

预制楼梯纵向分段施工技术与应用

常子博 嘉兆亮 张勇 段仁英 葛永峰

中建三局集团有限公司，山西省太原市，030006；

摘要：随着装配式建筑在行业的广泛应用，装配式楼梯、预制楼梯也在装配式建筑施工中担任着举足轻重的地位。同时装配式结构项目中遇到的塔吊半径不够、吊重能力不足的问题也伴随产生，对生产造成极大障碍。本文结合现场施工经验阐述了预制楼梯纵向分段技术的设计、构件生产、安装等要点。经实践，相关技术措施的应用，有效地解决了装配式建筑项目塔吊半径不足、吊重能力不够的实际困难，为类似工程的建设提供了较好的参考价值。

关键词：装配式；预制楼梯；纵向分段；优化施工；吊装

DOI:10.69979/3029-2727.24.03.012

随着我国建筑科学的持续进步，网络技术和通信技术等装配式建筑领域得到广泛应用，建筑工业化更加高效，集成，节能，更加个性化，风格化，有效促进了装配式建筑技术体系的完善和管理水平的提升，全国各地政府均出台了相关文件明确推动建筑工业化，形成了如装配式剪力墙结构、装配式框架结构、装配式钢结构等多种形式的装配式建筑技术，我国装配式建筑行业终于迎来了新的快速发展时期。装配式、预制楼梯也在建设浪潮中逐步建立和完善。

目前国家正大力推行预制楼梯施工工艺，但大跨度预制梯段板由于自重大，常规塔式起重机无法满足其吊装要求，塔吊吊装半径小、极大地制约了预制楼梯施工技术的推广。经过实践经验在施工时通过对预制楼梯进行优化、分段施工，可改善预制楼梯运输难、吊装难的问题。不仅有效减少设备投入问题，降低了施工难度，还降低安全风险。

1 项目装配式结构工程概况

本工程为大型公共建筑，结构形式为框架结构，采用装配式结构、预制楼梯，该项目施工面积与施工规模均比较大，不仅对装配式建筑预制楼梯、预制构件吊装、运输、安装提出更高要求，还对施工机械、塔吊布置、施工部署的严峻考验。

2 工艺原理及特点

目前行业正大力推行预制楼梯施工工艺，但大跨度预制梯段板由于自重大，常规塔式起重机无法满足其吊装要求，极大地制约了预制楼梯施工技术的推广。为缩短预制楼梯的长度，减轻质量，便于其运输及吊装，将预制两跑楼梯分为2段预制梯板，实现纵向分割分段预制，现场组装。主要具有以下特点：

2.1 适用范围广

所有装配式建筑中的预制楼梯。

2.2 重量轻

通过将预制楼梯纵切分为2段预制梯板，实现分段

预制，楼梯整体重量减轻一半，对塔式起重机、吊车等吊装设备要求减小，更加便于提高整体安装效率，降低施工难度。

2.3 尺寸小

通过将预制楼梯纵切分为2段预制梯板，单跑楼梯宽度尺寸缩小一半，对预制楼梯构件运输提供便利。

2.4 质量保证

预制模块化工艺可以在工厂环境下进行严格的质量控制，减少现场施工中的误差和缺陷。

2.5 增加安全性

预制楼梯纵切分隔吊装可降低设备起重要求，降低安装难度，达到降低施工风险和安全事故的发生概率。

2.6 工艺原理

预制楼梯纵向分段施的理论依据是将楼梯按照纵向分段进行预制，并通过连接件将不同段的楼梯组装在一起。在实际应用中，采取了以下技术措施：

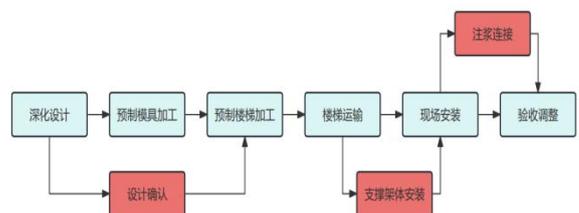
预制模块化：将楼梯按照标准尺寸进行预制，减少现场加工工作，保证楼梯质量和尺寸的精确性。

