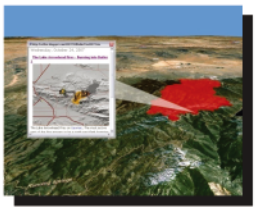
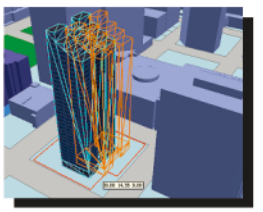
ArcGIS三维应用集锦







esri China BEIJING

分 享 地 理 价 值

鸣　谢

历经几个月材料的收集和整理，三维应用集锦终于跟大家见面了！

在此特别感谢众多合作伙伴的积极参与，为我们提供了丰富的应用案例。

只有将GIS与行业充分结合才能最大程度产生价值，从中我们可以真切的感受到GIS产生的应用价值；

在此特别感谢广大院校的科研工作者的辛勤研究。

只有将GIS特有的空间分析与行业模型完美结合才能更好的辅助决策，从中我们可以切实的体会到分析为辅助决策提供依据；

在此特别感谢战斗在一线的开发工程师经验的分享。

只有将GIS技术与工程实施充分结合才能获得最佳的实践，从中我们可以获取到解决现实问题的宝贵经验；

感谢王宝光、王昊对本集锦编写工作的关心和支持；

感谢沙志友，他为本集锦的顺利完成给予了极大的帮助；

感谢白旭阳、康来成、李斌、陈於立、谢喆、陈宝强、霍越天、陈长华、焦明勇、徐玲、栗向锋、张京涛、曾智、毛奕芳、邓书斌等同事给予的帮助和支持。

在本集锦编写过程中，得到了多方面的支持和帮助，在此一并表示诚挚的谢意！

于强

2010年8月

前　言

地理信息系统（GIS）是现代地理学与空间信息科学相结合的产物。GIS的本质是基于真实世界的地理环境，直观地表达客观世界的各种要素。借助GIS可以对各种要素进行管理、查询、可视化和分析、处理，以便人们进行科学决策。历经了四十多年的发展，二维GIS技术早已进入了成熟期。由于二维GIS的成熟应用，以至于GIS已经突破最初的测绘和地学的行业范畴，发展成为跨行业通用的平台软件技术，广泛应用于政府信息化和企业信息化，并越来越多地涉足面向个人的信息服务领域。随着计算机技术的发展和二维GIS行业应用的深入，人们使用三维GIS来展现真实世界的渴望越来越强烈。与二维GIS相比，三维GIS有其独特的优势。三维GIS因更接近于人的视觉习惯而更加真实，同时三维能提供更多信息，能表现更多的空间关系，三维GIS已成为GIS发展的重要方向之一。

美国环境系统研究所公司（Environmental Systems Research Institute，Inc．简称Esri公司）成立于1969年，是全球领先的地理信息系统（GIS）平台及服务提供商。公司自创建之初就一直引领着世界GIS的发展潮流，扮演着技术领先者的角色。Esri公司始终将GIS视为一门科学，并坚持运用独特的科学思维和方法，紧跟IT主流技术，开发出丰富而完整的产品线。公司致力于为全球各行业的用户提供先进的GIS技术和全面的GIS解决方案。其研发的ArcGIS系列产品架构完整、功能强大、扩展方便、开放性强、部署灵活，全球市场占有率稳居第一。目前，遍布200多个国家超过百万用户单位正在享用ArcGIS技术带来的便利。

2004年4月，Esri推出了新一代9版本ArcGIS软件，为构建完善的GIS系统，提供了一套完整的软件产品。其中ArcGIS 3D 分析扩展模块是ArcGIS 桌面产品的三维可视化和分析扩展模块。这个可选的ArcGIS 3D 分析扩展模块包含两个专用的三维可视化应用程序：ArcScene和ArcGlobe。ArcScene是基于内存的应用主要完成三维数据创建及其小场景可视化。ArcGlobe提供交互式全球海量地理数据三维可视化可以实现全球，地方和街道数据一级级无缝转换。2010年7月，Esri发布了ArcGIS软件的最新版本ArcGIS 10， 其中文版即将于近期在国内推出。ArcGIS 10一举实现了协同GIS、云GIS、三维GIS、一体化GIS和时空GIS“五大飞跃”，将引领GIS软件技术进入一个全新的发展时代。ArcGIS 10实现了三维建模、数据编辑、要素存储、性能优化以及分析的巨大飞跃，具有经济的数据获取与处理;海量数据二三维一体化的存储和管理；快速创建三维可视化场景；海量数据的高效可视化；强大的GIS分析功能；二三维一体化开发方式；方便的三维空间信息服务发布等特点。ArcGIS10正将GIS带向3D领域，并提供完整的二三维一体化解决方案。

在本集锦中，我们收录了国内外在各个行业有代表性的研究报告、解决方案和成功案例，从多个角度来说明ArcGIS所提供二三维一体化集成的一系列解决方案，能很好地帮助您解决实际问题，创造实实在在的价值，这也是我们所期盼的。

我们编辑这本应用集锦，目的是为大家提供一个交流沟通的桥梁，也为利用ArcGIS这个工具，解决我们所面临各种实质性问题和任务的一个帮手，更希望能抛砖引玉，有更多的专家或用户能将宝贵的经验介绍给我们,互相勉励，共同提高。

目　录

第一章 ArcGIS10完整的二三维一体化解决方案 ····· 1

第二章 二三维一体化实现 ····· 7

第三章 ArcGIS10 新特性 ····· 18

第四章 林业应用 ····· 27

运筹GIS决胜林原 ····· 27

基于三维技术的森林防火应用系统 ····· 32

第五章 水利应用 ····· 39

防汛减灾三维沙盘系统解决方案 ····· 39

长江中下游河道三维交互式可视化系统及其在维护健康长江中应用研究 ····· 47

GIS在东平湖三维防汛决策支持系统中的应用 ····· 53

第六章 管线应用 ····· 59

ArcGIS在三维管网中的研究与应用 ····· 59

基于ArcGIS城市地下管线三维可视化研究 ····· 66

第七章 电力应用 ····· 71

基于 ArcGIS Server 的输电线路三维全景系统 ····· 71

第八章 国土应用 ····· 75

三维GIS在城镇地籍中的应用研究 ····· 75

国家地理学会制图系统 ····· 80

第九章 城市规划应用 ····· 82
GIS空间分析在三维城市景观系统建设中的应用探讨 ····· 82
城市地下空间三维可视化系统的研究与实现 ····· 89
城市规划信息系统中二三维联动的实现 ····· 95
三维日照分析系统的设计与实现 ····· 103
第十章 国防应用 ····· 109
环境三维GIS在环保中的应用 ····· 109
知音道路交通噪声预测系统 ····· 118
土壤整治范围的界定和预算 ····· 131
第十一章 院校应用 ····· 134
基于ArcGIS的校园三维建模研究 ····· 134
利用3D分析进行空间规划 ····· 140
第十二章 交通 ····· 145
青藏铁路综合监控中心系统的研究与应用 ····· 145
工程建设动态可视化系统 ····· 155
基于3D路口安全系数的导航决策系统 ····· 159
十三 应急 ····· 169
基于三维GIS技术的地震灾情场景模拟系统 ····· 169
三维洪水预测分析应急系统 ····· 172

楼宇三维可视化应急分析系统 ····· 174

矿山瓦斯动态检测预警系统 ····· 180

十四 工程设计 ····· 186

利用GIS技术减少远距离工作的风险 ····· 186

风能涡轮电机如何选址以避免造成鸟类大量死亡 ····· 189

十五 公安 ····· 191

基于二三维一体化的警用地理信息系统解决方案 ····· 191

十六 军队 ····· 197

军用GIS大量动态目标的二三维高效显示与联动 ····· 197

十七 综合应用 ····· 204

三维爆破模拟与决策支持系统 ····· 204

可视化综合的三维数据集 ····· 210

利用ArcObjects扩展ArcGIS中建筑物三维可视化功能 ····· 218

VREarth三维电子沙盘系统 ····· 225

第一章 ArcGIS10完整的二三维一体化解决方案

1 概述

地理信息系统（GIS）是现代地理学与空间信息科学相结合的产物。GIS的本质是基于真实世界的地理环境，直观地表达客观世界的各种要素。借助GIS可以对各种要素进行管理、查询、可视化和分析、处理，以便人们进行科学决策。历经了四十多年的发展，二维GIS技术早已进入了成熟期。由于二维GIS的成熟应用，以至于GIS已经突破最初的测绘和地学的行业范畴，发展成为跨行业通用的平台软件技术，广泛应用于政府信息化和企业信息化，并越来越多地涉足面向个人的信息服务领域。

2 三维GIS是GIS的重要发展趋势

GIS的优势在于能够直观直接地展示复杂的地理信息，同时具有强大的空间分析功能。随着社会的发展，人们对地理信息的关注程度越来越高，因此对地理信息的获取和使用也有了更高的要求。与二维GIS相比，三维GIS有其独特的优势。三维GIS因更接近于人的视觉习惯而更加真实，同时三维能提供更多信息，能表现更多的空间关系。随着计算机技术的发展和二维GIS行业应用的深入，人们使用三维GIS来展现真实世界的渴望越来越强烈。

3 三维GIS面临的挑战

三维可视化仅仅是三维GIS的一个方面，三维GIS与二维GIS一样，三维GIS涉及了从数据获取、数据处理、数据管理、可视化、空间分析、系统定制到数据发布与共享的各个环节。

当然，三维GIS仍面临一些问题和技术瓶颈：

1、昂贵的数据投入。对于GIS来说，数据为王是最恰当不过的。再好的系统，缺乏实时、全面的空间数据时只能是个摆设。显然，数据的获取对GIS来说至关重要。与二维空间数据相比，三维空间数据的获取成本更为昂贵，尤其是大面积的三维场景建模。长期以来，三维空间数据获取的效率低下和高成本都成为阻碍三维GIS技术发展的重要因素。

2、海量数据处理与管理的技术瓶颈。随着遥感影像、DEM以及大量的三维模型等空间数据的集成应用，数据量急剧增加，处理海量数据便成为三维GIS所必须面对的技术难题；文件型的数据共享不能够满足空间数据量较大的应用需求。因此，如何将地理数据像普通的结构数据一样存储在关系型数据库（RDBMS）中，实现集中式的GIS数据管理和存储；如果二者在数据模型、数据结构上都不一致，同样的数据要在两种软件中分别存储一份，不仅增加了数据冗余，而且增加了数据更新维护的代价。

3、海量数据可视化瓶颈。经过几十年的发展，二维GIS技术在工作效率已经得到了广泛认可。但是三维GIS却面临着一些挑战，目前已有的三维GIS项目，三维场景大多以显示影像和地形为主，一

旦加入非常密集的矢量（如等高线）、或者整个城市的模型建筑，三维显示效率就大打折扣。

4、缺乏高端的三维分析功能。三维GIS应该在扩展原有二维GIS强大分析功能的基础上，提供更多的三维特色分析功能，才能为业务管理带来更多的提升。

5、二三维开发体系分离，业务系统定制困难。

6、此外，还有海量三维的网络传输、数据发布、客户端数据共享等问题。

7、只有降低三维建设成本和突破三维软件本身的技术限制，才能推动市场从繁荣走向真正的成熟。

4 二三维一体化技术

二维GIS拥有成熟的数据结构、多种多样的专题图和统计图、丰富的查询、强大的分析手段、成熟的业务处理流程等等。三维GIS相比二维GIS具有更加直观、更加具体的优势，容易被更多的用户所接受。尽管三维GIS有二维GIS不可比拟的优势，但是在相当长时间内还无法完全替代二维GIS。此外，由于二维也有比三维更宏观、更抽象、更综合的优点，在部分应用中也需要忽略真实细节呈现关键信息，此时二维就可能比三维更合适。当前的二维和三维GIS各具优势，人们常常希望在一个系统中能够同时包含二维和三维GIS的功能，或者在原有的二维GIS系统增加三维GIS系统。ArcGIS从数据、数据管理、可视化、空间分析、系统定制、服务发布等方面实现全面的二三一体化技术，使用ArcGIS构建三维GIS如同使用ArcGIS构建二维GIS一样的快捷、高效和强大。二三维一体化技术从数据收集、数据管理、空间分析、系统定制层面为降低二三维GIS系统建设成本提供了充分保证（具体参见第二章）。

5 ArcGIS10技术飞越

2010年7月，Esri发布了ArcGIS软件的最新版本ArcGIS 10，其中文版即将于近期在国内推出。ArcGIS 10一举实现了协同GIS、云GIS、三维GIS、一体化GIS和时空GIS“五大飞跃”，将引领GIS软件技术进入一个全新的发展时代。ArcGIS 10实现了三维建模、数据编辑、要素存储、性能优化以及分析的巨大飞跃。ArcGIS10实现了三维GIS软件的突破，集三维GIS数据管理、可视化、空间分析于一身，ArcGIS10正将GIS带向3D领域（具体参见第三章）。

6 ArcGIS提供的解决方案

产品配置方案

（1）ArcGIS 桌面三维可视化

需要：ArcGIS 桌面+桌面3D分析扩展

ArcGIS桌面用于三维数据的组织，三维地图和三维分析模型的制作，以及三维地图的性能的优化处理。

（2）ArcGIS 桌面三维可视化定制

需要：ArcGIS 桌面+桌面3d分析扩展

ArcGIS桌面支持.net、java、C++的定制，用户可以用ArcObject Add In的方式添加自己功能。ArcGIS10同步发行中文版，此种定制方式的桌面应用，可以再很大程度程度上节省开发工作量。

（3）ArcGIS 桌面三维可视化开发

需要：ArcGIS Engine+Engine3d分析扩展

ArcGIS Engine提供了组件式的开发方式，利用ArcGIS Engine提供的MapControl、SceneControl、GlobeControl可以非常方便的开发二三维一体化的应用系统，

（4）ArcGIS服务器三维可视化

需要：ArcGIS Server 标准版+ ArcGIS Explorer

ArcGIS Server提供了二三维数据的一体化方式存储与管理，利用ArcGIS Server可以非常方便的发布三维服务，ArcGIS Explorer可以作为ArcGIS Server三维服务高性能可视化客户端

还需要：ArcGIS Server 高级版本+Server 3D分析扩展+ ArcGIS Explorer

除了上述功能外，还支持服务器端的三维分析。

除了免费客户端外，桌面和Engine应用程序也可以作为三维服务的客户端。

ArcGIS三维可视化解决方案如图1.1所示：

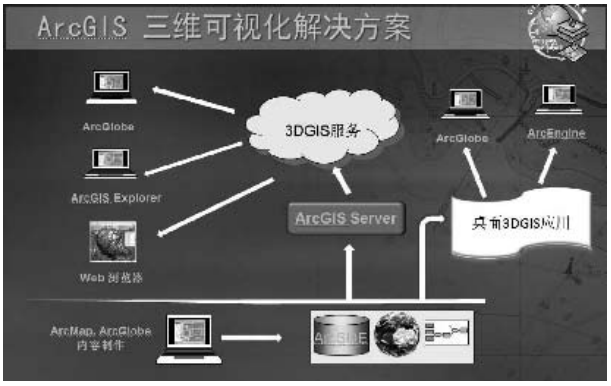


图1.1 ArcGIS三维可视化解决方案

7 ArcGIS三维解决方案优势

7.1 经济的数据获取与处理

一个三维应用除了要建立自己的三维模型之外，还需要从相关部门如测绘、海洋、气象等获取相关数据。

影像数据：(DOM、DEM……)

对于影像数据格式的支持更加普遍，目前市场上的各种影像格式基本上都可以支持。ArcGIS10新增20多中影像的数据格式，并且桌面中增加了影像分析窗口，影像漫游的速度更加理想；并且借助于ENVI与ArcGIS的一体化，可以非常方便从使用ENVI处理后的影像和地形数据。

矢量数据：(路网、管网、电网、行政区划……)

对于矢量否则没有数据的应用，不会有任何效果。Esri公司的产品，所支持的数据格式E00、Coverage、Shape File都成为业界内数据交换的标准，获取数据非常方便。

地名数据：(Label、Annotation……)

对于地名数据可以利用现有的矢量数据通过桌面工具生成注记。

模型数据：(Multipatch、SketchUp、3DMax……)

可以通过桌面拉伸矢量数据，创建没有纹理的三维模型； ArcGIS支持主流的三维模型导入，SketchUp、3DMax、 VRML等，提供了方便的数据导入工具（如图1），特别是支持复杂模型（模型具有非常多的面）的导入。另外，ArcGIS全新支持三维模型编辑，实现模型的快速导入三维场景。如图1.2所示：



图1.2 三维编辑

用户还可以从Esri online上获取丰富的在线遥感、矢量底图数据，ArcGIS 用户还可以免费获取微软bing map 的在线遥感、矢量数据，利于节省底图数据购买、处理经费。

7.2 海量数据二三维一体化存储

ArcGIS 10正将GIS带向3D领域，geodatabase的模型将彻底支持3D，不是2.5D的可视化，而是真3D的数据对象和要素。实现方式将采用扩展技术，对数据库内的地理信息的建模、存储和展现进行扩展。文件型的数据共享不能够满足空间数据量较大的应用需求。因此，像普通的结构数据一样，人

们可以使用ArcSDE将地理数据存储在关系型数据库（RDBMS）中，并作为一个地理数据库进行管理。ArcGIS 10可以将所有的地理数据（包括三维模型）进行海量数据的统一数据库存储，如图1.3所示：

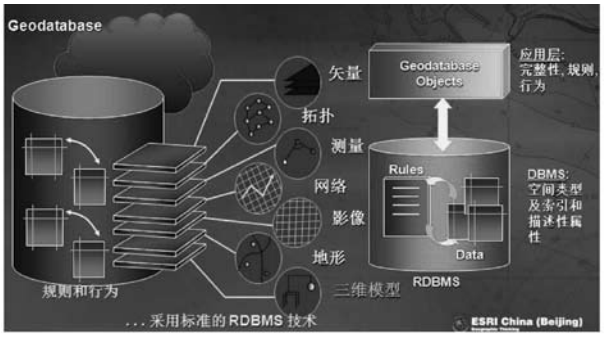


图1.3 二三维统一管理

7.3 快速创建三维可视化

对于ArcGIS而言，三维场景的数据加载方式跟ArcGIS二维的操作方式一样，创建三维可视化场景仅仅需要将我们获取到地理数据加载到三维场景之中，设定一些加载模式和显示即可，实现了二三维操作方式的一体化；二维数据无需格式转换（非常灵活），减少创建成本和等待时间，实现了底层数据模型的二三维一体化；二维和三维场景采用同样的符号库、填充库、线型库，降低了符号管理的复杂度实现了符号的一体化；ArcGIS10新增三维编辑功能，采用与原有二维配套编辑体系，实现了联动编辑和编辑的一体化。

7.4 海量数据的高效可视化

创建ArcGIobe缓存瓦片是创建高效三维GIS的关键，借助于ArcGIS桌面参数的设置就可以实现海量数据的高效可视化，无需编程或者采用其他工具特殊处理。实现了场景创建与场景优化的一体化。另外，ArcGIS10速度新特性：

1、二维地图缓存显示更快

2、三维文字显示更快，被遮挡的文字将不再显示，海量地名避让显示

3、带纹理的三维模型显示更快（自动纹理处理机制），依据距离动态处理纹理。

4、三维矢量显示更快（3Dvector）

7.5 强大的GIS分析功能

三维GIS的应用不仅仅是展现三维场景的问题，对于GIS的核心价值来说，三维的分析功能尤其重要。ArcGIS的三维GIS继承了ArcGIS桌面二维的分析功能，不但可以展现二维中分析的结果，更支持在三维场景中直接进行空间分析功能；ArcGIS10新增了26个分析工具，实现了真正的三维分析，将三维对象纳入到了地理场景中进行分析,如图1.4所示：



图1.4 空间分析

7.6 二三维一体化开发方式

ArcGIS采用二三维一体化的开发方式，依据业务用户可以方便的实现桌面三维GIS系统的定制或者桌面三维GIS开发，如图1.5所示：

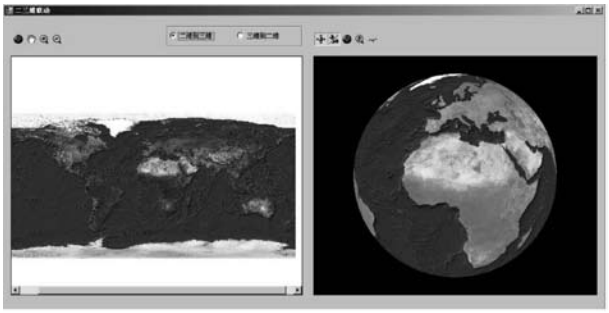


图1.5 二三维联动

7.7 方便的三维服务发布

利用ArcGIS Server可以方便的实现三维GIS服务的发布，仅仅需要对于地球文档（*.3dd）发布即可，除了三维地球服务，利用ArcGIS Server也可以实现三维分析功能的发布；同时ArcGIS Server支持三维服务的缓存技术，便于建立高效的三维服务。三维服务缓存的建立与二维服务缓存的建立方式一致，实现了二三维服务缓存的创建一体化；三维服务支持丰富的客户端（ArcGlobe 、ArcGIS Engine、ArcGIS Explorer），可以广泛实现三维服务的共享。其中，ArcGIS Explorer是免费的客户端，可以利用ArcGIS Explorer非常方便的实现本地数据、在线服务、GIS分析功能的客户端聚合。

综上所述，ArcGIS 10正将GIS带向3D领域，ArcGIS10提供了全新、完整的二三维一体化解决方案。

第二章 二三维一体化实现

1 概述

经过几十年的发展，GIS已经从只有少数专业人士才懂的专业系统，成为日益走向大众的应用软件。如今的二维GIS已经渗透到社会的各行各业已经在政府生产和决策中起到了巨大的作用。

二维GIS拥有成熟的数据结构、多种多样的专题图和统计图、丰富的查询、强大的分析手段、成熟的业务处理流程等等。三维GIS相比二维GIS具有更加直观的优势，容易被更多的用户所接受。当前的二维和三维GIS各具优势，人们常常希望在一个系统中能够同时包含二维和三维GIS的功能。ArcGIS从数据、数据管理、可视化、空间分析、系统定制、服务发布等方面实现全面的二三一体化技术，使用ArcGIS构建三维GIS如同使用ArcGIS构建二维GIS一样的快捷、高效和强大。

2 数据一体化

经过几十年的发展，目前GIS的用户大部分都积累了大量二维数据，包括影像、DEM、矢量等基础数据。构建三维GIS可以充分利用这些基础，不用进行数据转换，可以直接将原来在二维中显示的数据加载到三维GIS。以earth_1km.img数据为例，使用ArcMap和ArcGlobe加载同一幅影像，如图2.1所示和图2.2所示：

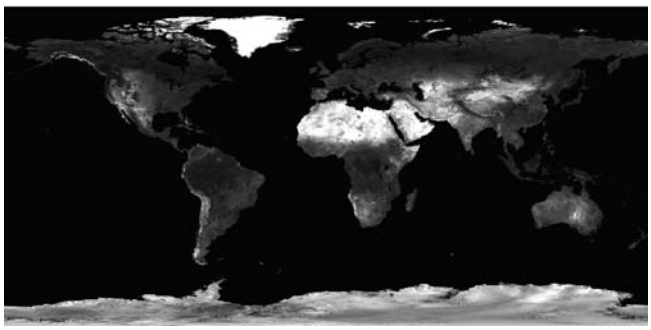


图2.1 二维场景

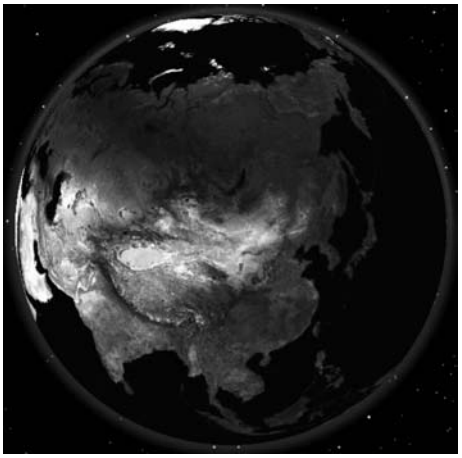


图2.2 三维场景

ArcGIS数据二三维一体化的优势：

（1）原有二维数据无需进行格式转换，避免了准备两份数据，减少空间冗余，易于更新维护；

（2）构建三维场景时，原有数据可以使用原二维数据高效的空间索引、影像金字塔、并且支持动态投影，减少再次数据处理时间，为高效运行提供了保障。

3 数据编辑一体化

ArcGIS10全新的基于模板编辑功能。ArcGlobe在3D环境下，支持标准GIS数据编辑功能（要素模板、增、删、改，属性编辑等），三维捕捉，三维图形编辑等，实现数据编辑的二三维一体化。在二维ArcMap下编辑，如图2.3所示：

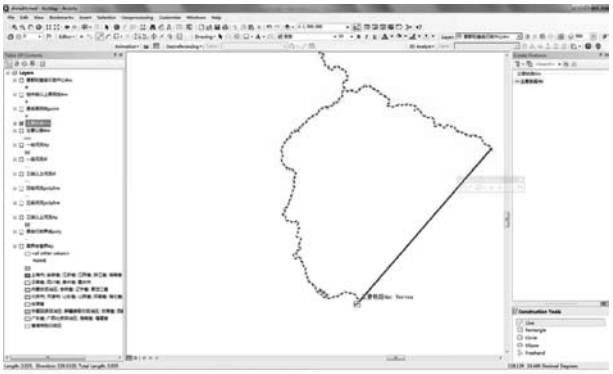


图2.3 二维数据编辑

在三维ArcGlobe下编辑，如图2.4所示：

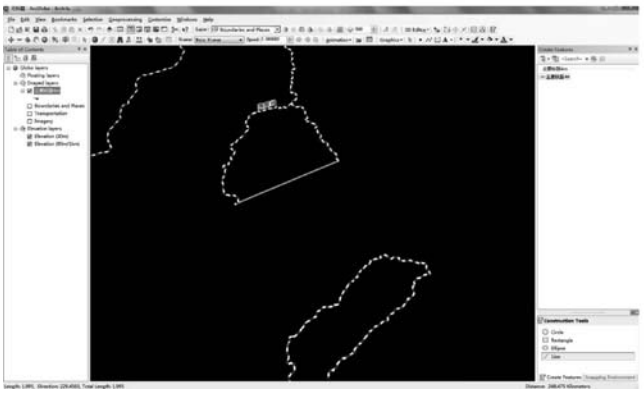


图2.4 三维数据编辑

ArcGIS数据编辑一体化的优势：

（1）二维和三维场景采用同样的基于模板编辑，支持标准GIS数据编辑功能（要素模板、增、删、改，属性编辑等），三维捕捉，三维图形编辑等；

（2）所见即所的编辑方式，三维下编辑数据跟二维下面一样的简单。

4 二三维一体化的存储和管理

传统基于文件与关系数据库混合的GIS数据库管理方式由于在数据安全性、多用户操作、网络共享及数据动态更新等方面已不能满足日益增长的需要。现有的对象关系型数据库管理系统（ORDBMS）保留关系数据库优点的同时，也采纳了面向对象数据库设计的某些原理，具有将结构性的数据组织成某种特定数据类型的机制，这使得它不仅能够处理3D数据的复杂关系，也能将在逻辑上需要以整体对待的数据组织成一个对象，这为三维GIS的海量数据管理提供了一条切实可行的途径。

ArcGIS正将GIS带向3D领域， Geodatabase的模型将彻底支持3D，不是2.5D可视化，而是真3D的数据对象和要素的可视化。实现方式将采用扩展技术，对数据库内的地理信息的建模、存储和展现进行扩展。以Buildings数据为例，可以将三维模型数据存储在Geodatabase中，如图2.5所示：

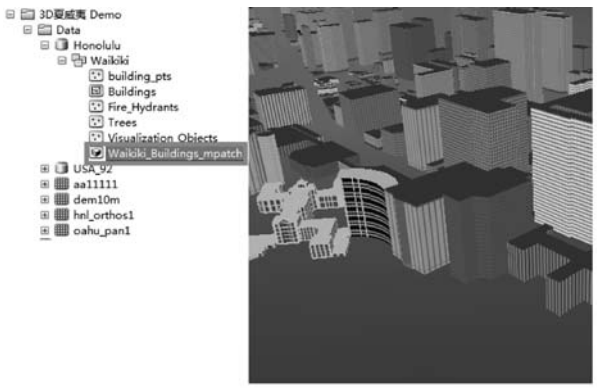


图2.5 二三维一体化的存储和管理

三维的数据结构和存储已经成熟，三维数据可以像二维一样进行高效的数据管理。ArcGIS数据二三维存储管理一体化的优势：

（1）管理三维数据就如同管理二维数据一样的简单；

（2）可通过版本管理和历史来追踪数据变更；

（3）为三维模型进行空间分析提供了对象、要素基础。

5 符号一体化

构建三维场景时，可以利用原先创建二维场景时所采用的符号系统。其中一种方法是在ArcMap、ArcGlobe 或 ArcScene 之间复制和粘贴图层。当然，您也可以手动选择与二维一样的符号。打开原先创建好的地图文档China84.mxd，在预备加入三维场景中的铁路图层上点击右键–>Copy，如图2.6所示：

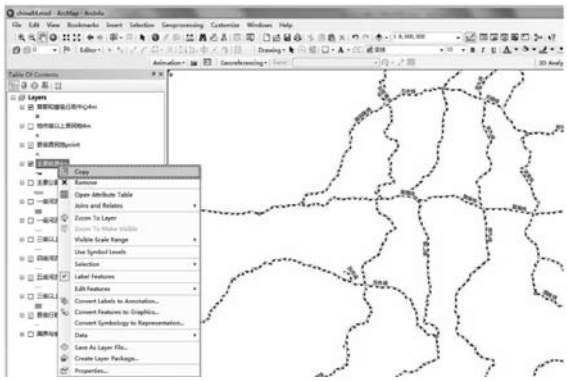


图2.6 二维地图

在ArcGlobe图层列表上，单击右键–>Paste，将铁路图层复制到ArcGlobe中如图2.7所示：

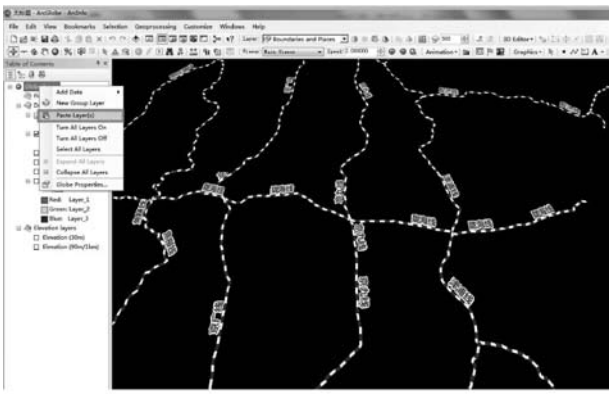


图2.7 三维地图

从上述两幅图中，看以看到二三维具有一体化的符号机制。

ArcGIS符号一体化的优势：

（1）二维和三维场景采用同样的符号库、填充库、线型库，降低了符号管理的复杂度

（2）可以利用原有的二维地图创建三维地图，复制原有图层，减少了配置地图符号过程，简单便捷。

注：（1）复制时要选择多个图层，请单击要选择的最后一个图层，然后按住 SHIFT 并单击要选择的第一个图层。中间的所有图层将自动被选中。要一次性选择多个单独的图层，请按 CTRL 并手动单击每个图层。

6 显示一体化

符号化是通过符号能够把地物归类展示出来，通过三维符号能够把具有共同特征的点对象（树、房屋、路灯等）、线对象（公路，河流，管线）等快速构建出来，ArcGIS采用二三维一体化的符号库，这意味着在三维场景中仍然可以使用二维的符号，同时符号库还会增加三维符号样式，大大节省了构建场景的费用和时间，提高了场景构建效率。

专题图对于决策和分析具有很大的价值，ArcGIS采用二三维一体化的设计思想，二三维一体化的操作方式，在三维场景中可以快速创建跟二维一样的专题图，如唯一值、渐变色、多属性符号、饼图、柱状图、点密度图等专题图，还能够制作出立体感更强的柱状图、饼图等专题图效果。如图2.8所示和2.9所示：



图2.8 二维专题图

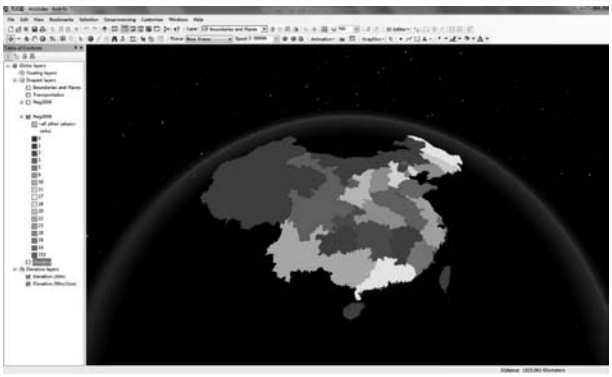


图2.9 三维专题图

此外，由于二、三维数据可以在二维、三维系统中同时使用，同一份数据可以在多个地图或场景中使用，这为二、三维的联动和对比分析提供了很大的便利。

ArcGIS显示一体化的优势：

（1）二维和三维场景采用符号和专题图一体化显示，大大节省了构建场景的费用和时间，提高了场景构建效率；

（2）为二三维联动和对比分析提供了显示基础。

7 空间分析一体化

ArcGIS实现了查询分析的一体化，二维环境中的查询（包括属性查询、空间查询）、分析功能都可以在三维系统中使用。三维技术继承了ArcGIS强大的二维的分析功能，可以在三维场景中调用

二维分析工具，并且展现最终的二维分析结果（在三**维场**景中查找最近的**两个**消防站，如图2.10所示）。同时，ArcGIS10新增了26个分析工具，实现了真正的三维分析，将三维对象纳入到了地理场景中进行分析。

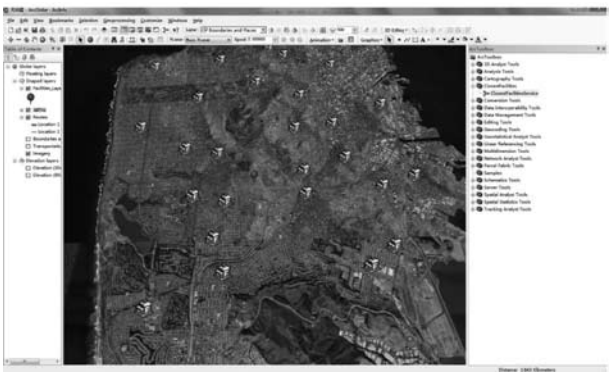


图2.10 查找最近的两个消防站

8 C/S开发一体化

构建系统人们常常希望在一个系统中能够同时包含二维和三维GIS的功能，能够实现二三维联动。利用ArcGIS Engine提供的二维控件MapContronl和三维控件GlobeControl能够快速实现二三维联动。三维显示组件与二维显示组件可以集成使用，可以共享同一个工作空间和数据库连接，基于相同的数据集，既可以二维显示，也可以三维显示；使用空间分析组件，其分析的结果，既可以在二维组件显示，也可以在三维组件显示；二三维联动演示，如图2.11所示：



图2.11 二三维联动

核心实现代码：

```
#region 三维向二维同步代码
void m_pGlobeDisplayEvents_AfterDraw(esri.ArcGIS.Analyst3D.ISceneViewer pViewer)
{

m_globeViewUtil.QueryVisibleGeographicExtent(m_pCurMapExt);
if (m_pCurMapExt == null)
{
return;
}
//'Obtain the locations of the observer and target of the camera
IPoint ObsPoint = null;
IPoint TgtPoint = null;
GetObserverTarget(out ObsPoint, out TgtPoint);

////缩小范围
m_pCurMapExt.CenterAt(TgtPoint);
m_MapActiveView.ScreenDisplay.DisplayTransformation.VisibleBounds = m_pCurMapExt;

m_MapActiveView.PartialRefresh(esriViewDrawPhase.esriViewGeography, null, null);
}

void GetObserverTarget(out IPoint ObsPoint, out IPoint TgtPoint)
{
//Obtain the locations of the observer and target of the camera
ObsPoint = null;
TgtPoint = null;
if (m_GlobeDisplay == null) return;
if (m_GlobeDisplay.ActiveViewer == null) return;
IGlobeCamera pGlobeCamera = m_GlobeDisplay.ActiveViewer.Camera as IGlobeCamera;
double obsLat, obsLon, obsAltKms;
pGlobeCamera.GetObserverLatLonAlt(out obsLat, out obsLon, out obsAltKms);
double tgtLat, tgtLon, tgtAltKms;
pGlobeCamera.GetTargetLatLonAlt(out tgtLat, out tgtLon, out tgtAltKms);
ObsPoint = new esri.ArcGIS.Geometry.Point();
IZAware pZAware = ObsPoint as IZAware;
```

```
pZAware.ZAware = true;
ObsPoint.PutCoords(obsLon, obsLat);
ObsPoint.Z = obsAltKms;

TgtPoint = new esri.ArcGIS.Geometry.Point();
pZAware = TgtPoint as IZAware;
pZAware.ZAware = true;
TgtPoint.PutCoords(tgtLon, tgtLat);
TgtPoint.Z = tgtAltKms;
}
#endregion
#region 二维向三维同步代码

void m_pActiveViewEvents_AfterDraw(esri.ArcGIS.Display.IDisplay Display, esriViewDrawPhase phase)
{
IActiveView pActiveView = m_Globe as IActiveView;

pActiveView.Extent = m_MapActiveView.ScreenDisplay.DisplayTransformation.VisibleBounds;
pActiveView.Refresh();
}

#endregion
```

ArcGIS C/S开发一体化的优势：

（1）无缝二三维开发体系，系统开发集成更加方便，有助于开发出更加面向业务需求的应用系统。

9 服务一体化

ArcGIS实现了二三维服务一体化，发布三维服务跟二维服务一样的简单，利用ArcGIS Server可以方便的实现三维GIS服务的发布。配置好三维的地图文档（*.3dd）后，便可以使用ArcGIS Catalog或者ArcGIS Server manager进行发布，如图2.12和图2.13所示：

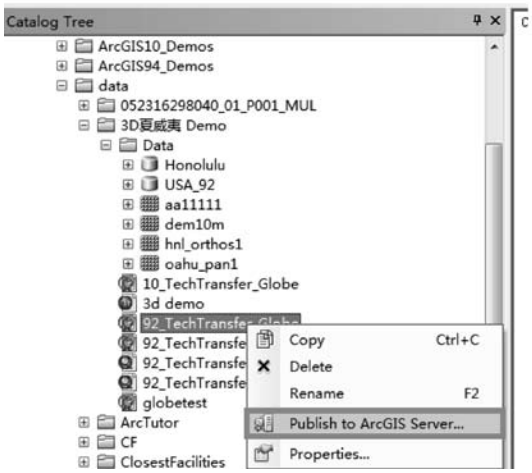


图2.12 ArcCatalog发布三维服务



图2.13 ArcGIS ServerManager发布三维服务

ArcGIS Server支持三维服务的缓存技术，便于建立高效的三维服务。三维服务缓存的建立与二维服务缓存的建立方式一致，实现了二三维服务缓存的创建一体化；如图2.14所示：



图2.14 创建三维服务缓存

同时，还可以使用ArcGlobe部署工具将建立好的硬盘缓存拷贝到Cache Path下面。直接使用硬盘缓存充当GlobeService的缓存。

ArcGIS服务一体化的优势：

（1）ArcGIS Server为提供了完整的二三维一体化的发布方案，三维服务发布、管理、创建缓存、服务加载采用与二维一样操作方式，简洁易用。

第三章 ArcGIS10 新特性

1 概述

ArcGIS 10一举实现了协同GIS、云GIS、三维GIS、一体化GIS和时空GIS“五大飞跃”，将引领GIS软件技术进入一个全新的发展时代。ArcGIS 10实现了三维建模、数据编辑、要素存储、性能优化以及分析的巨大飞跃。ArcGIS10实现了三维GIS软件的突破，集三维GIS数据管理、可视化、空间分析于一身，ArcGIS10正将GIS带向3D领域，为三维GIS提供完整的解决方案，可视化，数据管理，空间分析，共享（如图3.1）：

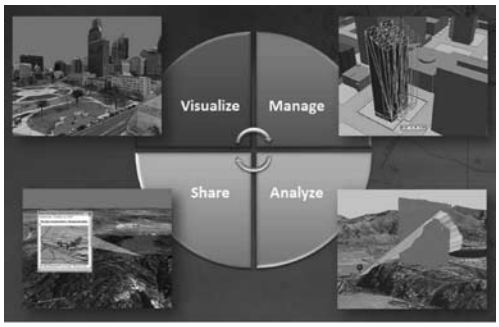


图3.1 完整三维GIS系统

（1）可视化：使用ArcGlobe进行海量数据可视化，使用ArcSence进行小场景数据或者没有地理坐标的数据可视化。

（2）数据管理：可在ArcGlobe或者ArcSence环境下进行数据的创建和数据编辑。

（3）空间分析：可使用地理处理（geoprocessing）工具对三维的数据进行分析，并且三维环境也集成了专门的三维工具（如三维测量）。

（4）数据共享：使用ArcGIS Server可以非常方便的将三维数据和三维分析工具发布成Globe 服务和geoprocessing 服务，您也可以使用动画功能录制视频以及利用导出功能导出高质量的图片。

2 ArcGIS10新特性

（1）可视化增强

1)在ArcGlobe中对二维缓存地图的渲染更快，减少创建的需求（减少缓存瓦片的载入时间、减少CUP消耗、快速JPEG压缩等）。如图3.2加载ArcGIS online二维服务：

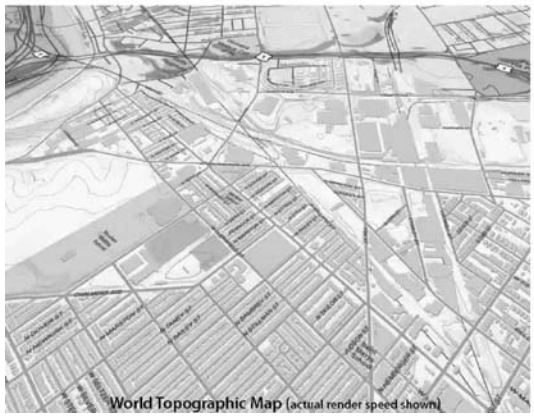


图3.2 加载ArcGISonline地图服务

2)通过内置的冲突检测避免文字显示压盖，提高了三维文字和点标注的显示性能如图3.3：

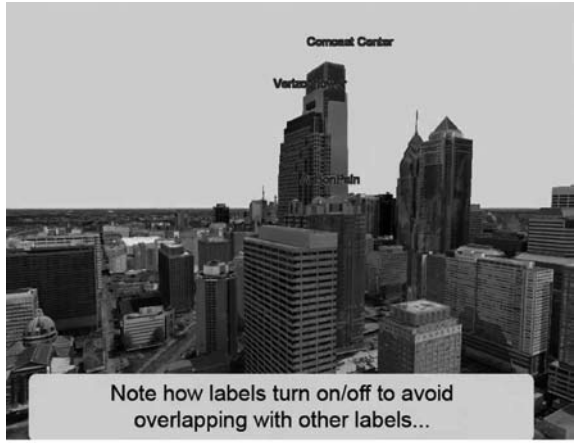


图3.3 避免文字的的压盖显示

3)通过自动纹理处理机制，提高了三维模型的显示性能，如图3.4根据距离调整清晰程度：



图3.4 自动纹理处理

4)通过OpenGL模板缓冲机制(OpenGL stencil buffers)处理沿地表(surface—hugging)的矢量要素，从而提高了三维矢量显示性能。如图3.5 一百万要素街区矢量数据沿地表显示：



图3.5 矢量沿地表起伏显示

5)可分别为每个ArcGlobe文档设置内存缓存的大小，并可以为各类图层分配合适的内存缓存(如图3.6内存缓存)。

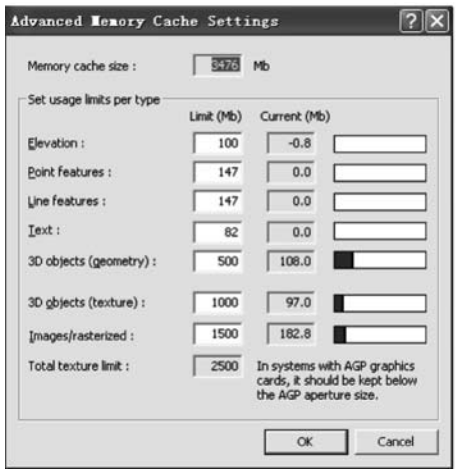


图3.6 内存缓存

6)视频图层：10版本中包含一种新的视频图层类型。视频可按地理坐标贴到ArcGlobe中的地表上。这个视频不是一个独立的窗口去显示，而是贴到了地表上，如图3.7：

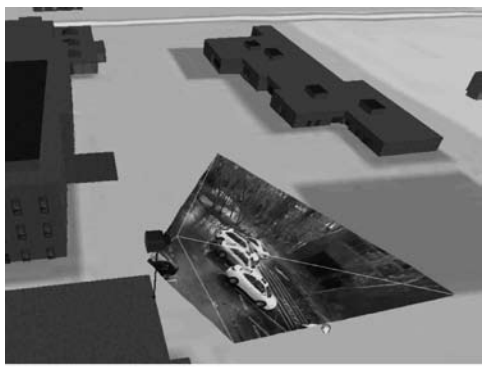


图3.7 视频图层

（2）创建和管理三维数据的功能

1)在ArcGlobe和ArcScene均有标准的编辑环境，可以创建和维护带高程值(z)的矢量和多面体要素（如图3.8创建新要素）：

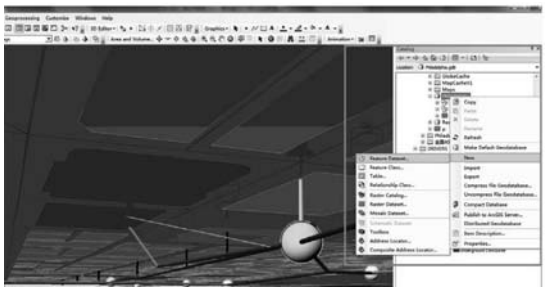
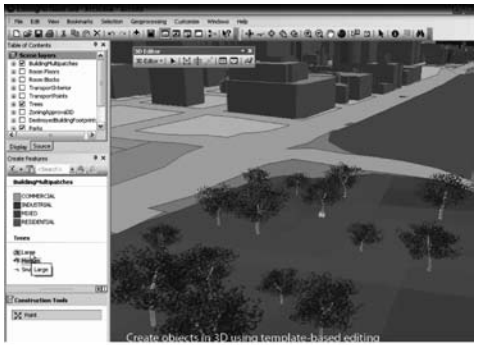


图3.8 创建新要素

2)完全基于模板编辑方式，所见即所得的编辑效果（如图3.9基于模板的编辑）。



如图3.9 基于模板的编辑

3)开始编辑、结束编辑、保存编辑，使用Undo和Redo功能，还有其它的标准的三维编辑工具。支持捕捉功能和其它高精度编辑选项（例如平行线、垂直线、偏离和绝对XYZ坐标值）；图3.10编辑捕捉：

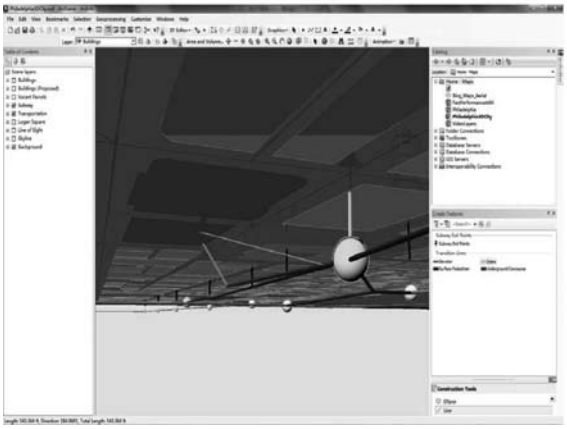
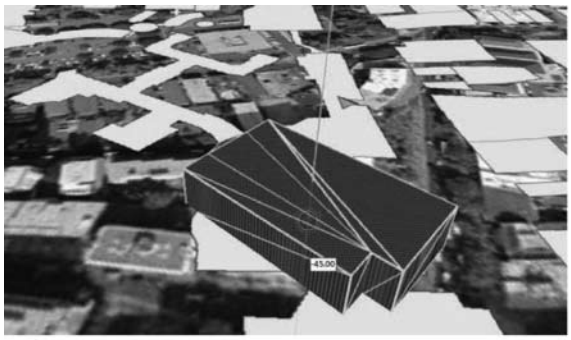


图3.10 编辑捕捉

4)移动、旋转、改变尺寸和模型替换等一些列高级编辑功能。能够将三维模型（例如COLLADA文件(3d标准格式)）以multipatch形式直接加载到三维视图中，并进行相应的移动、改变尺寸、旋转（如图3.11鼠标中键旋转模型）。



如图3.11 鼠标中键旋转模型

（3）三维分析功能增强

1)增加了三维布尔运算，例如相交(Intersect 3D)、合并(Union 3D)和包含(Inside 3D)运算。（应用于闭合的multipatch模型）如图3.12相交分析：

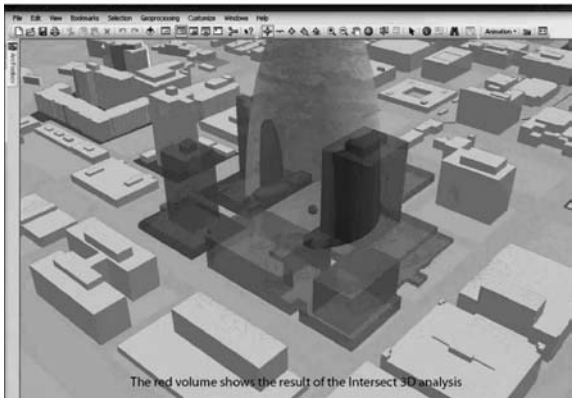


图3.12 相交分析

2)增加了创建虚拟城市工作流所需要的GP工具，例如Skyline和Skyline Barrier工具。如图3.13天际线：



图3.13 天际线

3)增强了现有的GP工具以更好地表现三维，例如，Select by Location工具可利用三维距离作选择，multipatch对象可应用于Line of Sight（视线分析）如图3.14：



图3.14 视线分析

4)可以在三维中进行交互式测量：沿地表的距离、三维对象的高度、两点间的三维距离。如图3.15楼房高度测量：

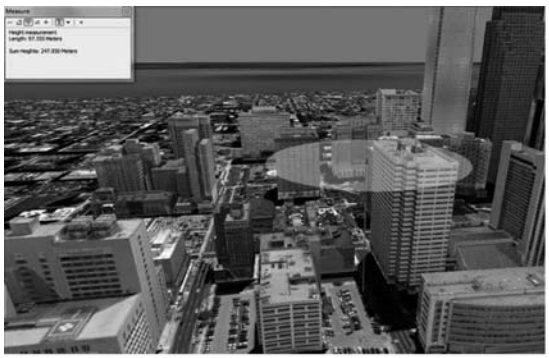


图3.15 楼房高度测量

5)网络(network)数据集中添加了三维连通性,可以进行三维的网络分析（如图3.16）：

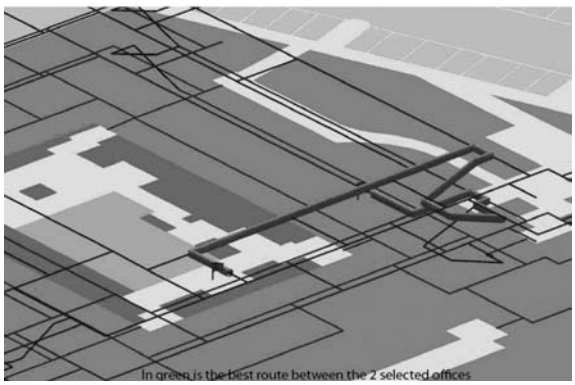


图3.16 三维网路分析

5）增强了三维分析GP功能新增26个GP工具如图3.17日照分析：



图3.17 日照分析

（4）数据共享增强

1）利用ArcGIS Server可以方便的实现三维GIS地图和三维分析地理处理工具的服务发布。

2)增强kml支持、可以对kml实现查询，显示kml细节内容。如图3.18 kml属性识别：

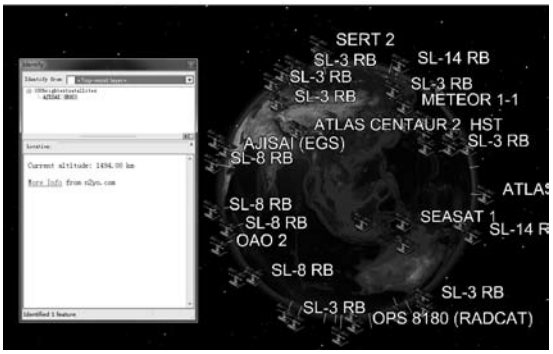


图3.18 kml属性识别

3)动画功能支持导出高质量的视频和影像序列（一序列的帧导出到一个文件夹）。

4)能够从ArcGlobe和ArcScene中导出更大（比desktop大）的图片(images)。如图3.19：



图3.19 导出大图

第四章 林业应用

运筹GIS决胜林原

——三维GIS技术结合视频监控在森林防火中的应用

乔剑辉
北京大陆康腾科技有限公司

【摘　要】三维GIS具有逼真的可视化效果、精确的地形展现，叠加高分辨率的遥感影像和属性丰富的矢量数据，可以打造一个数字化的真实环境。利用三维GIS在地理分析处理方面的优势，结合成熟的视频监控系统，在林业行业的多个领域，特别是森林防火工作上发挥着越来越重要的作用。
【关键词】 地理信息系统；三维GIS；森林防火

1 引言

森林火灾具有巨大的破坏性，不仅会给人民的生命财产造成巨大损失，严重影响社会经济的发展，还会烧毁森林资源，给自然生态环境带来毁灭性的破坏。随着社会经济活动的发展，人们的活动足迹越来越广泛的深入到林区，森林火灾的诱发因素越来越多；同时由于全球气候变暖、极端天气屡有发生，自然原因引发的火灾也越来越频繁，森林防火任务越来越艰巨。

早在2001年，北京大陆康腾科技有限公司就利用ArcGIS Desktop将GIS技术的应用引入到森林防火领域。随着多年的技术积累、GIS行业的发展、及在森林防火领域的业务拓展，三维GIS已在内蒙古、广东省等多个省市的森林防火软件应用系统中大显身手，为三维GIS技术在应用领域的实践和推广做了一个成功的尝试。

2 设计理念

三维GIS技术在森林防火中的应用主要是整合DEM、遥感影像、矢量数据等4D产品，生成数字化的真实自然环境(Digital Virtual Environment，DVE)模型。基于DVE，利用视域分析功能计算当前监控点的理论监控区域、捕捉监控盲点；结合林区的视频监控系统，获取当前监控端的数字云台参数，利用三维地理分析原理在DVE中实时显示当前监控区域，并计算出监控到的火点位置；还可以结合水泵水带等扑火资源的参数，根据地形分析出取水点到火点的水带铺设方案。

2.1 计算理论监控区域

监控端的理论监控区域是指野外监控设备在水平0~360度、俯仰角−90~90度的可见范围内，在高低起伏的地形上实际可以观测到的区域。多个监控端的叠加监控区域分析，可以计算出监控覆盖范围

内的监控盲点，为林区的人员巡护部署提供精确化的参考依据。

监控区域的视域分析效果如图4.1：

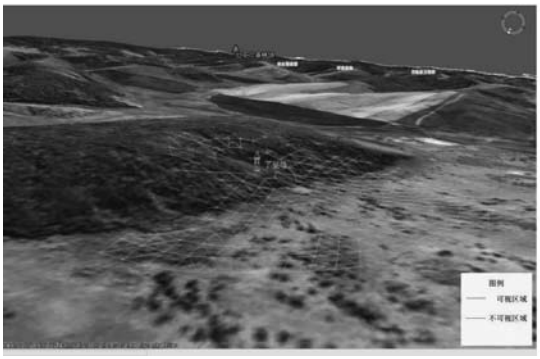


图4.1 监控区域的视域分析

2.2 显示监控区域

通过获取监控端视频云台的水平角与俯仰角，可以计算出指定监控端的当前可监控区域，及其实际监控效果，把野外的监控场景在DVE上真实地展现出来。

显示监控区域的效果如图4.2：



图4.2 显示监控区域

2.3 监控定位

每一个视频监测端都有3参数位置即经纬度，水平角和俯仰角。利用这三个参数，再加上地形参数，我们可以用至少两种方式实现监测定位单点定位和两点定位。

单点定位是利用监测端的水平角、俯仰角、位置坐标，及数字高程模型（DEM），计算出观测视线与DEM相交的点，理论上这个交点就是监测到的火情点。如图4.3所示：

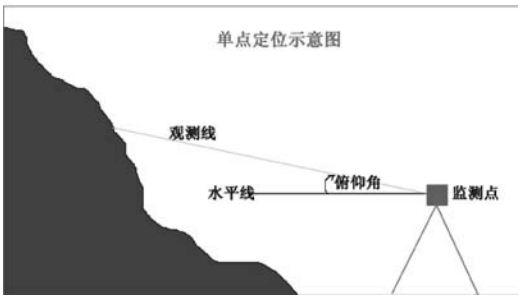


图4.3 单点定位示意图

单点定位实际效果图4.4：

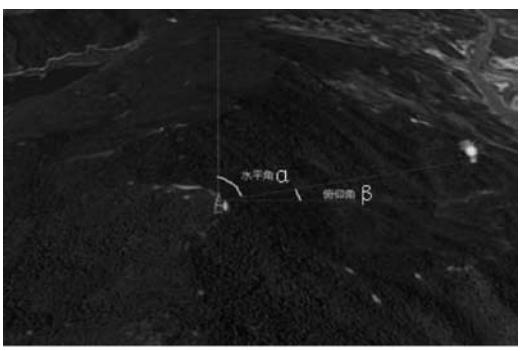


图4.4单点定位实际效果

两点定位是利用两个监测端监测到同一个点，即利用两个监测站的位置和水平角度来计算出交点位置，如下图4.5所示：

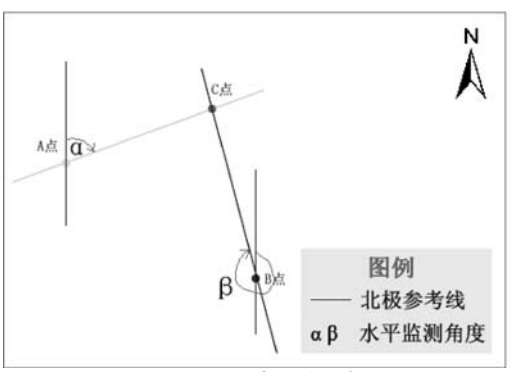


图4.5 两点定位示意图

上图中，AB两点分别为两个监测站，α β是AB两个监测站的水平角度，这个角度值是以真北极

（恒星北）为基准，顺时针方面的角度，再加上磁偏角修正，利用三角函数计算得出C点坐标。

两点定位的实际效果如图：

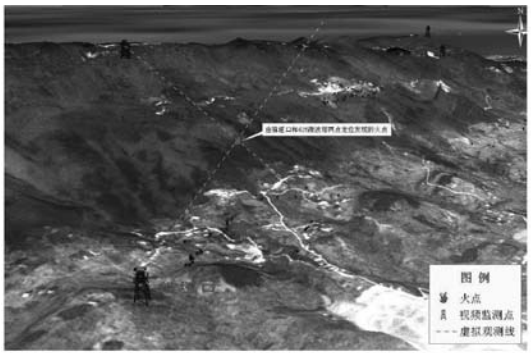


图4.6 两点定位实际效果图

2.4 水带铺设

结合森林防火工作中的实际要求，在DVE上能够实现水带铺设分析的功能。水带铺设分析不仅能够够分析出水带铺设的路径，也能根据水带铺设所需材料的相关参数，计算出相关材料的需求值。

