

# 新一代 GPS 地面控制系统 发展历程与趋势分析

(2026 年第 4 期，总第 13 期)

2026 年 4 月 28 日

---

主办单位：导航与时空技术国家级重点实验室

---

2026 年 4 月 17 日，美国国防采办执行官迈克尔·达菲正式终止了 GPS 下一代地面控制系统（OCX）项目。这一决定为一段始于 2007 年、历经近二十年的采办历程画上终止符，也标志着美国军事航天领域规模最大的采办失败案例之一正式落幕。

OCX 的战略定位是 GPS 卫星星座的下一代指挥控制系统，旨在替换旧版地面操控系统及其过渡方案“架构演进计划”（AEP），实现对全部新旧 GPS 卫星的统一指控，并内建网络安全防护。该项目由雷神公司（现更名为 RTX 公司）承建，采用分块架构：Block 0 为发射检验系统（2017 年交付），Blocks 1&2 为核心指控能力，Block 3F 为后续 GPS III F

卫星支持。OCX 的投入运行，是美军约 700 套武器系统完整访问抗干扰 M-Code 信号、九颗在轨 GPS III 卫星增强能力得以充分释放的前提条件。

然而，OCX 在其漫长的开发进程中始终深陷延误与费用失控的螺旋。原定 2016 年交付运营，实际延误超过十年；费用从原始基线约 37 亿美元攀升至 62.7 亿美元（截至 2026 年 1 月太空军口径）乃至近 80 亿美元。2016 年触发“关键性”纳恩-麦柯迪费用违约后，项目虽经重新认证并多次调整基线，但技术缺陷积压始终未能根本解决。2025 年 7 月太空军正式从 RTX 接收 Blocks 1&2 后，政府主导的综合系统测试暴露出“跨所有子系统的广泛系统性问题”，且被判定为项目“反复经历挑战的延续”。太空军代理采办执行官安斯沃思在国会作证时明确指出，问题根源涵盖“项目管理、承包商绩效、系统工程”三个层面，政府与承包商双方均负有责任。美国政府问责局（GAO）的专项评估进一步揭示了采办模式层面的结构性缺陷：OCX 在最小可行产品迭代、数字孪生、数字线索等先进开发实践上均处于“未记录亦未启动”的最低评级。此外，当前正值总统点名批评 RTX、国防部高层全面施压承包商改善时间与预算管理之际，这客观上压缩了继续容忍严重超期超支项目的政策空间，OCX 取消顺理成章。

OCX 取消后，AEP 成为 GPS 地面控制段唯一的在役运

行系统，为整个 GPS 星座提供指挥控制。这一系统从 2016 年起作为 OCX 延误期间的能力过渡方案，经由“GPS III 应急操控”（COPs）和“M-Code 早期使用”（MCEU）等升级，逐步承担了部分 OCX 预定功能。2026 年 4 月 8 日（OCX 取消前九天），太空军向洛克希德·马丁授予 1.05 亿美元新合同，资助 AEP 支持 GPS IIIF 卫星的发射与早期轨道操作。但 AEP 在网络安全防护、L5/L1C 民用信号支持以及 GPS IIIF 全生命周期指挥控制等方面仍存在显著能力缺口，需要在紧迫的时间窗口内完成系统性填补。

展望 GPS 地面系统的未来走向，可以得出以下基本判断：短期来看，AEP 持续增量升级将是主要发展路径，洛克希德·马丁凭借卫星-地面双重承包商身份占据显著的结构优势；中期来看，以 Blocks 1&2 为软件基础的 GPS IIIF 指控系统 OCX 3F，其技术路线面临根本性调整，项目走向将直接影响 GPS IIIF 星座增强能力的释放进度；长期来看，太空军正在 FORGE（导弹预警卫星指控）和 R2C2（轨道作战指控）等项目中全面推行模块化、敏捷迭代的地面系统开发范式，引入非传统小型软件企业替代传统国防大承包商，这一趋势可能逐步延伸至 GPS 地面系统领域。此外，空军部太空采办前主管卡尔维利倡导的“弹性 GPS”概念，以小卫星增强 GPS 星座弹性，若这个概念进入实质部署阶段，将对地面控制系统提出新的混合星座管理架构要求。

OCX 的取消不仅仅是一个项目的终结，也代表着太空军采办理念的转型。这一事件表明，在软件密集型系统领域，“可用且可演进”的增量方案，往往优于“完美却无法交付”的一揽子方案。目前这一教训已经成为太空军地面系统采办的新共识，但要将这一共识转化为制度化实践，过程仍充满挑战。

## 一、OCX 项目发展历程与取消原因

### （一）项目背景与使命定位

“下一代地面操控系统”（Next Generation Operational Control System, OCX）是美国空军（太空军成立后转由太空军负责）为替代现有 GPS 地面操控系统（Operational Control System, OCS）及其过渡升级方案“架构演进计划”（Architecture Evolution Plan, AEP）而启动的下一代卫星指挥控制系统研发项目。其核心使命为：以现代化、模块化架构实现对 GPS 全星座（涵盖旧型号 GPS IIR/IIR-M/IIF 与新型号 GPS III 卫星）的统一指挥控制，同时内建网络安全防护能力以应对新兴网络威胁。<sup>[1]</sup>

