

粉末涂料在汽车车厢上 的应用研究

江淮汽车技术中心：皮沁

2014.5.9

主要内容

- 一、研究背景**
- 二、粉末涂料工艺及装备应用条件**
- 三、粉末性能试验及讨论**
- 四、粉末车厢整板喷涂验证**
- 五、应用总结**

1、环保压力

随着国家和社会对环境的日益关注和重视，自2006年12月1日起开始强制执行汽车制造业清洁生产和涂装标准，对汽车涂装工业的三废排放制定了各种严格的限制。粉末涂料无废水废渣废气排放等，具有明显的环保和节能优势。

2、涂装节能降耗压力

- ◆粉末涂装工艺装备投入较液态涂料降低20%；土建通风地沟施工成本为零；
- ◆粉末涂料利用率达到99%，洗枪溶剂成本为零，材料成本较液态涂料低；
- ◆粉末涂料无废水废渣处理成本，废水废渣处理成本为零；
- ◆综合能耗成本降低15%-20%
- ◆生产线建设周期缩短约3个月

3、粉末涂料应用重点探讨内容

粉末
涂料
应用
研讨
内容



粉末涂料特点-----指导工艺方案设计



粉末涂料施工工艺条件---指导工艺装备设计



粉末涂料涂层性能成熟度-----涂层之间匹配性外观颜色效果、涂层性能

主要内容

- 一、研究背景
- 二、粉末涂料工艺及装备应用条件**
- 三、粉末性能试验及讨论
- 四、粉末车厢整板喷涂验证
- 五、应用总结

二、粉末涂料工艺及装备应用条件

1、粉末涂料研究及应用现状

国外对粉末涂装新技术的应用研究较早，粉末涂料与粉末涂装获得工业应用已近半个世纪，早期粉末涂料由于其**固化温度高，换色时间长，较难薄膜化，装饰性差**较难在汽车喷涂中推广应用。近十年中，随着粉末涂料的制造技术和涂装技术的进步，上述部分难题得到有效解决，粉末涂料不断取代液态涂料已成为当今的主流之一。

