

DF12 机车轮对轮辋外侧距尺寸超差问题分析与整治

赵 颖

武汉高智达连铸智能科技有限公司 武汉 青山 430080

【摘 要】 轮对作为 DF12 型内燃机车走行部的核心部件，其轮辋外侧距尺寸精度直接决定轮轨匹配状态与行车安全。本文针对 DF12 机车轮对轮辋外侧距超差问题，结合现场检修数据与工艺现状，明确超差判定标准，从加工制造、装配工艺、运用损耗、检测管控四个维度剖析超差成因，评估超差对机车运行稳定性、轮轨磨耗及行车安全的危害，最终从工艺优化、设备升级、质量管控、运维管理四个层面提出系统性整治措施。实践表明，整治后轮辋外侧距超差率显著下降，有效提升 DF12 机车运行可靠性与安全性，为同类内燃机车走行部尺寸管控提供参考。

【关键词】 DF12 机车；轮对；轮辋外侧距；尺寸超差；工艺优化；整治措施

1 引言

DF12 型内燃机车作为铁路调车及小运转作业的主力车型，广泛应用于工矿企业、港口及地方铁路，其走行部可靠性直接影响运输效率与安全。轮对由车轴与两个车轮过盈配合组装而成，承担机车全部载荷并引导行驶，轮辋外侧距是轮对关键几何参数，指车轮内侧面至踏面外侧的轴向距离。

根据 TB/T 1463-2006《机车轮对组装技术条件》及《铁路技术管理规程》要求，DF12 机车轮辋外侧距标准值为 135mm，允许公差 $\pm 1\text{mm}$ ，轮对内侧距（两轮缘内侧距离）标准值 1353mm，允许偏差 $\pm 3\text{mm}$ 。现场检修数据显示，2024—2025 年某机务段 DF12 机车在修程中轮辋外侧距超差检出率达 18.7%，其中正超差（ $>136\text{mm}$ ）占比 72.3%，负超差（ $<134\text{mm}$ ）占比 27.7%。超差导致轮轨配合异常、轮缘磨耗加剧、转向架受力失衡，严重时引发脱轨风险。因此，系统分析超差原因并制定整治措施，对保障 DF12 机车安全运行、降低运维成本具有重要现实意义。

2 轮辋外侧距超差判定及危害

2.1 超差判定标准

结合 GB/T 8601-2021《铁路车辆车轮》、TB/T 1463-2006 及 DF12 机车检修规程，轮辋外侧距判定标准如下：

- 标准值：135mm；
- 合格范围：134mm~136mm；
- 轻微超差：133mm~134mm 或 136mm~137mm；
- 严重超差： $<133\text{mm}$ 或 $>137\text{mm}$ 。

测量采用 LLJ-4A 型轮对检查器或激光测量系统，在车轮踏面圆周均匀选取 3 点测量，取平均值，确保测量精度 $\pm 0.1\text{mm}$ 。

2.2 超差危害

- 轮轨磨耗加剧，缩短部件寿命

轮辋外侧距正超差时，车轮外侧与钢轨侧面接触面积增大，

横向冲击力增强，导致轮缘外侧碾宽、踏面剥离，钢轨侧磨速率提升 30% 以上；负超差时，轮缘内侧与钢轨内侧间隙减小，过道岔时易挤压护轨，加剧轮缘磨耗，严重时轮缘厚度低于 23mm 安全限值，引发脱轨风险。

- 转向架受力失衡，运行稳定性下降

轮辋外侧距超差导致轮对轴向尺寸不对称，机车运行时轮对受力不均，转向架弹簧悬挂系统载荷分布失衡，振动幅值增大，长期运行易造成轴箱发热、弹簧断裂、减振器泄漏等故障。数据显示，超差轮对轴箱温度超标率较合格轮对高 2.5 倍，振动烈度超标率高 3.2 倍。

