

# 汽车紧固件品种优化及材料和热处理

文/张先鸣

据统计,当前已发布实施的汽车标准件产品常用的标准约240项,种类涵盖管腔封堵元件、管线路连接固定件、垫圈、螺钉、螺母、螺栓等,其中115项标准与金属紧固件相关,占比48%。随著汽车行业的不断发展,各汽车厂家为遏制金属紧固件(以下称汽车紧固件)不断增多所带来生产、管理等成本的增高,从结构要素、材料和表面处理及热处理4个方面对紧固件优选进行探讨。

## 1. 汽车紧固件品种优化

### 1.1 螺栓

对于六角头螺栓+弹垫组合件,在螺栓预紧力较低时,防松效果较好,但由于弹簧垫圈不用於重要部位,因此对带有弹簧垫圈的螺栓生产上主要使用精度在 $\pm 40\%$ 左右的气动扳手拧紧,装配扭矩和轴向力散差大,弹簧垫圈常处于压平状态,甚至有涨圈风险,螺栓+弹簧垫圈组合件实际防松性能不可控,达不到产品设计要求。而对于六角法兰面螺栓,则有以下优点:

- ①在螺纹规格相同的条件下,六角法兰面螺栓支撑面积大于六角头螺栓,能更好地分散支撑面压力,避免被连接件变形;
- ②在摩擦系数相同的条件下,法兰面螺栓的防松效果明显优于六角头螺栓;
- ③为避免套筒端部与被连接件发生摩擦破坏被连接件表面,相比于使用带平垫圈的六角头螺栓组合件,法兰面螺栓的经济性更好。

优先推荐六角法兰面螺栓,对六角头螺栓、六角头螺栓+弹簧垫圈、六角头螺栓+弹簧垫圈+平垫圈、六角头螺栓+平垫圈限制使用。

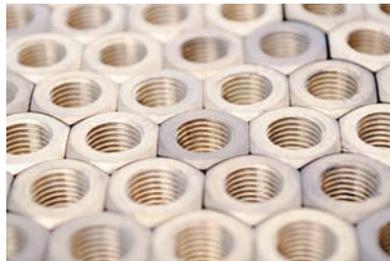
### 1.2 螺钉

螺钉的扳拧形式为内扳拧,驱动形式有内六角、十字槽、内六角,头型有圆头、圆柱头凸缘、平圆头、平圆头凸缘、盘头、盘头凸缘、沉头、半沉头等常用的共8种。

由于对装配效率的要求也在不断提高,优先选用内六角花形螺钉,优化标准结构,逐渐限制内六角螺钉和十字槽螺钉的使用。

### 1.3 螺母

六角法兰面螺母的使用效果与六角法兰面螺栓相同,若结构允许,优先使用六角法兰面螺母。对于有特殊防松要求的部位,考虑使用有效力矩型锁紧螺母,如全金属锁紧螺母和非金属嵌件锁紧螺母。由于全金属锁紧螺母是通过螺纹产生形变来锁紧的,因此不宜用于经常拆卸的部位;非金属嵌件锁紧螺母重复使用性好,但根据紧固件的标准要求,除发动机外,其应用温度 $\leq 120^{\circ}\text{C}$ 。特别需要注意的是,有效力矩型锁紧螺母由于在安装时需要克服螺母变形或非金属嵌件带来的附加力矩,因此需要对扭矩进行确认,按普通螺母的扭矩值装配夹紧力有可能不够,存在使用风险。



### 1.4 螺纹

因为细牙螺纹的承载能力和防松能力要比粗牙螺纹高,所以在选用较大规格螺纹紧固件的时候,应尽量选择细牙螺纹,同时也可以减少螺纹紧固件的品种。从表1可以看出,通常M12以下时只有粗牙产品,M12以上只有细牙产品,商用车的螺纹紧固件中M12以上是粗细牙共存的,还存在优化空间,见表1。

表1 粗牙与细牙螺纹螺距对比 (mm)

粗牙	M5X0.8	M6X1	M8X1.25	M10X1.5	M12X1.75	M14X2	M16X2	M18X2.5	M20X2.5	M24X3
细牙	/	/	/	/	M12X1.25	M14X1.5	M16X1.5	M18X1.5	M20X1.5	M24X1.5

