

GIS模型在淤地坝规划中的应用

于浩楠¹, 史明昌², 王耀强¹

(1. 内蒙古农业大学水利与土木建筑工程学院, 呼和浩特 010018; 2. 北京林业大学, 北京 100083)

摘要: 随着淤地坝建设规模的和数量的不断扩大, 对其规划的科学性和效率要求越来越高。应用在淤地坝规划中的GIS模型能够解决传统淤地坝规划中的难点, 提高淤地坝规划的精度和效率, 将成为淤地坝规划的发展方向。

关键词: 淤地坝; 地理信息系统; 模型

中图分类号: S157.31; TP79

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2005)02-0192-02

Application of GIS Model to Silt Storage Dam's Planning

YU Hao-nan¹, SHI Ming-chang², WANG Yao-qiang¹

(1. Water Conservancy and Civil Engineering College, Inner Mongolia University, Hohhot 010018, China;

2. Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: Silt storage dam's planning should be more and more scientific and with great efficiency, because the scale and number of constructing silt storage dam's are increasing gradually. GIS model in silt storage dam's planning can settle some handcrafted difficulties and improve precision and efficiency of silt storage dam's planning. It will be the developing direction of silt storage dam's planning.

Key words: silt storage dam's; GIS; model

淤地坝是在水土流失严重地区, 用于拦泥淤地而横建于沟道中的坝工建筑物。它的主要作用是: 防治沟道水土流失、滞洪、拦泥、淤地、控制沟床下切、沟岸扩张, 减少沟谷重力侵蚀, 调节径流泥沙, 减轻下游水库淤积, 利用水沙资源, 变荒沟为粮田, 改善生态环境。由于能够带来显著经济、生态等效益, 淤地坝被列为2003年启动实施的全国水利建设的三大“亮点工程”之一, 预计到2010年黄土高原淤地坝建设总数将达到6万座。坝系是指以小流域为单元, 通过科学规划, 在沟道中合理布设骨干坝和淤地坝的沟道工程, 提高流域整体防御能力, 实现沟道水资源的全面开发和利用而建立的沟道防治体系。

1 淤地坝规划的现状

1.1 淤地坝规划需要解决的主要问题

淤地坝规划的主要任务就是在小流域中所有可建坝坝址处进行合理布局然后根据淹没损失、上下游协调关系(调洪和淹没)、建设目标(拦泥和淤地)、动态分析(防洪和保收分析)最后确定最终方案中骨干坝和淤地坝的规模、数量以及估算工程量以及拦沙量和淤地面积。

1.2 淤地坝规划中的难点

规划时刻要围绕地形展开, 它不是单一座坝的设计而是

对多座坝整体协调的进行布局和设计, 在这期间要做大量重复和烦琐的工作, 所以花费时间和精力较大。手工规划主要存在以下难点:

(1) 基础地形数据处理较难, 如地形地势、淹没情况不直观。流域边界、沟谷线、山脊线、汇水区间勾绘工作量较大, 精度较低。建于基础之上的沟道分级、沟壑密度、沟道比降计算实现难度将更大。

(2) 坝址不是固定的要根据实际地形及其它要求反复进行调整, 所以每一坝址处的相关指标如汇水面积、淹没情况、沟道断面等都在随之变化, 所以量算面积和测坝址的工作量巨大。

(3) 确定每一座坝的坝高时都需要绘制坝址处的两条特征曲线坝高—库容、坝高—淤积面积(分别简称库容曲线和面积曲线), 它们是设计淤地坝工程设计非常重要的依据。从这两条曲线上, 可以查得相应坝高下的拦泥量、蓄水量和淤积面积。库容曲线的绘制根据已经量算出的一定高程下的水面面积, 得到面积后通过近似立体梯形的方法求得体积。此方法费时费力工作效率很低, 而且精度也很低。

(4) 淤地坝除了涉及单坝调洪外, 如果上游还有泄洪建筑物就要进行坝系调洪, 实际中一直是困扰设计人员的难题。

收稿日期: 2004-11-08

作者简介: 于浩楠(1978-), 女, 硕士研究生, 研究方向GIS在水土保持工程中的应用。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

