

花篮螺栓悬挑脚手架在高层住宅施工中的应用

张 龙

中国一冶集团有限公司 湖北 武汉 430081

摘 要：高层住宅施工过程中，常需搭设悬挑工字钢满足脚手架的需求。传统悬挑工字钢以钢丝绳做卸荷构件。孝感大会安置房项目13#楼，采用以花篮螺栓斜拉杆作为卸荷构件的新工艺，本文分析了该项目工艺在高层建筑中应用的优缺点。

关键词：悬挑脚手架；花篮螺栓；质量问题防治

常规的手脚手架有落地式脚手架，型钢悬挑脚手架，根据建办质(2018)号文，关于《危险性较大的分部分项工程安全管理规定》，“搭设高度24m及以上的落地式钢管脚手架工程（包括采光井、电梯井脚手架），悬挑式脚手架工程”属于危险性较大的分部分项工程，考虑后期车库顶板的防水、覆土等工序的施工，住宅工程主楼的落地脚手架一般搭设高度15米以内，一般在住宅结构的三层左右搭设悬挑脚手架。型钢悬挑脚手架，因其适用性高，可适用住宅、商业等不同类型的建筑，因此在整体建筑市场占有率很高。

2023年年初，倪虹部长提出：“牢牢抓住让人民群众安居这个基点，努力让人民群众住上更好的房子。”湖北省住房和城乡建设厅于2023年12月发布《住宅工程质量常见问题防治手册》，主要针对住宅工程的开裂、渗漏、隔声、外墙保温及门窗等制定对应的防治措施。

本项目作为孝感市工程质量验收监督试点项目，本项目13#楼作为试点楼栋，针对传统工字钢穿墙易渗漏的问题，13#楼采用侧埋式悬挑脚手架。

1 工程概况

孝感大会安置房项目13#楼，标准层高3m，建筑高度73.5m，为框架剪力墙结构，主楼脚手架自地上三层开始悬挑，悬挑层数为6层，一次悬挑高度为18m，外架采用侧埋式型钢悬挑脚手架，脚手架纵距1.5m，横距0.8m，步距1.8m。共设四层悬挑，分别是3至9层，9至15层，15至21层，21至屋面层（悬挑高度15.5m）

2 传统型钢悬挑脚手架应用分析

由于传统工字钢悬挑梁必须穿过建筑物外墙，必须穿过建筑物的外墙，伸入室内搭设在主体结构楼面上，再预埋3个U型预埋件锚固在楼面上。传统工字钢悬挑梁存在以下缺点：工字钢穿墙洞口存在二次补砌，由于后

期封堵不密实，易造成后期楼层渗水漏水，这也是业主买房时都要求避开悬挑层的原因；工字钢在楼梯间、阴阳角处工字钢排布较为密集，妨碍室内建筑材料运输及施工人员行走；钢材使用投入大，伸入室内的型钢是悬挑室外的1.25倍，需用 ≥ 3 米的工字钢；型钢布局遇到楼梯中间平台、连系梁、转角飘窗时，搭设拆除型钢梁困难，型钢梁个别长度达到7-9米，型钢无法抽出墙体时，需现场切割。超过6米的工字钢需进行定制，或现场焊接，由于现场焊接质量无法达到规范要求，现场焊接接长的工字钢禁止在施工现场使用。

3 花篮螺栓斜拉式悬挑脚手架施工工艺

3.1 构造构造简述

花篮螺栓斜拉式悬挑工字钢由16号工字钢、花篮螺栓和上下斜拉杆组成。上斜拉杆通过螺栓锚固于建筑结构上，下斜拉杆通过螺栓与焊接于工字钢上的耳板相连，上下拉杆之间通过花篮螺栓连接，工字钢则由螺栓固定在建筑结构上，沿建筑物按不大于1.5m的间距设置一榀。

