

电力机车检修状况与发展

闫帅

新朔铁路机务分公司

DOI:10.12238/jpm.v3i11.5467

[摘要] 研究将针对当前我国的电力机车产业展开分析,并重点针对电力机车的检修问题,以及解决问题的科学方法应用策略进行探究和论述。在应用科学的检修方法之后,电力机车的整体运行效率和工作质量得到了较大的提升,而且安全、服务等各方面的整体质量也实现了进一步发展。

[关键词] 电力机车; 问题检修; 方法应用; 发展展望

Maintenance status and development of electric locomotive

Yan Shuai

Xinshuo Railway Locomotive Works Branch

[Abstract] The research will analyze the current electric locomotive industry in China, and focus on the maintenance problem of electric locomotive, as well as the application strategy of scientific methods to solve the problem. After the application of scientific maintenance methods, the overall operation efficiency and work quality of electric locomotives have been greatly improved, and the overall quality of safety, service and other aspects has also achieved further development.

[Key words] electric locomotive; problem maintenance; method application; development outlook

一、电力机车检修方式

铁路机车结构复杂,设备精密,是一个由多种部件构成的大型系统,各部件在经过一段时间的使用后,受到自身退化和周围环境的影响,会发生损耗和老化,可能造成故障,从而影响机车运行,延误运输计划,严重时甚至会发生事故。因此,在机车运用生产的间隔,要进行整备工作和检修工作使机车能够保持正常状态,以保证铁路系统的安全生产。

电力机车的维修方式是指,通过采用不同的维修方式来确定机车的维修时机,从宏观上掌控机车维修时机的编排。目前铁路机务部门所采用的维修方式是定期维修、视情维修和事后维修三种,如图 2.1。

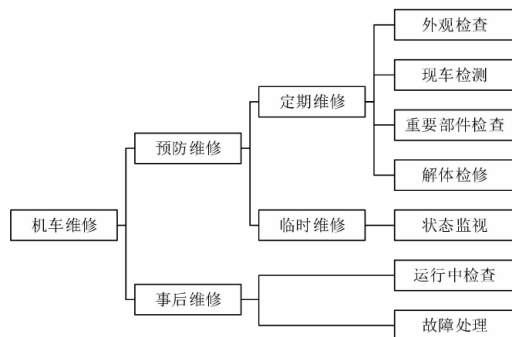


图 2.1 检修策略分类

(一) 定期维修

定期维修也被称为时间预防修,其维修期限是根据机车运营里程或运营时间所确定的,一旦到达规定的里程或时间则安排入段进行检修,不对其零部件的实际技术状态进行考量,具有强制性的特点。机械系统中的零部件在投入工作后,虽然其具体磨损形式和速率并不相同,但只要工作就必然磨损,并依据其自身的磨损规律不断发展。这些磨损若不加以修复在磨损严重后即形成故障,严重故障例如车轴断裂、齿轮齿根断裂则会影响机车正常使用甚至发生生产事故。因此,定期维修策略之下怎样确定维修周期就成为最重要的问题。定期维修工作由铁路部门的相关工作条例来保障实施,这类条例通常对检修周期、检修级别和各级别所对应的具体工作范围等进行规定。现阶段我国铁路网中运行的电力机车大致有三类:动车组列车(和谐号、复兴号)、和谐型电力机车以及发展较早的韶山型电力机车。三类电力机车修程修制的制定因其发展时期内的生产技术水平有所差异,例如动车组列车的修程划分为一级至五级修,和谐型电力机车划分为C1至C5修,电力机车划分为辅修、小修、中修及大修。不同修程对应检修周期的确定参考以下三个因素:机车具体构造特点、其常用运用线路条件和其实际技术状态。

