

套色涂装工艺研究应用技术及发展方向

赵玉军¹, 张 瑞², 梁成岭², 杨建明², 陈吉祥²

(1. 济南临工矿山设备科技有限公司, 济南 250000; 2. 山推工程机械股份有限公司, 山东 济宁 272000)

摘要: 套色涂装是实现产品靓丽外观, 满足市场个性化、多元化的重要工艺。但是, 乘用车、商用车、工程机械车辆等产品的套色涂装给生产带来了成本、效率、管理等问题。各企业在传统涂装套色工艺上进行改进的同时, 还积极采用或尝试贴膜技术、面漆化装配工艺、零过喷套色技术、打印技术等, 以减少多彩涂装对成本、效率、管理等方面带来的不利影响。

关键词: 涂装; 套色; 贴膜; 零过喷套色技术; 打印技术

中图分类号: TQ639 文献标志码: A 文章编号: 1007-9548(2025)10-0051-04

Application Technology and Development Direction of Color Matching Coating Technology Research

ZHAO Yu-jun¹, ZHANG Rui², LIANG Cheng-ling², YANG Jian-ming², CHEN Ji-xiang²

(1. Jinan Lingong Mining & Rock Technology Co., Ltd., Jinan 250000, China;

2. Shantui Engineering Machinery Co., Ltd., Jining 272000, Shandong, China)

Abstract: The color matching coating is an important process to realize the beautiful appearance of products and meet the personalized and diversified market. However, the color coating cars, vehicles, construction machinery vehicles and other products has brought problems such as cost, efficiency and management to production. Enterprises improve the traditional coating color process, at the same time, actively adopt or try the masking technology, topcoat assembly process, zero over spray color technology, printing technology, in order to reduce the adverse effects of the color matching on the cost, efficiency, management and other aspects.

Key words: coating; color matching; masking; zero overspray technology; printing techniques

0 引言

外观是造型与色彩的结合, 多种颜色的搭配往往较单一颜色更具有吸引眼球的外观效果。对于涂装产品而言, 如果设计两种或两种以上的颜色, 涂装时就需要采用套色工艺。套色是在乘用车、商用车、工程机械等产品上都广泛采用的涂装工艺^[1-4]。传统套色与单色涂装相比, 工艺时间和能耗都增加, 给涂装生产带来了诸多问题。一是成本问题: 套色需要先喷涂一种颜色的面漆并烘干, 然后依据图案进行遮蔽, 再喷涂第二种颜色的面漆并进行烘干, 造成了遮蔽材料、人工、能耗的

成本增加, 同时过喷量大, 造成涂料的浪费。二是效率问题: 由于套色需要两喷两烘, 生产周期加长, 产能下降。三是管理问题: 对于部分产品套色的生产线, 套色与不套色产品的工艺流程不同, 生产周期不同, 导致排产和生产组织困难。四是导致分色界面锯齿、模糊、毛刺、混色、渗漆、缺漆、少漆, 以及胶残留等涂装质量问题, 增加了涂装质量管控难度。

因此, 整车整机企业都在对套色工艺进行研究改进, 或采用新的材料和工艺, 以最大限度降低套色带来的成本、效率影响。赵晴霖等从套色质量控制的角度, 对遮蔽材料、套色工装、套色喷涂工艺流程等进行了讨论, 对分色胶带的断裂伸长率、断裂强度、初始粘结力、烘烤后粘结力、耐高温等提出了具体要求^[5]。占早华等指出了轿车套色涂装中两种降低遮蔽材料的方案, 一是耐高温遮蔽膜与低温遮蔽膜混合使用, 二是耐高温

收稿日期: 2024-04-12

作者简介: 赵玉军(1977—), 男, 硕士, 高级工程师, 主要从事钻机、铲运机、运矿车、台车等的整机设计与结构布置, 着重整机外观设计与涂装设计。E-mail: yujun.zhao@Lgmrt.com.cn。

