

# 轨道交通司机疲劳驾驶风险识别与排班优化对策分析

袁 泉

重庆轨道交通运营有限公司 重庆 400000

**【摘要】**：轨道交通运行密度提升使司机作业负荷持续加重，疲劳驾驶逐渐成为影响行车安全的重要隐患。围绕司机作业特征与运行组织方式，构建以生理负荷、作业时段和线路条件为核心的疲劳驾驶风险识别框架，明确高风险触发机制。在此基础上，结合重庆轨道交通线路结构复杂、客流波动明显的运行特点，分析现行排班模式中存在的风险累积问题，提出基于作业节律匹配、班次结构重组与动态调控的排班优化思路。通过风险识别与排班策略的协同应用，可有效降低疲劳发生概率，为轨道交通安全运行提供稳定支撑。

**【关键词】**：疲劳驾驶；风险识别；司机排班；轨道交通安全；重庆轨道交通

DOI:10.12417/2811-0528.26.07.022

## 引言

轨道交通以高密度、准点化运行著称，司机长期处于高度专注与重复操作状态，疲劳易在不易察觉的情况下累积。一次短暂的注意力下降，便可能放大为运行风险。重庆轨道交通线路纵横山地与城市空间，坡度变化大、区间连续性强，对司机精力保持提出更高要求。如何在复杂运行条件下准确识别疲劳风险，并通过作业组织方式进行有效调节，成为安全管理中的关键问题。围绕这一问题展开分析，有助于揭示疲劳形成规律，并为运行安排提供更具针对性地改进思路。

## 1 疲劳风险的形成机理与识别路径

疲劳风险的形成与司机长期处于高负荷运行环境密切相关。重庆轨道交通线路多穿越山地与密集城区，纵坡大、曲线半径变化频繁，司机在操纵过程中需要持续进行速度控制、信号确认与环境判断，认知资源长期处于占用状态。在高密度行车组织条件下，列车间隔压缩、折返时间有限，作业节奏呈现出明显的连续性特征，休息恢复不足易导致神经系统兴奋性下降，形成隐性疲劳累积。这类疲劳并不表现为明显困倦，而更多体现在反应迟缓、注意分配能力减弱等方面。

从运行组织角度看，疲劳风险还与作业时段和班次结构密切相关。早晚高峰期间客流集中，司机操作频率和心理压力同步提升；跨时段轮换作业打破生物节律，影响睡眠质量与精力恢复<sup>[1]</sup>。重庆轨道交通部分线路存在长大区间与高架、地下环境交替的运行条件，视觉适应频繁切换，加重感知负担。在多重因素叠加作用下，疲劳风险呈现出阶段性和隐蔽性特征，传统依赖经验判断的方式难以及时发现潜在隐患。

针对上述特点，疲劳风险识别需要从多维度展开。一方面，通过运行数据分析司机操纵行为的稳定性变化，关注制动响应、速度调整频次等指标的异常波动；另一方面，结合生理监测与作业记录，对连续作业时长、班次间隔和夜间作业比例进

行系统评估。同时，将线路条件、客流强度等外部因素纳入分析框架，有助于提高风险识别的针对性。通过构建符合重庆轨道交通运行实际的识别路径，可为后续排班调整提供可靠依据。

## 2 排班结构对疲劳累积的影响及优化策略

排班结构在司机疲劳累积过程中具有直接影响作用，其合理性决定了作业负荷在时间维度上的分布状态。重庆轨道交通线路网络规模持续扩大，运行图组织趋于精细化，司机排班逐渐呈现出高频轮换与紧凑衔接的特点。在高峰时段保障运力需求的前提下，班次间休息时间被压缩，连续值乘与短间隔折返作业较为常见，生理恢复窗口不足使疲劳难以有效消散。排班周期内作业强度分布不均，容易造成个体疲劳水平在特定时段集中上升。从班次类型构成来看，早晚高峰值乘、跨时段值乘以及夜间作业在同一周期内交叉出现，对司机生物节律产生持续干扰。昼夜节律被打乱后，睡眠结构稳定性下降，深度睡眠比例减少，直接影响清醒状态维持能力。重庆轨道交通部分线路运营时间跨度大，早班与晚班交替频繁，若排班设计未充分考虑节律适应周期，易形成慢性疲劳积累，风险在表层表现并不明显，却在关键操作环节放大。

