

GIS 在水利水电工程可视化仿真研究中的应用

钟登华, 朱慧蓉, 刘东海, 毛寨汉

(天津大学建筑工程学院, 天津 300072)

摘要:将 GIS 与系统仿真技术相结合, 利用 GIS 特有的空间数据可视化组织结构, 采用集成模式与扩展连接模式相结合的方式, 使系统仿真应用模型与 GIS 系统之间在原始数据采集及模拟数据的可视化表达这两个阶段实现彼此数据的交换和共享, 从而实现仿真的可视化。结合作者近年来的有关科研工作, 总结了 GIS 与系统仿真技术相结合在水利水电工程施工导截流、地下厂房施工过程、混凝土坝施工全过程、施工总布置等问题的可视化仿真研究中的应用现状, 并展望了其发展前景。

关键词:地理信息系统; 水利水电工程; 可视化; 仿真

中图分类号: TP391.9

文献标识码: A

文章编号: 1006-7647(2003)03-0014-03

系统仿真技术是随着计算机科学与技术的发展而逐步形成的一种新技术, 它已成为复杂工程设计和管理的有力分析手段。在水利水电工程这一传统领域中系统仿真技术已被运用到多个方面并取得显著效果。然而, 众多水利水电工程均庞大而复杂, 直观清晰地描述复杂工程施工的动态过程, 将大大提高工程设计和管理的现代化水平^[1]。因此, 寻求新的技术和系统仿真技术相结合, 从而实现仿真技术的可视化成为必然趋势。地理信息系统(GIS)是近年来迅速发展起来的一门地学空间数据与计算机相结合的新型空间信息技术, 它把现实世界中对象的空间位置和相关属性有机地结合起来, 满足用户对空间信息管理的要求^[2], 并借助其特有的空间分析功能和可视化表达, 进行各种辅助决策。至今, GIS 已在水利水电工程规划设计及施工管理等多方面得到广泛的应用, 如: 文献[3]将 GIS 应用于水电规划决策, 文献[4]将 GIS 应用于大坝安全监测, 文献[5]将 GIS 应用于施工导流管理决策支持系统等。本文结合近年来我们的科研工作介绍 GIS 与系统仿真技术相结合在水利工程可视化仿真研究中的应用现状, 并对其应用的发展前景进行展望。

1 GIS 与系统仿真技术相结合的原理

1.1 GIS 信息可视化组织原理^[1]

GIS 中将空间实体对象用图形(空间)数据和属性数据来共同描述, 并分别使用不同的存储模块。前

者描述实体的几何空间数据和拓扑关系, 后者用来描述实体的属性及两者的关联标识, 空间数据和属性数据通过内部代码和用户标识码作为公共数据项连接起来, 使得构成空间对象的每一个图元与描述该图元的属性建立一一对应的关系(图 1), 这种空间数据组织结构为数字模型的可视化空间操作与分析提供了条件, 从而为仿真可视化奠定了基础。

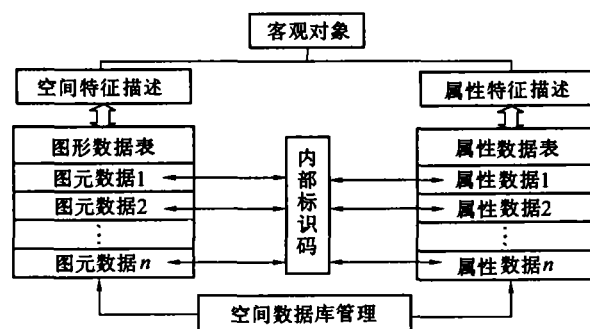


图 1 GIS 数据可视化组织结构示意图

1.2 集成方式

研究人员将 GIS 与系统仿真技术相结合进行新的综合应用研究, 充分发挥它们的优势, 并互相弥补不足之处。这也能够为它们各自的发展提供相互促进、相互作用的集成环境。

GIS 强调对空间数据的处理, 它把现实世界中实体对象的空间位置与相关信息有机结合起来, 满足用户对空间信息的管理与分析, 并借助图形图像及 3D 动画技术, 实现空间信息的可视化表达。GIS

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(50179023); 高等学校优秀青年教师教学科研奖励计划资助项目(2001272)

作者简介: 钟登华(1963—), 男, 江西赣州人, 教授, 博士生导师, 主要从事工程系统仿真与优化研究。

特有的空间数据库结构为系统建模与仿真可视化创造了条件。GIS 与系统仿真的结合可以发生在原始数据采集及模拟数据的可视化表达这两个阶段。一般两者的结合有两种方式：一种称为“融合式(melting pot)”，这种集成方式是紧密结合方式，尽管它使两者间数据传递方便高效，操作简便，但开发费用高，开发周期长；另一种集成方式是通过建立两者的扩展模块来实现彼此数据相互交换和共享信息，这种集成方式相对松散，但它开发简便、费用低廉，而且由于两者的相对独立性及可扩展性，便于系统的维护及进一步开发。工程应用中一般采用后者，即系统仿真的原始空间数据及信息通过 GIS 获取，经数据管理扩展模块传递至仿真环境，然后仿真所产生的过程及结果数据再由扩展模块进入 GIS，用于反映仿真过程的可视化^[1]。

