

一种具有特殊功能的汽车发光格栅喷涂工艺

周子奇, 何明光, 朱江, 曾江, 刘帆
(岚图汽车科技有限公司, 武汉 430081)

摘要: 随着新能源汽车的逐步推进, 汽车前格栅的功能性大大增加, 不仅要很好地作为汽车整体的外观展示部分, 有鲜明的造型甚至达成镜面前脸外观, 同时兼具行人防撞、前置 LED 投射等多种功能。本文介绍了一种特殊喷涂工艺的发光格栅产品, 揉和了正常 PC 喷涂工艺、雪花前处理工艺、UV 清漆工艺, 不仅能够全面满足现行工业化发光格栅的功能需求和外观要求, 更能在该领域展开全新的探索, 实现与现行喷涂工艺差异化、改善化的发光格栅喷涂, 通过正反面喷涂、雪花干冰等专项措施, 不仅实现了发光格栅镜面的外观效果, 更使得格栅内部的光感零件不受喷涂影响, 实现外观功能的全面提升。

关键词: 发光格栅; 智能制造; UV 清漆; 雪花干冰前处理

中图分类号: TQ639 文献标志码: A 文章编号: 1007-9548(2025)07-0048-04

The Invention to An Automobile Light-emitting Grille Spraying Process with Special Functions

ZHOU Zi-qi, HE Ming-guang, ZHU Jiang, ZENG Jiang, LIU Fan
(Voyah Automobile Technology Co., Ltd., Wuhan 430081, China)

Abstract: With the gradual advancement of new energy vehicles, the functionality of the front grille of automobiles has significantly increased. It not only serves as an excellent part for showcasing the overall appearance of the vehicle, featuring a distinctive design and even achieving a mirror-like front face appearance, but also incorporates various functions such as pedestrian collision prevention and front-mounted LED projection. This thesis introduces a luminous grille product with a special spraying process, which combines the normal PC spraying process, snowflake pre-treatment process, and UV clear coating process. It can not only fully meet the functional requirements and appearance demands of the current industrial luminous grille, but also conduct new explorations in this field. It realizes a spraying process for luminous grilles that is different from and improved upon the existing spraying processes. Through specific measures such as spraying on both the front and back sides and using snowflake dry ice, it not only achieves the mirror-like appearance effect of the luminous grille, but also ensures that the light-sensitive components inside the grille are not affected by the spraying, thus comprehensively enhancing both the appearance and functionality.

Key words: light-emitting grille; intelligent manufacturing; UV clear coating; snow dry ice pre-treatment

0 引言

近年来, 新能源汽车市场风起云涌, 变化莫测。提

升整体车辆产品的竞争性成为客户导向、销量导向、品质导向的生存准则。而发光格栅就是在这种条件下应运而生。发光格栅既要满足客户对整体前脸外观镜面光亮的要求, 同时又能够很好地融入 LED 匀光介质, 实现整体格栅光亮律动并形成光感交互, 增设行人保护功能零件及角雷达保护功能零件, 在外观和功能上

收稿日期: 2024-02-01

作者简介: 周子奇(1991—), 男, 工程师, 主要从事汽车塑料件喷涂、机器人示教等相关工作。E-mail: 1017315159@qq.com。

实现新能源汽车的飞跃。

格栅的变化一方面来源于新能源汽车不需进风通道供给发动机;另一方面,客户对汽车的功能性要求逐步增加,所以在前脸加入更多信息化和功能化的元素成为市场新生力量的选择。汽车的进气格栅和中网格栅在燃油车型上是在行驶阶段通过鼓入空气,使其冲入散热器、转向助力油散热器等部件给这些设备散热,同时在行驶中能给汽车发动机提供更多的进气量,具备很强的动力作用和散热作用。但这对于新能源车并不是具有功能性的设计,也并不是必要的。在这个“颜值即正义”的时代,一张出众且精致的前脸尤其重要。例如凯迪拉克的新能源车型 Lyriq、东风日产新能源车型 Arriya 均用到了该种工艺。格栅一方面具备发光发亮的镜面外观效果,另一方面,又可以在后面加入匀光板、角雷达、行人保护测算压力传感器,联动汽车各项保护和报警信息进行投屏。包括常见的汽车灯光秀、灯光迎宾功能,也需要以发光格栅为基础实现。基于以上要求,发光格栅既要满足车辆常规使用的耐候性、自清洁性、耐刮性能、耐冲击性能,又要有极好的透光性和信号透过率。因此,其整体涂装的过程也区别于传统外饰件的表面喷涂底色清方案,而是在透明的 PC 材料底色面进行喷涂,通过透光效果映衬到最终的底色。

