

## 小型钢悬挑架反向落地转换施工技术研究

梁 勇

北京三元德宏房地产开发有限公司, 北京 100000

**[摘要]**近年来,装配式结构住宅发展非常迅速,已经成为未来住宅结构的典型模式之一,其占有比例也在持续提高。因此其相关施工技术必然长足发展,并且直接影响到装配式施工的关键指标。随着装配式结构的发展,传统的现浇剪力墙结构住宅外脚手架施工技术变得相对传统,需要进一步发展才能适应装配式结构住宅的施工需求。装配式住宅及施工外脚手架具有其独特的需求和特点。本篇文章针对中低层装配式住宅的结构施工特点,提出小型钢悬挑反向落地脚手架转换的新型施工方法。基于中低层装配式住宅的实体工程,对小型钢悬挑与落地脚手架转换施工技术方案的优化设计、工艺流程及操作要点进行了系统性研究。小型钢悬挑与落地脚手架转换施工技术的方案和工艺依托实际工程项目,从项目施工过程中遇到的实际问题出发,从工艺难度、质量安全要点等方面进行完善和应用验证。实际应用情况表明,转换工艺操作安全可行,施工便捷,解决了工序交叉引起的工期矛盾,且比单一使用悬挑脚手架、落地脚手架更经济,安全质量效益也十分显著。

**[关键词]**装配式; 脚手架; 小型钢; 转换; 施工技术

DOI: 10.33142/aem.v5i4.8424

中图分类号: TU7

文献标识码: A

### Research on Construction Technology of Reverse Landing Conversion of Small Steel Cantilever Frame

LIANG Yong

Beijing Sanyuan Dehong Real Estate Development Co., Ltd., Beijing 100000, China

**Abstract:** In recent years, prefabricated structure housing has developed very rapidly and has become one of the typical models of future residential structure, and its proportion is also continuously increasing. Therefore, its related construction technology will inevitably develop by leaps and bounds, and directly affect the key indicators of prefabricated construction. With the development of prefabricated structures, the traditional cast-in-situ shear wall structure residential external scaffolding construction technology has become relatively traditional, and further development is required to adapt to the construction needs of prefabricated structure houses. Prefabricated houses and construction exterior scaffolding have their own unique needs and characteristics. Aiming at the structural construction characteristics of low-rise prefabricated houses, this paper proposes a new construction method for the conversion of small steel cantilevered reverse floor scaffolding. Based on the physical engineering of low-rise prefabricated houses, the optimization design, process flow and operation points of the construction technical scheme of small steel cantilever and floor scaffolding conversion were systematically studied. The scheme and process of small steel cantilever and floor scaffolding conversion construction technology rely on the actual engineering project, starting from the actual problems encountered in the project construction process, and improve and apply it from the aspects of process difficulty, quality and safety points. The actual application shows that the conversion process operation is safe and feasible, the construction is convenient, the construction period contradiction caused by the intersection of processes is solved, and it is more economical than the single use of cantilevered scaffolding and floor scaffolding, and the safety and quality benefits are also very significant.

**keywords:** prefabricated; scaffold; small steel; conversion; construction technology

在住宅结构施工阶段,施工外脚手架是一项极为重要的措施性工程,具有施工作业辅助平台、临边防护等用途,其技术的先进合理性直接牵涉到项目的进度、成本、安全等重要指标。

近年来,装配式结构住宅发展非常迅速,已经成为未来住宅结构的典型模式之一,其占有比例也在持续提高。因此其相关施工技术必然长足发展,并且直接影响到装配式施工的关键指标。随着装配式结构的发展,传统的现浇剪力墙结构住宅外脚手架施工技术变得相对传统,需要进

一步发展才能适应装配式结构住宅的施工需求。

在传统的现浇结构施工中,常用的施工外脚手架包含落地脚手架、型钢悬挑脚手架、外挂悬挑架、爬架等几个主要类型。现浇剪力墙住宅工程中,高层的多用外挂架和型钢悬挑架,中低层多用落地架和型钢悬挑架。几种施工用外脚手架各自具有优缺点,如外挂架因其安全风险偏大,占用塔吊、标准化程度低应用逐步减少,甚至被禁止使用。型钢悬挑脚手架随着建筑形式的发展衍生出工字钢、三角支撑等形式。这说明随着建筑施工行业的技术发展,建筑

