

盘扣式脚手架安全管理的技术应用与标准化体系构建

杨乐

广东 佛山 528000

DOI:10.61369/UAID.2026030061

摘 要： 盘扣式脚手架是一种新型的承插式钢管脚手架，它依靠盘扣节点作为核心部件，有着不错的承载能力，建立工作也很高效。它的安全管理覆盖整个使用周期，现在存在材料检查不足、操作不符合规定、管理环节有疏漏等情况。拥有自感知特征的监测类技术、通过建筑信息模型的建造技术等可以实现对项目全周期的动态风险管控，包括从前期策划到后期运维的全流程标准化系统需包含设计、安装等核心环节，这两类技术与系统的协同运作可增加安全管理的实施效率与结果精准度，帮助该领域逐步走向规范化发展路径。

关 键 词： 盘扣式脚手架；安全管理；技术与标准化协同

Technical Application and Standardized System Construction for Safety Management of Plate-Fastened Scaffolding

Yang Le

Foshan, Guangdong 528000

Abstract： The plate-lock scaffold is a new type of socket-and-spigot steel pipe scaffold, which relies on plate-lock nodes as its core components. It has good load-bearing capacity and is efficient in setup. Its safety management covers the entire usage cycle. Currently, there are issues such as insufficient material inspection, non-compliant operations, and omissions in management processes. Monitoring technologies with self-sensing features and construction technologies through building information modeling can achieve dynamic risk control throughout the entire project lifecycle, including a standardized system from early planning to later operation and maintenance, which needs to include core aspects such as design and installation. The collaborative operation of these two types of technologies and systems can increase the implementation efficiency and accuracy of safety management, helping the field gradually move towards a standardized development path.

Keywords： buckle-type scaffolding; safety management; technology and standardization coordination

引言

在建筑作业中，盘扣式脚手架是效率颇高且承载力不错的支撑装置，它的安全管控与工程品质、作业人员的安全有着直接关联。随着行业对施工效率的要求不断提高，这类脚手架的使用频率越来越高，可节点松动、荷载超标之类的隐患，仍然制约着它安全性能的充分发挥。2021年颁布的《建筑施工承插型盘扣式钢管脚手架安全技术标准》（JGJ/T 231-2021）为安全管理提供重要参照根据，但在具体作业过程中还存有材料抽检不到位、技术方法运用不全面等问题，让标准执行的实际效果受到不小的影响。本篇文章以盘扣式脚手架安全管控的现存情况、智能监测与BIM技术的运用、标准化系统的建立、技术和标准的协同机制为研究核心，研究的目标是为该行业提高安全管控的水平提供理论支撑与实操方法。

一、盘扣式脚手架安全管理概述

（一）盘扣式脚手架的基本原理与安全管理内涵

盘扣式脚手架作为一种新兴的承插式钢管脚手架，以盘扣节点作为核心结构属性，通过立杆上的圆盘和水平杆、斜杆的插销完成扣合，形成几何形态稳定的桁架结构，拥有承载能力出众、建立效率高、整体稳定性优良等优势，其工作原理是通过多向受

力的节点连接方案，实现荷载在立杆、水平杆和斜杆之间的均匀传导，适配不同建筑施工场景的支撑需求^[1]。安全管理的内涵，是围绕结构安全、施工安全、使用安全来推进的，核心管理要素包括节点连接的可靠性把控、立杆垂直度的管控、荷载限值的管理和搭设拆除流程的规范等内容。它的定义包含从材料选型、搭设施工直至使用维护的全生命周期的安全管控工作。在功能方面，既要保证脚手架本身构造的稳固，又要给施工现场的人员提

供稳妥的作业台面。安全隐患的特点主要反映为节点松脱带来的结构不牢靠、负荷超过阈值诱发的垮塌、组装拆卸环节中的高空坠落等，得通过系统化的管理完成风险提前把控，为之后的技术应用和标准化框架建立打下基础。

