

# 如何通过无人机和 无人驾驶飞行器的 3D 打印应对商业 和国防制造业挑战





# 动态无人机市场

建筑和国防等要求苛刻的行业都在快速采用自主无人机和无人驾驶飞行器 (UAV)，这是有充分依据的。这些飞行器具有多种商业应用，可提供有价值的服务并降低风险，同时节省劳动力和其他资源。

无人机和无人驾驶飞行器是一个快速发展的市场。根据 Research and Markets 的数据，在北美高使用率的带动下，到 2030 年，全球商用无人机市场预计将超过 5835 亿美元，2023 年至 2030 年的复合年增长率将达到 38.6%。<sup>1</sup> 云计算和 5G 是越来越多地集成到无人机中的技术之一，这些技术可提供高速互联网连接，从而实现指挥和控制、媒体共享和自主飞行等高级功能。<sup>2</sup>

另一项增材制造解决方案技术 – 3D 打印，也实现了无人机的快速高效开发和生产。

## 以下是无人机和无人驾驶飞行器解决各种挑战的范例：

### 国防

军方使用飞行器执行监视和战术任务。多种无人驾驶飞行器用作有人驾驶飞机现有空中力量的补充，降低了人类操作员的风险。例如，轻型中小型无人机为地面部队提供了背包式可部署的短程侦察能力或武器化能力。

### 农业

无人机上的摄像头和传感器收集有关作物健康、用水和土壤质量的宝贵数据，以优化作物产量并减少用水量，从而提供更大的可持续性和盈利能力。其他用途包括更高效地喷洒杀虫剂和化肥以及监测牲畜的健康和安全。

### 建筑业

无人机越来越多地用于执行质量控制检查并提供有关建造进度的实时数据。它们用于勘测屋顶等难以到达的区域，不但保证了安全，还能减少脚手架等需要架设的昂贵设备的支出。

### 能源

海上石油钻井平台、电力线、风力涡轮机和太阳能电池板的检查和维护减少了人工检查的需要，同时提高了工人的安全性并节省了资金。通过对能源项目潜在地点进行调查，提供有关地形、风力模式和阳光照射的数据。

### 物流

大型零售商和电子商务公司目前利用无人机在城市地区运送包裹和货物。偏远或服务不足的地区也部署了无人机来运送医疗用品和设备甚至人体器官等必需品。

<sup>1</sup> Research and Markets 新闻稿。

<https://www.businesswire.com/news/home/20230721993519/en/Global-Commercial-Drone-Market-Predicted-to-Surge-to-583.51-Billion-by-2030-Driven-by-Increased-Applications-and-Advanced-Technologies--ResearchAndMarkets.com>

<sup>2</sup> Research and Markets 报告摘要

<https://www.researchandmarkets.com/report/commercial-drone>



# 传统制造方法

无人机和无人驾驶飞行器的传统制造方法包括数控加工、焊接、复合材料，以及注塑成型和热成型等塑料加工工艺。这些方法通常用于生产框架、顶篷、螺旋桨、电子元件和起落架等部件。

虽然这些传统方法也会随着时间的推移而发展，以求满足对耐用、高质量和高效无人机部件日益增长的需求，但它们可能会拖慢生产时间，导致供应链低效性，同时限制通过增强开发和制造流程敏捷性来实现创新的可能性。

对于无人机及相关组件的制造商来说，继续测试和升级针对新市场和应用的解决方案是必不可少的。借助 3D 打印，公司能够更好地利用先进的设计和材料进行创新，这些设计和材料不仅可以显著提高生产效率，还可以提高飞行器的性能。

## 传统制造业的缺点

尽管 3D 打印无人机零部件具有广阔的可能性，但传统的制造方法仍然普遍存在。

### 下文详细阐述了传统制造方法的一些缺点：

#### 交付周期较长

无人机和无人机是一个竞争激烈、快速发展的市场。特别是对于 CNC 加工和焊接等减材制造方法，无论您是在内部制造还是全部或部分外包，生产周期都可能长达几天到几周或更长，具体取决于流程以及是否遇到积压。