施工对外脚手架的需求在不断变化,也造成传统外脚手架类型和适用性发生了一定变化。

中低层装配式住宅具有层数较低、装配率高、施工周期短等特点,脚手架施工选型及技术方案和进度、安全、质量关系更为密切,需要新的脚手架施工技术方法。在中低层装配式住宅施工中,行业内目前大多数单一采用落地式外脚手架或型钢悬挑外脚手架。单一采用落地式外脚手架,一般会影响地下外墙防水、基坑肥槽回填土的施工进度,且延长基坑安全风险的持续时间;或需等待回填土完成后搭设落地架进而影响主体结构进度。如单一采用型钢悬挑外脚手架,如在首层就开始悬挑,则悬挑架搭设高度不利于安全风险控制,且需长期占用大量大型号的工字钢;如在预制结构层悬挑,则外墙、外叶板、外保温需预留预埋大量孔洞,装配式结构墙体孔洞封堵难度很大,易造成漏水、脱落(尤其外叶板)等质量隐患,且造成基坑延迟回填的安全风险。

本文依托典型中低层装配式住宅项目,研究小型钢悬挑与落地脚手架转换施工的新型工艺技术,实现两种脚手架的优缺点互补,满足中低层装配式住宅项目施工外脚手架的现实需求,并验证了施工工艺的科学性、合理性、经济性和可操作性,为未来类似工程提供参考。

## 1 脚手架技术方案分析

### 1.1 工程概况

本文研究依托的工程为中低层装配式结构住宅。项目地上共有9栋10层住宅单体,地下2层,总建筑面积62309.24m<sup>2</sup>。住宅楼地下一层层高3.8m,地上部分层高2.9m。项目整体装配率为40%,住宅楼水平构件从首层顶板开始使用装配式,住宅楼竖向结构从3层开始为装配式结构。装配式水平构件包括顶板、梁、楼梯、阳台板、空调板,装配式竖向构件包括内墙、外墙、预制外挂墙板。现浇剪力墙和预制混凝土墙板通过竖向现浇节点与现浇剪力墙水平连接为整体,预制混凝土墙板采用半套筒灌浆连接,预制墙板间通过水平现浇带连接为整体。

### 1.2 小型钢悬挑与落地脚手架转换方案适用性分析

现浇剪力墙结构住宅和装配式住宅外脚手架常见的技术方案有爬架、落地脚手架、型钢悬挑脚手架(三角组合型钢、工字钢型钢)、外挂脚手架等。本项目为10层住宅,檐口高度29.6m,属于比较典型的中低层装配式结构住宅。根据项目具体情况,从经济、安全、质量、进度等角度分析不同脚手架方案的适用性如下:

(1) 外挂架需要塔吊辅助吊装,占用塔吊吊次,影响主线进度;另外其标准化程度较低,并且具有一定安全风险,已被相关主管部门禁止、限制使用。因此,外挂架不适用于本项目。

(2) 爬架自身标准化、专业化程度高,安全性能可靠,相对中低层结构,其自身造价或租赁费用分摊太高,

经济性极不合理。并且其支座在外叶板锚固具有较大安全风险和质量隐患。因此,爬架不适用于本项目。

(3) 落地脚手架工艺操作简单,由于本项目高度不大于30m,安全风险可控、经济性可接受。因此本项目可选用落地脚手架,但是需要在回填土完成后重新搭设地上结构架体,造成回填土及防水施工占用主体结构关键线路的工期至少7天。

(4) 工字钢悬挑脚手架,需采用22#工字钢穿外墙并与顶板锚固。工字钢悬挑架需采购或租赁大量大尺寸型钢,并长时间使用,不利成本摊销。如在首层悬挑其整体高度超过25m,形成超过一定规模的危险性较大分项工程,其安全风险骤增;如设置在装配式结构层(3层),虽然降低了悬挑高度,外墙、外叶板、外保温预留洞及封堵具有一定难度,易造成漏水、外叶板脱落等质量隐患,且造成基坑延迟回填的安全风险。

