

轴锥度与车轮锥度均为0.01mm,同样为正向锥度。对比设计图纸要求,轮轴锥度允许偏差范围为 $\pm 0.02\text{mm}$,上述检测数据均处于合格区间,无超差情况。同时,对检测工具进行校准验证,确认检测仪器精度达标,检测流程规范,数据可信度高,因此轮轴形位公差符合工艺要求,可排除其单方面导致异常的可能。

3.4 轮轴压装工艺因素分析

压装工艺的规范性与一致性是保障压装质量的核心,工艺流程、操作规范、预处理措施等任何环节的变动,都可能影响压装效果。针对出现末端异常滑入的轮对,全面梳理其压装全过程记录,包括轮轴预处理、清洁流程、定位方式、压力参数控制等关键环节,与以往合格轮对的压装工艺进行逐一比对。核查结果表明,异常轮对的压装工艺与历史合格轮对完全一致,无流程调整、操作简化或参数变更情况。压装前轮轴接触表面清洁、去毛刺等预处理工作按标准落实,定位基准准确,压力曲线符合工艺规范,无异常波动。结合现场作业监控记录,操作人员严格遵循作业指导书开展工作,无违规操作行为,因此压装工艺本身的一致性可得到保障,并非异常现象的单一诱因^[9]。

3.5 综合分析结论

通过对轮轴材质、设备压装速度、形位公差、压装工艺四大核心因素的全面排查与验证,各影响因素均保持稳定,无参数变动、性能异常或操作不规范情况,且所有检测数据均满足设计图纸与工艺文件要求。由此可判断,本次HXD3、HXD3C型电力机车轮轴压装末端滑入异常,并非由单一因素单方面导致。轮轴压装是一个多因素相互作用的复杂过程,推测该异常现象为多重细微因素累加所致,可能包括环境温湿度变化对接触面摩擦系数的轻微影响、轮轴表面微观形貌的细微差异、压装过程中瞬时压力的微小波动等潜在因素。后续需针对这些潜在因素开展进一步试验分析,结合多维度数据积累,精准定位累加影响的核心环节,为制定针对性改进措施提供支撑。

4 处置措施

针对出现异常滑入问题的HXD3C某机车4根轴检查轮轴过盈量在合格范围的基础上,全部进行压力检验,压力检验不合格需要退卸车轮重新压装。

对涉及装用该轮对的进车进行监控,通过落车后、机车正线试运后分别检测该轮对内侧距是否符合技术要求。经后续监控并检测轮对内侧距数据,机车落车以及机车试运前后轮对内侧距未发生变化。

5 风险分析及结论

从产品质量和安全风险角度,此种现象压入的车轮存在再次产生滑动和异常滑入时对其内侧的齿轮箱迷宫环产生撞击两方面风险。

对于车轮是否会再次滑动情况,经聘请主机厂、兄弟工厂及公司相关驱动技术专家分析,在轮轴过盈量满足要求、压装曲线合格、异常滑入后压力检验合格的前提下,车轮不会再次发生滑动情况。分析认为出现的轮轴压装过程出现的末端异常问题带来的风险可控,通过正压试验未发生变化的结果可以认为未对轮轴压装质量造成影响,轮轴驱动装置可以正常使用;对于撞击迷宫环带来的风险,分析认为迷宫环与车轴过盈量较大(0.458-0.501)mm,车轮惯性作用下异常滑入时带来的撞击不会对其产生影响(后续可进行验证)。

6 后续改进措施及建议

严格监测压装时轮轴配合数据,包含轮轴直径、过盈量、轮轴锥度及方向、表面粗糙度等,不满足要求的禁止压装;

轮轴过盈量选取设计值中间偏上的区段执行;

遇有压装过程末端车轮异常滑入的情况一律进行压力检验,检验合格的继续下工序操作,否则重新压装;

继续验证车轮滑入对迷宫环的撞击是否会造迷宫环轴向移动。采购压力贴片进行撞击力采集分析,将压力贴片贴在迷宫环端面,在后续车轮滑入时检测撞击力情况,同时对接主机厂查询迷宫环设计时界定的轴向力,与采集到的撞击力进行对比,确认车轮惯性滑入产生的撞击是否会影响迷宫环安装质量。

建议车轮压装速度在冬季适当降低,可以考虑按照1.5mm/s速度执行。

综上,轮轴压装过程出现的末端异常滑入现象,经过分析及试验验证,不存在安全风险,压装质量未出现异常,但此现象亦不属于压装过程正常现象,在生产作业过程中应进行严密监控,并在上游作业过程严控车轴、车轮加工质量,一旦出现异常现象,应逐一进行检查和验证,避免产生质量风险影响机车运用。

参考文献

- [1] 陈曦.HXD3C型机车走行部顶轮轴承检测技术研究与应用[D].:中国铁道科学研究院,2019.DOI:10.7666/d.Y3623612.
- [2] 张鹏.基于立体仓库的轮轴装配选配优化研究[D].:大连交通大学,2014.
- [3] 郝亮,张心悦.HXD3C机车主断路器异常断开故障分析与处理方法[J].机车电传动,2020,(2):153-156.DOI:10.13890/j.issn.1000-128x.2020.02.033.

