

一体压铸定位孔变形对车身测量精度的影响研究

高建国, 郑耀凯, 叶小军, 朱永亮

重庆赛力斯新能源汽车设计院有限公司 重庆 401121

摘要: 着重探讨了铝制压铸后车体定位孔变形这一现象对白车身测量精度的显著影响。通过理论分析、试验研究以及实际案例分析, 详细阐述了定位孔变形的原因、变形的趋势以及其如何作用于测量过程, 从而导致测量精度下降和测量结果偏差。研究结果对于提高汽车车身测量的准确性和可靠性提供了有益的参考。

关键词: 铝制压铸后车体定位孔; 变形; 测量精度

DOI:10.16173/j.cnki.ame.2024.10.006

在现代制造业中, 精确的零件测量是保证产品质量和性能的关键环节。而零件定位孔作为测量过程中的重要基准, 其状态的稳定性对于测量精度和结果的准确性起着至关重要的作用。然而, 由于各种因素的影响, 零件定位孔容易发生变形, 这给测量工作带来了极大的挑战。

铝制压铸后车体定位孔变形原因

1. 材料特性

材料的不均匀性、硬度分布不均以及内部缺陷等因素会使定位孔在使用过程中易发生变形。

常用压铸铝合金是铝硅镁锰压铸铝, 一般材料特性如下: 抗拉强度通常在 220~380 MPa; 屈服强度一般在 150~320 MPa; 延伸率约1%~3%。

2. 制造工艺缺陷

加工过程中的切削力、热变形以及残余应力等因素可能导致压铸件定位孔的尺寸和形状偏差。5组压铸铝件, 机加工工艺均为钻孔加镗孔, 设计孔径为 $20^{+0.1}_{-0.1}$ mm, 孔径前后变化对比见表1。

表1 5组压铸铝件机加孔径前后变化对比

编号	实测孔径/mm	孔径变形量及方向
1	20.5	沿Y轴扩大0.4mm
2	20.4	沿Y轴扩大0.3mm
3	20.8	沿Y轴扩大0.7mm
4	20.7	沿Y轴扩大0.6mm
5	20.7	沿Y轴扩大0.6mm

3. 装配和使用过程中的外力

不当的装配方法、过大的装配力以及工作中的负

载作用都可能造成定位孔的变形。

铝制压铸后车体定位孔在车身组焊线体上被不断地用于定位，定位销冲击定位孔造成定位孔变形。影响因素包含车身到位时下降的速度、车身到位时滑撬与车身底部夹具的相对位置精度等。

1) 车身到位时下降的速度。车身到位下降时的速度对压铸件定位瞬时孔冲击变形存在影响，在不同的下降速度下，定位孔原始孔径20.1mm，到位后定位孔变形的量见表2。

2) 车身到位时滑撬与车身底部夹具的相对位置精度偏差，会加剧夹具定位销对车身定位孔的冲击磨损量。

表2 5组不同车身下降速度下定位孔变形量对比

车身下降速度 / (m/s)	到位后测量孔径 /mm	沿Y轴孔径变形量/mm
0.5	20.9	扩大0.8
0.4	20.7	扩大0.6
0.3	20.5	扩大0.4
0.2	20.3	扩大0.2
0.1	20.2	扩大0.1

如图1所示，车身到位下降时，车身上的定位孔与底部夹具定位销之间的冲击干涉量由滑撬与车身底部夹具的相对位置精度决定。车身底部夹具的到位夹紧块决定滑撬X向到位精度，即定位孔与底部夹具定位销之间的X向冲击干涉量 $X_{\text{冲击干涉}} \approx$ 工装设备定位配合时X向的波动值 X_{Δ} 。车身底部夹具的导向轮决定滑撬Y向到位精度，即定位孔与底部夹具定位销之间的Y向冲击干涉量 $Y_{\text{冲击干涉}} \approx$ 工装设备定位配合时Y向的波动值 Y_{Δ} 。根据尺寸链计算 $X_{\Delta}=0.3\text{mm}$ ， $Y_{\Delta}=1.0\text{mm}$ 。输入CAE模型参

