

基于人工智能的电力基建反违章安全管控方法研究

何洪洋, 马松国, 张 滨, 吴亚辉, 胡静怡

(重庆涪陵电力实业股份有限公司, 重庆 408000)

摘要: 电力基建安全生产过程中存在工作人员少、作业任务重、危险点多、监管困难和技术防范措施受限等客观因素, 给安全生产带来了隐患。针对这些问题, 提出一种基于 AI 视频分析及人员精确定位的反违章安全管控方法。平台采用高清网络摄像机、定位标签等传感设备作为信息采集终端, 通过大数据处理、人工智能图像分析和高准确度定位手段, 对现场人员的位置、身份、行为的采集、智能识别和风险预判, 对违规操作、异常行为进行实时预警, 实现对重点区域的日常生产、安全作业等环节进行全方位、多维度的智慧化安全管控, 为生产安全提供了有效的技术保障。

关键词: 电站基建; 安全管理; 人工智能; 成因判定

Research on anti-violation safety control method of electric power infrastructure based on artificial intelligence

HE Hongyang, MA Songguo, ZHANG Bin, WU Yahui, HU Jingyi

(Chongqing Fuling Electric Power Company, Chongqing 408000, China)

Abstract: In the process of safe production of electric power infrastructure, there are objective factors such as few staff, heavy work tasks, many dangerous points, difficult supervision and limited technical preventive measures, which bring hidden dangers to safe production. In response to these problems, an anti-violation security control method based on AI video analysis and precise personnel positioning is proposed. The platform uses sensing devices such as high-definition network cameras and positioning tags as information collection terminals. Through big data processing, artificial intelligence image analysis and high-speed Accurate positioning means, the collection of the location, identity and behavior of on-site personnel, intelligent identification and risk prediction, and real-time early warning of illegal operations and abnormal behaviors, so as to realize all-round and comprehensive monitoring of daily production and safety operations in key areas Multi-dimensional intelligent safety control provides effective technical support for production safety.

Key words: power station infrastructure; safety management; artificial intelligence; cause determination

0 引言

随着全球能源需求的不断增长和城市化进程

的加速推进, 电力基础设施的建设和维护成为了现代社会不可或缺的一部分。然而, 随着电力基

国网综合能源服务集团有限公司科技项目 (融合多端数据的智慧安监一体化管控平台技术研究)

建规模的不断扩大，施工安全问题也逐渐引起了人们的广泛关注。电力基建施工过程中的违章行为和安全隐患不仅可能导致人身伤害和财产损失，还可能对环境造成严重影响，影响社会的可持续发展。因此，针对电力基建领域存在的违章安全隐患，研究并制定基于人工智能的反违章安全管控方法具有重要的现实意义和研究价值。

电力基建施工过程中存在一系列安全问题和隐患，主要体现在以下几个方面。

首先，施工现场的复杂性和高风险性导致了施工人员面临多种危险因素。例如，高空作业、电气设备操作以及机械设备运行等环节容易引发事故，造成人身伤害甚至死亡。

其次，违章行为在电力基建领域普遍存在，如无证上岗、操作不当等。这些违章行为不仅危及施工人员自身安全，也可能导致施工质量不达标，影响电力设施的长期运行稳定。

此外，电力基建涉及大量的设备、材料和人员协同作业，管理和协调难度较大。施工现场的监测、数据采集和风险预警等环节存在信息不对称、响应滞后等问题，使得安全管理措施的实施受到一定限制。

国内外学者和工程专家针对电力基建领域的安全施工问题开展了大量的研究工作。一方面，通过传统的安全管理方法，如培训、检查和执法等手段，取得了一定的成效；另一方面，近年来，随着人工智能技术的不断发展，研究者开始将其应用于电力基建安全领域，以期在预测、监测和预警等方面实现更高效的管理与控制。国外研究主要集中在智能监控系统、数据分析与预测模型和无人机巡检等方向。例如，利用传感器和监控摄像头等设备，结合机器学习技术，实现对施工现场的实时监测和异常检测，从而提前预警可能的安全风险。国内研究亦涉及类似的领域，但普遍受制于数据获取、算法优化等方面的限制，导致应用效果有待进一步提升。