#### 设计受限

可想而知，传统制造所需的时间和流程会对设计和开发造成阻碍。机械加工和其他制造方法也会限制零部件的几何复杂性和表面精度。简而言之，无人机制造商投入的时间和资源越多，反而会失去必要的敏捷性和速度。

#### 成本较高

与机械加工、焊接和其他传统方法相关的成本通常高于 3D 打印的成本。除了传统制造业熟练贸易工人的劳动力管理费用较高外，机械和设备的资本支出以及维护和修理或外包制造的运营成本等成本也在增加。因生产交货时间较长而失去的机会以及由此带来的诸多开发限制也是间接成本之一。

#### 劳动力短缺

CNC 操作员和程序员、装配工人和制造专家存在短缺。近年来，由于缺乏合格、训练有素的工人，熟练制造业工种受人力短缺的冲击尤为明显。技术进步的快节奏也增加了寻找熟练工人的难度。Deloitte 与 Manufacturing Institute (美国制造商协会的合作伙伴) 共同开展的一项研究发现，到 2030 年，美国的技能差距可能导致 210 万个职位空缺。<sup>3</sup>

<sup>3</sup> NAM 文章。

<https://nam.org/2-1-million-manufacturing-jobs-could-go-unfilled-by-2030-13743/>



# 增材制造的附加值

作为传统制造方法的成熟替代方案，3D 打印不再局限于原型制作和模具，而是成为了公认的最终用途零部件增材制造解决方案，以其更快的上市时间和节省生产成本而闻名。

当今先进的 3D 打印机和材料提供了传统制造技术和材料所没有的设计自由度。无人机制造商越来越多地使用 3D 打印来加快其无人机研发和生产进度，这极大地改变了无人机的制造方式。也就是说，无人驾驶车辆的结构设计可以轻松优化重量、强度和空气动力学。

可以 3D 打印的无人机部件有多种类型，包括框架、机罩、螺旋桨、摄像头和天线支架以及电子元件。无人驾驶飞机、无人机、陆基机器人和其他无人驾驶车辆通常是小批量生产的，可以进行定制和频繁的产品更新 – 这些都是 3D 打印的理想应用场景。

## 增材制造在无人机制造中的优势

快速成型	开发成本低	生产部件	软件压力测试
内部制造模具	节省重量和材料	外来材料	加快上市时间



## 下文详细介绍了 3D 打印的一些优点：

### 快速成型

从减少设计和开发时间开始，到打印第一个原型和测试，3D 打印可以快速生成设计迭代。与传统方法不同，3D 打印原型通常需要数小时。这种灵活性和速度意味着优化质量和性能的新设计迭代触手可及。

### 生产流程加快

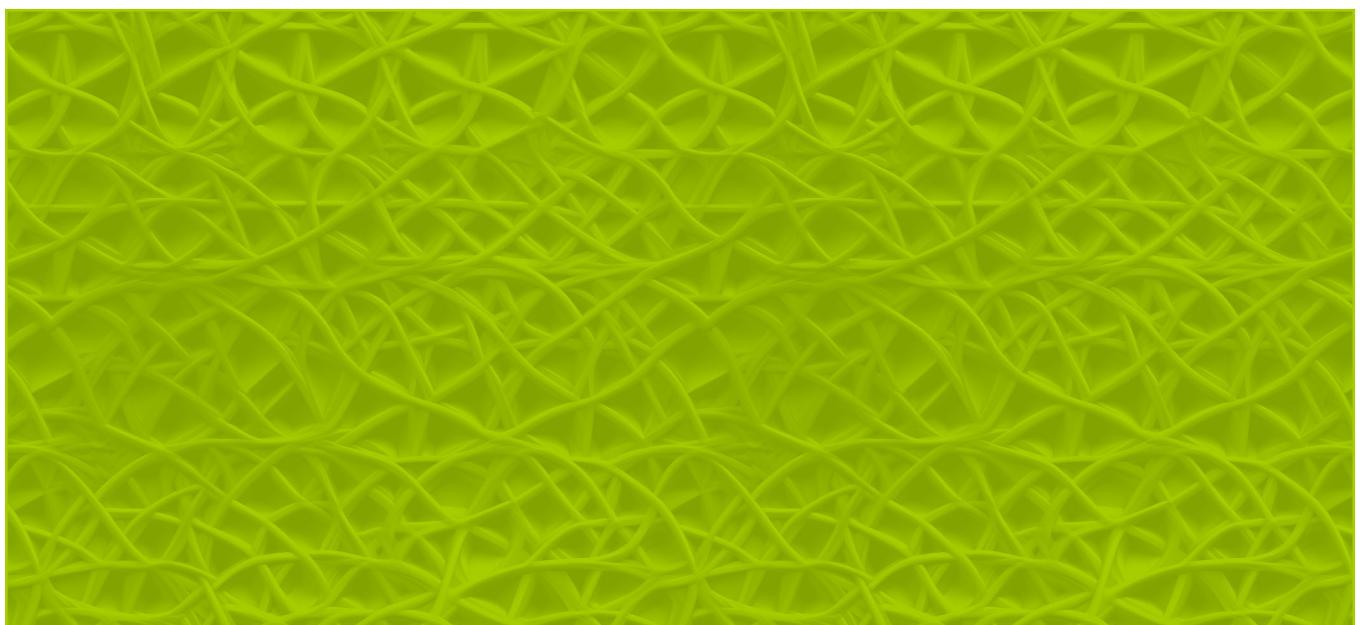
在原型制作和测试之后，最终用途部件的制作，包括可能需要的任何精加工过程，通常可以在几小时或一天内完成，而不是几天或几周。随着生产速度的加快，产品上市时间缩短，质量反馈闭环的响应性也得到提高。

