

DOI: 10.7672/sgjs2025230032

# 基于三维扫描与 BIM 的复杂异形幕墙施工技术

沈程<sup>1</sup>, 张成<sup>1</sup>, 吕文睿<sup>2</sup>, 杜栋梁<sup>1</sup>, 王乾岫<sup>1</sup>, 孙欣然<sup>2</sup>, 罗开成<sup>2</sup>

(1. 中国建筑工程(澳门)有限公司, 澳门 999078; 2. 远东幕墙(澳门)有限公司, 澳门 999078)

**[摘要]** 传统幕墙安装通常采用线性流程和分阶段施工模式, 当应用于复杂异形结构时, 存在构件适应性差、精准配合困难及风险管理能力不足等问题。为应对这一挑战, 深入探索适应复杂异形幕墙的施工技术。在澳门银河度假村剧院的复杂异形幕墙施工项目中, 应用三维扫描与 BIM 技术进行设计、施工。结合实时扫描和虚拟模拟技术, 通过创新的数字化生产和高精度检测工具, 成功解决异形构件间的连接准确性低和材料加工精度难以控制等问题。经过 BIM 建模、控制模型反馈和三维扫描检测等优化措施, 最终通过修正后的 BIM 模型指导施工, 并取得显著效果, 推动建筑行业向更智能、高效的方向发展。

**[关键词]** 幕墙; 三维扫描; 建筑信息模型; 数字化; 检测

**[中图分类号]** TU767

**[文献标识码]** A

**[文章编号]** 2097-0897(2025)23-0032-04

## Construction Technology of Complex Special-shaped Curtain Wall Based on 3D Scanning and BIM

SHEN Cheng<sup>1</sup>, ZHANG Cheng<sup>1</sup>, LÜ Wenrui<sup>2</sup>, DU Dongliang<sup>1</sup>, WANG Qianshen<sup>1</sup>,  
SUN Xinran<sup>2</sup>, LUO Kaicheng<sup>2</sup>

(1. China State Construction Engineering (Macau) Co., Ltd., Macao 999078, China;

2. Far East Facade (Macau) Co., Ltd., Macao 999078, China)

**Abstract:** Traditional curtain wall installation usually adopts linear process and phased construction mode, when applied to special-shaped and complex structures, there are problems such as poor adaptability of components, difficulty in precise coordination and insufficient risk management ability. In order to meet this challenge, the construction technology of complex special-shaped curtain wall is deeply explored. In the construction project of complex special-shaped curtain wall of Macao Galaxy Resort Theatre, 3D scanning and BIM technology are used for design and construction. Combined with real-time scanning and virtual simulation technology, through innovative digital production and high-precision detection tools, the complex problems of low connection accuracy special-shaped components and material processing are successfully solved. Through BIM modeling, control model feedback and 3D scanning detection, the revised BIM model is finally used to guide the construction, which has achieved remarkable results and promoted the construction industry to develop in a more intelligent and efficient direction.

**Keywords:** curtain walls; 3D scanning; building information modeling (BIM); digital; detection

### 0 引言

BIM 技术在虚拟环境中用于模拟实际施工情况, 优化构件加工流程和安装步骤, 提前预测可能出现的问题, 并进行风险管理。三维扫描技术能够快速建立施工现场模型, 为设计和制造提供精准的

数据基础。故结合 BIM 技术与三维扫描技术, 可实现对施工现场的精准测量, 为 BIM 技术提供高质量数据输入, 使虚拟模型更真实、准确, 处理异形结构时精细度更高。其次, BIM 与三维扫描技术全过程协同实现了数字化, 使设计、生产、安装环节更顺畅高效。此外, BIM 技术能够在虚拟环境中模拟多种施工情景, 及时识别潜在问题、风险。通过 BIM 技术优化及三维扫描技术实际测量功能, 可更精确地

