汽车高光黑免喷涂塑料耐磨试验方法研究

郭文博　刘丹丹　杨军　陈超　姚响林

东风汽车集团有限公司

摘要：本文简要介绍了汽车主机厂常用的塑料材料耐磨性能试验方法，重点分析了以“砂纸摩擦”为代表的“干摩擦”和以“机械刷清洗”为代表的“湿摩擦”试验方法用于评价高光黑免喷涂塑料耐磨性能的适用性。

关键词：免喷涂塑料；耐磨性能；试验方法

0　前言

随着汽车科技的不断发展，人们对环保和美观等要求越来越严苛。免喷涂材料是在基体树脂中添加各种金属颜料，通过相容改性技术、熔融共混技术制备出的具有特殊外观效果的一类材料[1]，该材料工艺方案不仅可以满足塑料制品绚丽、明亮的外观要求，而且还因为减少了喷涂环节，可以降低VOC（挥发性有机物），节省成本[2]，目前已被广泛应用在汽车领域，如前格栅、外后视镜等。

与此同时，高光免喷涂材料因为缺少了喷漆层的保护，与喷漆件相比，目前仍存在表面耐磨性能的差距[3]，所以其在汽车零部件上应用也面临着较多的磨损风险，例如：①汽车零部件生产、运输和日常使用过程中受到异物摩擦的风险；②汽车清洁时受到湿抹布、自动洗车机等擦洗风险，因此其耐磨性能往往被汽车主机厂列为关键性能而被重点管控。为了获得适用于评价高光黑免喷涂塑料耐磨性能的方法，本文采用汽车主机厂常用的塑料材料耐磨试验方法对高光黑免喷涂塑料的耐磨性能开展试验研究，希望为更好地评价此类材料的耐磨性能提供一些参考。

1　耐磨试验

1.1　试验材料

本文选取7种不同材质的高光黑免喷涂塑料试验样板，均为汽车工业化零部件同工艺制备的塑料样板，见表1。

1.2　主要仪器设备

往复式磨耗仪：美国TABER 5900；标准光源比色箱：美国x-rite，SprectraLight Ⅲ；便携式三角度光泽度计：德国BYK-4563；台式分光色差仪：美国x-rite，Color-Eye7000A；TABER磨耗仪：日本三洋AB101；机械刷清洗试验机：国产定制设备（武汉杰圣清源SX-3）；摩擦色牢度仪：宁波纺织仪器厂Y571B。

1.3　测试方法与原理

1.3.1　塑料耐磨试验方法

表2列举了国内大部分汽车主机厂对塑料材料耐磨性能的测试方法，结合其他研究成果，我们根据摩擦类型将其归纳为“干摩擦”和“湿摩擦”两类。第1类“干摩擦”，采用特定的摩擦介质（如砂纸、砂轮）做固定轨迹的往复运动，评价表面磨损后质量变化、光泽损失等；第2类“湿摩擦”，模拟车辆清洁时，使

表1　高光黑免喷涂塑料试验样板信息

样品编号	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7
材料种类	ASA	PMMA+ASA	PC+ABS	PMMA+ABS	PC	PP	PA66
黑度（L）	24.94	21.89	25.52	21.31	25.58	23.09	23.93
光泽度（G）	94.4	88.7	106.0	89.1	100.0	89.8	92.1

用湿抹布和自动洗车机清理车辆灰尘污渍时，可能导致表面损伤，如褪色、光泽损失和色差变化等。

表 2　国内主机厂塑料材料耐磨试验方法

主机厂	干摩擦			湿摩擦	
	砂纸摩擦	维克牢摩擦	Taber 磨耗	摩擦色牢度	机械刷清洗
上汽、一汽大众	✓			✓	✓
东风日产	✓		✓		✓
长安福特			✓	✓	
上汽通用	✓		✓		✓
神龙	✓	✓		✓	✓
东风	✓	✓		✓	✓
长安			✓	✓	
吉利				✓	
长城			✓	✓	

1.3.2　“干摩擦”法

干摩擦法更适合用来模拟和评估零件在日常使用中频繁摩擦导致的外观损失。

（1）砂纸摩擦

将尺寸为 150 mm × 100 mm 的样品固定在测试设备上，采用特定规格的砂纸在 9 N 载荷下对样品进行 5 次直线往返线性摩擦，运动频率为 1 次 /s, 行程为（104 ± 3）mm，通过 200 光泽度变化率来判断塑料样品的耐磨性能。

