

乘用车车门电动玻璃升降器耐温度变化性试验失效分析

赵楠¹ 刘洪纬²

1. 中汽信息科技(天津)有限公司 天津市东丽区 300300

2. 中汽研汽车检验中心(天津)有限公司 天津市东丽区 300300

摘要: 玻璃升降器是重要的汽车车身附件,其性能是直接影响乘员安全和体验。本文从玻璃升降器的结构和原理出发,结合标准要求,分析常见试验失效情况。

关键词: 玻璃升降器; 试验测试; 失效分析

Failure analysis of temperature resistance test of electric window regulator for passenger car door

Abstract: Window regulator is an important automobile body accessory, and its performance directly affects the safety and experience of passengers. Based on the structure and principle of window regulator and combined with the standard requirements, this paper analyzes the common test failures..

Keywords: Window regulator; Test; Failure analysis

电动玻璃升降器按类型不同,可分为臂式、绳轮式和软轴式三种。臂式和绳轮式升降器具有技术成熟、结构稳定以及性能可靠等优点。臂式升降器通用性高,但其受结构限制安装空间大、运行噪音高,绳轮式升降器安装空间小、运行噪音小,但通用性差。单臂式玻璃升降器由电机(含减速器)、固定板、驱动齿轮、举升臂以及举升臂支架等零件组成,其结构简单、安装方便、成本低。叉臂式玻璃升降器结构较为复杂,除具备单臂式升降器的基本结构外,增加了平衡臂、平衡臂支架。它运行平稳,可用于具有较大玻璃的车门(如前车门)。叉臂式升降器的固定板和平衡臂支架用螺栓固定在车门内板上,平衡臂支架中心线必须过举升臂的旋转中心;电机用螺栓固定在固定板上;电机减速器输出轴齿轮(小

齿轮)与驱动齿轮啮合;驱动齿轮与举升臂焊接固定,在其旋转中心处与固定板铰接;平衡臂与举升臂铰接固定在一起,二者臂长相同,通过铆接在其上的轴销、滑块分别与平衡臂支架、举升臂支架连接;举升臂支架与车门玻璃固定在一起。叉臂式电动玻璃升降器的工作原理是:电机通过其自带的减速器输出扭矩,将其传递给驱动齿轮(实现二次减速),驱动举升臂绕其旋转中心转动,在平衡臂支架以及玻璃导槽的限制下,举升臂带动平衡臂在升降平面内转动,带动举升臂支架在升降平面内上下运动,从而实现玻璃升降。电机在升降器任意位置处停止时,其内部的蜗轮蜗杆机构均可实现自锁,确保玻璃不会下降;玻璃上升至上止点时,由窗框及玻璃导槽限位;玻璃下降至下止点时,由驱动齿轮的停止齿限位。启动时电机堵转,堵转电流迅速增大,使电机过热升温,当温度升到一定值时,电机内部热敏保护开关膨胀断开,使电机断电,保护电机不致因温度过高而烧损,同时中断扭矩输出;当电机温度下降后,热敏保护装置又接通,电机又可以正常工作。

车门玻璃曲面可分为单曲面、双曲面两种。单曲面玻璃,其曲率半径 R 多在1500mm~2000mm之间。单曲玻璃的运动基准面是柱面,因其半径较大,弦高相对较小,玻璃在上下止点位置与升降器运动基准面偏差小,适与臂式玻璃升降器匹配,在车门内部空间布置紧

作者简介:

赵楠,出生年月:1990年11月17日,性别:女,民族:汉,籍贯:河北石家庄,学历:硕士,研究方向:项目管理,车辆工程,工作单位:中汽信息科技(天津)有限公司;

刘洪纬,出生年月:1988.11.27,性别:男,民族:汉,籍贯:天津市,学历:本科,职称:中级工程师,研究方向:项目管理、机械设计、投资管理,工作单位:中汽研汽车检验中心(天津)有限公司。

张的情况下也可以选择绳轮式升降器。双曲面玻璃，其主曲率半径一般在1200mm ~ 1500mm之间，次曲率半径20000mm ~ 60000mm之间。双曲玻璃的运动基准面为酒桶面，玻璃在上下止点位置与升降器运动基准面偏差大，同时由于车门厚度有限，因此不适合用叉臂式升降器，多采用绳轮式升降器。臂式升降器在运动过程中，由于升降器运动基准面为平面，而玻璃运动为柱面，因此，电机将扭矩传递给举升臂产生举升力 F 的同时还会产生一个将玻璃向外推的力。

