

# 基于 BIM+GIS 的槐树坪隧道信息化施工研究

田琼<sup>1</sup>, 周基<sup>1,2\*</sup>, 芮勇勤<sup>2</sup>, 陈明芳<sup>2,3</sup>

(1.湖南科技学院 土木与环境工程学院, 湖南 永州 425199; 2.长沙理工大学 交通运输工程学院;  
3.湖南联智桥隧技术有限公司)

**摘要:**针对地理信息系统(GIS)与建筑信息模型(BIM)技术在槐树坪隧道信息化施工中的应用进行研究,基于GIS技术的隧道信息化施工平台对隧道信息化施工起到了基础信息库作用,基于BIM+GIS技术的隧道数字化建造信息库促进了GIS的宏观管理与BIM精细化管理多层次深度融合,有力推动了隧道信息化施工发展。

**关键词:** BIM; GIS; 隧道; 信息化施工; 数据集成

## 1 工程概况

槐树坪隧道为禹州至登封高速公路上的一浅埋大跨径连拱隧道,位于河南省登封市卢店乡东南部,距卢店镇约3 km。隧道起点桩号K81+200,终点桩号K81+495,长约295 m。该区域上方为二级公路,与隧道斜交,地表交通量大且重载车辆多,同时分布厂房与民房,这些因素给施工带来了不利影响。为保证原有公路正常运营并降低对已有环境的破坏,在原设计采用路堑基础上改为上下行双管六车道连拱隧道,行车道测量基线间距为4.9 m,其中最大埋深约15 m。槐树坪隧道地处低山区地貌,属湿润—半湿润季风气候,四季分明,该区域主要为二叠系煤系砂岩地质构造,受侵蚀作用明显。如图1所示,地质勘察将槐树坪隧道区域依次从①~⑥划分为人工填土层、冲洪积层、岩石全风化带、岩石强风化带、岩石弱风化带和岩石微风化带6个岩土层。

## 2 隧道施工信息化研究概况

隧道施工信息化研究开始于20世纪40年代,一种集预测、监控、评价和修正为一体的设计方法从“信息化方法”演化而来。20世纪60年代,新奥法隧道施工技术由奥地利拉布西维兹教授为代表的诸多学者

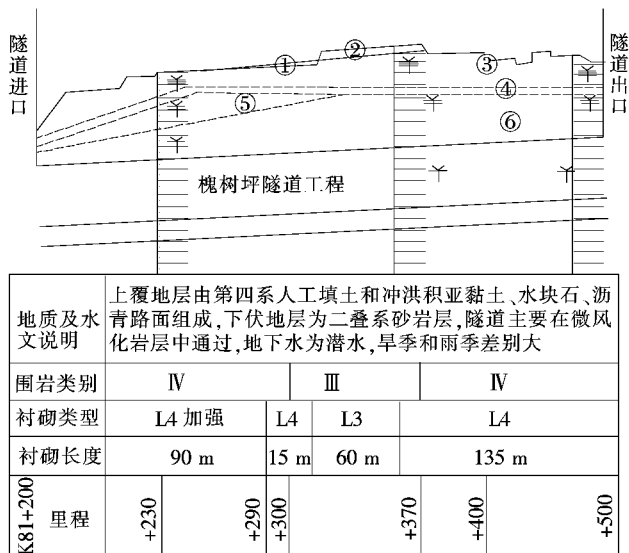


图1 槐树坪隧道工程地质纵断面图

从长期隧道施工实践中总结提出。20世纪70年代开始,随着计算机科学的飞速发展,岩土工程的反演理论取得较大进展。20世纪90年代,量测技术以及计算机技术得到了大力发展和渗透,“信息化方法”得到了非常广泛的应用。国际隧道协会执行主席 Eisenstein 教授在《城市隧道的挑战与进展》一书中表明信息化方法特别适用于隧道工程。

