

活页技术资料

1972

第4号

电泳涂漆工艺总结

第一机械工业部情报所编

机械工业出版社

毛主席语录

备战、备荒、为人民。

我们不能走世界各国技术发展的老路，跟在别人后面一步一步地爬行。我们必须打破常规，尽量采用先进技术，在一个不太长的历史时期内，把我国建设成为一个社会主义的现代化的强国。

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

要认真总结经验。

电泳涂漆工艺总结

张店机床电器一厂、济南油漆厂

铝件及其压铸合金的电泳比较困难，许多兄弟单位都在探索它的规律。我们两个厂遵照毛主席关于“中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平”的教导，狠批了叛徒、内奸、工贼刘少奇一类政治骗子所推行的“爬行主义”、“洋奴哲学”等修正主义黑货，于1971年4月份组成了三结合实验小组，决心攻克这一难关。经过多次试验，我们终于找到了在铝件上镀锌处理改善其表面导电条件再进行电泳的办法，取得了满意效果。一次电泳涂漆厚度可达150~200微米以上，光泽达到光电光泽计90以上。根据生产的需要，我们还自行设计了半自动流水线。这条流水线，电源采用可控硅元件，它具有体积小、重量轻、造价低、使用方便等特点。现将电泳涂漆的工艺总结如下，供参考。由于我们对铝件电泳摸索时间短，没有经验，错误之处，在所难免，请兄弟单位批评指正。

一、采用电泳涂漆工艺的意义

电泳涂漆是六十年代发展起来的一项油漆施工新技术。由于它具有其他油漆施工所不具备的优越性。所以，它一出现就引起了人们的足够重视，显现了无限的生命力。电泳涂漆采用水溶性涂料，它与溶剂型油漆的手工涂漆工艺相比有如下优点：

1. 改善劳动条件，消除了苯中毒，消除了漆雾及溶剂的飞溅，保证了工人身体健康。

2. 易于实现流水线作业、机械化操作。减轻工人体力劳动，减少了操作人员，操作技术易于掌握，并能提高劳动生产率。

3. 提高涂漆质量，漆膜均匀、附着力强、硬度高，任何复杂形状的工件都能上漆，消除了凸凹棱角处及其他遮蔽部分涂不上及过厚的缺点。

4. 降低成本，节省了大量的溶剂二甲苯，比喷漆法节省漆料40%，漆的利用率可达95%以上，成本比过去降低12倍。

5. 漆以水为溶剂，消除了失火，保证了生产安全。

二、电泳涂漆的基本原理

电泳涂漆是把电镀原理用于涂漆。即将被涂漆的工件浸渍于装有电泳漆的槽内，工件作正极，槽作负极。两极间通以直流电。电泳漆为高分子电介质，通电后，在工件表面上形成了带有胶粘性的漆膜。烘干后即为光亮坚固的电泳漆膜。

电泳涂漆的实际过程较复杂，一般具有下列五个反映过程：

1. **电离**：高分子物质在电场力作用下，电离成带电荷的正负离子。

2. **电泳** 分散的极性介质的正负离子（或带电粒子）在电场力作用下，产生泳动，发生正离子向阴极，负离子向阳极运动。

3. **电沉积** 负离子在阳极被吸附，发生电化学反应，沉积成膜，不再溶于水中。

4. **电渗析**（电内渗）漆膜沉积于阳极，不再移动，在电场力的作用下，作为介质的水从漆膜内被排挤到膜外，起了脱水作用。

5. **气逸** 由于电解作用，在阴阳极附近有气体放出，在阴极附近有 NH_4^+ 离子存在，在漆槽的上面浮有小泡沫。

三、蓝灰色环氧酯电泳涂漆简介

蓝灰色环氧酯电泳漆，系采用环氧树脂与亚麻仁油酸经高温酯化，制成环氧酯，再与顺丁烯二酸酐加成制成有羧基的酸性环氧酯，然后用胺中和成盐，制成水溶性环氧酯水性漆，再同颜料研制而成。

1. 反应机理

(1) 酯化反应、(2) 加成反应如 4 页所示。

合成树脂所以能水溶，由于分子中含有一定量的强亲水性基团所致。水溶性环氧酯在分子中含有大量的羧基，一般酸价都在 60 以上，但是单有亲水性基团并不能水溶，与水混合后只能形成乳浊液，其胺（氨）盐则可溶于水。因此水溶性树脂往往是高酸价的，并以碱（胺或氨）中和后制成水溶性，以下式表示：

