

水土保持科技示范园地上下一体化三维建模

杨成杰¹, 姚志宏¹, 杨洁²

(1. 华北水利水电大学 资源与环境学院, 河南 郑州 450011; 2. 江西省土壤侵蚀与防治重点实验室, 江西 南昌 330029)

摘要: [目的] 探讨水土保持生态科技示范园三维建模的流程和方法, 以为后续数字园区建设奠定基础。[方法] 基于园区 GPS 测绘以及地面调查数据, 将可视化建模技术应用于水土保持工程中。[结果] 以江西省水土保持生态科技园为例, 运用约束三角剖分和空间插值等技术, 解决了地物与地形的无缝拼接、土壤实体建模、植物模型快速生成等关键问题, 最终构建了包含工程措施、植被、土壤等要素的园区地上下一体化三维模型。[结论] 开发的三维可视化系统, 可以更好地发挥水土保持生态示范园区的科学支撑、社会宣传、典型带动和示范辐射作用。

关键词: 三维可视化; 数字水土保持; 三维建模; 水土保持科技示范园

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2016)04-0103-04

中图分类号: P208

文献参数: 杨成杰, 姚志宏, 杨洁. 水土保持科技示范园地上下一体化三维建模[J]. 水土保持通报, 2016, 36(4):103-106. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2016.04.018

Three-dimensional Modeling for Aboveground and Underground Integration of Soil and Water Conservation Demonstration Park

YANG Chengjie¹, YAO Zhihong¹, YANG Jie²

(1. Institute of Resources and Environment, North China University of Water Resources and Electric Power, Zhengzhou, He'nan 450011, China;

2. Jiangxi Provincial Key Laboratory of Soil Erosion and Prevention, Nanchang, Jiangxi 330029, China)

Abstract: [Objective] Through studying three-dimensional(3D) modeling processes and method, we expected to provide solid basis for subsequent building of digital park. [Methods] Based on GPS mapping and ground survey of the park, visualization modeling was applied to the soil and water conservation project. [Results] Jiangxi Soil and Water Conservative Ecological Science and Technology Park was taken as an example, constrained triangulation and spatial interpolation were employed to solve some key issues. For example, seamless tiling of surface features and topography, soil body modeling, rapid generation of plant model, and so on. Finally a 3D model with aboveground and underground integration system including such elements as project measures, vegetation, and soil, etc., was constructed. [Conclusion] The developed 3D visualization system can make the water and soil conservative ecological demonstration park playing a better role in scientific support, social promotion, typical drive and demonstrative radiation.

Keywords: 3D visualization; digital soil and water conservation; 3D modeling; soil and water conservation demonstration park

“水土保持科技示范园”是指具有水土保持的社会宣传、示范推广作用和科普示范功能,能够代表区域内水土流失的主要类型、程度、危害及生态环境、地质地理等基本特征,便于开展科学研究和技术推广的科研试验和示范推广园区。随着计算机相关专业的飞速发展以及在水利行业应用的深入,运用可视化技术对水土保持科技示范园的地形、植被、土壤以及各

种水土流失综合防治工程进行三维建模,并通过“虚拟现实”的方式在计算机上与用户进行互动,在水土保持科普教育、技术推广、工艺成果展示、交流平台拓展等方面具有重要意义。本研究以江西水土保持生态科技示范园为例,探讨构建园区地上下一体化三维模型中存在的關鍵性技术问题,以为后续数字园区建设打下坚实的基础。

收稿日期:2015-10-27

修回日期:2015-11-11

资助项目:国家自然科学基金项目“真三维空间索引支持下的复杂地质模型剪切技术研究”(41201382);河南省高校科技创新团队支持计划项目(13IRTSTHN023);江西省土壤侵蚀与防治重点实验室开放项目(JXSB201303)

第一作者:杨成杰(1979—),男(汉族),河南省洛阳市人,博士,讲师,主要从事水利信息化、地学三维建模及空间分析方向的研究。E-mail: waterycj@126.com。