根据 GIS 软件系统与其他平台结合的三种模式^[1]的优缺点，并考虑 GIS 与仿真环境的具体结合方式，具体开发时可采用集成模式与扩展连接模式相结合的方式，即既通过 Windows 的 DDE 技术调用动态数据链接库，又通过不同平台间的数据文件扩展接口，使应用模型与 GIS 之间实现彼此数据的交换和共享^[5]。图 2 反映出两者的集成方式及结合过程中各模块间的逻辑关系。

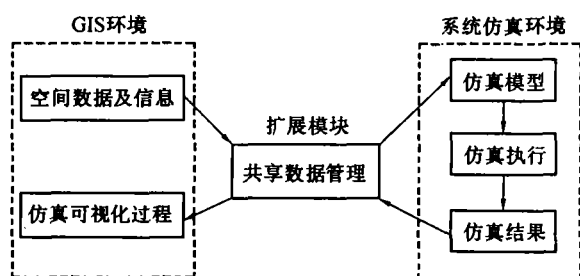


图 2 GIS 与系统仿真的集成方式

1.3 GIS 可视化实现过程

GIS 提供了绘制各种类型图元的方法，主要包括点、线、多边形等简单的图形。对于复杂物体，利用基本图元显得比较麻烦。为此，可采用一种拓扑点连接法，利用该方法不需要进行复杂的数学计算，当数据点足够多时就可以绘制出极为精确的图形。GIS 三维空间数据模型主要是表达空间目标的几何信息和属性信息，同时相对独立地表达空间目标的拓扑关系。

GIS 的可视化过程，即实现模拟数据到图像的变换，分为三个子过程：

a. 数据操纵。数据操纵主要完成数据的过滤，是原始数据的加细或增强，并转化为适合后续可视化操作的表示形式。

b. 可视化映射。可视化映射将数据过滤导出的数据转换为抽象可视化对象(AVO)，体现为各种可视化技术。GIS 的可视化过程是基于信息处理的，模型以信息链的形式表示，并存放在数据库中。

c. 绘制。绘制将 AVO 转换为可显示的图像。可以利用 GIS 强大的动画及图形图像处理技术实现模拟数据、仿真过程的可视化表达。通过建立坐标系及实体的数字模型，按照一定方式将实体与其属性一一对应，从而反映实体的静态空间特征。

具体实现过程表现为：首先创建和组装三维场景(creating and populating a 3D scene)，接着通过三维实体建模创建三维形状(creating 3D shapes)。三维实体模型可以直接由其三维形体坐标参数构建，也可由二维形体生成，其高度由形体特征的几何属性提供，或由表面纹理数据提取。三维实体模型再经过纹理、光照、消隐、阴影等计算显示在三维场景中。

2 应用情况

a. GIS 应用于施工导截流三维动态可视化仿真系统^[5]。将 GIS 作为可视化平台，VC++、VB 等作为仿真计算平台。水文实时数据库和大坝施工实时数据库等数据库存放在 GIS 平台的表(table)中，通过 Windows 的 DDE 技术将数据传递给调洪演算、日径流模拟、导流实时风险率计算等仿真模块，这些仿真计算模块用 VC++、VB 等平台开发，模拟所得数据再传回 GIS 平台，以图形、报表的形式输出。数据在 GIS 平台和 VC++、VB 等平台间简便迅速地传递，保证了系统开发环境的协调统一。借助 GIS 强大的空间查询能力可以方便地查询任意时刻施工导流面貌及相应信息。

b. GIS 应用于地下厂房施工过程可视化仿真系统^[6]。GIS 在地下厂房施工过程可视化仿真系统中的作用主要体现在仿真结果的可视化上。首先运行仿真程序得到确定方案下的洞室施工过程的信息，将所得参数按工序以电子表格的形式输出。GIS 读取这些数据并将其转换成相应的数据库。利用其中的时间参数，通过编程生成任一工序任意时刻的面貌 $S_i(t)$ (i 工序 t 时刻的面貌)，则地下厂房系统任意时刻的整体面貌 $S(t) = \sum S_i(t)$ 。过程演示时通过对施工面貌数据库的循环，逐条读取数据库中每条记录的形体数据及其他的相关信息，形体数据以图形的形式显示在三维图上，其他信息以文本的形式显示在信息框中。

c. GIS 应用于混凝土坝施工全过程三维可视化仿真系统^[7,8]。首先建立数字地形模型，然后建立混凝土坝施工系统中建筑物的三维实体模型。所建的

大坝实体模型按照分层分块原则划分成浇筑块来表现,该模型为大坝施工仿真提供不可或缺的浇筑块形体参数.需要说明的是,为了体现施工的动态过程,在反映实体的数据结构中还应包括时间特征,以便在三维演示中根据时间顺序调用不同的实体单元组成施工面貌.把工程施工任意时刻的整体面貌储存在图形库中,并与其一一对应的属性数据建立联系,从而在动画演示时,按时间顺序读取图形库中的形体数据及相应的属性信息,不断更新绘图变量和属性变量赋值,并不断刷新屏幕显示,当图像快速连续时,由于视觉的暂留,就实现了整个混凝土坝施工过程的三维面貌及相应信息的动态显示. GIS 在混凝土坝施工全过程三维可视化仿真系统中的作用表现在仿真数据的前处理和仿真结果的可视化上.

