轮式机械安全性能检验技术规范制定分析

刘 浩

（上海般腾实业有限公司，上海 200093）

摘 要 轮式机械作为现代工业生产中的关键设备，其安全性能检验是确保设备能够安全平稳、高效运行的重要环节，亟须制定适配性强的专项检验技术规范。基于此，本文以推荐性标准《轮式专用机械车安全技术检验项目和方法》制定项目为研究对象，从轮式机械品类多、全生命周期风险识别、新旧设备差异化检验、电动轮式机械检验方法等层面系统剖析了检验技术规范制定中的技术挑战，在此基础上论述了相应解决对策，形成了一套适配轮式机械的安全性能检验技术规范。实践表明，该技术规范覆盖面广泛，能够高效识别轮式机械全生命周期风险情况，有助于保障轮式机械运行的安全稳定，可为促进该领域技术进步提供实践参考。

关键词 产品适配性；全生命周期；风险评价；差异化检验；电动轮式机械

中图分类号：TH2；T-652.1 **文献标志码**：A **DOI**：10.3969/j.issn.2097-3365.2026.30.003

0 引言

随着基建施工、工业生产、现代农业等领域的规模化推进，轮式挖掘机、装载机等轮式工程机械设备的应用边界持续拓展。但轮式机械的作业负荷波动大，工况环境相对复杂，长期作业易出现机身失稳、制动衰退等安全隐患，严重威胁施工安全。然而，现阶段轮式机械安全检验技术规范适配性差，部分老旧设备、全新智能设备无针对性检验标准，且检验流程、技术方案、评价标准等缺乏统一规范，致使漏检误检情况频发。基于此，本文立足于轮式机械作业实际与安全检验现行标准，系统研究其安全性能检验规范的全新制定思路，以期为轮式机械行业安全合规发展提供实践参考。

1 案例项目概况

推荐性标准《轮式专用机械车安全技术检验项目和方法》制定项目，旨在统一行业轮式机械安全性能检验的技术标准。项目基于国内对轮式机械行业统一检验规范的空白，系统梳理规范制定的技术难点，并采取了一系列精细化措施，统筹多品类轮式机械安全检验的统一规范，制定新旧设备、电动轮式机械的针对性检验标准，进一步明确轮式机械安全性能检验的范围、术语、检验项目、方法、技术要求与判定规则，形成完整的标准正文与配套附录，为项目标准实现高品质推广提供了有益助力。

2 轮式机械安全性能检验技术规范制定面临的挑战及应对措施

2.1 多品类覆盖与产品适配性平衡

轮式机械的品类繁多、功能差异化明显，涵盖工程轮式机械、场内机动车、非道路移动轮式机械等多个类别，各类设备作业场景、安全风险特征具有较大区别，检验项目并不统一，导致规范制定难以兼顾通用性及针对性，容易出现标准模糊、适配性不足的问题。对此，项目采取了制定通用安全性能检验标准，叠加明确差异化检验要点的策略，用以解决多品类覆盖与产品适配性的矛盾。项目先建立一个通用的安全检验框架，梳理装载机、挖掘机、推土机等轮式机械共同的核心安全指标，将车身外观、车辆底盘、车辆唯一性等共性项目纳入其中，明确基础的检验方法、检验要求、检验结果处置原则等相关规定，保证全品类设备安全检验的统一规范，以免出现标准模糊化、执行原则不统一的情况[1]。再依据轮式机械应用场景、实际工况等进行进一步的分类，将其分为工程作业类、场内转运类、非道路通行类等，结合不同品类设备的安全性能短板增设相应条款内容。其中，大型装载机等重载工程机械，重点关注其制动热衰退、抗倾覆稳定情况，转运车等场内作业设备侧重于狭窄空间下的转运能力，有无相应防撞警示装置，确保机械运行安全稳定。非道路通行轮式机械则是优化坡道行驶、复

作者简介：刘浩（1975-），男，本科，工程师，研究方向：机动车检测。

杂工况适应性等检验指标，通过分类增设专项检验标准，使其适配不同品类设备的安全隐患点。此标准的制定，可更有效地对不同品类及功能相近的轮式机械安全运行进行规范化检验，提升轮式机械安全检验规范的整体适配性，以此全方位保障轮式机械使用过程中的安全稳定。