在功能架构上，OCX 采用分块交付（Block）设计。Block 0 为发射与检验系统（Launch and Checkout System, LCS），支持 GPS III 卫星的发射与早期在轨测试，于 2017 年交付。Blocks 1&2 构成项目核心，提供全星座飞行管理能力，并新增对现代化民用信号 L2C、L5 及国际开放民用信号 L1C（依

据 2004 年欧盟-美国协议) 的操控, 同时实现对现代化军用 M-Code 信号的指挥控制。后续的 Block 3F 则作为独立后续项目, 用于支持正在研发中的 GPS III 卫星。<sup>[2]</sup>

OCX 的战略意义早已超出一套技术系统本身: 它是 GPS “企业现代化” 的控制段核心枢纽, 如果没有 OCX, 已在轨运行的 9 颗 GPS III 卫星搭载的抗干扰 M-Code 信号, 以及提升定位精度、增强定位安全性等能力, 都无法被美军约 700 套武器系统完整调用。用时任空军部太空采办主管弗兰克·卡尔维利 (Frank Calvelli) 的话来说, OCX 是整个 GPS 现代化的 “关键枢纽”, “没有它, 我们什么都做不了”。

[3][4][5]

## (二) 项目发展进程

OCX 的开发进程并非线性推进, 而是一段不断延误、爆出发违约问题、修复调整后再度延误的螺旋式下行历程, 大致可分为三个阶段。

### 1. 2007-2016: 野心勃勃与首次失控

OCX 项目始于 2007 年技术开发阶段 (Phase A), 空军分别向诺斯罗普·格鲁曼 (Northrop Grumman) 与雷神公司 (Raytheon) 授予各 1.6 亿美元的竞争性原型合同。2010 年 2 月, 雷神胜出, 获得 8.86 亿美元研制合同。2012 年 3 月, 项目通过里程碑 B (Milestone B) 审批, 正式进入工程与制造开发阶段, 原计划 2016 年 (后修订为 2017 年 6 月) 交付

运营，总费用基线约 37 亿美元。[6][7]

然而，项目很快暴露出系统工程与软件开发层面的深层问题。2014 年 6 月，政府完成“超目标基线/超目标进度”（Over Target Baseline/Over Target Schedule, OTB/OTS）重置，雷神不得不暂停软件开发，转而集中精力完成系统工程收尾工作。2015 年 12 月，项目再次报告进度违约。最终在 2016 年 6 月 30 日，空军部长宣布 OCX 触发“关键性”纳恩-麦柯迪（Nunn-McCurdy）费用违约，这是国防采办领域最严重的成本预警机制之一。项目随后于同年 10 月完成重新认证，合同进行重大重组：进度基线延长 24 个月外加 6 个月风险裕量，原本分期交付的 Block 2 被合并至 Block 1 同步交付。[8]

## **2. 2017-2024：叠加风险下的艰难推进**

2017 年 10 月，Block 0 发射检验系统交付，随后于 2018 年 12 月支持了首颗 GPS III 卫星的成功发射，这是 OCX 在其漫长开发历程中交出的为数不多的实质性成果之一。然而，承载核心指控能力的 Blocks 1&2 却在集成测试阶段陷入旷日持久的泥潭。虽然雷神于 2019 年 8 月宣布完成软件开发，但从“开发完成”到“可交付测试”之间横亘着漫长的集成验证与缺陷修复周期。[9][10]

这一时期，项目还遭遇了多重外部冲击的叠加。一是供应链安全危机。IBM 将相关产品线出售给联想（中国企业），

引发网络安全风险，促使政府启动“惠普替代 IBM 项目”（Hewlett-Packard Replacing IBM Project, HRIP），要求雷神在完成 IBM 平台上软件鉴定的同时，并行构建全新惠普环境。这一迁移大幅增加了系统集成复杂度，但根据采购报告选编（SAR），此举为政府节省了约 1.5 亿美元的远期成本。二是新冠疫情冲击。监测站部署因场站关闭、人员流动管控延误了五个月，保密实验室的集成测试也因社交距离要求、人员感染而受阻，上述两项影响最终通过一项总额 1350 万美元的进度调整方案解决。<sup>[11]</sup>

截至 2024 年底，项目的缺陷积压状况依然严峻。据美国政府问责局（GAO）援引国防部测试官员数据，截至 2024 年 12 月，OCX 仍存在 102 项站点验收测试相关未关闭缺陷、39 项模拟器与测试系统缺陷，以及 129 项发展性测试缺陷，合计 270 项。2024 年 11 月，国防部又向雷神追加 1.967 亿美元合同修改，用于支持交付后的测试及缺陷修复工作。

