# 工程机械用涂料及其质量评价

张华丽

(重庆关西涂料有限公司,重庆 400060)

摘要:介绍了工程机械涂装的目的、涂装工艺,工程机械用涂料的特性、种类及质量评价项目。

关键词:工程机械用涂料 特性 种类 质量评价

## 0 引言

随着工程机械在各领域的广泛应用和快速发展,用户在对工程机械使用性能提出更高要求的同时,对其外观质量的要求也越来越高,因此各工程机械厂家都十分重视工程机械的外观质量。对工程机械进行表面涂装是实现工程机械产品外观质量的重要环节,其所用涂料为工程机械用涂料。在我国工程机械主要包括:挖掘机械、铲土运输机械、工程起重机械、路面机械、压实机械、桩工机械、钢筋混凝土机械、凿岩机械、叉车、专用工程机械等10大类。笔者结合多年为工程机械从事工程机械用涂料研究的实践,就目前工程机械涂装的目的、涂装工艺、所用涂料特性与种类、涂料的质量评价项目等进行探讨。

## 1 工程机械涂装的目的

工程机械基本是露天作业和停放,长期暴露在户外大气(包括海洋大气、工业大气、城市大气和乡村大气)和不同水质(海水、河水)等恶劣环境中,而且作业环境恶劣。在工程机械零件或部件上涂覆适当的涂料,其目的有两个方面:

(1)防腐作用:工程机械的许多部件都为金属材质,通过涂装可提高工程机械的防锈性、耐水性、耐挥发油性、耐油性和耐水性等;

(2)装饰作用:达到外观高光泽,色彩与设计同色等装饰性效果。

## 2 工程机械典型的涂装工艺及问题

工程机械品种庞杂、规格多,整机体积大、重量重,不同产品生产特点和使用环境不同,各企业整机涂装工艺各有特点,其典型工艺流程为:抛丸处理→除尘→刮腻子→干燥→底漆→干燥→面涂→干燥和抛丸处理→除尘→底涂→干燥→刮腻子→干燥→面涂→干燥两类。在中小批量生产场合,腻子干燥大多数采取自干方式。工程机械结构件和薄板件不可避免地存在着一些影响涂层质量的缺陷,如麻点、蚀坑、焊缝等,因此需要通过刮涂腻子掩盖缺陷以平整涂覆面。但腻子层对涂膜的其它性能有害无益,尤其是大面积刮涂,不但不能提高产品外观的平整度,还易造成开裂、起泡、脱落等涂膜缺陷。另外,目前刮涂腻子只能以手工方式进行,工人劳动强度较大,某些厂刮腻子打磨的工作量甚至占到整机涂装工时的70%以上。为减少这方面的工作量,提高产品涂装质量,应尽可能提高产品零部件表面的平整度,加强下料成形、焊接,以及喷、抛丸工艺规范的管理。

## 3 工程机械用涂料的特性和种类

工程机械用涂料按涂层不同可分为底漆、中涂漆和面漆,按施工方法可分为溶剂性涂料、电泳涂料和粉末涂料。下面主要以涂层的不同来介绍涂料的特性和种类。

### 3.1 底漆

底漆是涂布于物体表面打底的基础用漆。漆膜的附着力和耐腐蚀性能主要依靠这层底漆,因此,工程机械用底漆必须具备下列性能:有良好的附着力,所形成的漆膜必须具有良好的机械强度;具有良好的耐水性和耐腐蚀性,有良好的配套性和施工性,能适应不同的工程机械涂装工艺。

按底漆用树脂来分,工程机械常用的底漆有醇酸底漆、环氧底漆、聚氨酯底漆和丙烯酸底漆等;按

照底漆的用途来分，工程机械常用的底漆有防锈底漆、耐油底漆、耐高温底漆等；按照涂料是否含溶剂可分为溶剂性涂料、电泳涂料、粉末涂料；按照涂料的组分可分为单组份底漆和双组份底漆，单组份底漆施工方便，双组份底漆漆膜性能较好。

