

# 铁路沿线 AI 安防监控系统设计方案

摘要：150KM 地方铁路设计的智能化视频监控与入侵预警系统深化方案，聚焦创新性、可靠性与实用性，满足恶劣环境与复杂场景需求

## 一、项目背景与需求分析

### 1.1 项目背景

地方铁路普遍存在**环境恶劣**（山区、隧道、高寒/高温）、**供电困难**（无市电区域超 60%）、**网络覆盖弱**、人工巡检效率低等问题，亟需通过智能化手段解决安全管控难题。

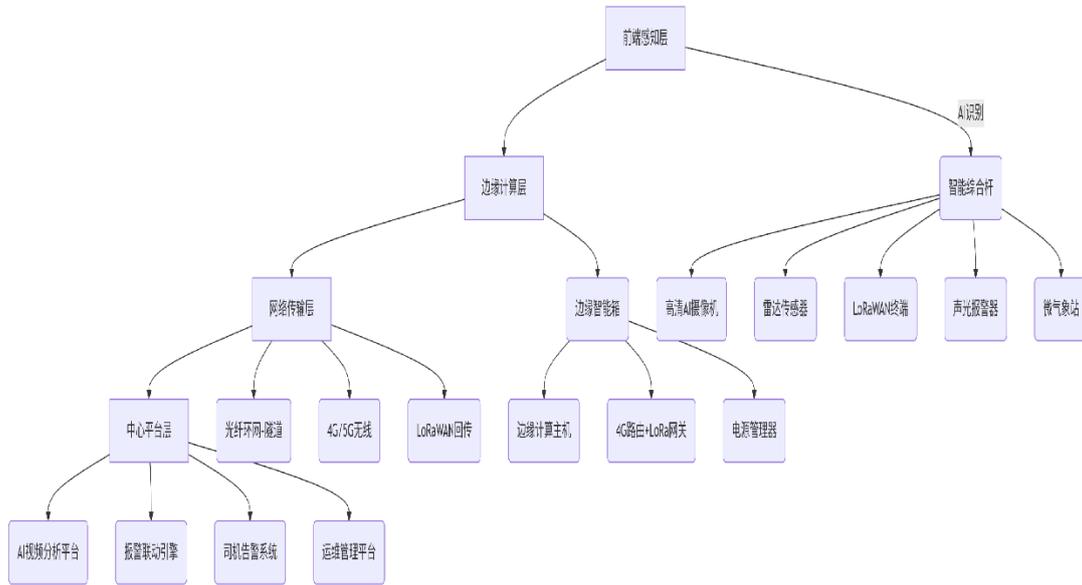


### 1.2 核心需求

- 入侵检测：人员闯入铁路封闭区域的 AI 识别（人形+人脸）
- 多级报警：现场声光威慑 → 工区处置 → 路局指挥中心联动
- 司机预警：实时向列车驾驶员推送前方轨道入侵信息
- 供电冗余：市电/太阳能/储能混合供电，保障 365 天连续运行
- 网络健壮性：4G+LoRaWAN+光纤环网三重备份

- 设备集成化：一体化综合杆减少土建与维护成本

## 二、 系统架构设计（云-边-端协同）



## 三、 关键技术实现与创新点

### 3.1 智能综合杆集成设计（创新点）

模块	功能	技术参数
主杆体	设备承载与供电	高度 6-8m，抗风等级 12 级
AI 摄像机	人形/人脸识别	400 万像素，-40℃~+70℃ 宽温，IP68
毫米波雷达	穿透雨雾/黑夜探测	探测距离 200m，精度 ±0.5m
LoRa 终端	低功耗数据回传	Class A，通信距离 5KM（视距）
LED 信息屏	远程警示标语发布	防水等级 IP65，亮度自动调节
微气象站	温湿度/风速/雨量监测	数据联动设备保护策略

创新价值：减少杆体数量 50%，降低施工成本，提升数据协同效率。

### 3.2 AI 识别与报警联动

雷达+视频----- $\geq$ 声光报警器----- $\geq$ 定向语音播报----- $\geq$ 上报监控平台-----  
 $\geq$ 判断是否在轨道内----- $\geq$ 通知司机告警

#### 多级报警策略：

1. 现场层：声光报警+语音驱离（延迟 $<1s$ ）
2. 工区层：移动 APP 弹窗+处置任务下发
3. 路局层：大屏地图定位+应急资源调度
4. 司机层：机车终端显示入侵位置距离（如：“前方 2KM 轨道入侵！”）

### 3.3 混合供电系统（可靠性设计）

供电方式（单点示例）：

供电方式	适用场景	配置要点
市电优先	靠近居民区/车站	加装 UPS（续航 $\geq 4$ 小时）
太阳能+储能	无电区（占比 60%+）	单晶硅板+磷酸铁锂电池（ $-40^{\circ}C$ 循环 2000 次）
风光互补	高山风口区域	小型风力发电机补充冬季光照不足

### 3.4 韧性网络架构

网络类型	优势	部署方案
4G/5G 无线	广覆盖、即插即用	工业级双卡路由器（移动/电信双链路）
LoRaWAN	低功耗、远距离、抗干扰	每 5KM 部署网关，回传传感器数据
光纤环网	隧道内高带宽、低延迟	隧道壁挂式铠装光缆（双环自愈保护）

