

广西壮族自治区南宁市工程建设技术指南

南宁市岩土工程 BIM 实施指南

Geotechnical engineering information modeling
Implementation guidelines in nanning

2018-12-6 发布

2018-12-6 实施

南宁市城乡建设委员会 发布

广西壮族自治区南宁市工程建设技术指南

南宁市岩土工程 BIM 实施指南

Geotechnical engineering information modeling

Implementation guidelines in nanning

主编部门：南宁市勘察测绘地理信息院

批准部门：南宁市城乡建设委员会

施行时间：2018 年 12 月 6 日

2018 南宁

南宁市城乡建设委员会关于发布
《南宁市建筑工程 BIM 实施指南》
《南宁市市政工程 BIM 实施指南》
《南宁市岩土工程 BIM 实施指南》的通知

南建〔2018〕46号

各有关单位：

根据《南宁市人民政府关于推进建筑信息模型技术推广应用的实施意见》（南府规〔2017〕1号）的精神，为完善 BIM 技术标准体系，我委组织相关单位编制《南宁市建筑工程 BIM 实施指南》《南宁市市政工程 BIM 实施指南》《南宁市岩土工程 BIM 实施指南》，已获专家评审通过，现给予发布实施，供各有关单位参考实施。

南宁市城乡建设委员会

2018年12月6日

前 言

根据《南宁市人民政府关于推进建筑信息模型技术推广应用的实施意见》（南府规〔2017〕1号）、《南宁市 BIM 技术推广应用试点城市行动方案》等文件精神，编制组经过广泛调查研究，认真总结实践经验，依据有关国家标准和广西地方标准，参考其他省市地方标准和指南，并在广泛征求意见的基础上，编制了本指南。

本指南的主要内容包括：1、总则；2、术语和代号；3、概述；4、技术路线；5、城市岩土工程 BIM 模型；6、岩土工程 BIM 模型构建；7、岩土工程 BIM 模型交付；8、岩土工程 BIM 模型应用；9、数据安全；附录 A、岩土工程 BIM 应用案例。

本指南由南宁市城乡建设委员会负责管理，由主编单位负责具体章节及内容的解释。在执行过程中，有关问题和建议，请寄往南宁市勘察测绘地理信息院（地址：南宁市茶花园路 31-1 号，邮编：530022，电话：0771-2281080，邮箱：gxnskcy@163.com。）

本指南指导单位：南宁市城乡建设委员会

本指南主编单位：南宁市勘察测绘地理信息院

本指南编制领导小组：韦杰鹏 杨 涟 曾林雯 傅奕臻
梅 嵩 粟弼国 余振平 韦 伟

本指南主编：许 国

本指南参编人员：黄炳强 王海英 王长海 王素霞 代志宏
阮 明 胡震天 陆晓清 庞敬林 吴思睿

吴必胜 李永新 王 威 梁 星 董建明
张堂贵 龚复军 卢 鹏 廖子龙 梁 波
陈成全 赵 勇

本指南主要审核人员：丘光宏 莫志刚 江 杰 肖玉明
梁 华 王 伦 邓月华

目 录

1	总则	1
1.1	编制目的	1
1.2	适用范围	2
1.3	适用的工程阶段	2
2	术语和代号	3
2.1	术 语	3
2.2	代 号	5
3	概述	7
3.1	实施背景	7
3.2	实施目标	7
3.3	实施形式	8
3.4	问题与挑战	10
3.5	实施前准备	11
3.6	建模标准	16
4	技术路线	17
4.1	岩土工程 BIM 应用内容	17
4.2	岩土工程 BIM 应用技术路线	19
5	城市岩土工程 BIM 模型	20
5.1	一般规定	20
5.2	建模单元划分与模型命名	26
5.3	数据采集与处理	29

5.4	城市岩土工程 BIM 模型构建	39
6	岩土工程 BIM 模型构建	51
6.1	一般规定	51
6.2	数据准备及预处理	54
6.3	工程地质 BIM 模型构建	62
6.4	岩土工程设计 BIM 模型构建	73
7	岩土工程 BIM 模型交付	80
7.1	一般规定	80
7.2	岩土工程 BIM 模型交付深度等级	81
7.3	岩土工程 BIM 模型交付内容	83
8	岩土工程 BIM 模型应用	88
8.1	施工阶段岩土工程 BIM 应用	88
8.2	竣工验收阶段岩土工程 BIM 应用	92
9	数据安全管理的	94
9.1	数据安全管理的	94
9.2	数据安全管理的	94
9.3	数据安全管理的	95
附录 A	岩土工程 BIM 应用案例	98
A.1	南宁园博园项目岩土工程 BIM 应用	98
A.2	南宁地铁岩溶地质建模和隧道开挖项目岩土工程 BIM 应用	104
A.3	某高速公路边坡 BIM 地质建模项目	106
A.4	某学校教学楼岩土工程 BIM 应用	108
A.5	某地铁站岩土工程 BIM 应用	110

A.6 某滑坡项目岩土工程 BIM 应用	114
本指南用词说明	118
引用标准名录	119

Contents

1	General Provisions	1
1.1	Purpose of Compiling	1
1.2	Scope of Application	1
1.3	Applicable Engineering Stage	2
2	Terms and Symbols	3
2.1	Terms	3
2.2	Symbols	5
3	Summary	7
3.1	Implementation Background	7
3.2	Implement The Goal	7
3.3	Form of Implementation	8
3.4	Problems and Challenges	10
3.5	Preparation for Implementation	11
3.6	Operation Standard	16
4	Technical Route	17
4.1	Application Content of Geotechnical Engineering BIM ..	17
4.2	Technical Route of Geotechnical Engineering BIM	19
5	BIM Model of Urban Geotechnical Engineering	20
5.1	General Requirements	20
5.2	Modeling Unit Partition and Model Name	26
5.3	Data Acquisition and Processing	29

5.4	Construction of BIM Model for Urban Geotechnical Engineering	39
6	Construction of BIM Model for Geotechnical Engineering	51
6.1	General Requirements	51
6.2	Data Preparation and Preprocessing	54
6.3	Construction of Engineering Geological Information Model	62
6.4	Establishing the Information Model of Geotechnical Engineering Design	73
7	Delivery of Geotechnical Engineering Information Model	80
7.1	General Requirements	80
7.2	Delivery Model Depth Levels of Geotechnical Engineering BIM Model Delivery	81
7.3	Geotechnical Engineering BIM Model Delivery Contents	83
8	Application of BIM Model in Geotechnical Engineering	88
8.1	BIM Application of Geotechnical Engineering in Construction Stage	88
8.2	BIM Application of Geotechnical Engineering in Completion Acceptance Stage	92
9	Data Security Management	94
9.1	The Purpose of Data Security Management	94
9.2	Principles of Data Security Management	94
9.3	Requirements for Data Security Management	95
Appendix A	Application Example of BIM	98

1. BIM Application of Geotechnical Engineering of Garden Expo Garden in Nanning	98
2. Karst Geological Modeling and Tunnel Excavation Project in Nanning Metro	104
3. BIM Geological Modeling Project of A Certain Expressway	106
4. BIM Application of Geotechnical Engineering in A School Teaching Building	108
5. BIM Application of Geotechnical Engineering in Metro Station	110
6. BIM Application of Geotechnical Engineering for A Landslide Project	114
Explanation of wording in This Code	118
Normative Standards	119

1 总 则

1.1 编制目的

为落实南宁市勘察行业发展规划，推广勘察行业 BIM 模型技术应用，提高勘察行业信息化水平，特编制《南宁市岩土工程 BIM 实施指南》。

本指南为技术应用指南，主要针对南宁市建设工程全生命期中，岩土工程 BIM 模型技术的基本应用，阐明应用的目的意义，提供技术应用指导，描述数据准备、建模步骤、模型成果以及交付模型等应用流程。

岩土工程 BIM 模型包含工程地质 BIM 模型、岩土工程设计 BIM 模型，可根据项目需要和建设方要求，制作交付其中的一种模型或者全部模型。

本指南旨在推行 BIM 于岩土工程行业中应用，指导和规范南宁市岩土工程 BIM 模型（以下简称 BIM）技术应用。基于各参建方存在建设项目信息交换的需求，搭建符合管理、技术应用特点的 BIM 协同平台，平台与工程勘察信息化平台数据相联通，且可对符合建筑工程数据交换标准格式的岩土工程 BIM 模型进行存档与管理，促进信息流通，保障数据安全，实现 BIM 平台对建设项目全生命周期的监管与指导。指南的推行有利于提升区域内岩土工程建设质量，确保工程安全，提高投资效益；有利于规范岩土工程市场及企业的健康发展；有利于质量监督和工程审计；有

利于提升建筑全生命周期管理质量；有利于南宁数字城市、智慧城市、海绵城市建设；有利于提升南宁市经济和社会效益。

本指南主要侧重岩土工程 BIM 模型技术的实际应用，同时考虑与国家、地方已发布或在编标准的衔接。

1.2 适用范围

本指南适用于南宁市范围内需要开展岩土工程 BIM 模型工作的工程建设项目，并可供工程建设项目参建各方以及相关管理部门参考。

本指南指导本市勘察设计单位在岩土工程勘察设计中应用 BIM 模型技术，实现岩土工程 BIM 模型标准的统一，作为岩土工程 BIM 模型在建设工程全生命期中实际应用的参考依据。

1.3 适用的工程阶段

岩土工程 BIM 模型适用于建设工程中勘察、设计、施工与竣工全阶段，提供满足建设方深度要求的数据，建立交付岩土工程 BIM 模型，岩土工程 BIM 模型的建立与交付应符合建设方提出的深度要求，满足建设方的实际应用。

2 术语和代号

2.1 术语

1 建筑信息模型 BIM Building Information Modeling, Building Information Model

在建设工程及设施全生命期内，对其物理和功能特性进行数字化表达，并依此设计、施工、运营的过程和结果的总称，简称模型。

2 建筑信息模型细度 BIM Level of Development (LOD)
模型元素的几何与非几何信息的详细程度。

3 岩土工程 BIM 模型 Geotechnical Engineering Information Model, 即 GIM

基于勘察工作，将反映场地工程地质和岩土工程的相关信息数据集合起来构成的三维数字化模型，具备数据共享、传递和协同功能。将工程勘察成果三维可视化，实现上部建筑与其地下空间工程地质信息的三维融合，实现建筑信息模型在工程勘察领域的应用。

4 BIM 协同平台 BIM-Based Collaboration Platform

BIM 协同平台是指基于 BIM 技术开发应用的多专业、多参建方向协同工作的软硬件环境。

5 城市岩土工程 BIM 模型 Three Dimensional City Model

城市地形地貌、地质条件、地上地下人工建（构）筑物等的

三维表达，反映对象的空间位置、几何形态、纹理及属性等信息。本指南中的城市岩土工程 BIM 模型数据主要包括地形模型、地质模型、建筑模型、交通设施模型、管线模型、植被模型及其他模型等数据内容。

6 地形模型 Terrain Model

根据地形区域的有限个点集将区域划分为三角面网络，数字高程由连续的三角面组成，三角面的形状和大小取决于不规则分布的测点的位置和密度。地形模型可以通过实景三维模型等提取数据，或采用测量方法采集。

7 地质模型 Geologic Model

用于表示地质结构及属性的三维模型，地质模型采用三角面表达地质边界。

8 建筑模型 Building Model

依据建筑测量数据或设计资料制作的三维模型，主要表达建（构）筑物的空间位置、几何形态及外观效果等。

9 交通设施模型 Transportation Facility Model

依据交通设施测量数据或设计资料制作的三维模型，主要表达道路、桥梁、轨道交通及道路附属设施的空间位置、几何形态及外观效果等。

10 管线模型 Pipeline Model

依据管线测量数据或设计资料制作的三维模型，主要表达管线的空间位置、走向、管线类型及附属设施等。

11 植被模型 Vegetation Model

依据植被的测量数据或模型演化数据制作的三维模型，主要

表达植被的空间位置、分布、形态及种类等。

12 纹理 Texture

经过正射纠正和统一匀光处理的用于表示物体色调、饱和度和、明度等特征的影像。

13 纹理分辨率 Texture Resolution

纹理表现细节程度的单位，通常用一个像素代表的实际长度来表示。

14 建模单元 Modeling Unit

按管理和应用需要将建模区域划分成的若干个单元，是三维模型制作和数据管理的基础。

15 框架数据 Framework Data

表现建模对象空间位置、几何形态和结构特征的数据。

16 原始模型数据 Original Model Data

采用三维建模软件制作的三维模型，它可以用该建模软件打开和编辑，通常以文件形式保存。

17 集成模型数据 Integrated Model Data

对原始模型数据进行坐标转换、格式转换等操作后集成到管理系统中的数据，以文件形式或数据库形式存储。

18 几何模型 Geometrical Model

用点、线、面、体等几何元素构成的实体，表现建模对象的几何形态。

2.2 代 号

2.2.1 缩略语

CAD	计算机辅助设计	computer aided design
DEM	数字高程模型	digital elevation model
DLG	数字线划图	digital line graphs
DOM	数字正射影像图	digital orthophoto map
TIN	不规则三角网	triangulated irregular network
KML	Keyhole 标记语言	keyhole markup language
PVC	聚氯乙烯	polyvinylchloride
SAN	存储区域网络	storage area network
XML	可扩展标记语言	extensible markup language

2.2.2 其他代号

C	条件必选
M	必选
O	可选

3 概 述

3.1 实施背景

建筑信息模型发源于美国上世纪 70 年代，并于 2002 年由欧特克公司正式提出，2009 年香港成立香港 BIM 学会，2011 年 5 月，住建部发布《2011~2015 建筑业信息化发展纲要》明确指出：在施工阶段开展 BIM 技术的研究与应用，推进 BIM 技术从设计阶段向施工阶段的应用延伸。建筑信息模型目前已在全球范围内得到业界的广泛认可，被誉为工程建设行业实现可持续设计的标杆，是引领建筑业信息技术走向更高层次的一种新技术。

建筑信息模型的全面应用，已是建筑业发展的必然趋势，建筑信息模型完善了整个建筑行业从上游到下游的各个企业间的沟通和交流环节，实现了建设工程全生命周期的信息化管理，大大提高了建设工程的集成化程度。应用建筑信息模型能提前发现设计失误，减少施工中变更，节约工程成本。

岩土工程作为建筑业中的重要一环，在 BIM 技术于建设行业全面推行的环境下，岩土工程 BIM 实施指南编制势在必行。

3.2 实施目标

3.2.1 建立岩土工程 BIM 模型

研究构建支持多种数据表达格式与信息传输的工程勘察数据库，研发和采用岩土工程 BIM 模型的应用软件与建模技术，建立

可视化的岩土工程 BIM 模型，实现建筑与其地下工程地质信息的三维融合。在三维环境下可以对岩土工程 BIM 模型进行各种操作，从不同角度和方位观察模型，对岩土工程 BIM 模型进行任意切割分析。

3.2.2 实现项目各阶段各参建方数据信息共享

岩土工程 BIM 应用可为工程建设全生命期提供数据支持。工程勘察数据库实现地质数据在建设主管部门进行储存管理与各参建方中进行共享传递。建立各类型岩土工程构件族库，对于通用性构件族模型可直接调用，并根据建筑工程数据交换标准规范模型格式与接口，保障模型数据于各参建方中有效传递。

3.2.3 模拟与分析

利用工程勘察数据构建的三维地质模型可直观体现场地的地质情况。在设计、施工、竣工等建设阶段中，可基于三维地质模型进行岩土工程三维设计、数值模拟、施工模拟等应用，辅助工程建设高效开展。

3.3 实施形式

3.3.1 从项目型实践到行业整体实施的方式——自下而上方式

项目型 BIM 应用是指针对企业承担的特定 BIM 项目，以单一项目数据源的组织为核心，运用与特定项目相关的企业局部资源和技术，完成合同或协议所规定的项目交付物的过程。

针对 BIM 应用项目，企业可建立 BIM 实施团队，实施形式可采用“新增型”、“改善型”、“融入型”的工作方式。“新增型”实施特点在于企业建立独立的 BIM 实施团队，BIM 业务与传

统业务并行存在，起到对传统流程完善、补充的作用。“改善型”实施特点在于对原有团队进行改造，经培训学习后掌握 BIM 应用技能进行 BIM 应用。该方式无需新增人员投入，对传统业务单元进行了改造，但存在一定的实施风险。“融入型”实施特点在于由独立 BIM 业务团队实施，令 BIM 业务单元成为项目流程中的一环，与其他项目团队配合完成。此方式要求项目 BIM 应用较为成熟，在实施过程中有新的 BIM 业务模块，同时也对 BIM 实施团队有较高的要求。

BIM 应用实施前期主要以满足委托方需求为目的，基本围绕项目运行。在积累了一定项目经验的基础上，制定初步适合企业自身发展的 BIM 整体规划和实施方案，逐步扩展到企业级实施。

3.3.2 从企业级规划到项目全面实施的方式——自上而下方式

先建立企业整体 BIM 的战略规划和组织规划，通过试点项目验证企业级整体规划的合理性，并不断完善更新，然后在企业内全面推广。整体上可以分为前期筹备、中期启动、全面普及三个阶段。企业级 BIM 实施是指围绕企业发展战略，将 BIM 技术与方法应用到企业所有业务活动中，它涉及的范围广、部门多，不仅涉及 BIM 相关技术，而且涉及与企业 BIM 实施相关的资源管理、业务组织、流程再造等。其目的是构建企业的信息共享、业务协同平台，实现企业的知识管理和系统优化，提升企业的核心竞争力。

3.3.3 自上而下和自下而上相结合的方式

从启动阶段看，可借助第三方专业服务机构对企业自身进行诊断，提出企业级 BIM 实施规划，包括 BIM 实施的基本方针和技术路线、重点内容及阶段划分、资金投入和财务安排等要素。

在局部实践的基础上，制定建立企业 BIM 实施标准和细则，进行推广、普及和应用。

从应用阶段看，项目型 BIM 应用是企业级 BIM 实施的子集和细化；而企业级 BIM 实施往往要建立在一定数量的 BIM 项目实践和总结基础之上，结合企业的整体规划，扩展到企业整体的资源管理、业务组织和流程再造的全过程中。

从实施方法看，项目型 BIM 应用与企业级 BIM 实施在实施目标、管理范围、交付标准和分配机制等方面有着明显的不同。

3.4 问题与挑战

3.4.1 软件技术的问题

目前为止，现有岩土工程 BIM 模型软件尚不完善，不能完全满足工程勘察建模需求。因此如何开发或利用现有的岩土工程 BIM 模型软件技术在工程勘察中的应用，将上部结构建模与地下工程地质信息充分结合，实现不同专业基于岩土工程 BIM 模型的协作，解决目前软件对地质体建模与可视化分析的针对性不强的问题，完善地质空间的建模理论与技术方法，解决空间地质状况复杂性和不确定性带来的困难，满足工程施工与研究的专业功能需要，以辅助解决实际建设工程中工程地质相关问题。

3.4.2 模型精度问题

由于构成拟建场地的工程地质环境复杂，地层数量繁多，且在平面上、空间上的分布极不均匀，因此，建模难度巨大。要准确、逼真的反映拟建场地工程地质环境，需要大量的工程地质数据，这也意味着较高的建模费用。限于有限的工程地质数据，宜根据工

程类型和用途，合理的选择建模深度。

3.4.3 地层标准化问题

在工程勘察中，对于地层划分主要考虑岩性、成因、状态等因素，不同勘察单位、工程师根据经验不同对地层分层进行不同编排。因此，若运用多处来源不同的数据建立模型，则会遇到地层层数多、层序混乱的问题。

工程地质 BIM 模型对于地层的识别要求标准化。在模型的建立过程中，首先需要对地质数据进行整理并统一标准分层，作为模型建立的数据预处理。将数量多、定义不同的地层标准化，存在较大难度。

3.5 实施前准备

根据岩土工程 BIM 项目的特征及实施形式，依据项目级 BIM 应用与企业级规划的 BIM 应用的不同要求，合理组建 BIM 实施团队，最优配置 BIM 实施环境。

根据项目需求方对 BIM 模型所要求的实施内容及交付成果设置相应的 BIM 应用流程。

3.5.1 人力资源配置

1 BIM 应用经理

参与 BIM 模型项目决策，制定项目实施计划，建立并管理项目实施团队，确定各角色人员职责和权限，并定期进行考核、评价和奖惩，负责设计环境的保障监督，监督并协调 IT 服务人员完成项目软、硬件及网络环境的建立，确定项目中的 BIM 模型使用的标准及规范，建模原则、协同模式等，负责对 BIM 模型工作进度

的管理与监控,组织、协调人员进行模型搭建、地层分析、二维出图等工作,负责 BIM 模型交付成果的质量管理,包括阶段性检查及交付检查等,组织解决存在的问题,负责对外数据接收或交付,配合业主及其他相关合作方检验,并完成数据和文件接收或交付。

2 BIM 工程师

负责创建 BIM 模型、基于模型创建二维视图、添加指定的信息数据配合项目需求,负责模型的可持续性。

3 BIM 建模员

协助 BIM 模型经理、BIM 模型工程师完成建模及绘图工作。

4 BIM 技术人员

负责收集并了解现有和新兴的相关的软、硬件前沿技术,完成应用价值及优劣势分析,为企业整体信息化发展决策提供依据;根据企业信息化决策及实际业务需求,提供可采用的技术方案;对拟采用的技术方案及软、硬件环境进行技术测试与评估;组织并协助业务部门对拟采用软、硬件系统进行应用测试。

5 BIM 应用开发人员

负责针对企业实际业务需求的定制开发工作,现阶段重点开发方向为针对 BIM 应用软件的效率提升、功能增强、本地化程度提高等方面。其主要工作内容包包括:需求调研、可行性评估、应用开发、测试、客户培训、技术支持、后续维护等。

7 BIM 技术支持人员

负责新员工对 BIM 模型的应用流程、制度及规范等培训;负责相关软件使用的初级、中级培训;负责解决使用时出现的问题及故障。

7 BIM 应用系统管理员

负责 BIM 应用系统、数据协同及存储系统、数据库管理系统的日常维护、备份等工作；负责各系统的人员及权限的设置与维护；负责各项目环境资源的准备及维护。

8 BIM 数据维护员

负责收集、整理勘察数据及模型、图纸、文档等项目交付数据；负责对勘察数据及项目交付数据进行整理和标准化审核，并提交审核情况报告；负责对勘察数据的一致性、时效性进行维护，保证数据资源的可用性；负责对数据信息的汇总、提取，供其他系统及应用使用。

