

超声波金属焊接工艺的净价值

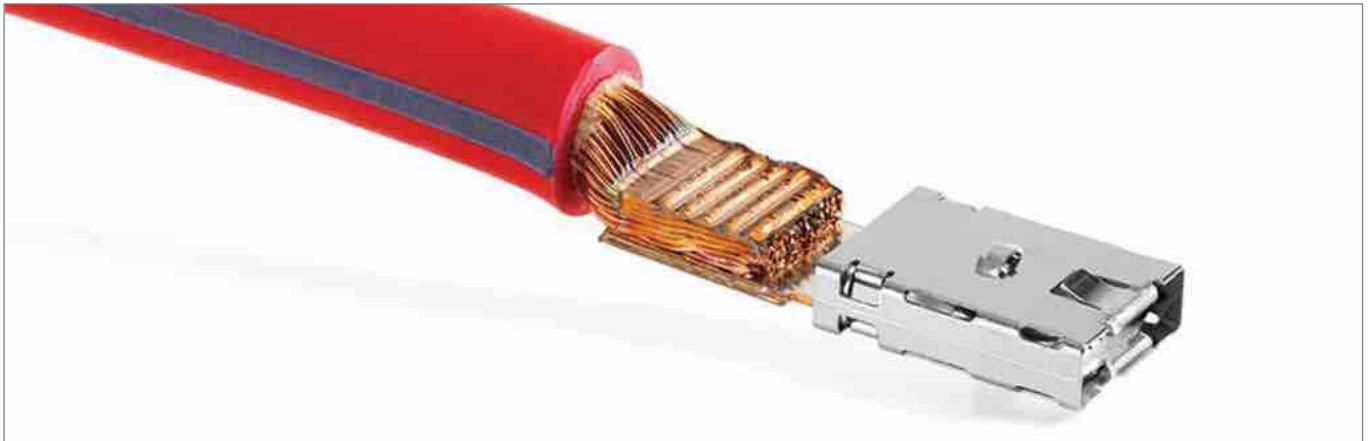
塑料焊接

金属焊接

切割

清洗

筛分



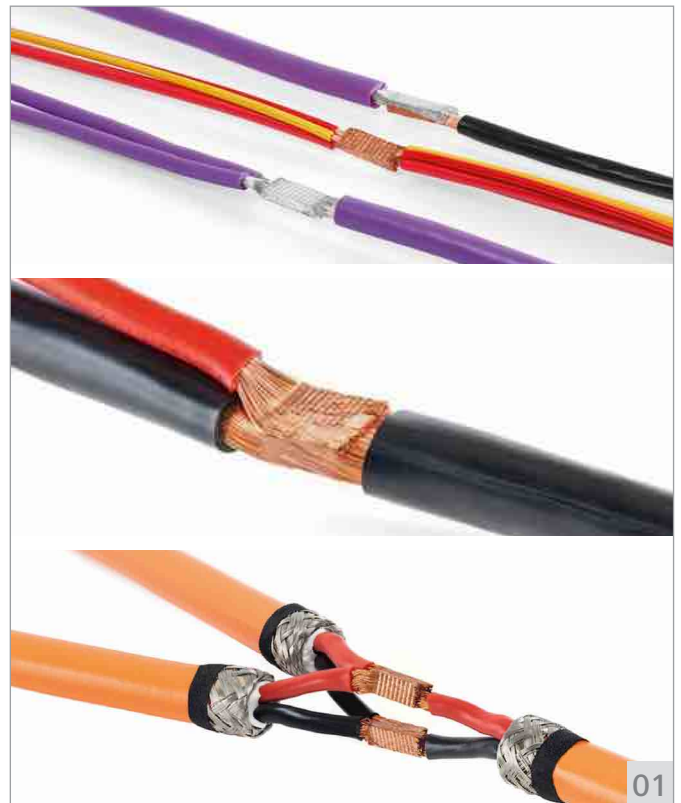
布龙施霍芬（瑞士），2023 年 8 月

在选择金属连接方法时，需要考虑很多因素，包括其有形和无形特征。根据应用情况，投资将根据连接设计、焊接材料、几何形状、尺寸和规格、环境影响以及特定产品所需的机械和电气完整性而有所不同。在一篇文章中我们不可能解决所有连接应用问题，因此我们将重点介绍汽车线束行业和产品，以澄清压接、焊接、超声波、激光和电阻焊接方面的不同之处。

