



长江航道三维可视化数据处理方法研究

张建春

(长江航道测量中心, 湖北 武汉 430000)

摘要: 阐述长江航道三维可视化系统的多源海量数据的获取及处理方法, 研究航道地形数据的特点及其处理流程, 基于三维可视化系统采用对比分析的方法突出了各相关数据的处理效果。

关键词: 航道; 三维可视化; 数据处理; OSG

中图分类号: U 65

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2016)11-0145-06

Methods of data processing in 3D visualization system of Changjiang waterway

ZHANG Jian-chun

(Changjiang Waterway Survey Center, Wuhan 430000, China)

Abstract: This article illustrates the acquirement and processing methods of corresponding multisource and massive data in the 3D visualization system of Changjiang waterway, researches the characteristic and processing flow of the water terrain data, and shows effects of all methods by the comparative analysis based on the 3D visualization system.

Keywords: waterway; 3D visualization; data processing; OSG

近年来, 为了提升长江“黄金水道”整体效益, 针对各重点河段的航道整治工程已经逐步大量展开。借助三维可视化技术, 对水下航道的地形地貌进行可视化模拟和展现将有助于直观、形象地分析航道通航、工程施工等情况, 提升航道整治工程的信息化管理水平。目前比较成熟的三维可视化解决方案有 Google Earth、Worldwide、Skyline 等国外的虚拟三维可视化系统, 国内的 EV-global、伟景行等三维仿真系统功能。在系统开发方面, 许多三维图形库和开发工具大量涌现, 如 OpenGL、Open Inventor、Direct3D、WorldToolKit、OSG 等, 使得用户无需过多关注底层的图形算法。在以 OSG (Open Scene Graph, 开源、跨平台的图形开发包) 为基础的相关扩展项目中, 出现了 osgTerrain、osgEarth、VPB 和 osgOcean 等大规模三维场

景渲染开源项目。这些系统都较完善地解决了从数据处理到存储、管理、渲染以及空间分析等问题, 同时也都有较好的视觉效果^[1]。在三维航道及船舶可视化系统建设方面, 也有一些文献开展了研究^[2-5], 进行航道可视化技术框架研究、基于 AE 和 OpenGL 的港口与航道三维 GIS 开发等研究, 然而针对航道三维可视化多源数据及其处理方法的专题较少。

常规三维可视化系统侧重于陆地地面的展示或者侧重于城市三维的建立, 而航道三维可视化系统侧重于水下航道地形地貌展示的功能。航道因常年被水流冲刷, 河底地貌起伏不像陆地那样明显, 因此要比较形象地表达河底地貌的三维效果, 必须进行相应的特殊化处理。另外, 本系统中使用的航道地形数据不同于常规地面数据^[6],

收稿日期: 2016-03-29

作者简介: 张建春 (1966—), 男, 高级工程师, 从事航道测绘技术及信息化研究。

在采集方式和数据类型方面有其特殊性,必须进行相应处理。考虑到当前开源项目的成熟度,并结合航道三维展示系统功能的高度定制性及功能的扩展性需求,系统基于 VS2010,结合 OSG 和 osgEarth 等开源三维渲染引擎来进行航道三维可视化系统的实现。本文围绕长江航道三维可视化系统的多源数据获取及处理进行研究,重点分析航道地形数据的处理,为长江航道三维可视化系统的建设提供数据支撑。

1 航道三维可视化基础数据及处理方法

长江航道三维可视化系统要求数据具备从宏观到局部的全方位支撑。全球范围则要从更大的场景来展现地物的位置及其与其他地物之间的关系,局部范围尽可能提高数据精度和地物详细程度。数据主要包括反映基本地物地貌的影像数据、支撑三维渲染的 DEM 数据以及其他诸如地名、边界等辅助要素数据等。系统采用多种分辨率和详细程度的数据,兼顾宏观与局部,并在数据量和表达需求之间寻求平衡。

1) 影像纹理数据获取与处理。

影像数据包括全球范围的低分辨率影像和局部范围的较高精度的影像——前者为三维可视化场景的全局视角提供背景影像,后者满足于局部三维精细展示的效果需要。低分辨率的全球影像数据目前主要从 NASA 官网上获取,影像源为 Blue Marble 卫星影像,其格式为 png,分辨率为 500 m。对于局部区域的高精度影像主要借助第三方可视化工具软件(主要包括卫图助手、百度卫星地图下载器等),下载百度、谷歌、天地图等数据源提供的影像数据,这些软件可以方便地设置数据下载范围及影像分辨率、影像格式、分块大小等参数,从而方便快速下载,但高分辨率数据一般数据量非常大,因此主要应用于局部区域的效果展示。在三维可视化系统数据访问管理时,不可能一次性调入所有数据进入内存中等待应用程序的调度,海量数据必须按照分层方式进行切片分块存储以提高访问速度,并在软件客户端引入

