



我公司某款物流用途的电动汽车采用铝合金框架式设计。在评价铝合金焊接质量过程中，对比破坏检测与无损检测（渗透检测）后，最终确定后者作为判定铝车身焊接质量的补充。随后，通过建立标准的评价体系和流程，使该款车型的白车身焊接质量得到有效保障。

□ 奇瑞商用车（安徽）有限公司 朱彬 徐在旺 丁凡 张燕 胡贤龙 方敏

渗透检测在铝车身焊接质量评价中的应用



AI 汽车网—首页

车身强度及轻量化水平直接关系物流车辆的运载能力和续驶能力。因此，车身强度的检测、评价和控制办法是全球各汽车制造商都十分重视的技术领域。

强度检测按结果分类主要分为破坏式检测和无损检测。无损检测又包括超声波、涡流和渗透检测等方法。通过对比，我们最终采用渗透检测的方式对我公司某款车型的车身焊接质量进行表面缺陷的检测。

渗透检测

1. 检测原理

渗透检测又称渗透探伤，是一种以毛细作用原理为基础的检查表面开口缺陷的无损检测方法。其工作原理是：在车身焊缝表面周边施涂含有荧光染料或着色染料的渗透液后，在毛细管作用下，经过一段时间，渗透液可以渗透进焊缝表面的开口缺陷中。随后，经去除零件表面多余的渗透液后，再在零件表面施涂显像液。同样，在毛细管的作用下，显像液将吸引缺陷中保留的渗透液，渗透液回渗到显像液中，在一定的光源（紫外线光或白光）下，缺陷处的渗透液痕迹被显现。渗透检测便是通过上述系列过程探测，并确认缺陷形貌及分布状态的一种探伤方法。

2. 优点

渗透检测应用范围广泛：可检测各种材料，如金属、非金属材料；磁性、非磁性材料。可检测各种加工工艺，如焊接、锻造和轧制等加工方式。渗透检测具有较高的灵敏度（可发现 $0.1\text{ }\mu\text{m}$ 宽缺陷）的同时，具有显示直观、操作方便和检测费用低廉的优点。

3. 局限性

渗透检测只能检测表面开口的缺陷，不适于检测多孔性疏松材料制成的工件和表面粗糙的工件；其次，只能检测缺陷的表面分布，难以确定缺陷的实际深度。因此，渗透检测很难对缺陷做出定量评价，而且检出结果受操作者的影响也较大。

评价标准

1. 整车分区标准

首先建立整车的分区标准，按区域不同和承载功能不同进行缺陷的等级分类：整车分为 A、B、C 和 D 四个区。

A 区外部：从地面 60 ~ 195 cm 高度范围，包括合金或抛光轮毂（例如：前盖外板、翼子板、前门外板和货箱蒙皮等）。

A 区内部：坐在司机或乘客座位上，关上车门后自然状态能看见的区域；VIN 区域。

B 区外部：从地面到 60 cm 高度的区域，及高度大于 195 cm 部分的车顶区域。

B 区内部：门内板区域，也就是前门从地面 60cm 至门的顶端（除铰链区域及其它包含在 D 区的部分）可视区域；门框区域，从门槛区域至门顶端（除去铰链区域）可视区域；中间隔板，即驾驶室内座椅后部可视区域；取货门、货厢门密封条周边钣金面可视区域。

C 区：充电口内板、货箱内、货箱门内板及裸漏部分、取货门内板、中间隔板驾驶室内座椅遮挡部分。

D 区：除 A、B、C 三个可视区域；整个发盖内侧区域（除翼子板安装支架）；货箱门门护板下边缘的整条边；前门门护板下边缘，腰线以下二门

铰链安装位置对应的门框及门板。

2. 规范焊接缺陷标准

质量等级：根据特定缺陷种类、尺寸和数量，对焊缝质量的分类；适用性：特定条件下，某个产品或方法适用于规定目的的能力；短缺陷：焊缝长度 ≥ 100 mm 时，在任意 100 mm 范围内不超过 25 mm；焊缝长度 < 100 mm 时，一个或多个缺陷总和小于总长度的 25%。

缺陷类别：根据焊缝数量、尺寸、位置、外观裂纹、气孔、缩孔、咬边、烧穿、未熔合及未焊满这 10 个不同维度，通过目视、检测工具以及渗透检测方式进行缺陷识别。

铝车身焊接渗透试验工艺

1. 表面准备

铝车身焊接完成后存在焊缝周边氧化、焊接飞溅、毛刺和铝屑等影响渗透检测的缺陷。在需进一步处理过程中，采用 800 号砂纸先行打磨，去除焊接飞溅、毛刺、氧化行和污渍，再对打磨后周边进行清擦，保证试验部位满足要求。

2. 预清洗

在清擦完成后使用清洗液对试验表面及周边 2 ~ 3 cm 范围内清洗。我们采用灌装清洗液，直接喷涂实验面，喷雾状溶剂具有一定冲洗效果。整车试验焊缝数共 200 余条，清洗按顺序完成后风干，保证检测面溶剂和水分干燥。

3. 渗透作业

使用渗透液喷涂焊缝及其周边约 2 ~ 3 cm 处，喷嘴距离检测面 15 ~ 30 cm，喷涂方向尽

量与检测部位形成 $30^{\circ} \sim 40^{\circ}$ 夹角，保证渗透液完全覆盖焊缝及其周边范围，并保持湿润状态 10 min，保证渗透液完全作用至焊缝周边缺陷内。随后自然干燥 5 ~ 10 min，周边多余滴落渗透液可用洁净布擦拭干净。

4. 显像

待工件焊缝表面自然干燥后，喷涂显像液，显像液要均匀覆盖被检表面，不能反复多次喷涂，容易堆积溶液使渗透液不能更好显像；喷嘴与被检表面呈 $30^{\circ} \sim 40^{\circ}$ 夹角，距离视喷涂在施



图 1 识别缺陷后拍照 1



图 2 识别缺陷后拍照 2

加显像液后保持 7 ~ 10 min，待红色显现开始目视检查，检查区域光照要求 500 ~ 1 000 Lux，识别缺陷后拍照记录，结果如图 1、图 2 所示。

5. 缺陷处置

渗透检测发现缺陷均为表面问题，一般为表面气孔、裂纹、焊坑。识别缺陷部位后进行打磨重新焊接，打磨深度视红色显现完全打磨不见，返工完成后重新进行渗透检测，并记录。

6. 后处理

评价完成后，整车需进行清洁处理，使用清洁液喷涂作业区域，并用擦布进行清洁。在此阶段需要注意的是在渗透过程中，由于车身结构复杂，不可避免会有渗透液污染地面，一般可事先做好防护，或者事后清洁，擦布和渗透液用完的空罐不能随意丢弃，要按公司环境体系要求处置。

7. 评价发布

评价完成后组织相应部门讲评，制定改进措施，对不合格焊缝进行深入的分析并改进。

结束语

无损检测在汽车制造领域已有了成熟的应用，超声波、涡流等无损检测在压力点焊的检测方面，有着无可替代的优势。通过渗透检测，并对检测人员进行目视检测培训及无损检测资质培训，即可判断大部分气体保护焊的缺陷，从而达到控制整车焊接质量的目的。 AI