

# 基于铝模工艺的装配式构件预埋件安装精度控制技术 研究

康红刚 胡小鹏 韩庆 杨明达 谭涛  
中建五局土木工程有限公司 湖南 长沙 410000

**摘要：**随着我国建筑工业化进程的加速，装配式建筑以其高效、绿色、节能的优势成为行业发展的主流方向。然而，在实际工程应用中，预制构件与现浇结构之间的连接精度问题，尤其是预埋件的安装精度，已成为制约装配式建筑质量与效率的关键瓶颈。本文以南昌高新区瑶湖花园七期安置房项目为依托，针对高层装配式住宅中普遍采用的铝合金模板（简称“铝模”）工艺，系统研究了预制剪力墙等构件中预埋件的安装精度控制技术。通过分析铝模工艺特点与预埋件定位难点，本文提出了一套集“设计优化、过程控制、复核检验”于一体的综合精度控制体系。该体系包括基于铝模特性的预埋件固定结构创新、全过程的测量与误差控制措施以及标准化的精度复核检验方法。实践表明，该技术能有效将预埋件的标高误差控制在10mm以内，左右位移误差控制在20mm以内，显著提升了构件安装的一次成功率和整体施工效率，为同类工程提供了可复制、可推广的技术路径。

**关键词：**装配式建筑；铝模工艺；预埋件；安装精度；误差控制

## 引言

在全球可持续发展浪潮与我国“双碳”战略目标的双重驱动下，传统高能耗、高污染、低效率的粗放式建筑模式遭遇前所未有的挑战。装配式建筑凭借将建筑构件在工厂标准化预制、现场组装的方式，具备缩短工期、节约资源、减少扬尘噪音、提升工程质量等诸多优势，契合时代发展需求，被国家大力推广，《“十四五”建筑业发展规划》也明确提出提升其在新建建筑中的占比。在装配式建筑施工中，预制构件与现浇混凝土结构的连接是保障整体结构安全可靠的关键，而铝合金模板因材质均匀、加工精度高（通常可控制在 $\pm 1\text{mm}$ 以内）、表面平整度好、可循环利用次数多（可达200 - 300次）等特点，成为现浇节点施工的理想之选，采用铝模工艺还能实现“清水饰面”效果，省去抹灰工序，降低成本且契合装配式建筑理念。然而，铝模工艺的“刚性”特性带来新挑战，其尺寸和孔洞位置固定，所有预埋件位置需在模板加工前精确确定、安装时严丝合缝，否则会出现功能失效、结构损伤、成本增加与工期延误、观感质量下降等严重后果<sup>[1]</sup>。所以，在铝模与装配式建筑协同施工的复杂体系下，有效控制预埋件安装精度成为亟待解决的核心技术难题。本研究聚焦于此，致力于探索并建立科学、系统、可复制的精度控制技术路径，为行业提供理论与实践参考，对推动我国建筑工业化高质量发展意义重大且现实需求迫切。

## 1 铝模工艺下预埋件安装的难点分析

本研究依托的南昌高新区瑶湖花园七期安置房项目，A地块多栋12-15层住宅采用装配式剪力墙结构，涉及叠合板、预制剪力墙及ALC条板墙体等多种构件。首层预制剪力墙需通过预埋套筒与下部现浇结构连接，其精度控制是项目重难点。铝模工艺下预埋件安装面临的主要难点包括：①模板刚度与稳定性：铝合金材料弹性模量低于钢材，铝模在混凝土浇筑过程中受侧压力作用会产生微小弹性变形，可能导致已固定的预埋件发生位移。②定位基准的传递：铝模为全封闭体系，内部空间有限，传统的从外部引测控制点的方法受到限制，需要建立可靠的内部定位基准。③固定方式的兼容性：铝模面板较薄且表面光洁，若采用焊接或强力冲击的方式固定预埋件，极易造成面板损伤，影响模板寿命和混凝土观感质量。④工序穿插的复杂性：预埋件安装需在钢筋绑扎后、混凝土浇筑前完成，而铝模的安装与校正也在此阶段进行，工序交叉多，协调难度大，易相互干扰。⑤累积误差的控制：对于高层建筑，首层预埋件的精度偏差会逐层向上累积，放大对上部结构的影响，因此首层的控制尤为关键。

## 2 基于铝模工艺的预埋件精度控制技术体系

为解决上述难点，本文构建了一套贯穿“事前、事中、事后”全过程的预埋件精度控制技术体系，具体包括设计优化、过程控制和复核检验三大核心环节。

### 2.1 设计优化与方案策划

精准的控制始于科学的设计。在项目初期，即对装

装配式建筑部位进行合理性优化,明确各预制构件的种类、尺寸、形状及连接节点详图。重点对预埋件的位置、规格、数量进行深化设计,并与铝模设计方案进行协同<sup>[2]</sup>。通过BIM(建筑信息模型)技术进行三维碰撞检查,提前发现并解决预埋件与钢筋、管线、铝模背楞等之间的空间冲突,确保现场安装一次到位。

