



# 汽车引擎用扣件概要

文 / Laurence Claus

每部车都有默默各司其职的扣件。虽然有一些只负责很不起眼的功用，其他则相对重要。不过，或许没有任何一个会比汽车引擎中所使用的扣件还要重要了。在典型的汽车中，内引擎零件一分钟循环多次，这在赛车引擎中更是激烈。赛车引擎转速较高，因此循环也比一般汽车还要更多次。举例来说，转速在7,500转的赛车引擎每秒可以看到多达25次的活塞方向改变。很明显地，转速2,600转的汽车引擎就不需要变化那么多，但仍然是汽车系统中最具关键的部分。

在我成长过程中，我父亲曾经有一辆1963年的Studebaker，配备有雪弗兰350 V8引擎。相较于目前我所拥有引擎室几乎没有任何开放空间的车，Studebaker根本就只是拥有一颗电池和一些附加零件的引擎。你几乎可以在毫不费力下接触到引擎的任何一部分。现今的引擎设计就不是如此，它就像是精密的发电厂，从其延伸出所有附加零件，且彼此紧密嵌住不留任何空间。不过引擎的核心内部尚未有太多改变。

虽然有许多不同的尺寸、样式和制造商，四缸内燃引擎从其问世以来几乎都以相同方式运作。每颗引擎都有一个圆筒状主体，内部组合很多可产生引擎动力的移动零件。汽车引擎一般来说具备偶数个活塞(4、6、8个)，纵使仍有些例外。活塞接合在连接杆上，然后连接在机轴上。当活塞开始从气缸底部向上移动，混和的油会被导入活塞上的开放空间。当活塞持续向上，就会持续压缩油气直至其接近忍受高点，同时火星点燃受压缩的混和油气，创造出可控制的「爆炸」。因为爆炸被限制在汽缸盖内，爆炸力道被回送至活塞，使其向下移动。随著汽缸筒的一起做动，会产生非常复杂的律动，有些向上移动启动循环，有些往下推结束整个循环。每支活塞透过连接杆的方式接至机轴，提供引擎输出动力来源。

有很多种非常重要的螺纹扣件被用来支撑上面所提到的重要零组件。这些包括：

- 连接杆螺栓
- 主要承重螺栓或螺柱
- 汽缸盖螺栓或螺柱

此外，其他重要的引擎扣件包括：

- 阀件调整螺栓
- 飞轮螺栓
- 滑轮螺栓
- 阀件覆盖螺栓
- 凸轮塔螺栓或螺柱
- 进气歧管螺栓
- 调和平衡器螺栓
- 燃料帮浦螺栓
- 水帮浦螺栓
- 排气歧管螺柱

在我们更深入观察这些重要扣件前，让我们先考量这些扣件所面临的挑战以及必须具备的特质。

内引擎扣件的主要两项挑战是强度和在运作中所经历的承重模式。对所有引擎来说都是如此，但会随著引擎性能等级的增加而提高。较高级的加速引擎对内部零组件所施加的负荷更大，也就是说需要更高性能的扣件。

工程师在扣件领域所学的第一件事就是它们好比硬质弹簧。换句话说，它们必须拉伸，好让其可以把需要接合的部件拉在一块。事实上，扣件材料十分坚硬，会在应力-拉力曲线图的弹性区呈现陡峭斜面。以外行人的话来解释就是只要扣件处在弹性区，拉伸的小改变就会产生强大的张力负荷。这对扣件使用者来说是很幸运的发展，因为他们可利用这些张力负荷来对抗想要把接合一起的部件分开的力道。

不过扣件的弹性表现并非没有限制。事实上，它会受扣件所使用材料的表现影响。最后这些材料会到达受施加应力限制的点，且这种弹性表现会转化成像塑胶性质的状态。以外行人的话语来说，这表示曾经像弹簧一样做动的扣件停止做动且会产生永久性拉伸直至断裂为止。为了延后这种情况发生，设计师会使用相同材料中较强的版本或其他较强的材料。

在这些内引擎零组件的例子中，系统中有不只一样显著力道在做动。虽然一般人很少有机会可以真的把引擎操到限制值，设计师仍必须在整体有效范围内为其运作做设计。因为引擎速度增加了，荷重也增加了。因此，设计师必须使用可以让他们在接合的两样部件中产生更高压缩荷重的强力扣件。

第二个重要考量是引擎零组件所承受的承重模式。内燃引擎零组件承受著波动性荷重。这意味著荷重被反覆施加和移除许多次。事实上，引擎在某些零组件上运作时其反覆施加荷重的速率达每分钟数千次。不过这类型负荷会将部件暴露在潜在疲乏失效的风险下。若部件暴露在一下向上、一下向下的荷重，且

荷重强度够强，小瑕疵也会逐渐造成让部件最终失效的小裂缝。疲乏失效正常来说是一个大灾难，因为它不能预见也无法预测，且若在引擎处于高转速时发生在扣件上，可能会让整颗引擎损坏。

考虑到这两个要求，引擎设计师和扣件工程师必须合作设计出最精密的扣件。所以有哪些特色足以凸显引擎扣件的特别呢？

## 材料：

很多汽车和几乎所有赛车引擎内部扣件会使用性能优势超过标准8级扣件所使用材料。事实上，8740和4340等合金钢常被使用於制造引擎零组件。这些原料可以很轻易地达到强度至少180ksi的范围。不过对赛车引擎来说，这样的强度范围可能不太够。一颗高性能引擎可能会需要达到200ksi以上的强度范围。为了达到这个目的，特殊引擎部件制造商经常使用H11工具钢或MP35N镍钴超合金的材料。这些材料比标准扣件的材料还要昂贵，但因为其具有这些非常具挑战性应用所需的性能所以很值得投资。

