预制构件吊装作业安全风险分析及防控对策

崔月明

中国水利水电第七工程局有限公司　四川　成都　611730

摘　要：预制构件吊装作业环节多、状态变化快，安全风险贯穿准备、起吊、就位与摘钩全过程。人员操作、设备机具、构件本体和现场环境相互影响，单一检查难以覆盖全部隐患。围绕风险识别、成因分析与防控对策，本文梳理人员协同、设备全周期管理、构件进场核验和环境动态监测等要点。对关键动作、承载状态与边界条件持续判断，可减少失误累积，阻断隐患传递。通过分级管控、过程确认与信息反馈，能形成可追溯、可调整的安全管理路径，提升吊装作业稳定性与现场秩序。

关键词：预制构件吊装；安全风险识别；风险防控；全周期管理；动态监测

引言：预制构件吊装作业对协同与稳定要求较高，作业前需完成技术交底、场地确认和构件核验，作业中要处理信号传递、载荷变化和空间干扰。人员判断、设备状态、构件质量和环境条件相互关联，任何环节偏差都可能引发连锁反应。风险识别与成因分析需要覆盖操作行为、机具性能、构件适配及现场变化，明确关键控制点和失控边界。从流程出发，把准入、检查、监测和处置衔接起来，能够减少操作偏差，控制隐患扩散，保障施工节奏与现场秩序。对风险进行排序并动态调整，可为后续防控措施提供依据，使安全管理保持连续。

1 预制构件吊装作业安全风险识别

1.1 人员操作层面风险

人员操作风险主要来自关键岗位的判断、动作和配合。指挥、起重司机、司索、安装人员之间如果信息传递不完整，动作衔接就容易偏离预定程序。技能储备不足、经验差异、注意力下降、疲劳和情绪波动，都会削弱操作可靠性。信号含义不清、口令确认缺失、站位超出安全范围、擅自改变吊装顺序、未核实连接状态，均可能形成危险状态。实际中，得把人员资质、身体状态和协同关系纳入作业前检查，明确各岗位职责边界和异常处置权限。对习惯性简化步骤、凭感觉操作和相互依赖心理，要持续纠正。通过交底、复述、监护和过程抽查，降低人为失误概率，使操作行为与吊装工序保持稳定协调。

1.2 吊装设备机具层面风险

设备机具风险集中在承载能力、连接可靠性和状态稳定性。起重机械、钢丝绳、吊带、卸扣、吊钩、平衡梁、卷扬机构和制动系统，任何环节失效都会改变吊装安全裕度。选型与工况不匹配、额定载荷考虑不足、维护保养缺失、检查停留在表面，会让缺陷逐步累积。磨损、腐蚀、变形、裂纹、连接松动、限位失灵和液压异常，都是识别重点。索具布置、吊点数量、受力角度和载荷分布，也会影响实际受力状态[1]。实际中，不能只看设备能否运转，还要判断其在当前任务中是否可靠。对关键部件要按周期检测，对异常征兆要立即停机处理，防止设备带病作业。只有设备能力和机具状态都满足要求，吊装过程才具备基本保障。

1.3 预制构件本体层面风险

构件本体风险与其形状、尺寸、重量、重心和结构状态密切相关。构件在脱模、运输、存放和起吊过程中，可能产生裂缝、缺角、变形、预埋件松动或吊点损伤。重心判断偏差、吊点设置不当、埋件锚固不足，会使起吊受力偏离设计预期。强度不足或刚度偏低时，翻转和就位阶段容易出现局部破坏。表面缺陷容易发现，内部损伤却可能已经降低承载能力。实际中，得在起吊前核对构件状态，确认吊点、连接件和临时加固措施可靠。对超重、异形和薄壁构件，要单独评估风险。只有构件本体状态明确，后续吊装才具备稳定基础，否则风险会沿工序传递并放大。

1.4 作业现场环境层面风险

现场环境风险涉及地面条件、空间布局和气象变化。地基承载力不足、场地不平整、支腿沉降、障碍物遮挡和作业半径受限，都会影响吊装稳定性。周边人员流动、交叉作业、临时设施和材料堆放，可能增加碰撞与坠物风险。风力、雨雪、温度和照明变化，会改变设备与构件受力状态以及操作难度。噪声和粉尘还会干

扰信号传递和人员判断。实际中，要把环境因素当作动态变量，不能一次检查后就放松。对吊装区域要明确隔离，对天气和地面状态要持续观察。环境条件超出安全范围时，应暂停作业并重新评估。环境风险具有时变特征，必须与人员、设备、构件风险联合判断。

