Markforged × 艾斯特物聯科技

CUSTOMER STORY · 客戶案例



ASTER-SWARM 原型機。照片：艾斯特物聯科技

CS–D27 · 國防・無人機系統 · 台灣

艾斯特物聯科技以連續碳纖維 3D 列印 FPV 無人機機體，撐得住高速飛行與九級風

艾斯特以 Markforged X7 Field Edition 列印 ASTER-SWARM 的全部機體結構件，在受力路徑上嵌入連續碳纖維，解決一般 3D 列印機體在高速飛行下的形變、振動與斷裂。機體拆成五個標準化模組，改版、維修到量產都能在台灣完成。

100%
機體結構件
3D 列印

9 級
蒲福風級抗風測試
平均風速 20.8–24.4 m/s

5 個
標準化機體模組
M1–M5

2 種
同一機體
任務機・訓練機

BLUF · 重點摘要

01 **機體結構件全數 3D 列印**：ASTER-SWARM 的機體結構件全數以 X7 Field Edition 列印，機臂根部、馬達座等高應力區鋪設連續碳纖維。

02 **通過九級風抗風測試**：原型機完成起飛與高速飛行功能測試，並通過蒲福風級九級抗風測試（平均風速 20.8–24.4 m/s）[3]，結果經國家中山科學研究院軍民通用中心量測驗證。

03 **模組化**：機體拆成五個標準化模組。損壞時只重印單一零件，改版時只更新單一模組的檔案。

04 **在台灣生產**：設計、列印與組裝都在台灣完成，不需外購碳板機架或委外加工；同一機體加裝螺旋槳護罩即為訓練機。

客戶概要 AT A GLANCE

客戶	艾斯特物聯科技股份有限公司 ASTER Technology Co., Ltd.
產業	國防・無人機系統
地點	台灣
設備	Markforged X7 Field Edition
材料	Onyx™ ＋ 連續碳纖維
應用	FPV 無人機機體・模組化結構件
驗證	九級風抗風測試・中科院量測驗證

ASTER-SWARM

ASTER-SWARM 是艾斯特物聯科技開發的一次性使用 FPV 攻擊無人機，機體由五個標準化模組組成。

FPV（First-Person View，第一人稱視角）無人機由操作手透過機上鏡頭的即時影像操控，飛行時要在數秒內完成全油門加速、急轉與俯衝。機體要撐得住這種負載，還要能隨任務改版、損壞後就地補充。機體表面另做特殊塗料烤漆，主要用於匿蹤。

01 // 一般 3D 列印機體，撐不住高速飛行

THE CHALLENGE

以 PLA、ABS、PETG 等一般線材列印的機體，在高速飛行的負載下會出現四類結構問題，直接影響飛控穩定度與任務成功率：

01
機臂撓曲
剛性不足的機臂在急加速與急轉時彎曲，馬達軸線偏移，造成推力損失與姿態失準。

02
結構共振
馬達高轉速引發機體共振，振動雜訊進入陀螺儀，導致 PID 振盪與 FPV 影像抖動。

03
層間分層
一般 FDM 零件的層間結合最弱，長時間振動與衝擊下會沿層線開裂。

04
疲勞與熱潛變
馬達座附近長期受熱與反覆應力，塑料零件逐漸潛變，造成螺絲鬆脫、機臂根部斷裂。

另一條路：CNC 碳板機架

強度足夠，但仰賴進口碳纖板材與外部加工。設計每改一次就要重新開料、等待交期，跟不上原型迭代的速度，也不利建立自主供應鏈。

02 // 連續纖維強化：把碳纖維鋪在受力路徑上

THE SOLUTION

艾斯特選用 Markforged X7 Field Edition（X7 現場版）。X7 以 Onyx™（短切碳纖維強化尼龍）列印零件外形，並在指定層沿受力路徑嵌入連續碳纖維，讓機臂與機體得到一般 3D 列印達不到的剛性與強度。



ASTER-SWARM 原型機與動力電池（俯視）。照片：艾斯特物聯科技

連續碳纖維強化

機臂根部、馬達座等高應力區鋪設連續碳纖維。連續碳纖維拉伸強度 800 MPa，約為 6061-T6 鋁的 2.6 倍；密度 1.4 g/cm³，約為鋁的一半。[1]

