

# 浅谈 MPV 车型侧滑门工装干涉问题解决方法

赵建伟, 张晓杰, 杨运涛, 魏玲云, 孙阳涛

(长城汽车股份有限公司技术中心, 河北省汽车工程技术研究中心, 河北 保定 071000)

**摘要:** 本文聚焦于 MPV 车型侧滑门工装的设计与调试展开详细阐述。着重介绍了侧滑门工装设计的要点以及调试阶段的全面调试方案。通过深入分析某公司 MPV 车型的实际调试经验, 全面总结归纳出侧滑门工装调试过程中的关键关注要点。这些要点涵盖了工装结构的合理性、精度控制、与车身的匹配度、运动部件的顺畅性等多个方面, 旨在为 MPV 车型侧滑门工装的设计与调试提供具有实践指导意义的参考, 助力提升侧滑门的性能与质量, 确保其在实际应用中能够安全、可靠、高效地运行。

**关键词:** MPV 车型; 侧滑门工装; 涂装

中图分类号: TQ639 文献标志码: A 文章编号: 1007-9548(2026)02-0064-05

## Discussion on the Solution of Interference Problem of Side Sliding Door Tooling of MPV Model

ZHAO Jian-wei, ZHANG Xiao-jie, YANG Yun-tao, WEI Ling-yun, SUN Yang-tao

(Technology Center of Great Wall Motor Co., Ltd., Hebei Automotive Engineering and Technology Research Center, Baoding 071000, Hebei, China)

**Abstract:** This paper focuses on the detailed description of the design and commissioning of tooling for sliding doors in MPV models. It highlights the key points in the design of sliding-door tooling as well as a comprehensive commissioning plan for the debugging phase. By thoroughly analyzing the practical commissioning experience of an MPV model from a specific company, this paper comprehensively summarizes and identifies the critical factors that require attention during the commissioning process of sliding-door tooling. These key factors cover various aspects, including the rationality of the tooling structure, precision control, compatibility with the vehicle body, and smooth operation of moving parts. The aim is to provide practical and instructive references for the design and commissioning of sliding-door tooling in MPV vehicles, thereby helping to enhance the performance and quality of sliding doors and ensuring their safe, reliable, and efficient operation in real-world applications.

**Key words:** MPV models; side sliding door tooling; painting

## 0 引言

为满足多孩家庭出行使用和商务市场应用, 近年来国内各大汽车企业开始逐步推出 MPV 车型。其后车门采用侧滑门设计, 此车门通过滑轨及轨道安装在车

身骨架上, 以满足开闭功能。但是滑轨及轨道在总装工程安装, 焊装和涂装工程中无铰链将侧滑门与车身骨架连接, 因此需考虑设计侧滑门工装, 将侧滑门安装到车身骨架上, 以辅助焊装和涂装工艺过程的实现。本文以某主机厂 MPV 车型侧滑门工装设计及调试阶段问题解决关注点进行研讨。

## 1 侧滑门工装设计简介

常见的侧滑门工装通常分为 3 种形式: 四连杆形式、单轴旋转式、简易铰链形式。针对以上 3 种侧滑

收稿日期: 2024-06-17

作者简介: 赵建伟(1990—), 男, 本科, 工程师, 主要从事乘用车新车型涂装 SE 分析、涂装车间工艺规划、材料选型工作。E-mail: 954207347@qq.com。

门工装的优缺点进行对比分析。

#### 1) 四连杆形式

优点: 工装空间体积小, 侧滑门开启不干涉前车门;

缺点: 结构较复杂, 定位精度要求高;

#### 2) 单轴旋转式

优点: 结构相对简单, 工装稳定且变形量小, 可拆分为分体式;

缺点: 占用空间体积较大, 侧滑门开启时会干涉前车门。

#### 3) 简易铰链形式

优点: 结构简单, 安装、拆卸方便;

