

内燃机运输途中突发故障的应急指挥流程 与快速响应机制研究

南庆山, 付勇

非洲之星铁路运营有限公司, 肯尼亚 内罗毕 00100

DOI:10.61369/ERA.2026080037

摘要： 内燃机运输途中突发故障严重影响运输安全与时效，亟须建立规范的应急指挥流程与快速响应机制。本文先分析发动机本体、燃油供给、润滑冷却、电气启动及走行制动五类典型故障的特征与风险，据此构建包含应急指挥组织体系、信息接报预警、故障分级响应及资源保障联动的快速响应体系，并从岗位规程细化、信息报送规范、分级处置实操及实训考评四个方面提出落地运用措施，为运输单位完善途中故障应急处置提供参考。

关键词： 内燃机运输；途中故障；应急指挥；快速响应；分级处置

Research on Emergency Command Process and Rapid Response Mechanism for Sudden Faults in Internal Combustion Engine Transportation

Nan Qingshan, Fu Yong

African Star Railway Operations Limited, Nairobi, Kenya 00100

Abstract： Sudden failures during internal combustion engine transportation seriously affect transportation safety and timeliness, and it is urgent to establish standardized emergency command processes and rapid response mechanisms. This article first analyzes the characteristics and risks of five typical faults in the engine body, fuel supply, lubrication and cooling, electrical starting, and braking. Based on this, a rapid response system is constructed, which includes an emergency command organization system, information reporting and early warning, fault grading response, and resource guarantee linkage. Implementation measures are proposed from four aspects: detailed job regulations, standardized information reporting, graded disposal practice, and practical training evaluation, providing reference for transportation units to improve emergency response to faults during transportation.

Keywords： internal combustion engine transportation; malfunction on the way; emergency command; quick response; graded disposal

引言

内燃机车及重型内燃货车承担着铁路与公路大量客货运输任务，运行里程长、工况复杂，途中突发故障难以完全避免。一旦发生拉缸、烧瓦、制动失效或燃油泄漏等故障，若指挥无序、响应迟缓，不仅造成运输中断，还可能引发次生事故。目前运输单位虽编有应急预案，但存在职责不清、接报不规范、分级不明等问题^[1]。本文旨在系统分析途中故障类型与风险，构建科学适用的应急指挥流程与快速响应机制，并提出落地运用措施，以提升运输安全保障能力。

一、内燃机运输途中突发故障的类型与风险分析

（一）发动机本体机械突发故障

发动机本体突发机械故障是运输途中后果最严重的一类，典型包括拉缸、捣缸、烧瓦、断轴和飞车。拉缸多因活塞与缸套间隙过小或润滑不良致干摩擦，气缸内壁划伤后柴油机突熄火且曲轴

无法转动。捣缸常由连杆螺栓松脱或折断引发，前期有沉闷敲缸声，随即缸体被连杆击穿。烧瓦因轴瓦润滑油膜破坏，机油压力骤降伴黑烟后抱死熄火^[2]。飞车则是调速器或供油拉杆卡滞使转速失控飙升，若不及时断油将引发捣缸事故。此类故障均需立即停机，禁止强行再启动。

作者简介：

南庆山 (1974-)，男，黑龙江双城人，非洲之星铁路运营有限公司指导司机，应急技术指导，研究方向：铁路内燃机车运输；

付勇 (1974-)，男，黑龙江哈尔滨人，非洲之星铁路运营有限公司指导司机，应急技术指导，研究方向：铁路内燃机车运输。

（二）燃油供给系统突发故障

燃油系统途中突发故障主要表现为供油中断、喷油泵齿条卡滞及喷油器失效，导致动力骤失或突然熄火。低压油路密封不良吸入空气形成气阻，或柴油滤芯严重堵塞，会使燃泵压力低于下限值（通常 $<150\sim200\text{kPa}$ ），供油断续引发行驶中自行熄火。喷油泵齿条卡死在停油位则直接断供，卡在大供油位可致飞车；喷油器针阀卡滞、雾化不良会造成个别缸不工作，冒黑烟、颤抖明显。冬季低温析蜡、燃油含水也会诱发油路半堵。途中应急需先排气、切换备用燃油泵，确认滤芯状态，必要时甩掉故障缸维持运行。

（三）润滑与冷却系统突发故障

润滑与冷却系统故障通常以机油压力异常和水温过高两种形式显现。机油压力突降多由机油泵磨损、限压阀卡滞常开、主轴瓦间隙过大或油底壳严重缺油引起，当压力低于保护值（内燃机车一般 $<100\text{kPa}$ ，车用柴油机有相应报警阈值）会触发低油压继电器使柴油机卸载或自动停机，继续运转将导致烧瓦抱轴。冷却系统方面，节温器卡滞、水泵叶轮汽蚀、散热器堵塞或静液压风扇失效可使水温 $>88\sim100^{\circ}\text{C}$ 触发高温保护卸载，严重时引发拉缸或粘缸。途中应密切监视机油压力表与水温表，发现异常立即回手柄降温或停机检查，严禁在未补足机油或冷却液前强行再启机^[9]。

