

无框车门功能尺寸开发实践

-2024年5月



汇报人：徐耀武

2024年5月29日



01 无框车门外观尺寸特点与难点

02 无框车门典型问题解析及应对方案



□ 无框车门因时尚动感、隔音效果好、外观净面效果等优点，越来越多的车企开始采用这种设计。

一、无框车门因为无边框，车门玻璃直接参与与环境件间隙面差的匹配，这对车门玻璃系统的尺寸保证有了更高的要求。



外观上：

从外观匹配上看：有框车门因玻璃被夹持在窗框之中，外观匹配要求只与车门整体相关。

而无框车门玻璃与B/C柱饰板之间有一级面的间隙面差匹配要求，需要控制玻璃的位置。

难点1：

两者的结构区别也决定无框车门玻璃的外观匹配，其尺寸链更长，更容易受零部件质量及装配工艺过程影响。

□ 影响无框车门匹配的链环如下。

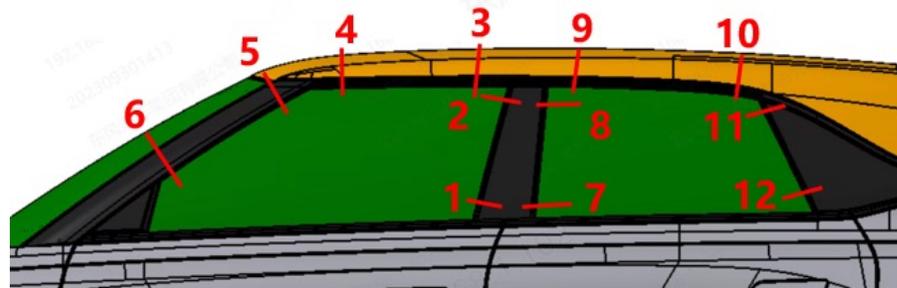
序号	部件	图示	特点及要点
1	外观匹配件： A、B、C柱外饰板、侧围装饰条； 玻璃		特点：直接匹配， 控制要点：要保证尺寸精度
2	白车身： 车门，车身		特点：匹配的基础， 控制要点：要保证零部件安装点的稳定性和尺寸精度
3	密封系统： 外水切，内水切，门框密封条， B、C柱密封条，顶条		特点：决定密封性能，对间隙面差影响大； 控制要点：受力曲线
4	升降器		特点：对运动过程影响较大 控制要点：拉丝刚度，可调螺母的调整
5	工装		特点：保证车门玻璃和车门相对尺寸 要点：工装精度和重复性

无框车门尺寸链长这一特点，决定了尺寸链闭环散差大的难点。在工艺上，部分车企采用最后工序调整B柱外饰板和调整升降器可调螺母和托块的工艺办法。这对最终匹配效果有利，但是投入人力较大。

二、无框车门的在功能上为保证密封功能，需要与密封件保持合适的压紧与贴合，因此车门玻璃系统的功能尺寸也是至关重要的。

一般无框车门外观及密封相关尺寸要求

前门玻璃					后门玻璃						
部位		名义值	公差	平行度	部位		名义值	公差	平行度		
	1	间隙	10	±2.0		7	间隙	10	±2.0	1.5	
		面差	0	±1.5			1.5				
	2	间隙	10	±2.0		8	间隙	10	±2.0	1.5	
		面差	0	±1.5			1.5				
	3	过盈量	4.5	±1.5	/		9	过盈量	4.5	±1.5	/
	4	过盈量	4.5	±1.5	/		10	过盈量	4.5	±1.5	/
	5	过盈量	4.5	±1.5	/		11	间隙	10	±2.0	1.5
	6	过盈量	4.5	±1.5	/		12	面差	0	±1.5	1.5



难点2:

因密封件的反力作用，密封功能要求与外观尺寸要求是相互影响的。密封反力对外观面差的影响是不容易定量来判断，每款车型的规律也不一样，尽管前期有针对密封反力的仿真分析，但是准确性与实物验证还是会存在较大差异，工业化阶段需要耗费较大的精力摸清密封反力的影响，并对玻璃预弯姿态及门姿态进行调整和固化。

难点3:

②无框车门的外观尺寸与密封功能尺寸是深度绑定的；密封性能要求减小了尺寸链系统容差，造成控制过程调整量变小。

三、无框车门的也需要保证玻璃运动过程中的位置，玻璃在上升或者下降过程中位置偏差会引起异响、密封胶条外翻、不入槽及顶到主密封条等缺陷。

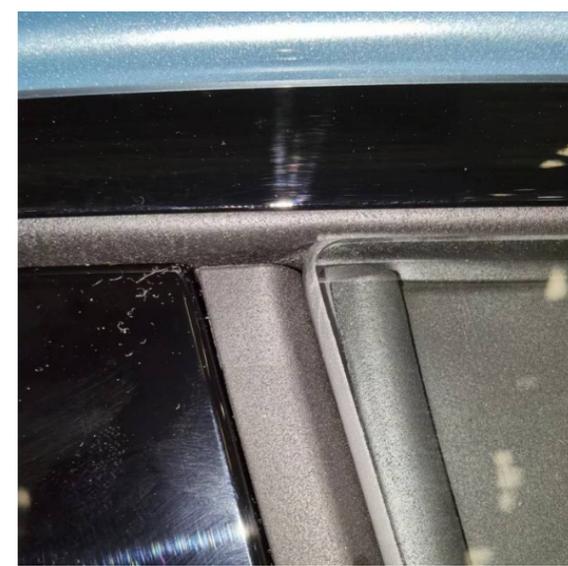
玻璃运动过程中的问题



密封胶条外翻



C柱处玻璃上升顶住柱密封条引起误防夹



玻璃不入槽

难点4:

无框车门玻璃在运动过程中，需要与密封系统和外饰板保持相对正确的位置关系:

- ①玻璃上升位置不一样，所受到的密封反力大小及受力点不一样，是动态的过程;
- ②到顶后，顶部密封条Z向反力会对玻璃产生力矩，从而玻璃发生绕Y轴的旋转;
- ③在实物状态下，玻璃的Y向抵消密封反力的预倾，相比理论状态更加不一样。

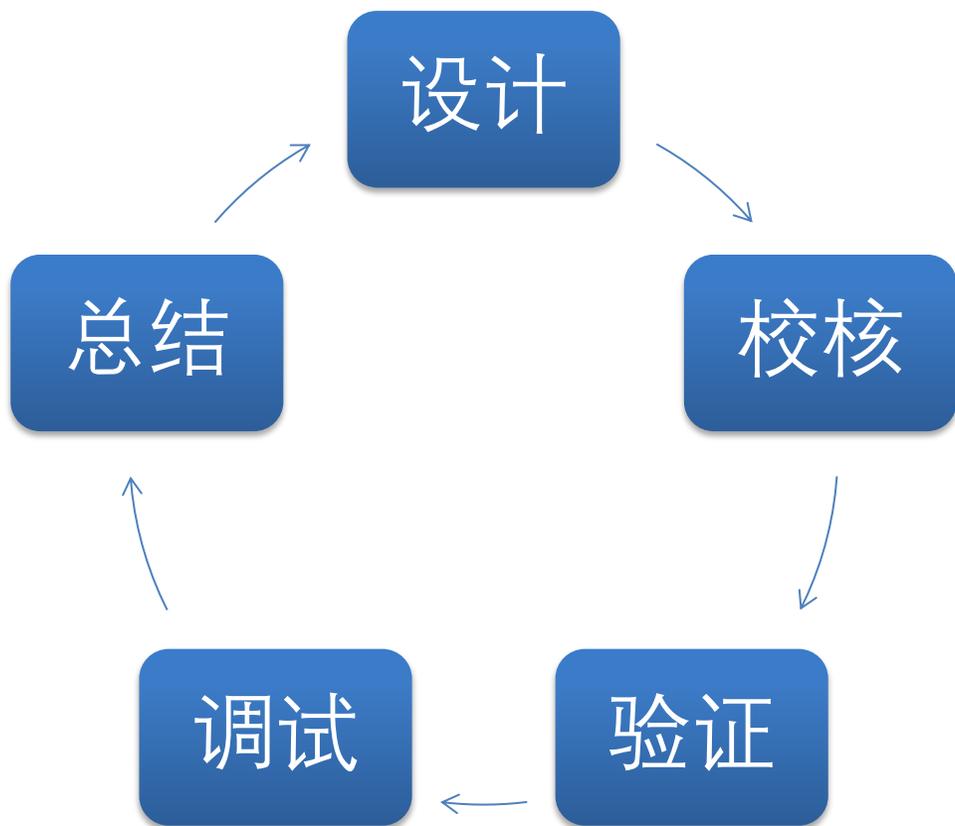
- 综合上述，无框车门玻璃外观尺寸特点是玻璃直接参与外观间隙面差的匹配和密封，其难点正是基于该特点产生的。尺寸链长、密封反力影响、运动过程及需要兼顾密封和外观匹配是无框车门玻璃显著的技术难点。无框车门匹配品质的控制要从设计、部品、车身、工艺等方面着手，形成制造全周期的管控。



