

图 1 高速公路施工安全风险全过程管控流程图

5 高速公路施工安全风险全过程管控模式构建策略

5.1 施工前安全风险辨识与预防控制机制

施工前安全风险辨识与预防控制机制是全过程管控模式中最具基础性和前瞻性的环节，其核心在于通过系统研判将潜在安全隐患消解在施工活动启动之前。在项目筹备阶段，应围绕工程沿线地质条件、水文环境、施工工艺复杂程度以及周边社会环境开展全面分析，将安全风险识别深度嵌入施工组织设计和专项施工方案编制过程之中，使安全要求成为施工决策的重要约束条件。通过对施工方案的安全适应性进行反复论证，明确关键工序、重点部位和高风险作业的控制要求，促使技术措施与安全目标形成高度耦合。同时，加强施工管理人员和一线作业人员的安全教育与技术交底，使其在进入施工现场前对风险特征、控制要点和行为规范形成清晰认知。依托前期风险辨识成果，对人员配置、设备选型和施工时序进行合理调整，避免因准备不足引发风险集中释放，从源头层面构建结构清晰、逻辑严密的施工安全防控基础。

5.2 施工中安全风险动态监测与协同管控机制

施工中安全风险动态监测与协同管控机制强调在复杂多变的施工环境下实现风险状态的持续掌控，是全过程管控模式中承上启下的关键环节。随着施工进度不断推进，作业条件、施工工序和现场环境持续变化，安全风险呈现明显的动态特征，需通过常态化监测与及时反馈加以应对。在实际运行中，应强化现场安全巡查和过程记录，使风险变化能够被及时发现并有效传递至管理层面。通过构建多主体协同的管理机制，加强施工单位、监理单位及相关管理部门之间的信息沟通，确保风险管控措施在不同管理层级之间形成有效衔接。在关键施工阶段和高风险作业期间，通过加强现场协

调和管理调度，使安全措施与施工活动同步实施，避免管理滞后造成风险放大。通过动态监测与协同管控相结合，使施工安全管理始终保持对风险变化的敏感性和适应性，保障施工过程中处于可控状态。

5.3 施工后安全风险评估与反馈改进机制

施工后安全风险评估与反馈改进机制是全过程管控模式实现闭环运行的重要保障，其重点在于通过系统总结推动安全管理水平持续提升。在施工阶段性完成或关键节点结束后，对施工期间风险识别的完整性、管控措施的有效性以及事故隐患处置情况进行全面评估，从管理、技术和执行层面分析风险控制效果。通过对施工过程资料、现场管理记录 and 实际运行状况进行综合研判，梳理风险演化规律和薄弱环节，为后续施工阶段提供针对性改进方向。评估结果应及时反馈至施工组织管理和技术措施调整之中，使安全管理要求在实践中不断完善和优化。通过将经验总结与问题整改有机结合，促使安全风险管控由阶段性应对转向持续改进，形成以评估促提升、以反馈促优化的长效运行机制，为高速公路施工安全管理能力的稳步提升提供有力支撑。同时，加强制度执行、技术支持与管理监督之间的协同配合，使风险管控要求能够稳定落实到施工现场^[9]。通过构建运行顺畅、反馈及时、责任清晰的综合保障机制，推动全过程管控模式在实践中形成常态化运行状态，为高速公路施工安全管理水平的整体提升提供有力支撑。

6 结语

高速公路施工安全风险贯穿工程建设全过程，具有隐蔽性强、变化频繁和影响范围广等特点。围绕风险识别与全过程管控展开系统研究，有助于从源头防控、过程控制和结果反馈等层面提升安全管理的整体效能。通过强化施工前风险预控、压实施工阶段责任管控并实施动态调适，可有效降低事故发生概率，改善施工现场安全运行状态。全过程管控模式的构建与实施，为实现高速公路施工安全管理的规范化、系统化和长效化提供了现实路径，对保障工程质量和施工安全具有积极意义。

参考文献

- [1] 赵记广.山区高速公路高墩大跨桥梁施工安全风险防控研究[J].价值工程,2026,45(03):52-54.
- [2] 陈磊.高速公路桥梁施工管理中的安全风险及控制[J].汽车周刊,2025,(10):162-163+166.
- [3] 李学银.高速公路机电工程施工安装中的风险管理与控制策略[A].工程技术与新能源经济学术研讨会论文集(三)[C].江西省汽车工程学会、江西省工程师联合会:2025:396-400.
- [4] 黄河河.高速公路桥梁施工中高空作业安全防护体系优化研究[J].交通科技与管理,2025,6(13):186-188.
- [5] 李焱坤,袁瑛.高速公路施工阶段安全风险评估与控制策略[J].运输经理世界,2025,(18):16-18.

