

大型立式泵站三维可视化管理平台开发与应用

赵林章¹, 唐 魏², 李 频¹

(1. 江苏省泰州引江河管理处, 江苏 泰州 225321; 2. 河海大学能源与电气学院,
江苏 南京 211100)

摘要: 为了更加直观形象地展示大型立式泵站各建筑物和设备的空间及属性信息, 为工程控制运用和管理提供一种更加形象和有效的方法, 进行大型立式泵站三维可视化管理平台开发与应用。着重论述了三维数字模型的建立和三维交互技术, 并结合实际工程开发了一个能提供漫游式浏览、交互和实时信息查询等功能的三维可视化泵站管理平台。

关键词: 立式泵站; 三维可视化; 三维数字模型; 交互; 语义; 漫游

中图分类号: TP391.9

文献标识码: B

文章编号: 1007-7839 (2019) 01-0032-05

Development and application of 3D visualization management platform for large vertical pumping station

ZHAO Linzhang¹, TANG Wei², LI Pin¹

(1. Jiangsu Taizhou Leading River Administrative Office, Taizhou 225321, Jiangsu;
2. College of Energy and Electric Engineering, Hohai University, Nanjing 211100, Jiangsu)

Abstract: In order to display the spatial and attribute information of the buildings and equipments of large-scale vertical pumping station more intuitively and vividly, and provide a more vivid and effective method for engineering control and management, the development and application of 3D visualization management platform for large-scale vertical pumping station were carried out. The establishment of 3D digital model and 3D interactive technology were discussed in detail, and a 3D visualization pumping station management platform which could provide roaming browsing, interaction and real-time information query functions was developed in combination with actual engineering.

Key words: vertical pumping station; 3D visualization; 3D digital model; interaction; semantics; roaming

1 概述

大型泵站是保障国民经济和社会稳定发展的利民水利设施, 具有防洪、抗旱、灌溉等功能, 为了泵站的安全稳定运行, 需要设置运行小组进行二十四小时不间断的值班运行管理, 传统的运行管理方式需要投入比较大量的人力物力, 而且不够直观、高效、科学。随着 GIS 技术和计算机技

术的发展, 水利行业越来越多的使用 GIS 技术, 整合 GIS 与三维可视化技术应用于泵站的管理运行, 能够辅助工程技术人员进行分析和管理工作, 提高工程管理的效率与质量, 为工程控制运用和管理提供了一种更加形象和有效的方法。

目前对于水利工程的三维可视化研究方面, 刘蕾^[1]等通过对堤防工程的三维可视化研究, 提出根据要素的重要程度, 来确定模型建立的精细化

收稿日期: 2018-09-19

基金项目: 江苏省水利科技项目: 大中型水泵检修技术及仿真系统研究 (2017003ZB)

作者简介: 赵林章 (1966—), 男, 本科, 高级工程师, 主要从事水利工程建设和运行管理工作。

程度, 并针对不同模型特点采用不同的建模方法; 姜钢^[2]等以黄河小浪底工程为实例, 利用 Skyline 平台将信息进行整合表达; 王士军^[3]等通过将三维模型数据与大坝安全数据库相连接, 开发了大坝安全的三维可视化系统, 能够直观的展示大坝的结构和实时的安全数据; 万晟^[4]等通过改进三维可视化建模中的图层模型算法, 运用 City Maker 平台实现了智慧抽水蓄能电厂的建设; 钟登华^[5]等通过对采集的数据进行仿真计算, 将所得数据保存在数据库中, 并将空间数据与之相集成, 在此基础上开发了引水工程施工的三维可视化平台。三维可视化在水利工程中的应用研究目前已经有一定基础和成功案例, 但主要集中在水电站、堤防工程、引水工程等方面, 涉及立式轴流泵站三维可视化的研究较少。

