

生物基聚酰胺建筑模板应用综合技术研究

郑 硕 吕 璘 罗凯旋 宋 磊 陈 琛

中建八局第二建设有限公司, 山东 济南 250000

[摘要]绿色建筑材料不断发展,生物基聚酰胺这种可再生、高性能的新型高分子材料在建筑模板领域有着广泛的应用前景,本研究围绕生物基聚酰胺建筑模板的工程应用展开,结合 BIM 深化设计与模板数字化加工,探索了模板设计、制作、安装与成品保护全过程的关键技术与工艺优化路径。针对框架结构与剪力墙结构,研究了新型模板及铝模组合加固方案,并通过模块化封模组件提升施工效率,减少损耗。研究还针对施工阶段的质量控制与安全管理提出切实可行的技术手段,旨在推动绿色建材在建筑模板领域的系统化、标准化应用。

[关键词]生物基聚酰胺; 建筑模板; BIM 深化设计; 组合加固; 施工技术

DOI: 10.33142/ect.v3i7.17196

中图分类号: TU4

文献标识码: A

Research on Comprehensive Technology of Application of bio-based Polyamide Building Template

ZHENG Shuo, LYU Jin, LUO Kaixuan, SONG Lei, CHEN Chen

The Second Construction Co., Ltd. of China Construction Eighth Engineering Division, Ji'nan, Shandong, 250000, China

Abstract: With the continuous development of green building materials, bio-based polyamide, a renewable and high-performance new polymer material, has broad application prospects in the field of building templates. This study focuses on the engineering application of bio-based polyamide building templates, and explores the key technologies and process optimization paths for the entire process of template design, production, installation, and finished product protection by combining BIM deepening design and digital processing of templates. A new combination reinforcement scheme of formwork and aluminum formwork was studied for frame structures and shear wall structures, and modular sealing components were used to improve construction efficiency and reduce losses. The study also proposes practical and feasible technical means for quality control and safety management during the construction phase, aiming to promote the systematic and standardized application of green building materials in the field of building formwork.

Keywords: bio-based polyamide; building templates; BIM deepening design; combination reinforcement; construction technology

引言

建筑模板作为混凝土结构成型的关键支撑工具,其施工效率与成品质量直接影响建筑整体性能。传统模板存在重复利用率低、损耗大、施工效率不高等问题。随着绿色建筑理念的发展,生物基聚酰胺材料因其优异的力学性能、耐候性能和环保可再生特性被引入建筑模板领域。本文以实际工程为依托,围绕生物基聚酰胺模板在施工全过程的深化设计、成品制作、安装加固及质量控制展开综合性技术研究,提出一整套可复制、可推广的施工技术方案。

1 BIM 深化设计与模板定尺加工技术

1.1 BIM 协同设计流程与精细化模型建立

在项目设计阶段,BIM 技术通过三维信息建模手段,有效整合建筑结构、构件节点、施工顺序等信息,实现多专业之间的协同。设计团队联合凯赛生物企业,充分利用其在材料性能参数及工艺加工方面的技术积累,基于建筑结构模型开展模板系统的深化设计。设计人员借助 BIM 平台可对模板几何参数、安装方式、连接节点等进行可视化模拟与碰撞检测,确保最终模板系统的可制造性与可装配性。此外,通过对模板所承载混凝土压力、受力边界的数值分析,能够在设计阶段提前识别薄弱区域并进行结构

优化,为后续高效施工打下基础。

1.2 模板定尺加工及数字化制造流程

模板的定尺加工是保障构件精度、提升拼装效率的关键环节。借助 BIM 模型中输出的标准尺寸数据,可直接对生物基聚酰胺板材进行智能化切割。采用先进的数控切割、自动拼装设备,将模型参数快速转化为加工指令,实现“拿到即装”的模板预制逻辑。这种数字化制造方式打破了传统依赖人工量测、现场裁剪的低效模式,大大降低了人为误差的风险,确保每一块模板都能够精准匹配构件设计。在凯赛生物与施工单位的联合试点中,该加工方式已表现出尺寸稳定性好、拼装速度快、返工率低等一系列优势,显著提升了模板施工的标准化水平。

