

# 智能化附着式升降脚手架的研发与应用前景

袁博峰 马 勇

天津中贺科技发展有限公司 天津 300000

**摘要:** 智能化附着式升降脚手架融合物联网等技术,具附着可靠、智能联动等优势,破解传统高空作业痛点。其研发源于建筑行业提质增效等需求,涵盖多维度监测、高精度控制等核心技术。该脚手架应用前景广阔,适配多元场景,但推广面临成本、认知等制约。通过强化市场培育、优化成本等策略,有望加速其规模化应用,推动建筑行业智能化、绿色化转型。

**关键词:** 智能化;附着式升降脚手架;研发;应用前景

引言:在建筑行业智能化、绿色化转型浪潮下,传统附着式升降脚手架因依赖人工监测、效率低、安全隐患大等问题,难以满足高层建筑施工需求。智能化附着式升降脚手架应运而生,它融合物联网、人工智能等技术,具备自动化、精准化等优势。本文将深入剖析其核心基础与研发需求、关键核心技术,探讨应用前景与推广策略,为该装备的研发与应用提供参考。

## 1 智能化附着式升降脚手架核心基础与研发需求

### 1.1 核心概念界定与技术特征

智能化附着式升降脚手架是依托传统附着式升降脚手架,融合物联网、人工智能、自动控制等技术形成的新型高空作业装备,核心是通过智能感知与调控实现脚手架升降、防护、运维的自动化与精准化。其技术特征显著区别于传统设备,兼具安全性、高效性与智能化优势:一是附着可靠性,通过多点位附着结构与建筑主体紧密衔接,配合智能检测模块实时监控附着状态,规避脱落风险;二是智能联动性,搭载多维度传感器与控制系统,实现升降过程的同步调控、异常自动停机;三是数据可视化,依托终端系统采集运行参数、环境数据,为运维决策提供数据支撑;四是适配性广泛,可根据不同建筑结构、层高需求灵活调整参数,适配高层住宅、商业综合体等多元场景<sup>[1]</sup>。相较于传统脚手架,其大幅降低人工干预,破解高空作业效率低、安全隐患大等痛点,是建筑工业化与智能化发展的重要载体。

### 1.2 研发核心需求分析

智能化附着式升降脚手架的研发需求源于建筑行业提质增效、安全生产的核心诉求,同时契合智能化转型的行业趋势,主要体现在三大维度。安全层面,需破解传统设备依赖人工监测、隐患排查不及时难题,研发高精度感知与预警系统,实现对附着点受力、脚手架倾斜、风速等关键指标的实时监测,确保异常情况快速

响应、自动处置,满足高层建筑高空作业的严苛安全标准。效率层面,针对传统脚手架升降周期长、人工成本高的问题,需优化自动控制技术,实现升降过程的精准调速、同步联动,缩短作业周期,适配建筑施工进度需求,同时降低人力投入。适配与兼容层面,需应对不同建筑结构、施工环境的差异化需求,研发模块化、可拓展的核心部件,实现设备与各类建筑形态、施工工艺的兼容,同时保障与建筑智能化管理系统的数据互通。

## 2 智能化附着式升降脚手架核心技术研发

### 2.1 研发总体框架构建

智能化附着式升降脚手架研发总体框架以“感知-控制-防护-管理”全流程协同为核心,构建“硬件支撑+软件赋能+原型验证”的三层架构体系,确保技术研发的系统性与可行性。底层为硬件支撑层,涵盖多维度传感器、高精度执行机构、附着结构部件等核心硬件,负责数据采集、指令执行与设备承载,是智能化功能实现的基础,需重点保障硬件的稳定性、抗干扰性与适配性。中间层为软件赋能层,包含智能控制算法、数据处理系统、数字化管理平台三大核心模块,通过算法优化实现升降过程的精准调控,依托数据处理技术筛选分析监测数据,借助管理平台实现设备运行的远程监控、参数设置与故障诊断。顶层为原型验证与优化层,通过搭建原型机开展模拟测试与现场试验,验证技术方案的可行性,针对不同施工场景的测试反馈优化硬件结构与软件算法,形成“研发-测试-迭代”的闭环机制。框架需兼顾技术兼容性与标准化,预留接口便于后续功能拓展,同步制定核心技术标准,确保研发成果符合行业规范,为规模化应用奠定基础。