內建雷射測微儀

X7 Field Edition 內建雷射測微儀，用於自動調平列印床與列印前校正；搭配另購的 Inspection 功能（舊名 Blacksmith），可在列印過程中量測零件尺寸、及早發現偏差。[1][2]

野戰部署

整機裝於強化運輸箱，開箱至開始列印不到 3 分鐘[2]，可在前進基地就地生產與更換零件。

機敏環境作業

提供無 Wi-Fi 硬體版本[1]，並可選購離線版軟體；作業系統符合美國國防部 STIG 安全規範[2]。



X7 Field Edition
野外部署實景
圖片：Markforged

X7 FIELD EDITION · 野戰部署規格

列印製程	熔融沉積（FFF）＋ 連續纖維強化（CFF）
建構尺寸	330 × 270 × 200 mm
雷射	雷射測微儀：列印床調平、列印校正；製程中檢測需另購 Inspection
部署時間	開箱至開始列印 < 3 分鐘
運輸箱	強化運輸箱，含箱 86 kg・外尺寸 914 × 914 × 762 mm
電源	100–240 VAC，150 W
可用材料	塑料：Onyx、Onyx FR、Onyx ESD、Nylon White 連續纖維：碳纖維、碳纖維 FR、玻璃纖維、克維拉（Kevlar®）、HSHT 玻璃纖維
環境測試	已納入美軍依 MIL-STD-810 執行之環境測試

資料來源：Markforged X7 Field Edition 產品規格 F-PR-3013 REV 1.0a（2021/11/11）；部署時間、環境測試與 STIG 取自產品手冊 REV 1.5（2022/02/16）。

03 // 為量產與快速補充設計的模組化機體

MODULAR BY DESIGN

ASTER-SWARM 把機體拆成五個標準化模組，每個模組都能在 X7 上獨立列印、獨立更換。損壞時只重印單一零件；改版時只更新單一模組的檔案。



示意圖：模組化 FPV 機體爆炸圖。圖片：Markforged

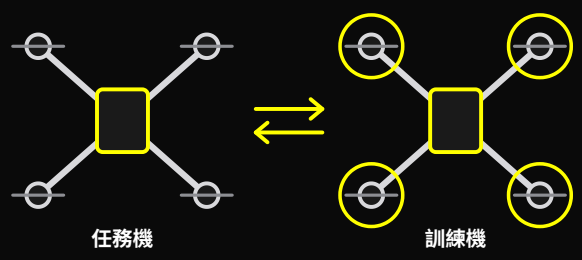
M1 上蓋 TOP PLATE
保護飛控與電子設備，可依任務配置更換。

M2 機體 BASE FRAME
X 型主架；機臂以連續碳纖維強化，承受高速飛行負載。

M3 連接柱 STANDOFFS
標準化連接柱，上下層快速組裝與拆卸。

M4 前罩 FRONT GUARD
鏡頭護罩，可依攝影模組型號更換。

M5 任務模組介面 PAYLOAD INTERFACE
標準化掛載介面，同一機體可搭配不同任務模組。



示意圖：同一機體加裝／拆除螺旋槳護罩（黃色圓環）

ONE AIRFRAME, TWO ROLES

一機兩用：任務機與訓練機

同一套機體加裝 3D 列印螺旋槳護罩，即改為訓練機。操作手用與任務機相同的機型與飛行手感訓練；訓練中損壞的零件，可在現地重印更換。

快速迭代
改一個模組的 CAD 檔即可重新列印，不必重新開模或委外加工。

現地維修
X7 Field Edition 可隨部隊部署，損壞零件在前進基地就地重印更換。

規模化生產
標準化模組可由多台列印機並行生產，支撐大量部署所需的機隊數量。

04 // 從原型到驗證：機體在台灣設計、列印、組裝

THE RESULTS

100%	9 級	5 個	2 種
機體結構件 3D 列印	蒲福風級抗風測試 平均風速 20.8–24.4 m/s	標準化機體模組 M1–M5	同一機體 任務機・訓練機

