

当涉及到接头设计，工程师或设计师需要作出一大堆的决定。在这里只举几个例子，一些因素是操作以及静态负荷、接头材料、环境条件、和需要预力。根据这些因素，选择扣件的强度和牙径。然而，工程师或设计师很少问自己的一个问题是：**我应该使用什麼类型的螺丝头？**在某些情况下，这个问题对接头的持久存活度可能是一个关键因素。

文/ Dr. Michael P. Oliver

螺丝头样式选择分析

在今天的市场，可找到的螺丝/螺栓头的样式类型相当广泛。在汽车工业最常用的扣件可能是六角突缘螺丝和重型六角突缘螺丝。另外一种头的型式是内六角孔螺丝。在汽车工业，使用这种型式的头不如在其他工业普遍，如果没有正确使用，有时会导致螺纹接头的持久存活度问题。本文将探讨一个内六角孔螺丝不是合适选择的具体案例。

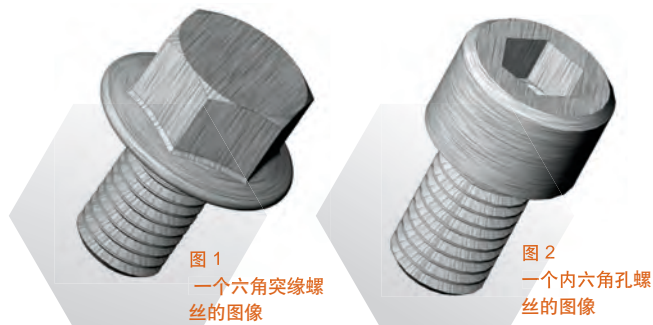


图 3 有限元素分析比较产生的接头图像。它有一个铝承座表面和钢内螺纹。

通过使用有限元素分析 (FEA, finite element analysis) 和一些简单的计算，我针对两种不同的螺丝进行了一次分析：其中一个是六角突缘螺丝，另一个是内六角孔螺丝，分别见图 1 和 2。两个螺丝的性能等级都是 10.9 和 $M10 \times 1.5 \text{ mm}$ 。接头由一个内部螺纹钢盘和一个钻了反孔的铝承座表面构造而成，与每个头的尺寸一致。接头见图 3，每个螺丝头型的接头见图 4 和 5。

我计算了头下面的接触区域（对每个接头，从每一个螺丝头下面的区域减掉通孔的内径。对六角突缘螺丝接头和内六角孔螺丝接头，计算出来的这两个面积分别为 245 平方毫米和 106 平方毫米。因此，在 35 千牛顿的预紧力，对六角突缘螺丝和内六角孔螺丝，螺丝给予接头承座表面相对应的压力分别为 155 百万帕 (MPa) 和 358 百万帕（假设完美的接触和一致的压力）。

现在让我们谈谈承受这两个压力的承座表面。材料如前面指出的，是铝。在锻造和铸造的形式，铝在汽车和航太工业都有用到，锻造铝合金的强度通常高於铸造。汽车工业主要使用铸造（因成本原因），航太主要使用锻造（主要为了强度）。由内六角孔螺丝计算出来的压力是 358 百万帕。这个压力会在铸造铝合金上产生一个相当於 35 千牛顿力的预力。对 10.9 的螺丝，实际上可能更高和创造更多的压力，并开始对锻造铝合金一样产生影响。我曾经看过扭螺丝动作钻进接头造成的损害，钢铁螺丝实际上在铝承座表面制造或打出自己的反孔。

从计算的角度来看，内六角孔螺丝对一些铝合金将是一个问题。

现在让我们从有限元素分析的立场来观察接头。用一套有限元分析套装软体分析图 4 和 5 中的接头。接头被啮合，然後螺丝被预力到 35 千牛顿力的水准。结果以及相关的计算值显示在图 6 和 7。红色代表一个 350 百万帕 的压力，暗蓝色代表最低或零压力。请注意，与六角突缘螺丝相比，我们可以在内六角孔螺丝的承座表面发现大很多的压力。此外，六角突缘螺丝的压力比较集中於孔的内径，不像内六角孔螺丝，会散布出去。由於六角突缘螺丝有一个比较大的接触面，从而比内六角孔螺丝允许压力分摊到一个比较大的面积。

现在，如果我们把这个分析更推进一步，让接头承受一些循环的温度。在我们的例子中，我使用摄氏 150 度。如果我们比较钢与铝的线性热膨胀系数会发现，温度每升高一度，铝的延展幅度是钢的两倍之多。有了这些解释，我们知道，如果钢铁螺丝在一个特定的负荷挤压铝承座表面材料，然後在温度升高效应下，铝上面的负荷会更高，因为它已经没有地方可以延展，这将驱使压力更高，让一个已经让位置的材料创造一个更大的塑性变形区。在

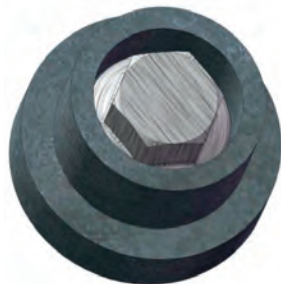


图 4 在有限元素分析接头的六角突缘螺丝图像

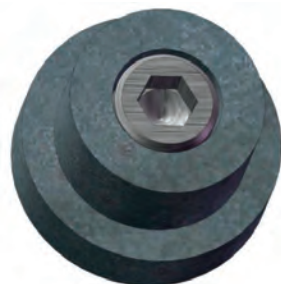


图 5 在有限元素分析接头的内六角孔螺丝图像

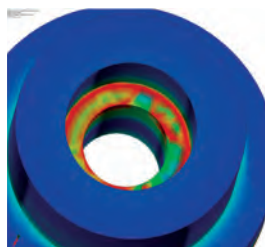


图 6 38千牛顿力的预力施用到内六角孔螺丝的有限元素分析结果的图像。红色代表 350 百万帕压力，深蓝色代表零压力。

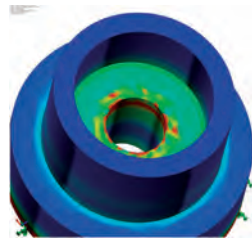


图 7 38千牛顿力的预力施用到六角突缘螺丝的有限元素分析结果的图像。红色代表 350 百万帕压力，深蓝色代表零压力。

某些情况下，一旦接头回到室温，螺丝松动，就没有紧紧抓住的负荷了。

内六角孔螺丝是一种非常强力的扣件，普遍用在全世界数量庞大的零件和组件。但是，在某些情况和在一定的环境条件下，这种螺丝可以导致问题。为减轻让出位置引起的任何塑性变形，可以引入一种硬化垫圈，硬化垫圈的直径与螺丝头本身相同时，效果会更好。上述情境只是设计师或工程师必须充分评鉴的另一种情况，不只是接头的材料，接头放的环境，而且如头型这样一件简单的事情将会与接头如何互动。

□