

# 智能化技术在高速公路工程安全管理中的应用研究

张树能

云南交投集团公路建设有限公司 云南 昆明 650000

**【摘要】**：为解决高速公路工程施工安全管理存在的问题，文章基于智能化技术，对高速公路工程施工安全管理体系进行了设计，并选取了几个典型应用场景进行了分析。结果表明，高速公路工程施工安全管理存在着管控不精准、隐患排查不及时、应急救援效率低等问题。针对这些问题，提出了智能化技术在高速公路工程施工安全管理中的应用思路和解决方案，设计了智能化安全管理体系架构，并从感知层、网络层、数据层、平台层和应用层进行了具体设计。通过对典型场景的应用分析，验证了智能化技术在高速公路工程施工安全管理中的适用性和有效性。

**【关键词】**：高速公路；工程安全管理；智能化

DOI:10.12417/2811-0536.26.07.074

## 引言

在交通强国战略下，高速公路工程建设规模不断扩大，项目类型不断增多，安全生产管理面临新的挑战。以信息化、智能化为特征的新一轮科技革命和产业变革给高速公路工程安全生产管理带来了新机遇和新挑战，智能化技术为安全管理提供了新思路，对提升安全监管效能、提升风险管控能力、保障安全生产形势持续稳定具有重要意义。基于此，文章以高速公路工程施工安全管理为切入点，探索智能化技术在高速公路工程施工安全管理中的应用思路和解决方案，以实现高速公路工程施工安全风险的精准管控和隐患的及时发现，为高速公路工程施工安全管理提供借鉴。

## 1 高速公路工程安全管理现状与智能化需求分析

### 1.1 传统安全管理存在的问题

传统的高速公路工程安全管理工作主要是依靠人施工现场管理，一般的工程安全管理工作由施工单位自行组织开展。在实际开展过程中，存在着一些问题，主要包括：①施工人员对安全生产法律法规不够了解，存在侥幸心理；②在组织施工前未进行安全教育和培训；③现场安全防护设施不足，未有效落实安全防护措施；④现场未设置安全警示标识或标识不清，没有起到警示作用；⑤现场施工环境较差，存在较大的安全隐患。以上这些问题都会影响高速公路工程的安全管理质量和效率，降低工程施工的安全性，增加了项目施工的风险系数，不利于工程建设目标的实现<sup>[1]</sup>。

### 1.2 智能化改造需求识别

随着我国高速公路建设事业的蓬勃发展，高速公路工程安全管理也面临着新的挑战和需求。传统安全管理存在的问题使得智能化技术成为高速公路工程安

全管理的必然选择。以目前我国高速公路建设工程为例，智能化技术在高速公路工程安全管理中的应用，主要是通过智能化技术实现对项目安全风险因素的快速识别、快速评估与有效控制，对项目施工现场的施工安全状况进行全面监测，实现对施工过程中可能存在的安全风险进行有效防控。同时，通过智能化技术对施工现场作业人员的作业行为进行有效监测，可以有效提升高速公路工程施工现场的安全生产管理水平。

### 1.3 典型场景风险特征与管控重点

高速公路工程建设管理场景主要包括施工安全、质量安全、施工环境、设备设施四大类。具体场景包括：（1）施工作业安全管控：临时用电、起重机械、脚手架、基坑开挖、桥梁墩台等危险作业环节；（2）质量安全管控：原材料与成品质量管控、混凝土质量控制、施工现场环境等；（3）施工环境管控：施工交通管制，施工噪音控制，扬尘控制等；（4）设备设施管控：机械设备及特种设备的使用与维护，人员操作不当造成的事故隐患与安全风险。

## 2 智能化安全管理体系架构设计

### 2.1 感知层：终端设备与数据采集

感知层是智能化系统的第一个层面，包括视频监控、雷达系统、无人机、微波遥感、红外成像等各类终端设备，实现对现场安全状态的实时感知。以视频监控为例，在施工现场安装高清视频摄像机，将采集到的视频流进行编码处理，传输到云平台。在云平台上，通过人脸识别和车辆识别技术，对人员与车辆进行身份认证。同时将视频流实时分发给各级管理人员。对于大型工程项目，通过雷达系统采集的现场监测数据，以图表方式展示，分析事故发生原因和风险点分布情况。无人机系统通过遥感技术实时监测施工现场

