



双离合自动变速器的壳体属于薄壁铝合金铸件，其上分布着纵横交错的油道，钢球通常用作油道的端口密封。本文从钢球以及钢球孔的配合尺寸、压装设备的精度和刚性、压装工艺以及压装环境等方面分析了钢球压装力的影响因素及其解决措施。

□ 安徽江淮汽车集团股份有限公司 汤善荣 谢飞 杨健

浅谈变速器壳体钢球压装力影响因素

变速器壳体钢球压装

变速器壳体钢球压装是生产线一道重要工序，为保证钢球的压装力和压装后的凸出深度满足产品设计要求（表 1），工艺上采用伺服电缸进行压装。

伺服电缸内部集成了压力监控传感器和位移监控传感器，通过设定位移来控制压装后的钢球凸出深度，并监控实际压装力。正因为钢球压装采用控制压装位移的方式，所以压装后的凸出深度一致性非常好，合格率达到 100%（表 2）。

通过调查发现，各钢球孔的压装力均存在不合格的情况，主要表现为压装力超过上限值 8 kN，其

中 3 号钢球孔、4 号钢球孔、5 号钢球孔和 6 号钢球孔压装力合格率不足 85%。钢球孔压装力合格率如图 1 所示。

由于变速器壳体属于薄壁铝合金铸件，钢球压装力超标可能会导致变速器壳体变形，存在漏油风险。此外，过大的压装力会在压装过程中产生挤压毛刺，影响产品清洁度。钢球压装工序被剔除的不合格工件需要经线下返修、检测及组织评审等工艺管控手段，这相应地增加了工作量，提高了生产成本。

如何保证变速器壳体钢球压装后的凸出深度合格，同时确保钢球的实际压装力仍在设计范围内呢？

表 1 壳体钢球压装产品设计要求

压装后的凸出深度 /mm	压装力 / kN	钢球孔尺寸 /mm	钢球尺寸 /mm
0 ~ 3	2 ~ 8	$\phi 12_{-0.158}^{-0.088}$	$\phi 12 \pm 0.005$

表 2 壳体钢球压装后的凸出深度合格率统计表

生产批次	压装后的凸出深度合格率									
	钢球 1	钢球 2	钢球 3	钢球 4	钢球 5	钢球 6	钢球 7	钢球 8	钢球 9	工件
A20S1P11	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
A20S1P12	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
A20S1P13	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
A20S1P14	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
A20S1P16	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
合计	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

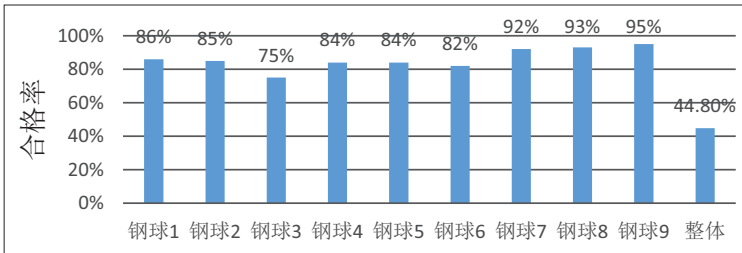


图 1 壳体钢球压装力合格率

钢球压装力影响因素分析

钢球压装设备主体结构包括举升机构、上料夹具、辅助支撑、顶部夹具和压装单元等几个主要组成部分。钢球压装主要部件结构如图 2 所示，压装时剖面如图 3 所示。

钢球压装力偏大主要存在以下几方面可能影响因素：设备压头与壳体上的钢球孔存在对中偏差，导致压杆将钢球偏心地压入钢球孔，造成压装力偏高；壳体上的钢球孔直径或钢球直径超差，导致配合过盈量过大；压装力传感器的精度产生漂移；设备刚性不够导致压装时工件产生位移；压装速度过快可能引发冲击力变大；环境温度变化引起的热胀冷缩等，我们针对上述可能存在的影响因素开展如下验证分析。

1. 压杆运动轴线与被压钢球孔同轴度影响分析

为了验证对中偏差对压装力的影响，我们选取 1 号钢球孔验证对中偏差对压装作用力的影响。通过人为调整压杆与 1 号钢球孔的同轴度偏差，统计在不同的同轴度偏差下钢球的实际平均压装力，结

