



批准的不只是零件， 是整条产线

澳大利亚 Plane Support 以 Markforged FX10 建立专属航空增材制造实验室，为 McDermott Aviation 的 Bell 214B 制造客舱空调风管，取得澳大利亚民航安全局 (CASA) APMA 批准。

PLANE SUPPORT × MCDERMOTT AVIATION · QUEENSLAND, AUSTRALIA · 2026

APMA

CASA 零件制造商批准
214B (B-1) 客舱空调风管

~2 年

研制与适航审定历时
全程与 CASA 磋商

29 架

McDermott 运营之 Bell 214
15×214B + 14×214ST

FX10

航空增材制造实验室
核心平台

挑战

THE CHALLENGE

批准主体 APPROVAL HOLDER Plane Support（澳大利亚航空工程 / 制造 / 维修，服务全球航空业近 30 年）	项目发起 INITIATED BY McDermott Aviation — 澳大利亚最大私营直升机运营商，昆士兰 Sunshine Coast
机型 AIRCRAFT Bell 214B (B-1) · McDermott 为 214B / 214ST 型号合格证持有人	零件 PART 客舱空调风管 Cabin air conditioning ducting
法规框架 FRAMEWORK CASA APMA 批准 · 扩大既有 CASA Part 21K 增材制造范围	平台 PLATFORM Markforged FX10 · 专设航空增材制造实验室

Bell 214B 已停产。McDermott Aviation 运营全球最大的 Bell 214 系列机队——15 架 214B 与 14 架 214ST，承担航空消防、吊装作业、农业喷洒、基础设施支持与应急救援任务。机队规模越大，**零件断供的代价就越直接**：部分零件在原有供应渠道已难以获取，而一个找不到的零件，就是一架停在机库里的飞机。

更关键的是责任归属。McDermott 同时持有 214B 与 214ST 两型的**型号合格证（Type Certificate）**——这型机的长期支持，没有别人可以接手。

「等不到零件的飞机，就是不会动的飞机。能在昆士兰本地做出批准件，我们对这件事的掌控力完全不同。」

— John McDermott, Founder & President, McDermott Aviation



获批的那一类零件：为 Bell 214B 客舱空调系统逆向工程并重新设计的风管件。外形、配合与功能必须与原厂件一致，才通过 CASA 的审定。

解决方案

THE SOLUTION

Plane Support 承担工程、制造与适航审定，McDermott 提供数十年运营与维修这型机的经验。两家公司用了**近两年**，与 CASA 密切磋商，把一只风管从原件走到批准件。

