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。

争鸣建言

用系统工程观指导空中加油机采购流程

Tanker Acquisition: A Systems Engineering Perspective

莎拉·林奇，美国空军少校（Maj Sarah Lynch, USAF）；
阿兰·R·赫明杰博士（Dr. Alan R. Heminger）；
丹尼尔·D·马蒂奥达，美国空军中校 / 博士（Lt Col Daniel D. Mattioda, PhD, USAF）

对空中加油的历史、现状和未来作一番简要分析，可能对这项关键能力的发展需要归纳出一些有价值的见解。本文首先回顾空中加油的起源，然后论证我们为什么应该以先辈为楷模，立足坚实的系统工程观，发扬敢于开创及敢于承当风险的勇气，视这些要素为事业的关键，来推进空中加油技术和加油能力的建设，改进当前有缺陷的空中加油机采购流程。

空中加油的诞生

诚如“空中加油：全球到达和全球力量的基石”一文作者斯坦利·多尔蒂中校所言，没有空中加油能力，美国空军机群中就没有一架飞机能执行快速响应性的全球力量投射；说到底，空中加油机就是“全球到达、全球力量”的根本保证。[1] 空中加油概念的起源，充满了刚勇大胆和敢想敢为。根据战略空军司令部总部历史研究室的介绍，空中加油的历史始于 1918 年，当时美国海军预备役飞行员戈德弗雷·卡伯特上尉用网捞起置于浮筏上的汽油罐。[2] 他在试验能否用船把飞机需要的燃油载到海上，让飞机获得，在飞行过程中加油而飞越大西洋。1921 年 10 月 2 日，原始的飞行中加油实验在华盛顿特区取得成功，一名海军中尉坐在“赫夫 - 达兰德”HD-4 飞机座舱后部，用一个抓勾从波多马克河上的浮筏上急速钩走一个 5 加仑的汽油罐。而后在加州长滩，观众争睹了一场惊险空中秀，标志着首次实现真正的“空对空”加油。就在空中，韦斯利·梅伊携带一个捆在背上的 5 加仑的汽油罐，从一架“林肯”标准飞机的机翼攀爬到一架 JN-4 型飞机的机翼上，然后把汽油倒入这架飞机的油箱中。1923 年 4 月，美国陆军航空兵的两架“德哈维兰”DH-4B 首次在飞行中进行了加油管接触，展示了飞机与飞机之间输送燃料的可行性，整个空中加油过程由时为少校的亨利·阿诺德指挥。当年的后期，陆军航空兵进行了第一次成功的空中加油，此次飞行中，洛威尔·史密斯上尉和约翰·里克特中尉在空中持续飞行超过 37 个小时，其间经过 15 次软管空中加油，创下了续航时间和距离的新纪录。1929 年 1 月，“问号”飞行行动确立了空中加油的实用价值，并测试了机组人员和飞机的耐力。在时任少校的卡尔·斯帕茨指挥下，经过改装的“大西洋”（福克）C-2A 在空中逗留了令人难以置信的 6 天多时间，直到引擎发生故障才被迫着陆。其间，两架改装的“道格拉斯”C-1 双翼机充当了加油机的角色，通过 37 次连接，把 5,700 加仑燃油，以及机油、食品和水送到接受加油的飞机上。[3] 后来成为空军第一任参谋长的斯帕茨提议，未来采购的所有飞机都必须配备空中加油功能。[4]

空中加油能力建设的坚定支持者，不止是斯帕茨将军一人。意大利空中力量理论家朱利奥·杜黑认为，作战范围大小是使空中力量独特于陆地或海上力量的根本特点，在

他看来，扩展作战范围等同于战略效应。霍伊特·范登堡在担任空军参谋长（1948-1953）期间，命令未来所有的战术飞机都具有空中加油能力。[5] 此外，佩里·格里菲思少将断言："近年的各种创新中，对空中力量灵活性做出贡献最大者，独数空中加油机。"[6] 柯蒂斯·李梅上将更是倡导空中加油的忠实支持者。他宣称："如果给我们经费购买更多的喷气机，我宁愿购买加油机，而不为 MATS（空中机动司令部的前身军事空运司令部)购买飞机。我认为，我们用这种方式能增加作战能力。"[7] 本文一开始提到的多尔蒂中校确信，空中加油技术将飞机的潜力拓展到机组人员能承受的极限，从而增加现今种种机载武器系统的速度、作战范围、致命打击能力、灵活性，以及普适性，空中加油技术始终发挥着战力倍增器的作用。[8]

从此，空中加油开始发展为我们现今熟悉的状态。1948 年，波音公司提出硬管式空中加油的概念，不久后，战略空军司令部采购了 KC-97（图 1)。1954 年波音公司又研发出 Dash-80 喷气式飞机，并以此为原型机而在 1957 年推出了 KC-135A，它是美军第一代加油机，至今仍在服役。图 2 展现了 Dash-80 加油机的传奇横滚，我们看到发动机岌岌可危地蹲在倒过来的机翼上面。有传闻说，就是这次惊险的特技飞行，推动了空军购买波音 707 的衍生机 Dash-80，这当然不能算是今日军方所努力遵循的最客观的或系统工程观指导下的采购方式。

空中加油的现状

空中加油技术减轻了战略空运对沿途地面基地的依赖，大幅提升了空运的效用和效率。具体而言，空中加油减少甚至取消了沿途落地加油，加快了空中桥梁行动，在美国大陆和海外战区之间架起了空中交通运输线。在 1991 年的"沙漠风暴"行动中，空中加油机确保集结战斗力于决定性的地点和时间，加快了攻击速度，增强了打击力度。空中加油机还发挥空中燃料储存作用，提供了一个关键的安全冗余度。美军中央司令部的空军领导人强调，空中战役极为依赖这些空中加油机："空中加油机是最重要的制约因

图 1. KC-97 空中加油（来源：空军国家博物馆网站 http://www.nationalmuseum.af.mil/photos/media_search.asp?q=kc-97&btnG.x=30&btnG.y=8）

图 2. Dash-80 的传奇横滚（来源：波音授权图片，http://boeingimages.com）

素。”[9] 在 1993 年的索马里行动中，空中加油机构成的空中桥梁跨越了近半个地球，证明空中加油的战力倍增器作用甚至比人们以前认识的更大。

北约联合空中力量能力中心（JAPCC）从国际角度就空中加油的作用提供了重要的见解。JAPCC 认为，空中加油的一阶效应是“向空中飞机添加燃料，在空间和时间上延伸其他空中平台的能力。”[10] 而这种延伸又产生二阶效应，包括提高灵活性，减少行动地点，增加载荷能力。JAPCC 进一步认为衡量这种效果的相关指标是能否在正确的地点和时间可靠地输送适量的燃料。JAPCC 与空军作战准则一致，认为空中加油“是实现空中终极效应的一项不可或缺的保障和支援效应。”[11]

加油机采购和系统工程论

尽管空中加油的重要性在空军作战理论中得到验证，最近的加油机采购议案却引起争议，而且采购流程没有反映出加油机的关键意义。戴维·马扎拉少校在其文章中指出：“尽管加油机对空中力量有重要贡献，但空中加油技术在过去 50 年中变化甚微……空军继续沿用着 50 多年前为战略空军司令部设计的同样的基本加油系统。”[12] 此外，当前加油机群采购的竞标做法，对每一种平台都以极为类似的演进方式进行：波音 707 演变成 KC-135，麦道 DC-10 演变为 KC-10，最近的波音 767 最终又演变成 KC-46。说到底，加油机的采购一直遵循着改造现有机身以符合空中加油需要的模式。罗伯特·巴索姆少校强调指出：

> [以这种方式推进的] 一种巨大优势，是利用民间研发的既有成果来节约成本。另一个优势是压缩设计、飞行测试和运行交付的时间，因为基本的机身已通过适航认证……现在只需要对新增的空中加油系统进行小的测试。[13]

但从另一个角度看，迄今为止采用的采购流程与良好系统工程法的基本原则相矛盾。国际系统工程理事会认为：

> 良好系统工程法是一种跨学科研究方法……包括保证系统取得成功的手段和方式。[为实现此目标] 它在研发周期的初期就确立顾客的需要和所需的功能，记录各种需求，然后开展设计合成和系统验证，同时始终关注整体问题。系统工程整合各种学科和专业，组成统一团队，形成从概念到生产到运行的结构化的开发流程。[最后]，它考虑所有用户的商业和技术需要，目的是提供满足用户需要的优质产品。[14]

这样，就空中加油领域而言，良好的系统工程方法意味着所有利益相关方一起协商，共同找出能力差距，然后空军作为服务的提供方，努力寻求填补差距，以满足所有用户的要求。

空中加油技术演进中还有一点需要提及，这就是自从空中加油问世以来，美国就在空

中加油领域占据事实上的垄断地位。根据空中机动司令部2012年大纲计划，空军的加油机队由59架KC-10和414架KC-135组成——远远超出世界其他任何国家的空中加油机力量。[15] 因此，我们的加油机部队作为主要提供者，在世界范围内向空军、海军和海军陆战队的用户，以及需要加油机支援的盟国和北约伙伴国提供加油服务。仅此一点，就可能令美军对这个关键任务系列的技术和概念进步而沾沾自喜。

空中机动司令部坚称，其整体目标要满足全球空中加油的需求；不过空中机动司令部也承认，预计那些需求在未来数年中不会减少。事实上，在今后25年或更长时间中，这种需求几乎肯定会增加，从而迫使我们必须努力填补军队拓展作战范围而导致的不断加大的需求缺口。对手的反介入/区域拒止战略构成越来越尖锐的挑战，遥驾飞机空中作战系统在迅速发展和投入作战部署，这两大趋势形成两个主要动因，将拉升对空中加油的需要，突破目前的需求水平。[16]

结语

国防部拓展军队作战范围的努力不能止步。未来战士面对的反介入/区域拒止等挑战，必定会更快折损我们日益陈旧的加油机群，使军队拓展作战范围而导致的需求缺口日益扩大，于是加剧弥合这种缺口的现存要求。为此，未来的采购决策必须立足于坚实的系统工程原则之上，此点至关重要。更重要的是，我们建设空中加油能力，必须继承和发扬先辈们敢做敢为的果敢和勇气。只有这样，我们才能制定有效的流程，改进效率低下的加油机采购做法，这在当今财政窘迫的环境中尤需如此。♣

注释:

1. Lt Col Stanley J. Dougherty, “Air Refueling: The Cornerstone of Global Reach—Global Power”[空中加油：全球到达和全球力量的基石], research report (Maxwell AFB, AL: Air War College, 1 April 1996), http://dtlweb.au.af.mil///exlibris/dtl/d3_1/apache_media/L2V4bGlicmlzL2R0bC9kM18xL2FwYWNoZV9tZWRpYS8yNTQ5NQ==.pdf.
2. Office of the Historian, Headquarters Strategic Air Command, Seventy Years of Strategic Air Refueling, 1918-1988: A Chronology [战略空军司令部总部，历史研究室，战略空中加油70年，1918-1988年鉴], (Offutt AFB, NE: Office of the Historian, Strategic Air Command, 1990), 1-2.
3. 同上，第12-13页。
4. 见注释1，第13页。
5. 见注释1，第6、21页。
6. Maj Gen Perry B. Griffith, “Seven League Boots for TAC”[战术空军司令部的空中千里马], Airman 4, no. 8 (August 1960): 44.
7. Maj David M. Cohen, The Vital Link: The Tanker's Role in Winning America's Wars [关键的一环：空中加油机在美国打赢战争中的角色], Fairchild Paper (Maxwell AFB, AL: Air University Press, March 2001), 3, http://aupress.au.af.mil/digital/pdf/paper/fp_0002_cohen_vital_link.pdf.
8. 见注释1，第44页。
9. 见注释1，第36页。
10. Joint Air Power Competence Centre, Future of Air-to-Air Refueling in NATO [北约未来的空对空加油], (Kalkar, Germany: Joint Air Power Competence Centre, 2007), 2, http://www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?Location=U2&doc=GetTRDoc.pdf&AD=ADA478072.

11. 同上，第 7 页。

12. Maj David J. Mazzara, Autonomous Air Refueling for Unmanned Aircraft Systems: A Cost/Benefit Analysis [无人机系统的自动空中加油：成本效益分析], (Wright-Patterson AFB, OH: Air Force Institute of Technology, 2009), iii.

13. Maj Robert R. Basom, "Breakaway: A Look at the Integration of Aerial Refueling and Unmanned Aircraft Systems in Future Operations" [分离：分析未来作战中空中加油和无人机系统的整合], (master's thesis, US Army Command and General Staff College, Fort Leavenworth, KS, 2007), 55-56, http://www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?AD=ADA471147&Location=U2&doc=GetTRDoc.pdf.

14. "What Is Systems Engineering?" [什么是系统工程 ?], International Council on Systems Engineering, 14 June 2004, http://www.incose.org/practice/whatissystemseng.aspx.

15. Headquarters Air Mobility Command, Air Mobility Master Plan [空中机动大纲计划], (Scott AFB, IL: Headquarters Air Mobility Command, 2012), 80, 84.

16. 同上，第 142 页。

莎拉・林奇，美国空军少校（Maj Sarah Lynch, USAF），空军军官学院毕业，Embry-Riddle 航空大学理科硕士，空军理工学院理科硕士。现任内布拉斯加州奥弗特空军基地美国战略司令部资源整合处程序分析员，负责确认、分析和推动执行本司令部所受使命的能力与资源，以及制定和管理当前及未来年度的财务计划。她作为 KC-135 评估飞行员和 C-17 机长，在世界各地飞行过战斗任务，以支援"南方守望"、"伊拉克自由"、"持久自由"和"高贵雄鹰"等行动。少校是空军中队指挥官学院和空中机动高级研讨班的毕业生。

阿兰・R・赫明杰博士（Dr. Alan R. Heminger），密歇根州立大学文学士，加利福尼亚州立大学东湾分校理科硕士，亚利桑那州立大学博士。现为空军理工学院系统工程及管理系信息管理学副教授。赫明杰博士的学术背景覆盖网联协作工作系统、战略信息管理和业务流程改进。他在空军和国防部多个部门参与各种课题研究和咨询，这些部门包括空军装备司令部、空军实验室、空军系统工程中心、空军特种作战司令部、空军信息主管办公室、空军通信与信息中心，国防部威胁削弱处、第 689 作战通信联队，以及国防部弹药中心。

丹尼尔・D・马蒂奥达中校 / 博士（Lt Col Daniel D. Mattioda, PhD, USAF），空军社区学院文学士，Embry-Riddle 航空大学理学士，空军理工学院理科硕士，俄克拉何马州立大学博士。现为空军理工学院作战学系副主任及后勤供应链管理学副教授。马蒂奥达中校在空军部队参与空运维护和后勤工作有 27 年经验，从士官升为军官。他代表空军理工学院先后派往空军教育训练司令部、空军大学、空军装备司令部等，为这些部门编写教程并执教研究生课程，确保研究生课程符合国防部的要求。他为空军理工学院、空军部和国防部多个部门开展课题研究和咨询，研究领域有应用模拟、供应链组织关系和军事后勤等。中校在后勤 / 运输管理领域的多家杂志发表过文章，包括《Journal of Business Logistics》、《International Journal of Logistics Management》、《Military Operations Research》及《Transportation Journal》。