

谈谈液滴间不溶合现象

李 莉

一、什么是不溶合现象

或许你有喝咖啡的习惯,会偶而目睹一些有趣的事情.当咖啡滴入壶中的时候,咖啡液滴落到液面,在与大量咖啡液溶合之前,它可保持1秒钟左右不变.这种同种液体的两部分之间短暂的不溶合现象既不是分离现象也不是一种只能在漏滴型咖啡壶中才可观察到的现象.早在1879年瑞利就描述过类似的现象,1978年J.Walker称这种不溶合现象为科学的奇观.

根据人们的日常经验,当同种液体的两部分接触时,会立即溶合成单一的液体.如果两液滴起初被另一种与之不互溶的液体而非空气隔开,那么保持两个液滴状态的时间将延长,但是最终的结果仍是两个液滴溶合在一些.实际上,增强微液滴的溶合是分阶段进行分离技术的关键.如果不同种液体的两液滴被第三种介质包围着,它们之间是相互吸引还是排斥取决于相关的Hamaker常量,这是一个与内聚力和内聚能有关的常量.同种物质两部分之间总是相互吸引的,不论分开它们的是什么介质.特别是当两个完全相同的液滴在空气中相距很近的时候,它们经过相互吸引最终溶合一体.这种情况,或许与上面提及的在咖啡壶中所观察到的不相吻合.

事实上,液滴的某些性能就像弹性固体一样,我们在下面将看到,在特定情况下同种液体的两个液滴可在空气中被相互挤压,长时间地停留在原位,就好像在压力下两只变形的气球.液体的这种奇特性能直至最近才得到解释,它的技术意义正在探索之中.

二、发生不溶合现象的原因

一种观察持久不溶合现象的方法是将一种低粘滞性硅油的两个液滴加热到不同的温度,加热的方法是将每个液滴附着在温度可变的圆柱棒的一端.硅油由于它的自由表面耐受表面杂质的影响,因而常被用在具有自由表面流动的实验中.

事实上,现今不溶合现象的具体表现是在研究液桥(liquid bridges,即两个固体棒间形成连续的液体细丝)中的热毛细对流时被首次观察到的.热毛细对流现象是由温度变化导致表面张力的变化引起体液的运动.对大多数液体,表面张力随温度的升高而减少.因而,相对于由粘滞性的影响引起的体液的对流来说,表面温度梯度将导致相反方向的表面运动.这种现象也称为热Marangoni对流,J.Thomson(开尔文的哥哥)是第一个正确描述该现象的人.

一个世纪以后,1985年,在航天飞机微重力条件下的实验中,一个液桥意外地断开了,使实验者惊奇的是在试图将形成的两个液滴压在一起重构液桥的时候,只要它们之间的温差超过某个特定的阈值,两液滴竟无法溶合在一起.当时认为这种奇怪的现象是热毛细对流作用,但没有进一步加以说明.过了几年后,才有人去认真研究不溶合现象,因为它又在那不勒斯的MARS(the Microgravity Advanced Research and Support)中心在相似环境下偶然地重新出现.用来演示这一现象的必备实验条件非常简单,以致于以前人们没有解释它,实在是一件不可想象的事,然而事实的确如此.而这次,人们在设备良好的MARS实验室里,对这一现象进行了广泛的研究.

例如,美国一些大学的研究者发现,对于超出起始视在接触点之外液滴的一定形变,存在着固体棒之间确定的最小温差(对低粘滞油是数个K),它导致了液滴间持久不溶合状态.人

们试图找出一些新的排斥力来解释这一现象,然而,解释实际上非常简单,不涉及任何新的物理机制。

考虑图1所示的简图,其中放大了两液滴间视在接触的区域。假设液滴间有一个空隙,下面较冷的液滴在上面较热的液滴的中间产生了一个局部较凉的区域,反之亦然(上面较热的液滴在下面较凉的液滴的中间产生了一个局部较热的区域)。因此,表面温度的梯度上面的液滴由中心向外,下面的液滴是由外指向中心。与此同时,表面张力梯度上面的液滴由外指向中心,下面的液滴由中心向外。由此产生的表面运动不仅增加了液滴内部体液的流动,而且也引起液滴周围大量气体的流动。气体被卷进液滴表面之间的区域,沿着上液滴流进,沿着下液滴流出。这一被驱动的气体薄层能产生足够的压力,以保持两液滴表面分离。

