

《汽车外饰件用 PVD 涂层技术条件》编制说明

一、工作简况

1.1 任务来源

《汽车外饰件用 PVD 涂层技术条件》团体标准是由中国汽车工程学会批准立项。文件号中汽学函【2020】93 号，任务号为 2020-35。本标准由中国汽车工程学会防腐蚀老化分会提出，宁波信泰机械有限公司、常州市武进晨光金属涂料有限公司、吉利集团、重庆长安汽车股份有限公司、奇瑞汽车股份有限公司、上海汽车集团股份有限公司、海南热带汽车试验有限公司、九熙（上海）检测技术有限公司、重庆大学、中国科学院兰州化学物理研究所、安伯来科学仪器有限公司、长城汽车股份有限公司、长沙松润新材料有限公司等单位起草。

1.2 编制背景与目标

现有外饰件的表面处理工艺主要是水电镀，涂装，阳极氧化。其中水电镀工艺在使用过程中会产生强酸、强碱、重金属离子等无机物和有机溶剂，会严重污染土壤和水源，且该工艺无法满足透光、透波等功能性的外饰件要求。因此急需一种可替代水电镀表面处理的工艺，既可以达到外饰件的性能要求，又能满足功能性需求。

PVD 涂层工艺采用物理气相沉积方法，在工件表面形成一层均匀的金属膜，其抗腐蚀能力，耐磨损性，装饰效果，远远超过传统的表面处理工艺，已成为当今最先进的表面处理方式之一。为了更好的推广 PVD 涂层在汽车外饰件上的应用，满足外饰件的服役寿命，我们认为有必要制定行业统一的“汽车外饰件用 PVD 涂层技术条件”。这样有利于国内汽车企业相互竞争与对标，合作与提升，共同促进 PVD 涂层在汽车外饰件的推广应用。

1.3 主要工作过程

本标准于 2018 年 7 月开始标准学习；2019 年 3 月到 2020 年 5 月份进行了标准相关的试验操作工作；2019 年 3 月至 8 月进行了标准编写工作；2019 年 5 月份至 2020 年 7 月份对标准进行了专家组讨论、修改及评议。2020 年 10 月底之前完成了标准的送审稿。

首先调研、收集并分析各主机厂的汽车外饰件用 PVD 涂层技术标准，结合实际汽车的使用工况，分析其参考价值。根据不同行业的标准要求，分别开展不同试验条件下的表面涂层试验，最后协同各编写单位按照既定的步骤和目录提纲起草标准。

2018年12月4日在西安召开的中国汽车工程学会汽车防腐蚀老化分会（C&AP Committee of SAE-China）第三届学术年会上，召开了宁波信泰机械有限公司标准的立项评审会，会议上由宁波信泰机械有限公司的工程师对标准的技术内容、编制说明等进行了简要介绍，经过中国汽车工程学会防腐蚀老化分会的专家评审及打分，由黄平秘书长宣布该标准通过评审，可以进行起草编写工作，并同时成立标准起草组。

2019年5月17日在宁波余姚召开的“标准编制专家组会议”上，本标准进行了第一次全范围的专家研讨会，各起草人对本标准的内容逐字逐句地进行了积极热烈的讨论，其中大部分意见被予以采纳和接受。经过与来自国内知名主机厂和高校的专家热烈讨论，主要提出了试验方面的一些意见，如PVD涂层的膜厚需要规范，耐化学试验的温度，光泽保持率的要求范围等。

2019年12月5日，中国汽车工程学会标准《汽车外饰件用PVD涂层技术条件》征求意见稿评审会议在南昌召开。中国汽车工程学会CASE标准专家们对标准全部内容进行了逐字逐句的解读。

经专家组讨论，主要提出了以下修改意见：

1. 建议对“耐洗车刷试验，要求为‘样品外观无明显划伤’”增加光泽度变化要求
2. 全文中的“暴露”或“暴晒”建议统一修改为“曝露”
3. “色差和光泽以客户为准”建议改为“色差和光泽以客户要求为准”
4. 建议增加色差、光泽测试方法
5. “药品”建议改为“试剂”、“溶剂”或“溶液”
6. 技术要求和试验方法章建议用表格形式合并
7. 建议增加引用的测试标准