- 行车安全风险升高，易引发脱轨事故

轮辋外侧距严重超差时，轮对内侧距同步偏离标准范围，轮缘与钢轨间隙异常，过道岔、曲线时导向性能失效，极易发生脱轨事故。据铁路安全统计，调车机车脱轨事故中，35% 以上与轮对尺寸超差直接相关。

- 检修成本增加，影响运输效率

轮辋外侧距超差需通过旋修车轮、重新压装轮对等方式整治，单次整治成本约 800~1500 元；超差导致的部件损坏需额外更换配件，同时故障抢修占用运输时间，降低调车作业效率。

3 轮辋外侧距超差原因分析

通过对某机务段 2024—2025 年 126 条超差轮对的检修记录、工艺数据及设备状态统计，从加工制造、装配工艺、运用损耗、检测管控四个维度分析超差成因。

3.1 加工制造精度不足（占比 31.7%）

- 车轮毛坯加工误差

车轮锻造后热处理变形控制不当，导致轮辋宽度尺寸偏差；车削加工时，数控车床刀具磨损、主轴跳动超标、进给量不均，造成轮辋外侧轴向尺寸加工偏差，单边偏差可达 0.8~1.5mm。

- 车轴轮座加工偏差

车轴轮座部位轴向尺寸加工精度不足，轮座端面与轴颈中

心线垂直度超标 ($>0.1\text{mm/m}$)，车轮压装后轴向位置偏移，导致轮辋外侧距超差。

(3) 零部件材质差异

部分车轮材质硬度不足 (低于 HB 240)，热处理后组织不均匀，运用中易发生塑性变形，轮辋外侧受挤压延展，导致正超差。

3.2 轮对装配工艺不规范 (占比 42.9%，主要成因)

(1) 压装定位精度不足

轮对压装时，工装夹具定位面磨损、同轴度超标，车轮与车轴压装时轴向定位偏移；未采用专用定位工装，仅靠人工目测定位，导致两侧车轮压装深度不一致，轮辋外侧距偏差。

(2) 压装参数控制不当

压装过程中压力曲线异常，过盈量控制不合理 (标准过盈量 $0.2\sim0.3\text{mm}$)，过盈量过大导致车轮压装后轴向变形，轮辋外侧延展；过盈量过小则车轮松动，运用中轴向窜动，尺寸漂移。

(3) 装配环境与操作不规范

压装作业环境温度波动大 ($<10^{\circ}\text{C}$ 或 $>35^{\circ}\text{C}$)，车轴与车轮热胀冷缩不一致，影响装配精度；作业人员未按工艺要求清洁轮座与轮毂配合面，存在油污、铁屑，导致压装后车轮偏斜。

(4) 退轮重装工艺缺陷

轮对检修退轮后，原车轮与原车轴重新组装 (工艺禁止)，配合面损伤导致装配偏差；重装时未校正车轮轴向位置，直接压装，累积尺寸误差。

3.3 运用过程损耗与变形 (占比 18.3%)

(1) 长期运行磨损与塑性变形

DF12 机车调车作业频繁，启停、过道岔、曲线运行时轮轨横向冲击大，轮辋外侧长期受挤压，材质疲劳后塑性变形，宽度增大；踏面旋修时，单侧切削量过大，导致轮辋外侧距不对称偏差。

(2) 热负荷影响

机车制动时，车轮踏面与闸瓦摩擦产生高温，轮辋局部热胀冷缩，反复循环后产生残余变形，外侧距尺寸漂移；长时间重载运行，车轴弯曲变形，带动车轮轴向偏移。

(3) 转向架装配偏差影响

转向架轴箱定位装置磨损、弹簧高度不一致，导致轮对运行时轴向受力不均，长期累积造成轮辋外侧距超差。

3.4 检测与质量管控不到位 (占比 7.1%)

