

# 浅谈乘用车防腐设计和预防

张 慧, 贾鹏鹏, 徐光耀

(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:** 主要介绍了汽车腐蚀的因素, 明确了汽车防腐的基础设计, 针对具体车型设计中开展干湿区分区、电泳膜厚设计以及在制造工艺环节中对基础防腐设计的影响因素和预防对策做了进一步阐述, 通过案例展示了提前设计和试验对防腐设计的重要性。

**关键词:** 汽车; 防腐; 预防

中图分类号: TQ639 文献标志码: B 文章编号: 1007-9548(2024)04-0059-04

## Discussion on Anti-corrosion Design and Prevention of Automobile

ZHANG Hui, JIA Peng-peng, XU Guang-yao

(Technological Center of Great Wall Automobile Co., Ltd., Hebei Province Automobile Engineering Technology Research Center, Baoding 071000, Hebei, China)

**Abstract:** This paper introduces the factors of automobile corrosion and defines the basic design of automobile corrosion prevention. In the design of specific vehicle models, dry-wet distinguishing area and electrophoresis film thickness design should be carried out, as well as the influencing factors and preventive measures of basic anti-corrosion design in the process of manufacturing. The importance of early design and test to anti-corrosion design was demonstrated through cases

**Key words:** automobile; anti-corrosion; prevention

### 0 引言

整车防腐性能是乘用车耐久性的一个重要指标, 其作用就是保证汽车骨架在使用过程中对乘客、对装配件的保护。由于腐蚀还能对结构、耐久性能及相关零件带来不可逆转的影响, 伴随整个汽车使用周期, 而且通过售后维修来解决防腐问题非常困难, 不像零部件一样可以更换一个新的零部件进行解决。因此从汽车研发、生产制造到经销商提供的售后服务, 预防腐蚀一直被重点关注。无论对于公司还是客户, 预防腐蚀非常重要。本文主要针对产品工艺研发、生产制造阶段对预防腐蚀的维度和方面进行阐述。

### 1 防腐影响因素分析及基础防腐分析

汽车的防腐涉及很多方面, 包括产品设计、过程设

计、供应商零部件、制造过程管控以及售后维护保养等。重要阶段主要在产品设计、过程设计、供应商零部件设计、生产制造控制方面。防腐影响因素很多, 全面识别防腐因素, 首先从腐蚀的机理和汽车典型腐蚀现象出发, 从终端识别控制因素来开展规避。

#### 1.1 腐蚀机理

腐蚀就是金属在环境影响下发生的氧化还原反应, 金属制件与水汽接触后发生氧化反应, 形成金属氧化物, 俗称生锈。腐蚀是金属与腐蚀介质相互作用的结果, 所以影响因素与金属的种类、合金元素及杂质、金属组织结构、表面状态以及应力状态相关。另外还与环境中的腐蚀介质的种类、湿度、温度、pH、流速等直接相关。

腐蚀形态分为两大类, 即全面腐蚀与局部腐蚀。局部腐蚀又可分为点腐蚀、缝隙腐蚀、电偶腐蚀、晶间腐蚀、选择性腐蚀、磨损腐蚀、应力腐蚀和腐蚀疲劳, 常见的八大腐蚀形态如图 1 所示。

收稿日期: 2023-03-20

作者简介: 张慧(1989—), 女, 大专, 助理工程师, 主要从事乘用车涂装工艺设计和管理的工作。E-mail: 806675032@qq.com。

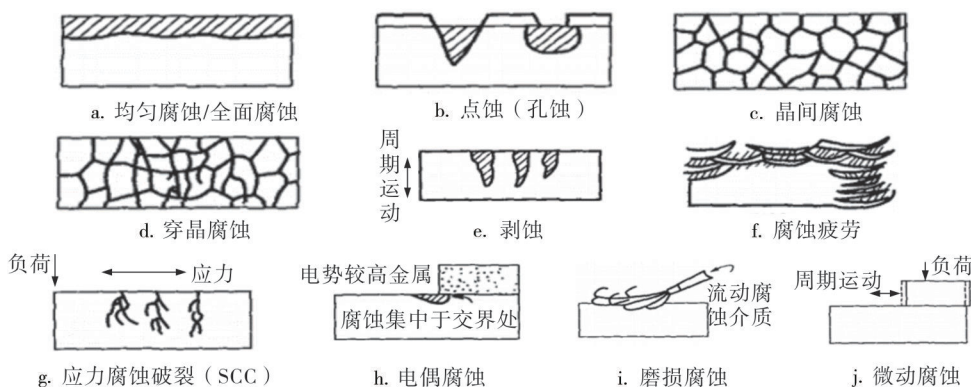


图1 腐蚀形态示意

### 1.2 汽车典型腐蚀现象

汽车防腐已经有比较典型的应对工艺，如采用完整的电泳漆膜以及面漆对底材进行保护，同时辅以涂胶和喷蜡等措施。结合汽车结构，汽车防腐有其自身的特点。一般来说，比较典型的有点蚀、缝隙腐蚀，而缝隙腐蚀有穿透腐蚀和丝状腐蚀两类。

