

# 基于节能环保的低碳表面处理的设备和工艺

谭哲豪 刘若虚

( 运豪集团 东莞百进五金塑料有限公司 )

**摘要：** 低碳表面处理设备和工艺是基于环保真空喷涂设备，结合了真空室和静电枪，在适合的真空度下进行产品表面的喷涂和固化，以及回收处理废漆和溶剂，取代传统静电流线喷涂设备及工艺，重点提高油漆利用率，降低油漆用量，缩短固化时间，减小电能消耗，控制有机化合物排放，减小污染保护环境，具有节能，降耗，环保，保质，以人为本等优点。

**关键词：** 环保真空喷涂，油漆真空固化，低碳表面处理设备和工艺

国内年产压铸件约 210 万吨，压铸件 90%需要进行喷涂，每吨压铸件喷涂需要使用油漆 0.3~0.5 吨，则压铸件喷涂一年将使用 57~94 万吨的油漆。

除了压铸件需要喷涂外，塑胶件也需要喷涂工艺。2009 年，中国的涂料工业产销总量突破了 800 万吨，其中油漆数量超过 50%，而且目前每年仍以 20-30%左右的速度递增。

油漆需要溶剂来稀释，1 吨的油漆需要消耗 1.0~2.0 吨的溶剂，有机溶剂产生气态的有机挥发物(简称 VOC)，污染空气。据估计，全球因油漆和粘合剂而每年排放到大气中的有机挥发物就达 2000 万吨之多，而在国内喷涂行业中，据不完全统计每年向大气排放约 300 万吨有机挥发物。

喷涂设备直接影响油漆的使用量，改进了喷涂设备，提高油漆利用率，则油漆用量减少，同时有机挥发物排放量也会相应减少，对全国乃至整个地球将有深远的影响力。

## 1. 国内喷涂行业现状

在我国古代，人们就开始使用毛笔等工具手工对衣服、瓷器进行染色，毛笔就是最原始的喷涂工具。随着社会的发展，喷枪成为比较普通的喷涂工具，水帘柜和无尘车间是喷涂工艺中常见的辅助设备，在整个珠三角工业区内，厂家基本上还是采取这个喷涂方式。随着工业技术的发展，单纯的手工喷涂已经无法满足市场的需求，喷涂已由手工向工业自动化方向发展，而且自动化的程度越来越高，所以静电喷涂生产线应用也越来越广泛，并深入到国民经济的多个领域。

### 1.1 空气喷涂

空气喷涂是利用压缩空气通过喷枪造成负压，将油漆从吸料管吸入，经喷嘴雾化喷出，分散沉积到工件的表面而形成漆膜，再利用水帘和抽风系统吸收剩余的油漆和溶剂。

空气喷涂主要是手工喷涂，因油漆有效利用率较低只有 20~40%，油漆损耗大，同时废漆影响操作工人的健康，废水和废气污染环境。因设有水帘，空气湿度大，工件表面容易出现水斑、气斑或漆料斑点等瑕疵。为确保工件表面光滑无尘点，需建立无尘车间，一般喷漆房使用十万级到五万级的无尘车间。无尘车间成本高而且每日运作费及修改费也相当高。

### 1.2 静电喷涂生产线

静电喷涂是利用高压静电电场使带负电的油漆微粒沿着电场相反的方向定向运动，并将油漆微粒吸附在工件表面的一种喷涂方法。静电喷涂设备由喷枪、高压电源，喷漆房、供漆系统、焗炉、运输带、前处理系统等组成。

静电喷涂主要的质量问题是由于静电作用，油漆的有效利用率高（可高达 90%），因而油漆流平不好，工件表面易出现橙皮，工件尖角位或边缘位易出现坠油，相对非静电喷涂，静电喷涂工件表面的光泽度不够，而且生产线设备复杂，投资成本高、占地空间大，只适合满负荷生产。

## 2. 低碳表面处理设备和工艺简介

低碳表面处理设备和工艺是基于环保真空喷涂设备，结合了真空室和静电枪，在适合的真空度下进行产品喷涂和固化，以及回收处理废漆和溶剂，取代传统静电流线喷涂设备及工艺，重点提高油漆利用率，降低油漆用量，缩短固化时间，减小电能消耗，控制有机化合物排放，减小污染保护环境，具有节能，降耗，环保，保质，以人为本等优点。

### 2.1 环保真空喷涂设备

环保真空喷涂设备是基于真空喷涂，可以实现工件表面的自动喷涂及油漆固化，同时喷涂及烘烤中产生的废漆和溶剂经由抽真空装置抽至过滤回收系统中净化处理。它主要由真空喷涂设备，油漆真空固化设备及过滤回收设备三部分组成。

工件表面的真空喷涂是在适当的真空度下，操作工人在真空室外遥控喷枪对产品表面进行喷涂装饰。

油漆真空固化是在真空室中设置真空装置和电热装置，电热装置优选红外线电热管，利用红外线辐射，使油漆里的水分和溶剂优先蒸发，有效地提高油漆表面质量，增加漆膜附着力度。

