

# BIM 技术在公路地质勘察中的应用

王朋伟

(甘肃省交通规划勘察设计院股份有限公司, 甘肃兰州 730030)

**【摘要】** 以南川隧道为例, 采用 BIM 技术, 融合地质调绘、勘探、地质剖面等多源地质信息数据构建三维地质模型, 快速生成构造物三维模型, 实现公路 BIM 模型融入三维地质勘察信息, 全方位展现公路地质信息, 弥补了公路工程建设 BIM 应用的短板。结果表明, 采用 BIM 技术实现三维地质可视化成果与公路专业进行协同工作, 可以全方位、立体展现构筑物场地地质环境, 更加准确把握地质风险, 为公路建设的顺利进行提供技术保障。

**【关键词】** 公路工程; 地质勘察; BIM; 三维地质

**【中图分类号】** U 412.2; TP 391

**【文献标识码】** A

doi: 10.3969/j.issn.1007-2993.2022.06.006

## Application of BIM Technology in Highway Geological Survey

Wang Pengwei

(Gansu Province Transportation Planning, Survey & Design Institute Co., Ltd., Lanzhou 730030, Gansu, China)

**【Abstract】** Taking Nanchuan Tunnel as an example, BIM technology is used to integrate multi-source geological information data such as geological mapping, exploration, and geological profile to build a three-dimensional geological model. BIM Technology could quickly generate a three-dimensional model of structures, integrate the highway BIM model into three-dimensional geological survey information, and comprehensively display highway geological information, making up for the shortcomings of BIM application in highway engineering construction. The results show that the collaborative work between 3D geological visualization results and highway specialty could be realized based on BIM technology, and the geological environment of the structure site could be displayed comprehensively and stereoscopically. Geological risks could be identified more accurately, and technical support could be provided for the progress of highway construction.

**【Key words】** highway engineering; geological survey; BIM; three-dimensional geology

### 0 引言

2018 年交通运输部发布了《关于推进公路水运工程 BIM 技术应用的指导意见》<sup>[1]</sup>, 推进了 BIM 技术在公路交通行业的发展。公路工程地质勘察成果是公路设计和施工的重要依据, 为公路建设提供地质、水文、岩土等重要地质信息。传统的地质勘察成果通过地质纵断面或横断面展现场地地质信息, 以定性描述为主, 因设计人员地质经验的不同, 对地质信息理解差异性较大, 造成设计与地质脱节, 致使产生重大工程问题<sup>[2]</sup>。

三维地质建模随着计算机软硬件的发展而广泛应用, 迄今已有 20 多种模型<sup>[3]</sup>, 张夏林等<sup>[4]</sup>提出采用 CPG 格架-矿体-属性一体化建模, 并应用于锰矿床高精度三维地质模型; 唐丙寅等<sup>[5]</sup>提出基于三角网和

角点网格的混合空间数据模型来构建三维精细地质模型的方法, 并将其应用到城市三维地质模型的构建中; 李 建等<sup>[6]</sup>提出融合钻孔与地质剖面进行混合地质建模, 建立郑州市三维地质模型; 吴冲龙等<sup>[7]</sup>提出混合钻孔、地震、剖面与 DEM 耦合进行三维地质可视化建模, 并应用于地质矿产三维信息展示平台中。传统的地质三维建模难以实现对地质先验知识的融合, 往往结构与属性建模过程割裂, 建模效率低, 也不能与工程构筑物有效整合。

BIM 模型作为三维建模新技术, 具有可视化、协调性、模拟性等特点<sup>[8]</sup>。基于 BIM 语言的三维地质建模可以展现场地全方位地质信息, 让设计人员易于读懂场地地质信息, 实现工程勘察成果的精细化<sup>[9]</sup>。在 BIM 技术的推动下, 全方位、立体展现场地三维

地质环境将成为公路建设 BIM 数据成果中的一个重要组成部分<sup>[10]</sup>, 便于准确把握地质风险, 为工程建设的顺利进行提供技术保障。

本文基于 BIM 技术构建隧道工程三维地质模型, 探讨 BIM 技术融入三维地质建模的理念和思想, 对推动公路三维地质建模具有重要意义。

## 1 依托工程

天水绕城高速—南川隧道穿越渭南镇刘庄村与窠家峡村之间的山梁, 进口段位于刘家庄村西侧, 出口段位于窠家峡小学南侧 500 m 杨家沟沟口(见图 1)。



图 1 南川隧道地貌图

隧址区处于构造剥蚀低中山地貌, 属于渭河右岸突出的山咀, 地形起伏变化较大, 呈西南高东北低, 临河侧坡面自然坡度约  $40^{\circ} \sim 55^{\circ}$ , 基岩零星出露。隧道横穿山咀, 高程 1135 ~ 1485 m, 坡面植被发育, 多为灌木及乔木。

