

# 行车安全管理与事故预防研究

杨帆

国家能源集团新朔铁路大准铁路公司燕庄站区 内蒙古 乌兰察布 012000

**摘要：**行车安全管理与事故预防研究聚焦于通过系统化手段降低交通事故发生率。研究以驾驶员行为、车辆技术、道路环境及管理机制为切入点，结合PDCA循环、海因里希法则等理论框架，提出风险识别、隐患排查及应急响应等策略。通过智能监测系统、防撞缓冲装置等主动/被动安全技术应用，结合标准化作业流程与跨部门协同机制，有效提升行车安全水平，为构建安全、高效的交通体系提供理论支撑与实践路径。

**关键词：**行车安全管理；事故预防；关键技术与策略

引言：铁路作为国家重要的基础设施，其安全运行关乎经济社会稳定与人民生命财产安全。然而，受人员操作、设备状态、环境变化及管理效能等多因素交织影响，行车事故时有发生，带来严重损失。在此背景下，深入开展行车安全管理与事故预防研究迫在眉睫。通过剖析事故成因、探索有效防控手段，构建科学完善的安全管理体系，对提升铁路运输安全性、可靠性，推动行业高质量发展意义重大。

## 1 铁路行车安全理论基础

### 1.1 安全管理体系框架

(1) ISO45001职业健康安全管理体系在铁路的应用：该体系聚焦风险预防与持续改进，在铁路领域通过明确管理层职责、全员参与机制，覆盖行车组织、设备维护等全流程。例如，针对铁路沿线作业人员安全，制定标准化防护流程，结合铁路作业场景特点，将体系要求转化为具体操作规范，降低人员伤亡风险，同时建立应急响应机制，提升突发安全事件处置效率。(2) PDCA循环在行车安全中的实践逻辑：计划(P)阶段围绕铁路行车安全目标，制定设备巡检计划、人员培训方案等；执行(D)阶段落实各项措施，如按计划开展轨道检测、组织司机安全培训；检查(C)阶段通过数据分析、现场核查，评估安全措施执行效果，排查行车中的安全隐患；处理(D)阶段总结经验，将有效措施标准化，针对问题制定改进方案，进入下一轮循环，实现行车安全管理持续优化。

### 1.2 事故致因理论

(1) 经典理论：海因里希法则指出，每1起严重事故背后，有29起轻微事故和300起无伤害事件，为铁路安全排查提供方向，强调从轻微隐患入手预防重大事故；瑞士奶酪模型认为，事故是多个防护屏障（如设备、人员、管理）同时出现“漏洞”导致，铁路需完善多环节

防护；能量意外释放理论指导铁路通过隔离能量（如设置防护栏）、控制能量释放速度，避免事故<sup>[1]</sup>。(2) 铁路专项理论：轨道-车辆耦合动力学失效机理研究轨道与车辆相互作用异常情况，如轨道变形导致车辆振动加剧，为轨道维护、车辆设计提供依据；信号系统故障传播模型分析信号故障扩散路径，助力构建信号系统容错机制，防止故障引发行车事故。

### 1.3 风险评估方法

(1) 定性评估：安全检查表(SCL)依据铁路行车安全标准，制定涵盖设备状态、操作流程等方面的检查清单，便捷排查风险；故障模式影响分析(FMEA)梳理铁路系统各组件可能的故障模式，评估其对行车安全的影响程度，确定风险优先级，指导资源优先投入高风险环节。(2) 定量评估：蒙特卡洛模拟通过模拟铁路行车中不确定因素（如天气、设备寿命）的概率分布，计算安全风险发生概率；贝叶斯网络结合历史数据与实时信息，动态更新风险概率，提升风险评估时效性；事故树分析(FTA)从可能的事故结果出发，反向推导导致事故的因素组合，明确关键风险点，为风险防控提供精准方向。

## 2 铁路货运行车安全风险识别与分类

### 2.1 人员因素风险

(1) 接发列车作业人员操作失误、应急能力不足：室外值班员未确认进路（如道岔未锁闭）、信号（如红灯误判绿灯）就汇报“准备妥当”，易致列车错股；室内信号员误排进路（如1道排为2道）、漏发预告信号，可能引发运行冲突。面对列车晚到（超计划30分钟）、信号突变（绿灯变红）等突发情况，若无法快速启动应急预案（如重排进路、暂停调车），处置时间超10分钟目标，影响货运安全效率。(2) 调车作业人员违规操作、协同不足：调车员未按规试拉、未设防溜

措施（如不放置铁鞋），易致车辆溜逸（坡道股道风险更高）；调车指挥与司机信息传递不及时（如未明确停留车位置、速度限制），可能引发碰撞。维修人员未彻底检修调车机钩头、轨道道岔（如漏查道岔滑床板缺油），会使设备带“病”运行，埋下隐患<sup>[2]</sup>。

## 2.2 设备因素风险

（1）货运信号设备故障、调车机隐患：货运站信号机若出现显示错误（如黄灯显示为红灯）、轨道电路故障（股道占用时无表示），会干扰接发列车作业，导致进路判断失误；调车机制动系统漏气、钩头锁闭装置失效，会影响调车作业安全（如无法及时停车、车钩分离）；货运轨道若出现钢轨擦伤（深度超过 3mm）、道岔卡阻（因异物堵塞），会阻碍列车通行，甚至引发脱轨。（2）新型货运设备适配问题：自动化货运调度系统、智能防溜监测设备应用中，若与传统作业流程不兼容（如系统指令与人工操作冲突）、算法存在漏洞（如防溜监测误报/漏报），可能导致调度指令错误（如错误安排调车进路）、防溜预警失效，增加作业风险。

## 2.3 环境因素风险

（1）极端天气干扰货运作业：暴雨导致货运站场积水（深度超过 10cm），会淹没轨道电路，影响信号设备正常工作，同时阻碍调车人员行走；冰雪天气使钢轨表面结冰，摩擦系数降低，延长调车机制动距离（较正常情况增加 50% 以上）；大风（风力超过 6 级）导致货运篷布脱落，可能缠绕接触网或侵入限界，影响装卸作业与行车安全。（2）货运站场环境隐患：站场照明不足（部分区域照度低于 50lux），影响夜间调车作业瞭望（如无法看清信号机灯光）；作业区域杂物堆积（如废弃枕木、工具摆放混乱），可能阻碍人员通行与应急处置（如紧急情况下无法快速到达故障点）。

## 2.4 管理因素风险

（1）货运安全制度执行漏洞：虽制定《接发列车作业标准》《调车作业安全规程》等制度，但实际执行中存在检查走过场（如仅核对台账未现场核实）、违规操作未追责（如调车员未试拉仅口头警告）等问题，导致制度沦为“空文”，无法发挥防控作用。（2）跨部门协同缺失：货运部门、调度部门、施工部门信息共享不畅（如施工计划未提前 24 小时告知货运部门），导致货运站无法及时调整调车作业计划；应急处置时（如调车机故障）职责划分不清（如维修部门与货运部门互相推诿），延误故障处置时间（超过 40 分钟）。（3）安全文化不足：员工存在侥幸心理（如调车作业简化“进路确认”步骤、接发列车时未按规定“手指口呼”），形

成不安全操作习惯，从根源上增加行车安全风险<sup>[3]</sup>。

## 3 铁路货运行车事故预防关键技术与策略

### 3.1 主动安全技术

（1）智能监测系统：货运站场智能监控系统用高清摄像头、AI 算法，实时监测调车人员操作规范（如试拉、防溜措施），违规行为实时抓拍推送；接发列车信号智能核验系统自动比对信号与进路信息，异常时声光报警；调车机状态监测系统采集制动压力、钩头锁闭数据，低于安全值时提前预警。（2）预警技术：整合列车到发、调车计划、天气数据，通过机器学习识别风险组合（如暴雨 + 调车繁忙 + 轨道故障），提前 15-30 分钟向调度与作业人员推送预警，提醒调整计划（如减调车钩数、暂停高风险作业）。（3）应急技术：货运作业应急模拟平台借 VR 构建 10 种典型场景，每月组织人员沉浸式演练；自动防溜装置作业后检测防溜措施，不达标则声光报警并锁定调车进路，防止车辆移动。

### 3.2 被动安全技术

（1）货运设备防护设计：调车机车头加装防撞缓冲装置（采用吸能式结构），碰撞时可吸收 60% 以上冲击力，减轻车辆损伤；货运站场股道设置防溜铁鞋定位装置（带磁吸功能），防止铁鞋丢失或放置错误（未对准车轮）；道岔区域加装防护栏（高度 1.5 米），避免人员误入（尤其施工时段）。（2）站场防护工程：在调车作业繁忙区域（如咽喉区）设置物理隔离带（采用反光材质），分隔作业区域与行走通道；货运站场排水系统优化（增加排水口密度，直径不小于 30cm），暴雨时可快速排水（1 小时内排除积水）；站台边缘加装警示标识（黄黑相间反光条）与防护栏（高度 0.8 米），防止人员坠落<sup>[4]</sup>。

### 3.3 管理优化策略

#### 3.3.1 接发列车作业管理

（1）标准化流程制定：明确接发列车“准备进路、确认信号、汇报联系、接车/发车”四步骤，细化各环节操作要求：进路准备需双人核对（信号员与值班员），确认道岔位置、轨道电路状态；信号确认需室外值班员现场查看，同时室内信号员通过监控复核；汇报联系需使用标准术语（如“X 次列车接近 X 道，进路信号已开放”）；接车/发车时需记录关键时间（如列车到达时间、信号关闭时间）。（2）卡控措施：实行“室内外双人联控”，每步作业需双方确认（如室外汇报后，室内复诵无误方可继续）；建立接发列车台账，详细记录作业人员、设备状态、异常情况（如信号闪烁），便于追溯；高峰期（如每日 8-10 点、14-16 点）增加管理人员现

场盯控（每2小时巡查1次），及时纠正违规操作。

### 3.3.2 调车作业管理

（1）流程规范：制定调车作业“计划传达、进路准备、作业执行、防溜设置”四流程，要求调车指挥人员提前30分钟核对计划（与调度中心确认），作业前向调车员、司机传达作业内容（钩数、股道、停留车位置）；进路准备需确认道岔开通正确、无异物侵入；作业执行中每钩需确认进路（调车员现场查看）、控制速度（空车不超5km/h，重车不超3km/h）；作业后需设置防溜措施（铁鞋+手闸），并双人确认。（2）风险管控：划分调车作业风险区域（咽喉区、坡道股道为高风险，平道为低风险），高风险区域作业需双人指挥（调车指挥+助理）；利用视频监控实时监督调车作业（全覆盖无死角），发现违规（如未试拉）及时通过对讲机制止；每月开展调车作业技能培训与考核（理论占40%，实操占60%），考核不合格者暂停上岗<sup>[5]</sup>。

### 3.3.3 室内外作业卡控

（1）室内作业卡控：室内信号员、调度员实行“作业前检查设备（信号机、轨道电路）、作业中逐项确认（每钩调车进路）、作业后复盘（核对台账与实际作业）”制度；严禁无关人员进入操作室（需登记备案），防止干扰操作；建立室内设备定期巡检计划（每日早班检查，每周全面检测），确保信号、调度系统正常（如信号机灯光亮度、调度指令传输速度）。（2）室外作业卡控：室外作业人员需按规定佩戴防护用品（安全帽、反光背心、防滑鞋），携带通讯设备（对讲机需满电，备用电池1块）；穿越股道实行“一停二看三通过”，确认无来车（查看信号、听取机车声音）后方可通行；作业前检查工具状态（如铁鞋是否完好、对讲机信号是否正常）；恶劣天气（暴雨、冰雪）作业时增加人员（双人同行），相互监护。

### 3.3.4 铁路施工组织管理

（1）施工计划管理：施工前需提交详细计划（含施工时间、范围、影响股道、安全措施），经货运、调度、设备部门联合审批（提前48小时）；施工计划需明确施工与行车交叉时段（如天窗点外施工）管控要求（如设置防护员、限速运行）；货运部门根据施工计划

调整调车作业、接发列车计划（如避开施工股道），并提前24小时通知作业人员。（2）现场卡控：施工期间设置专职防护员（每处施工点不少于2名），佩戴红色防护帽，手持停车信号旗，负责监控施工范围，发现来车及时预警；施工与行车交叉时，实行“施工负责人与货运值班员双监护”，双方确认安全后方可作业；施工材料、工具需存放于指定区域（远离轨道，设警示标识），严禁占用调车通道、股道。（3）应急处置：制定施工突发情况应急预案（如施工损坏轨道、设备故障），明确处置流程（如停止施工、设置防护、通知维修）与责任人员（施工负责人牵头，货运值班员配合）；每月开展施工与行车协同应急演练（模拟施工导致道岔故障场景），提升处置效率（目标40分钟内恢复行车）；施工后组织联合验收（货运、设备、施工部门），确认轨道、信号设备恢复正常（如道岔灵活、信号显示正确），方可恢复货运作业。

### 结束语

行车安全管理与事故预防是一项长期且艰巨的任务，关乎铁路运输的稳定与可持续发展。本研究虽从多维度剖析了行车安全风险，并提出系列预防技术与策略，但铁路系统复杂多变，新风险仍可能不断涌现。未来需持续完善安全管理体系，强化技术创新应用，加强人员培训与安全文化培育。唯有各方协同努力，不断探索实践，才能筑牢行车安全防线，为铁路事业安全前行保驾护航。

### 参考文献

- [1]黄小兵.浅谈轨道交通行车安全风险与防范措施[J].中国战略新兴产业,2020(24):127-128.
- [2]张霆风,陈双阳,王晨菡,等.铁路行车安全管理的组合赋权评价模型[J].交通科技与经济,2024,26(02):165-167.
- [3]王培培.铁路行车安全事故分析及对策研究[J].建筑技术科学,2024,(05):70-71.
- [4]李勇,毛永文,梁佳,等.重载铁路反向曲线区段行车安全分析[J].兰州交通大学学报,2024,43(01):188-190.
- [5]李秀全.铁路行车安全事故分析及解决对策[J].建筑技术科学,2024,(09):94-95.