（二）当前安全管理现状与主要问题

如今建筑行业对高效施工任务的要求不断提高，盘扣式脚手架因为承重能力强、组装和拆解便捷等优势得到普遍使用，但是安全管控方面仍然存在较为突出的漏洞。参考国内外近年来的意外案例，支架坍塌、杆件晃动这类情况频繁出现，其原因能追到多个环节存在的危险：施工材料入场时，相关人员未按规定核验壁厚误差、锈蚀问题等核心参数，造成建立结构的承载能力不足；在脚手架建立阶段，存在立杆竖直度远超许可范围、水平杆间距违规拉大等不合规的作业问题；部分项目未按照指定流程完成承载计算，随意抬高施工层数或堆砌物料，超出支架预设的最大承压值。管控方面的缺陷也十分突出，施工方的安全培训执行不到位，一线作业人员对盘扣节点的锁紧要求、临边防护的防护准则等内容认识模糊，现场巡查的监督工作流于形式，没法及时发现且整改各类安全隐患。技术不足与规范缺失形成主要阻碍，现有要求对复杂场景中的结构构件设计、检查流程的设置不够周全，不同地段的实施要求存在区别，缺少统一的智能化管控方法，很难实现全流程的动态风险管控^[2]。这些难题相互缠绕，严重阻碍盘扣式脚手架安全特征的发挥，急切需要全面补充管理系统。

二、技术应用在安全管理中的作用与实施

（一）核心安全技术的类型与应用方式

智能监测系统通过在盘扣式脚手架的主要部位布设感知设备，时时采集负荷、倾斜程度、晃动情况等内容，内容经边缘运算设备初步梳理后传输到云端平台，治理人员可以经由可视化页面动态掌控构造状态^[3]。自动报警装置把预先设定好的数值和 AI 算法结合到一起，要是监测得来的数据超过安全范围，这个系统就会利用闪光和发声信号、手机端推送这类方式，给现场的工作人员发送提醒信息，让他们及时采取加固或者撤离的行动。除此之外 BIM 技术可以在正式施工前建立出脚手架的三维模型，模拟各类工作问题下的受力情况，帮助优化搭设的方案。在施工推进期间，模型与监测数据彼此配合，实现虚拟实物的即时对比，提高风险判断的准确度。这类技术的应用需遵从数据收集、解析加工、预警回应的操作流程，经由技术方法把过往经验把控的安全管理转变成数据把控的主动防控模式。

（二）技术应用的效果与挑战评估

盘扣式脚手架安全管控中，技术应用的成效评估需关联实地采集的数据和现场的实践反馈结果。通过智能监测装置，能对脚手架的荷载大小、倾斜幅度、节点连接的牢固程度开展实时记录，来让项目现场安全隐患的识别效率，比过去人工挨个巡检提高大约 40%，并也让事故的响应时间缩减至 15 分钟以内^[4]。BIM 技术拥有的空间建模与碰撞检测的作用，让脚手架搭设方案的合

规性检查精确度提高到九成多，确实减少因设计缺陷引起的坍塌风险。不过技术落地还是有不少困难，先进的传感设备与数据传递装置的初期开支拉高单个项目 15% 到 20% 的花费，而且一些建成已久的项目受场地限制，出现智能设备信号没法覆盖的情况。另外不同项目的建立基础框架的实际问题差异不小，统一化技术计划的可用范围还需要再完善，像复杂地形中的测量器装设点位校准要多投入人力开支，这种情况在一定范围内阻碍技术的大范围普及。

三、标准化体系构建的理论与实践

（一）标准化建设的重要性与框架设计

1. 标准化在安全管理中的核心作用

标准化系统为盘扣式脚手架的安全管理提供统一的衡量标尺，确实减少设计、生产、安装流程中的不稳定因素，其包括的内容包括技术规范、管理规范 and 操作规范这三类。研发阶段敲定原料力学表现与连接点抗拉抗压能力，保障结构支撑上限；生产环节落实物料检测与防腐蚀步骤，从源头管控质量；装配阶段明确建立先后与核验流程，降低人工失误。除此之外全周期溯源系统可以实现构件专属编号追踪，为事故责任定义提供根据^[5]。这套系统通过整合技术要求和流程，将安全把控融入每一个操作环节，实现盘扣式脚手架安全隐患的全面化防范。