d. GIS 应用于水利水电工程施工总布置可视化仿真系统^[9].在 GIS 平台上建立数字地形和施工场地布置系统中各系统部件的三维数字实体模型,这些数字模型既是可视化的基础模型,也是动态仿真的基础模型. GIS 中信息的可视化组织表现在对系统数据库的操作及管理上.由于 GIS 特有的混合数据库设计结构,将施工总布置数据存储形式分为两个部分:一是实体的图形数据库,它主要存放实体的各种专题图及组成这些专题图的所有图素;二是图素的属性数据库,它主要用来存放描述图素的属性数据,如实体名称、施工起止时间、实体空间坐标等.空间数据和属性数据通过内部代码和用户标识码作为公共数据项连接起来,使得描述图素的属性数据与其图素建立一一对应的关系.根据不同工程的施工期长短,选择恰当的基本时间步长,再辅以典型时刻面貌,动态地显示施工过程,可以使施工生产管理者对工程进展情况有一个全面直观的了解.

3 发展前景

GIS 在水利水电工程可视化仿真研究中的应用还有待进一步发展,应用的发展既要与 GIS 本身的发展相结合,又要与水利水电工程专业相结合,同时,应用研究的深入进行也将赋予 GIS 发展趋势以新的内涵.

a. GIS 数据精度.在 GIS 中,从数据的收集、准备、扫描,到数据的各种处理和分析,每一个环节都可能产生人为误差或累计误差.虽然空间数据的来源机理还有待进一步研究,但仍应考虑采取一定的手段来尽量减少误差.

b. 4D GIS.施工可视化仿真中,众多描述对象都在不断变化,时间是一个很重要的因素,仅将时间特征作为属性数据库中的一个属性还不能很好地解

决问题.对时间序列的需求将意味着在三维 GIS 数据模型中加入一个时间维,最终实现对三维实体本身、三维实体间的关系,以及三维实体随时间变化的情况准确、有效地描述和表达.

c. WebGIS. Internet 可以提供强大的地理信息发布媒体,它与 GIS 融合,正逐渐形成一新的技术——WebGIS.可视化仿真中大量数据的交流和传输问题可借助这种新技术得到解决.和传统 GIS 相比, WebGIS 有更广泛的访问范围、平台独立性、降低系统成本、更简单的操作和平衡高效的计算负载等优点^[10].需要加以控制的是数据的保密性,从而保障数据安全.

4 结 语

本文总结了 GIS 与系统仿真技术相结合在水利水电工程诸多问题可视化仿真研究中的应用现状,研究现状表明, GIS 强大的空间数据管理功能和图形显示功能为仿真数据可视化表达提供了有力的技术手段.但是, GIS 应用到水利水电工程可视化仿真研究中仍有许多有待发展和改进的地方,对数据精度和时间特性的处理以及在网络 GIS 方面有待进一步研究,本文亦对此进行了分析和展望.

参考文献:

- [1] 钟登华,郑家祥,刘东海,等.可视化仿真技术及其应用[M].北京:中国水利水电出版社,2002.
- [2] Li R X. Data structure and application issues in 3D geographic information system[J]. Geomatics, 1994, 48(3): 209 ~ 214.
- [3] 贺军,谈为雄.基于 GIS 的水电规划决策支持系统框架设计[J].河海大学学报(自然科学版),2000,28(2):78 ~ 80.
- [4] 吴中如.“4S”集成技术在大坝安全中的应用[J].水电能源科学,2001,19(3):16 ~ 17.
- [5] 钟登华,刘东海.基于 GIS 的施工导流管理决策支持系统[J].水力发电,2001(1):56 ~ 59.
- [6] 钟登华,张伟波,郑家祥.大型地下洞室群施工系统仿真[J].水利学报,2001(9):86 ~ 91.
- [7] 钟登华,毛寨汉,朱慧蓉,等.水利水电工程土石方开挖可视化设计方法初探[J].水利水电技术,2001,32(12):32 ~ 34.
- [8] 钟登华,宋洋,李景茹.基于 GIS 的复杂工程施工可视化信息管理系统研究[J].水利水电技术,2001,32(12):35 ~ 38.
- [9] 钟登华,熊小平,冯志军,等.水利水电工程施工场地总布置可视化动态演示系统研究[J].水利水电技术,2001,32(12):29 ~ 31.
- [10] Burrough P A, McDonnell R. Principles of geographical information systems[M]. London: Oxford University Press, 1998.

(收稿日期:2002-09-23 编辑:熊水斌)