

关于 KD 出口车顶棚胶拉变形问题的解决

李建国¹, 李文鹏², 詹承华², 刘永宏², 王 勉², 陈俊杰², 贾 强², 李 靖²

(1.宜宾凯翼汽车有限公司, 四川 宜宾 644303; 2.零跑科技股份有限公司, 浙江 金华 321000)

摘要: 本文聚焦海外工厂生产环节, 针对隔振胶应用中常见的失效问题展开深入的研究。通过系统的质量管理手段与针对性的技术改进措施, 对隔振胶的各类失效模式及其产生原因进行了全面且细致的分析。在生产过程中, 严格把控隔振胶的涂布和固化条件, 确保每一个操作环节都精准无误。同时, 加强了对隔振胶运输和存储环境的管理, 避免因外界因素导致其性能下降。通过这些举措, 有效地提升了隔振胶的稳定性, 为整车质量与安全性提供了坚实保障。

关键词: 海外工厂; 隔振胶; 失效模式; KD

中图分类号: TQ639 文献标志码: A 文章编号: 1007-9548(2026)03-0057-04

Regarding the Problem of the Roof Panel of the KD Export Vehicle Deforming Due to Pulling Force

LI Jian-guo¹, LI Wen-peng², ZHAN Cheng-hua², LIU Yong-hong², WANG Mian², CHEN Jun-jie²,
JIA Qiang², LI Jing²

(1.Yibin Kaiyi Automobile Co., Ltd., Yibin 644303, Sichuan, China;

2.Leapmotor Technology Co., Ltd., Jinhua 321000, Zhejiang, China)

Abstract: This article focuses on the production process of overseas factories and conducts in-depth research on the common failure issues in the application of vibration isolating gel. Through systematic quality management methods and targeted technical improvement measures, a comprehensive and detailed analysis was conducted on various failure modes of the vibration isolating gel and their causes. During the production process, strict control was exercised over the coating and curing conditions of the vibration isolating gel to ensure that every operation was precise and error-free. At the same time, the management of the transportation and storage environment of the vibration isolating gel was strengthened to avoid its performance degradation due to external factors. Through these measures, the stability of the vibration isolating gel was effectively improved, providing a solid guarantee for the quality and safety of the entire vehicle.

Key words: overseas factory; vibration isolation gel; failure mode; KD

0 引言

随着中国汽车制造技术与品质的持续跃升, 众多中国汽车品牌积极开拓国际市场, 扬帆出海。目前, 主要的出海路径丰富多样, 涵盖直接出口整车、以 KD (散件组装) 或 CKD (完全散件组装) 形式建立海外组

装厂、成立合资企业, 以及开展技术合作与品牌授权等模式。部分中国汽车品牌已在欧洲、拉丁美洲和东南亚等地区成功布局生产基地或构建销售网络, 有力提升了中国汽车制造的国际影响力。

在某海外 KD 项目初期, 我们遭遇了一个棘手的问题: 国内运往海外的顶盖在涂装烘干后, 顶盖横梁区域出现了不同程度的变形。经对多个厂家的车型进行细致对比分析与验证, 发现其他车型也存在类似状况, 不过变形严重程度相对较轻, 仅在严格检查时能轻微察觉, 目视并不明显。

收稿日期: 2024-06-05

作者简介: 李建国 (1985—), 男, 本科, 工程师, 主要从事海外涂装产线建设、适应性改造及颜色控制工作。E-mail: lijiaunguo@newcowin.com。

为攻克这一难题,我们迅速组建专业团队,展开全面且深入的验证与研究工作。我们从原材料特性、涂装工艺参数、烘干设备状态到运输环节的振动影响等多个维度进行排查分析。经过不懈努力,最终精准定位问题根源,并制定了针对性强、行之有效的解决方案。在此,我们对所采取的措施进行系统总结与分享,期望能为同行在应对类似问题时提供有益参考和借鉴,共同推动中国汽车品牌在国际市场上稳健前行。

1 隔振胶与涂装电泳烘干炉炉温的关联

国内某主机厂前处理电泳烘干炉的炉温曲线设定中,保温段温度处于 180~200 ℃ 的范围。而海外某主机厂前处理电泳烘干炉的炉温曲线,其控制范围则为 170~195 ℃。经过对实际炉温曲线的细致比对,我们发现国内烘干炉保温段的最高温度相较于海外竟高出了 5 ℃。