### 3.2 中涂漆

中涂漆是工程机械中间涂层用漆，中间涂层是介于底漆层与面漆层之间的涂层，主要功能是提高被涂物面面的平整度和光滑度，封闭底漆层的缺陷，以提高面漆涂层的丰满度和装饰性，增加涂层厚度，提高耐水性。

工程机械中涂漆主要是腻子和二道浆。腻子仅能提高工件表面的平整度和装饰性，其涂层易老化、开裂，再加上手工涂刮和打磨的劳动强度大，应尽量避免使用或少使用。二道浆又称为喷涂腻子，其功能介于底漆和腻子之间，对被涂工件表面的微小不平有一定的填平能力，颜料和填料含量比底漆多、比腻子少，采用空气喷涂和静电喷涂，具有良好的湿打磨性，可得到非常平滑的表面。

### 3.3 面漆

面漆涂层是工程机械产品的“外衣”，对外观起着举足轻重的作用，直接影响人们的视觉感官。选择合适的面漆和进行正确的施工，可以使产品具有一定的光泽、色彩，给人以美感。目前，工程机械用面漆种类已经多样化，除了传统的溶剂性面漆，近年来还使用粉末涂料。常用的溶剂性面漆有醇酸树脂、环氧树脂、丙烯酯树脂、聚氨酯树脂面漆。醇酸树脂面漆是最早用于工程机械的面漆，漆膜固化速度慢、干透时间长、漆膜硬度低，但光泽高、弹性好，具有较好的丰满度和耐候性，而且价格便宜。环氧树脂面漆漆膜硬度低，光泽度和丰满度都不高，只能用在装饰性要求不高的产品上。丙烯酸树脂面漆耐光、耐候性好，其中热塑性丙烯酸树脂面漆漆膜较软，光泽度和丰满度都不高；热固性丙烯酸树脂面漆漆膜硬度、丰满度、光泽度都很高，但脆性大。聚氨酯树脂面漆是近年来工程机械行业使用的较多的面漆，漆膜硬度高、光泽高、丰满、耐磨，综合性能优异，缺点是芳香族聚氨酯面漆保光性差，易粉化、泛黄。

## 4 工程机械用涂料质量评价

### 4.1 涂料原漆的质量评价

主要评价项目按表1进行，其中，固体分、粘度、混合性、使用时限、贮存稳定性指标直接体现涂料的施工、成本及贮存性能。

表1 底漆和面漆原漆的主要性能

| 区分 | 项目 | 试验方法 | 评价标准 |
|---|---|---|---|
| 涂料的成分 | 固体分% | GB/T 6751-1986 | 报告 |
| | 有害金属溶出量 | 以涂料原液进行溶出试验 | 符合当地法律法规要求 |
| | 组成中的有害金属 | 涂料中不得含有铅或者铅化合物、铬或者铬化合物 | |
| 涂料的性状 | 比重(20℃/20℃) | GB/T 6750-2007 | 报告 |
| | 粘度 | GB/T 9269-1988 | 报告 |
| | 混合性(双组份情况) | 将主剂和固化剂按规定的比例混合后，混合物无异常为稳定 | 稳定 |
| | 使用时限 (双组份混合的情况) | 在试剂瓶中取50g已将主剂和固化剂按规定的比例混合后的试样，置于20℃的恒温器中，调查超过规定时间的最短时限。 | 目标5小时以上 |
| | 容器中的状态 | 打开容器口，如果表面上有结皮，除去后以调刀或棍棒搅拌察看容器内容物。即使一部分组分沉于容器底部并没有坚硬的块状物，或者搅拌沉淀，检查容器内容物是否成为均匀状态。 | 无硬块，均匀无异物 |
| 涂料的贮存稳定性 | 结皮性 | 将约250ml试样倒入300ml内径为70~80mm的带盖广口瓶中，将瓶盖立即盖好，将瓶放于暗处24小时，然后取出瓶打开盖，将瓶倾斜并用玻璃棒触及试样的表面检查表层的流动性。如表层仍保持液态时，则评定为“不结皮”。 | 不结皮 |

