

线与线焊接接头性能规范

SAE/USCAR-45
June 2018

Downloaded from SAE International by Jennifer Patton, Wednesday, August 22, 2018

ISBN: 978-0-7680-8378-1



SAE/USCAR-45

Issued

2018-06

线和线拼接焊接的性能规范

关于临时修订的通知:如果 EWCAP 评审小组确定不需要正式修订、编辑更新或澄清,可以作为“临时修订”。中期修订以“修订函件”的形式存档,并可在美国汽车协会网站 <http://ewcap.uscarteams.org/revisions.html> 查看

本期目录

| | | |
|-----|-------------------|----|
| 1. | 范围..... | 1 |
| 1.1 | 适用性..... | 2 |
| 1.2 | 焊接特性..... | 3 |
| 1.3 | 接头性能..... | 3 |
| 2. | 参考文献..... | 4 |
| 2.1 | 引用标准..... | 4 |
| 2.2 | 参考资料..... | 4 |
| 2.3 | 测试要求..... | 4 |
| 3. | 常规要求..... | 4 |
| 3.1 | 记录保存..... | 4 |
| 3.2 | 示例文档..... | 4 |
| 3.3 | 样本大小..... | 4 |
| 3.4 | 默认的测试误差..... | 4 |
| 3.5 | 设备..... | 5 |
| 3.6 | 定义和缩写..... | 5 |
| 3.7 | 分辨率..... | 5 |
| 3.8 | 测试重复性和校准..... | 5 |
| 4. | 测试程序及准则..... | 5 |
| 4.1 | 通用测试要求..... | 5 |
| 4.2 | 外观检验..... | 6 |
| 4.3 | 横截面分析..... | 9 |
| 4.4 | 焊缝抗拉强度..... | 10 |
| 4.5 | 焊缝剥离强度..... | 11 |
| 4.6 | 热冲击条件..... | 13 |
| 4.7 | 抗电阻性..... | 13 |
| 5. | 验证要求..... | 15 |
| 5.1 | 一致性的要求..... | 15 |
| 5.2 | 验证参考..... | 15 |
| | 附录 A -定义和缩写..... | 17 |
| | 附录 B -质量控制技术..... | 19 |
| | 附录 C -修订记录..... | 20 |

1. 范围

SAE/USCAR-45 定义了用于汽车应用的线对线接头超声焊接的测试方法和性能要求。可以根据图 1 测试面对面、对接拼接和中心带配置测试

The research data, analysis, conclusion, opinions and other contents of this document are solely the product of the authors. Neither the SAE International (SAE) nor the United States Council for Automotive Research (USCAR) certifies the compliance of any products with the requirements of nor makes any representations as to the accuracy of the contents of this document nor to its applicability for purpose. It is the sole responsibility of the user of this document to determine whether or not it is applicable for their purposes.

Copyright © 2018 USCAR

Printed in U.S.A.

All rights reserved.

QUESTIONS REGARDING THIS DOCUMENT: (248) 273-2470 FAX (248) 273-2494

TO PLACE A DOCUMENT ORDER: (724) 776-4970 FAX (724) 776-0790

在本规范中定义的试验对象样本，用于模拟车辆道路暴露的终生应力。本规范规定的应力包括热冲击、温湿度循环和来自不同方向的机械应力。

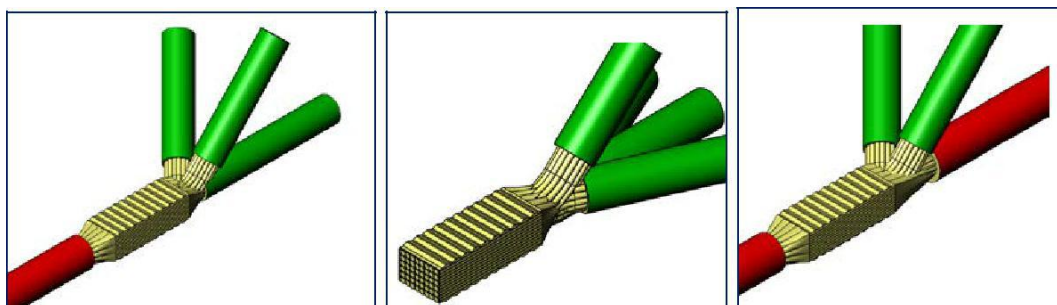


图 1 -适用拼接配置:面对面的拼接(左),对接接头(中心)和中心地带(右)

1.1 适用性

适用于本规范条件使用的车辆和产品如下:

- 1) 适用车辆环境:USCAR-45 适用于环境温度在 -40°C ~ 125°C 之间的道路车辆中，电线和端子是电气连接系统的一部分。适用于低电压(0 - 60Vdc)或高电压(600V)的应用。这是一个设计验证(DV)规范;不包括过程控制。(线束制造商通常将被赋予开发流程和执行流程控制的责任。)所述程序适用于线与线之间的拼接，但不考虑将拼接放置在线束内。例如，本规范中没有对线束中焊接接头之间的最小距离进行评估。
- 2) 适用焊接配置:众所周知，USCAR-45 适用于图 1 中描述的面对面和对接拼接。对于不满足上述设计限制的焊接配置，可以进行验证，但我们没有超出以下列出的设计范围的经验。在此范围之外，需要进行工程评估，以确定 USCAR-44 测试是否适用。
 - a) 拼接线总数 ≤ 12 根
 - b) 拼接对边线数差 ≤ 8 (例外:对接拼接和中心地带配置)
 - c) 最小焊丝尺寸与焊缝总横截面积之比最小为 1:10。(这意味着最小的电缆必须至少占焊缝总横截面积的 10%。)需要检测小电线).
- 3) 适用电线电缆:USCAR-45 适用于 ISO 19642-3 中 $0.13 - 50\text{mm}^2$ 之间的每单根电线。本规范是使用清洁、裸、无涂层、绞合的汽车铜线开发的。含有锡涂层、涂上润滑油或污染的导线会影响超声焊接接头的机械性能，因此可能不适用于 USCAR-45 验证。电线绝缘类型没有具体的限制。含有硅基水凝胶的导线不适用 USCAR-45 验证。
- 4) 适用制造工艺:所述的验证工艺适用于线性超声焊接，并有专门设计用于线性超声焊接设备加工的截面。如果用于 USCAR-45 检测样品的设备与本说明书不同，则 USCAR-45 可能需要修改，也可能不适用。如果所测试的焊缝与所列出的适用焊缝不同，或者所受的条件超出了典型的汽车使用范围，则需要工程评估，以确定 USCAR-45 的适用性。

