



港口陆域形成中开山与边坡防护的 BIM设计应用

闫晓敏, 陶伟, 邵民强

(中交第三航务工程勘察设计院有限公司, 上海 200032)

摘要: 为满足“十四五”对水运工程全生命周期数字化应用要求的不断深入, 针对目前大型港口工程中开山与边坡防护的 BIM 设计缺乏相应规范和精准建模方式等问题, 基于宁波某项目, 梳理相关领域及行业的 BIM 规范标准, 编写大型港口工程陆域形成中开山与边坡防护的 BIM 信息模型构建细则。灵活采用 Autodesk 软件与二次开发技术, 解决边界处理、模型优化、数据贯通、信息深化与数据传递等重难点问题, 研究一套系统、规范的陆域形成中开山与边坡防护 BIM 设计应用方法。结果表明, 该方法的应用不仅大大提高了设计效率, 实现三维可视化, 同时弥补了大型港口工程中开山与边坡防护 BIM 设计应用的缺失, 为大型港口工程不同阶段数字信息传递提供思路。

关键词: 大型港口; 开山; 边坡防护; 模型构建细则; 数据贯通; 模型传递

中图分类号: U652.7

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2024)12-0212-05

BIM design and application of mountain opening and slope protection in formation of port land area

YAN Xiaomin, TAO Wei, SHAO Minqiang

(CCCC Third Harbor Consultants Co., Ltd., Shanghai 200032, China)

Abstract: To meet the continuous deepening of the digital application requirements for the entire life cycle of water transportation engineering during the 14 th Five Year Plan period, aiming at the current lack of corresponding standards and accurate modeling methods in BIM design for mountain opening and slope protection in large-scale port engineering, based on a project in Ningbo. this paper sorts out the BIM specifications and standards in related fields and industries, and compiles the BIM information model construction rules for the formation of land areas of large-scale port projects and slope protection. Problems such as boundary processing, model optimization, data penetration, information deepening, and data transfer are solved through the flexible choice of Autodesk software and secondary development technology. A systematic and standardized BIM design and application method for mountain opening and slope protection in land area formation is studied. The results show that the method not only greatly improves design efficiency and achieves 3D visualization, but also makes up for the lack of BIM design applications for mountain opening and slope protection in large-scale port engineering, which provides ideas for digital information transmission at different stages of large-scale port engineering.

Keywords: large-scale port; mountain opening; slope protection; model building detail; data connectivity; model pass-through

随着“十四五”基础设施行业数字化技术应用要求的深入, 对于大型港口工程建筑信息模型 (building information modeling, BIM) 应用的要求已

不是简单的将数字信息进行集成^[1], 而是要求通过数据的整合、贯通与分析, 服务于勘察、设计、建造、管理全周期^[2]。随着水运行业不断发展,

收稿日期: 2024-02-27

作者简介: 闫晓敏 (1993—), 女, 硕士, 工程师, 从事岩土结构设计与数字化应用。

大型港口工程的建设空间越来越小,需要考虑的边界条件越来越复杂。同时,随着建设工期与质量要求越来越高,传统设计方法在设计流程、设计准确性与设计效率方面都面临着越来越大的挑战^[3]。

BIM技术的出现为工程建筑领域经营管理模式的改变带来了巨大的技术变革^[4-6],国内外越来越多的工程建设已经开始使用BIM技术进行勘察^[7]、规划^[8]、设计^[9]、施工^[10]、运营管理^[11]等,以达到提高设计效率、缩短施工周期及节约成本等目的。然而,BIM技术在港口勘察、设计、施工、运维监测等全生命周期的应用程度不统一,数据相互制约、相互脱节、形成数据孤岛,未能实现信息的互联互通,无法实现真正意义上数据信息的贯通与高效协作。对BIM技术应用程度较深的设计阶段而言,虽然其在碰撞检查等方面有一定的成果,但各专业仍存在BIM应用深度不够、规范性不足的问题,应用多停留在翻模阶段,一旦遇到需要考虑与复杂多变现状地形相交的问题(如开山边坡坡顶线确定),碍于软件受限或数据贯通问题,往往导致BIM设计模型精准性与可用性不足。同时,水运工程行业BIM规范中缺乏开山与边坡防护的相关规范,导致BIM在该方面应用的随意性。