Research on Identification and Response Strategies for International Logistics Supply Chain Interruption Risks

Bo Yang

Chengdu Baiyu Sitong Trading Co., Ltd., Chengdu, Sichuan, 610305, China

Abstract

In the context of globalization, international logistics supply chains are frequently impacted by multiple risks such as geopolitical conflicts, natural disasters, cybersecurity incidents, and collaborative failures. This study identifies risk sources through literature analysis, case studies, and expert interviews, and combines modeling, simulation, and empirical evaluation to reveal their diversity, complexity, and uncertainty; Theoretical construction of a four-dimensional risk identification and response system covering policy geopolitics, climate disasters, technological networks, and operational synergy; Practice proposes three major strategies: resilient network reconstruction, diversified redundant inventory design, and digital collaborative response, to support enterprise risk assessment and plan optimization, and assist government regulation and infrastructure decision-making. The limitation lies in the existence of data errors in the model, insufficient coverage of risks in emerging technologies such as AI and blockchain, and the implementation of strategies being constrained by the company's funding, technology, and management capabilities.

Keywords

International logistics; Supply chain; Interruption risk; Strategy

国际物流供应链中断风险的识别与应对策略研究

杨波

成都佰誉四通商贸有限公司, 中国·四川成都 610305

摘要

在全球化背景下, 国际物流供应链频遭地缘冲突、自然灾害、网络安全事件及协同失灵等多重风险冲击。本研究通过文献分析、案例研究与专家访谈识别风险源, 结合建模、仿真与实证评估, 揭示其多样性、复杂性与不确定性; 理论构建涵盖政策地缘、气候灾害、技术网络与运营协同四维的风险识别与应对体系; 实践提出韧性网络重构、多元冗余库存设计及数字化协同响应三大策略, 支撑企业风险评估与预案优化, 助力政府监管与基建决策。局限在于模型存在数据误差, 对AI、区块链等新兴技术风险覆盖不足, 且策略落地受制于企业资金、技术与管理能力。

关键词

国际物流; 供应链; 中断风险; 策略

1 引言

全球供应链正加速向数字化、智能化、柔性化与可持续化演进, 由早期的成本导向集中生产, 转向依托物联网、大数据提升透明度与效率, 并响应个性化需求与ESG要求。与此同时, 中断事件频发且呈现新特征: 影响范围更广、复杂性更高、不确定性更强, 以及网络安全等新型风险凸显。理论研究亦从早期关注稳定性与可靠性, 逐步深化至韧性构建与智能预警, 但对气候变化、网络攻击等新兴风险的系统研究仍显不足, 理论与企业实践的衔接亟待加强。

2 风险识别理论基础

2.1 中断风险定义与维度

国际物流供应链中断风险是指因内外部因素导致物流活动突发、意外中止, 进而损害供应链正常运行与绩效的可

能性。其具有多维特征: 时间上, 既可能为数小时至数天的短期扰动, 也可能持续数月乃至数年; 空间上, 既可局限于局部环节, 亦可波及全球; 影响程度上, 轻则仅致货物延迟交付, 重则引发停产、客户流失甚至企业生存危机, 如芯片短缺致全球汽车业减产数百万辆, 造成巨额损失。

2.2 多层次风险传导机制

国际物流供应链的多层级风险传导机制复杂而紧密: 供应商层原材料中断, 将风险向上游传导至制造商, 引发减产或停产; 制造商层生产故障或质量问题则向下传导, 打乱物流服务商运输计划, 造成运力空置与成本上升; 物流服务商层风险进一步延滞运输, 冲击经销商库存与销售; 最终, 经销商交付延迟导致客户流失、市场份额下降, 典型如电商旺季物流延误引发消费者转向竞品。各环节环环相扣, 任一层级风险均可能沿链条逐级放大并波及终端。

2.3 关键节点脆弱性原理

国际物流供应链中，港口、枢纽及生产基地等关键节点因功能核心、高度集中或唯一而尤为脆弱：全球80%贸易依赖海运，港口中断即致积压与巨损；新加坡、迪拜等枢纽受限将推高成本与时耗；中国等制造集群受洪灾、缺电等冲击亦引发全球断供。节点间关联紧密，单点失效易诱发连锁反应。故精准识别、评估并提升其韧性，是保障供应链稳定的关键。