1.2 焊接特性

表 1 列出了焊接定义的特性。图 2 说明了焊缝特征，这些特征也是关键的可测量尺寸(表 1 ID 字母 A~E)。焊缝特征是在 USCAR-45 测试之前开发的;USCAR-45 没有提供用于制造 WUT 的工具和焊接进度(工艺设置)的开发方法。焊接参数的制定应采用完善的工程实践，如应用类似零件的历史经验教训，使用设备制造商的建议，并对试验零件的结果进行分析。对已正确开发的焊缝进行测试，增加了提交测试样品通过的机会。

表 1 -焊缝主要特征

| ID | 描述 |
|----|----------------|
| A. | 焊点长度 |
| B. | 过盈量 |
| C. | 导线过渡(非绝缘非粘结长度) |
| D. | 焊缝宽度 |
| E. | |
| F. | 带钢长度及对中 |
| G. | 工具简介 |
| H. | 电缆焊接的施工及数量 |
| I. | 线芯材料(含线上电镀) |
| J. | 焊接设备规范 |

1.3 接头性能

下面列出的是剪接功能特征的关键属性。

1. 可接受的高机械抗拉强度(由电缆到电缆连接处的抗拉强度测量)。
2. 可接受的高机械剥离强度(由电缆到电缆连接处的剥离强度测量)。
3. 稳定的电气连接(通过电阻或电压降测量)。
4. 焊缝及其装配工艺的一致性和参数。

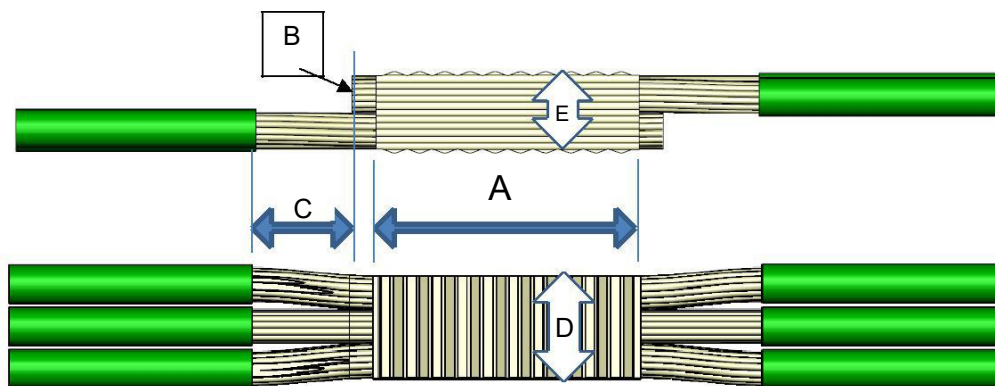


图 2 -表 1 的焊缝特征-侧面图(上图)和俯视图(下图)

2. 参考文件

2.1 引用标准

ISO 19642-3 主电缆(原 ISO 6722-1 绞线用铜芯线)

2.2 参考资料

AIAG 测量系统分析参考手册

2.3 测试要求文档

实验室测试请求/订单必须提供测试样品的位置和文档，确定要执行的测试类型，并描述不属于本规范一部分的任何特殊测试。本规范中对任何测试的任何修订或偏差都必须包含每个变更的详细说明。

3. 常规要求

3.1 记录保存

供方应保存一份中心文件，以保存实验室报告和校准记录。此类记录的存储必须符合 ISO 和 AIAG 的既定政策和实践。

3.2 示例文档

所有测试样品应按照既定的(即 ISO 或 AIAG)政策和实践进行标识。

3.3 样本大小

最小样本量见表 10。除非已测试了最小样本量，且被测试组的所有样品均已满足该测试的适用验收标准，否则不得将任何部件或设备表示为已满足本规范。不允许测试较大的组，然后从通过测试的组中选择最小样本量，并表示满足了此规范。

3.4 默认的测试误差

以面值的百分比表示的默认公差如表 2 所示。还列出了一些默认条件。当产品设计规范、测试请求/订单或本规范的其他地方没有给出特定的测试公差或条件时，应用默认条件，除非另有说明。

表 2 -默认测试公差

| 项目 | 公差 | 缺省条件 |
|-------|-------------------------|----------------------------|
| 相对湿度 | $\pm 3^{\circ}\text{C}$ | $23 \pm 5^{\circ}\text{C}$ |
| 温度 | $\pm 5\%$ | 周围环境 |
| 相对湿度 | $\pm 5\%$ | $14.0 \pm 0.1\text{V}$ |
| 电压 | $\pm 5\%$ | |
| 电流 | $\pm 5\%$ | |
| 电阻 | $\pm 5\%$ | |
| 长度 | $\pm 5\%$ | |
| 时间 | $\pm 5\%$ | |
| 力 | +150 mm/min. | 100 mm/min. |
| 力测试速度 | - 50 mm/min. | |

3.5 设备

表 3 突出显示了 USCAR-45 测试中使用的具有特定精度要求的专用设备或设备。每个测试部分的表格和列表都不是包罗万象的;还需要常规实验室设备和用品。使用范围较小的设备进行特定的测试是可以接受的,因为可以满足该测试所需的范围。指定的设备范围不排除使用范围较大的设备,但精度必须保持在指定的公差范围内。