尽管在电力基建安全领域已取得了一定的研究进展，但仍然存在一些不足之处。首先，现有

研究大多集中在单一技术或手段的应用，缺乏综合性和系统性。其次，实际工程环境的复杂性和多变性使得安全管理问题具有一定难度，需要更加智能化和自适应的解决方案。此外，人工智能技术的应用也面临着数据隐私、算法可解释性等伦理和社会问题。因此，本论文旨在深入探讨基于人工智能的电力基建反违章安全管控方法，结合现有研究成果，探索综合性的解决方案，以提高电力基建施工安全性和效率，推动电力行业的可持续发展。通过对国内外研究现状的总结和分析，本文将着重探讨如何在安全监测、风险预警和管理决策等方面运用人工智能技术，为电力基建领域的安全施工问题提供创新性的解决思路。

1 系统设计

1.1 硬件设计

(1) 高清网络摄像头

在电力基建施工现场的关键区域安装高清网络摄像头，这些摄像头能够实时捕捉高质量的视频流。摄像头可覆盖各个施工区域，以确保对全场景的监测。摄像头的位置选择应考虑最佳视角和避免盲点，以获得全面的现场数据。

(2) 定位标签

将定位标签分发给施工人员，标签可以佩戴在工作服或安全帽上。这些定位标签利用定位技术（如GPS、蓝牙和RFID等）获取人员的实时位置信息。通过定位标签，系统能够准确地确定每个人员的位置，从而实现精确定位。

1.2 软件设计

软件设计架构如图1所示。主要包括AI图像分析、数据处理和存储、风险预判和实时预警四个主要流程。通过将这些硬件和软件设计元素结合起来，可以实现一个综合的基于AI视频分析和人员精确定位的反违章安全管控系统。该系统可以高效地监测电力基建施工现场，识别潜在的风险，并在发生异常情况时及时通知管理人员，从而提升施工现场的安全性和管理效率。

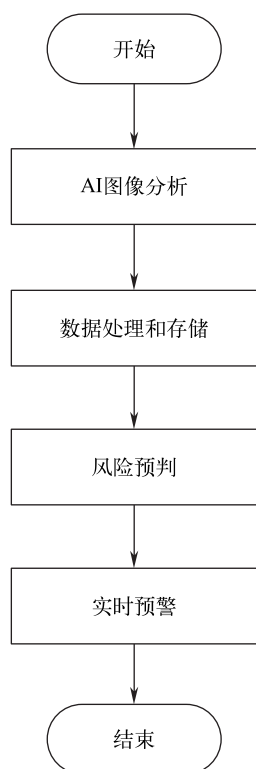


图1 软件设计架构

Fig. 1 Software design architecture

(1) AI图像分析

使用深度学习算法，如卷积神经网络（CNN）等，对高清摄像头捕捉到的视频流进行实时分析。该算法可以识别人员的身份，如工人、监工和管理人员等，还可以监测人员的行为，例如高空作业、操作设备等。通过比对人员的位置和行为，系统可以检测到异常操作和危险行为。

(2) 数据处理和存储

对从摄像头和定位标签获取的数据进行处理，生成结构化数据用于分析。这些数据可能包括人员ID、位置坐标、时间戳和行为类别等信息。处理后的数据存储在数据库中，以供历史分析和模型训练使用。

(3) 风险预判

基于历史数据和实时监测结果，建立风险预判模型。可以是基于机器学习算法的模型，例如支持向量机（SVM）、随机森林（Random Forest）等。模型根据人员的位置、行为和历史

风险数据，预测潜在的违规操作和异常行为。

(4) 实时预警

当风险预判模型检测到可能的违规操作或异常行为时，系统会触发实时预警。预警可以通过移动应用程序、短信和邮件等方式发送给相关管理人员，以便他们能够迅速做出反应并采取必要的措施。

