

客车滚动轴承的状态监测与行车安全

宋京伟 林 晓 喻洪流

(机械工程系)

摘 要

本文提出在铁路机车的检修中,引入滚动轴承的状态监测与故障诊断技术,在应用中定期对客车轮对轴承进行不解体检测与诊断,发现轴承的早期损伤。既可提高行车安全的可靠性,又可节约人力、物力,用检测来取代大辅修。文中对检测原理及具体方案进行了论述。

关键词:滚动轴承;状态监测;客车;安全行车

1 问题的提出

我国长途旅客运送任务主要是由铁路来承担,客车是铁路运输的重要工具,是完成铁路客运任务的物质基础,而客车的技术状态又是影响行车安全的主要因素之一。为了保证行车安全,铁道部主管部门制定了一系列有关客车的维修制度,目前执行的维修制度是沿袭传统的定期维修制度,它规定了客车厂修、段修、辅修周期,并制订了有关的检修规程,以保证客车各零件的良好状态和正常磨损,保障行车安全。

然而,客车在运用中,由于种种原因,因轴承损坏造成的惯性事故仍屡见不鲜,其后果十分严重,是危及行车安全的一个重要隐患。虽然目前在铁路沿线设置了远红外线轴温检测装置,但是据调查和试验,从轴温明显上升到发生“热切”常常是在较短时间内发生,也就是说,在前面一个检测点轴温还是正常的,车还没有运行到下一个检测点就已经发生“热切”了。如1987年3月14日上海开往天津的旅客列车运行到戚墅堰车站发生“热切”事故。在客车上虽装有轴温检测报警装置,但许多轴承损坏甚至严重损坏后,轴温检测装置(车上和车下的)不一定能检测出来。如某车辆段在对客车和货车进行段修时,解体后多次发现轴承内、外圈滚道面有大面积剥离,最严重的剥离面积达到 $200 \times 40 \text{ mm}^2$ 。还发现过轴承保持架完全破碎,滚子全部散脱,而这些车在段修前一直在运用中,车上的轴温检测报警装置显示轴承为正常状态,车下远红外线轴温检测点也未发现轴承温度异常。这些车如果不是遇上段修解体后发现轴承损坏,而是继续运行,则可能发生重大事故。上述例子说明,仅靠现有的轴温检测报警装置并不能保证安全行车。

为了防止事故发生,主管部门提出对客车在段修后九个月增加一次大辅修,由各车辆段

本文于1993年2月27日收到

试行。其内容主要是对滚动轴承进行分解检查。但这样一来增大了车辆段的工作量,使本来段修能力不足的矛盾更加剧了。

轴承是车体与轮对联接的重要零件,是将轮对(或导轴)的转动变成车体平移运动的中间体,受力较为复杂,是车辆组成的薄弱环节。但是多年来滚动轴承在段修时检修装备组织管理陈旧,常常把不同寿命的轴承的检查也仅限于静态几何精度、外观和探伤,并不进行动态参数(如振动等)的检测。直到最近才规定使用5年及以上的客车轴承必须更新,轴承内部零件发生裂纹、剥离、磨损等故障时不许拼装。无疑,增加大辅修以及采取上列措施,能相对减少轴承在运用中发生故障的次数,而使用新轴承并不等于就不发生故障,恰恰相反新轴承在初始阶段还有一段多发故障时期。据调查统计,在段修时发现问题的轴承有相当大的比例是新轴承或只经过一个段修期的轴承。所以,新轴承同样威胁着行车安全。

如果能在不分解轴承的情况下,用较简便的方法检测,判断出轴承是否有故障,这样就可使车辆轴承向状态检测与故障诊断方向发展,从而对列车运行安全有了进一步的保障。

2 客车轴承状态检测的方案

对于轴承,故障的发展过程,从早期缺陷出现到轴承温度明显上升并引起“热轴”甚至“热切”往往经历一个较长的周期,这个周期一般可达数月。如果能对轴承定期进行检测,发现其早期故障或中期故障,那就可将“热切”事故消除在萌芽时期。

客车是配属于各个车辆段,按照运行图往返运行。不象货车满天跑。如在整备基地设置一套检测装置,定期对列车进行检测,发现某车的轴承有了故障,就及时更换,可使列车不至于因轴承故障引起中途甩车甚至发生“热切”事故。

2.1 检测方法及原理

随着科学技术的发展,现在已研究出许多发现轴承早期故障的方法,如振动信号法,声发射法,油污染分析法等等。其中振动信号法应用最广泛,在对客车轴承进行不分解检测时,振动信号法较为合适。在振动信号法中,目前常用的较有效的方法又分为以下几种:

(1)、振动幅值统计分析法

振动幅值的概率密度函数 $p(x)$ 表示其幅值的统计分布。在正常情况下,分布应遵循高斯分布。当故障出现时,会产生周期性冲击信号,从而使概率分布函数形状变化,根据这种变化可以判别故障的存在。

