

# 粉末静电涂装技术应用

许昌继电器厂 武凤英

## 1 概述

粉末静电涂料及涂装技术是近几年迅速发展起来的一项新材料、新技术。它具有省能源、无污染、材料利用率高、涂装工艺过程简单、工效高、涂层机械强度高、利于大批量施工和流水线自动化生产等优点。现被广泛应用于家电、仪器、仪表和机电产品的表面涂覆。

我厂是1986年在“七五”技术改造中提出并进行粉末静电喷涂工艺设计的。当时，国内粉末静电喷涂技术应用厂家较少，使用设备也基本都是国外引进的。采用国内自行设计并投入生产使用的只有我厂一家。我们根据我厂继电保护屏体结构及要求的特殊性、喷涂难度大的特点，选用了当时较先进并适合我厂产品喷涂的摩擦静电喷枪。我们经过几年的实践，不断改进和提高，使之不断完善，使产量和质量逐步提高，加工品种不断扩大。到目前为止，累计加工标准屏体1.8万面，箱、柜等3000余面，以及其它零部件。达到并超过了原设计能力，为提高我厂工艺技术水平做出了努力。

## 2 工艺过程及主要设备

### 2.1 技术原理：

粉末静电涂覆技术，其基本原理是应用高压静电，在喷枪与被涂的金属工件之间，形成一个高压电晕放电电场，当特制的喷枪在枪口接高压负电极，工件接正电极并接地，便构成静电放电回路，带电粉粒即被吸附到工件表面，当达到一定厚度，电荷处于饱和状态，表面绝缘性增加，即不再吸附粉粒。

### 2.2 主要设备：

我厂喷粉是一条以控制、保护屏体为主要喷涂加工产品，固定单轨循环封闭式生产线。镜形轨道；以多个低电压自走小车为吊挂运载工具沿轨道循环运行；微机控制间歇式远红外烘道；二级旋风分离和布袋式回收；沸腾床式供粉桶；摩擦式静电喷枪。

### 2.3 工艺过程

#### 2.3.1 工艺流程：

化学除油→水洗→酸洗除锈→<sup>喷淋</sup>水洗→磷化→水洗→烘干检查→刮补腻子  
(打磨上线)→喷粉→干燥→冷却→成品(下线)

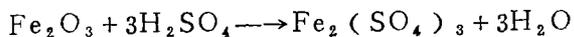
#### 2.3.2 前处理：

涂装前处理是最终获得优良涂层的四大要素之一。粉末涂装一般不需涂底层，所以涂装件表面上的油锈必须处理干净。油锈处理不净不但影响粉末涂料的吸附，还使粉层干燥后产生针

孔、气泡等。磷化处理是一次性粉末涂装的基层，磷化质量至关重要，磷化膜要均匀致密。

我们原来的除油采用通常的碱液化学除油，此种方法对皂化油脂较适合；对非皂化矿物油效果不够理想，而且时间长，所以经常有除油不彻底的情况，需再次处理。我们经试验和筛选，现用新型含有乳化添加剂和表面活性剂的脱脂剂处理，除油速度和效果都较理想。

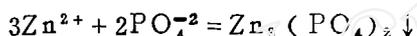
由于我们所用金属板材规格，品种不一，带锈蚀和氧化皮的材料不可避免，所以除锈工序是必不可少的。我们除锈采用硫酸酸洗处理：



工件经酸洗后，裸露的金属基体很宜与空气氧化。我们前处理是一条悬挂输送链线，运行速度是一定的，在进入磷化前这段运行时间过长，表面形成一层薄锈，进入磷化后使磷化过程不完全，表面产生黄色浮灰，为避免产生黄锈，就需减少酸洗后工件与空气接触时间。我们将原来的两次水洗改为一次水洗再加两次喷淋，加大清洗水量和时间，用水膜隔离金属与空气接触。（在温度高、湿度大的季节也可采用中和与纯化处理）这样既可解决产生浮锈发黄问题，又可将酸洗时带出的残液清洗干净，避免硫酸根离子带入磷化液中而产生的不利影响，以保证底层的质量。