广义上讲,隧道施工信息化包含了风险管理、施工质量管理、进度管理、投资管理、人员管理、安全生产、施工组织、灾害预案、应急救援等各施工方面。而从狭

收稿日期:2019-09-30(修改稿)

基金项目:湖南省自然科学基金资助项目(编号:2019JJ40093);湖南省教育厅科研项目(编号:16B106)

作者简介:田琼,女,硕士,讲师.E-mail:25366351@qq.com

\*通信作者:周基,男,博士,教授.E-mail:463325458@qq.com

义上来讲,隧道施工信息化是指在施工中布置监控测试系统,利用施工前和施工过程中的大量信息对施工进行指导,以期获得最优地下结构物的一种方法。该文主要结合后者着手对槐树坪隧道信息化施工平台展开研究。

### 3 基于GIS技术的隧道信息化施工平台

地理信息系统(Geographic Information Systems,简称GIS),是指在计算机硬件、软件系统支持下的信息管理系统,具有一体化、智能化等特点,包含如图2所示的各项核心内容与主要功能,应用其功能能够较好地完成对工程信息的采集、分类、提取,对各类数据成果进行识别分析、存储与评价,从而形成工程信息化管理资源库。

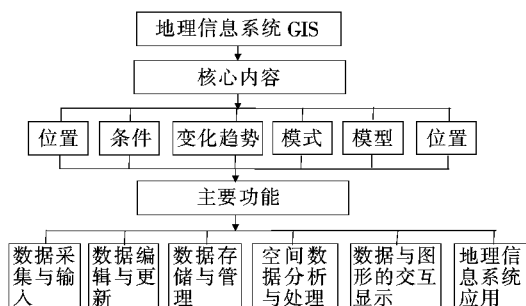


图2 GIS核心内容与主要功能示意图

#### 3.1 隧道信息化施工GIS管理系统设计

隧道信息化施工GIS管理平台是利用施工前和施工过程中的大量信息对施工进行指导,如图3所示,通过历史资料、野调资料、模型及试验、数值仿真、检测监测等主要方法与手段获取隧道工程原始数据。利用GIS技术对所获得的数据进行科学运算、数据转换得到相应图形库、属性库等空间数据信息库,完成对隧道

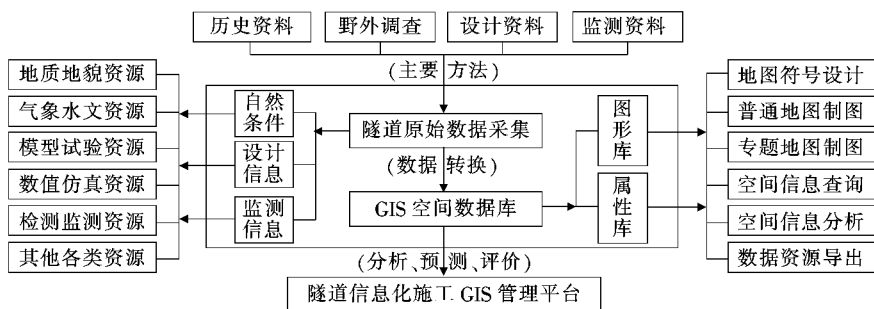


图3 隧道信息化施工GIS管理平台总体框架图

的合理分析、科学预测与及时有效评价。

#### 3.2 隧道信息化施工GIS管理系统应用

根据隧道信息化施工GIS管理平台总体框架,设计完成槐树坪隧道信息化施工GIS管理系统。

槐树坪隧道工程基本信息,GIS数据库是最基本的隧道信息化施工基本数据库,涵盖了槐树坪隧道相应的历史资料、野外调查资料等数据,可以通过该数据库查询与使用相应的自然条件信息,如地质地貌、气象水文等信息。

结合施工现场常规的测量、地质雷达与超前预报技术以及其他各类检测、监测方法与技术的实施与应用,获得施工现场相应数据信息,建立槐树坪隧道工程现场施工数据信息库。通过施工数据信息库,能及时跟踪工程进展,随时掌握隧道围岩动态及其他安全状况,准确对围岩稳定性、施工环境安全性做出科学合理的分析与及时高效的评价,进而能高效利用相关施工数据信息优化设计,安全优质地推进现场施工。如图4为槐树坪隧道一典型区域地震映象检测数据成果