2.2 全生命周期风险识别与评价

2.2.1 风险评价逻辑

针对轮式机械整体结构与普通车辆存在明显区别，传动、制动、转向等部件结构差异明显，结构复杂且运动轨迹各不相同，致使安全风险隐患点分散、风险成因复杂的情况，项目重新梳理了轮式机械全生命周期的风险评价逻辑。在该过程中，不再局限于设备某个阶段的检查，而是从设备投入使用到日常作业，再到老化损耗，直至报废退出的全过程开展风险梳理，通过源头识别及过程追踪，将轮式机械的全部风险隐患排查出来。结合轮式机械各系统结构特点，在投入使用阶段细致梳理设备本身自带的结构性短板，提前明确可能引发风险的诱因点位。接着，结合轮式机械的实际运行工况，分析各结构的联动配合情况，用牵引法进行驻车制动试验，再用非接触式汽车速度计、便携式制动性能测试仪，搭载人工测试的方法，进行行车制动试验，评价有无载荷变化、运动状态偏移带来的动态风险[2]。考虑到轮式机械安全风险不是单一问题所导致，可能由结构老化、复杂工况、操作习惯等多重因素叠加所致，因此评价逻辑重点梳理各类风险之间的关联关系，以此厘清安全风险的真实完整过程。待检测结束后，再依据试验结果进行系统化整体判断，通过全生命周期的风险梳理，形成轮式机械安全风险的评价逻辑，将试验结果分析及综合意见反馈汇总成送审稿，作为风险评价的关键依据。项目还搭载了风险库模块，支持对轮式机械的不同结构、不同工况设置隐患排查项，并分级分类管理。对于重载工程机械等高风险设备，自动匹配专项检查表单，通过落实分级管控责任，使风险识别水平达到预设目标。

2.2.2 检验判定指标

面对各类轮式机械差异大、作业场景不同，检验判定标准参差不齐的问题，如何制定可落地的判定指标，且兼顾通用范围及检查精度，成为此次标准制定的一大难点。此次技术规范制定以制动性能检验为例，先采用非接触式汽车速度计检验，按照规定的试车跑道边线，让被检车辆沿中线行驶，直至规定初速度或最高车速后，将变速器设为空档，急踩制动且不得转动方向盘，车辆停止后测量制动初速度及制动距离，检查车辆有无驶出车道边线。再进行便携式制动性能测试仪检验，测量车辆停止后的制动初速度，使用钢卷尺、红外线测距仪检验制动距离[3]。在此基础上，为进一步保证检验判定结果的真实可靠，制动性能判定指标还包含了人工测量，试车跑道如图1所示。

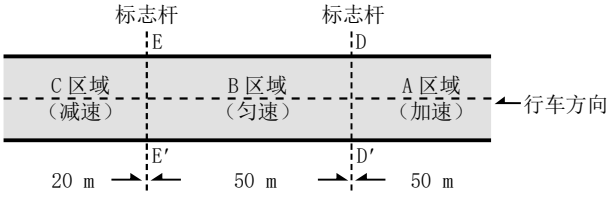

图1 人工测量被检车辆初速度及行车制动路试示意图

在现场放置D-D′和E-E′两处标志杆，使被检车辆沿试车跑道的中线行驶，在A区加速至规定速度后再匀速驶过B区，此时由检测人员用秒表记录车辆从D-D′到E-E′的行驶时间，进行初速度的相应计算。各类检验判定指标如表1所示，若偏离正常区间则视为行车制动存在风险点，由此获得精准可靠的安全性能检验结果。

表1 制动性能检验技术参数表

检测方法	测量范围	最大允许误差	分度值	精度	准确度
非接触式汽车速度计（速度）	5.0 km/h～50.0 km/h	±3.0%	≤0.1 km/h	—	—
非接触式汽车速度计（距离）	1.0 m～100.0 m	±1.0%	≤0.01 m	—	—
便携式制动性能测试仪	5.0 km/h～50.0 km/h	±3.0%	≤0.01 m	—	—
钢卷尺	50.0 m	—	1.0 mm	—	等级2级
激光测距仪（红外线）	0.1 mm～50 000.0 mm	—	1.0 mm	±2.0 mm	—
秒表	0.1 s～600.0 s	—	0.1s	±1/100 s	—

2.3 新旧设备差异化检验要求

经前期调研，目前行业内缺少统一的老旧轮式机械复检规范，现有检测条件参差不齐，新标准对新设备安全要求明确，但若统一套用严格要求约束存量在用设备，容易出现大量旧设备无法合规的情况。为此，项目严格区分新设备出厂检验、在用设备定期检验、设备改造后

