

# 铁路房屋建筑 AR 眼镜人工智能巡检技术研究

李钢<sup>1</sup> 韩谦<sup>2</sup>

1. 中国铁路上海局集团有限公司徐州房建公寓段, 中国·江苏 徐州 221003
2. 上海申铁信息工程有限公司, 中国·上海 200040

**摘要:** 铁路作为运输能力大的交通工具, 而房建设备是铁路交通中重要的人群汇聚地点, 由此铁路房屋建筑就是铁路交通安全中保障生命财产安全的重要环节。AR 眼镜人工智能巡检通过移动的虚拟增强现实终端眼镜, 对多种类型、多个位置的巡检点进行图像采集后进行人工智能机器学习的图像识别技术, 识别交通房建设施的安全检查特征要素, 并直接自动生成巡检电子报告。AR 眼镜人工智能巡检技术是铁路交通领域的新技术, 通过技术研究提高了房屋建筑和交通设施的巡检效率、巡检精确度和操作便利性, 具有非常广泛的技术价值。

**关键词:** 交通安全; AR 眼镜; 智能巡检; 房建设施; 人工智能

## Research on AR Glasses Artificial Intelligence Inspection Technology for Railway Building Construction

Gang Li<sup>1</sup> Qian Han<sup>2</sup>

1. China Railway Shanghai Group Co., Ltd. Xuzhou Fangjian Apartment Section, Xuzhou, Jiangsu, 221003, China
2. Shanghai Shentie Information Engineering Co., Ltd., Shanghai, 200040, China

**Abstract:** As a transportation vehicle with high capacity, railway construction is the most important gathering place for people in railway transportation. Therefore, railway construction is an important link in ensuring the safety of life and property in railway transportation. AR glasses artificial intelligence inspection uses mobile virtual augmented reality terminal glasses to capture images of various types and locations of inspection points, and then applies artificial intelligence machine learning image recognition technology to identify safety inspection feature elements of transportation building construction facilities, and directly generate inspection electronic reports automatically. AR glasses artificial intelligence inspection technology is a new technology in the field of railway transportation. Through technological research, it improves the inspection efficiency, accuracy, and ease of operation of buildings and transportation facilities, and has a very wide range of technical value.

**Keywords:** traffic safety; AR glasses; intelligent inspection; building construction facilities; artificial intelligence

## 0 前言

现有巡检模式主要依赖人工操作, 巡检员需亲临各个检查点位, 通过目视观察和手动记录来完成工作。为强化高铁站房设施的安全保障, 维护铁路运输系统的稳定运行, 亟须建立标准化的高速铁路客运站房设备巡检流程, 以保障站房设施始终处于最佳运行状态。采用增强现实技术的智能巡检方案, 借助 AR 眼镜等移动终端设备, 运用计算机视觉识别、三维空间感知和数字化信息叠加等技术手段, 可显著提升巡检工作的精准度和执行效率。该技术使巡检人员能够以更直观的方式开展工作, 同时有助于构建数字化作业监督体系和人机协同管理的长效机制。

## 1 研究目标

安全管理是企业发展中至关重要的一环, 而安全管理系统的建设则是确保企业安全运营的关键。本研究聚焦于探索一套优化的安全管控体系的技术方案, 以期显著提升安全管理效能, 为生产活动提供可靠保障。有效地提高安全管理水平, 保障生产的安全。

在铁路基础设施快速扩张的背景下, 房屋建筑及设备设施的日常工作正面临前所未有的压力。现行的检查模式主要依赖人工操作, 检查人员需亲临现场进行目视评估和手工记录, 这种传统方式存在检查标准不统一、工作效率不高、数据利用困难等明显不足。为确保高速铁路站房设施的安全可靠运行, 亟须建立标准化的检查作业规范, 使各类设备始终维持在最佳工况。

引入增强现实技术的智能检查系统成为突破方向。该系统依托移动终端设备, 整合了影像辨识、位置感知和数字化信息交互等先进技术, 大幅提升了检查工作的精准度和执行效率。检查人员可通过直观的数字化界面完成任务, 同时促进电子化流程管控和人机协作机制的持续优化。

在智能检查技术领域, 增强现实应用已取得显著进展。基于计算机视觉、物联网等技术的多种创新方案不断涌现。特别是随着影像处理技术的突破, 智能检查系统展现出更广阔的应用前景。

