要素层的绘制

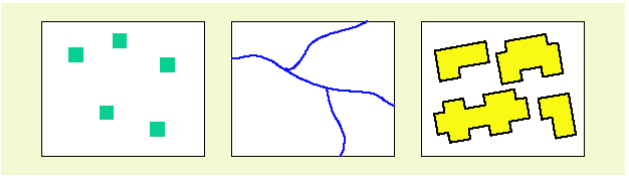
要素层是一种要素类型的引用（reference），在这个图层中用一定的绘图方法来描绘改要素层。我们可以选择要素层中任一字符串或数字属性并用各种方法使其可视化。

在符号化绘制要素的过程中，你可以根据感兴趣的属性类型来改变选择不同的绘图方法。表达数字型数据最好的最好方法可以用根据属性值的大小来制定不同的颜色符号。对某类要素进行描述的时候，这个要素的属性可以用与其值类型相匹配的符号来表达，使地图的表现力更加出色。

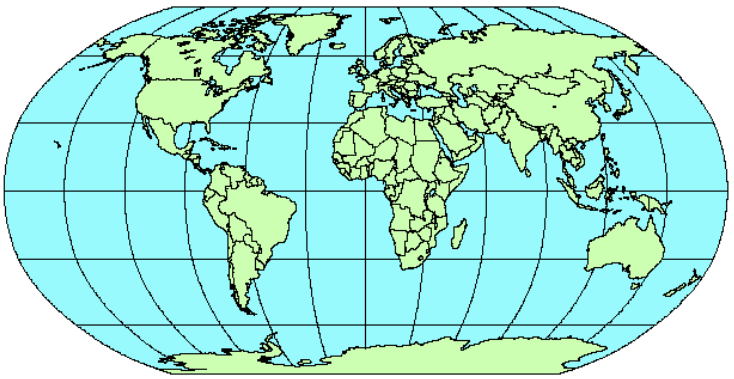
下面的章节将对要素层的绘制方法作简要的概括。

2.6.1 绘制要素

绘制要素层最简单的方法就是将所有要素用同一种符号表示出来。



符号的使用必须遵守制图规范。井口用方形点标记来表示，河流用蓝色的线表示，建筑物用具有黑色外框的简单黄色充填符号来表示。



这张图用同一种充填符号画出了所有的国家

这种绘图方法适合于表示同类地理要素的要素层。也适用于表示那些我们不需要特别区分的要素层。

这种方法能够简化绘图要素，这样我们可以很容易地区分出空间分布的模式。如果你的地图包含了表示潜在消费者的点要素，那么这种绘图方法能帮你辨别出你的市场营销计划目标在空间上的分布情况。

在 ArcInfo 对象模型中，这种绘图方法也叫做简单符号化方法。

2.6.2 绘制要素类别（categories of features）

通过分类的方法可以将你感兴趣的要素的属性描绘出来。下面讲述的就是用符号来表现类别的技术。

2.6.2.1、通过特定字段值来绘制类别

要素层的某一属性有时表达的是要素类型的某一重要信息。这种属性可以描述要素的一种类别，如土地利用类型或公路。它也能描述要素和一个较大实体之间的相互关系，例如，属于一个省或州与这个国家的要素。

	12	居民区
	46	湖泊
	69	公园

	12	插孔
	1	基座
	61	变压器

	1	铁路
	30	高速公路
	94	运河

这种绘图方法可以让你指定特定的符号来表现属性的每个特定的值。一个电动设备图包含有表示电极、基座和转换器等属性类型。一个交通运输图可以包含表示铁路、高速公路和运河等的属性类型。一个土地利用图包含有居民点、湖泊和公园的分类属性等。



这张地图对每一植被类型都用不同的符号来表示

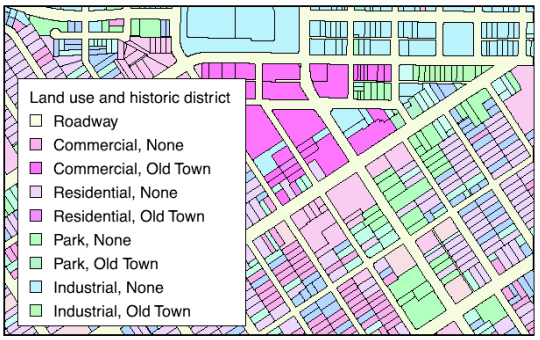
用这种绘图方法，你可以大致地观察出不同要素类型相对于其它类型的位置及它们的相对频率和分布。

在 ArcInfo 对象模型中，这种绘图方法叫做特定值描绘法（unique value renderer）。

2.6.2.2、通过单一的合并字段值来绘制类别

你可以选择特定的几个字段（最多三个）的值结合起来描述类别。在这张城市规划图中，你可以看到土地利用与历史上的行政区字段的组合值。

用这种绘图方法要多加小心。对于获得特定的合并字段值并不困难，但这个数目可能变得太大，因此不能清晰地可视化那些你想区分的类别。



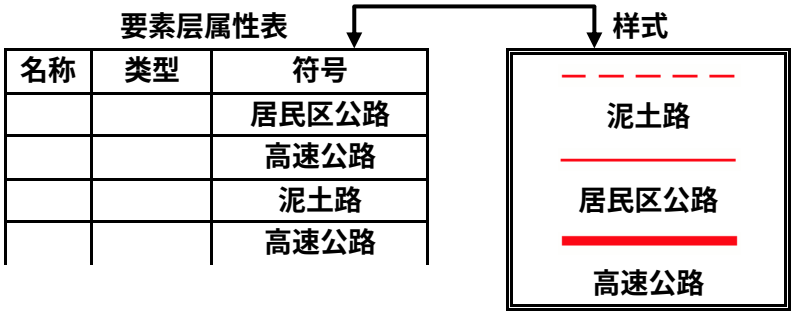
这张图显示的就是特定的合并字段值

2.6.2.3、用字段中符号的名称来绘制类别

你也可以用字段中符号的名字来绘制要素。这个字段含有符号的名称——以文本表示，

如“主要公路”、“工业区”或“测量标记”。这个字段可以是各种各样的名称。

这种绘图方法是保证一个组织用相同的方式绘制不同的地图的最简单的方法。



这种绘图方法的另外一个优点就是使一个组织能用相同的方式生成不同的地图系列。例如，对于不同的比例尺，你可以生成一系列样式的符号。在一种地图比例尺上，公路可以用简单的单线表示，但在另一种地图比例尺上，则用双线表示。这种绘图方法对于在不同的地图产品中用不同的符号来表示非常容易。用这种方法绘制出的要素与用特定字段值绘制出的要素是一样的。

2.6.3 绘制要素的数值属性

数字型字段能存贮那些按数值排序的、能够进行计算的或连续的数值。下列方法可以可视化要素的数值型属性。

2.6.3.1、用颜色来表达数值

显示数字型属性的一个有效的方法就是用分等级的颜色来表示属性。这种被称为“值字段”的属性可以被另一个字段标准化。这就意味着一个值能除以另一个值。

值字段可以划分为一系列的等级。如何分等级有几种可选的方法，这将在下章作详细的讨论。对于划分值的集合来讲，分级是一个统计过程。

选择颜色梯度表可以设置分等级的颜色，颜色梯度表中，一种颜色逐渐向另一种过渡。一个颜色梯度表有很多功能—从起始颜色向中间色过渡再向最终颜色过渡。

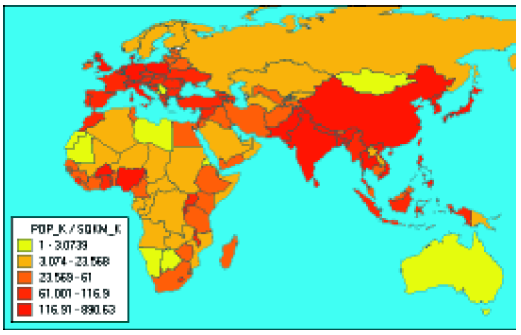
充填符号	值范围
	8.8-9.8
	9.8-23.2
	23.2-54.1

点符号	值范围
	2.2-6.3
	6.3-9.2
	9.2-13.4

符号	值范围
	30-49
	50-79
	80-99

这种绘图方法对于反映连续属性的数值型数据如高程、温度或者资源量的有效表达非常有用，尤其是对于绘制多边形区域很有效。

颜色梯度表也遵循制图学惯例。如，海洋测深图用浅蓝色表示浅水，用深蓝色表示深水。



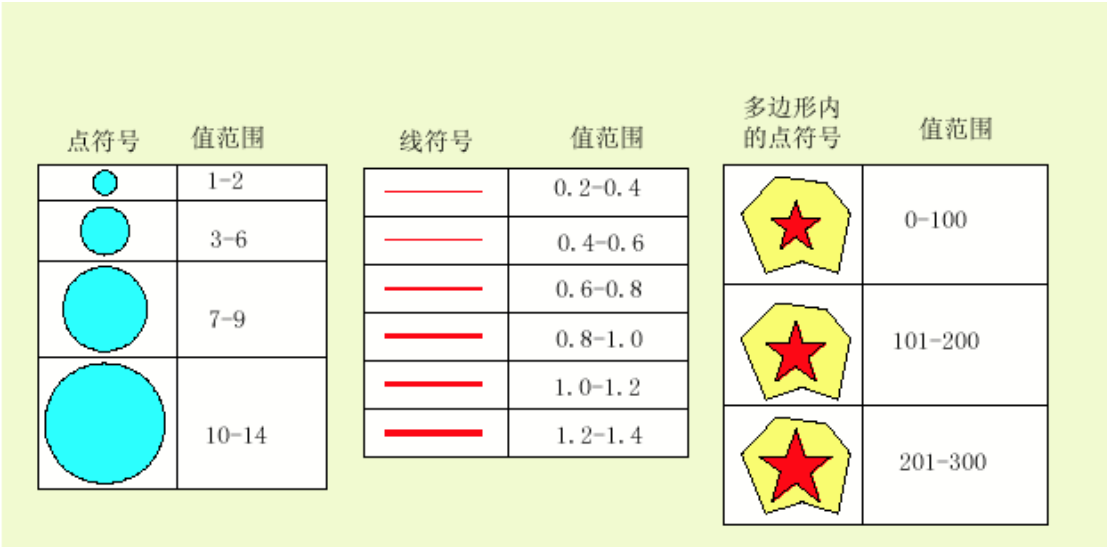
这张图中通过将人口属性值用面积属性值标准化，绘制出了人口密度图

在 ArcInfo 对象模型中，这种绘图方法称为分级断点绘图法(class breaks renderer)。

2.6.3.2、用分等级的符号来表示数值

另一种有效可视化数值型属性的方法就是改变符号的大小。此外，你指定值字段、可选的标准化字段，然后进行分级。值的范围用分级时设置的分级数来细分。

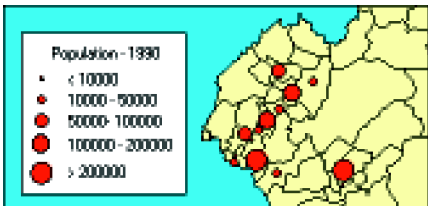
与颜色梯度表不同，你可以选择一种基本的符号，然后确定符号大小的范围。



这种方法适合于表达那些具有等级或级数的数值型数据。为了使密集区要素不至于重叠太多，在选择符号大小的范围时要多加小心。

这种绘图方法首先画较大的符号，然后画较小的符号。这样具有大值的要素就不会挡住了那些较小值的要素。外框和符号主体的颜色可以选用对比色，这样重叠的要素就可以突现出来。

这种绘图方法的一个很有意思的地方在于区域的值的范围是用点符号而不是用充填符号来表示的。这是因为面积的大小是由它的形状等确定的，在它的质心画出一个点符号是绘制分等级符号的一种可选择的方法。



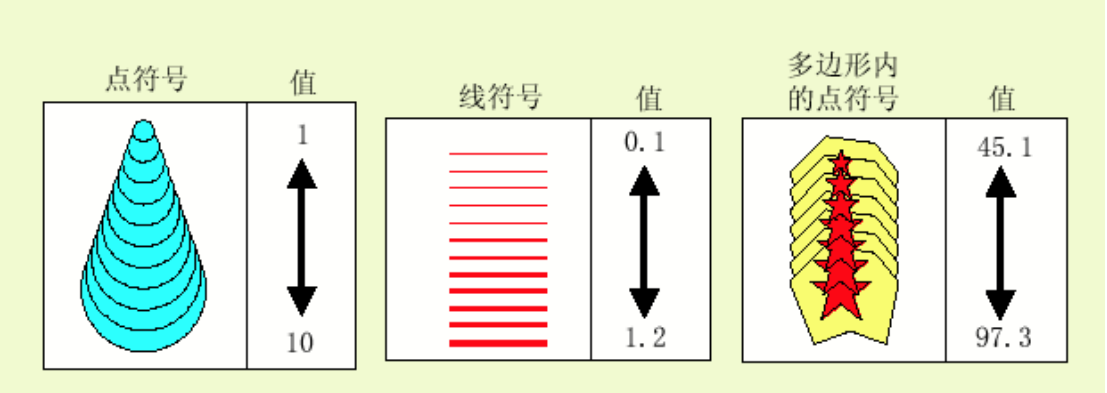
这张图中，在行政区的图层上，对人口值进行分级并用点符号表示出来了

在 ArcInfo **对象模型中，这种绘图方法称为分等级的符号绘图法**(graduated symbol renderer)。

2.6.3.3、用呈比例的符号来表示数值型属性

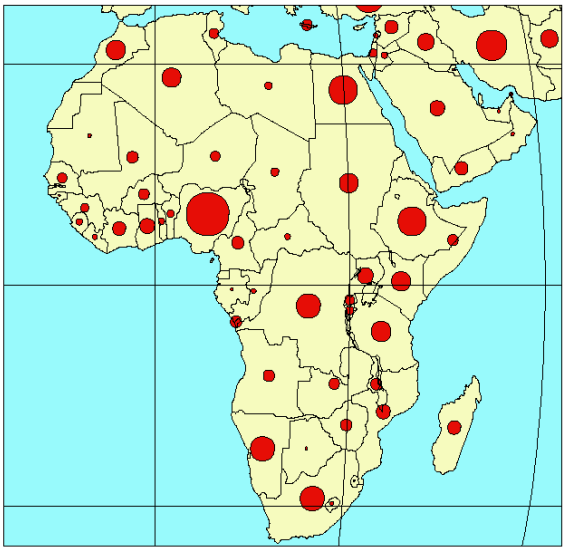
这种绘图方法与用分等级符号绘制要素的方法相似，但它不对值进行分级并且符号的大小变化是与属性值成精确比例的。

你可以指定值字段、可选的规格化字段、以及图形显示的单位。你也可以指定属性值是通过面积还是半径来确定符号的大小。



这种绘图方法比较适合于想用符号大小表示连续的等级。

因为用分等级的符号来绘图，符号彼此可以重叠。因此，大的符号先绘制，然后是较小的符号，并且面要素的值是用点符号来表示的。

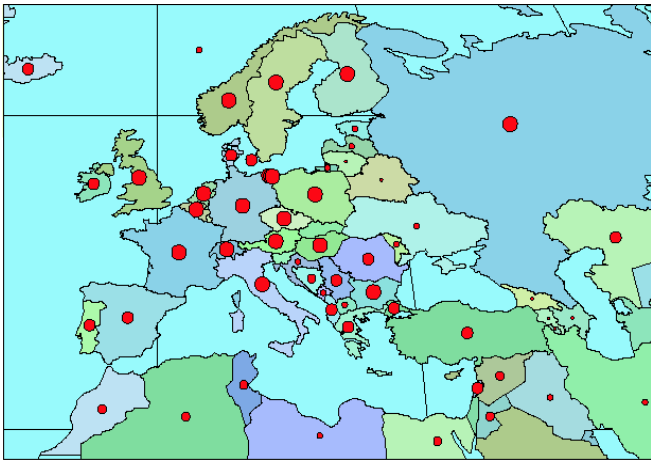


这张图中，每个国家内的点符号大小与它的人口多少成正比

在 ArcInfo **对象模型中，这种绘图方法称为成比例的符号绘图法**(proportional symbol renderer)。

2.6.4 绘制多种属性

某些情况下，你可能想要用多种属性值来表达要素。这种绘图方法让你能同时用两种绘图方法在一个要素层上操作。在 ArcInfo 对象模型中，这种方法被称作双特定值绘图法（bi-unique value renderer）。



这张图上所显示的欧洲国家中，就是用两种不同的属性来描绘的，一种是多边形，根据特定值按颜色进行编码；另一种是表示数量的点符号。

作者：Michael Zeiler
译：姚永惠
校 ：邢超

声明：本书版权系 ESRI 出版社所有。本书是 ArcGIS 学习精品，译校不做于商业用途，属个人爱好，与广大 GIS 爱好者共同分享。

2.7 对属性值进行分级（分类）

要素层的绘制方法中有两种方法——用分等级的颜色和分等级的符号绘制要素方法，它们都是基于属性值进行分类的。栅格层绘制方法中用分等级的颜色绘图也是基于属性值分类的方法。

2.7.1 分级方法

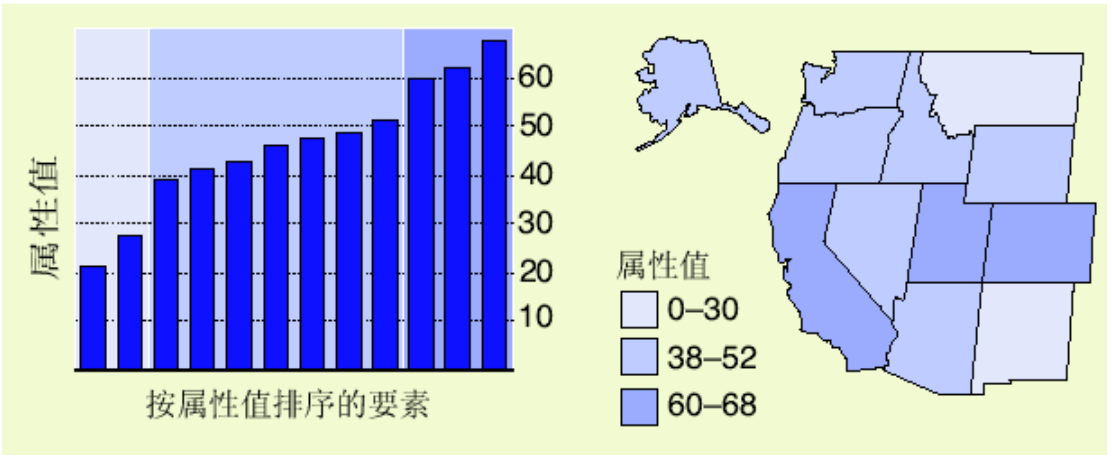
分级方法基于地理要素的一组属性值，并且使用一定的标准进行分级。它们可以根据属性值的范围、每一级中有相同的要素数目或其他标准来对属性值进行均分。

一组属性值中的每一个细分的部分都被称为一级。每一级具有一个低于多少和高于多少的范围值。由于这些级可以按照任何分级方法进行计算，因此你可以取消前一次分级的范围界定并进行重新设定。

2.7.1.1、属性值的自然分组分级方法

自然断点分级法用统计公式来确定属性值的自然聚类。公式的功能就是减少同一级中的差异、增加级间的差异。

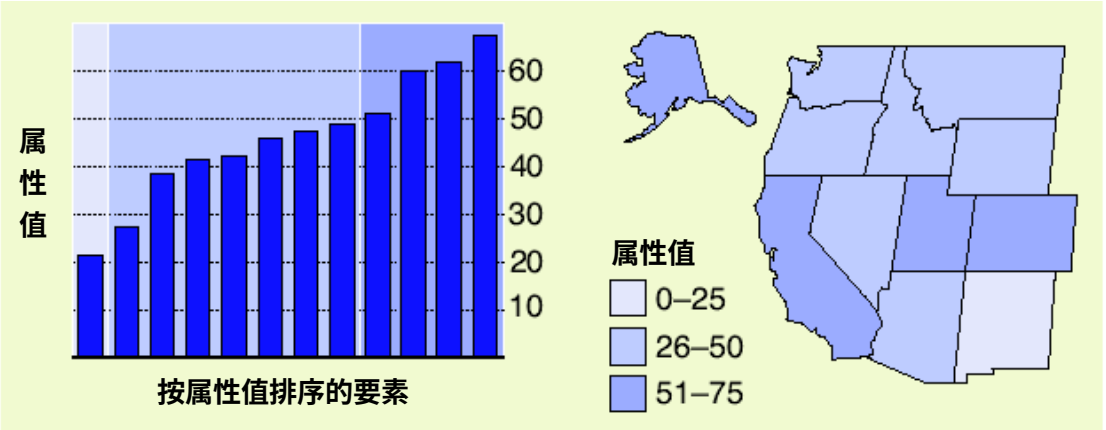
缺省情况下，分级符号法和分级设色法都采用这种分级方法。



自然断点分级法适合于非均匀分布的属性值分级。属性值的不同的自然分组都能区分开来并高亮显示。

2.7.1.2、自定义分级间距的属性值分级

自定义间距分级法通过一个精确的数字增量如 10、100 或 500 等来对一系列属性值进行分级。

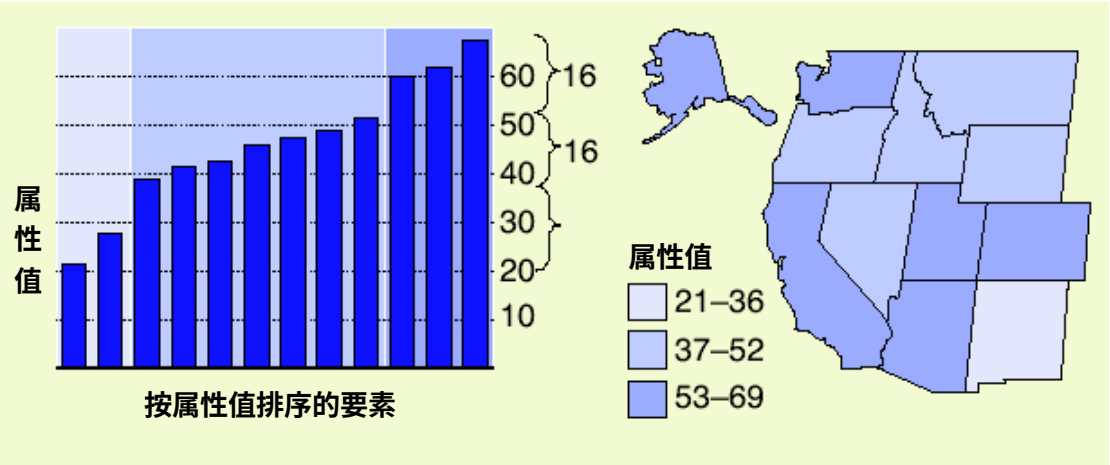


这种分级方法对于那些需要全面了解的数据比较适用，例如年龄分布、收水平或海拔范围等。它的缺点就是有些级别中含有的要素值的数目不成比例，尤其是第一级和最后一级最为明显。

2.7.1.3、等间距属性值分级

等间距分级方法先确定属性值的范围，然后按照相等的值间距把它们进行分级。

如，某属性值的范围是从 21 到 69，要分为三级，则分级间距为 16 个单元：21-36，37-52，53-69。

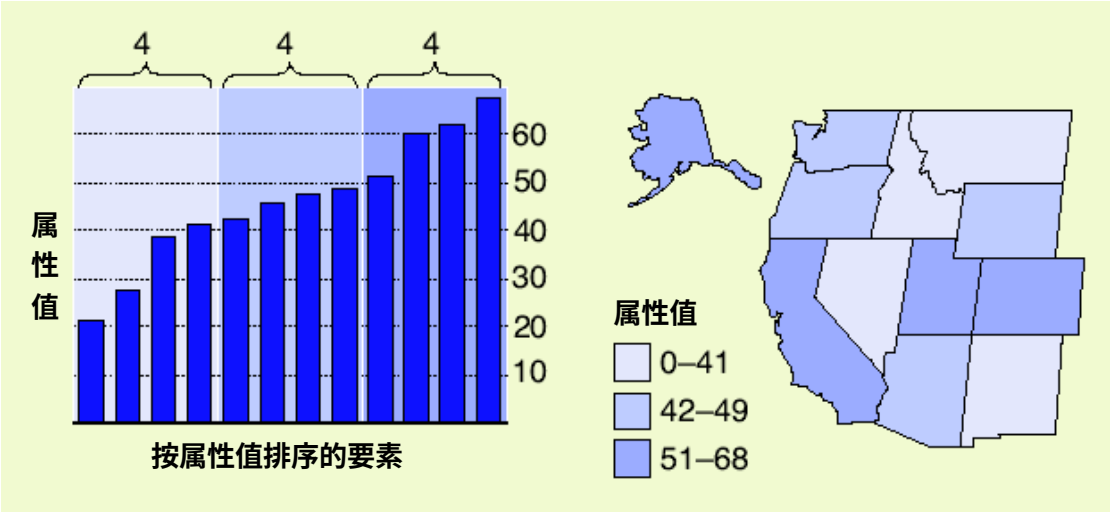


这种分级方法强调在统一的属性值间距内要素值是如何分布的。事实上，它与自定义间距分级方法很相似，但优点是最低和最高级别与其他级别一样具有相同的值间距。

这种分级方法的一个应用实例就是销售时根据相同的购买成本来统计各种消费水平的客户的购买情况。

2.7.1.4、用分位数来对要素进行分级

分位数分级法按相等的要素数目进行分级。如果一个要素层有 12 个要素，分为三级的话，每级将有四个要素。



这种分级方法对于数据等级划分尤其有效。例如，某连锁店公司要对其各分销中心的销售业绩进行评估分析，便可以根据这些分中心相应的销售业绩进行等级描述。这种分级方法在视觉上是具有很高的可观性。

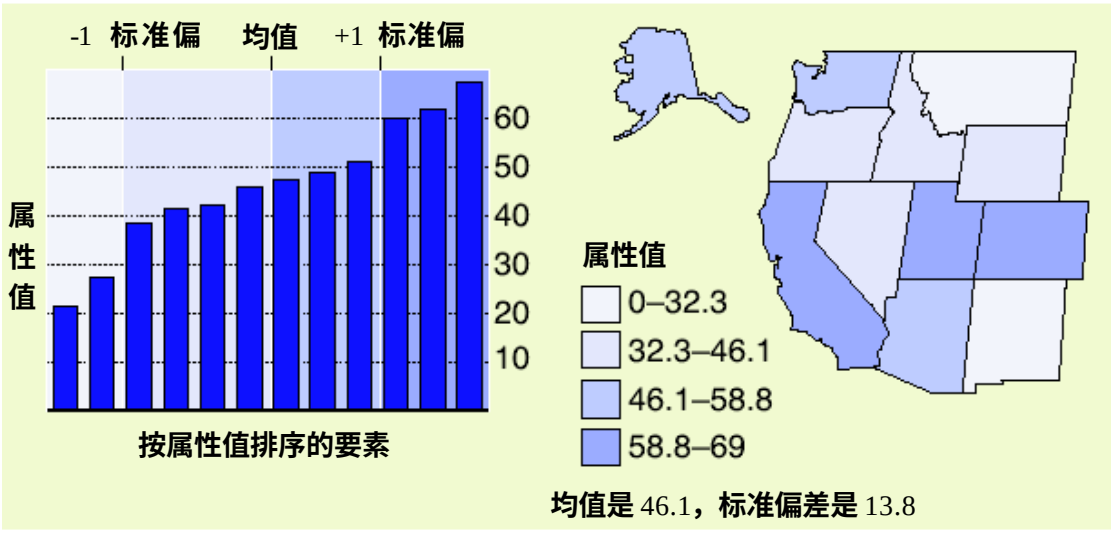
但是，这种分级方法可能会掩盖属性值的自然分布规律；属性值的聚类情况也将被拆开或者与其它值做了合并。这种分级方法最好应用于属性值总体上呈线性分布的数据。

2.7.1.5、按标准偏差对要素进行分级

标准偏差分级法生成一个反映相对于均值的全部或部分偏差的、具有相等要素数目的分级。

首先，计算所有属性值的均值或平均值。然后，用一个统计公式计算出一个标准偏差。

你可以指定级别的数目、分级间距是否跨度全部标准偏差、半标准偏差、三分之一标准偏差或四分之一标准偏差。最低和最高级别与最小和最大值的范围相同。



这种分级方法适用于属性值总体上呈对称分布，大多数值分布在均值附近，远离均值的两极逐渐减小。这种分级方法最适合用于描绘人口密度图或意外事故概率图。

2.7.2 标准化属性值

有时候，对单一属性不能很好的进行分级，但是用另外一个属性对它进行标准化后就能很好的划分级别了。标准化的方法很简单，就是用某个属性值除以另外一个属性值。

意外事故概率就是标准化属性值的一个例子。数据中可能含有高速公路段的长度累积值，但事故数据更有意义，事故发生次数除以每一段高速公路的长度就能被标准化了。

2.7.3 筛选属性值

有些数据中可能包含一些错误的值或空值，或者你只想研究这一大堆数值中某个范围的属性值。在这种情况下，需要对属性值进行筛选。

错误的数据可能超出属性值的合理范围。例如，百分数值总是在 0 和 100 之间变化。小于或大于该值域范围的值都应该排除掉。表示要素级别的属性值通常也会用-99 这样的值进行编码，表示空值或未知值。这些值也应当排除在分级之外。

2.8 专题图、光谱或图像数据的显示

栅格数据也是 GIS 中常用的数据格式。栅格图层是由具有属性信息的象元构成的的空间矩阵。

每个象元反映某连续型的数据，如海拔或污染物浓度，也可以是不连续数据，如土地利用类型或植被类型。

栅格数据可以是单波段的，也可以是多波段的。每个波段就是具有不同属性值的象元组成的一个图层。栅格属性值的一个最常见的数值，就是光谱中光线的反射率。

栅格层是对用特定的绘图方法绘出的栅格数据的一种引用（a reference)。相同的栅格数据可以绘出几个栅格层，每一个栅格层用一种绘图方法来突出某种特定的属性或分级。

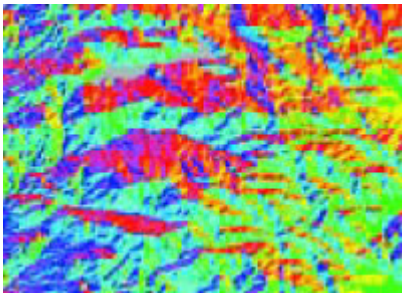
第九章“基于象元的栅格模型”中将描述更多关于栅格数据结构、模型的优点、利用栅格数据进行分析可能的类型等等内容。

2.8.1 栅格的数据类型

栅格含有三种类型的信息：专题数据、光谱数据和图像。

2.8.1.1、栅格中的专题数据

一类栅格可以反映一定的现象如火情、化学物质浓度、坡度或高程等。这些都可以存贮在一个单波段的栅格中并且可以和属性表相关连。

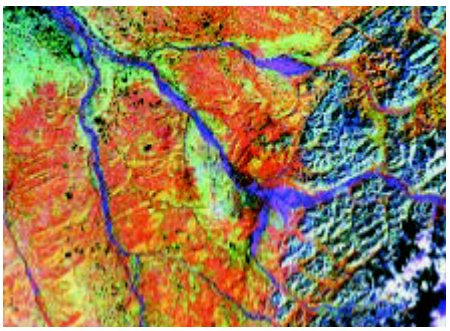


这个栅格层描述的是地形的坡向

坡向是指定表面的各部分的朝向。在这个栅格层中，红色表示斜面朝北、黄色表示斜面朝南。

2.8.1.2、栅格中的光谱数据

栅格层通常用来描述从航空相片或卫星影像上获得的地球的影像。特制的相机可以捕获光谱中几个或多个光谱波段的反射率。



此栅格层表现的是从卫星成象系统中获得的多波段栅格数据

在卫星影像科学家那里，这些影像可以与岩石或植物的已知光谱反射率作比较，从而表达地理或植被结构。

2.8.1.3、栅格中的图像数据

栅格也可以包含扫描图或建筑物照片等数据。这类数据可以是单波段的，也可以是多波段的。比如，底下的建筑物的照片，在财产所有权申请中非常有用。



此栅格层就是一幢房子的照片

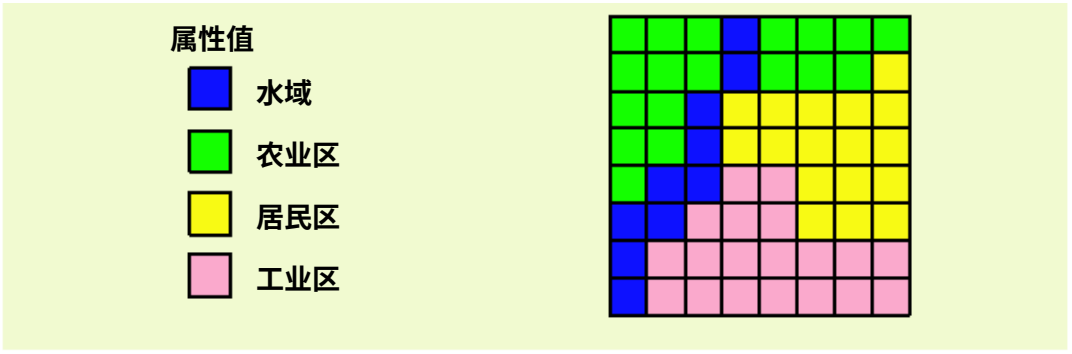
2.8.2 栅格层的绘图方法

一个栅格层是栅格数据的一个引用（reference）并且使用一定绘图方法来描述。你可以选择栅格层中的任意属性并用各种不同的方法将其可视化。

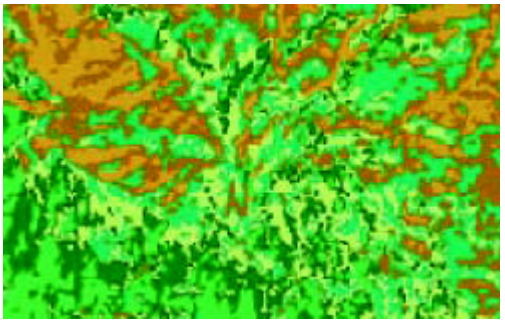
两种主要的栅格数据类型分别是单波段和多波段的栅格数据。有些栅格是作成影像的，而有些却是从其他数据采样得来的。下面将对栅格层的绘图方法作简要阐述。

2.8.2.1、通过特定值绘制象元

每种栅格数据都能选择性地与包含每个象元的属性值的表进行关联。这些象元的属性可以描述空间上不连续的（或专题的）数据如土地利用、土壤类型或财产所有权等。



这种方法适用于当描述种类、类型或分级的属性已经存在时的情况。这些属性是描述性质的或数值型的。通常特定值的数目不能超过 25 个，否则级之间的区别将非常困难。

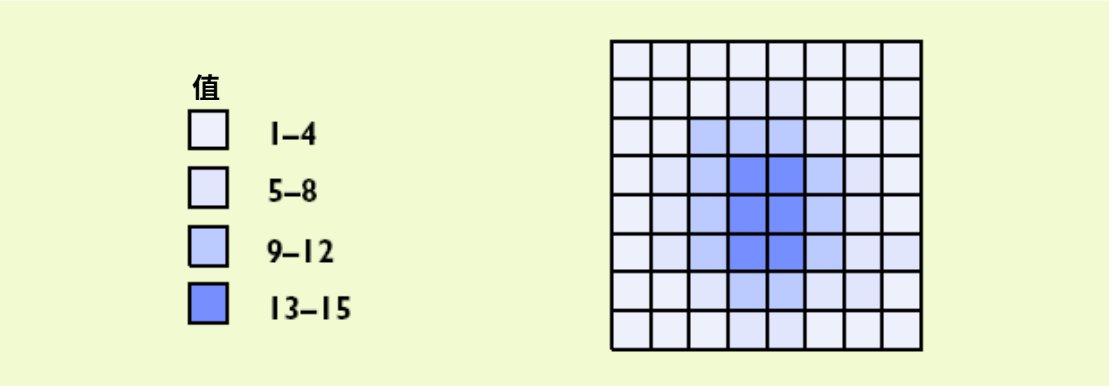


此栅格层用特定植被代码的值绘制出了某区域中植被的分布图

如果栅格只有 1 比特的数据，则此种绘图方法可以将 0 用黑色表示，1 用白色表示来绘出一张单色图。

2.8.2.2、用分等级的颜色来绘制分级后的象元

一些象元的属性反映的是包含专题信息如高程、坡度、污染物或人口密度等的一定范围内的数字型值。



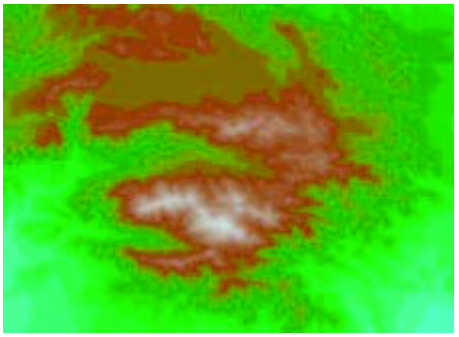
使用这种方法时，你可以采用与用分等级符号和分等级颜色绘制要素层相同的方法来定义分级。

你也可以标准化属性值或者把部分属性值排除在研究范围之外。如果栅格数据是多波段的，你可以选择这些波段中的一个并用这种方法来绘图。

一旦分级完成后，你就可以选择一个颜色梯度表把每一等级用一个不同的颜色来表示。你选择的颜色梯度表应该提供与你已经习惯的视觉感知相同的颜色。

例如，高浓度区应用深色表示，而低浓度区则应用灰白等浅色表示；对于温度而言，冷的地方应用蓝色表示，而热的地方则应用红色表示。在海拔图中，你可以看到两个颜色范围，一个用来表示高于海平面的海拔，另一个用来表示低于海平面的（测海学的）海

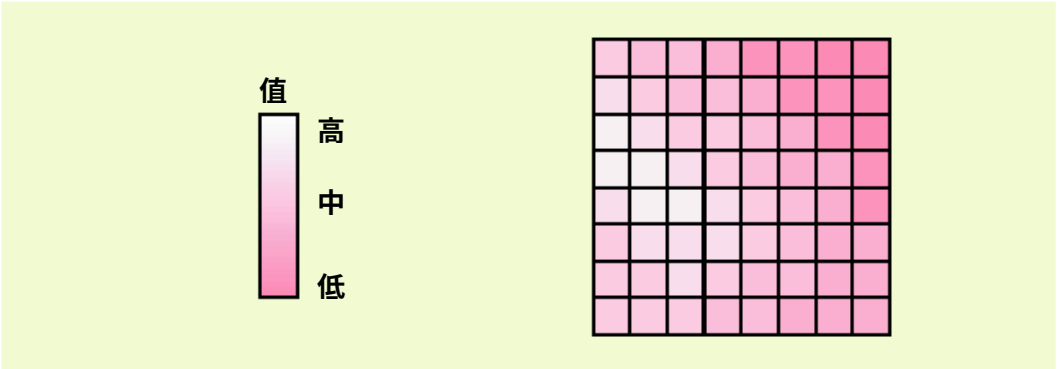
拔。



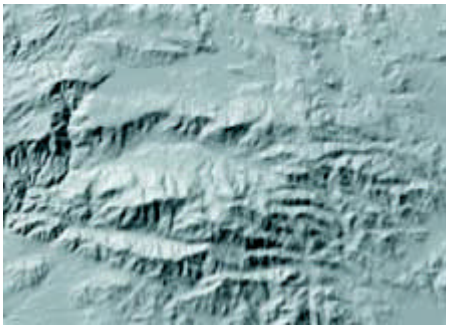
此栅格层用一个颜色梯度表绘制出了各个不连续的海拔范围

2.8.2.3、用分等级颜色绘制拉伸后各象元的值

许多栅格反映的是诸如光谱值、计算的值如太阳照射角等连续型数据。



传统上讲，这种方法应用于具有大量属性值的单波段数据中。它通常用连续的分等级的颜色来高质量地表现连续现象。



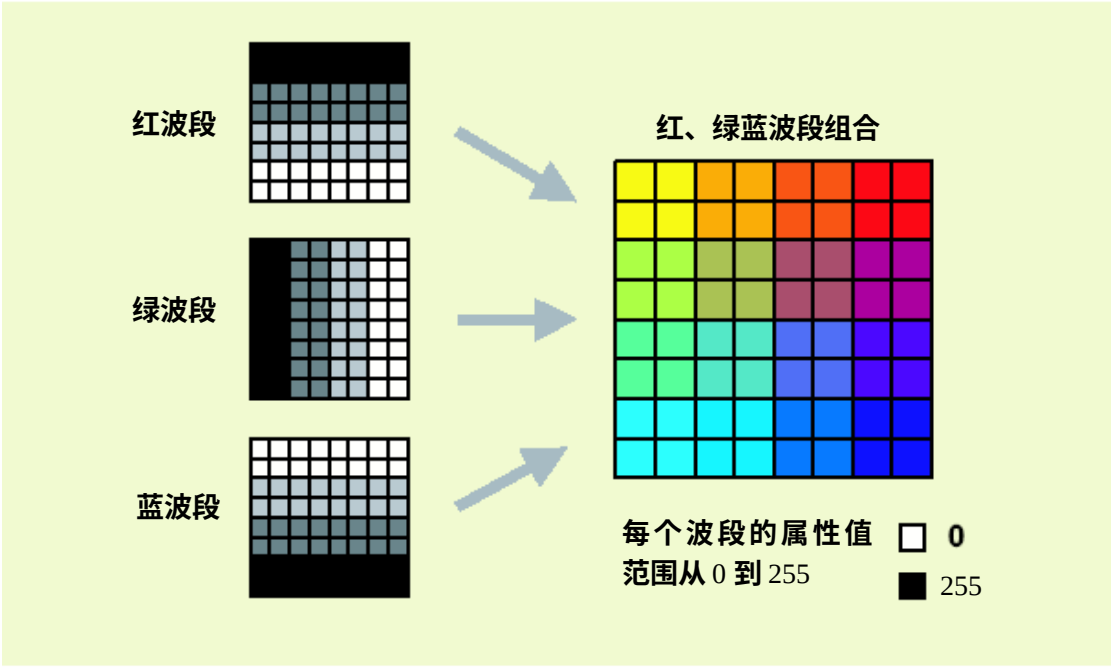
对于每个栅格波段，你可以选择一种类型的拉伸，拉伸与分级相似，但描述的是连续值的变化率。

可应用的一些拉伸类型包括标准偏差、直方图均衡以及最大、最小拉伸等。这些拉伸计算高、中、低数字型值并将这些值与颜色梯度表相关联。无数据的地方用一种单独的颜色来表示。

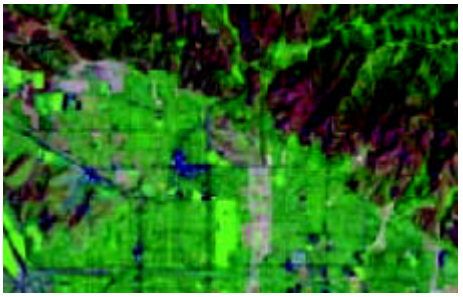
2.8.2.4、用红-绿-蓝合成色绘制象元的值

用颜色显示的栅格层通常是用三个波段—红、绿、蓝三波段混合来显示的。

用这三个波段获得的数据可以是卫星影像数据，扫描照片或其它类型的图片等。



这种绘图方法对三个波段同时拉伸。无数据的区域用指定的颜色来绘制。



此栅格层表示的是与山地相邻的城市的卫星影像的红、绿、蓝彩色合成影像

作者：Michael Zeiler
译：姚永惠
校 ：邢超

声明：本书版权系 ESRI **出版社所有。本书是** ArcGIS **学习精品，译校不做于商业用途，属个人爱好，与广大** GIS **爱好者共同分享。**

2.9 用 TIN 可视化表面

不规则三角网（TIN）是表达表面的一种有效方法。栅格也被用来表面建模，但 TIN 在表面发生显著变化处体现数据密度改变方面更有优势。一般地，在表现表面的时候，表面平缓的地区只要求少数几个采样点，而在那些表面相对起伏的地区则需要更多的数据采样点。

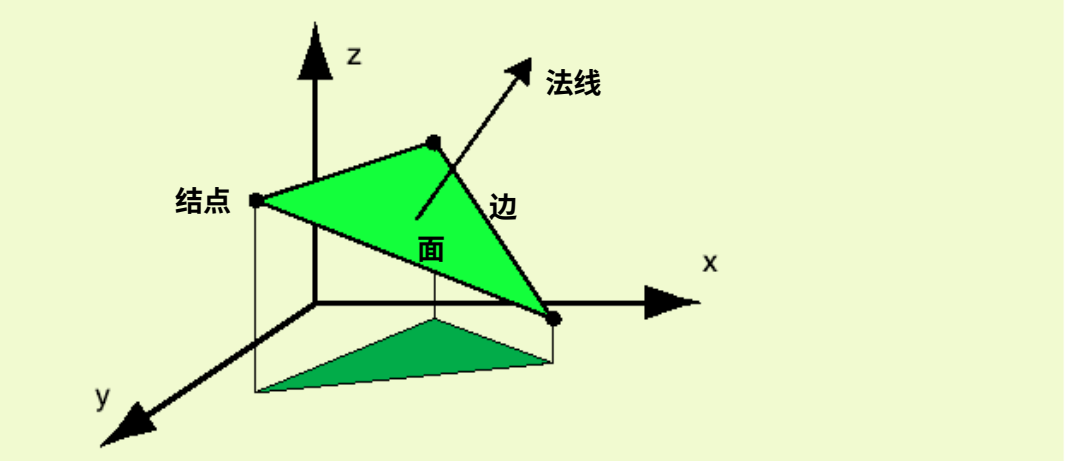
2.9.1 TIN 的各组成部分

TIN 是由点生成的，每个点具有一个反映高程值的连续型实数值。当然，也可以使用 TIN 来表示其它类型的表面值，如化学物质的浓度、地下水位或降雨量。

三角网是根据采样数据点的值计算出来的，表现为一个连续的三维的表面。三角网是一系列非重叠的三角形或面，这些三角形或面完全充填一个区域。

因为三角网表现的是具有矢量要素（点、线、面）的表面，它们可以精确地模拟具有断线（breakline）的表面中的不连续区域。断线通常是指河流、山脊和公路等，在这些地方表面的坡度会发生显著的变化。

TIN 的缺陷就是不能表达那些很少出现的负坡度（负地形，negative slope），如垂直的悬崖、悬垂（overhangs）或洞穴。



这是一张表面的三维透视图

一个面定义为平面、坡度和坡度的方向（坡向）。法线（normal）是与表面正交的矢量并且用来计算太阳照射角、坡向和坡度等。

第十章“用 TIN 进行表面建模”中将对 TIN 的数据结构、数据取样注意事项及 TIN 数据模型的分析能力、TIN 与栅格表面模型的比较作详细的介绍。

2.9.2TIN 层的绘制方法

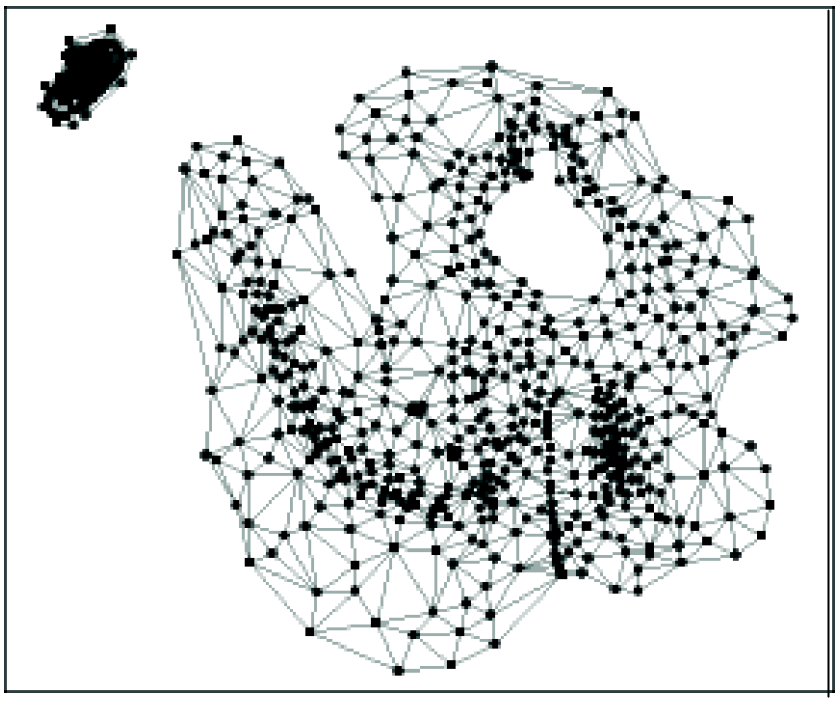
TIN 图层是对 TIN 及与一种或多种 TIN 绘图（描图，renderers）方法的关联的引用（reference）。你可以用一种或多种可以显示 TIN 各组成元素（点、线、面）或能可视化表面如高程、坡度和坡向的绘图方法来绘制 TIN 层。

与栅格层和要素层的绘图方法不同的是，TIN 层允许你选择多种绘图方法而不是只能用一种方法。这就让你能同时绘制不同的数据元素，如将断线（breaklines）在用颜色表示的高程表面上绘制出来。

以下各节将讲述 TIN 层的各种绘图方法。

2.9.3 绘制 TIN 的各元素

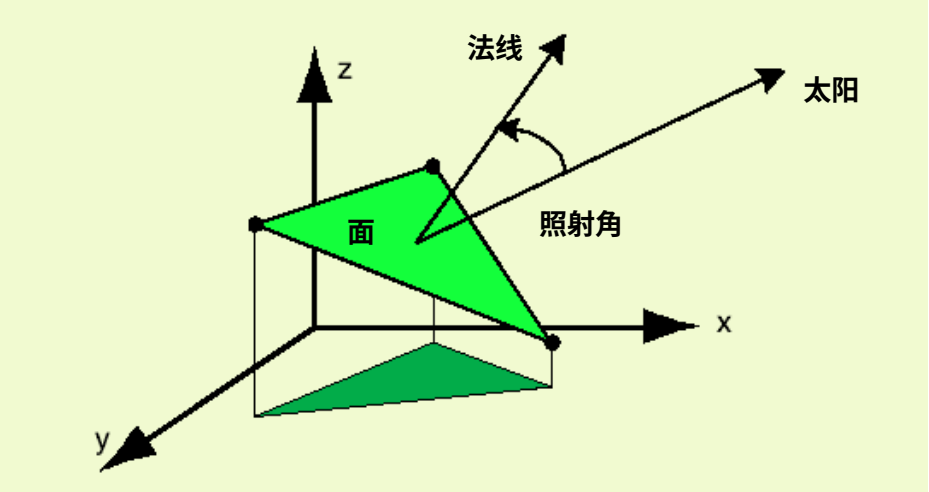
你可以在 TIN 上绘制点、线、面。



通常情况下，在地图表达中你不会绘出点和线，但该选项在对组成 TIN 的点的分布进行检查或查错时非常有用。

2.9.4 用山体阴影（hillshading）绘制 TIN 表面

在面的绘制方法中你可以选用山体阴影法，这种技术通过对面的描影来产生地形的真实视图。



通过天空中太阳的位置（你可以自己控制）并计算太阳方向与表面的法线之间的角度来生成阴影。

这个角度用来对表面进行描影，即模拟表面上光的反射。反射光的亮度与表面法线与光源矢量之间的夹角的余弦成正比。

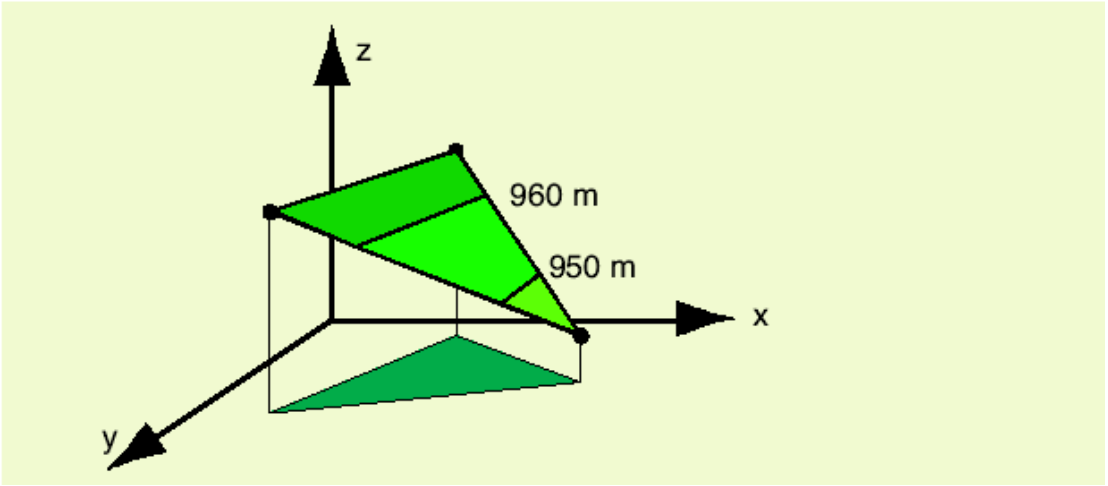
山体阴影法用二维显示生成一种真三维的图象。



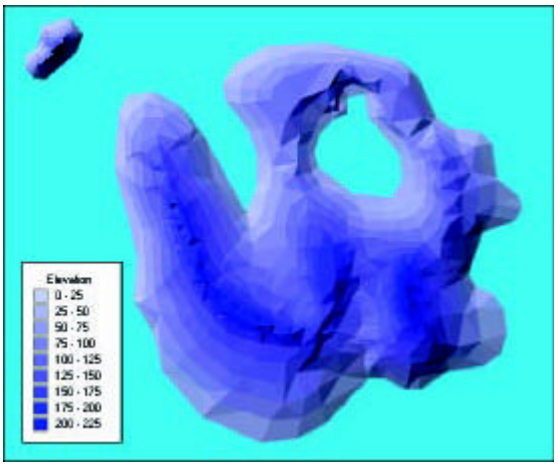
此图是一个用山体阴影描绘表面的 TIN 层。太阳位于西北方向并与地平面呈 30 度的角。

