

过滤体系在汽车涂装前处理电泳系统应用探讨

胡 玲, 翟晓明, 李婷婷
(华晨宝马有限公司, 沈阳 110000)

摘要: 在汽车涂装前处理电泳阶段, 过滤系统对去除磷化和电泳漆膜表面的颗粒杂质至关重要。通过对颗粒物种类、来源及其粒径大小、数量的分析, 可以选用更为有效的前处理电泳过滤设备。本文介绍了普通锌系磷化铁系和阴极电泳系统中反冲洗过滤器、袋式过滤器、悬液分离器、磁性过滤器及纸带过滤器等多种过滤设备的应用, 探讨了辅助槽系统平台滤布、槽内拦网及溢流平台等措施, 旨在最大限度地减少漆膜表面颗粒杂质, 提高涂层质量。

关键词: 袋式过滤器; 反冲洗过滤器; 悬液分离器; 纸带过滤器; 板框压滤机; 槽内拦网

中图分类号: TQ639 文献标志码: A 文章编号: 1007-9548(2025)08-0052-04

Discussion on Filtration Application in Pretreatment and Electrophoresis Coated System

HU Ling, ZHAI Xiao-ming, LI Ting-ting
(BMW Brilliance Automotive Ltd., Shenyang 110000, China)

Abstract: The application of filtration systems in the pretreatment stage of automotive painting is crucial for reducing particulate contaminants on the electrophoretic coating surface. By analyzing the types, sources, size, and quantity of particles, more effective pre-treatment filtration equipment can be selected. This paper acc. traditional Zinc phosphating and cathodic electrophoresis for introducing various filtration devices such as backwash filters, bag filters, suspension separators, magnetic filters, and paper belt filters. It also discusses measures like auxiliary tank system filter cloths, tank barriers, and overflow platforms to minimize particulate contamination on the coating surface and improve paint quality.

Key words: bag filter; backwash filter; suspension separator; band filter; filter press; inside block

在汽车制造行业中, 整车涂装是确保车身外观质量和防腐性能的关键。磷化和电泳作为一种广泛应用的技术, 能够提供均匀且牢固的底漆层, 但在实际操作中, 电泳漆膜表面常出现黑胶颗粒杂质, 这些问题不仅影响产品的外观, 还会降低涂层的附着力和耐久性。因此, 开发有效的前处理过滤体系, 减少颗粒物, 成为提高涂装前期质量的关键。

1 颗粒物分析

1.1 颗粒种类与来源

颗粒物主要分为几大类:

一是白车身自身携带的颗粒, 如焊渣、焊球、焊灰、镀锌和板材金属、打磨灰、车身胶、胶板渣、手套纤维;

二是输送室体环境包括水引入的杂质, 如灰尘、纤维、输送油、炉灰、系统颗粒等;

三是内部生产过程中产生的污染物, 包括脱脂皂化反应产生的物质、磷化反应涂料中的杂质、设备磨损产生的颗粒、清洗操作过程中的人为掉落抹布纤维等。

了解这些颗粒物的来源和性质有助于对适当的过滤区域选择对应的过滤方式。有的是在纯水系统制造过程中或者存储过程中产生的细菌、颗粒, 以及设计初期采用的铁管路而未采用 PP 管路, 长期如超过 10 年的主机厂铁管路内部产生的铁锈和细菌的混合物等。

1.2 颗粒尺寸与数量

颗粒的粒径范围从微米级到毫米级不等, 不同大

收稿日期: 2024-09-19

作者简介: 胡玲(1975—), 女, 本科, 工程师, 主要从事汽车涂装管理方面的工作。E-mail: ling.hu@bmw-brilliance.cn。

小的颗粒对涂层的影响程度不同。

在考虑到前处理和电泳不同区域,通常情况下,粒径较小的颗粒容易嵌入电泳漆膜内部形成包裹缺陷,粒径较大颗粒直接裸露在电泳漆膜表面形成凸起缺陷。不同尺寸的选取相应精度的过滤器,不同数量的颗粒对应不同的过滤设备。

1.3 颗粒物的性状分布

颗粒物数量的统计分析可以评估发生颗粒缺陷的可能污染区域并选择合适的过滤方式。如焊渣普遍存在于各个区域,黑胶抗冲刷能力差并和磷化槽液反应容易掉落,多产生在磷化槽和磷化后水洗区域。磷化渣多产生在磷化槽,电泳漆膜的表面颗粒多发生在最后的水洗区域,纯水管路易产生细菌有机物和颗粒。

