

导线端子电气压接的性能说明

SAE/USCAR-21 第四版

2020 年 1 月



SAE/USCAR-21 REVISION 4	Issued	2002-05
	Revised	2020-01
PERFORMANCE SPECIFICATION FOR CABLE-TO-TERMINAL ELECTRICAL CRIMPS		

关于临时修订的通知：轻微更新可作为“临时修订”。临时修订可在此网站获取：
<https://ewcap.uscarteams.org/revisions.html>.

目录表

1. 范围	3
1.1 压接参数.....	3
2. 文档	4
2.1 文档结构	4
2.2 测试申请表/订单.....	4
2.2.1 样品, 测试类型, 特殊测试.....	4
2.3 材料与过程标准.....	4
2.4 参考文件.....	4
3. 基本要求.....	4
3.1 纪录保存.....	4
3.2 样品文本	4
3.3 样品数量.....	5
3.4 默认测试公差.....	5
3.5 测试默认条件.....	5
3.6 设备.....	5
3.7 定义与术语	6
3.8 测量分辨率.....	6
3.9 测试重复性与校验	6
3.10 一致性判定	6
4. 测试与验收标准.....	7
4.1 一般测试要求.....	7
4.1.1 尺寸特性	7
4.1.2 材料特性.....	7
4.2 目视检查.....	7
4.2.1 目的	7
4.2.2 样品	7
4.2.3 设备	7
4.2.4 步骤.....	8
4.2.5 接受标准	8

4.3 截面分析.....	11
4.3.1 目的	11
4.3.2 样品大小	11
4.3.3 设备	11
4.3.4 步骤	11
4.3.5 接受标准	12
4.4 导体压接拉拔力测试	14
4.4.1 目的	14
4.4.2 设备.....	14
4.4.3 样品	15
4.4.4 步骤	15
4.4.5 接受标准.....	16
4.5 电性能测试	17
4.5.1 电流循环测试(ECC)	17
4.5.2 加速环境暴露测试 (ENV)	20
4.5.3 静态接触干电路端子电阻的测量方法.....	24
4.5.4 加速温度/湿度循环调节-24小时循环测试步骤.....	25
4.5.5 热冲击调节步骤.....	26
4.5.6 电压降测量步骤.....	27
4.6 使用的电线密封塞保持力.....	29
4.6.1 目的	29
4.6.2 设备	29
4.6.3 样品	30
4.6.4 步骤	30
4.6.5 接受标准	30
5. 压接端子的验证要求.....	31
5.1 验证测试要求	31
5.2 客户批准.....	32
5.3 参考验证	32
5.3.1 目的	32
5.3.2 允许使用“等同于”验证.....	32
5.3.3 类似电线芯线参考验证, 不包含绝缘层.....	32
5.3.4 (删除)	32
附录 A 端子压接翼设计推荐.....	33
附录 B 定义	35
附录 C 使用的缩写.....	37
附录 D 电阻公式参考资料.....	38
附录 E 压接过程开发与几何尺寸.....	39
附录 修订.....	43

1. 范围

本标准定义了无焊锡压接连接的验证测试方法和要求。本测试的目的是在实验室条件下模仿在通常的生命周期（15 年和 150000 英里）的条件下能确保压接连接可保持足够的机械强度和电性能稳定。本标准应用于绞合汽车铜导线。仅在标准中有注明的其它结构或其它材料（铝，电镀，钢芯，等）可适用本标准。本标准不适用于未提及的电线类型，比如同轴线缆压接。除非 USCAR-21 测试在该电线类型的测试规范中特别引用。

本标准基于汽车应用可接受的环境暴露水平。在任何有一些特殊应用车辆，如果产品属于本标准范围，但需要承受的环境又超出本标准提出的要求，它们必须通过模拟遇到的实际条件的特殊测试，然后才能被认为用于实际车辆应用中。经其供应商证明已通过本规范的特定适用部分的产品，不得用于可能超过产品可靠测试的条件的应用中。任何偏差认可均必须被收录和记录在最终的测试结果报告中。

本标准验证的压接应用是为了替代零件图纸上的压接信息。

端子供应商需为选择和测试压接工具并且提供具体的压接信息负主要责任，或为确保压接工具在线束加工供应商的实际生产加工过程中有效负主要责任。线束供应商需为验证所有压接产品符合本标准负责。

本标准包含的环境测试包括热冲击、温湿循环，用于考验所有端子导线连接产品在模拟野外环境下的性能。SAE/USCAR-21 测试表明可以检测出以下缺陷：压接刀片几何外形缺陷、镀层质量缺陷、芯线分布不均匀缺陷、导线芯线断裂缺陷。SAE/USCAR-21 作为连接器系统验证（如：SAE/USCAR-2）的补充必须被保证，以确保整个连接器产品的允许的压接高度范围内所有连接均性能合格。当然也包括连接器系统测试有而 SAE/USCAR-21 所不包括的测试，如：长时高温环境测试也是如此。

本标准包含的过程方法是为了覆盖普通性能测试和在（0-48V 直流）低压环境最高环境温度 125°C 道路车辆环境的端子压接电性能测试。超出本标准的电压和温度如使用本标准的过程方法需得到 OEM 客户认可。

1.1 压接参数

1.1.1 压接连接的性能好坏表现在以下方面：

- 压接性能的目视判别符合性，包括截面；
- 机械性能，如端子导线的拉脱力；
- 电性能，如端子导线的电阻或电压降。

1.1.2 压接的尺寸好坏表现在以下方面：

- 导体压接高度(CCH)
- 绝缘层末端
- 导体压接宽度 (CCW)
- 喇叭口
- 绝缘层压接高度 (ICH)
- 导体压接底部毛刺的尺寸
- 绝缘层压接宽度 (ICW)
- 台阶（导体压接翼与绝缘层压接翼之间的落差）
- 切断尾料
- 端子图纸上的信息
- 导体末端（电线辫刷的长度与高度）

2. 文档

2.1 文档结构

本标准要求为保证符合性，标准的 USCAR-21 测试报告在需要的时候，应该被用来与 OEM 沟通。在压接 USCAR-21 测试样品和其他标准所要求的测试样品的时候，端子/导线压接样品所使用的制程和模具需与生产过程保持一致。

允许使用独立开发的符合 USCAR-21 的，但和端子供应商图纸所列标准所不同的制程和模具。为保证一致性，注意使用符合 USCAR-21 的验证结果的压接设置替代那些不符合 USCAR-21 的压接设置文件。

(译注：此处“不符合 USCAR-21 的压接设置文件”，译者认为是指那些早期的沿用致今的但不满足规范的文件和客户批准的文件。)

2.2 测试申请表/订单

2.2.1 样品，测试类型和特殊测试

实验室测试申请表/订单应该提供测试样品的记录和存放地址，区分测试类型要求（电性能，普通，特殊要求等）和非本标准的特殊测试要求描述等。任何对本标准测试方法的修改或结果偏差，在每次更改时，必须有详细的说明。

2.3 材料和过程标准

供应商需遵守本标准和一些相关图纸参考文件的要求确保的材料和制程。除非特别申明或法律规定，供应商需使用最新版本的适用图纸、参考文件和标准。

2.4 参考文件

- SAE/USCAR-2: 汽车电器连接器系统性能标准 Performance Specification for Automotive Electrical Connector Systems
- AIAG: 测量系统分析参考手册 Measurement Systems Analysis Reference Manual
- SAE J1128: 低强度普通导线 Low Tension Primary Cable
- SAE J1127: 电池线缆 Battery Cable
- ISO 19642-道路车辆-汽车线缆-尺寸与要求
- 标准 USCAR-21 测试报告（可在 www.uscar.org 获取）

3. 基本要求

3.1 记录保存

供应商应该保存重要的试验报告和校准记录。记录保存情况必须符合（如：ISO 或 AIAG）体系要求。

3.2 为样品提供的文件

所有的样品必须按照（如：ISO 或 AIAG）体系要求进行标识。

3.3 样本数量

该规范中的每一个试验都规定了最小样本数量。若只是部分样品符合或没有达到要求的数量就不能证明该样品符合规范,除非数量符合最小样本数量要求并且所选的样品都符合接收标准才证明该样品符合规范要求。决不允许选择较多的样本数量,然后从中选择符合要求的样品。若是这样,即使满足规定的最小样本数量要求,也不能证明该样品符合本试验规范。允许通过增加压接高度组的办法来确保至少 3 组连续压接高度(中值,“+1”,和“-1”倍压接高度公差)内符合要求。

3.4 默认测试公差

除非特别申明,默认测试公差由中值的百分比表示:

- | | |
|-------------------------------|-------------------|
| a. 温度 $\pm 3^{\circ}\text{C}$ | e. 长度 $\pm 5\%$ |
| b. 电压 5% | f. 时间 $\pm 5\%$ |
| c. 电流 $\pm 5\%$ | g. 力 $\pm 5\%$ |
| d. 电阻 $\pm 5\%$ | h. 相对湿度 $\pm 5\%$ |

3.5 默认测试条件

如果在产品设计规范、试验申请表/订单或本标准的其它地方没有提到试验条件,则按照如下的基本条件做试验:

- a. 室温 $23 \pm 5^{\circ}\text{C}$
- b. 相对湿度 环境湿度(不控制)
- c. 电压(直流) $14.0 \pm 0.1\text{V}$

3.6 设备

表 3.6 重点标示出专用设备或用于 USCAR-21 测试有特定精度要求的设备。表 3.6 和在每个测试部分列出的清单没有包含全部设备,一些项目仍需使用传统的实验设备和供应商。在满足测试要求的前提下,对于特定测试设备量程要求满足时选用较小的量程是可以接受的。指定的设备量程可使用的设备量程更大的设备,但精度必须保证指定公差的要求。

表 3.6 – 设备清单

描述	要求
直流电源（稳压）	⇒0~20V电压，电流大小根据实际需求
微欧姆表	⇒0-20 mV 最大开路电压 ⇒100 mA 最大测试电流 ⇒0.01mΩ分辨率
数字万用表 (DMM)	测量量程0.001 -50V直流 测量精度0.5%
毫伏表	测量量程0 - 100 mV直流 精度0.5 mV
热电偶	所要求的“J”或“T”型(小尺寸~0.08mm)
拉力机	能够达到1%的测量精度
高低温循环箱	⇒温度范围-40 °C 到125 °C，相对湿度0%-98%
热冲击箱	⇒温度范围-40 ± 3 °C 到125 °C（在5分钟内切换）
增压空气箱	⇒温度范围+85 ±3 °C
温度箱	⇒温度范围-40 ± 3 °C
温度/湿度箱	⇒在+65 ± 3 °C温度环境下保持95 - 98%的相对湿度

3.7 定义和术语

技术术语定义被列在附录 B 中。缩写和首字母缩写被列在附录 C 中。

3.8 测量仪器的分辨率

除非特别说明，用于测量测试样品仪表与量规比所标参数数值要好，小数点要比所标参数数值精确一位。例如：导线直径是 0.1mm 与 0.10mm 可能实际数值是相等的，可使用具有 0.01mm 精度的卡尺测量第一根导线，但测量第二根导线需要具有 0.001mm 精度的千分尺。

3.9 测试可重复性和校验

用于测试样品评估的所有设备应按照独立测试设备认证要求和适用标准进行周期性的校准和维护。AIAG 出版物“测量系统分析参考手册”可以作为指导方针。用于 USCAR 测试的仪器和设备清单，最后一次校准的日期，以及下一次校准何时到期，应包括在每个 USCAR 测试报告中。

3.10 测试结果判定

表5.1列出了满足USCAR-21的要求。测试的结果应由正在运行的测试的验收标准确定。所有样品必须满足要求，无论样品年龄、测试周期或测试温度如何，除非指定了测试失败。具有交替压接高度的额外样本组可以进行测试，以帮助决定给定端子/线组合的标称和最小/最大压接高度。三个连续压接高度组（标称、高公差极限和低公差极限）必须满足要求，但在此范围外测试的组则不需要通过。

4. 测试和验收要求

4.1 一般测试要求

本节中的测试程序是作为独立测试编写的，可以作为独立测试使用。然而，它们通常以序列测试格式使用，需要常识来克服样品准备或程序中的任何冗余。

例如，如果样品已经按顺序为前面的测试准备了样品，那么显然应该跳过该独立测试的样品准备步骤(包括这样测试就可以用作独立测试)。(注释：大于 6mm^2 电线上压接的端子的电阻测量方法，已从 4.5.3 干电路电阻改为 4.5.6 电压降法，从而获得更好的测量精度。)

4.1.1 尺寸特性

零件结构应符合适用零件图的最新修订中规定的尺寸、形状和细节属性)。

4.1.2 材料特性

每个测试样品中使用的所有材料应符合适用零件图最新修订的材料规格。

1. 任何工程开发、原型或生产部件都可以提交用于测试。
2. 用于测试的样品应通过描述、零件编号和版本进行识别。
3. 对于验证测试，当测试开始时，所有部件都应处于“为车辆装配供应的”状态。同样的条件必须适用于测试样本。
4. 为任何测试提交的样品应按照附录 E 准备。

4.2 目视检查

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、照片与/或视频协助评估环境条件对测试样品的影响。在大多数情况下，测试可以由一个人在冷白色荧光照明下完成。

4.2.2 样品

1. 样品必须符合规定的条件与任何要执行的附加测试的要求。
2. 为了较好处地进行比较，特别是当样品仅有一些微细的外观变化的时候，建议提交一个额外的样品作为封样件保存。

4.2.3 设备

1. 能够产生清晰图像的视频和照相设备。

4.2.4 步骤

1. 在测试和/或处理之前，应目视检查每个测试样本，详细注意任何制造或材料缺陷，如裂纹、弯曲、变形等。对需要测试的具有代表性的样本进行照片和/或视频记录，并保存一个适当标记的对照样本。
2. 在测试和/或处理之后，重新检查每个测试样本，并详细注意任何可观察到的变化，如物理变形、裂纹等。将测试和/或环境处理样本与对照样本进行视频和/或照片比较，记录测试报告中的任何差异。需要一个额外的样本作为对照样本。
3. 如果端子供应商的外观要求比下面规定的更严格，则应使用端子供应商规格。
4. 在所有测试完成并获得所有数据后，将测试样本返回给申请者。

4.2.5 接受标准

1. 总体外观

确认压接操作不影响端子的接触、锁止、连接器配合或插入功能。这些特性作为 USCAR-2 测试的一部分进行验证。适用属性见图 4.2.5-1A 和 4.2.5-1B。