缓存机制,将浏览过的数据缓存下来供下次使用,以减少网络负荷并提高访问速度。

NASA 提供的全球影像将全球范围分为八大张影像,每张经纬度范围均为 90° ,获取到的数据是不带坐标的,使用 Global Mapper 进行校正,选择坐标系统为 WGS84 并输出数据为 Geotiff 格式,该数据的数据量非常之大,需要进行切片缓存处理。全球影像数据采用 VPB 进行切片处理,并采用系统默认的瓦片大小 256×256 ,瓦片层数依据瓦片大小、影像地理范围(或者影像分辨率)及采用的坐标系统等参数由系统自动计算(层数设置和瓦片大小设置是基本等价的关系,即设置层数也可,瓦片下一级与上一级是一分四大小的关系)。VPB 可以对 TB 级的数据进行预处理建模,同时 VPB 支持多线程并行处理,但 VPB 不适合经常变动更新的影像数据,因此适合用于进行全球影像数据的分片处理。对于长江沿线的局部高清纹理数据,采用卫星影像下载工具,从 Google 数据源上进行数据下载,针对分块的数据边缘部分保留少许的重叠部分以便于后续的拼接,由于长江沿线地区是可视化研究关注的重点,需要具有较高的渲染效率和快速交互响应时间,同样必须进行瓦片生成。由于局部纹理数据是针对具体的应用场景,可能会比较频繁更新,因此采用 ARCGIS server 发布 WMS 标准影像数据服务,从而既能够满足显示效率需求又方便数据更新。

2) DEM 数据获取与处理。

对于全球 DEM 数据,目前覆盖全球能够免费获得的主要有两种——SRTM 数据和 ASTER 数据:前者是美国的 NASA 发布的,最新公开的 4.1 版本的数据分辨率最高为 90 m;后者由日本公布的,高程分辨率能达到 30 m。两者都是按照经纬度范围进行分块,均可根据需求下载。由于数据量特别大,采用如下的数据规则:全球的数据采用 SRTM 分辨率 1 km 的 DEM 数据,在中国境内则使用 SRTM 90 的数据,航道沿线区域则使用 ASTER 的 DEM 数据,航道地形数据是实地航道测量数据经 AcrGIS 等工具处理出来的 DEM。各数据应统一

为 WGS84 系统经纬度坐标, 使用 osgEarth 自带的切片工具进行切片, 由于高程的渲染消耗资源较大, 因而每一块要小一些, 经多次实验后, 本文选择 32×32 分块大小, 以在渲染效率和节省磁盘空间上取得较好平衡。

3) 其他航道要素数据获取与处理。

本系统中用到的要素数据包括河流、地名、道路和境界线等, 对航道显示进行辅助定位, 采用中国国家基础地理信息中心网站公布的中国 1:4 000 000 的基础数据。各数据格式统一为 shape, 通过将其按照逻辑压盖顺序分层(地名在最上面的图层, 境界线在最下层, 河流在境界线上层, 道路数据在河流上层), 并配置好显示样式(地名可按照其行政级别配置对应的符号, 道路可根据等级设计宽度和颜色等), 再通过地图服务器将数据集发布为 WFS 服务。本系统中使用的模型数据只有树木, 用来作为航道周边绿地填充, 具体采用经典的十字树模型。系统通过属性判读, 能在相应区域内部按照随机或者规则的方式栽种树木, 不需要手工指定树木的位置, 程序会自动分配, 且树木的稀疏可以分级别, 根据视点的高度不同而使得树木的数量自动变化。

2 航道地形数据特点分析及处理方法

航道测量数据是本次实验数据的重要部分, 是航道地形三维模型构建和航道地形三维可视化渲染的基础。和地面信息不同, 航道三维数据侧重于水下河床的起伏形态。采用测量船携带声呐测量设备(单波束或多波束), 配合 GNSS 仪器定位, 按照需求对特定的航道区域进行测量, 测量数据经过多项改正, 得到水下点的高程。对于一些浅水区域, 还将采用水深测量杆进行数据获取。最终的测量数据, 将按照一定的间距分布, 即采样点基本上是同行之间等间隔、行与行之间大略等距离, 整体分布情况类似于格网形态, 具体取决于不同的成图比例尺要求。

