

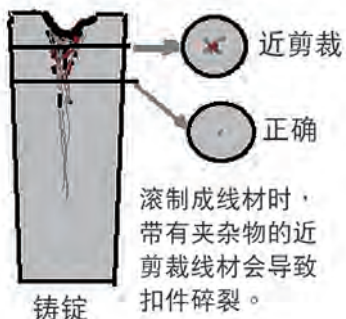


# 扣件的隐性杀手

文/ Thomas Doppke

此标题听起来有点像是谋杀之谜，但这样的安排其实是要让你注意到有许多的小缺陷及错误，最终会导致安装上的大灾难。可以从材料、设计、制造与加工等数个领域来探讨这个问题。通常被忽视及认为无关紧要的细节，都会导致重大的失败（对安装造成无可挽回的影响）。

就现况而言，成本几乎决定了一切。购买非最佳品质的扣件线材库存，不论可因此省下多少钱，最终的代价都会比最初省下来的多出好几倍。最常见的线材故障是铸锭“近剪裁”所造成的夹杂物。当钢锭冷却时，夹杂物（熔渣、灰尘、剥落等）会被往钢锭的中间以及上方推挤。通常此部分会被切除并置入再熔解罐里。为了尽可能取得钢锭中的金属，切除区往往是在最上面的部分，导致许多在中心的夹杂物会被包含进去而且往往会造成有接缝的库存。当钢锭被滚制成线材时，夹杂物依然存在。所有的钢线中间一定会有非常少量的非金属物质，但是一定要尽可能降到最低。

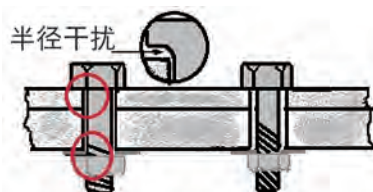


再者，除非化学性质是经过验证的，否则采购的线材（通常比较便宜）会有很多的熔渣与硫化物细脉（与铅）。虽然此化学性质（称为“易切销品质”）因具有较好的切销特性，所以被用来制造产品，但是在冷锻头操作上的表现却是不好的。第三，钢的规格允许化学性质可有某种程度变化。一流制造商发现将较低的化学性质归类为较高等级可获得更多利润。除非在一

开始就知道化学性质，否则就会造成热处理与生产上的问题。第四，线材的大小一定要适当。接受进来的线材在冷锻头机器工作站上，由拉模拉伸到确切的大小。有些扣件制造商跳过这个步骤，只依靠卖家提供的证明。最终的螺纹尺寸取决于最初的线材直径。在已知的一些例子中，因为没有注意到品质或是因为缺少技术能力，导致提供的线材尺寸较小（有少数是线材尺寸过大）。线材尺寸过大会导致模具拉伸时发生问题，而且操作时会卡住。而线材尺寸太小则是会让生产出来的螺纹低于尺寸要求。最后且同样重要的一个问题就是线材的钢源退火不当（太多、太少、区域质量不均匀），这对于从拉模步骤到锻头操作的制程都会产生不良的影响。扣件线材必须保持在“尽可能柔软”的状态，才能够轻松有效的进行锻头。退火不均匀会造成有些区域是“坚硬的”，而且退火不一致会造成较软与较硬的部分在通过锻头机时产生锻头困难度差异。

从过去的许多文章就可看出关键的扣件设计功能都未受到严肃的看待。扣件在设计师的工作事项中通常是排在最后的，而且鲜少受到注意。但是，如果轻忽在扣件要求的接合条件上的小错误，就会毁掉在安装上所做的最大努力。典型的扣件杀手包括：接合板遭遇高应力区的设计、螺纹尾部及头部下面、安装角度偏移、未考虑到会造成接头过载以及螺栓间隙不足的因素。虽然还有其他问题，但是只要使用上述这些内容，就足以来进行说明。

