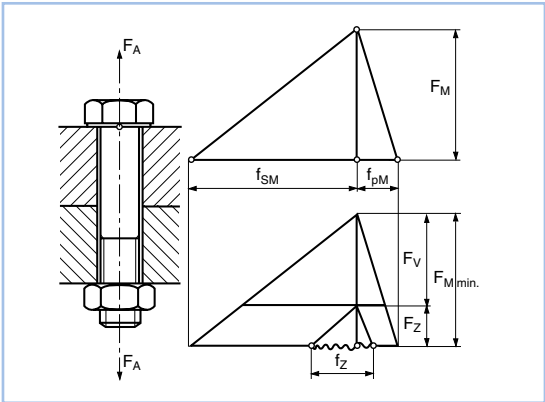


总结锁紧螺栓连接在结构上的措施

在原理上，有两个原因致使螺栓连接可能需要锁紧

由于松弛而松动

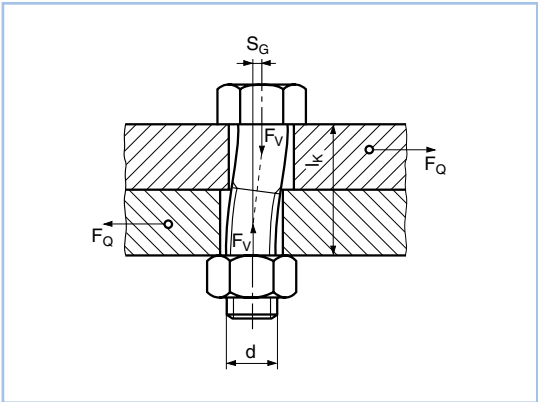
松动导致螺栓连接预载荷损失。这种损失是由连接元件的松弛或是在安装后或工作力 F_A 的作用下螺钉发生永久性伸长。



- F_M = 安装预载荷
- f_{SM} = 在预载荷 F_M 作用下螺钉的伸长率
- f_{PM} = 在预载荷 F_M 作用下被夹紧件的压缩率
- F_V = 最终预载荷
- F_Z = 由于松弛所损失的预载荷
- f_Z = 松弛量
- F_A = 作用力
- $F_{M\min} = F_V + F_Z$

旋转松动

动态剪切力 F_Q 作用在螺栓连接上能引起连接元件前后相对滑动。这会促使螺钉或螺母旋转而降低预载荷直至预载荷为零。



- F_V = 预载荷
- F_Q = 剪切力
- l_K = 夹紧长度
- S_G = 被夹紧件的位移
- d = 公称直径

以下锁紧方法可能可以：
用于由松弛而松动的锁紧

措施	效果
使接触面光滑、清洁，让接触面的数量最少，没有软的、发生塑性变形的连接元件	降低松弛的可能性
长螺钉 ($l_K \geq 5 \cdot d$) 杆部缩小的螺钉 弹簧垫圈	高弹性，补偿预载荷的损失
带法兰紧固件	较大的承载面积可以防止超过表面压力的许用极限值 孔-Ø可以有较大的公差
硬度为200HV的特殊垫圈	优点同上 可适用于性能等级至8.8级

以下锁紧方法可能可以：
用于旋转松动的锁紧

措施	效果
较大规格的螺钉-Ø 更高的性能等级	较高的预载荷可以防止连接元件的横向移动
铰制孔用螺栓 平行销或圆锥销	不可能有横向移动
长螺钉 ($l_K \geq 5 \cdot d$) 杆部缩小的螺钉	柔性连接 更好的抗疲劳能力
带肋的螺钉或垫圈	由于凹槽的嵌入，旋转作用会使接触面压缩。

螺栓连接锁紧方案和防脱落方案效果概述

注意
以下元件是为防松而设计，包含旋转松动和脱落（螺栓和螺母完全分离）。效果水平基于特定的工业应用。由于使用条件可能是变化的，所以用户应该对其应用进行测试以检查锁紧元件是否合适。

