*中科院遥感所博士生课程“虚拟地理环境导论”（2003），（特邀报告）*

*虚拟地理环境实验室（www.vgelab.org）：版权所有。*

# 论三维地理信息系统

孙敏

北京大学遥感与地理信息系统研究所

2002年5月18日

# 问题及现状

科学的目的是探求真理；而技术的目的是控制自然、改造世界；
科学研究的是自然的世界，而技术研究的是人工的世界；
科学只关注事实判断；而技术还要做价值判断和规范判断；
科学是无偿共享的，而技术是占有的、专利的；

——张华夏，2001

因此：

# 地理信息系统是技术而非科学！

任何没有实际行业需求的技术，是毫无价值可言，因此地理信息系统的发展以应用为主导！
即，3DGIS的研究者应该相当清楚实际应用的需求状况。

问题的起源是三维数据模型的研究：

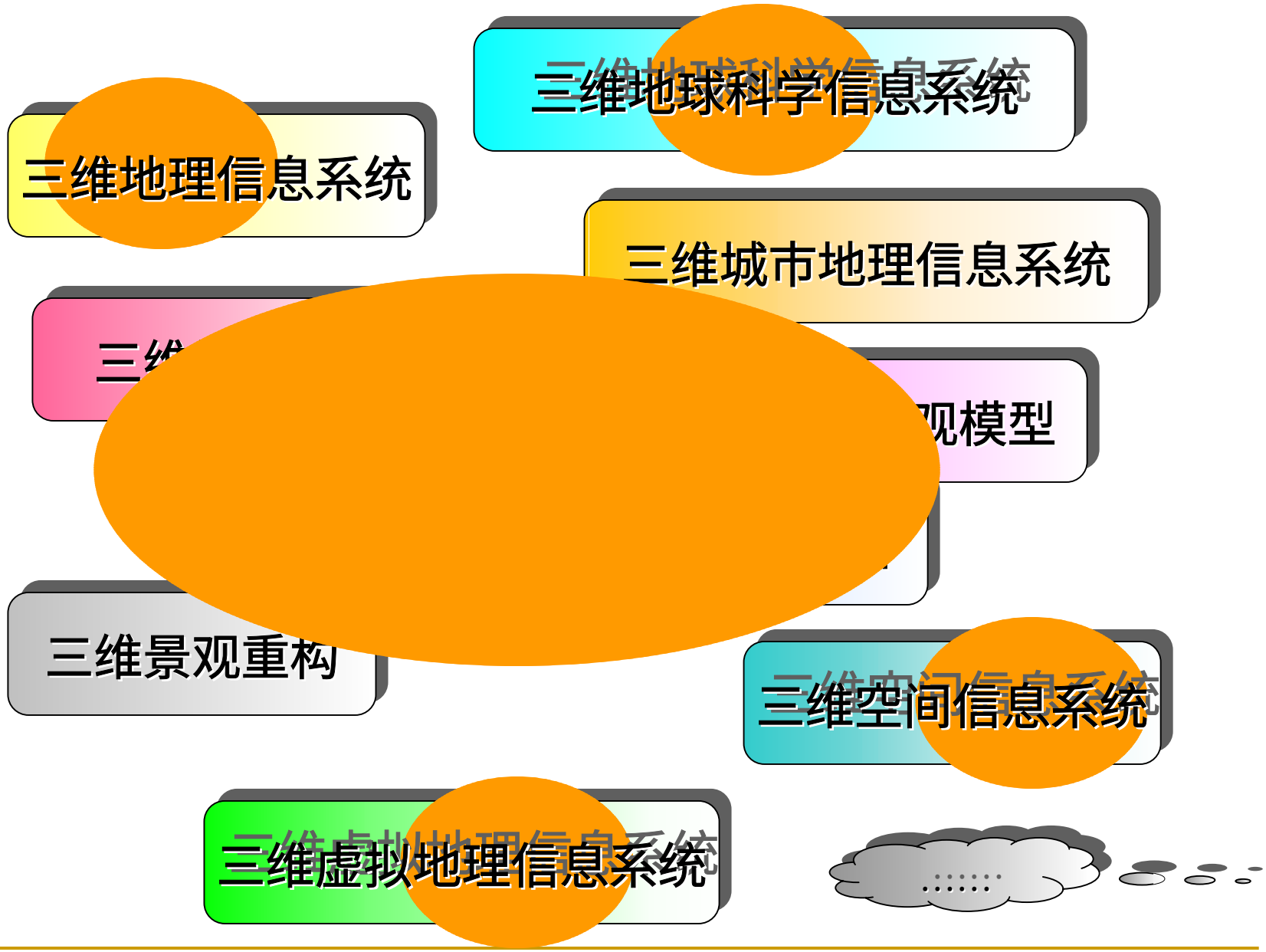
许多学者在研究通用的三维数据模型，试图将GIS推广到三维领域！除城市外的领域主要是：地质、地震、矿山、海洋、大气等。

目前这种推广工作并不理想！

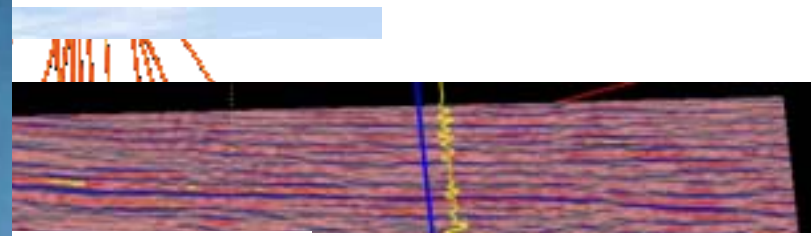
但有关三维方面的概念及研究成果却层出不穷！

什么是三维地理信息系统的特征点或特征性的研究内容？

- 为什么一定要研究一个三维通用数据模型？（替2D或补2D？）
- 三维数据建模真是的三维地理信息系统发展的障碍？
- 三维地理信息系统究竟具有什么样的框架体系？应该研究些什么问题？
- 三维地理信息系统与地理信息系统之间是什么关系？是替代关系还是并列关系？
- 现有众多的三维研究内容与三维地理信息系统是何关系？
- 三维地理信息系统究竟如何发展？