<sup>[12][13]</sup>

### **3. 2025.7-2026.4: 接收测试与最终取消**

2025 年 7 月 1 日，太空军正式签署 DD-250 验收表，从 RTX（雷神母公司）手中接收 OCX Blocks 1&2，标志着承包商主导的开发与测试阶段结束，项目进入政府主导的综合系统测试与“运行过渡准备”（Readiness to Transition to Operations）阶段。但值得注意的是，这一接收本身即带有争

议。前太空采办主管卡尔维利推动了 2024 年 10 月的程序重组，并在 2025 年 1 月的离职专访中明确批评此前的接收程序安排，认为政府不应在操作员充分测试之前签署验收。

但恰恰是在政府主导的综合测试阶段，此前工厂测试未能充分暴露的系统性问题才得以显现。太空军代理采办执行官汤姆·安斯沃思（Tom Ainsworth）于 2026 年 3 月 25 日向众议院军事委员会战略力量小组委员会作证时披露，测试发现了“跨所有子系统的广泛系统问题，其中许多尚未得到解决”。太空军第 31 任务 Delta 支队（Mission Delta 31）指挥官斯蒂芬·霍布斯上校（Col. Stephen Hobbs）进一步指出，这些问题“将危及当前 GPS 军事和民用用户的能力”。太空军随后开展了一项“长期分析”，权衡包括取消在内的多种路径选项，并于 2026 年 3 月将方案提交国防采办执行官迈克尔·达菲（Michael Duffey）。同年 4 月 17 日，达菲宣布正式终止 OCX 项目。<sup>[14][15]</sup>

### （三）取消原因分析

OCX 的取消是多种因素共同作用的结果。

#### 1. 技术缺陷导致综合测试不合格

2025 年 7 月接收后的综合系统测试，是压垮 OCX 的最后一根稻草。霍布斯上校以“不可逾越”（insurmountable）一词定性测试中暴露的困难：尽管政府与承包商团队反复协作，系统在多个能力领域暴露出广泛缺陷，且解决这些缺陷

需要“远超计划的更多时间”。太空军发言人进一步指出，驱动近期延误的问题“在一定程度上是该项目反复经历挑战的延续”。换言之，这些并非全新问题，而是长期累积的技术债务在系统级集成环境下的集中爆发。<sup>[16][17]</sup>

## 2. 进度与费用双重失控

OCX 的进度与费用数据本身即构成一份触目惊心的采办失败档案。进度方面，原计划 2016 年交付运营的系统，历经十年延误仍未达到可运行状态。费用方面，不同口径的数据勾勒出持续膨胀的图景：原始基线约 37 亿美元（2012 年批准）；纳恩-麦柯迪违约后重新认证的基线约 60.3 亿美元（2017 年基准年美元）；截至 2026 年 1 月太空军公布的实际支出约 62.7 亿美元；而《空军与太空军杂志》引用的费用估算更高达近 80 亿美元（以 2010 财年美元折算接近 120 亿美元）。GAO 在 2025 年 6 月的报告中则将项目总预计费用标注为约 100 亿美元。即便取最保守的 62.7 亿美元口径，项目费用增长率亦达 69.46%。<sup>[18][19]</sup>

## 3. 政府与承包商管理失职

安斯沃思在国会作证时罕见地做出了双向归责表态，明确指出问题根源涵盖“项目管理、承包商绩效、系统工程”三个层面，且政府方与承包商方均负有责任。这一表态打破了此前围绕 OCX 延误的惯常叙事，即主要归咎于雷神/RTX 的承包商绩效问题，而将政府自身的项目管理失误和系统工

程监督不力纳入了正式问责范畴。从空军部太空采办前主管卡尔维利此前对 OCX 的一系列尖锐评价：“问题项目”（troubled）、“累赘”（albatross）、“问题儿童”（problem child），可以看出高层领导对 OCX 管理困境的认知实际上已持续多年，但始终未能转化为足以扭转局面的纠偏行动。

[20]

#### 4. 传统采办模式与现代软件工程施工开发背离

OCX 的失败在更深层次上反映了大型“一揽子交付”（all-or-nothing）采办模式与软件密集型系统开发规律之间的根本矛盾。GAO 在 2025 年对 OCX 的专项评估中发现，项目在多项先进产品开发实践上均处于“未记录亦未启动”的最低评级状态：未开发最小可行产品（Minimum Viable Product, MVP），未建立系统级数字孪生（Digital Twin），未构建数字线索（Digital Thread），仅在模块化开放式系统方法（Modular Open Systems Approach, MOSA）一项上标注为“已实施”。项目虽于 2017 年因“性能不佳和设计失败导致大量返工”而从线性开发方法转向迭代方法，但 GAO 明确警告，由于未充分采纳支持迭代开发的配套实践，项目“面临重蹈覆辙的风险”，这一判断事后被证明完全准确。安斯沃思在取消声明中将这一教训提炼为原则性表述：“优先采用快速增量能力交付，而非复杂的‘一揽子’系统交付。”

[21]