磷化膜作为涂层的防护底层，防止金属腐蚀，增加涂层与基体金属之间的结合力起着十分重要的作用。磷化处理至关重要。

磷化反应的机理是复杂的化学反应。涉及电离、水解、氧化还原、沉淀、络合等反应。最后形成磷化膜反应： $\text{Fe}^{2+} + \text{HPO}_4^{2-} = \text{FeHPO}_4 \downarrow$



现在磷化液种类较多，根据磷化膜成分大致分为锌系、铁系、锰系、钙系、锌锰系、锌钙系等。虽然成分有所不同，但形成过程大同小异，我们目前采用的为锌钙系磷化。

磷化处理形成的磷化膜要求均匀，完整细密，耐点滴试验时间在1分钟以上。要保证达到要求，控制游离酸度与总酸度的比例，磷化液温度，以及磷化前处理是很关键的。我们一般保持溶液游离酸度在6点左右，总酸度在70点以上；温度保持70℃以下，65℃左右，同时必须将酸洗残液清洗干净。否则，将造成磷化膜的粗糙，磷化液的不稳定，沉淀过多，磷化不完全或无磷化膜形成等。我们要求每星期进行二次以上的溶液分析，随时进行控制与调整。现在磷化处理后磷化膜耐点滴时间一般都在3分钟以上。

### 2.3.3 刮补腻子；

我厂生产金属屏体，由于材质规格不一，屏体结构复杂，且为电弧焊焊接，喷涂前必须刮补腻子弥补，方能保证平整光滑。静电喷涂的特殊性，要求使用的腻子必须耐高温，导电性好，与金属基体及粉涂层有较好的结合力，所以选用合适腻子很重要，工艺要求也不同。我们先试用了醇酸腻子，效果不好。因醇酸腻子是以二甲苯作溶剂，耐温在140℃左右，且易挥发，烘烤后造成起泡。后又改用了无溶剂清漆调合腻子和导电性腻子，效果相对好些。但对腻子层刮补较厚时烘烤后仍会产生缺陷，必须多次薄刮补方能保证表面质量要求。

### 2.3.4 喷涂：

喷涂过程是整个喷涂质量的关键一环。涂装的工作气压、电压、喷枪与被涂件距离、喷涂

的时间、粉末质量和粒度是影响涂层质量的重要工艺参数和指标。

由于我厂屏体为立体件，结构复杂，沟槽凹角多，要求内外表面，所有部位都要喷涂，难度大。用通常高压喷枪易造成屏蔽效应，不能保证喷涂均匀。我们选用了较低电压，安全可靠的摩擦喷枪（电压在20kV以下），保证喷涂均匀，也避免喷枪与工件靠近产生尖端放电打火现象。我们根据我厂产品的特点，将喷枪进行了改进，加强枪身长度，减轻枪体重量，使用操作灵活，得心应手。由于采用了摩擦喷枪，枪与工件距离比较灵活，一般在50~100mm。喷涂时间则根据涂覆厚度达到均匀覆盖，涂层厚度不再增加即可。一般每面屏体约10分钟左右。时间过长，或距离太近，因静电排斥作用，会使涂层表面产生许多小麻坑。

在喷涂过程中，发现有些成品有疙瘩、针眼等现象。经试验和分析，发现塑料粉末粒度不均，受潮或含有杂质，压缩空气不洁净是主要原因，我们在压缩空气管道中加空气和过滤器，粉末使用前用振动筛过滤筛选，施工前将所有设备清洗干净，供粉桶气压调整适度，使粉粒在桶内保持一定高度的沸腾。喷粉后，固化前进行检查，表面有缺陷，需局部刷掉或用压缩空气全部吹掉，重新喷涂。由此保证表面质量。

