免责声明：凡在本杂志发表的文章只代表作者观点，而非美国国防部、空军部、空军教育和训练司令部、空军大学或美国其他任何政府机构的官方立场。

空中补给无人化

Logistics Aloft

乔尔·D·杰克逊，美国空军上校（Joel D. Jackson, Col, UASF）*

引言

自从“持久自由”行动开始以来，美国军方对无人机系统（UAS）的投资急剧增长近 700%，2009 年一年的投入就达近 40 亿美元。[1] 究其原因，显然是因为军方运用 UAS 成效显著，从主要用作情报 / 监视 / 侦察（ISR）工具开始，到后来用作 ISR/ 打击平台，UAS 都不负众望。在这些成功的基础上，国防部应该对 UAS 的未来潜在用途做出评估，首先要归纳出 ISR 和 ISR/ 打击使命具有哪些特征使 UAS 成为理想的平台，然后审察其它哪些使命也具备类似的特征。本文认为紧急性和关键 / 时敏（MCTS）性战区内后勤再补给任务具备这些特征，需要采用能在各种险恶作战空间作持久、高效飞行的模块式系统来执行。有关方面正在研发能执行这些任务的 UAS。但是研发中没有重点关注上述特征。因此，我们应该开发出一款专用于后勤投送的 UAS，此平台应采用模块化结构，同时具备 ISR/ 打击能力和长续航能力。

中央司令部战区内的再补给任务

战区内再补给是在同一个地理战区内投送补给，常被称作“战术最后一英里”投送，通常是从前方补给基地送到战场作战部队。战区对部署各地的陆军或海军陆战队都有明确的补给量规定。比如：海军陆战队规定在阿富汗的每个连队每天补给量为 20,000 磅（编注：1 磅 = 0.45359 公斤）；陆军也规定其每个排每天补给为 7,280 磅，即每人每天为 170 磅。[2] 再补给品可进一步按种类细分，比如食品和水为一类、油燃料为三类、弹药为五类、修理零配件为九类，等等。第一类物品占日常需要的 53%，第五类占 6%。[3] 再补给品按急迫性又划为三个等级：紧急级、关键 / 时敏（MCTS）级、常规级。

UAS = 无人机系统
RPA = 遥驾飞机
ISR = 情报 / 监视 / 侦察
CAS = 近距离空中支援
MCTS = 关键 / 时敏（补给品）

简言之，紧急补给是指部队必须立刻收到的补给，投送出现任何延误将给部队带来灾难性后果。[4] 而 MCTS 补给是指收到申请后需短时内投送或从正常再补给系统之外投送。[5] 至于哪些再补给品被确定为 MCTS 级，需由具体指挥官按实际情况决定；一般来说，它包括维持作战功效所需的任何补给，其定义宽泛到可以包括任何物资：从 2000 磅的发电机到 100 磅的弹药。但是在阿富汗，食品和水被纳入了 MCTS 级优先清单，[6] 与第一、第三（少量）、第五和第九类一道，作为最常见的 MCTS 级补给空运到前沿。[7] 关键和时敏本身，就意味着需要及时送到，这些再补给品通常的时限是收到申请后 24 小时送到。[8] 相比而言，常规级补给的送达时限是 72 小时。[9] 在战区内，常规补给传统上是通过地面投送，而紧急和 MCTS 级补给是由

* 乔尔·杰克逊空军上校（Joel D. Jackson, Col, USAF）提交本文时在空军战争学院学习。他是指挥飞行员，拥有超过 5,000 小时、驾驶 KC-10A 加油机的飞行经验。他曾担任过中队指挥职务，并担任美国运输司令部参谋，主管运输配发过程，整合多种运输手段以完成从工厂到前线的指令。

固定翼飞机空中投送到前沿简易跑道。但是在阿富汗目前的作战过程表明，这两种投送方式都不充分合适。[10]