4.2 漆膜质量评价

4.2.1 底漆漆膜质量评价

合适的底涂层是面漆耐久、美观的前提,底涂层不好,面漆的外观就会受影响,甚至出现裂纹或剥落,因此工程机械底漆从以下几方面进行评价。

(1)防护性能。主要是防锈蚀的保护性能,这是底漆的主要功能。工程机械基本是露天作业和存放,有的甚至在湿热、沿海环境下作业,而且作业工况恶劣。因此,涂层防锈保护作用对于延长工程机械使用寿命和保持良好的外观至关重要。涂层的防锈性能评价主要表现在其耐水性、耐湿性、耐盐水性、耐盐雾性、耐化学介质性等性能指标。耐水性、耐湿性的考察,主要评价漆膜在与水接触及潮湿环境中是否有失光、变色、起泡等现象,以及附着力等性能降低的状况,其测定方法为浸水试验和耐湿试验。耐盐雾性评价漆膜耐盐雾侵蚀的抵抗能力。耐化学介质性主要考察漆膜对亚硫酸、挥发油及防锈油的抵抗能力,一般用点滴法和浸泡法两种测试方法。

(2)机械性能。底漆的机械性能评价主要包括底漆涂层的附着力、冲击强度、硬度等,如果机械性能不好,漆膜在零件或整机的生产、装运、工作过程中极易受破坏,失去防锈保护作用。附着力是漆膜最基本的性能,如果附着力差,漆膜的其它性能再好也是徒劳。现场测定漆膜附着力目前最简单且最常用的方法是划格测试法。漆膜的耐冲击性一般要求重300g的砝码从200mm的高度落下漆膜表面无砝码冲击的开裂及剥落。漆膜的铅笔硬度面漆为常温干燥型面漆时要求在B以上。

(3)施工性能。底漆的防护性能、机械性能必须通过底漆的施工形成漆膜来实现。施工性能是涂料在施工过程中应具备的性能,其优劣主要表现在涂料的作业性、涂料的干燥时间(指触干、半固化、可胶带剥落)、干燥温度、流平性、流挂性等方面。涂料的作业性其评价指标为无涂装作业障碍;底漆的干燥时间主要考察漆膜在环境温度20℃时,在20min以内是否达到指触干,在60min以内是否达到半固化,在环境温度40℃时,在30min以内是否达到可胶带剥离,干燥时间过长或干燥温度过高都会导致生产效率降低或施工成本增加;流平性不好,干燥后漆膜表面不平整,喷涂面漆时可能会出现桔皮弊病。施工性能会影响涂装效率及成本,故涂料的施工性能评价越来越重要。

(4)配套性能。评价底漆时,还需要注意与中涂漆和面漆的配套性。环氧类底漆配套性最好,几乎能与所有的面漆配套使用。

4.2.2 中涂漆质量评价

工程机械中涂漆在评价上主要考虑以下性能:与底、面漆的配套性是否良好,其涂层间的结合力是不是强,硬度配套是否合适,是不是会被面漆的溶剂咬起;耐潮性是否好,会不会引起涂层起泡;耐打磨性是否良好,能否高温烘干等。对于表面平整度好、装饰性要求不太高的零件或部位,可以不喷中涂,以降低涂装成本。

4.2.3 面漆质量评价

面漆漆膜性能主要有装饰方面、机械强度方面、施工性能、配套性能及防护性能和抵抗外界恶劣环境的性能,主要考察项目有以下几点:

(1) 装饰性能。首先是漆膜的外观要求与颜色标准板比无明显色差,无异常(指无起泡、开裂、剥落,无流平性缺陷,无明显条痕、发白、颜色发花、光泽不均、粘着性及表面气泡)。其次是漆膜的60°光泽(使用光泽仪测量)应在80以上,高光泽的外表涂层是工程机械产品的追求目标和发展方向。最后是遮盖力,常用的评价方法是黑白格隐蔽力试验。

(2)机械性能。机械性能可参照底漆,需要指出的是,面漆涂层的硬度要求高,这是因为高硬度可以抵抗划伤,使面漆涂层保持良好的外观。附着力是漆膜最基本的性能,评价涂层间的附着力,附着力必须保证,如果附着力差,漆膜的其它性能再好也是徒劳。漆膜的不粘着性与漆膜的硬度有一定的联系,其评价指标为与空白板比较,试板无显著的粘着程度及纱布的网线痕迹。