水带铺设中的参数分别是水泵的扬程和水带的长度，根据地形数据，能够计算出取消点到火点的水带铺设路径。

扬程计算公式为：

$$H=\frac{\sum_{i=1}^{n}(\gamma P_b)_i - P_q - n_x P_d}{\theta \cdot L_d + P_d}]$$

消防水泵供水高度主要受消防车（器材）技术状态、消防车水泵性能和水带工作压力的影响和限制。依据柏努力方程，并充分考虑上述因素，可以推导出多台消防水泵串联供水的高度，见下式。

式中：

H———消防供水高度，m；

θ——铺设水带系数，垂直铺设为0.8，沿林间蜿蜒铺设为0.6；

Ld——单条水带长度，m；

n——串联供水的消防泵台数；

γ——消防水泵扬程系数，一般取值0.8～1.0；

Pb——消防泵扬程；

Pq——分水器或水枪进口压力，104Pa；

Pd——每条水带的压力损失，104Pa；

nx——水平铺设水带数量。

根据上面的公式，及水带的长度、扬程等参数，计算从取水点起到火点需要的水泵数，并绘制结果图。

水带铺设的实际运行效果如图4.7：

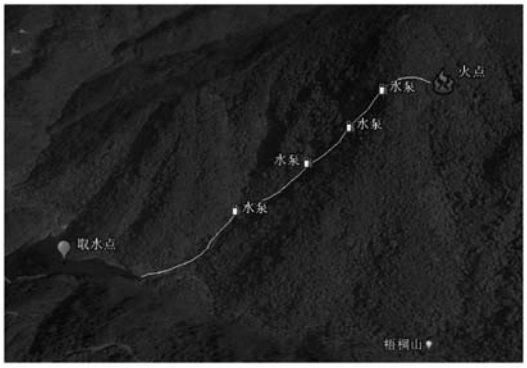


图4.7 水带铺设的实际运行效果

3 结语

GIS技术已经突破最初的测绘和地学的科学范畴，发展成为通用的信息化软件平台，广泛应用于信息化的各个领域。但相比从20世纪60年代起步的、业已发展六、七十年的成熟二维GIS技术，三维GIS则属刚刚起步，并未成熟。基于三维GIS技术的应用也大多集中在三维丰富表现层的演示功能，以及专业的地理分析功能。要充分将三维GIS融入到森林防火领域的应用中，除了需要更深入挖掘森林防火业务领域需求，也需要加快三维GIS技术的发展，提高三维模型生成效率、降低数据生产成本、增加三维地理分析功能等。

尽管如此，利用北京大陆康腾科技有限公司开发的与视频监控相结合的三维可视化分析系统，仍然可为森林防火领域的用户提供切实可行、高效稳定的解决方案。该系统可以在指挥中心实时的远程监控火场的实际发展态势、准确地全面地掌握火场信息、科学地部署应急资源，提高森林防火应急反应的效率，实现高效科学的指挥决策，真正做到“运筹帷幄之中、决胜千里之外”。

基于三维技术的森林防火应用系统

钱传明
安徽安联科技股份有限公司

【摘　要】三维地理信息系统(3DGIS)在可视化和建模方面具有独特的优势，而空间数据可视化是当前3DGIS领域的研究热点之一，3DGIS对客观世界的表达能给人以更真实的感觉,它以立体造型技术给用户展现地理空间场景。本文介绍了基于ArcGlobe三维GIS技术在森林防火空间数据可视化的应用。并利用ArcEngine和ArcSDE技术设计三维森林防火系统的框架,并讨论行业可应用的方向。诸如GPS跟踪、火点定位、监测点林火定位以及林火预测分析等应用思路。

【关键词】 三维； GIS； 林火； ArcEngine

1 引 言

GIS概念首次提出距今已经过去46年，而三维技术的研究也从80年代末被GIS研究人员广泛关注。三维GIS的研究从理论研究到应用技术的研究经历了短短十几年，如今的理论研究已经获得了较大的突破，而三维技术应用也迎来了丰收的季节。除了三维GIS方面的应用外，越来越多的IT应用都引入了三维技术，从网络游戏、地图信息服务、在线销售导购、手机/掌上设备，乃至下一代的Windows操作系统都将应用三维技术来实现立体的人机交互界面，可见三维应用今后的发展潜力。随着GIS应用的深入,人们越来越多地要求以真三维空间来处理问题。在空间应用要求较为强烈的部门如林业、采矿、地质、石油等领域已率先发展专用的具有部分功能的三维GIS。

由于二维GIS数据模型与数据结构理论和技术的成熟，图形学理论、数据库理论技术及其它相关计算机技术的进一步发展，加上应用需求的强烈推动，三维GIS的大力研究和加速发展现已成为可能。

三维GIS研究和应用的难道归纳为一下两点[1]:

一、数字化建模转向数字应用，由于三维GIS首先要将地理地形数据转换为计算机可以识别的经过数字化处理的数据信息，因此人们从三维可视化领域向三维GIS系统扩展，同早期的二维GIS出自于计算机制图管理一样，以用户可视化角度为目标从而实现三维GIS系统的基本功能。

二、空间海量数据的管理，GIS需要存储和管理大量的空间地理信息和属性数据信息，因此以实现不同数据之间的信息共享和快速获取，同时以商用数据库向非标准应用领域扩展，从而将三维空间信息的管理融入RDBMS中。该问题领域已经出现很成效的商业和开源解决方案，但是在实际应用中还不能完全解决空间海量数据的快速获取，该方向的发展目标为实现三维可视化与三维空间对象管理耦合起来，形成集成系统。

2 森林防火

林火发生是一个极其复杂的自然现象，它涉及的因素许多，有其自然属性，又有其社会属性。

自然属性中有可燃物的类型及其分布状况、地形地貌分布状况、气象因子等等。作为森林防火工作者往往要面对错综复杂、各种各样的信息，并在此基础开展我们的林火预防、扑救、善后处理等工作。要全面掌握如此之多的信息非人力所为。特别林火发生又带其突发性，要在很短的时间判断林火的发展趋势，并及时采取决策，同时还要随时掌握现场的状况，就需要指挥者具有丰富的经验掌握丰富的知识。作为指挥者要做到这一步就必须采用先进的科学技术来提高他的判断能力和现场指挥能力。目前用GIS这一工具就可以达到将所有的有关信息有机管理起来并随时调整直观现象的表现出来，做到预防工作决策得力，扑救有效。 林业与GIS的关系将越来越紧密。随着信息时代的快速发展，二维技术已经无法满足我们日常在森林防火中的需要，必须通过三维技术加以补充顺应当前业务需求。

3 系统设计

根据系统海量数据的存取和三维可视化操作等特点，本系统采用了三层式的Client/Server结构和分布计算模型，以充分利用网络带宽和客户端图形处理能力，来处理DEM、林业森林资源、栅格以及行政区划等地理空间数据，以达到模拟现实场景，实现三维漫游的效果。以科技的手段还原现实场景，为指挥决策领导提供有效的决策依据。

3.1 系统框架

系统由三个相互独立的子系统构成：Oracle空间和业务数据库、ArcSDE服务器系统和客户端应用系统。

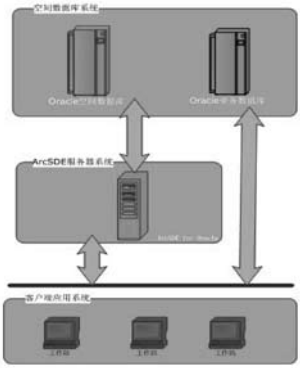


图4.8 系统设计框架

Oracle空间数据库系统，主要功能是存储和管理海量的地理空间数据和森林防火业务数据。采用高性能的商用服务器部署Oracle数据库系统，使得空间和业务数据更加独立，进一步提高系统的稳定性和维护性。

ArcSDE应用服务器系统，负责响应客户端的数据渲染和查询请求，从数据库中搜索、存取和分发海量数据。与后台空间数据库直接连接，根据当前客户端和服务器的CPU使用情况和网络占用情

况，自动分配计算任务，能大大降低整个系统对数据服务器的依赖，有效提高系统整体性能。 从而提高了三维技术对空间海量数据存取速度，为客户端应用系统提供了更加有效的技术支持。

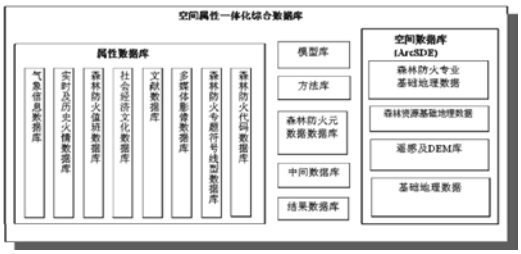


图4.9 基于ArcSDE空间属性数据结构图

客户端应用系统采用ArcGlobe三维技术加以展现，负责与用户交互，响应查询、分析请求，使用户可以用一种自然方式以任意的角度，任意的高度，任意的路径浏览三维地形。系统根据用户当前的视点和高度，确定用户视野范围，实时计算所需要显示的合适分辨率的地形数据，并向服务端提交请求。由ArcSDE应用服务器系统和Oracle数据库管理系统响应客户端的请求并将请求结果返回至客户端。用户通过方便快捷的UI和海量数据快速响应增强用户体验完成业务中所需的功能。

客户端系统集成较多的异构信息子系统，使用户通过3DGIS这个统一的界面，利用公共接口构件，任意调用、操作包括扑火队伍跟踪、火点定位、监测点林火定位、3D林班以及林火的预测预报等在内的其它系统。

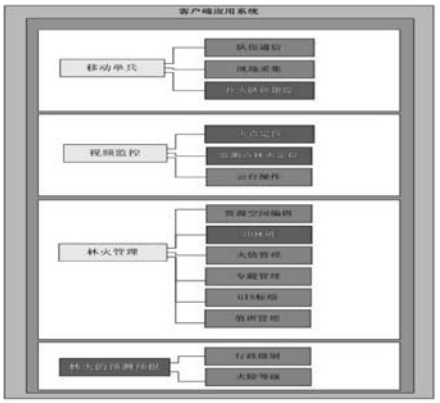


图4.10 子系统各功能模块图

3.2 三维技术的功能介绍

3.2.1 扑火队伍跟踪

扑火队伍或运输工具配有GPS设备后，就可以获得扑火队伍行进中的位置和走过的路线，通过

无线的方式及时传输到指挥部服务器数据库系统中，指挥中心防火应用系统就可以实时获取扑火队伍的数据，并准确地将当前位置定位到三维地图场景之中，以更加直观的三维模型表达队伍跟踪。在ArcGlobe优异的性能支持下，系统可对所有扑火队伍的行进轨迹和当前位置，以直观方式的展现在地理信息系统中，并可根据扑火队伍的行进速度预计出达目标地点的时间，指挥员便可利用应用系统的实时数据，及时的纠正和调整队伍扑火路线和扑火方案。以科学的手段完成扑火队伍的指挥调度，减小因扑火队伍调度不科学而造成的损失。



图4.11 扑火队伍跟踪

3.2.2 火点定位

ArcEngine具有丰富的空间查询功能，目前地方林业部门对森林小班数据的管理较为落后，仍停留在数字文档管理阶段，没有与空间数据相结合。当管辖范围出现火灾时，很难及时获得火灾区域的森林资源，为了弥补这一缺憾，可以利用ArcEngine技术实现模糊空间查询的功能，对森林火灾的发生位置进行定位，并根据火灾经纬度进行缓冲分析，计算出火场所在区域小班信息、坡度坡向和隔离带，并缓冲分析附近是否存在输电线路、加油站和危险品仓库等信息，也可与森林防火视频监测系统结合，实现视频实时监测与三维场景同步显示。有了这些技术和功能，可以及时了解火场位置和相关信息，为组织扑救方案提供依据。

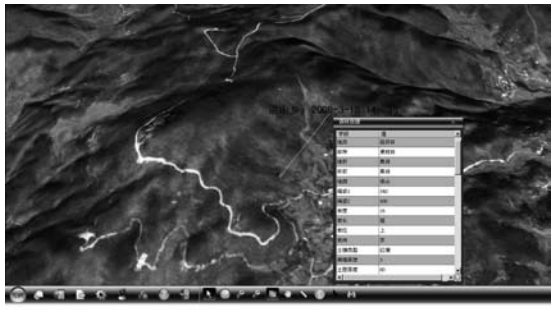


图4.12 火点定位

3.2.3 监测点林火定位

目前林业部门野外监测点视频监控建设已经初具规模，视频监控范围基本覆盖辖区范围内所有森林资源，但目前应用方式较为单一，仅仅作为一个视频数据的被动浏览，没有针对数据进行主动分

析和数据挖掘，充分利用这些建设资源。根据目前的技术来看，可以利用这些视频数据完成林火自动识别、林火定位以及摄影测量。

本系统利用DEM数据、水平角和俯仰角实现监测点林火定位功能。监测点实时视频、水平角和俯仰角数据通过无线网络传输到指挥部服务器数据库系统中，就可以采用投影方法将林火的位置定位在三维场景中[2]。

当发现林火或者烟柱时，可利用电子监控系统，定位至起火地点，并且可以利用多台监控设备回传的实际参数和求得的参数进行差分，提高定位精度。根据监控摄像机的方位参数计算出监测点在电子地图上的位置并标识出来根据各参数分析出的结果。

在具备云台控制的监控器情况下，可将系统视角同步于摄像机水平角和方位角，计算出视点坐标和高程信息。发现林火可即时做出准确位置上报，迅速派遣扑火队伍进行扑救。

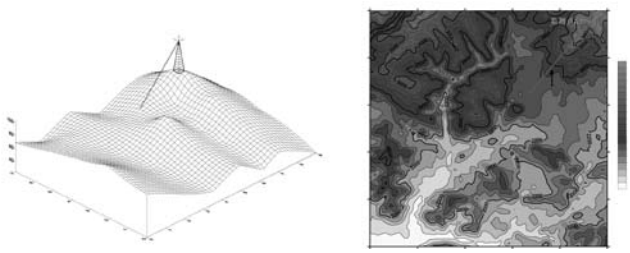


图4.13 电子监控点单点定位示意图

3.2.4 3D林班

森林资源是由复杂植物群落组成的重要资源，近20多年来，森林资源迅速发展，森林面积、蓄积、覆盖率快速增长对资源管理带来了一定的挑战。现阶段主要是以二维GIS管理，在系统中很难对某一地区资源进行直观的反映，需要结合数据和文字形式共同表达。在三维GIS中，利用ArcGlobe技术这一问题将达到很好的解决，可以根据不同种类的树木进行建模，以三维模型实现3D林班管理，更加直观方式表达出各类树种。

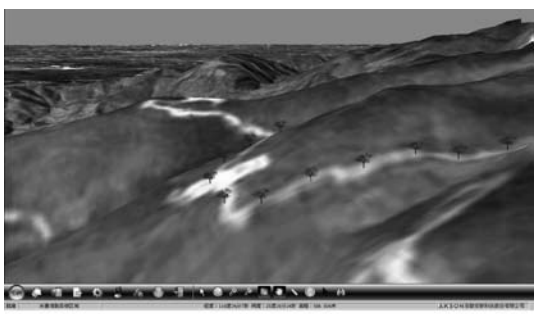


图4.14 三维树模型

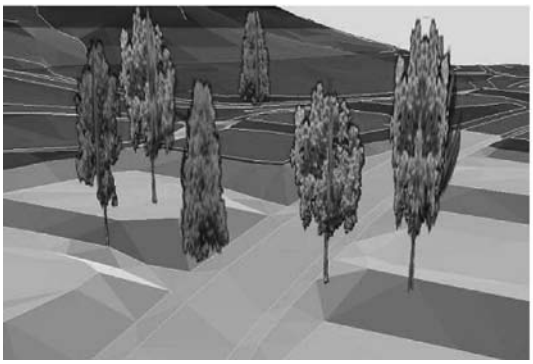


图4.15 三维植树

3.2.5 林火的预测预报

接收实时气象数据调用火险等级分析模型综合资源、气象和地形地貌数据进行分析，得出不同区域的火险等级[3]，同时可将结果数据叠加至三维场景中，或将分析结果数据输出，通过门户网站发布火险等级专题图给予预警提示。

火险等级区划有宏观和微观的不同层次，宏观预报是根据不同区域各气象台站观测的数据和区域植被的生长特点来预测火险等级指数，如省火险等级分布，全国火险等级分布。微观火险等级预报具体可落实到山头地块，指挥者根据火场三维地形的坡度坡向结合火场的风向进行实时分析，对扑救措施做出决策。



图4.16 森林火险区域预测图

4 结论及展望

近年来三维GIS技术发展迅速，其主要原动力来自日益广泛的应用领域对GIS不断提出的需求。本文介绍了基于ArcEngine提供的三维技术在森林防火中的具体应用，从而弥补当前二维GIS在森林防火中体现出的技术不足和应用不足的问题，给予了三维森林防火的一个解决方案。

计算机技术的不断发展为GIS提供了先进的工具和手段，虚拟现实（VR）、4D、专家系统等一些新的思想和技术正源源不断地充实到三维GIS中去[4]；空间信息可视化作为地理信息系统的新的研究领域，已经促进了GIS理论和技术的进步，拓宽了学科领域；GIS利用有线、无线网络和未来出现的可以实现海量数据交换和数据分布管理的新传输介质，从而更好的促进三维GIS在不同行业应用中的无缝集成。随着GIS技术不断地创新和发展，协同当今计算机技术的发展，GIS的三维化应用必将是大势所趋。这也将是我们进一步研究和应用的方向。

参考文献

[1]肖乐斌 钟耳顺 刘纪远 宋关福. 三维GIS的基本问题探讨[J]. 中国图象图形学报：A辑,2001,6(9).

[2]张海松， 王黎升. 监控摄像技术在DEM中实现林火定位的分析及应用[J].森林防火,2006,03,33—34.

[3]钱传明，费海强. 基于ArcGIS的林火蔓延构件设计与实现. 计算机与信息技术应用发展2008,2008,12，220—224.

[4]侯红松，殷国华，雷 鸣. 浅谈地理信息系统的发展[J]. 大众科技,2007,08,63—64.

第五章 水利应用

防汛减灾三维沙盘系统解决方案

宋彬① 刘业森① 刘舒②
①—北京星球数码科技有限公司 ②—中国水利水电科学研究院

1 背景概述

在防汛减灾决策中，防汛指挥系统发挥着越来越重要的作用，反过来又对防汛指挥系统的展示效果和表达功能提出了越来越高的要求。需要能更加逼真地展示地形、地貌、水系分布、河流形态、水利工程分布等相关信息，从而为相关机构的洪水管理和防洪减灾决策提供更为直观的、准确的信息服务和技术支持、提高各部门决策的科学化和规范化水平。

GIS技术从出现到逐渐发展成熟，再到现在各行各业中的应用。越来越体现了其作为一门应用技术的价值和应用前景。在“数字地球”的框架下，将各种各样的信息集成到空间范畴下，将各种数据和信息进行综合分析，并结合各行各业的业务理论和模型，为行业应用提供了一种有效的手段。GIS技术由于其“综合”优势和空间思维的特点，在国土、测绘、规划、水利、农业、电子政务等行业的信息化进程和业务应用中，都占有了很重要的地位。

GIS与用户进行交互的最基本的要素就是地图。但到目前为止，绝大多数的GIS应用项目，都是基于二维地图的。二维地图的优点在于，将复杂的空间对象抽象成简单的点、线、面，在逻辑上比较简单，可以十分方便地进行分析运算，并清晰明确地表达作者意图。但这种抽象的二维地图，也有一个很大的缺点，就是缺少直观性，在相当程度上脱离了现实世界的本来面目，甚至有些二维地图需要进行比较多的专业知道才能阅读。这个特点在一定程度上影响了GIS在各个行业中的应用。正因此，如何能更好的既保持逻辑上的简单有效性，又能保证成果展示的直观性，就成为GIS技术需要面对和解决的问题之一。三维GIS与二维GIS相比，其更突显了GIS的“综合”特性。除了传统二维GIS中抽象的空间对象，还能表达真实的地形、地貌、地物等，能给人以直观的视觉效果。

在此专业和技术背景下，防汛减灾三维电子沙盘，就是利用三维GIS，并综合遥感技术、海量数据管理技术、虚拟现实技术、网络通讯技术和高性能计算机技术等相关技术，采用DEM数据、遥感影像、航拍影像和基础地理矢量数据，建立三维空间场景；并在三维场景中，直观地展现地形、地貌、水系分布、河流形态、防洪工程分布等防洪信息，建立重点水利工程的三维模型、展示洪水动态演进情况。同时，与已有的水雨情库、工情库链接，实时的展示和查询水雨情信息和工情信息。从而为防汛减灾管理及会商决策提供更为直观的、准确的信息服务和技术支持。

2 主要功能模块

2.1 典型三维场景

典型三维场景主要包括两种方式：（1）针对某些典型位置的三维场景，进行保存，可以快速切换到这些位置并进行场景展示；（2）某些特定时刻场景的保存，保存的信息会包括：空间位置、图层显示情况、标绘情况等，实际上是对特定会商环境的保存。



图5.1 机场 水库

2.2 三维虚拟模型

制作工程枢纽的三维虚拟模型，并把模型嵌入到三维场景中。采用三维建模软件，参考工程设计图纸、拍摄照片等资料，建立水利工程的三维虚拟模型。一方面，可以直观展示水利工程的外观、内部结构，以及与地形的相对关系等，另一方面，可以结合水力学数学模型，将数学模型运算结果进行动态展示，如水面上升结果、闸门开度情况等。

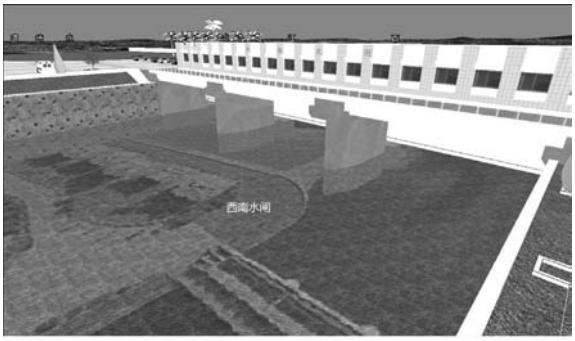


图5.2 水闸模型

2.3 水利工程信息查询

在三维场景中实现各类水利工程数据的信息查询。工情信息查询采用图文互查方式。可以通过工程类别和工程名称，查询数据库中工程的相关信息并在三维场景中定位工程。也可以在三维场景中，点图识别水利工程，并将工程信息展示出来。工程列表、工情数据库、三维场景中的坐标三者通过水利工程的唯一标识码进行关联。对于工情信息比较复杂的工程，可以采用气泡提示–摘要信息–

详细信息的多级展示方式，分别展示不同详细程序的工情信息，方便用户使用。



图5.3 水库信息查询

2.4 实时水雨情信息查询和预警

系统与实时水雨情库关联，可以采用类似工情查询的方式查询实时或历史的水雨情监测信息，同时可以在系统中实时刷新水文站、水位站、潮位站等站点的实时监测信息。将站点的实测值与预设值进行对比，如果超过预设值，则采用报警、发短信等方式提醒决策部门领导和相关应用人员。

2.5 洪水演进动态展示

在三维场景中，动态模型洪水演进情况。可以对以下几种洪水进行模型：洪水调度预案预设方案、洪水风险图计算结果、溃堤运算结果、溃坝运算结果等。

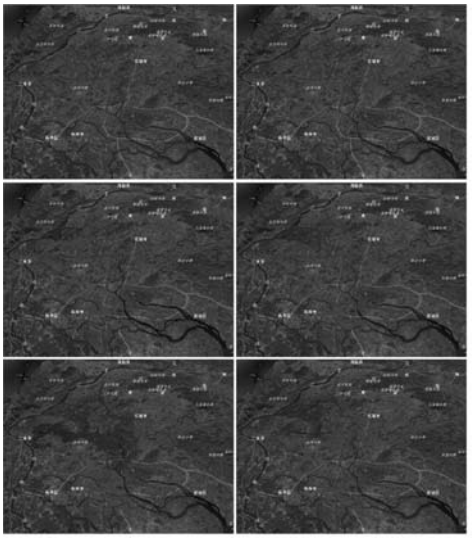


图5.4 洪水风险图运算结果动态过程

2.6 库水位回水范围计算与展示

根据水库水位，结合DEM数据，计算不同水位条件下水库的回水范围。并在三维场景中实现不同水位对应回水范围的展示和查询；实现水位涨落带来回水变化的动态过程。

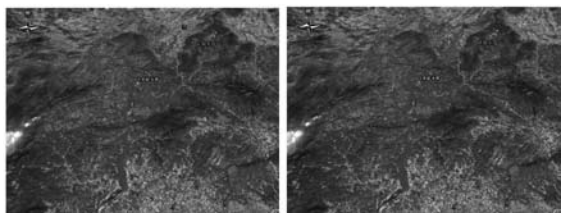


图5.5 水库不同水位回水范围

2.7 淹没范围计算与展示

淹没范围的计算包括：指定范围设定水量、指定范围设定水位、指定位置设定水位等，根据不同的预设条件，结合DEM数据，计算水面淹没范围，并将淹没范围展示到三维场景中，采用不同颜色和透明度表示水深的变化。

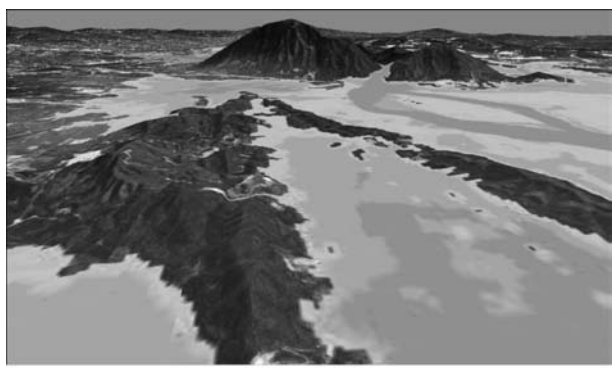


图5.6 淹没范围计算结果

2.8 视频监视连接

系统可与已有的视频监视系统进行连接，调用并展示监视系统监视结果。

2.9 影响（损失）评估

在系统中将社会经济数据或人口数据进行空间展布，然后根据洪水淹没运算结果或监测（预测）的洪水、台风等影响范围，统计相关的社会经济或人口数据。为防灾减灾决策提供数据支持。

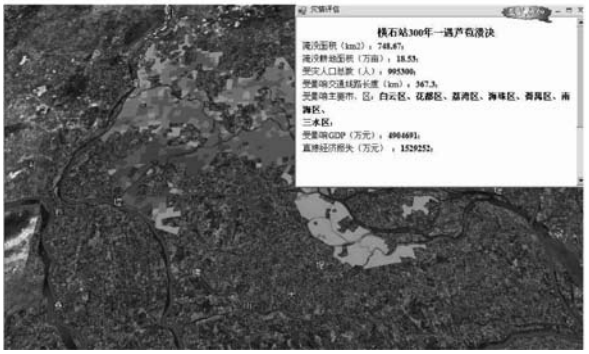


图5.7 淹没范围损失统计

2.10 其他功能

系统具有可扩充性，提供与江河洪水预报调度系统以及其他已有系统的接口，能支持建设这些应用系统：水情会商系统、洪水预报系统、防汛信息服务系统、灾情评估系统、防汛会商支持系统、抗旱管理应用系统等。

3 系统设计

3.1 空间数据选择思路

建设三维电子沙盘，需要多种空间数据，除了基础地图数据，还需要地形数据和地表数据，具体到数据类型，应该包括：DEM数据、遥感影像数据（卫星或航飞）、基础地理数据、三维模型数据、专业地图数据。

在这些数据的选择上应该考虑一些问题：

- 数据在时间上保证同期，尤其是遥感影像数据是实效性比较强的数据，在选择时要考虑其拍摄的年份、季节、时辰等方面；
- 数据分辨率的选择，如何从众多的同类数据中，选择最适合的数据，既能满足系统建设的要求、又不会造成数据的冗余；不同分辨率的影像保密级别和获取成本都不一样。数据分辨率并不是越高越好，分辨率的提高带来的是经济成本、数据处理成本、时间周期成本的极大增加。
- 数据之间的匹配性。三维电子沙盘中所使用的数据，是空间密切关联的，不能出现不同数据源之间空间偏离的现象。这就要求在数据选择时，要将各种数据统一在相同的坐标系统下。以免出现不同数据之间在“打架”问题。
- 数据精度的匹配性。不同精度的数据表达不同空间尺度的信息。三维电子沙盘综合了各类数据，这些数据在相同的应用需求下使用。那么就要求数据在精度上能够匹配，不同空间尺度的应用需求都有对应精度范围的地形、影像、以及地图数据。

3.2 开发平台选择

在应用需求的推动下和数据资源的支撑下，三维GIS技术越来越受到大家的重视，在此背景下，很多GIS软件生产商都相继推出了三维GIS软件，像国外的Esri、SkyLine，国内的灵图公司等都先后有三维GIS软件问世，并出现了一些比较成功的行业应用项目。

软件平台的选择，在保证现有系统平台兼容性、硬件系统等基础条件的情况下，还应考虑：

应用需求的针对性，是宏观尺度还是微观尺度，是重数据还是重效果等；

展示效果的直观性；

对多种数据的综合管理功能；

海量数据的存储、管理效率；

数据的安全性等。

考虑到行业相关应用的前后兼容性、数据管理方面要求高等条件，通过过国内外各种GIS软件进行比较，认为选择ArcGIS软件作为数据处理软件以及二次开发平台，能更好的满足水利防汛减灾三维电子沙盘的需要。

3.3 系统架构设计

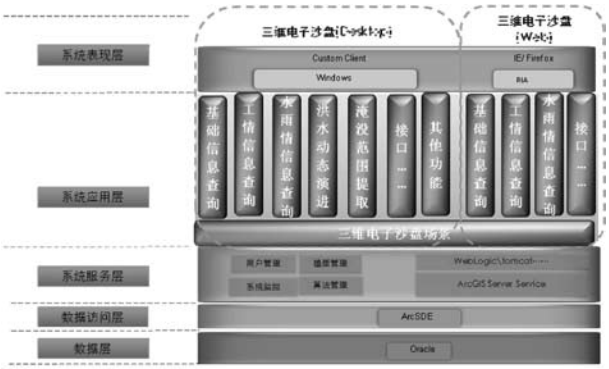


图5.8 系统架构图

系统的总体架构设计是基于分层思想进行的。

分层的基本原则就是系统的各个层是相对独立的；系统的任何一层都只依赖于低于自己的层，而完全独立于高于自己的层。对系统进行分层划分，将非常有利于系统的逻辑设计和实现，并能有效隔离不同层次需要解决的问题。

系统的设计遵循如下思想进行：

（1）根据用户需求，规划出应建设的各应用系统，并划分系统边界；

（2）分析各子系统的功能与运行要求，规划出需要的支撑、服务平台；

（3）根据支撑、服务平台的需求，确定所需要的计算机软、硬件系统、网络通讯指标。

根据设计思路，可将系统自上而下划分为表现层、应用层、系统服务层、数据访问层、数据层。各层描述如下：

- 系统表现层

提供三维电子沙盘的用户功能界面。用户通过此界面完成诸如：地图浏览与常规操作；空间数据与属性数据查询；洪水演进的动态展示；重点水利工程的三维虚拟仿真与渲染；系统数据维护；系统环境设置；权限管理等功能界面。

- 系统应用层

能够展示不同比例尺的三维场景，场景中包括地形、地貌、城镇、乡村、公路、铁路等基础地理数据，还包括周边重点水利工程、河道、堤防、水闸、大坝、滞洪区等专题信息。并提供灵活的操作功能：数据查询、水利空间数据提取呈现；进行洪水演进的动态展示、大型水利工程的三维模型的虚拟和渲染以及飞行模拟等；同时，具有。

- 系统服务层

系统服务层由地图数据服务、数据抓取服务构成。地图数据服务接收来自应用层发出的水利空间数据请求服务，返回请求结果；数据抓取服务则定时、或者应应用层的请求，从外部系统获取/更新数据，交给数据访问层加入本系统。

系统服务就是没有用户界面的进程，随操作系统启动而启动，在操作系统运行期间一直保持运行状态，向应用程序提供需要的服务。由于系统服务是系统级的进程，不带有用户界面，占用资源小，运行效率高，响应速度快。

系统服务可利用COM组件形式部署在多台应用服务器上。利用系统服务的特点，能够将海量数据的访问要求均衡分布给多个服务器，有效解决系统瓶颈问题，在海量地图数据访问和计算的环境下，提高系统性能。

- 数据访问层

接收系统应用层和系统服务层的查询请求，根据请求的类型，决定以何种方式查询数据。若是空间数据请求，则通过空间数据引擎访问数据层；否则直接访问数据库；获取查询结果后返回给系统服务层。同时，也应数据抓取服务请求，将其他系统的雨情数据等实时性较强的数据，加入到本系统的数据层中。

- 数据层

由系统运行所需的各类数据构成，向数据访问层提供查询结果。包括地图空间数据、社会经济数据、水利工程数据、雨情数据等等。其中，水情、雨情、工情等数据属于实时性较强的数据，需要从其他数据库中获取。

系统可考虑建立多个数据库，并部署在多个数据库服务器上，以提高数据访问效率。

3.4 系统部署方式

系统结构采取C/S、B/S结合的方式，系统部署分为客户端与服务器端。

（1）客户端包括两部分，一部分是浏览终端，用户通过浏览终端访问本系统；另一部分是图形编辑工作站，是用户进行图形编辑、地图更新等操作的工作平台。

（2）服务器端包括：应用服务器、数据服务器。考虑到系统的数据量和运行速度，数据服务器可以分成矢量数据服务器、遥感数据服务器和DEM数据服务器。

客户端和服务器端分别通过不同的协议和方式，与其他已有业务应用系统连接，进行综合信息的展示，以及进行相关分析等。

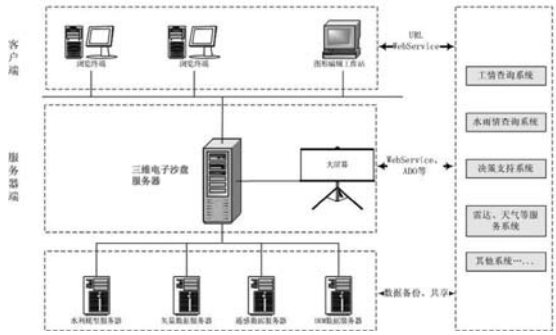


图5.9 三维电子沙盘系统部署结构图

4 总结

防汛减灾三维沙盘系统的建设需要综合运用GIS、三维虚拟现实、海量数据管理、遥感、图像处理、WebGIS等多种相关技术。在建设过程中要克服很多的技术以及数据方面的难题，需要产学研等各方面专业人才和技术人员的参与。系统建设完成后，可以为防汛减灾决策部门或相关业务人员，提供直观的地物模拟环境，提高防汛会商、调度决策、预报预警等业务的科学化水平。

长江中下游河道三维交互式可视化系统及其在维护健康长江中应用研究

詹小国① 孙中华① 王少华②
①．长江水利委员会网络与信息中心 ②．武汉大学国际软件学院

【摘 要】本文介绍了长江中下游河道三维交互式可视化系统的建设背景、系统的结构和功能、采用的关键技术、技术方案和已取得的成果。系统采用ArcGIS Engine作为二次开发工具，以ArcSDE和Oracle9i作为数据管理工具，以三维控件对三维场景创建、编辑和操作，用Crystal开发报表生成工具，在Visual Basic 6.0开发环境进行集成，从而达到二、三维联动，实现空间数据和属性数据统一管理、高度集成的效果和海量数据管理和共享。

【关键词】 中下游河道 交互式 可视化 系统 应用

1 系统建设的背景、意义

1.1 背景

随着社会经济的发展，长江的水量水质状况、水沙关系、水生生物生境、河道完整性、河岸河床稳定性、蓄泄能力以及服务功能，已经或正在发生许多新的变化，河流健康状况已经或正在遭受各种各样的损害。目前长江接纳的污水总量逐年增加，湖泊萎缩、湿地减少，血吸虫病疫情有所回升，资源无序开发引发新的生态环境问题等，长江服务功能下降，健康受到挑战。长江委提出了长江健康状况的评估指标体系，但是如何获取这些指标体系，并将这些评估指标以形象直观、易于理解的方式展现出来，是亟待解决的问题。

长江中下游干流河道上起宜昌，下迄长江口50号灯标，全长1893km。其中从宜昌到鄱阳湖口为中游，长955km；湖口以下为下游，长938km。长江中下游干流河道由单一型、蜿蜒型、分汊型三种基本河型组成，以分汊型为主，其长度约占长度的60%。单一型河道与分汊型河道相间分布。分汊型河道越往下游越多。蜿蜒型河道主要集中在下荆江河段。

目前本系统已完成荆江河段的三维可视化工作。从枝城至城陵矶的荆江河段，长347.2km，以藕池口为界分为上、下荆江。上荆江长171.7km，为微弯河型，具有凹岸冲刷、凸岸淤积、弯道处江心洲主支汊兴衰交替等演变特点。下荆江长175.5km，为典型的蜿蜒河道，河床演变剧烈，主要表现为：凹岸崩塌速率大，凸岸相应淤长，当河弯发展到一定程度，在一定的水流边界条件下发生自然裁弯、切滩、撇弯。

1.2 系统建设的意义

(1)是稳定河势河床的需要。防洪保安历来是长江委重中之重，而长江中下游地区历来是长江洪水灾害多发和灾情严重地区，三峡水库修建后，可大大提高长江中下游的防洪能力，但是，三峡水库的清水下泄，将对中下游河道演变、江湖关系改变产生一系列影响，长江中下游的水利工程也会受

到影响。另外，防洪调度方案、蓄滞洪区的运用、工情、河道的取水口、排污口、水质、防汛物资的布置等也会受到影响。正是在这样的形势下，长江委提出了开发长江中下游河道三维交互式可视化系统，以三维可视形象直观化的方式弄清河道变化规律。

(2)通过该系统的建设可对长江委的数据资源进行有效整合，建立起标准统一、格式一致、查询检索便捷、扩充性强的可视化数据库和数据共享平台，为“数字长江”建设开发一个原型平台系统，为最终构建一个能支持全流域应用、统一的实用平台提供信息基础和开发经验。

2 系统结构、功能及关键技术

系统采用空间数据引擎ArcSDE +Oracle作为数据库服务器，采用ArcGIS Engine作为二次开发工具开发二维GIS和数据库访问工具，用Crystal作为报表开发工具，用集成开发环境Visual Basic6.0将三维控件集成到系统中。

2.1 系统结构

系统包括图5.10中的所示的功能模块。

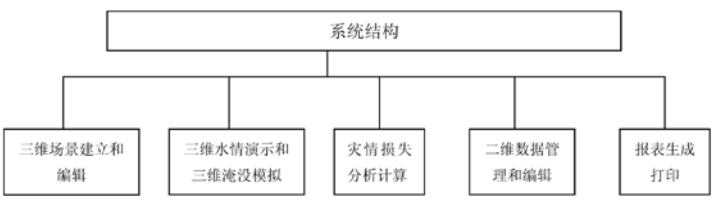


图5.10 长江中下游河道三维交互式可视化系统结构图

三维场景建立和编辑功能模块主要完成对DEM、三维模型和遥感影像数据的加载，建立起三维场景，并实现对三维场景的编辑。三维水情演示和三维淹没模拟功能模块主要利用三维控件实现分洪淹没动态演示及河道和分蓄洪区里的水位涨落演示。灾情损失统计模块实现不同淹没水深范围下土地利用类型面积的统计，二维数据管理和编辑功能模块则实现对二维数据的管理和编辑，报表生成和输出功能模块实现对报表的管理。

系统的界面见图5.11。图5.11中，下面为二维窗口，上面为三维窗口，在二维和三维窗口中，都可对地物的属性进行查询。



图5.11 系统界面图

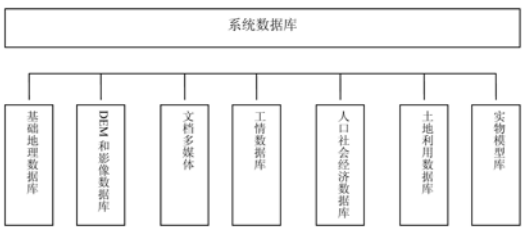


图5.12 系统的数据库结构

系统数据库的结构见图5.12。基础地理数据库主要包括：河流、水系、道路、行政区划、居民点等基础地理信息。DEM和遥感影像数据库包括各种比例尺和不同分辨率的影像数据。工情数据库包括：堤防、水闸、机电排灌站、蓄滞洪区及蓄滞洪区内的安全区、安全台、避水设施等一系列数据。文档包括文本文件、Word文档等，如防洪调度方案，多媒体数据如水利工程照片、声频、视频等。人口社会经济数据主要是蓄滞洪区内的数据。土地利用数据也是指蓄滞洪区内的数据。实物模型数据主要是指建立起来的实物三维模型。

2.2 系统功能

（1）二维数据管理和编辑的功能。系统能对数据进行添加、删除和数据编辑等功能上。

（2）三维操作功能。像其他三维系统一样，本系统除了具有按设定路线进行浏览、或利用键盘和鼠标进行漫游、旋转和飞行的功能，还能通过对二维窗口操作来实现三维场景定位到同二维窗口一样的目标位置，这样就充分利用了二维视图显示范围广的优势，能方便快捷地在三维场景中进行目标定位。另外，还可对三维场景中的虚拟地物进行属性查询。

（3）三维水情演示功能。在叠加有遥感影像和DEM的三维场景中，系统能利用三维控件进行河道水情和荆江蓄滞洪区水情的显示，能通过设定水位高度的范围，来演示水位的涨落，同时能演示洪水在荆江分洪区中的推进过程，见图5.13：

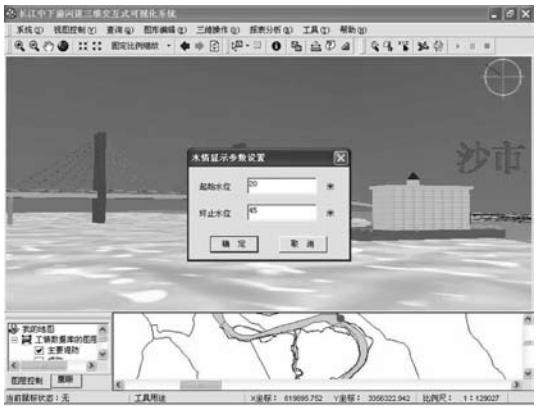


图5.13 水位涨落演示功能图

（4）实时灾情报表生成及输出功能。系统集成了利用ArcGIS Engine开发出的各种淹没水深范围下的土地利用类型面积的统计模块，并以荆江分洪区为例，以1：1万DEM和1：1万土地利用类型为数据源，实时计算和统计当荆江分洪区的淹没水位达到42米时，各种土地利用类型在不同淹没水深范围下的面积。并利用Crystal开发报表生成工具，打印灾情统计报表。报表输出的形式有：柱状图、饼状图、统计表等多种形式。见图5.14：



图5.14 各种淹没水深下的土地利用类型面积统计图

（5）海量数据管理和多用户并发访问的功能。由于系统采用的是业界公认的空间数据引擎ArcSDE和关系数据库Oracle9i，不仅能对属性数据进行存储和管理，而且还可对空间数据(包括矢量和栅格数据)进行存储和管理。用户可通过长江委内网访问数据库，并发访问的速度与服务器的配置关系较大，但与用户机器配置关系不大，显示三维水体效果时，与用户的显卡有关，显卡性能不强的，不能看到三维水体的效果。

（6）直观生动的虚拟场景功能。系统为使场景更为美观，采用了SPOT5 2.5米全色影像和10米

多光谱影像融合，并利用图像处理软件进行颜色处理，使影像颜色与真实场景颜色更为接近。同时，在场景中加入了用三维建模软件制作的水利工程仿真模型，并将水体渲染成流动的水体，水体具有波光粼粼的效果，见图5.13。

(7) 多种形式的查询功能。系统能实现对文档（包括文本、Word、html等）、图片和图像、音频和视频等多媒体资料的查询，查询的要素包括：堤防、桥梁、涵闸、水文站及其他建筑物的三维模型，矢量数据等。能实现对水文站、雨量站、河流、水库、堤防、大坝、人口、水闸、交通、蓄滞洪区、防汛物料、防汛机构和人员等与水利工程相关的空间数据和属性数据的相互查询，并能挂接它们的文档、多媒体数据等。

(9)三维坐标查询及绘制地形剖面图的功能。可在系统中查询任意一点的 x,y,z坐标，当在三维场景上画一条线时，系统能根据DEM自动绘制沿直线方向的地形剖面图，非常方便了解地形的走向。

2.3 系统采用的关键技术

(1) 海量数据集中管理和并发访问的技术。首先，系统将海量的空间数据与属性数据集成在一起。系统运用ArcSDE和Oracle9i数据库，将2.5米分辨率的遥感影像，1：1万、1：5万DEM及防洪工程体系数据及它们的属性表统一存储在Oracle9i中，不仅实现数据的统一管理，而且还充分运用关系数据库对用户权限管理的功能，既满足了用户数据共享和对数据并发访问的需要，同时又能保证系统的安全。ArcSDE作为加载于DBMS的空间数据引擎，具有对空间数据建立索引、集中管理和分块导入等特点，大大加快了对空间数据访问的速度，从而使对海量数据的操作变为现实，另外，客户端对数据库中的数据的浏览速度与取决于服务器和网络，而与客户端机器的配置关系不大，从而减轻用户的投资和维护费用负担。

(2)利用COM组件技术实现系统的高度集成。系统采用COM组件技术，将二维、三维控件紧密集成在一起。首先，系统中采用多项二次开发技术和工具，包括：ArcGIS Engine， ArcSDE API、Crystal开发工具等；其次，系统集成了二维GIS和三维GIS的特点，既能对二维数据进行管理、显示、查询、检索和编辑及输出，同时也具有三维GIS的功能，包括对三维场景的浏览、漫游、查询和场景快速切换等；第三，利用二维窗口实现对三维窗口控制，包括：利用二维窗口中的中心点变换实现三维场景切换到目标场景，在二维窗口中设置三维场景中的飞行路线，等等；第四，集成了防洪调度预案。系统中集成了荆江和城陵矶的防洪调度预案，便于防汛管理工作者和技术人员在真实直观的三维场景中更好地理解防洪调度预案。

3 系统在维护健康长江中的应用前景

建立在GIS数据库、DEM和遥感影像基础之上的三维可视化平台，一方面可以充分运用成熟的二维GIS空间分析和集成数学模型能力，使复杂的数学模型能从GIS数据库读取需要的数据参与计算，同时还可在三维直观形象的环境中展现计算的结果，从而有利于对抽象、复杂的空间分布的理解，为维护健康长江的管理者和技术人员提供可视化的决策支持或规划设计平台。

系统可和水质扩散模型结合，用来分析水污染物的扩散时间和方向，并将它们展现在三维河道

中，方便决策人员及时了解水污染物的扩散状况，采取应急处理措施。

系统可与泥沙冲淤模型结合，定量分析河床中泥沙的冲淤变化，形象直观演示河道泥沙淤积过程，为摸清河道的冲淤变化规律提供可视化环境，为维护河势河床稳定提供科学依据。

系统能依据取水口和排污口审批标准，科学判定送批的取水口和排污口是否符合水功能区的要求，是否能保证用水安全。系统在二维和三维图形界面中，可分析计算拟审批的取水口或排污口是否与已建的距离太近，是否会影响生活或其他生产用水，是否会影响到饮用水安全。系统能依据设定的条件，运用GIS的空间分析功能，分析计算出最符合设定条件的取水口或排污口的位置，取水或排污的数量。

系统挂接基于GIS的洪水演进模型，可以在三维景观平台上再现洪水的演进过程，根据洪水的演进过程，制定洪水调度预案，并在系统中演示预案，对于出险的险工险段，可在系统中计算在多长时间内做好防汛物料、人员和机械设备的准备工作，也可查询该工程的抢险预案。

系统能与其它数据库进行数据交换，为其他数据提供三维展示的平台。如系统能与水位、流量、降雨量等数据库进行连接，在三维场景中更直观形象地显示河流水位、流量及降雨量的变化，也能与目前长江委防汛部门正使用的防汛监视系统进行挂接。

4．结语

本文介绍了长江中下游河道三维交互式可视化系统建设的背景、意义，系统的结构和功能，采用的关键技术，系统的应用前景，系统建设将在已完成的荆江河段的三维可视化基础上，逐步实现整个长江流域各种比例尺的三维可视化的目标。

GIS在东平湖三维防汛决策支持系统中的应用

戴明谦①、② 相恒茂③ 梁建锋②
① 山东师范大学 ② 山东黄河河务局 ③ 山东省国土测绘院

【摘 要】东平湖防汛决策三维支持系统利用航空彩色正摄影、遥感（RS）、地理信息系统（GIS）、全球定位系统（GPS）等多种技术，制作了1:1万的“东平湖三维电子地图”，实现了黄河防汛系统从“二维”到“三维”的跨越。在1:10万汶河流域三维电子地图上增加了防汛信息，形成了东平湖防汛完整的电子地图体系。开发了东平湖洪水模拟功能，实现了进、出湖流量、水位变化同步、动态模拟，自动灾情评估、造成调度措施。开发了东平湖迁安救护方案，实现了搬迁道路优化、自动标绘和路况信息显示。

1 东平湖三维系统建设的必要性

东平湖滞洪区的任务是：分滞黄河洪水，控制艾山站下泄流量不超过10000立方米每秒，确保下游防洪安全；同时还担负着滞蓄汶河洪水的任务，在防御黄河和汶河洪水中都具有非常重要的作用。

1982年黄河花园口站发生15300立方米每秒的洪峰，仅次于1958年22300立方米每秒的洪峰，是人民治黄以来的第二大洪水。高村至孙口河段水位均高于1958年的水位1~2米，严重威胁艾山以下河段的堤防安全。利用东平湖老湖分洪后，艾山站最大流量7430立方米每秒，泺口以下河段未漫滩，东平湖发挥了重要作用。

“十五”期间，汶河洪水频繁， 2001、2003和2004年都发生了较大洪水。2001年戴村坝站洪峰流量2620立方米每秒，东平湖老湖水位达到了建库以来的最高水位44.38米，超建库以来最高水位0.66米。洪水冲垮了著名的戴村坝工程，东平湖、大清河的防洪工程多处出险，经全力抗洪抢险才转危为安。

无论是防御黄河洪水，还是汶河洪水，东平湖都具有非常重要的作用，提高东平湖防汛决策的技术水平，既有长远意义，又有重要现实意义。

2 东平湖三维系统建设的可行性

2.1 系统开发过程

2005年山东省国土测绘院与东平湖管理局合作，制作了东平湖三维电子地图，开发了“东平湖防汛辅助决策系统”，构建了形象逼真的三维动态开发环境，但尚不具备支持防汛决策的功能。2005年12月，山东黄河河务局与测绘院合作，在东平湖三维电子地图的基础上联合开发“东平湖防汛决策三维支持系统”（简称“东平湖三维系统”），以满足东平湖防汛决策的实际需要，开发工作于2006年9月完成。

2.2 东平湖三维系统建设是“数字黄河”规划的重要组成部分

《山东局“数字黄河”规划》把建设“数字东平湖”建设列为要建设的七大应用系统之一，提出了“数字东平湖”建设的需求分析，对系统的组织结构、基础数据、实现的功能进行了描述。其中主要的：一是系统需要的基础数据，包括东平湖分层矢量化电子地图、三维空间数据库、航空彩色正摄影DOM影像和社经、工程、防汛队伍、料物等数据。二是系统支撑平台，包括GIS（地理信息管理系统）、三维模拟软件、数据库管理软件等。三是基础地图数据：包括1:1万东平湖三维电子地图、1:10万汶河流域二维电子地图，1:25万山东黄河河道电子地图、1:1万孙口至艾山河段黄河河道图等。这与前期制作的东平湖三维电子地图及其他相关地图进行比较，完全满足“规划”所提出的基础条件。

2.3 山东局已建防汛系统为本系统开发提供了良好条件

山东局自1998年开发进行防汛数字化建设，先后开发了山东黄河防汛决策支持系统、工情险情会商系统、水雨情会商系统等，也可以为本系统的开发提供参考和借鉴，所以进行东平湖三维系统建设既符合“数字黄河”建设规划，又具有完备的技术基础，在技术上是可行的。

3 系统建设目标、思路与技术基础

3.1 系统建设总体目标

本系统开发主要是在东平湖三维电子地图的基础上，借鉴黄河下游工情险情会商系统、山东黄河防汛决策支持系统的总体思路，充分利用已建系统提供的数据和功能，按照东平湖防洪“分得进、守得住、迁得出、群众保安全”的要求，突出汶河流域水情信息查询、洪水预报预演、调度方案演示、决策风险分析和黄河分洪运用、东平湖蓄滞洪水决策的功能，随时从相关系统中提取实时数据并进行集成，为决策提供动态信息，在三维可视化平台上建立完善的东平湖防汛决策支持系统。

3.2 系统开发的基本思路

本系统的建设目标是将山东黄河工情险情会商系统中在二维电子地图上显示的信息在三维电子地图上进行显示，利用三维电子地图的技术优势开发工情险情会商系统没有实现或无法实现的漫游和洪水动态模拟等功能。本系统与黄河下游工情险情会商系统有机结合，使用统一的代码、统一的维护平台，做到一次录入多个系统显示，同时开发本系统自身的维护功能。

3.3 系统开发的技术基础

3.3.1 东平湖三维电子地图

东平湖区域三维电子地图包括：数字线划图（DLG）、正射影像（DOM）、数字高程数据（DEM）等，数据量约16GB，是一个良好的开发平台。

3.3.2 黄河下游工情险情会商系统

黄河下游工情险情会商系统在山东局已经广泛推广应用，各市、县局防办人员对其非常熟悉。

同时向系统录入了大量的防汛基础资料，实现了防洪工程的定位和信息查询，具有界面友好、功能齐全的数据维护功能。

3.3.3 山东黄河雨水情会商系统

山东黄河雨水情会商系统可提供齐全的实时水情信息，包括：黄河、汶河的雨情和水情，东平湖三维系统中的水文信息全部来源于该系统。

3.3.4 汶河流域水情预报系统

汶河流域水情预报系统可自动接收汶河流域降雨数据，预报汶河主要水文站的流量过程和东平湖水位过程，预报结果在本系统进行形象直观的模拟。

3.3.5 工程代码及表结构

本系统使用《黄河水利工程及相关信息代码》，数据结构执行《黄河防洪工程数据库数据字典及表结构》的规定。

3.3.6 系统开发工具

系统开发工具主要包括：GIS（地理信息系统）平台，采用ArcGIS 9.1；数据库管理采用Oracle 9I数据库；编程语言采用C#，结合ArcGIS 组件包 ArcGIS Engine。

4 系统功能设计

系统功能菜单包括综合信息、水文信息、工情信息、灾情信息、防汛部署、洪水模拟、地图漫游和地图管理等，每级菜单下又分若干层菜单。

4.1 综合信息

包括：东平湖概况、汶河流域概况、重点工程简介、东平湖防洪任务、运用原则、运用指标、防汛资料、抢险技术、防汛动态等。

4.2 水文信息。

包括：水情信息、雨量分析、气象信息、卫星云图、水文预报、分泄洪闸调度等。

4.3 工情信息

包括：险工、险工坝垛，控导、控导坝垛、涵闸、堤段、堤防断面信息等。

4.4 灾情信息

包括：东平湖分洪、汶河来水造成的淹没损失。

4.5 防汛部署

包括：防洪预案、防汛物资、仓库物资、防汛石料、迁安救护、专业抢险队、防汛队伍、防汛指挥部、防汛责任制、上堤防守和防汛道路等。

4.6 洪水模拟

包括：汶河洪水模拟、分洪模拟、排水模拟等。

4.7 地图漫游

东平湖及汶河流域三维漫游，包括固定的精彩路线漫游、利用鼠标控制的任意漫游。

4.8 地图管理工具

提供对地图操作的基本功能。

5 系统建设的主要成果

1)以三维GIS技术为基础，开发了东平湖防汛决策三维支持系统，实现了黄河防汛应用系统从“二维”到“三维”的跨越

东平湖三维系统是根据“数字黄河”工程规划设想，采用航空摄影测量、遥测、遥感（RS）、地理信息系统（GIS）、全球定位系统（GPS）等现代化手段制作“三维电子地图”，通过黄河广域网络快速传输数据，全方位提供与防汛相关的基础信息，构建数字集成平台和虚拟环境，并在这一平台和环境中，通过系统软件与数学模型对东平湖防汛运用预案进行模拟、分析和研究，在可视化的条件下提供决策支持，有利于增强东平湖防汛决策的科学性和预见性。同时，用于支持防汛系统的电子地图从“二维”提升到“三维”，实现了黄河防汛电子地图应用上的跨越。

2)利用航空摄影测量和GPS现场测量等多种技术手段制作了1:1万东平湖三维电子地图。

对东平湖1000多平方公里的区域进行了航拍，取得了1:1万的航空彩色正射影像(DOM)，通过GPS测量对重点工程和地物、地貌进行了精细测量，建立了5米格网间距的数字高程模型（DEM），构建了形象逼真的三维场景，实现了精细三维漫游。东平湖三维电子地图的制作在技术上优于目前大多数利用遥感数据和贴图技术制作的三维电子地图，更能逼真地反映真实的地物、地貌，地图精度有很大提高。

3） 制作了1:10万汶河流域三维电子地图，录入了防汛基础数据，首次将汶河流域电子地图和防汛数据纳入黄河防汛应用系统，建立了完整的东平湖防汛电子地图体系。

采用1:10万地形数据和8米分辨率遥感数据制作了汶河流域三维电子地图，录入了汶河流域基础地理信息和水库、雨量站、水文站等防汛信息，实现了三维场景中的信息查询。第一次把汶河流域防汛信息纳入黄河防汛系统，改变了以往制作黄河防汛电子地图截止到戴村坝以下的传统做法，把三维电子地图扩展到了整个汶河流域。同时，扩展了东平湖群众搬迁目的地区域的电子地图，对村庄、交通道路等信息进行了实地调查，形成了完整的东平湖防汛电子地图体系。

4)开发了东平湖洪水模拟功能，实现了东平湖进、出湖流量和水位变化的同步、动态模拟，自动显示预报结果，进行灾情评估，生成防汛综合调度措施建议。

本系统根据汶河洪水预报结果，在三维场景下，进行戴村坝站洪水过程，东平湖水位变化，陈山口、清河门闸出流过程的同步、动态模拟。为突出模拟东平湖水位变化，利用了东平湖三维地形淹