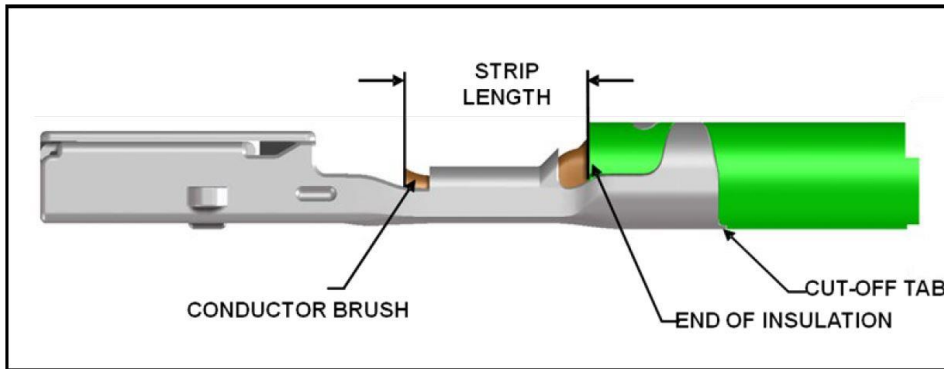


图 4.2.5-1A-压接部位 (侧视图)

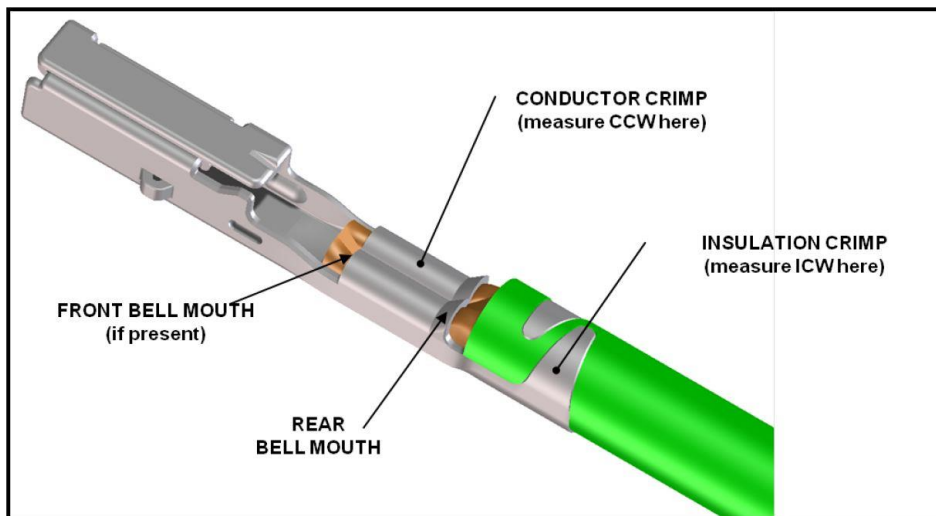


图 4.2.5-1B-压接部位 (等距视图)

2. 导体末端

导体的末端必须延伸到导体压接的前部边缘以外。端子的插入和锁定功能不得受导体突出端的影响。密封垫不得被芯线损坏，并可能需要控制芯翼前面的线芯。详情请参考 4.2.5-6(本节-导体压接)。

3. 绝缘层末端

绝缘的末端必须在导体压接翼和绝缘压接翼之间的窗口中可见，使导体可见，并应尽可能在窗口中部。在任何情况下，绝缘层都不能被压接在导体压接翼。

4. 切断尾料（突脐）

- 切断尾料长度不得超过 0.5mm 或 1/2 端子材料厚度，除非零件图纸中另有说明，否则执行二者中较大的那个。
- 除非零件图纸上另有规定，端子材料厚度 ≤ 0.8 mm 时，切断尾料的毛刺不得超过 0.3mm；端子材料厚度 > 0.8 mm 时，切断尾料的毛刺不得超过 0.6mm。参考图 4.2.5c。
- 切断尾料与毛刺不得影响端子插入连接器的功能。

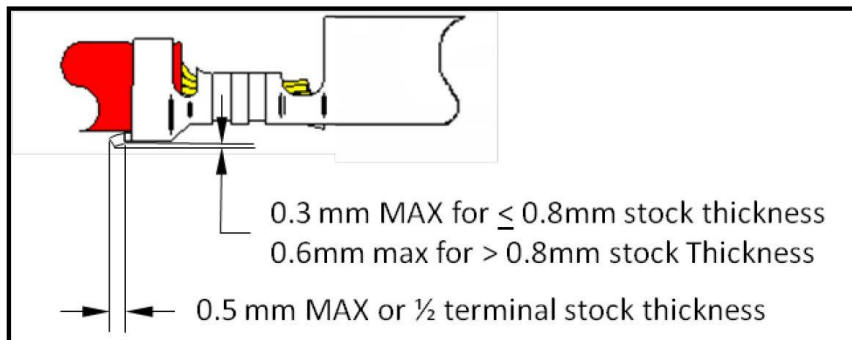


图 4.2.5C-1B-切断尾料毛刺标准)

5. 喇叭口

导体压接应在与绝缘层压接最近的压接一侧产生一个喇叭口。前喇叭口是部需要的，但是导体压接可能在导体压接的前缘有一个喇叭口，离端子本体最近。图 4.2.5D 和 4.2.5E 说明了最大允许喇叭口和最小允许喇叭口。USCAR 不控制这些尺寸。适用值可由端子制造商或客户提供。



图 4.2.5.D 与 4.2.5.D-喇叭口 (最大/最小)

6. 导体压接

所有的股丝必须被封闭在压接翼内；在压接之前，不允许有股丝没有被压接或断裂。对于 $\leq 3\text{mm}^2$ 的电线，电线辫刷长度(图 4.2.5F 中的 l)不得超过 0.5mm (超出芯线压接翼)，除非特定连接器设计的连接器制造商，或环端设计的端子制造商对其进行验证并可接受。电线辫刷不得干扰任何下游装配过程(比如热收缩、TPA 等)。

7. 使用密封垫的导体压接

如果压接用于带有密封垫的连接器，验证应符合连接器供应商的 USCAR-2 相关方向的电线毛刷长度和高度。如果没有连接器供应商的建议，电线辫刷的长度不得超过 0.5mm（超过芯线压接翼），并且在所有允许的 CCH 上，股丝应与芯线压接水平或低于芯线压接（图 4.2.5F 中的“t”必须 ≤ 0 ）。前喇叭口（在压接的辫刷侧）不得用于通过密封垫加载的端子上。（在插入时，喇叭口的顶部会很锋利，可能会损坏密封垫。）

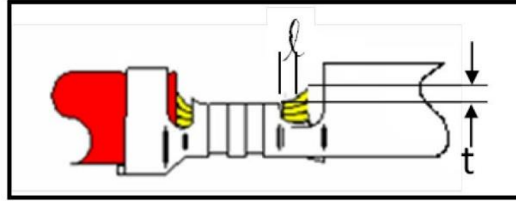


图 4.2.5F-导线辫刷：伸出芯线压接翼高度与长度

8. 绝缘层压接

绝缘层压接的目的是在压接的导体上增加应力的缓解。这将压接的和未压接的钢丝股丝之间的应力移动到线芯的未压接的部分。测试实验室必须确定可接受的 ICH 范围和压接工装要求，以满足这些要求，并在生产中遵循。标准是：

- 绝缘压接必须在至少 3 个位置接触绝缘线缆的表面。
- 绝缘压接不得干扰任何后续操作。
- 绝缘压接不得将绝缘层挤入电线股丝内(CUS)。
- 绝缘压接不得干扰端子插入其塑料连接器孔位内。
- 绝缘压接不得裂开或损坏电缆。使用图 4.3.5-3A、B 和 C 作为标准。
- 绝缘压接（如果有喇叭口）上的喇叭口不得超过绝缘压接公差。

9. 压接前的电线导体外观

- 剥皮的股丝不得被切割、缺失、过度切割（显著的股丝减少）或拉伸。
- 绝缘层不得刺入或嵌入芯线内。
- 如图 4.2.5G 所述的长度应符合适用的要求（不受 USCAR-21 控制）

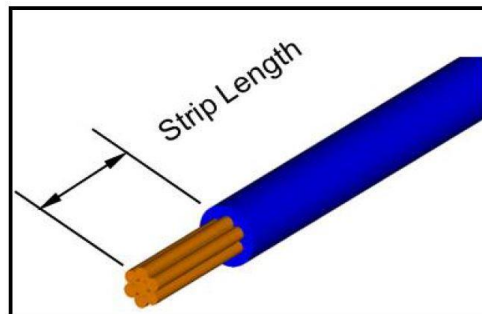


图 4.2.5G 剥皮电线长度

10. 独立电线密封塞压接

- 如有规定的话，密封塞须符合端子制造商的产品规格的纵向密封位置。（除达到适当的位置外，参考 4.6 处的**密封塞保持力测试必须通过**，以确保其安全。）
- 密封塞唇边必须没有损坏。参见图 4.2.5H 见唇边的位置。
- 密封塞颈部的末端必须在绝缘和导体压接之间的区域内可见。预计一些在颈部末端没有轮毂的电线密封塞设计将无法通过 4.6 节的保持力要求。在这些情况下，需要对密封塞重新设计。
- 电线绝缘必须在密封塞下可见。请见图 4.2.5H 作为正确位置的示例。

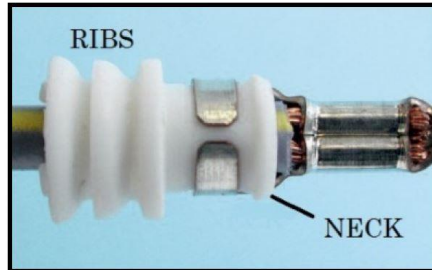


图 4.2.5.H-独立电线密封塞细节

4.3 截面分析

4.3.1 目的

截面分析被用来帮助确定为什么压接通过或不通过这个测试的部分。未能通过电气测试可能是由于不均匀的股丝分散，压接翼未能充分闭包，空洞，压接翼触底等。

4.3.2 样本大小

每个压接高度至少应评估一个试样。应获得并记录最小、最大和标称生产压接高度的数据。

4.3.3 设备

横截面样品检测有很多专门的设备。设备的选择由供应商决定，但应能够在对端子和电线股丝的干扰最小的情况下对压接进行**切片**分段。

4.3.4 步骤

- 为每个样品做截面并拍照片以供分析。
- 对所有芯线压接应用的每个压接高度（中值、最小和最大公差）进行截面分析。
- 截面应该位于图 4.3.4-3 所示区域内，尽量靠近中部。芯线截面必须在芯线压接内的沟槽之间（俗称加强筋，端子为了提高拉力而在压接区特意增加的刻划出来或压印出来的沟槽）芯线和绝缘层都需要截面。

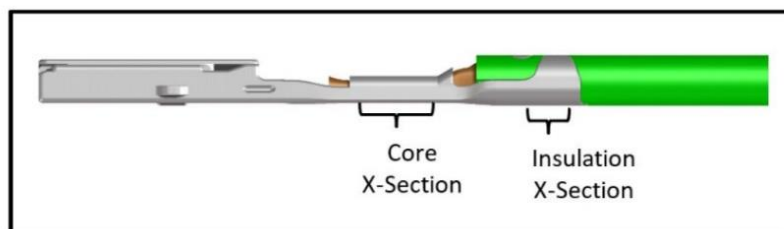
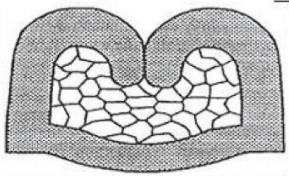


图 4.3.4-3 压接截面切割位置

4.3.5 接受标准

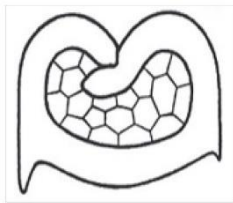
1. 导体压接的截面视图必须符合图 4.3.5-1。请注意，如果有 OEM 客户的批准，如果显示所有其他要求都得到满足，则不可接受的属性可能被认为是该客户可以接受的。每个客户需要分别批准差异，因为一个客户不能批准不同客户的差异。预计 OEM 只批准与技术理解的原因和状况的严重性。客户审批流程见 5.2

理想的导体压接特性



- 对称的
- 芯线完全变形（没有圆形的股丝）
- 压接翼只接触导体
- 端子底部无裂纹/断裂
- 在压接顶部芯线压接翼“闭包”（无间隙）

不够理想但可接受的导体压接特性

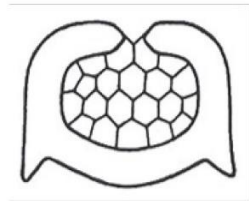


压接翼重叠

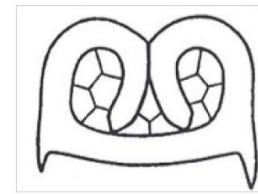


压接翼过长呈“羊角状”

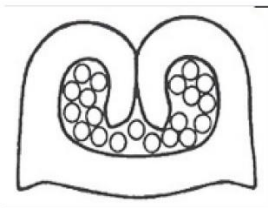
不可接受的导体压接特性



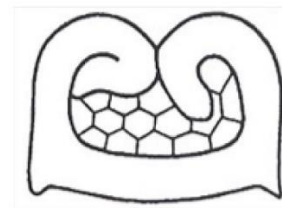
开着的压接翼使芯线暴露，或者压接翼在芯线内向下弯折，但是不触及（未闭包）



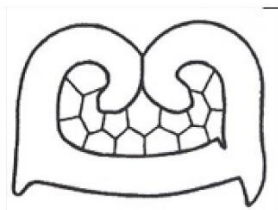
一侧或者两侧压接翼触及（撞击）端子底部与端子壁



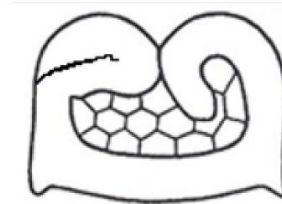
低/无股丝压接。芯线压接的圆形股丝式是不可接受的



一侧或两侧压接翼为抓住股丝



端子底部有裂纹/被破坏



一侧或两侧压接翼向外折叠

图 4.3.5-1 导线压接截面标准

2. 对于材料厚度 $\leq 0.8\text{mm}$ 端子，压接底部的毛刺宽度不得超过 0.1mm，对于材料厚度 $>0.8\text{mm}$ 端子，毛刺宽度不得超过 15%端子材料厚度。**(为了精确测量压接高度，建议毛刺高度不超过压接底部最低点。)** 毛刺不得损害后续操作。当使用密封垫的时候要尤其注意毛刺对密封垫的损害。密封性能按照 USCAR-2 连接器设计的各要求验证。

