

智慧工地技术在建筑项目安全管控中的实践

文 / 陈肇鹏 中交四航局第三工程有限公司

摘要：建筑业是一个安全事故多发的行业，事故类型多样、危险源复杂。从施工现场安全事故的特点和原因分析入手，阐述了常见的重大危险源。基于智慧工地，本文探讨其在建筑项目安全管控中的应用路径，分析物联网传感器、AI视频监控、大数据分析等技术如何实现对危险源的实时监测、隐患预警与智能处置，旨在解决传统安全管控中响应滞后、监管盲区等问题，提升建筑项目安全管控的精准性与高效性，为降低施工现场安全事故发生率提供技术支撑。

关键词：智慧工地；建筑项目；安全管控；物联网

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.23.089

引言

随着建筑业数字化转型加速，传统安全管控模式已难以满足复杂项目的安全管理需求。“智慧工地”源于IBM提出的“智慧地球”，是一种系统解决施工管理问题的方案。通过云计算、物联网、人工智能等技术，智慧工地可整合施工现场的人员、设备、环境等多维度数据，构建可视化、智能化的安全管控平台。其核心在于打破信息孤岛，实现安全数据的实时采集、分析与共享，帮助管理人员及时掌握现场安全状态，提前识别潜在风险，推动建筑项目安全管控从“被动应对”向“主动预防”转变，为建筑业安全管理升级提供关键技术保障。

一、施工现场危险源识别

（一）施工现场安全事故的特点

施工现场安全事故呈现出鲜明且需重点关注的特点，以下从发生概率、造成损失、隐患潜藏三个维度展开分析：

其一，概率高^[1]。施工过程工艺繁琐，涉及人、材、机因素众多，任何一个环节出现隐患都可能导致事故的发生。从材料运输、设备调试到人员作业，各环节间衔接紧密，若某一环节管理疏漏，如材料堆放不规范、设备操作不标准，便可能引发连锁反应，增加事故发生的可能性。尤其在赶工期、多工序交叉作业场景下，各环节协调难度加大，事故发生概率进一步攀升。

其二，损失大。工程事故发生频率较高的包括高处坠落、坍塌、物体打击、火灾等。人员伤亡需承担医疗救治、赔偿等费用，设备损坏需投入资金维修或更换，进度延误则可能产生合同违约金，多重损失叠加，对建筑企业的经济利益与社会声誉造成严重冲击。

其三，隐蔽性。不安全因素潜藏在现场施工工序、作业环境、机械设备或人员行为中。部分隐患难以通过肉眼直接察觉，如机械设备内部零件磨损、脚手架节点松动、地下管线位置偏差等，需借助专业检测工具或细致排查才能发现。且部分隐患会随施工进度动态变化，在前期工序中未显现的问题，会在后续作业中突然暴露，增加隐患识别与管控的难度。

（二）施工现场安全事故的原因

1. 人员行为

施工现场从事一线作业的大多为农民工，其中多数

人未接受过专业系统的教育，甚至未接受“三级”安全教育培训。这导致他们安全意识薄弱，对施工安全规范理解不深入，在作业中易出现违规操作行为，未按要求佩戴安全帽、安全带，擅自改变作业流程，违规使用电气设备等。同时，管理人员若存在监管不到位、对违规行为制止不及时的情况，也会纵容不安全行为的持续存在^[2]。

2. 机械设施

施工机械大多体积大、功率高，一旦未按规程操作，或机械年久失修出现故障，极易引发安全事故。部分建筑企业为降低成本，未定期对机械设备进行维护保养，导致设备老化、性能下降，在高强度作业中可能出现零件断裂、控制系统失灵等问题。操作人员若未熟练掌握机械操作技能，或在作业前未对设备进行全面检查，盲目启动机械，可能导致机械运行失控，对周边人员与设施造成撞击、碾压等伤害。

3. 作业环境

施工现场多为露天作业，劳动者直接暴露在高温、严寒的工作环境中，工作时长、劳动强度大。恶劣的气候条件会影响作业人员的身体状态与注意力，在高温环境下易出现中暑、体力透支，在严寒环境下易发生冻伤、操作灵活性下降，这些都会增加误操作的概率。同时，施工现场材料、设备堆放杂乱，作业空间狭窄，易形成通道堵塞、视野受阻的情况，在人员流动、机械转运过程中易发生碰撞事故^[3]。

