



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

# 地理信息系统教程

Dili Xinxi Xitong Jiaocheng

(第二版)

主编: 汤国安

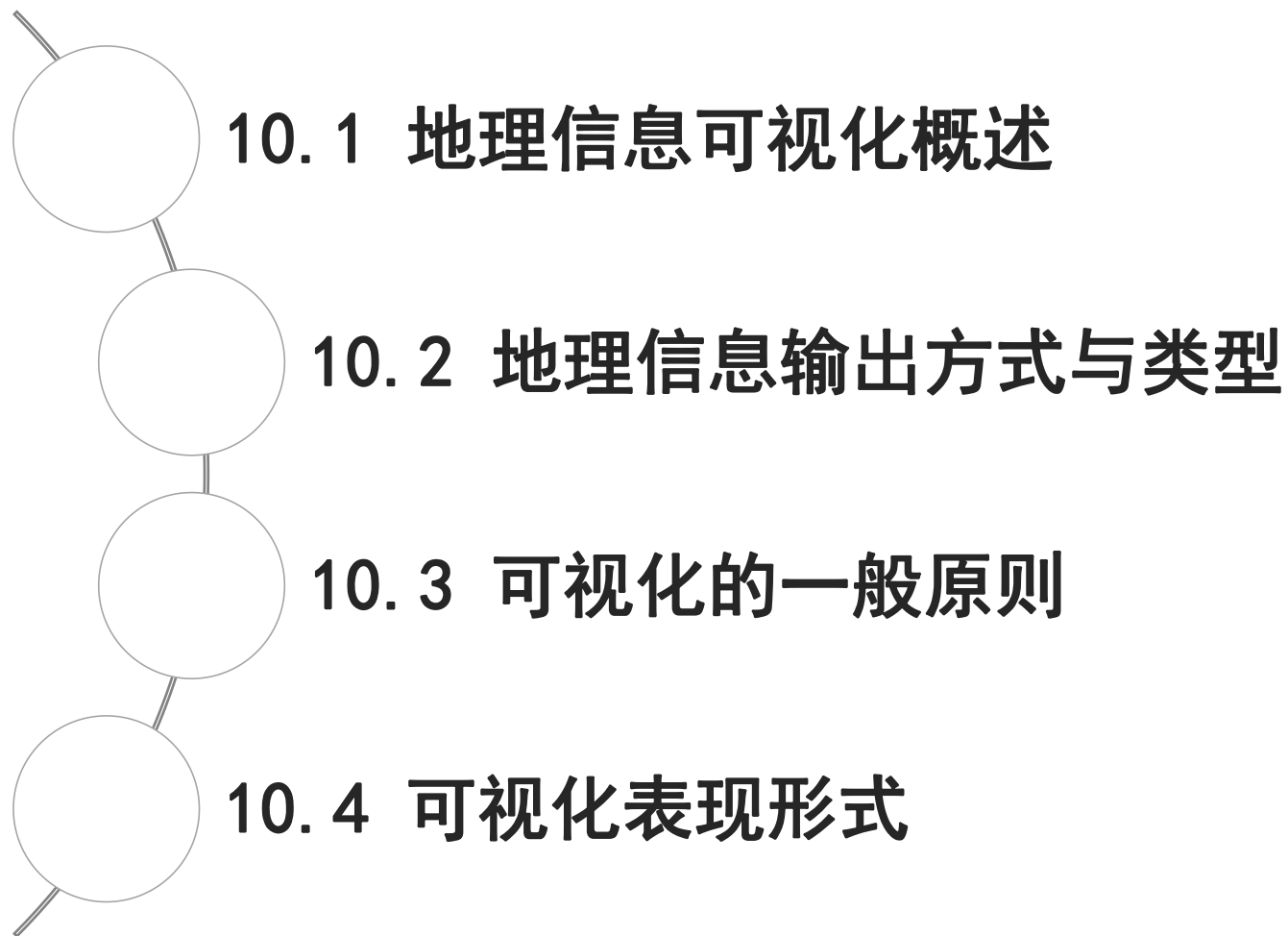


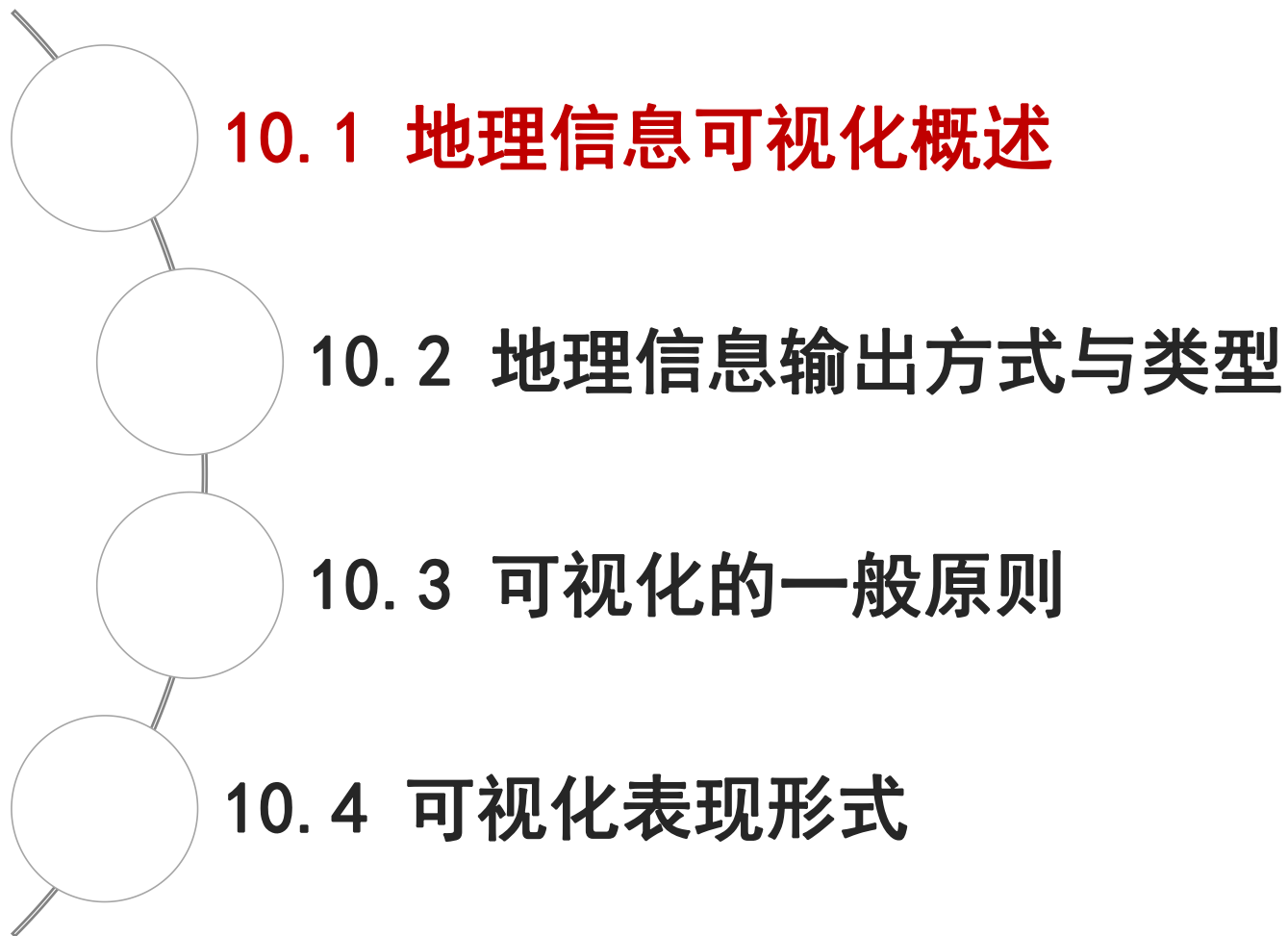
编著: 汤国安 刘学军 闫国年  
盛业华 王 春 张海平

高等教育出版社

# 第十章：地理信息可视化







# 10.1 地理信息可视化概述

## 当前大纲

10.1.1 可视化与信息可视化

10.1.2 地理信息可视化

10.1.3 地理信息可视化的意义

# 10.1 地理信息可视化概述

## 10.1.1 可视化与信息可视化

**可视化(Visualization in Scientific Computing, 缩写为ViSC)**全称是科学计算可视化，它是利用计算机图形学和图像处理技术，将数据转换成图形或图像在屏幕上显示出来，并进行交互处理的理论、方法和技术。。

**信息可视化(Information Visualization)**是可视化技术在非空间数据领域的应用，可以增强数据呈现效果，让用户以直观交互的方式实现对数据的观察和浏览，从而发现数据中隐藏的特征、关系和模式。

# 10.1 地理信息可视化概述

## 10.1.2 地理信息可视化

### □ 地理信息可视化的概念

地理信息可视化是运用图形学、计算机图形学和图像处理技术，将地学信息输入、处理、查询、分析以及预测的结果和数据以图形符号、图标、文字、表格、视频等可视化形式显示并进行交互的理论、方法和技术。可视化是地理信息系统的重要组成部分。其中，基于地图的地理信息可视化是最为核心的内容。

# 10.1 地理信息可视化概述

## 10.1.2 地理信息可视化

### □ 地理信息可视化的特点

- (1) 可视化过程的多样性;
- (2) 信息表达的动态性;
- (3) 信息表达载体的多维性。

在各种可视化方式中，地图可视化是GIS中使用最为广泛的地理信息可视化方法。这里的地图可视化是指使用计算机制图软件或程序包，以各种地图的形式表达地理信息的空间数据可视化方法。