2.9.5 用分等级的颜色梯度表来绘制高程图

你也可以用表示一定范围高程值的颜色来绘制 TIN 的表面。



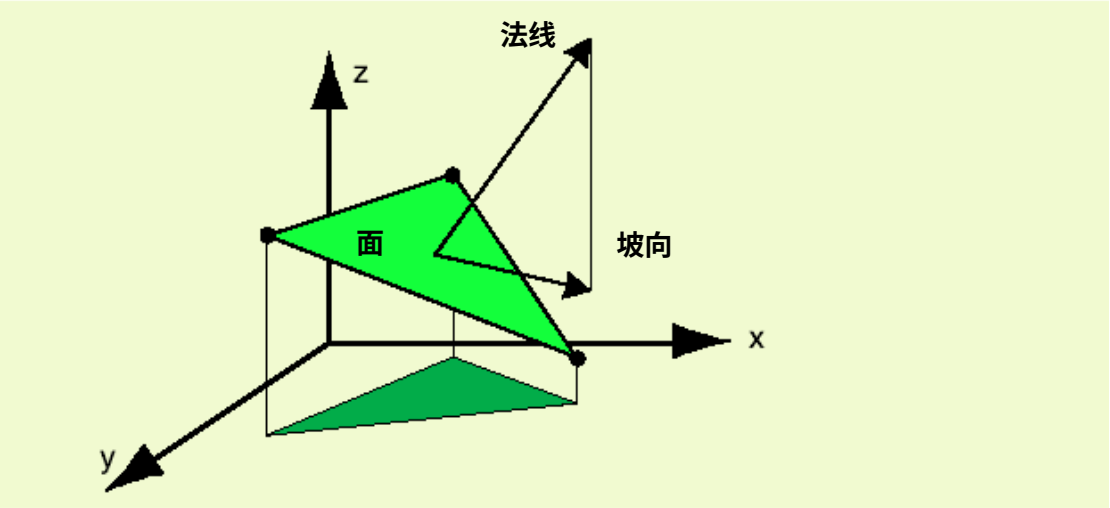
这种方法对每个表面内插等高线。一个表面可以是由穿过它的 0、1 或其它等高线组成。对指定等高线间隔之间的区域用颜色梯度表中的一种颜色来绘制。



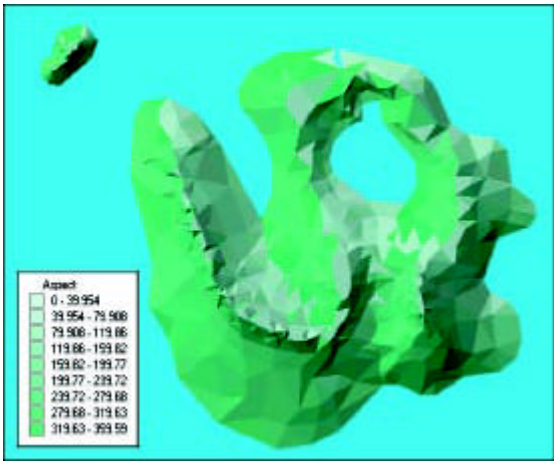
这个 TIN 层就是用分等级的颜色梯度表和线性内插绘制出的高程图，也用到了山体阴影法。

2.9.6 用分等级颜色梯度表来绘制坡向

你可以绘出 TIN 中每个小三角面朝向的主要方向或坡向。



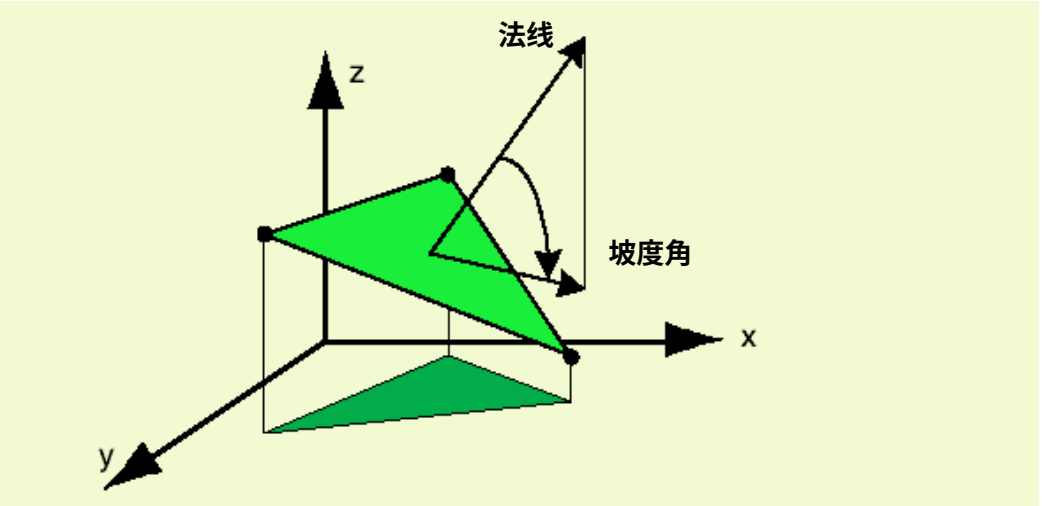
指定表面的坡向是指当投影到地球平面上时，该表面的法线在罗盘上的方向。坡向用度数来测量，正北是 0 度。正东是 90 度，正南是 180 度，正西是 270 度。



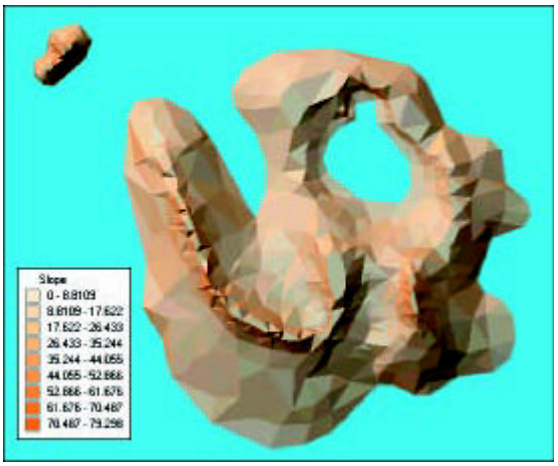
在这张 TIN 层中，用分等级的颜色梯度表绘制出了坡向图，也用到了山体阴影法。

2.9.7 用分等级的颜色梯度表绘制坡度图

你也可以绘制表面中每个三角面的坡度图。坡度图可以让你将地形中陡峭的区域可视化。



每个表面的坡度是该表面的法线与地平面间的夹角。用一个颜色梯度表来表示 0 度到 90 度间的角度。



此图中，TIN 层的坡度就是用一个分等级的颜色梯度表绘制的，也用到了山体阴影法。

作者：Michael Zeiler
译：姚永惠
校 ：邢超

声明：本书版权系 ESRI 出版社所有。本书是 ArcGIS 学习精品，译校不做于商业用途，属个人爱好，与广大 GIS 爱好者共同分享。

第三章 GIS 数据表达

本章内容：

- GIS 的基本原理
- GIS 的广泛应用
- 现实世界的三种表现形式
- 模拟表面
- 模拟图像或取样数据
- 模拟不连续要素
- 比较空间数据的表达方式

GIS 是一种支持地理科学的技术。对自然和人为环境的研究以用一些基本的方法来表达现实世界中的要素的想法为起点。

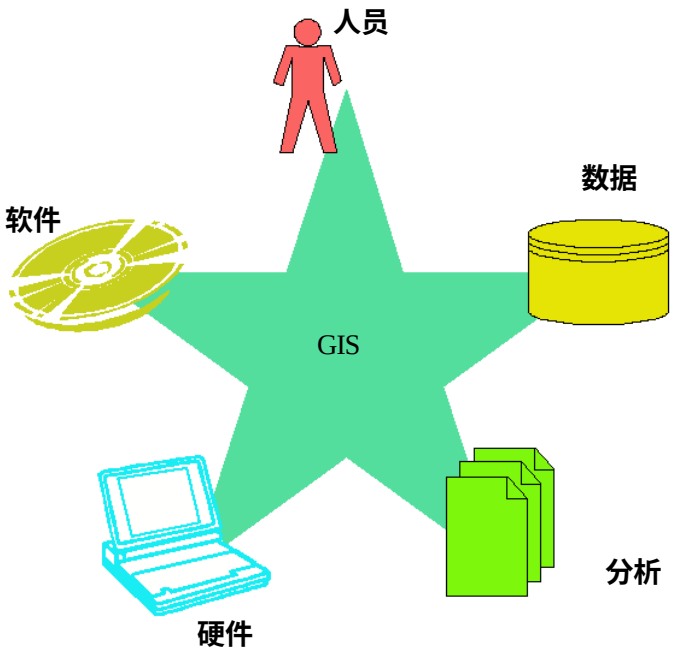
3.1．GIS 的基本原理

本节主要讨论用 ArcInfo 建立高级数据模型需要理解的相关基本概念。

首先，对地理信息系统（GIS）作一个定义。你可以回顾一下 GIS 的各组成部分，考虑一下 GIS 是如何扩展数据库的，并分析一下 GIS 应用的多样性。

然后，回顾一下地理数据建模的一些基本概念。我们会学习一些模拟连续表面、不连续要素及图像的方法。有时，对于同一个数据模型来讲，可能有多种合理的选择。

3.1.1．GIS 的各组成部分



地理信息系统（GIS）是技术人员、空间数据或描述数据、分析方法、计算机软、硬件相结合，各组成部分通过地理表达彼此协同处理、管理和传输信息的系统。

3.1.2 建立和使用 GIS 的人员

在我们设计一个数据模型、开发一个应用软件或者书写用户文档时，搞清楚用户的类型对于我们的工作具有重要的指导意义。

GIS 中人员扮演的主要角色有：

地图使用者是 GIS 的最终用户，他们阅读为通用或特定目的而创建的地图。所有公众都是地图使用者。

地图创建者用各种来源的地图并添加数据生成一幅定制的地图。

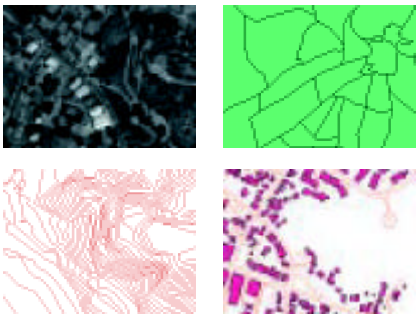
地图出版者印刷地图。这类人致力于高质量的地图输出。

分析家解决地理问题，如化学物质的散布，查找最优路径和定位地点等。

数据创建者使用几种技术——编辑、提炼和数据处理，来输入地理数据。

数据库管理人员管理 GIS 数据库并确保 GIS 的平稳操作。
数据库设计人员建立逻辑数据模型并实现物理数据库设计。
开发人员定制 GIS 软件以服务于特定的行业需要。

3.1.3 GIS 的数据源



GIS 可以处理任意具有空间概念的数据。这些信息间有很大的不同——它可以是航空相片或卫星影像，也可以是地形等高线的数据集、建筑环境的数字地图或者是土地所有者的合法记录等。



地理数据可以存在于某些意想不到的地方，如某一个公司保存着它的客户资料，那么它就有地理数据。GIS 能从邮政地址计算出任意一个地方所处的位置。

3.1.4 过程和分析

操作 GIS 的专家使用 GIS 的某些功能，遵照一定的程序和过程，最后得出判断。这些人类经验的综合是 GIS 一个不可或缺的组成部分。

下面是一些有关分析功能的例子：

- 应用于具有空间关系的科学，如水文学、气象学或流行病理学等
- 质量保证程序确保数据是准确的、一致的和正确的
- 解决线性网络查询或综合多边形拓扑空间查询的算法
- 应用制图设计原理生成优质地图表达的知识

3.1.5 计算机硬件

计算机有不同型号，从掌上电脑到大型机应有尽有。你可以购买适用于每一类计算的 GIS 软件。

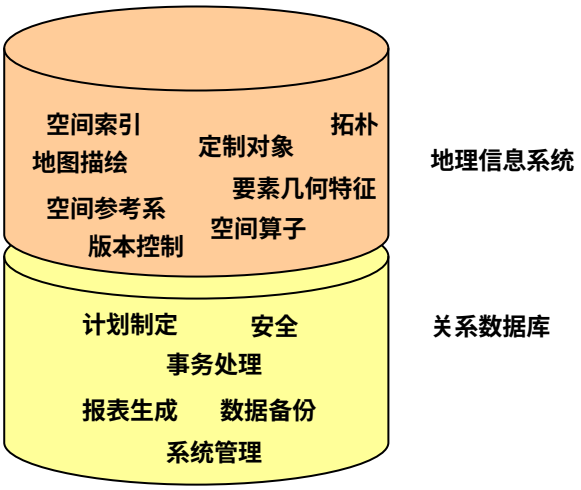
随着宽带网络技术的提高，客户机-服务器或 n-层（n-tier）结构体系更受企业级 GIS 的欢迎。

网络将计算机连入全球网络系统中并成为一种数据获取的重要途径。另一个趋势是全球定位系统（GPS）的广泛使用让我们可以实现实时定位。

3.1.6 GIS 软件：地理数据库

事实上，理解 GIS 软件的关键出发点在于把 GIS 软件当作是一个地理数据库管理系统。Geodatabase 直接实现在商业关系或对象关系型数据库管理系统上。

这样做的原因是为了充分利用商业数据库软件的功能，包括数据备份、表定义、事务管理及系统管理工具等。GIS 扩展了关系型数据库，因此它能够有效地存贮地理数据、生成地图并且完成空间分析任务。



GIS 软件对关系型数据库管理系统的扩展功能有：

- 具有在数据库列中直接存贮要素几何形状的能力
- 具有根据数据定义图层和指定绘图方法的数据框架；它们能够用属性值来绘制
- 支持生成简单或复杂地图的底层构造。许多通用地图绘制任务都被简化了。
- 要素间拓扑关系的生成和存贮，如网络连接和综合多边形拓扑。
- 二维空间索引的生成，用以快速缩放地理要素。
- 一系列确定空间关系的算子，如相似分析（proximity）、邻近分析(adjacency)、叠加分析（overlap）、空间比较分析(spatial comparison)。
- 支持空间查询的多种工具，如网络追踪和多边形叠加分析等。
- 工作流（work-flow）系统，允许多个用户编辑地理数据并管理各个版本。

我们可以把 GIS 看作一个空间化的数据库管理系统。这种体系结构使我们拥有最好的商业数据库技术和精深的地理信息系统软件。

3.2．GIS 的广泛应用

GIS 已经广泛地应用于不同的方面。为了理解 GIS 和它的重要性，对于它的广泛应用做些调查是非常有用的。

这些应用都是从 ESRI 用户参考书上摘录下来的。

3.2.1GIS 的应用



农业：

表现土地利用的卫星影像与厄尔逆诺的气象波动模型相结合可以预测对农业的影响。

GPS（全球定位系统）接受器与便携式 GIS 软件相结合可以实时、准确地为农业生产提供某地化学物质的浓度。

在加利福利亚的圣华金河流域，GIS被用来模拟非点源污染。生成的地图提供了土壤盐分的可视化显示。



商业地理方面

一个公司利用GIS来评估其办公地点迁址将对员工变换工作（employees’ commute to work）的影响。

魁北克一家面临竞争压力的小公司用GIS开发了它的客户数据库，并用以辨别客户的分布情况，加大邮件宣传的效率并提高客户的回头率。

旧金山的一个组织用GIS来帮助小型商业公司寻找那些具有合适的商业、经济、人口和交通属性等内容的贸易空间。



智能防御

美国空军利用 GIS 技术来管理、维护和可视化数以百万计的气候记录。

瑞典军队为改善军事计划，在这一方面做过更深入的工作，他们把军用和民用目标用不同的符号分别表示出来。

加拿大军队则有定制的 GIS 软件并将其与陆军的命令系统结合起来应用。



生态和环保

哥伦比亚正在建立一个 GIS 数据库以对那些预留出来作为国家公园的土地进行优先次序排序。

在肯尼亚，通过 GIS 可以显示出大型哺乳动物在雨季都散布在热带稀疏草原上，而在旱季则集中在盆地里。理解哺乳动物的季节迁移模式对于管理野生动物和牲畜的水资源分配非常重要。

在加利福利亚的Santa Catalina岛，GIS被用来评估生态成本和泥土路的效益。道路虽然为生态管理提供通路，但同是又破坏了生态景观，因此在生态环境方面它的存在与否很难做决断。



电力和煤气（AM/FM）

贝鲁特正在利用GIS分析它的电力线路以减少损失、提高电压。GIS用来模拟能达到最优电力效益的设施布置措施。

新墨西哥州也正在利用GIS来管理其公众服务设施布局、正常运转并维护长达2500英里

的电力输送。关注的主要问题是防止对环境有损害的活动。

丹麦能源部正在建立全国每幢建筑中能源用量的数据库。这种信息对于规划发电站和设计分布体系非常重要。



紧急情况处理和公共安全

1977年，探测土星的卡西尼太空船发射。GIS被用来评估甲板上钚发生器出现意外的风险情况。

意大利国家地震调查局正在建立一种综合的信息系统以对主要的地震事件生成实时的表格报告和运作图。



环境管理

在朝鲜，国家公园的分区按照风景质量、高程、坡度、自然状况等标准进行分析。分析发现一些公园无法进行正确的分区。

土耳其建立了一个大型水坝。GIS用来对大坝建成后对灌溉、水力发电、卫生、采矿教育、旅游以及电讯等方面产生的影响进行全面的评估。

在巴伐利亚，生态平衡与GIS软件相结合为环境管理提供有力的工具。这种信息通过网络进行发布。



联邦政府系统

田纳西州流域机构建立了一个土地信息系统来帮助管理土地记录、自然和文化资源、土地利用规划、法律或行政命令执行的情况。

美国国家海洋与大气管理部正在建立一种收集元数据如坐标系统、地图投影和属性信息等的工具。



林业

在森林覆盖的盆地，公路的修建和使用将极大地增加沉积物的沉积作用。林业公司正在建立一个公路沉积物模型以确定一个维护计划。

美国渔业和野生动植物组织已经在发现濒临灭绝的红翎啄木鸟的地方确定了一个管理森林的指导方针。GIS用来计算它们的活动范围和觅食区域。



卫生保健

加利福利亚州要求县政府报告门诊病人卫生保健中产生的文化和种族问题。GIS用来表现地理、社会经济、人口统计以及卫生保健设施的数据。

大学里的研究人员也利用GIS来分析罕见疾病的流行情况，并估计个人感染的环境危险系数。

在科罗拉多州，体重过轻婴儿的百分比高出了全国平均值。GIS用来调查其原因，如年龄、种族、教育、高程以及对公共卫生服务设施的获取情况。



教育

教育机构可以用GIS来帮助学生发现地理现象并且培养学生批评的思想和质疑的态度。

高中等学校可以将GIS应用到它们的课程中，通过表明个人行为是如何与全球尺度相联系的来教会学生“地域的观点”。



采矿和地理科学

西维吉尼亚利用GIS来监测酸矿井排水进入地表水的情况。高程、水文、矿区面积、水质数据都综合起来进行监测。

采矿服务公司利用GIS为核废弃物贮藏地、矿产勘探计划和地下水监测生成三维数据库。



海洋学、海岸带、海洋资源

美国海军海洋学办公室利用海洋遥感测温数据对洋流峰线和漩涡进行了研究。

在华盛顿州，正在利用GIS绘制当前的海岸线图，计算它的变化率和研究海岸带侵蚀灾害等。



房地产

人居环境，一个组织为低收入家庭建造房子的组织，可以使用GIS来分析提出的方案并制定保护绝大多数已有树木的计划。

房地产公司利用GIS为用户进行选址，被考虑的因素有可达性、可见度、分区和权利等。



遥感和影像

数字影像公司利用具有地理参考系的传感器生成实时的空间数据。影像被传送到地面接收站，进行校正、重定格式、并使其能够进行自动要素提取。



州和地方政府

在卡塔尔，电视摄影机被放到水下或下水道网络系统中，用来摄取排水状况的真实场景。这些图像都在GIS中集成并向操作员提供有关的维护信息。

新丹佛国际机场位于乡下。GIS用来设计未来5年、10年、20年土地利用模式的预案。

在乌克兰，政治变化也反映在土地改革的浪潮中。精确档案的缺乏已经阻碍了准确地籍档案的建立。因此，基于高分辨率遥感影像和创新软件技术的新土地注册系统应运而生。



电讯

在哥伦比亚，光纤干线网络通过GIS数据库可以很容易地查看。在该数据库中，每一个网络部件要素都被记录在案。

在印度尼西亚，用GIS研究广播站的位置、听众人数以及设备的维护等，并以此来管理广播电话。电讯咨询公司使用土地利用与土地覆盖数据来预测无线通讯系统信号衰减情况。



运输

在韩国，GIS用来实时监测交通状况，从而减轻高速公路上的交通瓶颈。

在乔治亚州，GIS技术用来管理车道路面状况。在此基础上，对基于负载破裂的公路段等级进行了研究。



水资源与水资源分布

埃及人口增长和农业扩张对水资源管理提出了新的要求。政府正在建立一个对尼罗河水道、运河、排水沟和泵站进行管理的系统。

在佛罗里达，水压计算模型用来减轻公共厕所下水道水量溢出的情况。当大量暴雨来临时，卫星影像用来估计降雨量并对下水道泵站的工作提供必要的帮助。

在加拿大，水力污染运输模型被用来模拟不同情况下多污染源的影响。

3.2.2GIS 应用的总结

以上GIS的应用证明GIS解决方案的多样性。它让你惊奇地发现GIS技术应用的范围是多么广泛。从这些应用中，一些共同的特征可总结如下：

- 通常情况下，GIS与其它应用软件相结合来完成地理的或科学的分析。GIS数据以允许进行分布式存取和访问的方式构建和保存是非常重要的。
- 开放数据体系结构在促进地理数据与其它数据如实时数据、影像数据或企业数据库等进行集成方面非常重要。
- 印刷的地图仍然是地理数据最常用的表达方式，网络地图的访问和动态地图的应用对于制定决策正变得越来越重要。交互式访问需要更复杂的数据模型来支持丰富的查询和分析。
- 选择正确的数据结构对于分析操作非常重要。这些应用表明，连续表面、栅格格网或矢量格式的离散要素都是模拟现实世界的比较成熟的应用。

3.3 现实世界的三种表达方式

前面的GIS应用表明了它的主要应用方式、描述了自然和人为环境的当前状况、预测了基于天气、人类活动或地球物理事件的世界变化。在每一个应用中，都要确定如何用物理数据集服务于逻辑数据模型。

3.3.1 数据表达模型

我们可以用三种基本的方式来模拟数据：以矢量格式的离散数据集、以具有光谱或属性数据的像元格网或一系列三角形点拟合一个表面。

3.3.2 矢量数据模拟

矢量数据反映的是点、线、多边形要素，常应用于具有确定的形状或边界的不连续对象。



要素具有精确的形状和位置、属性和元数据以及有意义的行为。

3.3.3 栅格数据模拟

栅格数据表现连续的数据。栅格中的每一个像元（或像素）是一个测量单元。

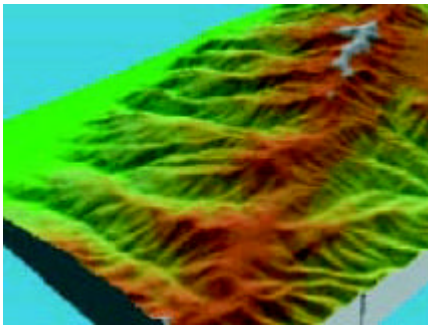


栅格数据集最常见的来源是卫星影像或航空相片。栅格数据集也可以是一个要素（如建筑物）的照片。

栅格数据集的一个优点就是以连续数据的形式存贮和操作，这些数据可以是高程、水量表、污染物浓度或环境噪声的级别。

3.3.4 三角网数据模拟

TIN是描述地块表面的有效方式。



TIN支持透视视图。我们可以在TIN上叠加一幅影像来获得真实地形显示。TIN在模拟分水岭、可见度、视线、坡度、坡向、山脊和河流以及具有体积的形体时非常有用。TIN也能模拟点、线和多边形。一个三角形由很多的聚点（mass points）组成，每个点具有x,y,z坐标。断线（breakline）代表河流、山脊或其它线性不连续要素。外部区域（exclusion areas）代表

具有相同高程的多边形，如湖泊或投影边界。使用线性内插或平滑算法，可以从TIN中生成等高线图。

3.3.5 数据表达模型的实现

Geodatabase用要素集和要素类实现矢量数据表达，用栅格数据集实现栅格数据表达，用不规则三角网（TIN）实现三角网数据的表达。

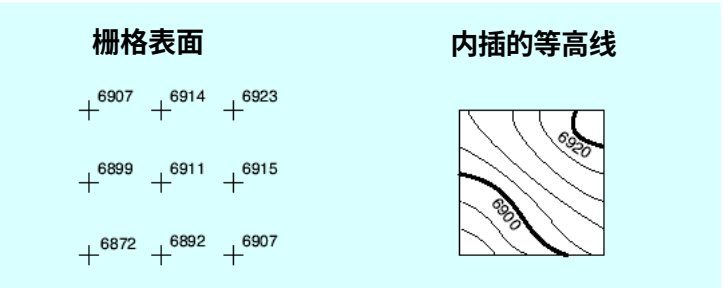
3.4 模拟表面

GIS可以用三种通用的方法来模拟一个表面：用表面栅格、用等高线或用不规则三角网的形式。

每种方法都有其优点，但不规则三角网具有特殊的分析能力并且表面栅格也能完成某些特定的分析。

3.4.1 栅格

许多地形数据的格式是具有高程值的统一格网形式。美国地质调查局的数字地面高程模型（DEM）数据就是一个例子。



栅格数据集可以按照规则的间隔来表现点的高程值。栅格中的每个像元有一个与其相关的高程值。

从一个具有高程的栅格数据集中，表面上任意点的高程值可以被估算出来并且可以提取一系列的等高线。栅格数据集的优点有：

- 栅格数据集的概念模型非常简单。数据存贮也非常紧凑。
- 栅格模型有较为完善的处理算法。
- 栅格格式的高程数据相对较丰富并且价格不高。

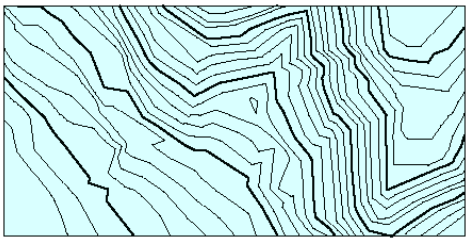
栅格数据集的不利之处在于：

- 固定的格网结构与地形的变化不一致。
- 当内插规则格网后，原始数据不会被保存。
- 在很多应用中，线性要素不能很好地表达。

3.4.2 等高线

等高线可以用来表达表面。一条等高线是一条具有相等高程值的线。对大多数地图使用

者来说，等高线是最容易获得的地形信息源。



等高线适合于人为的内插。密集的等高线可以清晰地反映出局部地形的起伏。等高线有明显转角的地方往往表示该处有一条河或是一条山脊线。通过阅读等高线图，我们可以获得“土地平面图”的感觉。

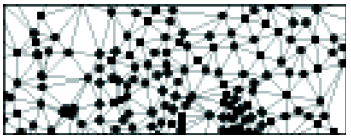
然而，通常来讲，等高线不适合作计算机表面模型。即使采集等高线上的所有点也不能形成一个良好的表面数据集。

删除转换（等高线转换成栅格或 TIN）带来的数据非常困难。转换等高线通常是建立表面模型的最后一种选择。

只有将它们转换成栅格层或 TIN 后，我们才可以生成等高线的透视图或进行等高线的表面分析。

3.4.3 不规则三角网

不规则三角网（TIN）是表达连续表面的一种精确而且有效的模型。TIN 软件包含许多分析表面的功能。

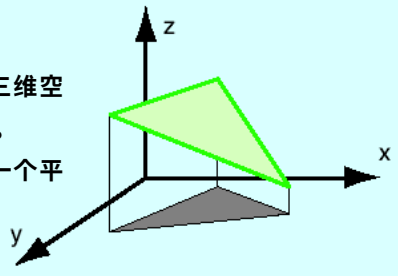


TIN 数据集用下面的方法生成：

1． 用摄影测量仪器、GPS 数据采集仪器或其它手段采集一系列具有 x,y,z 坐标的点。在表面形状发生显著变化处采集断线。采集外部区域要素如湖泊等。

2． 根据这些点，GIS 软件生成一个最佳的三角形网络，也叫做 Delaunay 三角。在 TIN 中，每一个三角形尽可能的接近于等边三角形。

不规则三角网中的面是三维空间中的一个悬浮三角形面。一个三角形面可以定义一个平面、坡度和坡向。



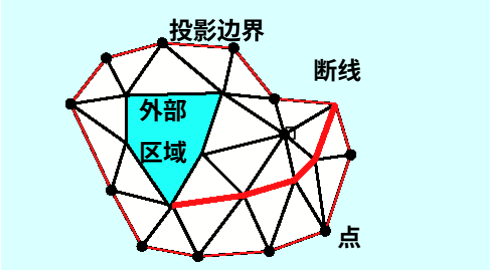
3． 每一个三角形形成一个倾斜的面。

在 TIN 中，对于任意一个具有 x,y 值的点，其高程都可以通过确定三角形、然后在其中内插高程来计算。

TIN 之所以有效的原因在于表面上任意区域的点密度与该处地形的变化率成比例。平坦的草原点密度低；而山区地形则要求较高的点密度，尤其是表面发生显著变化处。

3.4.4 TIN 的各组成部分

TIN 可以表示点、线和多边形。



聚点是观测局部高程值，并且同时采集 x,y,z 三个坐标。它们可以用摄影测量仪器、传感器或数据变换来采集。

断线描绘地形表面上有显著中断或不连续的地方。用断线来模拟的要素如河流、山脊、建筑基座（building pads）的边缘或用机械分级的其它区域。

外部区域（exclusion area）用一个具有相同高程值的区域来描绘。它们通常是湖泊。

同时，投影边界也可以排除在研究表面之外。这在计算体积的时候非常有用。

3.4.5 用 TIN 显示表面

有几种方法可以表达 TIN 所描述的表面。我们可以将 TIN 画在平面（二维）图上，用颜色来表示高程、坡度或坡向。

用 ArcInfo 的三维扩展模块，我们可以叠加影像、等高线，格网线或其它要素来显示表面的透视图。

3.4.6 用 TIN 进行分析

TIN 软件包含了对表面进行分析的各种操作，这些操作有：

- 计算表面上任意一点的高程、坡度和坡向。
- 通过线性或多项式内插三角形生成等高线。
- 确定表面高程值的范围。
- 总结表面的统计参数，如相对于参考平面的体积，平均坡度、面积和周长。
- 沿表面的剖线生成纵剖面图。
- 对于道路工程进行土方体积计算，据此确定在一个地方挖出的土方体积等于在另一个地方堆填的体积。
- 分析从某一点出发，表面的哪些区域是可见的。

作者：Michael Zeiler
译：姚永惠
校 ：张俊

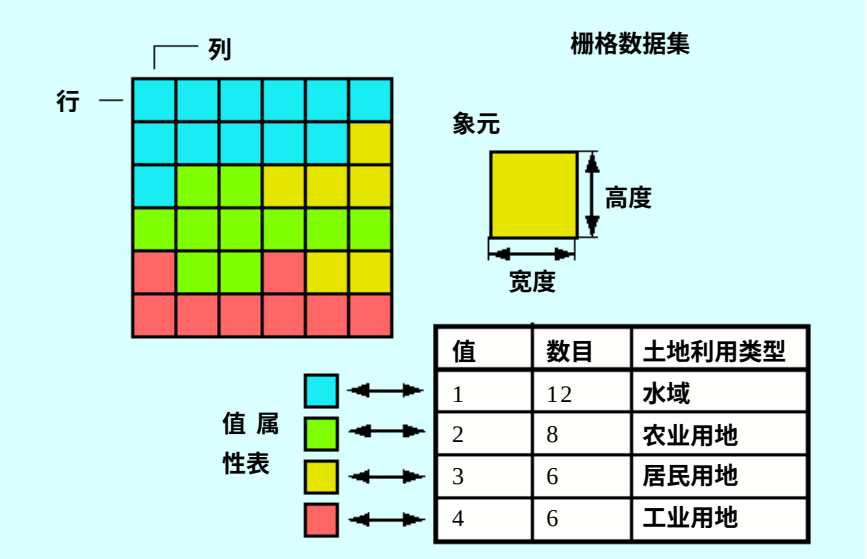
声明：本书版权系 ESRI 出版社所有。本书是 ArcGIS 学习精品，译校不做于商业用途，属个人爱好，与广大 GIS 爱好者共同分享。

3.5 模拟影像或采样数据

影像数据是通过卫星系统或航空摄影采集的数据。由于这是目前为止采集大量地理数据的最便宜方式，所以影像成为许多 GIS 系统的重要组成部分。

3.5.1 栅格数据集

对格网表面模型或模拟邻近地理功能如散布模型来讲，栅格数据可以作为地理显示的背景图层，或者作为要素提取的来源。GIS 软件可以快速地叠加栅格数据集。



值	数目	土地利用类型
1	12	水域
2	8	农业用地
3	6	居民用地
4	6	工业用地

栅格数据集以二维矩阵存贮每个像元的取样值。每一个像元具有相同的宽度和高度。

格网左上角的地理坐标，与像元的大小，格网行和列数目共同确定了栅格数据集的空间范围。

栅格数据集的像元值可以是整数或浮点数。栅格像元值的典型类型包括：

- 照片中光的反射率（反照率）。
- 遥感影像中，指定光谱段的光强。
- 起源属性，如土地利用类型或要素类型，建筑物或街道。
- z 值，如高程值或浓度。

属性表（VAT）能随意地与栅格数据集相关联。这个表保留了值分级的一些历史情况。我们也可以通过相加多列来得到自定义的属性。

栅格数据集可以是单波段的，也可以是多波段的。栅格数据集中每一个波段都具有相同的格网布局但反映不同的属性值。最常用的多波段数据集是用来反映从遥感影像上获取的多光谱数据。

3.5.1.1、作为要素属性的栅格数据集

并不是所有栅格数据集都具有地理坐标。图像也可以作为要素的属性来使用。

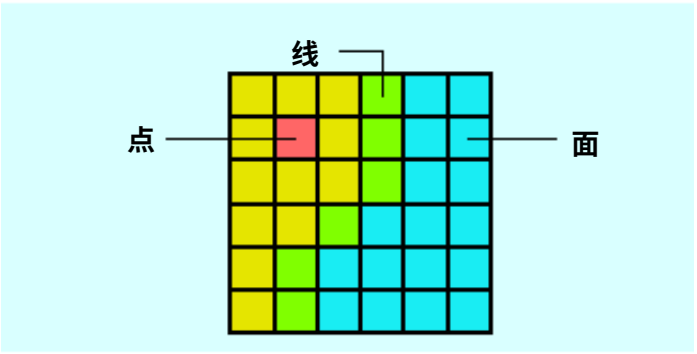


如果你建立一个 GIS 售房系统，你可能想到将待销售的房子用符号表示在一张地图上，然后用 Internet 展示给潜在的购买者。购买者点击一个符号就显示一幅图像，关于房子的细节和价格就都能显示出来。

图像作为要素属性的另外一些例子有：

- 扫描的文档，如许可证或契约。
- 与位置相关联的字段数据表。
- 平面布置图或示意性图表。

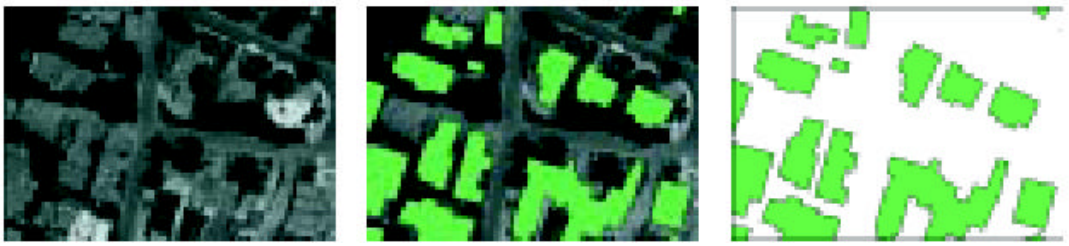
3.5.1.2、点、线、面的表示



栅格数据集中的点可以用一个或多个连续的像元来表示。线可以用一个像元或几个像元宽度的一系列像元来表示。多边形可以用一定范围内的像元来表示。尽管在栅格数据集中，我们可以从视觉上识别点、线和多边形，但如果想与要素交互，最好是将栅格转换为矢量格式。

3.5.2 栅格数据集的转换

栅格数据集可以很容易地生成，然而它们描述的要素有时候在另外一种类型的数据集中会更有用。例如，将建筑物的照片转换为以多边形表示建筑的要素数据集。

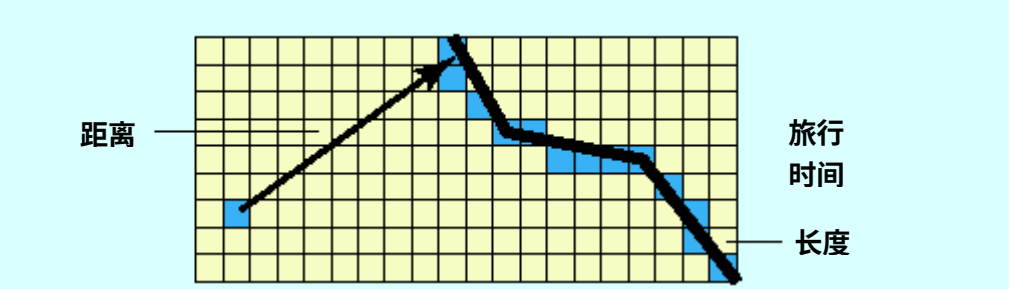


栅格数据集的分辨率对转换后的矢量数据的精度影响很大。

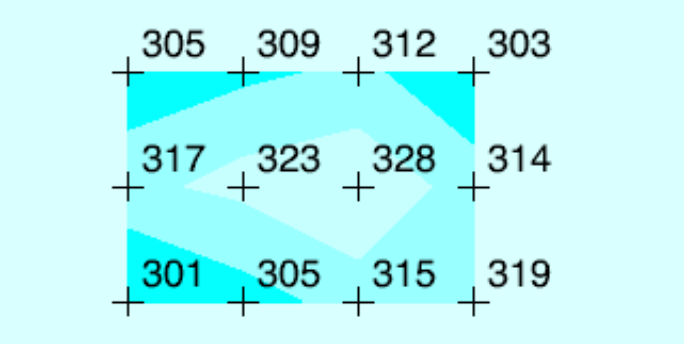
3.5.3 栅格分析

对于栅格数据集来说，GIS 软件具有许多强有力的分析功能。部分功能表述如下：

- 空间转换。栅格数据集可以移动、扭曲、或拉伸与真实位置匹配。它也能被投影到一定的坐标系统中。橡皮拉伸（rubber sheeting）调整局部栅格以匹配用户定义的矢量。多项式转换对格网作整体变换以匹配用户定义的矢量。
- 空间一致性（spatial coincidence）。模拟位置特征，如评估某类土地开发的适宜性、新公路的最佳位置或评估土地价值等。



- 邻近度，模拟与其它地理现象的距离。这个距离可以用直线欧式距离或其它抽象概念（如行进时间）来度量。



- 表面分析。研究连续表面的质量状况，如高程、噪声或污染物浓度。我们可以计算陆地表面的坡度或坡向，或者确定机场附近噪声水平等。
- 散布分析。模拟某类现象的运动，如模拟火灾的蔓延或预测油井溢出状况等。
- 最小成本路径分析（least-cost path analysis）。我们可以计算基于任意阻抗值、通行表面的最短路径。

3.6 模拟离散要素

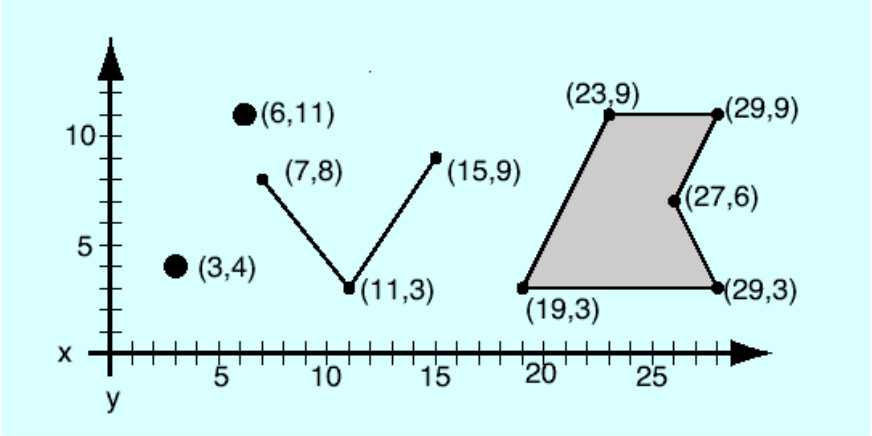
地理要素位于地球表面或近地表。地理要素可以是自然形成的如河流、植被等，也可以是人工建造的如公路、管道或建筑物，也可以是土地的某种划分类型如乡村、土地块或行政区划等。

地图用点、线、多边形来模拟现实世界：

- 点代表那些太小而不能用线或面来表示的地理要素。
- 线代表那些窄条形的、不能用面来表示的地理要素。
- 多边形表示那些相当大的，连续的地理要素。

一个 x,y（笛卡尔）坐标系是真实世界位置的参照系。

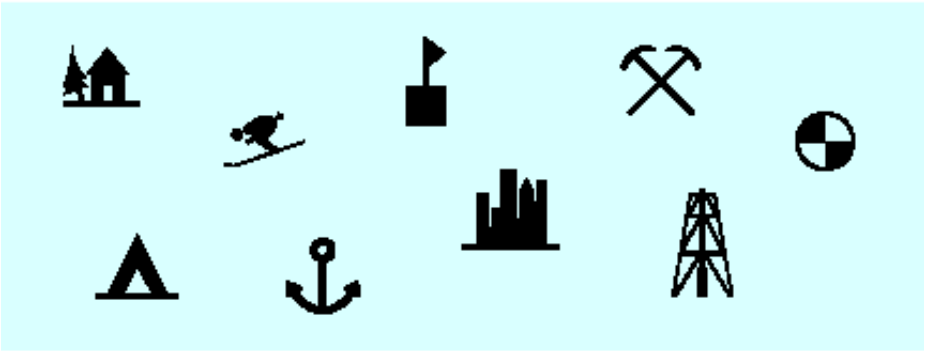
3.6.1 要素数据集



在要素数据集中，每一位置用一对简单的 x,y 坐标来记录。点用一对坐标来记录；线用一系列有序的 x,y 坐标来记录；多边形则用一系列定义环绕某区域的各线段的 x,y 坐标来记录。

3.6.2 点要素

点用来表示那些没有面积或长度的地理要素，或者那些太小、在给定的地图尺寸上不能清楚表示出来的要素。

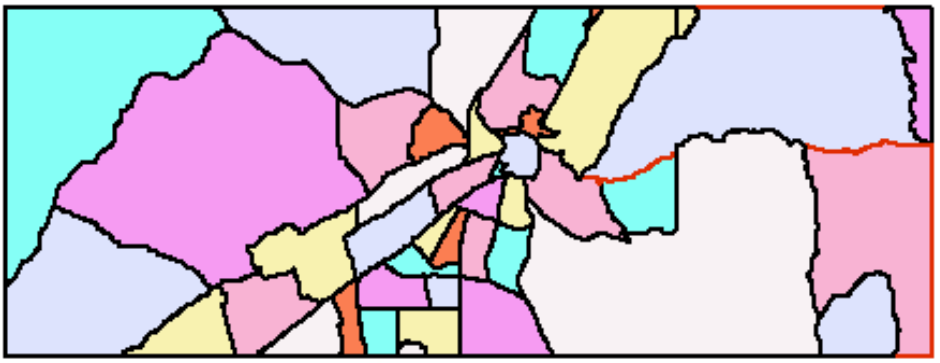


3.6.3 线要素

线要素用来表示那些具有一定长度但没有面积的对象，或者是那些在给定的地图尺寸上其形状非常窄的要素。

3.6.4 多边形要素

多边形要素用来表达区域如州、郡、人口普查地域、销售领域、土壤单位、土地块、土地利用区等。



多边形包含一定的面积，在这个区域内，具有要表达现象的、由用户指定的一系列共同特征。

3.6.5 地图是如何传递描述信息的

地图使用符号和标记来表达地理要素的描述性信息。

地图表达地理要素的属性信息的一些通用方法如下：

- 往往用不同的宽度、样式和颜色来表达不同的公路及其它属性。
- 河流和水体往往用代表水体的蓝色来绘制。
- 一些特殊的符号用来表示特殊的要素，如铁路和机场。
- 城市、街道用它们的名字作注记并指明范围。
- 特殊的建筑物以它们的名字和功能作注记。

3.6.6 要素、网络和拓扑

要素分别扮演三种不同的角色：简单要素、网络要素或拓扑要素。

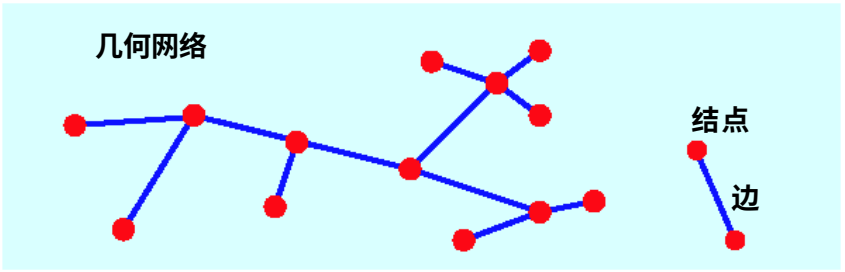
3.6.6.1、简单要素

这类要素非常简单，与其它要素没有明显的联系或拓扑关系。



3.6.6.2、网络要素

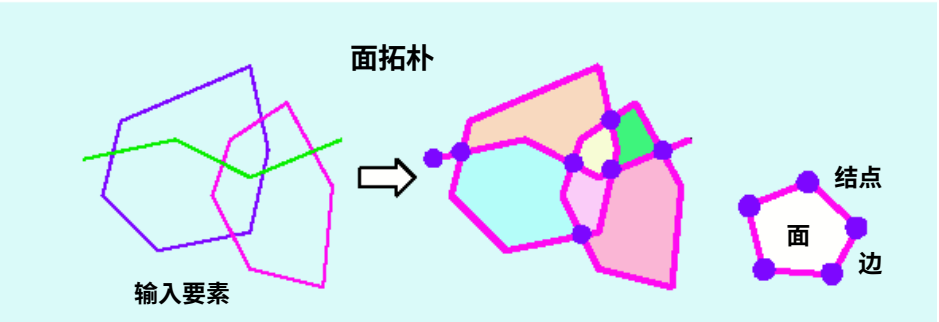
要素彼此相联形成网络。



网络含有边，在边的两端具有结点。一个结点可以与一个或多个边相联。边和结点的集合就称为几何网络（geometric network）。

3.6.6.3、具有公共边的拓扑关系

可以获取和编辑要素的拓扑关系。



在 ArcMap 编辑器中，我们可以指定一系列要素并生成面拓扑，它是一系列拓朴的原始组成：结点、边和面。

当我们编辑结点时，相联的边也会相应地拉伸。当我们编辑一条边时，就同时修改了两个面的形状。

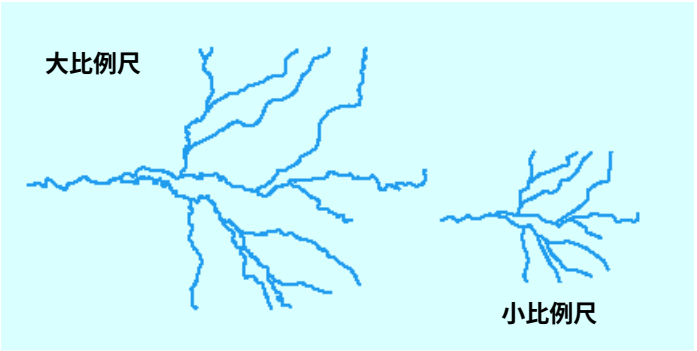
3.6.7 要素与地图学

要素是地图组成中的地理对象。地图具有比例尺，它决定要素（点、线或多边形）的尺寸。

在较大的比例尺中，建筑物可以用多边形表示；而在小比例尺中则只能用点来表示。



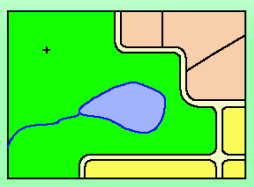
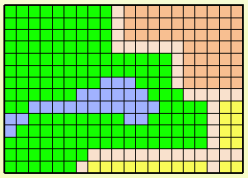
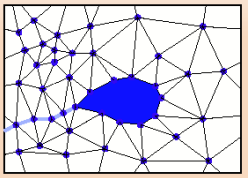
在大的比例尺中，每棵树所在的地方都能分别表示出来；但由高于一定密度的树组成的森林则用多边形表示。



在大比例尺上，河流有很多拐弯的转折点和小的支流；但在小比例尺上，线的细节就被过滤掉了，小的河流没有表示出来。

如果要改变不同比例尺下要素的尺寸，我们可以建立一个与另一种要素级别相联系的数据库。在这个例子中，树木与林场相关。当我们绘制一幅地图时，比例尺决定了哪些要素要绘制，而哪些不用绘制出来。

3.7 空间数据表达方式的比较

	矢量数据的表达	*栅格数据的表达*	*不规则三角网数据的表达*
模型的要点	矢量数据主要用来模拟具有精确形状和边界的离散要素	栅格数据主要用来模拟连续的现象和地球的影像	三角网数据主要用来对表示高程或其它状况（如浓度）的表面进行有效地表达
			
数据源	从航空摄影相片中解译 从 GPS 接收器中采集 从地图原图中数字化 在栅格显示的顶层勾划出来 从栅格数据矢量化 从三角网中提取等高线 从野外调查数据中简化而来 CAD 制图中导入	航空航天飞机摄影得来 卫星影像 从三角网中转换而来 矢量数据栅格化 扫描蓝图、相片等	从航空相片解译而来 从 GPS 接收器采集 用高程数据导入点 从矢量等高线转换而来
空间存贮	点以 x,y 坐标来存贮 线以相联的 x,y 坐标形成的路径来存贮 多边形用闭合的路径来存贮	坐标原点为栅格的左下角，以像元的高度和宽度为单位，每个像元用它所在的行和列的位置来确定	三角形面中每个结点有一个 x,y 坐标值
要素表达	点代表小要素。线代表长度很长而宽度很小的要素；多边形表示占据一定面积的要素。	点要素以单个像元来表示；线要素用一系列具有相同值的相邻像元来表示；多边形要素则以具有相同值的像元构成的一个区域来表示。	点的 z 值确定表面的形状。断线定义表面的变化如山脊或河流。外部区域（exclusion area）定义具有相同高程值的多边形。

拓扑关系	线拓扑保存哪些线与结点相连。多边形拓扑线的左右多边形分别是哪些。	相邻象元可能通过加减行、列的值进行快速定位。	每一个三角形与它相邻的三角形相连。
地理分析	拓扑地图叠加 缓冲区生成和邻近分析 多边形融合和叠加 空间和逻辑查询 地址地理编码 网络分析	空间一致性分析 邻近分析 表面分析 散布分析 最小成本路径分析	高程、坡度、坡向计算 从表面中等提取高线 体积计算 垂直剖面分析（vertical profiles on alignments） 视场（viewshed）分析
制图输出	矢量数据适合于绘制要素的精确形状和位置。它不适合于连续现象或具有明显边界的要素。	栅格数据适合于表现图像和属性值逐渐变化的连续要素。通常情况下，它不适合于绘制点和线要素。	三角网数据适合于形象地表达表面。这种数据可以用不同的颜色来表示不同的高程、坡度或坡向或生成三维透视图。

在上述总结中，空间数据有三种基本的表达方式：矢量、栅格和三角网格式。每种表达方式都有其优点并适合于特定类型的地理分析和制图输出。

这些空间数据的表达方式并不是相互排斥的 :地理数据库中可以含有最适合地图使用的所有三种方式。一张地图可以用一种或所有这三种空间数据表达方式。

通常情况下，栅格数据作为矢量数据的背景层来显示。这样为矢量图层提供一种相片印证功能，在矢量图层上可以进行编辑或分析。

三角网数据有时候也作为矢量数据的背景图层来使用，为其提供地球表面形状的可视化功能。

3.7.2 空间数据表达方式的选择

在选择一种空间数据表达方式时要考虑很多问题。通常情况下，可获得的数据或需要进行的分析任务会明确规定或指导你如何作选择。但有时候，哪种数据表达方式最合适并不十分清楚。

