

doi:10.13582/j.cnki.1674-5876.2022.02.011

# 基于 GIS+BIM 技术的多层次 数字矿山综合监管应用

柳波\*

(长沙迪迈数码科技股份有限公司, 湖南 长沙 410083)

**摘要:** 随着现代采矿技术的快速发展, 将矿山系统作为统一整体进行管理决策是建设智慧和绿色矿山的重要前提。基于地理信息系统 (Geographic Information System, GIS) 和建筑信息模型 (Building Information Modeling, BIM) 集成的三维数字矿山平台可实现从矿山环境到生产过程的多层次可视化模拟和决策分析。以典型的地下矿产资源开发为例, 分析了 GIS+BIM 技术及其在实际矿山建设和生产中的应用, 指出 GIS+BIM 技术可支持整个矿山系统不同空间尺度生产过程和要素的真实模拟与实时监控, 并且针对矿区总体生产效率和经济效益开展建设规划与生产管理的综合智能分析, 实现安全生产、经济效益和生态环境保护一体化的科学决策, 在现代智慧矿山和绿色矿山建设中具有显著的应用潜力。

**关键词:** GIS; BIM; 数字矿山; 综合监管; 地理环境

中图分类号: TD801

文献标志码: A

文章编号: 1672-9102(2022)02-0075-04

## Application of GIS+BIM Technology in Digital Mine Comprehensive Supervision

LIU Bo

(Changsha Digital Mine Info Tech Co., Ltd., Changsha 410083, China)

**Abstract:** With the rapid development of modern mining technology, treating the mining system as a unified whole is an important prerequisite for the construction of intelligent and green mines. The 3D digital mine platform based on GIS+BIM integration can realize multi-level simulation and decision analysis of both mine environment and production process. Based on a typically underground mineral resources development example, this paper analyzes the application of GIS+BIM technology in mine construction and production and finds that GIS+BIM support actual simulation and real time supervision of production process and elements of the whole mine system across different spatial scales, and enable intelligent analysis of construction plan and production management against overall production efficiency and economic benefits for the whole mining area, realizing the safety in production, economic benefits and ecological environment protection as an integration in the modern intelligent mines, which has significant application potential in construction of modern intelligent and green mines.

**Keywords:** GIS; BIM; digital mine; comprehensive supervision; geographical environment

矿产资源开发是国民经济和社会发展的基础支撑行业,也是具有高度复杂性的庞大工程系统。现代机械化和信息化水平的快速发展为提高矿产开发的生产效率、安全保障和环境保护水平提供了前所未有的机遇<sup>[1]</sup>,同时也对矿产企业的综合管理和决策能力提出了更高要求,智慧矿山<sup>[2]</sup>和绿色矿山<sup>[3]</sup>是现代矿企业发展的基本方向。数字矿山,即在统一的时空体系下,将矿区地上和地下三维系统的海量资源信息

收稿日期: 2021-06-05

\* 通信作者, E-mail: 403365185@qq.com

和复杂生产过程数字化,实现矿区活动的动态监测、资源和生产调度、科学决策等组织工作的自动化和智能化管理。

计算机技术的发展直接推动了智能采矿软件研究<sup>[1]</sup>,智能采矿软件可用于矿床数据处理、可视化制图、采矿设计以及生产规划。1999年数字矿山的概念提出后,将整个矿区作为完整统一的系统成为智慧矿山建设的基本共识<sup>[4]</sup>。近年来,三维激光测量<sup>[5]</sup>、无人机摄影测量<sup>[6]</sup>、卫星遥感<sup>[7]</sup>等现代测绘技术为GIS系统高效监测矿区地质资源、地形地貌、生态环境等区域要素的动态变化提供了有效手段;用于构建三维建筑信息模型的BIM技术,不仅可用于矿井和设备厂房的精细建模<sup>[8-12]</sup>,而且可支持整个项目全生命周期的工程设计、调度和管理<sup>[13]</sup>;GIS现有的成熟三维平台通过集成BIM建模结果,可实现对矿区系统不同空间尺度对象和过程的综合监管<sup>[14-15]</sup>。

综上所述,GIS与BIM技术在数字矿山中侧重不同的建模尺度和问题对象,二者的集成应用是建设智慧矿山和绿色矿山的重要技术基础。然而,实际的数字矿山经常只包括GIS或BIM模块的部分内容,目前关于GIS+BIM的研究主要集中在技术框架理论方面,尤其缺乏二者集成系统的应用实例研究。本文以服务于典型地下矿产资源开发的智慧矿山系统为例,研究GIS+BIM技术在矿山系统中的多层次综合监管能力,探讨GIS+BIM技术在数字矿山建设中的应用潜力。

## 1 GIS+BIM 的数字矿山系统

随着GIS与BIM应用扩展需求的增多,BIM建筑对象的工业基础类(IFC)数据模型在三维中的GIS表达与转换日益成熟<sup>[14]</sup>,美国环境系统研究所公司的ArcGIS软件可无缝链接三维城市建模软件CityEngine,用于城市实景三维可视化分析与管理,国内GIS软件Supermap支持主流的BIM数据格式,在弥补三维GIS精准建筑物建模不足的同时,发挥GIS位置服务和空间分析优势,提供BIM专用的动态模拟功能。因此,本研究在已有成熟技术的基础上,主要介绍GIS+BIM技术在数字矿山建设中的应用功能。

