

基于数据的近十年中英铁路事故的人为因素及组织影响分析

彭行, 李洪莹, 孟宏源, 夏欣

四川大学 计算机基础教学实验中心, 四川 成都 610065

DOI: 10.61369/TACS.2025080007

摘要 : 此项目分析了 110 件英国铁路事故报告, 40 件在成都局铁路段发生的铁路事故报告 (C、D 类)。对案例数据进行梳理时间线, 选择人为因素分析及分类系统 (Human factors analysis and classification system, HFACS), 使用此方法学习在案例中涉及的人为因素及组织影响原因。例如, 案例集中导致铁路交通事故发生的人为因素涵盖了操作层面、管理监督层面和安全意识层面, HFACS 定义了不安全行为、不安全行为的先决条件、不安全监督及组织影响层面导致事故发生的致因。

关键词 : 铁路事故分析; 人为因素分析及分类系统; 组织影响

A Data-Based Method for Learning Organizational Influence and Human Factor Perspectives of Railway Transportation Accidents in China and Britain at Last Ten Years

Peng Xing, Li Hongying, Meng Hongyuan, Xia Xin

Center for Computer Fundamentals Teaching and Experimentation, Sichuan University, Chengdu, Sichuan 610065

Abstract : This project analyzed 110 reports of railway accidents in the UK and 40 reports of railway accidents (categories C and D) that occurred on the Chengdu Railway Bureau's railway sections. The case data was organized into a timeline, and the Human Factors Analysis and Classification System (HFACS) was selected to study the human factors and organizational impact reasons involved in the cases. For example, the human factors that led to railway traffic accidents in the case collection encompassed operational aspects, management supervision aspects, and safety awareness aspects. HFACS defined the causes of accidents resulting from unsafe acts, preconditions for unsafe acts, unsafe supervision, and organizational influence aspects.

Keywords : railway accidents investigation; HFACS; organizational influence

序言

在英国, 从 2018 到 2025 年间, 作者一共收集 110 件铁路事故报告, 其中涵盖脱轨、碰撞、SPADs、操作人员事故及其他原因导致的事故。首先, 在年度健康及安全报告中 (Annual Health and Safety Report, 2024), 我们可以看到从 2019/20 年度开始到 2023/24 年度, 铁路维修员工事故率有明显地减少。另一方面, 对比操作管理事故、脱轨案例及碰撞案例的数据, 操作管理事故较多, 是另两个案例的两倍。例如, 接下来要举例的 Llangennech (R012022)、Petteril Bridge Junction (R102023)、Ferryside (R172018) 都是由于操作管理事故导致的列车脱轨。

列车脱轨 (Llangennech) 的直接原因链是由于第三节货车车厢的制动系统故障, 导致车轮锁死并形成轮缘失效, 最终在莫里斯交汇处 (Morlais Junction) 脱轨。导致制动系统故障的关键人为因素在于资产维护管理方的职责履行不足。

首先, Touax 作为车辆维护实体 (the entity in charge of maintenance, ECM) 的管理不善:

一、维护管理和执行中的人为因素 (Causal Factors)

· 维护要求不足: 货车所有者和维护管理实体 (ECM) Touax 对维护其 ECM 要求的管理不足, 导致继动阀未按照制动

设备制造商的规范进行维护, 使其容易松动;

文档缺失: Touax 没有拥有制动系统部件制造商 Wabtec Faiveley 的维护手册。因此, 提供给承包商的 Touax 维护手册 DT432 在继动阀螺母的扭矩设定和使用新垫圈的要求上存在缺陷;

监督和审计不力：Touax 对其分包维护活动（如 DBCM 和 AFSL）的监督和审计无效。在事故前，一共有11次检修，都没有发现货车的需要维修的情况。这导致 Touax 未能识别承包商在维护中重复使用旧螺母和垫圈，或螺母未充分拧紧的问题。

二、维护人员操作和环境问题

- 未遵守规范的实践：继动阀在松动状态下被发现，螺母松弛，且缺少垫圈。这表明在组装或检查中存在失误；

- 依赖经验判断：维护人员可能凭经验判断来拧紧继动阀螺母，并重复使用旧的螺母和垫圈，而不是使用制造商规定的新部件和扭矩；

- 工具和设施缺陷：罗伯斯顿（Robeston）维护点用于拧紧继动阀和分配器的扭力扳手损坏，且故障报告了两个月但未采取修理措施。

三、监管和认证体系的缺陷（Possibly Causal Factors and Observations）

- 认证机构监管不力：Belgorail 对 Touax 应用的 ECM 认证流程标准不足；

- 认证机构信息滞后：Belgorail 在对 Touax 进行认证审核时，不知道2017年 Ferryside 事件的调查结果及建议，也不知道 Llangennech 事故；