表面就是一个很好的例子。栅格数据和三角网数据都是表达表面的良好方式。到底选用哪一个需要进一步研究。

下面将讲述一下选择一种空间数据表达方式时通常要作哪些考虑。

3.7.2.1、要素或位置关注的焦点是什么？

如果是模拟具有属性和行为的独特对象，矢量数据表达方式是最好的。

如果是模拟用属性值来刻画的连续对象或现象，我们可以选择栅格或三角网数据表达方式。

栅格数据模拟在规则格网中具有统一取样属性的区域。三角网数据模拟具有不同密度的采样点和值的区域。

3.7.2.2、什么数据可以容易地获得？

影响我们选择何种数据表达方式的一个重要因素就是最容易获得什么样的数据。

GIS 设计的最初步骤就是调查已经获得的所有地理数据。当发现最合适的数据时，我们要判断这个数据是否足够或是否需要以其他手段（如航空相片、GPS 数据采集或数字化）生成新的数据。

有时，我们可能要将已有的数据从一种表达方式转换为另一种表达方式。例如，电力传输线的最好来源可能是栅格格式的扫描地图。为了进行电力分析或环境研究，你可能发现要

将它从栅格格式转换为矢量格式。我们将通过数据采集的其它手段估计这种栅格转矢量的成本或质量。

3.7.2.3、对于定位要素，要求的精度是多少？

如果要求很精确地定位要素，就应该选择矢量数据表达方式。用矢量数据，要素的识别和选择将非常容易，并且坐标值也被精确地存贮。

栅格数据中确定要素的位置受像元尺寸的限制。在三角网数据中，只有点和断线的位置能较好的定义。在栅格和三角网数据中，要素的位置和形状通常是不精确的。

3.7.2.4、需要什么类型的要素？

如果模拟的是有属性值的大型要素，而这些值是多样化的、随时间变化的或是具有不明显边界的，那么栅格数据表达方式通常是最合适的。如模拟随时间变化的火灾情况或地下水污染物扩散情况。

如果模拟的是那些描述地球表面形状的要素，如山峰、山脊线或河流时，通常三角网数据表达方式最合适。

许多自然要素用矢量数据表达更好，例如水系。如果将河流作为一张地图的背景层来显示或模拟为广义运输分析一部分的河流航运情况，很可能就会选用矢量数据表达方式。

如果模拟的是人造要素，通常用矢量数据表达方式最好。人造要素具有可以用直线或圆弧来表现的明确的形状。同时，这些人造要素通常可以定位到勘探级别的精度。

3.7.2.5、你想要的拓扑关系是什么类型的？

一些对象没有拓扑关系并且在地理区域中可以任意放置。例如，野生动植物栖息地的确定就可以是任意的、形状不清楚的或其它动物栖居地叠加，那么它与其它要素之间就不具有拓扑关系。

同时，很多对象存贮在 GIS 中的目的是作为地图显示的背景层，因此并不需要将它们用拓扑格式来存贮。如果在 GIS 中，公路是一个背景层，它们很可能只是简单要素。如果公路是运输系统分析的一部分，那么它们就要用拓扑要素来存贮了。

GIS 可以含有网络要素或拓扑要素，它们通常出现在矢量数据表达方式中。网络表达公路、河流或其它设施。拓扑要素表现的是面积的集合，落在该面积内的每一个点都可以用一个多边形来覆盖。

3.7.2.6、所要求的分析是什么类型的？

如果要对表面进行分析，三角网数据表达方式将支持更多的分析功能。然而，栅格数据表达方式也能执行某些表面模拟功能。

三角网数据表达方式支持开发区和非开发区的两个表面间的体积计算，某一区域从空间中的某一点来看是可见的，并且对于表面上的任意一点来说具有确定的高程、坡度、坡向；同时可以生成沿某条线（如公路或通用设施）的垂直剖面。

如果分析的是某个不确定要素随时间的散布情况，如烟雾污染，那么就应该选择栅格数据表达方式。栅格数据表达方式也支持要素邻近度分析，最小成本路径分析以及适宜性分析的栅格快速叠加等。

如果要进行商业网点或某项服务设施的选址、研究网络中的流、管理土地记录，将邮政地址与地图上的位置联系起来或者是在地图上查询要素，那么就应该选择矢量数据表达方式。

矢量数据表态方式允许基于空间关系的分析，如邻近分析或邻接分析、拓扑关系（如河流的上游及相连的河流等的分析）。

3.7.2.7、要求生成什么类型的地图？

地图表达要求的类型和质量也能对空间数据表达方式的选择提供参考。栅格和三角网数据表达可以生成具有各种属性值的、引人注目的表面地图。矢量数据表达方式则生成具有详

细细节的要素地图。

制图要考虑的注意事项也将进一步影响点、线、多边形用矢量数据表达是否是最好的。例如，地图比例尺将影响建筑物是表示成点还是多边形，河流是表示成线还是多边形等。

3.7.3 结论

ArcInfo 为地理要素的三种基本表达方式提供了丰富的基础。下一章中将讲述在 ArcInfo 应用软件中地理数据是如何构建和表达的。

作者：Michael Zeiler
译：姚永惠
校 ：张俊

声明：本书版权系 ESRI 出版社所有。本书是 ArcGIS 学习精品，译校不做于商业用途，属个人爱好，与广大 GIS 爱好者共同分享。

第四章 地理数据的结构

本章内容：

- Catalog 和数据连接
- Geodatabase、数据集和要素类型
- ArcInfo 工作空间和 coverages
- Shapefile 和 CAD 文件
- 地图和图层
- 矢量数据集结构的比较
- 矢量数据集中要素几何形状的比较

地理数据集是在计算机的文件系统和数据库管理系统中进行组织的。Catalog 包括了数据组织的两个方面并表现了统一的用户界面和数据模型。Catalog 使局域和网络数据操作变得很容易。

4.1 Catalog 和数据连接

我们使用的计算机上有组织在文件夹、文档、电子数据表格或数据库中的各种各样的数据。对于费用报告，我们可以用信函和报告文档、电子数据表格；而客户和产品的详细目录可以存贮在数据库中。我们也可以将这些文件组织到具有一定意义的文件夹中，如客户、工程、时间范围或任何有意义的组织等。

同样地，地理信息系统也以文件夹、文件、geodatabase 的形式来管理数据。地理数据的主要类型——矢量、栅格、TIN 和位置可以包含在数据库或文件中。

地理数据可以保存在计算机硬盘中单用户的地理数据库中或数据库服务器上的多用户地理数据库中。我们可以构建反映一定投影面积、专题分组、部门组织或其它分类的 geodatabase。

4.1.1 Catalog

ArcCatalog 是 ArcInfo 的一个应用程序，它能让用户浏览、访问、管理并且创建地理数据。它可以用与 Microsoft Windows 浏览窗口相似的方式表现地理数据。

我们在 Catalog 中看到的各个项目代表的是数据对象，如 geodatabase 或要素类型、地图对象（如地图和图层）、辅助对象（如样式或坐标系统）。。

地理数据的各种连接的集合称为 Catalog。Catalog 为目录树上的各种地理数据提供了一个无缝的地理数据视图。Catalog 也可以操作关系数据库，表达它们的内部结构，尤其是那些存贮地理数据的表。

Catalog 中以特定的图标来表示地理数据的结构，这些图标反映了地理数据库中各元素的不同角色。

Catalog 中的很多项目表示的是 Windows 文件系统中的文件夹或文件。其它项目表示的是 geodatabase 中要素或对象的集合。某些项目指向 geodatabase 或通过网络访问的关系型数据库。

在 Catalog 中可以完成的任务有：

- 创建数据或定义数据的格式
- 搜索数据
- 评估地理范围或数据的适宜性
- 存储数据来源和质量信息
- 启动 GIS 操作
- 发布数据

4.1.2 单用户和多用户 geodatabase

Geodatabase 有两种类型——使用 Microsoft Access 数据库（.mdb 文件格式）的个人 geodatabase 和通过 ESRI 空间数据库引擎（ArcSDE）与其它关系型数据库相联系的多用户 geodatabase。

这两种 geodatabase 的功能是一样的，只是多用户 geodatabase 支持版本（versioning）——这样可以让不同的用户同时访问和编辑同一个地理数据库。有关版本将在第七章中进一步讲述。

4.1.3 文件夹连接和数据库连接

文件夹连接和数据库连接可以给用户提供具有统一标准的视图。

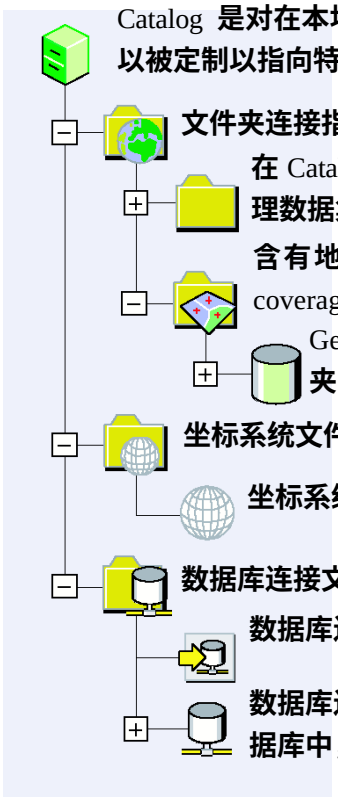
文件夹连接可以让用户访问自己硬盘上的数据或网络上的共享数据。

数据库连接包括了访问数据库的规范：服务器或 IP 地址、实例（instance）或 TCP 端口信息、用户

名或密码。我们可以通过 ArcSDE 访问关系型数据库中的地理数据或者通过 ODBC（开放数据库连接）驱动器访问非空间属性数据。

一旦与远程多用户 geodatabase 相连接，在 Catalog 中就将增加一个新的结点，我们可以看到它与文件夹连接中的要素数据对象具有相同的结构。

4.1.4 Catalog、文件夹和连接



4.2 地理数据库、数据集和要素类

在设计和实现地理数据模型的时候，文件管理系统和数据库方案的每一个设计阶段都有相当多的问题要考虑。Catalog 可以适应用户已有的数据组织形式或者可以设计一种可使访问和管理最优化的新结构。

4.2.1 组织地理数据

地理数据被组织成数据对象的层次结构。在数据设计过程中，我们可以以工作组、专题类型、相同的空间范围和坐标系统或拓扑关系等来组织数据。

4.2.1.1 地理空间数据库

Geodatabase 是地理数据的顶层部分。它是数据集、要素类、对象类和关联类的集合。

用户的地理数据的总集合体可以是一个、几个或多个 geodatabase。Geodatabase 通常按照数据的大类来组织，如土地类型、运输、环境和基础设施等。

Geodatabase 无缝地管理地理数据。它并不把地理数据分割成块，而是用一个有效的空间索引来对要表达的区域进行管理。

个人 geodatabase 适用于那些从小型到中型的数据集。超大型的数据集可以用企业级的 ArcSDE 工具来有效地进行管理。

4.2.1.2.地理数据集

有三种通用的地理数据模型：矢量、栅格和三角网。在 geodatabase 中，它们通过三种地理数据集来实现：要素数据集、栅格数据集和 TIN 数据集。

要素数据集（要素集）是具有相同坐标系统的要素类的集合。我们可以选择在要素集的内部或外部组织简单要素类，但拓扑要素类只能在要素集内部组织，以确保它们具有相同的坐标系统。

栅格数据集可以是简单数据集或者是具有特征光谱或类型值的多波段组合数据集。

TIN 数据集是一组在确定范围内的，每个结点具有反映该表面类型的 Z 值的三角形的集合。

4.2.1.3 对象类（object class）

对象类型是 geodatabase 中的一个表。对象类保留有与地理要素相联系的对象的描述性信息，但它们不是地图上的要素。

地块的所有者就是对象类的一个例子。我们可以建立一个地块要素类与所有者对象类之间的数据库连接。

4.2.1.4 要素类和拓扑

要素类是具有相同几何形状的要素的集合：点、线或多边形。我们最关心的两种要素类是简单要素类和拓扑要素类。

简单要素类包括没有任何拓扑关系的点、线、多边形或注记。也就是说，一个要素类内的点与另一要素类中的线的终点可以是一致的，但它们是不同的。这些要素可以彼此独立地编辑。

拓扑要素类局限在一定的图形范围内，它是一个由完整拓扑单元组成的一组要素类限定的对象。ArcInfo8 包含了 geodatabase 中最主要的一种图形拓扑—几何网络。

4.2.1.5 关系类

关系类是存贮要素类或（和）表间关系的表。关系模型依赖于对象。

利用关系类，我们可以控制某一对象相关的对象被删除或改变后，它会发生什么变化。

4.2.2Geodatabase 的 Catalog 视图



4.3 ArcInfo 的工作空间和 Coverage

很多年来,我们一直用 ArcInfo 的 Coverage 来表示矢量数据。因为它能高效地存贮空间和拓扑数据，属性数据存贮在可以定制或与其它要素类连接的关系表中，因此 Coverage 的格式在全世界的政府机构、公司企业和组织的使用过程中受到广泛好评。

Coverage 将空间数据和属性数据结合起来，并且存贮要素间的拓扑关系。空间数据以二进制文件的形式存贮，而属性数据和拓扑数据则以 INFO 表的形式存贮。Catalog 将 Coverage 二进制文件和 INFO 表结合成 Coverage 要素类的表达。

ArcInfo 中引入了 geodatabase,早期版本的 geodatabase 并不能取代 Coverage。在它们被使用的地方，Coverage 经常是为了某些特定的需求。在新的 ArcInfo 应用软件包中，Coverage 可以被显示、查询、分析和编辑。

如果在 geodatabase 中整合要素的行为和存贮所有数据的代价高于数据转换时，我们可以将 Coverage 转入到 geodatabase 中。我们可以把 geodatabase 看作是新一代的 Coverage。

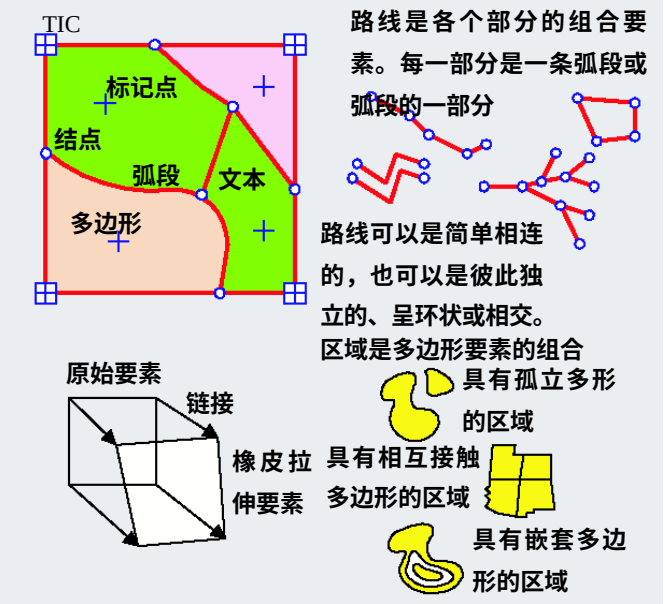
4.3.1 工作空间和地理数据

ArcInfo 工作空间包含地理数据的三种基本表达方式—Coverage 包含矢量数据，Grid 包含栅格数据，TIN 包含表达表面的三角网数据。存贮在工作空间的大多数数据遵循拓扑关系、属性值与要素相联的地理关系模型。

ArcInfo 工作空间是一种特殊的文件夹，其中属性数据存贮在 INFO 表中，并且所有的表能通过 INFO 子文件夹来管理，INFO 子文件夹在 Catalog 中是不可见的。当使用 Catalog 来创建、移动、或删除 ArcInfo 工作空间中的某些项目时，Catalog 将自动维护它们的完整性。不必使用 Windows 资源管理器或我的电脑来管理 Coverage、Grid 或 TIN；当数据破坏时，Coverage 和 INFO 子文件夹将被同步损坏。

4.3.2 Coverage、要素和拓扑

Coverage 包含的要素类是要素的同类集合。



Coverage 要素的主要类型是点、弧段（线）、多边形和结点。这些要素具有拓扑关系：弧段形成多边形的周长，结点形成弧段的终点，点给多边形内部做标记。点要素具有双重属性，它们可以表示一些较小的地理对象（如油井和建筑物），也可以标注多边形的内部区域。

Coverage 要素的第二种类型是 tic 点，链接和注记。tic 点用来配准地图。链接用来调整要素，而注记则用来对地图上的要素作标注。

Coverage 也含有一些组合要素。路径是与一定的量测系统相关联的弧段的集合。区域是邻接、分离或叠加的多边形的集合。区域被用于环境和土地利用应用。

4.3.3 ArcInfo 工作空间的 Catalog 视图



作者：Michael Zeiler
译：姚永惠
校 ：张俊

声明：本书版权系 ESRI 出版社所有。本书是 ArcGIS 学习精品，译校不做于商业用途，属个人爱好，与广大 GIS 爱好者共同分享。

4.4 Shapefile 和 CAD 文件格式

当拓扑数据集，如 geodatabase 和 Coverage，为丰富的地理分析、地图显示提供了基础后，地图的使用就具有了令人满意的要素数据的简化形式。

简单要素类用点、线、多边形存贮要素的形状，但并不存贮拓扑关系。这种结构具有简单、快速显示的优点，但缺点是不能强调空间限制。

举个例子，如果制作地块图（a parcel map），我们或许想让形成地块的多边形重叠或彼此间没有间隙。简单要素类就不能确保这种空间上的完整性。

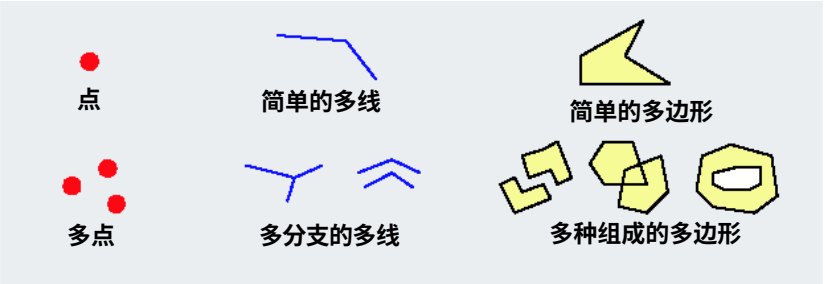
然而，简单要素类由大量可获得的地理数据组成，因为它们易于生成并且具有足够的地理数据，所以常常作为地图的背景层。

Geodatabase 包含简单要素类。ArcInfo 能够与 Shapefile、CAD、MicroStation 和简单要素数据的通用仓库进行交互。

4.4.1 Shapefile

ArcView GIS 2 是一种支持地图显示和查询的 ESRI 软件产品，它引入 Shapefile 格式以满足简单要素数据集的需要。

Shapefile 由包含空间数据和属性数据的三个主要文件组成。Shapefile 可以选择性地拥有具有索引信息的其它文件。在 Catalog 中，所有这些组成 Shapefile 的文件都显示为一个要素类。



Shapefile 是那些含有点、多点（multipoint）、折线(polyline)或多边形形状的同类要素的集合。

点是具有点形体的要素。一个点具有一个坐标值。

多点是具有多点形体的要素，它们以多个点来表示一个要素。

线是具有折线形体的要素。折线由路径组成，它们由一组线段简单连接而成。折线中的路径可以是连接的、分离的或交叉的。

多边形是具有多边形形体的要素。一个多边形含有一个或多个环（rings）。一个环是一个本身并不相交的封闭的路径。多边形中的环可以是分离的、嵌套的或彼此相交的。

由于 Shapefile 将属性值存贮在一个内嵌的 dBASE 文件中，所以贮在其它 dBASE 表中的对象属性可以通过属性关键码与 Shapefile 连接。

4.4.2 CAD 图形

大量的地理数据在 CAD（计算机辅助设计）图形文件中已经被采集了。CAD 图形文件的特征就是要素被分成具有代表性的许多层。

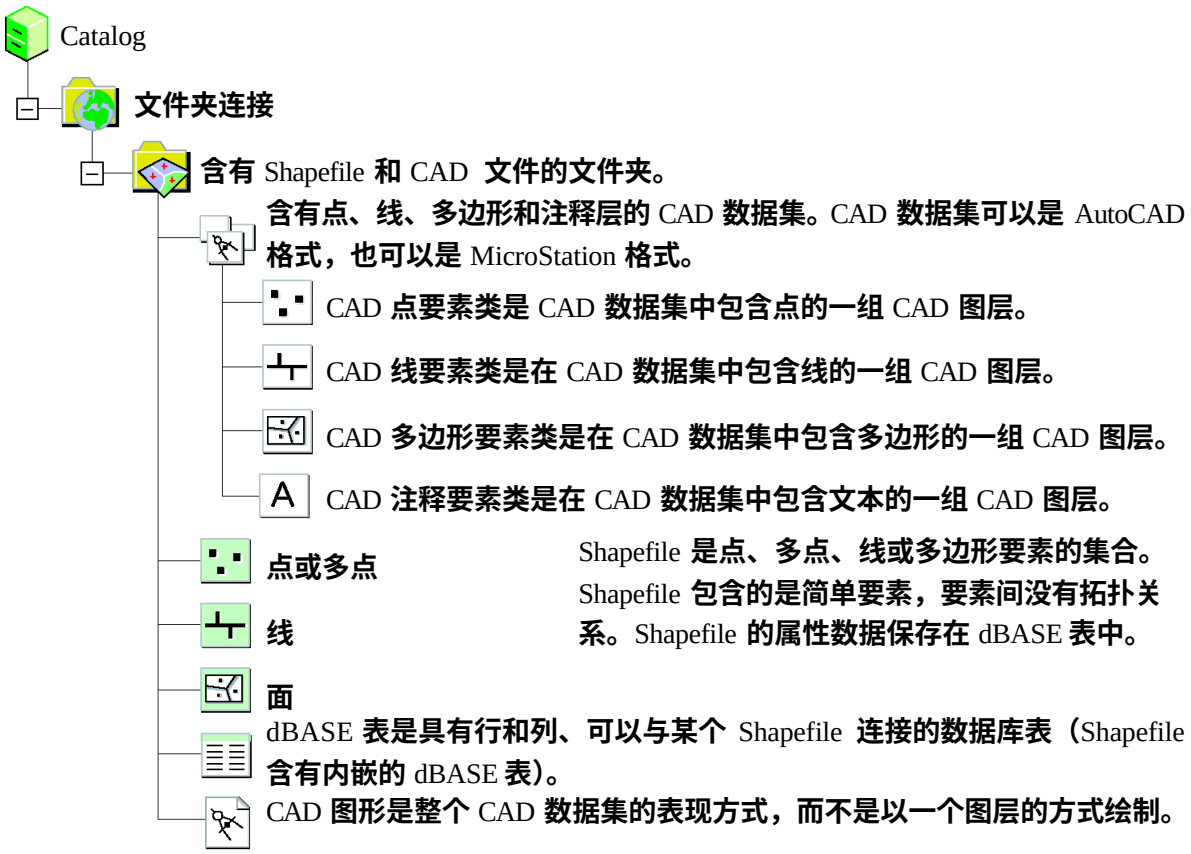
“层”在 CAD 文件中的含义与在地图中的是不一样的。在 CAD 文件中，层表示一组相似的要素。在地图中，它表示与一定的绘图方法相联系的地理数据集或要素类的引用（reference）。

CAD 数据集是 CAD 图形文件的 Catalog 表达方式（representation）。它又被细分为 CAD 要素类，

每一类聚集为点、线、面或注释。如果一个 CAD 数据集有 17 层——3 个点图层、8 个线图层和 4 个多边形图层、2 个注释图层，那么它们将合并成一个 CAD 点要素类、一个 CAD 线要素类和一个 CAD 多边形要素类、一个 CAD 注释要素类。

ArcInfo 支持与某些 AutoCAD 中的 CAD 文件和 MicroStation 格式之间的交互。详细细节请参考在线帮助中关于 CAD 格式的内容。

4.4.3 Shapefile 和 CAD 图形的 Catalog 视图



4.5 地图和图层

Catalog 不仅提供了地理数据的访问接口，也用来管理地图文档或图层定义文件。这些文件永久性地存贮着绘制地图时的制图规范。

Catalog 中的地图和图层使无须编写宏代码就能生成高质量的地图成为可能。它也使用户能够规范他们完成的地图的格式、内容和外观。

4.5.1 地图文档、模板和样式

当我们在 ArcMap 中生成一幅地图时，它总是以文件扩展名为.mxd 的文件保存在你的计算机硬盘中。这个文件就叫做地图文档。

地图存贮了组成地图的各制图要素，但并不存贮地理数据。地图中的图层则指向了可以用 Catalog 来访问的、位于硬盘或数据库中的地理数据集。

地图文档模板（map document template）是制作所有地图的起点。它可以相当简单——只是设置页面大小和样式；也可以相当复杂——含有很多的制图元素和预定义图层。模板使用户绘图变得很容易，尤其是当用户要用相同的外观生成一系列地图时。

样式是用来绘制地图的制图对象的集合。这些对象包括用来绘制点要素的点符号、绘制线要素的线符号、绘制多边形的填充符号和绘制注释的文本符号。

样式中的其它对象包括颜色和一定的制图元素（如指北针等）。

样式的作用就是确保地图上使用的制图符号的一致性。用户在生产不同类型的地图产品时，可以有多种样式。

4.5.2 图层

图层可以保存在地图文档中，也可以单独保存为扩展名为.lyr 的图层文件中。当我们生成简单的地图时，最有效的方法就是在地图内简单地生成需要的地图图层。但当我们与其他人共享图层时，最好以独立图层文件的形式来生成图层。

由于图层是地理数据的引用（reference），当在 Catalog 中移动或重命名一个地理数据集时，相应的图层也用地理数据的新位置作简单的更新，这样就保证了所有地图包括那些图层都具有数据的正确引用。

地图和图层文件可以存贮在你的计算机或网络中的任何地方。它们被组织到具有地理数据的文件夹中或它们自己单独的文件夹中。

在 Catalog 中见到的图层只是单独存放在独立文件中的图层。为了看到嵌入到地图文档中的图层，可以进入 ArcMap，在地图的目录表中进行查看。

4.5.3 矢量、栅格和 TIN 图层

点、线、多边形图层可以指具有 0、1 或 2 维要素几何形体的任意要素类。

点图层可以是 geodatabase 中的点或交汇点，coverage 中的标记点(label point)、tic 点、结点，Shapefile 和 CAD 数据集中的点。

线图层可以是 geodatabase 中的线和边线，coverage 中的弧段和路径，Shapefile 和 CAD 数据集中的线。

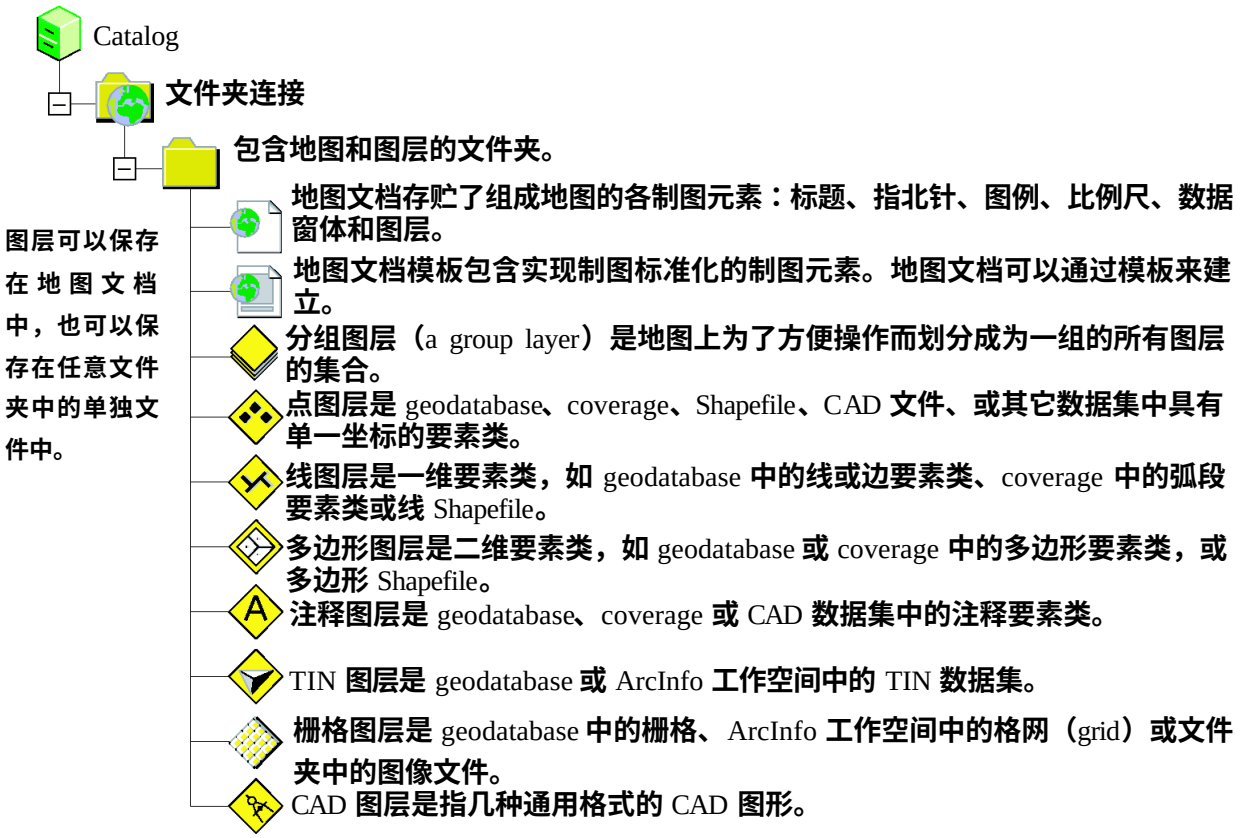
多边形图层可以是 geodatabase 中的多边形，coverage 中的多边形和区域，Shapefile 和 CAD 数据集中的多边形。

注释图层可以是 geodatabase 或 coverage 中的文本。

栅格图层可以是 ArcInfo 工作空间中的格网，各种格式的图像文件。

TIN 层是 ArcInfo 工作空间中的 TIN。

4.5.4 地图和图层的 Catalog 视图



4.6 比较矢量数据集的结构

在 ArcInfo 中使用的三种主要地理数据集的类型分别为 geodatabase、coverage 和 Shapefile。由于它们在文件夹、数据库中实现的方式和拓扑信息的保存方式有所不同，所以它们的数据对象具有不同的结构。

下表总结了 geodatabase、coverage 和 Shapefile 中矢量数据结构以及它们支持的功能。如果已经使用过 coverage 和 Shapefile，这个表将反映它们与 geodatabase 的对比情况。

	geodatabase	*coverage*	*Shapefile*
数据集	Geodatabase 是要素数据集、栅格和 TIN 数据集的集合。 所有空间的、拓扑的和属性数据都存贮在关系数据库的表中。 Geodatabase 包含的是连续的地理范围。 行为通过规则或为特定要素类编写的代码与要素紧密结合在一起。	ArcInfo 工作空间是 coverage、格网（grid）和 TIN 的集合。 空间数据以二进制文件存贮。 拓扑和属性数据保存在 INFO 表中。 对大型的数据集，coverage 在地图库中被细分为块状文件。 行为通过 AML script 或 VBA 宏与要素松散连接。	文件夹中可以包含有 Shapefile。 空间数据以二进制文件存贮。属性数据保存在 dBASE 表中。不保存拓扑数据。 对于小型或中型数据集来讲，Shapefile 是连续的。 行为通过 VBA 宏与要素松散连接。
要素数据集	Geodatabase	Coverage 包含参与拓扑的线	Shapefile 是一个简单要素

	中的要素数据集包含的是简单或拓扑要素类。 线拓扑用几何网络来实现。多边形拓扑通过动态拓扑编辑来实现。 许多要素类都与拓扑有关系。 不同要素类中的要素间可以建立用户自定义关系。 要素数据集有确定的坐标系统。	或多边形要素类。 线拓扑用弧段、结点和路径来实现。多边形拓扑用弧段、标记点、多边形和区域来实现。 只有一个要素类与拓扑任务相联系。 除了相关要素弧段和多边形间的拓扑关系外，不能定义其它关系。 Coverage 也具有确定的坐标系统。	类。 通过动态拓扑编辑可以实现一组 Shapefile 中的多边形拓扑。 Shapefile 没有暗含的拓扑任务。 Shapefile 中要素间不建立任何关系。 Shapefile 没有明确的坐标系统。
要素类	要素类将要素存贮在具有表示要素几何形状的特殊字段的关系表中。 要素类的类型有点、线、多边形、注释、简单交汇点、复杂交汇点、简单边线和复杂边线。 要素类可以扩展成定制的要素类。	Coverage 要素类将要素的几何形状存贮在二进制文件中，将属性或拓扑保存在要素属性表中。 主要的 Coverage 要素类有、弧段、多边形和结点。次要的要素类有 tic 点、连接（link）和注释。组合要素类为区域和路径。 Coverage 要素类不能扩展。	Shapefile 将要素的几何形状保存在二进制文件中，将属性数据保存在 dBASE 文件中。 Shapefile 的主要类型有多点、点、线和多边形。 Shapefile 不能被扩展。

4.7 矢量数据集中要素几何形状的比较

ArcInfo具有描述geodatabase、Coverage和Shapefile中要素形状的几何模型。这种模型的基本构造单元是点，线段（可以是直线段、圆形的、椭圆形的或Bézier曲线），一组相连线段组成的路径，由不相交路径围成的环。折线线（polyline）是由一条或多条路径组成的。多边形由一个或多个环组成。

Geodatabase中的要素可以实现所有的几何模型，Coverage和Shapefile中的要素只能实现几何模型的一部分。

	Geodatabase	*Coverage*	*Shapefile*
点要素	点， 多点 要素类含有点形状或多点形状的要素。多点是表达一个要素的一组点的集合。 网络交汇点要素也是点。	标记是点要素或有属性的多边形的质心。在有多边形拓扑关系的Coverage中，每个多边形只有一个标记点。 结点是弧段的终点。它们也可以具有属性。 Tic点是用来配准地图的。 Coverage不包含多点要素。	点， 多点 Shapefile可以含有简单点和多点要素。 点和多边形没有联系。
线要素	在geodatabase中，折线具有一条或多条路径。 路径是由四种类型的线	弧是由一些具有结点和终点的直线段简单连接而成。	只有一条路径的折线。 具有几条路径的折线线。 Shapefile里有具有一条

	段组成的：线、圆弧、椭圆弧、Bézier曲线。 几何网络含有形成一维网络的交汇点和边线。	弧段也参预二维拓扑，它们具有其左右多边形的信息。 路径（route）由许多部分组成。每一部分是一条或部分弧段。路径的连通性是任意的。	或多条路径的折线。 Shapefile中没有拓扑关系。
多边形要素	多边形由一个或多个环组成。环是一条封闭的不相交的路径。与折线一样，多边形也可以有线、圆弧、椭圆弧、Bézier曲线。 只有一个环的多边形。 具有不相交环的多边形。 具有嵌套环的多边形。	多边形要素类是具有简单多边形的平面图形。 每一个多边形有一个标记点且通常位于其质心。 属性值与标记点相联系。 一个平面图形是由不相交多边形组成的、一个面的连续地图。一个面中每个点只能有一个多边形覆盖。 区域的子类是由多边形要素组成的。	Shapefile中的多边形与geodatabase中的多边形相似，只是Shapefile中的片段只能是直线。 只有一个环的多边形。 具有不相交环的多边形。 具有嵌套环的多边形。

作者：Michael Zeiler
译：姚永惠
校 ：张俊

声明：本书版权系 ESRI 出版社所有。本书是 ArcGIS 学习精品，译校不做于商业用途，属个人爱好，与广大 GIS 爱好者共同分享。

第五章 智能化要素

本章内容：

- 要素的性质
- 智能化要素的步骤
- geodatabase 设计
- 在表格中存储数据
- 要素的形状和范围
- 属性：对象的性质
- 使用子类添加行为
- 属性验证
- 对象之间的关联

现实世界中的所有事物都遵循一定的自然规则和关联规则。水是往低处流的，道路要依据交通等级归类，宗地分界总与契约对应。使用 ArcInfo 中子类的属性验证规则，我们就可以对事物的行为进行更充分的表达。

5.1 要素的性质

现实世界中的地理对象的联系是极其丰富的。每一个事物都与周边对象有其特定的联系。它们占据一个位置、拥有一个轮廓或者一片区域，同时还拥有邻接的对象——每一个地理对象，都会扮演资源消费者或资源供给者的角色，和其环境周围其它事物交互。同时，事物具有诸如价值、数目、种类或描述等属性信息，还会对应外部环境的演变做出可预期的反应。

5.1.1 Geodatabase 数据模型中的要素

就像在 geodatabase 数据模型中描述的那样，要素有许多性质如形状、关联、属性以及行为等。这些性质共同地表达了地理对象丰富的关联背景。

在许多应用中，矢量要素是最常用的表达地理数据的数据格式。它适合于表达离散的有明显边界且稳定存在的地理对象。对于其它作为连续现象存在的地理数据，最好用栅格数据或 TIN 来建模。

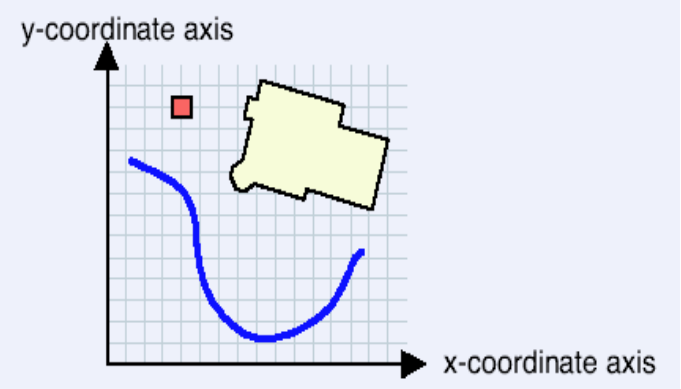
本章讨论如何将 geodatabase 中的矢量数据 “智能化”。下面做一个简要的认识。

5.1.1.1、要素具有形状

要素的形状是以 geometry 这么一个特殊字段存储在要素类表中的。要素可以用以下这些几何类型表达：

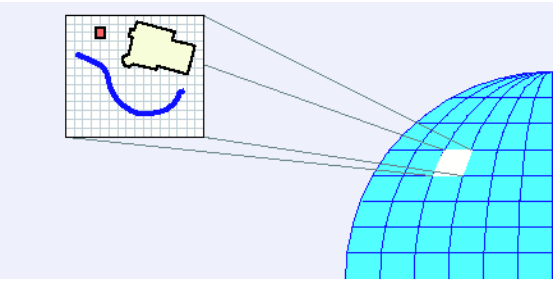
- 点或多点（一组点）
- 线（一组相连或不相连的线段）
- 多边形（不相邻或嵌套的圆环）。圆环是由一组连接的、闭合的、不相交的线段组成的

组成线和多边形的线段可以是直的线段、圆弧、贝塞尔（Bezier）曲线和椭圆弧。



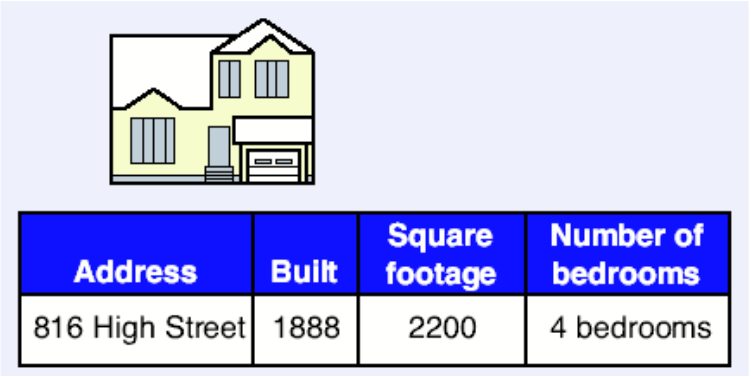
5.1.1.2、要素具有空间参考

在迪卡尔坐标系统中要素的形状以 x、y 值存储。但我们知道，地球表面是粗略的椭球体。空间参考详尽地描述了如何将一组要素的 x、y 坐标映射到地球表面上去。



5.1.1.3、要素具有属性

要素以要素类表中的字段来保存属性。要素类表是关系数据库的表格。属性定义了要素标准的常规特性，这些特性可以用数值、文本或其它描述信息表示。



Address	Built	Square footage	Number of bedrooms
816 High Street	1888	2200	4 bedrooms

5.1.1.4、要素具有子类

要素的集合便成为要素类。要素类是一组同类要素的集合，当然要素类中，要素之间肯定会存在一定的差异。

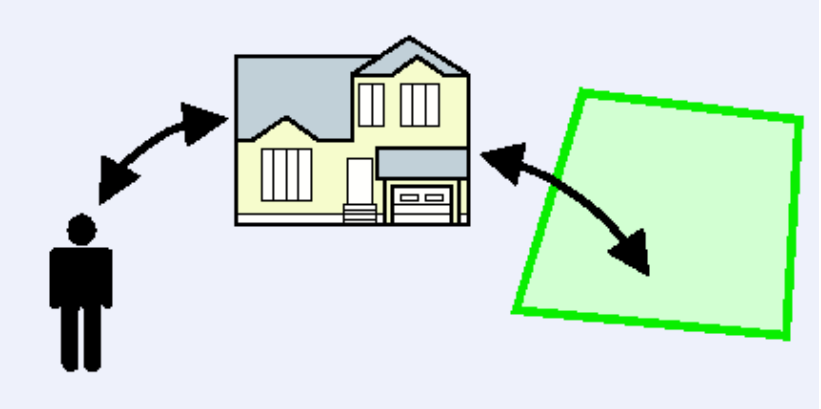
由建筑物组成的要素类可以被逻辑地分成居民地、商业用地和工业用地等子类。使用子类，你可以细化控制要素的属性，如属性域或属性规则等。



5.1.1.5、要素具有关联

所有地理对象都与其它对象存在关联。你可以在不同的要素类中定义地理对象之间的关联。

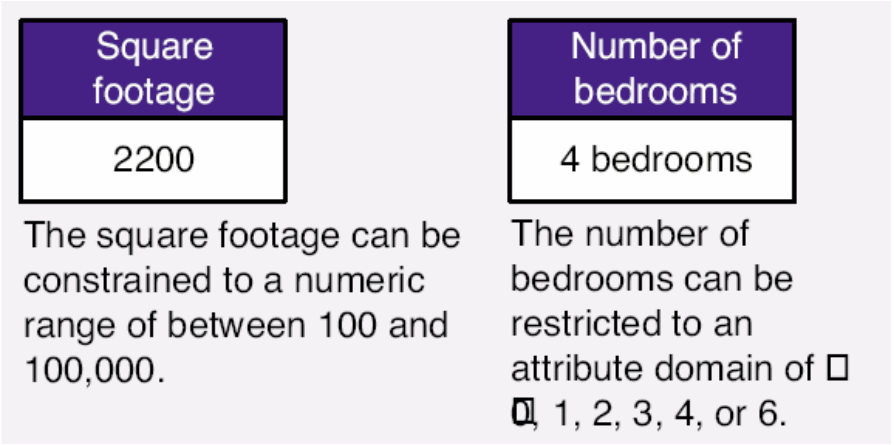
你也可以定义非空间对象的关联，如房屋与其主人的关系。



5.1.1.6、要素属性可以被限制

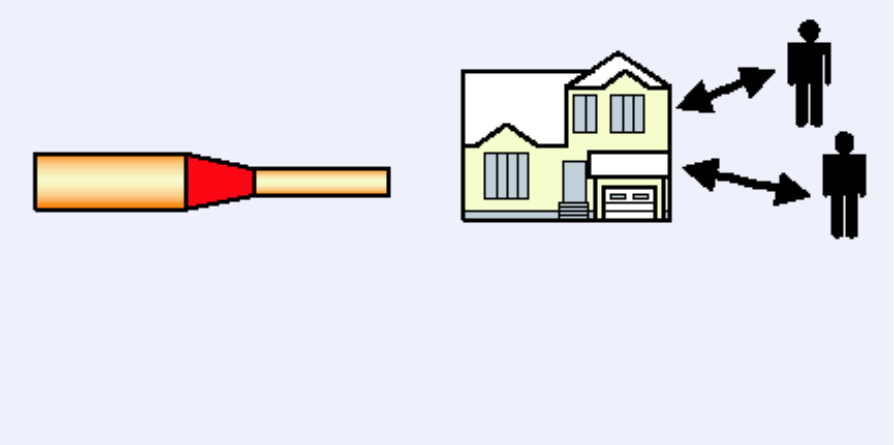
为加强数据录入的准确性，还可以制定属性域对要素的属性进行限定。属性域，表现为一个数值范围或合法值的列表，也可以在要素创建之时为其属性自动分配一个缺省值。你可

以在要素类中为不同的子类设置不同的属性域和缺省值。



5.1.1.7、要素能用规则来验证

现实世界中的对象存在或改变都是必须遵循一定规则的。你可以用这样的规则来限制几何网络中元素的制约规则，或者定义这些元素的关联的对应基数。

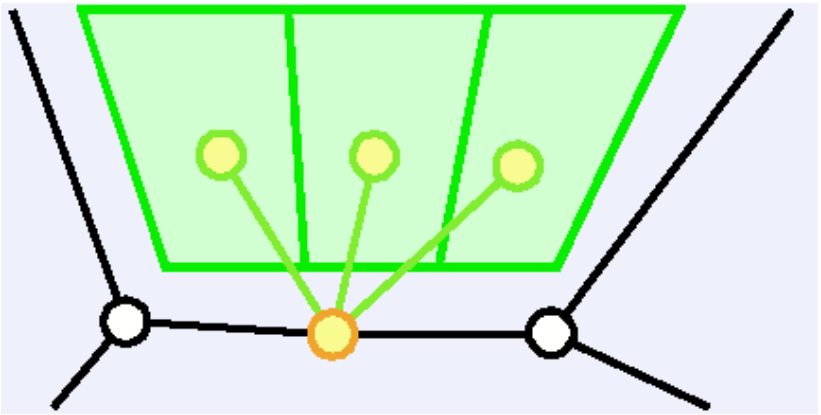


5.1.1.8、要素具有拓扑关系

各类型要素之间具有精确的空间位置关系就叫做拓扑。

例如，宗地的二级小分块必须是彼此严格毗邻的，不允许有缝隙和重叠。这种二维关系称为平面拓扑。

几何网络中的线和应用设施必须是不间断连接的，并且这种连接关系必须明确定义。这样的一维关系图可称为几何网络。

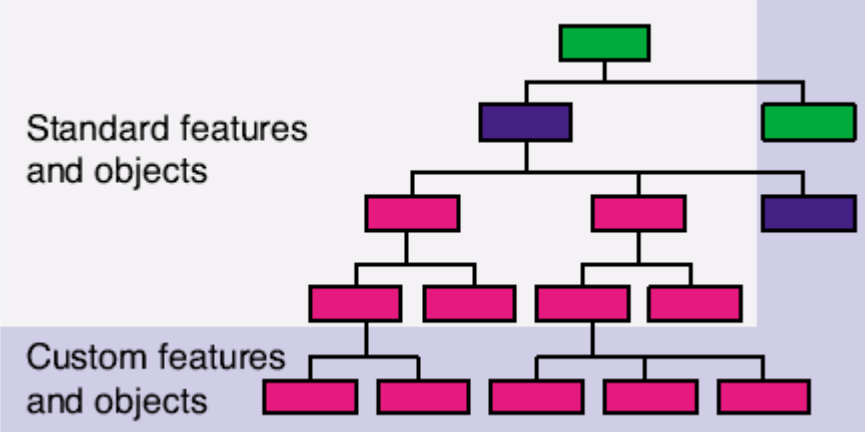


5.1.1.9、要素具有复杂的行为

要素的简单行为是通过选择要素类型和拓扑关系来实现的，并且建立关联、指定属性域

以及属性验证规则等。

更多复杂的要素行为的实现是通过扩展标准要素和为自定义要素编写代码。自定义要素允许复杂的行为，如定制编辑交互、内置分析功能和复杂的图形符号化。



5.1.2 智能化要素

Geodatabase 中的要素具有这样的一个框架。在这个框架中，要素具有属性、几何形状、空间参考、关联、域、验证规则、拓扑关系和定制的其它对象属性等。在这一框架中，除了复杂行为都不需要编写程序，geodatabase 已经实现了足以满足很多应用需求的功能。

使用 Geodatabase 要素，你会获得相当丰富的表现手法，得以更自然的表现自然世界。

5.2 智能化要素的步骤

设计和创建 geodatabase 时，需要循序渐进的给要素添加“智慧”。可以有选择的进行要素的功能选择。

依据实际应用的需求及其复杂程度，有可能只需要上述那些步骤方法的一部分。例如，大部分实践应用不需要自定义对象。另外一些应用中，并不需求建立要素和对象之间的关联，拓扑关系也不一定是每个要素类都需要的。

5.2.1 逐步添加“智慧”

接下来我们将看到定制对象方法的详细步骤。

5.2.1.1、选择要素类型和拓扑关系

在实施数据建模之前，你应该制作一个详细的清单，用于记录你的 geodatabase 中需要创建的所有的对象类型。从清单中，你可以将带有空间参考、拓扑关系和相似制图内容的要素类组织到要素集中。

另外，对于不同的对象采用不同的处理方式。对于非空间对象，创建对象类。而对于空间对象，用点、线和面来创建简单要素类。对于拓扑要素，在要素集中，创建拓扑要素类的列表。

5.2.1.2、设置属性和子类

完成对象或要素类的类型的定义后，便可以为你的对象添加属性字段了。

对象和要素可以包含“子类”（subtype）这个特殊的属性字段。子类用于将对象进行逻辑再分组，可以利用子类字段来表达相似对象（或要素）组之间的差异。需要指出，这样的子类并不需要添加新的对象或要素类，只是在逻辑上把它们进行了归类。

比如道路要素中，使用子类可以将道路分为泥路、居住区道路和高速公路等。子类通过

属性域、缺省值、连通规则和关联规则来增强数据的完整性。

5.2.1.3、定义属性域和验证规则

属性域，是一个指定的合法的属性值集合或范围。使用属性域可以避免在属性赋值的时候出现操作失误。

缺省值为每一个新创建的对象赋予预先设定的默认属性值。这样，可以对要素进行批量的赋值，减少数据录入时间。

连通规则用于网络中的要素，这些规则用以检验某一类型要素是否与另一类型要素正确相连通。

5.2.1.4、建立对象关联

对象之间存在相互作用。对象之间不能通过拓扑关系获取的联系可以使用关联来实现。关联存储在关联类（Relationship class）中，在关联类中可以控制、定义对象（要素）的创建、修改和删除等。

你可以在关联类中定义关联规则，进一步定义要素或对象之间的关联关系。

5.2.1.5、创建定制对象

对象类、域、缺省值、验证规则和关联可以表达一个对象所需的大部分行为。当然，有时可能需要更多的复杂行为如绘制、编辑或检查对象，这需要另外编写代码。ArcInfo 的对象和要素类集合可以由程序员编写代码扩展，以创建得到复杂且高度专业化的对象和要素。

5.2.2 总结

在 ArcInfo 中，用户对要素和对象的大部分需求都可以由 geodatabase 这个数据模型来完成，并不需要额外编写程序代码。

作为一个数据建模者，最主要的目标是在数据模型框架内获取对象尽可能多的自然行为。自定义对象和要素及编写代码只有在高级的专业化应用中才会使用。

5.3 Geodatabaes 设计

地理要素存在于现实世界中，与周围环境存在丰富联系，包括拓扑关系、空间参考和关联等等，在 geodatabase 设计的时候，建模者是有很多方案的。

以下说明 geodatabase 设计过程中需要注意的事项。

5.3.1 创建 geodatabase

你可以在 ArcInfo 中创建多个 geodatabase。通常，根据应用的不同，将要素集组合或分离组织到 geodatabase 中，效果会更好。

如果遇到以下情况，需要将要素组合组织到同一个 geodatabase 中：

- 如果一组对象或要素具有关联，那么它们必须存放在同一个 geodatabase 中。
- 具有拓扑关系的要素必须存放在同一个 geodatabase 的同一个要素集中。
- 如果你要并发编辑一组要素，它们必须存放在同一 geodatabase 中。你可以在 ArcMap 中同时浏览多个 geodatabase，但是一次只能编辑一个 geodatabase。

以下是将要素分离组织到不同 geodatabase 中的一些原因：

- 企业拥有很多部门，拥有不同的数据，并且这些数据有不同部门负责，这时可以将要素类分离组织到不同的 Geodatabase 中。
- 如果你操作的是 personal geodatabase，因为有规模限制，所以需要对 geodatabase 做专题或空间上的相应分割。

5.3.2 要素集（feature dataset）和要素类（feature class）

Geodatabase 包含三种基本类型的类：对象（object）、要素（feature）和关联（relationship）。在 geodatabase 中，这些类可以按要素集存储或作为独立的类存储。以下情况中，可以将要素类存放到要素集中：

- 如果要素类是通过几何网络或平面拓扑而拓扑关联的，那么必须组织到同一要素集中
- 如果你需要强调一组要素类必须具备共同的空间参考，那么将这些要素类存放到同一要素集中
- 在一个要素集中，可以进行任意专题分组关联的类

对关联类的设置没有特别的限制，关联类可以存放在 geodatabase 中的任意位置，并能表现整个 geodatabase 中的源类和目标类。如果关联类的源类和目标类存放在同一要素集中，那是最好不过的，但这个条件不是必须的。