图。通过数据处理与分析,根据形成的地震波形图可以得知该区域在隧道局部位置有微小的变化,整体变化相对平稳,表明施工过程中各种因素对隧道上部围岩扰动较小,隧道处于相对稳定状态。

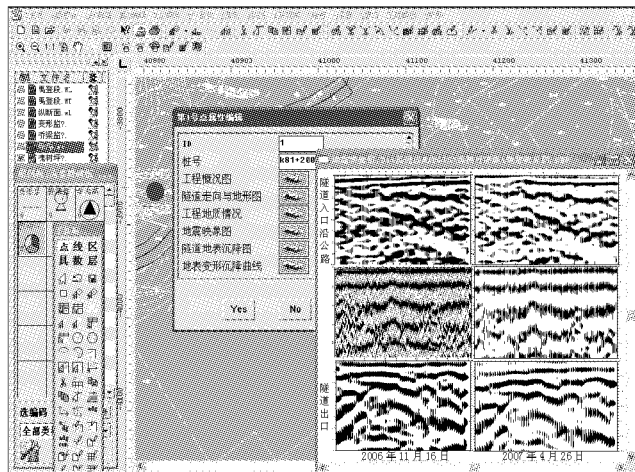


图4 槐树坪隧道地震映象检测数据成果图

图 5 为槐树坪隧道地表沉降数据成果图,利用其观测数据及时绘制相应的地表沉降等值线图,通过数据处理的结果得知:隧道进口处,也就是与重载公路交汇处,出现 56 mm 的隧道地表沉降,同时隧道出口附近由于新建厂房的影响,也出现了 50 mm 的沉降,因此,在施工过程中要合理控制隧道上方重载公路的车流量,对上方已建建筑物,特别是新建厂房做好跟踪观测,确保隧道及周边环境等整个施工区域安全。

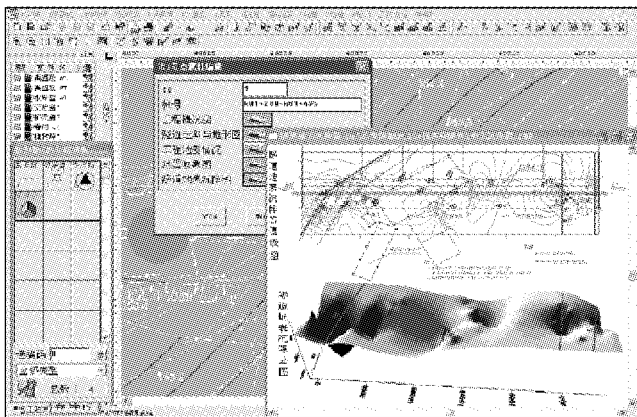


图 5 槐树坪隧道地表沉降数据成果图

图 6 为槐树坪隧道典型断面测点围岩压力和钢筋应力监测数据成果图,通过现场科学布置监测断面,形成完整的隧道区域测网、关键断面与重点测点监控系统,利用地震映像检测、超前预报监测、地表沉降观测等手段,对施工过程中的地表变形观测、关键横断面拱顶下沉和净空收敛监测、初支钢筋应力和围岩压力测试等内容进行跟踪,完成数据采集与完善现场数据信息库。