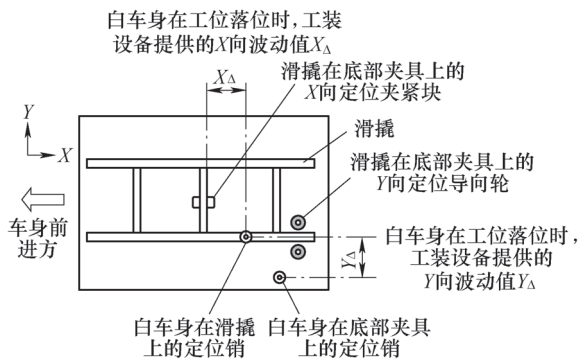


图1 滑撬与车身底部夹具相对定位关系

数（见表3），建立冲击CAE模型。进行冲击变形模态模拟，如图2所示。

表3 定位孔冲击变形CAE模型参数

瞬时冲击力/N		4900
压铸铝合金 AlSi7MnMg性能 参数	弹性模量/GPa	75
	泊松比	0.33
	密度/ (g/cm ³)	2.66
定位销40Cr性能 参数	弹性模量/GPa	210
	泊松比	0.27
	密度/ (g/cm ³)	7.85
冲击干涉量/mm	X向	0.3
	Y向	1.0

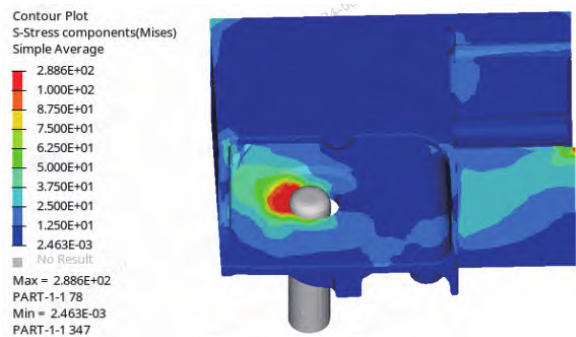


图2 定位孔冲击变形CAE模型模拟状态

压铸后车体定位孔变形趋势分析

收集20组理论直径为20mm的定位孔变形后直径实际测量值表，见表4（实测最大值20.90mm，实测最小值20.05mm，实测平均值20.52mm），进行分析，定位孔变形趋势呈现以下特点，如图3所示。

1) 定位孔实测直径全部>20mm，呈现直径变大

表4 定位孔直径实测数据统计表

孔位	直径实测值/mm	孔位	直径实测值/mm
孔1	20.42	孔11	20.05
孔2	20.45	孔12	20.85
孔3	20.65	孔13	20.35
孔4	20.75	孔14	20.45
孔5	20.35	孔15	20.05
孔6	20.25	孔16	20.90
孔7	20.65	孔17	20.85
孔8	20.45	孔18	20.15
孔9	20.55	孔19	20.35
孔10	20.15	孔20	20.65

的趋势。

2) 因各种因素引起的定位孔直径变量呈现不均匀的分布。

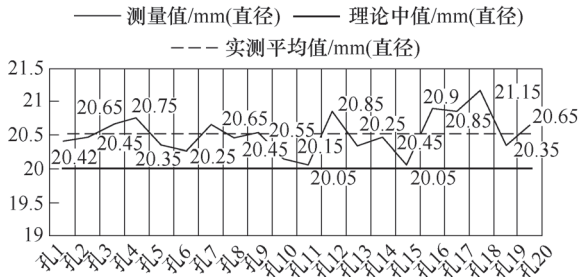


图3 定位孔直径实测数据分析

定位孔变形对测量精度的影响

1.测量基准的偏移

车身通常使用三坐标测量支架定位进行测量，由于定位孔发生变形，导致车身定位孔与测量支架上的定位销相互配合发生变化，导致测量基准坐标系发生偏移，从而引入测量系统计算误差。

2.测量重复性降低

以同一位置的测点多次测量结果分析，该侧点因定位孔与定位销配合变化，导致测量结果重复性一致性变差。

3.装配性能优化评估误差

由于定位孔变形对测量基准的影响，导致车身测量特征实际测量值错误地判断零件的装配性能，可能导致零件装配点错误调整，从而导致装配不良或产品故障。

综上，定位孔变形将导致白车身测量基准偏差，且随着变形量的增加基准偏移也会随之增加，呈现线性增加关系。

测量基准的偏移量 P_{Δ} =实测定位孔直径-实测定位销直径+0.3mm。

试验研究

1.试验设计

选取直径 ϕ 20mm定位孔且具有不同程度变形的白

车身样本，对白车身另外一个定位孔采用光学测量方法进行对比测量。

2.测量设备与方法

本次试验采用激光雷达进行测量。激光雷达具有高精度、高效率、自动化及方便使用的特点。适合与大型零件的测量，测量范围0~30m，测量精度达10 μ m。

将白车身定位夹紧在测量支架上，人工操作控制柜进入测量就绪状态，激光雷达系统发出测量需求，控制柜根据测量需求信号控制测量支架将白车身调整至测量位置，雷达开始测量，测量完毕输出报告，测量结束。

3.试验结果与分析

通过对10组白车身样本进行测量，测量结果见表5，通过分析试验数据趋势如图4所示。

表5 10组白车身样本测量统计表

变形定位孔	直径实测值/mm	实测变形量/mm	测量定位孔	实测位置偏差/mm
定孔1	20.15	0.15	测孔1	0.43
定孔2	20.25	0.25	测孔2	0.45
定孔3	20.35	0.35	测孔3	0.60
定孔4	20.42	0.42	测孔4	0.72
定孔5	20.45	0.45	测孔5	0.81
定孔6	20.45	0.45	测孔6	0.78
定孔7	20.55	0.55	测孔7	0.83
定孔8	20.65	0.65	测孔8	0.86
定孔9	20.65	0.65	测孔9	0.92
定孔10	20.75	0.75	测孔10	1.14

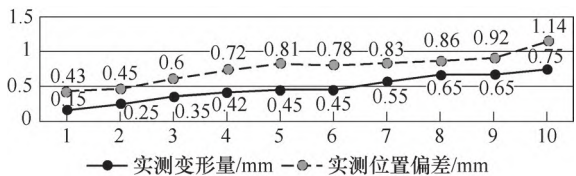


图4 10组白车身样本测量数据趋势分析

可以看出，随着定位孔变形增大，测量基准偏差也随之增加，且基本符合：测量基准的偏移量 P_{Δ} =实测（下接第33页）

结语

针对市场上频繁出现的轮毂疲劳碎裂故障进行了理论分析与有限元优化设计,得到以下结论:

1) 此次轮毂碎裂故障主要因轮毂轴承限位处强度不足,随工作时间累积在此处出现疲劳碎裂。并且在实际工作中轮毂轴承限位处存在径向变形,导致轴承外皮松动,频繁出现走外圈导致轮毂轴承限位处磨损,磨损量达到某一临界值时出现碎裂。

2) 根据有限元分析方法对轮毂进行了优化设计,优化后的轮毂强度提升了20%,位移分离量降低了10%。并且经过台架试验与市场验证证明优化结果明显,未再出现此类故障。

3) 早期设计轮毂轮毂轴承时,轮毂结构、轴承配合关系多根据已有经验进行设计给定,此次优化设计的成功为后续分析设计轮毂结构与轴承配合关系提供

了分析依据。

参考文献:

- [1] 张景春,陈选楠,王维,等.商用车用轮毂轴承单元的应用与发展趋势[J].轴承,2023(11):1-6,15.
- [2] 洪瞰晖,许志.卡车轮毂轴承外圈跑动原因分析及解决方案[J].机械工程师,2011(10):127-128.
- [3] 刘惟信.汽车车桥设计[M].北京:清华大学出版社,2004.
- [4] 陈长波,时晓军,孔德利.载货车前桥轮毂轴承走外圈故障的有限元仿真分析[J].农业装备与车辆工程,2018,56(7):98-101.
- [5] 全国汽车标准化技术委员会.商用车驱动桥总成:QC/T533-2020[S].北京:北京科学技术出版社,2020.**AUTO1950**

(上接第21页)

定位孔直径-实测定位销直径+0.3mm。

实际案例分析

白车身座椅安装定位孔位置度实测位置度+Y向偏差1.2mm,将座椅安装定位孔-Y向调整1.2mm后并未完全解决座椅装配孔挡孔的问题。经过再次分析,发现白车身定位孔存在变形现象,测量后定位孔变形直径增加0.5mm,由此推断基准偏差量为0.8mm,将基准偏差量进行调整补偿,座椅定位孔向-Y向调整0.4mm后,座椅装配孔挡孔问题得到解决。

降低定位孔变形影响的措施

- 1) 优化制造工艺。改进加工方法、消除残余应力等。
- 2) 改进线体装配精度。调整白车身到位后滑撬下降的速度,或增加白车身下降时脱离滑撬定位销的机构,减少瞬时冲击力对定位孔变形的影响。底部夹具

定位滑撬的定位装置提升定位精度,由导向轮的大间隙定位改为定位夹紧块,减少白车身落入底部夹具时定位孔与定位销的干涉量。

3) 如果零件制造工艺和线体改进都受制约无法调整,可根据定位孔平均变形量,将测量支架定位销直径随之改为定位销变形后的实测平均值,减少测量基准偏差。

结语

零件定位孔的变形对测量精度产生了不可忽视的影响。通过深入研究变形的原因、特征以及其对测量的作用机制,我们能够采取有效的措施来降低这种影响,提高零件测量的准确性和可靠性,为制造业的高质量发展提供有力保障。然而,随着制造技术的不断进步和对测量精度要求的日益提高,仍需持续关注和研究这一问题,以适应新的挑战和需求。**AUTO1950**