5.3.3 应用子类

有时候，对于一组要素类，你有两个选择：一是将这组要素类作为一个要素类组织，然后使用子类将这组要素类中性质相近的要素进行逻辑分组；二是将这组要素分离到不同的要素类中存储，进行物理分组。

子类是对要素（或对象）类的再进一步分类。使用子类的目的是提高操作性能。在同一个 geodatabase 中，如果只有一两个要素类，那么操作速度会比一二十个要素类的操作快捷。

子类让你控制要素类中分组要素的特定的行为，通过属性规则、缺省值、连通性规则和关联规则等来实现。在大多数情况下，建议使用子类来将庞大的相关联要素分类。

以下情况中，不能够使用子类而是使用多个要素类来组织要素：

- 相关联的要素的不同分组，需要不同的自定义行为
- 相关联要素，属性字段方案不同（一个要素类中所有要素必须具有相同属性集合）
- 需要对相关联要素中的每组要素设置不同的访问权限
- 需要对相关联要素中的某些要素进行版本访问，而另一些不需要进行访问

作者：Michael Zeiler
译：邢超、孙朝阳
校 ：邢超

声明：本书版权系 ESRI 出版社所有。本书是 ArcGIS 学习精品，不做于商业用途，属个人爱好，与广大 GIS 爱好者共同分享。

5.4 在表格中存储数据

表格是对象及其属性的“贮藏室”。表格存储了对象的属性信息，这些对象具有类似的特征，并且包含相同的属性集合。表格可以存储人、建筑物和道路等对象的属性记录。

5.4.1 表格和行

表格是以行和列组织的。

行是表格中的基本信息单元，由对象的一组属性组成。表格中的所有行记录必须具有相同的属性定义。

列表示一种类型的属性。行的某一个列的值称为一个属性。列定义了要素的属性字段，包括属性名称以及该列中存储的字段，这样的字段可能是对象 ID、几何形状、真实数值、整数值或字符串等等。

5.4.1.1、表格类型

在 geodatabase 中，表格可以存储非空间对象、空间对象以及关联。

存储非空间对象的表格称为对象类，对于子类需要指定专门的字段。

存储空间对象的表格称为要素类。简单要素类有两个预定义的字段：要素 ID 和一个几何字段。注记要素类和网络要素类需要添加其它一些预定义字段。

存储关联的表格称为关联类。它可以有任意数目的自定义字段来描述关联的属性。并非所有关联类都以表格存储。如果一个关联类是非属性的而且不具有多对多的对应关系，它在要素或对象类中能以一组外关键字存储。属性关联或多对多关联存储在表格中。

5.4.1.2、Geodatabase 中的字段

属性表达了对象的特性。以下是一些常见的属性类型：

- 属性能为一个分类指定经编码的值
- 属性可以是描述性文本，表征要素或要素名
- 属性可以表现测量或计算得出的实数值，如距离、流量
- 属性可以表示一个计数值
- 属性可以指定唯一 ID 号，以此指向另一表格的某行

Geodatabase 中的表格还可以支持下面所述的其它类型的属性，比如 float，double，short integer，long integer，text，date，object ID 以及 binary large object（二进制大型对象，BLOB）。

5.4.1.3、预定义和自定义字段

表格中有两组字段：预定义字段用于识别对象和存储要素形状、自定义字段定义要素的属性。预定义字段和自定义字段共存于同一要素类表中。

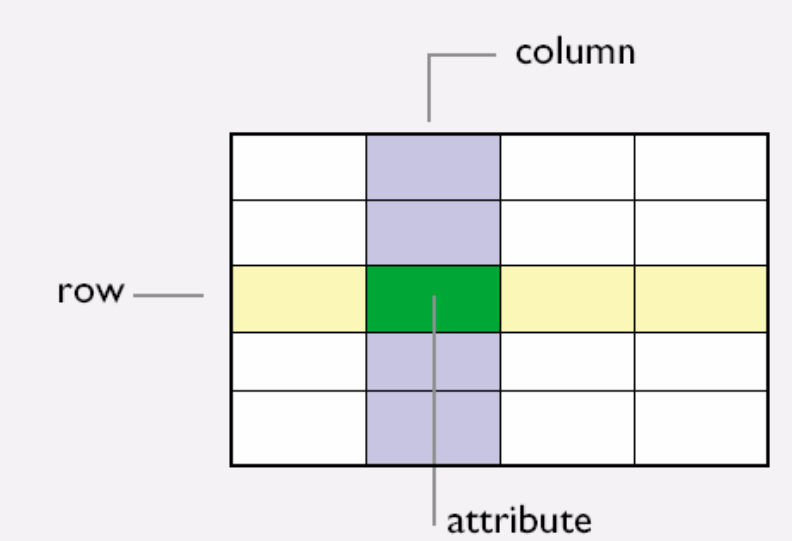
预定义字段是由 ArcInfo 管理的，不能在任何数据库应用过程中修改。

自定义字段中存储各种需要用于识别要素性质的属性类型。比如在一个道路表中，自定义字段描述了道路的类型、表面、宽度、车道和名称。你还可以随意添加需要的自定义字段。

5.4.1.4、属性和空间索引

用户可以在属性字段上创建属性索引以使获得高效的查询性能。在 ArcCatalog 中，用户可以对表的一个或多个属性建立索引。在任意时候，用户都可以添加或删除索引。注意当定义过多的索引时，索引的性能会减弱。

ArcInfo 在要素类上自动创建空间索引。它为你决定并应用最优的格网大小。为了优化要素类，特别是在要素大小差异很明显的时候，你可以定义最高可达三个级别的格网大小以最快提取空间数据。



表（table）由一组行（row）构成。
行（row）由一组属性（attributes）构成。
列（column）表现表中同一类属性的所有值。
字段（field）是列（column）的描述。
同一表中的所有行都包含同一组字段。

- **对象类（object class）是** Geodatabase **中的一个数据库表（**table**）。此外，对于表以及其中的行和列，可以将要素类（**feature class**）的子类、属性域、默认值和关联类等属性赋予它们。**
- **要素类（feature class）是包含几何信息字段的对象类。**

5.5 要素的形状和范围

你可以把 GIS **看作存储、管理及更新空间信息的数据库技术的扩展。要素是空间对象，**ArcInfo **的主要功能就是进行要素的显示、查询和编辑。**

要素类具有表示要素形状和位置的特殊字段。这个字段称为 shape**，是几何类型字段。同一要素类中的所有要素都具有相同的几何类型。**

5.5.1 要素和几何形状

要素类的 shape **字段可以是下列几何类型的一种：点、多点、线或多边形。**

点状要素有单一的 x、y **或** x、y、z **坐标值。多点要素由多个** x、y **或** x、y、z **坐标值组成。多点要素中坐标组是无序的。**

线状要素有一或多个路径（path**）。路径是相连通的线段的集合，线段可能是下列参数曲线中的一种：直线、圆弧、椭圆弧或贝塞尔（**Bezier**）曲线。对于线状要素会有可选的** z **值（通常是高程）。**

面状要素有一或多个环。环是相连的、闭合的且不相交的一组线段。这样的线段可以是直线、圆弧、椭圆弧或贝塞尔（Bezier**）曲线。环自身是不能相交的，但可以与多边形中其它环相交。多边形中的环可以与任意数目的点相接触。多边形要素也可以有可选的** z **值（通常是高程）。**

与以前的版本相比，ArcInfo 8 **中的一个重大变化是单一和多部件几何对象可以归并成**

为同一要素类。在 coverage 数据模型中，单一线要素存储在 arc 要素类里、多部件线要素存储在 route 要素类里、单一多边形存储在面要素类中，而多部件多边形可以存储于 region 要素类中。在 geodatabase 中，单一和多部件对象已经无需再分离存储了。

另一重大变化是对参数曲线的支持：圆弧、椭圆弧和贝塞尔（Bezier）曲线。这些参数曲线足以让用户更精确地描述要素形状，对土木工程应用尤其重要。

要素类中的特殊要素可以包含 null geometry 字段。数据建模者可以用 null geometry 表示作为明确要素的对象，有时也表示组合对象中的隐含要素。

5.5.2 要素和空间参考

要素的几何形状存储在结构化的 x、y 坐标组中，带有可选的 z 和 m 值。这些坐标通过空间参考与地球真实形状相对应。

坐标系统是空间参考的一部分，它定义了平面和大地椭球体之间坐标投影转换的数学方法。

空间参考的另一部分中，定义了这组坐标如何以整型值存储到 geodatabase 中。Geodatabase 中使用整型存储是有很大意义的，比如可以加速坐标信息的比较，还可以保证空间操作应用的准确性。当然，这种存储对于用户是屏蔽的。在用户操作 ArcInfo 的时候，这些整型值会被转换成地图单位。对于用户来说，无需考虑 geodatabase 中坐标是如何存储的，只要定义好所需要的空间参考中的空间域和精度值即可。

空间域包括 x、y 以及可选的 z 和 m 的最小和最大值。精度定义了一个地图单位对应多少个整数单位。比如，若有一精度值为 1,000，那么一个地图单位的最大精度是 1/1,000。

精度和空间域成反比关系。如果你选择一个较高的精度值，空间域将会被限制。对于 geodatabase，精度值和最大空间域范围的乘积不能超过二十个亿（即 2^{31}）。

5.6 属性：对象的性质

属性是对象的性质。要素的属性可以表述要素的大小、密度、名称、流量、包装日期或人口数量等。

GIS 数据集中的每个对象或要素都有很多属性，保存在数据库表的行中。这些属性字段协同合作，描述了数据库中该要素类型的重要性质。本书第二章讨论了属性在地图中的显示。ArcMap 包含丰富的绘图方案，用以体现属性。

5.6.1 属性类型

许多类型的属性都可以与 Geodatabase 中的要素关联。下面以道路举例。

5.6.1.1、连续的 float 和 double 型数值

属性能包含一个实数值，例如 2.7。这些属性是能被测量和计算的连续数据，像距离或流量。道路具有长度、路线测量和宽度等数值属性。

5.6.1.2、离散的 integer 和 short integer 型数值

一些属性表示计数的数值，是非连续的。它们通常是正的整型值，有些情况下可以是负的。比如，道路车道的数目为整型属性。

5.6.1.3、Short integer、integer 和 text 型的编码值

属性可以是个编码值。值本身是没有意义的，但这个值可以指向代表该编码值的其它对应属性。对道路要素描述时，可以这么指定道路类型属性：

1——分行公路

2——二级交通干道

3——主干道

编码值的优势在于它们在表中只占用很小的存储空间。

5.6.1.4、Text 型的描述信息

属性可以是表述要素或给要素命名的描述性字符串。道路要素中会包含这些关于其表面类型的值：沥青、水泥和沙砾。

道路要素也会有它名称的属性，如“West Manhattan Avenue”。这个名称可以作为整体理解，也可能分解成道路前缀（“West”）、道路名（“Manhattan”）和后缀（“Avenue”）。如果你在 GIS 中做地址匹配的话，道路名称的理解是十分重要的。

5.6.1.5、Date 型时间值

对于对象的重要事件可以分配记录时间的 date 值。这是你的 GIS 的时间维。当道路的人行道被替换或维修，在道路数据中，便能用一个 date 值记录该事件的发生时间。

5.6.1.6、对象 ID

不同表格中的行或要素之间建立了关联后，关系数据库的作用就被实现。要素的属性可以是 ID 号，用于参考其它表格的要素或行。对于一个道路要素，对象的 ID 可以参考道路名的注记或道路的维修记录。当你创建非属性关联要素或注记要素时，对象 ID 会自动插入。

5.6.1.7、BLOB 型多媒体属性

GIS 的表格可以包含一个 BLOB 列。它使你能够集成别的媒体如视频、影像或者声音等。比如，道路片断能够通过存储在表格 BLOB 列中的路边照片而相连接。

5.7 使用子类添加行为

往 GIS 数据库中添加或编辑对象和要素时，用户的目标是避免或减少数据输入错误。对于建模者来说，这是 geodatabase 设计过程中最为关键的一个要点。

最简单的添加验证要素（或对象）完整性的行为是：

- 对属性更新应用限制
- 定义要素之间如何参考和定位的验证规则

更进一步来说，你需要对要素类进行分级控制，以便可以定义要素类的子组或子类之间的不同行为。

5.7.1 子类（subtype）

对象类中的对象（或要素类中的要素）能进一步细分为子类。

子类是一种特殊属性，让你指定对象或要素的不同分类，将其按照各种行为组织起来。一个类中的所有子类共享同样的一组属性。

定义对象类的子类的目的是引入“进一步”的细分方法，为对象类添加一些功能：

- 为子类命名，用以描述子类中的每一成员
- 在子类中，为每个字段定义不同的属性域
- 在子类中，为每个字段定义不同的缺省值
- 可以规定关联的类型，这样的关联体现是同一对象（或不同对象类）中的不同子类之间的对象关联基数
- 如果编写了一些代码，你也可以为对象和要素类的子类添加自定义规则

对象类不一定确认包含子类。如果没有定义子类，你仍然可以设置属性域、缺省值和规则。只不过和子类相比，它们的区别在于，这样的设置是针对整个对象或要素类的，而不是子类。

5.7.2 属性域（Attribute domains）

属性的约束条件称为属性域。对于数字属性，你可以设置一个值域（range domain）来把数值限制在规定的最小和最大值之间。例如限制一公顷土地的价格在 10,000 到 1,000,000 欧元之间。

对所有的属性类型，除了对象 ID 和 BLOB，用户都可以设置一个码域（coded value domain），码域定义了的一组合法属性值。比如，地质岩层类型列表的编码值可以是“前寒武纪”、“侏罗纪”和“白垩纪”等。有了码域，可以确认属性值只能是码域中的预设值。

在 ArcMap 中编辑要素和对象时，用户可能会输入不合法的属性值。然后当你验证所键入的属性值是否正确的时候。这些不合法的值会被高亮显示。

5.7.3 验证规则（Validation rules）

验证规则控制要素和属性的完整性。验证规则的类型有属性规则、连通性规则和关联规则。

属性规则是应用到子类的一个属性域。例如，名为 DIAMETER 的字段中，只有直径为 10、25 或 50 厘米的管道。

对于连通网络要素，连通性规则指定其子类的合法属性值对。例如，具有 ABC 相位的火线应连接到具有 AC 相位的地线上。连通性规则的类型有边线-交汇点（edge-junction）规则、边线-边线（edge-edge）规则、缺省连通交汇点（junction）类型和边线-交汇点连通对应基数等。

关联规则限定了源类（origin class）和目标类（destination class）之间关联的对应关系。四种基本的对应关系是一对一、一对多、多对一和多对多。在关联规则下，你可以创建这样的对应关系，比如一个州有两个参议员；某块宗地被一个、两个、或多个业主所共有；电线杆上设置有一个、两个或三个变压器。

5.8 属性验证

属性域是对要素类（或对象类）的属性值的限制。这个限制可以是一个数值范围或者一个合法值的列表。

属性域在 geodatabase 中组织，适用于任何对象和要素类。当属性域被应用到子类的某一属性中，就成了属性规则。

接下来将列出了属性域的组成部分。

5.8.1 值域（Range domain）

为防止数据输入错误，值域把对象或要素类中任何数字属性值限制在最大和最小值之间。例如管道中的压力期望值在 2,000 和 14,000 之间。

值域可以用 short integer、long integer、float、double 或 date 类型的属性值表示。

5.8.2 码域（Coded value domain）

属性是根据要素分类的。例如，土地利用类型可以限制到这么一个值列表中，“居民地”、“商业用地”和“公园”等。用户可以在任何时候更新编码值域中的合法值列表。

编码值域可以用 text、short integer、long integer、float、double 或 date 型的属性值表示。

5.8.3 缺省值（Default values）

数据输入时，经常会遇到对某一属性都需要同一个值的情况。缺省值就是要素被创建、分割或合并时，为对象类子类提供的预期值。例如，将“居民地”作为新地块或分割得到的地块的缺省的土地利用类型。

缺省值可以用 text、short integer、long integer、float、double 或 date 类型的属性值表示。

5.8.4 分割要素（Splitting features）

一旦设置了一个范围域或编码值域后，用户便可以设置要素被分割时，属性值的分配情况。

地块分割是最常见的情形。当一个地块被分成两半，你可以根据它们的大小比例给新地块赋值。或者，对分割后的两个地块都赋值。也可以对新要素应用缺省值。

分割策略有：

- 缺省值——将缺省值应用到每个分割的要素
- 复制——两个分割的要素属性都与原要素属性相同
- 几何比例——你可以按分割的面积或长度来定义属性

分割策略可以使用 text、short integer、long integer、float、double 或 date 型的属性值表示。

5.8.5 合并要素（Merging features）

通过设定要素被合并时如何处理，你可以精确设置要素合并后的属性值。

合并策略有：

- 缺省值——将缺省值应用到每个合并的要素
- 总值——两个数字属性值累加作为合并后要素的属性
- 加权平均——合并后要素的属性值按源要素属性值作加权平均后赋给合并要素

合并策略可应用 text、short integer、long integer、float、double 或 date 型的属性值表示。

5.9 对象之间的关联

现实世界中对象都与其它对象有着各种各样的关联。某些对象具有空间范畴，如道路。还有其它的不具有固定空间范畴的对象，比如人。

某个对象与其它对象的关联是多种多样的，比如地块可以与这些对象发生关联。如业主、土地利用分区、土地分块数目（或建筑物）的注记等等。

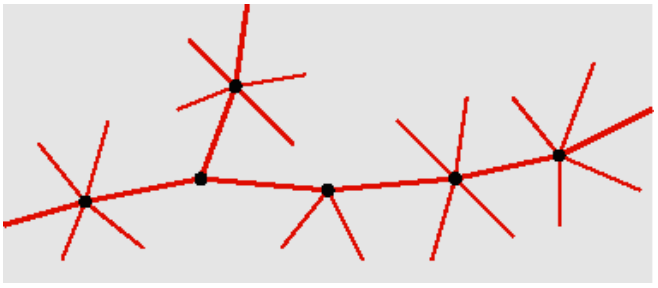
对这些关联类进行跟踪是十分必要的，当对象被修改时，相关联的对象也有相应的操作反应。例如，供电池设备移除之后，附在其上的变压器及其它电力设备也将同时被删除掉。

Geodatabase 提供了一个框架来明确地定义要素（和对象）之间的关联。ArcInfo 中包含了管理这些关联的功能，以及保证要素完整性功能。

5.9.1 什么时候使用关联

ArcInfo 中有三种定义要素间关联的方式：拓扑、空间和一般三种关联方式。

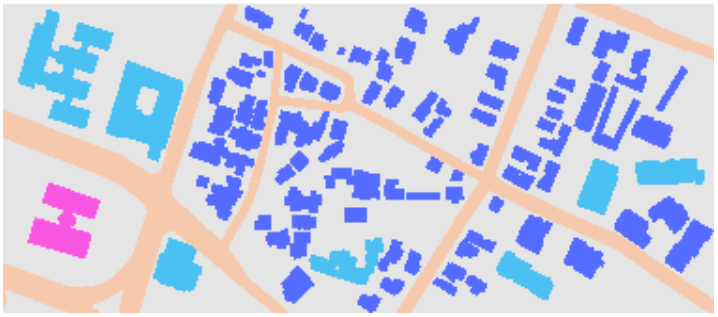
5.9.1.1、什么是连接或邻接



当你创建了一个几何网络或平面拓扑的时候，拓扑关联会建立到数据中。有了这些关联，可以快速获取相邻多边形和横穿的线段。用户可以通过 ArcMap Editor 的拓扑环境，对它们管理。

5.9.1.2、什么是空间关联

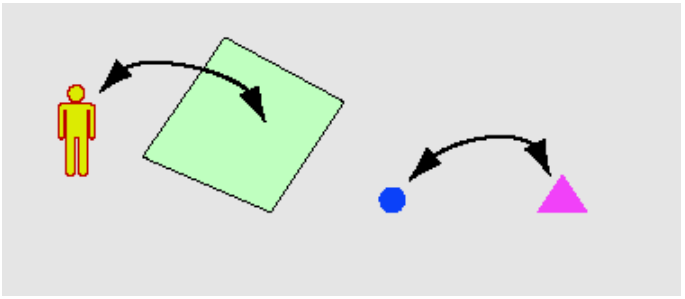
ArcInfo 包含丰富的空间操作，能决定要素之间是否接触、重合、重叠以及内外关系。例如，你需要决定建筑物的覆盖区域是否在一个地块之内。



5.9.1.3.、一般关联

一般关联定义了源类和目标类中的要素（或对象）之间关联的组成。

数据建模者可以明确建立对象之间的一般关联，这样的关联无需从对象的几何形状或拓扑关系来获取。



这里是用道路要素的例子来描述的一般关联的应用：

- 在道路维修数据表中，道路要素及其维修记录是一对一的关联
- 道路要素和一组事件如交通事故，是一对多的关联
- 多道路要素和多个公路的建筑顺序是多对多的关联

所有的这些关联都可以在 geodatabase 中建立。

5.9.2 关联和关联类

关联（relationship）是对象之间的联系。这些对象可以是非空间的对象，也可以是空间要素。除了能识别相联系的对象外，关联（relationship）还可以有附加的属性。

关联组织到关联类（relationship class）中。关联类中的每个关联都有同样的源类和目标类。任一对象类都可以多个关联类。使用关联，geodatabase 保证了对象在被创建、修改或

删除时，对象及其关联的完整性。

5.9.2.1、路径标注

关联类有一个前向路径（forward path）标注和一个后向路径（backword path）标注。标注描述了关联，并在显示对象关联时使用。路径标注关联的实例为“管理”和“被管理”。

5.9.2.2、对应基数（cardinality）

关联类具有对应关系，它限制了源类和目标类之间可以创建关联的数目。对应关系的类型包括一对一、一对多、多对一和多对多。

关联类有简单关联类和复杂关联类。

简单关联是对等关联，关联的对象可以独立存在。

复杂关联是源类中的复合对象（composite object）和目标类中的部分对象（part objects）之间一对多的关联。复杂关联必须有一对多的对应关系，可以使用关联规则来增强关联效果。

源类中的一个对象被删除，目标类中的关联对象这时也必须被删除。

部分对象能独立于复合对象创建，但复合对象被删除时，它们也必须被删除。复合对象的部分对象能被删除并且被新的复合对象替代。

5.9.2.3、通知

通知（notifications）是 ArcInfo 中有“重大事件”发生时传递的信息，比如要素的编辑或删除。通知基于这么一个机制，它根据复合关联中的整个对象来管理部分对象的“寿命”。

关联类能用于在关联对象之间传递通知。在通知说明属性中可以指定了四个通知的选项：

- 不传播通知
- 只有源对象被改变时才通知目标要素
- 只有目标要素被改变时通知源要素
- 源要素或目标要素改变时都通知

5.9.2.4、属性关联类

使用 ArcInfo 创建了一个一对一或一对多的关联类，它是在源类和目标类上插入外关键字来实现的。关联表不会以这些对应关系建立，除非你指定需要向关联中添加属性。

当 ArcInfo 创建了多对多关联类，关联表一定要建立。因为外关键字无法清楚地记录所有的关联。

对于每个关联，关联表中都有一行记录。你可以有选择地向关联添加属性。这些属性可以是任何性质的，描述捆绑在关联对象上的事件，比如工作顺序或事件报告等。

举个属性关联的例子，如业主和地块之间的关系。关联可以表达土地所有权的交易信息，并且属性字段能描述记录在产权文档中的内容。

Cardinality	Control	Implementation
one-to-one	simple	managed with foreign keys or relationship table if relationships are attributed
one-to-many	simple or composite	managed with foreign keys or relationship table if relationships are attributed
many-to-many	simple or composite	relationship table is necessary

5.9.3 注记和注记类

注记（annotation）也是一种要素，它对一个位置或要素提供文本描述。

注记要素类是包含注记的要素类。同一注记类中的所有注记都有相同的属性集合。

5.9.3.1、要素关联（feature-linked）注记

地图上的大多数要素都有注记。注记通常是一个地址名称，有时候也可以是要素的其它属性。

通过定义要素类和注记类之间的复合关联，注记可以和要素紧密地绑定。这就是所谓的要素关联要素。

注记要素类包含这样一些属性字段，即文本标注所用的字段、符号类型和另外一些属性等。当复合要素类中的要素创建时，会向注记要素类发出通知，启动注记的自动标注。当删除一个复合要素时，相关联的注记也被删除。当复合要素发生变化时，会有标准的复杂关联通知传递给注记类。

5.9.3.2、简单注记

地图上也有非要素关联的注记。这样的简单注记可用于：

- 地图格网信息如坐标值、纬度值
- 不能以单个要素表示的大型或不确定的地理实体
- 地图上任何自由形式的文本标注

5.9.4 扩展对象类

ArcInfo 中最高形式的定制是创建自定义要素。某些复杂行为不能用 ArcInfo 中的现有规则来表达。这样的行为包括自定义编辑、复杂验证、专门化绘图和复杂的分析等。

如果你不是程序员，你可以跳过本章的以下部分。下面的篇幅讨论了一些概念，比如给自定义要素添加复杂行为、geodatabase 数据访问对象的方式。

5.9.4.1、对象的基本原理

对象代表像房屋、湖泊或客户这样的实体。对象以行存储，具有表达一组或多组方法的行为。

方法有名称、一组输入参数和输出参数和一个返回类型。一组方法称为一个程序接口（简称接口）。

对象的开发者编写了实现方法的程序代码。ArcInfo 系统调用这些表达对象复杂行为的方法。

对象类（object class）表示一组共享类型的对象，如房屋、湖泊或客户，都是对象类。对象类的行为是用行为类（behavior class）来实现的，这些行为存储在一个动态链接库（DLL）中，与微软组件对象模型（COM）体系一致。

5.9.4.2、ArcInfo 对象类

ArcInfo 提供了可供使用的一个对象类体系。它们包括对象（object）、要素（feature）、简单节点要素（simple junction feature）、复杂节点要素（complex junction feature）、简单边界要素（simple edge feature）和复杂边界要素（complex edge feature）。

ArcInfo 对象类包含许多预定义的字段，如对象 ID 和 geometry。这些预定义字段说明了类中对象所必需的属性。数据建模者可以根据需要，添加自定义字段。

每个对象类都执行一组接口。每个接口都包含一组相关的方法，包括存储、编辑、绘图、查询和验证对象等等行为。

ArcInfo 对象类中的每个接口都是默认执行的。开发人员可以有选择地覆盖某些接口的缺省执行。

5.9.4.3、自定义要素

开发人员能通过扩展 ArcInfo 对象类来自定义对象类。ArcInfo 包含一个 CASE（计算机辅助软件工程）工具框架，能够图形化扩展标准的 ArcInfo 对象类。这个框架为新的对象类提供自动生成方案，而且生成行为类模板的源代码。

开发人员可以使用新的接口或用已有的接口，进行定制行为的模拟。开发人员也能覆盖从标准 ArcInfo 类中继承的程序接口。

5.9.4.4、类型继承

要素可以被指定。用户可以创建新类型的自定义要素，使其不仅具有另一要素的所有属性和行为，还可以再添加新的属性和行为。例如，公路是道路类型的一种。这就是类型继承。

要素属于 COM 对象。COM 是一个框架，它基于接口技术在原有模型而创建程序组件。接口是服务端和客户端之间的协议，提供特定的服务如绘图或选择。

在示意图中，Pole 自定义要素执行四个接口：IPole、IFeatureDraw、IFeature 和 IRow。

5.9.4.5、自定义对象的实质

自定义对象是数据库表格和编译成 DLL 的代码的组合。

自定义对象在 ArcInfo 内部的实现方式有：要素类表、存储在 DLL 中的行为类以及捆绑要素类及其行为类的 Windows 注册表中的 GUID（全球唯一标识符）等。

作者：Michael Zeiler
译：邢超、孙朝阳
校 ：邢超

声明：本书版权系 ESRI 出版社所有。本书是 ArcGIS 学习精品，与广大 GIS 爱好者共同分享。译校不做于商业用途。

第六章 要素的几何特征

本章内容：

- 几何形状与要素
- 几何形状的构建
- 空间关系的测试
- 拓扑算子的应用
- 几何对象模型

GIS 通过增加空间数据类型，提高了数据库技术。ArcInfo 几何模型是显示、编辑和分析离散要素的基础。

6.1 几何形状与要素

地理数据的主要表达模型之一就是矢量数据模型。在 Geodatabase 中，以要素集或要素类的形式来实现。

对于数据建模，要素具有以下优点：

- 要素存贮的是具有属性、关系和行为的独特的实体。这就允许用户创建反映他们对一组地理要素的所有理解的生动模型。
- 要素具有精确的位置和可以很好定义的几何形状。在 ArcMap 中，我们可以应用空间操作来判断所选择要素的包含、叠加或邻接关系。
- 要素可以用颜色、线的宽度、充填样式或其它制图符号来绘制在地图上。我们可以用不同的地图比例尺把具有不同细节的要素地图打印出来。

要素尤其适合于模拟人工对象。这是因为公路、建筑物、机场和其它人造对象具有明显的、可以定义的边界。

表达 geodatabase 中要素的基础是它们的几何特征或形状。本章将讨论 ArcInfo 中几何模型系统的基本原理和主要功能。

本章将从以下三个角度来阐述：

- 如果要创建自己的数据模型时，你需要清楚怎样才能最好地表达你的要素的形状。
- 当你在 ArcMap 编辑器中编辑地图时，几何模型创建（geometry construction）部分将帮助你成为一个地图编辑专家。
- 如果你是一个应用软件开发者并且需要定制要素形状的产生方式和更新方式，本章将对几何对象模型作一般性地概括。虽然这不是一个几何特征系统的详细文档，但它将对一些重要概念和软件界面作概括性地介绍。

6.1.1 几何特征系统

每个要素都与一定几何特征或形状相关。在 geodatabase 中，几何信息被存贮在要素类的“ shape”字段中。

在几何对象模型中，有两种级别的几何特征：一类是定义要素形状的，另一类是定义这些形状的组成。

6.1.2 要素的几何特征

一个要素可以用以下几何特征类型中的一种来创建：点、多点、多线和多边形。封装边界（envelope）是描述要素几何特征空间范围的一个术语。

Geodatabase 数据模型优于 Coverage 数据模型的地方在于单部件和多部件的几何信息都存储到同一个要素类中。具有线几何特征的要素类可以包含简单的线、也可以包含多部件的线。

具有多边形几何特征的要素类可以包含简单多边形，也可以包含多部件的多边形。这就为我们模拟要素的形状提供了自由，并且简化了 geodatabase 的结构。

6.1.3 点和多点

点具有 0-维的几何特征。它们有一对（X，Y）坐标，和可选的高程值（Z）、测量值（M）与点 ID 值。点用来表示一些小的要素，如钻井或测量点。



多点是点的无序集合。多点表示具有相同属性值的一组点，例如形成一个单位的一组钻井。

6.1.4 折线

折线是相交或不相交的路径的有序集合。多线用来表示所有线性要素的几何形状。



多线常用来表示公路、河流和等高线。简单线性要素用只有一条路径的折线来表示。复杂线性要素如路线（route）用具有多条路径的折线来表示。

6.1.5 多边形

多边形是环的集合，这些环按照它们的包含关系进行了排序。

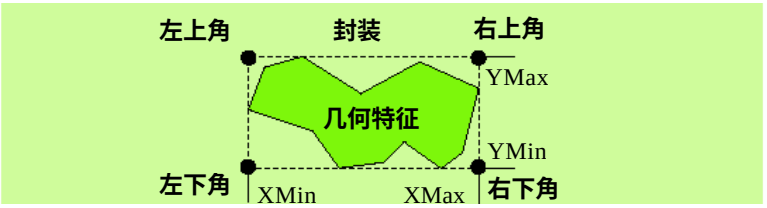


多边形用来表示所有面状要素的几何形状。简单面状要素用只有一个环的多边形来表示。

当这些环是嵌套的时候，它们依次为内环或外环。多边形中的环之间可以是彼此分离的，它们不能重叠。

6.1.6 封装边界

封装边界表示要素的空间范围。



封装边界是要素几何形状的最小坐标和最大坐标之间围成的矩形区域。封装边界也记录了要素的 Z 值和 M 值的范围。封装边界的这一方面与坐标系统类似。

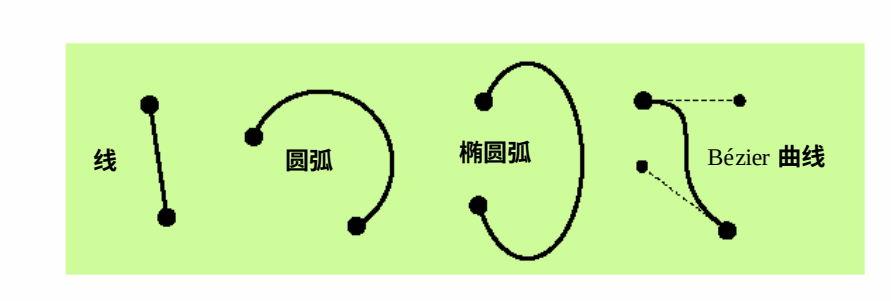
所有几何形状都具有封装边界。在 ArcInfo 中，封装边界用来实现要素的快速显示与要素的空间选择。

6.1.7 要素几何形状的组成

线段、路径和环是要素形状的基本组成。

6.1.7.1 线段

线段由起点、终点及在这两点之间定义一条曲线的函数组成。

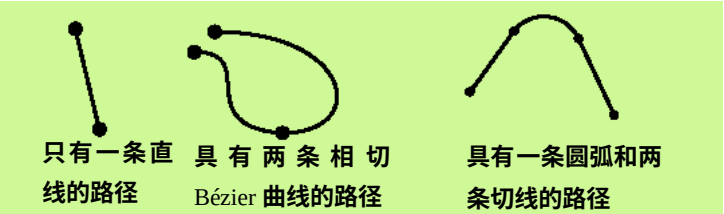


直线、圆弧、椭圆弧和 Bézier 曲线是线段的四种类型。

- 直线（line）是位于两点之间的直线段。它是线段的最简单的一种类型。直线用来表示直的建筑物或对象（如高速公路段），或者用来表示土地的划分界线（如小块土地的界线）。
- 圆弧是圆周的一部分。圆弧最常见的用途就是用来表示公路与街道相交处的拐弯地带。圆弧被广泛应用于 COGO（坐标几何）应用软件中。当圆弧是要素的一部分时，它几乎总是与其相连的线段相切。
- 椭圆弧是椭圆周的一部分。在表示要素时，它并不常用。但它可以近似地表示过渡形体，例如公路斜坡的一部分。
- Bézier 曲线由四个控制点来定义。它是由一组三次多项式定义的参变量曲线，用来描述平滑变化的要素，如等高线和溪流。Bézier 曲线也用来放置沿蜿蜒变化对象（如溪流）作名称注记的文本字符。

6.1.7.2 路径

路径是相连线段的序列。路径中的片断（segement）不能交叉。一条路径可以是直线、圆弧、椭圆弧和 Bézier 曲线的任意组合。路径组成折线。

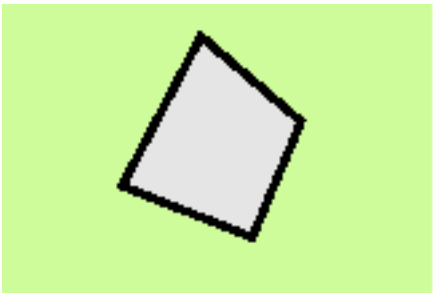


通常情况下，组成一条路径的片断之间彼此相切。也就是说，片段间以相同的角度连接。例如，公路通常由直线和圆弧组成。公路相接处的直线和圆弧，如果他们的角度是一样的，那么它们就相切。

相切片段的另外一个例子就是等高线。它们通常是一系列相连且相切的 Bézier 曲线。

6.1.7.3 环

环是闭合的路径且具有明显的内外之分。



环中的路径的起点和终点是同一个点。环组成多边形。

6.1.8 要素几何特征的属性

当我们创建一个要素类时，可以为要素几何形状的顶点指定三种可选的属性：Z 值，M 值和点的 ID 值。

6.1.8.1 用 Z 值作垂直量度

ArcInfo 的几何系统根本上是一个二维系统，但是，我们仍然可以为点、多点或折线、多边形中的每个点指定一个 Z 值。



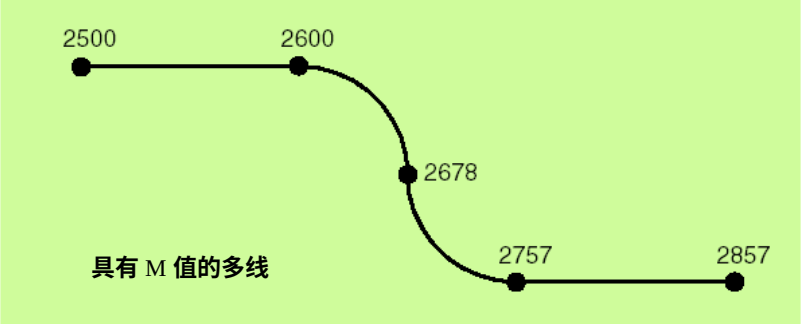
Z 值大多数情况下表示高程值，但它们也可以用来表示其它的属性，如降雨量等。

Z 值也用于表示要素，如溪流线、山脊线或湖泊等。山脊线是沿表面的一个剖面。我们可以指定山脊线上每一点的高程值。湖泊的轮廓线具有同样的 Z 值。

Z 值的一个用途就是将高程数据作为不规则三角网（TIN）的输入数据。高程值的另一个用途就是用于市政工程应用方面，可以用来它来模拟公路沿线的垂直剖面。

6.1.8.2 用 M 值作线性量度

许多应用软件包中都用到了基于沿路径内插距离的线性量度方法。我们可以给点、多点、折线或多边形中的每一个点指定一个 M 值或线性量度。



线性度量方法的一个典型例子就是公路或运河沿线的里程标志或码头。几何特征系统含有沿一条路径内插某一点（X，Y）的 M 值的函数，或者计算与路径上某点相距 M 值处的点（X，Y）位置的函数。

6.1.8.3 对有 ID 值的点进行管理

有时候，点与能识别它们的唯一标识符相联系。例如，用测量仪器采集的每一个点经常有一个点位号码。我们可以用点的 ID 值来保存已经采集的任意类型的标识符。在 ArcInfo 应用软件中习惯上用点的 ID 值来保存。

注：在 ArcInfo 8 的早期版本中，ArcMap 不能直接编辑 Z 值，M 值或点的 ID 值。当我们编辑要素时，要素的 Z 值、M 值和 ID 值不变。如果具有 M 值的要素被拆分，则被拆分要素的点的 M 值将被正确地内插。

6.2 几何特征的构建

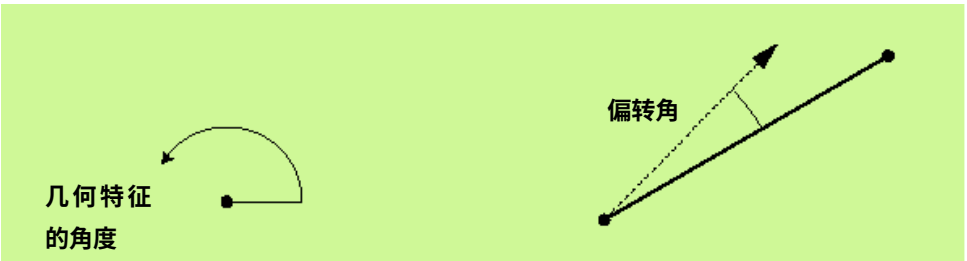
ArcInfo 几何特征系统的一个重要的功能就是它具有一套丰富的、能根据与已存在要素的距离、角度和关系生成新的几何形状的方法。

这些方法中大多数都与基本的坐标几何（COGO）命令相关，这样就能将测量数据准确地转换为地理数据。其它的方法将使要素的编辑工作变得很容易，以提高制图表达或控制要素间的空间关系。

ArcInfo 用户在 ArcMap 编辑器中可以看到以任务的方式实现的、绝大多数的构建方法。这一章节将向你简单的介绍一下 ArcMap 编辑器中的编辑工具是如何工作，生成几何特征的。

程序员使用几何对象模型中的构建方法可以开发修改要素形状的、定制的应用软件。这一章节并不是几何构建方法的全面参考介绍，但它列出了许多最常用的构建方法。

6.2.1 单位和输入



角度通常以从笛卡尔坐标系的定位轴 X 轴沿逆时针方向度量的几何角度来指定。某些

构建方法中使用某一点相对于一条基线的偏转角度。

如果你是程度开发员，所有的角度以弧度来表示。如果你是 ArcInfo 用户，缺省情况下，角度是以度数来表示的。

所有的距离都是以地图投影单位来量测的。

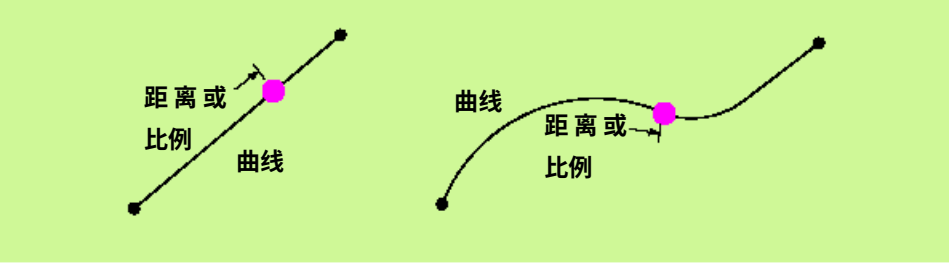
有些构建方法是基于线段、路径和环来构建的。我们回忆一下它们的定义：片段是直线、圆弧、椭圆弧、Bézier 曲线；路径是相连片段的序列；而环是封闭的路径。

6.2.2 点的构建

下面的方法将通过指定与已经存在的几何形状的角度、距离和关系来生成一个点。

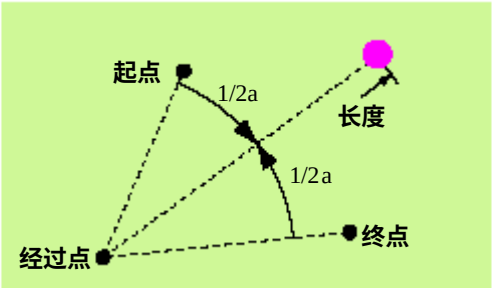
程序开发员通过 Point Class 的 IConstructPoint 接口来访问点构建方法。

6.2.2.1Construct Along（沿线创建法）



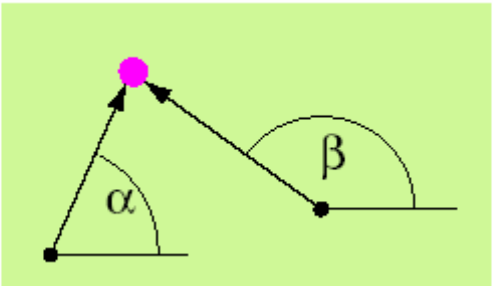
给定一条曲线和距离或比例，点沿着曲线来创建。如果距离比曲线的长度大，点沿着它的切线或内嵌的几何形状生成。

6.2.2.2Construct Angle Bisector（角平分线创建法）



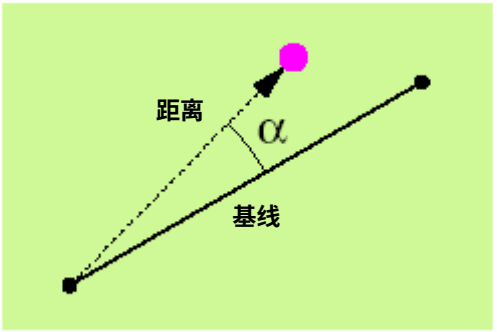
给定一个起点、通过点和终点，构建方法平分由这三点围成的内角，并沿这条平分线按给定的距离生成一个点。负的长度值生成的点在这三点形成的钝角的平分线上。

6.2.2.3Construct Angle Intersection(角的交叉点创建法)



指定两个点和两个角度，这种构建方法在由这两个给定点和给定角度确定的边的交叉点上生成一个点。

6.2.2.4Construct deflection（偏转角创建法）

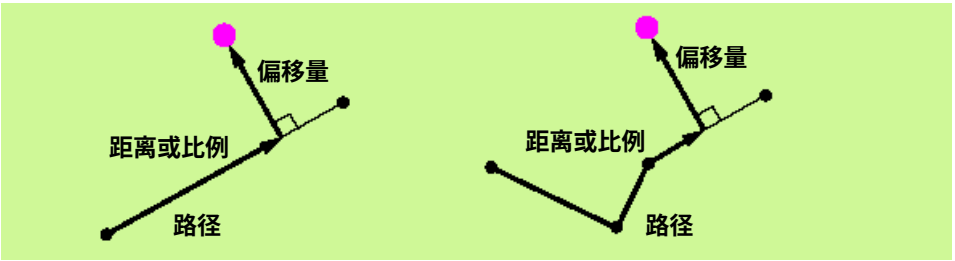


指定一条线作为基线，偏转角度和距离，这种构建方法在偏转角的一条边上按给定的距离生成一个点。

6.2.2.5Construct deflection Intersection（偏转角的交叉点创建法）

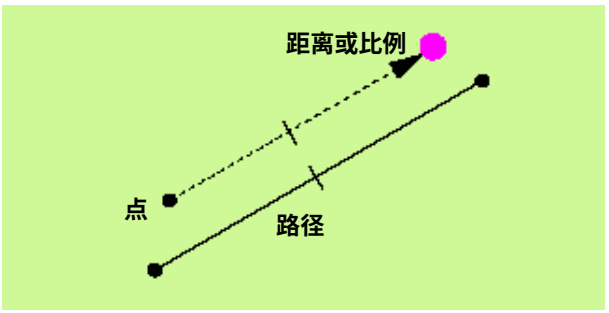
指定一条线作为基线、一个从基线的起点开始量测的偏转角、一个从基线的终点开始量测的偏转角，这种构建方法将在这两个偏转角的交叉点上生成一个点。

6.2.2.6Construct Offset（偏移量创建法）



给定一个路径、一个沿曲线的距离或比例、一个偏移距离，这种构建方法在该偏移距离的方向上生成一个点。正值创建一个右偏移量、负值创建一个左偏移量。在市政工程中，这种构建方法叫做台站偏移量法（station offset）。

6.2.2.7Construct Parallel（平行创建法）



给定一条直线路径、一个参考点和一个距离，新的点将在该路径的平行线上生成。注意，无须指定偏移距离，它通过指定的参考点和曲线推算得出。

与平移量创建方法相似，折线创建方法可以生成一个与原路径平等的、也包含圆弧的图形。

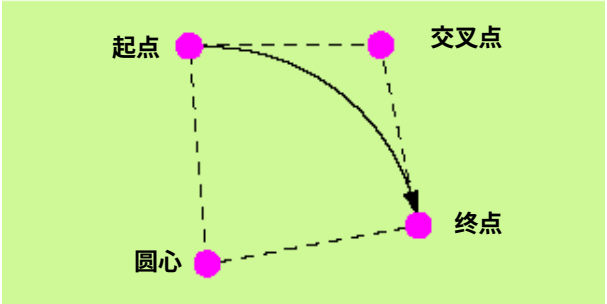
6.2.3 多点的创建

以下创建方法将返回由一组点组成的多点几何形状。

简单点要素比多点要素要常见得多。当你使用这些创建方法时，你的应用程序或工具可能像是从多点中选择一个点然后创建或修改这个简单点要素。

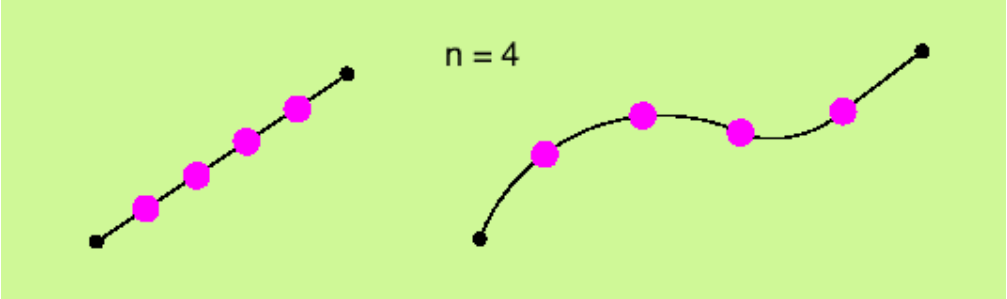
这些创建方法在 Multipoint class（多点类）中通过调用 IConstructMultipoint 可以访问。

6.2.3.1Construct Circular Arc Points（圆弧点创建方法）



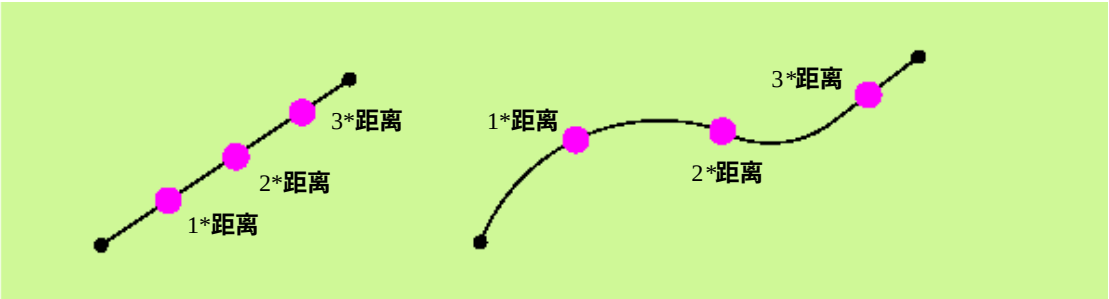
给定一个圆弧，这种创建方法将返回一个终点、起点、圆心点和一个交叉点。（市政工程师把起始点作为弯曲点，把终点作为切线点）。

6.2.3.2Construct Divide Equal（等分创建方法）



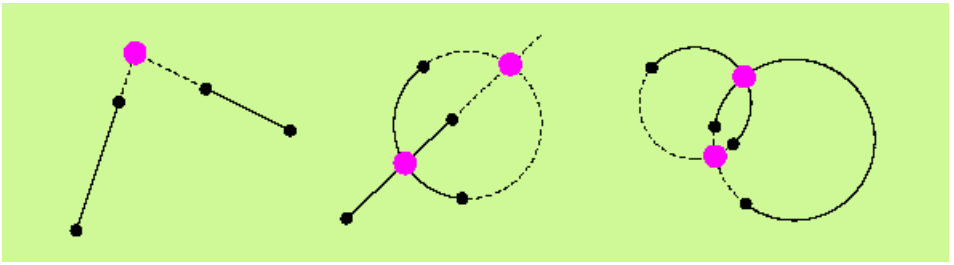
给定一条曲线和一个整数值，这种创建方法沿着这条曲线以相等的间距生成指定数目的点。

6.2.3.3Construct Divide Length（长度分割创建方法）



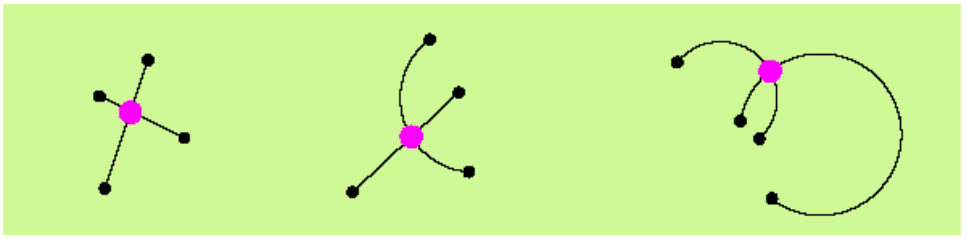
给定一条曲线和一个长度，这种创建方法以该长度为间隔、在该曲线上生成尽可能多的点。

6.2.3.4Construct Implied Intersection（隐含交叉点创建方法）



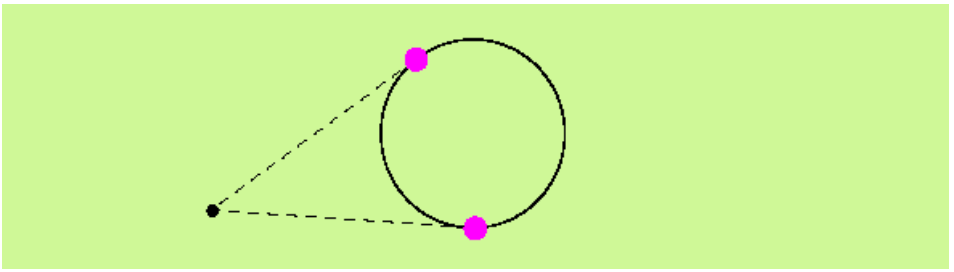
给定两条线段，这种创建方法在这两条线段的实际和延长线的交点上生成点。直线段可以无限直线延伸，圆弧是沿切线延伸或用内嵌圆延伸，椭圆弧用也是沿切线延伸或用内嵌椭圆延伸，Bézier 曲线沿切线方向延伸。