## 5. 外部政治压力

OCX 取消时间为 2026 年 4 月,《空军与太空军杂志》在报道取消决定时明确指出,这一决定“发生在国防部高层官员——甚至总统一——向承包商施压以改善时间与预算管理的广泛推动运动的背景下”。2026 年 1 月,特朗普在社交媒体平台“真实社交”上点名批评 RTX 在关键国防项目上的表现。尽管目前公开信息无法证明 OCX 项目的取消决定与总统表态之间存在直接因果关系,但这一政治氛围,客观上压缩了国防部继续容忍该项目严重超期超支的政策空间。安斯沃思在取消声明中使用的措辞“战争部( Department of War )已明确表示,我们需要以更快速度交付作战能力”,直接呼应了行政当局对国防采办效率的总体要求。[22]

### (四) OCX 取消的直接影响

OCX 的取消对 GPS 现代化产生了多个维度的冲击。

一是在轨能力的持续“锁死”。九颗已在轨运行的 GPS III 卫星搭载了更强的抗干扰能力、改进精度与 M-Code 安全定位等增强功能,但由于 OCX Blocks 1&2 始终未能投入运行,这些能力从未被完全释放。在 OCX 项目延误期间,太空军虽已通过 AEP 项目的“M-Code 早期使用”(M-Code Early Use, MCEU)升级方案,为用户提供了有限的 M 码访问途径,但覆盖约 700 套武器系统的完整 M 码能力,其部署时间表因 OCX 项目取消,不得不进行根本性调整。

二是 OCX 3F 后续项目命悬一线。OCX 3F 以 Blocks 1&2 为软件基础构建，是发射、检验和指挥控制未来 GPS III F 卫星的必要条件。RTX 原定 2027 财年交付 OCX 3F，太空军期望 2028 财年达到运行验收。OCX 取消后，3F 的技术路线面临根本性不确定。尤其是 GAO 已指出，Blocks 1&2 的延误导致 RTX 将工程人员从 3F 项目抽调，致使 3F 本身已经历进度基线重修。首颗 GPS III F 卫星原计划 2026 年 11 月交付（已较最初计划延迟七个月），时间窗口日趋紧迫。<sup>[23][24]</sup>

第三，OCX Block 0 作为发射检验系统将继续运行，为后续 GPS III 及 III F 卫星的发射与早期在轨测试提供支持，这是 OCX 项目留下的为数不多的可用资产。<sup>[25]</sup>

上述影响共同指向一个核心问题：OCX 取消后，GPS 地面控制段如何在有限时间窗口内弥补能力缺口、支撑 GPS III F 卫星的如期部署？在很大程度上，美军只能依赖 AEP 系统进行承接。

## 二、GPS III 临时地面系统：架构演进计划（AEP）

### （一）AEP 的由来与演变

“架构演进计划”（Architecture Evolution Plan, AEP）并非一个从零开始的全新系统，而是在现有 GPS 地面操控系统（OCS）基础上实施的分布式架构升级方案。它的诞生，本身就是 OCX 持续延误的直接产物。2016 年 2 月，在 OCX 纳恩-麦柯迪违约前夕，空军因 OCX Block 0 与 Blocks 1&2

之间的能力断层日益不可容忍，将“GPS III 应急操控”（Contingency Operations, COps）合同授予洛克希德·马丁公司（Lockheed Martin），使其在 AEP 框架内开发能够飞行管理 GPS III 卫星的升级模块。由此，AEP 从一个单纯的遗留系统维护项目，开始承担起 OCX 交付前的能力过渡职能。

[26][27]

此后，随着 OCX 延误的持续加深，AEP 的角色不断扩展。洛克希德在 AEP 上陆续开发了“M-Code 早期使用”（M-Code Early Use, MCEU）升级，让用户在 OCX 尚未就位的情况下即可借助 AEP 访问 GPS III 卫星的加密 M-Code 信号。通过 COps 与 MCEU 两项关键升级，AEP 事实上承担了 OCX Blocks 1&2 预定功能中最具作战紧迫性的部分，尽管是以有限的、过渡性的方式。

到 OCX 取消的 2026 年 4 月，AEP 的实际地位已远远超越“临时方案”的原始定位。太空军发言人在回应取消前景时明确表示：“这不会影响用户，因为 AEP 目前处于在役运行状态，为整个 GPS 星座提供指挥与控制。”这里的“整个星座”涵盖 32 颗在轨卫星，包括旧型号 GPS IIR/IIR-M/IIF 和 9 颗 GPS III。换言之，AEP 已经是 GPS 地面控制段的唯一实际运行系统。

## （二）近期合同动向与能力扩展

AEP 从“临时方案”转向“长期主力”的趋势，在 OCX

取消前夕的一系列合同动向中已清晰显现。

2026 年 4 月 8 日（OCX 被正式取消前九天），太空军向洛克希德·马丁授予一份价值最高 1.05 亿美元的新合同。据洛克希德的公告，该合同资助 AEP 升级以支持 GPS III F 卫星的发射、早期轨道运营与退役处置操作，首颗 GPS III F 计划于 2027 财年发射。洛克希德在公告中强调，新合同“建立在 AEP 项目下十年工作的基础之上”，公司在此期间“持续现代化 GPS 地面段”。