1.4 颗粒的分析

一般分析手段是通过打磨缺陷区域,用50倍左右放大镜观察缺陷状态,通过观察是否打磨掉或者漏铁基材来判定是来自哪个涂层—前处理或者电泳,并和当前的缺陷样片进行比对得出产生区域;遇到较难分析的,还需要借助试验手段如红外来分析是有机物还是无机物,通过数据库的谱峰对比来判定,通常先用疑似污染物做一些数据库,尤其是现场的材料变更和设备改造中产生的物质,如果还无法比对,就需要通过SEM电泳来扫描来确定成分组成,和空白电泳以及磷化涂层对比差异元素的名字和占比量,筛查系统中污染源。更有甚者,遇到难以确定区域的缩孔,还需要借助飞行质谱来进行判定。

2 过滤设备和材料的应用

2.1 精度较高的反冲洗过滤器

反冲洗过滤器分为2种类型,第一种是通过超高压使小流量清液通过过滤材料,然后反洗进入排污室,最终杂质形成的滤饼通过孔被清洗到部分腔室,其主要的过滤介质是毛毡类的材料;第二种也是应用设备自身的高压流量,过滤后的介质反向冲洗闲置的过滤滤芯后排出并连接纸带过滤器。

这两种过滤方式适用于连续工作的场合,减少停机时间,提高生产效率,过滤精度极高,是未来涂装前处理电泳过滤系统首选。一般的该种配置的区域为前处理脱脂3区,脱脂后水洗1区,磷化后水洗1、2区,最后的水洗3区,矩阵式系统安装对整体的槽液的清洗有较强的净化能力。第一种对于有车身黑胶分散的过滤较差,需要定期更换一定的毛毡过滤棉,所需的成本较高;第二种较为广谱一点,适用于软质和硬质的颗粒的捕捉,由于是特制的不锈钢筛网,成本较低,易于操作。根据现场实际清洗效果制定更换和清理的频次和程序控制逻辑。

反冲洗过滤系统的特点:自动化程度高,减少日常人工维护成本(点检、更换、设备维护);稳定性好,采用毛毡和绝对精度筛网,可以拦截 $>2\ \mu\text{m}$ 颗粒物(根据网筛选型);持续工作时间长,无需日日更换,保障了涂装线的稳定工作;可以取代传统的袋式过滤器,或者和其并行使用效果更好。

2.2 传统通用的袋式过滤器

袋式过滤器采用过滤罐和袋状滤材,过滤精度相对较高,其受到滤袋精度厚度和前处理各个区域槽体的适配。水基过滤袋更换方便,设备维护成本低,目前是汽车涂装生产线的主要过滤设备。过滤通量受到管路和泵选型,以及槽体大小影响,过滤能力的好坏与过滤的等级精度有关,也和过滤罐的大小和过滤袋的数量通量有关,经过现场实际称重测算和厂家给出的流量压差曲线比对,一般聚丙烯针刺毛毡热熔的过滤袋在0.08~0.14 MPa区间达到最佳的过滤效果。增加了滤袋的使用寿命和现场更换人员的更换频度。由于0.08~0.14 MPa这段升压速度非常之快,一般会把标准设定在0.10~0.12 MPa这一范围,并有更换人员日常点检来维护其稳定性。

通常前处理前5个区域使用25~50 μm 的除油或者除胶滤袋,前处理6~11区域适用于10 μm 的除油或者除胶滤袋,当然5 μm 滤袋也有用在最后的水洗区域,各个工厂根据成本和更换频次进行优化。

电泳区域多使用10 μm 除油或者除胶滤袋以及高效除油滤袋,但在一个罐内绝不能由两种不同精度的滤袋交叉混用,避免过滤通量不同造成过滤差异性,降低了过滤效能。

电泳区域不使用低于10 μm 的滤袋,因为通常电泳中色浆的粒径大小大多在10 μm 以下。避免使用更低精度的滤袋造成槽液有效成分损失。但有些厂家在电泳最后的水洗区使用5 μm 滤袋,配合超滤膜组回收电泳漆使用。

袋式过滤器系统的特点:过滤精度相对较高,实际可以拦截 $>15\ \mu\text{m}$ 左右的颗粒,如果增加厚度效果更佳;安装与更换简便,适应性强,但会增加很多环境危废;工作压力适中,需要日常点检监控压力,易于和其他过滤器集成。但是由于种类和产品差异性较多,材料切换前需要现场做测试,监控压力变化和过滤效果,以及滤布的热熔状态,并根据产生颗粒区域多少进行优化,控制成本。

2.3 适用大颗粒悬液分离器

悬液分离器利用离心力分离悬浮颗粒,十分适合去除较重的颗粒如金属、大颗粒、车身胶等,对处理细小颗粒十分有限,一般和其他过滤器集成使用。该设备

结构紧凑,处理能力大。悬液分离器一般配合纸带过滤机和磁性过滤器使用,使用过程中一定注意悬液分离器的排水时间,避免因排水电磁阀故障造成大颗粒溯回本体槽内,使得大颗粒聚集和载带到下一槽体,造成系统性颗粒缺陷。