无框车门常见问题

序号	问题	引发原因
1	玻璃与B、C柱间隙大/小	部品超差、工装偏差、白车身偏差、玻璃偏转
2	玻璃与B、C柱面差高/低	部品超差、密封反力大/小、白车身超差
3	玻璃升降异响	部品超差、密封反力大, 车门玻璃止口小
4	漏水	X: 玻璃与B柱间隙大, 密封不足; Y: 玻璃与B柱面差高; Z: 玻璃入槽深度不足
5	误防夹	玻璃Y向偏内严重上升过程与胶条根部挤压
6	不入槽	玻璃Y向偏外严重超差玻璃槽位置
7	玻璃上升插入胶条内	间隙小或面差大, 胶条容差不足
...		

□ 无框车门难点问题的解决，需要从设计、校核、验证、调试等阶段不断总结和反馈，形成正向的经验和规范。



设计： 遵循设计规范，点检再发防止，与各专业打合

校核： 密封反力的校核，设置合理的预弯量，拉丝刚度的校核，尺寸链的校核。

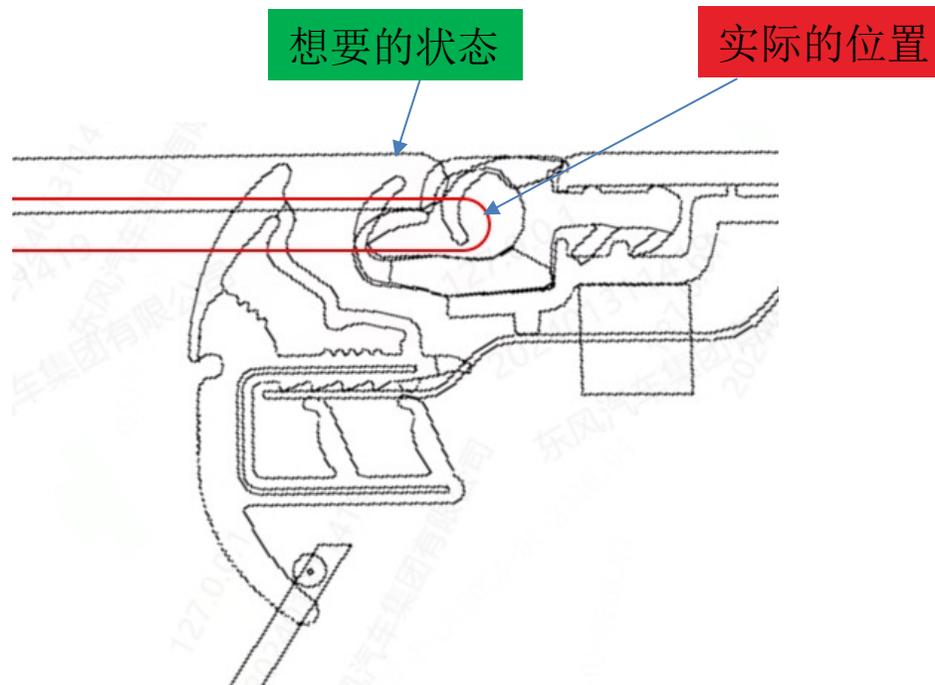
验证： 验证实物密封反力的影响及规律，验证升降器拉丝的刚度影响；摸清实物玻璃需要达到匹配效果的预弯量。