3.5.2 软件、硬件及网络

1 软件选择

国外近年来地质信息可视化模型和分析的系统研究发展得较快，已形成相当的规模，并在市场上得到开发应用。地质工程计算机化要求的日益提高和勘探技术的迅猛发展，为三维地质模拟的研究和软件开发提供了新的动力。西方发达国家早在 20 世纪 70 年代初就将 CAD 技术应用于地质和矿业领域。自 1988 年法国 Nancy 大学的 Mallet J L 教授提出地质目标的计算机辅助设计（GOCAD）以来，地质建模技术首先在油气田开发和地球物理行业得到发展和推广应用。我国的三维地质学可视化起步比较晚，虽然也有一系列三维建模软件，但受到硬件以及人才培养等客观因素的限制，地质工程师现阶段大多通过二维制图软件从二维角度对地质体进行分析与研究，对三维地质模型和可视化软件的开发、应用滞后于国外水平，也滞后于国内建筑、市政专业水准。

岩土工程 BIM 模型的实现需要依赖于多种软件产品的相互协作，有些软件适用于工程地质模型的建立，也有一些软件适用于岩土工程设计模型的分析计算，因此不能期望一种软件能完成所有的工作，关键是软件之间能够进行数据传递和交流，以实现岩土工程 BIM 模型的建立流程。因此，在软件的选用过程中，采取相应的方法和程序，以保证正确选用符合企业需要的软件。一般需要经历以下四个阶段：调研及初步筛选、分析及评估、测试及评价、审核批准及正式应用：

1) 调研及初步筛选：全面考察和调研市场上现有的国内外软件及应用状况。结合本企业的业务需求、企业规模，从中筛选出可能适用的软件工具集。筛选条件可包括：软件功能、本地化程度、市场占有率、数据交换能力、二次开发扩展能力、软件性价比及技术支持能力等。

2) 分析及评估：对初选每个软件进行分析和评估。分析评估考虑的主要因素包括：是否符合企业的整体发展战略规划，可为企业业务带来的收益；软件部署实施的成本和投资回报率估算，工程人员接受的意愿和学习难度等。

3) 测试及评价：抽调部分相关专业人员，对选定的部分软件进行试用测试，测试的内容包括：在适合企业自身业务需求的情况下，与现有资源的兼容情况；软件系统的稳定性和成熟度；易于理解、易于学习、易于操作等易用性；软件系统的性能及所需硬件资源；是否易于维护和故障分析，配置变更是否方便等可维护性；本地技术服务质量和能力；支持二次开发的可扩展性。如条件允许，建议在试点工程中全面测试，使测试工作更加完整和可

靠。

4) 审核批准及正式应用：基于软件调研、分析和测试，形成备选软件方案，由企业决策部门审核批准最终软件方案，并全面部署实施。

2 硬件及网络

岩土工程 BIM 模型基于三维的工作方式，对硬件的计算能力和图形处理能力提出了较高的要求。关于各个软件对硬件的要求，软件厂商都会有推荐的硬件配置要求，但从项目应用 BIM 模型的角度出发，需要考虑的不仅仅是单个软件产品的配置要求，还需要考虑项目的大小，复杂程度，BIM 应用目标，团队应用程度，工作方式等。

对于一个项目团队，可以根据每个成员的工作内容，配备不同的硬件，形成阶梯式配置。比如，简单地层，涉及到的钻孔数量较少，勘察数据量不多可以考虑较低的配置，而对于复杂地层，涉及到的钻孔数量多，勘察数据量多需要较高的配置，某些大数据量的岩土设计模拟分析需要更高的配置。若采用网络协同工作模式，则还需设置中央储运处服务器。

在一些大型或复杂的项目中，当模型数据呈数量级增加时，计算机的反应速度在数量级的下降，导致用户对 BIM 模型产生怀疑。其实要用好 BIM 模型，除了前期对硬件的合理规划外，之后的合理使用也很重要：

- 1) 明确 BIM 应用目标，设置合理的期望值；
- 2) 合理划分 BIM 模型文件的结构，建立多文件协同方式；
- 3) 建立良好的操作习惯，减少人为因素影响；

4) 必要时向有 BIM 项目经验的专业人士咨询, 减少走弯路的时间。

3.6 建模标准

在满足国家、地方政府标准的前提下, 岩土工程 BIM 模型建立方还需要根据项目类型以及所使用的软件的特点制定更为详细的建模标准, 以保证模型的规范性, 方便后续的应用。

岩土工程 BIM 模型设计主要包含以下几个方面的内容:

1) 建模总则: 包含文件名命名规则、模型元素命名规则、模型单位和空间基准、颜色及纹理设置等。其中模型元素包含地质模型元素和岩土工程结构构件模型元素;

2) 岩土工程 BIM 模型包含工程地质 BIM 模型和岩土工程设计 BIM 模型两部分, 各部分有相对应的元素和信息;

3) 工程地质 BIM 模型的数据来源、范围、内容、精度要求;

4) 岩土工程设计 BIM 模型的数据来源、范围、内容、精度要求;

5) 岩土工程 BIM 模型深度宜综合考虑工程性质、规模、特征以及场地复杂程度、勘察工作完成情况及建模信息的充分度等因素, 根据工程需求确定。深度等级分为 LOD1、LOD2、LOD3、LOD4 四个等级, 每个等级由几何和非几何两个信息维度组成。其中 LOD1 对应的工程用途为满足可行性研究或方案设计, LOD2 对应的工程用途为满足初步设计, LOD3 对应的工程用途为满足施工图设计, LOD4 对应的工程用途为满足施工及竣工要求。

4 技术路线

随着大数据信息化战略、智慧城市、建筑信息化等概念的提出，数字城市的建设成为热点趋势。城市是一个巨大数据信息系统，包含着地形地质体、建筑、市政交通、管线、植被环境等子系统，各子系统通过交叉的空间关系与相融合的数据信息构成了数字城市系统。城市岩土工程 BIM 模型作为数字城市系统的载体，集成了 BIM 技术在各专业上的应用，通过城市级的自然要素与区域级的建筑要素进行体现，在岩土工程领域中，以地形数据、工程勘察数据、岩土工程构件等信息为基础，根据应用目的构建不同层级的 BIM 模型，基于包含地形、地质信息的 BIM 模型，运用于工程设计、施工、竣工验收等阶段，以提高项目应用、管理能力。

工程地质 BIM 模型的构建宜由勘察单位完成，岩土工程设计 BIM 应用、施工阶段 BIM 应用、竣工阶段 BIM 应用宜相应由设计单位、施工单位进行完成，建设主管部门通过管理平台对各阶段 BIM 应用进行统一管理。

各参建方根据不同专业特点开展 BIM 应用，提升 BIM 技术于各阶段应用效果，推进工作流程向 BIM 技术应用方向发展。基于应用平台，各阶段 BIM 应用成果实现协同交互，建设主管部门同时运用平台对各阶段 BIM 应用统一管理，提升监管有效性。

4.1 岩土工程 BIM 应用内容

4.1.1 前期准备阶段

收集地形、工程地质相关数据资料，根据数据来源与数据形式进行准备，并根据项目类型进行人力资源、软硬件资源配备。

4.1.2 模型建立阶段

模型的建立根据项目应用层级不同，分为城市级三维模型与项目级三维模型。构建城市级三维模型，以工程地质 BIM 模型+DEM 地形模型为主，根据模型细节层次不同，包含建筑模型、交通设施模型、管线模型等，形成完整的城市级模型。项目级三维模型可以项目地质测绘信息、勘察钻孔、地质剖面等数据为基础，根据项目应用需求构建不同细节层次的 BIM 模型。

4.1.3 平台构建及管理阶段

搭建协同管理平台，对构建的 BIM 模型进行储存与管理，服务于各参建方在工程建设不同阶段的应用。平台按照保密条例对数据进行管理。

4.1.4 岩土工程 BIM 应用阶段

以构建的地质 BIM 模型为基础，根据设计、施工、竣工等不同应用要求，建立相应阶段的岩土工程 BIM 模型，将地质 BIM 模型运用于工程建设的各阶段中。

4.2 岩土工程 BIM 应用技术路线

南宁市岩土工程 BIM 应用技术路线框架如图 4.2-1。

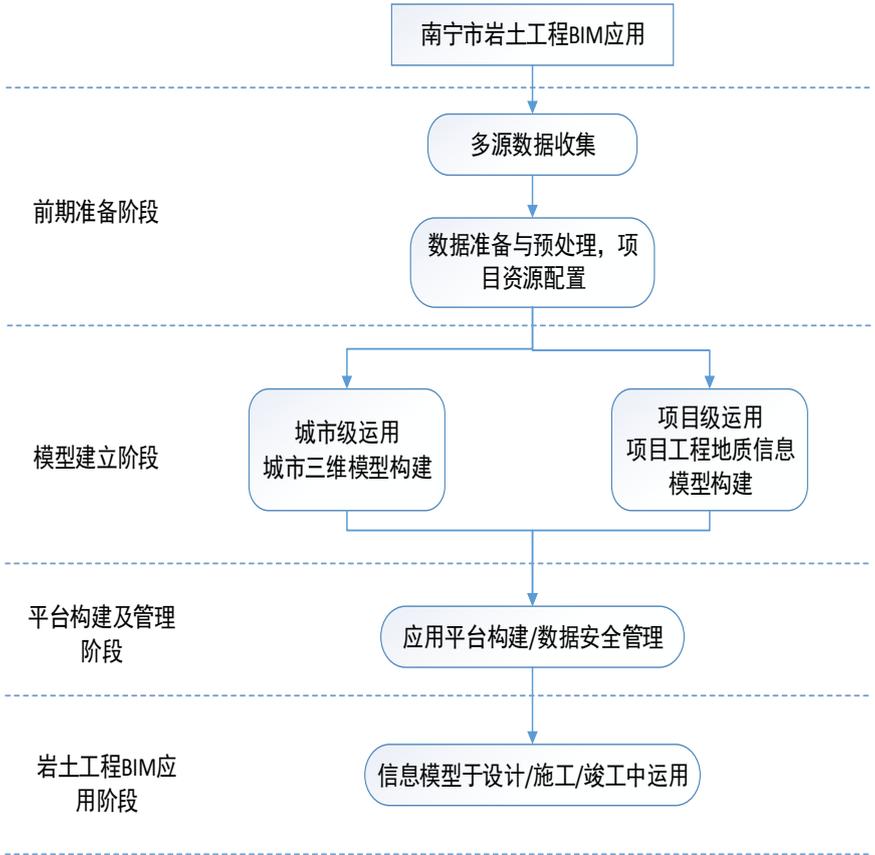


图 4.2-1 技术路线

5 城市岩土工程 BIM 模型

5.1 一般规定

5.1.1 模型分类与规格

岩土工程 BIM 模型包括项目建设及周边环境的地形信息、地质信息、建筑信息、交通设施信息、管线信息、植被信息等。城市岩土工程 BIM 模型为各个岩土工程 BIM 模型的大数据平台集成。各类模型按表现细节的不同可分为 LOD1、LOD2、LOD3、LOD4 四个细节层次，并符合 5.1-1 的规定。根据模型的应用要求与交付目的，在同一地区内可建立不同细节层次的模型。

表 5.1-1 模型分类与细节层次

模型类型	LOD1	LOD2	LOD3	LOD4
地形模型	DEM	DEM+DOM	高精度 DEM+高精度 DOM	精细模型
建筑模型	体块模型	基础模型	标准模型	精细模型
交通设施模型	道路中心线	道路面	道路面+附属设施	精细模型
管线模型	管线中心线	管线体	管线体+附属设施	精细模型
植被模型	通用符号	基础模型	标准模型	精细模型
其他模型	通用符号	基础模型	标准模型	精细模型

5.1.1.1 不同细节层次的地形模型宜符合下列规定：

1 地形模型 LOD1 为反映地形起伏特征的模型；DEM 格网单元尺寸不宜大于 10m×10m；平坦地区的高程精度不宜低于 2m，丘陵地区不宜低于 5m，山地不宜低于 10m，高山地不宜低

于 20m。

2 地形模型 LOD2 为反映地形起伏特征和地表影像的模型；DEM 格网单元尺寸不宜大于 5m×5m；平坦地区的高程精度不宜低于 1.4m，丘陵地区不宜低于 2m，山地不宜低于 5m，高山地不宜低于 10m；DOM 分辨率不宜低于 1m。

3 地形模型 LOD3 为反映地形起伏特征、地表形态及其影像的模型；DEM 格网单元尺寸不大于 2.5m×2.5m；平坦地区的高程精度不宜低于 0.7m，丘陵地区不宜低于 1m，山地不宜低于 2.4m，高山地不宜低于 5m；DOM 分辨率不宜低于 0.2m。

4 地形模型 LOD4 为逼真反映地形起伏特征和地表形态的模型，宜以 1:500、1:1000、1:2000 等比例尺的地形图、航空影像及实地采集数据为基础，采用真实的地表铺地纹理反映地表的质地、色彩、纹理等特征。

5.1.1.2 不同细节层次的建筑模型宜符合下列规定：

1 体块模型为根据建筑基底和建筑高度生成的平顶柱状模型。建筑物基底宜以 1:500、1:1000、1:2000 等比例尺的地形图建筑轮廓线为依据；建筑高度可根据建筑性质采用对应的平均层高间接获得，也可通过航空或近景摄影测量、车载激光扫描、机载激光扫描或野外实地测量等方式直接获得；平面尺寸精度不宜低于 2m，高度精度不宜低于 3m，对于高层建筑的高度精度可放宽至 5m。

2 基础模型表现建模物屋顶及外轮廓的基本特征，平面尺寸和高度精度不宜低于 2m。

3 标准模型精确反映房屋屋顶及外轮廓的基本特征，平面尺

寸和高度精度不宜低于 0.5m。

4 精细模型精确反映房屋屋顶及外轮廓的详细特征，平面尺寸和高度精度不宜低于 0.2m。

5.1.1.3 不同细节层次的交通设施模型宜符合下列规定：

1 道路中心线模型可反映道路走向，宜利用城市道路中心线及其高程数据生成三维道路中心线。

2 道路面模型可真实表现道路走向、路面起伏等情况，宜以 1:500、1:1000、1:2000 等比例尺的地形图或数字正射影像图为基准，构建道路面的三维几何面。

3 道路面及附属设施模型可基本反映道路的起伏、车道、隔离带、照明、交通站点等，路面纹理和道路附属设施可采用标准纹理和通用模型建立和表现。

4 精细模型包含道路模型以及交通附属设施模型，可真实准确反映道路及附属设施的结构、尺寸、质地、色彩等特征。

5.1.1.4 不同细节层次的管线模型宜符合下列规定：

1 管线中心线表现各类管线的走向及空间拓扑关系，宜以管线普查和管线竣工测量数据为基础建立。

2 管线体模型表现各类管线走向、空间拓扑关系、管线口径及埋深等，宜根据管线类型、管线断面尺寸等信息建立管线体模型。

3 管线体及附属设施模型表现各类管线的主从关系、连接及分流情况，附属设施可采用通用模型。

4 精细管线模型真实准确地反映各类管线的形态、结构、管线点、管网布设及附属设施等，并宜增加模型的细腻度和质感。

5.1.1.5 不同细节层次的植被模型宜符合下列规定：

1 通用符号模型宜以 1:500、1:1000、1:2000 等比例尺的地形图或数字正射影像图为基础，宜反映植被的分布，可基于纹理库实现。

2 基础模型宜采用单面片、十字面片或多片面的形式表现，宜采用标准纹理，基本反映树木的形态、高度、分布等主要特征，树木高度与实际误差宜在 3m 以内。

3 标准模型宜采用简单几何树干模型和多面片树冠形式，真实准确地反映树木的形态、高度、分布、位置、种类及色彩等特征，树木高度与实际物体误差宜在 2m 以内。

4 精细模型宜采用逼真的几何模型与纹理相结合的方式对树木整体进行建模，真实准确地反映树木的形态、高度、分布、位置、种类及色彩等特征，树木高度与实际误差宜在 1m 以内。

5.1.1.6 不同细节层次的其他模型宜符合下列规定：

1 通用符号模型可使用通用模型表达模型的分布和特征。宜以 1:500、1:1000、1:2000 等比例尺的地形图为基础，反映其他模型物体的分布及主要特征，可采用通用的三维符号模型库或纹理库示意表现。

2 基础模型以实际测量数据为依据，结合真实的纹理图片，宜采用单面片、十字交叉面片、多面片等方式表现建模物体的基本形态、样式、高度、分布、位置及纹理特征，纹理宜采用简单贴图，高度精度不宜低于模型自身高度的 20%。

3 标准模型根据实际测量的物体尺寸和外业采集的纹理信息精细建模，真实、准确的反映物体的各部位几何特征、样式、

高度、分布、位置、质地、色彩及纹理等，模型细部可根据实际情况进行取舍，取舍掉的细部结构可采用纹理进行辅助表现，纹理贴图要求细节清晰，高度精度不宜低于模型自身高度的 10%。

4 精细模型根据实际测量的物体尺寸和外业采集的纹理信息精细建模，真实、准确的反映物体的各部位几何特征、样式、高度、分布、位置、质地、色彩及纹理等，模型细部可根据实际情况进行取舍，取舍掉的细部结构可采用纹理进行辅助表现，纹理贴图要求细节清晰，高度精度不宜低于模型自身高度的 5%。

5.1.2 技术要求

5.1.2.1 城市岩土工程 BIM 模型的空间参照系必须与该城市基础测绘所用的平面坐标系统和高程基准相一致。

5.1.2.2 城市岩土工程 BIM 模型按照本指南第 4.1 节的规定划分细节层次，其几何模型宜符合下列规定：

- 1** 统一以“米”为计量单位。
- 2** 所有模型轴心点定义统一。
- 3** 每个模型为独立对象。
- 4** 在满足各级别模型细节层次要求的情况下，尽量减少几何模型的面数。
- 5** 不宜存在漏缝、共面和废点等。
- 6** 对重复利用的模型，宜建立模型库。

5.1.2.3 城市岩土工程 BIM 模型的纹理宜符合下列规定：

- 1** 真实反映建模物体的颜色、质地和图案等，同一区域同种类物体纹理协调一致。
- 2** 与几何模型细节层次相匹配，纹理应清晰可辨。

3 纹理尺寸宜为 2 的 n 次幂，且不宜超过 2048 像素×2048 像素。

4 对重复利用的纹理，宜建立纹理库。

5.1.2.4 城市岩土工程 BIM 模型属性信息包含描述模型类型、用途和特征等的基本属性信息和专题属性信息，并宜符合下列规定：

1 对每一个三维模型进行唯一标识，并对三维模型进行准确描述。

2 属性内容正确、完整。

3 可根据实际应用需要进行扩充。

5.1.3 质量要求

5.1.3.1 城市岩土工程 BIM 模型的质量需满足完整性、几何精度、属性精度、现实性和逻辑一致性的要求。

5.1.3.2 城市岩土工程 BIM 模型的完整性宜符合下列规定：

1 三维模型数据要素全面完整，不宜有重复或遗漏。

2 三维模型数据要素不宜有冗余。

3 不同类型、不同细节层次数据的拓扑关系宜完整、正确。

5.1.3.3 城市岩土工程 BIM 模型的几何精度宜符合下列规定：

1 城市岩土工程 BIM 模型数据的平面坐标值（X、Y）与实际测量值保持一致。

2 城市岩土工程 BIM 模型数据的高度（z），根据不同模型类别和细节层次，宜符合本指南第 4.1 节的有关规定。

3 模型数据各组成部分的相对位置宜准确。

5.1.3.4 城市岩土工程 BIM 模型的属性精度宜符合下列规定：

1 城市岩土工程 BIM 模型属性根据不同模型类别设置不同

的属性字段。

2 各类模型分类及其编码正确完整。

3 城市岩土工程 BIM 模型的属性项和属性值准确、完整。

5.1.3.5 城市岩土工程 BIM 模型的现实性宜符合下列规定：

1 按需求定期或及时对数据进行更新，保持数据的现实性。

2 元数据或要素属性中宜包含时间标识。

5.1.3.6 城市岩土工程 BIM 模型的逻辑一致性宜符合下列规定：

1 城市岩土工程 BIM 模型数据在遵循的概念模式规则上具有一致性。

2 城市岩土工程 BIM 模型数据存储的数据格式具有一致性。

3 城市岩土工程 BIM 模型数据空间位置具有拓扑一致性。

5.1.4 元数据

5.1.4.1 城市岩土工程 BIM 模型元数据应说明三维模型数据的内容、质量、状况和其他有关特征，并宜符合下列规定：

1 适用于数据存储、建库的要求。

2 适用于数据的管理、转换的要求。

3 适用于数据查询、浏览、检索的要求。

4 适用于数据发布、共享的要求。

5.1.4.2 元数据宜符合现行行业标准《城市地理空间信息共享与服务元数据标准》CJJ/T 144 的规定。

5.2 建模单元划分与模型命名

5.2.1 建模单元划分与编码

一的街道编码；当采用规划管理的分区划分时，采用管理单元的顺序号，并使用 3 位编码方式；

3) 建模单元编码可采用自然顺序编号，并使用 2 位编码方式。

5.2.2 模型命名

5.2.2.1 城市岩土工程 BIM 模型及纹理的命名宜符合下列规定：

- 1 命名正确、合理、简明。
- 2 宜使用字母、数字和下划线组合命名。
- 3 所有模型及纹理的命名必须唯一。
- 4 命名规则具有可扩充性。

5.2.2.2 城市岩土工程 BIM 模型的命名宜符合下列规定：

1 城市岩土工程 BIM 模型命名宜按“建模单元编码、模型类型、模型细节层次、模型顺序号”四级进行编码，建模单元编码符合本指南第 4.2.1 条的有关规定；模型类型可按地形模型、建筑模型、交通设施模型、管线模型、植被模型和其他模型划分，可采用各类别名称首字母缩写，也可采用英文缩写；细节层次宜划分为 LOD1~LOD4 四个层次；模型顺序号为各类建模物体顺序编号。

2 城市岩土工程 BIM 模型命名由建模单元编码、模型类型、模型细节层次和模型顺序号四部分组成，并符合图 5.2-2 的规定：

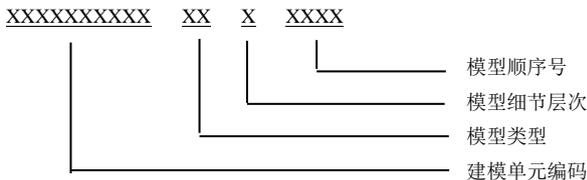


图 5.2-2 模型命名代码结构示意图

5.2.2.3 城市岩土工程 BIM 模型的纹理与模型名称相对应,可采用模型命名加顺序号的方式。

5.3 数据采集与处理

5.3.1 框架数据采集与处理

5.3.1.1 框架数据包括下列内容:

- 1** 地表及其特征点的位置、高程。
- 2** 建(构)筑物的位置、高度、基底形状、立面和屋顶结构。
- 3** 交通设施的位置、形状和结构。
- 4** 管线特征点的位置、高程、管线的断面尺寸。
- 5** 植被的位置和高度。
- 6** 其他地物的位置、形状和尺寸。

5.3.1.2 框架数据宜从已有 DLG、DEM、DOM、管线普查和竣工测量等勘测资料中提取,也可实地采集。

5.3.1.3 地形模型 LOD1、LOD2 和 LOD3 的框架数据以 DEM 数据作为地表起伏特征的依据,地形模型 LOD4 的框架数据宜从 1:500、1:1000、1:2000 等比例尺的地形图中提取或采用测量方法采集。

5.3.1.4 建筑模型的框架数据可从 DLG 数据中提取或采用测量方法采集建(构)筑及其附属设施的位置、高度和几何形态信息,也可利用设计资料获取。

5.3.1.5 交通设施模型的框架数据可从 DLG 数据中提取或采用测量方法采集交通设施的位置、高度和几何形态信息,也可利用设计资料获取。

5.3.1.6 管线模型的框架数据可利用管线普查和竣工测量等方式，提取管线位置和高程信息，并宜利用管线的管径或横断面信息作为几何形态的依据。

5.3.1.7 植被模型的框架数据可从DLG数据中提取或采用测量方法采集植被模型的位置、高度等信息，也可通过拍照等方式获取植被覆盖的空间形态。

5.3.1.8 其他模型的框架数据可从DLG数据中提取或采用测量方法采集相应要素的位置、高度和几何形态信息。

5.3.1.9 框架数据采集宜符合下列规定：

1 选用的已有测绘资料宜满足建模现实性和精度要求，不能满足要求时可进行更新测量。

2 平面和高程数据测量的采集，需符合现行行业标准《城市测量规范》CJJ8的相关规定。

3 以准确表达对象几何形态特征为原则，可通过图像或视频等辅助方式描述几何形态的细节特征。

5.3.1.10 框架数据的处理宜符合下列规定：

1 对分区采集的框架数据进行合并和接边处理。

2 根据建模单元进行分块、分层处理。

3 可转换为建模软件或管理软件需要的文件格式。

5.3.2 纹理数据的采集与处理

5.3.2.1 纹理数据宜包括下列内容：

1 地表影像信息。

2 建（构）筑屋顶和外立面影像信息。

3 交通设施表面影像信息。

- 4 植被表面影像信息。
- 5 其他地物的表面影像信息。

5.3.2.2 纹理数据的采集宜符合下列规定：

1 地形模型 LOD1、LOD2 和 LOD3 的纹理数据可采用城市 DOM 数据，LOD4 的地形纹理可采取实地拍照方式采集。

2 建筑模型的外立面纹理可采取摄影测量、激光扫描等遥感技术或实地拍照方式采集，顶部纹理可利用 DOM 数据，也可采取实地拍照方式采集。

3 交通设施模型的纹理可采取摄影测量、激光扫描等遥感技术或实地拍照方式采集，路面标线纹理可利用 DOM 数据提取，也可采取实地拍照方式采集。

4 管线模型的纹理可采取图像处理方式制作。

5 植被模型的纹理可采取实地拍照方式采集或制作纹理库。

6 其他模型的纹理可采取摄影测量、激光扫描等遥感技术，实地拍照方式采集或图像处理方式制作。

5.3.2.3 利用摄影测量、激光扫描等技术提取的纹理宜满足分辨率要求，且影像需无变形、无失真。

5.3.2.4 实地拍照采集纹理宜符合下列规定：

1 选择光线较为柔和均匀的天气，按正视角度进行拍摄。避免逆光拍摄。

2 拍摄地物所有部位的表面影像。有重复单元的表面，宜拍摄局部。无重复单元的表面，宜拍摄完整表面。对结构复杂或无法正视拍摄的表面，宜进行多角度拍摄，并利用图像处理软件进行纠正和拼接处理。

- 3 根据不同细节层次的模型确定拍照需要表现的细节。
- 4 宜拍摄有代表性的表面影像制作可重复利用的纹理。

5.3.2.5 采集的纹理数据的处理宜符合下列规定：

- 1 纹理数据宜色调协调，自然美观。
- 2 纹理数据宜真实反映实际材质的颜色、质感、图案和年代特征。
- 3 纹理数据宜进行纠正处理，并减少视角或镜头畸变引起的变形。
- 4 纹理数据不宜含有建模影像以外的其他影像。
- 5 相同细节层次的模型纹理应具有相近的纹理分辨率。
- 6 纹理数据拼接宜无缝，且过渡自然。
- 7 宜转换为统一的文件格式。

5.3.3 属性数据采集与处理

5.3.3.1 属性数据依据城市岩土工程 BIM 模型的应用需要进行采集，宜包括下列内容：

- 1 建筑的名称、权属单位、地上建筑层数、建筑结构、建筑性质、建筑面积、停车位、建成时间等。
- 2 交通设施的名称、道路等级、道路宽度、建成时间等。
- 3 管线的类型、材料、埋设方式、断面尺寸、权属单位等。
- 4 植被的名称、种类、树龄、权属单位等。
- 5 其他模型对应的名称、权属单位等。

5.3.3.2 属性数据宜利用已有的城市基础地理信息资料和其他统计资料提取，也可采取实地调查方式采集。

5.3.4 属性数据采集宜符合下列规定：

- 1 每个建模地物均需具有相应的属性。
- 2 属性数据采集宜与框架数据、纹理数据的采集同步进行。
- 3 实地调查采集数据宜进行校核检查,保证建模地物的属性信息正确完整。

5.3.5 属性数据采集内容宜符合下列规定:

- 1 建筑模型的属性结构宜符合表 5.3-1 的规定。

表 5.3-1 建筑属性表

属性名称	属性描述	数据类型	字段长度	小数位	属性值域	约束/条件	说明
建筑编号	建(构)筑物的唯一标识	字符型	18			M	按照本指南第4章模型命名方式进行编码
建筑名称	建(构)筑物的具体名称	字符型	40			M	
权属单位	建(构)筑物所属单位	字符型	50			O	
地上建筑层数		整型				O	
地下建筑层数		整型				O	
建筑结构	建筑的框架和结构材料	字符型	17		混合结构/框架结构/框架剪力墙结构/剪力墙结构/框筒结构/筒中筒结构/钢网架、悬索结构	O	
建筑高度	建(构)筑物的最高点与建筑基地之间的距离	浮点型		1		O	单位 m

属性名称	属性描述	数据类型	字段长度	小数位	属性值域	约束/条件	说明
现状使用情况	建(构)筑物当前使用单位、用途	字符型	255			O	
建筑性质	建(构)筑物的所属类别	字符型	17		商业/居住/办公/文化/教育/医疗/宾馆/厂房/仓库/其他	O	
建筑面积	建(构)筑物的总建筑面积	浮点型		2		O	单位 m ²
建筑基地面积		浮点型	2			O	单位 m ²
停车位		整型				O	
门牌号码		字符型	17			O	
建成时间		日期型			YYYYMMDD	O	
备注		字符型	255			O	

2 交通设施模型的属性结构宜符合表 5.3-2、表 5.3-3、表 5.3-4 的规定。

表 5.3-2 道路属性表

属性名称	属性描述	数据类型	字段长度	小数位	属性值域	约束/条件	说明
道路编号	道路的唯一标识	字符型	18			M	
道路名称	道路设施具体名称	字符型	20			M	
道路等级	城市道路等级	字符型	17		快速路/主干道/次干道/支路/其他	O	
车道数	机动车道数	整型				O	
道路宽度		浮点型	2			O	单位 m
道路长度		浮点型	1			O	单位 m

路面材料	路面铺装材料	字符型	17		水泥/沥青/沙石/其他	O	
建成时间		日期型			YYYYMMDD	O	指道路的全线贯通时间
备注		字符型	255		O		

表 5.3-3 轨道及桥梁属性表

属性名称	属性描述	数据类型	字段长度	小数位	属性值域	约束/条件	说明
轨道及桥梁编号	轨道及桥梁的唯一标识	字符型	18			M	
轨道及桥梁名称	轨道及桥梁具体名称	字符型	20			M	
车道数		整型				O	
轨道及桥梁宽度		浮点型		2		O	单位 m
轨道及桥梁长度		浮点型	1			O	单位 m。桥梁长度含主桥和引桥的长度
路面材料	路面铺装材料	字符型	17		水泥/沥青/其他	O	该项为桥梁可选
桥梁类型		字符型	17		梁桥/板桥/拱桥/钢结构桥/吊桥/组合体系桥	C(当为桥梁时)	
建成时间		日期型			YYYYMMDD	O	指建成通车时间
备注		字符型	255		O		

表 5.3-4 道路附属设施属性表

属性名称	属性描述	数据类型	字段长度	属性值域	约束/条件	说明
道路附属设施编号	道路附属设施的唯一标识	字符型	18		M	
设施名称	道路附属设施具体名称	字符型	20		M	
权属单位	道路附属设施所属单位	字符型	50		O	
所属道路		字符型	40		O	
建成时间		日期型		YYYYMMDD	O	
备注		字符型	255		O	

3 管线模型的属性结构宜符合表 5.3-5、表 5.3-6 的规定。

表 5.3-5 管线属性表

属性名称	属性描述	数据类型	字段长度	属性值域	约束/条件	说明
管线段号	管线段的唯一标识	字符型	18		M	
管线类型	管线所属类型	字符型	8	给水/排水/燃气/ 工业/热力/电力/ 电信/综合管沟	M	
材料	管线的材料	字符型	8	砖/砼/PVC/铸铁/ 钢/塑钢/铜/光纤/ 铝/其他	O	
保护材料	管线的保护材料	字符型	8	砖/砼/PVC/铸铁/ 钢/其他	O	

埋设方式	管线的埋设方式	字符型	10	直埋/管沟/沟道/管埋/架空/管块/非开挖/排管/隧道/水下/其他	O	
断面尺寸	管线的断面尺寸	字符型	17		O	圆形管道用“d+管径”表示，如 d500；矩形管沟、管埋、管块用“BH+宽×高”表示，如 BH800×700；单位为 mm；电力线用 kv 单位表示，如 110kv
权属单位	管线所属单位	字符型	50		O	
备注		字符型	255		O	

表 5.3-6 管点属性表

属性名称	属性描述	数据类型	字段长度	小数位	属性值域	约束/条件	说明
管点号	管点的唯一标识	字符型	18			M	
管点类型	管点所属类型	字符型	10		弯头/变径点/变深点/变材点/多通点/进出水口/转折点/分支点/多分支/上杆/其他	M	
权属单位	管点所属单位	字符型	50			O	
高程	管点顶部高程	浮点型		2		M	单位 m
埋深	管点顶部与地表间的距离	浮点型	2			M	单位 m
材料	管点的材料	字符型	8		砖/砼/PVC/铸铁/钢/其他	O	
埋设方式	管点的埋设方式	字符型	10		直埋/管沟/沟道/管埋/架空/管块/非开挖/其他	O	
备注		字符型	255			O	

4 植被模型的属性结构宜符合表 5.3-7 的规定。

表 5.3-7 植被模型属性表

属性名称	属性描述	数据类型	字段长度	小数位	属性值域	约束/条件	说明
植被编号	植被的唯一标识	字符型	18			M	
名称	植物的名称	字符型	20			M	
种类	植物类型	字符型	17			O	
树龄	树木的年龄	整型				O	
树高	树木的高度	浮点型	1			O	单位 m
权属单位	植被所属单位	字符型	50			O	
备注		字符型	255			O	

5 其他模型的属性结构宜符合表 5.3-8 的规定。

表 5.3-8 其他模型属性表

属性名称	属性描述	数据类型	字段长度	小数位	属性值域	约束/条件	说明
模型编号	模型的唯一标识	字符型	18			M	
名称		字符型	20			M	
权属单位		字符型	50			O	
备注		字符型	255			O	

5.4 城市岩土工程 BIM 模型构建

5.4.1 地形模型

5.4.1.1 地形模型包括山地、丘陵、平原、河流和湖泊等建模内容。

5.4.1.2 地形模型的制作宜符合下列规定：

1 地形模型数据由几何数据和纹理数据组成。模型宜简洁、完整地表达城市地表起伏形态特征，便于快速、清晰地判断城市的地形特征和方位。

2 地形模型制作前，根据需要合理确定几何模型表达的精度要求及纹理的分辨率、尺寸。

3 地形模型的边界线必须为闭合多边形。

4 地形模型制作的质量宜符合下列规定：

1) 地形模型的几何精度可符合现行国家标准《数字测绘成果质量要求》GB/T 17941 关于相应 DEM 格网精度和应用需求的规定；

2) 地形模型的纹理分辨率可符合现行行业标准《城市基础地

理信息系统技术规范》CJJ 100 中关于相应 DOM 分辨率和应用需求的规定；

- 3) 相邻建模单元的地形模型平滑衔接，不得出现重叠和漏缝；
- 4) 地形模型需完整覆盖整个建模区域。

5.4.1.3 地形模型的建模方法宜符合下列规定：

1 根据设计或应用需要，地形模型可按本指南表 5.1-1 中四个细节层次的一种或多种进行建模。

2 地形模型 LOD1、LOD2 和 LOD3 宜由程序自动生成，不同细节层次的地形模型采用不同精度的数据进行制作。对地形较为复杂的局部地区，可通过增加地形特征线、特征点或手工调整的方式进行修改调整。

3 地形模型制作利用的 DEM 和 DOM 数据应满足本指南第 5.1.2 条规定的精度要求。

4 地形模型宜由 DEM 数据构建三角网，生成地形三维模型，并叠加 DOM 作为纹理来表现。对需要表现局部地区细节特征的情况，可利用等高线、高程点和特征点、线等数据进行细化。

5 地形模型 LOD4 宜以 1:500、1:1000、1:2000 等比例尺的地形图、遥感影像、激光扫描点云或实地采集的数据为基础，采用交互式 CAD 建模或激光点云建模的方式制作，可按本指南第 5.2 节的规定划分建模单元。

6 地形模型 LOD4 需与建筑模型、交通设施模型、植被模型及其他模型底部无缝衔接。

5.4.2 建筑模型

5.4.2.1 建筑模型包括下列建模内容：

1 各类地上建（构）筑物，包括建（构）筑物主体及其附属设施。

2 各类地下建（构）筑物，包括地下停车场、地下商场、地下人防工程等。

5.4.2.2 建筑模型宜符合下列规定：

1 建筑模型在满足视觉效果的情况下，宜减少模型的几何面数和降低纹理的分辨率。对有规律纹理可采用重复贴图的方式。

2 建筑模型的基底、外立面几何结构与建筑高度需准确，纹理拼接过渡自然。

3 纹理宜正确反映木材、石材、玻璃、金属等建筑材质特征。

5.4.2.3 建筑模型宜采用下列建模方式：

1 宜利用交互式 CAD、摄影测量或激光扫描等技术进行几何建模。

2 体块模型建模宜符合下列规定：

1) 体块模型的基底轮廓线基于 1:500、1:1000、1:2000 等比例尺地形图中建筑物的基底轮廓线直接生成，并与地形图保持一致。

2) 体块模型可依据建筑物基底的几何形状及建筑高度生成几何模型，纹理可用单色表示。

3 基础模型建模宜符合下列规定：

1) 基础模型的基底轮廓线基于 1:500、1:1000、1:2000 等比例尺地形图中建筑物的基底轮廓线直接生成，并与地形图保持一致；

2) 基础模型的立面可依据建筑物的外立面几何结构及建筑高

度生成几何模型，反映出坡屋顶、平屋顶、穹顶等屋顶结构形式；

3) 纹理宜基本反映建筑物的颜色、质地、图案和局部细节特征。

4 标准模型建模宜符合下列规定：

1) 基底轮廓线基于 1:500、1:1000、1:2000 等比例尺地形图中建筑物的基底轮廓线直接生成，并与地形图保持一致；

2) 可反映外立面上阳台、窗、广告牌及各类附属设施的变化；

3) 可反映屋顶结构形式与附属设施等细节；

4) 纹理宜与实际基本一致，可反映建模物体的颜色、质地和图案等。纹理中不包含建筑以外的物体，物体外立面及屋顶主要的变化细节需清晰可辨。

5 精细模型建模宜符合下列规定：

1) 宜根据精密仪器测量结果或建筑设计资料制作；

2) 精确反映建筑的外立面、屋顶结构形式及各类附属设施等的细节；

3) 纹理与实际一致，真实反映建模物体的颜色、质地和图案等。纹理中不包含建模物体以外的物体，物体的外立面及屋顶变化细节需清晰可辨。

5.4.3 交通设施模型

5.4.3.1 交通设施模型包括下列建模内容：

1 道路，包括公路、城市道路、厂矿道路、林区道路、乡村道路及下穿通道等。

2 轨道交通及桥梁，包括铁路、轻轨、地铁、高架路、立交

桥、人行天桥、公铁两用桥、支座、引桥、栏杆、拉索等。

3 道路附属设施，包括道路交通标志和标线、路沿、植被隔离带、栅栏、顶篷、路灯、信号灯等。

5.4.3.2 交通设施模型宜符合下列规定：

1 交通设施的位置及二维尺度根据 1:500、1:1000、1:2000 等比例尺的地形图或 DOM 确定，高度信息可进行实地测量或根据遥感影像及现场勘查资料进行判读。

