

汽车机器人滚边技术概述

郑亚菲 李奎江 刘莹琦 王楠 王静静
郑州工商学院 河南省郑州市 450000

摘要：随着汽车行业竞争的加剧，汽车的外观造型越来越重要。人们选择汽车的一个非常重要因素就是外观造型，因此，汽车车身外观件的外观质量重要性不必多说。门盖、翼子板、顶盖及侧围轮罩等零件的内外板连接技术很大程度上决定了零件的外观质量。机器人滚边技术因为其研发制造周期短，结构简单，占地面积小，易实现柔性生产，包边品质稳定，设备一次性投入小等优点逐步代替了手工包边、压力机模具包边、专机包边等工艺，是汽车车身外观件成形技术的发展方向。

关键词：汽车机器人 滚边技术 内外板连接

Overview of Automotive Robot Hemming Technology

Zheng Yafei, Li Kuijiang, Liu Yingqi, Wang Nan, Wang Jingjing

Abstract: With the intensification of competition in the automotive industry, the appearance of automobiles is becoming more and more important. A very important factor in people's choice of cars is the exterior styling, so it goes without saying that the appearance quality of the exterior parts of the car body is important. The connection technology of the inner and outer panels of parts such as door covers, fenders, roof covers and side wheel cover largely determine the appearance quality of the parts. Because of its short R&D and manufacturing cycle, simple structure, small footprint, easy to achieve flexible production, stable hemming quality, and small one-time investment in equipment, robot hemming technology has gradually replaced manual hemming, press mold edging, special machine edging and other processes, which is the development direction of automobile body appearance parts forming technology.

Key words: Automotive Robots, Hemming Technology, Inner and Outer Panel Connection

1 引言

汽车的外观造型是顾客选择汽车的一个重要因素，而作为汽车外观件的四门两盖的外观质量非常重要。四门两盖的内外板连接技术应用好坏在很大程度上决定了四门两盖等汽车外观件的质量。机器人滚边技术因其产品品质稳定、调试周期较短等优点获得了不少汽车制造企业的首选。因此汽车机器人滚边技术成为汽车行业广泛关注的一项焦点问题，并围绕其展开了大量的探究。

2 汽车机器人滚边技术概述

汽车机器人滚边技术是指通过控制安装在机器人上的滚边工具（滚轮系统），在固定的滚边胎模夹具上，按预先设定的程序和轨迹，沿着已翻边的外板边缘对外板进行多次反复滚压，从而使外板包裹住内板，完成

折边压合的一种连接技术。^[1]

汽车机器人滚边系统主要包括三大部分：滚边夹具系统、滚轮系统、机器人及其控制系统。

2.1 滚边夹具系统

滚边夹具系统由胎膜及定位夹紧部分组成，胎膜采用整体铸造数控加工而成，它的精度直接影响着车门的整体尺寸精度。定位夹紧部分包括车门外板件的定位夹具及车门内板件的定位夹具。外板件的定位方式首选孔定位，其次是型面定位，外板件的定位夹紧单元一般与胎模共用一个 BASE，而内板件的定位方式一般多采用胎模夹具夹紧。

2.2 滚轮系统

滚轮系统是整个系统中结构相对比较简单的一部分，由各种不同形状的滚轮组合而成。由于滚边技术本身的特点，滚边过程一般分为 2-4 次顺序完成，因此滚轮通常设计有

45° 轮、90° 轮、成形轮、专用特殊轮。

2.3 机器人及其控制系统

机器人滚边及其控制系统是在没有工人的参与下可以使机器人、夹具等可以按照所希望的空间轨迹进行运动的控制系统。^[2] 机器人控制系统用于控制机器人、滚边夹具和转动架台的动作，以及机器人与滚边夹具、换枪架台、安全光栅和安全门等系统之间的通信，控制协调整个滚边工作站系统中所有工作单元间的动作及顺序，并对整个系统进行故障检测及报警监视。