1.3 模板组件化设计与现场装配效率提升

为适应不同结构构件(如梁、柱、剪力墙)的多样化形态需求,模板在深化设计中采用了组件化构造思路。将传统整块模板划分为标准单元模板、阴角组件、连接条等模块化单元,不仅便于在工厂端进行预制与批量生产,也提高了施工现场的快速装配能力。尤其在采用“带梁底阴角”的一体化模板组件后,梁柱模板的拼接变得更加简便,显著减少了销钉数量与固定工序,拆装效率提升达 30%

以上。组件化的模板系统还利于施工现场的存储、运输与再利用管理,有效降低了损耗率并实现模板资源的循环利用,为绿色施工理念提供有力支撑。

2 模板结构加固与连接创新

2.1 框架结构模板加固的“子母模板”应用

框架结构中墙体和板面模板的传统加固方式普遍存在接缝不严、错位漏浆、拆装繁琐等问题。为此,本研究设计了一种凹凸托槽式的“子母模板”系统。子母模板通过模板本体一侧设置凸榫,另一侧设置凹槽,在安装过程中可实现模板之间的精确定位与稳定嵌合,显著提高模板接缝处的整体性。同时,采用背楞压板对模板和背楞进行夹紧固定,形成完整的受力闭合系统,在混凝土浇筑过程中能够有效抵抗侧压力,减少因模板错位导致的混凝土漏浆现象。此外,背楞压板的引入还便于模板后期拆除,提高了模板系统的可重复利用性和经济性。通过项目试验段施工验证,该加固方式下的模板拼装更迅速,混凝土表面成型更加平整,质量控制显著优于传统方式。

2.2 剪力墙结构的“新型模板+铝模”组合技术

剪力墙作为承重结构,对模板系统的整体刚度和支撑强度要求更高。课题针对这一特点,提出“新型模板+铝模”组合加固工艺。该工艺中,铝模板作为主体承载骨架,具有重量轻、强度高、重复使用次数多等优势,可为剪力墙模板提供稳定支撑结构;新型生物基聚酰胺模板则用于填补铝模板在边角、孔洞等特殊部位的空隙,增强局部成型质量。两者通过背楞与销钉系统连接为整体,形成刚柔并济的复合模板结构,不仅提高了整体稳定性,还优化了构件细部的成型精度。该组合方式尤其适用于高层结构、大跨度剪力墙区域,在保障安全的前提下显著缩短施工周期。现场实测数据显示,该方案比单一铝模施工效率提高约 20%,后期修补量减少约 35%,在结构精度与经济效益之间实现良好平衡。

2.3 梁柱连接部位的模板一体化封模设计

传统梁柱连接节点模板安装通常需多次拼接、反复加固,耗时费力且安装质量不易统一。本文依据生物基聚酰胺材料良好的可塑性和成型稳定性,研发出带梁底阴角的一体化封模组件。在设计上,梁柱模板预制成整体封模单元,可直接覆盖梁底及两侧边角,无需额外拼接、填缝。这一设计有效减少模板施工中使用的销钉数量,降低现场加固难度,提高了整体构件的装配效率与施工安全性。实测数据显示,使用该一体化组件后,模板拆装速度提升约 40%,销钉数量减少近 50%,显著提升了施工效率,并有效降低材料损耗率。该技术的成功应用不仅简化了施工流程,也为标准化、装配化施工方式提供了新模板系统的技术支持。

3 施工过程中的质量控制与安全技术

模板安装质量是确保混凝土结构成型精度与尺寸稳

定的前提。施工现场应建立完善的模板安装标准化作业流程,从模板支撑、定位、连接、调整到整体加固,均需制定明确的技术参数与操作规程。首先,在模板支撑环节,通过统一配置钢管、扣件、可调支撑等支撑系统,并制定相应的间距控制标准,以确保模板安装的水平度与垂直度。其次,在连接与调整环节,应推广使用标准化连接件与限位装置,如预制销钉孔位、防错位卡具等,减少因人工误差造成的拼缝错位、接缝开裂等问题。