- **高速飛行驗證**：原型機完成起飛與高速飛行功能測試。連續碳纖維強化的機臂在高負載下維持剛性，未出現一般列印機體常見的撓曲與共振。
- **獨立驗證**：九級風抗風測試結果，由國家中山科學研究院軍民通用中心量測驗證組出具驗證文件。
- **在地生產**：機體設計、列印與組裝全數在台灣完成，不需外購碳板機架或委外加工。
- **訓練與任務一致**：訓練機與任務機是同一套機體，操作手用實戰機型訓練，訓練損耗的零件就地重印。

> “
>
> **一般 3D 列印的機體，飛得快就會晃、會裂。導入 Markforged 的連續碳纖維列印後，我們第一次能用 3D 列印做出真正撐得住高速飛行的機體。加上模組化設計，ASTER-SWARM 從改版、維修到量產都能在台灣自己完成，這正是自主國防最需要的能力。**
>
> — 戴家維，執行長，艾斯特物聯科技股份有限公司

> “
>
> **3D 列印做無人機，問題不在印不印得出來，在印出來的機體撐不撐得住高速飛行。前提是纖維放在對的位置：連續碳纖維沿受力路徑鋪設，機臂才有承受負載的剛性。X7 Field Edition 隨部隊部署，機體損壞就在前進基地重印，不必等外部加工的交期。**
>
> — 陳中欣（Brian Chen），Markforged 大中華區總經理

註記

1. Markforged X7 Field Edition 產品規格 F-PR-3013 REV 1.0a（2021/11/11）。連續碳纖維數據為材料試片值，實際零件性能取決於纖維鋪設量與方向。
2. Markforged X7 Field Edition 產品手冊 REV 1.5（2022/02/16）。
3. 蒲福風級九級：平均風速 20.8–24.4 m/s，依交通部中央氣象署風級表。
4. ASTER-SWARM 的測試結果、模組設計與照片由艾斯特物聯科技提供。



X7 Field Edition · 圖片：Markforged

TAKEAWAY · 評估

機體還在改版、要在現場補充，就值得把連續纖維列印列入評估

以下三種情況，連續纖維列印機體與 CNC 碳板機架值得並列比較成本與交期：

- 機體或結構件仍在頻繁改版，CNC 碳板每改一次就要重新開料、等待外部加工。
- 需要在前進基地或現場補充、維修零件，不能等後方供應。
- 訓練消耗大，需要和任務機同一機型、同一飛行手感的訓練機體。

無人機機體與結構件導入評估

由 Markforged 工程團隊就機體設計、受力路徑與部署條件評估纖維鋪設與機型，並可安排操作演示。地點可安排於台灣、香港或越南。

關於艾斯特物聯科技

艾斯特物聯科技股份有限公司（ASTER Technology Co., Ltd.）是台灣的物聯網系統公司，業務涵蓋科技執法、智慧安防、智慧交通與智慧照護；ASTER-SWARM 是其開發的模組化 FPV 無人機。www.aster-iot.com.tw

關於 Markforged

Markforged, Inc. 為工業級增材製造系統供應商，以連續纖維複合材料與金屬解決方案，協助製造與技術保障單位於使用現場自主生產功能性零件、工裝與備件。

SOURCES · 資料來源

1. Markforged X7 Field Edition 產品規格 F-PR-3013 REV 1.0a（2021/11/11）
2. Markforged X7 Field Edition 產品手冊 REV 1.5（2022/02/16）
3. Markforged X7 Field Edition 產品頁 markforged.com/3d-printers/x7-field-edition
4. 交通部中央氣象署蒲福風級表
5. ASTER-SWARM 測試結果與原型機照片：艾斯特物聯科技提供；機體爆炸示意圖與 X7 Field Edition 照片：Markforged

Markforged、X7、Onyx 為 Markforged, Inc. 之商標；Kevlar® 為 DuPont 之註冊商標。
本文由 Markforged 大中華區暨越南團隊整理。 CS-D27 · v3.3 · 2026 年 10 月 · © 2026 Markforged