

BIM技术在玻璃纤维增强复合材料深化设计与施工中的应用

凌冬蕊

同济大学建筑设计研究院（集团）有限公司，上海

DOI:10.62836/gse.v3i2.1274

摘要：玻璃纤维增强复合材料因为质量轻、强度高、造型可塑性强、耐腐蚀等特性，广泛应用于建筑异形装饰构件的施工。传统二维图纸模式下该材料深化设计与施工存在造型表达不清、构件统计偏差、管线节点碰撞、现场返工频发等问题。本文结合BIM数字化可视化优势，从三维模型转化、参数信息录入、连接件深化、工厂预制生产、施工模拟交底五大环节，探究BIM技术在玻璃纤维增强复合材料全流程的应用路径，总结技术应用优势，并对智能化融合发展方向开展展望，为同类异形复合材料的建筑工程数字化施工提供参考。

关键词：BIM技术；玻璃纤维增强复合材料；深化设计；装配式施工；异形构件

Application of BIM Technology in Detailed Design and Construction of Glass Fiber Reinforced Composites

Dongrui Ling

Tongji Architectural Design (Group) Co., Ltd., Shanghai

Abstract: Glass fiber reinforced composites (GFRC/GFRP etc.) are widely adopted for the construction of irregular architectural decorative components due to their advantages such as light weight, high strength, excellent mold ability and corrosion resistance. Traditional 2D drawings lead to many problems in the detailed design and construction of such materials, including ambiguous shape representation, inaccurate component statistics, pipeline and joint collisions, and frequent on-site rework. Leveraging the digital visualization strengths of BIM technology, this paper explores its full-process application in Glass fiber reinforced composites projects from five aspects: 3D model conversion, parameter information input, connection detail design, factory prefabrication and construction simulation & technical disclosure. It summarizes the advantages of BIM application and prospects the trend of intelligent integrated development, providing references for digital construction of similar irregular composite components in architectural engineering.

Keywords: BIM technology; glass fiber reinforced composites; detailed design; prefabricated construction; irregular components

1 引言

玻璃纤维增强复合材料是以玻璃纤维为增强体,以树脂、水泥等为基体复合而成的一种复合型建筑材料,主要包括玻璃纤维增强塑料(GFRP)、玻璃纤维增强水泥(GRC)等。该材料具有轻质高强、耐腐蚀、可塑性强、造型自由度大等优点,能够制作出曲面、尖顶、浮雕、异形线条等复杂造型,并可以实现仿石材纹理、仿木头纹理、仿竹子纹理等多种表面纹理效果[1]。当前,玻璃纤维增强复合材料已广泛应用于游乐场外立面造型、商业建筑异形门窗套、景观栏杆、室内艺术吊顶、装饰檐口等部位,成为现代建筑实现艺术化、个性化表达的重要材料[2]。

尽管玻璃纤维增强复合材料在国内应用日益增多,但在深化设计和施工这两个环节里,大部分项目还是沿用传统做法:一是以二维图纸为中心,靠人工去拆分构件、设计节点、统计数量,数字化水平较低,信息表达不直观;二是那些异形构件放到二维视图里很难表达清楚,工厂理解容易出现偏差;三是连接件的种类多、数量大,人工统计时难免会有漏掉或者重复的情况;四是安装节点跟主体结构、还有机电管线之间的碰撞问题不能提前发现,造成现场返工频繁、工期延长、成本增加的问题。

BIM技术作为建筑行业里推动数字化和可视化的一个核心工具,能通过建立信息完整的三维模型,把深化设计、加工生产和施工安装这三个阶段的协同工作串联起来;针对玻璃纤维增强复合材料造型复杂、构件数量多、安装节点繁琐的特点,BIM技术能明显提高深化设计的精度、施工时的效率还有整个工程的质量。本文将围绕玻璃纤维增强复合材料的深化设计与施工流程,从三个方面来系统讲一讲BIM技术的应用内容、具体方法以及带来的价值,给实际工程提供一些参考。

2 BIM技术在玻璃纤维增强复合材料深化设计与施工中的应用

2.1 设计内容的三维转化

将传统二维设计转化为BIM三维模型,是实

现玻璃纤维增强复合材料设计施工数字一体化流程的基础。由于玻璃纤维增强复合材料多用于异形、曲面、流线型造型,常规建模软件难以满足精度要求,因此通常采用多软件协同工作模式:利用Rhino完成参数化曲面造型,保证形态流畅、尺寸准确;再将模型导入Revit,进一步赋予构件属性、完善信息、形成可用于深化与施工的BIM模型。