目前, 铁路领域在智能检查技术的实践仍处于起步阶段, 但市场需求和技术发展潜力巨大。针对交通设施中的建

筑常见问题,如结构位移、表面损伤、材料老化等,以及排水系统故障等水文问题,通过计算机视觉算法的深入研发和技术创新,不仅能显著提升检查工作的效率、精度和便捷性,更将在影像放大识别、立体形态辨识、表面动态特征分析和水文特性识别等前沿技术领域形成独特优势。

## 2 技术领域

通过构建专业的视觉识别模型库,为整个智能巡检系统提供可靠的技术支持。该研究特别关注铁路建筑物与交通人流相关的结构稳定性评估和设施状态监测两大重点领域,运用先进的计算机视觉技术提升检测精度。

### 2.1 移动 AR 增强现实技术领域

本研究重点探索智能视觉设备的动态调焦技术和增强现实技术主要涉及以下核心内容:光学变焦控制系统,根据不同的站台场景使用不同的对焦算法,实现不同景深条件下的清晰成像。AR 眼镜是移动图像,需要研究自适应视角切换机制,设计智能场景感知算法,实现远近距离观测模式的无缝转换与平滑过渡。

移动物联采集技术:建立实时数据采集系统,即时接收并处理 AR 眼镜的各类传感器数据,并对数据的异变进行智能化处理,实现异常情况预警。

### 2.2 交通房屋建筑设施的图像识别技术

交通房屋建筑设施中站台数量多,站台之间的差异性小,具有同样类型巡检点非常多的特点,因此巡检点的确定是智能巡检的基础。

本研究开发的智能巡检系统深度融合多维度特征感知技术,构建了全方位的设施状态评估体系。构建实时运算平台,通过即时算法处理为现场作业提供精准的识别结果和操作指引。核心特征维度包括结构特征:位移、变形、错位;微观材料特征:裂缝、脱落等;电子设备特征:电子标识;交通特征:乘车人动线流动安全特征。研发多特征融合决策引擎、通过深度整合各类特征参数,实现了从单一缺陷检测向综合状态评估的跨越式发展,为基础设施智能巡检提供全新技术方案。

### 2.3 三维空间坐标技术

三维空间坐标映射技术构成 AR 巡检系统的核心定位能力。该技术架构依托智能终端的多模态传感阵列,实现物理空间与数字信息的精准耦合:多维度环境感知体系包括运动状态捕获、空间基准建立:通过九轴融合算法解算设备六自由度位姿参数、动态补偿机制:集成环境光纤传感器与大气压检测模块辅助定位校准。

## 3 研究方法和步骤

### 3.1 机器算法训练方法

本研究采用数字化建模与智能仿真相结合的技术路线,通过构建多维度计算模型实现对系统特性的精准刻画。

通过使用算力平台对模型和算法进行机器学习的算法

训练,数据集采用自建方式,并观察和对比效果。数据集主要来源于铁路站台拍摄、电子标识等。基于理论模型、实验数据、现实案例等。

### 3.2 实证研究方法

本研究采用“理论—实验—验证”的闭环研究方法,重点考察智能系统在实际工业场景中的应用效能。

#### 3.2.1 研究载体

聚焦高速铁路客运站设施体系,涵盖:站房主体结构、设备运维系统、客流组织设施。

#### 3.2.2 研究流程

需求分析阶段:实地勘测与运维痛点梳理。

技术研发阶段:原型系统设计与算法优化。

验证评估阶段:部署测试与性能指标分析。

迭代改进阶段:问题反馈与系统升级。

#### 3.2.3 评估

建立包含准确性、实时性、稳定性在内的多维评价指标,通过对比实验验证系统性能提升效果。

## 4 AR 眼镜智能巡检研究

### 4.1 技术特点

AR 智能巡检全面展示现场环境、设备、运行状态信息,跟踪与记录作业过程,智能化指导现场作业,主要包括以下特点:① AR 眼镜使用优势:语音/手势、操作简单、解放双手、硬件外拓、高效作业;②过程作业规范:过程取证/焦点记录、IOT 查询、AI 识别、GIS 定位/导航、离线作业;③离/在线录入:快速记录、替代手工、降低误输入、作业减负;④ AI 识别判断:阈值比较、缺陷定义、趋势分析、异常告警;⑤可视台账:作业指导手册、IOT 数据展示、3D 模型可视化、远程专家指导;⑥执行评价、结果归档、数据共享、三方系统对接业务闭环。

