

我国土木工程行业智能安全帽技术现状与发展趋势

Current Situation and Development Trend of Intelligent Safety Helmet Technology in China's Civil Engineering Industry

黄桂新^① HUANG Gui-xin; 陈世豪^② CHEN Shi-hao; 陈怀成^② CHEN Huai-cheng;
张凯鑫^② ZHANG Kai-xin; 郑玉坤^① ZHENG Yu-kun; 徐东宇^② XU Dong-yu

(^①山东沂沭河水利工程有限公司, 临沂 276000;

^②临沂大学土木工程与建筑学院, 临沂 276000)

(^①Shandong Yishuhe Water Conservancy Engineering Co., Ltd., Linyi 276000, China;

^②School of Civil Engineering and Architecture, Linyi University, Linyi 276000, China)

摘要: 本文主要介绍了智能安全帽的多样化功能及其在提升工作效率和保障安全生产中的重要作用, 简要分析了我国土木工程行业现有智能安全帽的实时监控、数据记录与分析以及实时通讯等功能, 强调了智能安全帽在安全生产中的实时监控与预警、精准定位与救援等关键作用, 为使用者生命安全提供有力保障。最后, 预测了智能安全帽技术的发展趋势, 包括智能化水平提升、功能多样化、定制化服务以及市场拓展等趋势, 表明智能安全帽将在更广泛的领域发挥更大的作用。

Abstract: This article mainly introduces the diversified functions of intelligent safety helmets and their important role in improving work efficiency and ensuring safety production. It briefly analyzes the real-time monitoring, data recording and analysis, and real-time communication functions of existing intelligent safety helmets in China's civil engineering industry. It emphasizes the key role of intelligent safety helmets in real-time monitoring and early warning, precise positioning and rescue in safety production, providing strong protection for the life safety of users. Finally, the development trends of intelligent safety helmet technology were predicted, including the improvement of intelligence level, diversification of functions, customized services, and market expansion, indicating that intelligent safety helmets will play a greater role in a wider range of fields.

关键词: 智能安全帽; 物联网技术; 智能可穿戴设备

Key words: intelligent safety helmet; the Internet of Things; intelligent wearable devices

中图分类号: TU714; TP311.5 文献标识码: A 文章编号: 1006-4311(2025)06-152-04 doi:10.3969/j.issn.1006-4311.2025.06.045

1 智能安全帽技术发展概述

1.1 技术起源与发展历程

智能安全帽作为现代工业安全防护的重要组成部分, 其技术起源可追溯至传统安全帽的不断演变。在工业革命初期, 安全帽主要作为物理防护装备, 用于减少工作人员在复杂工业环境中的头部伤害风险。然而, 随着科技的不断进步和工业安全需求的日益提升, 传统安全帽逐渐融入了更多的智能化元素。进入 21 世纪, 传感器技术、物联网技术和人工智能技术的迅猛发展, 为智能安全帽的升级换代提供了强大的技术支撑。智能安全帽通过集成多种传感器, 如温度传感器、湿度传感器、加速度传感器等, 能够实时监测工作人员所处环境的各项参数, 并通过内置的摄像头捕捉现场画面, 实现远程实时监控。同时, 配备的通信模块使得智能安全帽能够与其他设备或系统进行实时数据交互, 构建起一个全方位安全防护网络^[1]。

1.2 技术应用范围

在当前建筑行业转型升级的大背景下, 智能化、可视化、数字化的应用已成为提升施工现场安全管理水平的重要驱动力。智能安全帽作为其中的典型代表, 正逐步渗透

到各个施工及作业领域, 以其独特的优势为行业安全保驾护航。建筑施工现场环境复杂多变, 工人作业安全是首要关注点。智能安全帽通过集成多种传感器与监测技术, 实现了对工人生命体征的实时监控, 包括心率、血压等关键指标, 以及头部运动轨迹的精确捕捉。这一功能不仅能够及时发现工人身体异常状况, 还能通过数据分析预测潜在的安全隐患, 有效预防安全事故的发生。同时, 智能安全帽还能与施工现场的物联网系统无缝对接, 实现一键式管理, 显著提升施工安全管理效率与精度^[2]。

2 核心技术分析

2.1 传感器技术

2.1.1 智能安全帽的多元传感器集成与功能

在现代工业与安全管理领域, 智能安全帽作为一种创新的个人防护装备, 正逐渐展现出其不可估量的价值。该设备通过高度集成多种传感器技术, 不仅实现了对作业环境的实时监控, 还确保了工人个人健康与安全的全方位保障。

