

基于 BIM 技术的三维地质建模在整图幅地质调查中的应用

杨云峰

(北京市地质调查研究院,北京 100195)

【摘要】本文简要介绍了 BIM 技术、三维地质建模,论述了基于 BIM 技术的三维地质建模在地质工作的重要性,并结合某 1:5 万图幅环境地质调查钻探资料,针对国内基于 BIM 技术三维地质建模现状和实际需求,结合修正 BIM 三维地质建模技术,开展 1:5 万图幅三维建模尝试。论文提出了采用此建模 BIM 技术应用框架,以及建立 BIM 三维地质模型的方法和成果展示,以期探索 BIM 在三维地质建模中对规划建设指导的可行性。

【关键词】 BIM; 信息集合载体; 三维地质建模; 城市地质; 智慧城市

【中图分类号】 TU17 **【文献标识码】** A

【版权声明】文集数据被中国知网重要会议论文全文数据库(CPCD)收录,被本刊录用并在中国知网网络首发正式出版,严禁侵权转载。

前言

BIM (Building Information Model, 建筑信息模型)作为项目全寿命期内提供共享的信息资源,为各种决策提供基础信息,其核心为信息集合载体。国内外相关的调查研究表明了 BIM 技术在建筑业的巨大应用价值^[1], BIM 技术在智慧城市、城市整体规划建设中发挥重要作用, BIM 技术已经融入到“多规合一”管理流程^[2]。而我们熟知的地质工作,对社会发展具有先行性、基础性、服务性、指导性的特点^[3]。尤其整图幅的环境地质调查是摸清区域环境地质概况的重要工作方法,通过它可以获得指导规划建设的第一手资料。但传统的地质工作大多停留在二维层面的地质成果表达。如何实现“多规合一”、“一张蓝图”,使地质工作充分融入规划建设,发挥其特点,利用 BIM 技术的三维地质建模具有重大的现实意义。并且根据规划建设发展方向和整体的协同性,整图幅三维地质建模显得势在必行。

1 整图幅三维地质建模的概念

整图幅三维地质建模,顾名思义,就是基于 1:5

万环境地质调查成果基础上的三维地质模型的创建。目的是利用 1:5 万图幅的钻孔数据资料,创建直观的三维地层模型,方便规划建设的指挥者、设计者、建造者进行信息查询。区别传统的三维地质模型,整图幅三维地质建模应在规划建设前期完成,与规划、建筑、市政结合更紧密,更能满足不同层次的使用者对地质信息的获取,并保障在此模型基础上的进行设计、施工和项目的运维管理正常运行,极大降低项目成本,在项目的全生命周期中发挥重要作用。

2 基于 BIM 的三维地质建模可行性和必要性

自三维地质建模最初由 Yfantis 在 1988 提出以来其建模软件主要以国外产品为主,如 GOCAD、Petrel、Surpac 等^[4]。近年来,国内也研发了一些三维地质建模软件,如 MapGIS、TITAN 等。这些软件在解决某一领域地质问题得心应手,基本无法实现同 BIM 相结合。三维地质模型更多用于地质研究。

目前,国内的水电行业和铁路行业研发了基于 BIM 的三维地质地质建模,其主要针对解决本行业

【作者简介】 杨云峰(1979-),男,项目经理,高级工程师,主要研究方向:从事岩土工程、水工环地质、城市地质等方面研究。

项目实际遇到的地质问题,不适合其它行业。并且未能解决三维地质模型常见问题,如地层尖灭、透视镜体、地层层序判断等。

2016年12月27日,中办和国办印发了《省级空间规划试点方案》,其目的在于建立健全统一衔接的空间规划体系,提升国家国土空间治理能力和效率。“多规合一”的要求,加大了地质三维建模融入城市整体规划的必要性和紧迫性。

