

BIM技术在崩塌地质灾害治理工程中的应用研究

张青云¹, 李占飞¹, 陈喆¹, 孙亮¹, 姜翰禧², 魏伟²

(1. 四川省地质矿产勘查开发局四〇三地质队, 乐山 614200; 2. 四川农业大学建筑与城乡规划学院, 成都 611830)

摘要: 参照BIM技术在房建、路桥等项目领域的广泛应用经验, 探究BIM在崩塌地质灾害治理工程中的应用。根据崩塌地质灾害治理工程的特征, 基于分别创建工程构件族、三维地质模型并将它们进行组合的思路, 利用EVS(Earth Volumetric Studio)创建三维地质模型、Revit软件建立工程构件族, 并利用Revit平台将地质模型与工程构件族进行结合, 进而构建崩塌灾害治理工程BIM-3D信息模型。结果表明: 崩塌治理工程构件族与三维地质模型能较好地整合为治理工程BIM-3D信息模型; 相对于二维设计图件, BIM-3D信息模型能直观准确地展示施工现场环境条件、工程地质条件与治理工程构件的空间关系, 有利于施工方对施工图设计意图的准确理解, 同时实现快速获取构件工程量、发现设计图缺陷等。因此, 在崩塌地质灾害治理工程的施工阶段中运用BIM技术, 符合建筑工程信息化发展的需要, 有利于发掘出BIM技术在崩塌地质灾害治理工程中的更多应用价值。

关键词: 崩塌; 地质灾害; 治理工程; 三维地质模型; BIM信息模型

中图分类号: P642.21; X4 **文献标识码:** A

APPLICATION OF BIM TECHNOLOGY IN THE CONSTRUCTION STAGE OF COLLAPSE GEOLOGICAL DISASTER CONTROL PROJECT

ZHANG Qing-yun¹, LI Zhan-fei¹, CHEN Zhe¹, SUN Liang¹, JIANG Han-xi², WEI Wei^{*2}

(1. 403 Geological Team of Sichuan Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development, Leshan, Sichuan 614200, China; 2. College of Architecture and Urban-Rural Planning, Sichuan Agricultural University, Chengdu, Sichuan 611830, China)

Abstract: Referring to the extensive application experience of BIM technology in the project fields such as housing construction, road and bridge, the application of BIM in collapse geological disaster treatment engineering is explored. According to the characteristics of collapse geological disaster treatment engineering, based on the idea of creating engineering component families and three-dimensional geological models respectively, and combining them, firstly, EVs (earth volumetric studio) is used to create a three-dimensional geological model. Secondly, the engineering component family is established through Revit software. Then, Revit platform is applied to combine the geological model with the engineering component family. Finally, BIM-3D information model of collapse disaster control project is constructed. The results show that the component family of collapse treatment engineering and 3D geological model can be well integrated into BIM-3D information model of treatment engineering; compared with two-dimensional design drawing, BIM-3D information model can intuitively and accurately display the spatial relationship between the environmental

conditions of the construction site, engineering geological conditions and the treatment of engineering components, which is conducive to the construction party's accurate understanding of the design intention of construction drawings, and realize the rapid acquisition of component quantities and the discovery of design drawing defects. Therefore, the application of BIM technology in the construction stage of collapse geological disaster treatment project meets the needs of information development of construction engineering, and is conducive to explore more application value of BIM technology in collapse geological disaster treatment project.

Key words: collapse; geological disaster; treatment engineering; three-dimensional geological model; BIM information model

1 引言

BIM技术具有三维可视化、模拟性等优点,将BIM技术应用在工程项目施工阶段,能起到提高项目质量、加快施工进度、降低造价成本等作用^[1-2]。住房和城乡建设部在2020年发出了工程建设项目全面应用BIM技术的通知,BIM技术正在被大力推广用于工程建筑行业。目前,BIM技术在房建工程中的应用研究已经在多个方向深入开展,并取得了丰硕的研究成果^[3-6];同时,关于BIM技术在路桥和市政工程方面的应用研究,也紧跟房建工程方向的步伐,同样产生了不少的研究成果^[7-9];而关于BIM技术在地质灾害治理工程项目中的研究,相对滞后^[10]。