此外,针对模板易错工序进行设计预控也是重要措施。如对子母模板设置方向指示标识,连接部位采用对称嵌合结构,在设计上限制错误操作空间;对不同构件的模板组件在出厂时贴附清晰标识编号,便于现场工人快速识别与拼装,降低重复调整的机率。这类“工程+设计”相结合的防错体系,有效提升了模板安装的一致性与施工效率,为后续混凝土浇筑创造稳定可靠的支撑条件。

3.2 模板施工成品保护与损耗控制措施

模板作为施工中高频使用的构件,其耐久性与重复利用率直接影响项目成本与资源使用效率。生物基聚酰胺材料具有优异的抗冲击性能与耐候性能,可显著降低施工与运输过程中的物理损伤概率。在运输阶段,通过定制运输架和模板防护套,防止模板在搬运途中因堆放不当造成变形、撞裂;现场作业时,应统一设置模板堆放区,并建立起保护围挡与防晒、防水措施,保障其物理性能稳定。

为进一步减少模板损耗率,应在模板边角和拼缝部位加装柔性缓冲垫或橡胶垫片,降低钢筋、混凝土对模板边缘的冲击磨损。在混凝土浇筑前进行模板预润滑处理,采用环保型脱模剂减少模板与混凝土间的附着力,从而降低脱模阻力,延长模板使用寿命。经实际工程检验,该模板系统的平均损耗率显著低于传统胶合板与钢模板,且周转次数可达传统模板的 2~3 倍,极大地提升了经济效益和资源利用效率。

3.3 安全施工保障及高空作业安全防护技术

模板施工尤其是高空作业区域,存在高空坠落、模板倾覆、材料掉落等多种潜在风险,必须建立严密的安全管理体系与现场防护机制。施工单位需从组织管理、人员培训、设备设施三方面入手,全面提升施工安全水平。

在组织管理方面,施工前应编制专项施工方案与安全技术交底文件,明确高空作业流程、作业区域划分与安全操作规范;对施工班组进行入场安全教育与实操演练,确保每位操作工熟悉模板安装方法与应急处理措施。技术管理层应每日进行模板架设检查,重点关注连接件是否牢固、支撑是否稳定、平台是否有松动隐患。

在安全防护设施方面,施工区域应设置连续封闭围挡、高空作业安全绳、平台护栏、模板防倾覆支架等防护装置,同时为作业人员配备符合标准的安全帽、安全带、防滑鞋等劳动防护用品。作业过程中应限制非作业人员进入高风

险区域,设立专人监管,实施高处作业实时联动机制。

此外,可引入信息化手段进行施工过程监控,如安装位移监测传感器、视频监控设备等,实时掌握模板系统变形趋势及高空作业状态,一旦出现异常可及时预警、处理。通过这一系列技术与管理措施的配套实施,显著降低了模板施工安全风险,保障了现场作业人员生命安全与施工整体顺利推进。

4 创新点分析与经济效益评价

4.1 生物基材料力学性能对模板设计优化支撑

聚酰胺类材料以其优异的力学性能成为模板设计优化的重要基础。其本体具有较高的抗拉强度与抗弯强度,能够承受混凝土浇筑过程中的各类侧向荷载而不发生形变或断裂,为模板大面积定型构造提供了强有力的支撑条件。同时,该材料具备良好的韧性与回弹性,即便在多次使用、反复装拆的条件下,模板边角部位也不易破裂、劈裂,从而保持较长的使用寿命。

此外,聚酰胺的可塑性强,加工灵活,可根据构件结构需求实现阴角、斜边、曲面等复杂形状的成型,有效满足异形结构的施工需求。在模板模块化设计中,可将梁、柱、墙等不同构件部位预设为一体化模板组件,通过统一设计与加工,大幅简化现场组装流程,减少误差累积,为高质量施工提供保障。