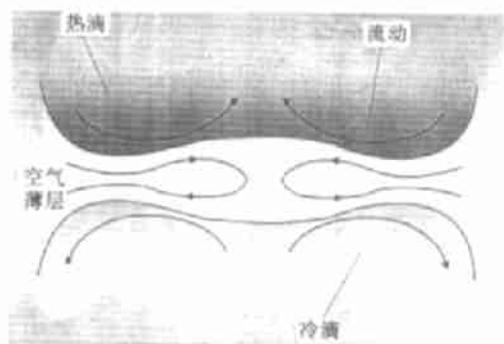


图1 润滑薄膜分离两个不溶液滴的示意图

这样,上述的热毛细作用对流在液滴间提供了润滑气体薄层以维持两液滴的分离。这一薄层能支撑多少负荷,显然是两液滴间温度差的函数。因为温度差直接与表面运动的强度成比例。当温差一定时,将液滴压得越紧,由局部温度梯度陡增的缘故,对流加剧,转而,这又使气体薄层中压力增加来补偿负荷的增加。

我们做一个液体流动演示实验,在硅油中悬浮许多中空的小玻璃珠,并用穿过液体对称面的一束激光来照射玻璃珠。几乎不带电的漂浮的玻璃珠小到足以随意流动,从而可作为示踪粒子。液滴自由表现的形状如图1所示,中心是凹陷的,在这里气体压力场最大。液滴的

周界是和液池表面紧挨在一起的,这种形状已被光的干涉测量所证实。

很容易解释在液滴被压得愈紧时润滑气体薄层内的对流强度及压力均增加。由增大的表面温度梯度所驱动的更强的对流强度造成两个相对液面进一步地贴近和形变,总压力必然会同步增加,因为这一压力平衡了系统增加的外部负荷。如果液滴被压得更紧,下述两种情况之一将会发生:要么使将液滴(通常是冷滴)固定于铜棒的接触界线失效,从而导致液体从平坦表面溢出;要么就是气体薄层不足以支撑负荷,两液滴将溶为一体。在乔治亚理工学院的一个研究两个加热程度不同的液体细丝之间不溶合现象的实验室中,已经观察到第二种结果。当采用运动粘度为5厘池(cSt, $1\text{cSt} = 1\text{mm}^2\text{s}^{-1}$)的硅油时,有序地发生了溶合现象。有趣的是,当用2和10cSt的硅油时,曾观察到固定接触界线失效的现象。

三、进一步的说明

人们设计了不同种类的实验来进一步说明自由表面的相对运动可以抑制溶合现象。让一滴硅油与一个旋转着同种液体(硅油)液池接触,它们有相同的环境温度。实验结果证实,只要让紧邻液池表面的液滴距旋转中心足够远,不溶合现象就发生。由于液池的运动将空气卷入它和液滴间的空间,这很象在一个典型的滑动轴承里的情形。因此温度梯度并非是获得稳定不溶合现象的严格的必要条件。或许,说得更好一点,是要求达到一个速度的阈值而非温度差。

和应用热毛细作用来抑制两液滴间的溶合一样,同样适用于一个热液滴和一个初始静止的冷液池。液池正常的平坦的自由表面在液滴重力作用下形变。依赖外加的温度差,液滴可以几乎完全陷入池中。此时出现了一个小的“卫星”滴,它紧挨液池和被铜棒加热的“母”滴。这种形状是稳定和持久的,在实验室里可保持数小时之久。