点蚀通常是在外部机械作用下(如碎石、泥沙撞击等)，将车身表面的漆膜划伤受损，或者是涂膜本身与金属之间附着不良而导致腐蚀发生。这种情况一般容易发生在车身前部和侧部。缝隙腐蚀是因为汽车由钢板连接而成，存在大量的缝隙，缝隙部位电泳不良，腐蚀优先在缝隙或空腔内侧发生，从内部向外部发展，

严重的时候出现腐蚀穿透的情况。丝状腐蚀也是汽车腐蚀的一种，它发生在漆膜下面，其机理是在金属某点氧化，产生高浓度的二价铁离子，周围大气中的水通过膜下渗透作用不断渗入，铁离子水解，在此处产生酸性环境，氧化物浓缩，进一步促进金属溶解，腐蚀加强。一连串重复过程中形成连续的线，呈丝状。

乘用车不同部位所处的环境不同，因此受到的腐蚀因素也有所区别，汽车使用微环境和腐蚀关系见表1所列。

基于以上乘用车不同部位的腐蚀微环境不同和受关注度程度不同，因此对各部位的防腐也需差异设计及控制。

表1 汽车使用微环境和腐蚀关系

部位	静态停车过程	动态行车过程	腐蚀强度	受关注程度
车身外部	雨水从车窗进入，温差容易产生凝露	由于雨雪进入车身的喷射、以及在高速行驶时，产生潮湿环境	●●	●●●●
车门及其附近部件	雨水从车窗进入，在内外板之间停留，在内外板包边处产生高湿环境	行驶过程中泥沙和道路盐进入门的内测，盐在门内侧板内排泄不畅并沉积，腐蚀容易从门的内测开始	●●●	●●●
发动机舱	该部件对外面的空气作用相当敏感，大气温差产生凝露	由于雨雪及前面汽车喷射物的进入产生潮湿环境	●●●	●●●
底盘	雨雪的附着，产生高湿度的环境	汽车自身喷射物浸入，使车板受冷热变化，产生凝露	●●●●	●
驾驶室	环境比较温和，产生少量凝露	由于雨雪无法浸入，内部环境温和	●	●●●

注：●代表腐蚀强度大小和受关注度大小，●代表最小，●●●●代表最大。

### 1.3 汽车基础防腐

腐蚀机理是金属发生氧化反应，与金属和周围环境相关，所以防止腐蚀有两个途径：首先选择不易氧化的金属，第二减少腐蚀介质，阻碍金属与水汽接触。在现有工业水平的前提下，选择不易氧化的金属是大量应用镀锌板，部分选择应用铝板以及塑料制件；金属制件采用阴极电泳，电泳漆膜是分割裸露金属与水汽最好的介质，只要漆膜保持一定的厚度就能有效隔离水

汽。所以乘用车的基础防腐是镀锌板的应用和一定厚度的电泳漆膜。

但是，为了保证乘用车的强度，乘用车需要设计成一个复杂腔体的结构，在一些腔体狭缝中，电泳漆膜达不到一定的厚度，因此，腔体里还需要涂覆蜡膜，以弥补电泳漆膜膜厚的不足。

乘用车白车身形成过程要经历冲压和焊接，在冲压过程中，边缘会产生毛刺，在电泳过程中，由于电泳

漆膜的烘烤收缩性,导致毛刺上面电泳漆膜不足,达不到阻碍介质的作用,容易导致腐蚀。因此需要对毛刺高度进行控制或者是增加涂胶,提升漆膜厚度,增强防腐性能。

焊接过程中钣金搭接缝隙非常小,其中电泳漆膜膜厚也不足,因此一般设计成在缝隙处增加涂胶处理,胶膜成为防腐介质。

综上所述,在现有的工业条件下,乘用车的基础防腐措施为:应用镀锌板、控制电泳膜厚、内腔喷蜡、局部涂胶等措施。

## 2 具体车型开发过程中的防腐设计与预防

以上对乘用车的基础防腐措施进行了整理,但是针对具体的车型开发,需要结合车型具体结构以及制造过程中不可避免的工艺开展具体的防腐设计与预防。

### 2.1 干湿区的分区

通过表 1 我们也能够发现,基于汽车静态停止和动态行驶环境,不同部位的防腐程度是不一样的。车身下部和发动机舱接触水汽的机会比上部大。另外重力作用下,水流也是集中在车身下部,因此对汽车进行干湿区分类,针对干湿区进行不同的防腐技术设计。干湿区分区原则:一般来说机舱区域(含前轮罩)、地板区域(含边梁夹胶板以下区域)、货箱下部区域、货箱后

