

螺纹嵌套：软基材与易损螺纹的紧固方案

在机械装备、汽车、航空航天以及消费电子的装配现场，工程师们经常遇到一类“看似小事、实则致命”的问题：铝、镁压铸件上的螺纹孔用不了几次就滑牙；塑料、木材等软材料里的螺钉一拔就脱；高振动工况下的螺栓用着用着就松了。这些问题的共同根因，往往是基体材料“软”、螺纹“弱”。而解决它们的钥匙，正是一枚小小的螺纹嵌套（螺套 / 螺纹镶套 / Thread Insert）。

本文从永精精密的紧固连接工程经验出发，系统梳理螺纹嵌套的适用工况、核心价值、主流种类与选型要点，供设计、工艺与采购同仁参考。

一、什么是螺纹嵌套？它解决什么工况？

螺纹嵌套是一类预埋于基体螺纹孔中的内/外螺纹衬套，本质上是在“软”或“易损”的基体上重建一层更强、更耐磨、可重复拆装的标准内螺纹。

它专用于以下严苛工况：

高振动：工程机械、动力总成、轨道车辆等长期承受交变载荷的场景；

重载荷：承力结构件、模具、工装夹具中的关键连接点；

易松动：需要长期保持预紧力、防止自发松脱的场合；

软材料：铝合金、镁合金、工程塑料、木材、锌合金等自身螺纹强度不足的材料。在这些场景下，螺纹嵌套能显著提升连接的抗振性与稳定性，把“薄弱环节”变成“可靠环节”。

二、螺纹嵌套的六大核心价值

价值点 说明

修复与 转换 对铝、镁等软金属已损坏的螺纹孔进行精准修复，并可实现不同螺纹标准（如公制/英制、粗牙/细牙）的便捷转换，避免整件报废。

延长寿命 在需定期维护的设备中，允许螺栓重复拆卸而不损伤基体，有效抵抗磨损，延长工件使用寿命。

防松性 优化 可配合各类涂层（如尼龙、干膜润滑、预涂胶等）实现更优的防松动效果，适配防松要求高的连接点。

增强紧固 大幅 在塑料、木材等软材料中，通过增加接触面积与增强材料局部强度，大幅提高抗拔出力与耐久性。

耐腐蚀 保护 选用不锈钢或镀锌材质，可在海洋设备、户外装备等强腐蚀环境下有效保护螺纹孔，抵御锈蚀与电化学腐蚀。

提升效率 快速、准确地修复螺纹，保障紧固安全，显著缩短设备停机时间，提高运行效率。

工程提示：螺纹嵌套的价值不止于“救火”（修复滑牙），更在于“前置”（设计阶段即预埋，提升软基材连接可靠性）。把决策窗口前移，往往能锁定更低的全生命周期成本。

三、主流产品种类与选型

不同结构形式的螺纹嵌套，适用的材料与工况差异明显。下面按类型逐一说明。

1. 308 型（三圆孔型 / 自攻螺套）

带有切削孔，设计用于具有不同切削性能的材料。壁厚较大，切削力分布于三个切削刃上，切削平稳、导向性好。

材质：碳钢、不锈钢

适用：多数自攻安装场景，尤其适合对切削稳定性要求较高的中等壁厚基体。

2. 307 型（三圆孔型）

同样带切削孔、壁厚、切削力分布于三个切削刃，与 308 型结构相似，但特别适合极小材料厚度的应用（薄壁件、小型铸件）。

材质：碳钢、不锈钢

适用：薄壁、轻量化结构。

3. 302 型（开槽型）

带有切削槽，用于大多数通用领域。在某些材料中存在轻微的“向内弹簧作用”，因此能形成一定的螺纹锁定效果。

选型提醒：若不需要螺纹锁定效果，建议优先选用 307 / 308 型，以避免不必要的预紧干扰。

变体示例：302 型不锈钢、302 型碳钢蓝锌、302 型碳钢、302H 不锈钢、302H 蓝锌等。

4. 插销螺套（Key Locking Insert）

一种内外螺纹实心衬套式插入件，顶部附有楔子或“键”。它能够有效分配载荷，修复或增强螺纹，从而防止因剥落、咬合或腐蚀而导致的失效。

典型应用：高扭矩、高温环境，以及需要频繁拆卸与重装的紧固场景（如航空发动机、工装模具）。

5. 花齿法兰螺套（Knurled Flange Insert）

带法兰与“花齿”外形的螺纹修复/增强紧固件，本质是高强度内螺纹镶套，通过专用工具压入预先加工好的基体孔中，形成更坚固耐用的内螺纹。

选型关键——看基体材料：

基体类	是否适用	典型代表
理想基	✓ 适	6061、6063 等系列铝合金，镁合金、锌合金、工程塑料、致密木
体	用	材等（塑性好，花齿可挤压嵌入形成过盈配合）
不适用	✗ 避	7075 等热处理后高强度铝合金，以及钢、铸铁、钛合金等（过硬
基体	免	导致花齿压不入，易损工具/螺套）

替代方案：对高强、高硬基体，应选用普通钢丝螺套或螺纹衬套等依靠基体螺纹配合的紧固方案。

6. 内外螺纹嵌件（Threaded Bushing）

用于轻合金、铸铁和钢制成型部件中，制造具有良好承载能力的耐磨螺纹接头，适用于通孔和盲孔。

长度怎么选？经验公式：推荐长度 $\approx 2 \times$ 螺钉公称直径（A）。

示例：工件剪切强度约 140 N/mm^2 ，螺钉 M6、强度等级 8.8。推荐长度 $= 2A = 2 \times 6 \text{ mm} = 12 \text{ mm}$ 。

四、安装方式

当安装数量较多时，建议使用专用螺套安装工具。工具尾端为六角头，可：

连接手动攻牙扳手（小批量、维修）；

连接电动或气动工具（批量生产、提高效率）。

正确选用安装工具并保持对中性，是保证螺套压入/旋入到位、形成有效过盈或配合的前提。

五、行业应用与成本视角

螺纹嵌套广泛应用于机械、汽车、航空航天、电子、模具及海洋装备等领域，凡是涉及“软基材 + 可靠螺纹连接”的环节，都有它的用武之地。

从企业研发与制造管理视角看，螺纹选型藏着两个常被忽视的“坑”：

项目周期成本影响力模型：前期决策窗口极短，却已锁定了大部分成本；后期纠错成本极高，风险与收益容易错配。因此必须在极早期就对紧固方案做出精准判断。

15 - 85 定律：企业往往过度聚焦显性的“采购成本”，却忽视占比约 85% 的隐性成本（设计、供应链、售后、返工、质量索赔等）。前期决策失误会大幅推高全生命周期总成本。

把螺纹嵌套纳入早期设计，正是用极小的前置投入，规避后期高昂的失效与返工成本。

六、永精精密可提供的一站式技术支持

作为紧固件专业厂家，永精精密围绕螺纹嵌套与紧固连接，可为您提供从原型到售后的全链路支持：

快速工程样件——缩短验证周期；

专业设计咨询——协助选型与结构适配；

专业测试服务——验证抗振、抗拉拔、耐腐蚀等性能；

专业培训——安装工艺与现场规范赋能；

持续工艺优化——匹配量产节拍与良率要求；

专业拆解分析——失效归因与改进建议。