

建筑工程施工危险行为预警关键技术研究

文 / 王鑫鑫 安徽秉华建设有限公司

摘要：为有效预防建筑工程施工中的危险行为，提升施工安全水平，文章对建筑工程施工危险行为预警关键技术展开研究。通过对建筑工程施工过程的分析，明确了高空作业安全防护不足、脚手架未稳固检查、施工机械设备操作与维护不当以及个人防护装备使用不规范等常见危险行为。在此基础上，研究了基于视频监控的行为识别技术、物联网与传感技术集成应用、大数据与人工智能辅助决策技术以及跨领域技术融合等预警关键技术，并提出加强施工安全文化建设、完善技术基础设施、提升技术应用智能化水平和强化多方合作与技术研发等实施对策。结果表明，这些关键技术与实施对策有助于提高建筑工程施工危险行为预警的准确性与及时性，从而降低施工事故风险，保障建筑工程施工安全。

关键词：建筑工程；施工安全；危险行为；预警技术；安全管理

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.07.043

引言

随着科技的快速发展，利用先进的技术手段对施工危险行为进行预警已成为可能且十分必要。文章以此为出发点，深入探索建筑工程施工危险行为预警的关键技术。通过研究基于视频监控的行为识别、物联网与传感技术集成、大数据与人工智能辅助决策以及跨领域技术融合等方法，旨在构建一个高效、精准的预警系统，以期从根本上改变传统安全管理的被动局面，提前预防危险行为的发生，保障建筑工程施工的安全与稳定，推动建筑行业的安全发展迈向新台阶。

一、建筑工程施工中常见的危险行为

（一）高空作业时的安全防护措施不到位

在建筑工程的高空作业场景中，安全防护措施不到位的情况较为常见。部分施工人员进行高空作业时，未正确系挂安全带，安全带的挂钩随意挂在不稳固的位置，无法在意外发生时起到有效的保护作用。安全绳也存在磨损、断裂等未被及时发现和更换的问题，降低了其应有的防护性能。此外，高空作业平台的防护栏可能存在缺失、损坏或安装不牢固的现象，使得施工人员在

作业过程中面临失足坠落的风险。同时，一些施工现场未设置足够的安全网，或者安全网的质量不达标、安装不符合规范，无法有效拦截可能坠落的人员和物品，这些安全防护措施的缺失和不到位，极大地增加了高空作业的危险性，为施工安全埋下了严重隐患。

（二）使用脚手架时未进行稳固检查

脚手架作为建筑施工中不可或缺的临时设施，若未进行稳固检查，会引发诸多安全问题。在搭建过程中，一些施工团队未严格按照施工方案进行操作，脚手架的立杆间距过大，横杆设置数量不足，导致整体结构的稳定性降低。连接件的安装也可能存在松动、缺失的情况，使脚手架各部分无法形成牢固的整体。而且，在使用前和使用过程中，未对脚手架的基础进行检查，若基础出现沉降、松动，会使整个脚手架发生倾斜甚至倒塌。此外，未检查脚手架上的脚手板是否牢固铺设、有无探头板，这容易造成施工人员行走时滑倒、坠落。同时，恶劣天气条件下，如强风、暴雨后，也未及时对脚手架的稳固性进行复查，进一步加剧了其安全风险，对施工人员的安全生命构成直接威胁（如图1所示）。



图1 脚手架安全隐患

（三）施工机械设备操作不当或疏于维护

施工机械设备的操作不当与疏于维护在建筑工程中

是不容忽视的危险行为。在操作方面，部分操作人员未经过专业培训就上岗作业，对机械设备的操作流程和安

全注意事项一知半解。例如，在操作起重机时，违规进行斜拉、超载吊运，严重影响设备的稳定性和吊运的安全性，极易引发重物坠落事故。在操作挖掘机、装载机等设备时，不注意周围环境和人员动态，盲目进行作业，可能会碰撞到其他物体或人员。在维护上，许多机械设备未按照规定的保养周期进行维护，润滑油未及时更换，导致设备零部件磨损加剧，影响设备的正常运行和使用寿命。滤清器未定期清理或更换，使设备内部进入杂质，造成故障隐患。一些关键部件的松动、磨损未被及时发现和修复，随着设备的持续运行，故障风险不断累积，随时可能导致设备突发故障，进而引发安全事故，不仅影响施工进度，还可能造成人员伤亡和财产损失。

（四）个人防护装备使用不规范或忽视

在建筑工程施工中，个人防护装备使用不规范或被忽视的情况普遍存在。部分施工人员对安全帽的佩戴极不重视，未将安全帽的下颌带系紧，甚至有的直接将安全帽随意戴在头上，使其在遭受撞击时极易脱落，无法有效保护头部免受伤害。安全鞋的穿着也存在问题，一些工人为了方便，穿着普通鞋子进入施工现场，未意识到安全鞋能够防止重物砸伤脚部以及提供防滑功能，增加了脚部受伤的风险^[1]。防护手套方面，在进行钢筋加工、搬运等作业时，工人未佩戴合适的防护手套，手部直接接触尖锐、粗糙的物体，容易被划伤、磨破。而对于护目镜，在进行焊接、切割等产生强光和飞溅物的作业时，许多工人未佩戴或佩戴不规范，使眼睛暴露在危险环境中，可能导致眼部灼伤、异物入眼等伤害。这些个人防护装备使用上的问题，反映出施工人员安全意识的淡薄，同时也使他们在施工过程中面临着不可避免的人身伤害风险，严重影响了施工安全的整体水平。

