

## 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。

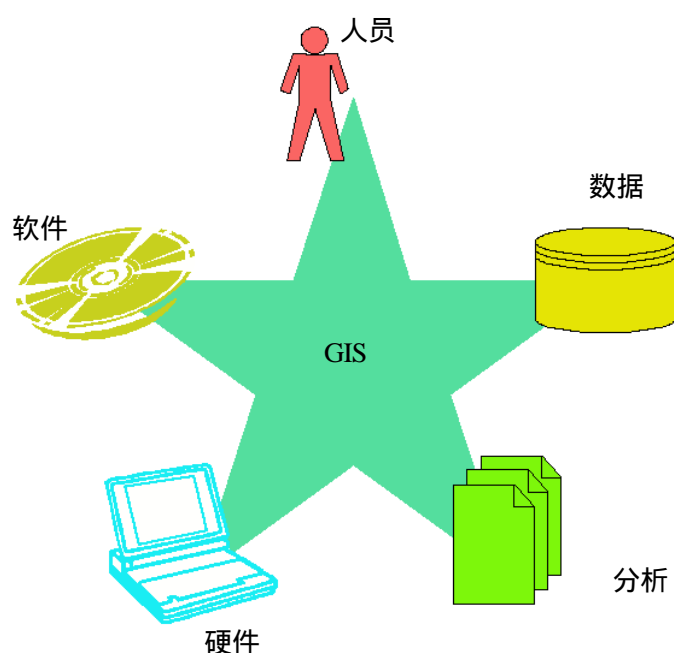
## 3.1 . GIS 的基本原理

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。

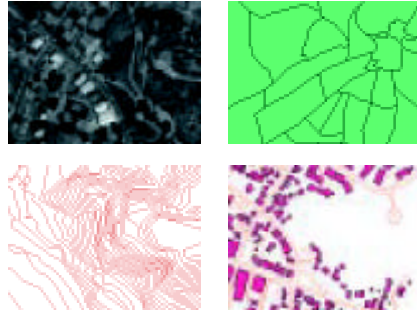
地图出版者印刷地图。这类人致力于高质量的地图输出。

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。

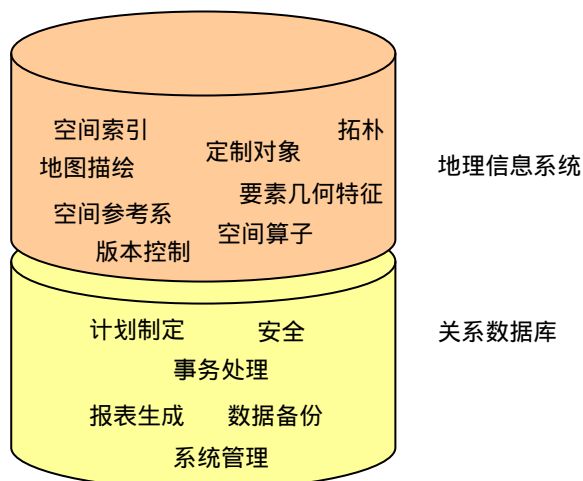
网络将计算机连入全球网络系统中并成为了一种数据获取的重要途径。另一个趋势是全球定位系统 (GPS) 的广泛使用让我们可以实现实时定位。

### 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。

### 3.2.1 GIS 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。

在加利福尼亚的圣华金河流域，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。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。

在加利福尼亚的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被用来评估甲板上钷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

加利福尼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。

## 3.2.2 GIS 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

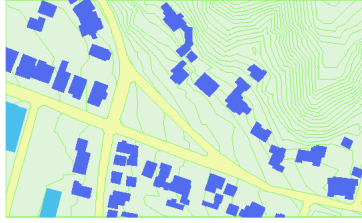
前面的GIS应用表明了它的主要应用方式、描述了自然和人为环境的当前状况、预测了基于天气、人类活动或地球物理事件的世界变化。在每一个应用中，都要确定如何用物理数据集服务于逻辑数据模型。

