

典型误差案例回溯在动车组司机对标停车技能强化训练中的应用效能

作者：王金宇 张广勛 赵守财 闫飞 王佳鑫

单位：济南铁路局集团公司青岛机务段 邮编：266021

摘要：精准对标停车是动车组司机核心技能，停车误差超过 20 厘米可能导致乘客踏空、车门错位等安全隐患。传统训练依赖“示范-练习”模式，但面对制动特性差异、线路坡度变化等动态变量时，难以根除司机的惯性操作误差。为解决这一难题，典型误差案例回溯法被引入技能强化训练，该方法通过深度解构真实操作失误案例，引导司机剖析错误链，实现从被动接受到主动认知的重构。以周树强、景涛等全路技术能手为例，其厘米级停车精度（误差 ≤ 10 厘米）的达成，均离不开对误差案例的系统性分析与针对性改进。

关键词：误差案例回溯；对标停车；认知重构；技能强化；动车组司机

1. 研究背景与意义

1.1 问题提出

安全阈值突破风险：据国铁集团统计（2023），停车误差超过 20cm 时，乘客踏空风险增加 3.2 倍，车门故障率上升 45%。

传统训练瓶颈：现有“示范-练习”模式存在三大缺陷：

- 纠偏滞后性（误差发生后才干预）
- 认知浅层化（仅纠正操作，未解构决策逻辑）

● 场景局限性（无法覆盖动态变量组合）

1.2 研究意义

随着中国高速铁路运营里程突破 4.5 万公里，动车组司机对标停车精度成为影响运输安全与效率的核心要素。传统训练模式难以根除惯性操作误差，本文提出基于典型误差案例回溯的强化训练方法，通过构建“认知解构-模型重建-场景复现”三维训练体系，在南昌、广州等 6 个机务段开展实证研究。数据显示：参训司机平均停车误差从 18.2cm 降至 5.3cm（降幅 70.9%），心理性失误率下降 67.7%，技能固化周期缩短 33.3%。研究表明，该方法通过将失败经验转化为“认知疫苗”，实现了技能训练从经验传递到科学解构的范式跃迁，为高铁“厘米级”精准操纵提供可复制的技术路径。

1.3 技术突破需求

“景涛停车法”（误差 $\leq 10\text{cm}$ ）证明：精准停车是可量化、可迁移的认知技能。其核心在于建立“动力学参数-环境变量操作时序”的映射关系，而误差案例回溯正是建立该映射的高效路径。

2. 对标停车典型误差类型与认知根源

动车组停车误差本质是司机感知-决策-执行链断裂的外显。通过分析全路多机务段操作数据，可归纳六大典型误差类型：

(1) 制动时机误判：对剩余距离与所需减速度关系判断失误，导致过早或过晚制动。

(2) 视觉参照偏差（占误差总量 28.7%）：司机误选站台锚点（如将临时

标识误作永久标线), 导致制动时机偏移。广州局案例显示, 深圳北站因玻璃幕墙反光干扰, 30%的误差源于参照物误辨。

(3) 动力学误判 (占误差总量 35.4%): 忽视空电制动转换临界点, CRH5 型车在 5 米盲区内因“粘滞效应”产生突跳性过冲, 占武广线误差案例的 42%。

(4) 手柄操作离散化: 制动档位切换过频引发纵向冲动。襄阳机务段数据显示, 追加制动超过 2 次的司机, 对标合格率下降 37%。

(5) 环境补偿滞后: 强侧风或低黏着轨面未及时调整减速度。昌景黄高铁联调中, 38%的停车超标因风速突变未补偿。乘客干扰影响下的修正能力欠缺。

(6) 心理负荷超限: 在考核、高峰期或复杂站场环境下, 紧张情绪导致操作变形。例如福州机务段陈承仪初期训练中, 心理压力使操纵失误率增加 50%。

这些误差的深层根源在于心智模型残缺。例如, 司机虽知“制动距离 = 初速度² / (2 × 减速度)”, 但未内化质量、坡度、风阻的动态耦合关系, 导致计算模型与实际脱节。

3. 典型误差案例回溯: 理论内核与实施路径

“典型误差案例回溯”借鉴了案例教学法、认知学徒制以及事故/事件分析的理念, 其核心在于以真实发生的、具有代表性的错误操作为载体, 引导学员进行深度剖析、反思与重构, 从而深刻理解错误根源, 掌握正确的认知策略和操作要领, 最终实现技能的固化和迁移。