**[作者简介]** 沈程, 工程师, E-mail: 706655125@qq.com

**[收稿日期]** 2025-04-21

掌握施工过程细节。

## 1 工程概况

澳门银河度假村剧院项目位于澳门莲花海滨大马路银河度假村地块内,具有玻璃单元体量大、幕墙造型复杂、安装难度大且无类似工程项目借鉴的特点。该剧院采用双曲钢结构骨架,幕墙由 594 个各不相同的喇叭单元系统组成。每个喇叭单元形状、大小、角度均不相同,长 653~3 395mm,相邻喇叭单元均存在约 3° 的角度偏差,效果如图 1 所示,因此组成幕墙单元的铝板、型材、不锈钢、玻璃均不相同。剧院包含 20 000 个不同拉弯、折弯角度的铝角型材、10 000 余款不同切割角度及尺寸的型材、3 000 余款不同拉弯角度的镜面不锈钢板、4 000 余款尺寸及曲度不一的双曲铝板和 594 款大小不一的玻璃单元。



图 1 剧院效果

Fig. 1 Effect of the theater

## 2 施工重难点

### 1) 异形构件差异性巨大

项目中的铝板、型材、不锈钢和玻璃单元存在显著差异,包括尺寸、形状、角度等,增加施工难度。

### 2) 构件连接复杂

由于喇叭单元形状不规则,连接点存在多样性、复杂性,需要精准的构件配合、连接工艺。

### 3) 大量不同材料的精准加工难度大

幕墙包含大量铝角型材、不锈钢板等材料,需要实现不同材料的精准加工,以确保构件间协调与契合。

### 4) 角度和尺寸差异大

相邻喇叭单元存在 3° 左右偏差,加之尺寸差异,施工过程中对精准度要求极高。

### 5) 玻璃单元多样

项目中的玻璃单元存在多样性,包括不同的拉弯与折弯角度、尺寸,需要特殊的处理和安装技术。

## 3 施工措施

### 1) 使用三维扫描技术辅助生产和安装

采用三维激光扫描仪监测安装过程,以纠正潜在安装误差,确保幕墙和钢结构施工精度高且稳

定。将 BIM 模型直接输出至数控机床,实现数字化加工,减少材料浪费,提升生产效率。

### 2) 三维扫描与 BIM 技术相结合

利用手持三维扫描仪获取施工现场实时数据,结合 BIM 技术建立虚拟环境的实际模型,模拟施工流程。通过三维扫描技术提前发现潜在问题,再结合 BIM 技术进行多次模拟与调整,有效进行风险管理。

### 3) CMU(现场样板)反馈与 BIM 相结合

现场采用 1:1 的 CMU 控制模型,用于验证实际安装,及早发现并解决构件间的配合问题,并将问题反馈至 BIM 三维模型进行相应调整、修正。

## 4 施工工艺流程及其操作要点

### 4.1 建立幕墙模型

首先利用 Rhino 软件构建 BIM 模型(见图 2),为施工提供数字化基础。随后,对 BIM 模型进行碰撞分析,尤其是与机电系统的碰撞,一旦发现碰撞,立即修正模型,以提高整体施工质量。再根据 BIM 模型,导出相关零构件(如玻璃、铝板、不锈钢板等)的加工图、组装图,以提高工厂下单效率,缩短生产周期。最后,基于 BIM 模型进行材料下单,确保及时准备各种材料,为生产制造提供保障。

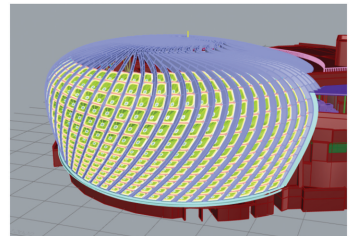


图 2 剧院的 BIM 模型

Fig. 2 BIM model of the theater

### 4.2 控制模型反馈

幕墙与龙骨采用四点连接方式,通过铝角码或铁码连接主钢结构,节点如图 3 所示。按照设计要求,制作并安装 1:1 的模型部件,以还原真实施工过程,如图 4 所示。在模拟安装过程中,记录出现的问题、难点和不匹配之处,并结合三维扫描数据进行全面分析,经确认后反馈给设计团队,为优化 BIM 模型和施工方法提供参考。最终,通过深入分析模拟安装中出现的问题,重新优化、改进 BIM 模型。

