

基于 BIM 深化设计的框架柱工厂化模块循环模板体系研究与应用

黄腾达¹ 江健² 杨晨²

1 深圳市宝安区建筑工程局

2 中建新疆建工(集团)有限公司

DOI:10.32629/etd.v7i8.21643

[摘要] 针对框架柱模板依赖现场放样、构件通用性不足、节点错漏难以及时消除等问题,构建BIM深化设计驱动的工厂化模块循环模板体系。研究以框架柱几何参数、梁柱节点关系和施工工序为约束,提出“模型校核—模块分区—构件编码—工厂加工与预拼—现场循环—偏差反馈”的实施路径,并从标准板、调节板、柱箍和节点补偿件四类模块入手,明确参数映射、接口控制及周转管理方法。体系将模板深化成果由二维排板图转化为可加工、可追踪的模块数据包,使设计、生产、运输、安装和回收形成闭环。工程应用应以首件验收、实测实量和循环台账为依据评价,不以未经核实的节材率或工期缩短值代替现场证据。研究可为重复框架柱较多的公共建筑及产业建筑提供模板工业化实施方法。

[关键词] BIM深化设计; 框架柱; 工厂化加工; 模块模板; 循环利用

中图分类号: TU375.3 **文献标识码:** A

Research and Application of Prefabricated Modular Cyclic Formwork System for Frame Columns Based on BIM Deepening Design

Tengda Huang¹ Jian Jiang² Chen Yang²

1 Bao'an District Construction and Engineering Bureau, Shenzhen

2 CSCEC XINJIANG CONSTRUCTION & ENGINEERING GROUP CO.,LTD

[Abstract] In response to the problems of relying on on-site layout for frame column templates, insufficient universality of components, and difficulty in eliminating node errors and omissions in a timely manner, a BIM deepening design driven factory modular cyclic template system is constructed. The study proposes an implementation path of "model verification module partitioning component coding factory processing and pre assembly on-site cycling deviation feedback" constrained by the geometric parameters of framework columns, beam column node relationships, and construction processes. Starting from four types of modules: standard plates, adjustment plates, column hoops, and node compensation parts, the study clarifies parameter mapping, interface control, and turnover management methods. The system will transform the deepening results of templates from two-dimensional layout diagrams into modular data packages that can be processed and tracked, forming a closed loop for design, production, transportation, installation, and recycling. Engineering applications should be evaluated based on first article acceptance, actual measurement, and cycle records, and unverified material saving rates or shortened project periods should not be used as evidence on site. Research can provide template industrialization implementation methods for public and industrial buildings with a high number of repeated frame columns.

[Key words] BIM deepening design; Frame column; Factory processing; Module template; recycling

引言

现浇框架结构中,柱模板同时受截面变化、梁柱节点、机电

预留和施工流水组织影响。传统木模多在作业面裁切拼装,设计信息传递依赖二维图纸和班组经验,易形成错切、补缝、构件混

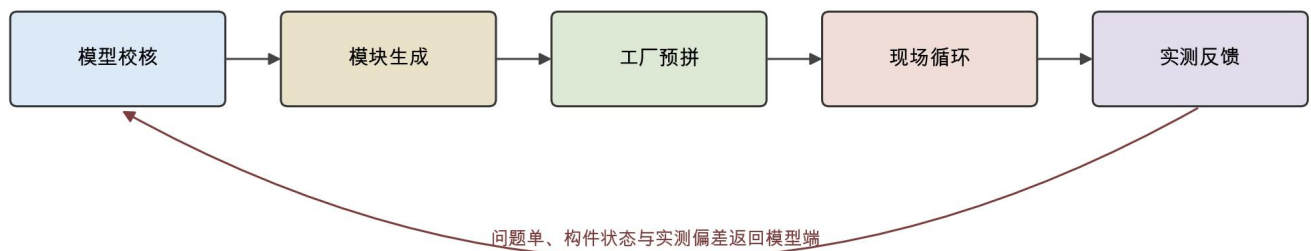


图1 BIM 深化设计驱动模块循环闭环

用及周转路径不清等问题。铝合金模板和定型钢模板虽具有工业化基础,但若深化设计与现场流水脱节,标准构件比例、节点适配和循环效率仍难稳定。已有研究表明,BIM可承担复杂构件的空间校核和多专业协调任务^[1],并可将设计成果延伸至施工精细化管理^[2]。铝合金模板安装质量又与拼缝、垂直度、支撑和节点加固直接相关^[3]。因此,模板体系研究不能停留在三维可视化层面,应建立模型参数到工厂构件、现场工位及回收状态的一致映射。本文结合框架柱重复性强、节点差异集中的构造特点,提出可拆分、可替换、可编码的模块循环模板体系,分析其深化逻辑、制造接口和现场应用控制方法。

