

高速喷射黏弹性流体形成美丽侧翼

(北京大学 朱星 编译自 Michael Schirber. *Physics*, 2014, 7: 114)

当一束普通液体喷射向一个平面时，会散布成为圆盘形片，然而巴黎第七大学的Henri Lhuissier等惊奇地发现，当使用黏弹性液体时，会形成方形、三角形等不同形状的片。

黏弹性液体有两种形变方式，一方面由于粘滞性产生内摩擦，行为如蜂蜜，另一方面会如同固体橡胶一样发生弹性的反弹。这种弹性来自于长链分子，如高分子，液体的流动可以使分子像小弹簧一样拉长。唾液、树汁、粘合剂、涂料，甚至火箭推进剂都是黏弹性的。

黏弹性液体的独特性质之一是不易形成液滴，因此在喷注系统或成粉过程中难于加工。当Lhuissier使用一种黏弹性液体聚乙烯醇溶液

时发现一个新现象。当喷射速度超过1 m/s且喷嘴—表面距离小于1 cm时，喷射的薄层形状会从圆片变成三角形、方形或者其他多边形，而液滴仅出现在外角上。他们发现在喷射点处，从流束侧面到表面之间生成了微细结构——“侧翼”，如同火箭的尾翼，侧翼的数目与喷射片的边数相等。仅在更高的喷射速度和更短的喷嘴—表面间距条件下，黏弹性液体能产生更多侧翼。当距离小于1 mm时，最多观察到34个侧翼。

这种现象可以用弹性应力与表面张力的竞争来解释。当液体离开喷嘴时，喷流的外表面运动较内部慢。这种流速差，或称剪切应变，

将高分子材料外表面拉伸，而材料有收回到原长度的趋势。想象将一根聚合物的长线与某种橡胶带连接，它只能沿着射流方向拉伸，然后在撞击点转90°。为了降低弹性张力，橡胶带必定会沿着侧翼走最近的路程。液体中的弹性应力导致侧翼的形成。然而，表面张力阻止新侧翼增加所产生的表面积。因此射流仅产生有限的侧翼。对弹性应力与表面张力间相互作用的数值模拟，可以精确地预测在给定的射流速度和喷嘴距离下能产生的侧翼数目。