粉末粒度要求一般在180目左右。摩擦枪电压较低弱，粉粒度低于150目时上粉率低，高于250目粉粒太细，不易回收。同时回收风量，喷涂气压也不好控制。

#### 2.3.5 涂层干燥固化：

粉末涂层需经高温固化干燥后才能形成坚韧涂膜。粉末涂层的干燥固化质量与涂层的质量指标有很大关系。干燥固化不好，聚合反应不完全，涂层附着力差，机械性能差；烘烤过度涂层则变色、变脆。我们采用180℃、30分钟固化的粉末涂料。但在生产实际中，因喷涂件的材质、形状、厚度、粉层厚度、粉料颜色及烘干炉热效率等因素的影响，使同样条件下干燥固化的工件表面质量不同。

我们采用的烘干炉是前后、上下分段进行温控的。由于当初设计炉腔较窄，热气流不能旋转，热效能不均，造成位置和梯层温差，烘烤颜色不一致，涂层质量指标达不到要求。同时我们也发现涂层厚，浅淡颜色，材料厚薄不一，形状复杂件易变色，固化不好，涂膜机械性能差。各粉末生产厂家因材料配方差异也是造成干燥固化效果的一个因素。根据上述原因，我们对烘干炉在原有基础上做了些调整。按着分段温控：对温降快，温度低部位适当增加加热能力，提高温度；对上部热量集中的温控适当降低些。同时与粉末生产厂家联系，选用性能稳定，适用范围宽的粉末涂料；并对不同材质、形状的加工件干燥时间在30±5分钟范围微调控制。

#### 2.3.6 回收部分：

我们现为二级旋风分离布袋式回收系统。由于喷漆棚为通过式，又两面都有喷涂开门，几乎为敞开式，使回收风量与进风量不成正比，回收不完全，在喷粉棚出口有粉外溢情况。但粉的回收率仍可达80%左右（理论回收率95%以上，一般较好可达85%~90%）回收的粉末经过筛后掺入新粉使用。回收系统将在“八五”技术改造中加以改进和完善，以降低成本，提高粉末的利用率，清洁环境。

### 3 基本数据(施工工艺参数)

a电压（摩擦电压）：8~1.5kV

- b 喷涂气压: 0.15~0.25MPa
- c 供粉气压: 0.02~0.08MPa
- d 喷枪与工件距离: 50~200mm (摩擦枪电压低距离可近些)
- e 固化温度: 160~190℃
- f 固化时间: 20~35min
- g 粉末粒度: 160~220目

## 4 技术经济对比分析

### 4.1 技术经济条件对比见表1。

表1

项 目	静 电 喷 粉	喷 漆
材 料	环氧粉末 聚脂环氧粉末 75元/面、标屏 硝基磁漆 改性或导电脚子	硝基磁漆(稀释后) 硝基铁红底漆(1.) 90元/面、标屏 腻子(硝基或醇酸) 醇酸硝漆 稀 释 剂
工艺技术要求	电压 10~60kV 气压 0.15~0.25MPa 固化温度: 180±5℃ 固化时间: 30±5min 一般一次涂覆 补漆	气压0.2~0.3MPa 底漆二次涂覆(中间刮补腻子) 面漆四道
性 能	机械强度高, 耐腐蚀性强 一次涂覆可达成膜厚度	漆膜光亮, 涂膜平滑 耐候性差, 机械强度相对较低
成 本	85元/面、标准屏 (不包括工时费用)	100元/面, 标准屏 (不包括工时费用)

### 4.2 社会、经济效益:

粉末喷涂无溶剂污染, 利于环境保护及工人健康。安全、便于运输, 贮存和施工。

简化涂装工序。一般喷漆需十多道工序, 喷粉3~4道即可, 省工省时, 减轻劳动强度缩短生产周期。

材料费用虽粉末价格比油漆价高, 但其用量少, 综合经济指标比喷漆低。

按平均年产量(标准屏计)4000面, 年可降低成本5万元左右。

## 5 问题讨论

### 5.1 喷涂系统:

