

潮滩动态淹没可视化仿真研究*

赵晓亮¹, 谢巍², 辛欣¹

(1. 信息工程大学 测绘学院, 河南 郑州 450052; 2. 防空兵指挥学院, 河南 郑州 450052)

摘要:介绍了潮滩淹没可视化仿真的相关研究,分析了已有研究存在的不足,阐述了潮滩淹没可视化仿真过程中需要解决的关键技术,讨论了研究过程中需要面临的难点问题,同时指出了最终研究的目标。最终,为潮滩动态淹没可视化仿真提供了具体的研究思路和相应的技术路线。

关键词:潮滩;流域;淹没;水体;仿真;可视化

中图分类号: TP 391

文献标识码: A

文章编号: 1007-9394(2010)01-0001-02

Research on Dynamic Flood Simulation of Tidal Flat

ZHAO Xiao-liang¹, XIE Wei², XIN Xin¹

(1. Institute of Surveying and Mapping, Information Engineering University, Zhengzhou Henan 450052, China; 2. Air Defense Forces Command Academy, Zhengzhou Henan 450052, China)

Abstract: This paper introduced some study on dynamic flood simulation of tidal flat, and analyzed some problems in existed projects. The paper analyzed some key technologies of flood visual simulation of tidal flat, and discussed some problems that were difficult to conquer. Meanwhile, the paper indicated the goal of research. The study in the paper will provide specific manner and technique for dynamic flood simulation of tidal flat.

Key words: tidal flat; drainage area; flood; water body; simulation; visualization

0 引言

受到潮汐的影响,海岸带潮滩不断发生着周期性的变化,潮滩在低水位时干出水面,而在高水位时被淹没。潮滩变化与海军活动关系密切,如修建港口码头、选择锚地、布设水雷等。同时,登陆作战也必须掌握登陆点的潮滩情况,包括潮间带的宽度、坡度以及潮滩的侵蚀情况等。由于潮汐随时间的升降运动,水面以上的潮滩宽度随潮汐升降而变化,实际登陆时必须根据潮汐预报对露出水面的潮滩宽度加以预测^[1]。因此,直观、动态地表示潮滩淹没变化,准确、实时地进行海岸带的水深分布及潮滩海水淹没情况可视化仿真,具有现实意义。同时,随着近年来数字地球研究的兴起,目前大多研究主要集中在陆上地形地貌的呈现,而对海陆交界地带的可视化仿真研究的文献则较少,本文对潮滩动态淹没的研究也将有利于丰富和完善数字地球的表现内容。

1 相关工作

关于潮滩动态淹没的研究,有部分学者已进行了针对性的研究,而研究成果大多集中在洪水淹没和流域仿真方面。洪水淹没与潮滩淹没在算法上大致相同,但也存在一定的区别,比

如:洪水流经的地域与潮水经过的地域条件有所不同。同时,两者的研究目的与对象也有差别。

1.1 洪水淹没与流域可视化仿真

国外在对流域可视化模拟应用中也已陆续推出了一些较为成功的商用可视化系统,如美国 Brigham Young university 的 SMS,荷兰 Delft Hydraulics Institute 研制的 Delft-3D,丹麦 DHI 研究所开发的 MIKE ZERO 系列等。美国地质中心 Connor 等对美国境内 Queets 河的洪水流域和河道变化进行动态模拟研究。美国水文科学沙化研究中心 Carroll 等对洪水冲蚀和淤积进行建模,利用数值模拟方法研究卡森河的河道河床变化及其对洪水影响。Qizhi Yu 实现了大范围流域动态模拟,提出了一种在大区域内的实际可行的流体交互仿真方法^[2],图1为仿真效果图。

国内对洪水淹没与流域三维可视化方面的研究的学者也有很多,浙江大学刘南、刘仁义等^[3]利用给定水位方式并基于种子蔓延方法判断洪水淹没范围,同时结合三维仿真技术开发出水利工程中的淹没分析系统,研究成果在对浙江省流域洪水灾害的准确评估和分析预测中得到了应用。华中科技大学袁艳斌、康玲等^[4]进行了洪水演进模拟仿真系统的研制,该系统能够实时模拟流域洪水的淹没演进过程,较为逼真地模拟了洪水

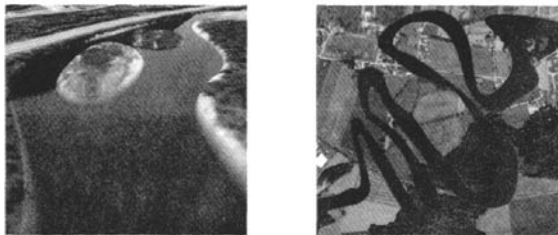


图1 大范围流域三维可视化

Fig.1 3D simulation of large scale valley

在流域内的形态变化,为防洪减灾提供了较好的决策支持。

1.2 潮滩淹没方面的研究

吴中鼎利用不同时相的卫星图像资料确定潮滩水涯线位置^[5],并与通过卫星成像进行潮汐预报时刻的水涯线高度相结合,计算出海岸滩涂的相对高程分布(相对高程是指相对于当地平均海平面的高程),利用潮汐预报和潮滩数字高程图对研究地点的任意时刻潮滩状况进行预测。郑宗生利用多时相的遥感影像提取的水边线信息^[6],并根据实测的高程断面获得不同时间下的水边线高程,最后根据已知高程信息的水边线插值进而得到潮滩的数字高程模型。

李荣兴于2002年提出了DTS(Digital Tide Shoreline)为沿岸陆地模型与某一时刻的海水面模型的交线的概念,认为正是DTS形成了潮滩淹没区的边界^[7]。张立华考虑到高水位影响和水位的交替涨落,认为准确、快速地计算与显示淹没区是潮滩淹没动态仿真的重要环节^[8],提出了一种顾及高水位影响的潮滩淹没动态仿真算法。在建立数字潮滩模型基础上,利用水位计算公式动态预测水位的变化,并通过提取DTS,确定不连通的洼地。同时考虑高水位的影响,检测出不连通洼地的动态变化,从而正确显示潮滩的淹没区。

1.3 存在问题

在洪水淹没范围的计算过程中,一般采用有源淹没算法。而一般的有源淹没算法均存在以下不足之处:

1)淹没计算中,要反复对淹没区域的连通特性进行检查,若计算区域面积较大或地面网格精细时,计算开销很大,影响计算和显示的效率。

2)地形建模的多边形格网是作为计算的最小单元,当使用粒度大的格网单元时,淹没范围的表达准确度较低。同时,由于格网很粗糙,计算过程中,会出现明显的连通性的表达错误。

同时,在潮滩的淹没算法中,张立华等的算法虽然已经基本满足对潮滩实时状态的可视化预测要求,但是要做到逼真的三维可视化仿真,还应考虑基于水体动态建模的潮滩淹没模拟、包括考虑海水演进引起的水面形状变化等问题。

2 关键技术

潮滩淹没是一个很复杂的过程,受多种因素的影响,其中潮滩特性和受淹区的地形地貌是影响潮滩淹没的主要因素。海水淹没陆地是一个动态过程,其中涉及到流体运动相关问题,如何满足大场景下流体与陆地淹没交互算法,并加快显示速度,是一个全新的挑战。

2.1 动态水体建模

有关水体数学建模的研究方法有计算流体动力学(Compu-

tational Fluid Dynamics, CFD)、侧重于不可压缩流体的有计算水动力学(Computational Hydrodynamics),以及水力学方面的计算水力学(Computational Hydraulics),这些方法的研究重点在于数学建模方法和数值模拟的计算精度问题上。潮滩的地形条件复杂,分布有洼地,潮水沟和其他地貌,潮滩潮水因不同的潮滩地形条件会产生不同的形态,水流在潮滩上的运动是一项复杂的流体自然现象。水流形态的多样性、运动的无规律性以及其岸滩边界的局限性,使得水体数学模型建立过程复杂,在水流运动控制方程的选择、不规则边界的简化处理、地形网格的剖分方法等方面都需要认真的处理。同时,目前关于三维水流运动的数学模型十分复杂,对硬件平台性能的要求很高,达不到实时仿真的要求。以上存在的问题制约了水体运动数学建模方法在潮滩淹没实时可视化仿真方面的应用。

对于潮流水体的仿真而言,由于岸滩覆盖范围十分广阔,不同区域的岸滩地形和地质条件造成不同区域的水流特征变化各不相同。对于沙滩等开阔区域水体,水面表现的较平缓;而对于海峡区域的海岸,水流流速很快,水流对海岸的冲刷作用较强烈;对于风暴潮水流而言,水体则表现为起伏强烈,往复向岸推进的效果,此种情形下潮滩水流在岸滩推进过程的三维仿真不仅要构造出适当的海洋水面模型和潮滩淹没过程的动态波峰模型,而且需要进行实时的交互仿真,诸如海浪的拍岸效果。针对上述问题,需要探索新的方法和技术,来实现潮流水体在不同地理条件和不同海洋水文现象中的动态建模。

2.2 水体与潮滩地形的相互作用计算

在近岸海域,波浪和潮流是两个重要的动力因素。潮汐与潮流的往复运动不断的改变着海岸带的地理环境,同时引起潮间带水陆边线的变化。在潮滩的淹没研究中,可以将潮汐、潮流运动看作是水体的动态变化,而将潮滩或海岸地形看作是一个静态的物体。潮滩淹没过程可以理解为动态水体与静态地形的相互作用过程。

关于水体与地形的相互作用研究,文献[9]提出了一种基于物理的地形侵蚀的算法。用经过地表的流水作用力侵蚀山体,其中水体用粒子方法模拟,而地形侵蚀应用简单的碰撞检测的方法。文献[10]研究了水体与泥沙的相互作用,逼真的模拟了沙土颗粒的湿化过程。在潮滩淹没的过程中同样可以借鉴,用来模拟潮流在岸滩运动过程中逐渐湿化干燥的岸上泥沙颗粒。同时水体与潮滩地形相互作用还表现为,地形引起水体、水面形状的改变;水体冲刷地形,引起地形变化。其中,水体与地形的边界或结合部的动态变化应是研究的重点。根据潮滩淹没的研究目的与硬件的局限,水体与地形的相互作用,不可能做到大范围的实时显示,在仿真的过程中只局限于细节描述,根据需要调用显示。

2.3 动态水位条件下潮滩淹没区的实时计算

由于潮汐的周期性作用,海岸带水陆交线一直发生动态变化。可以假设潮滩地形在一定特定时间段内是静态变化的,而潮面的瞬时水位时刻在变化。根据时间的变化,利用潮汐瞬时水位计算公式得到各个时刻的瞬时水位,通过与地面高程模型的运算得到数值为0的边线即为水陆边线,然后合理利用水陆边线便能够构建、显示潮滩淹没范围。同时,根据潮汐的时间周期从而可以形成不同时刻的潮滩淹没场景。由于潮汐运动的周期性,使得根据潮汐运动规律进行预先计算成为可能,借此加快显示速度。在淹没范围计算过程中,难度在于处(下转第23页)

$$\begin{cases} x_0 = \frac{(y_1 - y_3)(x_1^2 - x_2^2 + y_1^2 - y_2^2) - (y_1 - y_2)(x_1^2 - x_3^2 + y_1^2 - y_3^2)}{2(x_1 - x_2)(y_1 - y_3) - 2(x_1 - x_3)(y_1 - y_2)} \\ y_0 = \frac{(x_1 - x_2)(x_1^2 - x_3^2 + y_1^2 - y_3^2) - (x_1 - x_3)(x_1^2 - x_2^2 + y_1^2 - y_2^2)}{2(x_1 - x_2)(y_1 - y_3) - 2(x_1 - x_3)(y_1 - y_2)} \end{cases} \quad (4)$$

2) 矩阵方程:

- ① R, α_i 初始值选择设计图纸的半径和角度值;
- ② B 阵根据式(1)计算列出;
- ③ P 阵为单位阵,仪器的测角和测距精度是匹配的;
- ④ 常数项为实测的中心坐标与近似计算的差值。

3) 拟合平差计算,根据最小二乘准则,利用间接平差方法原理计算出法方程,解算出各个独立参数的改正值。计算结果,见表1。

根据拟合结果,发现径向平均偏差为0.6 mm,同时也能根据角度改正数推算各孔切向偏差,方位角平均偏差为3.8 mm,可现场根据测量值对孔位进行修正处理。

2.3 孔位精度统计

计算公式为:

$$\sigma = \sqrt{v^T pv / (n - t)} \quad (5)$$

式中: t 为必要观测数; $n-t$ 即多余观测数。

通过计算得出: $\sigma_a = \pm 3.14 \text{ mm}$, $\sigma_r = \pm 0.15 \text{ mm}$,由此可以看出,方位上存在较大偏差。

3 结论

根据计算结果,对孔位进行处理,现场安装固定螺栓,顺利快速的完成施工,验证了此法的可行性。

从计算经验来看,利用 Excel 工作薄的表格计算及其函数功能,可以快速计算。但是由于拟合点数较多, B 阵、 L 阵计算若出现的一些小问题,也会使结果谬之千里。因此,应尽可能实现平差计算的自动化,减少人为因素的影响。

在测量中可以将基础埋件放置平整,以保证只需进行二维拟合,数据采集时应将仪器架设离基础埋件较近处,以保证数据采集的精度。

【参考文献】

- [1] 潘国荣,谷川,施贵刚. 空间圆形物体检测方法 with 数据处理[J]. 大地测量与地球动力学,2007,27(3):28~30.
- [2] 王解先,赵向阳. 圆形轨道变形测量[J]. 工程勘察,2003(4):60~64.
- [3] 程效军,王峰. 测得球面多点坐标计算球面参数的方法[J]. 铁道勘察,2006(6):1~2.
- [4] 王敬庚. 空间解析几何[M]. 北京:北京师范大学出版社,2004.
- [5] 陈龙飞,金其坤. 工程测量[M]. 上海:同济大学出版社,1990.

作者简介:胡芝瑛(1982~),男,安徽来安人,助理工程师,现主要从事核电测量方面的工作。

(上接第2页)

理好封闭曲线内的淹没分析。潮滩上可能涉及到的洼地、环形山、水坝、潮水沟等的情况均不相同,需要在得到水边线后再做连通性的检查,最终得到正确的显示结果。

3 研究的难点及目标

潮滩动态淹没可视化仿真研究的难点有以下几个方面:

1) 要提出合理有效的潮水在岸滩演进过程中水陆边界实时计算方法,设计合理的淹没范围计算约束条件,正确处理潮滩特殊地貌的淹没状态,最终实现潮滩淹没范围的实时且准确显示;

2) 对于潮流水体的仿真而言,考虑潮滩覆盖区域广阔,不同区域的海岸地形和地质结构下的水流运动特性各不相同。为此,如何根据潮流水体在不同约束条件和不同水文现象下选用合适的建模方法是研究中面临的难点问题;

3) 潮滩动态淹没可视化计算的实时性。在淹没计算场景中,包括潮滩地形的绘制,动态水体的模拟,水陆边界线的实时计算,淹没范围的确定,水陆之间的相互作用等内容。所以,如何在潮滩动态淹没可视化仿真过程中处理运行速度与显示效果的平衡同样是需要解决的难点问题。

潮滩动态淹没可视化研究的目标是首先提出基于潮滩区域水陆边界实时计算模型,然后通过模型的提出,对海岸带潮滩淹没范围进行实时计算,并设计出可视化显示系统,从而可以为登陆、抗登陆作战、海军工程建设提供直观视觉体验和相关决策支持。

4 结束语

对潮滩动态淹没可视化仿真进行研究,可以进一步完善数字地球的表达内容。同时,可以进行近海岸作战模拟或者直接提供作战决策支持。本文对潮滩淹没仿真中的关键技术、研究难点、研究目标进行总结,是为下一步的具体研究所做的基础性

工作,以便快速找到潮滩淹没可视化仿真的突破口与研究内容。

【参考文献】

- [1] 李占桥. 海洋遥感在潮滩动态预测中的应用[D]. 青岛:中国海洋大学,2008.
- [2] Qizhi Yu, Fabrice Neyret, Eric Bruneton and Nicolas Holzschuch. Scalable real-time animation of rivers[J]. EUROGRAPHICS 2009/P. Dutré and M. Stamminger, 2009,28(2):107~113.
- [3] 刘仁义,刘南. 基于 GIS 技术的淹没区确定方法及虚拟现实表达[J]. 浙江大学学报,2002,29(5):573~578.
- [4] 康玲,王学立,姜铁兵,等. 基于数字高程模型的流域变动等流时线方法[J]. 水利学报,2006,37(1):40~44.
- [5] 吴中鼎,钱成春,潘长明,张建水. 潮滩动态变化预测研究[J]. 海洋测绘,2008,28(4):22~26.
- [6] 郑宗生,周云轩,蒋雪中,沈芳. 崇明东滩水边线信息提取与潮滩 DEM 的建立[J]. 遥感技术与应用,2007,22(1):35~40.
- [7] Li R, Ma R, Di K. Digital tide-coordinated shoreline[J]. Journal of Marine Geodesy, 2002, 25(1): 27~36.
- [8] 张立华,王义涛,朱庆,等. 顾及高水位影响的潮滩淹没动态仿真算法[J]. 系统仿真学报,2007,19(14):3335~3338.
- [9] N. Chiba, K. Muraoka, and K. Fujita. An Erosion Model Based on Velocity Fields for the Visual Simulation of Mountain scenery[J]. The Journal of Visualization and Computer Animation, 1997(9): 185~194.
- [10] Witawat Rungjiratananon, Zoltan Szego, Yoshihiro Kanamori and Tomoyuki Nishita. Real-time Animation of Sand-Water Interaction[C]. Pacific Graphics 2008 T. Igarashi, N. Max, and F. Sillion (Guest Editors), 2008,27(7):366~371.

作者简介:赵晓亮(1982~),男,山西平陆人,博士研究生,研究方向为地理信息工程及战场环境仿真。