表 3 -设备清单

| 说明 | 要求 |
|------------|---|
| 直流电源(稳压) | 0 ~ 20 v。目前的能力,根据表 9 所要求的电线大小的 WUT |
| 毫安表 | 20 mVmax。开路电压,最大 100ma。目前,0.01 mΩ分辨率和 1% 准确性. |
| 数字多用表(DMM) | 能够测量 0.001-50 伏直流电压,测量精度 0.5% |
| 毫伏计 | 能够测量 0-100 毫伏直流电压,精度 0.5 毫伏 |
| 插拔力测试机 | 能够达到测量精度的 1% |
| 热冲击 | 可在-40 至 125°C±3C 之间切换,5 分钟或更少的温度. |
| 视频/摄影设备 | 按要求制作清晰的图片,包括横断面显微照片 |

3.6 定义和缩写

定义部分中定义的术语大写(即室温、稳态等)。定义和缩写的列表在附录 A 中。

3.7 分辨率

除另有规定外,用于测试样品测量的米和表的分辨率应比规定值高一位。例如,即使指定为 0.1 mm 的线径实际上可能与指定为 0.10 mm 的线径相同,也可以使用分辨率为 0.01 mm 的卡钳测量第一根线,但是测量第二根线需要使用分辨率为 0.001 mm 的千分尺。

3.8 测试重复性和校准

所有用于测试的设备应根据个别测试设施的认证要求和适用标准进行校准和维护,并定期进行计量器具的研发。AIAG 出版的《测量系统分析参考手册》可作为指南。每一份测试报告都应包括用于测试的仪器和设备清单、上一次校准的日期以及下一次校准的截止日期。

4. 测试程序及准则

4.1 通用测试要求

本节中的测试过程是独立的测试,可以这样使用。然而,它们通常用作顺序测试。为了克服在样品制备或程序上的冗余,需要具备测试组构建的知识。例如,如果一个序列中已经为前面的测试准备好了样本,那么很明显,应该跳过那个单独测试的样本准备步骤(包括这个步骤,以便测试可以作为一个独立的测试使用)。一般测试要求如下:

1. 提交测试的部件应符合适用的工程图纸所规定的尺寸特性。
2. 任何工程开发、原型或生产部件都可以提交测试,前提是设计文件化。

3. 提交测试的样品必须通过描述、部件编号和适用的修订级别进行标识。焊接接头的高度、宽度和长度，以及用于焊接的所有工艺设置参数(包括可用的机器对焊接时间和能量的反馈结果)应予以记录并包括在测试报告中。
4. 样品数量必须满足设计验证的最低要求。除了基本的 USCAR-45 验证之外，还需要增加样本量来提供过程能力的预测。
5. 样品必须使用与被验证的过程相同的方法制作。USCAR-45 验证适用于测试的特定配置。电缆芯和绝缘不能清洗。用于制作样品的设备和工具必须具有生产意图。

4.2 目检

图 3 说明了理想的焊接连接，并列出了理想的焊接属性。此图仅供参考，不属于任何标准。

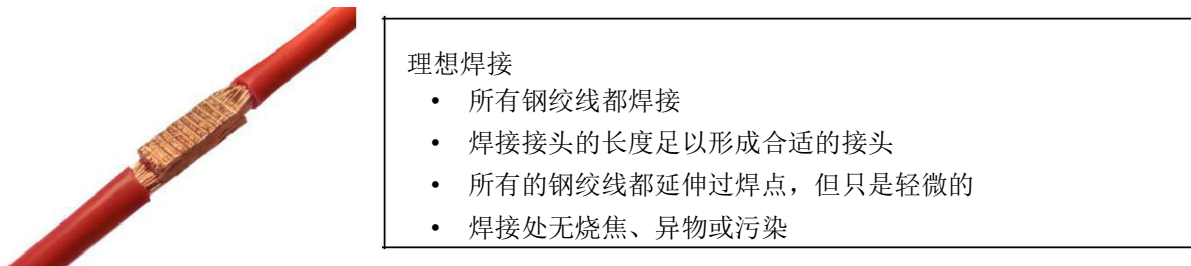


图 3 -理想的焊接结合外观

4.2.1 目的

本测试用于记录测试样品的物理外观，并使用描述、照片和/或视频协助评估环境调节对测试样品的影响。

4.2.2 设备

视觉检查，在大多数情况下，可在实验室使用现有的照明设备完成。此外，还需要：

1. 能拍摄一般照片的照相设备。
2. 视频设备，可选，用于添加文档。

4.2.3 程序

1. 根据 4.2.4 节表 4、表 5 和表 6 中的标准，检查每个试样的焊接结合区域。注意任何制造或材料缺陷，如不良的线与焊缝过渡，松散的钢绞线，切割钢绞线或长钢绞线。为一个有代表性的样品拍摄照片和/或录像，并作为未经测试的零件样品保存。用毫米刻度测量电刷的长度，不要放大。只有在必要时(由于毫米尺度测量的分辨率较低)，使用更精确的测量方法重复测量刷长。
2. 仅用于初始检验:从测试 A 组(表 10)对每个 WUT 的 2 个部件进行测量，以描述输入的 WUT。记录所有测量结果。对维度的引用见图 2 和表 1。注意，表 4 测量了维度 B。尺寸 D 和 E 在第 4.3 节的横断面分析中测量。

至少要记录以下内容：

- a) 焊合长度(暗. A)角和砧侧-测量峰到峰，如图 4 所示。
- b) 导线过渡长度(Dim. C) -从焊接组 A 测量每 WUT 2 个零件。

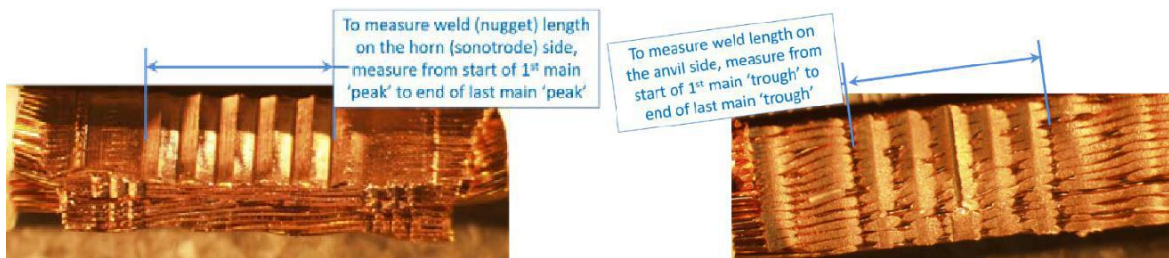


图 4 -尺寸 4.2.3.2 的测量方法。A(焊头)和 B(铁砧)

