



# 基于 Civil 3D 的三维地质覆盖层 建模技术及应用

刘 莉, 牛作鹏

(中交第二航务工程勘察设计院有限公司, 湖北 武汉 430071)

**摘要:** Civil 3D 作为一个面向岩土勘察行业 BIM 设计及应用的解决方案, 已成为三维地质建模实现技术之一。针对水运工程勘区场地覆盖层不同工程地质特点, 采用“点-面-体”三维地质模型的构建思路, 分别提出单一和复杂覆盖层地质模型建模方法。结合某船闸工程案例, 通过覆盖层边界线导入、曲面分割、曲面围合等技术, 实现场地三维地质模型表层岩土体精细化表达, 准确直观地展示了勘区覆盖层地质发育与分布情况。研究成果对于后续土方量计算、基坑开挖设计等岩土勘察 BIM 应用具有重要实践意义。

**关键词:** 三维地质模型; 覆盖层; 曲面分割

中图分类号: U 612

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2021)04-0153-05

## 3D geological overburden layer modeling technology and application based on Civil 3D

LIU Li, NIU Zuo-peng

(CCCC Second Harbor Consultants Co., Ltd., Wuhan 430071, China)

**Abstract:** Civil 3D, as a BIM design and application solution for the geotechnical investigation industry, has become one of the 3D geological modeling implementation technologies. Considering the different engineering geological characteristics of the overburden layer in port and waterway engineering prospecting area, the construction idea of “point-plane-volume” 3D geological modeling is adopted, and the modeling methods of the single and complex overburden layer geological models are respectively proposed. Combined with a ship lock engineering case, through the overburden boundary line introduction, curved surface segmentation, curved surface enclosure, and other technologies, the 3D geological model of the site surface rock and soil is refined expressed, and the geological development and distribution of the overburden in the survey area are accurately and intuitively displayed. The research results have great practical significance for the subsequent geotechnical investigation BIM application, such as earthwork calculation, foundation pit excavation design, and so on.

**Keywords:** 3D geological model; overburden layer; surface segmentation

近年来, 随着水运工程 BIM 技术的快速发展, 三维地质模型作为水运工程 BIM 应用的发展方向之一, 无论是在设计阶段还是施工阶段都起到重要作用。三维地质建模, 就是运用计算机技术,

在虚拟三维环境下, 将空间信息管理、地质解译、空间分析与预测、地学统计、实体内容分析以及图形可视化等工具结合起来, 用于地质分析的技术<sup>[1]</sup>。三维地质建模最初主要是为了解决矿业工

程、油藏工程等地质模拟和辅助工程设计而提出的,随着相关理论基础的研究和深入以及计算机、GIS 等技术的广泛应用,国内外相关领域相继推出了较多成熟的商业软件,如 GOCAD、CTECH、EVS、GeoView、理正勘察三维地质软件等<sup>[2]</sup>。目前,在我国水利水电及铁路行业,三维地质建模技术都取得了一些成果,比如华东勘测设计研究院基于美国 Bentley 软件平台独立研制开发的地质三维系统(GeoStation),有效融合了地质三维建模流程,实现了通过地质数据库和地质三维模型自动编绘地质图件的功能<sup>[3-4]</sup>;长江勘测设计研究院和黄河勘测设计研究院利用 CATIA 软件建立三维地质模型并通过二次开发技术实现二维出图<sup>[5]</sup>;国内铁路 BIM 联盟常任理事单位铁一院基于欧特克平台二次开发的“铁路工程地质三维信息系统”等。

由于水运工程行业具有其独特的地质特征,如覆盖层、水位线、河流航道等,国内外没有成熟的针对水运工程行业的三维地质建模软件。本文利用 Civil 3D 软件三维动态设计优势,通过其强大的曲面编辑功能,实现勘区场地三维地质建模,使设计者通过三维视图直观看到设计效果,促进专业间沟通,加快设计理念的实现。