没、水尺高度变化、数字牌大字动态显示和东平湖水位变化曲线等4种方式显示东平湖水位随时间变化而变化的过程，实现了对东平湖水位变化的多手段、全方位模拟。模拟完成后，自动突出显示戴村坝最大流量、东平湖最高水位等预报结果。自动计算并在三维电子地图上显示东平湖预报最高水位下的淹没范围、需要迁安的人口、灾害损失等，进行灾情评估。根据预报结果自动进行水情、工情、险情分析，调用相应的防汛预案，实现了洪水预报模拟、灾情评估、防汛调度的自动化、可视化、形象化。

5)开发了东平湖迁安救护方案，实现了村庄搬迁目的地及迁安人数查询、搬迁路线标绘、路况信息列表等功能，为迁安救护提供了多方面技术支持。

根据洪水显示淹没范围，计算出迁安人口，并以列表方式显示，包括乡镇的搬迁地，村庄的搬迁地等，点击具体的村庄可迅速在电子地图上定位该村庄和迁往村庄，自动优化搬迁路线并进行标绘，同时通过列表的形式显示搬迁行走道路的基本情况，搬迁所需信息一目了然。同时，还能为抢险料物运送、防汛队伍调用等提供道路信息支持。

6)以黄河内部广域网为基础，全面集成了已建防汛系统中涉及东平湖防汛的基础数据，实现了“数字黄河”工程“资源共享”的基础数据管理思想，探索了网络系统开发的新模式。

按照“数字黄河”工程“资源共享”的基础数据管理思想，本系统最大限度地从黄河下游工情险情会商系统、山东黄河水雨情会商系统和山东黄河防汛网等多个已建系统中提取相关数据，进行了数据整理和集成，较好地解决了数据共享问题，实现了防汛基础数据一次录入，多系统共用共享，避免了数据的重复录入和不一致现象，探索了网络系统开发的新模式。

7)采用3D技术制作了东平湖重点工程的三维视景，形象逼真地展现了工程细部结构特征，并与整个系统有机结合。

采用3Dmax建模方法，对于重点工程如石洼闸、陈山口、戴村坝等进行了精细三维建模，将重点工程的图形符号插入工程所在地，在漫游时可以更清晰地辨别工程。同时，利用3D技术制作的石洼闸、陈山口闸、戴村坝等重点工程三维视景，形象逼真展现了闸、坝的空间布局和结构型式，在三维漫游观看宏观场景的同时，也可以看到工程的详细情况。

8)首次采用了文字、声音、图像组合对系统进行全面介绍的新模式。

编写了东平湖及东平湖三维简介，由专业播音员进行配音，配音与东平湖三维漫游、重点工程三维视景与系统功能展示有机结合，用10分钟左右的时间全面介绍东平湖和汶河流域概况，主要工程及三维系统功能，使观看者能在最短的时间内对系统有一个全面了解，创造了应用系统介绍和展示的新模式。

9)在黄河系统第一次采用当今国际主流的GIS平台ArcGIS和C＃开发工具，系统架构先进，实现了三维GIS平台与二维GIS平台的信息转换，集成了多尺度、多分辨率、多源空间数据和非空间数据，实现了海量数据的有效管理。

本系统在黄河防汛应用系统中首次采用当今国际主流的GIS平台ArcGIS，比以前采用的MapGIS平台具有更强的空间数据管理功能，代表了当今GIS技术的发展方向，也是当前国内大型水利信息化系统建设的首选平台。系统采用的编程语言C＃是即将成为主流开发工具的编程工具，使系统具有更强的适用性，便于扩充和升级。系统集成了覆盖汶河流域1∶10万比例尺的（dom、dem、dlg）空间数

据，东平湖1∶1万比例尺的（dom、dem、dlg）空间数据，还有历史洪水信息等非空间数据，全部数据量约16G。系统将空间数据和非空间数据都存放于Oracle9I数据库，有利于数据的管理和维护。实现了各种数据的集成化管理，实现了海量数据的有效管理，并为系统未来的拓展奠定了基础。

10)多部门密切合作，充分发挥各自的专业优势，创建了新的系统开发与管理模式，实践了“数字黄河”工程 “以我为主，博采众长”的建设思想。

系统开发由山东黄河河务局总体协调，提出用户需求和总体设计；测绘院提供相关电子地图和地理信息系统开发技术；东平湖管理局提供村庄、道路和社经等最新信息；山东黄河信息中心参与系统开发，熟悉系统，为应用中的维护做好准备，探索了“数字黄河”工程“以我为主，博采众长”的建设思想。

6 结语

2003年山东局“数字黄河”工程规划中，把建设“数字东平湖”列为要建设的七大系统之一，由于投资较大，一直没有实施。山东局与山东省测绘院合作，获得了完整的东平湖和汶河流域三维电子地图，充分发挥各自的技术优势，联合开发了东平湖三维系统，提前完成了“数字东平湖”建设任务，提前发挥效益；同时也加快了山东局“数字黄河”工程的建设步伐，提升了技术水平。实践证明通过联合开发是加快“数字黄河”工程建设。东平湖三维系统建设是山东局“数字黄河”建设的重要部分，按照规划要开发基于三维电子地图的山东黄河防汛决策支持系统，将山东黄河628公里河道装入计算机，实现网络高清晰漫游。东平湖三维系统的开发是山东黄河三维系统的开发良好开端，山东黄河“数字防汛”建设任重道远，必须加快建设步伐。

第六章 管线应用

ArcGIS在三维管网中的研究与应用

乔志勇① 赵冬冬② 焦洁③ 曲守宾③ 杨晓丽③
① 厦门精图信息技术有限公司 ② 东北大学 ③ 沈阳市城建档案馆

【摘 要】本文结合笔者在城市三维管线信息化工作经历和心得，简要介绍使用ArcGIS实现三维管网虚拟仿真的过程，希望本文能够为我国城市管线信息化建设中实现三维虚拟仿真提供参考和借鉴。
【关键词】管线 三维仿真 建模
Abstract：This paper mainly describes the process of the implementation of the 3—Dimensional of pipe virtual system using ArcGIS，with which the practice of the author working in the information realization of the city 3—Dimensional. It is hope to be good for the development of the city pipe 3—Dimensional virtual realization of our country.
Key words：Underground—Pipe，3—Dimensional Virtual，Modeling

1 引言

随着城市管线信息化建设步伐的加快，全国各大中城市纷纷建立起管线信息管理系统，实现对城市建设中的各类管网资源进行综合有效的信息化存储管理，提供各种查询、分析和统计等工具，为城市规划工作提供科学的辅助分析和决策支持手段。然而，由于缺乏必要的技术保证以及软硬件条件的限制，在这些系统中，管网一般以二维方式进行显示，表现手段单一，无法直观地反映各管线间的空间位置关系。

由于管线用途的特殊性和复杂性，其布设遍及地下、空中、水下等，只有通过三维方式才能够真实反映其空间位置关系。近几年，随着虚拟仿真技术、管网探测技术的不断发展和软硬件条件的改善，使三维GIS仿真技术的实现成为可能。通过建立三维的管网仿真场景，为操作人员提供必要的三维人机交互性和自主性，真实反映在交错复杂条件下管线之间的位置关系以及管线与周边地物的位置关系，并提供必要的三维辅助分析及决策工具，已经成为各城市的建设规划部门在城市信息化建设中的迫切需求。

本文结合ArcGIS提出的三维管线虚拟仿真实现方案，对管线进行三维可视还原，配合周边地物，直观真实地反映管线空间现状，希望能够为国内各城市管线信息化建设的三维仿真提供一些参考和借鉴。

2 三维数据处理

管线三维仿真的实现过程比较繁琐和复杂，要求拥有详实的矢量化地理信息数据，并建立三维模型，将三维模型导入到系统的模型符号库中，生成三维互操作场景。可喜的是，ArcGIS 为三维仿真提供了强大的支持，包括三维可视化（3D Visualization），三维符号（3D Symbology），三维地理处理（3D Geoprocessing）等方面的支持。ArcGIS的3D Symbology不仅提供了包括真三维符号（True 3D Symbols）和现实纹理（Realistic Texture）的支持，还允许用户根据自己需要建立扩展符号。

三维管线仿真环境的实现过程如图6.1所示：

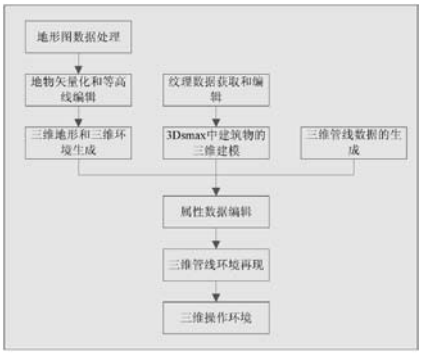


图6.1 三维管线仿真环境的实现过程

2.1 地形图数据处理

三维管线系统可采用1：1000或更大比例尺的带状地形图数据，按照系统的建设需要建立相应的点、线、面要素图层，并进行矢量化。利用ArcGIS提供的等高线处理工具，实现对地形图等高线进行简化、抽稀、光滑等处理操作。对已经进行等高线处理的地形图，可利用ArcGIS的ArcToolbox工具，根据其高程值建立TIN，所建立的TIN示意图如图6.2所示：

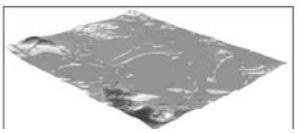


图6.2 TIN示意图

2.2 地物数据处理

由于管网三维仿真对地物的真实度要求并不高，另外考虑到大量三维模型数据处理的复杂度以及处理效率，并不要求系统能够完全真实反映所有地物。

从国内城市三维管网信息化建设的需求来看，目前三维管网仿真只需要能够在一定程度上反映管线与周边地物的空间关系。因此，在对地物进行建模时，对地物模型进行适当的划分，根据不同种

类的地物模型采用不同的三维建模方式，可有效降低三维建模的复杂度，提高了系统的处理速度，解决三维仿真中大数据量处理的瓶颈。

地物模型主要分为简单规则模型和特殊规则模型两类。

2.2.1 简单规则地物模型

简单规则模型是指横切面是比较规则的地物，不需要进行复杂的建模，只需要通过样式替换或者简单的面状拉伸就可以达到三维仿真效果的模型。

对于简单规则的点状类型要素如树、灌木、电话亭、路灯等，ArcGIS提供了丰富的样式用于提供这些简单模型的建立，这些样式完全可以满足三维管网仿真中对普通地物的建模要求。

另外，对于一些简单的面状要素，如普通民房等非标志性建筑，亦可采用ArcGIS所提供的样式库来建立其模型。通过将面要素转化为点要素，采用固定楼层高度和楼层层数计算建筑高度，并增加墙面纹理、屋顶形状和简单规则截面形状等，如图6.3所示。这些非标志性建筑，无需真实反映其外观轮廓，利用二维GIS数据动态扩展成三维模型，数据量少，操作方便，可以节省大量的建模时间，并可减少系统运算复杂度，提高系统响应效率。

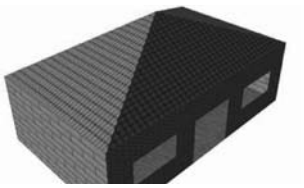


图6.3 简单规则地物模型

2.2.2 特殊复杂地物模型

对于一些数量较少但特征比较明显的标志性建筑，如体育馆、市政府、会展中心等这类大型地物，如果以更逼真的方式现实，将能够取得较好的显示效果。这类标志性建筑，往往结构较为复杂，ArcGIS所提供的样式库无法保证其真实度，所以需要借助3DS MAX三维建模软件以辅助贴图的方式来完成建模。

下面以复杂建筑物为例，介绍如何实现这些特殊规则地物模型的建模。

1、数据测绘

按照已经建立的标准对建筑物进行实地勘测，勘测内容应该包括建筑物的形状、长宽高等基本信息，这些勘测数据应该尽可能真实反映建筑物的实际情况，以便在三维环境中建立逼真的仿真模型。

2、三维模型建立

按照已确定的坐标系为标准，以建筑物模型的底面中心作为坐标原点，根据测绘所获取的数据建立建筑物的三维模型。

3、三维渲染与贴图

已经建立的三维模型颜色单调，材质单一，这些问题可以通过三维渲染和贴图的方式来解决。

首先需要使用数码相机对建筑物进行拍照，然后根据建立的三维模型取出合适角度的照片，进行适当的拉伸和扭曲，做成位图，通过3D MAX，根据贴图坐标进行贴图。初步贴上的图在建筑物上是很不规则的，所以还需要进行适当的角度调整和渲染。

4、模型输出

模型制作完毕后，将其保存为3DS格式。ArcGIS的样式管理器能够支持将这些3DS格式的样式的导入，以便将建筑物以合适的模型替代。

5、模型导入

ArcGIS的要素转点工具可以实现将面要素转换成点状要素，将该点状要素的符号属性设置为三维符号，通过符号选择器将已经建好的三维模型导入到三维符号库中。

三维仿真示意图如图6.4所示：

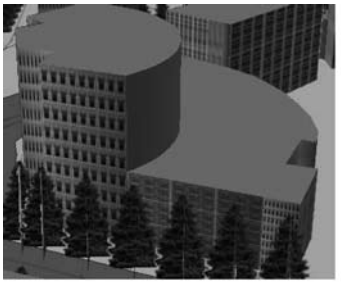


图6.4 特殊复杂地物模型的建立

2.3 三维管网数据生成

三维管网设备大体可分为管点和管线两类。

管点根据管线类型及用途的不同，由不同的管线点设备组成，如窨井、消防栓、阀门等。我们按照国家有关管线设备的二维管点符号规定，定义管点设备的三维符号与样式库。使用3DMAX建立各类管点设备的模型，保存为3DS文件格式，并使用符号转入器将这些三维管线点设备符号转入符号库中。在三维仿真的符号化过程中，根据管点的类型、埋深等信息，利用已经转入符号库中的管点符号，将管点要素符号化。

三维管线根据横截面形状可大致分为方形管和圆形管两类。这两类管线的三维建模，均可采用ArcObject的多片（MultiPatch）方式实现。其中，方形管模型由四个片组成，每个片由四个坐标生成；圆形管模型将管线的外环划分成多个片（片数越多，描述越精确），通过这些片的组合可形成圆管的三维模型。在管线三维建模过程中，根据管线端点坐标以及管径，通过空间解析几何建模，获取管线各个片的顶点坐标，然后通过使用ArcEngine提供的IMultiPatch接口，将这些点集合生成多片，通过组合生成管线的三维多片模型数据。各管线的管点坐标、起点埋深、终点埋深、管径大小（对于方管，存储管横截面的宽度和高度；对于圆管，存储横截面的半径）和管线类型等信息均通过GeoDataBase空间数据库进行存储和管理。

3 三维管网仿真的实现

3.1 总体设计

系统的总体设计采用多层C/S体系结构，分别为：数据库服务层、数据接口层、ArcGIS服务组件层和三维仿真应用层，每一层分别为其上层提供服务和支持。

其中，数据库层存储了经过加工处理的三维地理数据、三维仿真控制数据（包括三维显示参数设置数据、三维金字塔参数设置数据等）和3DS模型库数据，数据接口层采用ADO.NET技术实现对属性信息数据的访问，地理信息数据通过ArcSDE中间件技术从GeoDataBase的三维空间库中进行获取，ArcGIS服务组件层采用ArcEngine、ArcScene控件提供二维与三维环境的基本处理功能，而三维仿真应用层实现将三维仿真虚拟环境呈现给用户。

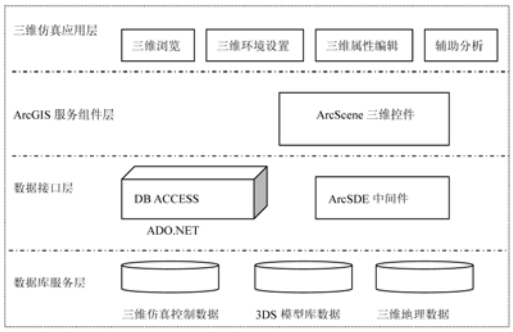


图6.5 总体设计图

系统采用二维与三维交互的方式实现三维管网图的浏览，用户使用三维管网图生成工具在二维平面图中选择要生成三维管网图的区域，系统根据所选区域动态生成该区域的三维管网场景，如图6.6所示。

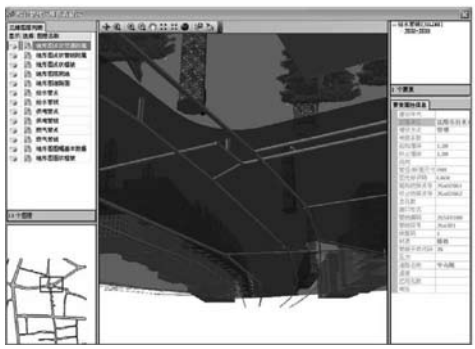


图6.6 三维管网模拟示意图

三维管网系统充分挖掘三维仿真在管网中的作用，再现真实的管网场景，提供基于三维环境的

导航、飞行、放大、缩小、观察点设置、收缩视野、扩展视野和平移等功能。

为了使用户在三维漫游过程中同时对管网和周边地物要素的属性信息进行了解，系统还提供了标注设置和显示功能，用户可以根据需要定义标注内容、标注格式和显示位置等。系统提供基于图形和属性数据的双向查询定位功能，用户可以通过检索属性查询定位到管网设施，在点击图形要素时，系统可弹出属性信息对话框，显示该要素的详细属性信息。

系统提供了基于三维管网的辅助分析功能，能够进行管网水平净距、垂直净距分析、覆土分析等，这些功能比二维的方式更直观，更真实。另外，三维管网事故点分析、三维事故影响范围再现等功能主要用于辅助施工维护人员进行管网施工维护。

3.2 三维管网在规划建设中的应用

三维管网在城市规划建设中起着非常重要的作用，其应用主要体现在以下几个方面：

（1）真实环境再现

二维管网图由于其技术的限制，无法充分表达出管线在空间位置上与其他管线、周边地物的空间位置关系，只能通过横断面或纵断面分析图来间接反映管网空间关系，很大程度上造成规划分析人员的理解偏差。三维管网仿真技术根据管网空间数据准确生成管网空间关系图，真实反映管网与管网之间、管网与其他地物的位置关系，规划分析人员可通过视角、视点等调整功能，从不同视角进行观察，准确掌握管网空间位置关系，如身临其境一般。

（2）辅助管网维修

二维管网系统，在管网复杂交错的情况下，无法清晰表达各管网之间的关系，给管网施工维护人员进行管网施工造成很大的困难。三维管网不仅只是简单再现管网空间关系，还可通过三维管网事故分析、三维管网上下游追踪等分析功能，辅助维护人员迅速定位事故发生点和事故影响区域等。

（3）辅助城市建设规划分析

由于三维管网是一个基于真实数据的仿真再现，而不是以往的虚拟动画，其数据都是经过量测的基础管网数据。因此，三维管网仿真能够在城市建设规划分析中起到辅助施工控制的作用。比如，在城市道路施工或建筑物施工中，通过三维管网再现其空间位置关系，以便施工规划人员在可预见的条件下避开管网，选择其他位置进行开挖，避免由于盲目施工而造成管网破坏。

4 小结

城市信息化建设的步伐逐渐加快，各大中城市都加强数字城市建设的投入，城市管线作为城市发展的血脉，在城市规划建设和日常安全建设中的作用不可忽视，三维管网虚拟仿真技术以其再现真实管网场景的优势，将在城市管线信息化建设中发挥更大的优势。

参考文献

[1] Esri中国（北京）有限公司．EsriArcGIS系列产品在地下综合管线管理中的解决方案．2004，10932 ．

[2]林卉，赵长胜，孙建文． 数字校园3维建模与仿真的实现与设计[J]． 测绘通报，

2004,6(20):10—12.

[3]肖乐斌，钟耳顺，刘纪远. 三维GIS的基本问题探讨[J]. 中国图像图形学报，2001,6A(9):842—848.

[4]李青元，林宗坚，李成明. 真三维GIS技术研究的现状与发展[J]. 测绘科学，2000,25(2):47—51.

[5]张立亭，陈竹安，刘海飞等. 三维可视化校园图的制作[A].东华理学院学报，2004,2(27):21—23.

[6]Esri公司. ARCGIS 9.0. Developer help [M/CD], http://www.Esrichina—bj.cn, 2003—10—20.

[7]黄心渊.3DMAX R4标准教程[M].北京:人民邮电出版社,2001:15—28.

基于ArcGIS城市地下管线三维可视化研究

赵玲玲
上海博坤信息技术有限公司

【摘 要】 本文简要介绍地下三维管线构建的过程，并结合ArcGIS Engine实现管线的三维显示。希望为城市地下三维管线信息系统建设提供参考。

【关键词】 地下管线，三维建模，向量，符号化

1 引言

城市地下管线是城市最重要的地下公共基础设施，与百姓的日常生活息息相关。城市地下管线大致可以分为九类：给水、排水、燃气、电力、通信、热力、工业、综合管沟、特殊管线等。管线担负着传输物质和输送能量的重要任务，是城市赖以生存和发展的物质基础，被称为城市的“生命线”[1]；在进行城市规划、设计、施工和管理中，如果没有完整准确的地下管线信息，会造成管线事故不断发生，甚至造成重大损失。

城市地下管线通常由水、电、燃气、通信等专业管线单位采集数据并由管线权属单位对地下管线分别进行管理。地下管线越来越复杂，越来越庞大，各类管线纵横交错，具有复杂的空间和非空间属性，传统的二维平面图形，表现手段单一，无法直观地反映各管线间的空间位置关系。建立一个既能适应时下管线管理，又能真实地反映地下管线的空间分布系统就显得尤为重要，因此地下管线三维可视化研究应运而生。

本文主要研究地下管线的三维可视化，基于Esri二次开发平台ArcGIS Engine，将地下管线进行三维可视还原，直观真实地反映地下管线空间现状，为规划、市政、道路管线监察、城市管理、管线单位等提供有效的辅助管理。

2 地下管线三维数据组织

2.1 传统的管线解决方法

传统的管线一般采用二维平面图来表示，这种表示有着很多缺点。城市地下管线，大多沿街道铺设，在不同深度有不同的管线，平面图上若以不同颜色的直线来表示这些管线，就会拥挤不堪，无法清晰显示；若采用分层显示的方法，则又无法表现管线之间的空间关系。况且，有些管线本身上下起伏，与地面垂直的一段管线在平面图上就只能以一个点与相应的文字来表示[2]，没有任何直观的视觉效果。传统的二维表示方式存在诸多缺点，不能满足实际应用需求，研究管线的三维就显得更具现实意义。

2.2 地下管线的三维数据组织

地下各类管线数据，通过不同的附属设施连接，如阀门、水表、消火栓等。这些地下管线原始数据主要通过外业探测获取。目前地下管线探测中，通常记录地下管线的平面位置、埋深（或高度）、走向以及管线附属设施的位置等。成果数据主要通过表格方式来记录。数据表格可分为点表和线表。点表是管点属性表，记录了地下管线管点基本属性包括其平面坐标、标高、井深（埋深）及附属物类型等信息（表2—2）；线表是管线属性表，记录了地下管线段的上点和下点的管点编号其埋深、管线类型、管线宽度和高度等信息（表2—3）。

表2—2 地下管线附属物点表基本结构

字段名称	字段类型
点号	字符型
X坐标	数值型
Y坐标	数值型
点的标高	数值型
井深（埋深）	数值型
附属物类型	字符型

表2—3 地下管线线表基本结构

字段名称	字段类型
上点点号	字符型
下点点号	字符型
上点埋深	数值型
下点埋深	数值型
管线类型	字符型
管线宽度	数值型
管线高度	数值型

地下管线的三维数据组织必须从地下管线原始数据出发，根据三维可视化的需求，设计出适合地下管线三维可视化的地下管线三维数据组织方式。原始点表记录了平面(x,y)坐标、点的标高及埋深；线表记录了管线段上下点的埋深，管线段上下端点坐标需要通过字段“上点点号”“下点点号”与点表字段“点号”关联，通过点表获得平面(x,y)坐标。Z坐标通过管点标高与埋深之差获得，如图2—1所示，P为管点（井或其它附属物的上顶面），AB为管线中心线，管线直径为2R（若管线类型为圆管，则取管线宽度值；若管线类型为方管，则取高度值），P点的Z坐标计算如图所示（管点Z ＝ 管点标高H　　管点埋深D），通过P点的坐标，管线的半径，很容易计算出A点的Z坐标，A(z) ＝ 管点标高H 管段上点埋深D1 R，同理可计算管线段下点B的空间坐标。

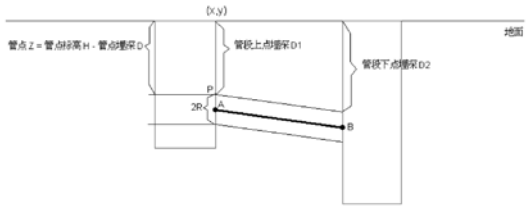


图6.7 计算空间坐标

3 地下管线三维可视化

管线三维是以管段、管点的几何实体来描述客观现实的数据模型，和二维管线图形相比，更具逼真感和立体感，更容易看出管线的空间分布。针对地下管线的复杂性，管线三维可视化可分为地下管线的可视化和地下管点的可视化。

3.1 地下管线的可视化

地下管线的横截面以圆形管和方形管为主，此外还有极少量的异型管。地下管线三维模型的构

造以圆形管和方形管为主要对象，均采用ArcGIS Engine的多片（Multipatch）方式实现。在管线三维建模过程中，根据管线端点三维坐标以及管径生成三维管线。

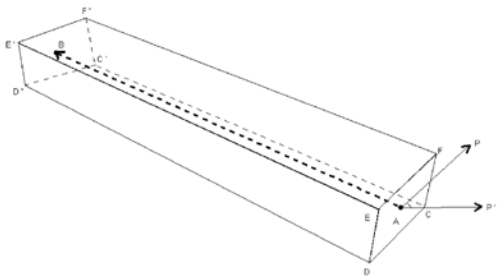


图6.8 方形管的构造

以方形管为例（图3-1），对于管段AB，通过前一节我们可知AB点的三维坐标。根据AB两点的三维坐标，计算出空间坐标系中的向量→AB，进而计算出与向量→AB垂直的向量→AP(→AP//→EF)，∠PAC可以由管线的宽度和高度求得，将向量→AP绕向量→AB顺时针旋转∠PAC到向量→AP'，重新给向量→AP′赋长度|AC|（|AC|长度为矩形CDEF对角线长度的一半），得到向量→AC，将点A沿向量→AC平移即可到达C点，取得C点坐标，依次取得CC′ DD′ EE′ FF′ CC′，得到一个闭合的外环面所有点坐标，有了这些点坐标，利用ArcGIS Engine提供的IMultipatch接口，将这些点集合生成多片，通过组合生成管线的三维多片数据模型，在ArcGIS Engine中主要代码如下：

```
'构造向量→AB
Dim pStarttoEndVector As IVector3D
Set pStarttoEndVector = New Vector3D
pStarttoEndVector.ConstructDifference pEndPointB, pStartPointA
'计算向量→AB的垂直向量→AP
Dim pVector As IVector3D
Set pVector = pStarttoEndVector
pVector.PolarMove PI / 2, 0, 0
'向量→AP绕向量→AB旋转角度pAngle=∠PAC到向量→AP′
pVector.Rotate pAngle, pStarttoEndVector
'重新给向量→AP′赋长度|AC|=pRadius，得到向量→AC
pVector.Magnitude = pRadius
'点A沿向量→AC平移到达C点
Dim pPointTrans As ITransform3D
Set pPointTrans = pStartPointA
pPointTrans.MoveVector3D pVector
'将C点加入点集合
```

```
Dim pMulti As IPointCollection
Set pMulti = New TriangleStrip
pMulti.AddPoint pPointTrans
```

地下管线圆形管的构造原理与方形管相同，将管线的外环划分成多片，通过这些片的组合可形成圆管的三维模型，如图6.9所示：



图6.9 圆形管的构造

管线外环三角片数越多，描述越精确，模拟管线在直观上就越接近真实管线，但模型的计算量增大，显示速度会降低；反之，模拟管线比较粗糙，显示速度较快。实验表明，当管线横截面以30o角（或45o）等分，显示质量与显示速度能取得较好的平衡。

3.2 地下管点的符号化

在管线平面图中，一般以二维折线表示一条管线，这些管段是连续的。然而在三维透视图中，无论是圆形管还是方形管，其连接处必然出现不连续。地下管段连接处一般分为两种情况：一是由阀门、消火栓、管堵等附属设施连接；二是管段之间无附属设施连接。

对于具有附属设施的管点，附属设施的三维可视化采取AutoCAD/3DMAX（或其它建模软件）抽象建模，制作出的符号要能够代表附属物的重要特征，同时尽可能做到简洁可行。在制作过程中，某些附属物的特征部分和该附属物要素具有明显的指代关系，则可以利用其特征部分代替实物；对于没有指代关系的附属物则主要依据其形体特征，建立相应的三维模型，如阀门、消火栓，管堵等。

建立各类管点附属物的模型，保存为*.3ds文件格式，并使用符号转入器将这些管点附属物符号转入系统的模型符号库中。在三维可视化过程中，根据附属物类型，首先从符号库中取出对应的附属物符号，然后将管点用附属物符号显示。

对于无附属设施的管点，用一个球体包住管段连接处，模拟现实管线的连接，使管线段间的连接平滑。

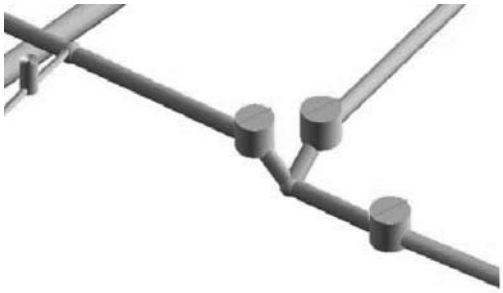


图6.10 管点符号化

4 结语

本文在管线原始数据的基础上，对地下管线三维可视化做了一些有意义的研究，并且研究已经运用到上海地下管线中，采用本文的方法，对上海实验区域地下241368段管线，256864个管点进行了三维可视还原，这些管线无缝连接，无扭曲现象，有很好的立体显示效果，运行良好。

就目前发展情况来看，三维管线在理论和实践正处于一个迅速发展阶段，研究工作只是开始，对于管线有些问题还有待进一步深入研究，比如三维空间索引，三维图形的编辑等研究。相信随着城市地下三维管线的进一步发展，地下三维管线以其真实管网场景的优势，将在地下工程的规化、设计、施工及运行管理等方面发挥更大的作用。

参考文献：

[1]邬应忠,周长志等. 城市地下管网管理信息系统研究[J]. 测绘通报,2006,(12) : 60—63

[2]崔阳,王华. 基于GIS的城市地下管线数据结构设计[A]. 计算机工程与应用,2005.41(36):230—233

第七章 电力应用

基于 ArcGIS Server 的输电线路三维全景系统

北京煜邦电力技术有限公司

1 概述

作为确保首都供电安全的大型区域电网，华北电网近年来实现了超常规跨越式发展，三年再造了一个华北电网。 “七横三纵”骨干网架初具规模，京津唐双环网、京津冀大环网基本建成，特高压试验示范工程成功投运，远距离、多通道、多方向、多落点电力输送格局已经形成。

华北电网 500 千伏西电东送通道东西跨度 900 公里，输电距离长、输送容量大，线路经过的区域地形复杂，气候差异大。这些情况加大了输电通道防范故障跳闸的难度，对设备事故应急抢修指挥带来一定的影响。截止 2009 年，华北电网承担运维的 500 千伏线路共计70余条，杆塔 2万多基，共计 6000 余公里。

华北电网有限公司领导对此高度重视，在主网架结构日臻完善的基础上，提出输电线路三维全景信息化，形成坚强、智能、互动化的智能输电网络的目标。

2 系统建设要求

华北电网输电线路三维全景系统是在公司建设 “一强三优” 现代公司战略目标的指引下，按照标准化管理、专业化管理、精细化管理、集约化管理的要求构建。作为智能化电网的重要组成，该系统定位于生产管理系统 EAM 的高级应用。系统以 EAM 为基础、以《输电线路标准化管理条例》等企业标准为技术依据， 充分结合华北电网网公司近年来多项科技成果，包括 500 千伏线路工程数字沙盘开发研究及应用、输电线路在线监测系统、输电线路平断面图系统、数字化三维 GIS 系统等，利用三维虚拟地球技术，旨在为输电系统的日常生产和应急指挥提供辅助决策，为实现安全输电的可控、在控与能控提供手段，为实现智能输电网技术提供技术支撑。

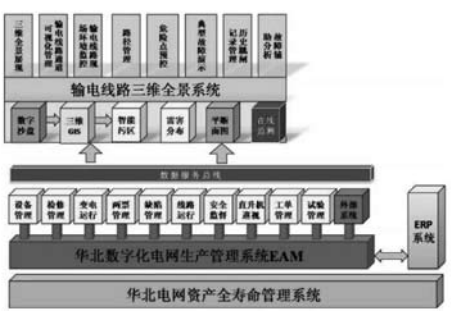


图7.1 系统总体结构

3．总体设计

系统采用大集中一体化的建设模式，全网共享一套软硬件平台；采用统一的技术架构、数据在网公司集中存储与管理。

3.1 硬件配置

在数字化电网 GIS 系统规划时，已经充分考虑了系统建设的可扩展性，输电线路三维全景系统完全能够利用已有的 GIS 数据主机和应用主机、以及存储备份设备，增加一台高性能的影像发布 PC 服务器，安装 ArcGIS Server平台。

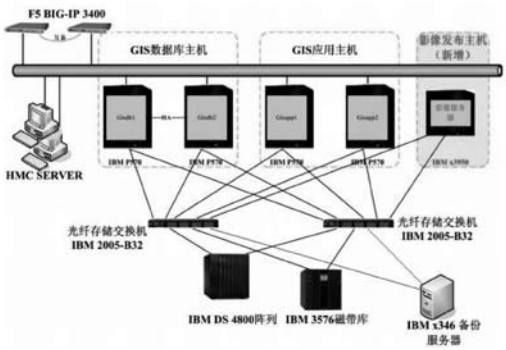


图7.2 系统硬件结构

3.2 GIS平台配置

系统采用 ArcGIS Server作为系统的 GIS平台，具体配置如下：

服务器端：ArcGIS Server Enterprise—Advanced V9.3.1。

客户端：ArcGIS Explorer ＋ IE 浏览器。

3.3 数据配置

输电线路三维全景系统的建设首先必须依托在符合实际业务需要的基础上， 进行实用性强的数据建设，其次，才考虑如何满足具体应用功能。结合华北数字化电网 GIS 的已有数据的情况，输电线路三维全景系统的数据建设的总体规划要求系统可由多尺度、多品种的数据构成。

采用 1： 250000、 1： 50000多种比例尺的数字矢量图和多种精度的航拍影像和卫星影像。各种不同比例地形图可以自动平滑衔接，影像数据和矢量数据融合展现。1：25 万覆盖全省区域，主网架采用 15 米分辨率的卫星影像和 5万数字高程数据，线路走廊采用 Helava 航拍影像和高分辨率（优于 1 米）的遥感影像。

4．系统特点

系统将三维虚拟地球技术、 多元信息融合技术等信息领域的先进技术与输电设备专业管理工作相结合，具备如下特点。

4.1 运用三维虚拟地球技术，实现全网观测一目了然

输电线路三维全景系统以三维虚拟地球为展现平台，结合高分辨航拍影像、卫星遥感影像、二维 GIS 地图和三维数据模型，形成直观、立体、全方位的信息管理系统，实现了在计算机屏幕上全局、真实的再现华北电网的区域分布和运行环境。

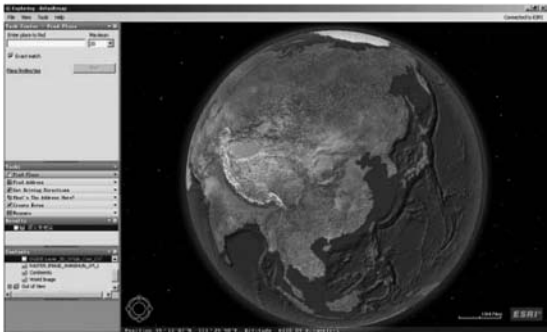


图7.3 基于 ArcGIS 的三维虚拟地球

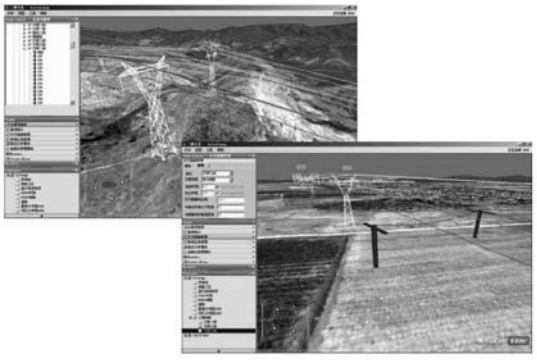


图7.4 三维线路与交叉跨越

4.2 运用多元信息融合技术，实现全局信息无缝连接

系统运用多元信息融合技术，不仅实现了 EAM系统的深度应用，还实现了与智能污区图系统、雷害分布图系统、输电线路数字化平断面图系统、在线监测系统等多个系统之间的无缝连接和信息共享。

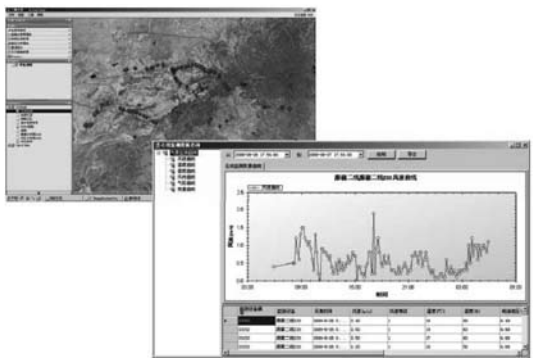


图7.5 输电线路在线监测点分布与实时在线监测数据

4.3 运用空间分析功能，实现全过程的故障辅助分析及处理

系统运行二维、三维 GIS强大的空间分析功能，实现了故障快速定位，故障分析判断、故障抢修方案以及抢修路径分析等全过程的辅助管理。

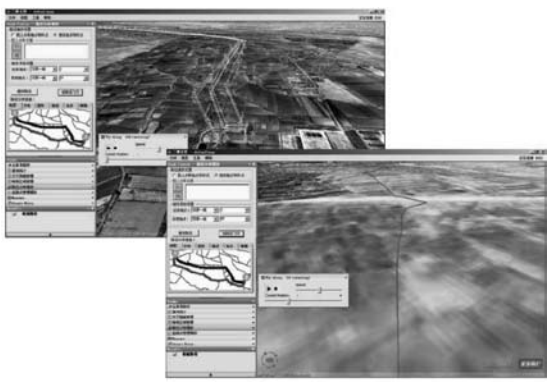


图7.6 抢修路径分析与路径导航

5 总结与展望

华北电网输电线路三维全景系统将信息领域的先进技术与输电专业的先进管理理念相融合，运用 ArcGIS Server企业 GIS解决方案进一步提升了华北电网输电线路运行管理的水平，为保障京津唐电网特别是首都电网的安全可靠供电提供了有力的支撑。

第八章 国土应用

三维GIS在城镇地籍中的应用研究

孙金龙
北京地星伟业数码科技有限公司

1 前言

随着近年来土地管理工作的不断深化，我国城镇已基本建立了以宗地为基础的地籍信息系统，这是一种二维平面地籍，主要记载了土地在二维平面空间的信息。然而当前人口和产业在城市的不断集聚导致城镇人地矛盾日趋紧张，为了集约和节约用地，土地利用的立体化趋势越来越明显。以地表为核心的传统土地权利法规和地籍系统，已经不能满足人们对三维空间的占有和使用，特别是当与同一土地表面相关的空间归属权不同时，基于二维地表的传统土地登记和地籍系统将无法清晰的界定土地的权利空间。

土地资源是一个多维度的概念，包括了土地及其所承载的基础设施和生产生活环境。还有其他很多领域，如城市土地立体利用、立体地价评估、空间权的研究等，都必然会涉及到土地的三维特性，也有必要在地籍管理中得到反映。从税收地籍、产权地籍和多用途现代地籍的演变过程可以看到土地利用模式变迁的轨迹，但这个变迁过程仅停留在土地平面利用的范畴。从土地利用效率来看，土地利用由粗放型逐渐向集约型转变，这个变化也必然要在地籍管理中得到体现，而直接体现这一变化的方式就是建立三维地籍模型。

随着信息技术特别是计算机软、硬件的发展以及应用领域的不断扩大，GIS技术的逐渐成熟，使得三维GIS以令人惊讶的速度发展起来并得到了各行业用户的认同，在城市规划、综合应急、军事仿真、虚拟旅游、智能交通、海洋资源管理、石油设施管理、无线通信基站选址、环保监测、地下管线等领域备受青睐。三维GIS具备许多二维GIS无法比拟的优点，例如更好的展现力，对海量空间数据具有更强的管理能力，更为直观的空间分析能力，同时还能够支持二维组件等等。

因此，可以结合三维GIS技术建立一个规范、完整、适合本地区特点的新型地籍管理信息系统来解决土地利用向空间多元化发展中产生的问题。近年来，许多国家已开始探索和建立三维地籍管理信息系统，部分成果已应用于地籍管理实践中。我们在南坊新区地籍信息系统建设的实践中也进行了有益的探索，建立了“南坊新区三维地籍管理系统”，对于规范地籍管理工作，科学开发土地资源和保证土地可持续利用，具有重要的指导作用和广泛的推广应用价值。本文以南坊新区城镇三维地籍管理系统为例，分析讨论了三维GIS应用于城镇地籍系统建设的一些关键技术问题。

2 三维地籍概述

作为一个现代地籍系统，应该能够体现出一个原则，即不动产权利始终授予人们享有立体空间

的权利而不仅仅是平面上的权利，否则土地的利用就无从谈起，不能充分满足实际需要的地籍模式有必要进行变革。三维地籍在地籍的概念中引入了三维产权（空间产权）的含义，它在制定城市规划和社会经济发展规划提供依据方面比二维地籍更具有优势，是土地利用空间多元化发展的必然结果，同时符合地籍多用途功能实现的要求。

三维地籍与二维地籍的不同在于：

1)三维地籍建立的基础是三维空间上的权利实体，它的三维边界是明确的，在空间上是连续的，而二维地籍建立的基础是二维平面上的宗地，在平面上具有明确的边界，而三维没有明确的边界；

2)三维地籍登记的权利是一个封闭的实体，二维地籍中登记的权利包括从地表到地心和地表以上的所有空间；

3)三维地籍记载了封闭的权利实体所有的三维空间信息和属性信息，而二维地籍记载的主要是宗地二维平面的空间信息和属性信息，对三维信息的记载有限；

4)三维地籍可以准确的反映出土地利用的空间分布情况，二维地籍在土地利用的空间分布上存在着不足。

地理信息系统、卫星遥感和航空摄影技术经过了数十年的发展，目前在建立三维地籍管理信息系统上已经具备了以下成熟的技术：

1)三维数字地面模型最初作为一个三维空间信息表达方式，不仅能够表达三维地表模型，还可以在上面叠加矢量空间数据和影像数据，以及三维地物模型。

2)卫星或航空摄影能提供高分辨率遥感影像的数据采集手段，采用卫星遥感如QuickBird 能够提供分辨率为0.61M 的卫星影像，航空摄影能够提供分辨率更高的影像，高分辨率的影像也能提供更为直观的地物景观，数字地面模型和影像数据以及矢量可以融合表达。

3)目前市场上主流的地理信息系统平台软件，如ArcGIS，已具备了建立、展示数字地面模型的功能，包括实现将影像、二维平面及三维地物模型叠加在三维数字地面模型上进行浏览、漫游的功能。

基于以上技术条件，可以认为实现三维地籍管理信息系统的技术条件已经成熟。虽然在法律上没有对三维权利建立完整的体系，但三维地籍是未来地籍发展的趋势。它将在社会、经济发展中发挥越来越大的作用，不断促进土地的集约利用和不断完善土地市场。

3 数据来源

南坊新区三维地籍数据库数据源分为三类：一是三维地形数据，该类数据由数字高程模型（DEM）与数字正射影像图（DOM）融合而成；二是三维地物数据，该类数据一般以二维矢量数据、地物高度数据及地物实景照片为基础，使用三维建模软件建模而成。三是地籍数据，该类数据主要包括带有高程信息的宗地、界址点、界址线、测量控制点、房屋等地籍要素的三维数据。其构成如图8.1所示。

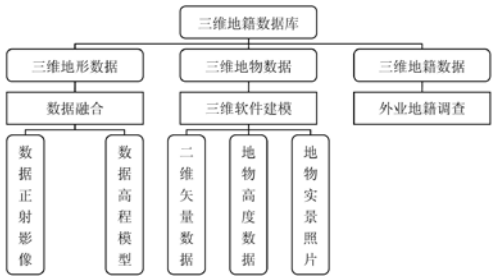


图8.1 三维地籍数据库数据构成及来源

其中，数据高程模型根据外业对所有点的高程测量，通过ArcGIS的3D Analyst功能对所有高程点创建数字高程模型。数据正射影像通过ArcGlobe从Esri公司的影像库中下载。二维矢量数据、地物高度数据、地物实景照片直接从外业测量和地籍调查获得。

在三维建模之前，需要对建模所需的源数据进行预处理，以保证建模工作的有序进行。预处理的内容包括纠正二维矢量数据空间位置的偏差与错位，制作表面纹理，闭合处理建筑物的轮廓线以及将处理好的建筑物数据与楼高标注信息进行空间关联等。三维展示见图8.2。

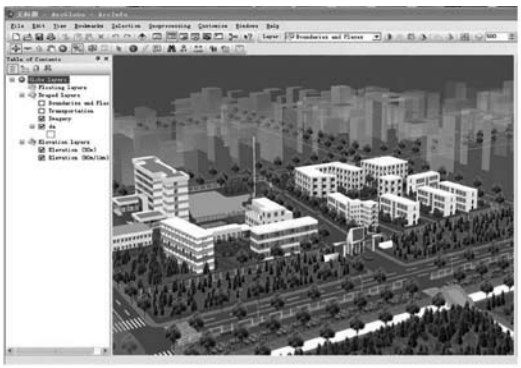


图8.2 三维展示

4 系统体系结构

南坊新区城镇三维地籍管理系统采用基于ArcEngine技术的集成开发模式，以 Windows系列平台为操作系统，以Microsoft Visualstudio.Net IDE为编程开发环境。系统的数据层利用ArcGIS的GeoDatabase数据模型进行二维和三维空间数据的统一管理。

系统开发框架如下图所示，数据层采用PGDB和Oracle Database，对数据的访问采用SDE（空间数据）和ADO.NET（属性数据）直接获取的方式，这两种访问方式都是通过.NET调用自身和ArcGIS提供的接口方式来实现，在此基础上构建城镇三维地籍系统。

城镇三维地籍系统	
C#	ArcGIS Engine
.NET 环境	
ADO.NET	SDE
Personal GeoDataBase	Oracle SDE Database

图8.3 系统开发框架

本系统是在获取三维城镇地籍要素的基础上，采用软件的形式满足城镇地籍信息管理的需要，在二维城镇地籍系统的基础上增加三维真实场景展示和三维信息的查询统计分析等功能。下图体现了整个三维系统建设过程中，软件系统所处的位置以及所能提供的功能。

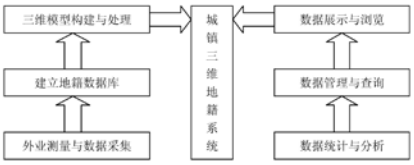


图8.4 系统总体架构

5 系统功能

为实现城镇地籍数据空间组织和查询，虚拟现实展现、数据管理与分析的需要，系统提供以下功能：三维展示功能、三维查询分析功能和地籍信息管理基本功能。

5.1 三维场景展示

提供三维真实场景展示功能，提供放大、缩小、漫游、导航、飞行等基本空间浏览功能，主要包括以下几个方面：

1)放大和缩小操作：放大操作提供固定放大和鼠标拖拽两种方式。以屏幕与该矩形的长度比或宽度比作为Camera的缩放比率，目标点为该矩形框的中心点，观察位置不变。

2)全图操作：以原始地图范围作为Camera的视野范围；

3)导航模式：通过改变观察者位置Z值，来改变Camera的视野范围；

4)飞行模式：通过控制鼠标来实现场景的三维飞行速度、方向进行自由浏览；

5)移动操作：通过鼠标控制移动当前图层显示范围。

6)旋转操作：提供顺时针和逆时针旋转命令。

5.2 三维信息查询与分析

1)属性查询功能

属性查询是指在三维可视化场景中动态交互的进行地物——属性信息的双向查询，包括显示选中地物名称等属性信息，显示三维场景中各种地物的名称、信息及三维空间坐标，或已知地物的属性

信息，对三维场景中的该属性地物进行定位查询等。

属性查询应立足于国家城镇地籍标准，提供对于宗地扩展属性查询，扫描件查询，图形属性的自定义条件查询功能。

2)交互式定位功能

包括以下几个方面，可以缩放到某一具体图层，在查询到某些空间要素后，可以缩放到该要素的具体位置；列出该地区一些标志性建筑或者地址，然后可以快速定位到该处；通过对宗地权利人、坐落或地号的模糊查询，进行快速定位；标签功能，可以创建标签，之后按照标签位置进行快速定位。

3)二维与三维数据联动

比如在二维视图与三维视图中进行目标（如建筑物）属性信息查询的时候，相对应的三维场景或二维地图中的同一目标高亮显示。

5.3 地籍信息管理

1)数据统计与计算功能

根据数据成果统计出地类现状汇总表，可以根据宗地进行统计和根据图斑进行统计；根据数据成果统计城镇土地强度表。

提供城镇宗地容积率，密度计算，城镇房屋隶属宗地计算。

提供宗地椭球面积，平面面积，表面面积计算。

2)专题图功能

根据数据成果产生各种基于宗地的专题图，包括宗地土地用途专题图，宗地权属性质专题图，宗地土地级别专题图，宗地使用权类型专题图等。

3)图件输出功能

输出宗地图，地籍图，分幅索引图，三维宗地示意图等。

4)空间分析功能

空间分析包括叠置统计分析，宗地区域分析，缓冲区分析，邻宗地分析，以上分析是基于二维的；三维的空间分析主要包括等值线分析、坡度坡向分析等。

6．结束语

三维地籍管理信息系统建设是一项复杂的系统工程，是集GPS技术、GIS技术、数据库技术、多媒体技术、网络技术等众多高新技术于一体的综合工程。

虽然目前三维地籍的应用还存在很多的问题，在法律上没有对三维权利建立完整的体系，在技术上对三维地籍的支持也不成熟，但三维地籍是未来地籍发展的趋势，它将在社会、经济发展中发挥越来越大的作用，不断促进土地的集约利用和不断完善土地市场。通过本文中的南坊新区三维地籍数据库系统和城镇三维地籍管理软件对三维GIS在城镇地籍管理应用中的探索，不难看出三维GIS可以灵活的组织各种空间数据及政务信息，可以直观、有效的提高管理的效率，降低管理的成本。

国家地理学会制图系统

Allen Carroll

国家地理学会首席制图

1 背景

90多年来，美国国家地理学会一直在致力于帮助人们理解和享受我们丰富多彩的自然界。他们无论是在杂志、书籍、展览会和各种项目中，都在捍卫着地图制图的艺术和科学价值。

美国国家地理学会维护着一个巨大的地图和地球仪库，其中包括具有历史代表意义的两个罕见的地球仪，由美国第一位商业地球仪制造者詹姆斯.威尔森于1831年建造，一幅由极地探险家理查德.伯德签名的南极地图，和一幅由埃德蒙.希拉里签名的喜马拉雅山地图。

2 挑战

国家地理学会的任务就是去传播地理知识，他们最常用的工具就是地图和不断发展的制图技术。当国家地理博物馆的人为在华盛顿总部的展示长廊制作地图和影像时，想用一种更直观的方式来展现各种各样的地理数据，方便那些不是很熟悉计算机和地理信息技术的观众参观。

3 问题：

需要搭建一个安全智能的应用程序，使得博物馆的参观者轻松浏览地理数据

4 目标：

(1) 呈现丰富的数据内容

(2) 把多种类型数据集成起来，如卫星影像、人口数据、地形数据和国家地理学会数据

(3) 让不是很了解地理和计算机的人也能够使用这些演示

5 解决方案：

国家地理学会看了Esri的ArcGIS Engine结合ArcGIS 3D Analyst 的ArcGlobe演示，这个演示以一种友好的使用方法展示超过7G的地图数据。国家地理学会的首席制图Allen Carroll说：“ArcGIS 和ArcGlobe的成本不高，但是却能够把如此巨大量的数据表现得这么好。”

他们用三个演示站来展示国家地理地图集和卫星影像。展览时，在四台装了ArcGlobe的工作台上向观众演示从整个地球到华盛顿特区的缩放过程，还有珠穆朗玛峰的攀登路径等。这些都是在Dell电脑上操作的， 安装的是XP操作系统鼠标驱动的防障碍应用程序。

在一个双工作台演示站上，观众可以漫游、缩放和开关10个数据图层，这其中包括地球卫星影

像，还能显示出地球版块、云层，夜光和人口密度等，只要点帮助钮，就可以看到各个图层，学习更多的知识。

另一个演示站展现的是被称为“True Measure of a Mountain”，观众可以在一个操作台上利用ArcGlobe程序“飞越”珠穆朗玛峰的三维图像，让山峰抬升或下沉，选择显示或不显示登山者的路径。

第三个演示站是把国家地理学会的地图和数字地球快鸟高清卫星影像集成，参观者只要滑动透明工具条，就可以从地图到真彩色影像之间转换。一旦转到影像模式下，就可以漫游或缩放到某个具体的地区。按帮助钮，你还可以看到许多问题的回答，例如“国家地理学会的总部在哪”，然后就会显示整个定位的动态过程。

制作所有这些应用程序用时很短，一旦在ArcGlobe中创建好，自定义ArcGIS Engine就会把3D地球投影部署到锁定的智能安全环境中。只需用鼠标，连键盘都不用，大人小孩就可以随时开始体验，如果15秒静止不动，程序还会自动开始演示。

6 成果：

尽管演示的数据大多不是新的，但是这次展览的形式却很新颖。可演示在电脑上的数字地图，地理形式的人口统计数据，完全没有难于阅读的表格。GIS信息赋予是以一种多维的分层方式，可以把描述信息加到地球表面的任意点上，而自定义ArcGlobe的数据展示的进步就在于，可以在电脑、软件和数据之间自动交互，参观者不用担心要去操作电脑程序。

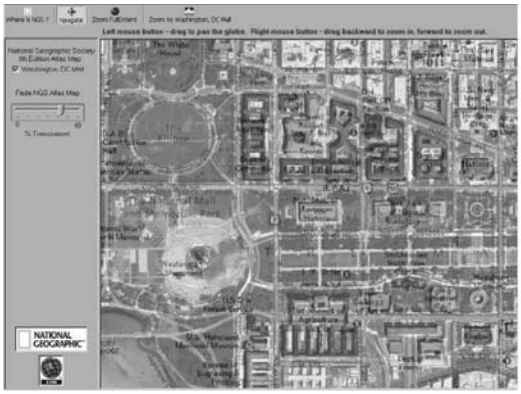


图8.5 数据制图

大量的数据成功地被以一种易于理解的方式呈现出来。为普通大众的使用提供了安全智能的操作系统。Allen Carroll说：“ArcGlobe为地图和数据提供了一个新浏览和交互途径，对博物馆直观地展现我们的世界而言，做出了重大贡献。”

第九章 城市规划应用

GIS空间分析在三维城市景观系统建设中的应用探讨

吕志勇，王佩，朱奇
国家测绘局第一航测遥感院

【摘　要】城市三维模型(简称3DCM) 研究是近年来GIS领域的一个研究热点,在交通、地质、测绘，尤其是在城市规划、建设、环保等方面有着重要意义。传统城市三维景观系统通常仅提供单纯的浏览漫游等功能，缺乏相应的空间分析能力，无法满足实际工作需要。本文将GIS空间分析与3DGIS系统进行了有机结合，探索性地提出了GIS空间分析应用于城市三维景观系统建设的新思路，使建立的三维系统更加科学合理，增强了系统的实用性。
【关键词】 三维GIS、空间分析、三维建模、三维景观

1 引言

随着信息技术的飞速发展，尤其计算机视觉技术的发展，三维数字城市已经成为学术专家的研究热点。三维景观模型比平面图更直观，在很多场合更能说明问题，如建筑、文化设施设计的合理性，以及各种周边综合环境的考虑等方面都较平面数据更具有说服力。然而传统城市三维景观系统分析决策等实际应用功能不强，使其应用的广度大大受限。

目前三维景观系统研究与系统开发主要有三种途径：一是通过底层开发实现；二是在现有GIS平台上二次开发实现；三是在三维可视化软件上通过插件形式加载数据查询和显示功能模块。在实际应用中，这三种方式各有利弊：底层开发方式软件效率较高，同时具有很好的可移植性。但缺点在于代码量很大，而且只能针对开放数据格式；二次开发实现能提供从基本的GIS数据创建、更新、查询，制图和分析到高级功能模块扩展，适应不同层次用户的需要，但传统GIS软件基本都以空间分析为主，三维建模方面的功能较为欠缺，以ArcGIS中三维分析模块为例，它主要是提供基于DEM或TIN的地形显示、查询与分析，三维建模方面功能较弱；三维可视化软件上通过插件形式以三维建模和三维可视化为主的软件，在三维建模方面已经取得了很高的成就，具有很强的模拟度和逼真性，但它们不能或者只能提供很少的GIS空间分析功能，致使三维景观系统的实际应用性较差，分析决策能力较弱。

针对现有城市三维景观系统的普遍弊端，本文在深入研究GIS空间分析理论基础之上，在城市三维建模中引入空间分析理论，将传统GIS空间分析功能与三维建模软件的三维显示浏览功能进行有机结合，取长补短，提出了城市三维景观系统建设的另一思路———空间分析型城市三维城市景观系统，对于构建实用型城市三维景观系统具有广泛的指导意义。

本文从实现城市三维景观系统目前要解决的关键问题谈起：首先介绍了GIS空间分析理论以及将GIS空间分析应用于城市三维景观系统的思路；然后通过系统开发实例证明了本文提出思路的可行性与优越性，文章最后给出结论。

2 构建城市三维景观系统的关键问题

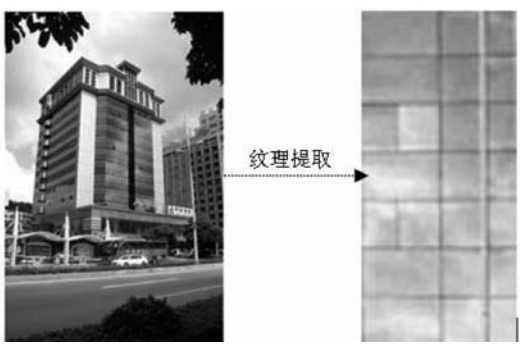
城市三维景观系统建设涉及多种技术，主要包括计算机技术、虚拟现实技术、全数字摄影测量技术、三维建模技术，三维场景变换技术等，综合这些技术涉及的关键问题主要有三个方面：