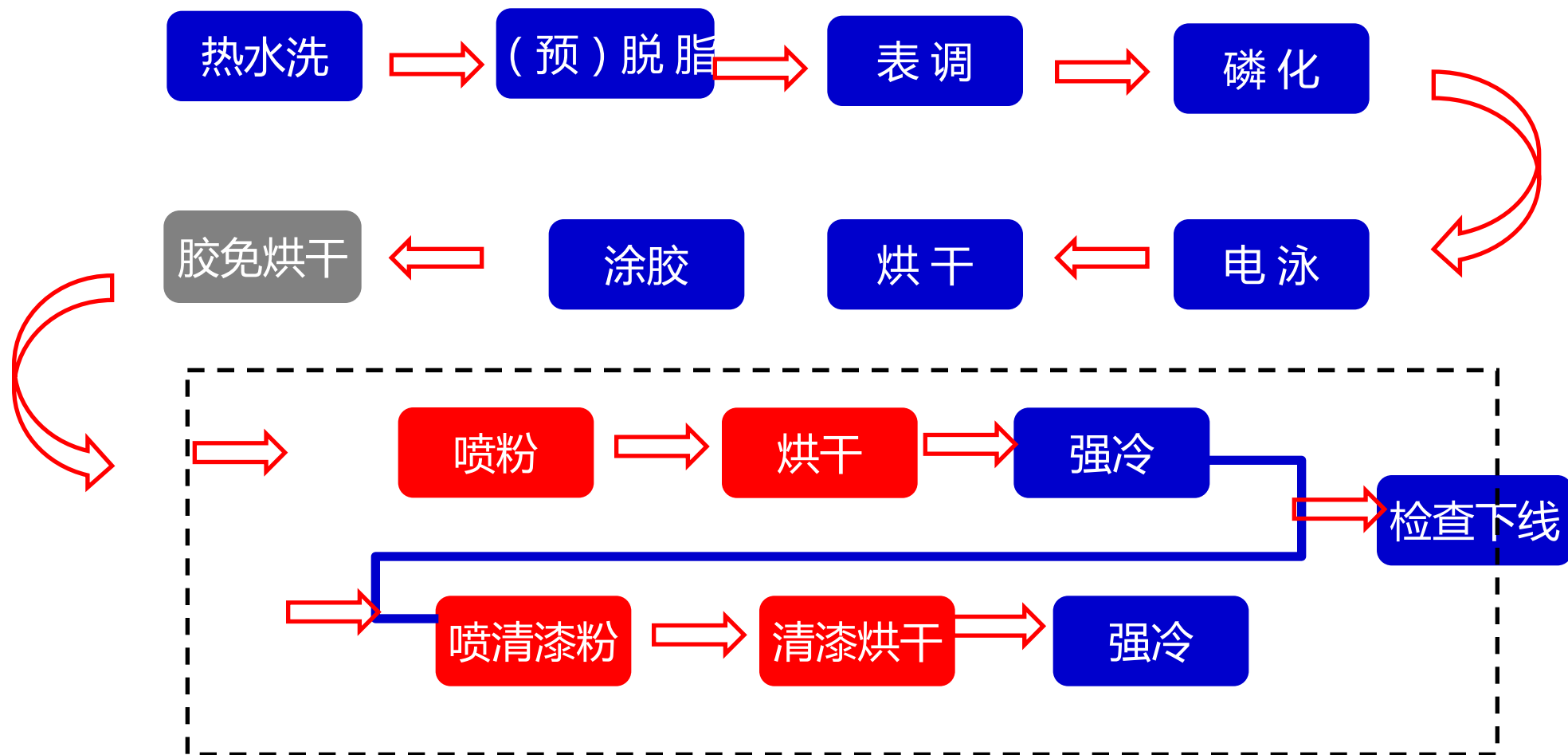
粉末换色时间长的技术难题尚未突破，因此在整车喷涂上还有一定的局限性。

粉末涂料由树脂、颜填料、固化剂、添加助剂组成，根据不同的外观、硬度、柔韧性，耐化学性，耐候性等性能要求，有环氧树脂、丙烯酸树脂、聚酯树脂等体系。

环氧树脂体系硬而有韧性，可提供优异的机械性能，耐化学性和耐溶剂性，但其热稳定性，耐光，耐候性较差，聚酯树脂体系具备优异的热稳定性和耐候性，可在汽车零部件上应用，丙烯酸树脂体系具有良好的外观效果及优异的保光保色性，可应用在轿车卡车车身外表面装饰性涂层。