隧道位于中祁连造山带和北秦岭造山带的结合部位, 区域构造复杂, 李家崖—南河川逆断层与隧道小角度相交。

隧道通过地层为第四系上更新统风积黄土 ( $Q_3^{col}$ )、上更新统冲积黄土、圆砾 ( $Q_3^{al+pl}$ ); 新近系砂质泥岩 (N)、下古生界牛头河群花岗片麻岩 ( $Pz_{1nt_4}^1$ ) 及断层角砾岩。该隧道地层岩性复杂, 地质构造复杂。本文采用 BIM 技术构建隧道三维地质模型, 分析隧道穿越地层及构造带, 为隧道设计提供地质支撑。

## 2 技术路线

地质信息是在多种地质调绘、勘探、试验等信息基础上汇总而成。三维地质建模就是在这个基础上对地质信息在三维空间形态的展现, 直观反映地质体空间分布特征。

三维地质建模的核心是构建地质层面的三维展布, 需要科学的空间曲面拟合, 尽可能贴近地质认知。这就需把地质调查、勘探等点、线数据转换成地质层面, 然后生成地质体的空间发展理念。三维地质建模模型的精度首先取决于工程地质勘察数据的精度, 其次是地层曲面拟合算法对地质面自适应的能力<sup>[11]</sup>。

常见的三维地质建模方法有: 基于钻孔数据的

建模方法、基于剖面数据的建模方法、基于多源数据融合建模方法等<sup>[12]</sup>。这些方法通过局部的、精细的地质描述数据约束进行构建相应的地质界面模型。

**钻孔建模:** 通过钻孔平面位置和地层分层信息, 快速建立起地层分层的基本参考信息, 通过钻孔地层之间连接模拟地质信息, 建立地层面及地质体。本方法自动化程度高, 适合地形简单、地层稳定、钻孔规模大的场地。一般不需要人工干预, 电脑自动完成三维建模。但这种建模方式交互程度低, 一般只适用于地层简单的地质模型, 无法处理断层或倒转褶皱等复杂地质现象。

**剖面建模:** 工程地质剖面是工程地质工作全部成果的综合表达, 汇集了地质调查、勘探、试验以及地质经验等相关信息。能够反映典型和特殊的地质现象, 直观表达地层分布和构造特征。通过把二维空间剖面转换成三维空间剖面, 利用地层之间的拓扑关系生成三维地质模型, 速度快, 效率高。建模的准确性取决于工程地质剖面的数量和质量, 适用于对地质体有了基本认知的基础上, 但不能反映地表地层出露情况, 场地地质出露不宜太复杂。

**多源数据建模:** 即采用多种与地质有关的数据融合进行建模, 数据包含地质界线、地质构造、地质点、不良地质界线、剖面、勘探等多样化数据。不同地质体采用不同的建模方法, 最后进行模型整合与拓扑计算, 实现复杂地质模型建模。具体方法是从工程地质平面图、工程地质剖面图以及勘探等数据中提取特殊地质构造信息, 比如断层的走向线、产状, 生成断层的空间展布模型。从断面中提取透镜体信息, 生成三维透镜体模型。将生成特殊地质体整合在地质模型中, 然后通过布尔运算生成合理的复杂地质模型。建模过程伴随着地质解译过程, 数据丰富, 模型精度高, 交互程度高, 全方位反映地下及地表地质信息, 能够构建大型复杂的地质体, 适用性强。但该方法处理数据较复杂, 建模过程需要较多人工干预<sup>[13]</sup>。

因多源数据建模能够统筹各类地质信息, 且建模精度高, 故本文采用多源数据建模构建南川隧道三维地质模型, 技术路线如图 2。

## 3 基于 BIM 的三维地质模型构建

### 3.1 三维地质建模

本次建模采用北京华创汇祥公司旗下 Aglos Geo 软件, 该软件系基于 Bentley 平台开发的三维地质建模软件, 具有内存小、更便捷、互操作性高等特点<sup>[14]</sup>。