本文通过对江苏某大型立式轴流泵站的三维建模和交互操作的实现等进行研究, 建立泵站的三维可视化平台, 为泵站的运行和管理提供新颖、有效的方法。

2 三维数字模型的建立

建立泵站模型较为复杂, 它涉及到了泵站厂房建筑、周围地形、水体环境、设备等, 建立起三维可视化平台的关键是建立一个与实际工程相匹配的三维数字模型。

2.1 地形模型构建

地形模型是整个三维模型的“地基”, 反映着整个泵站的整个地形、地貌。构建地形模型首先需要划分若干个采样点, 采集这些采样点的高程数据, 将这些数据进行处理, 得到三维数字高程模型 (Digital Elevation Model), 这就是地形模型的建模过程, 再通过纹理、光照的处理, 便能更加真实地反映原始地形、地貌特征。一般获取 DEM 数据的方法有 2 种: 一种是航拍法, 另一种是根据泵站地形图获取。

2.2 地物模型构建

泵站工程主要的地物实体有厂房建筑物、附属建筑物等。地物实体模型属于静态空间数据模型, 包括空间位置、形状和空间拓扑关系等信息, 静态空间实体之间的空间关系是通过拓扑结构来维护的^[6]。为了提高建模的效率和准确性, 可以根据地物实体的不同特点, 采取最适合的建模方法,

常用的地物模型构建方法有 3 种, 分别是: 参数化实体建模、CAD 实体建模、特征建模。

参数化实体建模由几何参数和几何关系设立对象约束方程组, 求解这些方程, 就能得到对象的形状、位置等信息, 优点是当某一对象发生改变时, 可以根据其与周围对象的约束关系来自动更新信息。CAD 实体建模这种建模方法需要借助常用的实体化建模工具 CAD 软件, 通过鼠标和键盘, 在 CAD 软件中完成点、线、面、体生成, 完成实体化的建模; 也可以利用软件中保存或已拥有的模块, 通过几何运算“合并”、“减去”、“相交”等得到所需的实体化模型。特征建模需要预先在系统中建立大量的特征库和特征分类, 在建模的过程中设计人员输入特征类型, 再确定位置、尺寸等信息, 从而完成模型的构建。

2.3 地形模型与地物模型的合并

在建立、完成地形模型和地物模型时, 两者可能不会匹配, 可能出现地物模型与地形模型相互分离或者是高度重叠遮挡的情况, 把两者相互整合成为一项必要且复杂的工作。整合方法之一是改变地形模型, 对于面状地物模型, 可以将地形模型的高程网格点置平处理, 对于凸出状的地物模型, 可以挖去地形模型中与地物模型相重合的部分; 方法二是改变地物模型, 改变地物模型需要找到其与地形模型重叠部分的最高点, 取最高点所在的水平面为基准平面, 然后重塑基准平面以下的结构, 小型建筑物与地形模型的整合一般适合此种方法。

2.4 视景树的构建

为对模型进行描述和控制, 需要生成视景树来组织这些模型和数据, 通常视景树结点有 2 种: 第一种是叶子结点, 它不包含其他结点; 第二种是组结点, 它包含其他结点。因此, 一个大的虚拟视景可以被分为若干个小视景, 小视景再分下去, 直至不能分解。视景树结构如图 1 所示。

3 三维交互技术

3.1 通用三维交互过程

通用三维交互过程主要是由 3 种基本过程组合而成, 即漫游 (视点的变换)、选择 / 操作 (对象的操作) 和系统控制 (系统参数改变)。

(1) 景交互漫游

在虚拟场景中,用户可以通过键盘和鼠标实现交互,实现前进、后退、左平移、右平移、抬头、低头、左转、右转、飞升、下降等十个动作^[7-8],达到在虚拟场景中漫游目的。使用键盘时,计算机捕捉用户的按键动作,通过与预先系统中设置好的按键或按键组合进行对比,然后找出对应的动作控制,从而实现与虚拟场景交互。使用鼠标时,鼠标可以实现现在屏幕上的精确定位,以及确定用户的移动方向、移动速度等。

