

试验检测

HXD1C型机车顶轮轴承
检测方法的设计实现

杨 锋, 黄一恒, 曾佑恒

(重庆机务段, 重庆 400052)

摘 要:通过分析直流机车顶轮轴承检测方法的基本条件, 对比HXD1C型机车轮对驱动控制以及轴型和轴重的特点, 结合机务段现有顶轮轴承检测工装的实际情况, 提出HXD1C型机车库内顶轮轴承检测的解决方案。

关键词:顶轮轴承检测; 传感器; 速度信号; 主变流器

中图分类号:U260.331+.2

文献标识码:B

文章编号:1000-128X(2012)01-0066-03

在高速、重载的运输发展条件下, 铁路运输对机车走行部质量提出了更加严格的要求。机车走行部轴承是关系行车安全的关键部件, 存在故障多、离散性大的特点, 长期以来机务系统对它高度重视。重庆机务段自2000年以来陆续就机车走行部轴承检测开展了诸多探索与实践, 并积累了一定经验, 其中机车库内顶轮轴承检测被证明是比较有效诊断走行部轴承早期故障、防止机车途中轴承固死的有效方法。HXD1C型新型大功率交流传动机车虽然采用了较多先进的设计工艺, 但走行部轴承故障仍然时有发生。自2010年下半年以来, 重庆机务段已多次发生HXD1C型机车牵引电机轴承途中固死的情况, 对正常的铁路运输秩序构成了很大的质量安全隐患。鉴于短期内新型交流传动机车加装成熟可靠的在线轴承监测装置不太可能, 更为现实的技术路线是采取对新型交流传动电力机车进行库内顶轮轴承检测方法排查隐患。目前全路运用的交流传动机车因种种原因普遍都未能实现库内顶轮轴承检测。本文通过分析直流机车实施库内顶轮轴承检测试验的条件, 对比直流机车与交流机车实施顶轮检测的差异, 解决各关键技术, 实现了HXD1C型交流传动机车的库内顶轮轴承检测方法。

1 库内顶轮轴承检测的环境与条件分析

1.1 轴承检测的环境

机车滚动轴承故障检测诊断的环境有: 轴承部件试验检测、牵引电机装配后试验检测、牵引单元装配后车下空载试验检测、牵引单元装配上车后顶轮试验检测、运行工况的在线检测等5种检测情况。其中牵引单元装配上车后顶轮试验检测方法主要适用于运用机车

的快速故障检测, 相对于运行工况的在线检测环境具有比较接近实际工作状态、后果可控、干扰较少的优点。

1.2 库内顶轮轴承检测试验的条件

机车要实现库内顶轮轴承检测必须具备: 顶轮基础、专用顶具、驱动电源、安全措施等4个基本条件。目前, 重庆机务段直流机车顶轮轴承检测的顶轮基础已经具备。专用顶具是采用北京二七机车厂试验设备厂生产的JL-601型液压顶轮装置将需顶轮轴承检测的轴箱两侧顶起, 保证机车轮对离开轨面10 mm, 使电机轮对组具备空转条件。直流机车的驱动电源可以通过专用的地面直流电源直接与牵引电机主极、换向极的输入端子连接, 向牵引电机直接输送电源, 利用电压、电流的输出大小来控制牵引电机的转速, 以此实现直流牵引电机及轮对组在规定转速转动。直流机车驱动电源也可通过机车升弓后, 硅机组、微机柜和控制系统按司控器指令给出相应的直流电压, 最后达到驱动待测电机和轮对组的目的。安全防护措施主要用于防止操作过程中的驱动电源与顶轮位数不一致引起的机车异常动车所造成的人员伤害和设备损害。目前, 直流机车的安全防护措施主要是通过切除非检测单元的转向架电源, 并切断非检测单元在高压柜内的牵引电机隔离闸刀等方法来实现。

2 交流机车库内顶轮轴承检测的关键问题及解决办法

2.1 顶轮基础

HXD1C型交流机车的轴重为25 t, 比一般的直流机车23 t轴重略重。顶轮基础通过适当加固及评估, 可以直接沿用直流机车的顶轮基础。

2.2 顶具的适应性改进

北京二七机车厂试验设备厂生产的JL-601型液压顶轮装置最大压力高于30 t, 不需要新增设备。但由于HXD1C型机车轴箱尺寸与直流机车存在明显差异, 原顶轮装置顶部尺寸较窄, 且为平面型, 不能适应HXD1C型机车的轴箱结构, 直接使用会造成顶轮后支承结构不稳定, 引发安全事故。为此, 必须要根据HXD1C型机车轴箱尺寸重新制作顶轮装置顶部结构件, 详见图1。重新制作的顶部结构件2个