3. 仅供最终检验(在测试和/或调整步骤之后):重新检查每个测试样品,并详细记录任何可观察到的变化,如物理变形、裂纹等。将测试和/或条件样品与对照样品、视频和/或照片进行比较,并记录测试报告中的任何差异。

4.2.4 验收标准

所有样本均应符合表 4、表 5 和表 6 中描述的标准。具体地说:

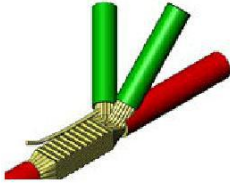
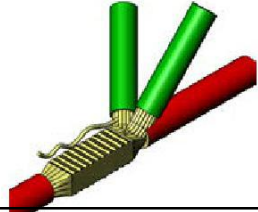
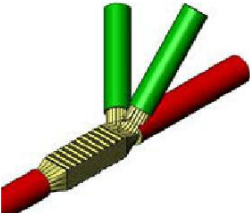
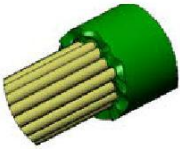
- 刷头(高限和低限)的测量符合表 4 中的标准。
- 没有示例显示表 5 中列出的不可接受的可视属性。
- 没有样品的断线超出表 6 所允许的范围。(请注意,丢失的链,即使可以接受,也表明工艺很差,不应该容忍正在进行的生产。所允许的级别是基于已经证明可以接受的性能)。

注意,所列的标准仅基于焊接结合的鲁棒性。USCAR-45 不考虑应用程序特定的故障模式,如与相邻部件的干扰。

表 4 -焊缝粘结尺寸标准

| 焊缝属性 | 要求 | 说明非符合焊接 |
|----------------------|---|---------|
| 刷头极限 (Protrusion) | 测量时,钢绞线的最大长度不得超过 1.5 毫米 使用毫米尺度和无放大。(参考: 图 2 的维数 B)。 | |
| 刷头下限 (Retraction) | 当使用 a 测量时,所有的线都应该是 0 或更大 毫米尺度,无放大。(参考:维 B 图 2 的). (负值表示缩回线(不是 完全在工具下面)。 | |

表 5 -焊缝粘结外观标准

| 焊缝属性 | 要求 | 说明非符合焊接 |
|----------|--|---|
| 未焊好的磨损线 | 不得有磨损、杂散或未焊接的钢绞线。 |  |
| 未焊好的漂浮线 | 不得有浮丝(中间焊接焊接只). |  |
| 断股或剪股 | 不可有一根断了线 焊接工艺(由断线决定) 从图 2)到 C 的交点 在“A”区域内观察到的链不会被判断。 |  |
| 绝缘材料在焊接 | 绝缘材料不应被夹住或夹紧 超声波焊接区域。 |  |
| 燃烧的外观或变色 | 不可有烧焦的黑斑像 变色、异物或污染 焊接表面或前后边界处的 超声波焊接或电线绝缘。 |  |
| 融化的损害 | 熔点在绝缘端部, 由热引起 焊接过程中产生的气体, 不应过量, 也不应过量 阻碍实际使用的拼接。可能不会融化 减少电线的弹性或产生过多的气味。 |  |

备注

1. 每个应用程序都是不同的, 并且可能具有附加到本节或替代本节的独特需求。任何额外要求由客户提供。
2. 所列的标准已确定为可接受的基础上焊接结合的鲁棒性和电气稳定性, 并不是一个过程控制的评估(这可能需要更严格的控制)。本规范不包括过程控制。
3. 本节不考虑应用特定的失效模式, 如焊缝与邻近部件的相互作用/干扰或密封套管。需要客户需求来处理特定于应用程序的项。
4. 焊缝与其他线束特征的相对位置不是焊缝验收的标准。USCAR-45 中没有评估线束中可接受的焊接位置。

表 6 -最大允许断链或断链

| 电缆股数 (1) | C 区断链或断链极限 (2) |
|-------------|------------------------------------|
| 1 至 7 股电缆 | 允许断链或断链 |
| 8 至 19 股电缆 | 1 允许断链或断链 |
| 20 至 37 股电缆 | 2 允许断链或断链 |
| 38 股及以上 | 总链数的 5%可以破碎或丢失(使用目视检查, 以评估最外层的焊缝)。 |

(1)断股计数指的是单独可见的光缆, 而不是光缆的总数量。

(2)准则适用于图 2“C”区域内;在“A”到“C”连接处不允许有断股。

横截面分析

4.3.1 目标

焊接区域的横截面分析提供了直接证据, 证明为确保功能所需的强而均匀的机械连接。将横截面与已知的良好横截面进行比较, 作为一种直接评价方法。它也可以作为诊断辅助, 以确定为什么焊接终止未能满足测试要求。

4.3.2 设备

1. 设备创建适用电缆尺寸的截面显微图。
2. 设备获得一个清晰的横断面显微照片(10 倍最小放大率)与个别的线束可见。设备的选择取决于实验室提供的使用它在最小的干扰电缆和搁浅。
3. 测量表 2 所列焊缝熔核属性的设备。

4.3.3 程序

1. 确认在进行横断面切割之前, 已拍下焊接接头的照片。
2. 使横断面切割尽可能接近焊接接头的中点(在山谷中, 如果适用)。使用不会损坏 WUT 的工具。
3. 测量毛刺的高度和宽度, 如图 5 所示。

