

概述

日常生活中，我们每天都要和泡沫物质打交道。临睡前和清晨所使用的肥皂和牙膏都会产生大量的泡沫；居家生活中，我们所使用的汽车座垫、沙发座垫以及餐厅中所使用的餐盒均为泡沫物质。

上述情形中，需要将泡沫控制在我们所需要的理想状态。然而，对于涂料生产和应用来说，气泡却是我们需要解决的主要问题，尤其是在刷涂或滚涂施工时。

消泡剂类的添加剂的作用是避免涂料在生产或应用时气泡的产生。

气泡

通常情况下，气泡可以被理解为气体（通常是空气）分散在液体中。它可能产生于如涂料的分散、混合、包装和施工过程中；它也可能产生于液体涂料在润湿类似于木材类的多孔底材时。作为涂料配方设计者，无论是生产、应用，还是对多孔底材的润湿产生的气泡，我们都必须解决。

并非所有的气泡都是完全一样的。有一些是不稳定的，如香槟酒中的气泡。有一些是顽固的，如剃须膏中的气泡。这些决定于气泡所存在载体的粘度以及所含表面活性剂的特点。

稳泡和消泡

气泡总是产生剪切力作用于液体的过程中。问题是已经产生的气泡的生命周期到底有多长。事实上，有很多的物理或化学因素影响着气泡的稳定性能。

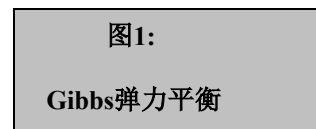
有关消泡剂的理论解释

气泡的稳定性能依赖于气泡层膜的弹性。因而气泡层膜的弹性越高，气泡就越稳定。为了能够更容易理解这一因素的重要性，让我们看看下面的Gibbs弹力参数：

表1:Gibbs平衡：

$$E = 2A \frac{d\gamma}{dA}$$

E = 弹力参数
 A = 气泡的表面积
 γ = 液体的表面张力



根据Gibbs平衡，液体的表面张力必须随着层膜的面积的改变，使得 $d\gamma / dA$ 永远大于0,从而使气泡获得足够的弹性，单一气泡在泡沫收缩或膨胀的过程中如果不能改变其表面张力而表现出刚性特点，都会导致气泡的破裂。

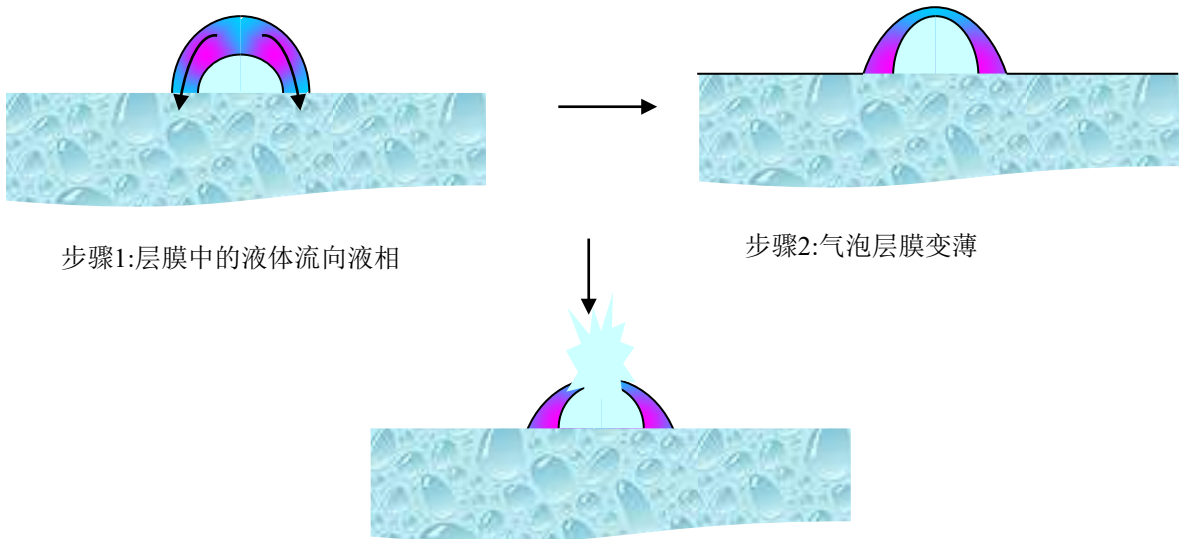
纯净的液体在没有第二中液体添加以前或从液态转变成气态以前，其表面的表面张力几乎相同。由Gibbs弹力平衡推出：纯净的液体不能稳定气泡。