3.2 构件深化设计

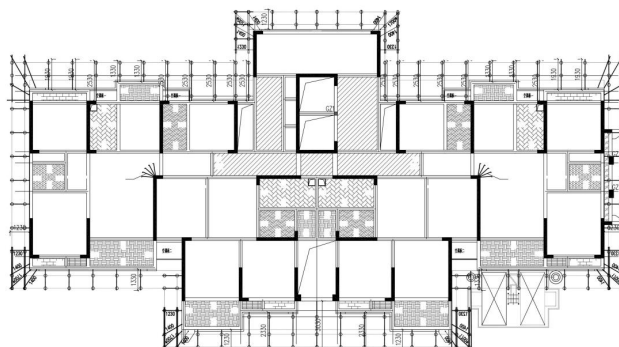


图1 13#楼9层花篮螺栓悬挑工字钢布置图

根据厂家能提供的工字钢的型号，结合本项目的具体情况，进行工字钢的排布，并提前确定施工升降机的位置，后期施工升降机吊笼贴着结构边安装，此处的外

作者简介：张龙，1988年10月，男，汉族，湖北荆州，本科，工程师，从事工程管理工作

架需与周边的架体断开，架体的宽度应满足施工升降机后期安装的要求，具体如下图所示，本项目所需的工字钢的长度分别是930mm、1230mm、1930mm、2030mm、2330mm、3030mm几种型号。

3.3 结构设计复核计算

结构构件的重要性系数 $\gamma_0 = 1$;

混凝土强度等级 C30, $f_c = 14.3\text{N/mm}^2$, $f_t = 1.43\text{N/mm}^2$, $f_{tk} = 2.006\text{N/mm}^2$, $E_c = 29791\text{N/mm}^2$

钢筋材料性能: $f_y = 360\text{N/mm}^2$, $f_{yv} = 360\text{N/mm}^2$, $E_s = 200000\text{N/mm}^2$

荷载取值

由《孝感市大会社区安置房项目: 13#楼梁侧预埋悬挑脚手架设计计算书》，根据长1530、1730mm上拉式梁

侧悬挑承力架传给主体结构外围梁侧的荷载设计值示意图，上下两层荷载取包络值P上层Y = 22.442kN,转化为均布线荷载q上层Y = 22.442/1.50 = 14.961kN/m,

因脚手架封口次梁增加弯矩M1 = 14.961×3.60×3.60/8 = 24.237kN.m,

因脚手架封口次梁增加弯矩M2 = 14.961×4.50×4.50/8 = 37.870kN.m,

因脚手架悬挑梁增加弯矩M3 = 14.961×3.60×0.70 = 37.702kN.m,

因脚手架悬挑梁增加弯矩M4 = 14.961×2.20×1.90 = 62.537kN.m,

因脚手架大跨度梁增加弯矩M5 = 14.961×6.80×6.80/12 = 57.650kN.m,

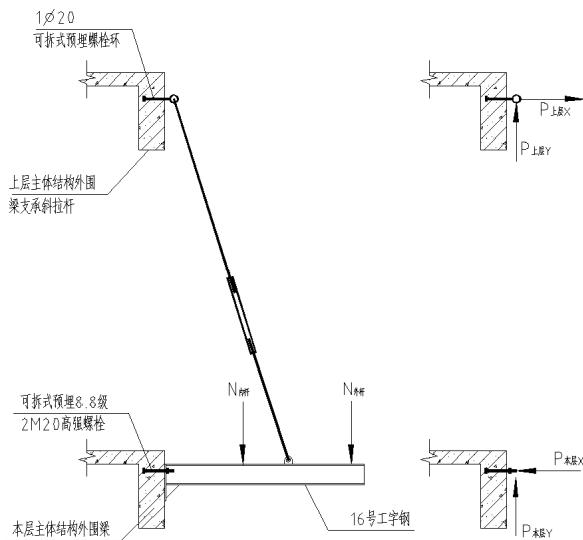
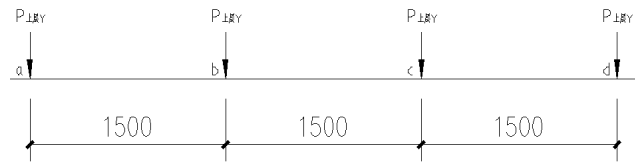


图2 上拉式梁侧悬挑承力架传给主体结构外围梁侧的荷载设计值示意图



斜拉杆传给上层主体结构外围梁的脚手架垂直荷载P_{上层Y}
同时传来集中水平拉力P_{上层X}

P_{上层Y} = 16.177、15.156、22.442、19.468kN

P_{上层X} = 3.729、4.521、7.227、8.579kN

P_{下层Y} = 3.774、4.795、-2.491(向下)、0.483kN

P_{下层X} = 3.729、4.521、7.227、8.579kN

梁截面计算

因脚手架封口次梁增加弯矩M1 = 14.961×3.60×3.60/8 = 24.237kN.m,

构件编号: M1

设计依据《混凝土结构设计规范》GB50010-2010(2015年版)

