

运用检修

HXN3型机车牵引电动机锁轴 故障原因分析及对策

张国华

(沈阳铁路局机务处, 辽宁 沈阳 110001)

摘 要: 针对HXN3型机车运用中集中出现的牵引电机“锁轴”故障, 进行系统的定性分析后, 确定故障原因为装配的BC1-7088BA型输出端滚动轴承保持架强度不足, 以及风沙粒可通过通风口进入轴承室对润滑油造成颗粒污染影响轴承润滑效果, 同时齿轮箱采用的SHC634润滑油不能满足超低温运行环境的要求, 冬季黏度加大导致飞溅润滑不良造成轴承磨损加剧、故障高发。针对故障现象采取加强机油光谱分析和频谱振动检测, 把轴承更换为BC1-7088A型滚动轴承, 及时消除故障隐患, 确保机车走行部安全。

关键词: HXN3机车; 牵引电动机; 锁轴故障; 保持架
中图分类号: U269.5; U260.42 **文献标识码:** B
文章编号: 1000-128X(2014)01-0103-03

沈阳铁路局通辽机务段共配属HXN3型内燃机车270台, 从2009年5月29日开始正式投入运用, 主要运用于通霍、京通线高寒风沙地区, 迄今已经走行74.3万km。2013年以来, HXN3型机车在运行中频繁发生牵引电机轴承故障造成机车“锁轴”保护(轴承固死), 需要到线上进行切割牵引电机小齿轮救援, 存在较大的安全隐患。

1 HXN3型内燃机车牵引电动机轴承故障统计

通辽段配属的HXN3型机车270台中装用EMD公司原装牵引电机的机车共计105台, 装用永济新时速电机电器有限公司(以下简称永济公司)的国产化牵引电机的机车共计165台(136-300号)。自从2010年10月发生第1台EMD牵引电机轴承故障造成机车锁轴以来, 累计发生牵引电机轴承“锁轴”故障共计58台次(见表1), 其中EMD公司生产电机发生8台次, 占13.8%, 永济公司国产化电机发生50台次, 占86.2%。

表1 牵引电机轴承故障统计 台次

公司	≤ 10 万 km	10~20 万 km	20~30 万 km	30~40 万 km	≥ 40 万 km	总计
EMD	0	2	1	3	2	8
永济	3	4	30	10	3	50
合计	3	6	31	13	5	58

表1中按走行公里数统计, 发生“锁轴”故障时走行公里最高的为HXN3型0053号机车第3号电机, 走行

65.8万km; 国产化机车中走行公里最高为HXN3型0138号机车第5号电机, 走行40.4万km; 走行公里最小的为HXN3型287号机车的第2号电机, 走行3.6万km。其中2013年1月份8件、2月份9件、3月份10件、4月份11件。

2 故障原因分析

2013年以来, HXN3型牵引电机轴承故障开始频繁发生, 仅2013年一季度就发生27件, 给运输安全造成了很大影响。2013年1月22日, HXN3型0152号机车第5轴牵引电机(编号3116A100080)输出端轴承故障, 2010年8月出厂, 走行291 375 km, 故障照片见图1。

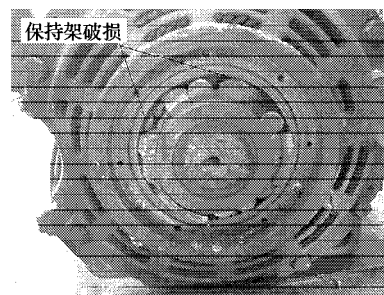


图1 牵引电机输出端
轴承故障的破损状况

从图1故障牵引电机轴承看, 电机轴承已经严重损坏, 保持架完全断裂, 与滚柱的接触面有多处严重的连片凹坑伤痕, 保持架已磨损变为熔瘤, 滚动体完全磨损。

该轴承保持架在运行中多处断裂, 导致轴承提前失效, 强度不能满足目前运行环境的要求, 主要因为材料疲劳断裂为主, 原始缺陷其次, 环境污染及冬季低温轴承可能加速其提前失效。解体观察断口特征有明显的疲劳断口、前期扩展区断口平齐、脆断区只占截面的20%并且有一倾斜角。经解剖分析确认为牵引电机轴承的故障发展过程有3个阶段: 一是故障初期, 故障起源与保持架兜孔处的毛细裂纹产生(见图2); 二是故障中期, 这些毛细裂纹在轴承运行过程逐步扩展, 超过疲劳极限最终导致保持架断裂(见图3); 三是故障后期, 断裂的保持架卡滞在滚动体之间, 从而引发电机“抱死”, 机车锁轴保护。