调试： CUBING匹配到实车匹配，单一问题的解析及措施制定。

总结： 总结设计类问题，形成再发防止，更新技术规范。

典型问题：玻璃上升过程插入B柱密封胶条内，如下图：

引发原因：玻璃上升过程中与B柱面差过低或间隙过小，玻璃挤压胶条



定义：到顶状态（间隙： $10\pm 2.0\text{mm}$ ；面差： $0\pm 1.5\text{mm}$ ），

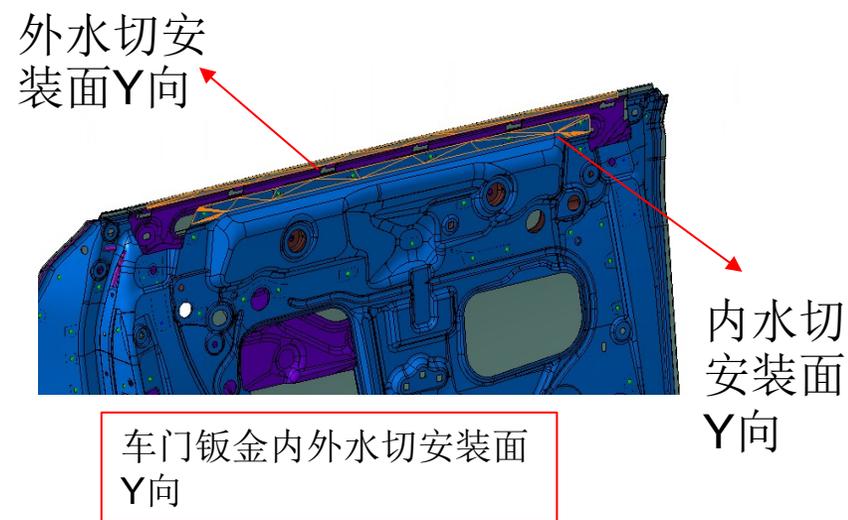
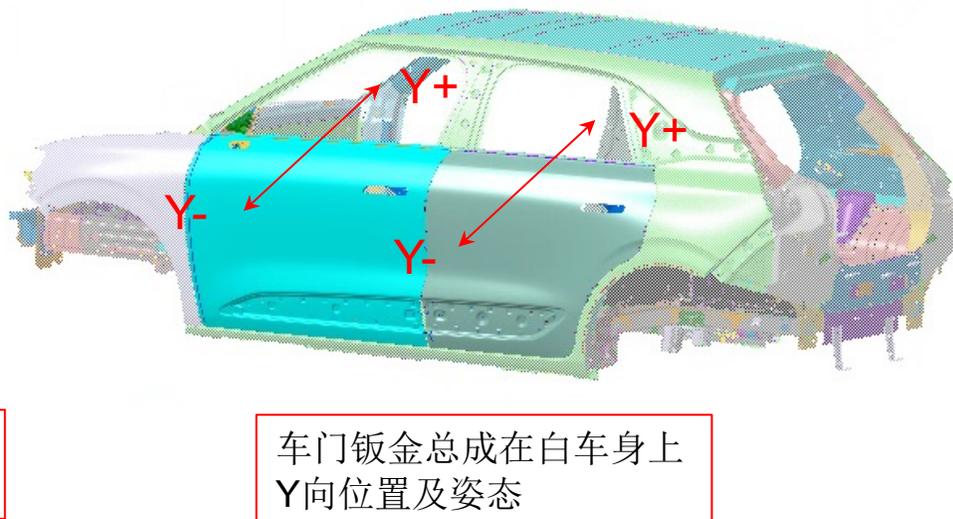
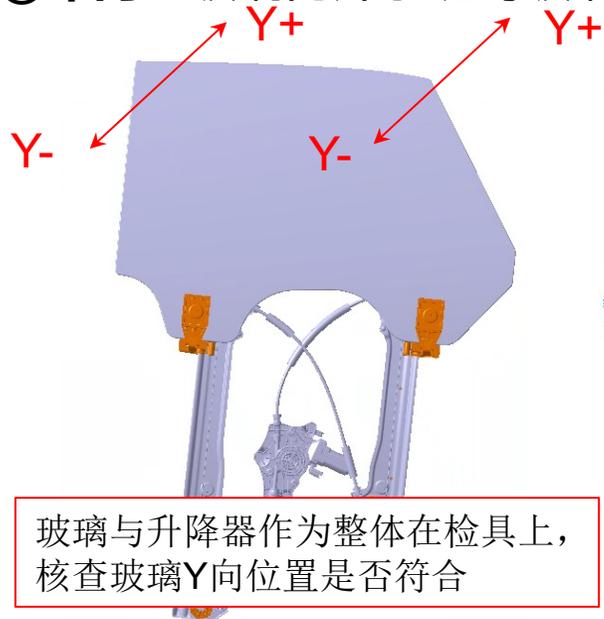
运动过程间隙面差定义：无，数据设计最大面差 2.8mm

