

# 消泡剂的筛选及在水性防腐涂料中的作用

姚兆鹏, 肖菲

(西北永新涂料有限公司, 兰州 730046)

**摘要:** 消泡剂对水性防腐涂料漆膜的致密性、与基材的接触面积关系密切, 消泡能力受水性体系中活性物质的含量、多孔或疏松结构的填料、漆液黏度及漆膜干燥速度的影响很大。本文通过制备水性丙烯酸清漆及水性丙烯酸防腐漆, 采用不同方式筛选消泡剂, 探究水性消泡剂在有无填料的情况下消泡能力的变化, 重点研究水性消泡剂在水性防腐涂料中的抑泡、破泡与消泡作用, 并通过试验简要阐述了消泡剂在制漆、施工应用、防腐防护等全过程中发挥的作用。

**关键词:** 消泡剂; 抑泡; 破泡; 防腐涂料

中图分类号: TQ630.4+9

文献标志码: A

文章编号: 1007-9548(2025)10-0017-04

## Screening of Defoamer and Its Role in Water-based Anti-corrosive Coatings

YAO Zhao-peng, XIAO Fei

(Northwest Yongxin Coating Co., Ltd., Lanzhou 730046, China)

**Abstract:** The defoamers have a great influence on the compactness of water-based anti-corrosive coatings film and the contact area with the substrate. The defoaming ability is greatly influenced by the content of active substances in water-based system, porous or loose fillers, viscosity of paint solution and drying speed of paint film. In this paper, by preparing water-based acrylic varnish and water-based acrylic anti-corrosive paint, and screening defoamers in different ways, it is explored whether the defoaming ability of water-based defoamers has changed with or without fillers, focusing on the foam suppression, foam breaking and defoaming effects of water-based defoamers in water-based anti-corrosive coatings, and briefly expounding the role of defoamers in the whole process of paint preparation, construction application and anti-corrosion protection through experiments.

**Key words:** defoamer; bubble suppression; bubble breaking; anti-corrosive coating

### 0 引言

水性防腐涂料涂层的防腐离不开对腐蚀理论的研究, 假如涂层是完美的, 那么腐蚀是很难进行的, 但是实际上涂覆在基材上的涂层并不是完美的。由于颜填料及活性物质的存在, 水性漆很容易在机械振动或喷涂过程中带入很多空气, 这些空气并不能全部随着漆膜干燥过程从湿膜中逃逸出来, 它可能造成漆膜存在小孔、破损、气泡、暗泡等漆膜问题。颜填料为了能够在水性涂料体系中长期稳定悬浮, 不发生沉降、沉淀, 多

数都进行了一些改性, 通过多孔结构改性、降低体积比重等方式来增大其比表面积, 然后通过润湿分散使颜填料在水性体系中稳定存在, 这些疏松及多孔的结构特征实际上也会产生许多气穴, 以上的这些问题都会导致水性防腐涂料的实际防腐能力减弱。我们将涂膜与基材接触的面称为内界面, 与空气接触的面称为外界面。腐蚀源包括二氧化硫、水、氯化钠、紫外线等, 统称为腐蚀因子。腐蚀因子从外界面到达金属基材, 必须穿过涂层内部, 因此涂层越致密、涂膜厚度越高, 抗腐蚀能力越强。水性消泡剂的消泡原理主要基于表面活性剂的相互作用和界面张力的改变。其作用机理可分为以下几个方面: 首先, 消泡剂通过降低液膜表面张力发挥作用。消泡剂分子通常具有较低的表面张力, 能够

