



螺丝接合件摩擦力的反效果

文/ Jozef Dominik

知名的摩擦学专家Peter Jost教授在撰写发表于1966年的伟大论文时，他并不知道螺丝接合件上的摩擦力有两个互相矛盾的意涵。他当时有兴趣的只有摩擦力以及磨耗对能量消耗、费用支出与碳排放的全面性冲击。螺丝接合件的摩擦力是一个非常专门的议题且需要特别注意。若没有摩擦力，就无法产生预加荷载的螺丝接合件。

理论

摩擦力是一种力道以抵抗坚硬表面、流体层、相互滑动材料的相对动力。如图1所示。

值得注意的是图中摩擦力在锁紧或松开螺丝时会有两种相反的状况。这是螺丝接合件的一个具体特征。我们不希望摩擦力在锁紧螺丝时出现，但组装完成之后就 very 需要它来让螺丝不会松脱。根据以下通用公式，摩擦力 F_F 取决于正常力道 F_N 以及摩擦系数 μ ：

$$F_F = \mu \cdot F_N$$

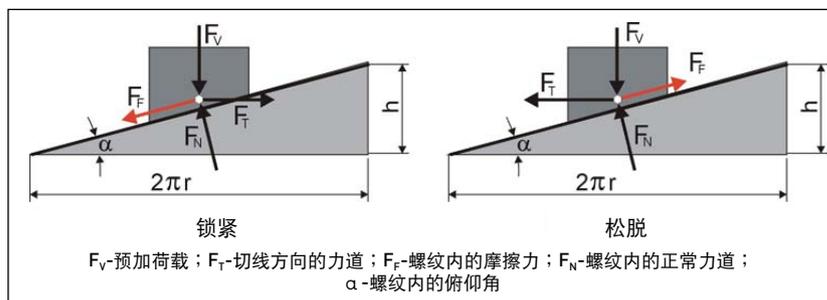


图1

摩擦系数 μ 的大小取决于许多因素。除了正常力道 F_N 之外，最重要的因素是表面粗糙度（如图2），表面粗糙度是被测轮廓线上各点至基准线之距离的算术平均偏差Ra[μm]。此情况会恶化非金属硬杂质的出现、受腐蚀的表面和温度。

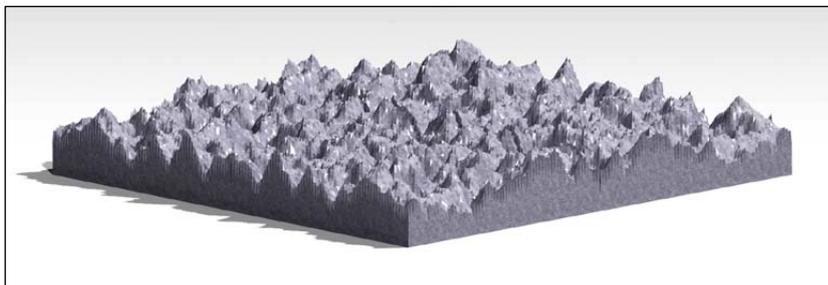


图2

判定一个实体如何与其环境互动时，粗糙度占了很重要的角色。在摩擦学中，粗糙的表面通常会磨损更快，其摩擦系数会比平滑的表面高。

取决于表面处理技术，粗糙面会顺着任一个方向出现，或者会呈现出排列混乱而不明确的突出面（如图2）。在正常的建筑实务中，后者的摩擦系数在所有方向上都是相同的。

在锁固螺丝接合件时，螺纹的摩擦，以及螺丝头下方和螺帽下方的摩擦问题必须予以克服。粗糙度越高，摩擦就越大，会需要消耗更多能量来克服（图3）。

图4也记录了螺丝接合件锁紧时摩擦所带来的影响。650牛顿米的相同扭力会对新的螺栓和螺帽产生180千牛顿的预加荷载，但若是受腐蚀的表面，就只有30%的预加荷载。剩下的会被摩擦力消耗掉转化成热能。