挡板、车门内外板之间区域、机盖内外板之间区域等容易存水的区域为常见的湿区。对于机舱和地板区域,通过阻断胶的应用可以改变干湿区的位置,并随车型不同而不同。

干湿区分区为电泳膜厚设计、镀锌板材应用设计、涂胶及喷蜡设计提供依据,在湿区建议设计为镀锌板。

### 2.2 电泳膜厚设计

乘用车在满足 3 年不生锈 10 年不穿孔的要求时,一般设计为外板电泳膜厚 15 μm、湿区内腔 10 μm、干区内腔 5 μm,这些都是很成熟的应用案例。在具体车型上,电泳膜厚和完整性主要与局部结构有关,关键点是内腔电场屏蔽以及在电泳过程中的气室导致无电泳漆膜或漆膜不足,在具体车型设计时要针对关键点进行特别关注。

### 2.3 制造工艺影响

冲压、焊装、涂装、总装工艺的一些系统原因也会导致膜厚达不到要求,因此需要在设计阶段对以上工艺进行风险分析和设计预防。随着仿真技术的发展和镀锌板的应用比例的增加,喷蜡的应用以及对防腐的重视,防锈设计从以往的缝隙腐蚀、空腔腐蚀控制转变到标准件材质、焊装和冲压制造过程以及外购件质量控制、涂装制造过程带来的锈蚀风险的识别与控制,具体分析点见表 2 所列。

表 2 车型防腐工艺设计

专业	影响后果	原因	工艺设计
冲压	膜厚不足	冲压毛刺	冲压对接刀口设计,毛刺方向可以设计到内腔上,严重情况对毛刺进行打磨修整;对毛刺部位进行涂胶弥补
	金属防腐层破坏	高点、凹坑等缺陷打磨后破坏金属镀锌层	对模具进行维护保养,避免高点、凹坑问题发生
焊接	膜厚不足	焊接毛刺	对焊接电流、时间等参数进行控制,湿区毛刺进行打磨,对毛刺部位进行涂胶弥补
	金属防腐层破坏	高点、凹坑、磕碰等缺陷打磨后破坏金属镀锌层	对夹具、转运过程中进行防护,控制磕碰划伤
	电泳涂层不完整	焊接飞溅物黏附,电泳后附着不好脱落,导致脱落部位无电泳漆膜	控制防飞溅液的选型,焊接电流和时间等参数控制
涂装	电泳涂层不完整	局部采用二保焊以后,二保焊缝处有氧化皮,氧化皮上无电泳漆,导致电泳漆膜不完整	通过局部钣金结构调整,湿区尽量不采用二保焊,采用二保焊后对氧化皮进行打磨
	内腔电泳膜厚不足	局部缝隙小,造成电场屏蔽,局部电泳电流小或者没有	数模阶段进行电泳膜厚仿真,增加缝隙或开孔
	电泳气室局部膜厚不足或不完整	车身在前处理、电泳槽液中运动时,局部平面或凸起处包裹空气,在电泳过程中,阻碍了电泳槽液和钣金的接触,导致局部漆膜不足或没有	数模阶段进行排气仿真,调整局部结构避免或减少气室发生
	钣金搭接处电泳膜厚不足	钣金搭接处缝隙小,电泳漆难以进入,膜厚不足	对缝隙处进行涂胶,增加防腐介质
总装	开闭件辅具安装处膜厚不足	车身在电泳时,需要对开闭件安装辅具保持固定状态,辅具接触部位无电泳漆膜	辅具设计时,减少接触面积,接触部位选择在微环境温和区域
	标准件镀层不合格	在整车装配时,涉及到很多标准件,标准件的涂层也影响防腐效果的达成	对湿区用标准件进行控制
	零部件与白车身干涉,导致漆膜破坏	零部件安装过程中,与白车身干涉,导致漆膜破坏	数模阶段对搭接间隙进行分析和控制

### 3 特殊防腐设计案例

以上对防腐设计的要点进行了描述,但是不同车型因结构不同,需要关注的局部部位也不同,下面介绍几个特殊防腐设计案例。

#### 3.1 准件质量的控制

汽车车身使用标准件很多,影响到防腐效果的有铰链表面处理、螺柱的表面处理等。比如在某款车型设计过程中,针对凸焊螺柱设计为镀铜,理论上分析铜层的电极电位要比铁正,铜镀层对钢铁只起到物理保护作用,不能起到电化学保护作用。而且一旦铜镀层被破损,铜与铁形成的腐蚀原电池,铁比铜活泼,会加速铁的腐蚀。

