

城市轨道交通信号设备维修模式的优化

龙广钱

(广州地铁集团有限公司, 510030, 广州//高级工程师)

摘要 在以往的维修中,城市轨道交通信号设备采用以计划预防修为主、故障应急修和专项保障修为辅的维修模式。基于以往维修经验,总结了原有维修模式存在的问题,并提出了信号设备维修的优化模式:以预防性维修模式为主的计划定期修优化,以事后维修模式为主的补救性故障修,以基于大数据与可靠性理论分析的状态修。针对不同类型的设备采取不同的维修策略,在有限的资源条件下,提高设备的维修质量,降低维修成本,以便更好地适应城市轨道交通的发展需求。

关键词 城市轨道交通; 信号系统; 维修模式

中图分类号 U231.7

DOI: 10.16037/j.1007-869x.2020.08.041

Optimization of Signal System Maintenance Mode for Urban Rail Transit

LONG Guangqian

Abstract In the past maintenance process, the maintenance mode of urban rail transit signal system equipment mainly adopts the planned and preventive repair, supplemented by emergency repair and special-guaranteed maintenance mode. Based on the previous maintenance experiences, the problems existing in the former maintenance mode are summarized, an optimum signal equipment maintenance mode is proposed. In which, the planned periodic maintenance based on preventive maintenance mode is optimized, the remedial fault repair is adopted based on post maintenance mode, and the condition maintenance based on big data and reliability theory analysis is implemented. Different maintenance strategies are recommended for different types of equipment, only by improving equipment maintenance quality and reducing maintenance cost with limited resources, can the maintenance mode better adapt to the development needs of urban rail transit.

Key words urban rail transit; signal system; maintenance mode

Author's address Guangzhou Metro Group Co., Ltd., 510030, Guangzhou, China

通自动控制系统中的重要组成部分,是保障行车安全、提高运输能力的关键技术装备。因此,信号系统设备投入运营后的运营管理和维护保养对于其安全有效运行非常重要,其制定的维修管理模式和方法尤其重要。

1 原维修模式

在原来的城市轨道交通维修中,信号系统设备采用以计划预防修为主、以故障应急修和专项保障修为辅的维修模式。

计划预防修属于定期维修,主要是对处于寿命期内的设备或元器件进行定期维护检查,对可消耗的元器件(如干电池等)进行更换,使设备的状态恢复到应有的性能,从而保证设备可安全、稳定、可靠运行,达到预防维修的目的,并确保设备在发生部分故障时仍有降级服务的功能。在以计划预防修为主的维修模式的前提下,信号系统设备检修按照计划检修周期分为一级保养(日常保养)、二级保养、小修、中修和大修等5个维修修程,并针对每个修程为不同的设备制定了不同的检修周期。通常信号系统设备的维护周期为1周、1个月、3个月、6个月、1年、2年、3年、5年、10年和中长期(15年)。检修人员应严格按照检修周期和修程对信号设备进行检修。

随着互联网技术的发展和大数据的广泛应用,计划预防修已不能适应新的运营要求,不仅大量浪费人力资源,增加人力成本,而且还会由于过度修给在线运营设备带来不可预见的稳定性风险。经深入分析,以计划预防修为主的维修模式主要存在以下问题:

1) 频繁的设备重启和插拔缩短了电子设备的寿命。目前,城市轨道交通信号系统应用了大量的集成度的电子板件、工控机和服务器等设备,除个别电容级二极管等电子元器件外,其集成板件的整体寿命基本接近其使用寿命。但维护人员为了

信号系统是大运量、高密度的现代城市轨道交通

完成维修计划,常常在维修现场将拆卸下来的设备进行简单的拆卸及清洁,待检查确认后就重新安装启用。电子设备在此过程中的设备重启和系统兼容重启,会受到冲击。特别是一些电子元器件,如果经过多次重启和上电冲击,则会对电子设备寿命造成影响,进而破坏信号系统的整体稳定性,影响设备可靠性。

2) 设备维修分级不够,导致设备维修差异性缺乏。所有设备基本采用定期维修模式,不管设备是否状态良好,检修内容基本均为保养、清洁、静态测试和动态测试;没有很好地区分机械部件和电子部件、磨损件和非磨损件,导致设备过度维修,出现非运营故障。其实对于在线运营的大多数电子设备,是不需要定期进行静态和动态测试的。过多的检修反而会使设备受到损伤。