几乎每本扣件手册都会提到接头的高应力区就是不同的接合板（零件等）相接的区域。因此，扣件的高应力区不可与这些区域重叠就被广泛的陈述。若不遵守建议，就可能会导致疲劳与接合失败（一枪毙命！）。如下图所示，此接头的接合平面相接在螺纹尾部，这样子交会于螺栓的那个点就会对螺栓产生压力。因为螺栓要抵抗滑动力，所以尾部区域就会成为弯曲的支点并产生疲劳失效。



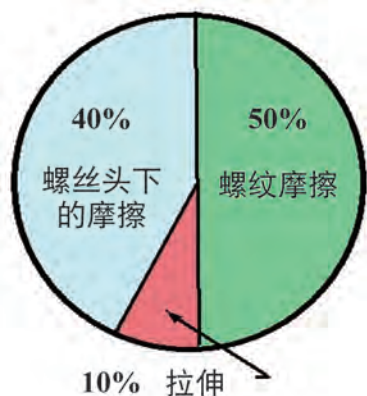
左：可能的故障点  
右：好的设计

正确的设计是将螺纹尾部区域放在接头的里面，如图示，或是置于接头接触面之外。另外一个错误就是螺栓的间隙孔太小。幸运的是，这个错误并不常发生，但是有些设计师为了达到最大接合强度，认为紧孔可以防止可能的侧滑与接头松动。实际情况是孔缘（通常是钻孔或没有埋头的冲孔而成的）会刺入螺栓头下的半径。这就足以造成上述的疲劳点！

事后来看，扣件的支座是很少被考虑到的。以铸造表面而言，粗糙的切削与角度偏离的支座平面从未受到重视。几年前一份有关角度偏移锁紧的研究指出，即使扣件的偏移角度只有小到3-5度，也会使接头的疲劳寿命降低将近20%。一般的标准是螺栓头与螺栓杆的纵轴角度偏差不可超过2%。

因为急于完成设计，所以重要的因素通常都会被忽视。螺栓属于拉伸扣件，它们是藉由拉伸力将东西拉在一起固定。如果是横向负载的话，它们的强度会降低至60%。一家身分保密的公司拥有的一栋大型建筑，在正面安装了公司名称的大型钢字母。每一个字母都重达数百磅，但是其中有些字母却脱落了，幸好没有造成人员伤亡。脱落的原因就是固定这些字母的螺栓的横向负载力，已经超出许可拉伸强度的60%。

涂层与电镀是另外两个被忽视的因素。不同电镀方法的摩擦系数，可能会改变接头锁紧到一定数值时可实际看到的预负载。有些涂层比较粗糙，会造成接头负载不足(可能会松脱、疲劳或失去接合力)，而有些涂层比较平顺(过度扭转开始降伏)。有一家大型汽车公司因为使用易滑脱的涂层取代标准涂层，导致涂层无法附着的情况，造成该特殊车款惨赔一整年。



如之前的文章所提到的，经由施加扭矩在接头上产生的拉伸量会因为摩擦降低90%。在螺纹摩擦约损失50%，而螺丝头下的摩擦损失约40%。所以实际锁紧接头的扭矩只有10%。这就不难看出摩擦力的少量变化，就会对接头的负载产生巨大的影响。经过实验室库存的示范硬体所做测试的设计，可能从未使用生产的涂装件进行重新评估。

最后另一个时常会被遗落的项目就是对扣件作用环境的考量。谈到这点就有数个情境浮上台面。最近有一篇文章是有关油脂以及石油化学产品对塑胶的影响。ABS以及其他塑胶对于扣件上的油脂是敏感的。它们会造成塑胶应力破裂。磷酸盐与油脂涂层是此处的问题根源。而且组装厂通常会将螺栓与螺丝浸入油脂让组装更加容易，而且这个进入油脂的程序，几乎都是在未获得许可下进行的。道路除冰所使用的盐也会增加应力破裂的机会，尤其是对硬度较高的扣件影响更大。接头区的排水不良会增加腐蚀，而这类积水区就是故障发生的部位。扣件普遍会碰到的液体是洗车溶剂、挡风玻璃清洗液、油脂、抗冻剂、汽油/柴油、水、肥皂与清洁用品，可能还包括少数一些我没有想到的(例如小孩溅出来的冰淇淋)。