（四）电气及启动系统突发故障

电气及启动系统突发故障可致无法启动、运行中突然停机或牵引无流。典型包括蓄电池亏电或桩头松动致启动无力；启动电机电磁开关烧蚀、电枢碳刷磨损致啮合失败；DLS（停油电磁铁）线圈烧断或线路脱落使柴油机无法维持运转而停机。运行中辅助发电机（QF）皮带断裂或励磁回路故障致不发电，会使全车蓄电池持续放电，仪表及电控单元失电引发保护停机。电控机型还需关注ECU供电、曲轴/凸轮轴转速传感器失效引发ECU误判而切断喷油。处置时优先检测蓄电池电压、紧固搭铁线，DLS故障可应急顶死，仍无效则检查调速器及电气保护继电器动作情况。

（五）走行与制动系统关联故障

走行与制动系统虽不直接属于内燃机本体，但途中突发会影响整机运行安全甚至诱发次生损害。制动方面，JZ-7型制动机分配阀卡滞、作用风缸漏泄可致自阀不制动或不缓解；空压机不工作或总风管路严重漏风使总风缸压力低于规定值（一般 $<600\sim700\text{kPa}$ ），制动失效威胁行车安全。走行部分以轮胎、轮对故障为主，如重型车辆途中爆胎、胎压严重失衡可致跑偏甚至侧翻；传动轴万向节疲劳断裂则动力无法传递。

二、内燃机运输故障应急指挥流程与快速响应机制的构建

（一）应急指挥组织体系架构与职责分工

内燃机运输途中故障若无明确权责归属易出现多头指挥或无人负责，导致司乘先期处置失当、救援迟滞及次生事故扩大，故须依据GB/T 29639—2020关于应急组织机构及职责的规定构

建正式指挥组织体系。体系应明确应急指挥部由运输单位主要负责人任总指挥统筹决策，下设调度值守中心负责二十四小时接报与指令传达，现场处置组以司乘人员为第一响应人实施先期防护与初步排查，技术支援组由机务段或维修中心及抢修队组成提供远程指导与现场抢修，联动协调组负责与行调、车站值班员、路政、交警、消防及医疗部门对接。此组织体系以组织结构图加职责附件形式固化于应急预案中，平时明确各岗位通讯方式与替补人员，故障接报后自动激活指挥部、调度、现场三级指挥链条，确保决策、调度、执行与外联各司其职互不越位。

（二）故障信息接报与预警发布机制

分散口头报告无法支撑快速决策且易造成信息遗漏延误救援，故须依据GB/T 29639—2020关于信息接报与预警的条文建立标准化信息接报与内部预警制度。构建要素包括指定应急值守电话与调度中心为唯一接报端口，规定司乘首报须含故障发生时间、精确位置、故障现象描述、是否载运危化品及有无人员伤亡，制定途中故障接报记录表统一登记格式，明确接报后调度岗完成信息登记初判，并向应急指挥部预警的时限与传递路径，设定预警发布渠道及最低信息要素^[4]。该机制嵌入运输单位日常值班管理制度，平时通过演练固化接报话术与记录要求，在故障发生时确保指挥中心在最短时间内获取有效信息，并触发后续研判与响应启动。

（三）故障分级与分级响应启动机制

对同一类途中故障采用单一处置方式既浪费应急资源又可能因响应不足酿成事故，因此须依据故障影响程度即是否丧失动力、是否危及行车或人身安全、是否阻断正线或主干道、有无火灾泄漏等次生灾害建立分级标准与对应启动规则，符合GB/T 29639—2020关于响应分级不必照搬事故分级的原则。构建要素为将途中故障划分为一级响应，即重大需立即拦停请求救援且可能伴次生灾害、二级响应即较大安排限时抢修或就近停靠待援、三级响应即一般可限速运行至下一站点或服务区处理，明确各级判定的定性或量化条件、初判责任人一般为调度员初判报指挥部确认、启动方式为口头宣布或系统标记及对应资源调用幅度。该机制写入专项预案响应分级附表，指挥人员依据接报信息对照判定，并宣布响应级别，实现故障级别、响应级别与处置权限一一对应。

（四）应急资源保障与外部联动机制

即便指挥与分级体系完备，若无抢修力量、备件及外部救援接口仍无法实质消除故障对运输秩序的影响，故须依据GB/T 29639—2020关于应急保障的条款建立资源保障与外部联动子系统。构建要素含内部资源即救援车辆、通用备件库、抢修工装、备用运力调度规则及二十四小时可出动抢修人员名册，外部资源即铁路局调度所或车站值班员、高速公路路政与交警及清障单位、消防、一百二十急救、危化品专业处置队伍的联络清单与合作协议，明确资源调用审批层级与通报时限。该机制以应急资源调查台账和联动单位通讯录为实体载体，平时签订外协救援协议并定期核查可用性，响应启动后依据响应级别同步通知内外部资源待命或出动，保障指挥决策能落地执行^[9]。