最经济的投送工具是货车，但在伊拉克屡遭简易爆炸装置的伏击。自 2003 年以来，战区司令官一直想减少陆地运输而增加空中运输，是以减轻这种威胁。[11] 在阿富汗，简易爆炸装置的危险更大，因为道路状况更恶劣。伊拉克道路系统中 84% 有铺面，但阿富汗只有 29%。[12] 这两个因素促使军方希望尽可能避免从地面投送补给。遗憾的是，另一种常用投送方法，即需要简易起降跑道的空运，在阿富汗也不实际。这种方法在某些地点可行，但更多需要补给的部队经常身处荒野，没有简易跑道，致使大量物资不能用传统的空运方法投送。[13] 另外，陆军已停止在阿富汗使用 C-23“夏尔巴人”运输机。历史上，他们一直使用这些飞机把小量的 MCTS 物资运送给前沿部队，但“夏尔巴人”缺少高原飞行能力，不适合阿富汗环境。[14] 由于难以采用固定翼飞机执行传统空运，于是大量使用空投和旋翼飞机来满足再补给需要。

可是，更多地使用空投和旋翼飞机投送补给又引起一些新的问题。首先，现有的旋翼机群已经超负荷工作。CH-47 的主要任务是支援步行战斗部队实施空中攻击，[15] 如果一再用作投送补给工具，陆军和特种部队司令部就没有足够的飞机来执行其主要使命。此外，阿富汗的供应基地、前哨站和现有油料供应站之间距离遥远，用 CH-47 和 UH-60 执行这样的长途再补给飞行会增加“严重磨损”。[16] 这种情况继而影响到飞机的维修率，进一步降低其执行任何任务的可用率。为了缓和这种直升机可用率不足的情况，陆军在 2005 年把其 CH-47 机群扩大了 11%。[17] 另外，在 2010 年 4 月，国防部办公厅特种作战与反恐助理部长帮办宣布：2011 财年预算将包括为特种作战部队购买飞机的资金——从陆军购买 8 架 MH-47G，另采购 16 架全新 MH-60M 和 5 架 CV-22，全部专供特种部队使用。[18] 购买新的旋翼飞机当然能提高可用率，但是即使有足够的旋翼资产来周转，动用它们来执行后勤任务无疑是低效率。

虽然购买 CH-47 和 UH-60 的初始费用会比购买 C-130J 或 C-27J（军方正在采办 C-27J 以替换 C-23）的费用少很多，但 UH-60 的运行费用和一架中小型固定翼飞机（如 C-23、C-130J、或 C-27J）的费用大致相等。而 CH-47 的运行费用是这些固定翼飞机费用的 4-5 倍。[19] 事实上，固定翼飞机比旋翼飞机的空运能力要大得多（用长途运输吨 / 英里的费用作为比较尺度），如果加入这个考虑因素，那么 CH-47 的运行费用比 C-27J 要高出 10 倍。[20] 另外，目前陆军在阿富汗的战术规定：所有直升机，无论执行什么任务，必须采用双机编队。这条限制可能把吨/英里成本加倍，因为无论安排运送什么货物，每次任务需要出动两架飞机。通用动力公司在 2010 年进行了一项研究，把在阿富汗各种环境中用直升机和固定翼飞机投送每吨货物的总费用进行量化。该研究包含许多变量，其中有飞机可用度、受天气影响的取消率、机组人数、操作费用，和每架飞机的预计折损率，由此得出各种飞机的每磅物资运输成本：C-27J 总是最低，紧接着是 C-130，在各种情况下远远落后的第三名是 CH-47，最后一名是 UH-60。[21] 使用旋翼机执行战区内再补给任务不仅代价大，因为无法将这些重要的空中平台腾出来执行其首要任务；而且用这种方式来提供阿富汗战场需要的远程再补给，效率也太低。由于费用太高，兰德公司在 2010 年的一项研究建议使用固定翼飞机执行较远

距离的再补给任务，报告特别建议："在地面形势需要时"，出动固定翼飞机使用"联合精确空投系统向前沿作战基地机场和战斗前哨站投送补给品。"[22]