2.1.2 高精度定位传感器的融合应用

智能安全帽集成了 UWB(超宽带)与 GPS 定位技术,

基金项目: 临沂大学大学生创新创业训练计划项目“面向土木水利工程领域的智能可穿戴安全帽开发研究”(项目编号: X202410452608)。

作者简介: 黄桂新(1986-), 男, 山东临沂人, 本科, 工程师; 陈怀成(通讯作者)(1986-), 男, 山东临沂人, 博士研究生, 讲师, 研究方向为土木工程材料。

这一创新设计彻底打破了传统定位方式的局限,实现了室内外无缝定位。在室内环境中,UWB技术的运用使得定位精度达到了厘米级,具体范围在20–30cm之间,为复杂多变的工业现场提供了前所未有的精确位置信息。而在室外环境中,GPS的加入则确保了更广阔的覆盖范围,其定位精度保持在50–100cm,满足了各类户外作业的需求。这种高精度的定位能力,不仅提升了现场管理的效率,还为紧急情况下的快速响应与救援提供了有力支持。

2.1.3 生命体征监测传感器的实时守护

为保障工人在高强度作业下的健康安全,智能安全帽内置了心率、体温及心电图等生命体征监测传感器。这些传感器能够持续且准确地监测工人的身体状况,一旦发现异常立即发出预警,有效预防了因健康问题引发的工作事故。特别是对于需要长时间佩戴安全帽的工人而言,这种实时监测功能为他们提供了一道坚实的健康防线。通过数据分析与云端管理系统的结合,管理者还能及时掌握工人的健康状态,制定更加合理的作业计划与健康管理方案。

2.1.4 环境感知传感器的全面监测

智能安全帽还配备了温湿度传感器与气体传感器等环境感知设备,以实现对工作环境的全面监测。温湿度传感器能够实时反馈当前环境的温度与湿度情况,帮助工人了解并适应环境变化,避免因高温、高湿等恶劣环境导致的身体不适与工作效率下降。而气体传感器则专注于监测工作区域内有害气体的浓度变化,如二氧化碳、一氧化碳及挥发性有机物等,一旦检测到超标情况,立即发出警报,确保工人能够在第一时间远离危险区域。这种全方位的环境监测能力,为工人提供了更加安全、舒适的工作环境^[4]。

2.2 数据处理与通信技术

智能安全帽在建筑施工、工业安全等场景中不仅集成了传统安全帽的保护功能,更通过融合大数据、4G/5G通信技术以及物联网云平台技术,实现了安全管理的智能化升级。

2.2.1 大数据处理与分析能力

智能安全帽内置高灵敏度传感器,能够实时采集工人作业过程中的各项数据,如心率、体温、环境噪声、空气质量等,并通过云端连接,将这些数据实时上传至管理后台。这一过程充分利用了大数据处理与分析技术,通过复杂的算法模型,对数据进行深度挖掘和实时分析,有效排除了气候、环境及人为主观判断等干扰因素,为安全管理提供了客观、精准的数据支持。例如,在建筑施工现场,智能安全帽能够实时监测工人的身体状态及环境变化,一旦发现异常,立即发出预警,有效预防安全事故的发生。这种基于大数据的智能化管理方式,极大地提高了安全管理的效率和精准度^[5]。

2.2.2 4G/5G 通信技术的稳定传输

为确保数据传输的稳定性和实时性,智能安全帽内置了4G或5G通信模块,支持多种网络协议,能够灵活适应不同环境下的通信需求。在复杂多变的施工现场或工业环

境中,这一技术特性显得尤为重要。通过4G/5G网络的高速传输,智能安全帽能够将实时采集的数据迅速上传至云端或管理后台,实现远程监控和即时通讯。同时,这也为后续的数据分析和决策支持提供了可靠的数据基础。例如,中国移动广西公司通过搭建5G专网,实现了对智慧工地内智能设备的全面覆盖,包括智能安全帽在内的各类设备均能实时传输数据,为安全管理提供了强有力的技术支持^[6]。

2.2.3 本地存储与备份功能的双重保障

除了依赖云端存储外,智能安全帽还具备本地视频存储功能,能够保存重要的视频数据,以备后续分析使用。这一设计考虑到网络不稳定或云端服务中断等突发情况,确保了数据的完整性和可用性。同时,智能安全帽还支持数据备份功能,通过定期将数据备份至外部存储设备或云端备份服务,有效防止了数据丢失的风险。这种双重保障的机制,进一步提升了智能安全帽在数据安全方面的可靠性。