这一合同的时间节点本身即具有战略信号意义。彼时，太空军已完成对 OCX 未来的“长期分析”并将方案提交达菲，取消选项“已在桌面上”。在此背景下授予 AEP 新合同，客观上构成了一种“对冲”安排——无论 OCX 最终是否被取消，AEP 都需要具备支持 GPS III F 早期运行的能力。《空军与太空军杂志》在报道中指出，该合同“表明洛克希德在未来发展中占据‘内线位置’（inside track）”。太空军官方通告亦直接将 AEP 十年来的成功升级记录与对未来地面系统持续发展的信心挂钩：“因 OCX 项目过去的延误，太空军在过去十年中对 AEP 进行了增量式改进。这些成功的升级为 GPS 地面系统的持续发展提供了信心。”

此外值得注意的是，洛克希德·马丁同时也是 GPS III 与 GPS III F 卫星的制造商，这意味着该公司在卫星-地面协同集成方面拥有独特的技术纽带。它既理解卫星端的能力需

求与接口规范，又积累了地面端的运维升级经验。这一双重身份在 OCX 取消后的过渡期内，构成了其他承包商难以复制的竞争优势。

### （三）AEP 的能力边界与待补缺口

尽管 AEP 在事实上已成为 GPS 地面控制段的主力系统，且通过 COps 和 MCEU 等升级承担了部分 OCX 预定功能，但必须清醒认识到，AEP 目前的能力集合与 OCX Blocks 1&2 预定提供的完整能力之间仍存在显著差距。这些差距在 OCX 取消后从“理论上的过渡期短板”变为“必须正面解决的实际缺口”。

第一项关键缺口是网络安全防护。OCX 的核心设计目标之一即是以“现代化灵活架构”内建“强健的信息保障”以应对新兴网络威胁。AEP 作为在 OCS 基础上的渐进升级方案，其网络安全架构的深度与系统性无法等同于 OCX 的从头设计。太空作战部长钱斯·萨尔茨曼上将（Gen. Chance Saltzman）在 2026 年 4 月 1 日的发言中明确要求，无论最终选择何种地面系统，“都需要它是网络安全的”。<sup>[28][29]</sup>

第二项缺口涉及 GPS III 现代化民用信号的完整支持。太空军发言人在 OCX 取消前即指出，若 OCX 被取消，AEP 将需要进一步升级以支持 GPS III 的 L5 民用信号。根据综合文献中引用的 GPS 信号发展报告，L2C 信号的完全运行能力（Full Operational Capability, FOC）原本依赖 OCX 地面系统

的交付方可实现，而 L5 信号的初始运行能力（Initial Operational Capability, IOC）同样取决于 OCX 对 L5 监测功能的上线。OCX 取消后，这些信号能力的实现路径需要在 AEP 框架内重新规划。此外，OCX Block 2 原定支持的国际开放民用 L1C 信号（依据 2004 年欧盟-美国协议），这也是 AEP 当前尚不具备的能力。<sup>[30][31]</sup>

第三项也是最具时间紧迫性的缺口，是对 GPS III F 卫星全生命周期指控的支持。当前 1.05 亿美元合同仅覆盖 GPS III F 的发射、早期轨道和退役处置操作，尚不包含在轨任务期间的全面指挥控制能力。考虑到 GPS III F 将搭载多项全新能力，包括可转向高功率 M-Code 信号“区域军事保护”（Regional Military Protection, RMP）、搜救载荷、激光后向反射阵列与重新设计的核爆探测系统。AEP 需要实现远超当前合同范围的功能扩展，才能充分释放这些新一代卫星的设计潜力。而首颗 GPS III F 计划于 2027 财年发射，留给地面系统准备的时间窗口极为有限。

以上能力缺口的系统性弥补，构成了 OCX 取消后 GPS 地面控制段最紧迫的技术挑战。

### 三、GPS 卫星地面控制系统的未来走向

#### （一）短期采用 AEP 持续增量升级

OCX 取消后，GPS 地面控制段的短期发展路径已相当清晰：以 AEP 为主要平台，通过增量升级逐步弥补能力缺口。

这一路径的政策依据来自太空军在取消决定中的核心判断。第 31 任务 Delta 支队指挥官霍布斯上校明确表示，太空军“分析了 OCX 剩余工作量，并与现有 GPS 控制系统能力进行了比较”，最终认定“对 OCX 的额外投资不再是保护和推进 GPS 能力的最佳方案”，转而“继续增强现有控制系统以运行 GPS 卫星星座”。太空军官方通告进一步将 AEP 过去十年的成功升级记录定性为对未来发展路径的信心基础。[32][33]

已于 2026 年 4 月 8 日授予的 1.05 亿美元合同，标志着这一路线的落地。该合同覆盖 AEP 对 GPS III F 卫星的发射、早期轨道与退役处置操作支持，为 2027 财年首颗 GPS III F 卫星的发射提供地面端准备。但如前所述，这仅是 GPS III F 全生命周期指控需求的一部分，后续仍需进一步合同覆盖在轨任务期间的全面指挥控制能力、L5 民用信号支持、L1C 国际信号支持以及网络安全架构强化。[34]