装配连接：通过连接件将不同段的楼梯组装在一起，保证楼梯的整体稳定性和强度。

预埋确定：在楼板混凝土浇筑时，预留楼梯位置，并预留螺栓或焊接点，便于将楼梯模块与楼板进行固定连接。

3 施工工艺流程及操作要点

3.1 施工工艺流程



3.2 操作要点

3.2.1 深化设计

(1) 根据图纸设计尺寸及项目策划垂直运输设备的吊重要求, 确定预制楼梯深化分割方案。重点考虑大跨度、大尺寸预制楼梯重量是否满足现场设备垂直运输, 大尺寸是否满足本地装载车辆超宽、超长运输要求。以上述两点为重点进行优化分割, 保证同时满足。

(2) 键槽、预埋件位置定位准确, 确保尺寸精确、外观良好。

(3) 连接构造节点, 确保连接牢固、结构稳定, 工序简单。

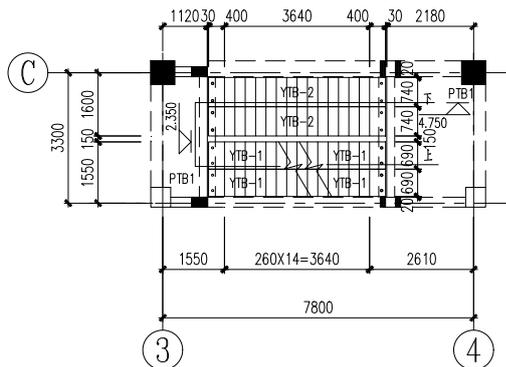


图 3.2.1-1 预制楼梯纵向分割平面图

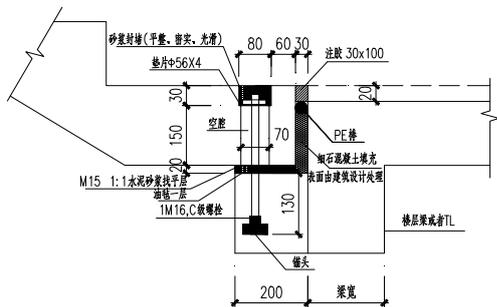


图 3.2.1-2 键槽连接大样

3.2.2 预制楼梯加工

- (1) 加工尺寸、预埋键槽、螺栓定位应准确。
- (2) 钢筋配置、钢筋间距、钢筋绑扎符合要求。
- (3) 混凝土浇筑、养护、拆模及时无质量缺陷。



图 3.2.2-1 预制楼梯

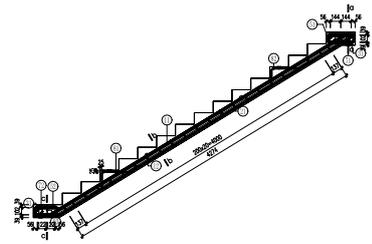
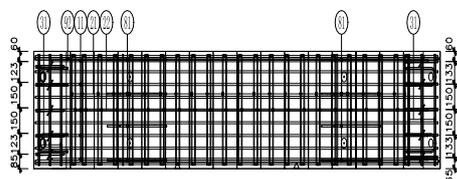