本文主要介绍了一种针对目前发光格栅外观、功能要求而实施的满足稳定量产的喷涂工艺,该技术是新能源汽车工业智能化、轻量化的探索,对于整体车辆发光、LED 投射也有一定的借鉴作用。

1 雪花干冰前处理的应用

目前常见的发光格栅为 PC 透明材质,分为正反两面分多次上线进行前处理,其中多次上线的均使用雪花干冰进行前处理。其作用原理为雪花干冰喷射出固态的细小干冰颗粒并吹扫到产品的表面,在压力突然变小、温度逐步升高的过程中干冰颗粒在产品表面发生升华,同时在周围吸收热量降低温度迅速凝结材料表面的油脂,并固化,干冰颗粒升华过程中干冰粒子会发生微小的体积膨胀(类似爆炸)将颗粒、浮灰、杂质及固态油脂打碎并由气压带离产品表面,通过干冰室体的沉降风下压到下方的文丘里槽、水盒或者颗粒收集槽中达成前处理效力。

干冰雪花原料为细小的干冰颗粒,通常为干冰储藏罐中通过保温管传送至干冰吹扫机器人出口。干冰机器人的枪头因为使用金属,容易在干冰喷出时温度骤降发生冷凝水聚集问题,所以一般使用特种塑料,该种塑料具备很强的耐压性,可以耐受干冰从出口喷出升华后释放的压力(如果为普通塑料会发生胀裂),因而硬度高、抗压性好、脆性高、容易碎裂。所以使用雪花

干冰清洗不建议应用到车体(棱角勾边多)和保险杠工件上(异形件,存在凹槽结构,雾灯间隙等需要大幅度地进行吹扫机器人运转),会有磕伤吹扫枪头风险。因而干冰雪花清洗更适合像发光格栅这种完全规整的平面产品进行平放式干冰吹扫工作。干冰前处理的优势是其对于精密的元件、结构复杂的凹槽面也有不错的前处理效果,所以对于发光格栅而言,其为平面结构,同时其正面和背门均有匀光板、电路板、LED 灯管等插孔间隙,非常适合进行干冰前处理。

在 PC 材质第一次进行雪花干冰清洗后,要确认工件的清洁状态,可以拿白色的擦拭布在其表面反复进行擦拭,确认白布上的脏污是否明显。如果干冰雪花的处理效果好,则可以直接用干冰进行前处理;若效果不理想,建议在干冰处理前增加一道酒精或者异丙醇擦拭。因为过多的灰尘和杂质一方面干冰难以去除,另一方面会因为干冰在封闭空间内吹扫污染整体前处理喷房,造成二次污染。

2 PC 材质外观面 UV 清漆的应用

紫外光用于涂料的固化始于 20 世纪 60 年代,紫外光固化涂料具有固化速度快、能耗低、溶剂挥发性少等优点。近年来,随着环保意识的逐步增强,紫外光固化涂料的应用愈加广泛,但是紫外光固化涂料也存在自身的缺点,如固化对象的形状要平整,色漆体系中难以应用。为了使紫外光固化技术得到更广泛应用,双重固化技术在 2013 年应运而生。环氧丙烯酸酯(EA)具有固化速度快、耐化学腐蚀性强、硬度高的特点,后通过聚乙二醇和三羟甲基丙烷二烯丙基醚改性环氧丙烯酸酯,成功制备了黏度低、柔韧性优良的光-热双重固化环氧丙烯酸酯。该种材料进一步提升了 UV 涂层的硬度和耐化学腐蚀性,同时改善了其对润湿面形状的要求,可与 PC、ABS 等多种树脂材质外表面直接接触。但因其硬度过高、成膜速度过快,无法在色漆、底漆层上直接成膜,会造成下层油漆开裂问题。

