

基于参数拟合的盘式制动器疲劳磨损监测方法研究

陈明惠¹ 董荣对² 吴善岳³ 陈春飞⁴

(1 杭州宜捷机动车检测有限公司 浙江 杭州 311103; 2 苍南县圆通机动车检测有限公司 浙江 温州 325800; 3 玉环通达机动车辆综合性能检测站 浙江 台州 317605; 4 乐清市宁康西路机动车检测有限公司 浙江 温州 325600)

摘要:常规的制动器疲劳磨损监测方法多数采用卡尔曼算法定位其疲劳磨损目标位置,定位精度较低,无法为监测工作提供有力的数据支持,严重影响了疲劳磨损深度监测结果的精度,监测结果与实际测定结果偏差较大。本文针对这一问题,引入参数拟合算法,以盘式制动器为例,提出了一种全新的疲劳磨损监测方法。首先,基于连续小波变换方法原理,对盘式制动器运行状态信号进行预处理。其次,引入参数拟合算法,将其与一维定位算法融合,定位制动器疲劳磨损目标位置。在此基础上,在制动器相关联位置上,布设测温点与温度传感器,根据摩擦界面处温度变化,反映制动器疲劳磨损状况的动态变化,实现疲劳磨损监测目标。实验结果分析可知,新的方法应用后,疲劳磨损监测结果与实际测定结果更加接近,拟合度更高,监测结果误差较小。将本文设计方法应用于工业生产中,能促进工业安全生产和汽车行业领域的可持续发展。

关键词:参数拟合;盘式制动器;磨损;监测;疲劳

0 引言

盘式制动器属于轿车生产的重要组成元件,主要安装在车轮上,由液压控制,起到稳定的制动效果,保证汽车制动的稳定性与安全性^[1]。盘式制动器与其他制动器存在一定的差异,其主要零件包括分泵、油管、制动盘、摩擦衬块等。盘式制动器的工作表面大多数为平面,不容易发生较大程度的变形^[2]。然而,在长期运行后,受到高温影响,盘式制动器容易出现膨胀,产生不同程度的疲劳磨损,一方面降低其制动效能,另一方面不利于后续运行的安全性与可靠性^[3]。针对这一问题,应用科学合理的监测方法至关重要。现阶段,传统的制动器疲劳磨损监测方法在实际应用过程中仍然不够完善,存在部分不足与缺陷,主要体现在监测时效性较差,无法在最快时间内对制动器的疲劳磨损状况作出监测,导致磨损范围扩大,严重降低了制动摩擦力。参数拟合原理能够改善传统监测方法的不足,根据已知的盘式制动器运行数据,寻找适配度较高的模型,对其运行规律进行模拟,进而为制动器疲劳磨损监测提供有力的数据支持^[4]。

基于此,本文在传统制动器疲劳磨损监测方法的基础上,引入参数拟合原理,针对盘式制动器,设计了一种全新的疲劳磨损监测方法。

1 盘式制动器疲劳磨损监测方法设计

1.1 盘式制动器运行状态信号处理

在盘式制动器疲劳磨损监测中,制动器运行状态信号处理至关重要,能够为后续的疲劳磨损监测提供平稳信号。因此,本文首先对盘式制动器的运行状态信号进行处理。引入连续小波变换方法原理,对具有任意能量的信号进行伸缩平移变换,实现制动器运行非平稳信号降噪的目标^[5]。制动器运行状态信号处理的表达式为:

$$r(k)=f(k)+\delta s(k) \quad (1)$$

式中: $r(k)$ — 盘式制动器运行状态原始信号;

$f(k)$ — 制动器运行状态原始信号中的目标信号;

δ — 制动器运行声强;