## 2.2 过程控制关键技术

过程控制是精度保障的核心,主要包括以下几项关键技术:

### 2.2.1 构件与铝模的协同固定技术

在瑶湖七期项目的实践中,预制构件与铝模体系的协同固定是确保整体精度的基础。对于水平方向的叠合板,其与竖向的墙、梁侧模以及底模的交接处,均采用专用的柔性胶条进行填充密封。这种处理方式不仅有效防止了混凝土浇筑过程中的漏浆现象,保证了构件边缘的成型质量,更重要的是,胶条所提供的微小缓冲空间,能够吸收因模板微变形或构件自身尺寸公差带来的应力,避免了硬性接触造成的局部应力集中,从而间接保障了预埋件周边环境的稳定性。而对于承担主要竖向荷载传递的预制剪力墙,其最终的稳固连接依赖于螺栓与预埋在下部结构中的高精度套筒的咬合。因此,整个上部结构的安装精度链条,其最初始也是最关键的环节,完全系于下部现浇结构中预埋套筒的安装精度之上。

### 2.2.2 创新预埋件固定结构

针对铝模的物理特性,应用两种创新的预埋件固定方法,规避传统方法的弊端。第一种方法是“铝模开洞+橡胶模块固定法”。该方法首先在铝模板对应预埋件位置进行精确的机械开孔。随后,定制一种厚度适中、外形轮廓与预埋件内腔完全一致的高弹性橡胶模块。在安装时,将预埋件套入此橡胶模块,然后将整个组件从铝模外侧穿过开孔,顶紧在模板内侧的钢筋骨架上。橡胶模块凭借其优异的弹性和摩擦系数,能够牢牢地“抱住”预埋件,有效抵抗混凝土浇筑时产生的浮力、侧压力以及振捣带来的扰动,确保预埋件在整个混凝土凝固硬化过程中保持绝对静止。此方法的最大优势在于,它完全避免了对铝模面板的任何物理损伤,保护了模板的完整性和重复使用价值,同时拆模后预埋件位置精准无误,无需二次调整。第二种方法是“基准面控制法”,主要适用于叠合板底部的线盒、小型预埋件等。该方法直接在作为高精度基准面的铝模底模上,依据深化图纸精确定位并打眼,然后用自攻螺丝将预埋件或其专用定位模具直接固定在底模上<sup>[3]</sup>。这种方法充分利用了铝模本身制造精度高的特点,将模板面直接转化为定位基准,

从而实现了毫米级的平面位置和标高控制。

### 2.2.3 全过程精度控制措施

全过程的精度控制是一个动态、闭环的管理过程。一切始于高精度的测量先行,我们采用高精度全站仪建立独立且稳定的施工控制网,并与总包方提供的原始控制点进行严格的闭合复核,确保所有后续测量工作的基准统一、可靠。在具体的定位操作中,推行分级控制策略,将复杂的定位任务分解为粗定位和精定位两个阶段。粗定位利用楼层主控线快速确定预埋件的大致区域,而精定位则借助激光投线仪、高精度靠尺等工具,以相邻已安装好的构件或梁下口的预埋件为局部基准进行毫米级的微调。例如,在安装预制叠合板时,工人会严格以梁下口的埋件为参照,使用靠尺辅助,将进出误差精细地控制在5mm以内。为了应对混凝土浇筑这一关键扰动环节,要建立动态监测机制,在浇筑过程中安排经验丰富的专人对关键预埋件进行不间断巡视,一旦通过目视或简易工具发现因振动等原因导致的微小位移,便立即暂停浇筑,进行现场纠正,将误差扼杀在萌芽状态。

### 2.2.4 细节处理与挂件定位

细节决定成败,在精度控制体系中,对细小预埋件的处理同样至关重要。对于电气线盒等小型预埋件,摒弃传统的悬吊或支架固定方式,转而采用在模板上直接打眼固定的工艺。这种看似简单的改变,却极大地提高了预埋的精准度,几乎完全消除了后期因位置不准而进行的结构修补工作,有效缩短了工期<sup>[4]</sup>。在挂件定位方面,幕墙、装饰等后续专业所需的各类挂件,其预埋件的定位必须与经过多方确认的深化图纸严格对应。技术人员在放样时,会充分考虑土建结构在长期荷载和环境作用下可能产生的微小位移,为挂件预留合理的三维调节余量,这种前瞻性的设计思维,确保了最终穿孔铝板等高精度饰面的顺利安装和完美呈现。