而对于发光格栅而言,其 PC 材质正面需要有良好的镜面光泽效果(按照目前的外观要求至少不低于传统底色清的罩光清漆外观),同时要兼具非常高的抗石击效果、角雷达信号穿透效果以及 LED 灯光穿透效果,因此在 PC 材质表面喷涂一层 UV 清漆是可以兼具这些需求的工艺办法。KCC 公司和 MOMENTIVE 公司在柔性 UV 涂层的基础上开发了 SilFort UV 硬化涂层,这是一类透明的有机硅改性丙烯酸树脂,相比于传统的丙烯酸树脂清漆和聚氨酯清漆以及传统的 UV 清漆涂层,该款清漆不仅具备更好的耐刮擦性能和耐老化性能,同时兼顾了涂膜的润湿效力,更不容易发生层间气泡问题,在大众、通用、福特、宝马、戴姆勒、丰田、

日产、长城、上汽等多家主流汽车品牌上均有应用。之前主要是应用在汽车大灯上，保证大灯外壳的光泽和明亮状态，现则将其结合在发光格栅的工艺中。UV 清漆暂时无法在底漆、色漆上成膜，因为其成膜速率与普通散干清漆不一致，同时其具备高硬度的特点，会拉伸底层软性涂料造成漆膜疵点、凹坑甚至破裂，所以目前常用的方法是使用透明的 PC 材料，分别在两侧进行 UV 清漆和传统色漆工艺的喷涂，之后从 PC 背面可以

看见对侧喷涂的色漆层。还有一种常见的方法就是在高光黑注塑件上直接涂高亮 UV 漆，但该种方案的素材高光黑颜色无法达成发光格栅高亮金属黑的要求。

因此，在目前工业化的发光格栅制备中使用方案一，对发光格栅进行两侧喷涂完成。一方面 UV 清漆可以在透明的 PC 材料表面快速成膜，另一方面单层膜厚相对于传统工艺更薄，更能适应雷达和光线信号的穿透，雷达衰减与喷涂颜色膜厚的关系见表 1。

表 1 雷达衰减与喷涂颜色膜厚的关系

项目	暖白色 1 次	暖白色反喷	卡其绿 1 次	卡其绿反喷	熔岩灰 1 次	熔岩灰反喷
E_r	2.68	2.89	2.58	2.69	2.51	2.65
$\tan\delta$	0.008	0.024	0.001	0.005	0.008	0.005
平均厚度/mm	3.19	3.17	3.15	3.14	2.83	3.23
2.8 mm(保险杠设计厚度+漆层 100 μm)	2.08	3.68	1.30	1.94	1.50	1.80
下理论双层衰减/dB						

我们在 H37 项目中试验了多种格栅喷涂和反喷的状态进行角雷达验证，雷达反馈超过 1.50 dB 就会有明显的干扰风险，超过 2.0 dB 就会发生失效风险。因此根据要求我们需要控制油漆壁厚在 2.8 mm 以内，即油漆的漆膜整体厚度在 50~100 μm 内。普通底、色、清喷涂的膜厚(对于格栅 PC 件大约在底漆 10 μm ，色漆 15~20 μm ，清漆 35~40 μm ，共计 60~70 μm)已经超出了膜厚限值的要求，存在干涉角雷达风险，但是如果只使用 UV 清漆，整体干膜要求为 8~20 μm ，该膜厚达标，不会干涉安放在 PC 格栅中段的雷达；另一方面 UV 清漆本身在紫外光照射后成膜硬度高，能够完全适应抗石击的要求。同时由于 UV 漆直接在 PC 材料上成膜，相对于传统的多层喷涂方案其长短波的状态更好，目视上更明亮、更有镜面质感、更会受到消费者的青睐。生产过程中，将 PC 材质的发光格栅件进行前处理后，直接在其表面喷涂 UV 清漆材料，然后常温(20~30 $^{\circ}\text{C}$)流平 1~3 min，紧接着到达热流平烘干炉内 75~95 $^{\circ}\text{C}$ 烘烤 4.5~6.0 min，最后到达 UV 光照区域使用总能量 $\geq 3.0 \text{ J/cm}^2$ 的紫外光灯进行光固化(强度要求 $> 0.2 \text{ W/cm}^2$ ，该范围使用 EIT PowerPuck UVA 读数即可)。根据每一款 UV 清漆的特性，对应的光照强度、烘干炉热流平要求都会有所差异，具体步骤也需要根据 UV 清漆供应商提供的 TDS 工艺特性决定。但是 UV 清漆表面整体的涂膜时长稳定在 20 min 以内，加上单层清漆的喷涂和雪花干冰前处理的时长不会超过 30 min，远远优于传统喷涂工艺 2 h 标准时长。一方面大大提升了发光格栅外涂层的涂装效率，另一方面单层膜厚更好地达成了表观外表面镜面效果，可谓是发光格栅外表面一举两得的喷涂工艺。