收稿日期: 2025-03-17

作者简介: 姚兆鹏(1989—), 男, 本科, 工程师, 主要从事涂料开发及应用工作。E-mail: 791479600@qq.com。

迅速铺展在泡沫液膜表面,破坏液膜的力学平衡。当消泡剂分子进入泡沫液膜后,会在局部形成表面张力梯度,导致液膜局部变薄直至破裂。其次,消泡剂通过破坏泡沫的稳定性实现消泡。水性体系中泡沫的稳定主要依靠表面活性剂形成的双电层和空间位阻效应。消泡剂分子能够与体系中的稳泡物质发生作用,干扰其排列结构,减弱液膜的弹性与强度,从而加速泡沫的破裂过程。此外,消泡剂还通过促进液膜排液来消除泡沫。消泡剂能增加液膜的排液速率,使液膜快速变薄至临界厚度(通常为 5~10 nm),当液膜厚度低于此临界值时,泡沫便会自发破裂。

利用清漆透明便于观察漆膜内部的特点,使用不同厂家的有机硅类消泡剂、非硅类消泡剂、矿物油类消泡剂分别制备水性丙烯酸清漆。称取相同质量的丙烯酸清漆,在分散机转速 800 r/min 下搅拌 10 min,然后静置 5 min,通过测量丙烯酸清漆的比重、淋涂 PE 膜查看气泡情况(包括暗泡),初步筛选出 8 款消泡剂,再进一步根据 PE 聚酯膜上漆膜的光泽、外观等具体情况,选择漆膜外观较好的几组消泡剂分别制备水性丙烯酸防锈漆,通过观察样板的漆膜空隙情况、耐去离子水、耐中性盐雾来测试不同消泡剂在漆膜屏蔽性中发挥的作用。

## 1 试验部分

### 1.1 原材料

水性丙烯酸清漆:巴德富丙烯酸乳液、乙二醇单丁醚、醇酯十二、水性消泡剂、流平剂、水性增稠剂。

水性丙烯酸防腐漆:巴德富丙烯酸乳液、乙二醇单丁醚、醇酯十二、水性消泡剂、颜填料、防锈料、流平剂、防沉剂、水性增稠剂。

### 1.2 试验设备

高速分散机、刮板细度计、光泽仪、漆膜测厚仪、2 型空气喷枪及喷涂配套设备、耐中性盐雾机等。

### 1.3 水性丙烯酸清漆及试板的制备

采用巴德富丙烯酸乳液、乙二醇单丁醚、醇酯十二、各厂家的水性消泡剂、流平剂、水性增稠剂调整漆液黏度至(70±2) KU 范围内,分别制备水性丙烯酸清漆 8 组,其配方见表 1。

制漆工艺:1)将水性丙烯酸乳液按量过滤至漆罐中,在 300~500 r/min 搅拌下依次按配方量加入乙二醇单丁醚、醇酯十二、水性消泡剂、流平剂,并在 300~500 r/min 的转速下搅拌 15 min。2)加入水性增稠剂后提速至 500~800 r/min,搅拌 15 min 左右,调节漆液黏度在(70±2) KU(23 ℃)范围内。

PE 膜制备及倾斜角:将测试比重后的漆液均匀倾倒在倾斜 45°的 PE 膜上,待多余的漆液流淌后将 PE

膜以 75°角倾立于试验台上,静置使其成膜干燥。

表 1 水性丙烯酸清漆配方

原料名称	规格	质量分数/%
水性丙烯酸乳液	巴德富	94.4
乙二醇单丁醚	工业合格	3
醇酯十二	润泰化工	2
水性消泡剂	毕克、深竹、泰格等	0.2
流平剂	毕克	0.2
水性增稠剂	海名斯	0.2
合计		100

### 1.4 水性丙烯酸清漆测试

水性丙烯酸清漆测试数据见表 2。

表 2 水性丙烯酸清漆测试数据

消泡剂型号	清漆密度/(g·cm <sup>-3</sup> )	PE 膜外观	光泽/%
810	0.85	表面无气泡,漆膜发雾	122
018	0.90	表面少量气泡,漆膜光滑	168
093	1.01	表面无气泡,漆膜缩孔	128
6724	0.92	表面少量气泡,漆膜光滑	166
6725	0.91	表面少量气泡,漆膜光滑	174
8590	1.07	表面无气泡,漆膜光滑	164
38101	0.89	表面无气泡,漆膜光滑	163