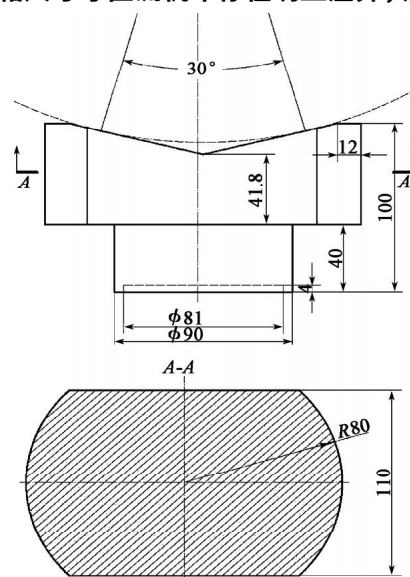


图1 顶轮装置顶部结构件

收稿日期: 2011-11-28

端面及角度能保证压力垂直于轴箱接触面, 减少对轴箱的外力影响, 也确保了顶轮作业安全。

2.3 HXd1C型机车库内顶轮轴承检测驱动电源解决方案

若采用地面驱动电源方案, 需要配备新的交流传动机车顶轮地面专用电源, 存在开发周期长, 操作复杂, 安全性难以得到保证等问题。所以, 交流机车库内顶轮轴承检测的驱动电源采取借用机车本身的牵引变流装置实现, 即机车在接触网下通过受电弓直接从电网获取电源, 通过牵引变流装置的整流、逆变模块向牵引电机提供变压变频的三相电源, 根据司机控制器指令, 驱动牵引电机达到顶轮轴承检测试验规定的转速来满足顶轮试验检测的需要。

1) HXd1C型机车牵引变流装置在库内顶轮驱动时的控制问题

HXd1C型机车牵引控制单元(TCU)是牵引电路部分的控制系统, 对机车的牵引电机温度、速度、电流、电压信号进行监测、计算和对比, 并按编程逻辑关系和计算结果来给定牵引电机的三相电压和频率。当牵引控制单元(TCU)检测到只有1位检测牵引单元在转动时, 将判断为该牵引单元处于“空转”状态, 并自动启动“空转”保护, 造成牵引电机的驱动电压、频率被系统自动抑制, 牵引单元无法形成稳定的转速。因此, 交流传动机车库内顶轮轴承检测在利用牵引变流柜作为驱动电源时必须解决单电机转动被牵引控制单元(TCU)判定为“空转”的问题。虽然修改控制软件可以解决该问题, 但周期较长, 另外, 现场多软件版本情况, 容易造成版本失控, 安全风险更高。比较简单实用的方案是制作电机速度信号转换装置, 将转动电机1位的方波速度信号同步提供给牵引控制单元(TCU)的另外2位电机速度检测通道, “骗”过牵引控制单元(TCU), 使其不再启动空转保护功能。

2) 机车速度信号转换装置的设计目标

速度信号转换装置应安装在主变流器(TCU)的X2插头和插座的两端, 便于插接; 可实现对进入X2插接头的牵引电机速度信号(S1, S2)进行隔离和分流; 通过万能转换开关, 实现同一转向架内3台牵引电机速度输入信号的倒切; 牵引电机速度信号通过隔离和分流后, 信号强度和波形不发生明显畸变; 速度信号转换装置应可在TCU1与TCU2之间兼容使用。

3) 信号转接装置线路的实现

机车主变流器X2接头中共42个插槽和插针, 其中牵引电机速度信号1、速度信号2、速度信号电源线、屏蔽线等共20个插槽和插针的连线需要进行转接或更改线路。以主变流器1为例(TCU1):

①首先将X2插头的变流器侧3台牵引电机速度信号线进行汇总, 即将线号为230323.01、230343.01、230423.01的3台牵引电机S1速度信号输入线并联, 作为速度信号线SH1; 将线号为230324.01、230344.01、