2019年9月,雄安新区规划建设 BIM 管理平台(一期)启动建设,新区致力于打造绿色智慧城市,最大限度融合地理信息系统和建筑信息模型,利用新区 BIM 管理平台(一期)的效用,协同规划、建筑、市政和地质等四个专业,创建《数字雄安规划建设管理数据标准》^[5]。新区对 BIM 管理平台的建设,足以看出 BIM 技术在规划建设的必要性和可行性。

所以,对于整图幅环境地质调查工作亟需采用基于 BIM 技术的三维地质建模工作。这是地质工作实现“多规合一”、“一张蓝图”必由之路。

3 基于 BIM 三维地质建模的方法

目前,基于 BIM 的三维地质建模主要采用针对 BIM 核心软件 Revit 和 Civil3D 的二次开发技术,以及包括单独在 Revit 和 Civil3D 软件直接进行三维地质建模,或者 Civil3D 结合 Revit 建模方法^[6]。而单独在 Revit 和 Civil3D 软件直接进行三维地质建模,或者 Civil3D 结合 Revit 建模方法仅仅适合简单

的地层,并且实际应用交互性较差。采用基于 BIM 技术的二次开发的专业三维地质软件能够很好的解决此类问题。

另外,BIM 采用 IFC 标准,其中对很多行业做了相应的标准化数据结构规定,此标准比较庞大且繁琐。现有的 IFC 标准所涉及的行业中没有包含地质专业;建立地质 IFC 标准化是解决 BIM 三维地质建模融入上部建筑结构的关键之所在^[7]。

所以,整图幅的三维地质建模必须解决上述问题,建立同上部建筑、结构等协同设计及并达到信息交互。

4 BIM 技术应用于三维地质建模的工程实例及成果

4.1 项目概况

基于 BIM 三维地质建模实例选取的是某区域的 1:5 万环境地质调查项目。本项目调查面积 400km²。项目包括了地面调查、水文钻探、工程钻探、标准贯入试验、土工试验等。本项目采用理正 BIM - for - Revit 软件进行模型创建。















4.2 模型创建

(1) 土层概化

依据本项目工程地质钻探所施工 30 个孔,其中 50m 孔 28 个,80m 孔 2 个。工程地质孔全孔取芯。综合地基土沉积环境、沉积规律、土体特性,将 50m 以浅划分为 8 个工程地质层。

表 1 工程地质层概化表

Table 1 overview of engineering geological layer

| 柱状图 | 层号 | 岩土名称 | 层厚 (m) | 岩性描述 |
|--|----------------|------|------------|------------------|
|  | ① | 填土 | 0.3 - 3.6 | 杂色密实,稍湿,含植物根系 |
|  | ② ₁ | 粉质粘土 | 0.6 - 3.6 | 棕黄色,稍湿,可塑。中—高压缩性 |
|  | ② ₂ | 粉土 | 1.5 - 7.0 | 褐黄—黄灰色,湿,中密 |
|  | ③ ₁ | 粉质黏土 | 1.0 - 8.5 | 黄棕色,湿,可塑—硬塑,中压缩性 |
|  | ③ ₂ | 粉土 | 1.0 - 4.5 | 棕黄色,很湿,中密—密实 |
|  | ③ ₃ | 粉细砂 | 1.6 - 18 | 黄棕色,饱和,密实 |
|  | ④ ₁ | 粉质黏土 | 1.1 - 3.4 | 褐黄,硬塑,中压缩性 |
|  | ④ ₂ | 粉土 | 1.8 | 黄棕色,饱和,中压缩性 |
|  | ④ ₃ | 粉细砂 | 1.0 - 4.6 | 黄棕色,饱和,中密—密实 |
|  | ⑤ ₁ | 粉质黏土 | 1.6 - 10.6 | 黄棕色,饱和,硬塑 |
|  | ⑤ ₂ | 粉土 | 2 | 黄棕色,密—密实,中—低压缩性 |
|  | ⑤ ₃ | 细砂 | 0.4 - 5.0 | 黄棕色,饱和,密实 |
|  | ⑥ ₁ | 粉质黏土 | 1.3 - 16.9 | 黄棕色,硬塑,中压缩性 |
|  | ⑥ ₂ | 粉土 | 1.0 - 2.4 | 黄棕色,湿,密—密实 |