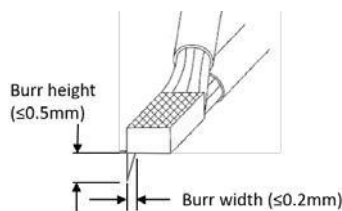


图 5 -截面毛刺测量

4. 在焊缝中心测量焊缝结合的宽度和高度(尺寸 D 和 E, 图 2)。
5. 计算焊前焊丝芯截面面积。要么测量单个钢绞线的面积并乘以该钢绞线类型的钢绞线数, 要么按照 ISO 19642-3 中的“重量法”计算钢绞线的核心面积。
6. 通过测量焊后铁丝芯截面并按要求计算, 计算出焊后铁丝芯截面的面积。请注意, 存在执行此功能的自动化软件, 并且通常使用这些软件。完全包围的气隙被计算为线芯面积的一部分。
7. 根据公式 1 计算压实比(最终与初始线材横截面积比)。

公式 1 -断面照片压实比

$$C(\%) = \frac{F}{A} * 100$$

Where:

$$C = \text{Compaction Ratio (\%)}$$

$$F = \text{Cross-sectional area of wire and trapped air after weld}$$

C

4.3.4 验收标准

1. 在 10 倍放大率下检查时，横截面上的所有钢绞线应与焊缝熔核充分接触。
2. 超声波焊接接头毛刺的高度和宽度应小于 0.5mm(高度)和 0.2mm(宽度)，如图 5 所示。

4.4 焊缝抗拉强度

4.4.1 目的

焊接接头的抗拉强度用于评估焊接在机械应力作用下的存活能力。

4.4.2 设备

力测试器与适当的负荷单元和固定特定的 WUT。

4.4.3 程序

1. 选择要拉的电线。首先选择最小的线。然后，在另一边(面对面拼接)，选择那一边最小的导线。对于中心拼接设计，确保两端没有测试相同的连续导线。确保“裸接”正在测试中(带有热收缩或其他增强的接法不是可接受的验证样件，除非测试请求者要求提供额外信息)。注意对接接头不需要拉伸测试，因为它们不受拉伸应力。
2. 如图 6 所示，在夹具中加载样本，捕捉可移动爪中的最小电缆和固定爪上的相对独立电缆。消除电缆上的松弛，防止由于“抖动”而导致不正确的测试结果。

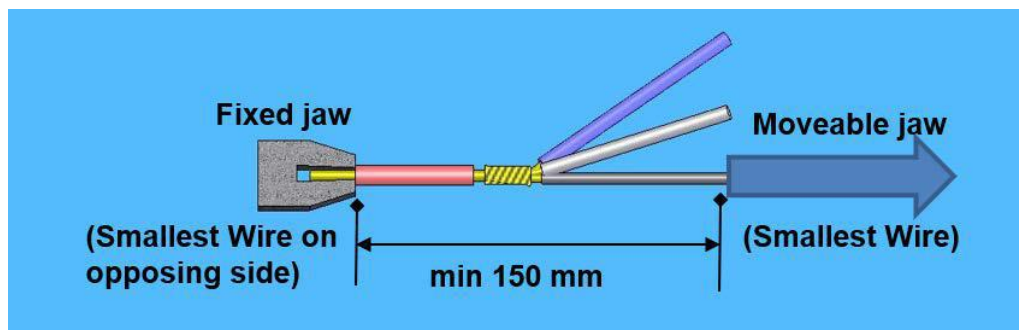


图 6 -拉力强度设置，显示最小导线的拉力

3. 以 50 至 250 毫米/分钟(通常为 100 毫米/分钟)的速度对焊丝方向施加一个力。测量和记录最大拉力，以分离电线。[对每个样本重复步骤 2 和步骤 3。]
4. 对于所有测试组:计算并记录测试组的平均值、最大值和最小值。
5. 仅对试验组 B，计算试验组所有样本的标准差，并计算较低的 3 西格玛值。

4.4.4 验收标准

B 组试样的抗拉强度较低的 3 西格玛值(第 5 步 4.4.3 计算)应满足或超过被测导线尺寸表 7 的“B 组”值。如果 WUT 失效，可以在接头上添加强度增强，如热收缩管。如果 WUT 在重新测试时符合标准，部件是可以接受的。

1. 对于 C 组，所有试样的抗拉强度应等于或超过表 7 中的“C 组”值。注:这是测量值，不是计算的较低的 3 西格玛值。如果测试失败，重新测试和满足这一要求与 WUT 与增加的钢筋，如热收缩是可以接受的。

表 7 -拉力(拉力)要求

| 线号 ⁽¹⁾ | Group B ⁽²⁾ X-3 σ (N) | Group C ⁽²⁾ (N) |
|-------------------|--|-------------------------------|
| 0.13 | 50 | 34 |
| 0.35 | 55 | 47 |
| 0.5 | 80 | 68 |
| 0.75 | 115 | 98 |
| 1.0 | 160 | 136 |
| 1.5 | 200 | 170 |
| 2.0 | 225 | 191 |
| 2.5 | 250 | 213 |
| 3.0 | 350 | 298 |
| 4.0 | 375 | 319 |
| 5.0 | 400 | 340 |
| 6.0 | 435 | 370 |
| 8.0 | 500 | 425 |
| 10 | 800 | 680 |
| 12 | 1000 | 850 |
| 14 | 1025 | 871 |
| 16 | 1050 | 893 |
| 18 | 1100 | 935 |
| 20 | 1200 | 1020 |
| 25 | 1350 | 1148 |
| 30 | 1500 | 1275 |
| 35 | 1700 | 1445 |
| 40 | 1850 | 1573 |
| 50 | 2200 | 1870 |

(1) 电线尺寸在 ISO 19642-3 中定义。对于非 iso 导线尺寸，插入以确定适用的值。

(2) B 组和 C 组参照表 10 测试组。

4.5 焊缝剥离强度

4.5.1 目的

焊接接头的剥离强度是用来评估焊接的能力，以生存的情况下，电线被强调，就像被剥离开来，典型的组装作业。

4.5.2 设备

配备适当夹具的测力仪。夹具的设计和安装取决于具体的 WUT。

4.5.3 程序

1. 在测试夹具中加载 WUT，使最小的导线在夹具的可移动夹爪中。将可用于测试的最大导线放置在固定颞部。结果必须与图 7 中所示的剥离操作匹配。WUT 的最大和最小的电线必须拉开 180°。
2. 施加一个力，测量并记录峰值剥离力来分离电线。

