



分析了全自动短周期拉弧螺柱焊的特点、结构和原理，为生产中出现的焊接失效模式本质上加以阐述，并在此基础上提出了一些质量控制和检测的方法。

全自动短周期拉弧螺柱焊在白车身制造中的应用及质量控制

□ 上海汽车车身先进制造工程技术研究中心/王艳婷

□ 上海赛科利汽车模具技术应用有限公司/刘源

随着汽车工业的发展，使用者对汽车功能的要求更高、更多、更具个性化，这就需要白车身的制造工艺更具自动、柔性和智能化的特点。同时成本要精益，可制造性要好，白车身结构要紧凑合理。为满足日新月异的发展要求，一大批先进的汽车制造工艺应运而生，本文就其中的全自动短周期拉弧螺柱焊

工艺进行介绍。

全自动短周期拉弧螺柱焊介绍

1. 全自动短周期拉弧螺柱焊的特点

全自动短周期拉弧螺柱焊焊接时间短，仅为5~100ms，电流是

经过调制的，螺柱直径在10mm以下时最容易实现自动焊接，通常使用的螺柱直径为3~12mm。其特点有：

(1) 焊接时不用陶瓷环或保护气体。

(2) 是高功率窄的溶化区焊接，螺柱的端部是圆形，有一个比直径大的法兰，并且呈 164° ~

168° 的锥角。

(3) 焊接电弧燃烧时间可控性好，接头的焊接质量可靠。

2.全自动短周期拉弧螺柱焊的结构

螺柱焊接设备由电源控制箱、焊接控制器、送料器、送钉管、螺柱焊枪和电缆总成组成，如图1、图2所示。其中，螺柱焊枪由支撑杆、夹持器、接收块和防尘罩等结构组成。

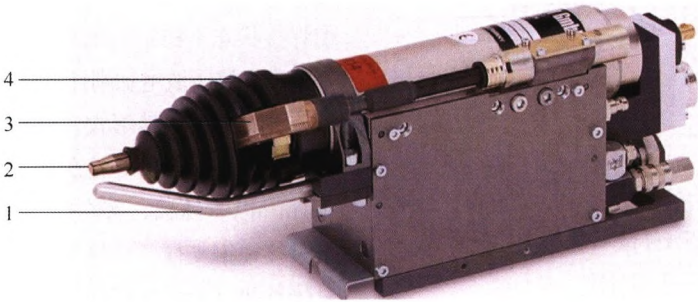


图 1

1.支撑杆 2.夹持器 3.接收块 4.防尘罩

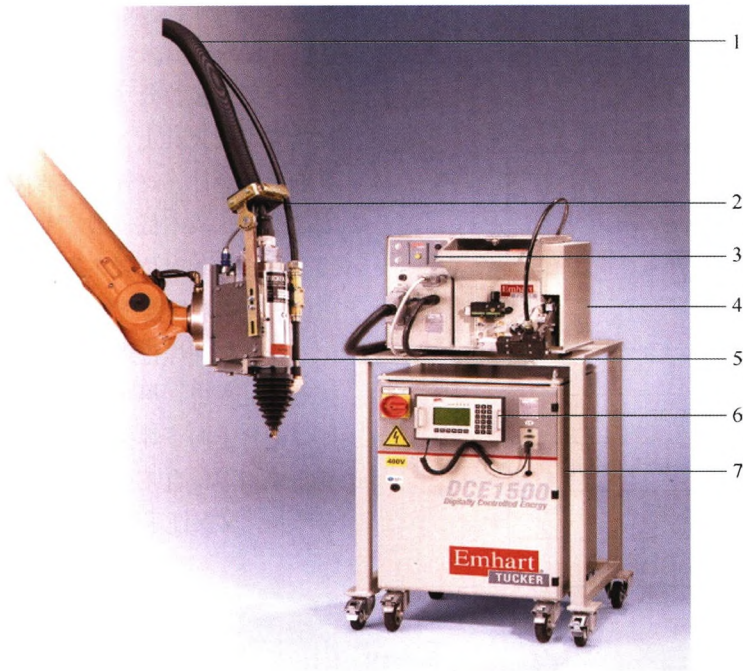


图 2

1.电缆 2.送钉管 3.焊接控制器 4.送料器 5.螺柱焊枪 6.编程器 7.电源控制器

全自动短周期拉弧螺柱焊的失效模式及控制方法