地质灾害在我国发生频次高,范围广,灾害严重,据统计,我国年均地质灾害财产损失金额可高达百亿元^[11-12]。对于地质灾害的防治,其中一个有效方法是对存在安全隐患的地质灾害易发区域提前进行防治工程的施工建设,或对于受灾地区采取排除险除险等施工手段^[13]。

但是,地质灾害施工治理现场地形环境复杂,要实现设计图纸的准确落地,难度大,返工率高,容易出现进度延误、造价增加、质量无法保证等问题;同时,地质灾害治理工程作为一个特殊的新兴建设工程,从勘察设计到施工监理阶段存在不少不完善之处,也使得设计变更事例大大增加^[14];最后,对于地质灾害治理工程来说,其治理规模呈扩大化,建造技术呈复杂化,传统的施工管理方式愈加不能满足现代化施工信息传递的时效性与数量要求,更无法满足现代市场对工程施工管理提出的更高要求。借鉴于BIM技术在房建、市政等工程中的成功运用,若利用BIM技术的模拟性、三维可视化、信息传递等优点,以上问题将极大的得到解决。因此,研究将BIM技术应用于地质灾害治理工程,既是实际情况

的需要,同时也是地质灾害治理工程方向未来的一个研究热点。

为此,本文以某崩塌地质灾害治理工程为例,基于BIM平台与技术分别构建该崩塌地质灾害治理工程的三维地质模型和治理工程三维模型,并对进行组合,形成治理工程BIM-3D模型。这将十分有利于施工方对设计意图的理解、合理进行施工组织设计。

2 三维地质模型构建研究

三维地质建模技术是应用计算机将地质数据信息、空间分析与预测,地质统计、实体模型与可视化等综合工具,用于地球科学研究的新方法^[15]。

EVS(Earth Volumetric Studio)软件是一款应用于地球科学领域的3D建模软件,该软件基于数据驱动,采用拖曳式功能模块,可以有效地实现地质建模、地质层统计分析、数据处理等功能^[16]。根据该软件平台的特点,本文选用EVS地质建模软件,对治理工程现场进行三维地质建模研究。

2.1 EVS建模方法简介

利用EVS进行三维地质建模,主要有地层建模、岩性建模、混合建模、剖面建模等方法。本文通过采用地层建模的方法完成研究案例三维地质模型的创建。地层建模法适用于场地的地层层序比较清晰,地层关系明确,并且钻孔数据的分层相对简单时的情况^[17]。

在EVS中,由于完整的三维地质模型包括地表地形和地层模型两部分,有限的钻孔数据可以在EVS中通过合适的建模方法保证地质层的真实还原,却无法保证地表地形的精确呈现。因此在进行建模时,宜对场地的地表地形和地层分别建模,最后对两部分进行组合,最终得到完整的三维地质模型。流程如图1所示。

2.2 地形模型构建

EVS 软件中创建地形的思路就是在勘察平面图的基础上,通过提取并整理场地内各个位置的点数据来进行创建,各个点的数据信息包括该点的坐标、高程两大部分。其中,坐标应选用大地坐标,高程宜选用绝对高程。建模过程简述如下:

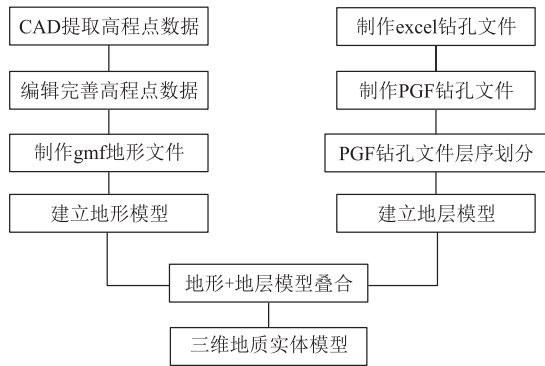


图1 三维地质实体模型创建流程

- (1) 提取勘察平面图中各高程点数据,包括坐标、高程两部分。
- (2) 利用文本编辑软件,按格式将数据制作成 gmf 地形文件。
- (3) 在 EVS 软件中,依照建模顺序进行数据连接,完成地形创建(图 2、图 3)。



