

浅谈机器人滚边工艺及关键参数

邓文强

同济大学 上海 201804

摘要：详细介绍了机器人滚边工艺及设备 and 关键参数，并从实际调试经验出发针对各关键参数，根据零件材质厚度、滚边流程、滚边类型等情况的区别提出了参数建议。对于提升机器人滚边工艺的质量水平有重要的指导作用，为该领域的进一步发展提供了理论支持和实践指导。

关键词：机器人；滚边工艺；关键参数；参数建议

DOI:10.16173/j.cnki.ame.2025.07.006

包边工艺是汽车制造业中一种十分重要的金属连接工艺，由于其独特的成形美观性，通常代替点焊等工艺作为车身外观覆盖件的最后一道工序^[1]。而相对于其他较为传统的包边工艺，机器人滚边工艺因其柔性

高、自动化程度高、机械结构简单、噪声小、成本较低及占地布局小等优点，在车身制造行业中已得到广泛应用^[2]。

随着市场竞争日益激烈，汽车开发周期不断缩

2. 整改措施

1) 焊缝长度、焊缝位置、断焊缺陷、气孔、穿孔、熔合不良通过手持激光焊、MIG、TIG、MAG、CMT焊等焊接方式进行返修。

2) 飞溅需要采用打磨机对飞溅进行打磨。

结语

随着汽车安全性要求增加，将B柱加强板总镶嵌在车门中可以大大提升车内的空间和舒适，但B柱加强板总成的焊接质量和尺寸成为生产工艺的难点。本文主要通过车身结构设计、焊接工艺、质量验证、质量要

求和缺陷改进五个方面阐述了B柱加强板总成激光熔焊的制造过程。新型高功率激光器的出现显著提升了焊接速度和深度，特别是在厚材料焊接中表现出色。未来，更高功率、更小体积、更高光电转换效率的激光器结合焊接设备、焊装参数优化，进一步提升激光焊接零件厚度和焊接速度、质量、安全。

参考文献：

- [1] 韩立军. 白车身激光熔焊接头设计型式与质量评价标准[J]. 电焊机, 2010, 40 (5) : 45-49.
- [2] 周枢宇. 金相试样制备技巧及典型问题剖析[J]. 科技与创新, 2021 (15) : 5-7. **AUTO1950**

短，新车型层出不穷，机器人滚边工艺更适应如今小批量、多品种的生产模式。研究机器人滚边工艺以及优化机器人滚边质量对汽车制造等领域具有巨大的意义，可缩短汽车开发周期、提高产品竞争力，增强企业竞争力，使其在市场中占据更有利地位，推动整个行业朝着更高效、更优质的方向发展。

机器人滚边介绍

1.常见的机器人滚边工艺

机器人滚边工艺通常是指机器人抓持滚轮工具，使其在零件翻边处以不同的角度移动而使薄板边发生弯曲，达到所期望的滚边角度。机器人滚边设备包括胎模夹具、机器人、滚轮工具和电控系统等^[3]，如图1所示。



图1 机器人滚边系统

1) 胎模夹具由胎模和定位夹紧部分组成。胎模根据产品数据及外板的型面采用整体铸造数控加工而成，设计中对外板有定位作用，它的精度直接影响着包边件的整体尺寸精度。定位夹紧部分包括外板的定位夹具及内板的定位夹具，需要保证在包边过程中内、外板不产生移动或者相互窜动，确保零件的位置稳定性。

2) 机器人依据预定的程序和轨迹，控制安装在机器人上的滚轮工具，沿着已翻边的外板的边缘对外板进行多次反复滚压，通过滚轮与外板边缘的相互作用，使边缘材料发生塑性变形，从而使外板包裹住内板，完成包边。机器人的动作程序是整个控制系统的核心，通过电控系统控制夹具夹紧单元与机器人轨迹配合，实现长距离无断点的滚边轨迹。