3 汽车机器人滚边工艺

3.1 汽车机器人滚边工艺

汽车机器人滚边工艺是通过压轮在金属薄板边上以不同的角度移动而使薄板边发生弯曲，从而达到所期望的包边角度。^[3] 其主要种类有平包边、水滴包边、向内倾角式包

边和敞开式包边。滚边工艺分为包前状态、预包状态和终包状态。

(1) 包前状态：将经过冲压翻边的板件材料折叠到 180°。

(2) 预包状态：综合考虑生产节拍，根据板件材料和板件的内外部几何结构，机器人带动滚轮的进给量和角度必须控制在预压完成状态线与终包状态线 30° ~ 45° 夹角范围内，这样预包时得到的水平方向和垂直方向的分力才能使翻边获得较好的状态。

(3) 终包状态：通过机器人的运动轨迹将翻边完全压贴，此时内板件的外型面与滚边模具的型面完全吻合。在这个过程中机器人的进给压力应尽可能地垂直于被包件表面。

3.2 包边类型

包边的方式选择有许多因素，其中之一因素是提供良好的视觉效果。不同的包边方式取决于其所处的位置、材料，以及其他的产品要求。包边的类型有以下五种：

3.2.1 普通圆角的平包边

该包边方式适用于一般部位，呈现不太好的视觉效果，从不同角度看过间隙是不一样的。

3.2.2 改进后的平包边

该包边方式适用于高要求的特殊区域，呈现出非常好的视觉效果，从不同角度看过去间隙都是一样。

3.2.3 水滴包边

该包边方式主要使用于半密封形式的对策。

3.2.4 向内倾角式包边

该包边方式适用于车门拐角处等无法正常进行包边的特殊要求区域。

3.2.5 敞开式包边

该包边方式适用于车门拐角处等无法正常进行包边的特殊要求区域。

3.3 包边尺寸要求

设计及制造部门需对外板包边的尺寸进行计算和评估，确保最终总成件的包边尺寸符合要求。外板包边尺寸包括但不限于：包边高度、包边角度、咬合损失量。一般情况下，外板的包边角度 $90^{\circ} \leq FA \leq 110^{\circ}$ 。如果是顶盖天窗包边，外板的包边角度 $FA=180^{\circ}$ 。

下面针对各种类型包边的尺寸要求做详细说明。

(1) 直线段平包边，见图 1。

(2) 圆弧（伸长）段平包边，见图 2。

(3) 带凸台（< 40mm）的平包边，见图 3。

(4) 凸台（> 40mm）的平包边，见图 4。

(5) 水滴包边。水滴包边半径要求：如果包边外边缘和邻近边缘或表面的间隙大于 40mm，那么包边的凸缘部分的 $R \geq 2.5mm$ 。

对于水滴包边，要求外板的内角半径 $Ri=3.0 \pm 0.5mm$ ， $RL=1.0 \pm 0.05mm$ ，外板的翻边高度 FH 应比普通滚边的翻边高度大 2.5mm，其余参数与普通滚边参数相同。

4 机器人滚边成形技术容易出现的问题

4.1 尖角上翘

两侧尖角处滚边完成后，出现尖角上翘的情况，尖角上翘面差符合零部件设计要求。

求，检具检测无法通过。此缺陷产生原因主要是：

(1) 内外板板件结构设计不合理。从板件结构上来说，内板板件尖角处的强度较小，滚边过程中容易出现应力集中现象。解决的方法是尽可能增大内板板件强度，可以在尖角处的内板上设置一些加强筋，同时减小终包边应力。

(2) 内外板板件尺寸精度差。解决的方法是要对外板尖角进行控制，外板单件翻边长度应均匀过渡。

(3) 滚边夹具定位不精准。滚边过程中固定夹紧装置对尖角区域内外板的无法有效作用，出现应力集中现象，从而导致垂直方向变形，引起尖角上翘。解决的方法是加强对尖角区域的内外板设置固定夹紧装置。

