

汽车玻璃升降系统失效故障探究及设计规避

□ 奇瑞新能源汽车技术有限公司 / 茅卫东 周俊锋 王成文 袁浩 唐强 吴发贵

本文通过对奇瑞汽车量产车型门玻璃升降器、胶条、门上段失效原因进行分析,从玻璃升降系统的工作原理出发,阐述了问题产生的根本原因,并制定相应的解决措施。实验结果说明所做的措施是有效的;通过优化各系统零部件,降低&消除使用舒适度,提升玻璃升降系统稳定性和可靠性。

2000年以来,汽车工业随着科学技术的进一步发展,生产力水平不断提高,在中国市场呈现爆发式增长,2017年汽车产销突破2901万辆,其中配置电动玻璃升降系统车辆达到95%。

玻璃升降系统是除行驶功能外使用频率较高的系统,经常会出现门玻璃升不到顶部、升降阻滞、升降异响等问题。玻璃升降系统问题也一直是生产、使用过程中较难解决的问题,需要建立一套科学的方法,从产品设计、参数选型、整车升降实验等各环节分析和验证,保证玻璃升降系统运行稳定、可靠。

升降系统工作原理

玻璃升降系统设计边界条件:

(1) 车门:边框上段和曲率。

(2) 玻璃:形状、曲率、形状、行程和连接方式。

(3) 玻璃导轨:行程、截面和接触面形式。

(4) 呢槽和挡水条:截面和接触面形式。

(5) 驱动:电流和转矩。

在做升降系统设计前必须满足以上五项边界参数,可设计出结构合理的汽车玻璃升降系统。

绳轮式结构升降器由直流电动机、机械升降机构和控制系统三大部分组成,驱动电动机为直流电动机,涡轮蜗杆减速装置具有正反转、输出扭矩高、噪声小、体积紧凑、便于布置、安装方便、密封性好及成本低等特性,直流电动机内部还配有堵转电流过载保护装置。在升降机构中,电动机的输出花

键与卷丝筒连接,绕在卷丝筒上的钢丝与玻璃装配支撑架相连接。同时也配备了一键升降功能和防夹功能。

原理是通过驱动电动机的旋转运动转换为升降器机构带玻璃上升或下降至所需位置,从而带动玻璃沿着玻璃导轨、门上段和呢槽轨迹升降运动。具体如图1所示。

升降器系统失效故障分析和设计规避

玻璃升降系统主要失效故障表现为,升降振动和噪声、防水密封、升降阻力大和无法升降等失效故障。

1.故障排查

针对故障门升降系统材料、尺

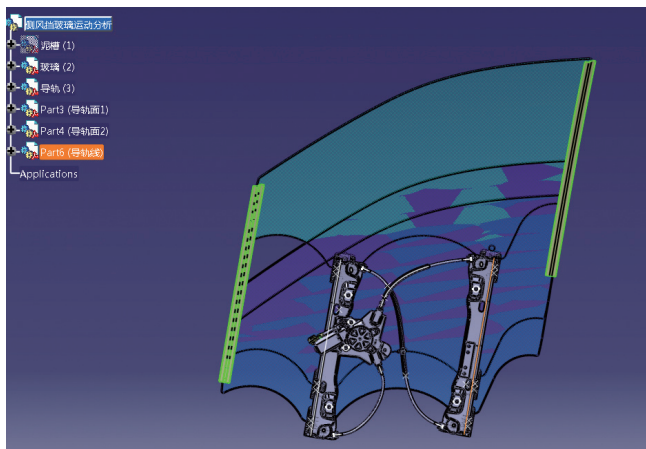


图1 玻璃升降器结构

寸进行排查。首先对故障门外侧整体进行白光扫描，看其整体曲面偏差；X、Z向数据相对理论值偏差在0.5mm以内，Y向呈线性递增（递减），数据反映整体外侧曲面不会产生阻力，具体见图2和图3所示门上段轮廓尺寸扫描数据。

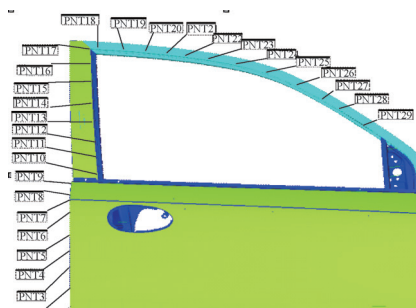


图2 门上段轮廓尺寸扫描

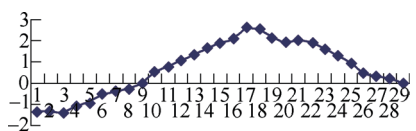


图3 门上段轮廓Y向尺寸分布

其次对门总成内外板直口边内侧Y向尺寸（见图4）和呢槽等玻璃接触面增加新材料如硬质TPV、植绒等材料减小摩擦系数，优化玻璃与接触面摩擦力，并能保证玻璃的密封和隔音性能，提升用户满意度。