这一温度差异不容忽视,它极有可能是导致顶盖横梁区域出现变形问题的潜在因素,鉴于此,针对国内车型,有必要进一步优化烘干炉的温度控制,使其与海外车型的温度设定保持一致。如此一来,能够有效避免因烘烤温度不同而引发的问题,为后续各项工作的验证创造有利条件。

不过,为更全面、准确地探究变形原因,我们专门开展了一项炉温烘烤测试。将一台完成电泳的车身转运至中涂烘干炉进行烘烤,结果发现顶盖依旧出现了变形问题。基于这一测试结果可以推断,顶盖的变形与炉温的高低并无明显的直接关联。这表明,除了炉温因素外,或许还存在其他影响顶盖变形的因素,后续还需从工艺流程、材料特性等多方面进行深入排查与分析。

2 隔振胶的材料特性

2.1 冷却收缩应力

在汽车制造的烘干环节中,隔振胶表现出独特的物理变化特性。当处于烘干过程中时,隔振胶受热会发生膨胀,直至达到最大值。然而,进入冷却阶段后,其膨胀率显著下降,进而产生收缩应力现象(见图 1)。这种收缩应力带来了一个严重问题,它会致使顶盖与横梁之间出现相互拉伸的情况。在隔振胶涂布位置,顶盖和横梁因这种相互拉扯,在内部产生了拉扯应力。该应力不断作用,极大地加剧了变形问题。而且在多数实际观察中可以发现,顶盖变形在目视情况下比横梁更为严重,这不仅影响汽车外观质量,还可能对整车的结构稳定性和安全性造成潜在威胁。

2.2 隔振胶的吸水性

隔振胶主要由合成橡胶、树脂和填充剂等核心成分构成,属于无溶剂型胶黏剂。不过,它存在一个不容忽视的特性,即长期暴露在空气中时,会吸收空气中的水分子。

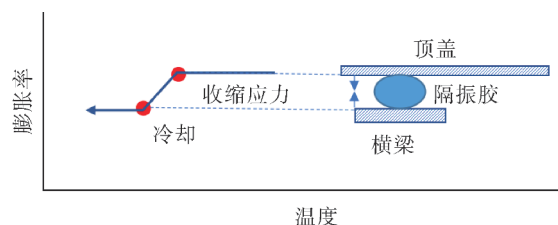


图 1 隔振胶的收缩应力示意

在隔振胶的烘烤过程中,吸收的水分子受热后迅速逃逸。这一过程会直接导致隔振胶内部的收缩应力大幅增加,进而加剧顶盖与横梁之间的拉伸效应,使得变形问题愈发严重。从这一角度看,隔振胶的吸水性(见图 2)无疑是导致顶盖变形的重要因素之一,特别是在长期的海运场景下,由于运输时间长、环境复杂,隔振胶的吸水问题更需要重点关注。采用良好的密闭包装形式,能够有效减少隔振胶与空气的接触,从而降低其吸水量。

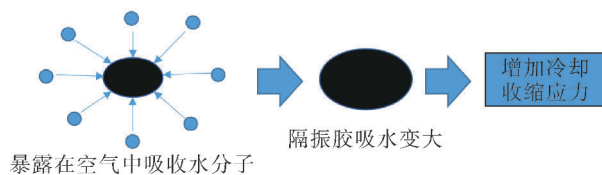


图 2 隔振胶的吸水性示意

为了进一步减少隔振胶吸水带来的影响,还可以从材料和制造工艺方面入手进行调整。通过优化材料配方和改进制造工艺,降低了隔振胶的吸水量,同时减少了其在冷却过程中产生的收缩应力。此外,集装箱中的环境条件(见表 1)不容乐观,平均温度在 31 ℃ 以上,相对湿度达到 71% 以上,属于高温高湿环境,这无疑进一步增加了隔振胶吸水的可能性和影响程度。

表 1 集装箱内采集的温湿度数据

项目	采集点					
	1	2	3	4	5	6
温度最小值/℃	26.4	26.5	26.4	27.4	26.1	27.5
温度最大值/℃	46.0	42.6	41.5	39.4	43.5	38.4
平均温度/℃	31.52	31.28	31.12	31.11	31.37	31.16
相对湿度最小值/%	49.5	25.3	43.4	52.5	42.6	49.8
相对湿度最大值/%	84.4	90.6	83.7	84.4	83.8	83.6
平均相对湿度/%	72.77	71.29	73.63	73.61	72.75	72.26

综上所述,针对隔振胶材料和制造工艺采取有效的调整措施,能够有效解决顶盖与横梁的变形问题,提升产品质量,使其更好地满足高温高湿环境下的海运需求,增强产品在国际市场上的竞争力。