实际：玻璃上升过程中与B柱面差低于 4.5mm ，或间隙小于 8mm 即有5%概率发生该问题。

一、关于面差问题的解析

1、从制造角度：

- ①**零部件**：玻璃+升降器作为一个系统，其在检具上集成理应符合理论预弯位置，偏向车内会导致面差加剧；
- ②**白车身**：车门钣金总成在整车上的位置理应符合设计位置，偏向车内会导致玻璃与B柱饰板面差加剧；
- ③**车门**：玻璃内外水切对玻璃有一定的夹持作用，内外水切安装面偏内会导致玻璃与B柱饰板面差加剧。



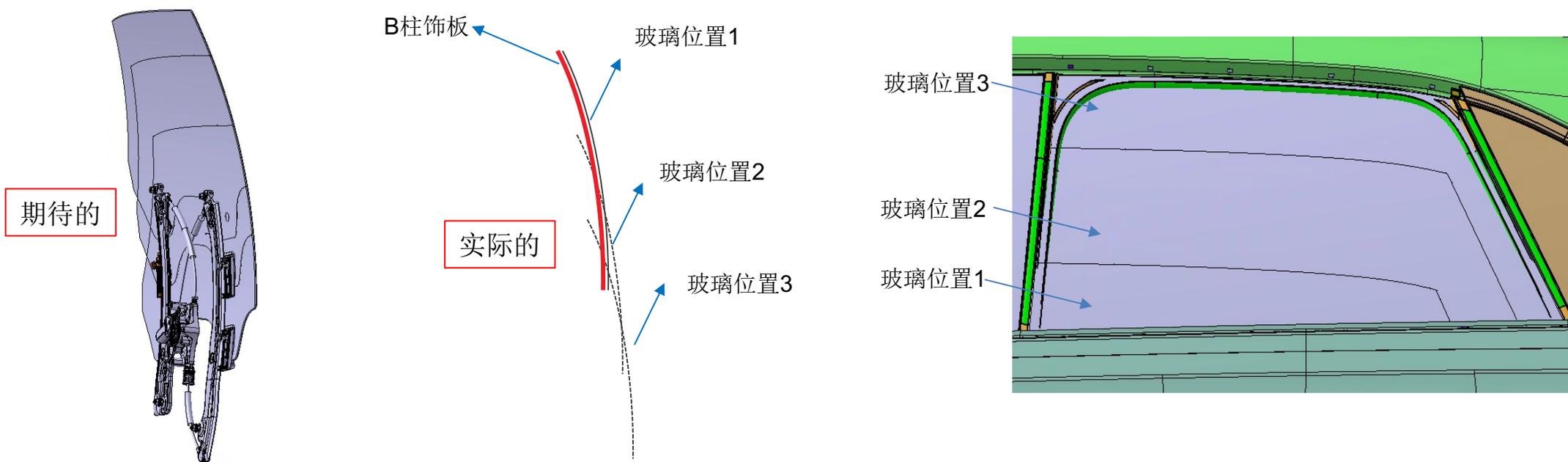
- ④**其他**：水切的尺寸及软硬度；车门钣金升降器安装点Y向；B/C柱外饰板外观面轮廓度。
这些影响玻璃Y向位置的关键尺寸，需要纳入零部件监控项和厂内尺寸监控项。

一、关于面差问题的解析

2、从设计角度：

①理想状态下，期待玻璃沿着玻璃理论曲面方向进行上升下降，但是为了抵消密封反力，设计会将玻璃进行向车内倾一定角度的处理，此时玻璃运动轨迹就不在玻璃理论曲面上，玻璃上沿与B柱在上升过程中某一点会达到面差最大；玻璃曲率越大越不利。

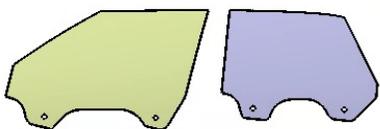
②玻璃低位和高位收到的密封反力不一样。玻璃到顶收到的密封反力最大，此时玻璃与B柱面差平齐；但是在低位时，收到的密封反力最小，抵消玻璃内倾的力不足，玻璃会低于B柱。



