DOI:10.13890/j.issn.1000-128x.2012.04.029

试验检测

CRH2型动车组避雷器的密封性试验

张　毅

（南车青岛四方机车车辆股份有限公司，山东 青岛　266111）

摘　要：在试验的基础上对避雷器的密封性进行了探讨和研究，调查并探求避雷器在82℃水中至2℃水中产生间歇性气泡的原因，在对绝缘电阻分析的基础上，对CRH2型动车组避雷器检修程序进行了修正。

关键词：避雷器；检修；密封性；绝缘电阻；漏电流；ZnO元件

中图分类号：U269.6;U264.7+2　　文献标识码：B

文章编号：1000-128X(2012)04-0078-02

近年来我国高速列车技术迅速发展，为我国的高速铁路发展提供了有力的支撑。高速列车避雷器是动车组在雷电过电压冲击下的重要保护装置，其性能稳定性直接关系到动车组运营的安全。高速动车用避雷器不同于一般电力系统用避雷器，它不仅受高速列车车体频繁振动的影响，还经受车辆高速气流场的长时间冲刷及车辆紧急制动时的机械冲击作用等，其密封性受到特别关注。当氧化锌避雷器密封受损而内部受潮及阀片出现老化等缺陷时，需要经过停电预防试验，带电测试。在密封性不能满足安全运行条件时，环境温度冷热循环变化使内部空气膨胀或收缩会形成呼吸作用，使微小漏空扩大。潮气的侵入使泄漏电流不断增大，造成避雷器柱表面和避雷器瓷套内壁表面的放电，强烈的放电会导致避雷器的爆炸[1-7]，严重威胁动车组的安全运行。过于冗繁的试验，不仅会耗费过多的人力物力，而且对评估结果的准确性造成干扰。对CRH2型动车组LA205型避雷器进行密封性试验，对其法兰螺栓处有间歇性气体泄漏现象进行分析，建立较为严密的避雷器寿命评估方法，并依据运行实践对LA205型避雷器检修规程进行了修正。

1　关键技术分析

避雷器是一种密闭性设备，LA205型避雷器由ZnO元件、干燥剂、弹簧、FRP筒及法兰等组成，主要用于CRH2型动车组上。避雷器里面置有氧化锌元件（半导体陶瓷），其工作原理如图1所示，当其承受正常的系统电压时是基本没有电流通过的高电阻体，但是当回路中发生电压超过一定峰值时，它会在瞬间变为低电阻体，通过对地放电抑制回路过电压[1]。避雷器断面图如图2。由于每天正常运行要承受数百次的操作过电压，在雷雨季又要承受接触线沿线传输的大气雷电过电压及部分的大气直击雷，还有高低气温、振动等异常使用条件，动车组用避雷器密封圈等内部结构易产生老化，任何泄漏都将导致避雷器内外气体交换，加速避雷器内部受潮，最终导致避雷器出现故障。潮气入侵加速电阻片的老化。电阻片老化会造成泄漏电流上升，甚至造成瓷套内部放电。放电严重时避雷器内部气压急剧增高，导致避雷器本体爆炸。

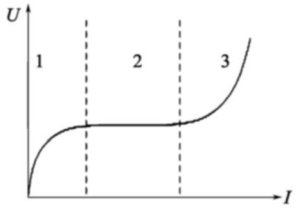

图 1　氧化锌避雷器工作原理

为分析受潮对避雷器内部电阻性能的影响，试验时特意测量了避雷器吸水前的阻性电流和总泄漏电流在加电压时的变化曲线，如图3中曲线1和曲线2所示。在避雷器内部注入10 mL水后，将其静置60天，避雷器吸水后的阻性电流和总泄漏电流变化情况如图3中的曲线3和曲线4所示。试验分析表明，避雷器内部ZnO阀片吸收水分后其阻性电流和泄漏电流将有明显增加。ZnO受潮时，阻性电流将有所增加，其特点是阻性电流长期增加，不会随着时间的延长而减小。