（2）维克牢摩擦

在 9 N 荷载下对塑料样品进行直线往返线性磨擦，通过 200 光泽变化率来判断塑料样品的耐磨性能。原理同砂纸刮擦相似，其不同点在于摩擦介质为 30 mm × 40 mm 的尼龙搭扣，运动行程为 120 mm，循环次数通常为数千次。

（3）Taber 磨耗

试验样品在 5 N 的压力下旋转摩擦 100 次，其中磨轮型号 CS-10F，转速 60 r/min，通过 Taber 磨损试验前后 200 光泽度的保持率来评价表面耐磨性能。

1.3.3　“湿摩擦”法

湿摩擦法更适合模拟汽车清洁时使用抹布和自动洗车机等清洁车辆灰尘污渍时，可能导致表面损伤和光泽损失。

（1）摩擦色牢度

摩擦色牢度，用干燥或浸润某种液体的标准白棉布摩擦待试验的样品，达到规定的摩擦循环次数后，在标准光源比色箱下对照灰色样卡评价标准白棉布的沾色等级和试样的褪色等级，该方法最早用于纺织品色牢度考核，由于其测试方法简便、通用性强，追求实效的同时降低了试验成本 [4] [5]，很多汽车厂商将该方法应用到塑料制品测试中，如长城、长安福特和神龙等，其中褪色评价往往是考察样品耐摩擦性能的重点，除了干态摩擦外还规定了水、乙醇及肥皂水等液体存在的情况下进行湿态摩擦，可以更好地模拟塑料制品在洗车清洁时受到湿抹布擦拭的状态，其测试原理等同于砂纸刮擦和维克牢摩擦，区别在于摩擦头直径 ϕ 16 mm，摩擦介质为标准白棉布（克重 115 g/m²），循环次数通常为 10 次。

（2）机械刷清洗

在塑料试样和毛刷之间以一定流速添加特定的研磨液，通过 PE 刷毛制成的旋转刷（150 r/min）对塑料表面的刷洗作用而产生摩擦划痕，样品由于划痕积累而造成视觉暗沉，以来此模拟使用自动洗车机清洗车辆时遇到的工况，通过测试受试样品刷洗前后表面光泽度变化来评估塑料样品的耐刷洗性能。

2　结果与讨论

2.1　“干摩擦”法试验分析

对比表 2 中的各种磨损方法，本文选择国内主机厂使用较多的、以砂纸摩擦为代表的直线往返砂纸摩擦和以 Taber 磨耗为代表的旋转往复摩擦进行试验数据分析。

2.1.1　砂纸摩擦

图 1 给出了高光黑免喷涂塑料依据砂纸摩擦的测试结果。

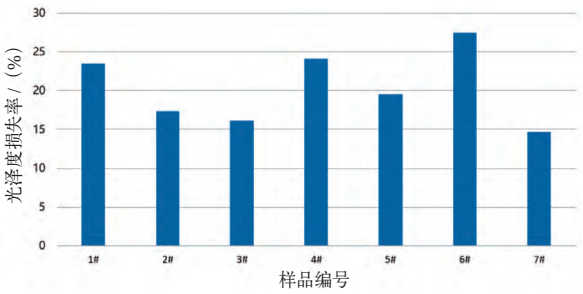

图 1　高光黑免喷涂塑料砂纸摩擦表面光泽度损失率

由图 1 可以看出，高光黑免喷涂塑料在砂纸刮擦后，所有试验样板的光泽度存在不同程度的损失，而且测试过程中平行样间结果偏差小、易操作，即砂纸刮擦能准确反映出不同高光黑免喷涂塑料的耐摩擦性能存在差异。

2.1.2 Taber 磨耗

根据 Taber 磨耗法测试高光黑免喷涂塑料结果，如图 2 所示。Taber 旋转磨耗 100 转后，高光黑免喷涂塑料样板残余光泽度极低，普遍在 30 GU 以下，样品高光表面已被完全破坏。说明该方法对此类材料过于严苛，不推荐用该方法来评价高光黑免喷涂塑料表面的耐磨性能，建议通过降低循环圈数、调整负载或技术要求分级，以应对不同车型的定位、不同工况零部件的耐磨要求。