二、粉末涂料工艺及装备应用条件

2、江淮汽车蒙城车厢粉末涂装工艺流程



二、粉末涂料工艺及装备应用条件

JAC 江淮汽车

3、粉末涂装工艺条件

相比水性漆喷漆室温湿度环境，粉末喷涂对温湿度无严格的要求，推荐的最佳喷涂工艺条件：

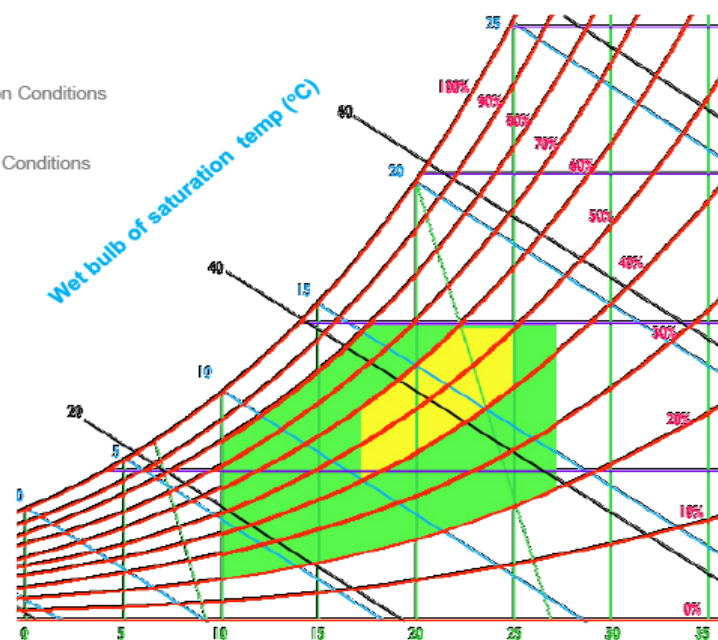
◆温度18-25℃，相对湿度40%-60%，
喷涂窗口管理范围较宽；

◆喷漆室风速
自动段：0.3-0.4m/s 人工段：0.5-0.6m/s

◆烘干工艺条件：
推荐180-200℃*20min，目前也有开发低温系列的粉末涂料，也在160℃，价格相对增加

 Recommended Application Conditions
推荐粉末应用温湿度参数

 Recommended Storage Conditions
推荐粉末储存温湿度参数



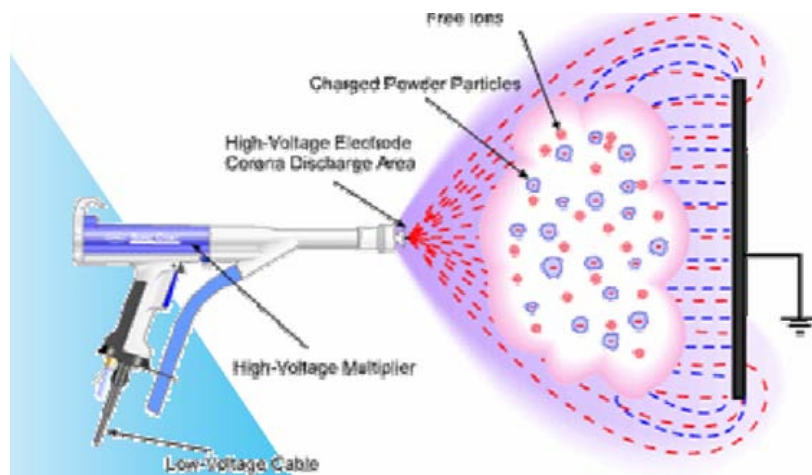
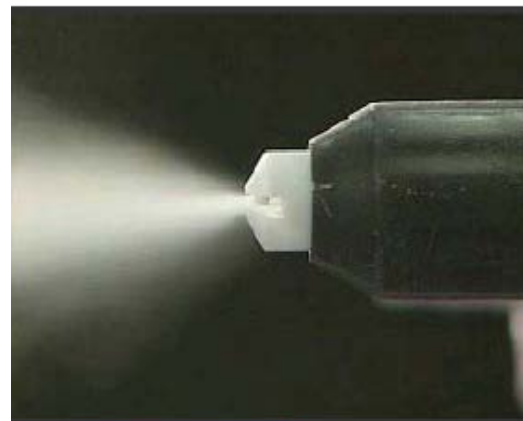
二、粉末涂料工艺及装备应用条件

4、粉末涂装工艺装备-喷涂设备

◆粉末涂料喷涂有热熔和静电附着两种，汽车部件的粉末涂装通常采用静电喷涂法

◆与传统液态涂料静电喷涂原理类似，接地的被涂物作为阳极，喷涂设备作为阴极，接上高压电，在两极间形成高压静电场，阴极产生电晕放电，使带电的涂料滴在静电场的作用下沿电力线方向吸向被涂物，再经加热融融（固化）后成涂膜

◆粉末粒子的绝缘电阻都很高，当附着在被涂物后，其自身所保有的荷电量不能立即减少，能保持相当长的时间，在热熔融前能不受重力，空气流动和振动的影响，安定地附着在被涂物表面