二、智慧工地技术应用于建筑项目安全管控的优势

智慧建造是我国从“建设大国”走向“建设强国”的必由之路，是数字技术赋能中国建造的具体举措，智慧工地管理平台是智慧建造的核心和基础平台，其在安全管控中的应用可打破传统管理局限，提升安全管理的系统性与精准性，为建筑项目安全管控提供技术支撑。

（一）实现生产要素安全动态管控

围绕着人、机、料、法、环五大生产要素，运用新一代信息技术手段，建立全面感知、智能生产、科学管理、高效协同的安全管控体系。在施工全过程中，智慧工地平台根据各要素的实时数据，对人员考勤、设备运行状态、材料堆放位置、施工工艺合规性、现场环境指标进

行动态监测。一旦发现人员未按规定进入危险区域、设备参数异常、材料堆放违规等情况，平台立即发出预警，管理人员可及时介入处置，实现对生产要素安全风险的实时把控，减少因要素管控疏漏引发的安全事故^[4]。

（二）提升安全管理信息处理效率

智慧工地依托数字化管理架构，深入应用“云、大、物、移、智、链”技术，建设状态全面感知、信息高效处理、应用便捷灵活、数据互联互通的安全管理信息系统。为解决传统安全管理中信息传递滞后、数据分散的问题，系统可全方位采集施工现场的安全数据，通过云计算技术实现数据快速存储与分析，将零散数据转化为可指导决策的安全信息。管理人员通过移动端或电脑端即可实时查看安全报表、隐患整改进度等信息，无需现场逐一核查，大幅缩短信息处理时间，提升安全管理决策效率。

（三）强化危险源主动预警能力

建筑施工现场存在着众多的危险源，如高空坠落、物体打击、触电等，传统的安全检查方式难以做到全面覆盖与实时监控，易出现检查盲区与响应延迟。AI 危险源识别技术的应用，使安全管理实现了从被动防范到主动预警的转变。通过现场部署的智能摄像头，AI 技术可自动识别未佩戴安全防护装备、违规交叉作业、机械违规操作等危险行为与状态，无需人工实时盯守。识别到风险后，系统立即向管理人员与相关作业人员推送预警信息，督促及时整改，有效降低危险源转化为安全事故的概率^[5]。

三、智慧工地技术在建筑项目安全管控中的实践应用策略

（一）智能视频监控

在施工现场进行实时、动态的施工现场管理中，有必要对其进行智慧化的监控。智慧化的视频监控系统对建筑内的设施和员工进行适当布局，结合施工现场危险源分布特点，在高空作业区、起重机械作业区、临时用电区等重点区域加密摄像头部署，确保监控覆盖无盲区，同时选用具备夜视、抗干扰功能的设备，保障复杂施工环境下的监控稳定性。系统与 AI 识别算法对接，预设未佩戴安全防护装备、违规跨越防护栏、机械违规操作等危险行为识别模型，实现对安全风险的自动捕捉。

应用时，管理人员需定期对监控系统进行调试与维护，细致检查硬件设备运行状态，及时更新算法模型以校准 AI 识别精度，精准适配工地、厂区等不同场景的复杂环境，避免因算法偏差或设备老化导致漏判、误判。设置分级预警机制，明确风险判定标准，低风险预警直接推送至现场安全员便于即时处置，高风险预警同步推送至项目管理团队并触发联动响应，确保风险处置及时高效。同时建立规范的监控数据存储与回溯机制，按规定将监控录像与 AI 识别记录长期留存，明确存储期限与访问权限，便于事故发生后快速追溯原因、厘清责任，为后续安全管控策略优化提供详实数据支撑，切实发挥