(二) 视情维修

若以设备及其部件的实际技术状态作为维修时机的确定标准,即按照具体需求进行预防修的方式称为视情维修。此种

维修方式在诊断、监测各子系统、各类部件的具体参数和退化情况的基础上获取视情资料,对收集的资料进行定量分析,以求在检查和测试的过程中根据部件实际现状来确定最佳维修时机并确定具体维修项目,不要求对部件的维修周期及拆解范围进行硬性规定。通过诊断、监测的特点可以得知这种维修方式要求有先进技术设备和诊断条件的配合,客观条件要求较高,成本较高。但相对的,其优点也十分明显,可以在最大化部件使用能力的基础上减少检修工作量和人为差错出现的概率。

(三) 事后维修

有一些机械装备的安全性重要性要求并不高,他们的部件即便发生渐进性故障或突发故障也不会造成安全事故或带来较大经济损失,而且发生故障的概率不高,因此对这类部件或装备进行预防维修则有些浪费。事后维修方式便是基于此类情况产生的,在发生故障后进行维修,对维修时机没有预先的设置。这种维修方式的优点在于虽然减少了维修次数和项目,但并不会对设备的使用带来隐患,在避免对部件进行非必要拆解、检测的同时最大化其能力的使用,减少资源浪费并节省运营成本。根据维修理念是否积极出发,预防性质的维修主动预防故障的发生,在部件退化到一定程度前加以干预,包括定期维修和视情维修两种方式。而在设备故障偶发且后果不严重的情况下则采用非预防性质的事后维修,既可保证安全运用又在生产中兼具经济性。三类维修方式并没有是否先进之分或优劣之分,是针对不同设备具体情况和维修技术水平所制定的维修方式,唯一影响效果优劣的是应用场景是否合适。三种维修方式的维修周期制定标准不同,分别是设置固定检修周期、根据部件实际状况设置周期和事后维修对维修周期不进行控制。但随着社会和经济的发展,维修领域的检测设备和维修手段日趋高级,在不受技术条件制约的情况下对机车、飞机等交通领域重要设备的维修能力也有所提升,因此视情维修是未来的发展趋势。

二、电力机车检修制度

维修制度是指当前行业内维修工作已形成系统规范,根据维修思想和适用条件的不同,可以将国际上设备维修领域现行制度分为两类,一类是从宏观角度出发的计划预防维修制度,另一类是以可靠性为中心的机械设备维修进行微观管理的维修制度。前者以机械部件的磨损理论为基础,指导思想以预防为主;后者根据数理统计的思想,对故障或缺陷的发生进行收集、整理,进而发展成为以可靠性为主要考虑因素的预防维修体制。

(一) 计划预防维修制度

随着机械设计理论的丰富,在机械设备全面发展的基础上研究人员分析总结了各类机械设备及其零部件的磨损和损伤规律,根据退化规律可预测出各种零件的退化速度和使用寿命。如果能够积极利用零部件退化规律,在部件失效前有效干预,进行相应的保养和修复,可以在一定程度上延长使用寿命,

延缓部件的磨损速度并避免故障的发生。计划预防维修制度就是基于“防重于修”的原则下提出的,可以通过定时检查、按期保养、计划维修三步进行实施。对不同类型的机械装备实行计划预防修,均需要满足以下三个方面:首先要确定整机及其各子系统各零部件的维修周期,此工作可通过对以往故障数据进行大量统计和实验研究从而确定退化规律得以实现;根据已确定好的修理周期划分修理等级和具体内容,同时要兼顾各底层基础部件的维修;最后制定此类设备在本单位或本行业的通用技术标准作为指导。

(二) 以可靠性为中心的维修制度

在长期的装备发展过程中,逐渐发现有一部分复杂设备仅在使用早期发生故障或存在一些偶发故障,定期维修对于此类装备中的许多故障并不能达到期望的效果。并且随着设计理念的进步,大型复杂设备中仅有个别子系统的故障会造成相对严重的后果,所以维修工作的确定应当以其各部分部件所承担的功能、故障及原因、故障可能导致的后果等几方面为依据。根据这种现状和实际需求产生了以可靠性理论为基础的维修制度,将其首先应用到实践的是美国联合航空公司,它于上世纪中期提出“逻辑分析决断法”,在分析重点项目的可靠性和故障后果的基础上制定维修方式。基于可靠性为中心的维修制度其实现需要下列要求的保证:首先应采集大量可靠性数据,并进行分析为部件状态监测、判断提供依据;其次要求相关部门根据可靠性数据汇总机车总体的维修规章;最后还要求为保证数据采集的真实性可靠性要达到相应的检测硬件条件和标准。