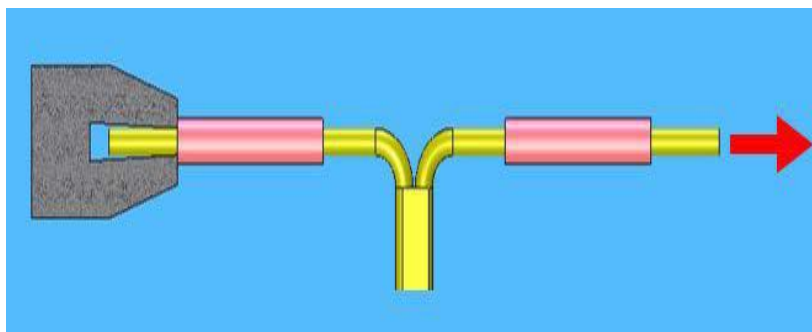


图 7 -剥离强度测试设置(显示对接接头)

4.5.4 验收标准

所有试样测得的剥离强度应等于或超过表 8 所列值。如果没有达到表 8 所要求的值，则允许使用添加的增强(如热)和重新测试来制作相同的 WUT。

表 8 -剥离力要求

| Wire Size ⁽¹⁾ | Peel Force (N) | Wire Size ⁽¹⁾ | Peel Force (N) |
|--------------------------|----------------|--------------------------|----------------|
| 0.13 | 10 | 8 | 100 |
| 0.35 | 11 | 10 | 160 |
| 0.50 | 16 | 12 | 200 |
| 0.75 | 23 | 14 | 205 |
| 1.0 | 32 | 16 | 210 |
| 1.5 | 40 | 18 | 220 |
| 2.0 | 45 | 20 | 240 |
| 2.5 | 50 | 25 | 270 |
| 3.0 | 70 | 30 | 300 |
| 4.0 | 75 | 35 | 340 |
| 5.0 | 80 | 40 | 370 |
| 6.0 | 87 | 50 | 440 |

注释:

(1) 电线尺寸参照 ISO 19642-3。对于非 iso 导线尺寸，使用下一个更大尺寸或内插的标准。

4.6 热冲击条件

4.6.1 目的

热冲击调节是一种模拟高温和低温交替环境的环境调节过程。在两种环境之间的快速转移测试了 WUT 承受剧烈温度变化的能力，这是典型的汽车使用。注:湿度暴露常与热冲击条件反射一起使用，对超声波焊接没有明显的环境应力，此处不适用。超声波焊接具有不受湿度影响的冶金结合。

4.6.2 设备:

热冲击室的循环能力如图 8 所示。

4.6.3 程序

1. 将气室控制设置为温度和停留时间，如图 8 所示。将循环数设置为 72。
2. 计算包括足够时间达到程序温度的循环时间;30 分钟的停留时间直到室达到所需的温度才开始。
3. 将样品组放入箱内。
4. 启动测试程序。记录实际操作温度、实际停留时间和任何测试异常情况，并包括在报告中。(注意:如果额定温度低于 125C，绝缘材料可能会变色或收缩。如果导线温度额定值小于 125C，则不需要考虑这个问题。)
5. 当 72 循环测试程序完成时，移除样品。

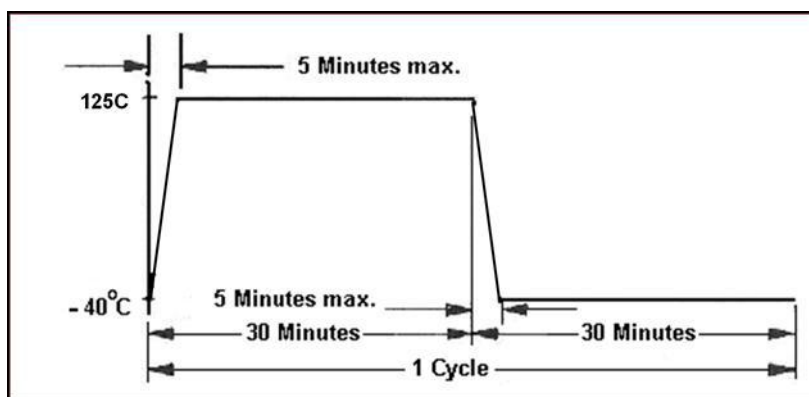


图 8 -热冲击室温度分布图

4.6.4 验收标准

应满足表 10 所示的后续试验的验收标准。

4.7 电阻(压降)测量

4.7.1 目的

本程序描述如何测量电缆/电线对熔核的电阻。提供了两种方法:

- 电缆芯线总截面积 $\leq 6\text{mm}^2$ ，采用干式回路法。
- 电缆芯总横截面积 $> 6\text{mm}^2$ 采用压降法。

4.7.2 样品处理

1. 剥去导线(使导体暴露), 这样就可以完成图 9 的配置。注意, 图 9 中 $150\text{mm}\pm 3\text{mm}$ 为端到端总距离。(指定 150mm , 但其他长度是可以接受的客户批准, 只要没有影响焊接结合。所有样本的应使用长度相同。如果有多根导线, 只剥掉最小导线尺寸的导线)
2. 将焊料涂在步骤 1 中剥离的焊丝上。(焊料有助于获得一致的测量读数。)
3. 对于标记为“扣除”样品的 3 个样品, 在焊缝熔核处施加焊料, 模拟焊缝中没有电阻的零件。清楚地将这些标记为“扣除”样品。

4.7.3 设备

并不是所有列出的设备都是必需的。使用表 9 确定 WUT 的设备类型和测试电压/电流。

1. 微欧姆表按表 3(如果 WUT 的导线尺寸要求干式电路方法见表 9)。
2. 直流电源, 见表 3。按要求的安培数(如果 WUT 的导线尺寸调用表 9 中的压降方法)。
3. 表 3 所示为数字电压表(如表 9 中 WUT 的导线尺寸要求采用压降法)。