2 预制构件吊装作业核心安全风险分析

2.1 人为操作失误风险成因分析

人为操作失误往往来自认知、技能和协同 3 个方面。作业人员需要在短时间内处理信号、位置、载荷和周边状态信息，信息量过大时容易遗漏关键细节。经验不足会降低异常识别能力，过度依赖习惯则会跳过必要确认。指挥与司机之间信号不统一，司索与安装之间职责交叉，都会增加误判概率。疲劳、注意力下降、情绪紧张和身体不适，会削弱反应稳定性。组织层面还存在交底不细、任务安排过紧、监护缺位和异常处置权限不清等问题。实际中，得把关键动作拆开确认，把口令、站位和操作顺序固定下来。对多次出现的偏差要追查成因，而不是只纠正表面行为。通过复述确认、过程监护和轮换休息，可以减少失误累积。

2.2 设备机具故障与老化风险分析

设备机具故障与老化风险，核心在于性能衰减没有被及时发现。起重机械长期承受交变载荷，金属结构、连接部位和传动系统会出现疲劳。钢丝绳、吊带和卸扣在反复受力后可能产生磨损、断丝、变形或强度下降。制动器、限位器、液压系统和电气控制如果维护不到位，异常会从轻微延迟发展为动作失效[2]。老化不是突然发生，通常伴随温度、噪声、速度、压力或振动变化。实际中，不能只看外观是否完整，还要结合使用频次、载荷历史和运行环境判断剩余能力。对关键部件要设定检测周期和更换界限，对异常数据要追踪趋势。维护记录、检测结果和操作反馈应相互印证。只有把故障征兆和老化规律纳入分析，才能避免设备在关键工序中失效。

2.3 构件质量与安装适配性风险分析

构件质量与安装适配性风险，来自制作偏差、运输损伤和连接条件不匹配。构件尺寸、角度、预埋件位置和吊点状态如果偏离要求，起吊后重心和受力路径就会改变。强度或刚度不足时，翻转、悬停和就位阶段可能出现裂缝扩展或局部失稳。运输和存放过程中的碰撞、支撑不当和堆载不合理，也会造成隐性损伤。安装适配性还要看构件与节点、临时支撑和已安装结构之间的协调程度。公差累积可能使连接困难，强行就位会引入附加应力。实际中，得在起吊前核对构件状态和连接界面，确认吊点、加固和支撑可靠。对偏差较大的构件要单独评估处理方式，不能直接进入安装工序。只有质量和适配性同时受控，安装过程才稳定。

2.4 现场环境不确定因素风险分析

现场环境不确定因素，主要体现为条件变化快、边界不清晰和相互干扰多。地基承载力、平整度和支腿沉降会直接影响起重机械稳定。风力变化会改变构件摆动和受力，雨雪、温度和照明条件会降低操作精度。作业半径内的障碍物、临时设施和材料堆放，会压缩安全空间。交叉作业和人员流动使危险区域动态变化，信号传递和视线容易受到干扰。实际中，不能把环境条件当作固定背景，要在作业前和作业中持续观察。对风速、地面状态和空间占用要设定控制界限，超过界限就暂停并重新评估[3]。环境风险还常与人为失误、设备异常和构件偏差叠加。只有保持动态监测和及时响应，才能降低不确定因素影响。

3 预制构件吊装作业安全风险防控对策

3.1 优化作业人员管控与技能提升体系

人员管控的关键在于把准入、培训、考核和现场监督串成一条完整的链条，不能各管一段。准入环节要核实关键岗位人员的资格状态和身体条件，确保指挥、司机、司索和安装人员都具备对应能力。培训不能停留在理论讲解层面，得结合吊装工序安排实操演练，让操作人员熟悉信号传递、站位要求和异常处置流程。考核要同时覆盖理论知识和实际操作，不达标就不能上岗，这个关口必须守住。现场还得明确监护职责，对习惯性简化步骤和凭感觉操作的行为及时纠正[4]。实际中可以把关键动作拆开确认，用复述和互检减少信息遗漏。2025 年“湖北工匠杯”技能大赛装配式建筑施工员决赛中，13 支代表队、26 名选手参加了理论知识考试和实操技能考核，内容涵盖工前准备、构件检查、构件安装、灌浆饱满度等环节，竞赛直接对标实际作业流程。这种以实操为核心、以考核为出口的模式，能够把培训成果转化为岗位胜任能力，值得在人员管控体系中推广。

