

文章编号: 1005-8451 (2007) 01-0001-03

铁路工程施工可视化管理技术的研究与开发

张晓东, 黄守刚

(石家庄铁道学院 交通工程分院, 石家庄 050043)

摘要: 针对铁路施工项目的特点和施工管理技术发展的需要, 建立基于GIS技术的铁路工程施工可视化管理系统。首先介绍系统的设计思想, 然后分析和设计了系统的主要功能, 最后对系统关键技术的实现方法进行详细阐述。

关键词: 铁路工程; 施工管理; 可视化; GIS

中图分类号: U21: TP39 **文献标识码:** A

Research and development of visualized management technology

for construction of railway project

ZHANG Xiao-dong, HUANG Shou-gang

(School of Communication Engineering, Shijiazhuang Railway Institute, Shijiazhuang 050043, China)

Abstract: According to the characteristic of railway project and the demand of the development of construction management technology, Visualized Management System for railway project construction based on GIS was built. Firstly, the thoughtway of system design was introduced, and then the main function was analysed and designed. Finally, the implementation method of pivotal technology was expound detailed.

Key words: railway project; construction management; visualization; Geographic Information System

铁路施工项目由于工点多、施工战线长、施工内容涉及面广、施工环境复杂, 给施工管理带来很大困难, 随着施工技术的发展和工程项目日趋复杂化, 工程施工信息量与日俱增。如何有效解决铁路工程施工分散作业与集中管理的矛盾, 为管理人员提供快捷的信息服务, 以便高效、简便、直观地对工程施工信息进行管理, 保证决策的及时性和正确性, 是提高施工管理水平的关键之一。

铁路工程施工可视化管理系统实现了铁路施工场地布置及其动态变化过程的可视化设计与分析以及施工进度形象直观展示, 为铁路工程施工组织设计与管理提供了迅速全面的信息支持和有力的分析工具, 是辅助铁路工程施工管理的有力工具, 本文介绍该系统的设计思想、主要功能和部分关键技术。

1 设计思想

(1) 以专业软件开发工具结合商业化GIS组件和OpenGL等三维图形技术进行集成二次开发作为

系统的开发手段。

(2) 依托数据库管理系统和GIS功能控件提供的数据库管理手段, 建立包括工程沿线地形、地质、地物、水文、交通、管线和地籍等相关信息的GIS数据平台, 对施工地理环境影响因素从属性特征和空间特征方面进行完整描述和可视化表现, 建立三维可视化场景, 并提供相应的查询和编辑功能。

(3) 对拟建建筑物及其组成部分以及各种生产设施、生产场地、生活办公设施和场内道路等进行分类抽象, 建立可视化形象模型, 实现可视化、参数化输入、编辑和布置。

(4) 利用GIS空间分析功能, 建立应用分析模型, 实现场地布置的动态优化与分析。

(5) 通过GIS环境下的数据与图形的双向联系, 实现基于图形的信息管理, 实现对工程项目的各种信息的查询、统计、检索和分析功能, 并通过数据、文字及图表等形式展现。

2 系统主要功能分析与设计

2.1 施工场地动态可视化管理

收稿日期: 2006-07-27

作者简介: 张晓东, 讲师; 黄守刚, 助教。

(1) 施工场地可视化布置。在包括各种施工场地环境信息的背景平面图上, 利用建筑物实体参数模型化输入工具, 进行场内建筑物和设施的空间可视化布置, 包括工程建筑物、生产设施、生产场地、取土场、弃土场、生活办公设施和场内道路等, 同时可输入或链接相关信息, 如使用单位、类型、使用状况等属性信息和影像资料、图纸等多媒体信息。可查询场地面积和填挖方量; 可进行拖动式调整。

(2) 施工场地空间布局优化分析。根据场地空间布局, 利用GIS的空间分析功能和建立的应用分析模型, 分析相互的影响程度、可达性和最短路径等。例如: 测算工地与料场、搅拌场之间的距离; 填挖地的土石方量; 确定施工机械的配置地; 通过网络分析功能计算场内道路交通状况等, 从而制订合理可行的施工进度计划。

