

涡流探伤在构架焊缝探伤上应用的可行性实践

常少锋

西安市地下铁道有限责任公司运营分公司 陕西 西安 710061

摘要：主要采用实验验证的方式，从技术手段、人员技能、构架特点等方面研究涡流探伤在西安地铁转向架架大修构架探伤上的应用的可行性，为后期优化探伤工艺，提升架大修效能提供准确的决策依据。

关键词：电客车；架大修；构架；涡流探伤；磁粉探伤；缺陷

电客车架、大修是电客车运行5年（80万公里）、10年（160万公里）时开展的深度维修，其修程覆盖面广、检修深度较深，是保障电客车安全运营的重要修程之一。电客车转向架架大修时则需要对转向架构架、轮对、牵引拉杆、齿轮箱吊杆等重要部件进行探伤，排查和修复长期运营产生的疲劳缺陷，避免缺陷发展造成运营安全事故。

1 磁粉探伤原理及生产组织难点

目前国内各地铁公司在电客车架大修时针对构架、牵引拉杆、齿轮箱吊杆等部件主要采用磁粉探伤，其主要原理是利用工件缺陷处的漏磁场与磁粉之间的相互作用，在缺陷位置形成磁粉聚集，直观的显示缺陷的位置形态。磁粉探伤具有灵敏度高、适用性强，不受试件大小和形状的限制、操作简单等特点，在探伤区域面积较大时，该方式也较为高效。渭河架大修基地已经完成的100余列电客车的架大修的探伤工序均采用磁粉探伤，未发生一起因缺陷未检出导致的安全质量问题，表明磁粉探伤方式具有较高的可靠性^[1]。

磁粉探伤要求部件表面的涂料、镀层、油脂及其他附着物必须要处理干净，具体到架大修构架的探伤则要求构架探伤位置区域进行脱漆。由于构架各主要焊缝均需要探伤，且焊缝处原则上应该由探伤范围再向母材方向扩大20mm，因此在实际作业时需要对接架整体进行脱漆及探伤后的喷漆。该生产方式存在以下问题：

（1）工序周期长，转运工作量大。脱漆、喷漆作业属于有害作业，转向架分解后构架需要转运至油漆库进行脱漆、探伤、喷漆，结束后再转运至组装区，单列构架完成上述工序共计6天，转运直接消耗工时86个；

（2）安全管理风险大。油漆库喷漆作业用到大量油漆耗材，且喷涂作业具有易燃易爆的特点，现场安全管

理风险大；

（3）人员作业环境差。由于脱漆、探伤和喷漆在同一场地交替开展作业，探伤作业人员作业环境较差；

（4）维修及环保成本高。大量的油漆作业物料消耗、人工消耗、磁粉探伤物料以及为达到环保标准所投入的成本总体较高。

2 涡流探伤原理及特点

为应对磁粉探伤带来的成本、环保压力，有地铁公司尝试采用涡流探伤的方式进行转向架构架探伤。涡流探伤是一种利用电磁感应现象的无损检测技术，当交变磁场通过导体材料时，会在导体内部产生涡流。这些涡流会随磁场的变化而产生和消失，形成感应区。当导体表面存在缺陷或异常时，如裂纹或其他不连续性，这些因素会影响涡流的分布，从而导致检测信号的变化。涡流探伤具有灵敏度高、精度高、无需接触和快速实施的特点。探伤部位表面不受涂层影响，因此如采用涡流探伤进行构架焊缝的探伤，则完全可以避免由于磁粉探伤表面处理导致的四个问题，既无转运困难，也无环保压力，经济成本也可大幅降低^[2]。

3 涡流探伤验证及结果对比

为进一步探索涡流探伤方式在渭河架大修基地构架探伤中应用的可能性，拟从构架本身状态、设备性能、人员技能三个方面验证。本次探伤的构架为H型构架，采用钢板焊接结构的箱形侧梁以及与侧梁相贯通的无缝钢管横梁焊接。横梁上对角焊接有电机吊座、齿轮箱吊座和牵引拉杆座，分别用于安装牵引电机、齿轮箱吊杆和牵引拉杆。箱形纵梁的内面上用于安装横向挡。构架架大修对其主要焊缝位置进行探伤，因其焊缝较为规则，且探伤面积较小，结构上适宜采用涡流探伤，具体探伤位置如下表：

序号	焊缝名称	动车构架/条	拖车构架/条
1	侧梁长大焊缝（A）	8	8
2	构架端部焊缝（B）	16	16

续表:

序号	焊缝名称	动车构架/条	拖车构架/条
3	横梁侧梁对接焊缝(C)	8	8
4	电机吊座与横梁连接焊缝(D)	2	/
5	齿轮箱吊座与横梁对接焊缝(E)	2	/
6	一系簧安装座焊缝(F)	8	8
7	踏面制动单元安装座焊缝(G)	4	4
8	横向止挡安装座立板焊缝(H)	2	2
9	牵引拉杆安装座焊缝(I)	4	4