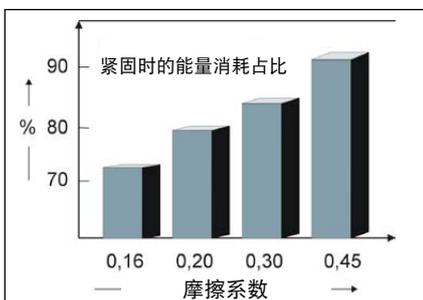


图3

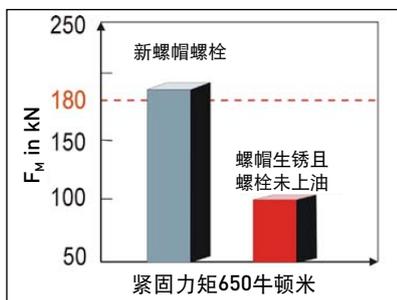


图4

螺丝连接组装后的摩擦力是另一个重点。缺少摩擦力，整体结构会崩解。把螺丝紧密接合支撑住的就是摩擦力。没有摩擦力，相关的建筑节点将会被破坏直至垮掉。请见图5说明。当螺丝被适当地组装和尺寸被正确地设计，螺丝连接通常就不需要额外的安全装置。不过实例上有许多极端动态应力的案例（图6），这些案例靠简单的锁固是不够的，因此螺丝连接必须借由外部安全防护来避免自发性松脱。

当前市场上有许多螺丝连接用的外部锁固方法。基于产业伦理，笔者在此就不逐一介绍并假定有经验的设计者都能够选择出最佳的产品样态。本文我把焦点放在「螺丝连接的应力施加是复杂的程序且无法降伏至横断方向（见图6）」的论述。因此，以下的论述就适用：任何一种栓合应力都是不一样的锁固模式。螺丝连接并没有绝对的特效方式。每一种特别的案例都需要各自的方法。商业上的可得性和价格不应该成为选择最佳方式时的主导角色。

结论：

摩擦力对螺丝连接来说至关重要。它决定了紧固的参数，也负责抵抗因为自发性解体所发生的危险。不过两种功能是相互矛盾的。在紧固过程中，摩擦力是大家不想看到的，但紧固之后，我们却又需要它。不这样的话，螺丝连接将会失去它的功能。除非有任一有效的触变式物质被开发出来，否则这样让人不悦的摩擦力特性就必须继续受到重视。处理触变式漆料和油料的相关研究机构或许应把这部分视为一种挑战。

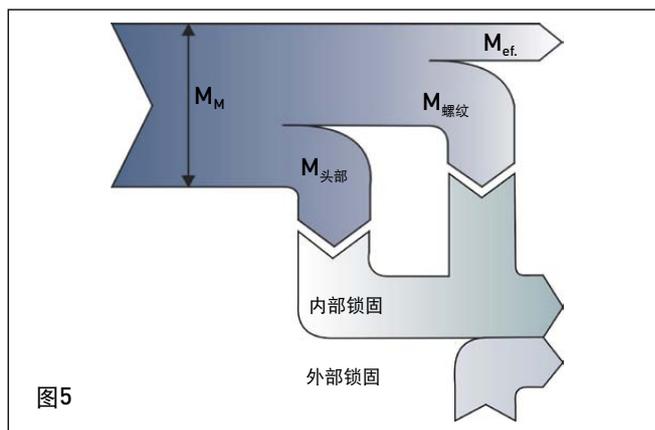


图5

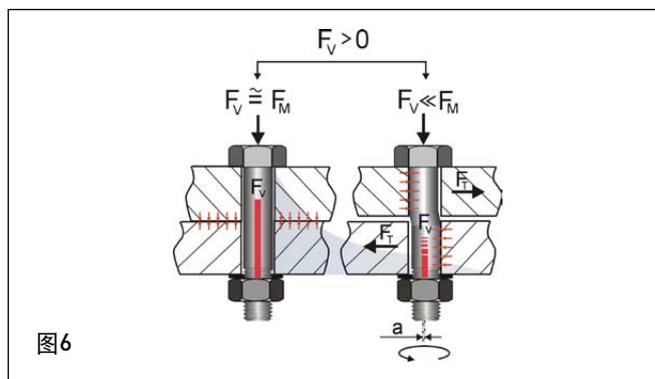


图6