230424.01的3台牵引电机S2速度信号输入线并联, 作为速度信号线SH2。

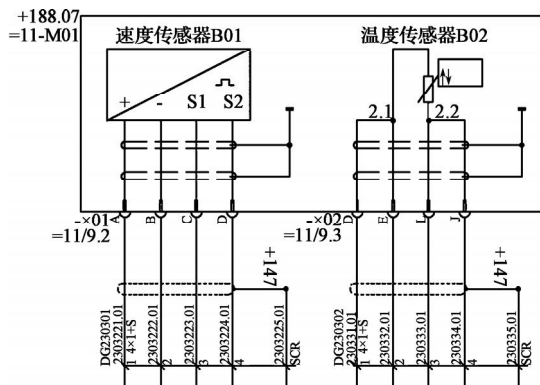
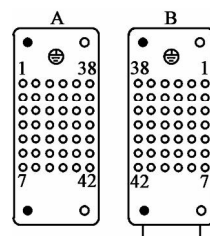


图2 牵引电机速度信号原理图

②在原有X2插头和插座之间

增加3路信号转换开关。该开关在3个不同位置转换时(即3个牵引电机速度信号之间的转换), 实现以下功能: 一是实现3路开关在转换到位时, X2插头电机侧只能有1位牵引电机的S1、S2速度信号被传送到变流器侧, 其他2个牵引电机侧速度信号被屏蔽; 二是实现



(主变流器) (机车)

图3 主变流器X2插头、插座原理图

3路信号开关在转换到位时, 相应电机侧的S1、S2速度信号与变流器侧的速度信号并联线SH1、SH2信号连通, 实现1位电机同时向主变流器(TCU)3位电机速度输入通道提供同步速度方波信号的目的。

③利用3路信号转换开关的剩余节点, 将X2插头牵引电机侧和变流器侧的电机速度信号电源线、屏蔽线等进行对等连接, 保证速度传感器电源正常, 信号屏蔽有效。

3 实际运转情况和速度信号对比

2011年7月8日重庆机务段对HXd1C0057机车进行了实际运转试验。步骤为: 将速度信号转接装置安装在主变流器1 X2插头和插座两侧, 闭合主变流器1, 切除主变流器2; 将D1轴的轴箱两侧顶起, 轮对离开轨面, 施加规定的安全措施后, 升弓并使用司机控制器进行调速, 机车速度设定在90 km/h时, 牵引电机转速达到了300 r/min, 转速平稳。用便携式示波器对牵引电机原始速度信号和变流器侧速度信号进行测量, 测量数据见图4、图5。对比并联前后的速度信号的波形、频率、幅值和波形均没有明显变化, 符合主变流器(TCU)的输入信号波形要求。主变流器(TCU)的电机信号板未因速度信号被重新分配而发生误判或无法接收信号的情况。速度信号转接后, 牵引电机转动正常, 没有发生空转保护和降功率的情况。试验证明通过速度信号转接装置避开主变流器(TCU)空转保护功能是可行的。

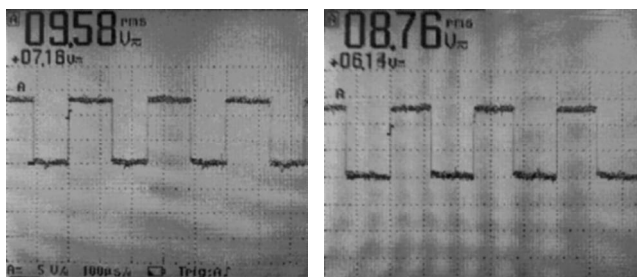


图4 牵引电机原始速度信号 图5 分流后的电机速度信号

4 配套的操作及安全防护措施

相对于直流机车, HXD1C 型机车的顶轮轴承检测作业安全防护要求更高。主要原因是异步牵引电机的牵引特性更“硬”, 一旦在手柄处于高级位出现顶轮机构崩溃, 造成检测牵引单元轮对与钢轨接触, 可能造成机车移位和钢轨擦伤的风险更大。为此, 作业过程要求更为严格。目前采取的隔离措施主要有: 5 人到位及确认制度、装止轮器 4 位以上、非检测单元牵引变流柜和通风机切除保护、非检测转向架上闸保护等多重措施。通过以上措施的实施, 重庆机务段的库内顶轮轴承检测作业安全保证到位。