为了充分验证对比涡流探伤的检出率,实验选取三人(分别为靳、白、马),采用同一设备按要求对探伤位置进行探伤,并随机选取7列车上共计24个构架,其中动车构架13台,拖车构架11台。涡流探伤结束后再按照磁

粉探伤技术标准开展磁粉探伤,以磁粉探伤结果为标准判断涡流探伤的检出率,并从设备、人员和构架结构三个方面进一步分析。验证实验的探伤结果对比如下表:

序号	构架编号	A焊缝		B焊缝		C焊缝		D焊缝		E焊缝		F焊缝		G焊缝		H焊缝		I焊缝	
		涡	磁	涡	磁	涡	磁	涡	磁	涡	磁	涡	磁	涡	磁	涡	磁	涡	磁
1	GJ039	7	0	2	0	1	2					2	2	3	0	1	0	0	0
2	GJ211	0	1	0	1	0	0					2	0	0	0	1	0	0	1
3	GJ005	0	0	1	0	0	0					0	0	0	0	0	0	1	0
4	GJ001	0	0	2	2	3	1					0	1	2	0	0	0	1	1
5	GJ007	2	1	11	0	0	0					0	0	0	0	0	0	1	1
6	GJ225	0	0	8	1	2	0					1	1	1	0	0	0	1	0
7	GJ049	1	2	2	2	0	1					0	1	1	2	0	0	1	2
8	GJ0172	0	0	1	0	0	0					0	0	2	0	0	0	0	0
9	GJ033	0	0	3	0	1	0					0	0	0	0	0	0	1	0
10	GJ047	0	0	1	0	0	0					0	0	0	0	0	0	0	0
11	GJ0174	0	0	0	1	0	0					0	1	0	1	0	0	1	2
12	GJ094	0	0	3	4	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	4	3
13	GJ124	1	2	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
14	GJ0151	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0
15	GJ068	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	GJ0120	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
17	GJ210	1	0	0	0	1	0	1	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0
18	GJ0124	2	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
19	GJ604	0	0	4	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
20	GJ009	0	0	0	0	2	0	1	1	1	1	3	2	0	0	0	0	0	0
21	GJ011	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	2	0	0	0	1	0	0	0
22	GJ086	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	GJ100	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
24	GJ022	0	0	3	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	3

上表中涡流探伤发现缺陷数量多于磁粉探伤的,涡流探伤的缺陷位置已经覆盖到磁粉探伤探出的缺陷位置,该情况已在实验过程中进行过现场比对得到确认,不再赘述。部分构架的同一焊缝位置涡流探伤检测到的缺陷多于磁粉探伤的结果,其原因在于涡流探伤受焊缝

表面状态如气孔、焊缝不规则等的影响较大,且其灵敏度较高,因此容易将此类情况判定为缺陷,此种情况下则需要进一步去除构架焊缝表面油漆作进一步验证。而磁粉探伤是在去除焊缝表面油漆的情况下,作业人员对聚粉位置进行了综合判定,已经排除了干扰因素,因此存在涡

流探伤检出数量多于磁粉探伤检出数量的情况,属于正常情况,在本次测试验证中不将其视为误判。表中磁粉探伤发现缺陷数量多于涡流探伤的,则属于漏检^[3]。

按照上述原则进行分析,本次实验验证探伤24个构架共有实际缺陷60处,涡流探伤实际检出41处,检出率约68.3%,总体检出率不高。但是从具体探伤人员、构架及提位置分析具有以下特点:

(1) GJ211、GJ049、GJ0174三个构架漏检较多,实际作业中属于同一人作业,因此上述检出情况受个人业务技能不够熟练、经验不够丰富有关。

(2) 从构架具体焊缝分析,各个焊缝缺陷均能够检出,但是不同焊缝检出率存在一定差异,该情况与不同焊缝的表面状态有一定关系。

结束语

从本次实验验证的情况看涡流探伤在构架探伤上具

有一定的适用性,但是目前仍存在人员培养不充分的问题,当前现状下暂不具备大范围改用涡流探伤的条件。但从提升生产效能、压缩维修成本、减少环保压力的角度看,未来推进涡流探伤在构架上的应用有着较大的价值。因此有必要进一步从人员培养及效果验证的角度持续推进验证工作,直至检出率达到具备大范围应用涡流探伤的条件,在未来三年内全面应用。

参考文献

[1]段春辉,石洪生.涡流检测技术在钢轨焊缝探伤中的应用[J].铁路技术创新,2019第002期

[2]段怡雄,鲁传高,赵荣.构架梁体焊缝整体磁粉探伤研究与实践[J].轨道交通装备与技术,2018年第6期

[3]张炯法,李杰.磁粉探伤焊缝区反常显示成因分析[J].热加工工艺,2006第15期