1.3 算法设计

在基于AI视频分析和人员精确定位的反违章安全管控方法中，通过多种算法实现人员识别、行为分析以及风险预判等功能。

(1) 人员识别算法

这个算法的主要目标是从视频流中识别出不同的人员身份，如工人、监理和管理人员等。可以使用深度学习中的卷积神经网络（CNN）进行图像分类任务。首先，模型需要在训练阶段使用大量标注的人员图像数据进行学习。随后，在实时视频流中，通过CNN模型对人员进行特征提取，从而判断其身份。模型可以通过训练得到的权重和偏差来区分不同的人员类别。

(2) 行为分析算法

该算法的目标是监测人员的行为，以便发现可能的违规操作或异常行为。行为分析可以借助序列模型，如循环神经网络（RNN）或长短期记忆网络（LSTM）。这些模型可以对连续的视频帧进行处理，捕捉人员的运动模式和动作序列。例如，模型可以识别高空作业、机械操作等特定的行为。一旦模型检测到异常行为，系统将触发预警。

(3) 风险预判算法

风险预判算法的任务是根据历史数据和实时监测结果，预测潜在的违规操作和异常行为。这是一个分类问题，可以使用支持向量机（SVM）或随机森林（Random Forest）等监督学习算法。在训练阶段，算法会使用历史数据来学习不同行为模式和风险模式。在实时监测中，算法会根据人员的位置、行为等特征，预测可能的风险程度。

(4) 定位算法

为了实现精确定位，可以使用多种定位技术，如全球定位系统（GPS）、蓝牙和无线射频识别（RFID）等。对于室内环境，可以利用蓝牙信标和传感器网络实现定位。这些技术可以将人员的位置信息实时上传到系统中，从而使系统能够精确了解人员的位置。

以上算法的结合，使系统能够实现对电力基建施工现场的全方位、多维度的智慧化安全管控。人员识别和行为分析算法可以确保人员在施工现场的合法性和安全性。风险预判算法能够帮助预测潜在的风险情况，从而在事前采取预防措施。定位技术可以实现精确定位，使系统能够更准确地监测人员的位置和行为。这些算法的协同作用将为电力基建施工现场提供更高效、更智能的安全管理。

2 违章数据智能处理方法与流程

2.1 数据采集

在数据采集阶段，高清网络摄像头精心部署在电力基建施工现场的关键位置。这些摄像头以高分辨率捕捉实时视频流，包括工人操作、设备运行等情况。同时，定位标签被分发给每位施工人员，这些标签使用定位技术（如蓝牙、RFID等）定时上传人员的实时位置数据。这个过程将产生大量的数据，包括视频图像和人员位置信息，这些数据构成了进一步分析和处理的基础。

2.2 AI图像分析

AI图像分析是核心部分，它基于深度学习技术处理高清摄像头捕捉到的视频流。使用卷积神经网络（CNN）等算法，系统能够识别不同的人员身份，如工人、监理和管理人员等。此外，系统还能监测并分析人员的行为，例如高空作业、操作设备等。算法通过学习大量已标注数据来识别关键特征，并将视频流中的人员与已有模型进行比对，从而实现人员身份和行为的智能识别。

2.3 定位数据处理

上传的定位数据需要经过处理，以计算并精确确定人员的实时位置。定位数据可以是三维坐标 (x, y, z) 或平面坐标 (x, y) ，这取决于定位技术的精确程度。通过处理，系统能够获取人员在施工现场的具体位置，为后续的人员行为分析和风险预判提供准确的基础。

2.4 数据关联

将AI图像分析得到的人员身份、行为和位置数据与历史数据进行关联，是为了建立更全面的数据库。通过这种数据关联，系统能够识别人员在不同时间段的行为模式、位置变化等。这样的数据库构建为风险预判提供了有力支持，使系统能够更精确地评估实时行为的危险程度。

2.5 风险预判

在风险预判阶段，系统使用建立在历史数据和实时监测结果基础上的风险模型。这个模型可能是一个训练有素的分类器，如支持向量机（SVM）或随机森林（Random Forest）。通过分析人员的位置、行为和历史风险数据等特征，系统能够预测可能的违规操作和异常行为。这种风险预判将为实时预警提供依据，使系统能够更早地发现潜在的风险情况。