该软件采用数据端和图形端对勘察信息模型进

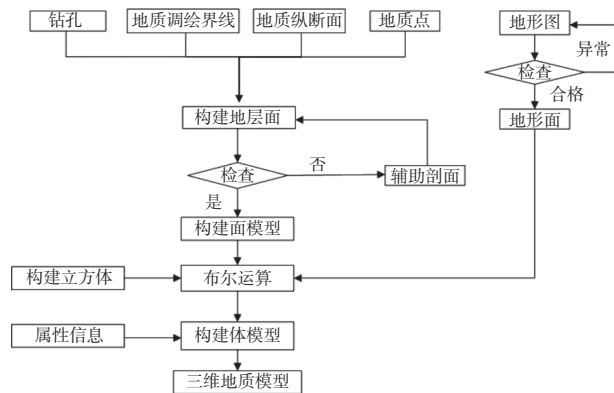


图2 多源数据融合建模

行管理;数据端录入主要地层信息(地质点)、勘探信息(钻孔、探井等)以及工程环境显示样式等重要数据,实现数据与图像显示分离,减少误操作对后台数据的删除与重置等。

图形端属于操作平台,支持百万级 TINs 的流畅显示、编辑以及布尔运算。用国际先进的克里金地质算法和距离幂函数形成光滑的 TINs,可创建各种连续的、非连续、有边界的地质界面、断层界面、透视镜等。

本文采用多源数据融合进行三维地质建模,基础地质资料包括钻孔、平面地质界线、产状、地质点、不良地质界线、断层、工程地质剖面等。三维地质建模具体步骤如下:

(1)在数据端建立项目库,并导入理正勘察数据库,设置工程环境,包括地层、岩性、风化、断层、夹层等基本信息的设置;

(2)图形端选择需要创建工点的勘探点,并对勘探数据进行三维建模,形成钻孔 BIM 模型(见图 3);

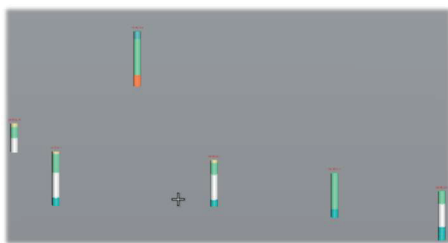


图3 钻孔 BIM 模型

(3)导入地形数据,修正检查错误图层,生成三角网的数字高程模型模拟三维地形面;

(4)读入或编辑剖面:将已知的剖面图移动到对应里程桩号位置,在三维系统里编辑地质剖面,并赋地层信息;

(5)导入地质调绘界线和地质点信息,将其压印到三维地表模型表面,并赋地层信息;

(6)采用克里金算法结合钻孔、剖面、地质调绘等信息对地层面进行拟合,形成光滑的地层界面。克里金算法广泛用于地下水模拟、土壤制图等领域,是一种有效的地质统计格网化方法;

(7)对拟合地层面进行局部调整,采用探针、地质点、剖面编辑等对地层面进行微调,直到符合真实的地质界面为止;

(8)断层创建,根据平面断层露头、物探推算断层走向以及断层倾角,采用阵列方式拟合断层面,形成断层体模型(见图 4);

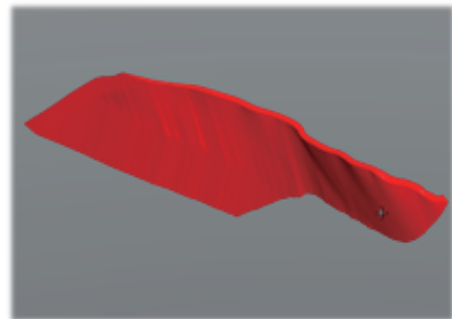


图4 断层面的创建

(9)依据地层关系,通过地形面对地层面、断层面进行修剪,形成标准地层面;

(10)利用立方体与地层进行布尔运算,获得地质体三维模型,并赋地质属性信息,最终建成三维地质体,见图 5。

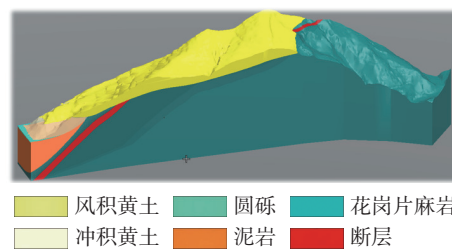


图5 隧道三维地质模型

### 3.2 三维构筑物建模

BIM 技术在公路工程勘察中应用,集中体现在地质勘察三维成果与公路构筑物等专业耦合,加强岩土勘察成果的表达力。不仅包含地质内容,而且含有构筑物与地质相互关系,直观表达构筑物通过的地层岩性和地质构造,将岩土工程勘察融入到 BIM 全生命周期的进程中<sup>[15]</sup>。

采用 Aglos Geo 软件对构筑物三维模型进行生成,步骤如下:

(1)根据总体图、剖面图生成隧道三维曲线,以夹层形式赋值属性;

(2)利用隧道横断面与隧道三维曲线在三维空间

叠加,经过旋转矫正,使得横断面图中心点与隧道三维曲线正交,形成三维隧道横断面标准图;

