

# 采用 Civil 3D 软件在露天矿山中建立数字模型的应用

## Application of Civil 3D Software to Establish Digital Models in Open-pit Mines

张龙 巴彦勒

Long Zhang Bayanle

内蒙古太平矿业有限公司 中国·内蒙古 包头 014030

Inner Mongolia Taiping Mining Co., Ltd., Baotou, Inner Mongolia, 014030, China

**摘要:** 通过综述 Civil 3D 的强大功能和灵活性, 突出其在露天矿山工程规划设计中的重要性, 得出该软件工具能够大幅提升设计效率, 降低错误率, 并增强项目的整体可行性和经济效益。

**Abstract:** By summarizing the powerful functions and flexibility of Civil 3D, highlighting its importance in the planning and design of open-pit mining engineering, it is concluded that this software tool can significantly improve design efficiency, reduce error rates, and enhance the overall feasibility and economic benefits of the project.

**关键词:** Civil 3D; 露天矿山; 数字地形模型; 数字高程模型

**Keywords:** Civil 3D; open pit mines; digital terrain mode; digital elevation mode

**DOI:** 10.12346/se.v5i3.9244

## 1 引言

露天矿在剥离、爆破、铲装工作中, 必须及时地测量采、剥工作面的位置, 验收采、剥工作面规格质量, 为矿山生产和管理提供验收测量采剥工程平面图。过去的几十年中, 我国露天矿测量绘图工作一直沿用传统的手工绘图方法, 这种方法存在不少弊端, 如劳动强度大、工作效率低、成图周期长、缺乏现势性等。随着测绘科学技术及电脑技术的飞速发展, 数字化成图软件能很方便地绘制出地形图并转化出断面图来进行工程量的计算。目前用于测绘成图的主要软件是 CASS 地形地籍成图软件和 CIVIL 3D 软件。CASS 地形地籍成图软件是南方测绘仪器公司基于 AutoCAD 平台技术而开发的数字化测绘成图软件, 地貌、地理信息丰富, 主要应用于地形成图、地籍成图、工程测量等领域, 工程建设单位的测绘成图现在基本上是采用此软件。而 CIVIL 3D 软件是 Autodesk® 公司近年来针对土木工程设计而开发的, 提供了完全革新的解决方案, 将 AutoCAD 软件的绘图功能与基于对象动态交互土木工程功能相集成的成图软件, 现主要应用于土木工程设计领域, 工程建设单位很少应用。对计算机硬件及软件的要求, CIVIL 3D 比 CASS 要求要高一些, 但现

在的计算机主流配置、操作系统等都能满足要求。

## 2 Civil 3D 软件介绍与基本操作

### 2.1 Civil 3D 软件概述

Civil 3D 软件, 作为 Autodesk 公司旗下的一款专业的土木工程设计与文档制作解决方案, 其强大的建模能力和灵活的设计流程使其在工程领域享有较高的声誉。在露天矿山设计、路线布局、土方计算、设施管理等领域的应用日益广泛, 成为土木工程师不可或缺的辅助工具。Civil 3D 基于 AutoCAD 平台, 继承了其图形和设计的基础能力, 同时提供了增强型的设计、分析、制图以及文档生成工具<sup>[1]</sup>。它支持信息建模流程, 这意味着能创建和管理现实环境中土木项目的实际表现和数据, 帮助用户更高效地完成项目需求。Civil 3D 的设计环境是动态联动的, 用户所做的设计变更将自动更新至整个项目中, 大大提高工作效率并减少错误。该软件的数据兼容性优异, 能够允许导入多种类型的基础测量数据, 例如点云数据。这一特点在露天矿山模型的建立中尤为重要, 因为露天矿山的测绘信息常常多来源、大数据量, Civil 3D 软件能够无缝处理这些数据, 并将它们融入设计之中。

【作者简介】张龙 (1988-), 男, 中国山西朔州人, 本科, 工程师, 从事露天矿山技术指导安全管理研究。

## 2.2 Civil 3D 在矿山建模中的核心工具

①地形创建工具: Civil 3D 可以利用现场测量数据或者其他地形数据创建精确的地形模型。通过点云数据导入、表面剖面生成和等高线创建,能够形成详细的地形表面,为矿山设计与规划提供坚实的基础。

②对象提取工具:在矿场开采过程中,Civil 3D 能够通过对象提取工具,如特征线提取,从复杂的地形中提取关键信息,简化设计过程。

③分析与模拟工具: Civil 3D 中的分析工具允许用户对矿场的地下水流、排水和稳定性等进行模拟,从而有效地规避风险,实现资源的合理开发。

④量算工具:该软件可以非常方便地计算出开采体积和材料用量。通过分析现有地形与设计地形之间的差异,Civil 3D 可以快速得到土石方工程量,为项目成本估计和进度计划提供依据。