图2 地形模型数据分布点

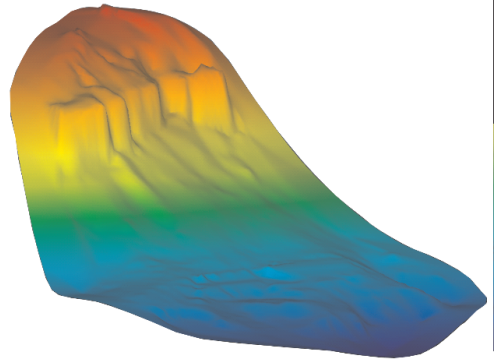


图3 地形模型

2.3 地层模型构建

通过 EVS 软件地层建模方法,创建地质层模型的思路是将钻孔数据包括钻孔 ID(X 坐标、Y 坐标、高程或深度)、地层顶部和底部埋深、地面标高、岩性名称等按照一定的格式编制并保存为 Excel 文件,通过 EVS 自身的转换工具将钻孔信息编录文件转换成 PGF 格式文件,EVS 软件可针对进而在软件中运用相应的地层建模模块完成地层的创建。如图 4。

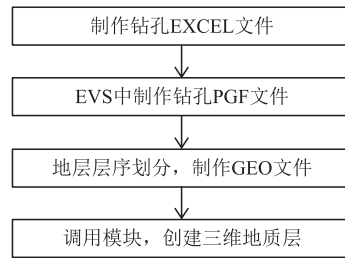


图4 地质层建模主要流程

建模过程简述如下:

- (1) 收集项目现场的钻孔点数据,主要包括钻孔编号、坐标、地层深度、孔口高程、岩性等,将其整理为特定格式文件。如表 1 所示。

表 1 钻孔数据表

钻孔编号	X	Y	地层顶部深度	地层底部深度	孔口高程	岩性
ZK1	591 651.003 6	3 239 885.676 7	0	110	2 140.3	Gravel soil limestone
ZK1	591 651.003 6	3 239 885.676 7	110	350	2 140.3	Limestone
ZK2	591 668.694 9	3 239 872.389 6	0	111	2 140.1	Gravel soil limestone
ZK2	591 668.694 9	3 239 872.389 6	111	350	2 140.1	Limestone

- (2) EVS 软件中转换 EXCEL 格式的数据文件,得到 PGF 格式文件。

- (3) 调用层序划分模块,对地质层各分界面进行定义并划分,如图 5;软件根据 PGF 文件包含的地质空间数据以及层序划分结果进行三维填充建模,见图 6。

对于这种地质模拟中空间数据的处理方法,常采用的插值处理方法之一是空间数据插值法^[18],EVS 中主要提供了克里金(Kriging)法、自然邻点(Natural Neighbors)法、最近邻点(Nearest Neighbor)法、样条(Spline)法、谢别德(Shepard)法、改进谢别德(Franke/Nielson)法、径向基函数