然而，在我们的大多数涂料配方中，几乎没有由单一分子结构或相同分子量组成的纯净液体，因此，我们不得不面对与此相关的问题。

影响气泡不稳定的因素

重力

气泡生成后，由于重力的影响，气泡层膜中的液体将向液相流动。当其膜厚达到临界厚度即 100\AA 时，简单的分子运动将导致气泡的破裂。这一过程发生得非常迅速。图2进行了详尽的说明：



步骤1:层膜中的液体流向液相

步骤2:气泡层膜变薄

步骤3:如果没有其它相对立的力量或静电作用阻止此过程的发生，此过程将持续进行直至分子运动力足以使气泡层膜破裂。

上述解释也与前面所提及的Gibbs平衡相佐：单独存在的纯净的液体不能稳定气泡。

Stabilize Foam Factors 稳定气泡的因素

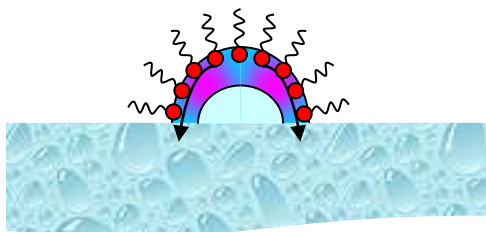
Marangon效应

通过上面的解释，我们已经知道了如何使气泡破裂。添加额外的物质便可让气泡膜的弹力增加，从而使气泡稳定。大多数情况下，表面活性剂能够降低表面张力同时与体系拥有良好的相容性。

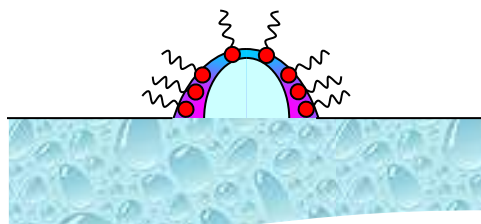
Marangon效应将解释不同表面张力的表面活性剂在液体从气泡层膜流向液态的过程中的稳定气泡的作用。

通过外界剪切力而产生的气泡将立刻受到重力的作用而流向液态。然而，由于表面活性剂的加入，该流动过程也将使表面活性剂从气泡的顶部流向液相，从而导致气泡层膜顶端的膜厚变得稀薄。同时，这也会导致层膜顶部的表面张力变得比其它部位更高。

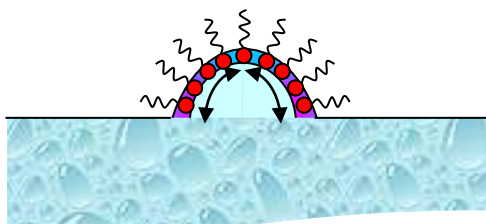
我们知道，低表面张力部位的液体会向高表面张力部位转换而产生一种对抗力，从而产生液相部位的液体向气泡层膜流动的回流。如果这两种力量在气泡层膜厚度达到临界厚度以前达到平衡，气泡或泡沫将被稳定。此过程如图3所示：