1

3D 扫描

采集原厂 214B 风管，建立精确数字模型

→

2

逆向工程

面向增材制造重新设计，保持原件 form / fit / function

→

3

建立产线

以 Markforged FX10 为核心，设立专属航空 AM 实验室

→

4

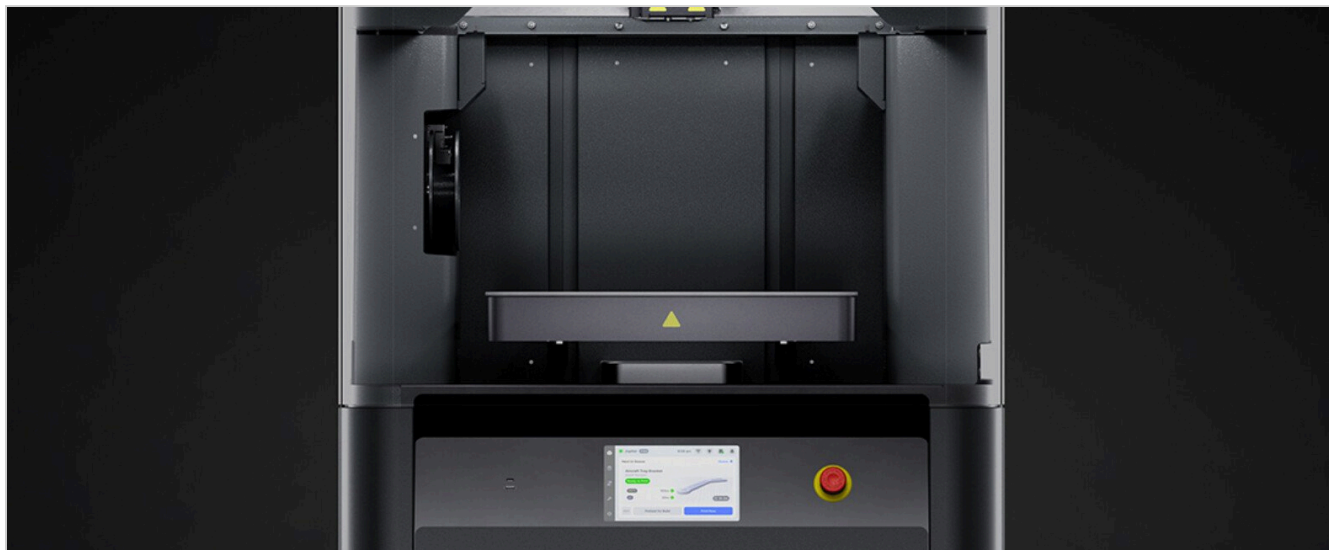
适航审定

自建质量体系、生产控制与检验方法，逐项向 CASA 证明

什么是 APMA 与 Part 21K?

APMA (Australian Parts Manufacturer Approval) 是澳大利亚民航安全局 CASA 的零件制造商批准：允许非原厂制造方合法生产特定航空器零件并装机使用，批准绑定「谁造、造什么、怎么造」。

Part 21K 则是零件制造的适航规章类别。本次批准扩大了 Plane Support 既有的 Part 21K 增材制造能力范围——意味着这套能力不是为这一只零件而生，而是可以向其他零件延伸。



平台：Plane Support 为本项目设立专属航空增材制造实验室，核心是 **Markforged FX10** 工业级打印平台。图为 FX10 原厂照片。

「风管听起来很简单，真要复制就不是了。这些是复杂的型面，必须精准贴合、在机上的表现要跟原件一模一样——而这每一步我们都得向 CASA 证明。」

— Jason Hazell, Director of Engineering, Plane Support

批准的范围

WHAT WAS APPROVED

批准对象与范围

SCOPE OF THE CASA APPROVAL

批准主体	Plane Support —— 作为零件制造商
批准零件	Bell 214B (B-1) 客舱空调风管
批准框架	CASA Australian Parts Manufacturer Approval (APMA)
连带效果	扩大 Plane Support 既有 CASA Part 21K 增材制造能力范围
既有资质	Part 21K · Part 21G · Part 145, 并运行 AS9100 质量管理体系

APMA

CASA 零件制造商批准
可合法制造并装机

21K

既有 Part 21K 范围
因本项目向外扩大

~2 年

研制与审定历时
全程与 CASA 磋商

1 → n

同一套程序可延伸至
其他零件与其他机型

这份批准真正的产出，不是那只风管，而是一条走通了的路径：没有先例可循时，程序、质量体系与检验方法都是从零建立，再逐项向主管机关证明。底子建好之后，下一只零件走的是同一条路。

「我们没有现成的流程可以照搬，所以自己做出程序、质量体系与检验方法，再跟 CASA 一步步走过。这套底子，现在成了我们做其他零件、其他机型的通路。」

— Jason Hazell, Director of Engineering, Plane Support

用语说明

CASA 批准的对象，是 Plane Support 作为制造商、以及该特定零件的制造方案；Markforged FX10 是该获批工艺中所使用的平台。精准的说法是「以 Markforged FX10 为核心所建立的工艺，取得 CASA APMA 批准」。公开新闻稿未披露交期与成本数字，本文因此不作推算。

意义与脉络

SIGNIFICANCE & LINEAGE

对**机队与型号合格证持有人**而言，老机型的停产件从此有了合法的本地补给路径，不必完全受原厂供应链的节奏支配。对**MRO 与零件制造商**而言，APMA 与 Part 21K 是可积累的资质资产——第一只零件最难，之后是沿用。本案也说明了一件事：适航审定的门槛落在**程序与检验**，不在打印设备本身。

