机车关键部件质量问题现场处置与防控研究

陈博君　潘　恒　郭俊成
中车资阳机车有限公司　四川　资阳　641300

摘　要：机车关键部件是保障行车安全的重要载体，各类质量缺陷可源自制造加工、装配作业以及线路运用检修不同阶段。本文划分质量问题的具体类别，剖析缺陷生成的各类诱发因素，阐述故障点位确认、现场修复、完工核验的整套整改流程，介绍故障溯源、同类部件排查、工艺迭代、流转环节风险阻隔等处置手段，为机车部件质量管控工作提供可行思路，帮助运维人员抑制缺陷发展，降低故障带来的各类不良影响。

关键词：机车关键部件；质量缺陷；现场整改；故障溯源；风险阻隔

引言：机车长期在线路复杂工况下运行，关键部件持续承受交变载荷、振动冲击以及环境介质侵蚀。制造偏差、装配操作不当、检修环节疏漏，都会逐步催生部件质量缺陷。故障出现之后，现场处置水平直接决定隐患消除效果。理清不同质量问题的产生逻辑，规范现场整改全流程，落实后续溯源排查与管控改良举措，能够减少部件故障带来的行车干扰，维持机车运行稳定状态。

1 机车关键部件质量问题主要类别

1.1 加工制造衍生的部件质量问题

加工制造环节形成的缺陷，在部件出厂阶段就已经存在，部分缺陷不会立刻暴露，会在机车运行过程当中逐步发展扩大[1]。原材料本身存在的内部缺陷，经过锻造、铸造之后留存于部件本体内部。切削、焊接等加工工序操作出现偏差，会带来表面裂纹、尺寸偏差、焊接熔合不足这类问题。热处理工序管控不到位，部件内部金相组织发生改变，造成部件强度、抗疲劳性能出现下降。部分部件的内部缺陷依靠常规外观检查很难直接识别。部件投入使用之后，承受交变载荷、振动冲击，原本微小的缺陷会持续扩展，逐步演变为可以观测到的质量异常。制造层面带来的质量隐患，根源产生于生产车间，却会在机车运用现场表现出来，给机车运维工作带来压力。

1.2 装配作业引发的部件质量问题

部件装配属于整机集成的重要环节，装配操作不达标会催生各类质量问题。部件对接位置调整不到位，紧固操作扭矩控制出现偏差，紧固件出现松动风险。部件对接面清洁处理不到位，杂质残留于结合位置，会造成接触面贴合不良，运行过程产生异常受力。部件安装定位出现偏移，整机运行时部件承受额外附加载荷，加速部件磨损与形变。管线类部件布设不合理，出现挤压、弯折，长期运行之下产生破损渗漏。装配形成的问题不会来自部件本体，而是由组装作业过程带来。缺陷大多在机车投入运用之后逐步显露，属于现场故障当中较为常见的诱因。装配环节出现的各类偏差，会改变部件实际受力状态，加速部件损伤进程。

1.3 运用检修诱发的部件质量问题

机车投入线路运行之后，长期承受振动冲击、环境介质侵蚀，检修作业执行不到位会催生部件质量异常。检修拆解过程操作不当，敲击、磕碰造成部件本体出现损伤。检修完成之后，部件复位作业执行不到位，零部件安装位置出现偏移。检修过程选用的替换零部件不符合实际工况，和原有部件匹配度不足，投入运行之后很快出现异常。巡检、保养工作落实不到位，部件磨损、锈蚀的早期信号得不到及时发现，微小损伤持续发展，最终演变为明显质量故障。线路运行带来的复杂工况本身会对部件形成损耗，检修环节的疏漏会放大损耗带来的负面影响。这类质量问题形成于机车服役周期，需要依靠现场识别手段完成判别。

2 机车关键部件质量问题生成诱因

2.1 部件加工制造环节的内在诱因

部件制造阶段的各类偏差，会以潜在缺陷的形式留存于部件本体。原材料进场阶段，母材冶炼、锻造过程产生的微小缺陷没有被识别剔除，直接流入后续加工工序。后续切削、焊接、热处理等工序执行不到位，会进一步放大母材自带的隐患。焊接工序当中熔深不足、焊缝内部存在气孔夹渣，热处理升温冷却速率把控不当，都会改变部件金相组织状态，削弱部件抗疲劳性能[2]。加工尺寸把控出现偏差，部件配合面公差超出合理区间，组装之后会产生额外受力。部分制造缺陷无法依靠外观检查直接识别。部件出厂检验只能够捕捉显性损伤，埋藏在材料内部的微小裂纹、组织缺陷，会在后期载荷、振动作用下逐步扩展。制造环节埋下的隐患，会在机车投入