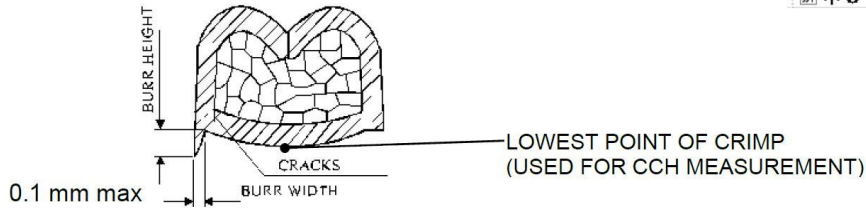
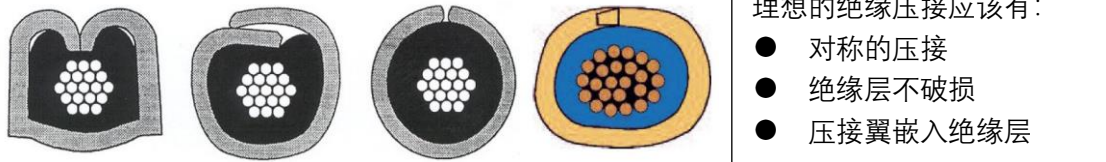


图 4.3.5-2—导体压接毛刺细节

3. 绝缘层压接截面（不带电线密封塞）必须满足如图 4.3.5-3A 所示的理想状态，或图 4.3.5-3B 所示的可接受状态，如图 4.3.5-3C 所示不可接受状态的截面积视图是不允许的。对于无标准绝缘层压接设计的可接标准，请参考端子制造商的建议；一些绝缘层压接承担部分端子/连接器孔保持系统的功能，功能失效将导致不合格。



- 理想的绝缘压接应该有：
- 对称的压接
 - 绝缘层不破损
 - 压接翼嵌入绝缘层

图 4.3.5-3A-不同风格设计的理想绝缘层压接

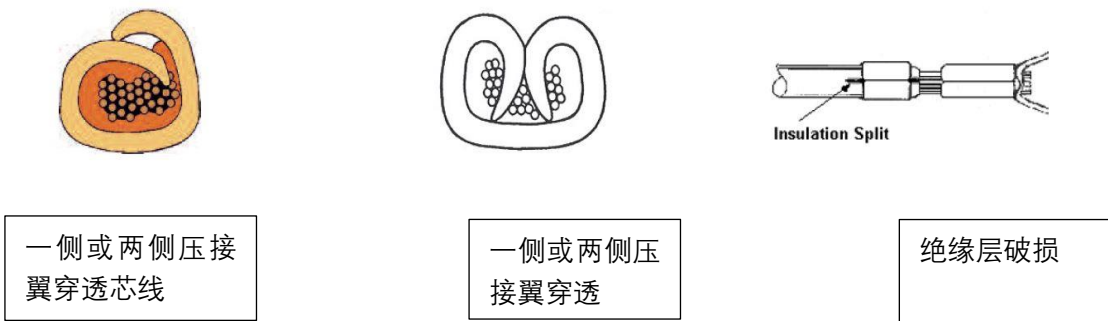


绝缘压接翼触及导体
(芯线不允许损坏)

在开的绝缘层压接翼
之间有绝缘层露出

压接翼与绝缘层之
间小于 3 点接触

图 4.3.5-3B – 可接受但不理想的绝缘压接



一侧或两侧压接
翼穿透芯线

一侧或两侧压
接翼穿透

绝缘层破损

图 4.3.5 – 3C 不可接受的绝缘层压接

4. 电线密封塞的唇部不得有割伤或划伤。如果满足密封保持要求，则允许在密封塞颈部出现较小的破损。绝缘层压接翼不允许穿透密封塞颈部。见图 4.3.5-4A 密封塞压接截面说明及图 4.3.5-4B 密封垫说明

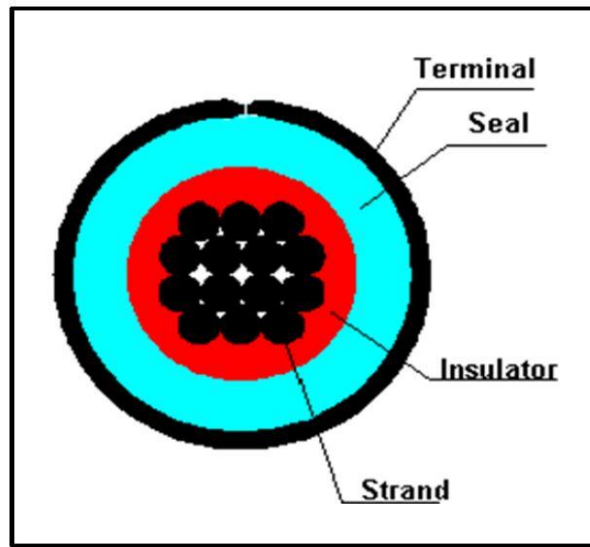


图 4.3.5-4A-电缆密封塞截面（包括端子和电线）

5. 压好的端子和电线的设计必须避免在插入密封垫过程中造成密封垫唇部损坏（如撕裂和割伤）。参照图 4.3.5-4B 样品截面示图。密封性能测试遵照 USCAR-2 标准。

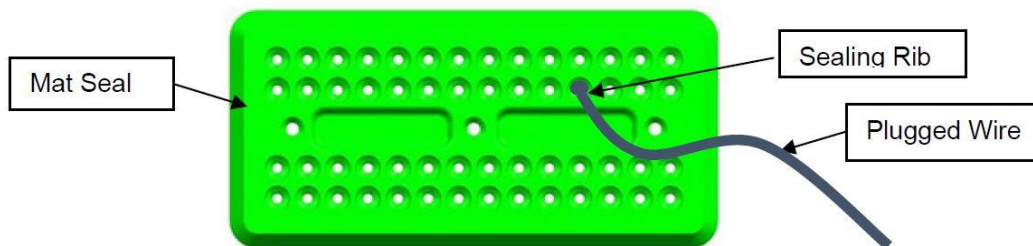


图 4.3.5-4B – 密封垫的应用

4.4 芯线压接拉拔力(拔出力、拉脱力)测试

4.4.1 目的

本过程详细描述了对压接连接保持能力的测量方法。拔出力试验不用于确定压接应用的整体性能。仅用来作为机械压接方面的性能评估。他将用来确定压接在操作过程的机械极限。在线束安装过程与汽车组装过程中，可能需要更多的保护以确保支路不被损坏。

4.4.2 设备

1. 测量压接高度和宽度的设备
2. 打开压接翼的工具，或者其他可以打开绝缘层压接翼并不损坏导线芯线的合适的方法。
(注：可以在芯线压接的同时采用不压接绝缘方式来避免打开塑线压接翼的步骤)
3. 力测试仪（拉力机）
4. 剥头机、尖嘴钳和/或斜口钳

4.4.3 样品

1. 每个测试的压接高度至少需要 20 个样品进行测试（最少需要 3 档压接高度，通常提供 5 档压接高度样品以供更好地选择）对于线径超过一种得多芯并压线需要增加样品（见 4.4.4 节第 7 和第 8 段）

4.4.4 步骤

1. 拉拔力测试时需要将绝缘压接翼打开（或不压接）。
2. 拉拔力测试需要预先拉紧导线（如，为防止拉拔力测试之前出现不正确的猛拉现象，需测试前将导线拉紧）。
3. 用千分尺记录下每个样品的芯线压接高度和宽度。参考附录 E，6-8 节
4. 如果绝缘层压接翼没有打开，用去压接器获取其他合适的工具将其打开以确保拉力仅反映芯线压接连接性能。
5. 目视判别压接翼打开的区域以确保芯线无损坏。如有损坏不得使用。
6. 测量和记录每个样品的拉力，以牛顿为单位。
7. 轴向运动速率在 50~250mm/min（建议 100mm/min）。
8. 对于 2 线并压、3 线并压或多线并压，并导体均在 1 mm^2 以下的。**拉最小的导线。**（如对 0.35/0.50 并压，拉 0.35 mm^2 导线）

对于对于 2 线并压、3 线并压或多线并压，并导体含大于 1 mm^2 的，需要拉最小截面一根和最大截面一根拉力。（如对于 0.50/1.0 并压，两根都要分别测试；对 0.5/1.0/2.0 三并压，拉 0.5 mm^2 和 2.0 mm^2 导线；对 0.5/0.5/2.0 三并压，拉 0.5 mm^2 和 2.0 mm^2 导线。）在此情况下，每档电线尺寸测试需要 20 个样品。每个拉力值的测试都需要使用新的样品。

9. 使用下列公式计算平均值和标准差（使用 EXCEL 或其他合适的电子表格计算 6-9 步骤获得的拉力结果的平均值和标准差），报告上体现每个压接高度的最小值、最大值、平均值（ \bar{X} ）、标准差（s）和平均值减 3 倍标准差（ $\bar{X} - 3s$ ）。

$$\text{Mean } (\bar{X}) = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

$$\text{Standard Deviation (s)} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n X_i^2 - n \bar{X}^2}{n-1}}$$

此处， X_i =每个拉力值， n =样品的数量

公式 4.4.4-9A 与 4.4.4-9B – 拉拔力判别标准平均值与标准差

10. 报告要记录下所有目视检查的结果。

4.4.5 接受标准

对于使用公式 4.4.4-9A 和 B 计算出的 ($\bar{X}-3s$) 需符合或大于表 4.4.5 中的对应拉力值。对于未在表中列出的线径值的导线可以使用表 4.4.5 的线性插值法计算对应的拉力值。

注：拉力值作为压接质量的标志。当因为导线拉拔力的原因（与压接无关）造成拉力达不到表中所列标准，需要通过工程更改提高导线来解决。

表4.4.5A和表4.4.5A-拔出力要求 (毫米和量规尺寸)

ISO ^(a) (mm ²)	$\bar{X}-3s$ 拉拔力 (N)
0.13	50
0.22	50
0.35	50
0.50	75
0.75	90
1	120
1.5	150
2	180
2.5	210
3	240
4	265
5	290
6	320
8	350
10	450
>10	600 ^(c)

电线规格	SAE ^(a) mm ²	$\bar{X}-3s$ 拉拔力 (N)
26	0.13	50
24	0.22	50
22	0.35	50
20	0.50	75
18	0.80	90
16	1	120
14	2	180
12	3	240
10	5	290
8	8	350
	>10	600 ^(c)

^(a) ISO 标准尺寸基于 ISO 19642 第四部分，SAE 基于 SAE J1127 和 J1128.

^(b) 对于需要特殊处理与控制的 0.13mm² (26 AWG) 或者更小的电线尺寸，不包含在本标准中。

^(c) 对于 > 10mm² 要求的是最小值能达到。不需完全拉断，也不需算出 ($\bar{X}-3s$) 的值。

4.5 电性能测试

4.5.1 电流循环测试 (ECC)

4.5.1.1 目的

电流循环是一种**加速老化试验**，强调了热循环对端子接触面和导体压接的膨胀和收缩的影响。此测试除了 ENV 之外，在运行时是可选的。经客户批准，它可以代替 ENV (见表 5.1)，但必须在图纸上注明，并需要客户批准。通常，应该做加速环境测试 (4.5.2)，而不是 ECC。

4.5.1.2 样品

1. 任何工程开发、样品、产品的端子，尤其是用于高电流或电源电路的，可以提交用于测试。
2. 为每个要测试的压接高度准备至少 10 个样本。(注意验证需包括用于测试与验证的最小、最大和中值建议生产压接高度)。此外，准备三 (3) 个样品(任何压接高度)，并将焊料应用于导体压接，如图 4.5.3.4 所示。将这些标记为“**扣减**”样本。不要对扣除的电缆样品进行任何环境调节。扣除样品的电阻只在新的 (无条件的) 部位上测量。
3. 如果有对配端子，将对配端子连接接在测试样品相反端。整个样品长度最少 150mm。对配端子的压接处应该焊锡。将样品联成一个连续的串联回路。
4. 没有对配端子的测试样品端子应仅应用于测试电缆的一端。将样品尾部导线剥皮，并焊接在另一个样品的端子盒部 (位) 或者片部 (位) 形成一个连续的串联回路。
5. 并压线端子仅需测试其中一根导线。对配端子应连接 (压接和焊锡) 在最大线径导线的末端。

4.5.1.3 设备

1. 电源-能提供测试所需电流的稳压交流或直流电源。
2. 循环计时器.
3. 安培计或电流分流器/电压表
4. 电压表
5. 电压探测引线-实芯导线，直径 0.22mm 或更细 (镀锡或未镀锡均可)
6. 焊接机- Tweezer Weld TW-3 或相似设备
7. 端子测试台

4.5.1.4 步骤

1. 按照第 4.5.2 节要求执行目视检查零部件
2. 电压表测试线需按照图 4.5.1.4 连接到端子上。所有样品均按此相同位置连接。如果塑线压接翼未触及芯线，电压表正极 V+ 可以连接在塑线压接翼背面。