计算信息

几何参数, 截面类型: 矩形, 截面宽度: b = 200mm, 截面高度: h = 500mm

材料信息, 混凝土等级: C30 $f_c = 14.3\text{N/mm}^2$ $f_t = 1.43\text{N/mm}^2$, 钢筋种类: HRB400 $f_y = 360\text{N/mm}^2$ 最小配筋率: $\rho_{min} = 0.200\%$, 纵筋合力点至近边距离: as = 30mm

受力信息M = 24.237kN*m

设计参数, 结构重要性系数: $\gamma_0 = 1.0$

计算过程

计算截面有效高度 $h_0 = h - a_s = 500 - 30 = 470\text{mm}$

计算相对界限受压区高度

$\xi_b = \beta_1 / (1 + f_y / (E_s * \epsilon_{cu})) = 0.80 / (1 + 360 / (2.0 * 10^5 * 0.0033)) = 0.518$

确定计算系数 $\alpha_s = \gamma_0 * M / (\alpha_1 * f_c * b * h_0 * h_0) = 1.0 * 24.237 * 10^6 / (1.0 * 14.3 * 200 * 470 * 470) = 0.038$

计算相对受压区高度

$\xi = 1 - \sqrt{1 - 2\alpha_s} = 1 - \sqrt{1 - 2 * 0.038} = 0.039 \leq \xi_b = 0.518$ 满足要求。

计算纵向受拉筋面积

$A_s = \alpha_1 * f_c * b * h_0 * \xi / f_y = 1.0 * 14.3 * 200 * 470 * 0.039 / 360 = 146\text{mm}^2$

因脚手架封口次梁增加弯矩 $M_2 = 14.961 \times 4.50 \times 4.50 / 8 = 37.870 \text{ kN.m}$,

根据计算结果对孝感市大会社区安置房项目: 13##楼挑段悬挑区域梁配筋做出放大调整。

3.4 工艺流程

根据平面图放线定位→悬挑层预埋件预埋、定位→楼层混凝土浇筑→安装工字钢→工字钢验收→立杆→纵、横向扫地杆→纵、横向水平杆→外竖向斜杆及水平斜杆→安挂扣式钢脚手板、楼梯→安装防护栏杆→安装阻燃密目防护网→上层斜拉杆预埋件预埋→连墙件预埋、安装→上层混凝土浇筑→拉设斜拉杆

3.5 施工方法及操作要求

(1) 悬挑梁定位、钻孔

放线: 根据设计院提供的“建筑图”和“结构图”结合《建筑施工脚手架安全技术统一标准》和《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》的有关规范, 设计绘制出专项“悬挑梁平面布置图及节点大样图”进行放线。

(2) 钻孔、安装预埋件

内、外侧模板组装好及钢筋布设好, 浇筑混凝土前, 进行预埋, 根据放线位置依次对外模板进行钻孔。每根悬挑梁, 在外侧模板上开 $\Phi 12.5 \text{ mm}$ 的圆孔, 作为预埋件孔洞。

安装双头螺杆: 混凝土强度达到 5 MPa 或相要求的强度后, 开始安装双头螺杆。扭出安装螺杆, 外侧模板拆除后, 露出预埋件, 安装 $S8.8$ 级、 $M20 \times 230 \text{ mm}$ 长的高强“双头螺杆”。

(3) 悬挑梁安装:

混凝土强度达到 8 MPa 或要求的强度后, 开始安装型钢梁。

根据工字钢布置图, 将不同长度的工字钢分批吊运至板面, 人工安装。安装型钢梁之前, 先在型钢梁底部位置的脚手架立管上, 临时搭设间距约 0.9 m 的两根纵向水平杆, 将型钢梁预先放置在两根纵向水平杆上。

为保证梁侧预埋悬挑脚手架使用过程中不因型钢梁外端垂直位移较大引起上部脚手架架体向外倾斜而失稳, 一般要求焊接型钢梁内端连接钢板时, 必须保证型钢梁外端顶面比内端顶面高出 $10 \sim 20 \text{ mm}$, 从而可抵消一部分因悬挑钢管脚手架使用后型钢梁外端顶面向下的垂直位移。