2 道路的铺装方式和材质特点可依据城市现状主要道路特征确定，人行道的铺装图案材质及颜色宜实地采集。

3 道路上的各类交通标识宜与实际情况一致，包括各类交通标志、标线和信号灯等。

4 其它道路附属设施宜依据现实中的典型形式进行建模或纹理表现，几何尺寸宜符合相关设施的设计、制造规范，可重复使用。

5.4.3.3 交通设施模型可采用下列建模方式：

1 交通设施线状模型依据地形图中的道路中心线制作，宜与道路中心线一致，弧线路段可作圆滑处理。

2 道路面建模宜符合下列规定：

1) 依据地形图中道路边线形成三维几何面模型，弧线路段可作圆滑处理；

2) 纹理可采用简单贴图。

3 道路面及附属设施建模宜符合下列规定：

1) 依据地形图中道路边线进行三维几何面建模，弧线路段可

作圆滑处理；

2) 纹理反映路面材质及交通标线；

3) 交通附属设施模型的位置和几何尺寸宜与现状一致。

4 精细模型建模宜符合下列规定：

1) 准确反映交通设施及附属设施的结构特征，任一维度变化超过 1m 的结构特征均需进行三维几何建模；

2) 基底轮廓线与地形图或设计图一致，弧线路段可作圆滑处理，模型高度可进行现场测量或通过现场照片判读；

3) 纹理要求细节清晰，准确反映建模物体材质特征，不同材质或铺装形式之间的差别与分隔需清晰反映。

5.4.4 管线模型

5.4.4.1 管线模型宜包括下列建模内容：

1 管线，包括埋设于地下各类管道、直埋缆线和地上架空管线。

2 管线特征点，包括管线线路上交叉、分支、转折、变材等连接关系的点。

3 管线附属设施，包括对管线载体传输有分流、汇聚、增压、降压、输出的专业设备。

5.4.4.2 管线模型宜符合下列规定：

1 在符合应用需要的可视效果下，宜减少模型的几何面数。

2 宜按给水、排水、燃气、工业、热力、电力、电信、综合管沟等分类，并以颜色区分，颜色宜符合表 5.4-1 的规定。

表 5.4-1 管线类型和颜色

管线类型	颜色	管线类型	颜色
给水	天蓝	排水	褐
燃气	粉红	热力	桔黄
工业	黑	电力	大红
电信	绿	综合管沟	黑

3 建立附属设施的通用模型库。

5.4.4.3 管线模型宜采用下列建模方式：

1 宜利用管线普查或竣工测量数据自动生成管线模型，也可利用交互式 CAD 进行几何建模或激光扫描方式建模。

2 管线中心线建模宜符合下列规定：

1) 基于测量数据生成，中心线上管线特征点的坐标值与实际管线实体中心线上特征点保持一致；

2) 管线宽度宜反映出管线的主次关系；

3) 宜真实表达管线在平面的走向和在竖向的空间拓扑关系。

3 管线体建模宜符合下列规定：

1) 宜反映出管线的主次关系；

2) 断面尺寸真实反映管线口径及类型。

4 管线体及附属设施建模宜符合下列规定：

1) 宜反映出管线的主次关系和连接点；

2) 真实反映管线口径的类型，管线断面可做圆滑处理；

3) 附属设施模型的外观，能直观反映其功能及相同管线实体段之间的分流调节特征。

5 精细模型建模宜符合下列规定：

1) 宜反映管线的主次关系和连接点；

2) 真实反映管线口径形状，管线断面做圆滑处理；

3) 匝口、放水口、消防栓、电杆、塔架和各种窨井等与地上其他精细模型结合紧密的附属设施模型与实际地物的水平与垂直的误差不宜超过 0.5m；

4) 使用的纹理宜真实反映实际物体的材料；

5) 多种管线在水平垂直交叉时，宜依据其最近的管线特征点高程差异，反映空间的交错结构细节。

5.4.5 植被模型

5.4.5.1 植被模型宜包括下列植被的建模：

1 公路或道路两旁成行栽植的行道树。

2 绿地、公园、社区、庭院种植的景观植物。

5.4.5.2 植被模型建模宜符合下列规定：

1 在符合应用需要的可视效果下，其形态、高度宜真实。

2 植被模型的树干底部与其附着面保持一致。

3 行道树的放置间距符合实际情况。

4 景观植物的放置和搭配宜与实际相符，树种选择和色彩搭配协调美观，树木的大小、高低、形态与所在环境的尺度和空间层次相宜。

5.4.5.3 植被模型宜采用下列建模方式：

1 可采用 CAD、分形及其他建模技术中的一种或几种方式组合建模。

2 CAD 建模过程宜包括下列步骤：

1) 外业调研和数据采集：采集树种、树高、形态、分布、位置及色彩等信息；

2) 数据预处理：包括外业采集资料整理、数据分类、标准纹理制作等；

3) 模型制作：根据外业采集调研情况和表现要求，制作相应级别的模型；

4) 植被模型的数据优化：根据应用及表现的要求，宜通过减少模型几何面数和降低纹理分辨率等方式对模型进行优化处理。

3 通用符号模型建模宜符合下列规定：

1) 基于 1:500、1:1000、1:2000 等比例尺地形图；

2) 树干底部中心点的平面坐标值与地形图上保持一致，主要反映植被的分布；

3) 行道树的高度可根据测量数据，设置一定的高度变化区间，随机生成；

4) 景观植物可用纹理库中的一种或多种纹理，设置一定的高度变化区间，随机生成。

4 基础模型建模宜符合下列规定：

1) 基于 1:500、1:1000、1:2000 等比例尺地形图；

2) 树干底部中心点的平面坐标值与地形图上保持一致；

3) 可综合考虑建设情况、表现效果，建立单面片、十字面片或多面片的几何模型；

4) 行道树的高度可根据测量数据，设置一定的高度变化区间，随机生成；

5) 景观植物可用纹理库中的一种或多种纹理，设置一定的高

度变化区间，随机生成；

6) 种植与实际类似的树种，基本反映树木种类及分布情况。

5 标准模型建模应符合下列规定：

1) 宜建立简单的树干模型，反映树干的基本特征；

2) 树冠宜采用多面片形式表现，真实反映树冠色彩、形态、树叶纹理等特征；

3) 行道树树干模型以实际测量数据为依据建立；

4) 景观植物中的保护树种、造型树等特殊树种，高度以测量数据为准；

5) 纹理与实际基本一致，主要特征清晰可辨。

6 精细模型建模应符合下列规定：

1) 宜对植被模型的树干、树枝、树叶等进行全要素建模，可采用模型树方式，也可采用分形技术建立；

2) 纹理真实准确的反映植被各要素的颜色、质感和图案等，且清晰可辨；

3) 宜针对场景较小和特定造型的景观植物、文物保护单位等建立精细模型。

5.4.6 其他模型

5.4.6.1 对除地形、建（构）筑物、交通、管线和植被模型以外的其他城市要素的三维模型，可包括下列建模内容：

1 城市雕塑，包括城市中各类装饰雕塑。

2 城市休息设施，包括座具、伞与座椅、步廊、路亭等。

3 城市卫生设施，包括垃圾箱、公共厕所、饮水及清洗台等。

4 城市信息和通讯设施，包括电话亭、邮箱、环境标识、告

示板、宣传栏、计时装置、电子信息查询器等。

5 城市娱乐休闲设施，包括游戏设施、娱乐设施、户外健身设施等。

6 城市消防设施，包括消防水池、消防水塔等。

7 残疾人无障碍设施。

5.4.6.2 其他模型建模宜符合下列规定：

1 模型底部与其附着面保持一致。

2 模型外形主要结构宜表达清楚、准确和完整。

3 模型尺寸、比例准确。常规尺寸宜统一收集获取，特殊造型模型及其细节结构进行实地测量，并严格按照测量数据进行模型制作。

4 控制模型面数，在不影响模型表现效果的前提下，可采用纹理表现模型的细部结构。对镂空细节非常多的模型，宜采用透明贴图对模型进行优化。

5 模型的摆放以实际情况为依据，合理设置摆放位置及间距，不宜与周围建模物体相互穿插。

5.4.6.3 其他模型可采用交互式 CAD、激光扫描或近景摄影测量等方法制作，并宜符合下列规定：

1 交互式 CAD 建模包括下列主要步骤：

1) 资料收集及外业调研：可从城市规划、城市管理等部门收集各类其他模型的样式、分布、位置等情况，也可外业实地采集；

2) 数据预处理：包括资料整理、外业采集资料整理、数据分类、属性信息整理等；

3) 模型制作：根据收集的资料和不同的表现要求，制作相应

级别的模型；

4) 数据优化：根据应用及表现的要求，宜通过减少模型几何面数和降低纹理分辨率等方式对模型进行优化处理。

2 激光扫描建模宜利用地面激光扫描技术，采集场区内的三维点云，量测特征点、特征线、特征面，建立体模型，可详细表现其他模型的整体及细部结构特征。

3 近景摄影测量建模宜采用立体影像，自动或半自动地进行特征点线采集和摄影测量计算，建立模型。

6 岩土工程 BIM 模型构建

6.1 一般规定

建立岩土工程 BIM 模型需要根据本指南中对模型深度的规定，在不同的应用条件下从表 6.1-1、表 6.1-2 中选择建模元素，对于本指南未包括的特殊类型地质 BIM 模型可以参照标准进行扩展，但必须提供完整的元数据。

表 6.1-1 工程地质 BIM 模型组成元素表

类型	元素	说明
地质 BIM 模型	地质点	地质点以点表达，附着在地表面，主要是表达地质测绘成果。可以结合行业规范及标准，根据实际使用需求来确定地质点类型
	地质界线	以线表达，附着在地表面，由地质测绘成果整理而来
	地质剖面	以线表达，附着在地表面，以勘察成果剖面图为基础数据
	地质界面	以面表达，由勘探工程（钻孔、槽探等）、地质测绘、地质剖面综合整理归纳而来
	地质体	以体表达，可以由边界、地质界面拓扑形成，也可以由各类地质数据直接分析形成体数据集
	地质构造	地质构造主要通过线表达褶皱轴线，通过面表达断层，对于断距较大的断层用体表达，基础数据来源于区域地质资料
	地下水	用面表达地下水水位面，通过勘探工程水位记录及地面测绘水点资料整理而来
	不良地质体	根据不良地质体的具体类型、规模，分别用点、面、体来表达不良地质体

类型	元素	说明
勘探 BIM 模型	钻探	以体来表达，在实际应用时，可以用夸大岩柱的方式来表达钻孔及地层，以提升可视化效果
	井探、槽探、坑探	以面来表达井探、槽探、坑探
	物探	根据物探类型以点、线、面来表达物探
原位测试 BIM 模型	静载、直剪、波速测试、动探、静探、标贯、抽水试验、渗透试验	原位测试类型较多，以点的方式表达原位测试，通过点来链接原位测试的属性数据
拟建工程 BIM 模型	拟建物	用体表达拟建物外轮廓
	环境边坡	用面表达拟建工程环境边坡
	基坑边坡	用面表达基坑边坡，此处的边坡模型区别于岩土工程设计 BIM 模型，是指由拟建工程建设形成的边坡，用于表达场地地形条件
相邻建构 筑物 BIM 模型	相邻建（构）筑物基础	用体表达基础
	地下洞室	用体表达洞室
	地下管网	用线或体表达地下管网

表 6.1-2 岩土工程设计 BIM 模型组成元素表

类型	元素	说明
边坡（基坑）工程 BIM 模型	边坡（基坑）体	用体表达
	支挡结构构件（挡墙、支护桩、面板、肋柱、压顶梁、承台）	用体表达
	其他支护构件（锚杆、锚索、土钉）	用体表达
	支挡结构基础	用体表达
	截（排）水沟	用体表达
	荷载（荷载组合）	根据荷载类型表达属性数据
地基处理工程 BIM 模型	换填垫层体、夯实压实体、复合地基增强体、注浆加固体	用体表达
	换填开挖面、分层强夯面、土工材料铺设面、地基处理影响深度面、地基处理完成面	用体表达

类型	元素	说明
地基处理工程 BIM 模型	渗水盲沟	用体表达
	地基处理材料（垫层材料、土工合成材料、强夯置换材料、复合地基桩体材料、注浆材料）	用体表达
	荷载（荷载组合）	根据荷载类型 表达属性数据
地基基础工程 BIM 模型	独立、筏板、桩等基础体	用体表达
	垫层、承台、连梁等结构构件	用体表达
	荷载（荷载组合）	根据荷载类型 表达属性数据

（备注：表内项为常见岩土工程设计 BIM 模型，根据建模交付要求，模型元素可参照建筑工程 BIM、市政工程 BIM 实施指南要求应用。）

要建立岩土工程 BIM 模型主要有以下几个步骤，其主要流程如下图所示。

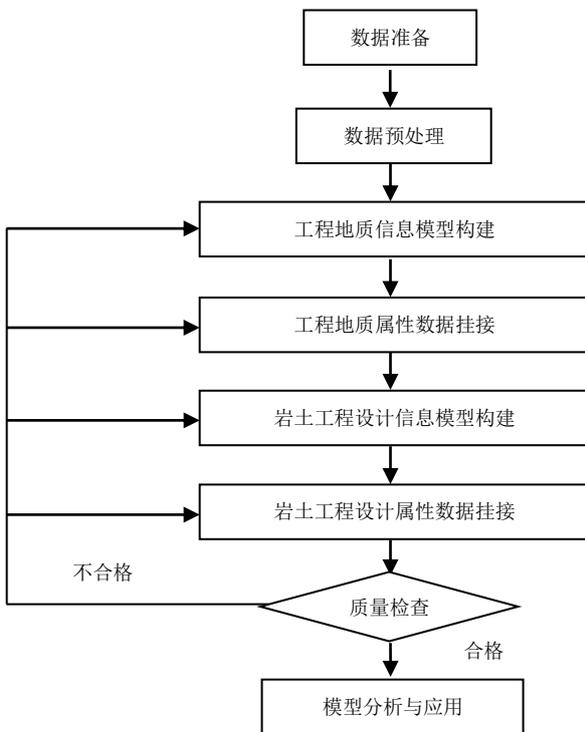


图 6.1-1 岩土工程 BIM 模型流程

- 1 数据准备及预处理；
- 2 地表 BIM 模型建立；
- 3 工程地质 BIM 模型建立；
- 4 岩土工程设计 BIM 模型建立；

6.2 数据准备及预处理

6.2.1 数据准备

数据准备是根据岩土工程 BIM 模型的应用要求来准备建立模型的基础数据。对模型的精度要求越高，应用要求越复杂，数据准备的要求越高。为保证岩土工程 BIM 模型的应用要求，需要分别按数据来源和数据形式准备数据。

6.2.1.1 按数据来源准备

为了建立岩土工程 BIM 模型，需要准备不同数据来源的基础地质资料。这些资料可以是纸质资料，也可以是电子格式的资料。为了保证资料的可靠性，最好采用经过相应审查的资料。对于这些来源的资料见下表

表 6.2.1 数据来源一览表

数据来源	引用资料	用途
拟建物资料	总平面	获得拟建物模型、红线数据
	基础结构设计	获得基础模型数据
	底层平面图	获得基坑建模数据
	文字说明	获得拟建物特性
工程地质勘察资料	文字报告	获得基础地质环境、项目属性数据、底层层序定义、整理拟建物数据
工程地质勘察资料	勘探点平面布置图	获得建模范围、准备拟建物数据、了解各种模型要素大概的空间拓扑关系
	工程地质平面图	获得地层界面露头，获得地层分布、地质构造数据、不良地质数据
	钻孔柱状图	获得钻孔模型的几何数据及属性数据
	剖面图	获得地层层序及分布
	室内试验成果	获得岩土属性数据

数据来源	引用资料	用途
	原位测试成果	获得岩土属性数据
	物探数据	获得地质界面、水位面、岩溶及其它物探可解释的地质信息
区域地质资料	区域地质图及说明	获得区域地层数据
	区域构造图及说明	获得构造数据、断层数据
	区域工程地质平面图及说明	获得区域工程地质条件数据
	其它区域地质专题图	获得专题图件对应的相关数据
	水文地质平面图	获得区域水文地质数据
地形资料	地形图	用于采集地面模型数据的基础数据
	点云数据	准备地面模型基础数据
管网资料	管网平面图	准备环境模型管网数据
人防工程资料	人防工程平面图	准备环境模型数据
周边场地参考地质资料	临近场地的工程勘察资料	通过大量的钻孔数据来提高建模精度及深度
	临近场地地质灾害调查资料	获取不良地质现象数据
	周边场地矿产地质调查资料	校核地层数据

6.2.1.2 按数据形式准备

按数据形式准备是指按特定的数据规格来准备建模数据。具体的数据可见表 6.2.2、表 6.2.3、表 6.2.4。上述表对岩土工程 BIM 模型的主要内容进行了规定，在建立岩土工程 BIM 模型时，可根据上述表细化几何数据及非几何数据。

几何数据必须根据建模的具体要求（精度、范围、规模、深

度等)准备适合建模软件适用的数据,具体的数据要求可参见相关软件操作手册。

非几何数据则根据建模的具体应用要求来细化,按非几何数据的数据字段、数据规格、链接关系进行整理。

表 6.2.2 地表 BIM 模型数据要求表

类型	元素	数据要求
地表 BIM 模型	地表面	地表空间数据集、行政边界空间数据、地名、地形地貌、特殊地表(现状边坡)
	地表水体	名称、类型、水面标高、河流水文特征
	地面建(构)筑物	名称、高度、层数、轮廓尺寸

表 6.2.3 工程地质 BIM 模型数据要求表

类型	元素	数据要求
地质 BIM 模型	地质点	名称、类型、位置(坐标、高程)、描述
	地质界线	名称、类型、位置(坐标、高程)、范围、描述
	地质剖面	编号、位置(坐标、高程)、剖面方向、分层特征、风化特征、水位线
	地质界面	名称、类型、位置(坐标、高程)、范围、描述
	地质体	地质名称、分类、描述、物理力学指标、承载力、腐蚀性特征
地质 BIM 模型	地质构造	名称、类型、位置(坐标、高程)、产状、描述
	地下水	名称、类型、水面位置、范围、描述、腐蚀性特征、水文地质测试信息
	不良地质体	名称、类型、位置(坐标、高程)、范围、基本特征、描述

类型	元素	数据要求
勘探	钻孔	编号、类型、位置（坐标、高程）、深度、孔径、分层数据、风化特征、水位标高、取样信息、钻探时间、人员
	探井、探槽、探坑	名称、编号、位置、尺寸、分层数据、风化特征、取样位置、样品信息、开挖时间
	物探	类型、编号、点线位置、方向、长度、描述、探测时间
测试	静载、直剪、波速测试、动探、静探、标贯、抽水试验、渗透试验	名称、类型、位置、深度、描述、测试时间
拟建工程	拟建物	名称、层数、结构形式、安全等级、轮廓尺寸（长宽高）、设计标高（正负零标高、环境标高、地下车库标高）、拟采用基础型式、建筑红线范围
类型	元素	数据要求
拟建工程	环境边坡	名称、编号、位置、标高（坡顶、坡脚）、几何尺寸、安全等级、边坡特征
	基坑边坡	名称、编号、位置、标高（坡顶、坡脚）、几何尺寸、安全等级、边坡特征
相邻建构物	相邻建（构）筑物基础	基础型式、基础埋深
	地下洞室	名称、位置、断面尺寸、衬砌（材料、厚度）、修建时间、围岩类别、使用情况
	地下管网	名称、类型、位置、埋深、管径、长度、使用情况

表 6.2.4 岩土工程设计 BIM 模型数据要求表

类型	元素	数据要求
边坡（基坑）	边坡（基坑）体	边坡体空间信息、治理面积、几何尺寸、边坡地质特征信息、坡面分段线、监测点信息

工程	支挡结构构件（挡墙、支护桩、面板、肋柱、压顶梁、承台）	名称、几何信息（如长、宽、高、截面、间距）、定位（坐标、标高）、材料（重度、强度）、钢筋信息、工程量（如体积、重量）、结构分析信息（如约束条件、边界条件等）
	其他支护构件（锚杆、锚索、土钉）	名称、几何信息（如锚固长度、截面、孔径、倾角、间距）、定位（坐标、标高）、材料（钢材型号、等级）、工程量（如长度、体积、重量）、关联构件、结构分析信息（如约束条件、边界条件、预应力值等）
	支挡结构基础	名称、几何信息（如长、宽、高、截面）、定位（坐标、标高）、工程量（如体积）、材料力学性能（如弹性模量、泊松比、型号等）、结构分析信息（如约束条件、边界条件等）
	截（排）水沟	名称、几何信息（如长、宽、高、截面）、定位（坐标、标高）、材料、工程量（如长度、体积）
	荷载（荷载组合）	名称、荷载类型、大小、加载位置、组合系数
地基处理工程	换填垫层体、夯实压实体、复合地基增强体、注浆加固体	名称、处理体积、几何尺寸、工程量、地质特征信息、载荷试验信息、结构分析信息（如约束条件、边界条件等）
	换填开挖面、分层强夯面、土工材料铺设面、地基处理影响深度面、地基处理完成面	名称、几何信息、定位（坐标、标高）、处理面积、工程量
	基础	名称、几何信息（如长、宽、高、截面）、定位（坐标、标高）、工程量（如体积）、材料力学性能（如弹性模量、泊松比、型号等）、结构分析信息（如约束条件、边界条件等）
地基处理工程	地基处理材料（垫层材料、土工合成材料、强夯置换材料、复合地基桩体材料、注浆材料）	名称、描述、材料力学性能、工程量（如面积、体积）
	渗水盲沟	名称、描述、材料力学性能、工程量（如面积、体积）
	荷载（荷载组合）	名称、荷载类型、大小、加载位置、组合系数

6.2.2 数据预处理

6.2.2.1 建立统一的空间坐标系

岩土工程 BIM 模型建模的数据来源较多，需要把不同来源的

不同空间坐标系的数据都转换到统一坐标系中，同时也要对单位进行统一。

6.2.2.2 数据分类处理

地层数据预处理是根据勘探工程、地质测绘（地面露头处理、产状）信息，建立标准地层，定义层序，整理接触关系。

1 定义标准地层

标准地层要对勘察资料揭露的所有地层，结合模型的应用精度进行归纳，得到标志性地层。标准地层的定义不能重复，但在地层模型中可以多次引用。标准地层定义了项目中可能出现的所有地层，标准地层通常要定义：名称、地层时代或成因、岩性。

2 定义层序

地层层序可以用主编号及亚层编号来表达。层序按以下规律定义，要保证地层的新老顺序与正确，同时要定义层与层的接触关系。

1) 层序规律：地层按地质时代呈现出一种随时间而连续的规律。

2) 沉积原理：用岩层产状、构造数据进行地层的插值。例如：针对阶地及漫滩堆积地层，则按水平沉积原理来进行地层的趋势推测、内插。根据沉积原理要考虑尖灭、侵入、透镜体的特殊地层形态。同时可能存在岩性相变的可能。残坡积地层则可以考虑地形的影响，沿地形推测地层界；

3) 大地层不相嵌：基于地质沉积年代考虑，大地层之间有排斥性，土层只能以新老关系排列，大地层的岩层不能互层；

3 概化处理

通过钻孔获得的分层数据一般较细。为了合理表达地层三维模型，宜对地层进行概化处理。概化处理是依据地质技术人员的专业背景，对地层进行归纳，把一些次级分层整理到主分层中。为了简化地层，通常认为同一地层的地质属性是相同的。

4 构造数据预处理

通过构造数据的预处理，建立了地质体的部分边界约束关系，可以保证模型的正确性，构造数据的预处理主要有以下几方面内容：

1) 分析区域地质资料，确定场地所处的构造部位，按空间位置整理产状数据；

2) 分析区域地质资料，整理是否有断裂或断层，并定义其位置空间数据；

3) 校核“勘察资料”中的产状、构造、断层信息，确保岩土工程 BIM 模型与区域构造不冲突；

5 拟建物数据整理

一般项目的数据整理主要是获得标高数据及建筑轮廓数据，标高数据需要从总平面图及文字说明确定环境地坪标高及范围、底层地下室地坪标高及范围、正负零标高及范围，除标高数据外，还要确定建筑轮廓数据。因为在本阶段对建筑轮廓要求并不高，所以建筑轮廓数据一般是根据建筑平面图上外轮廓线进行概化处理，得到轮廓的转折点及空间分布数据。

线路项目相对复杂，需要定义线路轴线以及纵横断面信息，线路项目的预处理需要根据路基、路堑、桥梁、隧道考虑（管线项目可参照道路），数据处理需要根据建模精度对各类纵横断面信

息进行必要的分段及简化。

6 环境数据预处理

环境数据主要指拟建场地影响范围内的相邻建构筑物、管线等，环境数据的预处理需要根据收集的资料，整理出管网的节点、埋深、类别等信息和人防的空间轴线、横断面信息等数据。

7 岩土工程构件数据预处理主要包含以下几个方面：

- 1) 构件类型的分类与统计；
- 2) 构件的命名与编号；
- 3) 确定各类构件在模型体中的位置；
- 4) 收集、整理各类构件的几何信息和属性信息；

构件命名宜符合本指南的要求做到规范、合理、简洁，具备可扩展性和通用性。宜按“元素类别-编号-扩展说明”规则进行，以便建模和后续的查询和统计。

6.3 工程地质 BIM 模型构建

6.3.1 工程地质 BIM 模型基本要求

工程地质 BIM 模型主要包含地层岩性、地质构造、水文地质条件、不良地质现象、建构筑物主要设计数据以及相邻建构筑物、地下管网位置及范围。

建立的模型可以分为两种表达形式。一是按实体、二是挂接实体。在实际建模过程中可以用点、线、面、体来表达的就直接采用实体的方式建模并录入相关非几何信息，从而形成 BIM 模型。对于无法用空间形态来表达的模型，可以抽象为点、线或面，把相关非几何信息挂接在对应的点、线、面上，形成完整的 BIM

模型。可以根据不同的实际地质条件、建模要求来选择模型的表达形式，如表 6.3.1。

表 6.3.1 典型工程地质 BIM 模型建立要求表

元素	表达形式	建模实体	建模要求
拟建物模型	实体	体、面	工民建表达拟建物几何尺寸，可以不用太精细，道路可按面来表达，桥、隧用体表达
钻孔	实体	体	以夸大岩柱的方式表达钻孔及地层分层信息
探井	实体	面	表达探井的空间形态及揭露的地层信息
探槽	实体	面	表达探槽的空间形态及揭露的地层信息
物探	挂接点或线	点、线	根据物探类型建立线、挂接成果数据
地质界线	实体	线	表达地面出露的地层露头的空间形态及层序
地质点	挂接点	面	以地表模型为基础，拓扑分析地层露头线与地面组成的面，在表达时应注意与地面（去掉地面附着物）完全重合
地层界面	实体	面	关键层面（表达基岩面、地质年代分界面）精确到统一层面
地层体	实体	体	表达不同时代或不同岩性构成的地质体
断层	实体	面、体	根据断层的特性，以面或体表达断面的空间形态
元素	表达形式	建模实体	建模要求
水位面	实体	面	表达连续的地下水位面，不考虑上层滞水
管线	实体	线、体	表达管线的空间形态及属性
人防硐室	实体	体	表达硐室（洞室、轨道交通等地下建构物）的空间形态、围衬类型
地下硐室	实体	体	表达硐室（洞室、轨道交通等地下建构物）的空间形态、围衬类型
原位测试	挂接点	点	表达为点，主要是挂接相关属性

三维的地层 BIM 模型对实际的地质勘察工作与设计工作非常有用，三维地层模型可以准确表达复杂的地质现象，如果辅以空间分析工具可以灵活自然地表现三维地质实体，最大限度的增