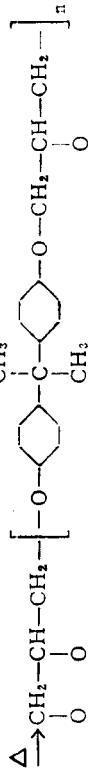
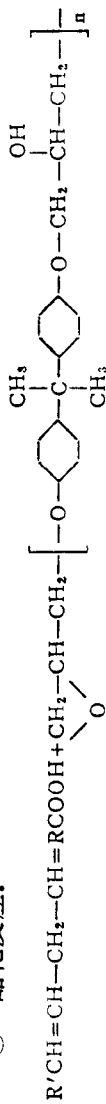
$\text{RCOOH} + \text{RNH}_2 \rightarrow \text{RCOOH}_3\text{NR}$ ，树脂的分子量大溶解性有一定局限，须加入助溶剂，以促进其溶解。由于它是高分子的羧酸盐，在水中以分子和离子平衡状态存在，以下式表示：

$\text{H}_3 \quad \text{H}_3 +$
 $\text{COONR} \rightarrow \text{COO}^- + \text{NR}$ ，在直流电场中，离子发生定向移动， COO^- 基团拉向阳极表面，在阳极表面放出电子而沉积，同样正离子被拉向阴极以形成电路。此过程在阳极上连续地沉积下来，直到这层漆膜的电阻实际将电流抵消为止。这就是电泳涂漆的基础。

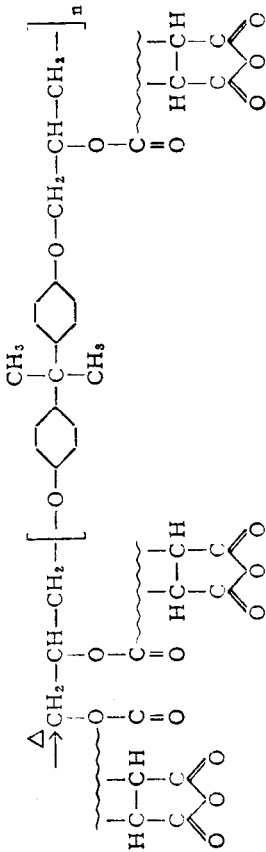
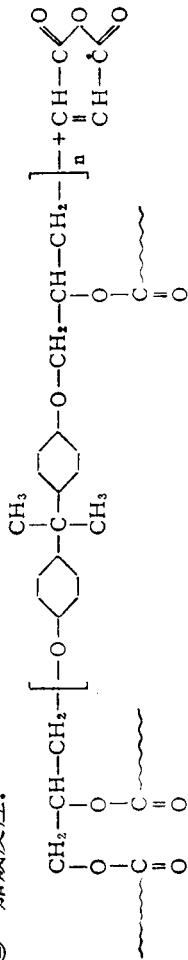
2. 树脂生产配方

原料名称	规格	投产量
亚麻油脂肪酸	酸价 200	1180
环氧树脂		482
顺丁烯二酸酐		88
丁醇		354
乙醇胺		160~170

① 酯化反应:



② 加成反应:



3. 生产工艺

(1) 将亚麻油酸和环氧树脂加入反应锅中, 同时通 CO_2 。

(2) 在排风情况下, 升温到 20°C , 开动搅拌继续升温到 240°C 保温, 进行酯化。

(3) 当酯化酸值降至 $35\sim 45$ 后, 降温至 210°C , 并关闭 CO_2 。

(4) 降温于 210°C 加顺丁烯二酸酐, 然后密闭设备, 升温至 $240^\circ\text{C}\pm 2$, 保温进行加成反应。

(5) 保温 30 分钟后, 开始降温。

(6) 将漆基抽入对烯锅中, 降温至 120°C , 加丁醇及蒸馏水, 搅拌均匀后加乙醇胺调整 PH 值至 $7.5\sim 8.5$ 。

4. 蓝灰环氧酯电泳漆配方

原料名称	规格	数量
环氧水性漆	77%	50.00
钛白粉	上海	11.50
炭黑	软质	0.10
苯菁蓝		0.20
蒸馏水		37.54
苯酸钴		0.15
苯酸锰		0.21
苯酸铝		2.21
苯酸锌		0.12