Analysis and disposal of abnormal conditions at the end of wheel axle press fitting for HXD3 and HXD3C locomotives

Zhisheng Yang

Tianjin Electric Locomotive Co., Ltd., Tianjin, 300210, China

Abstract

This article conducts a systematic study on the abnormal phenomena occurring at the end of the press fitting process for HXD3 and HXD3C electric locomotive axles. Firstly, an in-depth analysis is conducted on the various abnormal manifestations that occur at the end of the press fitting process, focusing on multiple dimensions such as the accuracy of tooling equipment, process parameter settings, and material characteristics of axle components. Secondly, considering the actual operating conditions of the locomotive, a comprehensive risk assessment is carried out on potential safety hazards such as axle loosening and increased operational vibration that may be triggered by these abnormal phenomena. Based on this, improvement measures are proposed, covering aspects such as process optimization, tooling upgrades, and the improvement of quality inspection standards. At the same time, directions for further research and verification are clarified. Through continuous experimental demonstration and data accumulation, a complete solution is formed, aiming to fundamentally and thoroughly solve the abnormal problems occurring at the end of the axle press fitting process and ensure the safety and stability of locomotive operation.

Keywords

Wheel axle; Abnormality at the end of press fitting; Cause analysis; Risk items; Disposal measures

HXD3、HXD3C 型机车轮轴压装末端异常的分析及处置

杨志生

天津电力机车有限公司，中国·天津 300210

摘要

本文主要针对HXD3、HXD3C型电力机车轮轴压装末端异常现象展开系统性研究。首先针对压装末端出现的各类异常表现，从工装设备精度、工艺参数设置、轮轴部件材质特性等多个维度展开深度原因分析；其次结合机车运行的实际工况，对该异常现象可能引发的轮轴松动、运行振动加剧等安全隐患进行全面风险评估；在此基础上，提出涵盖工艺优化、工装升级、质量检测标准完善等方面的改进措施；同时明确后续需进一步开展的研究与验证方向，通过持续的试验论证与数据积累，形成一套完整的解决方案，以期从根本上彻底解决轮轴压装末端异常问题，保障机车运行的安全性与稳定性。

关键词

轮轴；压装末端异常；原因分析；风险项点；处置措施

1 故障案例

近期，公司生产过程频繁出现HXD3、HXD3C型机车非齿侧车轮压装时末端滑入的异常情况，HXD3C某机车共发生4根，引起了轮对内侧距低于1352mm的问题，最终通过轮对内侧距调整达到了标准要求。此现象引起了公司高度重视，进行了专题分析和研究，以期找出具体原因，评估安全风险，以保证机车质量安全运用。

2 情况调查

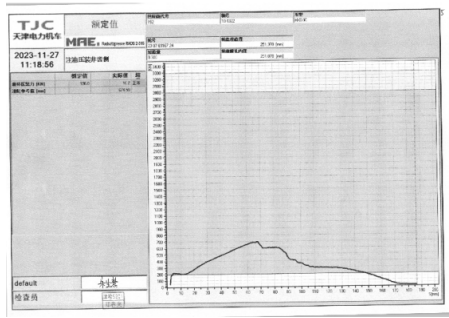
HXD3、HXD3C型机车轮轴压装是注油压装方式，正

常轮对压装过程，停止注油后轴向压装力停止车轮随即停止与车轴间的相对运动。以HXD3C某机车5轴、6轴为例，非齿侧车轮在注油停止后，轴向推力停止后车轮依然出现了向齿轮箱方向相对车轴的位移，导致最终检测轮对内侧距不符合mm的技术标准。具体调查情况如下：

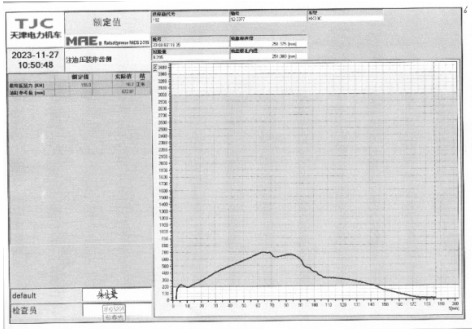
轮轴过盈量方面：该型机车轮轴配合属于过盈配合，轮对压装过程中必须获得一定的压装力才能保证轮轴压装到位并在后续运行过程传递足够的扭矩。而决定轮轴压装力的直接因素为车轮内孔与车轴轮座间的过盈量大小。该机车5轴、6轴非齿侧车轮内孔与车轴轮座间的过盈量分别为0.3mm、0.295mm，处于要求过盈量（0.26mm~0.33mm）的中间水平，因此压装力方面满足相关要求^[1]。