2.6 实时预警

当风险预判算法检测到可能的违规操作或异常行为时，系统将立即触发实时预警。这种预警可以通过移动应用程序、短信和邮件等方式发送给相关管理人员。这使得管理人员能够及时收到警报并采取适当的措施，以防止可能的事故和违规行为。

2.7 多维度安全管控

系统为管理人员提供一个多维度的安全管控界面。管理人员可以通过这个界面实时监测电力基建施工现场的情况。他们可以查看每位工人的实时位置、身份和行为，以便进行指导和管理。这个界面将提供全面的信息，帮助管理人员更好地了解施工现场的动态情况，从而做出更明智的

决策。

3 系统应用效果及其性能分析

基于AI视频分析及人员精确定位的反违章安全管控方法，在电力基建施工领域取得了显著的应用效果，为生产安全提供了有效的技术保障。

(1) 实时违规和异常行为预警

该方法能够实时监测现场人员的位置、身份和行为，并通过AI图像分析智能识别违规操作和异常行为。一旦检测到潜在的风险，系统立即触发实时预警，通知相关管理人员，使他们能够及时采取措施，防止事故的发生。这种快速的预警机制有助于在紧急情况下实现迅速响应，最大限度地减少潜在的安全风险。

(2) 全方位、多维度的安全管控

通过对现场人员的位置、身份和行为进行采集、智能识别和风险预判，系统能够实现对重点区域的日常生产和安全作业环节进行全方位、多维度的智慧化安全管控。管理人员可以通过系统界面实时监测现场情况，查看人员的位置、身份和行为，以便进行指导和管理。这种综合性的管控方式提高了管理的精细化程度，有助于提升施工现场的整体安全性。

(3) 风险预判和预防措施

基于风险预判算法，系统能够预测可能的违规操作和异常行为。这使得管理人员能够提前做好预防措施，避免潜在的安全事故。通过历史数据和实时监测结果，系统能够更准确地评估风险程度，为管理人员提供科学依据，以便做出更明智的决策。

(4) 提升施工现场安全文化

该方法的应用有助于提升施工现场的安全文化。通过实时违规和异常行为预警，员工将更加注重遵守操作规程，降低了违规操作和事故的发生概率。管理人员的监督和指导也将更加精细化，有助于形成积极的安全氛围，使每个人都更关注安全问题。

基于AI视频分析及人员精确定位的反违章安全管控方法在电力基建领域的应用，不仅提供了

实时的风险预警和安全管控手段，还促进了施工现场的整体安全水平的提升，为电力基建的稳健推进提供了坚实的技术支持。

4 结束语

本研究提出了基于AI视频分析及人员精确定位的反违章安全管控方法，旨在应对电力基建施工领域存在的违规操作和安全隐患问题。通过采用高清网络摄像头和定位标签等传感设备，结合大数据处理、人工智能图像分析和高准确度定位技术，本方法实现了对现场人员的位置、身份、行为的采集、智能识别和风险预判，以及对违规操作和异常行为的实时预警。这为重点区域的日常生产和安全作业提供了全方位、多维度的智慧化安全管控，有效提升了电力基建施工现场的安全性和管理效率。具体来说分为：

1) 本文采用的AI图像分析技术和定位技术在电力基建施工安全管理中表现出较高的应用潜力。通过人员识别和行为分析，系统能够智能识别违规操作和异常行为，提前预警潜在风险。同时定位技术实现精确定位，为数据分析和预测提供了坚实基础。

2) 通过风险预判模型，可以更准确地预测潜在的违规操作和异常行为，使管理人员能够及早采取预防措施，避免潜在安全事故。同时，实时预警机制的应用可以最大程度地减少事故发生的可能性。

3) 本方法不仅提供了安全性能，还有助于塑造施工现场的安全文化。员工将更加注重遵守操作规程，从而降低了违规操作和事故的发生概率。管理人员的监督和指导也将更加精细化，形成积极的安全氛围。

参考文献

- [1] 吉德志, 秦丞, 颜丽渊. 融合Autoencoder方法的电力系统网络安全风险评估技术[J]. 沈阳工业大学学报, 2023, 45(4): 366-370.
- [2] 彭飞. 新型电力系统智能化深度安全防护平台构建分析[J]. 网络安全和信息化, 2023(7): 45-47.