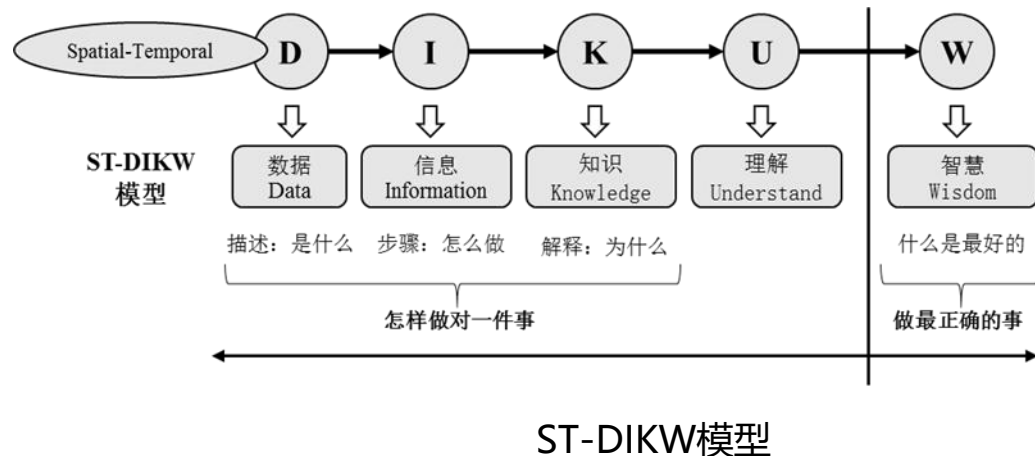


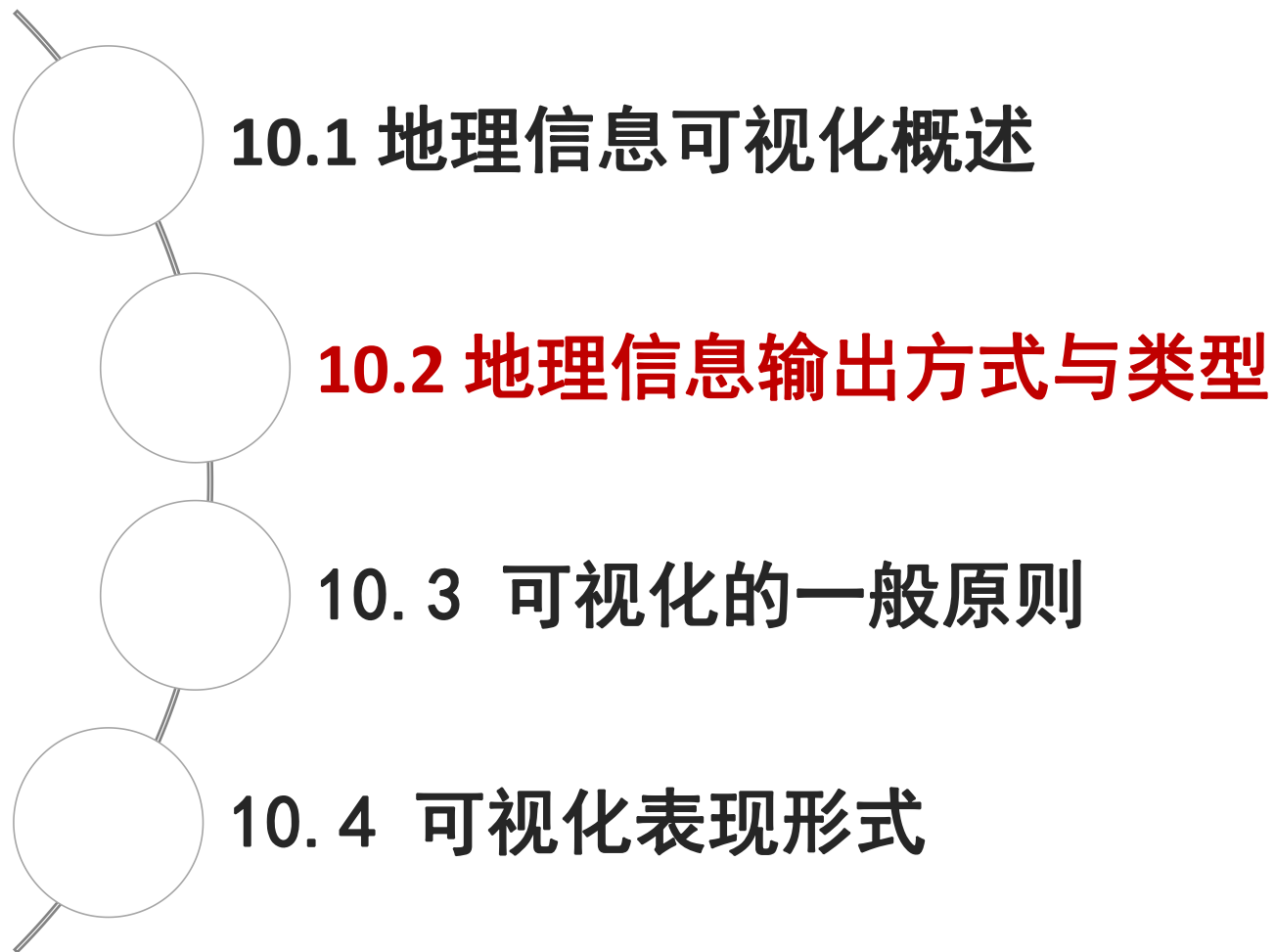
# 10.1 地理信息可视化概述

## 10.1.3 地理信息可视化的意义

可视化作为地理信息系统的重要内容，在地理信息数据处理、分析和结果展示等环节都具有重要作用。它提供了一种用于理性认识、解释人类和自然关系的强大工具。相比传统可视化，地理信息可视化的突出特征是能够对时空数据及其相关联的属性信息进行可视化。

DIKW模型是基于数据的认知模型，在此模型中，系统描述了数据、信息、知识及智慧之间存在的逻辑依存关系及各自的功能。如果将数据缩小到一个更小的范围，即时空数据，就可以扩展出ST-DIKW模型。





# 10.2 地理信息输出方式与类型

## 当前大纲

10.2.1 地理信息输出方式

10.2.2 地理信息系统输出产品类型

# 10.2 地理信息输出方式与类型

## 10.2.1 地理信息输出方式

目前，一般地理信息系统软件都为用户提供三种主要的图形图像输出和属性数据报表输出方式：屏幕显示，矢量绘图仪制图，喷墨打印机。

设备	图形输出方式	精度	特点
矢量绘图机	矢量线划	高	适合绘制一般的线划地图，还可以进行刻图等特殊方式的绘图。
喷墨打印机	栅格点阵	高	可制作彩色地图与影像地图等各类精致地图制品。
高分辨彩显	屏幕象元点阵	一般	实时显示GIS的各类图形、图像产品。
行式打印机	字符点阵	差	以不同复杂度的打印字符输出各类地图，精度差，变形大。
胶片拷贝机	光栅	较高	可将屏幕图形复制至胶片上，用于制作幻灯片或正胶片。

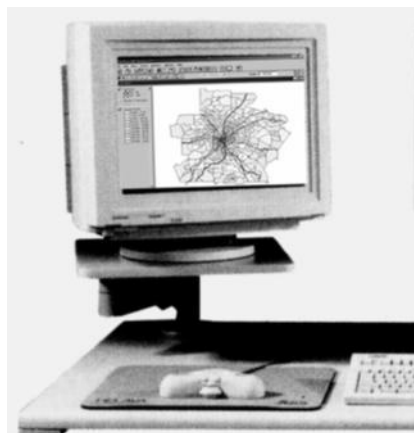
主要图形输出设备一览表

# 10.2 地理信息输出方式与类型

## 10.2.1 地理信息输出方式

### □ 1. 屏幕显示

由光栅或液晶的屏幕显示图形、图像，常用来做人和机器交互的输出设备。将屏幕上所显示的图形采用屏幕拷贝的方式记录下来，以在其他软件支持下直接使用。



计算机屏幕显示地图

# 10.2 地理信息输出方式与类型

## 10.2.1 地理信息输出方式

### □ 2. 矢量绘图

矢量制图通常采用矢量数据方式输入，根据坐标数据和属性数据将其符号化，然后通过制图指令驱动制图设备；也可以采用栅格数据作为输入，将制图范围划分为单元，在每一单元中通过点、线构成颜色、模式表示，其驱动设备的指令依然是点、线。



喷墨绘图机

# 10.2 地理信息输出方式与类型

## 10.2.1 地理信息输出方式

### □ 3. 打印输出

打印输出一般是直接由栅格方式进行的，可利用以下几种打印机。

- ❖ 点阵打印机：点阵打印是用打印机内的撞针去撞击色带，然后利用打印头将色带上的墨水印在纸上而达成打印的效果，点精度达0.141mm，可打印比例准确的彩色地图。
- ❖ 喷墨打印机（亦称喷墨绘图仪）：是高档的点阵输出设备，输出质量高、速度快，随着技术的不断完善与价格的降低，目前已经取代矢量绘图仪的地位，成为GIS产品主要的输出设备。
- ❖ 激光打印机：是一种既可用于打印又可用于绘图的设备，是利用碳粉附着在纸上而成像的一种打印机。

# 10.2 地理信息输出方式与类型

## 10.2.2 地理信息系统输出产品类型

地理信息系统产品是指由系统处理、分析，可以直接供研究、规划和决策人员使用的产品，其形式有地图、图像、统计图表以及各种格式的数字产品等。

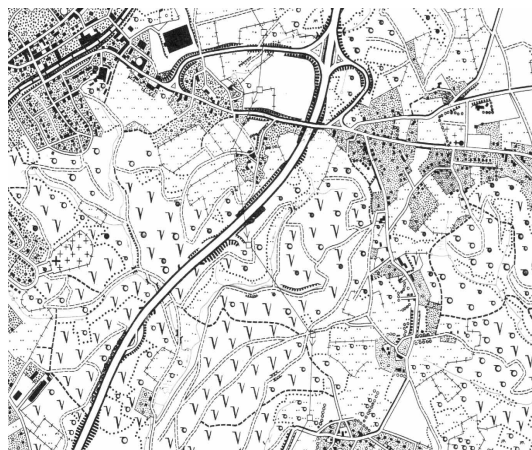


# 10.2 地理信息输出方式与类型

## 10.2.2 地理信息系统输出产品类型

### □ 1. 地图

地图是空间实体的符号化模型，是地理信息系统产品的主要表现形式(如图10.4)，根据地理实体的空间形态，常用的地图种类有点位符号图、线状符号图、面状符号图、等值线图、三维立体图、晕渲图等。



普通地图



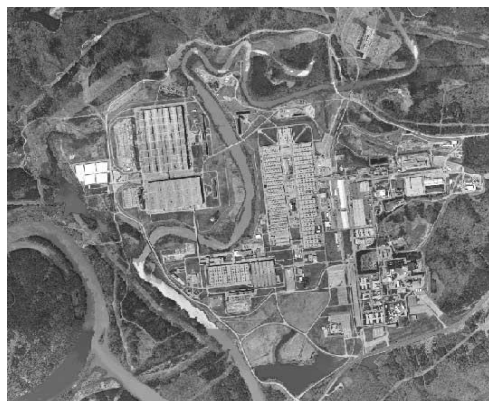
晕渲地形图

# 10.2 地理信息输出方式与类型

## 10.2.2 地理信息系统输出产品类型

### □ 2. 图像

图像也是空间实体的一种模型，它不采用符号化的方法，而是采用人的直观视觉变量（如灰度、颜色、模式）表示各空间位置实体的质量特征。它一般将空间范围划分为规则的单元（如正方形），然后再根据几何规则确定的图像平面的相应位置，用直观视觉变量表示该单元的特征。



正射影像地图



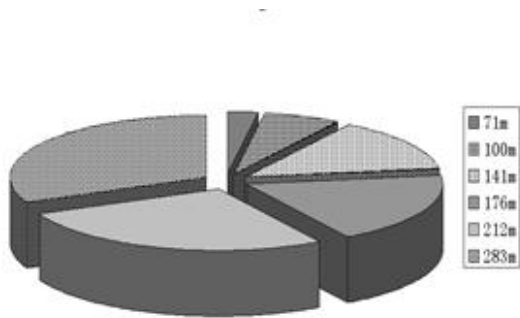
三维模拟建筑图

# 10.2 地理信息输出方式与类型

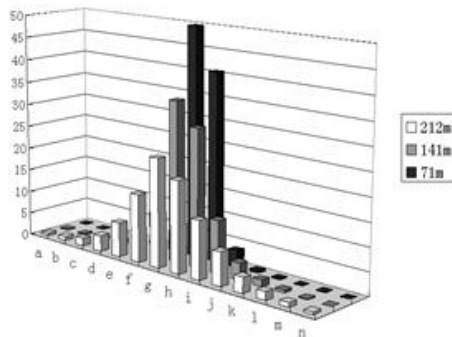
## 10.2.2 地理信息系统输出产品类型

### 3. 统计图表

非空间信息可采用统计图表表示。统计图将实体的特征和实体间与空间无关的相互关系采用图形表示，它将与空间无关的信息传递给使用者，使得使用者对这些信息有全面、直观的了解。统计图常用的形式有柱状图、扇形图、直方图、折线图和散点图。