(5) 规划中涉及到的工程量, 如计算坝体、溢洪道、放水建筑物的填挖方量, 建筑物的工程量等计算较多。设计者一般根据建筑物每段两端挖方(或填方)断面面积的算术平均值再乘以该段长度估算填挖方量。由于淤地坝所在地形起伏变化较大受多方面影响不可能选择很多断面去测, 所以这样计算出来的方量的比较粗与实际地形的吻合较差。工程量的计算要等建筑物合理的结构设计完成后才能计算, 更加复杂。

(6) 淤地坝建设由于受到资金等问题的限制存在建坝时序问题, 所以每座坝的分析要按年度进行, 这给动态分析、方案比选带来很大难度。

如果以上这些难点依旧采取手工进行操作将使淤地坝规划严重滞后, 不能满足黄土高原地区人民对耕地的迫切需求, 所以淤地坝规划也在朝着高效、科学的方向发展。

2 地理信息系统在淤地坝规划中的应用途径

地理信息系统(简称GIS)是在计算机软硬件支持下, 以采集、存储、管理、检索、分析和描述空间物体的定位分布及与之相关的属性数据, 并回答用户问题为主要任务的计算机系统。在GIS中, 真实地形在计算机中的表达用数字高程模型(Digital Elevation Model, 简称DEM), 它是用一组有序数值阵列形式表示地面高程的一种实体地面模型, 是数字地形模型(Digital Terrain Model, 简称DTM)的一个分支。由于地理信息系统的强大地形表现能力和空间分析功能如果将其应用到淤地坝规划中, 它可以解决传统手工规划中的难点, 为设计和审批部门提供科学依据, 提高设计和审批的效率。

2.1 流域地形分析

利用数字高程模型模拟小流域地形、水系、汇水面积等将很容易实现。原理是首先将1:10 000地形图生成规则格网DEM图通过晕渲显示地形的高地起伏变化, 然后确定地表的物理特征如坡度、方位以及阴影等, 在此特征之上再现水流的流动过程, 最终完成水文分析的过程。

(1) 水文信息的提取。主要采用D8算法, 基本原理是: 根据地表水流从高处流向低处的自然规律计算DEM中每一格网点的汇水量, 可以认为汇水量大于某个阈值的格网点属于汇水线(沟谷线), 如果将这些汇水量大于给定阈值的离散格网点按照某种规则连接起来就可以将汇水线即沟谷线提取出来。应先计算水流方向矩阵: 即确定每个格网对其8个邻域格网的最大坡降方向(最大距离权落差值最大), 然后对其进行方向赋值并存于水流方向矩阵中。根据生成的初始水流方向作为地填平的依据, 生成无洼地DEM, 重新计算生成经填平处理的格网的最终的水流方向矩阵, 并在此基础上计算水流累积矩阵。通过以上操作后, 可以完成水系提取、汇水区域计算等分析操作。

e5	e2	e6
e1	e	e3
e8	e4	e7

图1 水流8方向示意图

生成水系后根据斯塔勒(Strahler)水系分级原理进行分

级, 把具有水道起始点的沟谷赋1级, 当两支不同级数的沟谷相遇时, 汇合点以下分沟谷被赋予其中较大的级数; 当两支相同级数的沟道相遇时, 汇合点以下河段的Strahler级数则在原有级数基础上增加1。

(2) 淤地面积(一定坝高与等高线所围成区域的面积)的计算。这些面积的计算依据投影面积计算法则。投影面积是指任意多边形在水平面上的面积。根据梯形法则, 如果一个多边形由顺序排列的N个点(X_i, Y_i, i=1, 2, ..., N)组成并且第N点与第1点相同, 则水平投影面积计算公式为:

$$S = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{N-1} (X_i Y_{i+1} - X_{i+1} Y_i) \tag{1}$$

如果多边形顶点按顺时针方向排列, 则计算的面积为负; 反之, 为正。

2.2 特征曲线提取

在GIS中将库区地形图用DEM表示出来, 并且实现了三维地形环境中的地形分析。将库区大比例地形图手扶跟踪或扫描数字化, 并附上相应的高程值, 利用内插算法根据临近点高程求出待求点高程最终生成DEM格网。常用的DEM格网有不规则三角网TIN和正方形格网Grid两种形式。由于Grid数据结构简单, 数据存储量小, 分析和计算方便所以库区DEM多采用Grid表示。