液体流动演示实验似乎显示“卫星”滴内部单一方向的循环,即向下沿着“母”滴流动,向外沿“卫星”滴的底部流动并离开“母”滴。这样的

情景说明卫星滴内部的流动是由原来的液滴和溶池之间的气体薄层提供的粘滞应力引起的。依同样的机制，这种强迫对流在悬浮于旋转液池上方的液滴中也会出现。在具有一个母滴和单一卫星滴的结构中，将母滴放回加热的铜棒并让卫星滴独自漂游在母滴或单一加热器正下方的表面上是可能的。这时候，漂游的液滴从上面被辐射加热，这将产生维持不溶合所必须的热毛细作用的表面流动。

由利用气候润滑作用给出不溶合现象的解释，很容易将这种效应用来更改为一个液滴与一个固体表面的相互作用。的确，业已证实一个热硅油滴可以被压在一个较冷的玻璃表面上（它通常被油打湿），大部分不接触玻璃，液滴被压在固体上时会变形，同时也可以被移开固体平面而没有任何粘连。

准确地说，玻璃不是完全干燥的，在它的表面上由于热油滴的蒸发和继之在固体上的凝结，形成一薄油层。然而，干涉测量清楚地表明，只要温度梯度能够维持足够的热毛细作用对流来支撑外加负荷，油滴就和玻璃保持一些距离。这种情形与一滴冷水在温度极高的热锅上跳动是根本不同的。在这种情形中，水滴的上升是由于靠近锅的部分液体沸腾产生了气层的结果。

四、一些技术细节

我们将上述液—液及液—固系统统称为自润滑系统，它们的润滑气体薄层是由自身相对切向运动产生的，而不是靠外源产生的。就此而论，这些系统的润滑方式与典型的润滑理论有很大的不同。

例如，早先提到的典型的滑动轴承问题是与磁头靠近计算机硬盘（磁头在读写时，悬浮在硬盘上方约 1 纳米，硬盘转速每分钟 7500 转）的运动有关。在那种情况下，润滑气体薄层是硬盘和磁头本身的受迫运动所驱动的。在自润滑系统中，不需要机械的强迫运动。滑动轴承与自润滑体系的另一个区别是：液体表面速率在整个润滑区域中是变化的，以适应热环境和应力环境。

如上所说，用润滑所作的解释已被干涉分析所证实，它揭示了不溶合的液滴间及液滴与未被液体浸湿的固体表面之间存在着间隙薄层，这些薄层典型的厚度在微米量级。对于单一薄层，其厚度可以从最薄地方是几分之一微米到薄层的凹陷中心处超过 10 微米。不溶合气体薄层径向大小的极限值有待确定。在地面实验室，形成 1cm 或更大的液滴并将其放在同种液体液池的表面是不困难的。而在微重力下的空间实验室，在不溶合现象研究中已观察到 10cm 大的液滴。

最近在 MARS 中心的实验中，液滴仪被密封在真空室内。在周围压力减小的情况下，当两液滴被固定大小的力压在一起时，可确定能够保持不相溶的最小气压。这个最小气压随挤压的加强而增大，这与人们的直觉相一致。将液滴挤压在一起越厉害，供给防止相溶的高气压薄层所需的气体就越多。当然，在真空中就不存在润滑薄层。

从潜在应用的观点来看，不相溶或不浸润状态的流体动力学的稳定性与它们的持久性同样重要。在某些情况下，观察到的流动是稳定的，即不随时间改变，在另一些情况下，已观察到流动的瞬变现象。例如，当一个大热滴进入较冷的液池时，随着液滴尺寸（或温差）的增大，可观测到气体薄层中的脉动现象。这些脉动可以通过由于自由表面轻微的扰动造成的反射光状态的改变、通过示踪粒子的运动或是通过确定气体薄层厚度的干涉条纹图样随时间变化来观察到。尽管它们仍需仔细分析，但这些脉动使人想起由于液桥中热毛细对流的不稳定所出现的那些情形。气体薄层厚度的局部变化对于溶合是非常重要的，当静态环境是最重要的情况下，不稳定的出现当然是不理想的。

