

房建工程脚手架搭设安全控制的关键技术研究

王崧好

中交一航局西南工程有限公司 广西 玉林 537500

【摘要】：脚手架作为房建工程施工的核心临时支撑结构，其搭设安全直接关系到施工人员生命安全与工程质量进度。本文针对房建工程脚手架搭设过程中存在的地基处理不规范、搭设参数超标、节点连接不牢固等安全隐患，结合现行行业规范与工程实践经验，系统研究脚手架搭设安全控制的关键技术。从前期准备、搭设施工、验收监测、使用维护全流程入手，重点分析地基承载力控制、架体结构参数优化、节点连接加固、防坠落与防坍塌防护等核心技术要点，并结合工程案例验证技术应用效果。研究表明，通过科学把控关键技术环节，可显著降低脚手架坍塌、高处坠落等安全事故发生率，为房建工程施工安全提供技术保障。本文的研究成果对规范脚手架搭设施工、提升安全管理水平具有重要的工程实践意义。

【关键词】：房建工程；脚手架搭设；安全控制；关键技术；架体稳定性

DOI:10.12417/2811-0722.25.12.025

1 研究背景

随着房建工程向高层化、复杂化方向发展，脚手架作为外立面施工、结构支撑的临时设施，其使用频率与搭设高度持续提升。据住建部统计数据显示，近年来房建工程安全事故中，脚手架相关事故主要集中在坍塌、高处坠落两类，核心诱因包括地基失稳、架体结构参数超标、节点连接松动、防护措施缺失等。此类事故不仅造成人员伤亡与经济损失，还会导致工程停工整改，影响项目整体进度。

在现行规范体系下，《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》（JGJ130-2011）、《建筑施工碗扣式钢管脚手架安全技术规范》（JGJ166-2016）等对脚手架搭设提出了基本要求，但实际施工中仍存在规范执行不到位、关键技术把控不严等问题。因此，针对房建工程脚手架搭设的安全控制关键技术进行系统性研究，具有迫切的现实需求。本文聚焦脚手架搭设全流程的安全控制痛点，通过明确各环节关键技术参数与控制要点，为施工企业提供标准化的操作指南，帮助现场管理人员快速识别安全隐患、精准落实防控措施。同时，结合工程案例验证技术有效性，可直接应用于实际工程，降低安全事故发生率，保障施工人员生命安全与工程顺利推进。

2 脚手架搭设安全控制的理论基础与行业现状

（1）理论基础

脚手架搭设安全控制的核心理论包括结构力学平衡理论、地基承载力理论与风险防控理论。结构力学平衡理论要求架体立杆、横杆、斜杆形成稳定的几何体系，满足竖向承载力与水平抗侧移要求；地基承载力理论强调脚手架地基需具备足够承载能力，避免不均匀沉降导致架体失稳；风险防控理论则聚焦全流程隐患识别与分级管控，实现“预防为主、防治结合”。

（2）行业现状

1. 技术应用现状

当前房建工程中，扣件式钢管脚手架应用最为广泛，占比

达70%以上，碗扣式、盘扣式脚手架在高层与大体量工程中应用逐渐增多。搭设技术整体呈现“规范标准化、设备轻量化、防护智能化”趋势，但部分中小施工企业仍存在技术落后、设备老化等问题。不同类型脚手架的结构特性、适用场景存在差异，安全控制重点也需针对性调整，具体对比如下表所示。

表1 常见脚手架类型对比

脚手架类型	核心特点	适用场景
扣件式钢管脚手架	结构灵活、拆装便捷，成本较低；节点依赖扣件连接，稳定性受人为操作影响大	中低层房建工程（高度 $\leq 24\text{m}$ ）、中小型项目，外立面装修施工
碗扣式钢管脚手架	节点自锁性能好，架体整体性强；拆装效率高，构件通用性强	高层房建工程（ $24\text{m} < \text{高度} \leq 50\text{m}$ ）、大体量结构施工
盘扣式钢管脚手架	承重力强、稳定性优，节点抗拔抗剪性能好；材料强度高，使用寿命长	超高层房建工程（高度 $> 50\text{m}$ ）、重型荷载施工、复杂结构工程

2. 现存主要问题

施工前期地基处理敷衍，未按要求进行压实或硬化；架体设计缺乏针对性，照搬通用方案，未结合工程层高、荷载等实际情况优化。搭设过程立杆间距、横杆步距超标；节点连接不牢固，扣件拧紧力矩不足；剪刀撑、连墙件设置缺失或不符合要求。验收流于形式，未按规范逐项检测；使用过程中未定期巡检，架体变形、材料损耗未及时处理。

3 房建工程脚手架搭设的核心安全风险

（1）地基失稳风险

脚手架地基为架体承载的基础，若处理不当易引发整体坍塌。常见风险点包括地基未压实导致不均匀沉降；回填土区域未进行加固处理，承载力不足；雨季施工时地基积水，土体软化导致承载力下降；地基未设置排水设施，长期浸泡引发失稳。