## 平面几何：

当螺纹扣件拉伸时，几乎也会让螺纹造成拉伸。这相当合理，因为螺栓或螺柱的小径是最小的截面。不幸的是，这也会让在螺纹之上有宽广肩部设计的扣件产生不一致的拉伸。因此，引擎扣件常常可以看到较小线径的螺身。这些常被称做「被浪费掉的螺身」或「缩小的螺身」。透过这种颈部比较窄的设计，部件在延伸时会更稳定和更可预测。这会使其具备优势，因其提供更好的整体接合品质。

## 疲乏：

抵抗疲乏失效的最佳办法就是在接合处维持比波动荷重更大的张力强度。不过，其他步骤也可以被采纳进制造流程以进一步降低部件疲乏失效的风险。不过为了了解这些做法的好处，就应该先了解两个关于疲乏的基本概念。首先，疲乏失效会先出现裂缝。该裂缝必须从某点开始出现。这一个点通常是局部应力增高之处，像是微小的制造瑕疵或是急遽的几何改变。第二，疲乏裂缝总是在受拉时发生。因此，若你可以让部件置于受压状态，压缩应力则必须在部件受拉出现裂缝前被解决。类似储存於水库的水一样。在其首次上升超过坝顶前是不会溢出来的。

制造商可以在制造流程中做一些事来善用这两个原则。为了满足第一项原则，受制於疲乏负荷的引擎部件会需要优异的表面处理。这意味常见的表面小裂缝、空隙、摺痕和重复堆叠是不被允许的。在一些案例中，部件可能会需要被精密地研磨以达到平滑的表面。螺纹将被制作成「J」型螺纹样式。J型螺纹具有最大化的根部半径。设计师会最大化几何变化处的半径，像是头部和螺丝本体连接之处。第二个构成压缩应力的原则是在热处理後进行轧牙、在热处理後滚轧头部接合螺身之处的半径和在某些案例中提供部件控制内的喷丸加工。

## 汽缸盖螺栓和螺柱：

为了让引擎可以组装，引擎本体在每一个汽缸孔上方都是开放式的。因此，完整的引擎会需要上盖来完整密封每一个活塞室。这样的盖子就是汽缸盖，它除了提供活塞空间的上方覆盖外，也能提供盖住阀件让燃料和空气可以进入汽缸并将废气排出。现在想像一下引擎全速运作，每秒会发生许多次爆炸。汽缸盖会延迟爆炸的推力，将它们推回去然後把活塞往下推。这些往汽缸盖冲的力道可能会大到可以冲出引擎，不过汽缸盖的螺栓或螺柱会将其压在里面避免这种情况发生。不过这样的力道非常大，因此会需要用到关键性扣件。

汽缸盖螺栓和螺柱常被固定在降伏点（扣件从具备弹性变成像塑胶特性的点）。因为这些部件所承受的极大负荷条件，所以这些螺丝被固定在这里，好让扣件可以达到最大最安全的张力状态就相当合理了。不过後果就是这些部件都只能被使用一次且若引擎要维修保养就要重新更换新的五金零件。此外，这些扣件也常常设计有「浪费掉的螺身」以提供更一致的弹性拉伸。

这样的应用有时候会跟螺栓或螺柱一起被设计进去。螺柱是很重要的阻断牙条（通常在螺纹两端会有较小的本体或螺身）。它可以被手动紧固至攻孔，汽缸盖紧密被固定到位，然後用螺帽锁固。在螺栓上使用螺柱有两个潜在优势。首先，对技工或引擎设计者来说可以很容易地在把汽缸盖固定到位前将其与缸盖垫片排列整齐。第二，在使用螺栓时，螺栓会暴露在双重力道下。正如所期待的，它会产生轴向张力，但也会有因为扳手或六角扳手旋转它时所产生的扭转力道。第二个力道不会施加在螺柱上，只有螺帽紧固时所产生的轴向张力才会。这可以帮助排除一些因为扭转所导致的复杂状况。

## 连接杆螺栓：

连接活塞的是一根向下延伸并且连接至机轴的杆子。这实质上是一种翻盖式的连接设计。连接杆末端紧密贴合机轴上的轴承然後透过连接杆盖接在另一端。这种接合会透过两颗连接杆螺栓接合在一起，其中一颗接在机轴的任一边。在高强度运作期间，各种力道会强到足以推动接合处的缝隙，将其打开。唯一可以阻止这种事情发生的就是连接杆螺栓。

连接杆螺栓有各种不同样式和种类。因为有很高的疲乏负荷机会，很多都会经精密研磨或具有某些特徵来让它们可以在接合处被紧密地压合和紧固。有一些可能会有「被浪费掉的螺身」来提供更好的弹性拉伸稳定度，另外驱动系统也通常是可以促成更高扭力输送的样式。

## 主盖螺栓或螺柱：

透过主颈轴承，机轴被固定在引擎本体上。这些用「盖子」进行定位固定的方式非常类似连接杆盖的作用。在机轴的两边各有一颗螺柱把「盖子」固定於引擎本体。虽然其承受负荷没有连接杆螺栓那麽重，但这些螺柱所承受的重量也都不轻。因此，很多适用於连接杆螺栓和汽缸盖螺栓的原则也都适用於主盖螺栓或螺柱。

## 总结

本文是针对一些具挑战性和关键扣件应用的简介介绍。汽车引擎中有许多具关键功能的扣件，即使它们没有像本文中所提到的那些扣件承受很高的荷重或有很复杂的设计。基本上任何失效都有拖垮整套系统的潜在风险，因此，每一颗引擎用扣件的工程技术水准和应用窍门都必须被加以重视。