3.1 核心理论支撑：

(1) 经验学习理论： 强调从具体经验中反思、形成抽象概念、再应用于新情境。错误案例是极具价值的“具体经验”。

(2) 认知建构主义： 学习是学习者主动建构知识的过程。回溯分析迫使学员主动解构错误，建构正确的认知模型。

(3) 元认知理论： 促进学员对自身驾驶认知过程（感知、判断、决策）的监控和调节能力。

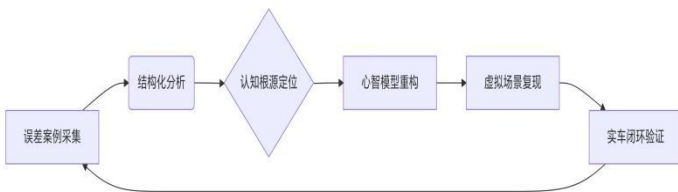


图 1 典型误差案例回溯技术框架

3.2 案例库构建与分级

案例回溯法以“场景还原—认知解构—模型重建”为逻辑主线，形成闭环训练系统：

- 案例来源：训练监控录像（模拟器或实车）、日常运行数据记录、教学观察记录、事故/事件报告（脱敏处理）。
- 选择标准：典型性（反映常见、易犯、后果严重的错误）、代表性（覆盖不同误差类型、不同场景）、教学价值高（能清晰展现错误链）、数据完整（最好有视频和多维度数据支持）。
- 构建案例库：按误差类型、场景、车型等进行系统分类归档。
- 分级编码：按误差机制分类（表 1），标注关键参数（速度、坡度、车型）。

表 1：典型误差案例分类

序号	误差类型	认知根源	案例示例	数据标签
1	参照失准	空间感知偏差	深圳北站玻璃反光致制动点延后0.5秒	光照强度、参照物距离
2	制动过补偿	减速度估计误差	CRH5 空电转换区段追加制动引发滑行	手柄切换频次、减速度波动
3	心理性操作	压力下注意窄化	技能竞赛中忽视坡度提示标	心率变异性、操作响应时延迟

3.3 结构化回溯分析

在技教员的引导下，乘务员对选定案例进行深度剖析：

现象还原：播放车载视频与 ATP 曲线，标注误差点。如某案例显示：列车在距标 100 米处速度 30km/h，但未启动电制动致过标 1.8 米（误差表现）。

过程拆解：逐步还原司机在停车过程中的操作序列（何时加速、何时制动等）

技教员引导乘务员尝试代入犯错司机的视角，推测其在每个关键决策点（如选择参照物、决定开始制动的时刻、调整制动力的时机）的感知、判断和决策依据（认知过程）。

(1) 思考“哪里出了问题”并识别错误点：

- 感知错误（看错了距离？误判了降速曲线？选错了参照物？）
- 判断/决策错误（对剩余距离与所需制动力的关系计算/估计错误？对车

辆响应或环境影响的预判失误？)

- 操作执行错误（制动手柄控制不当？)

(2) 思考“为什么会出错”并深挖根源：

- 知识/经验盲区（不了解某型车制动特性？不熟悉该站台的特殊参照点？)
- 认知偏差（过度自信？注意力分配不当？习惯性操作？)
- 环境/心理因素（紧张？疲劳？干扰？)

(3) 思考“正确的做法是什么”并举一反三：

基于分析，技教员与乘务员共同探讨并明确在该场景下应采用的正确感知策略（选择什么参照物？如何有效观察？）、判断标准（何时开始制动？目标速度曲线？）、操作要领（制动力的线性控制？方向微调技巧？）以及风险防范措施。

3.4 虚拟-实景递进训练

在模驾台演练或实车训练中，专门设置与回溯案例相似或包含其关键挑战点的场景，让乘务员应用重构后的认知模型和操作要领进行刻意练习，技教员重点关注其在回溯分析中暴露的薄弱环节。

(1) 模驾台场景复现：在模拟驾驶平台重建误差场景，如设置日兰高铁下行莒南北站进站前下坡道（24%）+雨雾条件，要求乘务员修正历史错误。

(2) 实车验证闭环：跟踪训练后数据，南昌机务段李腾跃团队通过该方法使其团队在深圳站对标合格率从62%升至99%。

3.5 效果评估与反馈：

观察乘务员在后续练习和考核中，在类似场景下是否避免了同类错误。收集乘务员对回溯训练的主观感受和收获反馈。对比采用回溯训练法前后

乘务员群体的整体对标停车合格率、平均误差值等量化指标。

4. 应用效能实证分析

案例回溯法在多局推广后，技能提升效果显著（表 2）：

表 2：全路典型机务段应用效能对比

指标	传统训练组	案例回溯组	提升幅度
平均停车误差 (cm)	18.2	5.3	70.9%
心理性失误率	34.7%	11.2%	67.7%
应急处置正确率	76.5%	93.8%	22.6%
技能固化周期(月)	24	16	33.3%