目前，汽车白车身制造工艺中常用的螺柱型号包括：T5螺柱、M6螺柱和接地螺柱，如图3所示。此类螺柱的常见失效模式有：漏焊、错焊、缩孔、焊穿、虚焊、焊接热量不足、螺柱倾斜和焊缝堆。

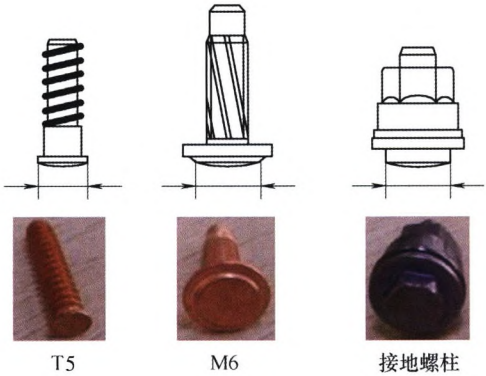


图 3

1. 螺柱焊常见的缺陷模式

如图4所示：图4a是一个合格的螺柱焊焊缝，其角焊缝均匀，成形连续且熔核好；图4b为虚焊，表明螺柱没有完全插入熔池。这种情况应检查夹头的位置是否正确，焊枪的顶杆弹簧是否超出疲劳强度和焊头滑动是否自如；图4c表明焊接热量不足，解决的途径是检查夹头与防飞溅套或支撑杆的位置是否满足标准，是否所有导线接点可靠，以确保电流的顺利导通，同时可根据情况增加焊接电流或焊接时间；图4d表明热量过高。确保夹头位置正确的前提下，可降低焊接电流或焊接时间；图4e表明螺柱倾斜，只有局部的焊缝。通过矫正焊枪位置，使其与焊接表面垂直即可解决；图4f表明接头一侧焊缝堆积而另一侧没有焊缝。这是由于电弧偏吹所致，可以通过改变接地方式和位置来解决。

日常生产中发生频次较高的缺陷主要是虚焊、焊透、错焊和漏焊频次较低。

下面分别从人、机、料、法、环五个方面中的机、料介绍影响螺柱虚焊的因素及措施。

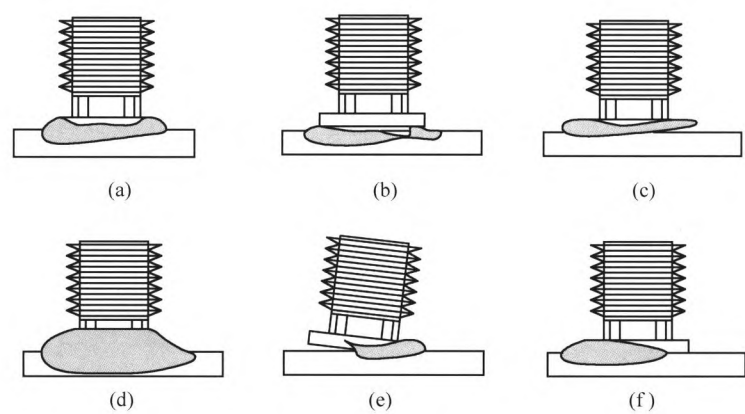


图 4

2.机——焊机、焊枪和夹具

目前使用的焊机主要有EMHART焊机。影响焊接质量的因素主要是：焊机焊枪的焊接参数和夹具设计的合理性。

(1) 焊机焊枪的焊接参数。焊机焊枪的主要焊接参数有焊接电流、焊接时间、提弧高度等，如焊接电流偏高容易焊透，电流偏低容易虚焊。在短周期拉弧螺柱焊中，由于一般没有气体保护，因此应尽量缩短焊接时间，防止产生更多气孔，对应的是用大电流短时间焊接效果更好些。针对Emhart焊机，详细理论焊接参数设置如表1所示。