建设高效、统一的数字矿山系统的挑战主要在于矿区环境和地下结构的高度复杂性,重要的金属矿产资源主要分布在地形复杂的山地,矿产资源的交通运输、生产规划、尾矿等废弃处理以及生态环境保护等重要工作需要基于地理环境的时空分析。另一方面,地下矿产开采和生产过程复杂,为保障生产安全和经济效益,需要对矿内环境、生产过程和调度管理等关键流程进行实时监控。基于GIS+BIM技术的三维数字矿山可将矿山环境和矿井活动集成在同一系统平台(见图1),并且将矿山系统作为统一的整体进行监测和管理。

基于GIS+BIM的三维数字矿山平台具有多层次的矿区要素可视化能力(图2),GIS系统支持整个矿区地形地貌、道路网、厂房分布、排水管网、地下矿产分布等信息,并且可基于无人机、卫星遥感、激光扫描等数据源实现动态更新;同时,基于BIM模型可以建立生产车间和井巷工程内部的精准结构,生成开拓系统、通风系统、排水与供水系统、运输系统等关键生产流程的可视化模型,对生产作业实时信息采集,集成视频监控、自动化控制、生产管理等信息系统数据,监测到工作状态信息、工况信息和报警信息等,实现人员跟踪定位、生产作业环境监测与预警等功能;并且可与传统的采矿设计、生产、资源动态管理信息系统结合,实现



图1 GIS+BIM 智慧矿山概念图



图2 GIS+BIM 智慧矿山系统界面

一体化管控和决策支持。

## 2 GIS+BIM 技术在数字矿山中的多层次监管应用

### 2.1 数字矿山的多层次可视化

三维可视化是数字矿山系统支持矿产资源管理和规划的基本需求.矿区地上建筑如图 3 所示,矿山的地形地貌和交通路网是规划矿区厂房、露天矿石堆放、生活设施的基本参考信息.基于卫星遥感、无人机等测量手段获取的整个矿山地区的精准地形条件是矿山地面生产区域建设的基本依据,同时也可辅助尾矿库堆放位置等关键场地的选取.GIS 系统三维平台支持整个矿区的无缝浏览和查询,并且基于动态更新数据源,可实时查询矿区生产环境、生态环境和周边区域的变化.

与可直接探测的地面要素相比,矿区地下结构更为复杂.数字矿山平台集成了地下井巷工程、矿体、资源储量、通风、排水、电力等关键工程的三维模型(见图 4),并且基于实时的矿内环境监测信息、矿体开采进度信息、人员定位信息等,实现矿区地下空间的精确可视化.尽管地下矿产资源的分布和储量变化主要依靠传统的物化探测,但是基于 GIS 和 BIM 建立地下矿体的三维结构可为整个采矿工程周期规划、通风系统和运输系统等附属工程设计提供基本参考信息.同时,基于三维矿山系统的人员实时跟踪定位是保障生产安全的重要环节.



图 3 矿区地上建筑分布



图 4 矿区地下结构分布

BIM 技术在数字矿山系统的集成为规划和管理矿内生产过程提供了精准可视化模型.以矿石运输系统为例,基于 BIM 的三维模型可对矿石破碎的工作流程、空间分配、传输皮带路径、以及矿石堆场等真实场景进行模拟.如图 5 所示,井下生产出的矿石和废石,经过运输平巷和主溜井溜到料仓,由破碎系统破碎后,再经过不同皮带转运到地表堆场进行配矿.同时,通过实时信息采集,数字矿山可实时监控各个设备的运行情况,监测皮带实时的工作状态信息、工况信息和报警信息等,辅助生产调度和决策.

### 2.2 GIS+BIM 支持的智慧矿山决策系统

传统的 GIS 和 BIM 模块侧重矿区地上总体环境或者矿山生产的具体工程,基于 GIS+BIM 集成的数字矿山平台的巨大优势在于可将整个矿山系统作为一个整体进行分析和规划.图 6 中开采系统关键工程的设计充分考虑了矿床的走向和立体结构,运输巷道位于狭长矿床的中部,而通风系统位于矿体的两端,此外,排水系统位于矿体中部最底层,便于收集整个采矿过程中的地下水.结合矿山整体系统的决策分析可预先避免开采过程中的主要问题,高效链接和融合不同生产流程,有利于降低生产成本,实现科学、高效的调度和管理.