遮蔽膜重复使用⁶。张富家等通过对4种套色工艺方案的分析,选择了“先喷涂整个车身→高温膜遮蔽非套色区域→第二遍套色区域喷涂”的工艺方案,并设计了单独的套色遮蔽线⁷。

1 传统套色工艺的改进

1.1 基于原有喷漆线的改进

对工艺流程为“前处理→电泳或喷涂底漆→烘干→强冷→喷面漆→烘干→强冷→下线”的工程机械涂装线,增加套色产品后,工件要两次进入喷漆线或对喷漆线进行改造。汽车行业为了满足套色涂装的需要并降低套色成本,开发了中涂-色漆“湿碰湿”工艺,在中涂后“湿碰湿”喷涂第一色面漆,烘干后再套色喷涂第二种颜色的面漆⁸。

1.2 新建喷漆线

如果套色产品占比高,已有喷漆线即使通过改造或改进也无法满足套色需求的时候,就需要新建将套色作为标准工艺的喷漆线,在普通喷漆线的基础上增加遮蔽室、套色喷漆室、流平室、烘干室等。新建喷漆线可以采用传统的人工套色涂装工艺,但最好能结合产品结构特点和生产规模,考虑自动喷涂技术、视觉识别技术、自动检测技术,采用后面提到的零过喷技术等。

1.3 分色线的优化

分色线优化主要是结合零件装配布局,设计或优化套色的分色线,一方面便于遮蔽,一方面避免产生两种颜色面漆边界的缺陷。如图1a所示,件①与件②为装配后相邻的两个件,件①表面全部为蓝色,件②表面有蓝色和黄色,件②上的蓝色部分与件①相邻。涂装时,需要在件②表面进行分色。如果能够将分色线移至件①件②之间,如图1b套色涂装遮蔽就相对容易,而且可以避免分色线的锯齿弊病。

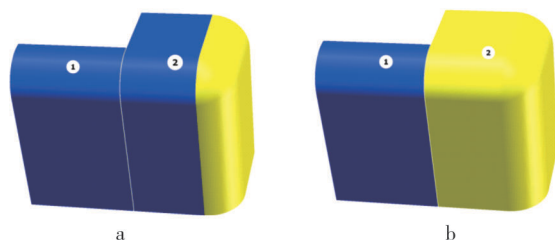


图1 分色位置调整

除了在零件之间进行分色,还可根据图案分色对零件进行拆分设计。图2a为一个整体零件,表面需要喷涂蓝色和黄色两种面漆,分色线长,易出现两种颜色锯齿交错现象。因此,可以考虑将工件按照分色线拆分为两个零件,如图2b,从而将分色线放置在两个零件之间,使套色涂装遮蔽就相对容易,避免分色线的锯齿弊病。

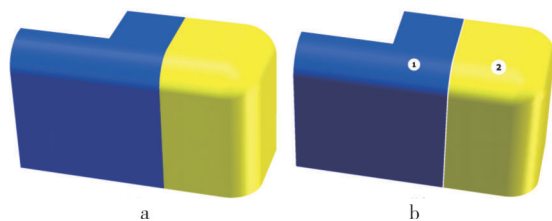


图2 拆分零件

当然,无论是分色线的改变或优化必须基于产品整体外观的设计,不能影响到整体的外观效果。产品或零件设计人员设计时也应该结合涂装工艺在考虑工艺性和经济性。

1.4 套色顺序优化

套色涂装的顺序一般根据面积大小,先喷涂大面积的颜色,再进行遮蔽喷涂小面积的颜色或图案,如图3a,这样重叠的过喷量会比较小。当然,也可以先喷涂蓝色面漆,然后遮蔽蓝色图案,喷涂黄色面漆,这样遮蔽会比较容易,可减少遮蔽材料的用量。但是,由于零件或产品功能上的需要导致的一些结构形式,就只能先喷涂小面积颜色的面漆,再喷涂大面积颜色的面漆。如图3b,如果先喷涂大面积的黄色面漆,再喷涂小面积的蓝色面漆,由于扶手的存在,遮蔽时非常困难,因此最好先喷涂小面积的蓝色面漆,再喷涂大面积的黄色面漆。

