

AI 视觉监控系统在新能源工厂施工现场安全管理应用研究

戴 劲

中机国际工程设计研究院有限责任公司 湖南 长沙 410021

摘 要: 新能源工厂施工现场工序交叉复杂、作业动态性强,传统人工安全管控存在覆盖不足、响应滞后等短板。本文结合施工现场作业特征与视觉系统运行机制,梳理复杂工况下视觉信息采集、识别与传输的运行特点,剖析智能视觉数据对现场作业行为、环境风险及管控模式的支撑作用。从设备运维、参数适配、流程融合与多级协同层面搭建落地路径,完善智能化安全管控体系,提升新能源工厂施工现场安全管理的精细化与智能化水平。

关键词: 新能源工厂; 施工现场; AI 视觉监控; 安全管控; 智能感知

引言: 新能源工厂建设工序繁杂,多工种交叉作业、大型设备频繁运转、高危作业集中开展,现场作业环境随施工进度持续动态变化。传统人工巡检模式存在监测时长有限、覆盖范围受限、隐患识别滞后等诸多短板,难以适配复杂工地的全天候安全管控需求。AI 视觉监控具备全域感知、实时识别、持续采集的技术特质,可弥补传统管控模式的不足。依托智能视觉技术完善现场安全管控体系,成为新能源工程建设安全管理升级的重要方向。

1 新能源工厂施工现场与 AI 视觉监控运行体系

1.1 新能源工厂施工现场作业构成与作业特征

新能源工厂施工涵盖土建结构搭建、机电设备安装、管线排布调试等多类作业内容,整体施工环节繁杂且作业场景交叉重叠。施工区域分布范围较广,不同施工阶段对应不同的作业内容与操作标准,现场作业内容具备较强的阶段性与专业性^[1]。施工工序衔接紧密,多工种交叉作业的情况普遍存在,作业空间紧凑,人为操作变数较多。施工场地内部大型机械往来频繁,高空作业、动火作业、临电作业等特殊工序占比偏高。场地环境会随施工进度持续变动,临时设施、物料堆放、施工动线不断更新,给现场安全管控带来持续挑战。

1.2 AI 视觉监控系统硬件组成与设备布设形式

AI 视觉监控系统依靠多元化硬件设备搭建完整感知网络,支撑施工现场全天候视觉监测工作。核心硬件包含高清摄像设备、智能感知终端、图像处理设备以及数据存储设备。摄像设备负责捕捉现场全景画面与局部细节画面,覆盖施工主要作业区域。智能感知终端搭载专属识别算法,可独立完成画面解析与异常判定。图像处

理设备负责统一整理前端采集素材,完成画质优化、画面筛选等基础处理工作。设备布设遵循全覆盖、无死角的布设原则,结合厂区施工分区、作业高度、机械运行范围完成点位布置。

1.3 AI 视觉监控系统信息采集与数据流转流程

AI 视觉监控系统依托标准化流程完成现场画面采集、传输与处理工作,形成完整的数据运行链路。各类前端摄像设备持续捕捉施工现场实时画面,收集人员作业状态、设备运行状态与场地环境状态的影像资料。采集后的影像数据通过专用传输通道输送至后台处理终端,完成数据汇总归集。后台系统对原始影像数据开展拆解、分析与特征提取,筛选画面中的有效信息,剔除无效冗余素材。有效数据会留存至专属数据库,为后续安全判别、状态分析提供数据支撑。

1.4 视觉感知模块与现场安全管控的适配关系

视觉感知模块是 AI 视觉监控系统对接施工现场安全管理的核心载体,能够适配厂区复杂的施工管控需求。模块依托图像识别技术捕捉现场各类安全相关细节,捕捉人工巡检容易遗漏的细微隐患。传统人工巡检存在视野局限、时长受限、精力不足等问题,视觉感知模块可以弥补人工管控的短板,拓展现场监测的覆盖范围与监测时长。感知模块可针对人员操作行为、设备运行状态、场地环境变化开展专项识别,对应匹配施工现场不同维度的安全管控内容。技术感知能力与现场管控需求相互对应,为智能化安全管理提供稳定的技术支撑。

2 AI 视觉监控系统现场信息捕捉与识别运行特征

2.1 施工现场多元作业目标的视觉捕捉方式

新能源工厂施工现场存在大量差异化监测目标，各类作业对象形态与活动模式存在明显区别，视觉捕捉方式具备较强的针对性。针对现场作业人员，系统依托动态画面抓取人体轮廓、肢体动作及防护装备佩戴状态，完成全域人员状态捕捉。针对大型施工机械与小型作业机具，画面采集聚焦设备外观形态、作业位置及运转姿态，区分不同机具的作业属性。针对场地物料、临时设施及作业区域，以静态画面定点采集为主，记录区域布局与物料堆放状态^[2]。多维度的捕捉模式可以覆盖施工场景内动态、静态两类监测目标，适配施工现场多元化的信息采集需求。