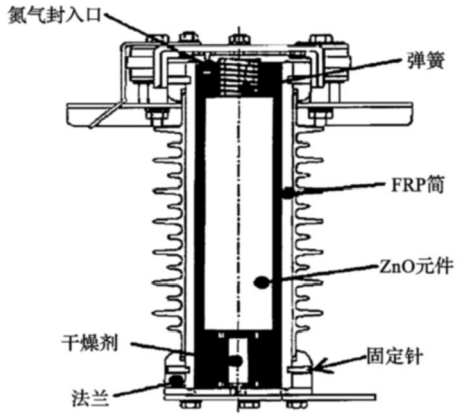

图 2　PGLS-42R 断面图

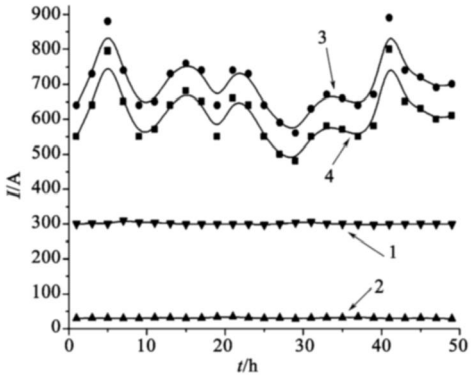

图 3　避雷器内部受潮前后电流变化

通常要定期对避雷器进行检修，需要对避雷器进行构造检查：绝缘电阻试验，即测量线路侧终端与接地侧终端的电阻，一般该电阻在1 000 MΩ；泄漏电流试验，端部外加42 kV电压，测定泄漏电流在2.2 mA以内；动作电压试验，当直流电流在1 mA时，端部电压要求在57 kV以上；测定10 kA雷脉冲电流时限制试验

收稿日期：2012-04-12

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

电压在107 kV以下；测定外加10次10 kA雷脉冲电流前后的动作开始电压和限制电压试验前后的变化率在10%以内；测定外加20次400 A方波脉冲电流前后的开始电压和限定电压，测量其试验前后的变化率，当其在10%以内时，为合格。还要对避雷器进行振动试验、多重雷动作责务试验和放电试验、商用频率耐电压试验以及脉冲耐电压试验。同时又要对运行避雷器进行耐劣化试验，即密闭性试验，将避雷器反复从82 ℃水中置于2 ℃水中，观察避雷器有无漏气现象，若反复4次从82 ℃水中置于2 ℃水中各1 h无泄漏气，避雷器在规定时间内无连续性气泡，仅一处有气泡则视为合格，表明避雷器运行状况良好。

2　试验分析

对几组避雷器进行密封性试验，环境温度为29.3 ℃，相对湿度为67%，其余各环境参数如表1所示，试品经过从82℃水中置于2℃水中浸泡1 h冷热水温度循环试验，共计4次。密封性试验完成后，将冷热水温度循环试验前后试品参数对比，工频试验电路图如图4所示，试验结果如表2所示。与密封性试验前相比，除个别试样的工频0.75 U_{1mA}略有下降，0.75 U_{1mA}下的泄漏电流略有上升外，其他试验参数基本不受影响。