监管水平下降：英国铁路与公路办公室（ORR）在2018年停止担任 ECM 认证机构后，对货车维护活动的监管监督水平显著降低。

四、人为因素分析及分类系统（Human Factors Analysis and Classification System）

基于 Reason 模型（1990年），Wiegmann 和 Shappell 于2003年首次提出了航空领域的人因分析与分类系统（HFACS）方法。该方法描述了分析框架的四个层级，即不安全行为、不安全行为的前提条件、不安全监督以及组织影响。^[1]

HFACS 框架的第一层级是不安全行为，用于描述一线工作人员所犯的 error 和违规行为，这些不安全行为会导致事故发生。在 error 类别中，包含基于技能的 error、决策 error 和感知 error 三个子类别；而在违规类别中，则包含习惯性违规和异常违规两个子类别。

该方法的第二层级和第三层级是导致不安全行为的潜在促成条件，例如操作人员状况、环境因素和人员因素等；不安全监督则阐述了四种类型的不安全监督行为。框架的第四层级展示了组织影响在管理层面的体现，该层级包含三个子类别：资源管理、组织氛围和组织流程。

Reinach 和 Viale 于2006年将 HFACS 应用于铁路行业，该研究将此模型应用于铁路行业并命名为铁路人因分析与分类系统

（HFACS-RR），用于调查铁路调车场事故，并确定了36个促成因素。^[2,3]

五、成都局列车事故案例

（一）不安全行为（Unsafe Acts）

这是事故发生的直接操作层面原因，包括操作人员的失误（Errors）和违章（Violations）。

1. 违章行为（Violations）指操作人员故意忽视规章制度或操作标准。

车站值班员遇区间信号机故障未按规定通知工务检查（违反《行规》第178条）[大龙站“10.15”耽误列车一般D类事故]。助理值班员未得到客运签认，臆测行事，擅自发车[重庆北站“2.27”耽误列车一般D10事故深度分析]。

2. 失误行为（Errors）指操作人员在决策或执行过程中出现的认知或技能错误。

车站值班员遇故障盲目臆测为电务设备故障，未根据现场情况判断[青龙场站“4.3”耽误列车一般D10类事故；大龙站“10.15”耽误列车一般D类事故]。信号员缺乏技术原理知识，未能正确判断前行车组位置，盲目抢扳道岔[达州站“3.26”调车冲突一般D类事故案例]。

（二）不安全行为的先决条件（Preconditions for Unsafe Acts）

该类型分析了影响操作人员精神、生理状态或环境的因素。

1. 人员状态（疲劳、意识、侥幸心理）：制动员自我保护意识淡薄，违章蛮干，盲目图快[凯里车务段“1.5”职工轻伤事故]。

2. 技能与经验（人员能力不足）：学习连结员业务技能水平极其低下，应急处置极不到位[广汉站“5.28”调车冲突一般D1事故]。

3. 环境因素（设备与工况）：连结员在第一批作业中电台故障，换用无紧急停车按钮功能的盯控电台[凯里车务段“1.5”职工轻伤事故]。

（三）不安全监督（Unsafe Supervision）

指管理人员在指导、监督和纠正现场工作时出现的失职行为。

1. 规划不当的操作（Inadequate Planning）：调车长对新定职人员盯控不力，未督促按标作业[凯里车务段“1.5”职工轻伤事故]。

2. 未能纠正已知的缺陷/放任违章（Failed to Correct）：班组日常管理松懈，未及时发现和控制作业人员的不安全行为[成都车站“5.31”事故案例]。

3. 监督不力/流于形式（Supervisory Deficiencies）：值班副站长盯控时对关键人员、关键作业心中无数，“盯而不控”，干与作业无关的事[中梁山站“2.13”调车挤岔一般D类事故]。

（四）组织影响（Organizational Influences）

指企业高层管理和文化方面的问题。

1. 资源与购置管理 (Resource Management)：生产力布局调整后，劳动力的安排使用存在不合理（货检员代替外勤车号员 / 助理值班员）[兴隆场站“12.6”漏传调度命令的事故分析]。

2. 运营过程与程序 (Process Deficiencies)：规章制度存在缺陷，如：《站细》对扳道员执行立岗监视制度的要求表述模糊 [六盘水站“8.6”调车脱轨一般D类事故]。