### 1.5 垫圈

为提升装配效率,降低漏装、错装风险,原则上不允许垫圈类产品单独存在。各类垫圈的使用建议如下。

- ①平垫圈主要用于改善接触状态,增大承载面积并维持支撑面的摩擦系数稳定;
- ②弹簧垫圈利用弹性产生轴向预紧力,可缓解轴力衰减,但由于防松性能难以有效控制,螺栓易承受偏载,有损坏风险;
- ③齿形弹性垫圈具有扭曲的齿,经热处理后硬度较高,装配时齿产生弹性变形,同时局部嵌入支撑面,形成防松作用,齿形垫圈在连接部位应当慎用。





## 2. 表面处理

汽车紧固件包括螺栓、螺母、垫圈，大部分必须经过表面处理，保护免于腐蚀，改善外观或达到一定特殊功能，如控制锁紧力矩的螺纹紧固件等。如国产某汽车紧固件的使用环境及耐腐蚀要求，见表2。

表2 汽车紧固件的使用环境及耐腐蚀要求

使用环境	使用环境示例	镀层种类	防腐要求	应用示例
高腐蚀环境，直接受泥水、砂石冲击区域	底盘、发动机底部、裙边等	锌镍合金	720h无红锈	车架与车身连接螺栓，转向节与控制臂，制动钳与转向节连接螺栓。 发动机固定螺栓、油箱连接螺栓
		锌铝涂层	720h无红锈	
中等腐蚀要求环境，不直接受泥水、砂石冲击的车身外部区域	发动机舱，车门锁、气弹簧螺栓、雨刮电机及连干总成安装螺栓	镀锌涂层	96h无白锈 240h无红锈	车门铰链及锁环处连接螺栓，发动机罩、散热器、冷凝器、中冷器的悬挂连接螺栓
		锌铝涂层	480h无红锈	
低腐蚀要求环境，驾驶室内部螺栓	座椅安装螺栓	电镀锌	72h无白锈 168h无红锈	仪表、座椅及导轨、安装带，包裹架连接螺栓
		锌铝涂层	240h无红锈	
耐油腐蚀	发动机、变速箱内	氧化	8h无红锈	发动机、变速箱与油品接触密闭空间内螺栓等
		防蚀磷化	6/48/72h无红锈	
防护装饰性	外饰、内饰零件连接用螺栓	装饰镀铬	48hCASS试验无变化	高端车车轮螺母等
连接异金属，容易产生接触腐蚀环境	接触腐蚀条件、如连接铝合金螺栓	锌镍合金	720h无红锈	连接铝合金零件的钢制紧固件等
		锌铝合金	720h无红锈	
还有高温腐蚀环境、火花塞处连接螺栓（镀铜），总成件涂装（涂防锈油）等				

### 2.1 电镀锌

防腐性能最好的是镀锌黄色钝化，其次为镀锌绿色钝化，镀锌黑色钝化和镀锌蓝白色钝化耐腐蚀能力一般镀层为8μm，黄色钝化白锈时间72h，红锈时间144h；黑色和白色钝化白锈时间6h，红锈时间72h。

实际应用中需要关注以下三方面。随著环保逐渐加严，汽车紧固件使用三价铬钝化、锌铝涂层等更环保的方式是今后趋势；最大抗拉强度大于1000MPa(相当于硬度值33.5HRC、332HV)的汽车紧固件电镀后在钝化前需做驱氢处理，以降低延迟断裂风险；铬酸盐钝化膜长时间暴露在70℃以上的环境中，防腐性能会受到破坏，因此对于环境温度较高的区域，镀锌钝化慎用。

### 2.2 锌铝涂层

锌铝涂层无氢脆现象，且满足环保要求，中性盐雾试验红锈时间可以达到720h。镀层颜色有黑色及灰色，在涂覆液中加入润滑剂可改变摩擦系数，10.9级及以上的螺栓优先推荐使用。此外，使用时还应考虑以下方面。锌铝涂层与基体附著强度不如镀锌，使用中会有掉粉现象，因此不能用于传动部件的内部，对于需要反复拆卸的螺栓也不建议使用。此外，对于大规格螺栓及螺母，滚镀易产生划痕和磕碰伤，降低耐腐蚀性能，选用时应考虑；对于有导电性能要求的紧固件、外螺纹公称直径小于M6和内螺纹小于M10的紧固件，为保证旋合性和正常装配不宜采用锌铝涂层。