二、粉末涂料工艺及装备应用条件

4、粉末涂装工艺设备-喷涂设备

常用的喷涂装备有自动往复机以及静电喷枪，常用的静电旋杯供应商：ITW/SAMES/DURR

粉末自动喷涂推荐参数：

机械臂手涡轮速度	喷涂间距	喷幅（扇面直径）	速度	搭接率	一次成膜厚度
150-500mm/sec	200-300mm	200-350mm	150-500g/min	50%	50-150um

note：

受制于粉末限制，机械臂手涡轮速度较慢，仅为液态涂料的30%，不适宜高节拍的自动喷涂线

二、粉末涂料工艺及装备应用条件

4、粉末涂装工艺装备-设计前提

粉末是小的固形物的集合体，**比表面积大大增加，具有易带静电、易受水分和易受热影响、易燃烧、易附着**在物体上等性质，随个数增加产生**难操纵、易飞散、难管理**等问题，设备设计中应重点考虑粉末的比表面积大及安全性的问题。

◆ 粒径（粒度）分布

粉末粒子的直径称为粒径，粉末涂料粉筛后，去除粗的粒子，得到规定粒径分布范围的粒子，在比较新粉和回收粉时需考虑此要素，新粉通常10um以下的粒径，需在10%范围内，筛分切50，平均粒径在38-42um。