| 柱状图 | 层号 | 岩土名称 | 层厚(m) | 岩性描述 |
|-----|----------------|------|------------|-----------------|
| | ⑥ ₃ | 细砂 | 1.0 - 19.8 | 黄棕色, 饱和, 密实 |
| | ⑥ ₄ | 粉质黏土 | 1.9 - 8.9 | 棕黄色, 硬塑, 中—低压缩性 |
| | ⑦ ₁ | 粉质黏土 | 13.4 | 黄褐色, 硬塑, 中—低压缩性 |
| | ⑦ ₂ | 粉土 | 1.1 | 黄褐色, 湿, 密实 |
| | ⑧ ₁ | 粉质黏土 | 1.0 - 15.7 | 棕黄色, 硬塑, 中—低压缩性 |
| | ⑧ ₂ | 粉土 | 1.0 - 3.6 | 黄棕色, 很湿, 密实 |
| | ⑧ ₃ | 中细砂 | 0.7 - 16.5 | 黄棕色, 饱和, 很湿, 密实 |
| | ⑧ ₄ | 粉质黏土 | 0.6 - 13.8 | 棕黄色, 硬塑, 中—低压缩性 |

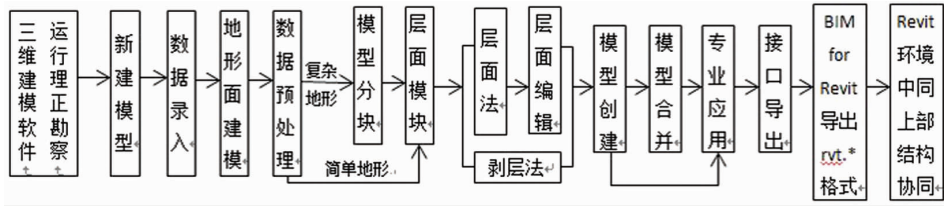


图 1 基于 BIM for Revit 三维地质建模流程

Fig. 1 3D geological modeling process based on BIM for Revit

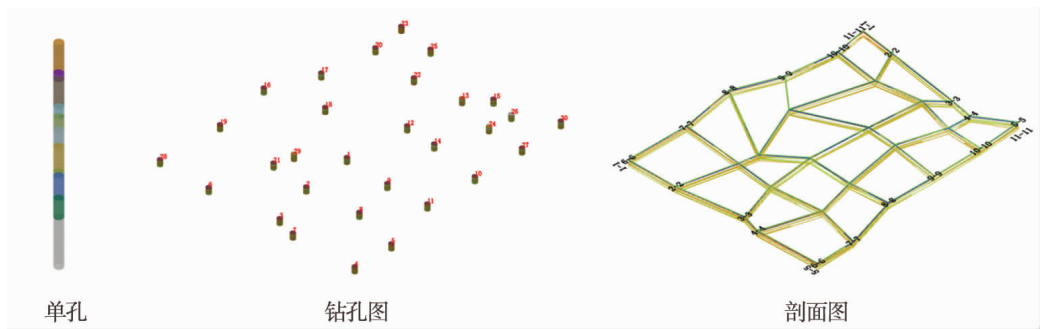


图 2 钻孔及剖面图

Fig. 2 Borehole and profile

(2) 建模流程

基于 BIM for Revit 三维地质建模流程如图 1。

(3) 地形面创建

运行理正勘察三维地质软件, 新建模型。导入理正工程地质勘察 9.0 生成的 P - BIM 接口数据。进行模型参数设置。本建模软件提供了 4 种插值算法: 克里金插值、径向基函数插值、样条函数插值、距离反比插值。我们选择克里金插值。考虑钻孔数量、精度要求、计算机硬件水平, 网格间距和精度设置为 50m, 10m。利用钻孔高程和地面调查的 300 多个高程点生成地面模型。由于本项目位于潮白河和温榆河下游, 地面高差不超过 10m, 地势平坦, 加之模型所表达的范围较大, 所以模型地面看不出起伏。

(4) 数据预处理

数据预处理是理正勘察三维地质建模的关键步骤。使用图形数据检查功能, 对检查出来的错误进行处理。主要在理正勘察三维地质里, 打开之前理正勘察 9.0 生成的剖面图进行修改。针对地层界线计算机识别错误、地层编号错误、透镜体地层界线错误等。剖面数据处理完毕, 进行数据检查命令。数据检查包括: 1) 检查地质编号合理性; 2) 检查地质线的闭合、多值、重叠情况; 3) 检查地面线的合理性; 4) 检查地质线是否与钻孔一致; 5) 检查是否存在逆序的地层线。如发现错误, 继续修改。直到数据检查全部正确。本项目纵横共有 11 条剖面。数据检查全部通过。

(5) 地层体建模

通过分析钻孔和剖面数据,或查看地层原始数据后,如果地层联通较好,则适合运用层面法进行建模;如果地层不联通,较破碎,则可以运用剥层法进行建模。层面法创建的地层均为地层面。剥层法创建的地层均为地层体,拆分完成后可直接执行自动创建三维模型功能得到三维地质体。据本项目特点,采用剥层法创建地层体。地层体模型如图 3 所示。

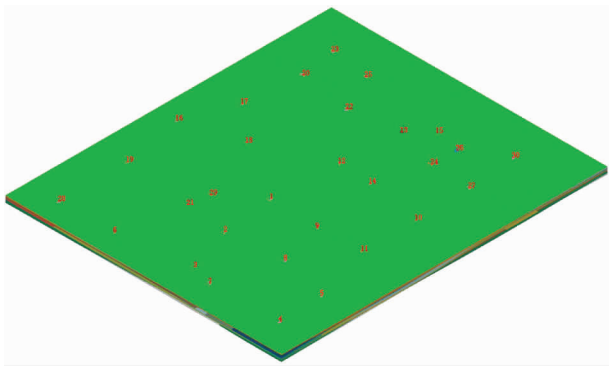


图 3 地层体模型

Fig.3 Stratigraphic model

4.3 模型成果应用

(1) 模型剖切

利用软件对模型任意剖面进行剖切的功能。选择任意切面对模型剖切。剖切后,可以看到剖切后的地层情况,如图 4 所示。

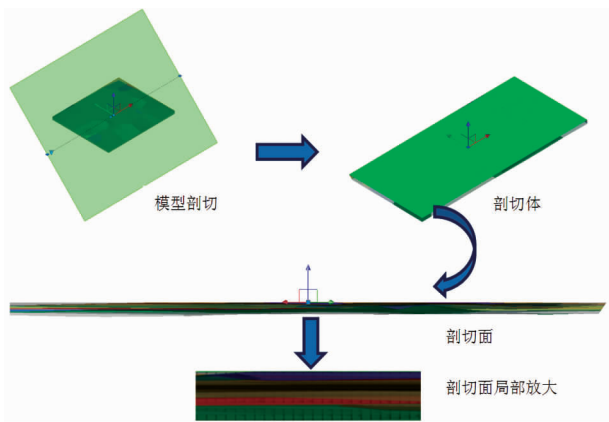


图 4 地层体剖切

Fig.4 Stratigraphic section

通过剖切地层体,我们很容易查询该项目模型范围的任何地层空间分布情况。

(2) 桩端持力层展示

在规划设计阶段,如果天然地基不足以满足上

部结构承载力,需要采用桩基施工,通过三维地质模型可以查看本项目的桩基持力层分布。

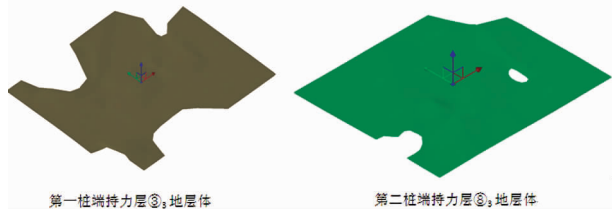


图 5 桩端持力层地层体

Fig.5 Pile end bearing stratum

根据钻孔取样所得实验分析数据,选择砂层厚度较大,分布较均匀,承载力较高作为桩基持力层。本项目砂层大多较密实,第一主要持力层选定③₃粉细砂层,平均厚度 3.5m 左右;第二持力层选定⑧₃中细层,平均厚度 4m 左右。