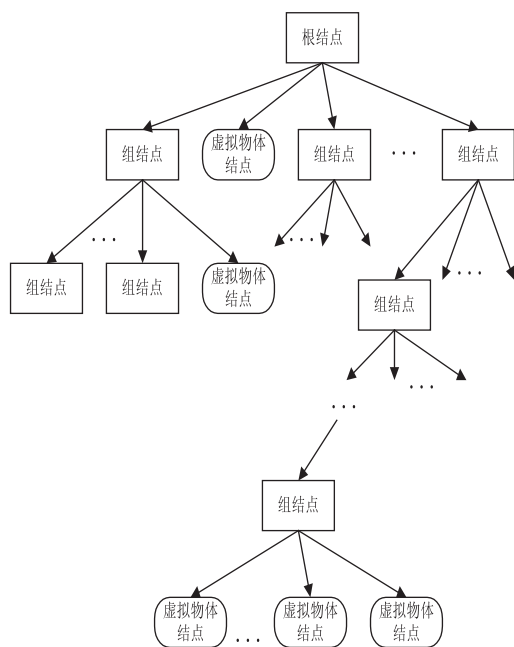


图1 视景树结构

(2) 物体选取方法

三维物体的选取方法类似于三维建模软件,基于二维鼠标选取物体,三维实体通过屏幕是以2D方式显示,相当于将3D物体投影在一个平面,每个物体都有一块二维的区域,当鼠标选取该区域时,系统会反向识别选取区域对应的实体。可能在某些视角的情况下会存在遮挡的问题,可以旋转改变视角进行选取。

(3) 碰撞检测

在三维漫游中,为了更加接近实际环境,需要检测物体间可能发生的碰撞,并重新计算相应的碰撞结果,否则会出现物体间穿透现象。

a. 碰撞预检测

漫游时,视点的位置以及运动的信息是已知的,根据这些信息,就能在碰撞前预先判断视点是否会与物体发生碰撞,不会与视点碰撞的物体,

系统就不会进行碰撞检测,这样能节省系统大量计算资源,提高系统运行速度,有利于交互的实时性。

常用的碰撞预检测方法是空间分割法如图2,该方法的原理是将虚拟的视景空间分割成数个均匀的单元,视点球和物体最多处在4个单元,当这些单元有重叠的部分,则需要进行检测,如图2中的B和A会碰撞检测,B和C则不会。

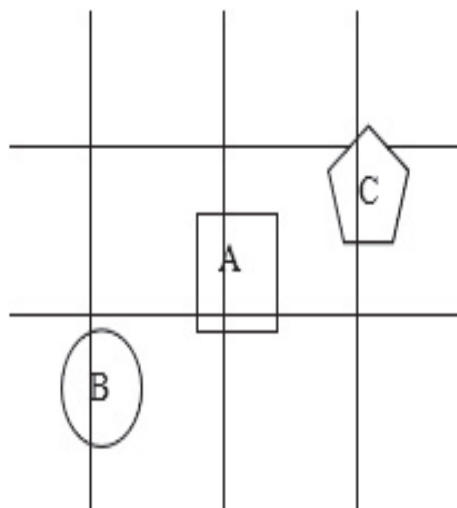


图2 空间分割法示意图

b. 碰撞精检测

碰撞预检测后,如果系统判断可能会发生碰撞,则进行碰撞精检测。碰撞精检测是将视点球与单元物体的所有三角形平面求交,如果球体与平面相交,判断交点的位置是否在三角形内部,交点在三角形内部,则会发生碰撞,反之则不会。

3.2 基于语义的三维交互技术

(1) 虚拟环境中场景语义模型

根据场景中对象之间语义的交互方式,可以分为对象语义和约束语义。对象语义主要描述对象在真实世界中具有的功能、知识、关联和属性;约束语义主要描述虚拟环境中不同对象之间的约束。

虚拟场景中,根据对象之间的关联性,可以把对象语义分3类:供给语义主要指场景中单个语义与操作者之间的交互语义;关联语义根据现实世界中不同对象之间的规则和限制等约束关系,抽象出虚拟环境中不同对象之间的约束关系;重力语义真实场景中,只要是有质量的物体因为地球引力,都是具有重力的,用数学语言描述,就是对象具有向地心方向移动的趋势,如果没有相应支