### 1.5 水性丙烯酸色漆及试板的制备

根据 PE 膜上清漆外观及气泡情况,挑选出 8590、38101、810 消泡剂进行平行对照试验。分别用 3 种消泡剂制备色漆样板,通过查看色漆漆膜孔隙情况,进行耐中性盐雾、耐去离子水浸泡试验,来表征不同消泡剂对色漆中气泡的抑泡、破泡与消泡作用,以及对防腐的影响。

采用巴德富丙烯酸乳液、乙二醇单丁醚、醇酯十二、水性消泡剂、钛白浆、流平剂、防沉剂、水性增稠剂等制备水性丙烯酸防锈漆,其配方见表 3。

制漆工艺:1)准确称量去离子水、190 分散剂,加入研磨罐中,用玻璃棒搅拌均匀。启动搅拌,转速 300 r/min 下缓慢滴入二甲基乙醇胺,调整 pH 在 9~10。2)按顺序加入水性消泡剂、金红石钛白粉、中黄、云母粉、三聚磷酸铝、长石粉、气相二氧化硅后加入研磨珠将搅拌提速至 1 000~1 500 r/min 进行研磨。3)打开循环冷却水,研磨温度在 50 ℃以下,研磨细度在 30 μm 以下后进行过滤。4)将不同消泡剂的 3 份水浆分别称量后,搅拌转速 300 r/min 下按顺序加入水性丙烯酸乳液、成膜助剂、基材润湿剂、闪锈抑制剂,并持续搅拌 15

min.5)加入聚氨酯增稠剂,调整漆液黏度在 70~90 KU (23 ℃)的范围内。

表 3 水性丙烯酸色漆配方

原料名称	规格	质量分数/%
去离子水	自制	36
190 分散剂	毕克	1
二甲基乙醇胺	陶氏	0.5
水性消泡剂	开士达、迪高、泰格	0.2
金红石钛白粉	中核	6
中黄粉	科迪	0.1
云母粉	格瑞	5
三聚磷酸铝	新品	5
长石粉	格瑞	5
气相二氧化硅	康利来	0.5
水性丙烯酸乳液	巴德富	35
成膜助剂	伊士曼	4
基材润湿剂	迪高	0.2
闪锈抑制剂	海明斯	1
聚氨酯增稠剂	毕克	0.5
合计		100

### 1.6 水性丙烯酸色漆试验结果

将 8590、810、38101 消泡剂制备的水性丙烯酸防锈漆分别编为 1#、2#、3#,性能检测结果见表 4。

表 4 水性丙烯酸色漆样板性能检测结果

项目	1#	2#	3#
漆膜外观	漆膜平整光滑	漆膜平整光滑	漆膜平整光滑
表干时间/min	25	25	25
光泽(60°)/%	35	32	38
初期耐水/h	120	48	48
耐水性/d	30	7	7
耐盐雾性/d	10	3	3

注:测试初期耐水、耐水所用的水均为去离子水;耐盐雾试验采用连续中性盐雾试验机进行测试,每隔 12 h 对样板进行检查。

## 2 结果与讨论

### 2.1 漆膜孔隙情况

制备的水性丙烯酸防腐漆,除了消泡剂采用了不同厂家外,消泡剂的加量及其他原料组分完全一致。3 组漆制备的样板表面外观肉眼观察均无异常,漆膜厚度在 (100±5) μm。用 80 目砂纸将 1#、2#、3# 样板打磨至漆膜膜厚在 50~60 μm,用去离子水冲洗干净后,1# 漆膜致密无空隙,2#、3# 漆膜存在大量孔隙,用相机放大 4 倍进行拍照,见图 1。

