基于汽车轻量化技术的自动铆接工艺优化及质量控制

□ 中国重汽集团济南卡车股份有限公司/黄晶晶 宋献进 卢志宏 于伟

随着汽车轻量化技术的不断发展，铆接工艺在轻量化上的应用也实现了大幅度的推广，本文主要提出了汽车轻量化技术过程中通过自铆过程控制实现自铆工艺优化的方法，达到质量提升的目的。

机器人自动铆接工艺控制原理

目前主机厂主流的自动铆接技术为机器人、铆钉输送系统组成的工作站，其组成及控制原理如图1所示，工艺控制在终端PC（HMI设备）对工艺参数及过程数据的控制与监控。

铆接过程受铆钉直径、材料、

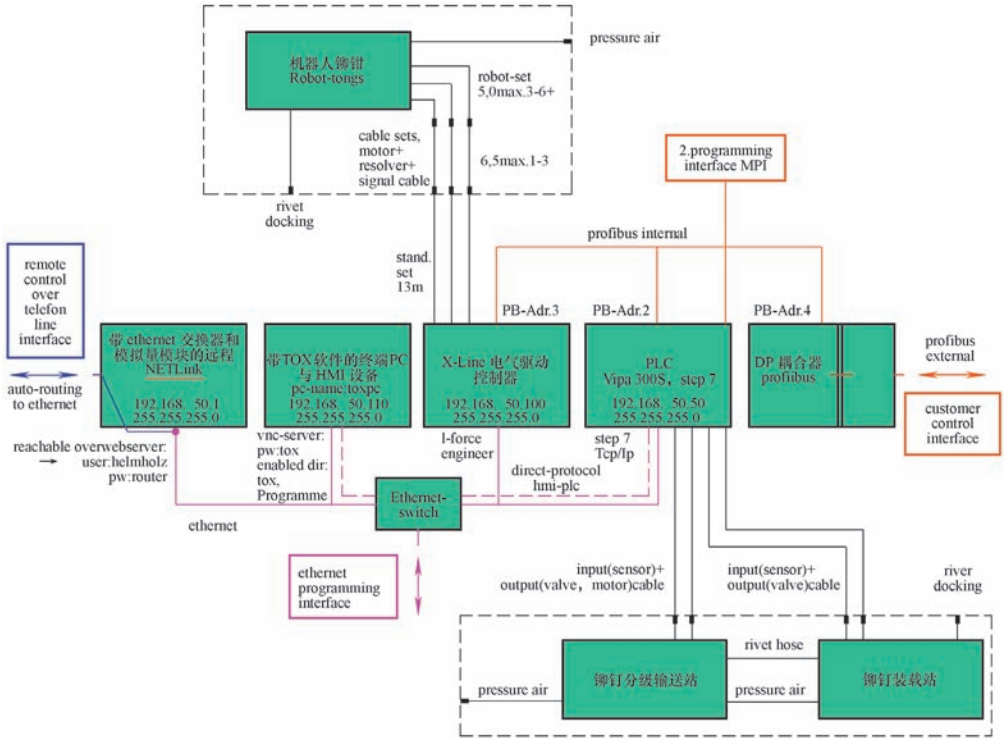

图1 自动铆接组成及控制原理

料厚、装配、铆接压力及铆接速度等多方面因素的影响，TOX铆接可以实现对铆接过程监控，通过3~5点铆接过程示教铆接压力F与相对距离s关系的两条包络线（见图2），设定最终铆接压力的最大值与最小值形成两条水平线，计算铆接完成后料厚的误差范围形成两条垂直线，六条线形成的交叉闭合区域即为铆接质量合格可行域（见图2）。铆接对预铆至铆接完成过程进行监控，图2中黄色曲线为实际铆接曲线。

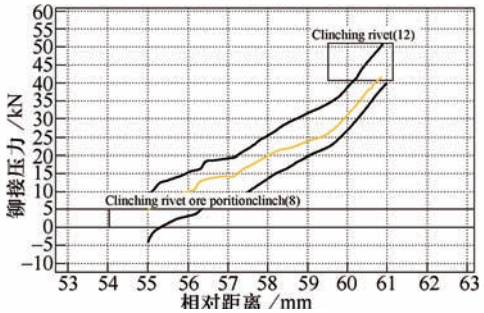

图2　铆接动态监控曲线

铆接质量分析及控制方法

目前铆接质量检测方法为主要分为非破坏性检测、破坏性检测两种。首先确认铆接各板材料类别、料厚、总料厚、层间间隙及填充物等，以前围及发机总成两层板连接为例进行分析。如果连接各层板料的材料、料厚不同需要按照不同叠放组合（见图3）顺序进行铆接，分别实验并分析实验数据。图3中①、②、③、④指的是产品件板料搭接。