### 降低成本

随着各个高效环节集于一体，与许多传统制造方法相比，3D 打印降低了每个部件的成本。3D 打印中有助于节省成本的高效领域包括劳动力和材料，这些需求通常较低。相比其他方法，增材制造产生的材料浪费更少。

### 可扩展性

从最小的打印量到更大的批量打印，3D 打印具有高度可扩展性。公司通常由 3D 打印服务提供商供应单个部件开始，逐步决定将增材制造能力集成到自己的运营中。



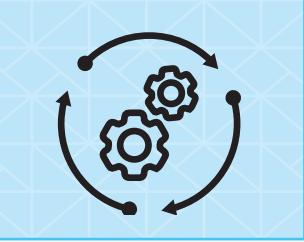


# Stratasys 无人机开发和生产解决方案

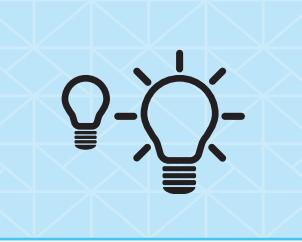
作为原型、最终用途零部件增材制造解决方案的领先供应商，Stratasys 曾服务于国防、航空和航空航天领域，处于无人机和无人驾驶飞行器市场的前沿。



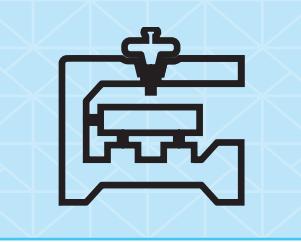
生产水平



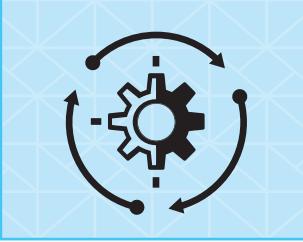
概念模型



治具和夹具



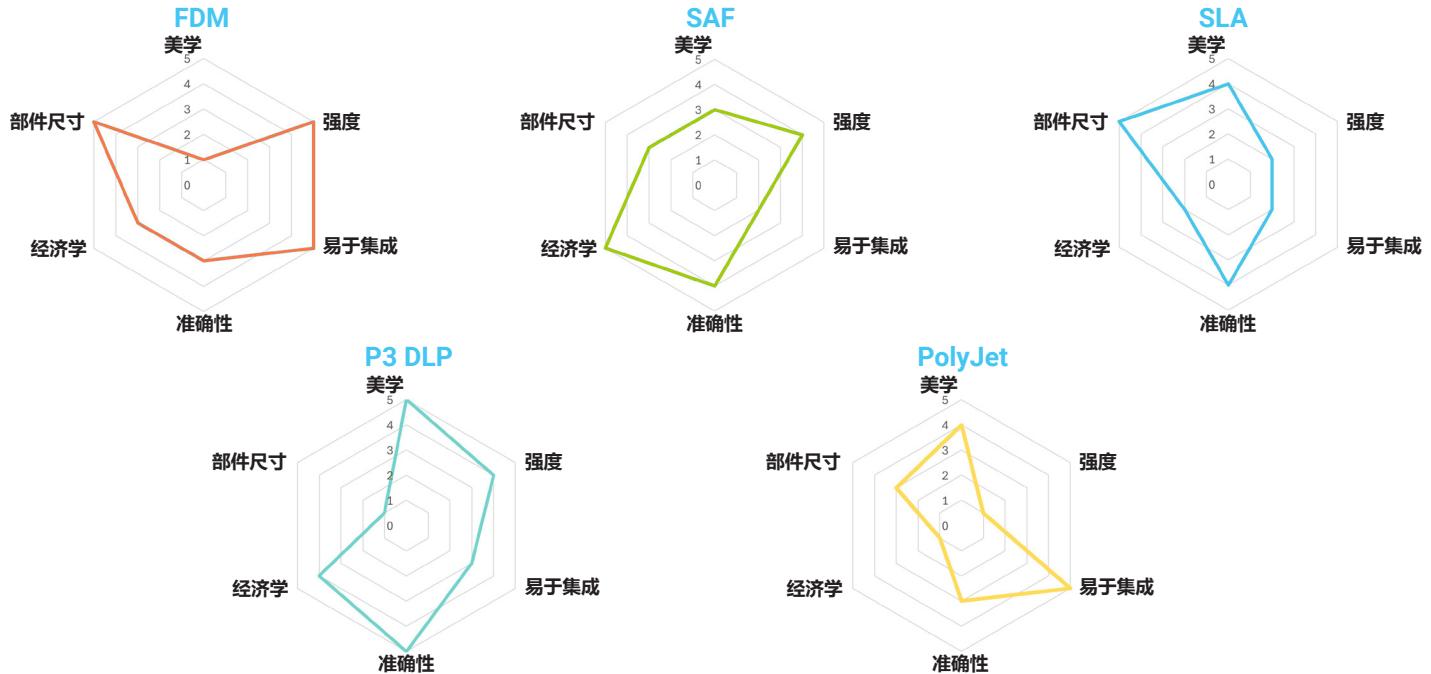
功能原型





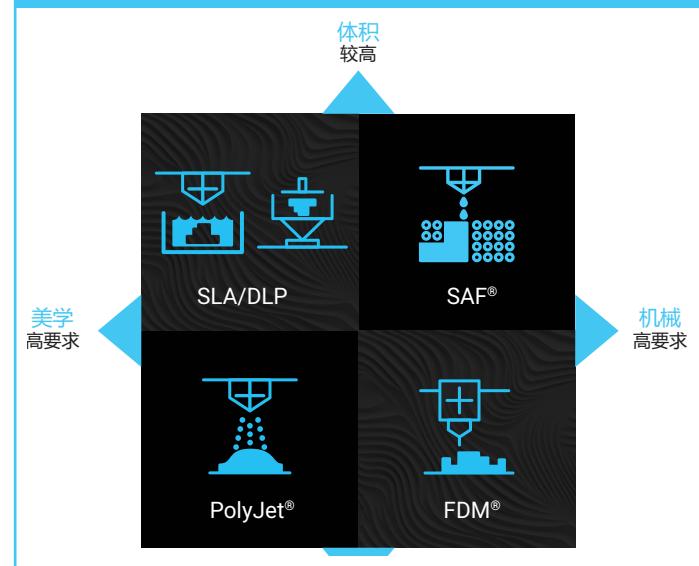
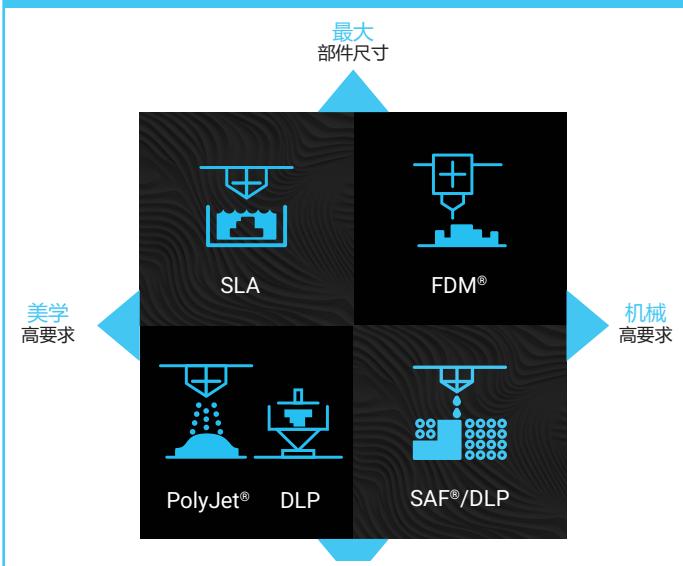
## 系统比较