表 1

参数	设定值	属性
焊接电流/A	$I_w = \text{焊接面直径(mm)} \times 110$	关键
焊接时间/ ms	$t_w = 0.04 I_w$	
提弧高度/mm	1.5	
下落时间/ ms	$t_d = 12$	
提升灵活	来回推动灵活无阻尼感	
支撑杆位置	支撑杆位于夹头和螺柱法兰中间	
焊枪角度 (°)	焊接时倾斜角度<3	
伸出长度/mm	2~3	

(2) 夹具设计的合理性。螺柱焊接夹具的合理性主要体现在接地形式、垂直度保证、焊枪焊接方向三个方面。

针对夹具垂直度保证，薄板（1mm以下）上的螺柱焊接时，落螺柱的顶端受压后很容易让钣金件变形，导致焊枪的参数发生变化，使焊接状态不稳定，此时夹具上需在钣金焊接区域增加刚性支撑。

针对夹具接地形式，需通过铜支撑分接地连接到焊枪总接地。对于1mm以下薄板，每个螺柱需要1个分接地铜支撑，分接地线汇集到总接地线（不允许串接）。如图5a所示。对于1mm以上厚板件螺柱焊接，需要在夹具上设置总接地线，通过总接地线完成与零件通电连接，如图5b所示。

但目前多数公司是将接地线直接接到工装夹具上，通过工装夹头导电至钣金件，这样连接的优点是安装简单，成本低。缺点是因接地线与螺柱的相对位置不同，易产生磁偏吹，影响焊接质量。

针对夹具焊枪焊接方向，在焊接螺柱过程中，尽可能优化设计，让焊枪自上向下焊接，或者平焊，禁止采用焊枪自下向上焊接。既改善节拍，又保证了焊接质量。

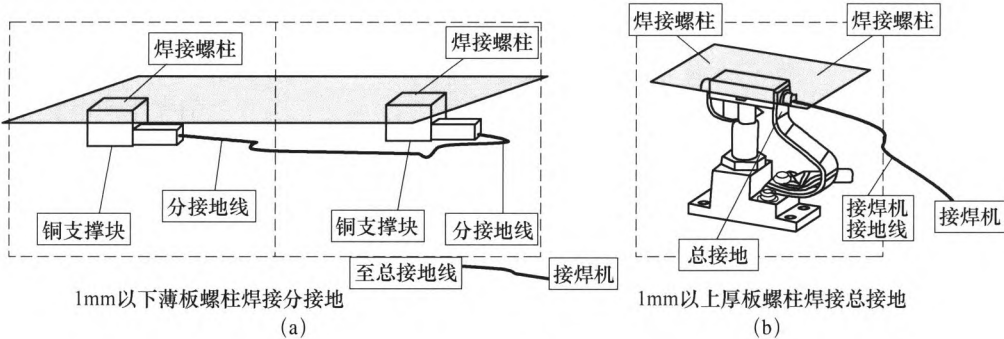


图 5

3.料——焊接螺柱和焊接钣金

焊接螺柱对焊接质量的影响主要体现在螺柱材料的影响和螺柱焊接端面尺寸、形状及光滑度影响两个方面。

(1) 螺柱材料影响。碳当量是指把其他的元素进行折算成碳的含量，然后所有的加起来就是碳当量。碳当量越高焊接性能越低，容易出现虚焊，因此要求螺柱材料为低碳钢范畴，且碳当量最好小于0.18%。

(2) 螺柱焊接端面尺寸和光滑度影响。螺柱焊接端面尺寸主要包括端面直径和端面锥度。螺柱焊接端面直径 d 与钣金件厚度 t 的关系是 $t=d/8$ ，但拉弧螺柱焊接最薄钣金厚度不小于0.8mm，详细的螺柱焊接端面直径 d 与钣金件厚度 t 的焊接可行性关系如表2所示。在小于0.8mm厚的钣金上焊接螺柱容易产生焊透、背面凸起、缩孔等缺陷。