智能视频监控在安全管控中的实时监督与风险预判核心作用。

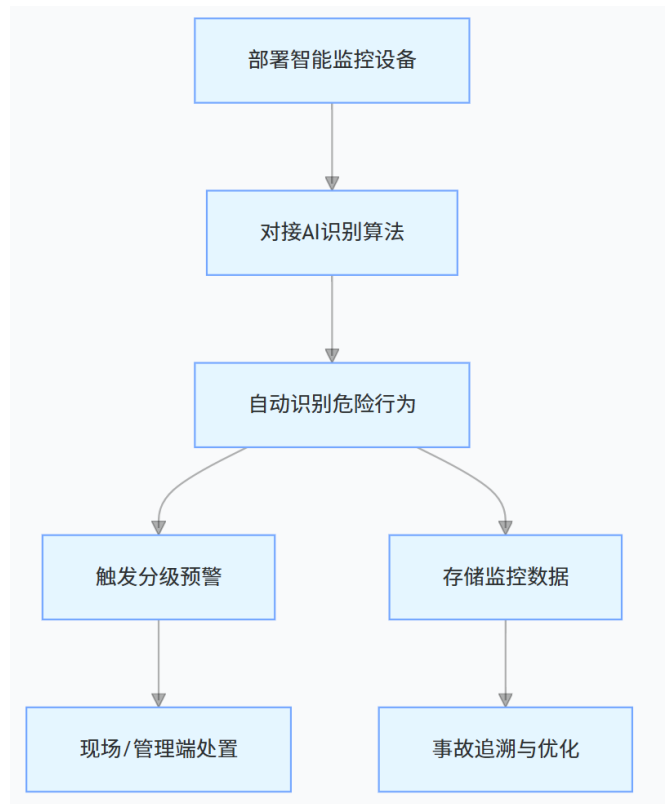


图 1 智能视频监控

（二）物料、设备、人员、车辆识别

智慧施工现场的物料、设备、人员进场、进场等作业，采用蓝牙、无线射频设备实现车辆信息、人员身份信息、物料种类信息的识别。通过对网络监视影像屏幕上的识别数据进行实时采集与整合，将信息同步传输至智慧工地管理平台，构建“人-车-料-设备”全流程可追溯的管控体系。平台对识别数据进行分类存储，建立人员资质档案、车辆准入记录、物料验收台账、设备登记信息库，确保各类信息可查、可核，避免不合格人员、违规车辆、劣质物料进入施工现场。

在智慧建筑系统中，可被应用到物联网、嵌入式、分布式等多种平台，从而提高建筑工程的安全性。基于现场管理的具体要求，需明确各类识别设备的部署位置与功能分工，在施工现场出入口安装无线射频识别终端，实现人员、车辆、物料进场时的自动核验。在设备存放区加装蓝牙定位模块，实时追踪设备位置与使用状态。要根据施工进度与现场工况动态调整识别系统参数，优化识别算法，减少因环境干扰导致的识别误差。并建立识别数据与安全管控规则的关联机制，当系统识别到无资质人员试图进场、超限车辆进入作业区、不合格物料运输到场时，立即触发预警并拦截，管理人员需及时核查处置，通过精准识别实现对施工现场关键要素的安全管控，降低因要素管控不当引发的安全风险。

（三）虚拟化安全教育

虚拟安全教学是把虚拟技术运用到智慧建筑施工系统中去进行的一种新型的安全教育。进入工地的员工和被批准进入工地的员工，可以在进入工地前获得安全教育的大纲，大纲需结合施工现场常见危险源与事故类型制定，明确安全知识重点与技能要求，配套虚拟学习资源，让员工提前了解学习内容与目标，为后续虚拟培训做好准备。员工需通过智慧工地管理平台完成大纲学习，平台记录学习进度，未完成大纲学习的员工不得进入虚拟实操环节。

在虚拟现实技术的映照中，通过嵌入式系统和分布式系统等多种平台，向每个入场的参与者提供虚拟性的安全知识，并在设定了相应的许可情况下，开放虚拟事故模拟场景。参与者需在虚拟场景中完成安全防护装备穿戴、危险场景应急处置等实操训练，系统实时反馈操作是否规范，对错误操作进行提示并讲解正确方法，帮助参与者掌握实际作业中的安全技能。虚拟场景需还原施工现场真实环境，模拟高空坠落、物体打击等事故发生过程，让参与者直观感受违规操作的危害，强化安全意识。