1 体系构成与研究思路

框架柱工厂化模块循环模板体系由数字模型、模块构件、连接加固、物流编码和质量反馈五部分组成。数字模型用于统一轴网、标高、截面、梁底关系、预埋件及施工缝信息;模块构件承担成型功能;柱箍、背楞、对拉及角部连接件保证受力与定位;二维码或构件码连接生产、楼层、流水段和周转次数;实测记录则驱动模型与构件库修订。其核心不是把整根柱模板做成不可变化的大型定型件,而是在稳定接口下提高标准模块复用率,并用少量调节板和节点补偿件吸收差异。

体系设计遵循三项原则。第一,受力边界优先。面板厚度、背楞间距、柱箍间距及连接方式应经专项设计验算,BIM模型只负责参数承载与碰撞校核,不能替代结构计算。第二,标准模块优先。以项目柱截面族和层高分布为样本,归并高频尺寸,控制非标板种类。第三,循环路径优先。模块划分须同步考虑塔吊吊次、运输架尺寸、楼层堆放、拆模方向和下一流水段需求,避免“模型可装、现场难转”。装配式铝模研究已经将模型深化与施工质量控制结合^[4],说明模板数字化管理应贯穿制造和安装,而非在出图后终止。

2 BIM深化设计与模块生成

2.1 参数采集与模型校核

深化前建立柱模板参数表,字段至少包括柱编号、截面长宽、净高、四向梁高、梁宽、墙柱连接、预留洞、施工缝、模板材料和流水段。模型应采用统一坐标与标高基准,对结构模型、建筑完成面和机电预留进行联合检查。检查重点包括梁柱偏心、降板交界、柱边洞口、幕墙埋件、砌体拉结预留及临时支撑空间。发现冲突后形成问题单,由设计、总包和模板单位共

同确认,未经确认的信息不得直接转为加工尺寸。异形公共建筑的BIM实践表明,模型价值在于把复杂空间关系转化为可审查的施工信息^[1];框架柱深化同样需要以问题闭环而非模型精细度作为完成标志。

2.2 模块分区与族库设计

柱模板按功能划分为标准板、角部板、宽度调节板、高度调节板和梁柱节点补偿件。标准板宜采用少规格模数,角部接口保持统一;截面差异由对称布置的调节板吸收,避免调节缝集中在同一侧而影响柱模定位。梁底以下设置可替换节点板,梁高或梁宽变化时仅更换局部模块。结构拉缝、外墙连接等特殊部位需单独建族并设置禁碰范围,相关研究已验证BIM对铝模支撑体系结构拉缝节点深化的适用性^[5]。族参数分为几何参数、材料参数、加工参数和管理参数,分别服务于排板、验算、下料及追踪。

2.3 排板优化与数据交付

排板优化以标准板覆盖率高、非标件少、拼缝避开关键节点和拆装顺序连续为目标。程序化排板可生成候选方案,但最终方案仍需结合浇筑侧压力、操作面和吊装条件复核。深化成果应形成模型、排板图、构件清单、节点详图和加工数据五项一致的数据包。每个构件赋予唯一编码,编码包含项目、模板类型、规格、楼栋及初始流水段,不把当前楼层永久写入构件身份,以便循环调拨。图1给出了信息从设计端流向生产与现场、再由实测结果返回模型端的闭环。

3 工厂制造与现场循环应用

3.1 工厂加工和预拼装

工厂按经审批的数据包下料、钻孔、焊接或组装。首批构件应完成尺寸复核、接口互换检查和整柱预拼装,重点检验对角线、平整度、拼缝、孔位及柱箍闭合状态。预拼合格后按安装顺序分架包装,易混规格采用颜色辅码,但颜色不能替代唯一编码。构件出厂记录应关联检验人、检验日期和不合格处置。工厂预拼可提前暴露模型漏项、加工偏差和连接干涉,降低问题进入混凝土浇筑环节后的处置难度。

3.2 现场安装与循环组织

现场按照测量放线、柱根处理、首块定位、相邻模块拼装、柱箍及支撑安装、垂直度复核、浇筑监测、拆模清理、检查维修和转运入架的顺序作业。模板就位前核对构件码与工位清单,

禁止在现场随意扩孔或切割标准板。柱脚宜设置可靠定位和防漏浆措施；四角连接由下至上均匀紧固；斜撑调整后复测轴线、截面和垂直度。混凝土浇筑期间观察接缝、柱箍和支撑状态，异常时暂停布料并按专项方案处理。

拆模后按表1进行循环判定。可直接复用件清理后进入下一流水段；轻微变形或孔位磨损件转维修区；影响成型或连接可靠性的构件停用并记录。调度人员依据下一楼层柱型需求生成配模清单，将标准板优先跨柱型调用，调节板和节点件按工位成套配送。该组织方式把“按楼层领料”改为“按工位成套、按状态循环”，有利于减少错拿和无效搬运。铝模安装研究强调拼缝、支撑与全过程检查^[3]，模块循环体系仍须以这些实体质量要求为底线。

表1 模块循环模板全过程控制表

阶段	控制对象	关键检查项	状态输出
深化设计	模型与清单	版本、坐标、节点、编码一致	审批/退回
工厂制造	模块与接口	材质、尺寸、孔位、预拼互换	合格/返修
现场安装	柱模体系	轴线、截面、垂直度、拼缝、支撑	验收/整改
拆模循环	单件状态	变形、磨损、清理、维修及去向	复用/维修/停用

