

运用检修

HXD1D型电力机车辅助滤波柜 结构分析与优化改进

谢陈刚

(武汉铁路局 机务处,湖北 武汉 430071)

摘 要: 针对HXD1D型电力机车辅助滤波柜存在的辅助变压器接地故障、通风机轴承故障进行阐述,从辅助滤波柜结构及冷却原理进行故障原因分析。在满足辅助滤波柜原有功能的前提下,对其结构及冷却原理进行优化改进,杜绝辅助变压器接地故障,降低辅助滤波柜风机轴承故障率。

关键词: 电力机车; 辅助滤波柜; 接地故障; 轴承故障; 设计优化

中图分类号: U269.6; U264.5+6

文献标识码: B

文章编号: 1000-128X(2014)05-0102-04

doi: 10.13890/j.issn.1000-128x.2014.05.029

0 引言

HXD1D型电力机车是南车株洲电力机车有限公司完全自主研发的一款6轴7 200 kW交流传动快速客运电力机车。机车速度高、功率大、技术先进、操控人性化,自2012年8月17号0001#机车在武汉铁路局武昌南段整备上线运用考核以来,深受乘务员的喜爱,目前已正式配属到段10台。

机车辅助系统采用先进的主辅一体化设计,具有过分相辅助系统不断电的功能。但为该系统配置的辅助滤波柜在运用期间,曾出现过轴承异响故障,HXD1B型电力机车在武汉铁路局运用过程中也曾批量出现过辅助变压器的接地故障。本文将重点分析该柜的结构、出现故障的原因,并提出优化设计改进建议。

1 辅助滤波柜原理及结构

HXD1D型交流传动电力机车辅助系统采用主辅一体化设计,辅助逆变器通过主变流器的中间直流电路为其供电,通过逆变电路为辅助系统提供三相440 V/60 Hz电源。为了向辅助电路提供较高品质的三相电源,在辅助逆变器输出端设置了改善电源品质的隔离用辅助变压器和滤波电路。

辅助变压器在工作时有大量的热量产生,为保证其正常工作,需对其进行通风散热以维持合适的工作环境。因此,机车设置的辅助滤波柜将辅助变压器和滤波电容等电器部件集成在一个电气屏柜,并安装辅助滤波柜风机对辅助变压器进行强迫风冷。同时,为满足机车机械间内呈微正压环境,避免由于负压带

来的车外尘埃进入机械间,在辅助滤波柜上还增开了放风风口,以便给机械间内提供干净、清洁的空气,保证机械间内空气循环。该辅助滤波柜通风系统能满足冷却辅助变压器、平衡机械间内空气温度和维持机械间空气呈微正压等功能,其通风系统冷却原理及柜体结构见图1。

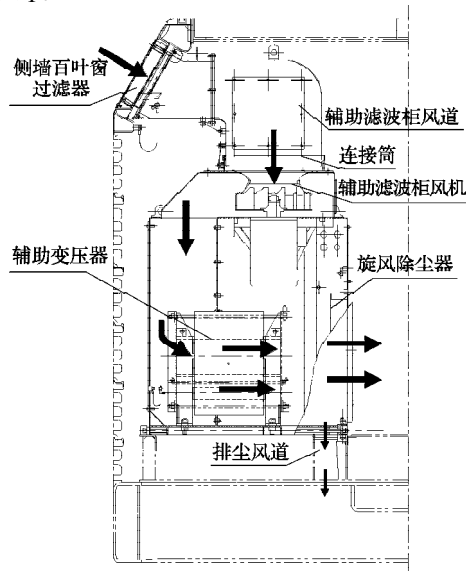


图1 辅助滤波柜冷却原理及结构

辅助滤波柜风机将车外空气经侧墙百叶窗、风道吸入,进入辅助滤波柜冷却辅助变压器,冷却后的空气随后经旋风除尘器过滤后,大部分清洁空气进入机械间,为机械间内其他电气设备散热后排出车外,少量带灰尘的空气经车体底架排尘口排出车外。

2 故障分析及解决措施

2.1 故障情况

HXD1D型电力机车辅助滤波柜的工作原理及结构与HXD1B型电力机车辅助滤波柜基本相同。HXD1B型电力机车自上线运行以来,辅助滤波柜发生了不少故障,根据对产品解体后进行的分析,其故障主要分为2种:辅助变压器接地故障和辅助滤波柜风机轴承故障。

由于辅助滤波柜从车外进风后直接冷却辅助变压器,车外空气通过侧墙百叶窗过滤后,仍有部分灰尘及雨水进入柜内。

由于我国空气质量原因,大气和雨水中均含有较多的各类化学物质,其成分较为复杂,在长期的运用过程中,柜内灰尘和雨水在辅助变压器表面形成了一个特殊的腐蚀性环境,这加快了辅助变压器的绝缘老化速度,一段时间后,使辅助变压器绝缘性能降低导致出现接地故障。目前,辅助变压器的制造工艺持续改进后,其绝缘性能得以提高,但仍不能从根本上解决接地故障问题。

同时,辅助滤波柜风机电机轴承故障率高,主要表现为轴承烧损及异响故障。根据统计数据分析,辅

收稿日期: 2014-04-28

助滤波柜风机电机轴承故障率明显高于机车其他辅助风机。

为解决机车辅助变压器接地故障,降低辅助滤波柜风机轴承故障率,需要对辅助滤波柜进行优化改进。

2.2 辅助变压器接地故障分析

从辅助滤波柜冷却原理及结构分析,车外空气仅通过侧墙百叶窗进行粗过滤后,直接吹向辅助变压器。

在相同含尘浓度为 333 mg/m^3 条件下(碳酸钙粉颗粒直径 $60\text{ }\mu\text{m}$),改变风速,测得的过滤效率与进风风速关系见表1。