(3) 液化土体的展示

液化土体是规划和建筑设计要考虑的重要问题。液化土体的直观展示能让设计师和决策者更好对场地的了解。

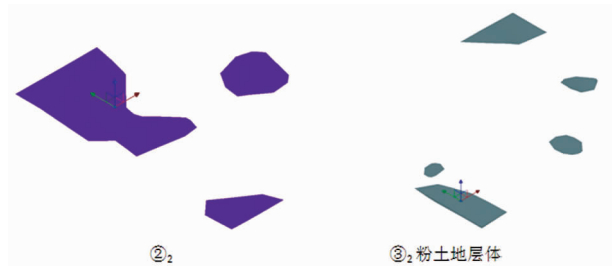


图 6 液化地层体

Fig.6 Liquefying strata

本项目的液化地层体主要为②₂粉土和③₂粉土。根据理正勘察 9.0 软件判别,液化等级为轻微—中等。

(4) 基坑开挖展示

本软件专业应用提供了在三维模型任意开挖基坑的功能。接坑的边界可以从 CAD 导入,也可以图上绘制。基坑的放坡可以选择直坡或多级边坡。而且可以查询开挖的土方量。

4.4 模型转换

利用理正三维地质建模软件将三维模型数据保存为.lzrvt 格式的文件,在理正岩土 BIM - for - Revit 软件下运行分析。也可通过 BIM - for - Revit 软件将.lzrvt 模型数据转换成.rvt 数据格式,直接在



图7 基坑开挖示意图

Fig.7 Schematic diagram of foundation pit excavation

Revit 下运行。

由于该三维地质模型较大,直接在 Revit 下运行速度太慢。裁剪三维地质模型十分之一,在模型上添加建筑模型,如图 8 所示。

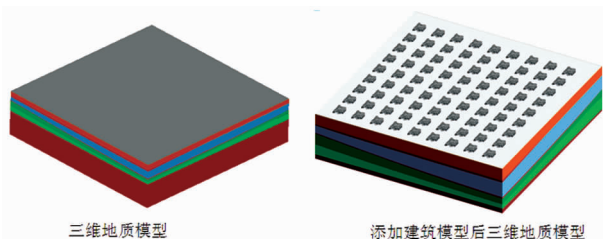


图8 三维地质模型和建筑模型结合展示

Fig.8 Combination of 3D geological model and architectural model

5 BIM 技术应用于整图幅三维地质建模存在的问题

采用 BIM 三维地质模型软件建立的整图幅三维地质模型基本能展示三维地层体结构。从地质数据的一致性和连贯性,地质成果从平面到立体来看,理正软件具有很强的优势。而且建模的操作简便,交互性较强。但对于本次整图幅的建模,由于图幅面积较大,纵向尺寸相对较小,模型纵向显示不是很清晰。

该模型对于规划建设关心的地质结构和不良地质体基本能显示并查询。能够提供岩土工程中常见的基坑开挖、基桩开挖、隧道施工模拟。但如果在模型中增加更多的水文地质信息交互功能,就能更好地服务规划建设^[8]。