每种 Stratasys 3D 打印技术都有独特的优势，具体可以根据您的应用要求进行选择。



Stratasys 拥有满足您的部件尺寸要求、部件数量和按部件成本标准的系统和材料。

只有选择合适的 Stratasys 3D 打印技术和材料，才能获得理想的部件性能。



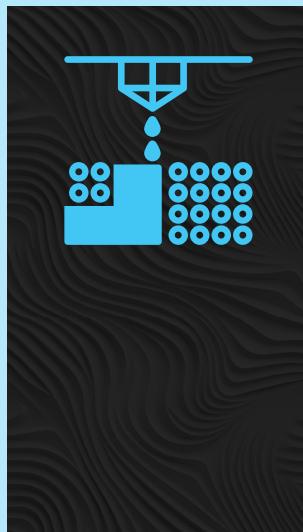
## 以下是 Stratasys 解决方案示例：

- 数以万计的采用选择性吸收融合<sup>®</sup> (SAF) 或 Origin P3<sup>™</sup> (可编程光聚合) 技术的中小型部件。
- 符合 FST (火灾、烟雾和毒性) 标准或 ESD (静电放电) 安全飞行认证的部件，其中大型部件采用 FDM 技术，中小型部件采用 P3 DLP 技术。
- 使用 Neo 立体光刻 3D 打印机精确生产金属铸件的熔模铸造主模型和风洞测试的比例模型。
- 采用 P3 DLP 技术的中小型部件，应用于紫外线、水浸、化学侵蚀强度更高或高温持续时间更长的环境。



# Stratasys 技术亮点

## Stratasys SAF



Stratasys SAF 技术所提供的精确性、可重复性和控制力对于稳定生产和降低部件成本至关重要。

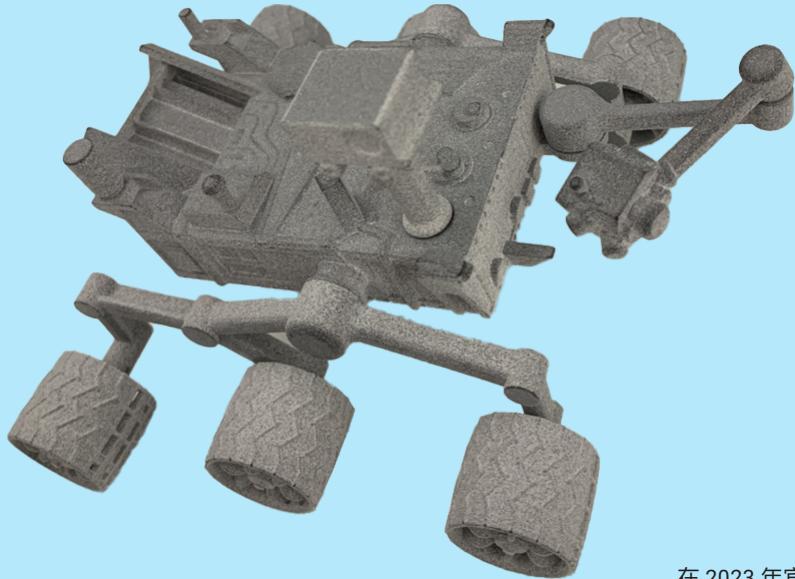
SAF 技术为 Stratasys H350® 粉末床 3D 打印机提供动力。SAF 使用 HAF™ 红外吸收液将粉末状聚合物颗粒分层熔合在一起构建部件。粉末管理是通过 Big Wave® 技术实现的，该技术可在整个构建区域提供可靠的粉末分布。压电打印头将 HAF 流体喷射到粉末上，然后利用红外能量将粉末熔合在一起，形成部件的每一层。