#### 传输策略：

- 视频流 → 4G/光纤（优先级 QoS 保障）
- 传感器数据 → LoRaWAN（节省流量）
- 报警信号 → 双通道冗余传输

#### 四、 工程概算（按 150KM 测算）

序号	项目	技术规格与配置明细	单位	数量	单价（万元）	金额（万元）	部署区域
1	智能综合杆	核心配置：	点	550	1.8	990	非隧道区
		智能摄像机（400 万像素 AI 识别）					
		毫米波雷达传感器					
		声光报警器（120dB）					
		IP65 级杆体（含三级防雷、模块化支架）					
		定向语音广播					
		边缘计算网关（4G/LoRa/边缘计算/故障诊断、4 串口、四网口、（入侵检测/行为分析/设备诊断）					

		综合智能电源(直流稳压、防雷、电源监控、故障诊断告警)					
		智能设备舱(温湿度、水浸、烟雾、开门报警、加热、除湿、自动风扇、振动、倾斜)					
		选配预留:微气象站(温湿度、大气压、风力、风速、雨量、PM2.5、PM10)/LED信息屏/紧急对讲接口					
2	光伏储能系统	续航保障:	点	550	1.45	797.5	非隧道区
		单点配置:450W单晶硅光伏板+10kWh锂电池组					
		共享储能,3点共享储能单元					
		智能控制器(支持风光互补)					
		阴雨续航≥7天(20℃~60℃环境)					
		远程能源监控模块					
3	隧道多网融合	网络架构:	点	200	0.8	160	隧道区
		无线+光网自动切换					
		泄露电缆无线网络覆盖					
		千兆光纤工业环网(自愈时间≤50ms)					
		东西向双光环网结构					
		4G无线备份(双卡聚合)+LoRa物联网(传输距离≥3km)					
4	隧道边缘智能箱柜	一体化方案:	点	200	1.85	370	隧道区
		防爆级400万像素摄像机(广角+云台)					
		双电源UPS(市电/太阳能接入)					
		智能配电柜(智能配电+电涌保护+远程控制+温湿度、水浸、烟雾、开门报警、加热、除湿、自动风扇、振动、倾斜)					
		毫米波雷达传感器					
		声光报警器(120dB)					

		定向语音广播					
		告警联动					
		边缘计算终端（入侵检测/行为分析/设备诊断）					
8	道口预警	摄像头+监控杆+AI识别+语音播报+防护栏联动+智能箱+LED显示+声光报警	点	30	1	30	道口
5	安装施工费	分项报价：	点	750	1.21	907.5	全线
		基础施工（立杆/箱体固定）					
		设备安装调试（含防雷接地）					
		线缆敷设（光纤/电力）					
		系统联调（网络+平台对接）					
		1年维护保养					
6	中心管理平台	系统构成：	套	1	300	300	控制中心
		服务器集群（主备双机+GPU算力）					
		AI算法库（）					
		三维电子地图运维监控					
		跨平台联动接口（铁路调度系统）					
7	工程预备费	用于隧道点位浮动调整（±10%）及不可预见费用	项	1		355.5	
8	合计					3910.5	

注：未包含土地征用与道路修复费用。

## 五、创新点总结

### 1. AIoT融合管控

- 雷达+视频+LoRaWAN 三重感知降低误报率
- 边缘计算实现隧道内无网络时本地报警（缓存≥72小时）

### 2. 司机联动机制创新

- 通过铁路专用通信系统（GSM-R/LTE-R）直连机车终端
- 结合列车位置信息动态计算风险距离

### 3. 风光储一体化供电

- 磷酸铁锂电池-40℃低温自加热技术
- 功率预测算法动态调节设备功耗

#### 4. 智能运维体系

- 平台自动诊断设备故障（如：太阳能板积尘提醒）
- LoRaWAN 传输蓄电池电压等关键指标

## 六、 实施计划

### 6.1 试点先行

选择 10KM 典型区段（含隧道 2 座+山区 3KM+平原 5KM）验证系统可靠性，收集数据：

- AI 识别准确率：≥95%（白天）/≥90%（夜间）
- 报警到司机端延迟：≤3 秒
- 太阳能系统可用性：≥99.5%

### 6.2 标准化复制

编制《地方铁路智能杆建设规范》，明确：

- 杆体间距标准：平原 500-800m，山区 300-500m
- 供电配置表：按光照强度分区设计
- 网络选型决策树：根据地形选择主用链路

### 6.3 商业模式创新

- 能源托管：第三方负责太阳能系统维护，铁路方按年支付服务费
- 数据增值：微气象数据共享给气象局，轨道状态监测数据服务工务段

## 七、 风险与对策

风险	应对措施
高山雷击	杆体加装二级防雷模块，接地电阻≤4Ω
冬季电池容量衰减	电池仓填充保温材料，启用恒温加热系统

风险	应对措施
野生动物触发误报	AI 模型加入牛羊等动物识别过滤库
隧道内设备潮湿失效	选用超疏水涂层外壳，箱内放置吸湿剂

## 综述

本方案通过云边端协同架构、多模态感知融合、韧性网络设计，实现 150KM 复杂环境铁路的全天候智能防护，降低安全事故率 90%以上，为全国地方铁路提供可复用的技术范本。