由于水下航道条件的复杂性, 利用声波设备进行测量, 即使在声速设定正确的条件下, 原始

的水深观测值也常受以下几个方面的影响而产生粗差^[7]: 1) 发射脉冲遇到浮游生物、悬浮物和悬空管道等物体时, 测深仪的发射脉冲到不了水底而被这些水中物体发射回来, 造成所测水深的错误, 水深值表现为突然变浅甚至为零值(吃水深度); 2) 由于设备多次发射、潜水混响及发射余振影响, 水深值表现为大幅突变加深。此外, 由于船的尾流、水中气泡的影响, 大大削弱了回波的强度, 增大了额外的干扰, 也对观测值有不同程度的影响。这就要求对原始的航道水深数据进行特殊的处理。

由于航道地形图高程也常用相对于航行基准面的方式表示, 因此若该高程为相对高程(相对于航行基准面的值), 则还需依据当地航行基准面的高程信息将相对图转化为绝对图(绝对高程)。由于长江航道自西向东分布, 会跨跃多个投影带, 在进行航道三维可视化前, 应进行投影转换为经纬度的大地坐标才能正确进行数据拼接。另外, 由于航道的弯曲条带状特性, 在生成航道地形 DEM 过程中, 将在河道外插值出数据, 这也是需要特别处理的。综合以上关于航道地形数据的特点分析, 归纳相应的航道地形数据处理过程见图 1。

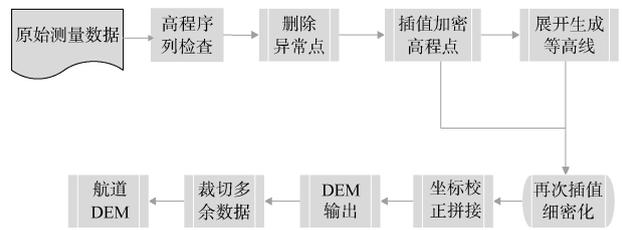


图 1 航道地形数据处理流程

1) 对原始采集样点数据检测, 找出其中的数据异常点。在统一高程基准, 统一使用经纬度的处理后, 通过相关工具(如在长江航道系统中应用广泛的 HiMAX 软件)将点序列读取显示, 观察点序列, 若出现明显的跳跃或突变, 则这些点位的数据可能是采集过程中因人工或者设备问题而出现的奇异点, 可进行插值平滑(如 HiMAX 支持可视化插值和修饰)或者重测。当前, 水深异常点的检测仍然以测线为单位结合水深连续特点, 在相

关软件中进行逐点的人工检查为主,常规的一些自动辅助检查算法效果仍不理想,最新的研究成果是文献[7]提出的异常水深智能检测算法,效果较为优异,且支持异常水深点反馈功能。

2) 对处理过后的数据点进行加密,针对航道数据的分布特定,以及河道底部河床相邻地貌受外界影响(如水流冲刷)的相似性,使用克里金插值法比较适合,利用插值将样点通过插值加密1倍处理。

3) 根据插值加密过后的点数据,生成适当距离间隔的等高线数据,作为起到加密作用的等高线,其间距的取舍与地形起伏程度相关,高程变化急剧的地形应当设置更细密的间距。由于河道地形一般较为平滑,本项目中采用1 m间距进行等高线的生成,尽量保障水深区域的分布情况被保留下来。

4) 利用前面两步生成的加密高程点数据和等高线数据,同时作为输入数据再次进行插值,因河流不规则弯曲情况,最后得到的数据不免会生成许多河道外界的数据,这些数据缺少控制点信息为不可信的数据,因而还需要根据河道边界线对其进行裁切处理,去掉河道外部的无效数据,生成航道的三维数据。

5) 将处理得到的航道地形数据嵌入到稍低精度的周边地形数据当中,用来后期处理时与周围地物地貌比较完善的拼接显示,否则会因为数据基准不一和局部缺少数据造成航道地形严重破损的问题。

6) 在得到航道地形数据之后,使用前文的切片工具进行切片处理,并逐级检查瓦片的数据情况,剔除没有高程数据的空白瓦片,而对于仅仅有一部分高程数据的瓦片需要切除没有数据的部分,防止显示时出现没有高程数据的区域。

以上数据能生成适合三维可视化生产的航道地形数据。一方面,由于经过异常点检查,两次加密插值细化,因此可以较精细地模拟河道底部地貌情况。另一方面,区别于陆面数据往往较方正的特点,长江河道弯曲条件下需要裁切河道

