

防爆无轨胶轮车大修工艺优化

杨 乐

1. 中国煤炭科工集团太原研究院有限公司 山西 太原 030006

2. 山西天地煤机装备有限公司 山西 太原 030006

3. 煤矿采掘机械装备国家工程实验室 山西 太原 030032

摘要：防爆无轨胶轮车是煤矿井下辅助运输核心设备，其大修工艺对保障性能与安全至关重要。本文概述车辆结构、工况与常见故障，分析现有大修工艺流程及存在的问题，如流程缺乏系统性、检查维修针对性不足等。进而从工艺流程、解体与装配、检查与维修、防爆部件维修、调试与试运行等方面提出优化方案，并给出人员、设备、质量、安全等方面的实施保障措施，以提升大修质量与效率，确保煤矿运输安全。

关键词：防爆无轨胶轮车；大修工艺；优化方案；防爆性能

引言：在煤矿井下运输作业中，防爆无轨胶轮车凭借无轨道限制、机动性强等优势，成为人员、物料及设备转运的关键设备。然而，其运行于重载、高粉尘、爆炸性气体等恶劣复杂工况，易出现各类故障，影响运输效率与安全。大修作为保障设备性能、消除隐患的重要环节，现有工艺却逐渐暴露出诸多不足。因此，对防爆无轨胶轮车大修工艺进行优化研究，具有重要的现实意义和迫切性。

1 防爆无轨胶轮车概述

1.1 车辆结构与工作原理

防爆无轨胶轮车主要由防爆动力系统、传动系统、机架、液压系统和电气系统五大核心部分组成，各系统协同工作实现车辆的正常运行。其中，防爆动力系统以防爆柴油机为主机，配套进气阻火器、排气净化装置及自动保护监控系统，通过降低燃烧温度、优化喷油雾化等方式实现防爆要求；传动系统分为机械传动、液力机械传动等类型，由离合器、变速箱、传动轴及驱动桥组成，负责动力传递；液压系统控制车辆转向、制动及货箱升降，电气系统则集成防爆电器元件，保障操控指令可靠传输^[1]。其工作原理是通过防爆柴油机提供动力，经传动系统将动力传递至车轮，借助液压和电气系统实现转向、制动等操作，同时通过防爆保护装置实时监测运行参数，确保设备在防爆要求下稳定运转。

1.2 车辆使用工况与常见故障

防爆无轨胶轮车主要运行于煤矿井下狭窄巷道，工况恶劣且复杂，长期处于重载、颠簸、高粉尘、高湿度及爆炸性气体环境中，频繁面临上下坡、急转弯等作业场景，井下行驶速度严格控制在20km/h以内，会车及特殊路段速度不超过5km/h。长期在该工况下运行，车辆易

出现各类故障：动力系统常见柴油机启动困难、排气温度过高、机油压力不足等问题；传动系统易发生离合器打滑、变速箱换挡异常、传动轴异响等故障；液压系统常出现管路渗漏、制动失灵等情况；防爆部件易发生阻火器堵塞、防爆栅栏间隙超标等问题，这些故障不仅影响运输效率，还可能引发安全隐患，需及时通过大修排查处理。

2 现有防爆无轨胶轮车大修工艺分析

2.1 大修工艺流程

现有防爆无轨胶轮车大修工艺流程遵循“接收—解体—检查—维修—装配—调试—验收”的核心逻辑，流程相对固定。首先，接收待大修车辆，核对车辆基本信息、运行里程及故障记录，明确大修重点；随后，对车辆进行全面解体，按部件类别分类摆放，做好标识记录；接着，对解体后的零部件进行逐一检查，采用目视、仪器检测等方式，判定零部件磨损、损坏程度，确定维修或更换方案；之后，对故障零部件进行维修或更换，更换各类滤清器、密封件等易损件；装配阶段按解体反顺序进行，确保部件安装到位、连接牢固；最后，进行空载、负载调试及试运行，检测车辆各项性能，验收合格后交付使用，整个流程需严格遵循相关技术标准，确保大修质量。

2.2 现有工艺存在的问题

现有防爆无轨胶轮车大修工艺虽能满足基本维修需求，但存在诸多问题，影响大修效率和质量。一是工艺流程缺乏系统性，各环节衔接不畅，存在重复作业现象，如解体与检查环节未同步开展，导致检修周期过长；二是解体与装配工艺不规范，部件摆放无序、标识不清晰，易出现错装、漏装问题，且装配精度不足，影响车辆运行

稳定性；三是检查与维修缺乏针对性，对隐蔽性故障排查不彻底，维修手段较为传统，难以满足防爆部件的高精度维修需求；四是防爆部件维修未形成专项流程，对阻火器、防爆栅栏等关键部件的检修标准不明确，易留下安全隐患；五是调试与试运行环节简化，未充分模拟井下复杂工况，难以全面检测车辆性能，导致车辆大修后易出现二次故障。