表2 螺柱法兰直径与焊接工艺性分析

板材厚度 /mm	螺柱法兰直径 /mm			
	> $\phi 6$	> $\phi 7$	> $\phi 9$	> $\phi 10$
>2.0	OK	OK	OK	OK
>1.5	OK	OK	OK	OK
>1.2	OK	OK	OK	OK
>1.0	OK	OK	OK	OK
>0.8	OK	OK	需验证	需验证
>0.65	需验证	需验证	NO	NO

螺柱焊接端面锥形需要符合图样要求：锥度偏大，引弧点面积过大，引弧不稳定，容易虚焊；锥度偏小，融化面积小，产生的融核过小，如图6所示。

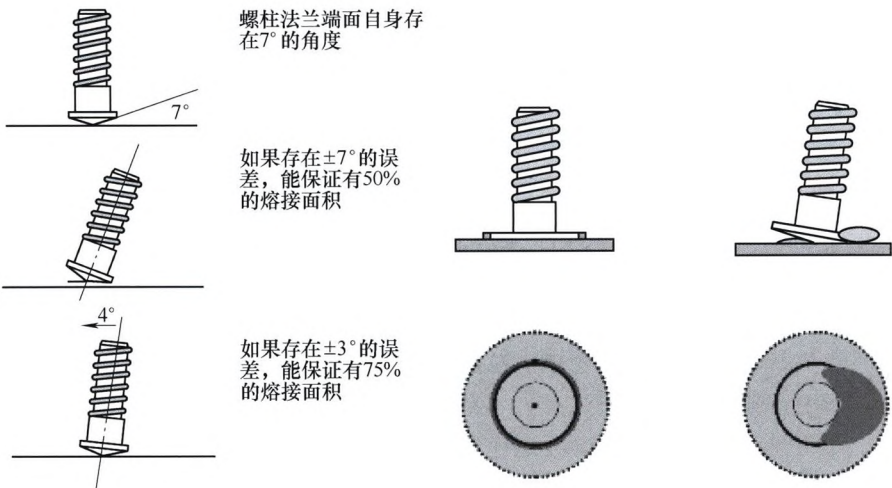


图 6

螺柱焊接断面要求光滑，如果产生沟槽或凹凸不平，容易导致引弧不稳定，产生虚焊。目前国内螺柱生产供应商的生产工艺水平较低，焊接断面光滑符合要求的螺柱合格率低（小于20%），如图7所示是螺柱端面光滑（a）和螺柱端面有沟槽（b）的焊接状态比较，采用同一种焊机和焊枪，通过破坏性检查后状态可以看出端面有沟槽的螺柱焊核相对较少。



图 7

焊接钣金对焊接质量的影响主要体现在钣金表面质量影响和平面度影响两个方面。

(1) 钣金表面质量影响。要求钣金焊接表面露出金属光泽、无杂质、允许有轻微矿物油层。钣金表面往往有很多防锈油，防锈油对可焊性有一定的影响。取焊材轮罩板，在焊接位置涂防锈油，如图8a所示，另一边焊接表面擦拭干净，如图8b所示。在相同焊接规范下焊接，表面有油的弧压高，小电流过渡到大电流的时候，电弧稳定性好。因此，有油的可焊性好。小量油对焊接质量的影响是有利的，但是，有油焊接时很容易产生飞溅，影响产品外观。



图 8

实际生产中，表面有油污时，由于反馈的焊接电压比正常值高，焊接自适应系统会将电流相应提高，时常会导致螺柱缩孔和烧穿现象。因为油渍的吸附性，外部杂质容易粘附在钣金上，易造成虚焊，油层蒸发时产生的气体，易造成气孔。故因尽量控制零件表面清洁。

(2) 钣金平面度影响。拉弧螺柱焊要求钣金焊接面平整，不允许产生波浪纹，容易导致螺柱虚焊。因此设计过程中，尽可能不将螺柱设计在弧面上焊接。如图9a所示是光滑钣金面，如图9b所示带波浪纹钣金面，二者焊接状态进行比较，采用同一种焊机和焊枪，通过焊核比较看出光滑钣金面焊核相对较大。

