

基于 BIM 技术的航道疏浚工程土方量的计算

刘俊舒¹, 乔菲菲²

(1. 中交第一航务工程勘察设计院有限公司, 天津 300200; 2. 中交第三航务工程勘察设计院有限公司, 上海 200032)

摘要: 随着建设行业对于 BIM 技术的推广和应用, BIM 技术已经越来越多应用在实际工程中, 航道疏浚土方量计算是工程中重要且计算量较大的过程之一。本文运用 Autodesk Civil 3D 软件通过唐山港航道实际案例, 并用断面法建立模型, 通过三角网体积曲面的计算原理, 得以快速、准确、直观地计算出场地整平土方量, 同时生成断面图, 为设计人员提供了土方计算更为高效的计算方法。

关键词: BIM; 航道疏浚; 断面法; 土方量; Civil 3D

中图分类号: U61 文献标识码: A 文章编号: 1006—7973 (2022) 12—0099—03

在项目的设计和施工阶段, 疏浚工程土方量的计算是必不可少的, 而且场地高程计算数据的数量和质量要求相对较高。虽然现在有土方计算软件可以计算土方工程量, 例如 HTCAD, CASS 等, 但大多数软件只增强了计算方法的多样性。数据的筛选, 计算的准确性以及 3D 模型的支持仍然缺乏^[1]。

国内一些学者也有相关研究, 王伟等利用 Civil 3D、Subassembly Composer (部件编辑器)、Infraworks 设计软件实现内河航道疏浚工程和护岸工程的参数化设计和可视化展示, 并进行横断面定制、标签定制、模板文件定制等二次开发, 提出适用于内河航道工程三维正向设计和可视化演示的技术方法^[2]; 邹红霞等利用 Civil 3D 软件进行疏浚工程场地设计、利用 Civil 3D 地质模块拓展包 Geotechnical Module 计算各类土层的疏浚工程量^[3]; 陈懿强等采用 CIVIL 3D 分别建立了不同内河的地形模型, 并用曲面放坡和距离放坡建立了疏浚模型, 计算了航道的疏浚工程量^[4]; 赵丽等采用 CIVIL 3D 建立了上海市某两条内河航道的部分地形模型, 并用断面法建立了疏浚模型, 计算了航道的疏浚工程量。所得数据与传统方法所得数据相差 5% 以内, 符合工程实际, 验证了模型的正确性^[5]。

本文提出使用 BIM 设计软件来构建设计 3D 模型, 并使用 Autodesk Civil 3D 软件来协助设计。Civil 3D 是 Autodesk 在基础设施行业中的多域一体化 3D 设计软件。广泛用于测绘, 地形, 岩土工程, 土地规划等领域^[6]。它可以分析和记录测量数据, 创建 3D 地形, 设计各种道路、航道的线路。

1 计算原理及方法

Civil 3D 中的曲面分为两大类: 一种是真正意义上的“曲面”, 一种是“体积曲面”。按照剖分形式的不同,

它们又各自分为“三角网”和“栅格”, 合起来有四种。

(1) 三角网曲面。三角网曲面由任何一组点的 Delaunay 三角剖分形成。要创建构成三角形的三角形网格线, Civil 3D 会将最近的曲面点相互连接。通过插入点所在三角形的顶点的高程来定义曲面中任何点的高程。

(2) 栅格曲面。栅格曲面由常规网格上的点组成。我们可以通过软件创建栅格曲面或从 DEM 文件直接导入栅格曲面。

(3) 三角网体积曲面。三角网体积曲面是由控制曲面和基准曲面中的点的组合创建的组合曲面, 也称为差异曲面。体积曲面中任何点的 Z 值恰好等于该点处控制曲面和基准曲面的 Z 值之间的差值。

(4) 栅格体积曲面。栅格体积曲面是基于指定基准曲面和控制曲面之间的差值, 栅格间距和栅格方向的栅格曲面。此外, 在曲面使用特征线功能可以使建成的 3D 模型与实际地形一致^[3]。

2 实例应用

2.1 项目概况

本研究依托唐山港某航道工程, 工程是在原 20 万吨级航道基础上扩建为 25 万吨级。

2.2 模型建立

运用 Civil 3D 的点创建和曲面定义功能, 生成本工程的原泥面。



图 1 原泥面生成

可以根据原泥面模型清晰地看出原 20 万吨级航道的地形情况。并可根颜色的深浅判断水深的不同。

航道的断面尺度根据下表的尺度进行模型建立。

表 1 航道断面尺度

项目	1+300~3+000	3+000~4+000	4+000~6+000	6+000~10+000	10+000~33+000
通航宽度	270	300	300	270	270
设计底宽	262	292	287	257	262
通航底标高	-22.0	-22.0	-22.0	-22.0	-22.0
设计底标高	-22.8	-22.8	-23.3	-23.3	-22.8