## 1 基于 Civil 3D 的三维地质建模技术

Civil 3D 作为 Autodesk 公司推出的一款面向基础设施行业的建筑信息模型的 BIM 解决方案,适用于岩土、勘测、总图、场地规划、水利工程、道路设计等多个不同的应用领域<sup>[6]</sup>。基于 Civil 3D 创建三维地质模型,主要是采用“点-面-体”三维地质模型的构建思路,通过对勘区原始地形测量数据、勘探数据的整理集成,利用 Civil 3D 曲面创建功能完成原始地形曲面和地质层曲面的生成,再通过曲面提取实体功能进行地质层曲面围合,形成地质层实体,其建模流程见图 1。

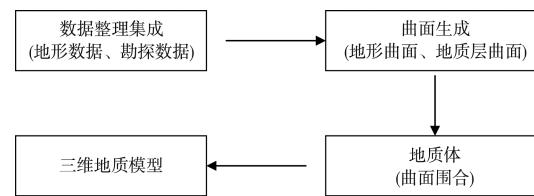


图 1 三维地质模型建模流程

## 2 三维地质覆盖层建模

在水运工程项目场地三维地质模型创建过程中,覆盖层作为地质体模型中最上面的一层地层,一般由第四系松散堆积层及中生界泥盆系地层组成<sup>[7]</sup>,覆盖层模型的建立也就是表层地质体的生成过程,其建模技术直接关系到整个三维地质模型的质量和精度,对疏浚土方量计算、基槽开挖设计、地基处理等工程应用具有重要影响。

### 2.1 单一地质覆盖层建模

覆盖层地质情况较为单一时,其模型创建思路可以直接采用图 1 所示流程。分别整理原始地形面测量数据、覆盖层底面勘探数据,通过 Civil 3D 平台直接构建地形曲面和覆盖层底面,然后在两个曲面间围合生成覆盖层地质体模型。对于需要表现细节特征(如防波堤、航道等)或地形复杂的重点区域,如果地形点过于离散,可通过集成二维地形图 DWG 数据中的等高线、特征点、特征线等数据<sup>[8]</sup>,进一步细化完善地形曲面,通过虚拟钻孔、辅助剖面等方式细化覆盖层底面,生成较为精确的覆盖层地质模型,见图 2。

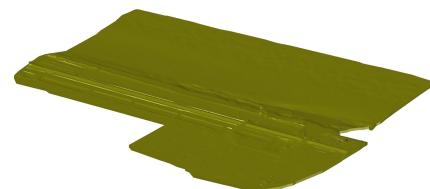


图 2 某港口码头覆盖层地质模型

### 2.2 复杂地质覆盖层建模

覆盖层地质情况较复杂时,表层地质涉及多种地层单元。此时创建覆盖层地质体模型就不能简单地采用上述单一地质覆盖层建模方法,须考虑覆盖层范围线、不同单元层边界、地形曲面分割等问题。

题。利用上述建模思路完成精细化地形曲面、生成表层不同地层单元底面后, 在二维地质平面图 DWG 上确定覆盖层不同地层单元边界线, 并将其作为曲面边界导入地形曲面 Civil 3D 文件中, 分割覆盖层顶面(即地形面), 然后将分割后的地层顶面与其相对应的单元层底面围合形成地质体, 最后将覆盖层不同地质单元地质体进行整合集成, 形成勘区覆盖层地质模型, 其建模流程见图 3。

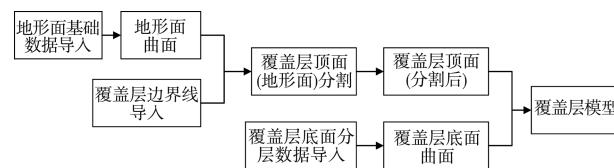


图 3 覆盖层建模基本流程

### 3 工程案例

#### 3.1 工程概况

安徽省淮河航道某船闸工程复线船闸项目拟建一座 2 000 吨级(Ⅱ 级)船闸, 位于该区域一线船闸与另一已建船闸之间。上下游引航道长分别为 832、410 m, 宽 65 m, 水深 4.8 m。勘区范围内主要为农田、现有船闸、道路及河堤等, 地面