综合上述维修方式和维修制度相关知识可以总结,我国机车现行维修方式为三种并存,三种方式适用于不同的场景因此并不存在孰优孰劣。但视情维修成本较高,需要相应技术手段作为支持,适合在动车组等高端装备中加入视情维修方式;事后维修在故障发生后进行,而故障的发生频率较低,因此进行事后维修的次数比较有限。所以预防维修仍是未来一段时间的研究重点,但其周期设置缺乏动态调整无法为各部件量身定制,因此将现行计划预防维修制度转变为以可靠性为中心的维修制度十分必要。

三、电力机车的发展展望

随着我国综合实力的不断提高,重载铁路运输的正能量影响日益突显,对各个层面的影响愈加深刻,依托于重载铁路运输,我国经济持续快速突破,然而伴随着铁路需求的不断攀升,现有轨道交通装备面临的问题与挑战也随之呈现出来。我国重载运输的主力车型有8轴和12轴电力机车,实现万吨牵引主要采取多台机车重联的方式,需要进行站台编组及多组司乘人员,时效性和经济性不高;既有机车牵引变流器、车顶高压电器等设备故障时有发生,机车的可靠性、运维水平急需进一步改善;重载铁路智能化的发展潮流也对重载机车提出了更高的要求。

(一) 灵活编组技术

机车在编组模式上实现新突破,采用6节编组模式,由2节单端司机室B0-B0轴式车及4节不带司机室的B0-B0轴式车,通过机械和电气重联的形式组成。机车采用多动力单元配置、灵活编组的牵引模式,形成平台化的电力机车组,可实现16、20、24轴灵活编组,满足多样的运力需求。由于编组模式的突破,神24电力机车单机牵引功率可达28800kW、最大牵引力达2280kN,机车总长度达106m,是全球单机功率最大、牵引力最大、长度最长和轴数最多的电力机车。神24电力机车最高运行时速120km,具备在12%的坡道上单机牵引万吨货物列车的能力,刷新了轨道交通运输单机牵引动力的世界纪录,填补了全球24轴大功率交流传动电力机车产品的空白。而且神24电力机车采用中间贯通式走廊的结构,仅需1组司乘人员,人员配置较现在交流机车“3+0”牵引模式可减少三分之二的司乘人员;较直流机车“2+2”牵引模式可减少四分之三的司乘人员,大大降低了人力成本,同时也解决了乘务员不足的问题。

(二) 固态绝缘的车顶高压箱技术

为了降低车顶高压器件的污损,增加其使用寿命,神24电力机车提出高、低压分离的创新概念,避免了出现线路振铃现象,抗干扰性能更优。列车特有的网络动态重联控制技术,实现了机车可靠动态编组。神24电力机车应用列车初运行技术,实现了安全可靠的列车级通信控制和8、12、16、20、24轴动态编组等功能,攻克了频繁连挂摘挂情况下的列车通信难题。利用固体绝缘技术研制出高压电器箱,将高压器件集成于箱体内部。A、B、D节车顶高压箱结构主要包括低压顶盖、箱体、高压接地开关、高压电缆进出线端、底部绝缘板、电压互感器、高压隔离开关、避雷器、真空断路器等。C节车顶高压箱结构主要包括低压顶盖、箱体、高压接地开关、高压电缆进出线端、底部绝缘板、避雷器、真空断路器等。高压电器箱箱体部分采用铝合金结构,

