

# A、B 组分清漆在现场按比例精确预混的新模式应用

张金星<sup>1</sup>, 占梦<sup>2</sup>, 樊锐<sup>1</sup>, 李鸣<sup>1</sup>

(1.东风本田汽车有限公司,武汉 430056; 2.湖北中澳复合制品有限公司,湖北 洪湖 433207)

**摘要:** 为降低 VOC,现场将丙烯酸清漆升级为酸环氧清漆,但弱化了黏度随存储时间的稳定性,为此将酸环氧清漆拆分为 A、B 液形式。现场通过改造预混系统,实现 A、B 液 16:15 的精确配比及其混合均匀,并进一步论述这种预混新模式的运行逻辑、参数配置方法、防错设计与日常维护管理,最后指出其具有广泛的适用性。

**关键词:** 酸环氧清漆; 预混系统; 参数配置; 防错设计

中图分类号:TQ639 文献标志码:B 文章编号:1007-9548(2024)07-0057-04

## A New Model Applied for Pre-mix of A/B Component Clear Coating at Precise Ratio on Site

ZHANG Jin-xing<sup>1</sup>, ZHAN Meng<sup>2</sup>, FAN Rui<sup>1</sup>, LI Ming<sup>1</sup>

(1.Dongfeng Honda Automobile Co., Ltd., Wuhan 430056, China;

2.Hubei Zhong'ao Composite Products Co., Ltd., Honghu 433207, Hubei, China)

**Abstract:** In order to decrease VOC, acid epoxy clear coating is put into use instead of acrylic clear coating, but the viscosity stability of the former gets worse to some degree, so it is divided into A ingredient and B ingredient as a creative solution. Pre-mix system could not only realize the precise ratio of A ingredient to B ingredient at 16:15, but also mix uniformly. As further noted, the article discusses the logical relationship, parameter, mistake-proofing design, as well as daily maintenance management, and points out that the new pre-mix model has extensive applicability finally.

**Key words:** acid epoxy clear coating; pre-mix system; parameter; mistake-proofing design

## 0 引言

在汽车厂,涂装的使命是赋予车身防腐、颜色与饱满度,而油漆材料发挥了重大作用。3C2B 是现阶段主流的喷涂工艺,对应分为 BC1、色漆和清漆,其中 BC1 和色漆一般为单组分形式,而清漆材料有单组分(1K)和双组分(2K)形式之分,前者在早期汽车厂大量使用,后者更多被新兴工厂所青睐。

现场原本使用传统丙烯酸清漆,是一种典型的单组分材料。但近年来武汉市推行重污染天气应急预案,在重污染天气启动期间要求企业按评级进行限产或停产。传统丙烯酸清漆 VOC 为 530~550 g/L,等级为 C

级,为降低影响将丙烯酸清漆升级为 VOC 更低( $\leq 480$  g/L)的酸环氧清漆,从而可参评 B 级。

酸环氧清漆也属于单组分清漆,但其所包含的羧基改性丙烯酸和环氧基改性丙烯酸具有较高活性,在常温下即可发生缓慢的交联反应,宏观表现为黏度随存储时间而升高。排产量大的清漆材料,可以在大幅增黏前消耗完毕,但对于小份额涂料厂家,控制增黏成为一个必须要考虑的问题。

## 1 预混新模式

为应对酸环氧清漆自增黏特性,考虑借鉴双组分清漆模式,将羧基改性丙烯酸和环氧基改性丙烯酸分别包装到 A 液和 B 液,隔离相互反应的基团。然后,将溶剂、助剂等均衡分配到 A 液和 B 液,匹配比例设计为 16:15。拆分 A、B 液可以有效保证黏度稳定性,但会次生操作上的变化,而如何确保两种组分精确配比