本文以宁波某项目为例,综合考虑大型港口工程建设项目全生命周期的数字化应用要求,梳理相关领域及行业的BIM规范标准,编写大型港口工程陆域形成中开山与边坡防护的BIM信息模型构建细则,灵活采用Autodesk软件与二次开发技术,解决边界处理、模型优化、数据贯通、信息深化与数据传递等问题,研究一套系统、规范的陆域形成中开山与边坡防护BIM设计应用方法,以期弥补大型港口工程中开山与边坡防护BIM设计应用的缺失,为大型港口工程不同阶段数字信息传递提供思路。

宁波基础设施重大工程是典型的大型港口工程,面临着海岛空间有限、建设条件复杂等重难点问题。为此,总图设计时保留部分山体形成天然屏障,保护场区不受风浪影响,形成3个开山区域,共计6处,见图1。开山范围总面积约158万m²,

开山边坡安全等级为一级。边坡采用生态复绿方案进行防护,对局部危岩体和边坡开挖形成的不稳定坡面、局部地质条件不良区域加强支护措施,各加固方式的实施范围根据施工图地质勘察报告及开挖后边坡出露岩质情况另行确定。本项目边坡防护的BIM设计应用只进行复绿防护设计。

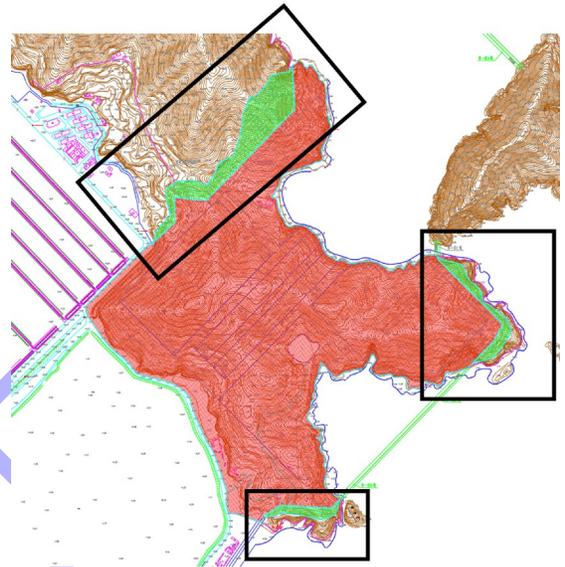


图1 宁波基础设施重大工程开山与边坡防护

1 BIM信息模型构建细则

在进行BIM设计应用之前,制定开山与边坡防护BIM信息模型构建细则。基于公路BIM规范,依据项目特点,在水运行业BIM规范基础上从模型分类编码、设计内容等方面进行规范统一,制定准则。

1) 确定基准。为了协同办公及后期合模方便,在进行各专业建模之前,建议明确项目基点、定位、方位、模型单位、坐标系统及高程系统,并进行统一。

2) 模型信息内容。大型港口工程全生命期的信息模型要求能承载设计、施工、运营维护各阶段传递的几何信息和非几何信息,供各阶段应用。陆域形成设计阶段的信息模型宜由需交付的信息模型和辅助设计的信息模型组成,需交付的信息模型宜向施工阶段和运营维护阶段传递,辅助设计的信息模型宜在设计阶段内传递和共享。细则依据此原则在建模之前进行明确与规范。

3) 构件编码。BIM 构件种类繁多, 信息数据复杂, 且数量庞大, 管理非常困难, 为此, 规范对 BIM 信息模型采用面分类法, 分类对象宜包括成果、进程、资源和属性 4 类。此部分细则主要参照 JTG/T 2420—2021《公路工程信息模型应用统一标准》, 在 JTS/T 198-2—2019《水运工程设计信息模型应用标准》基础上结合项目情况进行系统补充。