五、潜在的应用前景

自润滑系统本身非常值得研究，透彻地研究这种现象将导致技术上的应用。控制附加参数，如周围气体的压强和温差，使我们能在不同的情况下当溶合要发生时阻止它，甚至可以调节分离两个液体表面的气体薄层的厚度。

计算机管理信息系统的物理安全性和质量控制

官 自 强

当今,计算机管理信息系统(MIS:Management Information System)在我国的应用和普及已达到一定的程度和规模.计算机的网络化和数据库技术的发展,使跨越地域限制的实时处理和资源共享成为可能.尽管在国外主管支持系统(ESS:Executive Support System)、成组决策支持系统(GDSS:Group Decision Support System)、智能支持系统(ISS:Intelligent Support System)都发展很快,但在国内,管理信息系统仍属于主流.下面根据自己开发管理信息系统的实践体会,谈一谈计算机管理信息系统的物理安全性与质量可靠性控制问题.

管理信息系统是对所管理的信息进行系统的处理,并为各级管理人员提供业务信息和决策信息的系统.对一个管理信息系统而言,安全性和质量控制是保证系统正常、可靠地运行的重要因素,也是衡量系统好坏的重要指标.系统的安全性是指保护管理信息系统不受来自系统外部的自然灾害和人为的破坏;防止非法使用者对系统资源和信息的非法使用而采取的安全和保密手段.质量控制主要是指为防止来

自系统内部的设计错误、管理不善、工作人员责任心不强造成的信息失真、处理错误等情况而采取的控制措施.如果不能保证系统的安全性和控制系统的工作质量,那么,这个管理信息系统就谈不上具备可靠性.

一、系统安全性

就系统的安全性而言,影响系统安全性的因素主要有以下几个方面

1. 硬件故障

指计算机硬件系统和外部设备故障、网络通讯设备和线路故障、供电系统故障、电磁干扰等.

2. 人为破坏

指软件的非法改写和窃取、重要信息使用权限的修改、密码或口令的泄露、计算机病毒的人为传入、篡改和破坏数据.

3. 自然灾害

指地震、水灾、台风、雷击等.

4. 偶然事件

指火灾、爆炸、战争等.

为保证系统的安全性,针对上述各不安全因素,应采取下列措施:

1. 物理安全控制

对机房和备份数据存放处应有较好的防震

华北航天工业学院 河北廊坊 065000

一种应用前景是使用不溶合液滴、细丝或其他液体表面作为微重力下非常小负荷的轴承的表面.这样的轴承非常光滑,自动定心且完全无摩擦.显然,人们希望避免轴承液滴内流动变得不稳定,从而避免轴承导致的微振和轴承损坏,或二者皆有.

不相溶系统可用来测量负荷,在MARS中所做的实验证明,一个固定在直径为3mm铜棒加热至比室温下的液池高50K的5cSt硅油液滴可以支撑重于 $100\mu\text{N}$ 的负荷(再重的负荷将使液滴溶合入液池).我们估计热液滴在冷玻

璃板上也可以支撑相似的负荷.显然,温差越小负荷阈值越小.从长远来看,有可能将这一现象用于测量液体表面间的吸引力.

前面曾提及促进溶合对增强分离过程的作用,对比这里所说的液滴小很多的微滴来说,对它们的溶合和抑制溶合的研究,在微滴燃料的燃烧及乳化剂的稳定等领域仍有着深远的意义.

目前人们对这种不相溶系统的了解和应用仅仅是触及皮毛,继续研究它从而得出新的有趣的结果,并开拓它的应用是一项非常有意义的工作.