图 3.2.2-2 预制楼梯配筋图

3.2.3 进场验收

(1) 重点验收预制楼梯尺寸偏差、无明显裂缝及质量缺陷。

(2) 预制楼梯承载力检测试验。



图 3.2.3-1 预制楼梯进场验收



图 3.2.3-2 预制楼梯承载力试验

3.2.4 预制楼梯安装

(1) 预制楼梯安装时相应楼层结构必须施工完成, 结构强度达到设计强度 75%以上, 如需提前安装该楼梯框架支撑架体不得拆除, 且强度不得小于 5Mpa。

(2) 预制楼梯吊装采用专用吊具鸭嘴扣及长短钢丝绳水平吊运。

(3) 弹出楼梯安装控制线, 对控制线及标高进行复核, 楼梯安装前必须采用砂浆找平, 偏差过大时应采用钢垫片配合找平, 保证砂浆饱满, 标高准确。



图 3.2.4-1 砂浆找平



图 3.2.4-1 第一部分吊装落位



图 3.2.4-2 第二部分吊装落位

3.2.5 抄平调整

(1) 两部分楼梯落位后采用撬棍人工调整梯面对齐，保证踏步面平整，拼缝严密。

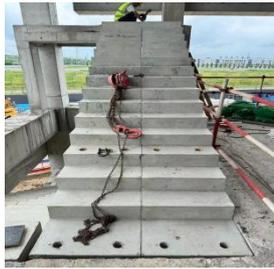


图 3.2.5-1 安装完成示意图

3.2.6 端部连接安装

(1) 楼梯段校正完毕后，与预留 M16C 级螺栓连接固定。

(2) 拼缝支模灌浆：预制楼梯与休息平台连接处，水平缝楼梯就位前用 M15 粘接砂浆座浆找平。竖直缝使用柔性 PE 棒连接，采用 30mm 厚注胶填充。楼梯与休息平台上端连接采用锚固螺栓与孔灌浆固定，立缝采用 C40 级 CMG 灌浆料填充。

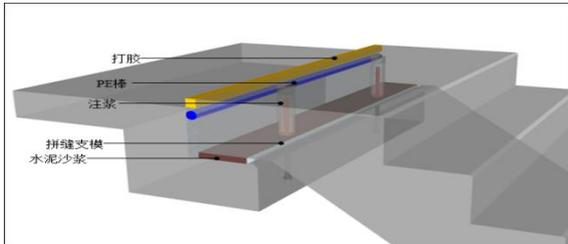


图 3.2.5-1 端部构造图



图 3.2.5-2 注浆打胶

3.2.7 检查验收

- (1) 检查注浆是否饱满，打胶是否密实饱满。
- (2) 检查楼梯平整度、拼缝是否严密。

4 质量控制

4.1 质量管理措施

(1) 在施工过程中，坚持贯彻和执行三检制和三级检查制度。

(2) 当质量与进度和预制楼梯等发生冲突时，优先保证工程施工质量，对施工质量不合格品，具有一票否决权。

(3) 在施工现场制作工序操作牌，将技术交底和质量允许偏差悬挂在施工现场的醒目位置，以便于工人查阅。

(4) 采取样板引路制度。在大面积施工前，指定样板施工，对工序、工艺、成品效果样板评定合格后，作为施工质量控制最低标准。

(5) 不定期组织召开质量专题会议，对预制楼梯安装施工过程中出现的质量问题进行分析，采取相应措施，并在下次施工时进行改进。

4.2 质量主要控制点

(1) 在进场之前加强深化设计力度，严格控制预制楼梯尺寸，为后续施工奠定良好基础。

(2) 预制楼梯外观和包装应完整无破损，符合设计要求和产品标准的规定。

(3) 预制楼梯与结构交接处等特殊部位，应采取防止开裂和破损的加强措施。

4.3 模板工程主要质量验收标准

预制楼梯遵循的质量验收标准规范主要有《装配式混凝土结构技术规程》JGJ1-2014、《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T51231-2016、《预制混凝土构件质量控制标准》DB11/T1312-2015 等相关验收标准。

楼梯吊装完成后需进行安装质量进行检查验收，安装的允许偏差应符合下表的规定：

项目	允许偏差 (mm)	检验方法
梯段水平位置偏差	5	基准线和钢尺检查
梯段标高偏差	±5	水准仪或拉线、钢尺检查
相邻构件高低差	3	2m 靠尺和塞尺检查
相邻构件平整度	4	2m 靠尺和塞尺检查