2020年9月4号，第八届中国汽车仿腐蚀与老化技术会议在广州召开，经专家组讨论，主要提出了以下修改意见：

1. 建议标准中表1冷热交变的升降温速率明确，且建议将温度交变图换成表格
2. 标准中的6.5人工气候老化试验后测光泽角度需要明确
3. 建议热老化，耐候性试验后需要做划格试验进行判定。
4. 建议人工气候老化参照GBT 32088进行
5. 对于表1中的耐热老化，冷热交变，耐化学的判定建议增加灰度等级的评价

6. 表 1 中耐湿试验 GB/T 13893.2 方法需要明确按照哪种方法进行

7. 建议 6.4 耐化学试验中点滴法可以参考 ISO 2812-4

二、标准编制原则和主要内容

2.1 标准制定原则

在充分总结和比较了国内外 PVD 涂层性能要求的基础上，根据各个生产过程经验总结，参考各汽车制造厂商对汽车外饰件用 PVD 涂层相关要求，结合目前汽车外饰件用 PVD 涂层的发展情况，编制了该技术条件。本标准的制定充分考虑汽车外饰件用 PVD 涂层行业发展，确保标准的科学性、先进性、可操作性，以促进汽车外饰件用 PVD 涂层技术条件的发展。

2.1.1 通用性原则

本标准提出的汽车外饰件用 PVD 涂层技术条件适用于汽车外饰件 PVD 涂层，适用于乘用车，商用车等。

2.1.2 指导性原则

本标准提出的方法能为外饰件用 PVD 涂层技术要求提供指导作用。

2.1.3 协调性原则

本标准提出的方法与目前使用的国家标准中的方法协调统一、互不交叉。仅作为一种更便捷、精确度更高、更高效的方法对目前使用的方法进行补充。

2.1.4 兼容性原则

本标准提出的汽车外饰件用 PVD 涂层技术条件充分考虑了汽车外饰的 PVD 涂层性能要求，具有普遍适用性。

2.2 标准主要技术内容

本标准共分为 6 章，规定汽车外饰件用 PVD 涂层一般要求、技术要求、试验方法等。内容包括范围、规范性引用文件、术语和定义、一般要求、技术要求、试验方法。

2.3 关键技术问题说明

本标准提出的汽车外饰件用 PVD 涂层技术条件主要内容是汽车外饰件用 PVD 涂层技术要求。通过总结和比较了国内外汽车外饰件用 PVD 涂层标准，提出的检测项目合理、构建了较为完善的汽车外饰件用 PVD 涂层技术条件体系。根据验证结果分析，本标准提出的检测项目、性能指标及检测方法具有科学性和较好的适用性。

2.4 标准主要内容的论据

在标准的编制过程中，对行业相关的技术信息进行了调研，因国内主机厂目前还没有汽车外饰用PVD涂层技术的标准规范，编制组主要考察了全球内主要主机厂对汽车外饰用PVD涂层的检测项目要求，包含试验方法和判定标准。主机厂相关技术要求参见表1。