(5) 三角组合型钢悬挑架,采用螺栓与外墙预留孔锚固三角组合型钢,其承载能力有限,需配置两套,安装两次,占用塔吊吊次,影响工期,材料、人工成本均有大幅增加。且该类型悬挑架暂无规范标准参考,施工技术风险较高。

根据本项目情况及以上分析提出采用落地脚手架和型钢悬挑架组合,形成小型钢悬挑与落地脚手架转换施工技术方案。组合方案分段采用不同形式外脚手架,设计优化转换关键工艺技术,综合两者优缺点,实现项目施工最优化。

## 2 技术方案及转换工艺设计

### 2.1 总体施工方案设计

地下结构施工采用双排落地脚手架施工;1-3层现浇结构采用小型钢悬挑架施工;3层以上装配式结构采用转换完成的落地外脚手架施工。地下防水和回填土利用1-3层结构施工的自由时差进行施工,不占用工期关键线路的时间。回填土施工完成后,小型钢悬挑架只拆除型钢,架体反向向下转换落地。转换工序不晚于3层结构施工,则不影响进度。

搭设于首层的小型钢悬挑架,整体高度不大于10m,满足2-3层施工高度,可采用16#工字钢,使用周期为2-3层结构施工周期(根据工期计算可调整架体高度及对应的工字钢型号)。回填土完成后即可实施架体转换,形成安全风险最低的落地脚手架。悬挑工字钢较小,转换后即撤下工字钢,可有效降低成本。已搭设部分的悬挑架得以保留,不再重复搭设。

方案中分阶段采用了不同类型脚手架,主体结构施工不停顿,保证了关键线路工期,并且兼顾回填土施工、安全风险控制的同时降低了成本。

### 2.2 转换工艺设计

转换工艺为小型钢悬挑外脚手架转换落地整体方案

实施的关键技术。其原理为在小型钢悬挑脚手架的基础上，每次拆除一根悬挑型钢，并将其上的立杆向下反接落地。反接钢管上部采用接头卡连接悬空立杆，下部与地面设置可调底座，通过可调底座将立杆与地面顶紧。单根转换并逐个进行，随立杆转换进行水平杆搭设，最终实现悬挑脚手架整体落地。转换工艺原理及步骤见图1-图4。型钢悬挑脚手架与落地式钢管脚手架转换的施工方法，解决了脚手架与回填土施工空间冲突的矛盾，避免了型钢悬挑脚手架改为落地架时的重复拆搭，同时将小型悬挑工字钢提早拆除。