◆ 体积密度：充填其体积的粉末质量的比值，用于对粉末容器的选择

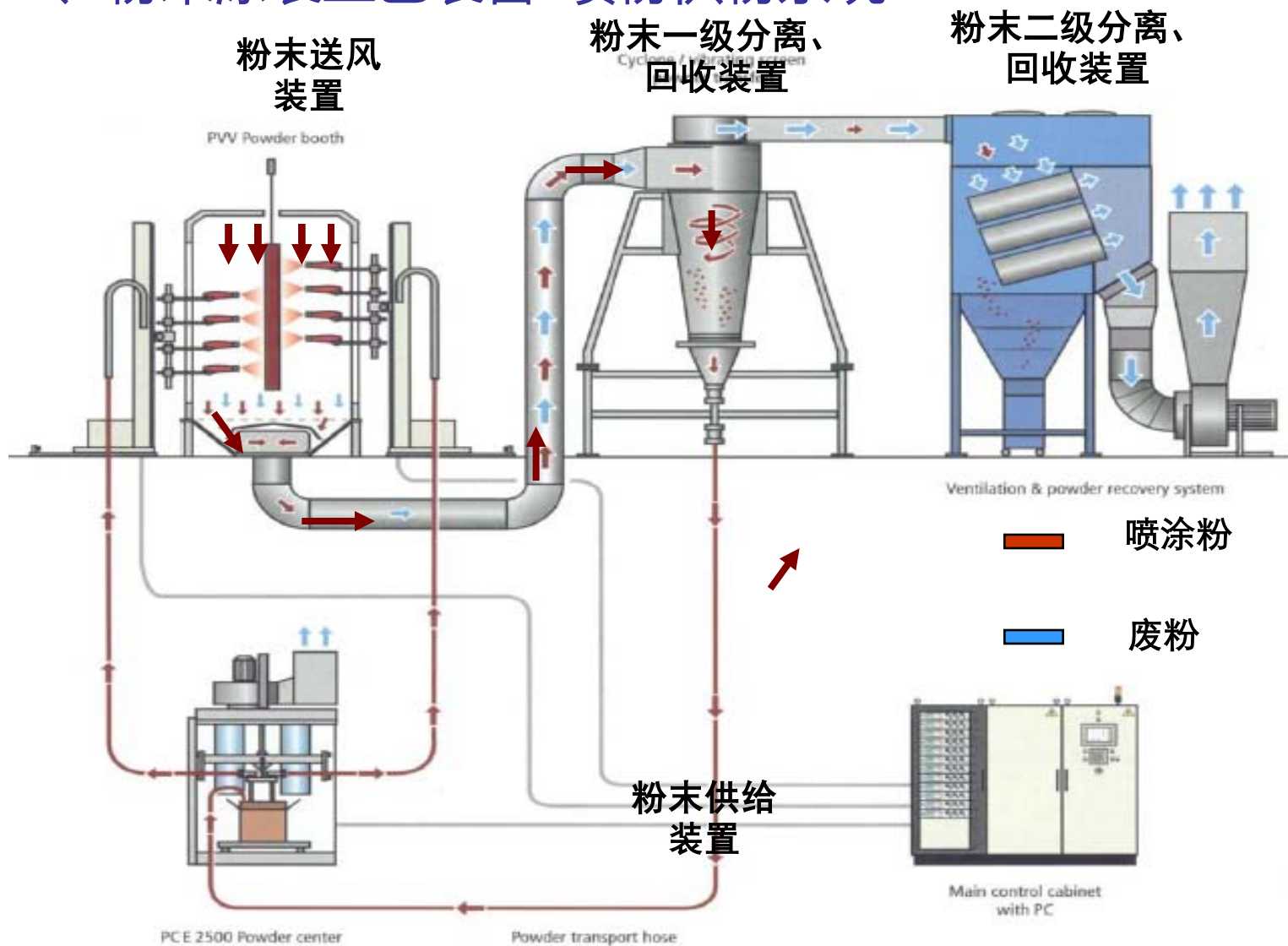
◆ 安息角：粉末积存难易程度的关键标准，供料斗设计和确定风管内风速。

◆ 粉末爆炸极限

可燃物与空气混合比例表示粉末涂料的爆炸范围（上限、下限），不同树脂的粉末涂料的爆炸极限略有不同，在设计粉房排气量时需考虑爆炸极限。

二、粉末涂料工艺及装备应用条件

4、粉末涂装工艺装备-喷粉供粉系统



一套完善的喷粉供粉系统，通常包括粉末喷漆室、空调送风系统、粉末一级二级过滤回收系统，工件识别及电控系统，根据外观质量、生产线生产能力等，进行充分的计算，计算书应包含粉枪数量、出粉量、抽风量、上粉率等系统完整参数。

二、粉末涂料工艺及装备应用条件

5、粉末涂装工艺材料成本分析-参考粉末涂料价格估算

车型型号 油漆型号		公斤价格 (元)	标准货箱		人工喷涂 总费用 (利用率35%)	自动喷涂 总费用 (利用率70%)	附加材料成本		总费用
			用量 (KG)	价格 (元)			洗枪溶剂	漆雾凝聚剂	
素色	白	39	3.2	39	125	62	20	20	102
型号	颜色	公斤价格 (元)	平均膜厚 um	油漆利用 率	干膜密度g/cm3	货箱面积m2	洗枪溶剂	漆雾凝聚剂	总费用
粉末	白	54	70	85%	1.32	16	0	0	94

粉末涂装工艺能耗成本分析

分类	对比	电泳烘房能耗	面漆烘干烘房 能耗	空调送风系统能耗	喷漆室循环水泵能 耗
粉末	工艺条件	160℃*15min	160℃*15min	粉末 温度18-25℃ , 相对湿度40%-80%	0
液态	工艺条件	160℃*15min	140℃*15min	水性漆 温度24-28℃ , 相对湿度65%-70%	2~3台22KW的水泵
粉末	增幅	持平	20%	下降	下降