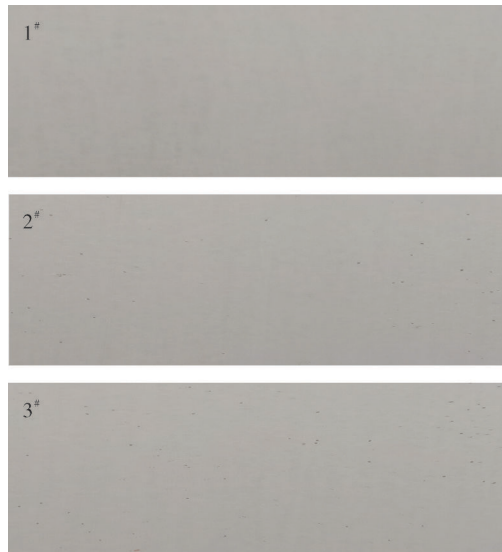


图 1 漆膜的剖面照片

肉眼观察 1#、2#、3# 的漆膜外观均平整光滑,但是对打磨后的漆膜进行观察,2#、3# 漆膜中间存在明显孔隙。当漆膜出现较多的空隙时,说明漆膜在干燥的过程中,气泡并没有完全上升到漆膜表面,部分气泡被封闭在漆膜中间,造成漆膜中空,该点位上漆膜的实际厚度薄,最终影响漆膜实际的屏蔽性。根据表 2 水性丙烯酸清漆测试数据,在清漆 PE 聚酯膜上无气泡的消泡剂有 810、38101 和 8590 三款,但在含颜填料及防锈料的色漆试验中,38101 和 810 消泡剂对气泡从色漆湿膜中迁移到外界面的能力受颜填料的影响较大,导致色漆漆膜中存在较多的气泡未能在漆膜完全闭合前从漆膜中迁移出来,形成密集的气孔。

### 2.2 耐中性盐雾试验

将 1#、2#、3# 样板在恒温室保养 7 d 后,放入中性盐雾试验箱中进行耐盐雾性测试,盐雾箱盐雾沉降量 1.8 mL/(h·80 cm<sup>2</sup>),试验温度 (35±2) ℃,盐水浓度 (50±5) g/L。在腐蚀环境中,氯离子对涂层的穿透能力最强,通过盐雾试验,考验漆膜在高盐、高湿、高温环境下对金属基材的屏蔽性。试验结束后用相机对盐雾样板进行拍照,见图 2。

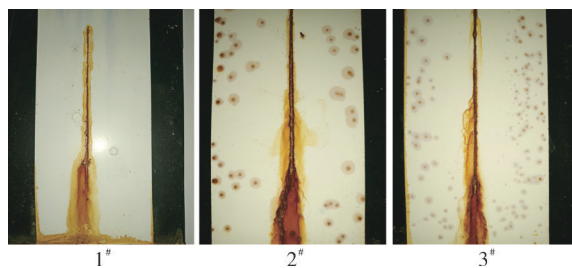


图 2 耐中性盐雾试验后样板照片

从盐雾试验后的盐雾样板起泡、起锈情况可以看出,漆膜屏蔽性越好锈点越少。根据图 1 漆膜剖面照片来看,漆膜内部空隙越多,腐蚀因子通过空隙渗透到基材的时间越短,漆膜对腐蚀因子的屏蔽性越差,对基材的防腐保护能力越差,腐蚀造成的漆膜起泡和锈蚀点越多。

### 2.3 消泡剂的评测方法

市面上水性消泡剂的种类和数量十分庞大,为了减少工作量,多数的配方师在筛选消泡剂时,对消泡剂性能测试往往只通过将消泡剂加入到含有表面活性剂的水溶液中,摇晃后测试泡沫高度和记录最终泡沫消除后的时间,以此来判断消泡剂的消泡能力。除此以外,还有高速搅拌法、循环法、鼓泡法、振动法、抽真空法等多种消泡剂的测试方法,对应的涂装试验采用刷涂、辊涂、淋涂等涂装方式。