2.2 复杂施工环境对视觉信息采集产生的干扰类型

新能源工厂施工场地环境复杂，多种现场条件会对视觉信息采集形成不同程度干扰。场地施工扬尘会降低画面通透度，造成画面细节模糊，弱化图像特征辨识度。露天作业场景会受自然光强弱变化影响，光照不均、逆光、阴影等情况会干扰画面成像质量。施工现场物料堆积、设备交错摆放会形成画面遮挡，造成局部监测区域信息缺失。施工过程产生的光影晃动、画面抖动，会影响前端设备成像稳定性。各类环境干扰单独或交错出现，都会降低原始采集画面的完整度，提升后期图像识别的运行难度。

2.3 施工行为、现场环境要素的视觉识别模式

AI 视觉监控系统针对施工行为与环境要素搭建差异化的智能识别模式，适配不同场景的判别需求。作业行为识别依托动态特征比对机制，提取人员操作动作、机械运转轨迹等动态信息，对比规范作业标准完成行为判

别。环境要素识别依托静态特征提取机制，捕捉场地围挡、通道布局、物料堆放及设施搭建状态，甄别场地环境的异常变化。系统通过特征分类、信息比对、状态判定的递进流程，完成各类施工要素的智能区分。分层式识别逻辑可以精准区分人为行为与环境状态，保障现场安全判别工作有序开展。

2.4 动态施工场景下视觉信息持续传输变化特征

施工现场工况始终处于动态更新状态，视觉信息传输过程会伴随场景变化呈现对应波动特征。施工工序推进、作业点位移动、设备位置变动，都会造成画面监测内容持续更新。作业高峰阶段画面目标数量增多，信息传输数据量显著提升，数据传输密度持续增大。施工间歇阶段现场活动减少，画面信息趋于稳定，数据传输节奏更为平缓。场景更迭带来的信息动态变化，让系统始终处于动态采集、动态传输的运行状态，维持施工现场监测信息的实时更新属性。

3 AI 视觉监控信息对施工现场安全管控的支撑方式

3.1 视觉识别信息对现场作业行为状态的反馈形式

AI 视觉识别技术可对施工现场人员作业行为开展全时段、精细化捕捉，形成多层次、可视化的状态反馈内容。系统针对人员防护佩戴、岗位操作规范、高空作业姿态、动火作业流程、临电操作行为等核心内容完成特征提取，精准区分合规操作与不规范操作的行为差异^[3]。为直观体现系统对人员违规行为的识别管控效果，统计项目试运行期间人员违规识别数据，具体如下表 1 所示。

表 1 施工现场人员违规行为人工巡检与 AI 视觉识别效果对比

违规行为类型	人工巡检发现数量	AI 视觉系统识别数量	人工漏判率	AI 识别准确率
未佩戴安全帽	42 起	136 起	69.1%	97.8%
高空作业未系安全带	18 起	58 起	68.9%	98.2%
违规动火作业	9 起	27 起	66.7%	96.5%
作业区域嬉戏、违规走动	35 起	92 起	62.0%	97.1%

数据表明，传统人工巡检对各类作业违规行为漏判率均超 60%，而 AI 视觉系统识别准确率稳定在 96% 以上。针对识别到的异常作业行为，设备自动生成专属影像记录与行为特征数据，直观呈现现场作业偏差问题；针对常态化规范作业，系统留存稳定的状态数据，佐证现场作业秩序平稳。可视化、数据化的反馈模式，彻底摆脱传统人工巡检主观判定、模糊判定的弊端，为人员行为管控提供精准、客观的判定依据。

3.2 环境感知数据对现场风险状态的持续反馈路径

视觉监控设备持续采集施工现场环境影像，依托图像分析技术转化为可参考的环境感知数据，搭建长效风险反馈路径。设备持续捕捉场地通道占用、物料堆放形态、临边防护状态以及作业区域整洁程度等环境要素。采集的影像数据经过后台解析后，转化为环境状态指标，反映场地存在的潜在风险隐患。环境数据出现异常波动时，系统生成对应状态提示，直观展现风险出现的

区域与表现形式。

3.3 实时视觉信息传递对现场管控响应节奏带来的改变

传统施工现场安全管控依赖人工定时巡检,信息获取存在明显滞后性,管控响应节奏较为迟缓。实时视觉信息的不间断传递,压缩现场安全信息的获取时长,打破时间与空间带来的管控限制。现场出现违规行为或环境隐患的瞬间,影像信息即可传输至管理终端,缩短问题发现周期。管理人员依托实时画面掌握现场动态,缩短隐患研判与处置筹备时长。