1 模型表达

经过多年的研究, GIS 领域出现了几十种三维数据模型。从表达方法上看, 可以分为基于面表示的数据结构和基于体表示的数据结构^[1-2]; 前者侧重于 3D 空间表面表示, 如地形表面、地质层面等, 通过对面的描述形成 3D 空间目标表示, 其优点是便于显示和更新数据, 不足之处是空间分析难以进行; 后者侧重于 3D 空间体的表示, 如水体、建筑物等, 通过对体的描述实现 3D 空间目标表示, 其优点是适于空间操作和分析, 但存储空间占用较大, 计算速度也较慢^[3-4]。水土保持科技示范园具有面积较大、地形复杂和工程措施类型众多等特点, 传统的规则格网和等高线模型不能对梯田、土壤等对象进行精细表达。经过对比研究, 采用体模型为主、面模型为辅的方式进行园区地上一体化三维可视化建模, 各主要模型分类方法包括: (1) 地上模型。地上模型主要包括工程和植被措施, 工程措施采用 CSG(constructive solid geometry, 构造实体几何)模型表达, 其中简单对象可由系统自动生成, 复杂对象由商业三维软件建模后导入到系统; 植被防护措施则根据功能类型以及重要程度分别采用模型导入法、数值法和平面树法建模。(2) 地下模型。地下模型主要包括地层模型和园区内布置的排水措施。园区地层以土壤采样数据通过插值生成实体模型来表达; 而地下排水措施在通过其它软件建模后, 还需要导入系统中与地层进行布尔运算得到切割后真实的地下空间几何形态。(3) 地形模型。地形是各种地物的母体, 也是地上与地下的分界面。地形建模的精度直接影响到整个园区的可视化表达效果, 为适应地形的起伏, 构建时必须考虑各种地物的约束边界。从自然的角度来看, 地层的上表面即为地形, 故将地形建模后生成的三角网通过公共边界与

地层下表面和侧面进行连接, 直接作为地层模型的一部分进行表达。

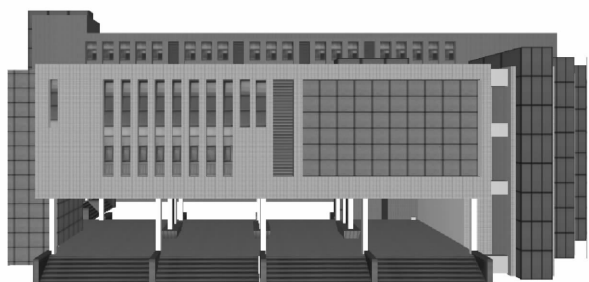
2 建模流程

首先利用高精度的 GPS, 完成水土保持示范园内道路、试验区、水利设施、人工建筑等位置和形态的测绘; 然后结合地面调查, 获取点、线、面等二维地物的位置信息和平面几何形状, 利用约束三角剖分算法建立高分辨率科技园地形模型, 解决建模过程中的数据融合问题, 实现地形数据与地物、树木三维模型的无缝叠加, 并结合土壤取样数据建立地层模型; 最后将所有模型导入三维引擎, 开发生态园区三维可视化系统进行成果展示。

3 三维模型构建

3.1 地物建模

项目区内水保工程建筑物种类繁多, 包括谷坊、淤地坝、梯田、鱼鳞坑、给排水系统、管理房等。它们是独立的三维地物, 在数据结构上完全独立, 与地形之间仅仅是一种位置的相对关系。由于几何形态比较复杂, 不能直接用 Direct 3D 或 OpenGL 这样的底层三维图形库来进行建模, 通常的方法是与其它功能强大的三维建模软件结合, 利用一定的算法, 将三维软件创建的模型数据读取到引擎中, 然后利用这些数据在系统中重构并显示^[5-6]。在引擎中导入其他格式三维模型一般要经过如下步骤: (1) 建立读取 *.3DS, *.FBX 等交换格式的接口类, 包含有文件格式相应的数据结构; (2) 读取交换文件数据到上述建立的数据结构中; (3) 将读取的数据结构转化为用于引擎绘制的数据结构; (4) 用引擎的图形渲染模块完成最后的图形绘制。图 1 显示了这种处理方式的效果。