幸好有少数几个危险情况是可以直接追溯至制程。上述的内容已经涵盖了这些问题造成的结果。线材上的接缝可能在锻头时裂开，如果制造者没有采取步骤检查进料库存等等，就会发生因为线材尺寸太小制造出来的螺纹尺寸也会太小的情况。受好评的制造商通常不会出现品质问题，但是如果持续追求较低的成本，就会有许多的扣件供货源是不可靠且受怀疑的。在价格上省下的小钱，可能会造成可观的维修费用、失去商誉也可能遭遇法律诉讼。在不良的扣



件上常见到的一个线索就是滚模被过度使用。虽然滚模很昂贵，但是他们却是有一定的使用寿命。好的公司会纪录一套模具生产了多少个零件，也会注意到缩短模具生产力的影响因素，例如线材的硬度。许多二流公司持续使用超过使用寿命的模具进行生产，导致成形不良或螺纹尺寸太小。许多末端用户只看卖家提供的证明，而不是透过昂贵的检查来认证产品，所以这些不好的公司就能够售出他们的产品。

几乎所有的扣件都经过热处理。再说一次，品质工作意指优质产品，而价格便宜的就可能是品质不好的。让烤炉超载来降低成本，通常就是要将成堆的扣件大量的堆叠在一起，而不是分开放置以确保每个扣件都能平均受热(减少加热时间，等于节省金钱)。在成堆扣件中间的零件，所接受到的温度较低，尤其是当热循环持续的时间不足，无法将整堆零件都均匀加热。因为这个因素加上回火循环太短，会使整批的硬度不一致。烤炉的大气压如果控制不良，会产生剥落、脱碳或是其反面渗碳。

自攻螺丝需要有坚硬的表面以发挥它们的功用。如果热处理不当，这样的零件通常是无法使用的。大气中的碳太少，表面就会不良、过软而且无法用于攻牙。碳如果太多，就会在表面形成一层壳，会导致螺纹断裂或是在攻牙前就折断。

我们上面讨论到的有缝存货，在此时已经进入热处理程序。锻头制程使已经成型的零件在数个地方发生破裂的情况。大部分的小破裂在随意的目视检查中是不会被发现的，但是在加热与淬火循环时就会显露出来(在网际网络上搜寻淬裂)。如果此时没有发现这个问题，那么零件就会在生产时立即故障，或是在一段不确定的时间后才会故障，若设是这样就更加不幸了!

此时扣件就进入最后的加工步骤。除了不锈钢及一些铝扣件外，所有的零件都会有某种保护层的保护，可能是电镀、涂漆或是有机涂层，这些可以保护扣件不受到腐蚀以延长扣件寿命。现在的重点在于确保没有腐蚀的迹象，避免顾客不核准并退回产品的情况发生。生锈在早年是很普遍的情况，甚至不会有人注意到螺栓生锈的问题，但现在已经不是这样了。过去在许多应用上都会用涂漆来保护，现在也依然如此。在第一次世界大战后(20世纪初)，就有许多电镀专利与技术被用来生产大量的电镀层。(德国工业过去一直将这些列为机密，但是战败后就不得不将此技术提供出来)。随着多年来的需求增加，涂层的厚度也跟著加厚，但是这样就产生了新的问题。扣件的制造变化上只允许极小的公差。而且在扣件上的公差规定是更加严格，因为任何的差异都会导致扣件的外侧要跟著变动。许多电镀都超过现今的容许值，导致卡住、难以施加扭矩(造成低负载与松脱)以及尺寸不合。缩小螺纹的大小有些微的帮助，但是如何缩小螺纹尺寸且不会失去重要的强度是有规定的标准。为了应对最近对高耐蚀性的要求，所以就有了厚膜锌涂层的使用。其作法是将整桶的零件浸入油漆般的涂料中，并且快速的将多馀的涂料旋转甩出。但是要透过此制程精准的控制厚度是不可能的，而且螺纹(尤其是小直径的螺纹)的尖端可能会有成块的涂层附在上面。凹处也会布满涂层，使螺丝刀口难以插入或是完全无法使用。设计师鲜少考虑到最后加工对组装与扭矩的影响。此问题目前还看不到良好的解决方案。对于高腐蚀区的保护，他们尝试了少数几种的新电镀层，可是成效不大，但是在设计中采用的保护措施(油漆、隐藏位置、排水良好等等)已经减轻了此问