三维地球科学信息系统
三维地理信息系统
三维城市地理信息系统
观模型
三维景观重构
三维空间信息系统
三维虚拟地理信息系统
……


BENTLEY
MODELCITY PHILADELPHIA

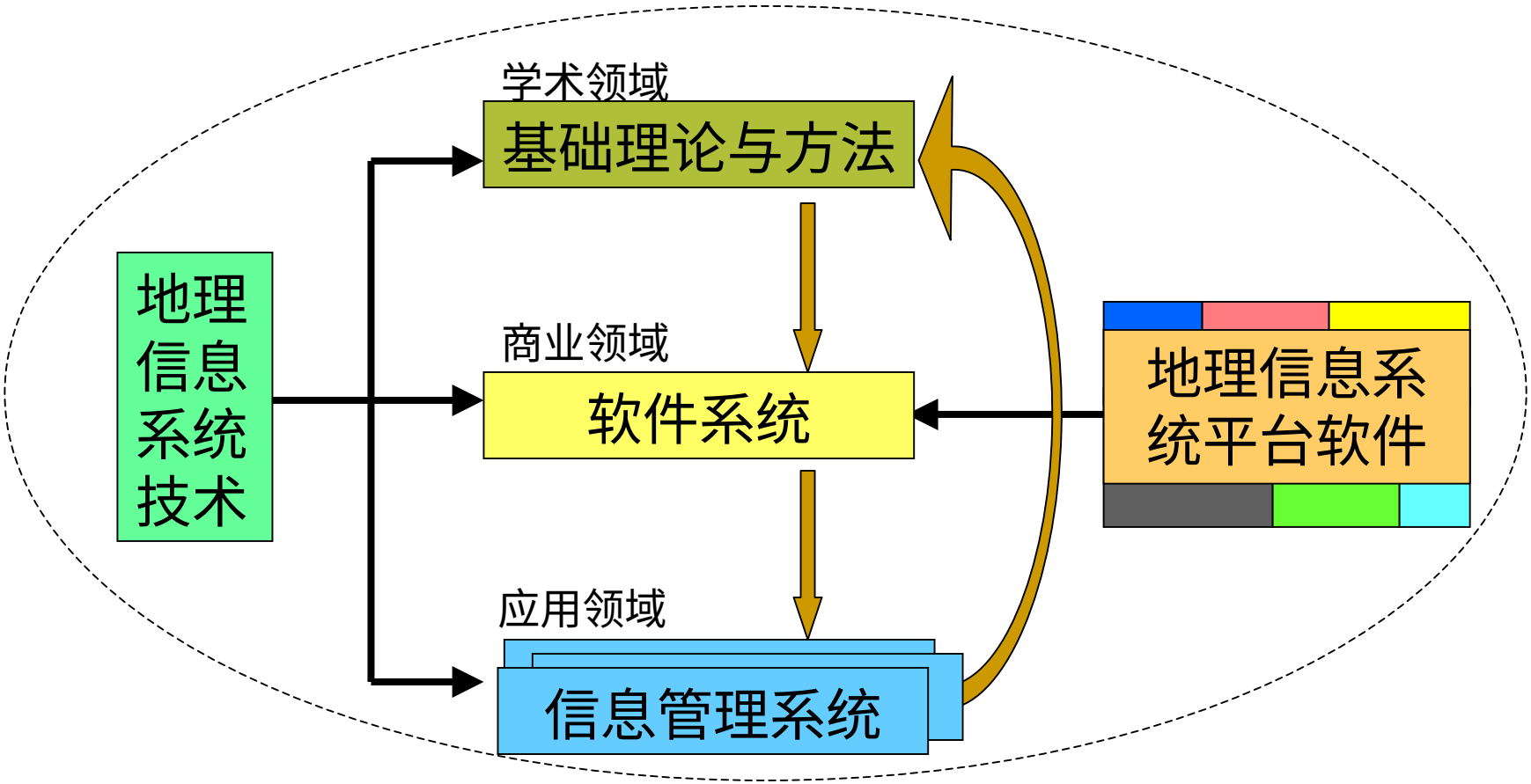




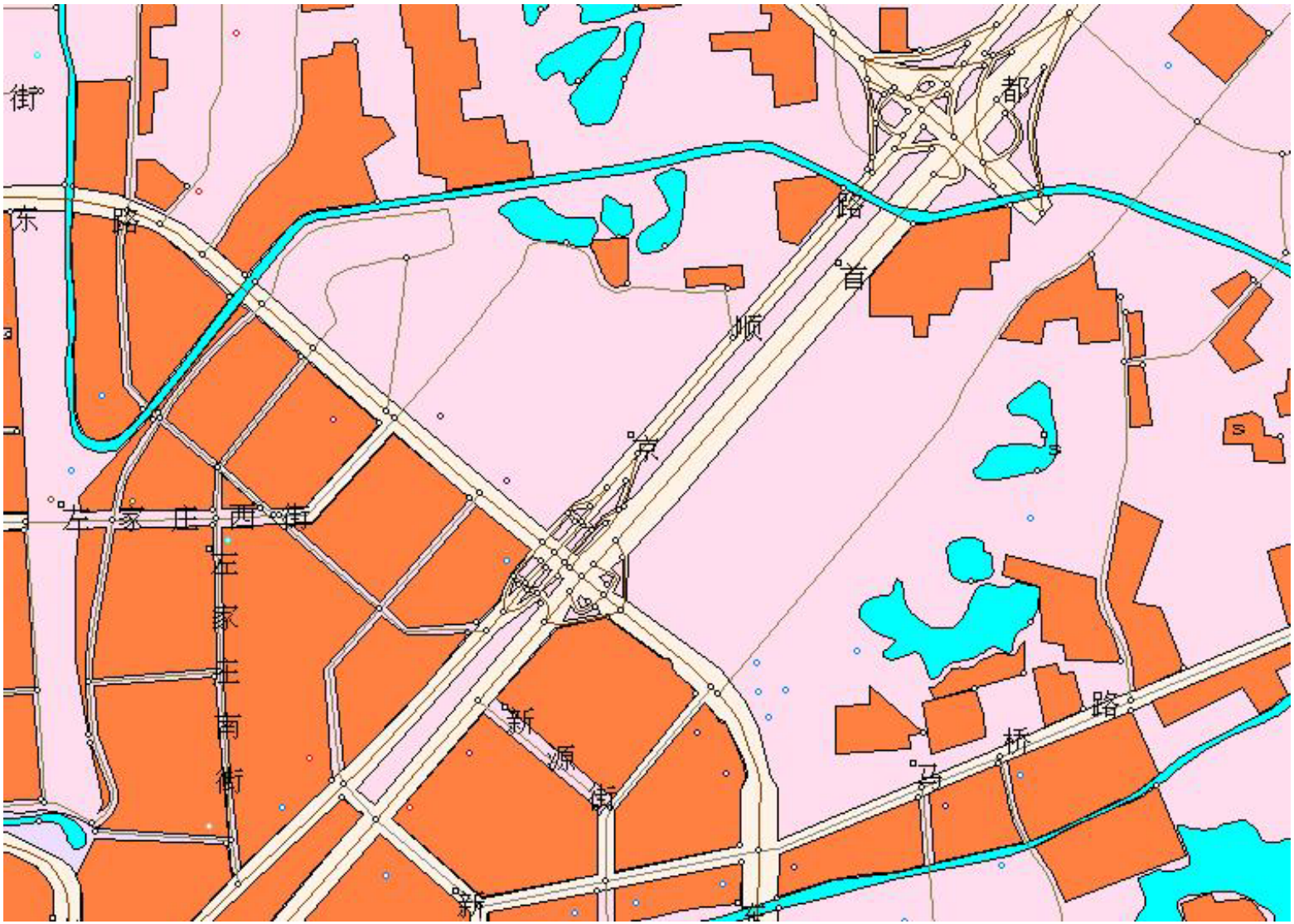




# 概念与内涵


学术领域
基础理论与方法
地理信息系统技术
商业领域
软件系统
地理信息系统平台软件
应用领域
信息管理系统

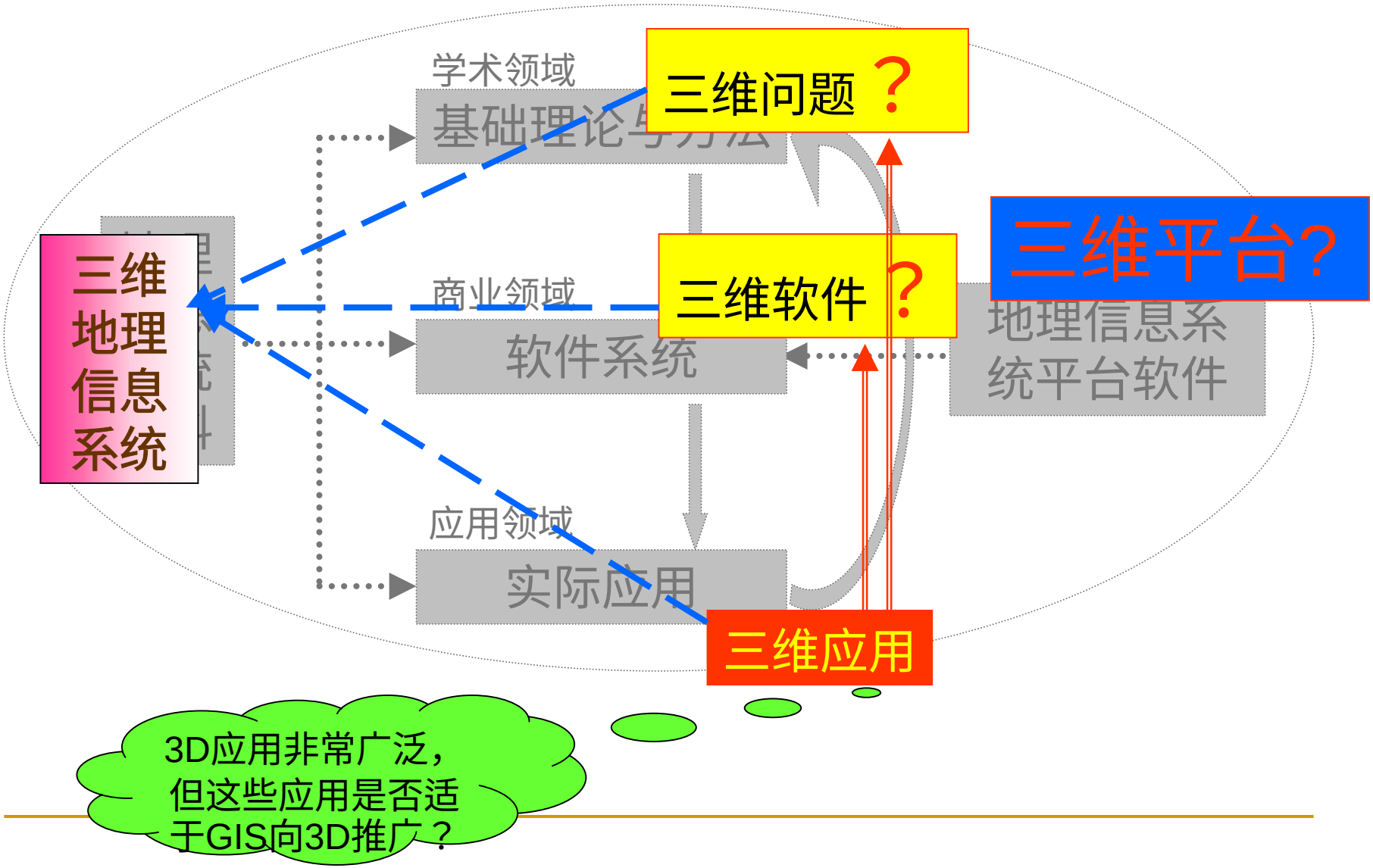
GIS以处理地表信息为核心，尽管GIS在理论与技术上有了长足发展，但实际应用仍限于平面与平面二维的空间分析与操作等功能。




北京三元桥地带



北京三元桥地带


学术领域
基础理论与方法
三维问题？
三维
地理
信息
系统
商业领域
软件系统
三维软件？
三维平台?
地理信息系
统平台软件
应用领域
实际应用
三维应用
3D应用非常广泛，
但这些应用是否适
于GIS向3D推广？

从应用出发讨论：

首先是否有必要建立一个通用的三维数据模型？

其次3DGIS在这些应用领域是否有发展前景？

再次3DGIS如何定位，与2DGIS关系如何？如何发展？

……

有鉴于GIS研究者非常关注如何将GIS向地学领域推广，那么有必要对地学领域做深入了解。

地球科学主要包括：地质、大气、海洋、地球化学、地球物理和空间物理等。

# 地理科学与GIS：

地理科学不属于地球科学范畴，地理科学与GIS有着独特的关系：GIS处理的是地表与空间位置相关的各类信息，这些信息基本上属于地理科学研究的人地系统范畴，GIS是地理科学研究工作中的有力工具，可以说GIS向地理科学推广没有任何障碍。

# 地球科学领域的三维问题

- **三维地质模型：**涉及的专业范围很广，其中主要有岩石、构造、物探、测量、数学地质、矿产普查、水文地质、工程地质及环境地质、钻探、采矿等，且不同的专业一般需要不同的三维地质模型；
- **三维地震解释:**是用于地质勘探中的一种非常重要的方法，也是除钻孔外，能获取三维地质模型的另一项重要技术；
- 大气与海洋三维问题；

**油气藏三维地质模型的特点：**

主要用于描述油气藏内部特征、外部形态、规模大小、储层特征、流体性质及其分布规律等，且在油气藏开发的不同阶段，地质研究的重点与精度均有所不同，要建立的三维地质模型也不相同。