(3) 施工场地动态推演。根据施工进度计划, 模拟施工场地布置的时空演变过程, 推演某一时刻施工场地的场景, 以便尽早发现问题, 合理规划场地, 减少因场地利用发生拥堵而造成的窝工, 使施工过程协调有序地进行。

(4) 工程信息可视化浏览和交互式查询。以任意比例浏览工地地图、查看各种设施、建筑物的图形信息、属性信息、影像资料和图纸等多媒体信息等; 通过属性条件查询与其对应的图形信息; 以特定的逻辑表达式作为查询条件, 查找符合逻辑条件的工程信息; 专题地图表现。

2.2 施工进度计划可视化管理

进度计划管理是工程管理的重点。进度计划管理不仅要编制一个合理的进度计划, 更重要的是在计划实施过程中通过对进度进行定期检查、分析和及时调整来保证项目目标如期实现。本系统除实现一般计划管理软件功能外, 通过建立建筑实体的数字模型, 并与施工进度计划相链接, 建立施工对象、施工工序和时间之间的对应关系, 实现了工程进度计划的动态形象展现, 包括工程量计划与实际完成量对比展现, 重要单项工程实体形象进度图展现和工地场景图展现。此外, 系统还提供基础信息输入、转换工具和专题信息输出等功能。

3 关键技术实现

3.1 施工场地三维地形模型构造及可视化

3.1.1 三维地形模型的构造

建筑物与设施的布置以及施工生产活动的安排都和特定的施工场地地形条件密切相关。因此, 构建高质量的施工场地三维地形模型是实现可视化管理的基础。三维地形模型除可视化的目的外, 更重要的是对其进行空间分析和操作。因此, 采用合适的模型构造3D地面模型具有十分重要的意义。

三维地面模型所用的原始数据为数字高程模型(Digital Elevation Model, DEM)。DEM是通过地形表面上有限的高程采样点实现对地形曲面的数字化模拟。地形模型的构造有多种方法, 如等高线、规则格网法(GRID)、不规则三角网(TIN)等。构建地面模型的离散点坐标一般通过野外测量或地形图数字化获得, 其分布一般不是规则的, 而且TIN模型能保持原始数据的精度并能实现方便的编辑和分析, 所以本文采用TIN模型。其实现过程: 通过现场测量、既有地形图数字化或摄影测量等手段获取离散高程数据点; 对离散高程数据进行转换、查错和简化; 采用Delaunay三角形法建立TIN模型。

3.1.2 三维地形模型的可视化

地形可视化依赖于DEM来实现, 所建地形模型利用OpenGL进行三维图形生成和显示。

地形模型的映射就是把DTM转化成OpenGL的计算模型, 即OpenGL的几何建模。OpenGL本身提供了点、线和多边形等基本的建模原语, 利用这些原语还可以把地形模型数据表示成点型的、线型的以及多边形的原语序列。三角形是最小的图形基元, 基于三角形面片的各种几何算法简单、可靠, 性能优越。因此, 对于TIN数据结构的DEM, 直接用OpenGL三角形面片原语来描述即可。

三维地形要适当的显示出来, 还要进行投影变换和视口变换。投影变换一般分为透视投影和正射投影, 由于透视投影类似于人眼对客观世界的观察方式, 因此, 透视投影更适合地形模拟。视口变换的目的是将三维空间坐标映为计算机屏幕上的二维平面坐标。视口变换用函数glViewport()实现。根据视口变换后视口内每一点的Z坐标值, OpenGL可以自动实现消隐功能。

3.2 工程建筑物和设施的实体建模

工程建筑物和设施的实体建模是实现施工场地可视化布置和工程实体施工进度计划形象化描述的基础。工程构筑物 and 设施的实体建模采用面向对象的参数化建模方法。即通过相关几何关系组合一系列用参数控制的特征部件来构造整个建筑物。