二、建筑工程施工危险行为预警的关键技术

（一）基于视频监控的行为识别技术

基于视频监控的行为识别技术在建筑工程施工危险行为预警中发挥着重要作用。通过在施工现场关键区域安装高清摄像头，对施工人员的各类行为进行全方位、不间断的实时采集。利用先进的图像识别算法和深度学习模型，对采集到的视频图像进行分析处理，能够精准识别出高空作业未系安全带、在危险区域逗留、违规攀爬脚手架等危险行为模式。该技术不仅可以准确区分正常施工动作与危险行为，还能适应施工现场复杂多变的光照条件、人员密集程度以及各种遮挡情况。一旦检测到危险行为，系统立即发出警报信号，并将相关视频片段及位置信息传输至监控中心，以便管理人员及时采取措施制止危险行为的继续发生，从而有效预防事故的发生，大大提高了施工现场安全管理的效率和及时性，为建筑工程施工安全提供了有力保障。

（二）物联网与传感技术的集成应用

物联网与传感技术的集成应用为建筑工程施工危险行为预警带来了新的突破。在施工现场的各类设备、设

施以及施工人员身上部署多种传感器，如压力传感器、位移传感器、加速度传感器、心率传感器等，实现对施工环境和人员状态的全面感知。例如，在脚手架上安装位移传感器和压力传感器，能够实时监测脚手架的结构稳定性，一旦发生位移或受力异常，立即将数据通过物联网传输至预警平台^[2]。施工人员佩戴的心率传感器、加速度传感器等可检测其身体状况和运动状态，若发现人员身体不适或处于摔倒、坠落等危险运动趋势时，及时发出预警信息。同时，物联网技术确保了传感器数据的稳定传输和远程监控，实现了施工现场的智能化管理。通过这种集成应用，能够提前发现潜在的安全隐患，将危险行为扼杀在萌芽状态，为施工安全增添了一道坚实的防线。

（三）大数据与人工智能的辅助决策技术

大数据与人工智能的辅助决策技术在建筑工程施工危险行为预警中具有重要价值。大数据技术能够收集和整合施工现场的海量数据，包括施工进度、设备运行参数、人员信息、环境数据、历史事故案例等。通过对这些数据的深度挖掘和分析，可以建立起施工危险行为的预测模型，精准地预测可能出现的危险行为及其发生的概率和时间节点。人工智能算法则进一步对这些数据进行智能分析和判断，根据不同的危险情况提供针对性的决策建议，如应急处置方案、人员疏散路线规划等。例如，当大数据分析发现某台施工设备在特定工况下频繁出现故障风险增加的情况时，人工智能系统可以自动建议提前安排设备维护检修，并调整施工计划以降低风险^[3]。这种技术的应用，使安全管理人员能够基于科学的数据分析做出更明智、更及时的决策，有效提升了建筑工程施工危险行为预警的准确性和科学性，为保障施工安全提供了有力支持。

（四）跨领域技术融合

跨领域技术融合为建筑工程施工危险行为预警开创了全新的局面。它将计算机视觉、机器学习、物联网、传感器技术、通信技术、土木工程等多个领域的先进技术有机结合在一起。例如，结合土木工程知识对建筑结构的受力特点进行分析，利用传感器技术精准监测关键部位的应力应变情况，再通过物联网将数据传输至基于计算机视觉和机器学习搭建的预警平台，实现对建筑结构安全状态的实时评估和危险行为的准确预警。这种融合不仅突破了单一技术的局限性，还充分发挥了各领域技术的优势，实现了从不同角度对施工过程的全面监测和危险行为的精准识别与预警。通过跨领域技术的协同作用，构建了一个更加智能、高效、全面的施工危险行为预警体系，为建筑工程施工安全管理提供了综合性的解决方案，有力推动了建筑行业安全管理水平的提升，适应了现代建筑工程复杂多变的施工环境和安全需求。

三、建筑工程施工危险行为预警技术的实施对策

（一）加强施工安全文化建设

加强施工安全文化建设对于建筑工程施工危险行为

预警技术的有效实施至关重要。施工企业应积极营造浓厚的安全文化氛围,从管理层到一线施工人员,都要深刻认识到安全的重要性。通过开展定期的安全培训和教育活动,采用案例分析、现场演示、安全知识竞赛等多样化形式,提高施工人员的安全意识和技能水平,使其自觉遵守安全规章制度,主动正确使用预警技术设备^[4]。同时,在施工现场设置醒目的安全标语、宣传栏,展示危险行为的危害后果以及预警技术的作用和操作方法,时刻提醒施工人员关注安全。建立安全奖励制度,对遵守安全规定、积极配合预警技术实施的团队和个人给予表彰和奖励,激发施工人员参与安全管理的积极性和主动性,将安全文化理念深入人心,使安全成为全体施工人员的自觉行为和价值追求,从而为危险行为预警技术的顺利推行奠定坚实的思想基础和群众基础,确保施工现场的长治久安。