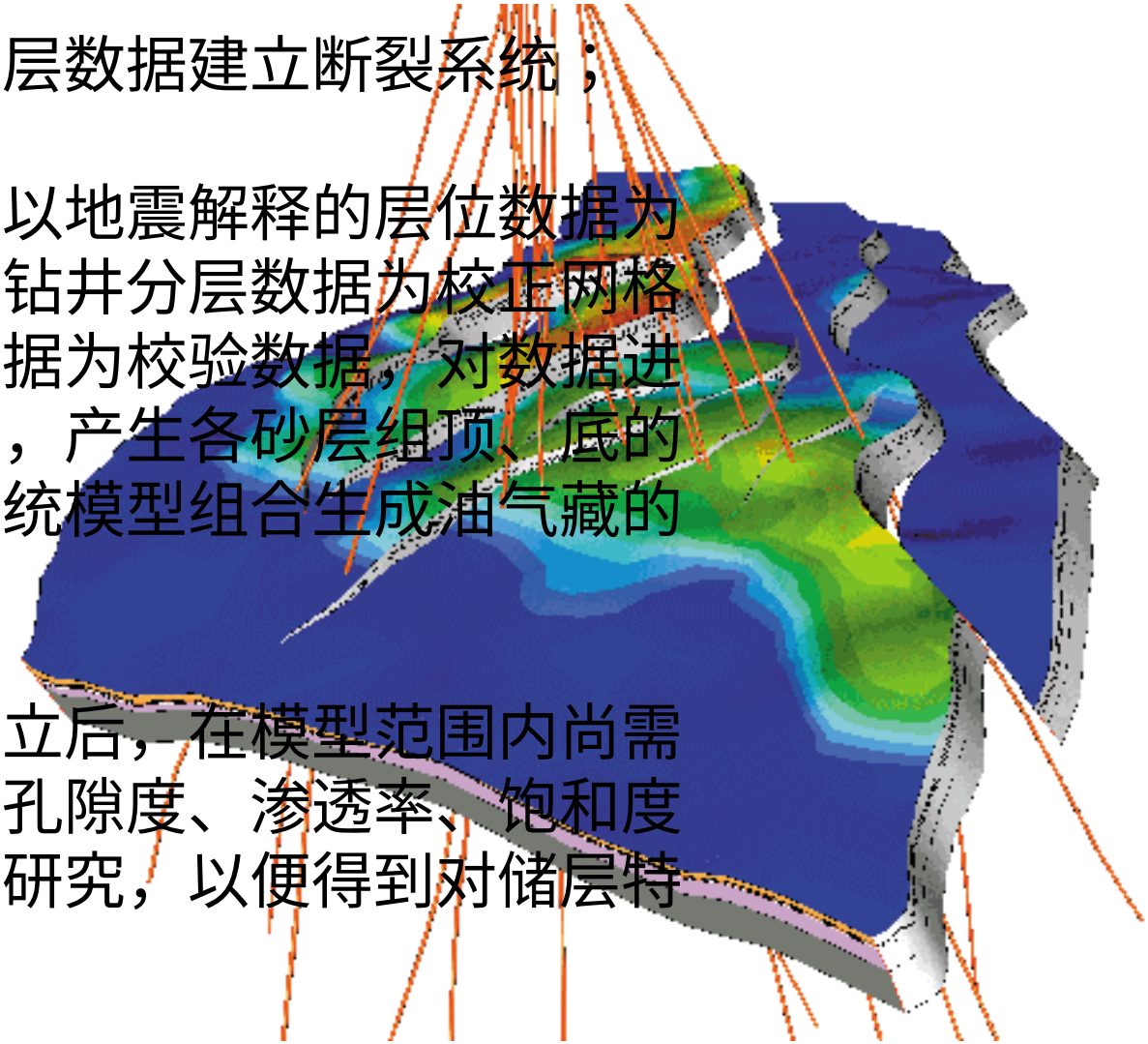
三维地质建模是利用油气藏的各类地质基础数据，通过编辑、转换、分析和运算建立的，采用的数据主要有：井位坐标数据、井斜数据、三维地震数据、地层倾角数据、测井解释成果数据、小层顶底深度数据和部分宏面非均质参数数据等；

# 油气藏三维地质模型建立过程：

首先要依据断层数据建立断裂系统；

再在其基础上以地震解释的层位数据为主要网格化数据，以钻井分层数据为校正网格数据，以地层倾角数据为校验数据，对数据进行分断块网格化处理，产生各砂层组顶、底的层面网格，与断裂系统模型组合生成油气藏的构造模型；

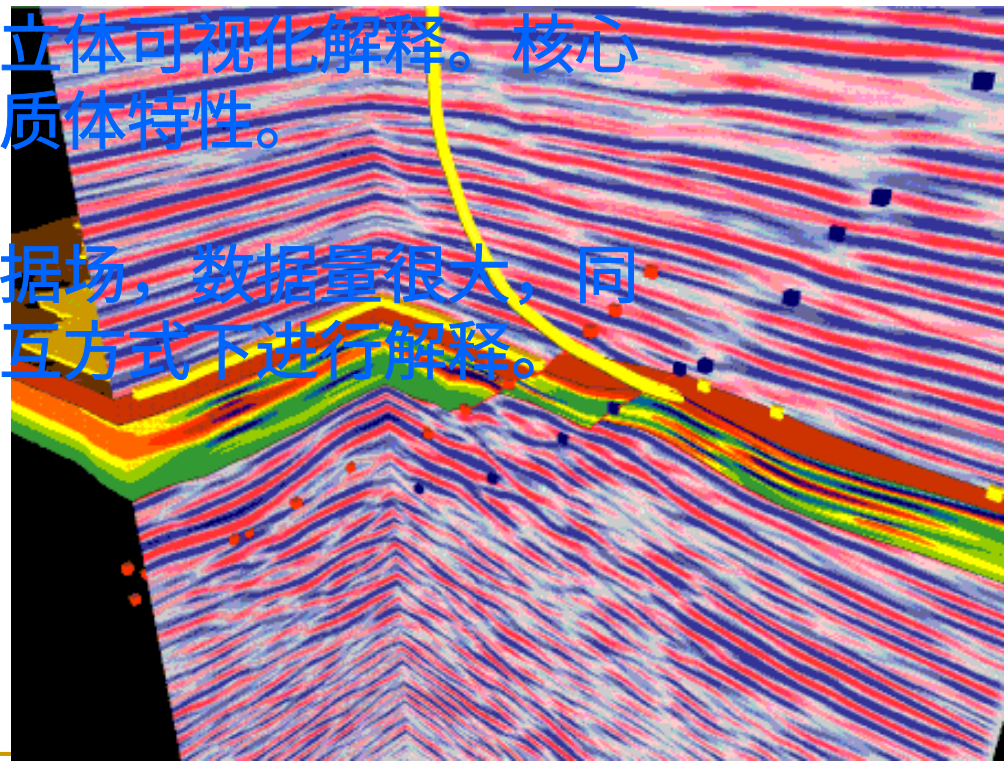
在构造模型建立后，在模型范围内尚需对油气藏属性（包括孔隙度、渗透率、饱和度等）的展布规律进行研究，以便得到对储层特征的直观认识；