缺点: 承重能力小, 强度不足, 安装精度低, 无法满足机器人作业需求, 不适合安装超过 10 kg 的侧滑门。

总结: 工装设计选型时, 需充分考虑侧滑门的结构及自重, 当侧滑门自重  $\leq 10$  kg 时, 建议选用简易铰链形式; 当侧滑门自重为 10~15 kg 时, 建议选用四连杆形式; 当侧滑门自重  $> 15$  kg 时, 建议选用单轴旋转式结构。

## 2 侧滑门工装问题

### 2.1 某主机厂首款 MPV 车型侧滑门工装验证过程问题

单个侧滑门总成质量  $> 15$  kg, 故选用单轴旋转式结构形式工装, 在 MPV 车型调试车安装侧滑门工装验证阶段, 发现侧滑门工装安装到车身上, 经过电泳烘烤后侧滑门出现下坠问题, 首次烘烤后侧滑门后沿下坠 2 mm, 工装循环使用 35 次后下坠 30 mm, 而且随着侧滑门的下坠, 侧滑门内板与后侧围外板干涉面积增加, 导致碰漆、碰胶等不良问题, 进一步诱发早期锈蚀、漏水风险, 此问题亟待解决, 如图 1 所示。

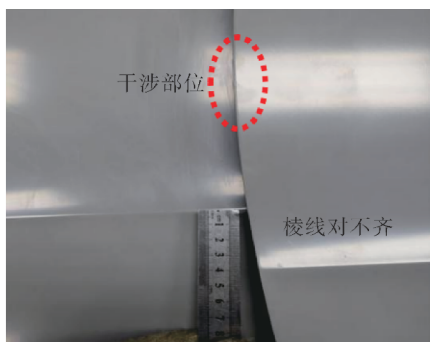


图 1 侧滑门下沉干涉问题

### 2.2 侧滑门工装问题统计

统计某主机厂首款 MPV 车型侧滑门工装问题数量如表 1 所列。

表 1 侧滑门工装问题统计

问题	数量
侧滑门与后侧围干涉	32
工装下垂	16
虚喷	5
露底	4
机器人勾不住	2

从表 1 可知: 问题最多的为侧滑门内板与后侧围外板干涉和工装下垂, 需要对干涉问题进行重点解决。

## 3 原因分析

### 3.1 问题解析

基于侧滑门与后侧围干涉问题, 主要从故障件的问题确认和工装精度测量两方面进行解析。

#### 3.1.1 故障件的问题确认

1) 工装安装后, 侧滑门内板与前车门、后侧围干涉, 干涉位置为: B 柱下部区域前车门与侧滑门干涉碰漆(左右对称, 点状碰漆); C 柱下部区域侧滑门与后侧围外板干涉碰漆(左右对称, 点状碰漆); C 柱中部区域侧滑门与后侧围外板干涉碰漆(左右对称, 条形碰漆长度 50~60 mm)。

2) 侧滑门工装实车安装, 随车烘烤后, 发现侧滑门出现下坠问题, 而且首次烘烤后侧滑门后沿下坠 2 mm, 随着 MPV 车型调试车循环使用 35 次后下坠 30 mm。

#### 3.1.2 侧滑门工装精度测量

校对侧滑门工装实物尺寸与设计图纸尺寸偏差, 共计 2 处偏差, 分别是: 图纸要求工装轴线尺寸为 150 mm, 实物尺寸为 149 mm, 偏差 1 mm, 导致加工的工装整体尺寸偏差, Y 方向偏差 3 mm, X 方向偏差 3 mm; 图纸要求 C 形弯臂尺寸为 442 mm, 左侧的滑门工装实物尺寸为 440 mm, 偏差 2 mm, 右侧的滑门工装实物尺寸为 460 mm, 偏差 18 mm。通过对故障件解析得出: 侧滑门与后侧围干涉问题主要由工装精度导致, 干涉问题存在锈蚀、漏水等不良隐患, 下一步对工装精度提升进行研究以达到消除干涉问题的目的。