外由于插值而生成的无效数据,使河道外部附近的数据不致异常。

3 航道三维可视化系统效果分析

前文多源数据及航道地形数据完成处理并集成到系统中,进而实现航道三维的可视化。系统通过OSG以瓦片服务的方式对多种范围、多种分辨率的数据进行分块分级组织,实现对数据的快速访问调用。不同于一般电子地图中的图层级别切换,系统三维视角下的数据层切换是基于底层函数的LOD(Level of Details)技术,通过视点的距离进行判断,同一场景中距离视点近的地方显示高分辨率数据,而远离视点的地方则是低分辨率数据,这样能够大大减小系统对硬件资源的消耗,同时达到可视化效果。本次实验的三维航道全景效果如图2所示。

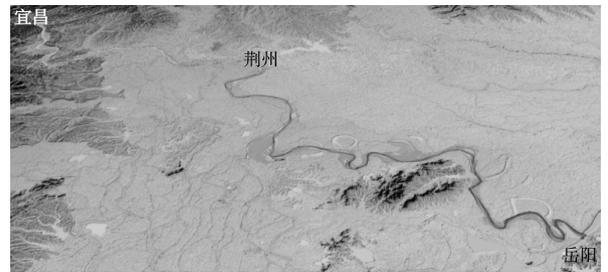
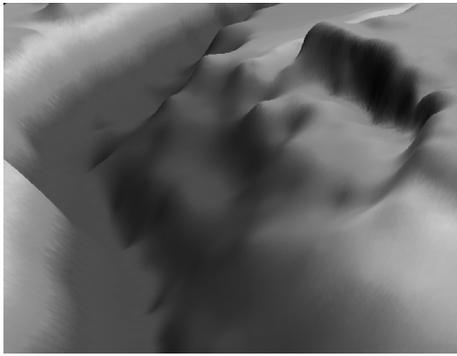


图2 航道全景

图3a)模型是按照一般方式根据原始数据直接插值生成的,而图3b)模型是根据航道本身数据特征按照本文处理流程的航道模型。从图3对比可知,图3b)模型更加精细,对航道微地貌反应更加显著。



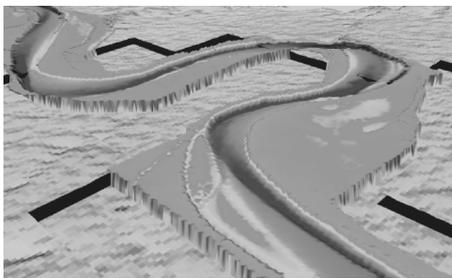
a) 简单插值效果



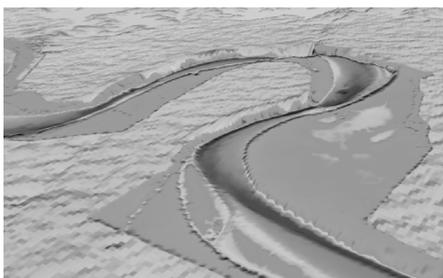
b) 本文处理方式效果

图 3 局部航道三维渲染图对比

航道三维地形显示中使用到不同分辨率的数据，为了使地形渲染出来的效果拼接比较自然、避免出现相邻地块出现裂缝的情况，实验中使用几种精度的数据进行由低到高的过渡以渲染显示，并且将航道范围内的数据使用镶嵌的方式融入到精度稍低的数据中，以保证最终航道地形和周边地物呈较好的吻合嵌入状态。图 4a) 未进行融合处理，渲染出的结果中产生严重的地形破裂现象。图 4b) 是经过镶嵌处理后，使用低精度的数据来补齐航道周边的高程，和外部数据有一个过渡，能够比较好地和周边的地形拼接起来。