因为该项目钻孔较少,导致模型整体精度不高。根据地质资料,在钻孔稀少和地质条件变换的地方,设置虚拟钻孔控制地质数据。增设虚拟钻孔

能极大地提高三维地质模型的精度^[9]。

地层概化对场区模型创建的非常重要^[10],但是由于地层钻孔来源多元性,地层描述的宽泛性,导致了同一项目模型创建的差异性。地层概化的标准化和交互性是未来地质建模的研究重点。

整幅图的三维地质建模对计算机的硬件配置较高,尤其在 Revit 下运行三维地质模型及添加建筑模型,需要非常高的计算机硬件配置。

6 结论

通过基于 BIM 技术的整幅图三维地质建模研究及应用展示,证明了基于理正 BIM - for - Revit 三维地质建模的可行性。该模型能较好对地质体进行展示和交互查询,能够很好地同上部建筑设计 BIM 软件相结合。基于 BIM 技术的三维地质模型对于大区域的规划建设具有很好的帮助作用。实现基础地质与城市规划、建设完美无缝结合,达到智慧城市管理,是未来城市地质发展的方向。而基于 BIM 技术整图幅的三维地质建模技术的研究与应用一定是未来地质工作的重点。

参考文献

- [1] 宁忠意. 欧特克携手 Dodge Data & Analytics 发布《中国 BIM 应用价值研究报告》[J]. 中外建筑, 2015(6): 19-21.
- [2] 晋磊. BIM 报批系统与“多规合一”平台衔接的研究[J]. 学术研究测绘技术装备, 2020, 22(1): 13-16, 12.
- [3] 杨云峰, 刘立岩, 曹胜利. “互联网+”时代地质行业如何发展[J]. 中国西部科技, 2015, 14(12): 10-13.
- [4] 林孝城. BIM 在岩土工程勘察成果三维可视化中的应用[J]. 福建建筑, 2014(6): 111-113.
- [5] 谢非. “数字中国”时代——建筑业的数字化转型[N]. 中国建设报, 2019-06-07(006).
- [6] 初士立, 夏绵丽, 封明明, 等. 基于 BIM 技术的岩土工程三维地质模型创建方法研究[J]. 隧道建设(中英文), 2019, 39(z1): 152-157.
- [7] 崔年治, 高晓军, 石晓敬, 等. 岩土工程勘察 BIM 及其应用[C]. 全国建筑工程勘察科技情报网、全国建筑工程勘察科技情报网华北情报站、中国建筑学会工程勘察分会. 2016 年全国工程勘察学术大会论文集(上册). 全国建筑工程勘察科技情报网、全国建筑工程勘察科技情报网华北情报站、中国建筑学会工程勘察分会, 2016, 284-290.
- [8] 高学珑, 陈奕, 许乃星, 等. 基于 BIM 的海绵城市规划

- 建设运维管控关键技术[J]. 给水排水, 2019, 55(10): 51-56.
- [9] 钟频. 基于虚拟钻孔技术的三维地质建模应用研究[J]. 现代信息科技, 2017, 1(3): 100-101.
- [10] 杜子纯, 刘镇, 明伟华, 等. 城市级三维地质建模的统一地层序列方法[J]. 岩土力学, 2019, 40(S1): 259-266.

Application of 3D Geological Modeling Based on BIM Technology in Geological Survey of Whole Map Sheet

Yang Yunfeng

(Beijing Institute of Geological Survey, Beijing 100195, China)

Abstract: This paper briefly introduces BIM technology and 3D geological modeling and discusses the importance of 3D geological modeling based on BIM technology in geological work, combines the drilling data of a 1: 50000 map of environmental geological survey, aims at the current situation and actual demand of domestic three-dimensional geological modeling based on BIM technology, combines with Lizheng BIM 3D geological modeling technology, the attempt of three-dimensional modeling of 1: 50000 map was carried out. The paper puts forward the application framework of this modeling BIM technology, as well as the method of establishing BIM 3D geological model and the display of results to explore the feasibility of BIM's guidance for planning and construction in three-dimensional geological modeling.

Key Words: BIM; Information Collection Carrier; 3D Geological Modeling; Urban Geology; Smart City