由于在阿富汗使用旋翼飞机执行再补给任务的相关费用很高，所以大部分常规再补给品是由成本更低的空军 C-130 和 C-17 投送的。除了往那些有着陆跑道的地点作直接投送之外，这些飞机每周空投将近 1000 个空投包，每包平均重 1700 磅。这些飞机容量大，能进行大批量空投。例如，一架 C-17 每趟飞行能投 25-30 个空投包，C-130 每趟能投 10 个。[23] 这些飞机的平均投送量大，所以运行效率很高。不过使用大型飞机有一个严重缺点。因为大批量装备、人员和补给品都非常需要它们来空运，所以整个调度系统非常严格，必须遵照 72 小时审批和规范的优先顺序。这套系统的制定原本是为了尽可能提高投送效率和所有用户的使用效率。然而，即使是对于紧急级或 MCTS 级空投请求，仍需要将官参与才能批准，以 72 小时为审批期限。[24] 物资投送获得批准后，根据飞机可用性和任务重要性，还需要 6-24 小时的准备和装载。[25] 一旦升空后还需要计入从供应基地到需要补给品的部队所在地的距离和飞行时间。另外，根据补给品的优先等级，有时候由于时间紧迫，不得不放弃为多处部队拼机投送的做法，而只为一处部队专机投送。这种能力能有效地满足作战将士的要求，但通常降低固定翼飞机的使用效率。相比之下，陆军为其飞机制定的调度系统是在 24 小时内做出响应，能够把小型战术性规模的再补给品迅速送达作战部队。在阿富汗，这两种调度系统各有千秋。一种系统能在接到申请后 24 小时之内把紧急级或 MCTS 级补给品送给作战部队，但代价是占用了将级指挥官管控用于其它主要使命的旋翼平台；另一种系统能高效利用固定翼平台投送物资，但审批时间可长达 72 小时。

以上做法对前线作战部队而言都不太理想。2007 年 8 月，驻阿盟军联合特种作战特遣部队向美国特种作战司令部发布了一个备忘录，就改进紧急再补给提出详细要求。特遣部队要求一个反应更快的投送系统，能为交战部队快速投送紧急弹药、医疗品、燃料、水等再补给品，尤其是一、三和五类物资。为了执行此任务，他们申请一款 UAS，此无人机应能在"高海拔高热"环境条件下把最少重 1000 磅的物资准确投送到距交战部队 150 米范围内的落点。[26] 特遣部队专为这项任务申请 UAS，但我们首先要了解什么任务类型适合这种无人空中平台。

目前的无人机

兰德和通用动力这两家公司 2010 年都做过研究，他们用三个"D"，即首字母都为 D 的三个英文词:Dull（枯燥）、Dirty（肮脏）、Dangerous（危险），来描述适合 UAS 的任务特征。这三个 D 非常传神，但是美国空军在《2009 年 UAS 飞行计划》中的解说更准确。该文件说："人类受生理限制（比如持久性、反应速度、对污染环境的承受能力）而无法执行的任务只好让 UAS 代劳。[27] 然后它进一步阐述 UAS 的针对性特征，即"持久性、连接性、灵活性、自主性、有效性。"[28] 文件继而说：UAS 必须与有人机和其他无人系统相结合，才能提高各种军事行动的能力。它们也必须自动化，才有可能降低成本、减少足迹和风险。此外，这类飞行器最终应该呈现为模块式结构，可灵活拼合成各种能力，而不是只能执行一种任务的专用平台。[29] 总之，有巨大的机会允许这种飞机来发挥作用，每

种无人机平台能承载的任务越多，就越好。该计划没有设想将 UAS 来取代有人机，除非面对不可抗拒的理由，比如必须利用 UAS 的固有特性来执行某些特殊任务，或者必须通过 UAS 系统获得效率。现有大型 ISR 平台之所以成功，就是因为这些无人机的特性正适合这类任务。