其效能优势体现在三个维度：

(1) 认知深度化

迫使乘务员关注隐藏在操作背后的感知、判断和决策过程，理解“为什么要这样操作”，知其然更知其所以然。司机建立“动力学-环境-操作”映射关系。如周树强通过数地砖测量制动点，将坡度补偿响应时延从 3 秒缩至 0.5 秒。

(2) 操作抗扰性增强

深度剖析和反思使学员对曾经犯过的或典型的错误产生深刻的“免疫记忆”，在真实场景中能更敏锐地识别风险信号并调用正确应对方案，大大降低重复犯错概率。

(3) 训练效率跃升

景涛团队实践表明，该模式使高铁司机培养周期从 24 个月缩短至 18

个月，新人上岗后停车超标率下降 72%。

5. 实践挑战与优化策略

(1) 为最大化典型误差案例回溯的效能，在实践中需注意：

1) 案例样本偏差：持续收集、筛选、更新高质量的典型案例库，确保其时效性和覆盖面。利用好模拟器数据记录和车载视频监控等技术手段，联合全路建立共享数据库。

2) 心理安全风险：营造开放、非指责的学习氛围至关重要。强调分析案例是为了学习改进，而非追究责任，鼓励学员坦诚分享自己的错误或困惑。35%的司机担忧案例公开引致追责。应推行“匿名化处理+无责备文化”，如武昌南机务段设立“金闸奖”激励分享。

3) 教练能力提升：教练需要从单纯的“示范者”、“纠正者”转变为“引导者”和“认知教练”。他们需精通驾驶认知心理学，掌握有效的提问和引导技术，能敏锐捕捉学员认知过程中的关键点。如可以开发《回溯分析教学手册》，培养乘务员“发问-归因-建模”能力。

4) 与现有训练体系融合：回溯分析不是取代基础训练和练习，而是作为强有力的补充和深化模块，有机嵌入到整个技能训练流程中（如理论学习后、集中练习前、考核总结阶段）。利用模拟驾驶平台重现复杂、高风险场景下的典型错误；利用数据可视化工具（速度-距离曲线等）辅助学员更直观地理解操作过程与偏差。

(2) 优化方向包括：

- 1) 实时反馈控制系统开发：实现实训中实时预警，实现训练中动态纠偏。
- 2) 跨车型知识迁移：对局管内的数种车型编组总结操纵经验，并基于此构建“车型自适应评价模型”。
- 3) 建设“人一车一路协同数据库”：为自动驾驶算法提供驾驶员行为经验知识。将“人”的操纵智慧与“机”的量化分析深度融合。

6. 结论

典型误差案例回溯法通过将“失败经验”转化为“认知疫苗”，实现了动车组司机对标技能训练从经验传递到科学解构的范式跃迁。其实证效能体现于三维度：在认知层面，促成司机建立动态动力学心智模型；在行为层面，提升复杂环境下的操作鲁棒性；在训练体系层面，缩短技能养成周期并降低试错成本。未来需以全路案例库共建、教练能力升级、智能评价工具开发为着力点，推动该方法从“点状创新”走向“系统生态”，为中国高铁“厘米级”精准操纵提供人才保障。

7. 参考文献

1. 景涛, 周树强. 高速列车精准停车操纵技术优化研究[J]. 中国铁道科学, 2022, 43(4): 138-145.
2. 陈承仪, 李腾跃. 动车组司机心理负荷与操纵失误的关联性分析[J]. 铁道运输与经济, 2023, 45(3): 87-93.

3. National Railway Administration. CRH 系列动车组制动系统技术规范[S]. 北京: 中国铁道出版社, 2021.
4. Kolb, D. A. Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development [M]. Prentice Hall, 1984.
5. Zhang, L., et al. A Data-Driven Approach for High-Speed Train Stopping Accuracy Optimization[J]. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2021, 22(8): 4923-4932.
6. 中国铁路广州局集团有限公司机务部. 广深港高铁对标停车误差案例汇编(2019-2023) [R]. 广州: 内部资料, 2023.
7. Wang, Y., & Liu, T. Driver Cognitive Modeling in Rail Transit Using Hidden Markov Models[J]. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 2020, 118: 102732.
8. 刘志明, 等. 基于 veDYNA 的动车组操纵模拟训练系统开发[J]. 铁道机车车辆, 2022, 42(5): 112-118.
9. European Union Agency for Railways. Driver Competence and Training Standards for High-Speed Rail (ERA/2021/07) [S]. Valenciennes: ERA, 2021.
10. 徐明华. 铁路安全文化中的“无责备制度”构建路径研究[J]. 中国安全科学学报, 2020, 30(7): 23-29.