2.2.4 物联网云平台的无缝集成

为了更好地满足不同客户的需求,智能安全帽支持多种物联网云平台的无缝集成,如中国移动OneNET、中国电信IoT、中国联通云等。这一特性使得智能安全帽能够轻松接入各种已有的物联网系统,实现了数据的互通共享和统一管理。对于客户而言,这不仅简化了系统的部署和运维工作,还降低了整体的集成成本。同时,物联网云平台的开放性和可扩展性,也为智能安全帽的后续功能升级和扩展提供了广阔的空间。例如,萤石物联网云平台通过为设备制造商提供设备接入和运维保障,形成了全栈开放的PaaS平台服务,为智能安全帽等物联网设备提供了强大的技术支持和服务保障^[7]。

2.3 智能识别与预警系统融合

在当前智慧工地与安全防护领域,智能安全帽的引入无疑是技术革新的一大亮点,它不仅集成了多项先进技术,更在提升作业安全、预防事故风险方面展现出卓越效能。智能安全帽内置高精度传感器,配合先进的机器学习与深度学习算法,能够实时捕捉并分析作业人员的行为模式与生理状态数据。这些算法经过大量训练与优化,能够精准识别出工人是否误入危险区域、是否面临高空坠落风险或是否出现跌倒等紧急状况。一旦智能识别算法检测到危险情况,智能安全帽会立即启动声光报警系统,通过高分贝的警报声与醒目的警示灯光,全方位吸引作业人员的注意^[8]。

考虑到工地环境的复杂性与突发事件的不可预测性,智能安全帽特别设计了SOS一键呼救功能。该功能允许作业人员在遇到紧急情况时,通过简单操作即可发出求助信号。信号将迅速上传至后台管理系统,并自动通知附近的救援人员或相关部门,大大缩短了救援响应时间。这一功能的引入,为作业人员在面对突发事故时提供了一条生命线,确保了他们在紧急情况下能够得到及时有效的救

援。此外,智能安全帽还可以集成电子围栏与实时定位技术,通过GPS信号或北斗导航实现对作业人员的精准定位。结合后台管理系统,可以设定危险区域作为电子围栏,一旦作业人员靠近或进入该区域,系统将自动发出警告,并提醒管理人员进行干预。智能安全帽支持UWB室内定位技术,进一步提高了室内定位的精度与可靠性,为工地内部的精细化管理提供了有力支持。通过限制工人进入危险区域,这一功能从根本上降低了事故发生的概率,保障了作业人员的安全^[9]。

智能安全帽以其智能化的识别算法、多维度的报警提醒、高效的呼救功能以及精准的定位管理,为工地安全构筑了一道坚实的防线。其创新性的技术应用不仅提升了作业效率,更在保障人员安全方面发挥了不可替代的作用,是智慧工地与安全防护领域的重要里程碑。

3 技术难题与解决方案

3.1 当前面临的技术难题

在当前工业安全管理领域,智能安全帽作为新兴技术产品,正逐步展现其在提升作业安全、优化生产效率方面的巨大潜力。然而,伴随其广泛应用,一系列技术挑战也逐渐浮出水面,亟需行业内外共同探索与解决。

3.1.1 数据采集与隐私保护的双重挑战

智能安全帽通过集成多种传感器,实时采集工人的健康状态、精确位置及作业环境数据,为管理层提供了前所未有的监控与分析能力。然而,这一过程中,数据采集的完整性与质量成为首要难题。在工业现场的复杂环境中,信号干扰、设备遮挡等因素常导致数据缺失或失真,影响了后续分析的准确性。更关键的是,工人健康与安全数据涉及个人隐私,如何在数据收集、处理、存储及共享的全链条上确保数据安全,防止未授权访问与泄露,是当前技术发展中不可忽视的一环。因此,开发高效的数据加密技术、构建严格的访问控制机制,以及提升用户对隐私保护的意识与参与度,是推动智能安全帽技术健康发展的关键。

3.1.2 算法精度与误报率的持续优化

智能安全帽的智能化水平直接体现在其内置的识别算法上。尽管当前算法已能在一定程度上实现人员行为识别、环境异常检测等功能,但在复杂多变的工业环境中,算法的精度与稳定性仍面临考验。误报与漏报现象不仅影响用户体验,更可能导致安全事故的延误处理。为此,行业需持续投入研发力量,优化算法模型,增强其对复杂场景的自适应能力。同时,引入机器学习与人工智能技术,通过大数据训练提升算法的识别精度与鲁棒性,减少误报与漏报,为工业生产提供更加可靠的安全保障。