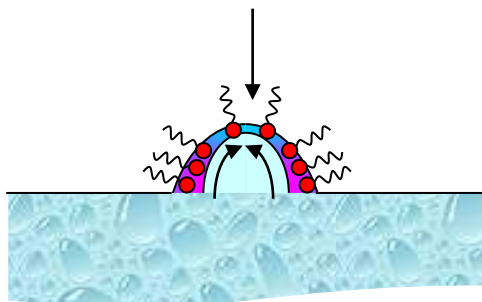
步骤1：层膜中液体由于受重力的影响流向液相



步骤2：流动导致层膜顶部的膜厚比其它部位稀薄，同时使顶部的表面活性剂较少



向下流动和回流将达到平衡。如果此平衡足以在达到层膜临界膜厚前发生，气泡将稳定。

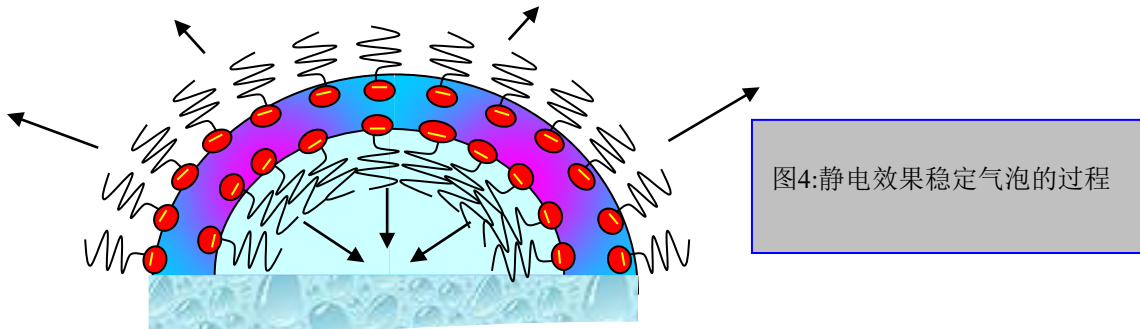


表面张力差异产生，因为顶部的表面张力较其它部位更高。低表面张力向高表面张力部位的转移导致对抗力的产生，液体将回流至顶部。

2) Static Effect 静电效果

大多数表面活性剂都带有极性、电荷及烷基端。在气泡的液体层膜中，表面活性剂将会如图4所示一样产生定向。因此，当液体流动开始时，表面活性剂的极性部位或电荷端将会相互靠拢。

此时，相同的极性或者电荷端将互相排斥。处于气泡层膜外壁的表面活性剂的极性端将向气泡的中心取向，而处于层膜内壁的表面活性剂的极性端的取向正好相反，这样可以达到一种静电平衡状态从而阻止层膜中的液体进一步向液体的流动。如果处于平衡状态的气泡层膜的厚度大于临界膜厚，气泡将稳定存在。



消泡剂的条件

AFCONA的所有消泡剂都遵从两种条件，从而保证它们能够达到如最初设时的效果。为了达到这种效果，消泡剂必须满足以下两个条件：

这两个基本条件如下所述：

1) 消泡剂必须拥有与体系在长期储存以后的极限的相容性

-消泡剂极限的相容性保证其能够被气泡层膜浸润，从而破坏Marangoni 效应和静电效应。此浸润过程将排斥气泡层膜并加速流动过程，从而导致气泡破裂。详尽的解释如图5所示。