表1 主机厂对汽车外饰用PVD涂层检测项目要求

检测项目		主机厂				
		奔驰	本田	通用	雷诺	日产
光泽和外观	试验方法	☆			☆	☆
	判定标准	☆			☆	☆
划格试验	试验方法	☆	☆	☆	☆	☆
	判定标准	☆	☆	☆	☆	☆
耐水性	试验方法		☆			☆
	判定标准		☆			☆
耐湿性	试验方法	☆	☆		☆	☆
	判定标准	☆	☆		☆	☆
耐高压水喷射	试验方法		☆	☆	☆	
	判定标准		☆	☆	☆	
耐洗车刷	试验方法	☆	☆		☆	☆
	判定标准	☆	☆		☆	☆
耐刮擦性	试验方法				☆	
	判定标准				☆	
耐热老化	试验方法	☆	☆	☆		
	判定标准	☆	☆	☆		
冷热交变性	试验方法	☆	☆	☆		☆
	判定标准	☆	☆	☆		☆
铜加速乙酸盐雾试验	试验方法	☆	☆	☆	☆	
	判定标准	☆	☆	☆	☆	
耐中性盐雾试验	试验方法					☆
	判定标准					☆
耐化学性	试验方法		☆	☆	☆	☆
	判定标准		☆	☆	☆	☆
抗石击性	试验方法	☆	☆	☆	☆	☆
	判定标准	☆	☆	☆	☆	☆
人工气候老化	试验方法	☆	☆	☆	☆	☆
	判定标准	☆	☆	☆	☆	☆
大气曝露	试验方法	☆	☆	☆		☆
	判定标准	☆	☆	☆		☆

根据以上测试项目的试验方法，标准编写组将国际各大汽车厂出现频率较高的、反应汽车外饰用 PVD 涂层性能的膜厚、划格试验、耐水性、耐湿性、抗高压水喷射、耐洗车刷、耐刮擦性、耐热老化、冷热交变性、铜加速乙酸盐雾试验、耐化学性、抗石击性、低温冲击、人工气候老化、大气曝露作为本标准的性能测试项目。其中

划格试验、耐高压水喷射、耐洗车刷、耐刮擦性、抗石击性试验表征了涂层的基础力学性能；中性盐雾试验表征了涂层的防腐蚀性能；耐湿性、耐水性、冷热交变性、耐热老化、人工气候老化、大气曝露表征了涂层的耐老化性能；耐化学品试验表征了涂层耐化学品稳定性。

结合国际各大汽车厂对相关项目的判定标准和性能要求，结合国内 PVD 镀膜的技术水平和 PVD 涂层用油漆的性能水平，规定了汽车外饰件用 PVD 涂层性能要求。

2.5 标准工作基础

编写组主要起草单位宁波信泰机械有限公司具备完整的汽车外饰件的开发、设计、检测和验证等综合能力，尤其在汽车外饰件的涂装、电镀、阳极氧化、PVD 镀膜方面有多年的技术沉淀和积累。随着电动车智能化的发展，PVD 涂层应用在汽车外饰件上的需求也越来越多。在汽车外饰件领域，敏实集团一直在不断的变革创新，走在市场的前列，在 PVD 涂层的国内外先进标准和涂层工艺技术上投入了大量的时间和精力，并取得了阶段性的成果。经过大量的国内外先进标准的试验结果对比，试验 NG 的分析和主机厂的验证。本标准提出的汽车外饰件用 PVD 涂层技术条件有利于国内汽车企业相互竞争和对标，具有一定的先进性、通用性和可操作性。

三、主要试验（或验证）情况分析

1) 样品零件的内部性能验证；

由 2.4 标准主要内容的论据得出的结论编写的技术要求如下，并按照技术要求多次反复进行验证。试验地点在敏实集团嘉兴实验室（有 CNAS 资质）；

序号	试验项目	技术要求	判定结果	验证次数
1	膜厚	底漆 $\geq 10 \mu\text{m}$ ，保护漆 $\geq 15 \mu\text{m}$	OK	10
2	划格试验	划格间距：2 mm，划格等级 ≤ 1 级	OK	30
3	耐水性	240 h，PVD 涂层表面无起泡，变色，开裂等异常现象，划格等级 ≤ 1 级	OK	20
4	耐湿性	40 ± 3) $^{\circ}\text{C}$ ，100%RH 下放置 240 h，符合以下要求： a) 30 min 后按 GB/T 30789.2 评价，起泡等级 2 (S2) 及以下 b) 24 h 后按 GB/T 30789.2 评价，起泡等级 0 (S0) 及以下 c) 24 h 后按 GB/T 9286 进行划格试验，划格等级 ≤ 1 级，按 ISO 16925 方法 A 进行抗高压水喷射试验，单边划线处涂层脱落 $\leq 1 \text{ mm}$	OK	10
5	抗高压水喷射	方法 A，单边划线处涂层脱落 $\leq 1 \text{ mm}$	OK	20