3.1.3 设备续航与稳定性的技术突破

作为可穿戴设备,智能安全帽的续航能力与稳定性直接关系到其实际应用效果。在长时间的作业过程中,设备需保持稳定的性能输出,以满足持续的数据采集与传输需求。然而,当前市场上的智能安全帽在电池寿命与设备稳定性方面仍存在不足,尤其是在极端或恶劣环境下,设备

的性能衰减更为显著。因此,技术创新应聚焦于高效能电池技术的研发与应用,以及设备结构的优化设计,以延长电池使用时间,提高设备在复杂环境下的适应性与稳定性。建立完善的设备维护与故障预警机制,也是保障智能安全帽长期稳定运行的重要措施^[10]。

智能安全帽在推动工业安全管理智能化进程中展现出巨大潜力,但其广泛应用仍面临数据采集与隐私保护、算法精度与误报率、设备续航与稳定性等多方面的技术挑战。解决这些挑战,需要行业内外共同努力,不断创新与优化技术方案,以实现智能安全帽在工业领域的深度应用与可持续发展。

3.2 解决方案

在智慧工地领域,数据驱动的决策与安全管理正成为行业发展的核心驱动力。随着技术的进步,我们目睹了数据采集、处理与分析模式的深刻变革,这些变革不仅提升了工地管理的效率,还强化了对工人安全与隐私的保护。

3.2.1 多元化数据采集与加密技术融合

智慧工地通过集成多种传感器和通信技术,实现对工地现场全方位、多维度的数据采集。这不仅包括传统的视频监控、环境监测,还拓展到了人员考勤、设备状态监测等多个方面。例如,在神州云海的智慧工地展示中,巨大的数据可视化大屏清晰地呈现了项目简介、进度、人员考勤及隐患分析等信息,正是多元化数据采集成果的直接体现。为确保这些数据在传输与存储过程中的安全性,行业内广泛采用了先进的加密技术,通过加密算法的应用,有效防止了数据泄露与非法访问,为工地管理提供了坚实的数据安全保障。

3.2.2 深度学习优化算法的精准应用

面对复杂多变的工地环境,传统算法在识别精度与误报率上往往难以满足实际需求。为此,行业内积极引入深度学习等先进算法,通过大规模的数据训练与模型优化,显著提升了算法的性能。在工人安全监控方面,利用深度学习技术可以高效识别工人是否佩戴安全帽、是否有抽烟或明火等违规行为,同时又能有效保护工人隐私,避免直接暴露于镜头之下。这种技术的应用,不仅提升了工地安全管理水平,还体现了技术伦理与人文关怀的有机结合^[11]。

4 未来发展趋势预测

4.1 技术融合与创新方向

4.1.1 AI与物联网的深度融合

智能安全帽通过将AI算法与物联网技术紧密结合,构建了一个高效的数据处理与分析平台。这一平台能够实时收集佩戴者的生理指标、工作环境参数等多维度数据,并运用AI的深度学习能力进行精准分析。例如,通过对声音、图像等环境信息的智能识别,安全帽能迅速判断潜在的安全隐患,如危险物体靠近、噪音超标等,并即时发出预警,有效提升了作业人员的安全意识和应急反应能力。

4.1.2 5G 技术的赋能

随着 5G 技术的广泛应用,智能安全帽迎来了数据传输速度和稳定性的质的飞跃。5G 技术的高速率、低延迟特性,使得安全帽能够实时传输高清视频、语音通话等多媒体信息,为远程指导、紧急救援等场景提供了强有力的技术支持。同时,5G 网络的大容量特性也为安全帽的海量数据传输提供了保障,使得监控数据能够实时上传至云端服务器,便于管理人员进行集中分析和处理。

4.1.3 虚拟现实与增强现实技术的结合

智能安全帽有望进一步引入 VR/AR 技术,为作业人员带来全新的安全培训和模拟体验。通过 VR 技术,安全帽能够模拟出各种复杂、危险的工作环境,让作业人员身临其境地感受潜在的安全风险,并学习正确的应对方法。而 AR 技术则可以在现实环境中叠加虚拟信息,为作业人员提供实时的操作指导和安全提示,帮助他们在复杂的环境中保持清醒。

4.1.4 生物识别技术的集成

为了进一步加强智能安全帽的安全性,生物识别技术的集成已经成为不可或缺的一环。通过集成面部识别、指纹识别等生物识别技术,安全帽能够确保只有经过授权的作业人员才能佩戴和使用,有效防止了安全帽的丢失或滥用。这种个性化的身份验证方式,不仅提升了安全帽的使用安全性,还为企业的资产管理提供了有力的支持。同时,生物识别技术的应用还能够与企业的安全管理系统相结合,实现更加精细化的人员管理和权限控制,为企业的安全运营提供坚实的保障^[12]。