在建模过程中,需要同步完成构件分件;玻璃纤维增强复合材料制品得先在工厂预制好,再运到现场去安装,所以合理的分件会直接影响到生产、运输、安装以及最终的外观效果。分件一般会遵循以下几个原则:一、分件的位置要放在不太显眼的视觉面上,比如凹槽、阴角或者装饰缝这些地方,这样能避免接缝破坏掉整个造型;二、分件的尺寸要能满足运输和吊装的要求,防止构件做得过大或者过重以后带来安装上的困难;三、分缝的地方要避免受力比较集中的区域,从而减少后期出现开裂的风险。

BIM模型还要严格按照实际的分件来建立,让每一个模型构件都能对得上现场的那个实际构件,这样,模型才能真正起到指导施工的作用,也方便以后信息的维护和管理。

2.2 模型写入参数信息

三维建模完成以后,还需要给构件配上完整的参数信息,这样模型就能从单纯的“几何模型”升级成一个“信息载体”,也能做到全流程可追溯、可管理。需要写进去的信息主要有六个方面:第一方面是类别信息,也就是对构件做一个归类,把造型相同、纹理相同、尺寸也相同的构件归到同一类里面,这样便于共用模具,也能降低成本;第二方面是编号信息,为每一个构件设置一个唯一的编号,做到“一物一码”,方便工厂生产、现场安装以及后期的维护和替换;第三方面是尺寸信息,把构件的长度、宽度、厚度、曲率这些关键尺寸都记录下来,为挂点的布置和连接件的设计提供依据;第四方面是纹理信息,要明确构件表面的效果,比如仿石材、仿木纹、光滑面或者艺术肌理等,直接用来指导工厂做表面处理;第五方面是位置信息,

标注出构件所在的楼层、轴线和安装方位,便于施工时快速定位;第六方面是检修信息,对需要拆卸或者维护的构件做一个特殊标记,方便后期的运维管理。

通过参数化信息录入,BIM模型能够自动生成材料清单、加工清单、安装清单,减少因为人工统计而造成的错误,提高管理效率。

2.3 基于模型进行连接件深化设计

玻璃纤维增强复合材料构件自身无法直接固定于主体结构,必须依靠钢连接件、预埋件、角码、螺栓等实现可靠连接。常见的连接方式主要有两种:一种是预埋连接件,即在构件生产时预埋不锈钢角码,现场与主体钢结构伸出的连接件螺栓连接,适用于塔尖、大型装饰构件等受力较大部位;另一种是后锚固连接,即在构件内预埋金属板,现场通过钢连接件与墙体固定,再用螺钉将构件与连接件固定,适用于造型复杂、安装空间有限的部位[3]。

不管采用哪种方式,连接件都存在数量多、种类杂、位置要求高的问题,传统的人工设计就容易出错;而利用BIM来做连接件的深化设计,具有明显优势。第一是能避免碰撞冲突,在BIM的环境里可以同时把主体结构、机电管线还有装饰构件以及构件实际厚度都显示出来,提前发现连接件在位置上的冲突,从而优化节点方案,减少返工。第二是可以精准统计数量,把各类连接件先做成标准化的族文件,等它们在模型里布置完成以后,就能自动生成一份材料统计表,类型、数量和规格都准确无误,这样既避免了浪费,也不会出现缺件的情况。第三是有助于提升施工时的准确性,因为三维模型能直观展示出连接件的位置、角度和固定方式,工人更容易看懂施工的要求,安装的错误率也就会降下来。第四是能支持结构安全方面的验算,BIM模型可以把相关数据导出来,用于节点的受力计算,确保整个连接系统能够满足安全上的要求。

总之,通过BIM深化,连接件设计更加合理、安全、经济,施工质量更有保障。

2.4 基于模型的构件产品生产

BIM模型给工厂预制提供了精确的数字化依据,生产过程就能变得更高效、也更标准化。在生产阶段,这个模型的主要作用体现在三个方面。第一,工厂可以根据模型里的分类信息,快速确定需要制作多少套母模以及什么类型的母模,造型相同的构件共用一套模具,这样就能明显降低模具的成本。第二,模型里包含了编号、尺寸、纹理、数量这些信息,可以直接生成一份生产清单,工厂照着这份清单去配料、制模、喷涂和养护,就能做到精准生产,也避免了做错或者漏做构件的情况[4,5]。第三,如果项目后期有某个构件损坏了需要更换,可以直接调出原来的BIM模型,快速提取出参数再去重新生产,这样换上去的构件就能跟原来的完全一致,也能缩短维修的周期。