这套测评方法往往忽略了在实际的色漆中,消泡剂的消泡能力受颜填料本身吸附空气的多少、多孔结构或者空心结构的功能材料(膨润土、凹凸棒土等及用它们作为载体制备的各类助剂)、稳泡助剂、液体黏度等多个因素的影响,受涂料施工方式(空气喷涂、辊涂、淋涂、浸涂等)带入的机械泡、基材上多孔结构(比如喷砂印坑)以及色漆施工黏度(液体越稀,气泡迁移到外界面的阻力越小)的影响较大,并不能有效地提供一种消泡剂的筛选。

根据表 2 及图 1 可以看出,加入消泡剂的成品漆在高速搅拌状态下会引入大量机械泡,然后对稍作静置的漆测量比重,比重低的漆说明漆液中掺杂的气泡多,比重高的漆则说明漆液中气泡含量较少。通过比重法直接测量成品漆的比重,可以将来自颜填料、稳泡助剂(分散剂、流平剂等)、多孔结构或者空心结构的功能材料、漆液黏度等多种影响消泡剂测评的因素排除在外,筛选消泡剂的结果更为准确。

### 2.4 水性消泡剂在防腐涂料中的作用

一款防腐能力好的涂料不仅是成膜物与防锈料完美搭配的结果,还要靠良好的润湿分散、极佳的基材润湿和致密的涂膜以及足够的漆膜厚度来保证,颜填料及防锈料表面不规则的表面形状及一些多孔结构的防沉助剂如改性膨润土、凹凸棒土等均能在其表面富集气体,在水性涂料干燥过程中,这部分气体如果没有随着水分从漆膜中逃逸出来,那么等到漆膜干,滞留在漆膜中的气态物质既会阻止乳液收缩成膜,也会阻止漆液浸润基材,造成干燥后的漆膜致密性降低及与基材的接触面积减小等问题,腐蚀因子穿透漆膜到达基材的时间更短,防腐能力大大减弱;其次,气体与固体的收缩及膨胀系数差异很大,致密漆膜的耐久性远高

于不致密漆膜的耐久性。

毋庸置疑,消泡剂在涂料中起到阻止泡沫产生(抑泡)、降低表面张力破坏气泡弹性(破泡)、气泡在漆液中合并上升(脱泡)的作用,最终形成致密的涂膜,对整个涂层体系的附着力、屏蔽性有很大帮助。越致密的涂层,抵抗湿热环境下的溶胀能力越明显。对于多孔结构的基材上喷涂水性漆,消泡作用良好的消泡剂还会通过脱泡、破泡作用,促进涂料展布,提高漆膜与基材的接触面积,从而提高涂层对基材的附着力。除此以外,一款好的消泡剂对涂料的光泽、外观(针孔、痱子等)都有一定的改善。

### 3 结语

本文通过制备水性丙烯酸清漆筛选消泡剂并通过对照选中的几款消泡剂制备水性丙烯酸防锈漆,对照检测各项性能,通过试验简要阐述了消泡剂在制漆过程、施工应用、防腐防护等全过程中发挥的作用。同时通过筛选消泡剂的不同方法分析,得出了消泡剂的消泡能力受到稳泡助剂、液体黏度以及配方中的颜填料等多个因素的影响。采用单一的筛选或者评测手段来评价一款消泡剂的性能并不能得出准确结论,必须用多种评测方法且采用多种液体介质进行参照评价,才能筛选出适合对应配方的消泡剂。

### 参考文献:

- [1] 董天宁,姚改宁,杜愈拓,等.不同消泡剂对水性双组分丙烯酸涂料的影响[J].现代涂料与涂装,2025,28(5):13-16.
- [2] 谷金,李兰,谷亚新,等.水性丙烯酸快干防腐涂料的制备[J].现代涂料与涂装,2025,28(3):14-17.
- [3] 许文彬,徐祥麟,牛丽涛,等.丙烯酸乳液及其工业涂料的研究和应用进展[J].现代涂料与涂装,2025,28(3):45-47. ◆

欢迎免费阅读  
《现代涂料与涂装》电子版



电话:0931-8496343

邮箱:a8496343@foxmail.com

QQ:1056418548