### 3.2 设定目标

现场侧滑门工装实物样件安装后确认: 侧滑门与后侧围干涉问题发生率 100%, 故选取侧滑门工装导致的干涉问题为提升对象, 设定将干涉问题降低为 0 的目标。

### 3.3 问题解决小组建立

从 MPV 车型前期 SE 分析阶段到现场调试验证阶段均成立小组进行侧滑门工装研发和验证, 为工装设计及调试验证提供资源池。

1) 工装研发阶段共调研 4 种标杆车侧滑门工装形

式,某款MPV车型规划侧滑门内板采用机器人喷涂,对侧滑门工装安装精度要求较高,确定采用单轴旋转式工装形式。

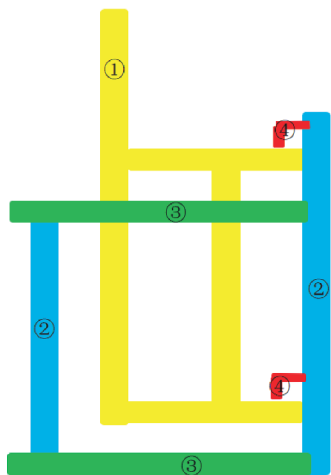
2)实物阶段,侧滑门工装安装验证过程发现侧滑门工装安装后,侧滑门与后侧围干涉,问题发生率100%,对侧滑门工装样件精度进行测量,发现所有样件精度均<90%,不满足设计要求(精度 $\geq 90\%$ )。

下一步对工装设计进行校核,确定影响侧滑门工装精度的主要机理,提升工装精度。

### 3.4 工装设计校核

#### 3.4.1 运用头脑风暴法识别影响因素

召集小组成员采用头脑风暴法进行影响因素识别,找出影响侧滑门工装精度的因素,制定最适合提升侧滑门工装精度的方案,某车型侧滑门工装为单轴工装,担任开闭件铰链的作用,对标开闭件铰链分底座与活动臂,可将工装分为3部分,如图2所示。



①工装车身端;②工装侧滑门端;③侧滑门端与车身端连接的

图2 侧滑门工装示意

1)工装车身端(黄色部件):与车身骨架B柱锁紧,实现旋转轴线位置的确定,同时提供工装旋转的轴线;

2)工装侧滑门端(蓝色部件):与侧滑门锁紧,侧滑门沿中心轴线(相当于侧滑门铰链转轴)旋转,以达到侧滑门开启和关闭的目的。工装侧滑门端主要承担侧滑门重力,与侧滑门共同开启和关闭;

3)侧滑门端与车身端连接的C形弯臂(绿色部件):实现侧滑门无干涉地打开和关闭,需要在减少占据车内涂胶作业空间的同时,兼顾工装强度,减少变形。

下一步对侧滑门工装样件进行设计校核,确认偏差来源,提升工装精度。

#### 3.4.2 精度测量

结合工装精度测量以及侧滑门安装后重力下坠量

的偏差,综合校核工装设计偏差来源,主要涉及3项:轴线精度、C型弯臂尺寸、安装点精度。

#### 1)轴线精度影响

轴线精度如图3所示,通过对轴线测量得出:当轴线的垂直度不变化,但X向、Y向位置偏移时,出现上述偏移情况。当轴线的垂直度发生变化时,侧滑门会相应扭转,侧滑门上翘或下坠;实物阶段验证,当轴线垂直度及位置同时偏移时,侧滑门位置偏移和扭转会叠加,加剧精度变化,以侧滑门下坠的表现最明显。过程测量数据分别显示侧滑门下坠18 mm和40 mm。