5 实际运用效果

2011 年 7 月以来, 重庆机务段通过改进现有直流机车的顶轮轴承检测设备, 改进和制作交流机车专用的器件, 实现了利用既有场地大批量开展 HXD1C 机车的在线顶轮轴承检测试验的目的。试验机车的单个轮对转速达到了 280~320 r/min, 电机转速稳定, 调速平稳。截至 2011 年 11 月底重庆机务段完成的 121 台 HXD1C 机车的顶轮轴承检测试验中共发现了 25 台机车牵引电机轴

承异响问题, 其中有 8 台机车牵引电机轴承通过检查间隙偏差等手段确认已经出现早期机械缺陷, 并及时进行了问题牵引电机的更换。将 HXD1C0057 机车的牵引电机轴承发回厂解体后, 发现电机轴承外套、内套、保持架、滚柱均发生了不同程度的剥离现象, 轴承室内有大量金属屑。该轴承若再继续使用必将造成电机轴承途中固死。通过以上短时间取得的明显效果说明, HXD1C 型机车库内顶轮轴承检测的方法是可行和有效的。在目前全路尚无专门检测交流传动电力机车牵引电机轴承早期故障有效手段的情况下, 重庆机务段对 HXD1C 型机车库内顶轮轴承检测的方法的探索 and 实现有效填补了该技术领域的空白。通过进一步完善交流机车顶轮场地条件、分析摸索交流机车顶轮轴承检测振动数据门槛值, 交流机车的库内顶轮轴承检测方法将为保证新型交流机车走行部安全, 及时发现牵引电机轴承、轴箱轴承早期质量隐患发挥至关重要的作用。

参考文献:

- [1] 株洲南车时代电气股份有限公司. 7 200 kW 电力机车牵引变流器 [M]. 株洲: 株洲南车时代电气股份有限公司, 2009.
- [2] 株洲南车时代电气股份有限公司. 7 200 kW 电力机车网络控制系统 [M]. 株洲: 株洲南车时代电气股份有限公司, 2009.
- [3] 株洲南车时代电气股份有限公司. HXD1C 电力机车控制要求说明 [M]. 株洲: 株洲南车时代电气股份有限公司, 2009.
- [4] 株洲南车时代电气股份有限公司. HXD1C 电力机车电路原理图 [M]. 株洲: 株洲南车时代电气股份有限公司, 2009.
- [5] 刘友梅. 韶山 3 型 4000 系电力机车 [M]. 北京: 中国铁道出版社, 1998.
- [6] 重庆机务段. SS3 电力机车修用技术图册 [M]. 重庆: 重庆机务段, 2003.

(上接第 65 页)

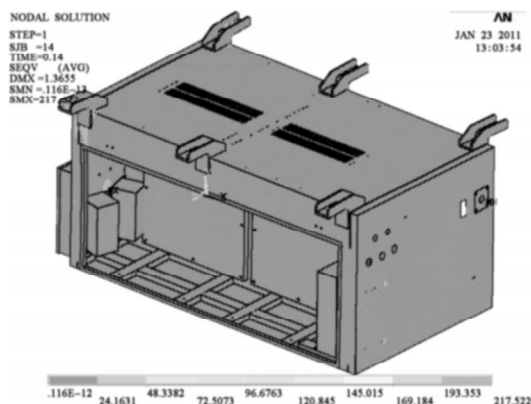


图 11 纵向正向冲击

4 结语

基于概率统计方法的随机振动疲劳分析方法和利用模态叠加法计算冲击时的瞬态动力响应特性, 这些

数值模拟方法能有效地分析柜体的受力情况和薄弱环节。可以在虚拟样机环节进行试验条件的仿真、预测、评估, 或对真实样机的物理试验进行数字再现, 有效指导产品设计和样机试验, 从而降低开发成本, 缩短研制周期, 提高产品的可靠性。

参考文献:

- [1] 唐远强, 舒大文, 赖兴华. ANSYS 在梁-板壳结构随机振动分析中的应用 [J]. 数字技术与机械加工工艺装备, 2009 (12): 39-42.
- [2] 陈学前, 李超. 随机振动环境下结构的寿命预估 [J]. 现代机械, 2007(1): 15-17.
- [3] 小飒工作室. 最新经典 ANSYS 及 Workbench 教程 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2004.
- [4] 赵少津. 抗疲劳设计 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1994.
- [5] 《机械工程材料性能数据手册》编委会. 机械工程材料性能数据手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1995.