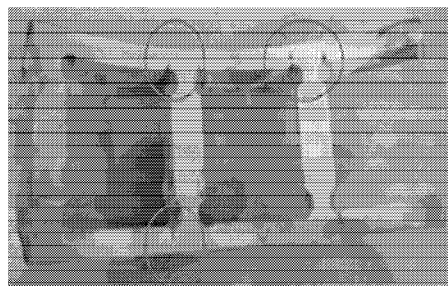


图2 保持架兜孔处R角的裂纹状况

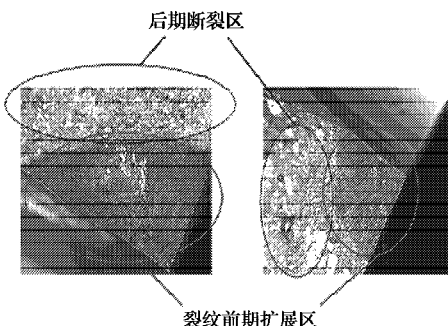


图3 保持架兜孔处R角的断口形貌

为此, 永济公司专题召开了HXN3型机车牵引电机轴承故障解体分析

及整改措施研讨会议,进行了现场解剖分析,大家一致认为故障原因有3点。

①永济公司国产化牵引电机采用的BC1-7088BA输出端轴承保持架强度不足,运用后保持架R圆角处位置产生毛细裂纹,随着时间增加,裂纹逐渐扩大,直至断裂。

目前EMD牵引电机采用的输出端轴承型号为BC1-7088A,铆接式黄铜保持架,滚子数量为14个;而永济公司国产化牵引电机采用的轴承型号为BC1-7088BA轴承,机削一体黄铜保持架,滚子数量13个(见表2)。机削一体黄铜保持架,在退刀槽R圆角处的截面积较小,保持架强度明显较弱。而现有断裂的保持架显示,断裂部位恰恰位于R圆角处,该处强度不能满足目前运行环境的要求,这是轴承故障的主要原因。

表2 2种型号轴承的对比

项 目	BC1-7088BA	BC1-7088A
装 配 电 机	永济电机公司 YJ116A	EMD 公司 A2938-5
滚 子 数 量	13	14
保 持 架	机削一体黄铜保持架	铆接式黄铜保持架
保持架截面积	135.7 mm ²	249.6 mm ²

②国产化牵引电机未充分考虑运行环境中的冬季温度低和润滑油污染情况对电机轴承的影响,加速了轴承的提前失效进而发生故障。

HXN3型机车的齿轮箱机油采用SHC634,YJ116A电机传动端轴承润滑采用齿轮箱机油润滑,润滑油通过齿轮的旋转飞溅甩入轴承内部。该机油的倾点(机油不能流动时的温度)为-39℃,低温下机油中的蜡呈晶体析出,造成机油凝固;而冬季HXN3机车的部分运行区间的最低温度在-40℃,在低温下润滑油的黏度加大,飞溅润滑的效果不好,导致了冬季轴承磨损加剧、故障高发。

③因国产化牵引电机端盖设有两组3个呼吸口直通大气,风沙可通过呼吸口直接进入轴承室对润滑油造成污染影响轴承润滑效果,对牵引电机轴承造成故障隐患。

根据机务段对齿轮箱润滑油的光谱检验结果显示,机油中硅的含量异常,个别齿轮箱机油中硅的含量达到564.0 ppm,同时当冷却风通过电机时,冷却风中夹杂的砂粒等杂质会通过部件间的间隙进入轴承及齿轮箱内部,当细微含硅颗粒随润滑油进入轴承保持架与滚子之间,滚子、保持架、内外圈滚道油膜被破坏,产生磨损,磨损在产生热量的同时,也会加剧滚子、保持架、滚道间的振动,同时这种摩擦力随着污染磨粒的浓度而变化,在高速运行的轴承内部将产生激振效应的复合作用,导致保持架的疲劳损伤。

综上所述,与EMD公司电机装配BC1-7088A型轴承相比,现有BC1-7088BA型牵引电机轴承很不适应冬

季环境温度低、润滑油不洁的运行状况,是轴承故障的次要因素。

3 整改措施

3.1 对HXN3型机车牵引电机进行轴承顶轮检测

经分析认为造成HXN3型机车牵引电机输出端轴承故障的根本原因是采用的机削一体黄铜保持架的强度不足,需要全部更换为EMD公司原装牵引电机铆接式黄铜保持架,该轴承供货周期较长,因此,在目前不能进行批量更换牵引电机轴承的情况下,急需对牵引电机轴承状态进行顶轮检测,通过振动频谱分析查找存在早期故障轴承,并进行更换。