撑面的阻挡, 则沿着此方向做加速运动, 直到被阻拦。

虚拟环境的语义模型可以用二元组描述的场景语义模型表述:

$$\text{Object} = \langle \text{OS}, \text{IS} \rangle$$

其中 OS 对象结构 (Object-Struct) 是场景中对象数据框架, 是场景中对象的数据层, 主要包含其他建模软件创建的模型和交互的底层数据信息。其中模型一般为 OSG 或者 IVE 模型, 由 CAD、3DMAX 或 Creator 等软件创建和导出的; 数据信息主要包含操作的几何信息, 对象包含的物理信息, 对象的状态信息等, 用层次模型表示, 如图 3 所示。

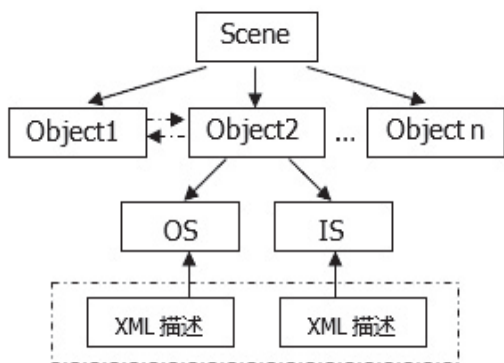


图 3 OS 与 IS 关系示意图

IS 是交互语义 (Interaction Semantic), 主要包括对象本身的属性、能够提供的交互, 以及对象之间的相互约束。用六元组 $\text{IS} = \langle \text{Object-ID} (\text{交互对象}), \text{Interaction}, (\text{输入的交互信息}) \text{Rule} (\text{交互规则}), \text{Action} (\text{行为}), \text{Task} (\text{交互对象的任务}), \text{Feedback} (\text{交互反馈}) \rangle$ 进行描述。

(2) 虚拟对象的交互语义

交互环境中的对象包含运算底层信息和交互语义信息, 为了适应虚拟室内场景中语义对象的应用, 即交互语义由显示部件、交互部件、规则部件、行为部件、任务部件构成。各个部件的描述及调用反馈关系如下:

a. 显示部件描述了语义对象外观上的信息, 定义了对象的物理属性。交互过程就是用户通过部件动态地不断输入新的事件, 语义层进行后续的判定、调用、分派, 最后再反馈到场景中的显示部件, 就构成了视觉、听觉和触觉上的信息, 实现了虚拟环境的交互。

b. 交互部件接收 2 种交互事件, 一种是用户的操作事件, 另一种是由关联语义描述的状态变化事件。

c. 规则部件描述了语义对象必须遵循的交互规则、约束条件等。当交互部件获得事件后, 调用规则部件和任务部件解析交互事件, 判定是否响应事件及如何响应事件。

d. 行为部件描述了语义对象完成任务过程中的一系列行为, 调用底层的外观部件实现。根据行为是否是自身变化, 可以分为对象语义和关联语义, 针对对象的行为调用部件。

e. 任务部件描述的是语义对象要完成的交互任务, 即达到用户意图的中间步骤。

4 三维可视化平台应用实例

以江苏某大型立式泵站工程为例, 建立泵站厂房、附属建筑物和设备的三维数字模型, 生成一个三维虚拟场景, 叠加工程基础数据、实时监测数据、日常管理数据等, 提供对虚拟场景浏览、交互和信息查询功能, 利用图形交互技术和图形实时绘制技术构建泵站三维可视化管理平台, 实现泵站工程场景的实时绘制和复杂交互。