- [3] 田海波. 电力检修现场安全生产管控改进方法与应用[J]. 山西电力, 2023(2): 21-23.
- [4] 何敏, 秦亮, 赵峰, 等. 面向电力系统现场作业的安全风险管控智能检测算法[J]. 高电压技术, 2023, 49(6): 2442-2457.
- [5] 严康, 陆艺丹, 于宗超, 等. 配电网用户侧异构电力物联网设备运行安全管控分析[J]. 电力系统自动化, 2023, 47(8): 53-61.
- [6] 张程铭, 柳璐, 程浩忠, 等. 考虑频率安全的电力系统规划与运行优化研究综述与展望[J]. 电网技术, 2022, 46(1): 250-265.
- [7] 张子扬, 张宁, 杜尔顺, 等. 双高电力系统频率安全问题评述及其应对措施[J]. 中国电机工程学报, 2022, 42(1): 1-25.
- [8] 王志轩. 构建以新能源为主体的新型电力系统框架[J]. 阅江学刊, 2021, 13(3): 35-43.
- [9] 孙梦觉, 赵智勇. 电力营销现场作业安全管控应用研究[J]. 电力设备管理, 2020(10): 126-127.
- [10] 袁斌, 张皓维, 崔萌萌. 基于深度学习的电力基建现场安全管控系统[J]. 电网与清洁能源, 2020, 36(9): 30-36.
- [11] 倪蕙, 王玉丽. 基于物联网技术的电力作业安全管控平台设计[J]. 电力安全技术, 2019, 21(12): 42-45.
- [12] 柳舟. 浅谈电力工程施工现场安全管控[J]. 山东工业技术, 2019(6): 202.
- [13] 叶夏明, 文福拴, 尚金成, 等. 电力系统中信息物理安全风险传播机制[J]. 电网技术, 2015, 39(11): 3072-3079.
- [14] 汤涌. 电力系统安全稳定综合防御体系框架[J]. 电网技术, 2012, 36(8): 1-5.
- [15] 刘新东, 江全元, 曹一家, 等. 基于风险理论和模糊推理的电力系统暂态安全风险评估[J]. 电力自动化设备, 2009, 29(2): 15-20.
- [16] 严剑峰, 于之虹, 田芳, 等. 电力系统在线动态安全评估和预警系统[J]. 中国电机工程学报, 2008(34): 87-93.
- [17] 雷亚洲, 王伟胜, 印永华, 等. 一种静态安全约束下确定电力系统风电准入功率极限的优化方法[J]. 中国电机工程学报, 2001(6): 26-29.
- [18] 陆波, 唐国庆. 基于风险的安全评估方法在电力系统中的应用[J]. 电力系统自动化, 2000(22): 61-64.
- [19] 邓佑满, 黎辉, 张伯明, 等. 电力系统有功安全校正策略的反向等量配对调整法[J]. 电力系统自动化, 1999(18): 5-8.
- [20] 袁季修. 试论防止电力系统大面积停电的紧急控制——电力系统安全稳定运行的第三道防线[J]. 电网技术, 1999(4): 3-6.

作者简介

何洪洋（1979—），男，高级经济师，主要研究方向为电网节能项目安全管理。

马松国（1986—），男，高级工程师，主要研究方向为电网节能项目安全管理。

张滨（1973—），男，翻译，主要研究方向是电网节能项目安全管理。

吴亚辉（1990—），男，中级工程师，主要研究方向为电网节能项目运营管理。

胡静怡（1994—），女，助理工程师，主要研究方向为电网节能及能源政策研究。

（收稿日期：2023-07-12）