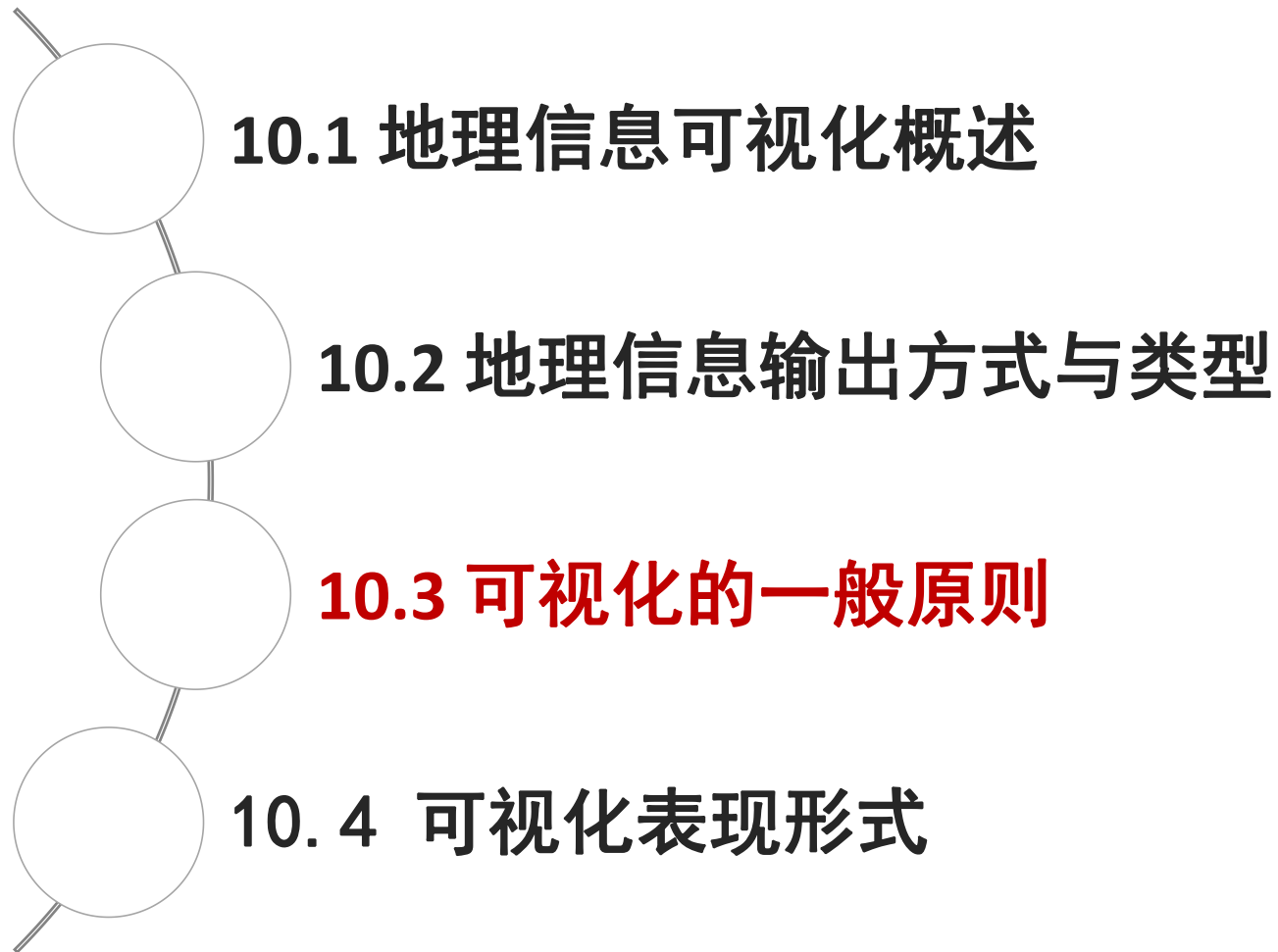
圆饼状统计图



直方统计图



GIS输出的专题地图



# 10.3 可视化的一般原则

## 当前大纲

10.3.1 符号的运用

10.3.2 注记运用

10.3.3 图面配置

10.3.4 制图内容的一般安排

# 10.3 可视化的一般原则

## 10.3.1 符号的运用

### □ 符号设计概述

空间对象以其位置和属性为特征。当用图形图像表达空间对象时，一般用符号位置来表示该要素的空间位置，用该符号与视觉变量组合来显示该要素的属性数据。

地图符号系统中的视觉变量包括形状、大小、纹理、图案、色相、色值和彩度。形状表征了图上要素类别。大小和纹理(符号斑纹的间距)表征了图上数据之间的数量差别。

# 10.3 可视化的一般原则

## 10.3.1 符号的运用

运用符号表达空间对象时，要注意以下几点：

- ❖ (1) 符号的定位：地图上常常以符号的位置表达其实际空间位置，这就是常说的符号定位问题。
- ❖ (2) 易读性：空间对象属性通过符号的视觉变量来进行区分，视觉变量包括形状、大小、方位、色调、亮度和色度等六类。
- ❖ (3) 视觉差异性：图形元素和背景、相邻元素的对比是符号运用中最为重要的一点。视觉上的差异性可以提高符号的分辨能力和识别能力。
- ❖ (4) 绝对数据与派生数据制图中的符号配置：属性数据根据加工与否可分为两类，即原始数据和派生数据。

# 10.3 可视化的一般原则

## 10.3.1 符号的运用

### □ 视觉变量

地图上能引起视觉变化的基本图形、色彩因素称为视觉变量，也叫图形变量。视觉变量是构成地图符号的基本元素。在其最简单的表示级别中，空间数据以点、线、面或栅格的形式存在。

视觉变量主要通过符号的大小、方向和颜色等进行定义。视觉变量分为定量视觉变量和定性视觉变量。常见的定量视觉变量有大小、方向、透视高度、属性值、亮度和饱和度等；定性视觉变量则主要有形状和色调等。












# 10.3 可视化的一般原则

## 10.3.1 符号的运用

视觉变量的类型：

- ❖ (1) 大小与方向：基于大小和方向对地图要素进行符号化属于定量型视觉变量。如图所示为不同类型的要素分别使用大小和方向视觉变量进行符号化的效果。对于2.5维的要素，不推荐使用方向变量进行表达。

	点要素	线要素	面要素	2.5维要素	3维要素
大小					
方向				不推荐	










基于大小和方向的视觉变量

# 10.3 可视化的一般原则

## 10.3.1 符号的运用

视觉变量的类型：

- ❖ (2) 透视高度与属性值：均属于定量型视觉变量。透视高度通过各种透视高度设计使二维符号表现出一定的三维效果，需要指出的是，对于3维要素，并不推荐使用透视高度对其进行符号化渲染。如图所示为使用透视高度和属性值视觉变量渲染各种类型要素的效果。

	点要素	线要素	面要素	2.5维要素	3维要素
透视高度					不推荐
属性值					



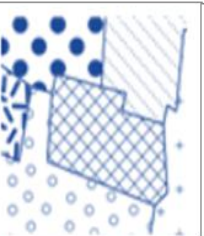






基于透视高度和属性值的视觉变量

# 10.3 可视化的一般原则

## 10.3.1 符号的运用

视觉变量的类型：

- ❖ (3) 形状与色调：形状和色调视觉变量是最为常用的地图符号化渲染方式，它们均属于定性型视觉变量。形状视觉变量在地图符号化过程中能够起到明显的可视化隐喻效果。

	点要素	线要素	面要素	2.5维要素	3维要素
形状				不推荐	
色调					

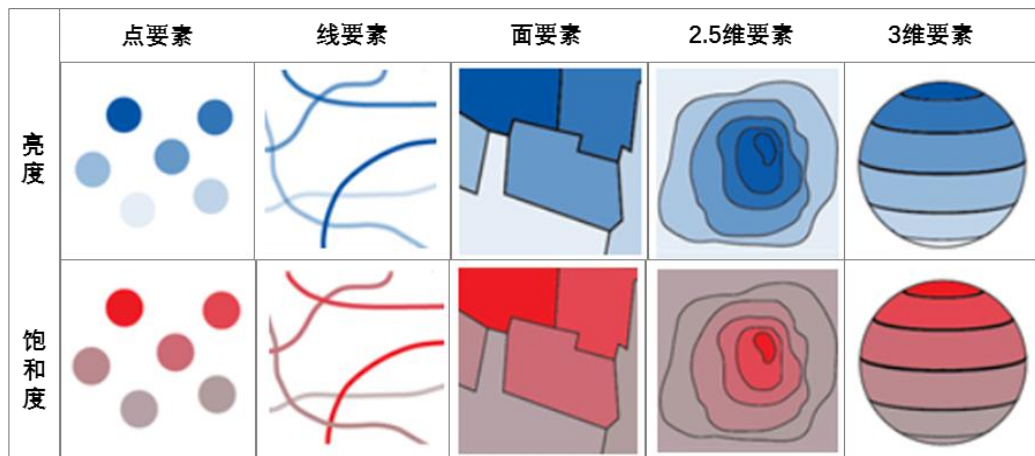
基于形状和色调的视觉变量

# 10.3 可视化的一般原则

## 10.3.1 符号的运用

视觉变量的类型：

- ❖ (4) 亮度与饱和度：亮度和饱和度均属于定量型视觉变量。亮度指色彩中深浅程度，明暗程度。饱和度是指色彩的鲜艳程度，也称色彩的纯度。前者用加白加黑来调节，后者则通过灰度成份调节。



基于亮度和饱和度的视觉变量

# 10.3 可视化的一般原则

## 10.3.1 符号的运用

### □ 符号的选取原则

选择正确的方法表示要素以准确传递正确的消息，这是使地图有效传达信息的关键。通常情况下，为符号赋予含义将确定要显示的是定量差异还是定性差异，即，是大小差异还是类型差异。下表给出了一些建议方法，可以使用这些方法来修改要素。

要素类型	定性	定量
点要素	首选:色调、形状。次选: 方向	首选:大小、值、亮度。次选:透视高度
线要素	首选:色调、形状。	首选:大小。次选:透视高度、值、亮度
面要素	首选:色调、形状。次选:方向	首选:值、亮度、饱和度、大小
2.5维要素	不推荐	首选:透视高度、亮度、值。次选:饱和度
3维要素	首选:方向、形状。次选:色调	首选:亮度、值、饱和度。次选:大小

# 10.3 可视化的一般原则

## 10.3.2 注记运用

每幅地图都需要用一定的文字或者注记来标记制图要素，制图者把字体当作一种地图符号，因为与点状、线状、面状符号一样，字体也有多种类型。运用不同的字体类型表征出悦目、和谐的地图是制图者所面临的一项主要任务。

字体在字样、字形、大小和颜色方面变化多样。字样指的是字体的设计特征，而字形指的是字母形状方面的不同。字形包括了在字体重量或笔画粗细(粗体、常规或细长体)、宽度(窄体或宽体)、直体与斜体(或者罗马字体与斜体)、大写与小写等方面的不同变化。