6.2.3.5 Construct Intersection（交叉点创建方法）



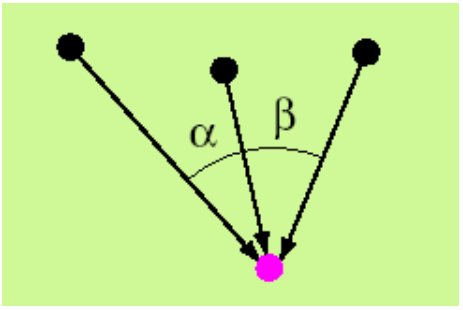
给定两条线段，这种创建方法仅在这些线段的实际交点上生成点。

6.2.3.6Construct Tangent（切线创建方法）



给定一个圆弧和一个点，这种创建方法在从这一点到该弧段的切线的切点上生成点。

6.2.3.7Construct Three Point Resection（三点切除创建法）



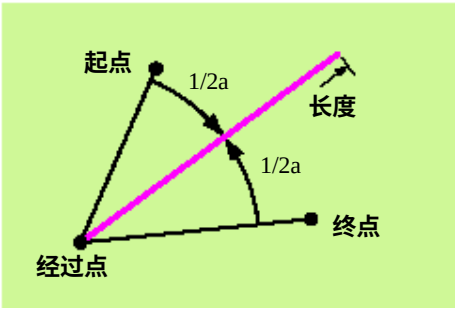
给定三个点和两个从某一未知位置的台站点量测的角度，计算并生成这一台站点。

6.2.4 线的构建

线是两点间的直线段。线是折线和多边形的组成部分。

这种构建方法通过在 Line class（线类）中调用 IConstructLine 接口来引用。

6.2.4.1Line Construct-Angle Bisector（线创建方法—角平分线法）

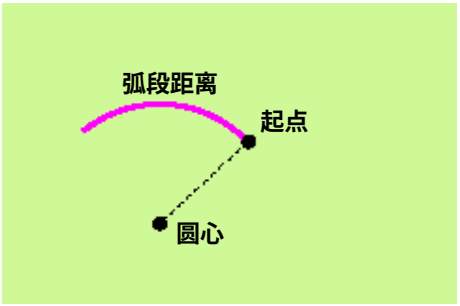


给定一个起点、经过点、一个终点和一个长度，平分这三个点形成的角并在其平分线上以指定的长度生成一条线。

6.2.4.2 圆弧的构建

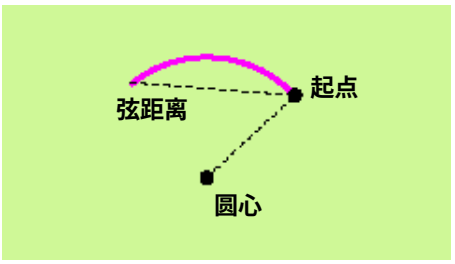
圆弧是作为圆的边界的一部分。与线一样，圆弧也是折线和多边形的组成部分。

6.2.4.2.1Construct Arc Distance（弧段距离创建方法）：



指定一个中心点、起点和弧段距离，这种创建方法按逆时针方向创建一条圆弧。这个弧段距离必须大于 0。一个 Boolean 值(布尔值)指定圆弧是按顺时针方向还是逆时针方向创建。

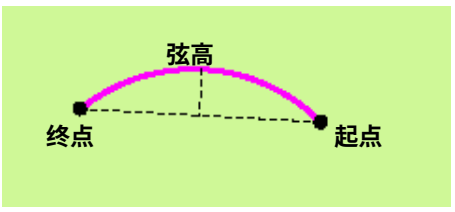
6.2.4.2.2Construct Chord Distance（弦距离创建方法）：



给定一个中心点、一个起点和一个弦距离，这种构建方法就能沿顺时针方向或逆时针方向创建一段圆弧，创建时的方向由一个 Boolean 值(布尔值)来确定。

弦是一条圆弧的起点和终点间想象的直线段。

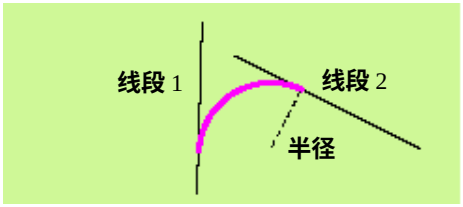
6.2.4.2.3Construct Chord Hight（弦高度创建方法）：



给定一个起点、一个终点和这条弦中点上的一个高度，这种构建方法沿顺时针方向或逆时针

方向创建一段圆弧，创建时的方向由一个 Boolean 值(布尔值)来确定。

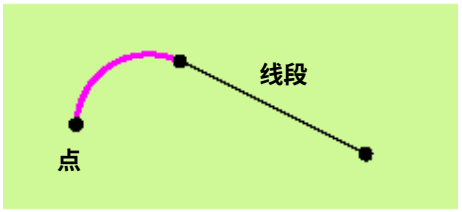
6.2.4.2.4Construct Fillet（公切弧创建方法）：



给定两条线段和一个半径长度，这种创建方法将生成与这两条线段都相切的圆弧。

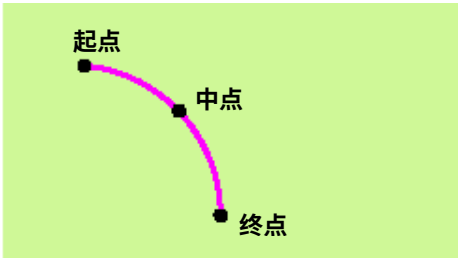
Fillet（公切弧）是与两条线段都相切的圆弧。大多数情况下，切线段是直线，但它们也可以是圆弧。

6.2.4.2.5Construct Tangent and Point（切线和点创建方法）：



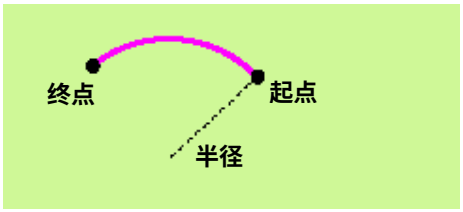
给定一条线段、一个点和一个用来指定线段起点或终点的 Boolean 值(布尔值)，这种创建方法也能创建一条圆弧。

6.2.4.2.6Construct Three Points（三点创建方法）：



给定一个起点、中点和一个终点，这种创建方法生成一条唯一通过这三个点的圆弧。

6.2.4.2.7Construct Two Points and Radius（两点－半径创建方法）：



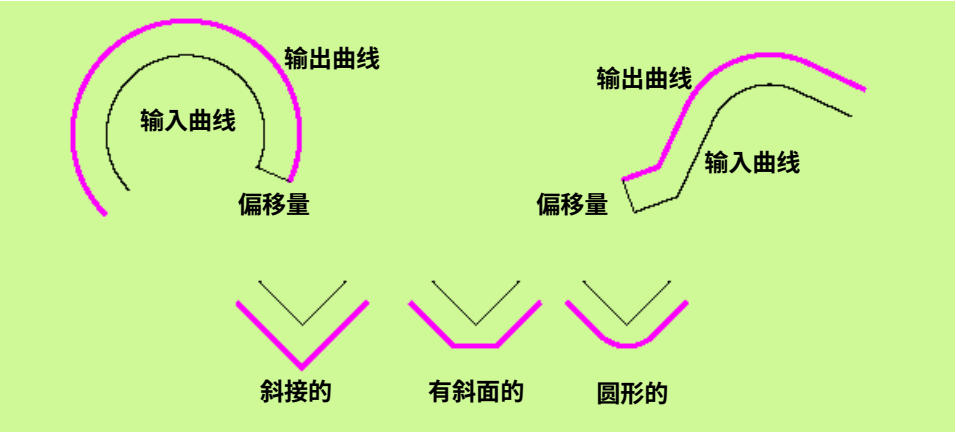
给定一个起点、一个终点和半径长度，这种创建方法就能生成一段圆弧。一个 Boolean 值(布尔值)用来确定圆心是在起始点间的弦的左边还是右边。

6.2.4.3 曲线的构建

曲线是指简单片段、路径、环的边界、折线或多边形的边界。

这种创建方法通过在 PolyLine class（折线类）和 Polygon class（多边形类）中调用 IconstructCurve 接口来实现。

6.2.4.3.1Construct Offset（偏移量创建方法）：



给定一条输入曲线，这种方法能创建一个与输入曲线偏移指定距离的偏移图形。

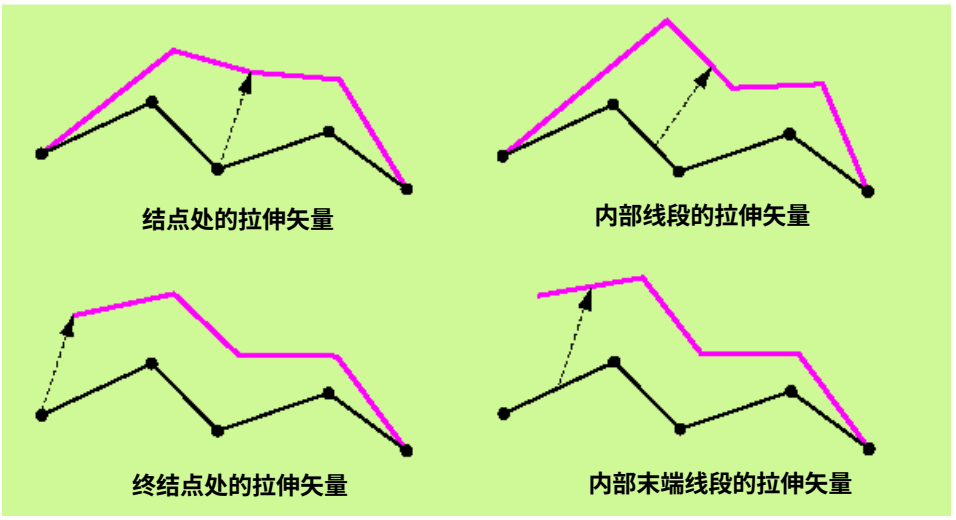
你可以指定偏移曲线（的顶点）是斜接的（mitered）、有斜面的（beveled）或是圆形的（rounding）。你也可以指定斜面和圆弧的长度。

6.2.5 路径的创建

路径是相连片段的序列。

这种创建方法通过在 Path class（路径类）中调用 IConstruct Path 接口来实现。

6.2.5.1Construct Rigid Stretch（硬性拉伸创建方法）



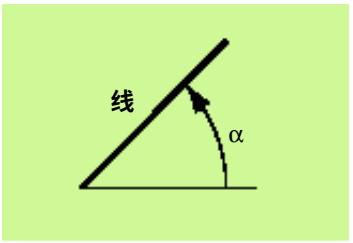
给定一条路径和一个拉伸矢量，这种方法产生的路径如图所示。

这种创建方法对于交互式的橡皮条和合并非常有用，它们是将已经存在的几何形状调整到更高精度位置（如测量数据）的编辑技术。

6.2.6 角度创建方法（Angle construction）

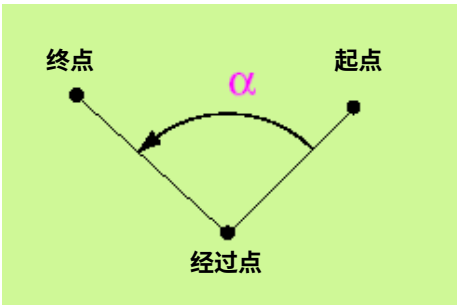
这些创建方法返回一个角，并且能过在 GeometryEnvironment class 中调用 IConstructAngle 来实现。

6.2.6.1Construct Line（线创建方法）



指定一条线，并计算它的角度。

6.2.6.2Angle Construct Three Point（三点角度创建方法）



指定起点、经过点和终点，计算这三点所覆盖的角度。

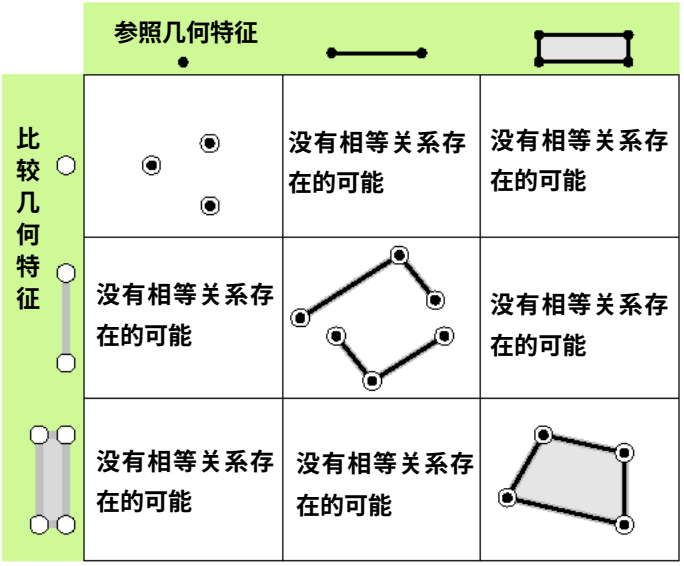
6.3 空间关系的测试

ArcInfo 几何特征系统包括一系列用于测试参考几何形状与比较几何形状间空间关系的 Boolean 算子。这些操作符可用于点、多点、折线和多边形中。

参考几何形状是调用算子的对象。比较几何形状是在算子中作为参数传递的几何对象。关系算子的结果是返回一个 Boolean 值。这些算子不产生新的几何形状。

6.3.1 相等（Equal）

比较几何形状与参考几何形状相等吗？

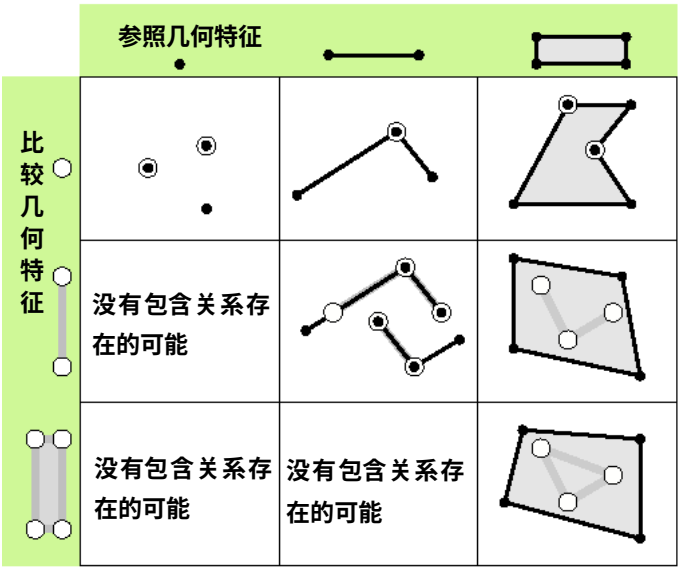


如果参考几何形状与比较几何形状相等，它们的所有的组员（组成点）必须具有相同的坐标值。

进行比较的几何形状必须具有相同的维数。

6.3.2 包含（Contains）

参考几何形状包含比较几何形状吗？

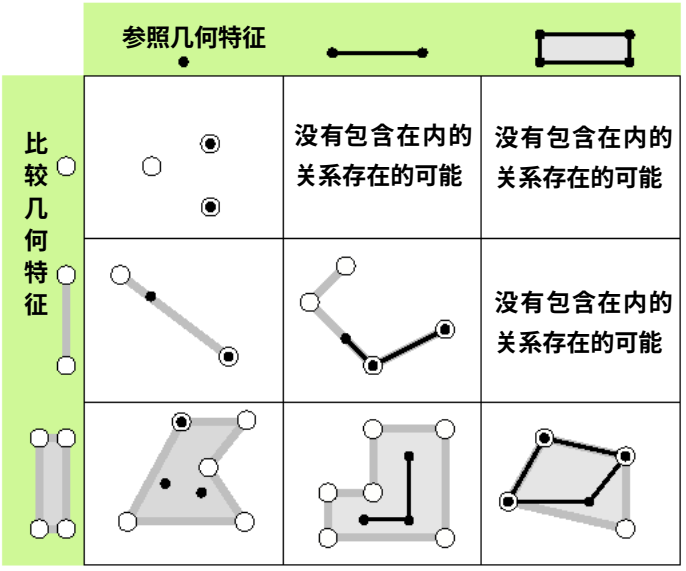


如果参考几何形状包含比较几何形状，它必须是该几何形状的父类。

几何形状不能包含另一类具有更高维数的几何形状。

6.3.3 在内部（Within）

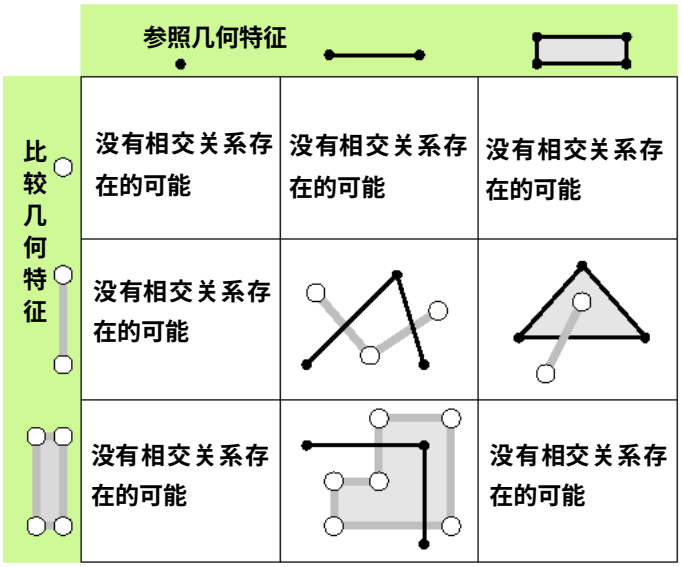
参考几何形状在比较几何形状的内部吗？



如果参考几何形状包含在比较几何形状的内部，它必须是该几何形状的子类。
几何形状不能包含在另一类具有更低维数的几何特征里。

6.3.4 相交（Crosses）

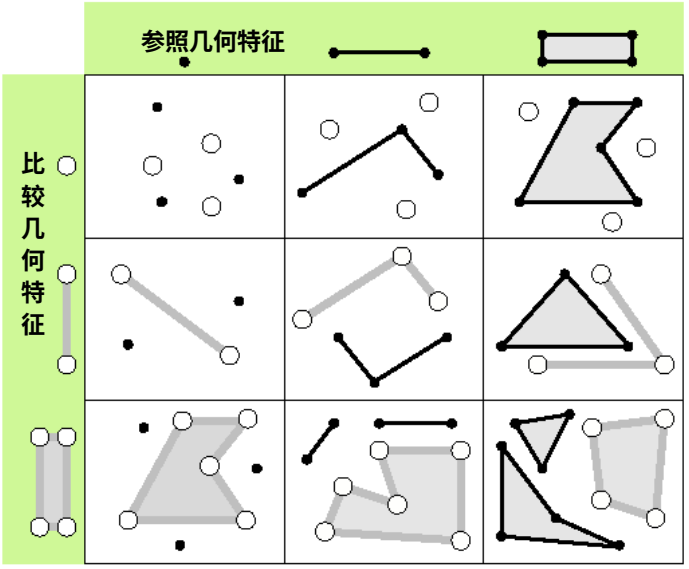
参考几何形状与比较几何形状相交吗？



如果参考几何形状与比较几何形状相交，它们必须是相交于较低维的几何形状而不是较高维的。
两条线可以相交于一点。一条线和一个面相交于一条线。
面与面之间没有相交关系存在的可能，它是一种叠加关系。

6.3.5 不相交（Disjoint）

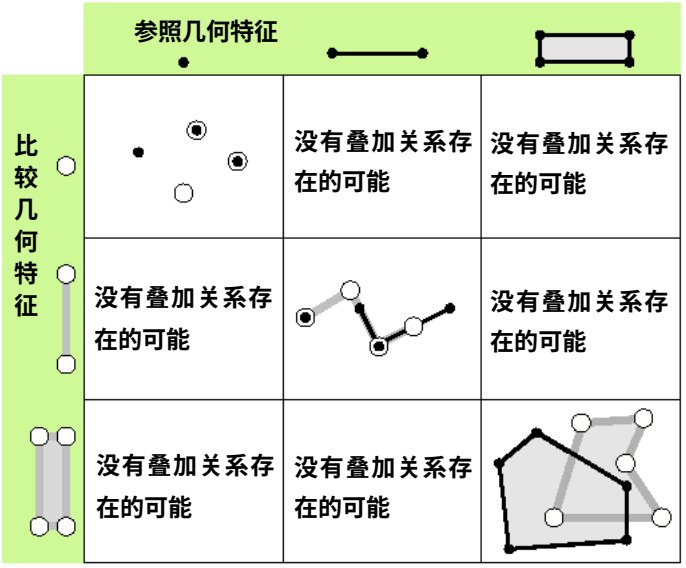
参考几何形状与比较几何形状不相交吗？



如果参照几何形状与比较几何形状没有公共点，则称它们是不相交的。

6.3.6 叠加（Overlap）

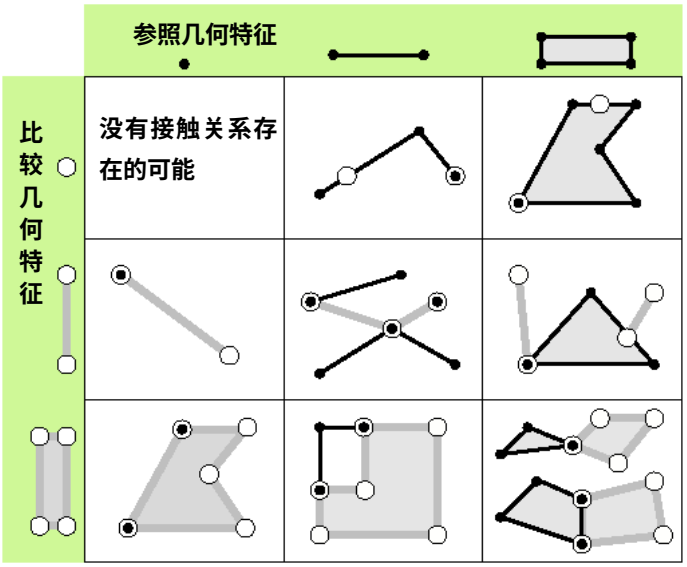
参考几何形状与比较几何形状是否有叠加？



如果参考几何形状与比较几何形状的交集与它们的几何特征是同一维的，则称参考几何形状与比较几何形状叠加。叠加关系要求两个几何特征都是同维的。

6.3.7 相接（Touches）

参考几何形状与比较几何形状相接吗？



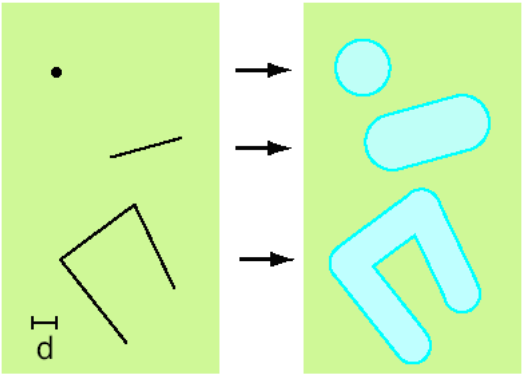
两个几何形状只是在它们的边界处相交时，就称它们相接。

6.4 拓扑算子的应用

几何特征系统提供了一系列基于一个或多个几何形状中的点间的逻辑比较、返回几何形状的算子。

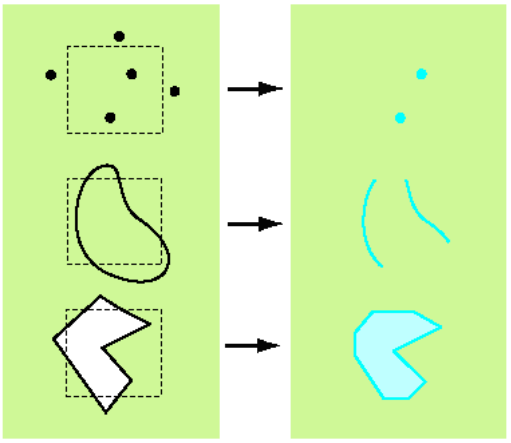
这些算子为编辑那些叠加的地理要素提供支持。它们位于 ITopologicalOperator **接口中，可以在封装边界类（**Envelope**）、多点类（**multipoint**）、点类（**point**）、多边形类（**Polygon**）和折线类（**polyline**）中引用它。在** GIS **文献中，有时候称它们为空间拓扑算子。**

6.4.1 缓冲区(Buffer)



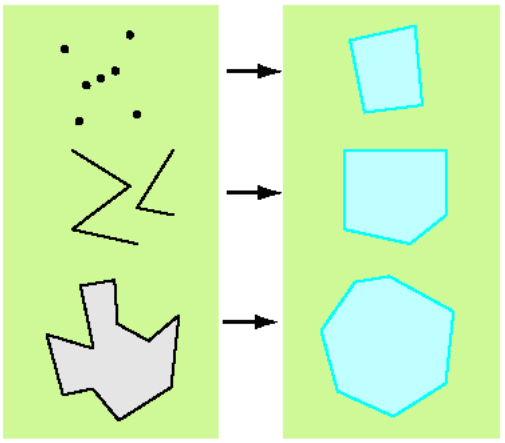
给定一个几何形状和一个缓冲距离，缓冲区算子返回一个多边形，这个多边形覆盖了到该几何形状的距离小于或等于缓冲距离的所有点。

6.4.2 裁切(Clip)



给定一个输入几何形状和一个封装边界，裁切算子返回输入几何形状的一组点，这些点落在封装边界内或是其边界上。

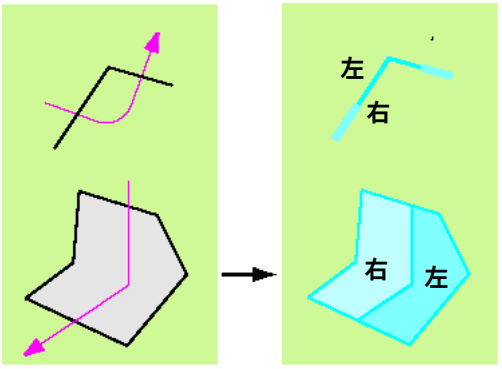
6.4.3 凸多边形（Convex hull）



给定一个输入几何形状，凸多边形算子返回一个新的几何形状，这个形状包含输入几何形状的所有点。

凸多边形是一个没有凹面且包含其它几何形状的最小多边形。

6.4.4 切割（Cut）

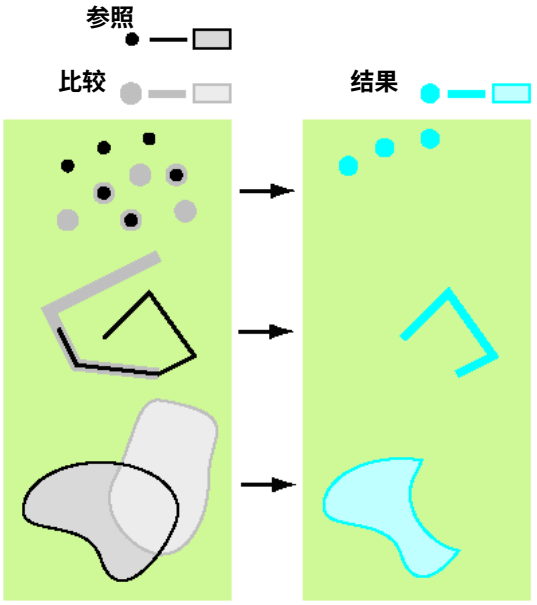


指定一条切割曲线和一个几何形状，切割算子将把几何形状分成左右两部分，左右两部分是相对曲线的方向而言的。

点和多点是不能被分割的。折线和多边形只有与切割曲线相交时才能被切割。

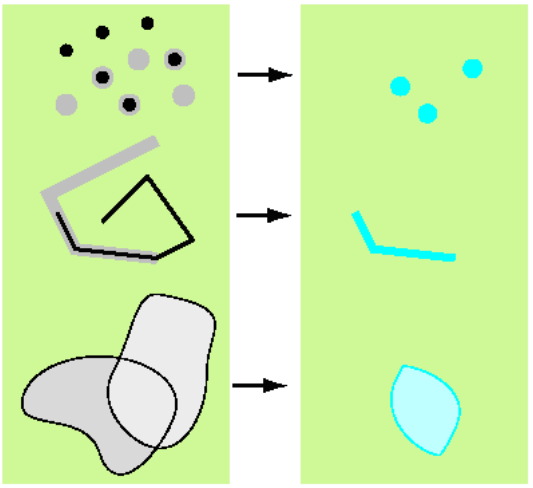
切割算子只产生两个几何形状，但它们可以有多个部分。

6.4.5 差分（Difference）



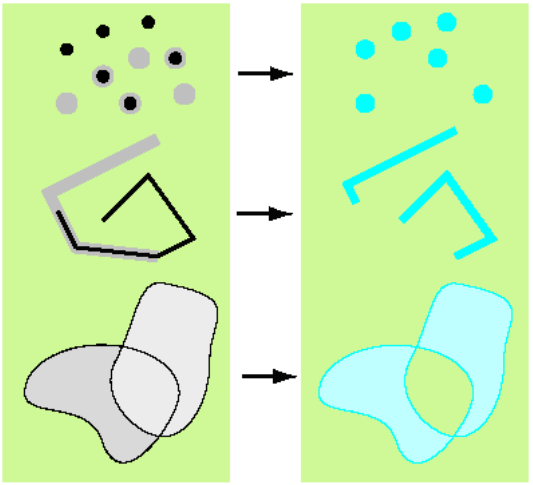
差分算子返回那些用参考几何形状中的点减去比较几何形状中的点后、剩下的那部分点的几何形状。

6.4.6 交集（Intersect）



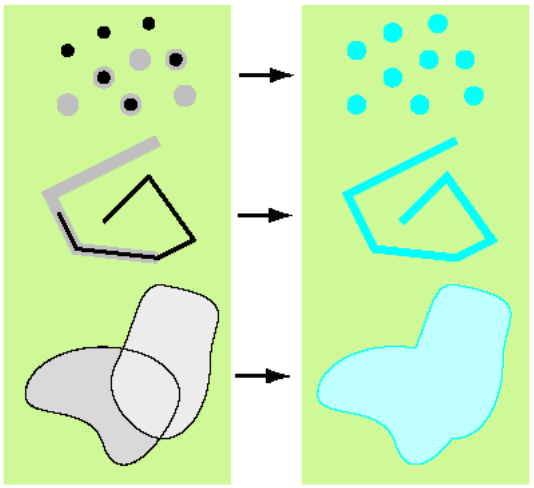
交集算子比较参考几何形状（调用该算子的对象）与另一个同维的几何形状，返回同时落在参考几何形状和比较几何形状中的几何形状。

6.4.7 对称差分（异或，Symmetric difference）



对称差分算子比较参考几何形状（调用该算子的对象）与另一个同维的几何形状，返回那些属于参考几何形状或属于比较几何形状的、但不包括那些同时落在这两种几何形状中的几何形状。

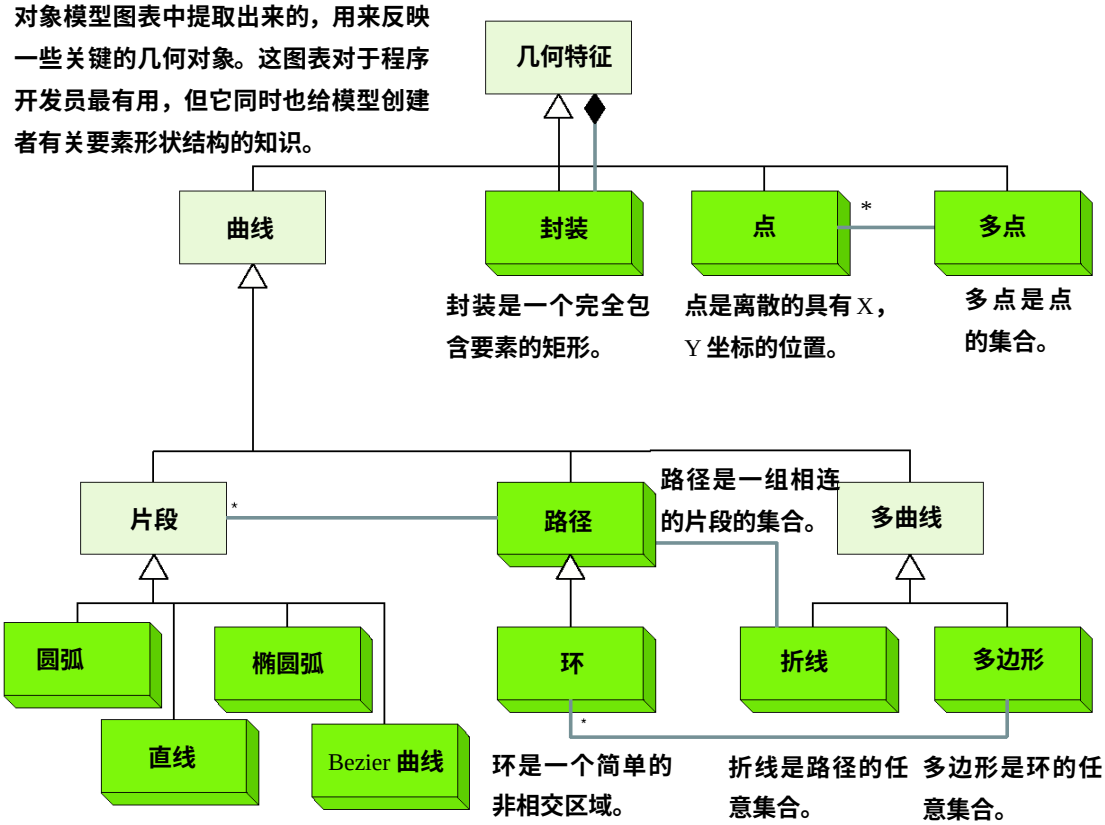
6.4.8 并集（Union）



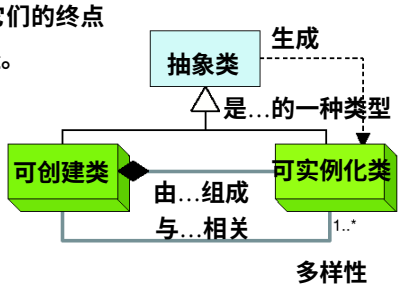
并集差分算子比较参考几何形状（调用该算子的对象）与另一个同维的几何形状，返回那些属于参考几何形状和属于比较几何形状的几何形状。

6.5 几何对象模型

这是一个简化的UML图，它是从ArcInfo对象模型图表中提取出来的，用来反映一些关键的几何对象。这图表对于程序开发员最有用，但它同时也给模型创建者有关要素形状结构的知识。



直线、圆弧、椭圆弧和 Bézier 曲线是片段的四种类型，当它们的终点相连接时，就形成了路径。



抽象类是被其它类继承的方法和属性的规范（Specification）。用户不能从抽象类创建对象。

你可以用声明语句如“Dim as New <object>”从可创建类中直接创建对象。

多样性示例：“1”或“ ”是1，“0..1”表示0或1，“*”表示0到任意整数，“1..*”表示1到任意整数。

作者：Michael Zeiler
译：姚永惠
校：张俊

声明：本书版权系ESRI出版社所有。本书是ArcGIS学习精品，与广大GIS爱好者共同分享。译校不做于商业用途。

第七章 基于版本的工作流管理

本章内容：

- **版本使用**
- geodatabase **与长事务处理**
- **版本的基本原理**
- **编辑** geodatabase **版本**
- **工作流类型**

GIS 现在已被应用到各种各样的管理系统中。这些机构对 GIS 的应用工作单元商业实践，包括工程、工作流程、设计或者研究。Geodatabase 被注册为版本后，便可以实现多用户编辑地理数据以及管理工作流程。

7.1 版本使用

现今许多 GIS 应用需要多部门多用户之间长期的交互设计合作。这样的设计活动在处理事务的机构中是最为常见的，比如公共事业机构、市政及地方政府部门、还有交通部门等等。

这些机构都确立了设计、制造和维护的工作流程。主要的步骤包括了初始工程设计、可行性方案探讨、选择并通过方案，创建要素并更新地图等。

在这样的工作流程中使用 GIS 工具时，显然需求多用户同时编辑 Geodatabase。同时需要有 geodtabase 的事务处理视图，以致这些用户与他们的同伴对相互之间所作的编辑改变都能够一目了然。不仅如此，工作流的结构还可以模拟同一机构中多部门之间的商业事务处理工作。

Geodatabase 数据模式通过一个称为版本的数据管理框架，满足了以上这些需求。这个框架让你创建整个工程过程中各个状态的 geodatabase 版本，并且可以协调这些不同版本之间的差异，最后在工程建设的过程中更新原始版本。

本节描述版本 geodatabase 的基本原理以及它们在工作流程中的应用。

7.1.1 设计方案

多用户编辑环境中版本 geodatabase 如何使用，可以查阅下页的输水管道创建的示意方案图。

市政供水设施使用了一个综合全面的版本 geodatabase，每个版本都规定了当前数据的状态。所有的输水管线、数值、水泵以还有供水系统中其它的组成部分，都被记录为 geodatabase 中的要素，可用于日常事务更新。

这个机构有几个相应的处理建设及维护供水系统各个不同方面工作的部门。由于机构内这样的组织结构要求，需要使用合理的管理模式。通过使用 ArcSDE 提供的服务，市政供水机构实现了版本 geodatabase 的使用。

版本 geodatabase 有一个称为“ default ”的最高级别版本。这个 geodatabase 的默认版本表示了供水系统的最初始状态。这个状态是制作新设计以及创建活动的起点。

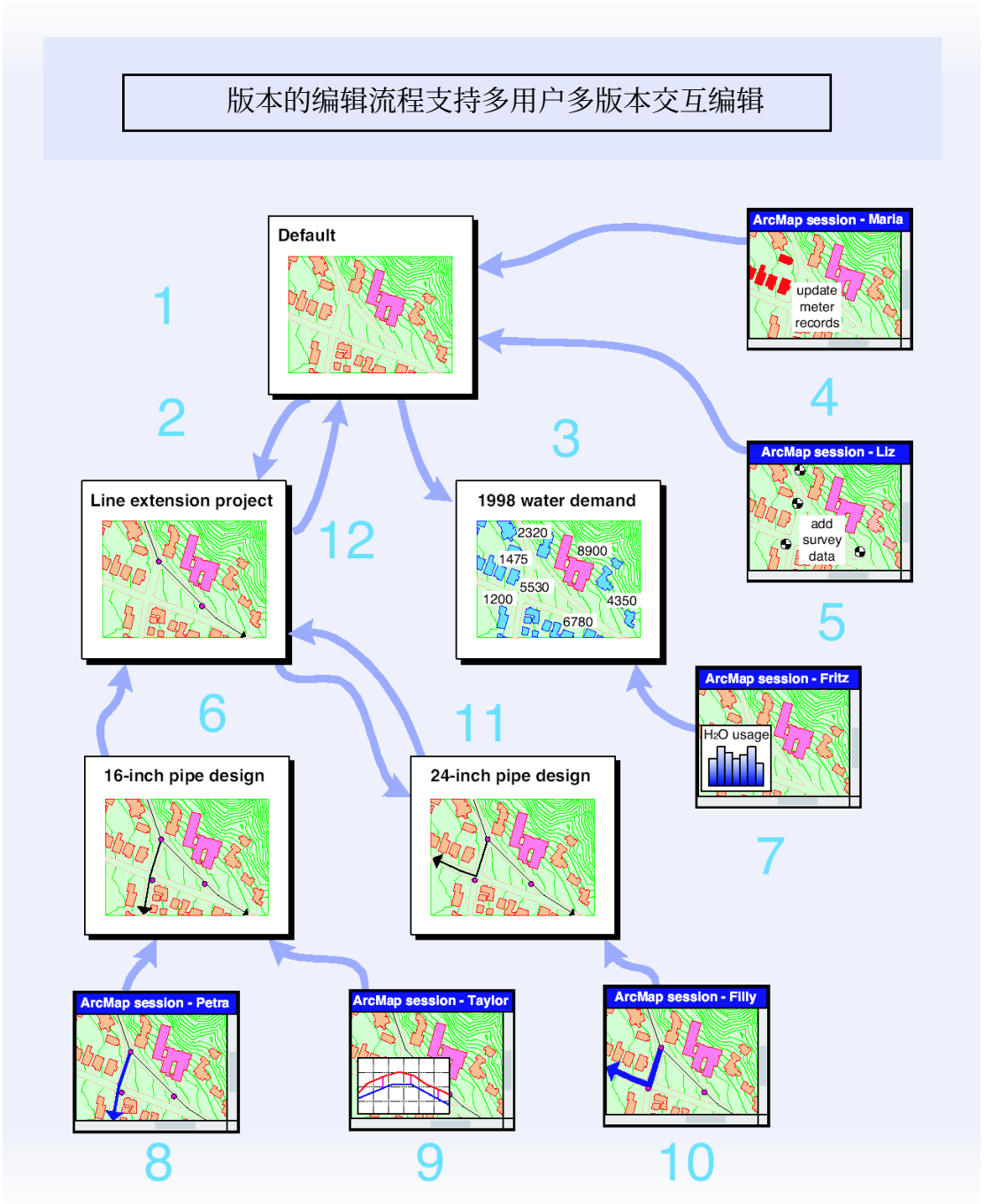
1. Geodatabase 的连续编辑

地图绘制部门的 Liz 和 Maria，负责 geodatabase 状态的日常更新维护。为了反馈供水管线的加长，Maria 检查了该地区的供水属性信息并且更新了水表要素的属性。同时 Liz 添加了该地域一系列的供水管线加长之前的实测数据点。这些编辑是直接对 geodatabase 的默认版本操作的，因为它们表示了输水系统的改进情况并且这些情况并不属于前面提到的设计流程中的一部分。

2. 按部门创建版本

信息系统部负责管理客户清单及资产管理。要响应供水管线的延伸，Fritz 创建了一个新的版本，使用定位仪器来匹配供水网络里新要素的清单记录，并且提取和总结用水数据。这个总结数据是为输水管线延伸工程而准备的，因此这时创建的版本是一个临时版本，它将在设计后期被抛弃。

工程部门使用其它部门收集的数据创建两个工程设计的版本。Petra 和 Taylor 为新供水管线创建了一个 16 英寸管径的设计计划。Filly 创建了另一个 24 英寸管径的方案，并以此来检验该新建水管线是否能够满足该地区当前及今后的用水需求。她发现 24 英寸水管可以满足该地区今后 12 年多的用水需求，并且可以节省很多的初始管线建设经费。于是她的设计被采纳，作为管线延伸的一个版本。当创建工作结束时，线延伸工程版本将提交到默认版本中。



（上面这个方案描述了版本如何被应用到这个市政供水机构中，是如何支持该机构创建一个完全仿真的复杂的环境模拟分析系统的。市政供水公共设施部门计划更新其供水系统的某一部分。几个部门都参与了数据准备以及可选的管线延伸方案的设计。上面的方案描述了一个多级树版本让许多用户共同解决这个工程问题。）

7.2 长事务处理与 Geodatabase

ArcInfo 8是 GIS 技术与关系数据库技术集成的一个里程碑。GIS 技术已经融入现今 IT 技术的主流中。

在商用关系数据库中存储地理数据具有以下这些优点：

- 使用数据库集成地理数据

- 使用标准数据库管理工具管理地理数据
- 创建了大型地理数据库，实现地理数据快速的显示和编辑
- 可以依据所选商用数据库配置 geodatabase
- 地理数据库可以服务许多客户端，包括只读的客户端应用、CAD 应用或者互联网应用

geodatabase 扩充了标准关系（以及对象关联）数据库的功能，实现了地理数据表达的一些特定需求。下面说明 Geodatabase 所扩充的关系数据库功能：

- 可以使用栅格数据集、要素集、TIN 数据以及地址数据等等格式来表达和存储地理数据
- 可以实现地理数据的空间分析及拓扑分析
- 实现精美的地图显示以及生产高质量的地图
- 给要素添加智能化因素，如定义属性、拓扑关系、关联以及合法性规则等等
- 实现多用户同时显示和编辑同一地理数据

最后这个功能，提供了多用户同时读写 geodatabase 的功能，也就是“版本”（version）功能。这个功能是许多机构迫切需要的。版本是 ArcSDE gedoatabase 中最为关键的功能之一。

本节讨论在工作流程中版本 geodatabase 是如何工作的

7.2.1 数据库事务处理

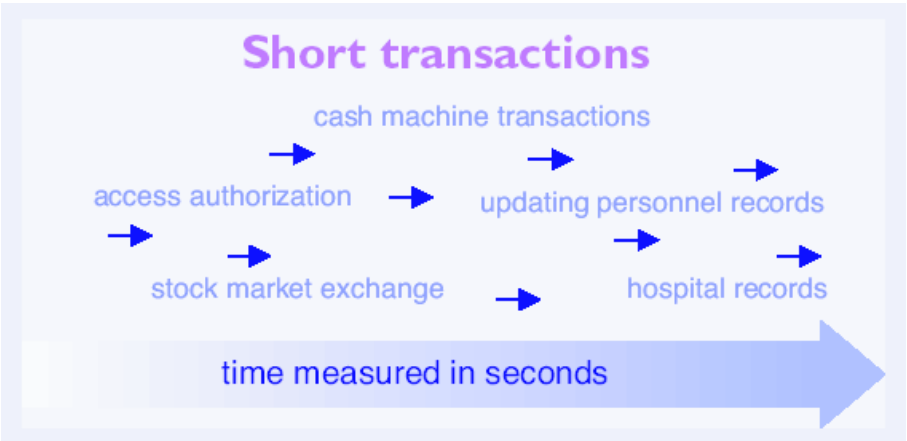
关系数据库的核心思想便是事务处理。简单的说，事务处理，就是一组完成一个完整操作任务的每一步数据操作的集合。

事务处理保证了数据库的一致性及完整性，确保某个操作任务要么执行完成，要么根本就不执行。

7.2.1.1、短事务处理

当用户访问数据库中的数据时，都会有两个基本的需求，及数据的准确性和现势性。

关系数据库满足短事务处理的需求。短事务处理表示这样的操作任务，这种操作任务可以在一秒或几秒钟内完成，或者最多一至两分钟内完成。总之，短事务处理是在非常短的时间内完成操作的，并且在这个短事务操作的时间段内没有其它任何操作。应用短事务处理，可实现多用户参与的多信息任务的完成，这样的操作任务很多，比如多用户在一个自动提款机上提款、雇主更新小时工的薪水记录或者是医院保存病人的医疗记录等等。关系数据中的短事务处理一旦被提交，便无法轻易的取消这次事务处理、或者很难恢复到数据库某时刻的历史纪录。在关系数据库中只有一个单一的状态，这个状态是以最后的短事务处理操作完成作为最新记录的。



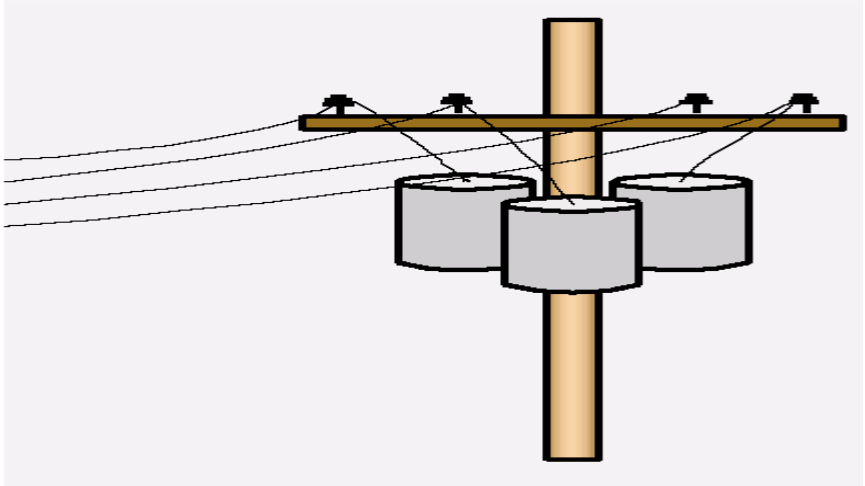
因此，短事务处理模型对于那些多线程的又亟需数据最新统一的工作是十分管用的。但是，这并不意味着短事务处理对地理空间数据的编辑使用也十分有效，地理数据的更新需要更长一些的时间来观察决定。

7.2.1.2、编辑地理数据

短事务处理进程中，关系数据库锁定数据库里头相应属性表的相应行数据，这样正在被更新的行数据被锁定保护，直到事务处理结束。短事务处理结束之时，数据的行锁定也被释放。

在用户同时编辑地理数据的时候，这样的锁定并不是十分可行的，因为即便是最短的编辑操作，这种锁定也要持续几分钟的时间。

同时，这种行锁定不适用于 GIS 的另一个原因是在 geodatabase 中，要素在网络连接、拓扑关系和属性关联中是频繁交错出现的，应用锁定会造成编辑操作的失败。为什么呢？可以考虑有这么一个编辑工作：如果你正在编辑添加一个变电器旁边的输电公共设施（需要添加电线、电线杆、变电器或者其它设备）的时候，其他编辑者却准备编辑变电器旁边的另一要素，这时你的输电网络就很有可能陷入矛盾状态。



网络中要素相互之间的关联是非常复杂的，如上图中的供电系统中的要素

可见，短事务处理对于这样的工作流程是行不通的，因为你编辑变电器的时候，并不仅仅是对变电器这个要素进行编辑而已，实际上你编辑的是一个既大型又复杂的地理对象——整一个输电几何网络。

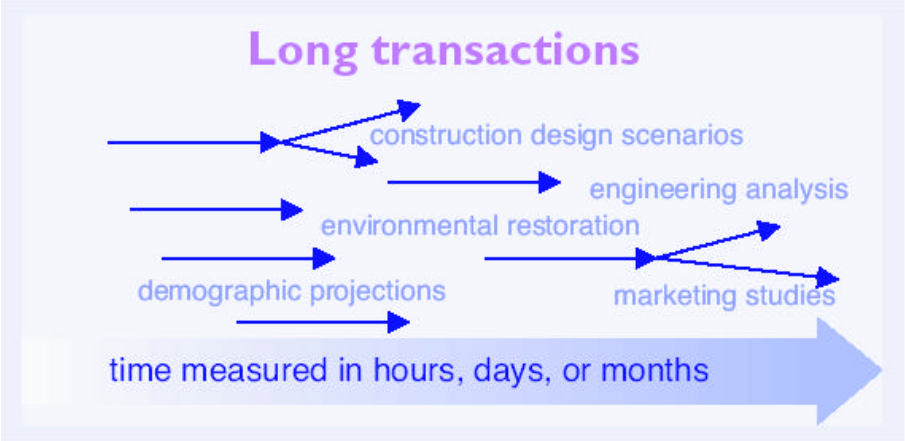
另外，短事务处理模式不适用于多用户编辑地理数据环境的原因还有：在多用户地理数据编辑环境中，每个用户都必须要看到最新的与显示在当前地图上的数据相对应的数据库状态。但是，在使用短事务处理情况下，每次其他用户做出任何操作变动的时候，系统将重新刷新用户界面上的地图。这对于一些稍微复杂的大数据量地图，可能会花上好几分钟的时间，这样的时间开销显然是无法接受的。

7.2.1.3、长事务处理

你所需要的多用户编辑地理数据的事务处理方式必须达到以下需求：

- 允许多用户同时编辑同一复杂系统，比如网络
- 可以延续工作单元中需要执行所有操作所需要的时间，即便这个工作时间单元是 1 小时甚至 1 个月
- 允许用户拥有数据的私人版本，以致其它用户不能看到其未完成操作
- 允许用户定义匹配工作流程系统的工作范围

符合上述要求的事务处理就叫做长事务处理。



除了表达工作单元的创建外，使用长事务处理还有其它好处。你可以用它来模拟任何一个“ what if ”的工作流程。在长事务处理过程中，你可以添加多个地理要素、进行地理分析还有地图生产等等——所有这些操作都不会对你的数据库进行更改。设计流程完成后，如果你的工作被采纳并建造，便可以将这些变化提交给数据库（此时数据库更新），否则你的设计将被抛弃。

7.2.1.4、并发模式

长事务处理数据管理用的是“ 最优并行 ”算法。这意味着当你开始长事务处理后，没有任何要素被锁定。没有文件锁定势必会产生编辑冲突，但这也被 ArcSDE geodatabase 所设计的“ 冲突检验 ”、“ 冲突协调 ”、“ 冲突提交 ”的环境所减弱。

“ 最优并行 ”算法适用于 GIS 应用，毕竟编辑操作的工作量相在整个地理数据库操作中的量是非常小的。在实际的工作流操作中，编辑冲突并不多见，其实，协调冲突相对于“ 没有锁定情况下直接保存数据 ”或者“ 在长事务处理持续过程中检验数据 ”这两种算法，时间花销都要小得多。

7.3 版本的基本原理

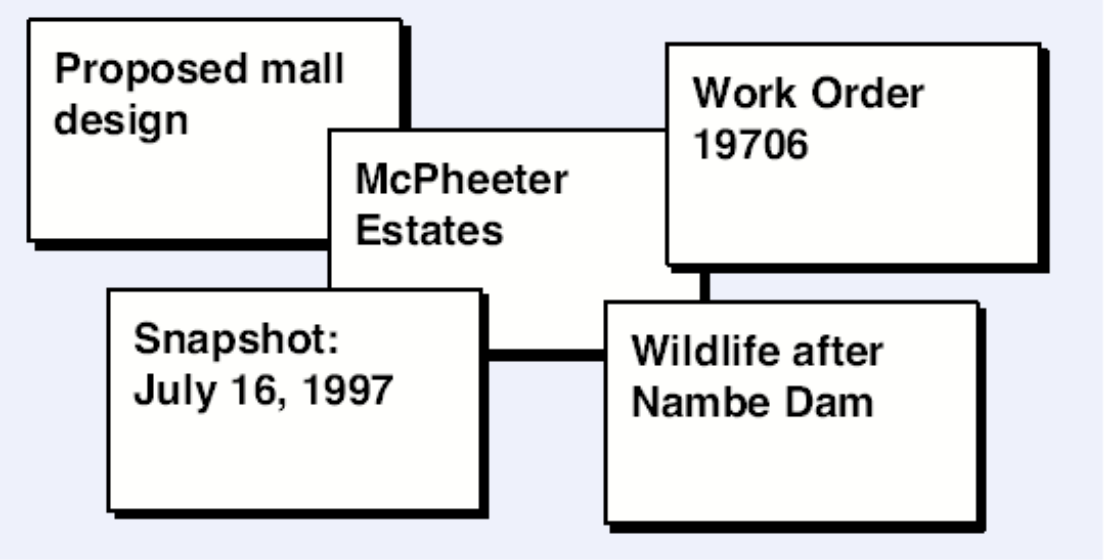
“ 版本 ”(version）是 ArcInfo 软件在多用户关系数据库基础上，依托于 ArcSDE 服务而提供的长事务处理工具。这是一个先进的数据管理系统，有了版本，在一个多用户环境中编辑 geodatabase 时，你可以从众多工作流程中采用最满意的一个工作方案。