在某些情况下，超声波焊接是唯一的解决方案，或者根本不可行。不过，无论在选择连接方法时考虑多少变量，超声波焊接似乎要比其他所有可行的工艺具有更好的长期投资回报。

与电阻焊接和压接、机械连接等其他焊接工艺相比，超声波金属焊接设备的初始投资较大，但低于激光焊接设备。那么，为什么这项技术在线束制造方面占有主导地位，并成为电动汽车、混合动力汽车电池和配电系统的配电的必需品呢？有色金属的超声波焊接已经是一项历经数十年考验的成熟技术。然而，自 20 世纪 80 年代初以来，超声波金属焊接一直在汽车工业占据主导地位，汽车线束制造商是这项技术（图 1）的最大单一用户。由于其效率和无可匹敌的质量，超声波焊接几乎立即取代了所有汽车品牌的机械折边和电阻焊接。由于电动汽车（EV）的增加，超声波焊接在汽车线束中的应用在过去十年出现了更迅猛的增长。

Telsonic 创新和改变行业的扭转焊接技术在很大程度上促进了这一快速增长，因为它具有无与伦比的性能来应对各种挑战，例如焊接尺寸、较小区域的焊接、几何形状、接缝区域、焊接方向和外围组件的振动影响。



01 常规超声波焊接在汽车线束方面的应用

平均每根线束包含 180 个接头，而且这一数字会随着每年车型的增加而增加。OEM 厂商正在为汽车增加更多的电子功能，这就需要更多的接头。这些接头和导线端子共同组成了一个长而复杂的重型线束，该线束控制着整个车辆的全部电气系统。由于线束加工固有的劳动强度，绞线连接始终是线束制造过程的重点。该行业目前仍然采用压接或电阻焊接方式，例如小绞线压接或锡线拼接。一般来说，超声波焊接不适用于镀锡部件或钢材等硬质材料。这就是可以选择电阻焊接或激光焊接的地方。超声波焊接是将铝焊接到另一有色金属上的理想选择。由于铝材具有冷熔焊的特性，铝焊接牢固，不会熔化，也不会受到热量的显著影响。超声波焊接的优点适用于铝、铜和镁等导热材料，用电阻焊机和激光焊机焊接这些材料可能很麻烦。超声波还非常适用于将薄材料与厚材料焊接在一起。如果必须减少热量对材料特性的影响，超声波通常是最佳的焊接工艺。

在当今线束制造中，绞线连接是评估一些连接工艺的很好示例。在焊接成为一种可行的选择之前，制造商们在过去许多年里一直都采用压接工艺。一些 OEM 厂商在接头处仅使用夹子来压接绞线。一些 OEM 厂商则将接头浸入焊锡槽中，以确保电气完整性。这样做有很多缺点，例如增添了材料（许多不同尺寸的夹子）、专用压力机所需的空间、需要焊接技能，以及夹子和焊料产生的机械应力和热量对线束的影响。因此，绞线

焊接变得非常可取，首先是电阻焊接，然后是超声波焊接。超声波金属焊接的冷熔性、焊接前消除氧化的能力、异种金属的连接、非常低的能耗，以及用一台机器和相同的通用工具能够焊接不同尺寸接头的能力，这些都是超声波绞线连接工艺成为全球可接受的工艺、令人信服的因素。

线束制造商花费了数年时间才熟悉并采用了这项技术。一些制造商从压接转而采用超声波焊接，一些制造商从电阻焊接转向超声波焊接。与其他连接方法相比，超声波焊接设备的优势至今仍然适用。