3 PC 内表面色漆层镭射的应用

在进行发光格栅外表面的喷涂后，需要完成发光格栅内表面的喷涂工艺。其内表面一方面需要有不透光的主体背景材质，通常选用高光黑背景，另一方面要有能够完成光线穿透的孔隙，通常会印有 LOGO 纹理或者特殊图案。该工艺在现场施工过程中是在 PC 发光格栅板的背面完成；在材料和喷涂工艺的选型上，我们考量了使用高光黑注塑件以及常规的粉末喷涂，但是这两个工艺均无法呈现金属黑油漆表面璀璨闪烁的金属质感，也无法达成高光黑那种黑色的层次感，因此在传统的喷漆工艺上进行尝试，在背面喷涂传统的金属黑色漆层后以镭射的方式刻印需要透光的区域至发光格栅表面，这样既可以保留色漆层的层次感和金属质感，也可以在透光区域雕刻立体造型：在背后 LED 匀光板的照射下呈现出具有立体质感的纹理和 LOGO 图案。传统的喷涂工艺很好地给格栅进行了颜色喷涂，又引入镭射工艺做立体雕刻，将汽车工艺与塑料制品工艺结合，通过信息化光感和信号的演绎达成新能源汽车前脸独有的高级感。镭射雕刻的工作原理是利用激光束对塑料材料表面进行高能量密度的照射，从而使材料表面被蒸发、汽化或者熔融，从而对材料表面进行刻画和雕琢。这种方式很好地适应了发光格栅前脸精细化的处理方式，可以通过光束在前脸勾勒出实际产品需求的结构和造型。

在实际的应用中，我们会把已经进行过一次表面 UV 清漆喷涂的 PC 材料发光格栅放置进储存架中，然后分批背面朝上进行发光格栅产品第二次上线。首先，在高于 10 000 级的洁净车间内将发光格栅的背面进行干冰雪花处理，清除发光格栅内侧 LED 装配孔位、

卡槽内的杂质,然后在发光格栅背面表层喷涂正常色漆层,在65~95℃烘房内完成烘烤烘干后下线进行镭射刻印,在深色表面上刻印需要透光的纹理即可。镭射纹理的工位色漆层完全烘干后、最终保护层罩光清漆层前,这样整体透光的造型面会很好地保护在清漆层内。光线则可以穿透刻印的纹理面投射到发光格栅的表面形成图形结构,达成发光、信号输出的目的。如果镭射的纹理面带有结构,还可以在光线穿透后在地面形成立体的纹理形状,达成更好的外观感知效果。

4 PC内表面清漆层的应用

在内表面喷涂完成色漆层并进行镭射刻印后,我们尝试过不进行清漆罩光处理,直接安装发光板,匀光板在背面。但由于色漆的成膜不牢靠,会在溶剂型材料的溶解下发生漆膜脱离,因此在耐腐蚀和长期雨水冲刷的情况下会造成发光格栅的内表面出现腐蚀、印纹,进而影响整体发光格栅的正常使用。因此我们采用传统工艺,在进行镭射后,表层喷涂一层罩光清漆,在该层清漆的包裹下,发光格栅内表面的刻印会被填充和保护起来,无论是刮蹭还是腐蚀均不会对内侧构成影响。