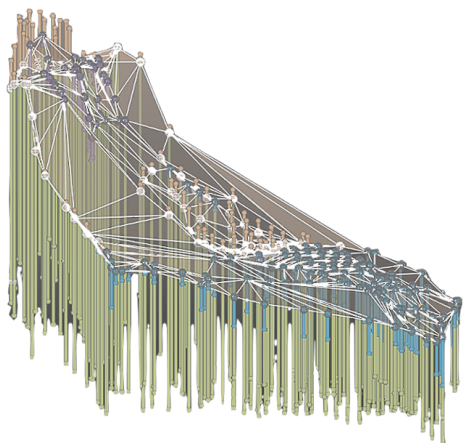


图5 地层模型层序划分

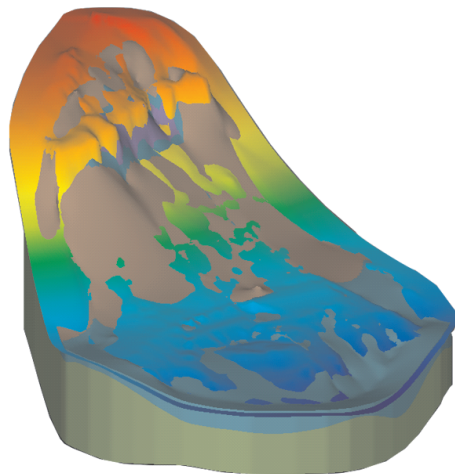


图7 模型组合

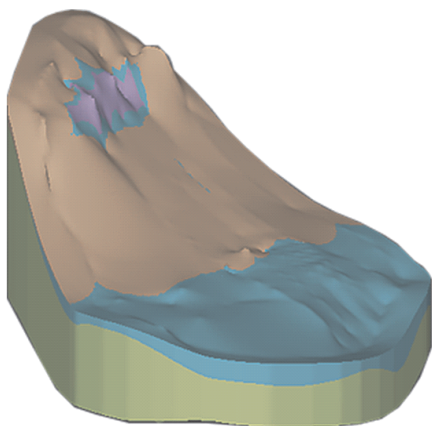


图6 地层信息模型

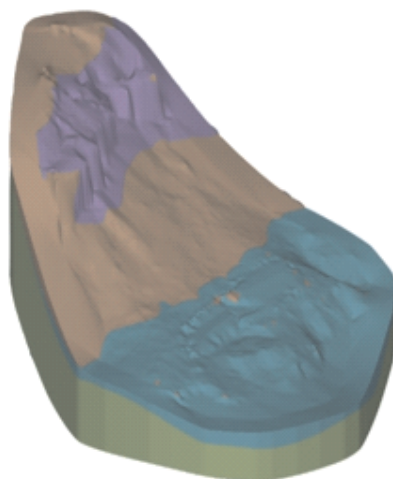


图8 三维地质模型

(FastRBF)法等7种空间插值方法。

2.4 地形模型与地质层模型组合

由于地形模型创建时运用的数据点更多(图2),其模型精度更高(图3),更接近实际情况;地质层模型的作用是反映出场地的地质层情况,但其地表地形精度太低(图4),与实际出入较大。基于EVS中功能模块,将地形与地质层模型进行组合(图7),将由钻孔数据决定的地形表面替换成高程点决定的地形表面,构建出完整的三维地质模型(图8)。

3 崩塌治理工程构件族创建

崩塌治理工程中的工程构件如同工民建工程中的梁柱板等构件,是构成工程实体必不可少的部分。在崩塌治理工程中,常用到的工程构件包括桩板拦石墙、拦石墙、主动网、被动网、锚杆等。而工程构件族是崩塌治理工程3D信息模型中基本且必要的信息载体,通过对工程构件的不同组成要素分别建模,并加以组合,可有效实现工程构件的参数化建模,同

时能快速地与三维地质实体模型实现三维空间上的结合,真正体现出BIM技术的模拟性、易操作性等优点。

3.1 崩塌治理工程构件族的创建

Revit软件是Autodesk公司开发的一款BIM建模类软件,不仅自身拥有数量较多、覆盖专业较广的族库,在利用Revit软件进行族模块的二次开发时,它还拥有建模自动化、接口兼容性强、且专业方面针对性强等优点。

崩塌治理工程中的很多工程构件并不是常规化的族,软件自带的系统族和标准族往往不能直接在崩塌治理工程中使用,需要根据项目实际情况重新创建或经二次开发后使用。基于Revit软件具有的强大功能及优点,利用Revit软件来创建崩塌治理工程的构件族,十分合适。其流程如图9所示。