4) 模型深度。不同阶段模型深度不同, 所涵盖的信息有所不同。信息模型深度等级主要包括模型粒度和信息细度。信息模型深度的具体规定一并在细则中进行罗列总结。

基于上述制定方法, 本文对宁波基础设施重大工程开山与边坡防护的 BIM 信息模型构建细则, 见表 1。

表 1 开山与边坡防护部分构件信息模型细则

元素类别	构件	构件名	水运工程构件与设备编码	深度等级	模型精度
地形	开挖后山体	KSBP	62-11.01.03.00	L300	测区边界; 辅助特征点; 辅助特征线; 编码; 项目; 属性信息等
	开挖山体	TSF	62-11.01.04.00	L300	断面尺寸等几何信息、空间定位、编码、材质、附属设计信息
防护	植生基材喷播绿化	PBLH	62-01.07.01.01	L300	边坡坡高、防护长度、防护面积、坡率等尺寸信息; 起终点桩号位置信息; 编码; 边坡类型、技术、植物用量设计信息等
	混凝土锚喷防护	MP	62-01.07.01.02	L300	边坡坡高、防护长度、防护面积、坡率等尺寸信息; 起终点桩号等位置信息; 编码; 边坡类型、技术、植物用量设计信息等
	平台种植槽	ZZC	62-01.08.01.00	L300	断面尺寸等几何信息、空间定位、编码、材质、附属设计信息
	植生袋围堰	WY	62-01.08.02.00	L300	断面尺寸等几何信息、空间定位、编码、材质、附属设计信息
	毛石混凝土侧墙	TCQ	62-01.08.03.00	L300	断面尺寸等几何信息、空间定位、编码、材质、附属设计信息
排水	排水沟	PSGO	62-07.02.14.00	L300	断面尺寸等几何信息、空间定位、编码、材质、附属设计信息
	急流槽	JLC	62-07.02.17.00	L300	断面尺寸等几何信息、空间定位、编码、材质、附属设计信息
	排洪沟	PHG	62-07.02.18.00	L300	断面尺寸等几何信息、空间定位、编码、材质、附属设计信息

注: 除排水沟外, 其他均为新增构建编码。

2 BIM 设计应用方法

大型港口工程中涉及开山与边坡防护内容的项目, 往往建设地形复杂多变, 地势起伏大且不规则, BIM 设计应用中与地形相交的位置尚无合适的处理方式。针对这一设计难点, 本文以开山与边坡 BIM 信息模型构建细则为指导, 借助 Autodesk 平台 BIM 软件优势, 并采用二次开发技术, 解决边界处理、模型优化、数据贯通、信息深化与数据传递等问题, 提出 1 套考虑复杂多变地形条件的大型港口工程中开山与边坡防护规范化的数字化设计流程与方法。

2.1 基于 Civil 3D 的开山边坡设计

Civil 3D 是一款面向基础设施行业的 BIM 专业软件, 其突出特点是具有强大的曲面构建、编辑、计算能力与放坡等功能, 在处理与变化地形相交的问题有一定优势。本文采用 Civil 3D 进行边坡设计, 计算与现状地形相交的坡顶线, 实现开山边坡的精准设计与建模。

1) 创建原始地形曲面。原始地形曲面创建主要采用 Civil 3D 的曲面功能, 创建空白曲面、设定曲面样式后, 添加点文件、三维等高线等数据, 最后对可视化三维曲面进行工程范围内的精确度检查, 通过排除差点、优化三角形最大长度等方式完成原始地形曲面创建, 见图 2。

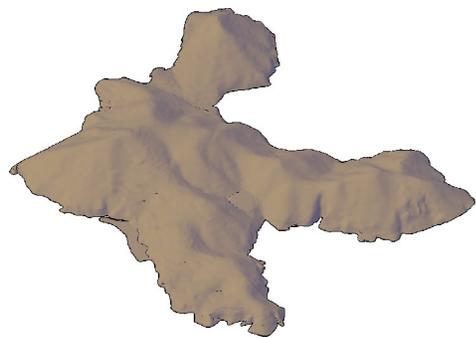


图 2 原始地形曲面创建

2) 设计边坡曲面。根据总图的坡脚线确定初始放坡要素线, 基于 Civil 3D 的放坡功能, 根据地质条件进行边坡设计, 选择合适的放坡规则与放

坡目标, 并设置相应的放坡样式。考虑到复杂多变的地形曲面, 在设计边坡放坡时依据设计原则对边坡进行一定程度的扩展, 形成放坡设计曲面后, 与原始地形曲面相交求得设计边坡曲面, 见图 3。