3) 滚边工具又称“滚头”，是与待包边零件直接

接触进行滚压操作的设备，主要由滚轮组件和连接组件两部分构成，具体结构如图2所示。

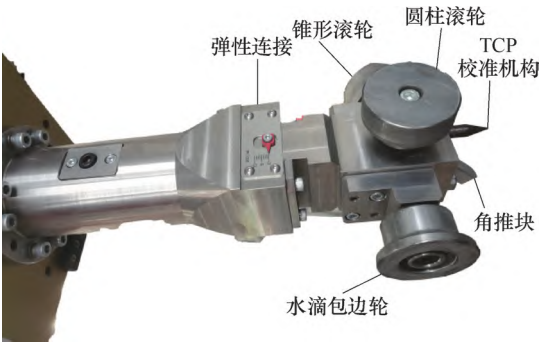


图2 滚边工具结构示意图

通常一套滚轮组件会包含多个不同形状的滚轮，如锥形滚轮（一般作为预包边轮）、圆柱滚轮（一般作为“终包轮”）以及水滴包边轮等^[4]，而连接组件又分为刚性连接和弹性连接两种。

刚性连接滚轮无缓冲，机器人通过位移变化控制滚轮压力，对机器人调试技术要求较高。弹性连接滚轮通过弹簧、气囊或气缸等压力调节缓冲装置，可在滚边过程中调节滚边压力^[5]。

4) 电控系统除了控制协调整个滚边系统中各个单元之间的动作及顺序，对整个系统进行故障检测和报警监视，还可以实现不同车型不同零件的滚边胎模夹具的切换，满足柔性化需求。

2.滚边工艺关键参数

(1) 翻边高度 (F_h) 造型表面与翻边边缘之间的沿翻边方向的距离，通常用 F_h 表示，如图3所示。

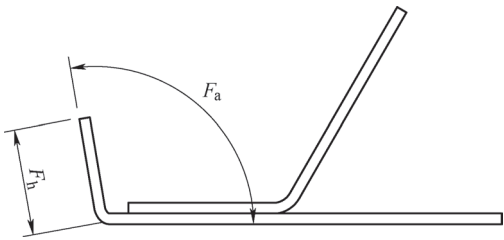


图3 翻边高度示意

(2) 翻边角度 (F_a) 外板件和内板搭接边侧方向与外板翻边侧方向之间的夹角，通常用 F_a 表示，如图4所示。

(3) 滚边缩进及缩进量补偿 滚边过程中外板受滚轮滚压作用力，向受力方向进行移动，造成滚边后

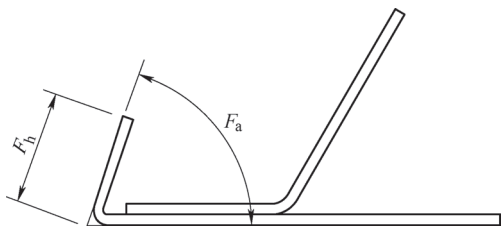


图4 翻边角度示意

外板轮廓向内发生移动的变化称为滚边缩进（Roll in，简称Ri），如图5所示。

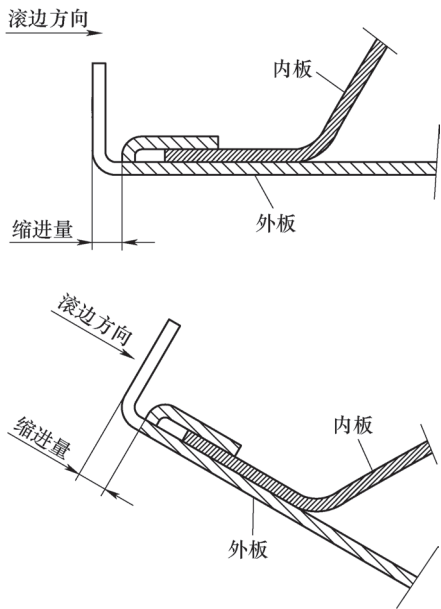


图5 滚边缩进示意

为了弥补滚边缩进的影响，在制作外板展开数据时将滚边缩进的量补偿到数据中，即为缩进量补偿。

(4) 滚边压力 滚边时滚轮对外板滚边处施加的作用力。

(5) 滚边速度 滚边时滚轮相对外板件的移动速度。

(6) 压入角指 滚轮中心轴线（TCP方向）与工件翻边表面法线（RTP方向）的夹角，如图6所示。

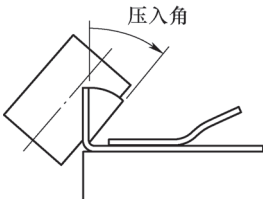


图6 压入角示意

(7) 滚轮与胎模之间的距离 是指胎模边缘线上的各点即滚轮的目标点，称为机器人目标点RTP。滚轮母线上的点称为机器人工具中心点TCP，两点之间的距离，通常称为TCP-RTP距离，如图7所示。

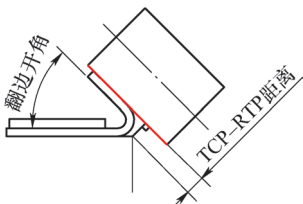


图7 TCP-RTP距离示意

机器人滚边参数建议

1.滚边缩进及缩进量补偿

相对于专机包边与模具包边，机器人滚边缩进量较小，翻边高度降低时缩进量亦随之降低，直至不包时缩进量为0，翻边高度最大时对应的缩进量见表1推荐。

表1 滚边缩进量补偿建议值（单位：mm）

材质	翻边高度 F_h	平直滚边	水滴滚边
钢材	8.5	0.2~0.3	0.4~0.5
铝材	12.8	0.4~0.5	0.4~0.5

V1数据阶段焊装冲压需达成一致意见，V2版本的外板展开数据需体现缩进量补偿。

2.滚边压力

滚边压力由零件的材料、厚度和形状决定，预滚边压力和终滚边压力一般会存在差异。常用零件材料的滚边，机器人滚边压力建议参考值见表2。

表2 机器人滚边压力建议值

板材厚度/mm	预滚边力/N	终滚边力/N	水滴滚边力/N
钢材			
0.60~0.70	500~700	1500~2200	1900~2300
0.70~1.0	800~900	1700~2500	2100~2500
铝材			
0.70~0.80	500~700	1200~1900	1800~2200
0.90~1.20	700~900	1500~2000	2000~2400

3.滚边速度

滚边速度由零件的形状决定，平滑滚边处的滚边速度机器人设定参考值见表3，最终以满足滚边质量要求为准，但最大不超过1400mm/s。其他区域以满足最终滚边质量要求而定。

4.滚边次数

滚边工艺是通过装在机器人上的滚轮，对翻边进行多次滚压从而完成折边。滚边次数及压入角推荐见表4。

表3 机器人滚边速度建议值（钢、铝）
(单位：mm)

门盖、翼子板、轮罩、门洞			
预滚边 (60°)	预滚边 (30°)	终滚边 (0°)	水滴滚边速度
600~1000	600~1000	600~1000	400~500
天窗滚边			
预滚边 (135°)	预滚边 (90°)	预滚边 (45°)	终滚边 (0°)
600~1000	600~1000	600~1000	600~1000

表4 滚边次数及压入角建议值（钢、铝）

类型	翻边角度	1次	2次	3次	4次	5次
门盖、翼子板、轮罩区域						
平面	$105^{\circ} < F_a \leq 155^{\circ}$	105°	60°	30°	0°	—
	$F_a \leq 105^{\circ}$	60°	30°	0°	—	—
水滴	$105^{\circ} < F_a \leq 155^{\circ}$	100°	50°	15°	-15°	水滴成型
	$F_a \leq 105^{\circ}$	60°	15°	-15°	水滴成型	—
侧围门洞区域						
平面	$105^{\circ} < F_a \leq 125^{\circ}$	90°	60°	30°	0°	—
	$F_a \leq 105^{\circ}$	60°	30°	0°	—	—
天窗区域						
平面	$F_a=180^{\circ}$	135°	90°	45°	0°	—

结语

由于汽车生产模式逐渐转变为更适合机器人滚边工艺发展应用的小批量、多品种模式，机器人滚边工艺必将获得更加广泛的应用。本文对机器人滚边工艺进行了较为完善的介绍，并为机器人滚边调试提供了关键参数的建议。希望能为机器人滚边工艺的调试提供指导，提升机器人滚边工艺的质量水平，为该领域的进一步发展提供了理论支持和实践指导。

参考文献：

[1] 李红华，孙忠涛，孙保根，等.包边技术概述及机器人滚边技术探讨[J].金属加工（冷加工），2022

(8)：5-10.

[2] 田飞，周海波.浅议机器人包边在新车型中的应用分析[J].汽车工艺师，2021（7）：13-16-20.
[3] 郑亚菲，李奎江，刘莹琦，等.汽车机器人滚边技术概述[J].时代汽车，2024（5）：153-155.
[4] 李俊峰，张东强，张辰.机器人滚边工艺浅析[J].汽车零部件，2021（4）：107-109.
[5] 汤伟.基于力反馈技术的开启件滚边质量优化研究[J].汽车工艺师，2020（3）：33-36. **AUTO1950**