美国空军和国防部其他部门有许多侦察用的小型 UAS，而后勤配发需要更大的系统来执行运输任务，因此，本文只选择军方的大型 ISR 平台进行比较。军方有两种主要的大型 ISR 平台和一种大型 ISR/ 打击平台：RQ-4、MQ-1、MQ-9。MQ-1“捕食者”是目前 ISR 无人机机群中的主力机。这款飞机代字中的字母 M 表明，这是一款多功能飞机，和仅用于侦察的 RQ-4 不同。MQ 平台主要执行低空 ISR，能够在执行 ISR 期间进行近距离空中支援（CAS）、战斗搜索与救援和精确打击等任务。“捕食者”的最大有效载荷是 300 磅，能以最高 135 节的速度巡逻 22 小时。[30] MQ-9“收割者”体型较大，具有 MQ-1“捕食者”的所有功能，而载重量和速度都更大。平台尺寸增大，使有效载荷提高到 3000 磅，但续航力在 200 节速度时为 18 个小时。[31] RQ-4“全球鹰”是这三款 UAS 中最大的飞机，其有效载荷和续航力都相应提高。它纯粹是一个高空 ISR 平台，不能执行攻击任务，但能执行多种 ISR 任务。这款无人机机身庞大，可承载 3000 磅有效载荷，以超过 300 节的速度飞行 28 个小时。[32] 要确定其他还有哪些使命可能适合由 UAS 来执行，我们必须了解为什么这三个平台能成功执行其各自使命。首先，这三种平台不折不扣地符合美国空军飞行计划中对特定任务和功效的构想。第二，它们都是在没有空中管制也极少威胁制约的环境中飞行。

前面谈到，空军飞行计划描述了未来使用 UAS 的设想。这些设想包括克服人类生理限制，最大程度地发挥灵活性和功效。无人机平台具备持久续航力，能在战场上空长久驻位或保持运行。和有人机所受的生理极限约束相比，无人机的持久特征意义特别重大。这些 UAS 的主要使命是 ISR，因此成功的一个主要标准是能在监视目标区域上空持续多少时间，对它们的关键要求是能在指定区域上空长时间逗留，这与需要从甲地飞到乙地的要求不同。另外，无人机的持久性特征自然会演进到装备弹药，从而同时具备攻击能力。

根据该飞行计划，这三种 UAS 还将具有其它优势。它们根据整个作战空间的不同构造，将平台设计为模块化，形成无人机和有人机互相补充的两个体系。空军使用“模块化”一词，表示能够按需组合搭配有效载荷来构成所需的任务能力。这三种 UAS 平台都提供全面灵活性，可以根据作战将士的需要发挥不同的作用。空军还利用各种有人、无人和卫星技术，整合到现有的 UAS 平台中，执行战区 ISR ，或者构成有人 / 无人打击飞机。这些模块化装备通过各种组合，根据战场需要构成不同的能力，为作战将士提供全面的灵活性。

判断 ISR 平台是否成功的第二个要素是成本。成本历来重要，也是所有研究中认定的 UAS 的一项优势。但飞行计划中只假定对 UAS 实施自动化有可能降低成本。[33] 目前的 ISR 平台，虽然从绝对值来看都不能说便宜，但是它们要么能执行其他平台无法完成的特殊任务，因而无法从财政上比较，要么比相应的有人机便宜很多。最便宜的 UAS 是“捕食者”，每套系统的成本按 2009 年美元值为 2,000 万美元，包括四架飞机、地面控制站