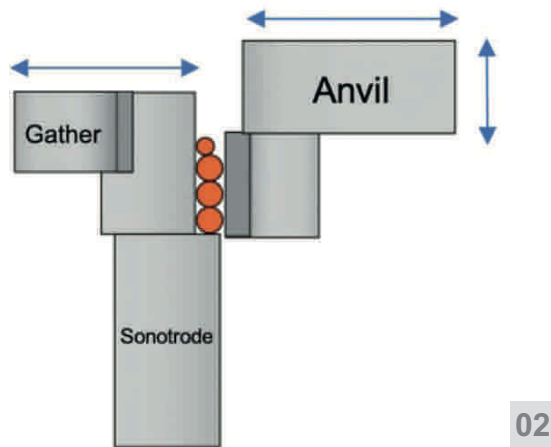
在过去 30 年的焊接技术发展，质量和可靠性始终是最终的决定因素。投资回报显而易见——超声波焊接接头在车辆上的使用寿命更长。今天，下面对照表（表 1）中的大多数特性都适用于绞线到端子、端子到端子和母线等其他金属焊接应用。

此对照表显示了每种工艺的优势以及直接和间接操作成本。在许多情况下，某种连接方显然是更好的选择，甚至是唯一的选择。在从多个连接选项中确定使用哪一种时，请考虑下表特性。

特性	超声波	电阻	压接	焊接	激光
冷焊工艺	是	否	否	否	否
所需耗材	否	否	是	是	否
连接不同的材料	是	有限	是	有限	有限
连接的耐用性	出色	良好	中等	不良	良好
机械强度	高	高	中等	低	中等
导电性	优异	良好	中等	低	良好
材料性能的变化	未变	变化	未变	变化	变化
耗电量	低	高	低	中等	中等
加工时间	短	短	短	长	短
发热量	少	多	少	多	多
对表面条件的影响	中等	中等	是	是	是
质量控制，一致性	高	低	中等	非常低	中等
职业安全（蒸气、电击）良好	低	良好	低	良好	
工具寿命	高	低	高	中等	高
需要有资质的操作员	否	否	否	是	是
方便自动化	有限	有限	良好	否	有限
维修要求	低	高	低	低	高

每个接头的操作/维护成本必须同时验证，但质量是最高优先级。以下是选择连接方式时要考虑的一些因素：

- 初始投资及投资额
- 产出率
- 消耗品
- 耗电量 – 超声波焊接需要的耗电量是电阻焊接的5 %
- 附加基础设施，例如水冷、通风和其他电力设备
- 设备所需占地空间
- 切换时间
- 每项应用的准备时间
- 工具寿命及其对质量的影响（图 02）



02 超声波绞线连接工具（通常焊接次数超过 200,000 次）

超声波金属焊接的优势

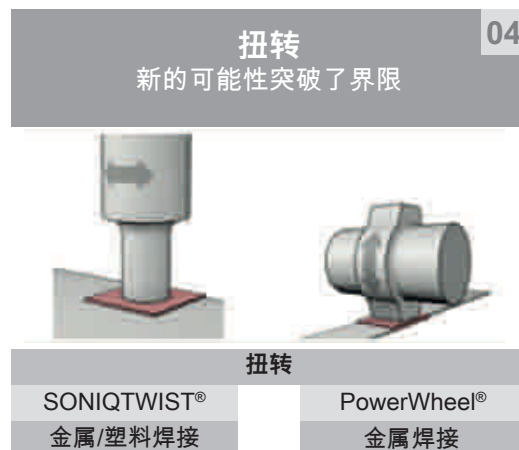
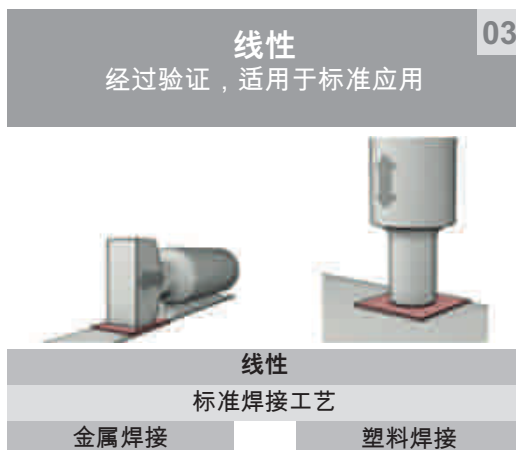
- 低温工艺不影响材料性能
- 用于许多有色金属材料的纯冶金结合
- 能够焊接不同的材料
- 无需耗材，例如接头夹或焊料
- 环保工艺
- 一致的焊接质量、机械和电气性能
- 周期时间短
- 人机界面友好
- 操作安全，不会产生烟雾或铅等化学物质