收稿日期:2023-04-21

作者简介:张金星(1986—),男,硕士,工程师,主要从事涂装车间工艺、材料管理工作。E-mail:jinxingzhang1986@126.com。

是关键与难点。

使用双组分清漆的汽车厂，通常在机器人端进行预混。两种组分从两个独立管路吸料，通过计量泵精确计量后汇集到机器人枪头，流经不规则螺杆状结构混合均匀，最后被旋杯高速雾化喷涂。这种控制方式为实时配比，精度高，但老工厂机器人无相关结构，因此也不具备对应功能。倘若参照上述方案，改造变动大、周期长且成本高，因此尝试使用一种预混新模式<sup>[1]</sup>。

在调漆间新增 2 套吸料模组、2 个机械式计量泵、1 个预混合罐、1 套清漆转移管路，配合搅拌器、过滤器、液位计、电磁阀及控制系统，构建出 1 个预混系统，具体见图 1。第一步，A 液和 B 液通过气动泵吸料至预混合罐，并通过流量计计量，达到预设定的吸料量则反馈信号给搅拌器，搅拌器开始计时，15 min 后绿灯亮起，表示清漆预混完成满足 Ready 状态。第二步，循环罐清漆液位随着喷涂不断消耗下降，触发低液位后检测预混是否 Ready，如尚未完成继续消耗，但会发出蜂鸣警报提示相关人员进行确认。如检测预混已 Ready，电磁阀控制气动泵启动，将清漆从预混合罐转移至循环罐。第三步，当预混合罐液位下降至低液位，先触发信号停止清漆继续转移，再传递信号给 A、B 液吸料模组，开始新一轮的配比，从而完成整个循环过程。

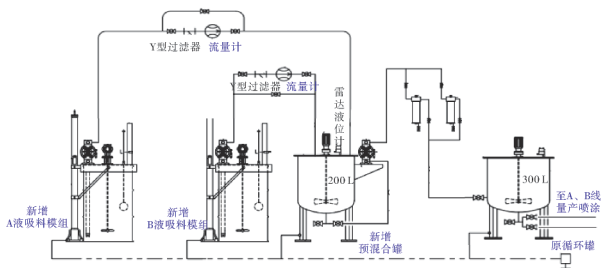


图 1 预混系统示意

预混系统的目的是实现 A、B 液配比及其混合均匀，因此预混 Ready 具有最高优先级。循环罐低液位是清漆开始转移的触发信号，但其优先级低于预混 Ready，两者相悖时报警并等待预混完成。当循环罐液位低于触发液位，清漆转移信号会一直处于触发状态，待预混 Ready 后立即转移清漆。清漆转移终止信号取自预混合罐低液位，而非循环罐高液位，这样 A、B 液吸料模组的触发信号是固定的，而且预混合罐液位上升与下降一直处于平衡状态，具体运行逻辑见图 2。

## 2 预混系统参数配置

### 2.1 A、B 液单次吸料量

预混系统不关注 A、B 液实时配比，而是将每一次的吸料量视为一个整体，类似弹夹式填充机原理，控制

总量为 16:15。这种工作模式，要求每一次吸料总量的消耗时间大于预混时间与清漆转移时间之和，即预混 Ready 时循环罐尚未降低至低液位，留有余量等待备用，具体关系见式(1)~(5)：