### 4.3 三维扫描反馈

#### 4.3.1 三维扫描检查构件

首先,应明确材料安装构件的资料和规格要求。然后,利用手持式三维扫描器(精度控制在 0.2mm 内)仔细扫描每块铝板,获取精确的三维形

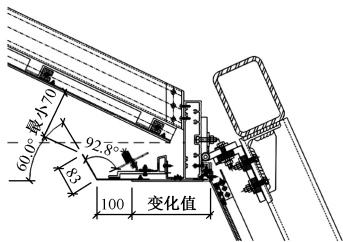


图 3 幕墙与龙骨连接节点

Fig. 3 Connection joints between the curtain wall and the keel



图 4 现场 CMU 效果

Fig. 4 Effect of on-site CMU

态数据,如图 5 所示。通过拟合这些数据与 BIM 模型,进行三维拟合分析,以识别可能存在的问题。若出现问题,应立即调整 BIM 模型或矫正构件,以确保构件的精准性、一致性。

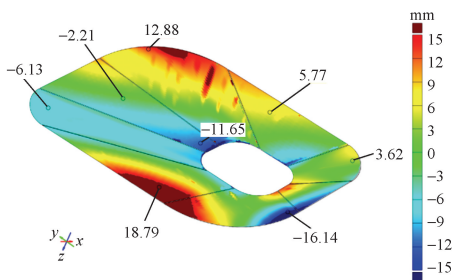


图 5 三维扫描结果

Fig. 5 Results of 3D scanning

#### 4.3.2 三维扫描检查现场条件

##### 1) 外业工作

首先对目标物进行踏勘,了解其轮廓、细节特征和位置情况,制作草图并拍照取样。随后,制定详细的扫描计划,确定站点位置、设备安装操作、扫描方向、分辨率等细节,并规划工作流程、备案和人员配备情况。在布设控制网阶段,根据扫描测站情况精确布设扫描区与待扫描区的控制点,以确保控制点相互通视。同时,布设拼接标靶和控制标靶,用于配准和点云数据纠正,以确保高精度的扫描结果。最后,采用徕卡 P50 三维激光扫描仪或精度控制在 2mm 内的三维激光扫描仪,根据目标物点云密

集程度设置相应的扫描分辨率,完成扫描作业。

##### 2) 数据处理

该阶段首先预处理扫描仪的原始数据,导入点云处理软件进行清理、修复。随后,通过自动拼接处理,根据标靶号确保相邻两站点云的重叠率 > 80%,并使标靶拼接最大误差 < 2mm,确保扫描结果精确性。进行施工坐标转换时,根据现场控制点信息,将数据转换至施工坐标系,将最大误差控制在 4mm 内。接着进行点云优化,去除多余的毛躁点、杂点、重复点和不必要部分,实施去噪和优化操作,生成高质量的点云模型。随后,将处理好的点云数据与 BIM 模型导入徕卡 Cyclone 3DR 点云建模软件,利用其对比功能进行二维、三维检测,通过色谱图分析结构偏差状态。

#### 4.4 修正 BIM 模型并指导现场定位施工

通过曲面拟合技术,将检测到的偏差值精准整合到 BIM 模型中进行匹配,进而精细调整模型,以尽可能准确反映实际场地状态。根据多次调整后的最终 BIM 模型,指导复杂幕墙安装。

##### 1) 测量并绘制定位线

在幕墙单元现场安装过程中,测量并绘制定位线是首要步骤。借助已修正的 BIM 模型和现场 BIM 放样机,精确定位每块铝板固定点的位置。首先,从结构定位点出发,根据施工图纸,运用全站仪等精密仪器,对幕墙铝板安装位置进行准确定位、划线。随后,在安装点位上配置连接件、码件等,通过数字技术和高精度测量手段,保障幕墙单元精准定位。

##### 2) 铝板安装

首先,采用塔式起重机吊装铝板,使用帆布带进行二次保护,并在铝板背部设置牵引绳,确保安全稳定。其后,铝板到达指定位置后,位于棚架上的工人连接葫芦与穿孔铝板背部的牵引绳,然后借助葫芦将铝板顺利拖入钢架内,同时另一名工人将铝板牢固固定在钢架上。随后,另一组作业人员利用棚架安装周围的铝包板,而在局部不利工况处,使用大型高空车作业,以确保穿孔铝板安装精准到位,同时保证施工安全高效。安装过程中,需严格按照 BIM 模型进行指导。

##### 3) 幕墙单元件安装

使用起重机吊装带有帆布带保护的幕墙单元件,同时在幕墙单元件下端挂牵引绳以确保安全。一旦幕墙单元件到达预定位置,位于棚架上的作业人员将连接葫芦与牵引绳,进而将幕墙单元件顺利引入钢架。接着将塔式起重机吊钩替换为葫芦,并由另一名作业人员将幕墙单元件使用螺丝固定在