6	耐洗车刷	光泽保持率 $\geq 70\%$	OK	10
7	耐刮擦性	PVD 金属层无穿透	OK	20
8	耐热老化	90 °C, 168 h, PVD 涂层表面无起泡、开裂等异常现象, 灰度等级 ≥ 4 级, 划格等级 ≤ 1 级	OK	10
9	冷热交替性	PVD 涂层表面无起泡、开裂等异常现象, 灰度等级 ≥ 4 级	OK	10
10	铜加速乙酸盐雾试验	48 h, PVD 涂层表面无起泡、开裂等异常现象	OK	10
11	耐化学性	PVD 涂层表面无起泡、开裂等异常现象, 灰度等级 ≥ 4 级	OK	20
12	抗石击性	方法 B, 等级 ≤ 2.5 级	OK	20
13	低温冲击	负载 90N 时, PVD 涂层无开裂	OK	10
14	人工气候老化	2000h, PVD 涂层表面无起泡、开裂等异常现象, 划格等级 ≤ 1 级, $\Delta E_{ab}^* \leq 3.0$, 光泽保持率 $\geq 60\%$	OK	3
15	大气曝露	1 年, PVD 涂层表面无起泡、开裂等异常现象, 划格等级 ≤ 1 级, 光泽保持率 $\geq 60\%$	正在进行中, 目前 11 个月光泽正常	1

其中对于耐洗车刷试验后的的光泽保持率, 奔驰的要求是试验后保持率 30%以上, 雷诺的要求是试验后保持率 20%以上, 本田的要求是试验后光泽无明显变化。因此对于耐洗车刷的判定我们内部进行了多次验证, 发现验证下来的结果是光泽损失率低于 80%, 高于 70%, 因此按照普适性判定范围定义大于等于 70%。



试验后光泽保持率：73.4 试验后光泽保持率：77.3 试验后光泽保持率：79.7

对于塑料涂装件, 是不需要进行耐腐蚀试验的, 但 PVD 涂层结构的中间层是一层金属层, 需要对其整体耐腐蚀性能进行探究。参考其他主机厂的要求, 选择铜加速乙酸盐雾试验作为其技术要求, 并多次进行验证, 验证情况如下:



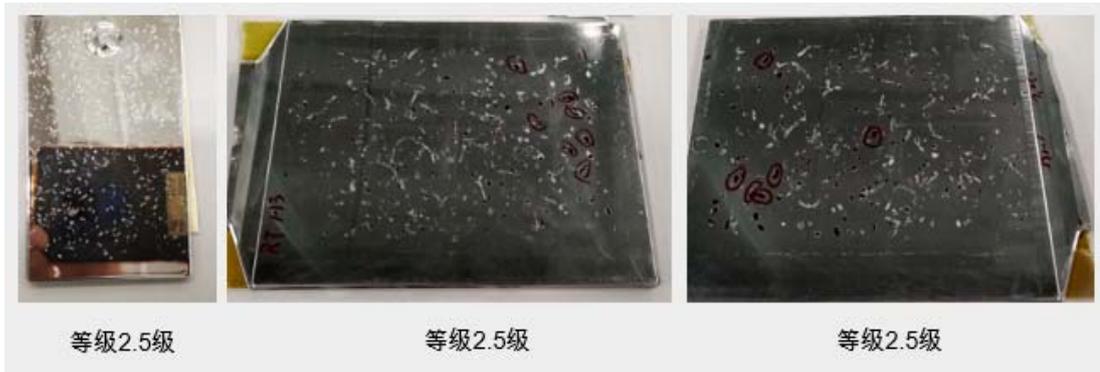
CASS 48h OK

CASS 66h OK

CASS 120h OK

从试验结果可知，PVD涂层的耐腐蚀较好，参考汽车外饰电镀件的耐腐蚀要求，最终选择48h作为本技术要求。

对于牌照板以下的外饰件有抗石击的性能要求，结合各主机厂的性能要求，发现本田的判定标准较为宽松，通用的标准较为严苛，参考国际标准ISO 20567-1 B法进行试验及判定，得到的结果如下：