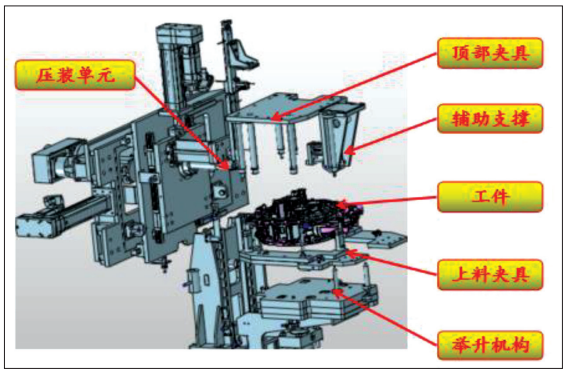


图2 钢球压装主要部件结构

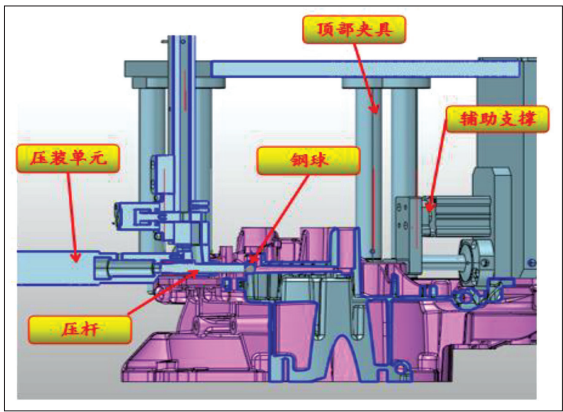


图3 钢球压装时剖面

果表明同轴度偏差与压装力关联性大，且成正比。

2. 壳体钢球孔与钢球的配合间隙分析

使用数显三爪内径千分尺随机检测5个变速器壳体共计45个钢球孔的直径，使用外径千分尺随机检测30个钢球的直径，统计结果显示，所有壳体钢球孔和钢球直径均在合格范围内，且尺寸稳定，即钢球孔与钢球的配合间隙无异常。

3. 压力传感器标定分析

对钢球压装机的压力传感器的标定记录进行检查确认，经查验现场标定记录，压装机压力传感器标定示值误差为-0.90%~0.41%，压力传感器的实际精度在设备要求范围内，标定结果均为合格，并且班组严格按照工艺文件要求进行了定期标定。因此

可以排除由于压力传感器标定异常引起的压装力超上限现象。

4. 辅助支撑力大小影响分析

通过调整辅助支撑油缸工作压力，统计在不同辅助支撑力作用下，观察钢球压装力的变化。很明显，随着辅助支撑力减小，钢球压装力逐渐变大，说明辅助支撑力大小对压装力影响大。

5. 辅助支撑位置影响分析

该设备共设置了一个辅助支撑油缸，辅助支撑点位于6号钢球孔和7号钢球孔轴线之间，为了验证辅助支撑位置对压装力的影响，我们将辅助支撑位置调整到2号钢球孔和3号钢球孔轴线之间（调整距离约70mm），并统计调整前后各钢球孔的平均压装力，结果显示1号、2号和3号钢球孔压装力明显降低，而6号、7号及8号钢球孔压装力反而升高，说明辅助支撑点位置离被压钢球孔轴线越近，压装力越小，反之，压装力会越大。

6. 电缸压装速度影响分析

为了验证伺服电缸的压装速度对压装力的影响，我们将伺服电缸的压装速度从10mm/s分别降低为5mm/s和1mm/s，统计

10个壳体各钢球孔的平均压装力，结果显示，降低伺服电缸的压装速度，钢球压装力无明显变化。

7. 工件温度影响分析

经统计，一年当中厂房内部极限温差约为20℃，通过理论计算，由环境温度变化引起的工件实际过盈量变化为0.0029mm，仅为产品设计最大过盈量的1.8%，说明由自然环境温差引起的过盈量变化影响有限。

8. 清洗后壳体钢球孔内壁残留积水影响分析

由于钢球压装前道工序中存在清洗工序，经调查发现，壳体9个钢球孔内壁不同程度存在残留积水现象，现场随机抽取30件壳体，各钢球孔内壁残留积水占比见表3。

为了验证钢球孔内的残留积水对压装力的影响，通过人为对1~8号钢球孔孔壁均沾水后压装，验证壳体钢球孔内壁在沾水和完全干燥状态下其压装力对比。

从图4可以看出，壳体钢球孔内壁残留积水状态下较钢球孔内壁完全干燥状态下压装力增加了2~4倍，说明壳体钢球孔内

表3 各钢球孔内壁残留积水占比统计

工件部位	孔1	孔2	孔3	孔4	孔5	孔6	孔7	孔8	孔9
统计数量	30件								
积水数量	4件	14件	12件	1件	1件	1件	5件	5件	0件
积水工件占比	13.3%	46.7%	40%	3.3%	3.3%	3.3%	16.7%	16.7%	0%