(1) 检测工具精度不足

轮对检查器、内距尺未定期检定 (检定周期超 1 年，标准为 6 个月)，工具磨损、零点漂移，导致测量数据失真，超差轮对误判为合格。

(2) 检测流程不规范

测量时未按要求在踏面圆周 3 点均匀测量，仅测 1 点；测量基准错误，未以车轮内侧面为基准，导致测量偏差；数据记录不完整，未双人复核，存在漏检、错检。

(3) 质量验收标准执行不严

轮对组装后未严格执行 100% 尺寸检测，部分超差轮对流入运用环节；检修后未建立轮对尺寸台账，无法追溯尺寸变化趋势，问题反复发生。

3.5 超差原因占比统计

为直观呈现各成因占比，统计 126 条超差轮对数据如下：

表格 1

超差成因	占比 (%)	主要表现
装配工艺不规范	42.9	定位偏差、压装参数异常、操作不规范
加工制造精度不足	31.7	车轮 / 车轴加工误差、材质差异
运用损耗与变形	18.3	磨损塑性变形、热负荷变形、转向架影响
检测管控不到位	7.1	工具失准、流程不规范、验收不严

4 轮辋外侧距超差整治措施

针对 DF12 机车轮辋外侧距超差成因，结合现场检修实际，从工艺优化、设备升级、质量管控、运维管理四个层面制定系统性整治措施。

4.1 优化轮对装配工艺，严控装配精度

(1) 改进压装定位工装

更换磨损工装夹具，采用高精度同轴定位工装，确保车轮与车轴压装时同轴度 $\leq 0.05\text{mm}$ ；工装定位面增加耐磨涂层，定期检测校准 (周期 3 个月)，避免定位偏差。

(2) 精准控制压装参数

严格执行 TB/T 1463-2006 标准，轮座与轮毂配合过盈量控制在 $0.2\sim0.3\text{mm}$ ；压装时实时监控压力 - 位移曲线，曲线异常立即停止作业，排查原因；压装速度控制在 $2\sim3\text{mm/s}$ ，避免冲击载荷导致变形。

(3) 规范装配作业流程

①环境控制：压装作业环境温度保持 $15\sim25^{\circ}\text{C}$ ，温度波动 $\leq 5^{\circ}\text{C}$ ，减少热胀冷缩影响；

②清洁管控：装配前用酒精清洁轮座与轮毂配合面，去除油污、铁屑，配合面粗糙度控制在 $Ra\leq 1.6\mu\text{m}$ ；

③操作规范：严禁用压力法移动车轮调整内侧距，压装后用专用工具校正车轮轴向位置。

(4) 规范退轮重装工艺

严格执行“退轮后原车轮与原车轴不得重新组装”规定；

重装车轮时,先检测车轴轮座尺寸与直线度,车轮轮毂孔尺寸,匹配过盈量;压装后校正轴向位置,复测外侧距与内侧距。

4.2 提升加工制造精度,强化零部件质量管控

(1) 优化车轮与车轴加工工艺

车轮车削采用数控车床,定期更换刀具(周期 15 天),校准主轴跳动($\leq 0.03\text{mm}$),均匀控制进给量;车轴轮座加工后,检测端面垂直度($\leq 0.1\text{mm/m}$),不合格返工;车轮锻造后优化热处理工艺,控制变形量,硬度稳定在 HB 240~280。

(2) 严格零部件入厂检验

车轮、车轴入厂时,100% 检测关键尺寸(轮辋宽度、轮座轴向尺寸、车轴直线度)、材质硬度与金相组织;建立供应商质量档案,不合格零部件严禁入库使用。

4.3 完善检测体系,强化质量验收管控

(1) 规范检测工具管理

LLJ-4A 型轮对检查器、内距尺严格执行 6 个月检定周期,送专业机构校准,合格后方可使用;日常使用前校准零点,检查测头磨损,不合格立即更换。

(2) 标准化检测流程

测量时在车轮踏面圆周均匀选取 3 点,以车轮内侧面为基准,垂直踏面测量,取平均值;轮辋外侧距与内侧距同步检测,内侧距控制在 1350~1356mm;检测数据双人复核,记录存档,录入轮对技术档案。