和卫星通信链路。[34]“收割者”系统的成本高一些，按 2006 美元值为 5,350 万美元，也含四架飞机。[35]“全球鹰”的单位成本价最高，每架飞机在 5,500-8,100 万美元之间。[36] 把 UAS 的成本与有人机相比，更能看出优劣。“捕食者”单机成本只有 500 万美元，任何有人机都难与之匹敌。“收割者”可以和老一代攻击机 F-16 或新一代攻击机 F-35 相比较，显然这两种攻击机都昂贵得多。F-16 的成本按 2006 年美元值为 2,300 万，约是“收割者”单机的两倍，但 F-16 在不断老化，维护费用越来越高，开始被淘汰出局。F-16 的接替机型是 F-35，按 2010 年美元值计算，成本为 1.2 亿美元，比“收割者”单机价格高出几乎 10 倍。“全球鹰”是最昂贵的 UAS，与之最能对应的有人机是 U-2 高空侦察机，其成本仍然保密。另外，UAS 的运行费用也较少。按照“全球鹰”的制造商诺斯罗普·格鲁曼公司的说法，“全球鹰”的运行费用约为 U-2 的三分之一。[37]“捕食者”和“收割者”的运行成本也相应较低。我们不仅要看到UAS 成本低的事实，还要理解为什么低。

UAS 的采购价格和运行成本比同类有人机低，一个主要的相关原因是有人机必须具备人工驾驶环境，从而产生额外费用。飞机成本与重量和气动构型成正比，机身重量每增加一磅就需增加升空力，而气动构型每有降级就意味着加大需要克服的阻力，从而抬高与设计和运行相关的费用。斯坦福大学根据 R.S. Shevell 的总结理论做了一项研究，把一架客机不同部分的费用分开计算。虽然这不是与战斗机或侦察机的直接比较，但它确实提出了一个值得考虑的重要因素。该研究把重量直接与制造和运行成本挂钩，然后把重量中至少 28% 划给与有人驾驶相关的气候控制系统、航电设备和导航系统。[38] 从这点而论，任何 UAS 系统若想在成本上低于有人系统，从一开始就应该设计成纯粹的无人系统。任何带“可选有人驾驶模式”的 UAS 都会抬高采购价格和运行成本。

然而，成本不仅仅是采购价格和小时运行费用。在总成本中，另一个重要因素是和操作飞机的人员相关的费用。人员费用要考虑三个主要方面：操作和驾驶飞机所需的人数、训练飞行员的费用、每个机组同时能操作的飞机数量。空军训练 UAS 飞行员的程序还没有最后定型，目前培训无人机飞行员的做法是送他们去接受专门的遥驾飞机（RPA）训练，而不是专门的大学生飞行员训练。做出这种决定是考虑到大学生飞行员训练课程时间更长，费用也更大。一名军人要完成大学生飞行员训练课程，空军需付出 888,900 美元，需要约一年时间，学习结束之后还需参加专门飞机训练，通常也需要六个月到一年时间才能完成。完成 RPA 操作员课程只需 32,800 美元，从开始训练到有资格执行战斗飞行只需要十个月时间。[39] UAS 的第二个成本优势是每位操作员可以同时操控几架无人机执行不同任务。由于这些无人机大多是执行单纯的巡逻监视任务，并且飞机的相关自动化程度更高，所以一般做法是两名驾驶员同时操作三项任务，偶尔操作四项不同的任务。这些优势大大降低了用 UAS 执行 ISR 的相关人员成本和训练成本。

最后，UAS 在 ISR 领域的成功在于这种无人机是在没有管制且没有空对空威胁的环境中飞行。美国联邦航空局和国际对等机构国际民航组织制定的空域管制条例都严格限制 UAS 在有人机空域飞行。在 2006 年，联邦航空局签发了许可证，准许“捕食者”和“收割者”进入美国民航空域，用于在灾难之后搜救幸存者；但是这个许可范围很狭窄，目

前也只是特例而不是常规。一直要等到技术的发展能够解决 UAS 避免与有人机相撞这个难题（无论有人机是否装备空中避撞系统），UAS 才能进入有管制空域。这条规定大幅度局限了 UAS 可以训练和飞行的任务。最后，假如美国对阿富汗没有空中优势，这些 UAS 的成功也会受到严重限制，因为它们缺少自身防御系统。执行 ISR 的 UAS 在阿富汗取得巨大成功，不是由于某一个具体因素，而是各种因素的综合效应。要确定 UAS 还可能执行其它哪些使命，就必须参照能允许 UAS 发挥优势的这些因素来思考和评估。