2.1 数据获取与处理

构建三维景观模型所需数据可分为两大类：空间数据及相关属性数据和三维模型表面纹理数据。空间数据及相关属性数据包括地面影像、高程数据、建筑物轮廓数据、矢量线划数据、地籍数据与建筑物高度数据等；三维模型表面纹理[1]主要数据源为现场拍摄的照片或遥感影像与航片。不同数据数据源可能略有不同，但都要根据实际情况进行，充分利用目前已有各种数据资料。

地理数据是城市信息的基础数据，城市三维景观系统往往涉及较大的地理范围和复杂的自然与人文地物建模，需要海量空间数据。目前，城市三维景观模型的数据获取投资巨大、技术要求复杂，其技术水平是影响城市三维景观系统建设的制约因素之一。采用野外测量、地形数字化、全数字摄影测量等方法，获取研究区域的地理数据，包括数字高程模型、建筑物外表结构与纹理数据等[2]，是目前较为常用的方法。如何提高城市三维模型数据获取的自动化水平已经成为城市三维景观系统建设的瓶颈之一。受到应用需求、成本以及建模区域面积等多种因素影响，人们往往根据不同需求和技术条件来建立功能不同的城市三维景观系统。

表面纹理数据主要包括建筑物的侧面、顶面、草地、操场、围墙、树木、路灯以及雕塑等纹理。真实影像数据应用于三维空间对象建模，可以大大提高三维可视化的逼真度，增加用户进行实时漫游时的真实感和临场感。其获取方法可以分为从影像上提取、用数码相机拍摄真实纹理，或者人工制作。建筑物的顶面纹理可以从航空影像中提取，侧面纹理和其他地物纹理可以用数码相机到现场实地拍摄获取或者搜集可用的纹理图片，如图1所示，图（a）是原始的数码照片，由于透视原因，而且建筑物的一部分被其他地物遮挡，所以没有现成可用的矩形纹理，需要作进一步处理，图（b）是经处理后提取的纹理。



图（a）　　图（b）

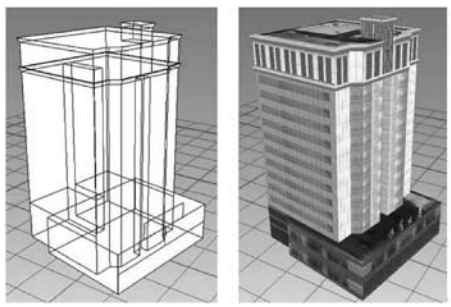
图9.1 三维物体表面纹理提取

2.2 三维模型符号设计

三维可视化的发展促进了三维模型的发展。地图符号是地图上用来表示实地物体与现象的特定图解记号，是以约定关系为基础的与客观事物具有指代关系的物质对象(图形、图解)[3] 。与平面地图符号类似，三维模型就是在三维环境下，描述实地物体与现象的图解模型。在景观模拟中，建筑物以及大量的不规则物体需要模拟：如地形、树木、路灯、路牌等，它们是构成地形环境、提高景观模拟逼真度必不可少的部分。借助ArcGIS将房屋地籍数据转换成dxf格式，用来确定建筑物轮廓和方位，再将dxf数据导入Multigen Creator中建立模型，最后采用纹理映射技术[4,5]较好地模拟此类物体，实现逼真度和运行速度的平衡。三维模型符号的设计流程，具体如图9.2所示。图3是通过dxf格式的建筑物轮廓，通过3DMax 或Creator建模工具建立三维模型[6]，其中图a是没有添加纹理的三维模型，图b是添加纹理后的效果。



图9.2 三维模型符号设计流程



(a) (b)

图9.3 建筑物三维模型

2.3 地表建模与模型整合

地物模型建模完成后，还要进行地表模型的构建。与地表模型相关的数据是数字高程模型(Digital Elevation Model简称DEM)。DEM是以数字形式按照一定的结构组织在一起，表示实际地形空间分布特征的数字模型。DEM的核心是地形表面特征点的(X，Y，Z)坐标以及一套对地形表面进行重建的算法。目前对于地形模型的构造有许多方法[7]，如规则格网法(GRID)、不规则三角网(TIN)、混合法(GRID—TIN)等多种方法，每一种方法都有其独特的特点。地表模型主要是通过DEM转换为TIN数据来模拟地形起伏，ArcGIS提供这种转化工具。

模型整合主要是将建立好的地物模型与地表模型进行叠加，具体方法是将三维模型导入到符号库中作为三维符号，与地物要素进行匹配，替换地物层的默认符号，使三维符号在地表模型上显示，从而构建三维景观模型。图4是通过建立地物三维模型符号库，栅格化DEM为TIN，影像纹理提取与处理，最后进行叠加而成的三维景观效果图。



图9.4 三维景观模型效果图

综上所述，可见三维数据从获取到处理，到最终建模，所处理的数据是海量空间数据。GIS技术推出以来，便以其强有力的空间数据处理与空间分析能力响誉全球，GIS实现空间分析的基础也是海量空间数据，从根源上讲，三维景观模型与空间分析是相统一的，所以在传统城市三维景观系统建模过程中引入GIS空间分析技术具有一定的可能性和合理性。

3 空间分析型城市三维景观系统建设

3.1 空间分析概念

GIS空间分功能是其区别以其它信息系统的重要标志，是GIS系统的核心功能[7]。空间分析是对分析空间数据有关技术的统称，根据作用的数据性质不同可以分为：

1)基于空间图形数据的分析运算；

2)基于非空间属性的数据运算；

3)空间和非空间数据的联合运算。

空间分析赖以进行的基础是地理空间数据，其运用的手段包括各种几何的逻辑运算、数理统计分析，代数运算等数学手段，最终目的是提取和传输地理空间信息，特别是隐含信息，解决人们所涉

及到地理空间的实际问题，以辅助决策。

3.2 城市三维景观系统建设思路

基于GIS空间分析的城市三维景观系统建设，在前期数据处理与建模过程中，均采用现有成熟技术，在后期以ArcGIS开发包组件ArcGIS Engine为开发平台，进行城市三维景观系统的开发。具体技术架构如图9.5所示：

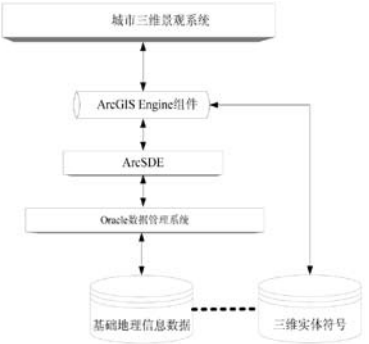


图9.5 系统技术架构

基于GIS空间分析的城市三维景观系统建设思路如下：

1)基础地理信息数据的获取与整理，主要包括DEM或TIN、DLG、DOM数据，以及三维建模数据的纹理采集、获取与处理，构建空间地理数据库和三维景观对像数据库。

2)将整理的数据导入三维建模工具，设计并建立三维模型符号库，供景观系统通过ArcSDE调用。

3)GIS空间分析与城市三维系统结合，除具备传统三维系统浏览，漫游等功能外，更侧重系统的空间分析功能，同时也增加了系统的复杂性，因此要根据系统实际需求，进行系统功能模块设计，以优化效率。

4)采用面向对象的计算机语言设计系统，便于系统的维护与更新，以Esri ArcGIS的独立开发包Arc Engine为开发平台对系统进行实际开发。

需要说明的是，城市三维景观系统建设涉及问题繁多，在此不能面面具道，以上过程仅简明给出将空间分析应用于城市三维景观系统建设的主要思路。

4 实验及其结果分析

在以上理论研究基础之上，本文以珠海市某区域作为实验区域，建立三维景观模型，对城市三维景观系统的部分功能进行演示。演示系统界面如图9.6所示。



图9.6 系统主界面

上方为功能菜单和各种工具栏；下方左侧为场景中显示的数据列表；下方右侧是三维场景显示窗口。根据上图可知，系统除具有传统三维系统的功能外，增加了通视分析、土方计算分析、光照分析、最短路径分析、查询编辑三维实体等特色功能。下面举部分例子说明：

（一）实现类似二维模式下的空间查询。激活查询按钮，任意点击三维实体，所查询到的物体会高亮显示，属性窗口如图7所示。



图9.7 属性查询窗口

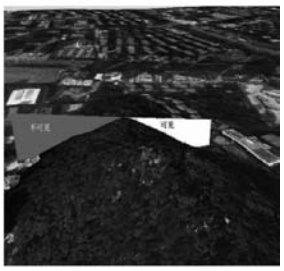


图9.8 可视性分析效果图

（二）三维通视分析。激活可视性分析按钮，出现视点与目标点偏移量的输入窗口，偏移量指点上Z轴正方向的偏移量。之后在场景中点击两点，第一点为视点，第二点为目标点，此两点之间的空间范围内，用绿色多边形标记可见范围，用红色多边形标记不可见范围，如图8所示。

综合实例分析，可见将GIS空间分析引入城市三维景观系统，使系统不仅支持三维漫游、缩放、飞行等功能，而且能够进行三维环境下的空间分析，使城市三维景观系统能够集成规划方案比较、GIS数据存储、分析与处理等多种功能于一身，使系统具有“观赏性”的同时，大大增强了系统的“实用性”，对于提高城市三维系统的实际应用价值具有重要意义。

5 结束语

将GIS空间分析与城市三维景观系统有机结合克服了以往系统只具备浏览功能、缩放、漫游等功能，辅助决策能力较薄弱甚至缺失的缺点。本文通过对GIS空间分析与城市三维景观系统建设关键问

题的探讨，将GIS空间分析引入到城市三维景观系统，使其不仅具备三维场景观系统的一般功能，而且还实现了三维实体查询、三维环境下的空间分析一系列功能，大大增强了三维景观系统的空间辅助决策能力，整个建设思路在“数字珠海”项目中得到了实际应用，实践证明将GIS空间分析引入到城市三维景观系统建设中具有一定的可行性和实用性。

参考文献：

[1] 任海军，文俊浩，徐玲.一种三维数字城市的构建和实现方法[J]. 重庆大学学报(自然科学版)2006,29(4):101—104.

[2] 李德仁，朱庆，李霞飞.数码城市概念、技术支撑和典型应用[J] . 武汉测绘科技大学学报2000，25(4):283—288.

[3] 陈述彭，鲁学军，周成虎.地理信息系统导论[M].科学出版社. 2003.

[4] 孙成忠，刘召芹，陈福旭.三维城市模型纹理库建设技术研究[J]. 测绘通报，2004，6：22—25.

[5] 谢亮. 三维GIS的应用研究[D]. 西南石油大学.2006

[6] 史琼芳，汪繁荣.结合3DS Max和MultiGen Creator进行三维城市建模的研究[J].北京测绘，2007(2):16—18

[7] ZEILER M，Modeling our world：the Esri guide to geodatabase design[M]，USA,Redlands，2002

城市地下空间三维可视化系统的研究与实现

何民舟
上海博坤信息技术有限公司

【摘　要】 本文介绍了基于ArcGIS Enginge和AABB包围盒树，对城市地下空间进行三维可视化和三维碰撞检测分析的研究过程及成果展示。
【关键词】 地下空间；三维可视化；碰撞检测；AABB包围盒树；Multipatch

1 引言

上海社会经济近十余年来发展速率较快，城区范围扩大了近一倍，城市化规模已达到了40%，规划至2020年将提高到70%。随着“上海市城市总体规划（1999－2020）”的实施与世博会申办的成功，上海社会经济将保持强劲的发展势头。与之而来的是中心城区人口密度越来越高，可开发利用的土地资源越来越少。因而，地下空间的开发将成为城市建设的新方向，受到越来越多的关注。为城市地下空间建立信息平台，将为掌握城市地下空间资源利用现状，合理规划、有效控制城市地下空间的开发步骤和开发方式创造基础性条件。

然而，传统的二维GIS系统只关注对象的平面范围，这对于在纵深方向上存在交叉占位（如轨道交通的换乘站）的地下空间对象显然是不够的。为了能真实的反映地下空间的利用状况，必须对地下空间进行三维可视化和三维空间分析。

基于Esri Multipatch数据格式和ArcGIS Engine二次开发的三维可视化系统并不少见，但真正应用在地下空间上的不多，而且其中大多是针对管线的，例如乔志勇、赵冬冬等用ArcGIS实现的三维管网虚拟仿真系统[1]，对地下管线进行了三维可视化。

本文介绍的系统将基于ArcGIS Engine的三维可视化技术应用到地下构筑物上，实现了地下管线、地下构筑物及地物数据的一体化显示，真实的还原了城市地下空间的复杂面貌。更进一步的，给出了地下空间三维场景中对象碰撞检测的实现思路，弥补了Multipatch数据格式在空间占位分析上的不足，为地下空间规划提供有效依据。

2 数据的建模与处理

实现三维可视化，需要有三维数据的支持。制作三维数据的过程大致为：首先对收集到的原始数据进行分析，然后分别对地下构筑物和地下管线建立三维模型，最后将模型导入到空间数据库中。

2.1 地下构筑物的建模

地下构筑物是地下空间三维可视化的主要对象之一，同时也是考量地下空间占位的首要因素，碰撞检测的主要对象，其重要性不言而喻。因此，首先要对地下构筑物进行建模。

地下构筑物分为外部轮廓和内部结构。外部轮廓一般由构筑物的主体（也称外体）、外围护桩和桩基三部分组成，反映构筑物的外部形态以及在地下空间中的占位情况。内部结构一般是指构筑物内的房间、墙面、门窗等，反映构筑物的内部形态以及连通性，其数据量通常十分庞大。此外，内部结构存在的重要意义还在于细化碰撞检测的结果，返回更精确的构筑物碰撞到的部分。为了准确的反映构筑物的外围轮廓和内部结构，达到良好的显示效果，采用面模型的构造方法为地下构筑物建模。

地下构筑物的建模过程较为复杂，大体上可分为数字化和数据转换两大步骤。首先用AutoCAD等建模软件将原始构筑物图纸资料（如竣工图等）数字化，依据构筑物的总平面图、桩平面图、基坑围护图、剖面图等平面图纸，依次对构筑物的外体、外围护桩和桩基进行建模，形成构筑物的外部模型。从系统的应用特点，场景中大量数据的显示速度，以及建模的效率等各方面综合考虑，外部轮廓是建模的重点，而内部结构的建模则作为丰富可视化内容和细化碰撞检测结果的可选过程。

其次是数据转换过程，使用ArcGIS Engine进行三维可视化，需要将三维数据转换为Multipatch数据格式。采用面模型构造的地下构筑物数据同样适合于采用Multipatch来构造，对于外体（及内体），用1个顶面（Polygon）、1个底面（Polygon）和1组侧面（多个Polygon）构成，外围护桩也可以近似为1组侧面。桩基则可以用点来表示，拉伸后即可达到圆柱体形的显示效果。使用ArcGIS Engine提供的IMultipatch接口来生成Multipatch格式的数据。

2.2 地下管线数据的处理

地下管线数据是另一大主要的地下空间数据，可分为管点和管线两类。

管点又分为探测点和设备，前者是管线探测时用的虚拟点，不必可视化；后者表示不同类型管线的不同设备，如阀门、水表、消防栓等。可以参照国家制定的二维管线设备符号，用AutoCAD等软件制作各类设备的立体符号，录入到符号库中，在可视化过程中使管点要素符号化。

管线在平面图中一般以管线中心线来表示，而在三维透视图中，必须考虑管线的截面形状。管线的建模也可以用Multipatch来实现。对于方管，用4个四边形组成即可。对于圆管，一般采用将管线表面分段构造成众多四边形的办法来实现，如图 1所示。实验表明，管线表面等分越细，模拟管线在直观上就越接近真实管线，但模型的计算量增大，显示速度降低；反之，模拟管线比较粗糙，显示速度较快。当管线表面等分为8个四边形时，显示真实性与显示速度能取得较好的平衡。



图 9.9

管线三维可视化的另一个突出问题是管线的衔接。在平面图中，以一条直线段表示一条管段，管段之间是连续的。然而在三维透视图中，无论是圆形管还是方形管，当它们未与管线设备相连时，

其衔接处就可能出现不连续的情况，如图 2所示。为了让管线的可视化更加逼真，同时又不影响显示速度，采取如下方法进行地下管线的衔接。



图9.10

对于圆形管，用一个球体来连接管线段。球体中心点取与之连接的圆管中心点的最低点，球体半径取与之连接管线半径的最大值R*1.2。对于方形管（包括圆管和方管的连接），用一个圆柱体来连接管线段。圆柱体底面中心点取与之连接管线最低点减去与之连接管线的最大尺寸，高度取与之连接管线的最大尺寸H*1.2（方管的最大尺寸为宽度和高度的最大值）。

2.3 虚拟数据的导入

系统中的虚拟数据主要是指隧道，用于模拟隧道开挖。为了简化操作，可以用圆柱体来模拟隧道。用ArcGIS Engine提供的接口很容易实现在二维地图上绘制Polyline（多段线），然后通过系统提供的输入界面，设置Polyline各节点的深度（Z值）和直径，生成三维PolylineElement图元。

2.4 其他GIS数据

为了更直观的显示出当前地下区域所在的确切的地理位置，需要加入额外的地面数据。在系统中，地面数据主要有三维地标性构筑物、道路中心线和道路面，其中三维地标性构筑物的建模方法与地下构筑物类似（不同的是地标性构筑物需要参考外立面、遥感图等更多的图像资料），使得整个三维场景的可视化效果更好。

3 地下空间三维碰撞检测的方法

经过对数据的建模和处理，已经能够利用ArcGIS Engine进行可视化。但Multipatch数据格式本身并不支持碰撞检测分析，为了解决这个问题，使系统更具实用性，更好的为规划和建设服务，本文采用基于AABB包围盒树的方法为地下空间三维碰撞检测提供支持。

3.1 碰撞检测的原理和方法

碰撞检测可以理解为求交问题，用以判断三维场景中不同对象在空间占位上是否相交。采用面模型的构造方法建模的三维对象，其基本几何图元为平面多边形或三角形。从本质上看，其碰撞检测的过程就是将三维对象分解成基本几何图元，遍历所有这些图元，逐对进行图元之间的碰撞检测运算，以判断两个三维对象是否发生碰撞。但是显然，这样的方法效率是极低的。

提高三维碰撞检测效率需要考虑两大问题，一是如何减少图元之间求交的复杂度，二是如何减少图元之间的求交次数。面模型的碰撞检测最终需要处理多边形和多边形的求交测试，由于多边形的

凸凹性不定，所以多采用把多边形剖分成三角形再求交的做法，因为三角形对三角形有非常高效的定性求交测试函数。同时，三角形求交是整个面模型的碰撞检测中最基本的算法，会被频繁调用，它的效率至关重要，系统选用的是Tomas Moller的算法[2]。

相比图元求交的复杂度，求交次数是影响碰撞检测效率更主要的因素。为了减少图元求交次数，自然的思路是尽可能排除明显不相交的图元之间的碰撞检测[3]，包围盒存在的意义就在于此。

3.2 适用于地下空间碰撞检测的方法

理想的包围盒可能具备以下几项特性：1. 求交测试成本低。2. 包围紧致。3. 计算方便。4. 更新容易（平移和旋转）。5. 内存占用少。在球体包围盒、轴向包围盒（Axis—Aligned Bounding Boxes：AABB）、有向包围盒（Oriented Bounding Box：OBB）、固定向凸壳（Discrete Orientation Polytopes：K—DOP）等常见的包围盒中，只有AABB在上述5项特性中取得较好的平衡。对AABB的特点分析如下：

第一，创建较为容易。创建一个物体的AABB实际上是对这个物体的顶点数组进行遍历，记录坐标的最大最小值，这其中只做浮点数的比较操作，复杂度为O(n)，n为顶点数。

第二，内存占用较少。在程序中，AABB可以采用多种不同的表示方法，比如由最小点和最大点来表，或者由最小点和三个方向的分量来表示。无论是哪种方法，最少只需要用6个浮点数即可表示。

第三，求交测试成本低。一个物体的AABB实际上界定了物体在三维空间中每个坐标上的覆盖范围，如果两个物体在某个坐标上的覆盖范围没有重叠，那么可以完全肯定两个物体没有发生碰撞，判定两个AABB没有发生碰撞，至多只需要做三次比较运算。这个速度远高于直接做两个多边形的求交计算的速度。当然，如果判断出两个物体的AABB发生碰撞，还不足以证明两个物体已经发生了碰撞，需要做进一步的求交测试。

第四，对于地下构筑物的包围紧致性较好。这是因为大多数地下构筑物与其地面部分一样，受到周围道路分布走向的影响，平行或近似平行于平面坐标轴；而且从系统使用的试点区域的数据来看，地下构筑物往往也平行于在深度方向的坐标轴（即在地下是铅直的）。这就是使得AABB经常能紧密的包围地下构筑物。如图9.11所示。

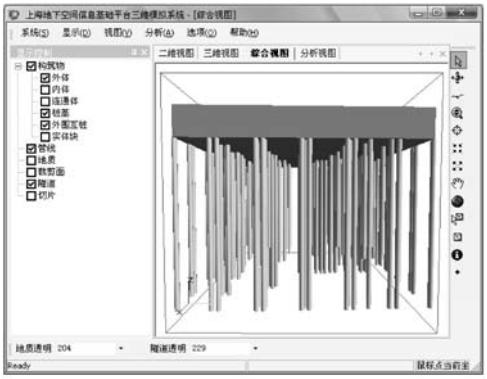


图9.11

因此，AABB是地下构筑物包围盒的首选。

前文提到，两个物体的AABB发生碰撞后，还要做进一步的求交测试以判断它们是否确实发生碰撞。基于树的碰撞检测在碰撞中应用较多，处理面模型的地下构筑物的碰撞检测是对构筑物的每个面创建AABB，由得到的AABB数组构建AABB树，将构筑物的空间占位自顶向下进行分割，直到它的每个面，形成一颗AABB二叉树。从而在碰撞检测的过程中快速排除大量不相交的情况，大幅减少多边形的求交次数。

3.3 为地下构筑物建立AABB二叉树

使用自顶向下的办法为地下构筑物建立AABB二叉树，以下简要的列出建树的步骤：

1、为每个面生成一个AABB。

2、构建根节点的包围盒，该包围盒要求能够包围上述所有面的AABB，把这些AABB存储在根节点的节点包围盒中。

3、分割根节点的包围盒，得到的两个小包围盒分别作为左右子节点。

4、把上述所有面的AABB分派到两个小包围盒的AABB数组中，并清空根节点的AABB数组。

5、递归执行3、4两步，直到叶子节点，即每个包围盒中只容纳一个AABB。

这样便得到了一棵二叉树，其中分割每个二叉树节点包围盒的步骤如下：

1、遍历这个包围盒包围的所有AABB，计算出平均中心，同时计算出在哪个坐标轴上包围盒的跨度最大。假定在X轴上包围盒的跨度最大，那么就将X轴称为最长轴。

2、在最长轴上的平均中心位置切割包围盒，得到两个包围盒。

3、把原包围盒包围的所有AABB分配到这两个新包围盒中。分配方法为：比较最长轴与AABB中心的相应轴的坐标值（如最长轴为X轴，则与X坐标比较），小于等于切割中心的AABB存入左子节点的AABB数组中，否则存入右子节点。

4、递归2、3两步，直到每个叶节点中只包含一个AABB。

二叉树构建完成后，每个叶子节点的数组有且仅有一个元素，其余节点的AABB数组都为空。构筑物的碰撞检测是在AABB包围盒树的基础上完成的。

4 系统的实现

4.1 系统的基本功能

系统为三层C/S结构，业务逻辑层使用标准的ArcGIS Engine组件式开发技术。界面上，采用可在二维视图和三维视图之间任意切换的标签页式的界面。其中二维视图的主要作用是提供用户向三维场景进行空间索引的界面，集成了基础地形和试点区域的地下空间平面信息对象。用户在二维视图中选取一块区域，切换到三维视图，系统根据所选区域的信息读取该区域的地下空间三维数据，同时也加载地面数据，形成地面和地下一体的地下空间三维场景。

利用ArcGIS Engine提供的工具组件，可以很方便的实现基本的浏览功能，如导航、飞行、缩放、平移、全图、信息查询等。以外，系统为使更好的观看管线，开发了可以沿某条路段的中心线飞

行的工具，包括沿路段飞行，或俯瞰管线等。

4.2 系统在规划和建设中的应用

借助AABB包围盒树的技术，系统实现了地下空间对象的三维碰撞检测分析，能够为城市地下空间的开发利用发挥重要的辅助参考作用。碰撞检测分析的典型应用有隧道分析和排管分析。

以隧道分析为例，该项分析考察新规划的隧道与原有的地下构筑物的位置关系。系统为场景中的地下构筑物建立AABB树，在此基础上实现隧道与地下构筑物的碰撞检测分析。首先与每个构筑物包围盒树的根节点比较，如果不相交则意味着与整个二叉树的所有节点都不相交；如果相交则分别和左右节点包围盒比较，直到叶子节点仍然相交时，再进行图元的求交测试。图 4为碰撞检测分析的结果，列出了与隧道发生碰撞或距离隧道非常近的地下构筑物。



图9.12

5 小结

城市发展的步伐日益加快，现代化管理中对优化城市布局结构、土地使用功能、城市基础设施等工作对城市地下空间调查工作提出了更高的需求。本文将基于ArcGIS Engine的三维可视化技术应用到城市地下空间尤其是地下构筑物上，更直观的展现了城市地下空间的复杂面貌。并且在AABB包围盒树的基础上实现对地下空间三维对象的碰撞检测分析，能够为诸如隧道分析等一些地下空间开发利用过程中的常见应用问题提供重要的参考。系统建成后已经投入了试运行，并将在今后更多的实际应用中发挥更大的作用。

参 考 文 献

[1] 乔志勇，赵冬冬等，ArcGIS在三维管网中的研究和应用[C]//第七届ArcGIS暨ERDAS中国用户大会论文集.北京：地震出版社，2006：279—286

[2] MOLLER T，A Fast Triangle—Triangle Intersection Test[J]，Journal of Graphics Tools archive，1997,2(2):25—35

[3] 马登武，叶文，李瑛，基于包围盒的碰撞检测算法综述[J].系统仿真学报，2006,18(4):1058—1064

城市规划信息系统中二三维联动的实现

王兵① 毛锋① 高飞② 金强①
①—清华大学建筑学院 ②—北京晖彪信息技术有限公司

1 问题的提出

GIS在城市规划领域中的广泛应用，使得在原来2维GIS应用的基础上，3维GIS在城市规划领域的应用也得到了极大的提高。

当前2维GIS可以完成对规划信息、地形信息等各类跟城市规划相关数据的收集、处理、查询、统计等功能。而3维GIS的应用主要集中在对规划方案的展示、对比等方面。二者基本上分开操作的，这样在规划方案进行调整时，2维GIS的信息无法同时在3维图形上得到显示，这样就带来了很大的缺点。

为了解决2维GIS和3维GIS在数据更新和信息共享上达到一致，我们在开发城市规划信息系统的过程中，应用ArcGIS平台实现了2维和3维GIS信息的及时互动问题。下面结合我们的实际工作对原理和技术实现进行细致的阐述。

2 二维数据准备

在城市规划中，随着城市的扩建、改建，二维的矢量数据需要不断的添加和修改，而在城市规划中的数据大部分为AutoCAD和MacroStation的格式，这样就需要规定一个统一的图层标准，以便导入ACRGIS中。城市规划中的二维矢量数据分为：行政区划、详规、控规、红线，管线、道路、单位、基础地形等。

3 三维城市模型基础

三维景观模型是地球表面景观的一个三维计算机模型，它不仅包括地面的描述，而且也包括建筑物等目标体的描述。将该模型应用于城市即成为所谓的“三维城市模型”。该模型可以简单地表示为：三维景观模型—三维建筑物模型—数字地形数据—数字正射影像数据。它所包括的内容主要有：地形数据、DEM数据、矢量数据（道路、管线）、建筑物几何数据（高度、顶部几何形状）、建筑物立面纹理等。下图简单描述了3D城市模型结构：

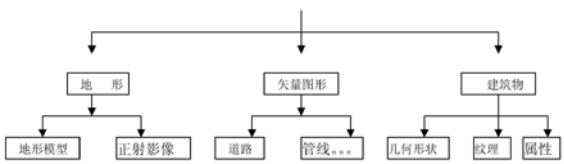


图9.13

对三维城市模型进行可视化具备以下功能：多角度观察、缩放、漫游、旋转、任意选定路线的飞行或地面行驶效果的动态显示；实体属性查询和分析；添加虚拟景观，实现现实与虚拟景观的共同显示；叠加影像数据，对3D模型进行纹理贴合，增加模型的逼真性。

4 三维城市的构建流程

为构建城市三维景观模型，必须首先生产建筑物模型数据、 DEM、DOM。

三维城市建筑模型数据采集可以采用以下方法：解析摄影测量、数字摄影测量、基于现有地形图和其他资料量测等。最近几年，应用数字摄影测量系统进行城市三维测量已经成为建筑物数据采集的主要手段。

为建筑物贴合纹理对于建筑物模型逼真显示具有重要意义，建筑物纹理的采集方法包括从正射影像图上提取建筑物纹理及实地拍摄建筑物纹理。

数字高程模型(DEM)数据采集方法包括解析摄影测量、数字摄影测量、现有地形图矢量化等方法；

正射影像图生产方法包括正射影像图扫描、全数字摄影测量、航天遥感影像处理等。

数据采集完成后利用软件工具建立城市三维模型，开发城市三维景观可视化信息系统。

项目建设的工艺流程如下：

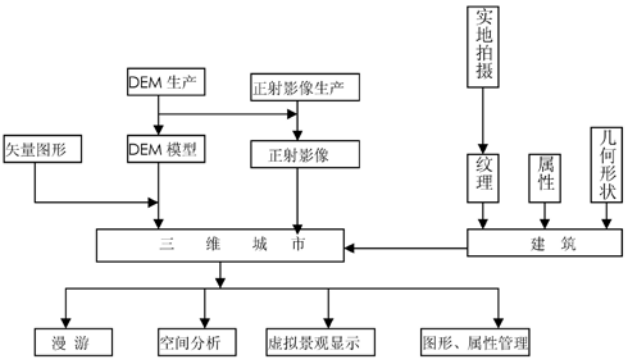


图9.14

5 三维城市的实现

此系统基于ArcGIS的SceneViewerCtrl组件，在DEM数据、矢量图形数据，遥感影像数据、及建筑数据的基础上，应用于城市规划中，考虑到规划者在规划过程中有重新布置建筑的可能，而在三维环境中不能准确确定建筑的位置，所以本系统作成二维和三维同步的模式，即在二维环境中移动建筑的位置后，在三维环境中同时显示移动后的三维模型，同时当更改控制窗口中的建筑的高度时，在三维

模型中可立即显示出高度的变化，及二三维放大、缩小、漫游、选择、鹰眼、属性更新等联动的功能。如图9.15：

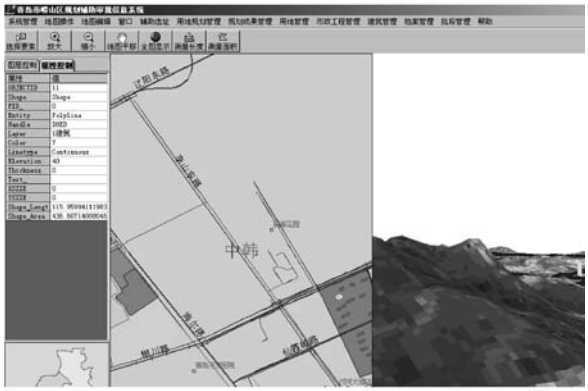


图9.15 二三联动窗口

在主窗口的左侧为控制窗口，中间为二维显示窗口，右侧为三维显示窗口，菜单中的窗口菜单用于控制三个窗口的显示，可同时显示，也可单独显示，显示模式取决于用户的用途，控制窗口用于控制图层的显示和属性的显示、属性的修改及鹰眼，图层控制用于控制在二三维环境中用户要观察的图形，可以添加显示和取消显示，属性控制用于显示选择的矢量图形的属性信息，同时可以修改此属性值，如果此属性值与三维显示相关，如建筑物的层数等，那么当属性修改之后在三维窗口立刻可显示出变化。

其中选择的实体的属性显示到数据网格的代码如下：

```
Public Sub FillFlexGrid(pFeature As IFeature)
Dim FieldCount As Integer
Dim i As Integer
FieldCount = pFeature.Fields.FieldCount
On Error GoTo errhandle
MSFlexGridAttributes.Rows = FieldCount + 1
MSFlexGridAttributes.Col = 1

For i = 0 To FieldCount - 1
MSFlexGridAttributes.Row = i + 1
MSFlexGridAttributes.CellAlignment = 0
MSFlexGridAttributes.TextMatrix(i + 1, 0) = pFeature.Fields.Field(i).Name

Select Case pFeature.Fields.Field(i).Type
Case 0 To 3    '数字类型
```

```
        MSFlexGridAttributes.TextMatrix(i + 1, 1) = LTrim(Str(pFeature.Value(i)))
        Case 4          '字符串类型
        MSFlexGridAttributes.TextMatrix(i + 1, 1) = pFeature.Value(i)
        Case 5 '日期类型
        MSFlexGridAttributes.TextMatrix(i + 1, 1) = pFeature.Value(i)
        Case 6 '实体标识关键字类型
        MSFlexGridAttributes.TextMatrix(i + 1, 1) = pFeature.Value(i)
        Case 7  '矢量图形类型
        MSFlexGridAttributes.TextMatrix(i + 1, 1) = "Shape"
        Case 8 '大二进制类型
        MSFlexGridAttributes.TextMatrix(i + 1, 1) = "Binary Large Object"                End
Select

        Next i
        Exit Sub
        errhandle:
        MsgBox err.Description
        End Sub
```

属性修改的程序代码为：

```
        Private Sub MSFlexGridAttributes_DblClick()
        Dim vari
        Dim i As Integer
        If MSFlexGridAttributes.Col = 0 Then
        Exit Sub
        End If
        i=pFeature.Fields.FindField(MSFlexGridAttributes.TextMatrix(MSFlexGridAttributes.Row, 0))
        Select Case pFeature.Fields.Field(i).Type
        修改各种数据类型的属性值，并在修改后保存
        Case 0, 1 '整数类型
        vari = InputBox("请输入值：", "属性值输入")
        If Len(vari) <> 0 Then
        If IsNumeric(vari) Then
        MSFlexGridAttributes.TextMatrix(MSFlexGridAttributes.Row, MSFlexGridAttributes.Col) = vari
        pFeature.Value(i) = CInt(vari)
        pFeature.Store
        Else
```

```
MsgBox "数据类型错误，请输入数值", vbOKOnly, "错误"
End If
End If
Case 2 '单精度实数类型
vari = InputBox("请输入值：", "属性值输入")
If Len(vari) <> 0 Then
If IsNumeric(vari) Then
MSFlexGridAttributes.TextMatrix(MSFlexGridAttributes.Row, MSFlexGridAttributes.Col) = vari
pFeature.Value(i) = CSng(vari)
pFeature.Store
Else
MsgBox "数据类型错误，请输入数值", vbOKOnly, "错误"
End If
End If
Case 3 '双精度实数类型
vari = InputBox("请输入值：", "属性值输入")
If Len(vari) <> 0 Then
If IsNumeric(vari) Then
MSFlexGridAttributes.TextMatrix(MSFlexGridAttributes.Row, MSFlexGridAttributes.Col) = vari
pFeature.Value(i) = CDbl(vari)
pFeature.Store
Else
MsgBox "数据类型错误，请输入数值", vbOKOnly, "错误"
End If
End If
Case 4 '字符串类型
vari = InputBox("请输入值：", "属性值输入")
If Len(vari) <> 0 Then
If TypeName(vari) = "String" Then
MSFlexGridAttributes.TextMatrix(MSFlexGridAttributes.Row, MSFlexGridAttributes.Col) = vari
pFeature.Value(i) = CStr(vari)
pFeature.Store
Else
MsgBox "数据类型错误，请输入字符串", vbOKOnly, "错误"
End If
End If
```

```
Case 5 '日期类型
vari = InputBox("请输入值:", "属性值输入")
If Len(vari) <> 0 Then
If IsDate(vari) Then
MSFlexGridAttributes.TextMatrix(MSFlexGridAttributes.Row, MSFlexGridAttributes.Col) = vari
pFeature.Value(i) = CDate(vari)
pFeature.Store
Else
MsgBox "数据类型错误,请输入日期", vbOKOnly, "错误"
End If
End If
Case 6, 7, 8 '不能修改的类型
MsgBox "此属性值不能修改!"
End Select
如果三维窗口显示,则当属性修改后,刷新三维窗口
If mnuWindow3D.Checked Then
Me.SceneViewerCtrl1.SceneGraph.Invalidate GetLayerByName3D(pFeature.Class.AliasName), True,
True
Me.SceneViewerCtrl1.SceneGraph.RefreshViewers
End If
End Sub
```

PFeature为传入的参数,即为选择的实体图形。

下面的鹰眼窗口控制图形的显示区域,起到导航的作用。

中间窗口为二维矢量图形显示区域,用于显示在城市规划中所需的各种图件,如各种管线图,现有道路图,详规图,控规图,红线,建筑平面图等,用于辅助规划,当在此窗口中移动建筑的平面图时,在三维显示窗口中相应的三维建筑同时移动到需要的位置。

移动建筑的代码为:

```
Public Sub MoveFeature(pFeature As IFeature, pLine As ILine)
Dim pFeatureEdit As IFeatureEdit
Dim pMoveSet As ISet
Set pMoveSet = New esri Core.Set
Set pFeatureEdit = pFeature
pMoveSet.Add pFeature
pFeatureEdit.MoveSet pMoveSet, pLine
End Sub
```

输入参数pFeature为要移动的实体图形,输入参数pLine为移动的方向和距离,此参数在鼠标左键

按下和弹起时产生。

当移动后要想让移动的结果立即在二三维环境中更新，必须对二三维窗口进行刷新，代码为：

```
Public Sub Refresh2DAnd3DView()
Me.MapControl1.Refresh
Me.SceneViewerCtrl1.SceneGraph.Invalidate GetLayerByName3D(pFeatureMove.Class.AliasName),
True, True
Me.SceneViewerCtrl1.SceneGraph.RefreshViewers
End Sub
```

GetLayerByName3D为自定义的根据图层名获取三维窗口中的图层的函数。

```
Public Function GetLayerByName3D(sLayerName As String) As IFeatureLayer
Dim pMap As IScene
Dim pEnumLayer As IEnumLayer
Dim pLayer As ILayer
Set pMap = FrmMain.SceneViewerCtrl1.SceneGraph.Scene
Set pEnumLayer = pMap.Layers
pEnumLayer.Reset
Set pLayer = pEnumLayer.Next
Do While Not pLayer Is Nothing
If pLayer.Name = sLayerName Then
Set GetLayerByName3D = pLayer
Exit Function
End If
Set pLayer = pEnumLayer.Next
Loop
End Function
```

放大、缩小、漫游、全图联动的实现都调用了同一个函数SceneViewZoomToRect，函数的实现为：

```
Public Sub SceneViewZoomToRect(Rect As IEnvelope)
SceneViewerCtrl1.SceneGraph.ActiveViewer.Camera.SetDefaultsMBB Rect
SceneViewerCtrl1.SceneGraph.RefreshViewers
End Sub
```

输入的参数Rect为在二维组件中放大时矩形范围。

右侧窗口为三维显示窗口，三维显示时叠加的数据为DEM、遥感影像、与二维窗口中显示的矢量图形，用鼠标键的组合可以控制三维图形的浏览，Shift+↑使视图向下平移，Shift+↓使视图向上平移，Shift+→使视图向左平移， Shift+←使视图向右平移，Ctrl+↑使视图 放大，Ctrl+↓使视图缩小等。

6 总结

构建系统人们常常希望在一个系统中能够同时包含二维和三维GIS的功能，能够实现二三维联动。ArcGIS提供的二三维一体化的开发方式，为城市规划中二三维联动的实现提供了很大方便。无缝二三维开发体系，系统开发集成更加方便，有助于开发出更加面向业务需求的应用系统。

三维日照分析系统的设计与实现

黄桦　吴健平
华东师范大学 地理信息科学教育部重点实验室

【摘 要】 本文主要介绍了基于ArcObjects的三维日照分析系统的研制，论述了一种基于ArcObjects开发方式，并对设计到的关键技术如日照分析技术、阴影动画显示、三维建筑生成等技术做了详细的介绍。最后对该系统的应用做了简要介绍。

1 前言

阳光对居住环境和人们的健康有着重要的作用，因此建筑设计中如何充分利用太阳能是非常重要的。我国城市规划部门已制定出有关法规，规定受遮挡的居住建筑的居室冬至日满窗日照的有效时间不少于连续一小时[1]。随着我国城市建设的飞速发展，建筑物的密度越来越大，新建高层楼房遮挡了原有房屋住户本可以得到的阳光的情况时有发生，这就引发了很多的日照纠纷。

建筑日照的求解是比较复杂而又繁琐的，对于某一建筑及周围环境来说，它的日照时间、日照面积、建筑阴影的变化都是随着研究的地点、季节、时间及周围环境的不同而不同，都是在不断地变化着的[2]。传统基于手工计算的方法早已不能满足快速、准确的日照分析要求。目前国内实际应用于日照分析的软件有：天正软件有限公司的日照分析模块、联图公司的日照分析软件2.0和众智软件公司和无锡市规划局联合开发的日照分析系统软件SUN。这些软件在实际应用过程中去取得了一定的效果。但这些软件都是基于CAD系统开发的。随着用户对地理数据不断提出更高的要求，这些系统已经开始显得滞后于规划需要了。

目前，将GIS作为核心技术建立规划管理系统已成为城市规划领域的共识[3]，对于规划规划设与管理而言，迫切需要将常规的专题应用如日照分析集成到GIS中。目前Esri的产品ArcGIS以其强大的地理数据管理、编辑、显示、分析功能而越来越多的应用到城市规划领域。ArcObjects(AO)是ArcGIS的基石，基于ArcObjects的开发方式以其简单快速的特点而广泛地被人们所接收。因此基于ArcObjects的三维日照分析系统（SunAnalysis）可以很好的嵌入到城市规划的流程中，加快城市规划的效率。

2 系统设计

本系统有四个功能模块，每个模块分别由不同的几个部分组成。

⑴ 设置和计算功能模块。用户可以设置分析的地点（北京、上海市的一些县市）与分析的时间（节气）。并设定了分析的时间段（8：00－16：00）。基于这些设置，在计算功能中，可以计算出该城市在某天，日出、日落的时间。用户输入不同的时间，可以得到这个时刻太阳的高度角、方位角，并以可视化的形式表现出来。

⑵ 选择工具模块。提供了两个选择工具，一个是ArcScene自身带的，它每次只能选择一条记

录。另一个可以让用户同时选中好几条记录。

⑶ 编辑模块。该模块由三个工具组成。删除：删除选中的记录，画点：在Z＝0的平面上画点。构建房屋：根据选中的建筑物平面图形，设置所要生成的楼层数及楼层的高度，生成建筑物的Multipatch图层，每层作为一条记录。

⑷ 日照分析功能模块。该模块是本系统的核心模块，它由七个功能组成。生成棒影图：点击ArcScene视图上的某一点，输入棒的高度，得到这天该棒产生的棒影图。瞬时阴影轮廓分析：选中某区域内的一个建筑物，得到它在某时刻内投影到地面上的轮廓图。最大阴影轮廓分析：选中某区域内的一个建筑物，得到它特定时间里产生的最大阴影轮廓。日照阴影变化分析：选中某区域内的一个建筑物，它成了其他建筑的遮挡建筑，那么它产生阴影投影到其他建筑上去，然后以15分钟为一个间隔，动态展现阴影的变化。周边影响分析：选中一个窗户，然后分析在这个区域内有哪些建筑对它产生遮挡，然后这些建筑高亮显示。空间点分析：选中几个点作为分析的对象，选中可能的遮挡建筑，来分析这些位置在特定的节气里的日照条件，一般选择日照条件最差的冬至，由此来判断该位置是否符合国家关于日照时间的规范。窗口日照分析：选中几个窗户（可以是不同朝向的，也可以是在不同的建筑上）作为分析的对象，选中可能的遮挡建筑，来分析这些窗户在全年日照条件最差的一天（冬至）的日照时间段，包括最长连续日照时间，日照时间段。

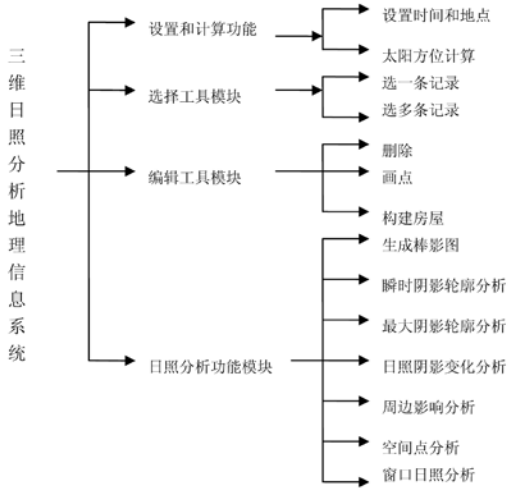


图9.17 三维日照分析系统的模块

3 关键技术

3.1 日照分析技术

日照分析中的主要技术是太阳运行轨迹、日照时间、日照间距的计算。其他的相关技术包括日出日落时间的计算、阴影分析、最大阴影轮廓、空间点分析、窗口日照分析、阴影动画分析等，这些

分析都通过上述的三个方面扩展而来。

⑴ 太阳运行轨迹的计算

要想计算日照环境数据，必须计算太阳在任意时刻的位置，而太阳的位置可由太阳的高度角和方位角来确定[4]。

求太阳高度角Hs：

$$\sin Hs=\sin\Phi*\sin\delta+\cos\Phi*\cos\delta*\cos t$$

其中，Hs为太阳高度角，Φ为地理纬度，δ为赤纬角，t为时角（角度单位均为度）

求太阳方位角As：

$$\cos As=(\sin Hs*\sin\Phi-\sin\delta)/\cos Hs*\cos\Phi$$

其中，As为太阳方位角。

根据上述公式就可以计算出日出至日落时的太阳运行轨迹数据。

⑵ 日照时间分析算法的设计

计算空间中某一点是否被建筑物遮阳是日照时间分析的关键技术[5]。本文改进了目前广泛应用的日棒影图算法，它使用了AO的拓扑分析功能，使得该算法的有效性与正确性得到提高。它的基本思路是先取空间点所在水平面(Z=H，H是空间点高度)为阴影承影面，然后求取建筑物在该承影面上的二维阴影多边形，通过判断该点与二维阴影多边形的位置关系就可得出该点是否被建筑物遮阳。具体的计算方法如下：

把需要分析的时间段比如是(8：00－16：00)按期望的计算精度做有限细分，得到许多时间单元，对时间单元(如取10分钟)考察待测点是否被周围的建筑遮挡，若没有任何建筑物遮挡该点采光，则该点的日照时间加上时间单位的长度。对每个时间单元顺序遍历一次，并积累接收日照的时间，得到总长度即为全天日照时间。

这个算法在实际应用中，可以先得到一幢建筑物在一天中最大的阴影轮廓，然后判断空间点是否在这个阴影轮廓中，如果不被包含，那么说明这幢建筑一天都不会对该点遮阳。这样通过判断是否包含，就是得需要分析的遮挡建筑物就减少了，从而加快了计算的速度。

(3) 日照间距的计算

日照间距通常按下面的方式进行[4]：

① 根据要求建筑物达到的全天最小日照时间(minT)确定所需计算的时刻T。

$$T=12-\min T$$

②计算时刻T的太阳高度角Hs和太阳方位角As(公式(1)，公式(2))。

③计算日照间距系数

$$Coeficient=ctanHs*\cos(As-\alpha)$$ 其中，α为建筑的方位角。

④计算日照间距L

$$L=H*Coeficient$$ 其中，H为前栋建筑物的高度。

3.2 空间点的生成

ArcScene自身没有提供在Z＝0的平面上画点的功能，为了能实现这个功能，在系统开发过程过

引用了OpenGL1.2类库。把屏幕上的点转化为在三维空间中的坐标，OpenGL的gluUnProject ()可以完成这个过程。即根据已知屏幕上点的二维坐标(包括深度坐标) 以及经过的变换矩阵可求出该点变换前在三维空间的坐标位置,但需要给定二维屏幕坐标的深度坐标,而这个深度坐标是无法事先确定的。为解决这个困难,考虑OpenGL的投影原理:视图体前裁剪面深度为z1,后裁剪面深度为z2,z1≤z2;投影后的坐标的深度坐标在默认情况下在0.0～1.0之间,即前、后裁剪面对应的深度坐标分别为0.0和1.0。另一方面,一个二维的屏幕位置可以来源于三维空间的一条线上任意的位置,这条直线经过空间中的点,并且分别与前、后裁剪面相交,最后成像于屏幕上的点. 因此,可分别以0.0和1.0为深度坐标,两次调用gluUnProject(),得到视图体前、后裁剪面上的两个点,这两个点确定一条直线,二维屏幕上的点对应在空间就位于这条直线上,进一步,这条直线必定与窗口有交点.最后确定x和y值即为该点相对于所在窗口的坐标。算法如下:

①通过glGetDoublev()获得ArcScene当前的全局投影(projMatrix)、视区变换矩阵(viewPort)和视图模型变换矩阵(modelMatrix)。

②两次调用gluUnProject(),点P(Wx,Wy)为读到的鼠标在屏幕上的坐标,Wz分别为0.0 和1.0。由此得到前、后裁剪面上两点P1(a1,b1,c1)和P2(a2,b2,c2)。

③P1和P2确定一条直线L,L 的方程为

$$\frac{x-a_1}{a_2-a_1}=\frac{y-b_1}{b_2-b_1}=\frac{z-c_1}{c_2-c_1}$$

④设鼠标点选确定窗口所在平面为M，M的方程为AX+BY+CZ+D=0。由于前面利用gluUnProject()求前后裁剪面交点时用到的modelMatrix是窗口所有模型视图变换后的矩阵，因此此处的平面实际上相对于窗口位置的平面，即M的方程为Z=0。这样我们画的点就是在Z=0的平面上画点了，实现了同ArcMap一样的功能。

确定直线L与M的交点，由方程组:

$$\begin{cases}\dfrac{x-a_1}{a_2-a_1}=\dfrac{y-b_1}{b_2-b_1}=\dfrac{z-c_1}{c_2-c_1}=== \\ z=0\end{cases}$$

可得交点P′ ($a_1-c_1*\frac{a_2-a_1}{c_2-c_1},b_1-c_1*\frac{b_2-b_1}{c_2-c_1}$) 这样就把屏幕坐标上的点转化为了平面Z=0上的点。

4 系统实现及应用实例

4.1 系统实现

在ArcScene9.1的环境下，基于以上的关键算法，用Visual Basic6.0编程语言通过COM技术调用AO对象库和OpenGL1.2，形成了一个名为SunAnalysis的ActiveX DLL。把它嵌入到ArcScene后，就完成了系统的研制。

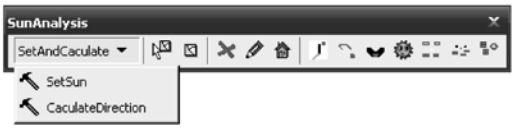


图9.18 SunAnalysis

4.2 应用实例

本文选取了上海市中心某个小区(东经121° 28′ ,31° 13′)为研究对象，选取了日照条件最差的冬至日为研究时间段。进行了棒影棒影图、最大阴影轮廓，阴影动态分析，窗户日照分析等操作。图3、图4分别是阴影动画分析和窗户日照分析的效果图。

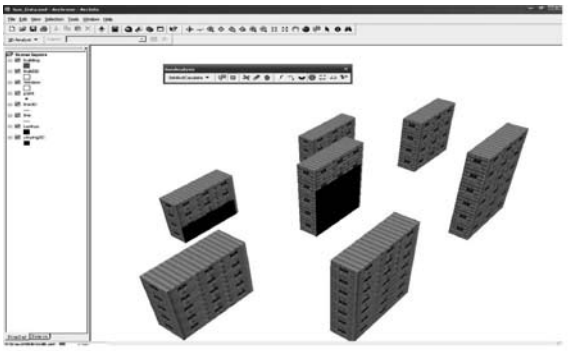


图9.19 阴影动画分析

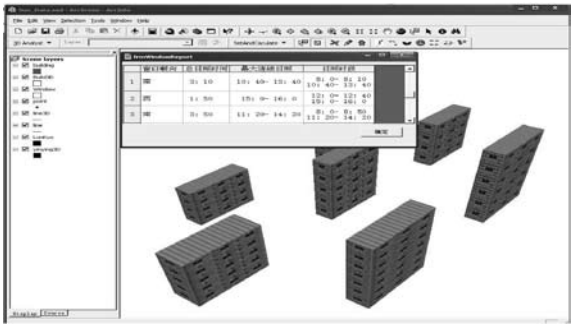


图9.20 窗户日照分析

5 结语

本文对基于ArcObjects的三维日照分析系统的设计与实现从基本原理、关键技术的分析、算法的设计、应用实例等方面作了详细的说明。目前Esri公司的产品已经越来越多的应用到规划、设计等部门。所以基于ArcObjects的日照分析地理信息系统（SunAnalysis）将会更加方便为城市规划设计、小区规划设计及建筑设计的窗户日照时间、空间点日照时间、建筑阴影提供准确的日照分析，同时还可以对旧城改造、居民挡光纠纷提供准确的日照分析。随着GIS各种技术的逐步完善和在城市规划与管理中的应用，相信必将带来城市规划与管理的重大变革。

参考文献：

[1] 北京市城市规划管理局.城市建设规划管理法规文件汇编[R].1971—1989.137.

[2] 杨钢，荆华.用计算机求建筑物日照问题[J].哈尔滨建筑大学学报,2000,33(1):87—91.

[3] 储金龙。数码城市技术在城市规划中的应用[J]，合肥工业大学学报(自然科学版)
2002，25(3)：283－288

[4] 李青元.三维矢量结构GIS拓扑关系研究[D].徐州:中国矿业大学.1996.