4.7.4 程序

1. 将样品单独放置在测量表面。最小化样本的移动。对于干式电路测试, 使用微欧姆计测量电阻。对于表 9 所示的压降测试, 请使用电源和伏特计。
2. 将探头 A、B、C、D 按测试方法放置。确保 B 点和 C 点的放置重复性在 $\pm 3\text{mm}$ 内(测量精度取决于探头放置的一致性, 需要仔细放置探头)。对于对接接头, $150\pm 3\text{mm}$ 尺寸包括到熔核开始的距离, 然后回到相同长度的 150mm 。始终将探针应用于两侧最小的导线上。在中心拼接设计的情况下, 不要连接到两边相同的电线。应用电流或启动设备, 如适用。
3. 对于 3 个“扣除”样品中的每一个, 测量并记录图 9 中点 B 和点 C 之间的电阻。如果采用干式电路法, 则直接用微欧姆计测量电阻。如果使用电压降法, 测量电压和安培和计算电阻点之间使用方程 $1\text{ mV} / \text{B}$ 和 $\text{C} = 1\text{ m}\Omega$ 。计算 3 个扣除样品的平均值并记录。
4. 使用相同的测量方法, 测量并记录每个样品的电阻。
5. 通过从图 9 中 B 点和 C 点之间的电阻减去平均“扣除”电阻, 计算 WUT 的焊接电阻。记录结果。

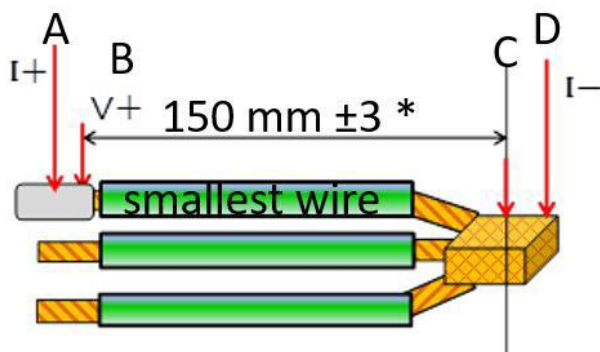


图 9 -干式电路和压降测量点

4.7.5 验收标准

所有样品的电阻值应在表 9 所示的适用导线尺寸的值以下。

表 9 -最大允许电压降或电阻

| Wire Size ⁽¹⁾ | Test Voltage (V) | Test Current (A) | Max. (mΩ) ⁽²⁾ | Max. Change from initial V Drop or R mV/A (mΩ) ⁽²⁾ |
|--------------------------|----------------------------|------------------|--------------------------|---|
| ≤6 | <20mV | <100mA | 0.55 | 0.33 |
| >6 and <12 | As required ⁽³⁾ | 50A | 0.15 | 0.09 |
| ≥12 and <20 | As required ⁽³⁾ | 75A | 0.11 | 0.07 |
| ≥20 and <30 | As required ⁽³⁾ | 100A | 0.08 | 0.05 |
| ≥30 and <40 | As required ⁽³⁾ | 100A | 0.06 | 0.04 |
| ≥40 and <50 | As required ⁽³⁾ | 100A | 0.05 | 0.03 |
| ≥50 and <60 | As required ⁽³⁾ | 100A | 0.04 | 0.02 |
| ≥60 and ≤120 | As required ⁽³⁾ | 100A | 0.03 | 0.02 |

注释

- (1) 所列电线尺寸均符合 ISO 19642-3。对于非 iso 线的尺寸，使用下一个更大尺寸的标准或插入表值。
- (2) mΩ 阅读是直接显示电线 ≤6 平方毫米计算除以 mV 阅读应用安培得到等价 mΩmV / 电线 > 6 平方毫米。
- (3) 电压未设置。电路电阻将决定电压。这也被称为“电压合规性”

5. 验证需求

5.1 一致性的决心

1. 如果满足表 10 测试序列 A、B、C、D、E 的要求，则所测试的工装、设置和导线所描述的焊缝符合 USCAR-45。注意，USCAR-45 只是一个“DV”(设计验证)。工艺验证是单独执行的。

5.2 参考验证

通过将焊接配置与已经通过 USCAR-45 的类似配置进行比较，就可以获得“参考”的验证。当结果可以安全预测时，为避免重复试验提供了参考方法。这对于引用拼接验证来说并不常见，除非允许单个测试验证不同温度级别的电缆，只要所有其他属性都相同。本节定义引用验证所需的公共属性。除非满足列出的条件，否则 USCAR 不建议使用引用验证。所有引用瓦尔

- 导线类型、尺寸和绞合
- 绝缘外径
- 绝缘材料(XLPE 或 PVC 绝缘电缆除外)
- 工具、设备和过程设置
- 成品焊缝的横截面积或纵横比
- 非对称导线的聚束方法(例外:超过 80 股的电缆可能会有不同，测试样本和参考样本之间的总股数可能会有 3% 的差异，这被认为是相同的，对参考验证有效。所有其他的绞线配置都被认为是不同的(例如，一条线的 7 股和 19 股结构不能被认为是相同的，同样尺寸的不同规格也不能被认为是相同的，如 SAE、ISO 和 JIS 的绞线类型。这些导线具有不同的导线芯横截面积，即使钢绞线数相同，也必须对 WUT 进行验证。