### 2.2 关键核心技术研发

#### 2.2.1 多维度智能监测技术

多维度智能监测技术是保障脚手架安全运行的核

心, 聚焦关键监测指标与精准采集需求, 构建全方位监测体系。该技术整合多种高精度传感器, 实现对力学、环境、位置三类核心指标的实时监测: 力学监测方面, 通过应变传感器、压力传感器监测附着点受力、脚手架主体承重及升降机构负载, 精准捕捉受力异常波动, 阈值设定可根据建筑规格动态调整; 环境监测方面, 搭载风速传感器、温湿度传感器, 针对高空作业环境特点, 实时采集风速、环境温度等数据, 规避恶劣天气引发的安全风险; 位置监测方面, 采用激光定位、倾角传感器, 监测脚手架升降高度、水平偏移与倾斜角度, 确保升降过程精准对位<sup>[2]</sup>。研发抗干扰数据传输技术, 解决高空复杂环境下数据传输延迟、丢失问题, 通过边缘计算技术对采集数据进行初步处理, 筛选有效信息上传至终端平台, 实现监测数据的实时更新与异常精准识别, 为后续控制与预警提供数据支撑。

### 2.2.2 高精度自动控制技术

高精度自动控制技术聚焦脚手架升降过程的精准调控, 依托智能算法与执行机构协同, 实现自动化、标准化运行。核心在于研发自适应升降控制算法, 结合多维度监测数据, 实时调整升降速度与同步精度, 规避因荷载不均、结构差异导致的倾斜、卡顿问题, 确保脚手架平稳升降。同时搭载高精度执行机构, 包括变频驱动电机、电磁制动装置等, 提升指令响应速度与控制精度, 实现升降过程的无级调速与紧急制动功能, 制动响应时间控制在毫秒级, 保障突发情况下的设备安全。另外, 构建手动与自动双控模式, 自动模式下可预设升降参数, 实现全程无人干预; 手动模式用于特殊场景的精准调控, 双模式无缝切换提升操作灵活性。通过算法优化与硬件升级, 将升降同步误差控制在合理范围, 大幅提升作业效率, 降低人工操作的不确定性风险。

### 2.2.3 智能安全防护与预警技术

智能安全防护与预警技术围绕“事前预警、事中防护、事后处置”构建全链条安全保障体系, 最大化降低作业风险。预警层面, 基于多维度监测数据, 设定分级预警阈值, 通过智能分析模型识别潜在风险, 针对不同风险等级(一般、较重、严重)发出声光报警、终端推送等预警信号, 同时联动控制模块启动预处置措施, 如风速超标时自动停止升降、受力异常时限制负载。防护层面, 研发智能防护部件, 包括自动伸缩防护栏、防坠锁止装置、智能安全门等, 脚手架升降过程中防护栏自动展开, 作业时安全门实时监测开关状态, 未关闭时禁止设备运行; 防坠装置采用机械与电子双重防护, 一旦检测到坠落趋势, 立即启动锁止机制, 牢牢锁定导轨。事后处置层面, 系统自动

记录故障信息与处置过程, 生成故障分析报告, 为运维检修提供依据, 同时支持远程故障诊断, 缩短检修周期, 保障施工进度不受大幅影响。

### 2.2.4 数字化管理与联动技术

数字化管理与联动技术旨在实现脚手架全生命周期的智能化管控, 打通设备与施工管理系统的数据壁垒。核心是搭建云端数字化管理平台, 整合设备运行数据、监测数据、维护记录等信息, 实现远程监控、参数设置、数据统计与报表生成等功能, 管理人员可通过终端实时掌握设备状态, 实现精细化运维。研发数据联动接口, 实现与建筑施工总承包管理系统、智慧工地平台的数据互通, 将脚手架运行数据融入整体施工管理体系, 为施工进度规划、资源调配提供数据支撑。搭载物联网溯源模块, 对核心部件进行身份标识, 记录生产、安装、维护、报废全流程信息, 实现部件可追溯, 便于质量管控与责任界定。通过数字化管理与联动, 打破信息孤岛, 提升设备运维效率, 同时为施工安全管理提供数据化支撑, 推动高空作业管理从经验型向数据型转变。

## 2.3 原型机研发与性能优化

原型机研发与性能优化是技术落地的关键环节, 通过模拟测试与现场验证, 推动研发成果迭代升级, 形成符合实际应用需求的产品。原型机研发阶段, 基于总体框架与关键技术, 搭建全尺寸原型机, 整合核心硬件与软件模块, 确保各系统协同运行。重点验证结构稳定性、智能化功能可靠性与环境适应性, 在实验室模拟不同荷载、风速、建筑结构场景, 开展反复测试, 记录设备运行参数与故障情况<sup>[3]</sup>。性能优化阶段, 针对测试中发现的问题, 分维度升级优化: 硬件方面, 优化附着结构设计, 提升抗疲劳性能与适配性, 更换稳定性更强的传感器与执行机构, 降低恶劣环境下的故障发生率; 软件方面, 基于测试数据优化控制算法、预警模型, 提升系统响应速度与数据处理精度。开展现场试验, 在实际高层建筑施工场景中验证原型机性能, 收集施工人员反馈, 优化操作界面与功能设计, 提升使用便捷性。