钢架上,以确保牢固稳定。安装单元件后,随即安排下一组作业人员利用棚架作业平台安装周围铝板,以保证整个幕墙单元的完整性、稳定性,并依此次序重复进行,直到单元件与铝板安装完成。

## 5 结语

本文深入研究基于三维扫描与BIM技术的复杂异形幕墙施工技术,介绍了从BIM模型建立到控制模型反馈再到三维扫描检查构件的关键工序,通过实际项目应用,验证了该创新工法在提高效率、精度和质量控制等方面的显著效果。

## 参考文献:

- [1] 林业文. BIM技术在异形曲面幕墙施工中应用:以建瓯市博物馆新建项目为例[J]. 福建建筑, 2020(3): 122-125.  
LIN Y W. Application of BIM in construction of irregular curved curtain walls: taking the new construction project of Jian'ou Museum as an example[J]. Fujian architecture & construction, 2020(3): 122-125.
- [2] 张铭. 高层建筑幕墙的精益施工管理研究[D]. 济南: 山东建筑大学, 2021.  
ZHANG M. Research on lean construction management of high rise building curtain walls [D]. Jinan: Shandong University of Architecture, 2021.
- [3] 陈涛, 刘平, 任焯军, 等. 莫比乌斯环造型幕墙安装技术[J]. 施工技术(中英文), 2023, 52(20): 32-36.  
CHEN T, LIU P, REN Y J, et al. Installation technology of Möbius Strip-shaped curtain wall[J]. Construction technology,

2023, 52(20): 32-36.

- [4] 李璐, 张爱琳. 三维扫描结合BIM技术在玻璃幕墙工程中的应用[J]. 价值工程, 2016(8): 149-151.  
LI L, ZHANG A L. Application of 3D scanning combined with BIM technology in glass curtain wall engineering [J]. Value engineering, 2016(8): 149-151.
- [5] 赵大勇. 莫比乌斯环双曲面异形铝板幕墙施工技术[J]. 施工技术(中英文), 2024, 53(18): 93-97.  
ZHAO D Y. Construction technology of Möbius Strip-shaped hyperbolic curved aluminum panel curtain wall[J]. Construction technology, 2024, 53(18): 93-97.
- [6] 罗淑平, 许桂芳. BIM技术在建筑设计及施工过程中的应用[J]. 价值工程, 2018, 37(3): 176-177.  
LUO S P, XU G F. Application of BIM technology in architectural design and construction process [J]. Value engineering, 2018, 37(3): 176-177.
- [7] 李育典, 郝雪峰, 张金峰, 等. 超高大大曲面玻璃砖幕墙施工技术[J]. 施工技术(中英文), 2024, 53(9): 146-150.  
LI Y D, HAO X F, ZHANG J F, et al. Construction technology of super-high curved glass brick curtain wall [J]. Construction technology, 2024, 53(9): 146-150.
- [8] 简超, 谭卡, 贺雄英, 等. BIM技术在柳东文化广场异形幕墙中的应用研究[J]. 施工技术(中英文), 2024, 53(16): 107-109, 150.  
JIAN C, TAN K, HE X Y, et al. Research on application of BIM technology in irregular curtain wall of Liudong Cultural Square [J]. Construction technology, 2024, 53(16): 107-109, 150.

## (上接第31页)

- [7] 王硕, 卢昱杰, 李荣帅. 基于BIM的高层建筑全过程交付应用[J]. 施工技术(中英文), 2023, 52(11): 6-13.  
WANG S, LU Y J, LI R S. Whole process delivery for tall building based on BIM [J]. Construction technology, 2023, 52(11): 6-13.
- [8] 许浩, 胡定贵, 祝文海. 基于三维模型的风电工程算量方法探索及实践[J]. 工程造价管理, 2023(2): 76-81.  
XU H, HU D G, ZHU W H. Exploration and practice of wind power engineering calculation method based on 3D model [J]. Engineering cost management, 2023(2): 76-81.
- [9] 张晨茜, 王丰, 贾琳, 等. 基于Revit二次开发的装饰及安装工程计量计价[J]. 大连民族大学学报, 2022, 24(3): 236-239, 280.  
ZHANG C Q, WANG F, JIA L, et al. Calculation and valuation of decoration and installation works based on revit secondary development [J]. Journal of Dalian Minzu University, 2022, 24(3): 236-239, 280.
- [10] 高东东, 王幼芳, 梁振樱, 等. 基于BIM的工程计量支付一体化系统构建与应用研究[J]. 建筑经济, 2023, 44(2): 53-60.  
GAO D D, WANG Y F, LIANG Z Y, et al. Research on construction and application of engineering measurement and payment system based on BIM [J]. Construction economy, 2023,

44(2): 53-60.