相比于传统依靠二维图纸加工的方式,基于BIM的数字化生产精度更高、效率更高、质量更稳定。

2.5 模型辅助模拟现场施工

玻璃纤维增强复合材料构件造型复杂、安装节点多、安装顺序要求高,传统施工方式容易出现安装顺序混乱、挂点受力不均、定位不准等问题。利用BIM进行施工模拟,可提前优化方案,降低风险[6]。

主要应用包括:对构件的吊装、运输路径、安装顺序进行三维模拟,判断是否存在碰撞;在模型中优化挂点的位置与数量,保证受力均匀、安装方便;通过三维可视化交底,让施工人员能够清晰理解每块构件的安装位置与固定方式;利用模型进行现场放线与定位,提高安装的精度与整体效果。

总的来看,施工模拟能让复杂的安装过程变得可视化、也可控化,从而有效提升施工的效率和质量。

3 应用优势总结

BIM技术在玻璃纤维增强复合材料深化设计与施工中的应用,解决了传统模式的多项痛点,具有显著优势:

第一,提高造型表达准确性。通过三维模型直观展示异形曲面,避免因二维图纸理解偏差造成的效果失真。

第二,提升深化设计效率。构件分件、节点设计、连接件布置全部在模型中完成,减少重复修改。

第三,降低材料浪费。模型自动统计构件与连接件数量,数据准确,减少人工误差带来的损耗。

第四,减少现场返工。提前进行碰撞检查,优化节点位置,避免与结构、管线冲突。

第五,提升安装精度。三维可视化指导施工,安装位置、方向、节点清晰明确。

第六,便于后期运维。构件信息完整可查,损坏后可快速重新生产。

总体来看,BIM技术与玻璃纤维增强复合材料施工流程高度适配,特别适合造型复杂、构件数量多、安装要求高的项目。

4 结论与展望

玻璃纤维增强复合材料具有优异的可塑性和装饰效果,因而在现代建筑中应用广泛。但传统深化与施工方式数字化程度低,已难以满足高质量、高效率、高精度的工程要求。BIM技术通过三维建模、参数化信息管理、连接件深化、工厂生产对接、施工模拟等手段,有效解决了异形构件表达难、分件不合理、连接件统计易错、现场碰撞返工等问题,显著提升工程质量与经济效益。

以后随着数字化技术不断发展,BIM会进一步

跟3D打印、物联网还有装配式建造这些技术结合起来,让玻璃纤维增强复合材料构件从设计、生产一直到安装的整个流程都能实现智能化。一方面,通过3D打印直接按照BIM模型去制造那些复杂构件,就能进一步降低模具的成本,也能提高个性化生产的能力;另一方面,结合物联网以后,可以对构件的生产、运输和安装做全过程的追踪;另外,标准化BIM构件库的建立,也能推动行业朝着更规范、更高效的方向发展。

BIM技术在玻璃纤维增强复合材料这个领域里的应用,不仅仅是一种工具上的升级,它更是这个行业朝着数字化、精细化、绿色化方向转型的一个重要标志,因此具有广阔的推广价值。

参考文献

- [1] 解再兴.大块GRC板干挂幕墙的设计与施工技术框架[J].中国标准化,2018(22):31-32.
- [2] 武景韬.主题公园大型GRC主题造型拼装技术优化与应用[J].工程质量,2023,09:89-93.
- [3] 赵青羽,安伟东,于海滨,等.探究全玻璃纤维复材自由曲面外立面建筑的结构设计[J].工程建设与设计,2021(9):11-12.
- [4] 李长春,顾鹏,李放.基于BIM的曲面GRC幕墙挂装装配式施工技术应用[J].工程建设与设计,2024(11):191-193.
- [5] 袁明华.基于BIM技术的建筑外墙曲面GRC板安装技术研究[J].建筑技术开发,2026,53(6):34-37.
- [6] 浦聿聪.BIM技术在曲面GRC幕墙施工中的应用研究[J].建筑施工,2025(12):1798-1801.