等级2.5级

等级2.5级

等级2.5级

从试验后结果可知，基本在2.5级，因此等级 ≤ 2.5 级作为本标准技术要求。耐冲击性，我们参照ISO 4532，负载90N进行多次的试验验证，验证结果如下：



试验后样品均无 PVD 涂层开裂，因此选择 90N 作为耐冲击性的负载。

大气曝露由海南热带汽车试验有限公司章总负责试验，目前已进行了 11 个月，三个样件的试验后光泽变化率在 0.1%以内。



2) 涂料供应商的验证;

由于涂料供应商试验设备，条件有限，试验项目覆盖基础的试验性能，试验报告如下:

SOKAN 松井新材料股份有限公司 SOKAN NEW MATERIALS CO., LTD.		样品可靠性测试记录						
项目名称:	银实-外饰件 PVD	申请人:	刘颖		检测参照标准:	银实-外饰件		
收样日期:	2020.07.20	报告编号:	S200720004A		实验温度:	21℃	零件号:	/
检测人:	周德平				实验湿度:	50%	使用车型:	/
涂装工艺	/							
序号	检测项目	检测方法	仪器	数量	判定标准	测试结果	判定	备注

序号	检测项目	检测方法	仪器	数量	判定标准	测试结果	判定	备注
1	附着力	划格间距: 2mm, 划格等级≤1级	小刀(Tajima 30°), 导格器	1	0-1级	1级	OK	
2	耐热老化	90℃, 168 h	烘箱(上海一恒 DHG-9145A)	1	PVD涂层表面无起泡, 变色, 开裂等异常现象, 划格等级≤1级	表面无起泡, 变色, 开裂等异常现象, 划格等级1级	OK	
3	耐水性	40℃×240 h	恒温水浴锅(北京永光明 DZKW-5-6)	1	PVD涂层表面无起泡, 变色, 开裂等异常现象, 划格等级≤1级	涂层表面无起泡, 变色, 开裂等异常现象, 附着力1级	OK	
4	铜加速乙酸盐雾试验	CASS测试: 48 h	盐雾机	1	PVD涂层表面无起泡, 变色, 开裂等异常现象, 划格等级≤1级	涂层表面无起泡, 变色, 开裂等异常现象, 划格等级1级	OK	

3) 部分主机厂的试验验证;

➤ 吉利

试验项目	试验结果
附着力	OK
耐水	OK
耐湿	OK

➤ 上汽

试验项目	试验结果
耐湿	OK
耐水	OK

➤ 长城

试验项目	试验结果
耐热老化	OK
耐水	OK

四、标准中涉及专利的情况

尚无。

五、预期达到的社会效益、对产业发展的作用的情况

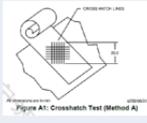
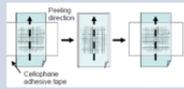
本标准的发布, 实现了汽车外饰件用 PVD 涂层的技术规范, 指导国内主机厂进行相应的生产管控, 有利于国内汽车企业相互竞争与对标, 合作与提升, 促进汽车