升降器的举升力可以与电机扭矩、升降器结构有关；外推力一般只考察玻璃即将到达上止点瞬间升降器产生的外窗台推出力 F_0 ，该力的大小影响外窗台弯曲挠度。

(1) 升降器举升力 F 计算：

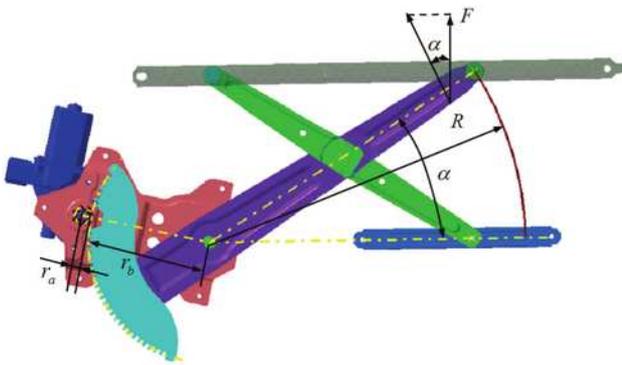


图1 升降器举升力

由力矩平衡关系：

$$\frac{F}{\cos\alpha} R = \frac{T}{r_a} r_b \eta$$

可得到升降器举升力 F ：

$$F = T \frac{r_b}{r_a} \eta \frac{\cos\alpha}{R}$$

T ：电机扭矩（上限）(N.mm)；

r_a ：电机减速器小齿轮齿轮半径（mm）；

r_b ：驱动齿齿轮半径（mm）；

R ：举升臂长度（mm）；

α ：举升臂与平衡臂支架夹角（°）；

η ：叉臂式升降器效率（80%）；

应确保 $\alpha \leq 45^\circ$ ，因为该角度超过 45° 后，上升力 F 迅速减小，上升力不足会导致玻璃上升困难甚至无法升降。

(2) 外窗台推出力 F_0 ：

$$F_0 = F \sin\beta \leq 180 \text{ (N)}$$

β ：玻璃上止点位置玻璃上边缘与举升臂支架滑块的连线与升降器上升方向的夹角。

外窗台推出力是指玻璃上升至上死点时上升力在外

窗台方向的分力，一般该值应 $\leq 180\text{N}$ ，以确保外窗台挠度满足要求。

(3) 外窗台挠度 y_m ：

$$y_m = \frac{F_0 L_2 (L^2 - L_2^2)^{\frac{3}{2}}}{9\sqrt{3}EI_2 L} \quad \text{①}$$

E ：杨氏模量（N/mm²）；

I_2 ：外水切安装截面的主惯性矩（mm⁴）

$$(I_1 = I_{\min} = \frac{1}{2}(I_y + I_z) \pm \frac{1}{2}\sqrt{(I_y - I_z)^2 + 4I_{yz}^2}) ;$$

L ：玻璃位于上止点位置时，外窗台前后最低点在举升臂支架方向的距离；

L_1 ：玻璃位于上止点位置时，外窗台前最低点与平衡臂支架中点在平衡臂支架方向上的距离；

L_2 ：玻璃位于上止点位置时，外窗台后最低点与平衡臂支架中点在平衡臂支架方向上的距离；

F_0 ：外窗台推出力（N）。

注：公式①的求解过程如下：

简化外窗台受力过程，将其视为在升降器平衡臂支架中点处受集中力作用，外窗台可视为在该力作用下弯曲变形，假设该力过外窗台截面形心（即只考虑弯曲作用），可将其简化为图2所示的简支梁，在 $L_1 > L_2$ 的条件下，按照弯曲梁的挠度计算公式，可知该简支梁的力的作用点处挠度 y_c （见公式②）以及该梁的最大挠度 y_m （见公式③），两式转化后即得公式①。

$$y_c = \frac{F_0 L^3}{3EI} \cdot \frac{L_1^2}{L^2} \cdot \frac{L_2^2}{L^2} \quad \text{②}$$