目前, 济南油漆厂生产电泳漆还有铁红环氧电泳底漆和黑色、中灰、蓝灰、国防绿、草绿、乳白色的面漆等品种。

5. 环氧电泳漆产品技术指标

序号	指标名称	指标
(1)	颜色	符合样板
(2)	不挥发物含量	$45\pm 5\%$

(3) 细度

底漆	不大于50微米
有光面漆	不大于25微米
平光面漆	不大于40微米

(4) PH 值 7.5~8.5

(5) 冲击强度 50公斤·厘米

(6) 弹性 1毫米通过

(7) 附着力(画圈法) ≤ 2 级

(8) 耐盐水 3%NaCl大于24小时

以上5~8制板按10~15%固体含量,用0.3毫米去锡马口铁样板。

电泳条件: 电 压: 30~40伏

温 度: 20~30°C

时 间: 2 分钟

烘干温度: 150°C 1 小时

四、电泳涂漆半自动流水线及其设备

根据工件的特点,我们设计了半自动电泳涂漆流水线(设备外形图如图1所示)。

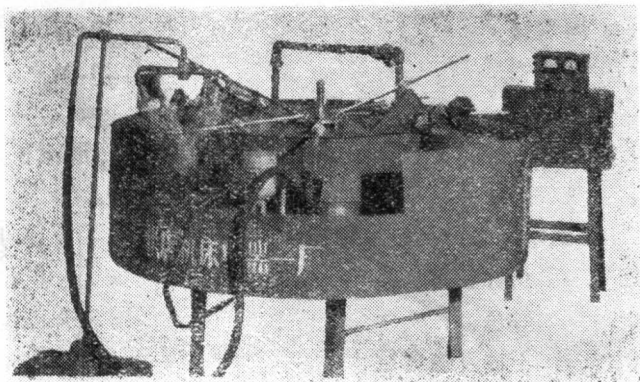


图1 电泳涂漆半自动流水线设备外形图。

1. 电源部分 电源系采用单相半波可控硅整流线路,实践证明,该线路完全适用于电泳涂漆。由于采用了硅可控元件,因此该设备具有体积小、重量轻、耗电少、便于携带等优点。

容 量：5 瓩

整流电压: 100伏

整流电流: 50安培

外形尺寸: 240×180×165毫米

线路原理如图 2 所示。当开关“K”合闸后,指示灯“A₁”亮。说明已向冲脉触发回路送电。2CW17 为稳压管,是通过 2CP22 之半波整流对其稳压。通过调节电位器(47K),使脉冲移相,因而控制了可控硅 3CT 的开放角度,即得到不同的均匀的可调的电压等级。当工件在电泳槽内变化时,电压基本上是稳定的,因此满足了定电压法电源设备的要求。

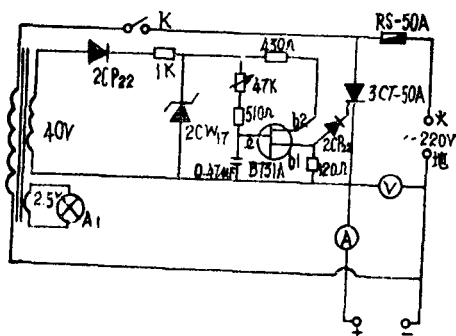


图 2 线路原理图

注：在容量比较大的情况下，应附加变压器。

2. 槽体部分 采用圆盘式电泳槽, 工件绕盘作圆周运动。电泳槽外径 $\phi 170$ 厘米, 内径 $\phi 110$ 厘米, 槽深40厘米, 漆槽占整个

槽体的 $\frac{1}{2}$ 强,电泳时间为 2 分钟,槽体分别用 1.5 毫米及 3 毫米的钢板焊成。槽体接地作为负极。电泳轨道系用 3 毫米紫铜板作成,作为正极,当滚子在其上运动时带正电。当滚子离开轨道时,即工件不带电,电泳停止。

3. 传动系统 电机(转速 1430 转/分)经过两级蜗轮及两级齿轮和皮带轮减速,最终转速为 0.2 转/分(其中 40:1 及 25:1 的蜗轮各一个)。导电杆固定在转动主轴的圆盘上,作圆周运动。从而,在五分钟之内完成了电泳、水冲洗及装卸工件工作。