一般排水时间控制逻辑是循环开启电磁阀或者单独控制时间,针对软质胶体较多的现场,要在停产期间定期清理悬液分离器和泵前的保安过滤器(Y型或T型)。需要关注的是电磁阀开启是否有效,避免失效造成颗粒回流主槽,产生系统影响。定期一般至少半年要检查一次悬液分离器内的塑料件的堵塞和老化状态。

悬液分离器的特点:分离效率高,结构紧凑,自动化程度高;压力损失小,处理能力大,维护简便。

2.4 磁性过滤器

磁性过滤器利用磁场吸引铁质或其他磁性材料制成的颗粒物,比如焊装车间的焊球和焊渣,金属镀锌粉和其他金属,防止以上进入涂装的前处理和电泳系统,一般磁性过滤器和纸带过滤机以及滤袋并用,它对于去除金属屑尤为有效,可以延长设备使用寿命。磁性过滤器或者磁棒必须定期检查磁矩(高斯)强弱。根据各个现场的实际磁性结果和过滤效果,进行定期的更换磁棒等。电泳区域安装磁棒对减少后续打磨的焊球和焊渣有十分显著的效果。

磁性过滤器的特点:高效去磁性的金属类颗粒;可以集成在纸带过滤机,或者安装在袋式过滤器中。适用于前处理和电泳各个区域。

2.5 纸带过滤机

悬液分离器或者锥斗下来的按照一定时间比例的污浊水质,通过一定厚度的毛毡纸带(可以选择厚度),根据液位或者设定走纸速度,连续不断获取污染颗粒物,积累到一定厚度,用割刀将纸带截断。广泛适用于涂装前处理脱脂、磷化和水洗等污染物较大的区域,注意纸带的宽度和链条的压紧程度。纸带过滤机使用较久内部的塑料橡胶构件以及金属输送排会受到脱脂的热源以及化学品的腐蚀,造成粉碎、磨损,产生纸带偏离,从而影响大颗粒的过滤效果,使用过程中注意维护。有的工厂为了过滤更充分,在纸带过滤的储槽回水再加上一个单袋过滤器进行再次纯化槽液。敞开式和真空式纸带过滤机各有特点,重点是过滤后液体颗粒要少。

纸带过滤机的特点:连续过滤,需人工填装和监控;静态下高效去除细小颗粒。

2.6 板框压滤机

传统的锌系磷化系统产生的磷化渣等磷化副产

物通过锥斗沉降经过泵的泵入到板框压滤机内,通过液压系统施力压紧多个板框,使磷化渣等在高压流速作用下通过滤布固液分离。

磷化渣的水分被滤布截留并返回磷化槽内,而泥饼则留在滤室内。压滤机的板框的数量和单个板框腔体的容积会影响过滤能力,锌系磷化中酸性物质会分解部分车身胶,造车系统车身胶分散,影响过滤效果。板框滤布清洗一般有2种方式,一种是通过在线酸洗系统酸洗,确保阀门等是否耐酸,并监控回水的磷化液状态,避免泄漏;另一种是通过离线酸液浸泡,根据实际的清洗效果调整酸液添加量。

板框压滤机的特点:过滤面积大;过滤质量好,效率高;滤饼含水少,产废少。

2.7 超滤膜组和反渗透系统

超滤膜组将电泳主槽的液体通过渗透膜过滤产生新鲜的UF液体用于清洗车身,一般根据产能和流量衰减进行更换。更换标准根据膜量大小和厂家建议,不同尺寸的超滤膜组更换不同,一般不低于最大通量65%进行使用,反之可进行更换,也有部分涂装线根据时间年限更换,如8~10年。

纯水系统的过滤分为阴阳离子树脂和反渗透膜组进行制作纯水,介质有些是工业水,也有的工厂使用的是废水经过膜渗透过滤处理完的中水。

更换标准以实际的出水质量为准,如电导率趋势变差并趋近于上限标准 $10\mu\text{S}/\text{cm}$,纯水的pH波动较大等。也有受到前置活性炭过滤异常堵塞的,如工业自来水水质浑浊、中水水质波动等。

3 槽辅助过滤系统

除了上述过滤设备外,有的涂装线槽辅助系统中的滤布、平台设置的拦网以及平台溢流、平台延展等也是重要的回收和过滤手段。

这些措施共同构成了多维度立体化的辅助过滤体系,进一步降低了颗粒物进入涂装区域的槽体,黏附车身本体的可能性。

3.1 辅助槽系统平台滤布

辅助槽系统平台上的滤布用格栅压住,能够拦截从车身工艺口流出或者车身载带掉落的较大颗粒、车身胶等,大大减少颗粒污染下一序槽体,减轻对主循环系统设备影响,从而延长过滤袋的使用时长。滤布和拦网的选型可以参考袋式过滤器的材质实施。