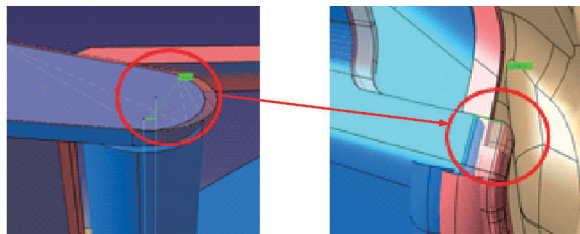


图3 轴线精度

#### 2)C型弯臂尺寸影响

通过尺寸测量得出:测量尺寸偏差22 mm时,侧滑门内板与旋转轴线最小半径路径上的B柱干涉,侧滑门无法开启、关闭;C型弯臂的尺寸决定侧滑门到轴线的距离,实物阶段对两套不同工装进行安装验证,发现尺寸偏差影响前门缝隙喷漆和侧滑门遮盖后侧围内板导致出现喷涂不良等问题。

#### 3)安装点精度影响

工装上部安装点使用B柱上部安全带安装螺栓,利用车身数据校核安装点精度,以车身端上部安装孔为例,安装孔尺寸与螺栓间的尺寸偏差3 mm时侧滑门尺寸偏3 mm。

实物阶段,抽取两台不同精度车身,使用同一套工装进行对比匹配。结果显示两台车身安装点精度偏差0.8 mm时,测量侧滑门与后侧围精度,最大偏差达9 mm(以侧滑门后上角棱线为基准),证明实物阶段各因素偏差累加作用,精度偏差远远超出理论值。

总结:通过工装设计校核得出影响侧滑门工装精度偏差的因素主要是轴线、C型弯臂的尺寸、安装点偏差。

### 3.5 DOE 试验

#### 3.5.1 因子确定

从上文得知影响工装精度的主要因子为轴线精度、C型弯臂的尺寸、安装点偏差,三因子影响机理分析如下。

1)轴线:因侧滑门工装是单轴旋转形式,轴线坐

标与精度影响侧滑门后沿与侧围 Y 向坐标的左右。

2)C 型弯臂的尺寸:C 型弯臂尺寸决定侧滑门后沿末端与轴线的距离,距离大小直接影响侧滑门位置的 X 向坐标前后。

3)安装点偏差:安装点偏差是工装与侧滑门,工装与 B 柱安装点接触的关键坐标,工装与侧滑门和 B 柱位置偏移直接影响侧滑门 Z 向和 X 向位置。

综上,通过对三因素影响机理的分析,可知导致侧滑门工装精度偏差的三因子进一步导致侧滑门位置的偏差,造成侧滑门与侧围干涉、碰漆的问题发生,下一步确定三因子水平。

3.5.2 确定因子水平,做 DOE 试验

在本次试验中,精心选取了轴线精度、C 型弯臂的尺寸以及安装点偏差这 3 个关键因子作为研究对象。针对每个因子,分别设定了 3 个不同的水平,以全面探究其对试验结果的影响。为了高效地安排试验并分析各因子之间的相互作用,我们采用  $L_9(3^4)$  正交表来进行 DOE 试验。

在试验过程中,由于这 3 个因子相互作用,不同的因子水平组合会产生不同的试验结果。通过对 DOE 试验数据的详细分析和深入研究,我们能够清晰地了解每个因子及其水平对侧滑门工装精度的影响规律。在此基础上,我们可以制定出满足提升侧滑门工装精度的最优方案,为实际生产提供有力的技术支持和指导。

