

浅谈无缝线路钢轨探伤周期

郝金晶

国家能源集团新朔铁路有限责任公司大准铁路分公司

[摘要]随着我国铁路运输网络的逐步完善,尤其是近年来大批铁路客运专线的投入使用,线路钢轨已严重疲劳,这样对铁路线路日常维护和保养提出了更高的要求,尽管正线大部分已更换为60kg/m无缝钢轨,但种种因素导致线路上的钢轨在超期服役,给行车安全带来了极大地挑战,如何解决钢轨超期服役与运输生产、乃至行车安全之间的矛盾,其中最有效的一个办法就是对钢轨进行定期的探伤检测。钢轨探伤技术的应用,能够及时发现铁路潜在的安全问题,避免行车事故的发生,本文从服务铁路安全生产的角度阐述了对线路钢轨进行无损检测的重要性,并通过多年从事钢轨探伤工作经验得出的现场伤损数据进行对比与总结。利用力学算法获取钢轨损伤的重要特征和产生规律,通过调整钢轨检测周期达到优化探伤结构,保证钢轨设备安全稳定的目的。

[关键词]无缝线路;钢轨探伤;探伤周期;影响因素

[DOI] 10.12252/j.issn.2096-6261.2021.10.2220

前言

无缝线路是在我国铁路经过漫长的发展阶段,为适应新型快速、重载车辆结构,满足高效运行,保证线路钢轨设备状态稳定,性能良好的轨道结构而提出的,在铁路系统的多次试验后在全国范围内开始了大规模的无缝线路铺设,铺设至今,担负起了运量繁重的铁路客运、货运运输任务,经历十余年的服役后,开始出现疲劳损伤,钢轨内部材质中的细微裂纹、焊缝部位的气孔、夹杂等伤损逐渐发展扩大,形成影响列车运营的安全隐患,因此保障钢轨质量的无损检测工作,正逐步体现出越来越大的价值。

目前,我国普遍采用的铁路无损检测方式为超声波探测法,通过波的折射、反射等物理特性对线路钢轨的内部情况进行检测。钢轨内部缺陷的产生与发展是一个缓慢且复杂的过程,特别是无缝线路等电气化程度更高的线路设备,伤损的出现会受到多种应力作用。尤其是受几何尺寸、形变等物理变化,及制造工艺、材料特性等化学变化的影响。

1 主要影响因素

1.1 焊缝部位

无缝线路是由钢轨与钢轨之间经过焊接的方式结合成一体,是电气化铁路的重要组成部分。目前广泛采用的钢轨焊接方式主要有接触焊、气压焊、铝热焊三种,其中现场作业中,运用最多的焊缝为铝热焊缝,铝热焊缝受焊接工艺、焊接人员操作技艺影响较大,焊接时密贴闭合空间不严密、温度不够或焊接人员操作不精细等因素都可能导致焊缝内部产生夹渣夹杂、气孔等缺陷,为之后投入运营埋下安全隐患。

焊缝部位的钢轨轨头部位容易产生疲劳裂纹,从焊缝到焊缝两侧各延伸至200mm范围是一个探伤检测中的重点部位,铝热焊缝的探伤周期一般定为180天,使用超声波焊缝探伤仪对焊缝进行检测,在曲线地段、线路薄弱地段可适当缩短探伤周期。

1.2 母材部位

1.2.1 几何尺寸的影响

列车通过时钢轨上的冲击力传递到钢轨内部后,按物理要素可分为接触应力、动应力、附加应力和残余应力。同时,线路也会根据铺设环境承受温度应力的影响。应力点的计算可通过结构力学相关公式完成,过程不再赘述。现将钢轨受力范围、受力特性及对内损伤的影响总结如表1所示。

1.2.2 轨型的影响

目前我国普遍使用的钢轨型号有75kg/m轨、60kg/m轨及50kg/m轨,整体来说,钢轨的刚度随型号的增大而提高。列车通过时会在列车轮对与钢轨的接触面(后文简称接触面)形成剪应力,剪应力会对钢轨造成弯曲形变,钢轨刚度越高,弯曲形变越小;形变越小,伤损发展越慢。

1.2.3 螺孔受力的影响

在钢轨接头至接头两侧各延伸3m范围内,列车会对接触面形成正应力及剪应力,正应力沿横断面传递,剪应力沿纵断面传递,两股应力传递至轨腰处,在螺孔位置形成应力集中,在两股应力长期反复作用下,螺孔附近极易产生疲劳伤损,且细微裂纹发展较快,根据力的传递规律,第一孔受影响最大,第二孔较小。当内部细微纹发展至钢轨表面时成为

表1 钢轨受力范围、应力特性及其对内部损伤的影响

重点部位	应力特征	对缺陷伤损发生、发展的影响
轨头	①加载点处单元应力最大,最大接触应力产生在距接触面约3mm深处。最大剪应力发生在距轨面5~7mm深处。②内外侧受力不一,曲线区段外侧>内侧。	①促使“夹杂”“气泡”“核伤”“未焊透”等变为疲劳核伤,导致轨头压溃、剥离、掉块。② $t > [t]$ 时会促使钢轨内部伤损较快发展,并逐步扩展到轨面。③大部分疲劳核伤产生在改部位。
轨腰	加载侧应力集中的轨腰处纵向应力、主应力均为拉应力,应力值较大。	促使轨腰裂纹发展,导致钢轨伤损。
轨底	①中心弯曲应力较大。②上翼缘外侧应力大于内侧。	“未焊透”“核伤”等缺陷多发。