为了做到对HXN3型牵引电机质量检测做到早期预防修,在通辽段首先利用检修库内不落轮镟加工车床进行低速顶轮试验,电机转速约74 r/min,首台检测HXN3型0143号机车,检测出第6电机(编号3116A100077)频谱振动异常,返回永济公司解体后渗透探伤,发现在兜孔圆弧R角处存现细微裂纹。

由于利用不落轮镟加工车床进行检测牵引电机轴承的转速较低,而每天车床镟轮任务量较大,既影响正常的检修工作且不能发现较大的轴承隐患,使用该方法在检测4台机车后停止。

随后又在通辽南整备车间利用SKF轴承专用检测仪对牵引电机轴承进行在线检测,因在线检测速度只能达到12 km/h左右,且速度不能保持恒定,还存在线路振动冲击,采集到的数据不真实,在检测了27台机车之后停止了在线检测。

从2月22日开始,永济公司、SKF轴承公司在通辽机务段赤峰检修车间进行顶轮检测试验,解电机大线采用外接变频器供电的方式外加380 V外电源,电机试验转速为450 r/min,在电机驱动端及非驱动端粘贴振动传感器进行动轮检测,以期发现牵引电机轴承故障隐患,截至3月20日,已完成顶轮检测45台次,发现故障隐患牵引电机19件。电机解体外外观检查未见明显裂纹,返厂采用渗透探伤发现毛细裂纹,肉眼难以识别。从早期检查发现的故障电机解体分析,目前只能发现早期细微裂纹的故障轴承,而对故障中期——保持架开裂且未抱死的电机不能有效识别。经过与SKF公司专家探讨,采用提高转速至1 500 r/min,重新设定检测的项点、参数进行顶轮检测,目前已完成108台机车高转速顶轮检测,发现故障隐患牵引电机41件。典型问题如:3月20日对HXN3型0160号机车进行顶轮检测时发现第3电机(编号3116A100112)频谱振动异常(见图4),3月21日落下该牵引电机发现轴承保持架明显贯通断裂3处,裂纹1处(见图5)。

从目前看,利用顶轮检测装置对牵引电机轴承进行高转速频谱振动检测是能够发现牵引电机轴承故障隐患的,为消除隐患加快对HXN3型机车牵引电机

检测的进度，在通辽南整备车间又开设了一个顶轮检测点。

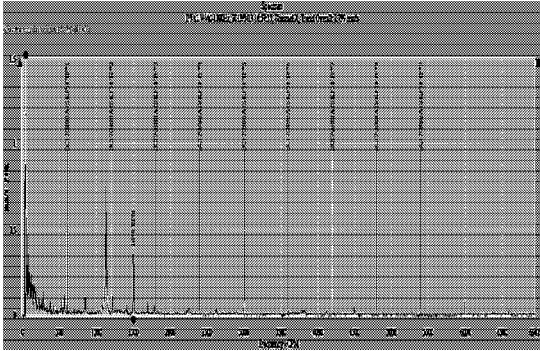


图 4 HXN3 型 0160 号机车电机频谱图

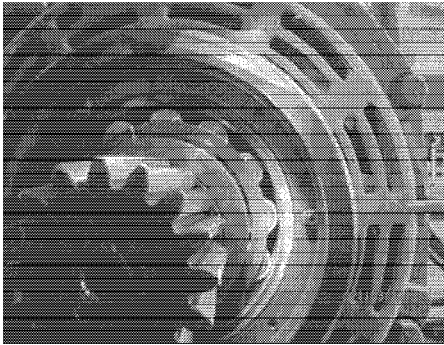


图 5 HXN3 型 0160 号机车第 3 号电机保持架贯通裂损状况

3.2 加装机车走行部车载监测装置

HXN3 型机车在出厂时没有加装走行部车载监测装置，目前看，加装机车走行部车载监测装置是防止走行部轴承故障有效的手段，机务部已将机车走行部车载监测装置列为机车安全防护 6A 系统之一进行普及，与中国北车大连机车车辆有限公司、永济新时速电机电器有限责任公司、北京唐智科技发展有限公司研究，加装振动测量系统的方案，实现对轴承振动及温度的实时监测，及早发现存在异常的轴承，预防因轴承故障而产生机车“锁轴”故障的发生。目前已完成了 5 台机车的加装。