(二) 完善技术基础设施建设

完善技术基础设施建设是保障建筑工程施工危险行为预警技术有效运行的关键。施工现场应根据工程规模和特点,合理规划和布局各类预警技术设备的安装位置,确保对关键施工区域和环节实现全方位、无死角的覆盖。加大对高清摄像头、各类传感器、数据传输线路、服务器等硬件设施的投入,选用性能稳定、精度高、可靠性强的设备产品,满足复杂施工现场环境下的数据采集和传输需求。建设高速、稳定的网络通信系统,保证视频监控数据、传感器数据能够及时、准确地传输至预警平台,避免因网络延迟或中断导致预警信息的滞后或丢失。同时,配备专业的技术人员对基础设施进行定期维护和检修,及时更换损坏的设备部件,优化设备的运行参数,确保整个技术基础设施始终处于良好的运行状态,为预警技术的准确、高效应用提供有力的硬件支撑,充分发挥其在预防施工危险行为方面的作用,提升施工现场的安全管理水平。

(三) 提高技术应用的智能化水平

提高技术应用的智能化水平是建筑工程施工危险行为预警技术发展的必然趋势。利用先进的人工智能算法和机器学习模型,对采集到的海量施工数据进行深度分析和处理,不断优化危险行为的识别和预警模型,使其能够自动适应施工现场环境和施工工艺的变化,提高预警的准确性和及时性。例如,通过对不同施工场景下人员行为模式的学习,智能系统能够更加精准地判断哪些行为属于危险行为,减少误报和漏报情况的发生。引入智能决策支持系统,根据预警信息自动生成相应的应对措施和解决方案,为安全管理人员提供科学、合理的决策建议,实现从被动应对危险行为到主动预防危险行为的转变^[5]。此外,加强与智能机器人、无人机等新兴技术的融合应用,利用智能机器人进行危险区域的巡检和数据采集,借助无人机对大型施工现场进行全景监测,进一步拓展预警技术的应用范围和深度,提升施工现场

安全管理的智能化程度,有效防范施工危险行为的发生,保障工程建设的顺利进行。

(四) 加强多方合作与技术研发

加强多方合作与技术研发是推动建筑工程施工危险行为预警技术不断进步的重要途径。建筑施工企业应与科研机构、高校、技术供应商等建立紧密的合作关系,形成产学研用协同创新的发展模式。施工企业凭借丰富的实践经验,为技术研发提供真实的施工现场数据和需求反馈,使研发的预警技术更贴合实际工程应用。科研机构和高校利用其专业的科研力量和技术优势,开展前沿性的理论研究和攻关,攻克预警技术中的关键难题,如复杂环境下信号干扰问题、多源数据融合的精准度问题等,不断提升预警技术的性能和水平。技术供应商则负责将科研成果转化为成熟的产品和解决方案,并提供优质的技术服务和售后支持。通过多方的共同努力和资源共享,加速新技术、新产品的研发和推广应用,不断完善建筑工程施工危险行为预警技术体系,为建筑行业的安全发展提供持续的技术动力,适应不断提高的施工安全管理要求,降低施工事故的发生率,保障施工人员的生命财产安全和工程建设的质量效益。

结语

综上所述,文章首先剖析了常见危险行为,如高空作业防护缺失、脚手架未稳固检查、机械设备操作维护不佳以及个人防护装备使用不当等,这些行为严重威胁施工安全。接着探讨了预警关键技术,基于视频监控的行为识别可精准捕捉危险动作,物联网与传感技术集成能实时感知环境与设备状态,大数据和人工智能辅助决策提升预警科学性,跨领域技术融合打破单一技术局限。在实施对策方面,加强施工安全文化建设,筑牢人员安全意识防线;完善技术基础设施,保障系统稳定运行;提高技术智能化水平,增强预警准确性与及时性;加强多方合作与研发,推动技术持续进步。

参考文献

- [1] 陈灿武. 基于物联网的建筑工程施工危险行为预警方法[J]. 物联网技术, 2024, 14(11): 146-148.
- [2] 张守甲. 基于改进SSD的建筑工程施工现场危险行为识别[J]. 中国建筑装饰装修, 2024, (06): 163-165.
- [3] 王璞瑾, 肖建庄, 肖绪文, 等. 数字化技术在建筑工程施工中的应用与前瞻[J]. 同济大学学报(自然科学版), 2024, 52(07): 1068-1078.
- [4] 张爱玲. BIM建筑模型在建筑工程施工中的应用研究[J]. 工程技术研究, 2024, 9(07): 204-206.
- [5] 程子聪, 张阿晋, 孙同心. 装备作业运行状态远程预警技术研究与应用[J]. 建筑施工, 2023, 45(01): 182-184+189.

作者简介: 王鑫鑫(1986-01), 男, 汉族, 安徽池州人, 工程师, 本科学历, 研究方向: 建筑工程。