(3)施工性能。施工性能可参照底漆,但要增加面漆重涂适合性及可重涂时间的评价,主要是模拟当漆膜表面有不可接受的严重外观缺陷时,进行返修重涂,考察其重涂施工的难易程度及重涂后漆膜的性能保证等,其评价标准是可任意时间再涂,无重涂障碍。面漆流平性要求比底漆更高,流平性的好坏直接影响面漆漆膜的平整、光滑程度,流平性能不

好可能出现桔皮，使面漆涂层外观质量大打折扣。

(4)配套性能。评价工程机械面漆时，必须注意与底漆、中涂的配套性，否则在施工时可能出现咬底现象，也可能引起层间附着力不良等漆膜弊病。在实际使用时，最好先进行试验，满足要求后再进行其它项目的评价。另外面漆的颜色与底涂层也要求配套，否则可能存在面漆颜色盖不住底漆颜色或需要多喷面漆遍数。

(5)防护性能。防护性能参照底漆进行评价。

(6)抵抗外界恶劣环境能力。主要评价漆膜的加热稳定性、耐寒性及耐气候老化性能。漆膜的加热稳定性的评价要求在105℃×24h漆膜无凹陷、开裂、膨胀及剥落，与空白试板比较无明显变色、光泽变化及附着力变化。耐寒性是在规定的低温(如-60℃)及放置时间(如5小时)评价漆膜表面有无起泡、开裂、膨胀及剥落。耐气候老化性能考察分为室内加速老化及户外暴露两种方法，评价漆膜在阳光辐射、雨淋、温度、湿度等条件作用的过程中发生的各种外观或性能的变化，要求外观无开裂、剥落、膨胀等缺陷，光泽损失、颜色变化均应在一定的范围之内。

表2 评价项目与试板对应表

| 区分 | 评价项目 "○"表示需要评价项目 | | 试板 | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | 底漆 | 面漆 | 底漆+面漆 |
| 防护性能 | 耐水性 | | | | ○ |
| | 耐湿性 | | | | ○ |
| | 耐盐水性 | | | | ○ |
| | 耐盐雾性 | | ○ | | ○ |
| | 耐亚硫酸性 | | | | ○ |
| | 耐挥发油性 | | | | ○ |
| | 耐防锈油性 | | | | ○ |
| 机械性能 | 附着力 | | ○ | | ○ |
| | 耐冲击性 | | ○ | | ○ |
| | 铅笔硬度 | | | | ○ |
| | 不粘着性 | | | | ○ |
| 施工性能 | 涂装作业性 | | ○ | ○ | ○ |
| | 干燥时间 | 指触干 | ○ | ○ | |
| | | 半固化 | ○ | ○ | |
| | | 可胶带剥落 | ○ | ○ | |
| | 面漆重涂适合性 | | | ○ | |
| | 可重涂时间 | | | ○ | |
| | 干燥温度 | | ○ | ○ | |
| | 流平性 | | ○ | ○ | ○ |
| | 流挂性 | | ○ | ○ | ○ |
| 装饰性能 | 漆膜外观 | | ○ | ○ | ○ |
| | 颜色 | | ○ | ○ | ○ |
| | 光泽 | | | ○ | ○ |
| | 遮盖力 | | | ○ | ○ |
| 抵抗外界恶劣环境性能 | 加热稳定性 | | | ○ | ○ |
| | 耐寒性 | | | | ○ |
| | 耐气候老化性 | 加速老化性 | ○ | | ○ |
| | | 天然老化性 | | | ○ |

(转9页)