3.2 槽内拦网

槽内的拦网多安装在车入槽端处,用立式的迎着水流方向,可以捕获黏性的黑胶或者容易黏附的杂质,防止其在系统内某个区域聚集,从而因液位低或者水洗更新不充分而黏附在车身表面形成缺陷。

3.3 槽内溢流

在槽内入口端的圆形溢流口改装成截断式长条形的溢流堰,将溢流堰焊死,这样既可以消除电泳形成泡沫,又可以做到面更新槽液,而不是之前的点更新,可以有效地去除悬浮在液面上的杂质,确保进入下一道工序的液体洁净度。

3.4 平台的延展

在槽入口端安装一段延展的回流平台,增加的平台长度,对翻转沥水的输送线,做到了最大限度的槽液回收,减少污染下一工序的同时,由于可以缩短槽间距平台,对前期项目投入降低起到很大作用。

过滤系统的应用消耗好坏,在项目初期的设计过滤系统时,要多因素考量,包括但不限于成本因素、过滤能力、维护便捷性、产能输出等。要根据污染物的具体类型选择合适的过滤技术同时还要预留出未来改造和升级的空间,着眼实际生产环境下的空间布局,还需制定定期检查与清洁计划以及更换,确保过滤系统的持续有效输出。

4 设备的集成和数字化控制

以上设备类多数是通过人工行走必要检查来维护系统稳定性,但对于前处理电泳较长距离和较多维度(2~3层)的监护,确实很费时间,并需要员工有较好的体力。为了更好地做到日常点检和维护,设备的数字化集成监控是未来方向,例如将袋式过滤器的进出口压力表更换为压差数显表,并将其集成在主控制系统中,利于观察和点检,提前做出预警和判定,并根据压差和产能曲线、大数据大模型结果,优化出滤袋的更换频次,保证质量前提下做到成本的控制。有条件的也可以根据双过滤系统一备一用,应用电磁阀自动切换控制,只是保留了必要的人工更换。

5 应用效果与案例分析

通过以上过滤体系的改进应用,某汽车在其电泳涂装线上实现了漆膜表面颗粒降低2个打磨点的显著效果,基本相当于免打磨。据统计,采用综合过滤方案后,电泳漆膜表面的颗粒缺陷降低了约30%,产品返修率大幅降低,质量明显改善的同时,水消耗等环境负荷指标也大大降低,生产成本也逐年降低。

6 结语

综上所述,水基过滤系统的引用和改善在汽车涂装前处理电泳中的质量提升具有重要意义。科学合理地选择和配置过滤设备,结合智能化管理手段,不仅能有效改善涂装质量,还能为企业带来稳定的经济效益和社会效益。未来,随着新材料、新技术的不断应用,过滤技术也将向着更加高效、环保、安全的方向发展,为汽车制造业带来更多成本优势和社会价值。

参考文献:

- [1] 赵凤鹏.浅谈涂装薄膜前处理工艺设计及应用[J].现代涂料与涂装,2025(1):58-60.
- [2] 贾永红,刘立飞,许能才,等.浅谈前处理关键工序功能及控制要点[J].现代涂料与涂装,2024(2):50-51.
- [3] 黄海山,完颜成功,申标,等.浅谈前处理 OptiFil 过滤系统技术的应用[J].现代涂料与涂装,2023(8):56-59. ◆

(上接第32页)具有较高的节能减排价值。

表1 改造后一、二线能耗统计

温区	外界温度/°C	外界湿度/%	燃气功率/%	冷水阀门开度/%	冷水流量/(m³·h⁻¹)	加湿泵频率/Hz	线体
A	27.76	78.30	13	14	60	0	一线
	27.76	78.30	23	32	135	0	二线
B1	18.7	90.30	13	0	0	0	一线
	18.7	90.30	23	25	72	12.25	二线
B2	20.1	84.20	0	0	0	0	一线
	20.1	84.20	18	25	130	0	二线
C	16.1	83.00	13	0	0	0	一线
	16.1	83.00	22	51	176	23	二线
D1	17.7	66.30	13	0	0	24	一线
	17.7	66.30	27	0	0	39.7	二线
D2	26.7	23.60	0	0	0	39.5	一线
	16.7	23.60	23	0	0	47.6	二线

参考文献:

- [1] 龚雪婷.新能源汽车发展对制造工艺与装备影响的探讨[J].机械与电子控制工程,2023(3):140-142.
- [2] 叶宇程,赵旭辉.应用焓值分析的车间温湿度分区控制[J].河南科技大学学报:自然科学版,2014(4):64-67.
- [3] 熊磊,苗雨润,范新舟,等.一种利用改进麻雀搜索算法的中央空调系统节能控制方法[J].上海交通大学学报,2023(4):495-504. ◆