## 3 智能化附着式升降脚手架应用前景与推广策略

### 3.1 应用前景分析

智能化附着式升降脚手架契合建筑行业智能化、绿色化转型趋势, 应用前景广阔, 可覆盖多元建筑场景并催生新的应用需求。在应用场景方面, 核心适配高层、超高层建筑施工, 如住宅、商业综合体、写字楼等, 其高效、安全的优势的可大幅降低高空作业风险, 提升施工效率; 同时, 可拓展至桥梁、高耸构筑物等特殊场景, 通过模块化适配满足差异化作业需求。从行业需求

来看,随着我国城镇化进程推进,高层住宅与商业建筑持续增长,加之国家对建筑施工安全、环保要求不断提高,传统脚手架难以满足合规需求,智能化产品替代空间巨大。在建筑工业化、智慧工地建设浪潮下,智能化附着式升降脚手架可与装配式施工、数字化管理系统深度融合,成为智慧工地的核心装备之一。从市场潜力来看,随着技术成熟与成本下降,产品将逐步向二三线城市及县域市场渗透,同时有望拓展至海外市场,尤其是沿线国家的建筑项目,应用前景持续向好。

### 3.2 推广制约因素分析

尽管智能化附着式升降脚手架应用前景良好,但当前推广过程中仍面临多重制约因素,影响规模化普及。一是成本制约,相较于传统脚手架,智能化产品研发投入大、核心部件成本高,导致售价偏高,中小建筑企业资金实力有限,采购意愿不足,难以承担前期投入成本。二是技术认知不足,部分施工企业对智能化产品的优势、操作流程、维护要点认知不深,仍依赖传统设备与作业模式,对新技术存在抵触心理,同时缺乏专业操作与维护人员,影响产品落地使用。三是标准体系不完善,目前行业内针对智能化附着式升降脚手架的技术标准、检测规范、运维标准尚未完全统一,不同企业产品规格不一,兼容性差,制约市场有序竞争与推广。四是政策支撑不足,缺乏针对性的补贴、扶持政策与强制推广要求,企业推广动力有限,加之部分地区监管力度不足,传统设备仍有生存空间,进一步阻碍智能化产品普及。

### 3.3 推广策略与保障措施

为推动智能化附着式升降脚手架规模化推广,需结合制约因素制定针对性策略,同时构建全方位保障体系。推广策略方面,强化市场培育,通过现场演示、案例分享、技术培训等方式,向施工企业普及产品优势与操作要点,培养专业操作与维护团队,破解认知壁垒;优化成本结构,通过技术迭代、规模化生产、核心部件

自主研发等方式降低制造成本,同时推出租赁模式,减轻企业采购压力,提升产品性价比。推动标准统一,联合行业协会、科研机构制定完善技术标准、检测规范与运维体系,规范市场秩序,提升产品兼容性与可靠性<sup>[4]</sup>。保障措施方面,一是政策层面,呼吁出台针对性扶持政策,如购置补贴、税收减免,同时将智能化产品纳入安全施工强制要求,倒逼企业转型升级;二是技术保障,建立售后技术服务体系,提供上门安装、调试、检修与远程技术支持,解决企业使用顾虑;三是合作推广,与大型建筑企业、总承包单位建立战略合作,打造标杆项目,以点带面扩大市场影响力,加速行业替代进程。

### 结束语

智能化附着式升降脚手架作为建筑行业的新型装备,凭借其显著优势,契合行业发展大势,应用前景光明。尽管当前推广面临成本、技术认知等制约,但通过强化市场培育、优化成本结构、推动标准统一等策略,以及政策、技术、合作等多方面保障,有望加速其规模化普及,为建筑施工安全与效率提升、建筑行业智能化转型注入强大动力。

### 参考文献

- [1]黄必成,郑少星,李宏伟,李开燕,刘思平.全钢附着式升降脚手架的深化设计与施工技术[J].建筑技术,2023,54(16):2024-2027.
- [2]张宏蔚.附着式升降脚手架在建筑工程中的应用——以西北师范大学北校区教师公寓项目为例[J].房地产世界,2023,(10):131-133.
- [3]周绪波,聂明珠,宁潘.附着式升降脚手架在超高层复杂结构中的应用[J].建筑机械化,2025,46(08):41-44.
- [4]曾淑琴.基于VB、ANSYS和Word的附着式升降脚手架的计算平台开发[J].机械工程师,2025,(08):148-152+156.