- [11] 付斌, 严洋, 柳子通, 等. 基于BIM技术的数字化结构设计与数字建造应用——以鄂州花湖机场转运中心工程为例[J]. 建筑结构, 2023, 53(13): 135-141.  
FU B, YAN Y, LIU Z T, et al. Digital structure design and digital construction application based on BIM technology—taking Ezhou Huahu Airport Transfer Center project as an example [J]. Building structure, 2023, 53(13): 135-141.
- [12] 朱祥华. BIM技术正向设计在建筑设计阶段的应用研究[J]. 住宅与房地产, 2024(29): 68-70.  
ZHU X H. Research on the application of BIM technology forward design in architectural design stage [J]. Housing and real estate, 2024(29): 68-70.
- [13] 杨静, 王消伍. BIM在工程造价管理中的应用[J]. 工业建筑, 2023, 53(S2): 783-784.  
YANG J, WANG X W. Application of BIM in project cost management [J]. Industrial construction, 2023, 53(S2): 783-784.
- [14] 包胜, 卜航栋, 楼笑笑, 等. 基于BIM运维管理的现状与展望[J]. 施工技术(中英文), 2024, 53(20): 28-35, 50.  
BAO S, BU H D, LOU X X, et al. Current status and prospects of operation and maintenance management based on BIM [J]. Construction technology, 2024, 53(20): 28-35, 50.

钢架上,以确保牢固稳定。安装单元件后,随即安排下一组作业人员利用棚架作业平台安装周围铝板,以保证整个幕墙单元的完整性、稳定性,并依此次序重复进行,直到单元件与铝板安装完成。

## 5 结语

本文深入研究基于三维扫描与BIM技术的复杂异形幕墙施工技术,介绍了从BIM模型建立到控制模型反馈再到三维扫描检查构件的关键工序,通过实际项目应用,验证了该创新工法在提高效率、精度和质量控制等方面的显著效果。

## 参考文献:

- [1] 林业文. BIM技术在异形曲面幕墙施工中应用:以建瓯市博物馆新建项目为例[J]. 福建建筑, 2020(3): 122-125.  
LIN Y W. Application of BIM in construction of irregular curved curtain walls: taking the new construction project of Jian'ou Museum as an example[J]. Fujian architecture & construction, 2020(3): 122-125.
- [2] 张铭. 高层建筑幕墙的精益施工管理研究[D]. 济南: 山东建筑大学, 2021.  
ZHANG M. Research on lean construction management of high rise building curtain walls [D]. Jinan: Shandong University of Architecture, 2021.
- [3] 陈涛, 刘平, 任焯军, 等. 莫比乌斯环造型幕墙安装技术[J]. 施工技术(中英文), 2023, 52(20): 32-36.  
CHEN T, LIU P, REN Y J, et al. Installation technology of Möbius Strip-shaped curtain wall[J]. Construction technology,

2023, 52(20): 32-36.