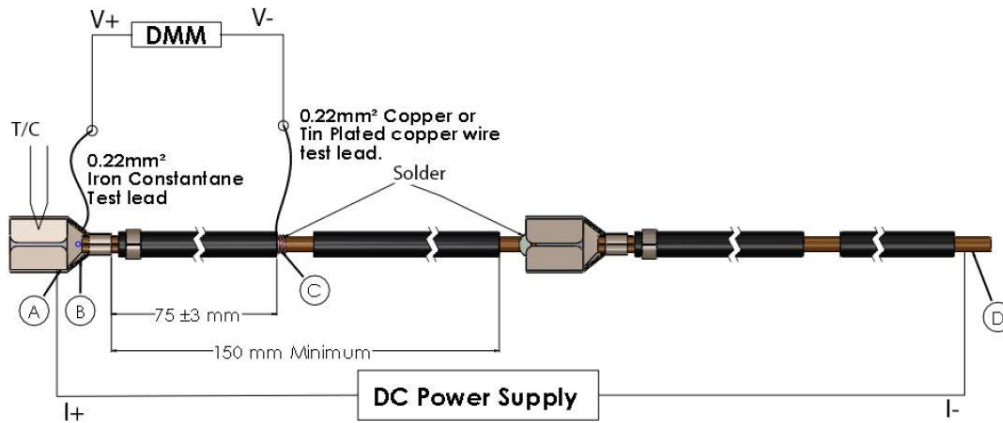


图 4.5.1.4 – 电流循环的测试支路附件

3. 在每根测试线上接上测试线，接线位置在如图 4.5.1.4 中 C 处的导体压接的后边缘处，距离导体压接点位置 75 ± 3 mm。
4. 将所有被测样品和三个扣除样品连接在一个串联电路中。在按图 4.5.1.4(A)和(D)位置接上电流测试线。
5. 样品松散地摆放在测试台上，端子间隔要大于 35mm。
6. 将测试支路连接到电流表（或适用的电流分流器）和带时间控制的电源。
7. 使用表 4.5.1.4 中所列的电流测试。如导线线径未在该表中列出时可以使用线性插值法确定（例如：通过前后两点连线读出该值）。如果导线大于等于 8mm^2 ，执行第 8 步。
7. 对于 $0-8\text{mm}^2$ 电线的尺寸，使用表 4.5.1.4 来决定测试电流。对于不在列表中的 $0-8\text{mm}^2$ 导体尺寸的测试电流，可以通过线性插值法来确定。
8. 对于等于或大于 8mm^2 的电缆，使用下面的步骤确定测试电流(步骤 a、b 和 c 的一个可接受的替代方案是执行 SAE/USCAR-2 中规定的“最大测试电流能力”测试)。
 - a. 将热电偶连接到样品底部的一个点上，就在导体压接的前面。焊接或环氧是可以使用的。
 - b. 在室温下将预估电流的 75%应用于电路。
 - c. 允许电路达到稳态温度。当被测样品上的压接在 5 分钟内变化小于 2°C 时，温度是稳定的。
 - d. 测量温度，并计算温升。如果温升小于端子供应商推荐的最高温升或 55°C ，以较低者为准。那么同步持续增大电流 0.5A，直达到该温度为止。
 - e. 端子制造商推荐的最高温升或 55°C 达到的电流，以较低者为准，即为测试电流。

表 4.5.1.4 – 电流循环的测试电流

ISO 导线尺寸	电线规格	测试电流
0.13	26	4
0.35	22	10
0.50	20	14
0.75	18	18
1	16	22
1.5	-	26
2	14	30
2.5	-	35
3	12	40
4	-	52
5	10	65
6	-	80
≥8	≤8	按照第 8 步

9. 施加电流 200 小时±8 小时，测试电流循环打开 45 分钟±2 分钟，关闭 15 分钟±2 分钟。

10. 在试验开始 2 小时±1 小时后和试验结束时（200 小时±8 小时）测量电压降。样品应通电至少 30 分钟，以使温度稳定。在图 4.5.1.4 的 B 点和 C 点之间进行测量。记录所有被测试样品的压降，包括扣除样品。测量时记录串联电路中的电流。

11. 测量三个焊接扣除样品的电压降。计算平均值。在后续步骤中请求时，在后续步骤中使用平均值作为值来“扣除”。

12. 通过从步骤 11 中计算的平均扣除电压降中减去样品的电压降，计算导体压接与电缆之间的净电压降。通过将所有净电压降值(单位 mV)除以测量的电流（单位为 Amps）来计算电阻。记录测试值(将以 m 欧姆为单位)。

13. 记录：

a. 所有电压降测量值和所有计算的电阻值。

b. 每个数据组的平均、低和高电阻值。

c. 样品的描述。

d. 测试条件。

e. 使用的仪器，上次校准的日期，以及下次校准到期的时间。

f. 标称 CCH 组中至少一个样品的温升。

g. 观察结果

[注意：如果压接是理想的（基本上没有电阻），则构建扣除样本以模拟压接的电阻)。它是作为一个稳健的参考电阻。历史数据证实，焊接“扣除”部件的阻力是稳定的，在 SAE/USCAR-21 加速环境条件下不会改变。]

4.5.1.5 接受标准

使用第 13a 项计算的电阻值，需遵循表 4.5.2.5A 和 4.5.2.5B 中的标准。

4.5.2 加速环境暴露试验(ENV)

4.5.2.1 目的

本程序描述了基于对部件进行一系列环境暴露的测试。

4.5.2.2 样品

为每个要测试的压接高度准备至少 10 个样本（注意验证需要用于测试与通过的最小、最大和平均建议的生产压接高度）。此外，准备三 (3) 个样品(任何压接高度)，并将焊料应用于导体压接，如图 4.5.3.4 所示。将这些标记为“扣除”样本。不要对扣除电缆样品进行任何环境调节。

4.5.2.3 设备

整体的或分离的温度/湿度循环室。

4.5.2.4 步骤

1. 按照 4.2 对样品进行目视检查。
2. 测量三个扣除样品的电阻，对于规格 $\leq 6\text{mm}^2$ 的电线，参考 4.5.3 节使用干电路电阻测量；对于规格 $> 6\text{mm}^2$ 的电线，参考 4.5.6 节用电压降除以电流。计算平均值并记录为“扣除”值。在后续步骤中需求时使用此平均值。
3. 测量所有测试样品的初始电阻，对于规格 $\leq 6\text{mm}^2$ 的电线，参考 4.5.3 节使用干电路电阻测量；对于规格 $> 6\text{mm}^2$ 的电线，参考 4.5.6 节用电压降除以电流。从测量值中减去平均扣除值，得到初始电阻测量。记录这个数值。
4. 对测试样品（但不针对扣除样品），按照 4.5.5 节(72 次循环/3 天)的进行热冲击。
- 5(可选) 取中点电阻读数(对于规格 $\leq 6\text{mm}^2$ 的电线，参考 4.5.3 节使用干电路电阻测量；对于规格 $> 6\text{mm}^2$ 的电线，参考 4.5.6 节用电压降除以电流)然后减去平均扣减值。请注意这个值，如果是测量的，是供参考的且不是要通过的标准的一部分。
6. 根据 4.5.4 节，对测试样本执行（4 个循环/4 天)的温湿度暴露测试(不是扣除样本)。
7. 测量测试样品的电阻，对于规格 $\leq 6\text{mm}^2$ 的电线，参考 4.5.3 节使用干电路电阻测量；对于规格 $> 6\text{mm}^2$ 的电线，参考 4.5.6 节用电压降除以电流。从测量值中减去平均扣减值。将结果记录为“最终电阻”或“最终压降”。记录此值。从这个终值的步骤 2 中减去初始电阻值，并记录为“电阻的变化”。
8. 按照 4.2 进行目视检查。

4.5.2.5 接受标准

1. 对于 3 个连续导体压接高度的所有样品（代表预定过程的下限、中值和上限），初始电阻应满足表 4.5.2.5A。
2. 所有连续 3 个导体压接高度的样品的最终电阻（代表预期过程的下限、中值和上限）必须满足表 4.5.2.5B 中的 A 列或 B 列（不需要满足两者）。

表 4.5.2.5A - 电阻的初步验收标准

电线尺寸	最大允许电阻	
	ISO 电线	SAE 电线
≤6.0mm ² (10AWG)	根据表 4.5.2.5-1A 或 方程式 4.5.2.5-A	根据表 4.5.2.5-1B 或 方程式 4.5.2.5-A
>6.0mm ²	根据表 4.5.2.5-3(最大总 mV/A)或方程式 4.5.2.5-1A	

表 4.5.2.5B - 电阻的最终验收标准

电线尺寸	A		B	
	最大允许电阻		最大阻力变化 (最终-初步) 1	
	ISO 电线	SAE 电线	ISO 电线	SAE 电线
≤6.0mm ² (10AWG)	根据表 4.5.2.5-1A 或 方程式 4.5.2.5-A	根据表 4.5.2.5-1B 或 方程式 4.5.2.5-A	根据表 4.5.2.5-2A 或 方程式 4.5.2.5-1B	根据表 4.5.2.5-1B 或 方程式 4.5.2.5-1B
>6.0mm ²	根据表 4.5.2.5-3 或 方程式 4.5.2.5-1A		根据表 4.5.2.5-3 或 方程式 4.5.2.5-1B	

¹ 变化=阻力 (最终)-阻力(初始)。偶尔一个结果是负的 (当阻力下降时)。当这种情况发生时, 报告该值, 即使它是负值, 将负值视为“小于 0 的变化”, 因此符合标准。

注: 表 4.5.2.5-2 只列出了普通合金的选定端子电导率值。如果需要的清单不在表中, 则使用表值作为下一个更导电的材料。

表 4.5.2.5-1A 和 4.5.2.5-1B 的计算标准:

$$R_{max}=0.011x(\rho_1 + \rho_2)/(2d)$$

方程式 4.5.2.5-1A

表 4.5.2.5-1B 和 4.5.2.5-2B 的计算标准:

$$R_{max}=0.0099x(\rho_1 + \rho_2)/(2d)$$

方程式 4.5.2.5-1B

此处:

R_{max}=允许的电阻率 (单位为 mOhms)

R_{change}=允许的电阻率变化 (单位为 mOhms)

ρ₁ =导体的电阻率, 单位为 μOhm-mm²/mm (对于 Cu, ρ₁ =17.2, 根据国际退火铜标准 IACS)

ρ₂ =基材端子材料的电阻率, 单位为 μΩ-mm²/mm(顶部镀层不考虑)

d =与导体总截面积相同的圆的直径, 单位为 mm

注: 以上方程通常用于非铜导线、不寻常的合金材料或非标准电线尺寸。对于标准配置, 最好使用表格, 因为消除了计算错误的机会。有关此公式的推导说明, 请参阅附录 D。

方程 4.5.2.5-1A 和 4.5.2.5-1B-基于电阻准则的计算

表 4.5.2.5-1A 压接电阻的干电路标准(ISO 电线 0.13 至 6mm²)

合金/CDA 号			151	197	186	194	210	195	220	226	422	240	260 425	688	510	725	762	770			
端子材料电导率%			90	80	70	60	56	50	45	40	37	32	27	19	14	11	8	5			
端子材料电阻系数 (micro-ohm-mm ² /mm)			19.1	21.5	24.6	28.7	30.7	34.4	38.2	43.0	46.5	53.8	63.7	90.5	123	156	215	344			
尺寸 (ISO)	面积 mm ²	直径 mm	允许电阻值 (mΩ)																		
6	5.59	2.67	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.43	0.67			
5	4.35	2.35	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.36	0.49	0.76			
4	3.70	2.17	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.40	0.53	0.82			
3	2.79	1.88	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.37	0.46	0.61	0.95		
2.5	2.28	1.70	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.41	0.50	0.67	1.05		
2	1.85	1.53	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.35	0.45	0.56	0.75	1.17	
1.5	1.37	1.32	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.40	0.52	0.65	0.87	1.35	
1	0.94	1.09	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.37	0.49	0.63	0.79	1.05	1.63
0.75	0.70	0.95	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
0.05	0.47	0.77	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
0.35	0.33	0.65	0.33	0.33	0.33	0.35	0.36	0.39	0.42	0.46	0.48	0.54	0.62	0.82	1.07	1.32	1.77	2.75			
0.22	0.20	0.51	0.35	0.38	0.41	0.45	0.47	0.50	0.54	0.59	0.62	0.69	0.79	1.05	1.36	1.69	2.26	3.52			
0.13	0.13	0.40	0.45	0.48	0.51	0.56	0.59	0.64	0.68	0.74	0.78	0.87	1.00	1.33	1.72	2.14	2.86	4.45			

表 4.5.2.5-1B 压接电阻的干电路标准(SAE 电线 26 至 10GA)

合金/CDA 号 (参考)				151	18010 197	186	194	210	195	19002 17510 220	19025 226	230 411 422	240	260 425	511 544 170 172 688	510 521	638 725	654 706 762	715 752 770								
端子材料电导率%				90	80	70	60	56	50	45	40	37	32	27	19	14	11	8	5								
端子材料电阻系数 (micro-ohm-mm ² /mm)				19.1	21.5	24.6	28.7	30.7	34.4	38.2	43.0	46.5	53.8	63.7	90.5	122.9	156.4	215.0	344.0								
AWG 导线 尺寸	导线尺寸: SAE 公制 (mm ²)	实际导线 面 积 (mm ²)	直径(等 效圆) (mm ²)	允许电阻值 (mΩ)																							
10	5	4.65	2.433	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.82						
12	3	2.91	1.925	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.66	1.03						
14	2	1.85	1.535	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.62	0.83	1.29							
16	1	1.12	1.194	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.65	0.80	1.07	1.66						
18	0.8	0.76	0.984	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.60	0.78	0.97	1.30	2.02					
20	0.5	0.508	0.804	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.74	0.96	1.19	1.59	2.47					
22	0.35	0.32	0.638	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.61	0.70	0.93	1.21	1.50	2.00	3.11			
24	0.22	0.211	0.518	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.59	0.64	0.68	0.75	0.86	1.14	1.49	1.84	2.46	3.83
26	0.13	0.127	0.402	0.55	0.55	0.57	0.63	0.66	0.71	0.76	0.82	0.87	0.97	1.11	1.47	1.92	2.37	3.18	4.94								

表 4.5.2.5-2A 压接电阻变化的干电路标准(ISO 电线至 6mm²)

合金/CDA 号 (参考)			151	197	186	194	210	195	220	226	422	240	260 425	688	510	725	762	770
端子材料电导率%			90	80	70	60	56	50	45	40	37	32	27	19	14	11	8	5
端子材料电阻系数 (micro-ohm-mm ² /mm)			19.1	21.5	24.6	28.7	30.7	34.4	38.2	43.0	46.5	53.8	63.7	90.5	123	156	215	344
尺寸 (ISO)	面积 mm ²	直径 mm	允许电阻值 (mΩ)															
6	5.59	2.67	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.74
5	4.35	2.35	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.84
4	3.70	2.17	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.59	0.92
3	2.79	1.88	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.68	1.05
2.5	2.28	1.70	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.56	0.75	1.17
2	1.85	1.53	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.62	0.83	1.29
1.5	1.37	1.32	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.58	0.72	0.97	1.50
1	0.94	1.09	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.70	0.87	1.17	1.82
0.75	0.70	0.95	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.63	0.81	1.01	1.35	2.10
0.05	0.47	0.77	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.58	0.77	1.00	1.24	1.66	2.57
0.35	0.33	0.65	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.60	0.68	0.91	1.18	1.47	1.96	3.05
0.22	0.20	0.51	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.56	0.60	0.65	0.69	0.77	0.88	1.17	1.52	1.88	2.51	3.91
0.13	0.13	0.40	0.55	0.55	0.57	0.63	0.66	0.71	0.76	0.82	0.87	0.97	1.11	1.47	1.92	2.37	3.18	4.94

表 4.5.2.5-2B 压接电阻变化的干电路标准(SAE 电线至 10GA.)