⑤设计优化工具:在矿山规划和道路设计中,Civil 3D 提供了多种优化工具,例如对坡度、道路交会、转弯半径等关键参数的分析与优化,确保工程设计满足安全与经济的需求。

⑥可视化与报告工具: Civil 3D 不仅提供了3D模型视图,还允许用户通过创建专业的图纸和报告来可视化项目数据。这在与项目相关方的沟通和决策过程中尤其重要。

## 3 Civil 3D 软件在露天矿山中的数字地形建模应用

### 3.1 数字地形模型(DTM)的生成方法

创建DTM的过程通常始于数据采集,此过程涉及到现场的地形测量,使用各类测绘仪器如全站仪、GPS、无人机等来收集地形点、轮廓线和断面数据。这些建立DTM的原始数据在Civil 3D中可通过多种方式导入,包括直接导入测量点文件、利用LIDAR扫描的点云数据等。并且Civil 3D中的点云处理功能可以根据需求筛选有效的地形点,为DTM创建做好准备。这些点根据地理位置被组织为点群,可定义属性如高程、编码等信息,以构建真实世界地理特征的反映。

Civil 3D利用点群间的逻辑关系运用三角剖分法来生成模型。TIN通过连接点亮来形成一个由三角形单元构成的网格,这个网格翔实地描述了地形的起伏变化,用户可以编辑三角形的顶点和边,来优化地表模型的准确性。在此基础上,数据可以进一步加工与分析,Civil 3D允许用户根据实际需求调节三角网密度,过滤噪声点,并通过设置边界、断面、坡度线等对地形进行更细致的刻画。这个过程允许设计器控制DTM的精度,以及根据设计需求裁切和修改地形模型。

生成的DTM不仅仅是静态的数字表达,Civil 3D支持将其应用于后续设计中的动态分析。无论是进行土方量计算、评估排水方案,还是模拟边坡稳定性,DTM都能作为

其他功能模块工作的基础。尤其值得注意的是,DTM的更新在Civil 3D中可以实时传递至相关的设计元素,当地形模型有所改变时,相关的设计成果也能即刻响应更新,极大地提升了工作效率。

### 3.2 数字高程模型(DEM)的构建与应用

在露天矿山的数字地形建模过程中,首先需要采集大量的地面点数据。这些数据可以来源于传统的测量,如全站仪,或者现代的遥感技术,如无人机摄影测量和激光雷达。通过Civil 3D软件内置的工具,可以将这些地面点数据转换为三维的点云模型,进而生成网格化的DEM。构建好的DEM可以直观反映地形起伏,并可应用于多个方面<sup>[2]</sup>。在矿山设计阶段,利用DEM进行坡度分析,可以帮助确定开采区域的最优位置和开采边界。此外,通过分析DEM数据,工程师可以评估潜在的滑坡和坍塌风险区域,从而设计出更加安全的矿山结构。

在实际施工监理中,DEM同样发挥着至关重要的作用。监理团队通过比较施工前后的DEM变化,可以及时发现地形变化和可能出现的问题,例如非法排土、采空区塌陷等,保证矿山施工的质量与安全。Civil 3D软件在DEM的构建与应用过程中提供了实时的、动态的设计环境,这意味着随着项目进展,相关人员可以快速更新地形模型,并据此调整设计方案。此外,软件还允许用户创建多种分析报告,如地形剖面分析、视距分析等,使得设计和决策更加依据科学的数据支持。

### 3.3 基于Civil 3D软件的三维地形表达和可视化技术

三维地形表达中,核心操作之一是利用Civil 3D中的地形生成工具对采集得到的地面测量数据进行处理。这些数据经由三角网技术生成具体的地形表面,通过精细的网格构造捕获实际地面情况。TIN表面可以展现复杂的地形特征,如山脊、谷底、平坦地带等,并允许进行后期的精度调整与编辑,确保地形精度度同时考虑计算资源和处理速度的平衡。三维可视化方面,Civil 3D软件配备了一系列工具来增强地形的表现力。例如,可以通过材质贴图 and 色彩分级来强调地形高程、坡度以及方向等特性,使得地形信息更为鲜明易懂;立体渲染效果的加入,进一步提高视觉真实感,为工程决策提供仿真环境。

此外,Civil 3D支持动态切片和透视视图功能,使用户能够从不同角度审视地形,评估设计方案,如边坡稳定性分析、开挖量估算等。这项技术对于预测和演示开采过程中可能出现的问题十分关键。Civil 3D还集成了灯光和阴影效果,这不仅仅提高了三维模型的视觉效果,更重要的是模拟自然光照条件对于理解地形特性尤为重要,尤其是在分析某些时段日照对矿山作业影响时。随着虚拟现实与增强现实技术的不断发展,Civil 3D的三维地形模型也可以适用于这些先进的可视化技术之中,使得用户能够以沉浸式的方式体验并检视露天矿山地形,极大地提升了沟通效率和设计的精确性。