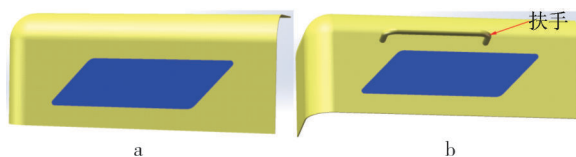


图3 零件结构对套色顺序影响

1.5 套色遮蔽定制

一些非直边的图案,如图4a,无论是先喷涂黄色面漆还是先喷涂蓝色图案,采用一般的胶带在套色时定位和遮蔽都比较困难,在圆弧处胶带容易起褶。对于这类图案,要提高遮蔽的效率和质量,可采用不干胶打印纸打印出图案,并采用样板提前将图案雕刻出来,遮蔽时借助整张纸的直边进行定位,如图4b,整体粘贴后将需要喷涂图案揭下。如果是大批量生产,可以采用和贴膜一样的工艺生产遮蔽贴纸。

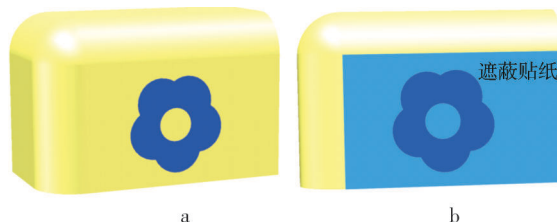


图4 遮蔽定制

2 工程机械零部件面漆化装配工艺

零部件面漆化装配工艺是指零部件涂装时按照整机要求喷涂面漆,整机装配后不再喷涂面漆的方式,在工程机械行业广泛应用^[9-10]。

在分色线优化的基础上,采用零部件面漆化装配工艺,彻底避免整机涂装时的套色遮蔽。在图 5a 产品中,相互邻接的件①为灰色,件②、③、④为黄色,采用整机喷面漆工艺需要先整体喷涂黄色面漆烘干,然后遮蔽件②、③、④,再喷涂件①。采用零部件面漆化工艺后,件①单独喷涂灰色面漆,件②、③、④分别单独喷涂黄色面漆,装配后不再进行面漆喷涂。同样在图 5b 产品中,件①、②为灰色,与件①相邻接的件③为黄色,与件①、②相邻接的件④、⑤为黄色,采用整机喷面漆工艺需要先整体喷涂黄色面漆烘干,然后行遮蔽件③、④、⑤,再喷涂件①、②;或整体喷涂灰色面漆烘干,然后行遮蔽件①、②,再喷涂件③、④、⑤。采用零部件面漆化工艺后,件①、②单独喷涂灰色面漆,件③、④、⑤分别单独喷涂黄色面漆,装配后不再进行面漆喷涂。



图 5 零部件面漆化装配

面漆化装配工艺可以解决不同零件喷涂不同颜色面漆的情况,但是每个零件只能是一种颜色的面漆,如果一个零件上存在两种颜色的面漆,仍需套色。如果套色图案只在一个零件上,不与其他零件组合,如图 6a,也可以采用零件面漆化工艺,件①套色在零件面漆时完成,减少遮蔽、喷涂、质量控制的难度,同时有利于降低成本。但是,如果相邻工件表面都存在套色且为整体图案,单件面漆化就不易解决,如图 6b,零件面漆套色容易造成件①和件②上的红色彩条装配后错位情况,影响外观效果。

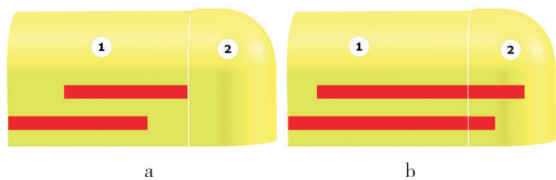


图 6 零部件面漆化适用情况

3 贴膜技术

图 6 中的彩带面积不大,而且形状简单,采用贴膜

技术就可以免去套色涂装工艺。但是,大面积的贴膜操作难度大,容易出现气泡,而且不允许漆膜表面有任何杂质。另外,简单平面或弧面贴膜比较容易,如图 7a 的蓝色条纹;但是在球面或其他复杂表面贴膜就比较困难,如图 7b 中 3 个面相交形成的球面。

