# 89．什么是液体的表面张力及毛细现象？

液体的表面张力及毛细现象，都是液体的表面层的特性而造成的现象。一般说的液体表面，是指液体与大气（或其他气体）的接触面，由于表面层液体分子间距离大于其内部分子间距离，因此分子力表现为引力，从而产生了表面张力。液体与器壁的接触面，一般称为附着层，其分子间距可能比内部分子间距大，也可能比内部分子间距小，从而产生不同的毛细现象。

液体一般是盛在容器中的，对于暴露在大气（或其他气体）中的表面，有一种自发地收缩的现象，这是表面张力造成的。而液体与容器器壁的接触面，则可能造成液面下凹或上凸的现象，容器的直径越小这种现象越明显，称为毛细现象。

## 一、表面张力

### （1）什么是表面张力？

液体表面，一般指的是液体与气体的分界面（也可以是两种不相溶的液体的分界面）。由于液体的表面层，下方是液体而上方是气体，而气体分子对液体表面层分子的作用力很小，因此表面层的分子间距要比液体内部的分子间距大。由于液体内部的分子间距平均来说是位于平衡位置处的，而液体表面层的分子间距平均来说要大于平衡位置的距离，因此液体表面层的分子间的作用力表现为相互吸引的力。

图 1（a）画的是某液体表面的一部分，随意在上画画一条线，把它分为 A、B两部分，则这两部分间存在着相互吸引的作用力，图 1（b）中的箭头 *F*B对A 表示 B 对 A 的作用力，图 1（c）中的箭头 *F*A对B 表示 A 对 B 的作用力，*F*A对B 及 *F*B对A 就是液体的表面张力。

（a）

（b）

（c）

图 1 液体的表面张力

A

B

A

B

*F*B对A

A

B

*F*A对B

### （2）表面张力系数

定量描述液体表面张力的物理量是表面张力系数 α，在数值上它等于液体表面上两部分的界面长度为单位长度时的相互吸引力，其单位为 N/m。它的大小主要由液体的种类决定（如果界面另一侧是另一种液体，则它与这两种液体都有关系），并且与温度有关。一般来说，越不容易挥发的液体表面张力系数越大。例如，在温度为 18 ℃ 时，液面外是空气的情况下，酒精的表面张力系数为 23×10−3 N/m，水的表面张力系数为 73×10−3 N/m，水银的表面张力系数为 490×10−3 N/m。

### （3）涉及表面张力的受力分析问题

液体的表面张力，指的是液体表面相邻部分间相互吸引的力，而不是液体表面对其他物体的作用力。以浮在水面上的钢针为例，图 2（a）中的小圆圈表示钢针的横截面，由于钢针对水面的压力作用，使得水面发生形变而呈现下凹的现象。图 2（b）是较常见的一种错误说法：认为钢针受到重力以及两个斜向上的表面张力，三个力共同作用，且钢针处于平衡状态，但水的表面张力是水面的不同部分间的相互作用力，不可能作用于钢针。如果分析钢针的受力情况，应如图 2（c）所示，它受到重力 *G* 和液体表面给予的竖直向上的弹力 *F*弹，前者作用于重心处，后者作用于钢针与水面的接触处，二者大小相等、方向相反、作用于一条直线上，是一对平衡力。如图 2（d）所示是把水面的最低点作为研究对象，它受到三个力的作用：钢针对它的压力 *F*压（它与钢针的重力大小相等）以及两侧水面的表面张力，三个力共点且平衡。

*G*

*F*1

*F*2

*F*弹

*G*

*F*压

*F*1

*F*2

钢针

水面

（b）错误的受力分析

图 2 钢针浮于水面上的受力分析

（c）钢针受两个力

（d）水面最低点受力

（a）钢针浮于水面

## 二、毛细现象

把不同的液体滴在不同的固体表面，会看到不同的情况。如图 3 所示，水滴在干净的玻璃板上，水会在玻璃板上扩展开来，水银滴在同样的玻璃板上，水银会收缩呈椭球状或近似的球状，而水银滴在干净的锌板上，则会像水在玻璃板上那样扩展开来。如图 3（a）和图 3（c）所示那样，称为浸润，而如图 3（b）所示那样，称为不浸润。

为了描述浸润的程度，引入接触角 *θ* 这个物理量，如图 3（a）和图3（b）所示那样，在液体和固体的交界处，作液体表面的切面，它与固体平面所夹的角 *θ* 就称为这种液体对该固体的接触角。当液体浸润固体时，*θ* 为锐角，当液体不浸润固体时，*θ* 为钝角。*θ* 角的大小与液体和固体都有关系。

（b）水银不浸润玻璃

图 3 浸润与不浸润

（a）水浸润玻璃

（c）水银浸润锌板

玻璃

水滴

*θ*

玻璃

水银

*θ*

锌板

水银

从微观的角度说，液体与固体的接触处，有一个薄薄的附着层，它的一侧是液体分子，另一侧是固体分子，由于两边不同分子的作用，使得这个附着层内的液体分子的间距可能比液体内部分子间距要大，从而这附着层内分子间的相互作用力是引力，它就与液体表面一样要收缩，这就是不浸润现象。这个附着层内的液体分子的间距也可能比液体内部分子间距要小，从而这附着层内分子间的相互作用力是斥力，它就与液体表面相反，要向外扩展，这就是浸润现象。

把水装在玻璃瓶子中，由于水浸润玻璃，液体沿瓶子壁要上升，从而形成凹形液面，如图 4（a）所示，而把水银装在玻璃瓶子中，由于水银不浸润玻璃，液体沿瓶子壁要下降，从而形成凸形液面，如图 4（b）所示。

（a）凹形液面

图 4 凹形和凸形液面

（b）凸形液面

玻璃

水

玻璃

水银

如图 5 所示，在玻璃瓶中的液体内插入一根细玻璃管，对于浸润玻璃的水，水面会沿细管上升一段高度 *h*，而对于不浸润玻璃的水银，液面会下降一段高度 *h*ʹ，这称为毛细现象。上升或下降的高度，对于凹形液面，要从液面的最低点算，对于凸形液面，要从液面的最高点算。

玻璃

玻璃

*h*

*h*ʹ

水

水银

（a）液面上升

（b）液面下降

图 5 毛细现象

对于截面为圆形的细管，上升或下降的高度 *h* 的计算公式是：*h* = 。式中 *ρ* 是液体的密度，*α* 是液体的表面张力系数，*g* 是重力加速度，*r* 是毛细管的截面半径，而 *θ* 是液体对固体的接触角，它既与液体有关，也与固体有关。*θ* 是锐角时，表示液体浸润固体，cos*θ* 是正值，*h* > 0，液面上升；*θ* 是钝角时，表示液体不浸润固体，cos*θ* 是负值，*h* < 0，液面下降。对于确定的液体和固体，高度 *h* 与毛细管的截面半径 *r* 成反比，因此内径越细的细管，毛细现象越明显，即液面上升或下降的高度 *h* 越大。