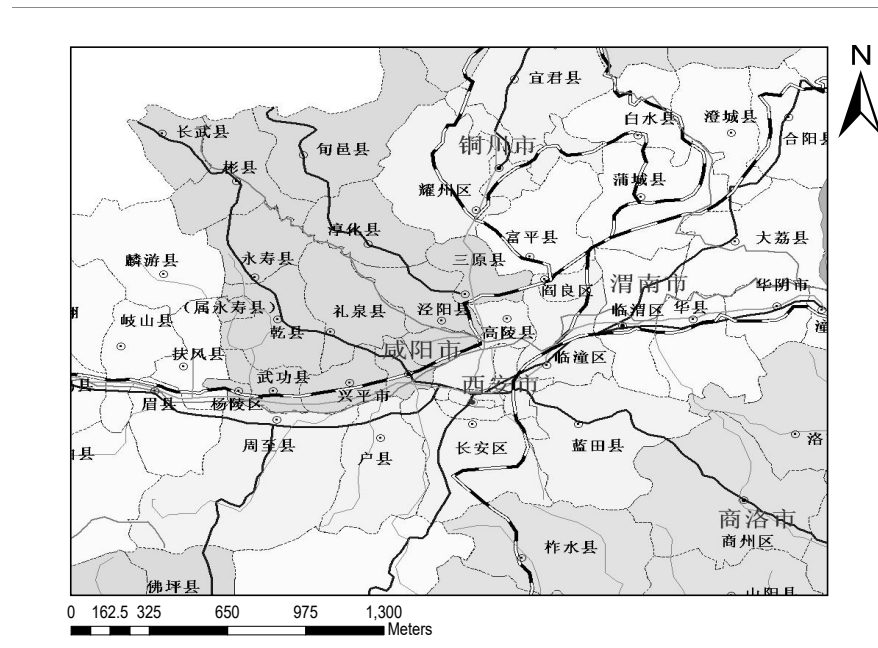
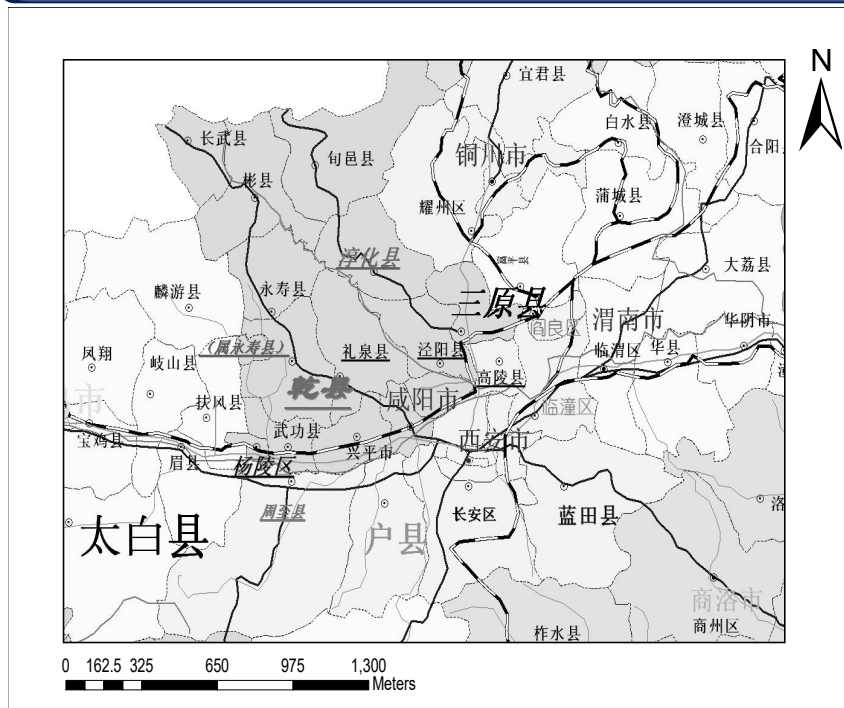
# 10.3 可视化的一般原则

## 10.3.2 注记运用

- ❑ **字体变化：**字体变化可以像视觉变量一样在地图符号中起作用。字样、字体颜色、罗马字体或斜体等方面的差异更适合于表现定性数据，而字体大小、字体粗细和大小写等方面的差异则更适合于表现定量数据。
- ❑ **字体类型：**在选择字体类型的时候要考虑可读性、协调性和传统习惯。注记的可读性必须与协调性相平衡。注记的功能就是传达地图内容。
- ❑ **字体摆放：**地图上文字或标注的摆放与字体变化的选择同样重要。

# 10.3 可视化的一般原则

## 10.3.2 注记运用



注记的运用与对比，上图字体变化繁多，使得图面协调被破坏，下图是调整后的注记，字体均匀，图面要协调许多。



# 10.3 可视化的一般原则

## 10.3.3 图面配置

### □ 图面配置的概念

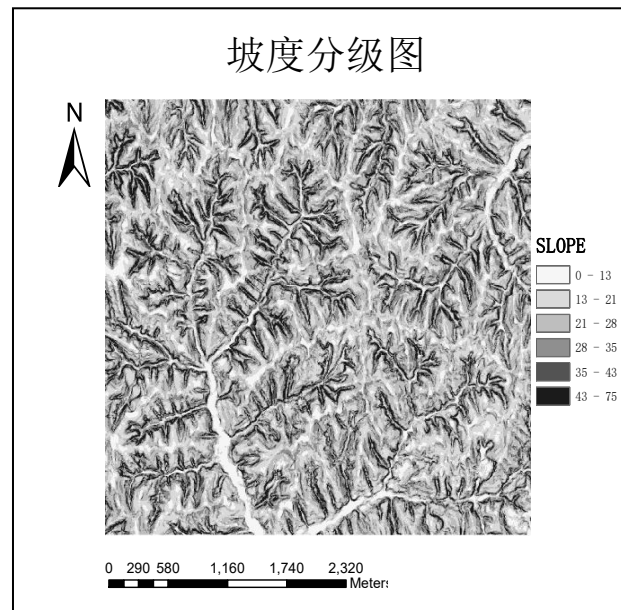
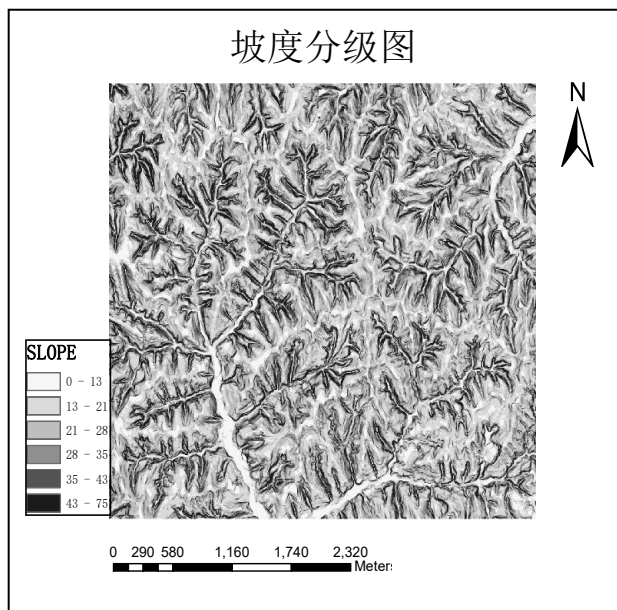
图面配置是指对图面内容的安排。在一幅完整的地图上，图面内容包括图廓、图名、图例、比例尺、指北针、制图时间、坐标系统、主图、副图、符号、注记、颜色、背景等内容，内容丰富而繁杂。一般情况下，图面配置应该主题突出、图面均衡、层次清晰、易于阅读，以求美观和逻辑的协调统一而又不失人性化。

# 10.3 可视化的一般原则

## 10.3.3 图面配置

图面配置的原则：

- ❖ (1) 主题突出：制图的目的是通过可视化手段来向人们传递空间信息，因此在整个图面上应该突出所要传递的内容，即地图主体。制图主体的放置应遵循人们的心理感受和习惯，必须有清晰的焦点。



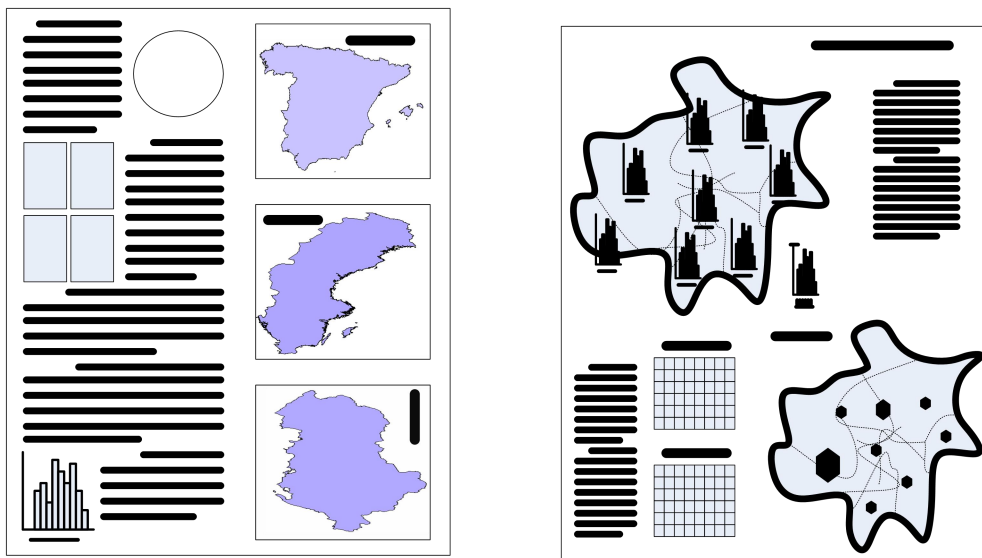
图面内容与图例转换

# 10.3 可视化的一般原则

## 10.3.3 图面配置

图面配置的原则：

- ❖ (2) 图面平衡：图面是以整体形式出现的，而图面内容又是由若干要素组成的。图面设计中的平衡，就是要按照一定的方法来确定各种要素的地位，使各个要素显示的更为合理。



视觉的平衡

# 10.3 可视化的一般原则

## 10.3.3 图面配置

图面配置的原则：

- ❖ (3) 图形-背景：图形在视觉上更重要一些，距读者更近一些，有形状、令人深刻的颜色和具体的含义。背景是图形背景，以衬托和突出图形。



图形-背景关系

# 10.3 可视化的一般原则

## 10.3.3 图面配置

图面配置的原则：

- ❖ (4) 视觉层次：视觉层次是图形-背景关系的扩展。视觉层次是指将三维效果或深度引入制图的视觉设计与开发过程，它根据各个要素在制图中的作用和重要程度，将制图要素置于不同的视觉层次中。最重要的要素放在最顶层并且离读者最近，而较为次要的要素放在底层且距读者比较远，从而突出了制图的主体，增加了层次性、易读性和立体感，使图面更符合人们的视觉生理感受。