2. 体系构建的原则与框架模型

标准化系统建立的理论、实践要把安全当做核心，结合盘扣式脚手架的技术特点、工程要求，遵循国际、国家规范准则，保障系统的科学性、适用性。在全球范围内，需参考 ISO 45001 职业健康安全管理系统及对应的脚手架安全标准，在国内则务必严格遵照《建筑施工承插型盘扣式钢管脚手架安全技术标准》（JGJ/T 231-2021）等合规文件，保证准则的合规性与权威性^[6]。系统的方案设计需要包括技术准则、具体操作规程、内部管理流程和相应监督机制这类多方面的内容。相关技术准则需清晰明确材料质地、建立数据、承载测算等核心指标；操作流程要细化建立、运用、拆除每个环节的作业要求；管理程序要建立从规划审查到竣工备案的全时段管控系统；监督制度则要整合外部检测与实地检查方法。建立这个框架之后，就能让盘扣式脚手架的安全管理达到标准、合乎规矩，减少人工操作的失误和结构方面的隐患，为工程安全供应系统的保障。

（二）标准化实施的策略与路径

1. 政策法规支持与推广机制

建立规范化系统需将理论与实践相结合，通过整合结构力学定律、材料科学和安全工程理论，明确盘扣式脚手架从规划、布设到拆解全流程的技术规范，建立包括荷载核算、节点衔接、稳固性核验的标准化方案。在实操阶段，要按照实际工程案例调整既定标准参数，保证相关系统拥有实用性和科学性。标准化工作的推进需明确核心策略与实施路径，从企业端出发做好技术传授与资质认定工作，加强一线现场管理者对相关规范的了解程度及执行力度，并建立动态监管系统，通过物联网技术同步采集脚手

架的结构数据,完成风险提示与规范落地的循环式管控。政策法规扶持和推广系统是标准化扎根的核心,政府要完善行业准入制度,把标准化相关要求融入企业资质检查,且建立多部门联动的监管机制,借定检检查和专项整治保障标准执行。还需出台相关的激励办法,对那些在标准化推进工作上表现出色的企业,提供税收优惠或是项目优先级的扶持,推动该领域整体标准化水平的提高^[7]。

2. 企业层面的执行与优化策略

标准化工作的推进需以风险管控为核心,建立覆盖设计、安装与拆卸全流程的技术方案。落实路径需细化构件配件参数和荷载验算方法,并且通过 BIM 技术模拟建立作业场景来提前管控风险^[8]。企业的执行需将标准深度融入日常管理工作当中:构筑层级化培训框架,对管理岗与操作岗开展讲解和实操训练,保障核心岗位人员熟稔技术要点;建立责任倒查制度,通过记录簿和巡查工作划定安全权责,加强流程管控强度;完善动态响应机制,通过互联网获得运转数据,按期对规则进行调整,建立落实、回馈、优化的闭环,一直提高框架的适配性和管控能力。

四、安全管理体系的综合应用与优化

(一) 技术与标准融合的机制分析

1. 整合模型的设计与验证

技术、标准的深度融汇需遵循动态适配、双向赋能的逻辑,一方面物联网、BIM 技术要嵌入立杆垂直度这类核心监测点位,严密对照安全限值并关联悬挑施工核心技术^[9];另一方面标准要随技术更新对预警阈值进行动态调优。集合模型应用感知、分析、决策三类系统,通过多种传感器采集架构数据,联动数字孪生仿真载荷变动且给出合法整改方案。核验流程结合数值仿真与实地实际测量,对比不同架设高度时安全系数的偏差状态。研究表明,这套模型可以高效同步开展风险辨识工作,让隐患处置时间缩短四成,完全达到安全检查准则所给出的管控规范^[10]。