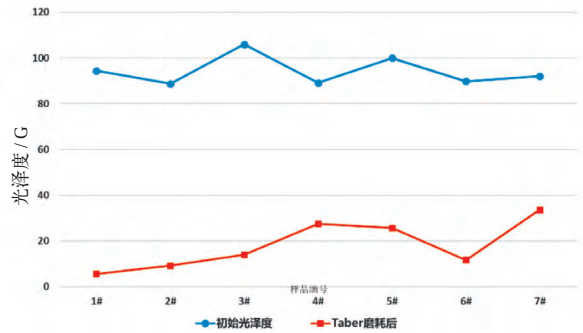

图 2 高光黑免喷涂塑料 Taber 磨耗光泽度

2.2 “湿摩擦”法试验分析

2.2.1 摩擦色牢度

表 3 给出了高光黑免喷涂塑料耐摩擦色牢度的测试结果。由表 3 可见，所测高光黑免喷涂塑料表面经受摩擦后，褪色牢度评价均为 4 ~ 5 级以上，分析其原因为高光黑免喷涂塑料的色粉已直接注塑在样品本体，不只存在于面层，而且高光黑免喷涂塑料黑度值 L 较低，摩擦介质标准白棉布相对较软，摩擦轨迹为局部擦痕，很难对样品造成应力发白现象，故而色牢度等级无明显变化，说明摩擦色牢度方法针对高光黑免喷涂塑料过于“片面”，仅靠褪色评价不能较好地反映出此类材料的耐湿摩擦性能水平，建议通过拓宽后评价方式来获得比较合适的耐磨性能表征数据。

表 3 高光黑免喷涂塑料摩擦色牢度测试结果

评价项目	#1	#2	#3	#4	#6	#7
水	5	5	5	5	5	5
乙醇	4 ~ 5	5	5	5	5	5
肥皂水	5	5	5	5	4 ~ 5	5

2.2.2 机械刷清洗

采用机械刷清洗对高光黑免喷涂塑料样品进行刷洗试验，测试结果如图 3 所示。7 种高光黑免喷涂塑料在机械刷清洗试验中 200 光泽度随着刷洗时间的增加，整体呈现比较规律的下降趋势，说明该方法比较适合

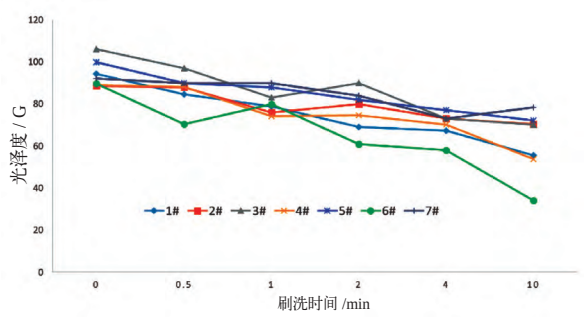

图 3 机械刷清洗高光黑免喷涂塑料光泽度变化

用来评价高光黑免喷涂塑料在自动洗车过程中受到的湿摩擦影响。

3 结论

汽车行业塑料耐磨试验方法众多，本文概括了国内部分主机厂塑料零件耐磨性能相关的测试方法，纵观这些耐磨性能试验方法，摩擦方式主要分为直线往复式和旋转往复式，我们根据摩擦过程中有无水或其他液体介质的参与，将其分为“干摩擦”和“湿摩擦”两类，而摩擦后的评价方式主要分为质量损失、光泽度变化和灰度等级变化、色差等，其中根据高光黑免喷涂塑料样板的测试结果，推荐以砂纸摩擦测试方法为代表的“干摩擦”和以机械刷清洗为代表的“湿摩擦”来评估高光黑免喷涂塑料的耐磨性能。

选用的方法没有优劣，不同车型的定位以及零部件所处工况各不相同，如针对高光黑免喷涂塑料耐磨相对严苛的 Taber 磨耗法和相对片面的摩擦色牢度，通过调整循环次数、负载和摩擦后评价方式等条件，也能获取不同高光黑免喷涂塑料耐磨性能的优劣性，每个车企都有自己的评价方式以配合不同的技术等级要求，没有一种方法能模拟所有耐磨工况。

参考文献

[1] 李雄武 . 高光免喷涂 ABS 材料的性能研究 [J]. 塑料工业，2021，49(11)：34-37.
[2] 刘鑫 . 免喷涂聚丙烯复合材料耐候性研究 [J]. 合成材料老化与应用，2017，46(3)：15-19.
[3] 唐宇航 . 免喷涂技术在汽车注塑工业的应用 [J]. 塑料工业，2020，48(7)：144-147.
[4] 张立娟 . 车用塑料耐刮擦测试方法概述 [J]. 广州化学，2014，39(3)：68-72.
[5] 杨建 . 汽车涂层耐洗刷试验方法的比较 [J]. 环境技术，2022，40(02)：121-125.