强地质分析的直观性和准确性。

工程地质 BIM 模型的表达要依赖计算机软硬件系统来实现。流行的底层三维显示底层技术 OpenGL 和 Direct3D 可以较好的用于三维图形渲染引擎，可以有效的支持三维地质模型的可视化。目前主流的建模软件平台都能够实现场景渲染、自由视图、纹理、材质、光源等功能，但是对于工程地质 BIM 模型的表达除了完成以上基础表达要求外，还需要做到以下功能：

1 钻孔三维显示：由于钻孔实际直径很小，如按真实尺寸显示立体模型效果较差。所有钻孔应以岩柱来显示，并跟随显示比例放大缩小。在实际应用中，还应该支持钻孔独立显示与漫游。在视图中能支持钻孔地层及相关附属模型的属性查询；

2 地层显示：主要包括层面显示、地质体显示、剖切显示。通过以上显示模式，可以便于地质技术人员迅速查询地层分布、地层特性；

3 集成显示：集成显示是指根据分析需要，将不同的模型组件有层次的显示在一个视图中，可以完成筛选、过滤等显示功能；

4 飞行模拟：对于大场景，需要设置线路，进行飞行模拟，以求快速了解或展示地质条件。飞行模拟需要在地表以下，观察地质条件，也可以在地表模型上方完成对地表地质件条件的观察；

5 输出：为了更好的完成地质分析工作，需要将模型输出为：二维图件、视频、分解模型等。

6.3.2 工程地质 BIM 模型建立流程

6.3.2.1 基于地质测绘数据建模流程

以基于地质测绘数据的建模，是以地面的地质测绘信息为基

础数据。基于地质测绘信息主要指利用地质填图产生的地质界线来建模。这种建模精度较差，适用于建设工程项目的规划与可研阶段。可用于建模的基础数据主要为：（1）地层分界线及地层属性；（2）断层露头；（3）实测地质断面。比较关键的流程是：提取平面地质数据和高程与地质界线的交互处理。地质测绘通常是表现在平面图上，需要将有用的地质信息数字化提取出来，并进行投影变换，赋予坐标及高程信息。同时要与地形模型校核，确保其正确的空间特性。

在建立地层层面时，必须根据地表产状信息和区域地质构造褶皱断层的分布来确定地层面趋势。在构建地质体和地质界面模型时注意底面边界的设置。

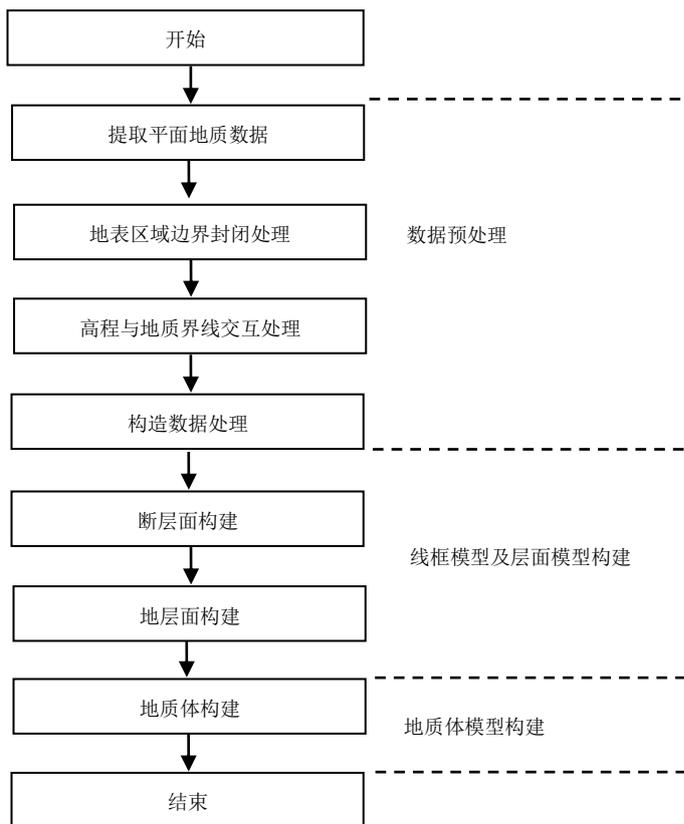


图 6.3.2-1 基于地质测绘数据建模流程

6.3.2.2 基于钻孔建模流程

基于钻孔建模是以钻孔、探槽、探井为主导建模数据，辅助地质测绘信息进行建模。

- 1 对勘探工程，尤其是钻孔的数量及质量要求较高；
- 2 建模过程较繁琐，需要大量不必要的人工控制；
- 3 在建模时，以钻孔地层深度为插值依据，不易考虑构造（断层、褶皱）的影响。

基于钻孔建模时，通过地层层面形成地层层面网格时，尽量结合专业知识背景及经验，构建合理层面模型。其主要流程如下图所示：

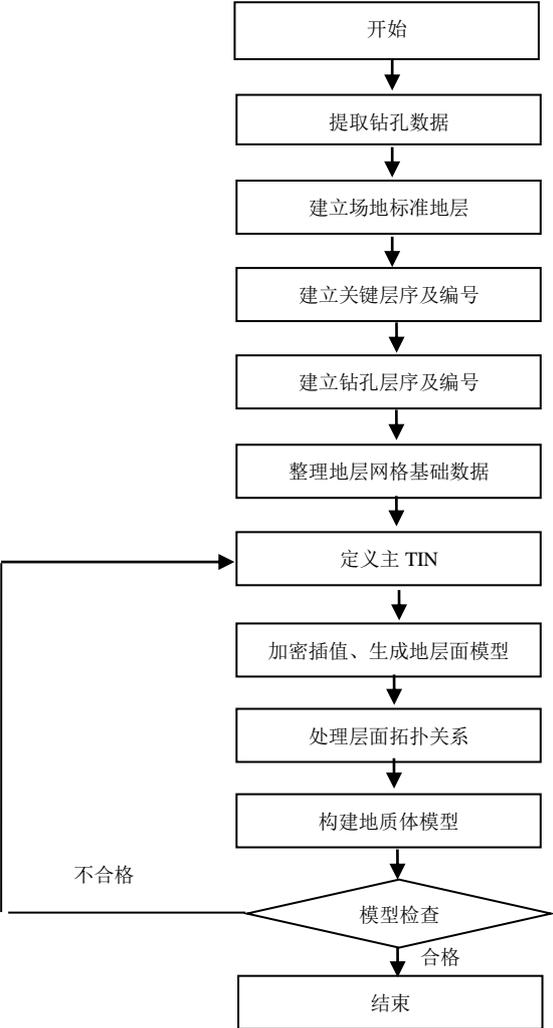


图 6.3.2-2 基于钻孔建模流程

主要步骤说明如下：

1 提取钻孔数据：对于特定区域的建模，需要大量的钻孔及其它勘探数据，这些勘探数据提供了位置、分层深度、地质描述等基础信息。这部分信息通常比较规范，可以用格式化表格或数据库来存储，为建立层面模型提供基础数据；

2 建立场地标准地层：在生成层面网格之前，场地内分布的所有地层进行统计，把主要的地层定义为标准地层；

3 建立关键层、钻孔层序及编号：在建立标准地层之后，就需要按新老关系、构造、空间分布等建立地层层序。地层层序可以用编号顺序来表达。定义层序对模型的正确性及可靠性有非常大的影响。同时，建立层序是建模工作中人工工作量及难度都较大的一部分。编号可采用主层编号及亚层编号来定义，编号规则是“从新到老，逐层递增”。关键层主要是指岩土分界面、年代分界面（组）、风化分界面、水位界面等；

4 整理地层网格基础数据：在进行前面三步工作后，已得到规格化的建模基础数据。此时需要将这些建模基础数据进一步整理成生成三角网所需要的数据格式，即钻孔层面分界点的“X, Y, Z”数据；

5 定义主 TIN：指以钻孔孔口坐标为基准，结合建模区域边界条件，采用标准的三角网加密算法形成受钻孔分层面控制的三角网。主 TIN 需要定义待构建三维地层模型的外边界，还需要表达建模区域各个地层层面的拓扑关系。建立了主 TIN，需要用主 TIN 来控制整个模型。主 TIN 可以简化后续建模难度，并增强后续插值算法的准确性；

6 加密插值生成层面模型：在主 TIN 的控制下，利用地层基础数据及层序数据，进行加密插值，得到初步的地层层面模型。在求解没有控制数据处的层面空间数据时，需要考虑沉积原理及构造（断层），确保地层层面的合理性；

7 处理层面拓扑关系：在生成层面模型后，可能会出现较多的问题。主要问题有地层相交或悬挂，因此必须通过人工交互来处理层面间的拓扑关系。同时要注意特殊地层的拓扑关系。特殊地层主要是指透镜体、尖灭。为了下一步构建地质体的顺利，需要消除错误的拓扑关系；

8 构建地质体：在前面过程已完成的前提下，已用三角网构成了各个地层面，而且通过拓扑关系处理好了层面之前的接触关系。形成的地质体如果不能达到要求，可以重复 5、6、7 步骤，直到生成的地质体模型达到要求。

6.3.2.3 基于剖面建模流程

基于剖面建模是指以绘制好的地质剖面图作为建模基础数据来建立模型，建模的合理性得到一定的保证，另一方面对建模的数据需求相对低一些。基于剖面建模特别适合构建地质体模型，容易控制尖灭、透镜体等特殊地质体。基于剖面建模流程与基于钻孔建模的区别在于构建三角网的基础数据是从剖面上的分界线解析得到，而基于钻孔是直接利用钻孔位置及分层深度得到。

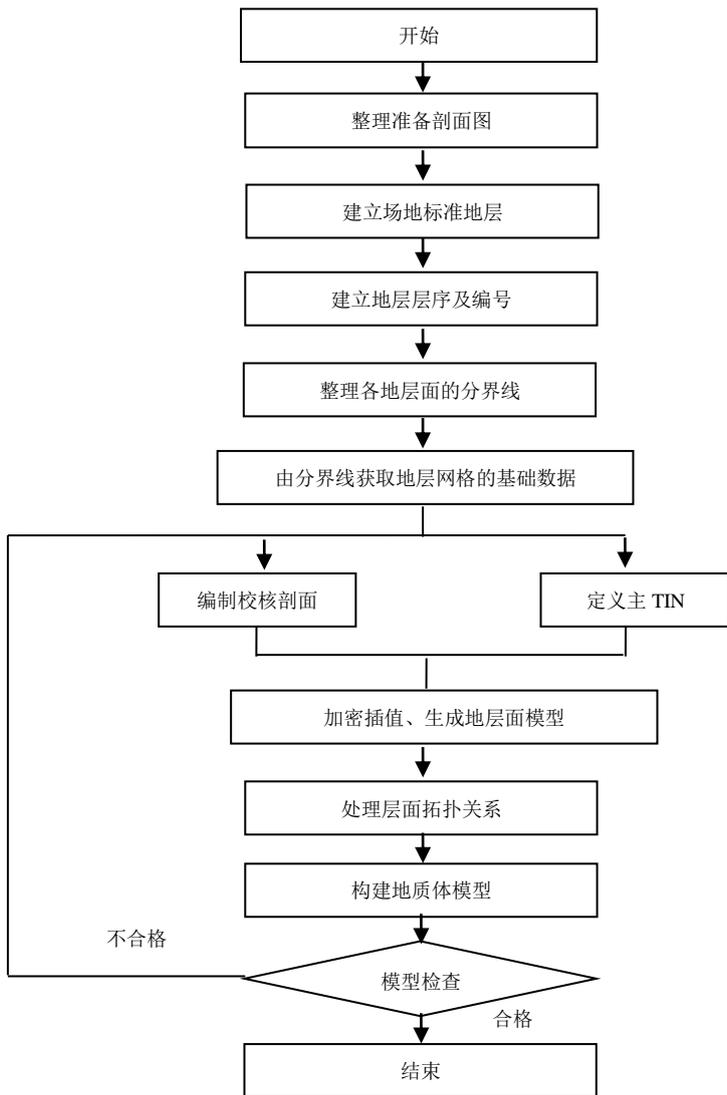


图 6.3.2-3 基于剖面建模流程

6.3.2.4 综合法建模流程

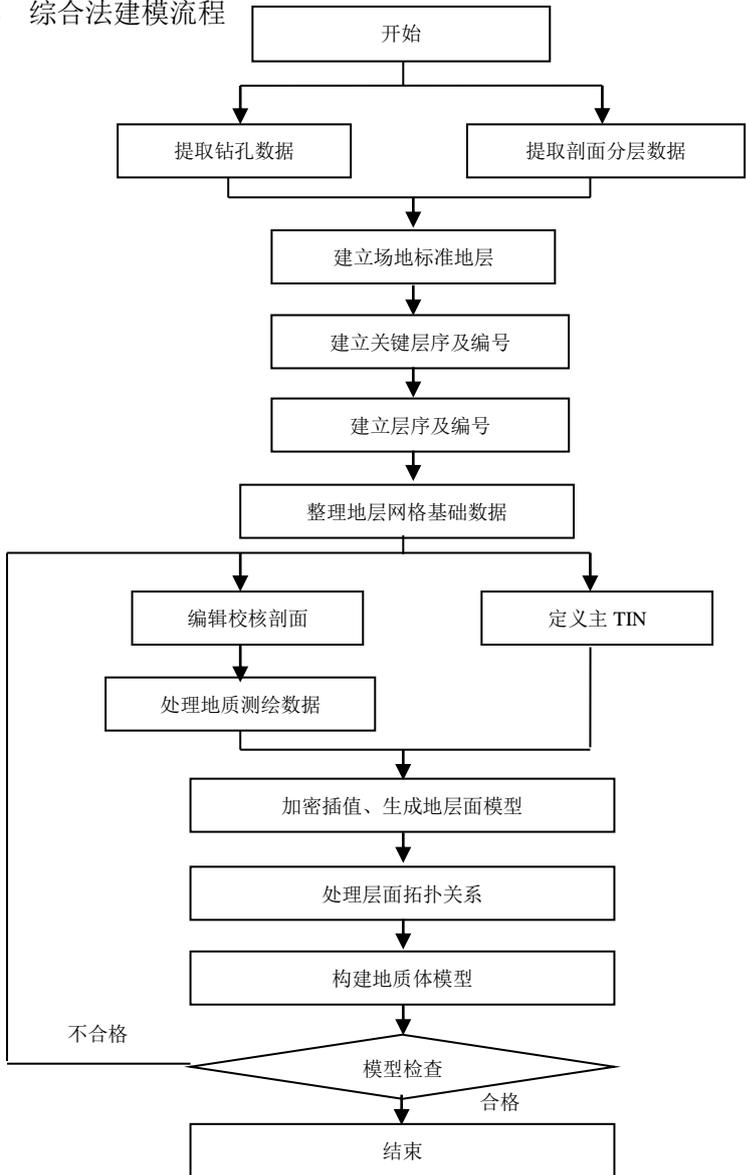


图 6.3.2-4 综合法建模流程

在实际建模的过程中，很多是结合不同来源的资料综合运用三种方法来建立工程地质 BIM 模型。在准备建模数据及预处理阶段，把剖面的分层空间数据引入建模基础数据，又用剖面及地面填图的信息来影响三角网成网格质量。在模型检查过程中反复用剖面 and 地质填图信息来校核层面模型及地质体模型。

6.3.3 工程地质 BIM 模型质量检查

工程地质 BIM 模型质量检查的重点在：地层拓扑关系、层面异常与合理性、地质体异常与合理、属性质量等。主要的检查方法说明如下：

1 常规目视检查：目视检查可以把主要的模型组件分离出来，通过目视及专业人员技术经验进行检查，目视检查可以对粗略拓扑关系、地质合理性进行一个初步的判断；

2 虚拟钻孔检查：虚拟钻孔检查是指在任意地表，设置一个虚拟钻孔，把虚拟钻孔穿越的层面、地质体及其属性表达出来，再通过技术人员的专业经验进行合理性判断。虚拟钻孔可以灵活设置，可以均匀分布，也可以重点抽查一些地质条件较复杂的地段；

3 剖切检查：剖切检查原理与虚拟钻孔类似，也是设置一条剖面线，对三维模型进行剖切，自动根据穿越模型形成一条剖面，然后通过技术人员的专业经验进行合理性判断。由于剖面图内容比钻孔丰富，因此剖切检查的效率比虚拟钻孔高；

4 自动化拓扑检查：自动化拓扑检查主要是每个模型迭代分析与周边模型的拓扑关系，得到不正常的相交、悬挂等信息；

5 数据统计：数据统计是把模型中某一类空间数据(如标高)提取出来，用统计学理论来分析，找出异常值；

6 属性统计检查:数据统计是把模型中的属性数据中的同类数据提取出来,用统计学理论来分析,找出异常值;

6.4 岩土工程设计 BIM 模型构建

6.4.1 岩土工程设计 BIM 模型基本要求

1 岩土工程设计 BIM 模型:主要指在已有 DEM 地形模型和工程地质 BIM 模型之上建立岩土工程结构构件,能实现边坡、基坑、地基处理等相关设计和计算的 BIM 模型。

2 岩土工程设计 BIM 模型的数据来源:主要包括边坡、基坑支护结构及地基处理方案等资料,以及与岩土工程设计项目有关的其他工程资料。

3 岩土工程设计 BIM 模型的平面及空间范围:包含边坡(基坑)影响区域及其受影响保护对象,并满足岩土工程设计及相邻建(构)筑物安全评估需要,且符合相关规范要求。

4 建立岩土工程设计 BIM 模型,以工程地质 BIM 模型为基础,将岩土工程设计构件模型于地质 BIM 模型中进行添加与编辑,并对构件空间位置进行定位与组合,形成计算分析模型。或对已建的工程地质 BIM 模型进行调用,直接在模型上进行设计 BIM 模型的构建。

5 目前岩土工程设计阶段分为方案设计和施工图设计两阶段:岩土工程设计 BIM 模型在建模初期就需要明确设计阶段,以便获取相对应的数据信息开展建模工作。在不同的岩土工程设计阶段,宜提供不同深度的模型数据信息,分为几何信息和非几何信息两大类。

6 岩土工程设计 BIM 模型主要有边坡支护模型、基坑支护模型和地基处理模型。其中边坡和基坑支护模型主要包括边坡(基坑)体、挡墙、支护桩、面板、肋柱、压顶梁、承台、锚杆、锚索、土钉等元素；地基处理 BIM 模型主要包含换填垫层体、夯实体、复合地基增强体、注浆加固体、基础、换填开挖面、分层强夯面、土工材料铺设面、地基处理影响深度面、地基处理完成面等元素。

7 模型中各类构件元素建立方式及需包含的信息如下表 6.4-1。

表 6.4-1 岩土工程设计 BIM 模型构建元素建立方式及相关信息表

元素类型	建立方式	几何信息	非几何信息
边坡(基坑)体	体	截面形状、截面尺寸、位置	面积、体积、地质特征信息、坡面分段线信息、监测信息、荷载信息
重力式挡墙	体	截面形状、截面尺寸、位置	密度、弹性模量、变形模量、泊松比、摩擦系数、抗压强度、荷载信息
锚杆	体	截面形状、截面尺寸、位置	密度、弹性模量、变形模量、泊松比、摩擦系数、法向刚度模量、切向刚度模量、抗拉强度、抗压强度、预应力、粘结强度
锚索	体	截面形状、截面尺寸、位置	密度、弹性模量、变形模量、泊松比、摩擦系数、法向刚度模量、切向刚度模量、水泥砂浆的刚度、抗拉强度、抗压强度、预应力、粘结强度
支护桩	体	截面形状、截面尺寸、位置	密度、弹性模量、变形模量、泊松比、摩擦系数、抗拉强度、抗压强度、约束条件、荷载信息

元素类型	建立方式	几何信息	非几何信息
肋柱	体	截面形状、截面尺寸、位置	密度、弹性模量、变形模量、泊松比、摩擦系数、抗拉强度、抗压强度、约束条件、荷载信息
面板	面、体	截面形状、截面尺寸、位置	密度、弹性模量、变形模量、泊松比、摩擦系数、抗拉强度、抗压强度、荷载信息
梁	体	截面形状、截面尺寸、位置	密度、弹性模量、变形模量、泊松比、抗拉强度、抗压强度、约束条件、荷载信息
截(排)水沟	面、体	截面形状、截面尺寸、位置	密度、弹性模量、变形模量、泊松比、抗拉强度、抗压强度
土工格栅	面	形状、尺寸、位置	密度、弹性模量、变形模量、泊松比、摩擦系数、剪切模量、正交各项异性参数、抗拉强度、抗压强度、膨胀系数
换填垫层体、夯实压实体、复合地基增强体、注浆加固体	体	形状、尺寸、位置	地质特征信息、载荷试验信息、约束条件、边界条件、荷载信息
换填开挖面、分层强夯面、土工材料铺设面、地基处理影响深度面、地基处理完成面	面	形状、尺寸、位置	地质特征信息、载荷试验信息、约束条件、边界条件

8 岩土工程设计 BIM 模型中需要输入的荷载信息主要包括以下几类：

- 1) 主动土(岩)压力、静止土(岩)压力、渗水压力、滑坡推力、岩土体自重等；
- 2) 坡顶超载、基础荷载、锚索(杆)预应力等；
- 3) 荷载施加位置；
- 4) 荷载组合系数；