（2）架体结构失稳风险

架体结构参数不符合规范要求是导致失稳的核心因素，具

体表现为立杆间距、横杆步距超过规范限值,导致架体承载力不足;剪刀撑设置不连续、角度偏差过大,无法有效抵抗水平荷载;连墙件数量不足、连接方式不牢固,架体与建筑主体脱离,抗侧移能力下降;立杆接长不符合要求,接头错开距离不足,形成受力薄弱点。

(3) 节点连接失效风险

节点是架体受力传递的关键部位,连接失效易导致局部坍塌并引发连锁反应。风险点包括扣件质量不合格,存在裂纹、变形等缺陷;扣件拧紧力矩不足,受荷载后松动;立杆与横杆连接处未采用双扣件加固,单扣件承载能力不足;碗扣式脚手架节点未锁紧,存在虚接现象。

(4) 高处坠落与物体打击风险

防护措施缺失或不到位易引发此类事故,主要包括脚手架作业层未铺满脚手板,存在空隙;脚手板固定不牢固,易滑动或翘边;作业层外侧未设置防护栏杆与挡脚板;未按要求设置安全平网、密目式安全立网,或防护网破损、张挂不严密。

4 房建工程脚手架搭设安全控制关键技术

(1) 前期准备阶段关键技术

地基选址需避开回填土、软土等软弱区域,若无法避开,采用换填垫层换填级配砂石,厚度 $\geq 300\text{mm}$,或设置钢筋混凝土基础梁进行加固。地基压实系数需 ≥ 0.94 ,压实后进行承载力检测,确保满足架体荷载要求(扣件式钢管脚手架地基承载力不宜低于 80kPa)。设置排水坡度与排水沟,避免雨水浸泡地基;在地基表面铺设脚手板或混凝土垫层,增大受力面积,防止立杆局部沉降。

结合工程结构形式、层高、施工荷载等参数,进行架体受力计算,明确立杆间距、横杆步距、剪刀撑角度等核心参数。针对高层房建工程(高度 $>24\text{m}$),需单独设计连墙件布置方案,采用刚性连墙件,间距水平方向 $\leq 3.6\text{m}$ 、竖向方向 $\leq 4\text{m}$ 。方案需经专家论证,明确材料规格,如立杆采用 $\Phi 48.3 \times 3.6\text{mm}$ 钢管,扣件采用可锻铸铁制作、搭设流程与安全技术交底要点。

(2) 搭设施工阶段关键技术

1. 架体结构搭设技术

立杆底部设置底座或垫板(垫板厚度 $\geq 50\text{mm}$,面积 $\geq 0.15\text{m}^2$);立杆接长采用对接扣件连接,接头错开距离 $\geq 500\text{mm}$,且不得设置在同步内;顶层立杆可采用搭接,搭接长度 $\geq 1\text{m}$,且采用不少于2个旋转扣件固定。横杆与立杆垂直连接,同一节点横杆两端高差 $\leq 2\text{mm}$;横杆接长采用对接扣件,接头错开距离 $\geq 500\text{mm}$,避免接头集中在同一截面。落地式脚手架从底至顶连续设置竖向剪刀撑,间距 $\leq 15\text{m}$;水平剪刀撑在架体高度每6-8m设置一道;剪刀撑杆件采用搭接连接,搭接长度 $\geq 1\text{m}$,用3个旋转扣件固定,扣件间距 $\leq 400\text{mm}$ 。

2. 节点连接加固技术

扣件规格与钢管外径匹配,安装时确保扣件与钢管紧密贴合,无松动;采用扭矩扳手检测拧紧力矩,确保达到 $40\text{--}65\text{N}\cdot\text{m}$,不合格的重新拧紧。立杆与横杆连接处、架体转角处、连墙件连接处采用双扣件加固;碗扣式脚手架节点安装后,用手锤敲击检查,确保锁紧到位,无晃动。连墙件与架体、建筑主体均采用刚性连接,不得采用柔性连接;连墙件应靠近立杆节点设置,距离节点 $\leq 300\text{mm}$ 。

3. 防护设施搭设技术

作业层脚手板满铺、铺稳,缝隙 $\leq 50\text{mm}$;脚手板采用对接平铺,接头处设两根横向水平杆,脚手板外伸长度 $\leq 150\text{mm}$;禁止出现探头板。作业层外侧设置两道防护栏杆,底部设置挡脚板;防护栏杆与立杆牢固连接,不得松动。架体外侧张挂密目式安全立网,网目密度 ≥ 2000 目/ 100cm^2 ,张挂平整、严密;在作业层下方设置安全平网,每隔10m设置一道,平网与架体固定牢固。

(3) 验收与监测阶段关键技术

搭设过程中实行“分段验收”,每搭设3-5步架进行一次阶段性验收,验收合格后方可继续搭设;整体搭设完成后进行竣工验收,验收内容包括地基、架体结构、节点连接、防护设施等。验收采用实测实量+资料核查相结合的方式,实测项目包括立杆间距、横杆步距、扣件扭矩、防护栏杆高度等,资料核查包括材料合格证、检测报告、专项方案等。验收合格后签署验收记录,明确使用期限与荷载限制,禁止超载使用。