### 2.3 锌镍合金

锌镍合金与镀锌相比防腐能力有大幅提升，同等镀层8μm条件下，经过钝化和封闭处理后，可达到240h表面无白锈，1,000h无红锈；除此之外，还满足耐高温的使用要求。由于锌镍合金尚存在微量的氢脆倾向，对于抗拉强度大于1,000MPa的汽车紧固件为降低品质风险，使用前须进行必要的验证。

### 2.4 镀铜

铜的熔点在1,083℃左右，在高温环境下，为避免螺纹件烧结，表面处理选择镀铜，特别是发动机排气歧管周边的汽车紧固件。

### 3. 材料与热处理

汽车高强度螺栓一般指8.8级或以上级产品,不仅要求具有很高的抗拉强度和屈服比,而且还要具有很高的低温冲击性能,制造的难点之一也在于高强螺栓调质处理,而在其材料选用的是SWRCH35K、10B21、10B33、35CrMo、42CrMo或20MnTiB钢等,具体见表3。众所周知,高强度紧固件的机械性能试验结果是重点考核的产品品质指标,也是涉及安全的重要指标。SWRCH35K、10B21钢的主要问题是淬透性差,对高强度螺栓调质处理的工艺及过程的有效控制,对于机械性能起到至关重要的作用。

表3 汽车紧固件用材料与热处理

汽车紧固件名称	规格与直径	材料牌号	使用等级
螺栓、螺钉、螺柱	≤M12	SWRCH38K、10B21	8.8级
	≤M20	10B33、40Cr	8.8级
	≤M24	SCM435、35CrMo、20MnTiB	8.8~10.9级
	≤M36	ML40CrMo、40CrNiMo、ML45CrMo	10.9级
	≤M36	35CrMoV、30Cr2Ni2Mo	12.9级
螺母	≤M16	SWRCH35K、45、	8级
	≤M36	10B33、40Cr、35CrMo	8-10级
	≤M36	42CrMo	10~12级

为了汽车高强度螺栓热处理品质,钢材从以下三方面进行控制:

- ① 碳含量控制在中上限,即可提高钢材的强韧性,又可减少偏析倾向。
- ② 合金元素控制在上限,可增加钢材的淬透性和提高强韧性。
- ③ 尽量减少有害残留元素P、S的含量,保证钢材的纯净度。

调质处理过程中螺栓内部组织和性能的变化无法即时监测,这是品质控制难点之一。装炉前应认真核对螺栓头部标记,保证被处理螺栓的资讯准确无误和热处理后不丢失以及可辩认。淬火加热过程严格控制,碳势要准确无误,记录每一批螺栓淬火出炉的时间,在出淬火介质后应检测工件表面硬度,10B21、20MnTiB钢应大于43HRC;SWRCH35K、45、10B33钢应大于48HRC。淬火后的显微组织为细针状马氏体,按JB/T9211-2008《中碳钢与中碳合金结构钢马氏体等级》标准评定,淬火马氏体为3~5级符合技术要求;表面与芯部淬火硬度均匀度不大于3HRC。

### 4. 结论

本文结合了汽车紧固件实际生产中的一些经验,并对汽车的实际应用情况和部分标准要求进行了简介,为企业汽车紧固件的品种优化提供参考。汽车紧固件的优化是一个系统化的工程,涉及到标准结构优化、P功能优化、设计选用和生产管理体现等具体工作,需要综合考虑设计、逐步完善。 □

## 螺丝世界中国国际版 China Fastener World

强势  
主打  
**封面  
广告**

内含封面、广告1页、报导置入行销1页  
超过30,000全球专业买主刊物



封面

全球发行 / 全面注目:

打造品牌, 深植印象

1. 封面广告: 立即吸引目光
2. 产品广告: 增加曝光, 提高商机
3. 文章报导: 深入报导, 建立品牌形象

广告 报导

选择广告最佳刊登位置  
创造高注目力  
彰显产品优势  
为您创造业务佳绩

国际知名企业的  
唯一选择, 用首席版位  
让您登上市场C位

封面广告投放

请洽 惠达杂志 业务部 Tel: 886-6-295 4000 E-mail: sales@fastener-world.com.tw