太空作战部长萨尔茨曼上将对这一路径设定了明确的能力底线。他在 2026 年 4 月 1 日米切尔研究所（Mitchell Institute）太空力量论坛上表示，无论最终选择何种系统，都必须准备好支持“GPS III F 及更远的未来”，且“我们需要它是网络安全的”。这意味着 AEP 的增量升级绝非简单的修补延续，而是必须在有限时间窗口内达到一个足以支撑下一代星座运行的能力门槛。[35]

（二）采办模式将从“一揽子交付”转向“模块化增量交付”

OCX 取消的意义超越了单一项目的成败，更深层地触发了太空军在地面系统采办哲学上的系统性反思。

代理采办执行官安斯沃思在取消声明中提出：“优先采用快速增量能力交付，而非复杂的‘一揽子’系统交付”。这是对过去数年太空军采办理念演进的正式制度化表达。前太空采办主管卡尔维利早在其“九项成功采办准则”中即已将地面系统列为改革重点，明确要求项目经理“以更小的、更可管理的模块获取地面与软件密集型系统，使其能更快交付”。OCX 项目的取消，将这一准则从政策倡导推向了强制性实践，以近 80 亿美元的成本印证了大型一揽子交付模式在软件密集型项目中并不具备可行性。<sup>[36][37]</sup>

这一转型理念在太空军其他地面系统项目中已有具体实践印证，构成观察 GPS 地面系统未来走向的重要参照系。

“未来弹性地面演进”项目（Future Operationally Resilient Ground Evolution, FORGE）负责导弹预警卫星的地面指挥控制，涉及下一代天基红外系统（Next-Gen OPIR）和弹性导弹预警/导弹跟踪（Resilient MW/MT）卫星。FORGE 采用了模块化的“系统之系统、项目之项目”架构。太空系统司令部（SSC）太空感知局采办执行官罗伯特·戴维斯上校（Col. Robert Davis）将其描述为一个由框架系统（已在巴

克利太空军基地部署的硬件与操作系统）、指挥控制软件（BAE Systems 获 1.51 亿美元原型合同）、任务数据处理应用和中继地面站等模块组成的架构体系。关于交付节奏，戴维斯明确表态：“我们将持续交付，不是以大爆炸式的软件方式，而是以更敏捷的方式……取决于排序，交付频率可能是每年数次或每年一次。”

“快速弹性指挥控制”项目（Rapid Resilient Command and Control, R2C2）由太空快速能力办公室（Space Rapid Capabilities Office, Space RCO）主导，负责轨道作战的战术指挥控制。R2C2 的发展经历本身即是对“过度雄心”的一次纠偏：项目最初设定了在两年内将 15 至 25 个遗留系统迁移至新平台的目标，太空快速能力办公室负责人凯利·哈梅特（Kelly Hammett）坦承“结果并未如我们所愿”。经过一年的“重新调校”（retooling），R2C2 转向更为渐进的策略：聘用太空动力学实验室（Space Dynamics Laboratory，犹他州立大学下属非营利研究机构）作为首席系统集成商，将交付周期从每八周一次缩短至两周一次迭代，并通过“Marvin”合同机制引入不具备传统太空背景的软件开发人员。哈梅特称：“我们雇用这些人，正是因为实验表明他们不是太空地面系统出身的人，而是软件专家。”<sup>[38]</sup>

FORGE 和 R2C2 的实践共同表明，太空军正在其地面系统采办体系中全面推行一种新范式：以云平台为基础架构、

以敏捷迭代为交付节奏、以模块化集成为系统架构、以非传统承包商为人才池补充。OCX 的取消使 GPS 地面控制段成为这一范式可能的下一个应用场景。

### （三）GPS 地面控制段的可能演进方向

基于上述事实与官方表态，GPS 地面控制段未来演进存在若干可能。

#### 1. 方向一：洛克希德·马丁的主导地位或将强化

洛克希德·马丁在 GPS 地面系统未来发展中占据显著的结构优势。该公司自 2016 年起承担 AEP 的维护与升级工作，积累了十年的持续经验；它同时也是 GPS III 和 GPS IIIF 卫星的制造商，具备卫星-地面协同集成的独特技术纽带。1.05 亿美元的新合同进一步巩固了其在 GPS IIIF 过渡期内的核心地位。《空军与太空军杂志》将此合同解读为洛克希德在未来地面系统发展中占据“内线位置”的信号。然而，太空军采办理念向“非传统承包商”和竞争性采办转向的趋势，可能在中长期稀释单一承包商的主导地位，这取决于太空军在 GPS 地面系统领域推行竞争的意愿与力度。<sup>[39]</sup>

#### 2. 方向二：OCX 3F 的命运与替代方案

OCX 3F 作为以 Blocks 1&2 为软件基础构建的后续项目，其技术路线因 OCX 取消而面临根本性不确定。RTX 仍持有 OCX 3F 合同，但 GAO 已指出该项目因 Blocks 1&2 的延误而正经历进度基线重修，且 RTX 工程人员被长期从 3F 抽调