$s(k)$ — 制动器运行状态原始信号中混杂的多余噪声信号。

根据上述表达式,结合制动器运行状态信号的实际情况,确定连续小波变换的尺度系数与分解层数,以一维重构的方式,获得去噪处理后的制动器运行状态信号^[6]。

1.2 基于参数拟合算法定位制动器疲劳磨损目标位置

在上述盘式制动器运行状态信号处理完毕后,获得去噪后的运行状态信号。然后引入参数拟合算法,

定位盘式制动器疲劳磨损目标位置，为实时监测提供有力支持。首先，明确制动器布设位置，在此基础上，设计参数拟合的运行流程，如图 1 所示。

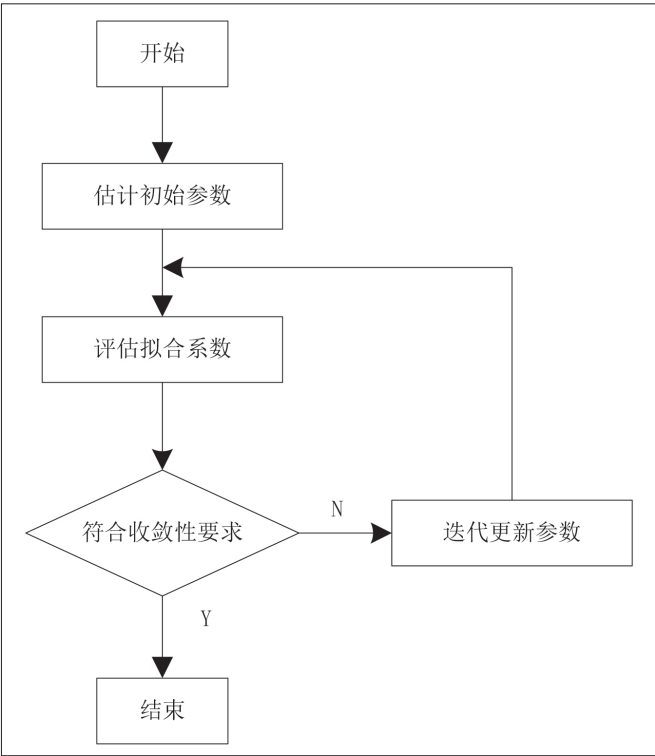


图 1 参数拟合运算流程

根据图 1，首先采用 MATLAB 分析软件，估算盘式制动器的初始参数，掌握各项初始参数的特征。然后基于参数拟合算法原理，评估制动器拟合系数，获取拟合系数评估结果。接着对拟合系数的评估结果进行判断，依据参数拟合收敛性要求，判断拟合系数评估结果是否收敛^[7]。若其评估结果符合参数拟合收敛性要求，则完成制动器疲劳磨损参数拟合流程，输出拟合结果；若评估结果不符合收敛性要求，则迭代更新参数，并返回上述步骤，直至符合收敛性要求为止。最后对盘式制动器参数拟合结果进行汇总处理，结合一维定位算法，将盘式制动器布设位置理想化为一条直线，滤除直线上多余的定位点，对其疲劳磨损估计

位置作出归一化处理，控制位置估计误差^[8]。在此基础上，将参数拟合算法与一维定位算法融合，进一步定位制动器疲劳磨损目标位置，参数拟合算法表达式为：

$$\begin{cases} d'_1 = d \frac{d_1}{d_1 + d_2} \\ d'_2 = d \frac{d_2}{d_1 + d_2} \end{cases} \quad (2)$$

式中： d'_1 、 d'_2 —盘式制动器疲劳磨损目标估计位置与实际布设位置之间的距离；

d —相邻盘式制动器布设距离；

d_1 、 d_2 —控制盘式制动器疲劳磨损定位目标位置的距离测量值。

通过上述公式，获取制动器疲劳磨损目标位置与布设位置的距离，进而实现定位疲劳磨损位置的目标。

1.3 布设测温点监测制动器疲劳磨损变化

在上述基于参数拟合算法定位制动器疲劳磨损目标位置后，在盘式制动器上布设测温点，监测制动器的疲劳磨损变化。综合考虑盘式制动器的结构特征与布设位置特征，本文选取预埋测温法，能够通过制动器摩擦界面处温度的动态变化，反映其疲劳磨损状况。盘式制动器预埋测温法示意图，如图 2 所示。

