

低空经济，谁在紧固“空中骨架”？

2026 年，低空经济正从概念走向现实。

无人机物流、城市空中交通、eVTOL（电动垂直起降飞行器）……这些曾经只存在于科幻电影中的场景，正在加速商业化落地。根据行业数据，2025 年我国低空经济规模已突破 5000 亿元，预计未来几年将保持年均 20%以上的高速增长。

当行业目光聚焦在飞行器续航、飞控系统、适航认证等热门话题时，产业上游有一场不为人知的“硬仗”正在打响——那些隐藏在机身骨架、电机支架、电池系统里的紧固件，正决定着低空飞行器的可靠性与寿命。

低空飞行器的“15-85 定律”：看不见的成本更致命

在工业制造领域，有一个残酷的“15-85 定律”：企业往往过度聚焦显性的采购成本，却忽视了占比高达 85%的隐性成本。在低空经济领域，这个定律更加致命。

一颗微型螺丝在装配过程中卡滞，可能导致整条产线停顿；螺纹精度不达标造成装配不良，整机返工成本远超螺丝本身价格；防松性能不足导致飞行器在振动环境中松动，轻则造成设备故障，重则引发安全事故。

行业手册中的“项目周期成本影响力模型”同样适用于此：前期决策窗口极短，却锁定了大部分成本。这意味着在飞行器设计阶段，选择什么样的紧固方案，已经决定了大部分生命周期的总成本。

低空飞行器紧固件的三大核心挑战

与传统工业设备相比，低空飞行器长期处于振动、高频启停、复杂气流与轻量化结构环境中。这对紧固件提出了三大核心挑战：

1. 轻量化：每一克都关乎续航

eVTOL 和无人机对重量极度敏感。行业数据显示，每减轻 1 公斤结构重量，可带来额外 1.5 至 2 分钟的飞行时间。传统钢制紧固件密度高，已无法满足整机轻量化目标。钛合金、铝合金等高比强度材料正成为主流选择。

同时，随着碳纤维复合材料在飞行器中的大量应用，传统紧固方式也面临升级。复合材料粘接技术通过粘接方式实现无损、免开孔的高强度连接，粘接板尺寸可根据连接强度需要设计，兼顾轻量化与可靠性。

2. 抗振动与防松：高频振动下的“生死局”

eVTOL 的旋翼系统使机体处于高频振动环境，尤其在垂直起降阶段瞬时载荷变化明显。行业统计显示，无人机结构中约 30%—40%的关键连接依赖螺纹紧固件，尤其在机身骨架、电机支架、电池系统及控制模块中。

在这种工况下，普通螺纹连接极易出现松动甚至断裂风险。防松螺丝通过头下防松齿和预涂螺纹防松胶实现可靠防松；双层防松垫圈利用两垫圈面接触的升角大于螺纹抬升角的原理，实现拆卸扭矩大于安装扭矩；松不脱螺丝则在需要频繁维护的面板上大显身手——拆卸后螺丝不掉落，杜绝了异物掉入关键部件的隐患。

3. 轻合金与复合材料的连接难题

铝、镁合金等轻金属压铸件在低空飞行器中应用广泛，但轻量化材料普遍存在“螺纹强度不足、易滑牙”的行业通病。螺纹嵌件可将螺纹孔强度提升至 8 级甚至 12 级，有效解决这一难题。材质可选用黄铜、不锈钢、钛合金，适配不同工况需求。

对于复合材料结构，拉铆螺母的单面安装优势使其成为封闭结构、背面不便操作场景的理想选择。追求 IP68 防水等级的户外飞行器柜体，则依赖密封压铆螺柱和预涂胶拉铆螺母实现严苛密封。

紧固件的“基本功”较量

当低空经济从样机走向规模化量产，飞行器的可靠性不再只取决于飞控算法和电池技术，更取决于那些深藏在机身和电路板中的紧固连接。

行业报告指出，未来进入商业运营的 eVTOL 将接受严格的适航认证，紧固件是整机可靠性评价中不可缺失的部分。材料溯源、批次一致性、疲劳测试、腐蚀性能以及装配安全性将被纳入体系化验证，极大提升供应链的准入门槛。

这意味着，低空经济的竞争，也是一场“基本功”的较量——比的是对材料的理解、对工艺的打磨、对全生命周期成本的系统思考。

作为深耕精密紧固领域十余年的专业厂商，永精精密（Toprecision）以 0.01mm 精度标准贯穿生产全流程，从材料甄选到工艺打磨，确保每款紧固件适配高要求工况。产品覆盖钛合金螺栓、防松螺丝、拉铆螺母、螺纹嵌件、复合材料粘接解决方案等，可针对低空飞行器的特殊需求提供专属定制服务。

当万亿低空经济赛道全面开启，选对紧固方案，就是在飞行器量产之前，为整条赛道的长跑系上最可靠的安全带。