3 顶盖、横梁结构限制与隔振胶的涂布方式

隔振胶的收缩应力是造成顶盖与横梁互相拉扯的关键因素。当顶盖受到这种拉扯作用时,前段横梁因结构限制呈现出特殊情况。其靠近上边梁焊接点且设有加强筋的位置,相较于顶盖两侧,结构形式更为稳定,这使得横梁两侧不易发生形变。然而,这种顶盖与横梁间的互相拉扯,会在顶盖表面两侧形成明显变形,进而产生凹坑,严重影响汽车外观质量。

另外,前段横梁的涂布工艺与其他横梁存在差异,它额外涂布了一层隔振胶。若涂布量把控不当,出现过多情况,隔振胶便会溢出。溢出的隔振胶可能成为隐形推手,间接增大顶盖与横梁之间的拉扯力,使变形问题进一步加剧。

因此,在隔振胶的涂布过程中,严格控制其用量至关重要。通过精准控制涂布量,能够有效降低因隔振胶溢出而引发顶盖与横梁变形加剧的可能性,从而减少类似问题的发生,保障汽车制造质量。

4 对标分析

在与某品牌海外其他车型的顶盖制造工艺进行对比后,我们发现了一些相同点和差异性。

4.1 相同点

相同点包括工艺路线和隔振胶品牌。两种车型的顶盖总成均采用国内KD供货的工艺路线,并且使用相同的隔振胶品牌,说明两者的制造过程是一样的,不存在差异性。

4.2 差异性

1)涂胶量的差异性:通过对比发现,某海外其他车型的顶盖隔振胶胶量较少(见图3),且没有明显的外溢现象,而本品牌车型则存在涂胶量较多,存在外溢现象明显的情况。



图3 某海外其他车型隔振胶无外溢

2)涂胶作业标准不同:某海外其他车型要求涂胶

直径(8 ± 2) mm,而本品牌车型的标准则是(6 ± 1) mm,但实际涂胶直径最高达到了13 mm以上,这表明实际的涂胶作业的执行情况存在明显的不同。

3)横梁与顶盖搭接间隙不同:某海外其他车型的顶盖外板与加强梁之间的搭接间隙为2~3 mm(见图4),而本品牌车型设计上要求3 mm的间隙,但实际上达到了5 mm。这说明了在搭接间隙的控制上存在一定的差异。搭接间隙的不同导致涂胶量存在明显的差异,搭接间隙大的部位需要较多的涂胶量,这会增加其内部的拉扯应力。



图4 某海外其他车型零件搭接间隙

4)顶盖外板与横梁的设计结构也存在明显的差异:某海外其他车型在顶盖与侧围搭接处设计有加强筋(见图5),而本品牌车型则没有,说明顶盖的结构设计形式会影响到其刚性。

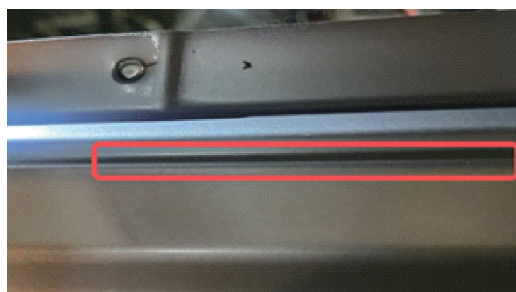


图5 某海外其他车型顶盖与侧围搭接处设计加强筋

5)隔振胶属性不同:某海外其他车型采用低膨胀型的隔振胶,而本品牌车型则采用高膨胀型的隔振胶,这是影响顶盖变形的主要原因。

综上所述,通过以上对比,我们可以看出存在着多个方面的差异,这些差异可能会导致顶盖变形问题的产生。因此针对差异性,我们需要从以下几个方面提出改进建议及措施,来优化解决顶盖的变形问题。

5 措施及优化对策

在针对顶盖变形问题提出改进建议和措施时,需

从多个关键方面入手进行系统优化,以切实解决顶盖变形难题。

1)优化搭接间隙:减小顶盖加强梁与顶盖的搭接间隙是首要举措。冲压模具的状态直接影响搭接效果,我们应着力改善冲压模具。通过精准调试和优化模具参数,尽可能将搭接间隙调整至车身数据状态附近。如此一来,顶盖与加强梁的结合将更加紧密,在承受外力时能更好地协同受力,减少因间隙过大导致的应力集中和变形情况。