4.2 模板可重复利用性与绿色施工优势

生物基聚酰胺模板具备优异的耐候性能,在高温、潮湿、阳光直射等复杂施工环境下仍能保持材料尺寸稳定性,不易膨胀、开裂、变形。其表面光滑致密,具有良好的脱模性,配合环保型脱模剂可实现快速清模、脱模,减少残渣附着,提升混凝土构件的表面质量。

与传统木模板、钢模板相比,该材料的模板平均可周转使用 50 次以上,部分标准化组件可达 60 次以上,远高于胶合板类模板的 15~20 次使用寿命。高周转率显著降低了模板更换频次与采购成本。同时,聚酰胺材料本身可回收再利用,加工过程中无有害气体释放,废料可二次熔融造粒,符合绿色建筑与节能减排政策导向,具备良好的环境友好性。

在施工现场,该模板系统质量稳定、损耗小、可分类叠放,有利于工地物料管理与运输装卸,减少了临建空间需求与二次施工废弃物的产生,对建设单位和施工单位均具有良好的综合管理效益。

4.3 施工效率提升与经济成本对比分析

从施工效率角度来看,生物基聚酰胺模板系统因采用

了定尺加工、子母模板嵌合、预制拼装组件等一体化设计理念,显著缩短了安装与拆模时间。一体化封模组件使梁柱节点模板可一次性装配就位,销钉使用量减少约 50%,装拆效率提升 30%以上,施工周期平均可缩短 3~5 天,尤其在大体量工程中体现出显著的时间效益。

在混凝土成型质量方面,聚酰胺模板表面平整致密,浇筑成型后的混凝土构件表面光洁度高,棱角整齐,普遍可达到免抹灰、直接涂料施工的标准,大大节省后期二次找平与抹灰的人力与材料成本。以某中型住宅项目为例,采用该模板系统后,后期抹灰工序减少 80%,每栋楼节省人工成本约 5 万元,材料成本减少约 3 万元。

整体而言,在材料本体成本略高于传统模板的情况下,通过高周转次数、免抹灰处理、缩短工期及运输损耗减少等多维度节支,实现了整体模板施工成本的下降。经综合测算,该模板系统在多个工程中较传统模板整体施工成本节约 10%~15%,经济效益显著。

5 结语

生物基聚酰胺建筑模板凭借其优异的力学性能、耐候性与高重复利用率,在模板设计、加工、安装及施工安全等环节中展现出显著优势。结合 BIM 技术与数字化制造手段,实现了模板标准化、模块化、绿色化的施工模式,有效提升了施工质量与效率,降低了材料损耗与施工成本。其在框架结构与剪力墙结构中的创新加固方式、一体化封模组件及高空作业安全体系,为建筑工业化与绿色施工提供了切实可行的技术路径,具有广阔的工程应用前景与推广价值。

【参考文献】

- [1]周亮.生物基聚酰胺 55(PA55)的合成及其性能研究[D].上海:东华大学,2022.
 - [2]梁爽.生物基改性二聚酸聚酰胺及长链二酸聚酰胺酯的合成及性能研究[D].北京:北京化工大学,2024.
 - [3]傅雨祺.草酸系生物基线型聚(酰胺—脲)及交联聚酰胺的合成及性能研究[D].北京:北京化工大学,2019.
 - [4]刘畅.二氧化碳/生物基糠醛单体参与的多组分聚合反应研究[D].山东:烟台大学,2024.
 - [5]金慈.生物炼制合成生物基聚合物及前体的谷氨酸棒状杆菌合成生物学研究[D].上海:华东理工大学,2021.
- 作者简介:郑硕(1996.9—),毕业院校:黑龙江省科技大学,所学专业:土木工程,当前就职单位:中建八局第二建设有限公司,职务:项目总工程师,职称级别:中级工程师。