(3)采用扫描创建实体沿着隧道曲线走向获取隧道三维空间实体,见图6、图7。

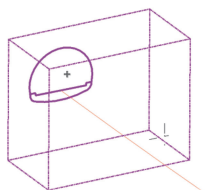


图6 隧道横断面三维展布

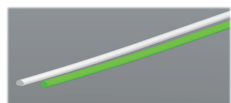


图7 隧道三维轴线建模

传统的隧道地质展示以二维地质剖面图和横断面对隧道地质信息进行描述,很难反映隧道三维空间地质信息<sup>[16-17]</sup>。将三维地质模型与隧道工程实体进行整合,实现工程隧道岩土勘察 BIM 模型,可全方位、多角度查看隧道所处的地层岩性以及地质构造,准确把握地质风险(见图8、图9)。

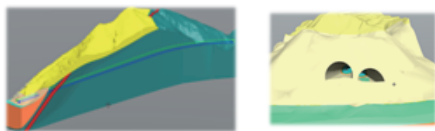


图8 三维隧道地质模型

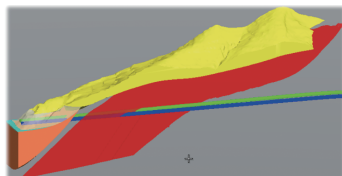


图9 断层与隧道的关系

#### 4 结论

(1)通过 BIM 技术,充分利用地质调绘、勘探、地质剖面等成果资料,结合对地质体和地质构造的理解,生成三维地质模型,成为一种全方位表达公路地质信息的手段。

(2)三维地质建模能够更加直观表达公路构筑物与地层、地质构造之间的关系,提高设计人员对地质信息的理解。

(3)三维地质建模能够准确反映地质风险,实现工程勘察成果的精细化,有利于提高工程地质勘察质量。

#### 参 考 文 献

- [1] 交通运输部办公厅. 交办公路[2017]205号 关于推进公路水运工程BIM技术应用的指导意见[Z]. 2017.
- [2] 郑 豪, 宁豪杰. BIM 技术在岩土工程勘察中的应用[J]. 智能与信息化, 2020, (21): 181-183.
- [3] 明 镜. 三维地质建模技术研究[J]. 地理与地理信息科学, 2011, 27(4): 14-18.
- [4] 张夏林, 吴冲龙, 周 琦, 等. 基于勘查大数据和数据集市的锰矿床三维地质建模[J]. 地质科技情报, 2020, 39(4): 13-20.
- [5] 唐丙寅, 李新川. 一种基于TIN-CPG混合空间数据模型的精细三维地质模型构建方法[J]. 岩土力学, 2017, 38(4): 1218-1225.
- [6] 李 健, 王心宇, 刘沛溶, 等. 融合钻孔与地质剖面的三维地质混合插值方法[J]. 郑州大学学报(理学版), 2022, 54(3): 1-9.
- [7] 吴冲龙. 地质矿产点源信息系统的开发与应用[J]. 地球科学:中国地质大学学报, 1998, 23(2): 87-92.
- [8] 夏 锋. BIM技术在铁路三维地质建模中的应用[J]. 道路工程与桥梁, 2019: 141-143.
- [9] 戴一鸣, 任 彧. 探讨BIM在工程勘察应用的可行性[J]. 岩土工程技术, 2016, 30(1): 6-11.
- [10] 于凤树, 吕风华, 刘宝华, 等. 基于BIM技术地质体三维模型构建关键技术的研究[J]. 工程勘察, 2018, 46(8): 37-40, 50.
- [11] 张青元, 张丽云, 魏占营, 等. 三维地质建模软件发展现状及问题探讨[J]. 地质学刊, 2013, 37(4): 554-561.
- [12] 王春女, 董庆吉, 韩振哲, 等. 三维地质模型建模方法[J]. 矿床地质, 2017, 33(S1): 1033-1034.
- [13] 李 敏, 刘 钊, 韩 征, 等. 城市区域三维地质结构模型建设与集成方法[J]. 城市地质, 2018, 13(2): 93-97.
- [14] 赵 非, 黄新文. 基于BENTLY平台的地质三维建模技术研究[J]. 铁道勘察, 2019, 45(3): 60-64.
- [15] 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, 2017, (6): 111-113.
- [16] 杨永文, 王晓君, 王 峰. BIM 技术在某岩土工程案例中的应用[J]. 地基处理, 2020, 2(4): 307-310.
- [17] 马钰栋, 唐君辉. BIM 在上海地区岩土工程勘察中的应用[J]. 城市勘测, 2021, (2): 196-199, 204.

收稿日期: 2021-08-09