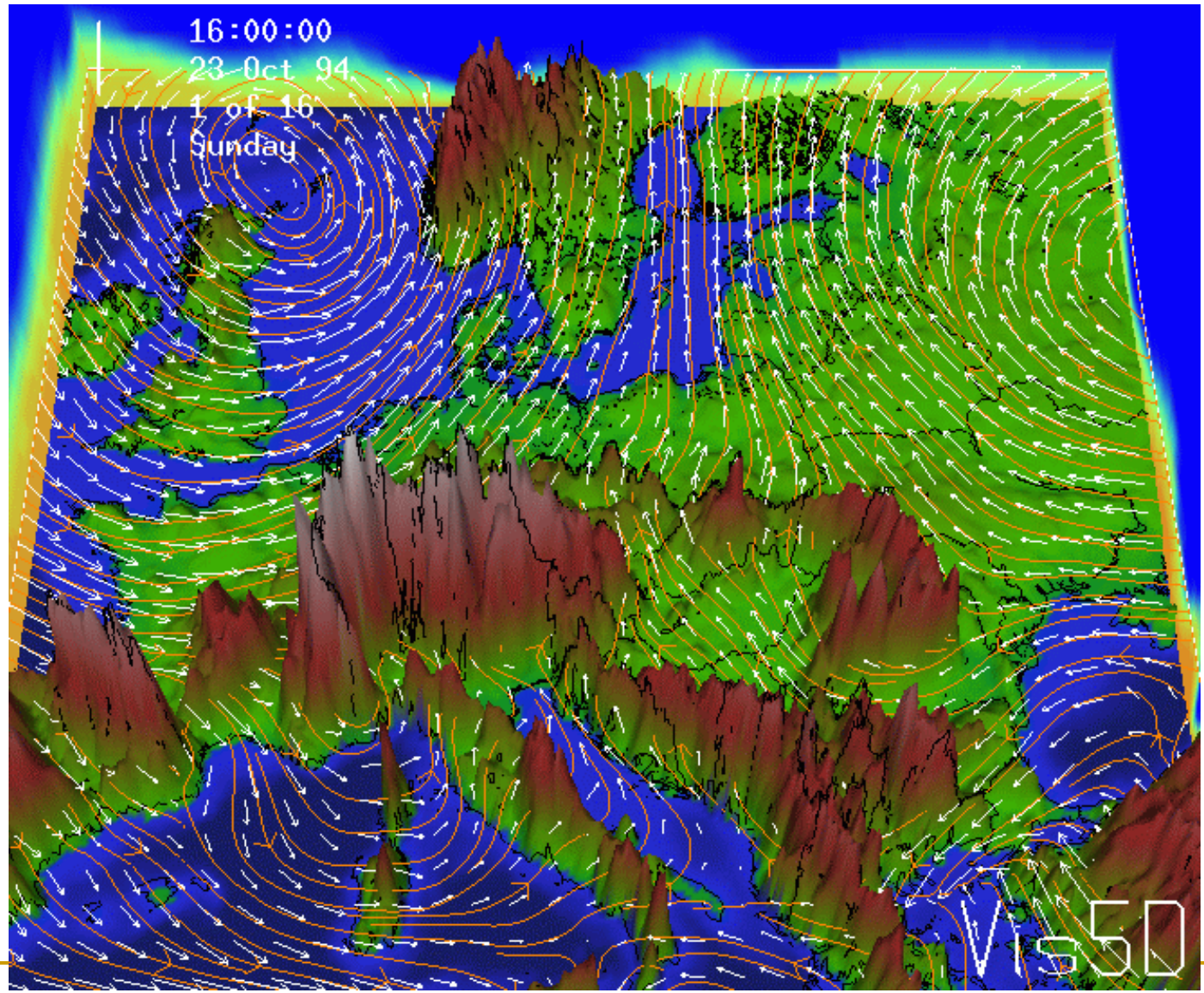
# 三维地震解释：

是从三维可视化的立体显示出发，(故可视化对它来说是初始工作)以地质体为单元，采用点、线、面结合的三度空间的立体可视化解释。核心工作是由井点数据外推地质体特性。

其所处理的是一个三维数据场，数据量很大，同时需要专业人员在人机交互方式下进行解释。



# 大气与海洋科学



在污染模型中研究者所关注的是污染粒子的化学物理性质及其扩散受空气流动、气温、气压、湿度等各类气象因子等的影响。

空间数据如扩散范围在很大程度上取决于模型计算的结果。

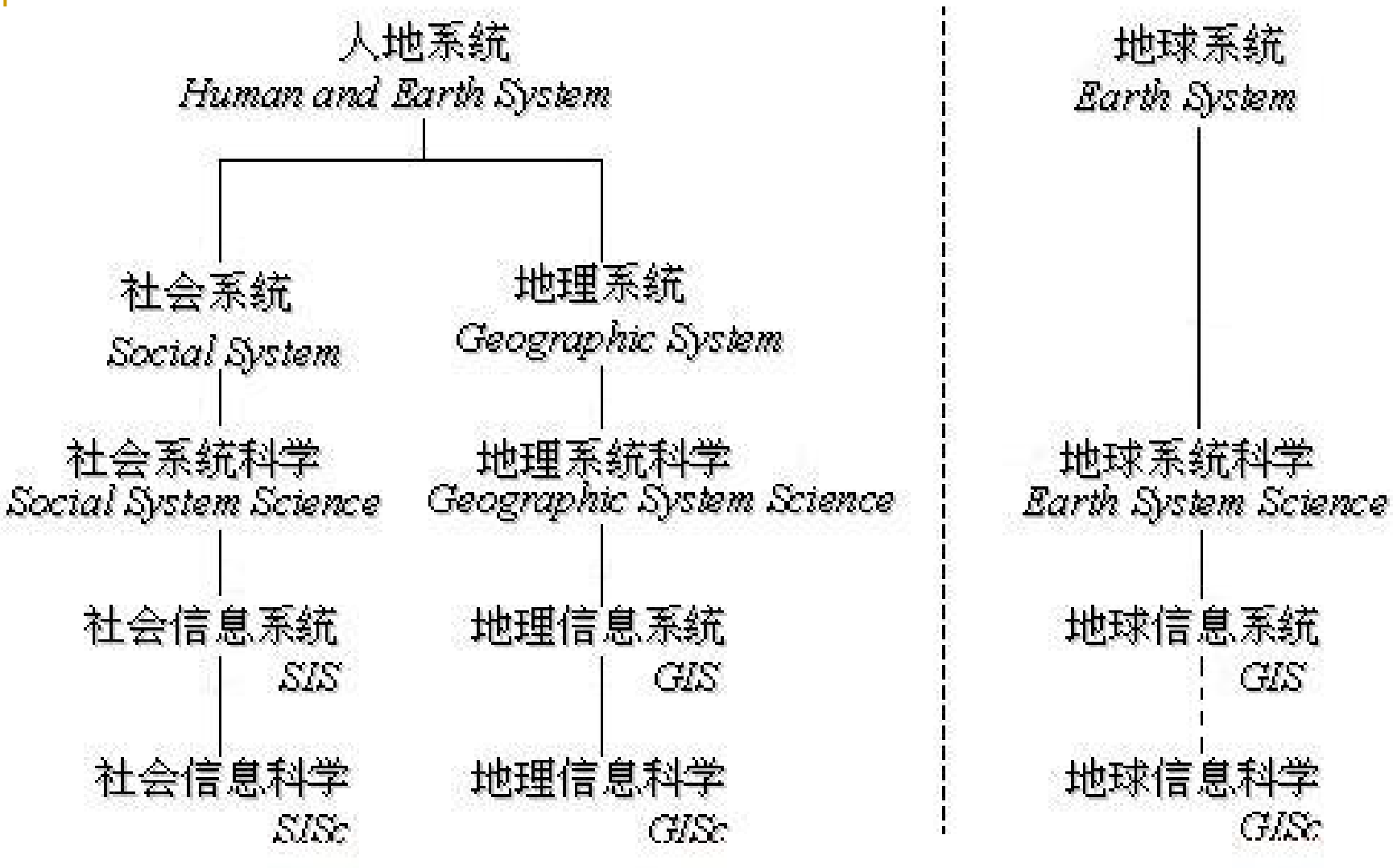
采样数据在这种模型中仅起到模型检验的作用。

在海洋领域GIS的应用目前较少，但三维信息的处理的研究很多如：虚拟海洋环境、三维海洋化学循环、三维海洋紊流模型、三维海洋溢油预测等。

# 地球科学三维问题特点总结

- 数据获取方面：
  - 通常只能获取一些非常不全面的，且有时甚至是相互冲突信息，这些信息包括地质体的维数、几何特性以及各种变化的属性等；
  - 数据采集有采样数据与插值数据两类；
  - 由于经费所限通常难以采集足够的样本数据以解决许多不确定性问题；
- 对象表达方面：
  - 地质体的空间位置及范围通常由其属性值确定；
  - 同时，不同的行业不仅建模的方式不同，而且功能需求以及操作处理均会有很大差别；
  - 系统的建立在很大程度上依附专业知识。

- 按灰色理论，GIS处理的空间数据是白色的，完全已知的，尽管其有不确定性和模糊性；而地球科学数据是灰色的；
- GIS所表达对象是可以由空间认知完全确定的，而地球科学需要处理的对象是由属性认知确定的。
- 一个非常重要的特点是地球科学领域不同的专业色彩极强，不同的行业对三维信息处理系统的需求可能完全不同。


人地系统
Human and Earth System
社会系统
Social System
地理系统
Geograpnic System
地球系统
Earth System
社会系统科学
Social System Science
地理系统科学
Geograpnic System Science
地球系统科学
Earth System Science
社会信息系统
SIS
地理信息系统
GIS
地球信息系统
GIS
社会信息科学
SISc
地理信息科学
GISc
地球信息科学
GISc

马蔼乃，2000

GIS （包括3DGIS）是一类以表达客观现实对象的已知几何空间数据为主体，以基于对空间数据分析和操作为特征的信息管理与处理系统。

3D GSIS不仅是一类以强烈依附专业应用领域而生的系统，而且是一类以专业认知数据为主体，而以动态空间几何数据为辅的信息处理系统。

一个重要的事实是：

在地球科学领域内有着很好的三维信息处理软件，这些应用软件所处理的问题在很大程度上正是3DGIS研究者所关心的，从应用的市场角度而言，3DGIS在这些领域已没有多大市场。

# 因此，有以下结论：

**将地球科学领域内现有的各类三维专业系统概之以三维地球科学信息系统（3D Geoscientific Information Systems, 3DGSIS），而3D GIS 则沿用与GIS 一脉相承的思想，仅仅关注地表信息的处理，3DGIS 没有必要试图向地球科学领域推广；**