主要内容

- 一、研究背景
- 二、粉末涂料工艺及装备应用条件
- 三、粉末性能试验及讨论**
- 四、粉末车厢整板喷涂验证
- 五、应用总结

三、粉末性能试验及讨论

在选定的粉末涂装工艺基础上，模拟生产现场进行制板，验证涂层相容性、粉末涂层外观、机械性能、耐久性能等

1、粉末涂料与涂装前处理电泳、密封胶材料的配套性研究

序号	项目	技术指标	检测方法
1	外观	桔皮、光泽、鲜硬度	
2	膜厚	80-120um (根据不同颜色而定)	GB/T 13452.2-2008
3	附着力	0级	GB/T 9286-1998
4	抗冲击强度	≥30Kg.cm	GB/T 1732-1993
5	杯突	不低于5mm	GB/T 9753-2007
6	抗石击性	优于6B	ASTM D3170-2001
7	盐雾试验	1000h，在距离交叉划痕2mm的区域外应不生锈或起泡 (单边)	GB/T 1771-2007
8	耐盐热水试验	II字划，50℃，5%盐水浸120h	
9	耐水性	240h，40℃，附着力0级	GB/T5209-1985
10	耐湿热性	在温度47±1℃，相对湿度96±2%的室体中，暴露240小时	

三、粉末性能试验及讨论

2、粉末涂料与涂装前处理电泳配套性研究

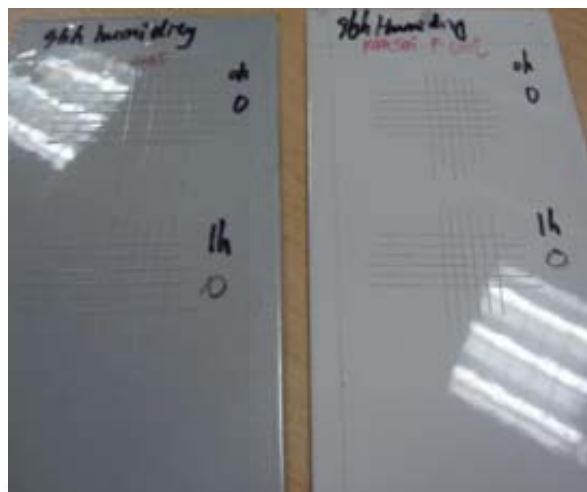
由于粉末面漆烘烤温度为 $180-190^{\circ}\text{C}$ ，而通常电泳涂层温度仅 $160-170^{\circ}\text{C}$ ，存在不配套的风险。为避免前处理材料性能差异对粉末涂料性能的影响，本配套实验采用标准三元磷化板，由于车厢涂装线采用底面合一电泳漆，因此重点对粉末与底面合一电泳漆的配套性进行验证。

验证条件如下：

底面合一电泳漆烘烤温度 $170^{\circ}\text{C} \times 30\text{min}$

配套验证，粉末面漆烘烤温度为 $180^{\circ}\text{C} \times 20\text{min}$

通过对电泳漆及粉末涂料进行反复调整验证后，配套性满足要求



三、粉末性能试验及讨论

3、粉末涂料与密封胶的配套性

正常的PVC焊缝密封胶的烘干条件为 $140^{\circ}\text{C} \times 20\text{min}$ ，而一般粉末涂料的烘干条件均为 $180-200^{\circ}\text{C} \times 20\text{min}$ 以上，需验证焊缝密封胶能否与粉末涂料实现“湿碰干”以及高温下是否出现开裂、附着力下降等问题。

➤ 主要制板工艺流程如下：

前处理 → 底面合一电泳板 → 烘干 → 刮涂密封胶 → 喷涂粉末面漆 → 烘烤

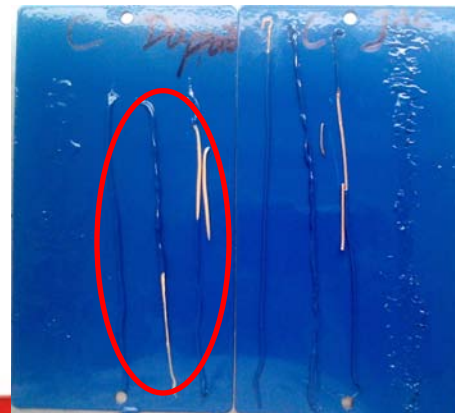
➤ 用玻璃胶喷枪将密封胶挤出4道平行直线胶附着在电泳板上，并且将其中2道刮涂成平面；

➤ 将上述试验板分别喷涂色漆粉末涂料，再进行烘烤，烘干条件分别为 $180^{\circ}\text{C}/20\text{min}$ 和 $200^{\circ}\text{C}/10\text{min}$ ；

$180^{\circ}\text{C}/20\text{min}$



$200^{\circ}\text{C}/10\text{min}$



三、粉末性能试验及讨论

3、粉末涂料与密封胶的配套性

实验项目	密封胶	
	180°C/20min	200°C/10min
光泽	> 90%	> 90%
冲击（正冲50cm）	通过	通过
百格附着力	OK	OK
铅笔硬度	≥HB	≥HB
杯凸	6mm	6mm
粉末与胶条表面	外观配套性良好、无起泡、缩孔，附着力良好	外观配套性良好、无起泡、缩孔，附着力良好
胶条与板面的附着力	较好	较好
胶条切开后颜色变化	轻微变黄	轻微变黄
耐水性	OK	OK

三、粉末性能试验及讨论

3、粉末涂料外观及涂膜性能验证

考察粉末涂料的颜色外观、耐候性、耐化学性和耐环境老化等方面的性能是否满足汽车车厢涂装的产品质量标准。其中针对其重点性能，如老化、耐水、耐温变、耐湿热等性能结果进行了详细验证

白色项目	技术要求	结 果	检测方法	判定
人工老化试验（1000h 氙灯）	1000h：外观无裂纹、起泡、变色等缺陷，综合评级达到国标0级标准，失光率 $\leq 10\%$ ，色差 $\Delta E \leq 1.0$	经500h氙灯老化试验，样品外观无明显异常缺陷，失光率为2.7%，色差 ΔE 为0.03（未清洗）； 经1000h氙灯老化试验，样品失光等级为1级，漆膜综合老化性能等级为0级；失光率为5.7% ΔE 为0.57（未清洗）	GB/T 1865 GB/T 9754 GB/T 1766 GB/T 9286 GB/T 6739 GB/T 1732	符合
耐水性（ $40 \pm 2^{\circ}\text{C}/240\text{h}$ ）	外观应无起皱、变色、开裂、剥落、锈点、起泡等缺陷，附着力0-1级，硬度下降小于1级	经耐水性试验，样品外观无起皱、变色、开裂、剥落、锈点、起泡等缺陷，附着力为0级，硬度为H无擦伤	GB/T 5209 GB/T 9286 GB/T 6739	符合

三、粉末性能试验及讨论

3、粉末涂料外观及涂膜性能验证

白色项目	技术要求	结 果	检测方法	符合性判定
耐温变性	外观无起皱、开裂、剥落、锈点等缺陷，综合考察符合国标0级标准；失光率 $\leq 10\%$ ，附着力0-1级，硬度 $\geq \text{HB}$ ，抗冲击强度 $\geq 30\text{cm}$	经温变试验，样品外观无起皱、开裂、剥落、锈点等缺陷；漆膜综合老化性能等级为0级；失光率为0.7%，附着力为1级，硬度为H无擦伤，抗冲击强度为30cm	GB/T 1766 GB/T 9286 GB/T 6739 GB/T 1732 GB/T 9754	符合
耐湿热 (47°C $\pm$ 1°C, 96% $\pm$ 2% R.H)	涂层表面无发软、发白、起泡、失光、起皮和变色等缺陷，综合评级达到国标0级标准，硬度 $\geq \text{HB}$ ，附着力0-1级，抗冲击	经湿热试验，样品外观无发软、发白、起泡、失光、起皮和变色等缺陷；漆膜综合老化性能等级为0级；硬度为H无擦伤，附着力为0级，抗冲击强度为30cm	GB/T 1740 GB/T 1766 GB/T 9286	符合