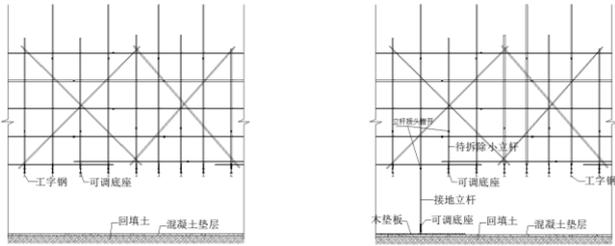


图1 小型钢悬挑架

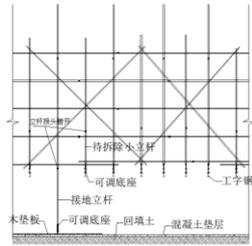


图2 单立杆转换

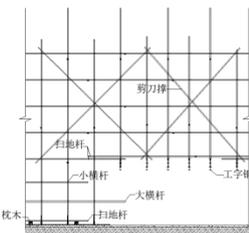


图3 逐次转换

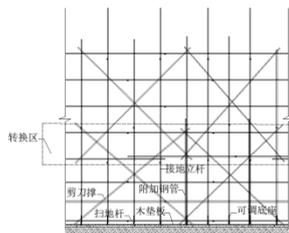


图4 落地架

### 2.3 方案及工艺特点

(1) 采用悬挑架工艺和落地架工艺组合，形成新的“小型钢悬挑脚手架反向落地转换施工方法”，形成了型钢悬挑脚手架反向落地的新工艺。

(2) 与落地式钢管脚手架相比，前期搭设小型钢悬挑脚手架，不占用基坑肥槽工作面，为回填土施工提供充足的空间、时间，保证基坑回填土的进度、质量，有利于缩短工期。

(3) 避免拆除原有型钢悬挑脚手架，实现脚手架从悬挑直接落地转换，减少了脚手架拆除和重复搭设的人工投入。

(4) 小悬挑脚手架的落地转换，缩短对型钢使用的周期，减少钢材用量，大幅降低了材料成本。

(5) 在中低层装配式建筑施工中，与单独使用型钢悬挑脚手架相比，主体结构外侧不需要搭设水平安全防护网，减少安全防护措施的搭设；减少了装配式外墙预留孔洞的数量，保证了外墙施工质量、观感质量；减少了悬挑周转安装时间和用工。

## 3 小型钢悬挑架落地转换要点和应用

### 3.1 总体工艺流程

施工准备→型钢悬挑架搭设→回填土、垫层施工→可

调底座定位→型钢拆除→落地架转换→特殊节点转换→检查与验收。

### 3.2 转换工艺流程

转换工艺流程包含小型钢悬挑架工艺、落地转换工艺流程、特殊节点工艺楼层。如图5所示。

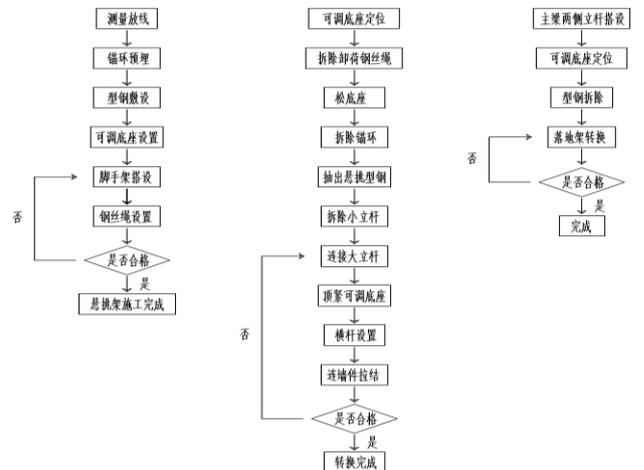


图5 小型转换工艺流程图

### 3.3 施工准备

根据工程进度情况，计划地下室外架拆除、回填土施工进度，与主体结构施工进度协调，确定小型钢悬挑架搭设时间和高度（一般为2~3层即6~9m）。编制小型钢悬挑脚手架施工方案、落地式钢管脚手架方案并进行验算。

落地后的钢管脚手架相邻的竖向接头需错开，需满足JGJ130 相关规定的要求。因此在悬挑架搭设时，应在转换层范围内提前设计接头错开长度和位置。搭设起步立杆时采用长杆（6m）、短杆（4m），转换时向上拆除短杆后反接落地，保证接头位置符合要求。反落地段净高设计为4m，便于反接。见立杆接头错开图6。

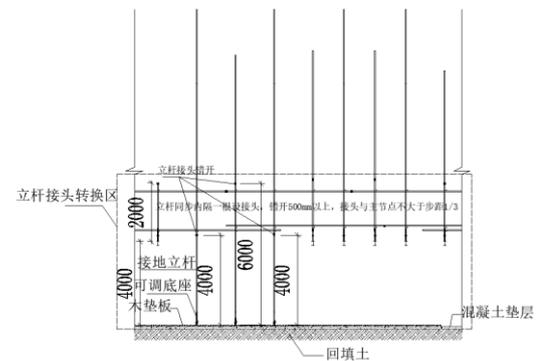


图6 悬挑架转接头错开示意图

### 3.4 小型钢悬挑架搭设

放样定位出型钢轴线及锚环位置，根据锚环位置的不同，设置16mm U形钢筋拉环，且在锚环上侧预先配置两根1.5m长C18附加钢筋，用于承受悬挑梁锚固端作用引起的负弯矩。当预埋结构为叠合板时，可与构件厂提前沟