3) 检修时间过短,导致设备维护深度不够。受地铁运营时间的限制,所有信号在线设备检修工作基本需在运营结束后才能进行,通常作业时间只有 2~3 h。为在规定的时间内完成检修,检修人员只能按照相关维修规程快速完成检修内容,不能对设备进行深入的观察和维修。这会导致相关隐患不能及时发现,而且维修后出现问题的概率也增多,其维护质量不能从根本上得到保证。

4) 设备更换缺乏科学依据,增加了维修成本。为使设备运营达到最佳状况、故障隐患降到最低,通常采取大修大换、小修小换的方式。这就需要采购大量的备件,用于设备发生保障时的在线设备更换。该方式在一定程度上提高了信号设备可靠性,但也大幅提高了设备备件的采购费用。另外,由于环境原因,更换下来的电子板件离线保养也是一个很大问题。

5) 由于备件采购周期长,故安全库存较大,成本较高。信号系统设备使用市场较小,且大多数设备均由国外进口,因而整个采购周期较长。为保障设备可靠运营,现场各站点均需配置大量的安全应急备件,因而备件库存增多,成本大幅增加。

2 维修模式的优化

针对城市轨道交通信号系统的特点,为确保信号系统的最佳可用性,应制订完整可行的信号系统维护策略。优化后的信号系统维修模式有 3 种:以预防性维修模式为主的计划定期修优化、以事后维修模式为主的补救性故障修、以基于大数据与可靠

性理论分析的状态修。

2.1 以预防性维修模式为主的计划定期修优化

计划定期修是以时间为基础的计划性维修,具有时间周期特性,其核心思想仍以预防为主。定期维修方式的维修优化方案并不是一成不变的,可以根据设备在寿命期内的不同运行特征来制定不同的维修方案。设备的维修周期及维修内容等,需根据其各时期的运行状态和趋势进行动态调整,使维修方案能适合设备当前的运行状态和未来的运行趋势,以保证在现有的维修方案指导下,能使信号系统的维修工作达到预防故障的目的,能维持信号系统的固有可靠性,保证现有维修方案能正确有效地指导现场维修工作。

2.2 以事后维修模式为主的补救性故障修

事后维修又称事后补救性维修。相比有计划性的定期维修,事后维修也是一种临时性维修,用于临时修复某个设备或系统的故障,是为了尽快恢复设备或系统的正常工作状态而进行的不定期维护工作。因此,当信号系统发出故障报警(例如维修子系统发出报警信息或设备显示报警代码),或者信号系统的工作状态异常时,都应进行事后维修。

信号系统实施事后维修活动的程序为:①确认信号系统的异常状态;②利用信号系统上的报警信息,通过信号系统测试设备来确定发生故障的设备部件;③对故障设备进行维修或更换;④确认维修或替换后的设备部件具有正常的功能;⑤确认此设备部件正常工作后,信号系统其他部件的工作状态是否正常;⑥确认信号系统恢复到正常工作状态;⑦填写设备维修或更换表格。

根据信号系统故障所能导致的危险程度、故障时的其他限制条件和事后维修活动的延迟情况,事后维修可大致分为以下 3 种类型:

1) 及时维修:当设备故障对信号系统的运营造成极大的、不可自动恢复的影响时,应立即实施事后维修活动。例如,当控制某一区域的 ATP(列车自动保护)控制单元发生严重故障时,如果导致列车在此区域的 ATO(列车自动运行)功能不可用,而对线路运营造成较大影响,则应立即对此故障进行维修。

2) 延迟维修:当设备故障对信号系统所造成的影响较小,或信号系统借助其冗余功能而使运营不受故障影响时,维修活动可以延迟至便于开展的时

间进行。例如,当列车一端的车载计算机发生故障时,凭借冗余设计,列车可利用单套车载计算机维持正常的运营。此时,该故障的维修活动可推迟到本列车返回车辆段或停车场之后再行进行。