# 10.3 可视化的一般原则

## 10.3.4 制图内容的一般安排

### □ 主图与副图

主图是地图图幅的主体，应占有突出位置及较大的图面空间。同时，在主图的图面配置中，还应注意以下的问题：

(1) 在区域空间上，要突出主区与邻区是图形与背景的关系，增强主图区域的视觉对比度。

(2) 主图的方向一般按惯例定为上北下南。

(3) 移图。制图区域的形状、地图比例尺与制图区域的大小难以协调时，可将主图的一部分移到图廓内较为适宜的区域，这就成为移图。

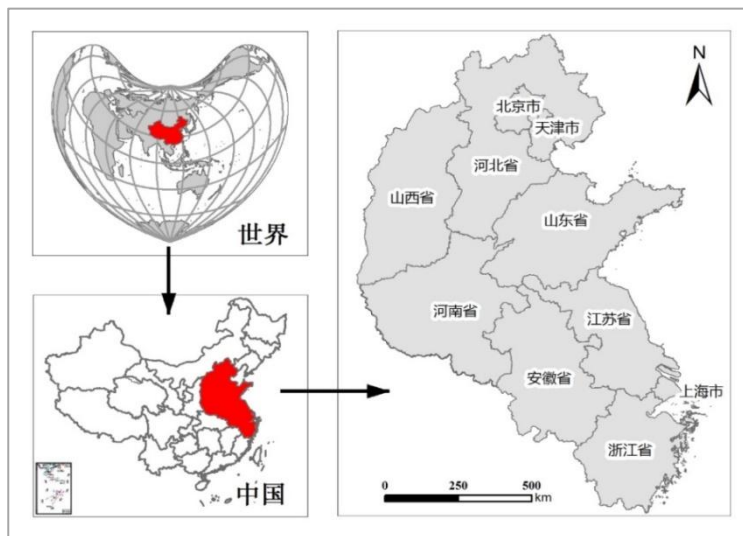
(4) 重要地区扩大图。对于主图中专题要素密度过高，难以正常显示专题信息的重要区域，可适当采取扩大图的形式处理。

# 10.3 可视化的一般原则

## 10.3.4 制图内容的一般安排

### □ 主图与副图

副图是补充说明主图内容不足的地图，如主图位置示意图、内容补充图等。一些区域范围较小的单幅地图，用图者难以明白该区域所处的地理位置，需要在主图的适当位置配上主图位置示意图，它所占幅面不大，但却能简明、突出地表现主图在更大区域范围内的区位状况。



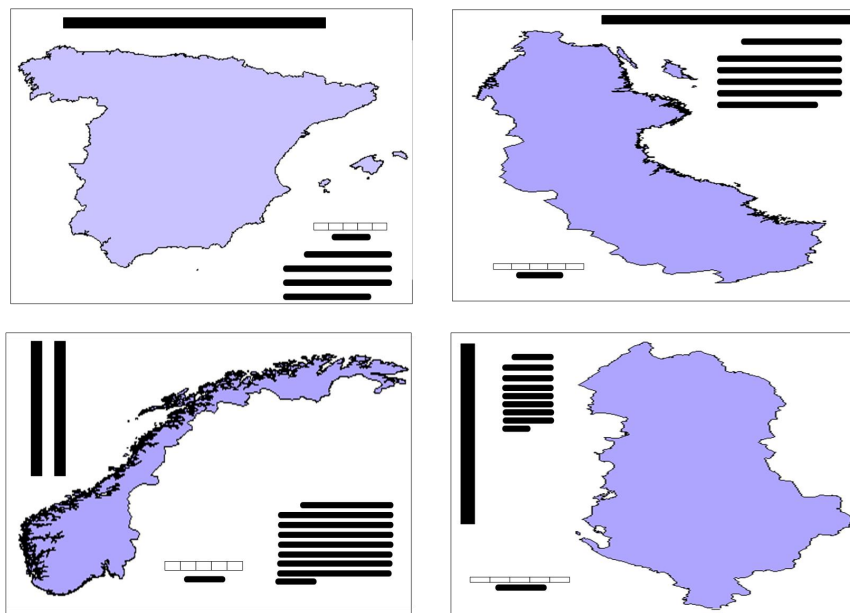
主图与副图布局示意图

# 10.3 可视化的一般原则

## 10.3.4 制图内容的一般安排

### □ 图名

图名的主要功能是为读图者提供地图的区域和主题的信息。表示统计内容的地图，还必须提供清晰的时间概念。图名要尽可能简练、确切。组成图名的三个要素（区域、主题、时间）。



图名位置的安排

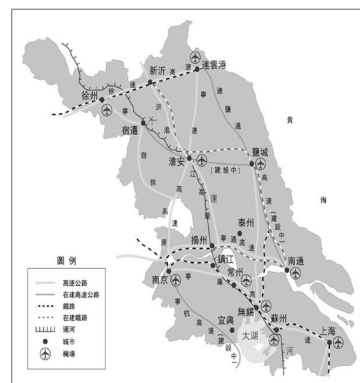
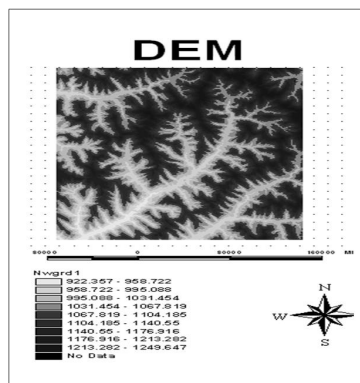
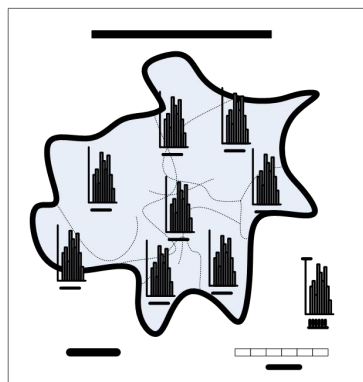


# 10.3 可视化的一般原则

## 10.3.4 制图内容的一般安排

### □ 图例

图例应尽可能集中在一起。虽然经常都被置于图面中不显著的某一角，但这并不降低图例的重要性。为避免图例内容与图面内容的混淆，被图例压盖的主图应当镂空。



图例位置的安排

# 10.3 可视化的一般原则

## 10.3.4 制图内容的一般安排

### □ 比例尺

地图的比例尺一般被安置在图名或图例的下方。地图上的比例尺，以直线比例尺的形式最为有效、实用。

### □ 指北针

地图的指北针用于标识地图的方位。一般情况下，地图按照“上北下南”的方向布局，推荐的做法是在最终的地图中放置指北针元素。

### □ 统计图表与文字说明

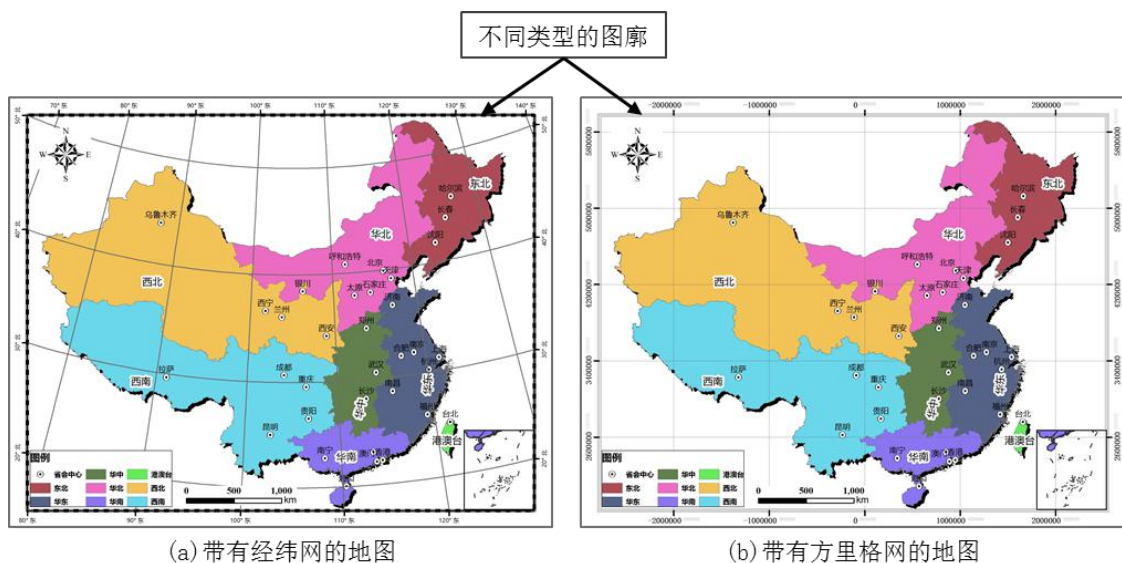
统计图表与文字说明是对主题的概括与补充比较有效的形式。由于其形式（包括外形、大小、色彩）多样，能充实地图主题、活跃版面，因此有利于增强视觉平衡效果。

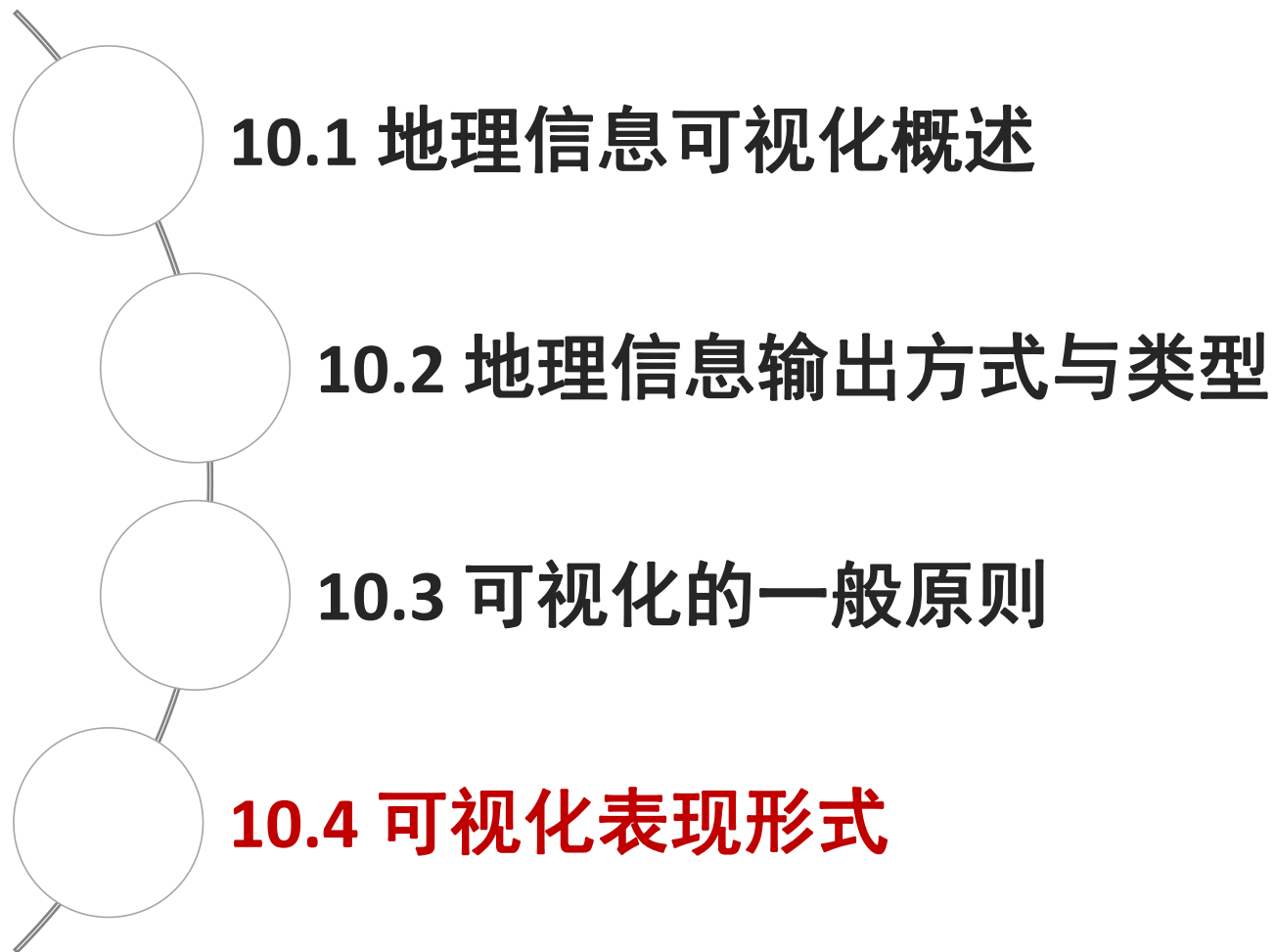
# 10.3 可视化的一般原则

## 10.3.4 制图内容的一般安排

### □ 图廓与参考格网

单幅地图一般都以图框作为制图的区域范围。常用的参考格网主要是方里格网和经纬网。方里格网是由水平和垂直的线构成的网格，用于定位地图上的位置和区域。经纬网则是由表示地球东西位置的经线和表示地球南北位置的子午线构成。