铁路建筑物建模前首先要对建筑物进行分类、分解和抽象。一个建筑物可以看作是由许多子系统(部件)组成的复杂系统,各个子系统可细分成零件,零件又可进一步分成若干基本模型。基本模型可以是简单的形体,如几何体素,也可以是一些复杂的形体。它除了表达几何信息外,还包括许多非几何信息,如名称、材料等。因此,基本模型由基本模型—特征—几何体素3个层次组成,基本模型和特征为上层数据,几何体素为底层数据。由于基本模型通常都是由比较规则的几何体构成,在建模时,首先构造若干个基本几何体素库,如正方体、圆柱体和球体等,然后由这些基本几何体素利用几何体素之间的布尔运算、几何变形和局部修改等方法来组建高一层的基本模型,即结构实体几何构模技术(CSG)。最后,进行模型层次的表达。建筑物的几何模型不是由基本模型随意堆砌的,而是依赖于物理模型之间的装配关系。对于一个建筑物,其组成关系一般为建筑物—部件—零件形式,具有一定的层次性,可采用分层树状结构表达出模型间的分层装配和顺序约束。树状结构的根节点是建筑物,叶节点是各个零件,中间节点是各个部件。建筑物的简单CGS体素和复杂CGS体素由一个面向对象的数据模型来描述,一个对象类使用一个数据结构,该对象是一个包含了数据集和操作集的实体。将需要进行可视化的实体当作对象来进行处理,将它们封装成不同类型的结点,并把它们组织在树形层次结构中。

实体模型的逼真程度取决于工程结构分解(WBS)所建立的结构层次信息详细程度以及管理精细程度要求等。对于临时设施和附属设施等可以采用示意性的模型,而对于主体工程和重点工程则建立详细的模型。

对于路基和桥梁等随施工进度而变化的、具有时间性的动态建筑物,根据施工进度采用不同填充颜色或纹理来表示是变化过程,既表示了工程的总工程量,又表示了工程的计划进度,还可以表示工程的实际进度。对于为表示不具有明显实体形态的工程量的进度信息而建立的形象图实体,也采用上述方法进行建模,只是用圆柱体等简单的示意性模型即可。

3.3 地形填挖及地形模型与建筑物实体模型的拼合

施工场地在施工过程处于一个动态变化的过程中,需要解决地形的填挖处理问题以及地形与建筑

物的拼合问题,以完整真实地反映施工场地的实际情况。

地形的填挖是在施工场地数字地形模型上进行的,实质上是对TIN的修改。其方法:先定义能确保与原始地形TIN相交的足够大的开挖体或填筑体的形体面,并将其转换为TIN,然后用此TIN与原始地形TIN做求交的图元布尔运算,生成相交边界,再从原始地形TIN上沿相交线裁剪掉填挖初始形体面所包括的地形区域,同时从初始填挖形体TIN中以相交线为边界裁剪掉多余的开挖或填筑形体面区域,最后把两个修改后的TIN叠加,构成经填挖后的新的地形DTM。通过计算两个曲面的交集,还可得到填挖方量。

建筑物的布置及其时空变化也可用上述方法通过对地形的填挖处理来实现地形与建筑物的拼合。由于用CSG表达的空间实体难以获得其几何要素,但直线段是组成CSG的基本元素,可以构建相应算法,依据组成CSG的一系列直线段来推求CSG表达的空间实体间的几何要素。

3.4 场地优化分析

有了直观的场地布置图后,一般情况下,凭管理人员的经验和直观认识进行场地的布置即可满足工程要求。但是对于一些难以做出评价的决策问题,如场内道路的规划、混凝土拌和站的选址等,借助GIS提供的空间分析能力建立应用分析模型,有助于科学高效地做出决策。其基本思路是先确定方案评价指标体系,再从中分解确定影响因素,然后通过空间分析,如缓冲区分析、叠置分析、网络分析和距离量算等,提取出影响因素信息,最后通过应用分析模型进行综合分析得出结论。

4 结束语

可视化管理技术为铁路工程施工尤其是复杂的大型工程施工提供了直观形象的管理工具,随着铁路建设工程项目的日趋复杂化和大型化以及施工参与各方对项目管理水平要求的日益提高,可视化管理技术必将越来越引起人们的重视。铁路工程施工可视化管理系统应用GIS技术和可视化技术,实现了工程数据可视化形象表现,为施工分析和决策提供了有效的手段,可用于工程投标、施工管理和监理等方面。但其对于施工场地空间布局设计、分析和优化模型还较简单,构筑物三维模型还不够完善,有待进一步研究开发。