## 2.3 定位精度复核检验技术

“三分施工,七分检查”,严格的复核检验是精度控制的最后一道防线,也是确保成果可信的基石。

### 2.3.1 多层次复核机制

我们建立了“自检、互检、专检”相结合的多层次、立体化复核机制。班组工人在完成预埋作业后,必须首先进行细致的自我检查,这是质量控制的第一道关口。随后,在移交至下一道工序(如封模)之前,由相邻工序的班组进行交叉互检,形成相互监督的良性循环。最后,由项目部专职的测量工程师团队进行独立、权威的专项复核,他们使用高精度仪器对所有关键预埋点进行最终确认。

### 2.3.2 标准化复核流程

我们的复核流程高度标准化，环环相扣。每一次放线作业前，都必须对现场所使用的控制点与总包方提供的原始控制点进行闭合复核，确保测量基准的万无一失。对于已经加固完毕的预埋件，我们利用全站仪，采用极坐标法对其三维空间坐标进行精确复测，并将实测数据与BIM模型中的设计值进行实时比对。在吊装预制构件这一重大工序之前，必须对基础（或下层结构）的预埋件进行一次全面彻底的复核，内容涵盖位置、标高、螺栓外露长度及其锚固可靠性，并在基础表面清晰地弹出轴线、中心线等关键安装控制线，为吊装提供直观指引。为了监控高层建筑的整体垂直度，我们利用高精度激光铅垂仪或传统的吊线法，定期检查上下层预埋件的垂直一致性。同时，我们特别强调内控点与外控点的周期性闭合复核，通过不同的测量路径验证整个建筑控制网的稳定性和几何尺寸的一致性。

### 2.3.3 量化的验收标准

为了避免主观判断带来的不确定性，我们制定了清晰、量化的验收标准。根据工程实践经验和相关规范要求，我们将预埋件的安装精度目标明确为：标高误差严格控制在 $\pm 10\text{mm}$ 以内，平面（左右）位移误差控制在 $\pm 20\text{mm}$ 以内。这套量化标准被写入项目作业指导书，成为所有参与人员共同遵守的准则。只有当复核数据完全满足此标准后，方可签署工序交接单，进入下一道施工环节，从而在制度上杜绝了不合格品的流转。

## 3 工程应用与效果分析

本技术体系在瑶湖七期项目中得到了全面而深入的应用。通过对首层及标准层预制剪力墙预埋套筒的安装过程实施上述精细化管控，项目取得了令人瞩目的成效。经对大量实测数据的统计分析，超过95%的预埋件安装误差均被稳定地控制在既定的目标范围内，这直接反映在预制构件的吊装环节——一次就位成功率高达98%以上，基本杜绝了因预埋偏差导致的返工、修补甚至重新植筋等被动局面。效率的提升是显而易见的，由于省去了大量的现场纠偏和等待时间，单层标准层的施工周期

平均缩短了0.5天，为项目整体工期的如期甚至提前完成提供了强有力的保障。在经济效益方面，该技术体系有效降低了综合成本，一方面避免了返工带来的人工和材料浪费，另一方面通过保护铝模面板，显著延长了这套昂贵周转材料的使用寿命。更为重要的是，通过将一系列行之有效的做法固化为标准化、规范化的作业流程，项目成功地将预埋件安装这一关键工序的质量从“依赖个人经验”转变为“依靠体系保障”，使得施工质量呈现出前所未有的稳定性和可靠性，为项目的高质量履约奠定了坚实基础。

## 4 结语

本文围绕铝模工艺下装配式构件预埋件的安装精度控制这一核心问题，通过理论分析与工程实践，提出并验证了一套行之有效的综合控制技术体系。该体系以设计优化为前提，以创新的固定结构和全过程精细化控制为核心，以标准化的复核检验为保障，成功解决了铝模体系下预埋件定位的难题。研究成果表明，通过采用“铝模开洞+橡胶模块固定”等针对性技术，并辅以严格的测量复核制度，能够将预埋件的安装精度稳定控制在工程允许的优异范围内，从而显著提升装配式建筑的施工质量和效率。未来的研究可进一步探索将物联网（IoT）、人工智能（AI）等技术融入精度控制系统，例如开发智能预埋件定位装置，实现自动找平、找正和实时数据上传，打造更加智能化、数字化的装配式建造新模式。

## 参考文献

- [1]王巍龙.装配式构件与铝模施工技术在房建中的应用研究[J].住宅与房地产,2021,(05):138-139.
- [2]邢大伟,杨保山,刘洋,等.装配式建筑中铝模与预制构件协同施工技术[J].安装,2025,(12):92-94.
- [3]颜军,喻军,张策,等.铝模装配式建筑全过程质量控制关键技术研究[J].中国住宅设施,2026,(01):245-247.
- [4]胡伟,李刚,宋海哲.装配式叠合楼板铝模施工精度与受力特性研究[J].中国建筑装饰装修,2025,(22):147-149.