**3D GIS 应该着重研究现有GIS 所涉及的地表空间信息领域，即以城市为重心发展，研究用于解决城市各类行业如：规划设计、交通导航、各类管网以及电力电讯等的3D GIS**

# GIS与3DGIS关系问题

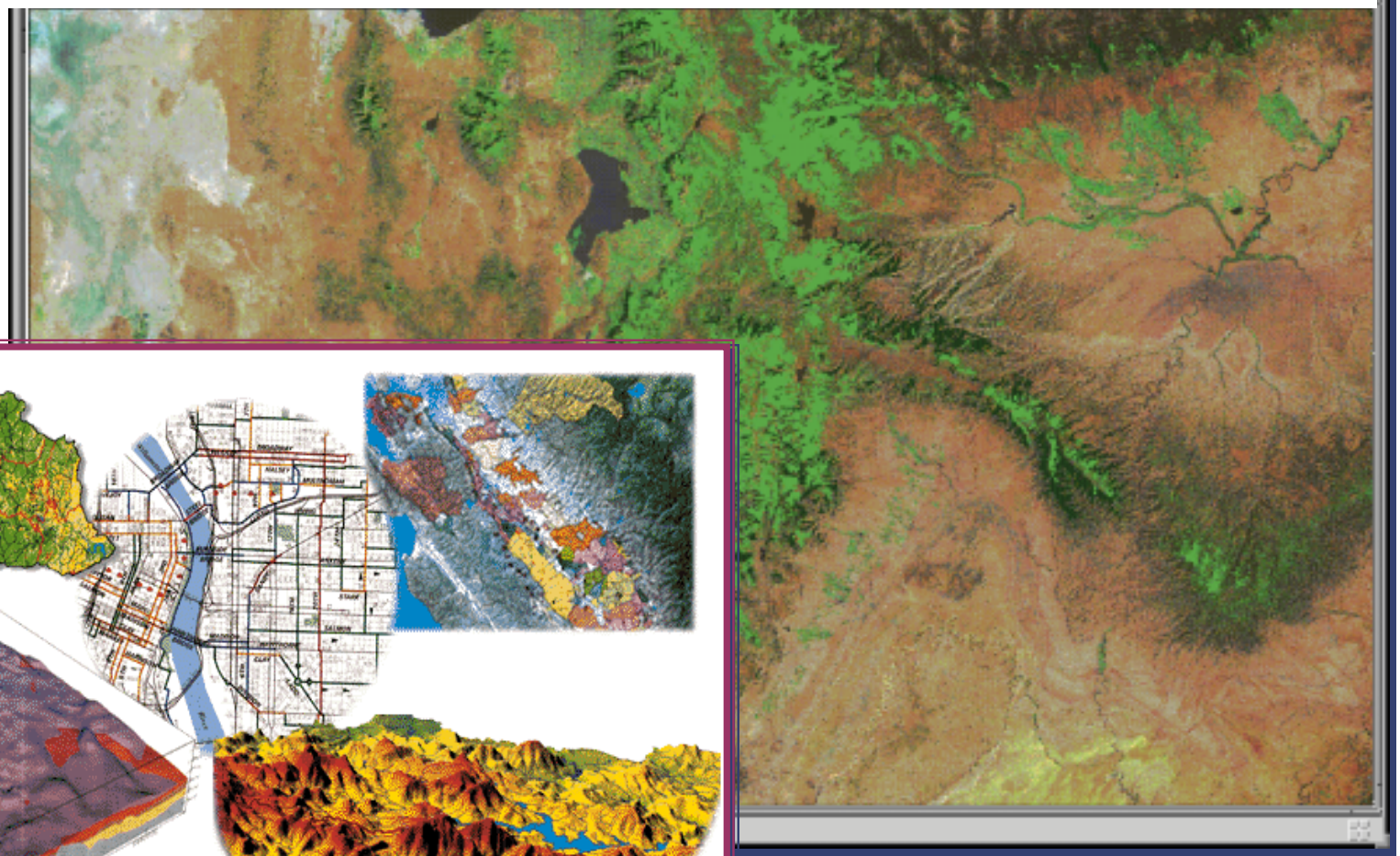
- 应用领域
- 空间尺度
- 数据建模

## 应用方面

已深入到很多领域，就中国的GIS 应用现状来看，GIS 已在农、林、水、牧、渔、地质普查及勘探、交通运输、房地产管理、公用事业、居民服务及咨询、科学研究与综合技术服务等行业均有应用；这些行业涉及的应用领域主要有：宏观决策、环境保护、基础数据库、资源管理、规划管理、电力电信公路等事业、城市建设、公安消防、投资咨询、土地管理、制图等；