5 安全环保措施

预制楼梯在施工过程中涉及到超重超尺寸运输、吊运、安装、等过程，纵向分割后吊运次数较多，且吊运操作处于结构预留空间，应加强安全措施，保证安全施工。

5.1 安全管理措施

(1) 认真贯彻执行《建筑施工安全检查标准》(JGJ59-2011)，《建筑施工高处作业安全技术规范》(JGJ80-2016)，《建筑施工模板安全技术规范》(JGJ162-2008) 等安全技术规程以及本市有关劳动保护及安全生产的各项政策、法令。

(2) 加强对员工的每周安全生产教育，并进行安全培训，安全技术交底，牢固树立“安全第一，预防为主”

主”的观念，在组织分项工程施工前，必须进行安全交底，施工生产时，随时检查安全制度落实情况，加强“奖罚”力度。

(3) 贯彻“谁主管谁负责”原则，由施工单位的现场负责人担任治安保卫负责人，建立治安保卫管理小组，负责各分项工程的安全保卫工作，落实各项安全防护措施，开展对施工人员的安全施工，文明施工的宣传教育。

(4) 每月对内部职工、外用工进行一次法制宣传教育，提高其守法意识和法制观念。

5.2 安全主要控制点

(1) 预制构件必须分户码放到指定场地内，且要码放整齐，码放高度不大于控制在合理范围内，叠合板不超6层，楼梯不超3层。在构件堆放附近设置警示标识，非操作人员不得随意进入堆放场，不得在材料堆场休息、乘凉，堆放场地要坚实平整、排水流畅、不得积水。

(2) 预制楼梯在吊运时，应将运输车辆的位置调整适当，并检查吊装用绳索、卡具及吊环是否牢固可靠，然后将吊钩挂好，稳起稳吊；严禁用人力搬动材料。吊运过程中，严防吊运材料大幅度摆动或碰倒其他未吊物体。塔吊司机及指挥信号工必须经过培训，持证上岗。施工中指挥人员与司机必须统一信号，禁止违章指挥和操作。

(3) 五级以上大风应停止吊运作业。

(4) 构件在支设、拆除和搬运时，必须轻拿轻放，上下、左右有人传递，防止发生碰角，影响外观拼缝质量。

(5) 安装应按顺序进行，模板支撑架体未支撑到位及结构未达到安装强度要求前，禁止超前安装，不准在安装过程中进行梯段面操作。

(6) 安装施工工人之间应相互配合，协同工作。传递工具时不得抛掷。安装时应注意人员行走，并注意相互提醒，高处作业人员施工时佩戴安全带。

(7) 施工现场不允许吸烟，严禁打闹。

(8) 每天早上施工前，以及雨、雪、大风等恶劣天气过后，现场管理人员应仔细察看现场的安全隐患存在情况。在排除安全隐患后，方可安排现场施工作业。

5.3 环保措施

预制楼梯属于装配式预制构件，工厂化生产和现场拼装的特点，可减少现场施工木模板、钢管周转料具的使用；并且预制构件的生产过程中材料的浪费很少，而现场施工中会产生大量的建筑垃圾。预制构件可以实现材料的重复使用，大幅降低了建筑垃圾的产生减轻了对环境的污染。

(1) 使用绿色环保材料

施工过程中，严格按照有关绿色建材的要求，使用绿色环保油漆。钢材等材料，与通过环保认证的材料供应厂家建立了供货关系，在施工时，特别注意控制材料的环保。材料环保检测按国家标准执行。

(2) 降低现场噪音的控制措施

预制楼梯安装、调整之前对作业楼层进行封闭控制，避免材料搬运、安装时出现敲打、碰撞噪音，搬运时必须轻拿轻放，减小噪音。

(3) 节能控制措施

装配式建筑施工技术在模块制造时可以精确计算每个构件所需材料数量，减少了能源浪费和原材料损耗。与传统现浇混凝土结构相比，模块化装配不仅可以节约50%以上的水泥和30%以上钢筋用量，还可以降低30-50%的建筑碳排放量，在提高建筑物结构强度同时，保持了同样的使用寿命。