图1 直线段平包边

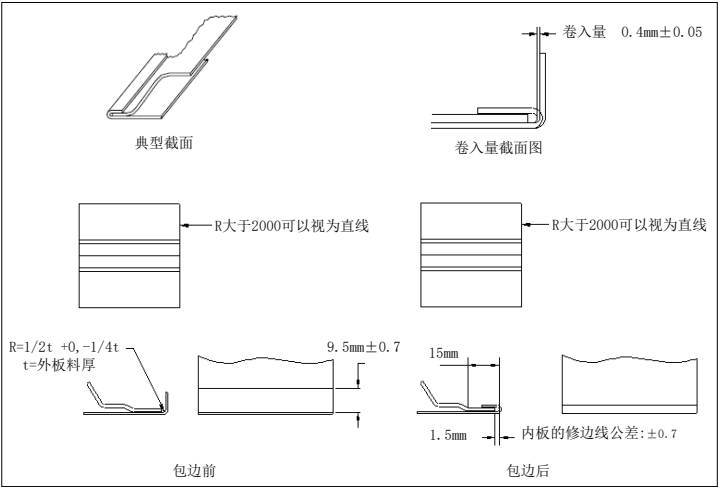


图2 圆弧（伸长）段平包边

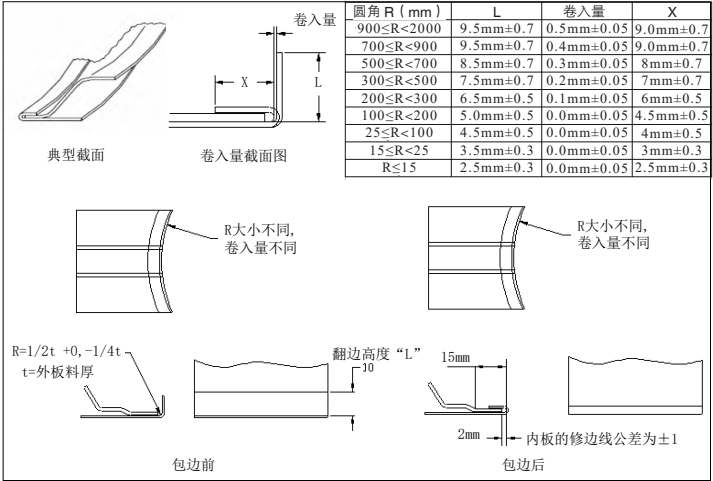


图3 带凸台 (<40mm) 的平包边

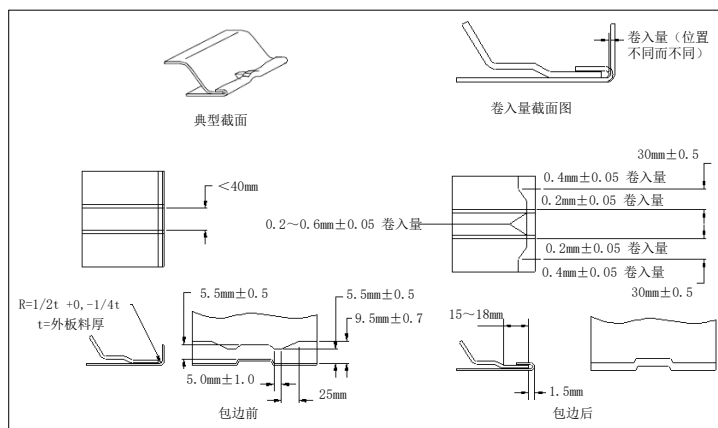
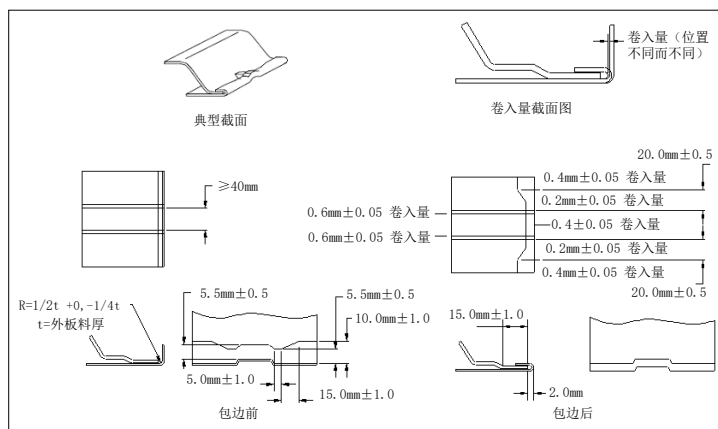


