

装配式结构预埋件定位误差复核与补偿方法研究

胡小鹏 彭永文 宋丽军 管贤良 杨明达
中建五局土木工程有限公司 湖南 长沙 410000

摘要: 预埋件作为连接预制构件与现浇结构的关键部件,其定位精度直接决定了装配式建筑的整体安装质量、施工效率与结构安全。然而,在实际工程中,受测量、模板、混凝土浇筑及人为操作等多重因素影响,预埋件极易产生定位偏差。本文依托南昌高新区瑶湖花园七期安置房项目,系统性地研究了装配式结构预埋件定位误差的来源、复核检验技术及补偿控制方法。通过理论分析与工程实践相结合,提出了一套基于铝模工艺的“全过程精度控制”与“多层次复检验证”相结合的技术体系。该体系涵盖了从设计优化、预埋固定、过程测控到安装复核的完整流程,并创新性地应用了橡胶模块固定法、全站仪闭合复核法等关键技术,有效将预埋件标高误差控制在10mm以内,左右位移误差控制在20mm以内。研究成果不仅解决了本项目的工程难题,也为类似装配式建筑工程提供了可复制、可推广的技术指导,对推动我国装配式建筑高质量发展具有重要的实践意义。

关键词: 装配式建筑;预埋件;定位精度;误差复核;误差补偿;铝模工艺

引言

装配式建筑作为建筑工业化的核心载体,以其高效、绿色、节能的优势,已成为全球建筑业转型升级的重要方向。自20世纪初在美国萌芽,历经欧洲战后重建、日本本土化创新及欧美规范化发展,装配式技术已日趋成熟。我国自2016年《关于大力发展装配式建筑的指导意见》发布以来,装配式建筑进入高速发展期,雄安新区等地更是提出了高达80%-90%的装配率目标。在装配式混凝土结构中,预制剪力墙、叠合板等构件通过预埋件与现浇节点实现可靠连接。预埋件的定位精度是确保后续构件顺利吊装、精准对接的前提。一旦预埋件出现较大偏差,轻则导致构件无法安装,需要现场切割、修补,严重影响工期和观感质量;重则削弱结构连接性能,威胁建筑安全。因此,如何有效控制预埋件的安装精度,并建立一套科学、高效的误差复核与补偿机制,是当前装配式建筑领域亟待解决的关键技术难题。南昌高新区瑶湖花园七期安置房项目(以下简称“瑶湖七期项目”)作为典型的高层装配式住宅工程,其A地块多栋楼采用预制剪力墙体系,对首层预制剪力墙的预埋件精度要求极高。本研究以此项目为依托,旨在攻克预埋件定位误差控制的技术瓶颈,形成一套系统化的解决方案,兼具重要的理论价值与工程实践意义。

1 装配式结构预埋件定位误差来源及影响因素分析

预埋件的最终定位精度是多种误差源叠加的结果,贯穿于设计、加工、安装、浇筑全过程。为了系统地识别和管控这些风险,有必要对其来源进行细致剖析。

1.1 测量放线基准误差

若初始控制点引测不准确,或者轴线、标高基准线在楼面上弹设时存在偏差,这种系统性的错误将会被逐层传递并放大,最终导致所有依赖于此基准的预埋件发生整体性偏移。特别是在高层建筑中,垂直度控制的微小偏差也会在累积效应下对上部楼层的预埋件位置产生不可忽视的影响。

1.2 模板系统变形与安装误差

在本研究依托的铝模工艺中,虽然铝模板具有较高的刚度和周转次数,但在经历多次拆装、运输和堆放后,面板平整度可能出现超过2毫米的超差,或是模板单元间的对角线产生偏差。此外,模板在安装过程中,如果支撑体系不够稳固,或者校正不到位,也会引入额外的安装误差^[1]。这些来自模板系统的微小几何变化会直接传递与其固定的预埋件,影响其平面位置和垂直度的准确性。

1.3 预埋件固定方式不当

传统的固定方法,如使用铁丝简单绑扎在钢筋上,或进行点焊固定,其提供的约束力往往不足以抵抗混凝土振捣时产生的巨大冲击力和侧压力。在动态荷载的作用下,预埋件极易发生水平位移、竖向沉降、角度倾斜甚至完全脱落。这种因固定不牢导致的随机性位移,是造成预埋件定位失败最常见的原因之一。

1.4 混凝土浇筑过程扰动

从混凝土泵送入模开始,下料时的冲击力就可能对未完全固结的预埋件产生瞬时推力。随后的振捣作业,尤其是插入式振捣棒在钢筋密集区域的操作,极易触碰到预埋件或其固定装置,引发微小但致命的位移。同时,新浇筑混凝土在初凝前具有流动性,其对模板和预埋件产