线路运行之后逐步显现，成为部件故障的重要来源。

2.2 装配实操环节的人为与工艺诱因

装配作业属于部件向总成或整机转化的关键步骤，人员操作习惯与工艺执行水平，直接影响部件后期运行状态。操作人员对装配工艺理解不透彻，紧固力矩把控出现偏离，紧固件出现预紧力不足或者过载压紧的情况。部件对接位置清理不够彻底，异物残留在结合面，机车运行振动之下会引发接触位置应力集中。部件定位安装出现偏移，整机运转过程部件持续承受额外载荷，加速磨损与形变。管线类部件排布处置不当，出现挤压、剐蹭，长期往复振动下逐步产生破损，造成管路泄露或导致线路接触，引发新的质量问题。装配工序缺少严谨的过程校验，部分装配偏差没有在整机落成之前排查出来。这类诱因和部件本身质量没有关联，依靠组装作业过程产生。缺陷初期表现并不突出，机车经过一段时间运行之后，各类装配带来的损伤才会逐步暴露。

2.3 运用检修流程当中的衍生诱因

机车投入线路服役之后，复杂线路工况会持续对部件形成损耗，检修作业的执行水平会改变部件损伤发展速度。拆解检修作业操作粗暴，磕碰敲击造成部件表面产生隐性损伤，损伤在后续运行中持续扩张。零部件拆解复位时，安装位置没有回归原有状态，部件受力条件发生改变。更换备件时选用不符合工况要求的配件，备件和原有部件匹配程度不足，投入运用之后快速出现异常。日常巡检作业落实不到位，部件锈蚀、磨损的早期迹象得不到及时发现。线路运行带来的冲击、温湿度变化、介质侵蚀，本身会对部件形成损耗。检修环节出现的疏漏，会加速部件损耗进程，推动微小损伤发展为明显质量故障。梳理检修流程当中的各类风险点，能够减少检修作业催生的部件质量异常。

3 机车关键部件质量问题现场整改措施

3.1 现场问题识别与故障点位确认

机车关键部件出现质量异常之后，现场处置最先开展问题识别工作。依托目视检查、测量检测等手段，对部件外部形态、连接部位、配合结构开展排查。记录部件表面损伤、形变、缝隙偏移等直观表象，采集部件尺寸、间隙等实测数据。结合机车运行过程呈现出的异常表现，缩小问题搜寻范围，锁定故障发生的大致区域。排查过程逐层拆解外部附属构件，逐步暴露部件核心结构。区分表面损伤与内部隐性缺陷，判断异常表象属于构件本体损伤，还是连接部位发生偏移带来的次生现象[3]。对故障点位做好标记，划定缺陷波及的构件范围，分清直接受损构件和周边受影响构件。现场环境会带来观测层面的阻碍，空间狭小、部件遮挡容易掩盖真实缺陷。需要调整作业位置，清理部件表面油污、灰尘，保障检测部位可以完整显露。不依靠单一表象直接下定判断，比对各项检测得到的实际状态，定位真实故障点位。明确缺陷的实际范围与损伤程度，为后续修复作业划定作业边界，规避修复作业出现处置范围不足或者过度处置的情况。

3.2 部件缺陷对应的现场修复作业

故障点位完成确认之后，结合部件损伤程度选取适配的现场修复手段。损伤程度较轻，构件本体结构没有遭到破坏，可在现场开展修整作业。对部件表面磕碰、轻微磨损位置做打磨修整，消除尖锐缺口与应力集中点位。连接位置出现紧固状态异常，按照工艺要求重新完成紧固操作，把控力矩输出水平。密封结构出现渗漏，拆除失效密封辅件，完成辅件更换，重新建立密封约束。构件本体出现不可逆损伤，现场修整无法恢复原有工作性能，就要开展部件更换作业。拆解受损构件，梳理周边管线、紧固件的拆装顺序，有序解除构件约束。吊装、搬运环节做好防护，避免拆装动作波及周边完好构件。新构件就位之后，完成对位安装，落实连接、密封相关工序。现场修复作业受场地、工具条件约束，部分复杂加工手段无法落地。超出现场作业可处置范畴的缺陷，不强行开展就地修整。做好构件隔离防护，规避缺陷进一步扩张。各类修复操作严格匹配部件的工艺要求，杜绝随意改动构件结构。修复操作围绕故障点位开展，控制作业波及范围，降低整改过程对机车其余机构带来的干扰。

3.3 现场整改之后的部件状态核验

修复或者更换作业全部结束，不能直接投入运用，需要开展部件状态核验。先查看拆装区域，确认工具、杂物没有遗留在构件间隙内部。核查紧固件、密封件的安装状态，核对安装位置是否和工艺要求保持一致。采集间隙、形位尺寸等实测数据，对比部件设计允许的区间，判断物理形态是否恢复合格状态。完成静态层面检查之后，开展机构动作测试，驱使部件完成实际工作行程。观察部件运转过程，查看有无异响、卡滞、渗漏等异常现象。查看关联配合构件的联动状态，确认修复后的部件不会对周边机构造成干涉。核验工作覆盖直接处置构件，也顾及受故障波及的周边结构。部分缺陷经过修复之后，静态条件下难以暴露隐患，依靠动作测试捕捉潜藏问题。一旦核验发现新的异常，重新回溯查找问题，再次开展处置调整。核验全部项目达到要求，现场整改流程才算完成。核验留下的状态信息，也可以作为后续质量回溯的现实依据。