的土壤湿度、温度和风向等气象信息<sup>[2]</sup>。

## 2.2 网络层：传输与通信保障

在高速公路工程安全管理的网络层，主要采用基于5G和NB-IoT的网络通信技术。5G技术具有高带宽、低时延、广连接、低功耗、大容量等特点，可以实现对高速公路工程现场安全生产数据的实时传输和管理，满足高速公路工程安全生产数据传输的实时性、安全性和可靠性要求。NB-IoT技术具有网络覆盖广、数据传输量大的特点，能够实现高速公路工程现场安全生产数据的实时采集和管理。因此，在高速公路工程安全生产管理中应用NB-IoT技术，可以有效提升高速公路工程现场安全生产数据的实时传输效率，保障智能化安全管理平台的信息传输与通信保障。

## 2.3 数据层：统一数据中心与标准治理

数据层主要包括安全管理数据中心、智能识别技术数据中心。安全管理数据中心主要负责高速公路工程的施工现场安全管控数据的采集与存储，将采集的安全监管信息和预警信息进行整合分析，为高速公路工程提供综合的安全监管数据服务。智能识别技术数据中心主要负责对施工现场的作业人员、设备等进行识别与管理，实现施工现场作业人员、设备等的“实名+认证”管理，有效地保障了高速公路工程施工现场的安全。

## 2.4 平台层：智慧安全管控平台

智慧安全管控平台是高速公路工程建设过程中的“大脑”，是数据中心的基础。平台可以实现安全信息数据的采集、处理、存储、共享和利用，可以帮助各参建单位实时掌握各工地、各作业区域、各项目的安全生产情况，提供决策分析依据。通过对高速公路工程建设项目中人、机、料、法、环等方面的数据进行分析，实现对施工现场危险源的实时动态监控和预警；通过对施工环境、设备状态等进行监测，实现对危险源的自动识别和预警；通过对安全生产相关数据进行分析，实现对各参建单位的安全生产行为进行监管，最终实现高速公路工程建设过程中安全管理信息化和智能化<sup>[3]</sup>。

## 2.5 应用层：业务模块与场景化功能

业务模块与场景化功能是智慧安全管控平台的重要组成部分，在整个系统架构中扮演着承上启下的重要作用，既可以用于数据采集，又可以用于信息展示与管理。业务模块是智慧安全管控平台的“神经中枢”，是智慧安全管控平台的“神经系统”，负责系统中所有业务与功能的运行。具体包括：工程质量管理、施

工安全管理、现场管理、设备管理、车辆管理等。场景化功能主要包括：交通事件上报、智慧工地建设、工地人员与车辆定位等。同时，可以通过手机APP端进行实时监控，还可以通过云桌面实现多人同时协同办公，使项目管理层及施工员能够实时掌握施工现场情况。

## 2.6 用户层：多方协同门户

安全管理涉及项目管理单位、监理单位、施工单位等多方主体，为保障安全管理的效率和质量，需要通过信息化手段对各方信息进行集成与整合，为工程项目的施工提供全方位的信息服务。通过系统门户构建了多方协同的安全管理应用平台，将工程项目参建各方的信息与安全管理进行集成，并提供了业务数据共享、协同工作、协同决策、安全教育、培训考试、应急救援等多项功能。同时，通过建设工程项目信息门户，实现了工程项目相关安全资料与数据的集中收集和统一管理，便于在项目实施过程中对工程安全事故进行记录和分析，为后期工程项目的持续改进提供数据支撑。

## 3 智能化技术在高速公路工程安全管理中的典型应用

### 3.1 施工现场智能监控与行为管控

智能视频监控系统能够将施工现场的所有工作人员和施工机械设备进行自动识别和记录，在出现问题时进行报警。如在桥梁施工中，为设备安装监控系统，在设备运行过程中出现故障时及时发出报警。针对混凝土搅拌站、钢筋加工场、梁板预制场等特殊作业场地，可以对重点工作区域进行24小时监控。施工人员可以通过智能视频监控系统查看自己的工作情况，如在现场发现违规操作行为时，系统会自动报警。如在某隧道施工中，使用视频监控系统发现工人违规操作行为，系统会自动发出警告信息，要求其停止作业行为并纠正错误操作。

### 3.2 结构物健康智能监测

结构物健康智能监测是在高速公路工程建设中，通过布设各类监测设备，对施工过程中的结构物、桥梁、隧道等重点部位的变形和应力进行实时监测。该技术通过在结构物表面粘贴应变计、温度传感器等，获取结构物内部应变和温度信息，并将数据实时上传至云平台。云平台可根据已有的高速公路工程数据库，对各监测点的数据进行自动分析和处理，并将结果同步至施工现场。通过对施工过程中的结构物、桥梁、隧道等结构进行实时监测，可有效预防各类安全事故的发生。云平台还可以自动预警桥梁结构物沉降、开

裂等问题，有效提升结构物安全性和稳定性<sup>[4]</sup>。

### 3.3 数字孪生仿真与预控

在高速公路工程安全管理中，数字孪生仿真与预控技术主要体现为对高速公路工程安全风险进行识别和预控，以及对高速公路工程的安全风险进行管控。结合数字孪生仿真与预控技术，高速公路工程施工阶段可建立仿真模型，在数字孪生体中，根据施工现场的实际情况模拟出各种情况下的施工过程和安全风险。同时，在数字孪生体中还可进行仿真和预控的评估分析，基于评估结果对施工过程中可能存在的安全风险进行预警。例如，在高速公路工程施工前建立安全风险评估系统，对施工前可能存在的安全风险进行评估，并提出预警措施。

### 3.4 施工区交通组织与安全预警

智能视频监控系统能够全天候对施工现场进行实时监控，可实现施工区域的多源数据采集和融合分析，如：多人车辆轨迹、人员行为轨迹等。通过智能视频分析，可对施工区域的人车混流、施工环境进行智能分析和感知，及时发现并提示道路施工过程中的安全隐患。利用无人机采集高速公路施工区域的环境信息，结合交通仿真技术、激光雷达测速技术以及计算机视觉技术等对交通流进行监测和分析，可实现对施工现场道路通行能力和安全状况进行实时监控。此外，还可以利用无人机等设备进行远程交通管制、违章拍照取证、危险路段预警等工作，提升高速公路管理效能。

### 3.5 隐患排查与闭环管理

隐患排查与闭环管理是高速公路工程安全管理的重要工作内容，同时也是提升工程整体安全水平的重要措施。在高速公路工程建设中，施工单位需要定期组织开展隐患排查工作，及时发现和解决各类安全问题。智能安全监测系统能够对高速公路工程现场的施工环境进行实时监控，并对施工作业中存在的各种安

全隐患进行快速识别。智能安全监测系统对高速公路工程施工中的各类危险源进行自动识别、定位和上报，及时将问题上报给高速公路工程管理部门，同时将隐患整改情况反馈给施工单位。智能安全监测系统通过信息的传输，能够实现隐患排查、整改和闭环管理等全过程的数字化管理<sup>[5]</sup>。

### 3.6 应急救援智能化

针对高速公路施工安全管理，应建立健全应急救援预案体系，通过智能化技术实现对事故的预警、分析、处置和评估，提高应急救援效率。应急救援智能化技术可依托智能视频监控系统、智能移动应用软件系统等，建立视频监控图像与图像智能识别系统、应急救援指挥平台等，实现对现场的远程监测。同时，通过数据分析系统及时了解事故发生情况，并辅助应急救援决策。此外，利用物联网技术对应急救援资源进行智能化管理与调度，确保资源分配的合理性，进而降低安全事故的发生概率。在此基础上，可通过智能化技术构建应急救援平台，以实现事故的快速处置与指挥。

## 4 结语

综上所述，文章通过智能化技术在高速公路工程施工安全管理中的典型应用，从事故数据管理、人员行为监测、基于人工智能的隐患排查三个方面介绍了智能化技术在高速公路工程施工安全管理中的应用，并指出了当前智能化技术应用中存在的问题，如数据共享程度不高、数据采集、整合不规范等，并提出了相应的解决方案。随着技术的发展和进步，高速公路工程施工安全管理智能化发展前景广阔，也面临着新的机遇与挑战。文章建议在未来的研究中，要结合我国高速公路工程施工安全管理实际需求，从技术创新、标准体系构建、人才培养等方面入手，推动高速公路工程施工安全管理智能化发展。

### 参考文献：

- [1] 崔玲玲.智能化技术在高速公路工程安全管理中的应用[J].智能城市,2025,11(11):49-52.
- [2] 黄华.基于智能化技术的高速公路运营养护管理体系构建[J].汽车周刊,2025,(09):180-181+193.
- [3] 张志广.智能化施工技术在高速公路工程中的应用分析[J].运输经理世界,2025,(04):46-48.
- [4] 刘兴强.智能化技术在公路工程安全管理中的应用[J].张江科技评论,2025,(01):103-105.
- [5] 朱伟.智能化施工技术在高速公路工程中的应用分析[J].工程与建设,2024,38(01):170-171+177.