二、关于间隙问题的解析

1、从制造角度：

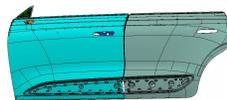
- ①**零部件**：玻璃及B/C柱匹配轮廓在检具上应符合公差要求；
- ②**车门**：车门钣金总成在检具上应符合公差要求，工序基准和功能基准下测量偏差控制在0.5mm以内；
- ③**车身**：车门定位点符合公差要求
- ④**工装**：玻璃安装工装应满足精度要求和重复性要求。



玻璃边线轮廓度



外饰件边线轮廓度



车门精度



车身精度



工装精度及重复性

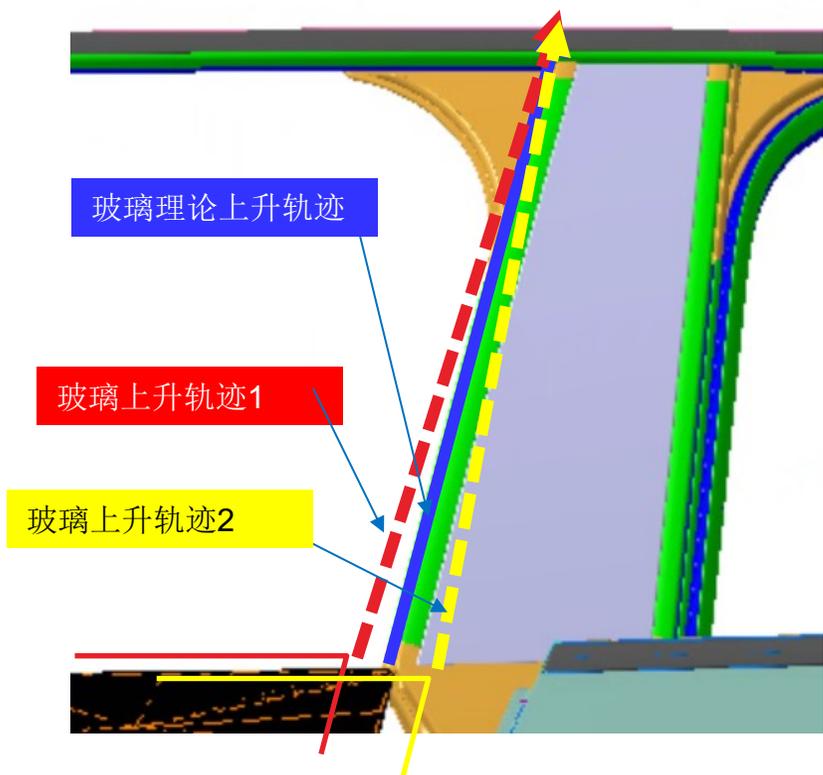
玻璃的间隙受密封反力的影响较小，在前期可以建立3D模型进行仿真分析，从而合理分配各零部件公差，制定合理的间隙公差。

这些影响玻璃X向位置的关键尺寸，需要纳入零部件监控项和厂内尺寸监控项。

二、关于间隙问题的解析

1、从制造角度：

⑤玻璃上升的轨迹：理论上玻璃上升过程到最终位置，玻璃尖角与B柱轮廓平行，而实际上玻璃上升的轨迹总是存在不平行的情况。



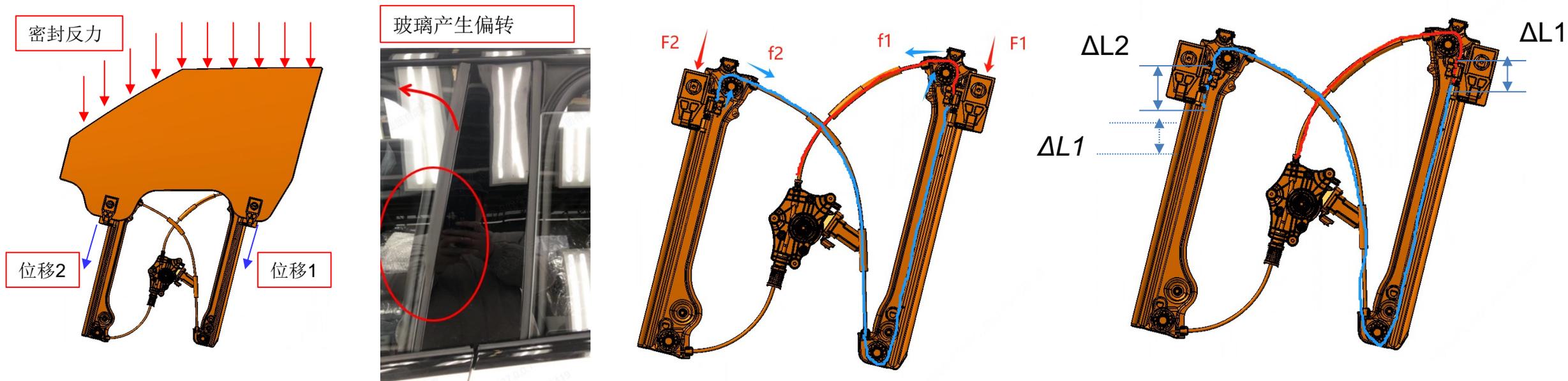
如右图所示：虽然三种上升轨迹最终到顶的状态都可以做到玻璃与B柱间隙合格，但是轨迹2是低处间隙小，在上升过程中，与B柱间隙小于理论值，存在挤压B柱胶皮的风险。