版本是在 ArcSDE 服务的基础上实现多用户编辑 geodatabase 的。在个人 geodatabase 中无法实现版本功能。

7.3.1 基本思想

版本不需要应用要素锁定或者数据复制，便可以实现多用户直接编辑同一 geodatabase。底下是版本的基本的设备管理控制与时间调度程序。

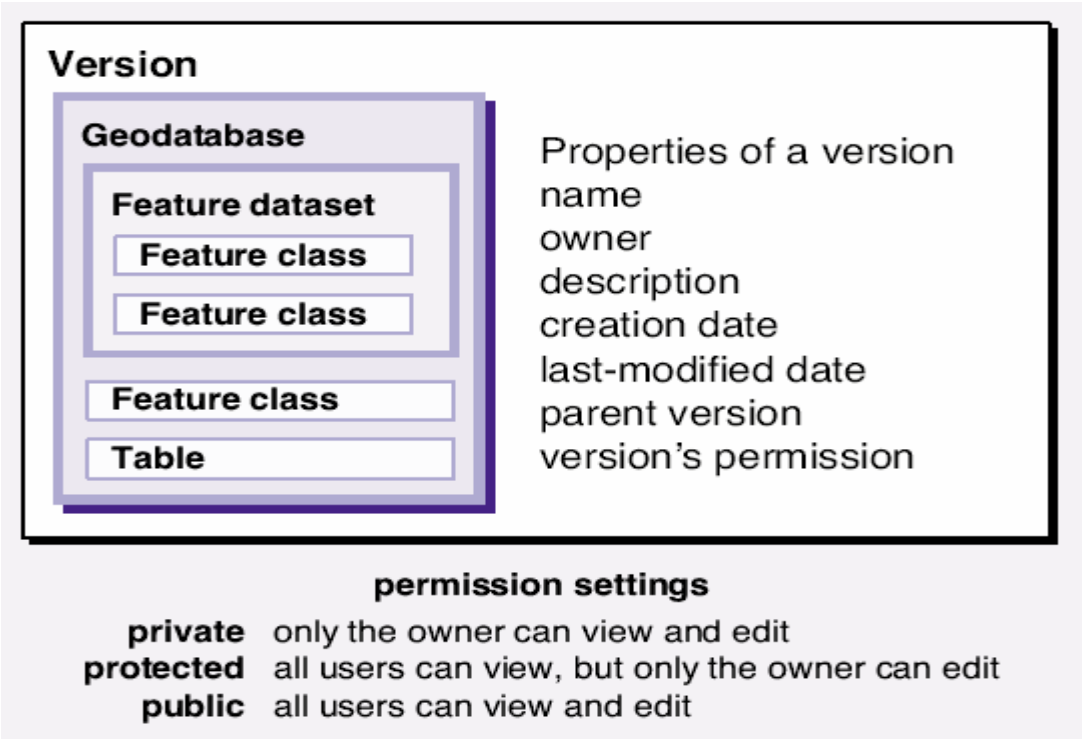
7.3.1.1、版本是命了名字的 geodatabase 状态



版本是 Geodatabase 的某个时刻的状态，这样的状态是可标示的

你可以使用版本来模拟工程设计、建造工作、以及 geodatabase 的一个快照，还有任何类型的涉及正在进展的“ what if ”问题研究的流程。

7.3.1.2、版本跨越整个 geodatabase 并且拥有属性



版本拥有属性

在 ArcCatalog 中，你可以定义在 geodatabase 中的哪些对象是版本化的。你可以选择性的指定哪些数据要素集、要素类还有表注册成为版本。

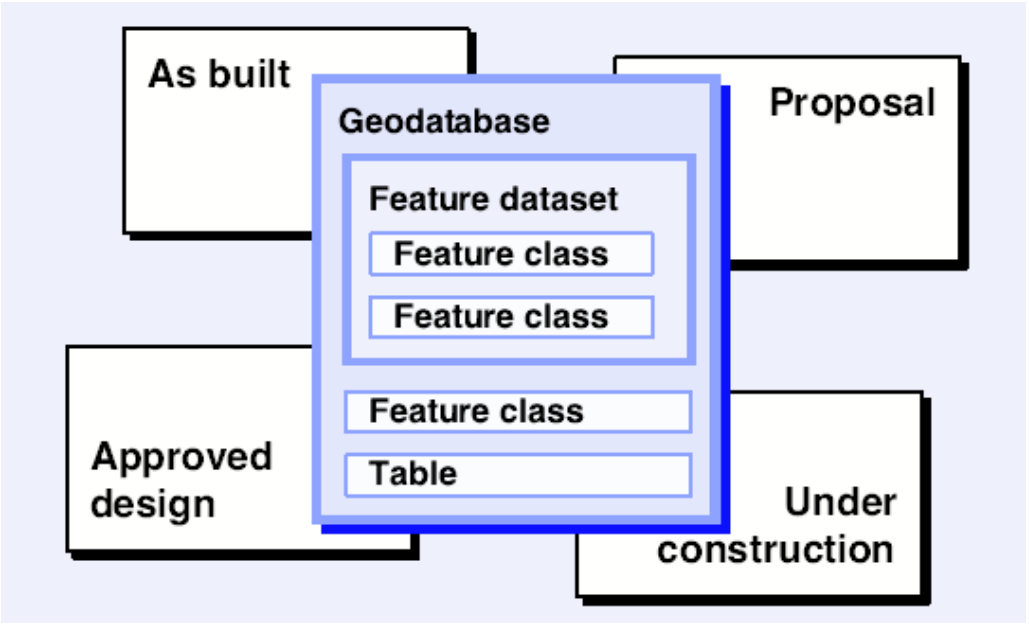
当你注册一个数据要素集为版本时，该要素集中的所有表及要素类都自动注册成为版本。

通过设置权限你可以控制其它用户对你的数据的版本的是否可见。

7.3.1.3、Gedodatabase 可以拥有多个交互出现的版本

同非版本的 geodatabase 一样，每个版本 geodatabase 都允许你执行所有相同的显示和分

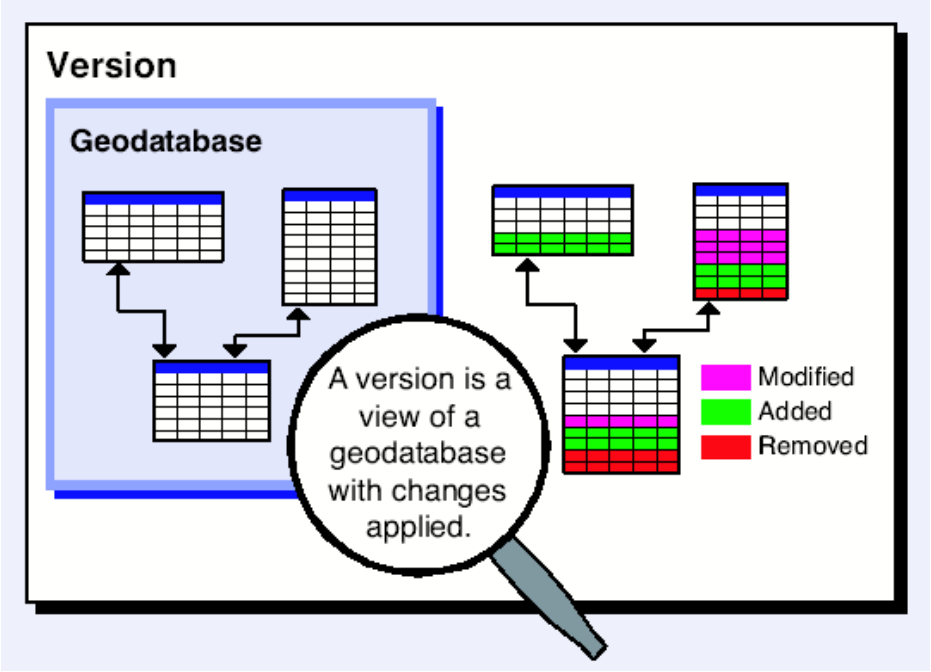
析功能。



同一个 Geodatabase 可以拥有多个版本

7.3.1.4、版本之间的本质区别在于行状态而不是方案

版本创建之后，便呈现给你所有编辑工作的无中断视图。其中行的状态反应了所有的对象添加、删除以及修改操作（保存在数据库的表中）。每个版本的行状态信息都存储在 geodatabase **中。方案（**schema**），即表及其字段的定义，都可以在** geodatabase **中修改。方案的变化可以快速应用到** geodatabase **的所有版本中。**

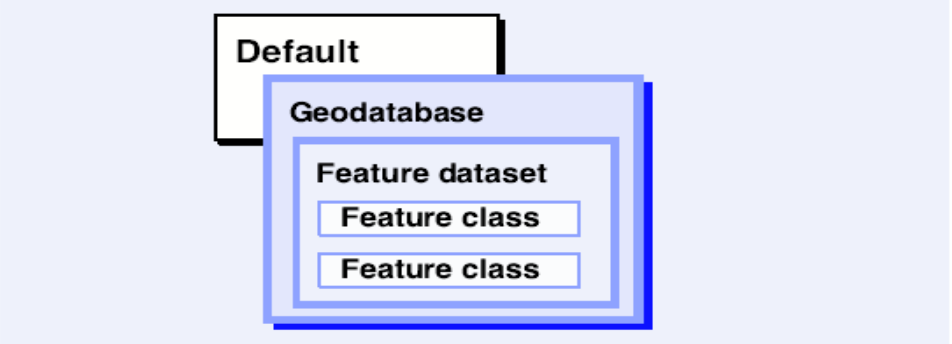


版本的区别在于其数据库中行的记录不同

实质上，geodatabase **备有记录各个** geodatabase **版本中的要素修改、添加以及删除的信息，然而这些在用户使用版本的时候，都是屏蔽的。这样的表看起来就像是** geodatabase **的一个综合备份。**

7.3.1.5、每个版本 geodatabase 都有一个默认（default）版本

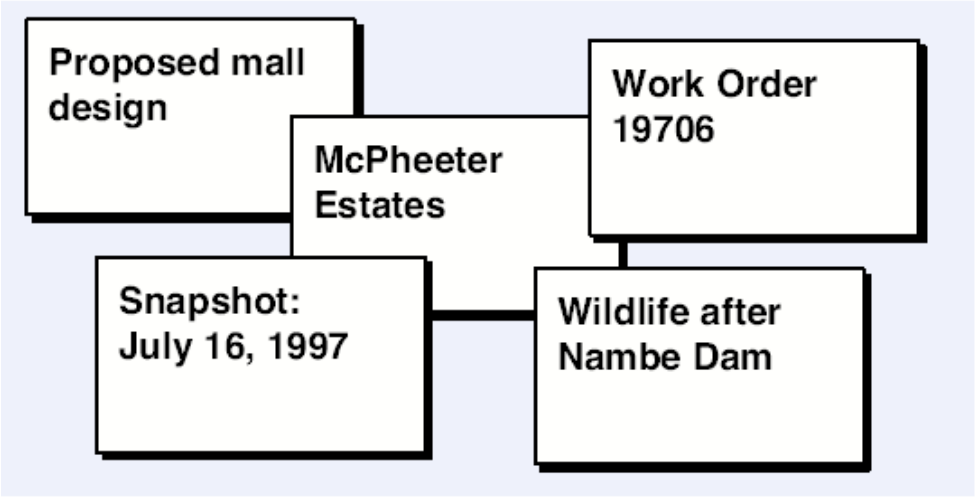
默认版本可以看为是“临建”版本。这个版本表征 geodatabase 名义上的一个状态。



默认版本实际上就是 geodatabase 本身。大多数用户都编辑默认版本。

7.3.1.6、版本创建源由其它版本

从默认版本开始编辑，你可以创建任意数量的版本。除了默认版本之外的每一个版本只能拥有一个父版本。你可以根据机构的工作方案需求创建复杂的树状多级版本。



版本由其它的版本创建得来

版本可以删除，前提是它的所有子版本都已全部被删除。在删除版本之前，版本中的编辑变化被协调并提交给另外一个版本，用于版本更新或者也可以放弃改变。

版本 geodatabase 还可以被压缩。随着时间推移，许多行记录被添加到 geodatabase 管理版本的各种表中，这时许多的行记录都被其它行记录所取代。执行版本压缩后，多余的行记录都被删除，这样节约了硬盘空间并且保证数据访问的畅通。

7.3.1.7、用户可以连接任意一个版本

用户编辑基于他们正在工作的工程和工程步骤的版本。他们可以编辑任意一个授权于他们的版本。

7.3.2 为什么版本可以运行良好

当你开始使用版本后，比如进行数据要素集检查、数据集仓库的分块、或者数据要素集复制等等操作时，你会发现相对于以前的数据管理系统，这个管理系统执行效率显著提高并且使用方便得多。

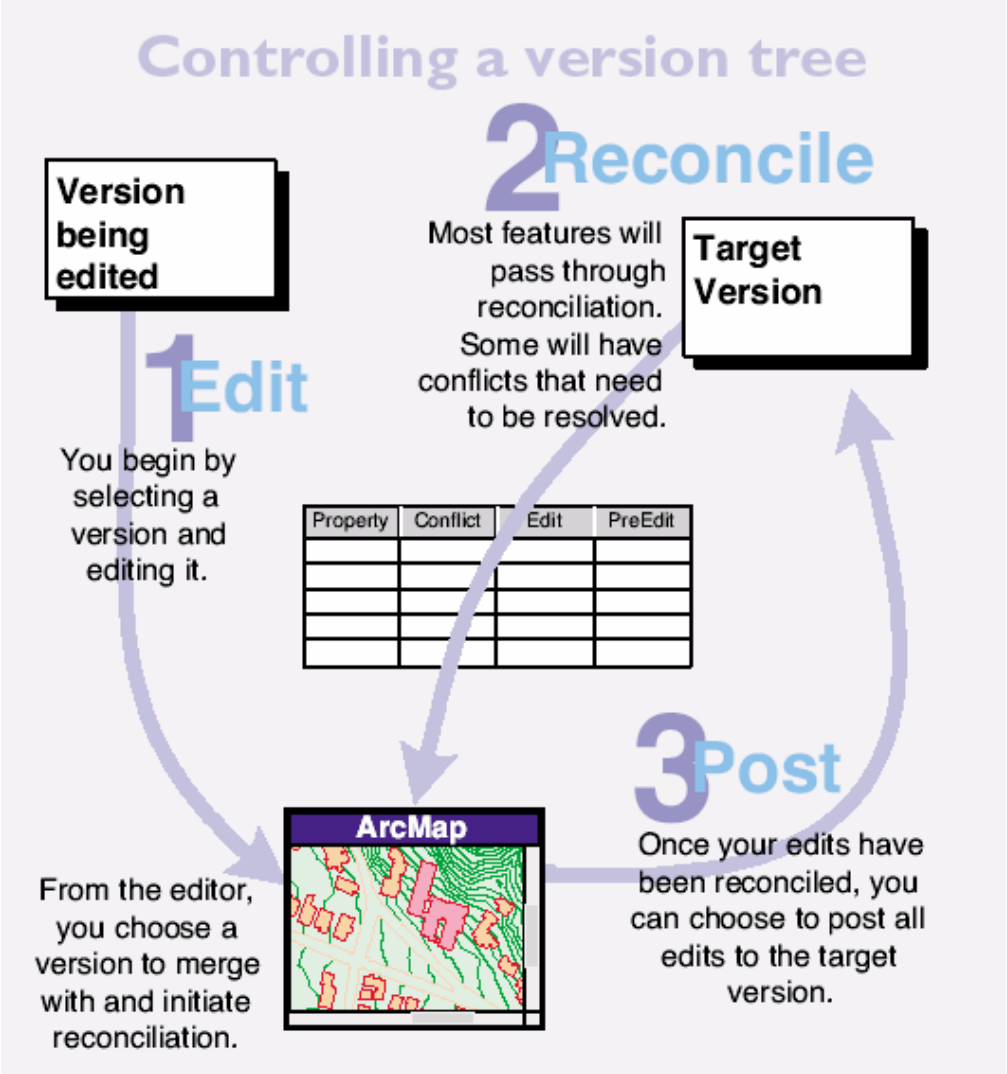
版本能够快速并良好运行的原因在于版本不需要数据复制及制作副本。实质上，版本 geodatabase 使用内部验证，通过管理记录要素对象的添加、删除或者修改的附加表，便实现了快速和安全的管理。

对于数据建模人员、或者程序员甚至是数据库管理员来说，是没有必要对版本 geodatabase 的每个操作细节的执行都了如指掌的。ArcCatalog、ArcMap 还有 ArcSDE 都给用户提供了一个友好的易于操作又全面的进行版本操作的用户界面。

7.4 编辑版本 geodatabase

ArcMap 的 Editor 工具条是你完成版本操作任务的平台，根据工作流程的操作需要 Editor 工具条可以让你完成所需要的编辑任务。

在 ArcMap 中，用户可以进行基本的版本操作任务，包括编辑版本、协调编辑会话中与其它版本发生的冲突并且解决这样的随时可能发生的冲突，并且还可以提交你对版本所作的编辑更改。



多版本编辑的时候，经历“编辑-协调-提交”的过程

7.4.1 编辑版本

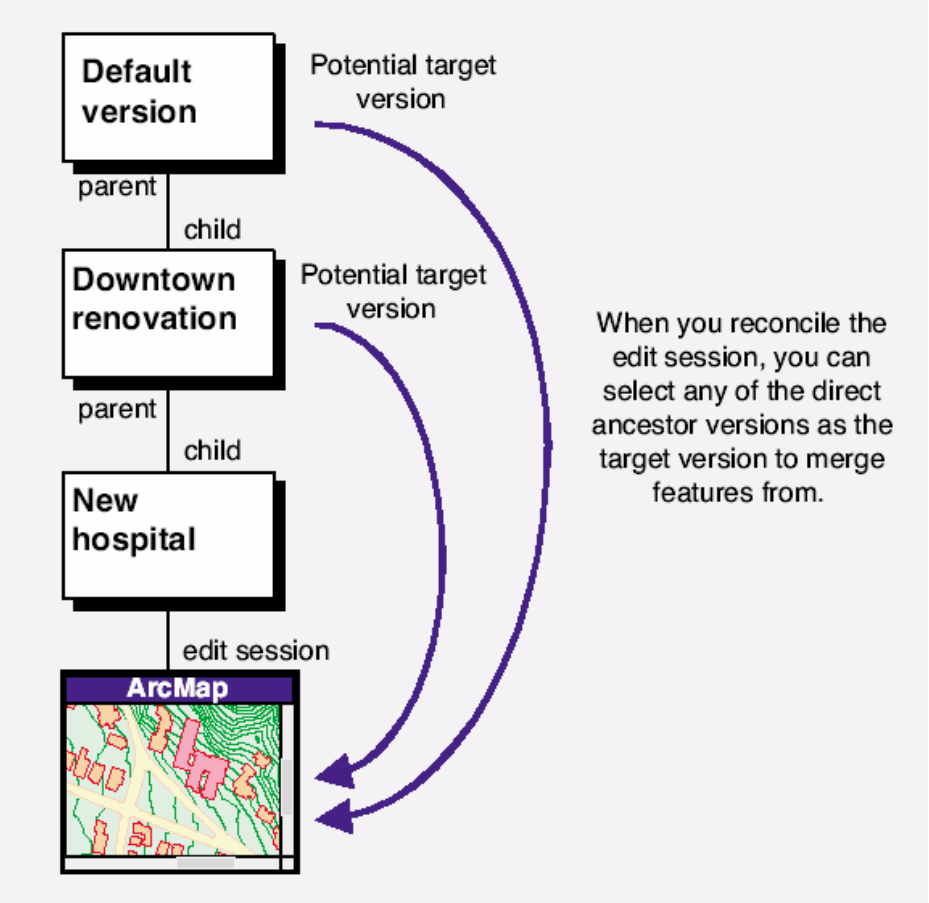
当你正在使用 ArcMap 并选择开始编辑命令后，如果你的地图属于 geodatabase 的某个版本，那么这个版本将自动打开以被编辑。如果你的地图同属于多个版本，那么你可以从中选择一个版本开始编辑。

7.4.2 协调版本冲突

协调版本冲突，是一个将目标版本中的要素及对象融合进入当前编辑会话过程的数据处理过程。目标版本可以是当前编辑版本的任意一个直系祖先版本。在向另一个版本提交编辑变化前版本协调必须完成。

在协调过程中，你必须拥有足够的权限来修改在编辑会话过程中你所进行编辑的目标版本中的要素类。如果你没有足够权限，你将接收到错误信息并且无法完成协调冲突操作。

版本包括了该版本中 geodatabase 的所有数据要素集、要素类、及表文件等等，这些类中所有的对象及要素都会被融合进入当前的编辑会话过程中。可以想象得到，大部分的要素和对象将直接通过目标版本与编辑会话之间的冲突协调，也就是说，大部分的要素和对象是不会有冲突的。



版本协调的目的在于将更新变化反应到上以及的版本中

7.4.3 解决冲突

在目标版本与编辑会话程的比较中，有一小部分的要素对象将发生冲突。

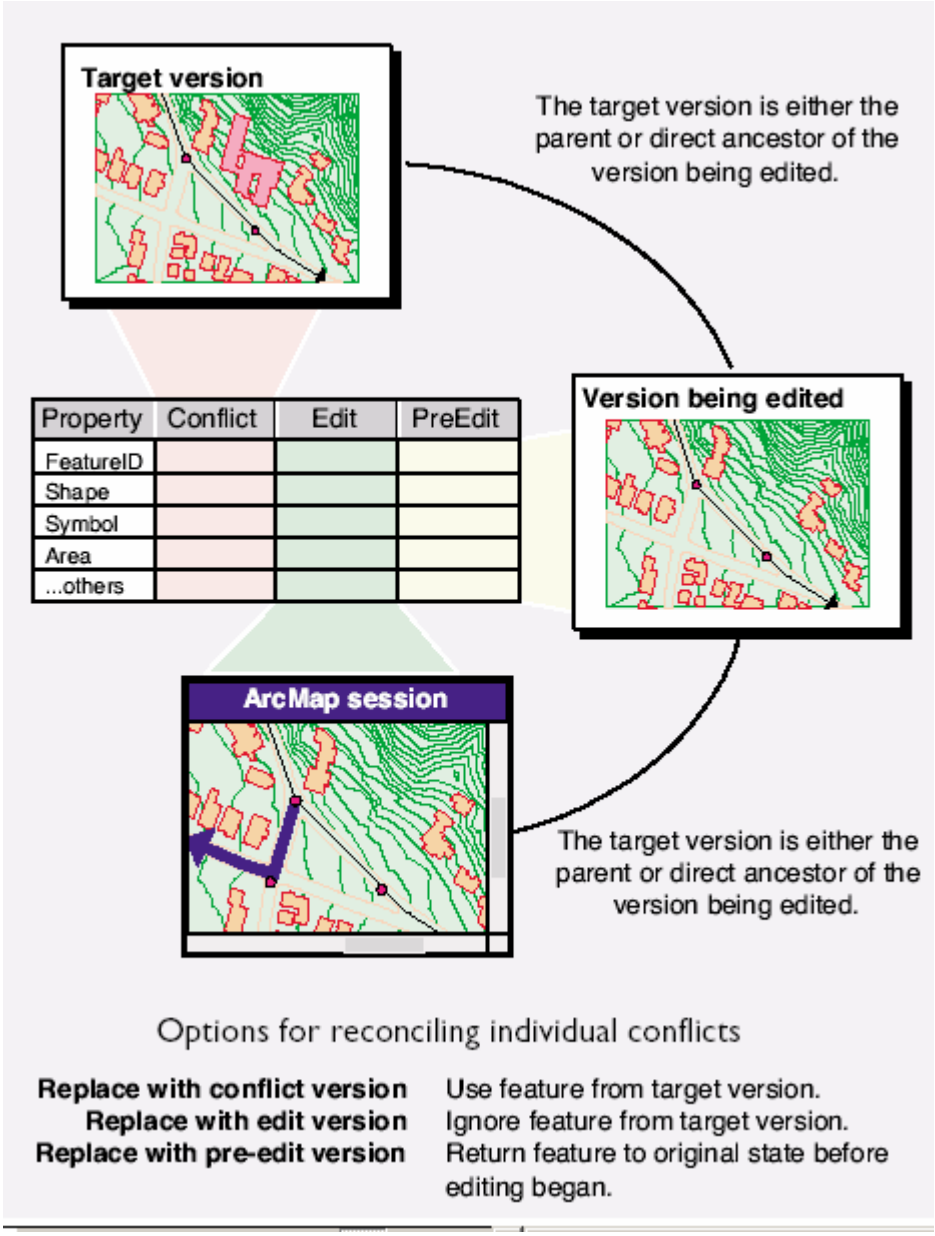
有两种类型的冲突：

1. 在目标版本和当前编辑会话过程中，同一要素都被更新。
2. 同一个要素在一个版本中被更新，然而在另一个版本中却被删除。

在很多冲突协调操作中，都不会遇上冲突。这是因为在很多机构中，工程计划与版本通常都操作不同的地块区域。如果你和你的同伴编辑的是地图上的不同地块，那么一般来说是不可能发生冲突的。冲突通常在多用户同时编辑临近区域的要素时发生。

冲突产生后，用户可以看到一个交互式的冲突解决对话框。这个对话框中，你可以检查

（或者放大）到两个版本之间的任一冲突。所有冲突被组合到冲突分类中，这些要素类还有表文件的冲突都是在冲突检查过程中发现的。



在协调的时候，会有小部分的冲突出现，这时候需要协调冲突

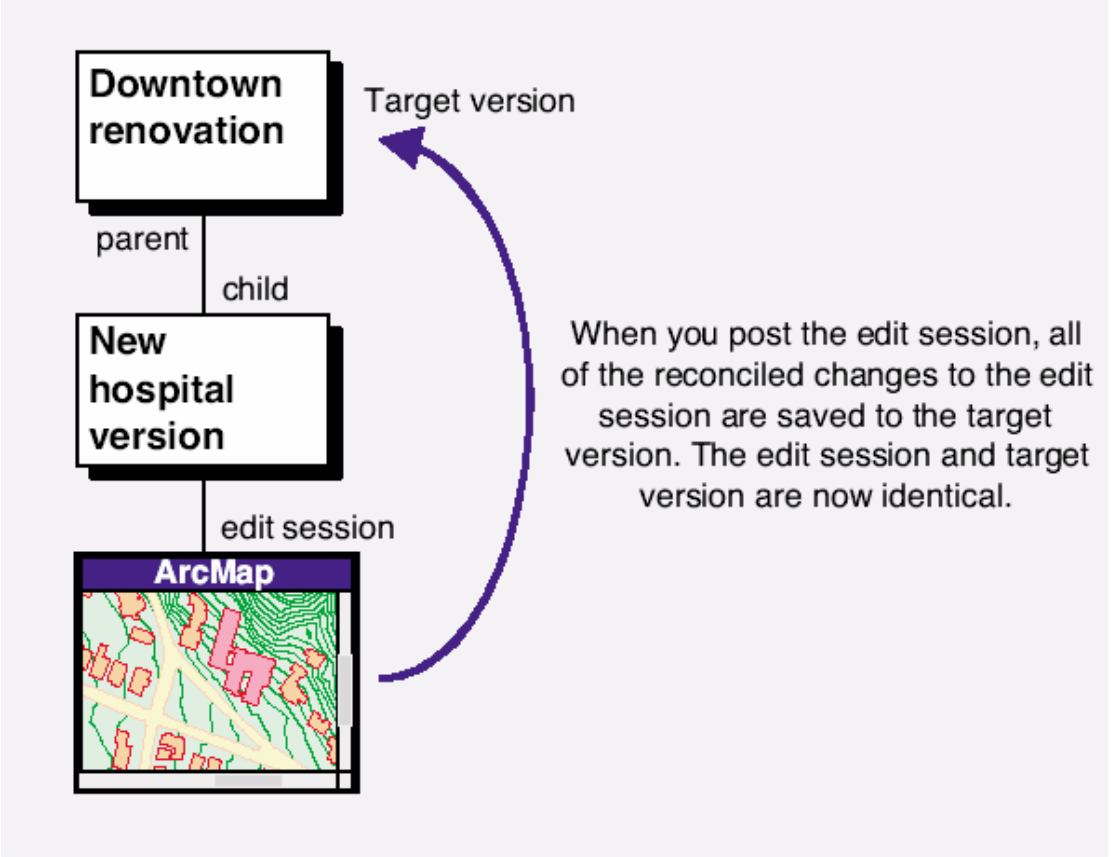
对于每个冲突，你都可以选择是否将你的编辑会话过程中的要素替代目标版本的冲突要素，将其作为你所做的编辑操作保存，当然也可以将它恢复到你开始编辑会话时的初始状态。

当操作与其它要素类中的要素相关联的要素的时候，必须多加考虑如何进行冲突协调。细节上，可以查看本书的第 11 章。

7.4.4 版本提交

成功解决了冲突协调后，用户便可以向目标版本提交其编辑版本了。提交操作同时，编辑会话过程中的行状态与目标版本的进行比较。在同一时刻，这两个版本也进行了验证。

此时，用户可以继续在自己的编辑会话过程中完成更多的编辑操作，如果用户希望把这些变化应用到目标版本中的时候，还是会遇到协调冲突、冲突解决方案以及再次提交版本的过程。



版本提交，将编辑反馈到数据库中

如果某次版本提交后工程完成，用户可以返回到 ArcCatalog 目录中把正在编辑的版本删除，这样就停止了你的工作流中的那部分操作。

7.5 工作流类型

在机构中应用版本 geodatabase 的时候，用户必须选取一个或多个符合自己机构的商业操作的工作流。

底下是对版本支持的基本工作流的一个小结。用户的任务操作可以是这些工作流中的一个或者几个工作流的结合使用。

7.5.1 工作流类型

7.5.1.1、直接编辑

多用户访问 geodatabase 的最简单的工作流是直接编辑默认版本。

由于每个人都打开默认版本进行编辑，一个临时的版本被创建。此时，编辑者并没有意识到这个临时版本的创建，并且无法为这个版本命名。无论编辑者是在编辑会话过程时候的过程中间还是结束编辑时保存工作，这个临时版本将自动与默认版本进行冲突协调并提交给默认版本。

如果存在冲突，要想成功保存你的编辑工作必须先在冲突解决对话框中协调冲突。如果检验结果中没有冲突，编辑结果将直接提交到默认版本中。

这样一个工作流具有简单易行的优点。如果工作单元都是小规模的，并且没有可供选择的第二个可行方案或者历史快照存在的情况下，这个模式的工作流是最适合的。

7.5.1.2、二级树状

许多机构都使用比直接编辑工作流结构复杂的处理流程来跟踪那些零散的建造或维护工作单元。

这些工作单元一般需时几天、几星期或者几个月的间隔不等，这样的工作很多，比如添加新的电话服务、添加管道或电线杆和线进行线段延伸，还有新泵的添加或者电力设备的创建等等。

当新的工作秩序或者工程被初始化时，版本就被创建。一个和几个人同时对这个版本进行工作直到设计或者制造结束。在这时候，冲突协调以及版本提交同时完成，并将工作流中的要素融合进入默认版本中，删除工作流中的版本。

7.5.1.3、多级树状

一些机构的工程采用多级（三级以上）工作流结构，这样的工作可以按其功能或地理位置分类。

比如说，设计和制造新超市的工程可能包含有多个创建阶段。在地理位置上，将其分为东西部两部分创建，或者可以按创建行为分为框架创建、修建水气设备以及电力设施布置等等。

对于多部门多工作分组的大型工程，多级树状版本是组织这种大型工程的工作流的最有效途径。负责工程各部分工作的工作小组都拥有自己的版本，这样这些小组可以保留它们设计的私有观点，并且在这些设计实施创建时将版本提交。

7.5.1.4、循环

许多工程的完成需要请示和批准的流程，它们必须经过工程设计、行政批示（或者法规批准）后才能开展下一步的工作。

在这个过程中每个版本都代表工作流程的一个阶段。循环工作流可以记录每一个阶段的设计，当工程的最后阶段完成操作，便可以将这个设计方案直接提交给默认版本。

这个工作流保存了版本目录结构中每一步工作提交的成果，你可以通过父版本向默认版本或其它版本提交你的编辑操作。

7.5.1.5、历史快照

对于一些工程，保存一些反映工程历史状态的版本是非常必要的。

你可以定义一个工程的历史版本，工程版本提交给父版本的时候，保留这个版本作为其创建过程中的一个历史快照。

7.5.2 总结

实际上，你可能会应用直接编辑工作流模式，或者多种工作流模式组合使用。理解事务流的各个操作流程有助于你的 geodatabase 设计效果的提高。

作者：Michael Zeiler
译：邢超
校 ：邢超

声明：本书版权系 ESRI 出版社所有。本书是 ArcGIS 学习精品，与广大 GIS 爱好者共同分享。译校不做于商业用途。

第八章　网络分析

本章内容：

- 模拟基础设施
- 网络模型
- 要素的连接
- 网络要素
- 网络流
- 对网络进行分析
- 网络对象模型

网络模型能模拟人流和资源流（如电、气、水和交通）。在 ArcInfo 中用几何网络来描述这些线性系统。

8.1 模拟基础设施

世界经济的基础是它的基础设施：所有的高速公路、电缆和各种能进行人、能量、商品和思想流动的传输途径。

这些基础设施可以用网络模型进行模拟，这些网络模型的形式、容量和效率对我们的生活标准和我们对周围世界的看法会有很大的冲击和影响。

ArcInfo 8 引入了一个新的网络模型——几何网络模型，它是经过数年的对交通和其它网络的模拟实践后提出的。几何网络模型可以使你对现实世界中复杂的基础设施的模拟达到一个新的水平。

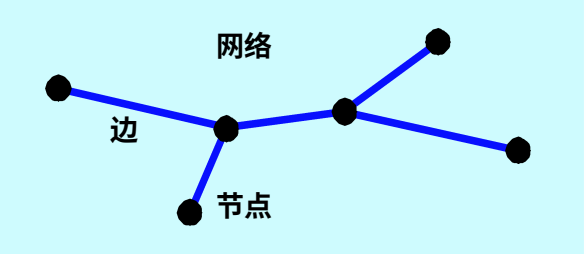
几何网络模型具有以下主要优点：

- 网络编辑非常简单。当你向网络中添加要素时，根据网络连通性规则可以保证它们能合理地进行连接。
- 网络要素能模拟网络中复杂的部分，如开关。这可以使编辑过程简化并且使你在网络的表达中仅用较少的要素就能创建更美观的地图。
- ArcInfo 中具有简单和复杂网络分析的解决方案，易于使用。即使是非常大的数据集，网络分析的速度也很快。
- 网络模型具有版本化功能。很多人根据他们的工作流程可以同时编辑相同的网络。

在本章中，着重介绍网络模型的重要性能，揭示几何网络模型及隐藏在其背后的逻辑网络模型如何来模拟复杂的交通系统、能量系统和通讯系统。

8.1.1 网络及其应用

网络的组成很简单。包括两种基本的组成成分：边线（edge）和交汇点（junction）。



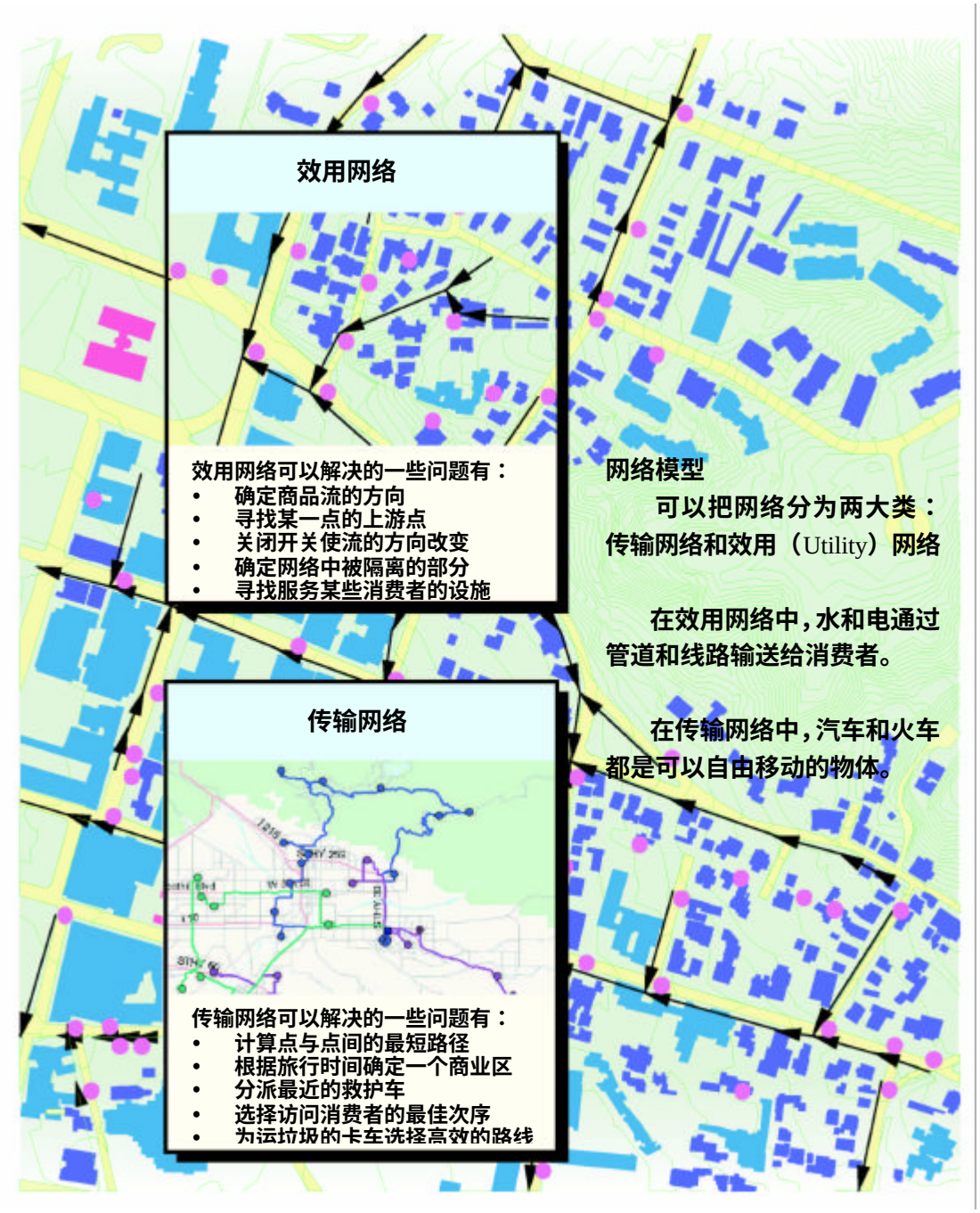
边线的一些例子，如街道、传输线路、管道以及河段等。

交汇点的一些例子，如街道交叉点、保险丝、开关、服务中心以及河流的汇合点等。

边线和边线之间通过交汇点相连，流（flow）（如汽车流、电流和水流）可以从一条边线传输到另一条边线。

根据这个简单的思想，我们可以建立网络模型服务于很多行业。以下是其中的几个例子：

- 铁路制定时刻表提高火车与运输集装箱的卡车之间的联合运输效率。
- 包裹速递服务部门优化在街区系统中的包裹传递。
- 电力部门根据受影响的消费者的电话来确定发生电路故障的位置。
- 环保部门根据对水流中不同地点的水样分析来追踪污染物的流向。
- 某地区交通部门根据交通数据来规划将来的高速公路建设。
- 学校寻找一条优化的行车路线接送学生上学和回家。



网络模型

可以把网络分为两大类：传输网络和效用（Utility）网络

在效用网络中，水和电通过管道和线路输送给消费者。

在传输网络中，汽车和火车都是可以自由移动的物体。

8.2 网络模型

Geodatabase 对线性网络系统有两种描述模型：几何网络模型（ geometric network）和逻辑网络模型（logical network）。

几何网络模型是组成线性网络系统的要素的集合。几何网络模型是从要素集合的视角来看网络模型。

一个几何网络模型总是与一个逻辑网络模型相联系。逻辑网络模型是一个由边线元素和交汇点元素组成的网络图表。

这两种网络模型一起为存储和分析线性网络系统提供了丰富的工具。

8.2.1 几何网络模型

几何网络模型是要素的集合，是由边线和交汇点相连组成的系统。一条边线有两个交汇点，而一个交汇点可以与任何数量的边线相连。

边线要素可以在二维空间中相互交叉但不接触。一个典型的例子是桥梁跨过一条公路，这种情况被称为非平面交汇点（nonplanarity）。

描述边线和交汇点的要素被称为网络要素（network features）。只有网络要素能参与到几何网络模型中。

一个网络要素类（network feature class）是以下四种网络要素类型之一的集合：简单交汇点要素（simple junction feature）、复杂交汇点要素（complex junction feature）、简单边线要素（simple edge feature）、复杂边线要素（complex edge feature）。

一个以上的网络要素类便可以描述几何网络模型中的一个给定的拓扑关系。一个网络要素类严格地与一个几何网络相联系（即一个网络要素类只能参与一个几何网络）。

几何网络中的网络要素与其它的要素具有相同的特征：

- 可以为边线和交汇点创建尽可能多的必须的要素类。并且可以对这些要素类添加任何属性。
- 可以对主要的分类要素定义子类型（subtype），并且运用缺省值、属性域和分离/合并方法对属性表进行操作。
- 可以在网络要素之间以及网络要素与其它要素之间建立关联关系。
- 如果要进行高级应用，你可以扩展一个网络要素类并创建自己的网络要素。

网络要素具有保持连通性并自动更新网络元素（element）的特定的行为。

8.2.2 逻辑网络

与几何网络相似，逻辑网络也是相连的边线和交汇点的集合。主要的区别在于逻辑网络没有坐标值。它的主要目标是用特定的属性表存储网络的连通性信息。

既然逻辑网络中的边线和交汇点没有几何属性，因此它们不是要素，而是元素（elements）。在几何网络的网络要素和逻辑网络的元素间有一对一和一对多的关联关系。

一个几何网络总是与一个逻辑网络相联系，在你编辑几何网络要素的时候，相应的逻辑网络元素会自动更新。

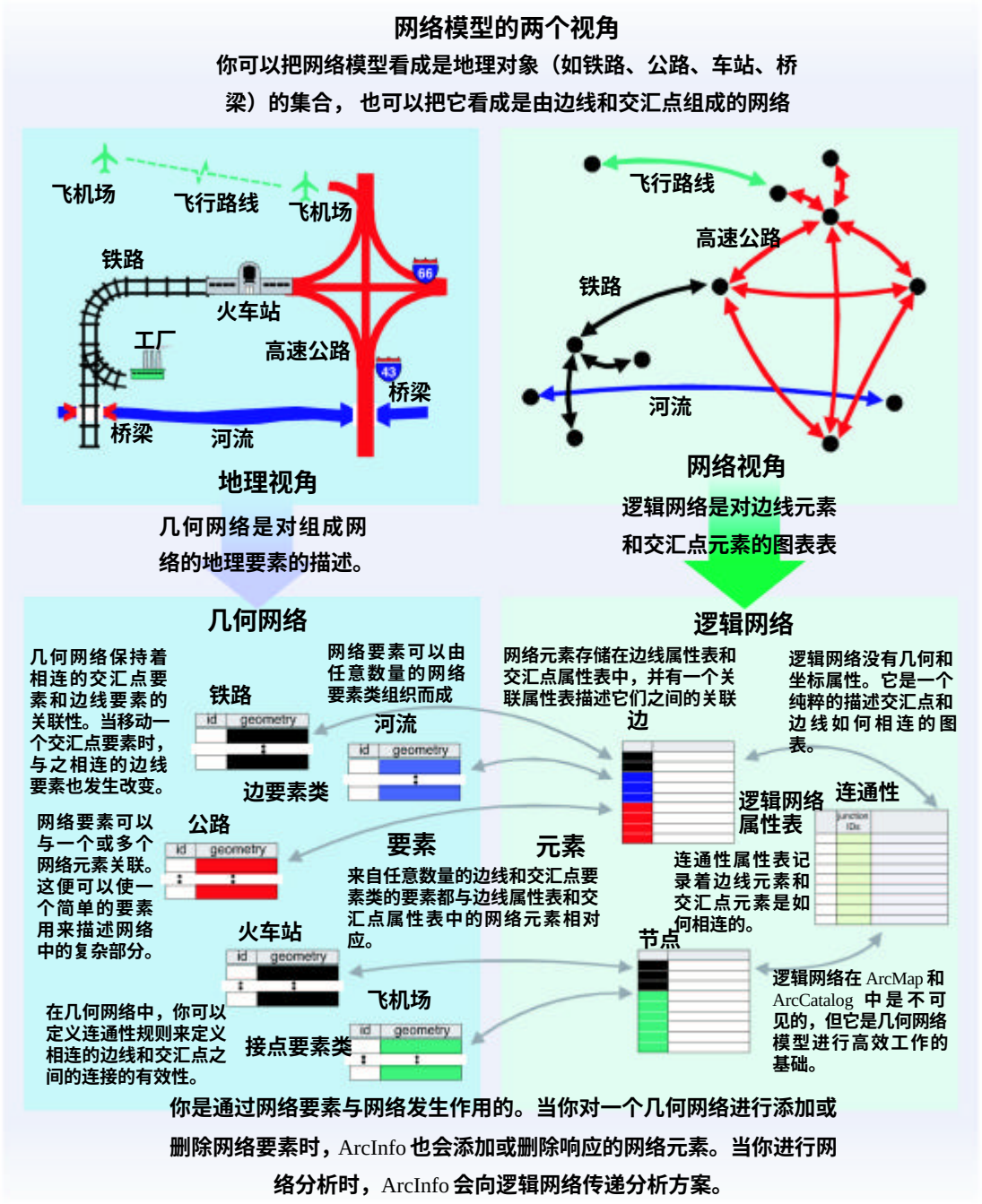
逻辑网络不直接出现在 ArcInfo 的应用中，与你直接接触的是几何网络。逻辑网络是网络要素进行复杂行为的基础。

8.2.2.1 阅读图表

以下是一张几何网络与逻辑网络的关系图表，它包含了本章的基本内容。

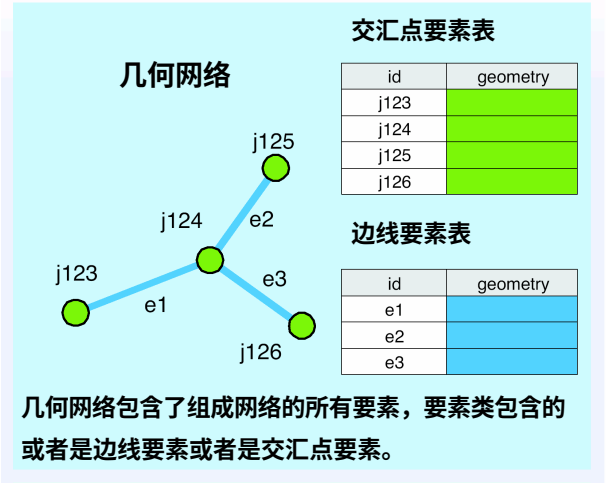
逻辑网络的大部分细节被简化了，因为没有必要让用户知道所有的内部执行细节。

由于逻辑网络在 ArcInfo 中的应用是不可见的，所以理解它的基本概念会使你深入了解建立网络模型的过程。

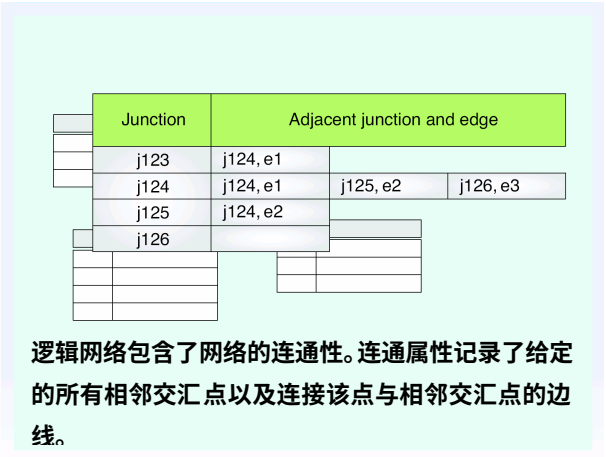

网络模型的两个视角
你可以把网络模型看成是地理对象（如铁路、公路、车站、桥梁）的集合，也可以把它看成是由边线和交汇点组成的网络
飞机场
飞行路线
飞机场
铁路
火车站
工厂
高速公路
桥梁
桥梁
河流
地理视角
飞行路线
高速公路
铁路
河流
网络视角
几何网络是对组成网络的地理要素的描述。
逻辑网络是对边线元素和交汇点元素的图表表
几何网络
几何网络保持着相连的交汇点要素和边线要素的关联性。当移动一个交汇点要素时，与之相连的边线要素也发生改变。
网络要素可以由任意数量的网络要素类组织而成
铁路
河流
边要素类
网络要素可以与一个或多个网络元素关联。这便可以使一个简单的要素用来描述网络中的复杂部分。
公路
要素
来自任意数量的边线和交汇点要素类的要素都与边线属性表和交汇点属性表中的网络元素相对应。
火车站
飞机场
接点要素类
在几何网络中，你可以定义连通性规则来定义相连的边线和交汇点之间的连接的有效性。
逻辑网络
网络元素存储在边线属性表和交汇点属性表中，并有一个关联属性表描述它们之间的关联
逻辑网络没有几何和坐标属性。它是一个纯粹的描述交汇点和边线如何相连的图表。
边
逻辑网络属性表
连通性
元素
连通性属性表记录着边线元素和交汇点元素是如何相连的。
节点
逻辑网络在 ArcMap 和 ArcCatalog 中是不可见的，但它是几何网络模型进行高效工作的基础。
你是通过网络要素与网络发生作用的。当你对一个几何网络进行添加或删除网络要素时，ArcInfo 也会添加或删除响应的网络元素。当你进行网络分析时，ArcInfo 会向逻辑网络传递分析方案。
几何网络和逻辑网络总是密不可分的。

8.3 网络要素的连接

逻辑网络的核心是连通属性表，连通属性表描述的是网络元素之间是如何相连的。



几何网络包含了组成网络的所有要素，要素类包含的或者是边线要素或者是交汇点要素。



逻辑网络包含了网络的连通性。连通属性记录了给定的所有相邻交汇点以及连接该点与相邻交汇点的边线。

对网络中的每一个交汇点来说，连通性属性表记录的是与该点相邻的交汇点和连接该点与相邻交汇点的边线。

连通性属性表说明了几何网络是如何保持其完整性的。

逻辑网络也包含有一个交汇点元素表和一个边线元素表。

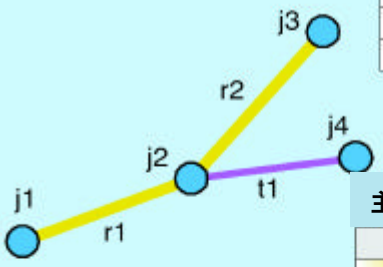
几何网络

卡车行驶路线

id	geometry
t1	

城市

id	geometry
j1	
j2	
j3	
j4	



主要铁路

id	geometry
r1	
r2	

几何网络可以包含任意数量的要素类。在这个例子中，有一个交汇点要素类（城市），有两个边线要素类将交汇点相连（主要铁路和卡车行驶路线）。

逻辑网络

节点要素表

Feature Class	Feature ID	
1	j1	0
1	j2	1
1	j3	2
1	j4	3

边要素表

Feature class	Feature ID	
2	r1	10
2	r2	11
3	t1	12

连通属性表

Junction	Adjacent junction and edge elements		
0	1, 10		
1	0, 10	2, 11	3, 12
2	1, 11		
3	1, 12		

逻辑网络通过要素 ID 标识不同的要素类。对每一对相关联的要素类和要素 ID，逻辑网络会创建自己内部的元素 ID.