工艺

金属和塑料的超声波焊接方法有两种。线性焊接是设备制造商更常用的技术，也是焊接绞线的标准工艺（图 3）。

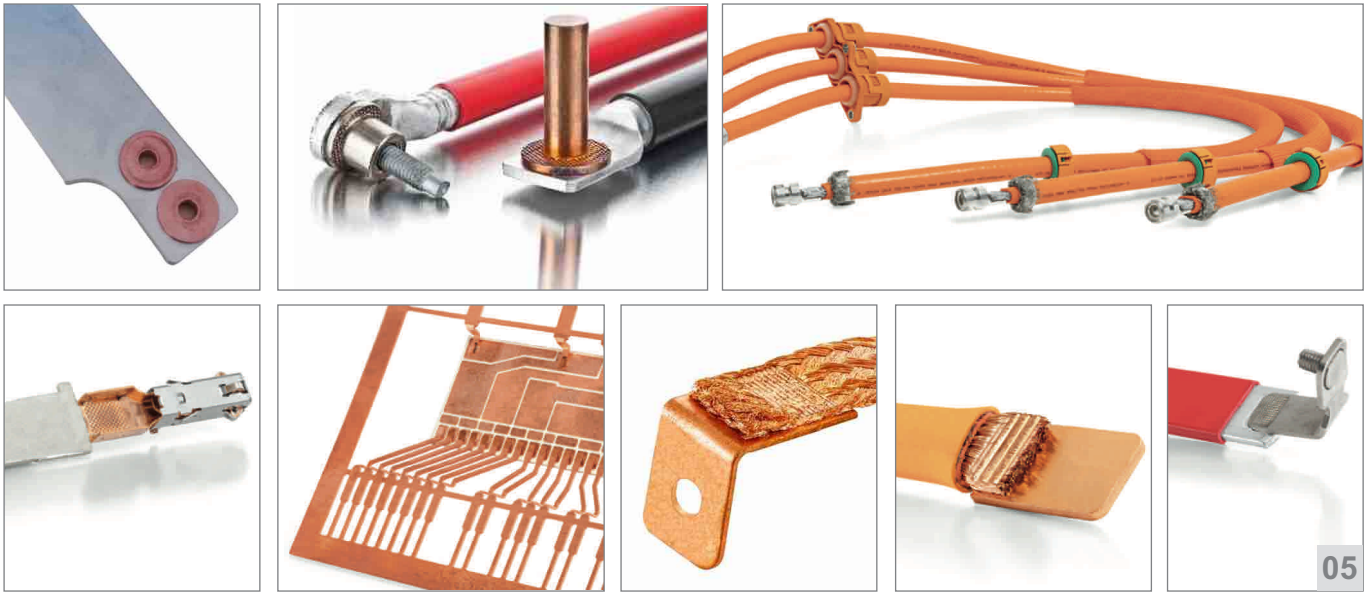
Telsonic 公司开发的扭转焊接技术在十多年前就出现了。扭转焊接技术可以用于最常见的线性焊接应用。然而，由于其独特的性能，它在应用的几何形状及其温和工艺方面具有一定的优势，因此在市场上获得更广泛的应用。事实上，该技术有时被视为电动汽车电池制造商和高压电缆终端的唯一解决方案（图 4）。可以证明扭转超声波焊接是一种出色的焊接方法的其他示例还包括母线、3D 端子和集成栅极双极晶体管 (IGBT)。