试验大楼



小桥

图 1 导入系统的三维模型

3.2 地形建模

TIN(triangulated irregular network, 不规则三角网)进行地形建模分为基于点集的剖分和基于边界的约束剖分两种方法。散点剖分只能保证点在三角

剖分中的存在性, 无法引入地面建筑的边界边, 在实际的处理过程中会产生非法三角形, 不符合实际的要求。由于区域内地物众多, 地形起伏较大, 各种建筑物与其他地物要素有着显著的不同点, 同一建筑物的

下底面是较为规则的且高程值是相同的,而自然地表面通常是高低不平的,即建筑物轮廓线各点的高程值基本上是不同的。此类数据的三角网重构可采用计算几何中非常成熟的约束 Delaunay(CDT)三角剖分算法。Delaunay 三角网由 Delaunay 于 1934 年在 Voronoi 图的基础上演化而来,是分析研究区域离散数据的高效通用工具,被广泛应用于图形学的各个领域。约束 Delaunay 三角网是标准 Delaunay 三角网的扩充,同样具有 Delaunay 三角网的两个特性,它选择最邻近的点形成三角形,并使得约束线段成为三角形的边^[7-8]。对比散点剖分,由于约束条件的限制,约束剖分可人为增加对地形细部特征的显现,使生成的三角网更加逼近真实地貌。

3.3 土壤建模

土壤是由固体、液体和气体组成的三相系统,其中固体颗粒是组成土壤的物质基础,这些大小不同的固体颗粒的组合百分比称为土壤质地。土壤质地可分为砂土、壤土和黏土 3 大类。土壤质地对植物有直接的影响,是水土保持中重要的研究内容。通过钻孔取样数据,可以快速构建整个项目区内的土壤模型,步骤如下:首先根据土壤分类提取每层土壤的层顶坐标,然后采用空间插值算法拟合出各土壤地层的界面,最后将地层的上下表面以及侧面组合起来形成一个封闭的空间,作为某层土壤模型的几何轮廓^[9]。

3.4 植被建模

树木作为自然界的重要组成部分,在三维场景中被大量使用,植被防护也是水土保持中重要的工程措施之一。水土保持生态科技示范园内,有大量的各种类型的林木,如何对这些自然树木进行高效的建模并显示,是系统必须解决的关键问题。经过分析对比,根据园区内各种树木的重要程度、生长特点以及显示效果需求的不同,划分为以下 3 种方法进行建模:

(1) 模型导入法。采用与地物建模相同的方法,利用一定的算法,将其他三维建模软件生成的树木模型读入到三维引擎中重构并显示。模型导入法生成的树模型由大量的三角形组成,效果逼真,但对计算机的性能要求较高,仅适用于少量重点植被的建模。(2) 数值法。算法模拟实现的效果取决于对现实中自然树木各个典型特征的挖掘,自然树木造型各异,但都可由颜色、高度、主干半径、分枝位置、各分树枝与主干的夹角等变量来描述。在算法的表达上,运用面向对象技术将自然树木生成算法封装成类,通过输入树木不同的颜色、高度等参数生成不同模型。数值法生成的树由程序自动构建,可控性较强,有很多成熟且经典的算法可供利用,但是由于算法中采用大量的递归及循环调用,对于特征不明显的树木实现起来难度较大且效果不够逼真。(3) 平面树法。模型导入法和数值法生成的树,都是真正的三维对象,在场景中大规模应用对计算机的性能要求很高,因此在实际的系统开发中,对于不太重要的树木,通常采用“平面树”来进行表达,即在场景中的矩形平面上贴树木的图片,并启用混色、透明等特效,让树的背景呈透明状态,达到以假乱真的效果。