合金/CDA 号 (参考)				151	18010 197	186	194	210	195	19002 17510 220	19025 226	230 411 422	240	260 425	511 544 170 172 688	510 521	638 725	654 706 762	715 752 770	
端子材料电导率%				90	80	70	60	56	50	45	40	37	32	27	19	14	11	8	5	
端子材料电阻系数 (micro-ohm-mm ² /mm)				19.1	21.5	24.6	28.7	30.7	34.4	38.2	43.0	46.5	53.8	63.7	90.5	122.9	156.4	215.0	344.0	
AWG 导线 尺寸	导线尺寸: SAE 公制 (mm ²)	实际导线 面 积 (mm ²)	直径(等 效圆) (mm ²)	允许电阻值 (mΩ)																
10	5	4.65	2.433	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.35	0.47	0.73
12	3	2.91	1.925	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.36	0.45	0.60	0.93
14	2	1.85	1.535	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.35	0.45	0.56	0.75	1.16
16	1	1.12	1.194	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.34	0.45	0.58	0.72	0.96	1.50	
18	0.8	0.76	0.984	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.36	0.41	0.54	0.70	0.87	1.17	1.82	
20	0.5	0.508	0.804	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.34	0.37	0.39	0.44	0.50	0.66	0.86	1.07	1.43	2.22	
22	0.35	0.32	0.638	0.33	0.33	0.33	0.36	0.37	0.40	0.43	0.47	0.49	0.55	0.63	0.84	1.09	1.35	1.80	2.80	
24	0.22	0.211	0.518	0.35	0.37	0.40	0.44	0.46	0.49	0.53	0.57	0.61	0.68	0.77	1.03	1.34	1.66	2.22	3.45	
26	0.13	0.127	0.402	0.45	0.48	0.51	0.56	0.59	0.64	0.68	0.74	0.78	0.87	1.00	1.33	1.72	2.14	2.86	4.45	

表 4.5.2.5-3 ---线径大于 6mm² 导线接受标准

导线尺寸 (mm ²)	最大总电阻(mV/A [mΩ])	最大电阻变化(mV/A [mΩ])
>6 and <12	0.15	0.09
≥12 and <20	0.11	0.07
≥20 and <30	0.08	0.05
≥30 and <40	0.06	0.04
≥40 and <50	0.05	0.03
≥50 and <60	0.04	0.02
≥60 and ≤120	0.03	0.02

4.5.3 静态连接干电路端子电阻的测量方法

4.5.3.1 目的

本过程描述了如何在干电路条件下，测量静态接触的端子电阻，这不会通过绝缘膜的破坏或接触凹凸不平的软化而改变该电阻。干电路条件要求整个测试样品的电压≤20mV，通过样品的最大电流≤100mA。在这些级别上的性能体现了在任何较低的激励级别上的接口性能。

4.5.3.2 设备

微型欧姆表

4.5.3.3 步骤

注：对于多根电线的压接样品，对每根单独的电缆适用此步骤。这甚至适用于配置，其中相同大小的电线被使用一次以上，除非客户已经批准了偏差。

- 按照 4.2 对样件进行目视检查。如果检查显示没有添加测量点，则在电缆上准备电阻测量点，距离终端导体压接的后边缘 75mm±3mm（或根据协议，一个一致但不同的值），并将焊料应用于测量点 C，图 4.5.3.4（线的剥皮端），以获得一致的读数。如果检查显示“扣除”样品尚未焊接，请将焊料添加到图 4.5.3.4 中位置 B 右侧的压接区域。确保只有扣除样品在这个位置焊接。
- 在测量样品完全干燥，没有清洗液或水对样品造成腐蚀。
- 保证样品的相对运动被最小化，以减少运动对测量值的影响。
- 如果还没有做，测量带有焊接压接的“扣除”样品的电阻。计算平均值并记录。测量是在距离端子导体压接后边缘 75mm±3mm 的点上进行的。
- 测量和记录端子上测量点 B 和点 C 之间的电阻，就在导体压接前面（图 4.5.3.4）。如果 V+ 引线不接触芯线，则可能在绝缘压接翼上。注：需按图示需要 4 线测量。允许使用“电阻测量夹（鳄鱼夹）”，但所示的焊接方法是一个更好的实验室实践，因为电阻测量夹可能会导致错误的失败，如果测量夹没有良好的接触。
- 计算并记录压接电阻。压接电阻等于步骤 5 中测量的总电阻，减去步骤 4 中测量的平均“扣除”样品电阻。

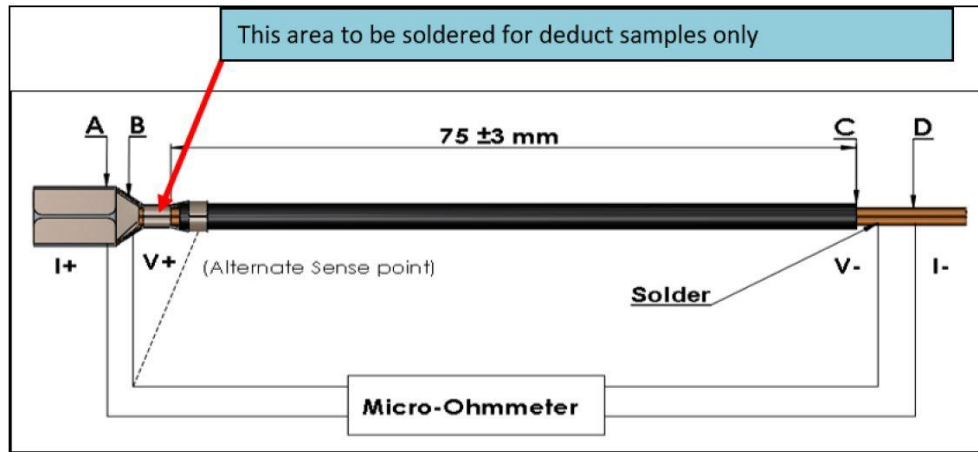


图 4.5.3.4 - 干电路测量点

4.5.3.5 接受标准

这仅仅是一个测量过程，因此不存在接受要求

4.5.4 加速温/湿度循环调节-24 小时循环测试步骤

4.5.4.1 目的

1. 本过程定义了加速温/湿度循环调节测试。
2. 加速温/湿度循环调节是用来确定连续暴露于高湿度和高低温环境对电气和电子元件的影响
3. 高低温和潮湿环境可能造成金属腐蚀，降低其它材料的性能，形成支路之间的电桥导通。

4.5.4.2 样品

按照 4.5.3.2 节准备样品。注意：同一组样品应连续暴露于热冲击(T/S)和温度/湿度(T/H)条件下，并通过本规范中描述的干式电路或电压降步骤进行测量。

4.5.4.3 设备

1. 湿度舱
2. 强制空气温箱
3. 温度舱
4. 自动温度/湿度循环舱。此设备可替代上面第 1、2、3 列出的设备。

4.5.4.4 步骤

将测试样品按照下述顺序依次暴露于环境 4 个周期。

- a. 在 $+65 \pm 3$ °C 95-98% RH 环境下保存 16 小时
- b. 在 -40 ± 3 °C 湿度不控制的环境下保存 2 小时
- c. 在 $+85 \pm 3$ °C 湿度不控制的环境下保存 2 小时
- d. 在 $+23 \pm 3$ °C 湿度不控制的环境下保存 4 小时

在规定的温度/湿度周期内，样品从一个环境到下一个环境的最大转移/过渡时间为 1 小时。当舱室达到目标温度时，循环计时开始。定义周期中列出的所有时间段都有 ± 5 分钟的公差。

4.5.4.5 接受标准

本过程仅是条件处理过程没有接受标准。

4.5.5 热冲击处理过程

4.5.5.1 目的

本测试规范详细说明了在交替的高温和低温环境下测试电气和电子元件功能可靠性的步骤。这两种环境之间的快速转移测试了样品承受剧烈温度变化的能力。

4.5.5.2 样品

1. 确保电缆绝缘能承受严格的试验条件。
2. 根据 4.5.3.2 准备样品。同一组样品应连续暴露在 T/S 和 T/H 条件中，并通过本规范中描述的干电路或压降步骤进行测量。

4.5.5.3 设备

热冲击箱或单独的冷热舱。

4.5.5.4 步骤

1. 按照 4.2 进行目视检查。
2. 每 4.5.3 执行干电路电阻。
3. 设置必要的温度、停留时间和循环次数。
4. 允许腔室有足够的时间来达到要求的温度。
5. 将样品放入转移篮中。检查测试样品不能堵塞传送机构。
6. 按照图 4.5.5.4 启动测试程序。

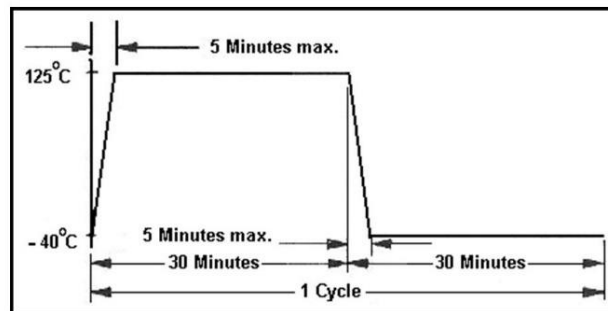


FIGURE 4.5.5.4 – 热冲击循环

7. 测试步骤完成后，关闭热冲击室舱，取出样品。
8. 按照 4.2 进行目视检查。
9. 如果执行的话，需要报告操作温度，停留时间，循环次数和评估测试。

4.5.5.5 接受标准

这只是一个条件处理程序。没有验收标准。

4.5.6 电压降测量过程

此测试旨在用于端子压接在 $>6\text{mm}^2$ 导线的电压降测试。

4.5.6.1 目的

1. 本程序定义了在高能条件下测量静态压接连接的终止电压降。它将用于验证端子/导线组合，其中线芯截面积 $>6\text{mm}^2$ 。
2. 电流被施加到被测试的样品上，这样就可以测量终端的电压降。在此测试期间，电源电压允许浮动。

4.5.6.2 样品

1. 每个受测压接高度的至少 10 个样本应提交用于测试。数据应获得并记录不少于 3 个连续（最小、最大和中值）生产压接高度。额外的压接高度可以包括在测试中，以确保至少有 3 个连续的压接高度，以满足电压降要求。这些样品也可用于加速环境暴露和电压降测量后的拉力测试样品。

2. 准备 3 个额外的样品，用于确定 4.5.6.4-步骤 6 中要求的扣除压降。这些“扣除”样本上锡焊压接处。（电压降将以与被测样品相同的方式测量。这些“扣除”样品与其他在测样品在将是相同的长度，电线类型和端子类型，除了端子压接处将被锡焊。使用在这 3 个“扣除”样本上测量的平均电压降作为本测试的扣减值。

注：建议样品长度为 150mm，但任何样品长度 $>150\text{mm}$ 是可以接受的，只要不影响样品的处理与使用过程。如果样品为本试验串联供电，则可能需要更长的电线长度。对于扣除样本使用与 TUT 相同的长度。

3. 在电缆上距离端子导体压接的后边缘 $75\text{mm}\pm 3\text{mm}$ 的一个点上准备测试样品上的电压降测量点。

4. 在中心剥皮或电线末端剥皮，在图 4.5.6.2 的测量点 C 进行锡焊（以获得一致的读数）。如果压接翼不接触导线导体线芯，则 V+ 测试引线可连接到绝缘压接翼上。

注：同一组样品应连续处于在 T/S 和 T/H 暴露下，并使用本规范中描述的电压降程序进行测量。

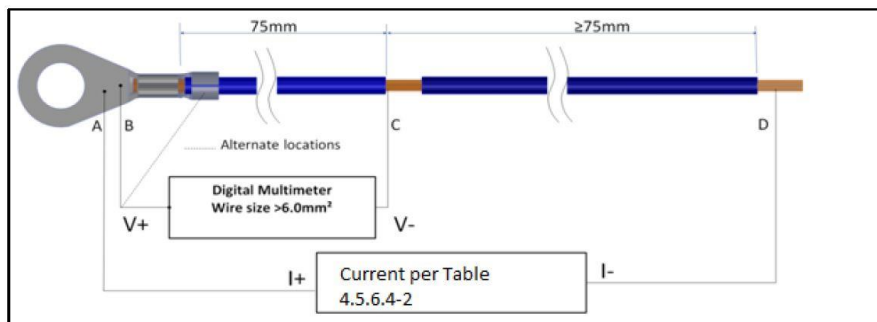


图 4.5.6.2-电压降测量的电源连接和测量点

4.5.6.3 设备

1. 直流电源 0~20V, 电流根据要求(0~20V, 100A min)
2. 数字电压表
3. 测试台

注: 样品的相对运动应最小化, 以减少对测量值的影响。这是露天测试台。为了保持重复性, 应注意避免来自暖通空调、开着的窗户等的气流。

4.5.6.4 步骤

注: 对于多根电线的压接样品, 对每根电缆适用此步骤。这甚至适用于配置, 其中相同大小的电线被使用一次以上, 除非客户已经批准了偏差。

1. 按照 4.2 对样品进行目视检查。
2. 在图 4.5.6.2 的 A 点和 D 点, 按表 4.5.6.4-2 的电线尺寸施加电流。

表 4.5.6.4-2-电压降测试电流

电线尺寸 (mm ²)	电流 (A)
>6 and <12	50
≥12 and <20	75
≥20 and <30	100
≥30 and <40	100
≥40 and <50	100
≥50 and <60	100
≥60 and ≤120	100

3. 允许样品的温度随着电流的施加而稳定。
4. 如果还没有完成, 测量和记录 3 个带有焊接压接的扣除样品的电压降。测量是在离端子导体压接后边缘 75mm±3mm 的点上进行的。这 3 个样品的平均电压降值将在步骤 6 中使用。(如果样品连接进串联电路, 则包括焊接样品和被测样品。)
5. 测量并记录每个样品的电缆测量点 B 和端子上的点 C 之间的电压降, 就在导体压接的前面。(见图 4.5.6.2)。
6. 计算并记录压接到线的电压降: 压接电压降等于步骤 5 中测量的总样品电压降, 减去步骤 4 中测量的 3 个“扣除”压接样品的平均压降。