门前后导轨内侧X向尺寸过小或玻璃X向尺寸偏大，会造成玻璃升降阻力大，加大玻璃与呢槽磨损进而产生异响等质量缺陷如图5所示，门总成内侧前后导轨间距与玻璃匹配过小（即X向），导致门玻璃升降阻力大和异响问题40%都是由于此原因导致，以下针对此问题的详细分析。

通过现场故障车零件证实，门前后导轨内侧X向尺寸小，超出公差1.8mm，进一步排查门总成焊接时，夹具定位不合理，后导轨与门内板焊接时，先焊Y向，后焊X向，不能吸收上段的偏差导致此问题发生，调整焊接顺序可控制门前后导轨

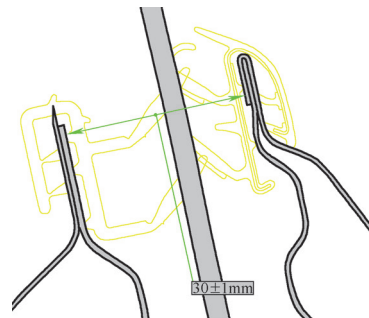


图4 门内外板内侧直口Y向尺寸标准



图5 门呢槽内侧X向与玻璃磨损

内侧X向尺寸合格（见图6和图7）。



图6 前后导轨焊接Y向



图7 前后导轨焊接Z向

2.玻璃升降系统设计规避方法

门玻璃升降系统装配完成后通

过外接直流电源和示波器测试玻璃上升和下降过程中电流波动范围，来判定升降过程是否稳定可靠。

首先搭建玻璃升降台架，可在线100%对玻璃升降系统进行诊断，实时记录测试数据上传本地云端，并建立专家数据库，判定玻璃升降过程是否稳定可靠。

玻璃在上升过程中对其进行受力分析：在玻璃未接触车门上框密封条瞬间，其上升阻力有前后端呢槽密封条摩擦力、内外挡水条摩擦力与玻璃重力；当玻璃上升运行至上框入槽瞬间，玻璃上边缘受到上框呢槽的入槽反力。

同时，在玻璃上升过程中，对玻璃在上升过程中电动机输出力进行分析， F_{vup} 为玻璃从静止到运动并克服前后端导轨呢槽、内外挡水条反作用力， F_e 和 F_y 为玻璃运行到门上框入槽瞬间所需的力和玻璃最终到位所需的推力。

玻璃上升时间5s，通过示波器记录每毫秒电流数据变化，相应数据存储到本地云端数据库中，可建立专家模型，来判定玻璃升降系统是否合格。

如持续按动升降器开关，给升降器供电至电动机热保护断电的情况发生，升降器运行限制电流 I_b 的设定需小于电动机固有堵转电流 I_{max} ，即 $I_b < I_{max}$ 。此外，考虑带有一键升降功能的玻璃升降器控制，一键升降命令触发后，开关持续给升降器电动机供电至玻璃运行至上下停止点堵转，堵转电流大于运行限制电流则开关断电。

从玻璃运行关闭力方面分析（见图8），若 $(T_e + T_v)$ 过大，在玻璃上升关闭过程会导致玻璃上升

过程对车门上框冲击力过大，顾客对车品质感降低。若 $(T_e + T_v)$ 过小，可能出现玻璃上升入槽力不足导致玻璃无法完全上升至顶端，经验关闭力为： $T_e + T_v = 230 \pm 5N$ 。

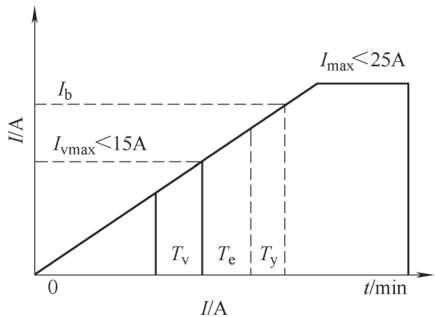


图8 玻璃上升运行电流与电动机转矩曲线

此外，Q/SQR S6 15-2012《玻璃升降器总成》中对玻璃升降器的电流特性要求为：升降器的工作电流 $\leq 15A$ ，堵转电流 $\leq 25A$ 。

3.玻璃升降系统动态运动校核

从设计之初就将玻璃升降故障带入到设计理念中，并在数据设计完成后对升降系统数据进行DMU动态校核（见图9）。玻璃与周边运动尺寸符合要求，玻璃在升降过程中Y向最大尺寸差 $< 1mm$ ，可通过此方法对玻璃升降系统在整个运动过程中的各项尺寸进行有效的分析，规避后续到实物零件匹配阶段问题（见图10）。