以支持 Blocks 1&2 的测试工作。OCX 取消后，3F 是否以现有合同框架继续推进、以 AEP 框架内的增量开发方式替代、还是以全新模块化方式重新采办，目前均无官方定论。唯一明确的约束条件是时间：首颗 GPS IIIF 卫星预计 2027 财年发射，地面指控系统必须在此之前至少具备发射与检验能力。而 1.05 亿美元 AEP 合同已覆盖这一最紧迫需求，为后续全面指控方案的决策争取了一定缓冲。

### 3. 方向三：“非传统”承包商与软件开发模式的引入

太空快速能力办公室负责人哈梅特在 R2C2 项目实践中明确提出了一项具有范式意义的人才策略转变：引入“非传统小型软件企业”替代“传统国防大承包商”。他指出传统国防主承包商在地面软件交付方面“在许多情况下表现不佳”，并已在 R2C2 中实践了聘用“非太空背景的软件专家”的做法。这一趋势是否会延伸至 GPS 地面系统领域，取决于太空军在多大程度上将 OCX 的失败归因于承包商模式，而非仅仅归因于 OCX 自身的项目管理问题。安斯沃思在国会作证时对政府与承包商的双向归责表态，暗示太空军可能同时在政府端与产业端寻求变革。

### 4. 方向四：GPS 星座弹性化对地面系统的长期需求

GPS 地面控制段的未来架构不仅取决于当前星座的指控需求，还将受到星座自身演进方向的深刻影响。卡尔维利在离职专访中倡导“弹性 GPS”（Resilient GPS, R-GPS）概

念，以小卫星增强现有 GPS 星座的弹性。根据这一概念推出的项目已于 2024 年 9 月通过国防部“快速启动”(Quick Start)授权颁发首批合同。卡尔维利将 GPS 定性为“几乎等同于国家基础设施”，认为仅有 35 颗卫星在轨“不算多”，主张以“可扩散的小型卫星星座”增强星座弹性。若 R-GPS 从概念研究进入实质部署阶段，GPS 地面控制系统将面临新的架构要求：从管理固定数量的中轨大型卫星，扩展到协调一个包含不同轨道高度、不同卫星类型的混合星座。这一远期需求进一步强化了模块化、可扩展地面架构的必要性，也为 GPS 地面系统的长期演进增添了变量。

上述四个方向并非互斥，而是在不同时间尺度上相互交织：短期内洛克希德·马丁的 AEP 增量升级几乎确定是主要路径；中期内 OCX 3F 的命运和替代方案将决定 GPS IIIF 全能力运行的实现方式；长期内非传统承包商模式的渗透和弹性 GPS 的架构需求则将重塑 GPS 地面控制段的竞争格局与技术形态。

#### 四、总结

OCX 项目的取消，为一段横跨近二十年、耗资逾 62 亿美元的采办历程画上了句号。这不仅是美国军事航天领域规模最大的采办失败案例之一，也是太空军采办理念从“大型复杂一揽子系统”向“敏捷增量交付”转型的分水岭事件。安斯沃思在取消声明中提炼的原则“优先采用快速增量能力

交付，而非复杂的‘一揽子’系统交付”，与其说是一项新政策的宣示，不如说是一份以近 80 亿美元学费换来的经验总结的制度化表达。

AEP 从权宜之计升格为主力系统的事实，提供了一个值得深思的反面案例：一套在旧系统基础上通过十年增量升级逐步累积能力的过渡方案，在特定条件下反而展现出比“推倒重来”式全新开发更强的实际韧性。这并非意味着增量升级可以无限替代系统性创新，AEP 在网络安全、新信号支持与 IIIIF 全能力指控等维度仍面临显著缺口。但它至少表明，在软件密集型系统领域，“可用且可演进”的系统往往优于“完美但无法交付”的系统。

展望未来，GPS 地面控制段的发展将取决于三个相互关联的变量：

第一，太空军能否在 OCX 取消后的有限时间窗口内，通过 AEP 增量升级完成对 GPS IIIIF 卫星全能力运行的必要支持。首颗 IIIIF 卫星 2027 财年即将发射，留给地面端的准备时间极为紧迫。

第二，OCX 3F 的技术路线如何重新规划。这一悬而未决的问题将直接影响 GPS IIIIF 星座增强能力的释放时间表。

第三，也是最具长期意义的变量，太空军在多大程度上能将 OCX 教训转化为制度性的采办改革。从 FORGE 和 R2C2 的实践中可以看到转变的起步，但从 R2C2 自身遭遇的遗留

系统迁移困难中也能看到，即便是“正确的方法”在执行层面同样面临严峻挑战。OCX 项目的失利，折射出美国太空采办体系在应对软件密集型系统挑战时暴露的结构性短板。而修复这些短板，远比终止一份合同要复杂得多。

## 参考文献

[1] Next Generation Operational Control System (OCX) Selected Acquisition Report (SAR)[R/OL]. (2021-12-31). [https://www.esd.whs.mil/Portals/54/Documents/FOID/Reading%20Room/Selected\\_Acquisition\\_Reports/FY\\_2021\\_SARS/22-F-0762\\_OCX\\_SAR\\_2021.pdf](https://www.esd.whs.mil/Portals/54/Documents/FOID/Reading%20Room/Selected_Acquisition_Reports/FY_2021_SARS/22-F-0762_OCX_SAR_2021.pdf).