由于在场景中贴的只是一张平面图,为了使用户不能从侧面“发现”这只是一张图形,有两种比较好的处理方法:一种是在平面树的垂直方向再增加一个平面树,形成“十字交叉树”;另一种就是使场景中的平面树随着场景的变动在每一次渲染时绕 Y 轴发生相应的旋转,即树的正面始终对着观察者,让人感觉和观察到的三维图像没有区别。平面树是假三维树,它只是场景中的一张贴图,只要有照片都可以输入场景,实用性较强,并且效果较逼真,显示速度极快,可在场景中大量应用。3 种方法生成的树木模型对比如图 2 所示。

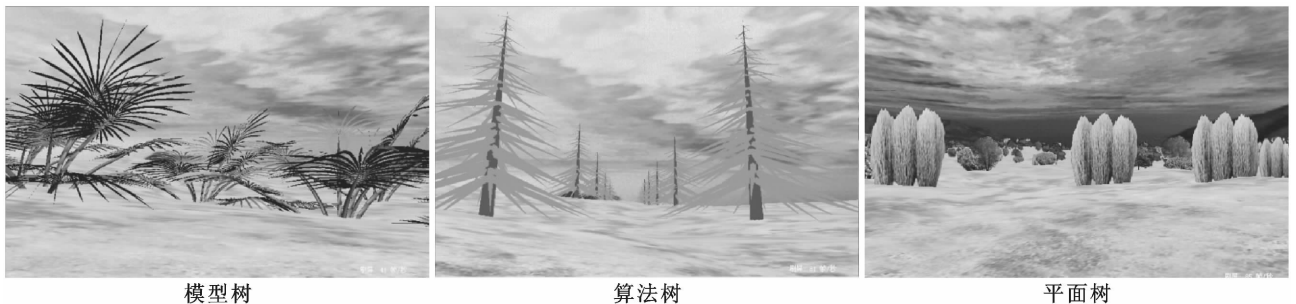


图 2 三维树木模拟

4 系统实现

随着三维可视化技术在水利行业中的广泛应用,人们已经不仅仅满足于一般的工程场景浏览,对三维

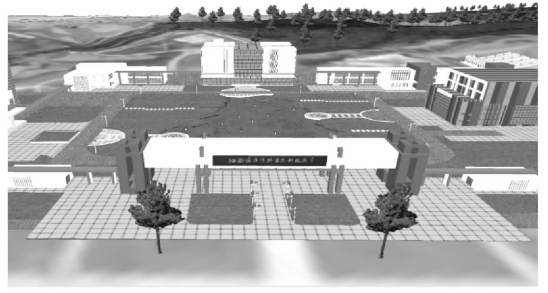
系统的图形、声音、控制等有了更高的要求。用户希望在友好的可视化人机界面交互下,像玩游戏一样来控制三维场景,实现驾驭式可视化,直接在三维环境中完成工程规划、设计、施工模拟、空间分析等工

作^[10]。因此,结合本系统的总体需求分析,开发了一套简单易用、功能丰富且支持属性与空间数据一体化

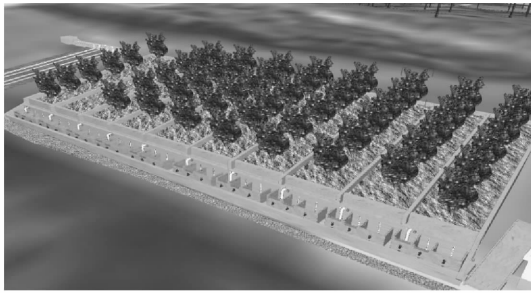
管理的三维可视化系统,进行示范园区地上下模型的展示,系统运动效果如图 3 所示。