2)调整涂布直径:隔振胶的涂布直径对顶盖变形有着重要影响。目前实际执行的涂胶直径约达 13 mm,远超标准要求,这可能导致涂胶量过多,进而在烘干冷却过程中产生较大的收缩应力。我们建议通过严格控制涂胶速度与单位时间内的喷涂量,将涂布直径调整至 10 mm。这样能更精准地控制涂胶量,降低因涂胶过多引发的变形风险。

3)创新涂布工艺:考虑取消或割掉现有隔振胶,并在喷蜡前工位采用速干胶涂布的方法进行二次作业。此方法的优势显著,能确保顶盖与横梁隔振胶完全搭接,有效避免了人工涂布时难以量化控制涂胶直径的问题。实际涂胶量可根据胶的膨胀倍数来确定,确保与数模间隙数据精准匹配,从而从工艺层面解决顶盖与横梁间的变形问题,提升产品质量与生产效率。

4)选用低膨胀胶:对标同行业其他主机厂的膨胀胶特性,选择使用低膨胀倍率的隔振胶。低膨胀倍率的隔振胶在受热膨胀时产生的变形较小,能显著减少对顶盖变形的影响,从材料角度为解决变形问题提供保障。

5)强化钣金结构:为进一步加强顶盖的钣金结构强度,可对产品模具进行设计变更,优化模具的形状和尺寸,以改善顶盖的成型质量;或者增加顶盖钣金厚度(一般情况下 ≥ 0.6 mm),使顶盖具备更强的抗变形能力,确保在使用过程中不易发生变形。

通过实施以上一系列改进措施,将有效提高顶盖的质量和性能,降低变形问题的发生率,进而提升整车的品质和竞争力。

6 结语

通过上述在工艺及产品方面实施的一系列改进与提升举措,可以有效解决顶盖变形问题。这些改进措施不仅能显著提高顶盖外观的目视质量,让顶盖表面更加平整、美观,还能大幅降低变形问题的发生率,减少因顶盖变形而引发的返工和维修成本。然而,在具体实施这些改进措施时,我们不能盲目推进,而应依据现场的实际情况进行综合考量。一方面,要充分考虑问题改进周期。有些措施可能实施起来较为复杂,需要较长的

时间来完成模具改造、工艺调整等工作,若时间过于紧迫,可能会影响生产进度。另一方面,成本因素也不容忽视。不同的改进措施所需的资金投入差异较大,我们需要在保证改进效果的前提下,选择性价比最高的方案。

基于以上考虑,我们应有选择性地实施对策。除了前文提到的减小顶盖加强梁与顶盖的搭接间隙、调整隔振胶的涂布直径、创新涂布工艺、选用低膨胀胶以及强化钣金结构等措施外,还可以根据具体情况采取其他有效方法。例如,在顶盖明显的变形部位,添加补强胶片。补强胶片能够增强该部位的结构强度,改善其结构稳定性,从而有效降低变形程度。此外,我们还可以对生产过程中的各个环节进行精细化管理,严格控制工艺参数,确保每一个生产步骤都符合标准要求,从源头上减少顶盖变形的可能性。

总之,通过科学合理的选择和实施改进措施,我们能够解决顶盖变形问题,为提升整车品质和市场竞争能力奠定坚实基础。

参考文献:

- [1] 袁会长,申伟.非天窗顶盖A面塌陷变形控制方法研究[J].模具工业,2025(2):35-37.
- [2] 朱立赞.关于某车型顶盖缺陷的分析[J].锻造与冲压,2022(20):48-52.
- [3] 张峰,韦庆峰,韦韡.成形汽车顶盖表面质量缺陷原因分析[J].模具工业,2019(5):12-15.
- [4] 安全远.浅析涂装工序对汽车顶盖凹坑的影响[C].第十六届河南省汽车工程科技学术研讨会论文集,2019:180-181.
- [5] 朱晓薇,苏春辉,张洪波.预聚体法制备汽车顶棚胶用单组分湿固化聚氨酯胶粘剂[J].化学工程与装备,2012(12):24-26.
- [6] 刘连宝,周夫东,宗健启,等.浅析焊装胶流变性能在乘用车上的设计与应用[J].粘接,2022(2):19-21.
- [7] 周奇智.汽车用焊装胶的黏度特性在施工性与贮存稳定性中的影响[J].合成材料老化与应用,2019(4):137-140.
- [8] 滕琳,石清芳,李建军.汽车车身焊装线涂胶质量控制研究[J].企业科技与发展,2016(1):47-49.