表1 侧墙百叶窗在不同风速下的滤尘效率

项目	进风风速/ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$							
	1.00	1.67	2.00	2.33	2.67	3.00	3.33	3.67
发尘量/g	120	200	240	210	240	180	200	220
滤尘量/g	111.76	155.54	169.22	133.50	136.32	94.54	100.44	105.62
发尘时间/min	60	60	60	45	45	30	30	30
过滤效率/%	93.13	77.77	70.51	63.57	56.80	52.52	50.22	48.01

在相同水雾量 6 L/min 条件下,改变风速,测得的过滤效率与体积流量关系见表2。

表2 侧墙百叶窗在不同风速下的滤水效率

项目	进风风速/ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$						
	0	3.17	3.42	3.90	4.39	4.88	5.37
水雾量/L	90	90	90	90	90	90	90
滤水量/L	89.15	88.24	86.99	85.73	84.54	82.81	81.47
喷水时间/min	15	15	15	15	15	15	15
过滤效率/%	99.06	98.04	96.65	95.25	93.93	92.01	90.52

辅助滤波柜侧墙百叶窗平均进风风速约为 2.7 m/s 。则其滤尘效率(颗粒直径 $60\text{ }\mu\text{m}$)约 55% 。由于侧墙百叶窗安装在机车侧墙斜面处,非垂直安装,其滤水性能有所下降,过滤效率约 95% 。

根据上述过滤性能试验指标分析,车外冷却空气中部分灰尘和雨水进入辅助滤波柜内,辅助变压器长期工作在灰尘和雨水环境中。辅助变压器运行一段时间后,线圈表面灰尘累积严重,灰尘中的细微金属颗粒将使变压器的局部放电量增加,细微化学颗粒同时腐蚀辅助变压器绝缘层,从而使辅助变压器的绝缘老化局部加快。且当辅助变压器表面灰尘遇水后灰尘就会完全附在辅助变压器表面,恢复干燥状态需要的时间很长,辅助变压器局部就如长期浸在水里一样,时间可能远远超过了型式试验浸水 12 h 的标准要求。线圈表面灰尘加快了辅助变压器绝缘的老化,部分产品可能会导致水分渗透进去,引起绝缘水平下降,进而出现接地故障。

辅助变压器绝缘性能下降可分为2种情况:一是引线绝缘电阻降低,二是器身本体绝缘电阻下降。

1) 引线绝缘电阻降低的原因分析

除上述由于环境恶劣使辅助变压器引线部位在长期运行时遭受过太多的粉尘、雨水侵蚀,造成绝缘层

的破坏等主要原因外,导致造成引线绝缘电阻下降的原因还包括如下:

①辅助变压器本体采取了整体真空压力浸漆的工艺(采用此种工艺依据的是国内干式变压器的通常制作工艺,漆的选型上结合了国产交流牵引电机所用浸渍漆的运用状况)来保证满足运用环境要求。但由于外部引线(即出现绝缘电阻降低的部位)是在器身整体浸漆后进行制作的,因此在此处的设计没有加强其防水性能,只考虑了满足正常情况下的绝缘性能要求,其对外部引线包扎工艺采用的是内包锡箔纸一层,中间包Nomex410皱纹纸3层,外套热缩套管结构方式。此种结构在正常情况下可以满足要求,但在暴雨天气时,外部的雨水通过风道大量落在器身和引线表面,由于热缩套管不具备很好的密封性能、Nomex410皱纹纸的吸水性能很强和锡箔纸的导电性等综合因素,必然会造成此处的绝缘电阻下降。

②其次在制作过程中如未严格执行工艺要求将会加快引线绝缘电阻的下降过程。例如:热缩管两端与引线包扎的本体绝缘搭接长度不在规定的 50 mm 以上、锡箔纸伸出热缩管碰触引线夹等。

2) 器身本体绝缘电阻下降的原因分析

根据辅助变压器所浸漆的性能及在牵引电机上的运行状况,此类漆本身能满足辅助变压器的运行要求,同时对器身本体绝缘电阻下降的辅助变压器进行实体分析,造成其绝缘电阻下降的主要原因是表面漆膜较薄。产生表面漆膜较薄的原因有2点:在器身真空压力浸漆过程中真空度、加压压力和时间未达到要求;在辅助变压器运行过程中,大量的煤尘在风机的风力带动下不断打击漆膜表面,逐步地消蚀表面漆膜,加速了绝缘性能的削弱,部分辅助变压器上部表面部分地方已无漆膜,致使器身在接触雨水时绝缘电阻下降。

2.3 辅助变压器改进措施

1) 针对引线绝缘电阻下降采取的整改措施

对在段和已交车的辅助变压器进行如下方式改造:剥去原包的绝缘和热缩管,先包锡箔纸(并明确固定包扎长度)后,包聚酰亚胺薄膜2层,再包硅橡胶自粘带2层进行密封,并对每个返工完的引线进行淋雨试验,只有在淋雨试验通过后才能交付使用。

对新造的辅助变压器采取的引线方式与在段方案基本一致,只是在外层加包了热缩套管,出厂时加强了淋雨试验的考核。

2) 针对器身本体绝缘下降采取的整改措施

通过大量的工艺试验验证,确认增加漆的粘度和压力值及延长加压时间可以增加器身的表面漆膜厚度和改善漆膜质量,所以将原来的浸漆工艺进行了调整:漆的粘度由原来的 $60\sim 80\text{ s}$ 调整为 $100\sim 120\text{ s}$;真空度保压时间增加了4倍;加压压力保压时间增加了3倍,其他工艺要求维持不变。经过调整后,器身的表面