泵站三维可视化综合管理平台包括虚拟环境生成、用户交互操作、可视化信息查询、泵站数据管理、场景软件加速、导航和路径、泵站场景展示等功能模块组成, 如图 4 所示。

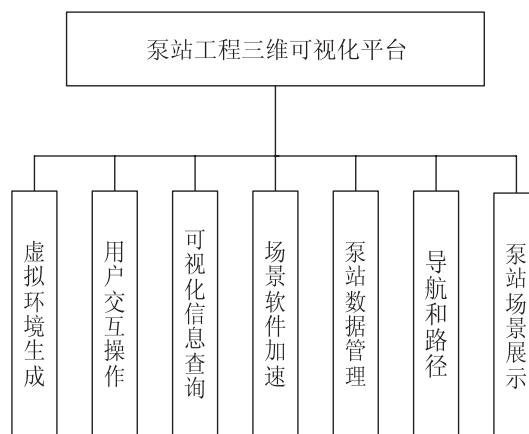


图 4 平台总体结构

图 5 为泵站导航图; 图 6 为泵站外部场景漫游图; 图 7 为内部站用变压器设备图; 图 8 为泵站辅机静态信息图; 图 9 为泵站辅机动态信息图; 图 10 为泵站机组状态监测数据图。



图5 泵站场景导航图



图6 泵站外部场景漫游图



图7 内部站用变压器设备图

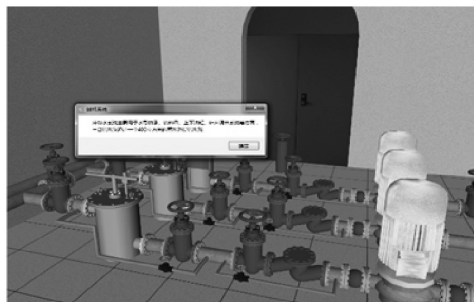


图8 泵站辅机静态信息图

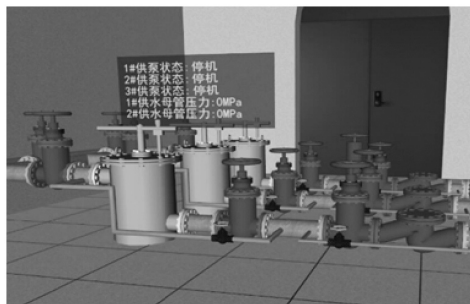


图9 泵站辅机动态信息图

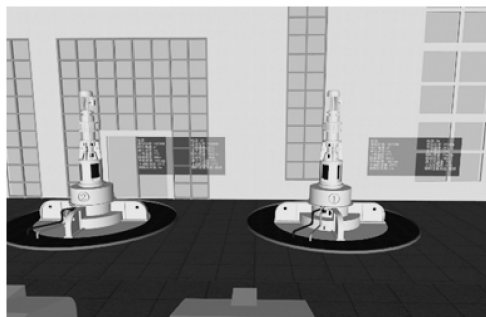


图10 泵站机组状态监测数据图

5 结论

本文介绍了大型立式泵站三维可视化平台的三维数字模型构建方法和交互技术,并结合实际泵站工程生成一个控制灵活、真实感强的泵站三维虚拟场景,建立了泵站的三维可视化平台,平台能够为用户提供浏览、交互和可视化的信息查询等功能。该平台的建立,在泵站管理运行方面,为用户提供了全面、真实、有效的方法。

参考文献

- [1] 刘蕾,江文萍,邹富,吴兆良.堤防工程的三维建模与可视化[J].测绘通报,2016(03):126-129+141.
- [2] 姜刚,杨志强,黄嫚.小浪底水利枢纽工程三维可视化系统的设计与实现[J].水力发电,2011,37(09):89-91.
- [3] 王士军,董福昌,崔信民,孟波波.水库大坝安全信息三维可视化系统开发[J].水电自动化与大坝监测,2008(02):50-51+84.
- [4] 万晟,刘学山,徐斌,施涛,陈世坤.基于三维仿真技术的智慧水电厂应用研究[J].水电站机电技术,2018,41(04):6-9+48+100.
- [5] 钟登华,宋洋,刘东海,李景茹.大型引水工程施工三维可视化仿真系统研究[J].系统工程理论与实践,2003(11):111-118.
- [6] 钟登华,宋洋.大型水利工程三维可视化仿真方法研究[J].计算机辅助设计与图形学学报,2004(01):121-127+154.
- [7] 刘惠义.水利工程复杂虚拟视景建模及软件加速技术的研究[D].南京:河海大学,2004.
- [8] 王新光.基于模型驱动的实时交互式三维场景构建方法及其在水利上的应用研究[D].南京:河海大学,2002.