行业内的技术交流和进步发展。该标准的出现，填补了国内汽车外饰件用 PVD 涂层的技术规范，促进汽车企业和零部件供应商的协同发展。

六、采用国际标准和国外先进标准情况，与国际、国外同类标准水平的对比情况，国内外关键指标对比分析与测试的国外样品、样机的相关数据对比情况

国际上对于 PVD 技术的要求有 ISO-22778 和 BS ISO-22779, BS ISO-22779 等同于国标《金属覆盖层物理气相沉积铝涂层技术规范与检测方法》（标准号为 GB/T31566）。这两个标准是关于真空镀铝和真空镀镉的测试标准和方法，是一个普适的标准，没有规定到某个细分行业且只针对于金属基材。国内外汽车企业推出了企业的 PVD 涂层标准。如美国通用汽车公司的《用于外饰件的多层真空镀涂层》（标准号为 GMW17991-2018），德国奔驰汽车公司的《使用等离子或真空沉积的塑料零件装饰涂层》（标准号为 DBL 7402-2014-12），法国雷诺汽车公司的《塑料件上的金属装饰涂层》（标准号为 47-07-001-H-2014-2014）以及日本日产汽车公司的《真空镀》（标准号为 NES M4049 [2006-N]）等。以下是我们针对于部分主机厂的标准进行的试验比对。见下面对比情况。

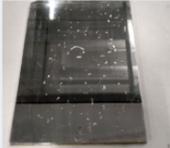
➤ 国内外先进标准对比---划格附着力

主机厂	试验方法	判定要求	试验结果	试验后特写
本田	棋盘格 (2mm 宽) 胶带剥离	100/100	OK	
通用	 Figure A1: Crosshatch Test (Method A)	等级1级	ok	
日产	 Peeling direction Cellulose adhesive tape	无剥离	OK	
CSAE	GB/T 9286 2mm间隔	1级以内	OK	

➤ 国内外先进标准对比---抗高压水喷射

主机厂	试验方法	判定要求	试验结果	试验后特写
本田	0096Z-TAA - N000	涂膜无剥离。	OK	
通用	GMW16745-2017 method B	漆膜脱落 $\leq 60\text{mm}^2$	OK	
CSAE	ISO 16925 A 法	单边划线处涂层脱落 $\leq 1\text{mm}$	OK	

➤ 国内外先进标准对比---碎石冲击

主机厂	试验方法	判定要求	试验结果	试验后特写
本田	0096Z-TAA - N000	Taping试验中, 有伤痕部位的脱落没有被扩大	OK	
通用	GMW17991-2018.3.8	最大碎片尺寸 $\leq 2.5\text{mm}$, 金属层碎片尺寸 $\leq 2.0\text{mm}$ 。	标准判定较为严苛, 有ok, 也有NG	
日产	NES M0141[2008-N] 6-2-3	涂膜剥离面积率在1.0%以下	OK	
CSAE	ISO 20567-1 B法	等级 ≤ 2.5 级	OK	

七、在标准体系中的位置, 与现行相关法律、法规、规章及相关标准, 特别是强制性标准的协调性

本标准符合国家有关法律、法规和相关强制性标准的要求, 与现行的国家标准、行业标准相协调。

八、重大分歧意见的处理经过和依据

尚无。

九、标准性质的建议说明

本标准为中国汽车工程学会标准, 属于团体标准, 供协会会员和社会自愿使用。

十、贯彻标准的要求和措施建议

《汽车外饰件用 PVD 涂层技术条件》可作为各主机厂开发关于 PVD 涂层的外饰零部件时的参考标准，满足汽车外饰件用的一般性能规范。

十一、废止现行相关标准的建议

无。

十二、其他应予说明的事项

本标准也得到了吉利，上汽，长城主机厂的试验验证和认可，并作为在外饰件应用 PVD 涂层时的参考标准。

申请此团体标准作为后续吉利在 PVD 涂层应用于外饰件时的参考标准，望认可！

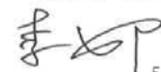
贵司签字人：



5

申请此团体标准作为后续上汽在应用 PVD 涂层外饰件时的参考标准

签字人：徐睿 2020.8.18



李如 2020.8.18

申请此团体标准作为后续长城汽车在应用 PVD 涂层外饰件时的参考标准

贵司签字人：



5

标准起草工作组
2020年10月22日

(注：具体内容可以结合项目本身撰写，如不涉及的可填写无)