# 10.4可视化表现形式

## 当前大纲

10.4.1 专题地图显示

10.4.2 等值线显示

10.4.3 分层设色显示

10.4.4 地形晕渲显示

10.4.5 剖面显示

10.4.6 立体透视显示

10.4.7 三维景观显示

10.4.8 时空数据显示

10.4.9 虚拟现实技术

10.4.10 三维动态漫游

# 10.4 可视化表现形式

## 10.4.1 专题地图显示

### □ 专题地图的概念

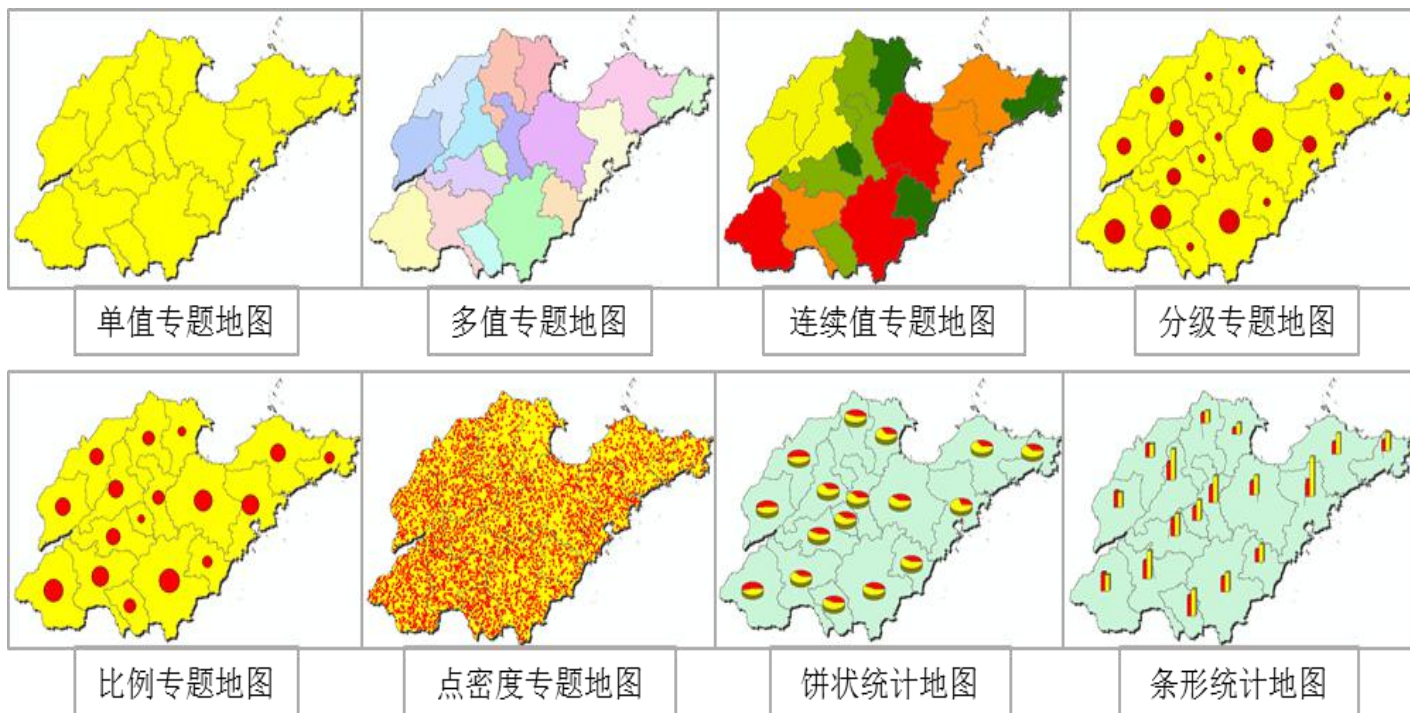
专题地图，是在地理底图上，按照地图主题的要求，突出而完善地表示与主题相关的一种或几种要素，使地图内容专题化、形式各异、用途专门化的地图。专题地图具有下列3个特点：

- ❖ 专题地图只将一种或几种与主题相关联的要素特别完备而详细地显示，而其他要素的显示则较为概略，甚至不予显示。
- ❖ 专题地图的内容广泛，主题多样。
- ❖ 专题地图不仅可以表示现象的现状及其分布，还能表示现象的动态变化和发展规律。

# 10.4 可视化表现形式

## 10.4.1 专题地图显示

专题地图按照表现方式来分主要有以下几种：

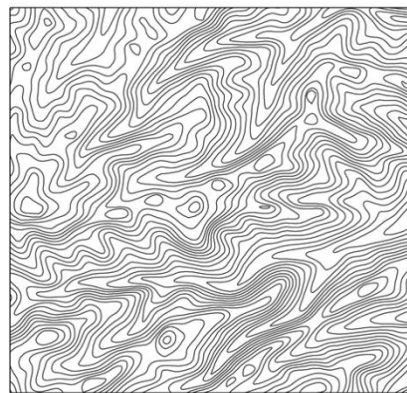


# 10.4 可视化表现形式

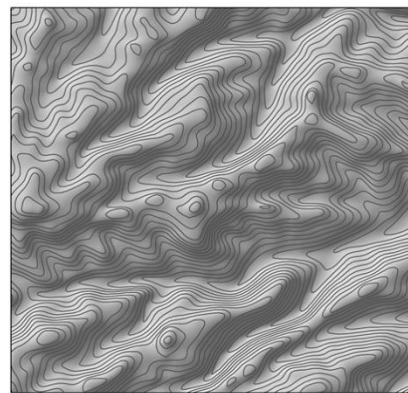
## 10.4.2 等值线显示

### □ 等值线的概念

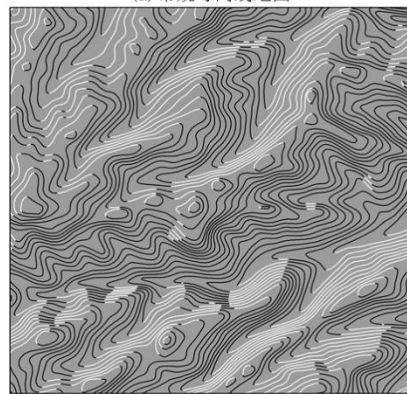
等值线又称等量线，表示在相当范围内连续分布而且数量逐渐变化的现象的数量特征。用连接各等值点的平滑曲线来表示制图对象的数量差异，如等高线、等深线、等温线、等磁线等。等高线是表示地面起伏形态的一种等值线。它是把地面上高程相等的各相邻点相连所形成的闭合曲线，垂直投影在平面上的图形。



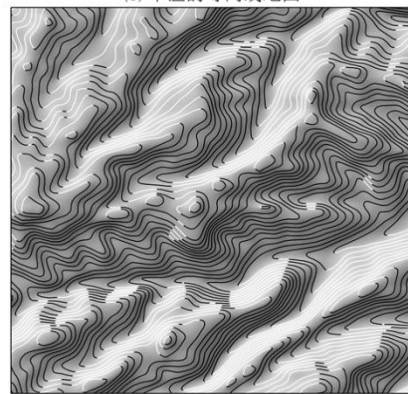
(a) 常规等高线地图



(b) 晕渲的等高线地图



(c) 明暗等高线地图



(d) 晕渲的明暗等高线地图



# 10.4 可视化表现形式

## 10.4.3 分层设色显示

### □ 分层设色的概念

分层设色法是在等高线的基础上根据地图的用途、比例尺和区域特征，将等高线划分一些层级，并在每一层级的面积内绘上不同颜色，以色相、色调的差异表示地势高低的方法。这种方法加强了高程分布的直观印象，更容易判读地势状况，特别是有了色彩的正确配合，使地图具有了一定的立体感。

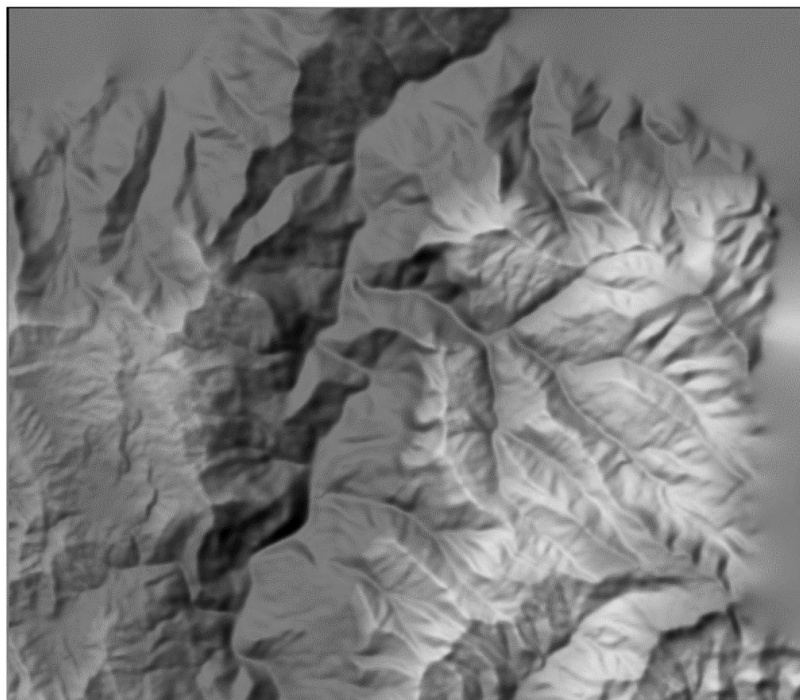
设色有单色和多色两种。单色是利用色调变化表示地形的高低，现在已经很少采用。多色是利用不同色相和色调深浅表示地形的高低。