$$T_{消耗} > T_{预混} + T_{转移}, \quad (1)$$

$$T_{消耗} = Q_{单次吸料总量} / V_{单耗} \times 60 / C_{产能}, \quad (2)$$

$$T_{预混} = T_{A,B液吸料} + T_{搅拌}, \quad (3)$$

$$T_{A,B液吸料} = (Q_{单次吸料总量} \times 16/31) / V_{A,B液吸料}, \quad (4)$$

$$T_{转移} = Q_{单次吸料总量} / V_{清漆转移}。 \quad (5)$$

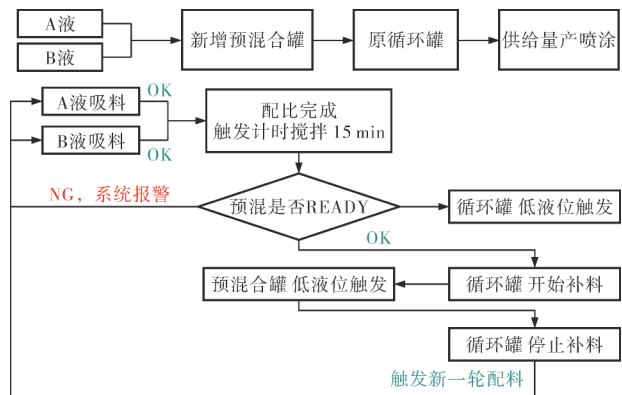


图 2 预混系统运行的逻辑关系

A、B 液同时吸料，流量实测约 3 kg/min。清漆从预混合罐转移至循环罐的速度不受流量计制约，流量明显高一些，约 15 kg/min。至于搅拌时间，涂料厂家推荐为 15 min，单次吸料量越大越有利于分摊搅拌时间。喷漆室设计产能为 80 JPH，清漆单耗约为 1.2 kg。为此，计算最小单次吸料总量  $Q_{min}$ ：

$$T_{消耗} = Q_{min} / 1.2 \times 60 / 80 = 0.625 Q_{min}, \quad (6)$$

$$T_{A,B液吸料} = Q_{min} \times 16/31/3 = 0.172 Q_{min}, \quad (7)$$

$$T_{搅拌} = 15 \text{ min}, \quad (8)$$

$$T_{转移} = Q_{min} / 15 = 0.067 Q_{min}。 \quad (9)$$

代入式(6)， $0.625 Q_{min} > 0.172 Q_{min} + 15 + 0.067 Q_{min}$ ，计算得到： $Q_{min} > 38.8 \text{ kg}$ 。

进一步核算余量时间，见表 1。

表 1 不同吸料量对应的余量时间

方案	吸料组合	单次吸料总量/kg	余量时间/min
1	1.25×(16+15)	38.8	0
2	1.5×(16+15)	46.5	2.96
3	2.0×(16+15)	62.0	8.95
4	2.5×(16+15)	77.5	14.94
5	3.0×(16+15)	93.0	20.93

当操作人员听到 A、B 液吸空报警后，拖取新桶 A、B 液并更换至吸料模组的时间约 10 min。另一方

面,单次吸料量越大固定时间内搅匀效果越差,综合时间余量和预混效果,选择方案4(A液每次吸料40 kg、B液每次吸料37.5 kg)最为合适。正常情况下,预混Ready后约等待15 min转移清漆到循环罐,在A、B液换料的轮次等待时间削减至5 min左右。倘若A、B液空桶后相关人员未及时处理,可能导致循环罐未及时补料,正是余量时间的设计,在后续的轮次中通过自行缩短等待时间修正至正常液位变化幅度。

## 2.2 触发液位设计

循环罐有效容积为300 L,新增预混合罐容积为200 L,单位液位高度约分别为3 L和2 L。清漆密度在1.0 kg/L左右,单次吸料量77.5 kg,理论循环罐上升液位25.8%、预混合罐为38.5%。

考虑A、B液换料不及时或设备故障异常等,触发低液位建议预留1个周期液位,因此将循环罐触发清漆转移的低液位设置为50%,转移完毕后上升至76%。预混合罐触发停止清漆继续转移的低液位设置为40%,A、B液吸料完毕后上升至78%,同样控制在最佳水平。

除了触发用的低液位,设置低低液位可避免预混合罐或循环罐吸空混入空气,一般为10%或15%。而高液位是防止涂料过多溢出罐体,通常设置为90%。值得注意的是,液位参数是预混系统运行的重要参数,建议采用雷达液位计,相较浮球液位计数据更为稳定、精确。搅拌桨叶转动会带动罐体内液位波动,而搅拌器的变频功能让转速随液位高低正关联调节,抑制震荡过大,实际观察波动幅度在0.5%~1.0%,不影响整体运行。