与其他粉末床技术相比，SAF 技术专为短期生产量身定制的大批量增材制造而设计，可对构建过程进行更好的热控制。这一技术的优势在于，无论套料密度如何，部件特性都能保持一致，最终提高产量和降低每部件成本。SAF 技术的特性在多个方面都占据竞争优势。Big Wave 单向粉末管理可保持均匀的打印床，所有点都经历相同的温度，从而实现一致的打印质量。工业压电打印头是非消耗品，只需一种熔断液即可降低持续维护和运营成本。

### SAF – H350 材料认证 – PA12、PA11 和 PP

	在广泛的温度范围内测试机械性能	ASTM D638-22
	所有常见汽车化学品和燃料、酸和碱的化学兼容性和机械性能测试	ASTM D543 – 168 小时 浸没测试
	防火安全测试	UL94 HB – 通过*

\* 产品目前未经过 UL 蓝卡认证。



在 2023 年宾夕法尼亚州立大学举行的女子 STEM 职业活动中，活动参与者使用 Stratasys SAF H350 打印机创建了这款火星车的多个部件，包括车身、支架和车轮。

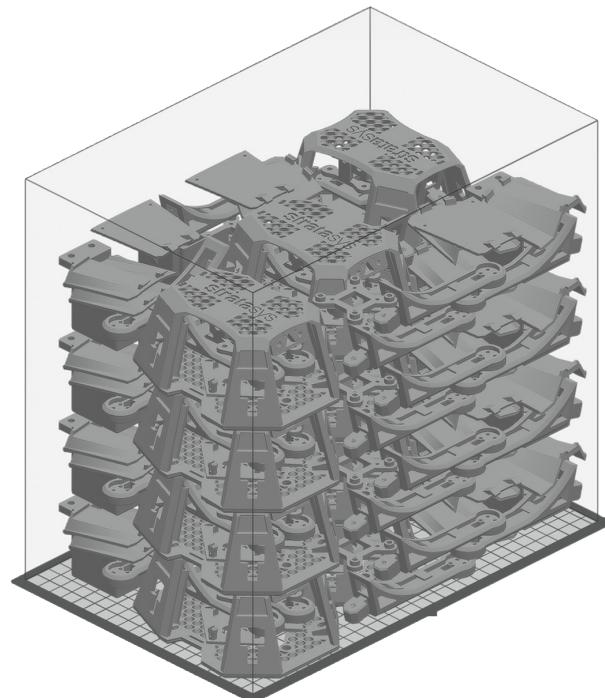
无人驾驶飞行器 PA12 项目旨在展示使用 SAF H350 系统进行生产时可以实现的成果及其在可扩展性方面的潜力。

## H350 无人机 PA12 项目

在 11 小时 26 分钟内完成 12 个完整模型

### 详细信息

打印时间	11 小时 26 分钟
PA12 (公斤)	1
HAF (毫升)	162
模型总体积 (立方厘米)	1,800
嵌套模型	96
构建密度 (%)	13
堆叠高度 (毫米)	236
每架无人机的成本 - 总计 (美元)	31
每架无人机的成本 - 仅材料 (美元)	18



一台 Stratasys SAF H350 打印机可在 24 小时内生产 24 架无人机。



## Stratasys FDM



与传统制造方法相比，Stratasys FDM（熔融沉积建模）技术提供了宝贵的效率，降低了生产成本并缩短了交货时间，从而加快了市场进入速度。FDM 广泛的材料组合可满足从功能原型设计到最终用途部件的广泛应用。

FDM 技术因其精度、可靠性和可重复性而备受信赖。从家庭或办公室使用的 3D 打印机到工厂车间工业级平台中的打印机，FDM 技术是最容易学习和操作的 3D 打印技术之一。从工程级塑料到高性能聚合物，多样化的材料能够满足您的多种应用空间需求。