排班结构对疲劳的影响还体现在线路差异与岗位负荷匹配程度上。不同线路在纵坡条件、站间距离和客流强度方面存在显著差异，司机在不同线路间轮换时，操作复杂度和心理压力随之变化<sup>[2]</sup>。若排班安排未对线路技术条件进行分级管理，长期承担高复杂度线路值乘任务的司机，其认知负荷与心理紧张程度持续处于高位，疲劳恢复速度明显放缓。这类隐性风险往往在排班表层难以察觉，却对运行安全构成持续影响。针对疲劳累积问题，排班优化应以作业负荷均衡为核心方向。通过对班次时长、值乘强度和休息间隔进行结构性调整，使高强度作业与恢复时间形成合理配比，有助于降低疲劳堆积速率。在

运行图允许范围内,优化高峰与平峰作业分配,减少连续高负荷班次叠加,可改善整体精力分布状态。通过拉开关键班次间隔,为生理系统提供充分恢复条件,排班结构的安全裕度得以提升。

在具体策略层面,引入动态排班理念可增强适应性。结合实时客流、运行密度与司机状态评估结果,对排班方案进行适度调整,使作业安排具备弹性调控空间。针对夜间与跨时段作业,设置缓冲班次或延长休息周期,有助于减轻节律扰动带来的负面影响。通过线路负荷分级管理,合理安排司机在线路间的轮换节奏,避免长期集中在高复杂度区段值乘,促使疲劳风险在时间与空间上得到分散。排班优化还需要与管理制度协同推进。通过完善排班审核机制和疲劳风险评估流程,将风险识别结果直接嵌入排班决策环节,使排班不再仅以运力需求为导向,而是兼顾安全与效率。重庆轨道交通在运营组织高度集约的条件下,通过排班结构调整实现疲劳控制,为运行安全提供更具有针对性的保障。

### 3 风险识别与排班优化的协同控制逻辑

风险识别与排班优化之间存在高度耦合关系,其协同控制逻辑体现在信息反馈与决策调整的闭环结构中。疲劳风险识别所获取的生理状态、作业负荷和行为稳定性数据,为排班决策提供了量化依据,使排班不再依赖单一运行需求指标,而是融入安全风险维度。在重庆轨道交通复杂线路条件下,通过持续采集司机作业状态信息,可动态描绘疲劳变化轨迹,为排班结构调整提供实时支撑。在实际运行组织中,风险识别结果需要

通过制度化路径嵌入排班管理流程。将疲劳风险等级与班次强度、作业时段进行匹配,可实现对高风险时段的针对性管控。当识别系统显示司机处于高负荷区间时,排班系统通过延长休息间隔或调整后续值乘任务,降低风险持续扩散的可能性。这种基于风险状态的调控方式,使排班从静态计划转向动态响应,更符合重庆轨道交通高密度运行的实际需求。

协同控制逻辑还体现在运行数据与管理决策的联动机制中。通过对线路运行条件、客流变化和司机疲劳水平进行综合分析,可提前识别潜在风险集中区段,并在排班层面进行预防性调整<sup>[3]</sup>。对高复杂度线路实施作业强度分散策略,使风险在时间与空间维度上得到缓释,避免单一司机长期暴露于高负荷环境。这一过程强调风险识别结果的持续更新与排班方案的同步修正。在管理层面,协同控制需要依托规范化流程与技术支持体系。通过建立风险识别与排班调整的联动规则,将识别结果转化为可执行的排班参数,确保调控措施具备可操作性。重庆轨道交通在实践中通过强化信息系统整合,实现风险识别、排班决策与运行执行之间的高效衔接,使疲劳控制贯穿于日常运营全过程,形成稳定运行条件下的安全约束机制。

### 4 结语

风险识别与排班优化构成轨道交通司机疲劳控制的重要技术与管理支点。通过将疲劳状态监测结果嵌入排班决策过程,实现作业负荷与生理节律的协调匹配,有助于削弱疲劳累积效应。在复杂运行条件下,形成以数据驱动为核心的协同控制机制,可持续提升运行组织的安全稳定水平。

### 参考文献:

- [1] 陈佳敏,王潇骁,孙煜.城市轨道交通司机辅助排班支持系统研究[J].现代城市轨道交通,2024(7):14-19.
- [2] 王亮军,陈燕飞,靳育权.城市轨道交通列车司机驾驶状态监测研究[J].中国新技术新产品,2020(5):10-12.
- [3] 马玉珍,朱海燕,朱琳,于颖慧.基于眼动特征及 ECG 的轨道交通驾驶员疲劳分析与识别[J].人类工效学,2020,26(3):1-512.