真空喷涂残余油漆挥发气体回收处理装置是在真空室外设置真空抽气装置和过滤回收系统，真空抽气设备把废气、废漆抽到过滤回收系统中净化处理后，排出的气体不含化学物质，不会造成环境污染。

### 2.2 低碳表面处理的设备和工艺

如何实现低碳、节能、环保的喷涂呢？关键在于提高油漆利用率，降低油漆用量，缩短固化时间，减小电能消耗，控制有机化合物排放，减小污染保护环境。这就是低碳表面处理设备研发的宗旨。

在环保真空喷涂设备中，我们成功的实现将手工喷涂转化为真空喷涂，喷枪

在真空状态雾化更加细腻和均匀，工件上色更加均匀和饱满；同时用油量大幅降低，烘烤时间缩短，电能消耗大幅下降；真空室将员工和油漆隔离，避免员工直接接触油漆和有机溶剂，确保员工健康达到以人为本的目的。

在静电喷涂中，喷涂质量存在以下缺点：油漆流平不好，工件表面易出现橙皮，工件尖角位或边缘位易出现坠油，相对非静电喷涂，静电喷涂工件表面的光泽度不够；同时静电生产线设备复杂，投资成本高、占地空间大，只适合满负荷生产，耗能高，不适用于小批量多种类的产品。静电喷涂有没有改善的空间呢？静电喷涂能否用于环保真空喷涂呢？

低碳表面处理设备和工艺是基于环保真空喷涂设备，结合了真空室和静电枪，在适合的真空度下进行产品喷涂和固化，以及回收处理废漆和溶剂，取代传统静电流线喷涂设备及工艺。它主要由真空喷涂系统，工件旋转系统，喷枪控制系统，油漆真空固化系统及过滤回收系统组成。

### **3. 低碳表面处理设备及工艺的优势**

低碳表面处理设备和工艺具有环保真空喷涂设备及其工艺的优势，具有节能，降耗，环保，保质，以人为本等优点。

#### **3.1 节能**

低碳表面处理设备采用真空固化，缩短固化时间。在真空状态下，溶剂的沸点降低，挥发速度加大，工件真空表干固化速度很快，电能（或柴油）消耗降低，可节省能源 30% (电/柴油)。而传统工艺用隧道焗炉或焗炉对喷涂工件烘烤，加快油漆表干速度。隧道焗炉或焗炉一般功率较大，而且工件需要的表干时间较长，耗能较多。

而且，低碳表面处理设备适合多种类小批量生产，转换工件或油漆快。耗能是随着产品批量增加而增加，无论是小批量打版还是大批量生产，能耗效益都可以达到 100%。而传统生产线只要一开机，无论产品是多还是少，用电量和用水

量都比较大，当小批量打版时，传统生产线的利用率可能就很低，综合成本较高。

以合金件喷涂（1/18 锌合金车身喷涂合金烤漆）为例，对比手工喷涂，静电喷涂和低碳表面处理设备喷涂，可以得到以下耗能的数据：

表 1：耗能数据对比

项目	手工喷涂	静电喷涂	低碳表面处理设备喷涂
平均耗能(Kwh)	1.13	0.51	0.13
综合成本(¥)	3.08	1.9	1.14
油漆用量(g)	27.59	21.4	16
综合质量	B	B	A
一次性合格率(%)	50%	80%	98%

表 1 中的数据显示：工件使用低碳表面处理设备喷涂的平均耗能比手工喷涂和静电喷涂大幅降低，使之工件喷涂的综合成本也降低，降至手工喷涂的三分之一。

### 3.2 降耗

低碳表面处理设备采用真空喷涂，油漆的有效利用率高，油漆用量及人员配备均优于传统手工喷涂，充分体现了降耗的优势。

以塑胶件喷涂（头盔壳喷涂 PU 油漆）为例，对比手工喷涂，静电喷涂和低碳表面处理设备喷涂，可以得到以下油漆用量的数据：

表 2：油漆用量数据对比

项目	手工喷涂	静电喷涂	低碳表面处理设备喷涂
油漆用量(g)	65.21	40.76	22.9
油漆有效利用率(%)	25.1	35	59.6
平均耗能(Kwh)	0.2	0.32	0.09
综合质量	B	C	B

一次性合格率(%)	30% ~ 60%	50%	98%
-----------	-----------	-----	-----

表 2 中数据显示,低碳表面处理设备喷涂的油漆利用率高于手喷线和静电喷涂先的油漆利用率,低碳表面处理设备的油漆用量大幅降低,不到手喷线喷涂的油漆用量的三分之一。

低碳表面处理设备真空喷涂采用自动化操作,只需两个普通操机员操作和保养机台即可,而手工线的重心在于喷漆工,喷漆工的人数及技能决定了出货量和喷涂产品的品质。低碳表面处理设备只要有明细的操作指引,普通员工即可以操作进行生产喷涂。