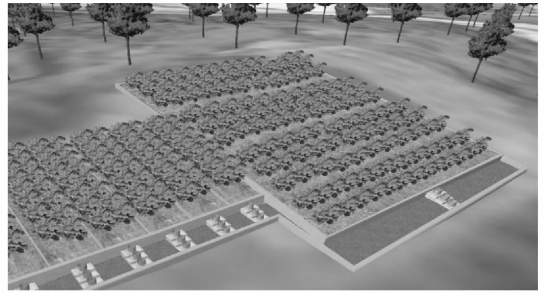
示范区地上一体化模型



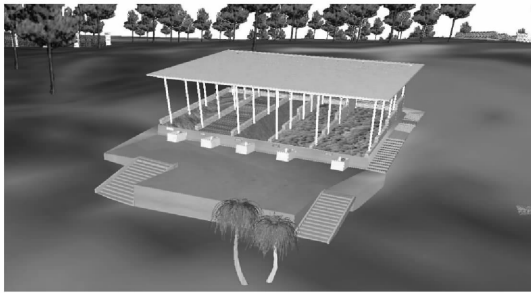
实验基地



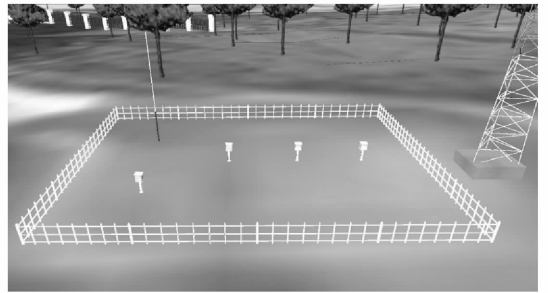
径流小区



坡耕地示范区



坡面侵蚀示范区



气象站

图 3 三维可视化效果图

5 结论

“数字水土保持”是“数字地球”、“数字流域”技术和思想在水土保持研究和管理领域的应用与拓展,是“数字地球”的专业化和具体化,构建包含工程措施、植被、土壤等要素的地上下一体化三维模型是其中重要的研究内容。本文以江西省水土保持生态科技园为例,对三维模型的流程、方法和关键技术问题进行了研究,开发了可以提供场景旋转、缩放、飞行漫游、要素查询、数据管理等功能的三维可视化系统,对更好地发挥水土保持生态示范园区的科学支撑、社会宣传、典型带动和示范辐射作用具有较重要的现实意义。在示范园区模型基础上增加观测、试验数据,建立区域内不同水土流失要素模型,并模拟水土流失动态演变是课题下一步研究的重点。

【参 考 文 献】

[1] 吴立新. 数学矿山技术[M]. 湖南 长沙:中南大学出版

社,2009.

- [2] 吴文中,吴立新,李清泉,等. 三维空间信息系统模型与算法[M]. 北京:电子工业出版社,2007.
- [3] 李清泉,李德仁. 三维空间数据模型集成的概念框架研究[J]. 测绘学报,1998,27(4):325-330.
- [4] 李清泉,杨必胜,史文中,等. 三维空间数据的实时获取、建模与可视化[M]. 湖北 武汉:武汉大学出版社,2003.
- [5] 卡斯帕森. 三维动漫游戏开发编程入门[M]. 北京:清华大学出版社,2014.
- [6] 叶至军. Visual C++/DirectX9 3D 游戏开发导引[M]. 北京:人民邮电出版社,2006.
- [7] 李海生. Delaunay 三角剖分理论及可视化应用研究[M]. 黑龙江 哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2010.
- [8] 郝海森,吴立新. 基于强约束 Delaunay-TIN 的三维地学模拟与可视化[J]. 地理与地理信息科学,2003,19(2):15-18.
- [9] 杨东来,张永波,王新春,等. 地质体三维建模方法与技术指南[M]. 北京:地质出版社,2007.
- [10] 杨成杰,田宜平,吴冲龙,等. 三维引擎在水利水电可视化中的应用[J]. 中国农村水利水电,2010(4):151-154.