3.6 侧滑门工装薄弱点分析

侧滑门工装存在以下薄弱点。

1)轴线偏差:可能导致侧滑门在运行过程中出现卡顿、晃动等问题,影响使用体验和安全性。

2)C 型弯臂的尺寸:尺寸不准确会影响侧滑门的安装精度和外观质量,甚至可能导致无法正常安装。

3)安装点偏差:安装点的位置不准确会导制侧滑门与车身的连接不牢固,容易出现松动、异响等问题。

总结: 这些问题反映出工装设计和加工的一致性较差,无法保证每个工装的质量和性能都符合要求。

3.6.1 优劣势分析

1)优势:建立了涂装工装库,为工装的设计和制造提供了丰富的资源和经验参考。

2)劣势:侧滑门工装设计和开发经验缺失,可能导致工装设计不合理,无法满足客户的需求。供应商不具备侧滑门工装加工的经验,加工精度不满足要求。

3.6.2 工装供应商考察

1)供应商资质:要求供应商具备至少 2 个国内主流汽车厂投入使用并最终验收的侧滑门工装项目业

绩,以确保供应商具有丰富的经验和实力。

2)技术考察:对四连杆和单轴两种工装形式进行比较,分析其优缺点,选择更适合客户需求的工装形式;考察工装的结构设计是否合理,包括方管圆管的使用、有无可调整结构等,以确保工装的稳定性和可靠性;工装安装方式:螺栓打紧形式、定位销定位等安装方式进行比较,分析其优缺点,选择更适合客户生产工艺的安装方式。

3.6.3 技术建议

1)侧滑门重的建议选择单轴工装,因为四连杆工装在侧滑门较重时容易出现变形、断裂等问题。

2)建议弯臂使用圆管,因为圆管的强度和刚度比方管好,能够更好地承受侧滑门的重量和冲击力。

3)增加可调机构,以便在工装安装和使用过程中进行微调,提高工装的安装精度和适应性。

4)减少焊接加工,采用弯臂一次成型工艺,提高加工精度和生产效率。

4 对策制定

结合工装供应商交流制定 3 个提升方案进行侧滑门工装精度的可靠性提升,具体项目如表 2 所列。

表 2 可靠性提升方案

方案	方案制定	技术/工艺评估	是否采纳
方案一	结构形式变更为四连杆工装	变更后轴线 4 个, 变差来源增加, 侧滑门重力 Z 向对四连杆拉拽作用也会导致侧滑门精度变化, 同时增加了漆渣掉落风险	否
方案二	轴线位置固定方式变为一体加工;C 型弯臂由 40x40 方管变更为直径 42 圆管, 材质仍沿用 Q235 钢, 减少形变量的变差来源;增加 C 型弯臂检具, 提升加工一致性	变更后对轴线偏差、C 型弯臂精度有提升	是
方案三	车身端增加 2 处定位销, 与焊装夹具定位销孔配套使用, 实现销子定位+螺栓孔打紧;侧滑门安装点增加可调整机构	变更后, 车身端定位销定位可实现精度提升, 可调机构可实现 X 向和 Y 向补偿调整	是

提升方案:基于方案有效性等因素,得出方案一不采纳, 方案二和方案三同步实施, 实施过程如表 3 所列。

表3 方案实施

项目	实施内容	时间	改进效果
轴线偏差提升	车身端轴线由焊接变为一体加工,C型弯臂由方管变更为圆管,增加C型弯臂检具,提升加工一致性	2023.5-2023.6	变更后轴线偏差由±2 mm 提升至±0.1 mm;C型弯臂精度由±20 mm 提升至±2 mm
	车身端增加2处定位销,与焊装夹具定位销孔借用;安装点增加了可调整机构	2023.5-2023.6	变更后校核下坠量3.185 mm,可实现X向20 mm内补偿调整,Y向8 mm内补偿调整,可补偿调整满足精度要求

实施效果:在实际生产中,通过对侧滑门工装结构进行创新性的改进,并借助开发二供方来显著提升加工精度,取得了令人瞩目的实施效果。最终成功实现了侧滑门与前车门以及侧滑门与后侧围之间的间隙均匀一致,从根本上杜绝了碰漆干涉风险的发生。经严格检测与验证,不同工装间的精度偏差被精准控制在≤2 mm 的范围内,这一精确的控制有效地避免了碰漆问题,极大地提升了产品质量和生产效率。

## 5 结语

本文阐述了侧滑门工装干涉问题产生的原因,重点对产生干涉问题来源进行了分析研究,通过采用工装设计校核快速排查问题来源,并利用DOE工具制定满足提升侧滑门工装精度的最优方案。结果表明,通过工装结构的改进以及开发二供方加工精度提升,最终避免了干涉问题。侧滑门工装作为焊装