表面的表面活性剂与空气一起进入到水相中，此时，表面活性剂的增溶作用反而起到了稳泡的作用不。

**触变性与丰满度及抗飞溅/回弹的对立统一**

触变性有助于提高颜填料悬浮性并可提高涂布面积，也有助于抗流挂及定型。但触变性损失丰满度及损害流平性并导致施工飞溅，回弹。

**水性涂料化学/机械稳定性与抗水性的对立统一**

疏水基相同的表面活性剂，亲水性越强，在水中的增溶作用越强，其化学/机械稳定性越好。但影响到涂膜的抗水性。

在水性工业涂料中大量使用非离子表面活性剂，其所含的醚键中的氧原子与水分子中的氢以微弱的化学力结合形成氢键，因而增大在水中的溶解度。每个表面活性剂分子随疏水基团的不同，至少需要4到6个氧乙烯单位才能生成水溶性的表面活性剂。然而，醚键氧原子与水分子的结合并不很牢固，因为氢键结合是松弛的，氢键的键能约29260J/mol。将聚乙二醇型非离子表面活性剂的水溶液加热，随温度的升高，低氧乙烯单位（低HLB值）的表面活性剂结合的水分子则逐渐脱离，因此，其亲水性也逐渐减弱。接着，急转为不溶于水。

此时降低了涂料的机械和化学稳定性。加大氧乙烯单位数量，可以提高非离子表面活性剂的耐温性，但却会损害抗水性。

**涂膜体积固含与配方重量固含的对立统一**

高PVC涂料很容易提高其重量固含，低PVC涂料的重量固含则很难提高。涂料的涂布量是面积与厚度的关系，是体积的概念，与重量固含关系不大。PVC是涂膜的概念，与水无关，与涂料的体积固含有关。配方按重量计量，但需依据体积固含设计。

**涂膜的荷叶效果与抗水性的对立统一**

加入含外乳化剂的疏水剂可以提高涂膜表面的荷叶效果，但却加大了配方中乳化剂的总量，向涂膜表面滴水虽可显示有荷叶效果，但涂膜浸泡却更易泛白，抗水性更差。

**分散剂静电排斥的降粘效果与空间位阻的抗分层作用的对立统一**

对于相对高PVC的建筑涂料，颜填料的总体密度较低，分散剂的双电层降粘作用很重要，悬浮则靠保水剂的增稠效果，施工前兑水稀释，恢复流动性。对于相对低PVC的水性工业涂料，需要高固体分低粘度，颜填料的总体密度必须提高，施工前不准兑水，所以要求悬浮性好，而又不采用通用保水剂提高低剪粘度。高的双电层降粘作用会导致分层，此时分散剂的空间位阻作用反而更重要。另外对颜填料的表面进行适当的疏水处理，有助于与缔合型增稠剂的配伍。

**水性工业涂料涉及的原料主要为树脂，颜填料，助剂，助溶剂，水，这称之为整体矛盾的对立统一。**

在作配方设计方案时，首先考虑的不是所需要的原料，而是要考虑“标的”的平衡点。如果单纯考虑上述矛盾中的任何一项或几项，都可能很容易解决。但如需要兼顾时，就一定要认真平衡各原材料与“标的”的对立统一。所以就配方设计师而言，不是求最好，而是求平衡！

（接13页）

4.2.4 评价项目与试板

由于涂装在工程机械上的漆膜是复合涂层，故评价底漆和面漆的漆膜性能有的要在底漆试板上进行，有的要在面漆试板上进行，有的要在底漆+面漆试板上进行，具体的评价项目与试板对应参照表2进行。

## 5 结语

随着人们环保意识的提高及能源价格的不断上涨，采用环保、节能的涂料与涂装工艺也将是工程机械涂装需要考虑的问题，因此，工程机械用涂料的未来发展方向是对环境基本无污染的粉末涂料和电泳涂料。对涂料质量的评价，需根据涂料的特点，紧紧围绕其功能要求，对涂料原漆、施工性能、成膜后性能等进行综合全面的质量评价。

**参考文献**

[1] 徐洪洲，黄奏美. 工程机械防锈涂装技术[J]. 涂料工业，2005，(9)：26~28.

[2] 杨学淳. 工程机械驾驶室涂装工艺探讨 [J]. 涂料工业，2008，(12)：66~67.

[3] JB/T 5946~1991，工程机械涂装通用技术条件[S].