锁紧特性/锁紧元件	锁紧适用于：											备注
	因压陷而松动，性能等级至：					旋转松动，性能等级至：					脱落	
	其它	5.6	8.8	10.9	12.9	其它	5.6	8.8	10.9	12.9		
带肋法兰面螺钉和螺母 (VERBUS RIPP®)				○					●			齿面会增大起始旋转扭矩
带锯齿法兰面螺钉和螺母 (VERBUS TENSILOCK®)								●				锯齿法兰面阻止旋转松动
带锯齿法兰面的内六角花形盘头螺钉 (ecosyn®-grip)			○					●				齿面会增大起始旋转扭矩
弹性垫圈头螺钉 (ecosyn®-fix)		●					●					凹面法兰会增大起始旋转扭矩
Precote® 型号 30/80/85, Scotch-Grip™ 2353, Loctite®, DELO®, Three Bond®						●	●	●	●	●	●	化学物质填充螺纹间隙并起到密封的作用
带Tuflok®聚氨酯涂层的螺钉											●	防止螺栓和螺母相互脱落，适应最高温度为120°C
用于金属的自挤螺钉 DIN 7500 (ecosyn®-IMX)		●				●					●	安全、无间隙装配
用于塑料的自攻螺钉ecosyn®-plast, PT® 和 DELTA PT®		●				●					●	安全、无间隙装配
带可旋转锁附垫圈的六角螺母 (ecosyn®-SEF)			●					●			●	操作安全, 接触螺纹连接将自锁螺母Spiralock® 与被锁附的锥形弹性垫圈和平垫圈一体化
有效力矩型全金属六角螺母(ISO 7042, DIN 980, 等) 和 有效力矩型非金属嵌件六角螺母(DIN 982, DIN 985, DIN 6924, DIN 6926, 等)								●			●	使用聚酰胺嵌件防松，最高温度可达120°C。；通过金属夹紧原理防止松动，可满足更高的要求应用
密封锁紧螺母 (Seal-Lok®) 等											●	利用螺母顶部尼龙带密封并防止螺母脱落，适应最高温度为120°C
DIN 935开槽螺母等						●	●	●			●	开口销防止松脱，可能会有一定的松动
带弹簧垫圈的六角螺母 (BN 80175, BN 1365)			●									附件的锁紧垫圈补偿因压陷和松弛而损失的预载荷
带齿形锁紧垫圈六角螺母 (BN 1364)								○				带齿形锁紧垫圈增加松动力矩
法兰面螺母/法兰面螺钉 (EN1661/EN1662/EN1665)			○					○				增加承载面积，降低表面压力；增大的有效直径降低旋转松动的可能性。
弹簧锁紧垫圈DIN 127/128/7980等		●					○					通过弹簧作用轻微增加启动力矩
带齿锁紧垫圈DIN 6798/6797等							●					在低硬度表面增加启动力矩
Rip-Lock™带肋弹簧垫圈			●	○				●	○			带肋弹簧垫圈与未硬化组件装配，增加松动力矩
带棱纹锁紧垫圈（双面带棱纹）			○					●	○			双面带棱纹锁紧垫圈与未硬化材料装配
带棱纹锁紧垫圈 SCHNORR VS									●			增大松动扭矩
锥形弹性锁紧垫圈DIN 6796等			●	●								高弹性锁紧垫圈
NORD-LOCK®垫圈螺栓安全系统								●	●	●		NORD-LOCK®螺栓安全系统利用楔形齿面与螺栓螺纹角度的不同保证螺栓连接在关键部位应用的安全，防止因振动和动态载荷导致的松动。

锁紧效果 ●很好 ●好 ○一般

需要被锁紧的螺钉

夹紧长度 L_k 螺纹规格 $\varnothing$ d	载荷			
	静态		动态	
	在轴向	在横向	在轴向	在横向
短 $L_k < 2 d$	不需要锁紧	确认锁紧效果	确认锁紧效果	需要锁紧
中 $5 d > L_k \geq 2 d$	不需要锁紧	不需要锁紧	取决于确认锁紧效果的结果	需要锁紧
长 $L_k \geq 5 d$	不需要锁紧	不需要锁紧	不需要锁紧	取决于确认锁紧效果的结果