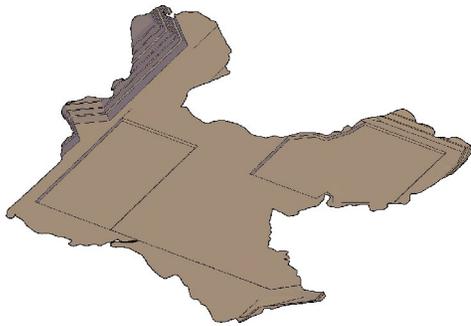


图 3 设计边坡曲面创建

3) 生成开山模型。基于原始地形曲面和边坡曲面, 采用 Civil 3D 从曲面提取实体的功能分别生成开挖边坡后的山体与开挖山体, 见图 4。

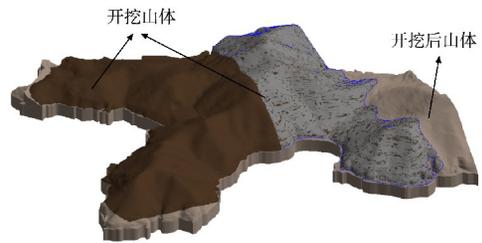


图 4 开山模型

2.2 Civil 3D 与 Revit 的数据贯通

Revit 是目前大型港口工程 BIM 应用中较为主流的三维协同软件, 具有强大的参数化设计能力。但 Autodesk 平台下的 Civil 3D 与 Revit 相对独立, 数据文件格式不一, 数据传递不够通畅。采用 IFC 标准进行 Civil 3D 与 Revit 之间的数据转换, 存在族模型无体积信息、无法添加材质信息等缺点。为了克服这一不足, 本文基于 Dynamo 进行二次开发, 通过读取 Civil 3D 实体模型将其重建, 转换为 Revit 外建族, 与设计信息互为补充, 见图 5。

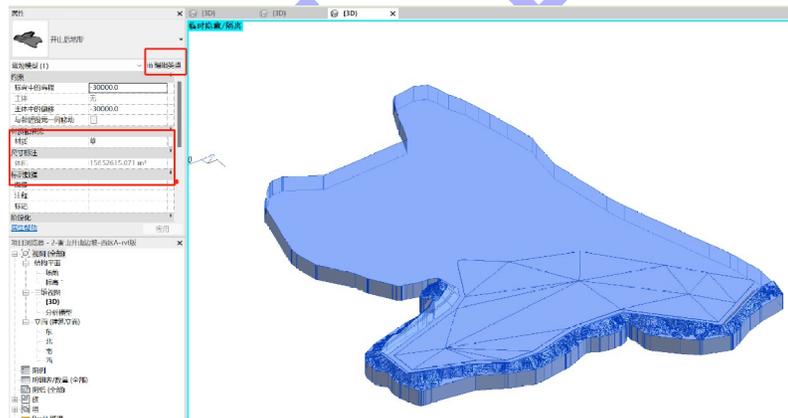


图 5 开山模型在 Civil 3D 与 Revit 之间实现数据贯通

2.3 基于 Revit 的边坡防护设计

护坡模型主要包括护坡与排水设施。护坡形式依据地质情况的变化有所不同, 因此护坡建模形式多变; 排水设施主要采用外建族的方式进行创建。

1) 边坡模型。基于导入的开挖后山体模型, 通过放置楼板、修改楼板控制点的方式进行每一级边坡的建模, 模型无需考虑与变化地形相交问题, 仅按标准段进行模型构建。护坡做法通过楼板分层进行表达。

2) 平台模型。平台上的种植草、侧墙、排水沟等较为规则的构件主要是根据构件的长度、宽度、高度等参数创建单个构件族, 建模前先根据构件特征进行区分, 对于细部尺寸需着重创建, 对每种构件特征建立 1 个单独的族文件并命名。此外, 构件的预制和现浇部分需分开建族。