## 4 Civil 3D 软件在露天矿山中的工程规划和设计应用

### 4.1 基于数字地形模型的露天矿山开采方式选择

在现代工程项目管理中,数字地形模型(DTM)作为一种高效的地理信息技术,对于露天矿山的开采方式选择提供了创新的手段。利用Autodesk的Civil 3D软件,可以便捷地创建、分析并优化矿山地形模型,从而为矿山开采提供精确的工程规划和设计支持。露天矿山面临诸多的挑战,如地形条件复杂、开采影响范围广以及环境安全等多方面要求<sup>[3]</sup>。基于DTM,可以对矿区地形进行详尽的三维模拟,并模拟预测不同开采方案对环境的改变与影响。Civil 3D中的地形剖切、体积计算、坡度分析等功能,使得工程师能够根据地形特征制定出最佳的开采策略,如台阶开采、垂直坑道开采或斜坡开采等。

通过Civil 3D软件模型的详尽分析,工程师能评估各种开采方式所需的挖掘量、剥离量以及堆存空地布局,进一步确定最经济、最合理的开采参数,并对每个开采阶段的地形变化进行模拟,预计未来地表的高差、坡度变化等关键因素,实现对资源的合理配置和有效管理。

### 4.2 土方计算与挖掘路线规划技术

土方计算是工程预备阶段的重要工作,它直接关系到项目总体造价和日后的施工方案。Civil 3D运用地形网模型来精确描绘现场原始地貌。通过设计地表与现状地表的比较分析,软件可自动计算出所需的挖填土量,此结果对矿山开发计划及财务预算有着显著的参考价值。Civil 3D的土方计算工具能够处理复杂地形及不规则轮廓线,无论是单一还是跨越多个区域的计算都能精准完成,大幅提高了计算效率。

挖掘路线规划则涉及到开采效率和安全问题,Civil 3D提供了详细的路线设计工具,包括临时道路、常规道路和运输道路等。软件中基于地形的路径优化功能,可以实现对最优行进路线的智能推荐。用户可以根据地形特征、土方开挖与运输成本以及环境保护等需要进行综合分析,规划出最适合的挖掘路线。

### 4.3 露天矿山排水系统设计与分析方法

Civil 3D使工程师能够创建精细的地表模型,并利用其表面流分析功能来预测水流路径和积水区。这有助于在设计初期识别潜在的水文问题,例如地下水涌出点、雨水集中的低洼地区,以及可能对开采作业造成影响的其他水文敏感区

域。对于排水系统的设计,Civil 3D提供了一套完整的管道网络设计工具,该工具允许用户构建复杂的排水系统,包括渠道、沟槽、管道和涵洞。这种设计不仅需要考虑水流的动力学特性,还需评估沉积物传输和过滤,保证排水系统在恶劣气候和多变地形条件下的有效性。

使用Civil 3D对排水系统进行建模,可以模拟暴雨期间的径流情况,分析不同设计方案下的井点位置、排水沟渠、离心泵和潜污泵的抽水效率。这些模拟结果对于确定防洪堤、蓄水池容量以及紧急泵站配置均至关重要<sup>[4]</sup>。Civil 3D支持水量与质量分析的配合使用,进一步优化整个排水系统,减少环境污染和保护周边生态。排水系统的稳定性分析也是Civil 3D功能的一部分。软件的稳定性分析工具可以帮助工程师确定排水系统抗洪能力和设计中可能存在的薄弱环节,确保即便在极端的气候情况下也能维持矿场的正常运行。

结合Civil 3D的剖面 and 立面工具,工程师可以直观呈现排水系统沿线的地形剖切视图,分析管网埋设深度、土层厚度、管道坡度等关键参数,为维修和未来升级提供便利。同时,该软件的报表功能可快速生成详细的工程数据汇总,帮助项目相关人员更好地理解设计细节和系统性能。

## 5 结语

Civil 3D软件作为当前土木工程和矿山设计领域内一款强大的辅助设计工具,其在露天矿山开发中的应用展现出卓越性能。从DTM和DEM的构建到三维地形的可视化,再到矿山开采规划以及排水系统的设计与分析,Civil 3D为工程师提供了全面的解决方案。虽然当前该软件已被广泛应用,但随着科技的不断迭代发展,未来Civil 3D可能携带有更多创新功能在矿山工程设计领域展现更大的潜能。

## 参考文献

- [1] 毕丰华,高岩.AutoCAD Civil 3D软件在弃渣场水土保持方案设计中的应用[J].中阿科技论坛(中英文),2022(8):132-135.
- [2] 陈瑜.Civil 3D在沟道型渣场三维建模方法的应用[J].水利技术监督,2021(11):46-49.
- [3] 钟懿,钟重.Civil3D软件在水工建筑物基础开挖设计中的应用[J].内蒙古水利,2021(7):43-45.
- [4] 樊亚莉,庞家伟,肖凤荣.AutoCAD civil3D软件在矿山治理工程量计算中的应用[J].土工基础,2021,35(3):260-262.