对于航道断面的建立，目前有两种主流方法。一是运用特征线生成设计曲面，并利用 Civil 3D 的放坡功能进行模型建立；二是运用 Autodesk Subassembly Composer 软件进行装配定制。第二种方法的优势在于进行断面法出图的同时，可以对断面图进行符合水运系统出图习惯的深度定制。

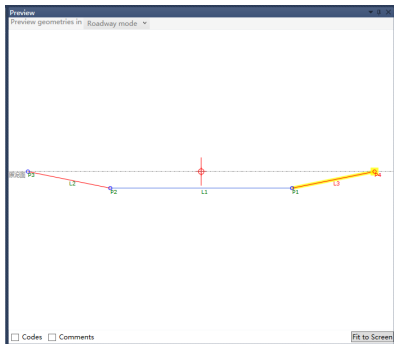


图 2 运用 Autodesk Subassembly Composer 软件进行航道断面设计

2.3 断面图的生成

根据国家标准 JTS181-5-2012《疏浚与吹填工程设计规范》^[7]中规定“疏浚工程的计算断面工程量可采用断面面积法、平均水深法或网格法进行计算”；JTS110-7-2013《水运工程施工图文件编制规定》^[8]中要求，“疏浚土方量宜采用断面法计算”。下图为运用传统方法绘制的航道工程断面图。

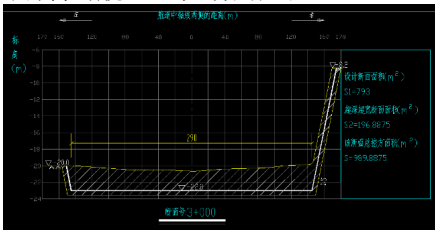


图 3 传统方法绘制的航道工程断面图

对于传统方法绘制的航道工程断面图，有以下几个弊端。

- (1) 大量重复性工作，易出错，且后期改图工作量很大；
- (2) 设计人员在绘制原泥面线时，受制于个人主观原因和测图密度原因，无法精确绘制；
- (3) 根据 JTS181-5-2012《疏浚与吹填工程设计规范》规定的断面工程量计算公式：

$$V = \frac{A_0 + A_1}{2} L_1 + \frac{A_1 + A_2}{2} L_2 + \dots + \frac{A_{n-1} + A_n}{2} L_n$$

V - 挖槽断面工程量；

A - 分别为各计算断面上的疏浚面积；

L - 分别为各断面间的间距。

设计人员根据绘制的断面图进行每个断面的面积计算，再运用 Excel 等工具进行总挖方量的计算。但断面绘制得不精确或设计人员失误等人为因素会导致工程量也不准确。

(4) 一般在施工图阶段，设计人员会视断面变化复杂程度以 1000m, 500m 或 200m 为间隔绘制断面，加密断面间隔会导致成倍地增加绘图工作量。

对于以上四点，基于 BIM 技术的绘图技术可以很好地解决这些问题。

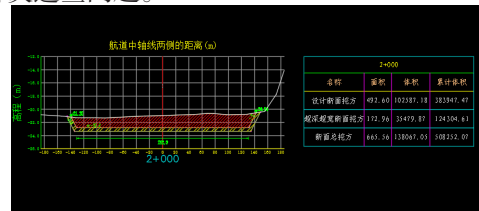


图 4 Civil 3D 绘制的航道工程断面图

(1) 运用 BIM 技术在设置好出图模板后，可以一键出图，后期改图只需对模型修改，断面及工程量表均实时变化，改图工作量大幅减少；

(2) 断面图生成的原泥面线为实际泥面线(测图)，完全排除了人为因素的影响；

(3) 工程量生成均为程序自动完成，且断面面积为自动计算；

(4) 断面间隔可以自由设定，并不会增加设计人员的工作量。

2.4 断面图的生成

运用 BIM 技术的另一个优势就是工程量可以快速生成并予以呈现，同时数据为动态更新，模型变化，工程量同时变化，为后期改动提供了非常大的便利。依托本工程运用 BIM 技术计算的总工程量与传统方法计算的工程量差距在 2.4%。