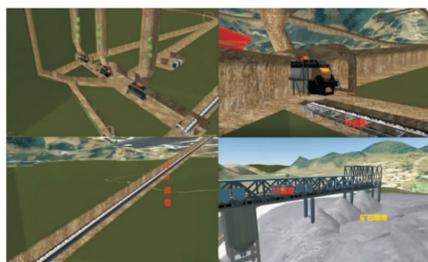


图 5 矿内碎石与运输系统



图 6 矿内通风、排水和运输通道

在矿产资源开采和生产中,地下水直接影响正常生产和井下工作人员安全,必须及时排出到地上,并

且需要规划地下水存储和生态环境安全问题.图7展示了基于GIS+BIM建立的典型地下矿山排水系统模型.其中井下产生的废水统一汇流到地下水仓;水仓水泵将水泵到排水平巷,将地下水全部输送到地表废水处理厂;污水处理达标后,一部分排放到地表,另一部分通过加压水泵将水泵送到高位水池,供全矿的生产和生活用水.通过GIS和BIM技术结合,不仅可以利用GIS空间分析的优势高效规划排水网络,而且BIM可精准建立地下水仓、排水平巷、以及地上水渠和蓄水池模型,实现整个排水体系的科学布局和决策管理.

BIM建模解决了GIS数据模型难以精准模拟建筑物内部特征的问题,可建立生产设备的真实三维模型,并且将BIM模型与数据可视化进行结合,集成视频监控、自动化控制、生产管理等系统的数据信息,建设一个综合性生产监管平台(见图8),可以直观看到整个矿产加工流程分布,并且实时查看不同环节的生产进度等相关信息.

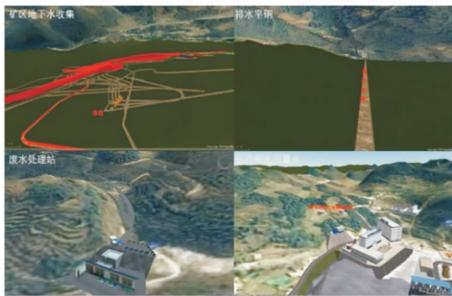


图7 排水系统工作流程



图8 矿区生产可视化监管系统

GIS+BIM可从不同空间尺度提供整个矿山系统的环境和生产监管信息,提升矿山生产的高效性和安全性,支持矿山整个开发期间的智能化综合决策.同时,随着物联网、人工智能、大数据等新技术的出现,矿山数据挖掘、管理决策以及预测能力得到进一步发展.由于不同矿山资源和地理环境差异悬殊,基于GIS+BIM的数字矿山平台缺乏较好的通用性,在国内应用目前还比较有限.随着矿山勘测和三维建模技术的日益成熟,以GIS+BIM为主的数字矿山技术将为我国实现智慧矿山和绿色矿山的目标发挥更大作用.

### 3 结论

GIS的空间分析优势和BIM的建筑内部精准建模能力相结合可进行整个矿区多层次动态可视化监测和管理,支持基于矿区的整体开采成本和生产效率的智能决策分析,可为建设安全高效生产、生态环境良好的智慧矿山和绿色矿山提供基础支撑.

#### 参考文献:

- [1] 张瑞新,毛善君,赵红泽,等.智慧露天矿山建设基本框架及体系设计[J].煤炭科学技术,2019,47(10):1-23.
- [2] 罗香玉,李嘉楠,郎丁.智慧矿山基本内涵、核心问题与关键技术[J].工矿自动化,2019,45(9):61-64.
- [3] 司芾,张应红,刘立,等.新时代我国绿色矿山建设与发展的思考[J].中国矿业,2020,29(2):59-64.
- [4] 毕林,王晋森.数字矿山建设目标、任务与方法[J].金属矿山,2019(6):148-156.
- [5] 彭劲松,叶波,李娟,等.三维激光技术在矿山测量中的综合应用[J].测绘通报,2018(11):158-160.
- [6] 张玉侠,兰鹏涛,金元春,等.无人机三维倾斜摄影技术在露天矿山监测中的实践与探索[J].测绘通报,2017(s1):114-116.
- [7] 谷延群,郭庆十.利用遥感技术开展河北省迁安铁矿区矿山地质环境调查与评价技术研究[J].测绘通报,2012(s1):306-310.
- [8] 柳波.矿产资源储量动态管理的三维地质建模方法[J].现代矿业,2019,35(9):81-83.
- [9] 柳波,贾明涛.基于iVent的某铁矿通风系统优化研究[J].化工矿物与加工,2018,47(11):59-62.
- [10] 柳波.基于PostgreSQL的智能矿山空间数据集中管理研究[J].化工矿物与加工,2019,48(2):52-56.
- [11] 胡章杰,张艺.BIM在三维数字城市中的集成与应用研究[J].北京测绘,2015,29(6):21-25.
- [12] 曾微波,童矿,江岭.基于倾斜摄影与BIM的矿山实景建模方法研究[J].金属矿山,2019(10):172-177.
- [13] 薛梅,李锋.面向建设工程全生命周期应用的CAD/GIS/BIM在线集成框架[J].地理与地理信息科学,2015,31(6):30-34.
- [14] 陈玉龙.多分辨率层次模型支持下的BIM-GIS集成可视化[J].测绘通报,2018(12):69-73.
- [15] 黄崧,王海洋,余俊挺,等.基于BIM和GIS的智慧矿山信息系统构建[J].价值工程,2019,38(11):184-186.