$$y_m = y_c \frac{L + L_2}{3L_2} \sqrt{\frac{L + L_2}{3L_1}} \quad \text{③}$$

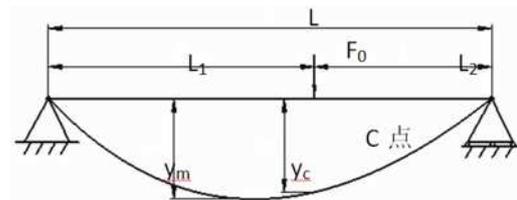
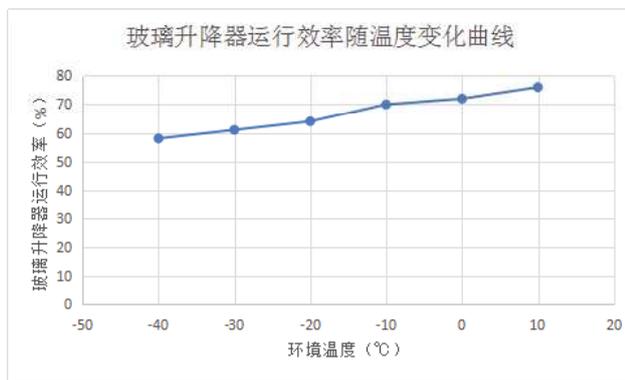
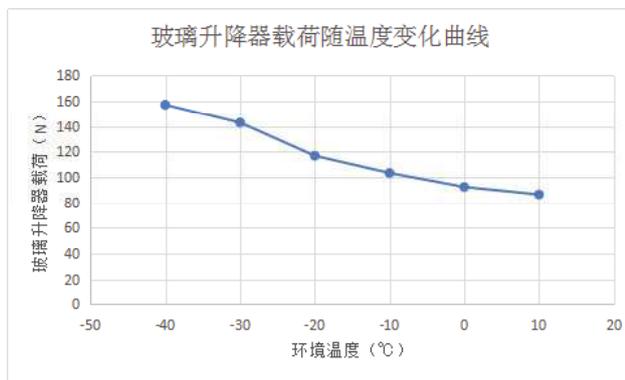


图2 弯曲梁的挠度

应调整升降器布置、外窗台截面以及玻璃形状，使外窗台最大挠度值 $y_m \leq 1.5$ （mm）。

QC/T 636-2014《汽车电动玻璃升降器》标准自2014年10月正式实施，标准对玻璃升降器提出了明确的技术要求。主要包括耐温度变化性、绝缘介电强度、热保护型、抗干扰性、耐腐蚀性、防水性、耐久性等，下面针对耐温度变化性的失效型式进行分析。汽车玻璃升降器在各种环境温度下的运行速度与下列因素有关：（1）汽车玻璃升降器载荷随温度变化情况，即胶条和水切的压

缩载荷和摩擦因数随温度变化情况；(2) 玻璃升降器在不同温度下的运行效率情况。



-40℃ ~ -30℃的测试温度相对比较严苛，设计合理、质量可靠的升降器在-40℃的环境下是可以顺利完成车窗开闭动作的。造成玻璃升降器无法升降原因主要是玻璃升降器和电机内部传动机构需要使用低温润滑脂，普通低温润滑脂在低温环境下会变质，导致玻璃升降

器动作异常。润滑脂的适用温度必须低于-40℃，在低温环境中玻璃升降器的升降阻力也会从30N上下增加到60N ~ 100N。另外在低温环境下，玻璃橡胶条会硬化变质，也会导致对玻璃的夹持力增加。由于升降阻力的增加，玻璃上升速度会降低30% ~ 60%左右。此外在进行升降器的低温性能测试时，由于中途测设的缘故会打开环境箱，当关闭环境箱再次测试就会发现机构的升降速度大幅度下降，甚至完全不能升降。在具体试验中测量低温环境下车门系统阻力等试验数据时，有时试验人员需要将车门和玻璃升降器从试验箱内取出。以上这些操作都会导致玻璃升降器和汽车玻璃上结霜，也会增加系统运行阻力。

参考文献：

- [1]王明珠, 杨军, 赵堃.A21车型电动玻璃升降器失效分析及整改措施[J].汽车实用技术, 2012(11): 77-78.
- [2]宋小宁.车门玻璃升降系统设计方法浅析[C].中国汽车工程学会.2009年汽车工程学会年会论文集.北京:机械工业出版社, 2009: 1769-1772.
- [3]唐超群, 王伟.某车型玻璃升降器失效原因分析及解决措施[J].农业装备与车辆工程, 2014(11): 64-67.
- [4]佟炳勇, 余坤.影响车门玻璃升降的原因分析[J].汽车工程师, 2013(5): 46-49.
- [5]周大华.绳轮式玻璃升降器常见故障模式的探究与分析[J].科技传播, 2012(4): 120-121.