3.3 对牵引电机进行防风沙改造

HXN3 机车牵引电动机轴承润滑油与齿轮箱共用一种润滑油，采用飞溅润滑油方式。针对已知的风沙侵入渠道增加防护措施，减少风沙等污染物进入齿轮箱和电动机轴承内部，防止齿轮箱机油持续污染，永济公司在通辽机务段现场对电机通风口进行加装金属挡风板的改造，以阻挡沙粒直接由风口进入轴承内部，减少保持架磨损。首先试验仅在 HXN3 型 0198 号机车第 1 电机加装，其他电机均未加装。通过对比发现 0198 号机车第 1 号电机在未加装前齿轮箱内各种杂质含量在 6 台牵引电机中排在第 2 位，仅次于第 5 号电机齿轮箱，而 1 月 19 日加装挡板后走行 0.5 万 km，2 月 1 日再次化验齿轮箱内各种杂质含量排在第 6 位，油质最好（见表 3）。说明挡风板具有一定功能，目前已经完成 34 台机车牵引电动机的防风沙改造，具体效果需要继续观察。

表 3 HXN3 0198 号机车防风沙改造前后的

光谱分析检验数据						ppm
日期	位置	铁 Fe	铜 Cu	锌 Zn	硅 Si	排序
2013-01-19	1 齿轮箱	42.16	4.79	5.66	79.43	2
2013-01-19	2 齿轮箱	34.06	5.16	5.19	69.78	3
2013-01-19	3 齿轮箱	28.54	2.73	4.68	68.69	5
2013-01-19	4 齿轮箱	32.31	4.99	5.46	86.24	4
2013-01-19	5 齿轮箱	69.02	9.04	7.92	90.74	1
2013-01-19	6 齿轮箱	28.17	0.94	4.59	70.25	6
2013-02-01	1 齿轮箱	19.10	2.65	2.37	51.53	6
2013-02-01	2 齿轮箱	331.72	232.29	371.85	440.89	1
2013-02-01	3 齿轮箱	71.27	72.89	97.94	58.62	3
2013-02-01	4 齿轮箱	29.86	8.80	4.47	78.73	4
2013-02-01	5 齿轮箱	83.30	17.68	6.47	88.95	2
2013-02-01	6 齿轮箱	32.07	8.13	4.65	70.83	5

3.4 齿轮箱润滑油化验

加强在段修时对齿轮箱机油采用光谱分析方法的检测，目前检验周期已经由初始的半年修改为季修化验。通过对已发生锁轴切割齿轮的故障电机齿轮箱残油采样油质化验的情况反复对比分析，确定维护标准：齿轮箱中硅≤450.0 ppm、铁≤200.0 ppm、铜≤70.0 ppm、锌≤100.0 ppm；机油粘度范围 46(1 ± 20%)mm²/s，即 36.8~55.2 mm²/s，超过此范围视为不合格，通过对机油中硅、铁、铜、锌等元素的含量的检测及对机油粘度化验，一旦发现机油指标异常，更换电机和齿轮箱机油。同时可通过此手段验证防风沙改造方案的可靠性，及时发现早期异常的电机。目前经过对 HXN3 型机车齿轮箱润滑油进行光谱分析累计已更换齿轮箱润滑油 74 箱次。

目前，永济公司正在与美孚润滑油公司及 SKF 轴承公司对 SHC634 润滑油低温性能不良进行调研，寻找替代产品。

3.5 更换全部国产化牵引电机轴承

永济公司在段将所有齿端电机轴承更换为铆接式保持架轴承，利用赤峰检修车间既有电机大修厂的设施并配套完成相关设备的安装，2013 年 4 月中旬完成电机轴承拆解、电机组装、试验的首件检验，然后开始批量电机轴承更换和通风口改造，逐步达到每天 1 台机车电机的更换速度。目前，已完成 28 台机车的电机更换和改造。

3.6 对乘务员进行机车锁轴故障应急分析处理培训

沈阳铁路局轮乘 HXN3 型机车的机务段较多，锁轴故障是目前 HXN3 型机车最大的安全风险点，为此制定了 HXN3 型机车锁轴故障分析处理办法及故障救援预案，发生锁轴故障时重点检查牵引电机轴承、抱轴承及轴承轴箱感温贴，检查齿轮箱油位及轮对踏面情况。强化对使用 HXN3 型机车的乘务员锁轴故障的判断、处理的培训，专人指挥救援，做到故障判断果断、处理及时，避免因救援指挥或处理不当造成的更大安全隐患。

（下转第 110 页）