用DEM计算淤地面积是将坝轴线和等高线所围表面积投影成相应高程线的水平面上的面积, 根据GIS的多边形求解法则进行求解; 利用DEM求库容的方法是将每一个具有高程的格网看成四棱柱将一定坝高下库区多边形中的所有四棱柱和三棱柱的体积累加即得到库容, 即种子填充算法。四棱柱上表面积可用抛物双曲面拟合, 三棱柱上表面可用斜平面拟合, 下表面均为水平面或参考平面, 计算公式分别为:

$$V_3 = \frac{Z_1 + Z_2 + Z_3}{3} \cdot S_3 \tag{2}$$

$$V_4 = \frac{Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4}{3} \cdot S_4 \tag{3}$$

应用GIS软件可以针对不同的坝轴线快速精确地出各种库容, 并自动绘出特征曲线。这个过程使设计者从繁重、重复的工作中解放出来, 大大提高了工作效率。

在这个过程还为设计者提供两方面的依据。其一利用DEM提供坝轴线处沟道断面图; 其二, 可显示一定坝高下的淹没情况, 为设计提供了更直观的依据。

2.3 填挖方量计算

淤地坝规划设计中, 需要估算坝体、卧管、溢洪道的填挖土方量。利用格网数字高程可提高作业效率。常用的两种方法是断面法和格网法。断面法是先以一定间距剖分要计算的场地, 按照设计高程与地面线所组成的断面图, 计算每条断面线所围成的面积, 以相邻两断面面积的平均值乘以等分的间距, 得出每相邻两断面间的体积, 最后将各相邻断面的体积累加即求出总体积; 格网法是计算区域内所有格网的设计标高和实际格网标高的差段的三棱柱和四棱柱的体积累加之和。

(下转第196页)

3 “数字流域”系统信息建立的必然性

3.1 建立“数字流域”系统信息化是实现现代化的关键所在,也是历史发展的要求

《国家十五规划纲要》中明确指出:“信息化是当今世界经济和社会发展的趋势,也是我国产业优化升级和实现工业化、现代化的关键环节。要把推进国民经济和社会信息化放在优先位置。”大力推进国民经济和社会信息化,是覆盖现代化建设全局的战略举措,是国民经济持续、快速、健康发展的必要条件和重要基础。

在党的十六届三中全会上深刻总结分析我国现代化建设经验和经济社会发展形势的基础时强调,要“树立全面、协调、可持续发展的科学发展观”,科学发展观的提出,表明党对我国社会主义建设规律的认识达到新的高度,对可持续发展重要性的认识达到新境界;水利部部长汪恕诚明确指出:“要充分利用科学技术发展创造的有利条件坚持用高新科学技术对传统行业进行技术改造,特别是计算机技术、微电子技术、现代通讯技术、遥感技术、地理信息系统、全球定位系统及自动化技术等实现水利信息化。”“水利信息化是水利现代化的基础和重要标志,在水利现代化建设中必需推进水利信息化进程。”

参考文献:

- [1] 叶雷,张超,等.数字地球的技术与应用[J].科学杂志,2003,(5):17-18
- [2] 刘吉平.数字流域中的空间信息及其应用框架结构研究[J].水电能源科学,2001,6(3):12-15
- [3] 张勇传,等.数字流域数字地球的一个重点区域层次[J].水电能源科学,2001,9(3):1-3
- [4] 中地软件丛书编委会.地理信息系统使用手册[S].2004 3-18

(上接第193页)

2.4 调洪演算

在DEM形式的小流域三维场景中可快速实现调洪。在沟道分级过程中的沟道拓扑关系,汇水面积、特征曲线等模型实现的基础上,只要用户确定好坝址,填坝的属性包括淤积年限、设计校和标准、是否建溢洪道等,洪水总量和洪峰流量的计算为各坝控制的汇水区间内的。对上游没有下泄洪水的坝进行单坝调洪,如果上游有下泄洪水则进行坝系调洪。