就应用而言，3DGIS与GIS是部分与整体的关系；

今天GIS应用范围如此之广，缺少三维数据模型乃至三维地理信息系统并没有限制其现有的应用。



**空间尺度方面：**

GIS 中对象的表达是不受空间尺度影响的，尽管GIS 中不同的空间尺度下，同一个对象其表达的意义会有所变化；

3DGIS中对象的三维空间尺度大多介于一定的范围，比如1 米到100 米，而且三维对象第三维信息的意义会随比例尺的变化而变化；

因而3DGIS的建立是受空间尺度影响的，而GIS则没有这种明显的影响；

故在空间尺度方面也是部分与整体的关系。

# 三维空间信息处理仅在微观大比例尺范围才有意义！



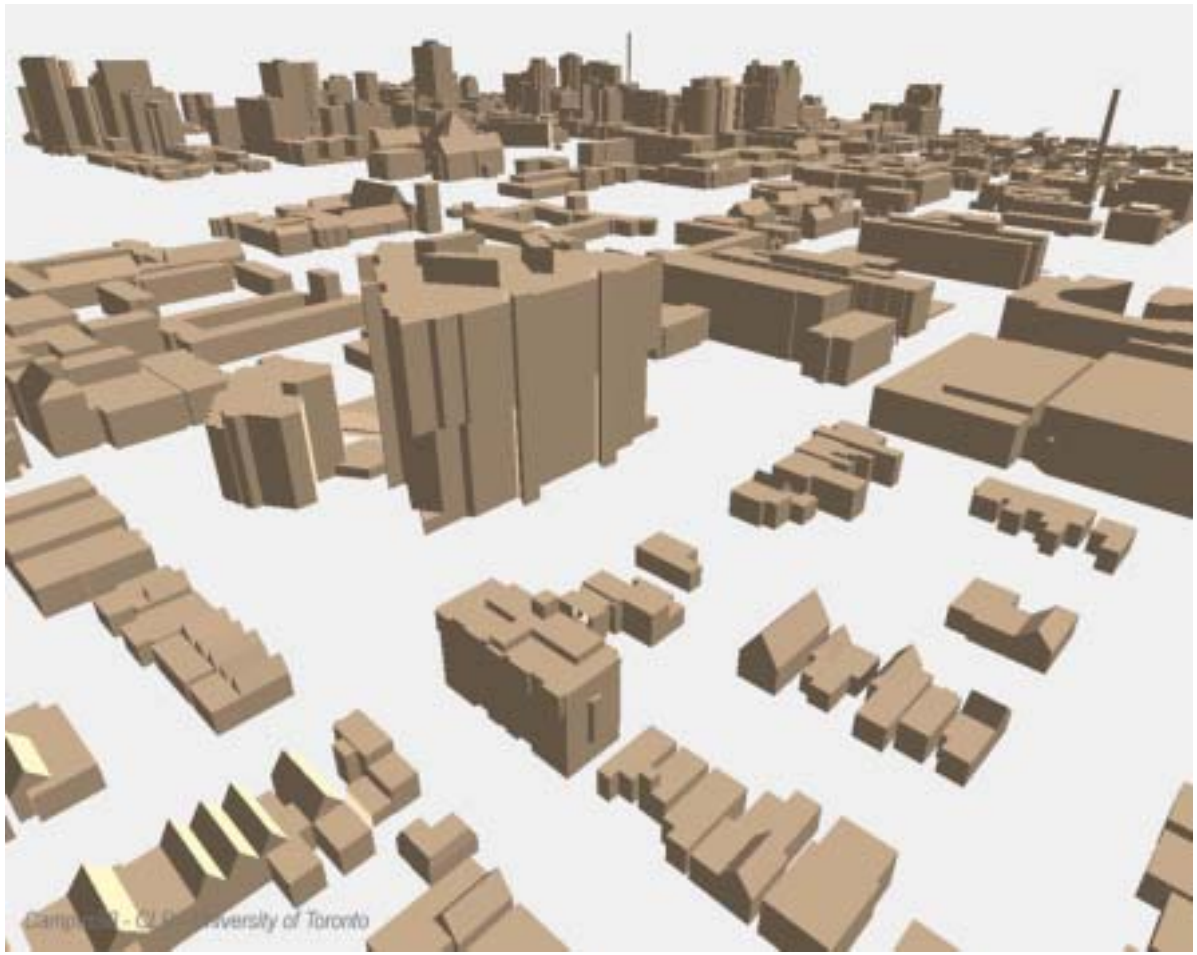



Washington DC



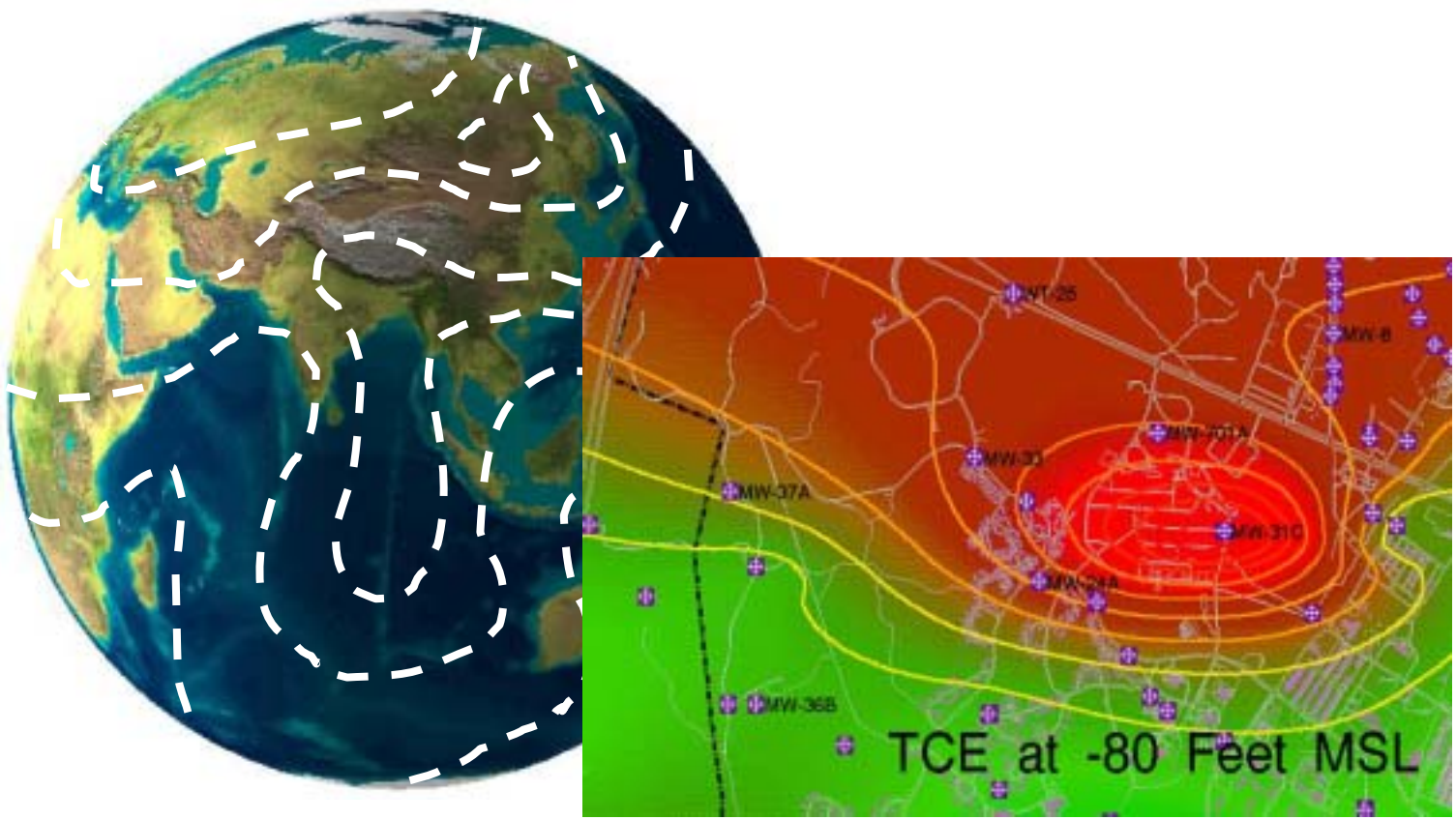
Taiwan,china

# 构建一个三维校园模型的空间比例尺应小于1:2000



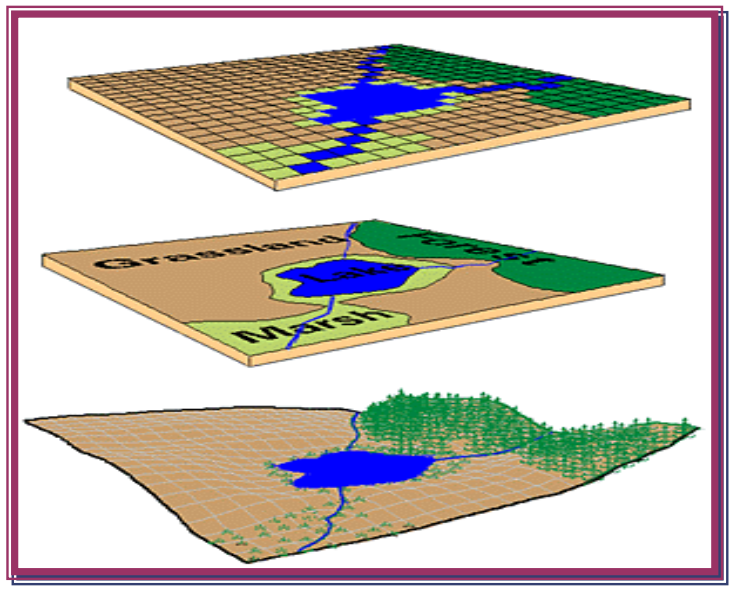
CLR, Toronto University, 1999

但在海洋与大气环境，只有小比例尺情形才有意义！



建模方面：

- 2DGIS将现实世界投影到二维平面，通过一系列符号表达了现实世界几乎所有对象；
- 符号包括：点线面矢量模型及表达地物地貌的大量符号；

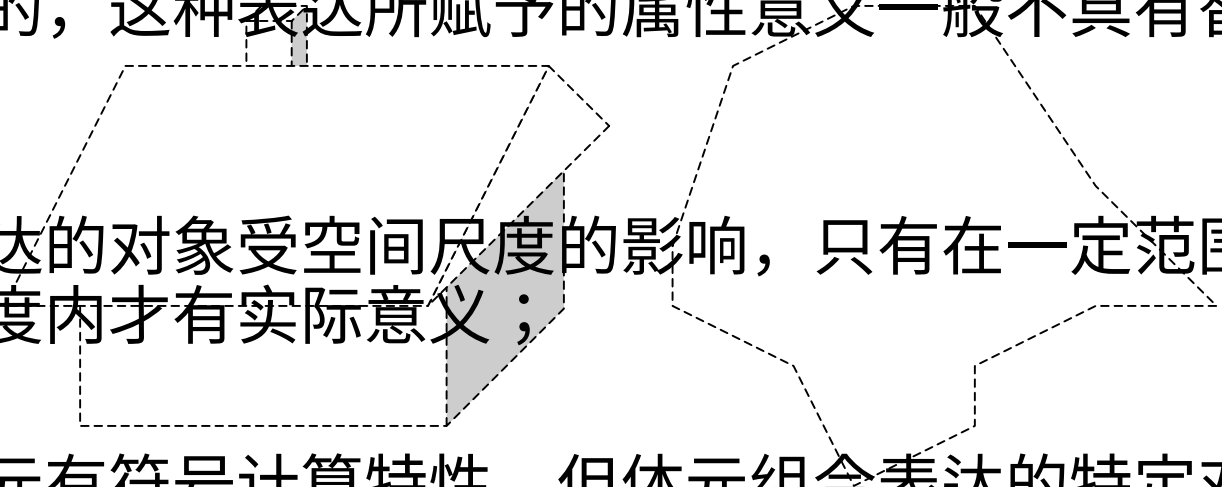


## 建模方面：

- 但在3DGIS中，现实世界的投影成为立体投影，即用于2DGIS中的符号乃至点线面模型将不再适用！
- 对于3DGIS，人们追求对现实世界近乎完美、逼真的表达及可视化，甚至、重现现实世界及其各类对象；
- 二维符号方式的表达已失去其意义，需求寻求新的表达方式。

## 建模方面：

- 3DGIS模型中引入了体元；三维对象由这些体元及其组合表达的，这种表达所赋予的属性意义一般不具有替换性；
- 体元表达的对象受空间尺度的影响，只有在一定范围的空间尺度内才有实际意义；
- 尽管体元有符号计算特性，但体元组合表达的特定对象时不再具有通用的计算性质；
- 另外，少量体元只能满足一定精度范围的对象表达需求，且所能表达的对象一般是有限的，不可能如二维点线面模型一样可满足任何精度、任何对象的表达需求。



# 有关GIS与3D GIS的结论是：

- 从应用、空间尺度尤其是建模方面，GIS与3D GIS有着较大的差别，因此，3DGIS不可能是GIS的下一代，只能是部分与整体的关系，体现在应用软件方面，3D GIS不可能成为一个替代现有GIS 软件的通用平台；

- 3D GIS是在GIS向三维的扩展，3DGIS补充表达现有GIS 在一定空间尺度范围内难以表达而需要表达的第三维信息；并实现一系列必须的空间操作与分析功能；

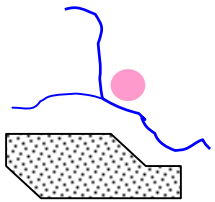
# 小结：

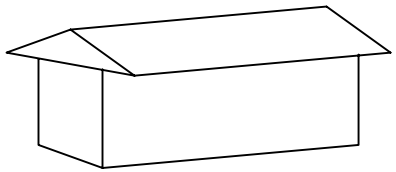
3DGIS应该与GIS一脉相承， GIS的理论与方法不适于地球科学领域；3DGIS应以处理地表信息为核心；不宜向地学领域推广；地球科学领域的相关发展应概之以地球科学信息系统；

GIS与3DGIS在概念上属于整体与部分的关系，在研究内涵上3DGIS是对GIS的发展，3DGIS的研究应以地表尤其是城市环境为主；

# 模型与建模

# 数据模型分类







- 符号模型包括用点状、线状两类符号的表达各类对象，能基本上反映对象在二维平面空间的位置和大致形状；符号表达具有较强的数理逻辑，因此,点线面矢量模型易于支持空间拓扑分析；
- 简单模型用少量的空间数据，利用固定的点线面体要素表达各类对象，能反映对象在三维空间较精确的位置和空间外形与延伸特征，现有3DGIS模型属于此类；
- 复杂模型则利用大量的空间数据以及纹理数据，主要通过人机交互的方式建立对象的三维模型，在本质上与前两者有很大的差异；

# 简单模型分类

- 通用模型：试图用一个数据模型表达客观世界中不同应用领域的各类对象；
- 专题模型：建模主要针对一个专业领域解决问题，如地球科学领域与城市环境；

# 三维建模分类

- 自动建模：基于几何要素如：长方体、棱体、圆锥、平截头体等等，在没有人工干预的情况下实现对象模型的表达；
- 半自动建模：借助建模工具，并在人工交互方式下完成对象的模型表达；

自动建模可以实现对大量对象的快速处理，且对象的表达简捷，易于计算处理，而半自动建模通常可以非常精确地表达对象，但模型复杂，不易计算处理，适于可视化；

# 因此，3DGIS的建模研究出路是：

3DGIS由于需要处理海量的空间数据，同时又需要实时的空间分析与操作功能，故建模应该是基于自动建模的简单模型，也即是目前3DGIS研究者探讨的主流模型。简单模型之中线框模型被认为是一种理想模型，理由是：

- 其基本要素为点线面体，但其中以点与线段为最基本要素，易与GIS中的点线面矢量模型结合；
- 数据量少，易于建模管理；
- 具有较好的数理逻辑性，易于建立拓扑关系；
- 易于实现可视化，同时也易于进行数据操作；