6.4.2 岩土工程设计 BIM 模型建立流程

岩土工程设计 BIM 模型需将岩土工程构件与工程地质模型进行有效的结合，实现计算、分析以及展示等相关功能，其主要建模步骤说明如下：

1) 根据模型类型选择合适的岩土工程构件，检查相应的工程地质 BIM 模型是否满足设计需要；

2) 参照表 6.4-1 输入相关几何信息，建立岩土工程构件，根据构件在工程地质 BIM 模型中的相对位置，对两者进行组合；

3) 根据设计需要选择合适的计算模式，设置合理的边界条件和约束条件，赋予岩土工程构件非几何信息；

4) 计算；

5) 对计算结果进行整理和分析，判断其是否合理和满足设计需要；

6) 读取结果，按照工程要求进行计算书、图件等结果输出；具体建模流程可按下图进行操作：

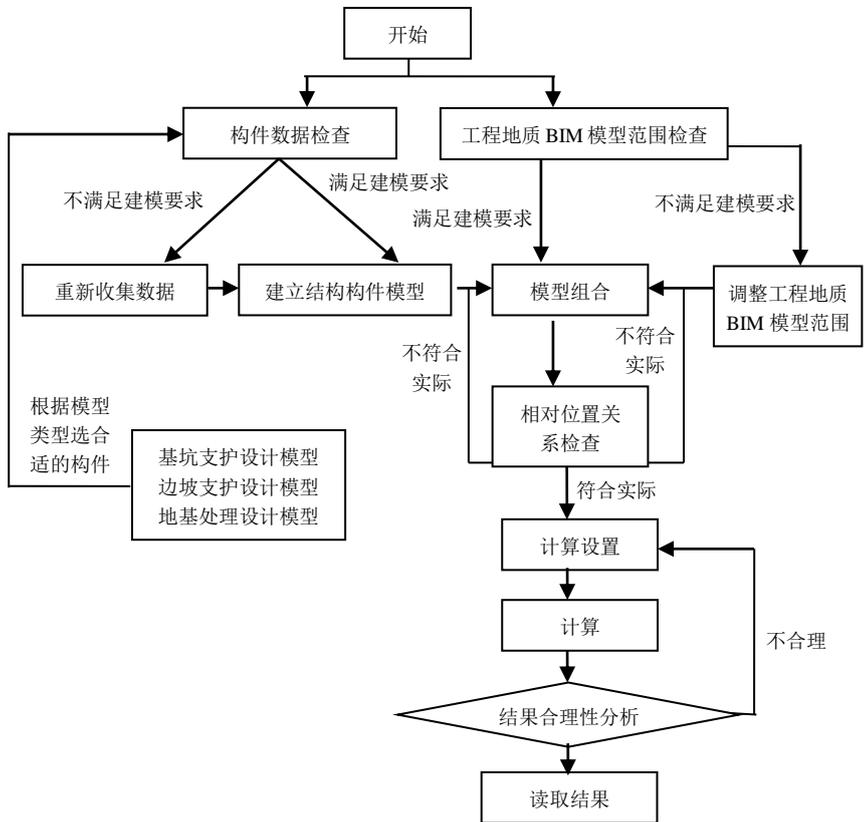


图 6.4-1 岩土工程设计 BIM 模型建模流程图

6.4.3 岩土工程设计 BIM 模型质量检查

在岩土工程设计 BIM 模型中，利用岩土 BIM 模型的可视化、信息化特点，对设计阶段的支护设计模型进行质量检查。同时，由于岩土工程设计 BIM 模型是工程生命周期中各相关方共享的工程信息资源，也是各相关方在不同阶段制定决策的重要依据。

采用 BIM 技术后，模型所承载的信息量更丰富，逻辑性与关联性更强。因此，除了设计层面的校核以外，对模型也可考虑进行检查校核。

质量检查工作主要方法如下：

1 收集数据，并保证数据的可靠性，如有必要，对模型进行整合。

2 模型完整性校核：岩土工程设计 BIM 模型中所包含的模型、构件等内容是否完整，岩土工程设计 BIM 模型所包含的内容及深度是否符合交付等级要求。

3 建模规范性校核：岩土工程设计 BIM 模型是否符合建模规范，如建模方法是否合理，模型构件及参数间的关联性是否正确，模型构件间的空间关系是否正确，语义属性信息是否完整，交付格式及版本是否正确等。

4 设计指标、规范校核：岩土工程设计 BIM 模型中的具体设计内容，结合国家和行业主管部门有关设计规范及合同要求、同时利用三维可视化、信息化优势，对模型进行校核，以保证设计的规范性合理性、模型的规范性与可交付性。

5 校核内容包括且不限于以下几点：

1) 设计参数校核，包含岩土物理力学参数及结构构件材料力学参数的校核检查；

2) 模型及构件的几何信息与非几何信息校核，如模型及构件的几何尺寸、空间位置、类型规格等是否符合合同及规范要求；

3) 碰撞检查，应用三维模型，可以检查支护元素与周边构筑物及其它专业元素（如管网等）间的碰撞，检查类型分为硬碰撞

与间隙碰撞,硬碰撞是对于检测两个几何图形间的实际交叉碰撞,而间隙碰撞用于检测制定的几何图形需与另一几何图形具有特定距离,如净距、净空等。通过碰撞检查,可减少返工和重建,并最大程度减少工程量,更加经济和高效。碰撞检查是一个反复的过程,需要不断检查校核-调整-检查,直到最后满足设计与施工要求;

4)对整合后的模型进行支护体系平面、立面、剖面检查,产生平面、立面、剖面视图,并检查三者的关系是否统一,修正相应模型的错误,直到三者的关系统一准确。设计、规范方面的校核较为繁杂,设计人员在熟悉规范的基础上,充分利用岩土工程设计 BIM 模型的优势,对设计模型进行校核,以减少返工与重建,保证岩土设计的科学性;

5)模型协调性校核,指模型及构件是否具有良好的协调关系,如专业内部及专业间模型是否存在直接的冲突,安全空间、操作空间是否合理等。这需要与其它专业协同合作,以避免冲突;

6)按照统一的命名规则命名文件,保存修改后的整合模型文件与各类构件。

7 岩土工程 BIM 模型交付

7.1 一般规定

岩土工程 BIM 模型的交付是符合要求的基于岩土工程 BIM 模型的勘察设计成果，即模型交付物，包括岩土工程 BIM 模型本身，以及基于 BIM 模型所形成的各类视图、分析表格和说明文档等，按协议或约定交付业主或委托方。

7.1.1 交付的目的意义

岩土工程 BIM 模型的交付，其目的是使南宁市内各工程勘察设计单位在同一标准体系之下工作与交流，并实施广泛的数据交换和共享，可用于建设工程的规划、设计、建造和运维过程中，基于岩土工程 BIM 模型数据成果的建立、传递和交付，代表相应岩土工程 BIM 模型数据的成熟度。

对交付物和交付过程进行标准化，可以落实和普及南宁市建设工程领域岩土工程 BIM 模型的技术应用，提高工程勘察信息化水平，使岩土工程 BIM 模型的交付行为具有可操作性和强兼容性。

7.1.2 数据来源的要求

输入岩土工程 BIM 模型的相关信息需对其源头的准确性进行确认，在信息的传递和提取过程中保证数据链条的完整性。模型制作方在建模前，需要对模型信息进行检验和甄别，避免使用错误信息；在模型交付时，需要注意信息的转换格式和传递途径，避免数据损坏和丢失。

7.1.3 成果维护和管理

模型成果的提供方和使用方均可对岩土工程 BIM 模型成果进行维护和管理，但是模型成果的修改与更新工作，原则上由模型制作方完成，使用方提供更新所需的资料。

为保证数据的安全性，模型成果数据可采用冗余阵列、异地备份等方式进行备份，并安装专业的安全软件。入库数据在完成兼容性和完整性检查后，采用统一的数据库进行集中管理，并可通过元数据对数据库进行扩充。为记录和追溯各方对 BIM 模型的更改历史，BIM 模型采用版本控制进行管理。

7.2 岩土工程 BIM 模型交付深度等级

模型交付深度等级是指岩土工程 BIM 模型交付时所能达到的精细程度，一般取决于所能获得的反映场地地表、工程地质及岩土工程条件信息的充分程度。

岩土工程 BIM 模型所包括的信息以及交付物宜与工程项目各阶段的使用需求相匹配，而具体工程项目的使用需求则与工程性质、阶段、目的有关，如可行性研究、初步设计、施工图设计、施工过程及竣工。模型制作方在开始建模之前，首先对模型信息进行检验和甄别，避免将错误信息引入模型；同时在模型正式交付时，还需对信息的转换格式进行约定和说明，并选择安全的传递途径，避免数据的损坏和丢失。

7.2.1 岩土工程 BIM 模型交付内容的分类

岩土工程 BIM 模型交付的内容按类型可分为几何信息和非几何信息两类，其中，几何信息主要用以表示工程勘察对象的空

间位置及自身形态（如长、宽、高等）的参数，它体现在岩土工程 BIM 模型本身上；非几何信息是指用以表达工程勘察对象及拟建物，除几何信息以外的其它信息，用以描述工程勘察各类信息的本质特征，如岩性属性、岩土参数、原位测试及其他各种参数信息，集中体现在 BIM 模型背后的岩土工程数据库上。

根据岩土工程勘察的工作特点，以及对岩土工程 BIM 模型设计的要求，其中，地表信息包括空间基准、地表面、地表水体、地面建（构）筑物等信息；工程地质信息包括工程地质条件、勘探、测试、拟建工程、相邻建（构）筑物等地下综合信息；岩土工程设计信息包括基坑、边坡支护工程地下空间与地下工程、地基基础及地基处理工程等方面的设计与施工信息。

7.2.2 岩土工程 BIM 模型交付深度等级

岩土工程 BIM 模型交付深度等级是指岩土工程 BIM 模型交付时所能达到的精细程度，一般取决于所能获得的反映场地地表、工程地质及岩土工程条件信息的充分程度。模型交付深度宜综合考虑工程性质、规模、特征、场地复杂程度、工作细致程度及建模信息的充分度等因素，根据工程实际需求确定。岩土工程 BIM 模型交付深度等级的选择，宜在勘察实物工作基础上，结合场地及工程实际情况，综合考虑多方面因素而确定。而且，岩土工程 BIM 模型的深度等级与传统的勘察工作阶段划分并无必然对应关系，如 LOD2 交付深度的模型并不一定代表是初步勘察阶段的成果。

岩土工程 BIM 模型交付深度分为几何和非几何两个信息维度，每个信息维度分为 4 个等级区间，分别为 LOD1、LOD2、LOD3 和 LOD4，不同交付深度的岩土工程 BIM 模型满足不同的工程用途：

1) LOD1 深度等级初步反映建设场地及其周边的地形地物与基本工程地质信息，并可满足可行性研究或方案设计的需要；

2) LOD2 深度等级准确表达建设场地及其周边地表信息，初步反映场地内地质条件和岩土参数，为工程设计提供初步建议，并可满足初步设计的需要；

3) LOD3 深度等级准确表达建设场地及其周边环境的地上和地下综合信息，查明场地岩土条件，为工程设计、施工和不良地质作用的防治等提供建议，并可满足施工图设计的需要；

4) LOD4 深度等级全面反映建设场地及其周边环境的地上和地下综合信息，以及相应的施工过程信息，为工程项目施工及竣工提供基础资料支撑，并可满足施工及竣工的需要；

岩土工程 BIM 模型交付深度等级反映了工程勘察工作的特殊性，与建筑、市政专业的相应规范标准的模型交付深度等级划分无严格的对应关系。LOD4 为岩土工程 BIM 模型的最高交付等级，从工程勘察的角度来说，此等级模型包含施工阶段的勘察内容，保证岩土工程 BIM 模型的精度；从岩土工程设计角度来说，包含岩土工程的施工与竣工信息，可用于工程后续运营与维护。

7.3 岩土工程 BIM 模型交付内容

7.3.1 基本要求

岩土工程 BIM 模型成果表达需符合相关专业技术标准要求，保证成果的完整性、准确性、可交换性和可维护性。岩土工程 BIM 模型的交付成果在委托范围内保证完整性和准确性是基本要求，可交换性主要是指模型的文件格式宜采用主流格式，符

合建筑工程数据交换标准，如 DWG、DGN、RVT、OBJ 等主流格式，易于转换并能够被主流软件所识别和导入。当模型数据信息发生变化和更新，需要对岩土工程 BIM 模型进行调整时，能够对模型进行维护。

岩土工程 BIM 模型中反映的内容与时间相关，或具有特定使用前提的部分，宜在模型中进行明确，避免引起误读误用。

7.3.2 岩土工程 BIM 模型交付物

交付物的核心是岩土工程 BIM 模型，同时提交交付说明书，以及典型二维图件、三维展示图等配合使用，提高模型使用的便利和效率。交付说明书主要包括以下内容：项目概述，BIM 模型深度说明，工作环境（软、硬件及网络环境），模型构成及文件列表、成果交付标准及交付格式。鉴于地质环境的复杂性和不确定性，仅根据有限的勘探数据建立的模型难免存在与实际情况有出入的地方，因此，有必要提交根据所建模型剖切出的典型的二维剖面图，来反映建模人员对于场地的总体认识，以及场地内特殊地段的工程地质条件等。三维展示图是指打印出来反映所建模型整体效果的图件，同时对于特殊地段也可以增加场地局部的三维展示图。二维剖面图、三维展示图的图件数量根据场地的复杂程度确定，以满足表达需求为原则。

7.3.3 岩土工程 BIM 模型几何信息交付内容

岩土工程 BIM 模型的几何信息交付内容可包含以下内容：

1 LOD1 深度等级的模型几何信息可包括：

- 1) 地表信息：地表面、地面建（构）筑物等信息；
- 2) 工程地质信息：地质点、地质界线、不良地质体等信息；

3) 不涉及岩土工程设计信息。

2 LOD2 深度等级的模型几何信息可包括:

1) 地表信息: 地表面、地表水体、地面建(构)筑物等信息;

2) 工程地质信息: 地质点、地质界线、地质剖面、地质界面、地质体、不良地质体、物探、原位测试、室内试验、拟建物、环境边坡、基坑边坡、相邻建(构)筑物基础、地下洞室等信息;

3) 岩土工程设计信息: 边坡(基坑)工程和地基处理工程信息。

3 LOD3 深度等级的模型几何信息可包括:

1) 地表信息: 地表面、地表水体、地面建(构)筑物信息;

2) 工程地质信息: 地质点、地质界线、地质剖面、地质界面、地质体、地下水、不良地质体、钻孔、探槽、探井及探坑、物探、原位测试、室内试验、拟建物、环境边坡、基坑边坡、相邻建(构)筑物基础、地下洞室、地下管网等信息;

3) 岩土工程设计信息: 边坡(基坑)工程和地基处理工程信息。

4 LOD4 深度等级的工程地质 BIM 模型的几何信息与 LOD3 深度等级的规定保持一致, 但是 LOD3 的岩土工程设计模型可以用简单几何形体表达, 建模几何精度为 0.05m, 而 LOD4 要求以精确几何形体表达, 对应精度为 0.01m。

7.3.4 非几何信息交付内容

岩土工程 BIM 模型的非几何信息交付内容可包含以下内容:

1 LOD1 深度等级的模型非几何信息可包括:

1) 地表信息: 地表面、地表水体、地面建(构)筑物等信息;

- 2) 工程地质信息：地质点、地质界线、不良地质体等信息；
- 3) 不涉及岩土工程设计信息；

2 LOD2 深度等级的模型非几何信息可包括：

- 1) 地表信息：地表面、地表水体、地面建（构）筑物等信息；
- 2) 工程地质信息：地质点、地质界线、地质剖面、地质界面、地质体、不良地质体、钻孔、物探、原位测试、室内试验、拟建物概况、环境边坡、基坑边坡、相邻建（构）筑物、地下洞室等信息；

3) 边坡（基坑）工程、地基处理工程的主体和附属工程属性信息；

3 LOD3 深度等级的模型非几何信息可包括：

- 1) 地表信息：地表面、地表水体、地面建（构）筑物等信息；
- 2) 工程地质信息：地质调查点、地质界线、地质剖面、地质界面、地质体、地下水、不良地质体、钻孔、探槽、探井及探坑、物探、原位测试、室内试验、拟建物概况、环境边坡、基坑边坡、相邻建（构）筑物、地下洞室、地下管网等信息；

3) 边坡（基坑）工程、地基处理工程的主体和附属工程属性信息；

4 LOD4 深度等级的模型非几何信息除包括 LOD3 等级的所有信息外，还需包括施工过程的相关信息，如施工时间、单位、施工变更内容、监测要求等。

7.3.5 模型文件的命名原则

岩土工程 BIM 模型文件的命名宜遵循以下几个原则：

- 1) 规范性，为便于识别，岩土工程 BIM 模型文件的命名宜

基本与现行标准规范的对象名称统一；

2) 合理性，命名的结构能够合理表达文件或地质要素、构件的基本属性；

3) 简洁性，避免冗余名称关键词，以便减少命名工作量和计算机检索时的运算量；

4) 可扩展性，以便满足后续可能出现的其它需求；

5) 通用性，在一定的范围内能够被普遍适用。

模型文件命名采用分类编码的方式，用 3 字段来表示，字段之间用“—”隔离，每个字段不限长度，具体表示为，项目代码-模型深度-拆分编号。其中，项目代码与项目勘察报告项目编号保持一致；模型深度分为 LOD1~LOD4，根据项目需要选取；拆分编号可用 0 或者 m-n 表示 ($n \leq m$)；0 代表模型未进行拆分；m 代表模型被拆分的数量，n 代表拆分模型编号。

8 岩土工程 BIM 模型应用

8.1 施工阶段岩土工程 BIM 应用

8.1.1 一般规定

施工实施阶段是指自工程开始至竣工的实施过程。在施工准备阶段的 BIM 工作基础上,将 BIM 技术贯穿到项目管理全过程,不断动态优化调整,及时发现潜在的问题及时解决,以达到提高项目管理效能的作用。

8.1.2 虚拟进度与实际进度对比

8.1.2.1 目的及意义

传统的进度管理工作依据横道图、网络图,表现效果差,需结合文字才能比较清楚的表示进度变化情况,效率低。基于 BIM 模型的进度管理可视化效果好,集成人、材、机、价格等因素,沟通协调效果更好。

8.1.2.2 数据准备

- 1) 收集准确的数据;
- 2) 项目进度计划;
- 3) 施工过程模型;
- 4) 工作分解结构,分解施工过程模型;
- 5) 与进度管理相关的资源,人力、材料、机械及资金等;
- 6) 进度管理工作的业务流程,协调项目部各部门使用。

8.1.2.3 操作流程

- 1) 将工作按照分部分项、工序依次分解, 关联到施工过程模型;
- 2) 将进度管理相关的资源附加到施工过程模型;
- 3) 关联进度计划到施工过程模型, 对比分析;
- 4) 将分析结果与前期的项目管理目标进行比对, 若有偏差逆向修改资源配置直至满足要求。

8.1.2.4 虚拟进度与实际进度对比

基于 BIM 技术的虚拟进度与实际进度对比主要是通过方案进度计划和实际进度的比对, 找出差异, 分析原因, 实现对项目进度的合理控制与优化。其操作流程如下:

- 1) 收集数据, 并确保数据的准确性。
- 2) 将施工活动根据工作分解结构 (WBS) 的要求, 分别列出各进度计划的活动 (WBS 工作包) 内容。根据施工方案确定各项施工流程及逻辑关系, 制定初步施工进度计划。
- 3) 将进度计划与三维建筑信息模型链接关联生成施工进度管理模型。
- 4) 利用施工进度管理模型进行可视化施工模拟。检查施工进度计划是否满足约束条件、是否达到最优状况。若不满足, 需要进行优化和调整, 优化后的计划可作为正式施工进度计划。经项目经理批准后, 报建设单位及工程监理审批, 用于指导施工项目实施。
- 5) 结合虚拟设计与施工 (VDC)、增强现实 (AR)、三维激光扫描 (LS)、施工监视及可视化中心 (CMVC) 等技术, 实现可视化项目管理, 对项目进度进行更有效的跟踪和控制。
- 6) 在选用的进度管理软件系统中输入实际进度信息后, 通过

实际进度与项目计划间的对比分析，发现二者之间的偏差，并预警，分析并指出项目中存在的潜在问题。对进度偏差进行调整以及更新目标计划，以达到多方平衡，实现进度管理的最终目的，并生成施工进度控制报告。

8.1.2.5 成果包括

1) 施工计划模拟演示文件。表示施工计划过程中的整个工程进度安排、活动顺序、相互关系、施工资源、措施等信息。

2) 施工进度控制报告。不同情况下的进度调整、控制文件，包括不同情况的施工计划展示视图，以及一定时间内虚拟模型与实际施工的进度偏差分析等。

8.1.3 质量与安全管理

8.1.3.1 目的及意义

基于施工过程模型，关联质量、安全管理方案，对质量、安全管理的重点部位或分部分项工程进行动态管理。通过移动终端或手机 APP 采集现场数据，与施工过程模型进行比对，及时预警和调整。

8.1.3.2 操作流程

1) 采集现场数据。

2) 根据施工质量、安全管理方案以及工作分解结构，拆分施工过程模型，并关联质量安全管理相关规范的重要条款。

3) 通过移动终端及时、准确向质量安全管理人员传递施工过程的元素，识别危险源和重难点，保证施工操作正确无误、可控。

4) 根据现场施工质量、安全管理情况的变化，通过移动终端及时将现场出现的质量、安全隐患传递到施工过程模型或平台上。

及时汇总总结，协调解决。

8.1.3.3 质量与安全应用点的主要工作成果包括：

- 1) 施工安全设施配置模型。
- 2) 施工质量检查与安全分析报告及解决方案。

8.2 竣工验收阶段岩土工程 BIM 应用

8.2.1 竣工模型构建

8.2.1.1 数据准备

- 1) 各专业施工过程模型；
- 2) 施工记录；
- 3) 过程验收资料；
- 4) 竣工质量验收资料。

8.2.1.2 操作流程

- 1) 收集数据，并确保数据的准确性。

施工单位技术人员在准备竣工验收资料时，需检查施工作业模型是否能准确表达竣工工程实体，如表达不准确或有偏差，需修改并完善模型相关信息，以形成竣工模型。

- 2) 将验收信息和资料附加或关联到模型；与工程实测数据对比。

8.2.1.3 成果

1) 竣工模型

模型需准确表达构件的外表几何信息、材质信息、厂家信息以及施工安装信息等。其中，对于施工、运营无指导意义的内容，不宜过度建模。

2) 竣工验收资料

资料宜通过模型输出，包含必要的竣工信息，作为建设主管部门要求竣工资料的重要参考依据。

8.2.2 工程量计算

8.2.2.1 工程量统计

施工 BIM 模型与各子项构件信息数据库相关联，可以准确、快速的实现工程量的提取。并且 BIM 遵循面向对象参数化的建模方法，完成竣工模型或发生变更修改，工程算量随之完成或修改。利用 BIM 模型算量计算能力强、精度及效率高的特点，造价人员可直接利用 BIM 模型自动提取工程量。

8.2.2.2 工程量统计应用点的主要工作内容包括：

1) 收集准确的数据。

2) 利用 BIM 软件获取施工作业模型中的工程量信息，可作为建筑工程招投标时编制工程量清单与招标控制价格的参考，也可作为施工图预算的参考。同时，从模型中获取的工程量信息需满足合同约定的计量、计价规范要求。

3) 成果主要为从 BIM 模型中提取的各子项的工程量统计，成果可准确反映竣工模型工程量，可辅助预结算编制。

9 数据安全 管理

9.1 数据安全 管理目的

大数据技术推动下，岩土工程 BIM、工程地质勘察信息化的数据安全 工作建设压力成倍增长。岩土工程 BIM 模型包含地形、高程等 内容涉及国家机密，在数据平台管理与应用过程中需遵循国家保 密条例，以保证数据使用安全。

