

# ASPJ AIR & SPACE POWER JOURNAL

中文(简体)

空天力量杂志

2016年冬季刊 — 第10卷第4期

## 本期主题：新兴技术的军事应用

- 提呈最佳军事建议  
James E. Cartwright 海军陆战队退休上将/前参联会副主席
- DARPA 突防新技术面面观  
Paul Calhoun 空军少校
- 增材制造技术：从形式向功能发展  
Amanda M. Schrand 博士
- 机器自主化与未来空军  
Andrew Massie 皇家空军中校（英国）
- 二十一世纪最优秀的近距离空中支援飞机  
Kamal J. Kaaoush 空军少校



AIM HIGH...FLY-FIGHT-WIN —— 志向高远...飞行—战斗—制胜

**本期导读**

新兴技术的军事应用..... 2

**将帅视角**

提呈最佳军事建议 ..... 4

James E. Cartwright 海军陆战队退休上将 / 前参联会副主席

**军事技术**

DARPA 突防新技术面面观 ..... 7

Paul Calhoun 空军少校

增材制造技术：从形式向功能发展..... 22

Amanda M. Schrand 博士

机器自主化与未来空军 ..... 33

Andrew Massie 皇家空军中校（英国）

一种缓解 ISR 作战压力的显见解决方案..... 42

William Giannetti 空军国民警卫队少校

**作战研究**

二十一世纪最优秀的近距离空中支援飞机 ..... 46

Kamal J. Kaaoush 空军少校

**威慑研究**

在亚太推行战略灵活威慑 ..... 59

Tom Torkelson 空军上校；Dan Kelley 陆军上校；Yasumasa Hayashi 航空自卫队上校（日本）；

William McKinney 海军上校

**争鸣建言**

论美国空军制定北极地区战略的紧迫性 ..... 72

John L. Conway III 空军退役上校

通过矩阵式联队模式在作战单位推进持续流程改进..... 82

A. J. Briding 空军退役上校/博士

**以史为鉴**

重读海伦·斯诺，探究长征胜利奥秘..... 92

鲍世修，解放军退役大校 / 高级研究员（中国）

**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。

[访问《空天力量杂志》网站](#)

[联系本刊编辑](#)



## 新兴技术的军事应用

新兴技术蜂拥而来，以空前的速度造福人类，同时无可避免地服务军事。以阿尔法狗为代表的人工（机器）智能不只陪人类下围棋，它正迅速推动作战从自动化转向自主化；激光既化身微创手术刀治病救人，也变身定向能武器以电光速度精准打击；3D 打印又称增材技术不仅用于制造器官和义肢，也在打印武器弹药甚至坦克炮舰战机。未来的战场，机器智能将融入所有新式兵器，对抗双方将比速度、比灵动、比心智、甚至比意念，千方百计打智战、巧战、机敏战、远程战、非接触战。这一切，多拜新兴技术之赐。本期几篇文章介绍新兴科技形塑未来战争的潜力。

首先“将帅观点”栏刊登美军前参联会副主席卡特赖特将军的文章“**提呈最佳军事建议**”。即将付排之际，报称将军承认违规泄露与 Stuxnet 病毒攻击伊朗浓缩铀设施相关的保密信息，而签认罪协议，辩护律师称将军当时接受报界访谈实出于国家利益考虑。无论如何，卡特赖特将军是奥巴马总统的关键军事幕僚，在军事领导人如何支持文职领导人并表达军队观点方面有深厚经验。此文指出，军事领导人在为国家制定军事计划时应提供多个备选方案供文职政府选择；作者并归纳了提呈军事建议或制定军事计划中的四项挑战：一是只考虑实现军事目标而不充分研判国家安全目标，二是不顾及政府其他部门在安全性和 / 或军事计划中的作用，三是以军种利益为重而形成不健康的资源竞争和囤积，四是不能及时或以正确形式表述担忧和质疑。

美国的对手在强劲开发多层次一体化防空（IADS）体系，构筑 A2/AD 环境中的盾牌，美国国防高级研究计划局（DARPA）则积极打造刺穿 IADS 盾的利矛。“**DARPA 突防新技术面面观**”一文解说目前的三大研发重点：低成本散布组网无人机群、高超音速打击武器、高能激光武器。其中对空中发射空中回收的低成本无人机（即 Gremlin 小精灵无人机项目）及与之相关的驾驶舱人员作业自动化和人机协同作战技术有详尽的介绍。

面对 21 世纪的抗衡多变环境，美军提出建设战略和战役机敏性，作为应对之策。“**增材制造技术：从形式向功能发展**”一文探索增材（AM）技术即 3D 打印对于提升军事机敏性的重要性和机会。此文概述美国各军种当前的 AM 研发努力，讨论 3D 打印对军队物流和后勤支援的巨大影响，尤其指出在战地打印更换部件、武器弹药，甚至整部战车和系统的设想，以及制造无人机、嵌入电子、智能织物，乃至高营养战地食品的种种可能。可谓潜力无限，目不暇接，颠覆游戏规则，惟受想象所限。

美军期待以第三次抵消战略再次战胜对手。国防部常务副部长沃克将此轮抵消战略描述为以人机协同作战网络为中心。“**机器自主化与未来空军**”由此展开讨论，将军事任务按环境生疏性划分成人力型 / 脑力型 / 独特型 / 重复型，又进一步引入信任程度这个指标，然后推导出五类人机关系。作者认为五类关系中，“人机团队组合作战”当能生成最大军事优势；作者并敦促指挥官“减少控制，增加旁观”，学会既善引领也善跟随，以人之智慧引导和跟随自主化系统。

美军对情监侦即 ISR 的需求持续增长,致使空军情报部队疲于应对,国防部已经宣布将无人机战斗空中巡逻从 2015 年每天 65 组增加到 2019 年 90 组。但是“一种缓解 ISR 作战压力的显见解决方案”一文认为,瓶颈在情报收集处理流程,只有大力加强这部分流程的自动化,才能真正缓解情报部队的工作负荷和压力。

淘汰近距离空中支援作战(CAS)专用飞机 A-10,早已拍板定案。空军高层做此决定,自有其长远考虑。然而,终究有许多人对这款战功显赫的陈旧战机恋恋不舍,提出大量质疑和建议。本刊往期(如 2009 年春季刊及 2011 年春季刊)有多文讨论。本期“二十一世纪最优秀的近距离空中支援飞机”一文将美国空军投用于 CAS 作战的所有机型(AC-130、重型轰炸机[B-1, B-2, B-52]、遥控飞机、轻型攻击机、四代战斗机[F-16, F-15]及五代机 F-35)与 A-10 进行精彩的对比分析,认定 A-10 继续是执行 CAS 作战的首选主力战机,而以 AT-6B 为代表的轻型攻击机因其低作战成本及多种弹药能力等优势,也应加入 CAS 作战机群。

针对中国在军事上的迅速强大和强势,美军不仅加大在西太平洋的存在,同时着意调整与日韩两国的双边军事同盟关系。“在亚太推行战略灵活威慑”一文建议美国积极撮合日本和韩国,由此构建美日韩三边军事关系,加强三国的海洋和天空作战互通,更好分担共同防御负担,解除驻韩美军的某些约束,使之更自由参与亚太地区的其他行动,从而构筑不受任何先决条件纠缠的更加灵活的战略“劝阻”威慑。

北方极地,千年冰雪渐始消融,人类活动日见频繁,军事价值蒸蒸日上。“论美国空军制定北极地区战略的紧迫性”一文,延续作者在本刊 2014 年春季刊发表的“北方极地的搜索与救援:空军分内之事?”,批评美国国防部及海军和海岸警卫队在北极战略上对空军的忽视和怠慢,同时责备空军的无动于衷。作者认为,空军在参与北极支援战略上其实根基深厚,能力独特,应尽快制定本军种的北极战略,在美国开拓地球上这几乎最后一块荒原的努力中加强作为。

美军在部队建设中,为持续改进流程而经常嫁接民间组织的管理方法和手段。“通过矩阵式联队模式在作战单位推进持续流程改进”一文指出,美国空军先前推行“质量空军建设”,耗时费力却无疾而终,后来又在全军启动“空军 21 世纪智巧运作”(AFSO21)改革,至今成效不彰。作者认为,军队学习民间,借鉴未尝不可,照搬多难收效,因为军队(尤其是其中的作战部队)的使命和文化不同于民间。任何这类管理改革不可侵占作战使命准备和执行时间,而且最好能按照作战部队的文化量身定制,否则就会受到官兵抵制或敷衍了事。作者提出“矩阵式联队”的组织模式,使横向运作的改革团队能在竖向等级结构的作战部队中开展跨职能改进,形成矩阵运作,收获持续改进成效。

2016 年是中国红军长征胜利 80 周年,对长征成功的原因,中外学者有许多解读。“重读海伦·斯诺,探究长征胜利奥秘”一文欣赏埃德加·斯诺前夫人海伦的视角,将海伦对红军高级指挥官的访谈和印象归纳为八项素质,指出具备这些优秀素质的红军指挥官对长征的胜利,以及后来的发展壮大乃至夺取全国胜利,都具有决定性的意义。

《空天力量杂志》中文编辑姜国成



## 提呈最佳军事建议

### Best Military Advice \*

詹姆斯·E·卡特赖特，美国海军陆战队退役上将，前参谋长联席会议副主席（Gen James E. Cartwright, USMC, Retired, Former Vice Chairman of the Joint Chiefs of Staff）

美利坚合众国建国伊始，就确立了以文辖武、文官统军的原则，以此为原则前提指引美国军队的建设。从文政与军事关系的角度来看，军队是通过训练和装备的专业部队，肩负着保卫国家利益的重任。美国军队宣誓保护和捍卫国家宪法，军人服从民选和任命的文官领导。因此，军队领导人有责任向文职领导人提呈专业的军事建议。在美国发展历史中，军队领导人一直向文职领导人就培养、保持、装备及运用军事力量，提供专业的最佳判断。如何提呈我们通常所称的最佳军事建议，不仅涉及程序因素，也涉及专业知识和技能，还有相当程度的艺术因素——一切以整个国家安全政策的制定过程为大环境。本文简要解说近期军队领导人为提呈最佳军事建议而历经的运作情况和挑战，笔者无意明确限定军事建议应如何提呈，而只是按照自己的思考和观察，立足过去提呈军事建议的得失，及服务国家安全目标的经验和教训，谈谈个人的想法。

### 国家安全政策的运作

国家安全，国之保障，它复杂动态，组织有序，保护着美国的利益。其权力和权限主要集中在行政当局和国会，这些国家机关对安全政策和目标的设定赋予合法性。虽然国家宪法创立了制约、平衡、责任和权限的

框架，其官员必须经由民选和授权。国家安全的主要行为体是总统、国会、国务院，以及国防部——各执其权，各司其职，各行其事。这些主责部门，连同政府的其他各部，把国家安全目标进一步落实为各部门的具体目标，共同支持国家安全战略。

与国家安全战略相关的一系列活动，从不同角度有各种不同的描述。其在政治上的描述，反映的是对特定事项的多元观点，另外还有对各种事项轻重缓急的描述，对某些事项应该如何处理的描述，等等。不同的事项为获得切实解决和资源分配，不断互相竞争，以争取政府的重视，获配所需的资源。这种竞争，因为这样的性质，为军队领导人造成了一种高度动态的环境。

自不必说，面对这样的动态，军队各军种必须尽力应对，运用其最为擅长的手段——规划。在军事领域，规划意味着一种复杂的、细致的、耗时的活动，如有欠周详，可能留下重大遗憾。军事规划流程依循一定的条理，其重点在于夺取军事胜利，支持军事目标的实现。但是，历史中有大量军事行动失败的例子，原因各异，包括动用军队企图实现非军事目标，或受制于逐步升级的用兵战略，或行动受阻无法推进，等等。经常，当军事行动意图实现的是非军事目标时，军队虽然

\* Translated and reprinted with permission from USAF *Strategic Studies Quarterly*, Fall 2015, Vol. 9, No. 3.

未输在战场，却可能输在未实现预期的国家目标。如果出现这种情况，军队领导人难脱其咎，其咎在于未能向国家提呈最佳军事建议。军队领导人肩负着填补各方观点及各种程序之间缺口的责任，确保以军事规划、能力和资源支持实现国家安全政策和目标的终局状态。责任的履行，体现在如何制定军事政策，如何排列和整合目标及重点，以及如何授权及执行军事干预行动。军队领导人还必须关注这些程序之间的衔接和过渡，因为正是在整合资源、规划时段、及安排轻重缓急等方面，最容易发生后果严重的错误。故而，在为国家安全政策决策者提呈最佳军事建议的过程中，军队领导人需要面对四项挑战。

## 提呈最佳军事建议面临的挑战

第一项挑战——如处理不当可能导致严重的军内扰乱——是如何避免轻率选定一项只支持军事目标而不充分研判国家安全目标的行动计划。这样的计划，必然减少文职领导人可用的其他选项，或者将他们“禁锢”于这样一项欠全面考虑的行动计划而别无选择。我们的规划流程擅长处理各种细节，包罗广泛的军事观点和看法，将目标 / 方式 / 手段牢固挂钩于军事目的。但是我们经常忘记，我们的角色和作用首先是支持政府和国家的更大安全战略。我们在规划过程中，常常因为资源和能力的考虑而放弃其他多种可能的备选行动计划，这些备选计划原本能为文职领导人带来灵活性。我们为选定自己喜欢的行动计划，而倾向于压低其他所有选项，统统贬为不达标。我们倾向于忘记，国家力量结构中的其他元素也将被纳入到政府最高权力机构的目标中。我们总是记不住，武力的使用是政治决定——是更大战略中的一部分——我们记不住大战略设想的终局不是由

政治引入武力，而是走向政治解决与和解。就是说，军事介入的首要理由是推动政治目标。如果耗费军事资源打赢战争，却没有，或不会导致政治解决，那是对宝贵资源的浪费。

第二项挑战——也可能造成严重扰乱——是如何避免推荐一个不顾及政府其他部门作用的详细军事计划。美军在规划中，擅长覆盖对手的所有可能动向，却常常忽略根据不同的国家部门假设前提而构成的多种动态组合以及由此形成的多个选项，未能将其整合入国家安全大战略中。我们推荐的行动计划中缺少容忍，不能容纳其他替代手段、替代资源及作用、以及 / 或者因应政治动态变化而需要的调整。最佳军事建议的更重要的意义，在于构建包含多个备选方案的、具备更大容忍度的一组方案，为总统提供一系列选项，便于总统充分考虑国家力量机构各组成元素的作用，形成和推行全面整合的国家战略。良好的军事风险分析自有其明智所在，但是只有当军事计划与国家目标妥善整合，容忍和补充国家风险分析，才是有效整合国家力量机构所有元素作用的唯一途径。军事选项必须着眼于国家整体目标，必须向文职领导人提供最大程度的灵活性，这项要求至为关键。如果军事建议不包含由多个备选方案形式体现的灵活性，迫使总统只能选择国家力量机构中某些元素，这样的做法不是制胜之道。

第三个挑战是如何设定角色、责任、能力、资源等的边界条件。这项挑战在内部规划过程中尤其明显，但也常体现在军事干预的执行过程中。军队组织结构中存在一种健康的张力，负责训练—组织—装备的人，负责地区监管的人，以及负责指挥军事干预的司令官之间，保持着这种张力。他们倡导各自

的需要，虽然属于健康竞争，却可能囤积不必要的资源，或者不积极履行指派的任务或那些指定他们实施但优先程度较低的任务。这样的例子，就最近而言，包括不重视部署相关能力来解决侦察、导弹防御、清除简易爆炸装置等方面的问题。还有，军队的机敏性有一定限制，不易覆盖性质如此宽广的各种军事行动，这对非充分知情的倡导者或者决策者而言尤其如此。最佳军事建议应该充分解说任何一项投资的风险，获得理解之后，我们的倡导和机敏应对能力必须支持国家安全战略和当前武装冲突的目标，而不是为了实现我们自己的一厢之愿。许多文职领导人经历的无奈，常常在于难以说服军队认真对待当前该打之仗，而不要沉溺于其想打之仗。

最后一项挑战，是关于如何表达不同的意见。军队各层级军官知道，在某些时候，需要提供不同的替代做法和途径，需要质疑目的 / 方式 / 手段，需要冷静尊重和执行。表达反对意见，可以通过书面报告、口头交谈，或者要求调岗或退役。以调岗或退役来表达反对意见，当然通常是出于道德或法律层面的分歧。而在最高领导层级，道德和法律分歧可能远更难以明晰和界定，因此提呈最佳军事建议的军事领导人有责任尽早地明确表达其担忧。对预期风险的发生、实现预想结果的可能性，以及 / 或者分配资源的程度等的担忧，都是不同意见的分歧所在，需要尽早明确研判，尽早表述出来，允许体制及时

做出应对。但是如果简单地以不参与选择目的 / 方式 / 手段来表示反对，则不是恰当的理由和做法。对道德或法律层面上的担忧，意见分歧更难处理。武装冲突因其多元性和多变性——例如在使用无人驾驶载具或武器的问题上——存在与道德和法律问题相关的大量灰色地带，尤其是在那些没有明确宣称敌对状态的地区。对某种特定行动或形势发展，有些人的理解和解释可能不同于军队领导人的估计，和 / 或使军队暴露于不应承担的风险之中。在这些情况下，透彻的分析、顾问委员会的忠告、法律层面的审核等，都是有价值的手段，对拟交反对意见有重大作用。运用这些手段时，要以面对文职领导人陈述自己的担忧为背景。这样做看似合情合理，其实仍具挑战，因为各色人等对各种规范——尤其是文化上的规范——的解读，总是多向且多变。尤其是，某些军事行动看似紧迫，放到更大背景下却使部队冒不必要的风险，围绕这类行动的解读，更加错综复杂。

## 结语

人类苦难、附带毁伤、大规模杀伤武器，以及战场情报收集等，都是军队领导人在提呈最佳军事建议中必须精心应对的困难议题。克服以上四项挑战，虽然不能保证成功履行所负使命，但至少帮助军队领导人深刻理解文政与军事之间关系的一些牵涉，在此基础上提呈最佳军事建议。★

詹姆斯·E·卡特赖特，美国海军陆战队退役上将（Gen James E. Cartwright, USMC, Retired），爱荷华大学毕业，于1971年获授美国海军陆战队少尉军衔，曾担任海军飞行官及海军航空官，飞行过F-4鬼怪、OA-4海鹰和F/A-18大黄蜂等机型。1983年他被海军航空协会提名为年度优异舰载航空飞行员，随后指挥过海军陆战队第12航空后勤中队、第232战斗机攻击中队、第31飞行大队，和第一飞行联队。他还担任过多个海军陆战队与联合部队职务，包括海军空中系统司令部F/A-18工程计划助理主任、海军陆战队总部航空规划政策与预算副主任，及联合参谋部J-8兵力结构资源与评估主任。将军以优异成绩毕业于空军指挥参谋学院，自海军战争学院获得国家安全与战略研究文科硕士并获优秀毕业生领导奖状，完成麻省理工学院研究员科目。他曾以第一位海军陆战队军官身份担任美国战略司令部司令官，之后被提名并被任命就职第八任参谋长联席会议副主席。在担任此全国第二位最高军事首脑的四年中，他历经两届总统行政班子，见证了与多样及多变之敌作战的持续军事行动。将军以其敏锐的科技见解，对未来国家安全的深谋远虑，以及在战略威慑、核扩散、导弹防御、网空安全及调适采办流程等领域熟练整合系统、组织和人员、鼓励创造推动创新而著称。



# DARPA 突防新技术面面观

## DARPA Emerging Technologies \*

保罗·卡尔霍恩，美国空军少校（Major Paul Calhoun, USAF）

美国国家实力的一根重要支柱，是军事力量，军事力量保持强大，才能压住敌人气焰，保卫本国利益，其对实现国家战略目标至关重要。在可能构想到的未来各种冲突中，已无确定因素可言，唯一能确定的，就是美国势将面对各种复杂的威胁。作为应对，美国国防部高级研究计划局（DARPA）正在开发各种前沿新技术。

DARPA 的使命，是按照国家安全需要，投资开发突破性关键技术。为了实现这个目标，它关注多个重要领域，设定研发目标，确保美国始终具备能力压制新现威胁，补齐自身短板。DARPA 的研发范围非常宽广，正如其座右铭，即弗朗茨·李斯特（Franz Liszt）的箴言所证：“把一支标枪投入无限的未来空间。”本文无法徜徉于无限的空间，只能重点探讨三个领域，这三个领域都关乎天空领域，目的是压制对手的复杂多层一体化防空系统（IADS）。IADS 环境作为更加广义的反介入 / 区域拒止（A2/AD）概念的一部分，是一种能够界定的系统，使我们能看到其战

DARPA = 美国国防部高级研究计划局  
IADS = 一体化防空系统  
A2/AD = 反介入 / 区域拒止  
ALIAS = 驾驶舱人员作业自动化系统项目  
CODE = 拒止环境协同作战项目  
GPS = 全球定位系统  
AFRL = 美国空军研究实验室

略复杂性，而相应构建未来的兵力结构。我们的同等

级对手凭借这个系统，严重挑战着美国的压制能力。为进入对手的 A2/AD 环境，我们正在开展许多研发项目，本文介绍的三个新技术领域尤为相关。第一，研发低成本的航空器，采用散布组网，大量投入 A2/AD 环境，将之饱和而不堪重负。第二，研发高速（高超音速）高机动防区外武器，能在敌方防空火力下适当生存，从拒止区域之外发射，系统化削弱敌方防空能力。第三，研发高能激光武器，用于防御和进攻，不仅提高自身武器平台生存性，也加大敌方对抗的代价。这三个技术领域的因素整合起来，可构成成功的武器组合战略。<sup>1</sup> 即使这些能力从未付诸实战，美国在这些方面所做的投资足以增强其对国际事务的影响。实际上，真正成功的国防战略可以不费一枪一弹就实现其目标。检视这些关键技术领域的发展，有助于我们了解技术能力将如何对日益扩散的地缘政治挑战提供实质性的解决方案。坚持投资和努力，必可构建无人航空器散布组网能力、高超音速打击武器能力，和定向能武器能力，威震对手不敢轻举妄动，加固国家实力中的军事支柱，保护美国的未来战略利益。<sup>2</sup>

### 散布组网能力

保持技术优势和高度重视个人生命，是美国武装部队的特征。因此，美国空军在军

\* Translated and reprinted with permission from USAF *Strategic Studies Quarterly*, Fall 2016, Vol. 10, No. 3.

备采购中，总是趋向于优先关注技术高端、成本高昂、尺寸和复杂性都越来越大的有人驾驶平台，是以应对现代空中战争越来越高的要求。然而可用资源有限，随着这些大型资产的单位成本上涨，数量相应缩减。今天，我们的预算早已捉襟见肘，一些新兴国家在经济上急起直追，但是全球局势不确定状态又要求我们保持机敏性，因而上述采购趋势无法持久。鉴于数量是增强作战地理灵活性的一个关键因素，要想达到数量，就需要将成本拉平到合理的水平，也就意味着必须根本性调整这种基于大型单一平台的资源分配范式。

早在 1982 年，诺曼·奥古斯丁（Norman Augustine）就指出国防采购有一个趋势：国防预算呈线性增长，而新型军用飞机的单位成本却呈几何级数增长。奥古斯丁幽默地说：“到 2054 年，整个国防预算将只能购买一架战术飞机，这架飞机将由空军和海军在每个星期各使用三天半；闰年例外，多出的一天归海军陆战队使用。”<sup>3</sup> 这种真实存在的趋势，制约了我们的作战灵活性，因为数量有限的飞机不可能同时部署到许多地点。此外，对手防空系统越来越先进，因此，即使大把花钱生产最有效能的攻击机也不见得能确保它们的生存性。有鉴于此，必须对资源分配范式进行调整。这种调整有时被称为第三波抵消战略。

国防部副部长罗伯特·沃克（Robert Work）在 2015 年下半年所做的几次政策讲话中，曾明确提出第三波抵消战略的五大组成要素。<sup>4</sup> 它们是：

- (1) 机器自主学习
- (2) 人机协作
- (3) 机器辅助人工作业

(4) 先进的人机战斗组合

(5) 联网化网空加固的半自主化作战能力

这些要素在空中作战领域相互组合，可形成一个新型的系统化兵力结构。在这个理想结构中，有人和无人系统组成团队，通过散布组合网络能力发挥军事作用，增强适应能力，提高对手成本。把作战能力分散部署到多个联网平台上，而不是把所有的功能集中在单一的高成本平台上，可以提高作战灵活性、规模调节性，以及单元专业化程度。作为第一步，用“散布”（disaggregated）这个术语比较合适，因为它明确地有别于把多种能力集中（aggregated）在单一平台的传统做法。但是，随着这个概念渐趋成熟，以及现有平台不具备的新能力逐渐添加到网络中，也许在未来，用“分布式能力”（distributed capabilities）这个术语将更加合适。鉴于本文主要探讨过渡阶段，因此交替使用这两个术语，不刻意区别。散布系统面临若干重要的挑战，包括平台研发、人机界面、保密可靠的网络通信，以及整体系统架构/指挥与控制。在 DARPA 内部，这个概念称为系统体系（System of Systems）方式。图 1 是散布系统框架概念的一个示例。

下文探讨 DARPA 目前为发展分布式作战能力而正在进行的三方面努力，目的就是利用第三波抵消战略的组成要素，充分发挥分布式能力的优势，应对上述各种挑战。第一个是“小精灵”项目，研发具有地理灵活性的低成本无人机。第二个是驾驶舱人员作业自动化系统项目，通过开发机器学习能力和增强型人机系统界面，奠定更有效的人机协作基础。第三个是拒止环境协同作战项目，研发人机作战团队组合和半自主化协同作战算法。

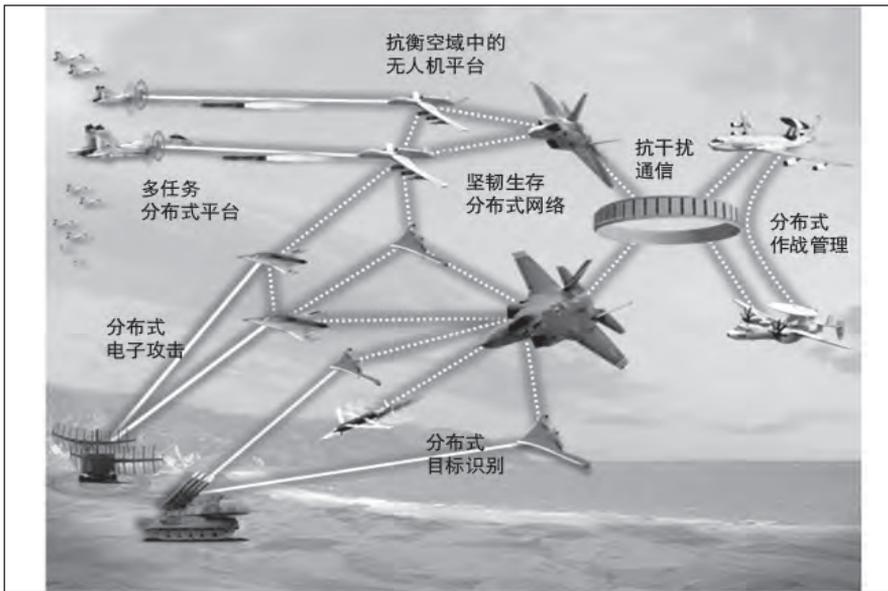


图 1：分布式作战能力

### 小精灵（Gremlins）项目

建造无人驾驶的有效作战系统有助于调整成本核算方程式，创建成本较低而数量增多的作战资产。这么做不仅可解决地理区域部署机敏性的需求，而且可针对 A2/AD 环境的挑战提出可靠的解决方案。尽管这些系统也许不能每个都在复杂的防空环境中生存，但是它们可以凭借数量之众使敌方的交战能力达到饱和状态。低成本、可消耗的无人机以集群方式协同作战，可以在高威胁环境中执行复杂的任务，而避免美军飞行员冒生命危险。此外，这么做可以迫使敌方付出一定代价。例如，如果无人机的成本低于敌方对抗无人机所需的导弹成本，就意味着敌方必须付出高昂成本。因此，这个项目的目标是，建造的系统应该具有不容忽视的足够杀伤力，但系统成本又较低，个别系统的损失可接受。作为 DARPA 的一项新努力，Gremlins 项目致力于研发一个无人平台系统，以期避免有人

驾驶飞机通常所需的生命支持和复杂防御能力的高成本。<sup>5</sup>

Gremlin 无人机的设计构想是可集群发射，并在空中回收，这样可提供执行各种任务所需的多种能力组合与协同。但是，若要降低成本，这些航空器的尺寸必须较小，因而它们的航程有限。为了克服这个挑战，Gremlin 无人机借助大型母机，把 Gremlin 机群搭载到抗衡空域边缘再发射。由于 Gremlin 航空器可以回收，而不是一次性使用，因此其每次使用成本远远低于巡航导弹或传统型假目标。在这方面的论述中，关于“一次性的”（expendable）、“可消耗的”（attributable）和“可回收的”（recoverable）这三个术语的确切含义，并无一致意见。为了避免混淆，本文将“一次性”定义为单次使用弹药或航空器，在一次交战之后完全耗尽（例如，传统型巡航导弹或“超级郊狼”（super coyote）无人机）。“可消耗的”含义是，在执行任务时，集群中个

别飞机的损失是可以接受的；任务成功的定义是，达到任务目标，而且在执行过程中被摧毁的弹药或飞机的数量不超过特定的比例。“可回收的”含义是，在任务完成之后，所有尚存的飞机返航，可用于执行以后的任务。

Gremlin 无人机将能从多种飞机发射，包括轰炸机、战斗机和运输机。Gremlins 项目计划做一次飞行演示，构想是在空中把无人机回收到一架带货舱的飞机中。这个项目最具挑战性的技术风险是如何解决在不危及母机的情况下进行空中回收。目前，该构想仍处于研发之中，其设计重点落在三个关键的捕捉阶段：

(1) 利用以前无人航空系统空中加油项目展示的精准导航技术，在紧接母机尾部强烈紊流区外实施软捕捉。

(2) 用 6 自由度机械臂实施硬捕捉，抓住无人机通过母机尾部紊流区。这个阶段利用先进的机器人技术，需要注意的是，Gremlin 无人机的空气动力表面将收缩，并且发动机将关闭和停止转动，以保护母机。

(3) 把 Gremlin 航空器送入货舱，自动放置在群发数量储存架上。

演示目的是每 30 分钟回收 4 架无人机。成功演示空中回收之后，则可研发各种不同的航空器，以适应特定任务需要。预期研发成功的 Gremlin 无人机的尺寸大致相当于一枚巡航导弹，具有下列重要属性，如表 1 所示。

Gremlin 航空器的体型足够携带进行情报侦测和目标识别所需的光电传感器，并且拥有足够的机载功率，可实施电子攻击。在需要的时候，这些航空器可以携带一枚具有足够摧毁力的弹头，用于攻击半加固式目标。载

荷和功率要求由若干其他 DARPA 项目设定，包括相干干扰、先进协同合成孔径雷达测绘，以及具有网空效应的电子攻击。对于许多此类射频领域效应而言，速度是重要的效应增强因素。与现有的无人机相比，预期研发成功的系统将达到 0.7 以上马赫的速度，足以提高载荷运用的灵活性。高速度还使得这些无人机能够与其他打击资产协同作战，或者在特种作战渗入 / 渗出团队行动之前飞到作战区域。无人机的高速和高空飞行能力还可增强其生存能力，使传统小型武器和便携式地对空导弹无法打到。无人机的体积小，自然提高隐身低显性，这也是未来的武器系统在设计方面必然要考虑的因素。

空中发射和回收无人机可直接应对美国空军在追求全球机敏性中面临的几个关键挑战。首先，它可提供全球进入和快速响应能力。目前，美军在全球大部分空域享有飞航自由。凭借现有的全球机动资产，从美国本土基地搭载的 Gremlin 无人机可在 36 小时内部署到世界上任何地方，不需要依赖在作战区域邻近设立基地。相较而言，目前的无人机速度较慢，要求在感兴趣区域内设置大量的基础设施。在我们几乎没有前进基地的区域发生紧急事件时，或者在我们不拥有邻近作战目标的陆上或海上控制权的 A2/AD 环境中，要想满足这样的要求是不现实的。空中回收可加快无人机作战循环时间。这些航空器可以很快地进行加油和维护，准备好再次起飞。

DARPA 的 Gremlins 项目将创建载荷散布能力，以这个切实可行的解决方案克服平台问题带来的挑战。空中发射和回收先进无人航空器，其投入作战的规模可调，其作战效应多样，其经济可行性亦高。这种基于载荷散布联网化的作战能力，虽然最主要的也最

表 1：Gremlin 无人机主要性能参数

	阈值	目标值
设计飞行半径	300 海里	500 海里
在设计飞行半径的设计空中巡逻时间	1 小时	3 小时
设计有效载荷	60 磅	120 磅
最大单程距离，无空中巡逻	超出系统设计	
实施回收的空中巡逻时间	根据需要	
最大速度	0.7 马赫	0.8 马赫或以上
最大发射高度	未指定	40,000 英尺或以上（与多种飞机的发射高度对应）
推进系统	预期研发成功的系统可能采用概念化设计发动机模型（按现有技术水平），或者采用现有推进系统或改良型推进系统（例如，添加风扇级）	
载荷功率	800 瓦	1200 瓦
载荷安装	未指定	侧面和头部 / 朝下面向雷达孔径预留位
载荷类型	模块组合式，具有后方级各种不同载荷更换功能，包括射频（RF）载荷和光电 / 红外（EO/IR）载荷。假定典型的 RF 载荷功率密度，藉以确定载荷尺寸 / 体积要求。	
设计使用寿命	未指定	20 次使用
Gremlin 航空器经常性（交机）成本，不包括任务载荷	70 万美元（2015 财年）	最低成本
<b>Gremlin 系统级度量数据</b>		
母机发射平台	B-52、B-1、C-130	适用于尽可能多的飞机种类，包括战术飞机（战斗机）
发射数量	每架母机可发射 8 架或更多	大型母机可发射 20 架或以上
用于回收的母机	C-130	
回收数量和花费时间	在 30 分钟内回收 4 架或更多 Gremlin 航空器；目标是能够总共回收 8 架或更多	
成功回收的概率	在窗口时间内 $> 0.95$	
由于 Gremlin 航空器操作而导致的母机（发射或回收飞机）损失的概率	未指定	每个飞行小时 $< 1 \times 10^{-7}$ 个事故
回收和整修周期	在回收后 24 小时内整修完毕，重新搭载母机，准备发射；整修只花费最低人力和人员成本。达到美国空军前方作战基地维护 / 检查架构要求。	
母机系统设备、经常性（交机）成本，不包括指挥 / 控制系统成本	1000 万美元（2015 财年）	200 万美元或以下（2015 财年）

具挑战性的用途是对敌人的多层防御实施饱和和作战，它还能在其他各种冲突环境中提高作战资源利用效率。当我们依赖高质量平台而非高数量平台作战时，成本昂贵的平台如果用于无关紧要的环境，仿佛是牛刀杀鸡。例如，使用 B-2 攻击敌方一辆不设防的卡车，尽管达到了效果，但其利用效率肯定很低。散布的低成本平台利用数量对付规模。在严峻的情况下，可以增加平台数量，以饱和作战应对敌方的防守。如对抗相对薄弱的防守

环境，则可减少投入的平台数量。这样可以使作战能力的运用更好地匹配任务要求。在面对经济实力相近的敌方时，成本效率是必须考虑的一个战略因素。平台研发只是创建载荷散布能力所面临的众多挑战之一，如何使无人平台与操作这些资产的人脑衔接，同样至关重要。为此目标，DARPA 正在通过机组人员自动化驾驶舱系统项目探索人机协作和机器学习能力的各种可能性。

## 驾驶舱人员作业自动化系统项目

驾驶舱人员作业自动化系统 (Aircrew Labor In-cockpit Automation System, 缩写 ALIAS) 项目的目的是研发新的自动化功能, 植入到目前飞机中, 以期减少实施作战所需的机组人员, 同时提高任务效果和安全性。<sup>6</sup> 为此目标, 该项目正在大力开拓机器学习能力, 研发人机协作的有效方法。该自动化系统将设计为可快速卸装和插接到不同飞机中, 要求知识快速应用和灵活实施。为满足此项目要求, 目前正在研发核心问题解决算法, 此算法一旦成功, 很可能将广泛用于各种作战平台自主化和半自主化运作。未来的作战操作人员如何与协作行动的机群互动, 很可能将取决于这个项目的研究成果, 未来的飞机如何通过人工操作或自主化解决任务挑战, 也很可能将依靠 ALIAS 计算核心。这是一个全新的领域, 充满了各种可能性, 而 ALIAS 迈出了重要的第一步。

该项目最重要的部分是提供飞行管理和系统分析的智能处理核心。大致原理为, 通过知识获取系统, 将信息馈入 ALIAS 系统, 知识获取系统使用真实语言处理来消化正常文本, 并把它拆分为可由处理核心查询的逻辑框架。这样, 机器可以快速获取关于某个主题的所有打印知识, 进行学习, 例如执行各种飞行动作的确切程序。ALIAS 系统还可以从专业演示人员获教, 吸纳学到的知识。馈入数据按质量优劣排列先后顺序, 数据中的矛盾将由专业人员通过人工操作解决。这种快速获取各种数据组并作归纳汇编的能力确实具有革命性, 其应用将远远超出这个项目的范围。我们可以设想利用这个项目研发的流程精简情报数据进行分析, 或者根据作战准则的应用制定实时指挥与控制建议。在该项目的目前研究范围内, ALIAS 系统将可提

供任务和飞行紧急情况无差错分析。ALIAS 系统可以分析各种预选方案, 向机组人员提供任务效果反馈。这样, 机组人员可以起到任务协调员的作用, 专注于高端执行, 而不是一般的技术操作。除此之外, 智能处理核心将能处理发动机故障等系统紧急情况。它会调阅合适的检查清单, 甚至可以激活相应的开关, 界定任务效果, 向机组人员提供各种预选方案。

ALIAS 项目还在研发一种感知系统。ALIAS 试图成为一种最佳状态的机器, 能够测量和监控所有的关键任务要素, 例如空速、高度、燃油状况、地点、子系统状态、任务意图和航空器表现。实现这种测量和监控的方法是, 利用内部摄像机读取仪表、表盘和开关位置, 直接接入符合第 1553 条军用标准的 ARINC 系统 (1553/ARINC) 或未来的航电仪表维护总线, 并且整合数据链路信号或外部摄像机。该项目采用了一个过去未曾充分探索的革命化措施, 即在人机交互状况中纳入人工操作员作为参数。为了实现这项措施, 可以使用摄像机跟踪飞行员姿态和反应, 通过对飞行员控制致动的测量来确定飞行员的注意力集中程度。还有一项引人关注的应用, 这就是利用飞行员头戴受话器或头盔中集成的脑电图 (EEG) 传感器, 直接监控飞行员在飞行中的脑电波活动。这个概念立足于 DARPA 资助的一个研究项目, 称为“脑电波驾驶飞机” (BrainFlight), 它严密监测飞行员在飞行中的脑电波活动, 借以测量飞行员的工作负荷, 并预测飞行员诱发的震荡。许多成功的脑电波检测项目都有巨大的应用潜力, 可促成人脑更直接地与机器交融。把 EEG 作为 ALIAS 感知系统的输入, 是朝着发挥这些应用潜力迈出了令人振奋的一步。至少, 监控飞行员表现将为感知系统提供重要的信息,

使它能察觉飞行员是否疲劳了，或者负荷过重，或者没有注意到警告信号。这样，ALIAS 系统和人工操作员之间的双向沟通将更加有效。

最终，ALIAS 系统的设计意图是能够直接操纵飞机飞行，移动开关，并且像人工操作员一样执行作战行动。由于该系统设计成便携式，可以从一架飞机拆卸插接到另一架飞机中，因此致动概念通常以套件形式体现，只是根据目标飞机的具体制约条件而在组配方面略有差别。该套件包括各种机械开关致动器、自动化机械单元、与飞行控制装置的直接机械连接件、直接接入总线的电气界面，等等。没有适用于所有飞机的单一致动系统，但是有若干可用的解决方案。值得注意的是，目前正在研发数字化飞行控制系统中常见的具有高度可靠性和冗余能力的飞行控制应用程序。当前典型的自动驾驶仪一般采用单一路径失灵模式，一旦发生故障便需要人工接替操作，而 ALIAS 飞行控制致动器不同，它采用三重冗余，具备极高的可靠性，不仅在性能上超越目前的自动驾驶仪，在可靠性上也至少不输人工操作，因而在技术上是一大进步。

ALIAS 项目以解决模糊不清的人机团队组合概念为直接目标。典型的飞行员 / 副飞行员功能不能全套照搬地传输给优化的人机团队。人工操作员在执行某些功能时非常杰出，例如应用战术和建立战略；而在其他一些领域，机器则更胜一筹，例如常规战位驻留和快速演算。ALIAS 项目提供的平台可重新界定机组人员的作用，从而实现更有效的人机战斗组合。进一步，ALIAS 项目可让人工操作员在自己的驾驶舱以外工作。随着自己的飞机操纵越来越简化，他们将能协助操纵其他飞机。今后，人工操作员将与半自主

化无人驾驶僚机和打击航空器协同作战。与这些散布资产协同作战，需要有合适的算法程序，把人的意图演化成经协调的半自主化行动。由于未来战争可能在射频和全球定位系统（GPS）抗衡环境中进行，实现这种演化的难度可能会更大。人机团队组合和抗衡环境中的半自主化协同作战对于实现这个愿景起着绝对关键的作用，而 DARPA 的拒止环境协同作战项目将提供这个核心能力。

### 拒止环境协同作战项目

拒止环境协同作战（Collaborative Operations in Denied Environments, 缩写 CODE）项目正在研发先进的自主化算法和监督控制技术，以期增强无人机或尖端导弹在拒止环境的作战能力。<sup>7</sup> 研发工作以四个技术领域为重点：协同作战自主化、航空器层面自主化、监控界面，以及适用于分布式系统的开放式结构。关键的技术发展注重传感、打击、通信和导航等方面的自主化协同作战，以减少所需的通信带宽和人工系统界面。目前正在通过模拟和软件开发试图实现这些目标，最终将使用实体和虚拟资产在 GPS 和通信拒止环境中进行大规模飞行演示。

自主化协同作战的含义比较模糊，但是用几个具体的例子也许可说明问题。假定我方有十二枚巡航导弹射入敌方纵深，寻找一个移动式地对空导弹（SAM）发射阵地。我们可以给每一枚巡航导弹单独指派一个搜索 / 击杀区，期望它找到和摧毁那个 SAM 发射阵地。如果采用协同作战方式，这个巡航导弹组合可以设置一个经协调的搜索矩阵，相互传递有关兴趣目标的信息，调用多个传感器和方位角，提高准确识别目标的概率。此外，假定无法使用 GPS，即失去了外界导航真实信息源，使准确定位和目标选定比较困难。

但利用协同作战网络,则有可能确定相对位置。这个巡航导弹组合可以利用已知的地标或单一导航信标更新它们的位置。实际上,在这个例子中,绝对位置不是那么重要。只要知道与目标的相对位置,就足以形成击杀链。一旦识别了目标,这些巡航导弹可以包围目标,在同一时间实施打击,使得对方的任何导弹防御系统招架不住。协同作战可极大地提高作战效能和效率,并可减少群射的导弹数量。这种基于效应的思路既可节省资源,又可优化任务成功。

协同作战的另一个重要方面是相干射频效应。具有高精度时钟的多个平台可以传送能够有益组合的波形。这样组合的波形其功率按平台数目的平方值增长,而不仅仅是各平台波形功率相加。因此,四个协同作战平台的相干组合信号可以提供高达 16 倍的广播功率。如果相干组合数目更多的信号,则可产生极大的功率,显著扩大探测、通信和电子攻击范围,或者有助于通信信号突破敌方干扰。

在严峻的射频环境中进行协同作战时,有效地使用可用的带宽非常重要。其目的是使整个团队的所有成员都看到共同的态势感知画面。具体的做法是,通过行为和健康建模技术,减少每架航空器为了知道其他航空器的状况而需要获得的信息。例如,每架航空器都能够根据内置模型计算团队内其他航空器上应该还有多少燃油,从而不需要连续不断地发送每架航空器上还有多少燃油的更新信息。因此,燃油状态更新信息只是偶尔发送,或者只需要在实际燃油存量偏离模型预期值时才发送。必须传递的信息有一个指派值,并且根据其对特定任务交战的重要程度予以压缩。早期研究显示,这么做可以逐

渐取得极好的效果,把带宽需求减少二十倍之多。

大量的半自主化航空器置于一名任务指挥官的控制之下,必然需要对人与系统交互界面(HSI)有一个新的观念,其中的核心挑战在于如何在通信间歇受阻的拒止环境中与数十架无人机互动。即使在很大的工作压力下,人工操作员也必须能够保持态势感知。高性能自主化作战必须在了解形势的情况下才能采用,不可放弃合适的人工监视和控制。与此同时,自主化航空器必须反应可靠,让人工操作员不断地增强信心。在各种人工操作与航空器遥控匹配模式中,MQ-1 无人机是一个极端例子,它由一名飞行员直接用人工控制所有的飞行功能。今后一个比较可行的模式是,无人飞行器自主应用指挥官的意图。就是说,无人机群带着明确界定的目标出发,即使与任务指挥官的通信中断,也能自主执行任务。根据交战规则,在执行武器投放或飞越地理界线等预定行动之前,必须通知指挥官,以获得其授权。与此同时,相关数据必须递交给任务指挥官,以便他能够做出明智的决定。但把来自众多传感器的原始数据全部传送给任务指挥官,其数量将大到难以承受。因而,可利用显示长期行为和任务相关趋势的特定信息作为行动参照依据,形成最优态势感知。我们在使用分布式人工操作团队方面有非常丰富的指挥与控制经验,可用于指导研发人机协作团队,但是研究工作应该充分发挥人工操作和机器的各自内在优势,不可仅仅因为我们熟悉固有的行为模式而盲目地因循守旧。CODE 项目正在探索一整套任务规划工具和界面,以期克服这些挑战,向人工操作员提供适度的信息,使他们能对机器行使适度的控制。该项目的-一个主要研

究方向是找到符合童话故事中“金发姑娘适度原则”（Goldilocks zone）的适度范围。

开放式系统结构对于 CODE 通信干线的发展极为重要。现有的系统和尚未构建的新设计必须能够在允许连续改进的环境中共同运行。若要实现这个目标，必须向所有的相关方提供明确界定的界面，这些界面由政府拥有，适合快速整合、自主适调和灵活测试。开放式结构是一个设计承诺，必须融入系统研发的每一步。鉴于系统目标是促进许多不同资产的协同作战，开放式结构是实现 CODE 愿景不可或缺的条件。

如图 2 所示，目前有许多研发项目支持基于网络的载荷散布能力。能够提高整体作战能力，但是对 CODE 愿景无关键作用的项目，仍应获得持续的资助。技术研发要求按部就班演进，从而具备可预测性，这是系统设计、原型制作和测试有效推进的关键。资金的骤

然增加和减少会导致研发进程紊乱变化，从而增加成本。最重要的是，这种不可预测性会造成人才管理困难。只有延揽人才，尽其所能，给予他们探索新思路的自由，才能有创新。创造发明需要时间，科技突破不可预测。因此，只有持续提供稳定的资金流，长期留住人才，整体系统成熟才会有最佳成功机会。

潜在 A2/AD 挑战最大的那些战区，都是地理广袤的区域，具体而言，是太平洋地区、南中国海、台湾海峡、俄罗斯及其以前的卫星国，我们在这些地区设置前进基地的机会极为有限。因此，远程平台对于未来的力量投送极为重要。例如，我们必须大量购置 B-21 远程打击轰炸机，用于支援作战灵活性。我们必须解决战术战斗机的航程局限性，还必须仔细考虑后勤支援。未来的战斗情景往往是几十架第五代战斗机和攻击机整装待发，准备突防进入 A2/AD 环境的最纵深部分。

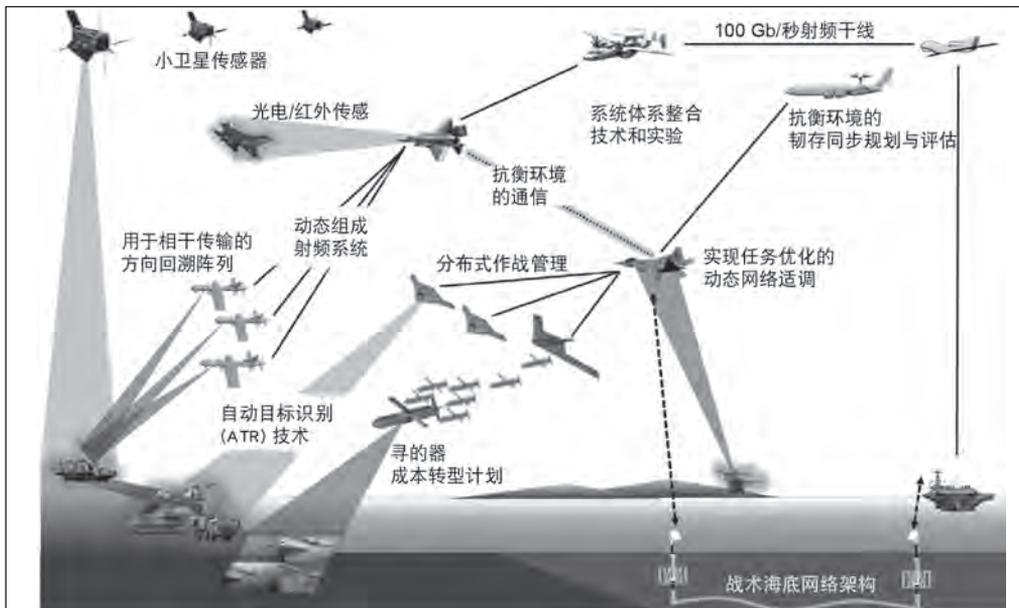


图 2：支持载荷散布能力的 DARPA 项目

大型飞机的武器探测和交战区显著扩大，通常无法就近获得空中加油机的支援，因而战术战斗机或传统型无人机不能发挥作用。我们应该投资提高加油机的生存能力，使它们能够接近作战前缘。用传统型远程机动平台发射的 Gremlin 飞机等非传统型无人机可提供另一个可行的选择方案。我们应该尽一切努力保障在关注区域的前进基地安全无虞。即使采取了这些措施，仍必须优先考虑拥有适当航程和突防能力的平台。对于使用大量战术航程战斗机或传统型无人机的作战情景，必须持怀疑态度。现在是面对现实提出质疑的时候：这些飞机怎么抵达关注区域？如果答案是空中加油和飞行员在战术型单座驾驶舱里每天坚持值勤 20 个小时，显然不可取，会给飞行员的表现和疲劳恢复时间造成严重影响。要想拥有抗衡环境的制空权，需要有远程载人母机平台与不受疲劳影响的可消耗战术无人机协同作战，形成人机团队组合。甚至“战斗机”这个术语本身也可能有些过时，令人想起高度机动的小型格斗飞机。在未来的作战空间，把这些平台视为载人节点或传感平台 / 发射平台也许更加贴切。<sup>8</sup> 我们应该对远程载人控制平台的研发进行重点投资。

DARPA 的战略技术处始终致力于系统体系方法的研究，既是出于必需，也是为了把握内在的机会。部署一支能够按美国民众可以承受的成本击败未来敌方的军队，是该项研究的驱动因素。系统体系方法采用网络化结构，将无人驾驶的低成本、低功能平台与可选用的有人驾驶高成本、高功能平台联网作战。低成本平台能够增强高成本平台的军事效能和生存能力，并能保护系统结构中的人工操作员。不同类型平台的集成有助于整个系统减少薄弱环节。我们可以购买足够数量的低成本平台，借助它们导致敌方的防御

能力达到饱和状态，于是一定的数量优势自行转化成质量优势。这样即可取得作战主动权，迫使敌方面对复杂形势和付出一定的代价。开放式结构和较低的投资风险可促进低成本平台的快速创新研发。新型航空器、传感器和指挥与控制核心的周边系统能够快速调适，对整体系统几乎不会带来任何风险。

未来的 A2/AD 作战空间包含多个防御层次，非常复杂。现有的基于平台的战略很可能无法在这种环境中取得制空权，而且在财力方面也是不可持续的。大幅度转向到基于网络的系统体系方法，可以克服这些挑战。DARPA 对 Gremlins、ALIAS 和 CODE 等项目的投资正在开辟通向未来可行解决方案的道路。作为一个研究机构，DARPA 只能在实现这个愿景的道路上走到这一步。要想使愿景成为现实，各军种必须接过火炬，制订支持这些努力的务实计划。空军的高层领导已经反复承诺要实现这个愿景。但是，在较低层级，出于可以理解的原因，对变革仍有很大的阻力。

## 高超音速打击武器

对付 A2/AD 环境的另一个方法是，使用远程防区外武器，不需要借助搭载平台深入拒阻空间就可以打击那里的目标。高超音速飞行是空天力量的一场重要及必然的革命，其基础是美国和其他国家目前在研发的若干技术。常规的有人驾驶高超音速航空器很可能要几十年后才会问世，而高超音速打击武器预期今后十年内就能投入使用。高超音速飞行通常是指航空器的飞行速度超过 5 马赫，即大约每小时飞行 3600 英里或每秒飞行 1 英里。由于极端的温度和热载荷，以及复杂的空气动力效应，这种类别的航空器面临巨大的技术挑战；但是，它们也拥有巨大的战术

优势。仔细考虑高超音速航空器的优点和挑战，并且审视目前的研发项目，我们可以规划出成功研发高超音速打击航空器的正确方向，这些航空器将从根本上改变力量投送的技术手段。

今天，红外搜索与追踪以及全频谱雷达的发展已能有效地阻止大多数平台深入某些区域。高超音速防区外打击能力可置敌人目标于险境，但不危及本身的发射平台，从而让攻击方重新掌握优势。高超音速打击武器有三个重要的优点。第一，它们以极高的速度压缩时间域，提供灵活快速的响应。第二，防区外精确打击能力可把力量投送到抗衡环境，而且不危及母机。最后，高度机动的高超音速武器能够深入严密防御区域，打击其他手段无法触及的高价值目标，从而使得常规部队能够实施后续攻击。<sup>9</sup>

速度如果超过每秒一英里，势必带有快速响应和灵活能力。从单独一个平台发射一群高超音速打击武器，可以在发射后 10 分钟内同时打击相隔一千英里的不同目标。这样，指挥官可以突破敌方的决策周期，在敌方摸清情况和采取行动之前进行打击。在打击移动目标或进行突袭时，快速行动特别重要。面对太平洋战区或俄罗斯战区等广袤区域的不利地理条件，高超音速武器可缩短到达目标的飞行时间，从而具有战术机敏性。快速打击是空军作战准则的一个关键部分，高超音速打击可让指挥官大幅延伸作战范围和杀伤力。

一架装载着几十枚高超音速打击武器的 B-52 飞机可以面对甚至防御最严密的环境实施有效作战，在敌方交战区外面发射防区外武器。当传统型平台能够参与这种“高端”作战时，指挥官即拥有很大的灵活性。实际上，

目前正在研发的武器都趋向于小型化，以便能够从空基或海基战术飞机上发射，借以显著增大可选方案范围。像 B-2 那样真正的雷达突防飞机在数量上极少，因而限制了在多个区域同时做出响应的灵活性。此外，投资于足以实现力量投送目标的相当数量的一次性使用武器，与购买大量的高价高端平台相比，具有更高的成本效益。这么说并非表示不需要一定数量的高价高端平台。但是，利用可观的防区外打击能力可以减少所需的突防平台数量——在预算严重受限的年代，这是一个必须正视的现实。最后，甚至最佳的隐身低显技术也只能风光一时，不需多久就会被下一波新防御技术一览无遗。现在，全频谱搜索与追踪能力已经束缚了我们的隐形平台的用途。随着攻防双方玩猫鼠游戏不断斗智斗勇，拥有强大的防区外作战能力可提供一个重要的制胜保障。

巡航导弹等常规防区外弹药的速度较慢，操纵机动性不高，无法对抗尖端防空系统。因此，如果要用这些弹药对防御严密的目标实施有效攻击，必须大量齐射才能饱和攻击敌方的防御体系。这种方法充其量是不切实际和成本昂贵；在许多情况下，它根本行不通。高超音速武器凭借高速和终端机动性，能够规避先进防空系统，从而只需要少量齐射就可以摧毁目标，而且可以攻击以前无法接近的目标。这些武器将与其他资产协同作战，打击已知的高价值防空目标，使得 Gremlin 无人机群等后续资产能够更有效地执行搜索和摧毁任务。高超音速武器将是未来武库的一个重要部分，可以强有力地突破和遏制 A2/AD 环境。

高超音速武器的运行环境异常恶劣，包含许多巨大的技术挑战。在极高的速度下，气体分子开始分离，在航空器周围产生电离

等离子体。音冲击波缠绕航空器壳体，熵梯度极高，产生干扰边界层的乱流。在本文的论述中，是否理解这个物理问题，并不重要。但是，多年来通过飞行超音速航空器所研发的许多空气动力学和热力学模型不再适用于高超音速领域。此外，动态升温极高，稍有计算错误，即会很快导致毁灭性熔化和结构烧穿。以超音速冲压喷气发动机为例，燃油必须在几毫秒之内与超音速的空气流混合并点燃。一个贴切的比方是，在龙卷风里点燃一支蜡烛并使其保持燃烧。幸亏，这些基本问题有许多已经在以前的研发项目中解决，从而扩充了高超音速飞行控制和热力学知识面。鉴于基本科学原理已经掌握，高超音速打击武器研发的下一步是按照符合战术要求、可负担和一次性使用武器的价位，创建一个可靠的平台。高超音速航空器武器化还需要注重通信、目标锁定传感器、可负担的高温材料和制造方法，以及作战概念。

中国、俄罗斯和印度等其他国家都宣称在实施高超音速研发项目，而且动用了大量资金。仅在 2014 年，中国的 Wu-14 高超音速打击航空器就进行了五次测试。<sup>10</sup> 印度即将部署其高超音速巡航导弹“布拉莫斯 II”型。不久，高超音速打击航空器将成为作战空间的一个现实，而且这些武器有许多将在潜在的敌方手中。这强调了美国持续不懈地进行研发的重要性，附带也凸显了必要性。鉴于本文已论述的许多理由，高超音速武器可能非常难以防御。我们必须努力了解敌方系统和制订有效的防御战略，以减小敌方系统的威胁。仅仅赢得军备竞赛，率先部署高超音速打击武器，并不能解决今后仍有可能挨打的问题。

米切尔航空航天研究所根据持续一致和严谨有序的技术发展准则，描绘了高超音速

技术发展路径的关键步骤。高超音速技术的发展史包含若干令人振奋的项目，它们的宏伟目标超越实际能力，因而往往遭遇惨败。最近的研发项目，例如 X-51，取得了成功，因为对其设定的目标相对务实，能够实现，从而持续推动了该领域的技术发展。DARPA 和空军研究实验室（AFRL）正在该项成功的基础上继续努力，争取在今后十年内实现高超音速系统的部署。我们必须坚持对这些项目进行投资，也必须对适当的测试和研究设施进行投资。高超音速技术研发需要有相应的风洞和试验场，而目前这类设施并不存在。此外，热管理、材料和结构、高超音速飞行控制和推进等技术领域需要不断成熟。高超音速武器不再是科幻小说的内容，它们将在大多数人还未曾意识到之前就面世。这些武器可提供巨大的非对称优势，因而任何未来战略都不可忽视它们。若要确保美国不失时机地抓住这个优势，我们必须看到其潜力，建立未来作战愿景，并且不断地进行合理投资。

## 定向能武器

相应的激光技术发展有望促成性能可靠的高能激光器面世，可提供革命性的新型军事作战能力，例如对抗新出现的传感器威胁以及创建进攻性激光武器。高能机载激光器是飞机防御方面符合逻辑的下一步发展趋势，也是一项重要的未来进攻性打击能力。过去，化学激光器是唯一能够在尺寸和重量受限环境中其功率密度足以提供有军事实用性光束的激光武器。但是，在过去十年间，光纤激光器的使用取得了巨大进展。与以前的化学激光器相比，固态光纤激光器的功能更强大，体积更小，更适用于军事环境。一台光纤激光器以电能启动，然后将其转换成高功率、

高光束质量的激光能。该激光光束被导入光纤电缆，从而可以灵活地传输和组合，形成有军事实用性的光束。<sup>11</sup> 光纤激光阵列、光束组合和自适调光学的发展将促成高能激光器面世，其光束将异常明亮，而其激光功率也许可达到数百千瓦等级。

过去半个世纪以来，微电子器材稳步发展，至今已到处可见，成为最令人不安的趋势之一。在军事领域，这个趋势形成巨大的挑战。先进的成像电路，尤其是焦平面阵列传感器，对机载平台构成很大威胁。<sup>12</sup> 这些先进的导引头直接威胁航空器，但是高能激光器可以对付这种威胁，不过需要采取新的飞机防御范式。鉴于尺寸、重量和功率等条件，可以优先考虑让大型飞机采用下一代高功率光纤激光器作为防御手段。用高能激光器替代目前的红外干扰措施（IRCM）系统，对正在接近的导弹，不仅是干扰，而是摧毁，由此显著提升飞机在半准入环境的生存能力。红外反干扰措施（IRCCM）不断发展，给予目前的导弹越来越强的抗干扰能力。下一代成像导引器的扩散使得这个问题更加复杂。从红外干扰概念变换到用物理方式摧毁导弹，未来的飞机将能够突破渐进式改善的循环。与远距离打击军事关注目标的进攻性激光系统相比，把防御性激光器配备到飞机上，用于摧毁来袭的小型对空导弹，所需的激光功率要小得多。有鉴于此，防御性系统是创建具有作战功能的高能激光系统的良好起步。光纤激光器使用光束组合方法，可立即调整规模，而且其输出功率的主要限制因素是母机平台可用的功率和冷却能力。如果有持续的研究资金，进攻性激光系统目前面临的局限性可在今后十年内克服。

进攻性激光器的打击能力可带来许多显著的战术优势。第一，使用飞机发电的光纤

激光武器基本上拥有无限制的发射能力库存。第二，无论好莱坞影片如何渲染，激光在清洁空气中是不可见和无声的。第三，激光武器可达到令人难以置信的精准度，具有实时反馈功能，可连续优化打击定位。最后，激光以光速传播，几乎在发射瞬间即可打击目标。尽管目前仍有若干主要的技术挑战需要克服，上述这些优势足以说明我们应该继续关注激光武器。不久，我们将看到如下情景：在特种作战部队实施突袭之前，一架 AC-130 飞机静悄悄地摧毁了一辆敌方车辆——无声无息、手术般精准、持续不断，激光打击能力可向军事作战策划人员提供重要的备选方案。

机载激光器的另一个重要技术发展是自适调光学技术。该项技术可调整输出光束，借以补偿大气扭曲，使得光束通过空气传播后能够以最大聚焦功率打击目标。传统的做法是，在光线路径中放置一面可变形反射镜。一个波阵面传感器监测传播的光束，并利用反馈算法使反射镜变形，直至打击目标的光束达到最高强度。反射镜变形速度往往是运用这项技术的限制因素。即使反射镜能够每秒变形数千次，紊流混乱现象仍有可能以更快的速度发生。目前仍在进行的研究工作试图更好地确定这些紊流的特性，以便能够预测未来的情况，在实际发生紊流之前把纠正指令输入到控制系统。运行自适调光学技术的另一个方法是，使用由分别可控激光器构成的相控阵列，这就是 DARPA “王者之剑”（Excalibur）项目。

DARPA Excalibur 项目有力推动了先进的高能激光技术在若干领域的发展。这个项目研发了相干光相控阵列，导致可调节规模的激光武器问世。利用低功率电动光纤激光阵列，可产生能穿透大气紊流的高质量光束。

其实施途径是，采用的形状系数比现有化学激光系统轻 10 倍，而且体积更紧凑。Excalibur 项目为进一步研究铺平了道路。为了尽量降低功率要求和缩减重量，目前正在努力创建体积更小和效能更高的光纤激光放大器。另外，正在使用一种系统整合方法，以期确定现有系统的实际载荷周期、功率消耗和冷却周期。

以前，机载激光器的研发曾获得不少投资，但是成效不大。因而不难理解，为何某些高层领导人怀疑该项技术是否已经成熟，或者现在的研发是否会有不一样的成果。具有光束组合和自适调光学技术的光纤激光器可解决导致以前的研究工作无显著成效的许多老问题。目前，若要实现光纤激光系统的实战部署，需要克服的主要障碍是缺乏远见。基于最近的成功实例，这是一项中等风险程度的投资，并且随着 DARPA 和 AFRL 继续发展定向能技术，光纤激光器研发的潜在成效很大。提高作战部队对新技术的认知，对于技术过渡和采用，以及作战概念发展都很重要。激光器是一个独特的武器类别。我们必须努力去理解其局限性和潜力。现在，这项技术已经很先进，因此很难想象今后的作战空间没有激光器发挥重要作用。有鉴于此，现在应该制定战术、作战准则和公共政策，准备好迎接今后必然出现的这种局面。DARPA 和 AFRL 必须继续发展其已经取得的重要研究成果，与此同时，战术部门必须厘清添加这些新的作战能力在作战层面的影

响。定向能武器将是未来作战空间的一个重要组成部分，而这个未来必须从作战应用、战略政策和国际法律等角度来考虑。目前，全国各地的若干实验室正在研发实现这个目标的手段。

## 结语

今天，美国武装部队面临着一个独特的挑战，同时也是机遇。军事力量的每一次演变都会极大地提升个别武器平台的杀伤力和生存能力，但也会导致单位成本的相应上涨。为了获得地理灵活性和压制多层防御的能力，大量使用低成本平台是一个令人信服的备选方案。全球经济趋势和国内经济压力约束了分配给军事支出的资源，致使目前时期成为必须变革的时刻。抓住这个迫切的时刻，则可掌握机遇，创建一种截然不同的兵力结构，它将拥有高效的能力，可减少支出，并且承受较少的风险。DARPA 等高瞻远瞩的机构目前取得的研究成果代表了关于未来作战空间结构的一个愿景，显示了实现这个目标的潜在可能性。总之，DARPA 目前研发项目所启示的方向显示了我们完全有可能抓住技术发展机遇，缩短创新周期，应对多变威胁。这个愿景不会自动成为现实。今天，我们必须踏上创建新兵力结构的征途，建立一支在 2030 年每战必胜的军队。这就要求我们抛弃传统的采购计划，持续投资于载荷散布能力、高超音速打击武器和定向能武器。★

## 注释：

1. 还有其他许多方面，显然超出本文论述范围，但对于这个未来愿景绝对不可或缺，它们包括：太空、网空和海基力量投送、全频谱低显性、精准导航和报时（PNT）、量子通信和计算、集成电路发展、生物学研究发展、航海技术、制造与材料科学，等等。
2. 除非另有说明，本文提供的信息系基于作者本人在 DARPA 内部参与这些项目的工作经历以及与 DARPA 项目实际管理人员的讨论。

3. Augustine, Norman R. 1997. Augustine's Laws [ 奥古斯丁法则 ], Reston, Virginia: American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc.
4. Mehta, Aaron. 2015. Work Outlines Key Steps in Third Offset Tech Development [ 沃克概述第三波抵消技术研发大纲关键步骤 ], DefenseNews, <http://www.defensenews.com/story/defense/innovation/2015/12/14/work-third-offset-tech-development-pentagon-russia/77283732/>.
5. 关于 Gremlins 项目的更多信息, 请参看 <http://www.darpa.mil/program/gremlins>。
6. 关于 ALIS 项目的更多信息, 请参看 <http://www.darpa.mil/program/aircrew-labor-in-cockpit-automation-system>。
7. 关于 CODE 项目的更多信息, 请参看 <http://www.darpa.mil/program/collaborative-operations-in-denied-environment>。
8. <http://www.defensenews.com/story/defense/air-space/2016/04/08/beyond-fighter-jet-air-force-2030/82767356/>.
9. Dr. Richard P. Hallion and Maj Gen Curtis M. Bedke, USAF (ret). 2016. Hypersonic Weapons and US National Security [ 高超音速武器和美国国家安全 ], Arlington, VA: Air Force Association.
10. 同上。
11. 许多光纤激光二极管输出往往是谱组合或相干组合。谱束组合 (SBC) 亦称为波长束组合, 它利用一个衍射光栅或棱镜把不同的波长组合成单一输出光束。这与白光通过棱镜分解成不同波长构成的彩虹正好相反, 但其物理原理却相同。在 SBC 组合激光束中, 不同波长 (颜色) 的激光合并产生单一输出。这个组合方法把每个输入激光流的能量添加到输出光束, 因而后者是所有输入光束的总和。在这个系统中, 输入光束的相位不是特别重要, 从而极大简化了必要的控制措施 (请参看 Fan 的论文)。另一方面, 相干束组合 (CBC) 通过相控阵列精细地控制输入光束的相位。一个二极管激光输出被分裂到与阵列输出数目相同的传输通道。每一个传输路径适当控制相位, 致使光束实现产生有益干扰的组合。有益干扰的结果是, 波峰处于导致输出波强度增大的相位。图 X 显示有益干扰的典型例子, 同时列出其对立面有害干扰的例子。在理论上, 如果输出孔径尺寸不受限制, 针对目标的相干组合激光功率强度按输入光束数目的平方值增长。因此, 在增加适当控制措施和相控阵列复杂性所需的成本之后, CBC 激光产生的辐射强度是 SBC 激光的几何级数 (请参看 Fan 的论文)。按照所需的应用方式之不同, 这两种组束方法在未来的军用激光器中都会有重要的用途。
12. 运用红外光谱的焦平面阵列 (FPA) 传感器以前仅限于在少数专业化军用实验室内研发。用工业方式制造的此类阵列的像素较大, 因而分辨率较低。它们只能小批量生产, 成本极高, 令人望而生畏。现在, 由于集成芯片技术的发展, 在今后十年内似乎有可能克服这方面的许多挑战, 看到高分辨率、低成本的焦平面阵列红外传感器大量问世和广泛应用。

保罗·卡尔霍恩, 美国空军少校 (Major Paul Calhoun, USAF), 麻省理工学院航空航天学硕士, 美国空军试飞员院飞行试验工程学硕士, 现任空军实验试飞员, 目前在国防高级研究计划局从事科研学者项目。少校飞行过 30 余种机型, 拥有超过 3,500 小时飞行经验, 其中包括 1,200 小时战斗飞行及高风险试飞。文章中所表达之观点只代表作者本人, 不代表美国政府或国防高级研究计划局的官方政策。

# 增材制造技术：从形式向功能发展

Additive Manufacturing: From Form to Function \*

阿曼达·M·希兰德博士 (Dr. Amanda M. Schrand) \*\*

我们可能拥有每一种技术资源……但是如果没有充分的语言来表述，我们的想象就飘忽无形，我们的思维和感受就徘徊不前，我们的程序也许带有“革命性”，但带不来改革。

——诗人雅德安·瑞奇 (Adrienne Rich, poet)

**战**略机敏性概念，以灵活、适变和速度为其属性，藉此来应对快速和意外变化带来的挑战。<sup>1</sup> 战役机敏性也是这样，其特征是针对特定的挑战迅速生成多个应对方案，并能在不同的方案之间切换，由此应对新现的威胁。<sup>2</sup> 增材制造（缩写 AM，亦称 3D 打印）技术适时而生，正好能够满足战略和战役层次的机敏性需要。<sup>3</sup> 长远来看，AM 有可能是一项改变游戏规则的技术，即能最大限度地利用多域（陆地、天空、海上、太空、网空）整合，从而生成巨大的灵活性。<sup>4</sup> 正视现实，21 世纪的防务挑战不可能用单独一个方案来解决，只能依靠机敏性来提供多种对应方式。飞速的变化既对那些滞后落伍者构成难以逾越的障碍，也为那些机敏应变者带来长久的优势。<sup>5</sup> 我们虽不需要总是以最快速度行动，但是保持这样的速度选择，就能减少对手的反应机会。<sup>6</sup> AM 技术能保障机敏性，它以快速而低廉的设计和制造，迅速产生出单一或多种原型机件，满足一系列任

AM = 增材制造（亦称 3D 打印）  
FLEGOMAN = 柔性电子器件和通用军械制造  
AMRDEC = 航空和导弹研发与工程中心

务需要，包括实地即时修理和更换部件。<sup>7</sup> 我

们把 3D 打印设备和材料预置或投放于各战略地点——包括陆地、海洋、太空——就形成按需生产机件的能力，从而缩短设计和装配这两个阶段的制造周期。有充分的理由相信，AM 技术有潜力支持美国众多面向的国防使命，同时生成远的成本节约效益。<sup>8</sup>

本文考察美国空军的一些关键报告、规划文件和其他相关资源，通过这些战略框架文件研判 AM 能力在军队的现状和发展，并在此基础上提出对未来联合研发努力的一些认识和看法。虽然本文主要关注美国空军，但文中的 AM 研发概念可以适用于国防部的所有军种和机构。本文首先概述 AM 技术在军队的发展，然后探索此技术在物流和后勤支援领域的作用，进一步，本文评估 AM 技术对国防采办流程的影响，最后讨论此技术的未来机遇和挑战。

## AM 技术在军事领域的发展

美国正在大力振兴工业制造业，其中的一项努力是大力拓展 AM 技术所具备的有效设计复制和快速样机制造能力。例如，《沃勒斯 2015 年报告》称，AM 工业自 1995 年以来有了巨大发展，最初的市场规模为 2.95 亿

\* Translated and reprinted with permission from USAF *Strategic Studies Quarterly*, Fall 2016, Vol. 10, No. 3.

\*\* 作者向下列各位对本文所作贡献表示感激。感谢 Dr. David Lambert (AFRL/RW Chief Scientist) 让我有机会写本文；感谢 Dr. David Luginbuhl (AFRL/XP) 为本文写作给出珍贵指导；同时感谢以下诸位提供各种有益建议：Mr. George Jolly (AFRL/RWMF), Dr. Jon Miller (AFRL/RXCM), Dr. Dan Berrigan (AFRL/RXAS), the AFRL AM IPT, Dr. Sam Emery (Navy), Mr. Keith Roberts (AMRDEC), Ms. Rebecca Taylor (NCMS), Mr. Steve Doremus (ARDEC), Mr. Majid Babai (NASA-MSFC), and Mr. Walker Baird (AFRL Scholar).

美元, 在 2014 年估计达到 41 亿美元。工业 3D 打印机制造商也从 1995 年的 15 家增加了两倍多, 如今在 13 个国家有 49 家公司, 共售出 12,850 套系统, 每套系统价值 5000 美元到 50 万美元不等。使用 AM 技术的主要产业, 按从大到小的顺序排列, 有工 / 商业机械 (17.5%)、消费产品 / 电子产品 (16.6%)、汽车 (16.1%)、航空航天 (14.8%)、医疗 / 牙科 (13.1%)、学术机构 (8.2%)、政府 / 军事 (6.6%)、“其他”产业如油、气、商用产品 (3.9%)、及建筑业 (3.2%)。虽然根据这份报告, 政府 / 军界对 AM 技术和产品的使用仅占统计总值的 6.6%, 但这比之前 2014 年的数据增长了 1.2%。<sup>9</sup>

军队每个军种以及大部分供应基地和军械库, 都在进行独立的 AM 开发努力和上马项目。<sup>10</sup> 比如, 陆军、海军及国防部承包商, 从 2012 年到 2014 年把 3D 打印机前沿部署到了“战地”, 并在继续推进这项努力。<sup>11</sup> 军种之间也有重大合作, 所有合作项目已在过去两年内启动或加强, 投资也在持续增加。

为了实现多域整合效果, 美国空军研究实验室设在佛罗里达州埃格林空军基地的弹药部, 正与设在俄亥俄州莱特 - 帕特森空军基地的材料与制造部及传感器部紧密合作, 积极将 AM 技术应用于各种领域, 例如, 开发用于机舱有限空间的灵活及模块化武器、目标变换、共形情报监视侦察, 以及柔性电子器件。AM 技术应用在这些目标领域的逐步成熟, 将有助于提高作战能力, 不仅提升小型武器的杀伤力, 并降低关键部件补充和更新所需的时间和费用。<sup>12</sup>

“柔性电子器件和通用军械制造”(FLEGOMAN)计划从全盘着眼, 研发 AM 技术, 用以制造将装入典型弹药的多种部件和材料,

包括金属外壳、用于电子追踪和电容器的新型导电“油墨”、能与打印兼容的改良含能材料配方, 等等。直接打印电子器件的好处之一是: 比用常规技术加工的电子产品能更有效地利用空间, 也减少浪费。例如, 把武器系统内部或外部的电子器件简化成打印模式, 就能减少重量和尺寸, 并腾出宝贵的内部空间。打印柔性电子产品的其它例子包括: 战士头盔上的无线电天线, 不仅减少佩戴重量, 亦有助于佩戴者行移运动; 还有嵌入服装的电子元件, 既能增加防护, 也可用于健康监测。<sup>13</sup>

空军理工学院也运用 AM 技术完成了小比例侵入机的概念验证设计。这种新颖的设计包括复杂的内部蜂窝特征, 而传统的减材制造技术无法实现这种特征。他们在设计过程中纳入了一种称为“拓扑优化”的方法, 生成了应力分布最优化的战略构架, 从而减少结构总重量。为了增加强度, 他们正在进行金属成分和后加工热处理方面的完善努力。<sup>14</sup>

在 FLEGOMAN 计划下, 有关课题组与美国陆军设在新泽西州皮卡汀尼军工厂 (Picatinny Arsenal) 的军备研发及工程中心协作, 用 AM 成功制造出引爆装置。该军工厂的科研一向重视电子打印技术, 现已能喷墨打印和丝网打印出弹药天线、引信元件 (诸如箔爆炸起爆器) 和电池。<sup>15</sup> 运用 AM 技术, 课题组尝试了一系列非传统但极有前途的选用材料, 包括金属纳米颗粒。这些新型制造技术和材料有潜力超越传统制造设备的性能, 同时享有 AM 技术带来的物流灵活性。

陆军设在阿拉巴马州亨茨维尔市的航空和导弹研发与工程中心 (AMRDEC) 正在研制相关的工具和程序, 以推进导弹结构及部

件的拓扑优化状态。拓扑优化是一个设计过程，从中产生的结构能用最少的物料来达到理想的性能，例如最大刚度、预定的自然频率，和优化的热流量。AMRDEC 中心计划将合理简化这个优化/设计过程，改进轻质蜂窝结构，纳入构造方面的考虑，展现优化的导弹结构。该中心通过多个科技项目与设在宾州霍萨姆的材料科学公司、桑迪亚国家实验室，以及匹兹堡大学合作。该中心将在 2017 年建成一个新 AM 设施，专门用于开展这些科研项目，培训 AMRDEC 人员，推进 AM 技术对航空和导弹的应用。

海军也一直积极利用近来突飞猛进的 AM 技术。作为早期采用者，海军在过去的二十年里已经使用了几代的 AM 技术来加快样机研发。最近几年来，海军探索如何应用 AM 技术来解决陈旧部件替换问题。往往，在某系列舰船或潜艇研发期间制造的部件，原厂家早已停止生产，或者已不复存在，这种情况导致了耗资而漫长的采办，有些舰船因此而无法出航。在海军的各舰队战备中心和区域维修中心，他们正以许多方式利用 AM 技术，既省时省钱，又保障舰队战备。<sup>16</sup> 海军改善战备状态的愿望正在海上得到检验。<sup>17</sup> 为了利用 AM 技术随时直接生产零件，而不只是生产原型机件，海军研究局一直在寻求与业界合作，这种合作伙伴关系对于保证 AM 技术生产的部件符合材料和舰队的要求，至关重要。<sup>18</sup> 海军武器部门也积极寻求运用 AM 技术，来解决美国能量制造基础日益缩小的问题，并利用 AM 技术的独特性来改善装备性能并加强安全性，同时缩短在舰队安装新能量系统的时间。<sup>19</sup>

AM 技术不仅在陆地找到了用途，现在也进入了太空。美国国家航空航天局(NASA)马歇尔太空飞行中心 (MSFC) 在 2014 年 9

月向国际空间站发送了第一台 3D 打印机，用于测试塑料材料。第二台 3D 打印机在 2016 年 4 月送往国际空间站。除了真正在太空打印之外，NASA-MSFC 也根据 3D 扫描与 AM 相结合的一体化制造过程进行逆向仿制，以缩短从设计到制造的开发周期时间。在 NASA 设在加州帕萨德纳的喷气推进实验室，创新先进概念课题组开发出一个二维传感器。该传感器本质上是一张带有印刷电子元件的透明塑料片，有人建议用它来收集太空或行星大气层的环境数据。

## AM 技术在军队物流与后勤支援中的应用

位于俄克拉荷马州廷克空军基地、佐治亚州罗宾斯空军基地，以及犹他州希尔空军基地的空军后勤支援中心，为空军最尖端的武器系统——从最先进的飞机到直升机——提供基地大修维护、供应链运作及管理，和安装支援。对于空中力量后勤支援使命而言，现在时机已经成熟，可以直接把业界成熟的 AM 技术能力运用到空军后勤物流运作的几乎每个方面。然而，在深入探讨具体例子之前，我们必须首先考虑物流和后勤支援都包含什么任务。从广义上说，“物流”的意思是在合适的时间与合适的地点备好合适的物资，其中包括物资和人员的获得、配送、维持和更换。<sup>20</sup> 国防部对“后勤支援”的定义是：供应为维持和延长作战行动所必需的物流和人员服务，直到行动圆满完成。<sup>21</sup>

将来，基本物流运行也许要经常调整方向，为前哨站点供给物资，用于直接在当地加工部件而满足紧急需要，同时也节省时间和资金。“空军未来作战概念”文件就描述了这样的未来情景，其想象的做法是空投一个集装箱的聚合物材料，让孤立的哨所自己直接 3D 打印部件。在空投物资最终成功送达时，

打印所需部件的文件资料也通过一个安全的太空链接传送过来，打印机在几小时之内就能制造出关键的部件，而不用数天时间，在其过程中也节省数百万美元。<sup>22</sup> 这种做法将为美国国防事业带来非对称优势，因此激发出有关各界对 AM 的极大热情。还有许多其它例子，都设想如何利用 AM 来革新物流、后勤支援、采办，和武器研发。将 AM 技术应用到物流和后勤支援中，将创造三个机会：

- 可利用 AM 技术进行逆向仿制，为陈旧飞机生产那些已无库存的备品备件。诸如 B-52 “同温层堡垒”等古董飞机正在老化，经常随时需要更换部件，而这些部件可能几十年前早已停产。三维激光测绘和其它技术可用来精确仿造现有的部件。
- 可对现有零部件进行设计改进然后再制造出定型部件。俄克拉荷马城空军后勤综合中心的克里斯蒂安·奥利维罗 (Kristian Olivero) 博士说：“在你即将对定型部件开始机加工之前，你还可以先打印五次塑料样品，确保它的几何形状、误差、接口都准确无误，然后才加工出最终的部件。”<sup>23</sup>
- 可用 AM 技术根据实地需要打印备品备件，从而减少不必要的部件购买和部件库存。然而，要将这种新流程纳入供应基地的维护运作，需要一个实施和管理的学习过程。比如，发动机的部件更换目前是经由购买、发送到场、登记入库，和按需取用这样一个流程。但未来，这些备品备件可以根据需要在战地或者在维修和大修场地直接打印，因此消除了预置各种备品备件的需要。<sup>24</sup>

国防部专门设立了一个维护作业增材制造 (AMMO) 工作组，充分表明国防部与业界合作的意愿：

……制定一体化的国防部综合战略愿景，推动 AM 技术合作的战术实施，以支援国防部的全球武器系统维护计划。该 AMMO 工作组的活动包括：制定国防部办公厅指导性建议，选择和排序 AM 技术的应用机会，协调和规范 AM 制造活动，将 AM 纳入现行的国防部维护过程及程序中，制定和维护《AMMO 路线图》。<sup>25</sup>

国家制造科学中心作为一个非营利性私营技术发展联合体，领导并参与各产业领域制造商的相关活动。

上述航空和导弹研发与工程中心正与科珀斯·克里斯蒂陆军供应基地合作，探索将激光 AM 技术用于对“储存、分析、失效评定和回收”设施内现存的高价值航空资产进行修复、回收和再用，并分析其中的受益情况。<sup>26</sup> AM 技术将被用来演示对目前无法使用传统制造方法加以修复的陆军航空资产的维修。项目目标包括：缩短部件更换的先期采办时间，降低对操作与支援以及战备有负面影响的成本，制定对备用部件的合格修理程序。

## AM 技术能否彻底革新采办程序

通过高度简化和创新措施缩短研发周期，接受最终的风险，而换取采办速度的加快，可有助于消除为保持技术优势而越来越沉重的担忧。<sup>27</sup> 在采办领域的这样一种机敏性，可称为“流程机敏性”。建设流程机敏性的努力，我们在采办改革中已经看到，其目的是把科技、采办和需求进行无缝融合，以改进整体能力发展。然而，这项努力至今未见成功。美国空军最新的重点努力中包括更多的“枢轴点”，或者说对某些项目做出改变或放弃的决定，还包括加速制造样机的流程，目的是通过探索创新运作概念来推动新技术的

应用。<sup>28</sup> 我们可以设想，由于 AM 技术的实际应用，未来的采办流程将精简到极致，直接将购得的 3D 打印机、原材料和技术文件发送到战地，在现场打印战车和其他系统。如果这种流程取得成功，可能彻底革新采办速度。

在设计新系统的同时，我们务必要意识到，我们的对手也在进行现代化，也在努力对抗我们的技术，因此，预测新生威胁并规划应对之策必须是研发过程的一部分。<sup>29</sup> 为规划及时插入新技术，方法之一是使用模块化结构，这种结构由能被快速更新的可分离部件组成。用 AM 技术生产相对简单的自主驾驶车辆和系统，成本较低而且有模块化选择，因此蕴藏着战略和战役上的机会，允许我军在高度抗衡的环境中灵敏地执行全球精确打击任务。许多这类资产都采用了模块化平台——由传感器、诱饵机、电磁干扰器、弹药等组成——可产生致命和非致命杀伤效果。<sup>30</sup> 这些可以消耗的诱饵机或小型无人机提供灵活性，因为它们可以从任意组合的陆、海、空、天资产部署和发射。模块化也可能吸引其他供应商提供产品，从而促进竞争，并开发多种替代方案。<sup>31</sup>

虽然制定和规范任何程序的目的是把差异降到最低并允许可重复性，但有时候，程序本身变得极为复杂，致使我们迷失了最终目标。比如，我们需要审核产品合格检验和认证程序，从而确定是否能更迅速地利用 AM 技术制造出的部件和产品。这可能只是一小步，要根除复杂能力系统过长的开发时间（15-20 年），还有很长的路要走。从“设定的和有限的”系统或组件寿命，转变到“充分适合于”某种应用和某段时间，这种概念上的转变，也将有利于技术的迅速进步。<sup>32</sup> 认证程序应该基于 AM 部件的功能性和关键

性来进行，就是说，并非所有 AM 部件都需要经过严格的鉴定过程，我们可以为 AM 技术制造的许多部件设定一个能接受的风险等级，这样才能有效利用 AM 技术带来的机敏性。和模块化的好处相似，以 AM 技术制造可消耗的无人机，可快速部署战场，因此有潜力缩短开发时间并节约资金，同时敢于采用新技术。采用 AM 迅速现场部署技术的另一个可行场合是卫星发射，将有效减少发射成本，而发射成本是美国空军太空司令部当前面临的一个主要问题。<sup>33</sup>

这里值得一提的是，一个系统在研发期间，必须与早期研发过程中的发现紧密关联，因为如果缺少与基础研究关联而获得的知识，就可能错过某些技术插入机会。然而如果了解某些相关技术的成熟程度，我们就敢于在自己的采办计划中前瞻规划定期的技术更新，及时纳入目前正在进行研发的这些技术。<sup>34</sup> 迄今得到的经验教训表明，美国政府需要把握对相关界面技术（包括软件集成要求的接口）的技术控制和拥有权。<sup>35</sup>

## AM 技术与国家制造创新网络

AM 技术正被纳入国防建设，与正在建立中的美国国家制造创新网络（NNMI）同步前进。NNMI 计划最初由奥巴马总统在 2012 年提议，他在其 2013 财政年度预算中为此增拨了 10 亿美元经费。<sup>36</sup> 对 NNMI 的设想是：在 2024 财年之前，政府各部门要联合建立总共 15 个制造创新研究所，这些政府部门包括：国防部、能源部、商务部，和农业部。截至 2015 年，已成立 8 个研究所（国防部 5 个、能源部 3 个）。国防部的五个研究所是：

- (1) 俄亥俄州杨斯顿的 AM 研究所，亦把“AM”戏称为“美国制造”；

- (2) 伊利诺伊州芝加哥的数字化制造与设计创新研究所；
- (3) 密歇根州底特律的轻质和现代金属研究所；
- (4) 纽约州罗切斯特的集成光电制造研究所，亦称“美国制造集成光电研究所”；
- (5) 加州圣荷西的柔性混合电子制造创新研究所，亦称 NextFlex。

能源部的研究所被统称为“清洁能源制造创新研究所”，它们是：

- (1) 北卡罗来纳州罗利的下一代动力电子制造创新研究所，亦称“动力美国”；
- (2) 田纳西州诺克斯维尔的先进复合材料和结构材料制造研究所，亦称“先进复合材料制造创新研究所”；
- (3) 加州洛杉矶的清洁能源 / 智能制造创新研究所。<sup>37</sup>

另有 7 个新的研究所拟议在 2016 年成立（国防部 1 个、能源部 2 个、商务部 2 个、农业部 2 个），累计总投入为 6.08 亿美元。2016 年由国防部资助的机构是：马萨诸塞州剑桥市的革命性纤维与纺织制造业创新研究所。能源部力争在 2016 年获得 2.41 亿美元，以维持其现存的 4 个研究所，并成立 2 个新研究所。农业部请求得到 8,000 万美元，用于建立两个高级生物制造和纳米纤维领域的研究所。商务部国家标准与技术研究所申请在 2016 年创建 2 个研究所，探索先前没有被选取的制造主题领域。

这些国家制造创新研究所正在从事的研究与开发，涉及许多领域，这部分是受军事需求的影响。研究所的设置由政府资助，也受到由学术界、政府、产业界成员组成的顾

问委员会支持。比如，空军研究实验室通过参与项目评审和技术工作组，以及通过参与机构指示的项目，来支持这些研究所的工作。

## AM 技术的未来机遇和挑战

打印零件，目前仍然主要依靠材料的逐层堆积生成 3D 结构。然而，新的技术和使用领域不断涌现。AM 技术将来肯定会看到提供各种应用选择的大量企业，既有能提供高产工业打印机的大公司，也有专精某项独特应用的小型初创公司。在 2016 年，挤压成形和选择性激光烧结打印机的两家龙头制造商，即斯特塔西公司（Stratasys）和 3D 系统公司（3D Systems），与惠普公司（多射流熔融）推出的新计算机辅助印刷技术和碳 3D 公司（Carbon3D）推出的连续液体界面生产技术进行竞争。这些新技术的主要优势有，打印时间比现行打印机快 10-100 倍，并改善表面光洁度。起始原料在产品质量的整体改进中也起着不可或缺的作用。虽然丙烯腈 - 丁二烯 - 苯乙烯共聚物（ABS）和聚乳酸（PLA）塑料丝状体仍然被许多打印机广泛使用，但可以利用的材料种类正在稳步增多，包括专门设计的复合材料、玻璃、陶瓷及导电油墨。新兴打印机公司和材料供应商之间加剧的竞争促进了 AM 技术的应用，但随着大规模采用 AM 技术，材料的成本将始终是一个担忧。有些讨论在思考如何利用本地资源与资产，例如使用回收材料，这种思考对于那些需要远程运送物资来打印物件的边远地区，尤其相关。<sup>38</sup> 天然资源，比如沙、粘土、有机物残骸、可采收的海洋物质等，也正被考虑用作可选材料。<sup>39</sup>

3D 打印出的结构尺寸越来越大，包括中国、意大利和美国，都已在制造低成本的模块化建筑物。这种大型结构的逐层可调节建

筑物，被比作千年古老的金字塔——不仅规模雄伟壮观，而且含有复杂的内部通道。<sup>40</sup>虽然这些结构的规模非常了不起，但是要使 AM 成为“改变游戏规则的革命性技术”，只有提高基本建筑块体材料和打印机配置的功能性，才有希望促成最具革命性的军事应用。一些前期工作已经证明，选取传感器并置入打印结构来实现功能“嵌入”，是向更先进 3D 打印装置迈进的一步。促成电子产品导热和导电性的材料（例如迹线、焊料等）利用纳米成分（例如银和碳纳米管）的独特性能，正在迅速发展。配方的发展导致了呈现剪切稀化的“油墨”，可适用于能在市场买到的、使用注油筒式打印的 3D 打印机，也适用于由商用打印机改造的多打印头、多材料印刷打印机。<sup>41</sup>这些都是向功能性产品——即由单一系统堆积多种不同材料而制成——迈进的重要发展。

政府部门在推进技术方面，起着影响商业创新方向的作用。例如，在将下一代制造技术应用于多域国防战略方面的实例，可能包括优化 3D 打印和嵌入电子部件、应变仪和其它传感器，将其纳入气动结构和作战人员的战斗装备中，用于监测环境、操作表现及磨损情况，并提供通信冗余。<sup>42</sup>有些技术，如为了更适合女飞行员体型结构的座椅拓扑优化设计，可以根据 3D 打印的座椅原型来改进，结果会更舒适并减少事故。<sup>43</sup>座椅、头盔及其它装置甚至可以为每个人量身定做，从而创造一个真正适合个人的飞行环境。随着先进材料和打印机系统的出现，我们也能期望看到越来越多完全是打印出来的无人机和机器人执行危险任务。<sup>44</sup>AM 纺织品领域的发展，有助于制造出军用的生物监测智能纤维织物，还可以打印按需设计的营养，作为军人伙食替代品。大规模打印的结构，尤其

是使用本土材料，适合用于救灾和迅速建造军营。

利用传统上一直用于减材制造的软件来制作原创 3D 打印设计，依然存在着挑战。现在，许多公司正在努力开发真正增材性质的软件，即从白板一块开始，而不是从全部填满材料的板块着手。随着软件的发展，生产原创设计需要的实际时间，会成为快速样机制造的一个限制因素。解决方案之一是对一个相似物件进行扫描，形成文件，然后进行修改。或者，可以根据一个部件编号或扫描物体进入一个储存高分辨率文件的数据库，进行挑选。迪斯尼公司已经申请这样一个“用于 3D 打印物体识别”的专利，即，利用一份低分辨率扫描文件，来匹配数据库中的高分辨率复印件，并打印成物体。<sup>45</sup>这种技术一旦广泛流行，采办过程就能被缩减到最简单的形式，也会通过 AM 而变得远更灵敏而快捷。比如，可以获取打印机，并与有关材料及文件一起投放到战地，在现场打印需要的战车和系统。

政府和军方努力中的一个首要挑战，是有效地协调 AM 研发活动。日益上升的担忧是：高度官僚性质的国家制造研究所和有关单位之间普遍缺少共识与协作，正导致一种各自为阵的零敲碎打性研发，造成努力重复和成本升高，也削弱 AM 带来的最终利益。<sup>46</sup>一种补救措施是，建议用严格但灵活的治理结构形式重组所有 AM 活动，比如，在政府各部门设置中央 AM 领导人，其职责包括协调 AM 战略和政策，并向所有计划实施 AM 的各部门组织（从野外的作战单位到全球的后勤支援中心）发布指导。<sup>47</sup>具体建议由国防部部长办公厅，尤其是其属下的新兴能力与原型设计办公室来主导这项改革和制定战略愿景，作为一项解决方案。<sup>48</sup>因此，要想

形成真正的前进动力, 需要随着技术革新的发展步伐, 及时改革 AM 努力的目前结构, 将之推向更具前瞻性思维的态势。<sup>49</sup> 我们不仅要把握并推进本文谈到的美国空军高层战略文件中描绘的愿景, 我们的领导人更需要破除各种虚浮宣传, 了解并展现关键的差距, 以及弥补这些差距的技术挑战。例如, 在军队供应基地层次实施 AM 技术方面我们目前面临着什么挑战? 此外, 与整个 AM 领域的技术进步相比, 军事应用方面在近期可获得哪些收益?

## 结语

为了扩大 AM 技术在军事领域的战略应用, 我们应该充分利用种类繁多的现有材料、日益发展的打印机技术和既定的各种计划(包括国家制造创新研究所), 发挥这三者联结所

产生的合力, 来实现全军为长远努力而规划的愿景。我们的目标, 是随着材料的发展(例如导热/导电油墨)和打印能力的提升(例如多材料打印), 而推动 AM 技术从形式向功能发展, 这种努力已初见成效, 例如我们已制造出嵌入式传感器。运用 AM 技术尽可能提升我军的战略和战役机敏性, 可为决策者提供多种可行方案, 来应对国家面临的多领域挑战。<sup>50</sup> 将 AM 技术纳入军事应用, 对物流和后勤支援意义广泛深远, 因为它能形成快速实地制造能力。AM 带来的时间和成本节约效益, 有可能彻底改变国防采办流程, 并重新界定系统产品的合格鉴定和认证过程。因此, 我们必须大力开发 AM 技术应用, 把握这个机会, 提升我军实施多元多域国防使命的机敏能力; 跨出这一步, 将有助于保障美国保持全面优势, 从容应对国家安全面临的各种新现威胁。★

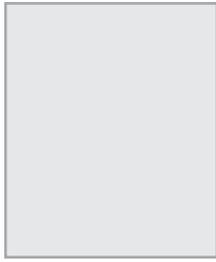
## 注释:

1. Deborah Lee James and Mark A. Welsh III, America's Air Force: A Call to the Future [ 美国空军 : 响应未来召唤 ], (Washington, DC: Department of the Air Force, July 2014), [http://permanent.access.gpo.gov/gpo52086/AF\\_30\\_Year\\_Strategy\\_2.pdf](http://permanent.access.gpo.gov/gpo52086/AF_30_Year_Strategy_2.pdf); 另参看 Deborah Lee James and Mark A. Welsh III, USAF Strategic Master Plan [ 美国空军战略总体规划 ], (Washington, DC: Department of the Air Force, May 2015), [http://www.af.mil/Portals/1/documents/Force%20Management/Strategic\\_Master\\_Plan.pdf](http://www.af.mil/Portals/1/documents/Force%20Management/Strategic_Master_Plan.pdf).
2. Deborah Lee James and Mark A. Welsh III, Air Force Future Operating Concept: A View of the Air Force in 2035 [ 美国空军未来作战概念 : 展望 2035 年空军 ], (Washington, DC: Department of the Air Force, September 2015), <http://www.af.mil/Portals/1/images/airpower/AFFOC.pdf>.
3. 这种联系记述在多份美国空军重要报告和计划中, 包括 the Office of the USAF Chief Scientist, Global Horizons [ 全球地平线 ], (Washington, DC: Department of the Air Force, 3 July 2013); James and Welsh, A Call to the Future [ 美国空军 : 响应未来召唤 ]; Frank Kendall, Better Buying Power 3.0 [ 更优购买力 3.0 版 ], US government white paper, (Washington, DC: DOD, 19 September 2014), [http://bbp.dau.mil/docs/2\\_Better\\_Buying\\_Power\\_3\\_0\(19\\_September\\_2014\).pdf](http://bbp.dau.mil/docs/2_Better_Buying_Power_3_0(19_September_2014).pdf); James and Welsh, USAF Strategic Master Plan [ 美国空军战略总体规划 ]; 以及 James and Welsh, Air Force Future Operating Concept [ 美国空军未来作战概念 ]。
4. 同注 2 “美国空军未来作战概念”。
5. 这种联系记述在多份美国空军重要报告和计划中, 包括 the Office of the USAF Chief Scientist, Global Horizons [ 全球地平线 ]; James and Welsh, A Call to the Future [ 美国空军 : 响应未来召唤 ]; Kendall, Better Buying Power 3.0 [ 更优购买力 3.0 版 ]; James and Welsh, USAF Strategic Master Plan [ 美国空军战略总体规划 ]; 以及 James and Welsh, Air Force Future Operating Concept [ 美国空军未来作战概念 ]。
6. 同上。
7. 同注释 3 “全球地平线”。

8. Matthew J. Louis, Tom Seymour, and Jim Joyce, “3D Opportunity for the Department of Defense: Additive Manufacturing Fires Up” [3D 打印在国防部大有用武之地: AM 技术即将火爆], Deloitte University Press (web site), 20 November 2014, <http://dupress.com/articles/additive-manufacturing-defense-3d-printing/>.
9. 这些数据取自沃勒斯公司 (Wohlers and Associates) 的《沃勒斯年度报告》, 该公司自 1996 年以来一直跟踪介绍 AM 或 3D 打印 (两个术语可互换) 的工业和技术发展状况。该年度报告篇幅最初为 40 页, 到 2015 年扩展到 315 页, 它涵盖 3D 打印的历史、过程与材料、系统制造商、工业发展、全球报告、直接部件生产、研究与发展, 并提供对未来的展望。
10. Jon R. Drushal, “Additive Manufacturing: Implications to the Army Organic Industrial Base in 2030” [AM 技术在 2030 年对陆军自身工业基地的影响], (fellows paper, US Army War College, April 2013), <http://www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?Location=U2&doc=GetTRDoc.pdf&AD=ADA593246>; 另参看 Heidi Milkert, “3D Systems Is Working with Marine Corps on a War Game Involving 3D Printing & Scanning” [3D 系统公司正与海军陆战队联合准备一次涉及 3D 打印和扫描的军事演习], 3DPrint.com, 25 August 2014, <http://3dprint.com/12861/3d-systems-marines-3d-print/>; 另参看 Sean R. Walsh, “3D Printing: Enhancing Expeditionary Logistics” [3D 打印: 加强远征军物流后勤], Marine Corps Gazette 99, no. 3 (March 2015), <https://www.mca-marines.org/gazette/2015/03/3d-printing>; 另参看 Julia Bergman, “Coast Guard Academy Professor Uses 3-D Printer on Arctic Icebreaker” [海岸警卫队军官学校教授在北极破冰船上使用 3-D 打印机], Military.com, 28 September 2015, <http://www.military.com/daily-news/2015/09/28/coast-guard-academy-professor-uses-3d-printer-board-arctic.html>.
11. Adam Asclipiadis, “Rapid Equipping Force Uses 3D Printing on the Frontline” [快速装备部队在前线使用 3D 打印]; Army Technology Magazine 2, no. 4 (July/August 2014), <https://www.army.mil/e2c/downloads/353505.pdf>; 另参看 Jennifer McArdle, “Transforming Defense: The Potential Role of 3D Printing” [改革国防: 3D 打印的潜在作用], American Foreign Policy Council Defense Dossier, February 2015, no.13, [http://www.afpc.org/files/defense\\_dossier\\_february\\_2015.pdf](http://www.afpc.org/files/defense_dossier_february_2015.pdf); 另参看 Meghann Myers, “Sailors Design Parts on Gators 3-D Printer” [船员在“鳄鱼”3-D 打印机上设计零件], Navy Times, 18 May 2014; 另参看 Jordan Golson, “A Military-Grade Drone That Can Be Printed Anywhere” [可在任何地点打印的军用无人机], Wired, 16 September 2014, <http://www.wired.com/2014/09/military-grade-drone-can-printed-anywhere/>.
12. 这项工作得到多项计划的支持, 包括空军研究实验室指挥官的研究与发展基金 (CRDF), 柔性电子及通用军械制造 (FLEGOMAN) 计划, 以及空军科研办公室 (AFOSR) 的极端环境电子集成电路 (ICE3) 计划。ICE3 计划重点研究导电纳米复合材料“油墨”的新发展, 这种油墨能够被优化从而产生分层的导体、半导体、或电阻体。参看 John James, “AFRL Additive Manufacturing Program Advances Functional Prototyping” [空军研究实验室 AM 计划推进功能性样机制造], Air Force Print News Today, 13 January 2016, [http://www.wpafb.af.mil/news/story\\_print.asp?id=123466848](http://www.wpafb.af.mil/news/story_print.asp?id=123466848).
13. Audra Calloway, “3D Electronic Printing Holds Promise of Various Applications for Soldiers” [3D 电子打印为战士带来多种应用前景], US Army News, 2 December 2013, [https://www.army.mil/article/116189/3D\\_electronic\\_printing](https://www.army.mil/article/116189/3D_electronic_printing).
14. Hayden K. Richards and David Liu, “Topology Optimization of Additively-Manufactured, Lattice-Reinforced Penetrating Warheads” [AM 制造乳胶加固穿甲弹头的拓扑优化], (presentation, American Institute of Aeronautics and Astronautics SciTech Forum and Exposition, Kissimmee, Florida, 5-9 January 2015), <http://www.i3dmfg.com/wp-content/uploads/2015/07/Richards-and-Liu-AM-warheads.pdf>; 另参看 Allison Dempsey, David Liu, Anthony Palazotto, and Rachel Abrahams, “Dynamic Properties of Additively Manufactured Stainless Steel” [AM 制造不锈钢的动态性能], (presentation, American Institute of Aeronautics and Astronautics SciTech Forum and Exposition, San Diego, California, 4-8 January 2016), doi: 10.2514/6.2016-1510; 另参看 William T. Graves, David Liu, and Anthony N. Palazotto, “Topology Optimization of a Penetrating Warhead” [穿甲弹头的拓扑优化], (presentation, American Institute of Aeronautics and Astronautics SciTech Forum and Exposition, San Diego, California, 4-8 January 2016), doi: 10.2514/6.2016-1509.
15. 同注 13 “3D 电子打印为战士带来多种应用前景”。
16. Phillip Cullom, “5 Things to Know about Navy 3D Printing” [关于海军 3D 打印应知道的 5 件事], Navy Live (blog), 15 July 2014, <http://navylive.dodlive.mil/2014/07/15/5-things-to-know-about-navy-3d-printing/>.
17. Sydney J. Freedberg Jr., “Warship Is Taking 3D Printer to Sea; Don't Expect a Revolution” [战舰带 3D 打印机出海: 不要期待革命来临], Breaking Defense News, 22 August 2014, <http://breakingdefense.com/2014/04/navy-carrier-is-taking-3d-printer-to-sea-dont-expect-a-revolution/>.
18. Bryant Jordan, “Navy, Going Big on 3D Printing Next Year, Looking for Industry Ideas” [海军明年将大力推进 3D 打印, 寻求业界思路], Defense Tech (web site), 1 July 2015, <http://www.defensetech.org/2015/07/01/navy-going-big-on-3d-printing-next-year-looking-for-industry-ideas/>.

19. Naval Air Systems Command, “Energetic Materials Additive Manufacturing” [ 含能材料用于增材制造 ], (PowerPoint presentation, 2014), <http://www.navair.navy.mil/osbp/index.cfm?fuseaction=home.download&id=597>.
20. “What Is Logistics?” [ 什么是物流后勤? ], Logistics World (web site), 2016, <http://www.logisticsworld.com/logistics.htm>.
21. 关于美国国防部对后勤支持的正式定义, 参看 “U.S. DoD Terminology: Sustainment” [ 美国国防部军语词典: sustainment 词条 ], Military Factory (web site), 2016, [http://www.militaryfactory.com/dictionary/military-terms-defined.asp?term\\_id=5234](http://www.militaryfactory.com/dictionary/military-terms-defined.asp?term_id=5234).
22. 同注 2 “美国空军未来作战概念”, 第 29 页。
23. John Parker, “Planning a Larger Role for 3-D Printing” [ 规划 3-D 打印发挥更大作用 ], Tinker Air Force Base Public Affairs, 19 October 2015, <http://www.af.mil/News/ArticleDisplay/tabid/223/Article/624703/planning-a-larger-role-for-3-d-printing.aspx>.
24. 同注 1 “美国空军战略总体规划”。
25. Debra Lulu, DoD Additive Manufacturing for Maintenance Operations (AMMO) Working Group Charter [ 国防部维护作业增材制造 (AMMO) 工作组章程 ], (Ann Arbor, MI: Commercial Technologies for Maintenance Activities, May 2015), 20, [http://www.ncms.org/wp-content/gallery/2015-CTMA-Partners-Meeting/CTMA\\_Program-2015-Digital.pdf](http://www.ncms.org/wp-content/gallery/2015-CTMA-Partners-Meeting/CTMA_Program-2015-Digital.pdf).
26. US Army Manufacturing Technology (ManTech), “Additive Manufacturing to Restore/Reclaim/Reuse High Value Aviation Assets” [ AM 技术用于修复 / 回收 / 再用高价值航空资产 ], no date, <http://www.armymantech.com/AMTRRRHVAA.php>.
27. 同注 3 “更优购买力 3.0 版”。
28. 同注 3 “更优购买力 3.0 版”; 另参看 “Air Force’s 30-Year Plan Seeks ‘Strategic Agility’” [ 空军 30 年计划追求 “战略机敏性” ], Defense Systems (web site), 31 July 2014, <https://defensesystems.com/articles/2014/07/31/air-force-30-year-strategy.aspx>.
29. 同注 3 “更优购买力 3.0 版”。
30. 同注 2 “美国空军未来作战概念”, 第 28 页。
31. 同注 3 “更优购买力 3.0 版”。
32. 同注 3 “全球地平线”。
33. Committee on Space-Based Additive Manufacturing, Aeronautics and Space Engineering Board, National Materials and Manufacturing Board, Division on Engineering and Physical Sciences, and National Research Council, “A Possible Way Forward for the Air Force” [ 美国空军可能的前进方向 ], 收录于 3D Printing in Space [ 3D 打印技术的太空应用 ], National Research Council (Washington, DC: National Academy of Sciences, 2014).
34. 同注 3 “更优购买力 3.0 版”。
35. 同注 3 “更优购买力 3.0 版”。
36. Joel Hans, “Obama Asks Congress to Deploy Manufacturing ‘Institutes’” [ 奥巴马要求国会部署制造研究所 ], Manufacturing.net (web site) 13 February 2013, <http://www.manufacturing.net/news/2013/02/obama-asks-congress-deploy-manufacturing-institutes>.
37. White House, “President Obama Announces Winner of New Smart Manufacturing Innovation Institute and New Manufacturing Hub Competitions” [ 奥巴马总统宣布竞争新智能制造创新研究所和新制造创新中心获胜单位 ], White House, 20 June 2016, <https://www.whitehouse.gov/the-press-office/2016/06/20/fact-sheet-president-obama-announces-winner-new-smart-manufacturing>.
38. 同注 33 “美国空军可能的前进方向”。
39. Scott Cheney-Peters and Matthew Hipple, “Print Me a Cruiser!” [ 给我打印一艘巡洋舰 ], Proceedings 139, no. 4 (April 2013).
40. Dale Brosius “Additive manufacturing: The Past, Present—and Future—of Composites” [ 增材制造: 复合材料的过去 / 现在 / 未来 ], Composites World (web site), 31 July 2015, <http://www.compositesworld.com/articles/additive-manufacturing-the-past-present-and-future-of-composites>.

41. James O. Hardin, Thomas J. Ober, Alexander D. Valentine, and Jennifer A. Lewis, "Microfluidic Printheads for Multimaterial 3D Printing of Viscoelastic Inks" [用于多材料粘弹性油墨 3D 打印的微流控打印头], *Advanced Materials* 27, no. 21 (3 June 2015): 3279-84, doi: 10.1002/adma.201500222.
42. "Stereolithography Expedites Impeller Design" [立体平版印刷术加快叶片设计], *Design News*, 7 September 1998, [http://www.designnews.com/document.asp?doc\\_id=223384](http://www.designnews.com/document.asp?doc_id=223384); 另参看 National Research Council, *3D Printing in Space* [3D 打印技术的太空应用], National Research Council (Washington, DC: National Academy of Sciences, 2014), 21.
43. Todd Rose, "When U.S. Air Force Discovered the Flaw of Averages" [当美国空军发现了平均值的缺陷时], *Toronto Star*, 16 January 2016, <http://www.thestar.com/news/insight/2016/01/16/when-us-air-force-discovered-the-flaw-of-averages.html>; 另参看 Yolanda Nicole Andrade, "An Ergonomic Evaluation of Aircraft Pilot Seats" [对飞行员座椅的人体工程学评估], (Masters thesis, Embry-Riddle Aeronautical University, 2013).
44. 同注 39 "给我打印一艘巡洋舰"。
45. Alec, "Disney Patent for 3D Scanning and High Resolution 3D Printing Approved by US Patent Office" [迪斯尼公司的 3D 扫描和高分辨率 3D 打印技术专利申请获美国专利局批准], *3ders.org* (web site), 22 February 2016, <http://www.3ders.org/articles/20160222-disney-patent-for-3d-scanning-and-high-resolution-3d-printing-approved-by-us-patent-office.html>.
46. 同注 8 "3D 打印在国防部大有用武之地"; 另参看注 11 "改革国防: 3D 打印的潜在作用"。
47. 同上。
48. 同注 11 "改革国防: 3D 打印的潜在作用"。
49. 同注 11 "改革国防: 3D 打印的潜在作用"。
50. Torri Ingalsbe, "Strategic Agility Is the Future of the Air Force" [战略机敏性是美国空军的未来], *Air Force Print News Today*, 30 July 2014, <http://www.afmc.af.mil/news/story.asp?id=123419625>.



阿曼达·M·希兰德博士 (Dr. Amanda M. Schrand) 是引信电子学与设计项目的首席研究员, 她负责美国空军研究实验室弹药部 (AFRL/RX) 的“柔性电子与通用兵器制造” (FLEGOMAN) 和“极端环境中的电子集成电路” (ICE3) 项目。她获得代顿大学材料工程博士学位, 其研究领域有纳米材料, 纳米毒理学、纳米动力学、仿生设计、分析化学和物理学。

# 机器自主化与未来空军

## Autonomy and the Future Force\*

安德鲁·麦希，英国皇家空军中校 (Wg Cdr Andrew Massie, RAF)

随着加深对技术历史的理解，我们会认识到，一种新装置问世，只不过为我们打开一扇门，而不是逼我们进门。接受或者拒绝一种新发明，或者接受后能在多大程度上加以应用，不仅取决于这项技术本身的性质，同样也取决于社会状况，以及国家领导人的想象力。

——《中世纪技术与社会变革》作者林尼·怀特 (Lynne White Jr.)

美国国防部常务副部长罗伯特·沃克 (Bob Work) 在解说第三次抵消战略时，将此战略构想为以人机协同作战网络为中心，这是因为他意识到，一种对人类发展必然有巨大影响的社会和技术趋势正在形成。<sup>1</sup> 其中的挑战，如历史学家林尼·怀特所言，在于我们有多大能力将这种概念转化为具体的作战能力。如果美国军方希望抓住这种新思维并转化为战略优势，那么军方领导人必须抓住机会，厘清对机器自主化的认知，形塑出一种新的未来，让美国空军大展身手，在多域跨域作战中发挥强大的作用。未来空军必须明确下放权限，才能允许官兵成功开展分散和分布作战，而这种放权与当前做法原则相悖。要想实现作战自主化以及由此生成的收益，必须按照任务式指挥原则调整人机关系。我们能否驾驭自主化，关键就看我们能否信任机器，并且由此下放决策和行动自主权。通常而言，这意味着我们对机器和对人，都要减少控制，增加旁观。

沃克副国防部长用五个结构模块来描述这种自主化，不过这些模块本身只是说明了从思考的机器到机器能思考并行动在内的一系列动作。对国防部而言，区分物理任务和认知任务固然重要，但认识环境的复杂性和对手响应方式及其影响则更为重要。国防部

必须制定一个解说框架，解释不同军事任务的类型，划出哪些任务类型“天然适合”自主化，又有哪些任务类型需要培育信任，或者增加看护，确保人机协同共同完成任务。本文为此提出一个帮助我们更好理解作战自主化的框架，它以任务环境的性质为基础，确定并比较人对机器自主结果的相对信任倾向，从而更有效地使用机器。进一步，本文探讨接纳自主化的意义，视之为美国以第三次抵消战略对抗其他大国中获得战略优势的源泉。最终，我们能否重视并把握自主化带来的积极机会，将决定我们能否收获信息技术革命带来的好处。因此，深刻理解自主化的基本要点，对于美军如何自信地走向未来至关重要。建设未来部队，我们必须首先明确定义自主化。

### 什么是自主化？

工业革命中，机器做工大量减轻和取代了人工。<sup>2</sup> 其对战争亦产生影响，包括极大提升机动的速度、加强战斗部队的毁灭打击力量，以及发展出一整套调度部队开展大规模战役的复杂军事管理结构。然后随着内燃发动机、喷气引擎以及火箭推进等技术的问世，工业革命超越了简单的线性发展，开启了动力飞行，以及后来的外太空飞行。而今

\* Translated and reprinted with permission from USAF *Strategic Studies Quarterly*, Summer 2016, Vol. 10, No. 2.

站立在信息革命的黎明中，我们看到信息技术的广阔前景，看到一如机器力取代人力而生发出来的指数级倍增优势——不同处在于，这一次是机器认知和数据计算取代人脑。搜索引擎就像过去的喷气引擎那样，将创造出我们当前无法想象出的种种收益。

美国国防科学委员会 2015 年夏季特别调研小组做出巨大努力，描述了机器自主化将如何向美军提供竞争优势，以及为什么自主化应获得广泛接受。不过调研小组虽然描述了自主化的用处，却忽视了准确定义自主化。缺少这项关键的定义，我们的专业军人就缺少了必要的观察指向，无法知情地理解自主化的种种潜力及其陷阱。按照国防科委会的解释，自主化是“向一个实体授决策权、使该实体有权在指定范围内行动生成结果。”<sup>3</sup> 在这里，理解的关键是认识到，自主化就是在没有外来干涉的情况下自由做出决定。本质而言，驾驭自主化就是考验人是否愿意放弃控制权。在这个定义之下，我们便可排列出一系列范围宽广的机器任务，将之称为自主化任务。

进一步，我们必须强调人在人机团队中的关键作用，必须意识到机器自动化的悖论，这就是：如果出现最坏情况，预期可能需要人工干涉并接管系统控制，那么此接管者必须保持全面态势感知，具备必要的技能，一旦机器失灵随时接手完成任务。<sup>4</sup> 如此说来，如果过去是因为维持大量人力的成本太高，而促使我们加速机器自主化，那么机器自动化的这个悖论，可能提醒我们重新审视预期的好处。

## 为机器自主化构建框架

因为机器自主化意味着人将决策权授予机器，就美国空军对自主化应用的理解而言，关键在于信任。和一切人际交往一样，决策权和信任手牵手不可分离。我们一旦选出最适任的人执行任务，就要把绝大部分责任交付与此人。任务指挥权在于指挥官明确传达意图，阐明为什么要设定此任务，但不指示如何执行此任务。称职的下属执行者能否做出最佳判断，取决于具体形势。但是在下放权限时，我们要设定下属执行者采取行动的权限边界，一旦接近边界，就要沿指挥链向上级报告请求指示。因此，上级监察是所有指挥关系中与生俱来的一部分，视具体情境及任务复杂性而在程度上有所不同。这个道理，对人和对机器都是一样。

鉴于自主化在于不依赖外部控制而做出决定，我们必须认识到自主化有程度高低之分，正如交付自主化执行的任务也有程度的不同；因此我们所授权行动的边界，就确定出自主化的程度。<sup>5</sup> 人机界面是一个程度频谱，频谱的一端是远程控制，由人输入指令，生成直接的机器响应。在此情境中，人没有授权机器自主决策或行动，机器只是直接响应人的输入指令。对“收割者”和“捕食者”遥控飞机的控制机理，就是这样的典型例子。在这里，行为的特征不是“自主”而是“受控”，是对特定刺激做出直接响应，不需要自身独立决定。

在这个频谱的中间段，机器可以评估周围环境，拟出对某个问题的诸种解决方案，做好排序，然后请求操作员输入决定。机器可以发挥快速数据处理的优势，但需要人来监察并选定行动方案。凡熟悉现代飞机工况监视系统的人，比如燃料或引擎工况跟踪系

统，都非常了解这种行为设计对减轻人力负担的价值。把这个层次的人机协同进一步延伸，就是承认机器可以执行指定的任务，例如执行燃料箱之间的常态平衡，以保持飞机的重心。但如果面临非标准问题，则由人给出指令，决定采取何种行动。

在这个频谱的另一端，是机器获得大幅度授权，可以评估周围形势，搜索自身数据库查找各种可能响应方案，按逻辑排列和衡量，选定最优行动方案，随即实施行动。计算机病毒检测系统或防火墙程序就是这样的例子，我们将之启动，然后放任运行，独立执行任务。这个过程中不需人力监察，而是让机器或机器智能最大程度发挥潜能，任其自由辨识环境并做出响应。毫无疑问，频谱的这一端最受自主化反对者的关注，“机器杀手”的幽灵也最喜在这里徘徊。碰巧也是在这一端，寻求机器自主化的美国军方，面对着最强大的组织和文化挑战。

## 任务和信任

为建立对这一段频谱上一系列任务的有用理解，以及相关程度的信任，需要我们构建一个框架，从而分清不同军事任务的实质，和看护者在人工监察需要上所产生的效果。<sup>6</sup>

沿着图 1 的横轴线，各种任务可以按照环境生疏性来决定，位于图左的任务属于“独特”型，位于图右者属于“重复”型。任务的差异或者环境的差异，大体是沿着横轴线确定变化幅度。由于这两个因素的作用，重复型任务是指那些任务环境和任务结果都无变化者。反之，独特型任务指那些任务环境多变及无法预测者，或者视具体要求不同而任务结果相异者。

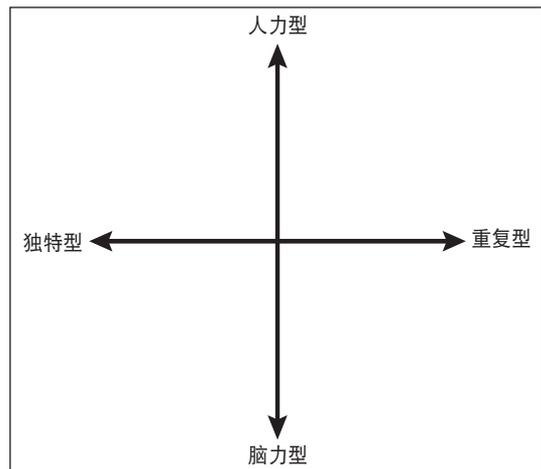


图 1：用于任务分类的框架

自主化在军事应用中，关键的一点是要认识到作战环境中各种不确定因素和对手行为的作用。在工业生产中，机器取代人工重复劳动（以上框架图的右边）提供了明显的优势，可是战场和车间截然不同，因为前者存在着一个可能做出各种响应的对手（框架图的左边）。在把自主化机器纳入我们的武库时，我们必须承认对手有思维，不会按照我们的脚本合作行动，我们必须以此为基线，构建在许多军事任务中的互动界面——克劳塞维茨《战争论》第一卷第一页就阐述了这个概念。<sup>7</sup>

以下图 2 以演绎法展示环境生疏性对人机协同程度的影响。按照图示，输出的确定性越低，信任就越低，人工监察的需要就越高，才能保证任务圆满完成。就近期而言，凭直觉就可以说，我们对复杂变化环境中机器决策的成功性所持信任很低，所以需要高度人工监察以求保稳；固然，这种情况随着时间的推移会改变。眼下运作 MQ-1 和 MQ-9 遥驾飞机中的人工监察程度，就是证明。高度不确定的环境、低程度的信任、以及高程度的人工监察，三者结合起来，自然引导我们将

人机关系定位为严格控制关系，至多放任到远程控制——抑或说零自主。老生常谈的例子是，任何一名新飞行教官开始教一名新手飞行学员时，总是倾向于循规蹈矩和直接命令，而不愿偏向更加放手的教法——因为教官的“切身利益”与之相连，为确保新手飞行成功，就只能采用人工响应。随着经验增加，飞行经历逐渐丰富，行为响应也潜移默化发生变化。人和机器的交互，也会随着时间而变化。

图 1 的竖轴反映机器输出的不同。在国防科委会的那项研究中，脑力型任务称为“让自主化休息”，体力型任务则称为“让自主化工作”。同样在这条竖轴上，我们看到信息技术提供的双重可能性：一方面，我们用机器来承担低程度脑力型任务，另一方面，我们努力帮助机器在有限能力范围内涉入人类决策领域。对于执行脑力型任务，机器智能（亦即人工智能—AI）展现出发挥数据计算力量的巨大机会，从而允许人类腾出精力，让人类更多地发挥其独有的创造力和直觉属性。再者，如果把机器智能与机器人融合，我们

就能使机器获得认知和思考力，从而提升机器人的能力。

如图所示，当输出结果确定性高时，信任程度也高，因为机器能令人放心和可靠地执行任务。现代民航飞机的自动驾驶仪用于飞机爬升、巡航和下降等动作，都是我们充分信任机器决策和行动的明显例子。在这种场合，人工监察依然需要但程度很低，这种典型的人机互动可以称为“放手”——开出一系列动作指令，然后静坐屏前监控。但是这种人机互动的需要不只适用于良性环境，在高强度对抗恶劣环境中，我们也可以将自主权授予防卫系统，例如“爱国者”防空导弹发射台，由该系统扫描一整片无障碍自由开火区，随时发现动静，通过预设算法确定来袭威胁，并按照机器指令开火。这里需要指出的是，对结果的信任程度和对直接输入指令的需要程度，在关系上颠倒了，亦即变成：低程度信任等于控制，高程度信任等于指挥但带有更多自主化。

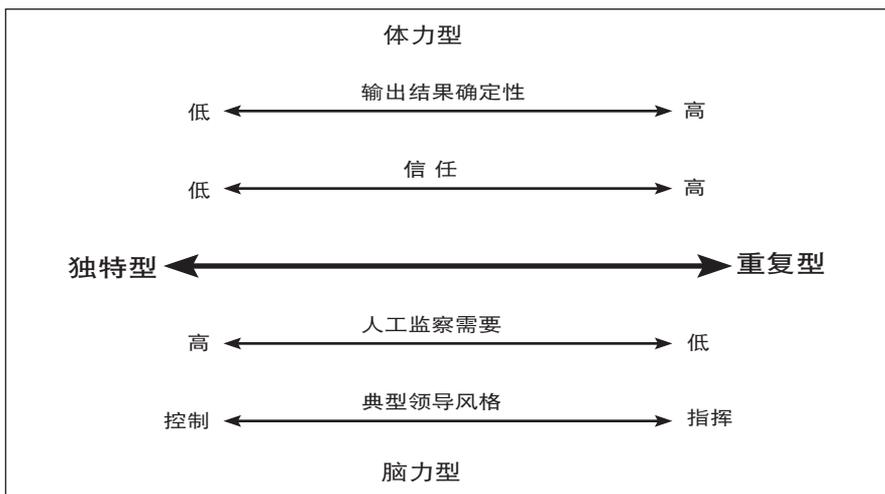


图 2：对横轴的认识

## 指挥，还是控制？

将这种双轴示意法应用于不同类型的任务，向美国国防部和美国空军展示出意义重大的认识。一项任务无论属于脑力型还是体力型，任务环境对机器（或者对人）的生疏程度对于自主化而言，显然是一个重大的决定因素。这不奇怪，自主化的核心，就是是否下放决策权——环境越是陌生，就越难下决心放权。从过去 15 年复杂的、大范围的国家安全作战行动中，我们取得了深刻的教训，这就是，必须赋予下级决策者充分的信任，才能实现战役和战术目标。高层指挥官必须敢冒更大的风险，放手允许下属单位利用对形势的更精确感知而把握住闪逝机会。基于同样的经验教训，我们也应该以任务指挥权方式对待机器，通过训练操作员监察能力，以及通过快速编程代码改进机器决策能力，逐步放松对机器的控制。英国老一代战略家富勒（J. F. C. Fuller）说过：“我们打仗兵器中的机械成分越多，头脑控制中的机械思维就要越少。”<sup>8</sup>

因此，“人机团队”或者说我们和机器形成的关系，将在很大程度上取决于环境陌生程度——用军事术语描述，就是与敌接近程度。环境越是适宜重复性的人力任务，例如后方基地后勤物流，运用机器自主化的机会就越大。同样的，如果一项分析需要通过更长期的趋势评估和工作才能完成，那么这样的分析就更适宜交付给机器智能来代劳。随着我们步步接近敌人，周围环境的陌生程度便增加，需要更多的默契性理解和快速的环境评估，诚如牛津大学和花旗银行几位专家最近一份关于自主化在工作场所的作用的研究报告所言，这样的情景尤其需要来自人脑的互动占据主导地位。<sup>9</sup>

人脑主导并不意味着机器靠边，事实上，此处更能反映出沃克副国防部长所强调的机器自主化的重大价值。一如所有技术研发努力，机器人和机器智能都以增强和放大人力活动来提供其重大优势。人机之间的互动不是零和或者非此即彼关系，我们必须从人机之间生出合力。穿戴式技术和机器人助手（或称“辅助机器人”[co-bot，英文 collaboration robots 的缩写]）将人和机器的各自优势——人的优势是直觉和默契或社会认知，机器的优势是物理力量——结合起来。<sup>10</sup> 在这个领域中，我们注重的应该是人机互动或关系的性质，一如我们使用动物执行军事任务。不妨想象我们使用攻击犬的情况，我们指挥机器执行动作，以其强大力量为我们所用。又如使用爆破物嗅犬执行更具认知挑战性的任务，我们让机器引导人执行相应动作。毫无疑问，通过人和辅助机器人结成团队关系，自主化带来的好处将具有决定性的军事作用。为此，我们必须做好主导、信任，以及从导的思想准备。

## 第三次抵消战略的意义

显然，我们在以机器自主化加强军事优势的努力中，面临着文化、实践和政治上的挑战。反过来看，把机器认知和机器力量融合也将为军方带来重大利益。事实上，沃克副国防部长将其明确认定为我们可得到的最大优势，再由一支知识全面的部队来使用，定能帮助美国压制住潜在的敌人。有趣的是，目前的相关描述中，仅以体力—脑力“输出”之别来区分任务性质之别，而只字不提环境复杂性造成的任务独特性—重复性之区别。对任务的此种区分，应如以下图 3 及解释所示。<sup>11</sup>

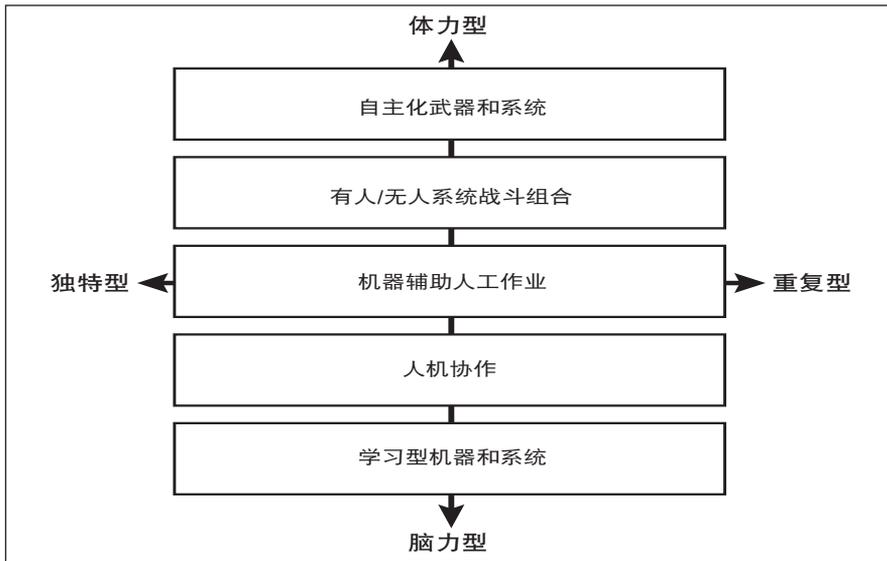


图 3：用任务分类框架推导出“五大类”人机关系

“学习型机器和系统”类——在这类系统中，机器决策立足于一个网络，此网络允许机器互相学习和交流，以对抗诸如网络病毒等机器攻击。学习型机器最大程度利用机器任务自主化，需要人工监察程度最低，执行全面认知和虚拟功能，谷歌的“深智”（Deep Mind）系统就是一例。这个概念还承认，网络武器运作速度之快人类根本不及响应，于是以机器防卫对抗机器进攻可能至为关键。

“人机协作”类——机器从巨大的数据库检索获益，归纳出模式和趋势，从而便于人做出决策。这主要是一种认知性质的任务，要求人把数据转化成行动。一个可借鉴的例子是正在开发的数字化“空中作战规划员”，这套软件监视作战行动中所有空中任务活动和战斗损失评估，从中归纳出几种替代行动方案，交由盟军空中统领指挥官（CFACC）参考，用于制定次日空中任务指令或随机目标打击任务，应对正在铺开的重大战场事件。

“机器辅助人工作业”类——其所执行的任务与“人机协作”类的输出相似，但是更多地强调战争的战术层级上可发送的或者可穿戴的硬件。一个最能说明问题的例子是《空军未来作战概念》中提到的未来空中补给站，由覆盖整个责任区的联网供应链实时互动，根据战区疾变形势需要排列任务的主次先后并相应组织货盘送交空运。<sup>12</sup> 在这段场景描述中，唯一带科幻色彩之处就是该技术投入了军事使用，其实，诸如亚马逊及沃尔玛等商业巨头当前已经大量应用这类技术。

“有人/无人系统战斗组合”或者“人机团队作战”类——其所执行的任务涉及人与自主化系统在战场上物理互动合作。人的互动和监察对于保证完成任务依然必要，但要有所约束。最佳例子是美国空军把自主性空军联络官融入空中作战部队，以加强攻击的杀伤力或态势感知。《空军未来作战概念》在对未来近距离空中支援和空中优势任务的场景描述中，设想了数架自主化无人僚机辅助

有人驾驶战斗平台，允许人和机器合作，各自发挥自身优势，由此对整个任务带来各种好处——包括提高载弹量和生存性，发挥分布指挥与控制的好处，从而把握局部条件下的闪逝机会。

**“自主化武器和系统”**类——此类系统吸收了以上所述四类的全部好处，把学习型机器融合到先进机器人中，使机器人能够执行与对手对抗的任务而无需人工输入指令。这样的场景对于美国空军而言似乎不切实际，毕竟这支空军过去 15 年中一直在广大地区执行各种安全行动，在高抗衡环境实施快节奏作战，从中体验的作战概念与之非常不同。但是如果美国欣然接纳自主化武器，用以防卫那些时时处于威胁之下的遥远作战基地，更加重视对来袭威胁的早期发现和打击，那么距离的挑战或可转变为机会。在敌友区分十分清楚的环境中，自主化的动能杀伤武器、网战武器，以及电子战武器等，依据明确的火力覆盖走廊，有可能提供强大的防卫，挫败任何潜在敌人的进犯。

如以上图 3 所示，把五大类系统置于由四类任务（脑力型 / 体力型 / 独特型 / 重复型）组成的方形图表之中，对敌作战任务的弱点一目了然，从而明显看到把“学习型系统”、“人机协作”，以及“机器辅助人工作业”这三类系统投入军事应用的毫无疑问的巨大好处。其实在过去 15 年中，我们已经探索和利用了其中的多项好处，帮助了解敌人网络以及制定相关的目标打击计划。进一步，我们的网空防御作战在很大程度上已经采用学习型系统和人机协作这两类。并且，凡曾被派往工业界交换学习的军官，一定看到了这五项系统能力已经在企业中得到广泛应用，同时也会意识到，军方无疑需要加大努力来提升这些能力的军事应用程度。只要把这种机器认

知计算能力可靠融入机器之中用于执行我军现有的任务，沃克副国防部长期待的优势就一定能实现。

在以上五类中，“自主化武器系统”和“有人 / 无人系统战斗组合”可提供的好处最多，但也面临最大的军事风险。机器能提供巨大杀伤力，以及超越人类生理极限的表现，但随之应用带来风险，其所生成的结果带有不确定性，因此需要人工监察。自主化武器无疑具备独特优势，但易被敌人攻击，或者说使其完善的研制时间和成本极高。因此，人独有的创造能力将继续是打败狡猾对手保证战场胜利的关键。正如最近一份对谷歌“阿尔法狗”机器算法战胜人类专家的评估所显示，具备学习能力的机器拥有重大的优势。这样的机器如果部署到战场，一定能发挥出最优秀战士的水平，并将继续学习不断完善自己。但是在某种一次定成败的关键交战中，例如在战斗中，机器有可能被人类天才攻破，或者被人类错误所困惑。<sup>13</sup>

和大多数矛盾一样，最好的解决方案通常位于中间某个部位——这就是推进有人 / 无人系统团队组合概念，确定什么领域可以采纳全面任务自主化，应该基于哪些交战规则或状态，应在决策循环圈的哪个部位做出最终行动决定，此决定是由“圈内人”还是现场人做。重中之重是重视“团队组合”，或者说做好人机互动的恰当混合，从而生成最大的军事优势。

从作战自主化研究中得出的最后关键推论，是分布和分散作战带来的期待和挑战。作为第三次抵消战略的一个重要面向，我们已经确认，我们将必须是在高抗衡环境作战，必须采用联网平台来挫败敌人的强大火力。但是，这种未来作战模式与我们当今的指挥

控制结构不相匹配, 受到严重制约。现一代领导人所经历的作战环境, 是将风险保持在相当高的层级上, 是由指挥链的更高层把握使用杀伤力量的决策权。虽然战术行动有交战规则, 但限制极多。如何改变作战中集中指挥过多而分散控制过少的做法, 将非常不易, 当然并非不可克服。我们需要就指挥官的培训和模拟练习做出重大努力, 训练他们信任机器, 愿意赋予其更多自主权; 更重要的是, 这种新思维模式必须灌输给空军的高级指挥官, 例如盟军空中统领指挥官。如果我们预期面对的强敌出现在战场, 指挥官的“长柄螺丝起子”将成为历史陈迹, 战场基层军官和士官将发挥战略作用, 担当主角。指挥官松手放权, 就像单纯推出技术本身那样, 也是一个巨大的文化挑战。我们面临的挑战, 是信息时代战争中第一波打击可能产生巨大的重创, 而没有足够时间去适应调整或做出响应。如果我们继续坚持集中控制各种精细能力, 而不是依靠联网的、分布的人机结合执行任务能力, 机会就可能一去不返, 代价将极为高昂, 以至无可补救。为避免陷入“不可收拾”的错误境地, 就需要我们采纳平衡兼顾的能力混合, 使我们有机会快速适应威胁环境并调整自身。

## 注释:

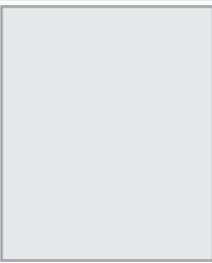
1. Sydney J. Freedberg Jr., “People, Not Tech: DepSecDef Work on 3rd Offset [人比技术更重要: 沃克副国防部长论述第三次抵消战略], [Joint Interagency Combined Space Operations Center] JICSPOC,” Breaking Defense, <http://breakingdefense.com/2016/02/its-not-about-technology-bob-work-on-the-3rd-offset-strategy>.
2. Yuval Noah Harari, *Sapiens: A Brief History of Humankind* [现代人: 人类简史], (New York: Harper, 2015), 334.
3. Defense Science Board (DSB), Department of Defense (DOD), DSB Summer Study on Autonomy [国防科委会自主化研究报告], (Washington, DC: DOD, July 2015 [publication forthcoming]), 5.
4. Lisanne Bainbridge, “Ironies of Automation” [自动化的悖论], *Automatica* 19, no. 6 (1983): 775-79, [http://www.ise.ncsu.edu/nsf\\_itr/794B/papers/Bainbridge\\_1983\\_Automatica](http://www.ise.ncsu.edu/nsf_itr/794B/papers/Bainbridge_1983_Automatica).
5. 更完整及有用的论述, 参看 Sheridan and Verplank 的“自动化 10 级程度”, 详见 Liang Sim, M. L. Cummings, and Cristin A. Smith, “Past, Present and Future Implications of Human Supervisory Control in Space Missions” [人类监察控制

## 结语

令人尊敬的英国将军格雷蒙·兰姆 (Graeme Lamb) 曾谈及复杂环境下的军事领导艺术, 他认为以自主化为特征的未来作战可以表现为处于“指挥之中, 控制之外”。<sup>14</sup> 就自主化而言, 第三次抵消战略不仅关乎设备硬件, 同样关乎无形软件, 诸如组织文化和概念。对自主化的任何讨论都必须重视和运用这个深刻观点, 从中得出重要推论, 这就是, 领导者、决策者和规划者都将做到既善引领也善跟随, 以人之智慧引导和跟随自主化系统, 顺势而为当好两种角色。

自主化机器和人一样, 随着自主行动决策权幅度的增大, 而发挥越来越大的潜力。人和机器面临的挑战是, 如何信任各自在复杂和抗衡环境中的判断力。对这一点, 我们拥有巨大的优势。西方军队在下放指挥责任方面有长久历史, 而今把自主权下放给人和机器, 就是创造机会, 让我们在信息战争时代能迅速调整, 在与平等对手交战时能占据独特的优势。读者在观阅自主化的讨论时可能更多想到硬件和设备, 其实显而易见, 同样甚至更加重要的, 是构建信任机器和系统的组织环境。归根结底, 只有充分予人自由, 才能充分发挥机器作用, 信不信由你。★

- 太空飞行对过去、现在及未来的意义 ], *Acta Astronautica* 62, no. 10-11 (2008): 648-55, <http://dx.doi.org/10.1016/j.actaastro.2008.01.029>.
6. “Automation Angst” [ 自动化疑惧症 ], *Economist* (UK), 16 August 2015, <http://www.economist.com/node/21661017>.
  7. Carl von Clausewitz, *On War* [ 战争论 ], edited and translated by Michael Howard and Peter Paret (Princeton, NJ: Princeton University Press, rev. 1984), 75.
  8. J. F. C. Fuller, *Generalship: Its Diseases and Their Cure; a Study of the Personal Factor in Command* [ 将帅常见病和医方 : 指挥中的个人因素研究 ], (Harrisburg, PA: Military Service Publishing, March 1936), 13, <https://archive.org/details/GeneralshipItsDiseasesAndTheirCure>.
  9. Carl Benedikt Frey et al., *Technology at Work v2.0: The Future Is Not What It Used to Be* [ 2.0 版技术问世 : 未来不同过去 ], (New York: CitiGroup and Oxford Martin School, January 2016), [http://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/reports/Citi\\_GPS\\_Technology\\_Work\\_2.pdf](http://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/reports/Citi_GPS_Technology_Work_2.pdf).
  10. 同上, 第 92 页。
  11. Robert Work, “Deputy Secretary of Defense Speech: Reagan Defense Forum: The Third Offset Strategy” [ 国防部副部长在里根防务论坛演讲 : 第三次抵消战略 ], (speech, Reagan Defense Forum, Reagan Presidential Library, Simi Valley, CA, 7 November 2015), <http://www.defense.gov/News/Speeches/Speech-View/Article/628246/reagan-defense-forum-the-third-offset-strategy>.
  12. Air Force Future Operating Concept: A View of the Air Force in 2035 [ 空军未来作战概念 : 2035 年空军 ], September 2015, 27. <http://www.af.mil/Portals/1/images/airpower/AFFOC.pdf>.
  13. Choe Sang-Hun, “South Korean Gets 'Priceless' Victory over Computer in Go Match” [ 韩国棋手战胜阿尔法狗取得“无价”胜利 ], *New York Times*, 13 March 2016, <http://www.nytimes.com/2016/03/14/world/asia/south-korean-gets-priceless-victory-over-computer-in-go-match.html>.
  14. Graeme Lamb, “In Command and Out of Control” [ 指挥之中, 控制之外 ], *Medium.com* (web site), 21 October 2015, <https://medium.com/the-bridge/in-command-and-out-of-control-aab523b92fe1>.



安德鲁·麦希, 英国皇家空军中校 (Wg Cdr Andrew Massie, RAF), 毕业于美国空军大学高级空天研究学院, 目前作为交换军官在美国空军总部计划处 (HAF/A5SS) 战略科任职。麦希中校是英国皇家空军飞行员, 拥有各种战斗经验, 包括一轮阿富汗战场部署经历。

# 一种缓解 ISR 作战压力的显见解决方案

## A Commonsense Approach to Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance Operations

威廉·贾内蒂，弗吉尼亚州空军国民警卫队少校 (Maj William Giannetti, Virginia Air National Guard) \*

2015年夏，美国国防部官员宣布，由遥控飞机（RPA）部队承担的战斗空中巡逻将稳步增加，从当年10月份每天65组增加到2019年底的每天90组。<sup>1</sup>毫无疑问，国防部做出的这项四年强化情报监视侦察（ISR）作战能力的决定，反映出各方对使用MQ-1“捕食者”和MQ-9“收割者”监控目前和预期海外危机动态的战术侦察需求不断增长。根据2016年2月的数据，美国空军及其分布式共用地面系统（DCGS）每天执行61组战斗空中巡逻。<sup>2</sup>展望未来四年，如果不大量加强美国或盟国的参与，伊斯兰国的地盘和势力会继续扩大，新的冲突地区——或许在南中国海或在波罗的海国家——将会出现。若果真如此，那么空军定将认识到，各方对ISR和基于全动态视频产品的需求将超过情报作战界力所能及。

的确，国防部目前在采取综合办法。美国陆军及合同商将在未来几年承担其中一些战斗空中巡逻责任，但其绝大部分任务仍将由空军负担。空中作战司令部司令深切感受到RPA操作人员的疲劳，赫伯特·卡莱尔上将2015年9月在华盛顿战略与国际研究中心的一次演讲中说：“过去8年来，对我们的需求在持续猛增。我们的空中战斗巡逻已经

RPA = 遥控飞机  
ISR = 情报监视侦察（情监侦）  
DCGS = 分布式共用地面系统

从2008年的21组增加到现在的65组。”<sup>3</sup>他还指出，空军从

1947年建军以来，目前处于历史最小的规模，不仅人数最少，包括RPA在内的飞机数量也最少。<sup>4</sup>情报官专业领域的关键人力资源短缺，可能也跟在能力需求猛增下的工作压力有关。<sup>5</sup>但是，军方和情报界对ISR的需求没有任何减少的迹象。那么在今后四年，我们如何平衡需求，如何改进DCGS运作？本文试图就这个重要问题探索解决方案——具体而言，就是提高战斗自动化，以及将注意力重新放到情报项目而不是情报产品上。

### 运用战斗自动化提升巧战能力

DCGS官兵——尤其是那些被指派操作“捕食者”和“收割者”专业领域的人员——所承担的压力，在从去年初以来发表的文献中得到越来越多的关注。《军事医学》2015年3月公布的一项研究指出，DCGS操作员中有20%自述出现不同程度的疲劳或心理压力。<sup>6</sup>六个月后，空军文化和程序改进项目负责人特洛伊·杰克逊上校（Troy Jackson）在此文发表后的一次访谈中指出：“在这个专业领域的空军官兵可谓精疲力竭，无尽无休，我们要解决这个问题。”<sup>7</sup>由该项目委托就此问题对空中作战司令部所作的研究似乎承认这种现实，作为结果，空军将采纳140项有助改善RPA操作的建议。<sup>8</sup>DCGS任务操作人员已率先开始削减白班、夜班和中班的工作时间，从12余小时减少到8小时。

\* 承蒙 Ben Shearn 少校、Dennis Perreault 上尉、Brittany Hemphill 上尉、Erin Crede 上尉 和 James Bane 上士审阅本文，作者在此致谢。

此外，空军应采纳能进一步减轻负担的其他措施，以减少任务疲劳。这些可能的解决方案，大多数涉及迈克尔·伯恩斯上尉（Michael Byrnes）所称的“战斗自动化”，这是他在发表于《空天力量杂志》的“自主化无人作战飞机在空对空作战中的前景”系列文章第二篇“空中力量变革刻不容缓”中自撰的词。在这篇精辟的论文中，他将战斗自动化定义为“把通常由军用飞机操作人员执行的任务移交给某个自动化系统（通常是一台数字计算机）来控制。”<sup>9</sup> 根据伯恩斯的观点，战斗自动化一些常用的例子包括自动驾驶仪或现代导航系统等设备。出于本文论述的需要，我们可以修改伯恩斯的定义，把其定义中的“飞机”换成“DCGS 武器系统”。

在 DCGS 武器系统中，我们可以通过使用普遍通用的工具实现某种程度的战斗自动化。例如现成可得的语音转换文字软件，能减少任务作战指挥官或战术通讯官人工操作计算机键盘把信息键入互联网中继聊天窗口所花费的时间。减少疲劳的其他手段——例如能迅速汇聚大量数据的软件应用程序——尚未发展为现成软件，因此可能需要做出更多投入研发定制解决方案。使用先进的计算机运算或编程代码，能自动检查全动态视频产品的偏差、异常或错误，能大幅度减少任务作战指挥官或成像任务主管对下属分析人员进行质检的工作时间负荷，然后把情报成果发送给用户。2012年，兰德公司在—项空军调研项目中建议采纳类似的措施。自动化目标识别技术能帮助成像分析员和筛检员在全动态视频上保持—双“非人类眼睛”，并且提示他们查看预定的兴趣领域。<sup>10</sup>

过去5年来，云计算技术的出现，也为跨域解决方案呈现出令人振奋的前景。基于 Citrix 的计算机系统结构，能为任务操作人员

在机密和非机密计算机网络之间转换提供方便。这种结构可能也能减少访问共享计算机驱动器或文件夹所需的时间，甚至无需访问。但最重要的是，它还能填补数据储存系统——如统一收集行动报告网络、ISR 评估工具，以及 Skynet 天网——之间的脱节。所有这些不同的系统目前由分散的实体管理，跟踪相似的与任务相关的信息。最后，先进的演算能自动创建任务完成后的总结或类似的报告，其自由文本语法和措辞非常准确，同人工生成的报告几乎无法区分。<sup>11</sup>

## 走向新模式

DCGS 武器系统的任务是收集—处理—分析—分发情报（CPAD）。<sup>12</sup> 但是本文认为，CPAD 事实上是一种获得对某个战斗空间高度感知的方法或手段，其本身不应是目的。—份未发表的关于 CPAD 作为情报工作方法的白皮书假定，如果武器系统脱离以产品为中心的方式，采取以项目为基础的方式，就能更好地解答诸如指挥官优先情报需求等文件中包含的根本情报问题。<sup>13</sup>

以产品为中心的方法几乎就是为生产而生产情报产品。就此而言，武器系统就像—条组装线，其主要管理原则是数量、频率以及机械般的可预测性。这种系统结构还高度重视专门衡量数量的统计学，而不是所生产情报的质量，或情报对战场决策的影响。以项目为基础的方法则不同，它把优先情报需求视为持续的重点，而且也与大多数情报界机构采取的全源方法—致。在这些机构中，情报项目首先要问的是战略性问题，例如“敌人会使用大规模杀伤性武器吗？”<sup>14</sup> 因此，我们应在空军 ISR 武器系统中建立团队，并配以类似的人力物力资源。这些团队在规模或范围上能灵活调整，能解答更战术性的问

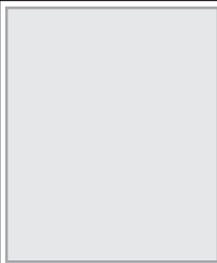
题，例如：“敌人将如何使用大规模杀伤性武器？”或“他们采取什么手段掩盖或隐蔽其活动？”通常，若解答这类的问题，将有助于分析人员更精通区域导弹防御，或像伊斯兰国这样的跨国组织使用大规模杀伤武器所构成的威胁。这样，各团队在共同目标下团结起来，提升竞争能力和士气。使用这种方法还能减少来自以产品为中心方法的弊病。最重要的是，这意味着武器系统的 DCGS 分析和报告团队会更多的参与，他们可以使用此文建议的预测性技术，帮助地面决策者看到危机的出现和演进，而不是事后才向他们报告。

与此同时，对武器系统和操作者的更多压力因素将会出现。从现在到 2019 年，空军应制定和落实新的战斗空中巡逻人员配备计划——该计划应纳入战斗自动化考虑，这是显见的解决方案。我们可能无法降低各界对 ISR 的需求，也难以减轻其对情报官兵带来的疲劳。然而，空军如能采纳本文提出的措施，信守空军对共同目标的承诺——以更高效能和效率解决战地指挥官至为关键的情报需求——我们就能提高情报官兵的士气，以新模式智巧重振我们的情报武器系统。★

## 注释：

1. Gordon Lubold, “Pentagon to Sharply Expand U.S. Drone Flights over Next Four Years” [五角大楼未来四年将大幅扩展美国无人机飞行], Wall Street Journal, 16 August 2015, <http://www.wsj.com/articles/pentagon-to-add-drone-flights-1439768451>.
2. Brian W. Everstine, “Don't Fear the Reaper” [不要恐惧收割者], Air Force Magazine 99, no. 2 (February 2016): 18-23, <http://www.airforcemag.com/MagazineArchive/Documents/2016/February%202016/0216reaper.pdf>.
3. Mark Pomerleau, “Carlisle: Overworked Airmen Can't Train for Future Threats” [卡莱尔：超负荷工作的空军官兵无法训练备战未来威胁], Defense Systems, 18 September 2015, <https://defensesystems.com/Articles/2015/09/18/Hawk-Carlisle-Air-Force-training-shortfall.aspx>.
4. 同上。空军的机群包括 140 多架捕食者，近 250 架收割者。另参看 Tom Kaminski, “USAF TACAIR: Combat Edge [美国空军的战术飞机：战斗优势], Air Forces Monthly, no. 335 (February 2016): 44-59.
5. Department of the Air Force, memorandum, subject: Air Reserve Component (ARC) 14N Intelligence Officer Voluntary Limited Period of Active Duty (VLPAD) Program Implementation and Eligibility Criteria [空军部备忘录，标题：空军预备役 14N 情报官的自愿转现役年限计划实施和资格标准], 17 November 2015.
6. Lillian Prince et al., “Reassessment of Psychological Distress and Post-Traumatic Stress Disorder in United States Air Force Distributed Common Ground System Operators” [重新评估美国空军分布式共用地面系统 (DCGS) 操作员的心理伤痛和创伤后压力综合症], Military Medicine, no. 180 (March 2015): 172. 作者研究了导致 DCGS 人员疲劳的压力因素，包括“在空中使命期间长时间工作、轮班工作、保持持续警惕，以及处理连续不断的音频和视频数据。”研究人员调查样本规模涵盖 1091 名 DCGS 情报操作人员和 447 名非情报支援人员。作者估计，其调查结果代表着 31% 的空军情报机构的实情 (173 页)。
7. Shaun Eagan, “New ACC Program Begins, Aimed to Improve MQ-1/9 Community” [新 ACC 项目开始，旨在改善 MQ-1/9 群体], US Air Force, 1 September 2015, <http://www.af.mil/News/ArticleDisplay/tabid/223/Article/615577/new-acc-program-begins-aimed-to-improve-mq-19-community.aspx>.
8. 同注 2，第 3 页。
9. Capt Michael W. Byrnes, “Dark Horizon: Airpower Revolution on a Razor's Edge—Part Two of the 'Nightfall' Series” [空中力量变革刻不容缓——“自主化无人作战飞机在空对空作战中的前景”续篇], Air and Space Power Journal 29, no. 5 (September-October 2015): 33, <http://www.airpower.maxwell.af.mil/digital/pdf/issues/2015/ASPJ-Sep-Oct-2015.pdf>.

10. Lance Menthe et al., *The Future of Air Force Motion Imagery Exploitation: Lessons from the Commercial World* [空军从商业界吸取经验开发利用运动成像技术的未来], (Santa Monica, CA: RAND Corporation, 2012), 8-9, [http://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/technical\\_reports/2012/RAND\\_TR1133.pdf](http://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/technical_reports/2012/RAND_TR1133.pdf).
11. 《哈泼斯杂志》在 2015 年 6 月刊载的一篇文章中，列举了由电机电子工程师协会出版的论文集，但是在有人发现这些论文系由自由文本模拟算法写就，就收回这份论文清单。清单中包括诸如题为“网络浏览器方法探索”和“人工智能普遍算法效果”的论文。请见《哈泼斯杂志》刊载的“教师的机器人”（2015 年 6 月，14 页）一文。有意思的是，伯恩斯上尉在其研究中假设，高级领导人一般可能会反感自动化，担心如果软件过度简化飞行决策，飞行员驾驶自己飞机的物理行为将不再是“飞行”。围绕情报工作的类似论点与之同理——即担心计算机编程取代人工太多，人类的认知会过于简单化，以及不再是真正意义上的分析。参看伯恩斯文第 44 页（《空天力量杂志》中文版 2015 年冬季刊 4-25 页）。
12. “Air Force Distributed Common Ground System” [空军分布式共用地面系统], US Air Force, 31 October 2015, <http://www.af.mil/AboutUs/FactSheets/Display/tabid/224/Article/104525/air-force-distributed-common-ground-system.aspx>.
13. Lt Col David Vernal and Capt Dennis Perreault, “ISR Efforts: A Project-Based Approach to ISR Capability, Force Presentation, and ISR Assessment” [ISR 努力：基于项目的方法探讨 ISR 能力、部队表现和 ISR 评估], unpublished white paper, 2015.
14. Carl Rhodes, Jeff Hagen, and Mark Westergren, *A Strategies-to-Tasks Framework for Planning and Executing Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance (ISR) Operations* [计划和实施情报侦察作战的策略和任务框架], (Santa Monica, CA: RAND Corporation, 2007), 9, [http://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/technical\\_reports/2007/RAND\\_TR434.pdf](http://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/technical_reports/2007/RAND_TR434.pdf). 本项研究的作者在他们的工作中提出类似问题，建议推介更审慎的计划方法，解决情报资源不足和用户需要之间的缺口。



威廉·贾内蒂，弗吉尼亚州空军国民警卫队少校 (Maj William Giannetti, Virginia Air National Guard)，圣约瑟大学理科硕士，现任弗吉尼亚州空军国民警卫队情报官，部分时间任命为行动指挥官。他的 20 年职业经历包括担任公务员、费城市警察，及国防部分析员。曾两次部署阿富汗。



# 二十一世纪最优秀的近距离空中支援飞机

## The Best Aircraft for Close Air Support in the Twenty-First Century

喀迈尔·卡乌什，美国空军少校 (Maj Kamal J. Kaaoush, USAF)

### 引言和背景

在向参议院国防拨款听证会提交的报告中，有感于自动削减预算开支的国会决定，现任空军部长黛博拉·李·詹姆斯描绘了一幅非常暗淡的前景。她说：“今天，我空军处于 1947 年成军以来的最小规模，却承受着简直要冲破屋顶的巨大要求压力。”<sup>1</sup> 由于整个政府预算吃紧，空军被迫要对人员规模和飞机数量做出战略调整，以满足战术层次的战备要求为目标。2013 年，面对 120 亿美元的预算削减，空军裁减了飞机总量的近 10% 和 25,000 名人员，迫使飞行中队和整体作战能力下降。<sup>2</sup> 但是自动削减开支政策预计将持续到 2023 年，目前没有迹象显示预算会很快恢复到原位，这致使空军高层需要继续做出艰难的决定。<sup>3</sup>

很多军事专家提议淘汰不太重要的“任务集”，让老龄飞机退役，以多用途战机取代单一效用的战机。<sup>4</sup> 为使预算资金应对各方面不断高涨的需要，空军首先挑出的第一款淘汰飞机是 A-10 “雷电”，这款攻击机专用于空地打击，擅长投掷各种弹药，提供近距离空中支援 (CAS)，为我地面部队作战提供保护。刚卸任的空军参谋长马克·威尔士上

CAS = 近距离空中支援  
CPFH = 每飞行小时成本  
RPA = 遥控飞机  
ISR = 情报 / 监视 / 侦察

将强调，裁掉 A-10 可能节省 42 亿美元的运作和维护费用，并把节省下来的资金投入多用途飞

机上，例如“不仅能执行 CAS，而且能在高端作战中生存”的 F-35。<sup>5</sup> 他的看法是，F-35 不仅在 CAS 作战方面具有同 A-10 一样的能力，而且能提供更多的优势，如作战时间更短、隐身突防，以及速度更快。

在战场上，CAS 继续是一项关键使命。此外，在现代平叛作战中，需要对敌军进行精确打击，保护地面己方部队，防止自伤，并尽量减少附带毁伤。<sup>6</sup> 投掷弹药如偏离目标，会对平民造成灾难，致使无辜百姓罹难，损害对我军的支持。鉴于 CAS 在作战行动中的作用如此关键，面对预算危机，空军必须确保配备能持续实施 CAS 作战的可靠战机。空军高层领导相信，在 A-10 于 2019 年退役之时，F-35 将已完全具备作战能力，足以替代淘汰机群，和传统战斗机（如 F-16）一道，在未来行动中实施 CAS 作战。<sup>7</sup> 但是，未来的作战环境分秒必争，各种空中资产都要随时待命执行紧急任务，如此形势之下，F-35 和其他传统平台能像其上代机那样发挥相同高水平的作战表现吗？淘汰 A-10 后，如果需要其他机型填补其 CAS 角色，又如何能节省出空军维持作战能力所需的费用？

本文要讨论的问题是：在 21 世纪，美国空军的哪款战机或战机组合，是主导和维持空军 CAS 作战能力的最佳选择。为回答此问题，本文根据上述对空军的要求，评估在现代作战中执行 CAS 的各型飞机。但重要的是，首先要从战役层面界定本研究中的 CAS 作

用。联合出版物 3-09.3《近距离空中支援》对 CAS 的定义是：“以固定翼……和旋转翼飞机对与己方部队近距对峙的敌方之目标发动空中行动，[并要求]……在每项空中任务中同己方部队的火力和运动紧密配合。”<sup>8</sup>除 CAS 以外，空军在作战行动中运用战机执行各种任务，如进攻性制空作战、防御性制空作战、压制敌防空和摧毁敌防空，以及战斗搜索与救援，等等。但为了使分析对比更为简单并更易于量化，本文把以上各种作战任务归为互有区别的三种类型：空中优势、空地阻断，和近距离空中支援。尽管空中力量作战准则多年来不断发展，这三个基本类型在空战主导的联合战役作战中继续保持其作战序列地位。而本文仅涉及最后一类，即近距离空中支援，亦即 CAS。

这三种作战类型的基本概念是，争夺空中优势作战首先要清除对空中行动的任何威胁，如防空武器或敌方飞机。其次，空地阻断作战要求立足战略思考从空中对地面开展交战，锁定指挥、控制和通信节点，以及对部署就位的敌军部队实施打击。最后，CAS 作战对己方地面部队提供空中支援，具体而言，就是出动飞机支援同敌军直接交战的己方部队。在这里，CAS 的定义比联合出版物中的定义更具体，它更清晰地描述对可靠 CAS 平台的期待，这就是，CAS 平台必须对地面作战中与己方部队近距对峙交战的敌军进行精确打击。此定义虽然简单明了，却囊括了联合作战准则对有效 CAS 所定义的特性。

CAS 作战的有效性，如能得到以下诸条件的同时保障，将能进一步提升，这些条件是：

- 机组人员和联合终端攻击控制员训练有素且专业精熟；
  - 指挥与控制能保障空地之间有效整合；
  - 空中优势能保障我方不受限制地出入目标群区域；
  - 目标标记指示能有效避免火力自伤和最大程度降低附带毁伤；
  - 简洁而灵活的程序能保障快速反应；
  - 武器弹药配置恰当；
  - 作战环境条件得到充分考虑。<sup>9</sup>
- 为更进一层提升 CAS 的快速有效响应，还需要运用这些做法：
- 向前沿作战地点部署 CAS 资产和人员以加快响应速度和加长空中巡航时间；
  - 将机组人员和飞机处于待命状态；
  - 将一定程度的决策权授给最低战术层级；
  - 将联合终端攻击控制员和空军联络官整合到地面部队中以精简和优化连续指挥/控制/通信。<sup>10</sup>
- 在美国空军进入持续削减预算的当前状态很久以前，空军审计长就分析和计算了复杂的演算和公式，来预测每个财政年度的预算草案。其中一种计算是每年的飞行小时成本 (CPFH)，用以跟踪和分析运营和支持成本，并存留在“空军能力评估计划”累积数据库中。<sup>11</sup> 美国政府问责署 1999 年公布的一份报告提到，空军在完成其要求的每年飞行小时数量方面存在问题。<sup>12</sup> 为努力提高效率，每个大司令部采取了追踪各自飞行小时计划的标准化方法，以做到根据各大司令部的具体需求，计算更准确的需要。追踪飞行小时计划的第一个步骤是，确定某单位的飞行架次需要，包括下列因素：
- 保持备战 - 待命所需的一线飞行员人数；

- 受命飞行员的经验水平（经验不足者需更多飞行架次）；
- 为维持基本的执行任务能力状态所需发挥辅助作用的候补飞行员人数；
- 必要的特殊能力（如：功能校验飞行员或教练飞行员）；
- 附带飞行架次（如：转场飞行，部署和奖励飞行）。<sup>13</sup>

在统计飞行架次需要之后，再按照基于历史平均值的架次空中时间估算值把飞行架次需求转换成飞行小时。当然，根据地理位置、飞机种类、飞机配置、空中加油、轰炸靶场的距离等等，飞行架次的空中时间也不尽相同。<sup>14</sup>

每个大司令部计算出本身机群的累计飞行架次时间后，第二步是制定每个 CPFH 成本值，计算依据是维护和运作的三类费用：

- 基地级可维修部件（例如，能在维修站点修复的发动机或航空电子装置）；
- 可消耗品（非修复性供应件）；
- 航空燃油。<sup>15</sup>

在计算出每种飞机类型的飞行小时成本率和所需飞行小时数量之后，就可以将确定的实际 CPFH 值用于本文分析过程。此信息虽未广泛传发，但由空军财务管理部门和审计官计算和提供。这组 CPFH 数据对本研究具有很高价值，因为其中就维持每种机型飞机运作的实际成本给出确切的美元估算值。既然空军决定淘汰 A-10 而由多功能平台取代的主要原因是受预算限制，那么，我们就应该计算相关各机型飞机的实际 CPFH 值，通过比较来确定哪种选择就费效比来看更划算。本研究对飞机机型比较所使用的全部

CPFH 数据，都来自审计官的“空军能力评估计划”数据库中 2013 年公布的内容。<sup>16</sup>

为做到尽可能的全面，本文将审视目前空军执行 CAS 任务的所有机型，包括 AC-130、重型轰炸机（B-1、B-2 和 B-52）、遥控飞机、轻型攻击机、传统战斗机（F-16 和 F-15）、F-35，和 A-10。本文评估这些机型的标准统一根据下列因素：设计、机龄、升级、能力、硬件、CPFH、载弹能力、航程、速度，和驻留目标上空时间。

在陆军和海军陆战队，历来使用“阿帕奇”和“眼镜蛇”等攻击直升机执行 CAS 任务，但本文不拟将其列入比较范畴，原因有二。首先，空军虽然目前拥有一个小型旋转翼飞机机群，但在传统意义上，这些飞机并不用于执行 CAS。投入作战的 HH-60“黑鹰”机队，仅限于战斗搜索与救援，通常使用轻武器火力提供掩护并隐蔽机载特种部队人员的部署或返回。如果从其它军种获取老旧飞机，成立新的运作和维护中队，或建立接纳这些飞机所需的基础设施，既不划算也无优势。第二，陆军在“科曼奇”项目（一种隐形直升机项目，因预算削减于 2004 年被取消）失败后，目前在寻求替换其现有的旋转翼机群。从 2009 年开始，陆军启动了“未来垂直起降”现代化项目，意图在 2030 年替代“支奴干”、“黑鹰”和“阿帕奇”直升机。<sup>17</sup> 由于最早的样机预计到 2017 年后才能问世，故而以现代化攻击直升机替代当前具有作战能力的飞机，在短期内不可能考虑。<sup>18</sup> 仅这两项因素合在一起，就意味着空军不可能以直升机作为 CAS 机型。

大尺寸重型轰炸机（B-52、B-1 和 B-2）是空军机群中一些最老并久经战火考验的飞机，但本文也不纳入比较。原因是，当将轰炸机投用于打击非预定目标集时，如果受命

起飞后却没有投掷弹药，那么 CPFH 成本将太高。简言之，这些飞机成本太高，难以保持空中巡航等候 CAS 交战机会。在这三种机型中，B-1 成本最低，但每飞行小时的费用也达 58,000 美元。<sup>19</sup> 这是 F-16C 小时成本的两倍多，是 A-10 成本的近三倍半。<sup>20</sup> B-52 更高，每飞行小时接近 70,000 美元。<sup>21</sup> 最后是 B-2，这种飞机具有复杂的隐身低显外形，每架飞机造价 20 亿美元，每小时费用高达 169,000 美元——是其他任何机型的两倍以上。<sup>22</sup> B-1、B-2 和 B-52 轰炸机能载运大量弹药，而且具备在一次飞行架次中同时对多个目标进行精确打击的能力，但其作战成本高昂，只能在 CAS 作战中发挥有限的作用，故而主要用于空地阻断及核作战。

再看 AC-130，此飞机从 1953 年设计和制造出样机后，一直是美国空军特种作战部队可靠的平台。AC-130H 机内两侧装备有 40mm 火炮和改装的 105mm M102 榴弹炮，而 AC-130U 以 25mm 加特林机炮替代 40mm 火炮。<sup>23</sup> AC-130 配备 609,000 多条软件代码来运行其航空电子和任务计算机，还装备多种精密的目标锁定和导航传感器，能确保极高精确度，例如“在越战期间，这些空中炮舰摧毁了 1 万多辆卡车，完成了拯救生命的大量近空支援任务。”<sup>24</sup> 由于这种飞机采用标准的 C-130 燃料容量，航程达 1300 海里，可允许长久空中待机和驻留目标上空时间。<sup>25</sup> 不过，尽管具备这些优势，AC-130 生产的批量很小，在美国空军的机群中仅有 8 架 H 型和 17 架 U 型。此外，AC-130 是特种部队的专用资产，随时待命在全球部署。这两个因素结合起来，就限制了美国空军的手脚，难以在联合作战环境中指望使用该机型，也难以在常态作战中派遣此飞机执行 CAS 任务。虽然新版 AC-130J 能投送防区外精确制导弹

药，如 GBU-39 小直径炸弹和 AGM-176 “狮鹫”空对地导弹，但该机型仍处在作战试验和研发阶段。<sup>26</sup> 装备该机型的新中队（取代 H 和 U 型号）要到 2017 财政年度才能开始运作，而且就像其前身一样，新机型的生产数量有限。<sup>27</sup> 尽管 AC-130 是经过实战考验的 CAS 平台，但因为它专用于特战部队，并且考虑到机队机龄以及数量有限等因素，故而无法成为本文讨论的备选机种。不过，约旦国王阿卜杜拉二世设计及发展局与美国阿连特技术系统公司（Alliant Techsystems）最近签署合同，计划将 CASA 235 和 295 中程飞机改装成空中炮舰，使用可拆装的武器和部件制导系统，这项新的进展为未来武装攻击机平台的发展带来新曙光。<sup>28</sup> 虽然该机没有被纳入本文比较研究，但如果该采购项目最终证实是可行且费效比理想的未来选择，那么不久的将来可看到有关武装攻击机执行 CAS 的更多讨论。

再看遥驾飞机，即 RPA，这种飞机作为多用途平台广泛用于整个武装部队，在军事行动中主要用于情报监视侦察（ISR）任务。RPA 如 MQ-1 “捕食者”和 MQ-9 “收割者”等，已在全球部署，提供战场作战的实时图像，为任务的策划以及正在进行的作战行动提供急需情报。但最近，RPA 被赋予第二种职能，空军称其为机会目标打击：“因其空中巡航时间长，传感器覆盖面广，多模通讯配套，以及精确武器配置——因而具备了独特的能力，能对高价值、闪逝和时敏目标实施打击、协调和侦察。”<sup>29</sup> 本质上，由于 RPA 在持续监控实时环境中的战场，因此是消灭闪逝机会目标的最理想的飞机。

既然 RPA 具备和以上飞机类似的特征和能力，似乎有理由将其列为执行 CAS 的首选飞机。但实际上，由于 RPA 是无人驾驶飞机，

其可靠性也便受到限制。在过去 14 年里，美国军方大量使用 RPA 执行任务，共计发生 400 多起坠毁和重大事故。<sup>30</sup> 这个比例和美军有人驾驶飞机相比，自是高了些。RPA 事故频发主要归咎于四个原因：缺乏探测与规避技术、通信链接不可靠、机械故障，以及操作飞行员人为失误。<sup>31</sup> 一些简单的干扰，如天气和带宽等，也能导致毁灭性的后果。这一切意味着，传感器、照相机，以及复杂航电和导航系统终究无法取代飞行员的眼睛、耳朵和鼻子。<sup>32</sup> 阿富汗战争中有一个例子就是证明：一名操作飞行员因为缺乏经验，在协助地面部队时，却把“捕食者”撞向山的一侧。<sup>33</sup> 自不必说，任何一架飞机在任何时间都可能发生机械故障，飞行员也可能造成人为失误。但是在发生这类情况后，驾驶战机的飞行员能尽量控制飞机，避免空中相撞，因为飞行员此时无需要求通信指示而能自主控制飞机。RPA 固然适合执行 ISR 以及摧毁机会目标任务，但其固有的、可由某些微小因素引发的潜在不可靠性，使之难以胜任关键行动，何况目前 RPA 承担着沉重的 ISR 任务，因此把无人机列为 CAS 及其支援专用机种，不是好的选择。

## 量化对比评估和相关数据

### 轻型对地攻击机

尽管威尔什将军主张以多用途飞机来升级空军的现代化，但很多专家相信，部署更轻型、更经济、螺旋桨驱动飞机是可行的 CAS 选择。虽然很多飞机适合于这种作战要求，本文选择美国比奇 (Beechcraft) 飞机公司的 AT-6 作为比较对象，因为此型飞机目前被美国空军、美国海军和另外 8 个国家军队使用。比奇飞机最早是用作训练，该公司此后又推出了用于作战行动的改型机，如

AT-6B。该公司称，AT-6B 能执行多种任务，例如：平叛反恐、CAS、前进空中控制、战斗搜索与救援、武装侦察、空地阻断、民事支援、灾害响应、海上巡逻，以及边界安全巡航。<sup>34</sup> AT-6B 配备玻璃驾驶舱（多个大型多功能显示器和数字仪表）、红外照相机、激光发射装置（指示器、照明器、测距仪），以及 6 个武器挂架，是美国空军目前用于训练的 T-6A 的现代改型版。<sup>35</sup>

T-6 从 2000 年 5 月开始投入部署，其供应链已经建立，可以直接从生产线采购，支持这个相对新型的机群。<sup>36</sup> 新购飞机由于有保修，最初其飞行小时成本极低，以后逐步提高，根据 2009 至 2013 年的 T-6A 平均值，每小时飞行成本大约 2,500 美元。<sup>37</sup> 另一个低成本优势是每架飞机的整体费用，T-6A 飞机的原始成本仅 420 万美元，后来对驾驶舱、航电系统和武器挂架等进行了大量的升级，目前 AT-6B 估计造价也仅在 800 万到 1,000 万美元之间。<sup>38</sup> 与其他传统飞机相比，这种飞机的载弹能力较弱，虽有 6 个武器挂载位，最大载量约 3,000 磅，标准配置应在 1,500 到 2,000 磅之间，由 250/500 磅的激光制导炸弹、火箭弹、“狱火”导弹，或 0.50 英寸口径机枪吊舱组成，以便保持长时间巡航，而不需空中加油。<sup>39</sup> 如果外挂油箱加大续航时间，载弹量则大幅减少至 1,000 磅。与其他传统飞机相比，“在标准作战飞行中，F-16C/D 如使用 500 磅级弹药，能载弹 2,000 磅，如使用更大的 2,000 磅级弹药，能装弹 4,000 磅……而 F-15E 能挂载 6,000 至 10,000 磅弹药，A-10 能载弹达 10,000 磅以上。”<sup>40</sup> AT-6B 的速度大约在 280 节，续航 900 海里，无需外挂油箱就能保持数小时空中巡航。<sup>41</sup>

虽然螺旋桨发动机能使飞机飞行更长的距离和更长的巡航时间，而且与喷气式飞机

相比耗油量更低，但其速度偏慢，因而更容易受到攻击。美军参谋长联席会议 1968 年的一份报告指出：“螺旋桨飞机的损失率比喷气式飞机高出 5 倍之多。”<sup>42</sup> 这份报告年份相对久远，似乎不适用于本研究，只是，自越南战争以后，再难找到分析螺旋桨飞机战场损失率的现代研究。究其原因，是喷气发动机技术迅速推广，各种螺旋桨驱动战斗机/轰炸机逐步被喷气发动机驱动的新机型取代，朝鲜战争和越南战争见证了这种变迁。例如在越南战场，唯一还在飞的螺旋桨飞机就剩 A-1 螺旋桨轰炸机，它最后仍然不可避免地被 13 种新型号的喷气发动机飞机（A-3, A-4, A-5, A-6, A-7, F-4, F-5, F-8, F-100, F-101, F-102, F-104 和 F-105）所取代。此外，与大多数传统飞机系统不同，T-6 没有装备用于评估来袭威胁的雷达预警接收器的升级版。这意味着，AT-6B 的最佳飞行环境，仅限于敌方地对空武器或空对空威胁极低的非抗衡空中环境。但是，一旦我方建立空中优势，AT-6B 将成为经济性强的 CAS 作战平台，正如上述参谋长联席会议的报告所言，诸如 T-6 这样的螺旋桨飞机，在摧毁地面“卡车和船只”之类的空地阻断和 CAS 任务方面，“每个飞行架次在效率上是喷气式飞机的 9 倍。”<sup>43</sup> 螺旋桨飞机的速度较慢，能更好地瞄准目标，能更有把握地辨识敌我部队，并提高弹药使用的效果。如果采用 1968 年的这些数据，加上驾驶舱升级，并加装现代头盔目标提示系统（类似于传统的和新一代飞机中的装置），以及各种数据链（例如 LINK-16）和无线电通信（例如 UHF, VHF 和卫星通信），再加上夜视镜兼容，那么，AT-6B 应能成为执行 CAS 的适用平台。

对 AT-6B 适用性的最后一项考量，是容易获得用于购买新飞机的拨款。根据史蒂

文·迪特尔少校 2009 年进行的一项研究，在伊拉克和阿富汗执行作战的一个半中队的传统飞机（具体是 F-16 和 F-15）如果由 AT-6B 来替代，每天节省的空中加油成本，足够用来采购 36 架轻型攻击机。<sup>44</sup> 此外，一旦空军已采购事先确定的轻型攻击机数目，就能把节省下来的成本分摊到因预算削减而吃紧的其他项目中，从而增加美国空军在其他领域的的能力。此处唯一的制约因素是作战环境，因为一架满载的 T-6 升限是 25,000 英尺。<sup>45</sup> 在像阿富汗那样的高原环境中（平均海拔 12,000 至 15,000 英尺），尽管置身于已经建立的禁飞区或空中优势环境中，这种轻型攻击机仍然面临严重的威胁，例如可能被单兵携带防空系统击中。<sup>46</sup>

总之，由于以 AT-6B 为代表的轻型攻击机只配备极为有限的空对空防卫手段，并且主要适合在非抗衡空对地环境中作战，因此轻型攻击机不能完全取代目前的战斗机平台。但是，像 AT-6B 这样的轻型攻击机，如挂载相当数量的弹药，能提供令人瞩目的强大 CAS 能力，而运作成本只是其它飞机的一个零头。AT-6B 能以最低燃耗完成长距离飞行和较高比例驻留目标上空时间，还具备长时巡航和使用各种弹药的能力，因此应可作为一款理想的机型添加到空军的 CAS 作战机群中，尤其是在预算削减的形势下。

### 传统战斗机 F-16 / F-15 / A-10

在“伊拉克自由”和“持久自由”行动中，开展 CAS 作战的三种主要飞机是 F-16C、F-15E 和 A-10。这三种飞机虽然在同一时代设计和装备，属于同一代，但互相之间的能力大为不同。再者，它们的战斗经历相似，故而适宜做互相比较，并可与建议取而代之的替代机型，如轻型攻击机和 F-35，进行对比。

区分这三种飞机的最简单办法，是飞机的大小和载弹能力。这三种飞机都能挂载相同的弹药（如 AGM-65 系列空对地导弹、制导炸弹和导弹），但携带的数量不同，翼展越长者载弹数量越多。F-16 战机在这三种飞机中最小，翼展为 10 米，仅能携带 4,000 磅弹药。<sup>47</sup> F-15E 的翼展加长到 13 米，可挂载 6,000 至 10,000 磅弹药。<sup>48</sup> A-10 的翼展长达 18 米（传统战斗机中唯一宽度超过长度的飞机），令其他两种飞机相形见绌，能挂载最多 16,000 磅弹药。<sup>49</sup>

按机龄比较，A-10 机群的机龄和 F-16 机群差不多，其最初生产的型号分别于 1975 和 1979 年装备空军，此后广泛投入作战行动。F-16 以多功能战斗机在“联盟力量”行动中大显身手，实施压制敌防空、进攻性制空作战、防御性制空作战、CAS、前进空中控制等多种任务；在“沙漠风暴”行动中更以飞行架次最多高踞榜首。<sup>50</sup> A-10 也投入了大量战斗，参与了 10 多场作战行动，包括整单位数次部署到阿富汗和伊拉克战场，执行 CAS 支援地面作战。<sup>51</sup> F-15C 和 F-15D 与 F-16 同一年列装部队，不过 F-15E “攻击鹰”直到 1988 年才交付给美国空军。<sup>52</sup> 承担空对空和空对地作战双重角色的 F-15E，只在基本设计结构上与其前身各型号大致相同。<sup>53</sup> F-15E 具有更坚固的起落架、保形油箱、为武器官专门设置的后驾驶舱，以及夜间低空导航及红外瞄准吊舱（LANTIRN），这些能力使这款战斗机特别适合 CAS 作战环境。此外，F-15E 在设计 and 服役上比 F-16 和 A-10 几乎晚 10 年，因此整个机群的平均飞行小时数更低。不同于 A-10，F-15E 和 F-16 也列装其他国家军队，因此飞机部件储备更大，便于军队之间的相互支援。

A-10 自诩是执行 CAS 作战的优势平台，是基于其特殊的设计。该机专为支援地面作战部队而设计，配置一挺从机头处直接射击的 30mm 加特林机炮。<sup>54</sup> 其发动机安装在机身的外部上方，让飞机能在恶劣条件和泥土跑道上起降，同时也使发动机远离内置燃料舱，以免在战斗中受损。<sup>55</sup> 为保护飞机免遭轻武器火力的攻击，其他的考量包括燃料箱内衬燃料活性凝结剂、冗余飞行控制、非液压备用飞行控制系统，以及保护飞行员的钛金属球形包。<sup>56</sup> A-10 与其他飞机相比的一个主要缺陷，是缺少用于评估空中来袭威胁的雷达预警接收器。但是，整个 A-10 机群在 2007 年已经升级到 A-10C，意味着所有飞机更新了通信、反干扰、导航，以及驾驶舱内显示设备。<sup>57</sup>

按载弹量比较，A-10 比其他机型重，载弹量也最大。该飞机是机架配置最好的飞机，有 11 个外挂架，能配用三联弹射挂架和双导轨适配器，以增加每个挂架（分别）挂载的炸弹和导弹数量。在通用战斗配置中，这样的能力可允许 A-10 既能挂载空对空导弹和自我保护的抗干扰装置，也不影响其对地攻击的载弹能力。F-15E 配 7 个弹药挂架，另有只能挂载导弹的挂架。F-16 有 9 个载弹位，但翼尖的两个挂架只能挂载导弹，另外两个挂架通常专用于挂机翼油箱，以增加执行 CAS 任务时的航程和续航时间。所配炮弹的数量也相似。F-15 和 F-16 都从机身肩处发射 20mm 炮弹，内设弹匣仅能装 500 发。<sup>58</sup> A-10 配备的加农炮则更胜一筹，其内部弹匣中装有 1150 发 30mm 炮弹（数量更多，口径更大），并且，其装载的弹药中包括贫铀穿甲弹。这些弹药和传统的高爆燃烧弹结合起来，使 A-10 更能有效打击坦克和坚固装甲车辆。

在飞行成本方面，飞行 A-10 的成本在三种传统战斗机中最低，每飞行小时 20,000 美元，是空军所有战斗机种中最经济划算的战机。<sup>59</sup> A-10 在升级到 C 型机之前，每小时飞行总成本比现在要低近 5,000 美元。<sup>60</sup> F-16 紧随其后名列第二，每小时飞行成本 23,000 美元，作为一种多功能 / 双模作战飞机来说，这个成本也相当经济。F-15E 则远比其他两种飞机昂贵，每飞行小时成本达 40,000 美元，但与早先的 F-15C 和 F-15D 机型相同。<sup>61</sup> 当前预算吃紧，更提倡多用途飞机和能力，以 F-15E 取代 F-15C 是可行的选择。值得注意的是，前面介绍的 T-6A 教练机的每飞行小时成本仅为 2,500 美元。<sup>62</sup> 鉴于 AT-6B 的价格是 T-6A 的一倍，本文简单推定 AT-6B 的飞行小时成本也是 T-6A 的一倍。即使如此，按此数值计算，8 架 AT-6B 的飞行小时成本同一架 F-15 的成本相当。

在速度方面，两种多用途喷气式飞机最快，其中，F-15E 的飞行速度超过 1600 节（2.5 马赫），而单发动机的 F-16 略逊一筹，能达到 1300 节（2 马赫）。<sup>63</sup> 配备双涡扇发动机的 A-10 速度要慢得多，无法突破音速，最高速度仅为 400 节。<sup>64</sup> 但由于 A-10 机翼最长，在这个速度上更容易机动。<sup>65</sup> 这意味着，A-10 飞行高度更低，更容易辨识地面的友军和敌军，减少附带损毁和“自伤”事件。<sup>66</sup> 三种飞机中，只有 A-10 设计成能耐受轻武器火力，即使被击中也无大碍，因此更适宜在较低空飞行和作战。A-10 不仅配备电子反干扰手段和挂载大量弹药，其设在机翼中的自愈合燃料箱，以及保护飞行员的钛金属球形包（上文已提及）也值得称道，这一切都有助于飞机从战场全身而退。因为具备安全低飞能力，A-10 能在云层下及恶劣天气飞行，在任何条件下与敌方目标交火。<sup>67</sup> 飞得快的战机可以

更快地响应紧急呼叫，驰援与敌激战中的己方部队；但飞得慢的 A-10 能在空中巡航更长时间，直接好处就是能更长时覆盖战场，能使用传统弹药（成本极低，不需要全球定位系统导引）更精确地打击目标。

A-10 采用燃耗低的涡扇发动机，飞行和巡航时间更长，其航程达 2,240 海里，是 AT-6B 的近两倍半之多。<sup>68</sup> 因此，A-10 能连续巡航数小时而无需加油。A-10 的升限为 45,000 千尺，这种高空作战能力让 AT-6B 相形见绌。<sup>69</sup> F-15E 的航程为 2,100 海里，名列第二，但飞行距离取决于飞行速度。F-16 可飞 1,740 海里，如果飞行速度保持在大约 300 节，能飞行几乎 3 小时。<sup>70</sup> 但是，对紧急事件的“现实响应速度”通常是 500 节，这样，F-16 只能在目标上方驻留约 45 分钟，要想延长巡航时间就需经常空中加油。<sup>71</sup> F-15 和 F-16 的升限超过 A-10，但这对本文的比较分析影响不大，因为本文重点是对地交战，飞行高度超过 40,000 英尺在这方面并没有什么区别。

根据以上分析，在三种传统战斗机中，A-10 是支援地面作战的最佳机型。它飞行小时成本更低，飞行速度和飞行高度适中，巡航时间更长，载弹量更大，又具备能承受地面火力威胁的特制系统和冗余能力，故而能更好地保护飞机和飞行员，总而言之，A-10 无愧其专一使命：提供近距离空中支援。

### F-35 战机

空军高层领导人已经指定 F-35 取代 A-10。<sup>72</sup> F-35 和 F-16 一样，是多用途战斗机，代表最新一代，具备更强大的能力和最尖端的隐身技术。在过去 12 多年中，洛克希德马丁公司投入近 4000 亿美元开展研制，期间数度出现挫折，包括发动机问题和结构裂缝，

致使这家制造商自掏腰包 1.7 亿美元来冲抵政府成本。<sup>73</sup> 采购进度总算顺利，截至 2015 年 4 月，已交付客户 130 架。<sup>74</sup> 继此前推出的空优战机 F-22，F-35 是洛马公司制造的第二款五代机，“是经过优化的、能执行空对空、空对地和情报监视使命的多功能战斗机。”<sup>75</sup> 这款战机能否比传统战斗机更胜任 CAS 作战，还有待时间验证。

F-35 与传统战斗机的不同特点包括：先进的一体化航电系统、先进的传感器、隐身能力，还有“强化的态势感知”，以及自动化后勤信息规划系统。<sup>76</sup> 因为这是新型飞机，其机群机龄和平均飞行小时都可能是最低的；但是，新飞机会发生在研制和测试阶段无法预料的自发问题和故障。与 AT-6B 不同，F-35 的设计并非以前飞行过的飞机为蓝本。由于 F-35 每飞行小时成本的估算尚未确定，可以推断接近现在全面投入使用的 F-22，因为二者类似：都是由洛马生产的第五代隐形飞机。F-22 在初期部署时每飞行小时成本起步超过 250 万美元，现在的飞行小时成本大约在 7 万美元。<sup>77</sup> 如果 F-35 的情况也如此，与现有的战机群相比，F-35 开展 CAS 作战的费用会更高。

在载弹能力方面，F-35 的排名高于任何其他战机，达 18,000 磅。<sup>78</sup> F-35 使用几乎跟 F-16 相同的先进和常规弹药，由机身肩头发射的内置 25mm 机炮取代 F-16 的 20mm 航炮。不过有一点需要说明，要想承载超过 5,000 磅弹药，就必须使用外部挂架，因为内部武器舱的标准配置为两枚 2,000 磅炸弹和两枚 AIM-120 导弹。<sup>79</sup> 外挂额外的弹药会限制 F-35 作为隐身战机的能力，增加的表面积和形状会改变飞机的雷达信号特征。就开展 CAS 作战而言，若想让 F-35 与 A-10 竞争，

其性能必须接近 F-16，而其作战成本要增加三倍。

F-35 标配负荷仅限于内舱，如不使用两翼外挂油箱，飞机的燃料载量有限，将航程限制在大约 1200 海里，仅比 AT-6B 多 300 海里，但比 F-16 少 500 海里。<sup>80</sup> 为求隐身而不带外挂就会缩短航程，使 F-35 必须一直依赖空中加油，且弹药有限，否则实在难以执行 CAS 任务。虽然 F-35 能满足隐身要求下的 CAS 使命，但作战成本会更高，而且它能提供的支援，在数量上要比在已取得空中优势的环境下低很多。就是说，如果作战环境不要求隐身，部署 F-35 隐身参战只会加大作战成本。在这类作战情境下，AC-130 是更好的选择，因为此机型已经按照特种作战要求装备了一定的隐蔽和规避手段，而其燃料载量要大得多，巡航时间更长，且如在防区外作战，其弹药投放量也相当大。与其他战机相比，F-35 的速度也很一般。根据制造商洛马公司的设计，一架内部满载的 F-35，其速度仅为 1,050 节（1.6 马赫），比 F-16 和 F-15E 分别要低 250 和 550 节。<sup>81</sup> 和 A-10 相比，F-35 对地面与敌交战部队的支援请求的反应略快一些，但这点优势立刻被其他方面的劣势抵消，例如其航程更短，且内舱燃料载量有限，故而巡航能力很差。

## 建议和结语

以上的对比分析表明，A-10 优于其他机型，主要由于这是唯一的一款专用于对地攻击的现代战机。它在设计和建造上，专注于提供无与伦比的对地作战支持，特别重视如何在执行低空攻击任务时保护自身避免在战斗中受损。例如，A-10 虽然缺少雷达预警接收器系统，却是唯一一种完全能从泥土跑道起降的飞机。在伊拉克和阿富汗战场，我军

对 CAS 的巨大需求,持续使 A-10 不可缺少,并需要升级改造。为此,空军完成了一项“服役延寿计划”,重新组装和加固其机翼和结构部件,确保“A-10 能继续安全和有效飞行达 16,000 小时或超过 2028 年”。<sup>82</sup> 此外,A-10 的 C 型机通过“雷电(攻击机)生命周期项目保障优化整合”计划,升级了航电部件,并以 16 亿美元的合同,现代化改造了其精确交战系统,同时保证备品备件的供应,这给予 A-10 同新机型类似的后勤保障支持。<sup>83</sup> 至于 F-35,虽然代表最尖端技术并蕴藏潜在能力,但因其为多用途飞机,投入 CAS 作战难以发挥效能,而且其重要的隐身特征,在需要巨大弹药和燃料载量的 CAS 激烈交战中,其实作用不大。

今日之战场,无不需 CAS 支援,美国空军需要保留 A-10。这是一款专为 CAS 使命设计的机型,执行近距离目标打击和空中支援为其他任何机种所不及,其 CAS 能力无与伦比,并可继续为空军效力数十年,若将其淘汰,有失轻率。以尚未经过实战考验的下一代多用途战机来取代 A-10,是不明智的考虑。F-35 的相关统计和技术规格表明,在 CAS 作战方面,它其实不及其他的多用途战机,何况其总造价高达 4,000 亿美元。如果从 F-35 项目费用中拨出 1%,用来保留 A-10,定能更好地服务空军,尤其是考虑到空军已经耗费巨大资金完成了 A-10 机群的升级,延

长了其服役寿命,改善了其作战性能。采购轻型攻击机来降低战争中每天保持 CAS 覆盖的整体运营成本,也是明智的做法,只要合理设计采购预算和计划,应能到时回收成本。进一步,虽然 F-16/F-15E 与 F-35 相比相对老旧,但在多用途作战方面继续表现出色,即此而言,也表明空军应减少 F-35 的采购数量。

在美国空军,实施 CAS 作战最理想的飞机,不是多用途战机,而是特别为此使命设计的专用飞机,连同与其他专用飞机及多用途飞机的配合,方可更卓越地支持地面行动。目前,开展 CAS 作战的最佳机型是 A-10。从经济角度来看,我们已投下重资,完成了此机群的升级,可保持今后继续服役 14 年,完成这些努力之后,却让 A-10 退役,于情于理都说不通——更何况,由 F-35 来执行相同的任务,成本要高出近三倍。

如果美国希望继续主宰天空,需要具备多款专用飞机执行专门任务,也需要精通这些专业领域的飞行员。如果置整体能力于不顾,一味指望寥寥几种更新颖的“万能”飞机包打天下,会束缚指挥官履行使命的能力。如果整体能力降低,还会导致美国空军本身(以及其所支援的陆军、海军及海军陆战队)功能退化,在支援地面作战中,可能加大战员伤亡,更难避免附带毁伤,造成致命的后果。★

## 注释:

1. Terri Moon Cronk, “Sequestration Harms Air Force Readiness, James Says” [空军部长称自动削减预算伤害空军战备能力], DOD News, Defense Media Activity, 25 February 2015, <http://www.defense.gov/news/newsarticle.aspx?id=128247>.
2. Jim Garamone, “Budget Woes Cause AF to Refine Funding Priorities” [预算紧张导致空军调整资金使用的轻重缓急], US Air Force, 13 December 2013, <http://www.af.mil/News/ArticleDisplay/tabid/223/Article/467744/budget-woes-cause-af-to-refine-funding-priorities.aspx>; 另参看 Cheryl Pellerin, “Service Chiefs Detail 2014 Sequestration Effects” [空军首脑细说 2014 年预算自动削减的影响], US Air Force, 19 September 2013, <http://www.af.mil/News/ArticleDisplay/tabid/223/Article/467167/service-chiefs-detail-2014-sequestration-effects.aspx>.

3. 同上。
4. 同上。
5. “Department of Defense Briefing by Maj. Gen. James Martin on the Fiscal Year 2016 Air Force Budget in the Pentagon Briefing Room” [詹姆斯·马丁少将在五角大楼简报室就 2016 财年空军预算所做的国防部简报], news transcript, Department of Defense, 2 February 2015, <http://www.defense.gov/Transcripts/Transcript.aspx?TranscriptID=5586>.
6. Karlo Copp, “Close Air Support in COIN Operations” [平叛作战中的近空支援], Defence Today, June 2010, <http://www.ousairpower.net/SP/DT-CAS-in-COIN-Jun-2010.pdf>.
7. 同注 2。
8. Joint Publication 3-09.3, Close Air Support [联合出版物 JP 3-09-3 : 近距离空中支援], 25 November 2014, I-1, [https://jdeis.js.mil/jdeis/new\\_pubs/jp3\\_09\\_3.pdf](https://jdeis.js.mil/jdeis/new_pubs/jp3_09_3.pdf).
9. 同上, 第 1-6—1-8 页。
10. 同上。
11. Pierre Sprey and Winslow Wheeler, “Chuck Hagel’s A-10 Legacy” [前国防部长海格尔斯的 A-10 遗产], Center for Defense Information at POGO, Project on Government Oversight 28 February 2014, <http://www.pogo.org/strauss/issues/weapons/2014/chuck-hagels-a-10-legacy.html>.
12. General Accounting Office, Observations on the Air Force Flying Hour Program [关于空军飞行小时计划的调研结果], GAO/NSIAD -99-165 (Washington, DC: Government Printing Office, July 1999).
13. 同上。
14. 同上。
15. 同上。
16. 同注 11。
17. Sandra I. Erwin, “Bumpy Ride Ahead for Military’s Future Helicopter Program” [美军未来直升机计划前途崎岖], National Defense Magazine, 4 June 2014, <http://www.nationaldefensemagazine.org/blog/Lists/Posts/Post.aspx?ID=1522>.
18. 同上。
19. 同注 11。
20. 同注 11。
21. 同注 11。
22. General Accounting Office, B-2 Bomber: Cost and Operational Issues [B-2 轰炸机 : 成本和运作问题], GAO/NSIAD-97-181 (Washington, DC: General Accounting Office, 14 August 1997).
23. FAS Military Analysis Network, Federation of American Scientists, “M102 105mm Cannon” [M102 型 105mm 加农炮简介], 9 January 1999, <https://fas.org/man/dod-101/sys/ac/equip/m102.htm>.
24. FAS Military Analysis Network, Federation of American Scientists, “AC-130H Spectre/AC-130U Spooky” [AC-130H 鬼怪 / AC-130U 幽灵简介], 8 January 2000, <http://fas.org/man/dod-101/sys/ac/ac-130.htm>.
25. US Air Force fact sheet, “AC-130U” [AC-130U 简介], 20 January 2016, <http://www.af.mil/AboutUs/FactSheets/Display/tabid/224/Article/104486/ac-130hu.aspx>.
26. US Air Force fact sheet, “AC-130J Ghost Rider” [AC-130J 幽灵骑士简介], 16 December 2013, <http://www.af.mil/AboutUs/FactSheets/Display/tabid/224/Article/467756/ac-130j-ghost-rider.aspx>.
27. 同上。
28. “Jordan’s AC-235 and AC-295 Pocket Gunships” [约旦的 AC-235 和 AC-295 袖珍飞行炮舰], Defense Industry Daily, 22 July 2014, <http://www.defenseindustrydaily.com/jordans-pocket-gunships-cn-235s-converting-06778/>.
29. US Air Force fact sheet, “MQ-9 Reaper” [MQ-9 收割者简介], 23 September 2015, <http://www.af.mil/AboutUs/FactSheets/Display/tabid/224/Article/104470/mq-9-reaper.aspx>.

30. Craig Whitlock, "When Drones Fall from the Sky" [ 无人机从天而降之时 ], Washington Post, 20 June 2014, <http://www.washingtonpost.com/sf/investigative/2014/06/20/when-drones-fall-from-the-sky/>.
31. 同上。
32. 同上。
33. 同上。
34. Beechcraft Company, "AT-6 Light Attack: Overview" [AT-6 轻型攻击机简介 ], <https://www.beechcraft.com/defense/at-6/>.
35. 同上。
36. US Air Force fact sheet, "T-6A Texan II" [T-6A 得克萨斯人 II 简介 ], 28 March 2003, <http://www.af.mil/AboutUs/FactSheets/Display/tabid/224/Article/104548/t-6a-texan-ii.aspx>.
37. 同注 11。
38. 同注 36 ; 另参看 Maj Steven J. Tittel, "Cost, Capability, and the Hunt for a Lightweight Ground Attack Aircraft" [ 成本、能力以及寻求轻型对地攻击机 ], (master's thesis, US Army Command and General Staff College, Fort Leavenworth, KS, June 2009), 40.
39. Beechcraft Company, "AT-6 Light Attack: Specifications" [AT-6 轻型攻击机技术数据 ], <https://www.beechcraft.com/defense/at-6/specifications.aspx>; and Tittel, "Cost, Capability," 45.
40. 同注 38 "成本、能力以及寻求轻型对地攻击机", 第 46 页。
41. 同注 36。
42. 同注 38 "成本、能力以及寻求轻型对地攻击机", 第 15 页。
43. 同注 38 "成本、能力以及寻求轻型对地攻击机", 第 15 页。
44. 同注 38 "成本、能力以及寻求轻型对地攻击机", 第 41-42 页。
45. "AT-6B Light Attack Aircraft / Trainer, United States of America" [ 美国的 AT-6B 轻型攻击机 / 教练机 ], [airforce-technology.com, http://www.airforce-technology.com/projects/at-6b-light-attack/](http://www.airforce-technology.com/projects/at-6b-light-attack/).
46. 同注 38 "成本、能力以及寻求轻型对地攻击机", 第 68 页。
47. US Air Force fact sheet, "F-16 Fighting Falcon" [F-16 战隼简介 ], 23 September 2015, <http://www.af.mil/AboutUs/FactSheets/Display/tabid/224/Article/104505/f-16-fighting-falcon.aspx>.
48. 同注 38 "成本、能力以及寻求轻型对地攻击机", 第 46 页。
49. US Air Force fact sheet, "A-10 Thunderbolt II" [A-10 雷电 II 简介 ], 22 September 2015, <http://www.af.mil/AboutUs/FactSheets/Display/tabid/224/Article/104490/a-10-thunderbolt-ii.aspx>.
50. 同注 47。
51. 同注 49。
52. US Air Force fact sheet, "F-15E Strike Eagle" [F-15E 攻击鹰简介 ], 15 April 2005, <http://www.af.mil/AboutUs/FactSheets/Display/tabid/224/Article/104499/f-15e-strike-eagle.aspx>.
53. 同上。
54. Pierre Sprey, interview by Dan Sagalyn, "How the A-10 Warthog Became 'the Most Survivable Plane Ever Built'" [A-10 疣猪如何成为 "史上生存力最强飞机" ], Public Broadcasting Service Newshour, 25 February 2014, <http://www.pbs.org/newshour/updates/10-aircraft-designer-explains-warthogs-unique-characteristics/>.
55. 同上。
56. 同上。
57. 同注 49。
58. 同注 47 和注 52。
59. 同注 54。

60. 同注 54。
61. 同注 54。
62. 同注 54。
63. 同注 47 和注 52。
64. 同注 49。
65. 同注 54。
66. 同注 54。
67. 同注 54。
68. 同注 49。
69. 同注 49。
70. 笔者与美空军 F-16 飞行员 Jason Holmes 上尉交谈，13 June 2015.
71. 笔者与南卡空军国民警卫队 F-16 飞行员 William Broman 少校交谈，14 June 2015.
72. 同注 2。
73. “F-35 Airplane Joint Strike Fighter: Chronology of Coverage” [F-35 联合打击战斗机：报道大事记], New York Times, 28 July 014, [http://topics.nytimes.com/top/reference/timestopics/subjects/m/military\\_aircraft/f35\\_airplane/index.html](http://topics.nytimes.com/top/reference/timestopics/subjects/m/military_aircraft/f35_airplane/index.html).
74. Terri Moon Cronk, “F-35 Program 'on Right Track,' Director Says” [总监称 F-35 项目进展“符合预期”], US Department of Defense, 15 April 2015, <http://www.defense.gov/news/newsarticle.aspx?id=128595>.
75. Lockheed Martin Company, “About the F-35: The Multi-variant, Multirole 5th Generation Fighter” [多机型多功能第 5 代战斗机 F-35 简介], <https://www.f35.com/about>.
76. “F-35A Lightning II Conventional Takeoff and Landing Variant” [F-35A 闪电 II 常规起降型], US Air Force fact sheet, 11 April 2014, <http://www.af.mil/AboutUs/FactSheets/Display/tabid/224/Article/478441/f-35a-lightning-ii-conventional-takeoff-and-landing-variant.aspx>.
77. 同注 11。
78. “F-35A Conventional Takeoff and Landing Variant” [F-35A 常规起降型], Lockheed Martin fact sheet, <https://www.f35.com/about/variants/f35a>.
79. 同上。
80. 同注 76。
81. 同注 78。
82. Jan Tegler, “A-10 Thunderbolt II: TLPS Upgrades Keep the Warthog Viable” [A-10 雷电 II: TLPS 升级保持疣猪继续服役], Defense Media Network, 11 May 2010, <http://www.defensemedianetwork.com/stories/a-10-thunderbolt-ii-tlps-upgrades-keep-hogs-current-to-2028-or-beyond/>.
83. 同上。



喀迈尔·卡乌什，美国空军少校 (Maj Kamal J. Kaaoush, USAF)，科罗拉多州立大学理学士，空军大学空中力量艺术科学硕士，现为华盛顿特区阿那科斯蒂亚-波林联合基地国防情报局联合武官学院学员，正在接受地区事务战略专家培训，预定于 2017 夏季接任驻卡塔尔空军武官职位。此前他曾两次部署阿富汗，支援陆军喷气机远征任务，并在德国斯潘达勒姆空军基地、内华达州奈利斯空军基地及约旦 Muwaffaq Salti 空军基地若干传统战斗机单位担任维修官。少校是空军中队指挥官学院、空军指挥参谋学院和国防语言学院的毕业生。



## 在亚太推行战略灵活威慑

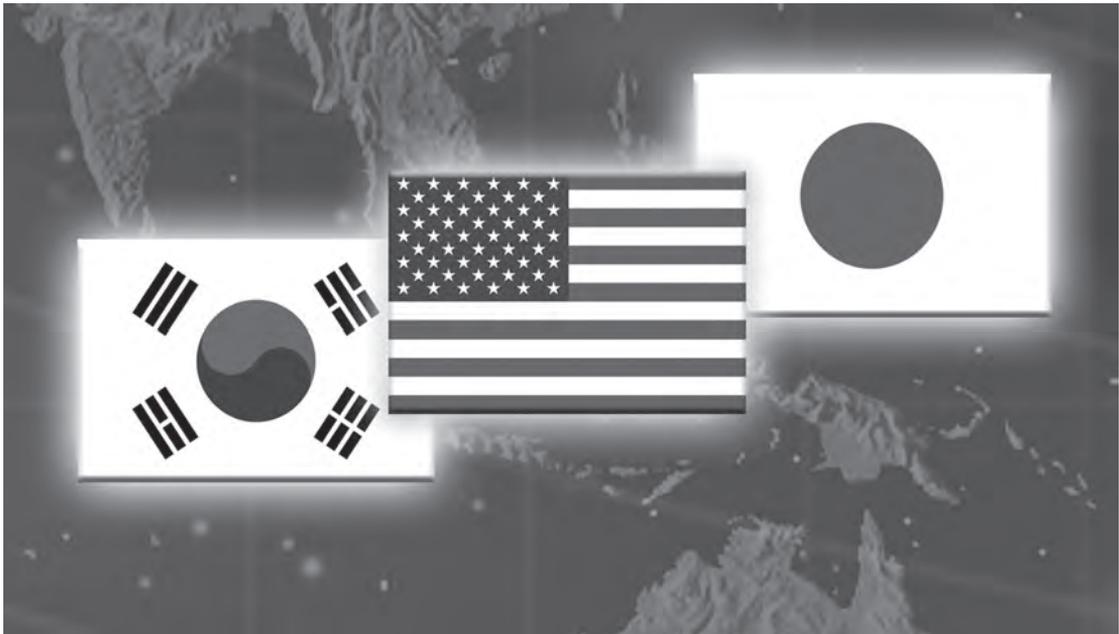
### Strategic Flexibility to Deter in the Asia-Pacific

汤姆·托克尔松，美国空军上校（Col Tom Torkelson, USAF）；

丹·凯利，美国陆军上校（COL Dan Kelley, USA）；

林康昌，日本航空自卫队上校（Col Yasumasa Hayashi, JASDF）；

威廉·麦金尼，美国海军上校（CAPT William McKinney, USN）



近年来，中国和俄罗斯军事复兴方兴未艾，美国则推行所称的亚太再平衡和压缩军事预算国策，大局的演进，意味着有必要抓住时机重新评估美国在该地区的军事政策。中国方面，不断增加空中和海上武力展示，在2013年11月宣布了异常扩张的防空识别区，并且过去一年来在南海持续

TPP = 跨太平洋伙伴关系协议  
OPCON = 作战控制权

增建岛屿基础设施；俄罗斯则非法吞并了克里米

亚。所有这些都表明，中俄两国不惧美国对它们的政治和军事威慑，在该地区积极和刻意地推行力量投射政策。<sup>1</sup> 美国在过去20年里专注于伊拉克和阿富汗战争，当前又卷入叙利亚冲突，中国抓住时机，现在“更加积极地推进其领海声索，而俄罗斯则是更加肆无忌惮地对外干涉。”<sup>2</sup> 在当今动荡不已的安全环境中——特别是在亚太地区——美国应继续摆脱基于双边防务协定的“前冷战”模式，即由相对大规模常设前沿军事存在所支持的

模式，而转向体现“战略灵活性”的远征防御态势。这种态势将以减少自身可预测性以及为政治领导人提供更广泛的响应选项，而增强对地区的威慑力。<sup>3</sup> 本文建议的美国战略灵活性防御态势需要具备以充分数量、质量、响应能力和生存能力这四个要素构成的战区军事能力，它不以应对来自特定方位的特定威胁为备战要求。为了有助于在预算紧缩时期实现这种态势，美国应与其在该地区的两个能力最强的军事盟友——日本和韩国——寻求建立三边防御关系，并考虑修改地区力量结构，以能提供不带先决条件的持续存在。

### 针对当今形势的灵活威慑：劝阻

这里所说的“威慑”，与托马斯·谢林在其开创性著作《武器与影响》中所建立的纯决定性定义，略有差别。<sup>4</sup> 他认为，作为阻遏对手行动的一种态势，威慑的作用比“强迫”（compellence）更具“防御性”，而“强迫”是一种意在反转已实施行动的态势。这两种态势都存在于更大的“胁迫”（coercion）概念之下（即，利用对方行动者的心理，在威胁或者使用武力的支撑下，争取使他选择原本不会采取的行动）。这种形式的威慑遵循“如果—那么”的决定逻辑：如果对手选择采取某一具体的行动，那么将会发生某种特定的结果。这种态势尽管经常有效，实际上限制了政策制定者的响应选项，它本质上要求设立一条“红线”：如果对方越过红线，则触发己方跟进实施武力威胁，以维护威慑的整体可信度。本文所说的威慑，更多的是指由一系列政策选项所产生的威慑作用，这些选项靠国家整体力量工具所支持，“并非由一个公开的威慑政策所指导”。有人将这种威慑作用定义为“劝阻”（dissuasion），但在美国国防

部的联合作战准则文件中，此概念最接近战略威慑。<sup>5</sup> 这种更具关联性的政策形式，“表明我方的响应可把握在不同程度的力度上……[并遵循]‘如果—也许’的灵活政策形式……我们的关联响应可能体现为兵力调动、态势展示、装备采购，或者推断结果，亦即如果对方采取任何不利于我方的行动，那么我们可能采取某种未加指明的响应行动。我们制定自己的政策，从事自己的活动，时时保持灵活性，按照对方的行动选择而随机应变。”<sup>6</sup>（粗体强调系后加）

这种更具灵活性和关联性的威慑形式——或称作“劝阻威慑”——还包括威慑政策为伙伴提供保证的积极一面。劝阻威慑，不仅产生阻吓对手不敢轻举妄动的威慑效果，还可以“与盟国共享相应的积极政策目标……吸引并安抚盟国，保证对潜在侵略者的各种攻击做出反击。”本文认为，劝阻能起到威慑和安抚的双重作用，“这两个政策目标相辅相成，有助于我们的国家安全，”特别是在与日本和韩国等主要盟国同步行动的情况下，能够在亚太地区取得巨大的效果。<sup>7</sup>

安抚盟友，近来对美国更加重要；因为我们的合作伙伴和潜在对手越来越相信，美国可能不愿意——或许缺少经济能力——卷入大规模的军事行动。这种看法的形成源于几个因素，包括美国国会经历了备受瞩目的自动削减开支之争，奥巴马总统在叙利亚越过他设立的化学武器使用红线后仍决定不采取行动，美国对俄罗斯军队吞并乌克兰主权领土的回应被视作软弱，以及伊斯兰国迅速崛起与扩张，等等。“这些[被视作]退却的行为，在朋友和敌人中都种下了令人烦恼的猜疑：若有大事临头，美国可能根本不会出面。”<sup>8</sup> 在此背景下，奥巴马总统 2014 年成功地从国会得到了十亿美元的拨款，用于“欧

洲安全保证倡议”；该机制旨在通过增加演习范围和规模，以及联合军事存在，重申对欧洲和北约盟友的安全保证。这笔资金至少将会持续到下一财年，但它不应用于亚太地区；而在该地区，复兴而日益自信的中国没有释放明确的意图，朝鲜金正日政权一如以往逞勇好战，俄罗斯东部战线的军事活动继续显现升级。“亚洲在2013年军购支出首次超过欧洲——此迹象显示各国意识到求人不如求己，”它们已经不信任美国会出手相救。如此种种，或许表明美国用于安抚盟友的资金其实排错了轻重次序，无意中更加剧了亚太地区已然高涨的紧张。<sup>9</sup>

然而，如果能采取一种基于劝阻性威慑理论的战略灵活性政策，美国将既可威慑对手，又可巩固亚太地区盟友的信心。进一步，这项政策如与坚固的美—日—韩防务协议结合起来，而其力量结构不再与精确应对特定威胁牢牢捆绑，那么，战略灵活性的劝阻效果将更行增加。

## 复兴的中国

自从中华人民共和国1949年10月1日成立以来，中国的国家安全战略和相应使用武力的意愿，一直随着其所认定的本身经济和军事实力与美国和前苏联/俄罗斯的对比而调整。新中国在其成立后的前三十年，经济和军事实力显著落后于美国和苏联，因此推行的是毛泽东的“积极防御”国策。<sup>10</sup>当时，中国的首要目标是慑阻外来入侵，但同时也显示使用武力的意愿，是为保卫其领土，维护主权不受外来侵犯，并展示国家公信力和决心。在此期间，中国还做到严格限制使用武力，以尽量降低战争意外升级的可能性和严重代价。<sup>11</sup>

1976年毛泽东去世后，邓小平上台，开始了三十年的经济改革和增长，他推行城市化，开放市场价格，建造相对少受官僚制度制约的经济特区以吸引外国投资。在苏联于1991解体的同时，中国的财富快速增长，得以更多地投资于军事建设，自1989年以后，军费以每年至少10%的速度增加。<sup>12</sup>尽管中国高速发展，但是在经济和军事实力上仍然落后于美国，这促使邓小平将“韬光养晦”定为中国的新国策。<sup>13</sup>这句中国成语的意思就是，“收敛锋芒，等待时机”——兵力做威慑之用，到万不得已而用。中国开始运用武力获取自然资源，并在东海和南海水域用于保卫海上交通线。<sup>14</sup>

中国经济实力自2000年以来持续上升。1990年中国名义国内生产总值（GDP）在全世界名列第十。2000年上升到第六，到2009年仅居美国之后为第二。<sup>15</sup>中国的人均GDP也稳定增长，为该地区邻国创造了越来越富有吸引力和不可或缺的中国市场。<sup>16</sup>这些发展趋势，使得当今中国能够在本地区彰显自信，越来越接近地区霸权位置，并可能“终雪百年国耻……而成地区霸主。”<sup>17</sup>尽管有些人将中国最近的经济放缓作为乐观的理由，事实上，中国的军事开支在2016年仍然上涨了7.6%。<sup>18</sup>这一数字是中国军费六年以来的最低增长率，也是2010年以来首次出现的个位数增长；此前在西方普遍削减国防开支的同时，中国的军费20多年中连续以两位数的速度增长。从这些数字中或许能够看到些许的乐观，但中国扩大国防开支的势头却远远没有衰退。

如今，中国以“保护其海洋权益”为由，在东海和南海推行其海上和领土目标，随着其军事能力的提高，中国将以军事力量威胁、要挟日本与韩国，以有利于自己的方式，施

加影响或者解决纠纷。<sup>19</sup> 一些观察人士认为，中国有意以“速战速决”的方式，从日本手中夺取尖阁列岛（即中国所称的钓鱼岛）。<sup>20</sup> 日本将中国在亚太地区的再次复现，视为对其尖阁列岛主权声索和整体安全的直接威胁。<sup>21</sup> 这种看法增加了地区武装冲突发生的可能性，有人认为这种冲突不可避免，并导致日本“考虑修订其和平宪法”。<sup>22</sup> 中国在东海方向设立了引发争议的防空识别区，使得这一趋势继续发展；中国并在南海有争议的斯普特拉特利群岛区域投资建设七个新岛，也助长了紧张局势。新建岛屿设施据说是为了改善“边远驻扎人员的生活和工作条件”，这些位于争议区域的全部设施合起来，为中国力量投射新增出 3,200 英亩土地，其中包含先进的港口、机场，甚至还有篮球和网球场。<sup>23</sup> 中国海警不断闯入日本水域的情况有增无减，中国似乎决意控制周边水域，并限制美国海军在太平洋和印度洋上的主导地位。<sup>24</sup> 尽管美国继续向中国施加外交和军事压力，要求“基于国际法原则”和东盟的行为准则“解决海洋争端”，中国仍然坚持游离于国际惯例之外，与各国以双边的方式互动，尽可能实现自身目的。<sup>25</sup>

中国的双边手法还损害了美国在该地区的双边联盟。例如，中国反对日本在 2014 年 7 月与韩国的联合声明中关于“集体自卫权”的宣布；2015 年 2 月中国向韩国表示，中国反对在韩国部署美国倡导的“萨德”反导系统。随着中国经济和军事实力的不断增长，其积极影响地区邻国内部事务的能力也不断提高。正如韩国和台湾越来越乏力抗拒中国目前的经济和军事影响力，美国在亚太地区的其它合作伙伴，也可能会屈服于中国日益增长的霸权。<sup>26</sup> 为避免另一种多米诺骨

牌效应，美国必须重新思考与其亚太地区伙伴的双边联盟。

## 重新思考亚太双边关系

1960 年 1 月签署的《美日安保条约》第五条，代表的是冷战时期两国“在受到攻击时相互支持”的契约。<sup>27</sup> 如今，日本仍然是这个过时协议的主要受益者；而该协议的初衷主要是为了制衡苏联。<sup>28</sup> 然而，由于中国的崛起，以及朝鲜的不可预测性，协议下的这种美日关系对塑造亚太地区环境再次产生相关性。<sup>29</sup> 虽然日本现在对集体自卫权的解释是一种受欢迎的推动力，有利于增加日美双边互动操作性和接触；但是日本必须采取谨慎方式，以避免激化中日关系。美国领导人微妙但直接呼吁日本领导人淡化其言辞和对中国的挑衅行为，但在这方面的努力收效甚微。一个值得注意的例子是：美国副总统拜登曾委婉提出异议，但是安倍晋三首相还是参拜了有争议的靖国神社。<sup>30</sup> 可以理解，美国之所以避免批评日本领导人，是相信中国如果看到“美国与日本之间的任何丁点分歧”，都将会继续其恐吓战术。<sup>31</sup> 然而，如果日本为应对中国的挑衅而采取任何单方面的军事反应，都将置美国的信誉于两难境地。假如美国不能站出来支持日本，国际社会对美国承诺与力量可靠性的信任将进一步削弱，从而鼓励其它国家“迎合中国和包容中国利益”。<sup>32</sup> 进一步，美国根据与日本的共同防御条约，如在东海或南海实施快速军事反应，可将美国置于固有的劣势。中国人民解放军海军将拥有“集中其所有力量和努力的优势”进行对抗，而美国则由于其在全球的其它承诺，只能投入其武装部队的“极少部分”。虽然在整体军事实力上解放军弱于美军，但“解放军完全有理由成为其相关地区 [ 东海和南

海上]最强大的军事力量。<sup>33</sup> 由此看来,过时的美日防御条约实际上不是扩大、而是限制了互惠互利的军事反应选项——就是说,此条约必须按照2013年10月安保磋商委员会会议期间所达成的协议进行修改。<sup>34</sup> 这项重要关系能够在没有美国空白支票的支持下坚持下去,并且可以演变成成为对美国在亚太地区基于劝阻威慑的战略灵活性政策的支持。

起始于1953年朝鲜停战协定的美韩同盟,也将受益于这一考虑周详的修订。因为中国、朝鲜或者韩国任一方采取单方面行动,同样可能会迫使美国为维护其安保承诺可信度而走上高风险对抗之路——而美国可能不愿意选择这种原本可以避免的对抗。不过在这种情况下,韩国经济的自给自足可能成为美国解除与首尔之间约束性条约的关键。韩国和美国已达成共识,确保韩国经济持续增长,作为改善韩方军事力量的必要资助方案,使韩国在其自身防御中发挥更大作用。在2014年4月的韩美联合记者会上,朴槿惠总统将“韩美自由贸易协定”以及共同防御条约,称作是两国联盟的“两个主要支柱”和韩国进入“跨太平洋伙伴关系协议”(TPP)的钥匙。<sup>35</sup> 成为TPP成员不仅将增加韩国的财经机会,而且还“能够促进在亚洲-太平洋地区的合作。”<sup>36</sup> 韩国加入TPP或可能收获的财经利益,将提供更多的资金来负担韩国的国防开支——这是美国的要求——特别是在空军和海军作战能力方面。通过增强韩国的经济增长,作为提供改善军事力量所需资金的手段,美国可以建立与韩国一道重塑联盟和实现真正战略灵活性所需的谈判空间。

## 构建美日韩三边伙伴关系

依据美国国家安全战略,美国应适时对其“在亚洲的安全关系以及防御态势和存在”

加以多样化。<sup>37</sup> 这项声明表明,探索该地区互利共赢防御方案的范围必须扩大,要超越目前界定和限制美国在亚太响应选项的双边关系。

鉴于日韩之间的深度对抗历史,一些评论家认为,美国与这两个国家之间建立三边关系是不可能的。然而,尽管两国之间几个世纪以来的紧张关系,加上日本1910-1945年间对朝鲜的殖民统治和军事占领,以及当代的领土声索争端,这两个国家都显示出密切政治与军事合作的意愿,包括安倍晋三首相和朴槿惠总统最近就“慰安妇”问题达成的协议。<sup>38</sup> 这一进展至关重要,因为“韩国和日本如不能妥善处理自己的过去,不仅危及自身安全,而且也危及美国的安全。”<sup>39</sup> 要想达成妥协还有许多障碍,其中独岛/竹岛争端是最悠久的、也是最具争议的问题之一,涉及到“韩国人视为摆脱日本殖民统治的象征”的土地。<sup>40</sup> 这一争端必须解决,如果不予处理,“它将会影响双边关系,包括在抗衡中国和不稳定朝鲜上的安全合作。”<sup>41</sup> 鉴于对这两个国家的影响深远,美国或许处于促成可接受解决方案的最佳地位。然而,推销区域安全的三边做法,需要“新型的政治家思维……来愈合这种根深蒂固的分歧”,需要美国总统领先出面,将安倍晋三首相和朴槿惠总统拢到一起,开展有意义的会谈,鼓励这样的“搭桥建设。”<sup>42</sup> 诚然,这种努力任重道远,因为“这两个邻居之间的战略和军事合作几乎不存在,而且即使有丁点儿合作,通常也是在公共视线之外。”<sup>43</sup>

战略与国际研究中心在檀香山的太平洋论坛中心执行主任布拉德·格劳斯曼(Brad Glosserman)提出了一些值得考虑的想法。他建议,双方签署“恢复关系的‘联合[韩-日]宣言’”,进一步,双方承诺保持睦邻友好和

共同应对新的安全威胁，日本方面应声明支持首尔政府领导下的朝鲜半岛重新统一，列明共同价值观和利益主要原则，包括海事安全威胁和双边贸易；韩国方面承认日本对区域安全的贡献和其未来的安全角色。<sup>44</sup> 此外，美国战略智库威尔逊中心的麦克丹尼尔·威克（McDaniel Wicker）提出，三国间承诺在由各自国防和外交部长组成的“2 + 2 + 2”论坛上会面，可能会促成美日韩三国在政治和军事的共同关切上更趋于一致。<sup>45</sup> 这些建议是建立灵活的美日韩三边防御协议的切实步骤，而且也是解决旷日持久日韩争端的搭桥措施——此举也是美国形塑和共同分担在亚太安全责任的任何政策取得成功的重要前提。<sup>46</sup> 加上对崛起的中国的共同关切，美日韩还有达成政治伙伴关系的乐观可能。

然而，任何这种正式的关系必须始于这三国之间已经加强的军事关系。日本和韩国，源于它们各自与美国的双边关系，都拥有整合得非常好的现代军事能力。在海洋领域，韩国海军和日本海上自卫队都以各自成熟强健的蓝水舰队而称雄。两国的海军虽然专注于对各自国土的防御，但是通过参与定期演习和全球行动，包括反海盗、人道救援和更多行动，都已经证明具有与美国海军作战群合作行动或纳入其内的能力。作为展现美日韩三国更深层军事合作与协调行动潜力的实例，“乔治·华盛顿”号航母战斗群参加了2012年6月与日韩两国海上军事单位在东海举行的三方海军演习，着重演练救灾和海上安全。<sup>47</sup> 此外，出于防御朝鲜和中国的共同利益，韩国海军和日本海上自卫队被定性为“注定必须合作”，特别是在反潜战领域，以及在共同的贸易与准入挑战方面。<sup>48</sup> 签订协作处理海上和空中事件规程的三方协议，是三方合作的另一个潜在领域。<sup>49</sup> 一些人认为，

美中之间应寻求建立类似冷战期间美国与前苏联建立的“海上事件协议”。然而，鉴于已有的现代国际规程协定等在当年美苏协议签署时很大程度上未曾实施，这种协议可能并不必要。<sup>50</sup> 倒是美日韩建立这方面的伙伴关系，将有助于支持国际社会监督中国遵守现有规程，增加本地区提请相关国际理事机构进行事件裁决的合法性。

除了共享海上防御之外，天空也可望成为三国类似协同行动的领域。在以天空为中心的军事演习方面，美国已经与日韩两国分别建立了深厚的双边关系。美日“利剑系列”与美韩“乙支自由卫士”、“秃鹫”和“超级雷霆”演习，都已非常有力地整合各自的空中力量，并确保不断变化的作战人员之间的娴熟性和互通操作性。但最近一些空中演习涉及了所有三个国家，这一做法应该进一步扩大到其它作战领域，以收获类似“欧洲安全保证倡议”框架下在欧洲所见到的利益。“红旗阿拉斯加 13-3”演习于2013年8月举行，有大约60架飞机和2,600名人员参加。演习主要关注人道救援培训、空军基地开放、伤病员空运后撤，以及空战训练，其中包括大部队运用演习中的空对空和空对地行动。这是“红旗阿拉斯加”1976年（当时称为“对抗雷霆”）启动以来，首尔和东京第一次各自派出了6架F-15参加空战模拟的战区级别演习。韩国空军和日本航空自卫队以前都参加过红旗演习，但从来没有同时参演过。

同样，自1978年一直举行的“亚太对抗北方”演习继续不断成熟。近2000名军事人员参加了“对抗北方2015”；美国、澳大利亚、日本、韩国、新西兰和菲律宾都派部队参加了演习，新加坡和越南空军作为观察员参与。这项于2015年2月在关岛安德森空军基地举行的第86次演习，集中演练“互通操作性、

战备，以及发展参演国家之间救灾协同响应能力。”<sup>51</sup>“对抗北方”演习总指挥美国空军上校大卫·米诺（David Mineau）认识到更深层次多边关系的重要性，认为“这样我们可以互相学习……走到一起，通过相互倾听而磨练我们的能力，增强我们的互通操作性，并且分享更有效的战技 / 战术 / 战规，以及促进该地区的和平与稳定。”<sup>52</sup>

作为共同抗议中国区域进取的空基军事合作示威，韩国和日本于 2013 年 12 月，在中国有争议的“防空识别区”附近进行了“搜索与营救”军事演习。效仿美国在中国设立防空防空识别区之初的做法，韩国和日本航空自卫队未理会中国有关防空识别区的指令，没有提交飞行计划。<sup>53</sup> 美国方面对中国设立“挑衅性”东海防空识别区的响应是，实施了一次双 B-52 空中飞越。此行动不仅加强了对日本的支持，而且还作为“对自由通航和过境国际空域久已既成的国际权利的宣示。”<sup>54</sup> 再者，美日韩三国间也有寻求三边导弹防御系统的努力。<sup>55</sup> 表面上，这项建立一体化和互通操作导弹防御系统的举措，是为应对日益增加的朝鲜核武器和弹道导弹威胁，但同时也将有助于反制中国蓬勃发展的巡航导弹能力，遏制中国的区域进取。

毫无疑问，“朝鲜半岛任何突发的危机可能会影响日本；而日本的突发危机也可能影响到韩国……缺乏充分合作不仅会在危机局面中帮助对手，而且还可能有利于区域中的第三方。在最糟糕的情况下，会极大地损害两国的国家利益，以及美国的国家利益。”<sup>56</sup> 然而，一个具有凝聚力、互通操作和坚强的三边关系，能够灵活地应对任何共同的区域关切，能提供可靠的地区威慑力量。深化和扩大这种新生的美日韩关系，以支持并启动

三边防御安排，是美国战略灵活性与有效劝阻威慑政策的关键要素。

## 力量结构: 增加生存能力和选项

要实现战略灵活性，还需要有敏捷的、生存力强的部队，这支部队不受限于特定的地理区域场地，也不局限于应对特定的威胁。美国在构建战略灵活性、调整其现有亚太力量结构上，可通过三条途径：重新评估美国在韩国的兵力态势，更多依靠海军力量的持续存在，以及增强关键亚太场地的生存能力。

韩国 2007 年寻求美国全面移交对战时韩国部队的作战控制权（OPCON）。协商的结果是，两国同意在 2012 年 4 月前移交 OPCON 权。<sup>57</sup> 协议的一部分包括：韩国保证填补其军事技术和大部分由美国增援的作战能力之间的缺口，尤其是海军和空军平台；还包括“导弹防御和先进的 C4ISR（指挥、控制、通信、计算机、情报、监视和侦察）。”<sup>58</sup> 然而，韩国目前为止尚未能够增加足够的国防开支，无法达到其《国防改革计划 2020》所描述的必要军事升级；这一事实可能表明了韩国对完成 OPCON 权移交的总体上不情愿的态度，并已从 2015 年 12 月无限期推迟。<sup>59</sup> 向韩国移交战时 OPCON 权，允许美国减少其在韩国的军事印迹，或者运用这些部队去应对朝鲜半岛以外的军事对抗，标志着美国战略灵活性政策的重大启动。获得能支持美国建设更具战略灵活性部队的军事能力，还将为韩国带来附加利益，有助于韩国达成一直未能实现的“‘自主防御’的夙愿。”<sup>60</sup> 由于 OPCON 权移交的持续推后降低了美国应对亚太地区其它危机的军事灵活性，美国应考虑增加对韩国的财政和政治激励以加快移交 OPCON 权。一旦完成了移交，美国和韩国便可考虑

基地建设和力量结构选项，或许能够以有意义的方式，更好地加强三边区域应对。

在亚太地区增加海军的存在，为基于地面的力量提供另外一种选择，也有助于提升战略灵活性。根据美国第七舰队司令的说法，现有的情况是“除了到该地区执行轮换部署的驻美国内基地的航母和远征打击战斗群外，还有整个美国第七舰队部署在前沿美军设施的 23 艘水面和水下舰艇。第七舰队包括前沿部署在日本和关岛的部队。”<sup>61</sup> 这支庞大和永久的战区内“前沿部署海上力量”，缩短了处理地区性危机所要求的响应时间，并且能够与驻美国本土基地的轮换部署单位协同作战。<sup>62</sup> 增强这一存在，将有助于避免从东道国基地发起作战的空中与地面部队所固有的某些局限性。视“部队地位协定”（SOFA）的不同要求，各东道国常常对美国军事单位的行动加以限制。例如，对发起于东道国的行动可允许参与该国直接防御，但不允许对第三方实施致命打击。虽然具体情况各自有别，总体而言，“部队地位协定”可能对驻东道国的美军部队行动自由设置严格限制；相较而言，美国的海上部队，即便使用美国设在东道国的设施发起行动，通常不受这些政治上的限制。<sup>63</sup>

改善易受中国和朝鲜弹道导弹和巡航导弹威胁的关键战略场地的生存能力，同样将有助于提升战略灵活性。例如，驻冲绳岛的大量美国和日本自卫队部队，既要对任何地区性武装冲突做出响应，自身也极易受到导弹攻击。为了解决这一问题，驻冲绳嘉手纳空军基地的第 18 联队于 2007 年启动了每年一次的“冲绳防务工作组”。启动时只有美国空军人员参加，自首次会议之后，这个工作组多次开会，逐步扩大为包括美国联合作战界 120 多个伙伴单位，以及日本航空自卫队

和日本陆上自卫队的单位参加。这个由各路专家组成的工作组仔细查找各方面的薄弱环节，然后通过联合演练验证或否定岛屿防御改进建议。这个工作组现在被称作“冲绳防御双边工作组”（BDOWG）。它负责审视诸如防空反导一体化、抗衡环境中的分布式指挥与控制，以及岛屿防御失败时的疏散选项等问题。通过建立冲突前的“业务规则”，工作组参与单位已制定了旨在排解导弹防御发射中可能出现空域使用冲突的空域和时间协议，设立了与上级指挥部失联后可采用的各种指挥和控制替代方案；他们并发现，为增加生存性而分散美国军事资产，往往会对作战起降架次生成施加重大的负面影响。工作组的这些概念已被各种太平洋紧急作战计划用作参考，并在空中作战司令部武器与战术会议上介绍，可供其他战区借鉴和调整其与相关联合作战和国际联盟伙伴的类似关系。像冲绳防御双边工作组这样的机制，有助于加强国际军事伙伴关系，解决现实世界中军事力量的挑战，增加生存能力，最终在亚太战略灵活态势中，保留各种作战选项。亚太地区其它关键的部署场地可以容易地效仿这个做法，并可包括范围更广的盟友和伙伴。

## 结语

如果希望基于劝阻威慑的美国战略灵活性政策产生预期的效果，政策制定者们必须首先认识到：“理解 [ 威慑 ] 意味着必须面对其内在不完善的事实……必须对它小心对待，并作为一个更大工具包的一部分来使用。”<sup>64</sup> 根据美国国防部对威慑的联合行动概念：“有效威慑所要求的，远远不止是军方的能力、行动与活动……它需要国家层面的努力，涉及广泛的跨机构（某些情况下在联盟内）整合与协调。”<sup>65</sup> 因此，本文建议的政策需要得

到美国国家力量所有部门的承诺，特别是达成美日韩之间复杂的三边防御安排。这种三边关系不仅能够抗御复兴的中国，还能在美国财政收缩期间，由三国分担共同防御的负担。此外，它将使美国在没有任何先决条件纠缠的情况下，向亚太地区投射军事力量——此乃本文所定义战略灵活性的一个关键要素。除三边安排之外，重新审视亚太力量结构，思考如何减少对专用于特别响应的常备地面部队的依赖，并且寻求建设性的多边机制，增加生存能力和响应选项，也将有助于战略灵活性和地区劝阻政策的有效性。重要的是，不能“忽视劝阻策略对各方行为……对美国

武装力量的看法以及动用此武力的可能性的影响。拥有一部非常强大的军事机器，以及愿意使用这部机器的坚实声誉，将在世界的许多角落里，或投下阴影，或闪耀光芒。那阴影或者光芒，即使在美国不做出明确威慑努力的情况下，也依然可能发挥显著的威慑作用。”<sup>66</sup> 如美国能辅之以对其盟友和地区合作伙伴的积极保证以及由此产生的安抚作用，那么这种经由美国亚太战略灵活防御态势注入力量而同时不受约束的劝阻威慑，甚至可以防止一度被认为不可避免的冲突。★

## 注释：

1. 日本航空自卫队应对进入日本防空识别区的中国和俄罗斯飞机，紧急起飞的次数从 2003 年的每年 158 次，上升到 2013 年的 810 次。其中，紧急起飞应对中国入侵的次数在 2003 年占总数的 21.5%，2013 年上升到 51.2%。
2. “What Would America Fight For?” [ 美国为何而战？], *Economist*, 3 May 2014, <http://www.economist.com/news/leaders/21601508-nagging-doubt-eating-away-world-order-and-superpower-largely-ignoring-it-what?frsc=dg%7Cd>.
3. “战略灵活性”是指对各种预期的、变化的、或意外的全球各地威胁投射军事力量的能力，这种能力不以某具体外部力量为预设前提。战略灵活性的概念出现在美国许多官方文件中，包括《2001 年四年防务评估报告》、《2002 年美国国家安全战略》，以及《2003 年全球防务态势评估报告》。战略灵活性这个特别的用法更多情况下与驻韩国美军有关系。它尽管没有被定义，但是在 2003 年《第 35 届美韩安全协商会议联合公报》中被作为一个目标提出。在此背景下，战略灵活性允许美国将其驻韩部队重新派遣到其它地区或战区，从而有利于强化战略灵活性。后者需要足够机敏、灵活和具有远征能力的军队，无论是在国内还是国外。这些前沿驻扎和部署的部队是多功能的，因此能够迅速地增兵，以应对突发威胁。
4. Thomas C. Schelling, *Arms and Influence* [ 武器和影响 ], (New Haven, CT: Yale University Press, 1966).
5. Gen Norton A. Schwartz and Lt Col Timothy R. Kirk, “Policy and Purpose: The Economy of Deterrence” [ 政策与目的：威慑经济学 ], *Strategic Studies Quarterly*, 3, no. 1 (Spring 2009): 21. 有关战略威慑的解释，参看 Department of Defense, *Deterrence Operations Joint Operating Concept* [ 威慑作战联合行动概念 ], version 2.0 (Washington, DC: Department of Defense, December 2006), 56, [http://www.dtic.mil/doctrine/concepts/joint\\_concepts/joc\\_deterrence.pdf](http://www.dtic.mil/doctrine/concepts/joint_concepts/joc_deterrence.pdf). 本文对“劝阻”的使用符合上述注释 5 中 Gen Schwartz and Lt Col Kirk 的观点，而且几乎可与国防部《威慑作战联合行动概念》中所定义的战略威慑同义。
6. 同注释 5 中“政策与目的：威慑经济学”，第 18-19 页。
7. 同注释 5 中“政策与目的：威慑经济学”，第 17 页。
8. 同注释 2。
9. 同注释 2。
10. David C. Gompert and Phillip C. Saunders, *The Paradox of Power: Sino-American Strategic Restraint in an Age of Vulnerability* [ 权力的悖论：脆弱年代中美战略克制 ], (Washington, DC: National Defense University Press, 2011), 47.
11. 例如，在朝鲜战争期间，中国专门组建并部署了中国人民志愿军，与美军和韩军作战，而不是简单地使用解放军的建制，以避免与美国“正式”开战和可能升级。同样，1954-55 年和其后 1958 年台海危机期间，中国刻意地避

- 免留下入侵金门和马祖等主要岛屿的印象，因为这种行为可能被看作是入侵台湾的前奏，并会刺激美国对此做出军事应对。参看：林賢參，“冷戦期における中国の武力行使の行動パターン - 抑止論の観点から論ずる -” [ 从威慑论探讨冷战期间中国使用武力的模式 ], 問題と研究 36, no.4 (July/August 2007): 105.
12. Japan Ministry of Defense, Defense of Japan, 2014, white paper [2014 年日本国防白皮书], (Tokyo: Japan Ministry of Defense, 2014), 35, [http://www.mod.go.jp/e/publ/w\\_paper/pdf/2014/DOJ2014\\_1-1-3\\_web\\_1031.pdf](http://www.mod.go.jp/e/publ/w_paper/pdf/2014/DOJ2014_1-1-3_web_1031.pdf).
  13. Ryoji Nakagawa, “The New Stage of Foreign Policy of China: Adaptation for International Order and Creation of New Order” [ 中国外交政策新阶段：适应国际秩序和新秩序建立 ], 立命館国際地域研究, no. 33 (March 2011): 30.
  14. 中国在此期间逐渐扩大对资源丰富沿海地区主权的声索，以及在 1974 年西沙海战及 1988 年南沙海战中使用武力，证明中国利用其日益强大的军事力量来辅助其经济的扩大。
  15. Mike Bird, “China Just Overtook the US as the World's Largest Economy” [ 中国超越美国成为全球最大经济体 ], Business Insider, 8 October 2014, <http://www.businessinsider.com/china-overtakes-us-as-worlds-largest-economy-2014-10>. 如果以购买力平价衡量经济实力，那么中国的 GDP 将排名世界第一。
  16. 例如，韩国 2013 年出口贸易额的 26.1% 是对中国，超过与美国同样贸易额的一倍以上。韩国的出口依赖程度也非常高，2013 年占其国内生产总值约 43%。台湾的情况也类似，其对中国的出口贸易额为 26.8%，其出口依赖程度占到 62.4%。参看“韓国経済と日韓経済関係” [ 韩国经济及日韩经济关系 ], mofa.go.jp, December 2014, [http://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0CCMQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.mofa.go.jp%2Fmofaj%2Ffiles%2F000005986.pdf&ei=Is7oVNY9CsWjNsrKg6AO&usq=AFQjCNFA5gHe2nJ-Y\\_31\\_elnbg8dIW5lpQ&sig2=7T81UGT02CQBrlHWnSVZA](http://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0CCMQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.mofa.go.jp%2Fmofaj%2Ffiles%2F000005986.pdf&ei=Is7oVNY9CsWjNsrKg6AO&usq=AFQjCNFA5gHe2nJ-Y_31_elnbg8dIW5lpQ&sig2=7T81UGT02CQBrlHWnSVZA) (Hong Kong and Taiwan are not included in the figures); 另参看“經濟部：中國大陸への経済的依存度は深まっていない” [ 经济部：对中国大陆的经济依赖是否加深 ], taiwanembassy.org, 4 July 2014, <http://www.taiwanembassy.org/ct.asp?xItem=523896&ctNode=1453&mp=1> (Hong Kong and Taiwan are not included in the figures); 另参看“世界の輸出依存度 国別ランキング・推移” [ 世界上依赖出口的国家排名的变化 ], globalnote.jp, 1 December 2014, <http://www.globalnote.jp/post-4900.html>.
  17. Aaron Austin, “China's Subtle Strategy in the South China Sea” [ 中国在南海的微妙战略 ], United States Institute of Peace Peacebrief 154 (24 July 2013): 4, [http://www.usip.org/sites/default/files/PB154-China%E2%80%99s%20Subtle%20Strategy\\_0.pdf](http://www.usip.org/sites/default/files/PB154-China%E2%80%99s%20Subtle%20Strategy_0.pdf).
  18. “China's Defense Budget” [ 中国国防预算 ], GlobalSecurity.org, <http://www.globalsecurity.org/military/world/china/budget.htm>.
  19. US Naval Institute, “WEST 2014: What About China?” [ 西方 2014：如何对付中国? ], YouTube video, 1:18:01 (James Fanell, 22:19-minute mark of video), <http://www.youtube.com/watch?v=wWhwm4SjxTw&list=PLWX4R7nG6a8moOpTak1Zs41qPmPzjhxnmj&feature=c4-overview-vl>; 另参看 Michael D. Swaine et al., China's Military and the U.S.-Japan Alliance in 2030: A Strategic Net Assessment [ 中国军事与美日联盟 2030：战略净评估 ], (Washington, DC: Carnegie Endowment for International Peace, 2013), 308.
  20. 同注 19。
  21. “reemerge” 或 “reemergence” 这个词与常用的“中国崛起” (the rise of China) 中的“崛起” 同义。
  22. Ida Torres, “US, Japan Agree to Revise Mutual Defense Treaty for First Time in 16 Years” [ 美日两国 16 年来首次同意修改共同防御条约 ], Japan Daily Press, 3 October 2013, <http://japandailynews.com/us-japan-agree-to-revise-mutual-defense-treaty-for-first-time-in-16-years-0337105/>.
  23. Hannah Beech, “What's New on China's Artificial Islands in the South China Sea? Basketball Courts” [ 南海上中国人工岛有何最新动向：篮球场 ], Time, 22 May 2016, <http://time.com/4341510/south-china-sea-artificial-islands>. 另参看 Office of the Secretary of Defense, Annual Report to Congress: Military and Security Developments Involving the People's Republic of China 2015, [2015 年中国军事与安全发展年度报告], (Washington, DC: Office of the Secretary of Defense, 7 April 2015), [http://www.defense.gov/Portals/1/Documents/pubs/2015\\_China\\_Military\\_Power\\_Report.pdf](http://www.defense.gov/Portals/1/Documents/pubs/2015_China_Military_Power_Report.pdf).
  24. 同注 19。
  25. Arshad Mohammed and Kanupriya Kapoor, “Asia-Pacific Stability Depends on Success of ASEAN Code of Conduct: Kerry” [ 克里称：亚太稳定取决于东盟行为准则的成功 ], Reuters, 17 February 2014, <http://www.reuters.com/article/2014/02/17/us-indonesia-kerry-asean-idUSBREA1G15K20140217>.
  26. 中华民国一般称台湾。

27. Governments of the United States of America and Japan, "Treaty of Mutual Cooperation and Security between the United States of America and Japan" [美日共同合作与安全条约], Washington, DC, 19 January 1960, Article V, 2.
28. “不像与其它盟国的防御条约，这一承诺 [美日条约] 不是相互的：如果美国被攻击，日本没有义务保卫美国。”参看 Emma Chanlett-Avery and Ian E. Rinehart, The U.S.-Japan Alliance, [美日同盟], CRS Report RL33740 (Washington, DC, Congressional Research Service, 9 February 2016), 28, <https://www.fas.org/sgp/crs/row/RL33740.pdf>.
29. 同上，第 2 页。
30. “The U.S. Needs to Rebuke a Japanese Ally” [美国需要斥责日本盟友], Bloomberg, 20 February 2014, <http://www.bloomberg.com/news/articles/2014-02-20/japans-abe-deserves-u-dot-s-dot-rebuke-for-inflaming-tensions-in-asia>.
31. 同上。
32. Bonnie Glaser, “US Interests in Japan's Territorial and Maritime Disputes with China and South Korea” [美国在日本与中韩两国领土争端及海洋争端中的利益], (discussion paper, Territorial Issues in Asia—Drivers, Instruments, Ways Forward: 7th Berlin Conference on Asian Security, 1-2 July 2013), 5, [http://www.swp-berlin.org/fileadmin/contents/products/projekt\\_papiere/BCAS2013\\_Bonnie\\_Glaser.pdf](http://www.swp-berlin.org/fileadmin/contents/products/projekt_papiere/BCAS2013_Bonnie_Glaser.pdf).
33. 同注 19。
34. 同注 22。
35. “Press Conference: Presidents Obama and Park” [奥巴马与朴槿惠联合记者会], United States Embassy, 25 April 2014, <http://www.uspolicy.be/dossier/north-korea-united-states-policy-toward-north-korea-dossier>. 跨太平洋伙伴关系 (TPP) 是一项地区性经济合作条约的建议，已成为美国总统奥巴马的首要目标。该计划于 2005 年开始提出，最初叫做“跨太平洋战略伙伴关系协定” (TPSEP 或 P4)，预计在 2012 年开始实施。不过，因知识产权和投资等有争议的问题延误了谈判。截至 2014 年底，亚太地区 12 个国家已经成为 TPP 谈判的一部分。
36. “Seoul Appears Set to Join Trans-Pacific Partnership Negotiations” [首尔或将加入跨太平洋伙伴关系谈判], Hankyoreh, 4 October 2013, [http://english.hani.co.kr/arti/english\\_edition/e\\_international/605796.html](http://english.hani.co.kr/arti/english_edition/e_international/605796.html).
37. President of the United States, National Security Strategy, [国家安全战略], (Washington, DC: White House, February 2015), 24, [https://www.whitehouse.gov/sites/default/files/docs/2015\\_national\\_security\\_strategy.pdf](https://www.whitehouse.gov/sites/default/files/docs/2015_national_security_strategy.pdf).
38. “Japan Says Close to Deal with South Korea and U.S. on North Korea Defense” [日本表示接近与韩美达成对朝鲜防御协议], Reuters, 26 December 2014, <http://www.reuters.com/article/2014/12/26/us-japan-defence-southkorea-usa-idUSKBN0K40FL20141226>.
39. Daniel Sneider, “As North Korea Heats Up, South Korea and Japan Should Warm Ties” [朝鲜问题升温，韩日关系应变暖], Christian Science Monitor, 15 May 2013, <http://www.csmonitor.com/Commentary/Opinion/2013/0515/As-North-Korea-heats-up-South-Korea-and-Japan-should-warm-ties>.
40. 同上。韩国称之为独岛，日本则称之为竹岛。
41. Sandeep Chakravorty, China-Japan-Korea: Tangled Relationships [中 - 日 - 韩：纠结的关系], Occasional Paper no. 39 (New Delhi: Observer Research Foundation, March 2013), 18, [http://www.orfonline.org/wp-content/uploads/2013/03/OccasionalPaper\\_39.pdf](http://www.orfonline.org/wp-content/uploads/2013/03/OccasionalPaper_39.pdf).
42. Brad Glosserman, “Japan and South Korea: Don't Let History Dictate the Future” [日本和韩国：不要让历史主宰未来], Christian Science Monitor, 26 March 2014, <http://www.csmonitor.com/Commentary/Common-Ground/2014/0326/Japan-and-South-Korea-Don-t-let-history-dictate-the-future>.
43. 同注 39。
44. 同注 42。
45. McDaniel Wicker, “Completing the Triangle: Executive Summary” [完成三角关系：概述], Wilson Center, 2 June 2016, <https://www.wilsoncenter.org/publication/completing-the-triangle-executive-summary>.
46. Michael Schuman, “Will America's Budget Deficit Bring an End to World Peace?” [美国预算赤字将终结世界和平?], Time, July 2011, <http://business.time.com/2011/07/06/will-americas-budget-deficit-bring-an-end-to-world-peace/>.
47. “US, South Korea and Japan to Conduct Trilateral Naval Exercise” [美韩日将举行三边海上演习], naval-technology.com, 15 June 2012, <http://www.naval-technology.com/news/newsus-south-korea-japan-conduct-trilateral-naval-exercise>.

48. Samuel J. Mun, "Destined to Cooperate: Japan-ROK Naval Cooperation and Its Implication for U.S. Strategic Interests in Northeast Asia" [“注定合作”：日韩海军合作对美国东北亚战略利益的意涵], Project 2049 Institute, 31 January 2014, [http://www.project2049.net/documents/Japan\\_ROK\\_naval\\_cooperation\\_Sam\\_Mun.pdf](http://www.project2049.net/documents/Japan_ROK_naval_cooperation_Sam_Mun.pdf).
49. 关于 2012 年前海上和空中事件的详细论述, 参看 Pete Pedrozo, "The U.S.-China Incidents at Sea Agreement: A Recipe for Disaster" [美中海上事故协议: 灾难处置程序], *Journal of National Security Law and Policy*, 6, no. 1 (3 July 2012), [http://jnslp.com/wp-content/uploads/2012/08/07\\_Pedrozo-Master.pdf](http://jnslp.com/wp-content/uploads/2012/08/07_Pedrozo-Master.pdf).
50. 此类国际和地区协定包括: 国际海上避撞规则 (COLREGS)、海上军事安全磋商机制 (MMCA)、西太平洋海军论坛 (WPNS)、海上意外相遇规则 (CUES)、国际信号准则、联合国海洋法公约 (UNCLOS), 以及国际民用航空组织空中规则 (ICAO)。此外, 中国及人民解放军海军与 1970 年代的苏联和苏联海军相比, 早已大相径庭。参看以上注 49 “美中海上事故协议: 灾难处置程序”。
51. Melissa B. White, "Cope North 15 Kicks Off at Andersen" [对抗北方 2015 演习在安德森基地启动], US Air Force, 18 February 2015, <http://www.af.mil/News/ArticleDisplay/tabid/223/Article/566411/cope-north-15-kicks-off-at-andersen.aspx>.
52. 同上。
53. "S. Korea, Japan Conduct Search, Rescue Drill in East China Sea" [韩日在东海举行搜索救援演练], Yonhap News Agency, 12 December 2013, <http://english.yonhapnews.co.kr/national/2013/12/12/23/0301000000AEN20131212007100315F.html>.
54. Thom Shanker, "U.S. Sends Two B-52 Bombers into Air Zone Claimed by China" [美国派遣两架 B-52 轰炸机进入中国声索空域], *New York Times*, 26 November 2013, [http://www.nytimes.com/2013/11/27/world/asia/us-flies-b-52s-into-chinas-expanded-air-defense-zone.html?\\_r=0](http://www.nytimes.com/2013/11/27/world/asia/us-flies-b-52s-into-chinas-expanded-air-defense-zone.html?_r=0).
55. "Interoperable Missile Defense Architecture: Official" [政府官员解说可互通操作的导弹防御体系], *Korea Times*, 21 February 2015, [http://www.koreatimes.co.kr/www/news/nation/2015/02/113\\_173859.html](http://www.koreatimes.co.kr/www/news/nation/2015/02/113_173859.html).
56. Vice Adm Yoji Koda, "The Emerging Republic of Korea Navy: A Japanese Perspective" [新兴的韩国海军: 日本视角], *Naval War College Review*, 63, no. 2 (Spring 2010): 32.
57. Mon-soon Song, "Northeast Asia and the ROK-US Alliance: Why the Alliance Is Vital for the Region and for the United States" [东北亚与韩美同盟: 联盟为什么对地区和美国至关重要], *American Foreign Policy Interests: The Journal of the National Committee on American Foreign Policy* 30, no. 2 (18 April 2008): 61.
58. Shelley Su, "The OPCON Transfer Debate" [关于 OPCON 权移交的辩论], 收录于 SAIS US-Korea 2011 Yearbook [SAIS 美韩关系 2011 年鉴], (Baltimore: Paul H. Nitze School of Advanced International Studies, Johns Hopkins University, 2012), 163, [http://uskoreainstitute.org/wp-content/uploads/2013/10/Su\\_YB2011.pdf](http://uskoreainstitute.org/wp-content/uploads/2013/10/Su_YB2011.pdf).
59. Bruce Klingner, "OPCON Transfer: Timing Isn't Everything" [OPCON 权移交: 时机不是一切], Heritage Foundation, 8 July 2010, <http://www.heritage.org/research/commentary/2010/07/opcon-transfer-timing-isnt-everything>.
60. Soonkun Oh, "The U.S. Strategic Flexibility Policy: Prospects for the U.S.-ROK Alliance" [美国战略灵活性政策: 展望美韩联盟], (master's thesis, Naval Postgraduate School, December 2006), 22, [http://calhoun.nps.edu/bitstream/handle/10945/2483/06Dec\\_Oh.pdf?sequence=3&isAllowed=y](http://calhoun.nps.edu/bitstream/handle/10945/2483/06Dec_Oh.pdf?sequence=3&isAllowed=y).
61. PGEARHISER, "U.S. 7th Fleet: Confidence and Skill in the Navy's Largest Area of Operation" [美国第七舰队: 在海军最大作战区域的信心与技能], *Navy Live* (blog), 31 May 2012, <http://navylive.dodlive.mil/2012/05/31/u-s-7th-fleet-confidence-and-skill-in-the-navys-largest-area-of-operation/>.
62. “舰队部署海军部队”包括: 驻日本横须贺的一艘航母、一艘指挥舰、两艘导弹巡洋舰和七艘导弹驱逐舰, 以及驻日本佐世保的一艘两栖攻击舰、二艘船坞登陆舰、一艘船坞运输舰和四艘扫雷舰, 加上驻关岛的一艘潜艇供应船和三艘快速攻击潜艇。
63. 这并不是说, 东道国给美国海军开“空头支票”。如果东道国不同意美军采取的行动, 有可能会对在港或返回补给方面进行限制。在所有的情况下, 与东道国的谈判, 对保证行动自由将是至关重要的。
64. Patrick M. Morgan, *Deterrence Now* [当今之威慑], (Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2003), 285.
65. 同注 5 “威慑作战联合行动概念”, 第 56 页。
66. Colin S. Gray, *Maintaining Effective Deterrence* [维持有效威慑], (Carlisle, PA: US Army War College, Strategic Studies Institute, August 2003), 29, <http://www.strategicstudiesinstitute.army.mil/pdffiles/PUB211.pdf>.



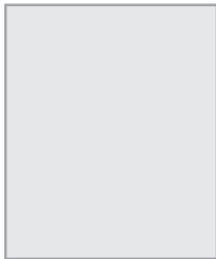
汤姆·托克尔松，美国空军上校（Col Tom Torkelson, USAF），美国空军军官学院毕业，俄克拉荷马大学文科硕士，空军理工学院理科硕士，空军大学空中力量艺术科学硕士，现任驻英国 Mildenhall 王家空军基地的第 100 空中加油联队指挥官，此前他任驻日本横田空军基地的第 18 联队副指挥官。



丹·凯利，美国陆军上校（COL Dan Kelley, USA），Villanova 大学文学士，澳大利亚 Deakin 大学文科硕士，现任职于美国陆军士官学员指挥部，此前任驻德国 Hohenfels 联合国战备中心资深步兵教官。



林康昌，日本航空自卫队上校（Col Yasumasa Hayashi, JASDF），防卫大学校工程学士，庆应大学系统设计管理研究生院系统设计管理硕士，现任职于日本防卫省统合幕僚监部 J-5 幕僚处。上校于 1992 年自日本防卫大学校获授军官衔。担任现职以前，他在宫古岛潜艇基地担任基地指挥官。



威廉·麦金尼，美国海军上校（CAPT William McKinney, USN），美国海军军官学院理学士，天主教大学工程理科硕士，现在乔治亚州国王湾海军基地指挥“佛罗里达号”（SSGN 728）核潜艇。此前他任美国欧洲司令部作战部参谋长。



# 论美国空军制定北极地区战略的紧迫性

Toward a USAF Arctic Strategy

约翰·康威，美国空军退役上校（Col John L. Conway III, USAF, Retired）

美国空军在北极地区并非新来乍到，它拥有悠久的北方极地空中作战史。从二战期间的阿留申群岛“千哩战争”，到冷战期间和冷战之后在北极地区的军事扩张，处处可见美国空军的行踪。今天，它仍然在北极地区保持强势存在，有使命、有基地、有人员和飞机驻扎在阿拉斯加和北极圈以北750英里的格陵兰苏尔空军基地。空军在阿拉斯加州艾尔森空军基地主办一所北极地区生存训练学校，在北方极地运行雷达预警系统逾60年，并且在艾尔森空军基地和埃尔门多夫空军基地驻有飞行部队（现役、国民警卫队和后备役）。空军还发射卫星到世界顶端，让它们进入北极轨道，负责从太空监视北极地区。<sup>1</sup>

在第二次世界大战期间，陆军航空队借助久经沙场的北极地区飞行员的经验，在格陵兰建立了若干空军基地，作为飞机前往英国的中转站，以及执行搜索与救援任务，搜救在北极地区被击落的飞行员。为了遏制德国潜艇的威胁，航空队还从格陵兰的基地起飞，在北大西洋执行海面监视任务。在1950年代，美国意识到在北方极地拥有一个永久性基地的必要性，于是在近乎保密的条件下建造了格陵兰苏尔空军基地。无论是其规模还是复杂性，这项工程都可与巴拿马运河媲美。

在冷战期间，战略空军司令部属下的轰炸机分散部署在偏远的格陵兰基地跑道上，

在核对峙紧张时期利用“浮动冰架”实施“活动航母”概念。<sup>2</sup>到1957年，从阿拉斯加州巴罗角到格陵兰东海岸建立了30多个人工操作雷达站，形成远距预警线，可提供对前苏联轰炸机和导弹攻击的预警。<sup>3</sup>空军甚至在阿拉巴马州马克斯韦尔空军基地设立了一个专门的研究机构，称为“北极地区、沙漠和热带信息中心”。从1952年到1960年代中期，该中心的工作人员在北极地区从事实地考察，外包北极地区研究项目，并且在广泛传阅的简报、专著和生存指南上发表研究成果。<sup>4</sup>

但是，空军尽管具有长期在北极地区活动的历史，至今仍无正式的北极地区战略，而其他部门却有不少战略制订先例。白宫在2012年发布了《北极地区国家战略》，国防部随即在2013年发布了国防部《北极地区战略》。同年，海岸警卫队发布了海岸警卫队《北极地区战略》，海军也在2014年发布了海军《北极地区路线图》第二版。然而，空军至今仍未亮出相应的北极地区战略。

## 缺乏“天空意识”

简而言之，当北方极地发生任何紧急情况时，运用空中力量予以处置将是最快速的应对措施，但是目前似乎没有国防部牵头制订的此类计划。国防部的《北极地区战略》缺乏紧迫感，因而不足以形成制定相应空军战略的基础。例如，国防部视其在北极地区的作用“仅限支援功能”，只是“整个政府”

处置该地区方法的一部分。这种观点折射了国防部大体不愿意制订近期北极地区行动计划，而是建议对北极地区的有些问题采用“低成本、有创意”的解决方案（但并未进一步阐明这些方案），并且对其他问题的解决采取观望态度，等待“作战要求”明确界定。<sup>5</sup>这种态度不完全是“静观其变，问题自消”，而更多反映了“求上门来，再做考虑”的思维。国防部还认为，对未来北极地区活动的预测也许并不准确，提醒注意新的北极地区支援计划可能会受到财政制约，并且感到“以过于冒进的态度”对待未来的安全风险也许会造成“不信任氛围”。<sup>6</sup>因而，国防部的两大战略目标——“保障安防，支援安全和促进防务合作”以及“准备好应对各种挑战和突发事件”——只是泛泛而谈，几乎到了模棱两可的程度。<sup>7</sup>

空军默默无声，还有可能是由于国防部《北极地区战略》没有具体提到空军的独特能力（就是说，缺乏“天空意识”），这种态度本应迫使空军制定自己的“战略”。处理北极地区危机的能力受到时间和距离的极大限制，因此目前的“天空意识”缺失不仅是错误的，而且是危险的：空中通道是快速到达北极圈内危机发生地点的唯一途径。

联邦问责署在2015年6月提出的一份报告似乎认同国防部关于在北极地区仅起支援作用的观点，该报告称：“……由于北极地区主要是海洋领域，因而海岸警卫队在北极地区政策实施和执行方面起着重要作用。”<sup>8</sup>问责署确认海军的作用继续是支援其他联邦机构和国际合作伙伴，但是该报告没有明确指出空军的作用，甚至没有提到空军。于是，一年中至少有一部分时间船只无法通航的区域（即北方极地）若发生紧急事件，由于时间、冰封、距离等原因或三者并存的原因导致海

上应对措施无法实施的时候，将没有任何替代救援方案，只能坐以待毙。

这种天空意识的缺失，还反映在海军和海岸警卫队的北极地区支援战略中。海军的《2014—2030年北极地区路线图》充满了关于北方极地的各种目的、设想和目标，但是它们显然不是适合空军的目的、设想和目标。海军遵循国防部的长期缓步渐进战略，采用近期（目前至2020年）、中期（2020至2030年）和远期（2030年以后）分段规划，并且赞同国防部的评估：“……鉴于该区域在可预见的未来发生武装冲突的可能性较小，现有的防务基础设施（例如基地、港口和机场）足以满足美国近期至中期的国家安全需要。”<sup>9</sup>海军相信，到2030年以后，它将拥有“……必要的训练和人员”应对北极地区的突发和紧急事件。<sup>10</sup>有一名观察家在审阅海军《路线图》之后指出，即使在今后任何年份，海军还是认为不会有任何实质性威胁，因而仍然计划只在“未封冻海域”行动，并未制订任何主要的舰队战力提升计划（例如双层船体、建制破冰船、大型岸上基础设施）。<sup>11</sup>

尽管海军《路线图》几次提到“航空”和“太空”，但是它认为除了情监侦“互通操作”之外，并不需要空军的支援。有趣的是，早先版本的《路线图》（2009年10月）曾有几处提到空军以及与空军相关的发展里程碑，但在最新版本的《路线图》中皆销声匿迹。这是否意味着它们已是陈年旧事或者干脆被忽视了？在最新版本《路线图》发布之前，曾经有一份军事演习报告，称为“舰队在北极地区的作战演习，2011年9月13-16日”，也许包含了这个问题的答案。该演习报告把埃尔门多夫空军基地的空军资产称为“兄弟军种的空中运输部队”。<sup>12</sup>

海岸警卫队的《北极地区战略》笼统地谈到航空，但是重点话题是海岸警卫队在北方极地的海上需求（即破冰船数量明显不足）。应该指出的是，海岸警卫队接收了以前属于空军的 C-27 飞机，但是目前不清楚这些飞机在今后几年内入列海岸警卫队后会否在北极地区服役。像海军一样，海岸警卫队的北极地区规划没有提到一般的航空需求，更没有提到与空军合作的具体需求。另一方面，2010 年为海岸警卫队撰写的一份报告哀叹在北方极地（甚至在夏季）建立飞机基地的困难。ABS Consulting 咨询公司撰写的“美国海岸警卫队高纬度区域任务分析要点概述”报告指出，“在北坡或白令海峡附近目前没有合适的设施”可用于飞机大修保养。该任务分析报告的“兵力混合评估”部分只包括水面舰船和直升机。报告随附的图表没有列出固定翼飞机，报告的“结语”部分提到了飞机，但像是事后想到的补充内容。<sup>13</sup>

这种温和忽视的整体效应导致空军降低了制订北极地区附加任务计划的意愿，因为国家统帅当局、国防部或我们的兄弟军种都没有明确表示需要这么做。另外还有一个可能的原因，说明空军为何缺乏北极地区战略：北极地区没有战争。尽管最近二十五年来，美国空军一直参与作战行动，但是自第二次世界大战结束以来，它没有在北方极地出于敌对行动而发射过一枪一弹。空军仍然引导俄罗斯图-95 熊式轰炸机飞离阿拉斯加和美国西海岸，但是实际上，这只不过是几十年冷战任务延续至今。空军的作战重点在其他地方，因为据说北方极地无战事，而且在可预见的将来也不会有。

有些观察家感到，领土争端最终会蔓延到北极地区，使它成为又一个冲突场所。在战略上，从太平洋一侧进出北海航线或西北

航道需要穿越（冬季冰封的）白令海峡，该海峡是天然的航海阻塞点，也是美国和俄罗斯的领土分界线。有些观察家感到这里将是未来的冲突爆发点。至今为止，领土问题都得到和平解决，通航自由没有受到干扰。俄罗斯北海航线的航行需要有俄罗斯破冰船“护航”（收取护航费），而西北航道究竟是内陆水道还是国际通行航道，美国和加拿大至今未能解决这个争议。尽管如此，北方极地基本上看不到战争幽灵——无论是地面战斗或海上交战。因此，当务之急是如何应对对北方极地的人员或环境危机，而不是在冰原上进行亚利桑那 OK 牧场式大决斗。

## 北方极地的人类活动与日俱增

另一方面，北方极地的人类活动与日俱增。尽管荷兰皇家壳牌石油公司已撤销在楚科奇海的石油钻探计划，其他公司仍计划在该区域进行钻探，希望能找到也许是世界上最后几个大型油气蕴藏区域。西北航道两侧的捕鱼、“生态旅游”，以及越来越大和越来越频繁的游轮所代表的商业旅游等活动逐年增加，这些人类活动带来越来越多的人员和环境风险。一个错误的决策就可能造成严重后果，需要立即采取应对措施，以减少人员伤亡和生态系统损害。

一艘载有 1600 名乘客的大型游轮于 2016 年 8 月首次穿越西北航道，希望利用西北航道的其他商业游轮公司和船运公司纷纷拭目以待，密切注视该次航行的进展。<sup>14</sup> 尽管最近几年已有若干船只成功地穿越西北航道，但是西北航道的航线并非全年无冰，导航辅助工具少得可怜，而且该区域的海图非常不可靠。专家们指出，导航辅助工具不完善，是西北航道存在安全隐患的主要原因之一。《华尔街日报》甚至刊登了一篇文章，认为“总

体而言，火星测绘图要比地球海底测绘图好大约 250 倍。”另一篇报道则警告说，按目前的速度，要全部完成加拿大的北极海域测绘图将需要三百年的时间。<sup>15</sup>

美国是北极理事会努克搜索与救援协议（北极航空和海上搜索与救援合作协议）签署国之一，该协议要求各签署国在其指定区域内（图 1）建立和维持“充分和有效的搜索与救援能力”。此外，努克协议规定，一旦在北方极地发生飞机坠落、游轮沉没、石油溢漏或其他灾难，签署国必须相互协调搜索与救援工作。<sup>16</sup> 这意味着美国负责阿拉斯加和白令海峡入口周围一大片海域的搜索与救援活动，而且还必须对北极地区的任何其他紧急事件做出反应，尤其是可能发生的石油溢

漏事件。美国的责任区域包括西北航道的西部入口海域，以及与俄罗斯堪察加半岛平行的北海航线东部入口海域。该责任区域还包括波弗特海、楚科奇海和北极海，一直延伸到北极。

努克协议有一项重要条款：任何一个签署国都可以在必要时请求任何一个或多个其他签署国给予援助，从而确保“向陷于危难境地的任何人提供援助。”<sup>17</sup> 目前，加拿大搜索与救援部队的部署地点离加拿大努纳维特地区阿勒特兵站的距离很远，甚至超过它到南美洲北部海岸线的距离，因此，一旦发生紧急事件，加拿大很有可能会请求美国援助。有一篇文章阐述加拿大搜索与救援资产的困境，指出从温尼伯乘坐加拿大 C-130H 飞机到



图 1：北极搜索与救援协议适用区域（根据 Agreement on Cooperation on Aeronautical and Maritime Search and Rescue in the Arctic [北极地区航空和海上搜索与救援合作协议] 附录所列的地理坐标，12 May 2011, <http://www.ifrc.org/docs/idrl/N813EN.pdf>。）

位于西北航道中心的刚毅湾，飞行时间超过五个小时，而从科莫克斯乘坐直升机到刚毅湾，飞行时间超过 11 个小时。<sup>18</sup> 相比之下，美国空军在阿拉斯加的基地和格陵兰的苏尔空军基地离刚毅湾要近得多，因而顺理成章地在需要时成为备用资产。下面的地图标出到西北航道中心的海路距离，显示地（水）面反应所需的时间。

## 你要向谁求援？

北方极地的航运日益繁忙，北极冰层逐渐融化，而北方极地导航图却不甚可靠，这些因素给海军带来近期迫切需要解决的问题，但是海军只有远期解决方案。无论是海军还是海岸警卫队目前都不具备快速到达北极圈

内环境灾害发生地或对搜索与救援事件快速做出反应的能力，而且即使（对于海军而言）想要那么做，它们在可预见的将来也不会拥有必要的资产。

根据现行的美国战略，北极地区若发生救援事件，理所当然应该由海岸警卫队处理。但是，尽管海岸警卫队在阿拉斯加设有若干基地，它们全都在北极圈以南。海岸警卫队飞机的永久性基地在巴罗角以南大约 800 英里的科迪亚克，需要翻越 9000 英尺高的布鲁克斯山系才能到达北坡地区。阿留申群岛的荷兰港是阿拉斯加最靠北的主要深水港，它在美国最北面的巴罗角往南 1200 海里以上。海岸警卫队已经宣布，没有计划在今后十年内建造新的岸边基础设施，因此，在今后十

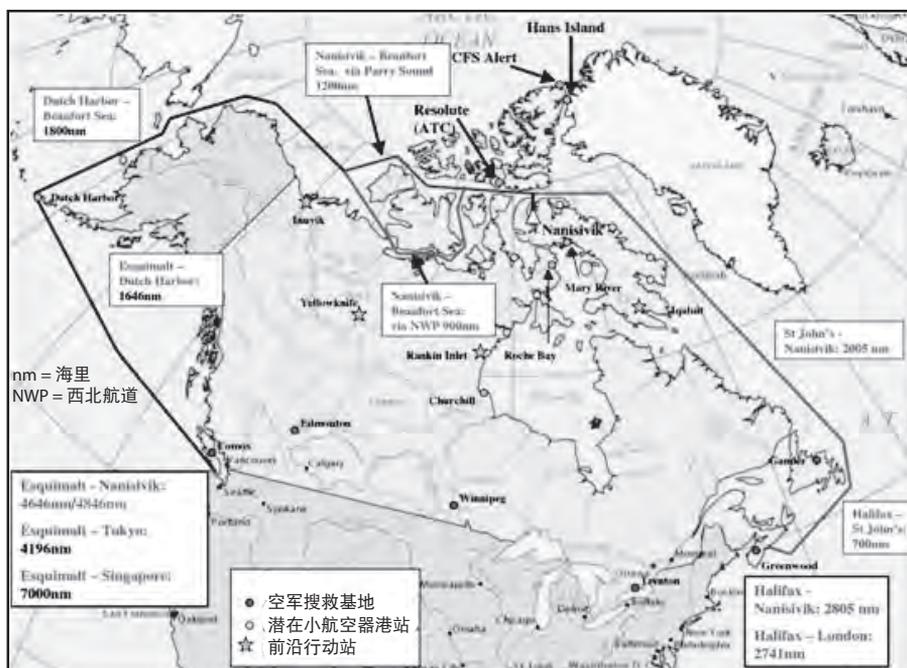


图 2：北极地区作战巡逻距离（引自 Michael Byers and Stewart Webb, Titanic Blunder: Arctic/Offshore Patrol Ships on Course for Disaster [ 像泰坦尼克号一样的致命错误：北极地区 / 近海巡逻船的灾难航线 ] (Ottawa: Rideau Institute, Canadian Centre for Policy Alternatives, April 2013), 37, [http://www.policyalternatives.ca/sites/default/files/uploads/publications/National%20Office/2013/04/Titanic\\_Blunder.pdf](http://www.policyalternatives.ca/sites/default/files/uploads/publications/National%20Office/2013/04/Titanic_Blunder.pdf).)

年内，海岸警卫队的兵力结构基本上是静态的。<sup>19</sup>

阻碍国防部的北极地区战略（以及海岸警卫队和海军的北极地区战略）顺利实施以及压抑空军施展拳脚的原因，并非缺乏人力、设备或设施，而是因为缺乏远见和包容性。目前的国防部北极地区战略完全立足于海洋领域，但这是应对北方极地突发状况的最缓慢、最昂贵（每艘破冰船需要耗费 10 亿美元和 10 年建造时间）和最呆板的方法。<sup>20</sup> 空中、太空和网空领域要快得多，而且敏捷得多。这三个作战领域非空军莫属（当然不排斥其他军种）。如果忽视这些领域，国防部的北极地区应对方案只剩下一个选择。因此，如何利用空军的“无额外成本、已到位计划”来充实国防部提议的北极地区“低成本、有创意”的计划，现在正当其时，应予重视。

除了格陵兰的苏尔空军基地，空军在阿拉斯加州本身就有足够的兵力结构、人力和绰绰有余的军用及民间设施（例如机场），完全能够对北方极地发生的任何危机做出反应：无论是搜索与救援、环境灾害、敌军入侵或支援友邦加拿大，空军都有能力承担任何单项或全部各项任务。<sup>21</sup>

## 制定空军北极地区战略刻不容缓——该战略应包含什么内容？

空军北极地区战略应提高对已部署在北极地区的空军资产的认知（即“天空意识”），并提供能使这些资产与兄弟军种和其他北方极地国家发挥协同作用的创新途径。该项战略应该参照国防部《北极地区战略》、《北极地区国家战略》以及指导美国战略框架的总统统辖指令。

在其前言部分，空军北极地区战略应该确认对抗气候变化是整个政府面临的挑战，并且公布空军关于减少碳排放和寻找应对其他气候问题的创新解决方案的具体行动倡议。此外，该前言还应该简洁地评论北极地区目前出现的问题，包括气候变化、海冰消减、北方极地商业航行活动增加的可能性、各国对北极地区海床主权的争议，以及俄罗斯在该地区日益增强的军事化行为。在这些评论中，该前言应该传达如下讯息：在破冰船和深水港在未来某个时候能够确实发挥作用之前，北方极地将继续有重大突发事件发生；实际上，此类事件正在发生。尽管海军和海岸警卫队在制订北方极地行动计划时对空军已部署在那里的资产视而不见，美国空军的作战能力——无论在空中、太空还是网空——都是取得成功的必要条件。无论是否允许，我们都必须表述这个观点：应对北方极地突发事件的解决方案必须包含空军。

空军北极地区战略的正文部分应该充实和扩展国防部关于北极地区的指导意见，重点在于国防部的两个支援目标：“保障安防，支援安全和促进防务合作”以及“准备好应对各种挑战和突发事件”。正文部分还应该支持兄弟军种的北极地区战略和路线图，寻找兄弟军种战略构思中能够与空军作战能力融合的部分。例如，搜索与救援、指挥与控制、无人机、空运和空域主权应首当其冲。因此，空军北极地区战略的大目标应该是凸显空军目前在北极地区的作战能力，提议与兄弟军种的战略和路线图交汇的方式，并且提请美国北方司令部注意未来的需求。该司令部拥有关于北方极地的决策倡导权。取得美国北方司令部的支持很有必要，但是空军必须确保该司令部认可空军的作战能力，并且在其中

北极地区行动计划和倡导中包含空军的作战能力。

空军应该接受国防部北极地区战略第一个目标的“……促进防务合作”部分。我们应该发展与其他北方极地国家（尤其是北极理事会成员国）军方的接触，以便交流战术/战技/战规，确保安全有效地执行飞行任务。联合军事演习、军官交流以及信息和想法沟通都能产生协同效应，对所有各方都有利。还要记住：冰岛是北极理事会成员国，但没有武装部队。此外，空军北极地区战略应该利用以前的二战和冷战时期的远距预警线雷达站以及现有的商业机场作为参照点，在北极圈附近和以北勘测可能的前方航空作战基地。例如，韦利航空站/韦尔罗杰斯纪念机场为美国领土最北面的巴罗角服务。那里有一条 7100 X 150 英尺的沥青跑道。该机场西面，另有三个跑道长度在 5000 英尺或以上的机场，它们是：贴切地称为孤独航空站的一个军用机场，主要支援孤独角近程雷达站，有一条 5000 英尺的碎石跑道；一个私人机场，称为乌努库帕鲁克，有一条 6551 英尺的沥青跑道；以及逝马机场，有一条 6500 英尺沥青跑道。在 2015 年 11 月，几架 C-17 飞机参加了“北极飞马行动”（Operation Arctic Pegasus），把一个陆军史崔克装甲旅的若干作战分队运送到逝马机场。在楚科奇海，有拉尔夫韦恩纪念机场，位于科泽布南面，那里有一条 6300 英尺的沥青跑道，以及机库和商业服务。<sup>22</sup>

除此之外，已证实夯实的雪和碎石跑道在合适的条件下可供飞机降落，从而增加了北极地区适用机场的可选范围。尽管海岸警卫队不断声称北极圈以北没有适用机场，一旦在西北航道发生救援或溢油事件，应该考虑使用上述这些机场——以及其他几个机

场——作为应急机场。另外，应该检查这些机场的现有机库和维修车间，确定是否可供应急使用。这些机场的预期使用时间将是夏季和春末秋初的“季节交替月份”（请参看海军《北极地区路线图》第 11 页关于“季节交替月份”的详细解释），因为它们是人类活动最频繁的时段。<sup>23</sup>

空军国民警卫队率先成为合作榜样，纽约州空军国民警卫队第 109 空中运输联队带滑橇的 LC-130 飞机和加拿大部队一起参加一年一度的“努纳利夫特行动”军事演习。<sup>24</sup>空军现役部队应该仿效，与所有的北方极地国家联合举行双边/多边军事演习。此类演习应该特别强调条件恶劣机场的操作、飞机和通信的互通性、后勤，以及搜索与救援战技。这些伙伴合作关系将加强各国军方今后遵照 2011 年《努克协议》（搜索与救援）和 2013 年《基律纳宣言》（对溢油事件的反应）在北极地区发挥的作用。《基律纳宣言》要求所有的北极理事会成员国对援助请求做出反应。空军国民警卫队应该发扬同加拿大举行北极地区军事演习的成功经验，同所有的北极理事会成员国逐一建立“州对国”伙伴合作计划（State Partnership Program）。目前我们在世界上有约 70 个这类伙伴合作计划，但是与北方极地国家的伙伴合作计划是空白。大力推行此类伙伴关系，将给空军国民警卫队的各种单位和武器系统开拓众多的训练和支援机会，并且可培育“天空意识”概念。

国防部北极地区战略的第二个目标“准备好应对各种挑战和突发事件”，也可以通过上文所述的武装部队和设施的创新使用得以实现，其方式类似美国本土 48 个州利用提供给民政机关的防务支援对抗自然灾害的做法。此外，空军另外还有一些适合任务应该在北极地区进一步扩充，其中包括气象管理

和监督、监视平台管理和监督，以及通信能力升级。北极地区的气象条件变化多端，经常无法预测，而且导航辅助工具极不可靠，因此空军必须通过强有力的太空发射计划提供各种卫星监视和导航能力。空军还必须改善其在北极地区的气象预报能力，在无飓风季节利用 WC-130 资产积极进行北极地区气象研究工作。北极地区，尤其是北极圈以北的区域，通讯状况时好时坏，保持保密通信畅通很困难，而重要通信节点中断则可能造成严峻、恶劣的北极环境中的作战行动和人员遭遇致命的后果。空军是网空作战行动的主要部队，因此必须成为任何北极地区网空安全保障战略的一部分，应该与国防部、网空作战主管部门和政府其他机构合作，确实保障网空安全。空军北极地区战略应该考虑在阿拉斯加司令部属下的第 11 航空队里嵌入网空保护分队。

在宏观层面，空军教育训练司令部应该推行多种训练和教育计划，以便在空军内部和国防部各部门进一步宣导北极地区天空意识。该司令部应该扩大阿拉斯加州艾尔森空军基地北极地区生存训练学校（第 66 训练中队第 1 分遣队）班级规模和受训学员人数，确保培养一批训练有素、能胜任各种北极地区任务的空军官兵。这批官兵起码应该包括派遣到北极地区基地的所有机组人员以及因职责需要而可能到严寒生存条件下去工作的所有其他人员。长远而论，该司令部应该从

国防部各部门（以及海岸警卫队）寻求额外资金和教员，把这所生存训练学校办成各军种联合学校。

空军教育训练司令部还应该在其学术大本营空军大学恢复关于空军在北极地区活动的研究工作，利用整个大学的研究能力探索与北极地区有关的问题，并且在空军指挥与参谋学院和空军军事学院开设相应的课程，激励空军关于北方极地战略与作战问题的思路。北极地区特定问题（北极地区“天空意识”）课程设计工作可以由空军大学新建立的北极研究室负责，类似于海军军事学院和美国海岸警卫队学院最近建立的此等研究机构。<sup>25</sup>

## 结语

在北方极地作战而没有空军北极地区战略，并且对明显属于空军权限范围内的问题保持沉默，就是让其他军种对我们在北极地区的作用和任务指手画脚。空军必须制定自己的北极地区战略，而且必须尽早制定，刻不容缓。如果继续无动于衷，将导致空军形象受损，拱手让出空军在北方极地的使命，并且减弱美国开拓地球上最后一块荒原的能力。

“不知所往而欲行，终将沦落到尴尬之地。”

——罗伦斯·P·贝拉（Lawrence P. Berra, 1925 -2015）

## 注释：

1. 空军还是国防部南极洲事务执行代理机构（通过主管人力和后备役事务的空军部副部长 - SAF/MR），并且每年部署纽约州空军国民警卫队带滑橇的 LC-130 飞机到南极洲。Air Force Reserve Command. “Annual Operation Deep Freeze to commence Sept. 29” [一年一度的深冻行动将在 9 月 29 日开始]，<http://www.afrc.af.mil/News/ArticleDisplay/tabid/136/Article/620323/annual-operation-deep-freeze-to-commence-sept-28.aspx>.

2. Louis Degoes & James T. Neal. "Selected military geology projects in the Arctic, 1950-1970" [ 有代表性的北极地区军事地质项目, 1950-1970 年 ], 收录于 J.R. Underwood, Jr. & Peter L. Guth, eds. "Military Geology in War and Peace" [ 战争及和平年代的军事地质学 ], Boulder, Colorado. Geological Society of North America. 1998. 205, 208-209.
3. 同上, 第 205 页。
4. 参看 "History of the Research Studies Institute, 1 April through 30 June, 1952. Arctic, Desert, Tropic Information Center" [ 研究所历史, 1952 年 4 月 1 日至 6 月 30 日。北极地区、沙漠和热带信息中心 ], Maxwell AFB, AI. 11-15. 第二年冬天, ADTIC 中心人员在格陵兰逗留 90 天, 参加 "薄荷郁金香项目" (Project Mint Julip), 研究光滑的冰面, 以便断定是否能够在冰上进行一个科研项目, 并且完全从空中维持; 另参看 "History of the Research Studies Institute, 1 January - 30 June, 1953. Arctic, Desert, Tropic Information Center" [ 研究所历史, 1953 年 1 月 1 日至 6 月 30 日。北极地区、沙漠和热带信息中心 ]. Maxwell AFB, AI. 14.
5. Department of Defense Arctic Strategy [ 国防部北极地区战略 ], Department of Defense, Washington, D. C. November, 2013. 该战略确认其 "隶属于" 若干北极地区相关文件, 并且 "充实" 国防部国土防卫战略以及对民政机关的防务支援计划。2. Footnote 3, [http://www.defense.gov/pubs/2013\\_Arctic\\_Strategy.pdf](http://www.defense.gov/pubs/2013_Arctic_Strategy.pdf).
6. DOD Arctic Strategy [ 国防部北极地区战略 ], 12-13.
7. 同上, 第 5-7 页。
8. "Arctic Planning: DOD Expects to play a Supporting role to Other Federal Agencies and Has Efforts Underway to Address Capability Needs and Update Plans" [ 北极地区规划: 国防部预期将发挥对其他联邦机构的支援作用, 并已着手解决能力需求问题和更新各项计划 ], United States Government Accountability Office Report to Congressional Committees. June 15, 2015. GAO-15-566, 10. [www.gao.gov/assets/680/670903.pdf](http://www.gao.gov/assets/680/670903.pdf). GAO-15-566. 15.
9. U.S. Navy Arctic Roadmap 2014-2030 [ 美国海军北极地区路线图, 2014-2030 年 ], Navy Task Force Climate Change. February, 2014. 11-12. [www.navy.mil/docs/USN\\_arctic\\_roadmap.pdf](http://www.navy.mil/docs/USN_arctic_roadmap.pdf).
10. 同上, 第 18 页。
11. Andreas Kuersten, "Assessing The U.S. Navy's Arctic Roadmap" [ 评估美国海军北极地区路线图 ], Center for International Maritime Security. June 21, 2015. <http://cimsec.org/assessing-the-u-s-navys-arctic-roadmap/17117>.
12. U.S. Naval War College, "Game Report, Fleet Arctic Operations Game, September 13-16, 2011" [ 演习报告, 舰队在北极地区的作战演习, 2011 年 9 月 13-16 日 ], 37, [https://www.usnwc.edu/getattachment/Research---Gaming/War-Gaming/Documents/Publications/Game-Reports/FAOG\\_Game-Report\\_09-2011.pdf](https://www.usnwc.edu/getattachment/Research---Gaming/War-Gaming/Documents/Publications/Game-Reports/FAOG_Game-Report_09-2011.pdf).
13. "Coast Guard Commandant 'delighted' to get AF C-27s" [ 海岸警卫队司令官 "很高兴" 获得空军的 C-27 飞机 ], Claudette Roulo,. American Forces Press Service, April 10, 2014. <http://www.military.com/daily-news/2014/04/10/coast-guard-commandant-delighted-to-get-af-c-27s.html?comp=7000023468292&rank=1>.
14. Tim Ellis, KUAC, TV -9, "Test of Readiness: Cruise Ship to Transit Northwest Passage Opened by Sea-ice Retreat" [ 测试通航状态: 游轮将穿越海冰消退后可通航的西北航道 ], October 23, 2015. <http://fm.kuac.org/post/test-readiness-cruise-ship-transit-northwest-passage-opened-sea-ice-retreat>.
15. "U.S. Draws Map of Rich Arctic Floor ahead of Big Melt" [ 美国赶在冰层大融化之前绘制资源丰富的北极海床图 ], Wall Street Journal, 31 August 2007, <http://online.wsj.com/article/SB118848493718613526.html#articleTabs%3Darticle>. 有一篇 2012 年发表的文章指出, 加拿大北极海域只有大约 10% 的面积绘制了 "达到现代标准的" 海图。参看 K. Joseph Spears and Michael K. P. Dorey, "Arctic Cruise Ships: The Pressing Need for Search and Rescue" [ 北极游轮: 对于搜索与救援的迫切需要 ], Canadian Sailings, 17 October 2012, <http://www.canadiansailings.ca/?p=4830&print=1>
16. The Ilulissat Declaration [ 伊卢利萨特宣言 ], Arctic Ocean Conference, Ilulissat, Greenland, 27-29 May 2008, 2, [http://www.oceanlaw.org/downloads/arctic/Ilulissat\\_Declaration.pdf](http://www.oceanlaw.org/downloads/arctic/Ilulissat_Declaration.pdf); 另参看 the Agreement on Cooperation on Aeronautical and Maritime Search and Rescue in the Arctic [Nuuk Agreement] [ 北极地区航空和海上搜索与救援合作协议 (努克协议) ], 12 May 2011, preamble and art. 3, par. 3, <http://www.ifrc.org/docs/idri/N813EN.pdf>. 在划分这些区域的界线时,《伊卢利萨特宣言》谨慎地避免声称这些界线以后不会被用作处理悬而未决的界线争议的先例 (第 3 条第 2 段)。
17. Arctic Council, Ibid., part. 7, pars. 3 (d) and (e). 努克协议还详细列出各国的 "适任权限" (附录 1)、搜索与救援机构 (附录 2) 以及救援协调中心 (RCC) 地点 (附录 3)。
18. "The Arctic Is a Long Way from Canada's Search and Rescue Techs" [ 北极地区离加拿大搜索与救援资产十分遥远 ], Nunatsiaq Online, 3 November 2010, [http://www.nunatsiaqonline.ca/stories/article/556011\\_the\\_arctic\\_is\\_a\\_long\\_way\\_from\\_](http://www.nunatsiaqonline.ca/stories/article/556011_the_arctic_is_a_long_way_from_)

canadas\_search\_and\_rescue\_techs/. 原文指出，从安大略省特伦顿到厄瓜多尔基多的距离比到努纳维特的距离要短，但是这个距离是利用“按平面方式绘制地图”的墨卡托地图计算的。使用谷歌地图投影法则可将此距离延伸为一条直线，伸到巴拿马下方，穿过委内瑞拉，进入哥伦比亚北部。

19. David Perera, “Papp: Coast Guard Plans No Arctic Shoreside Infrastructure” [许可审批：海岸警卫队不打算建造北极地区岸边基础设施], Fierce Homeland Security, 22 May 2013, <http://www.fiercehomelandsecurity.com/story/papp-coast-guard-plans-no-arctic-shoreside-infrastructure/2013-05-22>
20. Ronald O'Rourke, Coast Guard Polar Icebreaker Modernization: Background and Issues for Congress [海岸警卫队极地破冰船现代化：呈递给国会的背景和问题概述报告], CRS Report for Congress RL 34391 (Washington, DC: Congressional Research Service, 24 July 2013), “Summary,” <http://www.fas.org/sgp/crs/weapons/RL34391.pdf>.
21. 在北纬 60 度以北有两个空军基地，适合用作搜索与救援飞机的出发和返航基地。一个是艾尔森空军基地，位于北纬 64°39'56”；另一个是苏尔空军基地（有长达 10,000 英尺的跑道），在北极圈以北 750 英里，位于北纬 74°31'52”。艾尔森基地南面是埃尔门多夫—理查德森联合基地，那里也有一条 10,000 英尺跑道，并且是第 11 救援协调中心的所在地。在阿留申岛链外缘，是厄尔克森空军站（以前称为谢米亚空军基地），那是一个由承包商维护的备用/紧急着陆机场/加油站，也是空军的“眼镜蛇戴恩”雷达站。厄尔克森空军站拥有一条 10,000 英尺跑道和几个机库，可用作任何搜索与救援行动的极西部基地。艾尔森空军基地和埃尔门多夫—理查德森联合基地的飞机数量和机型将极大地扩充可选用的搜索与救援应急方案。第 354 战斗机联队（F-16 飞机）和阿拉斯加空军国民警卫队第 168 空中加油机联队驻守在艾尔森空军基地。埃尔门多夫—理查德森联合基地则有空军国民警卫队第 176 联队（C-17 和 C-130 飞机，以及 HC-130 和 HH-60G 搜索与救援飞机）。该基地还有空军第 3 联队，配备 C-17 飞机、C-12 飞机、E-3 机载预警与控制系统飞机、若干战斗机以及两个空天作战中心。
22. 上面所列的所有机场描述皆可在下列网站查阅：<https://www.airnav.com>。2015 年 11 月，几架 C-17 飞机参加“北极飞马行动”，把一个陆军史崔克装甲旅的若干作战分队运送到逝马机场。
23. Navy Arctic Roadmap 2014-2030 [海军北极地区路线图，2014-2030 年]，11. 根据海军的预测，到 2020 年，白令海峡在一年内将有 23 周的无冰期。
24. TSgt Catherine Schmidt, “109 AW aids Canada with Operation Nunaliut 2015” [第 109 空中运输联队协助加拿大举行 2015 年“努纳利夫特行动”军事演习]，<http://www.109aw.af.mil/news/story.asp?id=123447974>
25. U S Navy War College, “Arctic Studies Group” [北极研究室]，<https://www.usnwc.edu/Research---Gaming/Arctic-Studies-Group.aspx>.



约翰·康威，美国空军退役上校（Col John Conway, USAF, Retired），阿拉巴马大学文学士、文科硕士，现在阿拉巴马州马克斯韦尔空军基地的空军研究所担任军事防务研究员。他曾作为情报官在空军服务 30 余年，任职于总部情报局、北美空防司令部，以及国家安全局等部门。他曾任乔治亚州罗宾斯空军基地的空军预备役司令部总部的资深情报官，并担任多个联队与中队级情报职务，包括在越南共和国嘉莱省波来古市第二直接空中支援中心执行野战任务。他的最后一个现役职务是空军预备役司令部总部缉毒支援处处长。2001 年退役之后，康威上校在乔治亚州戈登堡基地担任戈登堡地区安全行动中心主任的文职顾问，9/11 事件后担任罗宾斯空军基地空军后勤中心的 U2 部系统工程与技术援助合同顾问。他经常为《空天力量杂志》撰稿。

# 通过矩阵式联队模式在作战单位推进持续流程改进

Matrix Wings: Continuous Process Improvement an Operator Can Love

A. J. 布莱丁, 美国空军退役上校 / 博士 (Dr. A. J. Briding, Colonel, USAF, Retired)

在当前财政紧缩的环境下, 我们需要空军每位战士参与寻求更智巧的运作方法。

——前空军副参谋长拉里·斯宾塞上将 (Gen Larry Spencer)

斯宾塞上将要求官兵拿起管理武器的召唤, 我们空军以前肯定也听到过, 但如今其意义更非同以往。二十多年前, 空军认真听取这一忠告, 大力推行质量空军建设, 力图把全面质量管理制度化, 在付出一番努力之后, 却眼见整个计划无疾而终。然而, 提升工作的智巧和效率, 不仅必要而且迫切, 毫无疑问, 我们需要运用质量管理和持续改进的概念, 更智巧地执行使命和工作。基于这一需要, 十年前空军又推出《空军 21 世纪智巧运作手册》(AFSO21), 这是空军的最新综合性努力, 旨在寻求正确的方法来实施一个争取覆盖“我们所有环境——作战、支援及其它”的“持续流程改进”(CPI) 模式。<sup>1</sup> 这套综合方法运用源自“精益化、六西格玛、约束理论、业务流程再造”的概念, 它的七年分阶段措施使人想到当年“质量空军”建设中所做的巨大分期准备努力。<sup>2</sup>

所有这些, 也许非常适合作战支援单位和机构, 假设我们能留出额外的时间和精力来掌握、运用和维持 AFSO21 的话。然而, 如果强行把又一套结构化方法在作战单位推行, 即使分阶段进行, 也不大可能比当年的全面质量管理制度化努力更加成功。更有可能的是, 它只会使多数作战官兵更加深

AFSO21 = 空军 21 世纪智巧运作手册  
CPI = 持续流程改进

对民间部门管理做法的偏

见。对以往的折腾, 用一位已退役的前任总军士长的话来说就是: “我曾被零缺陷管理、被全面质量管理、被微观管理、被一分钟管理、被协同, 我的工作模式也被转变、被打破、又被告知把我的习惯减少为七个。”<sup>3</sup> 联系到现在推行 AFSO21, 不妨将该评论扩大到还包括“被精简、被六西格玛化, 我的理论被约束, 我的流程被再造、被博伊德 OODA 循环模式化。”

本文无意批判任何这类方法论的有效性, 因为它们都为改进流程带来非常实质性的能力。确切地说, 本文是批判那种想回归到当年导致“质量空军”建设努力失败的那种管理思维模式。作战单位可以使用 CPI 模式, 也可以运用 AFSO21 中的原理, 不过, 最好不要侵占作战使命准备和执行时间, 而且最好能按照作战部队的文化量身定制。要想使任何 CPI 计划在作战界取得成功, 我们就必须了解使命导向和军队文化这两个关键特征。因而我们有必要对此进行回顾, 从而为在空军联队层面用最佳方式制度化实施 CPI 打下基础。

在可预见的未来, 两大挑战赫然在目: (1) 如何继续用更少的资源和资金满足使命需求; (2) 如何自我调整以跟进适应——甚或超前适应——不断演变和扩大的作战空间, 我们面对的作战空间已经呈现出新维度, 经常出现

新的前所未有的威胁。这些情况要求我们保持适变和持续改进，驱使我军目前重点关注这两个方面。上一任参谋长联席会议主席马丁·邓普西将军强调我军领导层必须具有适变性，要把作战决策权交给指挥作战行动的领导人——那些身处易变、无常、复杂、模糊环境，最适合评估形势并决定最有效行动方案的指挥官。<sup>4</sup>如果把作战行动的方方面面理出一个等式，在等式的组织、训练、装备这一边（常常被称为“平时”模式），毫无疑问，我们必须不断寻求完成每项使命的最佳途径——寻求实施CPI和革新的方法，而CPI和革新本身就是流程的一部分，而非例外，故而没有为这些以使命为指向的、本已繁重的职责增添很大负担。在理想情况下，新方法应该只是把这些职责重新安排成更顺畅的结构。

任何意图改变我空军作战方式的改进计划，都必须充分了解和对待军队与民间之间的区别，以及作战界与作战支援界之间的区别。相对短暂的“全面质量管理”努力的历史如果给我们留下任何经验教训的话，那就是它证明了：任何把民营或公共部门的经营理念嫁接到军事作战文化的努力，都必须谨慎、恰当、三思而后行。

## 军队与持续流程改进

要想有效推行持续流程改进即CPI，推进者必须保证它能方便地与军事作战文化兼容，因为这种文化是美军取得成功的基石。作战行动不应该为适应一种CPI模式或文化管理而加以调整；相反，CPI应该为适应作战单位而调整。如果没有受到军队文化的全面支持，CPI和其它管理措施都将遇到抵制，而且也不会持久。

## 军队文化的独特性

美国军队的核心，就是履行使命，一切为着保卫我们的国家，而不是为股东赢利。当我们想借助民间做法来改进军队事务时，必须牢记武装部队与民间组织之间的这个明确区别。军队领导必须首先以使命为重，永远以人民为重，不会有人对此持异议。武装部队的存在是保卫国家，如果不能履行这个使命，就没有对国家尽到责任。然而，当我们自豪于美国在技术上的领先时，我们同时也承认，我们军队的人员是世界上最优秀的军人，也是美军令人敬畏的首要原因（因此，CPI和其他革新在各军种都有极好的应用潜力）。其它国家也许能够部署一流武器系统，但是无法做到像美军那样开发和实施先进而复杂的联合、一体化战争概念。如此错综的作战行动，依靠的是我陆、海、空、海军陆战队诸军种高度专业、机智、进取、能干、浸润于责任感和主动性文化环境的官兵们。美军关心爱护自己的军人，也从这种投入中获得相应回报，这种回报就是，我们的军人以成熟的领导技能、不断改进的能力和高涨的士气履行使命。

履行使命和保护人民，这是我军的重中之重，是检验任何建议用于作战部队的革新概念是否合适的两个基本衡量标准。这个革新概念能更好地服务我们的使命吗？它能在不增加军人职责（因此不影响效率）的情况下提高履行使命的效能和效率吗？任何新举措，如果最终会侵占使命准备和执行的时间、精力、资源，都应该避免。<sup>5</sup>这就是为什么空军当初努力推行全面质量管理但没能成功的主要原因（当然不是唯一的原因）。作战军人的宗旨是履行使命，这是主动精神和使命感文化使然，但是这种文化不会轻易接受往往会削弱军事重心的管理概念。

## 军队使命的双重性质

如果要把一个业务流程运用于作战部队，它还必须符合第三条标准。它应该能够将一项军事使命的平时活动，即组织—训练—装备，顺畅地转换到开展军事行动，包括投入战斗。反观民间，有多少企业采购完整系统，培训其人员，然后把他们送往战火之中呢？这个区别最有力地说明了我们的军事人员为什么对这些管理概念常常不屑一顾——他们尊崇的是英勇善战、沉着冷静、重压不跨的领导人，而不是那些以完成业绩为目标而有效地协调人员和其它资源的经理们；当然，这种鄙视也有其偏见，这就是他们没有认识到，在平时模式和军队作战支援中，良好管理和照料也有其重要作用。

如此，准备向作战部队推广的任何新流程或政策，都要符合以下三个标准：

1. 它应直接或间接地提高使命执行能力。<sup>6</sup>
2. 它应使人员执行使命更有效能和效率。<sup>7</sup>
3. 它不应该妨碍向实际军事行动（包括投入战斗）顺畅及无缝转换。

按照这些标准，空军如何在其主战单位——作战联队——良好实施 CPI 呢？

## 从联队的作战视角看持续流程改进

与军队中作战组织固有的平时 / 战时双重性相比，军队的支援性单位非常适合使用质量管理和 CPI 的流程、方法和工具。这种适宜性对作战单位来说就不那么确定，其原因有三。第一，相对而言，作战环境不稳定，难预测，难控制。战斗就是极好的例子：良好的训练、明确的使命目标、周密的计划等，都帮助降低作战员面临的波动性、不确定性、复杂性、含糊性，不过作战计划的实施很少

能完全按脚本演进。因此，按照实际形势的变化及时调整和应变才是保证使命成功的根本，这就是邓普西将军的以上表述所传递的精神。<sup>8</sup> 即使像人道救援和抗灾救险这类非战斗行动，也常因为行动方案与实际形势发展不匹配而必须修改和调整。第二，使命是重中之重——我们的人员一旦进入作战空间，执行使命就是最高优先。费用、效率、标准化，等等都是次要考虑，尤其是在有生命危险的关头。第三，风险升高因素，这是各种实战行动必然出现的情况，故而也是区分作战使命和支援使命的重要分界。应对作战风险需要领导能力、应变能力和创新能力。我军依靠作战风险管理而发挥这些能力；但是在当今作战行动中，使命能否成功，取决于邓普西将军号召的各级领导在行动实施过程中、以及战前备战过程中的应变能力。这诸多的变化扰动，波及到平时的行动之中，因为平时行动是为着直接支援作战使命，其中必然要反映作战行动的许多动态变化。

## 联队开展持续流程改进的重心：关键流程

“空军 21 世纪智巧运作”即 AFSO21 计划，聚焦于执行层面的关键流程，但是联队的各种关键流程——亦即执行作战使命必不可少的那些流程——对于在作战单位实施正式 CPI 模式至为关键。联队通常会有相当多这样的流程，包括发射飞行器、向目标投送炸弹、维修基地设施、保证基地安全、提供全面人员支持服务，等等。<sup>9</sup> 所有这些流程都达成或直接导致使命结果，这些流程通常自成一体，始于联队也止于联队范围。它们几乎总是涉及属下多个中队。出动飞机作为一个流程，需要跑道、控制设施、维修、准备执行使命的机组人员及飞机，所有这些都是这个关键流程的一部分。同样，轰炸目标作为一个流程需要制定飞行计划、情报、通信、训

练有素的机组人员、机组人员休息设施、后勤支援,诸如此类。联队内在的等级结构(如下图所示)与这些关键流程在走向上有横竖之别。关键流程是横向的,所以联队等级结构把它们分割成较小的、常常是与完整过程不协调的小块——这是等级结构的一个根本缺陷。本文为联队建议矩阵式组织设计,主要原因就是为了纠正这个缺陷,亦即克服不良横向交流和协作,以及其它常常严重降低整个组织之效能、效率、灵活性的等级式低效率。要形成有利于CPI模式推广和创新的环境,首先必须有一个支持它们的结构。

### 按照矩阵式组织模式重新设计联队

如果让联队司令设想管理其关键流程的理想结构,它很可能会有如下特征:明确以使命为重,汇集关键流程所涉及的所有职能领域的专家并使他们以团队形式运作,让主管和指挥官能够监督其人员的工作情形和流程结果。以上这些都是实现关键流程的矩阵式方法的一部分,在平时和战时都适用,也

不违反任何军事领导概念和指挥链概念。矩阵式方法也恰好吻合为流程改进而制定的AFSO21组织概念。<sup>10</sup>我们空军的文化也在开展矩阵式运作方面有强大优势。使命为重、先国后己和卓越自律的核心价值,对放权信任、应变能力、创新能力、多元化的重视等,共同营造出适合矩阵式方法茁壮成长的环境——这也是民营部门的矩阵组织常常求之而不得的环境。<sup>11</sup>

矩阵结构已经存在40多年了,因此让我们有充足的时间了解和完善其应用。从中获得的经验教训可以归结为三个方面:结构、流程、心态或文化。<sup>12</sup>许多民营企业已经认识到,一旦他们落实了建议的要点,矩阵组织就能在灵活性和创新方面给他们带来重大竞争优势。<sup>13</sup>

组织文化作为心理学领域的一个核心元素,被认为是一个关键的成功因素。“重要的组织使命不是设计最优美的结构,而是要发挥个人能力并激励整个组织同心协力应对复

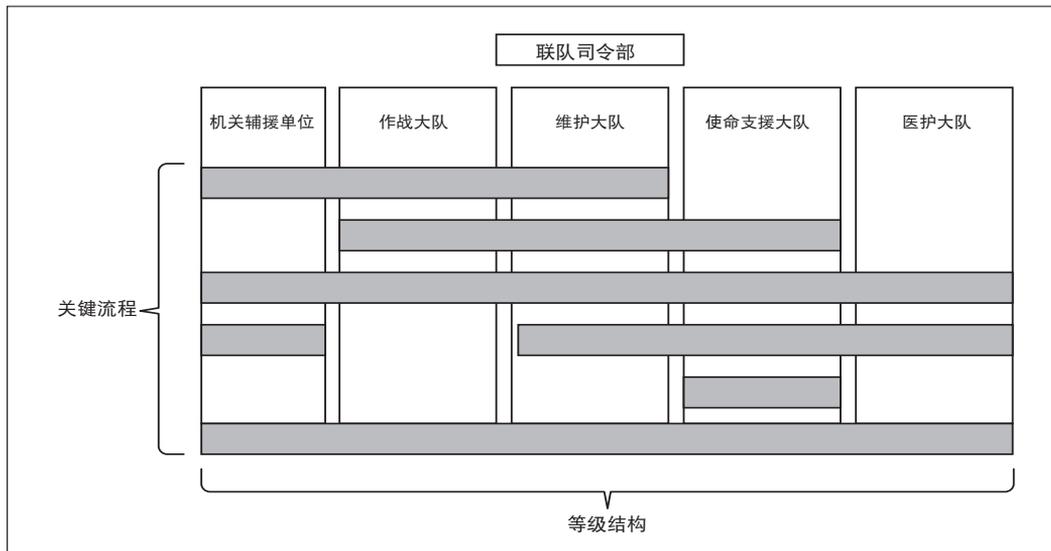


图1:空军典型等级式联队结构与关键流程的交汇

杂和不断变化的环境。”<sup>14</sup> 引自《哈佛商业评论》文章的这句话本来也可以出自空军参谋长之口。空军已经做好心理和文化准备，已经营造出使命为重、团队合作、服务精神、信任放权和创新能力的军队文化。而在民营企业，营造必要的文化环境对于其成功运作矩阵组织而言是一项最棘手的挑战。<sup>15</sup>

与民营企业相比，空军的另一个优势是，其关键流程不大可能随着迅速变化的市场压力而波动，而民营企业就必须做出应对。如此，空军提供了有利于矩阵组织运作的稳定性。方式和方法可以改变，但是，关键流程的结局不大受外界变化的影响。

### 组建跨职能运作（即矩阵式）团队

当飞行员登进驾驶舱起飞或巡逻队离开基地开展防卫的时候，许多运动的部分都必须各就各位。训练、规划、装备、情报支援、维修、后勤物流——所有这些支援部门都必须为完成共同使命而各司其职，各负其责。如果飞机没有做好起飞准备，问题出在哪里，是出在调度安排、维修、还是后勤物流？如果流程管理团队中包括所有这些职能部门的代表，确定问题的根源就相对容易。团队因此能比较容易纠正错误、解决问题、消除瓶颈，使流程畅通无阻，并共同讨论流程改进和革新，以更可靠而有效地履行使命。要做到这些，团队成员只需要具备业务能力、使命为重、进取态度、以及常识思维。创建一个能落实 CPI 的智巧而富有成效的团队，并不需要在流程改进方法、分析性流程、或其他 CPI 工具和技术等方面的专业知识。在矩阵式或跨职能运作团队中做好这些人员搭配，也为团队提供最利于创新的驱动力和洞察力。把与此流程利益相关的各职能部门专家们汇集起来，将引发思想自然流动，尤其是在领导鼓

励创新的情况下。如果 AFSO21 计划的目标是提升价值、消除浪费、实现 CPI，那么达到这个目的最佳方式就在于运作团队。<sup>16</sup>

这个概念的简单明了，既是其主要优点，同时也带来疑问：为什么跨职能团队不运作我们正常行动中的主要流程？除了几乎不可避免的对变化的抵触之外，另一个重要阻碍是，团队成员有两个上司：团队领导和本部门指挥官。初看起来，这种情况似乎不符合通过正常指挥链的部队统一指挥基本原则，并且似乎把职能指挥官对流程相关部分的主要监管角色降为次要角色。对有些军事领导人来说，这个转变是他们极不喜欢的，但是，正常军事权力与责任仍会被保留。

### 制定细节

就表面价值而论，在空军联队使用矩阵方式有极好的潜力。问题在于如何把潜力转化为更好的作战使命执行和支援能力——如何对运作团队和关键流程监督机制加以特别调整以适应各联队的具体程序。自下而上，而不是从上到下的设计和实施是最好的方式。从上级指挥部向下指导，有助于构建计划，包括设定期望；但是，实际的矩阵结构和相应的网络应该由每个联队及其运作团队制定。如克里斯托弗·巴特利特和苏曼特拉·戈沙尔（Christopher Bartlett and Sumatra Ghoshal）发表在《哈佛商业评论》的文章标题所示：“矩阵式管理：不是一个结构而是一种心态”，成功的矩阵组织，较少在意如何使用一个具体架构，更多在意如何运用正确的观点。<sup>17</sup> 假设运作团队有得力的领导，获得适当的授权和信任，也有管理流程的动力，此团队在应对不断变化的作战条件和经历中往往自然而然地自我提高和发展。

实施运作团队相对简单。首先，每个联队需要列出其关键流程（作为起点，可参看各编号航空队参谋部将属下各联队的常用关键流程汇编成的清单），如有必要，可把主要流程分解成容易控制的组成流程。例如，执行多种飞行使命的联队也许愿意根据机型划分关键流程。然后，各大队指挥官应一致商定指派各流程的负责人，并由这些负责人从主要承担每一流程的各中队选拔具体流程管理人及聘请职能专家。应该由各流程负责人（比如大队或中队指挥官、副指挥官、作战军官）为团队设定运作衡量参数、指标，和其它指导原则，但是要强调信任和放权，让团队成员根据实际情况灵活运作流程。创新应该受到鼓励，凡创新性流程改进的建议应该经流程负责人批准。更综合性的建议，包括AFSO21程序的使用，可以提请更高级领导委员会审核。流程负责人将负责保证规章、政策及其它相关指导原则得到遵守，也保证新建议新理念在获得适当级别的批准后再行实施。

一旦团队开始运作，日常工作将很少受到干扰。团队成员不必接受专门的CPI训练，不过最好读完了解AFSO21工具和技能的入门课程，对今后开展工作有用。随着各团队提升运作效率，他们会选用具体工具改进其流程管理（如果联队中有一位AFSO21专家来训练和辅导他们，就能做好选项的选择），但是，学习如何运用AFSO21工具应该是拉式而不是推式训练。各方面职能专家仍继续履行其正常职责，指挥官将保留对其职能范围的控制；大队和中队指挥官继续对其人员和流程结果进行监督和控制。主要区别是，这样的团队结构将更促进日常的团队运作，包括流程中核心职能之间的直接协作。

**运作团队的关键：领导与决策**

要检验矩阵式组织的领导是否有效，就要看他们是否愿意让团队领导监管自己的流程，是否愿意给予各职能部门代表在其专业领域内自由做决定的余地。因为这种愿意是信任放权的精髓，所以矩阵式团队提供一条具体的途径，真正放权给空军官兵，鼓励其履行各自职责，以人为本，让军人——军队最重要的资源——充分发挥。和所有放权计划一样，流程负责人应该授予其下属决策权，不过要有明确的决策权限，以允许他们在权限之内指挥行动。这种设想并不新颖——实质上，这就等于是把作战风险管理计划概念运用到流程管理上。高级主管和指挥官应该集体设定目标、度量标准、以及其它定义这些界限的参数。职能指挥官担当监督责任，保持指挥链随时了解情况，这并不取消他们必要时在决策过程中进行调节的能力。和作战风险管理一样，决策逐级提升的框架应该到位。该框架可以在各职能部门代表的垂直监管链之内制定，根据待做决定的性质和每个主管和指挥官的容忍度以及对职能代表的信任度。然而，基本的流程改进决定应该留待团队来做，想控制上游指挥链职能决定的冲动应该受到遏制。政策决定比较适合逐级上升到适当的级别。

露丝·马洛伊（Ruth L. Malloy）列出了矩阵式团队成功领导的四项基本技能：影响力、自我意识、换位思考、冲突管理。<sup>18</sup>就影响力而论，矩阵式团队的精髓在于合作。只要合适，决策可以集体制定，但是，团队领导需要识别何时必须自己单独作决定。军事领导力训练强调自我意识，因此团队领导人应有能力根据背景情况而适当调整领导风格和决策制定。换位思考和情感智商也应该是油然而发，因为它们也被认为是军事领导有益的特性。冲突管理在部队不像在民营部

门那样困难，因为军事单位（包括运作团队）的行动受明确的权力和责任限制。

视关键流程而定，初级军官或校级军官将是团队领导（即流程管理人）的最佳人选。他们的影响力视级别而定，和所有军事领导能力一样，也应该通过业务能力和领导能力的展现而赢得。搭建人际关系、建立良好的纵横双向交流渠道、影响、促进、辅导，等等，这些矩阵式组织技能在任何情况下都是良好军事领导力的理想特征。<sup>19</sup>

### 得到整个组织认同

像任何重大变革一样，我们必须克服固有的组织性抵制。军事组织因其惯常文化属性，其实便于向矩阵式团队转型，但需要领导层做好解释交流，强调使命为重、团队合作、信任放权的好处，同时告诉官兵这种转型不需要专门 CPI 训练。也许，最难说服的倒是高层领导人本身，他们会觉得自己在放弃一些指挥权力。如前文所讨论的，建立对运作团队纵横控制的正确组合，应该能缓和这种担忧，如果他们明白指挥链仍然对职能部门表现负有运作责任的话，也会减少其担忧。运作团队概念在出征部署条件下也可适用，但是要加强职能指挥链责任的重视。任何组织的变化都是如此，各级领导必须全力以赴地支持。团队也需通过定期（比如每月或每季）向联队和大队指挥官汇报关键流程的运作情况，不断强化高层领导的认可。高层亦可通过简报会有机会了解和核实，确认运作团队不偏离更大使命，不逾矩，不过于专注内部小事务而迷失大方向（所谓“只顾自家一亩三分地”）。<sup>20</sup>

军事单位的情况总是如此，领导的更替可能不利于矩阵组织转型计划的连续性。联队指挥官必须要全力支持计划，确保向继任

者全面介绍计划的落实情况。只要充分宣讲矩阵式联队的理论依据及其工作原理，应该足以说服继任指挥官接手，继续对该计划负责而避免中断，尤其是，矩阵概念在联队日常运行中相当透明，并且会对联队指挥官有意推行的其它改进做出积极响应。如果矩阵式联队在更高的编号空军层级获得广泛实施而制度化，那么，继任领导人就很容易领会计划的情况，会理解并期待该组织形式就是整个司令部范围的新常规架构。

### 实施矩阵结构的主要好处

以矩阵结构管理关键流程，如果实施得当，其所得将远远超过其所失。

**实施相对容易**——在普通联队，只要几个月时间，就能确定和列出各项关键流程，建立运作团队，落实监督机制。不需要预先进行流程管理方法的训练。与七年期 AFSO21 实施计划所建议的结构相比，好处一目了然，这就是部队官兵继续全力关注作战使命，而不是分心于辅助性训练。

**与 AFSO21 计划的关键成功因素高度一致**——AFSO21 手册列举了三个关键成功因素：(1) 以结果为导向；(2) 以“全员空军参与”向“不断寻求最佳方式做好日常工作”的思维定势转变；(3) “有目的地坚持贯彻应用程序……最终铸入我军文化”。<sup>21</sup> 建立关键流程运作团队并常态化制度化，势必在这三方面都取得简洁而流畅的改进。

**全面流程管理**——由于各关键流程运作团队逐渐相互了解，也看到自己的流程如何自始至终跨越职能部门界限运作，单从这种整体分析中得到的领悟通常就可直接导致流程改进。在更好地了解了整个流程之后，显然可见直觉判断力提高，能迅速发现更细节

的可改进之处，消除不必要或重复的努力，更好地管理操作流程。

**使命为重**——军事领导人懂得，为保持高昂士气和绩效，军事单位的每个成员都应该明白如何履行自己作战使命或支援使命的职责。关键流程的团队人员应能明确建立这种关联，并能够看到自己的努力转化为作战使命得到更好的完成。

**放权、协作、激励**——看到自身职责与使命的关联，就是极好的驱动力；这种动力更随着信任放权和团队协作而加强，推动团队成员更出色履行使命。在各团队开始看到自己的努力成功带来改进后，这些成功就会增强放权和协作的价值。

**更好的响应能力**——矩阵式团队的响应能力和更强大的应变能力都有翔实记录。<sup>22</sup>这些特质将对空军有很大助益，因为空军的各项关键流程正受到人力和预算缩减的消极影响，也受到新流程与技术潜力的积极影响。譬如，像社交媒体这种简单又无处不在的技术，其实用性能够更快地经过评估，加以改造而投用于关键流程的实施。进一步，更复杂的技术和方法的进步也能得到更好的评估，确定其实用性和对整个关键流程的影响，从而减少忽视最优技术而选用次优技术的风险，因为有些技术，虽然可能有助于改进一项流程的部分功能，却对整个流程很少甚至没有助益。这种仅关注局部优化的单点解决方案趋势，是等级组织的一个常见现象。联队建立的监督机制的一部分职责，应该是能够加快对重大新政策和程序的推荐，如果采用AFSO21程序，这些政策和程序往往需要现有规程、政策或程序先进行修改。

**更多的领导机会**——奉命带领运作团队的军官很快会发现，这项职责将考验和提炼

自己的跨多职能协作领导技能，远比监管一个职能大队更具挑战性。也因如此，这位军官会有机会更好地了解和熟悉其他的领域。

**创新能力与主动精神**——“持续流程改进”即CPI的一个伴随概念是创新。两者都导致更好的结果——CPI以渐进的方式，创新则以更变革的方式。空军依靠先进技术不断创新而发展壮大，但是流程创新则常常被忽视；等级结构使综合性流程创新比较困难，因为存在着本位主义、烟囱式竖向管理，以及组织惰性。运作团队将有助于营造一个利于关键流程创新的氛围，从而让新思想和主动性茁壮成长。敦促官兵使用意见箱的以往做法没有充分挖掘其潜力，那么，我们应该鼓励和信任他们，向他们放权，使他们作为运作团队的一员直接参与改进关键流程。

这种团队环境的一部分，是不同职能专家们带给团队的思想多元化，这又为团队创造了寻求创新方案的条件。空军前任参谋长马克·威尔什将军视多元化为实行创新的措施而给予极大的重视。<sup>23</sup>

## 矩阵式联队实践示例

在1997-98年期间，驻日本横田空军基地的美军第374空运联队实施了矩阵式联队概念。该联队除了执行作战使命外，也全面负责基地的维修，还为租用基地的40家组织和基地1.23万人口提供所有支援功能。联队把150名人员编成运作团队来运作其26个关键流程，并成立了一个由联队副司令和各大队指挥官为首的运作委员会。委员会监督和支援所有团队，同时确保与联队和上级司令部的目标/政策在战略上的一致性，并确定关键流程之间的最优资金拨发和资源分配。指挥官保留职能性监督和管理，而各

CPI 运作团队被授权领导流程管理。仅仅六个月之后，运作团队就取得了重大而显著的流程改进成果。

最大的收益体现在涉及整个后勤大队的各种职能领域。在这个大队，CPI 运作团队使用行动执行程序来确定流程改进。由于取得的结果覆盖巨大范围，所以国防部的质量管理主任派遣了一名执业会计师去横田核实情况。该会计师证实：通过对 40,000 磅重的飞机货物装载机大修流程加以改进，“实现了每台装载机节约 93,509 美元，同时把周期大修时间从 15 个月降到了 2 个月”；而且，通过调整 C-130 飞机发动机的维修流程，把“周期修理时间从 66 天减少到 19 天，并为每台发动机节约了 171,000 美元的费用。”<sup>24</sup>

还有一个例子，关键流程 4.4 增进了社区关系，这是一个极为重要的关注领域，因为横田基地被 11 个市镇和县区紧密包围，其中大部分对基地的存在都持敌对态度。CPI 运作团队落实了多项新方案，包括成立了一个副市长委员会，每季度开一次碰头会，向主要日本官员说明联队的使命，倾听他们的担忧，并寻求与他们在共同领域（比如消防和管理安静时间）合作的途径；开放基地允许人们前来游览了解基地历史，从而让当地社区民众看到基地的许多日本纪念碑；组织日本军乐队和太平洋空军乐队之间的联合音乐会；协调每周一次情况通报广播，估计东京地区的日本听众有一万多，广播由联队司令主持，向听众介绍横田基地提供的服务。

这一系列公关活动汇集了来自四个大队和联队参谋机构的多种职能。由于这些努力，好几个态度最不友好的市长在那个时期都成了支持者。

来自 CPI 运作团队的反馈非常肯定，本文的多条建议都基于从该基地贯彻矩阵式组织概念中取得的第一手经验教训。这些流程改进与矩阵式联队概念的实施相结合，最终使第 374 空运联队荣获了“总统质量改进奖”——是国防部机构在 1998 年获得这项奖项的八个组织之一。

## 结语

改善我军运作方式是无法避免的趋势，环境和条件在变化，资源在减少，迫使所有组织都力争与时俱进和提升成效。对军队而言，生产率就是指履行作战使命的能力。在空军，也许只有当作战单位欣然接纳 CPI 概念和创新，将之常态化制度化，那种枪杆结实而枪头易折的情况才会真正消除。空军联队实施持续改进的关键，就在于消除竖向等级结构中司空见惯的约束，放权信任 CPI 运作团队管理自己的关键流程，自始至终把重心放在使命实施和团队协作上而不是管理方法上。矩阵式联队概念充分利用我军文化的内在特质，排除等级结构对流程有效性的障碍，把真正的领导力和权力赋予团队。这是一种用时、用力、用钱最少的解决方案，可助空军应对目前及未来挑战。★

## 注释：

1. Department of the Air Force, Air Force Smart Operations for the 21st Century (AFSO21) Playbook [空军 21 世纪智巧运作手册], version 2.1 (Washington, DC: Department of the Air Force, May 2008), A-1 (“Section One: Executive Summary”), [http://www.au.af.mil/au/awc/awcgate/af/afd-090327-040\\_afso21-playbook.pdf](http://www.au.af.mil/au/awc/awcgate/af/afd-090327-040_afso21-playbook.pdf).
2. 同上。

3. Lt Col Graham W. "Gray" Rinehart, USAF, Retired, "How the Air Force Embraced 'Partial Quality' (and Avoiding Similar Mistakes in New Endeavors)" [ 空军如何接纳“部分质量”并避免在新的努力中出现类似错误 ], Air and Space Power Journal 20, no. 4 (Winter 2006): 35, <http://www.airpower.maxwell.af.mil/airchronicles/apj/apj06/win06/win06.pdf>.
4. Gen Martin E. Dempsey, "America's Military—A Profession of Arms" [ 美国军队—武装的职业 ], white paper (Washington, DC: Department of Defense, [2012]), <http://www.jcs.mil/Portals/36/Documents/Publications/aprofessionofarms.pdf>.
5. 应该把影响组织单位有效性（例如性骚扰和攻击、工作场所的骚扰和歧视、滥用毒品和酗酒）的社会要素层面的定期培训视为一项要求，以维持部队秩序和纪律，从而直接支援使命。
6. 间接支援包括关心人民、编制预算、管理资源，以及美军运作概念中的其他基本要素。
7. 履行使命指包括所有专业代码所代表的核心功能领域。
8. 同注 4。
9. 第 374 空运联队在日本横田基地实施矩阵联队结构时，执行委员会确定了 26 个关键流程，分属以下 4 个关键结果领域：1.0 使命准备兵力与设备；2.0 基地运作支持；3.0 生活质量；4.0 东道国军方与地方社区关系。
10. 同注 1。
11. Christopher A. Bartlett and Sumantra Ghoshal, "Matrix Management: Not a Structure, a Frame of Mind" [ 矩阵式管理：不是一个结构而是一种心态 ], Harvard Business Review, July-August 1990, <https://hbr.org/1990/07/matrix-management-not-a-structure-a-frame-of-mind/>; 另参看 Ruth Malloy, "Managing Effectively in a Matrix" [ 以矩阵方式进行有效管理 ], Harvard Business Review, 10 August 2012, <https://hbr.org/2012/08/become-a-stronger-matrix-leader/>; 另参看 Gill Corkindale, "Surviving Matrix Management" [ 幸存的矩阵式管理 ], Harvard Business Review, 19 June 2008, <https://hbr.org/2008/06/surviving-matrix-management>.
12. 同注 11 中“矩阵式管理：不是一个结构而是一种心态”。
13. 同注 11 中“以矩阵方式进行有效管理”。
14. 同注 11 中“矩阵式管理：不是一个结构而是一种心态”。
15. 同注 11 中“矩阵式管理：不是一个结构而是一种心态”。
16. 同注 1。
17. 同注 11 中“矩阵式管理：不是一个结构而是一种心态”。
18. 同注 11 中“以矩阵方式进行有效管理”。
19. 同注 11 中“幸存的矩阵式管理”。
20. Stanley M. Davis and Paul R. Lawrence, "Problems of Matrix Organizations" [ 矩阵组织的问题 ], Harvard Business Review, May 1978, <https://hbr.org/1978/05/problems-of-matrix-organizations>.
21. 同注 1，参看其中 A-1-A-2 (sec. 2.2.)。
22. 同注 20。
23. Gen Mark A. Welsh, "Perspective" [ 视角 ], US Air Force, <http://www.af.mil/diversity.aspx>.
24. Director Anne O'Connor (DOD Quality Management Office), 2001 年与空军联队司令的业务函件。



A. J. 布莱丁，美国空军退役上校 / 博士 (Dr. A. J. Briding, Colonel, USAF, Retired)，美国空军军官学院毕业，韦伯斯特大学与空军战争学院文科硕士，空军理工学院理科硕士，沃尔顿大学博士，现任空军指挥参谋学院军事作战艺术科学硕士学位课程兼职教授。在其 30 年军旅生涯中，历任第 374 空运联队指挥官、第 375 空运大队和第 76 空运中队指挥官，以及美国太平洋司令部副参谋长。他在担任空中机动司令部总检察长团队主任期间，领导作战战备及核武器安保视察团进行了质量空军评估。上校拥有超过 4,200 小时飞行经验，先后担任过机长、飞行教官和飞行评估官，主要飞行 C-141 和 C-130 空运及空降使命。布莱丁博士在担任第 374 空运联队指挥官期间实施矩阵式联队概念，结果该联队在 1998 年荣获了“总统质量改进奖”。



## 重读海伦·斯诺，探究长征胜利奥秘

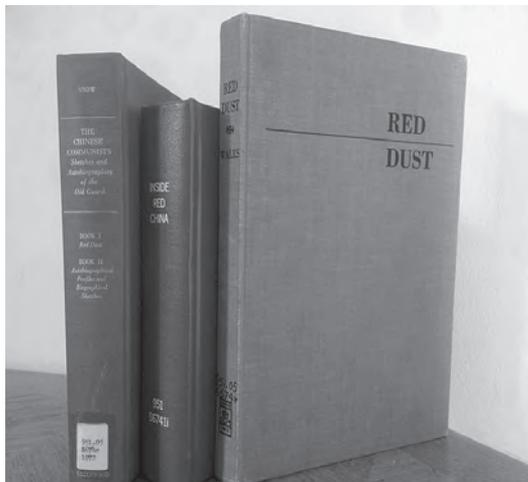
Helen Snow and Her Unique Perspective on the Victory of Long March

鲍世修，中国人民解放军退役大校，高级研究员（SrCol, People's Liberation Army of China, retired, senior researcher）

2016年，是中国工农红军长征胜利八十周年。时隔八十载，重新回顾中国历史上这个重大事件，这个震惊世界的历史壮举，人们最感兴趣的问题之一是：长征成功的奥秘究竟在哪里？其实，关心这一问题答案的，当然不只是中国人自己。长征祝捷后的这几十年来，世界上多少有识之士，都曾就此做过研究，发表过各自的真知灼见。中国人民长期以来的真挚朋友、国际知名的美国传记作家、《西行漫记》作者埃德加·斯诺的第一位夫人海伦·福斯特·斯诺就是其中之一。

海伦·福斯特·斯诺女士一生丰富多彩，她为向西方公众介绍中国共产党领导下的中国人民解放事业和社会主义建设事业，真可以说是倾注了自己的毕生精力，在许多方面都有重大建树。她的首部传世之作《续西行漫记》（*Inside Red China*），以及后来的《红都延安秘录》（*Red Dust: Autobiographies of Chinese Communists*），从独特的视角，揭示了中国工农红军以星火之微青萍之末而终成新中国大业的一个奥秘。

1937年春天，在中国工农红军经过长征到达陕北不久，海伦紧步其丈夫埃德加·斯诺的后尘，冒着生命危险，冲破国民党当局的严密封锁线，只身来到陕北苏区。她之所以会迈出这一步，首先是得益于埃德加·斯诺对长征所具深远意义的高度认知。埃德



加·斯诺在《西行漫记》中指出，长征“过去是激动人心的，现在它仍会引起世界各国人民的钦佩和激情。我想，它将成为人类坚定无畏的丰碑，永远流传于世。”海伦也深知，这一胜利的意义十分重大且来之不易；而她更敏锐地感到，探索成功之本，认清长征胜利的关键要素，则更为重要；所以她下决心要去中国陕北深探其究竟。

在以延安为中心的陕北苏区，海伦对中国众多的革命领导人，逐个进行面对面的采访，而红军的高级将领则是其访谈的重点对象，海伦在苏区的4个月期间，广泛接触了中国红军的领导人，双方坦诚相见，结下了一段真挚而深厚的情谊，几十年延续至今。

按照海伦预定的计划，她拟采访的中国红军将领有十几位，他们的主要代表是毛泽

东、朱德、彭德怀、徐向前、萧克、贺龙、罗炳辉、项英、王震、徐海东。海伦在延安期间对上述这些人逐个进行了详细的征询，请他们谈个人的出身、家庭、投身革命的曲折经历、成长为高级将领所走过的道路、中国革命的前途、红军屡胜强敌的办法和原因、乃至各自的个人爱好和生活情趣等，真的是问者无所不问，答者有问必答。这样，海伦通过这一系列的采访，自然在自己的脑中形成了一个强烈的印象，即：长征的胜利，是与领导这一历史壮举的每个人分不开的。今天当我们重新翻阅海伦当时留下的篇篇采访实录，能够从中获得的，除丰富的革命激情、对未来美好理想的执意追求，当然也有相当的历史沉重感外，更多的、更强烈的则是关于要不畏强暴、挺起腰杆做人、振兴中华等爱国主义和革命英雄主义，以及艰苦奋斗、自力更生方面的丰富内容。这恰恰正好说明长征之所以能够成功，中国革命之所以能够胜利，一个重要的关键，就是因为有着这样一批忠实于自己理想追求、不惜牺牲自我、敢于勇于担当、指挥才能出众的长途征战的领路人。

海伦是1937年春天来到陕北延安的。当时中国的十年内战刚结束不久，陕甘宁边区还处于半封锁状态之中，外界对中国红军认识和了解不多，国内外公众大量接触到的是国民党政府及其舆论工具长期以来对中国共产党及其军队的恶意攻击和中伤，中国红军被他们称作“赤匪”，而其将领则被描绘成面目狰狞、置国家、民族和人民大众利益于不顾、只热衷于追逐个人私利和野心的盗魁匪首。可是，这些人在海伦的笔下，又是怎样的呢？

## 一、识大体顾大局，民族、国家利益至上

尽管十年内战期间，乃至整个长征过程之中，中国红军一再遭到南京政府军队的疯

狂剿杀，但是1935年秋，当日本军国主义大举侵华的意图暴露得愈来愈明显时，中国红军的领导人识大体，顾大局，捐弃前嫌，把国家、民族利益放在首位，做出了以放弃苏维埃为交换条件，同国民党合作，组成民族统一战线，共同抗击日本军队入侵的正确决定。海伦指出，毛泽东是“一位头脑冷静，深谋远虑，能正确判断形势的出类拔萃的政治领袖”。<sup>1</sup> 1936年西安事变发生时，他“全力促使事变和平解决，”并且“成功地使全体党员和红军一致拥护统一战线政策。”<sup>2</sup> 而在1935-1937年抗日战争爆发期间，中国的局势在暗流中动荡不定，海伦又说：“毛泽东却能始终不渝地坚持自己的主张”——国共合作，抗战到底。<sup>3</sup>

## 二、忠实于共产主义事业，坚决听党的话

中国红军是中国共产党一手创建的人民革命武装，她的高级将领都把党看作是自己的母亲，视党的事业为自己的奋斗目标，坚决听党的话，服从党的指挥。海伦认为这是红军高级将领的一大特点，如她在谈到朱德时就写道：“共产党所以能够完全控制红军，原因之一就是朱德对党的忠诚，对‘文官’统治的服从。”<sup>4</sup> 而在介绍贺龙时则又引用关向应的话指出：“他的政治理解是良好的，而且对于共产党忠实服从。”<sup>5</sup>

## 三、目光远大，全局在胸

1935年中国红军结束长征到达陕北后，延安虽然地处中国西北偏僻的一隅，但红军高级将领脑海里考虑的却是世界政治军事形势发展的全局。1936年，双十二西安事变发生以后，海伦专访了彭德怀，请他谈谈对此事的看法。彭德怀回答说：“西北问题是整个世界问题一部分，必须全面地加以考虑，必

须以国际的视角来看待当前的形势。”<sup>6</sup>接着，海伦写道：“这使我终于明白，一些比中国更大的问题，作为一个整体，已经在地平线上出现，而中国问题则只是其中的一个；希特勒和墨索里尼已经在准备袭击欧洲，日本则在准备入侵中国。”<sup>7</sup>

#### 四、铁一样的战斗意志，钢一般的必胜信心

中国红军自 1927 年 8 月诞生，到 1937 年 7 月抗日战争爆发的这十年中，一直遭到国民党蒋介石军队的围堵剿杀，红军将领在与敌抗争中，如果没有坚强的意志和必胜信心，是绝对难以坚持到底的。海伦在对他们采访时，深为他们在这一方面的优秀品质所折服。海伦曾问肖克，南昌起义和广州公社相继失败后他是否有过沮丧的情绪，肖克答道：“我有着铁一样的战斗意志，因此，后来不久，我又在领导着游击战争。”<sup>8</sup>又有一次，海伦曾向罗炳辉探询，为什么你这个人成天总是那么快活。罗炳辉回答说：“这是因为我们具有坚决的目标，并且大家知道最后胜利必属于我们。……我们从没有沮丧过。”<sup>9</sup>

#### 五、信任士兵，爱护士兵，融入士兵

中国红军高级将领与士兵有着亲密无间的关系。他们信任士兵，爱护士兵，并把自己融入到士兵之中。关于这点，在海伦采访的材料中多处有所涉及。一次，海伦问朱德总司令，和其他国家的士兵相比，他怎样看中国士兵的素质。朱德回答道，中国士兵并不坏，只缺乏政治训练，“如果中国士兵得到适当的训练，他们会成为世界上最优秀的战士。”<sup>10</sup>朱德这位统帅十分爱兵，善于同士兵打成一片。用海伦记载下的他夫人康克清的话来说：“军中的群众从心里眼里爱他，因为他

过的是普通战士的生活，必要时，也和他们干同样的活儿。”<sup>11</sup>除朱德外，红军高级将领中爱护士兵、融入士兵的事例还有不少。如，红军第二方面军政治委员关向应在谈到该军总指挥贺龙时指出：“他对所有的弟兄们，都顾念周到，但是遇到他们有错误时，却加以严格的训练。”<sup>12</sup>而海伦在描述罗炳辉的军人本色时也指出：“罗炳辉像朱德、贺龙以及冯玉祥一样，喜欢朴素的衣着朴素的生活。……他蔑视奢侈和金钱，喜欢过艰苦危险的生活，愿意和他的弟兄们吃同样的饭，半赤着脚走路。这样的生活反而使他身体日益健康，证明他有一种领导他们的天然权利。”<sup>13</sup>

#### 六、灵活机动，讲究战法

中国红军在创建和成长发展的早期，经常能以劣势装备之师战胜优势装备之敌，个中奥秘，除政治思想方面的因素外，红军将领指挥作战，机动灵活，讲究战法，是其要领。海伦在采访中专门请罗炳辉谈了这方面的体会。罗说：“我的部队绰号叫‘两脚骑兵’，因为我们擅长迅疾秘密的步兵运动。当我们的主力部队处于困境时，我总是被派遣出去，用一种迅速的战略运动来引诱敌军的。”他又说：“有一次，我们在早晨攻击过一旅白军，占领了一个城市之后，就退往一百二十里外另一个城去，而这个城也给我们出其不意地夺了过来。他们再也没有想到我们的部队会一天攻打两次的。”<sup>14</sup>在夺城的方法上，罗炳辉是这样描述的：“假如我们想夺取某一个城时，我们先对它佯攻，然后假装退却。敌军以为危险已经过去，就疏忽了几个钟头。于是我们迅如闪电似地转了回来，便毫不费事地出其不意夺取了这地方。”<sup>15</sup>

## 七、对红军不断发展壮大的真实原因有清醒认识

中国红军从1927年八一南昌起义到1928年5月井冈山朱毛会师，再经五次反围剿作战，到1936年10月完成万里长征，历经艰难险阻而始终不被击败，这是多种有利因素综合作用的结果。对于这一点，红军的高级将领都有清醒的认识，这就保证了在这支队伍中不可能出现、也不许可出现任何一个敢于拥兵自重、割据一方、祸国殃民的大军阀。海伦在同中国红军高级将领的访谈中，几乎对他们每一位都提出过关于红军为什么始终不被战败的原因的问题。当然，回答是大同小异的，但最全面、最具代表性的则是徐向前所做的阐释。下面是他回答这个问题的主要内容。(1)有谋求被压迫民族及全人类解放的共产党的领导；(2)成员来自工农大众和白军中之革命的士兵和官长；(3)有严密的纪律和组织；(4)具有阶级意识、牺牲决心，奋斗到底精神和必胜信念；(5)代表人民大众利益，得到人民大众拥护；(6)以彻底解救民族和社会为己任；(7)有自我批评精神，随时改正错误；(8)持续了中国革命的传统精神，保持了大革命时期中黄埔军官学校的革命精神。<sup>16</sup>

## 八、热爱生活，兴趣广泛

中国红军的高级将领并不像有些人所想象的那样，都是一些只知领兵冲锋陷阵、搏击疆场的一介武夫，而是每个人都有自己丰富的思想感情天地。他们热爱生活，兴趣广泛。海伦在同徐海东将军的交往中，就深有感触。她写道：“有人告诉过我，徐海东喜欢音乐，特别是喜欢‘马赛曲’。他收藏有一张表面几乎磨损得一无所有、背面是另一首乐曲的‘马赛曲’唱片。我记得，他几次来看

我时，总是要听一听我这里留声机里放送的音乐，并爱听德彪西的作品——‘同夫人在一起的午后半日’。”<sup>17</sup>在海伦采访报道的军队人物中，另一个有着浓厚生活情趣的是罗炳辉。她写道：“罗炳辉喜欢小孩子，在他给我的那张照片里，他像是一座孤岛，四周都是‘小鬼’们围着。其中有一个好看的男孩是一个苗族人。他的这些‘小鬼’都穿着好的皮鞋，可是罗却骄傲地穿着一双其大无比的草鞋。”<sup>18</sup>海伦笔下的中国红军将领，都是有血有肉的真实写照。

以上所列举的这八个方面，是海伦·福斯特·斯诺女士通过在延安四个月的深入采访后，对中国红军诸多高级将领，从其国家及民族观念、国际视野、党性修养、政治品格、道德风范、军事指挥才能、带兵用兵习惯，乃至个人生活爱好等多个方面深入观察后，而得出的，最能反映他们各自的个性特征，和中国红军将领群体的真实面貌。

1935-1936年红军的长征，正是由于有这样一大批思想境界极其高远、革命意志无比坚强且善于带着目标一致的众人实干巧干的军政领导干部，始终带领大家，闯过无数险滩，最后才取得了胜利。斯诺女士在《续西行漫记》的扉页，引用了拿破仑称中国是沉睡巨人的警言。显然，她不仅比世人更敏锐地预感到拿破仑预见的“震动”正在来临，更强烈意识到中国红军，在这批杰出军事将领的领导下，正为这个苏醒的巨人蓄积惊天动地的爆发力。历史的发展，证明了斯诺女士的远见卓识。今天的中国军队，正走上从严治军之路。从严治军正需从将领开始，因此学习长征前辈，继承长征精神，有着极为现实的意义。★

## 注释:

1. 海伦·福斯特·斯诺（笔名 Nym Wales），续西行漫记，生活读书新知三联书店，1991，第 202 页。英文原版见 Nym Wales, *Inside Red China*, Doubleday, Doran & Company, Inc., New York, 1939.
2. 同上，第 203 页。
3. 同上，第 204 页。
4. 同上，第 108 页。
5. 海伦·福斯特·斯诺（笔名 Nym Wales），红都延安秘录，中国青年出版社，1994，第 127 页。英文原版见 Nym Wales, *Red dust: Autobiographies of Chinese Communists*, Stanford University Press, 1952.
6. Helen Foster Show: Profile from China, Vo1.3.
7. 同上。
8. 红都延安秘录，第 107-108 页。
9. 红都延安秘录，第 131 页。
10. 续西行漫记，第 117 页。
11. 续西行漫记，第 106 页。
12. 红都延安秘录，第 127 页。
13. 续西行漫记，第 118 页。
14. 红都延安秘录，第 158 页。
15. 红都延安秘录，第 159 页。
16. 红都延安秘录，第 78-79 页。
17. Helen Foster Snow: Profile from China, Vo1.3.
18. 红都延安秘录，第 131-132 页。



鲍世修，中国人民解放军退役大校（1950年11月入伍，1990年9月退役），军事思想专业高级研究员，资深军事翻译家，曾任军事科学院马克思主义军事理论毛泽东军事思想研究所所长。熟悉英、俄、德语，长期从事马克思主义军事理论经典作家和资产阶级军事理论经典作家著作的译校和研究工作，写有这方面的专著和大量学术论文，培养了军事思想专业的研究生，是国家级有突出贡献的专家，在军内外马克思主义军事理论、国际战略和国家安全理论等研究领域和翻译界享有较高知名度。



## 本期词汇

本刊选登词汇多来自当期或近期美军文章，但在主流英汉词典中未能找到相应词条或贴切译文。一家之“译”，仅供参考。

- **adaptive optics** = 自适应光学技术
- **ALIAS (Aircrew Labor In-cockpit Automation System)** = 驾驶舱人员作业自动化系统项目（美军正在进行的项目，通过开发机器学习能力和增强型人机系统界面，奠定更有效的人机协同作战基础）
- **AM (additive manufacturing)** = 增材制造（即 3D 打印）技术
- **ATR (Automatic Target Recognition) technology** = 自动目标识别技术
- **co-bot (collaboration robot)** = 辅助机器人
- **CODE (Collaborative Operations in Denied Environments)** = 拒止环境协同作战项目（美军正在进行的项目，研发人机组合作战组合和半自主化协同作战算法）
- **cooperative pack of capabilities** = 多种能力组合与协同
- **CPFH (cost per flying hour)** = 每飞行小时成本
- **DBM (distributed battle management)** = 分布式作战管理
- **DP/P/DNP (definitely promote, promote, do not promote)** = 必晋升/晋升/不晋升（美国空军晋升推荐表评分）
- **dynamically composed RF systems** = 动态组成射频系统
- **EEG (electroencephalography) sensors** = （飞行员头盔中的）脑电图传感器
- **energetic material** = 含能材料
- **fiber laser arrays** = 光纤激光阵列
- **FLEGOMAN (Flexible Electronics and General Ordnance Manufacturing) program** = 柔性电子器件和通用军械制造计划
- **flexible electronics (flex circuits)** = 柔性电子元件（软电路片）
- **functional check-flight certifier** = 功能校验飞行员
- **Gremlins Program** = “小精灵”项目（美军正在开发的低成本可组网无人机项目）
- **hard capture** = （在空中对飞行物体的）硬捕捉
- **high energy airborne lasers** = 机载高能激光器
- **HSI (human-system interface)** = 人与系统交互界面，人机交互界面
- **host aircraft** = （空中发射无人机的）母机
- **IRCCM (infrared counter-countermeasures)** = 红外反干扰措施
- **IRCM (infrared countermeasures)** = 红外干扰措施
- **laser additive manufacturing technologies** = 激光增材制造技术（激光精确仿形，然后 3D 打印）
- **NNMI (National Network for Manufacturing Innovation)** = 美国国家制造创新网络
- **PIO (pilot induced oscillations)** = 飞行员（脑电波）诱发震荡
- **ReACT (Retrodirective Arrays for Coherent Transmission)** = 用于相干传输的方向回溯阵列
- **self-sealing fuel tank** = 自密封（自愈合）燃料箱
- **soft capture** = 软捕捉
- **technology insertion** = 技术插入（及时将新技术插用于现行产品）
- **three-dimensional laser mapping** = 三维激光测绘（3D 打印采用的技术）
- **TUNA (Tactical Undersea Network Architecture)** = 战术海底网络架构