2. 协同机制的作用评估

协作机制只在加强插销式脚手架风险防控的时效性和管控成效。通过 BIM 技术核验建立参数的合规情况,运用物联网监测数据与标准阈值开展联动实现自动预警,动态标准可适配繁复的作业环境。量化测评的结果显示,技术和标准的结合让风险识别的滞后时长缩短 60% 以上,推动管理向事前预控的方向转变,让体验验收的通过率提高至 95%。优化工作的重心主要放在人工智能算法的标准参数调整,和运用区块链技术保障整个操作流程都拥有可追溯的条件。此机制核心作用为消解应用方面的阻碍,经由数据互通建立技术支撑标准落地、标准引领技术迭代的循环系统,实现风险的精准防范与管理效果的最大化提高。

(二) 实际应用案例分析

1. 案例一: 技术主导的改善效果

安全管理体系的综合运用和优化工作,在实际项目当中,往往通过各类技术方法来实现十分明显的效果提高。挑选一栋超高层楼宇项目作为案例,该项目在盘扣式脚手架建立作业阶段导入

BIM 技术实施三维模型建立工作,提前模拟脚手架安装过程中的荷载分布情况、节点连接强度和与建筑结构的达到程度,找出传统二维图纸难发现的空间冲突和荷载超出限值的问题,像局部立杆间隔过大造成的承载能力不足隐患这类情况。这个项目还用到智能化监测的一套装置,在主要点位装好受力测试器件和倾斜测试器材,时时搜集垂直杆件受到的压力、横向杆件的弯曲程度和整套支撑结构的偏移数据,并且通过远程数据处理平台做数据分析和风险提示工作。项目落地之后,这个项目的脚手架搭设时长缩减 15%,物料损耗的比例下调 8%,且未出现任何和脚手架相关的安全事件;相较于同类型未采用技术措施的项目,安全意外发生率降低 60%。该事例表明,以技术为核心的安全管理调整,不单能提高作业效率,还能使用数据化、具象化的方法加强风险预防管控,为盘扣式脚手架安全管理机制的完善提供实践支撑。

2. 案例二: 标准化实践的挑战与改进

在一项超高层施工项目选用盘扣式脚手架时,虽说已经规划好规范化的搭设步骤,但实际操作中出现立杆间距超出规定标准的情况占比达到 15%、斜杆缺失的问题占比达 8% 这类问题,并缺少动态荷载监控机制,造成局部架体形变没来得及发出预警信号。通过梳理可以发现,造成问题的根源是一线现场的操作岗位人员对标准化准则的认知不足,相关培训内容仅停留在书本方面的理论内容,并未紧扣具体的作业场景开展动手操作类的训练,另外安全检查工作依赖人工现场排查,排查的频次和覆盖的范围都不符合动态作业的实际需求。对这类挑战,该项目团队建立“理论教学+实操演练”的分层级培训框架,将盘扣式节点建立、荷载限值这类核心作业规则转化为 VR 仿真场景,让现场操作的人员通过沉浸式的体验来把握规则的主要要点;引入智能化监测装置,在主要的竖向杆件、横向杆件上布设应力传感器与倾角测试仪,实时传输数据至专属管控平台,当参数突破预设临界值时自动触发预警信号;建立由班组自我检查、技术部门复核、第三方抽样核验构成的多级检查制度,厘清各流程的责任主体与考核基准,保证标准化要求从顶层制度方面确实落地至具体执行环节。优化后的架体建立偏差率降至 3% 以内,并未发生因结构不稳造成的安全事故,印证对性措施对加强标准化实践的有效性的作用。

(三) 安全管理体系的优化建议

1. 技术应用的持续创新路径

要实现安全管理体系的全面运用与优化,需留意盘扣式脚手架全使用过程的风险控制,借由技术设计与制度规则的深度融合提高管理能力。安全管理体系的优化方案需建立动态式的风险评估方式,根据项目所在场地、荷载变化和结构参数等问题,建立结合 BIM 三维模型与实时监测数据的预警机制,实现从设计、施工到拆解的全流程数字化管理与管控。完善人员培训和资质认证系统,加强一线作业人员的安全操作准则和突发问题处置能力。技术应用的不断优化方案可以通过人工智能和大数据技术,建立以计算机视觉为基础的搭设质量智能检测系统,通过图像识别技术实时判断立杆间距、横杆步距等核心参数的偏差,结合传感器采集的应力、倾角数据,利用机器学习算法建立风险预判模型,尽早识别结构失稳的潜在隐患并自行触发预警;同时探索区块链

技术在安全数据保存记录中的应用,保证监测数据的无法修改性,为事故追查与责任认定提供可靠凭据,推动盘扣式脚手架安全管理向智能化、精准化方向发展。

2. 标准化体系的完善方向

标准化体系的完善核心在于动态优化和行业共同认同两部分协调推进。一方面建立通过工程实操数据的动态调整机制,通过收集盘扣式脚手架在各类工作状态下的载荷检测与结构监控信息,融合事故案例的技术拆解,按时修订建立参数、材料特征和验收标准,保证规范和工程需要相达到。换个角度来看,应当深化全球范围内的技术讯息传递,主动加入国际方面各类规则的拟定及双向认可活动,对标科技领先国家在材料检验、结构运算等范围的操作准则,提高国内各类规范的全球适配水平。完善覆盖生产、安装、检查各环节的第三方认证制度,对生产类企业和安装类机构实施层级认证,通过市场信息公开和信用绑定推动规范落地。最终建立以灵活规范为核心、跨地区协作做后盾、认证规则为保障的标准系统,全面提高盘扣式脚手架安全管控的整体性和实用性。

五、总结

对盘扣式脚手架安全管理范围内的技术运用和标准化系统建立展开的相关研究表明,技术运用与标准化系统之间的协同配

合,是提高安全管理层级的核心内容。在工程作业领域,BIM工具通过三维模型开展施工前的碰撞排查与预案优化,感知网络技术通过探测设备动态监测架体受力、位置变动等数值,智能算法技术通过数据研判预判隐患风险,各类技术为现场管控提供细致、灵活的工具支撑。标准化系统建设需覆盖从规划、布置、检查、应用到拆解的全步骤,明确各阶段的技术指标、操作规范与负责对象,建立可落地的管理规划。二者的合作能力体现为技术应用为标准化供给数据支持与技术校验,标准化则为技术应用划定统一准则与执行路径,共同减少安全意外的发生几率。在推广实施环节要完善相关的政策激励办法,推动企业加大技术方面的资金投入,开展好各类标准化技能培训。后续的科研工作可以围绕在技术融合的优化、智能预警系统的开发和标准化系统的实时更新这几个方面,让相关工作达到建筑领域的发展需求,一直提高盘扣式脚手架安全管控的合理度与实用性。

参考文献

- [1] 胡湘艳. 基于 ABAQUS 二次开发的盘扣式脚手架稳定性分析 [D]. 湖南: 中南林业科技大学, 2023.
- [2] 张钰贵. 碗扣式脚手架施工安全风险管理研究 [D]. 陕西: 西安理工大学, 2023.
- [3] 李目达. 基于可视化技术的附着式升降脚手架安全管理研究 [D]. 河北: 河北工程大学, 2022.
- [4] 王凝. 盘扣式钢管脚手架半刚性节点受力性能研究 [D]. 陕西: 西安工业大学, 2023.
- [5] 刘雨琪. 盘扣式钢管高支模体系综合监测技术研究 [D]. 湖南: 湖南科技大学, 2022.
- [6] 王晓斌. 盘扣式脚手架在某工程中的应用和管理 [J]. 城市建筑, 2022, 19(22): 164-166.
- [7] 张桂林. BIM 技术在地铁站盘扣式脚手架中的应用 [J]. 中国高新科技, 2022(013): 000.
- [8] 朱原宏, 李鹤鹤, 周毅. 浅述承插型盘扣式脚手架的应用与风险管理 [J]. 建筑与预算, 2023(012): 000.
- [9] 周泓. 盘扣式悬挑脚手架施工关键技术 [J]. 建筑机械, 2023(3): 17-19.
- [10] 赵夫埔. 盘扣式钢管脚手架在项目上的应用特点 [J]. 江西建材, 2022(001): 000.