焊接方法

针对不同的焊接板材厚度和形状的板材，应选择不同的焊接方法。

1. 厚薄板的焊接

同一工位，同种规格的螺柱焊接在厚度差异较大（大于0.5mm）的钣金上，需采用不同参数焊枪进行焊接。

常规焊接参数调整：薄板需要增加焊接电流，减少焊接时间；厚板需要减小焊接电流，增加焊接时间。常规焊接参数的选择方法及薄板焊接参数的调整公式：

新焊接时间=（现焊接电流 × 现焊接时间）/新焊接电流

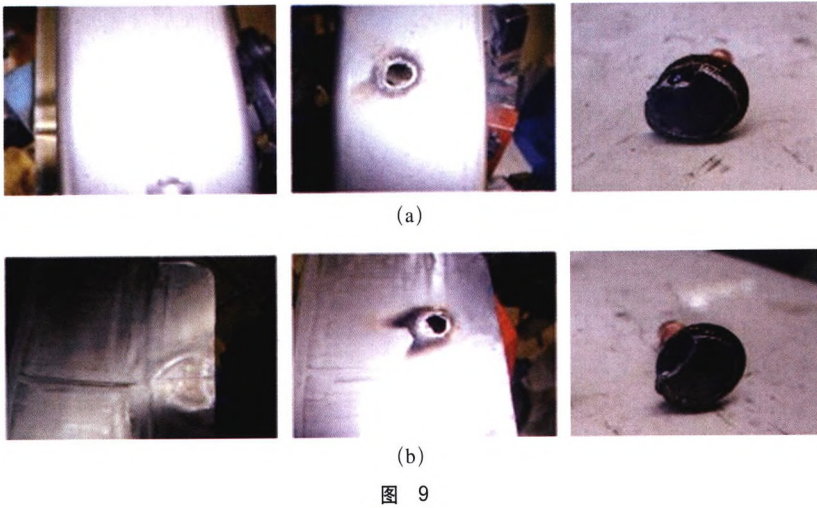
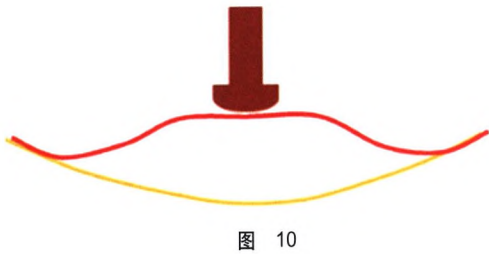
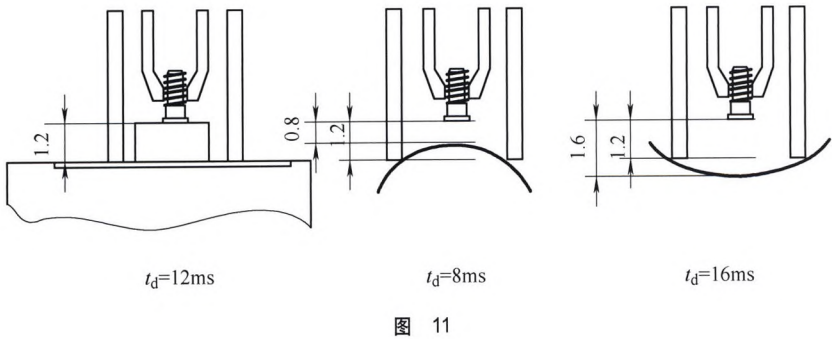
2. 凹凸面的焊接

在钣金凹凸面上焊接螺柱时，由于焊枪与钣金面的垂直度很难保证稳定，容易产生虚焊，建议设计

过程中尽量避免将螺柱（特别是接地螺柱）设计在凹凸弧面上。但根据功能要求，某些车型的接地螺柱需要设计在弧面上，针对这种情况，建议将螺柱焊接位置钣金设计成局部凸台，如图10所示。