里程	面积	体积	累计体积
1+300	839.46	0.00	0.00
1+400	737.36	78830.86	78830.86
1+600	730.34	146789.56	225640.41
1+800	715.11	144544.61	370185.02
2+000	665.36	138061.05	508252.07
2+200	667.39	133293.29	641541.37
2+400	673.46	134085.12	775632.48
2+600	908.18	138164.14	933796.62
2+800	861.53	176971.28	1110767.90
2+953	893.89	162376.46	1273144.36
3+000	1112.23	15045.92	1288190.28
3+200	1143.95	225618.61	1513808.90
3+400	1076.81	222076.50	1735885.39
3+600	1031.43	210824.25	1946709.64
3+800	648.67	168010.10	2114719.74
3+995	803.69	141683.19	2256324.93

图 5 Civil 3D 生成的工程量表

Plaxis 在码头前沿海工平台插桩计算过程中的应用

刘健, 李湾

(中水北方勘测设计研究有限责任公司, 天津 300222)

摘要: 本文以天津滨海新区某码头前沿海工平台插桩计算为背景, 介绍了使用 Plaxis 有限元软件进行岩土工程计算过程中参数的取值方法及模型建立的一般过程, 探讨了土体本构模型、结构模型各个参数的含义及数值区间, 并对有限元软件的局限性进行了研究, 成果值得类似工程借鉴。

关键词: 码头; 海工平台; 插桩; 有限元; Plaxis; 本构模型

中图分类号: U656.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2022) 12—0101—03

1 项目背景

依据天津滨海新区某自升式海洋钻井平台建造计划, 在平台下水后, 需要在码头前预定的插桩位置就位升船, 将桩脚缓慢的插入地基土中。平台紧靠 30000t 滑道进行插桩对于码头的影响最大, 此时平台位置如图 1 所示, 插桩位置平台距离码头前沿线 6m, 桩靴外沿距离码头前沿线 11m。平台单桩桩靴等效圆直径为 17.8m, 最大截面积为 248.85 m²。桩靴最大接地比压为 27.7t/m², 考虑 1.1 倍安全系数, 单桩实际最大施加荷载 30t/m²。

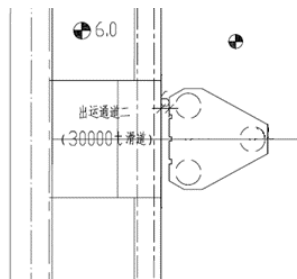


图 1 平台插桩位置

在预定压载情况下, 当地基土的极限承载力小于平台桩脚对地基土施加的压力时, 平台桩脚将继续向下贯入, 当地基土的极限承载力大于或等于平台桩脚所施加的压力时, 则平台桩脚将停止贯入, 稳定在地层的某一层位, 此时平台桩脚尖贯入深度为平台的插桩深度。

插桩对于码头的影响主要为插、拔桩过程中使土体产生塑性变形, 进而使桩基产生变形与内力, 影响桩基耐久性, 且可能会使岸坡滑动。因此, 需要在码头前沿设置支护结构, 限制土体位移, 减少插桩对码头的影响。

2 支护方案

本方案支护结构拟采用板桩结构, 采用钢板桩型号为 PU32, 桩长 25m。钢板桩设于码头前沿泥面处, 共设前后两排, 前排钢板桩距码头前沿线 7m, 后排钢板桩距码头前沿线 1m, 即前后两排板桩间距 6m。钢板桩上方为钢筋混凝土导梁, 钢板桩之间设置连接构件。

3 结语

相对于传统的 CAD 挖方计算方法来说, 运用 Civil 3D 软件在两个不规则曲面进行计算时更为方便灵活, 更为直观、准确。更为重要的是, 作为 BIM 设计软件, 动态设计有着非常重要的应用, 对于挖方计算及图纸修改提供了极大的便利。

参考文献:

- [1] 樊旭宏. Civil 3D 在场土方量计算中的应用 [J]. 建材技术与应用, 2012 (10).
- [2] 王伟, 杨志. BIM 技术在内河航道设计中的应用 [J].

水运工程, 2019 (7).

- [3] 邹红霞, 李明星. Civil 3D 软件在港口疏浚工程中的应用 [J]. 港工技术, 2019 (4).
- [4] 陈懿强, 黄晔卉. 基于 CIVIL 3D 的疏浚工程量计算分析 [J]. 港工技术, 2018 (6).
- [5] 赵丽, 陈懿强. 基于 CIVIL 3D 航道疏浚量断面法计算的研究 [J]. 港工技术, 2018 (3).
- [6] 任耀. Autodesk Civil 3D 2013 应用宝典 [M]. 同济大学出版社, 2012.
- [7] JTS181-5-2012 疏浚与吹填工程设计规范 [S].
- [8] JTS110-7-2013 水运工程施工图文件编制规定 [S].