### 4.2 网络架构设计

AR 智能巡检的网络架构主要以下几个部分(见图 1):AR 智能眼镜,由巡检人员佩戴;现有物联网监测系统,获取设施设备的物联网特征;数据存储对 AR 眼镜采集的数据进行存储;识别算法引擎对采集的图像进行人工智能图像识别。管理后台管理巡检路线、巡检报告等。

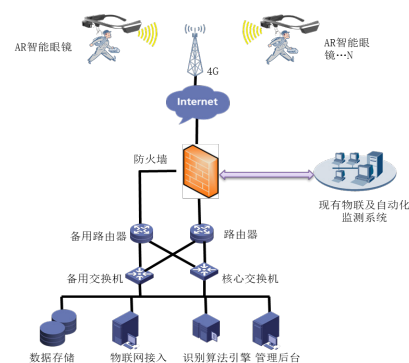


图 1 AR 智能巡检网络拓扑图

### 4.3 系统架构设计

AR 智能巡检系统采用五维一体架构设计，由以下核心模块构成智能化闭环管理体系：部署于智能穿戴设备的增强现实作业平台。

#### 4.3.1 智能巡检 AR 眼镜

①智能导航引导。

基于 SLAM 空间定位技术实现厘米级路径指引；

自动推送巡检流程卡与设备参数标准；

实时预警作业偏差。

②无纸化作业支持。

支持语音指令控制与 AR 虚拟标注；

自动生成结构化巡检日志；

4K 高清影像实时记录。

③远程专家协同。

5G 低延时视频会商系统；

第一视角画面实时共享；

双向 AR 标注互动；

云端管理平台。

基于微服务架构的 WEB 应用系统，主要功能包括：

①多模态数据治理。

结构化处理视频 / 音频 / 图像 / 标注数据；

建立设备全息数字档案；

支持 PB 级数据存储。

②智能分析中心。

缺陷自动识别告警；

设备健康度评估；

趋势预测分析。

③可视化决策支持。

#### 4.3.2 三维数字孪生展示

自定义报表生成；

移动端数据同步。

系统采用容器化部署方案，支持：

公有云 / 私有云灵活部署；

横向扩展的分布式架构。

### 4.4 功能设计和技术开发

#### 4.4.1 复杂巡检标准下的图像识别技术

铁路土房巡检包含内容非常多，涉及建筑、玻璃、板材、石材、机电等各种类型的基础设施，巡检的内容包括松动、倾斜、堵塞等几十种结构性设施进行图像识别算法。

#### 4.4.2 重复环境下的识别区分

铁路房建巡检识别的对象具有重复情况比较多的现象，如站台，每个车站有多个相对相同的站台，每个站台的帽台铺设的距离很长，但相似性非常大，由此对在识别时的识别对象进行区别，形成区别标准后进行识别。

#### 4.4.3 告警及应急预警

巡检数据库包括设备、工具、环境等相关标准数据，

AR 眼镜通过移动感知确定图像识别巡检对象，触发相对应的巡检知识库，在后台进行告警，并把告警信息推送到 AR 眼镜。

#### 4.4.4 设备特征知识库管理

AR 巡检需要管理巡检点的相应特征知识库，文字、图片等特征信息，包括但不只包括如下一些特征：具体的特征在训练过程中进行相应整理。

设备资产信息数字化知识库包含以下核心数据维度：资产命名、规格型号、空间配置信息、物理位置坐标（三维定位数据）、运行状态和健康度评级等全生命周期特征数据。

#### 4.4.5 人工智能算法引擎中心

AI 模型管理，管理当前使用的模型版本。在巡检过程中巡检结果会自动进入 AI 的机器学习中进行模型优化。

### 4.5 巡检过程管理

智能巡检系统以“第一视角”视频形式记录现场巡视过程，巡视结束后，可通过语音命令将视频上传到后台服务器，永久记录巡视过程；后台支持历史巡视视频查询和回放，方便后续参考学习。