9.2 数据安全 管理原则

在保障数据成果资料数据安全方面，需遵从以下几点原则。

1) 资料数据基本管理原则。

新增的岩土工程 BIM、工程地质资料数据依据相关要求，建立规范统一的结构化数据标准，完善数据版本的更新机制；在数据输入、输出时应清晰的做好数据运用记录，保障数据源、数据运用记录有据可查。

2) 资料数据保密安全基本原则。

以国家保密法为依据，参照国家保密安全规定与安全条例，规范敏感数据的管理方法和 使用范围。建立并完善涉密数据的使用权责机制，落实使用者的权利和义务，提高涉密数据的使用安全环境；建立涉密数据的清理和管理工作机制，研制公开的数据产品发布共享，为社会公众提供全面的基础数据支撑保障。

3) 资料数据物理存储安全保障原则。

构建结构先进、可靠性高、可扩展性强、采购成本低、维护成本低的存储系统和备份系统，建立相应的备份策略，实现地质资料数据安全可靠存放和长久保存；同时依据相关标准规范持续开展数据网络的建设和完善，保障数据复制加工安全可靠。

9.3 数据安全 管理要求

参照《中华人民共和国测绘法》、《中华人民共和国保守国家秘密法》、《基础测绘条例》及《测绘管理工作国家秘密范围的规定》等规定，数据秘密范围分为：

9.3.1 绝密级范围

- 1 公开或泄露会严重损害国家安全、领土主权、民族尊严的；
- 2 公开或泄露会导致严重外交纠纷的；
- 3 公开或泄露会严重威胁国防战略安全或削弱国家整体军事防御能力的。

9.3.2 机密级范围

- 1 公开或泄露会对国家重要军事设施的安全造成严重威胁的；
- 2 公开或泄露会对国家安全警卫目标、设施的安全造成严重威胁的。

9.3.3 秘密级范围

- 1 公开或泄露会使保护国家秘密的措施可靠性降低或者失效的；
- 2 公开或泄露会削弱国家局部军事防御能力和重要武器装备克敌效能的；

3 公开或泄露会对国家军事设施、重要工程安全造成威胁的。

表 9.3-1 测绘管理工作国家秘密目录（部分）

序号	国家秘密事项名称	密级	保密期限	控制范围
1	国家大地坐标系、地心坐标系以及独立坐标系之间的相互转换参数	绝密	长期	经国家测绘局批准的测绘成果保管单位及用户；经总参谋部测绘局批准的军事测绘成果保管单位及用户
2	1: 1 万、1: 5 万全国高精度数字高程模型	绝密	长期	同上
3	国家等级控制点坐标成果以及其他精度相当的坐标成果	机密	长期	经省级以上测绘行政主管部门批准的测绘成果保管单位及用户；经大军区以上军队测绘主管部门批准的军事测绘成果保管单位及用户
4	涉及军事禁区的大于或等于 1: 1 万的国家基本比例尺地形图及其数字化成果	机密	长期	同上
5	1: 2.5 万、1: 5 万和 1:	机	长期	同上

	10 万国家基本比例尺地形图及其数字化成果	密		
6	构成环线或线路长度超过 1000 千米的国家等级水准网成果资料	秘密	长期	经县市级以上测绘行政主管部门批准的测绘成果保管单位及用户；经大军区以上军队测绘主管部门批准的军事测绘成果保管单位及用户
7	非军事禁区 1: 5 千国家基本比例尺地形图；或多张连续的、覆盖范围超过 7 平方千米的大于 1: 5 千的国家基本比例尺地形图及其数字化成果	秘密	长期	同上
8	1: 50 万、1: 25 万、1: 1 万国家基本比例尺地形图及其数字化成果	秘密	长期	同上
注：本规定所指“测绘成果”包括纸、光、磁等各类介质所承载的测绘数据、图件及相关资料				

附录 A 岩土工程 BIM 应用案例

A.1 南宁园博园项目岩土工程 BIM 应用

A.1.1 工程概况

南宁市园博园工程项目于广西壮族自治区南宁市中心东南方向 12 公里八尺江畔的顶蛳山公园区域，西面毗邻八尺江和国家级重点文物保护单位顶蛳山贝丘遗址。项目规划范围总用地面积 3275857m²，场地北侧为玉洞大道，西侧为龙岗大道，东侧为蒲兴大道，南侧为规划仲龙路。园博园中设计一级园路总长约 7km，路宽 7.5m，道路环绕公园联系园内各个景区和主要景点，设计地面标高为 79~80m。于 2017 年 11 月开工建设，2018 年 12 月 11 日全面建成。主要建设内容：土石方、园林景观、绿化设计、给排水、电气电信、园路、水系、标识系统、海绵城市、防灾避险、无障碍及建筑、景观桥梁、雕塑工程等，项目总投资约 23 亿元。

A.1.2 项目特点

项目场地范围宽广，采用无人机倾斜摄影+工程勘察的方式，得到地表 TIN 模型及地层数据，构建地表+地下一体化的三维地质模型，获取项目地理地质信息，实现为规划、施工、管理提供数据支持。

A.1.3 BIM 应用技术路线

项目采用综合法建模流程,参照本文 5.3.2.4 节进行数据建模。

A.1.4 南宁市园博园 BIM 实施成果

工程分区	编号	沉积年代	编号	成因成因	编号	岩性	编号	状态	编号
侵蚀堆积河谷阶地松散土层	11	Q ₄ 全新统小河冲洪积、邕江河漫滩冲积层、新近堆积	01	人工堆积	01	填土	01	松散	01
剥蚀丘陵相碎屑层岩区	12	Q ₄ 全新统桂平组(一级阶地)	02	冲积	02	泥炭、淤泥、淤泥质土	02	稍密	02
剥蚀高丘相碎屑层岩区	13	Q ₄ 全新统望高组(二级阶地)	03	洪积	03	粘土	03	中密	03
沿性残坡地碳酸盐岩区	14	Q ₄ 全新统白沙组(三级阶地)	04	堆积	04	粉质粘土	04	密实	04
		N新近系	05	坡积	05	粉土	05	很密	05
		E古近系	06	湖积	06	粉砂	06	流塑	06
		K白垩系	07	沼泽沉积	07	细砂	07	软塑	07
		P二叠系	08	崩积	08	中砂	08	可塑	08
		C石炭系	09	滑坡堆积	09	粗砂	09	硬塑	09
		D泥盆系	10	泥石流堆积	10	砾砂	10	稍湿	10
		S震旦系	11	生物堆积	11	圆砾、角砾	11	滞	11
				化学堆积	12	卵石、碎石	12	微湿	12
				溶洞堆积	13	漂石、块石	13	饱和	13
				成因不明堆积	14	红粘土	14	全风化	14
						含砾土	15	强风化	15
						杂合土	16	中风化	16
						灰岩	17	微风化	17
						泥岩与砂岩互层	18		
						粉砂岩	19		
						砾岩	20		
						白云岩	21		
						硅质岩	22		
						页岩	23		

图 1-1 岩土分层系统

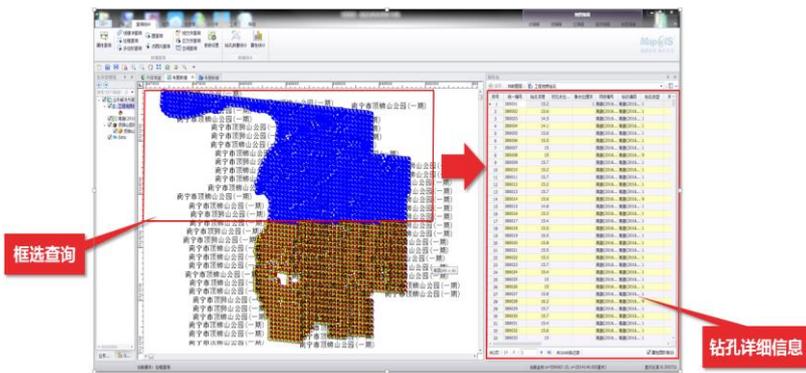


图 1-2 数据信息查询

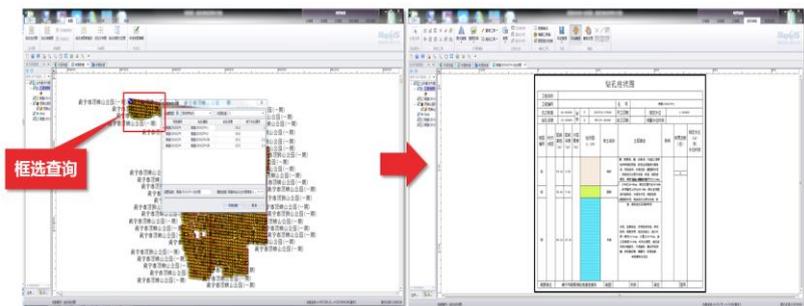


图 1-3 钻孔柱状图查询

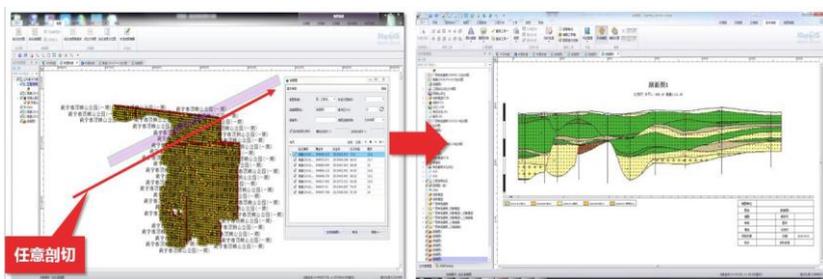


图 1-4 模型数据任意剖切断面查询

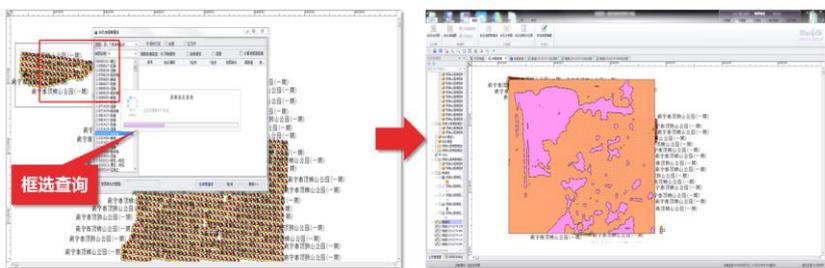


图 1-5 区域地层等值线查询

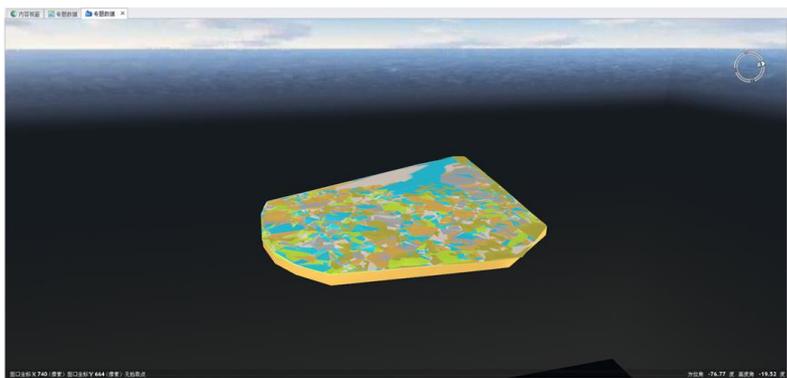


图 1-6 园博园项目三维地质模型



图 1-7 园博园项目场地实景三维模型

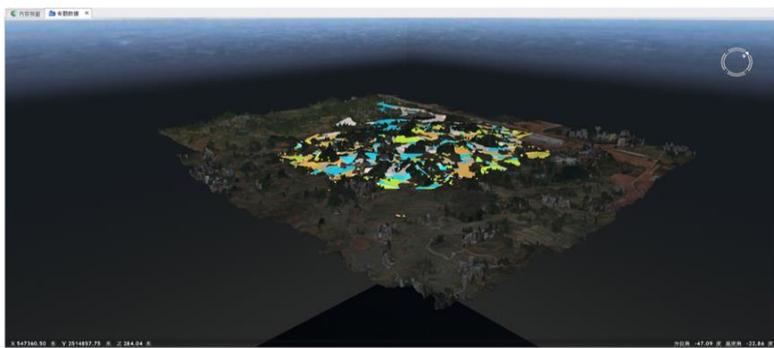


图 1-8 实景三维模型与三维地质模型耦合



图 1-9 三维布尔运算方法计算挖、填方量

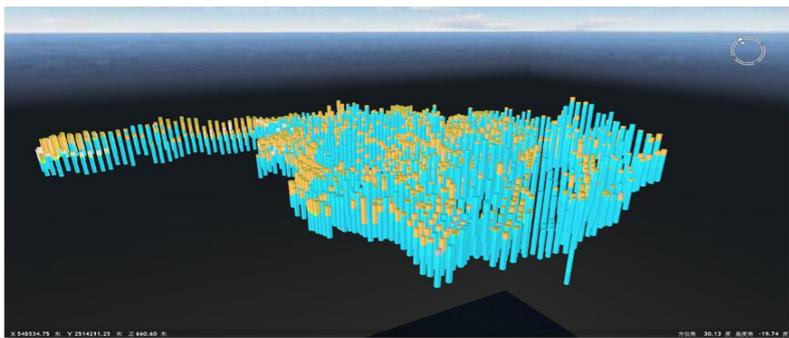


图 1-10 三维虚拟钻孔查询

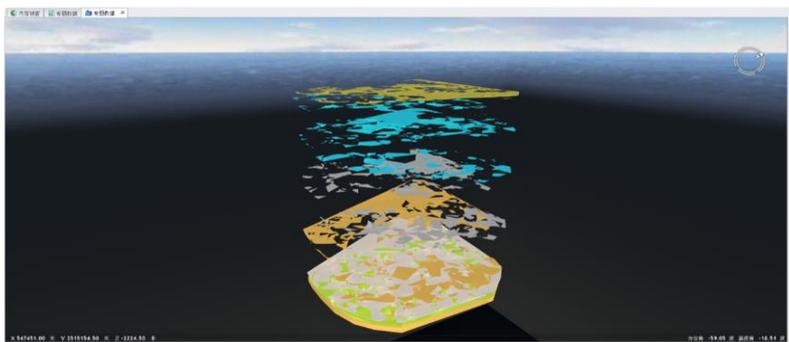


图 1-11 三维模型地层爆炸

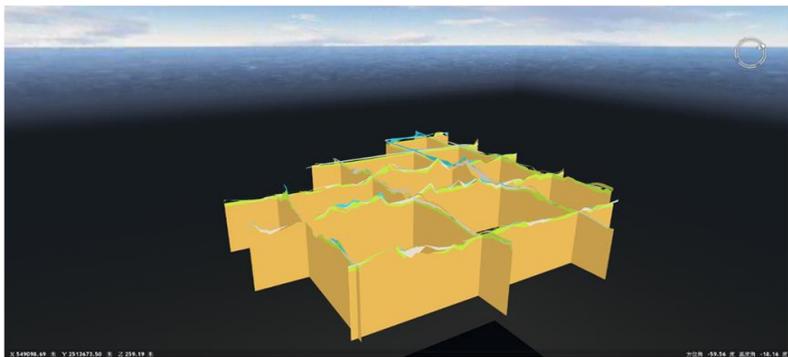


图 1-12 地质模型三维剖切

A.1.5 南宁市园博园岩土工程 BIM 实施主要效果

1) 能够生成场地实景三维模型及附带地层数据信息的大型场地三维地质模型，提供良好的三维视觉展示。

2) 能够利用三维模型进行土方工程量计算，相对传统算法效率及精度较高。

3) 运用 BIM 技术进行施工过程动态模拟，预演项目的全过程施工，为成本预算和项目支出的科学决策提供支持。

4) 应用 BIM 技术+无人机航测技术集成，实现实景三维动态监测，为施工提供三维可视化管理。

A.1.6 成果交付物

- 1) 三维地质模型；
- 2) 实景三维地表模型；
- 3) 二维柱状图、剖面图件；
- 4) 文字报告。

A.2 南宁地铁岩溶地质建模和隧道开挖项目岩土工程 BIM 应用

A.2.1 工程概况

南宁市轨道交通线路某区间穿越岩溶区域，为分析区间隧道与溶洞间的关系，构建区间段三维地质模型及隧道管片结构模型，并运用数值分析的方法，探究地铁隧道开挖对周边溶洞的影响。

A.2.2 项目特点

地铁隧道穿越岩溶强发育区，部分溶洞富含泥水混合物及与周边承压水相联通，施工过程中若处理不当则会造成塌陷等不良影响。隧道盾构过程中，对溶洞分布、大小的预知，可提前做出施工准备，预防险情的发生。

A.2.3 BIM 应用技术路线

项目采用钻孔法建模流程，参照本文 5.3.2.2 节进行三维地质建模，并构建隧道管片模型，运用数值方法进行隧道开挖的数值模拟。

A.2.4 BIM 实施成果

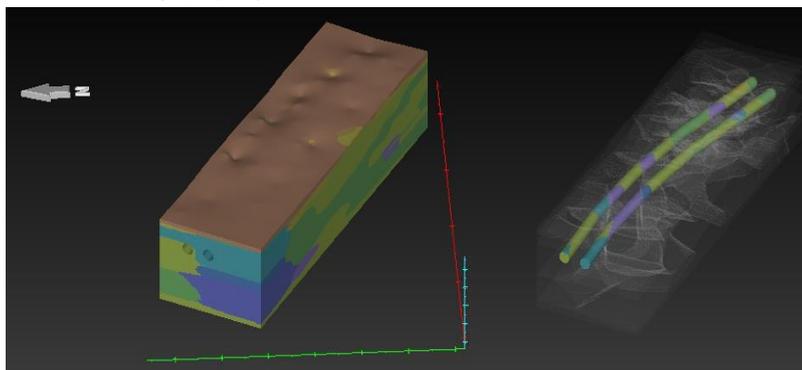


图 2-1 岩溶三维地质体隧道开挖

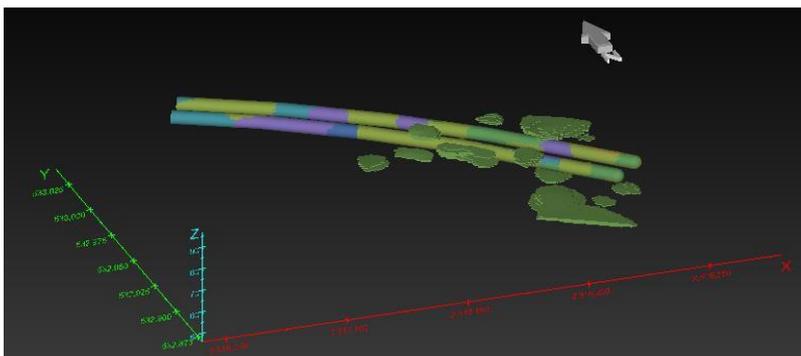


图 2-2 隧道与溶洞分布关系

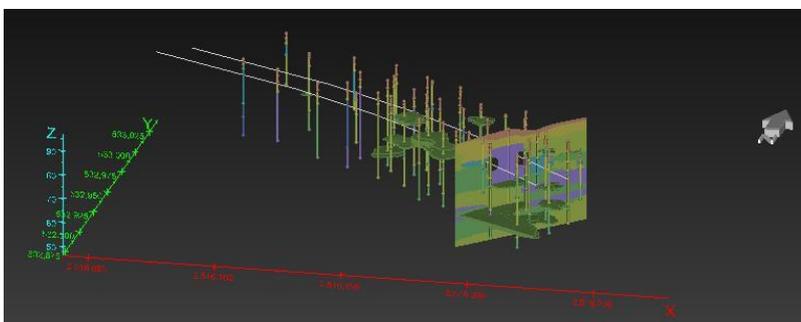


图 2-3 隧道二维分析剖面

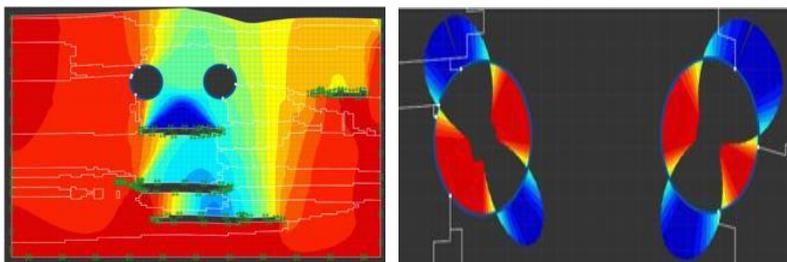


图 2-4 岩溶隧道开挖数值模拟

A.2.5 BIM 实施主要效果

1) 基于地质钻孔资料及隧道设计图构建隧道穿越岩溶区域的三维地质模型，可模拟出隧道与溶洞间的关系，实现隧道路线地层、溶洞分布的可视化，为盾构施工及路线设计提供参考依据。

2) 在地质三维模型上进行数值模拟运算，减少了在数值分析软件上二次建模的步骤，可分析隧道开挖对周边土体及溶洞的影响，有助于对隧道施工进行控制。

A.3 某高速公路边坡 BIM 地质建模项目

A.3.1 工程概况

项目为某省内高速公路项目，项目中某里程段为高边坡路段，开挖深度较深，场地块石分布广，为保证施工时边坡稳定，需要对公路边坡环境地质情况进行掌握。

A.3.2 项目特点

路堑高边坡的施工是一个破坏山体原有力学平衡又用支挡加固工程重新建立力学平衡的过程，而所设工程措施往往都是在边坡开挖后才能实施。项目开挖过程中，把握边坡稳定性、块石分布情况是项目实施的关键。