超声波焊接技术



03 超声波焊接在电动汽车行业的当前应用示例

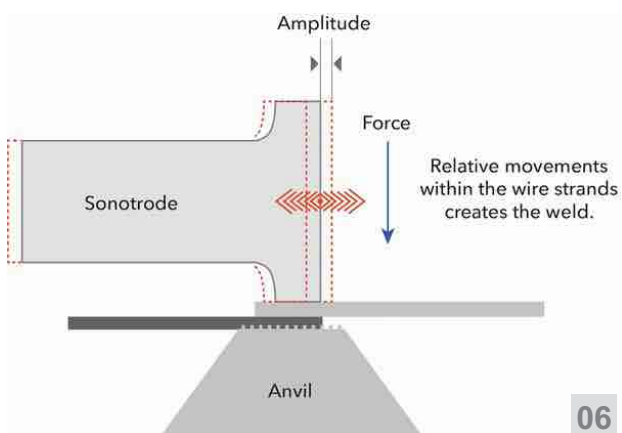
04



05 超声波焊接在汽车行业的应用示例

工作原理：

电线堆叠在振动/振荡工具（焊头）与铁砧座之间。在通过铁砧施加静态力之前，电线被限制在预先确定的空间内。当发生振荡时，金属表面升温并塑化，绞线通过分子的相互连接而粘合在一起（图 6）。最终形成细晶结构的连续焊缝，如同冷加工金属的结构一样。整个过程非常迅速，通常在几分之一秒内完成焊接。目前最常用的拼接机都是在 20KHz 频率的机械振动下工作。在力的作用下，振动会驱散任何污染物，并开始冷摩擦焊接，直至拼接完成。由于焊接界面产生摩擦力，焊接材料的温升低于 30%。因此，焊接过渡区不会出现会使线束变脆的线材硬化现象。这是相对于电阻焊接的诸多优点之一，因为电阻焊接涉及材料的熔化以形成焊接熔核。