3 防爆无轨胶轮车大修工艺优化方案

针对现有大修工艺存在的不足，结合防爆无轨胶轮车的结构特点、使用工况及防爆要求，制定系统性的工艺优化方案，核心是提升大修效率、保障大修质量、消除安全隐患，确保优化后的工艺更具针对性、规范性和可操作性。

3.1 工艺流程优化

工艺流程优化以“精简环节、衔接顺畅、提高效率”为核心，重构大修流程，明确各环节的职责、时限和标准。将原有的“接收—解体—检查—维修—装配—调试—验收”流程，优化为“接收评估—同步解体检查—分类维修—精准装配—分级调试—严格验收”，新增接收评估环节，对车辆故障、磨损情况进行全面评估，制定个性化大修方案；将解体与检查环节同步开展，边解体边检查，及时记录部件状态，避免重复作业；明确各环节衔接节点，建立流程台账，实现大修全流程可追溯^[2]。同时，合理调配人力、设备资源，缩短大修周期，确保大修工作高效推进，避免因流程繁琐导致的效率低下问题。

3.2 解体与装配工艺优化

解体工艺优化方面，重点在于规范操作流程。首先要明确解体顺序和方法，依据设备结构和部件特性，制定科学合理的解体步骤，避免因盲目操作引发问题。对于关键部件，必须采用专用工具进行拆解，严禁暴力拆解，防止对部件造成不可逆的损坏。同时，建立部件分类摆放制度至关重要，要划分专属的摆放区域，根据部件类型、功能等进行合理分区。对每个部件进行清晰标识，详细标注部件名称、安装位置以及当前状态，如正常、磨损等。这样在后续装配时，能有效杜绝错装、漏装现象的发生，确保解体工作有序、高效且安全地进行，为后续的维修和装配工作奠定良好基础。装配工艺优化注重提升装配精度。装配过程中，必须严格按照装配图纸和技术标准执行，每一个步骤都要精准无误。对于关键连接部位，要进行力矩检测，使用专业的力矩扳手等工具，确保连接牢固可靠，避免因连接松动导致设备运行不稳定。采用“核心后辅助、先内部后外部”的装配顺序，优先装配对设备性能起关键作用的核心部件和内

部结构，再逐步完成辅助部件和外部结构的装配。同时，同步做好装配记录，详细记录装配过程中的各项参数和数据。重点关注传动系统、液压系统的装配精度，这两个系统对设备的运行性能影响重大，避免因装配不当引发运行故障。装配完成后，对各部件进行初步检测，确保装配符合要求，为后续调试工作做好准备。

3.3 检查与维修工艺优化

检查工艺优化采用“目视检测+仪器检测+专项检测”相结合的综合方式。目视检测可快速发现设备表面的明显问题，如破损、变形、泄漏等；仪器检测则能借助专业设备，对设备的各项关键参数进行精准测量，扩大检查范围，不放过任何潜在隐患。尤其对于动力系统、传动系统、液压系统等核心系统，要采用专业检测仪器检测关键参数。对于易损部件、隐蔽部件，由于其故障不易察觉，需进行专项检测，运用特定的检测方法和技术，深入排查故障，避免故障遗漏，确保设备检查全面、彻底。维修工艺优化突出针对性，根据部件磨损、损坏程度，制定差异化的维修方案。对于可修复部件，采用精准维修手段，运用先进的维修技术和工艺，提高维修精度，恢复部件性能，延长部件使用寿命。对于无法修复的部件，严格按照标准进行更换，杜绝“带病维修”，确保设备维修质量。建立维修台账，详细记录维修部位、维修方法以及更换部件信息，实现维修过程可追溯，便于后续的设备管理和故障分析。同时，不断优化维修工具和手段，引进先进的维修设备和工艺，提升维修效率和质量，减少设备停机时间，保障设备的正常运行和生产效率。

3.4 防爆部件维修工艺优化

防爆部件作为车辆安全运行的核心要素，其维修质量直接关系到车辆整体的防爆安全性能。然而，当前现有工艺中存在防爆部件维修不规范的问题，这给车辆的安全运行埋下了巨大隐患。为此，必须制定一套专项维修流程和标准。针对防爆柴油机、进气阻火器、排气阻火器、防爆栅栏等关键部件，明确详细的维修要求。对于防爆柴油机，要进行全面拆解检修，仔细检查各个零部件的磨损情况，确保燃烧温度、废气排放严格符合标准，其中CO含量需控制在 $\leq 0.10\%$ 、NO₂含量 $\leq 0.08\%$ 。对阻火器，要彻底清洗内部积尘和杂质，使用塞尺精准检测栅栏间隙，一旦发现间隙大于0.5mm，必须及时调整或更换^[3]。对于防爆电气元件，要进行绝缘检测和防爆性能测试，保证其绝缘性能良好且符合防爆标准。维修完成后，还需进行专项防爆检测，运用专业设备全面检测防爆性能，确保车辆无任何安全隐患，从根源上杜绝因