4 质量控制与应用评价

体系应用采用设计、制造、安装和循环四道控制门。设计门检查模型版本、专业会签、节点完整性和构件清单一致性；制造门检查材质、尺寸、孔位、焊缝或连接件及预拼结果；安装门检查轴线、截面、垂直度、拼缝、柱箍和支撑；循环门检查清理、变形、接口磨损、维修及去向。任一道控制门未关闭，构件不得进入下一状态。BIM平台记录问题位置和构件编码，现场实测偏差回填后可识别重复缺陷：若同一柱型多次出现相同拼缝问题，应修订族参数或节点板；若缺陷随机分布，则重点检查加工、运输和安装环节。

应用评价不宜只用一次周转后的材料消耗判断。项目应持续记录标准模块使用占比、非标件种类、现场二次加工次数、预拼问题关闭率、首件验收结果、成型实测合格情况、单次循环维修件数和构件可追溯率。缺少基准方案或完整台账时，只能报告体系建立与执行情况，不能推导节材率、人工节约率或工期缩短比例。BIM精细化管理研究指出，模型信息需与责任、流程和交付物衔接^[2]；据此，模板应用成效也必须由可复核记录支撑。表1所列指标可作为项目台账框架，具体允许偏差和验收方法仍应执行现行标准、专项方案及设计文件。

4.1 模块方案比选与变更控制

模块方案比选可采用“标准覆盖、节点数量、装拆连续性、运输适配、维修可达”五项判据。标准覆盖考察同规格面板在不同柱型间的复用范围；节点数量反映连接复杂程度；装拆连续性检查工人是否可按固定方向完成拼装和退模；运输适配核对构件外廓与运输架、施工电梯或吊装单元；维修可达关注易损接口能否单独更换。比选时不宜片面追求最大板幅。板幅过大虽可减少拼缝，却可能增加单件质量、吊装约束和局部损坏后

的维修代价。合理方案应在标准化与可操作性之间取得平衡，并保留经审批的比选记录。

模型变更实行冻结点管理。加工前冻结柱截面、层高、梁柱节点和预留信息；冻结后发生设计变更时，先在模型中定位受影响构件，再生成增补、返修、停用清单，不允许仅在二维图纸上局部修改。已加工模块应核对库存状态，能通过调节件适配的不得随意报废；涉及受力接口、面板开孔或节点成型的调整须重新审核。现场反馈也按问题单进入模型版本，注明发现楼层、构件码、处理措施和复核结果，以防同一问题在后续批次重复发生。

4.2 适用边界与实施条件

本体系更适用于柱型具有一定重复度、施工流水可预先划分且项目具备集中加工条件的框架结构。柱截面高度离散、异形节点占比过高或设计频繁变更时，工厂化模块的标准化收益可能被非标加工和调拨成本抵消。项目启动前应统计柱型频次、楼层重复关系和节点差异，确定采用全模块、标准板与局部木模组合或传统定型模板方案。体系实施还要求设计信息及时确认、模板单位提前参与、现场设置分类堆放区并建立构件状态台账。上述条件不足时，应先开展代表性柱型试拼和首段验证，再决定扩大应用范围。

5 结论

(1) 框架柱模块循环模板的关键是建立模型参数、工厂构件、现场工位和周转状态的一致编码关系。BIM深化由碰撞检查进一步延伸至模块划分、加工交付与反馈修模，才能形成完整闭环。(2) 标准板承担跨柱型循环，调节板和节点补偿件吸收截面、层高及梁柱关系差异。模块接口稳定、非标件受控和节点可替换，是兼顾工厂化生产与现场适应性的主要条件。(3) 工厂预拼、首件验收、禁止现场随意改件和拆模状态分级共同构成质量控制链。应用评价应依托实测实量与循环台账；在没有真实项目数据时，不以设定数值宣称降本增效。后续可在取得连续楼层台账后，进一步比较不同模数方案的标准件覆盖率、维修频次和全寿命成本。

【参考文献】

[1]郭文霖,潘多忠,陈敏,等.BIM技术在异形公共建筑中的应用[J].土木建筑工程信息技术,2025,17(6):27-32.
[2]吴博康,许有越,高冉,等.BIM技术助力EPC工程实施过程的精细化管理[J].中国建筑装饰装修,2025(22):133-137.
[3]路绪东,刘彪,龙坤,等.铝合金模板安装工程关键技术及施工质量控制[J].安装,2025(12):104-106.
[4]卢豪,王胜,刘子琪,等.基于BIM技术的超高层装配式铝模施工质量控制研究[J].中国建筑装饰装修,2025(20):96-98.
[5]杨胜玉,张翊龙,张爱,等.基于BIM技术的铝合金模板支撑体系结构拉缝施工技术[J].云南水力发电,2025,41(10):18-21.

作者简介：

黄腾达(1994--),男,汉族,广东省河源市龙川县人,大学本科,助理工程师,研究方向：土木建筑。