[5] 眭海刚,陈松林,朱庆.基于数码城市GIS的日照分析系统的设计与实践[J] 计算机应用研究，2004,第六期:164—167

第十章 国防应用

环境三维GIS在环保中的应用

师旭颖 汪玉峰
中科宇图天下科技有限公司

1 概述

目前大多地理信息系统是二维的，但是基于二维电子地图的系统在视觉上的直观性差强人意，对于从事环境保护工作的普通工作人员很难在短时间内建立起环境研究区域内的地理要素的直观印象。而三维地理信息系统正好弥补了这一缺陷，其强烈的视觉冲击力和身临其境的感觉会让人快速地进入工作状态，从而提高了工作效率。

三维GIS不仅突破了空间信息在二维平面中单调展示的束缚，为信息判读和空间分析提供了更好的途径，也可为各行业提供更直观的辅助决策支持。因此，空间信息的社会化应用服务迫切需要三维GIS的支持，三维GIS已日益成为GIS发展的重要方向之一。三维展示提供更丰富、逼真的平台，使人们将抽象难懂的空间信息可视化和直观化，人们结合自己相关的经验就可以理解，从而做出准确而快速的判断。

我们针对三维地理信息系统的特点，及其在环保行业中的应用前景，采用国际主流地理信息平台美国Esri公司的ARCGIS产品和3DMAX建模进行开发，通过各种遥感影像数据、航拍航测影像数据、矢量地图数据等进行加工处理，生成全三维解析的地形图，并针对行业客户的特殊需求，灵活订制开发了多款基于GIS空间分析技术、RS遥感航测技术等构成的多功能组合式的三维地理信息系统。我公司设计并研发的三维地理信息系统应用界面开放友好、功能齐全、满足行业客户的各种需求、三位展现形象生动，为环保部门管理工作提供了良好的决策支持作用。

2 系统建设目标

基于空间三维技术、GIS技术、模拟分析技术，针对客户需求，研发了具实用性和独特性于一身的环境三维地理信息系统，实现了环境监测信息的模拟仿真，对环境规划、项目建设、环境功能区划等情形的三维动态模拟，对环境管理工作成果的三维展示，对环境信息的三维动态查询及演示，以及地形模型与用户的交互访问等功能。从而为整个环境规划、环境综合评价、大规模区域调查、以及环境分析等工作提供了快速高效的技术支持和辅助决策手段。

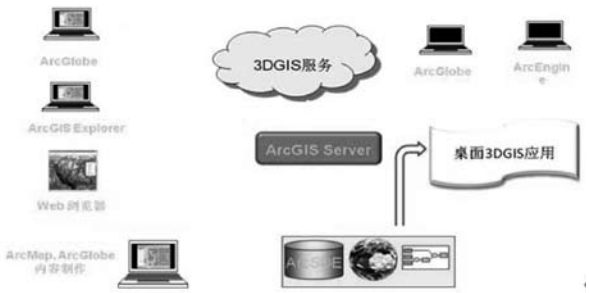


图10.1 三维可视化解决方案

3 系统技术路线

系统总体技术路线如下图所示：

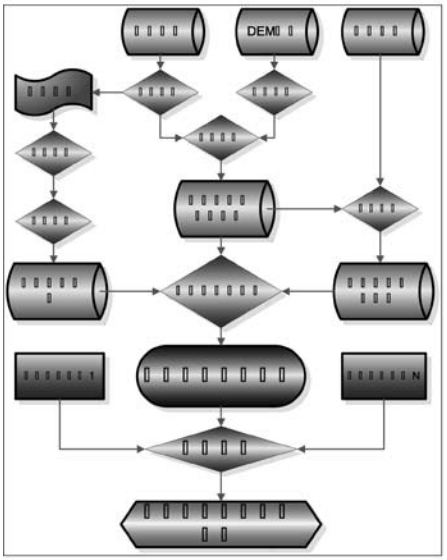


图10.2 系统技术路线图

4 数据处理

环境三维地理信息系统的开发，需要三维数据支持，我公司研发的环境三维地理信息系统需要的数据主要包括：航拍图、等高线、重点建筑物照片、DEM数据及各类专题数据等。

4.1 基础矢量地图制作

4.1.1 影像处理

影像处理包括以下三个方面：

(1) 影像几何纠正与图像处理

(2) 影像镶嵌与地理基础底图拼接

(3) 影像与地理基础底图复合

4.1.2 影像解译

影像解译是指从图像获取信息的基本过程。即根据项目需求对数字地图的要求，运用解译标志和实践经验与知识，从影像上识别目标，定性、定量地提取出目标的分布、结构、功能等有关信息，并把它们表示在地理底图上的过程。

4.1.3 地图外业调绘

外业调绘工作主要包括地物信息、道路信息、居民面信息的调绘，以及对关键地物的照片拍摄。

4.1.4 环境数据整理与分层

通过外业调绘的矢量化结果按照地图需求方的标准进行质量控制，并进行详细分层，搭建完整的数据结构。

4.1.5 环境地图分类与编码方法

本标准采用分类法，根据分类编码通用原则，将地物要素共分为二十个大类，依次细分为子类。

4.2 环境三维图建设

(1) 导入全球影像

将全球影像导入系统，产生整体的显示效果。

(2) 叠加当地高分辨率影像

影像经过坐标配准后已具有经纬度坐标，可以直接叠加在全球影像上。

(3) 根据高程线拔高地形

通过导入DEM数据拔高地形，生成起伏的三维地形。

(4) 矢量数据叠加

将制作的矢量数据导入系统，为普通建筑物等的三维显示提供数据基础。

(5) 特殊地物三维建模

对比较关心的特殊地物进行三维建模，并将三维图形导入系统，赋予相应的地物属性，达到特殊地物的逼真显示的要求。

4.3 数据更新

(1)更新采用外部修改，覆盖同名文件的方法实现，更新内容包括：

(2)影像图（航片）

(3)矢量数据

(4)专题成果图（基础地图、环境地图、规划地图）

(5)动画

5 系统功能展示

环境三维地理信息系统能够使环境部门的工作人员非常直观地了解研究区域内所有相关的地理要素，例如DEM地形图、主要地物的三维显示图、目标的定位、专题图的三维显示等等。

5.1 基本功能

我们研发的环境三维地理信息系统产品，用户可以在IE浏览器中浏览各类环境类三维地图信息，并且在界面上提供：漫游行走、飞行、平移、滚动、转动、缩放完整的三维影像浏览功能，形象的展示环境研究区域的地形地貌和地物等。部分基本功能如下图所示：

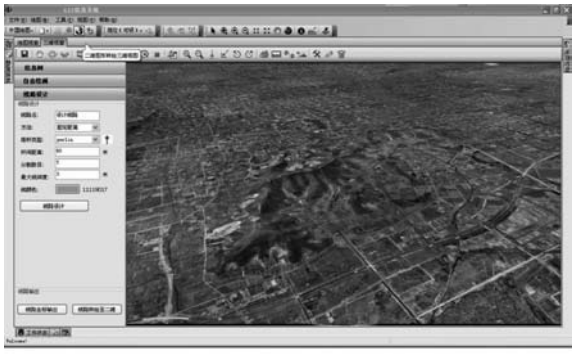


图10.3 环境保护区三维显示界面

5.2 漫游控制

漫游控制决定环境三维电子地图演示的效果，通常漫游软件均提供了多种漫游方式，包括手扒移动方式、焦点方式、旋转观察方式和路径方式。

5.3 三维地形图显示

通过导入研究区（环境保护区、环境功能区、污染源影响区域等）的DEM数据拔高地形，生成起伏的三维地形。

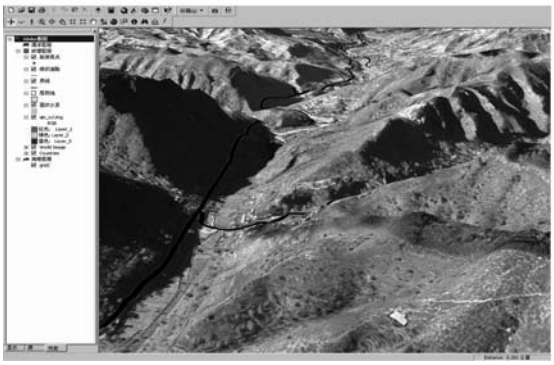


图10.4 环境研究区三维地形图

5.4 基础三维地图数据

系统可直观真实的以三维形式显示环境研究区内的所有地物信息，包括对其属性信息的关联展示。在研究区内选择研究地物类型进行三维精细化建模，按照现场实际情况，实现环境研究区内建筑物、场地、道路等仿真。



图10.5 基础地物分布图

5.5 特殊地物显示

对研究区内重点污染源厂区概况、污染源分布、净化设施、排污口、污水处理厂、焦炼厂等环境类地理要素进行精细建模，并实现三维显示。

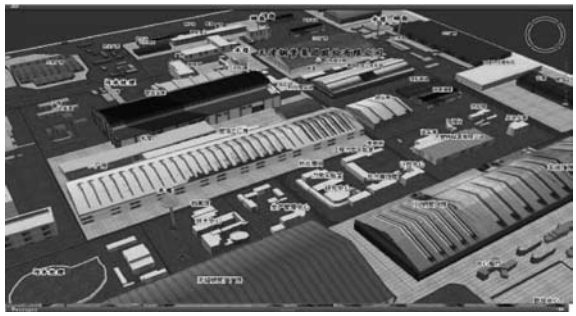


图10.6 重点污染源三维示意图–钢管厂

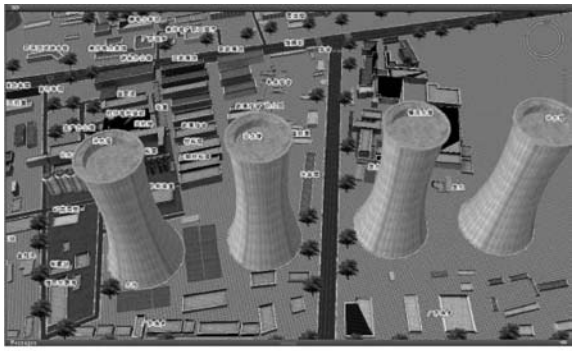


图10.7 重点污染源三维示意图–电厂

5.6 专题信息建设

对各类与环境研究区域相关的专题信息进行专题制图，如：

环境功能区划图；

水功能区划图；

水系分布图；

工业用地分布图；

污染源分布图

噪声点监控点分布图；

……

环境规划图；

环境情景模拟图。

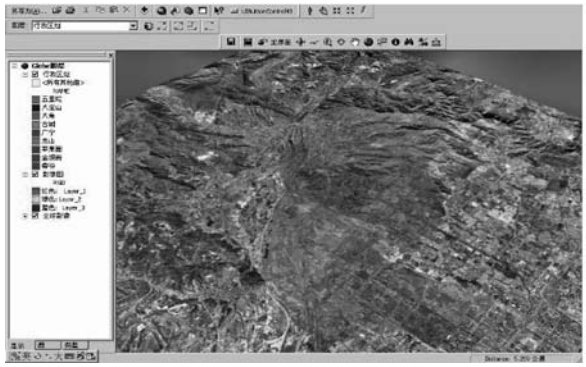


图10.8 环境研究区域图

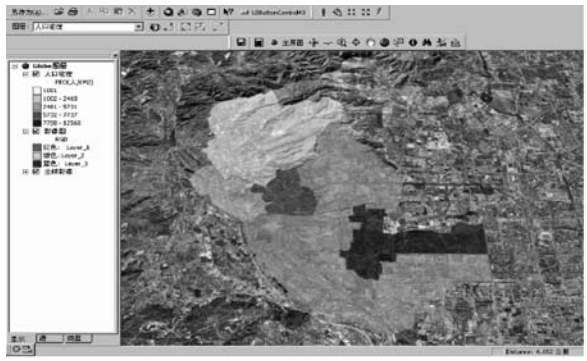


图10.9 区域人口分布图

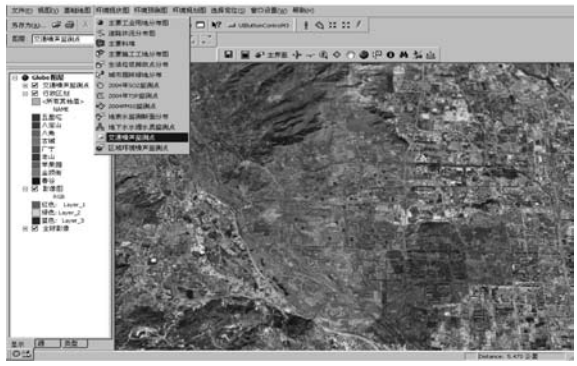


图10.10 环境监测点位分布图

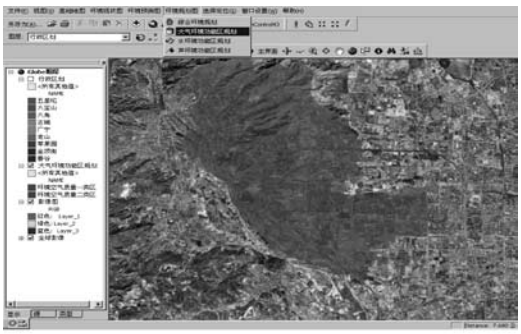


图10.11 环境规划图

5.7 选择定位

通过属性选择或者位置选择等功能，从查询窗体中输入选择范围等指标，从而快速准确的确定污染源、环境监测站点的位置，并获得相关的环境监测信息。



图10.12 地物定位显示图

5.8 三维分析

（1）量算分析

系统提供基于三维的量算分析功能，包括环境研究区内距离量算、面积量算和体积量算。

（2）查询统计分析

系统提供对三维空间中任意对象的相关属性，包括查询当前地形点参数、查询对象空间信息、查询环境监测站点的环境统计信息、环境模拟信息、污染源基本信息、污染物扩散信息等。

（3）缓冲分析

系统提供三维的缓冲分析功能，可以获得水、大气等的扩散缓冲信息。

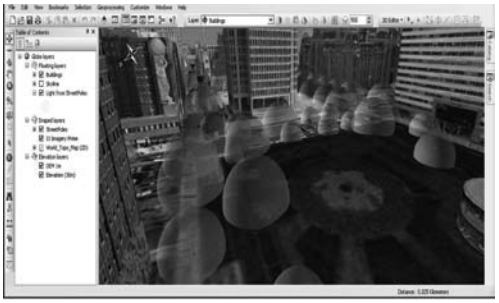


图10.13 三维缓冲分析

（4）视线分析

系统提供三维的视线分析功能，可以立体的观察环境信息变化情况，从多个角度获得如水扩散、大气扩散的变化趋势及范围等。

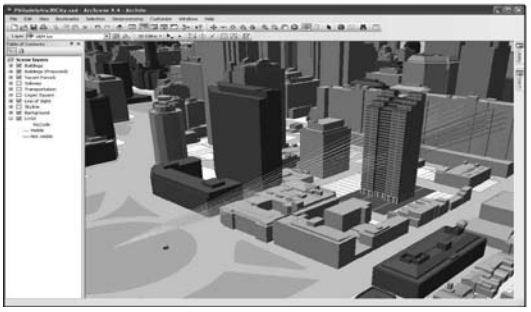


图10.14 三维视线分析

6 系统特色

（1）实现了环保信息的三维可视化显示

可以更加直观、清晰地表达地理信息、环境统计信息、环境现状信息、环境变化趋势以及各类专题信息。

（2）实现三维地图与数据的双向关联查询

利用三维GIS平台实现三维电子地图的信息发布展示功能，根据研究区的航空影像、卫星数据、数字高程模型创建三维地形景观数据库，创建三维交互式环境，为研究区环境信息的立体化分析和空间展现提供支持。

（3）实现假设情境下的三维环境GIS与环境模型集成

三维地理信息系统产品可以在三维模式下与预测模型结合起来，发展一种高效的无缝的连接模式，实现生态环境状况的空间模拟和预测，包括大气扩散模拟，水污染扩散模拟，噪声模拟等功能。

知音道路交通噪声预测系统

田奇铣　程洪月　李月娇
中南大学地学与环境工程学院

1 前言

随着人们生活水平的提高，私家车已经逐步普及到寻常百姓家，这必然加剧城市交通压力，由此带来的交通噪声问题已经被逐渐被提到日程上来。工业化进程的不断推进，城市化进程的飞速发展，其本身所产生的噪声污染问题已经不容忽视，而且将进一步增大交通压力。进入21世纪以来，人们对人居环境的要求也越来越高，尤其是噪声干扰，已经成为都市人所关心和厌恶的问题之一。近年来，由噪声污染引发的各种官司的数量明显增多，防治噪声污染，刻不容缓。因此，关于噪声排放的标准和测量评定方法已经引起了相关部门的重视。

城市噪声污染是四大环境公害之一，是世界各国大城市面临的一个重要环保问题，如何控制噪声，减少其对居民的干扰已成为人们关心的问题。国家环境保护部于2008年10月1日颁布了《工业企业厂界环境噪声排放标准（GB 12348—2008）》《社会生活环境噪声排放标准（GB 22337—2008）》等新标准，体现了国家对于防治噪声污染的重视程度。

2 项目背景

关于交通噪声的评定方法通常采用道路交通噪声预测模型和实际监测相结合的形式。国外的道路交通噪声预测模型比较成熟，美国联邦公路管理局（FHWA）道路交通噪声预测模型、英国的CRTN88模型以及德国的RIS90模型，其中以美国的FHWA模型应用最为广泛。我国在道路交通噪声预测领域的研究起步较晚，目前已有部分专家学者在国外道路交通噪声预测模型的基础上，针对我国国情进行参数修正，以应用到我国的道路交通噪声预测中。

根据中华人名共和国环境保护行业标准（HJ/T 2.4—1995）和目前的道路噪声预测模型应用情况，本系统引进美国FHWA道路交通噪声预测模型，采用先进ArcGIS平台软件，基于场论的研究方法，可以模拟并预测出道路周围的噪声空间和时间分布情况，建立起城市噪声评价体系，并能以二维和三维的模式生动地展现出来，可为城市交通规划提供辅助决策支持，为环保等部门进行道路交通噪声预测与监测提供一种科学的技术手段，为人们购房提供参考依据，为地产等企事业单位提供决策支持，为司法等部门处理噪声污染等案件时提供参考依据。

3 国、内外研究现状和发展动态

3.1 交通噪声预测模型

城市交通的噪声影响评价，在许多国家和地区都受到重视。20世纪80年代以来，各国相继开发了基于当地实际情况的道路交通噪声预测模型。美国联邦高速公路管理局(Federal Highway Administration)于1978年12月发布的FHWA高速公路交通噪声预测模型。该模型自发布以来经过数次改进，现已日趋完善并在许多国家得到广泛应用。英国交通(U. K. Department of Transport)于1975年发布了CRTN模型，该模型自发布以来在所有英联邦国家和中国香港地区广泛应用，并成为这些国家和地区法院在处理有关交通噪声诉讼案件时唯一认可的标准模型。德国交通部公路建设司分别于1981年和1990年发布了RLS 81模型及其改进牌RLS 90模型。法国、奥地利、瑞士、丹麦等国也都相继发布了自己的道路交通噪声预测模型。

国内学者也积极从事城市交通噪声评价研究。常规的道路交通噪声影响评价一般采用“面向声源”的评价方法。王毅、李本纲等分析了北京市城区道路交通噪声的现状和时间变化特点，并简单分析了交通噪声对居住区的影响。熊韶峻提出了运用模糊数学、动态聚类、综合评价和模糊概率相结合的FCAP法评价区域噪声环境质量的新方法。单德贵、李人协等将土地利用、噪声污染指标、噪声管理指标相结合，探讨了进行城市区域噪声评价和适用区域划分的新途径。遗憾的是中国目前并没有比较完善的通用模型。

3.2 城市交通噪声评价

早期城市交通噪声评价大多采用实际监测采样的方法，近期的研究则采用预测为主、实测验证的方法。对城市交通噪声评价而言，预测似乎比实测更实用一些。原因有：实测只能用于评价已有交通道路的噪声影响，对于在建或规划中的道路则无能为力。实测数据往往要受到非交通声源的影响而不准确。预测则不受非交通声源的影响，仅仅考虑公路交通产生的噪声。噪声评价点数量多，逐点实测需耗费大量人力物力，实测的同步性也难以保证。预测则可以借助于相对完善的模型，加上少量实测点校正，得到较好的结果。交通噪声实测数据仅仅代表测量时的噪声状况，而该时间段未必就有代表性。预测则可以根据需要用一天平均交通流量成一定时段内最大流量，求出相应的一天等效声级和一定时段内最大噪声级。因此，交通噪声评价中采用预测为主、实测验证的方法是今后的发展方向。

另外，现行交通噪声环境的评价大都局限，交通噪声起伏大，其在不同时间段的交通噪声对居民的影响差异甚大。实测的交通噪声只能代表测量时的噪声，噪声在1天内的分布到底如何、周末与工作日究竟有无差别、测点出现超标噪声的概率究竟多大，都在现行评价方法中无法体现。要了解交通噪声对居民生活的实际影响、制定合理的声环境整治与改善措施，必须在大量预测计算的基础上，确定交通噪声在不同高度、不同时间段的分布特点以及超标噪声出现的概率，即对交通噪声在居住小区内的空间分布、时间变化特性、概率分布特性有必要进行更深入的分析。

3.3 GIS在城市道路交通噪声预测与评价中的应用

在城市道路交通噪声预测与评价时，必须进行大数据量的预测计算。交通噪声预测模型考虑了噪声的距离衰减、地面吸收、声屏障阻挡等复杂因素，是较为复杂的三维空间模型。地理信息系统(GIS)正好为其提供了理想的技术工具。地理信息系统是对空间数据进行采集、存储、分析处理及显示输出的计算机技术系统。空间数据管理、空间数据分析、建立较为复杂的空间模型、空间与非空间

数据的显示、查询这些功能是地理信息系统能有别于其它数据库软件和机助制图软件的地方，也是其优势所在。

目前，部分研究仅将GIS作为交通噪声评价的制图工具，并初步分析交通噪声的空间分布特性，如Gatrell、Koninger等用GIS软件ArcInfo分Lancaster(英)、Rostock(德)、Stuttgart(德)等城市交通噪声进行三维显示和制图。另一部分研究则将GIS和交通噪声预测模型结合，用于环境评价和环境规划等目的，如李本纲等将GIS和CRTN88模型结合并用于香港城市道路交通噪声预测与规划都取得了较好的效果。

目前绝大多数研究都停留在文件交换的低层次水平上，GIS主要用于噪声环境质量评价的数据输入、显示、输出方面。要想充分发挥GIS的优势，提高城市道路交通噪声评价的效率和细致程度，将噪声预测模型与GIS整体集成是必然的发展趋势。这要求将复杂的噪声模型完全用GIS内部语言准确表达和实现，使交通噪声预测与评价成为GIS的内部功能。

3.4 场在交通噪声中的应用

在空间或空间的一部分上分布着某种物理量，就构成一个场。例如物体的密度场、温度场；空间的引力场、流体的速度场等等。尽管每种场都有各自的特性，但是在数量关系上各种场都有一定的数学形式，例如温度场是数量场，地球表面的地形可用“海拔”来刻画，这也是数量场，而引力场、速度场是向量场。场和其基本要素场源是密不可分的。不同场源产生的场在空间上具有叠加性。场论在很多领域被广泛应用，例如：经济空间探讨、成矿作用过程的研究、建立动态缓冲区、建立线状地物的区域影响模型等。至今场在交通噪声预测中的应用研究还是个空白。

4 任务概述

4.1 目标

本系统能够根据车流量、预测距离、平均车速、地表类型、声屏障等道路噪声影响因子，应用美国联邦公路管理局（FHWA）公路噪声预测模型进行道路周边特定点的噪声预测。结合GIS的理论和方法，引入场论并构建噪声场模型，模拟噪声扩散与衰减，运用空间插值，生成交通噪声等效声级等值线，再拟合生成等值面，最终以三维的形式展现出噪声在平面上的分布强度。在垂直方向，隔一定距离，根据噪声的衰减规律，分层计算出等效声级，并拟合生成等值面，也以三维的形式展现出噪声在垂直方向的分布强度。再获取不同时段的交通信息数据，多时段实时进行道路交通噪声预测，得到道路周边噪声的动态分布情况。由此，本系统完成了道路周边一定时空内的交通噪声预测。根据国家环境保护部颁布的相关社会生活环境噪声排放标准，建立起城市噪声评价体系，由此对道路周边的噪声环境进行评价，计算受噪声污染影响的人群数量与分布等。本系统将服务于政府工作，如城市噪声环境评测、城市交通规划辅助决策等；服务于人们日常生活，诸如对居民小区的噪声环境进行评价，为人们购房提供参考；服务于企事业单位，如为学校选址，房地产开发商选购地皮提供辅助决策支持。

4.2 运行环境

4.2.1 设备

对于大多数的地理信息数据库系统，建立局域网，以工作站网络为主题的计算机系统，配备完善的操作系统，输入、存储、输出设备是基本的需求。 根据用户的需求及现有的设备，得知：输入设备除了键盘鼠标等必备的设备外，还有数字化仪、扫描仪等；存储设备的容量应较大；地理信息数据的输出是数据库管理的一部分，对于输出设备的要求，显示器、打印机、专门的地图绘图仪等。GIS数据库是以处理图形数据为主体的计算机系统，因而对图形的输出显示要求较高，如显示器应有较高的分辨率。

数据处理	设备
输入	数字化、解析测绘仪、扫描仪、遥感处理设备等
存储	大容量存储器
处理	计算机、硬盘、光盘等存储设备
输出	打印机、绘图仪、显示终端（较高分辨率的系统和图形卡）
网络	服务器、网络适配器、传输媒介、调制解调器等网络设备。

表4-1 硬件设备清单

4.2.2 支持软件

本系统是基于ArcGIS Engine 9.3和Visual C#开发的应用系统，可以运行于装有ArcGIS Engine Runtime和Microsoft office的各种windows平台。

4.3 数据描述

4.3.1 输入数据

道路：道路索引号、道路名称、道路宽度、道路坡度、道路车道数、地面类型、是否有声屏障。

交通信息：交通信息索引号、道路索引号、监测日期、时段、重型车平均车速、中型车平均车速、轻型车平均车速、重型车每小时平均车流量、中型车每小时平均流量、轻型车每小时平均车流量、是否完成预测。

监测点：监测点索引号、监测点名称、监测点高度。

4.3.2 输出数据

监测点噪声的等效声级预测值，等效声级预测值对比统计图标，等声级面，等声级线，地图文档等。

4.3.3 数据库介绍

本系统数据库采用Microsoft Access 2003，采用Esri的Geodatabase数据模型管理GIS数据。即采用

Personal Geodatabase 数据库存储与管理数据

4.4 数据采集

4.4.1 图形数据

该系统的图形数据获取方法为：

(1)扫描长沙市1：5000城区地图；

(2)在ArcMap中配准地图；

(3)在ArcMap中分层矢量化。

4.4.2属性数据

该系统的属性数据我们在长沙市环保局及长沙市交通局进行了相关的数据搜集。

5 系统概述

本道路交通噪声预测系统能够根据道路和交通流量信息，对道路交通噪声进行预测、分析，可用于环保、交通规划等部门对道路交通噪声的评测。

系统引进美国联邦公路局（FHWA）发布的道路交通噪声预测模型，采用场论的研究方法，基于ArcGIS Engine组件平台和Geodatabase数据库构建。

FHWA道路交通噪声模型，自发布以来，几经修正，预测精度高，现已经在世界上许多国家广泛应用。声音是非线性衰减，是以声场的形式存在，因此采用场论的方法研究噪声的传播衰减无疑是不二之选。ArcGIS Engine平台和Geodatabase为知音提供了强大的空间数据管理和空间分析能力，基于此平台构建的系统能够处理和分析极其复杂的道路交通网络的空间和属性数据。

系统的主要功能有：

在数据录入查询方面，系统能够很方便快捷的录入和查询统计道路的属性和相应时段的交通流量信息等信息，并据此预测道路交通噪声。

在噪声预测分析方面，系统不仅能预测敏感点位的噪声值，还能自动布置网格预测点进行道路网络全局范围内的噪声预测，并且支持道路基准噪声预测和减噪模拟预测。系统具有噪声垂直衰减分析、时段噪声对比分析和模拟道路规划噪声影响分析等强大的噪声分析功能。

在数据表达方面，系统能够根据预测点的噪声值自动生成道路网络范围内的噪声等值栅格表面和等噪声值线，加以渲染并以二维和三维视图的形式表现出来。能够生成形象地展示出道路交通网络的噪声分布情况。系统还提供了二维和三维阵列视图以表现不同时段或不同高度的道路交通噪声分布情况，对比分析起来十分方便。

在数据输出方面，系统能够以噪声分层设色和噪声分级等渲染方式生成噪声污染分布图，并能进行图幅设计整饰和打印输出。系统具有生动的图表输出功能，如柱状图、拆线图，支持图片导出和打印输出，可以广泛应用于各种论文和报告之中。

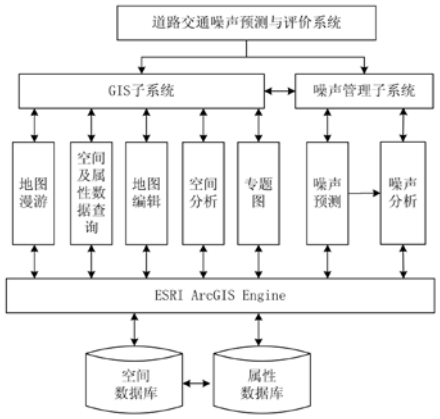


图10.15 系统结构图

5.1 功能划分

GIS子系统		
模块名称	设计概述	
空间和属性数据管理	空间数据添加删除，属性数据查询与录入	
地图漫游	地图的放大、缩小、平移等	
地图编辑	编辑地图，主要是添加噪声预测点	
空间分析	完成道路网格点生成缓冲区分析计算，距离的计算，空间差值，表面提取	
信息查询	地图空间及属性数据的查询	
专题图	完成道路噪声的专题图的制作与展示	
视图管理	完成二维和三维阵列视图以及阵列视图数据管理	
地图整饰与打印	完成地图整饰功能与地图打印，导出图片等功能	
噪声管理子系统		
模块名称	设计概述	
噪声预测	模型设置	对FHWA模型进行参数设置
	全局噪声预测	应用FHWA模型对所有道路进行噪声预测
	道路基本噪声预测	选择道路，对已选道路进行噪声预测
	减噪模拟噪声预测	添加声屏障，进行减噪噪声预测
	垂直批量噪声预测	对道路进行垂直不同高度的批量噪声预测
噪声分析	对噪声预测模拟结果进行各种分析对比	
道路规划模拟分析	动态模拟添加道路，可对添加后产生结果进行全局噪声预测	

表5-1 功能模块表

5.2 功能描述

(1) 空间属性数据管理

知音空间数据管理可以在当前使用的数据库中创建点图层，并把新创建的点图层数据保存到数据库中，还可以把已编辑的图层数据保存到数据库中。

知音属性数据管理分为属性数据查询与属性数据录入两个模块，可以查询可以用不同的条件对道路交通信息，噪声信息进行查询，录入可以针对道路进行道路属性录入。

(2) 地图漫游

基本的地图浏览于操作，包括放大，缩小，平移等操作。

(3) 地图编辑

地图的编辑功能，包括新建图层，编辑图层。在编辑好矢量数据图层后还可以用数据录入模块对属性数据进行录入。

(4) 噪声预测

对敏感点图层进行噪声预测，也可以对网格点进行噪声预测，通过添加声屏障，还可以对道路进行减噪模拟预测。

(5) 道路规划模拟分析

动态模拟添加道路，对添加道路后进行全局噪声预测，并对比添加模拟道路前后噪声值改变情况，达到规划模拟的目的。

(6) 空间分析

动态生成网格点功能，生成网格点过程中，需要与道路之间保持一定的距离差，将生成的网格点与道路保持在一定的距离以外。

插值的方式生成等声级面，由于等声级面是从网格点噪声数据插值而来，网格点比较均匀，并且网格点噪声值呈现由近及远递减趋势，所以生成等声级面采用了样条插值（spline插值）。

从等声级面提取等声级线，按照一定噪声间隔生成噪声值等声级线。

(7) 噪声分析

预测的噪声值用样条（spline）插值方式生成等声级面，栅格表面提取等声级线，并且可以以图和表的形式表达，通过渲染，二维，三维阵列视图对比等方法可以直观的对噪声值进行分析和决策支持。对噪声值进行统计生成噪声值对比图，噪声值对比表。

(8) 信息查询

基本的信息查询功能，包括地图空间数据查询，地图属性数据查询，交通信息查询，噪声结果查询。

(9) 专题图

对噪声预测等声级面进行渲染，主要用到线性拉伸渲染和分级渲染来表达数据，为了让不同的噪声栅格表面进行比较分析，需要将欲进行比较的多个格栅图层中的同一值采用同样的颜色进行渲染。

(10) 视图管理

采用二维视图，三维视图，二维阵列视图，三维阵列视图，制版视图来表现空间数据，对二维阵列视图和三维阵列视图增加阵列视图数据管理工具和阵列视图管理工具，数据管理工具可以对阵列视图进行拖拽联动处理，并且可以控制阵列视图图层的显示和隐藏状态。

(11)地图整饰与输出

地图的整饰与地图的输出。其中整饰功能包括地图边框选择，添加地图标题，添加地图指北针，添加地图比例尺条，添加地图图例；图片输出是以jpg格式图片的形式输出二维Map视图数据，打印功能打印的是地图制版视图，打印功能还可以进行纸张设置，打印预览。

6 技术实现

6.1 数据库访问

Access数据库的连接访问，采用OleDbConnection对象。为了操作上的方便，将数据库的连接、查询等功能封装成一个Access数据库访问类。

6.2 网格预测点的创建

创建网格点采用ArcGIS Engine中的Create Fishnet 工具，因模型要求预测点要距离道路15m之外，因此要用生成道路的15米缓冲区，并用叠置分析工具Erase自动清除落在道路15米范围之内的网格预测点。再把网格点要素类导入到数据库中。

6.3 点到线的距离计算

噪声预测模型需要预测点到道路中心线的距离，用ArcGIS Engine中的邻近分析操作IProximityOperator接口完成。

6.4 噪声预测分析

把预测模型的噪声计算功能封装为一个噪声预测类，再创建对象，批量进行预测点的噪声预测计算。期间将涉及字段的添加，数据库访问等问题。

6.5 空间插值，生成噪声栅格表面

运用ArcGIS Engine中的三维空间分析工具（3D Analysis Tools），IInterpolationOp接口，采用样条（Spline）插值法，生成噪声栅格表面，并保存到数据库中。

6.6 生成噪声等值线

运用ArcGIS Engine中的三维空间分析工具（3D Analysis Tools），ISurfaceOp2接口的Contour方法，从栅格表面中生成等值线，并保存到数据库中。

6.7 矢量及栅格图层的渲染

ArcGIS Engine提供了强大的渲染功能，知音主要用到线性拉伸渲染和分级渲染，分别由IRasterStretchColorRampRenderer、IRasterClassifyColorRampRenderer等接口。为了让不同的噪声栅格表面进行比较分析，需要将欲进行比较的多个格栅图层中的同一值采用同样的颜色进行渲染。因此在拉伸渲染的时候要将渲染类型设置成Esri RasterStretch_MinimumMaximum。

6.8 噪声的表达

噪声的表达主要通过ArcGIS Engine MapControl控件和SceneControl控件，分别表达二维和三维视图。采用TOCControl控件管理图层。同时为了更好的进行对比分析，由多个MapControl 或SceneControl组建阵列视图。

知音同时还采用了开源图表组件ZedChart，以柱状图或折线图的形式展现不同时段或不同高程的

噪声值。

6.9 数据输出

道路交通噪声分布图的整饰、打印输出由ArcGIS Engine中的Pagelayout控件完成。各种对比图件还可以由ZedChart组件输出。

6.10 道路交通噪声预测模型

FHWA道路交通噪声预测模型为交通部推荐模型，应用广泛，精度较高，因此知音道路交通噪声预测系统（以下简称知音）选择此模型进行道路交通噪声预测。

（1）基本模式

将公路上汽车按照车种分类（如大、中、小型车），先求出某一类车辆的小时等效声级：

$$Leq(h)_i = (\overline{L}_0)_E + 10\lg\left(\frac{N_i\pi D_0}{S_i T}\right) + 10\lg\left(\frac{D_0}{D}\right)^{1+a} + 10\lg\left[\frac{\Phi_a(\Psi_1,\Psi_2)}{\pi}\right] + \Delta S - 13$$

（1）式中：

Leq(h)i——第i类车的小时等效声级，dB(A)；

——第i类车的参考能量平均辐射声级，dB(A)；

Ni——在指定的时间T(1h)内通过某预测点的第i类车流量；

D0——测量车辆辐射声级的参考位置距离，D0=15m；

D——从车道中心到预测点的垂直距离，m；

Si——第i类车的平均车速,km/h；

T——计算等效声级的时间，1h；

a——地面覆盖系数，取决于现场地面条件，a=0或a=0.5；

Φa——代表有限长路段的修正函数，其中Ψ1、Ψ2为预测点到有限长路段两端的张角(rad)，

$$\Phi_a(\Psi_1,\Psi_2) = \int_{\Psi_1}^{\Psi_2} (\cos\Psi)^a d\Psi \quad ,\text{其中} -\frac{\pi}{2} \le \Psi \le \frac{\pi}{2}。$$

ΔS——由遮挡物引起的衰减量，dB(A)；

混合车流模式的等效声级是将各类车流等效声级叠加求得。如果将车流分成大、中、小三类车，那么总车流等效声级为

$$Leq(T) = 10\lg\left[10^{0.1leg(h)1} + 10^{0.1leg(h)2} + 10^{0.1leg(h)3}\right] \quad (2)$$

（2）注意事项与修正

①预测点与车道中心的距离D必须大15m；

②模式的预测误差一般在±2.5dB范围；

③该模式未考虑道路坡度和路面粗糙度引起的修正；

④某一类车的参考能量平均辐射声级数据必须经过严格测试获得；

⑤模式既适用于大车流量，也适用于小车流量。

卡车在上坡时，会引起噪声增大，可按下表B1修正。一般仅对大型车进行此项修正。

表B1　卡车上坡修正

坡度（%）	修正值（dBA）
≤2	0
3~4	2
5~6	3
>7	5

表 6-1

在实际计算中，上坡坡度修正也按JTJ 005-96附录E1修正，因为该规范中的规定更加细致具体。

关于路面粗糙度修正，参照JTJ 005-96《公路建设项目环境影响评价规范（试行）》附录E1。

关于车型的定义：小型车指二轴四轮的（包括座位不超过9个的载客车、轻型货车），总重量不超过4.5t；中型车是指二轴六轮的车辆，总重量在4.5t到12t之间；重型车是指三轴或更多轴的货车，总重量超过12t。

7 系统亮点

7.1 基于GIS平台技术构建

GIS具有强大空间和属性数据管理能力、强大的空间分析能力和优秀的数据可视化表达能力，能够为道路交通噪声预测系统提供强有力的基础平台支撑。因此，基于GIS的交通噪声预测系统整体表现能力要优于非基于GIS的噪声预测系统。

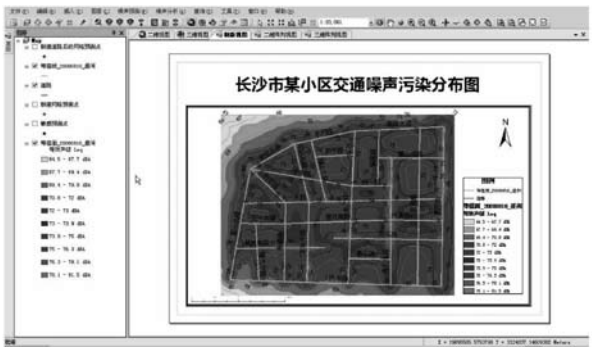


图10.16 交通噪声污染分布

4.2 采用场论的方法进行噪声的传播衰减分析

声音是非线性衰减，而且不同声源在同一点所产生的等效声级并不是简单的相加。声音是以声场的形式存在和传播的，因此不同声源在同一点所产生的等效声级是从场强叠加的角度进行能量叠加计算。

所以采用场地研究方法研究噪声的传播和衰减更符合实际情况，具有更高的精度。

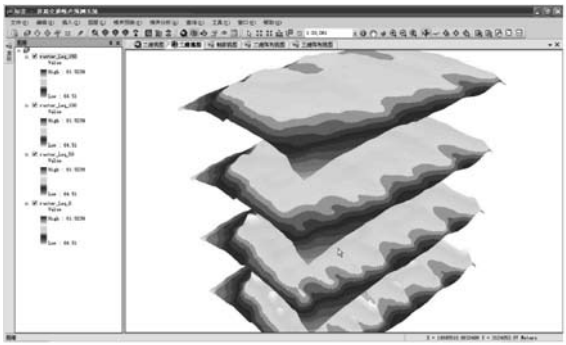


图10.17 交通噪声垂直衰减分析

7.3 垂直方向的噪声预测分析

目前大部分噪声预测软件只停留在平面方面的噪声预测分析。知音不仅能够在平面方向上预测和分析噪声，而且还能够在垂直方向上进行预测分析，二者结合，做到了噪声在整个空间范围内的预测，能够给居民选择楼房的层数提供参考依据。

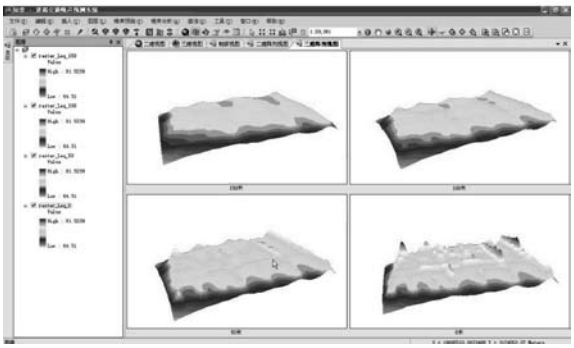


图10.18 交通噪声垂直分析

4.4 多时段动态噪声预测、对比分析

知音支持多时段动态噪声预测，并且能够进行细致的对比分析。如果数据采集端实时获取交通预测信息，知音还支持实时噪声预测分析。

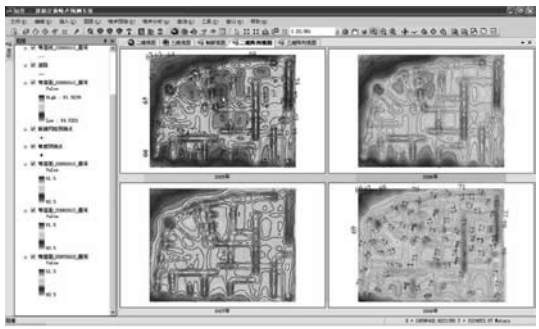


图10.19 不同时段交通噪声对比分析

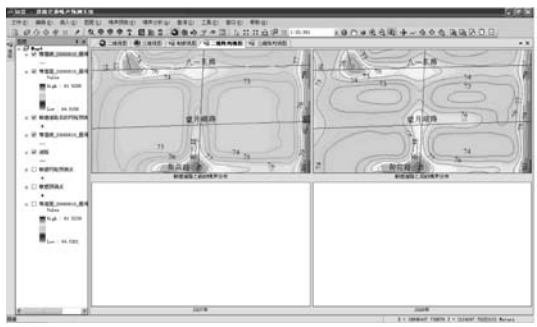


图10.20 道路规划模拟噪声分析

7.5 噪声分布的三维显示

目前大部分噪声预测软件只能以分层设色或者分级图或者等值线的形式表现噪声分布情况。而知音不仅以这些方式表现噪声分布情况，还且还能以三维视图的形式表达噪声的分布情况。三维视图不仅能以颜色区分噪声值，同时也以高度表示噪声的高低。因此更好更生动的表达出噪声的整体分布情况。

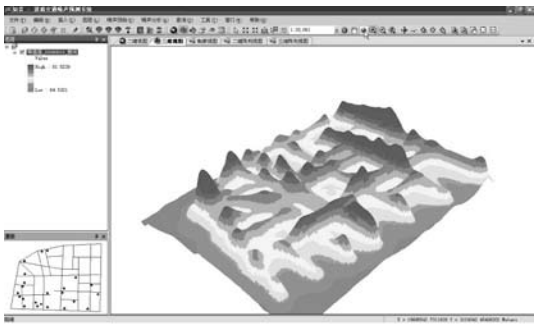


图10.21 交通噪声分布三维展示

7.6 阵列对比视图

知音的二维和三维阵列视图，能够同时显现不同时段，不同高度的噪声分布情况。各个视图可以同时显示， 可以保持同步，可以动态切换。

土壤整治范围的界定和预算

Jeffery M.Laird，
Badger陆军弹药厂GIS主管

1 背景

Badger陆军弹药厂（APP）位于美国威斯康辛州的巴拉布，建于1941年，为美国陆军生产弹药、大炮等直到1975年。在1990年末，政府决定让它退役，并改建成政府大楼建筑用地。但是他们很快调查发现当地有很多不利因素，需要威斯康辛自然资源局（WDNR）和联邦环境保护署（EPA）合力进行修复。



图10.22

污染位置图采用30%的透视效果展现了地下污染情况，例如混凝土结构的地基、柱子和厚石板等。图中圆形和方形网格是储油罐的混凝土支架，储油罐很早就被拆除了。从这张图可以很清楚地看出那些地方需要挖掘工作。

2 限制条件

受污染土壤的修复受到的土壤环境资源的限制。因为，挖掘工作必须集中在那些必要的地方，尽量减少将没有受污染的粘连土壤挖走。环境主管和地质学家利用GIS 软件共同搭建了3D模型，来确定项目的精确范围和预算。项目主管利用GIS制作了承包商投标评估的基准地图。GIS还可以处理文档，提供精确的空间模型确定泥土的立方数和需要修补的移除地块。可以说GIS 技术提供了完成整个修复活动的必要因素。

在1999年，AAP成立了一个GIS项目专门针对此次修复活动的科学家和工程师。GIS 还对陆军和承包商人员交流的空间信息进行管理，为支持指挥人员提供成熟的空间模型和分析工具，决策依据和地图产品。

这个GIS系统的组成有ArcInfo、ArcGISServer、ArcGIS 3D Analyst和ArcPad，整个GIS 的系统操作被外包给肯塔基州法兰克福的一个Esri合作伙伴Grand Terre GIS。

除少量几个建筑物外，已经拆除了一个9英亩的修复区域地基。 虽然受污染的土壤位于浅层地

表，但是多在混凝土石板、支柱和地基周围等难于触及的地方。

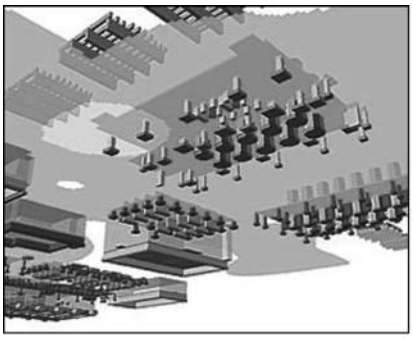


图10.23

这个倒转的模型是从地下的视角往上看污染面

3 3D视图

项目主管希望看到的3D视图是既有污染区域又有原始景象。污染数据叠加到原始景象为基础的数据和体积信息上，这样必须被挖掉的受污染土壤就可以计算出来，成本也就可以知道了。

地质学家在确定污染的扩散时，需要知道污染区域的边界和扩散的浓度情况，他们不厌其烦地取了许多不同深度的土壤样本，用精确到分米的Thales MMCE GPS 上的ArcPad来记录取样的位置，然后将这些点的位置给GIS主管，再布到地图上去。

GIS还用来创建区域的不规则三角网（TIN），污染面也就可以根据不同深度的样本制作出来，接下来就可以用ArcGIS 3D Analyst的最近领域计算方法确定污染面积和体积。结果可以投影到污染面TIN上，并给不同污染区域指定一个专题图的颜色，除去位于WDNR之下的污染区域的体积，最终的结果就是一个精确的3D污染扩散模型。最后一步，地质学家由于没有比2英尺更深的污染数据，所以挖掘的最大深度就到2英尺，不必再投影到一个污染面的TIN上，这样就简单了，2英尺以下的污染模型统一从TIN表面上去除。

4 建模

要建立原始景象的模型，所以数字化数据也需要用到GIS。先把1941至1942年的现场情况搭建起来，其中每一个结构都是用已有的工程图做成文档，那些工程图当时就是陆军请普通绘制人员绘制的，用来作为建立原始景象模型的源地图。到现在还保存在纸质文件和微缩胶片中，不过这两种方式都很简陋，有时连字迹都无法辨认。基础架构被分成三类：石板（包括石板上的东西）、支柱、地基。每类都生成为Shapefiles文件，利用ArcInfo的精确输入工具把已有建筑物逐一的二维几何（长和宽）信息数字化。长度、宽度和高度值都作为单独的结构属性记录（抵消深度计算后），其他的建筑

物描述信息也被输入到模型中，以备日后使用。为16栋建筑物和32个油罐数字化花了大约90个小时。

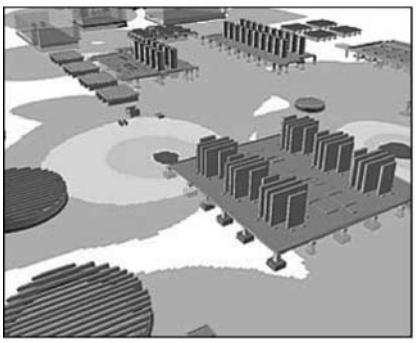


图10.24

这个3D污染地图显示了硫酸和硝酸污染区域与建筑物（高的六边形柱状物）的关系

要素数字化和添加属性完成后，在ArcGIS 3D Analyst扩展模块中的ArcScene应用程序中输入那三种shapefiles文件，还有一些从Badger AAP的地理数据库的主要素类中抽取出来的道路、建筑物和油罐信息，通过等值线和具有高程信息的采样点生成地基的TIN表面。指定TIN中地基、立柱和石板基础高程。单独的要素依据高度属性进行拉伸，石板向正方向拉伸，位于地表以下的地基和立柱向负方向拉伸。由于源地图缺失较多信息，就必须要利用地理学的知识来补充基础结构数据。被补充的表面数据分别用橙色和红色标识出来。

这样就可以得到一个可完全旋转的3D地基表面模型，因为每一个要素都有长、宽和高属性，野外计算人员可以很简单地计算出体积数，如果要素是圆形或六边形，就会调用相应的几何计算公式来计算体积。

污染扩散模型加到ArcGIS 3D Analyst中可以生成污染影像地图。污染要素被选中计算后，体积会加入到移除的污染土地体积中，这样，环境管理部门就可以为陆军提供所需的工程预算和项目描述信息了。

第十一章 院校应用

基于ArcGIS的校园三维建模研究

杨伟卫
中国地质大学（武汉） 地球科学学院

【摘 要】 为满足“数字地球”时代的发展要求，地理信息系统必须把三维世界真实地表达出来．三维建模主要分为两个方面，建筑物的建模和地形的建模。首先是利用3DS Max进行校区的建筑物初步的建立，完成建筑的框架构造，然后在ArcGIS 中结合遥感影像数据对校区进行地面模型建立，最后将建立好的模型和影像进行匹配，完成校区的三维建模。
【关键词】 ArcGIS 校园 三维模型

1 引言

随着信息技术的发展，数字技术和网络技术已经给社会生活的各个方面带来了深刻的变化，数字地球、数字城市等得到了快速的发展[1]，人们对于以往的平面地图不再感兴趣，而是提出了更高的要求.能够对区域进行地理环境进行可视化，使得观察者达到一种身临其境的感觉，特别是 “数字地球”时代的发展要求 ，地理信息系统（Geographic Information System，GIS）必须把三维世界真实地表达出来[2－5] ， 因此我们必须想办法用GIS方法把三维的环境展示出来，让更多的人去了解观察三维的环境。

研究中采用的软件主要是Esri公司的ArcGIS软件，同时也结合了3D Max的建模功能完成校园的三维建模。校区的面积比较大， ArcGIS软件利用遥感数据可以对大面积的区域进行很好的地形建模，并且耗时少，这就为我们的工作节约了时间，用3DS Max可以直接做出比较逼真的三维模型 ，特别是对于那些不规则的建筑物，如拱顶、圆顶、桥、门、路灯、凉亭、塔型等建筑物[2]，和同类的其他画图软件相比效果会很好，并且它里边所自带的模型方便我们去建立模型，比如楼梯，树木，玻璃等。这次渲染采用位图渲染，更好的体现了我们对真实世界的模拟[5、7－11]。

2 三维校园建模的流程图

我们这次的研究区域是某大学校区的整个校园，由于工作量比较大，因此就必须做出一个比较好的流程，使工作能够顺利进行，特别是对前期的数据采集要做好合理的顺序，以免多走路线。具体流程见图11.1：

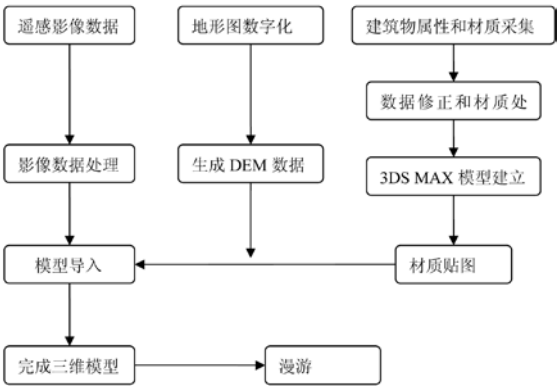


图11.1 三维建模流程图

3 基本模型的建立

3.1 数据收集

在数据收集过程中,根据虚拟校园系统建设过程中对于建筑、环境等场景的要求不同,选择不同分辨率和精确度的数据和图片。内容包括:①1：250000榆中校区及周边地区的地形图；②贴图资料，由数码摄像机对各个学院、宿舍的外观及校区内标志性建筑进行拍照得到。③Quikbird 高分辨率（0.61m）的影像数据。④建筑物的地理属性，长宽高和其他信息⑤建筑物数目的统计。

3.2数据预处理

（1）首先将JPG格式的Quickbird数据通过在ArcMap中进行纠正。从地图上读取均匀的四个点的坐标，利用georeferencing（影像配准）模块中的“add control point”（增加控制点）工具采集底图上所有方里网交点和4个角点。然后，选择该工具条上下拉菜单中的“rectify”命令，生成一个经配准了的地图，以代替处理前的地图作为建模的底图[14]。对校区的地形图在arcinfo中进行数字化，并生成数字高程模型DEM。

（2）数码相片由于相机的限制，往往对于大面积的拍摄出现不能全部拍摄或角度的不同出现图像的变形，这时就需要利用Photoshop软件进行后期图像处理达到我们对相片的期望结果。所有拍摄到的相片不能直接用于后期的贴图，需要在Photoshop软件中进行纠正处理[15–17]。这次论文为了能接近真实世界，所以需要大范围的取材质，但是又由于涂料的颜色和我们计算机的颜色调配不一样，需要进行特殊的处理，这点在后期的材质贴图的时候具体说。材质贴图包括建筑物的门、窗、墙壁、墙壁颜色等，特别是对于窗户的取材。

（3）对于建筑的本身属性的测量。由于这次的建摸是基于遥感影像数据的，所以对于建筑物的长宽高的精度要求就不是很高。在数据采集中对于房屋仅仅考虑屋顶是平面，对于特殊的屋顶适当的用模型对象修饰即可，其他建筑物进行估算长宽高。对于建筑物长和宽的测量直接可以利用测量工具

测量得到，但对于高度的测量只能采用台阶高度相乘的方法，测量一个台阶的高度然后累计多个楼层的并相乘，并对所得的结果进行调整，适当的增大。

3.3 建筑物三维模型的建立

建筑物的三维模型建立。这是本论文中最重要的部分，也是最难的，因为我们的三维建模的对象主要就是对于建筑物的模拟。利用3DS Max不仅可以对简单的模型做出很好的建模，对于复杂、组合的建筑物尤其可以显示出3DS Max软件的优越性。当然这个需要对模型进行细微的刻画，才能达到我们的要求，实现三维模型的建立。

3.3.1 简单规则模型的建立

虚拟校园三维模型主要分为建筑模型、地形模型、地物模型三类，而每一种又可以分为简单规则模型和特殊模型。对于建筑物比较规则的，近似是矩形的规则的建筑，可以直接在3DS Max中利用创建box对象来建立模型。并结合先前采集到的建筑物的属性数据可以建立好初步模型。对于树点状要素，选用3DS Max和ArcGIS中提供的样式库中的样式就可以满足要求[1、16]。

3.3.2 复杂模型的前期准备

（1）用数码像机对各个建筑物摄像，然后室内仔细研究其结果，大概了解建筑物的框架，特别是复杂的模型比如图书馆，只有了解模型的构造后才能更好的去建模，这些都为3DS Max软件建立模型做好基础。

（2）建筑的基本平面长宽数据根据前提采集的数据的得到 。

（3）建筑的高度，采用量算阶梯数量和高度的方法获得。

3.3.3 建模要求

（1）建模房屋长宽高数据按照前期采集的数据进行绘图，可不必严格进行。

（2）房屋模型底面中心位置位于3DS Max的XY平面中心(x,y,z:0,0,0)位置。

（3）由于在ArcGIS中模型可以任意的改变方向和旋转，所以我们在建模的过程可不遵循严格的方向去对模型建立。

（4）模型建立主要抓住建筑的主体轮廓，门窗必须有实物贴图，整体感觉要真实。由于虚拟环境对数据量限制大，对图像精度要求不高，我们把用Photoshop裁剪得到的门、窗、墙壁等材质贴图保存为为JPG格式，图形质量设为低级，以减小数据量。

（5）建成的*.MAX模型转换为可以被ArcGIS样式库识别的数据格式（*.3DS），以便把自行建立样式库和把模型导入ArcGIS中。

3.4 材质和贴图

在3DS Max中，对图像的渲染有多种方式，我们可以选择自己调配颜色，使其接近真实世界颜色，但是由于计算机的颜色和涂料的颜色不一样，比如我们采用RBG颜色调配，同样的RBG值，却出现两种颜色。还有就是房屋的墙壁受雨水冲洗后难免会出现褪色，而这些就使得我们在计算机里利用RGB值对的颜色调配不好 。鉴于种种原因，在这次三维建模中，决定采用贴图的方式去接近真实世界，对我们建立好的模型赋予材质和贴图。通过贴图可以增加模型的质感,完善模型的造型,使创建的

三维场景更接近现实。具体制作过程如下：从实地拍摄的数码相片中选取合适角度的照片在Photoshop中进行拉伸扭曲得到所需贴图单元,保存为JPG格式。在3DS Max中,调用经过处理的图片进行贴图。初步贴上的图在建筑物上是很不规则的,所以我们需要运用修改工具中的UVW贴图坐标。贴上实地采集的相片使得所得图像与实际建筑物很接近。在3D Studio MAX系统中除了BitMap贴图方式外还有多种的贴图方式。其中一些高级贴图如自动反射贴图可以使物体产生真实的反射效果，自动计算反射场景中其它物体。蒙板贴图可以将两种贴图进行组合通过相互遮挡产生特殊效果。通过这些高级贴图的使用可以使场景中的对象更具真实感11.2。

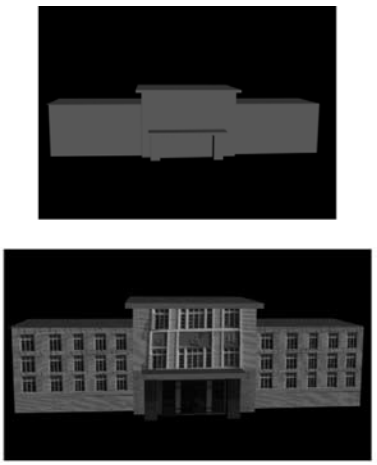


图11.2 渲染前后的对比

4 校区的三维建模实现

ArcScene是ArcGIS软件的一个模块，但是作为一个独立的一个功能，主要功能包括：虚拟视图，虚拟世界的创建，创建虚拟世界的播放，记录GPS飞行轨迹，创建TIN文件等功能。在加载数据时先对DEM数据进行加载，再次将校区影像数据导入，对地理做简单的夸张，设置Exaggeration为1.5。再新建模型图层，通过模型库Model Library来选择我们需要的模型，这次我们主要利用我们以前建立好的模型就导入。

4.1 校园建筑模型的导入

从3DS Max输出的校园建筑模型转换成3DS格式后，可以导入到ArcScene的样式管理器中，形成自己的样式，供后续的虚拟校园系统用。由于这次的前期数据比较复杂庞大，故在这些要素导入的时候有选择的导入部分，仅做演示示范。导入模型时，考虑到数据量大对操作速度的影响，所以我们在

导入模型前对3D模型进行了一系列的处理处理，力求模型数据尽可能小，又不影响模型的真实感，同时优化虚拟校园系统的运行速度。在导入模型的时由于地形和模型的大小高程位置等影响，导进ArcScene中需要调整合适的位置放置，不能对模型完全放置。导入模型过程中，根据需要调整模型大小、方向等参数，使模型与实际建筑物大小、方向一致。在对于模型导入的时候，正如前面所说数据比较大，我们导入时需要耐性，从多个角度去观察放置模型的位置，大小，高程，特别对于高程需要转化为平面视角去观察，不能出现临空的感觉，使地物可以接触到地面，并设置高程值的大小。校园三维模拟原型建成（见图11.3）。



图11.3 校园三维模型图

4.2 树、路灯等要素的导入

由于ArcGIS提供了各种各样的树和路灯模型，所以在建立这些要素的模型时，只需分要素类型建立点状要素层，再在虚拟环境中的合适的位置“栽”上从样式库中选择的合适的模型。

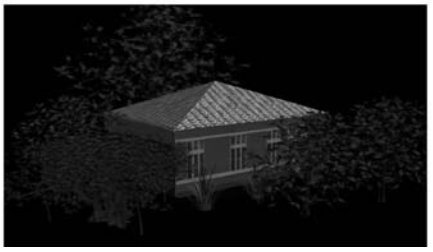


图11.4 要素导入后的结果

4.3 三维建模后的漫游飞行

经过上述步骤，基本上完成了整个校区的三维建模。但我们对于自己建模的模型还想做一个漫游，可以更好的感受我们漫游在校园当中，体验一种虚拟现实的感觉。在虚拟GIS环境中，我们可以定义自己的飞行路线，然后沿着确定好的路线在虚拟三维环境中飞行。飞行路线的定义有多种方法，这次用在二维视窗中定义路线，借助飞行路线编辑器，可以在一个虚拟GIS中视景中产生、编辑、保存、显示飞行路线，设置飞行参数，包括飞行点的位置，速度等，并执行飞行操作[8]。设置好了参数后，我们进行三维动画的制作，用菜单命令（Movie）和工具图标（Recording）实时记录三维飞行和

漫游的过程。飞行漫游中的截图：



图11.5 飞行中的三维部分

5 结束语

在这次三维建模中，建筑物是非常重要的虚拟建模重要组成部分。因此在三维建模中，建筑物的三维重建尤其很重要的，是整个项目的最耗时间和精力的地方，要更好的模拟真实的世界需要我们对数据有更精确的信息。三维建模可以帮助我们身临其境的了解世界，更好的表达地理情况，带领我们进入全新的数字模型中漫游。

参考文献：

[1]刘晓艳，林珲，张宏．虚拟城市建设原理与方法[M]．北京：科学出版社，2003，1．

[2]曾润国，聂志锋，卢建刚等．数码校园GIS中的三维建模．工程勘察，2002，(3)，47—49．

[3]Dieter Kraues，et al．3D Object Reconstruction Using a High Resolution Hybrid Measurement System．In：International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing，1998，Vol．XXXII，Part 5，Hakodat，90～96．

[4]Gunter Pomaska．Implementation of Digital 3D Models in BuildingSurveys Based on Multiimage Photogrammetry．In：International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing，1996，Vienna，Vol．XXXI，Part B5，487～492．

[5]D．Flamanc，G．Maillet，H．Jibrini．3D city models：an operational approach using aerial images and cadastral maps．ISPRS Archives，2003，(9)，Vol．XXXIV，Part3，17．—19．

[6]杨 剑，张云青，潘伯鸣．面向城市的三维建模技术探讨．江苏省测绘学2003学术年会专集[C]，122．

利用3D分析进行空间规划

麻省理工学院（MIT）

在ArcGIS 9.3中，我们有强大完整的ArcGlobe 3D环境。该环境中，可视化更加快速、平滑、准确和美观。我们介绍3D分析并不侧重其功能，重点是说明除可视化外， 3D分析还能应用到很多方面。我想各位大多使用过2D地理处理工具，实现多边形 缓冲区分析及叠加、交叉等操作。在ArcGIS 9.3中，通过嵌入许多3D形体和相关工具，3D透视 及3D空间中地物的交叉分析等都可以轻松实现。在9.3中，开发者通过访问API使用这些工具和3D形体， 但ArcGIS 10或更高版本中，所有用户都可使用这些3D形体及工具。事实上ArcGIS的数据模型和工具等都可以支持3D GIS。但耳听为虚，眼见为实。我们看麻省理工学院（MIT），看他们如何利用3D分析管理MIT校园。

在MIT基础设施部，我们可以观察整个校园的3D空间，进行校园规划和管理。MIT基础设施部的GIS数据库包括校园路灯、树木及160 多座建筑等的详细模型。MIT坐落在剑桥小镇的市中心，拥有1200万平方英尺的建筑空间和159英亩的校园面积。换算一下，就会发现MIT的建筑空间比其土地面积要多的多。这就意味着空间是非常宝贵的，需花费很多时间和资源来管理校园建筑物的内部空间。GIS就是管理MIT校园的理想工具，我们创建了完整的校园建筑物选址、校园内各部门浏览的完整GIS系统。如图11.6：



图11.6 完整校园GIS系统

MIT校园拥有很多的实验室和办公室及居民区， 教室及其他有用的空间。实现校园规划之后，我们就需要知道校园内增加了哪些部门并了解他们的具体位置。例如，如果定位生物系，我们可以看到一座建筑物内的所有实验室，如同在一个房间里看到的一样。如图11.7生物系



图11.7 生物系

如果想查看其他部门，如化学系（如图11.8），我们也能看到一些拥有 更多建筑和地下建筑的空间。

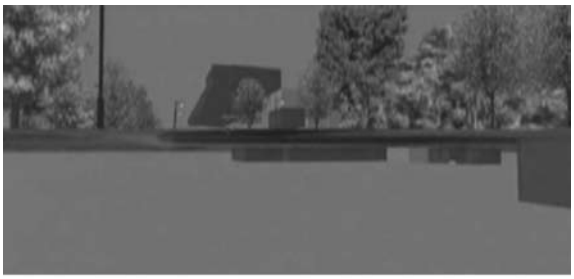


图11.8 化学系

规划人员和空间管理者按照这种方式浏览数据，就能更好地合理安排我们的空间（如11.9）。



图11.9 浏览校园设置

有了房间的地理位置，我们就能轻松地利用房间编号实现所有房间的地理编码，如同屏幕上的绿色点（如图11.10）。



图11.10 房间编号

最近我们应用地理编码来分析校园内租户的停车选择分析。停车场的建设地点，就如屏幕上红色的按钮点（如图11.11）。



图11.11 停车场

但用户更想知道哪些地点是他们停车的最好地点。因此，我们利用房间号码来定位他们的位置（如图11.12）。



图11.12 租户位置

当我们计算出用户和停车点之间的距离，用户就能确认应该去距离他们最近的停车点停车（如图11.13）。



图11.13 最近停车点

因此，使用Locator，我们就能利用房间号码定位校园中的任何一间房屋。特别是通过访问ArcGIS 9.3的API，我们能够实现3D空间的2纬 和3纬选择，在任何房间点搜索一定半径内的所有方向。如同这里，我们可以看到屏幕右上部分的房间没有全部被选中，准确地说，只选择了公寓最高四层上号码为双号的房间（如图11.14）。



图11.14 三维搜索

这样，我们就能浏览该公寓内所有的房间，能够绘出白天 或者夜晚时间的入住人数（如图11.15）。



图11.15 入住人数图

依此类推，我们还能在应急反应时使用该功能，及应用到 建筑项目的有源噪音消除等。 我们准备把这个思路运用到Boston地区，该地区拟议修建连通Boston周围社区的交通网络。项目称为Urban Ring，其中设计的轻轨服务区穿越了MIT校园。一些研究对拟议中的Urban Ring方案发表了一些 重要的看法。但对我们而言，最重要的是了解拟议的几种Urban Ring项目方案对校园中的哪些建筑物有影响。因此我们使用3D选择，从道路中心线开始选择 道路影响区中的房间（如图11.16）。



图11.16 噪音影响区域

我们建立了针对几种Urban Ring方案的情景，进一步利用 数据明确MIT哪些房间会受到影响。综合几种情景，超过200个的实验室会受到Urban Ring项目交通流量增加的影响（图11.17）。



图11.17 噪音影响实验室统计

我们把GIS应用到单个建筑，定位校园中的要素和使用ArcGIS中的3D分析，应用工具规划、管理MIT校园，能够更好地理解MIT的资源和建设MIT更美好的未来。

第十二章 交通

青藏铁路综合监控中心系统的研究与应用

唐堃
北京宏德信智源信息技术有限公司

【摘 要】 为了保障青藏铁路一流的高原铁路安全运营，提出了建设青藏铁路综合监控中心系统．本文从系统的建设目标、体系结构、系统功能、软件架构、空间数据库和物理结构等几方面进行了阐述，并通过现场实际应用效果和应用界面体现了本系统的先进性和实用性．

【关键词】 青藏铁路；综合监控；应急指挥；GIS

Research and Application on Comprehensive Monitoring and Control System Center of Qinzang Railway

Abstract: Comprehensive monitoring and control system of Qingzang railway is put forward to be built in order to guarantee the safety operation for the high-class tableland railway. This paper has expatiated from such aspects as system construction aim, system architecture, system function, software architecture, spatial database and physical structure etc. In addition, the practical application effect and application interface have also embodied the advanced characteristics and practicability of this system .

