

# 铁路数智化监管体系构建与实施路径研究

许浩

国家铁路局安全技术中心 北京 100160

**摘要：**铁路数智化监管是铁路行业数字化转型与监管体系现代化的核心方向，也是破解传统铁路监管效率低、精准性不足、资源配置不合理等痛点的关键。本文以铁路监督管理部门履职需求为核心，设计风险综合评估、监督检查优先级、检查内容匹配度三大量化模型，明确六步实施流程；剖析现存问题并提出对策。研究构建的体系实现监督检查“何时查、查什么、先查谁”的智能量化判定，填补监管部门视角下数智化研究空白，为数智化监管落地提供可量化、可落地的理论与实践参考，对提升监管效能、保障铁路高质量发展具有重要意义。

**关键词：**铁路监管；数智化；监管体系；实施路径；风险量化模型

引言：“十四五”期间，全国铁路营业里程增至16.5万公里，高铁达5.04万公里，我国已建成世界规模最大高铁网，铁路行业进入高质量发展阶段。随着路网不断完善、客货量持续增长，对安全提出了更高的要求，但传统人工现场检查、经验化决策模式，存在监管覆盖面窄、风险预判弱、针对性不足、资源配置低效等问题，无法充分满足“防患于未然”的核心需求。新一代信息技术的成熟应用，为铁路监管创新提供了支撑。国家相关政策明确推行智慧监管、推进铁路监管数智化建设，2025年国家铁路局工作报告多次提及数智化监管，《铁路安全风险分级管控和隐患排查治理管理办法》更明确要求推进铁路双重预防机制数智化建设，建立互联互通的隐患排查治理信息系统。在此背景下，如何依托数智化技术，从监管部门视角构建适配履职需求的监管体系，成为行业亟待解决的课题。

## 1 核心内涵

铁路数智化监管以铁路安全生产、运输组织、工程建设、设备管理等监管需求为核心，融合大数据、人工智能等新一代信息技术，构建全要素感知、智能化决策、精准化处置的新型监管体系，本质是通过“数智化”实现监管向“事前预防、事中干预”转型，提升监管效率与精度，契合铁路安全发展规划要求<sup>[1]</sup>。

当前国内外数智化监管研究主要聚焦设备监测、风险预警等，验证了技术可行性，高扬等学者探索了云计算、大数据等信息技术在铁路安全监测中的应用，余振国等学者则聚焦铁路安全监督管理中的大数据应用<sup>[2]</sup>，但从铁路监督管理部门视角的安全监管体系化研究匮乏。本文以此为切入点，填补现有研究空白。

## 2 铁路数智化监管典型案例分析

### 2.1 典型案例介绍

#### 2.1.1 广铁集团TFDS货车AI智能检车系统

广铁集团在广州北车辆段搭建TFDS智能检车中心，融合AI与大数据技术，构建覆盖67种车型、438类故障特征的识别库，对粤湘两省43套TFDS设备全时段监测，实现货车检测从“人工目检”向“AI全检”转型。系统故障识别准确率99%，检测效率提升超95%，成为车辆动态数智化监管标杆，验证了技术落地可行性，与王超提出的基于云平台的铁路监管系统应用思路相一致<sup>[3]</sup>。

#### 2.1.2 广东铁投省管铁路数字化建设监管平台

广东铁投打造集工程调度、数字工地等功能于一体的省管铁路数字化平台，依托物联网与分级预警技术，构建“人防+物防+技防+智防”监管体系，实现全省10个铁路项目、1010公里在建里程的全流程数智化管理。2024年累计发出预警12000余次，规避重大施工风险，隐患整改时长从72小时压缩至18小时，验证了技术落地价值。

#### 2.1.3 西安局集团铁路智能防控“天网”体系

西安局集团整合铁路综合视频系统、行车通信语音记录系统、车载音视频系统、现场作业音视频系统四大类监控系统，联动微机监测、车辆5T系统、异物侵限监测系统60个专业信息系统，构建覆盖陕西6400公里铁路的“天网”体系，体现数据融合共享思路，实现现场作业与设备全场景数智化监管。乘务员标准化作业监督覆盖率100%，违规识别准确率98.6%，道口事故率下降62%，打造“一屏智控”模式。

### 2.2 案例共性与实践启示

(1)数据互通是关键：案例均实现数据整合共享，符合大数据环境下铁路安全管理的基础性要求。(2)效率精度双提升：案例均实现监管效率提升50%以上、识别准确率达98%以上，降低人工成本与失误率，凸显数智化价值<sup>[4]</sup>。(3)技术融合是核心：案例均以AI、大数据为核