由于故障的出现,使振动信号由非冲击性信号变为冲击性脉冲信号,所以往往表现在 $p(x)$ 曲线的尾部有明显增加。为此,一般选择对概率分布函数尾部变化较敏感的高阶矩作为诊断参数,在滚动轴承中常用的诊断参数有:

$$(a) \quad \text{峭度: } k = \left(\int_{-\infty}^{+\infty} |x|^4 p(x) dx \right)^{\frac{1}{4}} / \left(\int_{-\infty}^{+\infty} |x|^2 p(x) dx \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$(b) \quad \text{脉冲因子: } I = E\{\max|x(t)|\} / \left(\int_{-\infty}^{+\infty} |x| p(x) dx \right)$$

$$(c) \quad \text{裕度因子: } L = E\{\max|x(t)|\} / \left(\int_{-\infty}^{+\infty} |x|^{\frac{1}{2}} p(x) dx \right)^2$$

当轴承早期故障发生时,大幅值的脉冲还不很多,以往一般使用的振动均方根值 x_{rms} 变化不大,但上述参数值已有增加。当故障逐步发展时,这些参数值上升较快。这表明它们对早期故障有较高的敏感性。上述参数对轴承的诊断分别适用于不同情况,没有绝对优势之分。大量试验证明了仅用一种诊断技术或参数来判别轴承正常与否是不可信的,也是不可靠的,为此需同时使用上述几个参数诊断。

(2) 脉冲冲击法 (SPM)

SPM 技术发展于 70 年代,专用于滚动轴承的情况监测。当轴承损坏时将会产生冲击,从而激起轴承零件或机器零件或传感器共振,经窄带滤波(中心频率通常为 $20\text{kHz}\sim 40\text{kHz}$,视共振频率而定),这时信号的幅值大小体现了冲击力的大小。它反映了轴承的损坏情况,而且排除了其它原因,如不平衡、不对中、整机摇晃等的振动及一些低频背景噪声影响,是一种公认较有效的轴承诊断方法。

(3) 包络分析法

由 SPH 法得到的信号其包络线代表了故障冲击的特性,将此包络线经包络检波或由希尔伯特变换求包络,然后对包络线进行谱分析,根据包络谱的谱峰频率便可识别出故障起因。如轴承完好,则谱中不出现明显的谱峰,若有谱峰,根据其频率和轴承零件故障的特征频率对照,则可判断是轴承那个零件(外圈、内圈、滚动体、保持架)有了损伤。此方法属轴承的精密诊断技术,又称共振解调分析。

上述几种方法在国外铁路机车车辆滚动轴承的故障诊断中已被成功地应用,国内在通用机器设备的滚动轴承的故障诊断中也有较广泛的应用,并取得了明显的效果。

2.2 测试台与数据处理系统

采用上述方法进行轴承监测诊断,需使轴承回转,对轮对来说就是要使车轮转起来。如果将检测装置直接装在车上随车检测,由于列车在运行过程中,受到诸如轮轨在通过道叉轨道接头处的冲击振动等的外界干扰较大,使轴承的故障信息难于提取出来。因此需要设计一个滚动台,用电机带动摩擦轮,轮对由摩擦轮驱动恒速回转,达到使轴承回转的目的。这时由传感器测出振动冲击信号,送计算机进行数据处理判断,得出各轴承状态的结论,还可将检测数据和结论记录存档并作出趋势分析,进行寿命预测。整个测试系统的组成参见图 1 所示。数据处理系统根据前述的检测方法等进行设计,系统框图如图 2 所示。该系统采用多种参数和方法同时对轴承进行诊断,以提高诊断的准确率。

整个检测系统用微机控制,检测时列车逐辆进入测试台位,自动进行车辆定位,轮对驱动检测 and 数据处理,每辆车的检测时间可控制在 $20\sim 30$ 分钟以内。车辆的检测周期可根据试验及具体情况定为一~三个月,这样对轴承故障的检出率大大高于九个月的大辅修,也就更有效地防止“热切”事故的发生。从而保障了安全行车。