Key words: qingzang railway; comprehensive monitoring and control; emergency control; Geography Information System(GIS)

1 引 言

青藏铁路恶劣的自然环境对铁路运营与安全带来了挑战，为了实现一流的高原铁路运输管理水平，必须采取先进、适合的信息技术手段，对青藏铁路的运营过程、安全生产以及突发事件处理实现全过程可视化监视、预警与统一协调指挥，保证行车安全，提高运输效率，实现现代化的高原铁路运营管理。

青藏铁路综合监控中心系统集成了青藏铁路运营生产过程相关信息，并通过可视化的地理信息系统平台发布和展示，实现对青藏铁路运营相关的移动设备和固定设施的综合监控、应急事件处理过程的监控和应急救援指挥的决策支持。目前，该综合监控中心系统已成为青藏线运营管理的综合监控平台和应急救援指挥平台，实现了利用一流的信息技术手段来保障一流的高原铁路运营的目的。

2 系统目标

青藏铁路综合监控中心系统的建设目标主要包括：

(1) 全面集成青藏铁路运营管理相关的各业务及安全生产动态信息；

（2）基于可视化的铁路地理信息系统平台实现信息共享和综合应用；

（3）实现对青藏铁路运营过程的全过程可视化监视与协调指挥；

（4）实现对青藏铁路安全生产的全过程可视化监视与预警；

（5）实现对青藏铁路突发性事件处理全过程跟踪和监控以及应急救援指挥的决策支持；

（6）实现对青藏铁路管内跨部门、跨专业的统一协调指挥。

通过建设青藏铁路综合监控中心系统，使该中心成为青藏铁路的运营过程综合监控中心、安全综合监控中心以及应急救援指挥中心。在日常运输生产过程中，起到运营过程与安全综合监视、预警作用，同时完成数据收集更新、预案管理及完善等工作，还可为领导及公众提供相关信息服务。在紧急事件发生时，起到对突发事件分级分类响应、应急指挥的作用，做到大事件由应急中心统一指挥，小事件由各业务部门分别处理，应急中心监管的作用。

3 系统体系结构

青藏铁路综合监控中心系统是一项复杂的综合集成计算机系统工程，其涉及到信息资源、技术、组织机构、标准规范等组成要素，关键任务是通过对空间数据和业务数据的集成、融合与再处理实现基于空间定位的集成应用与服务，建立面向整个青

藏铁路运营的综合监控、应急指挥及信息共享服务等子系统。此系统的建设实施包括网络与通信平台，数据平台、应用支撑平台、综合应用、系统的安全保障体系、技术标准规范体系、运行管理体系等几个组成部分，其体系结构如图12.1所示：

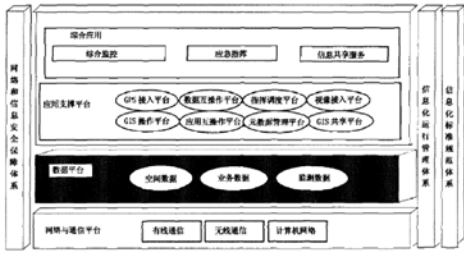


图12.1 青藏铁路综合监控中心系统体系结构

系统的体系结构采用分层划分的模式，各层相互独立又互为支撑。系统核心功能的实现由网络与通信平台、数据平台、应用支撑平台和综合应用来完成，网络和信息安全保障体系为各层次提供安全措施和安全技术保障，信息化运行管理体系为网络和系统的运行、维护和管理提供组织机构、岗位职责和管理规范等方面的保障，信息化标准规范体系在技术上和管理上提供标准化依据。

4 系统功能

青藏铁路综合监控中心系统的功能主要包括运营安全监控与预警、应急救援指挥、应急预案管理、信息共享与发布、信息资源管理与维护等，如图12.2所示：



图12.2 青藏铁路综合监控中心系统功能示意图

其核心的应用系统功能主要包括运营综合监控、应急救援指挥、信息共享发布等三个方面，如图12.3所示：

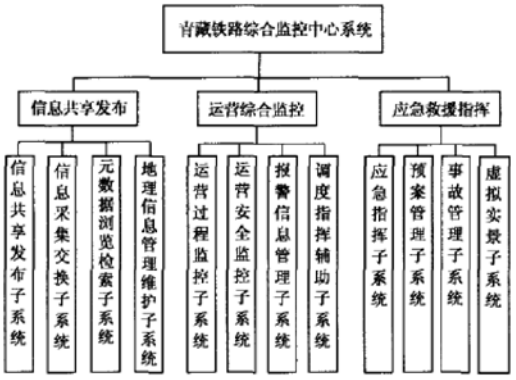


图12.3 青藏铁路综合监控中心系统应用功能示意图

3.1 运营综合监控

监控中心集成了对各种移动设备(机车、车辆等)、固定设施(线路、信号、电力等)、运营环境(自然环境、设备问等)实时状态等的监测和报警信息，在青藏铁路电子地图上实现对各类状态、安全、报警信息的实时动态监控功能。

此功能为本系统日常运行的常规状态。在该状态下，系统的功能是完成对青藏线上所有列车的位置监测、车辆状态监测(红外轴温、车辆运行状态)，固定设备状态监测(电力、环境)、运输生产状况(货运、客运)以及关键运输生产地点的视频监控。当系统不处于此状态时，本功能的报警提醒依然有效，系统可以迅速地从其他状态切换到综合监控状态。

3.2 应急救援指挥

应急救援指挥决策支持包括对应急抢险过程中组织救援的支持和对救援指挥中现场信息的获取、分析和处理。应急救援支持功能实现对救援现场的地理状况、周围环境的查询、三维的模拟显示；对应急救援现场静图的获取和其他现场信息的查看；查询合适的救援预案；查询救援的救援队、救援列车并提示危险源、救援障碍点；查询救援相关人员并可以通过电话等方式进行应急救援的组织。

此部分功能操作主要通过空间位置的关联，将救援地点附近的空间信息通过二维地图、三维模拟、视频和现场图片的方式为救援指挥者提供直观明确的救援地点环境和作业信息；同时通过里程、关键字将救援需要的救援预案、救援列车和人员、救援地附近重要障碍物和危险源的信息以及其他相关信息提取出来，供救援人员组织救援的时候参考。

3.3 信息共享发布

信息共享发布主要实现青藏线基础地理信息与专题地理信息的发布功能，地图浏览功能，地图模糊查询功能，地图定位功能，地物(桥梁、隧道)的图片查询展示功能，风格配置功能；元数据管理功能，根据关键字进行青藏线地理信息元数据的检索，并可获得相关地理信息数据和视频、图片数据的浏览播放功能，提供许可用户的地理信息数据下载和程序访问功能。

其中信息共享发布平台子系统是为了保证综合监控系统能够与互连的各专业信息系统进行实时数据交换，为综合监控中心提供运输生产实时动态信息。本系统的信息交换优先采用中间件交换方式，并以XML为信息交换标准，制定各专业系统信息的标记方法，建立交换模式统一的信息共享与交换平台。

5 系统软件架构

本系统的软件开发遵循多层服务架构开发技术路线，并支持C／S、B／S多种服务模式，软件功能采用模块化开发，各类数据资源统一存储在数据库中，并支持元数据访问功能。具体架构如图12.4所示：

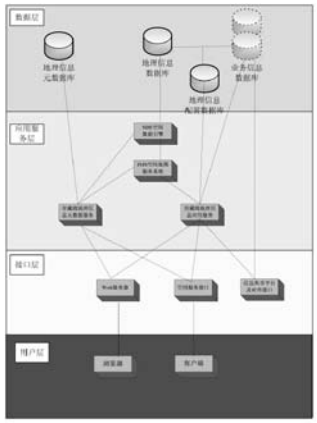


图12.4 青藏铁路综合监控中心系统软件架构图

本系统的软件配置包括：

（1）GIS软件

GIS软件平台统一采用了美国Esri公司的产品，包括ArcSDE V9．1、ArcIMS V9．1、ARCIMS Data Delivery Extention、ArcInfo V9.1、ARCGIS—DATA INTEROPERABILITY—CON、ARCGIS—SPATIAL—CON、ARCGIS—3D—CON、ArcGIS Engine Kit—1 V9．1、ArcGIS

Engine Option 3D、MO—DEVKT for Windows V2．3等．

（2）操作系统

数据库服务器：UNIX，Web服务器/GIS服务器：Windows 2003，数据接入服务器：Windows 2003，客户端：Windows2000．

（3）数据库系统

Oracle 9i

（4）Web服务器

Weblogic/Tomcat

（5）开发软件

DotNET/J2EE

6 系统空间数据库

空间数据是有关空间位置、专题特征以及时间信息的符号记录，青藏铁路综合监控中心空间数据库是整个青藏铁路综合监控系统业务信息的基础根据不同的数据用途与来源，可以将其分为三类：

（1）青藏铁路基础空间数据

主要是各级比例尺电子地图所包含的基础地理要素和青藏铁路路网基础设施要素数据。该部分数据主要为青藏铁路综合监控与管理部门提供宏观决策信息和基础背景资料，并作为各种专题信息统一的空间定位控制、配准、显示或制图的基础载体。

（2）青藏铁路专题空间数据

主要是大中比例尺电子地图或示意图所包含的青藏铁路各专业系统具有空间位置属性的专题数据，其数据主要由各个业务部门通过配置了GIS平台软件的各业务信息系统提供和维护，并通过GIS系统进行交换和共享。

（3）多媒体数据

主要包括路网沿线的视频录像、声音解说数据，用于提供沿线里程的信息播放，了解轨道沿线地物、地貌情况；事故现场的录像、图片等资料，将事故现场录像存档、提供事故分析依据，以及进行事故救援等；各种固定设施、移动设备、线路、机车、车辆、车站、信号机等的图片信息。目前，在本系统中已实现了基于数据库对青藏铁路地理信息数据的统一管理维护，已投入生产运营的地理信息数据详见表1。

1:400万，1:50万，1:25万青藏线平面矢量数据
1:2 000青藏线平面矢量数据
1:1万青藏线纵断面矢量数据
1:500，1:100车站、桥梁、隧道、路基部分电子地图矢量数据
1:1 000沿线彩色卫片影像数据
青藏铁路数字高程模型DEM数据
青藏铁路三维GIS模型
铁路沿线及站场实景视频图像及图片
电力，信号，无线基站业务专题图

表1 青藏铁路综合监控中心系统地理信息数据内容

7 系统物理结构

青藏铁路综合监控中心系统的主要物理构成是综合监控中心，此中心配备了DLP大屏、视频会议、应急通信电话、操作终端等设备，并通过数据通信网络与现场系统相连。如图12.5所示：

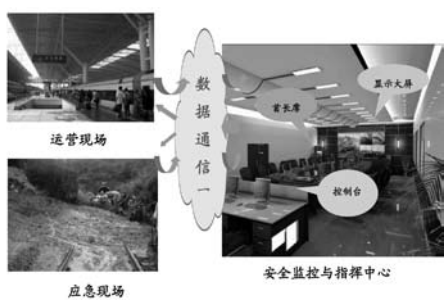


图12.5 青藏铁路综合监控中心物理构成图

8 系统应用

本系统目前已投入到青藏铁路的运营生产过程中，在日常监视预警、紧急情况下救援指挥以及信息的共享发布方面起到了显著的作用。图12.6到图12.12是部分现场应用界面。



图12.6 综合监控界面

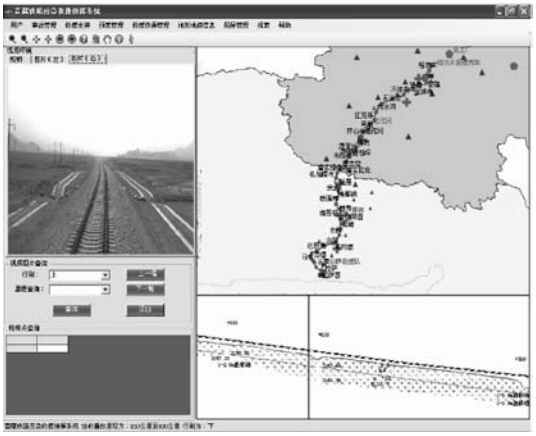


图12.7 应急救援指挥界面

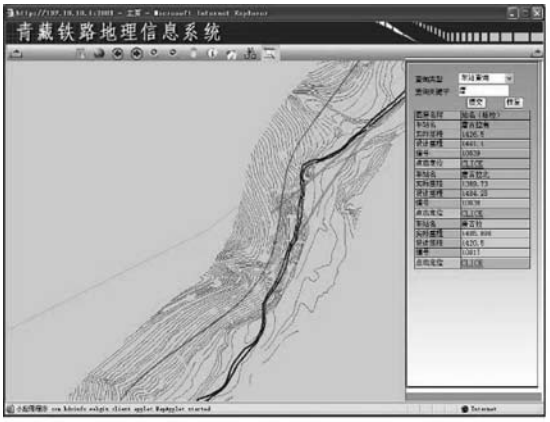


图12.8 信息共享发布界面

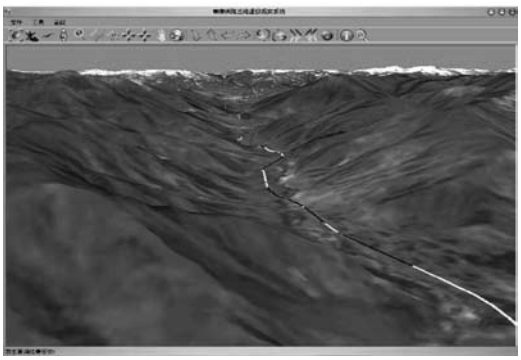


图12.9 三维数字青藏铁路

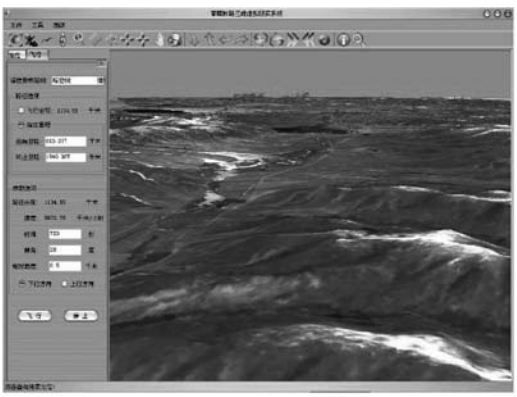


图12.10 三维地貌查询与定位

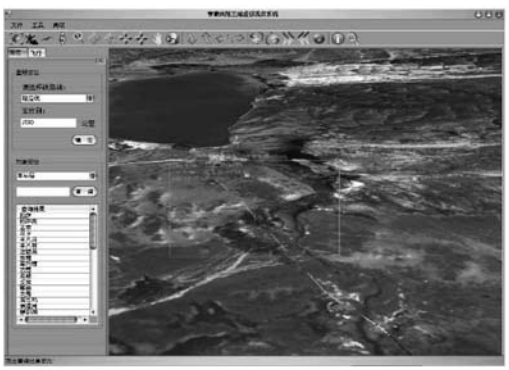


图12.11 铁路沿线飞行导航

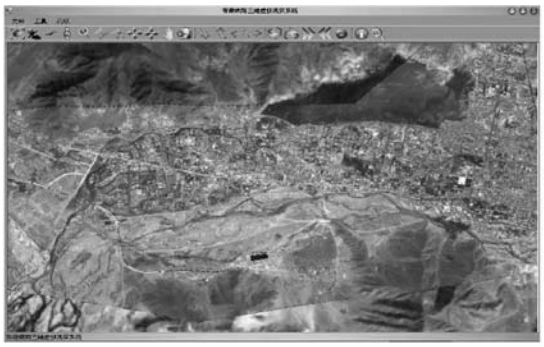


图12.12 拉萨高精度影像

9 结束语

通过集成铁路基础信息共享与发布、运营过程可视化综合监控与指挥、运营安全综合监控与预警、应急救援指挥决策支持等四大功能，形成青藏铁路综合监控及调度指挥中心系统，实现对青藏铁路运营、安全保障、应急救援的全过程可视化集中统一管理，最终实现青藏铁路运营的精确、高效、安全的全过程数字化管理——“数字青藏铁路”。

参考文献：

[1] 秦勇，刘峰，周志民，赖文斌，贾利民．铁路地理信息系统路局应用框架的研究[J]．中国铁道科学，2003，24(1)：39—42．[Qin Yong，Liu Feng，Zhou Zhiming，Lai Wenbin，Jia Limin．Research on railway geography information system appli'cation framework of bureau[J]．China Railway Science，2003，24(1)：39—42．]

[2] 贾利民，王英杰，秦勇．铁路地理信息系统框架体系[J]．中国铁道科学，2003，24(1)：89—92．[Jia Liming，Wang Yingjie，Qin Yong．Railway geographic information system framework[J]．China Railway Science，2003，24(1)：89—92．]

[3] 秦勇，卢文龙．数字青藏铁路技术框架及应用的研究[J]．交通运输系统工程与信息，2004，4(4)：81—85．[Qin Yong，Lu Wenlong．Research Oil technology framework and application of digital qinghai—tibet railway[J]．Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology，2004，4(4)：81—85．]

[4] 青藏铁路综合监控中心总体技术方案，北京交

通大学青藏铁路综合监控中心项目组．青藏铁路信息化程技术方案[R]．2005．[Project team of Beijing Jiaotong University．The general project of the comprehensive monitoring and control centre of Qinghai—tibet railway[R]．Beijing，2005．]

[5] 李德仁，关泽群．空问信息系统的集成与实现[M]．武汉：武汉大学出版社，2000．[Li Deren，Guan Zequn．Integration and Realization of Spatial Information System [M]．Wu Han University Press，2000．]

[6] 佘廉，李睿，李红九．铁路交通灾害预警管理[M]．石家庄：河北科学技术出版社，2003．[She Lian，Li Rui，LI Hongjiu．Forewarning Management of Railway Transportation Disaster[M]．Shijiazhuang：Hebei Science and Technology Press，2003．]

工程建设动态可视化系统

齐涣然 王宗廷
北京博能科技有限公司

1 系统介绍

工程建设动态可视化系统利用工程建设设计成果和相关地模数据，建立工程建设的动态实体模型，通过这些模型，结合建设施工进度计划及实时视频监控系统，建立工程建设动态可视化系统，能够随时和实际施工进度进行对照，实现对施工过程形象直观的管理，辅助实现对工程建设过程的精细化管理。如图12.13：



图12.13 工程建设状态图

该系统可实现对工程项目建设的进展信息进行存储和管理，提供对建设信息的实时更新和维护，并提供三维模块，可以作为实时的三维电子沙盘，实现工程建设过程的动态可视化，分阶段显示，可全面了解建设前、建设中、竣工后的现状场景；同时针对整个工程建设过程提供动态、实时、直观、全面的管理与决策支持。包括三维电子沙盘、工程建设进度汇报子系统、工程建设信息查询管理子系统等模块。

2 功能说明

2.1 三维电子沙盘

对工程项目主体进行三维建模以三维电子沙盘模型形式形象展示工程建设后的场景，提供基本的三维地图漫游工具，快速进行场景放大、缩小、旋转、飞行、鹰眼等功能，使用户能够在三维场景

中实现前后、左右、上下任意角度和方位的旋转显示、无级缩放、快速无缝浏览，要求提供旋转飞行、平移运动等多种运动模式。

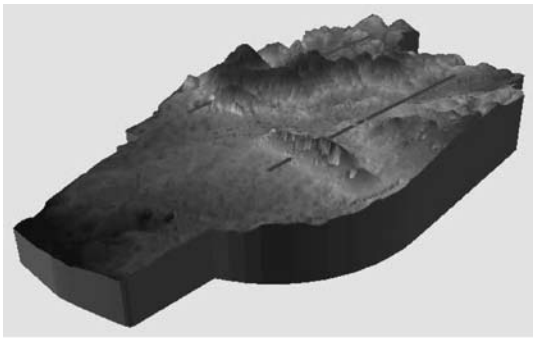


图12.14 工程建设前地形图（建设前）

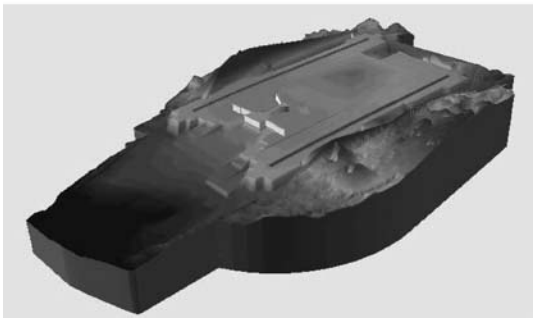


图12.15 工程建设后

2.2 制定工程建设进度计划

提供制定工程建设进度计划的功能，包括长期计划、年计划、月计划等。计划内容包括：工程任务、施工单位、负责人、开始日期、结束日期等，并提交监理及业主审批，审批通过后下方各个施工单位，以指导工程建设施工。

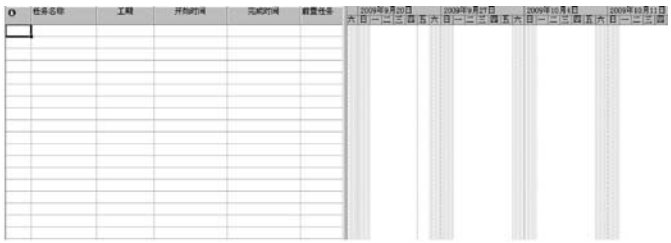


图12.16 制定建设进度

2.3 动态建设进度汇报

动态建设进度汇报体系。工程项目参建单位需对日常建设进度进行汇报，按照汇总的建设进度，生成反映建设动态（诸如周进度、月进度）的理论三维电子沙盘，并可按需查询和复核以前或将来的建设模型，全面、直观展示工程建设过程的现状场景。包含工程三维模型图元信息维护、施工单位信息管理、工程建设进度填报、工程建设进度审批等功能。

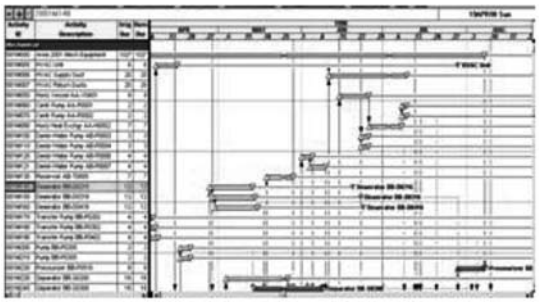


图12.17 动态建设进度

2.4 工程建设进度查询

可按日期查询工程建设进度信息并以三维电子沙盘可视化、直观地展示当时工程建设场景，同时提供查询历史时间段内工程建设过程动态展示。

2.4.1 根据日期查询建设动态

选择日期查询所选日期工程的建设进度，以甘特图、三维电子沙盘两种形式展示。甘特图为所选日期的工程建设进度表；三维电子沙盘可视化、直观展示当时工程建设进度的场景，还可查询工程实体的建设属性信息。

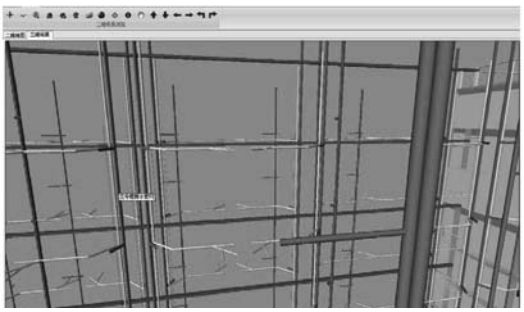


图12.18 根据日期查询建设动态

2.4.2 建设动态历史查询

提供查询历史时间段内，按照选择的工程建设动态进度的时间间隔（每天、每周、每月）动态

展示工程建设过程的功能。同时提供所选时间段内工程建设进度报表并提供打印输出功能。

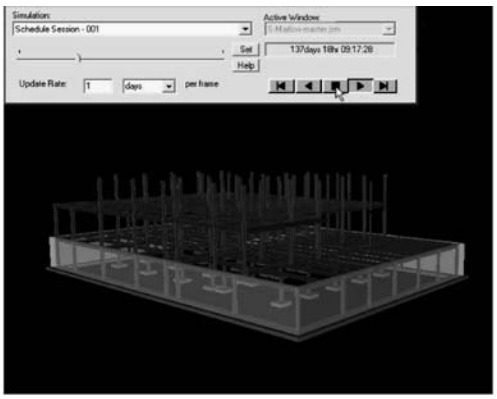


图12.19 建设动态历史查询

3 结论

将GIS二三维一体化技术用于工程项目可视化，建立工程建设的动态实体模型，通过这些模型，结合建设施工进度计划及实时视频监控系统，可以对工程项目进行即使直观的查看和、管理，极大的提高了项目建设的监管力度。

基于3D路口安全系数的导航决策系统

王阳 冯玉龙 李青
山东科技大学测绘科学与工程学院

1 前言

当今城市交通网络发达，其方便性和安全性也逐渐成为当今社会关注的焦点，快速的选择最短、最安全的行走路线是市民和游人最基本的需求。伴随着人们生活要求与节奏的提高，同样以惊人速度增加的还有城市交通事故，然而各类交叉路口发生的交通事故却占到总的百分之九十以上，这就极大的证明了城市路口存在着严重的安全问题，需要更为科学的方法改进与规划。综上，解决城市交通安全问题的关键在于对路口安全规范的突破。

采用GIS相关技术对路口进行三维全景模拟，将影响路口安全的各个因子考虑其中，科学的分析路口的安全建设问题，将现有路口中交通标志位置不正确、有障碍物阻挡，红绿灯设计不合理等诸多因素，进行科学评估，不仅为城市规划和交管部门决策提供参考，而且若将之与基础交通导航系统相互结合，为广大的市民和游人提供我们特色的城市安全导航服务。

2 项目背景

青岛市作为全国著名的旅游城市，建立安全完善的城市交通网络必不可少。这样不仅可以让生活在其中的人们多一点和谐安全之感，更可让外来的游客多一份安心。鉴于交通事故多发生在交叉路口，因此政府部门应该拥有一套专业完善的可以实现路口安全检测、路口安全状况分析与改进的系统。然而，据统计，仅2008年1至9月份，青岛市区累计发生道路交通事故5251起，占全市事故总起数的77.60%，死亡562人，占全市事故总死亡人数的94.50%，直接经济损失1886.56万元。建立一个基于3D路口安全系数的导航决策系统也是很必要的。最后，GIS作为一服务性产业，与现实中人们的需求紧密相关，我们仅仅是想利用现在所学到的技术，开发出真正服务于人民和政府部门的实用性系统，同时也为青岛市的建设贡献一份力量。

3 需求分析

3.1 概要

建立一个完善实用的道路安全系数评价与交通导航系统是十分必要的。我们的系统建立在三维模型的基础上，集成语音提示等人性化设计。将影响道路安全系数的各个因素合理的综合起来，并通过分析路段环境的相似度得到所要预知道路的安全系数，与交通导航系统完美结合，为出行市民提供导航安全预警服务。用户可根据需求选择导航模式（步行、自行车、开车），实现各种情况下的行车模拟与导航。

3.2 应用领域

随着机动车辆使用量的逐渐增加，我国公路的交通压力日益加剧，形势日益严峻，交通拥堵、事故频发等相关问题日趋严重，基于3D路口安全系数的导航决策系统的出现无疑是及时的，其实用性不言而喻。

首先，基于本系统最基本的导航功能，它可以为居民的外出规划出最佳的行车路线，节省使用者的时间与精力，使出行更加方便快捷，这与节奏日益加快的现代生活是相适应的。

同时，本系统的导航功能也可广泛应用于需借助交通运输的行业，如出租汽车公司、物流配送行业等等，可利用本系统对车辆进行跟踪，选择最佳路径，以最快的速度响应用户的乘车或送货要求，实现调度管理的最优化，这不仅可以使服务更加优质及时，同时在一定程度上，也可以节省成本开销。

更为重要的是，基于3D路口安全系数的导航决策系统采集了一些路口的环境因素及其安全系数，通过与目标路口的拟合，可以预测目标路口的安全系数，与此同时，对于安全系数不高的路口可以进行路口环境改进决策如：设置减速带、警亭、去除多余树木等，这可作为交通部门改造路口（尤其是事故频发路段）制定决策时的参考内容，提供辅助支持。这是本系统的一大亮点，通过本系统的这一功能，在一定程度上可以缓解目前交通事故频发的现状，以减少人民群众的生命财产损失。

4 系统总体框架

本系统是以青岛市交通路线资料及地理数据为基础，实现了用户权限的设定、地图的浏览、测量等辅助工具的实现、不同条件下两点路径的分析、实时行车模拟、公交查询及三维定位、关于路口安全系数的设定、查看、拟合等功能，全面的实现了一个实用的道路安全系数评价应用与交通导航系统。

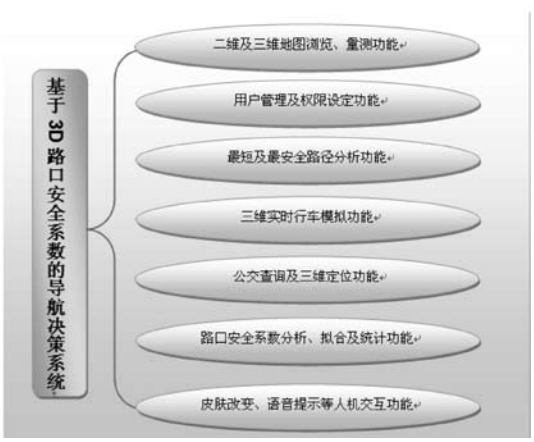


图12.20 系统总体架构图

5 关键技术

5.1 拟合分析得安全系数

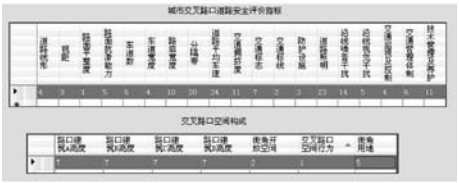
本系统的数据库收集了青岛部分路口的环境参数，通过数学统计的方法得出来一些路口的安全系数，即作为最初始时的已知路口。对用户想知道的路口安全系数，可通过目标路口与系统中已知路口环境参数的拟合，若拟合成功，则得出目标路口的安全系数，此路口便成为已知路口。因此，随着所采集的数据量的增加，其拟合的准确度会大大增加。

拟合度计算公式如下：

$$S = \sum_{i=1}^{n} [abs\ (A_i - B_i) * weight\ ] \qquad (n = 27)$$

上式中S表示两个路口的拟合度，S为0~1的浮点型小数，A为已知路口，B为未知路口，weight为第i个因子的权重每个路口共有27个影响因子。公式是要将A路口与B路口第i个影响因子之差的绝对值再乘以权重weight，最后求和即可得出拟合度。

路口各安全因子与权值对应关系如下表：



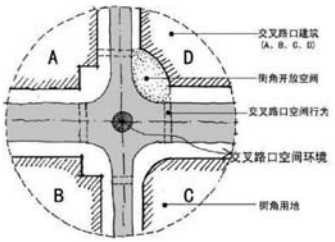


图12.21 交叉路口的空间构成

如果$abs\ (A_i - B_i) > A_i * 0.5 \parallel abs\ (A_i - B_i) > B_i * 0.2$

则说明第i个因子相差过大，称此种因子为“坏因子”，统计这样的因子个数，当超过5个时，直接得出两个路口相差过大，即使S大于0.65时，仍不可得出未知路口B的安全系数。

假如一个已知路口和未知路口的拟合度大于0.65，并且“坏因子”的个数不超过5个，则可以用此已知路口的安全系数估计出位置路口的安全系数。

具体计算方法如下：安全系数

$$P_{未知} = P_{已知} \pm S_{最佳} * P_{已知}$$

这样得出的是未知路口安全系数P的范围，然后取最大值与最小值中数作为未知路口的安全系数。

$S_{最佳}$ 是通过寻找最佳拟合路口得到的，就是将未知路口与所有已知路口进行拟合，取得最大的拟合度，当大于0.65且“坏因子”个数不超过5个，则此路口为最佳拟合路口。

5.2 模型分析得安全系数

如果所选未知路口在已知路口中没有相似的，则可以用我们的路口安全系数分析模型得出此路口的安全系数。数据库中已经存入了部分道路环境参数，用户选择未知路口后自动导入，也可临时修改影响因素值，进行安全系数分析。

影响路口安全系数因素主要有两大方面：一是交叉路口的道路状况，二是交叉路口的空间构成。

本系统的路口安全分析模型主要采用的是主成分分析法，主成分分析的目的在于将原来为数多的指标转换为少数几个综合指标（即主成分），而且还要尽可能多的保留原始指标的信息，从而减少实际工作量，提高分析速度与准确度。

我们的路口模型中，将所有影响路口的安全因子分成三个层次的主成分。第一主成分包括视距、路面抗滑能力、道路平均车速、路口建筑ABCD四个地方的高度（存于first[7]数组中）；第二主成分包括道路线形、车道数、沿线视觉干扰、交叉路口空间行为、街角开放空间与街角用地（存于second[6]数组中）；第三主成分包括路面平整度、车道宽度。路肩宽度、交通拥挤度、交通标志标线、防护设施以及其余因子（存于third[14]数组中）。

（各个影响因子的权重值参照上图的值）

第一主成分占整体比重为percent1（默认为0.6），第二主成分和第三主成分分别为percent1（默认为0.3）和percent1（默认为0.1）。模型中首先计算出了所有已知路口各因子的平均值average，调用模型分析时，从第一主成分求未知路口B奇异度R

$$R = \sum_{i=1}^{n} [\text{abs}(B_i - \text{average}) / \text{average}] \qquad (n = 7)$$

如果R<3,所有percent取默认值；Q>3时，percent1 =Q*0.2。同理求出第二主成分的奇异度R，继而求的新的percent2，而percent3 = 1—percent1— percent2。求的三个新的比重之后，用以下公式即可计算出路口安全系数：

$$P_{未知} = \sum_{i=1}^{3} [\sum_{i=1}^{7} (\text{percent1} * \text{first}[i]) + \sum_{i=1}^{6} (\text{percent2} * \text{second}[6]) + \sum_{i=1}^{14} (\text{percent3} * \text{third}[14])]$$

5.3多样道路导航

多样道路导航是我们的亮点功能，主要有两个方面：最短路径导航与最安全路径导航。

在建立网络时，首先应该选择上模拟转弯，接着在网络权重里面加上length、safety（整型），

然后选择yes进行direction setting，将street name field中的那么选择名称，点击确定完成多样导航的数据准备。

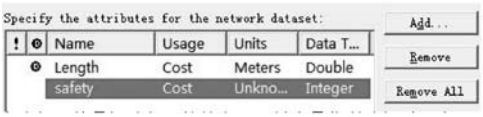


图12.22

带安全提示的最短路径导航的实现，首先是将道路权重设为length，将要分析路径的点加入到Stops或Barriers里面，用INAContext的solve方法可分析出路径。

由于道路安全主要取决于其路口，所以本系统用路口安全系数作为其所在道路的安全系数。因此，若想得到最安全的路径，将道路权重设为safety，分析即可实现鹰眼中的实时位置显示功能是通过计算出当前点在分析出路径polyline中的位置后，用axmapcontrol的FlashShape方法闪烁当前位置的。

5.4 三维导航

三维功能主要实现了在三维环境中畅游，三维实时安全导航，提前浏览将要行走路线的环境，以及重要地物即时定位功能。

当窗体上有多个可以获得焦点的控件时，键盘的方向键功能自动变为切换焦点，因而无法在axscenecontrol的OnKeyDown消息直接编写代码调整camera的角度和位置。我们是通过重载ProcessCmdKey系统按键函数来实现方向键在三维中任意行走的。

在三维实时安全导航，每到交叉路口处，提示此路口安全系数、道路状况及开车注意等。此功能我们就是根据速度计算出当前所在点的坐标，通过查询过滤器IQueryFilter若满足坐标与已知路口点的坐标x、y相差都在10m范围之内，则读取此路口属性进行提示，否则提示未知。语音提示采用了技术较成熟的第三方控件实现，代码编写在textbox的textchanged消息里面，再将语速设置合适就可使用。

三维中实现第一视角开车比较复杂，首先就是camera的Target和Observer的角度、位置都必须恰到好处，才能给人以身临其境之感。让汽车实现转向，是通过取当前汽车点与路径上相邻一点的连线的坐标方位角Δy=y1−y0； Δx=x1−x0；

$$\alpha = 180 / \Pi * \arctan \frac{\Delta y}{\Delta x} \quad (-90^{\circ} < \alpha < 90^{\circ})$$

然后需要将α 转化为0~360之间，如果 α<0 α= α +360；如果Δy>0&&Δx<0,= α −180；如果Δy<0&&Δx<0，α= α+180;由于汽车其实方向沿y轴负向，所以还需将 α = α +90。如此,α 就是汽车的角度，而且能够实现转弯。

重要地物实时定位首先通过查询过滤器找到所选地物对应的点状feature，调整地物所在点的camera，将SetDefaultsMBB（）的参数写为地物feature的extent，再将高度调节合适即可。

6 系统功能

6.1 基本功能：

6.1.1 用户管理功能

本系统的用户分为来宾用户和管理员用户两个类型，管理员用户享有对地图中路口属性的分析、修改、拟合等权限，同时享有对用户的创建、增删及用户信息的更改，而普通用户只享有对本用户密码的修改功能。

6.1.2 基本地图浏览功能

本系统的地图浏览功能以个性漂亮的浮动工具条实现了二维与三维地图的放大、缩小、选择、属性查询、移动等功能及三维浏览功能中上、下、左、右、进、出、飞行、漫游等地图查看功能，通过键盘方向键的上、下、左、右的控制实现了观看者以第一视角在三维环境中的模拟运动，同时鼠标双击实现地图浏览的全屏又为地图的浏览增加了特色。



图12.23 二三维一体化显示

6.1.3 软件设置功能：

通过设置功能，我们可以实现分析地图实时模拟的基本设置、路径分析方法、语音是否提示及软件皮肤的基本设置，其具体功能如下所示：

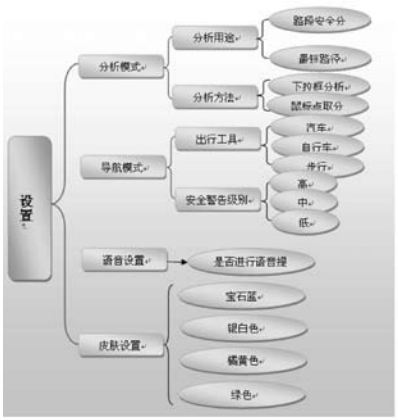


图12.24 系统设置

6.14 测量工具实现：

本系统的测量工具是为了实时的判断道路空间长度、地域空间面积、及建筑物之间角度的功能设计的，其基本形式如下所示：



图12.25 测量工具

6.1.5 三维定位及公交查询功能：

三维定位功能实现了动态的输入或选择青岛知名地物进行对其地物进行三维场景的查看功能；公交查询则可通过选择或者输入两个青岛地物名称而自动将其公交线路自动显示出来并通过文字信息说明和缩放至其位置突出显示。

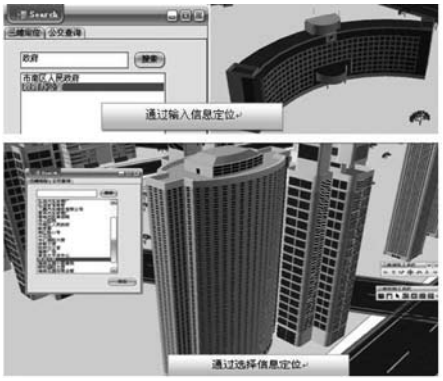


图12.26 三维定位

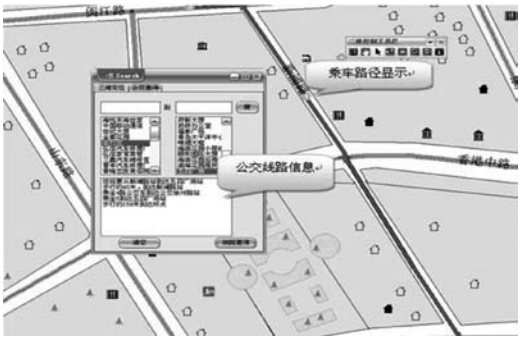


图12.27 公交查询

6.1.6 路口安全系数查看浏览功能：

此功能可以通过柱状图及图表的方式查看所有路口的安全系数及根据条件统计其各安全系数段路口的数量状况。

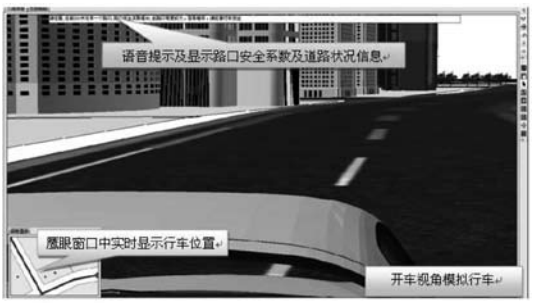


图12.28 路口安全系数

6.2 系统特色：

6.2.1 实时行走模拟：

本系统的实时模拟功能采用了虚拟现实技术，将行走过程中的行走速度、行车方式、语音安全提示、缩略地图实时显示所处位置、路径分析选择等多方面因素集为一体，实现了真正的实时模拟行走运动；我们在模拟的过程中并能通过选择行走的视角（开车、俯视）来对道路周围的地物进行观察，以达到浏览观光的目的；行走模拟过程中的语音安全提示则在到达路口之前动态的进行路口安全系数及道路状况的提示，使用户行走的安全警惕性进一步提高。这样我们的系统就真正达到了模拟及应用的真正结合。



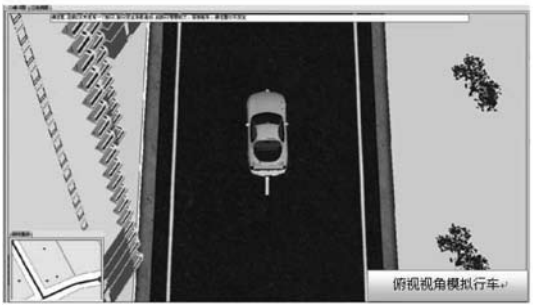


图12.29 实时行走模拟

6.2.2 路口安全系数分析及拟合：

路口安全系数的分析与拟合功能也是我们系统的重点功能，我们采用统计安全系数预估法（即采用已知路口的安全系数估计出相似未知路口的安全系数）与模型分析法（即导入所需分析路口的安全因子值用准备模块中建立的模型分析得到该路口的安全系数）得到路口的安全系数是一种非常新颖又准确的解决方法。当我们根据路口各个影响因子的比较程度寻找到相似路口时，我们可以直接得到其路口未知的安全系数；如果我们利用拟合得不到相似路口，我们就利用路口分析的功能直接进行未知路口安全系数的解算。

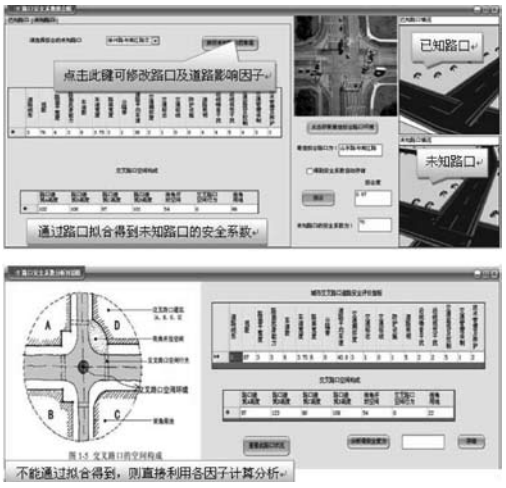


图12.30 路口安全系数

另外，我们可以任意选择两个路口进行拟合，如果两路口足够“相似”，我们可以直接获得两个路口的拟合度，如果两个路口相差太大，系统将会对我们进行“相差太大”的提示，即两个路口的

拟合无效。

6.2.3 根据需求进行路径选择：

本系统的路径选择功能则考虑到两个方面的内容，即最短路径与最安全路径的分析。此功能的设定则根据用户的需求，选择最短或者最安全的路径都有其各自的优点。我们对最短、最安全路径的分析是根据道路的本身属性信息得到，具有非常严格的科学基础，此功能强大的实用性是其最大的优点。

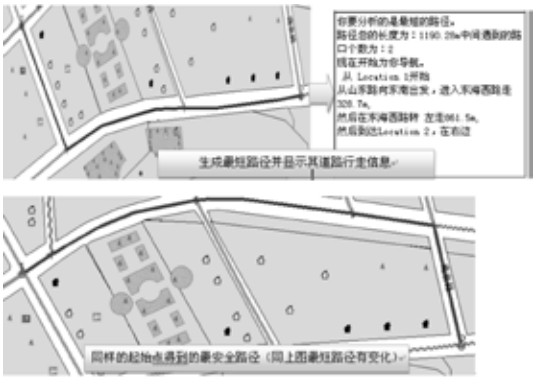


图12.31 路径分析

6.2.4 人性化的软件需求设置：

本系统采用了良好的人机交互界面，多样的软件样式皮肤选择为软件增加了色彩与亲近度，强大美观的按钮提示工具使软件操作简单方便，人性的语音提示及多样的路径选择分析工具使用户根据需求进行选择，同时软件考虑到用户对青岛地形的熟悉程度而采用不同的分析模拟方式使软件的实用性大大提高。



图12.32 人性化设置

第十三章 应急

基于三维GIS技术的地震灾情场景模拟系统

1 背景

地震是对人类生存安全危害最大的自然灾害之一，众所周知，我国是世界上地震活动最强烈和地震灾害最严重的国家。

2008年5月12日14时28分，四川省发生里氏8级特大地震，全国大半地区有明显震感，震中位于阿坝藏族羌族自治州汶川县，地震造成了严重的生命和财产损失。汶川地震具有地震烈度高、影响范围极广、破坏性极强、救援难度极大的特点，地震还引发堰塞湖、滑坡、火灾等次生灾害，是新中国成立以来破坏性最强、波及范围最广、救灾难度最大的一次地震。

汶川地震抗震救灾过程中，我国政府响应迅速，处置得当，效率极高，为我国处置特大突发事件积累了宝贵的经验。充分借鉴汶川地震等处置突发事件的经验，结合先进的地理信息技术手段，以提高应急管理人员的应急处置和科学决策、指挥协调能力。

2 建设目标

建设基于地理信息技术的三维综合应急平台，满足各级政府（县、地、省（自治区）和中央各级）官员应对突发性灾害事件的处理需要，及时掌握现场灾害处置中如何快速响应、决策、处置与协调，实现获取灾害现场信息、做救援决策的交互式推演与演练，以及实战应用。

3建设内容

建设用于及时反映灾害现场、地震三维虚拟仿真及地震抗震救灾管理与决策三维虚拟仿真的现场指挥训练模拟系统、灾害现场设施设备、三维虚拟仿真演练脚本场景和现场应急指挥决策推演系统，以满足现阶段我国各级政府官员应对突发性灾害事件的模拟、以及实战处置。

4 系统的特点

实现地震及其次生灾害体现场指挥、逼真的灾害现场场景布设、各类信息的高效联通、三维仿真案例的推演、前后方协同与实时推演指挥。

4.1 现场指挥

联通计算机网络系统、通信系统、监控系统和场所等进行改造，配备相应的设备，使推演室、废墟训练区、操场等在数据、语音、图像上能互联互通，为指挥中心很好的技术保障手段。通过该系统模拟灾害现场、现场指挥部、后方指挥中心间的信息共享与同步，满足实际数据获取与指挥决策的

需要。

4.2 灾害现场设施

通过视频、遥感影像获取灾害现场各种情况，了解灾害现场具有临时医疗救助、物资捐赠与发放、灾情信息发布、灾民安置、公共卫生设施、灾民疏散与安置的地点和灾害现场各种情况的处置情况。



图13.1 现场情况

4.3 三维虚拟仿真演练

利用近年来不同等级地震，尤其是汶川特大地震应急救援等抗震救灾过程中各级政府和救援队伍积累的大量视频、图片等真实资料，应急指挥和救援处置中积累的大量经验和案例，通过对不同等级和灾害程度地震灾害三维虚拟仿真，结合多个案例的真实场景，模拟不同等级地震情况下灾害发生、发展情景和过程。

4.4 应急指挥推演

基于实际操作的功能模块，结合地震及次生灾害表现模型，可对灾害应急响应与救援过程进行推演，并利用空间标绘工具，制订实时的突发性事件应急处置方案。具体包括：

1）灾害场景与应急处置推演

基于地震参数（发生时间、震中（经度、纬度）、震源深度、震级）以及灾区人口密度、基础地理信息等数据，模拟推演展示城市地震情况下不同层次范围状态下各类建筑物和构筑物的损坏状况和空间分布、人员伤亡、人员埋压情况、城市生命线工程（供水系统、供电系统、供气系统、交通系统、通讯系统）等在地震状态下的失效、损失状态；模拟推演各次生灾害的变化和影响；利用决策标绘工具进行分析，对应急处置方案进行推演。

次生灾害推演模型包括5－7种火灾场景的影响推演、危化品泄露影响推演、水灾影响推演、地质灾害（滑坡、泥石流和岩崩）影响推演等。如图13.2淹没分析：

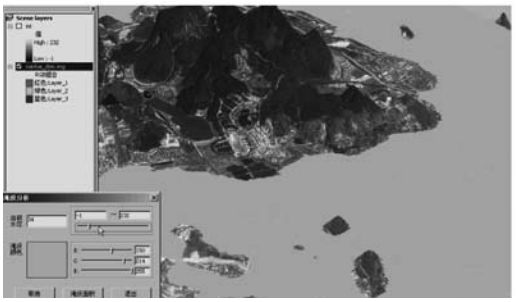


图13.2 淹没分析

（2）应急信息标绘与决策分析

对各类应急符号进行分类管理，提供可视化操作模板，用户从中选择相应应急符号并在三维地形中绘制各种类型的应急符号。实现救援队伍推进、部署推演等重要标绘功能。将绘制的符号和推演方案导出为文件，供指挥决策使用。

（3）应急处置方案推演

根据已制定的各类应急预案，结合实际演练情况，对突发事件的事态进行分析和研判，结合应急组织体系和工作流程、可供调度应急救援力量和应急救援物资等，对有关法律法规、政策、安全技术要求以及相关案例处置经验和知识等进行智能检索和分析，并调用决策模型生成应对突发事件的指导流程和处置方案，快速应急处置方案主要包括预案匹配和快速应急处置方案制作与部署。系统能够对处置方案进行模拟，并根据处置过程影响、控制和展示灾害的发展过程。

4 结论

针对我国地震现场救援工作的实际需要，基于ArcGIS设计并实现了基于三维 GIS技术的地震灾情场景模拟系统。该系统以震区基础地理信息数据和地震基本参数作为数据源，可以在获得地震基本参数之后快速地估计和分析震区建筑结构的破坏及其空间分布情况， 并具有应急处置、模拟等功能，为应急指挥决策和救援行动提供有效的支持。

三维洪水预测分析应急系统

美国爱荷华州达文波特市GIS专员Dave Cox和GIS协调员Kevin James

1 背景

美国爱荷华州达文波特市有很长的洪水历史，在最近的33年，就发生了8次比较大的密西西比河洪水泛滥。在1980年初，该市决定实施新的防洪措施，搭建永久防护墙和河堤以保护下游地区。这个防洪计划由临时地面堤坝、沙袋墙、水泵和一系列排水管阀门组成。要想在洪水到来前能高效实施这些工程，达文波特市依据明确的实施步骤和不同等级洪水地图制定了一个详细的计划。



图13.3 中显示的就是密西西比河的上涨将对该市造成的影响

在2007年至2008年的冬天，降雪量非常巨大，这就为春季洪水埋下了隐患，工务局局长立即要求为达文波特市的地理信息系统为目前的防洪计划添加人口统计信息。GIS人员根据多种地图，最终决定采用3D模型，因为这才是更有效地反映计划各个方面的一种方法。他们用的是ArcGIS 3D分析扩展模块的ArcSecene，创建了一个虚拟城市淹没3D模型，使市政当局的官员可以直观地看到洪水将对城市的哪些区域造成影响。



图13.4

利用3D模型将洪水等级与建筑物，例如这里的一栋宾馆联系起来

2 搭建模型

在使用GIS之前，该市建立洪水模型总是需要很长时间，相关人员需要打印出地图，并用红线标注出哪些地方将遭受水患，还要对密西西比河的坡度做大量的计算。现在，GIS为他们提供了建立3D模型的工具，可以在该市已有的信息基础上进行分析，例如2英尺等高线数据，建筑物占地面积、雨水工程数据、街道中心线和航空影像。在密西西比河建模过程中，把GIS添加到工作当中提高了过程当中的逻辑管理，并收到了显著效果。

第一步，利用ArcGIS 空间分析里的3D工具创建两个不规则三角网（TINs），一个TIN用来反映真实的地面水平面，这个是用城市已有的2英尺等高线数据建成的。另一个TIN用来反映河水上涨情况，利用的以前工程测量部门获取的洪水期河水坡度数据计算出来的。

第二步，在河水的TIN立体模型中，起始点就是0级防洪阶段。

第三步，分析师利用ArcScene来分析算出各个防洪阶段的河水TIN基础高度的差值，进而演示出将受到或不受到洪水淹没的城市区域 。

第四步，验证GIS模型的准确度，即通过与输出的纸质地图和过往记录的文档进行对比。

第五步，分析人员将堤坝、水泵和阀门的位置添加到模型中去，这样一来，那些将会受到保护的城市区域就呈现出来了。

楼宇三维可视化应急分析系统

曹江华 朱少楠 唐代 许嗣烽
南京师范大学地理科学学院

1 引言

2003年的“非典”疫情给我国造成的巨大的财产损失和人员伤亡，这次疫情暴露出我国在处理突发公共事件上存在一定的漏洞与缺陷。随着我国城市化建设的步伐不断加快，“和谐社会”的理念逐渐深入人心，广大人民群众对于构建“平安城市”、“平安社区”的呼声越来越高。在这样的形势下，如何应对城市区域内的突发公共事件成为社会的热点话题。因此，建立城市和区域的应急处理系统开始变的十分重要。