# 10.4可视化表现形式

## 10.4.4 地形晕渲显示

### □ 晕渲法的概念

晕渲法也叫阴影法，是用深浅不同的色调表示地形起伏形态。按光源的位置分直照晕渲、斜照晕渲和综合光照晕渲；按色调分墨渲和彩色晕渲。



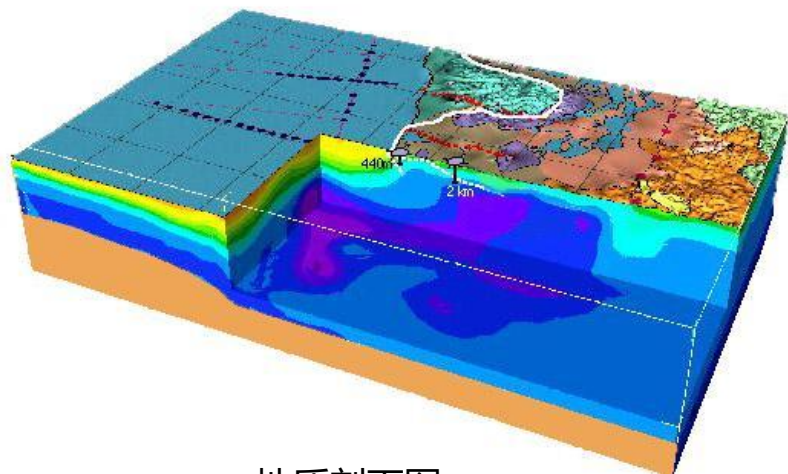
由DEM产生的地面晕渲图

# 10.4可视化表现形式

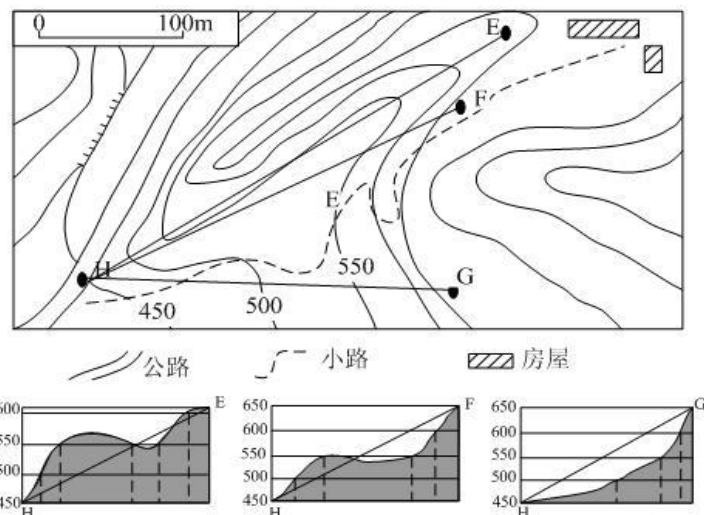
## 10.4.5 剖面显示

### □ 剖面的概念

剖面是指地面沿某一方向的垂直截面（或断面），它包含地形剖面图和地质剖面图等。地形剖面图是为了直观地表示地面上沿某一方向地势的起伏和坡度的陡缓，以等高线地形图为基础转绘成的。地质剖面图是用来显示地质构造的一种特殊地形图。



地质剖面图



水平比例尺1:10000

垂直比例尺1:5000

地形剖面图

# 10.4可视化表现形式

## 10.4.6 立体透视显示

GIS的立体透视显示可以实现多种地形的三维表达，常用的包括立体等高线图、线框透视图、立体透视图以及各种地形模型与图像数据叠加而形成的地形景观等等。可分为：

- ❑ 立体等值线模型
- ❑ 三维线框透视模型
- ❑ 三维表面模型
- ❑ 三维热力图
- ❑ 三维景观显示
- ❑ 应用模型与系统开发

# 10.4可视化表现形式

## 10.4.6 立体透视显示

GIS的立体透视显示可以实现多种地形的三维表达，常用的包括立体等高线图、线框透视图、立体透视图以及各种地形模型与图像数据叠加而形成的地形景观等等。可分为：

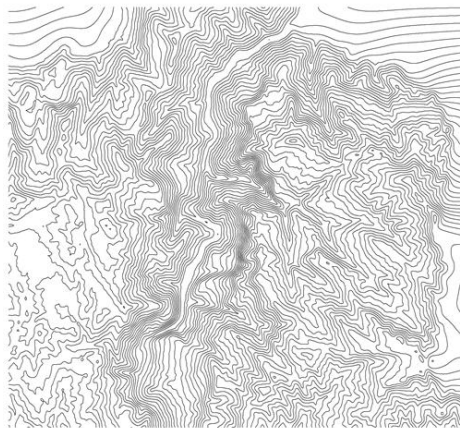
- ❑ 立体等值线模型
- ❑ 三维线框透视模型
- ❑ 三维表面模型
- ❑ 三维热力图
- ❑ 三维景观显示
- ❑ 应用模型与系统开发

# 10.4可视化表现形式

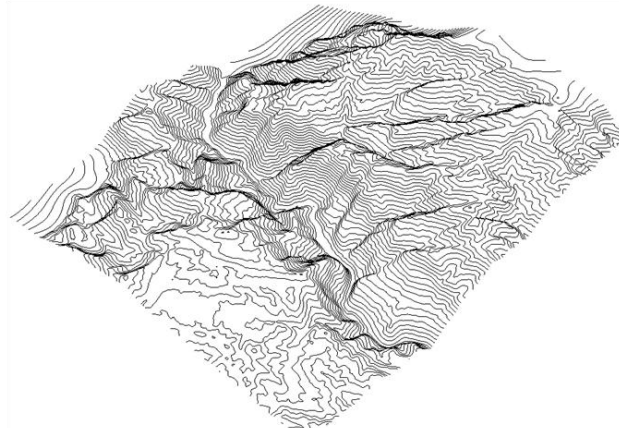
## 10.4.6 立体透视显示

### □ 立体等值线模型

平面等值线图在二维平面上实现了三维地形的表达，但地形起伏需要进行判读，虽具有量测性但不直观。借助于计算机技术，可以实现平面等高线构成的空间图形在平面上的立体体现，即将等高线作为空间直角坐标系中的函数 $H = f(x, y)$ 的空间图形，投影到平面上所获得的立体效果图。



(a)



(b)

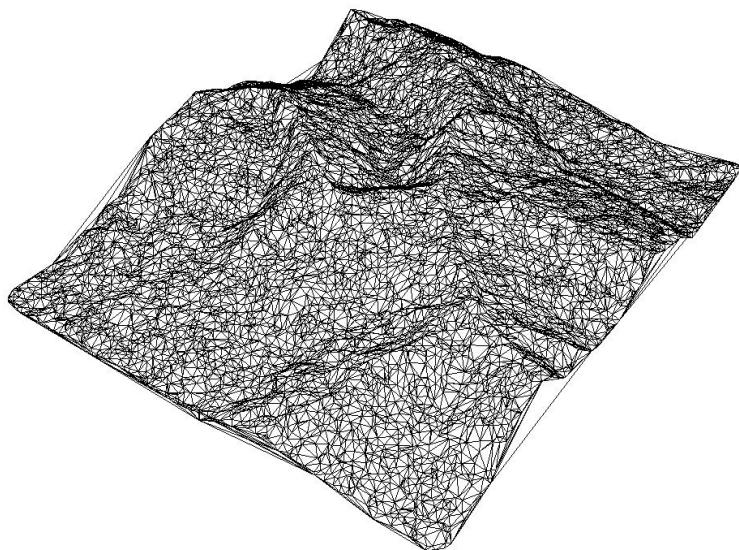
平面等值线(a)和立体等值线(b)

# 10.4可视化表现形式

## 10.4.6 立体透视显示

### □ 三维线框透视模型

线框透视图或线框模型 (Wireframe) 是计算机图形学和CAD/CAM领域中较早用来表示三维对象的模型，至今仍广为运用，流行的CAD软件、GIS软件等都支持三维对象的线框透视图建立。



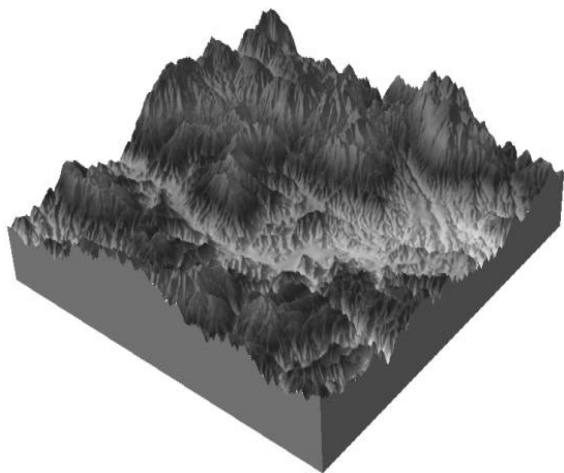
DEM三维线框透视图

# 10.4 可视化表现形式

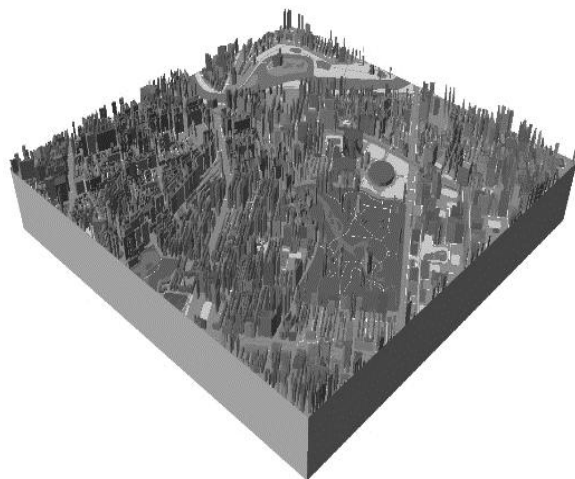
## 10.4.6 立体透视显示

### □ 三维表面模型

地形三维表面模型是在三维线框模型基础上，通过增加有关的面、表面特征、边的连接方向等信息，实现对三维表面的以面为基础的定义和描述，从而可满足面面求交、线面消除、明暗色彩图等应用的需求。



地形三维透视模型



城市建筑三维透视模型

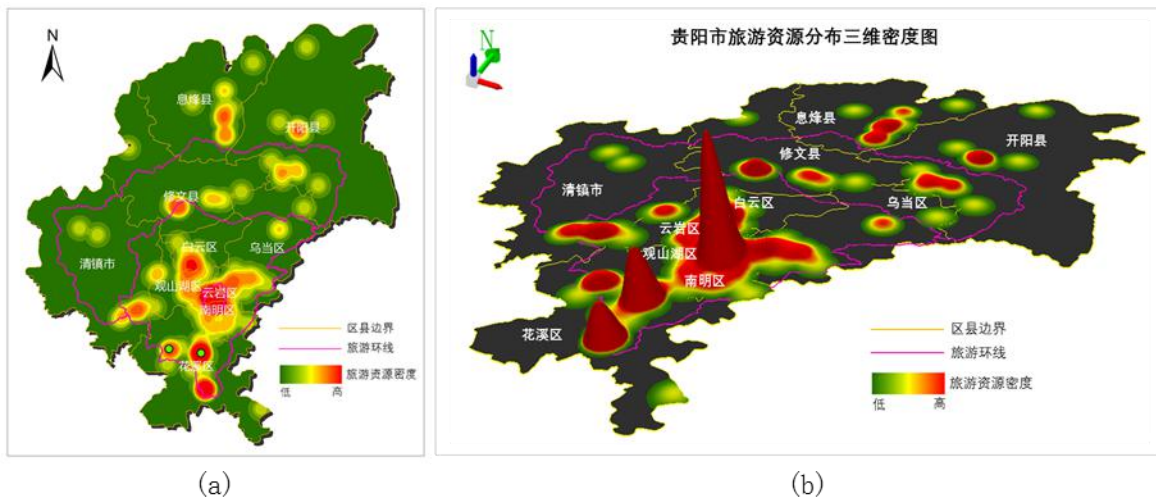


# 10.4 可视化表现形式

## 10.4.6 立体透视显示

### □ 三维热力图

随着大数据技术的兴起，海量数据的可获取能力不断增强。现实世界中，地理对象的数字化表达，相比线要素和面要素，点要素的表达最为广泛。对于海量数据而言，提取并可视化这些数据的宏观汇总模式及其特征显得尤为为重。基于密度的分析及可视化方法，是常用的方法之一。