注意: 只要“B”和“C”测量点是可测量的, 并且不干扰本系列中连接的任何其他样品上的测量点, 样品可以串联并全部供电。开尾螺栓或端子被压接到被测样品的两端是可接受的方法, 将电流串联到 2 个或更多的端子上, 以便使用电压降来验证 >6mm² 电线的压接过程。同时立即将测试电流串联到所有样本中, 将减少设置、测量和环境误差或差异。如果压接有多条线压接, 则必须对每条线重复串联电路。

4.5.6.5 接受标准

这是一个测量过程，所以没有验收标准。

4.6 密封塞保持力的应用

4.6.1 目的

本过程提供了一种方法，用于测量绝缘压接在将端子插入连接器孔时，将施加的电缆密封塞保持在正确位置的能力。本节适用于在压接操作中带有电线密封塞的端子。当绝缘压接翼正确地保持密封塞时，它确保密封肋完全插入适用的端子腔中。

注：这一要求是在 SAE/USCAR-21 修订版 3 中提出的。对以前版本进行的验证必须通过此测试才能符合此级别。

注：在端子和/或连接器供应商的产品规格或处理手册中发现的任何关于电线密封塞保持和密封塞正确定位的细节都可以用来取代这些要求，但对本节的差异必须记录在测试报告和 USCAR21 的符合性声明中。

4.6.2 设备

1. 拉力机。
2. 能够测量绝缘压接高度的测量设备。
3. 测试夹具被设计以适应端子绝缘压接与电线密封塞的第一个加强筋之间。测试夹具的设计必须提供足够的表面积来约束密封塞加强筋，同时防止对密封塞颈部区域的过度压力。测试夹具/装置的示例如图 4.6.2 所示。

请注意，夹具必须与被测试的密封塞尺寸相匹配。夹具必须足够大，以防止加强筋通过，但松散到不撕裂颈部区域。

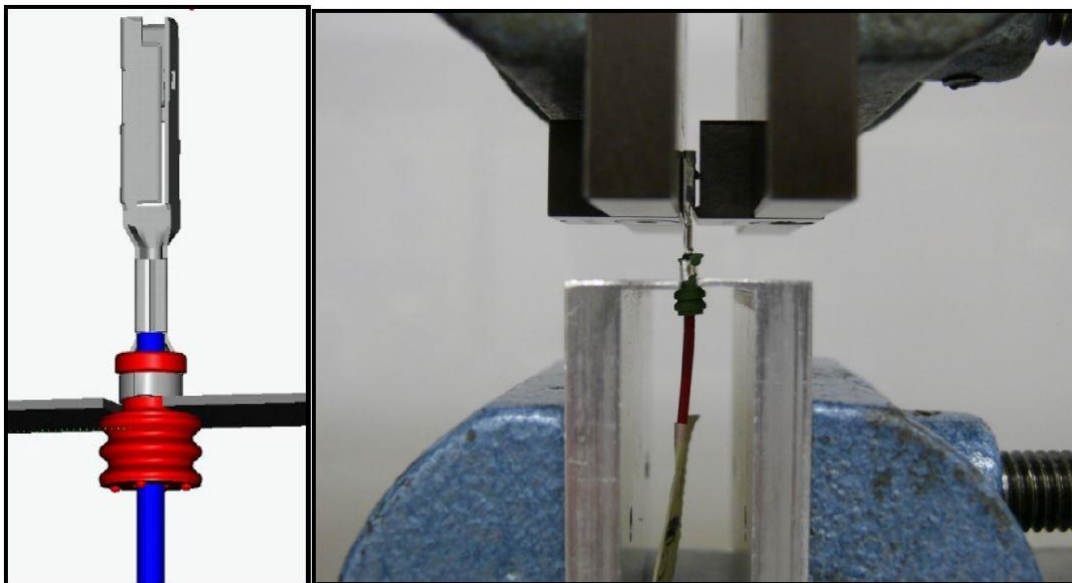


图 4.6.2-应用电线密封塞保持力试验的夹具示例

4.6.3 样品

至少需要 10 个样品进行测试，按照最大计划的 ICH 对端子/密封塞/电线组合压接样品。应注意确保电缆密封按 4.2.5 正确定位。

4.6.4 步骤

1. 测量并记录每个样品的绝缘压接高度。
2. 将测试样本插入保持夹具中，如图 4.6.2 所示。夹具必须将施加的电缆密封塞保持在适当的位置，而端子被拉出电线密封塞颈部区域。必须避免对密封颈部区域的过度压力，因为这会导致不准确的结果。
3. 记录装夹方法。如果测试使用新的夹具，请在测试报告中包含测试设置的照片。
4. 测量并记录每个样品将端子从电线密封塞的颈部区域拉出的力(N)。力必须在轴向施加，速度为 50mm/min±5mm/min。
5. 报告目视检查的任何观察结果。

4.6.5 接受标准

将端子拉出密封颈所需的力必须满足表 4.6.5 所示的力。注：根据表 4.6.5 失败但被证明具有比密封在其配套连接器腔中的相应插入力更高的保留力的样品符合本节的意图，预计请求 OEM 客户将接受较小的值。但是，USCAR-21 一致性要求满足表值。

表 4.6.5-电线密封塞保持力应用

电线尺寸 mm ²	密封塞保持力 (最小值)
0.13-0.50	8N
0.73-3.0	10N
≥4.0	12N

5. 压接的端子的验证要求

5.1 验证测试要求

5.1.1 执行表 5.1 中列出的验证要求，并符合接受标准，以证明符合 USCAR-21。

表 5.1-验证所需的测试

测试	要求章节	实验室验证 (Yes/No)	最小公差符合程 度
压缩率 (产品通过端子, 导线, 压接工具证明-压接尺寸可追溯验证测试)	附录 E, 1-2	Y	100%
外观			
-导体末端	4.2.5-2	Y	100%
-绝缘层末端	4.2.5-3	Y	100%
-切断尾料	4.2.5-4	Y	100%
-喇叭口	4.2.5-5	Y	100%
-导体压接	4.2.5-6	Y	100%
-绝缘层压接	4.2.5-8	Y	100%
-独立电线密封塞	4.2.5-10	Y	100%
-压接造成的端子弯曲和扭曲	附录 E #5	N	100%
压接几何尺寸			
-导体与绝缘层压接高度与宽度 (CCH, CCW, ICH, ICW)	附录 E #6-8	Y	100%
-截面要求	4.3	Y	100%
机械性能			
-拉拔力	4.4	Y	$(\bar{X}) - 3s > \text{Limit}$
-密封塞保持能力 (如存在密封塞)	4.6	Y	100%
电气性能			
加速环境测试 (ENV) 需要镀锡线的低阻抗应用必须使用裸铜线进行测试(以优化压接参数)	4.5.2	Y	100%
电流循序测试 (ECC) - ECC 仅在线径 $\leq 6\text{mm}^2$ 时, 是一种可替代的高能级应用的电性能验证方法。该验证方法需要终端客户 (OEM) 批准。根据客户的要求, ECC 也是选择 ENV 后的一个可选项。ECC 是一种替代电气测试, 只允许在电线 $\leq 6\text{mm}^2$ 情况下验证电源应用。此审批方法需要终端客户(OEM)审批。根据客户的要求, ECC 也是除了 ENV 测试外的一个可选的测试。	4.5.1	Y	100% (这里, 用作可以替代的测试)

注: 根据标准汽车 PPAP 程序, 这个标准中的用于生产验证的电缆, 端子和压接工具组合没有再次验证的话, 可能不变。

5.2 客户批准

建议客户有对压接有一个评估和批准程序，不必符合 USCAR21 的所有部分，但基于工程研究与实际经验也可被认为是可接受的。这些批准是在特定的客户和供应商之间进行的，因此一个客户的批准并不意味着满足 USCAR-21。与本规范要求的任何差异必须有文件显示 USCAR-21 的哪些部分没有满足。这种情况下最常见的情况是满足电气性能和拉力值，但截面略有不符合 4.3.5 章节

5.3 引用验证

5.3.1 目的

参考[REF]方法可用于声称 USCAR-21 符合已验证的相同部件/条件。两种情况通常适用于：

1. 一个压接者希望遵循端子制造商 USCAR-21 验证过的规范，而不是独自验证压接。
2. 一个压接者识别一个案例，这个案例建议的端子，电缆，工具和工艺规格是相同的，并可以证明现有的测试是有代表性的。

5.3.2 允许使用“等同于”验证的范围

如果需要一份 REF 验证，则需要基于应用程序与 USCAR-21 已经验证的另一个应用程序“相同”，且 5.3.2 的属性必须全部确认为相同。

“等同于”被定义为具有下列相同的属性：

- 端子材料终厚度。
- 材料（合金和回火）。
- 端子镀层
- 端子导体压接翼尺寸与特征[加强筋等]
- 绝缘外径
- 导体股丝，材料，压缩和横截面积。例外：超过 80 股的线缆在股丝计数中可偏离 $\pm 3\%$ ，并被认为是相同的。注：“等同于”不允许将给定的导线尺寸的 7 股与 19 股结构称为相同；它们是不同的导线，用户已发现了不同的测试结果。具有相同尺寸名称的 SAE、ISO 和 JIS 导线类型具有不同的导体芯线截面积，也必须作为单独的导线尺寸进行验证。

5.3.3 芯线相似但绝缘层不一样的引用验证

具有相同导体芯结构的电缆，但绝缘上的差异可以被认为是导体压接验证的“相同”。然而，绝缘压接必须根据适用的截面要求进行验证（截面参考 4.3.5-3，应用的密封塞保持力参考 4.6）。

5.3.4 （已删除）

注：在以前的版本中，5.3.4 允许在高功率端子的特定情况下使用“早期电气验证(PEV)”方法进行批准。这是一个非常具体的排除，它只有在本规范的早期才有用。早期版本已经不再被允许使用。截至修订版本 3，以前的验证不能使用。任何供应商要求的差异应联系并获得其 OEM 客户的批准。

附录 A-端子压接翼设计推荐

a. 电线载荷: 没有首选的方法来分组电线, 以便他们可以共享一个共同的端子设计。任何分组策略(电线负载计划)都是可以接受的。USCAR-12 有压接设计要求, 端子必须遵循这个要求, 这将有助于确定一个特定端子的首选电线载荷。

b. 端子压接翼工程开发指南

以下指南仅用于协助通过本规范的要求。它们是基于端子供应商以前的经验:

1. 端子供应商确定双应用端子。

2. 芯线压接翼具有打破氧化物和尽量减少电线股丝移动的特点, 将提供更好的电气效果。尖角的锯齿(serrations)是首选。

3. 镀锡或镀银是典型车辆寿命(15 年/150K)的最佳设计。EWCAP-001 说明了 USCAR(<https://uscar.org>)推荐的镀层。要小心芯线压接翼中标明镍、不锈钢或金, **因为这些材料已被证明会导致高压接电阻**。镀镍高温线也可能不能通过这项电气测试, 并可能需要基于电路应用灵敏度(即 O₂ 传感器电路)具体改变验收标准。

4. 通过使用同类合金、在弹性部件和接触壁使用回火的技术可以获得 15 年/150K 英里的最佳产品生命周期。这要求压接翼在时间和温度的影响下保持正常的力。也要求在车辆生命周期内, 压接翼能提供足够的力抵挡因运动和受力造成压接翼松开。

5. 翼展宽度应该设计成能使压接范围内芯线形成均匀分布。这对最佳电气的芯线接触、拉力和顺畅使用压力监控是有必要的。

6. 压接电性能需与连接器测试分开测试。这样做是为了确保低的和稳定的毫欧接受标准可以检测出压接过程丢失的股丝。符合本标准的压接必须能够通过 USCAR 的连接器测试。

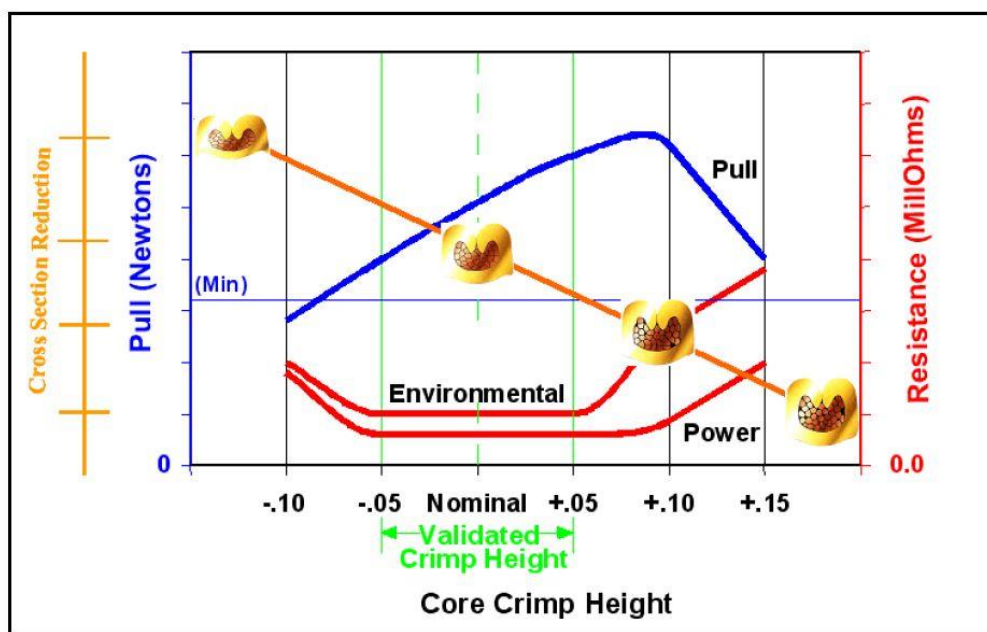
7. 拉力测试必须只用于确定机械强度, 而不能代表好的电气性能。通常最佳的电气性能位于拉力-压接高度曲线(参考图 A-1)偏紧的那一边。过高的和过低的压缩比例都能导致差的电气性能或差的机械性能。

8. 绝缘压接几何优先选用传统的“F”或“B”型压接。叠包结构端子、对角斜切交错的压接翼或平头对接的压接翼也可以选用, 但选用这些结构可能对压接过程一些条件非常敏感。**对于厚壁线、普通壁线、薄壁线及超薄壁线, 通常最佳的办法是设计不同的压接翼。**