在高楼林立、建筑密集的城市中，人们的活动地点如大型商场、住宅楼、写字楼以及高级宾馆等建筑物一旦发生突发事件（火灾、地震、恐怖袭击等），就有可能造成重大人员伤亡和巨大的财产损失。我们在对南京城区的主要楼宇进行调查的过程中发现，许多楼宇应急系统只停留在初级的硬件层面上，如闭路监控系统、传感器系统和一些安全设施等，缺乏一个“核心”部分。该部分应该是一个能够为楼宇内突发事件提供决策支持的智能、实时的系统。因此，我们想利用具有强大空间分析和空间数据查询功能的GIS技术，建立一个可以专门处理和应对建筑物内突发事件的楼宇应急系统，规划出最佳逃生和救援路线的方案并生成三维模拟场景，为建筑物内的人员逃生疏散和外部人员的救援抢险提供帮助，以减少突发事件下的人员伤亡和财产损失。

2 项目背景

房产地理信息系统中包含了大量的分层分户图数据，我们希望借助已有的分层分户图的数据构建三维楼宇信息，生成三维楼宇的场景，以楼层的数据为基础与环境地理信息系统的经验相结合，利用GIS技术构建一个基于三维地理空间、可视化的楼宇应急系统。在日常情况下，顾客可以查询商场信息、浏览商场概貌；一旦发生突发事件，可以尽快找到出事地点，并利用系统的网络分析功能找到事故地点到最近出口的最佳路径，然后建立可视化的三维场景演示告诉用户（可以是要疏散的人群或者进楼抢险救援的人员）如何疏散和救援，将人员伤亡和可能发生的经济财产损失降至最低。

3 需求分析

3.1 概要

根据我国《突发公共事件应急预案》的有关要求和应对突发事件的实际需要，较大范围的利用GIS建立的城市或地区应急系统已经受到高度重视。但是，GIS技术在城区中任意楼宇的小规模应急系

统的应用上还未提上议事日程，可以说，在高楼林立的城镇中，一幢楼与环绕其周围的街区可以看成是构成更大范围应急系统的单元；城市、区域的应急系统应该细化为楼宇的应急系统。现有的大多数楼宇应急系统还只停留在如传感监视器、安全设施的布设等硬件层面上，并没有上升到如智能系统、专家系统的这样软件层面中来。所以楼宇应急系统的建成无疑会为城市应急系统注入新的活力。鉴于当前系统应用的不足，楼宇应急系统应该紧密围绕突发公共事件应急的主要工作，为商场监控、人员疏散、多部门联动、事故范围控制和救援抢险等提供服务。其实现的主要功能包括空间信息查询、数据库的自动更新、空间分析、三维演示和专题制图等。

3.2 应用领域/实用性分析

①房产项目的规划与验收：

在规划前期，将待定的房产项目数据录入系统内，利用GIS的空间分析功能和三维演示功能模拟突发事件的救援与疏散过程，为房产规划提供技术支持；后期项目接近完工时，利用测绘等手段获取实测数据，对比原方案和有关规定检查是否达到要求。

②数据查询功能：

应急系统所录入的基础房产数据可利用GIS的空间查询功能，方便公众查询浏览楼宇信息，同时利用GIS三维可视化功能显示楼层概貌和周围景观等。

③楼宇日常管理和应急：

使用GIS的空间定位，空间查询并结合传感系统，对住宅楼、写字楼的楼道，商场的柜台、铺位人员流动以及宾馆的发电机组等敏感部位进行实时监控，同时，对反馈信息利用空间分析功能即时更改救援和疏散方案，以应对突发公共事件。

④远程联动调度：

将应急系统对应的楼宇与消防、公安、卫生及政府有关办公室（应急指挥部）进行联网，并接入更大范围的城市应急系统内，利用GIS强大的网络分析功能对突发事件的应急进行远程的、宏观上的资源与设备的综合调度。

3.3 系统功能概述

本系统是为大型建筑（如商场、办公大楼等）设计的突发公共事件应急辅助决策系统，当建筑内某一位置有突发事件（如火灾）时，在系统的GIS空间查询、空间分析功能的支持下，为指挥人员提供决策支持，利用三维可视化协助指导楼房内的人员以最有效的路线通向出口，并实时反馈信息给指挥部门，提供即时的事故现场信息以方便救援抢险队员进入楼层实施扑救。平时，楼宇管理人员可以管理楼层及其所属开间的属性数据（如房间功能调整、住户变更、铺位更换等）。在系统终端，公众可以利用查询、浏览等功能了解楼宇概况。

4 系统设计概述

4.1 系统构架图

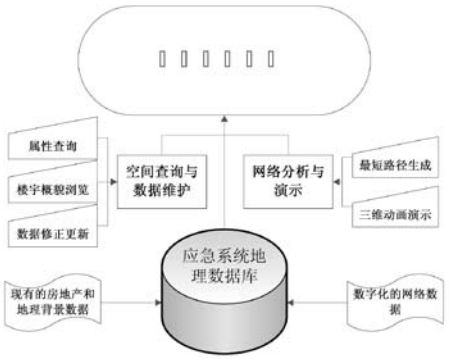


图13.5 系统架构图

4.2 功能模块设计：

空间查询与数据维护模块：

4.3 功能模块描述

本系统包括场景生成模块、数据查询模块、网络分析模块、动画演示模块。

4.3.1 主要功能模块设计

(1) 场景生成模块

本系统采用三维可视化方法表现出楼宇场景部分。我们用新城市广场这样的大型商场的数字线划图（DLG）作为原始数据（包括楼层数据和开间数据），最后在ArcEngine的控件axScenecontrol里生成楼宇的三维模拟模型，其主要实现步骤如下：

1）将原始的数字线划数据中的楼层数据进行缓冲（Buffer），生成面数据。

2）将开间数据和缓冲后的楼层数据加入ArcScene显示控件中，设置为不可见。

3）设置每个楼层的高度（Base Height），设置图层的突出显示属性（Extrusion）。

4）设置楼层开间的数据的高度（Base Height）和突出显示属性（Extrusion）。

5）设置每个图层为可见。

6）添加地面数据、门窗数据和附属设施数据。

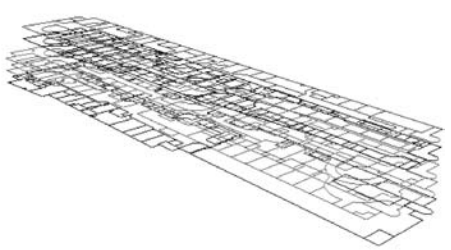


图13.6 设置高程后的原始楼层数据

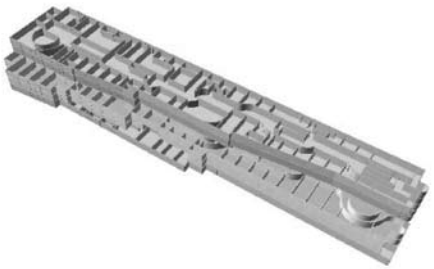


图13.7 经过突出显示后的楼层

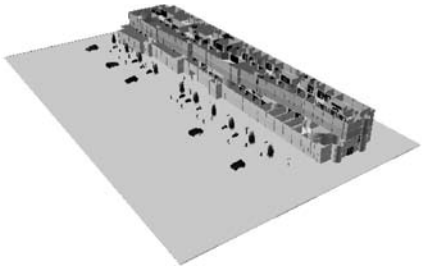


图13.8 楼宇应急分析系统三维场景

(2) 数据查询模块

1) 供商城顾客查询楼宇信息所用，包括商场概貌浏览（商场俯视图与三维模拟图）、楼层通道位置、购物指南（相应专柜位置）等；

2) 楼宇管理人员维护数据所用，包括数据的修正和更新（柜台铺位变化）。

(3)网络分析模块

此模块是该系统中较为重要的一环，主要的分析功能都在这里。主要利用ArcEngine中NetworkAnalyst以及NetworkAnalysis名称空间下的类和接口实现网络分析的功能。具体功如下：

1) 点与点之间的最短路径：

当需要查出楼宇内两点（或多点）之间的最短路径时，可以运用此功能。

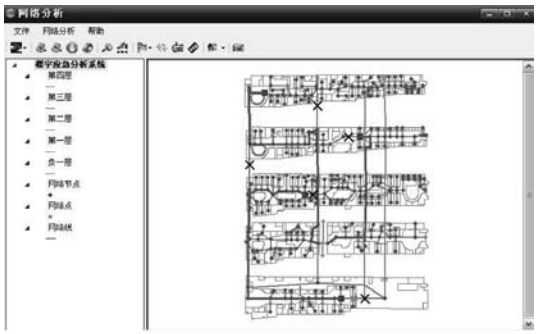


图13.9 按照顺序生成路径

1）边与边之间的最短路径：

同上，只不过是对于楼宇内两条边（或多条边）分析用。

2）多个出发点同时撤离大楼：

在网络中选择需要同时撤离的多个点，经过分析，生成每一个点至最佳出口点（该楼宇四个出口点中的某一个）的路径。

3）对某一楼层进行统一控制撤离：

按上述定义所要求达到的功能对用户选中的一层中所有人员以开间为单位进行统一控制撤离，生成每一开间至该楼宇出口之间的最短路径，为事件处理人员提供应急处理的依据。

4）可以根据需要添加障碍点、障碍边：

障碍点：网络中的某一节点发生障碍，设为障碍点；

障碍边：就是某一通道路线发生故障，不能通行，置为障碍边；

障碍点、障碍边可以多次添加。

(4)动画模块

动画演示分为第一人称演示和人员撤离演示，其主要思想是将网络分析的结果——撤离路径和撤离对象点传入演示函数中，利用ArcEngine中Animation模块中提供的FlyByPath方法在系统中进行演示。

1）第一视角演示

第一视角演示中飞行部分是以观察者第一视角演示出人员在楼宇中如何按照生成的路线进行疏散和撤离。

第一视角演示的关键部分是设定撤离路径和视角，我们首先生成一个图层（GraphicsLayer），把网络分析返回的结果路径（PolyLine）添加到此图层中，再把图层添加到3DGraphicsContainer中，把含有路径层的3DGraphicsContainer传入飞行参数中，在飞行初始化的时候解析出其中的路径信息，再设置动画演示对象为第一视角（Camera），设置播放时间为30秒，最后在SceneControl中播放第一视角演示。

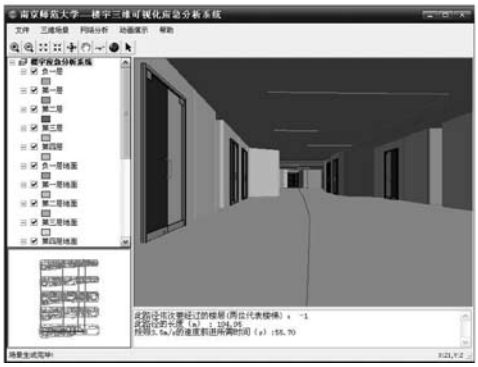


图13.10 第一视角演示

1）人员撤离演示

动画演示部分将楼宇作为观看对象，模拟出楼宇中的人是如何从出事地点撤向大楼出口，此演

示不仅可以演示单个人员沿一条路径是如何撤离的，而且还可以演示楼宇中多个人员在不同的路线中是如何撤离的。

同样，我们需要首先生成一个图层（GraphicsLayer），将多条网络分析返回的结果路径（PolyLine）添加到此图层中，再将图层添加到3DGraphicsContainer中，3DGraphicsContainer传入飞行参数中，同时，传入撤离演示的人员点集合，在飞行初始化的时候解析出路径，设置路径参数，设置演示对象为对象位置点，设置播放时间为10秒，最后在SceneControl中播放撤离演示。

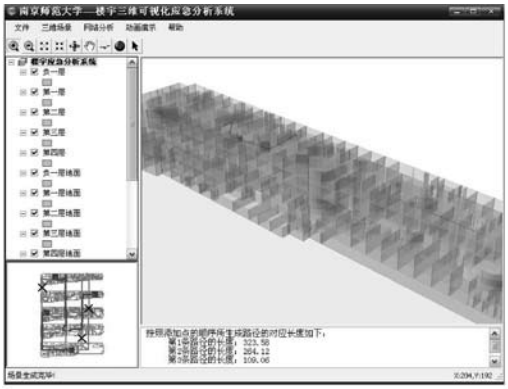


图13.11 人员撤离演示

5 尚未解决的人员分流问题

现实世界发生突发事件后，当大批量人员从楼宇撤离时，简单的从出事地点查找到楼道出口的最短路径的方法并不一定是最佳的方案，我们同时还应当考虑人员疏散过程当中人员分流的问题。

首先，在楼宇的整个网络查找出事故发生地点周边邻近的点元素，将其设为源点，即给网络设定方向。假设每个开间内的人员是平均分布的，即开间内的人数可以抽象成开间的面积。其次，随机的给开间人数加权，即开间内的人数本身并不是平均分布的，这种方法得到的开间人数的分布更符合实际情况。最后，将随机生成的人数放到开间当中。

当要进行最短路径查询时，由起始点出发，生成只考虑长度权重的最短路径1。沿起点对最短路径1的每个节点进行遍历，每经过一个节点，对该点向上溯源，计算出其它路径汇于该点所构成网络的人员数累加值S。

我们假设楼宇通道中的流量为5人/秒，然后根据起始点到交汇点在路径1中的长度、假设的速度5米/秒，计算出时间T，最后计算出该时间段T中的人员流量Q。比较S、T，当S >T时我们就认为该点为堵塞点，S<T，我们就认为该点有效。

目前，此方法只是对于本系统中人员疏散问题的一些思考，目前还没有进行实现。

矿山瓦斯动态检测预警系统

孙海交、班亚、杨威、袁岳琪
武汉理工大学资源与环境工程学院

1概述

1.1 项目背景

我国矿山安全形势十分严峻，通风安全管理亟待规范化、数字化与智能化。据统计，我国所有煤矿都是瓦斯矿井，在657处国有重点煤矿中，高瓦斯矿井和煤与瓦斯突出矿井有310处，占矿井总数的47%；93%的国有煤矿煤尘具有爆炸危险性。

矿山通风安全事故主要是由通风系统不合理或通风系统管理不规范引起的。由于矿山开采作业环境就处在爆炸性气体环境中，通风状况非常复杂。有效控制灾害气体浓度，可以减少矿山事故的发生，因此，及时监测和控制灾害气体浓度并针对不同浓度采取相应的科学决策，是防治矿山灾害的主要措施。

目前国内有关矿山软件系统，大多侧重于二维管理与计算，对三维巷道的表达尚不成熟。在可视化和空间分析方面功能有限，还没有适合我国矿山特点的MGIS（矿山地理信息系统），矿山的三维空间特性是限制其发展的一大因素。

在通风监测预警方面，一般以综合监测监控柜的形式安装于巷道内，用于实时监测，提醒矿山工作人员自主避灾，但并不提供进一步的安全信息的管理与分析。

1.2 开发方式与开发环境

三维仿真是矿井通风安全管理及评价的重要信息技术，而通风系统空间分析与应急决策则是我国矿井通风系统推广应用的瓶颈。

随着GIS理论和计算机图形学的飞速发展，矿山三维GIS的建模和可视化分析成为当前国内外研究的一个热点。可视化技术是表达和分析复杂数据的有力工具，将可视化技术引入到三维矿体模型，可以实现三维地形和三维矿体的生成和仿真，有助于更好的理解矿体的空间信息和矿体与地表地形之间的空间位置关系，提高空间分析功能。

矿井通风系统三维GIS研究具有重要的理论价值和现实意义，三维GIS技术应用于矿山安全管理具有广阔的应用前景。本系统结合矿山通风管理实际需求，采用VB.NET语言，应用ArcEngine组件式GIS和 Google SketchUp等三维建模工具，将矿井下的各种通风安全信息集成，实现矿山通风系统的三维可视化管理与辅助决策，为煤矿通风安全管理提供了集成的数据环境和自动化的管理平台。

体系结构	分布式、模块化架构
开发平台	.Net 2.0, ArcEngine 9.2
开发语言	Html, VB.Net
运行环境	Windows, .Net 2.0,ArcGIS Engine Runtime 9.2
数 据 库	Access
辅助工具	3ds max、Google Sketchup

表1 系统开发环境

1.3 主要功能和特色

系统把矿井下的各种通风安全信息集成在一起，实现信息的快速可视化管理，实现煤矿通风信息管理的现代化，为煤矿通风信息管理提供了集成的数据环境和可视化的管理与分析平台，有效保证矿井安全生产，实现煤矿灾害信息的实时监控与管理。

1.3.1 三大平台：

三维可视化信息系统平台：以地测、工程数据为基础，自动生成三维的井巷工程采掘立体图；在矿井采掘立体图中三维显示生产信息（当前采、掘工作面位置）、实时动态的监测信息：瓦斯、CO等有害气体的三维分布、人员三维分布，将矿井真实情况（包含生产、设备运行状态）完整地展现出来。

矿山工程管理平台：具有三维标注、工程管理、自由三维漫游等功能。为生产矿井构建一个安全生产综合管理的数字化、自动化、信息化和三维可视化矿山。

矿山通风安全决策支持平台，可根据用户指定的参数进行事故模拟和安全评估与预测，提供决策方案，完成全套事故处置流程，生成统计报表与专题图件。

1.3.2 特色功能：

矿山瓦斯动态检测预警系统（MVGIS）是一个综合的矿山三维可视化信息系统；具有数据管理、矿山漫游、预案管理等信息管理功能。

MVGIS实现了生产、工程、人员定位，工程布置，气体扩散与爆炸模拟。

事故演练。通过自由设置事故参数，分析灾害气体扩散路径、时间等，并生成处置决策，以便作好应对措施，进行事故演练，编制处置预案。

2 系统设计与体系结构

主要研究内容有：矿山三维模拟、三维漫游、监测数据演示、污染气体扩散分析与演示、避灾路线与演示。图1为系统功能框架图。

体系结构	分布式、模块化架构
开发平台	.Net 2.0, ArcEngine 9.2
开发语言	Html, VB.Net
运行环境	Windows, .Net 2.0,ArcGIS Engine Runtime 9.2
数 据 库	Access
辅助工具	3ds max、Google Sketchup

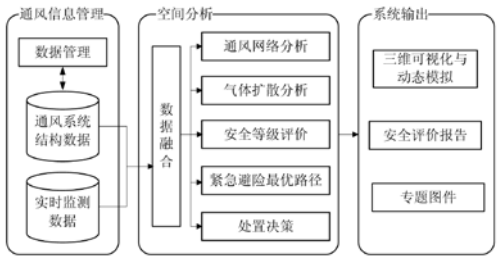


图13.12 系统功能框架示意图

3 关键技术

3.1 三维仿真

Esri提供了三维数据浏览与管理的平台，使用ArcEngine开发工具包进行二次开发。但其主要侧重于空间分析，而基于计算机仿真技术的三维建模和可视化软件技术已经十分成熟。本系统将二者结合起来，利用3ds max、Google Sketchup司出产的三维建模软件的模型创建功能和GIS软件的空间分析功能，建立三维GIS系统。

矿山三维建模可分为地上和地下两个部分。地上建筑在3ds max和Google Sketchup建立，再以Multipatch的形式根据需要进行调用。GIS技术在三维可视化方面的缺陷可以很好地被现有的虚拟现实软件弥补。

3.2矿山漫游

用户可以通过点击的形式，通过所点击的点，指定漫游路径，并根据路径进行三维场景漫游。具体实现方法是根据指定的路径生成动画并播放。这种方法可以使操作三维场景更为方便，并能方便地对用户感兴趣点进行实地观察。

3.3事故模拟与决策

本系统可以根据用户指定的参数，对各种情况进行智能分析，并给出科学避险除险决策。并对气体扩散过程和人员避灾进行三维的动态演示，系统还应用了特别的爆炸模拟模块，可对爆炸效果进行真实的模拟。

4 主要功能模块

MVGIS包括矿山管理、工程布置、安全实时监测、事故模拟、数据输出等主要功能模块：

（1）矿山管理

数据管理，信息查询多种方式查询修改矿山各种综合信息；

应急预案管理查询；

可查看工程图示与实景录像；

用户对矿山进行3D文字标注；

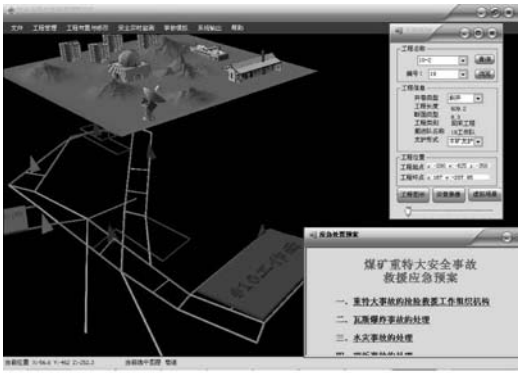


图13.13 矿山应急预案管理

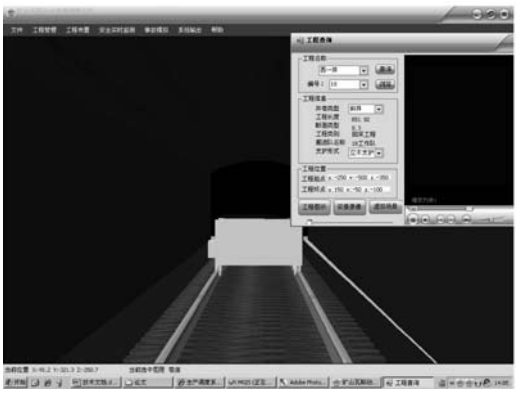


图13.14 矿山内部沿导线漫游

（2）工程设计

包括工程布置，工程查询，工程量算，工程漫游。根据设计三要素：导线方位、长度和坡度，自动生成三维导线，并输出各点三维坐标，不需要人工计算；同样，使用鼠标即可完成导线闭合。

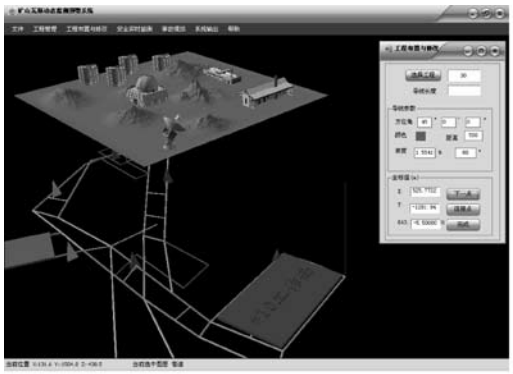


图13.15 工程布置

(3) 安全实时监测

通风系统整体演示；

监测数据实时显示更新，直观显示监测点实时监测量的三维分布；

监测站自由查询；

人员定位；

三维动画显示矿井通风系统的线路及其运行方向

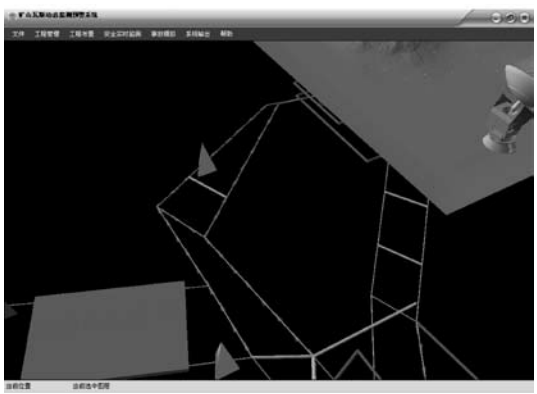


图13.16 通风系统

(3) 事故模拟

参数设置，设置瓦斯源与矿工位置参数；

扩散演示，气体扩散三维动态演示；

避灾演示，人员避灾三维演示；

爆炸演示，巷道安全事故爆炸演示；

辅助决策，系统分析并给出扩散时间路径、避灾路线、事故评价。

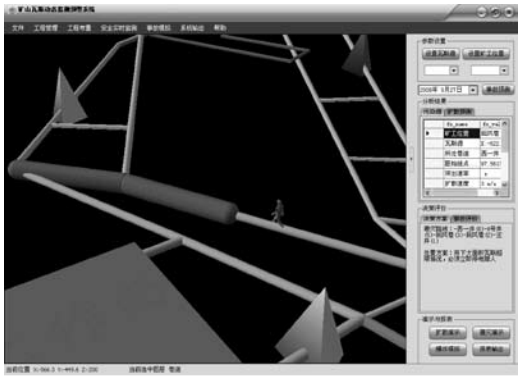


图13.17 扩散模拟

（4）数据输出

场景输出，制作系统场景专题图

报表输出，输出通风安全事故分析报



图13.18 矿山通风安全事故分析报告

5 应用领域与实用性分析

本系统结合采矿专业知识，对矿山进行三维模拟，以实时监测数据为基础，对通风情况进行综合分析与控制，集数据监测、反应、评价、智能控制为一体，实用性强。

系统是依据风路中气体的流动来进行监测分析的，建立了完备的算法，可拓展应用于各种管状工作面及地下矿山中的灾害气体的管理与监测。可应用于以下领域：政府应急，地下工程、管道工程、水利工程、化工工程、科学技术研究三维仿真应用、矿山设计与规划、地质勘探、科学教育与培训等。

第十四章 工程设计

利用GIS技术减少远距离工作的风险

1 背景

如果你有一项业务是要在很短的时间内，去一个偏远的，环境敏感的地方完成，应该怎么办？Esri的商业合作伙伴BPExploration Alaska(BPXA)为解决这个问题积极地寻求解决方案，他们利用GIS技术开发了一个叫做危害虚拟监测（VHM）工具，它可以模拟环境和远程项目的工作逻辑，让你还未到达工作现场就能先身临其境，减少将来去到现场以后出现的各种问题。这个VHM工具甚至还可以在架构整体环境前，就可以在虚拟世界提供一个规划或架构方案，确定或减少可能出现的问题，因此BPXA还获得了2008年欧洲绿色IT奖。

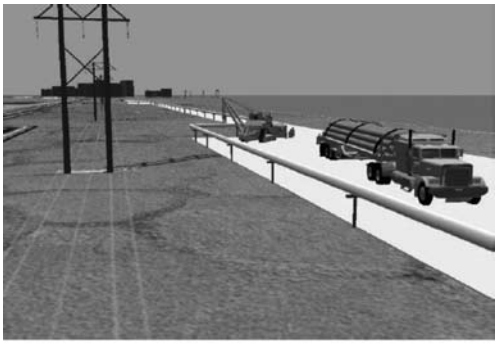


图14.1

视图显示了可能的管线、设备管理人员、工程设备、结冰的道路和背景建筑物情况。所有的要素都是真实的GIS要素，也都是用3D符号或复合块状多边形显示的。

开发出这个工具的灵感来自于一项在阿拉斯加的北坡（North Slope）这样的特殊环境中的工作。管线刚好要在冬天铺设在结冰的路面上，还要避免影响到敏感的寒漠生态系统。冬季施工有利于保护脆弱的北极的生态环境，但是这也引起了其他的问题，例如零下的低温和极夜等问题。由于工程的进度限制在冬季完成，所以往往野外作业要同时进行，操作时如果因为一个小小的疏忽，仅中断几个小时也可能造成重大隐患。

需要有一个能预计到北极圈内工作可能遇到风险的解决方案，最大程度地确保人员安全，并尽量减少对环境的影响。在2007年，BPXA和工程顾问以及Esri商业合作伙伴HDR一起共同制作了“业务过程排练工具”，用来模拟同步进行操作施工的风险。这个VHM工具开发的目的，就是希望用一个3D模型来表现北坡项目设计的具体细节。BPXA的目的就是希望创建一个虚拟的3D环境，工人和管理者可以在其中灵活地找到规划的施工位置和可能遇到的风险。

2 利用Google Earth来搭建的第一个VHM版本

HDR做的VHM第一个版本是在Google Earth上做的。虽然主管人员认为应用程序的原型是对的，但是由于Google Earth中缺少准确的地形学知识和元数据，做的工具不能实现原定的许多重要管理目标，例如Google Earth不能让大部分现有的BPXA数据与CAD中的设计信息集成起来，但这其实正是真正的GIS的优势所在。由于不能很好地给出一个3D工具基础的外观和感觉，所以这个Google Earth原型系统不行，为了满足项目的要求，项目组成员决定建立第二个原型，这次用ArcGIS。

3 利用ArcGIS Explorer

HDR用ArcGIS Server部署了globe服务来提供3D的环境视图可以用在ArcGIS Explorer中。一开始，BPXA和HDR只给了这个原型50%的成功机会，因为开发的时间被压缩成两个半月，数据问题和陌生的技术条件也是困难。为了按时完成项目，项目小组立即开始准备数据，同时收集程序原型的业务需求和功能规格。根据项目需要收集的数据有高分辨率正射影像、把CAD数据迁移到 GIS的数据、已有的管线GIS数据集、电力设施和建筑物数据。因为BPXA有最新的LIDAR数据，这就为整个结构提供了高程（因为大部分已有的脚本和GIS数据是2D的），其他的已知的高程数据被嵌入到管线CAD设计中，其余要素的高程就由成型的零部件和设计标准来生成。这些GIS数据最终精确描绘了BPXA的管线高程架构，他们的电力传输、网络分布和特殊位置的建筑物，都变成了3D的。

4 通过自定义任务来提高工具的能力

许多人认为一个3D要素表现得如何得看这个应用程序具有多大的本事。，ArcGIS Explorer可以利用自定义任务来加强的即拿即用工具箱的功能，以满足特殊功能。这些自定义的任务可以从ArcGIS Server部署到ArcGIS Explorer中，无需定制ArcGIS Explorer的安装程序。

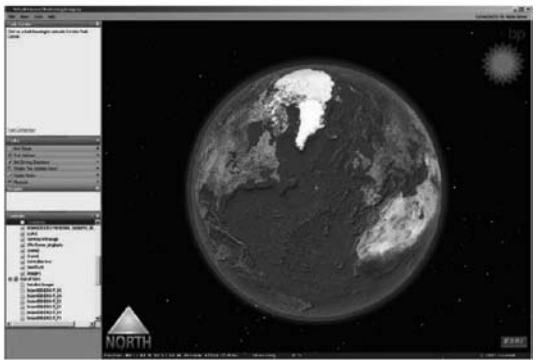


图14.2 自定义部署在ArcGIS Explorer中的皮肤和主界面服务

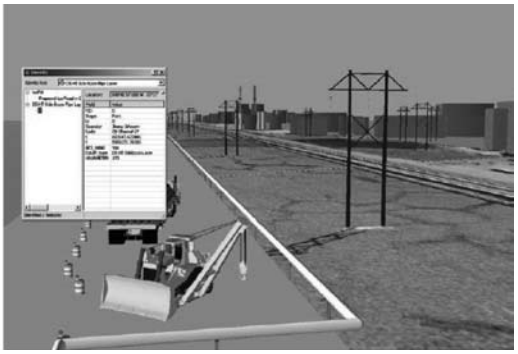


图14.3 显示的属性是与GIS演示能力有关的

5 总结

项目结束后，有一份调查结果，其中的要点摘抄如下：

(1)技术大大提高，ArcGIS Server完全可以在Web环境中提供实时的GIS 3D 数据服务。

(2)ArcGIS Explorer是一个可扩展的客户端，可用来演示和使用globe服务。

(3)这项技术非常有用，不仅可以作为培训工具，还适用于那些需要特殊视图（标准2D制图或设计以外）支持的业务。

(4)与BPXA其他的技术进步一道，例如企业级GIS，搭建3D GIS环境的能力成为了整体设计考虑的一部分（即GIS技术成为BPXA的整体环境的一部分）。

VHM工具按时交给BPXA，并满足了所有业务和项目目标。工具完成之后，BPXA的管线建设经理Steve Gerlek说："我相信我刚刚瞥见的未来比我原来想象的更接近。"

风能涡轮电机如何选址以避免造成鸟类大量死亡

——用GIS预测因果关系

风能是一种非常普遍的能源，因为它不仅可以节约能源，而且取之不尽，还不会造成污染。不过，它有一个负面影响，就是风能涡轮机常常误杀大量飞鸟，其中还包括哪些受保护的珍惜物种。为了研究涡轮机对鸟群的影响，找出避免误伤的解决方案，加州能源委员会成立一个项目，确定在加州北部的APWRA风能资源区域，应该采取哪些措施来减少鸟类与风机的碰撞。



图14.4

经过观察，红尾　喜欢飞翔，并多在迎风面区域中。它们喜欢顺风和背风坡的垂直风（灰色地区）。

经过生态资源顾问和Lawrence Livermore国家实验室（LLNL）研究，得出了风机和APWRA的鸟群死亡之间的各项因果关系，还研究分析了鸟类行为与风速、塔高、地形和其他因素之间的关系。GIS在这些研究当中一直发挥着重要作用，还生产了许多说明鸟类行为和风机撞击的数量的地图。Shawn Smallwood博士和LLNL的GIS小组的Lee Neher利用ArcGIS ModelBuilder 和ArcGIS Server设计了其中的GIS应用程序，那些地图也对分析2003–2004年鸟群行为数据，给出报告很有用。

鸟类行为有一个一分钟观察记录一次的属性标签（活动、高程等），都对应有地形坡度、方位、高程和风向，还添加了10米数字高程模型分析得出的数据，确定每个鸟群观测地的凹凸和平面地形面积。GIS分析员利用了ArcGIS 3D Analyst和ArcGIS Spatial Analyst扩展模块制作出一系列研究地图。

调查发现风机的位置和扇叶的高度明显影响着猛禽的健康。越高的风机，对猛禽就越好，这就直接关系到风机的设立点和类型的选择。

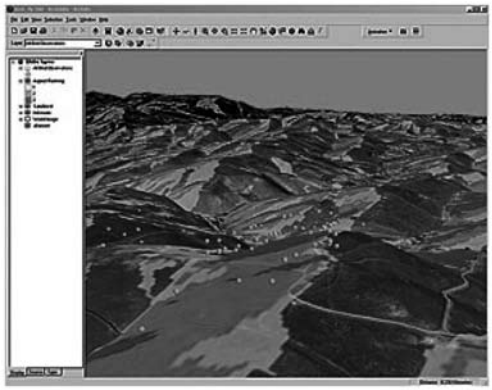


图14.5

用GIS数字高程模型定向东北风和西北风显示出鸟、风向和等高线的关系

行为观察和鸟类活动程度的研究都应该先于风场风机的安装。只有理解了鸟类飞行方式才能帮助风场做好设计，这里包括根据地形、土地利用情况，确定风机的高度、空间排列和具体位置。此外，在风场项目前期的观测研究能够得出对特殊敏感事物的影响和项目自身的弱点。

第十五章 公安

基于二三维一体化的警用地理信息系统解决方案

卫跃文 韦晓博
北京森迪特科技有限公司

1 概述

“警用地理信息系统”是利用地理空间信息技术，以电子地图为基础，以公安宽带网络为依托，以信息共享和综合利用为目标，实现公安基础信息基于空间电子地图的可视化查询和分析，提高在指挥决策、快速反映、反恐等方面的综合能力，为治安管理、警力部署、巡逻布控、安全警卫等公安业务提供行之有效的管理手段。从整个公安行业信息化和公安“金盾工程”建设的角度来看，建立警用地理信息系统十分必要，是整个公安信息化建设的一部分。

随着三维可视化技术的发展，尤其是Google Earth的出现，三维可视化得到了广大用户的青睐，在我国也推出了数十个三维可视化平台，由于三维可视化更贴近真实世界，更符合人们的视觉习惯，因此三维可视化应用系统近几年也得到了广泛应用。

但是，三维可视化系统的分析功能、数据管理功能还十分弱，采用其建立警用地理信息系统还不能完全满足公安业务的需要。我们在前几年也采用二三维联动的方式开发过一些应用系统，取得了一定的应用效果，但是由于二三维系统采用不同的数据模型存储数据，这为数据的更新维护带来了一定的麻烦。二三维一体化是地理信息系统的发展方向。

二三维一体化的地理信息系统是指二维三维GIS系统采用同一个后台数据库进行二三维数据的一体化管理，并且二维与三维数据在数据模型和数据结构上保持统一，从而可以保证二三维数据的同步，在三维系统中可以高效展现二维数据，在二维系统中的GIS分析也均可在三维系统中直接操作。

2 建设思路

2.1 二维空间数据库的建设

为了规范地建设各地的警用地理信息系统，公安部组织制定了相关的地理信息标准规范，在建设警用地理空间数据库时应按照相应的标准规范组织图层和对数据进行编码。

值得一提的是目前许多城市都在建立城市地理信息共享平台，在建设警用地理信息系统时可采用政务电子地图做为基础地理信息，这样一方面可以节约建设资金，另一方面可保证基础地理信息的现势性。

2．2 三维空间数据库的建设

三维空间数据主要包括地形模型的建立与地面上地物模型的建立。地形模型可采用数字高程模型（DEM）叠加遥感影像建立；三维地物模型则比较复杂。

在地物建模中建筑物的建模工作量最大，建筑物建模可分为精细建模与批量快速建模两种：对于重点保护单位和场所采用精细建模，有些十分重要的场所，如机场、火车站等内部也要进行精细建模；对于非重点单位，可采用批量快速建模的方式进行建模，在批量建模时，不同建筑结构的建筑物表面可贴不同的纹理。对于具有相同特征的点对象，如树、路灯等尽量采用三维符号化的方式进行处理，也就是同类的树或路灯可只建模一次，而通过配置符号的方式对二维数据进行三维展现。

当然，如果其他单位（如城市规划部门）已经建立了城市三维模型，则应尽量采用，不必重复建设。

2.3 二三维数据一体化存储

一体化的存储二三维数据，在ArcSDE中有两种解决方案：

1、一是数据存储为二维数据，在三维系统中采用三维符号进行显示，流行的三维模型制作工具，如3DS Max、Multigen制作的三维模型，都可以作为三维符号来使用。

2、二是在ArcSDE中的MultiPatch数据集，可以通过批量导入建模工具所建立的三维模型来构建数据集。

2.4 二三维一体化展现

二三维一体化展现包括两种形式：

1、同时显示二三维窗口，在二三维窗口之间进行联动，如下面的图1、图2。

2、二三维数据同时展现在三维窗口中，所有的查询、分析都在三维窗口中进行，如下面的图3、图4、图5。

2.5 基于SOA架构进行外部系统集成

面向服务的体系结构（service—oriented architecture，SOA）是一个组件模型，它将应用程序的不同功能单元（称为服务）通过这些服务之间定义良好的接口和契约联系起来。接口是采用中立的方式进行定义的，它应该独立于实现服务的硬件平台、操作系统和编程语言。这使得构建在各种这样的系统中的服务可以以一种统一和通用的方式进行交互。

系统接口主要是指以地理信息空间和属性数据库为核心，结合基础业务数据库、预案和知识库，为系统用户提供全面的支撑性基础数据服务。主要包括如下接口：

1、与接处警计算机辅助调度系统接口

2、与全球定位系统和移动应用系统接口

3、与决策支持系统接口

4、与预案和知识库系统接口

5、与数字视频系统接口

6、与人口数据库的接口

3 总体框架

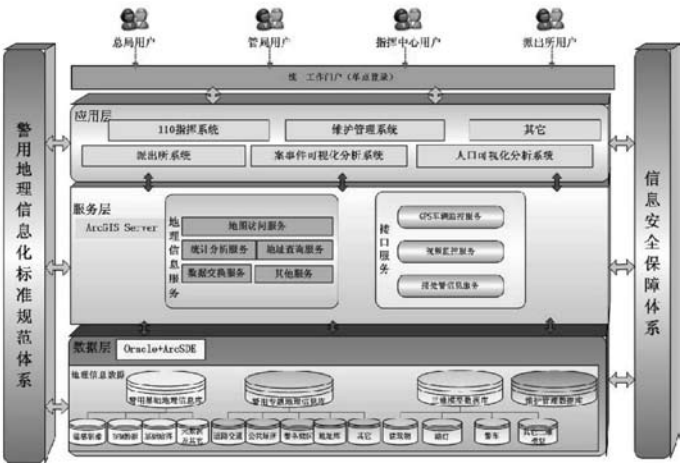


图15.1警用地理信息系统主要由三部分组成：

1、数据层：采用Oracle大型数据库和ArcSDE空间数据库引擎进行海量地理信息的存储，满足TB级数据管理要求。包括四类数据：警用基础地理数据、警用专题地理数据、三维模型数据、维护管理数据，实现集中建库、统一管理、数据共享。

2、服务层：服务层包括地理信息服务与接口服务。地理信息服务采用ArcGIS Server为平台，为各个应用系统提供地理信息数据的显示、查询、统计等服务；接口服务采用WebService技术实现，与GPS车辆监控系统、视频监控系统、接处警系统实现对接。

3、应用层：通过二三维一体化的方式展现警用地理信息，实现警务应用系统，如110辅助接处警系统、人口定位与查询系统、派出所应用系统、案事件可视化分析系统等。

4 系统主要功能

4.1 快速查询定位

快速查询为地图的各类资源信息提供便捷的查询方式。快速查询内容包括街路巷、地址、单位名称等。根据查询到的信息再关联出与该信息有关系的其他信息如：查询到一家旅店，系统可以关联查询这家旅店入住人员情况，根据入住人员信息系统会自动生成出该人一段时间在本市的入住轨迹，同时在地图上进行展示。这种轨迹的展示可以与某些其他的数据分析得出的轨迹进行对比分析。能非常有效的进行案件分析。

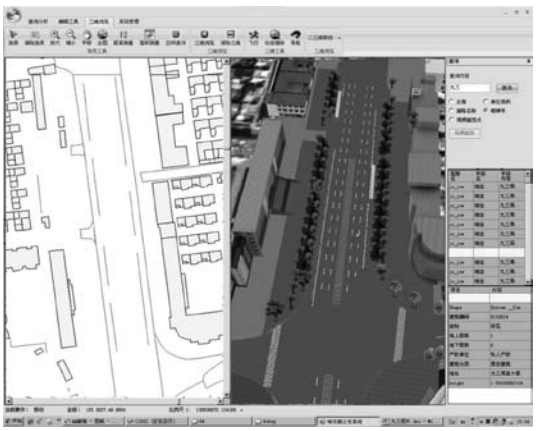


图15.2 快速查询定位

4.2 人口信息查询

实现“以图管房、以房管人、以人找房、图文互动”的人口管理模式，实现对辖区内人口信息的空间可视化管理。提供人口查询、以房找人、以人查房、房屋关联查询、单位关联查询、地址关联查询、区域排查、流动人口研判、高危人群分布分析、暂住人口住址历史轨迹等功能。

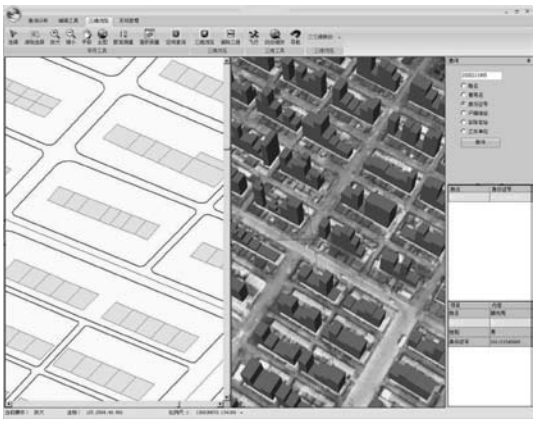


图15.3 人口信息关联查询

4.3 基于GIS的周边查询

与业务数据库相关联，可以在案发地的周边范围内进行查询定位，分析事件周围一定范围内的重点单位、建筑、道路、预案、卡点、警力部署、重大要害部位、实时GPS信息等图层中的要素信息，以案发点为中心在周边一定范围内进行数据分析，寻找出公安需要的信息如：重点人口、暂住人口、境外人员、旅店、出租屋等等。

空间分析分为以点、线、面对象为中心进行分析，查询、统计周围一定范围内的资源分布情况。

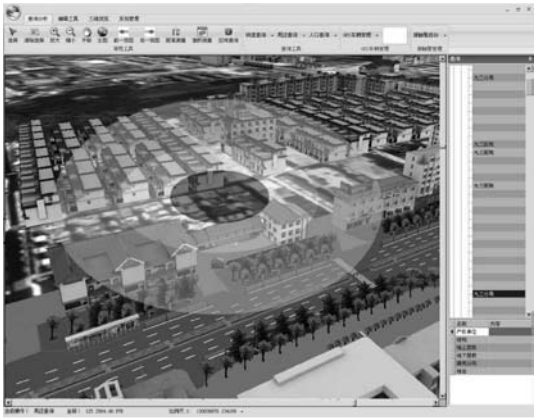


图15.4 周边查询

4.4 GPS车辆定位

通过与GPS车辆定位系统的集成，在二三维系统中对GPS车辆进行实时定位。



图15.5 GPS车辆定位

4.5 基于GIS的业务信息采集

可以在派出所应用系统二三维地图平台上直接采集警用公用地理信息（与公安业务密切相关、且可为公安业务各部门开展地理信息应用所共同需要的一些公用性数据，按信息的业务归口关系，由一个主要部门负责数据采集和图层制作，并由多个单位协助其完成相关属性信息的采集和完善）。



图15.6 业务查询

5 系统特点

本系统紧密结合警务应用的特点，采用二三维一体化技术构建了警用地理信息系统，“一体化”主要体现在数据存储一体化与地理信息展现、空间查询、空间分析一体化，既具有二维地理信息系统强大的空间分析功能，又具有三维地理信息系统形象直观的特点。

第十六章 军队

军用GIS大量动态目标的二三维高效显示与联动

白旭阳
Esri中国(北京)有限公司

如何使用ArcGIS将大量动态目标进行高效表现，并进行二三维联动是很多项目会遇到的技术需求，本文介绍在ArcGIS Engine9.3框架下实现该需求的策略与方案。解决这个问题大致分为两个步骤，首先要找出在ArcGIS框架下高效显示二维动态目标和三维动态目标的方法，然后再通过某种机制将这些二三维动态目标联动起来。下面就这两个问题分别进行探讨：

1 二三维动态目标显示策略的选择

1.1 传统接口并不适用

ArcGIS的系统中有元素（IElement）这一接口，可以用于将目标临时标绘在地图上，二维和三维环境均可以使用该接口。使用该接口显示二维或三维动态目标的实质就是在需要刷新时更新IElement：Geometry属性的位置，同时使用IElement：Symbol修改符号的方向、颜色等信息表示动态目标的位置、飞行方位角以及敌我属性。该方法调用简单，但问题也很突出，实践表明普通主流游戏显卡仅能支持几十个二维动态目标或十余个三维动态目标较平滑显示。原因在于传统IElement接口过于笨重与庞大，它并不是为了高效绘画而设计的，基本不适于上百个甚至更高数量级的二三维动态目标高效显示，需找出一套更适合高效显示的二三维绘画方法。

1.2 二维动态目标的高效显示策略

在ArcGIS9.3以及后续版本中，ArcGIS为了满足大量二维动态目标高效绘画与刷新出现了IDynamicMap接口，该接口仅仅需要进行简单设置就可以将二维地图设置为高效绘画状态。开启动态绘画状态的示意代码如下（C#为例）：

首先定义该接口变量：

```
private IDynamicMap m_dynamicMap;
```

之后在需要打开绘画状态时执行：

```
m_dynamicMap = m_hookHelper.FocusMap as IDynamicMap;
if (m_dynamicMap == null)
return ;
m_dynamicMap.DynamicMapEnabled = true;
```

开启动态绘画状态后，可以通过写一个类来实现IDynamicLayer接口，重写IDynamicLayer：

DrawDynamicLayer方法，在该方法内使用IDynamicDisplay.DrawMarker等方法将我们所需的动态目标绘制上去，目标的符号可以通过IDynamicGlyphFactory.CreateDynamicGlyph方法预先设定好。具体代码可以参考ArcGIS帮助“Getting started with dynamic display”主题，在线帮助链接为：http://resources.esri.com/help/9.3/ArcGISEngine/dotnet/756d0373-8e76-4145-a337-5af537ee6393.htm

使用这套显示机制可以将二维动态目标平滑显示的数量提高到几千个甚至上万。动态目标显示机制的底层原理是使用OpenGL直接绘画在GDI上，并没有IElement那样笨重，优势很明显：

1、效率高，可以让数千甚至上万个动态目标同时显示并平滑刷新

2、调用简单，核心方法是实现IDynamicLayer接口

3、可以方便的在绘画目标上下左右四个方向添加文字标注（IDynamicCompoundMarker.DrawCompoundMarker(x)方法）

4、支持各种几何体，包括点、线、面、矩形以及文字

5、效率与节点数成线性关系，易于控制。因此，如果我们需要绘画的对象是动态目标的轨迹线，请将轨迹线内部节点尽量缩减到最少，以提高绘画效率。

当然，问题也是有的，目前使用IDynamicCompoundMarker.DrawCompoundMarker(x)方法绘画目标周围的文字标志尚不识别中文，我们可以通过单独绘画文字的方法解决。

由于动态绘画技术实现原理更轻便，本身并没有像IElement那样提供遍历和查询的方法，因此需要我们自己根据当前绘画的目标坐标来实现查询，但这并不难，可通过数组或哈希表管理这些动态目标的空间与属性信息，有了这些信息，我们就可以进行空间与属性的查询。最核心的问题是，有了这个方法，我们解决了二维大量动态目标显示问题。

1.3 三维动态目标的高效显示策略

之前已经介绍了，使用IElement接口虽然二三维均适用，但由于效率低下，不适合大量目标的动态显示。由于ArcGIS的三维是基于OpenGL的，同时也支持通过OpenGL进行自定义绘画扩展。因此，我们选择使用OpenGL实现一个自定义的三维图层进行高效绘画。基本思路是通过IGlobeDisplay3.DirectOpenGLDraw打开OpenGL三维绘画开关，进行自定义绘画，之后关闭OpenGL三维绘画，代码示意如下：

```
IGlobeDisplay3.DirectOpenGLDraw = true;
IDisplay.SetSymbol();
IDisplay.DrawXXX();
IGlobeDisplay3.DirectOpenGLDraw = false;
```

在进行OpenGL绘画时，要注意绘画系统坐标与三维地理坐标之间的转换，应及时调整三维符号的大小与方向，如下图所示：

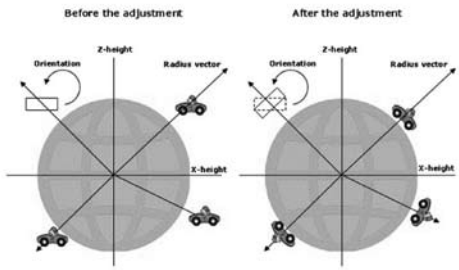


图16.1

创建完整的显示序列并设置符号的示意代码为：

```
private uint CreateDisplayList(IMarker3DSymbol marker3DSymbol)
{
m_globeDisplay.DirectOpenGLDraw = true;
GL.glMatrixMode(GL.GL_MODELVIEW);
IDisplay display = (IDisplay)m_globeDisplay;
IGlobeDisplayRendering globeDisplayRendering = (IGlobeDisplayRendering)
m_globeDisplay;
double globeRadiusMeters = globeDisplayRendering.GlobeRadius;
//Calculate the symbol scale.
double scale = 1.0 / globeRadiusMeters; //Normalized by the globe radius.
uint intSymbolDisplayList = GL.glGenLists(1);
GL.glNewList(intSymbolDisplayList, GL.GL_COMPILE);
{
GL.glDisable(GL.GL_COLOR_MATERIAL);
GL.glPushMatrix();
{
GL.glScaled(scale, scale, scale);
display.SetSymbol((ISymbol)marker3DSymbol);
}
GL.glPopMatrix();
GL.glEnable(GL.GL_COLOR_MATERIAL);
}
GL.glEndList();
m_globeDisplay.DirectOpenGLDraw = false;
```

```
return intSymbolDisplayList;
}
```

具体使用方法可以参考ArcGIS帮助系统中“Implementing custom globe layers with dynamic feed”专题，在线帮助参考地址为：http://edndoc.esri.com/arcobjects/9.2/net/b0e91ce8-c180-47dc-8323-06cac5d77064.htm。

在每个目标所使用的三维模型均不同的情况下，主流游戏显卡大约可支持几十个动态目标平滑显示。这个数量并不能让我们满意，必须进一步优化。优化的策略是，让远处的三维目标仅仅表示为很简单的三维点符号，只有近处的目标才显示成三维模型。做到这一点的核心问题是如何进行三维距离判断，三维点符号的距离即三维目标与当前场景的观察点距离，可以使用如下代码进行判断：

```
// Query the camera location in geocentric coordinate (OpenGL coordsystem)
double observerX;
double observerY;
double observerZ;
camera.Observer.QueryCoords(out observerX, out observerY);
observerZ = camera.Observer.Z;

bool outsideView = false;
bool tooClose = false;
bool tooFar = false;
globeViewUtil.GetIsPointVisible(glPoint.X, glPoint.Y, glPoint.Z, out outsideView, out tooClose, out tooFar);
if (outsideView || tooClose || tooFar) { continue; }

// Get Distance From Observer to Target
this.m_vector3D.SetComponents(
observerX - glPoint.X,
observerY - glPoint.Y,
observerZ - glPoint.Z);
double magnitude = this.m_vector3D.Magnitude;
```

其中，magnitude变量就是某个三维目标点与观察点的距离，可根据需求设定距离区间控制符号是否使用真实三维模型。

优化后的三维场景使用主流游戏显卡可平滑绘制400个不同类型、不同颜色动态目标，如使用更好的游戏显卡甚至可支持上千个三维动态目标。使用OpenGL方案的好处在于：

1、效率提高幅度显著，使系统进入实用级别

2、代码组织结构清晰，仅需实现ArcGIS图层接口形成一个自定义图层类，如需实现其他方法，比如空间查询等，只需要该类多实现相关ArcGIS接口

3、OpenGL绘画灵活度极高，会使用OpenGL的开发人员可通过计算灵活的设置三维符号的大小、颜色、方向、仰角俯角等信息，表达三维动态目标的远近、敌我属性、飞行方向及空中姿态

4、效率与节点数成线性关系，易于控制。同样，如果我们需要绘画的对象是动态目标的轨迹线，请将轨迹线内部节点尽量缩减到最少，以提高绘画效率

由于该方案需要开发人员直接使用OpenGL技术，对开发人员OpenGL功底有要求，代码量较大，需要接触更底层一些的数学运算较多。

2 二三维动态目标的联动

所谓二三维动态目标联动，其原理非常简单，就是让二三维场景中的动态目标具有同样的一套动态目标刷新机制，无论原始的刷新请求来自于二维场景还是三维场景，或来自于统一的一个UDP接收事件，只要二三维场景中的动态目标空间与属性信息更新一致即可。为了便于代码实现，最好使用统一的目标模型甚至同一个的类来管理动态目标的属性和目标集合，在二三维显示需要时，可以将这些动态目标信息以一个对象集合的形式发给显示刷新函数。如果设计更精巧一些，可以考虑在动态目标类中添加“是否更新”的属性，用以标识该目标此次是否需要刷新，最大限度的降低每次三维绘画的刷新负载。二维场景中接收动态目标刷新的示意代码为（仅为示意，不能完成编译）：

```
// ============================================================
// Description    更新二维动态目标
// Parameters     pBxyDynamicObjects      [in]      放有动态目标的集合
// Parameters     lTrackByObjectIndex     [in]      大屏幕跟随指定目标的目标索引号。该值<1时停止跟踪
// ============================================================
private bool Update2DDynamicObjects(long lTrackByObjectIndex)
{
bool  functionReturnValue = false;
BxyDynamicObject pBxyDynamicObject = null;
BxyDynamicObject pBxyDynamicObject_Prev = null;
long lIdx = 0;
long i = 0;
for (i = m_pBxyDynamicObjects.DynamicObjectCount; i >= 1; i += -1) {
pBxyDynamicObject = m_pBxyDynamicObjects.GetDynamicObjectByIndex(i);
m_dynamicSymbolProps.DynamicGlyph(esriDSymbolMarker) = m_pMarkerGlyphs(pBxyDynamicObject.PlatType - 1);
if (m_pBxyDynamicObjects_Prev == null) {
```

```
pBxyDynamicObject_Prev = null;
} else {
pBxyDynamicObject_Prev = m_pBxyDynamicObjects_Prev.GetDynamicObjectByIndex(i);
}
//计算符号方向
CalculateHeading(pBxyDynamicObject_Prev, pBxyDynamicObject, i);
//计算符号角度
m_dynamicSymbolProps.RotationAlignment(esriDSymbolMarker) = esriDSRANorth;
//set the color of the marker symbol of the observer
m_dynamicSymbolProps.SetColor(esriDSymbolText, 1.0, 1.0, 0.0, 0.7);
//Call m_dynamicSymbolProps.SetColor(esriDSymbolMarker, 0.8, 0.8, 0.8, 0.8)
//根据敌我属性对符号上色
SetIFFAttrColor(pBxyDynamicObject.IFFAttributeValue);
//绘画目标点m_dynamicCompoundMarker.DrawCompoundMarker4(pBxyDynamicObject.
ConvertToPoint, "No:" + pBxyDynamicObject.ObjectName, "PlatType:" + pBxyDynamicObject.
PlatType, "X:" + Round(pBxyDynamicObject.PosX, 3), "Y:" + Round(pBxyDynamicObject.PosY,
3));
}
// 记录上一组目标
m_pBxyDynamicObjects_Prev = m_pBxyDynamicObjects.Clone;
functionReturnValue = true;
return functionReturnValue;
}
```

最终实现效果图：

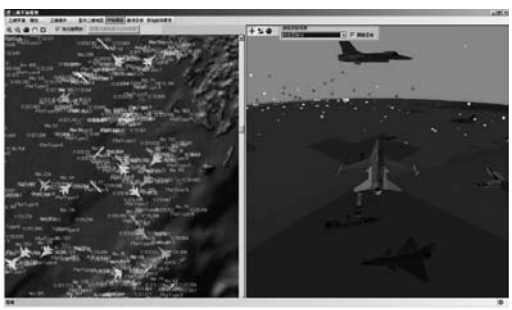


图16.2

3 总结

ArcGIS平台是开放的，我们可以通过重写它的接口满足特定需求。基于ArcGIS优异的二三维平台，可以让我们在绘画大量动态目标的同时，加载海量矢量与栅格底图数据，辅助真实战场环境的表现。二三维高效显示是一个需要充分挖掘优化空间的工作，也许在实现思路上大同小异，但如果我们在编程的时候注意多一个判断，少一层循环，最终的执行效率就可能因此提高数倍。

十七 综合应用

三维爆破模拟与决策支持系统

程杰、许伟平、赵旭、张瀚
武汉理工大学资源与环境工程学院规划系

【摘 要】 工程爆破和建筑物爆破是城市建设发展中的一项重要课题。本系统为基于ArcEngine的三维建筑物场景的建立以及爆破动态模拟技术，并开发建立了一个三维爆破模拟与决策支持系统。系统以高耸烟囱为实例，借用ArcScene的三维显示功能实现爆破场景再现和爆破过程模拟，利用GIS空间分析技术结合相关物理学结构力学知识确定出爆破安全范围，评价爆破效果，求出爆破最大飞石距离以及爆破震荡对周围建筑物的影响等,从而为爆破数字模拟和决策支持提供了新的技术途径。

【关键词】 ArcEngine 三维爆破 爆破模拟 决策支持

1 引言

城市化是我国21世纪的必然选择，也是我国全面推进现代化的重大战略性课题。在城市扩建和发展过程中，建筑物的拆除与爆破成为建筑行业和爆破界必须面对的一个重要难题。建筑物爆破可能为社会和生活带来各种危害，例如粉尘、毒气等有害物质和振动、噪音对人类正常生活造成的影响等。为了确保建筑物的安全爆破，将爆破危害减小到最低限度，需要解决爆破理论和技术上的各种难题，例如，如何确定爆破冲击波的安全距离、如何选择爆破技术参数，以及如何设计爆破拆除方案等。运用新的数值模拟和虚拟现实技术，将为爆破理论研究与工程设计提供有效的科学依据，也将为实现全新的数字化爆破开辟新的途径。