(4) 扬尘污染控制措施

现浇混凝土施工中会产生大量的废弃物和粉尘，对周围环境造成严重污染。而装配式建筑采用模块化构件制作后，将直接运至施工现场进行组装，减少了建筑碎片和粉尘产生。这就避免了因施工过程中产生的噪音、粉尘等对周边居民的干扰和健康影响，提高了施工现场的安全性和舒适性。

6 应用效果

6.1 社会效益

预制楼梯纵切可直接轻量化吊装施工，在大型设备选型、运输具有一定优势，以该项目为例选用60m臂长W6015-8A塔吊，40m端吊重为2.53t，单跑预制楼梯重4.1t，塔吊不满足楼梯安装吊重要求。如要满足塔吊40m端楼梯吊重可选用W7015-10E型塔吊。

序号	比选因素	方案1, 单跑全预制楼梯	方案2, 单跑纵切预制楼梯
1	成本	选用W7015-10E型塔吊, 月租: 3.3万元/台·月; 进出场: 8万元/台次; 租期: 12个月; 共计: 47.6万元	选用WA6015-8A型塔吊, 月租: 1.4万元/台·月; 进出场: 4万元/台次; 租期: 12个月; 共计: 20.8万元
2	劣势	进出场价格和租赁费高。	单次吊装量少, 吊次增多。

3	工效分析	每栋楼最重构件为4t的预制楼梯，安装吊点最远端在40m处，本塔吊40m处吊装为4.11t，最不利情况40m处吊装能满足预制楼梯4t的吊装要求。	每栋楼最重构件为4t的预制楼梯，安装吊点最远端在40m处，本塔吊40m处吊装为2.53t，最不利情况40m处吊装不能满足预制楼梯4t的吊装要求。将预制楼梯构件优化为2个2t构件，故40m处吊装能满足要求，每栋楼每层吊次增加了2次。
4	安全性	单跑全尺寸预制楼梯尺寸大，需办理超限运输证，整体重量大需选用更大型吊车或塔吊，在安装时预留洞口操作空间狭小，难度及危险性大。	纵切分割楼梯尺寸小、重量轻，在吊装及安装时操作空间大，对吊运设备要求相对低，人工调整时更轻便，难度及危险性小。
5	质量	整体性好，无拼缝	需注浆打胶处理、有拼缝、板面有偏差

6.2 应用实例

预制楼梯纵向分段施工技术成功应用于山西数字经济产业园项目一期工程，该项目预制楼梯的顺利安装，解决了塔吊覆盖半径不足、塔吊成本高、梯梁结构难施工等问题，促进了装配式楼梯的发展。但在项目预制楼梯安装实施过程中也发现了一些不足之处，如预制构件生产过程的模具成本、人工成本高，安装施工过程人工成本、吊装成本高，构件多次吊装进度慢，楼梯组拼后中间存在施工缝等，在以后的项目中需要不断地优化加工、预制方式、降低成本。但在项目大型设备选型过程中提供有力的技术支持，明显减少了设备费用的投入，切实解决了预制构件尺寸大运输超限的问题。



图 11.0.1-1 工程应用效果图

总结

本文研究了预制楼梯的施工技术及其社会经济效益。施工过程中，需注意安全与环保，通过精准控制模板安装、采用绿色环保材料、控制噪音和扬尘等措施，有效保障了施工质量与环境保护。经济效益分析显示，纵切预制楼梯方案在成本控制、工效及安全性方面表现优异，且环保效果显著。该技术在山西数字经济产业园项目一期工程中的成功应用，解决了大型设备选型与成本等问题，但亦需关注构件生产与安装成本的优化。本文研究为装配式建筑技术的推广与应用提供了实践依据。

参考文献

- [1]分段组合式预制楼梯施工技术[J]建筑施工, 2017
- [2]装配式预制分段楼梯施工验电控制技术[J]材料与技, 2019No.9
- [3]李丽-预制装配式楼梯在高层住宅中的应用[J].上海建设科技, 2017(5):46-48.