4. 清洗机构 采用淋浴塑料水龙头 4 个。以不同的角度对工件进行清洗多余的浮漆。水冲压力不宜过大(过大易破坏漆膜),也不宜过小,为了节约用水,洗过的水落于水箱,经循环水泵(0.125KW 机床油泵)循环供水。

5. 搅拌循环装置 搅拌装置是用 3" 水泵及管道构成的。将槽内电泳漆经水泵吸程,吸入泵内,经扬程打进电泳槽。吸程系用 $1\frac{1}{2}$ 吋管子,扬程用 1 吋管子。油漆经过钻有许多直径 3 毫米均匀的小孔打入槽内。这样即实现了搅拌均匀。必须注意在循环过程中,不得有气体进入漆槽,因此在设计管道时,应注意吸程大于扬程的管口直径,另外密封要严。注意在循环过程中加过滤筛,以免堵塞喷口。

搅拌速度,不宜过急,也不宜过缓。搅拌厉害易破坏漆膜。搅拌力差易出现沉淀。以表面不出现急烈波浪为佳。

6. 烘干装置 我们现在采用 7KW 烘干箱。最好采用自制氧化镁板烘干装置,这样烘干质量好(漆膜由里及表干燥),速度快。

五、电泳前的预处理

电泳前的预处理是相当重要的一部分环节。处理不当,易出

现电泳不上或局部不上漆以及厚薄不均等现象。特别对铝件的预处理更为严格。现分叙如下

1. 对铁件的处理

(1) 配方

苛性钠	20~30克/升
磷酸三钠	50克/升
碳酸钠	35~50克/升
水玻璃	3~10克/升

(2) 温度70~90°C

(3) 时间10~30分

(4) 冷水冲洗

(5) 热水冲洗

(6) 盐酸(HCl30%)中和

(7) 1~20%草酸溶液浸 1~2 分

(8) 水冲洗

(9) 滚光 1 小时 (滚筒内放铁砂子及适量皂角滚光)

(10) 水冲洗

2. 对铝件的处理

(1) 去油处理

配方:

甲、氢氧化钠	5 克/升
磷酸三钠	50克/升
硅酸钠	20克/升
温度	50~70°C
时间	2~5分
乙、磷酸三钠	50~60克/升
纯碱	30~40克/升

烧碱

5~10克/升

分别加入工作槽内加热搅拌之溶液

时间2~5分

(2) 流动清水清洗

(3) 锯末及皂角肥皂水放在滚筒内配好。工件置于滚筒内，滚洗半小时。

(4) 水清洗

(5) 开水煮2~5分。目的是把铝壳砂眼内的碱和盐清理出来，以免影响电泳质量。

(6) 镀(浸)锌

A、无毒镀锌

甲、配方

氯化铵 200~230克/升

氧化锌 8~18克/升

硼酸 20~30克/升

硫脲 3~5克/升

明胶 0.15~1克/升

乙、镀液配制：

(I) 先将氯化铵溶解，后将氧化锌加入。搅拌澄清后再注入镀槽。溶解时可以加温，但不得超过45℃，否则铵就会挥发。不加温也可以溶解，只是速度稍慢。

(II) 硼酸和硫脲分别溶解好后注入锌槽。

(III) 明胶先在容器中用清水浸泡2~4小时后加水(1公斤明胶，10公斤水)加温搅拌，溶解后注入槽内。

(IV) 电解18~24小时，电解时间长，溶液稳定，电解时有海绵状出现，这是正常现象。

丙、操作要点：

(I) 镀液温度以 $15\sim 30^{\circ}\text{C}$ 为宜, 不得超过 40°C 。温度高分散力差, 而且铵要挥发; 温度低, 则大量氯化铵就呈结晶析出。

(II) PH 值一般保持 $6\sim 7$ 。

(III) 电流密度 $0.4\sim 0.7$ 安培/公分², 必须掌握好。

(IV) 槽子最好用塑料的, 以防腐蚀。

(V) 最好使用滚筒镀, 否则需备有阴极移动装置, 这样有助于提高附着力。

丁、时间 $1\sim 2$ 分。镀后流动清水清洗, 不需钝化。

B、化学浸锌

配方: 氢氧化钠	500克/升
氧化锌	100克/升
$\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	$1\sim 2$ 克/升
酒石酸钾钠	$10\sim 20$ 克/升