- [4] 李璐, 张爱琳. 三维扫描结合BIM技术在玻璃幕墙工程中的应用[J]. 价值工程, 2016(8): 149-151.  
LI L, ZHANG A L. Application of 3D scanning combined with BIM technology in glass curtain wall engineering [J]. Value engineering, 2016(8): 149-151.
- [5] 赵大勇. 莫比乌斯环双曲面异形铝板幕墙施工技术[J]. 施工技术(中英文), 2024, 53(18): 93-97.  
ZHAO D Y. Construction technology of Möbius Strip-shaped hyperbolic curved aluminum panel curtain wall[J]. Construction technology, 2024, 53(18): 93-97.
- [6] 罗淑平, 许桂芳. BIM技术在建筑设计及施工过程中的应用[J]. 价值工程, 2018, 37(3): 176-177.  
LUO S P, XU G F. Application of BIM technology in architectural design and construction process [J]. Value engineering, 2018, 37(3): 176-177.
- [7] 李育典, 郝雪峰, 张金峰, 等. 超高大大曲面玻璃砖幕墙施工技术[J]. 施工技术(中英文), 2024, 53(9): 146-150.  
LI Y D, HAO X F, ZHANG J F, et al. Construction technology of super-high curved glass brick curtain wall [J]. Construction technology, 2024, 53(9): 146-150.
- [8] 简超, 谭卡, 贺雄英, 等. BIM技术在柳东文化广场异形幕墙中的应用研究[J]. 施工技术(中英文), 2024, 53(16): 107-109, 150.  
JIAN C, TAN K, HE X Y, et al. Research on application of BIM technology in irregular curtain wall of Liudong Cultural Square [J]. Construction technology, 2024, 53(16): 107-109, 150.
- [9] 王硕, 卢昱杰, 李荣帅. 基于BIM的高层建筑全过程交付应用[J]. 施工技术(中英文), 2023, 52(11): 6-13.  
WANG S, LU Y J, LI R S. Whole process delivery for tall building based on BIM [J]. Construction technology, 2023, 52(11): 6-13.
- [10] 许浩, 胡定贵, 祝文海. 基于三维模型的风电工程算量方法探索及实践[J]. 工程造价管理, 2023(2): 76-81.  
XU H, HU D G, ZHU W H. Exploration and practice of wind power engineering calculation method based on 3D model [J]. Engineering cost management, 2023(2): 76-81.
- [11] 付斌, 严洋, 柳子通, 等. 基于BIM技术的数字化结构设计与数字建造应用——以鄂州花湖机场转运中心工程为例[J]. 建筑结构, 2023, 53(13): 135-141.  
FU B, YAN Y, LIU Z T, et al. Digital structure design and digital construction application based on BIM technology—taking Ezhou Huahu Airport Transfer Center project as an example [J]. Building structure, 2023, 53(13): 135-141.
- [12] 朱祥华. BIM技术正向设计在建筑设计阶段的应用研究[J]. 住宅与房地产, 2024(29): 68-70.  
ZHU X H. Research on the application of BIM technology forward design in architectural design stage [J]. Housing and real estate, 2024(29): 68-70.
- [13] 杨静, 王消伍. BIM在工程造价管理中的应用[J]. 工业建筑, 2023, 53(S2): 783-784.  
YANG J, WANG X W. Application of BIM in project cost management [J]. Industrial construction, 2023, 53(S2): 783-784.
- [14] 包胜, 卜航栋, 楼笑笑, 等. 基于BIM运维管理的现状与展望[J]. 施工技术(中英文), 2024, 53(20): 28-35, 50.  
BAO S, BU H D, LOU X X, et al. Current status and prospects of operation and maintenance management based on BIM [J]. Construction technology, 2024, 53(20): 28-35, 50.

(上接第31页)

- [7] 王硕, 卢昱杰, 李荣帅. 基于BIM的高层建筑全过程交付应用[J]. 施工技术(中英文), 2023, 52(11): 6-13.  
WANG S, LU Y J, LI R S. Whole process delivery for tall building based on BIM [J]. Construction technology, 2023, 52(11): 6-13.
- [8] 许浩, 胡定贵, 祝文海. 基于三维模型的风电工程算量方法探索及实践[J]. 工程造价管理, 2023(2): 76-81.  
XU H, HU D G, ZHU W H. Exploration and practice of wind power engineering calculation method based on 3D model [J]. Engineering cost management, 2023(2): 76-81.
- [9] 张晨茜, 王丰, 贾琳, 等. 基于Revit二次开发的装饰及安装工程计量计价[J]. 大连民族大学学报, 2022, 24(3): 236-239, 280.  
ZHANG C Q, WANG F, JIA L, et al. Calculation and valuation of decoration and installation works based on revit secondary development [J]. Journal of Dalian Minzu University, 2022, 24(3): 236-239, 280.
- [10] 高东东, 王幼芳, 梁振樱, 等. 基于BIM的工程计量支付一体化系统构建与应用研究[J]. 建筑经济, 2023, 44(2): 53-60.  
GAO D D, WANG Y F, LIANG Z Y, et al. Research on construction and application of engineering measurement and payment system based on BIM [J]. Construction economy, 2023,