3) 模型裁剪。涉及与原始地形曲面相交的位置, 采用 Dynamo 进行二次开发, 通过用原始地形曲面对实体模型构件进行裁剪, 见图 6。

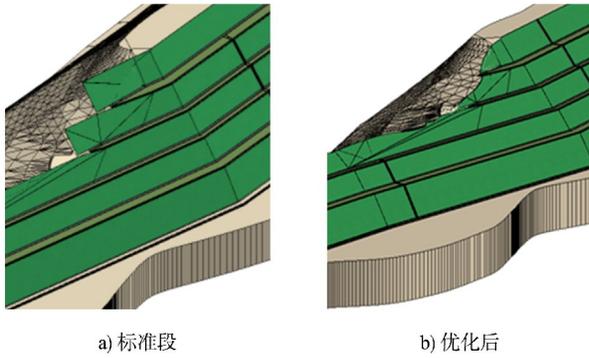


图 6 基于 Dynamo 二次开发的边坡防护模型

2.4 模型信息录入

开山与边坡防护的模型信息包括模型自带的几何信息及材质、编码、设计说明等非几何信息。材质、设计说明等非几何信息在进行模型构建时按需加入，工作量较少。但 1 个族构件的编码信息包含 14 个编码段，如果编码数量众多还需增加顺序码。本文基于 Dynamo 二次开发对构件进行批量编码(图 7)，大大提升了模型信息的录入效率。

2.5 模型数据深化测试

无论是前期提出的 BIM 设计细则还是 BIM 设计应用方法，均是基于大型港口工程建设项目

属性	
模板	模板
底层基质	底层基质
模板 (1) [编辑类型]	
注释	
标记	
构件名	MIS-D-KS-PY-PBH(DC17)2
编码	91 01.00.00.00...
桩号	K0+015-K1+185
边坡类型	挖方
边坡级数	2
阶段化	
创建的阶段	新构造
拆除的阶段	无
常规	
水运工程组织角色	81-00.00.00.00
水运工程产品	80-00.00.00.00
水运工程单体	61-08.01.00.00&1
水运工程钢筋与零件	63-00.00.00.00
水运工程构件与设备	62-01.07.01.01&1-3
水运工程工程量清单	73 00.00.00.00
水运工程建设部分项	72-00.00.00.00
水运工程交付成果类型	83-01.00.00.00
水运工程人员角色	82-00.00.00.00
水运工程特征	90-00.00.00.00
水运工程项目阶段	70-02.03.03.00
水运工程专业	71-25.00.00.00
水运工程子领域	91-01.00.00.00...

图 7 族构件的非几何信息

全生命周期数字化应用要求进行的研究。本文采用零件、基于 Dynamo 二次开发编写程序(图 8)，对开山与边坡防护模型中所有族类型(包括 Civil 3D 成果导入 Revit 中的族)进行切分测试，测试均成功，保证了设计阶段信息模型传递到施工阶段的可用性。

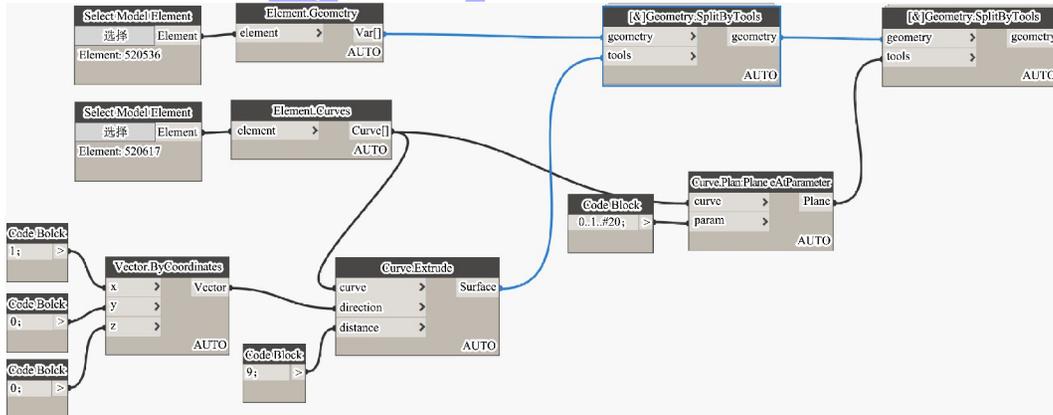


图 8 Dynamo 切分程序

3 结论

1) 梳理了相关领域及行业的 BIM 规范标准，基于实际项目从基准确定、模型深度、编码等方

面给出了大型港口工程陆域形成中开山与边坡防护的 BIM 信息模型构建细则的编制方法，为后续规范化进行 BIM 应用提供指导。

(下转第 258 页)