2 项目背景

在城市建设和厂矿企业技术改造中，需要拆除大型的建筑物，如体育馆、烟囱和水塔等。然而，这类高大建筑物通常位于人口稠密的城镇和厂矿区的建筑群中，因此，安全爆破和控制爆破的技术与方法显得尤为重要。由于爆破过程的复杂性和建筑结构的复杂性，直接增加爆破影响和爆破危害的不确定性。借助于GIS的可视化功能和强大的空间分析能力，可以再现三维爆破场景，模拟倒塌路线，控制爆破对环境的影响范围，提供人财物力损失最小的方案以及相关的决策服务等。通过以爆破测试技术研究为基础，结合GIS和虚拟现实技术，有利于实现爆破安全、环保、效率和效益的协调统一，将为爆破模拟和决策支持提供一种新的技术手段。在建筑物爆破中，GIS可以用于噪声、浮尘等污染物的缓冲区分析，建筑物倒塌的三维模拟和飞行，最小炸药量分析，人员紧急疏通和救援等。同时，通过可视化和数字化的模拟爆破，以便提高炸药能量利用率，优化和设计建筑物爆破的方案。相信在爆破中引入GIS很快就能实现周围建筑“毫发无损”、周边道路“秩序如常”、地下电缆不受波

及，污染物控制良好”的成功爆破，对于促进爆破理论和技术的发展均具有重要的理论意义和实用价值。

3 系统设计

本系统主要有四个功能模块，每个功能模块又可以分为几个子功能模块。

（1）三维模型参数设置模块：此功能模块可对要建立的三维场景基本参数进行设置以满足不同爆破需求，可以设置烟囱的主要参数（高度、上下底半径、厚度），设置受影响建筑物关键参数（距烟囱距离、层数、层高等）。

（2）爆破动态模拟模块：此功能模块就是对爆破过程进行动态模拟，系统从噪声、爆炸碎片、虚拟冲击波等几个角度对爆破过程进行多方位动态模拟。

(3)爆破评价分析模块：此功能模块分为应力分析、污染粉尘范围、最大飞石范围、对其他建筑物震动影响等几个子功能模块。

（4）三维图形的浏览模块，包括三维图形的放大、缩小、移动、旋转、选择等基本的浏览操作，以及对场景图层的删除和添加,以及属性的浏览。

如图17.1所示：

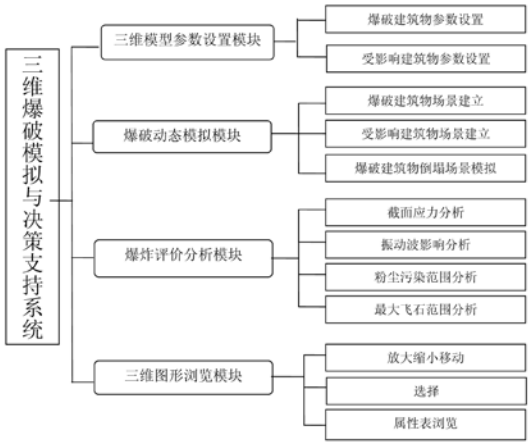


图17.1 三维爆破模拟与决策支持系统功能模块

4 关键技术

通过对系统的分析，实现以上功能主要是以下几个关键技术。

（1）三维场景的建立，包括利用计算机编程技术在SceneControl控件中进行三维立体仿真场景的建立和在ArcScene中建立三维场景。

（2）建筑物倒塌动态模拟，采用时态GIS技术进行建筑物倒塌的实时模拟。

（3）建筑物爆破的应力分析，涉及到结构力学、爆破学相关理论。

（4）建筑物爆破污染范围分析，应用GIS缓冲区分析，结合统计学、环境科学相关理论。

在查阅了相关资料和老师的指导下，本小组基本解决了以上关键技术，并用计算机编程技术对其初步实现。

5 系统实现

在WindowsXP环境下，基于以上的关键技术，本系统采用VisualBasic 6.0编程语言和ArcEngine组件式二次开发，实现了建筑物三维场景建立、爆破过程模拟以及各种爆破效果的评价分析。

4.1 三维场景的建立

4.1.1 计算编程实现三维场景的建立

利用计算机编程在SceneControl控件中建立三维场景是一个比较复杂的过程，主要使用IMultiPatch接口实现。MultiPatch是一系列表示几何体三维表面的组合体，它可分为三种类型：TriangleStrip、TriangleFan、 Rings。各种几何体的MultiPatch建立的主要思想是：先对其三维表面进行切割，然后分别建立不同的Triangle Strip或者Rings，最后再拼接在一起形成MultiPatch。本系统中主要使用TriangleStrip，它是一系列相互连接的三角带，要求后一个三角带的开始两个顶点是前一个三角带的后两个顶点；系统中建筑物窗口的建立使用Rings。本系统中烟囱三维场景的MultiPatch是由36个TriangleStrip拼接而成的。有了建筑物的MultiPatch，可在上面贴一些纹理图片使其更加形象，贴纹理使用ITextureFillSymbol接口，调用它的CreateFillSymbolFromFile（Type，FileName）函数就可进行纹理粘贴。

4.1.2 在ArcScene中建立三维背景

此处的三维场景，即背景图层，是根据不同爆破环境而定，可以自由输入。本系统是根据武汉某小区的实地规划图数字化得到，共分为Building、Water、Tree、Road、Vegrgn、Desk六类图层，每类图层都建成三维模型。

三维模型可以直接调用ArcScene库中自带的符号，也可以通过外部环境调入。外部环境可以利用3DMAX 或SketchUp软件制作。一般外部环境制作，具有灵活型和新颖型。本系统直接利用ArcScene符号库进行创建。

系统三维场景图如图17.2：

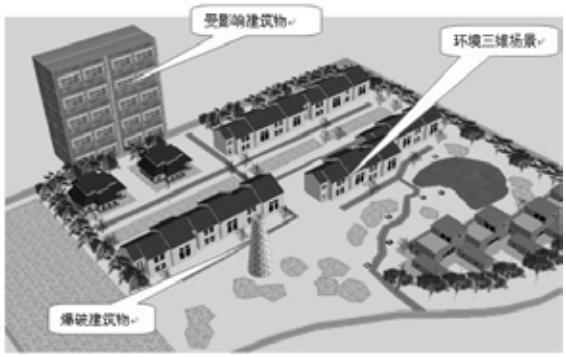


图17.2 三维场景效果图

4.2 建筑物倒塌过程动态模拟

建筑物倒塌是一个非常复杂的过程，影响因素比较多，要精确的对其倒塌过程模拟比较困难。本系统是对理想状态下建筑物倒塌过程实现简单的模拟。

在动态显示时，从爆破声音、虚拟冲击波、爆炸碎片等几个角度对其爆炸过程进行模拟。系统先设计好一个Cylinder类，该Cylinder有上下底中心坐标、上下底半径、倾斜度、厚底、高度等几个成员变量。倒塌时建立多个不同倾斜度Cylinder类对象，然后随着时间的变化显示不同倾斜度Cylinder类对象，从而实现倒塌动态效果。烟囱倒塌过程中分块进行下落，下落时Cylinder类对象重心是一个抛物线。如图17.4所示：

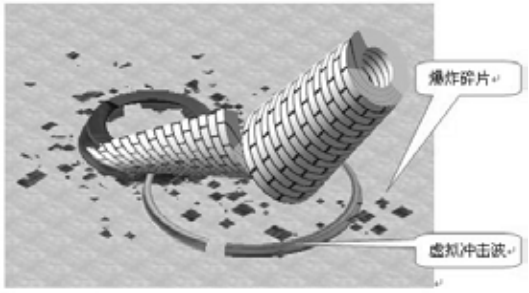


图17.4 烟囱倒塌效果图

4.3 爆破评价分析

4.3.1 爆破建筑物应力分析

烟囱在倒塌的过程中，每个不同的截面都受到轴向力、剪力和弯矩的作用，而且同一截面的各个局部位置受到的应力也有很大的差别。随着角度的增大，各种应力的变化非常剧烈，因此，在施工前进行动态的模拟非常重要，借助计算机和力学知识，对各种应力进行分析。

计算机对用户输入的各个角度，对烟囱从上到下每隔1米，产生一张应力表，其中包括水平力、

竖直力、轴向力、总剪力、弯矩。在各个数据产生之后，将会统计该角度的最大轴向力、总剪力和弯矩，以便用户计算使用。

应力分析图如图17.5所示：

应力分析表

	截面面积	水平力	竖直力	轴向力	总剪力	弯矩
1	4.1546	-8291.692	-6139.6972	6209.5048	-8239.5441	
2	5.3091	-76810.5427	-51404.4152	59074.0052	-71081.1879	
3	6.605	-173495.541	-98485.4954	138432.475	-143654.2565	
4	8.0422	-260074.2819	-108101.6543	218727.1906	-177434.5396	
5	9.6208	-310874.4167	-53903.7044	282814.5819	-139872.8871	

图17.5 应力分析表

4.3.2 建筑物爆破污染范围分析

对于爆破后的污染范围分析，系统主要是以爆炸后的粉尘为例进行分析。粉尘的污染扩散影响因素比较多，理想状态下粉尘的扩散应该是一个高斯分布，即在水平二维截面粉尘密度和离污染源距离呈正态分布。由于烟囱爆炸后是直线型的污染源，所以不能简单用正态分布来对其污染范围进行模拟，但是当距离足够大时粉尘扩散密度线应该是正态分布。本系统主要采用离散的点在三维场景中描述粉尘等密度线，最后系统还将给出污染评价报告。

4.3.3 爆破地震震动波分析

爆破震动的对周围建筑物的影响也是评价爆破安全的硬性指标，主要通过震动波速和振幅大小确定其影响范围。本系统根据中国科学院力学研究所提出的经验公式，得出建筑物倒塌过程中作用与地面造成的震动速度，以图表的形式直观地显示出来，并与用户输入的抗震速度比较，得出爆破的安全评价。

经验公式 $V_f = 0.08(I^{1/3}/R)^{1.67}$

震动影响分析图见图17.6：

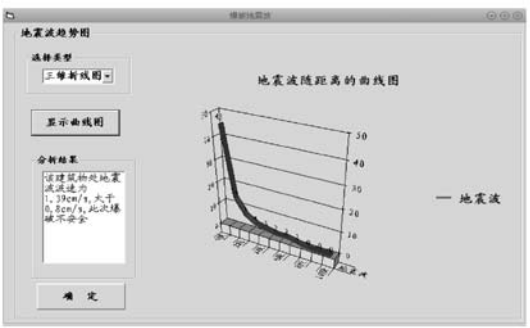


图17.6 地震波分析

5 结语

系统以高耸烟囱为例采用计算机编程技术结合GIS的三维显示功能对建筑物场景进行三维仿真建模并对其爆破过程进行动态模拟，得出各种相关爆破参数，如受影响范围、最大飞石距离、粉尘污染范围等，为爆破工作者提供决策支持，并且可以为其他高层建筑物的爆破提供相关参考。GIS支持下的建筑物爆破模拟与决策支持系统，可以应用于高层建筑拆除爆破、隧道掘进与施工、矿山资源采掘与开发等领域，同时进一步为这些领域的工程爆破提供技术和安全辅助决策。该系统在工程爆破、矿山安全防护、爆破紧急救援、爆炸加工、冲击工程、武器研制等众多领域也将得到广泛应用。除此之外，还能够移植用于战场上武器攻击的效果模拟和性能评估，辅助军事决策等领域。

参考文献：

[1]曹春梅．烟囱倾倒过程的简化力学分析．中天学刊，2007，22(4)：20—25

[2]李存国，王运生，王林．爆破地震效应对临近建筑物影响．云南冶金，2006，35(3)：11—12

[3]石兴林，张龙．九层框架楼房快速爆破拆除．爆破，2006 ，23(4)：46—49

[4]娄建武，龙源．工程爆破中的建筑物振动监测．工程爆破，2002 ，8(2)：58～62．

[5]梁云明．建筑物爆破拆除泛论．中国建筑工业出版社，2005 ，11(5)：10～12．

可视化综合的三维数据集

——— 使用Multipatch要素在geodatabase中数据建模

Alistair Ford

互操作性与标准化的新发展以及GIS正从专业的应用向通用性的桌面工具的突破，都说明现在是提供面向多行业的、强大的、数据集成工具的很好的时机。在许多行业中，例如气象，环境管理以及石油、天然气都是要处理复杂的三维空间数据的，如果GIS要为这些行业提供完整的服务，就必须处理符合这些行业中各式规定的三维数据类型和空间表达。这篇文章，将以石油和天然气工业为例，探讨在Esri产品体系中目前三维数据存储的情况。

必需的对象和可能的表达方式

许多 GIS用户认为，3D GIS是标准二维或二维半空间数据的三维视图。但这种三维经常被认为是GIS额外的、附加的装饰。此方式虽在三维里实现数据可视，但是大部分的空间分析、编辑和其它的GIS任务却只在严格的二维中进行。在许多应用中，这种三维可视是足够的，但是有一些规定却需要对一些重要对象的真三维的空间表达，因为需要对要素复杂本质进行建模或者需要在三维环境中进行空间分析。

大多数有关矢量GIS三维数据建模的文献中都提到三维模型是由一系列基本的图元构成的。由图元创建而来的数据结构可以是面向对象也可以是面向拓扑，这主要是取决于应用，看是要用这些数据用于可视化还是用于数据分析。

拓扑表达特别重视存储对象与它的相邻要素间的相互关系，而面向对象的模型存储的却是对象的结构。它在需要的时候能派生拓扑，从而获得空间关系。因为这个例子致力于在不复制原始的软件任何专门的分析功能的情况下提供高水平的管理工具，因此强调的是面向对象的要素表达。

任一模型的基本组成部分都可以概括为：point（node），line（edge），face（polygon）和solid。很明显，三维几何数据模型中几何图元与标准的二维或者二维半中图元在本质上是一致的。

译者注：point—点；node—结点；line—线；edge—边线；face—面；Polygon—多边形；solid—实体

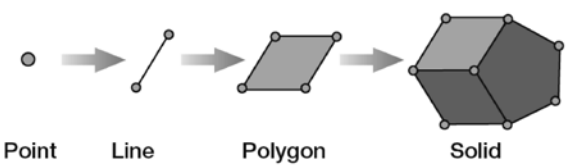


图17.7基础三维几何图元

点要素（Point Features）：

点要素是最基础空间图元且在空间中可视为三维点位。跟二维GIS一样，点要素很少存在于真实

世界中，因为真实世界中几乎没有实体是零维（例如，没有面积或者容积）。但是点要素在构建更多维的空间要素的表达上却非常有用的。点要素可以是数据点，测量过的位置点或者有值的位置点。这例子中，点要素是地质标识点（或者是井的采点），在这个点上存在两个岩层的边界。

线要素（Line Features）：

线要素是一维要素，是一系列互相连接在一起点要素的集合。和点要素一样，线要素是真实世界要素抽象，为简单存储与分析提供合适表示方法。在这个例子中，线性要素是井道，管线和缆线。在三维空间里，线仍然是一维要素尽管它并不在一个平面上，因为它只有长度，而没有宽度和高度。点和线要素都很特殊因为它们不存在于真实世界中（真实世界中没有东西没有宽度与高度）但是在创建更多复杂的三维要素时它们却是关键。

多边形要素：

多边形要素是空间中被隔离的一部分，它是定义有常用属性值的区域。多边形要素是二维的要素，它由一个或者多个封闭的环线组成的。它被用于表达平面或表面，是在二维中有空间范围，却没有厚度值的要素。在三维空间里，多边形多被看成是二维半的要素，因为组成多边形的点有三维的坐标，能提供高度变化，但其本身仍然是二维的。地质中多边形的例子是断层面或者岩石平面。数字高程模型（DEM）可以被看成是邻接的多边形要素的集合，它是一个隐式的二维半要素，因为它的表面没有厚度值，但有高度值。

实体要素：

实体要素是“真三维”要素，它由一些封闭的，有属性值的多边形面组成的。跟上面的不同的是，实体不是受限制的二维半要素表达，它允许在GIS数据库表达像油气田那样的复杂对象。尽管如此，实体要素的创建还是一个非常困难的过程。多边形要素可以通过定义点的顺序来创建，但是通过定义点的顺序来形成一个实体是相当的复杂。

ArcGIS中三维要素的存储

如上所述，有大量的文献提出GIS数据库的三维数据建模，而且大多数都有极好的理论存储方法，使得其可以在前面所说的GIS系统中实施。但是大多数大机构都倾向于使用大的商业GIS软件与DBMS（如Esri与Oracle）。因此必须在这些限定的数据库和GIS技术中开发出三维数据的存储及其相关的功能。

有些人建议，要求在商业的DMBS如Oracle中存储三维对象，尽管这依赖于一个数据库提供商。相反，GIS数据存储引擎，如ArcSDE，它是跟数据库没有关系的。而且，ArcSDE允许简单地集合各种数据类型且有空间数据的概念。

为了完整地整合各种各样表层和下表层的数据集，GIS必须有能力处理3D数据。尽管大多数据的商业GIS软件（包括Esri）允许给第三维坐标赋值并且有一些程度上的三维可视，但是要素本身仍然受限为二维半。这说明，尽管要素可能有Z值，但是要素本身的结构却不一定是真三维的。要素被限于一个简单表面。例如，多边形要素由大量有Z值的点组成，但是组成多边形的两个点要素可能不具有相同的(x,y)值。这是因为创建多边形时候的拓扑操作（例如，保证多边形边之间没有相交边）只在二维中进行的。

举个例子：用存储在Esri Geodatabase中多边形表达来建一个箱子。在真实世界中，箱子可以是

一个简单的网（展开箱子各侧面后形成），它自己在GIS中也被表征为多边形要素。这些要素在二维世界中是有效的，甚至在二维半中也是如此，但是一旦尝试将其包裹成形成一个箱子，拓扑操作将会移除箱子垂直棱边的任意(x,y)坐标（尽管它们是有不同Z值的不同的顶点），因为要素失效了。

这说明，在二维半的系统中的要素必须满足二维世界的要素的要求。很明显，用标准的地理空间对象例如点，线，而来构建三维对象是行不通的。除了普通的二维或二维半空间对象之外，必须提供一下GDB中的真三维模型对象来存储复杂的3D模型。

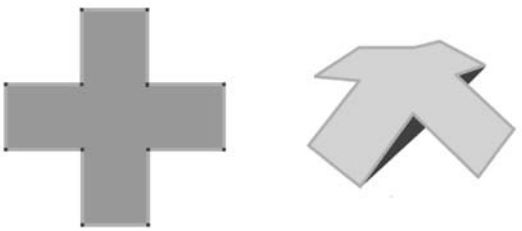


图17.8 多边形box net（左边）和2.5 box net（右边）

（译者注：box net是箱子各个面展开后所形成的网）

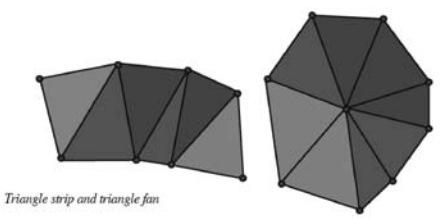


图17.9 带状三角网和扇状三角网

Multipatch Features

在Esri的Geodatabase中，有一种难懂的要素能够达到这个目的。Multipatch要素就是设计用于动态创建三维表达符号。Multipatch要素也是目前Esri对于真三维geodatabase对象的解答。它建立在OpenGL 3D 图元---三角形的基础上，分带状或者是扇状两种。Multipatch是Esri的新增的几何类型，很像点，线，多边形，可以被赋在shapefile或Geodatabase的要素的几何字段中。因此在此方式下，空间实体在表征为真三维要素的情况下，仍然能在ArcMap，ArcScene中被查询、选择，拥有完全的属性数据和相关的符号表达。

从本质上说，Multipatch是一个实体要素，由一系列定义边界的多边形面组成。因此Multipatch要素是geodatabase中存储复杂三维要素的方法。尽管multipatch要素是设计的初衷是用于显示的，但是他们同样能满足3D真三维空间表达的需要。

Multipatch feature不能像Esri的其它标准几何类型一样在ArcMap的编辑会画中创建，必须使用AO

才能创建，不论是从已存在的几何体（例如ArcScene和ArcGlobe中要素的拔高）或者从原始的数据源。接下来的部分简要论述了有关multipatch要素创建的知识。

用AO创建Multipatch

调查了大量潜在的应用发现它们都用multipatch来存储真三维要素。这里试用于油气田和管线对象。油气田是相当复杂的三维对象，形状和结构都不规则。地质判读和对象建模不在该文的讨论范围之内，但是在geodatabase中用Multipatch存储油气田和管线对象可视为multipatch存储为三维极好的测试。

在geodatabase中管线可存为线对象，但是这种方式在一些三维应用中还不够。例如，当需要对因洋流运动而暴露出来的处于危险的管线进行分析时，就可以将海床表面的详细情况与管线的真三维表达结合在一起展示所暴露的危险区域。



图17.10 用Multipatch创建的管线要素

因为Multipatch不能在ArcMap中直接创建，所以大多数multipatch要素都是从已存在要素中创建来的。在石油和燃气行业，特别是地质应用领域，大多数数据是由用一系列XYZ值表示的ASCII文件转换来的。这些文件可以通过表格或XYZ要素类的方式载入到ArcCatalog中去。理解要素类中x,y,z点的顺序是相当重要的，因为它直接影像从原始数据创建multipatch。

例如，管线数据，可认为x,y,z点是从沿着要素依次排列的。相反的，对于一个复杂的地质要素，对输入数据结构的认识就极其重要。大多数创建油气模型的建模和解译软件使用的原始格式都不公开的。

因为multipatch要素可被赋在geodatabase中的几何字段中，它们的创建与Esri其它标准要素的创建在最初是一样的。首先，geodatabase要素类要被创建，并且需要相应的空间参考。因为multipatch是由输入的feature class创建来的，因此其空间参考可直接由输入的要素类得到（列表1）。

```
Dim pGeoDataSet As IGeoDataset
Set pGeoDataset = pInputFeatureClass

Dim pSR As ISpatialReference
Set pSR = pGeoDataset.SpatialReference
```

列表1 得到空间参考

因为Multipatch是一个三维的要素，所以生成的要素类中的空间参考的Z值必须设置，这很关键。要素的几何定义时，shape字段的几何类型属性必须设置为：

esriGeometryMultiPatch

一旦输出的要素类创建好了，就可以用它来存放三维要素。如上所述，multipatch要素由大量的条状三角网和扇状三角网构成。在ArcObjects中，首先必须根据输入点的正确顺序来创建三角网，然后再将三角网加入到multipatch中去。点要素的添加顺序取于其到底是使用条状三角网还是扇状三角网。条状三角网采取的是每个用于创建三角形的新点都与前两个点相连。对于大多数的应用，扇形三角网是最简单的实现。

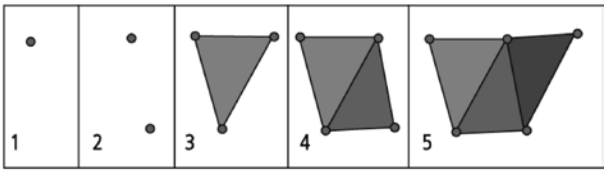


图17.11 带状三角网的创建

首先，用ArcObjects声明一个IMultipatch，之后再定义一个IGeometryCollection与IPointCollection。

```
Dim pMultiPatch As IMultipatch
Dim pGCol As IGeometryCollection
Dim pStrip As IPointCollection

Set pMultipatch = New Multipatch
Set pGCol = pMultipatch
Set pStrip = New TriangleStrip
```

列表2：创建一个条状三角网的Multipatch

Geometry Collection对象作为multipatch要素的一个接口，因为它是条状三角网与扇状三角网的集合。每个条状三角网或者扇状三角网都是点要素的集合，因此需要IPointCollection对象。

每一个点依次按正确的顺序被添加到Point Collection中去，一直到条状三角网或者扇状三角网完成。建立三角网的点在AO中是按顺时针排列的，这很重要，它决定了三角网的哪个侧面是外侧面并且依此来进行计算。[法线矢量是与表面的平面相垂直的。它定义了表面在空间中的方向以及与光源的关系。这些在以后的三维可视化都是必须的。

```
pStrip.AddPoint pTempPoint1
pStrip.AddPoint pTempPoint2
pStrip.AddPoint pTempPoint3

pGCol.AddGeometry pStrip
```

列表3：添加制作条状三角网的点

一旦所有的点都添加到条状三角网或扇状三角网，这个对象之后就添加到Geometry Collection对象中去（此对象今后就是Multipatch要素了）。最后一步必须确保这个Multipatch是Z AWare（因为它是一个三维对象），然后向平时一样，通过Insert Feature Buffer把要素加到输出的要素类中。

管线对象

管线对象是由从深海测量技术实测而来的代表管线中心线的点创建而来的。其通过ArcCatalog和3D点要素类（由x,y,z坐标创建而来的）读入到ArcGIS中。在ArcObjects中，为定义管线的每对点都创建一个IVector3D对象，且其第二矢量与管线中心线垂直，长度与管线的半径相同。第二矢量围绕着第一矢量转动，创建新的离中心点长度为半径的IPoint对象。这样沿着管线，在每个顶点处都能创建一圈新的点，这些点能被添加到multipatch中去来实现一个管子的表达。

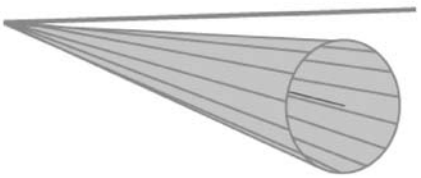


图17.12 由管线中心线上点创建而来的Multipatch管线

油气田对象

管线的创建相对简单，油气田对象就要复杂得多。这里选用Schelumberger的地质建模软件Petrel，它是基于windows的且在业界是被广泛使用。Petrel在油气田模型中用“断层栅格”（faulted grid），它允许用户定义在实体结构中的不规则变化。这些栅格是由不规则的形状和大小的三维单元，大量的行、列以及贯穿对象实体而不是单元大小的图层组成的。

Petrel模型通过Eclipse AsCII栅格格式被导入，它为每个象元定义了两个对角点。这样，在与相邻像元的对角点相连时，可以用于创建“断层栅格”。跟以前一样，像元对角点以x,y,z点的方式导入到ArcGIS。用AO写大量的嵌套循环来分析每个像元与其相邻单元的正确顺序，并将每个点按前述的方法加到条状三角网中。我们为每个像元都创建一个multipatch要素，因此它在geodatabase就是一个单独记录条，这样就能实现cell-by-cell的赋值了。

一旦在Esri的geodatabase中创建了multipatch要素后，它在ArcMap与ArcScene中的行为就跟其它的要素类型没啥两样了。Multipatch要素的符号化是通过图层属性对话框来设置，允许用户根据geodatabase表中任何属性来显示multipatch。而在大多数的地质建模软件中，只允许为每个单元赋一个属性，而ArcGIS允许在每个单元中存储多个属性并且通过属性的交互来符号化。

问题和限制

从上面论述中可以看到，multipatch允许在Esri的Geodatabase中存储复杂的三维要素。然而，这仅仅是GIS中真三维对象的第一步，但仍然此方法有一些限制。主要可概况为：

数据量

特地选用地质应用作为案例研究是因为它给GIS开发人员带来最大的挑战，不仅仅因为要建模要

素的复杂性高而且因为其需要存储大量的数据。在“断层栅格”模型中的每个单元在Multipatch中是12个三角网。一个较粗分辨率的栅格可能有50*50*10的像元，而用这种方式的话，则需要300,000个三角形来表示。

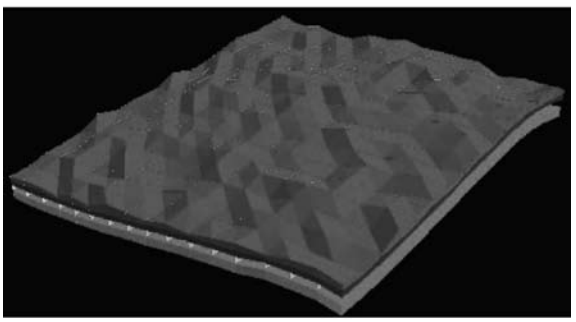


图17.13 通过地质图层表现出的栅格

存储这么大数据量是不切实际的。类似的，1.5KM的管线如果存储为简单的线对象仅为1MB，而如果存储为multipatch（即使对细节要求不高），也可能达到100MB.

在油气行业还有大量其它的数据类型，比如地震数据，它需要大量的存储空间。在大多数的地质包中的数据存储仍然采用相对简单的方式力争来改善其表现（通常是使用简单的ASCII文件），但是对于GIS，这种方式并不被关注。

对于这个问题的一个解决方案是模拟地质建模软件，采用简单点从而限制这种数据的存储。当需要复杂可视或者分析的情况下，实时创建复杂的multipatch表达真三维要素。这样，虽在运行时刻做了很多工作，但是却降低了存储成本。很明显，所有管线要素作为真三维存储是不切实际的，但是可用线要素来表示管线，用一个数值来表示管线的直径，可以在可视化与分析需要的时候动态对需要的部分管线建模。

三维符号化

在ArcGIS9引入的三维符号表达为可视化创建了multipatch要素表达。比如，voxel数据（具有属性值的x,y,z的统一三维数组）可以被存储为一个栅格阵并且使用三维符号化进行渲染，因此节约大量的存储开销。如果是对象的三维空间分析的话，就要求三维几何要素存在并可获得，而不单是可视。

表达特别强大的地方在于创建了三维对象标准库。复杂的三维对象，例如石油平台，炼油厂，井口，或者是管线组件可以从这些通用的库创建出来并且而仅仅简单地存储点要素及其一些必要的属性来存放三维坐标的方向和位置。

表达变化

在地理科学中的一个很有趣的问题是属性的空间变化表达。如上所述，有些地理建模软件采用将对象分成不同的单元表现变化的。在GIS中，要素要不以矢量数据（离散的）或以栅格（连续的）来进行表示。但在有些情况下，这是不够的。比如，油气田是一个有边界的离散实体，但是这个对象

的属性在空间中是连续变化的，存储成具有一个属性值的对象是不够的，因为在这个要素中，属性值也根据要素的位置不断地发生变化。

有可能用一维的要素（例如，线要素）来表示它。动态分段技术允许属性沿线的变化。通过这个技术，可以说明线性要素如何随空间发生变化。比如，沿着井要素，有可能说清其岩层的变化并且返回一个日志。它可通过参考记录沿线一定距离的属性值的表格来得到。

在目前的GIS概念中，不可能同时使用栅格与矢量来表达二维或三维对象。二维空间的空间变异可以采用栅格要素来表示，三维可以采用voxel来实现，但是不能将这些表达方式在个geodatabase中融合给一个要素。这种混合的表达方式显然是三维对象建模中是未来考虑的工作。

结论

本文讨论了在Esri geodatabase中融入真三维对象所必须解决的部分问题。在描述用multipatch要素在geodatabase中建立这种模型的方法之前，概况了数据建模需要考虑的事情以及三维建模的基础。可以看到，要在商业的GIS软件中提供全面的三维功能还有很多的工作。除了数据存储，任何GIS如果要称自己3D还必须在可视化与空间分析有更大的进步。

参考文献：

[1] Abel，D. J.，P. J. Kilby，and J. R. Davis(1994)，"The Systems Integration Problem，" International Journal of Geographical Information Systems，8 (1)，1 12.

[2]Breunig，M. (1998)，"An Approach to the Integration of Spatial Data and Systems for a 3D Geo—information System，" Computers and Geosciences，25 (1)，39 48.

[3]Carlson，E. (1987)，"Three Dimensional Conceptual Modeling of Subsurface Structures，" Technical Papers of ASPRS/ACSM Annual Convention，Vol. 4 (Cartography)，Baltimore，Maryland，188 200.

[4]de la Losa，A.，and B. Crevelle (1999)，"3D Topological Modeling and Visualizations for 3D GIS，" Computers and Graphics，23(4)，469 478.

[5]Molenaar，M. (1990)，"A Formal Data Structure for 3D Vector Maps." Proceedings of EGIS' 90，Vol. 2，Amsterdam，The Netherlands，770 781.

[6]Sloter，J.，and P. a. v. Oosterom (2002)，"Incorporating 3D Geo—Objects into a 2D Geo—DBMS，" ACSM—ASPRS 2002 Annual Conference Proceedings，Washington，D.C.

Abdul—Rahman，A.，S. Zlatanova，and W. Shi (2002)，"Topology for 3D Spatial Objects，" Proceedings of International Symposium and Exhibition on Geoinformation 2002，Kuala Lumpur.

利用ArcObjects扩展ArcGIS中建筑物三维可视化功能

邹 平　吴健平
华东师范大学城市与环境遥感及数字技术教育部开放实验室

【摘 要】 在城市三维GIS研究、城市建筑物三维可视化背景下，基于COM接口，利用ArcObjects在VB环境下开发了一个可以在ArcGIS中自动产生建筑物3D屋顶（房屋）和纹理的DLL，加强了ArcGIS的建筑物三维可视化功能。

【关键词】 城市三维； 可视化；ArcObjects二次开发

1 前言

对城市建筑物进行三维可视化表达是城市三维GIS研究中的一个必不可少的组成部分。

ArcGIS是Esri公司推出的一个软件产品，它全面整合了数据库、软件工程、人工智能、网络技术及其它方面的IT主流技术，是一个强大的、统一的、可伸缩的系统。ArcObjects是ArcGIS的基石，是Esri公司开发的面向对象的地理数据模型和高度集成的软件组件库，是一套完全符合COM标准的大型软件架构[4]。

ArcScene是ArcGIS系列产品中3D模块的核心应用。在ArcScene中提供了一些进行3D 可视化的基本功能，比如通过Extrude利用代表高程信息的字段自动生成3D立体块，即用户可以拉伸矢量数据生成线（拉伸Point）、墙（拉伸Polyline）和立体块（拉伸Polygon）[5]，实现从目前已有的大量城市建筑物的二维矢量数据中自动生成三维建筑物，对城市建筑进行三维可视化表达，并在此基础上进行进一步3D分析。但ArcScene中的三维可视化基本功能目前还存在一些不足，主要体现在1） 通过拉伸功能产生的三维立体块形状比较单一，且顶部只能是平顶。2） 不能按用户的选择产生“定制的”建筑物贴面。

针对ArcGIS 在建筑物三维可视化表达功能方面的不足，作者基于COM接口，利用ArcObjects在VB开发环境中开发了一个可以在ArcScene中自动产生建筑物（房屋）3D屋顶和建筑物贴面的DLL，加强了ArcGIS 中的建筑物三维可视化功能。

2 利用ArcObjects扩展ArcGIS的基本方式

ArcObjects （AO）是ArcGIS的基石，它涉及了从数据对象到菜单、工具以及系统功能等各方面的应用，利用AO扩展ArcGIS主要有一下三种方式[6]：

1）使用Customize对话框进行界面和功能定制。此种开发模式优点在于无需进行具体的编程，只需对菜单、工具等控件进行开关、移位或增删就可以完成；不足是通过Customize对话框无法进行编程，因此只能组织现有的功能，主要是软件的界面上起到定制的作用，相应的此过程也比较简单。

2）使用内置VBA开发应用程序。VBA是微软基于VB发展而来的新一代标准宏语言，[4]它被作为一种二次开发语言内置在ArcMap、ArcCatalog、ArcScene中。可以使用AO对象编写代码，用户可以把

模块、类模块和用户窗体添加到文件的默认工程中。此种开发模式优点在于通过VBA进行二次开发可以引用VBA支持的标准控件或第三方控件，采用COM技术编写个性化的软件模块，增强了用户软件定制的灵活性。不足是此种定制模式它必须和文档文件绑定在一起，不能作为单独的功能模块被发布，此外在开发上也受到VBA的限制，某些深入的应用无法实现且用户无法隐藏，VBA实现代码，缺乏安全性。

3）基于COM接口的DLL开发。基于COM接口的DLL开发模式即采用VB/VC等编程语言通过COM技术调用AO对象库，建立功能模块并实现接口，创建自定义组件的一种开发模式。此种开发模式优点在于可以采用任何支持COM的高级语言，很多VBA望尘莫及以及AO组件没有实现的某些功能都可实现，不仅增强了系统的应用能力，而且还扩展了AO组件库，极大的拓展了系统定制的灵活性。它以DLLs 二进制方式发布功能模块，隐藏实现代码，提升了软件的安全性，保护了开发者的权益。不足是软件开发具有一定的难度。

为了使开发出的功能具有通用性、可扩展性、安全性和稳定性以及考虑到用户使用的方便性，笔者在实践中采用的是第三种开发方式和第一种方式相结合的方法：先基于COM接口开发出所需的DLL，然后利用第一种方式使用Customize对话框进行将开发的DLL添加到ArcGIS中，加强其建筑物三维可视化功能，同时提供图形化用户界面方便用户使用该功能。

3 ArcGIS的3D数据模型和ArcScene对象模型图

3.1 ArcGIS的3D数据模型

为了在功能上向3D扩展，ArcGIS在以矢量数据模型（点、线、面）表达对现实地理世界的抽象时，在点对象模型里提供了一个Double型的字段以保存Z方向上的值，见图一（在2D GIS中，该字段并没有得到使用）。线由点组成、面由线组成，在点对象模型中提供Z字段则其相应的线模型和面模型也自然能够支持Z字段。同时为了提供对三维GIS的支持，ArcGIS使用如图二所示的3D 表面数据模型。其中 multipatch 从抽象类Geometry中继承。multipatch 是一系列3D表面的集合。这些3D表面在几何上主要由Triangle Strips，Triangle Fans,和Rings (ring—groups)所代表。在每一个 multipatch 中的每个表面可以有一个 triangle strip，或者triangle fan ，对于rings则可以有一个或者多个。每一个multipatch 可以是triangle strips，triangle fans，and ring groups.的组合（见图17.15）。

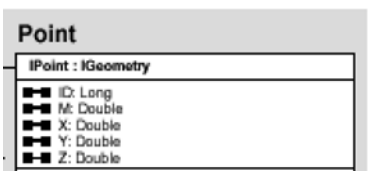


图17.14 点对象结构截图

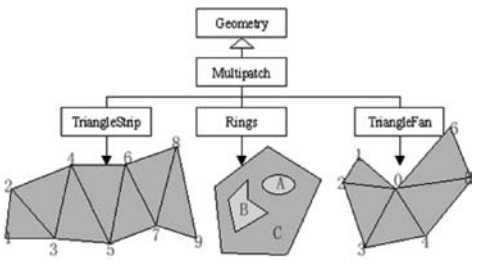


图17.15 ArcGIS的3D表面数据模型

在图2中所示的Triangle strip是由三角形表面123、234、345、456、567、678、和789所组成（1—9是各个节点）。Triangle fan是由三角形表面012、023、034、045、056所组成（其中0是顶点，1—6是各个节点）。Rings ：A、B、C都位于同一个表面上，其含义为由ring C所代表的面上有A 和B两个洞。为了在ArcGIS中构造出需要的三维屋顶，我们必须从这些基本的3D 表面出发。

2.2 ArcScene对象模型图（OMD）

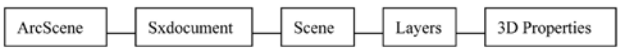


图17.15 ArcScene对象模型图（OMD）略图

AO 的对象模型图（OMD）是AO开发人员在GIS理论指导下运用面向对象的思想，对地理世界进行建模并将建模结果图形化、可视化的成果。对AO编程、开发GIS，一个重要的关键点在于发挥AO OMD的作用（图2中所涉及的完整的对象模型图见AO联机帮助中的3D Geometry OMD）。图3是ArcScene的对象模型图（略图）。在ArcScene 对象层次的最顶端是ArcScene Application。它代表了运行时的一个具体应用，而且提供了访问组成ArcScene的各个对象的入口。如图3所示，组成ArcScene的各个对象有SxDocument、Scene、和各个层（Layer）以及各个层的三维属性(另外还有SceneGraph 、SceneViewer 和Camera。由于在本文章中没有直接涉及，故这里略过)。

在VB中开发DLL进行三维可视化功能扩展时，首先获取访问组成ArcScene的各个对象的入口点。示例代码如下：

```
Private m_pApp as esriCore.IApplication
Private m_pDoc as ISxDocument…
Private Sub ICommand_OnCreate(ByVal Hook As Object)
Set m_pApp = Hook
Set m_pDoc = m_pApp.Document …
```

一旦我们得到应用程序的句柄，我们就可以访问到其中所包含的一切对象。利用从图3中显示的系列层次关系，可以访问到所需要的任何对象。然后利用其暴露的接口，调用相应的方法实现所需的功能，开发DLL。

4 建筑物三维屋顶和建筑物贴面的DLL开发

4.1屋顶生成的技术流程：

①在ArcScene中获取建筑物所在的图层。

②读取所选要素的平面坐标信息和高度信息。

③以所选要素的平面坐标信息为基准，针对所选中的不同要素多边形产生相应的屋顶。

④根据高度信息，将生成的屋顶叠置在系统自动生成建筑物的三维模型上。

各个不同屋顶（比如”人字坡”型屋顶、”金子塔”型屋顶等）的生成算法大同小异，这里以”人字坡”型屋顶的生成为例予以说明各个屋顶生成算法。

4.2三维屋顶生成算法 ——以”人字坡”型为例。

基于专题信息类型分层的空间数据表达思想在GIS中应用十分广泛[7]，ArcGIS中也不例外。基于此中思想，三维屋顶的生成中需要考虑如下因素：三维屋顶的几何形（几何形）、三维屋顶的数据类型（数据）、如何显示生成的三维屋顶（显示）和在那里显示生成的三维屋顶（载体）。具体参数见表1。

基本参数	内容	涉及的 OMD
1 几何形	三维屋顶的几何形是 MultiPatch	3D Geometry
2 数 据	用 Shp 文件保存	Geodatabase
3 显 示	用缺省的方式渲染	Display
4 载 体	ArcScene 中的 Scene	3D Analyst

表1：三维屋顶的参数表

①三维屋顶的几何形生成。

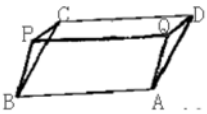
查阅AO联机帮助中的3D Geometry OMD，可以发现如下与本文密切相关的系列接口：

对象	暴露的接口	说明
MultiPatch	IMultiPatch	MultiPatch 对象的缺省接口，该接口是访问 MultiPatch 对象基本的入口点
	IGeometryCollection	每一个 multipatch 可以是 triangle strips, triangle fans, and ring groups.的集合
TriangleStrip	ITriangleStrip	TriangleStrip 缺省接口是 ItriangleStrip，该接口是访问 TriangleStrip 对象基本的入口点
	IPointCollection	每个 TriangleStrip 是点的集合，该接口是访问 TriangleStrip 对象基本的入口点
TriangleFan	ITriangleFan	TriangleFan 缺省接口是 ItriangleFan，该接口是访问 TriangleFan 对象基本的入口点
	IPointCollection	每个 TriangleFan 是点的集合，该接口是访问 TriangleFan 对象基本的入口点
Ring	IRing	Ring 对象的缺省接口，该接口是访问 Ring 对象的基本入口点
	IPointCollection	每个 Ring 是点的集合，该接口是访问 Ring 对象基本的入口点
Point	IPoint	需要将组成 Strip 、Fan 或 Ring 的各个点（实现了接口：IPoint）一一加到点的集合中去

表2 三维屋顶的几何形生成涉及对象及其相关接口列表

针对“人字坡”型屋顶，其几何形是TriangleStrip。根据表2，人字坡屋顶的几何形生成涉及对象及其相关接口是ImultiPatch、ItriangleStrip、IgeometryCollection、IpointCollection和Ipoint。具体实现示例代码如下：

```
Dim pMultipatch As esriCore.ImultiPatch          //定义接口IMultiPatch
Set pMultipatch = New MultiPatch                 //新建立一个多面体
Dim pGeoCol As esriCore.IGeometryCollection      //每个多面体是Fan、Strips and Ring的集合
Set pGeoCol = pMultipatch                        //从同一对象实现的接口ImultiPatch传递到.IgeometryCollection，人字坡屋顶在从几何形（Geometry）上具体说是TriangleStrip
Dim pTriangleStrip As ITriangleStrip             //定义接口ITriangleStrip
Dim pPoints As IPointCollection                  //TriangleStrip是点的集合故故定义此接口
Dim pPoint As IPoint        //需要将组成几何形的各个点加到点的集合中去，故定义此接口。
Set pTriangleStrip = pPoints
Dim pBeginPoint As IPoint                        //两面坡棱的开始点
Dim pEndPoint As IPoint                          //两面坡棱的终止点
//根据建筑物底多边形的形状，判断人字坡棱的走向，
//根据人字坡棱的走向，设定其棱起点和终点的X、Y、Z值……
//设置人字坡的各个表面：."PCBPAQDPC"。见右图：
```




```
//这里P相当于pBeginpoint；Q相当于pEndpoint，其余各点代表人字坡屋顶的各个顶点
Set pPoints = New esriCore.TriangleStrip     //新建立代表人字坡屋顶的TriangleStrip对象。
pPoints.AddPoint pBeginPoint    //将组成几何形的各个点加到点的集合中去，首先加起点P。
……                              //接下去依次是C、B、P、A、Q、D、P、 C。
pGeoCol.AddGeometry pPoints  //将新建立的TriangleStrip对象加到多面体中。
```

至此一个人字坡屋顶的几何形就产生了。

②三维屋顶数据Shp文件的产生。

三维屋顶的几何形产生以后，需要考虑用何种数据保存生成的三维屋顶。在理论上可以采用文件形式和数据库两种方式。在具体实践中我们采用的是文件方式即公开数据格式的Shp文件。数据的具体创建过程参考《AO中数据的创建与获取》[8]。

③和④三维屋顶的显示与载体

根据图3所示的对象模型图，三维屋顶是在载体ArcScene的Scene中以缺省的方法渲染显示。具体代码如下：

```
// Create a layer from the shapefile and add it to scene:
Dim pLayer As IFeatureLayer
Set pLayer = New FeatureLayer
```

```
Set pLayer.FeatureClass = pFC
pLayer.Name = sLayerName
Set pDoc = Application.Document
//向scene中增加屋顶图层.

Dim pBasicMap As IBasicMap
Set pBasicMap = pDoc.Scene
pBasicMap.AddLayer pLayer
//用缺省的方法刷新、显示
Dim pSG As ISceneGraph
Set pSG = pDoc.Scene.SceneGraph
pSG.RefreshViewers
```

4.3 贴面生成方法

贴面生成在理论上并不困难，贴面所在的建筑物的产生过程类似建筑物屋顶的生成，而且ArcScene中有拉伸矢量数据生成线（拉伸Point）、墙（拉伸Polyline）和立体块（拉伸Polygon）。不同在于屋顶的显示是用缺省的方式而在给建筑物加上贴面时使用的是图片填充方式，而这在ArcScene中有IPictureFillSymbol接口。在IPictureFillSymbol接口中有方法CreateFillSymbolFromFile esriIPictureBitmap，m_BMPFile，只要把我们想要作为纹理贴上去的bmp图片的路径和文件名替换掉m_BMPFile就行。在具体实践中需要注意：一是要精确贴图需要对作为贴图的bmp图片编码。通过IEncode3DProperties 中的PackTexture2D方法并把准确的编码信息保存在相应节点的M域中。具体代码如下：

```
                pGE.PackTexture2D s, t, m
pPoint.m = m
```

二准确贴图的选择。我们在实践中采取的是实地拍照加后期photoshop图象处理相结合的办法了。这里由于篇幅所限，更具体的描述从略。

4.4 DLL生成

将调试正确的组件模块编译为产生建筑物三维屋顶和建筑物贴面的DLL。

5应用实例

打开ArcScene中Customize对话框，点击Add From Files按钮，将自动生成建筑物三维屋顶和建筑物贴面的DLL添加到ArcScene中。添加完成后在ArcScene的工具栏上出现一个新增加的工具条，包含两个按钮，  。单击第一个按钮将弹出屋顶生成对话框见图3 a。单击第二个按钮将弹出纹理（贴面）生成对话框见图3 b。



图3 a 屋顶生成对话框



图3 b 纹理（贴面）生成对话框

完成相关属性设定后，单击确定或应用，可以自动生成三维屋顶或将建筑物贴上纹理（贴面）。下面图4a：3D屋顶生成的效果图，图中一共有三种类型的屋顶：人字坡型屋顶、金字塔型屋顶和平台型屋顶；图4b：3D屋顶和贴面同时具有时的效果图，图中针对不同的层数有相对应的贴面。

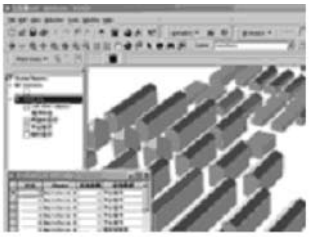


图4a城市建筑物3D屋顶



图4b纹理生成效果图

6 结束语

城市中建筑物进行三维可视化表达是城市三维研究中的一个有现实意义的工作。笔者在ArcGIS现有的功能基础上，针对其不足，开发了可以在ArcScene中自动产生建筑物（房屋）3D屋顶和建筑物贴面的DLL，加强了ArcGIS 中的建筑物三维可视化功能。但也还需要进行更深入的探讨：比如在笔者实现的三维屋顶中只能够自动产生三种屋顶：人字坡，金字塔和平台型屋顶。如半圆形型屋顶或其他更加复杂屋顶的生成算法需要进一步研究、实现。在建筑物贴面上还存在一些变形，更真实的表达现实还不够，这些在下一步的工作中需要得到很好的解决。

参考文献

[1] 尹建忠,何政伟,贺奋琴基于ArcGIS的土地资源信息系统(LRIS)开发研究 新疆石油学院学报 15（2）

[2]ArcGIS系统系列产品介绍，三维分析与可视化，Esri中国（北京）有限公司[M]。

[3] Michael Waltuch， Allan Laframboise，etal．Exploring ArcObjects[M].Esri，2001．

[4]黄波、江斌等，GIS环境下的空间分析和地学可视化，高等教育出版社[M]，P102。

VREarth三维电子沙盘系统

肖如林 颜勋 苏奋振
中国科学院地理所资源与环境信息系统国家重点实验室

1 引言

空间数据是人类认识和探索现实世界时所涉及的最重要的信息来源，视觉是人类理解空间的最有效途径，因而空间数据可视化是帮助人们认知空间的最有效工具。世界本来就是处于三维空间中的，而日渐成熟的2DGIS是将现实世界简化为平面上投影进行操作的，本质上是基于抽象符号的系统，不能给人以自然界的本原感受。随着GIS技术、计算机图形学、计算机可视化技术，虚拟现实技术及相关学科的发展，使得3DGIS的发展进入了一个新的发展阶段。

3DGIS结合虚拟现实技术，具有沉浸性、交互性的特点，能给人们带来身临其境的感觉，有助于更加准确的认识客观世界。目前，3DGIS已成为GIS世界中一个重要的研究方向。

2 项目背景

随着“数字地球”的提出，上自国家、下至街道社区等都根据各自需要，提出了相应的数字化，信息化建设工程。而信息中，80%与空间位置有关，所以空间信息的可视化是其中的一项重要内容，其中也建立了很多三维电子沙盘系统。事实上，三维电子沙盘系统，功能上基本上大同小异，但是因为建设时和数据绑定，或集成到另一系统中与系统框架紧耦合，导致灵活性差，很难得到重用，以至重复性建设现象比比皆是，有悖于节约型社会。

所以很有必要建立一个三维展示工具，它应具有电子沙盘的基本功能，又能有ArcScene、ArcGlobe一样的通用性，但是又没有它们那么复杂，庞大．同时能具有Google Earth等的灵活、方便快捷，交互性好，但比Google Earth等功能强大。用户只要运行该系统，打开自己的数据文件，进行定制，就能拥有自定制的三维电子沙盘。

所以本项目就是为了能实现一个这样的系统，解决这些重复性建设问题，节约成本。

3 需求分析

由于，本系统只提供三维电子沙盘系统的最基本的一些展示和分析功能，所以不受行业领域的限制，适用于军事、国土、环境、规划、地产、水利、交通物流、资源等行业和领域。

本系统具有良好的用户界面，灵活易用的特点，可以很方便的为用户提供三维场景的展示、浏览控制等操作，以及基本的分析功能．它具有Google Earth类似的功能和风格，但是打开的却是用户自己的数据。本系统可以独立运行，也可以作为一个模块，集成到其他的系统中。它可以满足很多进行三维展示的需求。

4 技术路线

本系统采用Visual studio 2005平台， C＃.Net语言开发，基于ArcGIS Engine强大的类库实现三维电子沙盘系统的功能，系统框架上采用第三方组件Infragistics NetAdvantage实现灵活的系统框架和美观友好的用户界面。后台支持多种数据类型和格式，可以充分发挥ArcSDE、ArcGIS Server（可以加载SDE数据以及Server等的Web服务）提供的优势。

本系统采用了地理信息科学、COM技术，Web技术、虚拟现实技术，计算机图形学技术、数据库技术等科学或技术，并遵循相关的标准。系统的体系结构如下图17.16所示：

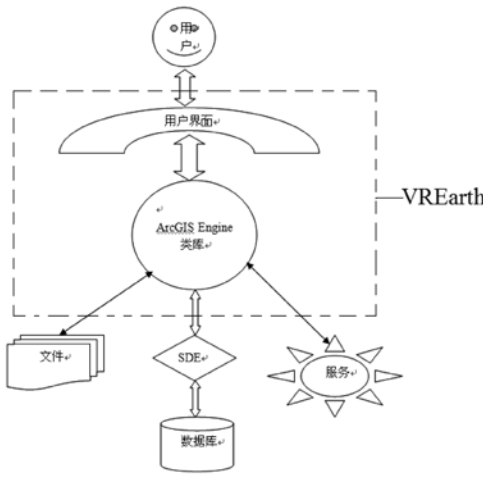


图17.16 系统体系结构

5 系统功能概述

用户运行本系统，打开一个已配置好的Globe文档（.3dd）或自定义的工作空间(.wks)，按需加载数据，按需进行系统配置，就可以在系统中实现对三维场景的浏览、操纵、定位、查询、量算、以及简单的分析功能，拥有一套自定制的三维电子沙盘系统。其详细的功能结构如下图17.17所示：



图17.17 系统功能结构

5.1 功能简介

系统：主要实现打开、关闭、保存工作空间，加载数据（或服务）等操作以及一些系统参数的设置。

导航：主要实现对三维场景控制、浏览等。采用交互工具和仿真面板相结合的。



图17.18 系统总体界面

场景：主要实现典型场景的快速定位，典型场景管理、以及场景录像等。



图17.19 场景录像

飞行：主要实现沿自定义路径飞行，实时飞行参数设置、以及飞行路线的管理。



图17.20 按路径飞行

工具：主要实现查询、选择、点击查看，距离、面积、体积量算、标记等。

分析：缓冲区分析、等值线分析、等剖面分析等。

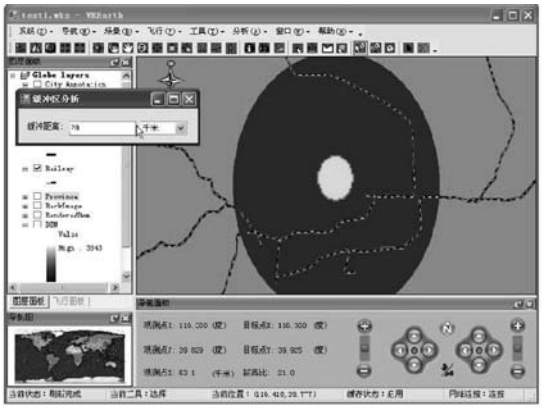


图17.21 缓冲区分析

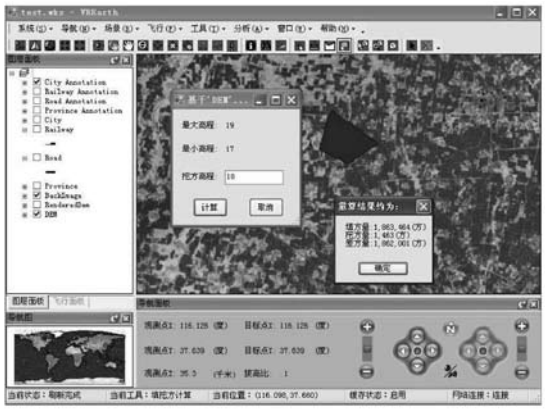


图17.22 填挖方分析

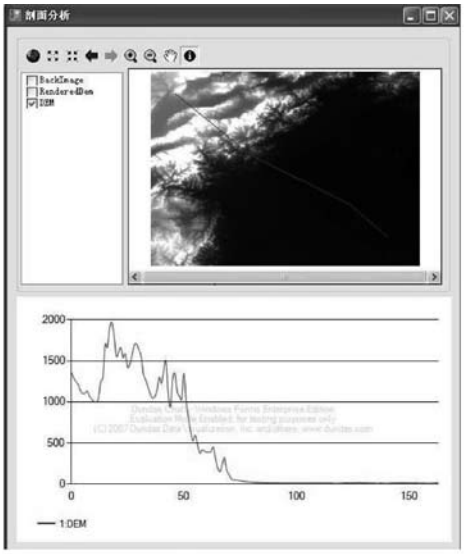


图8剖面分析

窗口：主要实现整个用户界面的调整。

帮助：有关系统使用的帮助文件、以及系统的相关信息。

6 总结

系统采用分模块的方式构建，模块内聚性高，各模块之间耦合度低。可以在该系统的基础上很方便的增加模块，集成到系统中。本系统只提供三维电子沙盘系统的最基本的一些展示和分析功能，所以不受行业领域的限制，适用于军事、国土、环境、规划、地产、水利、交通物流、资源等行业和领域。比如将来可以开发海洋方面的专业模块，集成到系统中，构建成VRMarine等派生系统。

Esri 中国(北京)有限公司

网站：www.esrichina-bj.cn；技术支持网站：support.esrichina-bj.cn
Esri中国社区：bbs.esrichina-bj.cn；技术支持热线：010-65542881；email：info@esrichina-bj.cn

北京代表处
地址：北京市东城区朝阳门北大街8号 富华大厦A座12层D室 邮编：100027
电话：010-65541618 传真：010-65544600

上海代表处
地址：上海市徐汇区天钥桥路30号 美罗大厦1108~1110室 邮编：200030
电话：021-64268423 传真：021-64268423-229

广州代表处
地址：广州市林和西路3-15号耀中广场B座3012-3014单元 邮编：510620
电话：020-86007565 传真：020-86007565-102

成都代表处
地址：四川省成都市提督街88号 四川建行大厦2517室 邮编：610016
电话：028-86080839 传真：028-86080839-212

西安代表处
地址：西安市高新区科技路48号 创业广场 B座F层1405室
邮编：710075 电话：029-86698900

沈阳代表处
地址：沈阳市和平区和平北大街65号 总统大厦A座21层2108-2109室
邮编：110003 电话：024-22812660

Esri中国(北京)培训中心
地址：北京市朝阳区大屯路甲11号 中国科学院地理科学与资源研究所1302室 邮编：100101
电话：010-64855687 传真：010-64855685 E-mail:actc@lreis.ac.cn 主页：training.esrichina-bj.cn