根据图 2，预埋温度传感器、摩擦片与摩擦盘，

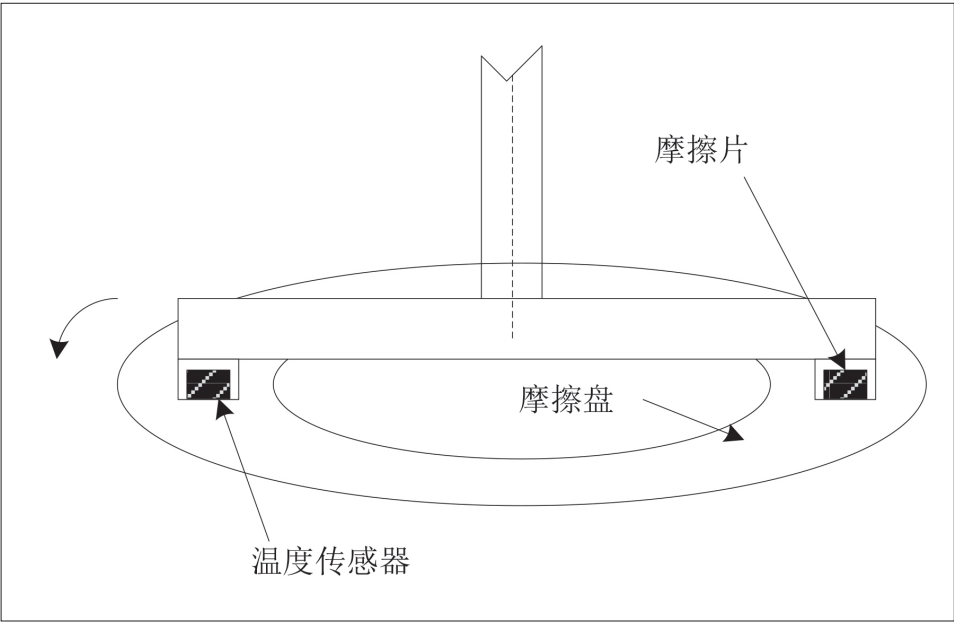


图 2 盘式制动器预埋测温法示意图

将测温点布设在制动器相关联的位置上，根据制动器的实际运行状况，适当增加测温点。将盘式制动器上进入摩擦区域的第一个测温点作为监测第一点，按照顺序，依次将后续进入摩擦区域的测温点作为其余监测点。利用支架固定红外探头，将探头与数据采集卡相连接。在监测中心布设上位机软件，通过数据采集卡实时上传的信息数据，实时监测盘式制动器疲劳磨损的动态变化，提高监测的时效性与准确性。

2 实验分析

上述内容便是本文针对盘式制动器疲劳磨损问题，设计的基于参数拟合的监测方法的整体流程。为了检验本文提出的盘式制动器疲劳磨损监测方法的可行性，避免投入实际应用中出现监测效果较差的问题，进行实验分析。

选取型号为 DZK-04-7.5-15-30-40 的盘式制动器作为本次实验的研究目标，该盘式制动器的主要性能参数，如表 1 所示。

从表 1 可以看出此次实验选取的盘式制动器的各项性能参数。该盘式制动器整体结构较为简单，外形尺寸较小，接合元件耐磨性较好。掌握盘式制动器性能参数后，按照上述本文设计的疲劳磨损监测方法，对其进行实时监测，并检验监测效果。

在此次实验中，为了进一步获取本文设计的盘式制动器疲劳磨损监测方法的优势，特引入对比分析实验，设置 2 个对照组。在综合考虑实验结果的客观性后，此次实验将本文提出的疲劳磨损监测方法设置为实验组，将文献 [2] 提出的制动器故障诊断与监测方法设置为对照组 1、文献 [3] 提出的制动器疲劳监测方法设置为对

表 1 盘式制动器主要性能参数

序号	性能指标	参数值
1	配套 YEJ 电动机型号	71
2	额定力矩 /Nm	5.8
3	额定功率 /W	33.4
4	接通时间 /ms	64.8
5	断开时间 /ms	55.2
6	最小转子厚度 /mm	4.5
7	最大转子厚度 /mm	6.4
8	调节螺母行程 /mm	4.5
9	安装节圆 /mm	73.6

照组 2，并进行对比分析。为避免实验受到偶然性因素的影响，随机选取 6 组上述型号的盘式制动器，标号为 ZDQ-01、ZDQ-02、ZDQ-03、ZDQ-04、ZDQ-05、ZDQ-06。设定制动器的制动次数为 200 次，测定制动器的平均疲劳磨损深度，可知 6 组制动器的疲劳磨损深度分别为 0.2 μm 、0.4 μm 、0.2 μm 、0.6 μm 、0.5 μm 、0.7 μm 。在此基础上，利用上述三种方法，监测 6 组盘式制动器的疲劳磨损深度变化，获取疲劳磨损深度监测结果，并对实际测定的疲劳磨损深度结果进行对比，如图 3