心，结合多技术场景化融合，打通监管闭环，验证了技术适配性，与高扬等学者提出的信息技术融合应用思路相符。

### 3 铁路数智化监管体系构建与实施可行性方案（监管部门视角）

本章节聚焦监督检查时机、内容、流程三大核心问题，融合大数据建模与智能算法，构建数智化监管体系，设计量化模型与实施流程，为铁路监管数智化建设提供具体路径<sup>[5]</sup>。

#### 3.1 体系整体架构设计

以铁路监管数据中台为核心，打通铁路企业核心系统数据，依托大数据、人工智能技术，实现监督检查全流程智能化管控，核心逻辑：数据采集→风险量化→等级评估→策略生成→执行→反馈→模型优化，借鉴高扬等学者提出的铁路安全监督管理信息技术应用逻辑架构思路，兼顾科学性与实操性。

#### 3.2 核心量化模型与计算公式设计

结合监管实际，设计三大核心模型，模型构建参考张磊等学者的风险评估模型研究，结合监管实际优化参数，提升适配性。

#### 3.2.1 铁路监管对象风险综合评估模型

本模型通过多维度风险因子量化，计算综合风险值并划分等级，为检查时机、内容判定提供核心依据，契合《铁路安全风险分级管控和隐患排查治理管理办法》中风险分级管控要求，实现风险管控精准化、数字化。模型公式：

$$R = \sum_{i=1}^n W_i \times F_i + \alpha \times \Delta R - \beta \times C$$

参数定义：R：监管对象综合风险值（0-100），值越高风险越高；n = 5，核心风险因子为设备状态、作业行为、历史隐患、环境因素、人员资质；W<sub>i</sub>：第i类因子权重（ $\sum_{i=1}^n W_i$ ），参考权重：0.35、0.25、0.2、0.1、0.1；F<sub>i</sub>：第i类因子量化评分（0-100），评分越高风险越高；α：风险趋势修正系数（0.05-0.2），随风险趋势调整；ΔR：近30天风险变化量（ $\Delta R = R_{\text{当日}} - R_{30\text{日前}}$ ）；β：安全管控修正系数（0.1-0.3），随防控措施有效性调整；C：企业管控措施评分（0-100），评分越高管控越完善。核心因子量化方法（基于实时数据，避免主观判定）：设备状态F<sub>1</sub>：F<sub>1</sub> = 100×(N故障+N预警+N超期)/N总设备；作业行为F<sub>2</sub>：F<sub>2</sub> = 100×N违规作业/N总作业次数。

风险等级划分与监管策略：

风险等级	综合风险值R	监管处置策略
I级（极高）	R ≥ 80	24小时内专项突击检查
II级（较高）	60 ≤ R < 80	3个工作日内重点定向检查
III级（一般）	30 ≤ R < 60	按季度/月度常规检查
IV级（较低）	R < 30	减少频次，以远程监管为主

#### 3.2.2 监督检查优先级模型

多监管对象达检查阈值时，通过本模型计算优先级，优化资源配置，实现监管资源科学统筹，契合康良国等学者提出的大数据环境下安全绩效管理理念。

模型公式：P = R×K×S

参数定义：P：检查优先级，值越高越优先；R：综合风险值（同前）；K：对象权重系数（干线1.2、支线0.8、客运站1.3、货运站1.0）；S：隐患整改率系数（0-1.0），整改率越低S值越高(S = 1.1-整改率)。

#### 3.2.3 检查内容匹配度模型

基于F<sub>i</sub>计算检查项与风险的匹配度，实现精准检查，避免冗余，提升检查针对性，契合铁路安全监督管理中智能化分析决策的需求。

模型公式：M<sub>j</sub> = (F<sub>i</sub> /  $\sum_{i=1}^n F_i$ ) × 100%

参数定义：M<sub>j</sub>：第j项检查匹配度（0-100%），值越高相关性越强；F<sub>i</sub>：对应风险因子评分。筛选规则：M<sub>0</sub> =

20%，选取M<sub>j</sub> ≥ M<sub>0</sub>的检查项，按匹配度排序。

#### 3.3 智能化监管具体实施流程

以三大模型为依据，设计六步实施流程，依托监管平台与移动终端落地，保障实操性，流程设计借鉴王超提出的基于云平台的铁路工程监督管理系统应用流程，结合监管履职需求优化完善。

##### 3.3.1 第一步：搭建铁路监管数据中台，实现数据全域汇聚

(1)明确采集范围：监管部门牵头明确企业数据上报义务，采集各专业核心数据；(2)统一处理标准：统一数据格式与编码，搭建实时同步通道，保障数据准确及时，为数据融合共享奠定基础。

##### 3.3.2 第二步：风险量化评估，自动判定检查时机

(1)模型实时运算：数据中台将标准化数据输入模型，自动计算风险值、划分等级，可视化展示；(2)智能预警：I、II级风险自动推送预警，明确核心信息，无

需人工干预；(3) 常规计划生成：Ⅲ级风险自动生成月度/季度检查计划，统筹人员负荷，避免漏检、重复检查，契合相关管理办法要求。

3.3.3 第三步：基于匹配度模型，精准生成检查内容清单

(1)智能筛选：高风险对象的 $F_i$ 输入模型，筛选 $M_j \geq 20\%$ 的检查项并排序；(2)分级定制：核心项（ $M_j \geq 50\%$ ）必查，重点项（30%-50%）抽查，辅助项（20%-30%）备查；(3)生成清单：自动生成标准化清单，包含检查依据、方法等，可导出使用，提升检查规范性。

3.3.4 第四步：基于优先级模型，智能配置监管资源

(1)优先级排序：需检查对象输入模型，生成任务排期表；(2)人员匹配：结合专业、经验等，自动匹配最优检查人员；(3)资源调度：统筹跨区域、专业性强的检查资源，保障高效开展，提升资源利用效率。

3.3.5 第五步：现场检查全流程数字化，实现过程可追溯

(1)智能判定：系统内置标准数据库，自动判定隐患并分级，减少主观误差(2)移动赋能：手持终端内置清单，实时上传检查结果与影像，实现过程留痕，为隐患闭环管理提供支撑。

3.3.6 第六步：检查结果闭环管控，模型动态迭代优化

(1)分级督办：自动生成整改通知书，逾期未整改自动升级督办；(2)闭环销号：整改后验收并录入系统，实现隐患全流程闭环管理，落实相关管理办法要求；(3)模型优化：每月/每季度结合检查、整改结果，迭代模型参数，提升适配性，确保贴合监管实际。

## 4 铁路数智化监管现存问题与对策建议

### 4.1 铁路数智化监管现存核心问题

从监管部门视角看，核心问题是技术与监管体系适配不足、协同性不够，具体体现为：

(1)数据壁垒未打破：内部数据标准不统一、存在“数据孤岛”，外部跨部门数据互通无机制；数据安全防护有短板，是当前铁路安全监督管理中信息技术应用的主要瓶颈。(2)技术与需求适配不足：企业主导建设的系统聚焦生产需求，与监管标准衔接不畅，未贴合监管

履职需求，与高扬等学者观点相一致。(3)复合型人才短缺：监管队伍以传统专业人才为主，懂监管与数智化技术的复合型人才匮乏，制约数智化监管体系落地。

### 4.2 推进铁路数智化监管高质量发展的对策建议

(1)打破数据壁垒：牵头制定数据标准与共享规则，建立数据共享通道，推动跨部门互通；构建全国+区域数据中台，支撑模型运算，破解数据融合难题(2)推动技术与需求适配：制定系统建设指导规范，明确功能与接口要求，实现“生产数据”向“监管数据”无缝转化，借鉴王超提出的监管系统建设思路，提升适配性。(3)加强人才建设：建立“培训+引进”机制，提升现有队伍数智化能力，引进复合型人才，破解人才短缺瓶颈，提供人才支撑。(4)完善监管体系：依托数据中台与核心模型，完善四层架构，提升闭环管理与模型优化水平，定期评估优化，确保贴合监管实际。(5)健全保障体系：出台规范性文件，明确建设要求与责任；制定数据安全规范，建立资金、人才等保障机制。

## 5 结论与创新点

铁路数智化监管是信息技术与铁路监管融合的必然产物，但当前数智化监管存在数据壁垒、技术适配不足等瓶颈，需多方协同发力，针对性破解。本文创新性的提出了数智化监管建设体系，填补监管视角研究空白；提出了三大核心模型，明确了计算方法；形成了完整研究框架，为监管部门数智化转型提供路径，为后续研究提供参考。

### 参考文献

- [1]高扬,李娟,张健.大数据与云计算在铁路安全监测中的应用研究[J].中国铁路,2023,(08):45-51.
- [2]王超.基于云平台的铁路工程监督管理系统设计与实现[J].铁道标准设计,2022,66(11):132-137.
- [3]张磊,王丽,赵峰.铁路安全风险评评估模型构建及应用[J].铁道学报,2023,45(05):102-108.
- [4]康良国,刘敏,陈阳.大数据环境下铁路安全绩效管理研究[J].中国安全科学学报,2022,32(07):145-151.
- [5]余振国,宁静,周豆,关则彬.铁路运输安全监督管理大数据应用研究[J].铁路计算机应用,2021,30(03):19-22.