对凸焊螺柱镀铜和镀锌两种材质开展试验,螺柱电泳后进行中性盐雾试验以及循环腐蚀试验。

试验方法:在同一块试板上焊接镀铜和镀锌螺柱,随车电泳,搭载在某车型循环腐蚀试验上进行验证。另外焊接试板,开展中性盐雾试验。

循环腐蚀试验结果:镀铜螺柱在5个循环时出现了轻微锈蚀,在10个循环后,锈蚀增加;镀锌螺柱无锈蚀情况。说明镀锌螺柱防腐效果比镀铜好。

中性盐雾试验:经过800h中性盐雾试验后,镀铜螺柱明显锈蚀,镀锌螺柱无锈蚀。因此,白车身凸焊螺柱均采用镀锌螺柱。

#### 3.2 弥补工艺设计

通过以上设计,理论上能得到完整的电泳漆膜。但在实际制造过程中,由于电泳漆膜上会有颗粒、缩孔、流痕等缺陷,需要在电泳漆膜烘干后进行打磨处理。打磨会不可避免地对漆膜产生破坏,影响最终防腐效果。因此在工厂设计工艺规划时,设计在线和离线修补室。针对不同的打磨点面积和露铁程度,设计不同的修补方式,如是否进行磷化修补等措施。

### 4 结语

随着合金材料以及涂装前处理工艺的发展,在新板材、新工艺应用过程中,也要提前对合金材料的防腐机理进行分析,对合金材料和涂装前处理进行匹配性试验,重视合金元素组成和杂质对防腐的影响。在车型设计阶段,要结合工艺现状,将要留到工艺实施时才会暴露的问题提前到设计阶段暴露并予以解决。以期使产品研发和后期的工艺实施尽量实现无缝对接,通过防止产品研发和生产实际脱节来缩短车型的研发周期、降低研发的成本投入,同时避免量产后出现的大量产品设变和开发计划的延期。这在整车防腐设计中极为重要,需要工程师对产品设计、工艺水平、制造现场质量进行无缝对接,在图纸阶段对产品最终质量进行设计和预防。

(上接第30页)膜表面进行外观缺陷检查。表面不应出现杂质、流挂、起泡、不连续、针孔、气泡或过厚的局部涂料堆积以及其他涂层问题。如果在水平表面存在积水的风险,防火漆的表面应倾斜足够以避免积水。

#### 4.2 涂层干膜厚度

干膜厚度可采用下列方法之一进行测定:

1)使用直径约为2mm的钻头钻一个小孔,并使用深度测厚仪测量涂层的厚度(注意不要损坏基材),然后迅速使用防火漆填补小孔。

2)使用电磁测厚仪或超声测厚仪来测定涂层的厚度(在读取数值之前,务必在光滑的校准板上正确校准测厚仪)。但如果涂层中使用了金属丝网增强,就不能使用电磁测厚仪来测量涂层的厚度。

最小和最大膜厚的限制取决于设计厚度和火灾场景的要求。然而,在任何情况下,平均膜厚度都不应低于涂料供应商规定的设计涂膜厚度,具体的测量频率应在开工前征得业主和涂料供应商的建议。

#### 4.3 附着力测试

进行附着力测试时,必须根据涂料说明书的要求选择充分固化的涂层样本。测试应在整个涂层系统完

成且完全固化后进行,测试结果的强度值需满足项目的要求。

### 5 结语

随着海洋平台建设的增多,国家对安全问题的重视程度也在增加,因此膨胀型防火漆的应用范围将会越来越广泛。为确保防火漆施工的质量,并保证海洋平台上相关人员的安全,需要依据各防火漆厂商的产品参数,由经过资质认证的工人使用合适的设备并采用正确的施工工艺进行施工。这样才能保证防火漆施工的质量,为海洋平台提供安全保护。

#### 参考文献:

- [1] 李建朝. 爆炸与火灾作用下海洋平台结构力学特性及防护技术研究[D]. 镇江:江苏科技大学,2022.
- [2] 何耀辉. 南海深远海油气开采设施被动防火技术研究[J]. 涂层与防护,2023(11):6-10.
- [3] 孙德光,张高尉,姜伟,等. 浅谈双组分环氧膨胀型防火涂料喷涂损耗系数的降低措施[J]. 全面腐蚀控制,2016(3):37-39.