2) 消泡剂拥有第于体系的表面张力

-为了使消泡进入到每一个气泡，她必须能渗透并均匀地分布到气泡的层膜中。低的表面张力可以保证此过程的发生。可以用如下的平衡加以解释

渗透系数 $E > 0$ 时，消泡剂将进入气泡层膜。

$$E = \gamma_l - \gamma_d - \gamma_{dl} > 0$$

γ_d = 消泡剂的表面张力

γ_l = 液体的表面张力

γ_{dl} = 消泡剂与体系的表面张力

扩散系数 $A > 0$ 时，消泡剂将均匀地分散在气泡中。

$$S = \gamma_l - \gamma_d - \gamma_{dl} > 0$$

整个过程可以用图5进行说明

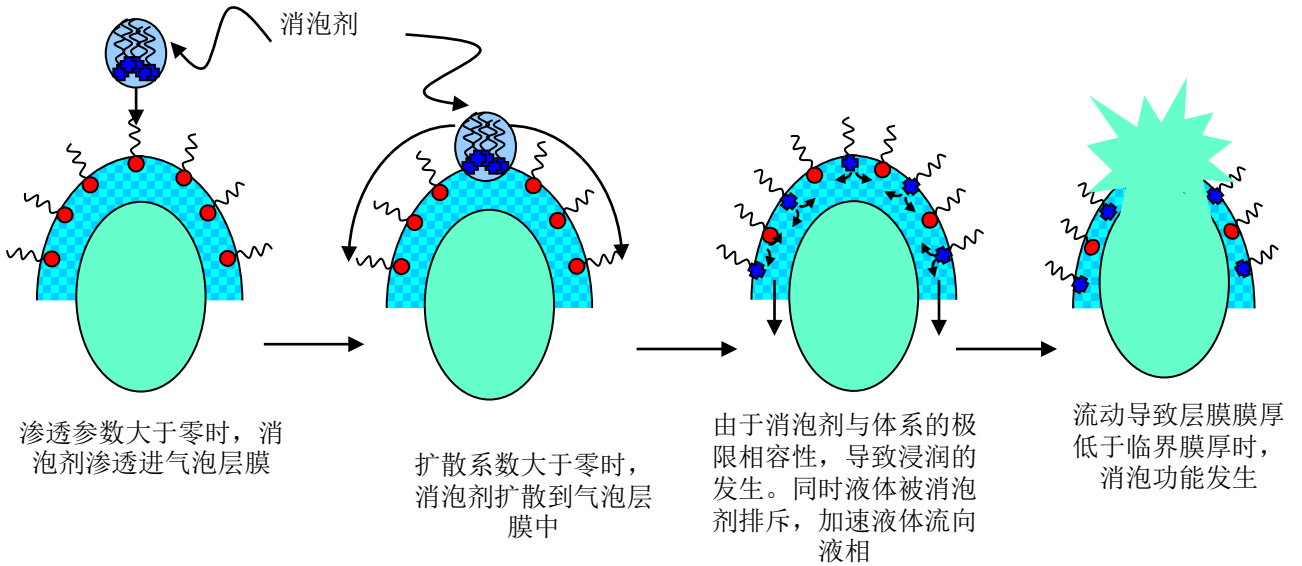
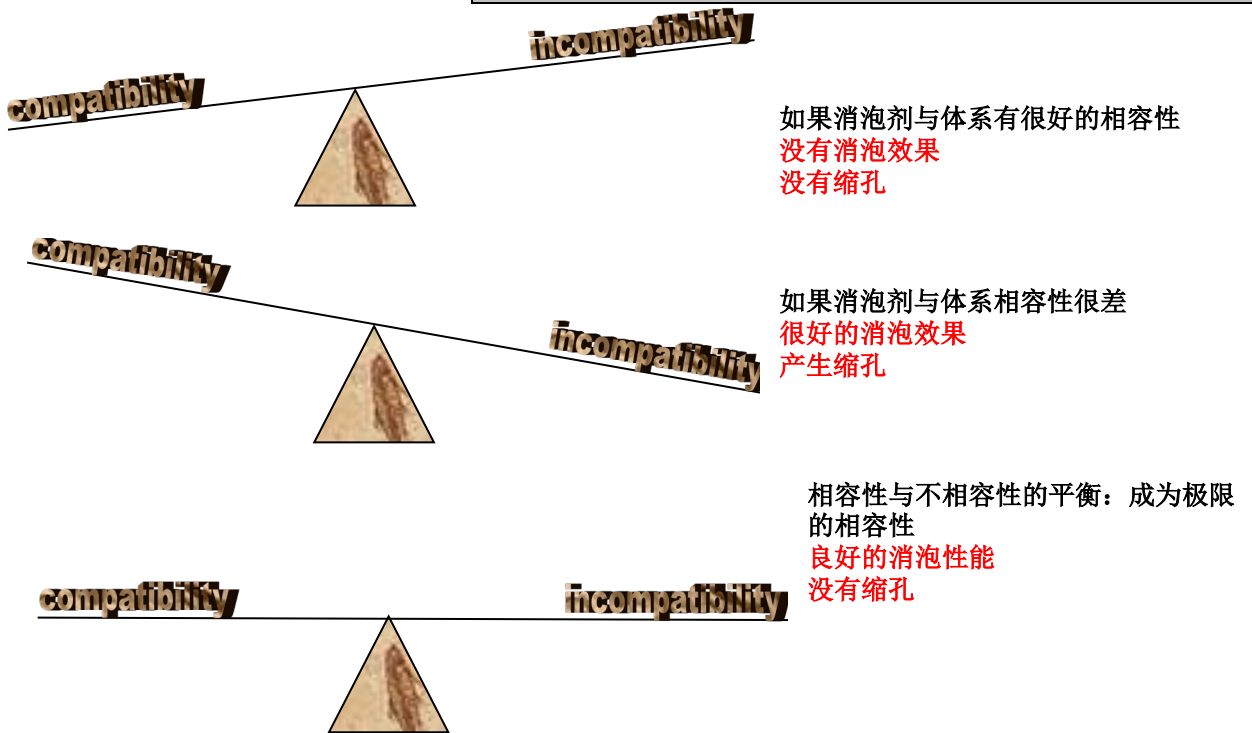


图5
AFCONA消泡剂的破泡机理

消泡剂的平衡

图6:相容性对消泡剂的影响



如上所述，消泡剂的要素之一必须是拥有极限的相容性，亦即消泡剂与体系的相容性或不相容性决定了消泡剂的最后效果。然而，正如我们所知，不相容的物质会导致缩孔。如图6所示，我们在使用消泡剂时必须考虑此平衡。

事实上，拥有很好相容性的消泡剂根本不会拥有任何消泡功能，也不会产生缩孔。当然，它也不能完成解决气泡问题的目标。

跟体系拥有很好相容性的消泡剂相比较，与体系相容性不好的消泡剂能够完成消泡的任务，但很容易导致缩孔的产生。这也不是配方设计者所期望的。因此，有时需要强剪切力来改善消泡剂的分布，从而保证其能够更好地分散于系统，避免缩孔的产生。

总而言之，与体系相容性良好的消泡剂的消泡能力比相容性较差的消泡剂的消泡能力更弱。

消泡剂

在当今市面上，消泡剂主要为两种化学结构，高分子的聚甲基硅氧烷和非硅类高分子聚合物。由于聚甲基硅氧烷类结构的消泡剂的表面张力较非硅类消泡剂更低，它容易渗透和扩散。如上所述，更容易加入到系统中。