题。因为没有从一开始就考虑到此问题，许多的补救措施都是“急忙拼凑”来因应组装上的困难。对于许多不会受到气候或是腐蚀影响的应用，标准的薄涂层就够用了。

硬化扣件特别容易受到氢脆化的影响。经过电镀的扣件(大部分为锌)在电镀过程中充满了氢离子(H<sup>+</sup>)。此气体被不透水锌层包覆在钢零件里。随著时间的过去，氢离子会聚集在微型囊成为氢气(H<sub>2</sub>)或是与碳结合产生甲烷。压力会一直在里面累积直到内部压力超过钢的强度，最后就会破裂。气体会持续积聚直到发生另外一个破裂，并且持续这个过程直到最终的破坏性破裂出现为止。这种失败通常是突然且意外的。好比螺栓头可能在半夜断裂，或是被轻触时就断裂。正确的作业是在电镀后(建议在一个小时以内)立即烘烤完成、电镀过的零件。但是电镀商为了省钱通常都会等到整个烤箱都装满了才会开始烘烤(可能会有长达数小时的等待)。烘烤循环通常要4-8小时。硬度超过HRC 38的零件(包括表面硬化自攻螺丝)特别容易受到影响。

所以当扣件出现问题时，扣件侦探就会拿出他的放大镜查看所有的线索。是原料造成的故障吗？这可轻易证明。零件是否符合规范？所有规范！不能够只依靠证明，必须亲自去调查。要去调查数个位置的硬度、化学作用、结构的显微镜检查、表面状况、疲劳的证明或是其他外力对接头的作用结果。尺寸量测包括螺纹尺寸的规测(如果有包含那个部分)。检查问题发生点可以显示出设计是否为失败之源。对负载、正确的扭矩以产生足够的预载、装配与组装尺寸研究、涂层的影响以及任何外来润滑剂的影响等等，都是联合分析所收集到的少数线索。如果可以判定失败当时确切发生的事情，就可以帮助解决问题。是否有发生重击？循环负载是一种操作状况吗？零件的紧缩是否表示超载或者大横向是否代表瞬间断裂？组装线如何将零件组合在一起？通常组装时使用的工具都是简单与快速的，但是在接合过程的动作却是非常粗糙的。因为这个原因，气动枪在大部份的汽车厂都已经不再使用。

对于大部分要回答为什么这个扣件会失败的人而言，检视上面的文章可让他们化身成福尔摩斯，让问题不再产生。

## Fastener World News

### 即时新闻发布：



[www.fastener-world.com.tw/new\\_old/news\\_prompt.php?ln=tw](http://www.fastener-world.com.tw/new_old/news_prompt.php?ln=tw)



有关您公司的任何新闻，都非常欢迎您即时上惠达网站登陆新闻或e-mail到惠达杂志社编辑部收，我们会即时将贵公司的新闻同步放在网路或惠达电子书上。

#### ◎ 紧固件新闻募集：

- ※ 产能扩充
- ※ 新厂落成
- ※ 新产品
- ※ 新网址
- ※ 新技术
- ※ QA证书取得
- ※ 新增服务
- ※ 采购销售联盟策略
- ※ 新采购设备
- ※ 国外厂最新动态
- ※ 公司地址、连络方式更新
- ※ 所有营运相关资讯

E-mail: [design@fastener-world.com.tw](mailto:design@fastener-world.com.tw) (编辑部收)

# NEWS

新闻登入	<input type="text"/>
照片	<input type="text"/>
联络资讯 (电话·联系人)	<input type="text"/>
公司名称	<input type="text"/>
公司网址	<input type="text"/>

BEST CHOICE