二维热力图 (a) 和三维热力图 (b)

# 10.4可视化表现形式

## 10.4.7 三维景观显示

### □ 基于纹理映射技术的地形三维景观

真实地物表面存在着丰富的纹理细节，人们正是依据这些纹理细节来区别各种具有相同形状的景物。因此，景物表面纹理细节的模拟在真实感图形生成技术中起着非常重要的作用，一般将景物表面纹理细节的模拟称为纹理映射技术。

纹理映射技术的本质是：选择与DEM同样地区的纹理影像数据，将该纹理“贴”在通过DEM所建立的三维地形模型上，从而形成既具有立体感又具有真实性、信息含量丰富的三维立体景观。

# 10.4可视化表现形式

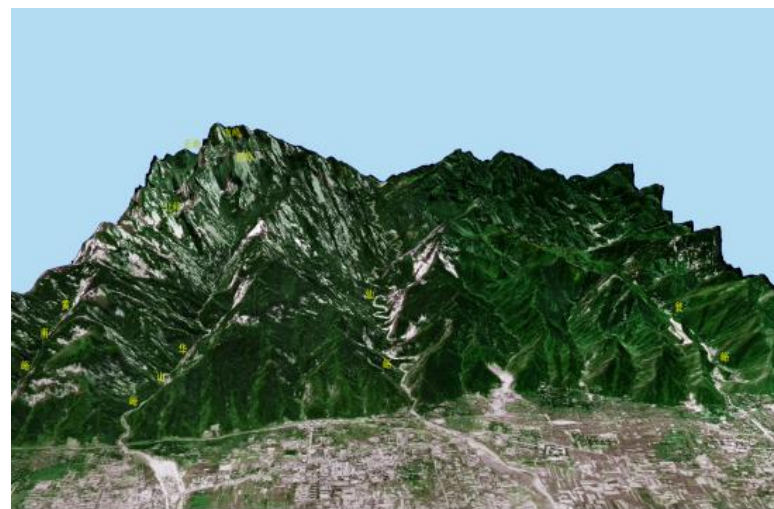
## 10.4.7 三维景观显示

### □ 基于遥感影像的地形三维景观

各类遥感影像数据(航空、航天、雷达等)记录了地形表面丰富的地物信息,是地形景观模型建立主要的纹理库。



(航空) 正射影像+DEM



(遥感) 正射影像+DEM

# 10.4可视化表现形式

## 10.4.7 三维景观显示

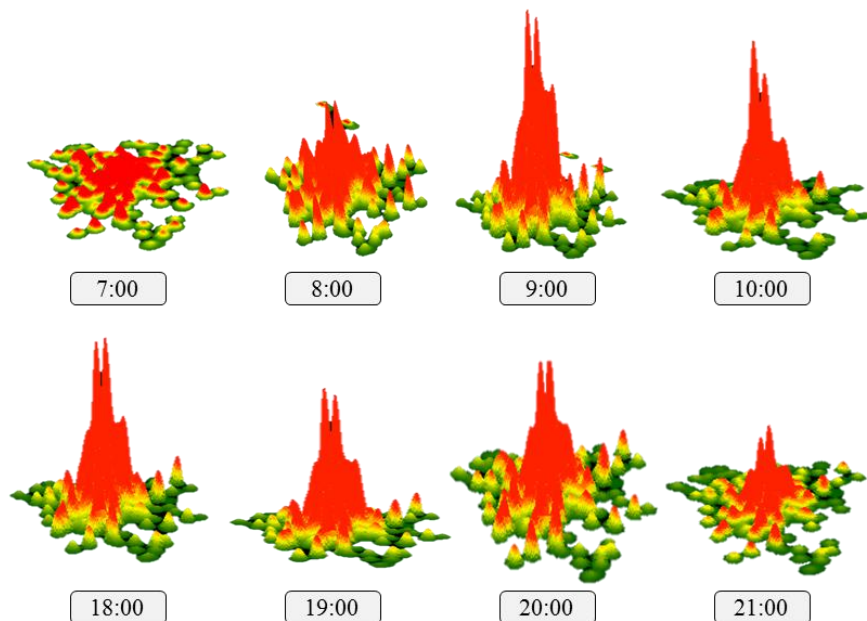
### □ 基于地物叠加的地形三维景观

将图像的纹理叠加在地形的表面，虽然可以增加地形显示的真实性，但若是能够在DEM模型上叠加地形表面的各种人工和自然地物，如公路、河流、桥梁、地面建筑等，则更能逼真地反映地表的实际情况，而且这样生成的地形环境还能进行空间信息查询和管理。

# 10.4 可视化表现形式

## 10.4.8 时空数据显示

地理事物的空间分布规律和随时间的动态变化过程是地理信息系统所研究的核心内容。从宏观模式汇总层面讲，时空数据一种常用的可视化方法是按照一定的时间间隔，基于三维密度分析构建时间序列三维密度图谱



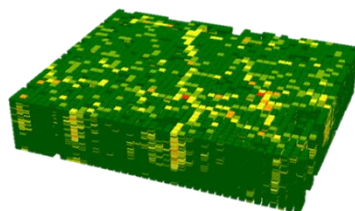
分别显示了某城市从早上7点到10点，下午18点到21点乘坐地铁的人流的时空变化过程。

# 10.4 可视化表现形式

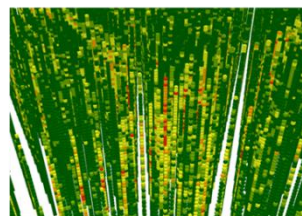
## 10.4.8 时空数据显示

### □ 时空立方体

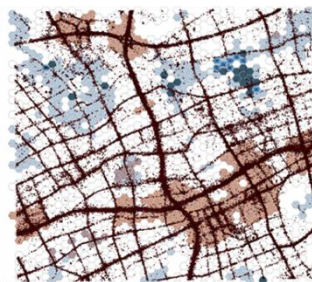
时空立方体是一种典型的时空数据挖掘与可视化方法。时空立方体是以二维图形沿着时间维发展变化的过程，表达现实世界中的事物随着时间的演变。这样就构成了以 $xy$ 为平面坐标，标定空间位置；以 $z$ 轴作为时间轴，标定时间序列，从而形成均质的三维立方体。



(a) 时空立方体



(b) 局部时空立方体



(c) 时空立方体模式识别结果

# 10.4可视化表现形式

## 10.4.9 虚拟现实技术

虚拟现实（Virtual Reality, VR）是计算机产生的集视觉、听觉、触觉等为一体的三维虚拟环境，用户借助特定装备（如数据手套、头盔等）以自然方式与虚拟环境交互作用、相互影响，从而获得与真实世界等同的感受以及在现实世界中难以经历的体验。随着三维信息的可得和计算机图形学技术的发展，地理信息三维表示不仅追求普通屏幕上通过透视投影展示的真实感图形，而且具有强烈沉浸感的虚拟现实真立体展示日益成为主流技术之一。



# 10.4可视化表现形式

## 10.4.9 虚拟现实技术

### □ VR基本特征

VR基本特征包括多感知性 (multi-perception)、自主性 (autonomy)、交互性 (interaction) 和临场性 (presentation)。自主性指VR中的物体应具备根据物理定律动作的能力，如受重力作用的物体下落；交互性指对VR内物体的互操作程度和从中得到反馈的程度。用户与虚拟环境相互作用、相互影响，当人的手抓住物体时，则人的手有握住物体的感觉并可感物体的重量，而物体应能随着移动的手移动而移动。





# 10.4可视化表现形式

## 10.4.9 虚拟现实技术

### □ VR技术

生成VR的方法技术简称VR技术。VR技术强调身临其境感或沉浸感，其实质在于强调VR系统对介入者的刺激在物理上和认知上符合人长期生活所积累的体验和理解。

- ❖ VR技术正日益成为三维空间数据可视化通用的工具。
- ❖ 专VR建立了真三维的景观描述的、可实时交互作用、能进行空间信息分析的空间信息系统。

# 10.4可视化表现形式

## 10.4.10三维动态漫游

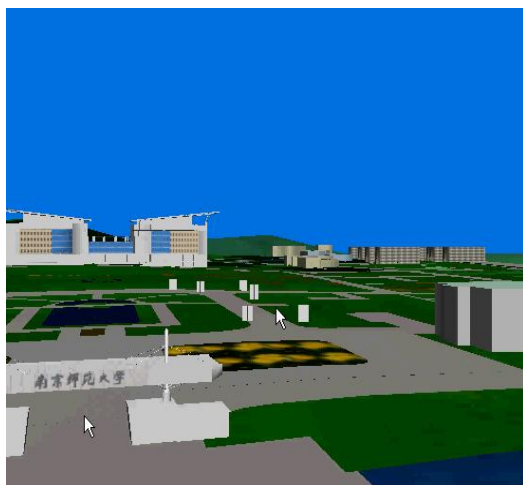
三维景观的显示属于静态可视化范畴，在实际工作中有时候为了把握局部地形的详细特征，又需要观察较大的范围，以获取地形的全貌。一个较好的解决方案就是使用计算机动画技术，使观察者能够畅游于地形环境中，从而从整体和局部两个方面了解地形环境。

为了形成动画，就要事先生成一组连续的图形序列，并将图像存储于计算机中。将事先生成的一系列图像存储在一个隔离缓冲区，通过翻页建立动画。

# 10.4可视化表现形式

## 10.4.10 三维动态漫游

对于地形场景而言，不但有DEM数据，还有纹理数据，以及各种地物模型数据，数据量都比较庞大。而目前计算机的存储容量有限，因此为了获得理想的视觉效果和计算机处理速度，使用一定的技术对地形场景的各种模型进行管理和调度就显得非常重要，这类技术主要有单元分割法、细节层次法（LOD）、脱线预计算以及内存管理技术等，通过这些技术实现对模型的有效管理，从而保证视觉效果连续性。



# 专业术语与思考题

## 专业术语

信息可视化、地理信息可视化、视觉变量、晕渲图、正射影像地图、等高线、分层设色、专题地图、立体透视显示、地形三维表面模型、细节层次模型、纹理映射技术、三维景观模型、虚拟现实

## 复习思考题

### 一、思考题（基础部分）

1. 简述空间信息可视化的概念与形式。
2. GIS输出产品有哪些，各自有什么优缺点。
3. 简述地图符号在GIS可视化中的作用与意义。
4. 简述地图图面配置的方法与内容。
5. 简述分层设色法的内容和它在地图制图中的应用意义。
6. 在三维可视化方面，比较等值线图、晕渲图和透视立体图的优缺点。
7. 何谓虚拟现实，虚拟现实在空间信息可视化中的意义和作用是什么？
8. 空间信息的三维建模有哪些，各自有何特点。

## 复习思考题

### 二、思考题（拓展部分）

1. 运用ArcGIS软件编辑一幅市级行政区划地图，运用合适的色彩分级显示各个区县，各种道路与河流。并对区县政府进行注记。添加图名、图例、比例尺等要素。
2. 使用ArcView制作一个小区域范围DEM的明暗等高线。