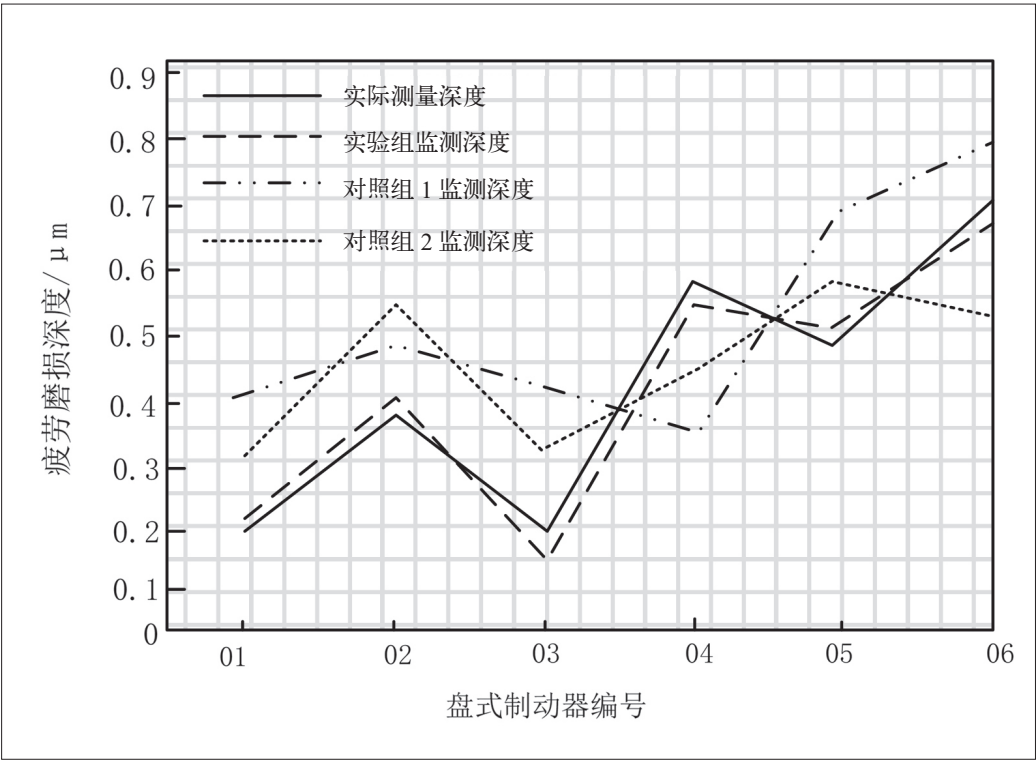


图 3 制动器疲劳磨损深度监测结果对比

所示。

通过图 3 的对比结果可以得知,三种盘式制动器疲劳磨损监测方法应用后,均能够实现对制动器运行状态变化监测的目标。三种监测方法中,本文提出的基于参数拟合的监测方法具有明显优势,制动器疲劳磨损监测结果与实际测定结果更加贴近,拟合度更高,监测结果误差较小。而对照组 1 与对照组 2 的监测结果与实际测定结果偏差较大。由此不难看出,本文提出的基于参数拟合的盘式制动器疲劳磨损监测方法具有较高的可行性,能够有效地改善传统监测方法的缺陷,可以投入工业生产中大规模使用。

3 结语

为了改善当前传统盘式制动器疲劳磨损监测方法在实际应用过程中,监测周期较长,监测质量与效率较低的问题。本文在传统监测方法的基础上引入参数拟合原理,针对盘式制动器提出了一种全新的监测方法。通过本文的研究,有效地提高了制动器疲劳磨损监测的质量与效率,保障了制动器运行的可靠性与安全性,在一定程度上能够从源头避免制动器制动过程中发生不可预料的危险,对保障安全

生产具有重要意义。

参考文献:

- [1] 黄琳,崔昊,尹剑,等.基于制动器摩擦副销-盘试验的第三体摩擦磨损特性研究[J].润滑与密封,2022,47(06):59-64.
- [2] 郝家琦,徐金海,鲍超超,等.基于VMD与SVM的电梯鼓式制动器故障诊断研究[J].机电工程,2022,39(01):112-119.
- [3] 梁广炽.电梯制动器机械耗损失效导致机械卡阻和动作监测研究[J].中国电梯,2022,33(01):25-31.
- [4] 冯璐.盘式制动器热摩擦磨损机理研究[J].内蒙古煤炭经济,2021(19):44-45.
- [5] 梁庆海,贾希胜,白雲杰.基于Gamma过程的制动器磨损退化建模与剩余寿命预测[J].公路与汽运,2021(05):1-5.
- [6] 吴旭泽,王路远,仲君.压力机离合制动系统磨损及温升监控系统设计研究[J].锻压装备与制造技术,2020,55(06):37-40.
- [7] 周叶平,秦智军,汪有韬,等.电梯制动器安全性能监测方法综述[J].机电工程技术,2020,49(12):123-125.
- [8] 董慧丽,鲍久圣,阴妍,等.盘式制动器摩擦噪声特性的试验分析[J].摩擦学学报,2020,40(02):175-184.