3.2 构件族创建步骤

构件族的外形和参数虽不尽相同,但它们的创

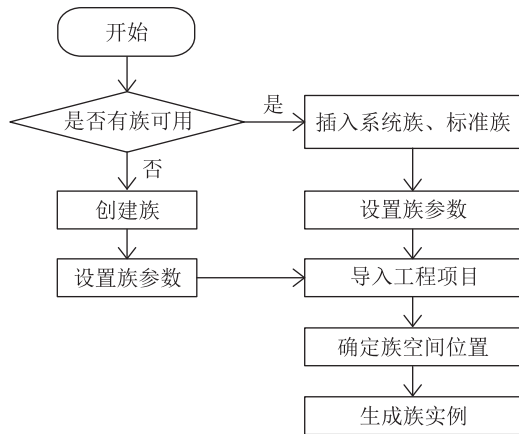


图9 构件族创建流程

建步骤却基本一致。依照族创建流程,根据创建步骤,可对各构件族进行创建。部分构件族展示如图10、图11、图12。

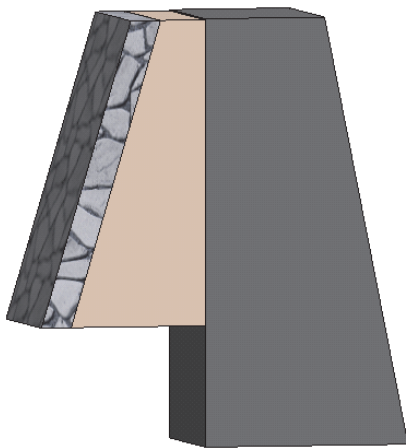


图10 拦石墙模型

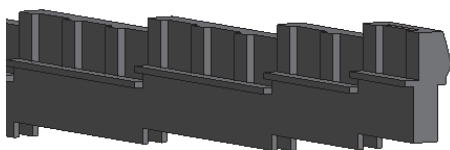


图11 桩板拦石墙模型

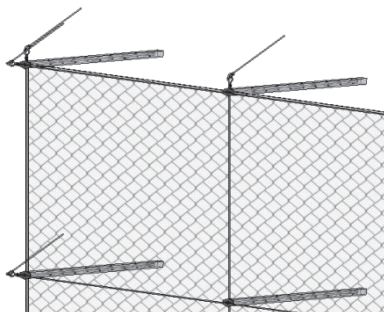


图12 主动拦石网模型

4 BIM-3D 信息模型

4.1 三维地质实体模型转换

本文中,崩塌地灾治理工程的 BIM-3D 模型是实现了三维地质实体模型和工程构件族在空间上精确结合的模型,它是一个组合模型。将三维地质实体模型与工程构件进行组合,其步骤为:将 EVS 创建的三维实体模型导入到 Revit 平台中;在 EVS 软件中,调用“write_cad”模块,将三维地质实体模型转成 dwg 图形(图13),然后在 Revit 软件中导入 dwg 格式的转化文件,三维状态下,成功将 EVS 中的三维地质实体模型输入到 Revit 中,转换为 rvt 格式(图14)。

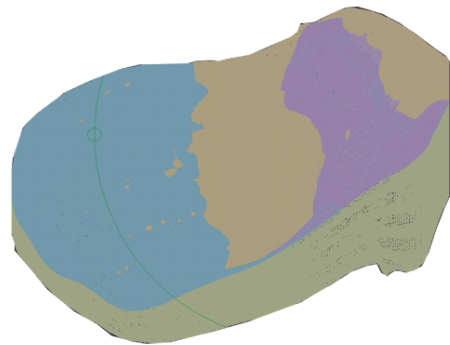


图13 dwg 格式三维地质实体模型

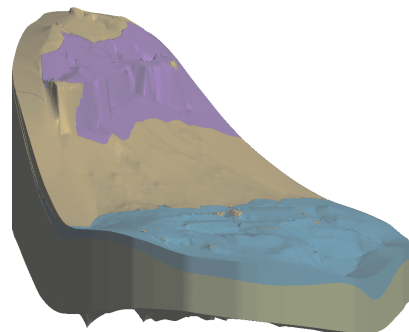


图14 rvt 格式三维地质实体模型

4.2 模型结合

三维地质实体模型与工程构件族的空间结合,主要研究难点有两个:一是平面位置上,保证工程构件布置位置的准确;二是立面上,工程构件的布置高程与三维地质实体模型地形表面要对应。

4.2.1 工程构件族平面布置

对于房建类的三维信息模型,各楼层的上下对齐严格参照设计图中的轴网,按照这种思路,崩塌地质灾害治理工程的工程构件与三维地质实体模型的平面对齐,可以以施工平面图为参照。

将崩塌地质灾害的施工设计平面图图块导入 Revit 中,在平面视图下,通过寻找模型边缘与设计图中的场地边缘,将图纸与三维地质模型平面对齐,如图 15、图 16 所示。