交汇点元素表和边线元素表提供了一个唯一的元素 ID 用来表示要素类和要素 ID 的连接。

8.3.1 连通性规则

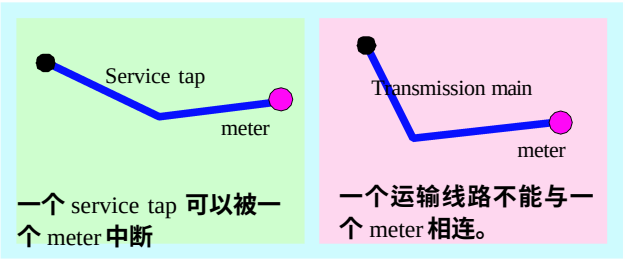
在大多数网络中，并不是所有的边线都可以与其它任意一个交汇点相连。同样，也不是所有的边线都可以通过一个特定的交汇点与其它任意一条边线相连。例如，在供水网络中一条支线水管可以与一条主水管相连，但却不能与一条服务支线水管（serveice lateral）相连。同样，一个直径为 10 英寸的传输管道只能通过一个减压阀与一个直径为 8 英寸传输管道相连。

网络连通性规则控制着那些可能相连的网络要素类型和数量。

几何网络中连通性规则可以让你很轻松地保持网络要素的完整性。在任何时候，你可以有选择地验证数据库中的要素，并形成报告说明网络中的哪些要素违背了某个连通性规则。以下是网络要素的连通性规则。

8.3.1.1 边线-交汇点规则（Edge-junction rule）

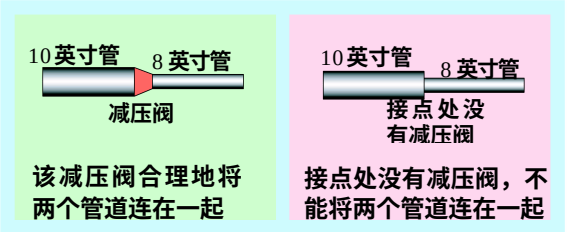
这个规则限定了对某一类边线可以与哪一类节点相连。



仪表只能与低压线路相连。

8.3.1.2 边线-边线规则（Edge-edge rule）

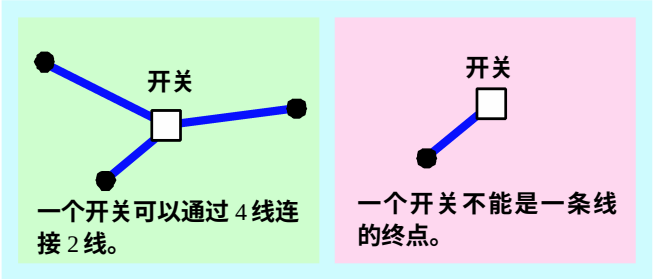
这个规则确定了什么样的两条边线可以通过一个给定的交汇点相连。



两种不同直径管道只能通过一个合理的减压阀进行连接。

8.3.1.3 边线-交汇点基数（Edge-junction cardinality）

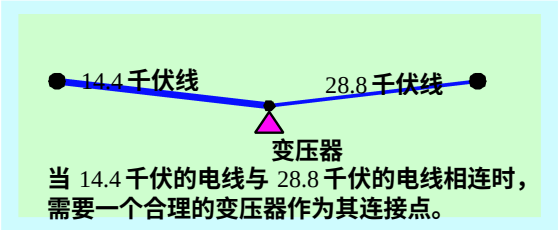
这个规则让你限定与一个交汇点相连的边线的数量（基数）。



一个特定类型的开关可以用来连接 2 线和 4 线。你可以精确定义与某个节点相连的线的数量和范围。

8.3.1.4 缺省的交汇点类型（default junction type）

当我们将一个类型的边线与另一个类型的边线相连时，可以定义一个连接这两条边线的缺省交汇点。



当一条 14.4 千伏的电线连接到一条 28.8 千伏的电线的末端交汇点时，需要在该点放置一个变压器。

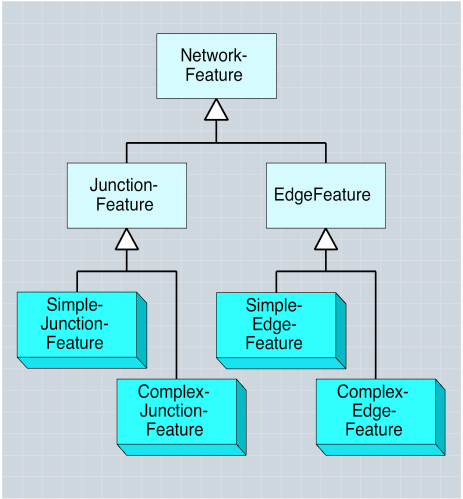
8.4 网络要素

在几何网络中，要素有四类：简单边线、简单交汇点、复杂边线和复杂交汇点。

在几何网络中，每个要素类包含以上四种要素类中的一种。一个几何网络可以含有起相同作用的多个要素类。

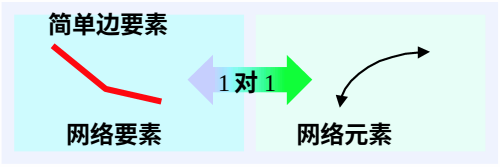
以下是 Geodatabase 数据模型的简化显示。

有两类网络要素：交汇点和边线。有两种类型的交汇点要素：简单交汇点要素和复杂交汇点要素。有两种类型的边线要素：简单边线要素和复杂边线要素。

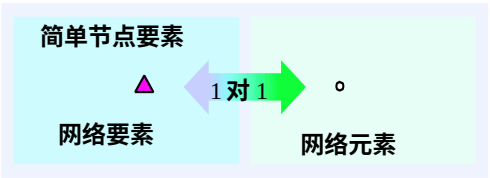


8.4.1 网络要素小结

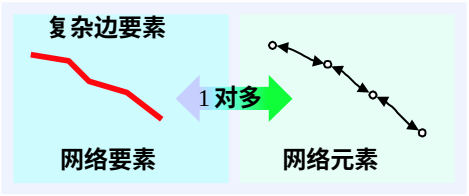
简单边线要素与逻辑网络中的一条边相联系。



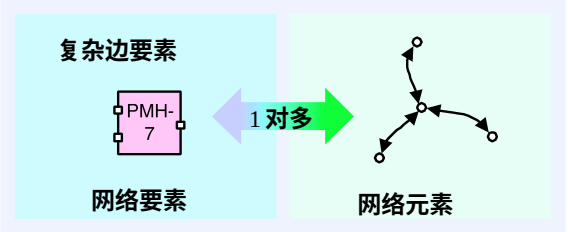
简单交汇点要素与逻辑网络中的单个点相对应。



复杂边线要素与逻辑网络中的一些数量的边相对应。这些边必须是一个链状结构。



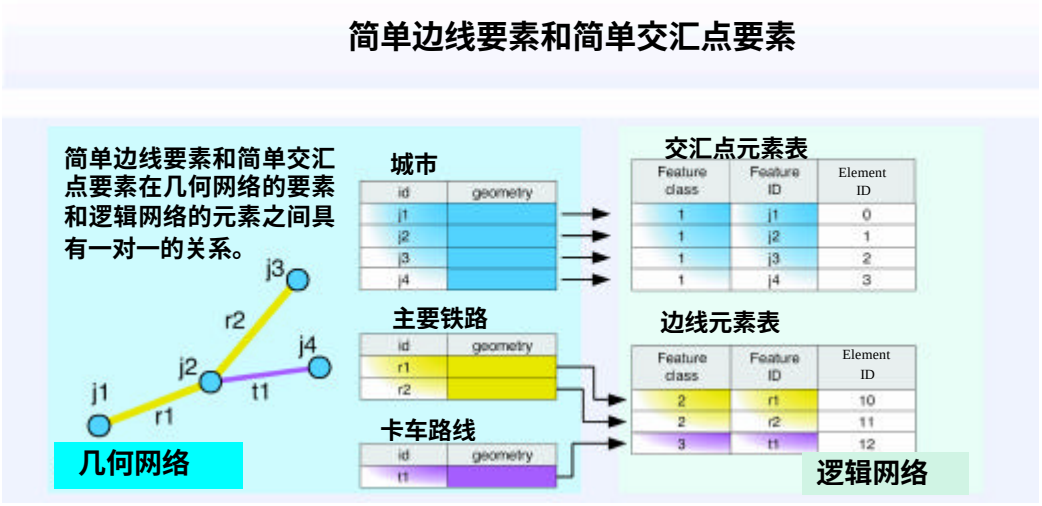
复杂交汇点要素与逻辑网络中的边和节点的集合相对应。这些边和节点是相连的并且可能以各种任意的拓扑结构出现。这些元素可以被看成是由一个复杂的节点元素表示的内部网络。

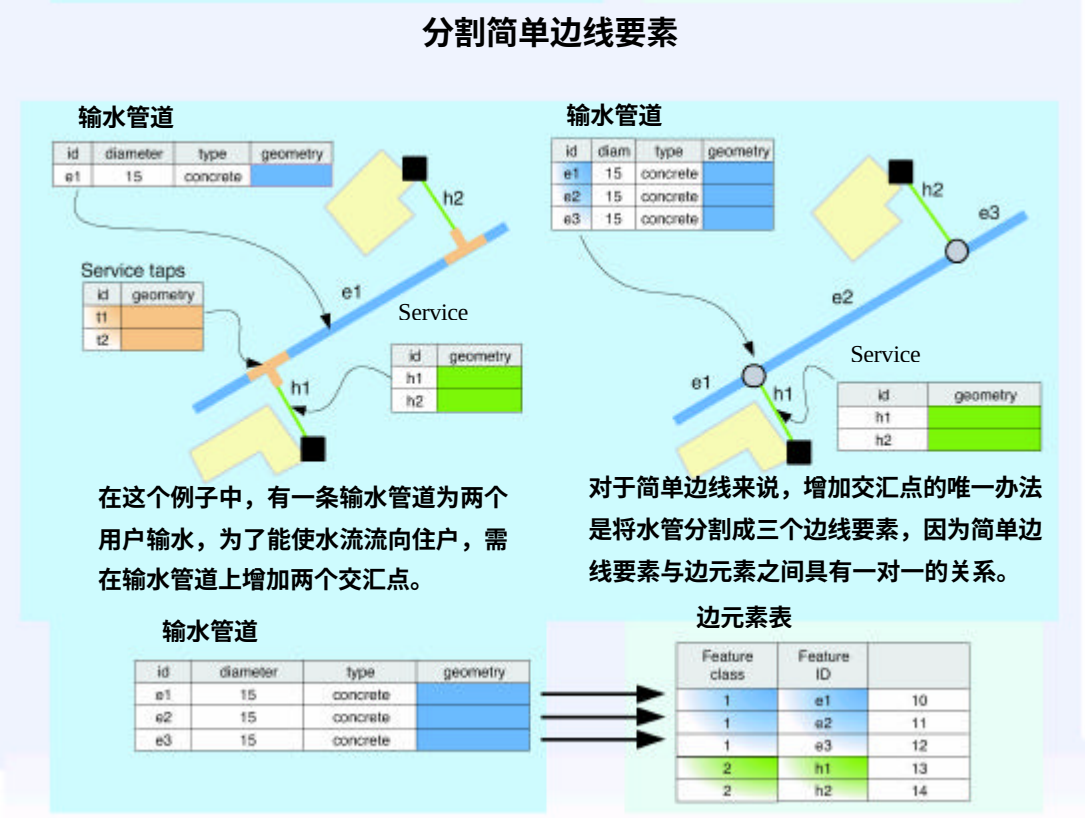


复杂交汇点要素必须通过编写用户要素类型才能实现。如果没有编写适应 ArcInfo 类扩展框架的程序代码，你便不能根据复杂节点要素创建一个新的要素类。

8.4.1.1 简单边线要素和简单交汇点要素

这些网络要素与网络元素之间有一对一的对应关系。它们适合于描述简单的网络，但是边线分离的情况表现出了简单网络要素的一个局限性。





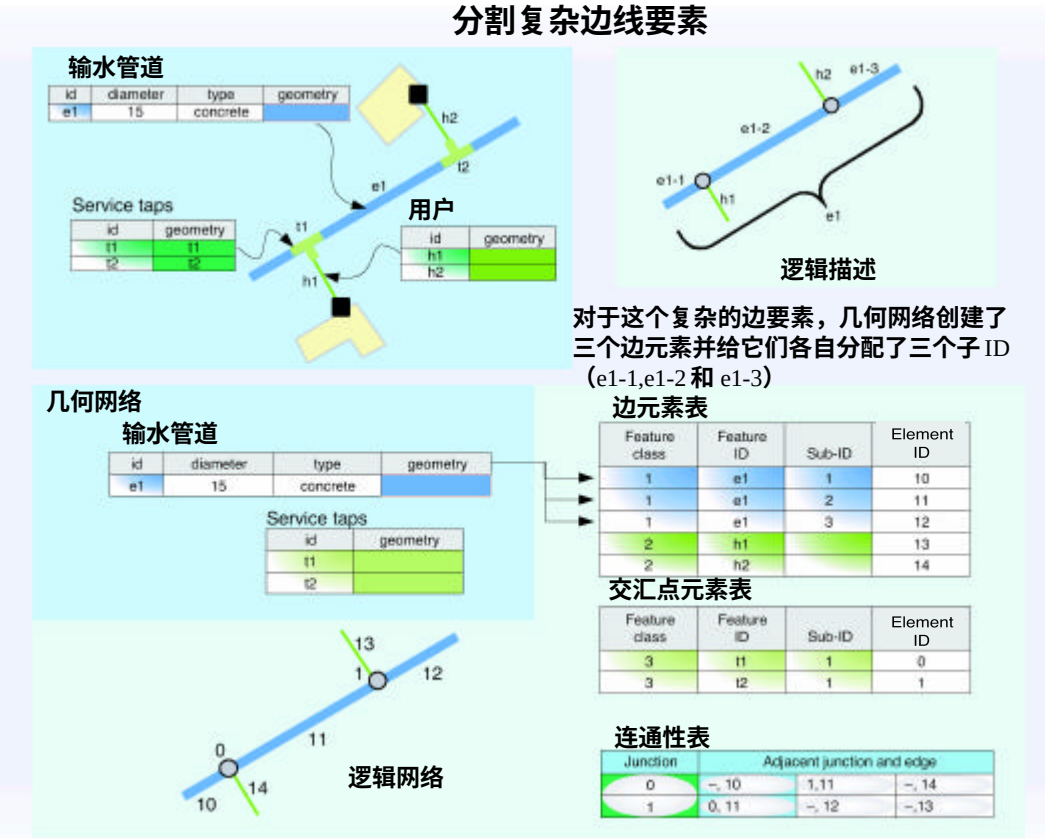
8.4.1.2 复杂边线要素

假设你的数据是一个市政输水管道，该管道沿着一条街有几百米长。沿着这条水管有水栓与到用户的水管相连。理想情况下你的所有数据查询和管道维护都需要把这条管道当成一个要素来对待。

但是由于你的网络分析需要模拟水从管道到用户的流动，所以逻辑网络需要将每两个水栓之间的管道部分当成一个要素来处理。如果使用简单边要素，水管干线将会被分割成很多部分，每两个交汇点之间是一部分。因此，与以前的一条完整的长水管干线相比，现在将水管干线分成了很多段，这增加了数据查询和维护的难度。

如果用简单边线处理，一个简单要素不得不分割成很多要素以便与其它要素相连，这对很多数据库来说是不适宜的，因为这会导致分段数据库和使操作规则变得复杂。

复杂边线要素通过允许在沿着管道方向上的任何位置放置节点而不创建新的边线要素来解决分段问题。有复杂边线要素的几何网络为每个边线要素创建很多的边元素。

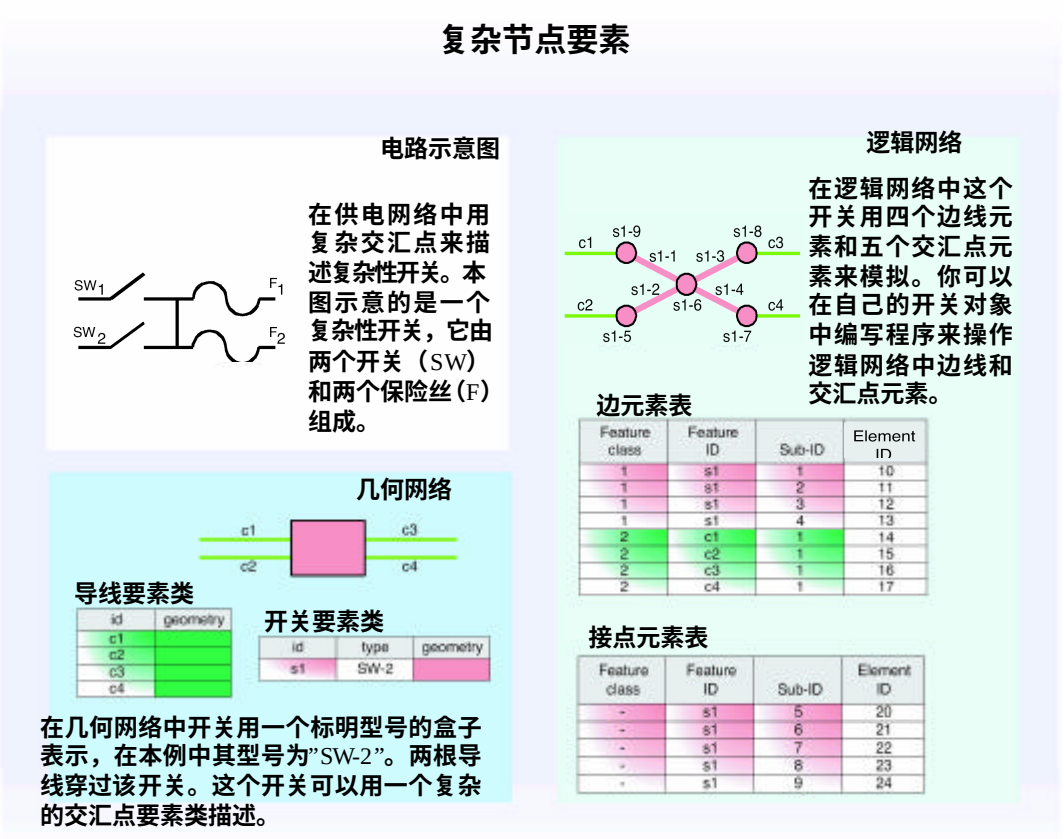


8.4.1.3 复杂交汇点要素

在逻辑网络中复杂交汇点要素可以包含任意数量的边线和交汇点元素。

理解复杂交汇点要素的最好方法是将其想象为一个供电网络中的开关盒。开关盒实际上是一个微型的网络，它由许多自己的简单交汇点和简单边线组成。

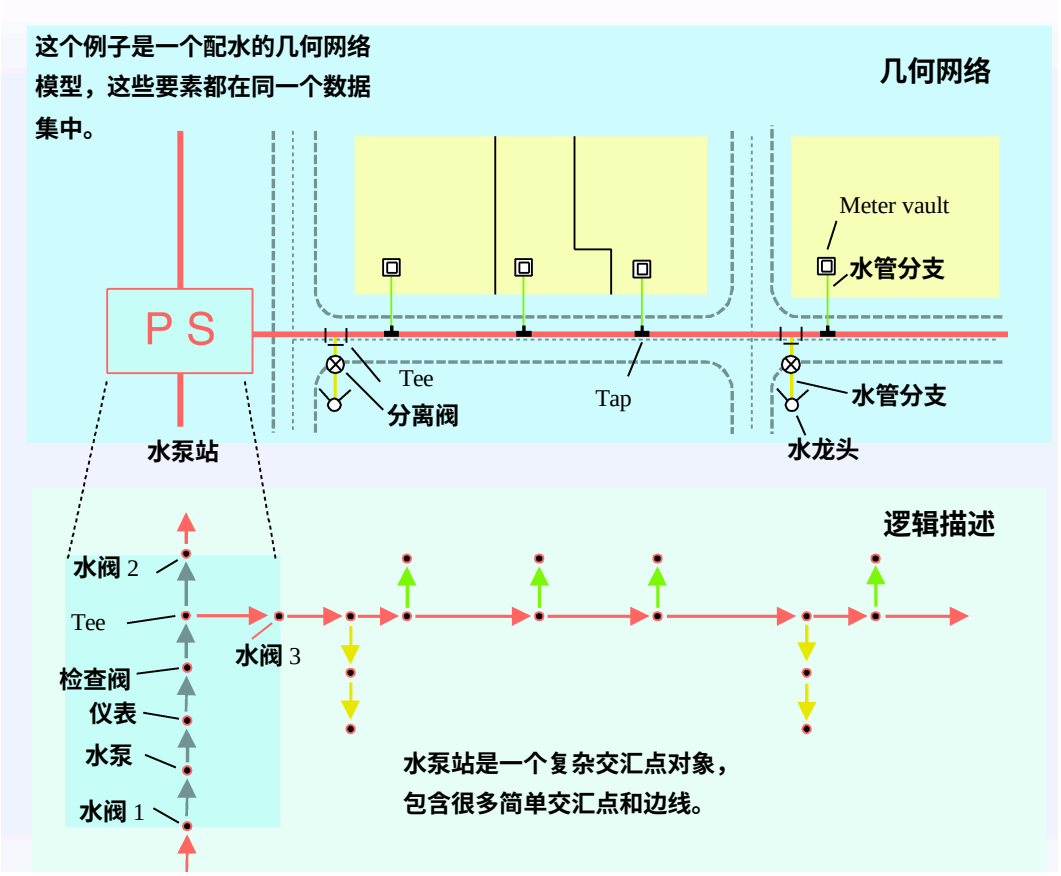
复杂交汇点是对网络的理想化模拟，就象电源开关的例子一样。复杂的交汇点可以包含任意数量的边线和交汇点。



8.4.1.4 泵站的模拟

下面的例子是用复杂交汇点来描述一个水泵站。水泵站用盒子表示。在这个盒子中是一个微型的网络，它包含了三个水阀，一个检查阀，一个水泵，一个仪表和一个球座（tee），在一个复杂交汇点中，以上这些元素都用简单交汇点来描述。

在 ArcInfo 中，开发者以定制要素的方式创建复杂交汇点，执行交汇点在逻辑网络中存储的规则。



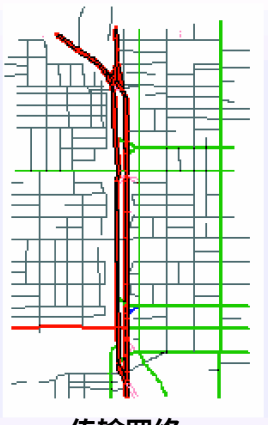
8.5 网络流

网络可以分为两类：效用（Utility）网络和传输网络。在传输网络中，商品通过车辆在网络中流动，它们有“自己的意志”，因为车辆的驾驶者可以决定商品如何在网络中流动。在效用（Utility）网络中，网络中流动的物质（如水、电、石油等）没有自己的意志。网络通过设置源（source）、汇（sink）和开关（switch）来控制流的方向。

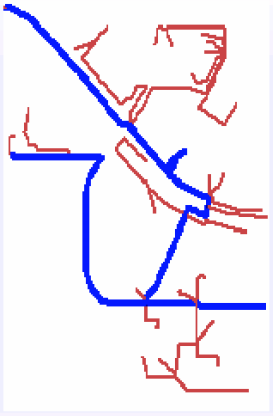
在效用（Utility）应用网络中，网络的物质流动方向是网络的核心部分。例如，如果水从一个孤立的管道的两端流入通常是件坏事，要么水会回流，要么管道会破裂。

如果几何网络要作出决策，例如是否关闭一个开关或打开一个阀门，你必须清楚你的决定是否会导致网络中物质的错误流动。在分析过程中，通常要知道某一位置的下游（沿着水流方向）是什么要素或上游（沿着水流的反方向）是什么要素。

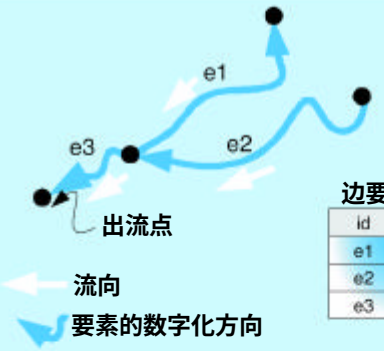
几何网络有一种方法确定水流方向。该方法是根据网络中源和汇的设置和每个要素的激活状态来决定物质是如何流动的。这种方法的结果是沿着每条边排列物质的流向，相对于边要素的数字化方向，它们要么沿着要素的方向，要么逆着要素的方向。



传输网络



效用网络



所有的线要素都有一个隐含的数字化方向，这个方向就是（x,y）坐标的顺序。这是一个简单的水流网络的例子。所有的水流向出流点。水流方向与要素 e1 的数字化方向相反，但与要素 e2 和 e3 的数字化方向相同。

逻辑网络

边元素表

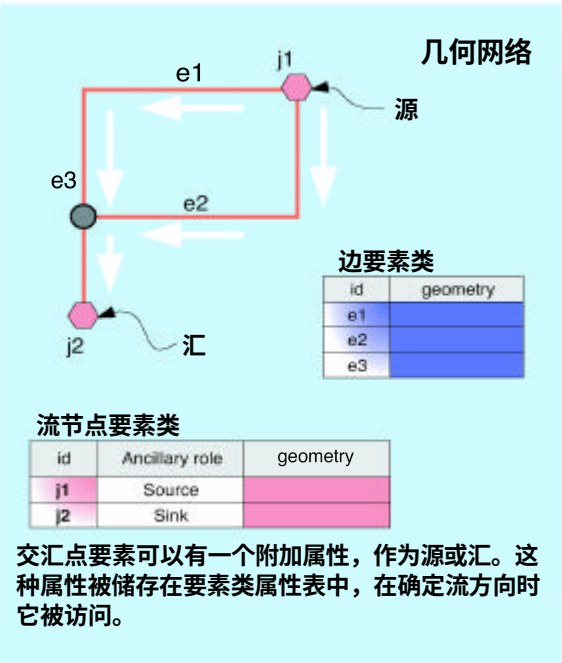
Feature class	Feature ID	Sub-ID	Element ID	Flow direction
1	e1	1	10	Against
1	e2	1	11	With
1	e3	1	12	With

在几何网络中确定流方向的方法是计算逻辑网络中每个边元素的流方向属性。有两个可能的结果：流向是沿着数字化的方向或流向是逆着数字化的方向。这种流向信息对很多应用是非常重要的。当流向信息在几何网络中进行显示时会用到这些信息。

8.5.1 源和汇

在效用（utility）网络中，源和汇被用于确定水流的方向。任何交汇点要素类可以作为一个源或作为一个汇。一个源是指物质流开始时的交汇点，比如一个水源泵。一个汇是所有物质流的终点，比如一个废水处理厂。

当你建立一个几何网络时，你可以指定交汇点要素是否具有这种附加属性。如果它们有，可以用编辑器（Editor）来设定要素类的某个交汇点为源或汇。



这个附加属性字段可以帮助确定一个交汇点要素和元素是源或汇。

8.5.2 未激活态要素（disabled feature）

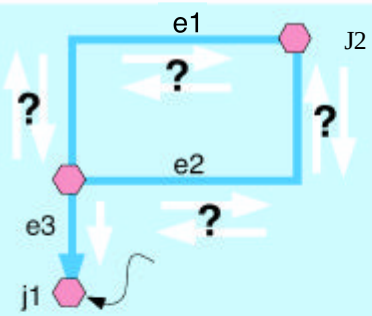
参与网络的所有要素都两种状态：激活态（enabled）和未激活态（disabled）。处于未激活状态的要素不参与网络流，即没有流流向该要素或从该要素流出。未激活状态要素能用来描述处于开放状态的电源开关或处于关闭状态的水阀。

源、汇和激活/未激活态共同影响和确定网络的流。

8.5.3 不确定性流

当源、汇和未激活的要素没有给出足够的信息时会发生无法确定一条边的流向的情况。当一条边的流向无法确定的时候，就称它为不确定性流。

当用于确定流向的方法不能判断网络中的物质流向时就会产生不确定性流。



几何网络

只给定源、汇和激活态要素的配置情况是不可能确定流的方向的。在这个例子中，无法通过边 e1 和边 e2 确定流的方向，因为它们构成了一个循环。如果把接点 j2 变成一个源的话，将会打破这种循环。

逻辑网络

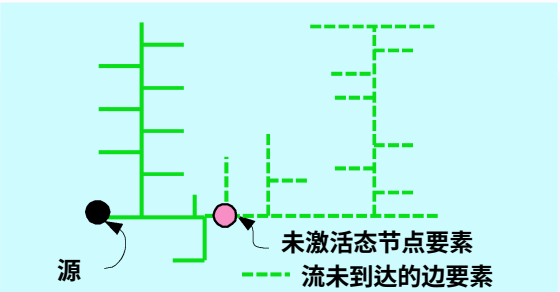
边元素表

Feature class	Feature ID	Sub-ID	Element ID	Flow direction
1	e1	1	10	Indeterminate
1	e2	1	11	Indeterminate
1	e3	1	12	With

当网络流向无法确定的时候，确定流向的方法将会用“不确定流（indeterminate）”作为流向。

8.5.4 未初始化的流

当由于某些边线与网络的其它部分（有网络流）未连接上时而使流中断，这种情况的流被称之为未初始化流。



当确定流的方向时，一些边要素可能由于它们与网络的其它部分没有连接上而无法使流到达。在这个例子里，未到达边由于一个交汇点要素是未激活态而无法与网络连接。

8.5.5 权重

边线和交汇点可以带有任意数量的权重。权重典型的应用是用于计算穿越一条边线或穿过一个交汇点时的费用。典型的权重是边线的长度。权重由边线和交汇点要素类的字段值来产生。



权重是用逻辑网络来存储的，所以分析程序可以很有效地访问它。当在要素表中的一个权重值被改变后，逻辑网络中的相应权重值也会自动更新。

任何数字域的字段都可以是权重。要确定哪个字段为权重完全依赖于你要进行的分析的需要。

8.6 网络分析

在 ArcInfo 中，网络分析是指遍历整个相连的网络后获得一些有意义的结果的过程，比如寻找某一点的所有的上游元素或找出两点之间的最短距离。

当然也有其它的方法来进行网络分析。例如，你可以用 ArcMap 中的基本选择工具选择边线要素，然后对它们进行计算和统计，如计算某类型边线的总长度。毫无疑问，这是一种在网络中进行的有效分析，但它不能叫作“网络分析”，因为没有涉及网络的连通性。

8.6.1 解决方案（solver）

能进行网络分析的程序叫作 solver，因为它能解决一些问题，如通过关掉一些阀门来阻断到某一边的流。对本例的流隔离程序来说，输入值是逻辑网络、要分离的边线以及一组作为阀门的交汇点。输出结果是一组要被关闭的阀门。除了输入时总是要包括逻辑网络外，程序的输入和输出没有别的规定。

程序应该有用户交互界面用来指定输入和结果报表的输出。执行相同任务的程序通常可

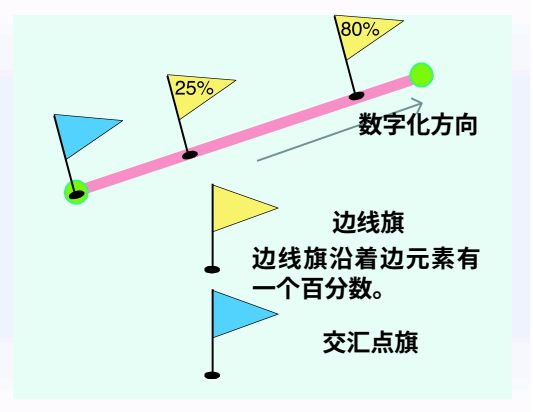
以嵌入到相同的用户界面框架中。例如，ArcInfo 路径搜索程序都集中在同一个工具条中。ArcMap 自然是程序用户界面的一部分，因为 ArcMap 是你确认图形输入（如输入路径搜索的起点）的地方。

为解决网络分析的很多类型需要有很多不同的程序。ArcInfo 提供了一组丰富的程序处理很多相同类型的问题。如果你的网络分析是不常见的类型，你可以用能访问 ArcInfo 组件的程序语言来编写自己的处理程序。

8.6.2 网络旗（NetFlag）

一个 NetFlag 是网络中的一个位置。程序用 NetFlag 表示大量的现实世界的对象，如最短路径的终点，路径搜索的起点，阀门的位置，服务对象的位置等等。NetFlag 不是逻辑网络的一部分。它们可以用来描述网络中的任何位置。

有两种类型的 NetFlag：边线旗（Edgeflag）和交汇点旗（Junctionflag）。 NetFlag 的属性包括逻辑网络元素的要素类、要素 ID 和要素子 ID。一个边线旗包含沿着边元素的那一部分。这意味着边线旗可以落在边的任何一个位置，从零（一个边的端点）到百分之百（到该边的另一个端点）。



边线旗可以用以描述网络中的任何位置。例如访问最短路径上的任何位置，搜索路径的起点，一座仓库或一个服务中心，一个阀门、一个开关或一个变压器等。解决程序在很大程度上依靠 NetFlag 来描述输入的参数。

8.6.3 障碍（Barrier）

障碍是网络分析程序用来描述未被激活（disabled）的逻辑网络元素。障碍是将一个元素的激活/ 未激活的状态设为未激活态，但它不存储在逻辑网络中，它们仅被网络分析程序识别。障碍仅是一种暂时的将元素设为未激活态的方法。障碍或者是边线元素或者是交汇点元素。

对一个网络分析程序来说，有四种方法补捉和描述障碍。一个设计得很好的网络分析程序会含有这四种方法。

在网络分析程序中设置障碍的方法有：

- 可以交互式地增加简单障碍。
- 可以在你的选择工具中使用要素。
- 可以是要素类的状态设为未激活态。
- 可以用权重作为过滤器。

8.6.4 追踪（Tracing）

目前的 ArcInfo 网络分析程序可以处理一类 Utility 网络问题，名为追踪。未来的 ArcInfo

版本将会包含更多的这样的程序。

追踪的意思是在网络中沿着流搜索直到一些条件被满足。当你听到一些问题如下表述时，“逆着网络流搜索直到找到变压器”或“沿着流向上游追踪直到找到第一个出流点”或“沿着流向上游搜索直到找到所有的阀门”。你会非常肯定地使用追踪网络分析程序来寻找答案。

ArcInfo 追踪分析包括上游追踪、下游追踪、隔离追踪和路径追踪。

8.6.5 权重（Weight）

在逻辑网络中选择哪条边线或哪个交汇点的属性作为权重，要根据你的分析程序的需要。如果没有分析程序需要应用权重，那么也没必要给网络增加一个权重。例如，追踪分析程序是典型的不需要权重的程序，它需要的只有逻辑网络中的连通性信息。

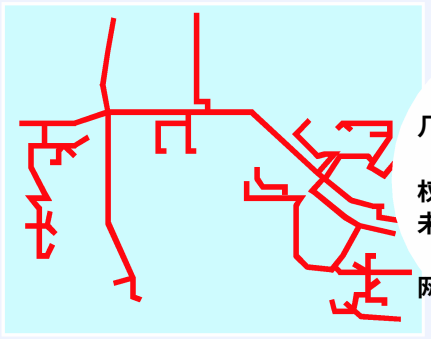
假如你有一个配水网络，其中有一个数字域属性包含了管道制造商的 ID 值，除非你有一个网络分析程序能用到它，否则没有必要增加这样一个属性。即使是你有一个最短路径网络分析程序，利用制造商的 ID 值来寻找最短路径也是没有意义的。

假设你有一个分析程序能够找到所有的具有某一特定特征的边线之间的交汇点。你可能想使用这个分析程序寻找由制造商 100 生产的管道与制造商 151 生产的管道相交的所有交汇点，那么在这个例子中，把制造商的 ID 值作为一个权重是有意义的。

以下的表格列举了一些可能的权重属性与可能应用到这些权重的分析程序。

权重描述	应用
边的长度	最短路径分析程序。很多程序都需要边长
管道的直径	计算网络中的压力或水头的分析程序
阻抗（电阻）	在一个供电网络中计算电压落差
穿过某一条边的时间	最短路径分析
街道中车道的数量	计算一条街道中的交通容量
道路的分类	在一个分级最段路径分析中描述网络的分级
英里/小时	应用到一个允许动态计算权重的最短路径算法中
冒险的物资运输路线	作为一个过滤器使用—寻找一条冒险的物资运输路线
使用某条道路的费用	选择实际费用最小的最短路径

网络分析算法



解决方案输入

逻辑网络

几何网络

简单障碍

权重过滤

未激活态要素类

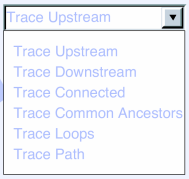
算法参数

网络旗的集合

Selection Sets

在 ArcMap 中，可以让一定的要素类处于未激活状态、创建一个选择集或设置算法参数的方式来确定障碍、过滤器和 Netflags 的位置，并由此来交互地设置网络的状态。

网络算法



一旦网络的状态被设定后你就可以选择你想执行的算法。

分析结果输出

边和节点

元素集合

Netflags 集合

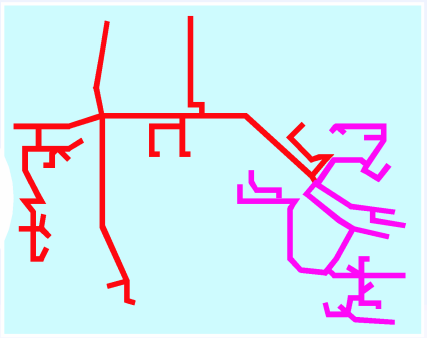
算法参数

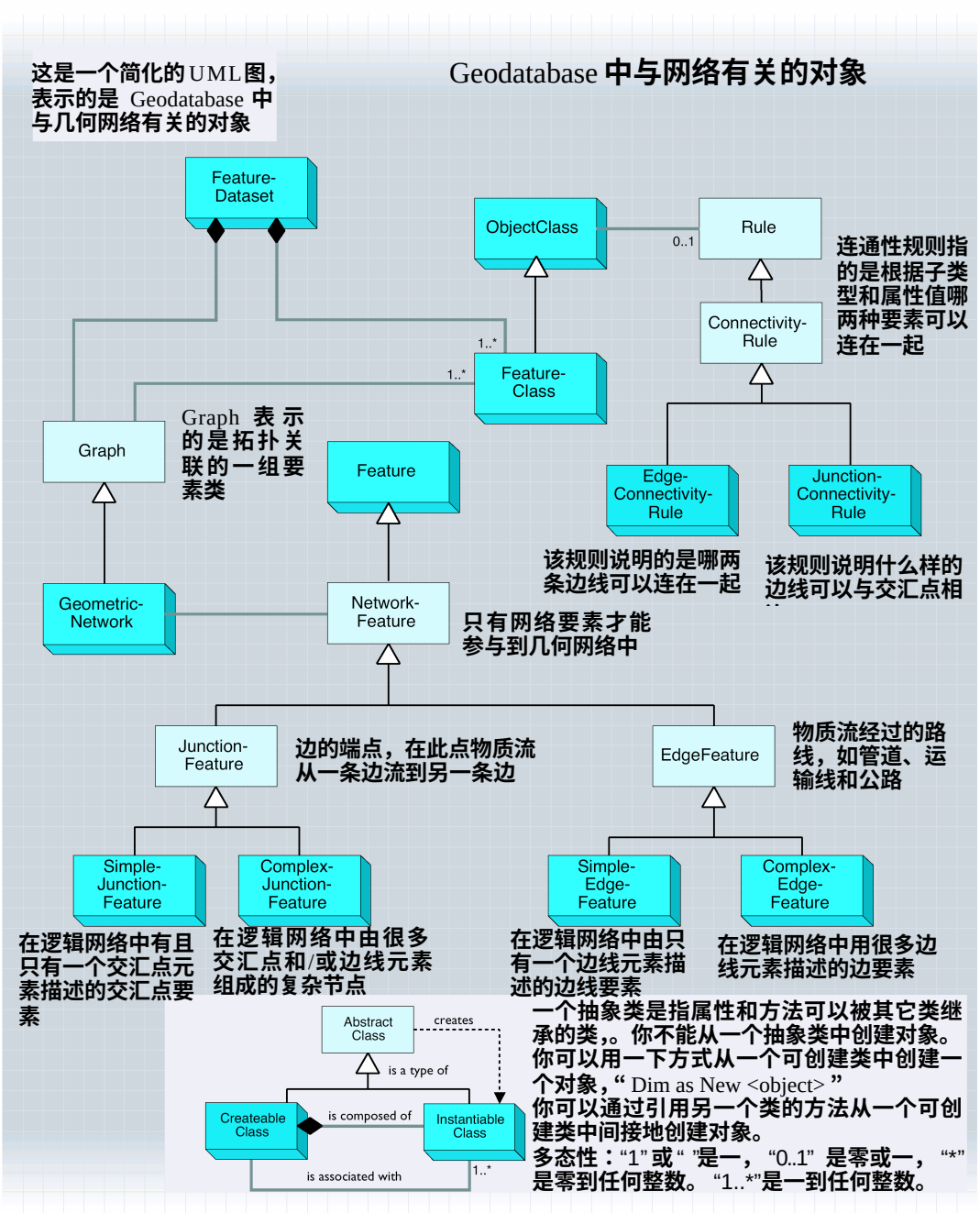
分析结果有几种形式，如一个简单的数字。最典型的输出结果是元素和 Netflags 的集合。

网络分析算法能将追踪结果以算法图的形式在地图中表示出来，它可以确定追踪过程中与网络元素相匹配的网络要素。你可以设置几个制图参数来控制结果的显示外观。

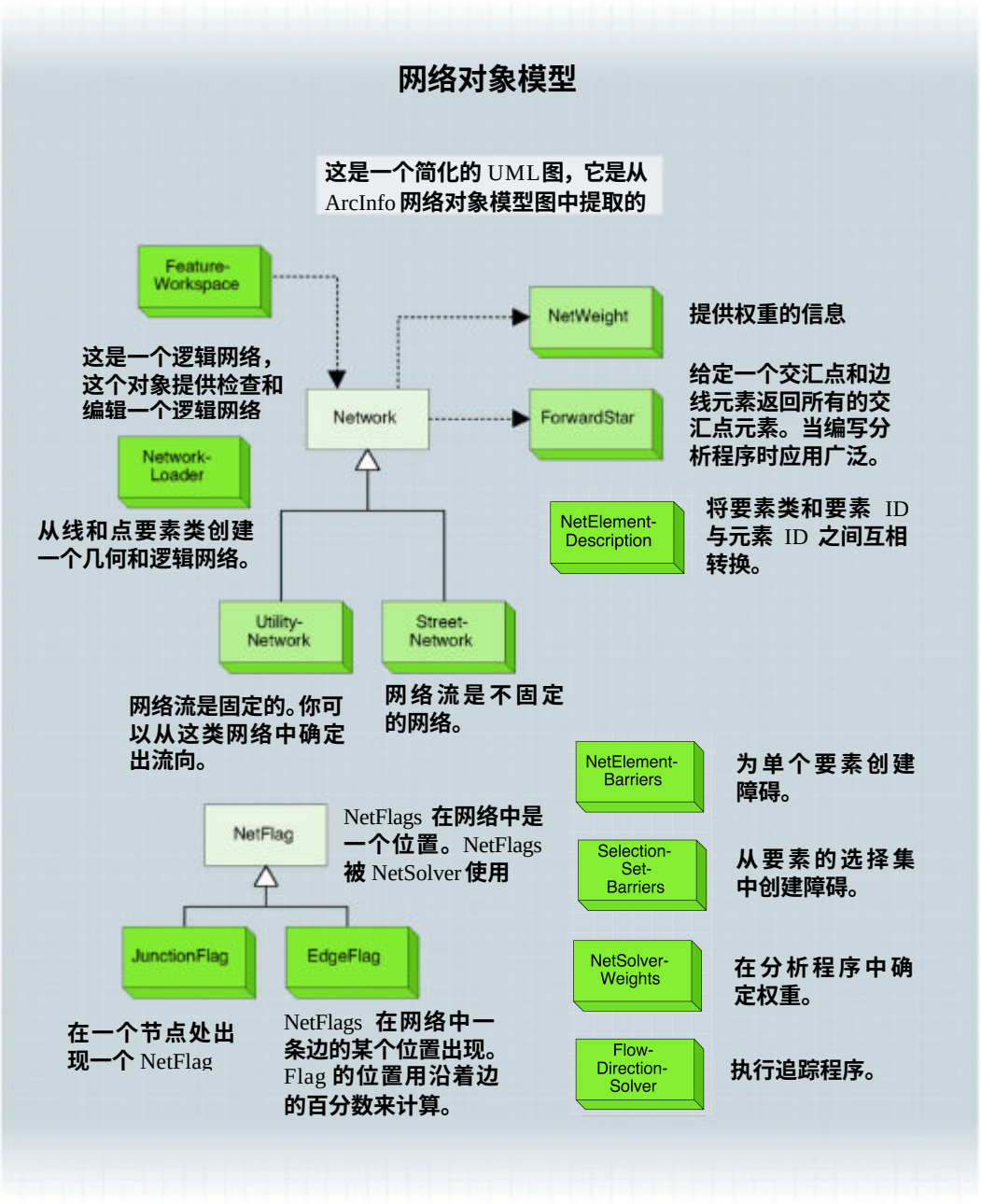
结果修饰

绘制网络分析结果中的网络元素




这是一个简化的UML图，表示的是 Geodatabase 中与几何网络有关的对象
Geodatabase 中与网络有关的对象
Feature-Dataset
ObjectClass
Rule
0..1
连通性规则指的是根据子类型和属性值哪两种要素可以连在一起
Connectivity-Rule
1..*
1..*
Feature-Class
Graph
Graph 表示的是拓扑关联的一组要素类
Feature
Edge-Connectivity-Rule
Junction-Connectivity-Rule
该规则说明的是哪两条边线可以连在一起
该规则说明什么样的边线可以与交汇点相
Geometric-Network
Network-Feature
只有网络要素才能参与到几何网络中
Junction-Feature
边的端点，在此点物质流从一条边流到另一条边
EdgeFeature
物质流经过的路线，如管道、运输线和公路
Simple-Junction-Feature
Complex-Junction-Feature
Simple-Edge-Feature
Complex-Edge-Feature
在逻辑网络中有且只有一个交汇点元素描述的交汇点要素
在逻辑网络中由很多交汇点和/或边线元素组成的复杂节点
在逻辑网络中由只有一个边线元素描述的边线要素
在逻辑网络中用很多边线元素描述的边要素
Abstract Class
creates
is a type of
Createable Class
is composed of
Instantiable Class
is associated with
1..*
一个抽象类是指属性和方法可以被其它类继承的类，。你不能从一个抽象类中创建对象。
你可以用一下方式从一个可创建类中创建一个对象，“ Dim as New <object> ”
你可以通过引用另一个类的方法从一个可创建类中间接地创建对象。
多态性：“1”或“ ”是一，“0..1” 是零或一，“*”是零到任何整数。“1..*”是一到任何整数。

8.8 网络对象模型



作者：Michael Zeiler
译：潘志强
校 ：张俊

声明：本书版权系 ESRI 出版社所有。本书是 ArcGIS 学习精品，与广大 GIS 爱好者共同分享。译校不做于商业用途。

第九章 基于像元的栅格数据模型

本章内容：

- 用栅格数据模型来描述地理现象
- 使用栅格数据
- 栅格数据模型
- 栅格的显示与分析
- 栅格数据间的空间关联
- 栅格数据格式
- 栅格对象模型

一些地理现象可以用具有属性值的格网模型来描述，这种数据结构被称为栅格数据模型。

作者：Michael Zeiler
译：潘志强
校 ：孙朝阳

声明：本书版权系 ESRI 出版社所有。本书是 ArcGIS 学习精品，与广大 GIS 爱好者共同分享。译校不做于商业用途。

9.1 用栅格数据模型来描述地理现象

栅格数据模型是一个由大小相同的像元组成的矩阵，这个矩阵作为整体用来描述专题数据、光谱数据和照片数据。栅格数据可以描述任何事物，从地表属性数据如高程和植被数据，到卫星影像数据、扫描地图和照片数据。

栅格数据格式非常简单但是它却支持种类很多的数据类型。本章将讨论用栅格数据模型描述地理数据的方法。

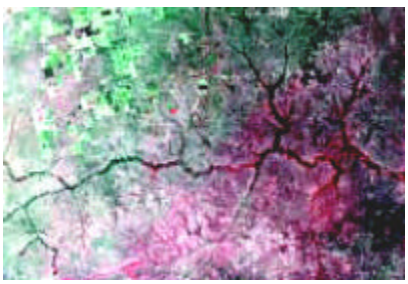
9.1.1 栅格数据的形式

栅格数据可通过成像系统输入到地理信息系统中或从其它数据中计算得来。

9.1.1.1 卫星影像

以小比例尺或中比例尺来绘制表示相当大的范围的地图时，采用卫星影像是个很划算的方法。

卫星影像可能是地理信息系统中研究地理景观随时间变化最好的方法。你可以比较和分析相同区域的景观在不同季节和不同年份的卫星影像以研究它们的变化情况。



影像可以用彩色或黑白色进行表示。彩色信息用 RGB 合成象素值来存储或用代表几种或多种颜色的栅格波段来存储。

一些卫星影像供应商允许你订购最新的几天或几小时前的影像。这一点对于处理环境问题（如对洪水和森林火灾的评估）非常重要。

9.1.1.2 航空相片

为了创建更详细的地图，可用飞机上带有的特定大范围的相机和数码相机来拍摄某一区域的互相重叠的条带影像，从而覆盖该区域。



这些图象需要经过几何校正，这是由于地表形状引起的尺度变形。

9.1.1.3 **扫描地图**

有时，扫描已经出版的地图也可以作为很好的栅格数据。可以给它指定一个地理参考，这样扫描的地图便可以很精确地与其它地理数据进行配准和使用。



美国地理测绘局（USGS，United States Geological Survey）**的** quadrangle **（方格）地图是扫描地图的一个很好的例子。这些地图上有地形、名称、河流、道路和其它主要要素。**

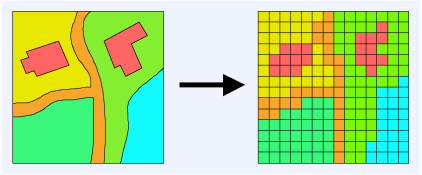
9.1.1.4 **照片**

除了表示地表影像外，栅格数据也用于表示照片。照片可以作为描述地图的重要放大信息。



9.1.1.5 **转换的数据**

栅格数据也可以从其它数据源转换而来，如可以从要素数据集和 TIN **数据集转换而来。经栅格数据表面分析获得的结果可以用于生成一幅坡度图。影像分类结果可被用于生成一幅土地覆盖图。**



9.1.2 栅格数据的类型

通常有两种类型的栅格数据：专题数据和影像数据。专题数据可以被用于土地利用分析。影像数据可以用作其它地理数据的基准地图（basemap**），或用于生成专题数据。**

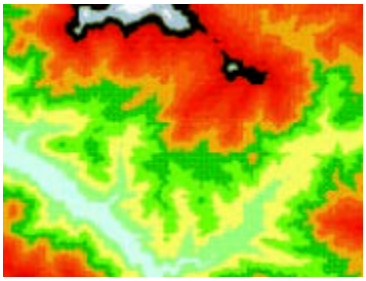
9.1.2.1 **专题数据**

栅格数据的每个栅格像元（或象素）的值可以是一个测量值或分类值。把它绘制出来，这些栅格地图就是专题地图。

- **连续数据**

  这种栅格像元的值可以表示一个测量值如高程、污染物浓度或降雨量。从一个栅格像元

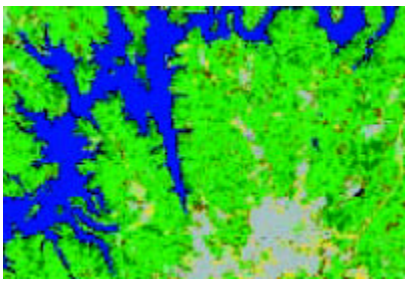
到另一个栅格像元的值是逐渐变化的，从整体上说，这些值可以模拟一些类型的表面。



空间连续数据的栅格像元值表示的是在栅格像元中心的采样值。

- 离散数据

栅格像元值可以表示分类数据，比如土地的所有权类型，或植被类型。一个栅格像元与另一个栅格像元的值之间可以是一样的，也可以是有显著变化的。这类数据表现了具有相同值的区域，比如土地利用图或森林分布。



空间离散栅格数据像元描述的是整个区域像元的分类特征。

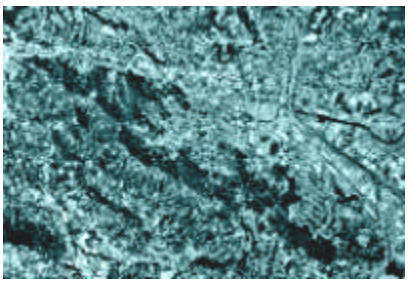
9.1.2.2 影像数据

影像栅格数据的特点是它是由卫星和飞机的成像系统获得的。

- 光谱和照片数据

成像系统记录的栅格数据是根据光在一个或多个电磁光谱波段上的反射率而获得的数据。

照片数据通常捕捉的是光谱中的红、绿、蓝部分，然而卫星影像捕捉的是很多波段，可以用于分析表面的地质和植被情况。



9.2 栅格数据的使用

栅格数据可用于显示和分析，以下讨论的仅仅是栅格数据应用的几个方面。

9.2.1 基础地图（Basemap）

栅格数据经常用于一幅地图的背景显示。栅格数据在最底层，而其上则是矢量和表面数据层。



例如，你可以在一个城市的栅格影像上绘制道路要素，以便很快发现道路网的哪一部分需要更新。

使用一幅好的栅格影像作为基础图层可以增加地图的深度、增强用户对地图的信任。栅格基础图可以对大多数的其它地理数据有很好的检查作用。

9.2.2 研究土地利用

栅格数据是理想的对土地利用和土地利用变化进行模拟和制图的数据。大多数土地利用研究开始时都是解译卫星和航片影像，然后将它们进行分类，比如分成居民地、农业用地和落叶林用地。