表 10 -验证所需的测试

| 测试的名字 | | 横断面 • 分析 | 债券的抗拉强度 | 债券的抗拉强度 (Incorrectly Made) | 债券的剥离强度 | 后的性能 • 环境老化 |
|--------------------|-------------------------------------|------------------|-------------------|-------------------------------|---------------------|---------------------|
| 测试组 | | A | B | C | D | E |
| 最小样本量为一组 | | 2 | 30 ⁽²⁾ | 5 ⁽³⁾ | 10 ^(2,6) | 13 ^(2,4) |
| 4.1 | 一般 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 4.2 | 目检 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2, 6 |
| 4.3 | 焊接端面 压实分析 | 3 ⁽¹⁾ | | | | |
| 4.4 | 焊缝抗拉强度 | | 3 ⁽⁵⁾ | | | 7 ⁽⁵⁾ |
| 4.4 ⁽³⁾ | 焊缝抗拉强度 (相同的测试“4.4”，但执行于 错了样品) | | | 3 | | |
| 4.5 | 焊缝剥离强度 | | 3 ⁽⁵⁾ | | 3 | |
| 4.6 | 热冲击条件 | | | | | 4 |
| 4.7 | 电阻法 | | | | | 3, 5 |

备注:

- (1)对两个样品进行焊接属性尺寸测量。测量后将一组样品分开进行照片和横断面分析，另一部分作为代表性样品保存。
- (2)如果由于电缆的抗拉强度较低(这种情况偶尔出现在带有退火铜绞线的小尺寸电缆上)，拉伸或剥离测试的配置有失败的风险，建议将样品量增加一倍。如果测试失败，额外的试样可以在焊接区域添加钢筋(例如通过添加双壁热收缩)，然后按照 4.4 节重新测试。
- (3)本试验需要在焊接夹具中故意使用最坏情况下的焊丝定位试样。使用的样品与最大的电线故意位于砧侧超声工具。所有过程工具和设置为典型的样品是一样的。明确确定样本为“c组最坏情况下的导线方向”
- (4)准备 13 个样本。十个样品用于测量，三个样品用于电阻“扣除”基准。通过焊接熔核构造三个参考样品，消除焊接电阻。
- (5)根据应用程序选择步骤 3 的适用测试:默认测试为“焊缝粘结抗拉强度”。如果由于 WUT 是“对接接头”结构，无法对最小的导线进行“焊缝抗拉强度”测试，则将测试 4.4 替换为测试 4.5(焊缝剥离强度)。
- (6)跳过“对接拼接”类型样本的测试路径 D。它们不受拉应力的影响。

附录 A-定义和缩写

电缆:

一种由几股电线(导体)及其按特定结构制造的绝缘层组成的组件。看到线

导体

电缆的一部分，具有特殊的输送电流的功能。

导线芯横截面积:

计算值为:股数乘以单线截面积。

长期过程能力指数

过程能力的度量。估计流程能够产生什么，考虑到流程的平均值可能没有集中在规范限制之间。Cpk 假设为正态分布，且过程处于控制之中。Cpk 值为 1.67，从统计学上可以预测工艺收率为 99.9999%。Cpk 值由下式计算:

$$Cpk = ([\text{样本均值}] - [\text{表 6 规范限值}]) / [3 * \text{样本标准差}]$$

设计 (DV):

为证明设计意图得到满足而进行的测试。制造部门必须了解焊接设计参数并在生产中进行维护。

绝缘:

将导体与外部环境电隔离的电缆的那一部分。

线性焊缝:

一种超声焊接工艺设备，其运动沿单轴往复。

低功耗

开路电压不超过 5 伏的应用。选择这个定义是为了根据电子电路的应用方便地选择可接受的测试类型。

规格下限:

用于计算 CPK 过程能力的输入值。

显微图:

高倍率摄影具有足够的分辨率，可以清楚地看到所有的线束在横截面评估过程。

点焊熔核:

在焊接过程中熔合在一起的导线的区域。

功率:

开路电压大于 5 伏的应用。通常，这些是照明、电阻、电机或继电器电路。电流等级从毫安到全电缆额定值不等。

新工艺周期验证 (PV):

在最终的生产设备中，对生产部件进行过程中测试。此测试用于演示流程能力和与规范的一致性。

PVC

聚氯乙烯。

样品组:

一组完全相同的标本。

样品:

测试组中的单个部分

线:

导线导体中单独的导线之一。

USCAR, LLC:

美国汽车研究委员会的缩写，由福特、通用汽车和 FCA 美国有限责任公司的代表组成，旨在促进在非竞争性领域的联合研究，以加强美国汽车工业(www.uscar.org)。

线材:

与电缆同义，也可用于描述单独的绞线。

WUT

焊接试验-与“试样”同义。

聚乙烯

聚乙烯

附录 B - 质量控制技术

这是参考资料。本附录列出了常用的和成功的过程控制方法。过程控制不是 **USCAR-45** 的要求，信息只能作为参考。

USCAR 规范描述了验证部件的测试，并没有提供任何特定的质量控制方法。开发过程控制的重要任务必须在供应商和客户之间基于所涉及的特定质量期望开发。本节作为开发过程控制的讨论起点。表 11 列出了焊接中常用的质量控制技术。它包含一个控制策略列表，其中简短地描述了输入和输出变量。

表 11 - 线对线焊接用质量控制技术

| # | 方法 | 说明 |
|---|-----------------------|--|
| 1 | Weld Time 焊接时间 | 焊接时间是为获得所需能量而根据需要变化的响应。在控制过程中，焊接时间应该是稳定的。一个焊接时间的异常变化表明在这个过程中发生了一些变化。建议建立一个过程控制来停止生产当焊接时间与平均值相差一定数量时标准偏差。 |
| 2 | Initial / Final 高度 | 初始和最终焊缝高度，测量传感器在焊机，应是相对恒定的。任何不一致的地方都表明发生了变化这个过程。建议使用。开发过程控制初始高度和/或最终高度，以确保来料和焊接工艺与验证中使用的零件没有变化。 |
| 3 | 可见 外观 | 这是 USCAR-45 的要求，但检查的方法和频率在本规范中不受控制。使用一致同意的方法进行的检查并推荐时间表。 |
| 4 | 工具磨损 | 不寻常的刀具磨损表明在加工过程中发生了变化材料焊接。建议将刀具磨损作为质量的一部分控制计划。 |
| 5 | 拉 (tensile) 强度 | 拉力是与现场性能最相关的指标。建议测量拉拔力使焊缝断裂是一个过程控制。请注意，拉力是一种破坏性的测试，它是无效的。 |