高程一般在 21.0~35.3 m。勘区地理位置见图 4。



图 4 某船闸工程鸟瞰图

#### 3.2 覆盖层地层及边界确定

根据现场勘探资料, 该区域范围内覆盖层涉及地层主要有①素填土( $Q_4^{ml}$ )(主要分布于临淮岗船闸附近, 层厚 2.0~8.0 m, 如图 5 中浅实线边界线范围所示)、②<sub>0</sub>淤泥( $Q_4^{al}$ )(主要分布于上游复建防洪堤、下游引航道, 层厚 0.3~2.3 m, 如图 5 中深实线边界线范围所示)、②<sub>1</sub>粉质黏土( $Q_4^{al}$ )(分布于上游引航道部分区域, 层厚 2.90~5.20 m, 如图 5 中虚线边界线范围所示)、②<sub>2</sub>粉质黏土( $Q_4^{al}$ )(较连续分布, 层厚 2.00~9.70 m)。

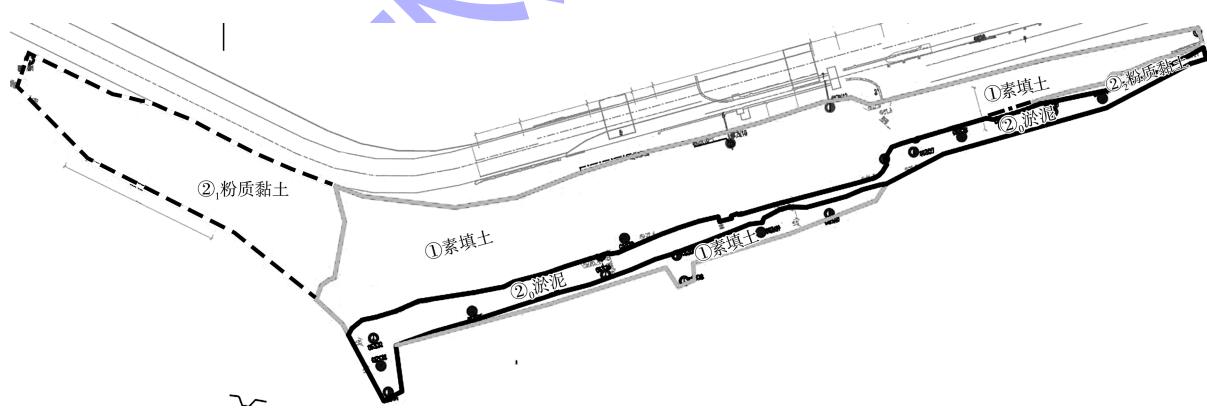


图 5 覆盖层边界线范围

#### 3.3 创建地形曲面

根据该项目原始地形面测量数据显示, 勘区地形涉及农田、现有船闸、道路、河堤、河道等, 地形曲面创建过程中需要体现这些地形地貌的细节特征。其建模过程简述如下:

1) 整理原始地形面测量数据, 利用地形图中

高程点、等高线、地形特征线等多源数据, 在 Civil 3D 中创建曲面模型。

2) 地形图中涉及到的复杂地形(如道路、河堤、航道等), 可以根据实际地形情况, 手动绘制添加三维多段线, 并将其作为特征线参与构面, 进一步精细化地形曲面。

3)利用“对象查看器”核查地形曲面,针对曲面中明显错误直接修改原始数据后更新,或利

用曲面修改工具直接修改曲面。

4)生成地形三角网曲面,见图6。

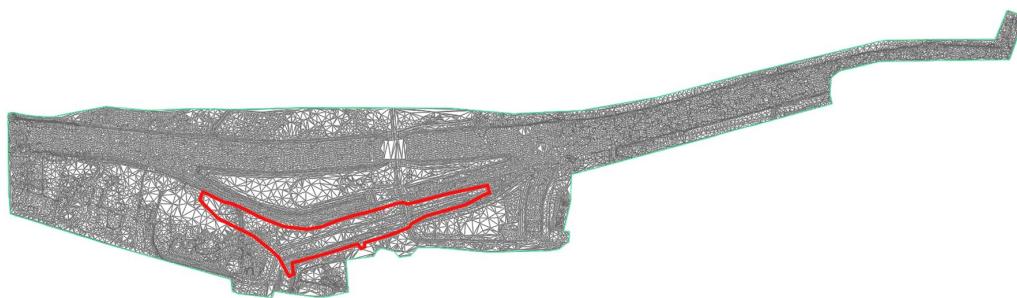
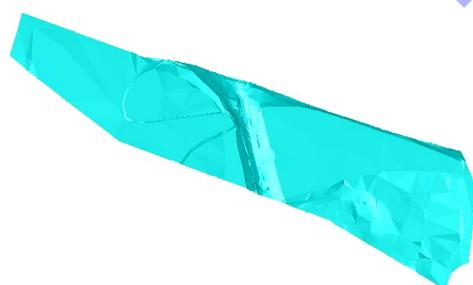


图6 勘区地形三角网曲面

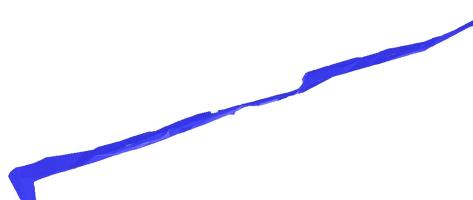
### 3.4 覆盖层模型创建

#### 3.4.1 覆盖层顶面分割

分别提取图5中覆盖层不同地层单元边界线,并将其作为曲面“边界”导入到创建好的地形曲面Civil 3D文件中,实现覆盖层顶面分割,即获取①素填土、②<sub>0</sub>淤泥、②<sub>1</sub>粉质黏土、②<sub>2</sub>粉质黏土分区覆盖层顶面,典型曲面见图7。



a) ②<sub>1</sub>粉质黏土覆盖层顶面



b) ②<sub>0</sub>淤泥覆盖层顶面

图7 典型曲面

#### 3.4.2 覆盖层底面曲面创建

根据现场勘探资料,分别整理覆盖层涉及的不同单元层勘探点分层数据,并将其整理集成到Civil 3D平台,分别生成①素填土、②<sub>0</sub>淤泥、②<sub>1</sub>粉质黏土、②<sub>2</sub>粉质黏土不同地质单元层底面曲面。对于地形较为复杂及地层发育起伏的区域,由于勘探点数量较少,分层数据过于离散,可以通过添加虚拟钻孔、特征点、特征线等方式对曲面进行细化。

#### 3.4.3 曲面围合

基于Civil 3D平台,在“从曲面提取实体”工具选项卡中,从①素填土覆盖层顶面向下垂直定义到①素填土覆盖层底面,即将分割后的地层顶面与其相对应的单元层底面进行围合形成①素填土覆盖层地质体模型,见图8。同理生成覆盖层其他地质体模型。