## 3 防错设计

流量计工作状态直接决定预混系统应用效果,优先考虑增加流量计监测装置,但成本过高难以实际执行。后来,经技术人员和设备改造厂家共同商讨,设计出一种简易的防错方案。1)A、B液吸料气动泵启动后,系统实时检测液位计数值变化,首先保证液位计在运转。2)A、B液吸料结束系统读取预混合罐的液位,自动计算中止液位和吸料触发液位的差值,显示到控制面板上。罐体底部类似球面(约占10%),容积变化与液位变化关系呈非线性,但上面部分是标准圆柱体,体积变化与液位变化成呈正比例关系。触发A、B液开始吸料的液位在40%左右,高度在圆柱体部分,每次吸料量固定在77.5 kg,对应液位上升百分比应当是一致的。当系统计算出液位变化,随之进行上、下限比对,低于下限或超出上限后发送警报提示操作人员进行确认。通过液位变化反向验证实际吸料量,确保流量计计量的准确性。

第二,A、B液吸料最佳状态是同时开始,并同时

结束,简略模拟实时16:15配比。实际操作中,通过调整A、B液吸料气动泵吸料速度可以将两种组分吸料趋于同步,并将调整好的吸料速度(给气量旋钮)固化下来,切勿随意变动。当其中一个组分出现异常停止吸料后,另外一个组分也应同时停止,这样即使人为误操作也能基本保证配比比例正常。

第三,因A、B液配比比例为16:15,要求涂料厂家分别包装成160 kg/桶和150 kg/桶。一方面方便操作人员进行同时换料,另一方面也能目视检查A、B液是否同时消耗完毕,定性判断匹配比例是否出现较大偏差。至于A、B液防错加控制,在油漆桶标识上放大了品名,并额外张贴蓝底白字A液标签、红底白字B液标签到桶盖,换料前操作人员用笔圈出品名并签字确认,落实最后一道防错施策。

## 4 日常维护管理

流量计的工作原理是通过齿轮旋转进行计数,长时间磨损后会出现偏差,因此需要定期进行校准。取满桶A、B液进行吸料,运行3次后称剩余质量,计算出实际吸料量。流量计参数的含义是每1 L介质对应的脉冲数,通过总脉冲数换算为通过的涂料量。当质量偏多时,说明流量计参数设置偏高,需要减小脉冲数,调整值按比例关系进行计算,反之亦然。

A液的 $I_{调整值}=40 \times I_{原脉冲数} / Q_{实测质量}$ , B液的 $I_{调整值}=37.5 \times I_{原脉冲数} / Q_{实测质量}$ 。

参数修正前,建议测量2~3次,避免单次异常偏差。现场实际测试验证,结果重复性高,一般偏差在1%以内,当两次之间差异偏大需增加测试频次。涂料厂家通过梯度性能测试,确定酸环氧清漆A、B液极限偏差比例为10%,远大于预混系统工作精度,漆膜性能可以100%保证。

预混系统的运行逻辑较常规系统明显复杂,当人为强制干预后可能会打乱该轮次的运行逻辑,从而导致系统无法正常运行。异常报警后,操作人员进行确认处置,完成后点击一次复位,预混系统会从中断点继续进行运行,直至完成整个循环。长按复位按钮会强制取消在运行程序并重新开始,为规避误操作,设计长按时间 $\geq 10$  s,且每次强制复位都会在系统报警界面进行记录存档。

此外,预混系统依赖液位计读取信号,对于液位计硬件故障难以自行识别,所以需要操作人员定期巡视。这种情况属于所有系统的共性问题,但关注液位计的使用寿命并在日常中强化维护保养,有利于降低硬件故障风险。

## 5 其他

为防止预混系统故障影响生产,提前考虑应对方

案。现场存放两个 16 L 的干净金属空桶,并配备两个铜质量杯,分别取 A、B 液称量后加料到循环罐。清漆为溶剂型材料,属易燃易爆品,所以在手工取料和加料过程中需特别注意防静电,且该操作仅可应急考虑。