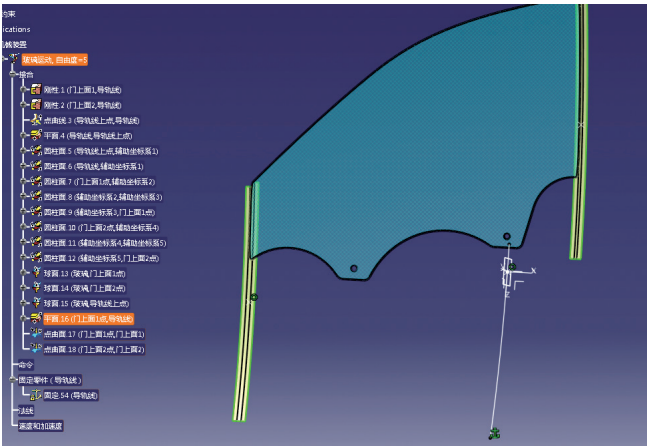


图9 玻璃升降系统DMU建模

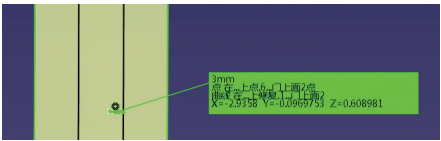


图10 玻璃升降运动分析Y向最大尺寸差

（下转第53页）

0.1mm以上。

除上述方案外，提高活塞垂直度、适当增大活塞与钳体缸孔的间隙，也可以增加活塞回位量但需同时验证是否会产生活塞与缸孔的撞击异响。

2. 钳体刚性

钳体刚性主要受钳体材料与钳体结构影响，通过Solidworks对钳体建模并进行仿真分析（见图3）。相同结构，7MPa液压下QT550-5材质钳体变形量，为0.1382mm，更换为ZALSi7MgA-T6材质钳体变形量为0.2378mm。相同材质时，不同结构设计时钳体变形量也不一致，总体而言，钳体背部和勾爪设计尺寸越厚越宽，缸孔中心线与钳体勾爪越靠近钳体背部时，钳体变形量越小。

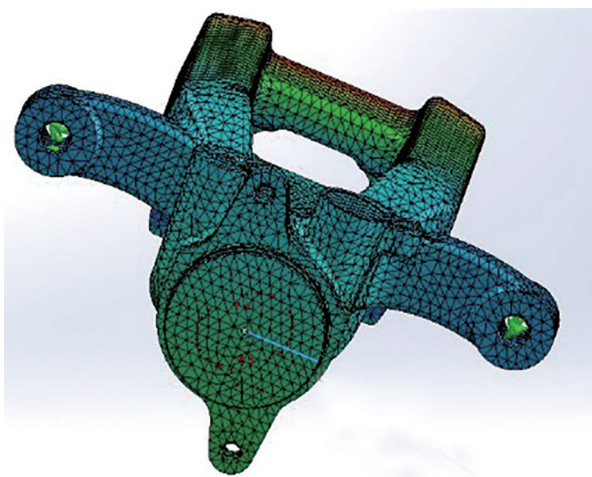


图3 仿真分析

3. 摩擦片总成压缩量

摩擦片总成压缩量越大，制动解除后制动间隙越小，适当减小摩擦片总成压缩量可以增加制动间隙。一般摩擦片总成压缩量包括摩擦材料压缩

量与消声片压缩量，摩擦材料压缩量可通过改善配方中纤维材料或增加摩擦材料压制时的压力与放气次数来减小；消声片压缩量可通过减小橡胶层厚度和涂胶层厚度来减小。

此外，加严控制摩擦片平行度与表面平面度、制动盘平面度等也可以改善制动盘与摩擦片接触面压力分布，减小制动间隙。

结语

通过以上分析，得知电子驻车系统制动钳相较于传统钳盘式制动钳制动间隙更小，需要改善活塞回位量、钳体刚性及摩擦片总成压缩量来合理设计制动间隙。但活塞回位量增大会增加制动钳所需液量，造成踏板行程增大，因此改善同时需验证对踏板行程、踏板力与减速度的影响；摩擦片总成压缩量减小影响到硬度、阻尼效果等，改善同时需验证对MPU、DTV、BTV和NVH等的影响。AUTO1950

（上接第50页）

结论

通过建立玻璃升降运行原理、现场逆向问题排查、系统受力分析、DMU仿真建模，得出玻璃运行阻力与电动机扭矩的数值关系，为

玻璃升降器系统失效故障判定提供了理论依据；并通过电动机转矩特性曲线准确定义了玻璃升降器运行电流，为电动玻璃升降器运行在线

100%检测专家数字模型建立，提供了理论支撑；为后续电动玻璃升降系统实物质量提升提供理论研究基础。AUTO1950