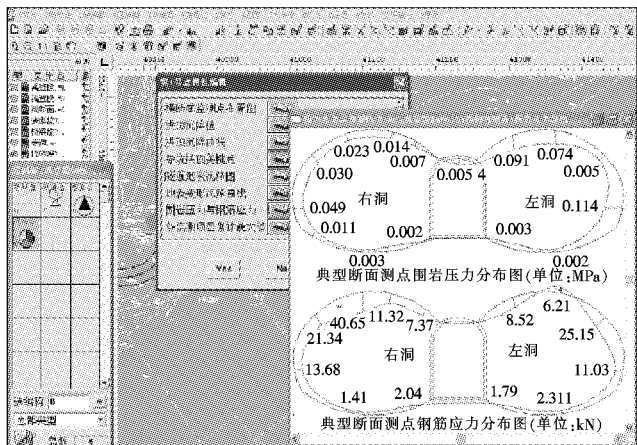


图 6 槐树坪隧道典型断面测点围岩压力和钢筋应力监测数据成果图

## 4 基于 BIM+GIS 技术的槐树坪隧道数字化建造信息库

槐树坪隧道数字化建造信息库是利用 BIM 对隧道工程所有结构、要素及全生命周期产品赋予参数化标准形式,创建无数的数字组件及工程属性等数字信息,融合 GIS 强大的空间信息采集、分析等功能,为隧道信息化施工带来便捷。

### 4.1 BIM 三维参数化数字建模

利用 BIM 的三维参数化数字建模优势,完成了对槐树坪隧道的精细模型的建立。建模过程中,考虑了整个隧道工程范围内实际交通流量大、各种结构荷载复杂的影响情况,同时对数字化模型结构材料进行材料属性的假定与赋值,使所建立的 BIM 施工模型与 GIS 管理平台进行较好的数据集成,实现与实际工程相融合,达到对实际工程的虚拟仿真与管理目标。

### 4.2 BIM+GIS 全过程动态可视化信息化施工模拟

依据建好的三维参数化数字模型,利用 BIM+GIS 技术可以对槐树坪隧道施工进度与施工组织的精细化模拟,实现槐树坪隧道施工全过程中施工前期科学预判、施工中期实时记录、施工后期追溯的精准模拟。同时可以构建如图 7 所示的基于 BIM 与 GIS 的槐树坪隧道可视化施工模拟动态安全监控体系,完善安全生产管理监督体系,可以模拟实现隧道工程结构模型全覆盖,识别预判施工技术危险源,降低高危性分部工程施工安全风险,也可以模拟建立施工过程全要素跟踪体系,消除各类施工安全隐患。

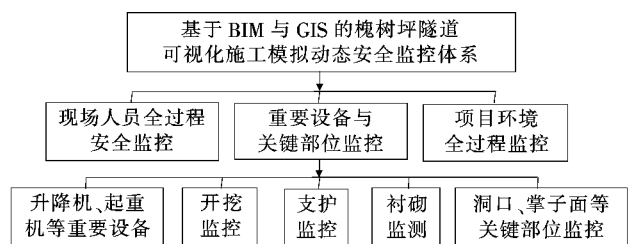
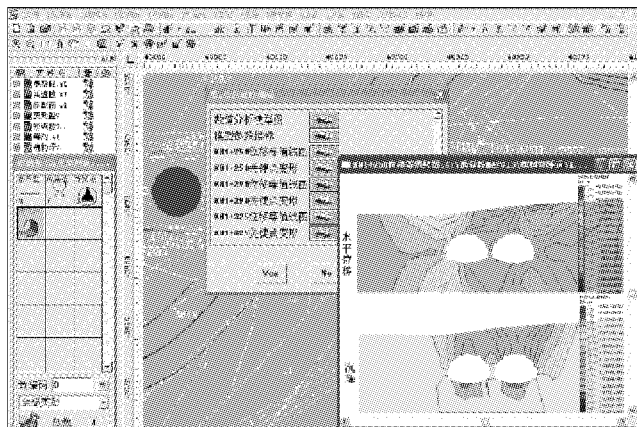