考虑到施工队伍较为分散、人员流动性大的特点，需搭建移动端虚拟安全教育平台，支持员工利用碎片化时间进行学习。平台需设置学习考核模块，员工完成虚拟培训后需参加线上考核，考核内容涵盖安全知识理论与虚拟实操技能，考核合格方可获取入场作业资格。并建立员工安全教育档案，记录培训时长、考核成绩、复训情况等信息，定期提醒员工参加安全复训，确保安全教育持续有效，切实提升施工人员的安全素养与应急处置能力。

（四）劳务管理实名制

实行“劳动用工实名”，是提高建筑施工企业安全生产水平的一种行之有效的方法。为保证用户的身份和隐私，要通过设定特定的权限角色控制句柄，明确不同管理人员的信息访问权限，仅允许授权人员查看劳务人员的基础信息与作业记录，敏感隐私信息需进行加密存储，防止信息泄露。同时建立身份信息核验机制，劳务人员进场前需提交身份证、资格证书等材料，通过智慧工地平台与官方数据库对接核验信息真实性，杜绝虚假身份与无资质人员进场作业。

在工地出入口，要采用可视化的影像，实现了员工的智慧识别，实现了对劳动力动态、实时的管理。需在出入口部署人脸识别或指纹识别设备，劳务人员进出工地时通过设备自动打卡，系统实时记录进出时间、所在作业区域等数据，生成劳动力动态报表。管理人员可通过平台查看各区域人员分布情况，当某区域人员数量超出安全限额时，系统自动发出预警，及时疏导人员，避免人员聚集引发安全风险。对进入工地的员工实行实名劳动，不仅可以加强对企业的人力调配与考勤管理，还

能精准掌握每个员工的安全培训情况，未完成规定安全教育培训的员工，系统将限制其进入作业区域，确保每位进场人员具备基本安全素养。

所有进入工地的机器和材料都要经过严格的检验，通过智慧的视频和图像的识别技术，可以对材料进行迅速分类，关联劳务人员信息，记录材料接收、使用、存放的责任人。机器进场前需通过视频识别核验设备型号、出厂编号等信息，与设备备案档案比对，确认设备合规性与安全性。系统需建立机器与操作人员的绑定关系，仅允许具备对应操作资质的劳务人员使用特定机器，防止无证操作引发事故。实时记录材料消耗与机器运行状态，当材料存储违规或机器出现异常时，立即推送预警信息至管理人员与相关责任人，督促及时整改，通过劳务、机器、材料的联动管理，构建全链条安全管控体系^[6]。

结语

综上所述，随着信息化技术在建筑工地中的应用，智慧化施工已越来越受到重视。智慧工地的建造，并不是简单地将各种信息化技术应用到施工现场，而是要围绕建筑项目安全管控的核心需求，实现技术与管理的深度融合，构建“感知-分析-预警-处置”的全流程安全管控体系。在实践中，需持续优化智慧技术的应用策略，根据施工现场实际工况调整技术参数，解决技术应用中的适配性问题。加强施工人员对智慧技术的操作培训，提升管理人员运用技术开展安全管理的能力，避免技术与管理的脱节。未来还需进一步推动智慧工地技术的迭代升级，强化多技术协同应用，实现安全数据的跨平台共享与深度分析，真正让智慧技术成为降低安全事故、提升管控效率的核心支撑，助力建筑业向更安全、更高效的智慧建造模式转型。

参考文献

- [1] 刘强. 智慧工地理论下的预制装配式建筑安全施工策略研究[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2024, (33): 118-120.
- [2] 王娟. 智慧工地建设下建筑工程安全管理措施[J]. 中华建设, 2024, (04): 65-67.
- [3] 王腾浩, 郁童, 王一凡, 等. 建筑安全施工智慧工地监测系统策划[J]. 大众标准化, 2023, (06): 170-172.
- [4] 陈燕鹏. 浅谈“智慧工地”促进建筑施工安全管理技术要点[J]. 建筑安全, 2021, 36(12): 66-68.
- [5] 孙先亮. 智慧工地理念下大数据管理平台在建筑安全管理中的应用[J]. 中国高新科技, 2021, (14): 51-52+102.
- [6] 饶正兴. 智慧工地理论的预制装配式建筑安全管理策略研究[J]. 工程技术研究, 2021, 6(03): 135-136.

作者简介：陈肇鹏（1993年-），男，汉，广东化州，本科，研究方向：建筑施工安全管理。