### 与无人机相关性最高的 FDM 材料

材料	HDT @ 264 磅/ 平方英寸	断裂伸长率 (%)	缺口冲 击强度 (焦耳/米)	拉伸模量 (GPa)	密度 (克/立 方厘米)	疲劳、紫外线和性能数据	认证信息
	XZ	XZ	XZ	XZ			
PC-ESD	144 °C	5.2	233	1.96	1.195	ESD 104 - 109 Ω*厘米	
尼龙 12CF	154 °C	2.4	106	9.46	1.19	<a href="#">温度对高性能 FDM 材料的影响</a> <a href="#">紫外线照射</a> 疲劳数据达到 106 个循环	
Antero 840CN03	157 °C	12	45.8	2.94	1.27	ESD 104 - 109 Ω*厘米 温度对高性能 FDM 材料的影响 <a href="#">紫外线照射</a> 疲劳数据达到 106 个循环 耐化学性	FAR 25.853 AIS
ULTRAM™ 9085 树脂	172.6 °C	5.4	88.5	2.52	1.27	ESD 104 - 109 Ω*厘米 温度对高性能 FDM 材料的影响 <a href="#">紫外线照射</a> 疲劳数据达到 106 个循环 耐化学性	FAR 25.853 AIS
ASA	97.6 °C	5.9	43.1	2.14	1.08	<a href="#">紫外线照射</a>	



Stratasys FDM 技术用于为 Aerialtronics 的 Altura Zenith 商用无人机生产功能原型和最终用途按需部件。



Lepton 使用 Stratasys FDM 技术在其 5 磅重的遥控 RDASS（快速部署的空中监视系统）上制造复杂的机身部件。



## Stratasys P3™ DLP



Stratasys P3 DLP 技术将工业 3D 打印提升到了一个全新的水平，具有无与伦比的精度、久经考验的可重复性、极其严格的公差和卓越的光滑表面光洁度。P3™ 可编程光聚合是数字光处理 3D 打印的演变。

在打印过程中，需要严格控制光线、温度、拉力和气动装置，才能实现具有高精度和严格公差的可重复注塑成型部件质量和表面光洁度。通过与多种高性能材料（经过验证或开放的材料系统）相结合，它能够以相当丰富的几何形状进行工业 3D 打印，大到平台直接使用的大型笨重部件，小到极为精细的特征，均可囊括。

由于能够持续加热并将腔室保持在 60 °C，Origin 是唯一一款使用 3955 FST 材料获得蓝卡认证的打印机。

它具备其他树脂 3D 打印机所不具备的注塑精度和表面光洁度，是工业生产中最先进的 3D 打印解决方案。

## 相关度最高的 P3 DLP 材料认证

材料	热变形温度	断裂伸长率	冲击强度	吸水率 (24 小时)	认证/特定属性	热塑性类似物
Loctite 3D 3955 FST	300 °C (572 °F)	2%	23 焦耳/米 (0.43 英尺·磅/英寸)	0.3%	FST & UL-94 V0, 厚度为 3 毫米	Ultem, PBT
Loctite 3D IND3380™ ESD	200 °C (392 °F)	2%	12 焦耳/米 (0.22 英尺磅/英寸)	0.59%	静电放电	PEKK
Somos® WeatherX 100	73 °C (163 °F)	19%	27 焦耳/米 (0.51 英尺·磅/英寸)	0.4%	可耐受更高水平的紫外线、水浸、化学品侵蚀和高温 (E 模量: 1943 兆帕 (282 ksi), 粘度 950 cP)	紫外线稳定热塑性塑料
P3™ 硅胶 25A	—	672%	—	1.5%	FST & UL-94V0, 厚度为 3 毫米和 6 厘米	低硬度 TPU

TE Connectivity 选择了 Stratasys 的 Origin 打印机，因为它是唯一满足 50 微米以下精度、可重复性、表面光洁度和材料特性的系统。由于打印部件与注塑成型部件高度相似，他们发现一些客户甚至无法分辨两者的区别。





# 3D 打印飞行器成功案例

以下是来自物流和国防领域的几个 Stratasys 客户成功案例：



## Ghost Robotics – 物流

Ghost Robotics 希望加快生产具有全地形稳定性的四足 Spirit™ 系列机器人。鉴于该公司专门制造具有外观表面光洁度的轻质、耐用部件，当改用 3D 打印部件时，公司无需更改其 CNC 加工部件的原始设计，实现了几乎无缝的过渡。

该公司使用了 Stratasys Origin One P3™ 打印机技术并访问了 Origin One 材料网络，最终选择了最合适的材料来实现九个部件（包括侧板、腿和软趾）所需的性能和表面精度。Henkel 的高抗冲击力 Loctite 3172 和类 ABS 材料 Loctite 3843 具备理想的机械强度、耐用性、表面质量和价格。

除了显著提高生产效率外，3D 打印还为 Ghost Robotics 提供了根据客户反馈迭代新设计所需的敏捷性。





## General Atomics – 国防

政府国防承包商要求其合作伙伴进行严格的质量控制。作为 MQ-9A Reaper 和 MQ-9B SkyGuardian 等遥控飞机系统的制造商, General Atomics Aeronautical Systems, Inc. (GASI) 采用了一种分阶段的混合方法, 将 3D 打印集成到其设计和生产中。该公司同时使用了内部系统和经审查的合同制造商, 例如 Stratasys Direct®。

GASI 使用 Stratasys FDM 技术绕过更传统的制造方法, 例如层压复合材料来制造地面控制站的部件。到 2022 年, GASi 的 SkyGuardian 计划通过 3D 打印生产了约 240 个部件, 节省了 200 万美元的模具费用和超过 30 万美元的经常性成本。仅仅是制造模具和绕过相关的精加工工艺 (如固化和修整工作), 就节省了大量劳动力。

当需要通过提高增材制造的速度和灵活性来满足新的设计迭代和具有挑战性的合同周期时, 它的优势更是远超成本节省这一项。



使用 ULTEM™ 9085 树脂材料 3D 打印的飞机管道。



采用 FDM 增材技术制造的地面支撑设备。



# 打造 3D 打印业务案例

无人机和无人驾驶飞行器等飞行器已经在国防工业和许多商业领域掀起了变革。飞行器具有多种应用和外形尺寸，可提供有价值的数据，提高安全性并提高效率。随着无人机技术的不断进步，飞行器的用途将越来越多，受益领域也将更广泛。

如本指南所述，增材制造在无人机的开发和生产中发挥着关键作用，与传统制造方法相比具有切实的优势。3D 打印能够快速创建原型和最终用途部件，为无人机和无人驾驶飞行器制造商提供所需的工具，从而保持竞争力并把握市场趋势和机会。竞优机会不容错过。

## 下一步行动？

基于从本指南中获得的知识采取下一步行动，了解 3D 打印如何为您打造运营优势。无论是从利用 Stratasys Direct 按需服务外包单个部件开始，还是想使用 Stratasys 解决方案开发自己的 3D 打印程序，我们都会随时为您提供帮助。

了解使用 Stratasys 进行 3D 打印如何提高效率并重新定义制造极限。[立即联系我们的专家](#)了解更多信息，探讨特定应用场景或咨询 3D 打印相关问题。



Stratasys 总部  
5995 Opus Parkway,  
Minnetonka, MN 55343  
+1 800 801 6491 (美国免费电话)  
+1 952 937-3000 (国际)  
+1 952 937-0070 (传真)

1 Holtzman St., Science Park,  
PO Box 2496  
Rehovot 76124, Israel  
+972 74 745 4000  
+972 74 745 5000 (传真)

[stratasys.com](http://stratasys.com)  
获得 ISO  
9001:2015 认证

**解决方案指南**  
无人机和无人驾驶飞行器

© 2025 Stratasys。保留所有权利。Stratasys、Stratasys 图章徽标、Big Wave、SAF、FDM 和 H350 是 Stratasys Inc. 的注册商标。PolyJet 和 P3 是 Stratasys, Inc. 的商标。9085、1010 和 ULTEM™ 是 SABIC、其附属公司或子公司的商标。所有其他商标都是其各自所有者的财产，Stratasys 对这些非 Stratasys 产品的选择、性能或使用不承担任何责任。产品规格如有更改，恕不另行通知。  
SG\_MU\_Drone&UAV\_A4\_0825a