3) 运营结束后维修:在正常运营时间内,如果故障发生地点与维修地点较远,且故障对运营的影响较小时,维修活动可推延至运营结束后进行。

2.3 基于大数据与可靠性理论分析的状态修

由于受一定条件限制,状态修方式在我国仍然不算是一种成熟的维修方式。实现状态修需要一定的前提条件,只有在管理体制、方法机制、技术手段、保障体系等方面的条件都具备时,才能真正实现状态修。目前,我国城市轨道交通信号领域的状态修主要有基于大数据统计分析和基于可靠性理论分析两种维修方式。

目前,基于大数据统计分析的状态修只能局限于部分设备的部分数据。这些数据包括 AP(无线接入点)天线的场强数据、轨道电路电压波动数据及道岔转换力数据等关键设备的主要运行数据。这是一种结合维修经验的数理统计法,依靠检测设备实现的大数据统计较少,基本靠日常维修数据的积累。因此,其实施范围很小。

可靠性理论是现代维修思想的核心理论。基于可靠性理论的状态修维修方式是现代维修思想的最理想维修方式。相比传统维修,现代维修思想对可靠性的理解有了全新的认识。可靠性理论对全寿命周期内的设备及系统可靠性进行考虑,从设计源头就考虑可靠性、安全性与维修问题,能够正确认识设计和维修之间的关系,对整个生命周期的设计、维修及改造等阶段进行区分界定。基于可靠性理论的状态修是一种先进维修方式:能根据设备的健康状态来安排维修计划,实施设备维修;能根据检测设备提前预知设备的故障,可以减少不必要的维修工作,使维修工作更加科学化、经济化。由于存在制度上的不完善、管理上的缺陷和技术上的局限,状态修的实施面临很多困难,目前仍不能成为信号系统的主要维修方式。但是,我国具备一定维修经验的城市已经率先在信号系统中完善维护支持系统,逐步完善管理制度,不断优化管理机制。状态修已经在一定范围内得到了应用,并在信号系统的维修方式中扮演着越来越重要的角色。

在实际应用过程中,基于可靠性理论的状态修

也取得一定的效果。例如,原来地铁正线道岔二级保养均采用比较固定的定期检修(月检及年检)方式。通过大数据分析后发现,每个道岔的动作次数和环境状况均不一致,其中动作次数频繁的道岔常维修不到位,而某些动作较少的道岔又常被过度维修。后来,技术人员分析了道岔使用情况和故障发生概率的数据,决定根据道岔的使用情况,将全线道岔分为一级、二级、三级关键道岔,以及非关键道岔,并针对不同类型的道岔采取不同的检修策略和检修周期来进行二级保养维护:一级关键道岔按照周检执行;二、三级关键道岔按照半月检执行;一般的非关键道岔按照月检执行;正常运营时无列车经过的存车线非关键道岔按双月检执行。在实施的过程中,同时运用道岔监控系统进行实施监控,不定期地针对预警信息进行专项修,有效地节省了人力、提高了设备可靠性。采用优化的维修策略进行维修后,对相关线路进行故障统计发现,整个道岔的故障率下降了30%以上,检修工时下降了10%以上。可见,设备的维修质量得到大幅提高,维修成本得到有效降低。

3 结语

城市轨道交通的安全、准点运营建立在信号系统安全可靠运行的基础之上。因此,有效的设备维修保养尤为重要。既有信号系统维修模式已显现其局限性,如何结合信号系统设备特点的变化和技术发展有针对性地开展设备维修,是目前急需解决的一个问题。在当前市场经济和技术不断发展的情况下,需综合考虑技术和经济因素,引入设备状态修、可靠性维修的理念,针对不同类型的设备采取不同的维修策略,以在有限的资源条件下,提高设备的维修质量,降低维修成本。

参考文献

- [1] 王海,杨福泉,杨颖鸿,等. 通信检修工[M]. 北京:中国劳动社会保障出版社,2009.
- [2] 徐锦材,梁东升,阮启宁. 浅谈地铁通信系统设备维修模式的优化[J]. 铁道通信信号,2017(9): 85.
- [3] 马永刚,邹海明. 现代城市轨道交通信号设备维修体系的思考与研究[J]. 现代城市轨道交通,2016(5): 33.
- [4] 人力资源和社会保障部教材办公室,广州市地下铁道总公司. 信号检修工[M]. 北京:中国劳动社会保障出版社,2010.

(收稿日期:2018-10-25)