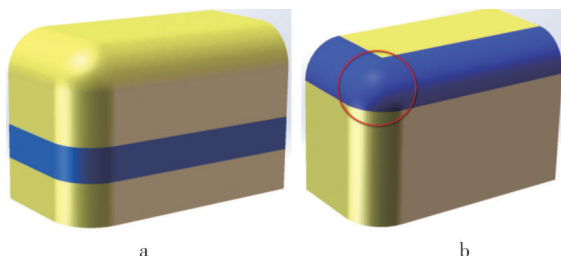


图 7 贴膜技术应用

4 零过喷套色技术

传统套色的遮蔽和过喷不仅造成辅料、人工的浪费,还增加了涂装固体废物及 VOC 的排放,即不利于成本控制,也不利于环境保护。在涂料生产企业、涂装设备生产企业、涂装生产企业的共同推动下,出现了不需要遮蔽的零过喷套色技术。

零过喷技术需要机器人、测量系统和喷涂系统三者充分协作。杜尔公司开发了一款无过喷喷涂技术 EcoPaintJet,其可以作为生产线的一部分在新建涂装线时整体规划进去,也可以作为一个模块安装到既有的涂装线上。EcoPaintJet 作为喷涂系统,安装在机器人上。在他的喷涂器装置底侧配备有一个喷嘴板,喷嘴板上有大约 50 个直径约为 0.1 mm 的小孔。通过这些孔,以 30 mm 的枪距实现非常精准的平行喷涂,不会出现过喷。中国一汽也自主开发了无遮蔽彩色智能精密喷涂技术,其融合了数字喷涂、喷头驱动等多专业先进技术,还具有针对复杂曲面立体喷涂的控制系统,可实现直径 0.4~10 mm 之间的单点或连续线条直接喷涂,精密喷头实现了无遮蔽的套色。

传统的遮蔽套色工艺虽然十分成熟,但对不规则图案套色时遮蔽困难。以图 8a 为例,涂装工艺一般都是先喷涂黄色面漆,然后进行遮蔽,再喷涂蓝色图案。但是蓝色图案存在不规则的曲线,定位和遮蔽都比较困难。而如果采用零过喷技术,遮蔽问题就可以采用计算机编程后自动完成喷涂,取消了遮蔽。另外,如图 8b 所示的机罩,横向和纵向都带有弧度,如果表面有两种颜色的面漆或 LOGO 图案等,采用传统套色在遮蔽时容易造成遮蔽纸带异形的曲面屏蔽困难,采用贴膜在异形曲面上容易起褶皱。但是,如果采用零过喷技术,在三维建模的基础上,通过计算机对机器人轨迹进行规划编程、模拟,实现套色就容易得多。



图8 不规则的套色图案

零过喷技术完全建立在自动化喷涂技术的基础上,是自动化喷涂技术的再升级。因此,企业要采用零过喷技术进行套色涂装,必须具备自动化喷涂的条件。从理论上来看,任何产品都可以采用自动化喷涂技术,但是不同产品、不同规模条件下采用自动化喷涂的经济效益差距巨大,是涂装企业所需要考虑的。零过喷成套设备目前的价格也不低,是否选用还需要考虑套色涂装的比例。如果套色比例较高,又具备自动化喷涂的条件,那么选用零过喷技术就比较合适。

5 彩涂印花技术

彩涂印花是在涂装生产中,根据具体的花纹和产品,在涂装设备上利用带有凹状花纹的印花辊及其他设备,将花纹涂覆到涂装件表面的工艺技术。彩涂印花涂装不需要遮蔽,而且可得到颜色深浅不同的图案,实现图画般的效果。