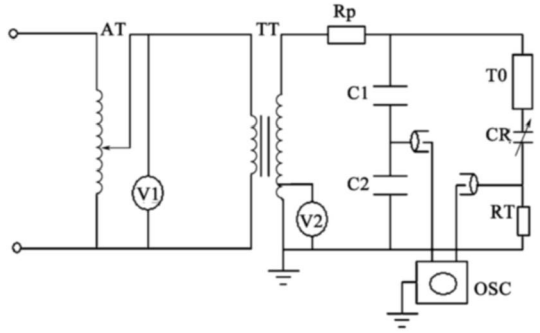

图 4　工频试验电路

表1　密封性试验条件控制

试品编号	6210	6217	6218
热水温度/℃	82	82	82
热水浸泡时间/h	1	1	1
冷水温度/℃	2	2	2
冷水浸泡时间/h	1	1	1

表2　试验测试结果

参数	试品编号			参数规定值
	6120	6127	6128	
试验前 U_{1mA}/kV	61.3	60.6	60.7	≥57
试验后 U_{1mA}/kV	61.2	60.8	60.7	≥57
U_{1mA} 变化率	0.2%	0.3%	0%	≤5%
试验前 $0.75U_{1mA}$ 下漏电流/μA	7	9	8	≤50
试验后 $0.75U_{1mA}$ 下漏电流/μA	8	9	8	≤50
$0.75U_{1mA}$ 下漏电流变化量/μA	1	0	0	≤20
试验前绝缘电阻/MΩ	>2 500	>2 500	>2 500	>1 000
试验后绝缘电阻/MΩ	>2 500	>2 500	>2 500	>1 000

根据上述流程对6个试样进行分析发现，在螺栓孔附近及下部垫圈处有持续性气泡产生，持续时间在1h左右。图2所示的FRP筒的内部空间密封了干燥的氮气，气泡发生部位为图2中的固定针的周围，因此推测气泡为FRP筒和法兰间隙的空气逸出所致。

密封性试验完成后，随即对避雷器的绝缘电阻进行测量，测量结果表明，绝缘电阻并没有明显的改变，如表2所示，即表明当避雷器内部受潮而绝缘电阻并没有改变。与上述理论及试验研究相悖，需对避雷器密封情况进行分析。

对避雷器进行拆除，可看出试验漏气部位用硅胶进行了密封，浸水后慢慢会有气泡发生，这与该部位的气体残留有关，即密封性良好的避雷器密封胶周围若有残留的空气亦可能在冷热交替情况下逸出产生气泡。试验研究表明，避雷器内部浸水情况下避雷器端子间绝缘电阻将降低（正常值：用1 000 V兆欧表测试显示1 000 MΩ以上，而在浸水受潮湿时电阻值将降到10 MΩ以下）。所以在完成密封性试验后，仍需进行绝缘电阻的测量，以确定受潮情况。如果没有问题，尽管有气泡也不是避雷器内部的气密性不良，进而判断为合格产品。

3　结论

如果避雷器发生漏气，外界的空气进入到避雷器内部将导致凝霜等，从而会导致绝缘电阻慢慢降低。因此通过测量绝缘电阻可以判断避雷器的密封性能。从漏气考虑配件缝隙间的空气因温度变化而发生逸出，不能完全判定避雷器气密性不良，作为补充检测，应将避雷器表面擦拭后测量一下绝缘电阻，如果在运行过程中出现气密性不良，绝缘电阻将降到10 MΩ以下；如果绝缘电阻在1 000 MΩ以上则正常，可以排除避雷器不合格的可能。所以应在测量绝缘电阻变化情况的基础上，确定密封性试验的必要性，通过分析，对CRH2型动车组LA205型避雷器检修规程进行了修正。

在CHR2型动车组避雷器五级修检修过程中发现了避雷器的密封问题，在同南车株洲电力机车研究所有限公司合作后解决了该问题，有力地保障了动车组的稳定运行。

参考文献：

[1] 戚革庆，李维成，文习山. 一起220 kV主变10 kV侧避雷器的损坏原因 [J]. 高电压技术，2008，34 (5)：1085-1087.
[2] 王建国. 6K机车氧化锌避雷器简介 [J]. 机车电传动，1992 (2):51-53.
[3] 屠幼萍，何金良，廖冬梅. ZnO避雷器运行状态的判断方法 [J]. 高电压技术，2000，26 (1)：22-24.
[4] 李　晓，查　军. 110 kV氧化锌避雷器事故分析及防范措施 [J]. 高电压技术，2003，29 (7)：54-55.
[5] 张家骞，陈开运. 电力机车过电压保护用金属氧化物避雷器的研制 [J]. 机车电传动，1993(5)：61-63.
[6] 沈建华. 电力机车用25 kV金属氧化锌避雷器 [J]. 机车电传动，1994(2):45-49.
[7] 胡瑞芳. 运行中氧化锌避雷器泄漏电流的测量 [J]. 高电压技术，1992(4):34-37.

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net