图8 ①素填土覆盖层模型

#### 3.4.4 覆盖层地质模型生成

最后将覆盖层不同地质单元地质体进行整合集成形成勘区覆盖层地质模型,见图9。

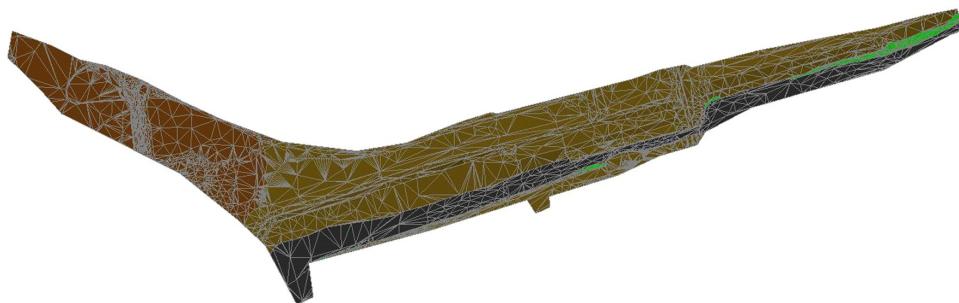


图 9 覆盖层整体模型

### 3.5 覆盖层模型土方量计算

土方开挖及土方量的计算, 是水运工程三维地质 BIM 模型主要应用点之一。采用上述思路创建的覆盖层地质模型, 其每个地质体单元都附带有详细的属性信息, 其中当然也包括体积信息。根据设计相关要求, 基于 Civil 3D 平台可以实现基

于地质模型的航道疏浚、基槽开挖等岩土设计, 上述船闸覆盖层模型分层开挖后见图 10。

通过查看开挖后地质体单元体积信息, 并将其与该地质体单元原体积信息进行比较, 即可获得开挖土方量。因此, 准确、精细创建覆盖层地质模型直接关系到土方量正确计算。

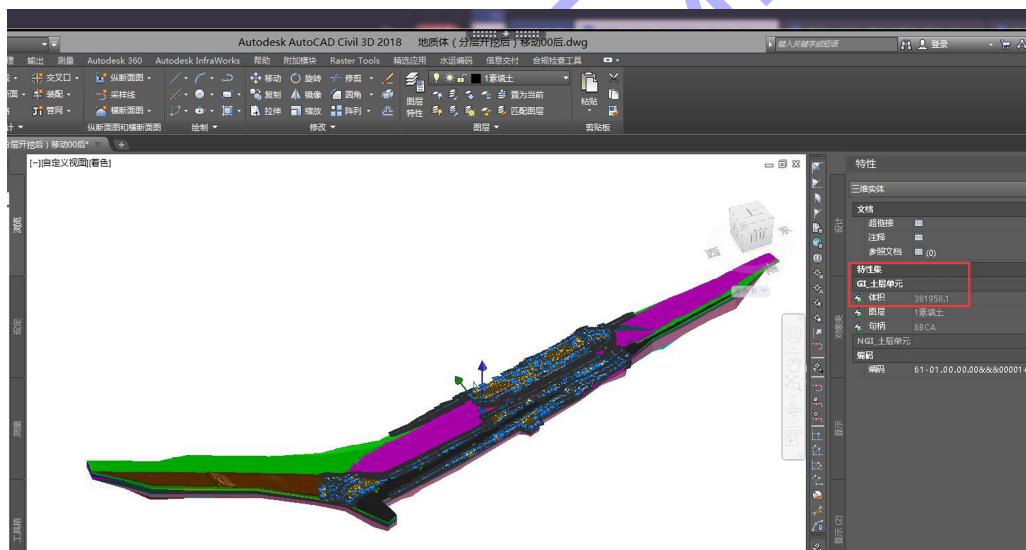


图 10 分层开挖后体积查询(①素填土)

## 4 结语

1) 基于 Civil 3D 软件平台, 利用其三维动态设计优势及曲面编辑功能, 采用“点-面-体”三维地质模型构建思路, 可以快速、便捷地实现水运工程三维地质模型创建。

2) 分别针对水运工程单一、复杂覆盖层地质情况, 提出了切实、可行的覆盖层建模流程, 在一定程度上为三维地质建模在 BIM 领域的实现提供了可供参考的路线。

3) 结合港口、船闸等典型水运工程案例, 分

别建立不同地质条件下覆盖层精细化建模, 证实了该建模技术的可操作性。

4) 地质 BIM 技术是现阶段水运行业工程建设信息化发展的重点和难点, 准确创建三维地质模型为进一步开展岩土 BIM 应用研究提供了基础和前提。当前, 可视化展示、信息查询、多专业 BIM 协同等应用方向已不能满足岩土 BIM 应用需求, 如何基于地质 BIM 模型进行土方量计算、基坑开挖设计、边坡稳定性分析等将是广大岩土工程技术人员研究探索的方向。

(下转第 179 页)