UAS 未来可执行的使命

任何新研发的 UAS 要真正成功，都必须能胜任至少一项特殊使命，能发挥无人机的自身优势，而且展现良好的费效比。通用动力公司在分析紧急级和 MCTS 级补给品投送使命所面对的问题时，特别列出一项挑战，这就是如何提高灵活性，对多变的作战环境及时做出响应。这份分析认为，后勤投送系统的响应灵活性，取决于两个因素，一是距离和地形的相互作用，二是为执行任务所需的计划周期时间。[40] 但这两个因素一般都不可调整，补给品仓库的位置通常也是固定的，而飞行距离由部队所在位置决定。计划周期虽有可能缩短，比如让将官参与审批阶段或全面改进计划周期过程，但如前所述，此周期目前规定为 24 或 72 小时。那么，如果能充分发挥 UAS 本身的优势，应能弥补这两处不足。

一般认为，目前的再补给投送过程是：用方提出请求，供方把货物装上运载工具，再送到需要的地点。在概念上，这就像交战部队请求空中支援，支援方把所需武器装上飞机，然后按部就班来执行。对于优先等级低的非紧急物资来说，这种商业模式行得通；但对紧急 /MCTS 级再补给请求来说，就跟不上需要。要满足紧急补给品的需要，应在用方提出请求之前就把货物准备就绪，时刻准备投送。而且在当今的作战环境中，部队可能事先无法知道自己何时需要获得再补给。比如，眼下看来是收到补给品的好时机，作战部队于是提出申请，24 小时之后却发现形势恶化，无法接收再补给。后勤系统应做到的是：尽可能把从收到紧急 /MCTS 请求到投送到位的时间缩短，从而弥补距离与地形的相互作用及计划周期时间，维持接收方的作战功能。为了做好再补给投送任务，可以派一架 RPA，提前装上约 1,000 磅常见的紧急 /MCTS 物资，机上同时配备模块化的 ISR 套件，在战场上空长时间巡逻，一方面提供 ISR 覆盖，另一方面等待地面部队请求再补给投送。然后，RPA 可以采用低成本低空空投或联合精确空投方式，向部队投送再补给物资，投送完成后重新返回自己的 ISR 轨道，等候下一架载有货物的 RPA 来替换。空军计划到 2011 年为 UAS 运行 50 个 ISR 轨道，[41] 这些轨道应该靠近需要补给品的部队，从而缩短从申请到投送的时间，做到有求必应，随时随地投送到位。

虽然预先配置的物资不可能满足各种紧急投送请求中的所有需要，但肯定可包括一些最常见的紧急请求补给品。在通用动力公司研究报告所列出的前五类临时请求中，[42] 只有第九类（修理零配件）很难预先列入常备物资清单中，而第一类（食品和水）、第五类（弹药）、第八类（医疗用品）和第三类（油燃料）物资都可以预备好随时投送。把一些最常见的请求物资从目前的投送系统中划出，而载入这种专为响应紧急投送请求而准备的平台，也将减少目前投送系统的负担。

空运本身就昂贵，载满物资在天空巡逻更属于另类思维，和那些关于如何高效空运的常规思维不合拍。但是如果在执行 ISR/CAS 使命的 RPA 上搭载些紧急物资，将这几种使命结合起来，从而做到紧急物资随需随投，这样做即便使原本轻质的 RPA 在巡逻中稍增负重而增加成本，却在可接受范围内。能减轻飞机自重的新技术已经出现。比如，新型复合材料货运飞机就是一个空中试验飞行器，目的是测试在飞机上使用复合材料的既价廉又方便的新方法。如果能研发出具备这些新能力的平台，而把 RPA 操作员和有人机飞行员分开训练的成本又低，通过运用新技术使每位操作员可操控多达 4 架 RPA，并且能立即投送紧急 /MCTS 物资，这一切效益叠加起来，将远远超过付出的成本。美国运输司令部最近签出一份 4.5 亿美元的 5 年期合同，用于开发在阿富汗使用的有人驾驶民用旋翼运输机。[43] 虽然可用于货运的 UAS 不能胜任这一整套使命，但它能较便宜也更好地对前线部队的一些特殊使命做出响应。