表面纹,在孔所在的几何面中,人为添加一条正线一条

去线,将几何面沿逆时针方向分割为第I象限、第II象限、第III象限及第IV象限,裂纹沿横断面不断发展,会成为第I、III象限螺孔裂纹:沿纵断面不断发展,会形成第II、IV象限螺孔裂纹,螺孔裂纹继续发展会直接造成钢轨折断。

1.2.4 直线曲线的影响

钢轨一般有直有曲。在曲线上,接触面的纵向冲击力远高于直线。超高曲线的存在会在列车通过时形成转动惯量,对钢轨形成弯曲应力。弯曲应力很容易对轨头内部造成核损伤,我们称之为核伤。由于目前的钢轨探头往往是基于扁钢轨设计的,点接触或线接触是检测非扁钢板的主要方法。这会在一定程度上导致使用耦合剂后,超声回波在外力作用下在传输过程中丢失。钢轨超声检测过程中反射声波的压力与反射声波的面积成正比。如果耦合面积减小,入射声压就会减小,反射波的高度也会减小。在这种情况下,检测过程的灵敏度会受到影响。一定程度的影响限制了缺陷的量化。因此,工件的形状也是影响钢轨焊缝超声波探伤结果的原因之一。

1.2.5 温度应力的影响

钢轨因铺设环境的不同而受到不同程度温度应力的影响,因钢轨材质特性表现为受高温,低温及温度骤然变化时会导致钢轨损伤的快速发展,根据规律总结出在我国北方冬季季节是钢轨损伤的高发期。入冬、上冻及春融期的时间节点是探伤工作的重点环节。

1.2.6 其他特殊区段的影响

除上述线路区段外,还有部分区段的特性会对线路刚轨造成影响,如桥梁越道、涵洞等,应根据具体区段的特性针对性地定制钢轨探伤周期。

2 探伤周期的制定与调整

通过以上内容,我们分析了导致钢轨损伤发生和发展的诸多因素,并以此为基础制定钢轨无损检测探伤周期。在一个线路大修周期内,根据运输运量的不同对所处时期分为早期、稳定期发属期及高发期,在不同时期内应该对探伤周期进行适当的调整。调整方法见表2。

表2 不同时期内探伤周期的调整方法

所处阶段	累计运量(亿吨)		探伤说明
	50kg/m	60kg/m	
早期	<0.25	<0.50	2(次/季)冬季增加一次
稳定期	0.25~3.00	0.50~4.50	2(次/季)冬季增加一次
发展期	3.00~4.00	4.50~6.00	3(次/季)冬季增加一次
高发期	>4.00	>6.00	3(次/季)冬季增加一次

注:①在一个大修周期内的早期阶段,应加强对钢轨的探伤检测,以防止钢轨设备在出厂前遗留的微小伤损对运输安全造成隐患;②在通过稳定期之后,因钢轨服役时间的增加,疲劳伤损会持续增加,应在之后的发展期、高发期阶段适当缩短探伤周期,加强探伤检测,直至下次换轨大修。

3 执机人员和先进设备的配置

当明确了探伤周期后,还要配备具有一定素质的探伤执机人员和先进的探伤设备,才能最大限度检出钢轨伤损,保证行车安全。首先,执机人员的配置应经过深思熟虑后决定,在班组人员配置的过程中,工务技术部门应挑选专业技术强、责任心强、相对年轻、具有较高文化程度和业务素质过硬的职工充实到探伤队伍中来,力求探伤班组整体素质尽快得到提升、熟悉探伤仪器操作,及时进入角色。工务技术部门也应积极组织落实探伤II级工的培训工作。其次,人员配置的同时,工务部门领导根据自身掌握的数字化在各种设备中应用的相关信息,及时做出决策,申请尽快购置数字化探伤仪器,投入到现场探伤检测中。邢台先锋超声电子研究所制造的GCT-8C型钢轨超声波探伤仪,具有多通道、A/B两种检测模式、GPS定位系统、理想的补偿曲线、探头自检功能与自动增益控制、伤波定位计算、环境适应性好等特点。其中A/B两种检测模式下都可用于探伤作业、且都具有存储/回放功能。探伤检查回放在探伤仪或电脑上均可以进行,主要反映探伤作业时仪器探头状态、作业参数、仪器设置、GPS数值等内容,实现对探伤工作状态的监控和伤损记录数据的分析,是对探伤现场检测必要的补充,也是加强探伤管理的一种手段,对提高钢轨探伤的准确性能起到重要的作用。实践证明,自从采用数字化探伤仪器后,钢轨伤损漏检的概率明显下降,探伤作业质量得到显著提高。

4 结语

综上所述,超声波无损检测技术可以在不损伤被测件的前提下高效完成检测,且结果的可信度高,能够为质量分析提供重要的依据。本文通过对导致钢轨伤损产生与发展的诸多因素进行研究,得出钢轨伤损的重要特性与产生规律,根据分析结果调整探伤周期,以保证钢轨设备安全稳定。

参考文献

- [1]北京铁路局.钢轨探伤基本知识[M].北京:中国铁道出版社,2013.
- [2]曾凡祥.论超声波探伤技术在建筑钢轨焊缝检测中的应用[J].建筑技术研究,2019,(12):89-90.