低碳表面处理设备最为降耗的是喷涂产品质量稳定,产品返工率和报废率大幅降低,大大减少因返工和报废造成的人力,物料,水电等成本。

### 3.3 环保

喷涂是一种污染性的行业,在喷涂中喷漆产生大量有机挥发物,主要包括苯、甲苯、乙酸丁酯、乙苯等化合物。有机挥发物(VOC)对人体伤害极大,可直接导致皮肤和人体中毒,甚至导致癌症的发生,油漆中的甲醛残余物可导致肺水肿、肾炎和肝中毒等疾病;可伤害胚胎发育,导致肝肾受损。

另外,排放到大气中的有机物在光照作用下还会产生许多活性物质和酸性物质,形成化学烟雾。碳氢化合物在氧化物和紫外光的作用下会产生臭氧,低层大气中臭氧浓度过高会危及生物的生存。挥发到大气中的卤化代烃能破坏臭氧层,太阳的高能紫外线就会过量的穿透大气层直达地球表明,直接对大气环境造成污染,破坏人类生存环境,损害人体健康。

低碳表面处理设备,通过抽真空装置将废漆和溶剂都抽到过滤回收系统中进行处理,使得最后的排放达到环保要求,同时作业区将员工与喷漆隔离,确保了员工的健康。真空喷涂采用自动化操作,操作人在真空室外操作工件喷涂,抽真空装置把喷涂中产生的废气和废漆抽到回收系统中,员工不直接接触油漆。

传统喷涂作业采用水帘吸附多余的油漆，采用鲜风系统将多余的溶剂抽走。水帘可以循环多次利用，而鲜风系统则是不断地进行换风，产生大量的废气需要净化处理。处理的废气数量大，成本较高，也难于彻底解决。

但低碳表面处理设备在密闭的真空缸内喷涂，产生的废漆和溶剂均密封在真空缸内，通过抽真空装置可以将这些废气和溶剂全部抽到过滤回收系统中处理。这样产生的废漆和溶剂体积和数量是有限的，处理起来比较快捷也比较彻底，相应的成本也比较低。

表 3. 喷涂线的 TVOC 值对比

手喷线的 TVOC		静电喷涂线的 VOC		低碳表面处理设备喷涂线的 VOC	
喷漆房 (ppb)	2900 ~ 10000	喷涂车间 (ppb)	200~1000	喷涂车间 (ppb)	<100
上货房 (ppb)	~3500				
下货拉 (ppb)	~3300				
排风口 (ppb)	20000 ~ 30000	排风口 (ppb)	10000 ~ 20000	排风口 (ppb)	<100

表 3 对比了三种不同喷涂线的车间和排放风口的 TVOC 值，通过对比可以得到：低碳表面处理设备喷涂线的作业区环境良好，VOC 值较小较稳定，对员工影响较小；排风口的有机化合物的挥发量也比较小，对地球生态污染较小，达到了环保的目的。

### 3.4 保质

真空状态下，喷油枪的雾化情况要比常压下好，喷出来的油雾更加细粒和均匀，油漆颗粒均匀分布工件，使产品喷涂表面更加均匀和光滑。

真空状态空气稀薄，真空室内可以达到 100 级无尘度，比传统涂装环境 10 万级-1 万级的要求大幅提升。同时由于真空缸内不含水汽和微尘等杂物，产品

表面不会产生水斑，气斑，油粒等瑕疵。

在传统手工喷涂中，喷涂质量很大程度上取决于喷涂工人的技术，喷涂工人的技术不稳定或受天气影响，则工件的喷涂质量就会出现较大的波动。PLC 全自动机械操作，只要参数调节一致，涂装产品质量一致，使产品的质量得到有效保证，减少因手工涂装造成的产品不合格率。

以合金件喷涂（1/18 锌合金车身喷涂合金烤漆）为例，对比手工喷涂，静电喷涂和低碳表面处理设备喷涂，可以得到以下的数据：

表 4：质量数据对比

项目	手工喷涂	静电喷涂	低碳表面处理设备喷涂
产品表面光泽度	90.09	89.8	93.9
产品膜厚 (um)	52.38±15.36	59.43±12.48	45.95±2.68
综合质量	C	B	A
一次性合格率 (%)	40%	55%	95%
平均耗能 (Kwh)	1.42	0.72	0.13
油漆用量 (g)	42.9	28.7	20.3

由上表得出：低碳表面处理设备喷涂的工件光泽度更加好，漆膜均匀饱满，产品的一次合格率也具有显著优势。

### 3.5 以人为本

传统的空气涂装方法，均需工人直接进入喷漆室内操作，各种化工有害气体对工人身体健康有较大影响。而低碳表面处理设备采用环保真空室涂装，将喷房与工人隔离，同时采用 PLC 控制，工人在室外操作，具有良好的工作环境，工人健康不再直接受到侵害，确保了工人的身体健康。

#### 4. 结束语

低碳表面处理设备摒弃传统空气喷涂耗能高，质量低，污染大等缺点，其所具有的节能，降耗，环保，保质等优势，是喷涂行业发展的转折点，随著设备的投入使用，将会引领喷涂行业的发展趋势。