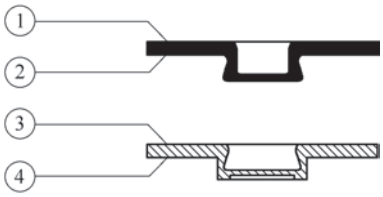

图3　板料连接

非破坏性实验（见图4）主要控制尺寸为铆接点直径ϕ，本例中ϕ=10mm，通过测量进行检测，铆点直径是否合格。

破坏性实验主要控制参数为剪切强度实验（见图5）、拉力强度实验（见图6）、控制尺寸X（见图4）。

本例中剪切强度实验要求试片长50mm，宽度25mm，搭接重叠部分20mm，剪切强度4 800N，公差±20%。拉力强度为4 250N，公差±15%。X=1.25mm，公差±15%。

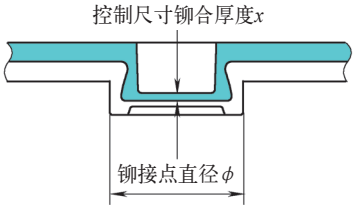

图4　非破坏性实验

图5　剪切强度实验

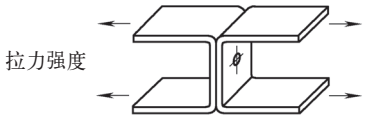

图6　拉力强度实验

自动铆接轻量化工艺优化

在汽车轻量化过程中，不可避免出现板材的料厚减小或者增加、更换铆接位置的板材等多种情况，再利用原来的工艺不仅会造成设备故障，影响设备正常使用，同时其铆接的强度将受到严重影响，因此必须对铆接工艺进行优化。

经过铆接实验及质量检测，汽车轻量化过程中的铆接质量缺陷主要是板料材质、料厚、更换的铆钉等影响（见图7），主要缺陷表现在以下两个方面。

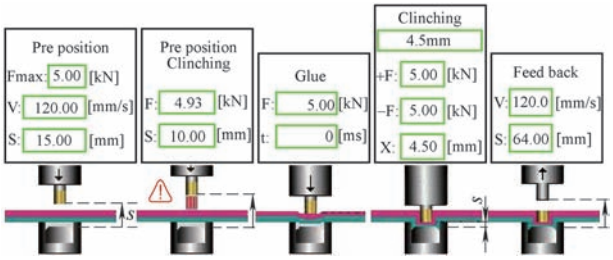

图7　铆接质量工艺过程控制

1.铆接过程压力低于铆接包络线下曲线

（1）铆钉强度降低或者铆钉长度变短。

（2）装配闪缝变小。

（3）凸模顶杆磨损。

（4）板料总厚度降低或者板料强度降低。

（5）铆接过程中填充物删减或者替换。

针对上述原因主要是在铆接控制过程中，预铆点位置比示教预铆点位置远，造成铆接的初始预铆阶段铆接压力达不到设定值；或者因铆接或者板料强度降低造成铆接阻力减小，或者因填充物删减或替换造成铆接阻力减小。因此，主要采取的调整铆接起始点位置，或者重新示教铆接包络线，根据料厚设定最终铆接压力的最大值与最小值并形成两条水平线，计算铆接完成后料厚的误差范围形成两条垂直线，形成的交叉闭合的可行域。

2.铆接过程压力高于铆接包络线上曲线

（1）铆钉强度增强或者铆钉长度变长。

（2）板料总厚度增大或者板料强度增大。

（3）板料间增加填充物或者其他杂质。

（4）装配闪缝变大。

（5）铆接过程中填充物增加或者替换。

针对上述原因主要是在铆接控制过程中，预铆点位置比示教预铆点位置近，造成铆接的初始预铆阶段铆接压力超过设定值；或者因铆接或者板料强度增加造成铆接阻力增加；或者增加的其他填充物造成的铆接阻力增加。因此，主要采取的调整铆接起始点位置，或者重新示教铆接包络线，根据料厚设定最终铆接压力的最大值与最小值并形成两条水平线，计算铆接完成后料厚的误差范围形成两条垂直线，形成的交叉闭合的可行域。

自动铆接工艺优化后质量验证

在轻量化工艺改进过程中，按照步骤三种工艺方法进行了优化，根据步骤二中的质量检测方法进行了对比试验，实验结果参照下表，试验结果符合设计要求，铆接强度在误差允许范围内。

对比实验结果表

		工艺改造前	工艺改造后	
工艺板料		镀锌钢板1.5mm +镀锌钢板1.5mm	镀锌钢板1.5mm +铝板1.8mm	铝板1.8mm +镀锌钢板1.5mm
抗剪强度	测量值/kN	5 346	4 898	5 100
		4 444	4 996	4 821
		4 700	5 200	4 765
	标准值/kN	4 800	4 800	4 800
	误差（%）	±20	±20	±20
抗拉强度	抗拉强度/kN	4 200	4 652	4 566
		4 526	4 211	4 179
		4 325	4 223	4 185
	标准值/kN	4 250	4 250	4 250
	误差（%）	±15	±15	±15
控制尺寸x	测量值/mm	1.26	1.25	1.25
	标准值/mm	1.25	1.25	1.25
	误差（%）	±15	±15	±15
控制尺寸ϕ	测量值/mm	10.00	10.12	10.00

结语

通过机器人自动铆接工艺控制原理，铆接质量分析及方法控制，实现了自动铆接轻量化工艺优化 ，从而在汽车轻量化技术自动铆接过程中实现自铆质量提升。