建议

目前，仅有一款具有类似能力的 UAS 能完成上述使命的一部分，即波音 A160，但是，即使它也不具有全部需要的能力来真正发挥 UAS 的优势。A160 是价值 850 万美元的无人驾驶旋翼飞机，设计为能够全天候垂直起降投送物资，有效载荷量最高 1000 磅，续航力约 18 小时。[44] 虽然 A160 续航能力确实不错，但其代价是载货量降低，如要坚持 18 小时的续航力，它就必须将机载物资降到 300 磅，并占据了原应装载 ISR 模块的空间。A160 旋翼 UAS 和潜在的固定翼 UAS 相比，其优势在于能垂直起降，能提供全天候精确投送，还能在完成投送任务后载人或载货返航。然而，通用动力公司的研究估计：对于能执行低空空投的固定翼 UAS 而言，气候耽误率只有 3.4%，[45] 而且低成本低空空投方式将满足精确投送再补给请求量的一半。[46] 但这 50% 中包括目前仍由地面车队运送的大批量燃料和水。因此，虽然偶尔确实有货物需要有垂直起降能力的飞机才能精确投送，低空空投方式应能以低成本满足大部分有精确投送要求的再补给请求；同时联合精确空投平台最近已提高了投送精确度，只是代价更高些。如果用方觉得值得的话，他们可以提出这样的定点投送请求。还有，A160 的另一个好处是能够在投放货物时悬停空中，从而不需要着陆区。不过悬停的飞机无法进行装货或装人操作，因此无法载人 / 货返航。就是说，虽然 A160 能满足一些要求，能把 UAS 的一些优势最大化，但尚未能具备空军飞行计划中列出的所有优势。要想真正充分发挥这些优势，还需要专门研制一款固定翼 UAS，此无人机应能空投由标准货盘承载的 1000 磅物品，还能容纳 ISR 模块，除此之外还要具备 24 小时续航能力。

结语

毫无疑问，执行 ISR 使命的 UAS 在伊拉克和阿富汗战场取得了成功；同样毫无疑问，驻阿部队需要一种能执行紧急 /MCTS 级再补给投放的系统，做到一有请求就马上投送。把目前的旋翼机改造成无人驾驶，或者再进一步，重新设计一款新型的旋翼式 UAS，或可获得一些短期的收益。但从长远来看，只有把空军飞行计划列出的各种优势都付诸实践，即设计出一款能利用 UAS 持久能力的全模块化无人驾驶平台，才能真正满足战区内再补给投送的需求。♣

注释:

1. Brien Alkire, James Kallimani, Peter Wilson, and Louis Moore, Applications for Navy Unmanned Aerial Systems [海军无人航空系统的应用], (Santa Monica: RAND, 2010), 1, https://www.rand.org.
2. General Dynamics, Future Modular Force Resupply Mission For Unmanned Aircraft Systems [未来无人机系统以模块化方式执行部队再补给任务], (UAS) (Fairfax, February 2010), 52.
3. 同上，第 51 页。
4. 同上，第 47 页。
5. 同上，第 47 页。
6. Kenneth Horn, Elvira Loredo, Stgeven Cram, Lewis Jamison, Christopher McLaren ,William Phillips, and Jeffrey Sullivan, Use of the C-27J Fixed-Wing Aircraft for Conducting Army Mission Critical, Time Sensitive Missions in Counterinsurgency Operations [在平叛作战中使用 C-27J 固定翼飞机执行对陆军使命关键 / 时敏性任务], (Santa Monica: RAND, 2010), 2, http://www.rand.org.
7. 见注释 2，第 36 页。
8. Department of Defense, Quadrennial Roles and Missions Review Report [四年职能与任务评估报告], (Washington DC, January 2009), page 38, http://www.deic.mil/cgi-bin/gettrdoc?ad=ada493403&location=u2&doc=gettrdoc.pdf.
9. 见注释 6，第 13 页。
10. 见注释 2，第 29-30 页。
11. 见注释 2，第 23 页。
12. 见注释 2，第 29 页。
13. 见注释 2，第 30 页。
14. 见注释 6，第 5 页。
15. 见注释 6，第 7 页。
16. 见注释 6，第 7 页。
17. 见注释 2，第 33 页。
18. Megan Scully, Officials Say Special Ops Forces Face Helicopter Shortage [官员说特种作战部队面临直升机短缺], (CongressDaily AM:National Journal Group, April 2010), 1.
19. 见注释 2，第 72 页。
20. 见注释 6，第 7 页。
21. 见注释 2，第 76 页。
22. 见注释 6，第 8 页。
23. 中央司令部盟军联合空中作战中心空中机动处主任 David Almand 上校 2010 年 10 月 16 日给笔者的电子邮件。
24. Col Dave Almand, Air Mobility Division Director, Combined Air Operations Center, CENTCOM, Type of Airlift, (Validation Method) and Responsiveness [空运方式（审批方法）和响应性], PowerPoint Slide, 2010 Army-Air Force Warfighter Talks.
25. Dave Almand 上校 2011 年 1 月 19 日给笔者的电子邮件。
26. Col Edward Reeder, Jr, Commander Combined Joint Special Operations Command-Afghanistan, memorandum to SOCOM, Combat Mission Needs Statement for emergency resupply Unmanned Aerial Vehicle (UAV) [驻阿盟军联合特种作战指挥部指挥官呈特种作战司令部的备忘录：战斗使命对无人机的紧急需求陈述], 8 August 2007.
27. United States Air Force, United States Air Force Unmanned Aircraft Systems Flight Plan 2009-2047 [美国空军 2009 年—2047 年无人机系统飞行计划], (Washington DC, 2009), 14.

28. 同上，第 15 页。
29. 同上，第 15 页。
30. US Air Force, Predator Fact Sheet [“捕食者”简介], posted 7/20/2010, Air Combat Command.
31. US Air Force, Reaper Fact Sheet [“收割者”简介], posted 8/18/2010, Air Combat Command.
32. US Air Force, Global Hawk Fact Sheet [“全球鹰”简介], posted 11/19/2009, Air Combat Command.
33. 见注释 27，第 14 页。
34. 见注释 30。
35. 见注释 31。
36. 见注释 32。
37. Ed Walby, Northrop Grumman director of business development for Global Hawk in article by Dave Majumdar in C4ISR Journal; High Altitude, high stakes [高空，高风险], 13 Sept 2010.
38. Stanford study on RS Shevell summary [斯坦福大学对 RS Shevell 理论的研究], 7.
39. 空军部 / A3O-AT RPA 专业主任 Casey Tidgewell 少校 2010 年 10 月 15 日给笔者的电子邮件。
40. 见注释 2，第 37 页。
41. Michael Hoffman, UAV Pilot Career Field Could Save $1.5B [UAV 飞行员专业培养可节省 15 亿美元], Air Force Times, 2 Mar 2009, accessed 29 November 2010, http://www.airforcetimes.com/news/2009/03/airforce_uav_audit_030109.
42. 见注释 2，第 37 页。
43. AAR Corporation Press Release, [AAR 公司新闻发布稿], http://www.aarcorp.com/news/aar_transcom_100510.htm.
44. Boeing A160 website [波音 A160 网站], http://www.boeing.com/bds/phantom_works/hummingbird.html.
45. 见注释 2，第 72 页。
46. 见注释 2，第 60 页。