压力曲线方面：压力曲线直接反应了压装质量，机车5轴、6轴非齿侧压装曲线如下：

【作者简介】杨志生（1972—），男，中国天津人，本科，高级工程师，从事机车检修研究。



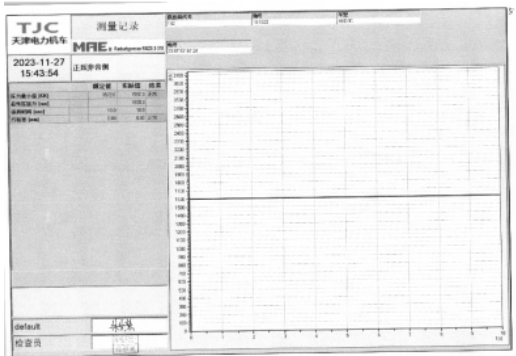
5 轴非齿侧压装曲线



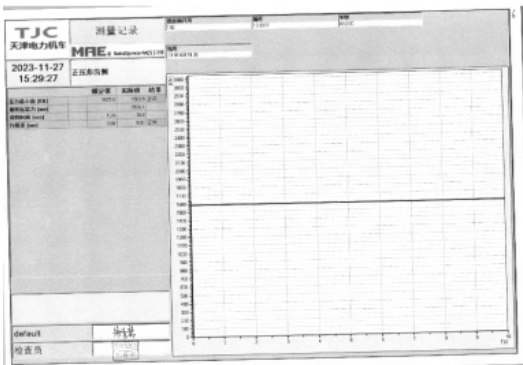
6 轴非齿侧压装曲线

经检查，5轴、6轴的压装曲线均符合 TBT1463 的正常曲线要求。

压力检验方面：为了进一步验证其压装力，对5轴、6轴非齿侧进行了正压检验，检验结果如下：



5 轴非齿侧正压曲线



6 轴非齿侧正压曲线

经检查压力试验曲线，正压检验过程未出现轮轴间相对位移变化，压装力满足要求。

3 原因分析

轮轴压装是电力机车组装的核心关键工序，压装质量直接决定机车运行安全性与稳定性。针对 HXD3、HXD3C 型电力机车轮轴压装末端滑入异常问题，本文从轮轴材质、形位公差、设备压入速度、压装工艺四大核心维度，开展系统性排查与原因剖析，结合实际检测数据与工艺参数，明确各因素对异常现象的影响程度。

3.1 轮轴材质因素分析

轮轴材质的稳定性与适配性是保障压装质量的基础，材质成分、力学性能波动均可能导致压装过程中出现异常受力或接触不良。经全面查阅 HXD3、HXD3C 型机车轮轴设计图纸、材质证明及采购台账，明确车轴统一采用 JZ50 钢，该材质具有高强度、高韧性及优良的耐磨性能，符合铁路机车车轴的严苛使用要求；车轮则选用 J11 车轮钢，其硬度、冲击韧性与车轴材质形成良好适配，可满足压装后的紧固贴合需求。针对出现压装末端滑入异常的轮轴，逐一核对材质检测报告，确认其材质型号、成分指标与合格轮轴完全一致，无材质更换、混装或性能不达标情况。结合以往压装数据，同批次材质轮轴在长期压装作业中未出现批量异常，因此可排除轮轴材质本身及材质变化对末端滑入异常的直接影响^[2]。

3.2 设备压装速度因素分析

压装速度是影响轮轴压装贴合度的关键设备参数，速度过快易导致局部受力不均、产生冲击载荷，速度过慢则可能引发接触面氧化、压装阻力异常，二者均可能诱发末端滑入问题。公司现有轮轴压装作业统一采用 MAE 轮轴压装设备，该设备为进口高精度专用设备，具备稳定的压力控制与速度调节能力，可满足 HXD3、HXD3C 型机车轮轴的压装工艺要求。经核查设备运行日志、参数记录及维护台账，现阶段 MAE 压装设备的压装速度始终稳定保持在 2mm/s，与工艺文件规定的标准速度一致，无参数调整、波动情况。同时，设备定期维护保养工作按周期落实，速度传感器、动力系统关键部件性能检测合格，无故障隐患。结合历史压装数据，该速度参数在长期作业中验证可靠，因此设备压装速度并非本次末端滑入异常的单一诱发因素。

3.3 轮轴形位公差因素分析

轮轴形位公差，尤其是锥度精度，直接影响压装过程中接触面积的逐步变化与压力传导均匀性，锥度超差易导致压装后期受力突变，引发末端滑入异常。为精准排查该因素影响，选取出现异常的 HXD3C 型机车 5、6 轴轮对作为检测对象，采用行业标准的两截面四点法开展锥度检测，该方法通过在轮轴关键接触截面选取四个对称检测点，可有效规避单点检测误差，确保数据准确性。检测结果显示，5 轴车轴锥度为 0.01mm，呈正向锥度，车轮锥度为 0mm；6 轴车