随后导入工程构件族,参照施工平面图上各构件的平面位置,对工程构件进行平面布置,工程构件平面布置完成后,如图 17 所示。

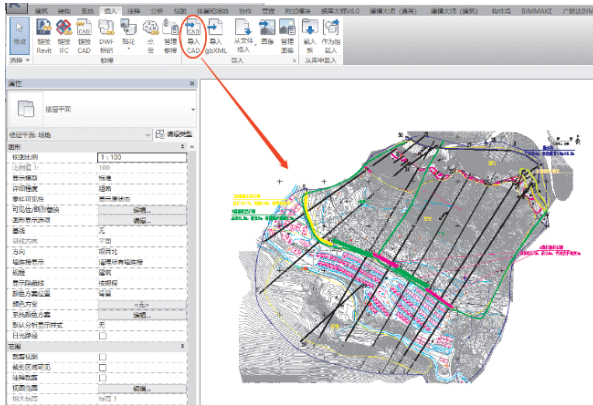


图 15 施工平面布置图导入 Revit

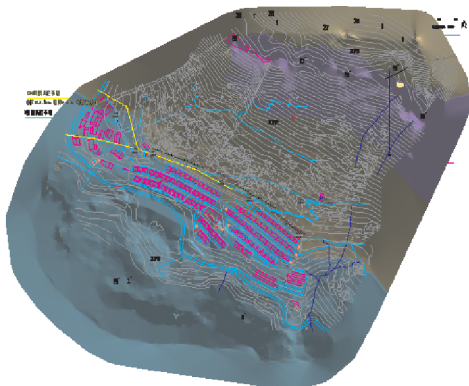


图 16 平面图与三维地质实体模型对齐

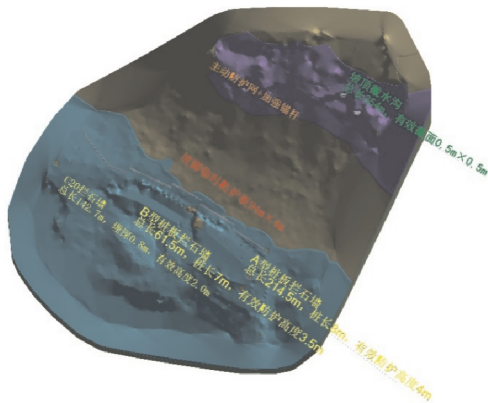


图 17 工程构件平面布置图

4.2.2 工程构件族高程调整

在平面上完成工程构件与三维地质实体模型的

布置后,它们的高程并未对齐(图 18),现仅需对工程构件高程进行调整即可。最终效果见图 19,局部效果见图 20。

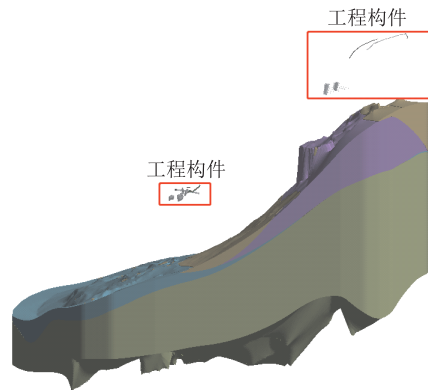


图 18 工程构件立面布置图

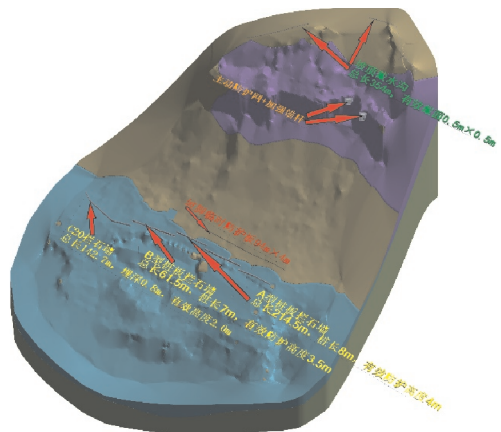


图 19 崩塌地质灾害治理工程 BIM-3D 模型图

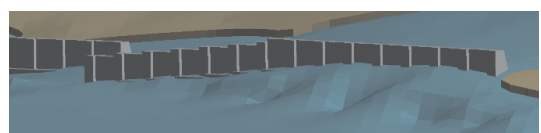


图 20 桩板拦石墙局部大样图

基于以上 BIM-3D 信息模型,项目现场与治理工程构件的空间关系将一目了然,各工程构件位置、空间关系、尺寸参数、工程量等可以通过 BIM-3D 模型轻松获取。

5 结语

本文重点研究了如何将房建等领域运用较为成熟的 BIM 技术运用在崩塌地质灾害治理工程中,提出将不同 BIM 平台创建的地质模型、工程构件族相结合,并针对该 BIM-3D 模型创建过程中的重难点提出了看法和解决措施,主要结论如下:

- (1) 构建了本治理工程三维地形模型和地层模

型,进而组合成三维地质模型。

(2) 基于 Revit 软件,构建了崩塌治理工程中的桩板拦石墙、挡墙、主被动网、锚杆(索)等构件族库。

(3) 对三维地质模型和治理工程构件模型进行组合,构建了治理工程 BIM-3D 信息模型。该模型较好地展示治理工程环境条件、工程构件特征等信息。

(4) 展望:后期将研究如何在地质灾害治理工程 BIM-3D 信息模型中加入项目进度、成本数据等,构建地灾治理工程 BIM-5D 模型,拟期实现 BIM 技术在地灾治理工程施工全过程中的应用。

参考文献

- [1] Wang Y, Wang X, Wang J, et al. . Engagement of Facilities Management in Design Stage through BIM: Framework and a Case Study[J]. *Advances in Civil Engineering*, 2013:14-21.
- [2] AYA, APC, A L K, et al. . Technology adoption in the BIM implementation for lean architectural practice[J]. *Automation in Construction*, 2011, 20(2):189-195.
- [3] 刘亚鑫. 房建项目设计阶段 BIM 工作量分析研究[J]. *建筑技术*, 2019, 50(7):826-828.
- [4] 李弘,唐佳,杨海亮,等. 基于 BIM 的房建工程质量安全监管系统功能设计与实现——以建筑管理站视角为例[J]. *建筑经济*, 2019, 40(11):14-19.
- [5] 郑顺义,魏海涛,赵丽科,等. 基于建筑信息模型的房建施工木模板计算及管理方法[J]. *浙江大学学报(工学版)*, 2017, 51(1):17-26.
- [6] 王辉,明磊,付俊,等. 房建项目钢筋 BIM 智能翻样技术创新与实践[J]. *施工技术*, 2019, 48(4):70-72.
- [7] 王蒙,李军华. BIM 技术在桥梁工程施工阶段的应用[J]. *公路交通科技(应用技术版)*, 2018, 14(10):68-71.
- [8] 董洪学,陈景雅. BIM 在公路工程中的应用研究[J]. *华东交通大学学报*, 2018, 35(1):32-36.
- [9] 殷茂源. BIM 技术在市政工程应用上的研究[J]. *工程质量*, 2020, 38(9):113-116.
- [10] 韩义哲,王玉娇. BIM 技术在地质灾害研究领域中的应用及前景[J]. *信息周刊*, 2019, (26):0009.
- [11] 刘传正. 地质灾害防治研究的认识论与方法论[J]. *工程地质学报*, 2015, 23(5):809-820.
- [12] 孙瑞. 我国地质灾害现状及防治对策浅析[J]. *中国金属通报*, 2020, (8):193-194.
- [13] 王玉超. 地质灾害防治现状及实践对策分析[J]. *科学技术创新*, 2020, (23):44-45.
- [14] 李健雄,曹月红,罗海东,等. 从施工方角度浅谈地灾治理工程中的施工图设计通病[J]. *矿产勘查*, 2018, 9(11):2250-2255.
- [15] 黄超,姜楷,李亮,等. 矿山三维地质建模研究进展[J]. *四川地质学报*, 2020, 40(2):323-326.
- [16] 陈方吾. 边坡三维地质体快速建模及可视化系统研发[D]. 成都理工大学, 2020.
- [17] 陈兵,朱泳标,张燕. 基于 EVS 的三维地质建模研究[J]. *高速铁路技术*, 2020, 11(6):6-10+18.
- [18] 吴春发,李星. 地质模拟中数据插值方法的应用[J]. *地球信息科学*, 2004, (2):50-52.

作者简介: 张青云(1986—),男,工程师,主要从事工程地质、水文地质、环境地质等方面的工作。E-mail:254397936@qq.com

通信作者: 魏伟(1983—),男,讲师,四川农业大学,主要从事岩土工程、BIM 技术应用等方面的研究。E-mail:jpwflz@sicau.edu.cn