

# 涂层附着力试验不同方法标准的比较

施灵敏, 宁文涛, 骆丽琼 (冠标(上海)检测技术有限公司, 上海 201805)

**摘要:**在考察涂层与基材之间的黏附性时,附着力试验是比较常用的方法。比较了汽车行业常用的附着力测试标准在划格法和划叉法上的差异,并对其进行了归纳总结。此外,介绍了在FLTM BI 106—01—2010中提到的5种比较独特的附着力测试方法。最后简单介绍了与附着力测试配套进行的环境试验。

**关键词:**涂层;基材;划格法附着力;划叉法附着力

**中图分类号:**TQ 630.7+2 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-1696(2017)02-0049-04

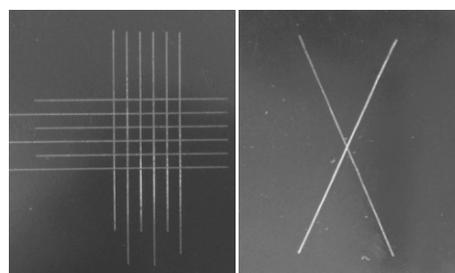
## 0 引言

在考察涂层黏附性时,附着力试验因其操作简单、结果直观从而在实际应用中较为普及。据文献报道,常用的漆膜附着力试验方法包括拉开法、划格法、划叉法、划圈法等<sup>[1-2]</sup>,在汽车行业中,应用比较普及的是划格法和划叉法。不同主机厂在参考主流标准 ISO 2409—2013《色漆和清漆 划格试验》和/或 ASTM D 3359—2009《胶带法测试附着力的标准方法》的同时,针对各公司的实际情况,制定了本地化的附着力试验测试标准。检测机构在实际检测过程中,需要明确这种差异,以提供更准确的检测结果。

## 1 划格法和划叉法

用划格法确定涂层附着力最早来源于 ISO 2409,该标准由国际标准化组织技术委员会 ISO/TC35 色漆与清漆子委员会 SC9 所制定,最早的版本可追溯到 ISO 2409—1972,现行的 ISO 2409—2013 是第 4 版。ISO 2409 在考察涂层附着力时,推荐了十字划格法(见图 1a),这也是目前汽车主机厂使用最多的附着

力测试法。ASTM D 3359—2009《胶带法测试涂层附着力的标准试验方法》中除了十字划格法外,针对涂膜厚度 >125 μm 的情况,推荐使用“X”型划叉法(见图 1b),这个理念在通用的 GMW14829—2012《漆膜的胶带粘性测试》标准中也被采用。



a—十字划格法

b—划叉法

图 1 十字划格法和划叉法示意图

Figure 1 The scheme of cross-cut method and“X”cut method

## 2 附着力试验方法的相似性和区别

### 2.1 划格法

ISO 2409 作为接受度最高的附着力试验方法,其等价标准或参考其内容的标准很多,包括 GB/T 9286—1998《色漆和清漆 漆膜的划格试验》、AA—

[收稿日期] 2016-12-05

[作者简介] 施灵敏(1984—),女,硕士研究生,目前主要从事汽车材料的物理和机械性能的检测工作。

0180—2010《交叉测试》、D 25 1075—1997《油漆涂层划格附着力试验》等。

ISO 2409—2013 进行的是十字划格试验，划格工具有单刀刃和多刀刃两种。根据涂层实际厚度，确定划格间距。然后在相互垂直的两个方向分别划 6 条等距平行线，构成网格。金属/塑料基材与木材/灰泥基材，其划格间距在 0~60 μm 不等。划线时应划破涂层至基材，但对基材的穿透深度越浅越好。

ISO 2409—2013、ASTM D 3359—2009、GMW 14829—2012 等标准对于不同膜厚范围对应的划格间距要求不同，此外，ASTM D 3359—2009 在 0~50 μm 内，对每个方向划线数的要求是 11 条，划格后一般先用软刷刷掉掉落的涂层，然后用规定的胶带粘贴到划线处，压实，保留一定时间后拉拔去除松脱的涂层。虽然不同标准在划格间距的定义上略有不同，但对试验结果的评级标准基本是一样的，见表 1。