9. 在可能的情况下, 压接翼应该是为欧洲、美国和/或亚洲电缆结构设计。

注: 不是所有叫相同线径名称的导线都具有相同的截面积。SAE,ISO,JIS,DIN 等线种可能有相同的线径但实际截面积却各不相同。针对一种导线标准开发和验证的端子/导线压接连接不能用于批准该种端子和其它标准的导线的连接。例如: 用 XXX 端子压接 SAE 0.5 mm² 导线验证的尺寸不能用于 XXX 端子和 JIS 0.5 mm² 导线或 ISO 0.5 mm² 导线。即便具有相同的名义截面积, 从一种导线标准的导线构造转换到另一种导线标准的导线构造时, 仍需要重新进行压接验证。例如: SAE 0.5 mm²(0.508 mm² min)就和 ISO 0.5 mm²(0.4647 mm² min 通过**最大电阻**要求计算)截面积不同。

10. 典型的机械/电气性能-压接高度曲线如图 A-1。



该示例
没有范围

图 A-1-典型的机械/电气性能-压接高度曲线

附录 B-定义

批准人 Authorized Person:

负责释放给定零件用于生产和/或测试该零件的最终权力的人。

导线 Cable:

由几股电线（导体）及其绝缘层覆盖组成的组件，按特定的电缆规格制造。

压缩比 Compaction:

端子与电缆导体结合的截面积因端子压接到导体上而减少。

导体（芯线） Conductor (Core):

电缆的一部分，具有携带电流的特定功能。

导体（芯线）压接区特征 Conductor (Core) Crimp Features:

芯线压接翼形状，如凹槽或凸起，该设计是为了提高端子和导体间的电气连接。

芯线截面积 Core Cross-sectional area:

股丝数量 × 每根股丝的截面积。

压接 Crimp:

（名词）端子与电缆之间的连接，通过使压接翼变形，用他们包裹电线，以创造一种永久电气和/或机械接触

（动词）通过使用模具刀片弯曲端子压接翼，使之包裹芯线和（或）电线绝缘层，从而起到让导线和端子连接结果的过程。

压接连接 Crimping:

一种导线和端子的连接方式，该方式通过压接模具零件使端子压接翼弯曲包裹芯线和/或电线绝缘层来连接

压接力 Crimping Force:

在压接过程中，在压接模具上使端子翼发生变形包裹在完成剥头的芯线上的力。

纯压接 Crimp Only:

一种应用，用于将端子连接到电线的唯一方法是端子压接。没有使用其他锡焊、焊接或其他端部连接技术。

待扣除 Deduct:

一个代理焊锡压接的额外的端子与电线样品。从测试样品中减去“扣除”样品的电阻，以从测量的电阻中去除端子和导线的本体电阻。

设计验证 Design Validation:

用于证明符合设计意图的测试。制造过程需清楚压接设计参数，并在生产中维护它们。

压接 Grip:

早期版本使用，意思是压接的名词。该术语本版本不再使用。

绝缘层 Insulation:

导线的一部分，这部分用于将芯线和外部环境进行电气隔绝。**塑线压接翼的作用是为了限制导线运动对芯线压接的影响，并释放导线运动对芯线压接产生的应力。**

低能级 Low Energy:

开路电压在 5 V 或更低时的应用。选择这个定义是为了便于选择基于电子电路应用的可接受的测试类型。

低阻抗 Low Impedance:

具有非常电阻敏感电路的应用。这些可能需要镀锡电线股丝，而不是裸铜，以满足车辆的可靠性目标。

高能级 Power:

开路电压大于 5V 时的应用。典型应用为车灯、电阻、马达或继电器回路。电流大小可能从毫安到整个导线满负荷。

过程验证 Process Validation:

过程验证目的在生产过程部分，用于证明过程能力满足标准。

特殊应用 Special Applications:

本标准范围以外的应用，必须有满足其他标准的详细规定。

单丝 Strand:

导体中的单根电线之一。

压接翼 Wings:

端子用于包裹导体股丝或塑线绝缘层的部分，以获得好的电气/机械性能。

附录 C-使用的缩写

AIAG	汽车工业行动小组。AIAG 联系地址: 26200 Lahser 路, 200 号, 南座, 密歇根斯 48033 – 7100。电话: (248) 358-3570。 Automotive Industry Action Group. Contact at AIAG, 26200 Lahser Rd. Suite 200, Southfield, Michigan 48033-7100. Phone (248) 358-3570.
CCH	导体压接高度 Conductor Crimp Height
CCW	导体压接宽度 Conductor Crimp Width
CUS	塑线进入芯线 Compound Under Strands
DMM	数显万用表 Digital Multimeter
DVP&R	设计验证计划和报告 Design Verification Plan and Report
ECC	电流循环测试的缩写, 见第 4.5.1 节 (也意味着基于高能级应用的测试电流和测量电压降的电阻计算) An abbreviation for “Electrical Current Cycling” Test, 4.5.1 (also implies calculation of resistance based upon test current and measured millivolt drop for Power applications).
ENV	环境测试 – 加速老化测试的缩写, 见第 4.5.2 节 “Environmentally Tested” – An abbreviation for “Accelerated Environmental” Test. 4.5.2
EWCAP	电线组件应用合作伙伴关系。USCAR,LLC 旗下组织之一。 Electrical Wiring Component Applications Partnership. One of several consortia under USCAR, LLC.
FMEA	失效模式和影响分析 Failure Mode and Effects Analysis
FMVSS	联邦机动车辆安全标准 Federal Motor Vehicle Safety Standard
FS	满刻度 Full Scale
IACS	国际退火铜标准 International Annealed Copper Standard
ICH	绝缘层压接高度 Insulation Crimp Height
ICW	绝缘层压接宽度 Insulation Crimp Width
IDC	塑线刺破连接。该连接的含义是导线不剥头, 而通过采用端子突出部刺入导线塑线方式形成导通的连接方法。Insulation Displacement Connection. A means of attaching a terminal to a conductor where projections on the terminal pierce the conductor insulation to make electrical contact without removing insulation
mA	毫安表 Milliamp
mVD	电压降表 Millivolt Drop
MVSS	机动车安全标准 Motor Vehicle Safety Standard
PEV	以前版本电性能验证的缩写 (也意味着基于高能级应用的测试电流和测量电压降的电阻计算) An abbreviation for “Previous Electrical Validation” (also implies calculation of resistance based upon test current and measured millivolt drop for Power applications).
PPAP	生产件批准程序 Production Part Approval Process
RH	相对湿度 Relative Humidity
TUT	被测端子 Terminal Under Test
USCAR, LLC	美国汽车研究委员会。 USCAR 是克莱斯勒(Chrysler Group LLC),福特汽车公司和通用汽车(General Motors) 的汽车技术公司合作公司。 United States Council for Automotive Research. USCAR is the collaborative automotive technology company for Chrysler Group LLC, Ford Motor Company and General Motors.

附录 D-电阻公式参考资料

4.5.2.5 节的公式和表格已经在汽车压接测试领域成功地运用了很多年。下列是一些参考文献，给出了如何推导出该公式。请注意术语“(p_1+p_2)/2d”等于理论压接电阻，该电阻基于几何外形（导线截面积）和端子和导线的平均电阻系数。

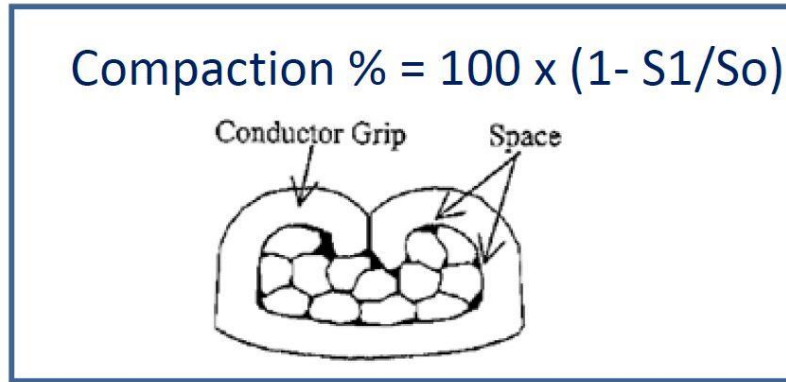
- 1) Whitley, J., and Malucci, R. Contact Resistance Failure Criteria. Proceedings Holm Conference on Electrical Contacts, 1978.
- 2) Malucci, R., Stability and Contact Resistance Failure Criteria. Transactions on Components and Packaging Technologies, IEEE (Volume 29, Issue 2).

附录 E-压接过程开发和几何尺寸确定

压接过程开发中的关键组件和变量从收集特定的端子、压接工具和电缆尺寸开始，包括（但不一定限于）以下列表。这些压接参数应由特定的电缆、端子和压接工具标识唯一地控制。

- 端子厚度
- 压接翼长度和宽度
- 压接翼特征（加强筋、客槽、印花等）
- 合金和回火（屈服强度）
- 压接翼镀层类型（镀锡、银等）
- 导线中股丝数量
- 单根股丝的直径
- 股丝镀层
- 股丝合金和伸长率（铜，冷拉铜，退火铜等）
- 压接工具内部尺寸
 - 顶部圆弧或半径
 - 顶部圆弧圆心距
 - 导向面倾角
 - 下刀圆弧半径
 - 下刀宽度
 - 下刀平台
 - 刀片零件硬度、抛光、镀层等

1. 适当的压接尺寸可以用压缩分析来估计。压缩率可以用方程 E1 来估计。



S1: 在压接之后，端子导体封闭的截面积，包含图示中股丝的空袭
S0: 电线导体的截面积（与 UACAR 21 版本 3 中的“Ac”一样）

公式 E1-压缩率计算公式

2. **好的导体和端子的压缩比从 15%到 20%开始。**本标准要求三档连续的压接高度都通过电气性能和机械性能测试。在该压缩比范围内的样品最容易通过这些测试。

3. 压接质量与压缩率相关并受到压接刀片尺寸、端子压接翼、导线截面积影响。因此，记录导线实际生产使用的截面积并使其与在压接验证的设计所用的截面积一致是非常重要的。压缩率在生产过程中通过端子、电缆和压接工具尺寸来验证的，通常由特定的模具零件编号来控制。

4. 同样的计算方法可以计算出其他的一些有用信息，包括压接的外形比例和刀片的间隙。按该压缩率范围进行压接将导致端子在芯线压接翼方面轻微地向上弯曲，该影响应该通过压接模具作用抵消，以确保良好的连接器匹配。线束供应商的产品工程需确定（允许的）最大端子弯曲角度和扭转角度。

5. 芯线压接高度（CCH）

每一端子和不同线径导线压接都要定义压接高度（图 E1A 与 E1B）。芯线压接的标称压接高度和公差需在考虑到端子压接翼、材料、导线尺寸等在公差范围变化时，能确保导线变形充分。压接高度的测量点在压接区域的中部见图 4.3.4-3: 图 E1A 和 E1B 显示用“尖头”和“卡头”千分尺能有效测量正确的压接高度。该图也标注出了所需的接触点。

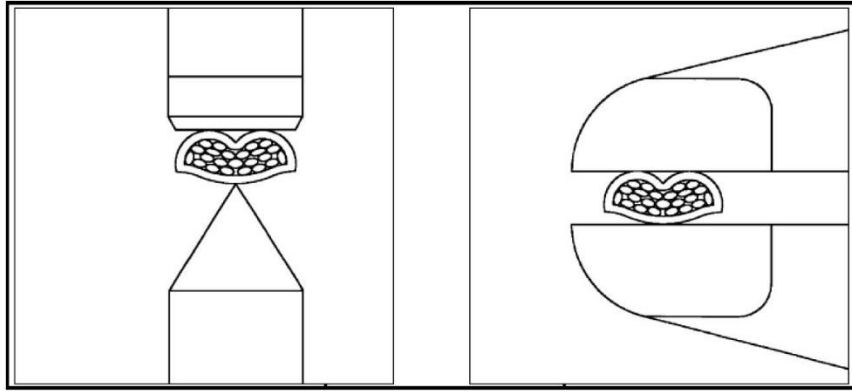


图 E1A-尖头型千分尺

图 E1B-卡头型千分尺

压缩比例和芯线压接高度强列相关，该相关特性使测量压接高度被作为连续生产监控的指标。

芯线压接高度公差由线径决定，其通用值如表 E1:

表 E1 - 典型的压接高度公差

截面积 (mm ²)	CCH 公差 (mm)
<0.35	±0.03 or tighter per customer ±0.03 或者更小 (根据客户要求)
=0.35	±0.03
>0.35 and <8.0	±0.05
≥8.0	±0.10

6. 导体压接宽度 (CCW)

导体压接宽度是指压接区最宽处的值，由实际测量获得。建议压接宽度公差为± 0.10 mm 。

切点宽度 (图 E2) 由压接刀片决定，其定义是两个卷曲圆弧垂直延申线交点的距离。切点宽度由点定义，对于相同的端子和相同的压接配置不用考虑导线的应用该值都一样。如果需要清楚的记录，它可以作为一种替代的方式来定义压接宽度，

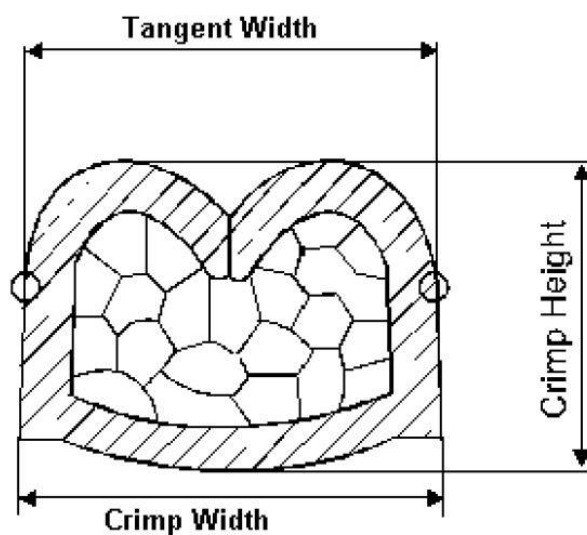


图 E2 - 截面的压接测量

7. 绝缘层压接高度和宽度: (ICH, ICW)

绝缘层压接高度和宽度由端子和导线尺寸决定, 该值的确定基于第 4.6 节的密封塞保持拉力的要求和第 5 节列出的其他要求。

8. 剥皮长度:

芯线压接翼长度和剥皮长度, 如图 4.2.5g 所示, 必须匹配。剥皮长度由导体末端 (辫刷) 要求决定。见第 4.2.5-2 节和 4.2.5-3 节。

附录 F- 修订

本标准由 USCAR/EWCAP 在 2002.5.13 批准。从那时起的任何修订都已经加入本规范。修订情况记录如下：

日期	章节	所作更改摘	注释
12/4/2003	4.3.5-1 & 3	澄清横截面图片中的措辞	
12/4/2003	4.3.5-3	将“应力缓解不足”改为“小于 3 点接触”，添加“无接触”横截面	
12/4/2003	4.3.5-4	去除 1mm 最大间隙要求	
12/4/2003	4.4.4-3	更改压接几何尺寸参考“附录 E6-8”	
12/4/2003	表 5.1	删除对“导体压接锁（顶部）的引用，将压接几何尺寸参考改为“附录 E6-8”	
12/4/2003	5.1.1	删除多余的单词“那个”	
12/4/2003	5.1.2	已删除	
12/4/2003	5.2.1	增加了措辞，以消除横截面要求的声波焊接应用	
12/4/2003	附录 C	增加了“PTO-只拉试验”	
12/4/2003	表 D-1 和 D-2	校正端子材料电阻率并接受极限	
1/8/2004	3.1, 3.2, 3.10	ISO TS-16949 以前是 QS-9000, AIAG 网站添加	
1/8/2004	表 5.1	平均-3s>极限以前是-3s>极限	
1/8/2004	4.5.3.2-2	重新措辞，允许 75mm 长度	
1/8/2004	4.5.3.2-4 4.5.3.4-5	测点 C 为 D	
1/26/2004	3.4	修订的测试公差	
1/26/2004	1	增加项目 8	
6/2008	1	修改范围说明（第 2 段）	
	1	增加了警告说明	
	1.1.1	换了文字	
	2.1	修改后的案文	
	2.4	增加 ISO 19642, 删除 ISO 6722	
	3.3	修改后的注释	
	3.6	重新措辞；在 DMM 上从“全量表”修改为“测量”；从电压表中删除“或 更好”，因为这是从措辞中隐含的；删除“数据记录器”，因为这样的规范被调用了，所以没有意义	
	3.10	更改文本	
	4.2.5 - 4	修改切断尾料和毛刺要求	
	4.2.5-9 c.	修改的密封塞目视检查要求；添加注意，可能需要重新设计	
	4.3.5	图中的密封垫去除和密封垫损坏，做了参考。描述修改并添加注释；仅为清晰起见，完成重新格式化	
	4.3.5-2a	换了文字	
	4.3.5.3	换了文字，移动压接卷曲	
	4.4.1	增加了注释	

	4.4.3	修改样品尺寸要求, 增加备注	
	表 4.4.5	增加了电线尺寸和注释, 修改后的表格澄清了这意味着 -3 西格玛是唯一需要的统计数据	
	4.5.1	修正值	
	4.5.13-8b	修改程序	
	4.5.1.4	步骤 9 改为点 8, 分论点 e	
	4.5.1.5	补充说明	
	图 4.5.2.4	修改后的图表	
	4.5.2.5	补充说明	
	表 4.5.2.5	删除单词“总计”, 并在标题中添加“压接“	
	4.5.3.2	更改后需要在每个高度上扣除样品, 只需要一个; 修改后的注释	
	4.5.3.5	删除文字, 增加备注	
	4.5.4.2	补充说明	
	4.5.4.4-f	换了文字	
	4.5.4.5	补充说明	
	4.5.5.2	补充说明	
	4.5.5.5	更改文本并添加注释	
	4.5.6	增加电压降段	
	表 5.1	补充说明	
	5.2.2	增加了高温特殊应用	
	5.3.2	增加脚注	
	5.3.4	换了文字	
	5.3.5	已删除	
	附录 A	将电线尺寸添加到表 A1 中	
	附录 A B.-7	换了文字	
	附录 A B.-9	补充说明	
	附录 C	增加了 PEV	
	附录 D	订正表 D1 和 D2	
	附录 E1	增加了“平坦刀片”	
	表 E1	增加了公差和注意事项	
09/2014	1	重写以澄清范围。	
	1.1	添加了 pass-fail 说明	
	1.1.2	删除“压接模具几何尺寸”	
	2	范围修正	
	2.1	消除层次结构默认信息	
	2.4	将所有引用的文档移动到 2.4 (将项目从 2.0 移动)	
	3.1	更改测试重复性和校准部分	
	3.6	欧姆表规格更正	
	4.1 和其他	删除对能够修改测试的授权人的引用	
	4.2.5	补充: 前喇叭口不需要, 密封垫不允许有前喇叭口; (g)y	

		允许的辫刷长度为 3mm 电线和更小	
	4.2.5 #9	电线密封塞: 措辞	
	4.3.5	重新格式化横截面, 没有改变标准的功能; 添加措辞“与 OEM 客户批准”; 在章节中重新编号	
	4.3.4-4	删除 (多余)	
	4.4.3	步骤 1-删除注释并移动到文章中主要章节; 删除步骤 2 (冗余到下一节, 步骤 3)	
	4.4.4	澄清	
	4.4.5	将表格扩展到更大或者更小 (最小到 0.13mm)	
	4.4.5	为所有表将 SAE 转换为 ISO(SAE 和 ISO 表都显示)	
	4.5.1	将图 4.5.1.4 替换为 4.5.6.2-电流是错误的	
	4.5.1 和 4.5.3	将扣除样本的数量从 1 (最小) 改为 3	
	4.5.1	允许“鳄鱼夹”放置在 B 和 C 的位置	
	4.5.1.4	替换当前视图图 4.5.1.4	
	4.5.1.4	从显示支路位置的所有部分中删除“back”一词; 项目 6-从测试持续时间中删除“最小	
	4.5.2.4-2	删除“min”	
	4.5.2.5	更改大写字母和其他项目的小写字母, 以提高可读性; 更改标准 (#2), 将错误从“表 4.5.2.5A 或表 4.5.2.5B”更正为“表 4.5.2.5B 中的 A 列或 B 列”	
	4.5.6.2,3,4 +图4.5.6.2	澄清中心剥皮导线样品的余量	
	4.5.6.5	将 4.5.6.5 的标准从“或或”电阻改为“和”	
	4.6	增加应用密封配合和保持的要求; 这是一个全新的测试, 所以以前的验证将不会有这个测试	
	5.2.1	更改名称和内容, 以更好地反映特殊情况下最终客户的责任	
	5.2.2	合并为 5.2.1	
	5.3.2	股丝差异需要单独验证; 增加的例外: 即超过 80 股的电缆可以偏差±3%, 并被认为是相同的	
	5.3.2	总文重新措辞	
	5.3.4	删除章节, 允许批准“以前的电气验证(PEV)”到的 USCAR-21 规范一个背面等级	
	5.6	修改以前的电气验证(PEV), 以不用于验证	
	A1	删除表A1; 修改A节; 从B3中删除“设计在售卖结束时准备足够的免费锡”; 去给电镀用 EWCAP-001图纸增加参考资料; 将目标寿命从10年改为15年	
	附录 B 和 C	附录更新缩写和缩略语; 删除一些未使用的引用, 如 PTX	
	附录 D、D-1 和 D-2	将电阻表移动到 4.5.2 并增加度量表; 将名称更改为 RESISTANCE FORMULA FORMULA REFERENCES 并添加引用	

	附录 E1	增加公差并删除 0.13 的注释; 在表 E1 中将 tol 从 0.3 改为 0.35; 删除第 8 项中绝缘层是参考的注释	
	第 4 节第 17 页	密封塞上的图形标题更新	
	表 4.4.5	拉伸的注释移动到主体	
	表 4.5.6.5	将表 D1 和 D2 移动到文本正文中, 并添加 ISO 电线尺寸; 使标准包括初始电阻读数	
	表 5	电流循环(ECC)更改为只允许 OEM 批准; OEM 特定的策略可能会使过去的验证无效	
	表 5.1	删除“4.4 可在 4.5.1 或 4.5.2 之后完成”	
	表 5.1	在表中每个新的 4.6 节添加密封塞保持力测试	
	数字 (多个位置)	更新分辨率更高的图片; 删除图4.3.5-3(A, B)中的冗余视图; 图4.2.5-1、4.3.4-3和E1由Molex提供; 图4.2.5H由TE提供; 电路配置图纸由Lear 提供; 密封垫图纸由Delphi提供	
12/2019	1.0	在第一个段中添加一个不适用的例子...“例如同轴电缆。”	
	2.1	添加“如有需要, 标准 USCAR21 测试报告应用应与客户沟通, ”以引用新模板	
	2.4	移除项目 2.0	
	3.8	给出欧姆表公差信息	
	4.5.1.4	替换图 4.5.1.4	
	4.5.2.5	为了清晰起见, 重新措辞; 增加了表4.5.2.5A, 以明确如何评估初始读数; 明确说明方程可以用来代替表值; 重新格式化表4.5.2.5, 以方便ISO线尺寸可读性; 澄清#2, 必须满足列A或B列	
	4.5.3.3	在扣除样品上的焊料添加检验	
	图 4.5.3.4	为扣除样品添加焊料位置	
	4.6.1	为了清楚起见	
	5.3.2	总文重新措辞	
	表 4.5.2.5	根据修订字母 3 更新表格注释	
	附录 A	根据修订字母 1 更新表格注释	
	图 4.5.1.4	更新引线上的标签	
	4.5.1.4	第 9 点改为第 8 点, 分论点 e	
	附录 E	更新方程 E2(现在是 E1)的压缩弄计算, 以符合行业; 重新定义步骤 1, 以匹配新的压缩方法	
09/2014	1	重写以澄清范围	
	1.1	添加了 pass-fail 说明	
	1.1.2	删除“压接模具几何尺寸”	
	2	范围修正	
	2.1	消除层次结构默认信息	
	2.4	将所有引用的文档移动到 2.4 (将项目从 2.0 移动)	
	3.1	更改测试重复性和校准部分	
	3.6	欧姆表规格更正	

	4.1 和其他	删除对能够修改测试授权人的引用	
	4.2.5	补充：前喇叭口不需要，使用密封垫时不允许由前喇叭口；(g)辩刷长度为 3mm 电线和更小	
	4.2.5 #9	电线密封塞：措辞	
	4.3.5	重新格式化横截面，没有标准没有功能改变；添加措辞“带有 OEM 客户 批准”；在章节内重新编号	
	4.3.4-4	删除（多余）	
	4.4.3	步骤 1-删除注释并移动到主章节；删除步骤 2（冗余到下一节，步骤 3）	
	4.4.4	澄清	
	4.4.5	将表格扩展到更大或者更小（最小到 0.13 毫米）	
	4.4.5	为所有表将 SAE 转换为 ISO(SAE 和 ISO 表都显示)	
	4.5.1	将图 4.5.1.4 替换为 4.5.6.2-电流是错误的	
	4.5.1 和 4.5.3	将扣除样品的数量从 1（最小）改为 3	
	4.5.1	允许“鳄鱼夹”放置在 B 和 C 的位置	
	4.5.1.4	替换当前图 4.5.1.4 当前的视图	
	4.5.1.4	从显示支路位置的所有章节中删除“后退”一词；项目 6-从测试持续时间中删除“最小	
	4.5.2.4-2	删除“min”	
	4.5.2.5	更改大写字母和其他项目的小写字母以提高可读性；更改标准（#2）以更正“表4.5.2.5A或表4.5.2.5B”改为表4.5.2.5B中的A列或B列”	
	4.5.6.2,3,4 +图4.5.6.2	澄清中心剥皮导线样品的余量	
	4.5.6.5	将 4.5.6.5 的标准从“任何一个/或”电阻改为“和”	
	4.6	增加应用密封配合和保持的要求；这是一个全新的测试，所以以前的验证将不会有这个测试	
	5.2.1	更改名称和内容，以更好地反映特殊情况下最终客户的责任	
	5.2.2	合并为 5.2.1	
	5.3.2	股丝差异需要单独验证；增加的例外：即超过80股的电缆可以偏差±3%，并被认为是相同的	
	5.3.2	总文重新措辞	
	5.3.4	删除章节，允许批准“以前的电气验证(PEV)”到一个相反等级的 USCAR-21 规范	
	5.6	修改以前的电气验证(PEV)，以不用于验证	
	A1	删除表A1；修改A节。从B3中删除“设计应在寿命结束时的提供足够的免费锡”，给EWCAP-001图纸上的镀层增加参考；将目标寿命从10年改为15年	
	附录 B 和 C	附录更新缩写和缩略语；删除一些未使用的引用，如 PTX	

	附录 D、D-1 和 D-2	将电阻表移动到 4.5.2 并添加度量表；将名称更改为 RESISTANCE FORMULA REFERENCES并添加引用	
	附录 E1	增加公差并删除 0.13 的注释，在表 E1 中从 0.3 改为 0.35，删除注释绝缘层是参考第 8 项	
	第 4 节第 17 页	密封塞上的图形标题更新	
	表 4.4.5	注意拉伸移动到主体	
	表 4.5.6.5	将表 D1 和 D2 移动到文本正文中，并添加 ISO 线的大小；使标准包括初始电阻读数	
	表 5	电流循环(ECC)更改为只允许在 OEM 批准；OEM 特定的策略可能会使过去的验证无效	
	表 5.1	删除“4.4 可在 4.5.1 或 4.5.2 之后完成”	
	表 5.1	根据表中新的 4.6 节添加密封塞保持力测试	
	数字（多个位置）	更新分辨率更高的图片；删除图 4.3.5-3(A, B)中的冗余视图；图 4.2.5- 1、4.3.4-3 和 E1 由 Molex 提供；图 4.2.5H 由 TE 提供；电路配置图由 Lear 提供；密封垫图由 Delphi 提供	
12/2019	1.0	在第一段中添加一个不适用的例子...“例如同轴电缆。”	
	2.1	添加“在需要时标准 USCAR21 测试报告应用于与 OEM 沟通”以引用新模板	
	2.4	从 2.0 移动项目	
	3.8	给出欧姆表公差信息	
	4.5.1.4	替换图 4.5.1.4	
	4.5.2.5	为了清晰起见，重新措辞；添加了表4.5.2.5A，以明确如何评估初始读数；明确表示可以使用方程代替表值；重新格式化表4.5.2.5，以方便ISO线尺寸，以便于可读性；澄清#2，必须满足A或B列	
	4.5.3.3	添加扣除样品上的焊料的检验	
	图 4.5.3.4	为扣除样品焊料位置	
	4.6.1	为了清楚起见修改措辞	
	5.3.2	总文重新措辞	
	表 4.5.2.5	根据修订字母 3 更新表格注释	
	附录 A	根据修订字母 1 更新表格注释	
	图 4.5.1.4	更新引线上的标签	
	4.5.1.4	第 9 点改为第 8 点，分论点 e	
	附录 E	更新方程 E2(现在是 E1)的 Y 压缩率计算，以符合行业；重新定义步骤 1，以匹配新的压缩率方法	