3 基于GIS的淤地坝规划模型的应用方法

淤地坝规划先将基础数据(1:10 000地形图、小流域遥感图像、土地利用现状)数字,叠加生成具有可查询淹没情况的小流域三维DEM模型,布坝要在三维模型中实现,地形水文分析、特征曲线、水文泥沙、调洪演算、填挖方计算等模型的实现都要建立在三维模型基础上,并且相互之间存在数据交换,所以各模型之间要存在数据接口,实现过程如图2。

淤地坝规划是一复杂过程,GIS原有的一些模型还不能满足要求,还要实现如建坝潜力分析、动态分析、单坝设计制图等一些基础模型,综合以上才能实现淤地坝坝系的规划。

参考文献:

- [1] 李志林,朱庆.数字高程模型[M].武汉:武汉大学出版社,2001.
- [2] 吴信才,等.地理信息系统原理与方法[M].北京:电子工业出版社,2002
- [3] 郝振纯,李丽.基于DEM的数字水系的生成[J].水文,2002,66(4):9-10
- [4] 李昌峰,冯学智,赵锐.流域水系自动提取的方法和应用[J].湖泊科学,2003,15(3):207-208
- [5] 朱庆,赵杰,钟正,等.基于规则格网DEM的地形特征提取算法[J].测绘学报,2004,33(1):80-81
- [6] 黄河上中游管理局.淤地坝规划[M].北京:中国计划出版社,2004
- [7] 朱政,刘南,刘仁义.基于GIS技术的小型水库规划方法[J].中国农村水利水电,2003,(5):26-27

3.2 建立“数字流域”系统信息化是水土保持可持续发展的需要

“数字流域”是水土保持建设可持续发展的迫切需要,是传统水土保持向现代水土保持转变的必然要求,因此,通过“数字流域”的建设将水土保持基础图件与数据采集、土地资源评价、水土保持规划与措施布局、水土流失监测、水土保持工程的概(预)算、经济效益分析等功能。由于长期实践积累下来的大量资料,“数字流域”涉及到的理论、技术与建立“数字流域”是有一定的基础,是可操作性。目前一是国家测绘局已经完成了全国1:100万,1:25万空间数据库的建设,正在启动全国1:5万,各省1:1万数字地球空间数据框架及全国7大江河流域数字地形模型的建设;二是为了加快国家地理信息基础设施建设的步伐,国家测绘局组织测制的地面分辨率为1m的7大江河流域重点防范区数字正射影像图,也于完成;三是我国已发射了70余颗卫星,可提供LANDSAT TM, SPOT, RADARST等图像数据。四是各地现有的生态观测站、水土保持监测站、水土流失观测站等站点的建立为数字信息化建设奠定了良好的基础。在不久的将来水土保持工作者将会利用“数字流域”来适应新时期水土保持事业发展的战略要求,为实现水土保持现代化打下坚实的基础。

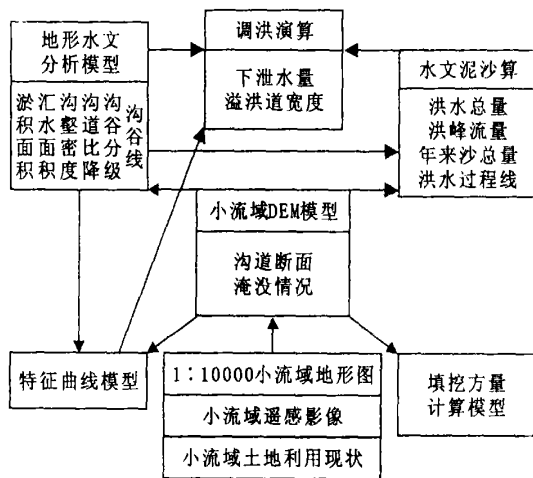


图2 模型实现结构示意图

随着淤地坝建设规模和数量的扩大,建立完善的淤地坝GIS规划模型将是淤地坝规划的发展趋势,同时也将推动GIS在水土保持领域的发展。