生的侧压力也是一个持续的扰动源。这些因素共同作用,使得预埋件在从安装到混凝土终凝的这段时间内,始终处于一个不稳定的状态。

1.5 人为操作与管理因素

工人的技术水平参差不齐,对深化设计图纸的理解可能存在偏差,导致预埋件型号用错或安装方向颠倒。在紧张的工期压力下,安装顺序可能被打乱,或者省略必要的复核步骤。现场管理人员的质量意识薄弱,未能严格执行“三检制”,也会让一些本可避免的错误流入下一道工序。这些主观因素引入的误差往往具有随机性和隐蔽性,增加了质量控制的难度。

2 装配式结构预埋件定位精度控制技术

针对上述复杂的误差来源,本研究提出了一套基于铝模工艺的全过程精度控制技术,其核心在于实现预埋件的“精准定位”与“牢固固定”,并贯穿于施工的每一个环节。

2.1 构件与铝模的协同固定

在瑶湖七期项目中,预制构件(如叠合板)通过螺栓与预埋套筒进行刚性连接。为了确保连接界面的密封性和整体稳定性,施工中特别注重叠合板与墙、梁侧模及底模交接处缝隙的处理,采用专用胶条进行填充。这种刚柔结合的固定方式,不仅有效保证了构件在铝模系统中的整体稳定性,防止了浇筑过程中的微小晃动,同时也为后续的灌浆作业提供了密闭且规则的空间,从源头上减少了因漏浆或不密实带来的潜在风险。

2.2 创新性预埋件固定结构

本研究的核心创新点之一在于开发了适用于铝模的预埋件固定方法:铝模开洞+橡胶模块固定法,在铝模板上精确开设与预埋件轮廓匹配的孔洞。安装时,将一个具有一定厚度、外表轮廓与预埋件内腔完全一致的定制橡胶模块嵌入孔洞中,再将预埋件压入橡胶模块内。橡胶的弹性可以紧密包裹预埋件,提供强大的摩擦力和限位作用。此方法能有效抵抗混凝土浇筑时的扰动,确保预埋件在铝模拆除后仍能保持在原设计位置,极大减少了二次定位的工作量。

2.3 关键部位安装位置控制

对于预制叠合板等大型部品,其安装基准的选择直接关系到最终的对接精度。本研究明确规定,应以梁下口的预埋件作为首要基准点,并辅以靠尺等简易而有效的工具进行精确定位。通过这一标准化的操作流程,可以将预埋件在进出墙面方向(即垂直于墙面方向)的误差严格控制在5毫米以内^[2]。考虑到土建结构在后期混凝土浇筑过程中不可避免地会产生微小的弹性变形或徐变,

因此在安装初期就建立起如此高的定位精度,是确保最终成型后预埋件位置满足严苛要求的关键前提。

2.4 全过程精度控制措施

为实现从始至终的精度保障,本研究制定了一套涵盖各环节的综合性控制措施。在测量环节,使用高精度全站仪进行控制点的引测和复核,确保整个施工坐标系的基准无误。在现场安装阶段,严格执行“三检制”(自检、互检、专检),要求对每一个预埋件的轴线、标高、水平度进行逐一、细致的检查,杜绝任何疏漏。在细节处理上,对于线盒等小型预埋件,创新性地采用在模板上直接打眼定位的方法,此举大幅提高了预埋的精准度,有效减少了结构后期因位置偏差而进行的修补工作,从而为缩短工期创造了条件。对于受力关键的预埋锚栓,则实施专项测控,要求在预埋前仔细核对图纸上的所有参数,包括形状、尺寸、轴线位置和标高等,并在安装全程进行严密监测,确保其固定状态万无一失,防止因任何微小振动导致的位置变化^[3]。通过上述一系列环环相扣的措施,本研究最终设定了清晰且量化的精度控制目标:确保模板拆除后,预埋件的标高误差不超过10毫米,左右(平面)位移误差不超过20毫米。

3 装配式结构预埋件定位误差复核检验技术

精度控制的效果必须通过科学、严谨且独立的复核检验来验证。为此,本研究构建了一套“多层次、闭合式”的复核检验体系,确保任何潜在的偏差都能被及时发现并纠正。

3.1 预埋件定位复测(一级复核)

在混凝土浇筑前,对所有已安装并加固完毕的预埋件进行100%的全面复测,这是第一道也是最重要的一道防线。此项复测工作并非简单的单点数据采集,而是采用了一套严谨的“闭合复核法”。首先,复核现场所使用的测量控制点与总包单位提供的原始基准控制点是否一致,以确保测量基准的绝对可靠性。接着,根据发包人提供的坐标点,利用高精度全站仪引测并布设不少于8个相互通视的控制点,形成一个稳定的闭合矩形控制网。最后,利用这个经过验证的控制网,采用极坐标法对每个预埋件的位置进行精确测量和交叉验证,并通过计算闭合差来判断整套测量数据的内部一致性与准确性,从而从根本上排除了因单一路径测量错误而导致的系统性偏差。