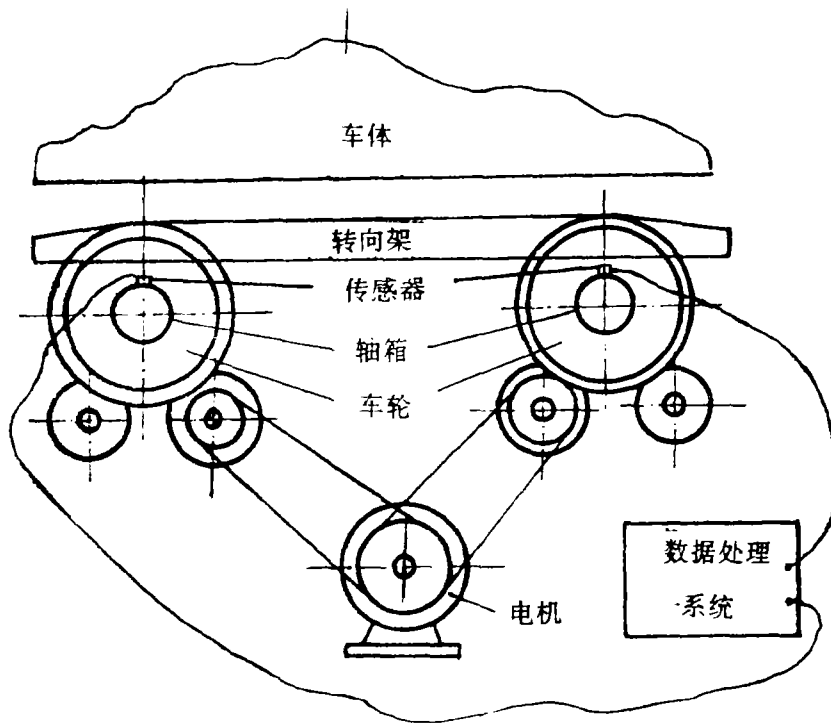


图 1 测试系统示意图

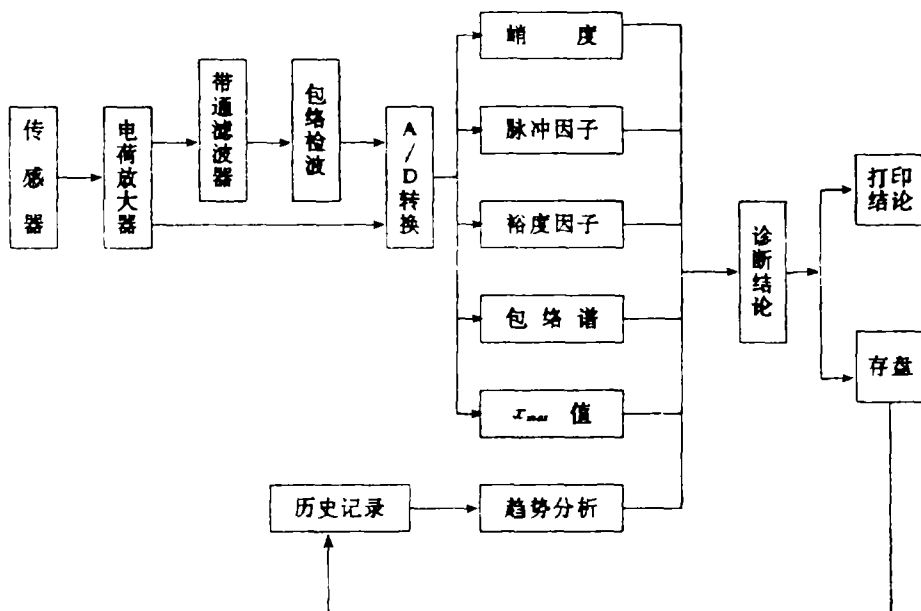


图 2 数据处理系统框图

3 结束语

在客车的适用检修中采用不解体轴承检测与故障诊断技术,发现轴承的早期故障,可将“热切”事故控制在发生以前就采取措施消除,从而保障了行车安全。通过这项技术的应用,可以根据轴承状态安排检修,使以预记为主的计划性周期检修逐步向状态检修靠近,并可减轻检修压力,部分缓解检修能力不足的矛盾。

本文是在调查和科研的基础上结合科研方向,并根据国内外对轴承检测诊断所取得的成果而提出的一个方案。本方案通过在永安机务段对ss3型电力机车的一系列测试,获得了较满意的效果,整个装置的完善正在进一步的深入。本文旨在为改进我国的客车检修体制,提高状态监测的技术水平,从而保障行车安全方面作一些综合性的有益的探讨。

参 考 文 献

- [1] 雷继尧,丁康编著. 轴承故障诊断. 西安:交通大学出版社,1991
- [2] 屈梁生,何正嘉编著. 机械故障诊断学. 上海:上海科学技术出版社,1986
- [3] 唐德尧. JK8241 轴承齿轮故障分析仪. 振动与动态测试,1985;(4)
- [4] 颜玉玲,赵淳生. 滚动轴承振动监测和诊断综述. 第二届全国机械设备故障诊断会议论文集. 1988
- [5] 木村裕恒(日). 用振动方法进行设备诊断. 国外内燃机车,1992:(1)

Condition Monitoring of Rolles Bearing for Running Safty of Passenger Train

Shong Jinguei Lin Xiao Yu Hongliu

ABSTRACT

In this paper, the condition monitoring and fault diagnostical techndogies are proposed to the passenger train overhauling. The regularly monitoring and diagnosis to the rolles bearings of wheel axle without disintegration. Can raise the reliability of train running as well as promote the efficiency of overhauling work by detecting the early bearing faults. So this means can be used instead of supplementary maintenance. The principle of monitoring and detailed enforcement programare presented here.

Key words: Roller bearing; Condition monitoring; Passenger train; Safty of train running