防爆部件维修不当而引发的安全事故。

3.5 调试与试运行工艺优化

调试与试运行工艺优化重点强化针对性和全面性,模拟井下复杂工况,确保车辆各项性能达标。将调试分为空载调试、负载调试两个阶段,空载调试重点检测车辆启动、转向、制动等基础性能,排查装配缺陷;负载调试模拟井下重载、颠簸、上下坡等工况,检测车辆在不同负荷下的运行参数,确保动力系统、传动系统、制动系统运行稳定。试运行阶段延长运行时间,全面监测车辆运行状态,重点关注防爆部件性能、各系统密封情况及运行噪声,及时排查潜在故障;试运行结束后,进行全面检测验收,确保车辆各项指标达到设计要求和安全标准,方可交付使用。

4 优化工艺的实施与保障措施

4.1 人员培训与管理

加强大修人员培训与管理,打造专业的大修团队,为工艺优化实施提供人力保障。制定系统的培训计划,重点培训优化后的大修工艺、防爆部件维修技术、专业检测仪器的使用方法,以及相关安全标准和操作规程,确保每位大修人员熟练掌握工艺要点和操作规范;邀请行业专家开展专项培训,提升人员的专业技能和应急处置能力,重点强化防爆维修相关技能培训。建立完善的人员管理制度,明确岗位职责,实行岗位责任制,对大修人员的工作质量进行考核,考核结果与绩效挂钩;加强职业道德教育,规范操作行为,杜绝违规操作,确保大修工作有序开展。

4.2 设备与工具保障

配备充足的专业设备与工具,为优化工艺实施提供硬件支撑。根据优化工艺的需求,购置专用的拆解工具、检测仪器,如防爆性能检测仪、力矩扳手、液压系统检测仪等,确保大修过程中工具齐全、精度达标;定期对设备与工具进行维护保养和校准,建立维护保养台账,及时排查设备故障,确保设备与工具正常运行,避免因工具精度不足、设备故障影响大修质量。合理规划设备与工具的存放区域,建立管理制度,规范领用、归还流程,提高设备与工具的利用率;同时,配备必要的备用设备和工具,应对大修过程中的突发情况,确保大修工作顺利推进,不出现中断问题。

4.3 质量管理与控制

建立完善的质量管理体系,强化大修全流程质量管

控,确保优化工艺执行到位。制定明确的质量标准,涵盖解体、检查、维修、装配、调试等各个环节,明确质量要求和验收标准;建立质量检查机制,设置专人负责质量检查,对每个环节进行严格检查,重点检查关键部件、防爆部件的维修质量和装配精度,发现问题及时整改,实行“清单化排查、销号式整改”机制^[4]。加强对维修材料、更换部件的质量管控,严格审核供应商资质,确保材料和部件符合相关标准,杜绝使用不合格产品;建立大修质量追溯体系,详细记录大修全过程信息,便于后续质量查询和问题追溯,确保大修车辆质量达标。

4.4 安全管理与防护

强化安全管理与防护,杜绝大修过程中安全事故的发生,为工艺优化实施提供安全保障。制定完善的安全管理制度和操作规程,明确大修过程中的安全注意事项,规范操作行为,要求大修人员严格佩戴安全防护用品,杜绝违规操作;加强大修现场安全管理,划分安全作业区域,设置警示标识,严禁无关人员进入作业区域,防范高空坠落、部件砸伤等安全隐患。定期开展安全培训和应急演练,提升大修人员的安全意识和应急处置能力,针对大修过程中可能出现的安全事故,制定应急预案,确保突发情况能够及时处置;加强防爆安全管理,对防爆部件的维修和检测实行专项管控,确保大修过程符合防爆要求,杜绝安全隐患。

结束语

防爆无轨胶轮车大修工艺优化研究,针对现有工艺的不足,从多个关键环节提出具体优化方案,并构建了完善的实施保障体系。通过优化工艺流程、规范解体与装配、强化检查与维修等措施,可有效提升大修效率与质量,消除安全隐患。随着煤矿行业对运输安全与效率要求的不断提高,持续优化大修工艺,将为煤矿井下运输提供更可靠的保障,推动煤矿安全生产与可持续发展。

参考文献

- [1]范江鹏.矿用防爆无轨胶轮车AMT换挡控制策略研究[J].煤矿机械,2025,46(6):85-89.
- [2]孙宇,高玉波.特大型矿井防爆无轨胶轮车运输安全管理工艺研究[J].现代制造技术与装备,2024,60(10):152-154.
- [3]王茹,王鑫,岳智帅,等.某煤矿用防爆无轨胶轮车辆灯具系统方案设计[J].电气防爆,2022(6):1-3,8.
- [4]路超,张福生,潘学文.防爆无轨胶轮车传动形式现状与发展综述[J].工程机械,2022,53(4):96-100.