4 机车关键部件质量问题后期处理措施

4.1 质量问题溯源追溯工作开展

现场故障处置完成，需要收集故障部件的各类信息，推进溯源追溯相关工作。整理部件损伤形态、故障发生时机、运行履历、检修记录，梳理故障发生的完整过程。调取部件生产加工、装配调试、线路运用的相关记录，沿着部件全生命周期向前倒推。区分缺陷起源于制造阶段，还是装配、检修环节，定位问题产生的真实诱因。溯源过程避开单一角度的片面判断，结合部件实际损伤状态开展综合研判。梳理清楚缺陷形成的完整过程，分清直接诱因与间接诱因[4]。溯源得到的分析结论，不局限用于本次故障归档，还可以为后续隐患排查、工艺改动提供现实依据。溯源工作如果停留在表面，无法挖到问题根源，同类隐患依旧会留存于其他部件之上。做好溯源追溯，找准质量问题发生的根本来源。

4.2 同类部件隐患排查实施路径

明确故障诱因之后，需要面向同批次、同类型部件开展隐患排查。划定排查覆盖的部件范围，锁定投入运用、库存待装配的同类部件。结合故障部件表现出的损伤特征，确定排查重点与检查点位。借助对应检测手段，筛查其他部件是否存在同源缺陷。对已经投入线路运行的部件，合理安排检查时机，捕捉部件内部潜藏的早期损伤。库存部件重点核查生产批次、加工记录，甄别存在潜在风险的对象。排查过程甄别出存在隐患的部件，按照风险等级落实对应的处置方式。隐患排查不局限于故障直接发生的单台机车，把风险筛查范围向外延伸。及时识别尚未暴露的潜在缺陷，避免同类故障在其他机车上面重复爆发。

4.3 作业工艺与作业流程的优化调整

溯源与隐患排查得到结论之后，针对暴露出来的短板对作业工艺、作业流程做出改动。如果缺陷来自制造层面，针对加工工序、检验环节做出调整，完善工序管控要点，强化对应工序的过程管控。缺陷来自装配环节，则优化装配工序操作要点，细化装配过程当中的校验内容，明确操作过程需要把控的关键控制点。检修作业催生的质量异常，就要修订检修拆解、复位装配的操作要点，完善备件选用的相关要求。工艺流程改动之后，需要落实到实际作业当中，传递给一线作业人员。改动内容要贴合现场实操条件，脱离实际工况的工艺调整很难落地执行。通过工艺与流程层面的改动，从作业环节压缩缺陷产生的空间。

4.4 部件管控环节的风险阻隔手段

完成工艺流程调整，还需要搭建对应的风险阻隔手段，把管控要求落到部件全流转过程。部件入库、出库、装配、检修各个节点，完善对应的检查核验内容，把风险拦截在对应流转节点。强化部件流转过程的信息记录，完整留存部件批次、检修履历、故障处置记录。部件出现异常信号时，可以快速调取完整档案，缩短判别处置耗时。针对高风险部件，完善流转各节点的检查重点，堵住管控链条当中的薄弱点位。风险阻隔不是依靠单一节点完成，需要串联起部件流转的各个节点。完善的阻隔手段，能够把隐患拦截在投入运行之前，减少质量问题流入线路运用环节，提升机车关键部件整体管控水平。

结束语

机车关键部件质量管控覆盖现场故障处置与事后风险防控多个层面。缺陷来源贯穿部件生产、装配再到线路服役的完整周期，仅依靠现场修复无法遏制同类问题反复出现。完成故障整改之后开展溯源分析，组织同类部件隐患筛查，迭代现有作业工艺，完善部件流转各节点的风险阻隔，可以压缩缺陷生成空间，减少质量问题向外传导，提升机车关键部件的运行可靠程度。

参考文献

[1]王猛,接亚明,刘文平.浅析HXN3型机车运维质量问题[J].铁道机车与动车,2025(10):44-45.

[2]王昱翔.铁路机车车辆受电弓滑板常见质量问题分析[J].设备监理,2025(1):61-64.

[3]脱云路,杨沛,金鑫,等.HXD1型电力机车轮轴驱动装置典型质量问题分析及解决方案[J].机械工业标准化与质量,2025(6):19-22.

[4]王宏军,陈胜来,祁剑.HXD3C型机车端部装配质量问题分析及控制措施[J].科技与创新,2023(3):126-127,131.