3. 组织氛围与文化 (Climate and Culture)：干部作风不实，管理失控，对事故通报不重视 [大龙站“10.15”耽误列车一般D类事故]。

4. 培训与教育 (Training)：职工教育科未对培训后的作业人员进行考试，违反“考试合格后方可继续上岗任职”的规定 [八里站“7.25”作业人员违反作业纪律耽误列车事故]。

相比之下，与职业事故相比，脱轨事故中人为因素导致的故障较少，具体体现在不安全行为（23起对比43起）和组织影响（28起对比36起）方面。这是因为典型事故类型中设备故障更为常见，而大多数职业事故则归因于人为因素故障和组织流程故障，例如操作或程序执行不当。

		derailments	collisions	others	ofAin	near miss	train struck	total
unsafe acts	error	5	10	0	0	0	0	15
	violation	5	12	15	0	13	1	46
	misoperation	4	0	14	7	13	0	38
	rule breach	3	1	4	1	3	1	13
preconditions for unsafe	condition of operator	0	2	15	0	0	0	17
	adverse mental states	1	1	1	1	1	0	5
	adverse physiological states	0	1	1	0	0	0	2
	physical/mental distraction	0	0	1	0	0	0	1
personnel factors	crew resource management	0	0	3	0	7	1	11
	operational readiness	1	0	0	0	0	0	1
	physical environment	0	1	4	0	2	1	8
	technical environment	0	0	0	0	0	0	0
unsafe supervision	total preconditions	13	10	17	20	10	3	63
	inadequate supervision	1	0	0	0	0	0	1
	planned inappropriate operations	1	0	0	0	0	0	1
	failed to correct a known problem	1	0	0	0	0	0	1
organizational influences	resource management	1	12	20	0	11	0	44
	human resources	1	1	1	0	0	0	3
	equipment/facility resources	11	10	13	7	0	0	41
	operational climate	1	0	0	1	1	0	3
operational process	operations	0	1	13	0	0	0	14
	signalling	0	0	0	0	0	0	0
	maintenance	0	1	10	0	0	0	11
	oversight	0	0	0	0	0	0	0
total organizational	2	22	23	20	11	0	78	

表1 通过 HFACS 分析五大案例汇总

尽管货运列车脱轨事故与客运列车脱轨事故的风险特征有所不同，但对其进行管控依然十分重要，因为此类事故可能给工作人员和公众带来安全风险；此外，货运列车脱轨还可能对铁路运营造成严重干扰，并对机车车辆和基础设施造成损害。

六、英国近十年列车事故人为因素分析

本研究收集了2018年至2025年间的110起案例，涵盖职业事故（工人被火车撞击或险些被撞，共23起）、脱轨事故（15起）、碰撞事故（19起）、信号越过停车点事故（SPADs，15起）以及其他因素导致的事故（38起）。其他事故类型包括乘客被列车车门夹带或卡住、车辆或车厢失控溜逸，以及列车撞击结构残骸。使用 HFACS 分析系统的结果如表1。

（一）脱轨案例 Derailments

2020年至2024年期间共发生15起脱轨事故：例如，在这15起脱轨事故中，2起由轨距扩大和轨道扭曲导致；另有5起发生在道岔及交叉（S&C）区域；3起因扣件系统故障引发；2起因车轮扁疤缺陷导致。在机车车辆脱轨事故中，2起由线路上的障碍物引发（其中1起与山体滑坡堆积物有关）。还有1起脱轨事故是由纵向压缩力失衡造成的。

七、结语

本文通过收集110件英国铁路事故报告，40件在成都局铁路段发生的铁路事故报告（C、D类），使用人为因素分析及分类系统（HFACS）对案例进行分析。对于操作人员的不安全行为，不安全先决条件，不安全监督及组织影响进行了细化。下一步将对从2010到2019年发生的55件铁路系统工程事故（涵盖车务、机务、工务、供电、电务、车辆、货运、建设系统及自然灾害）的详细分析。

参考文献

[1]Douglas A. Wiegmann, Scott A. Shappell, "A Human Error Approach to Aviation Accident Analysis, The Human Factors Analysis and Classification System", Routledge, London, 2003.
 [2]Reinach, S., Viale, A., "application of a human error framework to conduct train accident/incident investigations", Accident Analysis and Prevention, 38, 396-406, 2006.
 [3]Railway Accident Investigation Branch, Accident reports from 2018 to 2025.