三、内燃机运输故障应急指挥与快速响应保障机制的运用

（一）细化岗位实操规程，实现指挥体系常态化落地

为避免纸面指挥体系在故障现场因职责不清被架空，须将组织职责分工转化为各岗位可直接执行的简明实操规程与应急处置卡。首先，为司乘人员编制先期处置卡，列明安全停车、设置防护、初步排查及首报五要素的动作顺序，要求停车后先确认人身安全再按卡逐步操作。其次，为调度值班员编制接报响应卡，列明接听登记、对照故障分级特征初判、宣布响应级别并下达资源调度指令的操作节点与时限要求。最后，为抢修救援人员编制现场处置卡，列明走行部悬吊条件、附挂回送限制、灭火及防触电安全确认要点。三类卡片以塑封挂牌或车载终端弹窗配发，列入班前会必读并张贴调度台，新入职或转岗人员须通过卡片内容考核方可上岗，使指挥链条真正沉淀为日常行为习惯而非停留在文件柜中。

（二）规范信息报送流程，落实预警机制日常应用

按照建立的接报与预警制度，日常运行中重点抓好以下落实环节。首先，将首报五项要素纳入出车前安全交代内容，由值班调度逐车确认司乘人员知晓报告要求。其次，调度岗接报后须在三分钟内完成记录簿填写与初判，达到预警条件时按预设联络清单同步通知应急指挥部成员、技术支援组及需联动的行调路政或消防单位，全程录音留痕。此外，对车载动态监控平台发现车辆非计划长时间停驶增设调度主动问询程序，要求值班员在监控弹窗后一分钟内呼叫该车核实状况，防止依赖被动上报造成信息迟漏。该流程写入调度岗位说明书，并定期抽检通话与登记完整性，确保接报预警制度在日常值班中不空转。

（三）推行分级处置实操，强化响应机制精准落地

依据已建立的一二三级故障分级与响应启动规则，须在现场处置方案中明确各级对应的分步操作要求，防止现场凭经验随意升降响应等级。一是针对一级响应即重大故障，如轴箱轴承烧损固死、燃油大量泄漏起火、危货车辆动力全失阻塞正线或主干道，规定现场立即设置防护禁止盲目启机或点火、向行调或路政

消防求援并同步启动备用运力调度或倒短车辆安排。二是针对二级响应即较大故障，如增压器损坏致功率严重跌落、制动部分失效但尚可控，规定由技术支援组远程指导限时排查或安排就近机务段或服务区停靠待援并记录超时自动升为一级响应。三是针对三级响应即一般故障，如单缸不工作冒黑烟但可维持最低运行，规定提示司机限速运行至下一站点或机务段处理并安排入库复核。各等级对应的资源调用幅度与汇报节点制成分级响应对照表悬挂调度台，接报后由值班调度对照判定宣布响应级别并下达对应指令。

（四）完善实训考评体系，巩固联动保障实施成效

为使应急资源保障与外部联动机制在真实故障中被激活，须通过持续培训演练与闭环考评巩固体系运行能力。其一，将司乘人员重点培训先期防护与首报要素、调度员重点培训接报登记与分级响应宣布、抢修人员重点培训现场安全防护与走行部悬吊附挂条件等内容纳入年度安全培训计划，经考核合格记入个人安全档案方可独立值乘或调度值守。其二，按年季编制演练计划，每年至少组织一次综合或专项应急预案演练，每半年至少组织一次现场处置方案演练，采取桌面推演检验信息流转与指挥决策、实战演练检验救援到达时限与现场处置规范性，模拟典型故障场景开展。其三，应急资源台账与外协救援单位通讯录每半年核查更新一次并实测联络电话畅通性，演练结束后由应急指挥部组织评估记录接报用时出动用时及各衔接问题形成整改闭环通知单限期落实，确保保障体系持续有效。

四、结语

本文围绕内燃机运输途中突发故障，完成了从故障类型识别到应急体系构建再到落地运用的完整研究。所建应急指挥组织体系明确了四级指挥链条，信息接报与预警机制规范了首报要素与传递路径，分级响应制度实现了故障级别与处置权限的精准对应，资源保障与联动机制确保了内外救援力量的有效衔接。未来，可进一步结合智能监测预警与数字化调度平台，推动应急响应向自动化、智能化方向发展。

参考文献

- [1] 张宇立. 铁路内燃机车操纵与运行故障检测诊断技术研究 [J]. 内燃机与配件, 2026, (8): 97-99.
- [2] 李璐. 内燃机车柴油机故障及维修处理措施研究 [J]. 内燃机与配件, 2025, (19): 92-94.
- [3] 周炎, 夏中华, 徐叶飞, 等. 绿色低碳背景下的内燃机振动控制技术 [J]. 柴油机, 2025, 47 (4): 23-27.
- [4] 李建国. 铁路内燃机车的故障及其运维策略分析 [J]. 装备维修技术, 2025, (2): 16-19.
- [5] 韩治国, 姜涛, 解开宇. 基于数字化的内燃机车柴油机运维探索与实践 [J]. 铁道机车与动车, 2024, (9): 46-48+6.