# 数据模型研究

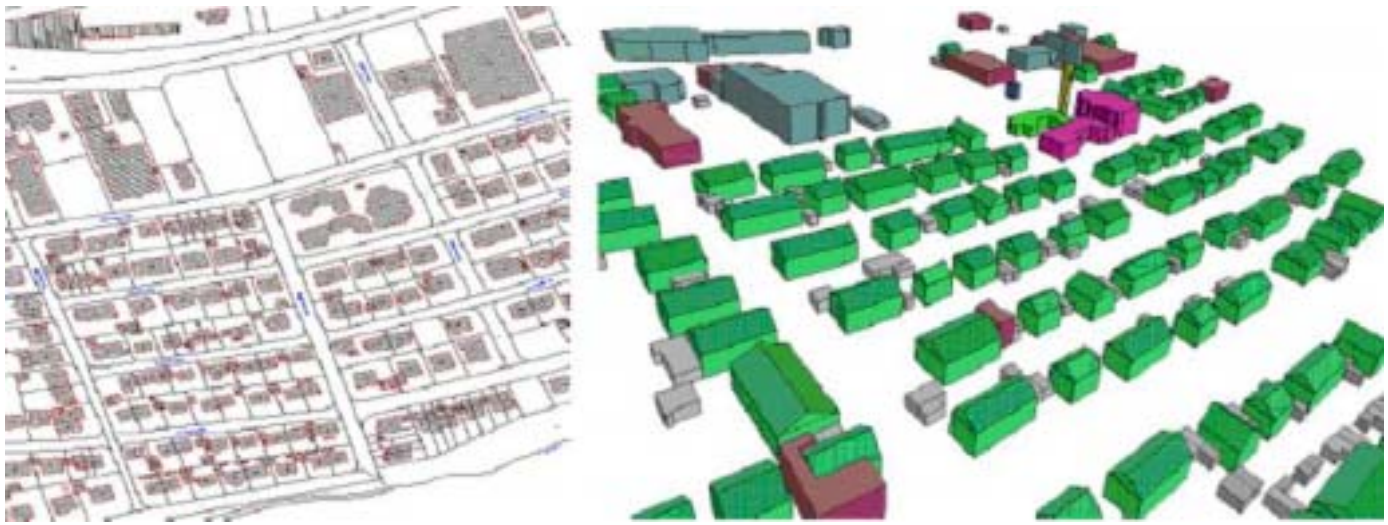
## ——CAD建模支持下的三维城市GIS数据模型

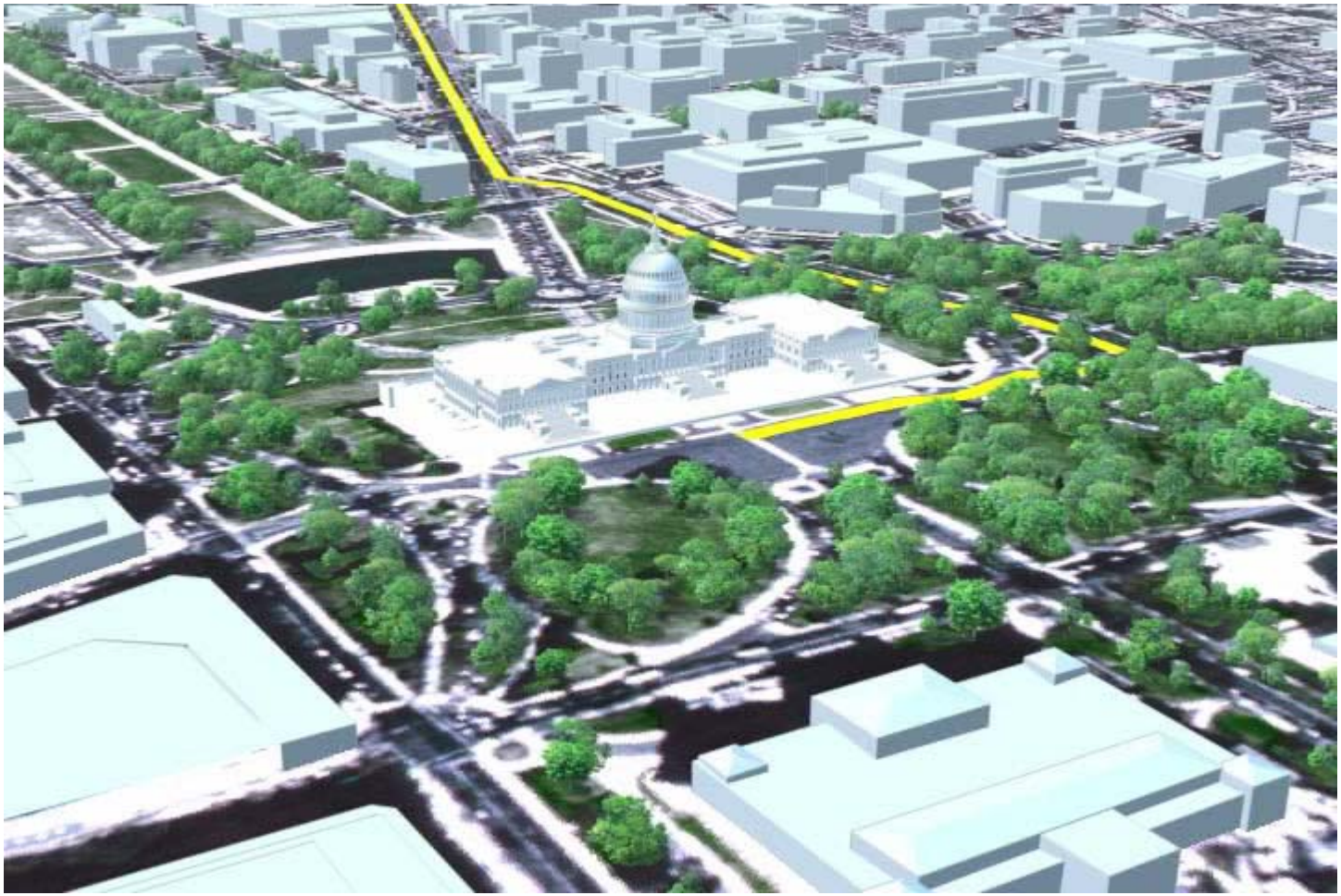
# 引言：

对于城市环境，现有三维数据模型可以较好解决城市三维问题，

但是由于现有这些三维数据模型属于简单模型，它们难以用来表达城市真实的景观，同时也难以表达城市复杂的建构筑物等对象

而事实上，人们对于3DGIS总希望它能表达城市真实景观，所以3DGIS尽管难以达到VR的可视化效果，但其不能回避对现实世界较逼真的表达。

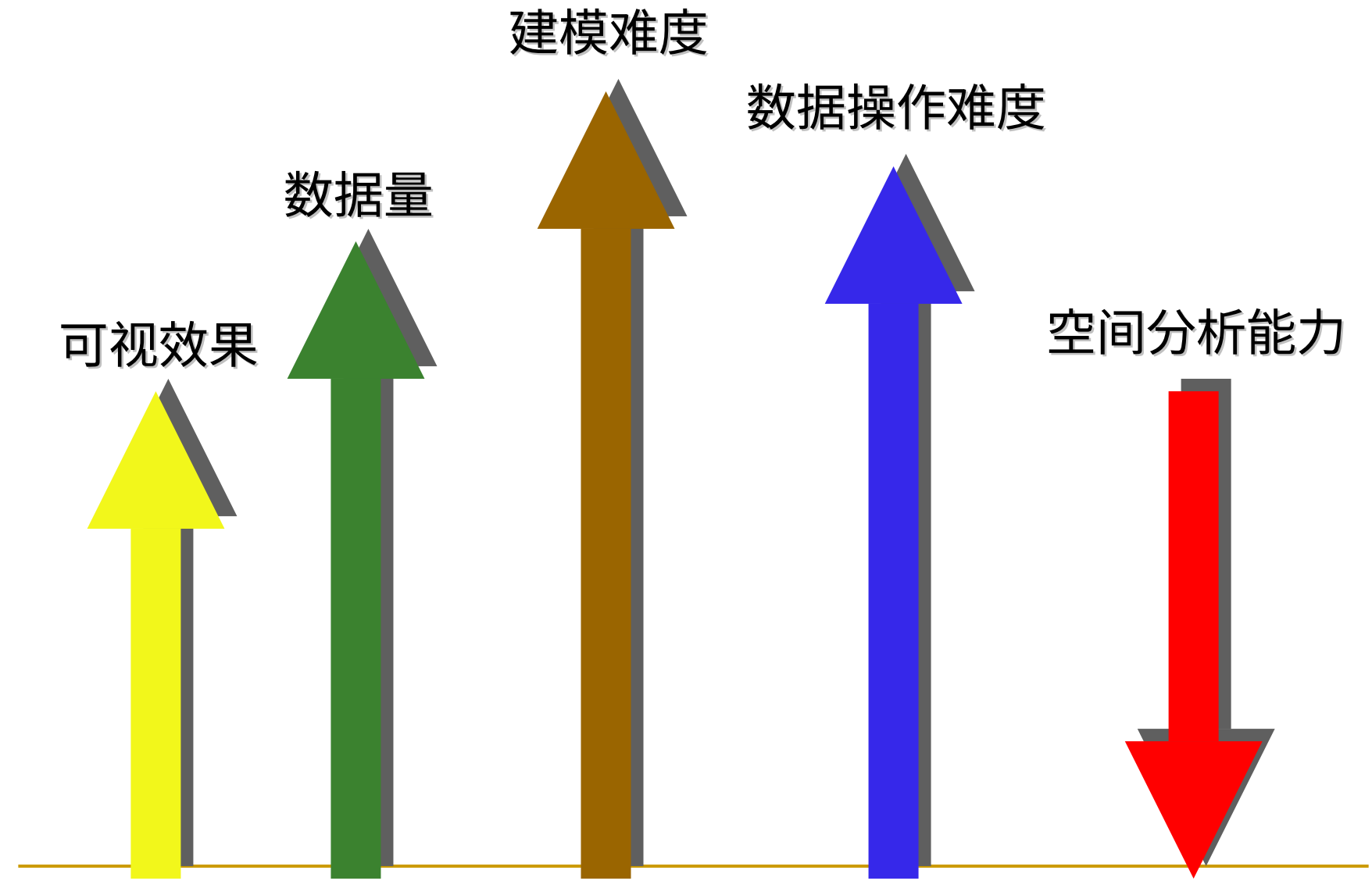




CLR, Toronto University, 1998



CLR, Toronto University, 1999


建模难度
数据操作难度
数据量
可视效果
空间分析能力

城市环境存在着大量的难以用简单模型表达的复杂对象