对于转角处工字钢设计为扁担梁结构, 如下图所示, 中部横放的工字钢与两侧工字钢根据转角处细部尺寸图, 现场U型卡环抱箍连接。具体转角处工字钢布置详见后附图。

(4) 脚手架搭设:

混凝土强度达到 12 MPa 或相要求的强度后, 开始搭设脚手架。

外架搭设过程严禁在悬挑梁或钢管架体上堆放重型材料。严禁在此过程中吊放塔吊上的任何材料。

在不具备连接“斜拉杆”条件时, 脚手架可搭设高度不应超过一个结构层高加 1.5 m 安全防护的总高度(本项目为 4.5 m), 当悬挑层上层的混凝土强度达到要求后, 应尽快将上拉杆组装好, 并及时将“斜拉杆”调节至受力状态后, 方可再往上搭设脚手架。

4 质量验收及注意事项

悬挑脚手架应在下列阶段进行检查验收:

悬挑承力架安装完成后, 脚手架搭设前; 作业层上施加荷载前; 每搭设 10 m 左右高度后; 达到设计高度后; 遇有六级及以上大风和大雨后; 使用超过一个月。

悬挑脚手架在使用过程中, 应加强日常巡查和定期检查, 主要检查下列项目: 悬挑承力架与主体结构连接的锚环、预埋螺栓是否有松动, 钢丝绳是否有松弛, 各节点连接螺栓是否有松动, 构(杆)件及节点是否有变形、锈蚀; 脚手架架体构造、连墙件是否符合要求, 扣件螺栓是否有松动; 脚手板是否有腐朽、损坏和绑扎松动; 安全防护措施是否符合要求; 是否有超载和扩大使用范围。

4.1 验收要点

原材进场必须验收合格后方可使用。对外加工的悬挑挑梁、拉接杆、工字钢、槽钢等钢材均应有采购质量证明书、焊接检测报告、自检合格证明等资料。斜拉杆及封闭式花篮螺杆套筒是悬挑架体的主要受力杆件, 封闭式花篮螺杆套筒要有合格证、检验报告, 反复使用的花篮螺杆套筒做抗拉试验, 合格后方可投入使用。对工字钢尺寸进行抽查, 重点检查工字钢表面的锈蚀、刻痕缺陷, 允许偏差应满足该规格型钢的技术标准。单根工字钢梁应采用完整的工字钢段, 不得用焊缝、螺栓等拼接。

表1 材料规格和允许误差

序号	检查项目	材质	规格	抽检数量	允许的合格数
1	16#工字钢	Q235a	160mm*88mm*6mm	10%	$\leq 10\%$
2	车丝圆钢	Q235a	$\Phi 18 \text{ mm}$	10%	$\leq 10\%$
3	工字钢根部锚板	Q235a	200mm*210mm*10mm	10%	$\leq 10\%$
4	钢管	Q235a	外径 $\Phi 48 \text{ mm}$	10%	$\leq 10\%$
5	高强螺杆	8.8级	$\Phi 20 \text{ mm} \times 225$	10%	$\leq 10\%$

5 常见问题

最外侧的梁上下有线条, 截面高度不足, 原定位加

固的丝杆长度不足的问题

13#楼最外侧的梁的截面尺寸大部分为200mm*500mm,且梁顶和梁底都有外挑长100mm,宽100mm的线条。梁外侧的线条内的净截面高度只有300mm,而花篮螺栓悬挑外架端板的尺寸为215mm*280mm,前期由于模板涨模,导致梁端不平整,净高度不足280mm,导致工字钢无法安装。后期严格控制梁端的模板加固,平整度,将外凸线条内侧的梁截面放大10mm,保证了后期工字钢的顺利安装。

预埋螺母套筒定位安装完成后,需用丝杆拧紧固定,本项目由于梁端有外挑的线条,加固的模板端部与外挑的线条是平齐的,导致常规的丝杆长度不足,无法固定预埋螺母,后面找厂家发送的回升的固定丝杆,才解决了预埋螺母套筒无法固定加固的问题。