有一些涂料化学师担心有机硅物质会影响层间附着力。我们认为，在大多数情况下，聚硅氧烷类的消泡剂并非如此。为了能够进一步明白这一解释，我们来看看不同用途聚有机硅的粘度：

流动控制剂	清爽/平坦剂	消泡剂	锤纹剂
5-50 mPaS	100 mPaS	5000-50000mPaS	50000 mPaS

与用作流平和增滑性能的流平剂相比较，消泡剂为高分子聚合物，它不会迁移到涂层的表面而影响再一次涂装。

非有机硅类聚合物消泡剂不象聚有机消泡剂那样降低表面张力，但它们的优势在于其极限相容性较聚有机硅类消泡剂更强，所以它们的消泡能力更好，但不太容易加入。因此，在使用时通常需要高剪切力从而避免缩孔的产生。当然，是否容易加入系统还决定于供应时的浓度。

与消泡剂相关的一些术语解释如下：

1)破泡

消泡剂的消泡力决定了消泡剂能以多快的速度破除已经产生的泡沫。更快的消泡速是大多数涂料化学师所期望的。

2)脱泡

脱泡是指泡沫从涂料的内部向涂料液体表面迁移的过程。只有液体表面的泡沫才能破裂。更快的消脱泡速度也是大多数涂料化学师所期望的。

3)抑泡

抑泡是指消泡剂防止气泡的产生或抑制系统被搅动后气泡的生成。搅动后气泡越少，消泡剂的抑泡能力越强。这也是大多数涂料化学师所期望的。

消泡剂的评价方法

仔细评估一个适合于树脂体系的消泡剂是必要的。消泡剂的正确选择方法是将其加入到树脂体系中并涂装来观测结果。如果其消泡性能优异，再进行进一步的其它性能的测试。其它性能包括涂膜是否有缩孔、是否影响涂膜的光泽以及在线测试等等，以此来保证此消泡剂适合于配方。否则，必须选用另外的消泡剂。

此处推荐一种同时评估两种或以上消泡剂的方法。此方法的目的是评估出一种应用于实际体系中的最佳的破泡及脱泡性能的消泡剂。其结果也较易获得。

设备: Red Devil / TOUCH TC-0188 r红魔鬼/TOUCH TC-0188
高速搅拌机
玻璃瓶 (100ml)
聚酯片
涂布器

对通常的溶剂系统

操作顺序

将适量的（涂料+消泡剂）液体加入玻璃瓶中（不要超过一半，确认每个样品同样水平），在玻璃瓶涂料液体的上部处作好记号。将玻璃瓶放入振荡机振荡，也可以使用高速搅拌机搅拌，需保证对每一个样品的搅拌时间和速度一致。（TOUCH TC-0188更好，因为评价样品时需要相同的时间和剪切力，这样才能判断出破泡及脱泡性能）

结论

观察

i) 消泡力比较

振荡或搅拌停止后，立即在泡沫位置处作好记号。5分钟后再记录泡沫位置，此时泡沫的多少决定于泡沫的消失速度。所有样品中，泡沫越少的为最好的消泡剂。有时，由于树脂体系的粘度较低，振荡或搅拌停止后气泡较少而不便于做出判断，此时，也可以观察表面残留气泡的多少。气泡残留较少的样品的为最好的消泡剂。

ii) 脱泡性能比较

脱泡是气泡从玻璃瓶底部向液体上部迁移的过程。为了能便于判断脱泡能力，需要观察残留在液体底部和上部之间的微泡，残留气泡越少，脱泡能力越强。有时，好的脱泡剂并不是好的消泡剂。

iii) 抑泡性能比较

抑泡是指一种物质拥有的防止气泡的形成。上述测试也可以用于测试抑泡能力，振荡或高速搅拌之后，立即观察液体表面的泡沫数量，其数量越多，抑泡能力越差。一个好的消泡物质通常能够剪切以后气泡的形成。

iv) 负面影响测试

如前期描述的一样，由于与体系的极限相容性的关系，消泡剂通常可能会产生负面影响。如其表面张力的影响，它可能会影响流平性能，诸如导致缩孔问题等等。为了评估其负面影响，通常用涂膜棒以适当膜厚将其涂布在聚酯片上，观察其对流平性能的影响，并注意是否有缩孔的产生。

应用测试

用上述方法选择出的消泡剂还必须通过具体的应用来证实其在最终配方中的表现。