3 中断风险来源分类

3.1 地缘政治与政策风险

地缘政治冲突与政策变动是国际物流供应链中断的重要诱因。俄乌冲突导致欧俄贸易制裁升级，大量经俄、乌的运输路线中断，货物被迫绕行，物流成本平均上涨30%–50%，运输时间延长数天至数周。中美贸易摩擦中，美方加征高额关税迫使企业重构供应链，部分产能向东南亚转移，但基建、人力等配套滞后，加剧了过渡期的不稳定性。此外，政治动荡常引发港口罢工、边境封锁等运营异常，如南美洲多国因政经危机频发港口罢工，造成货物积压、供应链紊乱。

3.2 自然灾害与气候风险

自然灾害与气候风险严重冲击国际物流供应链：地震、海啸、飓风等可直接损毁港口、铁路等基础设施，如2011年日本大地震及海啸致其电子与汽车零部件生产中断，引发全球供应链数以百亿美元损失；暴雨、暴雪、高温等极端天气亦造成显著干扰——暴雨引发洪水阻断陆路运输，暴雪导致欧洲高速封闭，高温则威胁食品、药品等温敏货物安全；此外，海平面上升正日益威胁低洼沿海港口，如地势偏低的荷兰鹿特丹港，一旦受损，将波及欧洲乃至全球物流网络。

3.3 技术故障与网络安全风险

信息技术在物流供应链中的广泛应用，既提升了效率，也带来了技术故障、网络安全与更新滞后三重风险。系统故障易致库存失准、出入库延误，甚至引发全球货物滞留与重大经济损失；网络攻击可窃取商业机密、篡改运输信息、瘫痪支付系统，严重扰乱供应链与资金流；而物联网、大数据、人工智能等技术迭代加速，若企业未能及时应用，将导致运营低效、客户响应迟缓，进而丧失市场竞争力。

3.4 运营失效与协同失灵风险

运营失效与协同失灵是物流供应链中断的两大常见风险。内部管理不善，如车辆调度不合理导致空载率高、仓储混乱引发货损丢失，尤以缺乏科学管理体系的小型企业为甚；外部协同失灵则表现为供应商、制造商、物流商与客户间信息不畅、响应滞后，例如汽车供应链中零部件交付或运输延误可能直接引发停产。此外，全球化加剧了供应链复杂性，跨国企业间文化、管理模式及节假日差异等进一步抬升协同难度，造成交付偏差，削弱整体稳定性^[1]。

4 典型中断案例剖析

4.1 苏伊士运河堵塞事件

苏伊士运河承担全球约12%贸易运输，是欧亚最短海运通道。2021年3月23日，“长赐号”（长400米、排水量22万吨）在新航道搁浅，致运河双向中断，累计超400艘船舶滞留，波及原油、天然气及工业制成品运输，引发欧洲炼油减产、亚洲出口延迟、欧方库存紧张与物价上涨，日均损失60亿至100亿美元。经多船联合施救，3月29日脱浅复航。事件凸显关键航道脆弱性，警示须优化路径布局并强化应急机制。

4.2 新冠疫情全球物流瘫痪

2020年初新冠疫情全球暴发，封锁措施重创物流供应链：中国沿海港口一季度吞吐量同比降6.4%，船舶在港时间延长、多航线集装箱船空载；全球航空货运量下降约10%，电子产品与生鲜运输受阻、价格飙升；中国制造业停工致全球供应链中断，汽车产量上半年同比下降30%；运费与仓储成本攀升，加剧企业盈利压力，拖累经济复苏。

5 风险识别技术路径

5.1 多源数据融合监测框架

国际物流供应链风险复杂多元，单一数据源难以精准识别，故需构建多源数据融合监测框架。该框架整合物流运营、市场、气象及政治经济等异构数据，实现风险实时全面监测。如运输延迟预警港口拥堵，油价上涨预示成本上升，极端天气或致交通中断，政策变动影响跨境流通。通过数据清洗、转换、集成及物联网实时采集，统一标准、保障时效与准确，提升预警与响应能力。

5.2 基于图神经网络的风险溯源

在国际物流供应链中，图神经网络（GNN）将供应商、制造商、物流商、经销商等实体建模为节点，将节点间的合作关系、业务往来建模为边，构建动态图结构，学习风险在供应链网络中的传播规律，实现精准溯源与实时预警。例如，某电子零部件供应商质量异常时，GNN可快速定位根源并评估全链影响，溯源准确率超80%；当物流节点积压量异常上升，即识别为运输风险并触发预警，支持企业前置干预。

5.3 动态情景推演与压力测试

动态情景推演与压力测试是识别国际物流供应链风险的关键手段：前者模拟自然灾害、政治事件等多元情景以识别薄弱环节；后者通过极端条件检验韧性阈值。二者协同已验证有效，如某企业据此发现运输方式单一，转而推行多式联运。结合实时多源数据监测与图神经网络风险溯源技术，可动态优化参数、精准定位传播路径，构建闭环式风险识别体系。

6 应对策略体系构建

6.1 韧性导向的网络重构

在国际物流供应链中断风险加剧背景下，韧性导向的