玻璃在低位，中位，高位的位置，与玻璃导轨在车门上的姿态相关，故车门上导轨上下安装点X向一致性需要监控。

二、关于间隙问题的解析

2、从设计角度：

①玻璃冲顶后，受到密封条向下的反力，反力传递到玻璃前后导轨滑块上。两个滑块受力产生的位移不一样，玻璃会产生绕Y轴的偏转，导致玻璃到顶后与B柱间隙变大。偏转现象使玻璃运动过程和到顶后与B柱间隙不一致，通常为保证到顶后的间隙合格，使得玻璃上升过程与B柱间隙小。



位移1和位移2的大小，通常与升降器拉丝布置有关；如图所示，第一段拉丝受力 $f_1 = F_1 + f_2$ ；第二段拉丝受力 $f_2 = F_2$ ； f_1 产生拉丝形变 ΔL_1 ， f_2 产生的拉丝形变 ΔL_2 ； ΔL_1 通过拉丝传递到左侧，左侧位移为 $\Delta L_1 + \Delta L_2$ ，而右侧为 ΔL_1 ；故位移2大于位移1。如果拉丝布置方向相反，则玻璃受密封力后产生相反方向的偏转，玻璃到顶后间隙变小，这对调大玻璃上升过程间隙有利。

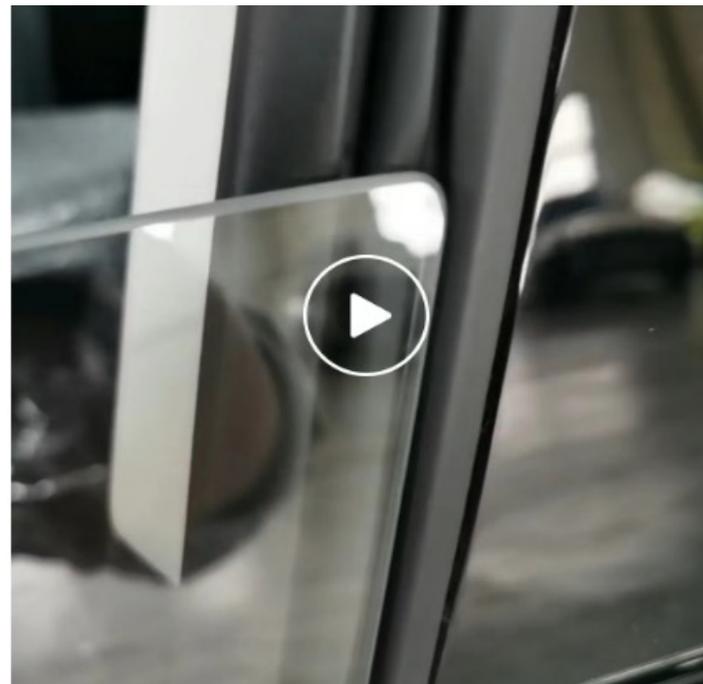
设计升降系统时，产品工程师应充分考虑拉丝的布置，且需要校核拉丝受力形变量。

三、关于B柱胶条容差的解析

1、问题的根本在于玻璃挤压胶条导致胶料在某一处堆积，造成玻璃插入胶条。无框车门尺寸链长，系统产生的散差较大，故需要提高胶条对间隙面差的容差能力。



胶条1 不推荐



胶条2 推荐

创造·快乐

CREATE SMILE

感谢聆听

责任意识

现场意识

用户意识

专业意识

成本意识

责任意识

现场意识

用户意识

专业意识

成本意识