### 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

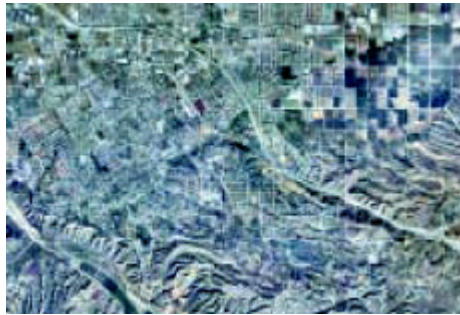
矢量数据反映的是点、线、多边形要素，常应用于具有确定的形状或边界的不连续对象。



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。

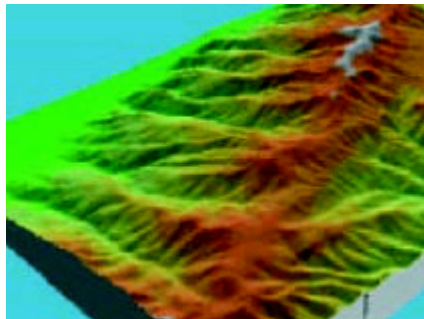


栅格数据集最常见的来源是卫星影像或航空相片。栅格数据集也可以是一个要素（如建筑物）的照片。

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。

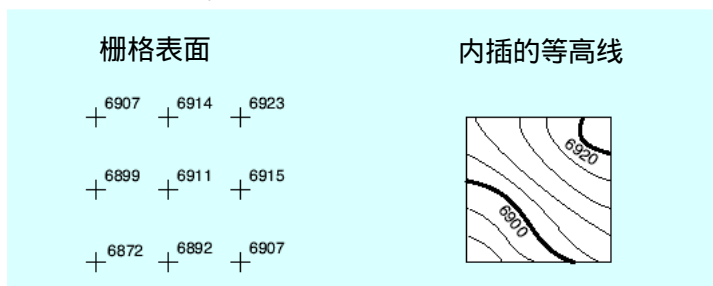
## 3.4 模拟表面

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。

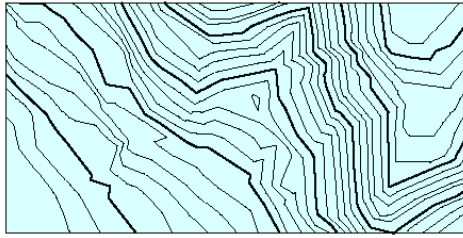
栅格数据集的不利之处在于：

- 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。

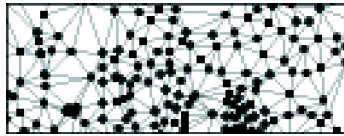
然而，通常来讲，等高线不适合作为计算机表面模型。即使采集等高线上的所有点也不能形成一个良好的表面数据集。

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。

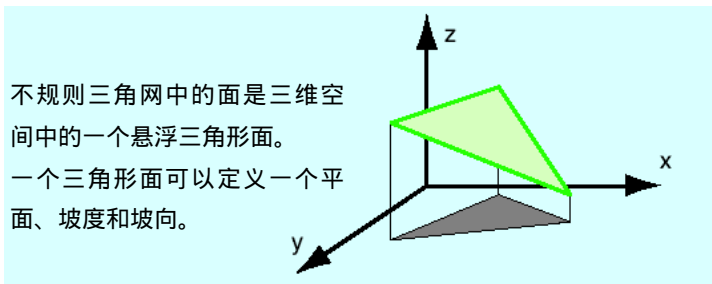
### 3.4.3 不规则三角网

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。



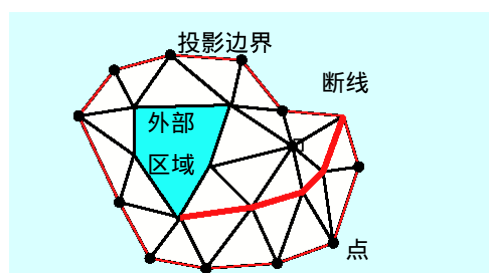
3. 每一个三角形形成一个倾斜的面。

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。