如果螺柱焊接位置没有凸台，且在同一工位，同种规格的螺柱焊接在钣金的凹面和凸面上，需要采用不同提弧高度的焊枪进行焊接。Emhart焊机对焊接时间的定义是：从焊接主电流导通到焊接电弧电压为0所需的时间。在生产过程中，焊接时间因下落时间的变长而相应增加。焊接时间超出焊接规范，导致焊接质量的下降、出现焊穿、螺柱的法兰过渡熔化等。反之，当螺柱下落时间变短时，实际焊接时间缩短，易造成熔核小、虚焊质量缺陷。凹凸面对下落时间（ t_d ）的影响如图11所示。

另外，针对弧面上接地螺柱的焊接，为了更好地保证螺柱的焊接质量，特别是接地螺柱，可采取CO₂补焊加固的方法。



另外环即指为了保证焊接质量要求电压、气压要稳定。电压380V，允许波动范围±5%。螺柱焊机需要接入清洁母线，保证电压稳定。螺柱焊接时气压应不低于0.6MPa。人的因素不再赘述。

焊接质量的检测

拉弧螺柱焊的检测方式主要分为非破坏性检查和破坏性检查两种。

1.非破坏性检查

目前，非破坏性检查的方法主要包括目视检查、橡皮榔头敲击检查和弯矩检查三种。

(1) 目视检查。对于T形和带法兰的螺柱，其焊接质量可以通过目视检测螺柱底端焊缝外观形状来判断焊接质量，如图3所示。此方法效率高，但对目视检查人员的经验要求较高。

(2) 橡皮榔头敲击检查。采用橡皮锤左右敲击螺柱倾斜15°左右，检查螺柱是否虚焊。如图12所示。此方法具有较高的可操作性和准确性，但是敲击力度的不确定性，易造成螺柱底端裂纹，需后续

工艺保证焊接强度。



图 12

(3) 弯矩检查。采用定值扭力扳手检测螺柱，在检测螺柱前，先按不同螺柱法兰直径和板厚条件调整好定值扭力扳手扭力值，如表3所示；再扳动定值扭力扳手，达到设定扭力时停止扳动。注意检查次数不能超过2次，否则会影响钣金强度。

表 3

螺柱法兰直径/mm	板厚<1.5mm扭力值/N.m	板厚≥1.5mm扭力值/N.m
5	2.5	6
6	2.5	6
8	3	8

2.破坏性检查

采用扭力扳手左右扳动螺柱，直至螺柱底端与板件撕裂，撕裂面积≥75%法兰面积，视为质量合格。如图13所示。

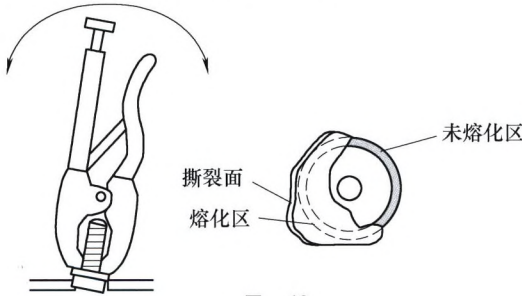


图 13

AUTO1950

融合共赢 智造未来

——CIMIT2019新闻发布会在京成功举办

2019年3月15日，第十六届中国国际机床展览会（CIMIT2019）新闻发布会在京举办。

中国机床工具工业协会常务副理事长长毛予锋、秘书长王黎明、执行副理事长郭长城，以及中国国际展览中心集团公司副总裁郑世钧等

主承办方领导出席会议，发布会由郭长城主持。

毛予锋常务副理事长在致辞中分析了当前国际国内的经济形势，介绍了2018年中国机床工具行业运行情况以及2019年全国两会释放的利好政策信号。随后，王黎明秘书

长在新闻发布中对CIMIT2019展会盛况做了介绍。作为本年度最重要的世界机床工具盛会，CIMIT2019将是对接中国机床工具消费市场的最佳窗口和平台，再次吸引全球目光。AUTO1950