正常生产操作中,镭射刻印完成后,将PC材质的发光格栅以背面状态再次上线,进行雪花干冰前处理后喷涂清漆层,清漆层会填平整个PC内表面并维持整体内表面透光区域的平整性,同时清漆会具有良好的保护效应将内表面保护起来,提升了整个发光格栅

内表面的耐潮、耐刮蹭、附着力等性能。由此整个发光格栅的涂装工艺完成,使用该涂装工艺生产的发光格栅正反面均具备良好的附着力和耐老化、抗石击、耐刮擦性能,能够完全适用在内侧安装匀光板、LED灯管和信号发生/接收结构件。

5 结语

发光格栅的涂装工艺既满足了现今新能源汽车工艺对于前脸设计更高的外观要求、结构要求、功能要求,同时也是一个很好的契机,将传统汽车工艺与各项电子产品、人工智能产品、人工交互产品结合起来,给汽车外观件更多品牌元素、智能元素的设计。在汽车市场逐步轻量化的今天,塑料的背门、车门、翼子板均已经在工业化中实现,后续是否可以利用发光格栅的原理,使用玻纤与碳纤维等材质实现整个汽车外观的革新?是否有机会实现发光车门、发光车身,继而达成全车体灯光交互、全车身灯光秀、车体珠光幻彩变色?相信随着汽车电动化、轻量化、智能化工作的逐步推进,汽车工业会更多地朝向个性化、多元化、信息交互化的方向发展,车身也会有更多信息收集与传递的需求,个性化设计需求必然是每一个汽车工程师都值得思考和探索的课题。

参考文献:

- [1] 杨永荣.柔性UV-热双重固化环氧树脂清漆[D].广州:华南理工大学,2014. ◆

(上接第43页)对橘皮、流挂等瑕疵的识别准确率达95%以上,检测速度达10 m/min,实现了在线全检。

3.4 产业协同与人才培养

3.4.1 跨领域合作模式

建立主机厂-涂料企业-维修企业的协同创新体系:1)主机厂提供车辆电气布局、传感器参数等技术资料;2)涂料企业开发专用修补材料,并提供应用技术支持;3)维修企业反馈实际应用中的问题,共同优化工艺。某合资品牌通过这种模式,将修补涂装对雷达信号的影响降低了70%,传感器相关的售后投诉减少85%。

3.4.2 新型人才培养体系

构建技能+智能的复合型人才培养模式。1)课程体系重构:在传统涂装课程中增加智能网联汽车技术传感器原理电磁兼容性等内容;2)实训平台建设:配备激光雷达模拟器、电磁屏蔽测试箱等设备,让学生掌握智能网联汽车的修补特殊要求;3)认证体系建立:联合行业协会推出智能网联汽车修补涂装专项认证,目前

已有3200名技术人员通过认证。

4 结语

智能网联汽车的发展推动汽车修补涂装行业从外观修复向功能保障转型,涂层性能已从单纯的装饰性需求,拓展为包含光学、电磁学、材料学等多维度的技术体系。研究表明,通过材料创新、工艺优化和质控升级,可将修补涂装对智能网联汽车感知系统的影响降低60%以上,电磁干扰减少75%,为智能网联汽车的安全运行提供保障。未来,随着L4/L5级自动驾驶的普及,汽车修补涂装将面临更高挑战:一是需要开发可兼容动态传感器阵列的柔性涂层;二是需要建立实时在线的涂层性能监测系统;三是要探索基于数字孪生的虚拟修补技术。预计到2028年,智能网联汽车专用修补材料的市场规模将达120亿元,年复合增长率超过18%。汽车修补涂装行业需以开放协同的姿态拥抱技术变革,通过跨领域创新构建新的技术壁垒,在满足智能网联汽车功能需求的同时,实现行业自身的高质量发展。 ◆