表 1 附着力试验不同标准参数一览表

Table1 List of parameters from different standards for tape adhesion test

比较项目	ISO 2409—2013*	ASTM D 3359—2009	GMW 14829—2012(通用)
适用对象	色漆、清漆	金属基材上的漆膜	涂漆的金属、塑料和密封层
适用膜厚范围	250 μm	不限	不限
方法	十字划格	方法 A：“X”型划叉 方法 B：十字划格	方法 A：十字划格 方法 B：“X”型划叉
刀具要求	单刃或多刃，刀刃 V 形，角度为 (30 ± 1)°，例如 Cutter 301®	锋利的剃须刀片、手术刀、小刀等。方法 B 要求刀刃角度为 15°~30°	锋利的剃须刀、可伸缩的碳化合金刀具等
胶带要求	压敏胶带	宽度为 25 mm 的半透明压敏胶带，粘结强度由供方和使用方协商。ASTM D 3359—2008 版推荐牌号为 Permacel 99，该胶带现已上市，可用与之类似的其他胶带	符合 ASTM D 3330M—2004(2010) 的压敏胶带，宽度 20 mm，厚度 >0.14 mm，剥离力 760 N/m，延伸率 5%，保存期 12 个月。 推荐牌号：3M898、3M8981
划格角度	刀刃与测试板成 90°	不限	不限
胶带保留时间/s	300	90 ± 30	5~10
胶带拉拔角度/(°)	60	180	90
划格间距	膜厚/μm	划格间距/mm	方法 B： 膜厚/μm 划格间距/mm 每个方向划痕数量
	膜厚/μm	划格间距/mm	方法 A： 膜厚/μm 划格间距/mm 每个方向划痕数量
评级方法	级别/级	剥落面积/%	图示
	级别/级	剥落面积/%	图示

注：本标准附录 A 提供了 3 种清除松脱涂层的方法：1) 用软毛刷刷掉；2) 用压敏胶带粘贴后拉拔去除；3) 用压缩空气或氮气吹扫。

2.2 划叉法

ASTM D 3359—2009 中提出了划叉法，在样板上划两条交叉的 40 mm 直线，两条直线的夹角为 30°~45°，

通过检查切割处是否有金属基材的反光从而确定是否已划破涂层，之后用专用的 Permacel 胶带贴到划线区域，粘贴后保持 (90 ± 30) s，然后以 180° 方向快速撕

测试分析

Test Analysis

拉胶带,之后评价划线区域涂层的保留情况。

与 ASTM D 3359—2009 不同,GMW 14829—2012 (通用)的方法 B(划叉法)要求划线长度是 75 mm,在评价方法上,两种方法亦有显著区别。前者侧重于目测评价,评级方法见表 2,而后者则通过具体计算出 1 500 mm<sup>2</sup>(20 mm × 75 mm)划格区域内涂层的保留面积来进行评级。

表 2 划叉法评级标准( ASTM D 3359—2009 )

Table 2 Rating scale for " X "cut method( ASTM D 3359—2009 )

等级	定义
5A	无剥落或移除
4A	沿着切痕或其交叉处有痕量剥落或移除
3A	沿着切痕任意一侧有 1.6 mm 的锯齿形缺口
2A	沿着切痕任意一侧绝大多数地方有 3.2 mm 的锯齿型缺口
1A	胶带带走了" X "区域绝大多数的涂层
0A	胶带带走了" X "区域以外的涂层

图 2 显示的是划线处的几种剥落形态,A 表示沿着刀痕均匀掉漆;B 表示在刀痕的交叉处掉漆;C 表示与刀痕不接触的小片掉漆;D 表示与刀痕接触的小片掉漆。

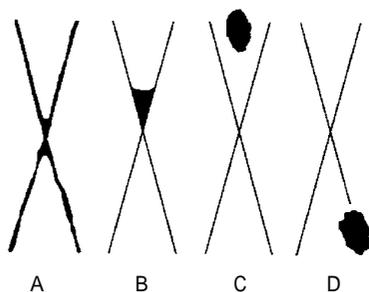


图 2 涂层的剥落形态( GMW 14829—2012 )

Figure 2 Removal type of coating( GMW 14829—2012 )

### 2.3 其他划法

FLTM BI 106—01—2010(福特)中一共包含了 A、B、C、D、E 5 种附着力试验方法。除方法 B 使用的工具是划线器,其余 4 种方法均使用优质小刀。方法 B 推荐使用的划线器 #90C、#C88、Eclipse Model 225 划线笔,分别来自 Aircraft Specialties Inc.、G.T.S. Co. 和 James Neill Sheffield Ltd.。操作时,分别在互相垂直的两个方向划 9 根平行线,间距为 3mm,并单向划 15 根对角线,然后再贴胶带,剥离后考察划格处涂层的保留情况(图 3)。

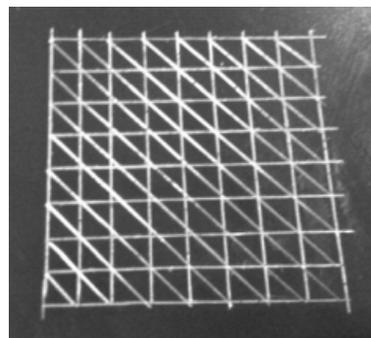


图 3 网格+斜对角的划格法( FLTM BI 106—01—2010 方法 B )  
Figure 3 Scribe method composed of grids and diagonal lines ( FLTM BI 106—01—2010 Method B )

方法 A、C、D、E 使用的工具均为优质小刀,刀刃长度为 65~75 mm,宽度为 10 mm。

方法 A 是单根划线法,将刀背正对检测员,刀刃与测试板成 30° 角,朝着检测员的方向,持刀施加足够压力划一条 50 mm 长的直线,之后考察划线处是否有剥落,见图 4。