[2] HITCHENS T. Calvelli's biggest regret: New GPS ground system still non-operational[EB/OL]. (2025-01-15). <https://breakingdefense.com/2025/01/calvellis-biggest-regret-new-gps-ground-system-still-non-operational/>.

[3] 同 2

[4] USSF ALMANAC 2025: SPACE SYSTEMS[R/OL]. (2025-06). [https://www.airandspaceforces.com/app/uploads/2025/06/Almanac2025\\_Space-Systems.pdf](https://www.airandspaceforces.com/app/uploads/2025/06/Almanac2025_Space-Systems.pdf).

[5] ALBON C. Pentagon Cancels \$6B GPS Ground System Contract[EB/OL]. (2026-04-21). <https://www.airandspaceforces.com/pentagon-cancels-6b-gps-ground-system-contract/>.

[6] 同 1

[7] HADLEY G. Space Force Finally Accepts New GPS Operating System[EB/OL]. (2025-07-16). <https://www.airandspaceforces.com/space-force-new-operating-system-gps-accepts/>.

[8] ALBON C. Pentagon Eyes Canceling “Troubled” GPS Ground System[EB/OL]. (2026-03-27). <https://www.airandspaceforces.com/pentagon-eyes-canceling-troubled-gps-ground-system/>.

[9] 同 1

[10] 同 7

[11] 同 1

[12] Weapon Systems Annual Assessment[R]. United States Government Accountability Office, 2025.

[13] HITCHENS T. Space Force begins testing of first OCX software blocks for GPS sats[EB/OL]. (2025-07-17). <https://breakingdefense.com/2025/07/space-force-begins-testing-of-first-ocx-software-blocks-for-gps-sats/>.

[14] Space Force kills OCX GPS ground control system, citing ‘insurmountable’ challenges - Breaking Defense[EB/OL]. (2026-04-20). <https://breakingdefense.com/2026/04/space-force-kills-ocx-gps-ground-control-system-citing-insurmountable-challenges/>.

[15] USSF terminates program for the Global Positioning System Next Generation Operational Control System[EB/OL]. (2026-04-20). <https://www.spaceforce.mil/News/Article-Display/Article/4465024/us-sf-terminates-contract-for-the-global-positioning-system-next-generation->

oper/.

[16] 同 8

[17] 同 15

[18] 同 5

[19] 同 13

[20] 同 8

[21] 同 12

[22] 同 5

[23] 同 13

[24] 同 12

[25] ALBON C. Space Force Awards GPS Ground Contract amid OCX Uncertainty[EB/OL]. (2026-04-09). <https://www.airandspaceforces.com/space-force-awards-gps-ground-contract-ocx-uncertainty/>.

[26] HITCHENS T. Lockheed Martin nabs \$105M ground system contract to support next-gen GPS[EB/OL]. (2026-04-17). <https://breakingdefense.com/2026/04/lockheed-martin-nabs-105m-ground-system-contract-to-support-next-gen-gps/>.

[27] 2025 Public ICWG Post Presentation: GPS Public Interface Control Working Group & Public Forum[R/OL]. (2025-06-25). [https://www.gps.gov/sites/default/files/2025-08/2025%20Public%20ICWG%20Post%20Presentation\\_Approved\\_20250625.pdf](https://www.gps.gov/sites/default/files/2025-08/2025%20Public%20ICWG%20Post%20Presentation_Approved_20250625.pdf).

[28] 同 26

[29] Space Systems Command Achieves Milestone in Global Positioning System (GPS) Program's Enterprise Modernization Effort[R/OL]. Space Systems Command, 2022. [https://www.ssc.spaceforce.mil/Portals/3/20220602\\_GPS%20OCX%203F%20Milestone%20B%20Press%20Release%20Final\\_c.pdf](https://www.ssc.spaceforce.mil/Portals/3/20220602_GPS%20OCX%203F%20Milestone%20B%20Press%20Release%20Final_c.pdf).

[30] Inventory of Complementary, Alternative, and Augmentative PNT Solutions[R/OL]. (2025-05-27). <https://www.ntia.gov/sites/default/files/2025-05/inventory-of-pnt-solutions.pdf>.

[31] 同 1

[32] 同 15

[33] 同 14

[34] 同 25

[35] 同 26

[36] 同 14

[37] HADLEY G. Space Force Takes New Approach to Ground Systems[EB/OL]. (2025-03-06). <https://www.airandspaceforces.com/space-force-new-approach-ground-systems/>.

[38] ALBON C. Space RCO Adopts New Approach to Fielding

Consolidated C2[EB/OL]. (2026-03-10). <https://www.airandspaceforces.com/space-rco-new-approach-r2c2/>.

[39] 同 5