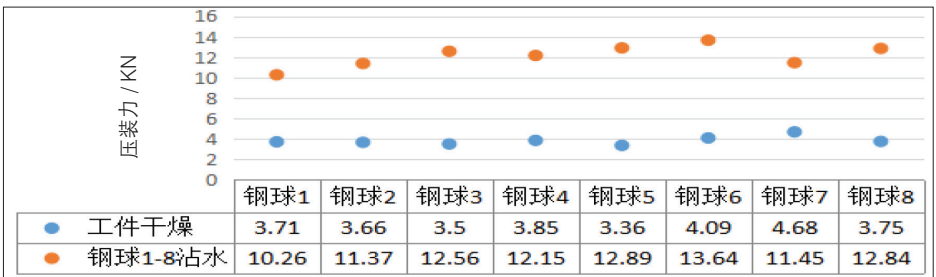


图4 钢球孔内壁在干燥和存在积水状态下的压装力对比



壁的干燥度对钢球压装力影响很大。

钢球压装力优化验证

通过以上对钢球压装力影响因素的分析,我们最终确认从以下几个方面进行优化验证。

1. 制作专用对中工装

通过制作专用对中工装,利用对中工装控制压杆与钢球孔理论中心的同轴度,对中工装上的孔的位置按照壳体上对应孔的理论中值加工(位置偏差 $<0.02\text{ mm}$),孔的直径比压杆的直径大 $0.03\sim0.05\text{ mm}$,压装时压杆与壳体钢球孔的理论中心线同轴度小于 $\phi 0.09\text{ mm}$ 。同时修改工艺文件,增加使用专用对中工装检测频次的要求。

2. 优化辅助支撑位置

通过优化辅助支撑位置,使辅助支撑点更靠近压装轴线。增加了1个辅助支撑油缸,原辅助

表4 整改前后压装力均值对比

整改前后钢球压装力均值对比 /kN									
	钢球 1	钢球 2	钢球 3	钢球 4	钢球 5	钢球 6	钢球 7	钢球 8	钢球 9
整改前	6.56	6.52	7.75	7.07	6.65	7.13	6.07	6.27	7.5
整改后	3.54	3.35	3.58	3.66	3.04	3.42	2.91	3.21	4.27

支撑油缸仍然布置在6号钢球孔和7号钢球孔之间,新增辅助支撑油缸布置在2号钢球孔和3号钢球孔之间,两个辅助支撑油缸在工作压力下的支撑力总计为 16.8 kN 。

3. 优化前道清洗工艺参数

工件吹干前增加机器人翻转控水,延长压缩空气吹干时间,同时提升清洗工序的清洗温度(由 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 提升到 $45\text{ }^{\circ}\text{C}$),保证真空干燥所需要的温度差,并增加真空干燥时间等工艺手段,有效确保壳体钢球孔内壁完全干燥。

通过实施以上对策后,对生产的壳体进行压装力的统计,壳体钢球压装力合格率为 99.43% ,此外9个钢球孔经整

改后压装力的均值均明显降低,整改前后压装力均值对比见表4。

结束语

双离合自动变速器油路复杂,工作油压高,而钢球作为油道端口密封装置,其压装质量的好坏直接影响着产品质量,轻则导致变速器漏油,重则影响变速器换挡平顺性,因此在生产过程中要重点管控。造成变速器壳体钢球压装力超差的影响因素有很多,不同产品结构和压装工艺有所区别,本文提供了一个解决钢球压装力超差的分析方法,并提供了经验证有效的解决措施供广大工程技术人员参考。AI

(上接第47页)

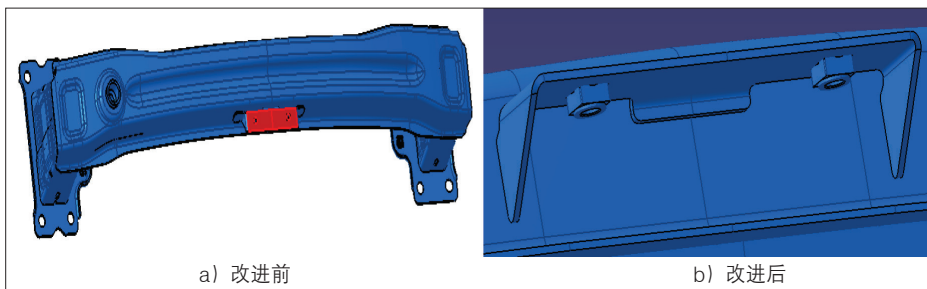


图8 通过对支架改进采用局部焊接是否有干涉现象。在进入ADAS设备标定前员工需晃动雷达检查雷达是否安装到位及与周边是否有干涉,否则会出现因雷达与周边干涉调整为假性合格,经过特殊路面路试后雷达位置出现变化,导致雷达失效,组

合仪表产生报警。

结束语

通过以上雷达常见失效方式的介绍,在安装雷达时需要保证安装到位。设备开发时考虑车辆姿态差异,选择合适的激光光源。

雷达安装支架的材质与结构、前保横梁本体的材质与结构及加工工艺等有关因素,需根据具体设计方案和尺寸链计算,最终确定前保横梁总成的安装面、螺母/拉铆孔尺寸公差要求。

同时,新车型在新品阶段时需对影响雷达关键相关件尺寸进行数据核查,最终保证雷达在ADAS设备校准台上水平方向和垂直方向调整量,考虑雷达安装件的累计公差及来件制造一致性差异,需进行加严控制($\leq 1.8^{\circ}$),以保证量产后车型不会存在雷达相关故障。AI