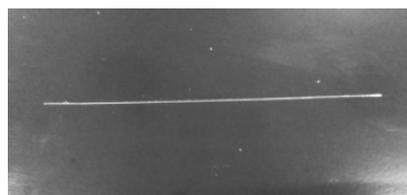


图 4 单根划线(方法 A)示意图  
Figure 4 The scheme of single line( Method A )

方法 C 是以 90° 方向持刀划两条平行的 50 mm 直线,间距为 2 mm,之后在划线上粘贴胶带,90 s 后以 180° 方向快速撕掉胶带,考察是否有涂层剥落、掉屑或普遍的较差附着情况出现(图 5)。

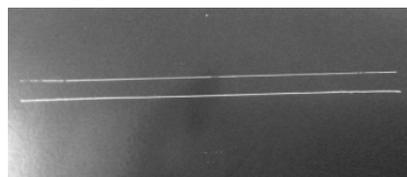


图 5 双划线(方法 C)示意图  
Figure 5 The scheme of parallel lines( Method C )

方法 D 也是划格法,不同之处是划出的格子是菱形的,见图 6,该方法可避免在划小格子时,在划线之间出现胶带的架桥现象。

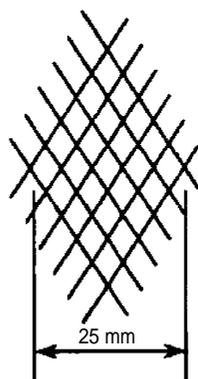


图 6 菱形网格(方法 D)示意图

Figure 6 The scheme of diamond grids( Method D )

在划格或划叉法考察不同涂层附着力差别不明显,而厂家又需要比较几种涂料附着力优劣作为采购或供货依据时,上述 FLTM BI 106—01—2010(福特)中的几种方法也许在实际应用中可作为补充方法起到一定的甄别作用。

常规附着力测试设定的考察对象都是平板,而方法 E(图 7)适用于分型线、转弯、边缘处,例如仪表板(Fascia)。该方法是在分型线上或在尽量靠近分型线的位置划一条平行于分型线的直线,长度至少为 25 mm(在此简称 Line 1),然后分别往 A 面(主面)和 B 面(辅面,例如连接的标签区域)划 Line 1 的平行线,间距约为 2 mm。然后在垂直于分型线/转弯/边缘的方向划线,间距依旧是 2 mm 左右,使其构成网格。随后将 3M898 胶带垂直于分型线/转弯/边缘,沿着测试件轮廓贴到试验区域,用手指用力按压使其贴紧,90 s 后以 180° 方向从 A 面到 B 面快速撕掉胶带,撕拉方向要垂直于分型线,之后考察是否有涂层剥落、掉屑或较差附着情况出现。

### Comparison among Different Standards for Adhesion Test of Coating

Shi Lingmin, Ning Wentao, Luo Liqiong

(Global-Standard(Shanghai) Testing Technology Co., Ltd., Shanghai, 201805, China)

**Abstract** :The adhesion test of coating is often used to determine the adhesiveness between the substrate and the coating. The differences of common adhesion test standards in the automobile industry between cross-cut method and "X"-cut method was compared and summarized. In addition, five distinctive methods for adhesion test in FLTM BI 106—01—2010 were introduced. The matching environmental exposures with the adhesion test were briefly introduced at last.

**Key Words** :coating ;substrate ;cross-cut test for adhesion ;"X"cut test for adhesion

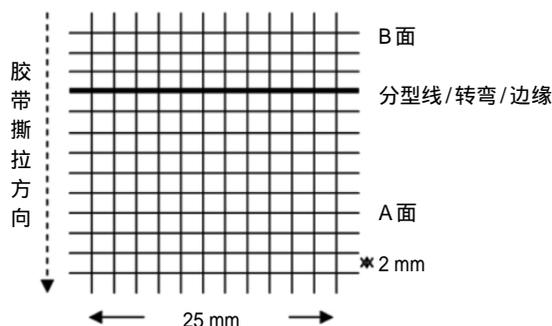


图 7 往两个平面的双向划线法示意图

Figure 7 The scheme of method of scribing towards two planes

方法 E 适用于非单一平面测试件附着力的判定,其实反映的是实际车体零部件的构造诉求,或许反映了附着力试验更满足实际需要的发展方向。

### 3 附着力试验与环境试验的结合

除了常规接收状态下的附着力试验外,很多情况下,附着力试验是在环境试验后进行的,这些环境试验包括浸水试验、高湿处理、温湿度循环、盐雾试验、光照、耐候等<sup>[3-4]</sup>,一般在环境试验后涂层的附着力会有不同程度的下降,在此就不对其进行详述了。

#### 参考文献

- 1 丁新艳,刘新群,谭帅霞,等.漆膜附着力测试的探讨与建议[J].涂料工业,2014,44(2):60-63.
- 2 江水旺,陶乃旺,王华清.涂层附着力测试方法分析比较[J].上海涂料,2015,53(7):38-42.
- 3 GMW 15622—2014 Surface Coating and Functional Performance for Wiper Arms, Blades, and Modules[S].
- 4 GMW 14797—2012 Painted Plastic Parts Performance Requirements[S].