图 7 基于 BIM 与 GIS 的槐树坪隧道可视化施工模拟动态安全监控体系图

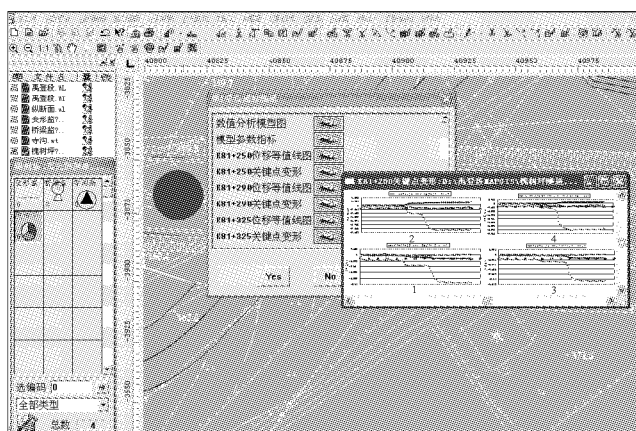
### 4.3 有限元数值模拟

将建立的三维参数模型进行有限元数值模拟,可以更好地发现施工过程中工程结构的力学变化状况,不断跟踪关键点、重要部位的应力应变改变状况。在实际的有限元数值模拟中,重点选取了重载、建筑物下典型断面的拱顶、导坑拱顶等关键点作为分析对象,模

拟在施工推进过程中不同施工阶段洞周围岩变形情况,图8为槐树坪隧道 K81+250 断面的有限元数值模拟分析结果,该断面右洞中心线与地表重载公路出现重叠。由图8得知:该断面左洞拱顶出现 7 mm 沉降,右洞拱顶出现 11 mm 沉降,验证了右洞在施工过程中受到重载公路车辆的影响较大,需要合理控制施工过程中的交通流量及车辆荷载。



(a) 位移等值线图



(b) 关键点变形图

图8 槐树坪隧道 K81+250 断面 BIM 三维参数化数字建模与虚拟仿真分析图(单位:mm)

## 5 结语

基于 GIS 技术的隧道信息化施工平台的开发与

应用,对隧道信息化施工起到了基础信息库作用;基于 BIM+GIS 技术的槐树坪隧道数字化建造信息库,推动了隧道信息化施工。同时,基于 BIM 与 GIS 技术的隧道信息化施工所采集的数据需要进一步融合才能发挥两者在数据信息方面各自的优势,完成两者从数据集成到系统集成,再到应用集成的目标,从而实现基于 GIS 的宏观管理与 BIM 精细管理多层次深度融合,为隧道工程信息化施工带来更大的经济效益与社会价值。

## 参考文献:

- [1] 曲桂有.渝怀铁路黄草隧道信息化施工技术[D].西南交通大学硕士学位论文,2004.
- [2] 邓伟,葛允雷,杨果林,等.基于新奥法浅埋隧道的围岩压力计算方法[J].中外公路,2018(5).
- [3] 王梦怒,谭忠盛.中国隧道及地下工程修建技术[J].中国工程科学,2010(12).
- [4] 黄宏伟.城市隧道与地下工程的发展与展望[J].地下空间,2001(4).
- [5] 叶英.隧道施工信息化预警[M].北京:人民交通出版社,2012.
- [6] Yanjun Shang, Kun Li, Wantong He. From the New Austrian Tunneling Method to the Geotechnical Condition Evaluation and Dynamic Controlling Method[J]. Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering, 2014, 6 (4).
- [7] 吴信才.地理信息系统原理与方法[M].北京:电子工业出版社,2009.
- [8] 姜锡宸.公路隧道信息化施工网络平台研究及应用[D].成都理工大学硕士学位论文,2015.
- [9] 陈明芳.高等级道路工程安全性评价与 InSAR 监测、GIS 管理系统研究[D].长沙理工大学硕士学位论文,2007.
- [10] 龙祖惠.浅埋大跨径连拱隧道预防性病害检测与围岩稳定性评价[D].长沙理工大学硕士学位论文,2007.
- [11] 周基,芮勇勤,谭勇.基于 Solidworks 建模技术的工程有限元仿真分析[J].中外公路,2010(6).
- [12] 徐国,王猛,等.大断面地铁车站隧道初期支护参数优化研究[J].中外公路,2019(4).