这条脉络上，Markforged 平台在民航认证件的既有记录如下：

■ 2024

Spectrum Networks × ALOFT AeroArchitects（美国）

以 FX10 与 X7 平台，单年产出 10,000+ 件已装机的认证零件；激光测微仪逐层检测并自动产出符合性报告。服务 VIP／公务机客舱与停产件复制。

■ 认证

Cabin Management Solutions（美国）

Onyx FR-A／Carbon Fiber FR-A 通过 NCAMP 程序在 X7 上完成认证，已开发 100+ 件 end-use 飞行件，具完整材料追溯。

■ 材料

阻燃级复材与连续纤维

Onyx FR-A／CF FR-A 对应 FAA 14 CFR 25.853 客舱阻燃要求；连续纤维复材提供铝等级强度，重量约为三分之一。

■ 2026

Plane Support × McDermott Aviation（澳大利亚 · 本案）

以 FX10 为核心的工艺取得 CASA APMA 批准，制造 Bell 214B 客舱空调风管。



型号合格证的责任：McDermott Aviation 创始人兼总裁 John McDermott —— 「这架飞机的型号合格证在我们手上，所以让它持续可被支持，责任就在我们身上。」

让举证站得住脚的三件事

MATERIAL · TRACEABILITY · SIMULATION

Plane Support 自建了程序、质量体系与检验方法——这是举证工作的主体。而让这些程序站得住脚的，是三项对得上适航要求的底层能力：**本案采用 Onyx FR-A 阻燃航空级复材**，制程端以 **Inspection** 的机载测量建立零件追溯与符合性报告，并以 **Simulation** 在打印前验证结构表现。

■ 材料 Onyx FR-A — 本案采用的阻燃航空级复材

阻燃等级复材，对应 **FAA 14 CFR 25.853** 客舱阻燃要求。FR-A 为 **NCAMP 航空版**，已在 X7 上完成 NCAMP 认证，**FX10 使用同款材料**。配合连续纤维可提供铝等级强度、重量约为三分之一。牌号后缀 **-A** 即代表可追溯/合格认证版本。

■ 追溯 Inspection — 机载测量与过程控制数据

打印过程中以**机载激光测微仪**扫描零件内外特征，打印完成立即验证并自动产出**可定制的 pass/fail 测量报告**（含热力图与点云）。同时保留 **过程控制数据：谁打印的、何时打印、哪一版设备与软件**——这正是适航举证所需的那条链。可省去外送三坐标（CMM）的后检成本，并以 **Part Approval Workflows** 建立零件审核与批准流程。

■ 仿真 Simulation — 以仿真替代部分实物试验

在 Eiger 内仿真零件的强度与刚度：设定打印参数预测表现 → 可视化载荷下的变形 → 自动配置参数以同时满足性能并压低打印工时与耗材 → 从多个方案中择优。用途是**替代昂贵耗时的物理测试、缩短开发周期**。实例：PUNCH Torino 的 camshaft locking tool 迭代由 8 次压到 1 次。



一致性才是重点：一批刚完成的打印件停在平台上。过程追溯要回答的不是「这一颗行不行」，而是「**每一颗都一样吗**」——机载测量在打印当下就把答案留成报告。图为 Markforged 原厂照片。

方案层级说明

Simulation 与 Inspection 属 Digital Forge Complete (DFC) Advanced 方案模块，非购机即附；On-Prem（禁用云端）环境的功能范围另有差异。导入前请确认方案层级与机型支持（Inspection 支持 X3/X5/X7/FX10 工业系列）。

最难的从来不是打印出来， 是证明它可以上飞机。

Proving it can fly is the hard part.

Plane Support 用了近两年，把一只 Bell 214B 风管从扫描、逆向、重新设计，一路走到主管机关签字。程序、质量体系与检验方法齐备之后，下一只零件、下一型飞机，走的是同一条路——这就是为什么这份批准的价值，远大于那只零件本身。

SOURCES

AerialFire Magazine — “Plane Support Gains CASA Approval for 3D Printed 214B Helicopter Parts” (2026-10-12)

Plane Support — planesupport.com · McDermott Aviation — mcdermottaviation.com

注：本文事实、人物职务、引语、法规框架与时间线均引自上述公开新闻稿（两家公司联合发布）；中译由 Markforged 大中华区整理。CASA 批准之对象为 Plane Support 作为制造商及其特定零件制造方案，非对任何打印设备品牌之适航背书。公开稿未披露交期与成本，本文未作推算。人物照片著作权归原权利人所有。