3.4 持续采集的视觉数据对现场安全管控模式产生的影响

长期累积的视觉采集数据能够完整记录施工现场作业状态与环境变化过程,重塑传统粗放式的安全管控模式。海量影像与数据素材可以呈现不同施工阶段的安全运行特点,帮助管理工作贴合现场实际工况开展。数据积累可以总结现场隐患出现规律与高频问题,推动安全管理从被动整改转向主动预判。

4 AI 视觉监控融入施工现场安全管理的实施路径

4.1 AI 视觉监控设备常态化运维管控方式

AI 视觉监控设备的稳定运行是智能化安全管理推进的基础,常态化运维工作围绕设备运行状态开展全方位维护。针对前端摄像设备,定期清理镜头表面附着的灰尘与污渍,校正设备拍摄角度,保障画面采集清晰度与监测覆盖范围。针对后台处理终端,定期开展程序巡检与内存整理,清除冗余数据缓存,维持系统运行流畅度。针对传输线路与供电结构,开展周期性排查工作,及时处理线路老化、接口松动等常见问题,保障数据传输稳定^[4]。规范的运维流程可以减少设备故障发生频次,维持视觉监测工作的连续性,为施工现场安全管控提供稳定的技术支撑。

4.2 施工场景变化下视觉识别参数动态调整方式

新能源工厂施工场景会随建设进度持续更新,固定的识别参数难以适配全阶段施工监测需求。结合施工工序更迭带来的场景变动,对图像识别阈值、画面采集帧率、特征识别范围等参数开展针对性调整。土建施工阶段扬尘较重,适度优化画面降噪与特征增强参数,提升复杂画面的识别精度。设备安装阶段作业点位分散,调整识别区域划分参数,适配多点位精细化监测需求。场景参数的动态调节可以适配不同施工阶段的环境特点与作业模式,弱化场景变动对识别精度的干扰,保持监测

工作的稳定质量。

4.3 视觉监测信息与现场安全管控流程融合方式

视觉监测产生的影像数据与识别结果,需要对接现场安全管理全流程,发挥智能化监测的实际价值。将实时监测数据接入日常隐患排查流程,替代部分传统人工巡检内容,充实隐患排查的数据来源。将异常识别信息对接现场整改流程,以可视化画面作为隐患整改的判定依据与复核依据。将长期积累的监测数据融入安全复盘与日常管理复盘工作,梳理现场安全问题的出现规律。数据与管理流程的深度融合,能够重构传统安全管理的工作模式,提升管控流程的精细化程度。

4.4 多层级安全管控环节中视觉监测体系协同运行方式

施工现场安全管理包含现场巡查、班组管理、专项督查等多个管控环节,各环节可依托视觉监测体系建立联动机制。视觉监测体系持续输出的现场状态数据,可为各层级管理工作提供统一的现场参考依据。基层巡查人员依托监测画面掌握区域作业状态,精准定位需要重点核查的作业点位。管理层依托汇总后的监测数据开展整体场地安全研判,统筹布置安全管理工作。各管控环节依托统一的视觉监测体系开展工作,打通不同管理层级的信息壁垒,构建联动互通的智能化安全管控格局。

结束语

AI 视觉监控可适配新能源工厂动态多变的施工场景,突破传统人工管控的局限,实现现场作业行为与场地环境的全方位感知。通过规范设备运维、动态调节识别参数、深度融合管控流程、搭建多级协同机制,能够充分发挥智能视觉技术的监测优势。持续优化视觉监控与现场安全管理的融合模式,可有效填补现场监管盲区,稳定施工现场作业秩序,推动新能源工厂施工安全管理向精细化、智能联动方向持续升级。

参考文献

- [1] 韩明旭. 基于 AI 视频识别的施工现场不安全行为智能监控研究 [J]. 建筑工人, 2026, 47(5): 32-34.
- [2] 张保爱. 基于智能监控技术的建筑工程施工现场质量安全协同监督体系构建研究 [J]. 居业, 2026(5): 217-219.
- [3] 孔德鹏, 张从芳, 张金尧. 基于智能传感网络的施工安全动态监控与成本预警系统设计 [J]. 消费电子, 2026(10): 113-115.
- [4] 辛佩康, 王鹏, 许璟琳, 等. 基于视频监控的施工现场智慧化安全管理技术研究与应用 [J]. 土木建筑工程信息技术, 2026, 18(1): 68-73.