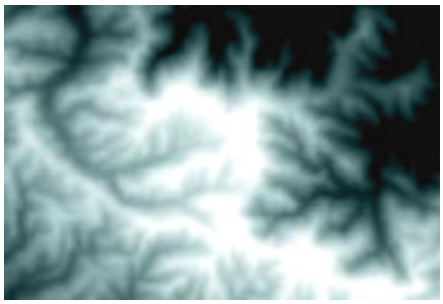
随时间的变化，重复进行这些研究，可以分析不同年份之间的土地利用变化。

9.2.3 水文分析

地形信息可以用栅格形式表示，用每个栅格像元的值表示高程数据。这被称为数字高程模型（DEM，digital elevation model）。

GIS 的栅格分析工具可以让你确定流经某一地表的水流方向、降水的下游积聚情况，以及流域或分水岭的情况。

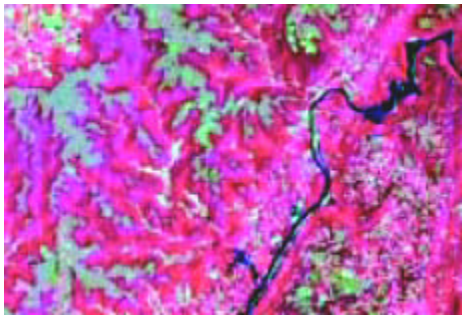
这个模型是进行水文分析的基础，例如一次暴风雨后径流的预测和流域的哪一部分会有发生洪水的危险。这些信息对于洪水泛滥平原制图和确定洪保风险率都非常有用。



9.2.4 环境分析

由于土地覆盖、植被类型和地形数据通常情况下都是以栅格的形式存储的，所以大多数的环境分析都会包含栅格数据。

GIS 的栅格分析工具已经在很多领域上发展并使用这些数据解决问题。包括从由于全球变暖引起的大陆性的森林演替，到由于城市化而导致的野生生物栖息地的局部变化。

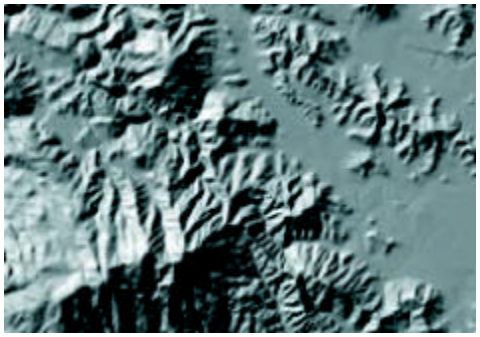


9.2.5 地形分析

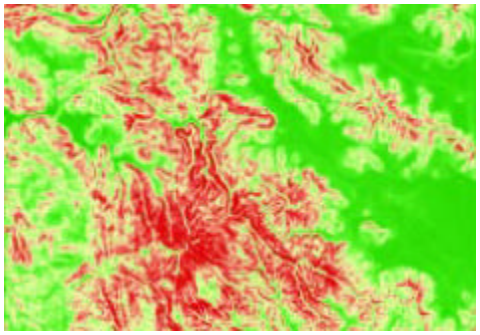
数字高程模型的每个栅格像元都含有高程值。ArcInfo 中的栅格分析工具可用来研究通视性（visibility）、坡度、坡向以及曲率计算等，这些分析经常被用于大范围的研究如土地利用规划或选址分析等。

你可能会遇到这样的问题：“ 寻找符合下列条件的所有区域：高程在 2500 到 5000 英尺，坡向朝南，或朝北，坡度小于 12 度，可视距离为 3 英里 ”。

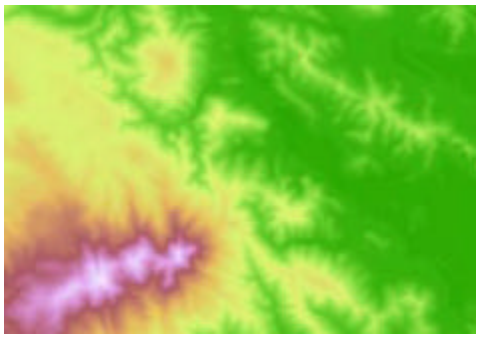
ArcInfo 中也具有数字高程模型的显示功能，其中的一个例子是山体阴影分析，从而产生对地形的理想视角。以下的地图表示的是不同的表面显示方法。



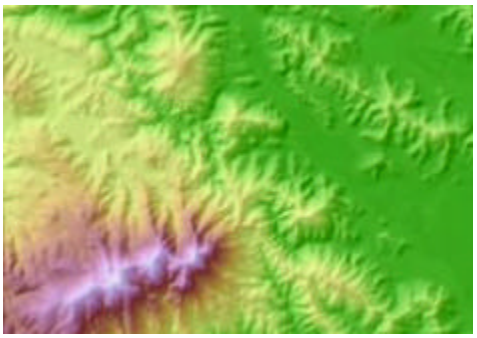
对数字高程模型的每个栅格像元来说，山体阴影图是根据太阳与局部表面的坡度之间的夹角来绘制模拟表面照明情况的阴影。



这幅地图表示的是某个地形的坡度图。红色表示的是陡峭的区域，绿色表示的是平坦的区域。



这幅地图通过渐变颜色来表示高程。绿色栅格表示海拔较低，红色、品红色和白色表示的是较高海拔。



这幅地图用渐变色和山体阴影一起表示高程。这种联合表示方法能创建一幅很具表现力的地图，它能同时表示高程和表面阴影。

9.3 栅格数据模型

栅格数据是由栅格像元组成。一个栅格像元描述的是地球的某个特定区域，每个栅格像元大小都是一样的，比如一平方米或一平方米英里。

每一栅格像元都有一个值表示的是某一位置的光谱反射信息或其它特征信息如土壤类型、人口普查值或植被类型。栅格像元的其它信息可以储存在属性表中。

一个研究区域的栅格像元的大小取决于你分析所需的数据分辨率。为了获得更详细的信息，要求栅格像元尽可能小，为了使计算机存储和分析更加高效要求栅格像元尽可能大。对于关键变量相似性越大的区域，比如地形地貌和土地利用，满足一定精度所需的栅格像元的尺寸可以越大。

9.3.1 栅格像元属性

一个栅格像元的值可以是在栅格像元位置处的类别、组别、类型或测量值。栅格像元的值是数值型：整型或浮点型。

具有相同值的栅格像元属于相同的 zone，zone 的栅格像元不一定是相连的。

当栅格像元的值是整数时，它可能是很复杂标识系统的一个编码。例如，在一个土地利用栅格上的一个家庭居住处的代码值是 4，与这个数值 4 相关联的可能是一系列的属性，比如平均的商业价值、平均的居住人数，或者是人口普查代码等。

栅格像元的值和具有这种值的像元数量之间通常是一对多的关系。比如，在表示土地利用的栅格数据中可能有 400 个像元的值是 4（4 表示单个家庭的居住地），而有 150 个像元的值是 5（5 表示的是商业区）。

在栅格像元中，代码值会出现很多次，但在属性表中只出现一次，属性表中存储的是这个代码的其它属性值。这种设计降低了存储量并简化了更新过程。一个属性的单个变化可被应用到几百个具有相同代码值的像元。

9.3.2 数据类型

每个栅格像元都有一个值。栅格像元的值可以表示以下四种数据类型中的一种。

名词性数据（Nominal data）

名词性数据的值能把一个实体同另一个实体区分开来。这些值能确定栅格的组别、类别、成员或分类，用它们将栅格像元的位置与地理实体联系起来。这些值是定性的，而不是定量性的，与一个特定点或一个线性尺度没有关系。为土地利用、土壤类型等编码时应该用名词性数据。

序列数据（Ordinal data）

序列数据能确定一个实体相对于其它实体的等级。这种度量方法表示的是次序，如第一、第二或第三，但是它们不能确定数量或相对比例。你无法从中发现数量差别，比如一个实体相对于另一个实体有多大，多高或多密？

间隔数据（interval data）

间隔数据的值表示的是对尺度的一种度量，如一天中的时间、华氏温度以及 PH **值等。这些值都是从标定的刻度尺上读出来的，而不是相对于一个真实的零值点。你可以对间隔数据进行相对比较，但当与该尺度的零点进行比较时是没有意义的。**

比值数据（ratio data）

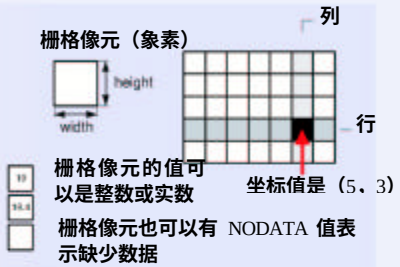
比值数据的值表示的是从一个有固定和有意义的零点的标尺上获得的数据。可对这些数据进行数学运算，能获得可预测的和有意义的结果。比值数据的例子有年龄、距离、重量和体积等。

深入栅格数据内部

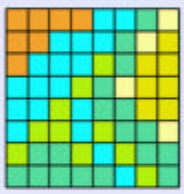
栅格数据是栅格像元（或象素）的二维矩阵。每个栅格像元的高度和宽度都固定的和相同的。栅格数据覆盖的是一个矩形区域。

每个栅格元都有一个值，这个值可以表示一个区域的很多特征，包括反射率、颜色、降雨量和高程。

栅格数据有一个整数坐标空间，你可以确定一个栅格像元的坐标，从左边开始计算列数，从上边开始计算行数。行和列的开始值都是零。



属性表



Value	Count	Type	Code
23	7	Fir	400
29	18	Juniper	410
31	10	Aspen	420
37	18	Piñon	500
41	4	Cottonwood	510
43	7	Walnut	600

具有整数值的栅格数据可以用一个附加属性表来定义，它记录每一个特定像元值的属性。
你可以为属性表增加属性字段。

栅格像元的数据类型

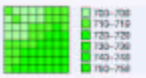
栅格可以分为以下几种类型



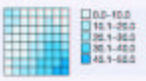
名词性数据是分类数据并有名称。数据值是一个任意的类型代码。如土壤类型和土地利用类型。



序数数据是分类数据，有名称而且其值是数字等级。比如土地适宜性分类和土壤排水分类



间隔数据是有数字顺序的，其间隔差别是有意义的。比如电压或浓度差。

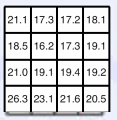


比值数据度量的是一个连续性现象，有自然的零值，比如降水和人口。



21	17	17	18	22	18
18	16	17	19	24	19
21	19	19	19	22	22
26	23	21	20	18	21
24	23	18	16	20	19
18	14	16	17	19	20

名词性和序数数据描述的是离散分类。它们最好用整数来描述栅格单元值。



21.1	17.3	17.2	18.1
18.5	16.2	17.3	19.1
21.0	19.1	19.4	19.2
26.3	23.1	21.6	20.5

间隔数据和比值数据表示是连续现象，通常用实数栅格单元值来度量。

9.3 栅格数据的显示和分析

栅格数据的显示

栅格数据可以有一个或多个波段。栅格像元的值可以用多种方式显示，以下是栅格像元值的一些表达方式。

单波段栅格数据的显示

单波段栅格像元的值可用以下三种方式进行显示

黑白影像



在黑白影像中，每个栅格像元的值是零或一它们通常被用于由简单线组成的扫描地图，如地界（parcel）地图。

灰度影像



在灰度影像中，每个栅格像元的值范围为 0 到 255，它们通常被用于黑白的航空相片。

彩色影像



颜色图

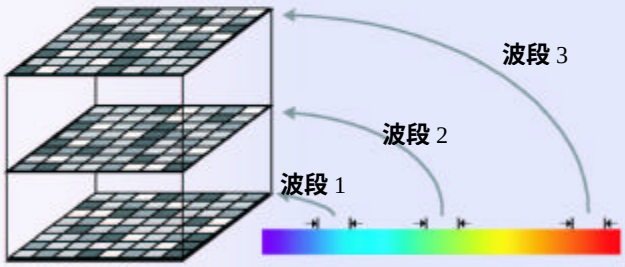


	red	green	blue
1	255	255	0
2	64	0	128
3	255	32	32
4	128	255	128
5	0	0	255

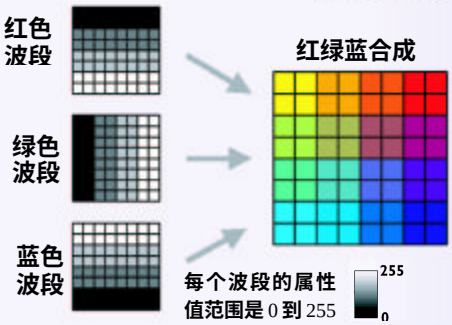
描述影像颜色的一种方法是具有色彩映射表的图象。栅格像元值被编码并使之与相应的 RGB 值对应。

多波段栅格数据的显示

栅格数据集有一个或多个波段。在一个多波段的数据中，每一个波段描述的是由传感器收集的一段电磁光谱的信息。



波段描述的是电磁波谱的一部分信息，包括人眼不可见的范围——光谱中的红外和紫外部分。

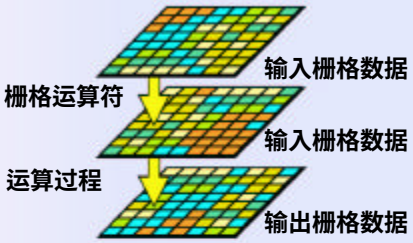


多波段栅格数据通常用红绿蓝合成色表示，这种波段设置是由于它可以直接在计算机上显示，这种显示采用的是红绿蓝彩色模型。

栅格数据运算

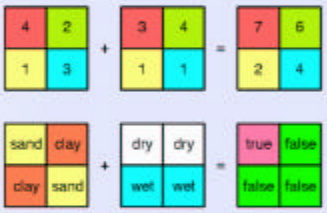
栅格数据运算符

当你在研究一个区域时，你可能要进行适宜性分析。为了做到这一点，你可能会选择带有降水、土壤碱度、日照值的栅格数据，并根据你的方程选择一系列的运算符。运算符可以是算术型、布尔型、关系型、位逻辑型、组合型、逻辑型、累积型和赋值型等。



地图运算

可以对两幅栅格图象进行数学运算，并将结果输出在另一幅栅格图中。方程包括加、减、乘、除、对数、指数、正弦、余弦和平方根。

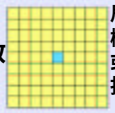


地图查询

你可以对两幅图象应用布尔和逻辑运算符创建一幅输出结果为 true/false 值的栅格图。操作幅包括 And, Or, XOr, Not, >, >=, = <> < 和= 。

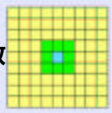
栅格函数

有很多栅格函数。每个栅格函数可以有一个或多个栅格图象作为输入图象，并生成一个或多个输出栅格图象。



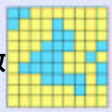
局域函数

局域函数一次只对一个栅格像元进行计算。邻近的栅格像元不会影响结果。该函数可以被应用到一个或几个叠加的栅格图象上。局 域函数包括三角函数、指数、对数、重新分类、选择和统计函数。



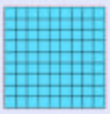
邻域函数

邻域函数进行的是单个栅格像元与它的相邻像元之间的计算。相邻的范围可以是矩形、圆形、环面或楔形。这些函数的结果可以是均值、标准差、总和或在相邻范围内的栅格值的变化范围



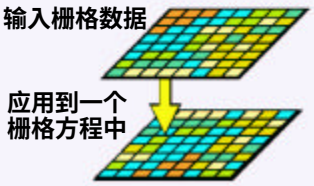
区域函数

区域函数是对 zone 进行计算。Zone 是指具有相同值的栅格像元。这些像元组成的 zone 可以是不连续的。有两种类型的区域函数 统计和几何。这些函数包括面积、质心、直径、范围和总和。



全局函数

全局函数对这个栅格图象整体进行计算。例如计算欧氏距离，加权距离以及流域面积计算等。



9.5 栅格数据间的空间关联

当用一定的设备（如卫星成像系统或桌面扫描系统）获得栅格数据后，原始数据仅仅是由栅格像元行和列组成。为了在 GIS 系统中与其它数据一起显示或进行分析操作，这些数据必须在统一的坐标系统下。这个系统是真实世界的坐标系统。

栅格数据的行和列总是与坐标系统的 x 轴和 y 轴相平行。

9.5.1 地理参考（Georeferencing）

地理参考是指建立栅格数据的坐标系统（行和列，有时称为影像空间）与真实世界的坐标系统（x,y,也叫地图空间）之间的关系的过程。当建立一个坐标系统的要素数据（数字化单位）与另一个地图坐标系统的关系时，也会进行相似的转换过程。

你可以为你的栅格数据确定一个转换过程使其具有真实世界坐标。这会让你的栅格数据与你的其它地理数据如矢量要素、TIN 数据集中的表面在同一个坐标空间中。

为了给栅格数据确定一个地理参考，需要把它与具有地图空间坐标的 Coverage、地图进行配准。配准的过程通常是交互的过程，需要选择在栅格数据和其它地理数据集的相同位置。对于影像来说，这些位置通常是象道路交叉点这些在两个数据集中都容易识别的点。一旦选择了相同的位置，便可以建立一个多项式转换模型来纠正两个坐标系统中的平移、旋转和偏斜。

地理参考信息储存在一些栅格格式的内部文件，比如ESRI ARC GRID™或ERDAS IMAGINE®，或者是外部文件如栅格辅助文件（.aux）或其它文件如JPEG 或 BMP文件中。

利用这些信息，栅格数据可以动态地进行转换（on-the-fly），并可在你的其它数据的地图空间中进行显示。如果你还存储了地图投影信息，那么这些信息也可以被投影到其它的坐标系统中。

9.5.2 校正（Rectification）

为了使影像轴与地图空间轴对准，影像必须进行几何校正，根据在配准过程中建立的转换进行重采样。在重采样过程中，一张网格被叠加在栅格上，并且将离原来栅格像元中心最近的值赋给新的栅格像元。赋给输出像元的值将由重采样的方法来决定，重采样的主要方法有最邻近法、双线性插值法和立方卷积法。

你可能希望通过几何校正一幅影像来去除影像的偏斜和旋转，使栅格像元与地图的方向正交。不作几何校正的主要原因是任何重采样都会产生少量误差。这些误差你可能看不到但在多光谱分析中显得很重要，其中栅格像元的微小差别对结果有重要的影响。

9.5.3 栅格金字塔（Raster pyramids）

如果为大的栅格影像建立了金字塔的话，这些影像便能快速进行显示。除了在屏幕上显示外，金字塔还包含了很多其它信息。如果没有金字塔，那么在显示时就要访问整个栅格数据集，然后进行大量计算来选择哪些栅格像元被显示。金字塔是一种能对栅格影像按逐级降低分辨率的拷贝方式存储的方法。通过选择一个与显示区域相似的分辨率，只需进行少量的查询和少量的计算，从而减少显示时间。

为栅格像元设置地理参考

栅格数据是以栅格像元（象素）的矩阵的形式存储的，并可以用地图坐标系统进行显示。某一地理区域的栅格数据在显示时有一个变换把栅格像元转变成地图坐标。

影像数据的仿射变换

x' = Ax + By + C

y' = Dx + Ey + F,其中

x 是影像空间的行数。

y是影像空间的列数。

x'是坐标空间的水平值。

y'是坐标空间的垂直值。

A 是地图像元的栅格宽度。

B 是一个旋转项。

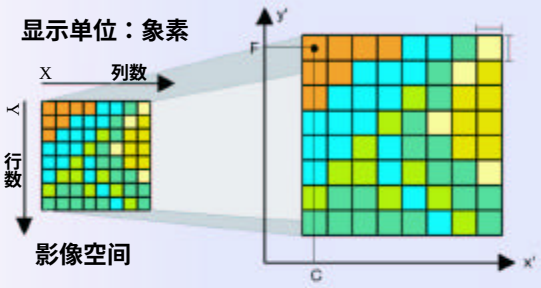
C 是右上栅格像元中心的x'值。

D 是一个旋转项。

E是在地图单位中栅格高度的负值。

F是右上栅格像元的中心的y'值.

六个参数便可以确定栅格的行和列是如何转变成地图坐标的

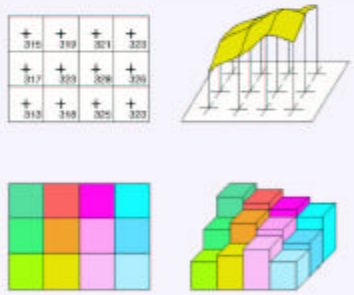


给栅格像元中心点赋值

对于特定类型的数据，栅格像元的值表示的是位于栅格像元中心点的值。具有高程值的栅格是其中的一个例子。

给整个区域的栅格像元赋值

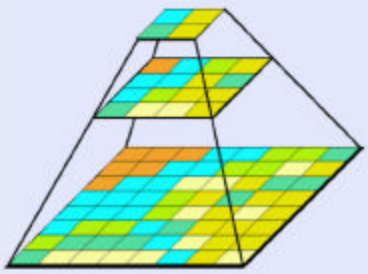
对于大多数数据，栅格像元的值表示的是某一现象的一个样本，这个值假设代表的是这个栅格像元区域的值。



当你向 ArcInfo 中添加栅格数据集时，你会被询问是否创建相应的金字塔。金字塔是由一组按 1/2 比例向下渐进采样的栅格数据组成。

当你进行放大操作时栅格像元会变得比屏幕显示象素小，ArcMap 将选择其中的一个金字塔栅格进行显示。

金字塔的目的是为了优化显示速度。



9.6 栅格数据格式

在 ArcInfo 中你可以显示大多数的符合工业标准的栅格数据格式。以下是这些格式及它们属性的介绍。

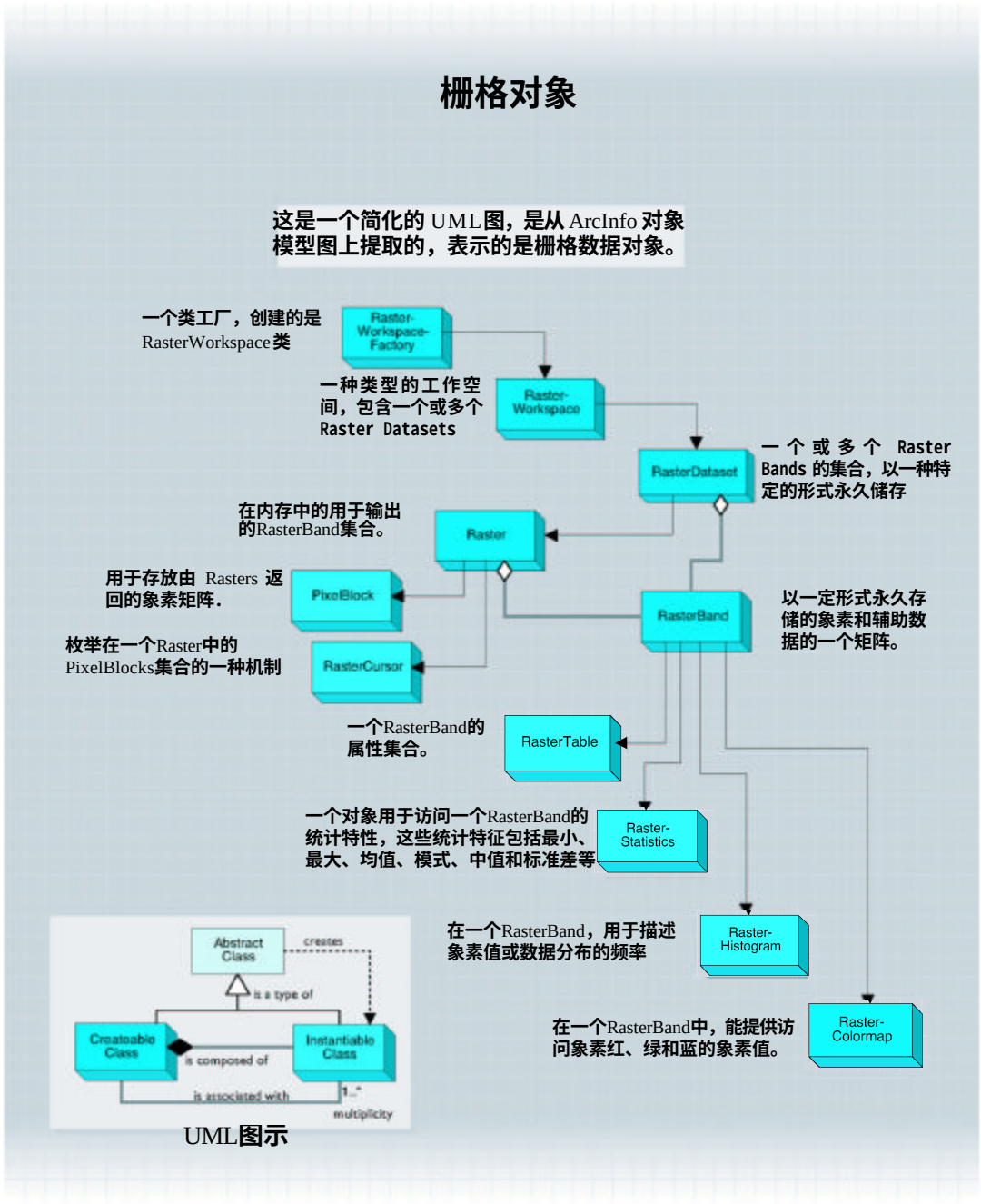
- ADRG (ARC Digitized Raster Graphics)数据是由扫描成像的栅格影像组成，并以光盘的形式由美国国家成像和制图公司（US NIMA，United States National Imagery and Mapping Agency ）发布。ADRG用等弧秒栅格图 (ARC)系统作为地理参考，这个参考系统将全球分为18个纬度带。
- CADRG (Compressed ARC Digitized Raster Graphics)数据与ADRG数据相同，但是它是以55：1的比例进行压缩的。
- CIB (Controlled Image Base)影像是全色（灰阶）影像，它们被赋予了地理参考并被几何校正过。它们是由美国国家成像和制图公司发布并通常被用作基础地图（basemap）。
- DTED Level 1 & 2通常是由美国国家成像和制图公司生产的高程数据。
- ERDAS® 7.5 GIS影像是由ERDAS 软件7.5版本（或更早版本）生成的单波段或多波段影像。
- ERDAS 7.5 LAN影像是由ERDAS 软件7.5版本（或更早版本）生成的单波段或多波段影像。
- ERDAS原始数据被用于读取和显示未被压缩的数据、按行交叉存储的波段数据、按象素交差存储的波段数据和波段连续的影像数据。通过一个描述影像数据的ASCII文件，黑白影像（black-and-white）、灰度影像（grayscale）、假彩色影像（pseudocolor）和多波段影像都可以在没有变成专利格式的情况下进行显示。
- ERDAS IMAGINE文件是由IMAGINE影像处理软件生成的文件，IMAGINE文件可存储为连续和离散的单波段和多波段文件。
- ER Mapper文件是由ER Mapper影像处理软件生成的文件。
- ESRI BIL/BIP/BSQ数据被用于读取和显示未被压缩的数据、按行交叉存储的波段数据、按象素交差存储的波段数据和波段连续的影像数据。通过一个描述影像数据的ASCII 文件，黑白影像（black-and-white）、灰度影像（grayscale）、假彩色影像（pseudocolor）和多波段影像都可以在没有变成专利格式的情况下进行显示。
- ESRI ARC GRID数据支持32位整数和32位浮点栅格格网数据。Grid数据尤其适合离散和连续现象，也适合对流动、趋势和水文表面进行空间模拟和分析。
- ESRI ARC GRID Stacks和Stack文件被用于参考作为一个多波段栅格数据集的多个ESRI格网。一个stack被存储在一个目录结构中，与grid或coverage类似。一个stack文件是一个简单的文本文件，它存储的是包含在其中的每个ESRI grid的路径和名称。
- GIF (Graphics Interchange File)是CompuServe的标准用于定义生成的彩色栅格影像。这种格式允许高品质、高分辨率的图形在各种各样的图形硬件上显示，并扩展为一个图形图像的交换显示机制。
- JFIF (JPEG File Interchange Format)应用JPEG压缩技术存储全色和灰度影像。
- MrSID™(Multiresolution Seamless Image Database)是一个多分辨率的基于微波的影

像格式。它有很高的压缩比率。它允许在任何比例尺下快速访问大量数据。

- TIFF (Tagged Image File Format)被广泛应用到桌面出版业中，并作为几种扫描仪和图形软件包的接口。TIFF支持黑白影像（black-and-white）、灰度影像（grayscale）、假彩色影像（pseudocolor）和真彩色影像（true-color）。所有这些格式的影像都能用压缩或非压缩的形式进行存储。
- Microsoft Windows/IBM® OS/2® Bitmap (BMP)格式通常被用于存储图片或剪贴画。这些图形能在Windows or OS/2 平台上的不同应用程序中移动。

Raster format	Supported data types	Supports multiband	Supported compressions	Supports colormaps	File structure
ADRG, ARC Digitized Raster Graphics—image, overview, and legend	8-bit unsigned integer	yes, always 3 bands	none	no	multiple files with .img, .ovr, and other extensions
CADRG Compressed ARC Digitized Raster Graphics	8-bit unsigned integer	yes, always 3 bands	vector quantization	no	single file, no standard extension
CIB Controlled Image Base	8-bit unsigned integer	no	vector quantization	no	single file, no standard extension
DTED Level 1 & 2 Digital Terrain Elevation Data	16-bit signed integer	no	none	no	single file, various extensions
ERDAS 7.5 GIS	1-, 2-, 4-, 8-, 16-bit unsigned integer	no	none	yes	multiple files, data file with .gis extension, colormap with .trl extension
ERDAS 7.5 LAN	8-, 16-bit unsigned integer	yes	none	no	multiple files, data file with .lan extension, statistics file with .sta extension
ERDAS Raw	1-, 2-, 4-, 8-, 16-, 32-bit unsigned integer 16-, 32-bit signed integer 32-, 64-bit floating point	yes yes yes	none none none	no no no	multiple files, header file with .raw extension, data file usually same name as header without extension
ERDAS IMAGINE	1-, 2-, 4-, 8-, 16-, 32-bit unsigned integer 8-, 16-, 32-bit signed integer 32-, 64-bit floating point 64-, 128-bit complex	yes yes yes yes	none, adaptive run length compressed none, adaptive run length compressed none none	yes yes yes yes	single file with .img extension
ER Mapper	8-, 16-bit unsigned integer 32-bit unsigned integer 8-, 16-bit signed integer 32-bit signed integer 32-, 64-bit floating point	yes yes yes yes yes	none none none none none	yes no yes no no	multiple files, header file with .ers extension, data file is usually the same name as header file without extension
ESRI BIL Band interleaved by line **ESRI BIP** Band interleaved by pixel **ESRI BSQ** Band sequential	1-, 4-, 8-, 16-, 32-bit unsigned integer 1-, 4-, 8-, 16-, 32-bit unsigned integer 1-, 4-, 8-, 16-, 32-bit unsigned integer	yes yes yes	none none none	yes yes yes	multiple files, data file has .bil, .bip, or .bsq extension, header file has .hdr extension, colormap file has .clr extension, statistics file has .stx extension
ESRI ARC GRID **ESRI ARC GRID Stack** **ESRI ARC GRID Stack File**	32-bit signed integer 32-bit floating point 32-bit signed integer 32-bit floating point 32-bit signed integer 32-bit floating point	no no always always always always	adaptive run length compressed none adaptive run length compressed none adaptive run length compressed none	yes no no no no no	ARC GRID and ARC GRID Stack is a folder of files with .adf extension and colormap with .clr extension. ARC GRID Stack file has a possible .stx extension
GIF Graphics Interchange File	8-bit unsigned integer	no	LZW	yes	single file with .gif extension
JFIF (JPEG) JPEG File Interchange Format	8-bit unsigned integer	yes, 1 or 3 bands	JPEG	no	single file with .jpg, .jpeg, or .jff extension
MrSID Multiresolution Seamless Image Database	8-bit unsigned integer	yes, 1 or 3 bands	wavelet	no	single file with .sid extension
TIFF Tagged Image File Format (GeoTIFF tags are supported)	1-bit unsigned integer 4-bit unsigned integer 8-bit unsigned integer 16-bit unsigned integer 32-bit unsigned integer 8-, 16-, 32-bit signed integer 32-, 64-bit floating point	no no yes yes no no no	none, CCITT Group 3 1-D, CCITT Group 4, PackBits, LZW none, PackBits, LZW none, PackBits, LZW, JPEG none none none none	yes yes yes yes yes no no	single file with .tif, .tiff, or .iff extension
Windows/OS/2 Bitmap BMP or Microsoft Windows/IBM OS/2 Bitmap or Device-Independent Bitmap (DIB)	1-bit unsigned integer 4-bit unsigned integer 8-bit unsigned integer	no no 1 or 3 bands	none none, run length encoded none, run length encoded (single band)	yes yes yes	single file with .bmp extension

9.7栅格对象


栅格对象
这是一个简化的 UML 图，是从 ArcInfo 对象模型图上提取的，表示的是栅格数据对象。
一个类工厂，创建的是 RasterWorkspace 类
Raster-Workspace-Factory
一种类型的工作空间，包含一个或多个 Raster Datasets
Raster-Workspace
一个或多个 Raster Bands 的集合，以一种特定的形式永久储存
RasterDataset
在内存中的用于输出的RasterBand集合。
Raster
用于存放由 Rasters 返回的象素矩阵.
PixelBlock
以一定形式永久存储的象素和辅助数据的一个矩阵。
RasterBand
枚举在一个Raster中的 PixelBlocks集合的一种机制
RasterCursor
一个RasterBand的属性集合。
RasterTable
一个对象用于访问一个RasterBand的统计特性，这些统计特征包括最小、最大、均值、模式、中值和标准差等
Raster-Statistics
在一个RasterBand，用于描述象素值或数据分布的频率
Raster-Histogram
在一个RasterBand中，能提供访问象素红、绿和蓝的象素值。
Raster-Colormap
Abstract Class
creates
is a type of
Creatoable Class
is composed of
Instantiable Class
is associated with
1..*
multiplicity
UML图示

第十章 TIN 表面模型

本章内容：

- 表面描述
- TIN的结构
- 模拟表面要素

一个表面是在一个二维区域中对一个属性连续分布的模拟。大多情况下，表面模型是对地球表面的模拟。但其它的空间现象也能形成表面，如人口密度、降水以及气压梯度等。

不规则三角网（TINs，Triangulated irregular networks）是一个高效精确的表面模型。

作者：Michael Zeiler
译：潘志强
校 ：孙朝阳

声明：本书版权系 ESRI 出版社所有。本书是 ArcGIS 学习精品，与广大 GIS 爱好者共同分享。译校不做于商业用途。

10.1 表面描述

地图上的大多数地理对象都位于地球表面。

地理实体如建筑物、道路和水井等通常用要素来模拟——一个二维矢量图形，它带有属性、关联和行为。

其它一些地理实体，如排水渠、山脊和山峰是一个表面中的组成部分。你可以把这些地理实体用要素来描述——它们的形状可以在地图上很完美地进行表示。但如果你想进行一定形式的表面分析，比如水文分析和最佳选址分析，你必须把这些不连续的实体嵌入到一个连续的表面中。

在上一章中，讨论了应用栅格数据集模拟各种现象，包括对描述表面的应用。在本章中，首先比较一下栅格和 TIN 在表面模拟的不同之处，然后进一步介绍 TIN 数据模型。

10.1.1 表面的性质

表面是对无数多的具有连续的 Z 值的点的模拟。计算机与无穷多的想法之间是相互矛盾的，因此在 GIS 中需要用某些类型的样点对表面进行近似的模拟。

ArcInfo 用两种方法来进行表面模拟：栅格和 TIN。栅格是应用样点值或插值获得的 z 值、采用规则的格网来模拟表面。TIN 采用不规则三角网上的一系列位置分布不规则的点来模拟表面，在每个点上有一个 Z 值。

栅格和 TIN 在表面模拟方面都有各自的优点；可利用的源数据情况、分析的范围和支持的绘图方法等将决定采用哪种方法更为合适。

- 用栅格方法模拟表面

栅格方法是用带有 Z 值的具有统一步长的规则的格网来模拟表面。你可以用相邻点之间插值的方法估计表面任一位置的值。格网的分辨率（栅格单元的高度和宽度）决定了栅格表面的精度。

栅格是最常用的模拟表面的方法，因此高程值广泛采用的是这种方法，并且代价较低。栅格表面的一个典型例子是由美国地理测绘局生产的数字高程模型（DEM，digital elevation model）。

栅格模型支持大量丰富的空间分析，比如空间一致性分析、邻近分析、离散度分析以及最低成本路径分析等，这些分析执行速度都很快。

栅格表面模型的缺点是表面的不连续性，比如无法很好地表示山脊，以及不能精确地表示一些要素如山峰等。

栅格模型适合于那些位置精度要求不很高以及表面特征不需要表示得太精确的小比例尺的制图应用。

- 用 TIN 方法模拟表面

TIN 表示的是彼此相邻不重叠的三角形面组成的表面。通过在一个三角形表面对高程数据进行简单或多项式插值，你可以估计任何位置的表面值。

因为 TIN 中高程数据是通过不规则采样获得的，你可以在地形变化剧烈的区域应用可变的点密度，来生成一个高效精确的表面模型。

TIN 保存着表面要素的精确位置和形状。面状要素比如湖泊和岛屿用一个封闭的三角形边组成的多边形表示。线性要素比如山脊用一组相连的三角形边表示。山峰用三角形的顶点表示。

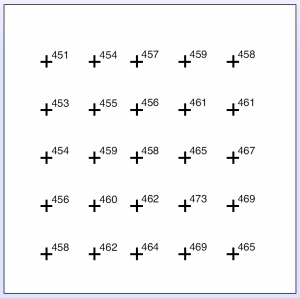
TIN 支持很多的表面分析，如计算高程、坡度、坡向、进行体积计算、创建剖面图等。TIN 的缺点是经常不容易获得所需的数据集。

TIN 很适合那些对表面要素的位置和形状有很高的精度要求的大比例尺的制图应用。

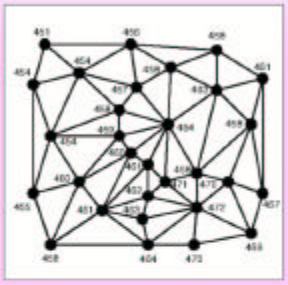
栅格和 TIN 表面模型的比较

栅格和 TIN 都可以进行表面模拟。每种模型都有它的优点和缺点。
栅格是一个较为简单的表面模型。数字高程数据广泛采用的是这种数据格式。
TIN能对表面和要素进行精确模拟，但需要花力气进行数据收集。

栅格表面模型



TIN 表面模型

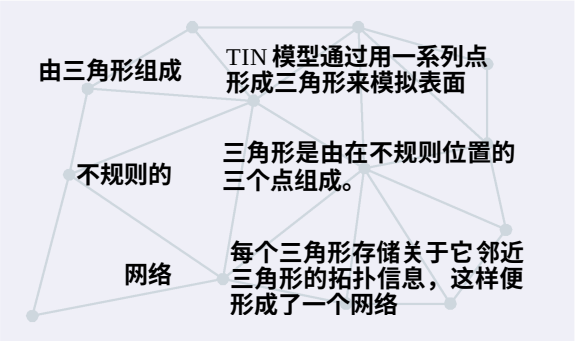


	栅格表面模型	TIN 表面模型
表面模型的精度	栅格表面的精度由栅格像元的大小决定。为了增加栅格表面的精度，整个栅格表面必须在高分辨率下重采样。	TIN 表面模型具有随坡度变化而变化的点密度。为了使 TIN 模型更精确可以增加点的数量，也可以增加断线以及多边形。
表面要素的逼真度	栅格模型在规则的格网上对表面要素的 Z 值进行采样。要素如山峰、山脊不能被定位到某一点上，它们的精度不会高于格网分辨率	TIN 可以描述表面要素如河流、山脊和山峰。这些要素用精确的坐标存储，坡度不连续的地方如山脊，用断线（breakline）来模拟。
表面分析	空间一致性分析、邻近分析、离散度分析以及最低成本路径分析	高程、坡度、坡向计算 从表面生成等高线 体积计算，垂直剖面分析，视线分析
模型应用	小比例尺的表面分析和模拟。污染物扩散的模拟，流域的确定，洪水灾害的水文分析。	道路设计的体积计算。土地发展的排水系统研究，高质量等高线的生成，对某建筑物的视场模拟。

10.2TIN 的结构

TIN 数据结构能让你精确地表示任何类型的表面。在 TIN 表面中，不仅能通过插值获得任何位置的高程值，而且能模拟在表面坡度中形成突变（breaks）的自然要素，比如山脊、河流。

10.2.1 TIN 的定义



术语不规则三角网（*triangulated irregular network*）是对 TIN 特征的简练的描述。

“三角形化的”指的是用一些点形成一系列优化的三角形。三角形能很好地描述一个表面局部区域，因为含有 Z 值的三个点能在三维空间中唯一确定一个表面。

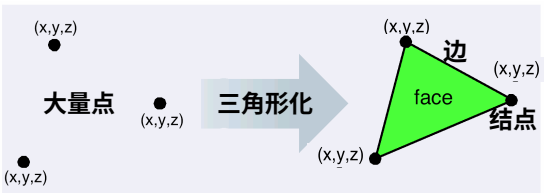
“不规则的”表现了 TIN 进行表面模拟的一个主要优点，即模型在模拟那些表面变化起伏较大的区域时，样点的采集密度可以是变化的。

“网络”是指隐含在 TIN 中的拓扑结构。这种结构使我们能进行复杂的表面分析，也能以压缩的方式来表示表面。

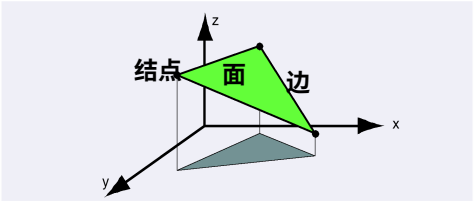
- 创建 TIN

TIN 由大量的点组成，这些点含有从不同来源采集而来的高程值。TIN 通常与摄影测量设备有密切关系，通过这些设备，能精确获得在一个立体模型中来自一对航空相片的同一样点值。TIN 也可以用下列数据生成，如调查数据，数字化的等高线，带有 Z 值的栅格数据，数据文件或数据库中的点集，或者由其它 TIN 运算而来。

从这些输入点中，便可以进行三角形化的工作。在 TIN 中，这些三角形被称为面（face），形成三角形的点被称为结点（node），三角形的边被称为边（edge）。



TIN 中的每个面都是三维空间表面的一部分。TIN 中的所有这些面通过每个结点和每个边精确地与相邻的面相连。面和面之间彼此不会交叉。



三角形化和拓扑

在给定一些点的情况下，可以用这些点生成很多三角形。ArcInfo **使用一种叫泰森三角网的算法（***Delaunay triangulation***）来创建优化的三角形表面。**

这种算法的基本思想是尽可能地按接近等边的形状来创建三角形。这样便能在已知输入点的邻近位置插入新的点。

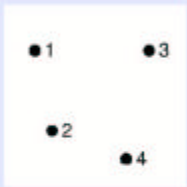
三角网可以由输入的描述点、线、面的一些表面要素创建。首先，三角网由点创建。其次，线被插入到三角网中，在那些线与三角形面相交的地方形成新的结点。最后，面被插入到三角网中，面同样可以分割或剪切三角面。

三角网被创建完后，TIN **存储每个三角面的结点，以及每个三角面的一系列相邻的三角面。这种表示方法与描述面拓扑关系相似。不同之处在于结点含有高程值，而面必须是三角形的而不是任意多边形。**

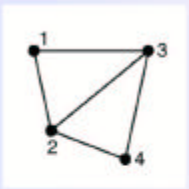
拓扑和三角网

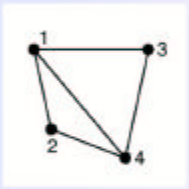
泰森三角网

泰森三角网用一种算法来优化表面模拟。

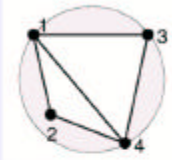


举一个有四个点的简单例子，这四个点能形成由两个三角形组成的三角网。哪一个才是正确的 TIN？

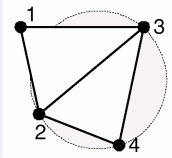




泰森三角网的定义强调任何由三个点形成的圆内部不能包含任何其它的结点。

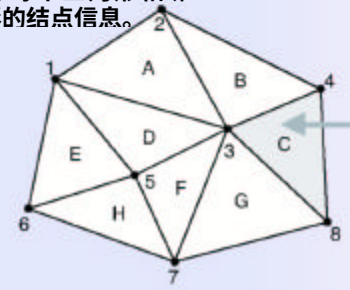


这个三角网不符合泰森法则因为节点 2 包含在由节点 1,3 和 4 形成的圆内。



这个三角网满足了泰森法则，在这个圆内不包含其它的任何结点。这是一个合理的三角网。

TIN 是一个具有拓扑关系的数据结构，因为它管理的是包含每个三角形的结点信息以及与每个三角形相邻的三角形的结点信息。



TIN 中的拓扑关系

Triangle	Node list	Neighbors
A	1, 2, 3	–, B, D
B	2, 4, 3	–, C, A
C	4, 8, 3	–, G, B
D	1, 3, 5	A, F, E
E	1, 5, 6	D, H, –□
F	3, 7, 5	G, H, D
G	3, 8, 7	C, –, F
H	5, 7, 6	F, –, E

三角形总是有三个结点，通常情况下有三个个相邻三角形。在 TIN 外围的三角形可能只含有一个或两个相邻三角形。

10.3 模拟表面要素

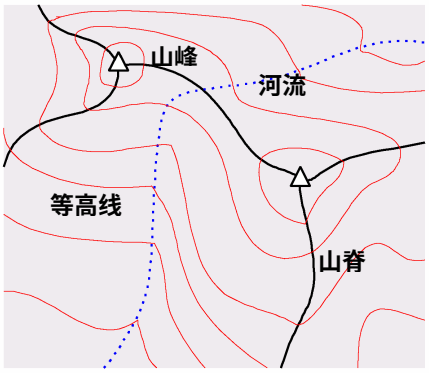
你可以通过输入描述地形的表面要素（如高程点、山峰、河流和山脊）来创建 TIN。

高程点是输入到 TIN 中的最主要的要素，它们形成表面的总体形状。在必要的情况下，它们也可以以等高线的形式输入，但最好是使用用摄影测量设备获得的点数据，因为只有用能反映地形地貌的样点数据你才能建一个较好的 TIN。

然后，可以加入河流、山脊和相似的表面要素使表面模型更精确。这些要素被保存在 TIN 中，以增加模型精度。

10.3.1 表面形状的表达

以下是象在很多地图中显示的一样的一些表面要素视图。这些要素可以被转换成 TIN。



- 表面点要素

多点（mass point）表示在什么位置 Z 值被测量。生成三角网后，它们按照相同的位置和高程被保存成结点。

- 线表面要素

断线（Breaklines）是线状要素，用来描述自然要素如河流和山脊或用来描述人造要素如道路。有两种类型的断线：硬的（hard）和软的（soft）。

硬断线（Hard breaklines）描述的是坡度的不连续性例如河道。表面总是连续的，但它的坡度不一定是连续的。硬断线保持的是表面的锐度（sharpness），并能提高 TIN 的分析和显示能力。

软断线（Soft breaklines）可以使你向表面增加描述线性要素的边，但不描述坡度的不连续性。例如，你可能想在你的表面模型中增加一条道路，但它不可能改变局部的表面坡度。

- 表面面要素

多边形可以用来描述湖泊或海岸。

替代多边形（*Replace polygons*）为边界和所有的内部高程赋予相同的 Z 值。

去除多边形（*Erase polygons*）把多边形内的所有区域标记成插值的外部区域。分析操作如体积计算、等高线和插值将会忽略这些区域。

剪切多边形（*Clip polygons*）把多边形外的所有区域标记成插值的外部区域。

填充多边形（*Fill polygons*）为多边形内的所有表面分配一个整数值。将不会有高程替换、

高程去除和高程剪切现象发生。

10.3.2-函数表面

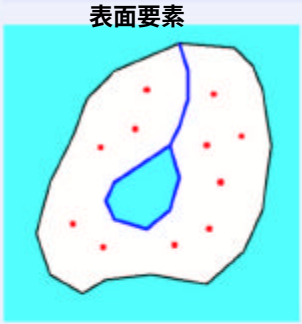
TIN 表面模型中每个点只有一个 Z 值。TIN 数据模拟的一个有趣的特点是它在三维空间中描述点，但是表面的拓扑网络却是二维的。

由于这个原因，TIN 表面模型有时被称为 2.5 维模型。这种说法不十分准确，但却表明了一个事实即 TIN 表面有三维点，且每个点只有一个 Z 值。

因此，TIN模型是一个单值方程的例子，即给定一个位置，只有一个Z值可以被插值。TIN 模型的一个重要的缺陷是它不能模拟不常见的负坡度的情况，如悬垂的悬崖和山洞等。

使用表面要素创建 TIN

表面要素

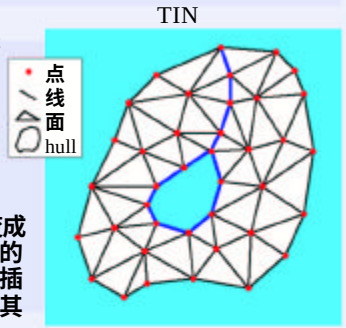


TIN 是由表面要素创建的，这些要素可以分为：点、线、面。相应的表面要素为 mass points, breaklines 和 polygons。可以以多种数据源输入。

三角网

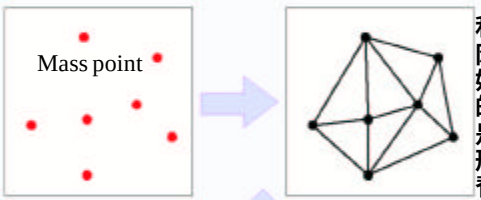
当表面要素被输入到 TIN 中，它们变成了拓扑网络的结点、边和面。TIN 中的每个结点都有一个 Z 值。Hull 是表面插值的边。一个 TIN 至少有一个 hull，其余的 hull 是岛屿或湖泊的边界。

TIN



表面点要素

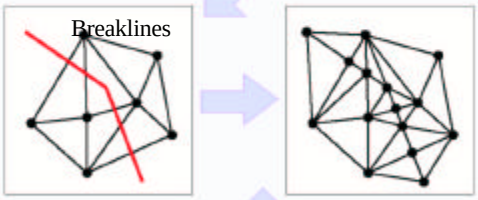
Mass point 描述的是有已知 Z 值的点。它们能描述特殊要素如山峰或洼地的底部，但大多数的点是来自具有 z 值的样点。随着表面地形的变化，这些点的密度也在变化。



利用多点，根据泰森三角网法则可以创建一个初始的 TIN。这个 TIN 反映的是表面的整体形状，但是仍无法很好地表示地形的变化，如河流和山脊。

表面线要素

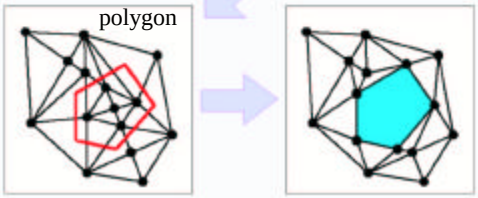
Breakline 描述的是自然要素比如山脊，或人造要素比如道路。Breakline 可以被分成两类 :硬的和软的，它们影响着高程等值线在地图上的绘制。



当增加了 breakline 后，在与初始边相交的地方会出现新的结点，如果这些边描述的是硬边，那么 TIN 会随着这些结点作相应的改变。

表面面要素

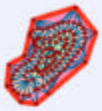
多边形可以表示具有相同高程值的面要素，如湖泊或海洋，也可以用于确定边界并剪切或去除三角网的一部分。多边形也可分为硬的和软的。



现在 TIN 已经精炼到可模拟插值边界和具有统一高程的区域。
TIN 建立到这个阶段，你可以检查它，并给它填加任何的其它要素（mass point,breakline 和 polygon）来对它进行矫正并提高 TIN 模型的精度。

TIN 模型中的表面要素

以下显示的是在 ArcMap 中制作的 TIN 表面来演示表面要素的几种类型



TIN 可以模拟一个不连续的表面。每个不连续的区域用 hull 和一组结点、边和三角面来描述。

一个湖泊可以被模拟成具有相同高程值的多边形表示。

这个区域坡度平缓，没有断点。这儿只需要少量的点来描述。

这个区域坡度陡峭变化较大。就需要较多的点来描述这个表面的局部形状。

一个岛屿的海岸线可以用增加一个剪切多边形来表示。这个多边形定义 hull，或者是一组三角表面的外缘形状。Hull 定义了一个海岸的边界。

在这个例子中，河流用软 breakline 来模拟。对于象河流和山脊线这样的要素，你可以选择或者是软的或者是硬的 breakline 来描述它们，这主要取决于你在用高程插值创建 TIN 所要达到的效果。

高

低

TIN 可以用表示表面的高程、坡度、坡向或其它的表面特征的符号来表示。本例中用的是高程来表示 TIN

结点

边

三角面

为演示 TIN 的结构，本例描述了接点、边和三角面。通常情况下，结点和边不会在 TIN 中显示。在本例中，三角面用插值后的高程范围表示。

硬 breakline 或多边形表示是坡度有显著变化的要素。

软 breakline 或多边形表示是坡度不连续的要素。增加这样一条边是为了更好地表示表面模型。