拉杆与外架钢管碰撞,由于前期图纸深化深度不足,导致部分拉杆与外架的钢管碰撞。后面通过深化图纸,细化外架钢管的定位,解决了此类问题。

拆除的问题,花篮螺栓悬挑外架应从上往下顺序拆除,在第一挑花篮螺栓悬挑工字钢拆除时,应搭设专用的拆除平台,不得站在工字上进行拆除作业。

6 应用对比分析

常规工字钢悬挑,在混凝土浇筑完成达到可上人条件后,即可开始工字钢的搭设作业,工字钢的安装一般需要一天。花篮螺栓悬挑外架需混凝土强度达到8MPa以后方可开始安装新型悬挑工字钢,13#楼三层混凝土从浇筑完成,到达到8MPa经过三天。根据DB42/T2133-2023《建筑施工侧埋式悬挑脚手架技术规程》“8.2.2 第一阶段为悬挑梁安装完成,斜拉尚未安装时,上部架体搭设高度不应超过一个结构层高加1.5m安全防护的总高度,且此时悬挑梁下部的临时支撑措施不应提前拆除;第二阶段需在悬挑承力架体系安装调整完成后,方可完成整个上部架体的搭设。”13#楼四层混凝土浇筑完成后到混凝土强度达到20MPa(混凝土强度达到可安装斜拉杆的条件),共经过6天。在外架未搭设时,仅能绑扎内墙的钢筋和内侧的模板支撑体系。

工期对比,采用花篮螺栓悬挑外架,在悬挑层及以上两层施工的时间为16天,类似楼栋采用普通的工字钢悬挑外架施工的,悬挑层及以上两层的施工时间是11天通过总结分析,一层花篮螺栓影响主栓结构施工工期为5天。13#楼共23层,共设置四挑,因采用花篮螺栓悬挑外架共影响工期20天。

造价对比,传统工字钢悬挑架,由工字钢、钢丝

绳、预埋环、绳卡组成,每套的价格约为584元,仅有工字钢可以周转。“花篮拉杆”悬挑架由工字钢、拉杆、预埋套管、高强螺栓组成,每套的价格约为450元,周转率能达到95%左右。“花篮拉杆”悬挑架比传统工字钢悬挑架材料周转率高,成本低,每平方米降低约4元/m²。本项目13#楼使用花篮螺栓外架后,共节省费用3.96万元。

7 总结

花篮螺栓悬挑外架在住宅工程质量常见问题外墙渗漏防治方面有着明显的优势,在工程造价上较常规的工字钢悬挑外架可降低4元/m²,工期方面,由于花篮螺栓悬挑外架工字钢、斜拉杆都是在结构混凝土上固定,混凝土强度达到8MPa可以安装工字钢,上层混凝土强度达到20MPa方可安装斜拉杆,混凝土强度受温度影响,本项目13#楼主体施工时间为5月到8月,日平均气温在20℃左右,经测算较常规的工字钢悬挑外架,每挑悬挑影响工期5天。

技术方面,湖北省地方标准DB42/T2133-2023《建筑施工侧埋式悬挑脚手架技术规程》已于2024年3月29日发布实施,在方案编制和现场施工中均有据可使用。根据湖北省住房和城乡建设厅《关于进一步加强住宅工程质量常见问题治理的通知》,“现浇混凝土主体结构施工周期不得低于规范标准要求,每层楼施工间隔不宜少于7天,严禁少于5天”,花篮螺栓悬挑外架在住宅工程质量常见问题防治,造价方面均有优势,在本项目13#楼施工过程中得到了很好的验证,值得在各类高层建筑施工中大力推广使用。

参考文献

- [1]刘志鹏,杨耀辉,邹异琳.花篮螺栓式脚手架施工管理[J].建筑技术开发,2022,49(10):73-75. DOI:10.3969/j.issn.1001-523X.2022.10.025.
- [2]布和.花篮螺栓斜拉式悬挑脚手架安全风险管控措施应用与分析[J].劳动保护,2024(7):106-109. DOI:10.3969/j.issn.1000-4335.2024.07.046.
- [3]黄文杰.花篮螺栓斜拉式悬挑脚手架的设计与施工[J].江苏建材,2022(4):85-87. DOI:10.3969/j.issn.1004-5538.2022.04.032.
- [4]刘明.对于新型花篮螺栓式悬挑架施工技术应用的相关思考[J].中国房地产业,2020(13):172-173.
- [5]杨晓峰.建筑施工花篮螺栓上拉杆式悬挑脚手架的安全管理探析[J].现代物业,2021(10):70. DOI:10.3969/j.issn.1671-8089.2021.10.069.
- [6]杨彬祥.浅谈新型花篮螺栓式悬挑架施工技术的应用[J].城市周刊,2021(37):89.