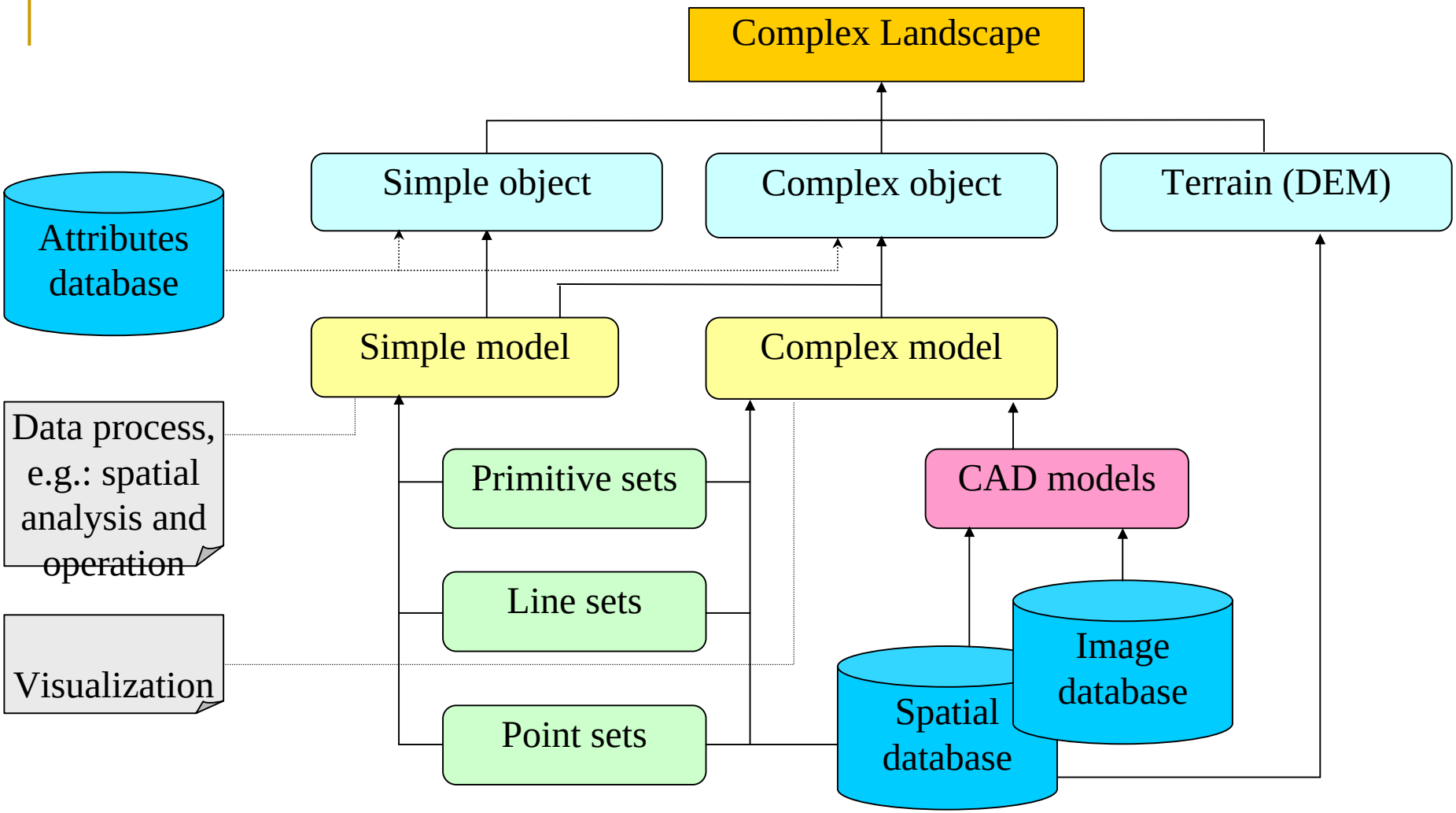













CAD支持的城市3DGIS数据模型



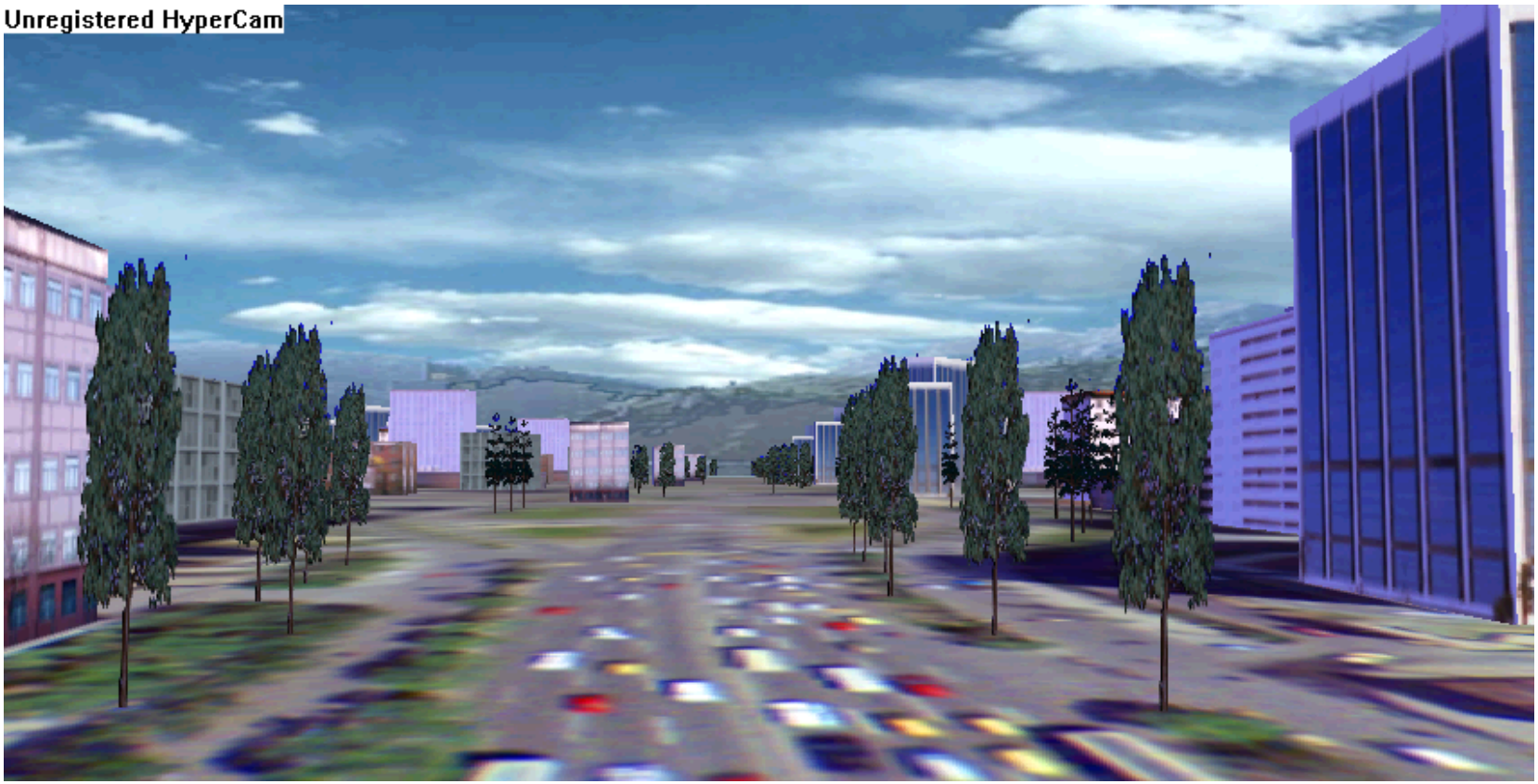
# 小结语：

由于现实世界存在着许多非常复杂的、难以利用简单模型表达的对象，同时人们对3DGIS可视化效果的希求较高，因而作者将CAD模型引入到3DGIS以调和可视化引起的系列矛盾；

该方案不仅是简单模型与复杂模型的结合，而且也是自动建模与半自动建模的结合。

# 3DGIS前沿

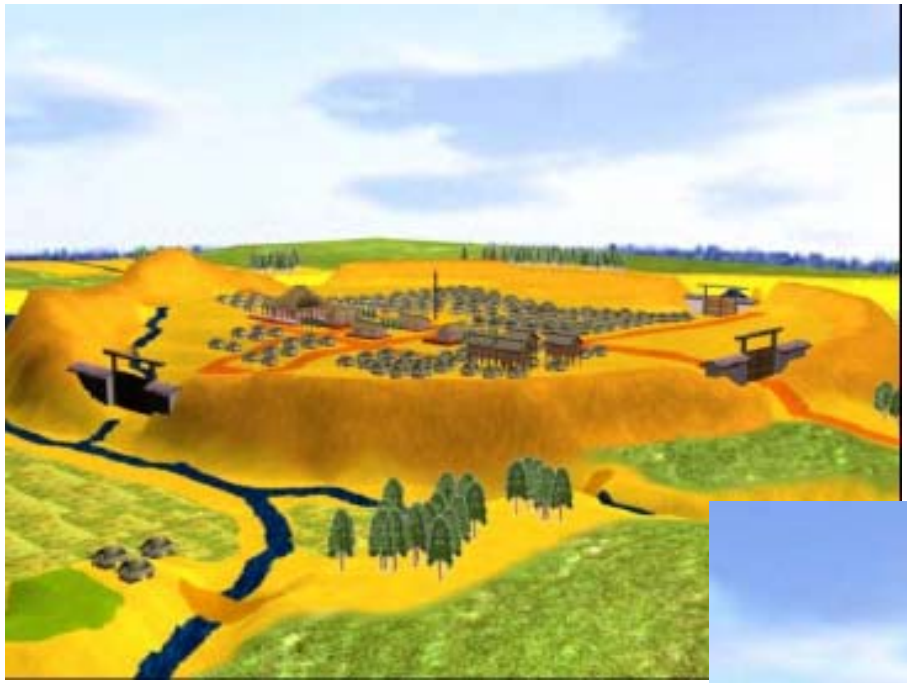
# 三维城市模型



# 自然景观重构



3D Nature, 2001



历史景观模型

**Yoshito MIYATSUKA, et al ， 2002**

历史建筑模型



基于考古与现实数据进行历史场景重构

长江流域6000年前米文化，地点Chengtoushan

# 谢 谢！