通预留锚环或预留锚环穿板孔洞,在楼板混凝土浇筑前,锚环预留位置叠合板上侧增设两根1.5m长C18附加钢筋。

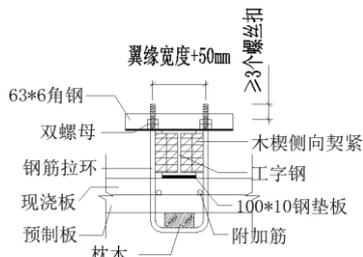


图7 锚环预埋做法

型钢选用16#工字钢,固定段长度 $L_2 \geq 1.25$ 倍悬挑段长度 $L_1$ 。采用63mm\*6mm螺栓角钢压板或100mm\*10mm(宽\*厚)螺栓钢压板与预埋锚环连接固定。同时锚环或建筑外墙与悬挑型钢之间的空隙应用木楔楔紧。悬挑端设置高25mm~30mm的钢筋作为立管定位点。

为保证脚手架落地转换后连接节点相互错开,悬挑脚手架搭设时,6m大立杆、4m小立杆相互错开,以便转换时拆除后接头不在同一水平位置。悬挑钢梁上设置可调底座,便于转换时旋松拆除型钢,可调高度宜为100mm左右。架体搭设及构造、钢丝绳卸荷等工序操作要点和普通型钢悬挑架一致。

### 3.5 架体落地转换施工

转换前肥槽回填土、外墙防水施工完成。回填土压实系数达到95%以上,浇筑10cm厚C15混凝土垫层作为落地脚手架基础,并设置排水措施。

脚手架基础垫层施工完成后,用吊线、钢尺逐一确定上部型钢悬挑脚手架立杆对应位置在混凝土垫层上的位置,并画出定位30cm控制线,放置脚手板和脚手架可调底座。

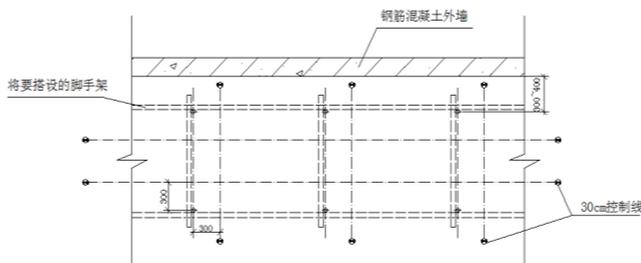


图8 脚手架立杆定位图

转换前先旋松悬挑型钢上可调底座,使之与脚手架立杆脱离,即可向后移动或拆除小型钢。同时应立即进行上侧悬挑立杆与下侧定位可调底座的连接,即落地反接立杆的安装,并用小锤(或扳手)将可调底座与立杆顶紧。按此流程逐一进行转换,严禁两组及以上型钢同时转换。转换完成两组型钢后,及时安装落地架水平杆,使架体随时保持整体状态。落地段脚手架搭设、步距、扫地杆、剪刀撑、连墙件等构造应按照专项方案及规范进行。见底座及单立杆转换图。



图9 立杆转换步骤图

楼梯间、转角等特殊节点的型钢悬挑脚手架一般采用主次梁悬挑形式,应在常规悬挑脚手架转换为落地脚手架后单独进行。转换反接困难时可进行局部拆除后直接落地搭设。

## 4 质量安全控制要点

### 4.1 质量控制要点

脚手架转换、搭设、步距、构造等要求应执行JGJ 130《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》、JGJ 80《建筑施工高处作业安全技术规范》等规范有关要求设计及施工。

施工中应对钢管、扣件质量及其性能指标进行严格控制;脚手架搭设的技术要求、允许偏差与检查方法应符合有关要求。安装后的扣件螺栓拧紧扭力矩应采用扭力扳手检查,抽样方法应按随机分布原则进行。不合格的应重新拧紧至合格。

悬挑脚手架用型钢的材质应符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700 或《低合金高强度结构钢》GB/T1591的规定。用于固定型钢悬挑梁的U形钢筋拉环或锚固螺栓材质应符合现行国家标准《钢筋混凝土用钢 第1部分:热轧光圆钢筋》GB 1499.1中HPB300级钢筋的规定。