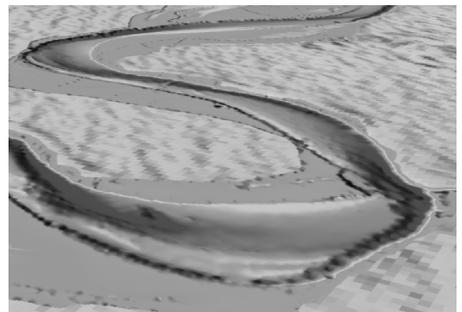
a) 未镶嵌处理



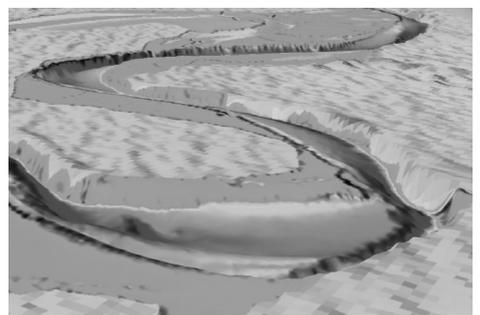
b) 镶嵌处理后

图 4 地形镶嵌前后航道对比

因航道地貌形态表现为纵向航道很长、河面较窄、弯曲不规律，而横向则是河面较宽、河底起伏较小、水深多变。在进行三维显示时，必须对地形采取增强方法来突出其效果，本次实验采用的是对地形数据进行高程的拉伸，增大河床地形的高宽比例，其效果见图 5。从图 5 可见，图 5b) 的拉升细节更为明显。如两图左侧两处弯道和右侧两个弯道处，图 5b) 的河岸与河底地形对比明显，起伏感明显增强。具体为在使用 VPB 处理数据时，预先设置调整地形高程夸张参数，参数在 5~8 之间比较合适，此时地形显示效果区分较为明显又不至于夸张，对航道地形进行拉高处理，使得航道河底地貌看起来更为直观。



a) 未拉升处理



b) 拉升处理

图 5 地形拉伸显示效果

4 结语

1) 多源海量数据及其处理是长江航道三维可视化系统的关键点之一。为支持航道三维可视化系统全局视角到局部细节的展示，实现航道三维地貌在虚拟地球环境下的增强显示效果，在兼顾系统的性能的前提下，基础数据应根据需求差异

采用有层次区别的分辨率并作相应的数据处理,如影像数据和高程数据在不同区域的分辨率差异,从而突出长江航道的重点区域同时减少不必要的性能损失。

2) 区别于陆域地形数据,航道地形数据从采集处理至最终的显示有其特殊性,实验表明本文的处理流程及拉升参数设置、镶嵌处理等满足航道三维可视化系统对航道地形数据的需求。

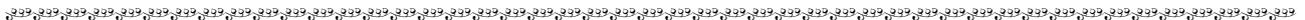
参考文献:

[1] 何坤金,张莉军,李强,等.基于OSG的航道船舶三维可视化信息管理系统[J].计算机与现代化,2015(11):89-92.
 [2] 黄军凯,刘华麟,杨涛.基于三维GIS技术的输变电设备

多维可视化监测系统的设计研究[J].贵州电力技术,2014(3):5-7.

[3] 眭海刚,张安民,王大斌,等.三峡航道三维可视化与分析系统的设计与实现[J].人民长江,2005,36(11):10-13.
 [4] 江文萍,奚大平,蔡忠亮.港口与航道三维GIS的设计与实现[J].测绘通报,2012(10):79-81.
 [5] 宫辉力,潘云,李小娟,等.地下水流场三维可视化研究进展与前景[J].吉林大学学报:地球科学版,2007,37(2):384-392.
 [6] 杨凯,索利利,牛桂芝,等.水深测量数据的组织管理与三维可视化[J].水道港口,2008,29(4):296-300.
 [7] 刘力,孙再刚,简波,等.单波束测深仪水深粗差检测与修正新算法及其效果[J].水运工程,2014(11):55-59.

(本文编辑 郭雪珍)



(上接第144页)

3) 当前南槽河势条件已进入相对稳定时期,南汇东滩新一轮围垦工程也处于全面实施阶段,抓紧开展南槽航道开发治理研究工作,对促进长江口航道体系的完善和长江口水土资源及生态环境的协调发展等具有重要的现实意义。

参考文献:

[1] 中交上海航道勘察设计研究院有限公司.长江口南槽航道疏浚工程工程可行性研究报告[R].上海:中交上海航道勘察设计研究院有限公司,2011.
 [2] 程海峰,刘杰,赵德招,等.长江口南槽近期河床演变及航道淤浅原因分析[J].浙江水利科技,2014(5):26-29.
 [3] 谢华亮,戴志军,左书华,等.1959—2013年长江河口南槽动力地貌演变过程[J].海洋工程,2015,33(5):51-59.

[4] 刘红,应铭,张华,等.工程条件下长江口南槽自适应过程[C]//中国海洋工程学会.第十五届中国海洋(岸)工程学术讨论会论文集,2011:1135-1142.
 [5] 中华人民共和国上海海事局.长江口南槽航道试通航期通航情况报告[R].上海:中华人民共和国上海海事局,2014.
 [6] 赵德招,张俊勇.长江口南槽航道进一步开发的基本思路及框架[J].水运工程,2016(3):89-94.
 [7] 交通运输部长江口航道管理局.长江口航道发展规划[R].上海:交通运输部长江口航道管理局,2010.
 [8] 交通运输部长江口航道管理局.长江口航道“十三五”发展规划[R].上海:交通运输部长江口航道管理局,2015.

(本文编辑 郭雪珍)