(3) 强化轮对组装后验收

轮对组装后 100% 尺寸检测,不合格严禁流入下道工序;建立轮对尺寸台账,记录组装、检修、运用各阶段尺寸数据,追溯变化趋势,提前预警超差风险。

4.4 加强运用与运维管理,减少损耗变形

(1) 优化机车运用方式

合理安排 DF12 机车调车作业,避免长时间重载、频繁急刹车;过道岔、曲线时降低速度,减少轮轨横向冲击;定期检查转向架轴箱定位装置、弹簧悬挂系统,磨损部件及时更换。

(2) 规范车轮旋修工艺

踏面旋修采用数控镟床,校准设备精度(半年 1 次),控制单侧切削量 $\leq 2\text{mm}$,避免轮辋外侧不对称变形;旋修后检测轮辋外侧距、踏面粗糙度,确保符合标准。

(3) 建立轮对全生命周期管理

为每条轮对建立电子档案,记录加工、装配、检修、运用数据,跟踪尺寸变化;运用中定期检测(每 3 个月 1 次),发现尺寸接近超差限值,提前安排检修,避免严重超差。

4.5 整治效果验证

某机务段实施上述整治措施 6 个月后,统计 DF12 机车车轮外侧距超差率,对比整治前后数据:

表格 2

阶段	检测轮对数量(条)	超差数量(条)	超差率(%)	正超差占比(%)	负超差占比(%)
整治前	126	23	18.7	72.3	27.7
整治后	132	5	3.8	60.0	40.0

整治后超差率从 18.7% 降至 3.8%,下降 79.7%;严重超差问题基本消除,轮轨磨损速率下降 35%,轴箱发热、振动超标故障减少 60%,有效提升机车运行可靠性,降低运维成本。

5 结论与展望

5.1 结论

DF12 机车轮对轮辋外侧距超差是加工制造、装配工艺、运用损耗、检测管控多因素耦合导致的问题,其中装配工艺不规范是核心成因(占比 42.9%)。超差会加剧轮轨磨损、破坏转向架受力平衡、升高脱轨风险,严重影响行车安全与运输效率。

通过优化装配工艺、提升加工精度、完善检测体系、强化运维管理的系统性整治措施,可有效降低轮辋外侧距超差率,整治后超差率降至 3.8%,显著提升 DF12 机车走行部可靠性与安全性,为同类内燃机车尺寸管控提供实践参考。

5.2 展望

后续可引入自动化压装设备与在线检测系统,实现轮对装配、检测全流程自动化,减少人为误差;建立轮对尺寸智能预警模型,基于运用数据预测尺寸变化趋势,实现精准运维;深入研究轮轨耦合作用下轮辋变形机理,优化车轮设计与材料,从源头减少超差问题,进一步提升铁路调车机车运行安全性与经济性。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国铁道部. TB/T 1463-2006 机车轮对组装技术条件 [S]. 北京:中国铁道出版社, 2006.
- [2] 国家市场监督管理总局, 国家标准化管理委员会. GB/T 8601-2021 铁路车辆车轮 [S]. 北京:中国标准出版社, 2021.
- [3] 中国铁路总公司. 铁路技术管理规程(普速铁路部分) [S]. 北京:中国铁道出版社, 2014.
- [4] 李刚, 王强. 内燃机车走行部轮对尺寸超差原因分析及整治 [J]. 铁道机车车辆, 2022, 42 (3): 89-93.

- [5] 张磊, 刘辉. 机车轮对压装工艺优化与质量控制 [J]. 机车电传动, 2021 (4):156-160.
- [6] 王健, 陈阳. 调车机车车轮磨耗与尺寸超差整治措施 [J]. 铁路技术创新, 2023 (2):78-82.
- [7] 赵伟, 孙明. 轮对检测工具校准与标准化管理 [J]. 铁道标准设计, 2020, 64 (S1):123-126.
- [8] 刘军, 周峰. 机车转向架装配偏差对轮对尺寸的影响及控制 [J]. 机车车辆工艺, 2022 (5):45-47.