3.2 建立吊装设备机具全周期管控机制

设备机具管控要从选型、使用、检测到报废形成完整链条，每个环节都不能漏。选型阶段要核对设备能力与实际工况的匹配程度，避免额定载荷不足或作业半径超出设备能力范围。使用过程中要记录载荷历史、运行时长和异常反馈，为状态判断提供数据支撑。钢丝绳、吊带、卸扣、制动器和限位器这些关键部件，

要按周期检测并设定明确的更换界限。异常征兆出现后要立即停机处理，不能带病作业。维护记录、检测结果和操作反馈应该相互印证，形成可追溯的管理闭环。2025 年，昆仑物流完成首批 54 台吊车的智能化改造，通过高清车载视频终端与物联网传感设备构建起“实时监控—数据溯源—远程调度”体系，管理人员可实时查看作业角度、负载重量等参数，安全隐患排查响应时间缩短至分钟级。这种以数据为支撑的设备管理方式，把状态判断从经验依赖转向量化依据，有助于在故障发生前识别风险。

3.3 强化预制构件进场与吊装前置管控

构件管控要把关口前移到进场环节，并一直延伸到起吊前的最终确认。进场时要核对出厂质量证明文件，检查构件尺寸、预埋件位置和吊点状态是否与设计要求一致，对运输过程中可能产生的裂缝、缺角或变形要逐件排查。存放阶段要控制支撑方式和堆载层数，避免因支撑不当造成隐性损伤。起吊前要再次确认吊点、连接件和临时加固措施可靠，对超重、异形或薄壁构件单独评估受力状态。安装适配性方面，要提前核对构件与节点、支撑和已安装结构之间的协调程度，对公差累积导致的连接困难预先制定处理方案。2025 年，青岛地铁 7 号线二期营普路站装配式车站施工中，从构件生产、进场验收到吊装拼装、防水注浆实施全过程精细化管控，采用智能门式起重机与分离式拼装台车配合，最终 107 环、214 米拼装段累计误差控制在 4 毫米以内。这种前置检验加全过程管控的做法，能够在构件进入吊装工序前筛除质量隐患，降低安装阶段的适配风险。

3.4 完善作业现场环境动态管控模式

环境管控要从静态检查转向动态监测，不能靠一次检查就放松。作业前要评估地基承载力、场地平整度和支腿沉降风险，明确吊装区域的隔离边界。作业中要持续观察风力、雨雪、温度和照明变化，对风速和地面状态设定控制界限，超过界限就暂停并重新评估。交叉作业和人员流动会使危险区域动态变化，需要通过空间分区和信号管控减少相互干扰。技术手段方面，可以引入传感器监测和可视化系统，把环境参数和吊装状态实时呈现给指挥人员[5]。2025 年，某大型港口企业部署了粉尘在线监测站和超声波气象站，在港区关键点位实时监测风速、风向等气象要素，系统设定风速报警阈值 30m/s，当监测到风速超过安全作业标准时自动发出预警信息，提示暂停吊装作业等高风险操作。这种以多维度传感监测为核心的环境管控方式，能够把不确定因素从被动应对转为主动预警，为吊装作业提供更稳定的条件保障。

结束语：预制构件吊装安全管理的重点，在于把风险识别、成因分析和防控措施落到每个工序节点。人员能力、设备状态、构件质量与环境条件需要同步受控，不能依赖单次检查或单一岗位判断。通过准入核实、过程复述、周期检测、进场核验和动态监测，可把隐患发现节点前移，把处置动作固定在异常出现之前。管理过程中还要保留记录并定期回溯，使经验判断与数据依据相互补充。只要责任边界清晰、信息传递顺畅、控制界限明确，吊装作业就能保持稳定秩序，风险也能被限制在可接受范围。

参考文献

[1] 张佳. 装配式建筑施工现场预制构件吊装路径规划与安全控制策略 [C]//第四届中国国土经济学会国土空间规划学术年会–智慧城市建设与创新发展论坛 (一) 论文集.2026:1099-1101.

[2] 赵文洁. 施工现场预制构件吊装作业优化研究 [D]. 济南: 山东建筑大学,2025.

[3] 张鑫, 张雷, 屈阳阳, 等. 基于安全理念的装配式工程预制构件吊装施工技术研究 [J]. 中国建筑装饰装修,2025(18):189-191.

[4] 罗金祥. 装配式建筑预制构件吊装过程多目标优化及安全控制策略研究 [C]//中国国土经济学会 2024 年学术年会 (二).2024:1-3.

[5] 罗佳怡. 装配式建筑吊装施工安全风险评估研究 [D]. 青岛: 青岛理工大学,2025.