(三) 高可靠性的牵引变流器技术

针对既有机车经常因牵引变流器模块故障造成机破的实际情况,以提升产品性能和全生命周期可新型牵引变流器在原1.0平台牵引变流器的基础上进行了热工、结构、电磁兼容、防火防爆、柜门密封等项的提升,同时对外机械、电气接口完全兼容,电气参数基本一致,因此可直接实现产品的替代。

1) 结构方面:模块由集成电容式转变为电容分离式,实现模块的小型化、轻量化设计,重量减轻50%;直流侧连接方式由紧固式改成插拔式,实现产品维护的简易化;提升了变流器模块、母排等部件的结构刚度,可避免运行过程中的结构失效故障。

2) 热工方面:采用一种高效散热抑制及流场解析技术,全面解析变流器内循环复杂工况,实现柜内空气均匀分布,改善散热流场和风场,减少局部热点,整体提升变流系统热可靠性,系统损耗降低20%,关键部件运行温升降低10K。

电磁兼容方面:通过接地排、屏蔽夹、导电面板等多重屏蔽接地设计,以及屏蔽线缆的全面运用,实现了信号传输屏蔽覆盖100%,360°环接应用率100%,实测PWM信号抗干扰度降低50%以上。

4) 防火防爆方面:按照EN45545-3-2013《铁路应用铁路车辆防火第3部分:防火隔板的耐火要求》设计牵引变流器,补足耐火短板,同时对变流器柜门进行防爆改造,保障人身安全。

5) 柜门密封方面:对柜体防护性能进行提升,取消了“风机+风筒”设计,减少非通风区与通风区的空气交换;同时取消密封垫+螺栓密封,改用电缆夹密封。上述设计有效解决了柜体长期运行积尘问题,使其煤运线路适应性更好,降低了放电等安全风险。

(四) 故障预测和健康管理技术

未来电力机车具有智能运维平台,搭建了全寿命周期故障预测和健康管理系统,具有对机车重要器件的自动感知、自动诊断及寿命分析等功能,同时识别温度、振动等重要指标的异常。智能运维平台主要由车载智能中心、智能显示单元及其他车载监测系统(包括转向架PHM系统,钩缓系统健康监测系统等)组成。车载智能中心是车辆数据汇集中心,实现车辆的故障在线诊断及其健康管理,主要功能包括:数据采集,数据存储,故障诊断及分析预测、显示、无线传输、定位等。它是通过MVB、以太网、串行接口接收来自机车网络、子系统监测系统、第三方设备等数据,并将采集到的数据发送至地面健康管理平台及车载智能显示单元,智能显示单元用于接收车载智能中心的数据,完成人机交互显示。转向架PHM系统用于对轴箱轴承、抱轴箱轴承、电机轴测点进行在线温度、冲击、振动加速度数据采集,实现对轴承、齿轮、车轮踏面和轨道状态的监测、诊断和预警。通过转向架PHM系统的地面分析软件对获得的数据进行清理、深度挖掘、统计和分析等,形成轴承、齿轮、车轮踏面和轨道的故障诊断模型或判据,最终实现其故障预测和健康管理。钩缓系统健康监测系统用于对车钩钩体尾销孔、钩耳孔钩颈部位、钩舌牵引面、车钩结构温度、动力加速度、缓冲器受力状况、缓冲器压缩行程等状态的监测、诊断和预警,进而实现对列车的安全性监测。

[参考文献]

- [1]樊运新.我国重载电力机车发展历程及思考[J].机车的电传动,2019(1):9-12.
- [2]陈哲,王位,李晶,等.超大功率重载货运机车组技术论证及总体技术方案[J].电力机车与城轨车辆,2020,43(6):10-15.
- [3]陈哲,颜翌,金希红,等.神华大功率交流传动电力机车主电路设计[J].电力机车与城轨车辆,2016,39(2):35-39.
- [4]王蕾,陈哲.交流传动电力机车DC75V电源库内动车方案设计[J].铁道技术监督,2020,48(5):49-52.