工程和涂装工程专用型工装,在汽车喷涂过程中发挥极为重要的功能,设计合适的结构、制作轻巧便利的工装,可以从根本上减轻焊装工程作业人员的安装过程的劳动强度,和总装工程作业人员拆卸过程的劳动强度,在提升施工工人作业效率的同时,也能保证整车质量。

## 参考文献:

- [1] 王云飞,孙培博,张永彦,等.通用性中滑门工装的设计及应用[J].现代涂料与涂装,2010(7):36-37.
- [2] 陶磊,乔一行,王明,等.浅谈涂装车间辅助设备设计说明及技术要求[J].现代涂料与涂装,2024(2):47-49.
- [3] 童珊,卢灿明,陈广坤,等.浅述一种汽车涂装用车门固定工装的开发[J].现代涂料与涂装,2022(5):34-36.
- [4] 渠慎春,陈道飞,许能才,等.浅谈汽车涂装辅助工装的多车型通用设计与应用[J].现代涂料与涂装,2022(6):43-46.
- [5] 张强,冯威,赵刘,等.涂装同步工程分析之涂装辅具分析[J].现代涂料与涂装,202(5):38-41.
- [6] 赵安伟,余庆余.浅谈新车型工装设计[J].现代涂料与涂装,2020(12):29-31.
- [7] 周金波.汽车涂装分解式四门工装的设计与应用[J].现代涂料与涂装,2023(9):40-43.
- [8] 陈威涯,乌欣,杨海毅,等.汽车涂装辅助工装研究现状与展望[J].汽车实用技术,2023(12):26-30.
- [9] 李刚,霍鹏.浅谈涂装售后件工装的设计方法与注意事项[J].上海涂料,2020(3):50-54.
- [10] 周少华.汽车涂装工装夹具优化和管控[J].现代涂料与涂装,2019(8):53-55.

(上接第18页)工艺性能调节剂,选用比表面积为270 m<sup>2</sup>/g的气相法二氧化硅作为补强填料,以氧化铈、氢氧化铝、氢氧化镁按一定比例复配组合作为阻燃耐温填料制备高温热喷涂保护胶,该保护胶固化后便于施工,具有优异的贴合成型性,固化后具有良好的抗切割能力和抗喷砂磨损性,在热喷涂操作的极端条件下依旧具有卓越的耐受性,同时具有优异的可剥离性,能够在金属表面干净地剥离,且无溶剂挥发,是一种绿色环保、无污染、无VOC排放的产品。

## 参考文献:

- [1] 刘俊波,曾纪瀛.双组分腻子型制模硅橡胶的研究[J].特种橡胶制品,1990(6):8-11.
- [2] 王震,张谦.加成型室温硫化硅橡胶印模材料在痕迹提取中的应用研究[J].中国刑警学院学报,2013(4):36-38.

- [3] 彭诗元,王韵然,丁伯阳,等.室温硫化液体硅橡胶的发展现状及展望[J].有机硅材料,2025(1):68-73.
- [4] 杨磊,汪翠,张伟成,等.耐撕裂高回弹加成型医用硅橡胶的研制[J].有机硅材料,2023(5):14-19.
- [5] 戴飞亮,陈何国,陈思斌,等.室温快速固化双组分硅橡胶的制备[J].新型建筑材料,2018(2):59-61.
- [6] 戚云霞.加成型室温硫化硅橡胶的制备及改性[D].济南:山东大学,2006.
- [7] JIANYE JI, XIN GE, XIAOYAN PANG, et al. Synthesis and characterization of room temperature vulcanized silicone rubber using methoxyl-capped MQ silicone resin as self-reinforced cross-linker[J]. Polymers, 2019(11):2-16.
- [8] 潘伟健.加成型室温硫化硅橡胶基绝缘导热胶研制[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2011.