#### 4.5.1 巡检路线及业务流程

制定巡检计划，形成巡检任务，并确定巡检任务人，巡检人根据巡检计划进行现场巡检。

管理后台可以制定定期巡检计划，定期巡检计划能够根据周期循环计划生成巡检计划和巡检任务。

检查周期分为每月一次、每季度一次、每半年一次、春检定期检查等。

#### 4.5.2 巡检路线及业务流程

AR 智能巡检路线示例如图 2 所示。

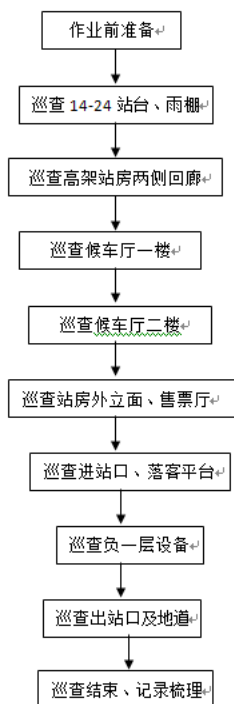


图 2 AR 智能巡检路线示例

### 4.5.3 巡检人员流程

AR 智能巡检作业流程如图 3 所示。

### 4.5.4 巡检计划及定期计划管理

制定巡检计划，形成巡检任务，并确定巡检任务人，巡检人根据巡检计划进行现场巡检。

管理后台可以制定定期巡检计划，定期巡检计划能够根据周期循环计划生成巡检计划和巡检任务。

检查周期分为每月一次、每季度一次、每半年一次、

春检定期检查等。

### 4.6 AR 眼镜虚拟现实信息展示

虚拟信息展示。AR 巡检将设备的相关信息以虚拟的形式叠加在现实世界中，通过移动设备的摄像头实时捕捉现实场景，并在屏幕上显示设备的位置、状态、巡检时间等信息。巡检人员可以通过观察屏幕上的虚拟信息，直观地了解设备的情况，并进行相应的巡检操作。

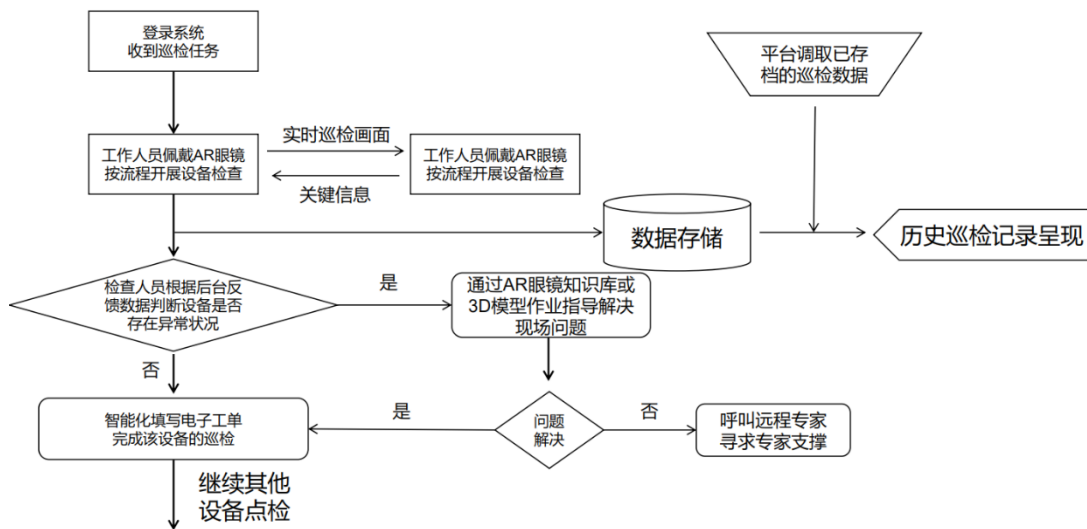


图 3 AR 智能巡检作业流程

## 5 结语

AR 人工智能巡检技术主要目的是能够提高房建专业设备巡检的准确率及工作效率。引入增强现实技术的智能检查系统成为突破方向。该系统依托移动终端设备，整合了影像辨识、位置感知和数字化信息交互等先进技术，大幅提升了检查工作的精准度和执行效率。检查人员可通过直观的数字界面完成工作任务，同时促进电子化流程管控和人机协作机制的持续优化。

在智能检查技术领域，增强现实应用已取得显著进展。基于计算机视觉、物联网等技术的多种创新方案不断涌现。特别是随着影像处理技术的突破，智能检查系统展现出更广

阔的应用前景。

### 参考文献:

- [1] Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, Aaron Courville. deep learning[M]. America: MIT Press,2016.
- [2] (西)佩德罗·拉腊尼亚加.机器学习与行业应用[M].耿或译.西安:西安交通大学出版社,2022.
- [3] mark lutz. python编程[M].邹晓,瞿乔,任发科译.北京:中国电力出版社,2014.

作者简介: 李钢 (1973-), 男, 中国江苏徐州人, 高级工程师。