时间: $1\sim 2$ 分

温度: 室温

我们对比了化学浸锌及无毒镀锌两种方法, 认为各有其优缺点。化学浸锌不需另加直流电源, 但是目前我们使用效果不好, 在电泳铝件时不易上漆, 需要较高的电压 (例如90伏), 但漆膜仍较薄, 因此我们现行工艺中, 采用了无毒镀锌 (无毒镀锌电压在30伏的情况下相当于化学浸锌90伏时的效果)。

六、电泳涂漆的工艺因素及其对质量的影响

1. 漆液固体份对漆膜质量的影响

当 PH 值、漆液温度、电泳电压、电泳时间一定时, 一般说来, 固体份低, 漆膜厚度薄, 但漆膜细密, 对防止漆被带走降低损失有利, 附着力强, 但易露底, 遮盖力差; 固体份高, 漆膜厚,

表面粗糙，但附着力差。我们采用固体份10~15%。

原因：当漆液的固体份较低时，在单位体积内离解出的离子（或胶体粒子）的数目较少，参加电沉积反应的离子（或胶体粒子）的数目较少，使漆液的电阻增大，电流减小，同时漆液的悬浮力差，稳定性不好，从而造成漆膜薄，很容易使漆膜不完整，出现针孔。当固体份较高时，则与上述相反。但当固体份高于一定值后，由于参加电沉积反应的离子（或胶体粒子）在反应过程中过于激烈。很容易使正极发生电解电极反应，放出大量气体而阻碍离子（或胶体粒子）的良好沉积，从而影响着漆膜的完整性。在此情况下，也会造成漆膜出现针孔的现象。所以在一定的条件下，要想获得良好的漆膜，必须使漆液的固体含量保持在合理的规范之内。

2. PH 值对漆膜质量的影响

一般说来，PH 值高，漆膜薄，PH 值低，漆膜增厚。我们现行工艺中，应用 PH 值为 7.5~8.5 较为适宜。当 PH 值较高时，漆膜表面平整光滑，电渗力好，但易出现针孔，过高则易出现露底现象。但 PH 值过低，易出现漆与水分分离，呈胶状物。

原因：电沉积漆膜在较强的碱性溶液中有较大的溶解性。如果 PH 值过高，漆膜就要部分的被溶解掉。另外在碱的存在下，使沉积量下降，漆膜厚度减小。可是当 PH 值过低时，树脂未能全部成盐，水溶性降低而影响着漆液的稳定性。

3. 漆液温度对漆膜质量的影响

一般说来，随漆温增高，漆膜不断地增加。我们现行工艺漆温为 20°C~25°C。

原因：由于漆温升高，可使单位体积内离子（或胶体粒子）的数目增多，使漆液的电阻减小，而电流增大，同时使离子的泳动速度加快，电沉积量加大，所以漆膜增厚。

由于漆液温度升高，增加了分子与粒子的热运动，从而降低了树脂与颜料的作用力，降低了树脂对颜料的拖带能力。因此树脂被电泳上的速度和量，相对于颜料来说加快和增加了。这样就促使漆液的成份有所改变，电泳上的漆膜质量就有所变化。因此在电泳涂漆过程中漆温过高，对漆膜质量是很不利的。

但在电泳过程中，离子不断地碰撞漆液的质点，而加强了漆液质点的无规则热运动，离子向一定方向运动的动能变为漆液内质点的无规则热运动的动能，即电能转化为动能 ($Q = 0.24I^2Rt$)。因此在电泳过程中漆温会自动升高，应有合理的降温设备。

4. 电泳电压对漆膜质量的影响

一般说来，电压高，漆膜增厚，电压低，漆膜减薄。但电压太高，易出现表面不平整和桔皮现象，附着力差。

$$\text{原因：根据电场强度 } \Sigma = \frac{V(\text{施加电压})}{l(\text{极间距离})}$$

当极间距离 l 一定时， V 越高，电场强度 Σ 越大。 Σ 越强则离子受力就越大，离子沿电场力方向运动的平均速度越大。因此电流密度越大 $\delta = \gamma \Sigma$ 。(式中： δ 为电流密度， γ 为系数， Σ 为电场强度)，投送力就越好，沉积量越大，漆膜增厚。