06

06 涉及金属超声波线性焊接的振动和运动

基本焊接参数和变量

实践证明，使用超声波进行电线焊接也能确保高质量和安全性。由于可以根据不同应用对焊接参数进行调整和监测，现在可以在工业 4.0 环境中使用。

焊接参数：

除了始终预先确定的焊接工具和尺寸条件之外，还需要设置四个焊接参数。这些参数通常是由机器控制器默认设置，以开始焊接质量的鉴定。

- 焊接宽度：由机器设置
- 焊接能量：完成焊接所需的固定瓦秒数
- 振幅：可调整至焊头的 100% 的能力振荡
- 压力设置：用于设置焊接力

质量变量：

在以固定能量进行焊接时，为了控制工艺以获得最佳质量，需要测量以下变量，并将其与机器或用户确定的允许上限值和下限值进行比较。

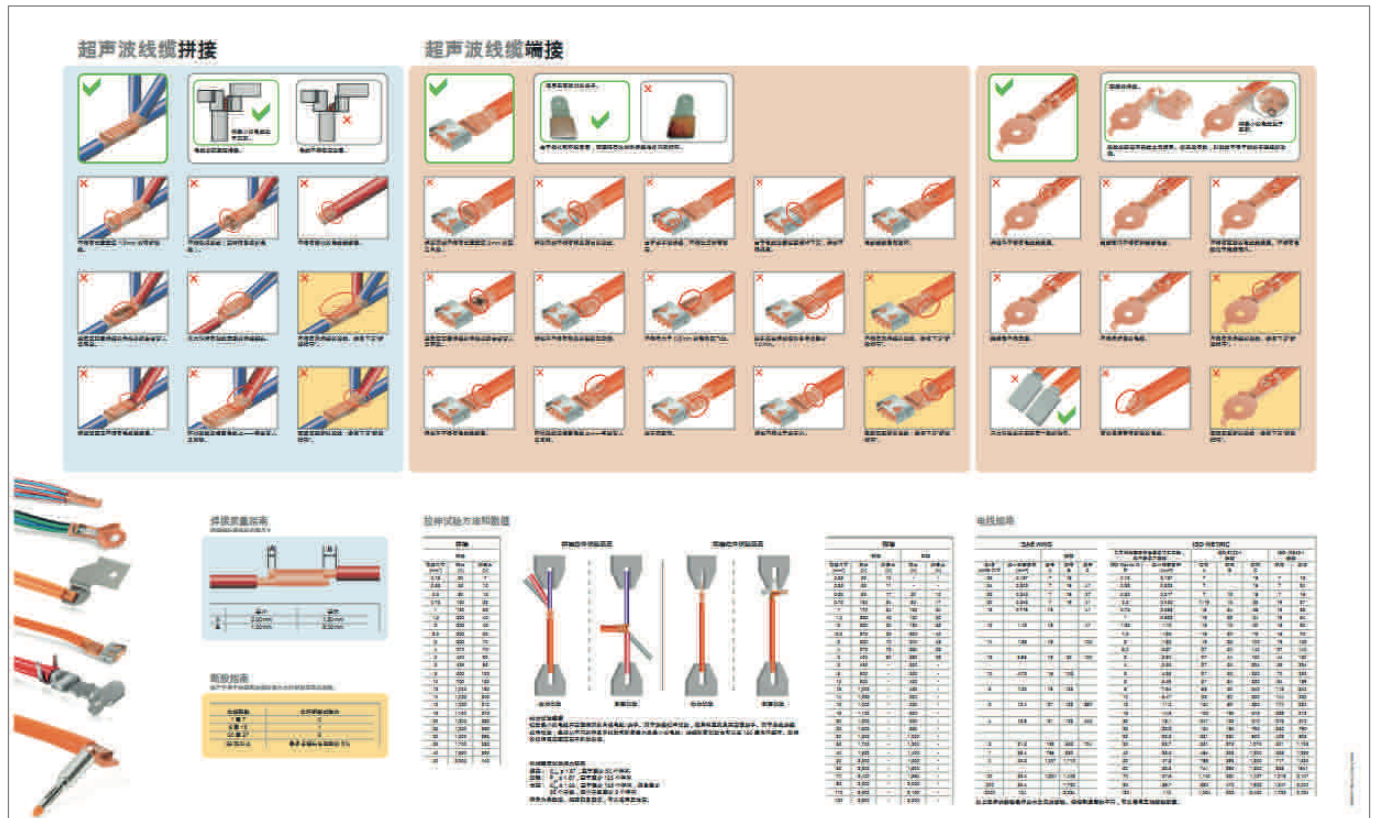
- 焊接时间（焊接时长）
- 超声波启动前的压实高度
- 最终焊接高度
- 消耗的能量

稳定生产与数据完整性

超声波金属焊接是线束组件所有方面的重要工艺，因为它能提供可靠的连接，以满足所有高低载流特性。因此，有些公司制

定了特定标准和规范。例如，USCAR 45 和 38 标准用于超声波绞线连接和端接，其他规格可以用于市场上的大多数工业产品。下表是超声波焊接质量准则的摘要。

超声波金属焊接 – 质量准则



07 超声波金属焊接质量准则

在您的网页浏览器中输入“Telsonic downloads (Telsonic下载) ”一词，即可从 Telsonic 网站下载上述图表。

超声波焊接在绞线连接和端接方面的应用质量评估指南，包括 SAE AWG 和 ISO 公制电缆的拉力和剥离力要求以及绞线规格。

在电动汽车电池和高压连接系统快速发展的今天，快速响应和可靠的连接解决方案是必要的。产品工程师在设计开发阶段就必须选择连接技术。这需要焊接解决方案供应商与产品设计师进行沟通，以加快过程，为原型设计和初始产品测试备好所有工具。

随着超声波焊接知识的增长，越来越多的应用设计与其当前的

性能结合使用。但是，如果您不熟悉此项技术，希望本篇文章能帮助您更好地了解焊接技术的一些基本原理，并能阐明汽车和其他行业的潜在赚钱机会。在设计得到最终确定之前，选择最适当的连接方法需要考虑诸多因素。本篇文章的信息应该提供了一个良好的开端。

作者：Saeed Mogadam，Telsonic Solutions LLC 顾问委员会。