4.2 市场规模与应用拓展预测

随着全球对安全生产和职业健康关注度的日益提升,智能安全帽作为新一代个人防护装备,其市场规模正呈现稳步增长态势。智能安全帽的应用领域已不再局限于传统的工业生产,而是逐步向公共安全、体育、娱乐等多个领域渗透。未来,随着国际市场对中国智能安全帽产品认可度的不断提高,中国企业在国际市场上的份额将进一步扩大,为全球智能安全帽行业的发展贡献更多力量。

智能安全帽行业正迎来快速发展的黄金时期,市场规模持续增长、应用领域不断拓宽、定制化与个性化需求增加、国际化发展加速成为行业发展的主要趋势。在这一背景下,企业需紧跟市场变化,加大技术研发投入,不断提升产品性能与服务质量,以满足多元化市场需求,推动行业持续健康发展。

4.3 科技成果展示

在当前的智能穿戴设备领域,智能安全头盔作为保护工人安全与提升作业效率的重要工具,正逐步融合多项先进技术,展现出前所未有的创新活力。近期,我国某科技公司科研团队自主研发的“安全智能头盔”的卓越表现赢得了业界的广泛关注。其主要特点有以下四个方面:

①该智能安全头盔集成了摔倒检测算法,代表了安全防护技术的新高度。该算法通过高精度传感器与复杂数据

分析模型,能够在使用者发生意外摔倒的瞬间迅速识别,并自动触发报警机制,将求救信号实时传输至监控中心。系统还能记录并分析摔倒前后的数据,为事故原因调查及后续安全措施的制定提供宝贵依据。

②智能头盔将增强现实(AR)与抬头显示(HUD)技术结合应用于智能安全头盔,是提升作业指导与安全警示效率的重大突破。工人佩戴此类头盔作业时,可直接在视野中接收到清晰的 AR 指示信息,如作业步骤、安全区域划分、潜在危险预警等,无需分心查看其他设备或纸质资料。这不仅提升了工作效率,还显著增强了工人的安全意识与应急反应能力,为复杂作业环境提供了全方位的安全保障。

③智能头盔内置的语音合成与语义分析系统,实现了人机交互的又一次飞跃。工人可通过简单的语音指令,实现对头盔各项功能的精准控制,如调节音量、切换显示模式、发送紧急呼叫等。这种操作方式不仅简化了操作流程,还大大提高了作业的便捷性和安全性。

④智能安全头盔与物联网、大数据技术的深度融合,进一步拓宽了其应用边界。通过内置的物联网模块,头盔能够实时采集并传输工人的生理参数(如心率、体温)、工作环境数据(如温湿度、气体浓度)等关键信息,为企业的安全管理提供了全面而准确的数据支持。结合大数据分析技术,企业可以实现对工人健康状态的实时监测、作业环境的远程监控以及潜在安全隐患的提前预警,从而构建起更加智能化、高效化的安全管理体系。

参考文献:

- [1]周圩颖,徐楠,王辉,等.智能安全帽及其管控平台设计[J].物联网技术,2023,13(07):98-100.
- [2]陆启荣,赵新朋,梁利华.基于智能安全帽的数字化安全监管平台设计[J].科技资讯,2023,21(19):52-56,75.
- [3]王康睿.建筑工程施工现场不安全行为监测与识别技术[D].中国矿业大学,2023.
- [4]梁楷博,吴有龙,苏杰,等.基于惯性传感器的智能安全帽人体跌倒检测系统设计[J].物联网技术,2022,12(04):14-16.
- [5]吴伟生.基于智慧工地安全的智能安全帽设计与研究[D].南昌大学,2023.
- [6]杨翊,薛恒岩,陈博文,等.智慧工地 5G 智能管理与建设[J].建筑技术开发,2021,48(24):95-96.
- [7]刘欢.智能安全帽系统的设计与实现[D].西安电子科技大学,2021.
- [8]郑世荣.智慧工地技术对施工现场安全管理措施优化研究[D].北京建筑大学,2023.
- [9]马啸昱.基于嵌入式 Linux 的智能安全帽技术研究与实现[D].南京邮电大学,2022.
- [10]张华栋.基于电子围栏与智能安全帽的水利工程施工智能安全管理系统研究[J].山西水利,2023(07):62-64.
- [11]陆启荣,宋智鹏,邱柏良,等.基于作业安全监管的智能安全帽系统设计[J].科学技术创新,2023(18):30-34.
- [12]宋世杰.智慧工地助力建筑施工安全管理[J].建筑安全,2022,37(04):72-74.