A.3.3 BIM 应用技术路线

项目采用钻孔法建模流程，参照本文 5.3.2.2 节进行三维地质模型建模。

A.3.4 BIM 实施成果

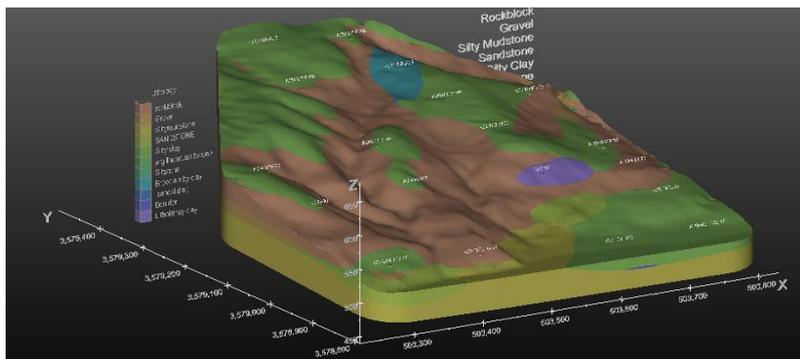


图 3-1 地形和叠加三维地质模型

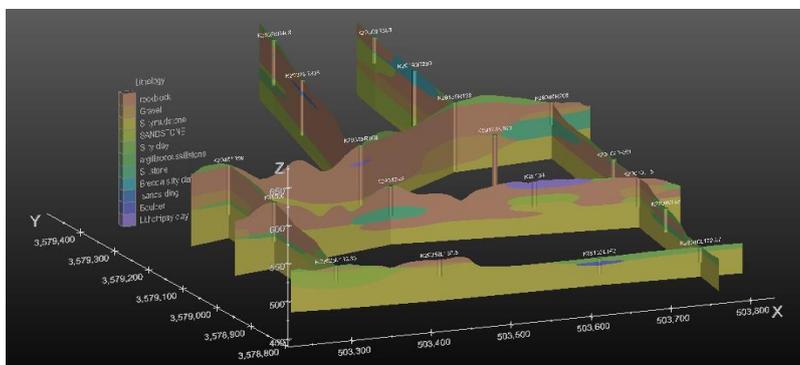


图 3-2 沿钻孔剖切的围栅图

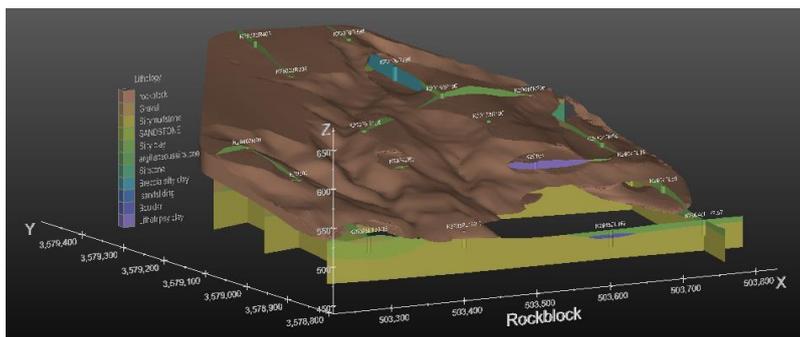


图 3-3 块石层分布图

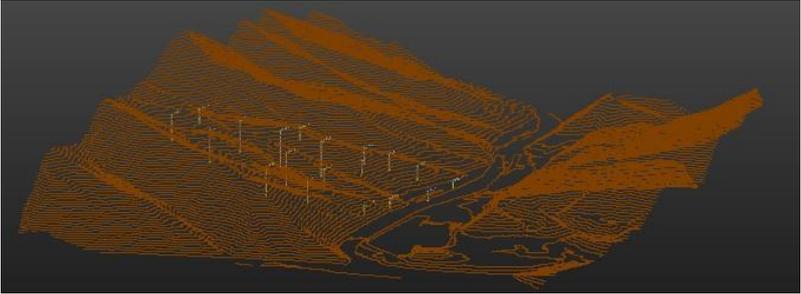


图 3-4 CAD 地形图及钻孔分布图

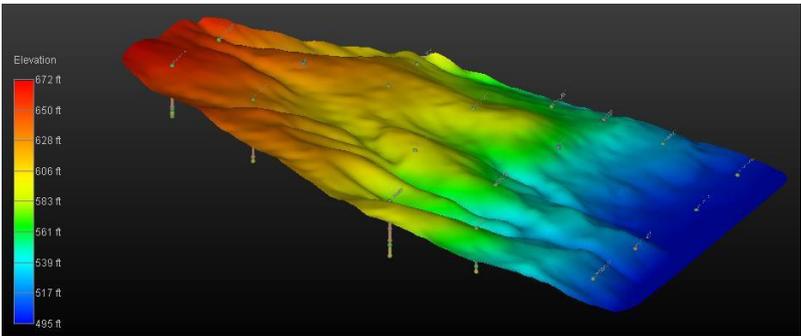


图 3-5 处理后平滑地形 BIM 模型

A.3.5 BIM 实施主要效果

1) 高速公路边坡三维地质模型可实现路线地质情况的可视化, 根据工程需求, 可沿所需断面进行剖切, 得到地质剖面图, 及块石层分布图, 为项目施工边坡稳定性把控提供依据。

2) 附带地形信息的三维地质模型可进行路线土石方挖、填方计算, 相较传统计算方式提高计算结果的精准度以及计算效率。

A.4 某学校教学楼岩土工程 BIM 应用

A.4.1 工程概况

某学校教学楼上部结构为多层框架结构，采用 Revit 软件进行上部模型建模。为了解场地中地层情况及建筑物基础部分的选型与设计，采用岩土 BIM 技术进行建模分析。

A.4.2 项目特点

项目上部为多层教学楼，已建立了建筑结构模型。基础选型、设计时可清晰的查询对应的地层情况，实现于三维模型中进行基础设计，因此，利用钻孔数据，构建结构体与地质体一体化模型。

A.4.3 BIM 应用技术路线

项目采用钻孔法建模流程，参照本文 5.3.2.2 节进行三维地质建模，并将 Revit 模型导入地质模型之上，形成一体化模型。

A.4.4 BIM 实施成果

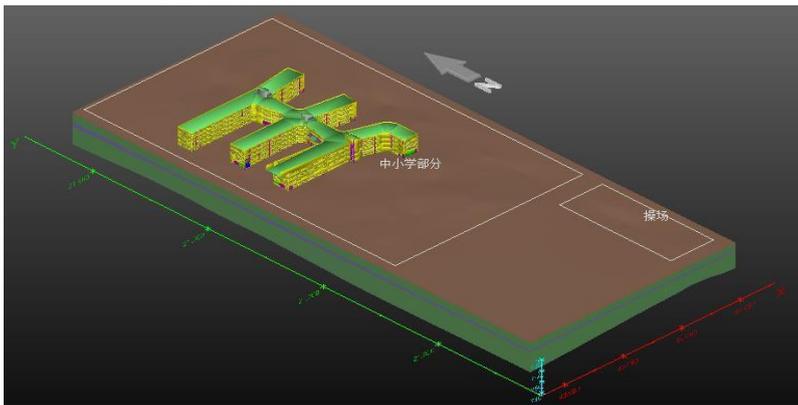


图 4-1 含 Revit 模型的地质模型

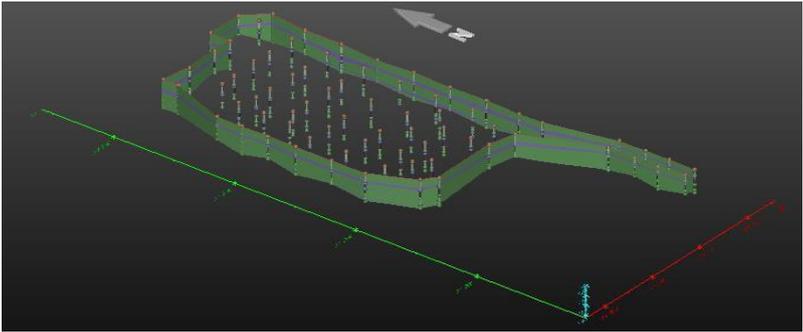


图 4-2 虚拟钻孔展示及围栅图

A.4.5 BIM 实施主要效果

1) 将上部建筑 BIM 模型与三维地质模型相结合, 解决三维地质模型与建筑三维模型相独立的问题, 实现项目建筑结构专业与岩土专业 BIM 一体化展示及运用。

2) 基于建筑-岩土一体化模型, 实现建筑基础部分埋设于三维地质体中的可视化展示与应用, 为基础的设计与分析提供依据。

A.5 某地铁车站岩土工程 BIM 应用

A.5.1 工程概况

某地铁工程车站建设过程中, 为了解项目车站基坑及周边地质地层详细情况, 对施工开挖及设计提供指导依据, 基于钻孔数据资料, 构建车站三维地质模型, 实现项目在岩土工程专业上 BIM 应用。

A.5.2 项目特点

项目区域地质情况特殊, 岩溶强烈发育以及红岩基岩分布范围广, 对地铁工程影响重大。项目地铁基坑下部地质条件复杂,

钻孔地层分层数多，层序分布杂乱，且场地中局部分布溶洞。从二维剖面图、柱状图上看无法直观、全面的掌握项目地下情况，影响设计及施工作业。

A.5.3 BIM 应用技术路线

项目采用钻孔法建模流程，参照本文 5.3.2.2 节进行三维地质建模。

A.5.4 BIM 实施成果

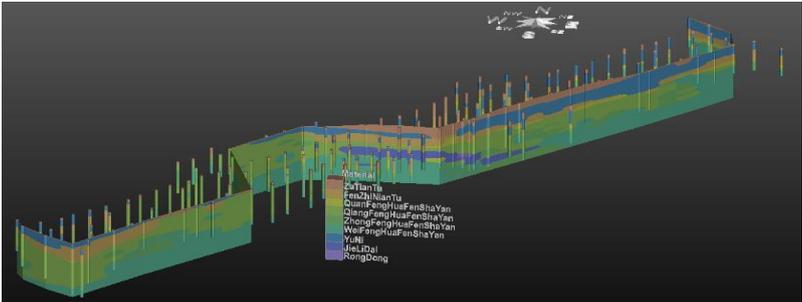


图 5-1 围栅剖面和钻孔分布图

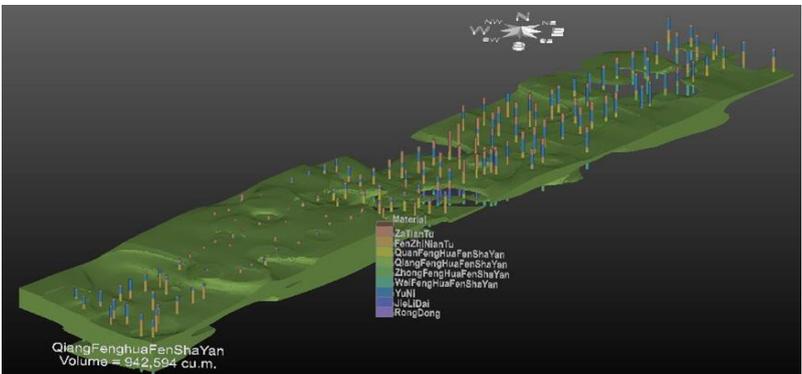


图 5-2 强风化粉砂岩分布及其体积

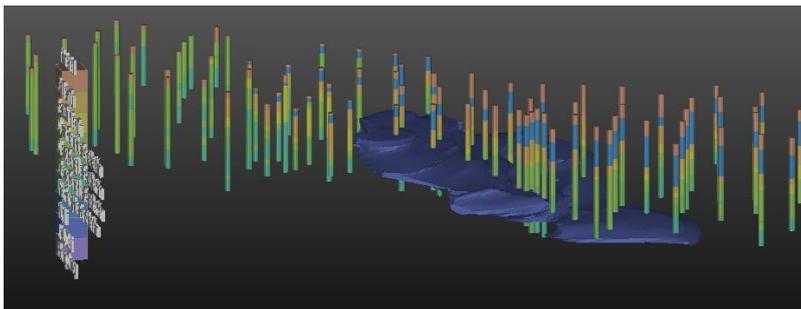


图 5-3 节理分布带

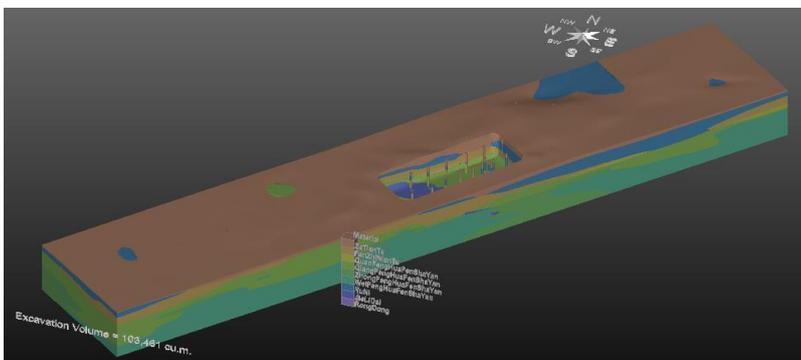


图 5-4 地铁基坑开挖和开挖体积

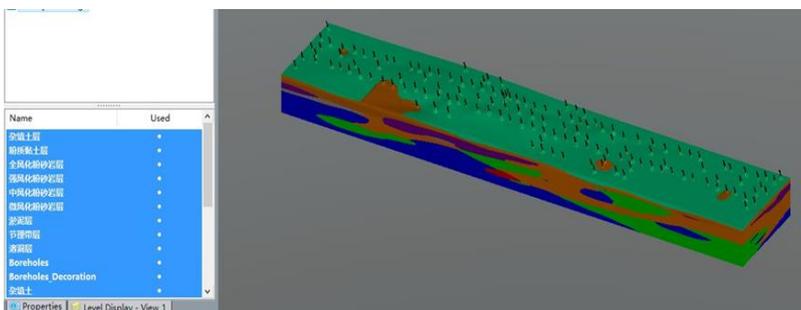


图 5-5 地质模型导入本特利 ORD 平台

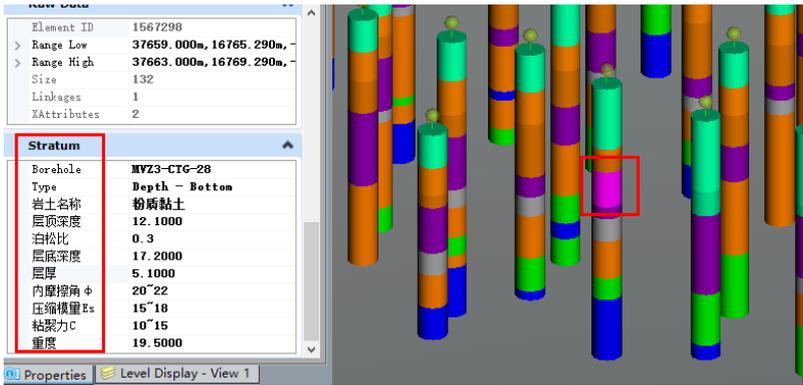


图 5-6 钻孔地层材料属性查询

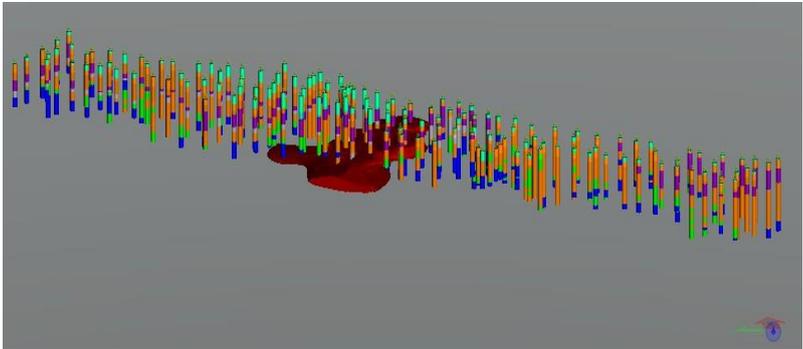


图 5-7 地质模型中节理带分布图

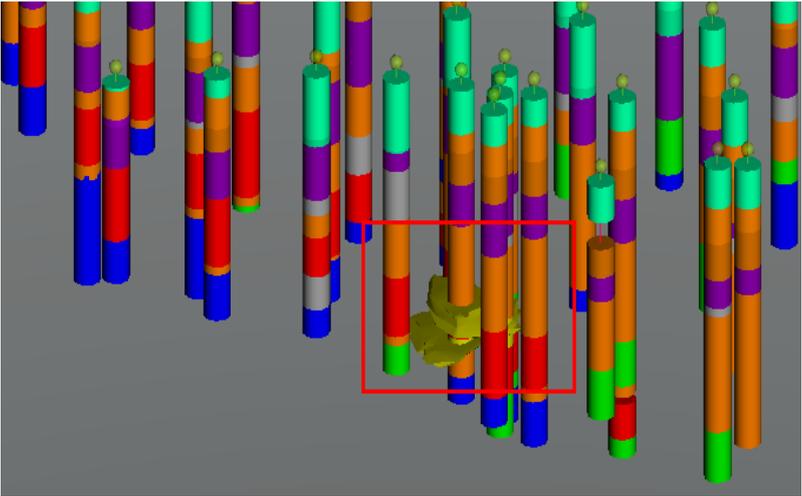


图 5-8 地质模型中局部溶洞分布图

A.5.5 BIM 实施主要效果

1) 利用地铁车站勘察钻孔密度较大(钻孔按 10~20m 间距布置)的特点,可构建较为精细的三维地质 BIM 模型。通过模型可以查询下部强风化粉砂岩分布范围与体积,以及溶洞大小及分布,为设计、施工作业提供指导。

2) 地铁车站作为重要结构体,对于车站基坑建设中岩土工程部分也存在较高的应用要求。运用岩土工程 BIM 技术,对于复杂的地层体采用平滑岩性模型建模功能实现了该模型的快速建模工作,并将模型和相应的岩土材料属性导入本特利 ORD 平台,实现钻孔与勘察信息实现 3D 化交付。

A.6 某滑坡项目岩土工程 BIM 应用

A.6.1 工程概况

工程为滑坡体的稳定性分析项目，项目利用无人机倾斜摄影技术得到场地的地表倾斜摄影模型，根据已有的地表倾斜摄影模型，将建立的三维地质模型与之拼合，构建实景三维下的滑坡体模型。

A.6.2 项目特点

地质灾害是自然因素或者人为活动引发的危害人民生命和财产安全的崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷、地裂缝、地面沉降等与地质作用有关的灾害。我国是一个自然灾害类型多，发生频率高的国家，随着经济发展和人口增长而引起的生存环境的恶化，又影响和加剧了自然灾害的发生频率和波及的范围。

项目中滑坡治理地块范围较大、具有一定的危险性，且坡底存在村庄建筑群，对项目进行的地灾勘察与安全防护设计有较高的要求。

A.6.3 BIM 应用技术路线

项目采用综合法建模流程，参照本文 5.3.2.1 节地质测绘数据建模流程，将倾斜摄影模型与三维地质模型结合。

A.6.4 BIM 实施成果

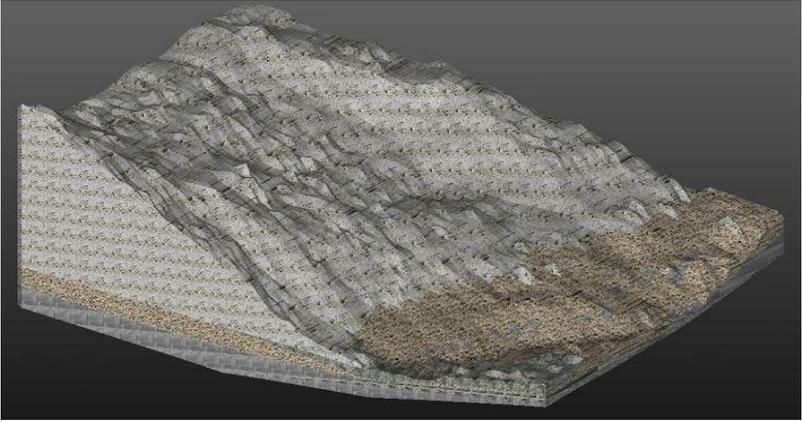


图 7-1 滑坡体三维地质模型

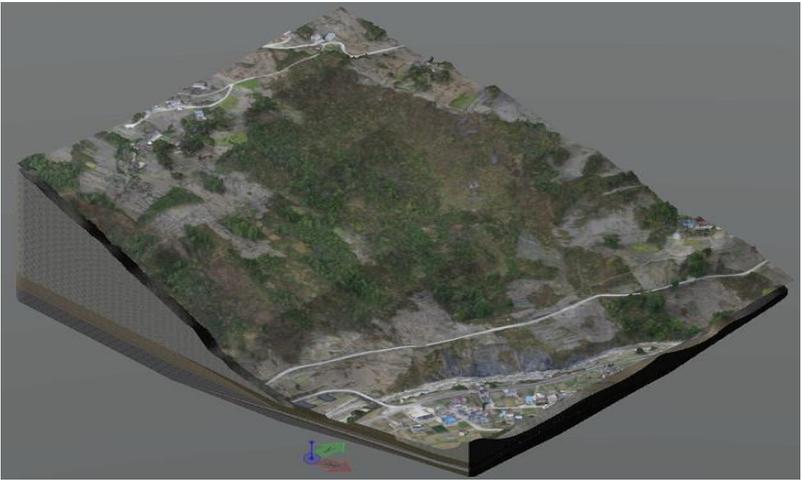


图 7-2 在本特利 ORD 软件中将地层模型和倾斜摄影模型整合

A.6.5 BIM 实施主要效果

1) 利用无人机倾斜摄影技术和三维实景建模技术可快速还原灾害现场实景模型，并且实景模型携带了精确的坐标信息，高精度、高清晰度还原的滑坡模型，精确反映了项目中的建筑物分布

情况与边坡地形，运用模型可对现场灾害情况，区域，面积等进行查询，有助于灾害救援决策、灾害评估、灾后重建规划。

2) 基于三维实景建模设计，将地表倾斜摄影模型和三维地质模型进行拼合，实现滑坡体在实景三维模型上直接进行安全设计分析，设计人员可更为准确的对现场情况进行设计与判断。

本指南用词说明

1 为便于在执行本指南条文时区别对待,对于要求严格程度不同的用词说明如下:

1) 表示很严格,非这样做不可的:

正面词采用“必须”;反面词采用“严禁”。

2) 表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”;反面词采用“不应”或“不得”。

3) 表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”;反面词采用“不宜”。

4) 表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指明必须按其他标准、规范执行的写法为“应按……执行”或“应符合……的规定”。

引用标准名录

- 《岩土工程勘察规范》 GB 50021
- 《建筑边坡工程技术规范》 GB 50330
- 《建筑地基基础设计规范》 GB 50007
- 《中华人民共和国行政区划代码》 GB/T 2270
- 《数字测绘成果质量要求》 GB/T 17941
- 《建筑桩基技术规范》 JGJ94
- 《建筑基坑支护技术规程》 JGJ120
- 《城市三维建模技术规范》 CJJ/T157
- 《城市测量规范》 CJJ 8
- 《城市基础地理信息系统技术规范》 CJJ 100
- 《城市地理空间信息共享与服务元数据标准》 CJJ/T 144
- 《建筑工程信息模型设计标准》 DBJ50/T-280
- 《民用建筑信息模型设计标准》 DB11T-1079
- 《重庆市工程勘察信息模型设计标准》 DBJ50/T-284
- 《广西壮族自治区岩土工程勘察规范》 DBJ/T45-002
- 《广西膨胀土地区建筑勘察设计施工技术规程》 DB45/T397
- 《建筑边坡工程技术规程》 DBJ/T45-012
- 《建筑基坑支护技术规范》 DBJ/T45-075

封 底