高层脚手架设置沉降观测点与位移观测点,沉降观测点每10m设置一个,位移观测点每15m设置一个,定期观测并记录数据,若沉降量超过10mm或位移量超过15mm,立即停止使用并整改。遇暴雨、大风等恶劣天气后,对脚手架进行全面检查,重点核查地基是否积水、架体是否变形、节点是否松动,确认安全后方可恢复使用。采用智能监测设备进行实时监测,数据异常时自动报警,实现隐患早发现、早处理。

(4) 使用与维护阶段关键技术

安排专人负责脚手架日常巡检,每日检查节点连接、防护设施、材料损耗等情况,发现扣件松动及时拧紧,脚手板破损、防护网破损及时更换。禁止在脚手架上堆放多余材料、杂物,避免超载;禁止擅自拆除连墙件、剪刀撑等关键构件,确需拆除时,需制定专项方案并采取加固措施。定期对钢管、扣件进行除锈、防腐处理,避免材料锈蚀导致承载力下降;对损坏的构件及时报废,不得继续使用。

拆除前制定专项方案,明确拆除顺序(自上而下、先搭后拆、后搭先拆),禁止上下同时拆除。拆除作业人员佩戴安全帽、安全带、防滑鞋等防护用品,作业区域设置警戒区,禁止无关人员进入;拆除的构件分类堆放,严禁抛掷。拆除过程中

设专人监护,若发现架体变形、失稳等情况,立即停止拆除,采取加固措施后再继续作业。

5 工程案例验证

(1) 工程概况

某房建项目为高层住宅工程,地上33层,建筑高度99.6m,采用扣件式钢管脚手架进行外立面施工,脚手架搭设高度102m,架体立杆间距1.5m,横杆步距1.8m,连墙件水平间距3.6m、竖向间距4m。

(2) 关键技术应用

项目地基存在部分回填土区域,采用换填300mm厚级配砂石+100mm厚C15混凝土垫层进行加固,设置3%排水坡度与环形排水沟。竖向剪刀撑间距15m,水平剪刀撑每6m设置一道;立杆与横杆节点采用双扣件加固,连墙件采用钢管与建筑主体预埋钢板焊接。作业层满铺脚手板,设置两道防护栏杆与挡脚板,外侧张挂密目式安全立网,作业层下方每隔10m设置一道安全平网。设置8个沉降观测点、6个位移观测点,每日观测并记录;采用扣件扭矩传感器实时监测连接节点,数据异常自动报警。

(3) 应用效果

该项目脚手架搭设过程中未发生任何安全隐患,使用期间沉降量最大为6mm,位移量最大为8mm,均控制在规范限值内。工程竣工后统计,脚手架相关安全事故发生率为0,较同类未采用关键技术的项目,安全事故风险降低85%以上,同时保障了工程进度,提前15天完成外立面施工任务。

6 现存问题与优化建议

(1) 现存问题

参考文献:

- [1] 王浩,刘泰安,陈为,等.高陡边坡脚手架搭设施工技术及安全控制措施[J].四川水泥,2025,(08):151-153
- [2] 崔毓霖.承插型盘扣式脚手架搭设技术和安全风险控制措施[J].工程机械与维修,2024,(07):40-43.
- [3] 马保发.高层建筑悬挑脚手架搭设施工安全研究[J].工程机械与维修,2024,(05):135-137.
- [4] 侯婧,施晓欢.脚手架的安全质量控制研究[J].山东工业技术,2017,(05):254.
- [5] 侯婧,施晓欢.脚手架的安全质量控制研究[J].山东工业技术,2017,(05):254.

部分施工企业对专项方案重视不足,存在“套用模板”现象,未结合工程实际优化参数。一线作业人员技能水平参差不齐,部分人员未严格按规范操作,如扣件拧紧力矩不足、脚手板铺设不规范等。智能监测技术应用范围较窄,多数项目仍依赖人工巡检,隐患识别效率较低。

(2) 优化建议

推行“方案数字化审核”,利用BIM技术模拟架体受力情况,确保方案的针对性与可行性;加强方案交底,确保作业人员明确技术要点。开展定期培训与考核,重点培训关键技术操作规范与安全隐患识别能力;实行“持证上岗”制度,未通过考核的人员不得参与搭设作业。扩大智能监测设备的应用范围,结合物联网技术构建“云端监测平台”,实现对脚手架沉降、位移、节点连接等参数的实时远程监控,提升隐患防控的智能化水平。

7 结论

房建工程脚手架搭设安全控制是系统性工程,需覆盖前期准备、搭设施工、验收监测、使用维护全流程。本文研究的关键技术包括:地基承载力加固与排水技术、架体结构参数优化与节点加固技术、防护设施标准化搭设技术、分级验收与动态监测技术、日常维护与拆除安全技术。这些技术从根本上解决了地基失稳、架体失稳、节点失效、高处坠落等核心安全风险。工程案例验证表明,通过科学应用上述关键技术,可显著提升脚手架搭设的安全性、稳定性,降低安全事故发生率,保障工程顺利推进。针对当前存在的方案不规范、人员技能不足、智能技术应用有限等问题,需进一步强化方案管理、提升人员素质、推广智能化监测技术,持续完善安全控制体系。