### 4.2 安全控制要点

转换施工时必须单组型钢转换并反接落地完成才能进行下组施工,达到两组反接落地立杆后随即安装水平杆及剪刀撑。施工前应进行方案设计、审批审核,按相关要求安全技术交底。尤其针对转换节点的施工流程和安全注意事项。脚手架安装与拆除人员必须是经考核合格的专业架子工,且应持证上岗。搭拆脚手架人员必须戴安全帽、系安全带、穿防滑鞋。

作业层上的施工荷载应符合设计要求,不得超载。不得将模板支架、缆风绳、泵送混凝土和砂浆的输送管等固定在架体上;严禁悬挂起重设备,严禁拆除或移动架体上

安全防护设施。在脚手架使用期间,严禁拆除主节点处的纵、横向水平杆,纵、横向扫地杆及连墙件。

脚手板应铺设牢靠、严实,并应用安全网双层兜底。施工层以下每隔 10 米应用安全网封闭。脚手架沿架体外围应用密目式安全网全封闭,密目式安全网宜设置在脚手架外立杆的内侧,并应与架体绑扎牢固。在脚手架上进行电、气焊作业时,应有防火措施和专人看守。脚手架接地、避雷措施等,应按现行行业标准《施工现场临时用电安全技术规范》JGJ 46 的有关规定执行。

搭拆型钢及脚手架搭设时,地面应设围栏和警戒标志,并应派专人看守,严禁非操作人员入内。当有六级强风及以上风、浓雾、雨或雪天气时应停止脚手架搭设与拆除作业。雨、雪后上架作业应有防滑措施,并应扫除积雪。夜间不得进行脚手架搭设与拆除作业。

## 5 结论

依托中低层类型的装配式住宅工程,创新研究小型钢悬挑架与落地架转换施工技术,综合了型钢悬挑架和落地脚手架的优点,应用和验证了转换的关键技术,形成可行、符合规范要求的工艺流程和操作要点。

型钢悬挑脚手架与落地钢管脚手架转换施工依托实体项目,在中低层类型的装配式住宅工程中成功应用,通过技术的创新和工艺的开发取得良好效益。在保证工程质量的前提下,加快了工程施工和进度,降低安全风险和施工成本,从长远看符合节能降耗和绿色安全施工的要求。

型钢悬挑脚手架与落地钢管脚手架转换施工与传统的落地式钢管脚手架相比,可使主体结构施工进度快约

15 天(2-3 层)。型钢悬挑脚手架与落地钢管脚手架转换施工工法同型钢悬挑脚手架相比,选用型钢型号相对较小,使用周期短,其次减少了锚环、孔洞预留预埋,脚手架拆改的工作量,综合计算单体节约人民币 30000 元左右。

当前,发展装配式建筑已成为行业不可逆转的大趋势。中低层装配式住宅所占比例很大,外脚手架施工地为必不可少的重要分项工程,关系到工期、质量、安全等重要项目目标。本文通过工程实例阐述新的脚手架转换施工技术,可良好应用于类似工程或提供借鉴。

## 【参考文献】

- [1] 顾泰昌. 国内外装配式建筑发展现状[J]. 工程建设标准化, 2014(8): 48-51.
  - [2] 车红锐. 预制装配式建筑施工关键技术研究[J]. 建材与装饰, 2016(40): 44.
  - [3] 康顺年. 关于预制装配式建筑施工技术的研究与应用分析[J]. 门窗, 2016(8): 121.
  - [4] 中国建筑工业出版社. 建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范(JGJ130-2011)[S]. 中国建筑工业出版社, 2011.
  - [5] 北京城建科技促进会. 钢管脚手架、模板支架安全选用技术规程(DB11/T583-2015)[S]. 北京城建科技促进会, 2015.
  - [6] 中国建筑工业出版社. 钢筋连接用灌浆套筒(JG/T398-2019)[S]. 中国建筑工业出版社, 2020.
- 作者简介: 梁勇(1986-), 男, 北京航空航天大学, 计算机科学与技术, 总经理。