清漆往往需要匹配稀释剂使用,对于单组分清漆直接加到油漆桶即可,但区分为 A、B 液后则需将稀释剂按 16:15 比例分别添加,不能全部加入到其中某一个组分中。

最后,这种按比例预混的新模式,成本低,具有广泛的适用性,特别是既存工厂的改造。对于工作介质,也不局限于油漆材料,通过流量计合理选型可以扩展到多种行业领域,具有重要的借鉴意义。

### 6 结语

1) 酸环氧清漆具有自增黏特性,将相互反应的活性基团分别包装到 A 液和 B 液,通过平衡溶剂、助剂等将匹配比例设计为 16:15,从而有效保证黏度稳定性。

2) 预混系统是一种按比例预混的新模式,具有广泛适用性,特别是既存工厂的改造。它不关注 A、B 液

的实时配比,而是将每一次的吸料量视为 1 个整体,控制总量为 16:15。

3) 预混 Ready 具有最高优先级,循环罐低液位触发清漆材料从预混合罐转移至循环罐,而预混合罐低液位触发清漆材料终止转移并执行新一轮的 A、B 液配比,前者液位设置 50%,后者液位设置 40%,且每一次吸料总量为 77.5 kg 较为合适。

4) 当 A、B 液吸料时监控流量计数值变化确保其在运转,吸料结束后系统自动计算预混合罐液位变化,并与允许的上、下限进行对比,进而验证流量计计量的准确性。同时,控制 A、B 液同步吸料,异常时同时停止,也有利于防错控制。

5) 流量计齿轮在长期运行后会有磨损,因此需要定期校准,当实际质量偏大则需调小流量计的脉冲参数,调整值按比例关系进行计算,反之亦然。

### 参考文献:

[1] 杨报军,占早华,高文化.双组分(2K)清漆喷涂机器人升级改造探讨[J].电镀与涂饰,2019(20):1138-1141. ◆

(上接第 28 页)

表 4 商用车涂装规划指标

维度	指标内容	国产 1	国产 2	目标	备注
EHS	非甲烷总烃(VOC)综合排放浓度/(mg·m <sup>-3</sup> )	50	30	25	按北京地标规划
	重污染天气分级管控评级	C	B	B	结合当地历史空气质量、地标、可拓展性
Q	外观防腐/a	≥3	≥3	≥3	IGBT 分布整流
	内腔防腐合格率/%	100	100	100	定量注蜡
	油漆外观(LW/SW/DOI)	商用车型 7/13.3/92	7/12/92	8/13.5/92	Monocoat/1K/2K
				5/10/97.5	大型 SUV 两道清漆
C(投资)	投资精益性/(万元·JPH <sup>-1</sup> )	1 180	1 250	1 151	工艺设备投资
	占地精益性/(m <sup>2</sup> ·JPH <sup>-1</sup> )	1 003	1 050	942	占地面积
C(成本)	单车动能指标/(元·台 <sup>-1</sup> )	395	390	345	同比商用车生产线
	分级精益规划(质量差异化、B 模式等)	无	无	有	
D	HPV/h				同比商用车生产线
	自动化率/%	61	66.5	68	考虑商用车型,适度自动化率
	设备开动率/%	95	95	97	
	孤岛工位数量	1	1	0	
M	智能化等级	2+	2+	3-	

### 4 结语

涂装车间建设项目规划之前要充分调研、对标、交流,经过优化工艺方案,投资、占地面积的精益性显著优于行业水平,且通过性高。在此次新线建设中,充分利用业内成熟的设计及技术,规避老生产线常见的问题。

### 参考文献:

[1] 王锡春,吴涛.涂装车间设计手册[M].3 版.北京:化学工业出版社,2019.  
 [2] 潘雷亮,徐世杰.汽车涂装生产线规划设计[J].设备管理与维修,2019(2):158-159.  
 [3] 仓里.涂装工艺[M].北京:化学工业出版社,2009.  
 [4] 刘登良.涂料工艺[M].2 版.北京:化学工业出版社,2009. ◆