

GIS 技术在潮流数学模型中的应用

何 杰¹ 辛文杰¹ 徐志杨²

(1. 南京水利科学研究院 , 江苏 南京 210024 ; 2. 河海大学水资环境学院 , 江苏 南京 210098)

摘要 : 为将潮流数学模型的计算结果比较容易地进行显示 , 通过 Mapinfo 软件将数学模型的计算单元信息以图形形式进行表达。通过 Mapinfo 的正方形单元将 GIS 技术应用到数学模型中 , 围绕模型建立、计算和演示 3 个环节 , 探讨数学模型的初始数据和计算结果在显示和存储技术上与 Mapinfo 软件联合使用的方法 , 并将此方法在狮子洋水道进行了测试 , 结果表明 , 数模结果可及时显示和查询 , 有效提高了建模、调试和后处理的效率。

关键词 : GIS ; Mapinfo ; 潮流 ; 数学模型 ; 数据库 ; 狮子洋水道

中图分类号 : P75 ; P228.4 文献标识码 : A 文章编号 : 1006-764X(2007)02-0034-03

Application of GIS technology to tidal current numerical model//HE Jie¹ , XIN Wen-jie¹ , XU Zhi-yang²(1. Nanjing Hydraulic Research Institute , Nanjing 210024 , China ; 2. College of Water Resources and Environment , Hohai University , Nanjing 210098 , China)

Abstract : For visualization of the calculated result of the tidal current numerical model , the Mapinfo software was adopted to reflect the information of calculation elements of the numerical model in graphical form. By means of square cells provided by Mapinfo software , the GIS technology was applied to display and storage of initial data and calculated result of the numerical model during the processes of modeling , calculation and result display. The application of the method to the Shiziyang Channel demonstrates that the real-time display and inquiry of the simulated result can be realized , and that the method effectively improves the efficiency of modeling , debugging , and post-processing.

Key words : GIS ; Mapinfo ; tidal current ; numerical model ; database ; Shiziyang Channel

Mapinfo 是一类特殊的地理信息系统(GIS)平台软件。用户可以将传统信息系统中的空间信息及其相关内容放在地图上 , 使各种枯燥无味的表格数据可视化 , 方便数据分析和辅助决策。内置的关系型数据库实现了电子地图与数据库的自动连接和双向查询。完整的数值模拟系统包括建模、计算和演示 3 个部分 , 建模是准备数据资料的过程 , 通过计算获得所需的数据信息并保存 , 最后将计算结果通过演示表达出来。数学模型计算过程中将产生海量数据 , 而 Mapinfo 在图形显示方面具有特殊的优势 , 可将计算过程中生成的数据转入到 Mapinfo 的数据表内 , 通过 Mapinfo 查看计算结果 , 因而潮流数学模型与 Mapinfo 的结合使用研究是非常必要的。

江毓武^[1]、童朝锋^[2]、叶清华^[3]等曾对数学模型与 GIS 的结合使用进行过相关研究 , 将计算过程生成的数据通过 GIS 软件显示出来 , 使模型的计算结果显示收到了良好的效果。本文将围绕模型的建立、计算

和演示 3 个阶段两者的结合使用进行探讨 , 使 Mapinfo 不仅在图形显示方面显其特长 , 更在数据库管理方面发挥优势 , 达到数据图形一体化。数学模型计算部分采用 Delphi 编程 , 建模和演示部分则采用 Delphi + MapX 模式对 Mapinfo 的二次开发来完成。

1 建模阶段

1.1 结合点

建立的平面二维潮流数学模型采用有限差分法进行求解 , 计算单元为正方形网格 , 各物理量关系如图 1 所示。对于 1 个正方形而言 , 在数学模型计算中可作为 1 个计算单元 , 在 Mapinfo 系统中则可作为 1 个对象 , 而对象就有其属性。对象的属性包括固有属性和附加属性 , 正方形单元的固有属性就是它的中心点坐标、边长和单元面积等 , 根据数学模型与 GIS 两者结合使用的需要 , 可将数学模型相关的物理量作为对象的附加属性 , 如流速、水深等。每一个

图层对应 1 张 Table 表,物理量作为字段,网格点作为记录,表的结构如图 2 所示。数学模型中的计算单元在 Mapinfo 的图层里可显示为 1 个正方形,在对应的 Table 表中可查看这个单元的相关物理量,因而通过计算单元可将数学模型与 Mapinfo 紧密结合起来。

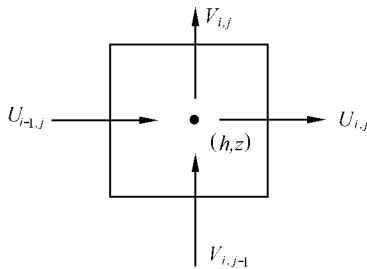


图 1 计算单元物理量关系示意图

图 2 数学模型的 Table 表结构

1.2 采集数据

水利工程的地形数据多由 AutoCAD 文件提供,利用 Mapinfo 软件 Tools 菜单下的 Universal Translator 项可将 AutoCAD 文件转换成可供 Mapinfo 使用的文件,如 MID/MIF 及 TAB 文件等。AutoCAD 文件中的地形数据将被分离出来,形成单独的 TAB 文件,每一个地形数据都作为 1 个对象存在于 TAB 文件中,通过对象的固有属性可知道此地形数据的坐标位置和具体值。由于地形数据数量非常大,手工读取效率极低,可借助 MapX 对 Mapinfo 进行二次开发,通过 Delphi 编程循环读取即可。原始数据多为散点数据,需通过插值计算转换成数学模型可利用的网格点数据。

Mapinfo 为国际通用软件,默认坐标为经纬度,而实际工程中的 AutoCAD 地形文件多为大地坐标,如北京 54 坐标,两种坐标的转换可通过 Mapinfo 的 Projection 菜单实现。对于一些跨数个经纬度的模型,在模型计算时通过单元的固有属性可以得到其精确的经纬度坐标,这样会提高数学模型计算的实用性,反映经纬度变化给模型带来的实际影响。

1.3 网格生成

网格是数学模型与 Mapinfo 软件的结合点,应以实际的正方形作为网格点逐个生成,以 4 条线段来组成 1 个正方形的方法是不可取的,因为 4 条线段是 4 个对象而非 1 个对象。首先确定模型范围(左下角和右上角的坐标),网格的大小、行数和列数,通

过程序即可快速生成所需网格,并在图层中显示出来。定义网格点时一定要要有相关的物理量作为属性,以便在计算过程中把数据存储到相应的字段内。为便于网格管理,可以给网格点增加能反映其在模型中相对位置的附加属性,如第几行第几列,通过 Layer Control 窗口的 Label 属性设置即可在 Mapinfo 的相应图层中显示出来。

2 计算阶段

2.1 计算方法

对于平面二维潮流数学模型,本文采用交通部技术规程所推荐的计算方法之一——ADI 法进行求解。在笛卡尔直角坐标系下,根据静压和势流假定,沿垂向平均的二维潮流基本方程可表述为如下形式:

连续方程

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}[(h + \zeta)u] + \frac{\partial}{\partial y}[(h + \zeta)v] = 0 \quad (1)$$

动量方程

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} - fv + g \frac{\partial \zeta}{\partial x} - \frac{\tau_x^s - \tau_x^b}{\rho_\omega(h + \zeta)} = \epsilon_x \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) \quad (2)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + fu + g \frac{\partial \zeta}{\partial y} - \frac{\tau_y^s - \tau_y^b}{\rho_\omega(h + \zeta)} = \epsilon_y \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) \quad (3)$$

各中各项变量的物理意义、参数的选取以及具体的求解过程可参考文献[4]。

2.2 结果存储

计算过程中,每经过 1 个计算步长 Δt 就会生成 1 组新的水位、流速等数据。一般的做法就是以 txt 和 dat 等纯数据文件保存,本研究是将数据以对象的属性存储到 Mapinfo 的 Table 表内,即通过程序将生成的数据填入 Table 表的对应位置。

结点的流速通常以 1 个带箭头的线段来表示,线段长短表示流速大小,箭头指向表示流速方向,对每个结点建立 1 个箭头的对象,属性定为 u 和 v 。具体做法是首先要建立 1 张代表这个时刻的 Table 表,字段要有 u 和 v 两项,记录数就是网格结点的总和,而后将模型生成的数据存储到相应的位置,即为对象属性赋予具体值,最后根据对象属性值建立对象,即绘出箭头。通过这样一个过程即可将每个 Δt 生成的数据存储到 Mapinfo 的 Table 表内,并以图形的形式显示出来。为便于图层管理,建议 1 张 Table 表只存储 1 个时刻的计算结果。由于模型计算的 Δt 过多,可间隔数个 Δt 进行数据的存储转换,这样可以节约计算机内存并缩短计算时间。

大量工程实践表明,模型计算结点过多时生成的数据量非常大,这些数据转入到 Mapinfo 的 Table 表内的过程耗时稍多,由此导致整个模型的计算耗时多,原因可能是两种软件的接口衔接不太好。为了解决 Mapinfo 内置的 Table 表读取和存储数据较慢的问题,可采用与 Table 表类似结构的关系型数据库(图 2),这里采用了 Access 桌面小型数据库。模型计算过程中,将计算中间结果由 Delphi 调用 Access 数据库,每张数据表存储 1 个时刻的计算结果,再由 MapX 调用 Mapinfo 实现图形显示功能。实践证明,Access 数据库可提高模型数据的存储和读取速度。

3 演示阶段

3.1 图形显示

通过 2.2 节的过程可将数学模型计算的结果存储到 Mapinfo 的 Table 表内,打开 Mapinfo 的图层即可看到计算结果。如果同时打开所有的 Table 表(即所有图层),这样各个时刻的流场图将同时显示出来,显示效果比较混乱。通过图层的 Visible 属性可以打开或关闭图层,想观看某时刻的流态图时只需将此图层的 Visible 属性设为 True,其他时刻的流态图层设为 False 即可。若想观看动态效果,可以根据播放胶片电影的原理按照某个时间间隔依次将流态图层的 Visible 属性设为 True,这时 Mapinfo 就会显示动态流场。

综上所述,Mapinfo 首先从提供地形数据的 AutoCAD 文件中提取数据,在数据网格化处理过程后进行建模,之后数学模型进行计算,根据设置的 Δt 间隔数将中间数据转入到 Mapinfo 内以图形文件的形式存储,在演示阶段调出相应时刻的图形即可查看计算结果。数学模型与 Mapinfo 的相互作用关系如图 3 所示。

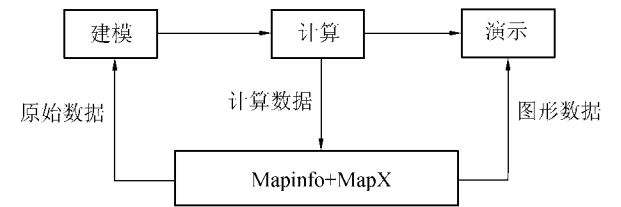


图 3 数学模型应用 GIS 技术流程

3.2 实时查询

关系型数据库最大的优点就是提供快捷的查询方式,首先确定要查询的时刻和结点位置,即先找到要访问的对象,再确定要访问的内容,即对象的属性。比如在某时刻的流场图层内,首先找到比较关心的区域,找到某个位置,双击某个箭头,即可显示其位置、流速、水位等相关内容,从而提供了一种方

便快捷的查询方式,在数学模型的调试过程中节约了大量时间。

4 计算实例

为验证数学模型与 Mapinfo 结合使用的良好性,本文选取珠江口狮子洋水道一段作为计算实例。狮子洋水道是华南重要港口广州港以及虎门港等港口船舶进出的必经之地,规划将开发为 8 万 t 级船舶的双线航道。计算范围和模型的验证、参数选取可参考文献[5]。此次模型对该区夏季大潮时段进行了水流运动模拟。为使流态的显示更具有真实感,选用卫星遥感图片作为底图进行流态显示。遥感图片每个位置都有相应的地理坐标,结合模型网格点和流场矢量的地理坐标可以方便地将这些图层叠加起来共同显示。在遥感图片上进行网格剖分,模型网格剖分结果如图 4 所示。通过模型计算将流场数据在遥感图片上进行显示,涨潮和落潮的平面流态如图 5 和图 6 所示。由流场图可见,该数学模型能够比较真实地复演该河段的平面潮流场。网格单元包含了相应的信息,点击每个网格可进行查询,效果如图 7 所示。通过这些图片可以看出,Mapinfo 为数学模型的建立、计算及后处理提供了快捷的平台,提高了数学模型的建模和调试的效率。

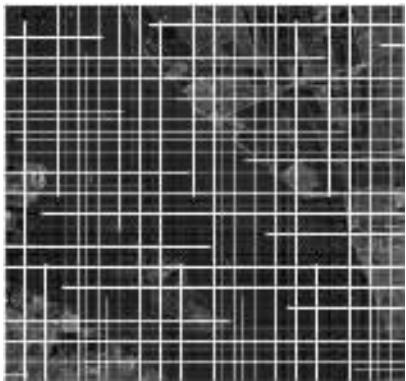


图 4 模型网格布置

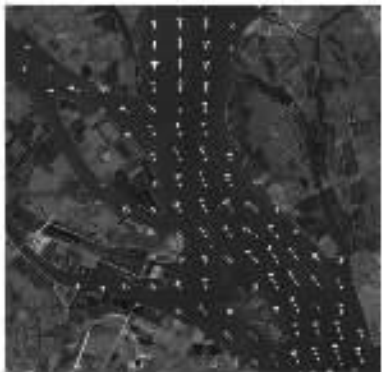


图 5 涨潮平面流态

(下转第 54 页)

声波检测仪对混凝土防渗墙的波速进行了率定,取得了较好的检测效果。但该方法仍有几个问题须作进一步研究:①该方法主要是进行桩基检测的,桩和墙的几何形状不同,在实际应用中由于几何形状不同,对测试结果会引起多大误差,须作进一步研究;②墙体的厚度对测量墙体深度的影响,也须进一步分析;③低应变检测时应力波中 R 波占大部分能量, S 波次之, P 波携带的能量最小,用 NM-4B 非金属超声波检测仪对混凝土检测时,超声波也基本遵循这一规律,但相应各分量占的比例并不完全相同,以超声波的波速来率定应力波波速有多大误差,也须作进一步研究;④该方法仅对强度较高的 C15 混凝土防渗墙进行了试验,对强度较低的塑性混凝土防渗墙有待进一步研究。

3 结 语

利用地质雷达、超声电视、视频电视和高密度弹性波 CT 等几种无损检测技术,对两个国家重点水利工程的防渗墙进行了检测研究,取得了一定的成

果,为工程的竣工验收提供了科学、客观的依据。通过分析每种无损检测技术在检测防渗墙中的优点及局限性,为同行及仪器开发单位针对防渗墙检测进行相关研究提供了经验,也为国家或行业以后制订有关无损检测方法检测防渗墙的标准提供参考。随着计算机技术的迅速发展和广泛应用,使无损检测仪器逐步向高、精、尖方向发展,检测已由单一的参数检测变为多参数综合分析和直观的检测结果显示。相信在不久的将来,无损检测技术检测防渗墙一定会取得更大进步。

参考文献:

[1] 张仁瑜. 建筑工程质量检测新技术[M]. 北京:中国计划出版社, 2001.
 [2] 蔡靖, 张献民, 王建华, 等. 面波与震动映像结合的防渗墙无损检测技术[J]. 水利水电科技进展, 2005, 25(2): 40-42.
 [3] 王山山, 任青文. 黄河大堤防渗墙质量无损检测方法研究[J]. 河海大学学报:自然科学版, 2004, 32(4): 405-409.
 (收稿日期: 2005-10-13 编辑: 熊水斌)

(上接第 36 页)



图 6 落潮平面流态



图 7 模型查询结果显示

5 结 语

物理模型相对于数学模型的最大优点就是能将相关的物理参数形象直观地显现出来,若数学模型

也能做到这一点的话,那么数学模型将更容易被人们接受和使用。作为 GIS 软件的 Mapinfo 在图形显示方面具有独特的功能,其内置的关系型数据库可方便地存储由数学模型生成的大量数据,不仅能够以图形的形式显示出来,更具有数据库的管理功能,方便管理和查询等;采用 Access 数据库可提高模型数据的存储和读取。本文通过正方形的计算单元使数学模型与 Mapinfo 紧密结合起来,数学模型生成的大量数据被输送到 Access 数据表,并以图形形式保存起来,模型计算结束后即可进行结果显示,起到所得即所见的效果。对于其他的计算单元如四边形或三角形网格,也可通过类似方法进行数学模型和 Mapinfo 的结合使用。

参考文献:

[1] 江毓武. 厦门港三维潮流数值模拟[J]. 海洋工程, 1998, 16(4): 66-73.
 [2] 童朝锋. 长江口深水航道数学模型信息系统研究[J]. 海洋工程, 2003, 21(1): 101-104.
 [3] 叶清华. 组件式海岸工程数学模型集成系统的开发与应用[D]. 南京:南京水利科学研究院, 2001.
 [4] 辛文杰. 潮流、波浪综合作用下河口二维悬沙数学模型[J]. 海洋工程, 1997, 15(2): 30-47.
 [5] 辛文杰, 何杰. 广深港客运专线跨珠江工程通航论证专题——水流泥沙数学模型试验研究[R]. 南京:南京水利科学研究院, 2005: 18-44.
 (收稿日期: 2006-05-11 编辑: 高建群)