彩涂印花涂装已经是一项非常成熟的工艺,但是目前应用范围较窄,主要是在钢板生产企业应用,涂装产品主要是钢板^[11-12]。彩涂印花钢板被称为“钢铁产品工艺品”,主要用于建筑、家装以及家电等行业。由于工艺的局限性,彩涂印花难以推广到其他产品上,尤其是结构、工艺复杂的机械产品。而且,彩涂印花涂装只能实现相对简单的图案,只适合规模化生产,不适合个性化、小批量的生产。

6 彩涂打印技术

彩涂打印技术是利用喷墨打印机和油墨在工件表面打印两种或两种以上色彩的涂层,完全不需要传统套色的遮蔽,图案不仅是简单的线条和色带,甚至可以使照片级的图像。打印技术已经完全不同涂于涂装技术,喷枪被打印机取代,涂料被油墨取代。如果能将彩涂打印技术应用到汽车、工程机械等产品套色涂装上,不仅是对涂装工艺技术的颠覆,也是对打印技术应用的颠覆性突破。

打印技术目前尚处于研究阶段,还未见实际的工程应用。王凤来等采用UV喷墨打印机在试板上打印出了艺术级作品的效果,涂层的各项性能指标也满足要求^[13]。但是,样板在尺寸、形状等与实际产品有着非常大的差距,打印技术要实现工程应用还需要进行大量的工艺试验和研究,一是打印设备的行程、精度、非平面上的运行等方面的实现,二是油墨的工艺性、耐盐

雾、耐老化等性能的验证。

7 结语

传统套色涂装目前仍然应用最为广泛,但是通过工艺改进实现了产能的提升和成本的下降。零过喷套色不再需要遮蔽,可减少遮蔽材料的消耗和人工的占用,实现涂料的零过喷,节省了涂料,同时减少了VOC的产生和排放,有利于环境保护,是一项具有很好前景的套色涂装工艺技术。彩涂打印技术在实现效果上具有十分明显的优势,但是真正用于工程应用还需要进行大量的研究和试验。

无屏蔽套色和油墨打印都是基于自动化技术,自动化喷涂是实现的基础。个性化或定制化的整机涂装,非常不利于涂装生产,不利于自动化喷涂技术的推广应用。但是,一些个性化的涂装,比如带有彩色图案的涂装,依靠人工喷涂是不可能实现的,还必须依靠自动化喷涂技术。

参考文献:

- [1] 李鹏,江宏,褚明,等.乘用车套色工艺的探讨[J].现代涂料与涂装,2021(12):58-60.
- [2] 王冰,贾云梅.浅谈商用车套色质量控制要点和发展趋势[J].上海涂料,2021(3):50-52.
- [3] 杨建明,张瑞.工程机械涂装套色成本分析及建议[J].工程机械,2020(9):69-76.
- [4] 杜红超,赵贵双,赵玉坤,等.浅谈套色车在涂装车间的创新应用方案[J].现代涂料与涂装,2019(9):29-31.
- [5] 赵晴露,李增明,牛建文,等.简述涂装批量生产套色车的质量控制[J].越野世界,2021(4):7-8.
- [6] 占早华,吕正芳,等.车身涂装套色工艺的降本增效及发展趋势[J].电镀与涂饰,2021(18):1416-1419.
- [7] 张富家,邢汶平.新能源汽车涂装套色技术应用研究[J].现代涂料与涂装,2020(12):59-62.
- [8] 刘丛林.套色车喷涂工艺探讨[J].现代涂料与涂装,2016,(7):57-59.
- [9] 张瑞,王春英.工程机械零部件面漆化措施[J].电镀与精饰,2006(3):35-37.
- [10] 丁忠.工程机械零部件的面漆化工艺[J].工程机械与维修,2013(8):207.
- [11] 孙力,卢岳,董伊康,等.彩涂板发展现状与应用进展[J].江西建材,2022(6):17-19.
- [12] 汤晓东,马新荣,钱婷婷.马钢家电彩涂覆膜工艺优化研究[J].冶金动力,2022(2):28-31.
- [13] 王凤来,印鹏鹏,赵东,等.UV油墨打印用于汽车涂装工艺及性能初步研究[J].现代涂料与涂装,2022(5):43-46.