主要内容

- 一、研究背景
- 二、粉末涂料工艺及装备应用条件
- 三、粉末性能试验及讨论
- 四、粉末车厢整板喷涂验证**
- 五、应用总结

四、粉末涂料车厢整板喷涂验证

为了进一步了解车厢板在准备车厢样板，蓝白粉末面漆在上海某粉末喷涂实验室进行整板喷涂验证试验，了解粉末涂料与自动往复机匹配情况及涂膜外观质量

喷涂车厢往复机参数

喷涂参数	喷粉节面比 %	空气流量 m3/h	高压KV	电流UA	枪距mm
推荐值	30%	4.5-6.0	60-80	15-30	250

粉房设置一台送风空调，温度28℃，相对湿度68%，粉末烘干温度为180℃*20min

四、粉末涂料车厢整板喷涂验证

蓝色、白色各平行喷涂两块样板喷涂的车厢板外观数据

样板	颜色标准值			
	L	a	b	
蓝色标准板	19.55	-1.35	-20.9	
	ΔL	Δa	Δb	ΔE
蓝色样板1	-0.36	-0.19	-0.21	0.46
蓝色样板2	-0.41	-0.2	-0.22	0.51
白色	89.2	-0.88	7.01	
	ΔL	Δa	Δb	ΔE
白色样板3	-0.08	-0.04	0.03	0.1
白色样板4	-0.02	-0.02	0.08	0.08

	DOI	LW	SW	膜厚
蓝色样1	90	10.1	18.4	82-86
蓝色样2	89.2	9.3	17.5	82-96
白色样3	91.4	10.4	15.7	90-110
白色样4	91.3	8.9	13	86-100

蓝色、白色外观满足车厢质量要求

主要内容

- 一、研究背景
- 二、粉末涂料工艺及装备应用条件
- 三、粉末性能试验及讨论
- 四、粉末车厢整板喷涂验证
- 五、应用总结**

粉末涂料在汽车车厢上的应用总结

- ◆ **涂层性能**：粉末涂料配套各种电泳漆、密封胶的各项外观、机械性能如附着力、抗冲击强度、杯突等性能与传统液态涂料相当，甚至优于传统涂料，如硬度，冲击等；
 - ◆ **工艺控制**：工艺控制整体较液体涂料简单方便；
 - ◆ **工艺装备**：粉末涂料工艺装备费用远低于液体涂料，集成式的喷粉供粉回收系统，生产线制作、安装调试周期均较大幅度缩短，能耗也相应减小；
 - ◆ **生产线运营成本**：粉末涂料生产线材料成本，能耗成本均大幅度降低；
 - ◆ **环保**：粉末涂料无废水，废渣，废气排放，环保是粉末涂料在车厢喷涂上应用的最大优势。
- 在颜色单一，节拍不高的汽车部件喷涂上有非常显著的应用优势

改进之处：

◆金属漆与清漆无法实现“干碰干”施工要求

金属漆喷涂之后需烘干再进行清漆喷涂及烘干工艺

◆不同色漆之间换色时间要考虑，不适用于颜色较多的汽车部件

◆不同粉末涂料厂家粉末推荐工艺烘烤温度不一致，整体均较液体涂料高，粉末涂料应用趋势是逐渐实现低温固化

◆粉末喷涂生产线速度不宜过快，应用于车厢等汽车零部件的喷涂

在国内尚无整车应用，在家电、汽车零部件、建材等领域逐渐普及，粉末换色时间长的的问题尚未突破，因此在整车喷涂上还有一定的局限性，开发快速换色方法，喷漆室循环风再利用，提高静电粉末涂着效率为未来粉末涂装的研究趋势。

感谢聆听！