变更检验等三类场景，制定差异化的校验要求，以此满足新机高标准要求，并确保覆盖旧设备的实际使用现状。

对于新设备的安全检验，先明确国产车辆新设备外形结构应与产品公告照片保持一致，除法规允许的自行变更情形外，不得存在结构改动、外形改造等情况，从源头规避非标改装设备流入实际使用场景[4]。同时，严格要求新设备发动机号码、驱动电机号码与车辆出厂合格证上的信息完全匹配，而对于常规驱动电机，若电机型号、编号被结构覆盖，则要求预留观察口，或是在外部覆盖件增设永久清晰的编号标识，确保新设备核验流程完整。在存量在用旧设备安全检验的过程中，重点关注安全性能层面，不再硬性要求其对标出厂公告原始外形参数，仅要求车身颜色、外形与车辆驾驶证存档照片无明显差异，不得私改车身颜色、车厢形状及内部结构。对于旧设备的动力号码验证，则以行驶证签注信息为准，要求现场可见编号、系统等级信息与证件内容一致，以此判定为合格，以免因设备常年作业磨损、配件正常更换而造成误判。另外，对于设备因故障维修更换或自行变更情形，单独设置专项检验标准，改造后设备需重新核对结构外形、动力参数等，确保改造后的设备状态符合登记备案要求，防止私自改装带来的安全隐患。通过新旧设备差异化检验，解决适配性冲突的问题，使轮式机械安全性能检验工作实现平稳过渡。

2.4 电动轮式机械新技术适配

轮式机械逐渐向电动化、智能化方向发展，但传统安全性能检验项目以燃油机械为主，对于电动轮式机械的电池安全、充电安全，以及智能轮式机械的系统安全、自主作业安全风险等方面，尚未形成成熟统一的检验方法，难以适配轮式机械技术迭代升级需求。此次规范针对性补充了电动轮式机械专项检验项目，在保留传统机械安全检验的基础上，新增电池安全、充电安全、智能作业安全三类专项检验内容。在该过程中，新增电池性能核查项目，现场测定电池实际容量、续航里程，排查电池老化、容量衰减等隐患，从源头降低设备作业中电池起火的安全隐患。再重点检验电路及充电接口，检测整车电路绝缘性能、线路老化情况，测定接口密封防护能力，以防充电过程中出现漏电、短路问题，以此补齐电动轮式机械电气安全检验的短板[5]。在此基础上，结合半自动、全自动作业设备的运行特征，统一规定急停按钮响应时间标准，确保设备触发急停指令后快速停机，核查设备故障保护逻辑，检验传感器失效、通信中断等突发工况下设备能否自动锁止并进入安全待机状态，确保不会在智能系统失控时引发作业事故。而对于智能轮式机械特有的感知类设备，则检测其在复杂工况下的数据采集、障碍物识别等情况，明确智能作业的安全边界，以此准确评估智能设备安全防护能力，确保设备能够提前识别异常工况并触发预警。

3 轮式机械安全性能检验技术规范制定综合成果分析

案例项目通过一系列精细化措施的落实，在规定期限内完成了轮式机械安全性能检验技术规范的专项制定。该技术规范明确统一检测范围、技术方法及判定规则，可以补齐国内轮式机械安全检验标准短板，且完全满足行业标准发布实施要求。在应用成果层面，该技术规范解决了重复检验、尺度不一带来的成本失控问题，减少了设备生产、租赁及运维等全流程合规成本，具备显著的经济价值。同时，该技术规范可与现有机动车安全检验标准形成互补，大幅提升了行业安全管控的规范化水平。

4 结束语

此次推荐性标准《轮式专用机械车安全技术检验项目和方法》制定项目结合行业检验缺陷，制定了覆盖多品类轮式机械的安全检验技术规范，有效满足了行业推广要求。在此过程中，围绕轮式机械全生命周期风险，合理规划风险评价逻辑及检验判定指标，制定适配新旧设备的差异化检验标准。同时，新增电动轮式机械专项检验项目，顺利攻克了技术规范制定中的技术难题。最终，《轮式专用机械车安全技术检验项目和方法》在发布实施后，获得了各方的高度赞誉，为行业标准的进一步发展积累了宝贵的实践经验。

参考文献：

[1] 刘建利，焦婧琼，刘梅桢 . 新能源轮式起重机高压系统功能安全设计研究 [J]. 工程机械与维修，2025(08):13-15.
[2] 屈云涛，李帅，李波，等 . 轮式起重机安全风险分析评价方法研究 [J]. 中国机械，2024(09):92-95.
[3] 陈作 . 多路况行驶的轮式装载机稳定性分析及安全控制 [D]. 重庆：重庆交通大学，2021.
[4] 丁豪坚，傅耀宇，王可，等 . 轮式装备性能鉴定试验故障等级评定方法研究 [J]. 装备环境工程，2024,21(11):47-54.
[5] 李海涛，马振利，贺永强 . 军用轮式车辆悬挂系统的性能评估与维修 [J]. 今日制造与升级，2023(11):130-132.