3.2 构件吊装对接定位复核(二级复核)

当预制构件被吊装至预定位置后,随即进行第二轮复核。此时,复核的重点转向了三维空间的整体校验。技术人员会使用激光测距仪、水准仪等精密工具,对构

件的水平位置、绝对标高及垂直度进行全面复核^[4]。同时,将构件上自带的定位控制线与地面上预先弹设的控制线进行精确比对,以此来校正和微调临时固定措施,确保构件最终的安装精度完全符合设计规范的要求。这一过程是连接预埋件精度与构件安装精度的桥梁,是保证整体结构几何尺寸正确的关键步骤。

3.3 定位桩接收与过程复核(过程控制)

定位桩作为整个建筑项目的原始定位基准,其准确性不容有失。在基础施工阶段,必须由勘测单位移交的定位桩进行严格的接收和定期复核,以防止因土方开挖、重型机械碾压等外部因素导致其发生不可逆的偏移。在每一层的构件吊装作业开始前,还需对下层结构顶面的关键控制要素进行全面复核,包括基础或楼面的标高、轴线位置、以及所有相关预埋螺栓的状态。此外,施工人员会在基础表面清晰地弹出建筑物的主控轴线、构件安装中心线、梁脚范围等标记,为后续的吊装作业提供直观、可靠的参照。为了确保建筑的垂直度,还会通过检查辅助层分割点与定位层分割点是否重合,来验证垂直吊线的准确性。

3.4 测量复核与误差控制原则

整个复核过程遵循一套严格的原则,以确保其有效性。首先是“及时有效”原则,即一旦在复核中发现问题的,必须立即停止后续工序,采取措施进行处理,避免误差的累积和放大。其次是“全面闭合”原则,要求所有的测量数据都必须能够形成闭合回路,通过内业计算与外业实测结果的相互印证,来保证数据的真实可靠。再次是“路径多样”原则,即在条件允许的情况下,尽量采用不同的测量路径和方法对同一目标进行交叉验证,以提高结果的置信度。最后是“内外控结合”原则,在主体结构施工阶段,特别加强楼层内部控制点与外部基准控制点之间的闭合复核,确保建筑从内到外、从上到下的整体几何精度始终处于受控状态。

4 工程应用与效果分析

本研究所提出的技术体系已在南昌高新区瑶湖花园七期安置房项目中得到了全面的应用与验证。通过系统性地实施全过程精度控制和多层级复核检验,项目取得了显著的综合效益。在质量方面,预埋件的一次验收合

格率得到了前所未有的提升,因预埋件定位偏差而导致的构件安装困难、现场切割、修补等质量问题基本被杜绝,结构连接的可靠性得到了根本保障。在效率方面,由于预埋件位置精准,预制构件的吊装过程变得异常顺畅,平均单层的吊装时间得以有效缩短,有力地保障了项目的总体工期目标。在成本方面,减少了大量因返工、修补等工作带来的人工和材料浪费,实现了降本增效。更重要的是,在安全方面,精确的预埋件定位确保了所有结构连接节点的力学性能符合设计预期,为整栋建筑的长期安全运营奠定了坚实的基础。该项目的成功实践,充分验证了本技术体系的可行性、先进性与优越性,圆满达成了预期的研究目标。

5 结语

本文聚焦装配式结构预埋件定位误差难题,系统研究并实践了集“精度控制”与“误差复核”于一体的综合技术方法,得出重要结论:全过程控制是确保预埋件精度的根本,精度意识需贯穿各步骤;“铝模开洞+橡胶模块固定法”是简单高效的固定方式,值得推广;建立多层次、闭合式复核检验体系是保障精度控制成果的必要手段;设定清晰量化且具挑战性的精度目标为施工管理和质量验收提供行动指南。尽管本研究取得成果,但装配式建筑技术持续发展,未来研究可深化多个前沿方向,如探索智能化监测技术实现实时动态监测与预警,推动BIM技术与预埋件施工深度融合实现全流程数字化管控,持续研发新材料与新工艺简化施工流程,为装配式建筑迈向世界领先水平提供坚实技术支撑。

参考文献

- [1]李立军.高层装配式结构模块化施工关键技术研究[J].砖瓦,2026,(04):141-143+147.
- [2]王旺炎.基于改进SRGAN算法的装配式建筑预埋件与管线协同布局优化仿真研究[J].重庆建筑,2026,25(03):65-69.
- [3]张艺玲,张盟,郭轶,等.基于BIM的装配式建筑构件预埋件设计与管理[J].四川建筑,2021,41(S1):109-111.
- [4]周子昊.预制构件在绿色建筑施工中的装配精度控制技术探究[J].陶瓷,2026,(03):208-210.