图4 凸台 (>40mm) 的平包边



4.2 波浪起皱

波浪起皱缺陷多出现在曲面曲边的情况下，例如车门包边、机舱盖的后部等部位。此缺陷产生原因主要是：

(1) 外板件的翻边长度设定不合理。一般情况下，普通包边的翻边长度不超过10mm，水滴包边的翻边长度在13mm~16mm范围内。超过该翻边长度，包边过程中板件发生弯曲变形产生的应力无法释放，从而引起板件波浪起皱。解决的方法是按照既有经验设定翻边长度。

(2) 滚边压力过大。例如在车门包边的过程中，滚边压力设置过大，而车门板件材料刚性较差，受力程度较弱，导致车门板件在包边过程中受力不均匀，从而引起板件波浪起皱。解决的方法是合理设置滚边压力，滚边压力的大小是根据实际经验和滚边设备生产厂家的试验结果所得。

5 机器人滚边成形的优缺点

5.1 优点

(1) 机器人滚边设备一次性投入小。由于机器人滚边设备可重复应用，安装、拆除、转运都相对更加便捷，能够很好地降低成本。

(2) 适应性强，整体柔性化更高，符合现阶段汽车行业的柔性化发展需求。^[4]适用于大角度(130°)包边需求。

(3) 结构简单，占地面积小，可有效降低空间占用率。

(4) 研发制造周期短。当前的汽车迭代加快，要求新车型开发周期尽可能缩短，而机器人滚边成形工艺的调试周期较短，可满足新车型开发时间紧、任务重的需求。

(5) 产品品质稳定。与手工包边、压力机模具包边、专机包边等包边工艺相比较，产品品质稳定。对于车身外观件的质量提升

来说，机器人滚边成形工艺能够有效地提升车身外观件的质量。

5.2 缺点

(1) 冲压件对包边质量影响较大。

(2) 生产效率略低，生产节拍没有手工包边、压力机模具包边、专机包边等包边工艺快。

6 结束语

综上所述，汽车机器人滚边技术的发展及应用对汽车制造企业的工艺水平提高有着十分重要的意义。因此，在未来的发展过程中，汽车行业技术人员要致力于不断地提高机器人滚边工艺的生产效率，降低冲压件对包边质量的影响，改善机器人滚边成形技术出现的问题，不断优化机器人滚边技术，让这项技术能够更好地发挥作用，提升汽车外观件质量。**99**

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 (08): 5-10.
- [2] 朱路生. 汽车天窗包边机构及工艺研究[D]. 合肥: 合肥工业大学机械电子工程, 2014.
- [3] 王作兵, 何卓, 邱胜苗, 等. 机器人滚边工艺的研究与应用[J]. 汽车工艺师, 2018 (11): 35-38.
- [4] 李彦贺, 李金山, 罗光盛. 汽车后背门机器人滚边工艺优缺点[J]. 汽车工艺师, 2020 (09): 24-26.

作者简介

郑亚菲: (1985.11—), 女, 汉族, 河南郑州人, 硕士, 中级工程师。研究方向: 汽车设计、汽车研发管理。

李奎江: (1992.04—), 男, 汉族, 河南郑州人, 硕士, 助教。研究方向: 工程材料、汽车工艺材料应用。

刘莹琦: (1989.09—), 女, 汉族, 河南漯河人, 硕士, 助教。研究方向: 工业互联网技术、大数据技术、工业APP开发。

王楠: (1989.06—), 女, 汉族, 河南郑州人, 硕士, 助教。研究方向: 机械设计与智能制造。

王静静: (1988.10—) 女, 汉族, 河南郑州人, 硕士, 助教。研究方向: 单片机原理及应用。