5. 电泳时间对漆膜质量的影响

我们现行工艺中电泳时间为 2 分钟。一般说来，电泳时间短，漆膜薄。电泳时间长，漆膜厚，但易出现桔皮，附着力差。

原因：根据法拉第定律：

$$\begin{aligned} q &= \frac{E}{96500} \times It \\ &= \epsilon It \end{aligned}$$

式中: ϵ 为电化当量 $= \frac{E}{96500}$;

E 为物质当量;

I 为电流;

t 为时间;

q 为析出物质重量。

由此可见,析出物质重量 q 与时间 t 成正比。时间越长,涂层越厚。因为有机漆膜的绝缘性很强,随电沉积的进行,漆膜厚度不断增加,极间电阻显著增大,当漆膜厚到一定程度时,绝缘性良好,不导电了,即 $I = 0$, $q = 0$ 。因此应选择适当的电泳时间。

6. 醇量(丁、乙醇)对漆膜质量的影响

一般说来,随醇量的增加,漆膜增加。

当醇量过低时,降低树脂在水中的溶解性,从而降低漆液的稳定性,电泳漆膜薄,容易出现针孔,但是电渗导致脱水性良好。电泳湿漆膜干爽。当醇量较高时,增加了树脂在水中的溶解性,从而增加了漆液的稳定性,电泳漆膜厚而丰满,但是电渗导致脱水性能较差,电泳湿漆膜发粘,当醇量高于一定值后,使漆膜表面状态破坏,电渗导致脱水性能非常不好,电泳湿漆膜特别粘,电泳干漆膜附着力很不好。因此要控制适量的丁醇。

7. 烘干温度及时间对漆膜质量的影响

我们现行工艺烘干温度为 $110 \sim 150^{\circ}\text{C}$ 三小时。烘干温度过高,时间过长,漆膜颜色变暗,物理性能差,但化学性能良好。烘干温度过低,时间过短,漆膜颜色发淡,物理性能好,但化学性能差。

8. 电泳中常出现的毛病及原因

序号	出现问题	症 状	分 析 产 生 原 因
1	桔 皮	漆膜表面呈现许多小的、半圆状, 形如桔皮	电压高, 槽温高, 固体份高, 电泳时间长
2	针 孔	漆膜上形成很多密集的小圆洞, 好像针刺的小孔一样	电压高, PH 值过高, 泳前处理不净, 泳时气体蒸发快
3	漆膜粗糙	漆膜表面含有杂质	槽温过高或过低, 固体份过高, 极间距离过近, 电压过高
4	花 脸	漆膜表面斑斑点点, 好象花脸	PH 值过高, 漆膜被溶解固体份低, 烘干温度不均, 漆的混溶性不好
5	阴 阳 面	工件上下或左右漆膜不一样	与悬挂方向有关, 或因颜料沉淀快所形成
6	再溶反馈	余漆重新溶解	PH 值过高, 切断电源后未立即取出工件, 泳后未立即冲洗, 形成漆膜再溶
7	抽 缩	漆膜表面呈现出斑斑点点露出底层	工件处理不净有油污
8	水 迹	烘干后, 漆膜上呈现水斑痕迹	泳后冲洗水压过大, 漆的粘度过大, 水珠没有吹尽

七、电泳槽的管理及漆液保养

电泳槽的管理及漆液保养是电泳漆工作中一项重要的工作。管理好坏, 不仅影响电泳质量, 也直接影响电泳漆液的稳定性。我们认为有以下几个问题应注意, 现提出供参考。

1. 胺量的平衡

环氧电泳漆, 系一种环氧酯酸性树脂, 用胺中和成盐, 变成一种水溶性阳极沉积涂料, 当连续电泳涂漆作业时, 由于羧酸盐不断解离, 其中酸性树脂构成膜不断被工件带出, 而胺离子在阴极经放电还原为胺。这样, 漆液中游离胺必然不断增加, 即电泳漆 PH 值不可避免地要不断增高。当 PH 值超过 9 以后, 漆膜即出现明显的再溶解和电泳液电解加剧现象。因而直接影响电泳质量。因此, 在实际生产中, 要把这种多余的游离胺除掉, 以控制 PH 值, 经常维持一定范围进行电泳。为了控制漆液 PH 值, 必须采取消除胺的措施, 目前工业中常用的方法有以下两种: