

本期主题：固防太空高边疆

- 空军的传奇
John E. Hyten 空军上将/空军太空司令部司令
- 载荷散宿架构如何有效运作
Peter Wegner 博士; Thomas C. Adang 博士; Maureen Rhemann
- 军队培养太空战士，民间承担卫星运作
Sean C. Temple 空军少校
- 树立太空依赖网空意识，做好网空作战准备
Chris Babcock 空军少尉
- 突破战术飞机航空技术接近极限的困境
Thomas R. McCabe 空军后备役中校



本期导读

国防太空高边疆 2

将帅视角

空军的传奇..... 4
John E. Hyten 空军上将 / 空军太空司令部司令

军事变革

载荷散宿架构如何有效运作..... 10
Peter Wegner 博士; Thomas C. Adang 博士; Maureen Rhemann
军队培养太空战士, 民间承担卫星运作 15
Sean C. Temple 空军少校
规划太空人员救援的时机已到 21
Mari Manifold 空军中校

军事技术

利用商业望远镜加强对地球同步轨道的太空态势感知 25
Daniel Moomey 空军上尉

教育训练

树立太空依赖网空意识, 做好网空作战准备 41
Chris Babcock 空军少尉
有目的地建设“为太空ISR”专业队伍 51
Mitchell R. Overton 空军二级军士长
加强电子战教育和训练, 保卫美国卫星 61
Lincoln Bonner 空军中校
太空政策教学的背景、限制、内容及方法 68
Dwight Rauhala 博士

作战研究

突破战术飞机航空技术接近极限的困境 73
Thomas R. McCabe 空军后备役中校
建设战略机敏性, 备战二十一世纪空中战争和隐形战争 80
Michael W. Benitez 空军中校

争鸣建言

空军能否在地球防卫和小行星资源开发中有所作为? 85
Peter Garretson 空军中校

广域研究

中国军队改革与矩阵型组织管理 90
新梁, 中国人民解放军退役中校 / 知远战略与防务研究所客座研究员 (中国)



固防太空高边疆

与其他强国空军不同，美国空军视三个领域——天空、太空、网空——为其归属和归宿。天空有界，太空无垠，网空无形，三域相通，而各具特质。开发天空逾百年，空军已游刃有余；经略太空和网空，空军任重而道远。美国空军太空司令部作为建设太空部队和网空部队的主要司令部，正在探索进一步借重民间力量的种种途径，以全面提升空军在太空和网空的作战能力。

首先，美国空军太空司令部司令海滕将军为本刊著文“空军的传奇”。将军指出，空军的三位传奇人物施里弗、怀特、奥马利，为引领空军主导太空发展做出重大贡献，太空优势的传奇遂成空军的传奇。而今网空作为第五度空间，与太空一道，为陆海空联合作战界须臾不可离缺。将军期待看到网空开发成为空军的下一个传奇。

美国政府 2011 年 1 月发布的《国家安全太空战略》用越来越“拥挤、抗衡、竞争”来形容太空环境，“载荷散宿架构如何有效运作”一文认为，还应加上第四个形容词：更商业化。这些特征，意味着太空充满风险和威胁，也带来革新卫星建设的新机遇。关于卫星载荷散宿概念，本刊过去已有讨论，本文进一步将载荷散宿解释为由商用卫星层、战术卫星层和战略太空层组成三层太空架构，进而将执行各种军事任务的载荷散置在不同层面的卫星平台中，收到降低成本、提高韧性、加快技术更新的三重好处。

面对太空环境更“拥挤、抗衡、竞争”的未来，一向由空军太空司令部负责军事卫星日常运作的模式能否持续？“军队培养太空战士，民间承担卫星运作”一文认为，军事卫星的全套操作指令都是由制造商设计，空军太空操作员实际上只是依样画葫芦的“中间人”，且仍需制造商提供全天候技术支持。作者提出，效率低下的军事太空运作需要转型，形成军队管打仗，民间管运作的新模式。

民间不仅可以承担卫星发射和运作，还可承担太空人员救援。“规划太空人员救援的时机已到”一文探讨太空救援在道义、法律、政治影响等诸方面的必要性和挑战性，尤其指出，美国空军自柏林空运以后组建“民间后备航空机队”，利用民间资源支援战争行动，现在应考虑效仿民间后备航空机队做法，组建民间后备太空机队，作者认为这是实施未来太空人员救援的最可行选项。

民间的优质“商业现货”（COTS）硬软件也应为空军所借重，以满足联合作战界对太空态势感知不断增长的需求。“利用商业望远镜加强对地球同步轨道的太空态势感知”一文，技术性虽强而难读，但翔实的研究数据证明，COTS 设备能替代联合太空作战中心的现有天文望远镜，观测地球同步轨道上 4 m² 以上且能见度大于 16 VM 的相对明亮的物体，从而腾出军方的这些更高精度设备来跟踪观测轨道上更晦暗的小物体，发现更隐蔽的太空威胁。

空军太空司令部集太空和网空运作于一身，一个重要原因是太空运作必须依靠网空支撑。“树立太空依赖网空意识，做好网空作战准备”一文提出，空军太空司令部应调整部队建设方向，注重培养太空部队的网战能力。教育和训练的途径包括提供体制内初、中、高级训练和测验课程，

送更多官兵进入业界合作教育计划,以及鼓励官兵注册民间的各种微学位课程。作者并着重指出,网空技术发展如此之快,网战课程必须与时俱进及时更新。

来自太空的情监侦 (ISR),支撑着美军空地一切作战的全过程。“有目的地建设“为太空 ISR”专业队伍”一文提出,美军的“自太空 ISR”作战能力蔚然可观,但太空网络本身面临威胁,成为软肋,因此必须重视“为太空 ISR”作战能力——运用 ISR 保卫太空资产。作者呼吁在教育训练、轮岗历练、升职选拔和实战演习中,要纳入“为太空 ISR”概念,这样才能更好地预测敌人对太空的威胁,做好应对攻击准备。

美军的强大作战优势,很大程度依赖其太空支援。依赖如此严重,遂有“成也太空,败也太空”之虞。“加强电子战教育和训练,保卫美国卫星”一文所忧,正在这一点。作者认为,为提高太空系统的生存性,太空部队需借鉴天空力量发展的经验和教训,尤其应该加强建设进攻性和防卫性电子战能力。

美国政府 2010 年 6 月发布的《美国国家太空政策》至今有效。五年中,美国多所院校开设太空政策研究课程。空军所属美国国家安全太空学院的《太空 300》课程即为其中之一。“太空政策教学的背景、限制、内容及方法”介绍这项课程教学的特点。课程仅为三周,但非常紧凑,首先探讨政策制定所依据的国际地缘政治背景,接着学习太空活动原则和国家太空政策沿革,然后重点讨论国家政策在跨部门之间的形成过程,了解各种利益和力量在政策制定中的作用,最后学生分组模拟军官组为某高官参加国家政策会议而准备全套文件和立场。

养育了高度智慧人类的地球,能否改变再次被小行星毁灭的命运?本刊在 2008 年冬季刊曾发表“星球防卫:美国国防部应担当缓险重任”一文,此文作者再次在本刊发表“空军能否在地球防卫和小行星资源开发中有所作为?”,呼吁美国空军切实担负起保卫地球的使命。作者认为,空军主导这项使命,既是一种担当,也是把握机遇,从而把自身发展成真正的太空部队。

战术飞机技术已经接近技术极限,东西方都有军事专家呼吁加大对弹药、而非仅对平台的研究力度,是以更少投入获得更多收效。“突破战术飞机航空技术接近极限的困境”一文即提出,与其长期投资研发无改变游戏规则潜力的新一代有人飞机,莫若近期更多关注弹药研究,靠弹药延伸空中利剑的臂长。作者更提出第二个途径,即研发高效燃料,以此增大现行平台的航程。

面对不确定的未来,美国空军在 2014 年发布指导空军建设的《美国空军:响应未来召唤》文件,其中的关键词就是“战略机敏性”(strategic agility),本刊去年夏季刊对此有专文解说。“建设战略机敏性,备战二十一世纪空中战争和隐形战争”一文认为,空军缺乏战略机敏性,原因在于战术和战役层面无论训练还是实战都发生脱节。作者提出的解决方案是在美国空军作战中心内设立一个战员整合与创新部,作为搭接这两个层面之间缺口的机制。

中国军队为解决体制性障碍和结构性矛盾,而启动新一轮改革。中国军事学者就此投文“中国军队改革与矩阵型组织管理”。作者建议军方借鉴商界的矩阵型组织结构,取其长而避其短,妥善应对新体制下极可能出现的“军种樊篱难破、军种文化难融、军种目标难合、军政矛盾难解”的新挑战。



空军的传奇

An Airman's Story

约翰·E·海滕，美国空军上将 / 空军太空司令部司令 (General John E. Hyten, Commander of Air Force Space Command, USAF)



美军在全球开展的、跨越整个作战频谱的每一次军事行动，都要依靠太空和网空才能实施。从人道救援到全谱作战，没有太空和网空，我们的联合部队在作战中就无法如此快捷有效地完成使命。也许，在所有五个作战空间，联合性质最显著的就是太空和网空，因为所有军种都同等和同样地紧密依靠来自和通过这两个空间提供的能力。相较而言，太空更是空军传奇的繁衍之域。只是，关于空军的这些传奇，总体而言没有很好地叙说出来。我们应加大宣传力度。

谈到太空的发展，我们首先想到的是伯纳德·施里弗空军上将。空军大多数官兵知道他是“空军太空和导弹之父”，施里弗空军基地即是为纪念他而命名。在上世纪五十年代末期到六十年代早期，施里弗将军主导了洲际弹道导弹（ICBM）项目和 CORONA 卫星项目的研发。一些人还记得，《时代》杂志 1957 年 4 月刊选择了当时为空军少将的施里弗将军为封面人物，并在文章中以大篇幅介

绍太空和导弹的未来。不过很少有人知道，在此两个月之前，即 1957 年 2 月，他曾在圣地亚哥举行的美国空军科研办公室航天研讨会上致开幕词，致辞中有这样一段话：

长远来看，作为一个国家，我们的安全可能有赖于我们获得“太空优势”。今后几十年，重大的战斗或许不是海战或空战，而是太空战。我们应划拨出相当数量的国家资源，确保美国在太空争夺绝对优势的竞争中决不落后。除了太空的直接军事意义以外，我们作为世界领袖，也应当仁不让开展月球探险，甚至星际飞行，一旦获得必要的先进技术且时机成熟，就要进行。¹

要知道，这位伟大的空军战士在宣讲这番高瞻远瞩的宏论时，第一颗人造地球卫星“斯普特尼克”还没有诞生，整个世界是在这颗卫星于 1957 年 10 月发射后才意识到太空竞赛由此开始。而在此之前，施里弗将军已经在和我们讲太空竞赛——指引着空军飞向

未来——这让我们想到另一位远见卓识的空军战士和太空领袖，他是第四任空军参谋长托马斯·D·怀特上将。

1958年，在人造地球卫星发射之后不久，怀特将军首创了“航空航天”或“空天”（aerospace）这个新词。1959年初，在众议院的一次作证会上，面对一个疑虑重重的委员会，怀特将军侃侃而议太空的重要意义，其中12次使用“航空航天”这个词。他解释说：“天空和太空构成一个连续的作战战场——两者之间没有作战边界。”² 他的用词值得注意。他没有试图把天空和太空宣称为同一个物理领域，而是将之视为一个连续的作战战场，其间没有作战边界。那时候，才是1958年，他已经提醒世界关注未来的太空，关注来自并通过太空将发挥和产生的作战效果，多年以来，我们的空军就是从空天整合中获得力量，加以应用和发挥，构建超越敌人的优势。怀特将军非常清楚，太空将为我们的军事行动带来优势。

循此思路，我们进一步想起杰罗姆（杰里）·奥马利空军上将。在七十年代后期和八十年代早期，将军担任空军副参谋长，他相信太空领域蕴藏着潜力，可能从根本上改变战争样式，提升空军的作战能力。立足于这样的信念，他坚定认为空军有必要组建单独的太空司令部。当时，几乎所有的太空能力都高度保密，大多数官兵甚至不知道，担负各种使命（气象、通讯、情报监视侦察（ISR）、导弹预警等）的军事卫星已在运作。他开始在空军领导层中推动建立一个运用太空能力支持作战行动的作战司令部。这项倡导得到很多人的支持，但奥马利将军厥功至伟。在将军的努力下，太空司令部终于在1982年成立，此后，军方对太空行动的重视才真正开始加速。

施里弗、怀特和奥马利三位将军，是美国空军向太空发展中最重要的开拓者和传奇人物。大多数人记得施里弗将军，只有少数人记得怀特将军和奥马利将军——但是我空军能发展到今天，使作战样式从工业时代转入信息时代，这三位开拓者都做出重大贡献。他们有什么共同点？他们都不是航空航天工程专业出身，他们就读大学时，这门学科甚至还不存在，这个术语甚至还未问世。他们都不是“太空专业人士”，甚至也不是“太空军官”。但他们都是飞行员，更重要的是，他们都是空军战士——这就是为什么太空，虽然现在具备了难以置信的高度联合作战性质，但其发展首先是空军的传奇，是空军每一个战士应能了然于胸的故事。许多人不得记得这份遗产，因此我们更需要加强这份遗产的研究，从中学习，因为新的挑战正在迫近。新的威胁正出现在太空——以及网空——我们必须做好准备，是的，我们终将面对自己的提问：网空的发展也将是空军的传奇吗？

我们依赖着充满抗衡的太空和网空

当怀特将军在众议院作证的年代，只有美国和苏联这两个国家能遥控发射卫星进入轨道。太空中只有为数不多的人造物体，它们都运行相对较短时间并重新坠入大气层，我们的太空资产所面对的威胁，在数量上微乎其微。随着越来越多的国家加入太空开发，包括美国（“海星”高空核爆炸、F-15空射ASM-135，以及海射SM-3）在内的数个国家，都展示出反卫星能力。我们对太空的描述，从“安全港”变成“充满抗衡”，从“净土”变成“战区”。

我们的所有遥驾飞机（RPA）都依赖太空系统，其中一个例子是全球定位系统（GPS）。没有GPS导航，RPA就不能进入一

个战区，遥控飞行员也无法知道其位置；操作员只能操纵 RPA 进行一些基本飞行，除此之外，他们无法使用精确武器，也不能自信地执行 ISR 任务。

如果 GPS 的功能被降低或者拒止，还将对卫星的全球民用产生影响。假如失去了卫星定位、导航和报时，民用航空，以及华尔街和农业等众多领域都将受到严重影响。阿拉巴马州联邦参议员杰夫·塞申斯最近表示：“（我们的敌人）决心要破坏我国过去 60 年来一直从中获益的太空优势。”³ 其言所及，不只是我们的军用太空能力，还有我们的民用太空。

类似的情况，每天同样发生在网空领域。我们的全球联合军事行动必须依靠经由网空传递的信息——从 F-35 头盔到军需装载清单，从特种作战装备到海军最新型航母“福特”号的软件。网空中的信息和数据传递是完成各种联合作战行动的关键保障。精确打击行动不仅要求信息畅通及时，还要求信息精确无误。网空作业如果发生任何问题，从简单的电涌故障到复杂的数据恶意操纵，都能导致从战术到战略的各种决策出现延误和失效。民间也是一样，如果民用网空发生问题，那么民用飞机、华尔街和各类工农业部门都将会面临同样的不利影响。虽然军民之间和各产业之间性质非常不同，但是敌人的任何破坏，对各自的功能和使命所产生的后果则相同。

这样的高度依赖，便构成脆弱性，形成潜在敌人千方百计想击破的重心。我军联合出版物 5-0《联合作战策划》清楚阐明了重心的主要特征。⁴ 太空和网空的特征与此描述完全吻合，其被视为重心，不仅对于我们的敌人如此，对美国本身而言也是如此。而

构成重心的这些特征中，最不同寻常者，是“还可能危及自身的重心。”⁵ 这项特征界定，对太空和网空来说，再恰当不过。如果太空和网空行动无法取得预定的效果，那么地面、天空和海上行动的效果也会被削弱。例如，如果敌人对我们的太空作战能力实施拒止得逞，那么我们就只能回到过去没有太空参与的传统战术，来执行地面作战。由此引出这样一个问题：假如我们没有做好在太空或网空中对抗和防御敌人的准备，那么我们是否准备好用二战的思维来取胜呢？在二战中，我们使用的是另一套完全不同的作战准则和指导思想。如果今天的我们从联合作战能力中除去太空和网空能力，那么美国将需要集结大规模部队，才能取代世界已经熟悉的美式精确和机敏部队；美军将不得不在全球踏出大量的印迹，才能取代我们作战所依赖的机敏远征后勤。这些变化，并非只发生在战术层面。如果我们的联合作战中失去了太空和网空，各级指挥官们将被迫回归到猜测性评估，而不是我们今天已经驾轻就熟的确定性情报分析。

无论你认同约翰·沃登上校的“五环”战略打击模式，还是克劳塞维茨的重心理论，美国对太空和网空的依赖都无可否认。美军必须保卫这些领域，不仅为了保持军事优势，也为了保障国家运用外交和经济力量工具。

面对未来挑战空军太空司令部必须革故鼎新

人生在世，总有机缘巧合的特殊一刻，恰似有人不期而至，拍拍你的肩膀，给你机会做一件非你莫属惟你最相宜的事。这原本可能成为你一生中最辉煌的时刻，如果只是因为你没有做好准备，

无法胜任，而与机会失之交臂，那将是多么的悲惨。

——温斯顿·丘吉尔爵士

美国对太空和网空的依赖及由此形成的脆弱性，国防部对此有着清醒的认识。有鉴于此，我们面对的一个无可辩驳的事实是：空军和空军太空司令部必须革故鼎新，才能应对并战胜这些挑战。

在太空和网空进入战场之前，地面指挥官需要大量的时间，才能实施大规模兵力机动。过去，战术作战官兵通常需要数小时或数天时间传递情报，发送损毁评估，或提出增兵请求。现在使用太空和网空能力，可为甚至是底层的战术兵员快速提供信息，加快决策速度，构建战场形势感知。地面指挥官可以在极短时间内协调和集中精确火力打击目标，并根据近乎实时的结果反馈，发送后续行动命令。在所有这一切发生的同时，国家决策者们可以在地球的另一侧几乎实时监控战场情况。太空和网空使作战官兵获得精确性、可得性和高速度，如此一切，举世前所未有。

在整个联合作战界要求这些能力时，空军需要回答一个问题：空军面对敌人发起的挑战需要如何做，才能确保提供这些能力？答案是：空军必须培养部队做好准备，在太空和网空领域及时做出有效的响应。答案虽简单，却需要精心规划和实施。

首先，空军太空司令部正在建造强大的结构体系，以获得完整的态势感知。太空司令部是空军中最早的非区域性一级司令部，也是对其所在作战领域的态势了解最少的一个。态势感知概念是所有战争的基本要求。我们可以方便地将太空感知和天空感知相比较。联合作战司令官任何时候都对他们作战

的天空了如指掌，有几层冗余的系统来辨识、区分和跟踪友机、民航机，或敌机，而他们对太空领域的了解要少得多。然而，太空司令部责任区的范围是73万亿立方英里，需要辨识并跟踪众多卫星的难度和复杂性非常巨大。此外，“我们必须制定新的太空战术和准则，是以应对抗衡的太空环境。”⁶

网空也是如此。作为世界第一个人造的、已经具备作战性质的空间，人类对其的依赖性已不言而喻，但其脆弱性尚未完全被人理解。2015年6月，美国联邦人事管理局的网络被攻破，消息一出，舆论哗然，成为一系列窃取有价值信息事件中的又一个高潮。网空也是一个高度抗衡的领域。美国陆军网络司令部在其网上募兵视频中的直白可谓一语中的：“你准备好踏入网空战场吗？”⁷要想了解下一个“网空山”后面是什么，就需要空军太空司令部探索并获得对网空领域的态势感知。我们在建立慎密的网空态势感知的过程中，务必要保持对这个领域中的种种新事物新思维的了解。对这片领域中的种种可能性，太空司令部还在探索中。随着对网空的知识深入和变化，我们决不可自欺欺人。国防部副部长鲍勃·沃克指出：“避难所……以及我们习以为常的(太空和网空)技术优势，正在稳步消失。”⁸针对敌人对这个抗衡领域的侵犯，我们每天都在实施威慑和防御。

其次，太空司令部必须从根本上改变对各作战司令部司令的兵力提供，与之相应，我们也需要变革这些部队的指挥与控制，以及部队训练方式。为满足此需要，太空司令部目前正在发展太空使命部队，以及部分网空使命部队。太空和网空专业人员将得到专门训练，以透彻熟悉我们在这两个领域中的能力，做好对外来威胁的回应。这与联合出

刊物 3-0 完全一致，这份联合作战准则要求我们的官兵了解“联合作战”。⁹

第三，联合作战司令官必须了解太空和网空的复杂性，知道如何开展安全飞行和确保任务成功。太空和网空有其绝对的独特性。太空和网空向联合作战行动提供任务支援，但他们本身也是作战领域和责任区。我们不能以传统的“责任区”概念看待太空和网空。在天空、陆地和海洋，责任区之间都有地理上的分割。例如，在一个责任区内飞行的飞机，基本不需要世界另一侧的另一个责任区操心。太空和网空则不然，一个地理责任区上方的太空或者网空不可能与另一个责任区上方的太空或网空分隔。这两个领域天然具备全球性质。一颗在轨道运行的卫星，无论属敌属友，对于世界各地的地理责任区具有同等的关联；网络行动则不停息地以光速运行于全球的网络。还需要记住的是，这两个领域提供的能力，直接影响着信息的流通。正因为此，保卫信息，防止坏人得手，对我们至关重要。

需要明确指出：“太空”和“网空”不可界定为使命，而必须界定为独特的作战领域，我们在其中执行全球性的军事行动和任务。把太空和网空作为作战领域来理解非常关键，我们是在与敌人交战并击败敌人的入侵，而不是简单地对空中、地面和海上联合作战提供加强性质的支援功能。

从太空和网空能力中产生的战略杠杆作用，从根本上改变了战争的性质。优势已经不在于兵力规模最大或弹药火力最强的一方，也不在拥有最大型武器或者最坚固防守的一方，如果我们能整合太空和网空能力，为全频谱军事任务配置作战决策优势，就能有效对抗以上所有这些强势。

因此，指挥官必须在任何可能的冲突到来之前，了解我们将必须如何保卫这两个领域中的太空和网空资产。把太空和网空置于同一个司令部之下，正是天然合理的安排。有些人或许提出反对，但这种架构是基于一个简单和逻辑的理由：太空和网空为每一项使命生成相同的效果。

太空和网空部队支援空军所有五项核心使命：(1) 空天优势；(2) 情报监视；(3) 全球快速机动；(4) 全球打击；(5) 指挥控制。需要指出：除非我们保持在太空和网空行动和执行任务的自由，否则空军的每一项核心使命都将失败。

空军太空司令部正在继续建设防御严密的太空和网空，同时按照美国战略司令部和网空司令部的要求调整组织结构和建设必要的的能力。虽然联合部队空中组成司令官们多年以来一直习惯于使用目前的结构模式，但我们需要针对太空和网空做根本的思维转换。在这两个抗衡空间中，我们每天都面对着威胁，甚至攻击。

无论军方或民间，都不希望看到太空或网空中发生战争。但如果战争发生，我们的国家有权保卫自己，我们必须为之做好准备。美国有与生俱来的自卫权，我们需要准备好在任何时候一旦必要，行使这个权利。

结语

光说“正在尽力”没有用，你必须为着成功做好该做的事情。

——温斯顿·丘吉尔爵士

维护和平的一个最有效的手段就是做好备战。

——乔治·华盛顿总统

在太空和网空中，敌对挑战不是正在迫近，而是已在展开。我们的太空和网空优势的未来，取决于我们今天的行动。

做好应对冲突准备，是我们不可避免的要求。我军对太空和网空能力的紧密依赖，要求空军战士在这两个抗衡领域中战胜敌人。

我军运作，必须依靠太空和网空昼夜不停随时可用。太空和网空系统赋予我们近实时的能力，将国家所有力量工具中的信息和

数据加以关联和提炼。全球太空和网空信息为我们空军和联合作战界构建出“神经系统”，使我们的指挥官和国家领导人取得为维护和平所必需的决策优势，对此我们必须时刻准备严密防卫。空军太空司令部致力于改进我军的态势感知和作战思维，是以根据需要有效地控制我们的责任区，从而不断支援全球各地的联合行动使命。这是空军的责任——也是空军的传奇。★

注释：

1. Maj Gen Bernard Schriever, “ICBM—A Step toward Space Conquest” [洲际弹道导弹 ICBM — 征服太空的一步], (address to the Air Force Office of Scientific Research Astronautics Symposium, San Diego, 19 February 1957).
2. House, Gen Thomas D. White, Chief of Staff, USAF, Testimony before the House Committee on Science and Astronautics, Missile Development, and Space Sciences, 86th Cong. [空军参谋长怀特上将在众议院科学与航天委员会上就导弹研发及太空科学的证词], 1st sess., 3 February 1959.
3. Senator Jeff Sessions (R-AL), Opening Statement in Transcription of the Senate Armed Services Subcommittee on Strategic Forces Hearing on Military Space Programs [在参议院军事委员会战略部队小组委员会有关军事太空计划听证会上的开场发言记录], 29 April 2015, page 3), <http://www.armed-services.senate.gov/hearings/15-04-29-military-space-programs->.
4. Joint Publication 5-0, Joint Operation Planning [联合出版物 JP 5-0 : 联合作战策划], 11 August 2011, III-23, fig. III-11, http://www.dtic.mil/doctrine/new_pubs/jp5_0.pdf.
5. 同上。
6. Deputy Secretary of Defense Bob Work, Speech to the GEOINT Symposium 2015 [国防部副部长沃克在 2015 GEOINT 研讨会上的讲话], Washington Convention Center, Washington, DC, 23 June 2015, <http://www.defense.gov/News/Speeches/Article/606685>.
7. “Army Cyber Protection Team” [陆军网空防卫队], video, 4:11, US Army Cyber Command, accessed 27 August 2015, <http://www.arcyber.army.mil/index.html>.
8. Deputy Secretary of Defense Bob Work, Speech to the China Aerospace Studies Institute, RAND Corporation [国防部副部长沃克在兰德公司中国航空航天研究所的演讲], Arlington, VA, 22 June 2015, <http://www.defense.gov/News/Speeches/Article/606683>.
9. Joint Publication 3-0, Joint Operations [联合出版物 JP 3-0 : 联合作战], 11 August 2011, IV-5, fig. IV-2, http://www.dtic.mil/doctrine/new_pubs/jp3_0.pdf.



约翰·E·海滕，美国空军上将（General John E. Hyten, USAF），哈佛大学工程与应用科学理学士，奥本大学工商管理硕士，现为驻科罗拉多州彼得森空军基地空军太空司令部司令官，负责组织、装备和训练太空与网空部队，保持战备使命能力以支持北美空防司令部、美国战略司令部及全球其他作战司令部。上将监管空军网络运作，管理全球卫星网络的指挥与控制、通信、导弹预警及太空发射设施，并负责太空系统的研发和采购。他领导派驻全世界 134 处场所的 38,000 余名太空与网空专业人员。



载荷散宿架构如何有效运作

How to Make Disaggregation Work

彼得·韦格纳博士 (Dr. Peter Wegner)

托马斯·C·亚当格博士 (Dr. Thomas C. Adang)

莫琳·里曼 (Maureen Rhemann)

建设太空资产韧性能力，需从多方面着手，其中最重要的途径之一就是构建载荷散宿架构。须知，我们当前的在轨卫星数量并不多，并且我们的敌人准确知道这些卫星的确切位置。

——美国空军太空司令部司令约翰·海滕上将 (Gen John Hyten)

渐进式而非突变式建设载荷散宿架构

载荷散宿，是指把作战能力分散寄宿到许多不同的平台，以求生存，从而形成韧性能力。容宿这些载荷的太空平台可包括寄宿载荷舱、小卫星，以及各种战术和战略卫星。鉴于太空平台生态系统越来越呈现商业化，许多系统的载荷散宿架构，是以渐进式而不是突变式发展，这为政府开发和利用一个新的架构提供了便利。

太空形态：拥挤，抗衡，竞争，商业化

进入二十一世纪，太空活动骤增。2011年1月发布的《国家安全太空战略》指出，太空环境越来越拥挤、抗衡，和竞争。¹ 到2012年底，有超过1,000颗卫星在轨道上运行，推动全球电信和航天产业的产值达到1,895亿美元。自2001年以来，卫星产业的营收几乎翻了三倍，平均年增长率为10%。在轨运行卫星中，有一半以上主要用于通信，通信卫星中有38%是商营性质。² 今天，有50多个国家至少有一颗人造卫星在绕地轨道运行，而美国居首。鉴于这种快速增长趋势，在太空环境已被冠以的三个形容词后再添上“商业化”这第四个词，当不为过。

太空领域快速商业化，还有其他大量案例为证，包括美国国家航空航天局 (NASA) 与 SpaceX 和 Orbital Sciences Corporation 两家公司签订商业化发射服务合同，向国际空间站定期运送补给，这项策略颇为成功，两家公司以实际行动证明具备了发射、与空间站对接以及递送关键供应品和货物的能力。这两家公司都已经历了挑战难度巨大的开发阶段，逐步进入获利丰厚的合约发射服务阶段。又例如：SkyBox (Google) 和 PlanetLabs 等风投资本资助的公司已经开始研究如何大幅度降低地球成像卫星的部署成本和缩短部署时间。另外一些公司，例如 Virgin Galactic 和 Bigelow Aerospace 则寻求为探险旅游市场服务，意图开发人类终极探险——外太空旅游！

在这个产业过去50年的演变进程中，探索精神和追求商业盈利主导一切，而如何保护这些资产却退居第二位考虑。中国在2007年成功进行了反卫星试验，接着进行了一系列其他试验，都显示美国的卫星面临风险。对我们卫星的威胁，无论是实体威胁还是虚拟威胁，都可能使美国易于受到更严重的安全威胁，并给我们的经济带来灾难。那么周全的应对之策就是将载荷散宿。

载荷散宿：三层太空架构

载荷散宿采用三层太空架构，意味着在充满威胁和风险的太空环境中采取不同使命不同处理的灵活方式。这个三层太空架构包括：(1) 商用卫星层；(2) 韧存战术层；(3) 战略太空层（见下图）。

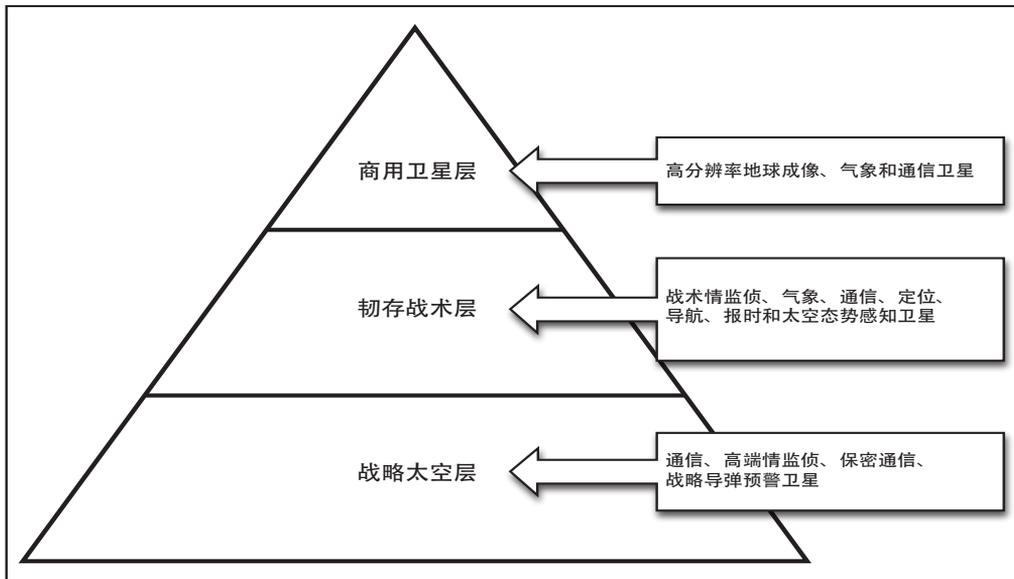
商用卫星层

商用卫星层在三个层次中具有最明显的动态特性，变化最快速，耗费最少，因为随着新的商业模式和技术不断注入，其成本持续下降。国防部可以很方便地按画面、比特或分钟采购作战能力。另一方面，这个层次最易受到攻击，因为这些商业系统通常是网空或实体攻击的软目标，但是通过载荷散宿和多元化部署，可以形成一定程度的韧存能力。有人预估，军方所需的全部地球成像、气象传感和通信能力，最终可能有 80% 部署

在这个层次上——这个层次也将相应逐步增强韧存能力和坚守能力。

韧存战术层

韧存战术层将部署足够数量的战术情报、气象和通信卫星，所谓足够数量，是指当发生全球危机时商业太空系统可能被拒阻、削弱或摧毁的情况下能足以维持军事行动的开展。这个层次还将包括因无法满足盈利动机因而商业公司不愿研发和运营的某些能力（例如信号情报系统、太空态势感知系统等）。这些系统同目前的国家安全卫星系统相比，体积较小，成本较低，因此，它们还可以用来快速重建以补充在其他两个层次可能损失掉的作战能力。此外，韧存战术层还有一个优点：使用这些系统可以相对方便地重建损失掉的重要太空作战能力，而且成本很低。这些小卫星可以用小型火箭发射，而小型火箭的成本低、容易使用、能够快速制造和部署。



图：三层太空架构模型。载荷散宿架构提供许多好处：(1) 给航天产业充注活力；(2) 提高国家安全太空架构的韧存性；(3) 利用更多卫星来增强情报侦能力的坚守性。

战略太空层

战略太空层包括美国一些最先进和最高端的太空作战能力，例如高端情报监视资产、战略核武器通信指挥控制、战略导弹预警等。商业公司不拥有这些技术，而且在许多情况下，这些技术高度保密，严防扩散。但我们对这些系统可以简化，凡对关键功能没有直接影响的那些载荷和使命，都可移除出去，重新寄宿到商用卫星层或韧存战术层。例如，今天的天基红外卫星上容宿的各种载荷执行四种不同的功能：战略导弹预警、导弹防御、作战空间感知，以及战术情报。其中，执行作战空间感知和战术情报这两项使命的载荷可以移除出去，转而安置到韧存战术层中一些相对简易的卫星上，从而降低天基红外卫星的复杂程度和成本，并缩短其研发时间。

军用天基气象探测架构示例：更便宜，更多元，更快速，更强韧存和坚守能力

军用天基气象探测架构的核心部分是国防部气象卫星计划，该计划即将结束。在商用卫星层，有一个新兴产业（例如 PlanetIQ 公司和 GeoMetWatch 公司）能够提供此类服务，利用全球定位系统（GPS）射电大气掩折传感技术满足云成像和大气廓线参数探测（对流层和电离层参数探测）等要求。国防部可能会更积极地探索此类利用商业运营商的途径。这些公司随着业务不断发展，除了军方之外，还会获得更多客户，因而此类服务在价格上将很有吸引力，而且将非常有助于增补韧存战术层和战略太空层内各系统获得的作战能力。在韧存战术层，国家航空航天局喷气推进实验室正在研发一种微型海风矢量辐射计载荷，预期配置到快速太空响应模块式航天器中，用于低成本演示，以满足联合作战需求监督委员会的需要。小型云成像

系统是业界制造的一种体积较小、结构较简单的卫星，其质量不到 50 千克，总任务成本低于 8,000 万美元。目前，国防部气象卫星计划是战略太空层唯一的军方气象探测使命，但是我们可以强化其运作，即借助国家海洋和大气管理局的极地轨道运行环境卫星、联合极地卫星系统以及欧洲气象卫星应用组织的合作，还可通过公对公伙伴合作关系拓展关键需求。

发展趋势：经由商业市场满足未来大多数需求

商业化小型卫星市场已到达增长的拐点，可以满足未来载荷散宿架构中 80% 的需求。小卫星——尤其是微型卫星——正处于四倍增速的强力增长期，并且有长期增长潜力。发射系统市场的技术和业务创新已接近发射成本大幅度降低的突破点，并且可望在 2020 年之前实现发射成本骤降目标——而发射成本高是航天企业进入市场的主要障碍。这些新的情况综合在一起，正在为航天产业的技术和经济革命创造必要的条件。根据最近的分析，一些重要的新趋势将继续形塑卫星市场的发展，将其推向通往“网络全兼容”和“装置全兼容”的数据分发新境界的十字路口，这些趋势归纳如下：³

- 市场正在快速分化，一端是大型复杂系统，另一端是小型、低成本、低风险和功能适中的系统。
- 全球卫星市场正在出现分裂，非传统的内容提供商在蚕食全球市场。⁴
- 用现成部件构建的低成本卫星正在推动能力上升和成本下降。减轻卫星质重以及使用商业上可行的部件和制造流程，可使政

府拥有合适的作战能力，而其成本则比目前卫星群的通行成本减少 80-90%。

- 由于技术和业务创新,发射成本正在下降。
- 对于能提供成像、测量和印记捕捉观测能力的商业卫星的需求正在增加,因为商业卫星影像和数据的使用不断地在补充或取代效率较差的发现、测量和核查手段。
- 云计算和移动无线应用继续造就新的创新,催生新的利用手段、新的市场需求、新的部署能力、新的用户以及新的数据集。
- 对小卫星市场的新投资可按预期在 2016 年之前接近 10 亿美元的目标。投资者对业界和消费者层次的数据及相关服务需求的增长深感兴趣,其中包括小型成像和传感卫星市场模式。
- 小卫星技术模式正在与移动无线 M2M (机器对机器) 架构融合,应该能够提供更多的持久能力和应急能力,用于支持许多功能,例如短信传送、付款处理、移动追踪货运、农作物和灾害成像、泊车遥测、远程资产分析、远程诊断,以及远程病人监测等医疗护理应用。
- 低成本成像加上低成本云计算和移动无线分发,将使得用户获得新的实时数据流,可供他们用于加深了解、掌握和管理各项重要功能,例如能源基础设施管理、购物样式、农作物产量预测、货运管理和保险认购。
- 低成本成像卫星将会促进远程管理和诊断,把“精确农业”技术提升到新高度,进一步提高种植效率、农作物产量和投资回报。这种能力将建立在过去数十年间通过全球定位系统提高农作物产量 30% 的基础上。

继续投资: 实现载荷散宿太空结构 2025 年愿景

尽力降低成本和发展技术,并非没有风险。但是,如果有专职机构负责技术更新、作战原型试制和紧迫需求能力整补,则可以对此等风险进行评估和衡量。国会已经授权快速太空响应办公室执行这些功能。⁵ 通过在三至四年的时间框架内逐步投资,每年大约花费 5,000 万至 6,000 万美元,可以持续提升这些功能。

商业公司正在开始扰乱太空,就像技术创新已经扰乱了媒体和通信领域一样。今天,我们可以投资于常见的实用技术和流程,为了国家安全而借助它们来落实本文提议的三层太空架构中两个新的层次: 韧存战术层和商用卫星层。我们建议这些投资可以由一个单一的国防部计划来协调,藉以充分利用国防部、情报机构以及民间和商业航天部门的各项投资。最后,我们建议组建一个独立的顾问委员会,由其审查这些投资计划、执行战略和组织体制。

三层太空架构: 提高韧存性, 降低可负担程度, 加快技术更新

创建一个韧存的、可负担的, 和可扩展的架构,并不一定要对载荷散宿概念采取“全盘接受或全盘否定”的方式, 而应采取“不同使命不同处理”的灵活方式。随着技术能力增强和技术生命周期缩短,有可能通过融合小卫星来创建能力更强和成本更低的架构。随着小卫星的成本不断降低及其将先进技术填满入紧凑载荷的能力不断增强,它们能够扩充和替代现有架构,并与现有架构相辅相成,同时共存。★

注释:

1. Department of Defense and Office of the Director of National Intelligence, National Security Space Strategy: Unclassified Summary [国家安全太空战略: 非保密内容摘要], (Washington, DC: Department of Defense and Office of the Director of National Intelligence, January 2011), 1, http://www.defense.gov/Portals/1/features/2011/0111_nsss/docs/NationalSecuritySpaceStrategyUnclassifiedSummary_Jan2011.pdf.
2. Satellite Industry Association, "State of the Industry Report" [产业状况报告], (Washington, DC: Satellite Industry Association, 2014).
3. Chris Quilty, Raymond James Financial, "Satellite Industry & Wall Street" [卫星产业和华尔街], (presentation at World Space Risk Forum, Dubai, 2014), Trends Digest Database, http://worldspaceriskforum.com/2014/wp-content/uploads/2014/05/2A_WHERE-THE-CAPITAL-COMES-FROM_QUILITY.pdf; and [Maureen Rhemann], "Trend Watch: Five Reasons Why Smallsats Are about to Disrupt Telecom, Space, and Anything Else They Touch" [趋势观察: 小卫星将扰乱电信、航天和它们接触的任何其他领域的五个原因], Trends Digest, [January 2015], <http://trendsdigest.com/>.
4. Scott Hubbard, "Roundtable Discussion: Growing the Future of Commercial Space" [圆桌讨论: 发展商业化太空的未来], New Space Journal 1, no. 1 (March 2013): 3-9, <http://online.liebertpub.com/doi/pdfplus/10.1089/space.2013.1501>.
5. John Warner National Defense Authorization Act for Fiscal Year 2007 [2007 财政年度国防授权法案], Public Law 109-364, 109th Cong., 17 October 2006, sec. 913, Operationally Responsive Space [快速太空响应], <http://www.gpo.gov/fdsys/pkg/PLAW-109publ364/pdf/PLAW-109publ364.pdf>.



彼得·韦格纳博士 (Dr. Peter Wegner), 亚利桑那大学理学士, 斯坦福大学理科硕士, 怀俄明大学博士, 现任太空航行产业公司首席科技官, 在先进太空飞行器、火箭及地面控制系统的研究、开发、设计与运行方面拥有超过 20 年的经验。此前他在犹他州立大学太空动力实验室担任总监级职位, 领导对新兴技术和系统的投入以解决国家面临的若干最紧迫太空问题。韦格纳博士是新墨西哥州科特兰空军基地国防部快速太空响应办公室的创始成员及主任, 指导超过一亿二千万美元的年预算和六十余名员工, 承担实施一项国家战略的责任, 开发独创新兴技术以设计、建造、测试及运行支持国防部使命的太空系统。该战略涉及开发在危机时刻快速重建和增强关键太空资产的能力。韦格纳博士曾担任空军太空司令部需求部的科技顾问, 以及空军研究实验室太空飞行器部的研究工程师, 其间开发了多项重大创新, 诸如用于渐进可消耗发射火箭的次级载荷适配器 (ESPA 环), 该发明作为搭载媒介, 为众多小卫星项目进入太空打开了大门。韦格纳博士也是五项美国专利的主要发明人和共同发明人。



托马斯·C·亚当格博士 (Dr. Thomas C. Adang), 普渡大学理学士, 圣路易斯大学公共管理硕士, 亚利桑那大学博士, 现任新墨西哥州科特兰空军基地国防部太空响应办公室资深科技顾问, 代表航空航天公司负责向该办公室提供技术指导 and 战略交往, 支持该办公室为联合部队司令官及其他用户开发提供快速响应太空能力。亚当格博士在大气科学以及飞机和航天器开发、测试与运行等领域拥有超过 40 年经验。他曾在两年联邦任职期间担任国家海洋和大气管理局负责观察和数据管理一体化的高级技术主管。他于 2000 年 10 月加入航空航天公司担任支持国家侦察总署的高级项目工程师, 并于 2002 年三月设立了银泉计划办公室并任系统总监, 支持国家海洋和大气管理局卫星与信息务处。此前亚当格博士在美国海军陆战队和空军服役 27 年, 功勋卓著, 包括在国家侦察总署、空军太空司令部, 战略空军司令部, 以及空中作战司令部任职, 并曾任空军气象局副局长和加州大学伯克利分校空军预备役军官训练团第 085 支队指挥官。亚当格博士毕业于空军战争学院。



莫琳·里曼 (Maureen Rhemann), 马里兰大学理学士, 休斯顿浸会大学工商管理硕士, 现为 Reperi 分析中心高级主管及总监, 负责管理该中心的应用研究与开发及未来事务业务达 17 年之久。她曾领导 Reperi 团队进行了 100 余项研究和战略交往活动, 涉及领域跨越太空、移动无线、计算等新兴与融合技术及相关市场的趋势和未来。里曼女士也曾参与开发用于在事发之前更精确前瞻和预测重大破坏性趋势及市场动荡的计算算法。

军队培养太空战士，民间承担卫星运作

Developing Tomorrow's Space War Fighter: The Argument for Contracting Out Satellite Operations

肖恩·C·坦普尔，美国空军少校（Maj Sean C. Temple, USAF）



当环境受到威胁时，我们要做的，是找到既能战胜敌对威胁，又能持续提供作战能力的途径，这就是我们太空司令部当今的根本任务和头等大事。

——约翰·E·海滕空军上将（Gen John E. Hyten）在 2015 年国家太空研讨会上的发言

迄今为止，太空环境中尚未发生严重的挑战。然而，威胁在增长。如海滕将军所言，空军太空司令部的首要任务，是即使身处受到威胁的环境，也必须确保持续提供作战能力。太空中爆发战争的可能性在增大，因此培养能“打赢明天战争”的太空战士的重要性也与时俱增。明天的太空战士需要拥有多种技能，才能应对我们太空系统面临的种种潜在威胁。在迈向未来的征途

中，空军太空部队的工作重心需要转移，从关注在无抗衡环境中运作卫星，转向在即便是拥挤、抗衡、竞争的环境中也能确保发挥卫星的效能。¹ 为了培养太空战士具备打赢明天战争所需的知识、经验和能力，太空司令部应该考虑把卫星运作的日常工作外包给民间，而把太空操作员的任务重心转向保卫我国的太空资产。

太空战争

太空战争将破坏维系这些太空系统运作所需要的内在信任与合作，太空战斗本身会产生摧毁卫星的碎片，从而严重断送和平利用太空的可能性。

——海伦·寇迪卡和克雷格·艾森德拉斯 (Helen Caldicott and Craig Eisendrath), 《天堂之战：外层空间的军备竞赛》

美国在国家政策文件中清楚表明它不希望太空打仗。根据 2011 年《国家安全太空战略》：“我们寻求一个安全的太空环境，在这里，负责任的国家无需行使固有的自卫权就可以进入太空和利用太空行动的好处。”² 然而，中国在 2007 年发射的反卫星武器突出表明，国家还需要有能力进行自我防御。³ 它也凸显了太空战争可能产生的毁灭性效果。仅仅这一次事件就在近地轨道产生了 3,000 多块碎片，这些碎片估计需要 100 年时间才能消散。⁴ 以每小时 17,000 多英里速度飞行的这一块碎片，自身就有可能摧毁它碰撞到的卫星。⁵ 想象一下同时在不同轨道使用多枚这种反卫星武器的情形，其对太空环境所造成的后果，无论在军事上还是商业上，都将是灾难性的。

此外，还有许多可以用来干扰太空能力的非动能打击威胁。尽管非动能打击的效果通常是可逆的（即对卫星造成的破坏是非永久性的），但它们有能力使我们的太空系统在战时无法发挥作用。电子干扰器、激光炫盲器、诱饵假信号、网络攻击，等等，五花八门的手段都可能阻止卫星投送作战能力。未来的太空战士，必须做好在这类环境中作战的准备。

防卫太空系统并非一项简单任务。正如 2008 年外交关系协会特别报道所述：“卫星因其轨道的可预测性，而易受多种进攻性反太空技术的打击，并且这些技术与俱进地越来越高明和强大。在太空，进攻远优于防守”。⁶ 有人认为，在太空战中，损失最大的将是美国，于是美国被迫处于困难的守势，不得不防卫自己的太空系统。由于对手的进攻性反太空技术在不断发展，且越来越有效，所以我们的当务之急，是培养太空战士掌握对抗这些技术的能力和潜在方法。

培养明天的太空战士

通过重点教育、训练和演习，以及制定新作战准则和战术 / 战技 / 战规，我们将提高美国军事和情报机构在被拒阻或被破坏的太空环境中作战的能力。

——2011 年《国家安全太空战略》

为了做好战备应对明天的挑战，太空战士必须更好地了解太空战争的艺术和科学，也必须具备相应的支持体系。现在已经到了针对未来冲突制定作战准则和训练太空专业战士的时机，这种教育需要在培养太空专业战士的早期开始，并且在其专业历程中经常不断。现在也已经到了着手研发具有先进防御能力的系统的时刻。我们开始培养明天的太空作战队伍，重点要放在教育他们成为更好的太空战士，而不仅仅是更好的太空操作员。

太空战士需要充分了解存在于太空中的动能和非动能威胁。对任何可能削弱、干扰、拒阻或摧毁我们太空作战能力的威胁，我们的太空战士都应该知道和了解。太空战士，包括那些制定能力需求和采购太空系统的人员，都应具备适合等级的机要资格，从而可

以接触相关的机密信息，把握各种威胁的最新动向。

太空战士需要接受如何对抗敌人威胁的教育和训练。仅仅了解威胁还不够，太空战士需要通晓防御战术。他们应该掌握防御性制太空作战的技术性知识，并懂得如何运用。在操作具体武器系统的过程中，他们应该学习哪些防御战术能用于自己的武器系统，以及哪些战术由于操作和技术的限制而不能。作战人员应该牢记自己系统面临的种种潜在威胁，经常思考对抗或战胜它们的新方法。

太空战士需要扎实把握我们的太空系统及其能力。所有太空专业人士通常都应该知道太空有哪些太空系统，以及它们执行哪些任务。作为操作具体武器系统的专业军人，他们应该懂得该系统提供哪些具体能力，以及它为什么对作战至关重要。他们应该制定战术 / 战技 / 战规，以确保在被拒止或被削弱的太空环境中也能运用这种能力，即使这种能力已不再来自太空。太空战士应该在自己的系统上坚持练习制太空作战能力，一旦需要，召之即用。

太空战士需要深入了解太空环境。从轨道力学到电磁波频谱，懂得太空如何运作以及它与地球环境有何不同——这是培养我太空战士保卫太空系统的一个关键。西蒙·沃登（Simon Worden）说：“所有太空专业人士都应该精通轨道动力数学，这比能够背诵全面质量管理诸因素更重要。”⁷我们对目前的太空操作人员也许做不到要求人人具有技术类文凭；但在今后，必须招收有技术头脑、能理解太空复杂原理的人员，随着时间推移，这一点将越来越重要。

太空战士需要明确理解太空政策和指示。太空战士需要明白我们国家界定了哪些可以接受的太空行为，知道制太空作战行动可能会对更广泛领域产生什么影响。比如，为避开可疑太空物体而移动数颗全球定位系统（GPS）卫星的位置，可能会影响到民众依靠的 GPS 的精确度。了解政策的同时，太空战士也需要有一条明确的指挥控制链，需要被授权在明确界定的范围内采取保卫卫星的行动。

太空战士需要利用自己的经验和知识对高质量太空系统的研发提供指引。太空专业人士在其专业生涯的发展道路上，很可能参与下一代太空系统的开发。他们作为太空战士所积累的经验，将有助于为新系统制定更准确的作战需求。新系统的开发，必须关注现有系统的潜在弱点，利用太空战士在防御性制太空作战中积累的知识 and 经验，最大程度弥补这些弱点。太空战士也必须密切参与采购更坚实、更多能、更可生存的太空系统。太空部队中也应该包括将专职从事太空采购的采办人员。

太空战士需要一体化整合。保卫太空需要全团队的共同努力，这涉及到情报部门、商业伙伴和同盟国，多方协同，构成共同防御。明天的太空战士需要明白与其他组织合作的风险和利益，并最大限度地加以利用。

太空战士需要视太空为抗衡环境。太空战士必须重点关注制太空作战，以确保我国的太空资产在需要时能发挥作用。他们需要做好战备，保护盟友和商业太空资产抵御潜在威胁。模拟和演练需要经常进行，尽量贴近实战。太空战士需要配备必要资源，能精确地模拟可能的威胁，并测试和验证战术 / 战技 / 战规的有效性。

把卫星运作外包给民间

我们将建立一支由军人、平民和合同商组成的更多元、更平衡的运作队伍。这些专业人员必须在各自领域——无论是规划、立项、采办、制造、运营、还是分析——的最佳实践中经受教育、历练和培训。

——2011年《国家安全太空战略》

培养明天的太空战士需要时间、训练，以及视太空为作战领域的重新认知和关注。如果他们把全部精力都花在训练、考资格证书、评估和操作卫星上，哪里还有时间做以上事情？一个解决办法就是把日常卫星运作任务外包给民间，解除这些战士为运作卫星而承担的繁重工作负荷。让军人从事卫星运作既低效率也无必要。

由于太空司令部隶属美国空军，所以我们自然认为太空操作员应该像飞行员驾驶飞机那样“驾驶”卫星。其实维持卫星在轨运作的实际过程非常不同。卫星的重新定位、重新配置、更新等任务，都是通过数据链把指令从地面传递给卫星而完成的。传送给卫星的每一条指令都需要经过认真设计、彻底审查和适当测试，才能确保对卫星没有负面影响。在错误的时间传送一条不当的指令可能会使价值数十亿美元的系统遭到灾难性损失。为了制定和/或修改这些指令，许多卫星项目都依赖合同商的专门技术。通常，制造该卫星的合同商才是唯一掌握制定指令的知识和技术能力的人。卫星一旦造好，这些指令就被转交给军队操作员，这些操作员的工作就是在适当的时候把指令上传给卫星。

让军人操作卫星效率不高

军队太空操作员必须经过数月的一般化训练，学习如何操作卫星，如何使用指挥控制软件，如何按照检查项目表逐一检查，等等。训练一结束，军队操作员就开始接受更专业的针对各自具体系统的训练。所有这些训练都需要有时间、设施、和一支资深教员队伍。此外，由于这种工作（把指令传送给非常昂贵的卫星）的敏感性质，操作员必须经常接受业务熟练水平评定、资格鉴定、并通过符合操作要求的体格检查。即使通过了所有这些训练，多数操作员掌握的关于系统如何工作的知识远远不如起支援作用的合同商，因为合同商多年来一直从事这种工作。我们花费大量时间和金钱制定技术性指令和检查项目清单，目的就是让军队操作员更容易掌握操作，并减少出错的几率。然后，当这些军人完全合格、并具备全面操作卫星的资格之后，我们又把他们调到不同的工作岗位。有的调到空军中队的后台部门（比如调度部门），或者去做评估员/教员，也有的调往另一个全新的卫星系统——太空操作员们很少在一个岗位上工作足够长时间，故而无法充分利用自己受过的所有训练。

我军目前系统效率低的一个主要原因是军事人员经常调岗。如果让合同商接手运作，我们就能大幅度减少人员调岗的需要。合同商也必须首先经过严格的初始训练过程，之后才能接手日常卫星运作；然而，他们只需要进行一次训练，而且只针对自己操作的系统。合同商人员不需要频繁调岗，也就不需要每隔数月就要变换一批教员/评估员。有数名受过高级训练的合同人员就可以培训新人，并确保现有操作员的熟练程度。合同商目前为军队操作人员提供的全天候技术支持也能大幅减少，因为合同商操作员长期在同

一岗位工作，对系统有详细的技术了解，应该不大需要依赖随叫随到的技术支持。

如果增加操作互通性和自动化，并精简空军卫星指挥控制系统的流程，还能进一步提升效率。⁸ 根据 2013 年政府问责署的报告：“当商业公司已经在使用计算机程序执行常规任务时，空军还通常使用人工操作员。提高对常规控制功能的自动化程度，应可减少空军人员的费用和潜在的人为过失。”⁹ 有政府的监督和批准，合同商应该有充分的积极性来开发能优化卫星指挥控制的系统和 / 或程序。一旦实现程序大部分自动化，一个操作员就能干许多人的活。事实上，一些商业公司已经达到了这种程度，只用一个操作员就能同时控制多达 15 颗卫星。¹⁰

大可不必让军人操作卫星

在天空领域，我们许多空军飞行员需要在可能有生命危险的地方驾驶飞机，操作员控制着可能致命和毁灭性打击的武器。而在太空领域，太空操作员通常不受直接威胁，我们的大部分卫星运作都是在美国境内进行的。另外，虽然太空运作生成的效用对军人和平民都至关重要，但是卫星不产生直接的致命效果。从军事需要上说，由军事人员执行卫星操作其实没有必要。商业卫星操作员每天为商业卫星提供非常相似的指挥与控制服务，而且，如我先前所说，他们从事这项工作的效率高得多。2013 年的政府问责署报告精辟地总结了这种形势：“纵然商业卫星和空军卫星的使命有重大不同，而且在某种程度上，它们对信息安全的需要也可能不同，但多数卫星的基本控制操作功能大体上是一样的，从而允许把商业部门可信任的做法应用到空军的许多卫星项目上。”¹¹

转向外包经营并非没有风险

合同商操作员的职责应主要从事日常卫星运作，履行其合同的要求；而军事人员应主要监督合同商，并发展太空防御战术，以保持卫星的随时可用性。要保证双方各司其职，军队和合同商之间必须高度协作整合。太空战士必须与合同商一道，共同界定哪些情况构成触发卫星防御作战的因素，哪些防御方案可以执行，以及有哪些制约条件。部队必须把防御性制太空作战纳入合同商的指挥控制程序，面对危机时可立即执行预选方案。所有系统都将需要得力的政府监督和批准，才能保证系统的运作都符合政府的最大利益。

结语

明天的太空战士需要受过专业教育，有经验，并准备好打赢明天的太空战争。让战士们忙碌于日常卫星指挥控制操作任务，我们就无法培养这支部队做好太空备战。为了开始把太空操作员转变成太空作战员，我们应该采取以下步骤：

1. 一旦可行就开始转型，将卫星日常运作外包给合同商。
2. 把太空操作员转变为合同商监督员的角色，并把他们的任务重心转向防御性制太空作战。
3. 重振太空教育，重点培养明天太空战士需要的技能（详细讨论见以上“培养明天的太空战士”一节）。
4. 加强训练 / 模拟 / 演习，培养太空战士思维，验证太空作战能力。

5. 利用太空战士积累的专门知识和经验，更好界定需求，采购下一代防御能力更强大的太空系统。

在财政紧缩人力不足的当前时期，找到更有效的卫星运作方式极其重要。仅仅为了分析和制定军队太空操作员所依赖的操作指令，就已经耗费了大批现场人员和合同工程

师的精力。事实上，我们的许多系统如果没有合同商的专业技术就无法运作。如果卸掉军队作为卫星运作领域“中间人”的职责，就能产生巨大的效益。通过外包日常卫星运作，我们就能为太空战士腾出时间，把重心转移到认识我们太空系统面临的威胁，并规划实施有效防御。★

注释：

1. Department of Defense and Office of the Director of National Intelligence, National Security Space Strategy: Unclassified Summary [国家安全太空战略：非保密概要], (Washington, DC: Department of Defense and Office of the Director of National Intelligence, January 2011), 1, http://www.dni.gov/files/documents/Newsroom/Reports%20and%20Pubs/2011_nationalsecurityspacestrategy.pdf.
2. 同上，第 4 页。
3. Bruce W. MacDonald, China, Space Weapons, and U.S. Security [中国、太空武器和美国安全], Council Special Report no. 38 (New York: Council on Foreign Relations, September 2008), 5, http://i.cfr.org/content/publications/attachments/China_Space_CSR38.pdf.
4. 见注 1 “国家安全太空战略”第 2 页和注 2 “中国、太空武器和美国安全”第 6 页。
5. 见注 2，第 5 页。
6. 见注 2，第 32 页。
7. Simon P. Worden, “Future Strategy and Professional Development: A Roadmap” [未来战略与专业发展路线图], 收录于 Toward a Theory of Spacepower: Selected Essays [太空力量理论论文汇编], ed. Charles D. Lutes and Peter L. Hays (Fort Lesley J. McNair, Washington, DC: Institute for National Strategic Studies, National Defense University, 2011), [580], <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a546585.pdf>.
8. US Government Accountability Office, Satellite Control: Long-Term Planning and Adoption of Commercial Practices Could Improve DOD’s Operations [卫星控制：长期规划和采用商业做法能改善国防部的行动], (Washington, DC: US Government Accountability Office, April 2013), 19, <http://www.gao.gov/assets/660/654011.pdf>.
9. 同上，第 20 页。
10. 同上，第 18-19 页。
11. 同上，第 19 页。



肖恩·C·坦普尔，美国空军少校 (Maj Sean C. Temple, USAF)，毕业于美国空军军官学院，及奥本大学，现为空军太空司令部总部太空控制与太空态势感知计划主任。他曾担任的重要职务包括：第 4 太空作战中队工程分队长，空天基础课程飞行指挥官兼教官，以及太空与导弹系统中心的多个项目管理职位。

规划太空人员救援的时机已到

Personnel Recovery in Space

玛丽·曼尼福德，美国空军中校 (Lt Col Mari Manifold, USAF)

实施太空人员救援，面对的物理和道义挑战都非常巨大，因此美国需要立刻采取行动，就未来太空旅行者的救援方法和期望制定规范。国防部指令 3002.01《国防部人员救援》指出，在美国主持发起的行动中保护军人、国防部文职人员和承包商，是国防部的最高优先之一。¹ 空军在其空降救援概况介绍中，将实施人员救援称作国家必尽的“道义责任”。² 既然人员救援是美国国防部的最高优先之一并是道义责任，那么国防部为太空救援行动做了哪些准备工作？本文首先讨论地面人员救援的影响，然后探讨太空人员救援的可能性，继而提出组建“民间后备太空机队”建议，并解说行为准则，是以指导美国实现其目标。

美国“空军信条”和“战士信条”都坚定发誓，决不离弃倒下的战友。³ 这种文化符合国防部指令 1300.23《国防部文职与合同人员孤立求生训练》的政治现实，该文件指出：“国防部负有道义责任保护其人员，防止其人员落入敌手而被利用，并减少被俘人员被用来讹诈美国的潜在可能性。”⁴ 人员救援失败可能引发公众和政治压力，迫使美军撤出作战区域。发生在摩加迪沙的1993年“黑鹰坠落事件”就是一例，救援美军人员的行动失败引发舆论大哗，导致克林顿总统决定从索马里撤军。⁵

2001年，美国国家安全太空管理及组织评估委员会指出：“历史告诉我们，每一种载

CRAF = 民间后备航空机队

体——海洋、陆地、天空——都

发生过战争冲突……太空也不会例外。”⁶ 科林·格雷 (Colin Gray) 赞同太空冲突的预测，认为太空力量将重蹈海洋力量和天空力量的历史发展模式而书写太空战略历史。⁷ 他宣称：“任何东西，只要对交战一方具有战略意义，就值得其它方发起攻击。”⁸ 历史上不乏敌对部队劫持船只和强夺无人机的的事件，由此推断，敌对方必定企图控制对手在太空中的战略飞行器。⁹

詹姆斯·奥伯格 (James Oberg) 写道：“未来的某个时刻，人类在太空的物理存在将成为必要，是以提供更好的态势感知。”¹⁰ 随着人类在太空中的存在增加，如埃弗里特·多尔曼博士 (Dr. Everett Dolman) 在其《太空政治学》一书中所言，某个国家可能“夺取”低地球轨道 (LEO)，将美国的 LEO 居留者扣留为太空战俘——包括实施实体“捕获”，将其对接到他们自己的飞船，或者以电子方式遥控。¹¹ 或者，假设美军接管 LEO，在轨道上布设太空战士前哨所，形成阻止他人进入的前哨绊网，从而把持整个轨道。那么其它国家可能挑战美军，强占这些前哨飞船并俘虏美国人员。这种情景看似离奇，托马斯·谢林 (Thomas Schelling) 却指出：“我们的策划者倾向于构思出种种不可能来迷惑不熟悉者。”¹² 在太空抓俘虏，目的和在地面一样，是为削弱国家意志，贬低美国的国内和国际形象，影响国际伙伴使其退出美国支持的联盟或同盟，并迫使美国让步，一切都在于限制对方行动的战略自由。¹³ 如果美国不能成功地说服公众相信其太空战略的理由，那么公众对美国太空行动的支持便会减弱。

为太空人员救援制定最佳解决方案，美国需与民间太空公司协议组建“民间后备太空机队”（CRSF），以保障随时获得太空救援运输能力。此途径同先前与民航公司组建“民间后备航空机队”（CRAF）一样，建立用于太空人员救援的民间后备太空机队后，军方就无需建立重复性的太空救援专用机队，从而节省人力物力。并且此做法与“总统政策四号指令”相一致，该指令授权政府在有可能时购买和使用商业太空能力。¹⁴ 理查德·齐尔默海军准将（Brig Gen Richard C. Zilmer）在向参议院一个专门委员会作证的发言中，提到“海洋小单位太空运输和嵌入”（SUSTAIN）概念，其中涉及军民两用太空运输的探讨，“那里潜藏着一种巨大的合力，我们妥加利用，将有效减缓国防部独立承担太空发射的高昂技术和能力费用。”¹⁵ 民间后备太空机队承运单位必须持有联邦认证，保证随时有运输工具承接此等任务，并置其于其它任何有偿发射升空任务之前。SpaceX 太空探索公司和轨道科学公司等民营太空企业，手中已经有了美国航空航天局和美国空军的合同，这些公司不仅开展商业经营，还有能力满足太空人员救援的需要，而费用只有政府办事的三分之一。¹⁶ 作为回报，政府将优先向民间后备太空机队成员公司提供和平时期的太空发射业务。政府必须要招募多家公司，以确保充分的系统冗余。这些公司将提供太空飞机和航天驾驶机组，而军方提供太空救援专业人员。要加强对太空人员救援人才的培训和研究，提高设备熟悉程度，减少救援困难，并增强安全考虑，从而尽量避免在加压太空舱内违规使用致命武力。

美国政府应尽快建立民间后备太空机队，因为宇航员已经在国际空间站中生活。¹⁷ 政府文职领导人对于人员救援一向非常重视，

一个例子是，政府在 2001 年推迟了阿富汗行动的开始时间，直到充足的救援力量部署到战区。同理，美国必须尽快将其太空人员救援能力准备到位，堵住这个缺口，抢在对手企图加以利用之前。¹⁸ 公开演练太空救援能力也是一种宣示，因为我们“不可指望以未经测试、未知或未经证实的能力来发挥威慑作用，”演练可以威慑潜在敌人，使其不敢轻举妄动抓捕美国太空人员。¹⁹

美国不仅要获得这种太空人员救援能力，还要将其现行规程编入法典。其中一个重要问题是，《日内瓦公约》是否适用于太空被俘人员；如果适用，适用到何种程度？美国必须牵头形塑这一国际规范，如果等到人员被俘才想借助国际公约则为时已晚。根据《联合国 1721 号决议》规定，国际法——凡联合国定义为条约、协定和公约的各种条法——也适用于外层空间。²⁰ 《1967 年外层空间条约》将外层空间定义为我们的太阳系，包括其中的天体、轨道，以及通往这些物体和这些物体周边的轨道。²¹ 因此，对手应该按《日内瓦公约》规定给与太空战俘应得权利。

美国空军的《人员救援作战概念》规定，空军应为“任何人、在任何地方、任何时间”提供救援选项。²² 太空救援政策适用于谁？《1967 年外层空间条约》主张，各国应“将宇航员视为人类派驻外层空间的特使，应给予他们一切可能的援助……在外层空间和天体上进行活动时，任一缔约国的宇航员应该对其它缔约国的宇航员给予一切可能的援助。”²³ 当前美国国防部人员救援义务仅适用于美国政府的使命，那么在上述条约下，美国是否有义务使用其 CRAF 能力救助所有宇航员——无论来自民间、军方、外国，或是美国？美国还应澄清援助义务对太空的适用范围究竟延伸到多远——因为近地球轨道、

月球，以及火星，在经济和技术层面对救援承诺都有不同程度的要求。美国应该在人类生命陷入危境之前，就解决这些问题。

太空人员救援与地面冲突中的人员救援具有同等战略重要性。因此，美国应仿效已经建成和发挥作用的民间后备航空机队，利

用私营太空运输能力，组建用于太空人员救援的民间后备太空机队。美国还必须澄清有关太空人员救援的文件资料，明确哪种救援规范适用于太空，适用于谁，适用于多大范围。虽然太空人员救援的概念还不被大家熟悉，但是未雨绸缪，着手安排这一切的时机已到。★

注释：

1. Department of Defense Directive 3002.01, Personnel Recovery in the Department of Defense, [国防部人员救援], 16 April 2009 (incorporating change 1, 4 April 2013), 2, par. 41, <http://www.dtic.mil/whs/directives/corres/pdf/300201p.pdf>.
2. United States Air Force, "Fact Sheet: Pararescue - 1T2X1" [简介：空降救援 -1T2X1], 28 August 2006, <http://www.af.mil/AboutUs/FactSheets/Display/tabid/224/Article/104514/pararescue-1t2x1.aspx>.
3. US Air Force, "Airman's Creed" [飞行员信条], <http://www.airforce.com/learn-about/airmans-creed/>; 以及 US Army, "Soldier's Creed" [战士信条], <http://www.army.mil/values/soldiers.html>.
4. Department of Defense Instruction, 1300.23, Isolated Personnel Training for DoD Civilians and Contractors, [国防部文职与合同人员孤立求生训练], 20 August 2003, 2, par. 4.1, <http://www.dtic.mil/whs/directives/corres/pdf/130023p.pdf>.
5. Mark Bowden, Black Hawk Down: A Story of Modern War [黑鹰坠落：现代战争故事], (New York: Atlantic Monthly Press, 1999), 331.
6. Commission to Assess United States National Security Space Management and Organization, Report of the Commission to Assess United States National Security Space Management and Organization [美国国家安全太空管理与组织评估委员会报告], (Washington, DC: The Commission, 11 January 2001), x, <http://www.dod.gov/pubs/space20010111.pdf>.
7. Colin S. Gray, Modern Strategy [现代战略], (Oxford: Oxford University Press, 1999), 258.
8. M. V. Smith, "Spacepower and Warfare" [太空力量与战争], Joint Force Quarterly, issue 60 (1st Quarter 2011): 42, <http://www.dtic.mil/doctrine/jfq/jfq-60.pdf>.
9. Scott Peterson, "Exclusive: Iran Hijacked US Drone, Says Iranian Engineer (Video)" [独家：伊朗工程师称伊朗劫持了美国无人机 (视频)], Christian Science Monitor, 15 December 2011, <http://www.csmonitor.com/World/Middle-East/2011/1215/Exclusive-Iran-hijacked-US-drone-says-Iranian-engineer-Video>.
10. James E. Oberg, Space Power Theory [太空力量理论], (Washington, DC: US Government Printing Office, March 1999), 129, <http://www.au.af.mil/au/awc/space/books/oberg/ch05.pdf>.
11. Everett C. Dolman, Astropolitik: Classical Geopolitics in the Space Age [太空政治学：太空时代经典地缘政治], (London: Frank Cass Publishers, 2002), 157.
12. 同注 6，第 xv 页。
13. Col Lee Pera, Paul D. Miller, and Darrel Whitcomb, "Personnel Recovery: Strategic Importance and Impact" [人员救援：战略重要性及影响], Air and Space Power Journal, 26, no. 6 (November-December 2012): 88-89, <http://www.airpower.maxwell.af.mil/digital/pdf/articles/2012-Nov-Dec/F-Pera-Miller-Whitcomb.pdf>.
14. White House, "Fact Sheet: The National Space Policy" [简介：国家太空政策], (Washington, DC: White House, Office of the Press Secretary, 28 June 2010), <http://www.whitehouse.gov/the-press-office/fact-sheet-national-space-policy>.
15. Jeff Wright, "Why We Must SUSTAIN Human Spaceflight" [为何我们必须在载人太空飞行中运用“海洋小单位太空运输和嵌入”概念], Space Daily, 13 October 2003, <http://www.spacedaily.com/news/oped-03zzj.html> <http://www.spacedaily.com/news/oped-03zzj.html>.

16. SpaceX, “Launch Manifest” [发射清单], <http://www.spacex.com/missions>; Orbital ATK, <http://www.orbital.com/HumanSpaceExplorationSystems/COTS/>; 另参看 “Falcon 9 Launch Vehicle NAFCOM Cost Estimates” [运用美国国家航天局和美国空军成本估算模型对 Falcon 9 运载火箭的发射成本估算], NASA Associate Deputy Administrator for Policy, August 2011, http://www.nasa.gov/pdf/586023main_8-3-11_NAFCOM.pdf.
17. Maj M. V. Smith, Ten Propositions Regarding Spacepower [太空力量十大命题], Fairchild Paper (Maxwell AFB, AL: Air University Press, 2002), 37, http://aupress.maxwell.af.mil/digital/pdf/paper/fp_0009_smith_propositions_regarding_spacepower.pdf.
18. Bob Woodward, Bush at War [布什的战争], (New York: Simon & Schuster, 2002), 150-52.
19. 同注 6, 第 xvi 页。
20. United Nations, “Definition of Key Terms Used in the UN Treaty Collection” [联合国条约集重要词语定义], United Nations Treaty Collection, https://treaties.un.org/Pages/Overview.aspx?path=overview/definition/page1_en.xml.
21. United Nations, Treaty on Principles Governing the Activities of States in the Exploration and Use of Outer Space, Including the Moon and Other Celestial Bodies, [规范各国对外层空间（包括月球及其它天体）探索与利用活动原则的条约], United Nations Office for Outer Space Affairs, 19 December 1966, <http://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/spacelaw/treaties/outerspacetreaty.html>.
22. Gen Norton A. Schwartz, Operational Concept for Personnel Recovery [人员救援作战概念], (Washington, DC: Headquarters US Air Force, 3 September 2009), 20.
23. 同注 21。



玛丽·曼尼福尔德, 美国空军中校 (Lt Col Mari Manifold, USAF), 毕业于美国空军军官学院, Embry-Riddle 航空大学理科硕士, 现为 AC-130H 飞行员, 曾多次部署支援“持久自由”和“伊拉克自由”行动。她曾担任大队、联队、编号空军及一级司令部层级参谋职务, 及佛罗里达州赫尔伯特空军基地第 23 编号空军人事部主任。现任乔治亚州罗宾斯空军基地空军后备役司令部战略与能力规划处副处长。她是 Embry-Riddle 航空大学最优学业成绩毕业生, 并以优异成绩毕业于 C-130 资格认证课程和空军指挥参谋学院, 最近毕业于阿拉巴马州马克斯韦尔空军基地空天力量高级研究学院。



利用商业望远镜加强对地球同步轨道的太空态势感知

A Call to Action: Aid Geostationary Space Situational Awareness with Commercial Telescopes

丹尼尔·穆梅，美国空军上尉（Capt Daniel Moomey, USAF）



前言

地球轨道中，聚集着大量人造物体，每一次太空发射，都是一次增加。太空时代早期，

GEO = 地球同步轨道
SSA = 太空态势感知
visual magnitude [vm] = 能见度
Pan-STARRS = 全景巡天望远镜
与快速响应系统
COTS = 商业现货
TLE = 两行元素数据集
SADSS = 小孔径深太空监视系统
GEODSS = 陆基光电深太空监视系统

人类共用的地球轨道尚无拥堵之忧，但经过 50 多年的太空开发，绕地球运

行的卫星之间，间隔已经越来越小。本文拟探讨这一问题，重点关注对地球同步轨道（GEO）。

太空领域变得如此拥挤、抗衡、和竞争，轨道上卫星相撞的几率不断增大，可能对人类生活造成全球性影响。¹ 不仅民间运作离不开太空服务，美国军方对天基资产的依赖也越发紧密，于是，这些资产的价值越来越高。太空不仅更加拥挤，而且更加抗衡，为获得并保持太空态势感知（SSA），我们必须思考如何增加监测资源的种类和数目。

本研究的背景和目的

由于绕地球轨道上的人造物体（也称太空常驻物体）不断增多，要想保持精确的数量计测现在已经相当困难。美国空军编撰并维护着一份卫星编录，这也是位于加州范登堡空军基地的联合太空作战中心的任务之一。为履行此职责，空军运作一个由多处雷达和光学望远镜站点构成的全球网络，统称为“太空监视网”，此网络主要负责生成和向联合太空作战中心报告太空常驻物体的位置和轨迹。² 过去几十年来，卫星编录规模不断增长，消耗了太空监视网的资源。根据2007年《太空态势感知保障概念》文件的说法，“现有的太空监测网络……没有设计成满足、也不足以支持‘太空控制’的需要（例如，覆盖范围不足，无法提供对威胁的持续监视）。”³

对传感器监测资源的需求不断加重，对于负责跟踪 GEO 轨道上常驻物体的太空监视网传感器来说，尤其如此。能够观察到昏暗物体（低到第 21VM 级能见度）的新跟踪设备最近已经投入运行。⁴ 例如，两项不同的收集调查都独立观察到了 GEO 轨道内和周边物体的双态亮度分布。以下图 1 描述了 2006 年“欧洲太空总署（ESA）太空碎片调查”和 2010 年美国空军研究实验室（AFRL）“全景巡天望远镜与快速响应系统（Pan-STARRS 或 PS1）GEO 调查”所搜集到的轨道物体分布情况。在此两次调查中，凡经过照相机视野的物体都被列入观测统计。对 PS1 系统而言，太空常驻物体的 VM 值越高且运动速度越高，其监测阈值则降低，分别体现为破折线、虚线和实线，以每秒弧秒值（as/s）为量度单位。⁵

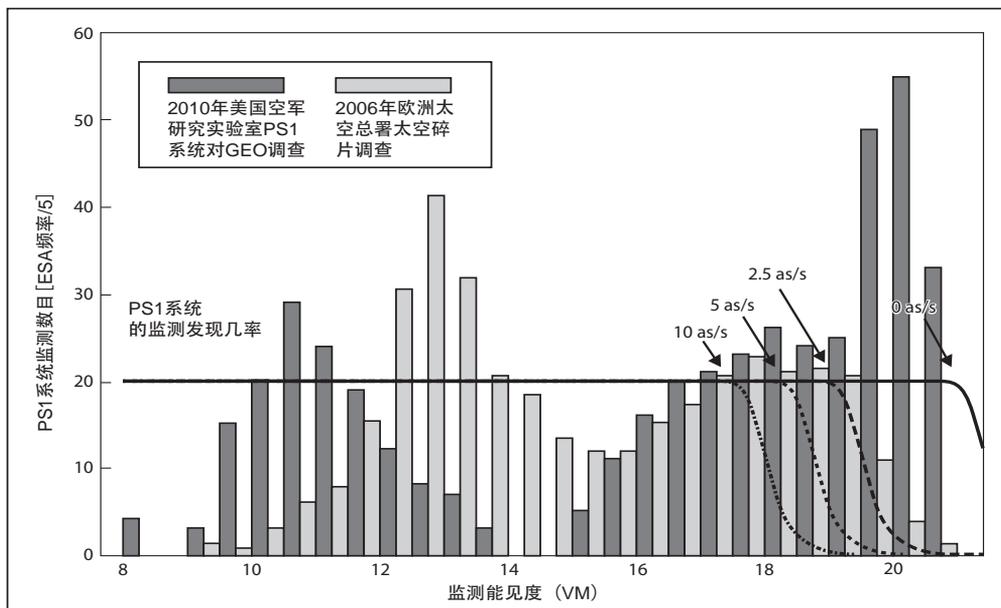


图 1：调查 GEO 轨道物体亮度直方图（取自 Mark Bolden, Paul Sydney and Paul Kervin, “Pan-STARRS Status and GEO Observations Results” [Pan-STARRS 状态及对 GEO 观测结果], [paper presented at the Advanced Maui Optical and Space Surveillance (AMOS) Technologies Conference Proceedings, Maui, HI, 2011], [2], “Figure 2: AFRL & ESA Geo Survey Comparison” http://www.amostech.com/TechnicalPapers/2011/Orbital_Debris/BOLDEN.pdf.)

从图中我们看到，在第 8VM 至第 16VM 之间，有一个大群体密度曲线，表明相对明亮和显然较大的物体大量存在。此外，在第 15VM 至第 21VM 之间，还有大量的相对较暗的物体存在。此双态分布图证明，GEO 轨道上存在着太空监视网一般不易观测的大量小型昏暗物体。虽然现有的行动跟踪系统可以观察此类物体，但是迫于更高优先级任务要求，可用的传感器时间不足，很大程度上限制了对这些物体的持续跟踪。因此，它们中绝大多数都没有被作为卫星编录的一部分来维护。没有定期轨道维护，我们就无法对它们进行关联监控和分析，这对 GEO 轨道带来无法定量的物体碰撞风险。⁶

根据《继续开普勒的追求：评估空军太空司令部天体动力学标准》所言：“（美国空军天体动力学标准评估）委员会认为，就观测无严重抗力的轨道物体而言，当前系统中的主要限制，不是算法的精确度不高，而是传感器跟踪数据的数量与质量无法满足要求。系统面临的最主要局限，包括当前传感器的覆盖范围不足，对观测质量的理解不够，以及难以应对来自不同系统和现象的不同数据如何融合的挑战。充分理解观测的质量或统计数据对于获得现实的统计协方差而言是必需的，后者又为计算碰撞的精确概率所必需。⁷

为了减轻太空监视网负担过重的问题和扩大覆盖面，国防部过去曾有节制地使用商业现货（COTS）光电望远镜系统，用于太空监视目的。现在随着底座设计、光学和焦平面领域的最新技术发展，市场上有了低成本、高效能和高精度的 COTS 天文设备。⁸ 当前的政府运作和财政紧缩环境，进一步迫使我们寻找有效、适当和成本效益高的解决方案，来应对上述的难题。为将这几项原则贯彻到

对 GEO 轨道的监控任务以提升 SSA，本文探讨如下问题：大规模使用 COTS 小孔径望远镜能否增强太空监视网对地球同步轨道的观测能力，而不会降低轨道态势评估质量？⁹

本文的研究结果给出积极的指向，这就是，COTS 设备可以满足空军的使命需求，能够让国防部腾出太空监视网中现存更大型、更有能力的光学系统，用其任务时间来观测那些较小、较暗的低优先级物体，这些物体迄今很大程度上仍未被发现或者被编录。这种调整应该参照上述评估委员会的意见（见上文），同时应该遵循以下九项 SSA 原则：

- 整合性
- 准确性
- 相关性
- 及时性
- 融合性
- 可及性和安全性
- 生存性 / 可持续性 / 可部署性
- 努力方向一致性
- 互通操作性¹⁰

或许最重要的是，实现这种状态将有助于空军太空司令部司令官实现 SSA 的五项目标与愿景：

1. 获得对太空相关系统的所有威胁的预测性情报
2. 对各种威胁保持持续观测覆盖（例如跟踪中不丢失目标）
3. 及时指认攻击和威胁来源
4. 一体化 SSA，情监侦与环境融合
5. 判定对手能力、目的和意图¹¹

为验证是否符合以上各项指标，本研究使用下列方法来设计和测试一个能够满足太

空司令部司令官各种需要的系统。首先，笔者采用一种基本系统工程方法确定选用 COTS 光学设备和软件所遵循的适用系统规范，保证这些设备和软件能够可靠地观测 GEO 轨道上的高价值太空常驻物体，以满足指挥官的五项使命要求。其次，笔者设计了一个测试系统，以确定将这一概念应用于行动环境的可行性。这样做需要对 COTS 小型光学系统获得的观测数据进行收集、处理、分析，并且与目前运行的太空监视网系统进行比较。因此，第一个目标是确定测试系统对卫星观测的度量准确性，这些观测用时间、赤经和赤纬等一系列数值来表示。第二个目标要求采用联合太空作战中心最新公布的两行元素 (TLE) 数据集格式表述的轨道估算数据，确定对观测到的太空常驻物体进行轨道测定和差分修正的可行性与质量。只对从测试系统观测到的数据在 TLE 格式上做差分修正，其目的在于包括尽量多的角度覆盖，以提高轨道测定的准确性。

本研究只使用 COTS 设备以及商业或免费软件，展示光学方式观测 GEO 高价值常驻物体的一种方法，创建高精度的度量观测，并将这些观测与联合太空作战中心公布的 TLE 交集，实现数据更新。此外，本研究使用一种“系统工具套件”模仿程序对卫星星历表进行计算和建模，以对照各自相应的 TLE 进行展示性对比。建立了准确性后，本研究再对实验设置和目前太空监视网系统之间进行度量精度的性能对比。

本研究的假设和限制

本研究项目作为一个整体，在设计假设条件时，首先预判 SSA 使命的未来发展。因此第一项假设是，对 SSA 能力的需求将继续增长，要求 SSA 及时、准确和完整。我们进

一步假定，SSA 行动的任务指令生成、收集、处理、归纳和分传等大量工作，将继续由联合太空作战中心为主承担。¹² 该中心将继续开发其“任务系统”，采用可扩展的服务器架构，并提供必要的更多处理能力，以吸收本研究提议的系统所生成的观测数据，用于执行卫星编录的维护。此外，本研究假定（虽不一定完全正确），现有太空监视网的 GEO 观测站点承担的主要任务是对 GEO 高价值常驻物体优先观测，GEO 轨道上的这些高价值常驻物体通常体积较大，也相对更明亮。这种情况，为我们思考如何帮助负责 GEO 轨道 SSA 使命的现有资产减轻优先任务负担提供了基础。

按此思路，我们可以利用物美价廉的 COTS 设备，专门观测和收集可见光区内大型、明亮的地球同步卫星的信息。收集的观测数据，在数量和质量上受天气、当地天空亮度以及设备的限制。测角精度和观测精度也受图像处理技术的限制，例如不易精确确定观测完成的时间。我们将储存图像的电脑时钟与美国海军天文台网站的主时钟同步，便能确定图像的准确捕捉时间。该天文台和美国国家标准计量院时间服务器所宣布的精度，误差只在整秒内 (± 0.5 秒)。¹³

对观测的分析，采用联合太空作战中心公布的一般摄动 TLE 数据集，进行基线比较。当本研究使用一般摄动精度时，卫星的观测位置和预期位置之间的误差通常在联合太空作战中心的 GEO 轨道 TLE 数据集的平均精度内。由于这一发现和观测时间跨度相对较短的缘故，此项研究不能将 TLE 作为合适的精度基准，据此验证测试系统的传感器偏置值。

因为本项研究局限于解决太空司令部司令官针对 GEO 轨道高价值资产所提出的 SSA

目标/愿景，研究的重点集中于单点设计分析。本研究致力使镜头主孔径尽可能小，同时使此小孔径所能观测的能见度 VM 级尽量大，并对太空常驻物体的性质和观测条件做合理的最坏情况假设，在这些条件下对系统设计进行优化。为将研究限制于重点研究系统设计和观测质量分析，笔者认为 SSA 的其它原则——主要是安全性、可部署性和可持续性——也十分重要，将在下一节中涉及，但不做深入分析。

本研究的运行系统设计与规范

根据太空司令部司令官的说法，若要增强现行能力，就必须增加更多的 SSA 能力。从既定任务需要到任务要求的衍生、有效性衡量指标和性能衡量指标，本研究将提出一个假设系统性能规范，以展现大规模采用

COTS 设备将如何对 GEO 轨道的 SSA 使命有所助益。本文将采用的 COTS 设备统称为“小孔径深太空监视系统” (SADSS)，并根据太空司令部司令官欲达到的 SSA 目标和愿景，具体分解成六项任务要求，制成以下表 1。这些任务要求旨在解决司令官的五项目标。从这些任务要求中，进一步导出对有效性的衡量指标，亦列入表 1。

进一步，有效性衡量指标的目的在于衡量系统满足各项任务要求的能力。本研究再依据有效性衡量指标，建立起设计参数和性能衡量指标，制成表 2。有关性能衡量指标的定量值，请参阅作者的原始论文。¹⁴

基于任务要求，在纳入小孔径 COTS 解决方案的前期努力和本文介绍的研究之间，出现了两种截然不同的差异。在 MR2 中，建

表 1：对 SADSS 系统的任务要求和有效性衡量指标

MR1	该 SADSS 系统应能观测 GEO 常驻物体并生成相应的元素集；此元素集应与现有太空监视网的观测结果和创建的元素集同样准确或者更准确（满足上述的太空司令部司令官目标 1）。 MOE 1-1 传感器度量精度 MOE 1-2 星历表精度
MR2	该 SADSS 系统系统应能观测 GEO 轨道所有经度上的高价值太空资产（满足目标 1 和 2）。 MOE 2-1 监测 GEO 轨道高价值常驻物体的概率 MOE 2-2 覆盖范围
MR3	该 SADSS 系统应能对 GEO 轨道任何位置上的兴趣目标提供持续覆盖（满足目标 2）。 MOE 3-1 覆盖时间
MR4	该 SADSS 系统应能将对 GEO 轨道上高价值常驻物体的观测结果，近实时提供给联合太空作战中心（满足目标 3）。 MOE 4-1 观测采样率 MOE 4-2 天体测量板解决方案成功率
MR5	该 SADSS 系统应能将观测结果以客户可吸收的格式提供给客户（满足目标 4）。 MOE 5 利用 SADSS 观测结果对 TLE 进行差分修正
MR6	该 SADSS 系统提供的信息应有助于对被观测太空常驻物体的能力确定和目的研判（满足目标 5）。 MOE 6 太空常驻物体点随时间扩散功能的信噪比
MR = 任务要求 MOE = 有效性衡量指标	

表2: SADSS 的最终系统规范和性能衡量指标

任务要求 (MR)	有效性衡量指标 (MOE) 和效果	设计参数和规范			性能衡量指标 (MOP)
MR1	MOE 1-1 传感器度量精度高	视图像素场 2 arcsec (12微米像素 间距)		图像时间精度 < ±0.133 sec	MOP 1-1-1
		传感器 Sigma 总值			
	MOE 1-2 生成的星历表信任度和 精度高	太阳角限度 0°-100°		传感器总 计时精度 + 成像精度 = 5 arcsec (est.)	MOP 1-1-2
		传感器偏差			
MR2	MOE 2-1 监测到高价值常驻物体 的概率高	孔径 25 cm	太空常驻物 体面积 ≥ 4 m ²	轨道平均电荷耦 合器件量子效率 75%	MOP 2-1-1 被监测信号
	MOE 2-1 监测到高价值常驻物体 的概率高	电荷耦合器件噪音 读值 8 e-/pix 暗度 .2 e-/pix/sec		天空噪音 迪戈加西亚岛 + 2vm/arcsec ²	MOP 2-1-2 被监测噪音
	MOE 2-2 覆盖范围大	焦距 1.25 m	胶卷格式 30.5 x 30.5 mm		MOP 2-2 视野
MR3	MOE 3-1 覆盖时间	太阳角限度 0°-100°	站点数目 5		MOP 3-2-1 被观测轨道 MOP 3-2-2 最低仰角
MR4	MOE 4-1 观测速度提高	曝光时间 1 sec	处理时间 < 6.5 sec		MOP 4-1 曝光时间 + 处理时间
	MOE 4-2 天体测量解决方案成功 比例高	视野 2° ² (1.4°x1.4°)	孔径 25 cm		MOP 4-2-1 被监测星数目
	MOE 4-2 天体测量解决方案成功 比例高	焦距 1.25 m	孔径 25 cm		MOP 4-2-2 图像失真
MR5	MOE 5 差分修正成功	校准数据 需要验证	兼容信息 GEOSC格式		MOP 5 剩余排斥 %
MR6	MOE 6 能提供可行动信息	信噪比采样率 观测采样率	信噪比错误 要求客户输入		MOP 6 光曲线度量质量
MR = 任务要求 MOP = 性能衡量指标 vm = 能见度		MOE = 有效性衡量指标 arcsec = 弧秒 GEOSC = 地球科学			

议的 SADSS 系统仅负责观测 GEO 轨道高价值常驻物体。根据马克·博尔登、保罗·悉尼和保罗·凯尔文的说法,“已被理论化和广泛接受的是:明亮物体群体 (< 16VM) 主要

由正在运行的和已经报废的人造卫星组成;而昏暗物体群体则主要由太空碎片组成。”¹⁵ 因此,本研究假定 GEO 轨道高价值常驻物体总体而言亮度大于 16VM。MR3 部分也不同

于以往研究中的 MR3，因为它要求对太空常驻物体进行持续覆盖。为满足此要求，本研究将传感器设置为对 GEO 轨道中特定经带做速率跟踪。速率跟踪带来多种好处，例如，在晴间多云天空条件下增加发现太空常驻物体的概率；此外，它还能在黑暗时段对兴趣常驻物体进行持续事件监测。当前的太空监视网光学传感器能够以速率跟踪模式观测，但是通常在恒星模式下操作，以数目有限的望远镜覆盖更大的范围。¹⁶ 因此，现行的太空监视网系统对每颗卫星每天只观测几秒钟的时间。

永久的速率跟踪提供持久性，从而满足 MR3 的需要，但它也有根本性的不足。即：系统的监视区域相对于 GEO 轨道是静态的，对天空的其余部分监视不到。为了克服这一缺陷，必须将 SADSS 系统视为一个整体，在多个站点设置多个传感器，每个站点观测轨道的不同部分，从而做到全覆盖（图 2）。建议的整个系统构架将在五个站点的每一个中使用大约 60 架望远镜组成的阵列。位置列表中包括三个“陆基光电深太空监视”（GEODSS）站点位置——夏威夷州毛伊岛 [1]；新墨西哥州索科罗 [2]；迪戈加西亚岛 [3]——加上计划建造的澳大利亚埃克斯茅斯的太空监视望远镜站点 [4]，以及阿森松岛上的又一个望远镜阵列 [5]。图 2 所示的五个位置均注出编号，每个位置覆盖一个扇形，这种选择主要从安全、维修人员和共同通信结构（已在每个建议站点建成）考虑，解决系统可持续性和可部署性问题。

根据上述规范，本研究选择一种设计，使用日本高桥 Takahashi CCA250 天体照相机（每部价格 17,000 美元），和 e2V CCD230 42



图 2：SADSS 系统网络在 33° 仰角的传感器覆盖范围观念性示意图

相机（每部价格 42,000 美元）匹配，作为满足系统规范的参考。基座安装和房屋费用与设备费用加在一起，每个拥有 60 台传感器的站点，安装前价格总计大约 350 万美元。相比之下，GEODSS 望远镜在 2000 财年的造价为每个站点 330 万美元。¹⁷ 因此，作为一个大致数量级，估计购置两个系统的成本差不多彼此接近。

本研究采用的观测/分析方法

几项分析确定我们应选择上述 SADSS 系统。第一项分析是，以卫星亮度作为卫星尺寸、反射率和照明角度的函数，可以建立为观测者生成一个第 16VM 级能见度信号的条件。为确定高价值太空常驻物体的反射系数单值，本研究采用了多层绝缘卫星涂层的反射率值。希瑟·罗德里格斯和她的同事们进行了谱系分析，以确定多层绝缘的光学性质，以下图 3 显示了绝缘采样的可见光谱的反射带。¹⁸ 本研究假设反射率值为 15%，并且选择最大照明角度（ β 角）为 100°，以保证系统能够提供至少每晚 8 小时的连续跟踪时间，

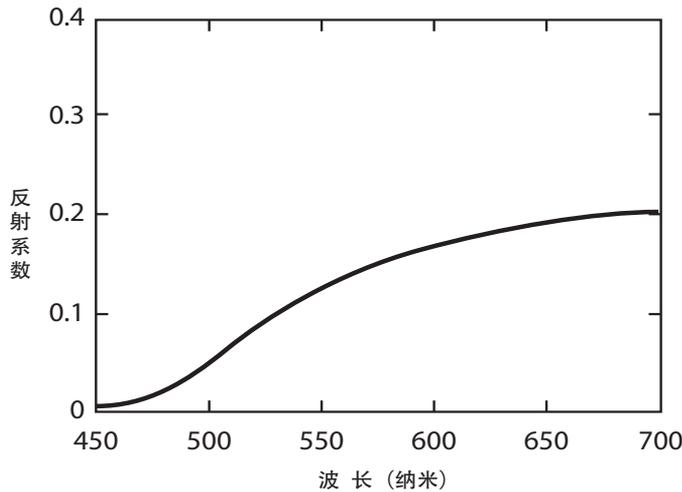


图 3 : 铜色聚酰亚胺多层绝缘反射率 (源自 Heather Rodriguez et al., “Optical Properties of Multi-Layered Insulation” [多层绝缘材料的光学性质], [paper presented at the AMOS Conference Proceedings, Maui, HI, 2007], “fig. 9,” [page 9], <http://www.amostech.com/TechnicalPapers/2007/Poster/Rodriguez.pdf>.)

目的在于跟踪足够的轨道长度，以创建出高度准确的轨道估算。¹⁹

接下来，本研究计算了作为仰角的函数的大气衰减。²⁰ 根据这一发现，选择出合理的最坏观测状况——具体来说，从迪戈加西亚岛 GEODSS 站点，以 33° 最小仰角，从视线对准凸月 45°。虽然 GEODSS 传感器被设计为操作仰角最低至 20°，但是对所选的

SADSS 站点来说，GEO 轨道的完整全球覆盖最低仰角为 33°。确定了这些合理最坏状况和约束条件之后，本研究应用辐射计测方程，可观测到一个 4 平方米的、能见度为 16VM 级的太空常驻物体。(图 4)²¹

为确定一个 4 平方米观测阈值所对应的 GEO 卫星百分比，本研究从 Space-Track.org 所公布资料生成了一份 GEO 常驻物体清单，

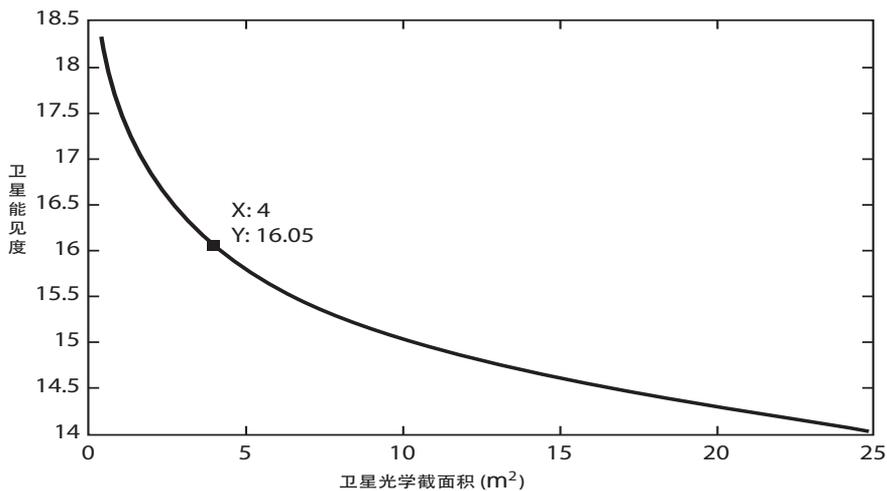


图 4 : 100° 太阳角下卫星能见度与表面积相对关系

并利用 McCants 雷达截面卫星列表作为雷达截面值的参照对比。²² 通过参照对比确定, 有 77% 的太空常驻物体, 其雷达等效反射面积 ≥ 4 平方米。

将假设和约束条件应用于辐射计测方程之后, 本研究完成了可监测表面积和主要孔径之间权衡空间的分析。结果如以下图 5 所示, 其中白色的等值线代表信噪比为 2.5——这是本研究选定的最低可监测阈值。²³ 对于孔径为 20 cm 及以下者, 本研究选择一种折射仪器; 对于孔径 20cm 以上者, 则选择 30% 遮光率的反射望远镜, 以补偿在 21cm 孔径值线上的水平移动。图 5 预测, 发现一个 4 平方米的物体需要 22cm 孔径。鉴于孔径 25cm 的 COTS 光学设备随时可购得, 也考虑到合理最坏成像情况下所能提供的性能范围,

本研究选择 25cm 孔径镜头。用 25cm 孔径镜头监测一个 4 平方米的常驻物体, 根据预期监测阈值, 可产生信噪比为 2.9 的信号。虽然该系统按照跟踪 4 平方米物体的要求设计, 但如采用更加限制的太阳角, 还可跟踪更小的物体。如使用 SADSS 传感器发现一个 2 平方米的物体, 最大角度剖面估计为 81° , 仍然可以保持年平均每晚 7 个小时的跟踪时间。

系统规范确定和设备部件选定以后, 下一步工作就是在运作相关环境中测试设备。不幸的是, 空军理工学院没有与 SADSS 系统类似的设备, 无法验证其性能。所以, 便以学院中现有的望远镜 TeleTrak 网络和电脑控制设备为代替, 来收集观测样本。所选择的望远镜是“猎户座”80mm 短筒型, 配 0.5 缩焦器 / 平场镜, 与 Meade LX200GPS 底座上

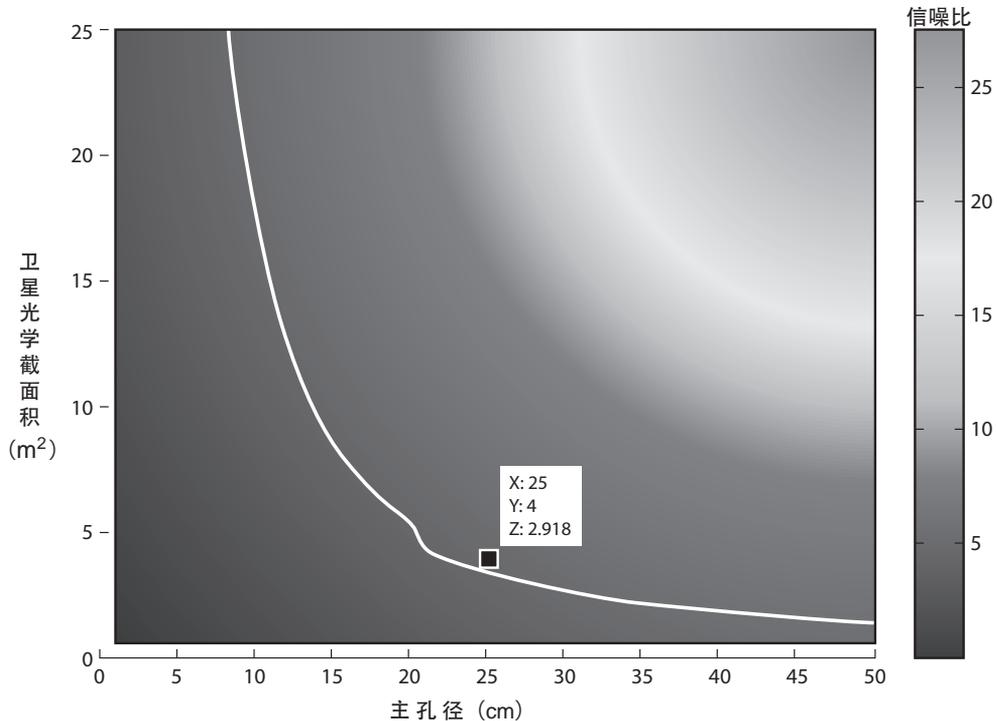


图 5 : 100° 太阳角下常驻物体表面积与主孔径相对关系

装配的 Astrovid Stellacam II 相机匹配。以下表 3 归纳出 SADSS 系统建议传感器和测试设备之间的区别。

光学相机组合所产生的视野大约是 $1.2^\circ \times 1.6^\circ$ ，其角像素的分辨率为 5.6 arcseconds/pixel（弧秒/像素）。选择此视野，是确保图像中将包含足够数量的明亮参考星，满足软件算法系统需要，以准确和反复生成结果，用以测定相对于背景星提供的惯性参照系的常驻物体的位置——这一过程叫做天体测量学。根据天体测量校正后的图像，利用捕捉到的图像中已知背景星的高精度位置，来衡量被发现的常驻物体的地面中心点赤经和赤纬。根据这些观测，就可以进行轨道的测定。

首先，需要一个高精确度的星目录，来作为天穹的基线参照。然后，必须将图像中星体的位置和相对强度做相互比较，接着再将其方向模式对比已知的星目录，找到匹配而得以识别。当望远镜作恒星模式跟踪时，可以从图像中明断地选出这些星体，使识别过程更加简单。然而，在速率跟踪模式中，星域是不断变化的，如果使用 astrometry.net 网站等提供的星匹配软件，可能非常有助于处理未知星域的大型数据集。²⁴ 一旦识别了星域，必须进行多坐标变换，在以地球为中心的惯性参考系中设立观测，然后将其应用于轨道测定目的。

为保持互通操作性和遵循被称作 B3 报告的太空监视网光学观测标准信息格式，要求

地面中心点赤经和赤纬偏角尺寸转换为“南-东-顶点”右手正交坐标系。此坐标系的角度测量值被报告为：以观测传感器位置为中心的方位角和仰角——如“华拉度算法 28”所示。²⁵ 在实际运作中，联合太空作战中心收到的是度量观测报告，表现传感器局部方位角和仰角参照系。这些角度随后转换为“地球中心惯性”参照系。一旦进入这个参照系，便可将具体常驻物体的最新 TLE 数据集与测量数据进行比照，而产生初始残差。由此出发，可以执行太空司令部用来差分修正轨道估算值的“简化一般扰动”版本 4 (SGP4) 算法，用新测量值来创建更新的 TLE。为本文研究的需要，我们采用了其中绝大多数步骤。其实，“分析图形公司轨道测定工具套件”软件允许将陆基赤经和赤纬观测数据直接纳入地面中心参照系中，只要知道观测站点位置即可。这样做，便不再需要人工应用华拉度算法来处理观测数据，可减少数据处理链的复杂性。

在收集观测数据用于处理和轨道测定时，本研究采用了两项观测活动。第一项从 2014 年 10 月 26 日开始，以确定传感器精度；第二项在 2015 年 1 月 16 至 18 日连续三个晚上进行，主要用来执行与联合太空作战中心公布的 TLE 进行轨道确定比较。观测目标是 Anik F1 卫星群，位于俄亥俄州代顿市上空西南方仰角 38° 处。这一卫星群由 Anik F1、Anik F1 R 和 Anik G1 卫星组成。Echostar 17 通信卫星以赤经 0.2° 领先 Anik 卫星群，并

表3: SADSS 系统和 TeleTrak 测试设备的区别

观测系统	费用	孔径	采样率	视野	即刻视野	时间精度	赤经总值
SADSS	\$70K	25 cm	7.5 sec	$1.4^\circ \times 1.4^\circ$	2.5 arcsec	$< \pm 0.133$ sec	5 arcsec (est.)
TeleTrak	\$500	8 cm	1.07 sec	$1.2^\circ \times 1.6^\circ$	5.6 arcsec	± 0.5 sec	11 arcsec

且在视野中可以观测到。这四颗卫星都是较大的通信卫星。

本研究生成的结果

根据 2014 年 10 月 26 日的数据集，本研究从 19,000 个图像（图 6 和图 7）中提取 17,000 项有效观测结果，就此四颗卫星中每颗的赤经和赤纬数据确定了传感器精度值。赤经总和（图 6）表示的是一项次级系统性误差，被假定主要归咎于时机。

根据 1 月份的观测活动，由每 10 秒一次采样的 8,000 项观测结果所生成的星历表，与联合太空作战中心公布的相应 TLE 数据集表现出良好的对应。本研究在进行差分修正时，显示被跟踪的所有四个常驻物体都与直接来自联合太空作战中心最近公布的 TLE 的解值交集。每个最小平方轨道的确定都使用联合太空作战中心的 TLE 进行初始化，而且每一个都与 TLE 非常地相近。表 4 列出初始 TLE 数据值和来自 TeleTrak 观测的最小平方解值，以资比较。

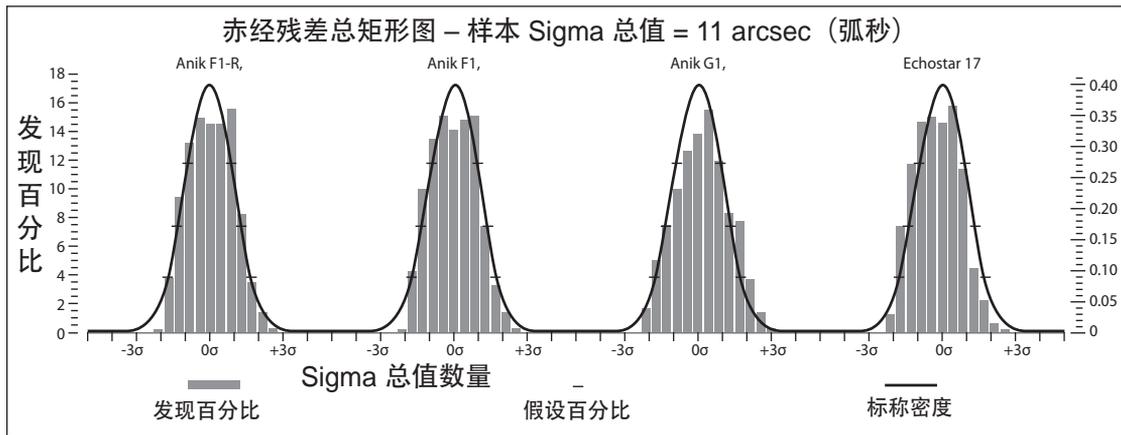


图 6：来自 2014 年 10 月 26 日观测的赤经残差总矩形图

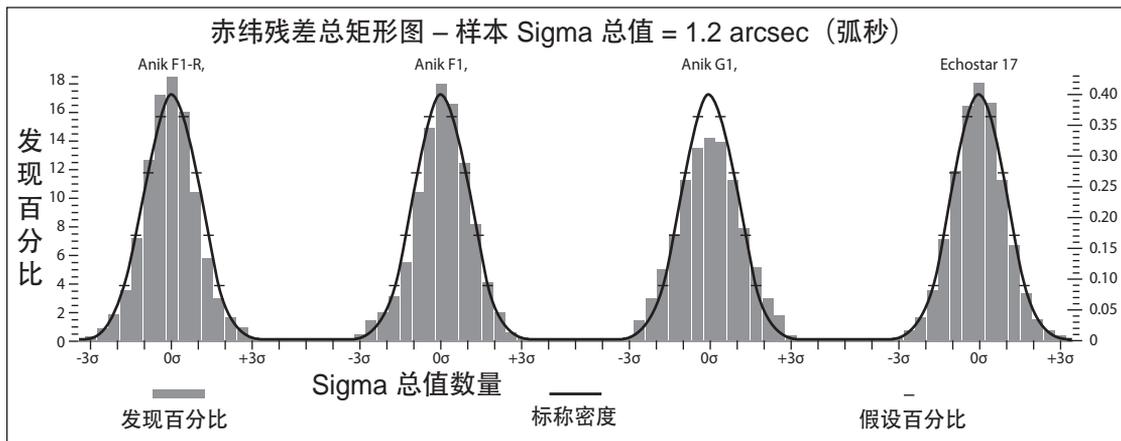


图 7：来自 2014 年 10 月 26 日观测的赤纬残差总矩形图

卫星编号	来源	历元	半长轴	偏心率	倾角°	升交点 赤经°	近地点 辐角°	升交角距°
Anik F1 26624	EPH	16:56:28.395	42166.568 km	0.000341	0.09945	85.22445	100.942810	176.29852
	TLE	16:56:28.395	42165.510 km	0.000083	0.10455	88.00984	180.45842	173.45326
Anik F1R 28868	EPH	16:08:05.930	42166.947 km	0.000207	0.08719	62.59837	201.86272	186.73179
	TLE	16:08:05.930	42165.673 km	0.000276	0.09258	70.54715	266.02396	178.74061
Echostar 17 38551	EPH	09:05:20.377	42164.987 km	0.000295	0.09836	77.39478	185.73116	66.11604
	TLE	09:05:20.377	42165.708 km	0.000253	0.10981	19.17635	201.20691	64.34500
Anik G1 39127	EPH	16:16:29.058	42165.067 km	0.000211	0.09797	75.94122	242.24602	175.41940
	TLE	16:16:29.058	42165.427 km	0.000332	0.07944	75.28374	217.96316	176.11927

EPH = 本研究测试数据
TLE = 联合太空作战中心公布的两行元素数据集数据

图8和图9描述的是24小时内测试数据(EPH)生成的星历表与联合太空作战中心公布的TLE之间位置的相对变化。在测试案例2中,差动漂移率降低了一个数量级,TLE与星历表之间的差别大约为10公里半长轴。图10显示的是,在对未跟踪的轨道日光面做最后一次观测后两天内,误差扩展是如何增大的。就下面的数字而言,观测视点设置在GEO轨道之上几百公里处,居于Echostar 17号卫星与Anik卫星群之中间点。

因此在图8和图9中,与联合太空作战中心GEO轨道TLE的误差椭圆的相对尺寸,相对于地球来说,是被大幅度放大了。

这些测试案例从概念上证明,我们能够使用COTS硬件并仅用COTS软件,半自主地处理观测结果。在此过程中,只需要两三个晚上的观测,就可以将联合太空作战中心的TLE有效重建,达到其公布的GEO轨道TLE的平均精确度限值。如果能跟踪一个月,进行类似的研究,应可实现更大的改善。由

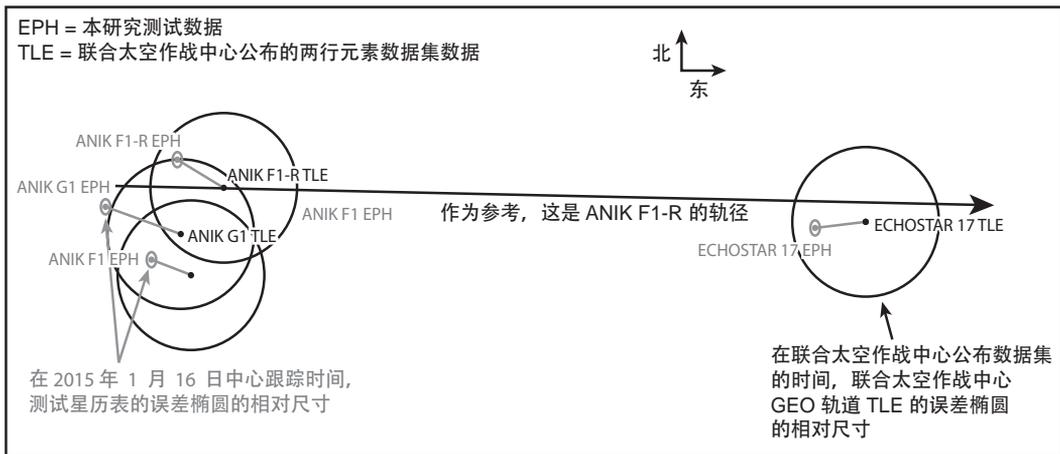


图8：TLE与星历表对比，2015年1月16日中心跟踪时间

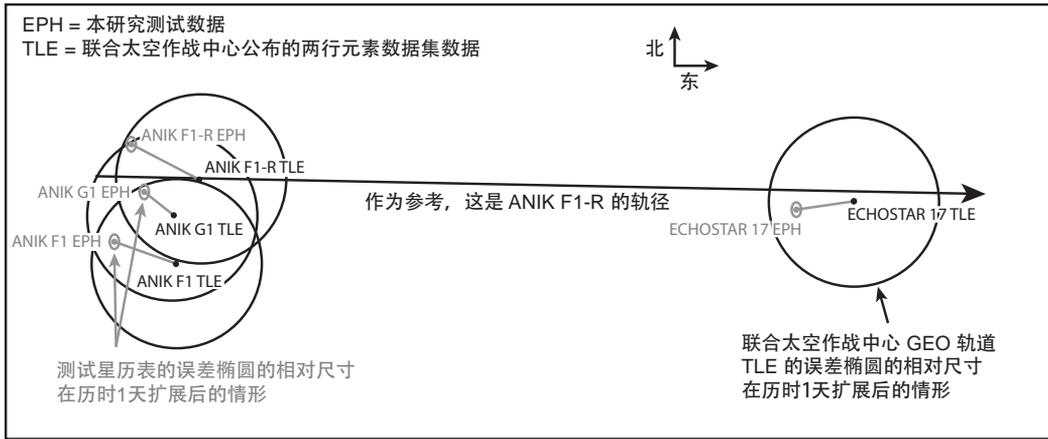


图 9 : TLE 与星历表对比, 2015 年 1 月 17 日中心跟踪时间

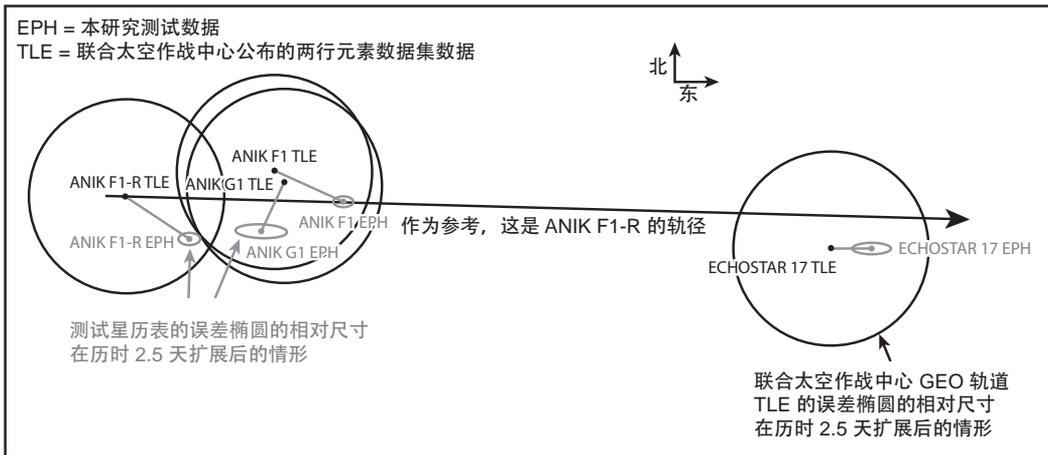


图 10 : TLE 与星历表对比, 历时 2.5 天扩展后的情形

于 TLE 的保真度相对较低, 而分析图形公司的特别扰动轨道确定算法, 以及其与“简化一般扰动”版本 4 (SGP4) 相比较而言, 缺乏透明度, 因此, TLE 和由测试数据创建的元素数据集之间变量增量的因果关系, 仍然不明确, 但有可能是时间精确度问题以及算法不匹配问题结合起来所造成。然而, 如果要使 SADSS 项目取得成果, 我们还需要使用当前的运行算法进行更全面的运行测试, 以减少未知的错误, 更透彻地了解本文建议的

该系统的性能, 以及其帮助现有光学太空监视网传感器减轻任务负担的潜力。

因为我们可以假定, 对每个常驻物体观测每 24 小时需要进行历元更新, 并且陆基光电深空监控 GEODSS 望远镜的任务是在正常运作模式下收集观测结果, 因此我们可以生成一个衡量如何减轻 GEODSS 传感器负担的减载时间度量值。假定所有九架 GEODSS 望远镜跟踪的太空物体中, 有 556 个可由小孔径深太空监视 SADSS 系统来替代监测, 这相

当于 SADSS 系统可为每架望远镜减少 62 次观测任务，亦即平均减载率等于 62，要求每晚完成 248 次观测。如果峰值生成率为每小时 116 次观测，那么我们可以为每架 GEODSS 望远镜减少 2 个跟踪小时——就是说，每晚能为 GEODSS 望远镜系统总体减少 18 个观测小时。假设我们配置 300 部 SADSS 传感器，每部 1.4° 视野，按速度跟踪模式（每小时进展 15° ）运行，全年中每 24 小时时间段里平均完成 10.5 小时跟踪；那么，总 SSA 监测率可能增加每小时 2,750 度平方，同时还将大幅度提升精确轨道测定和事件监控的持久性，而设备成本与 GEODSS 基本相当。²⁶

结语和今后的工作

为了帮助太空司令部司令官实现对 GEO 领域的 SSA 愿景和目标，本研究开发出一个系统规范，并加以测试验证，展现此系统能够观测 GEO 轨道上的球形、低反射常驻物体， β 角 81° 时可观测到 2m^2 物体， β 角 100° 时可观测到 4m^2 物体。本研究利用一个观测能力弱得多的测试系统，创建出一种方法，能半自主化生成赤经和赤纬的度量观测结果。观测精度在赤经 11-17 弧秒，以及赤纬 1.2-2 弧秒。

本文采用空军理工学院 TeleTrak 设备做了三个晚上观测，对直接取自联合太空作战中心公布的 TLE 元素数据集进行差分修正。修正后的轨道估算为：公布时跟踪中的中位数统计协方差为 570 米；相对于 TLE 的中位数矢量级大致等于 GEO TLE 的平均精度极限，计算中使用的时间只取联合太空作战中心通常生成 GEO TLE 的时间跨度的 5-10%。

虽然这一结果令人鼓舞，但若要全面回答“大批量使用 COTS 小孔径望远镜，能否

增强太空监视网对 GEO 轨道观测能力，同时又不降低轨道态势评估质量”这个研究问题，尚需开展进一步的研究。我们还应通过太空司令部的 A2/3/6SZ 办公室，利用运作传感器校准程序，对传感器总精度值和偏置值进行验证。因为 SADSS 系统采用 0.133 秒定时精度的要求，因此需要做至少 4 个因数的改进。如果可能，希望选择提议的一个或多个国防部站点，用类似 SADSS 的传感器持续收集观测数据，周期需达一个月。

如能对这项使命的各种需要做更深入的权衡分析，亦有助益。这样的深度分析可以解决各种现有的 COTS 硬设备组件、混合，以及匹配部件的选择，从中找出更优解决方案来满足既定的需求。再者，通过多点多角度检视设计方案，比较各种观测条件，如不同仰角和某特定传感器视野中的已知常驻物体，应可找出更有利的视线方向，并相应选用更低廉的设备和系统，从而进一步降低观测网络的成本。

对该方案的整体成本，还需做进一步调研和细化。本文提供的分析，只是有关主要设备的一个简单、粗略的数量级成本，没有考虑安装、计算机处理，以及运营和维护的费用。在获得更准确的项目采购和维护成本之后，便可进行更多的不同分析，确定建立 SADSS 观测网络是否合算，是否能为太空司令部实施对 GEO 轨道的 SSA 使命节省资金。

如果空军正式采购本研究所推荐的系统，那么首先需要解决本研究未予涉及的其他考虑因素，包括：资金配置、系统研发、研发过程测试和运行测试，检验和验证其性能是否满足系统要求。正在发展中的系统规划办公室、空军作战试验与评估中心，以及 / 或者第 17 测试中队等，可能将具体实施这些行

动，而过去这些行动是由太空司令部承担。为确保纳入 SSA 使命的这些数据是可信的，太空司令部 A2/3/6ZS 序号验证办公室需要积极地监督传感器的校准，一如对待太空监视网中的所有其他传感器。在后勤保障因素方面，诸如安保、通信和上述提及的维护计划等，对于 SADSS 系统的成功运作而言，也是必不可少的先决条件。不过本文推断，如能将 SADSS 传感器并置到政府的其他正在运行的光学系统中，可一定程度降低这些后勤保障

问题带来的风险。尽管如此，在着手采购这个系统前，一定要对这些考虑因素进行更深度分析。

无论选择何种解决方案，空军必须解决太空态势感知中的问题，才能创建精确的共同太空作战图景并保持下去。随着对完成和保障 SSA 使命的要求持续增长，执行该使命的资源需求也在增长。那么现在的问题是，我们眼下在做什么，我们还需要做什么，才能解决今天的需要，以及明天的问题？★

注释：

1. Patrick J. Payte, "Orbit Determination and Prediction for Uncorrelated Target Detection and Tracking" [轨道确定及预测不相关目标的发现与跟踪], (MS thesis, Department of Aeronautics and Astronautics, Air Force Institute of Technology [AFIT], Wright-Patterson AFB, OH, 2008); 另参看 Christine M. Schudrowitz, "The Effects of Observations and Maneuvers on Orbit Solutions" [观测的效用和对轨道解值的调整], (MS thesis, Department of Aeronautics and Astronautics, AFIT, Wright-Patterson AFB, OH, 2012); 另参看 Committee for the Assessment of the US Air Force's Astrodynamics Standards, Continuing Kepler's Quest: Assessing Air Force Space Command's Astrodynamics Standards [继续开普勒的追求：评估空军太空司令部的天体动力学标准], (Washington, DC: National Academies Press, 2012).
2. Headquarters Air Force Space Command / Space Situational Awareness, Command and Control Operations, and Integration Branch (A3C), Enabling Concept for Space Situational Awareness (SSA) [太空态势感知保障概念], (Peterson AFB, CO: Headquarters Air Force Space Command/A3C, October 2007).
3. 同上，第 8 页；另参看注释 1 中 Payte 文“轨道确定及预测不相关目标的发现与跟踪”。
4. 明显能见度 (VM) 等级标度体现为：常驻物体的 VM 数值越高，就越昏暗。每增加一个整数数量级——如从第 1 级 VM 升到第 2 级 VM，视觉亮度就减少两个半因数。有关详细说明，请参看 "The Astronomical Magnitude Scale" [天文光度等级], International Comet Quarterly, <http://www.icq.eps.harvard.edu/MagScale.html>.
5. Mark Bolden, Paul Sydney and Paul Kervin, "Pan-STARRS Status and GEO Observations Results" [全景 STARRS 状态和 GEO 轨道观测结果], (paper presented at the Advanced Maui Optical and Space Surveillance Technologies [AMOS] Conference Proceedings, Maui, HI, 2011), http://www.amostech.com/TechnicalPapers/2011/Orbital_Debris/BOLDEN.pdf.
6. 同注释 1 文“继续开普勒的追求”第 18 页；及注释 5 文“全景 STARRS 状态”。
7. 同注释 1 文“继续开普勒的追求”第 2-3 页。
8. Anthony D. Gleckler and Michael C. Butterfield, "Viral Space Situational Awareness" [迅速扩展的太空态势感知], (paper presented at the AMOS Conference Proceedings, Maui, HI, 2012), http://www.amostech.com/TechnicalPapers/2012/Data_Services/GLECKLER.pdf.
9. Daniel Moomey, "Aiding Geostationary Space Situational Awareness Using Small Aperture Commercial Telescopes" [用小孔径商业望远镜协助提升 GEO 太空态势感知], (MS thesis, Department of Aeronautics and Astronautics, AFIT, Wright-Patterson AFB, OH, 2015), 3.
10. 同注释 2，第 12 及 22-24 页。
11. 同注释 2，第 14 页。
12. 同注释 2，第 10 页。
13. US Naval Observatory, "US Naval Observatory Master Clock" [美国海军天文台主时钟简介], <http://tycho.usno.navy.mil/what.html>; 另参看 National Institute of Standards and Technology, "NIST Internet Time Service (ITS)" [国家标准和技术学会因特网时间服务 (ITS)], US Department of Commerce, <http://www.nist.gov/pml/div688/grp40/its.cfm>.

14. 同注释 9。
15. 同注释 5, 第 [1] 页。
16. Walter J. Faccenda, “GEODSS: Past and Future Improvements” [GEODSS : 过去与未来的改进], MITRE Corporation, 2000, https://www.mitre.org/sites/default/files/pdf/geodss_faccenda.pdf.
17. A. Thompson, “A GEODSS Sourcebook” [GEODSS 资源集], 19 October 2008, <http://www.fas.org/spp/military/program/track/geodss.pdf>.
18. Heather Rodriguez et al., “Optical Properties of Multi-Layered Insulation” [多层绝缘的光学特性], (paper presented at the AMOS Conference Proceedings, Maui, HI, 2007), <http://www.amostech.com/TechnicalPapers/2007/Poster/Rodriguez.pdf>.
19. Joshua T. Horwood, Aubrey B. Poore, and Kyle T. Alfriend, “Orbit Determination and Data Fusion in GEO” [GEO 轨道确定与数据融合], (paper presented at the AMOS Conference Proceedings, Maui, HI, 2011), http://www.amostech.com/TechnicalPapers/2011/AstroDynamics/HORWOorbit_determination.pdf.
20. Carolin Früh and Moriba K. Jah, “Detection Probability of Earth Orbiting Objects Using Optical Sensors” [使用光学传感器发现地球轨道物体的概率], *Advances in Astronautical Sciences*, 150 (2014): 13; 另参看 W. Jody Mandeville et al., “Sky Brightness Analysis Using a Million Ground-Based Electro-Optical Deep Space Surveillance (GEODSS) Observations” [使用百万陆基光电深空监视 (GEODSS) 进行天空亮度分析], (paper presented at the AMOS Conference Proceedings, Maui, HI, 2012), <http://www.amostech.com/TechnicalPapers/2012/POSTER/MANDEVILLE.pdf>; 另参看 Kevin Krisciunas and Bradley E. Schaefer, “A Model of the Brightness of Moonlight” [一个月光亮度模型], *Astronomical Society of the Pacific*, no. 103 (1991): 1033-39.
21. 同注释 20 中 Früh and Jah 文 “使用光学传感器发现地球轨道物体的概率”; 另参看 Steve B. Howell, *The Handbook of CCD Astronomy* [CCD 天文学手册], 2nd ed. (Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2006), 73; 另参看 Ryan D. Coder and Marcus J. Holzinger, “Sizing of a Raven-Class Telescope Using Performance Sensitivities” [利用性能敏感性调整“渡鸦”级望远镜尺寸], (paper presented at the AMOS Conference Proceedings, Maui, HI, 2013), http://www.amostech.com/TechnicalPapers/2013/Optical_Systems/Corbit_determinationER.pdf.
22. JFCC SPACE/J3, “Space-Track.org” [Space-Track.org 网站], Air Force Space Command, 28 January 2015, <https://www.space-track.org/#/queryBuilder>; 另参看 Mike McCants, “Mike McCants’ Satellite Tracking Web Pages” [Mike McCants 的卫星跟踪网页], 5 September 2014, <https://www.prismnet.com/~mmccants/programs/qsmag.zip>.
23. 同注释 20 中 Früh and Jah 文 “使用光学传感器发现地球轨道物体的概率”。
24. “Astrometry.net” [天体测量学网站], US National Science Foundation, US National Aeronautics and Space Administration, and the Canadian National Science and Engineering Research Council, 2015, <http://www.astrometry.net/>.
25. David Anthony Vallado and Wayne D. McClain, *Fundamentals of Astrodynamics and Applications* [天体动力学和应用基础], 4th ed. (El Segundo, CA: Microcosm Press, Kluwer Academic Publishers, 2013), 272.
26. Robert F. Bruck and Capt Robert H. Copley, USAF, “GEODSS Present Configuration and Potential” [GEODSS 的当前配置和潜力], (paper presented at the AMOS Conference Proceedings, Maui, HI, 2014), <http://www.amostech.com/TechnicalPapers/2014/Poster/BRUCK.pdf>; 另参看注释 17 “GEODSS 资源集”。



丹尼尔·穆梅, 美国空军上尉 (Capt Daniel Moomey, USAF), 托来多大学文学士, 空军理工学院理科硕士, 美国空军现役军官, 现为科罗拉多州施里弗空军基地第 17 测试中队飞行指挥官, 监管空军太空系统的作战测试和评估。此前他曾赴格陵兰图勒空军基地海外部署一年, 担任第 12 太空预警中队分队长, 执行太空监视和导弹预警职责。上尉曾在联合太空作战中心担任联合太空地下发射场的太空作战管理官及作战联络官, 执行太空态势感知职责。他曾获选为加利福尼亚州范登堡空军基地第 533 训练中队重新编写及重开空军教育训练司令部的太空监视训练课程并担任教学和行政职务, 其后竞争入选俄亥俄州赖特·帕特森空军基地空军理工学院, 完成太空系统理科硕士学位。上尉与他人合著的“从哥白尼卫星测量到的弥漫星际云中氦充裕现象再探讨”一文发表于《空间物理学报》2012 年一月号 1-7 页。



树立太空依赖网空意识，做好网空作战准备

Preparing for the Cyber Battleground of the Future

克里斯·巴布科克，美国空军少尉（2nd Lt Chris Babcock, USAF）

对于美国空军的太空和网空战士而言，明天战争的胜负，很大程度上将取决于对网空依赖性概念的认识。笔者对这个概念所下的定义是：一种军事能力为了实现其军事行动效应而必须依赖其在网空领域某一部分所占优势的程度。¹ 我军对网空的依赖性在急剧增长，原因包括网空领域按几何级数快速发展和变化，民营市场力量强力推动，以及军方在海陆空诸领域对计算机技术实施战略性整合。²

在太空领域运用作战能力，若不依赖网空就无法开展，这一点非常不同于三个传统的作战领域。³ 认识太空和网空之间的这种独特关系，对于兵员招募，战士的初始、中级和高级训练，以及在太空和网空职业领域的发展都有深远的意义。由当前的部队建设系统向认可太空与网空这种独特关系的新部队培养方向转变，还将产生更多益处，使广大作战部队成员都能明白这种关系的重要性，因为海陆空领域的战斗人员都越来越依赖网空和太空。本文探讨网空依赖性的含义，并提出六项建议，以期确保空军的太空和网空战士从招募到高级训练等各个阶段都能处于最佳战备状态，在其相互关联的各领域有卓越的表现。

太空行动高度依赖网空

太空和网空关系的独特性在于几乎所有的太空作战行动都依赖网空，而网空的某些关键功能也只有通过太空行动才能提供。

— 联合出版物 3-12 (R) 《网空作战行动》，2013年2月5日

目前美国武装部队执行的所有太空作战行动都依赖网空（图1）。⁴ 太空作战行动发生在实际的太空领域，不是在网空领域。但是，由于执行太空作战的战士通常不可能身处太空，因此必须完全依赖其对自己负责的那部分网空的控制，把操作指令传输给航天器，以执行太空作战行动。⁵

假设在某次太空军事行动中，有宇航员实际置身航天器舱内，对周围环境做出反应，以在太空实施作战效应，那末，该次太空作战行动就不是完全依赖网空优势。⁶ 如果不是这种情况，太空战士则必须使用专门的计算机和计算机程序，通过计算机网络把信息传输给他们操纵的航天器并接收来自航天器的信息——而这些航天器本身也是复杂的信息系统。⁷ 鉴于太空作战行动对网空的依赖，我们必须特别注意太空作战能力的网空防卫，这也预示了传统作战领域的未来状况。

网空的物理网络层包括太空战士用于指挥卫星的信息系统、把这些信息系统连接至

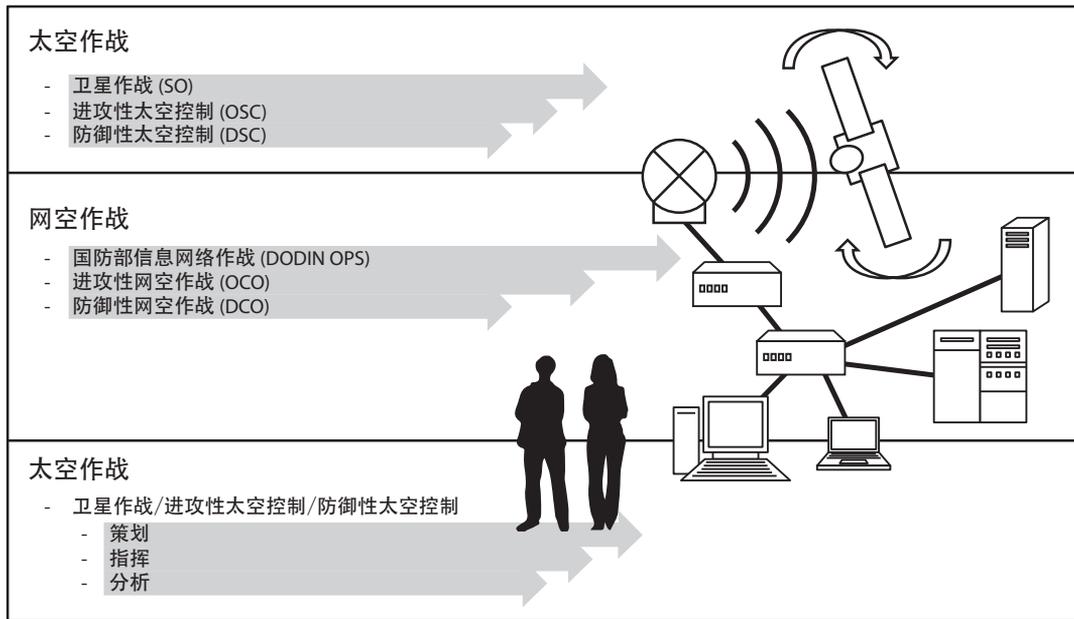


图 1：太空和网空作战行动。由于太空战士无法身置太空，太空作战行动在网空领域内外发生。

地面设备的电路，以及地面设备本身。网空的逻辑网络层嵌入于物理网络的各个部分。网空的人员层是指依赖物理网络层和逻辑网络层执行太空作战行动的太空战士（图 2）。

网空领域按几何级数快速发展和变化

如果你认为你在网空很安全，当你第二天醒来时，也许一切已面目全非。

——空军太空司令部司令约翰·海滕将军 (Gen John E. Hyten)

英特尔集团共同创始人戈登·摩尔先生 (Gordon Moore) 曾在 1965 年指出，计算机电路的能力按几何级数的速度与时俱增。自那时以来，众所周知，计算机技术的创新以史无前例的速度涌现。⁸ 一波创新带动另一波创新，信息技术一变再变，对网空战士带来独特的挑战，网空挑战与之前的四个作战领域大不相同。⁹

第一个挑战是，在多个技术创新领域，民营企业现已开始高速超越国防工业。¹⁰ 出现这种情况的主要原因是，国防部大型技术计划的采购和配置管理流程像糖浆一样黏滞不动，而硅谷的创业公司却动作敏捷，办事利索。¹¹

第二个严峻挑战是，网空的非对称性使得攻击方能够比防卫方更快和更容易地利用其中的快速变化而抢占上风。¹² 在基本层面，网空防卫方试图确保软件和硬件能够正常工作，而网空攻击方则试图破坏软件或硬件以造成危害效应。¹³ 在这种对抗中，侵略方几乎总是占上风。此外，网空按几何级数的速度变化，使得体制教育下的知识和个人技能快速过时，过时之快，远超过传统作战领域的情形。这种情况给网空战士的训练和教育带来令人深思的挑战。

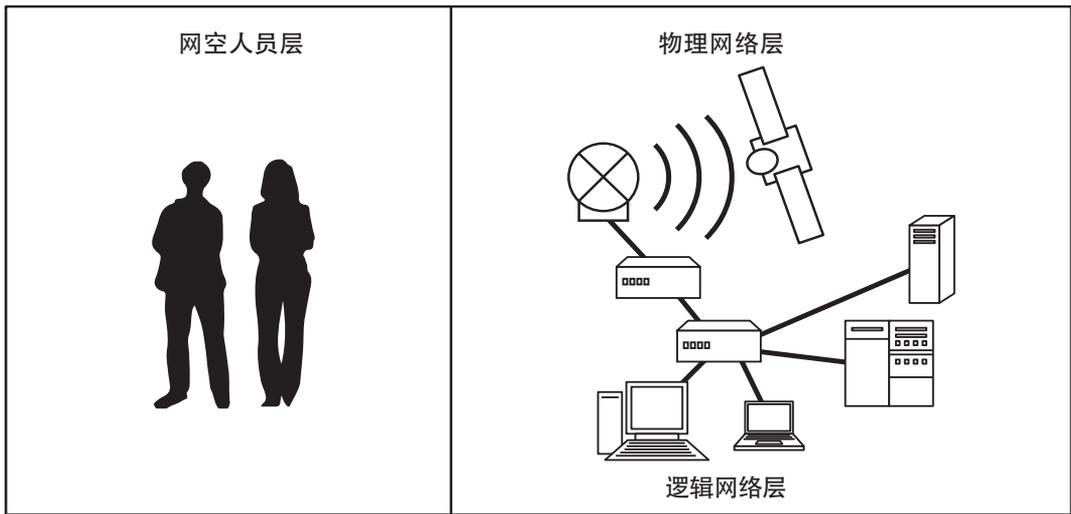


图 2：太空作战行动中的网空层次

尽管存在这些困难，美国空军还能很好地掌控目前的网空战场。但是，它必须充分考虑网空依赖性的特征，以及该依赖性对于不断扩展的未来网空战场的影响。

网空依赖性源自我们自身

F-35 闪电 II 型是有史以来最复杂的武器系统之一，这种外形流畅的隐形喷气式战斗机是多年精心研发的成果，经常被称为飞行计算机，因为它有 800 多万条代码。

—— 克里斯琴·达文波特 (Christian Davenport), 《华盛顿邮报》

尽管太空领域是第一个完全依赖网空的领域，但是它不是唯一的。在天空领域，遥控飞机就是很好的例子，它是一个完全依赖网空的武器系统。¹⁴ 甚至最新的有人驾驶战斗机 F-35 也被称为飞行的计算机。此外，陆军正在研发个人无人机、穿戴式智能承重骨架和计算机操控的步枪；国防部先进研究项

目局正在研发机器骡；而海军则在研发自主化无人器，包括无人潜艇和无人飞机。¹⁵

这些研发努力肯定会提升作战能力，但同时也将提高网空依赖性，并为此付出代价。这些代价可能体现为这些技术所支持的作战任务将面临更大的风险，或者是新的依赖性系统需要有精密的网空安全保护和积极防卫。¹⁶ 在各种情况下，网空依赖性带来的内在风险都会很大。在民间，黑客已经能够控制车辆（最值得注意的是，能够完全遥控最新型号的吉普车）、智能枪和业余无人机，他们甚至已经渗入商业飞机的内部网络。¹⁷ 对于未来的网战部队而言，战区武器系统的安全和防卫——从地面、空中到太空——都必须是首要任务之一（图 3）。

网空战士将面临的一个特别棘手的挑战是，必须在武器系统的实时运行网络上执行网空作战行动。但是，他们必须而且能够克服这个挑战。¹⁸ 如果放弃安全保护和防卫，则将面对更大的风险，因此更不可取。在网空，未及时补救的薄弱点存在时间越长，它被敌

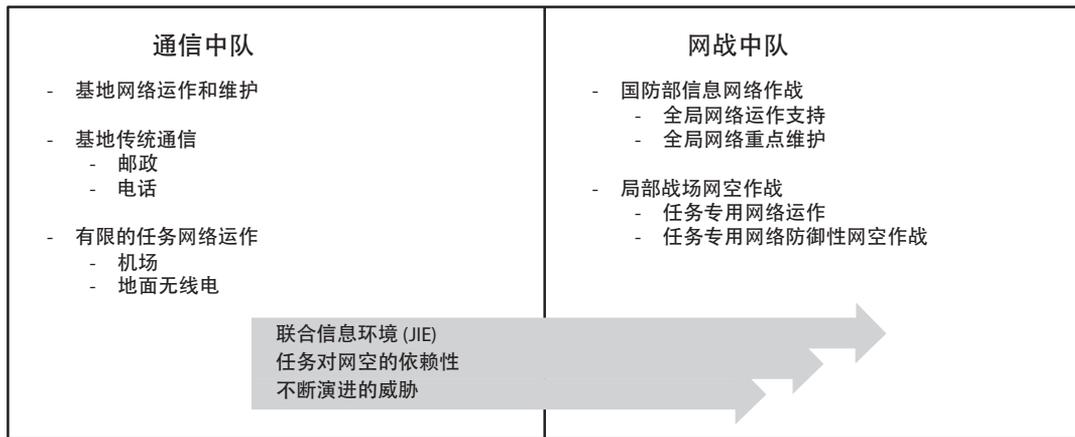


图 3：从通信到网空（部分根据戴维·卡纳迪中校 [Lt Col David Canady] 的战况简报，主题：Cyber Squadron of the Future [未来的网空作战部队]，Headquarters US Air Force / A6CF, May 2014, <http://www.safcioa6.af.mil/shared/media/document/AFD-140512-040.pdf>。）

方乘虚而入加以利用的可能性就越大。根据某些资料，从发现漏洞到乘虚而入进行攻击，黑客只需要大约一个星期的时间就可以完成。¹⁹

国防部并未因为担忧网空安全问题而停止采购越来越依赖网空的武器系统。在民间，普通消费者似乎也没有因为担忧网空安全问题而不再购买相关消费品。

网空依赖性因市场驱动而加强

这些特征和条件导致网空内出现自相矛盾：一方面，美国的繁荣和安全因我们使用网空而显著提升，另一方面，这些事态发展却又导致我们有了更多的薄弱点，并且更紧密地依赖网空，美国全国如此，具体到我们的联合作战界尤其如此。

——联合出版物 3-12 (R) 《网空作战行动》，2013 年 2 月 5 日

民间的市场力量正在把许多类别的消费产品快速推向“物联网”。据估计，到 2020 年，

世界上将有 500 亿至 1000 亿台装置通过网络相互联结，形成物联网。²⁰

从冰箱到咖啡壶和恒温器，各种各样的自动联入互联网的网感联装置越来越多地涌入商业市场。²¹可以说，在最近的将来，市场上的大多数装置都将具备因特网感联功能，从而使得像国防部这样小心谨慎的消费者很难找到不受计算机操控的替代装置。²²于是军方将面临两难抉择：是接受风险，还是接受与这些新一代联网冰箱和咖啡壶相关的网空安全及防卫代价。

如果我们相信，今后将有更高比例的装置、基础设施和系统具有计算机联网能力，它们将是军事单位的一个永久组成部分（例如监控与数据采集 [SCADA] 装置）或者将会经常进入军事单位（例如智能手表和自驾汽车），那末，这些装置将在实际上成为网空作战空间的一部分。未来的网战部队应该承担保护和防卫这些装置的责任。随着组织和结构变更（例如转换到联合信息环境）所提供的效率提升，以及新的技术（例如软件定义

的联网能力)，我们可以腾出很多必要的资源，使得未来的网战部队能够保护和防卫扩展的网空领域；但是，我们还需要做出其他投资和改革，以支持这些新的要求。²³

打赢明天的战争

鉴于整个军方快速向着更加依赖网空的方向发展，空军太空司令部应该审视和考虑下列关于网空和太空部队建设系统的建议，不可掉以轻心。²⁴

利用大数据进行决策

空军太空司令部应该制定三套标准测验，并且在部队建设流程中实施这些测验，用于评估空军的太空和网空战士。第一套测验应该着眼于检验网空技能熟练程度和资质，主要测定新兵或受训学员理解网空概念和掌握网空技能的潜力，无论被测验者是否接受过正式的网空训练。²⁵ 第二套和第三套测验专注知识检查——其中一套是关于网空作战适用知识的测验，另一套是关于太空作战适用知识的测验。起初，也许不可能确定究竟要达到什么程度才算熟练，这不要紧，不应该导致司令部放弃这些测验。把这三套测验的分数汇总时，必须与各个被测验者关联，并且与其他衡量数据综合考虑，以确定测验分数与个人的专业能力是否优秀、中等或不合格有何相关性。数据汇编和分析流程应该不断地充实对这些测验的周期性评判，借以确保测验能正确地评估个人能力和知识。

与测验分数关联的数据点分为三大类：教育、训练、经验。通过综合考虑熟练程度和知识测验分数以及来自这三大类的数据点，空军太空司令部将能够确切把握和安排教育、训练和经验的轻重缓急，据此做出部队建设决策。通过在关键时刻重复测验空军战士，

太空司令部将能够了解特定的训练活动或教育课程对于测验分数有何影响。²⁶

提供针对特定任务的网空训练

空军太空司令部即将建立一个最佳框架，用于网空作战行动初始、中级和高级训练系统。目前的中级训练注重特定任务的针对性，有别于一般中级训练和在职训练，是朝着正确的方向迈出了一大步。²⁷ 随着网空依赖性越来越强，我们将需要提供更多的特定任务针对性训练课程，例如监控与数据采集和物联网防御作战行动，也需要有更多的针对空军各种地面、太空和空中任务系统的中级网空防卫训练。

对于应征入伍的空军士兵而言，1B 初始训练课程应该分为一门 3D 和 1B 综合初始训练课程，以及若干中级训练课程，后者针对 1B 和 3D 空军士兵将遇到的特定任务要求。通信职业领域作战化不应该剔除 3D 职业领域，因为该领域在网空战场的安全和防卫方面起着重要作用，并且将继续如此。划分 3D 和 1B 职业领域训练要求的工作应该遵循美国国家标准与技术研究院国家网空安全教育框架计划的准则。²⁸ 入伍的 3D 和 1B 空军士兵在接受共同的基础训练之后，其各自的训练课程很快岔开，但是这两个职业领域的空军士兵必须有一套共同的核心“网空作战”基本要则。²⁹

向依赖网空的战士提供专门训练

空军中许多官兵，虽不属网空部队，但是其所执行的使命和任务具有高度网空依赖性，例如太空作战人员和遥驾飞机驾驶员，应该给他们提供学习机会，让他们参加适合其任务的中级和高级网空作战训练。训练计划在录取非网空编制官兵时，应将其网空技

能熟练程度和知识测验分数作为考虑依据之一。

正如让武器军官了解各类武器系统是有益的做法；同样地，让执行网空依赖性任务的军官了解网空作战也是有益的做法。³⁰ 我们应该建立一个在许多方面类似美国空军武器学校提供的训练计划（只是规模小些），从战略上看，完成此训练的毕业生在各自的网空依赖性职业领域内可发挥重要作用。³¹

扩展与业界伙伴的合作机会

空军太空司令部应该与负责采办的空军助理部长办公室和空军理工学院携手合作，建立一个特别管道，让太空和网空职业领域的空军官兵能够进入业界合作教育（EWI）计划学习。如果无法实现这样的安排，空军太空司令部应该考虑建立一个类似的课程计划，其重点是把业界的先进创新和专门技能推介给军方，同时继续扩展与业界合作伙伴的联系。

业界合作教育计划的毕业生不仅能够帮助军方弥补自身落后于民营企业的技术和技能缺口，而且能够在太空和网空领域发展的关键时刻帮助军方和民营企业加强合作和联系。³² 太空司令部应该注重让空军官兵融入拥有先进太空和网空技术的公司，并且扩展与业界的联系，不仅继续与传统的具有机密资格的国防承包商合作，还要扩大这个范围。

尽管一般空军士兵不可能都进入业界合作教育计划，但是参加业界合作教育计划学习的军官可以培养和发展太空及网空领域所要求的独特技能，借鉴领导和管理方式，吸收创新思想，而参加合适课程学习的空军士兵则可提升其任务和职业领域需要的特定编程或其他技能。

这些做法将同国防部长阿什顿·卡特提出的、在国防部范围内增加创新活动和加强军方与业界联系的行动计划相一致。³³ 除了与负责采办的空军助理部长办公室和空军理工学院就业界合作教育计划进行协调之外，空军太空司令部还应该寻求与国防部设在硅谷的新机构即国防创新试验部建立直接联系。³⁴ 由于国防创新试验部的主要工作是在网空作战领域发展和加强与业界的联系，太空司令部通过与该部协作，可在网战部队建设方面获益匪浅。³⁵

鼓励新形式的教育和训练

民间市场设有各种基于互联网的微学位课程、纳米学位课程和其他形式的短期专题训练课程，极大地增加了空军官兵可以利用的、成本效益高的教育和训练机会。³⁶ 微学位课程和其他新形式的网上课程所需的时间比副学士课程短，但比传统的训练课程长，此类新形式课程在最近几年大量涌现。空军太空司令部应该积极接纳和探索这个趋势，视其为训练和教育太空及网空战士的一个途径。与 Udacity、Coursera、edX 等网上教学公司或其他大型公开在线课程提供商建立合作伙伴关系，可以带来很多机会，让空军官兵能够获得适合空军太空司令部需要的专题教育和训练，而学员面临的入学费用及时间负担却要少得多。³⁷

传统型教育仍可发挥非常重要的作用，但是太空司令部应该采取积极措施，调研这些教育技术正在如何改变民营教育市场。³⁸ 微学位课程可以向空军官兵提供更敏捷、更具有专题针对性和能够更好地对实际需求做出反应的教育形式，使空军官兵能随时跟上信息技术领域的快速发展步伐。除了符合个人需求的教育和训练之外，太空司令部与大

型公开在线课程公司的伙伴合作关系也可为空军太空和网空全体部队官兵提供成本效益较为理想的训练方式。³⁹

加大对网空训练单位的投资

在所有的作战领域中，按几何级数快速变化的网空领域使得“讲授网空课程”经常成为颇具挑战性的任务。相对而言，飞行员接受的空中作战训练或太空战士接受的太空作战训练，年复一年，没有多大变化，但是网空领域的训练教材也许不出几个月就会过时。⁴⁰

不仅网空战士的技能和知识更新远比其他领域更快，为网空训练和教育编写的教材同样很快就会过时。⁴¹ 对于每一门网空课程，也许指派一名教员已经不够，空军太空司令部应该考虑再配备一名教员，其职责包括根据网空领域的状况变化快速修订课程教材以及根据对学生反馈和学业表现的分析及时调整教材。

授课的教员负责讲课、评分和管理，编写教材的教员则负责确保课堂教学符合预定进度和教材内容切题。编写教材的教员应该尽可能融入作战单位和 / 或民营业界合作伙伴企业，在那里短期蹲点，借以获得最新的知识和技能。⁴² 网空教程像一个具有已知薄弱的信息系统一样，不能一成不变，否则

要出问题；必须把这些教程视为持续不断在演变的系统。对于每一个授课教员群体，应该有一个人数相等或更多的教材编写教员群体，责成他们持续不断地修订教程。

结语

在所有的作战领域中，网空是变化最迅速的。这些变化推动空军的任务和武器系统向更紧密依赖网空和太空的方向发展。空军太空司令部需要理解、预测和在全军实施更高层次的网空依赖性，从而培养空军太空和网空战士做好与时俱进的战备，确保在未来的网空战场致胜。

空军太空司令部应该考虑采取本文的几项建议，包括利用大数据做决策，继续发展针对特定任务的网空训练，向依赖网空的战士提供网空训练，加强与业界伙伴合作，鼓励新形式的教育和训练，以及加大对日益壮大的网空训练单位的投资。这些投入或大或小，但一旦空军太空司令部突然置身于未来的网空战场时，它们都会产生可观的回报。我们可以想象，在不远的将来，我们的空军将成为一支完全依赖太空和网空的部队；我们还可以预见，这支空军的网空防卫能力远远超过其对太空和网空的依赖所引发的新威胁。克服网空依赖性挑战，让我们从现在开始。★

注释：

1. 可以用网空依赖程度来描述任何军事能力、技术或战略。网空领域主宰优势类似于制空权，本文作者给其定义是：对网空某一部分或某一区段保持一定程度的优势，使敌网空部队在那里无法进行有效干扰。
2. 市场力量将驱动军方占有和防卫更大的作战空间，而美军自身也会以更有成效的方式有目的地扩展网空作战空间。
3. Joint Publication (JP) 3-12 (R), Cyberspace Operations [网空作战行动], 5 February 2013, http://www.dtic.mil/doctrine/new_pubs/jp3_12R.pdf. 联合出版物 JP 3-12 称其为太空与网空的“[独特]关系”。本文作者则称其为“领域的网空依赖性”，因为太空领域的所有作战行动目前都依赖网空优势。
4. 同上；以及 JP 3-14, Space Operations [太空作战行动], 29 May 2013, http://www.dtic.mil/doctrine/new_pubs/jp3_14.pdf.

5. JP 3-12 (R), *Cyberspace Operations* [网空作战行动], 把网空定义为“许多不同而且经常重叠的网络, 以及这些网络上的节点(带有互联网协议 [IP] 地址或其他相似标识符的任何装置或逻辑位置), 还有支持它们的系统数据(例如路由表)”(I-2)。
6. 同上。
7. 同上。就太空作战行动而言, 网空的物理网络层包括: 太空战士用以执行指挥与控制操作以及接收和分析远程数据的信息系统; 把这些信息系统连接至地面设备的电路; 地面设备本身, 这些设备准备和传送数据给航天器; 以及航天器本身。网空的逻辑网络层内嵌在物理网络的各个部分。当太空战士变更物理网络层任何部分的配置或向其传达指令、加密或解密传输内容, 或者执行数据融合和分析的时候, 他们就是在网空的逻辑网络层内进行操作。在某种程度上, 这些动作可以被视为网空作战行动。网空的人员层是指依赖物理网络层和逻辑网络层执行太空作战行动的太空战士。网空人员层还包括可能通过其网空作战行动而扰乱太空作战行动的潜在敌方人员。
8. Damon Poeter, “How Moore's Law Changed History (and Your Smartphone)” [摩尔定律如何改变了历史(以及您的智能手机)], PC, 19 April 2015, <http://www.pcmag.com/article/2/0,2817,2482133,00.asp>.
9. JP 3-12 (R), *Cyberspace Operations* [网空作战行动]; 另参看 Mark Pomerleau, “Army Cyber Chief Outlines Key Challenges, Goals” [陆军网空首长概述关键的挑战和目标], *Defense Systems*, 18 March 2015, <http://defensesystems.com/Articles/2015/03/18/Army-cyber-Cardon-outlines-challenges-goals.aspx>.
10. Max Boot, “The Paradox of Military Technology” [军事技术悖论], *New Atlantis*, no. 14 (Fall 2006): 13-32.
11. Jose Pagliery, “Love, Not War: Pentagon Courts Silicon Valley” [出于爱而非战争: 五角大楼向硅谷示爱], CNN, 23 April 2015, <http://money.cnn.com/2015/04/23/technology/security/military-silicon-valley/>.
12. Lt Col Gregory Conti and Col John “Buck” Surdu, “Army, Navy, Air Force, and Cyber—Is It Time for a Cyberwarfare Branch of Military?” [陆军、海军、空军, 还有网空——是否到了应该建立网空作战军种的时候?], *IANewsletter* 12, no. 1 (Spring 2009): 14-18; 另参看 Andrew Phillips, “The Asymmetric Nature of Cyber Warfare” [网空战的不对称性质], *US Naval Institute*, 14 October 2012, <http://news.usni.org/2012/10/14/asymmetric-nature-cyber-warfare>.
13. 同注 3, “网空作战行动”。
14. Katia Moskvitch, “Are Drones the Next Target for Hackers?” [无人机是黑客攻击的下一个目标吗?], BBC, 6 February 2014, <http://www.bbc.com/future/story/20140206-can-drones-be-hacked>; 另参看 Aliya Sternstein, “How to Hack a Military Drone” [如何对军用无人机进行黑客攻击], *DefenseOne*, 29 April 2015, <http://www.defenseone.com/technology/2015/04/how-hack-military-drone/111391/>.
15. Christian Davenport, “Meet the Most Fascinating Part of the F-35: The \$400,000 Helmet” [F-35 飞机上最令人惊叹不已的部分: 价值 400,000 美元的头盔], *Washington Post*, 1 April 2015, <https://www.washingtonpost.com/news/checkpoint/wp/2015/04/01/meet-the-most-fascinating-part-of-the-f-35-the-400000-helmet/>; 另参看 “Insects Inspire Military Mini Drones” [昆虫启示了军用微型无人机的研发], *Fox News*, 18 September 2014, <http://www.foxnews.com/tech/2014/09/18/insects-inspire-military-mini-drones/>; 另参看 Joyce P. Brayboy, “Army Researcher's Interest in Robots Leads to Innovative Device” [陆军研究人员对机器人的兴趣导致创新装置问世], *US Army*, 2 July 2015, <http://www.army.mil/article/151527>; 另参看 Terri Moon Cronk, “Robot to Serve as Future Military's 'Pack Mule'” [机器人在未来充当军方的“驮载骡”], *US Department of Defense*, 19 December 2012, <http://archive.defense.gov/news/newsarticle.aspx?ID=118838>; 另参看 Brendan McGarry, “U.S. Military Begins Testing 'Smart' Rifles” [美国军方开始测试“智能”步枪], *DefenseTech*, 15 January 2014, <http://defensetech.org/2014/01/15/u-s-military-begins-testing-smart-rifles/>; 另参看 Kris Osborn, “Navy to Deploy First Underwater Drones from Submarines” [海军将从潜艇部署第一批无人潜水器], *Military.com*, 13 April 2015, <http://www.military.com/daily-news/2015/04/13/navy-to-deploy-first-underwater-drones-from-submarines.html>.
16. 对网空安全最常见的理解是, 严格遵守制度规定, 例如按规定管理薄弱环节和实施保护措施。这与主动防卫不一样, 主动防卫是指预期会发生网空事件或与敌交战, 因而在之前、之中或之后主动实施相应的防卫措施或行动。
17. “The Pentagon Got Hacked While You Were at Def Con” [当您正在参加国防会议时五角大楼遭到黑客攻击], *Wired*, 9 August 2015, <http://www.wired.com/2015/08/security-news-week-pentagon-got-hacked-def-con/>; 另参看 Andy Greenberg, “Hackers Remotely Kill a Jeep on the Highway—with Me in It” [黑客远程攻击导致一辆吉普车在高速公路上熄火——而我当时正在车内], *Wired*, 21 July 2015, <http://www.wired.com/2015/07/hackers-remotely-kill-jeep-highway/>; 另参看 Kim Zetter, “Is It Possible for Passengers to Hack Commercial Aircraft?” [客机上乘客有可能对民航机进行黑客攻击吗?], *Wired*, 26 May 2015, <http://www.wired.com/2015/05/possible-passengers-hack-commercial-aircraft/>; 另参看 Hallie Golden, “Security Experts Point to OPM's Biggest Cybersecurity Failure” [安全专家指出联邦人事管理局最大的网空安全漏洞], *NextGov*, 21 July 2015, <http://www.nextgov.com/cybersecurity/2015/07/security-experts-point-opms-biggest-cybersecurity->

- failure/118274/. 这些例子中的安全隐患都是安全专家发现的,而不是专业的“军事化”黑客。如果有一个组织良好、技术先进和锲而不舍的威胁集团动用其资源攻击类似的目标,其后果可能会严重得多。
18. JP 3-12 (R), Cyberspace Operations [网空作战行动]. 历来,网空领域需防卫的作战空间大部分是支持主要任务的通信基础设施。网空依赖性增强之后的一个影响是,需防卫的作战空间将扩大到包括任务系统本身。由此产生的挑战是,在直观层面,出于防卫目的而在任务或武器系统上操作时,己方行动对任务的扰乱可能大于防卫通信基础设施时造成的扰乱。
 19. Recorded Future Special Intelligence Desk, “Week to Weak: The Weaponization of Cyber Vulnerabilities” [一周内即可乘虚而入:利用网空薄弱点实施攻击], Ref ID: 2014-02 (Somerville, MA: Recorded Future, 4 December 2014), <http://go.recordedfuture.com/week-to-weak-report>. 2014年底发布的“一周内即可乘虚而入”报告展现了网空薄弱点被快速利用和公开暴露的情况。据 Recorded Future 公司的分析揭示,一个网空薄弱点平均在 7.5 天之内就会被人利用。作为参考资料,该报告引用了美国国家标准与技术研究院 (NIST) 发布的数据,即 2014 年大约有 7,000 个新揭示的网空薄弱点。这说明薄弱点管理等网空安全措施必须以令人难以置信的速度加以实施,才能将风险控制适宜的的水平。
 20. “Standards Are Making the Internet of Things Come Alive” [标准给予物联网生命], IEEE Standards Association, 8 April 2013, http://standardsinsight.com/ieee_company_detail/standards_iiot/; 另参看 Dr. W. Charlton Adams Jr., “The Internet of Things and the Connected Person” [物联网和联网者], Wired, December 2014, <http://www.wired.com/insights/2014/12/iiot-connected-person/>.
 21. Klint Finley, “Hacked Fridges Aren't the Internet of Things' Biggest Worry” [遭受黑客侵入的冰箱不是物联网最需要担心的事情], Wired, 12 March 2015, <http://www.wired.com/2015/03/hacked-fridges-arent-internet-things-biggest-worry/>; 另参看 Bill Wasik, “In the Programmable World, All Our Objects Will Act as One” [在可编程世界中,我们的所有物件都将会连接成一个整体], Wired, 14 May 2013, <http://www.wired.com/2013/05/internet-of-things-2/>; 另参看 Dan Saffer, “The Wonderful Possibilities of Connecting Your Fridge to the Internet” [把冰箱联入互联网的奇妙可能性], Wired, 29 October 2014, <http://www.wired.com/2014/10/is-your-refrigerator-running/>.
 22. 如果消费大众没有因为隐私和安全疑虑而有所顾忌,他们会喜欢购买自驾汽车和联网冰箱等智能装置,从而让这些产品的供应商享有竞争优势。倘若如此,与这些“首创”公司竞争的厂商也许会寻求采用相同的技术或研发他们自己的技术,并且可能将技术商品化,把不采用这些技术的替代产品逐出市场。
 23. Cade Metz, “Mavericks Invent Future Internet Where Cisco Is Meaningless” [不按常理出牌者发明了未来的互联网,思科公司将变得无足轻重], Wired, 16 April 2012, <http://www.wired.com/2012/04/nicira/>; 另参看 Klint Finley, “GE's New Cloud Must Be the Most Tempting Hacker Bait Ever” [通用电气公司新的云技术必定是对黑客最有诱惑力的诱饵], Wired, 5 August 15, <http://www.wired.com/2015/08/ges-new-cloud-may-tempting-hacker-bait-ever/>.
 24. 由于太空作战行动在很大程度上依赖网空优势,这些建议中有几个(但不是全部)是以网空为中心。
 25. 网空技能熟练程度测试可以评估基于逻辑的问题解决能力和抽象思维,这两种技能都是在网空(和太空)成功而必须具备的。
 26. 重要的是,在实施这些测验的头几年,不应该让它们影响受测官兵的职业发展方向。随着时间推移,当测验已逐步完善,并且能够从数据点梳理出结论时,它们会有助于做出决策。在测验尚处于调整的过程中急于得出结论和做出职业发展方向决定,将会扭曲测试结果,只能导致事先预定的结论,不能获得真正的深入了解。
 27. Capt Kinder Blacke, “Intermediate Network Warfare Training Up and Running” [中级网络战训练正在顺利开展], Air Force Space Command, 3 March 2011, <http://www.afspc.af.mil/news/story.asp?id=123245023>; 另参看 SSgt Jarrod Chavana, “Airmen Train for 'New Wild, Wild West' in Cyber Domain” [空军战士接受网空领域“新的荒蛮西部”作战训练], Santa Maria Times, 10 October 2014, http://santamariatimes.com/news/local/military/airmen-train-for-new-wild-wild-west-in-cyber-domain/article_1633ec02-eb22-54e5-ad04-f4bea53b776c.html.
 28. “National Cybersecurity Workforce Framework” [国家网空安全工作组框架], National Initiative for Cybersecurity Education, <http://csrc.nist.gov/nice/framework/>.
 29. 除了熟悉美国国家标准与技术研究院 (NIST) 标准之外,接受初始和中级训练的空军士兵还应该熟悉联合部队采用的作战技能,例如计划、简报、执行、汇报 (PBED) 流程。
 30. J. R. Wilson, “Interview: Col. Robert ‘Shark’ Garland, Commandant, USAF Weapons School” [采访美国空军武器学校司令官罗伯特·夏克·嘉兰德上校], Defense Media Network, 6 November 2011, <http://www.defensemedianetwork.com/stories/interview-col-robort-%E2%80%9Cshark%E2%80%9D-garland-commandant-usaf-weapons-school/>.

31. 该训练计划的学员录取和毕业后工作安排可以采用与美国空军武器学校训练程序类似的管理方式，不需要针对毕业学员的特定任务制定与传统型中级和高级网空课程截然不同的全套训练计划。
32. Jim Garamone, "Winnefeld: DoD Must Strengthen Public, Private Ties" [温尼菲尔德将军说：国防部必须加强政府机构与民营企业的联系], US Department of Defense, 14 May 2015, <http://www.defense.gov/news/newsarticle.aspx?id=128810>; 另参看 Kevin Gilmartin, "Education with Industry Program Offers Different Perspective" [业界合作教育计划提供不同的视角], Air Force Print News, 14 March 2008, http://www.hanscom.af.mil/news/story_print.asp?id=123090306.
33. Cheryl Pellerin, "Carter Seeks Tech-Sector Partnerships for Innovation" [国防部长卡特寻求与科技界合作创新], US Department of Defense, 23 April 2015, <http://www.defense.gov/news/newsarticle.aspx?id=128655>.
34. Mark Pomerleau, "Carter Details DoD's Innovation Plans" [卡特详述国防部的创新计划], Defense Systems, 6 May 2015, <https://defensesystems.com/articles/2015/05/06/carter-dod-innovation-plans-congress.aspx>; 另参看 Patrick Tucker, "Pentagon Sets up a Silicon Valley Outpost" [五角大楼在硅谷设立新前哨机构], Defense One, 23 April 2015, <http://www.defenseone.com/technology/2015/04/pentagon-sets-silicon-valley-outpost/110845/>.
35. 同上, "Carter Details DoD's Innovation Plans" [卡特详述国防部的创新计划].
36. Stuart M. Butler, "How Google and Coursera May Upend the Traditional College Degree" [谷歌与 Coursera 可能会颠覆传统的大学学位课程], Brookings Institution, 23 February 2015, <http://www.brookings.edu/blogs/techtank/posts/2015/02/23-mooc-google-coursera-butler/>.
37. 同上。
38. 除了与这些公司建立伙伴合作关系之外，还可以考察其根本的技术和方法，揭示军方训练课程或许可采纳的高效诀窍。
39. Jeffrey R. Young, "Will MOOCs Change the Way Professors Handle the Classroom?" [大型公开在线课程将改变大学教授的课堂讲课方式吗?], Chronicle of Higher Education, 7 November 2013, <http://chronicle.com/article/Will-MOOCs-Change-Campus/142869/>.
40. 同注 12, "陆军、海军、空军，还有网空", 14-18 页。
41. 同注 12, "陆军、海军、空军，还有网空", 14-18 页。
42. 授课教员和教材编写教员应该按一定的方式定期轮换职责，以便随时了解最新知识发展。



克里斯·巴布科克，美国空军少尉（2nd Lt Chris Babcock, USAF），印地安纳大学理学士，现任空军网络作战安全中心第 50 太空通信中队卫星控制网络小队队长兼副科长。他是网空作战官，专精网络防卫及情报融合。

以来，太空面对的威胁已然变化。各种反太空武器不断精进，越来越容易获得，危及军事太空系统的生存。现实就是如此，太空面对着真实的威胁，我们却还没有象对待天空和网空面对的威胁那样来认真对待太空威胁。以时任国防部长拉姆斯菲尔德为主席的美国国家安全太空管理和组织评估委员会（简称太空委员会）在2001年1月11日发布的一份报告称“美国比其他任何国家都更依赖太空。但是，太空中以及来自太空对美国及其盟国的威胁，并没有受到美国政府中承担国家安全责任的部门和机构的应有关注。因此，在竞争情报收集分析人力和物力资源时，没有把评估美国太空能力所面对的威胁列为优先关注。”² 此后至今，虽然我们在这个方面取得了一些进展，但该委员会报告提出的这个问题，在14年后的今天仍未解决。

2014年12月，空军太空司令部司令约翰·海滕上将在视察科罗拉多州巴克利空军基地时强调，要持续培养太空防卫意识，清楚太空的重要性，正视威胁的存在，并采取行动。将军说：“说实话，无论在这里的作战平台上还是在其他地方（第50和第21太空联队），我们的军人目前对这些威胁并不重视，因为在我们的意识中，仍然以为太空一片太平。而事实并非如此。”³ 说不定哪一天，获得了发射技术和核弹的某个无赖国家，就可能胡乱向太空发起反卫星核攻击——这是太空所面对的最为灾难性的威胁。这类攻击如果成功，可能会摧毁对我们至为关键的国防卫星。像伊朗和北韩这样的无赖国家，既没有批准（伊朗）也没有签署（北韩）外太空协定，但是他们拥有太空发射工具，并且拥有或企图拥有核能力。除核威胁以外，还有一些并不那么尖端的技术手段，如对卫星实施干扰和对太空运作地面段实施攻击，相对

而言费用不高，完全可能发生。为前瞻可能发生的攻击，就需要我们做好预测分析，从而保障各级指挥官及时做出决策，消灭攻击威胁，或者减轻威胁攻击的效果。

这种威胁的存在，要求太空指挥官缩短决策周期，指挥官必须从战术、战役和战略层面提高对这些威胁的发现和应对能力。为达此目的，空军必须改善其威胁分析并制订有效的反制措施。分析质量的驱动力，来自高要求的情报使用者，这些使用者了解指挥官的情报需求，并将此需求转化成对情报界的情报要求或信息要求，这反过来又推动情报作战界做出努力。只有情报界向太空作战部队提供的情报及时并相关，我们才能制订出体现为战术/战技/战规形式的有效反制措施。要想改善对太空威胁的分析和反制，我们必须加强太空情报监视侦察（ISR）部队——空军最关键的资产——的能力建设。本文首先分析空军目前“为太空ISR”兵力建设结构中的差距，然后提出改进建议，供空军太空和ISR作战界采纳，融合到对为太空ISR官兵的教育训练和岗位历练之中。这些建议旨在目的明确地建设一支“为太空ISR”专业部队，为他们提供更好的教育、训练和历练，从而更有力地支援太空、保护和防卫太空。

“为太空ISR”能力发展中的差距

在美国空军协会2013年主办的空天技术大会上，空军负责ISR的副参谋长罗伯特·奥托中将发表演讲，他强调：“需要充分利用我军人员的经验，培养一支能够对这些日益拥挤和抗衡的作战领域所呈现的独特问题给出答案的ISR专业队伍。”⁴ 就“自太空ISR”——指从天基资产收集ISR情报——而言，我空军已经具备坚实的ISR知识和能力；但是，就“为太空ISR”——指解决ISR需

求和运用 ISR 保护及防卫太空资产——而言，我们还远远落后于太空领域迅速演变的步伐。如果我们在“为太空 ISR”部队建设上继续一成不变，长此以往，将无法充分解决作战太空司令官面对的各种独特的问题，尤其是联合作战太空职能部队司令官的问题。根据太空委员会的报告，“国防部的太空教育、专业发展和训练正得到充实，将培养出一支太空专业队伍。”⁵ 按此精神，空军的一项头等大事，就是创建一条目的明确的、着眼于加强“为太空 ISR”专业能力的部队发展道路。

空军目前的情报部队发展道路，不足以满足太空司令部对 ISR 的要求，也无法满足太空司令部所支持的作战将士的要求。让我们假定——只是假定——空中作战司令部情报部队获得的教育、训练和历练同太空司令部的水平相同，由此可构思出以下场景：

空军一等兵约翰逊，一名 1N031 专业系列的作战情报实习兵，第一次报到上岗，参与支援 F-16 武器系统。技术学校并没有为她提供支援这项任务的训练。她的教官主要具备太空经验——她完成的三级训练中也以太空为主。基于 F-16 的情报正规训练单位（IFTU）并不存在，只是由空军的 IFTU 提供了关于空中作战司令部及其使命的基本概况。

空军上士史密斯是 1N071 专业系列的经验丰富的作战情报高手。此前，他曾两次任职支援天基红外系统和国防支援计划的岗位。现在，和约翰逊一样，他第一次执行支援一个空基武器系统的任务。史密斯虽然也缺乏这方面的知识和经历，但曾在最近一次演习中担任 F-16 情报支援项目专家。演习结束后，由于他缺乏 F-16 的知识，不知道 F-16 如何支援空军保护太空资产的使命，他被认为不胜任。史密斯军士庆幸，他的下一

个岗位是在联合太空作战中心，可以重返他所熟悉的更传统的 ISR 任务。

空军上尉华莱士是一名 14N 专业系列情报军官，领导一等兵约翰逊和上士史密斯。华莱士毕业于美国空军武器学院，她主要的经验是太空情报支援，对其他领域很少涉足。华莱士上尉尝试着把太空跟踪目标的方法融入本部的程序中，但她提出的变革却受到阻力。她试图让上士史密斯注册学习空军武器学院的士官任务规划高级课程（AEMPC），但由于空中作战司令部缺乏经费而无法如愿。该课程侧重太空系统——事实上所有 AEMPC 教官都没有空中领域的经验。华莱士在改进 F-16 武器和战术支援方面取得一些进步，但她认识到还无法满足该武器系统的 ISR 需求。不过因为军官们通常并不连续被指派到空中岗位，这种挫折感仅是暂时的。

空军准将史蒂文斯担任空中作战司令部的 ISR 总监现已一年，但刚刚开始了解他的编号空军情报官（A2）、空军上校洛佩兹所面临的挑战，这就是向空中组成部队司令官提供必要的 ISR 支援。与担任这个大司令部士官情报职能经理李主管一道，他们成功地把天空领域的知识融入技术学校的训练之中，甚至在司令部范围内建立了一个空中情报正规训练单位 IFTU。但是，由于整个空军群体中绝大多数官兵不参与支援空中任务，这种现实致使他们很难把必要的空中领域知识融入 ISR 技术训练及专业教育和训练中。此前，史蒂文斯准将和洛佩兹上校都曾担任过指挥官，但他们从未在空中作战司令部任职。他们主要依靠像华莱士上尉那样的专家以及她的团队，等着他们加速了解情况，熟悉那些影响

ISR 向空中作战司令部武器系统提供支援的问题。

场景分析

对空中作战司令部来说，以上场景简直难以置信。但在太空司令部，此情此景却是现实写照，空军官兵轮换走上其在太空司令部的第一项——常常也是仅此一轮的这种任职岗位时，都是如此。他们面对的状况常常是：

- 技术学校培训不能使他们达到足以执行第一次太空任务的能力状态；
- IFTU 不能提供有关敌对威胁和武器系统性能的深入知识；
- 由于没有获得必要的教育和训练也无实际历练，他们缺乏必要的太空领域知识，并在重大演习中暴露出来；
- 由于司空见惯的“一轮性”太空岗位任职轮换，专业经验无法积累和发展；
- 总是指派先前没有太空经验的高级情报主管领导其司令部的 ISR 部门。

在太空领域，这样的状况能被接受吗？绝大多数空军官兵大概会斩钉截铁地回答“不”。那么在太空领域，这样的状况为什么存在，我们还能继续任其存在吗？要回答这个问题，首先要问“我们是如何走到这一步的？”

部队建设结构

部队建设是一个动态调整的、有明确目标的过程，旨在通过教育、训练和历练，培养军人的体制统训能力和专业岗位能力。专业岗位能力，亦即本文讨论的重点，是通过与具体官兵的空军专业代码相应的专业训练

获得。进一步，部队建设结构中需要充分利用连续学习过程，使军人在整个军旅职业生涯中不断学习和积累，将各种挑战中获得的岗位历练与教育训练获得的知识结合起来，成长为有战术专业经验，有战役胜任能力，并有战略大局思维的全才，能够率领和实施空军的全频谱作战使命。⁶

培养专业岗位能力，要从空军专业代码规定课程开始。然后到了中级军衔阶段，继续在专业道路上发展，通过各种进阶性教育训练和岗位历练，获得技能水平的提升。到了高级军官和高级士官阶段，应该在这种持续学习的过程中走向完全成熟，担任重要领导职务，推进空军的战略愿景。就是说，我们需要通过教育、训练和历练来提升专业岗位能力，这也是提升“为太空 ISR”专业能力的途径。但是，某些障碍阻碍着空军达到这个目的。

根据空军指令 AFI 36-2623《职业分析》，在一个专业领域中，技能水平的训练必须把重点放在那些至少有 30% 人员所担任的任务上。⁷ 在 ISR 专业领域，执行支援太空司令部或其他太空任务的 ISR 官兵，在人数上不达此比例，因此其技术学校的课程中无法纳入“为太空 ISR”技能训练，而且无法获准开设高级太空 ISR 课程。幸亏太空司令部提供一些初级资格训练、太空 IFTU、以及具体单位主办的任务资格训练，能在某种程度上弥合这个知识缺口。⁸ 此外，太空司令部的高级太空作战学院和空军教育训练司令部的国家安全太空学院，向 ISR 官兵提供各种教育机会，但这些并非是必修课程。高级太空作战学校和国家安全太空学院所提供的太空教育和训练，在课程设计上并不是为了培养“为太空 ISR”专业人员。

在太空司令部中，有大约 1611 名现役和后备役士兵士官担任 ISR 工作，占整个司令部全部士兵阶层的 46%；另有 1506 名现役和后备役士兵士官担任太空操作员工作，占司令部士兵阶层的 43%。在军官阶层，司令部中有 581 名军官担任情报工作，仅占全部军官人数的 9%，而任职太空操作岗位的军官有 3380 名，占全部军官人数的 52%。⁹ 于是可以理解，太空司令部内的教育和训练，必然向那 4886 名在太空操作技术代码岗位上工作的官兵倾斜，因为他们在司令部中显然占多数。不过，2192 名 ISR 官兵当前的和未来的贡献，对保卫我们国家太空资产而言，实在是必不可少，且将一直不可或缺。如果这些 ISR 官兵从技术学校中，以及从高级太空作战学校和国家安全太空学院中，都学不到必要的“为太空 ISR”教育和训练，他们怎么办？

现实是，ISR 战士真正需要的太空教育和训练并不存在，而且空军也没有计划就培养

熟练的“为太空 ISR”专业人员做出投资。在我们的专业培养结构中，没有设立培养这项专业的途径，大家习以为常的“一轮性”轮岗模式就是明证，这种轮流任职模式对于提升太空教育和训练中的 ISR 课程帮助不大。此外，这样做也无法激发我们在司令部范围内为相关人员设置更高级的 ISR 训练机会。简言之，在我们的部队建设结构中，还不存在以培养“为太空 ISR”专业能力为明确目标的培养环境。

进一步的检视

以下示意表，是太空司令部人员配置的一个小样本，其中包括但不限于太空控制、太空预警 / 态势感知、太空指挥控制，以及各种领导岗位。这种配置，正表明 ISR 部队在该司令部内的典型结构。为数不多的初级军官和士官在任职他们的第一个岗位时，并

军官	14N	士官/兵	1N
O1-O2	7	E1	0
O3	29	E2	0
O4	36	E3	8
O5	16	E4	22
O6	5	E5	75
		E6	56
		E7	33
		E8	9
		E9	1
合计	93	合计	204
总计 297			

没有接受过专业代码规定的必要教育和训练，又是刚从技术学校毕业出来，更谈不上工作经验或历练。他们通常求助于 O-3—O-4 级军官和 E-4—E-7 级士官，希望从这些更有经验的 ISR 老兵获得指导，引领他们熟悉这第一份和太空相关的工作。殊不知，这些老兵和他们的处境大致相同——此前也未获得太空教育和训练，也没有太空经验。事实上，太空司令部大多数 ISR 官兵在这条路上的经历都差不多——都是上岗后才第一次学习“为太空 ISR”技能。等到学会并掌握了这些太空技能，却又被调出，回到更“常规的”ISR 岗位。这种做法，使得那些“为太空 ISR”官兵的成长和进步非常缓慢。ISR 官兵在完成自己的第一轮太空领域任职后，很少留在太空司令部下，也就无法在这个专业方向上向作战层面发展，更谈不上接近战略层面。

加强“为太空 ISR”专业官兵的教育训练和岗位历练，其实可从《国家安全太空战略》获得支持。该战略文件承认人才是国家最宝贵的资产，与奥托中将决心加强“为太空 ISR”专业队伍的承诺一致，呼吁建设“目前和未来的国家安全太空专业队伍……他们能获取能力，能操作系统，能分析信息，能在拥挤、抗衡、竞争的环境中取胜。”该战略还提出把重点落实在加强教育和训练，以及有目的地使用人员，特别是确保并培养“能够提供更广更深更优质情报搜集和分析的情报专业人员。”¹⁰ 遵照《国家安全太空战略》指出的方向，我们应该目的明确地培养太空司令部下内的这 2192 名 ISR 官兵。

到达目标的专业培养路线图

部队建设在于遵循在空军中教育、训练和磨练官兵的共同原则，这就是：培养技能专长，准备应对变化，拓展专业深度，针对

任务训练，结合实战训练，提供教育训练，通过作战演习和演练检验教育训练成果。¹¹ 在教育和训练方面，新授衔的军官和刚入伍的低阶士兵士官通过接受初级技能训练，获得战术层面的专业知识。然后在 O-3 和 E-5 级及以上，获得战役层面的专业知识训练，对这个军阶层面军人的教育，集中在提高专业知识，经由训练来加强战役和战术技能及专业能力。O-5 级军官及以上的军人，以及 E-9 级和经过挑选的一些 E-7 至 E-8 级士官，组成战略层面的专业人才，在这个等级层面，教育的重点是灌输体制运作、联合作战、跨部门合作、商界合作、以及国际视角。教育和训练的效果，通过演练和作战演习得到检验。¹² 遵照高层领导人指示、《太空委员会报告》、《国家安全太空战略》，以及部队建设的指导原则，空军能够建立一个旨在战术、战役和战略层面更好地培养“为太空 ISR”官兵的专业培养路线图。

建议一：改进目前的教育和训练计划，规定必须学习的专业知识

对 ISR 官兵的初步技能及后续的训练，目前通常围绕是天空领域，或空军专业代码规定的某些情报学课程。这种训练有利于打下上岗的知识基础，也构成全套课程的主干，但并不适合培养官兵做好担任其第一项太空职位的准备。虽然现在有所改进，在初期和后续教育与训练课程中加入了一些太空知识，但还要加强这方面的知识灌输，以充分培养 ISR 官兵上岗后能胜任工作，支持太空司令官履行使命。

为能跟上太空环境迅速变化的步伐，“为太空 ISR”专业官兵必须获得相关的教育和训练，磨练战术、战役和战略专业知识与经验。除了上述的太空情报正规训练单位即

SIFTU 之外，再没有其他单位提供“为太空 ISR”课程。目前的太空 SIFTU 课程适合太空 ISR 官兵获取基本知识，但做不到帮助他们充分熟悉太空系统。因此，应以部队单位为主体，各自组建一个相关太空系统的 IFTU（例如全球定位系统 IFTU），通过训练使官兵掌握具体太空系统的基本知识和概念，熟悉这些系统的构造和能力。IFTU 课程应让学生熟悉诸如反卫星武器或干扰器等威胁，并培养他们向太空操作人员进行任务规划简报的能力。各太空部队单位还要为 ISR 岗位官兵提供后续的任务资质训练，进一步巩固他们的太空系统知识。¹³ 除各部队单位主导的 IFTU 外，高级太空作战学校和国家安全太空学院的课程应进一步强化 ISR 课程设置，教育“为太空 ISR”专业官兵知道他们能提供什么，培养这些官兵理解太空作战界在保护和防卫方面的各种需要。

建议二：挑选 ISR 官兵走上以太空为中心的专业发展道路，积累历练，并为他们提供高级训练机会

我们应该从完成首轮太空相关任职的 ISR 官兵中，选拔一定比例的人员，留下他们再完成至少一轮类似职务。这样做，不仅他们自己能提高战术太空知识，有机会在这条专业发展道路上提升，还有助于辅导新来者。连级军官和士官可磨练战役层次知识，校官和高级士官可向太空职能专业知识和经验的深度拓展，逐步成为理解战略层面问题的高级领导人。投入太空专业轨道的 ISR 官兵，将有更多机会在广度和深度上积累太空知识和经验。根据空军指令 AFI 36-3701《太空专业发展计划》，对于非太空专业代码军官，“深度……通常等于两到三轮与太空相关的岗位，宽度指的是与一轮以上太空岗位相关的经历，或在某特定专业领域的扩展经历。”进

一步，如能加强“为太空 ISR”专业人员的历练深度和广度，将有助于“提高其在岗位任职的效果，并强化其太空教育。”¹⁴ 如果能派到联合太空作战中心——美军中参与全球太空作战的唯一指挥控制部门——任职，将获得广度和深度上的历练。我们极为需要具备丰富作战经验的 ISR 专才，来参与领导联合太空作战走向未来，因为被分派到该中心 ISR 部门的绝大多数官兵，先前都没有太空任职经历。如果其中部分人在联合太空作战中心再获一轮岗位任职，将使其 ISR 部内保持一批拥有必要太空教育训练和岗位历练的官兵，从而能极大提高向联合作战太空职能司令部的保护和防卫使命提供支援的能力。

如果在经验积累上增加投资，此投资还需投入到加强高级教育和训练。一些课程，如空军武器学院的高级士官任务计划课程，能有效培养士官做好任务规划，支援作战司令部的紧急行动和作战计划。但是该课程目前以空中平台为中心，因此应在课程中纳入对太空资产的支援。在课程学习中，来自太空司令部的担任作战情报或目标判定的学员们，和武器学院的太空学员们互相切磋，完善各自的任务规划，共同支援太空作战司令官。按照“为太空 ISR”官兵量身定制的高级教育和训练课程目前还不存在，因此我们应尽快创建这类课程，以满足太空系统的这些特殊任务要求。修完高级课程的“为太空 ISR”官兵，将获得必要的技能，回到各自的部队岗位发挥专长，并帮助改进本单位的训练。

建议三：选拔精深专才担任“为太空 ISR”教育训练计划教官，从而不断提升“为太空 ISR”教育训练质量，使训练达到任务要求

为使教育和训练朝着“为太空 ISR”专业方向发展,应在师资中配备经验丰富的“为太空 ISR”专家,帮助制订教学大纲。这些专家应负责确保教育与训练能满足太空司令官的任务要求。要设置一名具备太空专业经验的 ISR 专家,负责确保技能水平教育与训练是由具备必要的专业知识和历练的人员制定。由太空和 ISR 专业领域负责人组成评估小组,对技能培养训练课程加以审评,利用此审评作为发声渠道,确保以作战太空界目前和潜在的需求来指导“为太空 ISR”训练课程的制订和部队建设。如此有目的地培养这些 ISR 官兵,将确保我军保持一支教育训练有素的、有经验的“为太空 ISR”专业队伍,能不断提供反馈意见,不断改进“为太空 ISR”课程质量。

建议四：为支援太空的 ISR 专业官兵提供挑战性任职机会

为了提高 ISR 支援能力,太空司令部和空军 ISR 作战界应在太空作战领域设置基层、中层监管和高层指挥任职机会。例如,太空部队单位应在作战支援中队中设立一个编制完整的情报支援参谋组,提供有关作战环境、任务简报、防御分析计划等方面的情报准备。¹⁵ 该中队也应开设上述建议的太空系统 IFTU 课程。这些官兵应由一名连级或校级军官、一名高级士官,以及情报专业代码军官领导和管理,才能熟悉和应对独特的任务要求。完成太空专业岗位历练但不再后续任职太空司令部岗位的官兵,应分配到第二十五空军或情报界任职,让他们继续在 ISR 相关岗位上工作,一旦需要,可提供保护和防卫太空资产的关键信息。¹⁶ 还应设置“为太空 ISR”的战略层级岗位,担任此职务者可以推动政策的改进,从而避免过去经常发生的与太空作战界情报分享不畅的现象。

建议五：以“为太空 ISR”专业官兵为主设计真实的演练和作战演习（实战训练），以验证“为太空 ISR”太空教育和训练的效果

我们知道,我们的敌人完全有能力攻击美国的太空资产,如果丧失太空资产,将使我们的战场将士难以预测形势发展。因此,司令官必须懂得这种损失对其部队的影响。由于司令官的决策周期将会缩短,所以至关重要,依赖太空的空军武器系统在训练和演习时,要假设这种能力受到威胁或无法获得。真实的训练要求有太空专业的 ISR 官兵在场,提供情报,根据真实而不是假设的威胁,制订真实的演练和作战演习场景。这些场景可以在美国战略司令部的演习中,以及空中作战司令部首要的实战飞行“红旗”演习中演练。联合太空作战中心的 ISR 部协助战略司令部设计演习场景。以分析敌方战术著称的“卓越中心”空军第 547 情报中队为“红旗”军演提供全源情报支援。联合太空作战中心和第 547 中队应配备“为太空 ISR”专业官兵,由他们为主创建真实的威胁场景,挑战太空作战界如何为联合作战提供能力。有这样一支具备“为太空 ISR”专业知识的专业队伍,我们的太空作战界和所有依赖太空支援的部队,才能更好地预测威胁,做好应对攻击的准备,并知道如何在受限太空环境中对敌作战。

这种可控的作战演习和演练环境,将提供验证“为太空 ISR”教育与训练的最好机会,确保这支部队能满足太空司令官的要求。ISR 作战是我军为了解作战环境、敌人行踪,以及天基系统面临的威胁的必须组成部分。从实战演练中汲取的丰富经验有助于提醒 ISR 和太空作战界认识到教育和训练的好处,以及需要改进的地方。

结语

虽然我空军 ISR 部队中任职太空相关岗位的官兵不到 30%，我们可以说，他们支撑着联合作战界几乎所有部队，其中有些部队严重依赖、甚至完全依赖地基能力来执行他们的任务。这个事实证明，我们需要加强投入一切可能资源来建设一支保卫太空的“为太空 ISR”专业队伍。太空作战界和 ISR 作战界中，很多人对如何使用太空司令部的情报官兵，如何整合他们带入太空行动的、符合作战准则的情报工作经验和实用程序，有着不同的看法。批评人士可能会说，培养“为太空 ISR”专业官兵的成本太高，在财政紧缩的情况下难以承受。对于这种批评，应提醒他们聆听海滕将军的警告：太空不太平。

投资建设“为太空 ISR”专业队伍的费用，与丧失数十亿美元的卫星网相比，微乎其微。的确，太空是我军的致命软肋。而“为太空 ISR”官兵为保护太空资产和防卫太空提供关键的能力，他们不应被仅仅看作是情报研究

人员，如果经过适当教育训练和岗位历练，定能成为知道如何与情报界互动的技能高超的专业人才，知道如何提供有行动价值的优质情报，为严密保护美国卫星网不受攻击做出贡献。我们的敌人，随着自身反太空能力的提高，使用这些能力的意愿也更强，我军 ISR 部队建设中的缺口将很快被暴露出来。因此，我们必须立刻调整部队建设的做法，注重培养“为太空 ISR”专业官兵，才能有效应对敌人的这些威胁。只有遵循一个目的明确的专业培养路线图，认真培养 ISR 专业战士，使他们具备理解和解决太空司令官需要的能力，才能造就出这样一支队伍。威廉·米切尔将军曾经这样描述空中力量：“我们必须向前看而非向后看，必须思考未来将发生什么而非过去曾发生什么。”¹⁷ 同理，如果要使 ISR 跟上太空环境的快速变化，那么空军必须看到未来的威胁，以未来的要求指引“为太空 ISR”专业队伍的建设。为此，奥托将军呼吁的第一步投资就是：目的明确地培养一支“为太空 ISR”专业队伍。★

注释：

1. United Nations, Treaty on Principles Governing the Activities of States in the Exploration and Use of Outer Space, Including the Moon and Other Celestial Bodies [关于各国探索和利用包括月球和其他天体的外层空间活动所应遵守原则的条约], 10 October 1967, <http://www.state.gov/t/isn/5181.htm>.
2. Commission to Assess United States National Security Space Management and Organization, Report of the Commission to Assess United States National Security Space Management and Organization [美国国家安全太空管理与组织评估委员会的报告], (Washington, DC: The Commission, 11 January 2001), xiii, <http://www.dod.gov/pubs/space20010111.pdf>.
3. SrA Phillip Houk, “AFSPC Commander Visits Buckley” [空军太空司令部司令视察巴克利空军基地], 15 December 2014, Air Force Space Command, <http://www.afspc.af.mil/news/story.asp?id=123434389>.
4. Lt Gen Robert P. Otto, “ISR Roadmap” [ISR 路线图], (speech presented at the Air Force Association's Air and Space Technology Exposition, Washington, DC, 17 September 2013), 8, <http://www.af.mil/Portals/1/documents/af%20events/af-130917-AFA-ISRRoadmap.pdf>.
5. 同注释 2，第 88-89 页。
6. Curtis E. LeMay Center for Doctrine Development and Education, “Annex 1-1 Force Development” [空军作战准则, 附件 1-1: 部队建设], 15 December 2014, 2, <https://doctrine.af.mil/download.jsp?filename=1-1-Annex-FORCE-DEVELOPMENT.pdf>.
7. Air Force Instruction (AFI) 36-2623, Occupational Analysis [空军指令 AFI 36-2623: 职业分析], 10 September 2012, 6, http://static.e-publishing.af.mil/production/1/af_a1/publication/afi36-2623/afi36-2623.pdf.

8. SIFTU 是刚入太空司令部任职 ISR 岗位的新人必须学习的一门初级资格培训课程。
9. AFSPC Space and Cyberspace Professional Management Office, subject: Air Force Space Professional Development [简报 : 空军太空专业人员的培养], <https://www.my.af.mil/gccs-af/USAF/ep/globalTab.do?channelPageId=s6925EC1346920FB5E044080020E329A9>.
10. Department of Defense and Office of the Director of National Intelligence, National Security Space Strategy: Unclassified Summary [国家安全太空战略 : 非机密提要], (Washington, DC: Department of Defense and Office of the Director of National Intelligence, January 2011), 8, 10, http://www.defense.gov/Portals/1/features/2011/0111_nsss/docs/NationalSecuritySpaceStrategyUnclassifiedSummary_Jan2011.pdf.
11. 同注释 6, 第 10-11 页。
12. 同注释 6, 第 11 页。
13. 施里弗空军基地第 11 太空预警中队 SSgt Marie L. Foster 玛丽·福斯特中士提出此建议。
14. AFI 36-3701, Space Professional Development Program [AFI 36-3701 : 太空专业人员培养计划], 20 May 2010, 7, http://static.e-publishing.af.mil/production/1/af_a1/publication/afi36-3701/afi_36-3701.pdf。
15. 同注释 13。
16. 2014 年 9 月, 空军 ISR 局被更名为第 25 空军, 隶属空中作战司令部。该决定的目的是改善对作战将士的 ISR 支援。
17. William “Billy” Mitchell, Winged Defense: The Development and Possibilities of Modern Air Power—Economic and Military [战鹰卫国 : 现代空中力量 — 经济与军事的发展与机遇], (Tuscaloosa, AL: University of Alabama Press, 2009), 18.



米切尔·R·奥弗顿, 美国空军二级军士长 (SMSgt Mitchell R. Overton, USAF), 马里兰大学理学士, 国防情报学院太空情报理科硕士, 现为加利福尼亚州范登堡空军基地联合太空作战中心联合太空地下发射场部主管。在此职位上, 他是资深士官领导人, 负责一个精选联合团队 52 名成员的福利、风纪、使命效能、专业发展及战备状态。军士长于 1996 年 9 月 11 日应征加入空军, 历任国防情报机构和空军太空司令部的多种岗位, 拥有涵盖若干使命领域的经验, 包括信号情报运作、收集管理、特种技术作战、中队监管, 以及太空指挥控制。

加强电子战教育和训练，保卫美国卫星

Defending Our Satellites: The Need for Electronic Warfare Education and Training

E·林肯·博纳，美国空军中校（Lt Col E. Lincoln Bonner, USAF）

美军凭借太空能力的强大支撑，对任何潜在对手都占据明显优势。也因为如此，空军太空司令部必须保持一支能在当前和未来的抗衡环境中保护和捍卫美国太空优势的太空部队，这是我空军建设的一项首要任务。为在抗衡环境中打赢明天的战争，太空司令部需要加大培养空军太空战士的力度，尤其要重视改进和扩大电子战应用方面的教育和训练，掌握保卫美国卫星和改进卫星生存能力的技能。

本文首先解说为什么提高太空系统的生存性对于美军作战至关重要，然后探讨和比较电子战在天空领域和太空领域中的作用及其异同，来证明电子战力量对于成功开展防御性太空控制作战不可或缺。进一步，本文分析太空部队中电子战教育和训练的目前状况，最后提出改进建议，提请空军太空领导人加强对太空电子战备制胜的重视，是以捍卫美国的太空优势。

太空系统生存性对美军作战优势的重要作用

美军凭借对太空能力的运用，获得制服潜在敌人的强大不对称优势。当前我军卫星提供的一些优势，在作用上类似于第一次世界大战期间靠飞机提供的侦察优势：(1) 就敌人发起攻击发出预警以挫败攻击；(2) 为我军提供精确打击指示。¹ 卫星

GPS = 全球定位系统
IADS = 一体化防空系统
SEAD = 压制敌防空
SOSI = 太空物体监视和识别

还有更多的优势，例如能提供超地平线通信，其速度、流量、机动性等，均非受制于地形的传统通信方式所能相比。

美军保持军事主动，始终抢在敌人之前有效实施观察—定向—决策—行动循环，这种能力主要依靠太空提供的保障。我们的情报卫星远在地平线之外就能看清敌人的举动，充分提前预警，使我军做出有效应对和反击，挫败敌人的种种图谋。太空平台的这种保障和一战中飞机侦察的贡献有相似之处。但是太空情报监视能力进一步拓展了一战中空中侦察所提供的优势，不仅保证了更多的反应时间，而且提供充分预警，使我军占据主动，迫使敌人按照我军选定的时间、地点和条件进行作战。

卫星不仅用于侦察，还保障我军实施精确打击，以更少部队和平台集中火力有效打击敌人，我军大量使用精确制导弹药，主要依靠全球定位系统（GPS）卫星提供数据。例如，在1991年的“沙漠风暴”行动中，我军为驱逐伊拉克解放科威特发动了空中战役，出动1,207架攻击机，发射的弹药中约有4%是激光指示的精确弹药，当时GPS制导的弹药还未投入作战。² 到了2003年的“伊拉克自由”行动，我军在空中战役中出动了772架攻击机，比第一次海湾战争减少36%，发射的弹药中有68%是精确制导型，而且主要是GPS制导型。³ 更新式的弹药武器，例如小直径炸弹等，还具备爆炸半径相对较小的特点，以减少附带毁伤，如果没有GPS或其他指示源提供精确制导数据，在许多情况下

就难以发挥战斗效用。美军陆海空诸军种都要紧密依靠 GPS 提供导航信息, 来开展精确打击行动。即使现代的空中侦察平台, 虽能提供和卫星侦察手段相近的军事优势, 但也要依靠太空能力才能实现。

遥驾飞机, 如 MQ-9 “收割者” 和 RQ-4 “全球鹰”, 现今承担着大部分空中侦察任务, 在执行任务中需要依靠 GPS 导航和指引, 并通过保密卫星通信传送数据, 这些太空通信平台提供指挥控制和任务数据中继服务, 确保千万里之外的地面站及时处理、筛选和分发情报。

潜在的敌人与我军作战, 无法占据主动, 难以开展精确打击, 也根本比不上我军的全球到达范围和规模。而我军享有的这些作战优势, 主要就是来自基于太空的侦察、精确导航和报时, 以及通信能力。有鉴于此, 空军太空领导人的首要任务, 就是在抗衡环境中有效开展防御性太空控制, 改善太空系统生存性, 通过充分运用这片终极高地, 确保我军长久保持作战优势。

电子战对飞机生存性的重要作用

空军从空中战斗中迅速认识到, 在抗衡环境中欲求生存, 必须依靠电子战能力, 夺取制电磁权。在雷达问世之前, 改进轰炸机生存性的主要手段, 就是装备多台发动机, 以提高飞行速度和高度, 使防空炮火鞭长莫及, 使速度较慢、高度较低的单发战斗机追不上。但是在二战中, 纳粹德国空军梅塞-109 单发战斗机沉重消耗了盟军轰炸机部队, 显示轰炸机仅凭速度和高度, 已经不足以保证生存性。

在二战之前, 雷达尚未问世, 因此无法充分提前发出预警, 战斗机难以及时升空控

截来袭的轰炸机, 让轰炸机屡屡得手并全身而退。雷达技术的出现改变了这种状况, 实现了早期预警并提供精确信息 (例如, 空袭机群架数、高度、速度、方向等), 为己方防空体系发挥作用提供了保障。在不列颠之战中, 英国战斗机司令部借助 “链家” 雷达系统提供的预警, 加上装备梅林发动机的 “喷火” 战斗机的速度和高度, 终于夺得空中优势, 挫败了德国轰炸机的狂轰滥炸, 而赢得这场攻防战的胜利。

不列颠之战, 让盟军深切体会到雷达对有效抗击来犯敌机的关键作用, 在此基础上, 他们进一步认识到轰炸机光凭速度和高度, 已经无法躲避凭借雷达指引的战斗机。那么, 要想维持轰炸机的生存, 就只能首先削弱或者摧毁对方防空体系所依赖的雷达, 使之无法提供预警和其他情报。有了这样的认知, 盟军空军部队开始大力协作开发电子战能力。在 1940 年, 即紧随不列颠之战之后, 盟军启动了一项跨越数年的情报作战行动, 全力搜集有关德国防空雷达和通信的任何信息, 以期研发出电子战系统, 来削弱或彻底破坏德国的一体化防空体系, 从而提高盟军的轰炸机生存率。⁴ 这场情报战经过两年多时间才取得成果。⁵ 与此同时, 美国轰炸机部队转而采用编队战术, 希望运用轰炸机队的自卫机炮, 形成集中火力, 阻挡敌人的截击战斗机, 掩护同伴突围。然而, 盟军 1943 年对施韦因富特的空袭失利, 此役中盟军轰炸机损失率高达 25%, 表明目前的轰炸机编队进攻策略效果不彰, 对轰炸机的保护必须采用新策略。⁶ 幸而, 在这关键时刻, 电子战技术研发获得突破。

盟军提高飞机生存性的新策略, 是采纳了包括播撒金属箔片及装备机载干扰器的电子战能力, 再加上远程战斗机护航, 三者并举,

力压德国防空系统。在 1943 年 7 月, 盟军轰炸机首次播撒金属箔片, 这些薄铝丝条在敌人的雷达扫描屏上造成一片凌乱。⁷ 金属箔片战术削弱了德国地面控制截击雷达的功能, 使之无法有效指引纳粹空军战斗机攻击来袭的轰炸机。⁸ 除了金属箔片之外, 盟军飞机上还采用了电子干扰器, 进一步削弱了德国的防空能力, 其中“机载雪茄”专门干扰纳粹空军夜间战斗机上的“明钻”(Lichtenstein) 雷达, 使之无法在夜间有效地拦截盟军轰炸机。⁹ “窗口”和“机载雪茄”等为盟军带来的电子战优势, 在 1943 年的汉堡大轰炸中充分显示, 英国轰炸机的折损率比先前平均损失率降低了一半。¹⁰

电子战对飞机生存性的重大作用, 空军铭记于心, 此后逐步开发出隐形飞机和空射微型诱饵机之类的现代干扰系统, 以及高速反辐射导弹等, 来压制和削弱敌防空网中发挥核心作用的雷达系统, 盲其目而丧其攻击能力。

遗憾的是, 这些有关飞机生存性的经验教训, 以及电子战的重要性, 看来没有引起我空军太空作战界的重视。卫星凭借轨道高度和速度所获得的初期生存性, 原本可能很快就被新兴技术所破, 但这段军事演进似乎姗姗来迟。在太空能力发展的早期阶段, 美苏两国作为互相对立的两大强权, 就外太空问题达成国际协议, 规定外太空属于国际公域, 超越任何主权领空, 可以无限制任意飞越。¹¹ 在这份冷战协定保护下, 太空得以留存为一片无硝烟的净土, 达 60 多年。但这也约束了空军太空战士的发展, 使他们一直处于类似于一战前夕的空中斗士的那种状态, 只关注影响飞机基本安全飞行的系统故障, 而不去思考如何提升飞机面对敌人攻击的生存性。既然在过去 60 年中, 太空中没有实质

性的攻击威胁, 那么顺理成章, 空军也就很少关注如何改进太空系统的生存性。

但是眼下形势已经不同于冷战期间的状态, 太空协定下的这片净土正在迅速消失。例如, 中国在 2007 年和 2014 年两次成功进行了反卫星导弹发射试验。¹² 并且, 各种反卫星电子干扰手段已经唾手可得, 这些技术可以削弱 GPS 的精确导航, 并破坏通信卫星运作。¹³ 更重要的是, 一些国家看到了美国在太空领域的不对称优势, 便极力推行专门的军事战略, 企图剥夺美国的这项优势。例如, 中国军事文献“强调‘摧毁、破坏、干扰敌人侦察……和通信卫星’的必要性。”¹⁴

幸而, 防太空网络和防天空网络有许多相似之处, 我空军在改进太空系统生存性的努力中, 可以参照防空情境——这就是, 敌人努力借助雷达的电子监视和侦察能力, 来发现、跟踪和攻击美国的卫星。防太空系统和防天空系统一样, 都要把传感器和射手武器能力结合起来, 才能形成最有效的防御网络。在天空领域, 由传感器和射手武器结合的体系成为一体化防空系统 (IADS), 作为符合逻辑的下一步, 我们的潜在敌人必定会把这个作战概念延伸到太空领域, 以期消解我军在太空高地的优势。

IADS 是由若干部分组成的系统, 能够发现、跟踪和攻击敌机, 完成一个击杀链。首先, 位于多处的早期预警雷达发现敌机, 提供来犯飞机的航行速度、方向和高度信息。多方雷达信息融合归纳起来, 传送给跟踪和交战雷达。跟踪雷达更加精确, 利用早期预警雷达初步数据为起点来执行紧盯跟踪, 并进一步修正敌机的速度、方向和高度信息。一旦被跟踪的敌机进入射手武器的击杀圈内, 防卫方就可以发射防空导弹, 这些导弹由内置

的雷达或光电传感器进行末端制导。只有在完成以上所有步骤的情况下，才能成功摧毁目标敌机。请注意，此防空交战过程中包含发现—跟踪—攻击各环节形成的击杀链，其中每一个环节都要依靠有效的电子监视，无论是光电手段还是雷达手段。美国空军之所以能在敌人的 IADS 环境中生存，很大程度上就是因为我们的飞机凭借隐形、火力打击，以及致盲或欺骗敌 IADS 电子传感系统的电子干扰手段，有效地压制敌防空(SEAD)系统。

自二战以来，美军的 SEAD 能力不断提升，从最初空中播撒铝金属箔条开始，发展到现在的空射微型诱饵机 (MALD) 和 MALD-J 系统。¹⁵ 进一步，美军还发展了火力打击手段，直接威胁摧毁和压制敌人的防空系统，这种打击手段把电子锁定敌雷达技术和高速导弹技术相结合，形成高速反辐射导弹及其相伴的目标锁定系统。¹⁶ 除了 SEAD 干扰和火力打击之外，自我保护干扰技术也是整个电子战系统体系的一部分，同样有助于改进我军飞机的生存性。空军的这些系统，包括 ALE-50 拖拽诱饵机和大型飞机红外对抗手段，都是为了削弱来袭导弹内置寻的器中的末端制导雷达和光电传感器的作用。¹⁷ 从二战至今，飞机一直依靠电子战优势，才能在抗衡环境中求得生存。而美国目前面对的充满抗衡的太空环境，同样必须依靠这种优势。

电子战对太空系统生存性的重要作用

和一体化防空系统一样，我们的敌人在构建有效的防太空网时，必定要依靠雷达和光电传感器的电子监视功能，来发现、跟踪和攻击对手的航天器。有多个国家已经部署了由传感器、太空物体监视和识别 (SOSI) 雷达，以及太空望远镜组成的防太空网络，

以持续发现和跟踪在地球轨道上运行的卫星和各种碎片。俄罗斯、中国和美国，各自都拥有能发现和跟踪航天器的 SOSI 传感器网络。美国空军为保卫美国卫星，可能并可行的做法就是对敌防太空能力实施压制，亦即“通过欺骗、拒阻、干扰、削弱和 / 或摧毁手段，瘫痪或损毁敌人的进攻性防太空系统。”¹⁸ 就像 SEAD 能力那样，我空军如果想通过压制敌防太空能力保护美国卫星，就必须依靠电子战能力，运用电子战干扰和打击敌人防太空网络中的各种 SOSI 传感器。目前，大多数 SOSI 传感器都是体积较大且无法机动的固定设施，通常不需要运用战术系统来进行电子识别和锁定——像高速反辐射导弹的锁定系统那样。但是可以想见，SOSI 传感器将逐步小型化和机动化，一如 IADS 传感器的与时俱进过程。随着这样的技术演进，成功运用电子战来发现和干扰移动式 SOSI 系统及其相伴的防太空打击阵列，藉以压制敌防太空能力，也将越来越重要，并且越来越困难。

但是，压制敌防太空系统的努力本身，还不足以保护美国的卫星。航天器的生存性和飞机的生存性一样，还将取决于体系对抗能力，即把压制敌人的能力和自我保护电子干扰能力，或许还有隐形能力等，有机结合起来，才能在交战中打败敌人的防太空系统。诱饵机和诸如 ALE-50 及大型红外对抗手段等反制系统，都将是必要的手段，用于瓦解来袭反卫星导弹的末端制导传感器，使敌人防太空阵列中还未被彻底压制的部分无法打击我方的卫星。进一步，也和飞机一样，虽然卫星隐形技术在理论上可以大幅度改善自身的生存性，但是，卫星必须通过热管理和巨大的太阳能电池板提供动力来维持基本运作，目前的技术水平尚不可能制造真正的隐形卫星。

美国卫星不仅面临反卫星导弹威胁, 还需应对其他形式的攻击, 如网空攻击、对太空系统地面组成部分的火力打击, 以及对上行指挥链路和 / 或下行数据链路的干扰, 相较而言, 这些攻击基本无碍于有人驾驶飞机。而卫星, 事实上就是一个在太空中飞行的高科技机器人或无人机, 这个事实本身也是其软肋。幸而我空军太空司令部非常重视建设网空防御力量。整个空军, 以及作为国防部直属美国网空司令部属下空军组成部队的空军太空司令部第二十四空军, 都在大力招募、教育和训练网空战士, 争取快速建设一支具备专业知识和经验的空军网战部队, 保卫我空军资产对抗敌网空攻击。空军太空作战部队也需要了解网空攻击对其太空系统的威胁, 但在网空防御作战中, 他们以受援为主。因此, 太空战士目前对网战不需要有很深刻的了解, 正如陆军部队对空中作战不需要有深刻了解一样, 因为在作战中陆军通常是受援方, 他们需要知道的, 主要是空中作战能为他们带来哪些作战效能。太空战士与网空作战的关系也是如此, 他们只需要获得和熟悉网战的基本知识。既然如此, 为他们设置相当于本科层次 200/300 级太空训练和太空基础知识的共同课即可。但是, 在电子战方面, 太空战士必须具备远更高深的知识, 因为他们将直接参与电子作战, 保卫自己的太空资产。

卫星由地面控制, 地面人员通过上行电子链路向卫星发送指令, 如果指挥链路被电子攻击破坏, 卫星就会立刻或者逐渐失效。进一步, 由于卫星的主要价值在于从高空有利位置收集信息和进行通信, 并且通信是由无线电子下行链路传送到地面, 那么, 一旦敌人电子攻击破坏下行链路, 就意味着立刻将卫星逐出战斗序列。例如, 敌人运用干扰手段针对 GPS 卫星的下行链路成功发动攻

击, 就能阻止用户接收精确和有用的卫星导航和报时信息。但是, 如果我们有效运用电子支援能力, 发现和锁定敌干扰器的地理位置, 就能采用可调的、实时的变频和过滤实施摧毁、避让或瘫痪, 或以提高发射器功率等其他电子保护战术来挫败敌人。显然, 掌握电子战技能, 是击败敌人对我太空系统链路的干扰攻击的核心要求。

和飞机的生存性一样, 卫星的生存性将取决于我们能否在电子战中占据优势。为确保太空系统在抗衡环境中生存, 太空战士需要全面掌握和运用电子战系统体系作战能力, 其构成部分包括: 电子干扰和电子反制手段, 用于削弱和击败敌人的 SOSI 系统及其反卫星武器的末端制导传感器; 电子支援装备, 用于确定和锁定敌链路干扰器的地理位置和特征印迹进而加以摧毁或瘫痪, 以及电子保护能力, 用于加强己方卫星防护以击败敌电子攻击。美国如果想在抗衡的太空环境中保卫自己的天基资产, 首要的关键, 就是在相关的电子战中夺得优势。但是, 尽管电子战对于保卫我方太空控制运作至关重要, 太空战士总体而言没有获得有关电子战的基本知识训练, 即使有, 也只是肤浅的入门知识, 或者是高度专门化的防链路干扰训练, 而没有学会如何打断敌人的防太空能力击杀链, 尤其是其中的重心——雷达。

结语和建议

幸而, 我太空战士在电子战教育和训练方面的缺口, 可以方便地弥合。我们可以采纳几个措施, 解决太空部队电子战技能不足的问题。首先, 对高级太空作战学校目前教授的初级电子战课程, 可以加以扩展, 更多地介绍电子战相关的雷达和光电 / 红外传感器知识, 因为此两者是潜在敌人防太空系统

击杀链的关键部分。另一个可选解决方案是，把这门初级电子战课程纳入本科太空训练教程中，确保所有太空战士都获得有关电子战的基础知识，然后他们可以在此基础上发展有效的防御性太空控制能力，和战术/战技/战规。第三，如何对敌人电子攻击做出响应，应该成为太空战士初始武器系统资格认证训练的一个重要内容，也是其后定期复习训练和演练的重要内容。最后，也许是最重要的，空军太空司令部应该考虑培养一支太空电子战军官队伍，他们应该参加空军为评级作战系统军官和电子战军官所安排的初始训练中相关部分的训练。组成这支队伍的人员，应该以太空武器军官为主，接受培训的最佳时

间，应该是在即将参加太空武器教官课程之前。这支太空电子战军官队伍的建设，应着眼于长期，最终，太空电子战军官应该构成太空作战职业领域的大部分，甚至全部。

太空战士的教育和训练，历史上主要围绕执行常规航天器飞行和卫星故障紧急应对程序。但是美国空军现在面对的是高风险抗衡太空环境，因此，策划和实施电子战，绝对对应成为太空作战中与传统的飞行安全任务同等重要的核心能力。如果空军的太空领导人和全体太空战士没有做好投入并打赢电子战的准备，美军依靠太空而获取的巨大作战优势，将岌岌可危。★

注释：

1. Lee Kennett, *The First Air War: 1914-1918* [1914-1918年第一次空中战争], (New York: Free Press, 1991), 220.
2. Thomas A. Keaney and Eliot A. Cohen, *Gulf War Air Power Survey Summary Report* [海湾战争空中力量运用调研总结报告], (Washington, DC: Office of the Secretary of the Air Force, 1993), 199; 另参看 Carl Conetta, *Project on Defense Alternatives Briefing Memo no. 30, subject: Catastrophic Interdiction: Air Power and the Collapse of the Iraqi Field Army in the 2003 War* [几种防御选择方案项目汇报备忘录 30号: 2003年战争中空中力量的空地拦截对伊拉克陆军野战部队的毁灭性打击], 26 September 2003, 2, <http://www.comw.org/pda/fulltext/0309bm30.pdf>.
3. Lt Gen T. Michael Moseley, *Operation IRAQI FREEDOM—By the Numbers* [用数字解说伊拉克自由作战行动], (Shaw AFB, SC: USCENTAF, 30 April 2003), 6, 11, <http://www.afhso.af.mil/shared/media/document/AFD-130613-025.pdf>.
4. Alfred Price, *Instruments of Darkness: The History of Electronic Warfare* [黑暗的手段: 电子战历史], new expanded and updated ed. (London: Macdonald and Jane's, 1977), 77.
5. 同上, 81-86, 93-95.
6. Maj Greg A. Grabow, "Schweinfurt Raids and the Pause in Daylight Strategic Bombing" [施韦因富特空袭与白昼战略轰炸的暂停], (master's thesis, US Army Command and General Staff College, 2008), 56.
7. 同注4, 第163页。
8. 同注4, 第164页。
9. Randall T. Wakelam, *The Science of Bombing: Operational Research in RAF Bomber Command* [轰炸的科学: 对英国皇家空军轰炸机司令部的作战研究], (Toronto: University of Toronto Press, 2009), 155.
10. 同上, 第139页; 另参看注4, 第151-60页。
11. *Treaty on Principles Governing the Activities of States in the Exploration and Use of Outer Space, Including the Moon and Other Celestial Bodies* [关于各国探索和利用外层空间包括月球和其他天体活动所应遵守原则的条约], (signed at Washington, London, Moscow, 27 January 1967), Art. II, US Department of State, <http://www.state.gov/t/isn/5181.htm>.
12. Colin Clark, "Chinese ASAT Test Was 'Successful': Lt. Gen. Raymond" [雷蒙德中将称中国反卫星试验取得成功], *BreakingDefense*, 14 April 2015, <http://breakingdefense.com/2015/04/chinese-asat-test-was-successful-lt-gen-raymond/>; 另参看 Leonard David, "China's Anti-satellite Test: Worrisome Debris Cloud Circles Earth" [中国反卫星试验: 碎片云包围地球]

- 引发忧虑], Space.com, 2 February 2007, <http://www.space.com/3415-china-anti-satellite-test-worrisome-debris-cloud-circles-earth.html>.
13. Maj Brian Garino and Maj Jane Gibson, "Space System Threats" [太空系统威胁], in AU-18, Space Primer, prepared by Air Command and Staff College Space Research Electives Seminars (Maxwell AFB, AL: Air University Press, 2009), 276, <http://aupress.maxwell.af.mil/digital/pdf/book/AU-18.pdf>; 另参看 Maj Dewitt Morgan III, "Space Power: A Critical Strength . . . and a Critical Vulnerability of the US Military" [太空力量: 美军的关键实力…同时也是致命弱点], research report (Newport, RI: Naval War College, 10 May 2007), 11.
 14. Office of the Secretary of Defense, Annual Report to Congress: Military and Security Developments Involving the People's Republic of China 2015 [中国 2015 年军事和安全发展报告], (Washington, DC: Office of the Secretary of Defense, 7 April 2015), 14-15, http://www.defense.gov/Portals/1/Documents/pubs/2015_China_Military_Power_Report.pdf.
 15. "Miniature Air Launched Decoy (MALD)" [空射微型诱饵机], Raytheon, <http://www.raytheon.com/capabilities/products/mald/>.
 16. "High Speed Anti-radiation Missile Targeting System" [高速反辐射导弹锁定目标系统], US Air Force, 18 October 2007, <http://www.af.mil/AboutUs/FactSheets/Display/tabid/224/Article/104602/high-speed-anti-radiation-missile-targeting-system.aspx>.
 17. "B-1B Lancer" [B-1B 枪骑兵轰炸机], US Air Force, 29 September 2015, <http://www.af.mil/AboutUs/FactSheets/Display/tabid/224/Article/104500/b-1b-lancer.aspx>; 另参看 Capt Lauri Turpin, "Large Aircraft Infrared Countermeasures—LAIRCM" [大型飞机红外对抗手段 LAIRCM], Pope Field, 2 May 2009, <http://www.pope.af.mil/news/story.asp?id=123147362>.
 18. Curtis E. LeMay Center for Doctrine Development and Education, "Defensive Space Control," in "Annex 3-14, Space Operations" [太空作战附件 3-14: 防御性太空控制], 19 June 2012, [4], <https://www.doctrine.af.mil/download.jsp?filename=3-14-D34-SPACE-OPS-DSC.pdf>.



E·林肯·博纳, 美国空军中校 (Lt Col E. Lincoln Bonner, USAF), 现任科罗拉多州空天防御设施某太空作战中队指挥官。他也曾担任空军总部空中力量战略官, 以及实施天基导弹预警的太空作战官和飞行测试工程师。他毕业于麻省理工学院、美国空军试飞员学院, 空军指挥参谋学院, 及空天力量高级研究学院。他持有空天工程学士和硕士学位, 目前为空军大学军事战略哲学博士候选人。

太空政策教学的背景、限制、内容及方法

Space-Policy Education: Contexts and Constraints, Content and Methodology

德怀特·劳哈拉，美国空军退役上校，国家安全太空学院教官（Dwight Rauhala, Col, retired, Instructor, National Security Space Institute）

太空开发的成功传奇及其沿革，也带来新的挑战。太空时代初期，利用太空的机会被少数几个国家垄断，不负责任或疏忽行为所造成的影响有限。如今，我们看到太空的影响几乎渗透到社会生活的各个方面。全球经济的增长和发展已经吸引越来越多的国家和组织追求开发太空。

——2010年《美国国家太空政策》

不久前，我和一位同事访问首都华盛顿，在国务院会见了达娜·约翰逊（Dana Johnson）博士。¹ 在讨论过程中，我们谈到了和美国太空活动相关的政策问题。讨论快结束时，身为乔治华盛顿大学和乔治城大学兼职教授的约翰逊博士问道：“你们是如何开展太空政策教学的？”她的提问，促使我思考我们在国家安全太空学院使用的各种教学法，尤其是《太空300》课程中的政策-战略教学单元。² 这又引出了另一个问题：我们有效地施教了正确的内容吗？

我出席过诸多有关教育和涉及太空主题的论坛，但是还从没参加过一个专题讨论太空政策教学的研讨会。我联系上彼得·海斯（Peter Hays）博士，请教他可以邀请哪些人士组织一场相关讨论。³ 海斯（和约翰逊）推荐的学术界人士中，正好有乔治华盛顿大学太空政策学院主任斯科特·培斯（Scott Pace）博士，此君于是做东，为这样一次圆桌讨论会议提供了场所。⁴

OJT = 在职培训
PNT = 卫星定位、导航、报时

我们为圆桌讨论会的议程拟定了下列问题：

1. 太空政策教学的使命和目的是什么（就一家具体的院校课程而言）？
2. 院校课程需要考虑哪些更大的背景和限制？
3. 注册这类课程和计划的学生具备什么性质？
4. 学生认为他们需要什么？他们实际上需要什么？
5. 他们有可能会使用什么？

讨论议程也包括一项对不同类型教学法及其相对利弊的调查。不出所料，我们看到，对所有五个问题的答案各有不同，最佳回答是“视情况而定”。例如在国家安全太空学院，学生都是军人或公务员，然而当他们需要思考太空政策时，面对的或所处的背景情况却五花八门。尽管大部分学生都从事太空相关的工作，但工作岗位各自不同。有些人从事——或者将从事——太空政策工作，而其他岗位也许只是与国家政策稍微沾点边而已。⁵ 类似的，乔治华盛顿大学太空政策学院的学生与其他院校同类专业的学生，也各自都有不同的背景和需要。例如，有些人尚未进入职业领域，也有些人已在——或注定会——从事公务员或私企工作，他们可能

会、也可能不会直接接触相关太空政策的问题。还有些人也许仅仅是出于兴趣而想了解太空的多个方面，他们除了教育的价值之外也许没有其他的直接需要。

需要是如此多样，财政限制也各有松紧，那么，什么类型的课程和教学法才能有效地满足学生们的核心需要，并有助于他们的职业和组织目标呢？国家安全太空学院的《太空 300》三周课程是按照某些特定背景限制而设计的，其中，预算和时间限制都是课程设计中的考虑因素。时间尤其是重大的限制，因为各军种、各作战司令部和其他军事及情报机构都难以让其人员长期离职学习。⁶反之，公立和私立院校传统上都是根据较长学期来设置其课程。⁷

由于《太空 300》课程限制为三周，所以师生接触时间通常涵盖每周五天，每天全日投入学习。其中大约三分之一时间集中研讨太空政策和战略。由于这些时间限制，我们不得不应对的一个问题是：关于太空政策应该具体讲授什么内容，讲授的内容应该设定在什么学习层次。⁸仅仅知道或理解某一特定政策本身的内容常常不够。学生们可能、也常常被分派担任某种职务，在其岗位上，他们必须参考国家级的政策，并将政策的相关性运用到具体情形中。于是，他们需要知道相关的总统指导和与总统指导及美国法律相一致的、有关监管和审核的流程。把一个没有先验知识或经验的人派置到这个流程中也是常有的事，那么他就只有通过“OJT”（在职培训）来熟悉业务了。

多年前，我被派往联合参谋部担任太空政策策划官，就是处于这种无奈的境地。⁹我作为联合参谋部的代表，负责审查商用遥感运营许可证申请——尽管我之前没有任何直

接相关的经验、训练、或教育。为履行我的许多职责，我必须研究那些自己所知甚少或一无所知的文件。比如，向联合参谋部报到之后不久，我的任务就涉及到为理查德·迈尔斯（Richard Myers）上将出席国家安全委员会代表委员会会议做准备工作，该会议将处理私营遥感分辨率限制问题。¹⁰我几乎没有接触过总统的 1996 年国家太空政策，对遥感政策和其它法规指导也闻所未闻；显然，我首先需要立刻埋头钻研所有相关的当局和既定政策指导，然后才能帮将军做准备工作并起草将军将在会议上建议的立场。¹¹经此历练，我思考着应该有一种更好的途径来帮助军官做好准备，以胜任类似的岗位——《太空 300》课程就是为此目的而设计。¹²

该课程涉及关于国家太空政策的各个方面。首先，它考虑世界范围的地缘政治环境，使学生了解国家当局在制定和颁布一项指导政策或采纳其他处理方式时的背景。如此，该课程开讲的第一课是以讨论的形式讲授“地缘政治基础知识”。其理论根据是，任何对相关太空政策和问题的研究都牵涉到具体地缘政治背景下的国家安全，就是说，政策的制定和考虑在本质上都受到背景环境的制约。

因此，背景环境显著影响到为什么一项政策给出这样或那样的指向。《太空 300》课程的“太空政策演变”单元帮助回答了这个问题“为什么”。这节课仔细解说 2010 年《美国国家太空政策》所反映的太空活动的原则，即美国的观点，并比较性回溯 1950 年代以来的国家太空及其它政策。¹³在研讨中，师生的讨论包括：某一具体时间发生了什么事，为什么会制定某一原则，该原则如何演变。这种方式促进学生的学习能力，使他们不仅学习某特定太空政策的内容，而且也了解为什么将其纳入学习范围。

除了研究国家有关太空现行政策,《太空300》课程也让学生熟悉美国国家级政策在政府跨部门之间的形成过程。通过了解国家安全委员会的组织机构,它与各部门的关系,以及一项政策从成形、提议、批准,到颁布的完整过程,学生们就能更加清楚地知道一项政策在制定和实施期间,政府内各行政部门的相互作用。¹⁴他们将认识到个人性格和影响力的重要性,也理解到总统的决策经常是许多部门和许多工作人员协商努力的结果。这时候,学生们就更能体会出各种力量在政策制定中发挥的作用。¹⁵

这也更好地帮助学生们为深入研究2010年国家太空政策做准备。然后学生分成几个小组,分别研究政策的不同部分,描述各部门职责与政策的原则及目的之间的关系。¹⁶学生们需要研讨为什么某些条文意义重大。教员点出政策的实质性部分,鼓励学生们发表自己的观点。在学习政策中关于卫星定位、导航、报时(PNT),以及空间运输的具体条文时,师生共同讨论这些条文如何影响目前仍然有效的PNT和空间运输政策,并借此机会继续探讨这些政策中的实质性要点。¹⁷我们不仅确定了这些政策之间的关系,而且也审视它们如何与当前的国家安全战略和国家利益相关联。¹⁸

在最终归纳出这些政策中的重大主题之后,学生需要找出政策中的适用部分,同时思考如何对现实世界情景做出反应。该政策练习作业是基于当今发生的某一真实情况或事件——通常是:美国政府可能已经做出了

一项临时裁定但还没有决定其最终立场。¹⁹我们要求学生分析并运用相关法律、政策、规章和协定,根据美国政府所持的立场和预期的进一步行动提出解决问题的潜在方案。

通过把国家级政策指导运用于现实情景,并确定和分析各种潜在备选行动方案的后果,就能更好地培养学生分析其他情景的能力。在政策考试中,我们以国家面对的某个假想危机为基础,要求学生正确运用相关的法律、战略、政策、协定和监管指导文件。学生扮演政府工作人员,奉命为一位要员出席国家安全委员会针对此危机召开的政策会议做准备工作并拟出建议。在考试阶段初期,我们给出一种情景,并留出一定时间让学生查阅相关的国家政策指导。学生们然后形成小组,模拟为解决这个问题配置不同人力。在最后准备中,学生们草拟出具体的思路和观点,整理出相关的参考文献,做最后的分析,并拟定出这位要员将向会议推荐的行动方案。国家安全太空学院的教员分别扮演将参加上述安全委员会会议的政府要员,配合几个学生小组,学生依次与其所服务的“要员”碰头。最后,学生小组提交自己选定的行动方案,表述这个方案的思路和推理过程,并列举所有相关的参考文献。

笔者所执教的国家安全太空学院正在继续评估这种方式教授太空政策的有效性。虽然不同的院校面对不同的机构和环境限制,在培养学生分析和运用国家政策上也有着不同的挑战性目标,笔者相信本校的这种教学方式应是其中一种有效的方法。★

注释:

1. Dana J. Johnson 博士是国务院新兴安全挑战办公室的太空政策高级顾问。如上面提到的,她也在首都华盛顿的两所大学里执教太空政策。

2. 国家安全太空学院 (The National Security Space Institute) 是美国空军教育训练司令部属下的教学机构, 位于科罗拉多州彼得森空军基地。《太空 300》是该学院开设的课程之一。
3. Peter L. Hays 博士是艾森豪威尔太空与防务研究中心的副主任, 也是乔治华盛顿大学太空政策学院的兼职教授。他是多本论述外太空活动的著作和文章的主编和作者。
4. 太空政策研究所是乔治华盛顿大学埃利奥特国际事务学院的一部分。该研究所重点关注政策相关问题和美国与其他国家之间的相互作用。John Logsdon 博士 (长期担任该研究所所长, 现在是该所的荣誉所长) 退休之后, 由 Pace 博士继任所长。参加圆桌会议的其他成员包括前面提到的 Hays 博士和 Johnson 博士、太空政策研究所荣誉所长 Logsdon 博士、美利坚大学的 Howard McCurdy 博士、海军研究生院的 Clay Moltz 博士、帕蒂兰德研究生院的 Forrest Morgan 博士、美国航空航天局历史学家 William Barryv 博士、艾森豪威尔太空与防务研究中心的 Deron Jackson、以及在国家安全太空学院执教的 Jonty Kasku-Jackson 和笔者本人。
5. 例子包括国防部政策副部长办公室和联合参谋部太空政策办公室内的军职和国防部文职人员。国务院和其他政府机构也有负责相关太空政策问题的办公室; 但是这些部门目前没有派送人员到国家安全太空学院接受太空政策教育。
6. 自不必说, 有些军方和公务员教育计划 (比如军种和联合作战院校的课程) 都有持续一年或更长的课程, 扩展的研究生教育资助培养计划也提供给少数文职和军职人员。但是, 也有许多教育计划因时间限制而较短。
7. 在此, 我指的是学位课程。许多院校也开设较短期的速成证书 (或其它) 班。
8. 学习程度通常被描述为“认知水平”。其中一个流行的特性描述的依据是本杰明·布卢姆的《教育目标分类学》(Taxonomy of Educational Objectives)。根据此分类学, 学习层次的分布从简单的知识水平 (记得信息但不必知道其重要性) 到评价 (判断某特别信息的价值)。其它学习层次是: 理解、应用、分析、合成。
9. 国家战争学院 (国防大学的一部分) 开设的课程被描述为“国家安全战略领域的高级课程, 目的是培养未来能胜任高层政策、指挥和参谋职责的军事和文职领导人。”参看 National War College, <http://nwc.ndu.edu> 网站介绍。换言之, 这种教育帮助学生在较广泛的国际地缘政治背景下战略性地思考国家层面的问题。美国法典第 51 卷第 6 篇第 601 章是授权美国商务部长监管私营地基遥感系统的美国法律, 其中部分权力包括该系统操作的许可证管理。国务院、国防部、商务部、内政部和情报部门之间, 就私营遥感卫星系统的经营许可而达成的谅解备忘录, 为包括联合参谋部 (参谋长联席会议主席) 在内的其他政府机构提供评审并协调执照申请的程序。
10. 美国空军的 Richard B. Myers 上将在 2000 年 2 月 29 日到 2001 年 10 月 1 日期间任参谋长联席会议副主席, 之后升任参联会主席。
11. 那个时期的一些重大相关指导包括 (但不限于): Presidential Decision Directive (PDD) [总统政策指令] / National Security Council (NSC) 49, National Space Policy [国家太空政策], 19 September 1996; PDD/NSC 23, Policy on Foreign Access to Remote Sensing Space Capabilities [关于外国利用遥感太空能力的政策], 10 March 1994; 15 Code of Federal Regulations (CFR) 960, Licensing of Private Land Remote-Sensing Space Systems [《美国联邦法规》第 15 卷第 960 章: 私营地基遥感太空系统许可证管理], 25 April 2006; the Land Remote Sensing Policy Act [陆基遥感政策法案] (现已编入第 51 卷第 6 篇第 601 章, Licensing of Private Remote Sensing Space Systems)[私人遥感太空系统许可证管理]。
12. 《太空 300》课程设置于 2005 年, 是当年秋季使用的第一个教材蓝本。促成这门课程的动力主要来自“美国国家安全太空管理与组织评估委员会的报告”(Report of the Commission to Assess United States National Security Space Management and Organization, 11 January 2001) 中关于国家需要太空相关问题专家的建议。
13. 2010 年《国家太空政策》是目前文献版本。见美国总统 National Space Policy of the United States of America [美国国家太空政策] (Washington, DC: White House, 28 June 2010), https://www.whitehouse.gov/sites/default/files/national_space_policy_6-28-10.pdf。从卡特到奥巴马, 历届美国总统政府都颁布最少一部国家太空政策 (用同样名称)。在卡特之前, 就已经制定了相当数量的总统太空政策。其中两项早期重大政策来自艾森豪威尔总统执政时期: NSC 5520, Statement of Policy on U.S. Scientific Satellite Program [关于美国科学卫星计划的政策声明], 20 May 1955, 和 NSC 5918/1, U.S. Policy on Outer Space [美国外层空间政策], 26 January 1960。这些文献帮助阐明目前国家太空政策中反映的一些原则。
14. 依据 1947 年的《国家安全法案》成立的国家安全委员会 (NSC) 体现在《美国法典》第 50 卷第 3021 节。每位总统都合法地对 NSC 系统加以调整, 以便它能最好地为自己服务, 并通常在总统指令 (比如奥巴马总统 2009 年 2 月 13 日的 1 号总统政策指令) 中加以清楚表达。
15. 在其执政期间, 奥巴马总统颁布了一套新的国家太空政策和太空运输政策。然而, 小布什总统的商用遥感与定位、导航、报时政策仍然大体 / 整体上有效。学生们也学习如何做出这种判定。

16. 仿照政府的目标和政策的处理方式，政策被划分为部门指导方针，它们具体描述不同部门和部门间、以及商业、民间和国家安全部门（国防部和情报部门）的责任。
17. 在颁发 2010 年国家太空政策（NSP）时，当时执行的定位、导航、报时（PNT）政策和太空运输政策（STP）都出自小布什政府；严格说，这些政策仍然有效。2013 年，奥巴马政府颁布了新的 STP，从而取代了小布什时代的政策；但奥巴马政府还没有颁布新的 PNT 政策。其结果，只有 NSP 里具体涉及 PNT 的条文取代了小布什时代 PNT 中的那些具体规定，而小布什政策的其他部分严格说仍然有效。尽管目前的 NSP 彻底废除了小布什政府的太空探索政策，但布什政府的美国商务遥感政策仍然有效。我们与学生探讨这些条文，并展示如何判定哪些政策（部分或整体）仍然有效。
18. 在“将美国太空政策对齐国家利益”专栏文章中，作者 Scott Pace 博士明确表示：“我的论点是，国际太空合作、太空商务和国际太空安全讨论可以相互促进，从而在所有太空活动的可持续性和安全方面增进美国利益。然而，当前，这些活动主要是依据各自的利益判断进行的，而不是作为一体化国家战略的一部分。”参看 Scott Pace, “Align U.S. Space Policy with National Interests” [将美国太空政策对齐国家利益], SpaceNews, 26 March 2015, <http://spaceneews.com/op-ed-align-u-s-space-policy-with-national-interests>. 这些评论无意指责 NSP 在其他方面不支持国家安全战略中阐述的美国国家利益。
19. 1992 年的《陆基遥感政策法案》（现已编入《美国法典》第 51 卷的第 601 章）把监管私营天基遥感系统规章的权限授予商务部长（通过国家海洋与大气管理局的商务遥感监管事务办公室行使）。随着时间的推移，对操作这些高分辨率成像卫星的限制已经逐渐发生了变化，从而使该行业能够运作更强大的卫星，并出售越来越清晰的影像产品。作为学生们作业练习的基础，国家安全太空学院会经常使用政府的实例，比如政府正处于针对改变操作限制的要求而须做出规则裁定的情境。有趣的是，我们发现有些（不是全部）学生小组经常拿出与美国政府过渡性立场类似或同样的建议。



德怀特·劳哈拉，美国空军退役上校（Dwight Rauhala, Col, retired, USAF），佛罗里达大学设计学士，韦伯斯特大学文科硕士，国家战争学院理科硕士，现为科罗拉多州科罗拉多泉国家安全太空学院太空 300 课程战略与政策教官。他是职业太空与导弹作战官，在美国空军服役超过 25 年后以上校军衔退役。他曾担任中队、大队、联队、一级司令部、空军参谋部及联合司令部层级的作战与参谋职务，其间包括担任一个民兵 III 型洲际弹道导弹作战中队指挥官，并三度在五角大楼任职。此外他被指定为联合专业军官，在联合参谋部期间担任战略规划与政策部太空与导弹防御政策处长，作为首席顾问就太空与导弹防御政策相关一切事宜向战略规划与政策部长（J-5）提供咨询。在此职位上他直接参与了 2000-2001 年太空委员会事务，并担任联合参谋部就太空相关政策问题与国家安全委员会太空政策协调委员会和跨部委的主要联络人。



突破战术飞机航空技术接近极限的困境

The Limits of Tactical Aviation Technology

托马斯·R·麦卡布，美国空军后备役退役中校（Lt Col Thomas R. McCabe, USAFR, Retired）*

几个世代以来，美军——尤其是美国空军——依赖军事技术优势，在战场上稳居上风。与常规敌军对抗，美军技高一筹已成定例，以至大家习以为常。只是，好景难再，还能维持多久，众说纷纭。许多人认为，就技术而论，我们已经陷入停滞状态，尤其是在战术航空平台领域。本文提议我军从两个方面着手，突破这种困境。

目前形势

我军目前的航空优势主要立足于冷战时期最后几十年研发和部署的技术。¹但是，自那场意识形态冲突结束以来，我军的作战飞机航空技术无甚长进。新获得的重要作战能力仅有两项：(1) 已投入部署的数量不多的F-22飞机，具备较为先进的隐形机型，能够执行超音速巡航任务；(2) 至今无法批量生产的F-35飞机。²除此之外，我们把大量精力集中在对现有能力的有限升级，以及研发和部署遥驾飞机系统。³

过去二十多年的地缘政治环境，成就了我军当今这种状态。在1980年代，我军利用新装备对航空兵部队进行了大规模的更新换代，却在苏联解体后失去了旗鼓相当对手。自那时以来，我们的重点是改进指挥、控制、通信、计算机、情报监视和遥驾系统，不再重

视有人驾驶战术飞机技术的研发。不幸的是，这种多少有点宽容的地缘政治和作战环境不大可能一直如此。

目前，我们在全球面临一个混乱和日益危险的威胁环境。中国、俄国、伊朗、朝鲜和形形色色的极端伊斯兰/恐怖分子，还有许多其他组织，都对我们的国家安全提出挑战。尤其是，中国试图利用反进入和区域拒止战略挫败我们在西太平洋地区投送力量的能力，而该项战略已经取得巨大进展，建立了执行该战略所需的技术基础。此外，中国人正在空天技术领域推行一系列令人目不暇接的变革。⁴

当（潜在）敌方迎头赶上时，最显而易见的对策——也是我军历史上一贯的对策——就是突飞猛进发展技术。然而遗憾的是，如前所述，有人驾驶军事航空技术，尤其是有人驾驶战术飞机，似乎正处于停滞状态。在2010年启动的空军长远研究纲领“技术地平线”计划中，只有一小部分涉及实际的飞机技术。该计划的首要重点是先进的（而且，无疑地，可能是革命性的）计算机应用程序，其预期用途是从事我们已经在做的事情——只是更快一点，成本更低一点，使用的人力更少一点。⁵目前对有人驾驶战术飞机的研究大多数以现有系统的所谓逐步改进和持续发展为主，而对于可能取代此类飞机

* 本文部分内容由利昂·麦金尼（Leon McKinney）提供，特致感谢。

的下一代战机的研究仅进入初步阶段。至少在今后 20 年内，有人驾驶战术飞机的采购基本上就是购买目前仍在装配线上的那些飞机。⁶ 海军也处于类似的境地。⁷ 此外，尽管我们显然正在对未来的遥驾系统倾注大量的精力，它们最终能具有什么样的作战能力——尤其是，它们在动态的、高风险战场上的生存能力究竟如何——仍然有待实践证明，不能光凭那些系统推介者的热情追捧。

我们必须承认，有人驾驶战术航空技术停滞不前的一个核心原因是，我们正在接近——如果说尚未达到——战术作战飞机目前可达且经济能力许可的极限。此外，至少有可能的是，我们已经达到或几乎达到有人驾驶喷气式作战飞机的技术可行极限。对现有系统所做的任何可能升级，都不是真正的技术突破，都谈不上改变游戏规则。⁸ 除了这些升级之外，没有可以继续研发的可见或可用的突破点。在目前阶段，唯一明显的例外是，有源电子扫描阵列雷达也许能使我们拥有高功率微波武器作战能力；其他例外则包括反电子高功率微波先进导弹工程弹头等电磁脉冲武器，以及我们已经开发或将要开发的计算机网络攻击能力。⁹

不幸的是，并非只有美军才能获得此类技术。世界上其他国家，尤其是我们的对手，正在急起直追，预计不久甚至已经在某些领域掌握和部署这些技术。更令人不安的是，可能在最近的将来改变游戏规则的一些技术，例如极远程空对空导弹、精准制导反舰弹道导弹、网空武器、隐形巡航导弹以及各类先进弹头（例如集束弹、电磁脉冲弹和燃料空气爆破弹），既可能由我们用来对付敌方，也可能（即使并非更有可能）被敌方用来对付我们。显然，这些技术对于我们将在世界各地面临的战略和战术形势产生深远的影响。

具体而言，我们和我们的盟国将不一定能够继续依赖优势的技术和作战能力，无法像冷战结束之后那样，以技术优势来增强兵力和弥补兵员不足。另一方面，鉴于我们持续的财政和经济状况，汰换陈旧装备和研发新技术将会遇到巨大的困难。我们不应该期望通过遥驾系统的低成本来缓解目前的困境。至今部署的遥驾系统大多相对便宜，因为它们的机体比较简单，价格低廉。但是，随着机体和传感器组件越来越复杂，成本会迅速上升。那末，我们怎么办？

未来出路

首先，我们必须灌溉未来研究和开发之树，并且要持续灌溉——但是，我们只能从长远观点来期望树木结果。例如，目前，空军和国防先进研究计划局似乎有一个较为一致的高超音速（飞行速度达到或超过 5 马赫）研究计划。但是，眼前的重点应是提升战术导弹，有预计称可望在 2030 年开发出较大型和可反复使用的遥驾高超音速飞机，在 2040 年推出有人驾驶高超音速飞机。¹⁰ 如果我们无法立即或快速在机体或发动机方面取得重大进展，是否有其他替代方案？我们能否在最近或不远的将来采摘伸手可及的成果，这些成果应能提供新的作战能力，或至少能扩展现有系统的生存能力，而且最好是不需要耗费巨额预算？

有两个方面也许值得探索，而且如果落实，可望最快在今后五、六年内产生影响。此外，在我们需要从更远的距离应对更精明的敌方部署反进入和区域拒止系统的作战环境中，这两个方面的发展将会证明特别有用。它们是：射程加大的空对空导弹和高效燃料（后者更加隐蔽和不引人注意）。

射程加大的空对空导弹

如前所述，我们面临的形势是，射程日渐加大的空对空导弹有可能扩散或不可避免地会扩散。据报道，中国人正在部署的空对空导弹，其射程至少相当于美国目前部署的空对空导弹。¹¹ 因此，在 F-35 普遍部署之前，美国战斗机队及盟军所依赖的第四代战机将不再拥有导弹射程优势。俄国人正开始在其升级型米格 -31BM 上部署 R-37/AA-X-13（据可靠的信息来源报道，其射程超过 150 海里）。¹² 此外，俄国人声称此类导弹的变型还可以安装在其他飞机上，例如苏 -35 和 T-50 第五代战斗机。¹³ 俄国人的 R-172/K-100 导弹更令人不安，据报道其射程可达 200 海里或以上。¹⁴ 一旦面世，这种导弹可安装在广泛部署的苏 -27 系列飞机上。¹⁵ 最起码，此类极远程系统很可能对加油机和机载预警与控制系统飞机等易受攻击的支援飞机构成很大的威胁，而我们的空中作战行动极为依赖这些支援飞机。

AIM-120D 是我军中最新型号的先进中空对空导弹（AMRAAM），据报道其射程比早期 AMRAAM 增加 50%（据说增加到 97 海里），但除此之外，我军的武库中没有射程更大的空对空导弹，而且研发计划中也没有。¹⁶ 海军的 Phoenix 导弹和携带这种导弹的 F-14 飞机早已成为历史。原先打算取代 AMRAAM（以及 AGM-88 高速反辐射导弹）的下一代导弹 / 联合两用空中优势导弹，据说由于经费负担问题已在 2012 年取消研发计划，但是有些信息来源认为这个保密项目可能仍在继续。¹⁷ 由于该导弹的主要预期特点之一是显著加大射程，因此其研发工作应该作为一个主要优先项目予以恢复。¹⁸ 我们曾经考虑过在 AMRAAM 上安装一台冲压式喷气发动机，借以加大射程和提升作战能力，就像若干下一

代导弹的做法那样，例如英国 Meteor 导弹、报道中的中国 PL-21 导弹，以及可能还有俄国 R-77/AA-12 导弹的一个型号。¹⁹ 如果这么做能进一步改善 AIM-120D 的射程和作战能力，我们应该认真考虑重新启动这个研发项目。还有，雷声公司正在研发一种可用于地面发射台的射程延伸型 AMRAAM（称为 AMRAAM-ER），我们应该考虑对其加以改进而用于极远程空对空作战。²⁰ 我们还应该考虑重新启用网络中心机载防御系统（NCADE）导弹计划，用作极远程空对空导弹的替代方案。NCADE 原定于弹道导弹防御的助推段拦截，它采用 AMRAAM 导弹壳体以及来自 AIM-9X 的先进火箭助推器和红外寻的器。²¹ 初步试验显然是成功的，但是 2013 财政年度或随后年度的预算中，似乎没有包括这个计划。²²

我们应该考虑的能改进未来导弹作战能力的另一个功能，涉及（如果技术上可行）在 AMRAAM 上安装一台有源电子扫描阵列雷达，就像日本人已经在 AAM-4B 导弹上安装的那样，以及英国人也许会在 Meteor 导弹上安装的那样。（AAM-4 比 AIM-120 略大，可携带较大的天线。）²³ 安装在导弹上的有源电子扫描阵列雷达能自主追踪目标，并可增大探测距离，据说可多达 40%。²⁴ 我们还可以利用氮化镓元件技术实行雷达升级，进一步增大其探测距离。²⁵

高效燃料

增大飞机航程的另一个显而易见但未受大量关注的方法是，使用单位容积能量密度较高的燃料，以此燃料取代目前燃料，重量无明显超过，却可增程。零星的报道显示，在冷战时期，苏联人曾经研发和使用一种燃料，其单位容积能量密度高于西方通常使用

的燃料，遂使其飞机航程显著超过预期，但是此类报道至今仍未得到公开确认。²⁶ 最近，美国在研究一种新燃料，称为 JP-900，理由有二：一是取代从石油生产的燃料（研究中的燃料以煤为主要原料）；二是其耐热性优于目前燃料（取名 JP-900，是因为它在 900 华氏度的高温下仍能在一个特定时段内保持稳定）。研究结果确认，JP-900 的能量密度也高于目前使用的喷气发动机燃料，尽管只超过几个百分点。²⁷ 但是，高能量密度似乎只是研究项目的次要考虑因素。国防部应该把能量密度作为此类研究的首要考虑因素，同时也要考虑成本（新燃料的成本不应该高于现有燃料），以及确保不需要修改飞机系统就可以立即用新燃料替代现有燃料。²⁸

结语

美国当仁不让占据世界空天技术头号超级大国交椅的时代也许仍未结束，但是自鸣得意显然不足取。最重要的是，我们需要看

到竞争的长期性，必须不断地精心灌溉我们自己的空天创新大树，尤其是对于战术系统而言。诚如本文的分析所示，这棵大树上伸手可及就能采摘的果实，已经寥寥无几。我们应该尽快调整对作战飞机和系统的前瞻，突破束缚，创新思维，时不我待。

除了应用快速成型等新兴技术之外，我们还应该寻求私营企业的帮助。²⁹ 许多公司在网空和空间运载火箭等领域处于领先地位。例如，SpaceX 似乎正在以低于历史规范的成本提供空间运载火箭能力，给这个领域带来革命性变化。³⁰ 此外，该公司显然还想再发动一场革命，使此类运载火箭能够完全重复使用。³¹ 若干民营公司也许正在高速飞行领域实施一场类似的革命，这与本文论述的内容有密切关系。例如，Hypermach 公司正在设计先进的商务喷气飞机 SonicStar，试图达到 4 马赫以上的巡航速度。³² 我建议国防先进研究计划局和空军密切关注其研发进程，如果切实可行，应该探索将该项技术转换到作战用途的可行性。³³ ★

注释：

1. 这些技术包括：

- 集成度越来越高而不再是离散子系统组合的第四代飞机，如 F-15、F-16 和 F-18；
- 隐形飞机；
- 以 AIM-9L “响尾蛇” 为首的全向攻击红外制导空对空导弹；
- 有源雷达制导空对空导弹，如 AIM-120 先进中程空对空导弹；
- 精准制导空对面弹药；
- 俯视俯射雷达；
- 精准导航系统，尤其是全球定位系统；
- 进行集成作战和战争所需的指挥、控制、通信、计算机和情报系统。

2. 除了隐形特点之外，许多人认为 F-35A 并没有比 F-16 有多大改进，而且在一些重要的性能（最大速度和机动性）方面它实际上还不如 F-16。

3. 这些升级包括经过改进的武器；更先进的电子装置和发动机；飞机上和飞机之间传感器的进一步集成；指挥、控制、通信、计算机和情报系统的改进；维护日渐陈旧的机队并且同时在多个冲突中作战。

4. 这些变革涉及下列各项：

- 先进的军用作战飞机，包括隐形飞机；
- 支援飞机；
- 遥驾航空系统；
- 精准制导远程导弹，包括反舰弹道导弹；
- 防空；
- 反卫星系统；
- 航空母舰；
- 载人空间系统。

请参看 Lt Col Thomas R. McCabe, *China's Air and Space Revolutions [中国的空天变革]*, Mitchell Paper 10 (Arlington, VA: Mitchell Institute Press, 2013), http://higherlogicdownload.s3.amazonaws.com/AFA/6379b747-7730-4f82-9b45-a1c80d6c8fdb/UploadedImages/Mitchell%20Publications/MP10_China.pdf.

5. Office of the United States Air Force Chief Scientist, *Technology Horizons: A Vision for Air Force Science and Technology, 2010-30 [技术地平线：空军 2010-2030 年科技愿景]*, vol. 1, AF/ST-TR-10-01-PR (Washington, DC: Office of the United States Air Force Chief Scientist, September 2011), http://www.defenseinnovationmarketplace.mil/resources/AF_TechnologyHorizons2010-2030.pdf. 最近的研究，例如以下“全球地平线”报告，也显示缺乏对航空学的重点关注。请参看 Office of the United States Air Force Chief Scientist, *Global Horizons Final Report: United States Air Force Global Science and Technology Vision [全球地平线最终报告：美国空军全球科技愿景]*, AF/ST TR 13-01 (Washington, DC: Office of the United States Air Force Chief Scientist, 21 June 2013), <http://www.defenseinnovationmarketplace.mil/resources/GlobalHorizonsFINALREPORT6-26-13.pdf>. 有趣的是，马克·梅博瑞博士 (Dr. Mark Maybury) 关于该主题的一份简报提到了模块性和速度 (未在本文提及) 作为航空游戏规则改变因素，但是没有具体说明这方面的研究工作。参看 Briefing, Dr. Mark Maybury, subject: Air Force Global Horizons [主题：空军全球地平线], 24 April 2013, <http://www.dtic.mil/ndia/2013ST/Maybury.pdf>; 另参看 House, Dr. David E. Walker, Fiscal Year 2014 Air Force Science and Technology, Presentation to the House Armed Services Committee, Subcommittee on Intelligence, Emerging Threats and Capabilities [2014 财政年度的空军科技，提交众院武装部队委员会情报、新现威胁和作战能力小组委员会的报告], 113th Cong., 1st sess., 16 April 2013, http://www.defenseinnovationmarketplace.mil/resources/FY14_AF_ST-Testimony.pdf. 在 2014 年，空军部发布的《美国空军：响应未来召唤》没有提到超级飞机是一项优先考虑。请参看 Deborah Lee James [secretary of the Air Force], *America's Air Force: A Call to the Future [美国空军：响应未来召唤]*, (Washington, DC: Headquarters US Air Force, July 2014), http://airman.dodlive.mil/files/2014/07/AF_30_Year_Strategy_2.pdf. 还有，在 2015 年初，空军的科学顾问委员会的关注重点在于量子系统、网空易受攻击性和遥驾系统等方面的研究。请参看 Aaron Mehta, “US Air Force Launches Trio of Tech Studies” [美国空军启动三项技术研究], *DefenseNews*, 31 January 2015, <http://www.defensenews.com/story/defense/air-space/air-force/2015/01/31/usaf-launches-study-trio-sab/22524543/>. 空军和国防先进研究计划局对未来空战的分析也明显地没有预期飞机性能和作战能力会有多大改善。请参看 Marc Schanz, “Rethinking Air Dominance” [重新思考制空权], *Air Force Magazine* 96, no. 7 (July 2013): 36–39; 另参看 Graham Warwick, “No Silver Bullet” [没有万能的银子弹], *Aviation Week* 175, no. 16 (20 May 2013): 52.
6. 除了远程攻击轰炸机也许 (但不大可能) 是一个例外，没有任何一项空军的首要现代化优先计划 (F-35、KC-46 加油机、远程攻击轰炸机、E-8 联合监视目标攻击雷达系统替代机和 T-X 教练机) 能够扩展飞机性能范围。请参看 June L. Kim, “The Top Modernization Priorities Developing Airmen” [发展空军的首要现代化任务], *Air Force Magazine* 97, no. 11 (November 2014): 39-40.
7. 海军声称其处于生产阶段或设计阶段的飞机项目是空军的三倍。但是，查看一下实际项目 (F/A-18 的三个改型、F-35 的两个改型、P-8 巡逻机 [重新设计的波音 737]、正在生产的 V-22 偏转式旋翼飞机、刚启动的先进战斗机项目以及处于设计阶段的隐形无人驾驶作战飞机)，即可发现海军也有同样的问题。请参看 John A. Tirpak, “Navy Offers Airplane-Building Advice” [海军提供飞机建造忠告], *Air Force Magazine* 96, no. 8 (August 2013): 14.
8. 这些包括有源电子扫描阵列雷达，它可增大探测距离，改善可靠性和生存能力，在某种程度上提高对隐形平台和巡航导弹等小型目标的探测能力；对发动机的改进，也许可使飞机扩展作战范围和提高速度；对飞机隐形性能的改进，可能重点在增大飞机防范的雷达频率范围，以及改善生产和维护便利性；此外还包括提高传感器的功能和集成程度以及改善计算机的性能，在某种程度上有助于应对扑朔迷离的战况变化、数据超载、干扰和敌方隐形技术。
9. James Drew, “USAF Nominates JASSM Missile to Host New Computer-Killing Weapon” [美国空军决定用联合空地对地防区外导弹携带新型计算机杀伤武器], *Flight-global*, 14 May 2015, <http://www.flightglobal.com/news/articles/usaf-nominates-jassm-missile-to-host-new-computer-killing-412348/>. 读者可注意报道中所传的以色列人在 2007 年 10 月 CHAMP 行动中

- 突袭叙利亚核反应堆时所用的“Suter”机载网络攻击系统。请参看 John Antal, “Ray Guns and War” [射线枪与战争], *Military Technology* 36, no. 8 (2012): 43; 另参看 David A. Fulghum and Douglas Barrie, “Israel Used Electronic Attack in Air Strike against Syrian Mystery Target” [以色列在空袭叙利亚神秘目标中进行电子攻击], *Aviation Week.com*, 8 October 2007, <http://abcnews.go.com/Technology/story?id=3702807&page=1>.
10. John A. Tirpak, “Getting All Hyper” [一切都要超], *Air Force Magazine* 98, no. 3 (March 2015): 18. 若要了解战术导弹的详细信息, 请参看 Kris Osborn, “AF Chief Scientist: Air Force Working on New Hypersonic Air Vehicle” [空军首席科学家: 空军正在研发新型高超音速航空器], *Defensetech*, 1 June 2015, <http://defensetech.org/2015/06/01/af-chief-scientist-air-force-working-on-new-hypersonic-air-vehicle/>.
 11. Wendell Minnick, “China Reveals New AMRAAM” [中国透露新型先进中程空空导弹], *DefenseNews*, 23 May 2011, <http://minnickarticles.blogspot.com/2011/05/china-reveals-new-amraam.html>; 另参看 Richard Fisher Jr., “China's Emerging 5th Generation Air-to-Air Missiles” [中国新露面的第五代空空导弹], *International Assessment and Strategy Center*, 2 February 2008, http://www.strategycenter.net/research/pubID.181/pub_detail.asp.
 12. Dr. Carlo Kopp, *The Russian Philosophy of Beyond Visual Range Air Combat* [俄国对超视距空战的指导思想], *Technical Report APA-TR-2008-0301*, *Air Power Australia*, updated April 2012, <http://www.ausairpower.net/APA-Rus-BVR-AAM.html>; 另参看 “Russian Air Force Tests New Air-to-Air Missile” [俄国空军试验新型空空导弹], *Sputnik International*, 24 January 2012, <http://en.rian.ru/russia/20120124/170929008.html>.
 13. “In the News: Missiles and Radars” [今日要闻: 导弹和雷达], *Beyond Defence (blog)*, 11 September 2013, <https://beyonddefence.wordpress.com/tag/rvv-bd/>; 另参看 Bill Sweetman, “Cloak and Dagger” [谍影重重], *Aviation Week* 175, no. 30 (2 September 2103): 29.
 14. 同注 12 “俄国的指导思想”。
 15. 同注 12 “俄国的指导思想”。
 16. Mike Hoffman, “Lockheed Test Pilot Calls for Longer Range AIM-120” [洛克希德试飞员要求有射程更大的 AIM-120 导弹], *Defensetech*, 18 February 2014, <http://defensetech.org/2014/02/18/test-pilot-calls-for-longer-range-aim-120/>. 必须注意的是, AIM-120 的各次报道射程差距很大, 也许取决于各种因素, 例如发射高度和发射飞机的速度。
 17. Zach Rosenberg, “USAF Cancels AMRAAM Replacement” [美国空军取消先进中程空空导弹取代项目], *Flightglobal*, 14 February 2012, <http://www.flightglobal.com/news/articles/usaf-cancels-amraam-replacement-368249/>; 另参看 Dave Majumdar, “AF Looks to Trim Procurement, R&D in 2013” [空军寻求在 2013 年削减采购和研发], *Air Force Times*, 13 February 2012, <http://www.airforcetimes.com/article/20120213/NEWS/2012130341/>; 另参看 Amy Butler, “Next-Generation Fighter, Directed Energy Weapons May Converge” [下一代战斗机和定向能武器可能交汇], *Aviation Week*, 5 August 2014, <http://aviationweek.com/defense/next-generation-fighter-directed-energy-weapons-may-converge>.
 18. Stephen Trimble, “In Focus: USAF Committed to Replace AMRAAM and HARM with New Missile” [新闻聚焦: 美国空军执意要用新型导弹取代先进中程空空导弹和高速反辐射导弹], *Flightglobal*, 6 December 2011, <http://www.flightglobal.com/news/articles/in-focus-usaf-committed-to-replace-amraam-and-harm-with-new-365333>.
 19. Douglas Barrie, “British Court Germany and France on FMRAAM Project” [英国人吸引德国和法国共同参与未来中程空空导弹项目], *Flightglobal*, 14 June 1995, <http://www.flightglobal.com/news/articles/british-court-germany-and-france-on-fmraam-project-25672/>; 另参看 Dr. Gareth Evans, “Air-to-Air Missiles—Expanding the No-Escape Zone” [空空导弹—扩大无法逃脱区域], *airforce-technology.com*, 11 April 2012, <http://www.airforce-technology.com/features/featureair-to-air-missiles-expanding-the-no-escape-zone/>; 另参看 Wendell Minnick, “China Developing Counterstealth Weapons” [中国正在研发反隐形武器], *Defense-News*, 31 January 2011, <http://www.defensenews.com/article/20110131/DEFBEAT04/101310315/China-Developing-Counterstealth-Weapons/>; 另参看 Douglas Barrie, “Vypel Launches R-77 Ramjet from Su-27” [Vypel 系统从苏 -27 飞机发射 R-77 冲压式喷气导弹], *Flightglobal*, 5 July 1995, <http://www.flightglobal.com/news/articles/vypel-launches-r-77-ramjet-from-su-27-21749/>.
 20. Richard Tomkins, “Raytheon Developing Extended Range AMRAAM” [雷神公司正在研发射程加大的先进中程空空导弹], *UPI*, 24 February 2015, http://www.upi.com/Business_News/Security-Industry/2015/02/24/Raytheon-developing-extended-range-AMRAAM/5641424782276/.
 21. 请参看 “NCADE: An ABM AMRAAM—Or Something More?” [网络中心机载防御系统: 是一种反弹道导弹式先进中程空空导弹, 还是另有蹊跷?], *Defense Industry Daily*, 20 November 2008, <http://www.defenseindustrydaily.com/ncade-an-abm-amraam-03305/>; 另参看 “Exhibit R-2, RDT&E Budget Item Justification: PB 2013 Air Force” (U) [附件 R-2, 研究、开发、试验和评估预算项目说明: 2013 财年年度关于空军的总统预算], February 2012, <http://www.globalsecurity.org/military/library/budget/fy2013/usaf-peds/0604330f.pdf>.

22. Baker Spring, "President Obama's Missile Defense Program Falls behind the Threat" [奥巴马总统的导弹防御计划对付不了威胁], Back-grounder no. 2686, Heritage Foundation, 3 May 2012, http://thf_media.s3.amazonaws.com/2012/pdf/bg2686.pdf; 另参看 Spring, "Congress Must Stop Obama's Downward Spiral of Missile Defense" [国会必须终止奥巴马的走下坡的导弹防御计划], Issue Brief, Heritage Foundation, 20 May 2013, <http://www.heritage.org/research/reports/2013/05/congress-must-stop-obamas-downward-spiral-of-missile-defense>. 笔者也未能于 2015 财年年度预算中找到任何提及试验计划的词语。
23. Bradley Perrett, "Japanese Guidance" [日本导向], Aviation Week 176, no. 26 (28 July 2014): 27; 另参看 Perrett, "Japan Upgrading 60 F-2s with AAM-4, J/APG-2" [日本人用 AAM-4, J/APG-2 对 60 架 F-2 进行升级改造], Aviation Week, 27 February 2012, http://www.aviationweek.com/Article.aspx?id=/article-xml/AW_02_27_2012_p27-428848.xml.
24. 同上文“日本人进行升级改造”。
25. 请参看 Amy Butler and Graham Warwick, "Power Circuit" [电源电路], Aviation Week 176, no. 5 (17 February 2014): 45; 另参看 Sydney J. Freedberg Jr., "The Biggest Thing since Silicon: Raytheon's Gallium Nitride Breakthrough" [自硅兴起以来最重要的材料：雷声的氮化镓技术突破], Breaking Defense, 20 February 2015, <http://breakingdefense.com/2015/02/the-biggest-thing-since-silicon-raytheons-gallium-nitride-breakthrough/>.
26. George C. Larson, "Cool Fuel" [冷燃料], Air and Space 19, no. 3 (August/September 2004): 12. 有些信息来源指向俄国 T-6 燃料，其重量大于俄国通常使用的喷气机燃料，但是无法获得具体的性能数据。参看 Lori M. Balster et al, "Development of an Advanced, Thermally Stable, Coal-Based Jet Fuel" [研发一种先进的、具有热稳定性的煤基喷气机燃料], Fuel Processing Technology 89, no. 4 (April 2008): 366, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037838200700238X>.
27. 笔者估计（且已得到一位飞行员同僚确认），JP-900 的能量密度提升幅度大约为 6%。但是，密度提升的代价是，燃料性能略有下降，并且重量稍有增加。依据注 26 中 Balster 文“研发燃料”图 1。
28. 据有些信息来源报道，JP-900 的密度太高，无法用于未经改造的燃料系统。请参看注 26 中 Balster 文“研发燃料”，第 366 页。
29. Aaron Mehta, "Rapid Prototyping the New Model: Sikorsky's New Norm Saves Money, Time" [实现西科斯基新型号“新规范”飞机的快速成型可节省金钱和时间], DefenseNews, 31 October 2013, <http://www.defensenews.com/article/20131031/DEFREG02/310310025/Rapid-Prototyping-New-Model>.
30. Andrew Chaikin, "Is SpaceX Changing the Rocket Equation?" [SpaceX 正在颠覆传统的火箭概念吗?], Air & Space, January 2012, <http://www.airspacemag.com/space/is-spacex-changing-the-rocket-equation-132285884/>.
31. 同上。另一方面，英国人正在试图跳过这个研发阶段，直接使用其单级入轨运载器 Skylon。
32. Chad Trautvetter, "HyperMach Reconfigures SSBJ Design, Aiming for Mach 4.5" [HyperMach 公司修改超音速商务飞机设计，试图达到 4.5 马赫飞行速度], AIN Online, 6 December 2012, <http://www.ainonline.com/aviation-news/2012-12-06/hypermach-reconfigures-ssbj-design-aiming-mach-45>.
33. 毋庸置疑，这是一个很大的“如果”。十年前，就有关于超音速商务飞机的宏伟计划，但是至今没有结果。请参看 Stuart F. Brown, "Mine's Faster Than Yours" [我的速度比你的快], Fortune, 28 June 2004, http://archive.fortune.com/magazines/fortune/fortune_archive/2004/06/28/374394/index.htm. 显然，预计此类超音速飞机至少在 2021 年之前不会进入市场。请参看 Grant Martin, "The World's First Supersonic Business Jet Will Reach the Market in 2021" [世界上第一架超音速商务喷气机将在 2021 年进入市场], Forbes, 31 October 2013, <http://www.forbes.com/sites/grantmartin/2013/10/31/the-worlds-first-supersonic-business-jet-will-fly-in-2021/>.



托马斯·R·麦卡布，美国空军后备役退役中校 (Lt Col Thomas R. McCabe, USAFR, Retired)，West Chester 州立学院文学士，乔治城大学文科硕士，国防情报学院战略情报理科硕士，以空军后备役中校军衔自美国国防部情报分析员岗位退役，其最后职务为俄罗斯军事航空分析员。他的著述见诸《空天力量杂志》（其中载于 1993 年秋季刊的“纵深攻击的局限”一文获 Ira C. Eaker 奖）、《Orbis》、《战略评论》(Strategic Review)、《参数》(Parameters)、《空中纪事》(Air Chronicles)，和《王家空军空中力量评论》(RAF Air Power Review) 等刊物。他的论文“中国的空天革命”（米切尔论文 10 号）于 2013 年由美国空军协会米切尔研究所发表。中校是空军中队指挥官学院和指挥参谋学院的毕业生。

建设战略机敏性，备战二十一世纪空中战争和隐形战争

Twenty-First-Century Air Warfare and the Invisible War: Strategic Agility

迈克尔·W·贝尼兹，美国空军少校 (Maj Michael W. Benitez, USAF)

美国空军部在 2014 年 7 月发布《美国空军：响应未来召唤》，其中指出：

空军未来三十年中面临的巨大挑战，是能否继续做到比潜在对手更快适应和反应。为应对这个挑战，我们需要诚实而经常地自我反省，愿意接纳虽不情愿但有意义的变革。毋庸置疑，我们的适应而坚韧的空军官兵，正在努力弥合 20 世纪体制结构与 21 世纪动态环境之间的不断扩大的反差。他们凭借主动和坚持，克服僵硬流程和掣肘体制，确保我空军继续成功履行使命。但如此体制可致思维僵化，扼杀空军一直倡导的创造创新精神。我们必须下定决心，革除掉我们在建设快速适应能力努力中的各种障碍。¹

我们下一次面对的敌人是谁，在今后 20-30 年内我们将与谁交战，我们又如何做好交战准备？也许更重要的问题是，我们如何奋空军之威，而震慑对手不敢妄动？空军为实现其未来战略，为应对充满不确定性的全球环境，必须提高战略机敏性。从根本上来讲，空军必须做到既能打赢当前战争，又要应对未来冲突，两种准备缺一不可。这是两道不同的时间地平线，空军在部队建设中需要统筹兼顾，确保有充分能力面对未来的多样化威胁。

USAFWC = 美国空军作战中心
AOC = 空天作战中心
WI2B = 战员整合与创新部
OODA = “观察 - 指引 - 决策 - 行动”循环

本文认为，提高战略机敏性的途径之一，是建立一个战员

整合与创新部。为理解这项组织结构变更的必要性，让我们首先了解空军的目前状态。

全面汰换势在必行

我们需以战略眼光，前瞻未来几十年的全球变化，以使我空军在人员、训练和装备等诸方面保持作战能力和性能优势。现实是，即便以我们参加的目前战争而言，装备汰换问题已迫在眉睫。我们的战斗机队的平均机龄是 30 年，空中加油机和轰炸机大多已入垂暮之境。² 现任空军参谋长马克·威尔什将军面临的汰换压力颇似前战术空军司令部司令威尔伯·克里奇将军在 1970 年代的困境，当时的克里奇将军面对着他称之为作战能力“滑坡”，奋发而求变。³ 五年之内，空军采购了新飞机，组建了假想敌红旗部队，并且制定了空中作战机动和仪表系统，训练并提高了空军官兵执行更复杂任务的能力。⁴ 虽然当时无人能够精确预测世界将如何变化（也无人预见到伊拉克竟从盟友变成敌国），克里奇将军的远见使得空军改进了作战态势，故而能够在将近 15 年后的“沙漠风暴”行动中横扫敌人。现在的空军，必须立足大规模、长期和高优先采购计划，例如 F-35 战斗机、远程攻击轰炸机和其他武器等，才能确保美国对未来的“十年敌人”做好准备，因为未来对手可能与美国几乎势均力敌。

预测未来总是脱靶

今天的敌人在将来仍可能是我们的对手，但是历史显示，我们对未来的预测总是错误百出。例如2011年，当时的国防部长罗伯特·盖茨就指出：“就预测我军下一场军事冲突的性质和地点而言，自越战以来，从柬埔寨马亚圭斯号事件，到格林纳达、巴拿马、索马里、巴尔干、海地、科威特、伊拉克，等等，我们的预测一错再错，这个零纪录至今没有打破。——在这每一场冲突发生的前一年，我们还根本不知道来年的那里，就是我们的下一个战场。”⁵ 美国中央司令部前任司令官詹姆斯·马蒂斯将军可谓名不虚传的军事专家，在参院武装部队委员会的听证会上也只能承认：“面对未来，我是一个很蹩脚的预言家。我辗转四方征战多年，却从无一处是自己预想到的战场。”⁶

当今世界，比之我军现今高级将领刚穿上军装的三十年前，已有巨大不同。军中许多领导人已经接受变化的事实，既然如此，那末我们还必须承认，要想适应时代变迁，我们的组织、规划和流程也应作巨大变革。常言说：“精神错乱就是反复做同一件事，而指望不同的结果。”其中的警示自不待言。

空军作为一个组织，身处越来越难预测的世界，想对各种事件及时做出反应，却越来越力不从心。空军传奇人物约翰·博伊德上校早就指出，保障胜利的关键在于维持一个比敌人更快的“观察-指引-决策-行动”(OODA)循环，确保先敌完成决策流程。但是，我们目前的采购流程拖沓懒散，反映出组织体制上的迟钝，阻碍我军跟上全球变化的步伐。⁷ 现在空军虽然在按照修改后的战略、规划和项目流程着手解决这些问题，但组织体制问题终究是一块心病。

战役灵活性缺失对战略机敏性的影响

在战争的三个层面中，战役层面的责任是整合战术层面的各项任务，以期实现战略目标。⁸ 简而言之，它决定取得什么效果，运用什么能力，需要什么资源。⁹ 空天作战中心作为联合或联盟部队空中组成部队司令官的指挥执行机构，代表着战争中战役层面的空中部队。¹⁰ 在当今战争中，战役层面是三个层面中与对敌交战最直接相关的。

把过去四年来非洲司令部、欧洲司令部和中央司令部的精心准备的作战策划与危机行动计划进行比较，作战层面的问题便清楚暴露出来。从最近几年的危机行动计划流程中，我们确定问题的根源在于体制：现有的空军组织结构缺乏灵活性、机敏性和战争不同层面的整合。这样的结果，是因为我们的组织体制构建于几十年前的设计，因而导致目前的空军难以达到战略机敏性要求。空军在2015年的《空军态势声明》中表达了评估现有结构的必要性：“战争的复杂性在增长，而且可能快速爆发，意味着未来的冲突将是‘随时开打的’交锋。”¹¹ 历史显示，空军不能只是准备对付一个假定的未来敌手，并且将其作为真实的敌方，认为自己已经准备好与其交战或需要对其实施威慑。为了理解这个问题和支持建立战员整合与创新部，空军必须进一步分析战术层面和战役层面作战人员的目前整合情况。

目前战员整合中缺少战术—战役跨越

美国空军作战中心(USAFWC)的使命是“确保部署的部队经过良好训练和拥有良好装备，能够执行跨战争所有层面的……整合型作战行动。”¹² USAFWC是一个统辖组织，其下属各单位共有大约11,000名官兵，包括

空军武器学校。空军极为重视通过武器学校培养大批高质量人才，其毕业生都是战术层面精英。这些武器军官派入空军各个作战单位，担任专业领域专家、高级教官、战术负责人和思辨敏锐的指挥官。中队武器军官的责任包括“评估作战单位完成预期任务的战斗能力……识别训练、装备、支援或战术方面可能阻碍圆满完成任务的缺陷；倡导可能对整个大司令部或多个大司令部之间发挥影响的本单位行动项目；提出本单位行动改进建议；[以及]发现需要在高于本单位层面予以纠正的问题。”¹³目前的组织结构规定单位武器军官把意见反映给所属编制的一级司令部；但是，仅是反映意见并不能完全调动这些军官履行其职责的积极性，因为一级司令部的功能是提供兵力——它不是作战组织。

USAFWC 的另一个下属单位是与众不同的第 505 指挥与控制联队，它是空军中唯一专注于战争战役层面的联队。该联队负责战役层面演习，例如蓝旗演习和虚旗演习；它还有一个单位驻守在内华达州奈里斯空军基地，该单位模拟空天作战中心（AOC）的功能，在红旗演习中支援战术训练。¹⁴

由此可见，USAFWC 可以说是空军在战争所有层面的作战人员整合的缩影，可是这个机构竟然没有一个用于跨接战术层面和战役层面之间缺口的组织。按照目前的空军训练架构，各战术单位在训练战术层面的行动实施中，采用模拟的战役层面流程，而此流程又是基于有大量漏洞的假设。两个层面之间的分离，可能导致制订和训练出一些花拳绣腿的战术，于战役百无一用，却要浪费大量的时间和资源。再看战役层面，AOC 制定和开展演习时，采用模拟的战术单位和执行方式，这些方式也同样基于破绽百出的假设。整个训练体制似乎与“像作战一样训练，像

训练一样作战”的原则背道而驰，因为处于战争两个层面的各单位没有机会在一起训练。因此，在制订危机行动计划时，组织结构的灵活性缺失阻碍了我军优化应用技术能力和资源。因为缺乏机敏性，便进一步影响到支援联合部队司令官所需的整个战区的战员整合和资源优化。这就是今天的状况。如果我们不采取行动，明天会更糟糕。

建立战员整合与创新部

那末，空军怎样才能发展和提高其战略机敏性呢？从根本上讲，它需要新建一个 OODA 决策环路。这个环路用于应对今天的敌人；而现有的更大规模的环路则用于备战未来的对手。本文提议的战员整合与创新部（WI2B），就是这个快速响应流程的拱石。若要实现真正的模式变革，WI2B 部不应同步于、对齐于、或在结构上挂钩于现有的空军组织架构。只有这样，这个新结构才能发挥合力效应。这个方式是我们发展 21 世纪空中力量 and 大幅提升战略机敏性的关键。

WI2B 部应该实体纳入 USAFWC 内，这样做有两个主要原因：(1) 所有的武器军官都在 USAFWC 的所在地奈里斯空军基地接受一段时间的训练，因此在空军武器学校受训期间，能够很方便地接触 WI2B 部、该部成员，以及整合与创新流程；(2) WI2B 与现行的 USAFWC 使命和重点保持一致，在 WI2B 部支持下，USAFWC 既能保持把握战役层面问题和未来计划，同时又能关注当前冲突，立足于并支援战术层面的行动。就是说，WI2B 部在战争的战术层面和战役层面之间发挥迫切需要的桥梁作用。作为两个层面的结合点，该部门将保持跨组织沟通能力，从而消除目前结构中繁多的烟囱式信息流通渠道。¹⁵ WI2B 部应能直接联系所有相关作战司令部和

一级司令部的参谋部、所有的 AOC、研发和作战测试单位、空军武器学校课程系统、红旗部队、绿旗部队，以及空中作战部队的所有联队武器军官。这样的联系本身就能够提升训练真实性和战术应用。更重要的是，这个跨组织结构将有助于清除分布于世界各地的 13 个区域性和功能性 AOC 之间的交流障碍，构成适时整合战役层次各种流程和动向的环境，保障空军生成战略机敏性。

鼓励作战人员发挥创新

威尔什将军强调：“我们必须开始将战略机敏性设计纳入作战能力的开发。”他进一步指出：“战场上的系统操作人员不断发现设计人员从未想到的新用法，我们必须加强这种反馈环路，并且快速验证战场上开发的作战概念。”¹⁶ WI2B 部能够进一步协助实现这个愿景，为战术层面的小创新发挥战役层面的效应提供整合环境。战术层面不仅应该有创新思考的条件，还应有创新行动的手段。空军官兵是空军最大的资源，但是这项资源没有被充分用于促进空军愿景的实现。现有的空军作战体制也缺乏这个关键要素。此外，被忽视的作战人才群体中，绝大部分是九零后人才。在《空天力量杂志》发表的“带兵九零后，几点小体会”一文中，作者赫诺特上校和桑德瓦尔上校生动谈及这些年轻才俊。¹⁷ 目前，空军有多项指令和规定，要求

作战人员提出战术和程序修改建议。所有这些流程都有一个共同点：它们都是反应性的，没有鼓励创新——这也是它们最大的局限性。

敏锐的读者也许会指出，战场上经常发生“紧迫作战需要”和“联合紧迫作战需要”之类的请求。但是，只有在作战人员已经部署并参与发现有此等需要的冲突之后，这些请求才有效。¹⁸ 再者，这些请求是反应性的，并无创新可言。“联合应急作战需要”类似联合紧迫作战需要，但是不要求相关人员亲历于实际冲突。然而，此类请求通过联合参谋部传递，必须成为一项联合部队要求才可视为有效。¹⁹ WI2B 部可凭借其跨领域架构特性轻而易举地解决这个问题。

结语

空军竭力在寻求改变游戏规则的技术，但是僵硬的组织结构继续约束着这些技术的应用和发挥。空军若要充分利用 21 世纪的自身技术优势，必须相应地改进其 20 世纪的组织结构。本文提议的战员整合与创新部，将可主动创建一个快速响应的跨领域 OODA 环路，从而提升空军在全球战术层面和战役层面各单位的灵活性，并加强这些单位之间的相互适应能力，合力而生成战略机敏性。如此，我空军将做好全面准备，坦然应对今天的冲突和未来的敌人。★

注释：

1. Department of the Air Force, *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), 8, http://airman.dodlive.mil/files/2014/07/AF_30_Year_Strategy_2.pdf.
2. Terri Moon Cronk, "Navy, Air Force Advocate for Modernizing Combat Aviation" [海军和空军倡导战斗航空兵现代化], US Department of Defense, 26 March 2015, <http://www.defense.gov/news/newsarticle.aspx?id=128473>.
3. Richard S. Marken et al., *Absorbing and Developing Qualified Fighter Pilots: The Role of the Advanced Simulator* [吸收和培养合格的战斗机飞行员：先进模拟系统的作用], (Santa Monica, CA: RAND Corporation, 2007), 10n9, http://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/monographs/2007/RAND_MG597.pdf.

4. 同上。
5. Micah Zenko, “100% Right 0% of the Time: Why the U.S. Military Can't Predict the Next War” [完全正确预测率为 0% : 为何美军不能预测下一场战争], Foreign Policy, 16 October 2012, <http://foreignpolicy.com/2012/10/16/100-right-0-of-the-time>.
6. 同上。
7. Colin Clark, “Air Force Tries New Mix of Acquisition Fixes” [空军尝试解决采购问题的新混合方案], Breaking Defense, 15 January 2015, <http://breakingdefense.com/2015/01/air-force-tries-new-mix-of-acquisition-fixes>.
8. “Levels of War” [战争的各个层面], 见 Curtis E. LeMay Center for Doctrine Development and Education, Volume I, Basic Doctrine [第一卷, 基本作战准则], 27 February 2015, <https://doctrine.af.mil/download.jsp?filename=V1-D34-Levels-of-War.pdf>.
9. 同上。
10. Air Force Tactics, Techniques, and Procedures 3-3.AOC, Operational Employment: Air Operations Center [TTP 3-3 : 作战应用 : 空中作战中心], 31 January 2014, 1-1.
11. Senate, Department of the Air Force Presentation to the Committee on Armed Services, United States Senate, Fiscal Year 2015 Air Force Posture Statement, Statement of the Honorable Deborah Lee James, Secretary of the Air Force, and General Mark A. Welsh III, Chief of Staff, United States Air Force [美国空军部长詹姆斯和空军参谋长威尔什将军向美国参议院武装部队委员会陈述 2015 财年空军态势报告], 113th Cong., 2nd sess., 10 April 2014, 10, http://www.armed-services.senate.gov/imo/media/doc/James-Welch_04-10-14.pdf.
12. “U.S. Air Force Warfare Center Fact Sheet” [美国空军作战中心概况], Nellis Air Force Base, 1 August 2014, <http://www.nellis.af.mil/library/factsheets/factsheet.asp?id=4082>.
13. Air Force Instruction (AFI) 11-415, Weapons and Tactics Programs [AFI 11-415 : 武器和战术计划], 15 October 2014, 6, http://static.e-publishing.af.mil/production/1/af_a3_5/publication/afi11-415/afi11-415.pdf.
14. “505th Command and Control Wing Fact Sheets” [第 505 指挥与控制联队概况], 505th Command and Control Wing, <http://www.505ccw.acc.af.mil/library/factsheets/index.asp>.
15. 本文用“烟囱”作为比喻描述那些信息不畅需要层层传递的竖向组织, 各烟囱组织互相孤立极少交流, 虽在通过类似系统平行运作却互相之间缺乏了解。
16. 同注 1, 第 10 页。
17. Col S. Clinton Hinote and Col Timothy J. Sundvall, “Leading Millennials: An Approach That Works” [带兵九零后, 几点小体会], Air and Space Power Journal 29, no. 1 (January-February 2015): 131-38.
18. AFI 10-601, Operational Capability Requirements Development [AFI 10-601 : 作战能力需求的制定], 6 November 2013, 61.
19. 同上。



迈克尔·W·贝尼兹, 美国空军少校 (Maj Michael W. Benitez, USAF), Embry-Riddle 航空大学理学士、理科硕士, 现任驻雷肯希思王家空军基地第 492 战斗机中队武器与战术主任。他先前为海军陆战队员, 现在是资深武器系统教官, 拥有超过 2,000 小时飞行 F-15E 的经验。他曾参与五次海外作战部署, 包括 11 个月海上服务, 在“快速自由”、“持久自由”、“伊拉克自由”、“精灵愤怒”和“继承决心”等行动中积累了 1,000 余战斗小时历练。少校是美国空军武器学院毕业生。



空军能否在地球防卫和小行星资源开发中有所作为？

Asteroid Strike! Asteroid Mining! Will the Air Force Have a Role?

彼得·葛礼胜，美国空军中校（Lt Col Peter Garretson, USAF）



道格拉斯·考帕（Douglas Kaupa）和我曾在《空天力量杂志》英文版2008年秋季刊（中文版同年冬季刊）发表过一篇呼吁国家重视小行星撞击风险的文章，其中讨论了美国国防部和美国空军能为星球防卫发挥哪些作用。¹ 其实这些想法并非我们首创，我们只是沿循空军前辈的思路，对这一问题提出重要思考的前辈中，有空军退休准将西蒙·沃顿博士（Dr. Simon “Pete” Worden）、空军退役上校林德利·约翰逊博士（Dr. Lindley Johnson）、空军上校马蒂·弗朗斯（Marty France）、空军上校雷克斯·基兹亚（Rex Kiziah）和吉姆·厄贝格博士（Dr. Jim Oberg）。² 在《太空预报 2020》（Spacecast 2020）和《美国空军 2025》（Air Force 2025）

这两部论文集中，高瞻远瞩的美国空军在二十年前就预见到其未来的星球防卫角色和保护地球的使命。³ 此外，我在空军战略规划局担任“未来技术”总管期间，管理的最后一个重大项目，就是一项多部门参加的“战争游戏”推演，其目的在于了解美国政府应如何以现实的方式，尝试避让即将发生的小行星撞击。这场推演是迄今为止唯一的一次，参与的部门包括国家安全委员会、联合参谋部、国防部长办公室、国家航空航天局、国防威胁降低局、导弹防御局、海岸警卫队和国土安全部。

2010年，我在前空军参谋长领导的战略研究组担任战略专家期间，在一份内部备忘录中列举了空军在担当星球防卫角色中可用

的资源 and 潜在的组织影响。我认为，假如这项使命高度匹配空军的其它作战需求（太空态势感知 [SSA] 和太空控制），那么，它就应成为空军的一项深太空探索使命，空军将为之制定使命需求，促进开发对来袭行星进行转向推移、贴近操作、以及强行捕获等技术。进一步，这项使命有助于提升我空军形象，体现我空军是一支保卫人类福祉的、有着远见卓识的全球空军，这项使命将激动人心，将吸引人才，并将获得公众的支持。⁴

我还估计，就应对更可能发生的行星撞击的低端威胁而言，要建设起相应的初始作战能力，可能需要美国花费大约 5 亿美元，以利用类似金星轨道中天基太空监视红外望远镜等太空态势感知资产来完成监测，还要拨出资金预备可随时发射的侦察探测器（每个成本约 1.5 亿美元），和装载拦截器的太空母舰，母舰应可接纳带有与多种运载火箭接口的各种成套装备（每艘约 2.5 亿美元）。

自不必说，大多数人对自认为不“真实”的战争提不起胃口，认为这些只是“低概率”事件。事实上，在我和考帕开始推动星球防卫概念的多年前，空军太空司令部中的一批早期倡导者曾向联合需求监督委员会提交了一个提案，请求就保卫地球建立一项正式使命需求。但受制于当时的认知，委员会拒绝了这项提案。于是，直到现在，防卫地球这颗星球的任何正式需求尚未建立；重复一遍：尚未建立。

不过，最近引起总统级别关注的那颗击中俄罗斯的流星和那颗与地球擦肩而过的小行星，或许激发了一些兴趣，促使我们认真思考如何应对这类突发的“黑天鹅”事件，并相应制定风险评估和“地平线”预报。在

官僚体制中，自上而下的兴趣屡屡成功，而自下而上的建议总是石沉大海。但愿，在目睹一颗火流星临空突袭俄罗斯军工重镇车里雅宾斯克之后，一些人能够猛然醒悟。这次流星突袭，致使 1,100 人受伤，造成 3,300 万美元经济损失，损坏 4,000 幢房屋，爆断手机通信，并将百多万平方英尺玻璃窗户震碎。⁵ 这一《布鲁斯威利斯科幻》式的故事，曾经只引起些不置可否的浅笑，如今却是严峻的议题。事实上，这颗流星险些击中俄罗斯的一个核武库和一处化学武器存储设施。⁶

此外，俄罗斯的一位资深政治家弗拉基米尔·日里诺夫斯基公开地（错误地）把这次流星突袭归咎于美国：“那不是流星，而是美国人在测试他们的新武器”。⁷ 这种意图性误判可能引发最为严重的后果。时任美国战略司令部军事行动部主任的沃顿准将在国会作证时就曾假设，这样的流星事件，如果恰好发生在处于冲突状态的两个核国家之间，例如印度和巴基斯坦之间，风险之大可想而知。⁸

现在，我们必须把小行星态势感知作为一项严肃的任务来对待。除了美国空军的空军太空司令部（Air Force Space Command）之外，美国在 1985 年成立美国太空司令部（U.S. Space Command）后，曾启动一项研究，称为“自然灾害影响警告信息中心”，不过此项目还未等到正式实施，该司令部就被解散并入美国战略司令部，此后战略司令部再没有重启这项研究。⁹ 尽管《美国国家太空政策》为国防部规定了以国土防御和太空控制为目的的太空态势感知使命，迄今为止国防部仍未将对小行星的态势感知视为这项使命的一部分。¹⁰ 事实上，《2008 年美国航空航天局 H.R. 6063 法案》强行规定总统的“科技政策办公室”主任指定牵头机构，但我无法说

服空军、国防部长办公室或美国战略司令部捍卫其资产，揽下这项责任。¹¹

然而行星撞击地球的风险不会消失。谈及 DA14 号小行星在 2012 年近距离掠过地球时，太空探险者协会公开声明：“我们知道有 50 万到 100 万颗小行星与 DA14 大小相仿或者更大，而到目前为止，我们发现的这种‘宇宙冰雹’还不到其总数的 1%，我们的地球年复一年绕太阳运行，必须在这些宇宙冰雹间穿行。”¹² 此外，该协会向联合国和平利用外层空间委员会提交的报告指出，随着新型望远镜的问世，再过十多年的时间，我们将有可能追踪多达 100 万个近地物体，其中 10,000 颗有某种可能在未来 100 年内撞击地球，其中又有 50 到 100 颗威胁特别巨大而需要人类积极监视，必要时迫其转向。¹³

在俄罗斯，建立小行星防御系统的呼声不断升高，他们已经审查了有意义的建筑设计，并且在其国家安全系统中将此威胁意识提升到更高水平。美国空军对俄罗斯太空计划有着传统的尊重，他们的举措应该启发我空军中更多的有识之士认真关注星球防卫的需要。¹⁴ 进一步，我们应该考虑地缘政治的联系。早在 2012 年 4 月，俄罗斯安全委员会秘书尼古拉·帕特鲁舍夫和俄罗斯联邦航天局副局长维塔利·达维多夫就提出，他们在该年 6 月份的第三次国际安全会议上，将讨论小行星防御的国际合作必要性，将把这个议题作为一项讨论重点。当时谁也没有想到，就在不到一年间，即次年的 2 月 15 日，火焰会从天而降，几乎摧毁他们的核 / 化学武器重镇。后来帕特鲁舍夫证实：“来自小行星的太空威胁”是这次会议上的一个重要专题，并呼吁在加强防备和迫使小行星转向措施等方面开展国际合作。¹⁵ 这样的地缘政治联系，牵涉到我们之间最严肃的信任——核

设备安全。我们还注意到中国外交部提交给俄罗斯的关于中国不愿意签署全面禁止核试验条约的解释：“和平利用核爆炸的大门不应该关闭，至少不是现在，”因为“人类需要不断开发‘和平’的核武器，一旦发现某个巨大的小行星飞越太空冲向地球，我们可有所准备。”¹⁶

我还主张，美国空军应该准备迎接这样的世界：亿万富翁支持的私人公司——诸如“行星资源公司”和“深太空工业”等——能够展开太空普查、访问、移动和开采小行星。在这样的世界中，来自太空的财富将不只是零星的积累，人类的经济将向外拓展，进入太阳系内部。¹⁷ 发展必要的技术，将允许已在航空领域大展身手的空军，进一步在太空领域扮演类似的新角色；空军通过大力发展喷气发动机和大型飞机，已经有力促进了洲际航空运输——全球贸易总额中有 35% 目前通过空运完成。¹⁸ 未来，在深太空运输、强行捕获或偏转小行星的运作中，通过减轻小行星撞击风险，我们不仅能在追求全球公众利益的旗帜下提升空军和安全资产，而且能够为太空运输革命和挖掘太空财富奠定基础，因为即使最小的金属小行星，也价值数万亿美元。¹⁹

如果我空军想保持高瞻远瞩，引领美国迈向真正的永久太空强国，使其能够在诸如小行星撞击这样的现实威胁中生存下来，那么，我们就必须不仅仅追求狭义的军事力量，而应着眼于建设整体性太空能力和支撑这种能力的工业，一如当年的美国海军鼻祖阿尔弗雷德·塞耶·马汉引领海上力量走上正轨，一如美国空军鼻祖威廉·“比利”·米切尔引领空中力量蓬勃发展。这一次，美国空军已经“误了船”（太空飞船）。如果空军真正想成为“美国的航天部队”，就不应回避这个“日

益增长的产业”，以及作为一支太空部队和太空卫士的最重大的防卫使命——星球防卫，这项使命将界定我们的深太空发展需求。放弃这一需求，无异于重蹈陆军航空兵的覆

辙——当年的陆军，把空中力量短视为对陆地部队的支援，致使空军独立成军。真正的太空部队，不能只向下看，更应向外看，不仅看到危险源，更应看到财富和机会。★

注释：

1. Lt Col Peter Garretson and Maj Douglas Kaupa, “Planetary Defense: Potential Mitigation Roles of the Department of Defense”, [星球防卫：美国国防部应当缓释重任], Air and Space Power Journal, 22, no. 3 (Fall 2008): 34-41, <http://www.nss.org/resources/library/planetarydefense/2008-PlanetaryDefense-PotentialMitigationRolesOfTheDepartmentOfDefense.pdf>.
2. 例如，参看 James Oberg, “Planetary Defense: Asteroid Deflection & the Future of Human Intervention in the Earth's Biosphere” [星球防卫：小行星偏转与地球生物圈人为干预的未来], (presentation at the Futures Focus Day Symposium sponsored by the commander in chief, US Space Command, Colorado Springs, CO, 23 July 1998), <http://abob.libs.uga.edu/bobk/oberg.html>.
3. 参看 “Preparing for Planetary Defense: Detection and Interception of Asteroids on Collision Course with Earth” [星球防卫准备：小行星撞击地球的探测和拦截], 收录于 Spacecast 2020 [太空预报 2020], (Maxwell AFB, AL: Air University, Air Education and Training Command, 1994), R-1 through R-33, <http://www.nss.org/resources/library/planetarydefense/1994-DetectionAndInterceptionOfAsteroidsOnCollisionCourseWithEarth.pdf>; 另参看 COL John M. Urias et al., “Planetary Defense: Catastrophic Health Insurance for Planet Earth” [星球防卫：为地球预备灾难健康保险], 收录于 Air University 2025 Support Office, Air Force 2025 [美国空军 2025], (Maxwell AFB, AL: Air University 2025 Support Office, 1996), <http://www.nss.org/resources/library/planetarydefense/1996-PlanetaryDefense-CatstrophicHealthInsuranceForPlanetEarth-Urias.pdf>.
4. Peter Anthony Garretson and Lindley N. Johnson, “Results of Multi-Agency Deflection and Disaster Exercise” [多机构参与的小行星偏转与灾难演习结果], (presentation at the First IAA Planetary Defense Conference: Protecting Earth from Asteroids, Granada, Spain, 27-30 April 2009), http://www.cfr.org/content/thinktank/Planetary_Defense_Garretson_v11.pdf; 另参看 Headquarters Air Force, Directorate of Strategic Planning, Natural Impact Hazard (Asteroid Strike) Interagency Deliberate Planning Exercise After Action Report [自然灾害风险（小行星突袭）跨部办公室接到行动报告后特别规划演习], (Washington, DC: Headquarters Air Force, Directorate of Strategic Planning, December 2008), <http://www.nss.org/resources/library/planetarydefense/2008-NaturalImpactAfterActionReport.pdf>.
5. “Russian City Hit by Meteor: 1,200 People Hurt” [流星击中俄罗斯城市，1,200 人受伤], ABC News, 16 February 2013, <http://abcnews.go.com/GMA/video/russian-city-hit-meteor-1200-people-hurt-18518828>.
6. Hans M. Kristensen, “Meteors against Nukes” [如果流星击中核设施], FAS Strategic Security Blog, 17 February 2013, <http://www.fas.org/blog/ssp/2013/02/meteors-against-nukes.php>; 另参看 Associated Press, “About 1,100 Injured As Meteorite Hits Russia with Force of Atomic Bomb” [威力如原子弹的流星击中俄罗斯，约 1,100 人受伤], Fox News, 15 February 2013, <http://www.foxnews.com/science/2013/02/15/injuries-reported-after-meteorite-falls-in-russia-ural-mountains/>.
7. Michael Santo, “Russian Politician States Friday's Meteor Explosion Really a 'U.S. Weapons Test'” [俄罗斯政治家称周五流星爆炸实为“美国武器测试”], Examiner.com, 16 February 2013, <http://www.examiner.com/article/russian-politician-states-friday-s-meteor-explosion-really-a-u-s-weapons-test>.
8. US Space Command, “Hearing Statement: 'The Threat of Near-Earth Asteroids', Brig. Gen. Simon Worden, United States Strategic Command” [美国战略司令部西蒙·沃登准将证词：近地小行星的威胁], 3 October 2002, SpaceRef Interactive, <http://www.spaceref.com/news/viewsr.html?pid=6723>.
9. SSgt A. J. Bosker, “Near-Earth Objects Pose Threat, General Says” [将军称近地天体构成威胁], Space Daily, 17 September 2002, <http://www.spacedaily.com/news/deepimpact-02s.html>.
10. President of the United States, National Space Policy of the United States of America [美国国家太空政策], (Washington, DC: White House, 28 June 2010), 7, 13, 14, http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/national_space_policy_6-28-10.pdf.

11. “H.R. 6063, National Aeronautics and Space Administration Act of 2008” [2008 年美国航空航天局 H.R. 6063 法案], (Enrolled As Agreed to or Passed by Both House and Senate), National Space Society, 4 May 2009, <http://www.nss.org/resources/library/planetarydefense/HR6063.html>.
12. “13 February 2013 Status Update” [2013-02-13 状态更新], Association of Space Explorers, <http://www.space-explorers.org/committees/NEO/neo.html>; 另参看 “Asteroid Discovery – 1980-2012 – UHDTV” [1980-2012 年发现的小行星], YouTube video, 3 min. 14 sec., 6 September 2012, <http://www.youtube.com/watch?v=xJsUDcSc6hE>.
13. Russell L. Schweickart, chairman, Association of Space Explorers Committee on Near-Earth Objects, “The Asteroid Impact Threat: Decisions Upcoming” [小行星撞击威胁：决策迫在眉睫], (presentation at the 37th Committee on the Peaceful Uses of Outer Space Scientific Assembly, Montreal, Canada, 13-20 July 2008), [1], [2], <http://www.oosa.unvienna.org/pdf/natact/neo/2008-aseE.pdf>.
14. V. V. Adushkin et al., “Conceptual, Technological and Legal Bases of Creation of the International Planetary Defense System” [创建国际星球防卫系统的概念、技术和法律基础], n.d., http://www.tsi.lv/space/SGS1020_221%20-%2005.07.10/Adushkin/IAA-RACT%20C2%20S3-03.pdf.
15. “Patrushev Speaks on International Planetary Defense Cooperation” [帕特鲁舍夫就国际星球防卫合作发表演讲], LaRouchePAC, 9 June 2013, <http://larouhepac.com/node/22979>.
16. Patrick E. Tyler, “Chinese Seek Atom Option to Fend Off Asteroids” [中国寻求用原子弹抵御小行星], New York Times, 27 April 1996, <http://www.nytimes.com/1996/04/27/world/chinese-atom-option-to-fend-off-asteroids.html>.
17. “Mining Asteroids: Planetary Resources” [开采小行星，挖掘行星资源], YouTube video, 3 min., 15 sec., 24 April 2012, <http://www.youtube.com/watch?v=V5XXVblllw>; and http://www.youtube.com/watch?v=plY_fmVFDhM.
18. US Department of Transportation, Federal Aviation Administration, The Economic Impact of Civil Aviation on the U.S. Economy [民航对美国经济的经济影响], (Washington, DC: US Department of Transportation, Federal Aviation Administration, August 2011), http://www.faa.gov/air_traffic/publications/media/FAA_Economic_Impact_Rpt_2011.pdf.
19. “How Much Is an Asteroid Worth?” [小行星价值几何?], Kurzweil Accelerating Intelligence, 15 February 2013, <http://www.kurzweilai.net/how-much-is-an-asteroid-worth>.



彼得·葛礼胜，美国空军中校 (Lt Col Peter Garretson, USAF)，作为一名改革战略学者、未来学者、技术探索者，葛礼胜中校在美国空军总部担任改革战略规划职务，目前任职非正规战略/规划/政策处长，重点研究美国如何通过称为“航空企业开发”的全国参与概念来提高伙伴国家合法参与航空开发，前瞻规划和塑造和平时期领空运作，推进美国及其伙伴国的政府外交、国家安全和经济发展。此前，葛礼胜中校在空军参谋长领导下的战略研究组中担任空中力量战略学家和战略政策研究顾问，并在空军总部战略规划处任未来技术处长四年。他曾作为美国第一位现役军人取得美国外交关系委员会国际事务学者名额去印度著名战略智库防务研究和分析研究所 (IDSA) 担任访问学者。其它经历包括跟随国防部高级研究项目局主管担任实习生，洛杉矶阿拉莫斯国家实验室军队学校研究员，资深飞行员，以及获得国家太空协会的太空开拓者奖。葛礼胜中校 2005-2009 年参与制订了空军未来战争推演系列，构思及组织了首次多部门合作的流星避险和灾难演习，以及首次美英法三国战略研讨会。他参与了多部文件的编写，包括 2011 年国家军事战略、五角大楼太空太阳能利用研究报告、无人机飞行计划、空军学习愿景、空军能源地平线计划、国防部高级研究项目局百年星际飞船计划等；他还倡导了空军战略环境评估项目、空军未来研究部和蓝色地平线计划。葛礼胜中校发表了多篇专著和文章，涉及太空政策、太空战略、预设场景策划研究、利用太空和能源推进美印战略合作、太空太阳能利用、星际防卫、科幻作品在战略规划中的作用、战争推演的未来、格栅计算、增强/合成现实、美国空军亚洲战略，等等。他目前正在撰写一部有关美国太空大战略的著作。



中国军队改革与矩阵型组织管理

Applying Business Management Matrix Model to PLA's Structural Reform

新梁, 中国人民解放军退役中校 / 知远战略与防务研究所客座研究员 (Xin Liang, LtCol, PLA, Retired, Guest research fellow, Knowfar Institute for Strategic and Defense Studies, China)



中国
中国人民解放军在最近 30 年中, 历经多次改革, 较之于以往以缩编为主要目的的调整, 最新一轮改革将重心放在重新设计和优化军队结构和建立新军种新机制上, 因而一直为国内外、军内外所高度关注。新一轮国防和军队改革, 确定成立陆、海、空、火箭军和战略支援部队共五个军种, 以及负责各战略方向联合作战的战区指挥机构 (以下简称战区), 施行军政、军令分开, 建立扁平网状领导管理体制, 旨在构建一个科学合理、高效健全的组织体系, 并建立与之相应的配套政策和运行机制, 提升军队管理

水平和部队战斗力。本文拟把这种新型的组织结构看作是管理学中矩阵型组织结构 (Matrix Structure) 在军事管理中的尝试和运用。

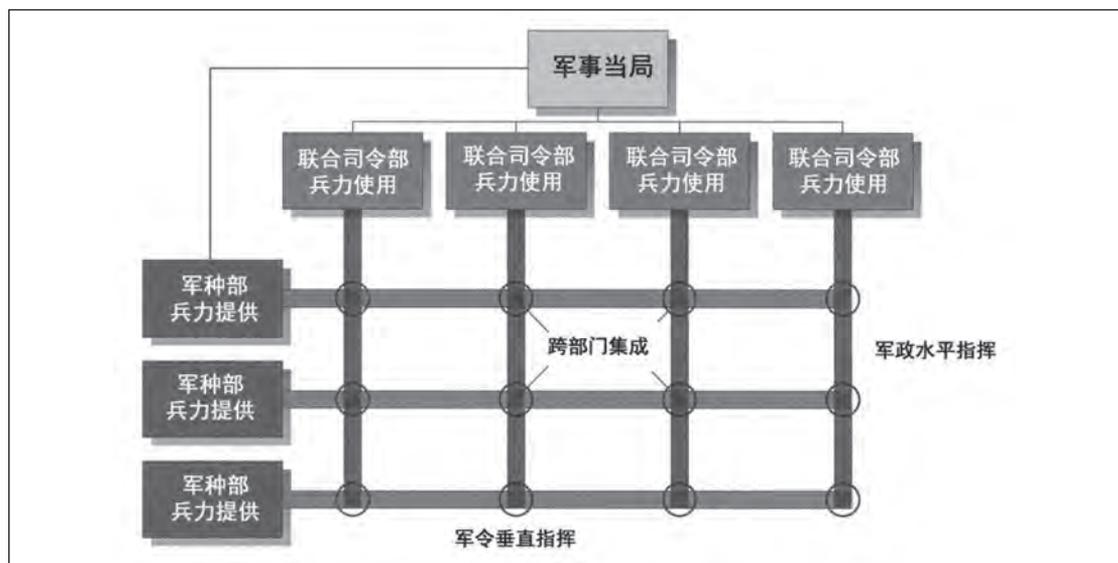
矩阵型组织结构是企业组织结构的一种, 出现于二十世纪五六十年代, 是从以工作为中心和以对象为中心的组织结构之优、缺点的争论中产生出来的, 至今已在诸多大企业中成功运行多年。¹ ABB、IBM、华为、西门子、通用电气、花旗银行等知名跨国企业, 采用的基本都是“事业部—分公司”式的矩阵型组织结构。这种组织结构实现的方式是以各

事业部 (Business Unit) 统筹本领域业务, 分公司则根据当地特点管理本区域内的各领域业务, 两者在各自明确的职权范围内协同工作。例如, 事业部负责本领域业务的研发生产、市场定位、产品定价等, 但无权直接向客户销售产品或提交系统解决方案及报价; 分公司根据本区域客户特点和竞争对手情况, 协调各事业部资源, 提出系统解决方案, 制订并执行销售策略, 完成销售任务。因销售经理无定价权也无研发能力, 事业部无权直接面对客户, 分公司与事业部形成了既相互合作又互为约束的权责制约关系。分公司/事业部员工在接受直接部门领导的同时, 也要接受相对应的事业部/分公司领导或约束, 从而形成双重报告关系。有的公司还要加上财务、审计、运营等职能部门, 构成三维矩阵, 形成三重报告关系。与此相仿, 改革后的中国军队, 在设置直属军委的纪委、审计、检察等垂直系统后, 也将形成规范权力运行防止腐败的三重报告关系。

一、矩阵型军队组织的优点

矩阵型组织是由职能型和项目型组织组成的一个混合体。² 因在职能型组织的垂直层次结构中叠加了项目型组织的水平结构, 从而一定程度上避免了两种结构的缺陷, 能够更加充分地利用组织资源, 进行更为灵活、专业的运营。军队采用矩阵型组织结构, 矩阵的“横轴”——各军种部负责提供不同专业的、训练有素的作战力量; 矩阵的“纵轴”——战区指挥机构被赋予作战筹划和组织指挥的职权, 以更加灵敏地对安全威胁环境作出反应 (见下图)。

冷战结束后, 世界由两极格局向局部的、多样的、复杂的多元格局转变, 因此动用无限资源应对全面威胁的战略思路也相应向动用有限资源解决有限威胁转变。传统的部队组织结构, 每个战略方向都保有所需部队, 适应面对全面威胁, 这如同每个分公司都各自建立产品研发部门一样, 需要极大的资源, 且部队的一致性难以保证, 影响统一指挥,



而这恰恰是矩阵式组织结构的优势所在。这样的优势体现在以下几个方面。

一是利于统筹建设。矩阵型军队组织由于成立专司“军政”的军种部，有利于从全局角度统筹各军种的训练、管理和建设，可为遂行作战任务提供专业更为精通、训练更为有素的作战力量。由于军种作战部队不再固定归属于某一地域、某一方向，可在不同时期担负不同战略方向的作战任务，一方面可减少部分作战部队；另一方面，也可合并部分作战保障和后勤保障力量，有利于减少人员和机构的重复设置，增加军队资产的利用效率。这也是中国军队裁军三十万的管理学前提。战区也可以根据地缘政治需要或战争威胁灵活设立或撤消，当任务结束时，参战部队可以回到各军种继续战备训练或遂行其它作战任务，官兵并不用为任务结束后的去向问题担忧，常备部队的规模也不会出现太大的波动。

二是利于统一指挥。矩阵型军队组织基于安全威胁判断，在各战略方向成立专司“军令”的战区指挥机构，统一指挥调配来自不同军种的作战资源，各取所长、协调一致地遂行联合行动，有利于强化作战导向。由于不同军种的专业人员可建立直接联系，共享行动平台，互用作战效果，在一定程度上打破了军种壁垒，消除了本位主义，使得战区能够针对全域化的现代战争，主动塑造战场态势，高效应对本战略方向的安全威胁。一旦有事，不必再按传统方式跨机构临时协调，指挥决策的前瞻性、专业性、时效性大为提高，对安全威胁有更快的反应能力。

三是利于多向支持。矩阵型军队组织强调基于国防安全总体需求和军事战略目标，统一调配作战资源，为应对不同战略方向的

安全威胁提供支持。特别是当国家面临多个方向的安全威胁、军队需遂行多样化使命任务时，作为受最高军事当局直接指挥的战区，有权代表最高当局，研判战争威胁，进行战略规划，组织作战推演，拟制作战预案，待最高当局批准后，从全局范围内申请和调集所有可用的资源进行应对。在此过程中，军种部和战区都必须站在全局角度，按照联合作战计划规程，对资源配置和行动方案进行比较、权衡、磋商并达成共识。这就使得各战略方向必须按照系统最优的原则进行资源分配和作战设计，尽可能避免为应对某一方威胁而牺牲其他方向战略利益的情况。

四是利于战略管理。矩阵型军队组织强调双重甚至三重报告制度，军种首长负责平时本军种的部队建设。战区指挥员战时负责作战行动指挥，最高军事机构也相应变成提供宏观指导和跨部委沟通的新角色。另外作为矩阵型军队顺利运作的必要条件，军官的轮岗交流的范围和频率会扩大和增强，对于军官的非组织行为和权力是强力的抑制，因而矩阵型组织运作模式无疑会强化最高军事当局的宏观战略管理和指挥控制能力。

二、矩阵型军队组织的缺陷

管理学上强调，一个矩阵组织只有当具有良好素质的项目经理拥有明确的全面责任和权限的时候，才会有效率。³同样，在矩阵型军队组织中，战区与军种之间的职权如果没有合理设计和清晰划分，或任何一方的能力、等级和威望与其职能不相称，管理冲突将不可避免，两者之间的有效合作也将变得非常困难。如战时，战区应遂行作战任务筹划、指挥和控制，军种部队则应在作战行动的现场组织上拥有自主权。一方面，联合作战指挥机构会穷尽各种努力使其作战目标

尽可能迅速、顺利地实现；另一方面，各军种部会竭力运用其手中的资源，对分配给本军种的任务施加影响、提供便利。如果付出昂贵管理成本但却损害军队整体运作效率，则是得不偿失的。韩国军队借用美军的军政、军令二元化体制，但在应对突发事件中整个指挥体系效率低下，在天安舰事件之后，于2011年提出重归军政军令合一的改革法案，就是一个降低管理成本、集中优势资源，以应对特殊局面的典型案例。⁴ 纵观世界采用矩阵型组织结构的军队（包括美军），管理冲突问题主要有以下四种表现：

一是目标分歧冲突。由于战区和军种部各自的职责任务、利益考量不同，战区侧重关注完成作战任务，而军种部侧重关心部队的日常运转，导致在共同完成作战任务或日常战备时，经常在形势研判、手段运用、优先次序、稀缺资源调配方面存在分歧。这样，可能使得战区过分关心自己的作战目标而忽略军队的整体战略目标，也可能使得军种过分关心自己的建设管理而对作战战备任务缺乏敏感性。

二是制约失衡冲突。通常情况下，战区指挥员拥有作战指挥权，而军种部拥有参战力量的平时管理权、军官提名权和绝大部分资源支配权。如果战区没有相应的制衡权力，就会出现任务部队“不听招呼”、自行其是的现象。相反，如果战区的权力过大，又会出现军种弱化、战区指挥机构大包大揽的现象。

三是权限不确定性冲突。由于军种部和战区既协作又制衡，所以当权责划分不明确的时候（有些事件的权限本来就很难界定，甚至没有先例可循），争权、争功或相互推卸责任的现象就很难避免，对遂行任务非常不利。任务部队也会由于存在军种部和战区两

个上级，在到底要听谁指挥、某个问题该向谁汇报等问题上感到困惑。

四是军种文化冲突。由于参与联合作战的诸军兵种客观存在着军种文化和习惯做法的差异，解决问题的理念和方法必然存在分歧，遇到问题总是自觉不自觉地在本军种的角度寻求解决方案，从而不可避免会产生军种文化冲突。

三、解决矩阵型军队组织冲突问题的对策

解决矩阵型军队组织冲突问题，殊为不易，甚至联合/联盟作战管理最先进、经验最丰富的军队如美军，也时常面对军种樊篱难破，军种文化难融、军种目标难合、军政矛盾难解的严峻挑战。但是中国军队凭其独特的领导结构、中国特色的创新，以及明智的对外借鉴，有可能找到解决的途径。建议的对策包括：

一是打造共同愿景。如前所述，协调不同方面之间的目标是矩阵型组织结构的一大难题。应由战区牵头，定期组织军种部相关方、任务部队和战略支援保障力量参加形势分析会、作战研讨会、检讨反思会和重大演训活动，让各利益相关方在交流碰撞过程中，强化使命意识、统一作战思想、打造共同愿景，让每一支任务部队都意识到信任和合作的重要性，以及自己在遂行作战任务时不可替代的角色和地位，从而为目标一致地展开作战准备和作战行动提供保证。这实质也是一个统一战场制胜观的过程。同样重要的是，而且不同于其他一些国家军队的是，中国军队各军种树立了统一的军人核心价值观，军种以及每个军人对共同核心价值观的忠诚，至为重要。

二是明晰职责权限。职责与权限不匹配是矩阵型组织产生冲突的根源。要想解决好矩阵型军队组织因权限不确定而产生冲突的问题，必须对军种部和战区的权利和职责进行清晰、明确的规定（这可能成为改革后马上要遇到的最大、最棘手问题）。比如说，战区司令员与军种部长都应是上将级，军种部长可以作为最高当局战略决策的顾问，战区司令员则应定位在区域战略决策的执行上，任何军官都不应成为决策者，而应当是决策的建议者和执行者；即使军种部有单独解决小规模冲突或战事的能力，也必须明确规定总体作战方案必须由战区司令员提出。再比如说，作为支撑军队组织管理最核心的人事权和财经权问题，就应抛弃“非此即彼”的改革思路，将人事权和财经权“一分为二”地赋予战区和军种。即：最高军事当局有军官任命权，如授予军种部人事提名权，则应赋予战区中高级军官的考核权；除按标准拨付的官兵工资福利和单位日常维持费外（可授权给国防部），如授予军种部战场建设、联合训练经费的执行权，则应赋予战区对相应项目的规划权、预算权和评估权。

三是塑造联合文化。为避免军种文化冲突对遂行任务的危害，培养合格的联合指挥人才，必须加强各军种军官业务交流，特别是军种内与联合职位的交流。除组织任务部队经常性开展联合训练、联合战巡，定期进行理论研讨和检讨反思外，还应设立独立的联合指挥与参谋学院，把联合指挥参谋训练课程的参训对象级别定为少校至少将军官，在军官具备军种内专业知识技能后，并在知识系统化和思维军种化前，培养他们从联合作战角度出发思考解决方案的本能思维和行为自觉。只有培养出一大批既真心拥抱联合理念、又知晓联合细节的中级指挥军官（中

层领导者），联合作战才可能被普遍接受，联合行动才可能化为自觉，军队转型才有中坚力量。另外，联合指挥机构指挥员应根据实际指挥需求从相关军种中选拔并定期轮换；联合作战指挥机关的编设应严格规定各部、局、处军种人员的编配比例（但机关综合部门负责人不应限定军种人选，以利竞争和选优），明确联合军官任职条件，控制联合军官编制职数，畅通联合军官晋升渠道，确保将军中最优秀的军官培养成联合指挥人才。美军就明确规定，要晋升上校，必须拥有一个完整的联合任职经历。有了优秀的联合指挥人才，战区指挥机构才有足够的能力和威望，把那些直接隶属于各军种部的作战力量融合为真正意义上的联合作战体系。需要强调的是，即使有完备的制度规定，如不能确保联合军官比军种军官优先晋升，走不通联合指挥机关与军种部队双向交流的路子，战区将不可避免地成为“养老机构”，由于能力弱化而失去威望，进而丧失实际指挥权。

四是规范作业程序。这不仅是诸军兵种联合作战的前提，更是畅通军兵种交叉任职和机关基层双向交流的根本保证。美军联合作战条令体系，总共有7个系列80多本，几乎对遂行任务时每一个岗位、所有可能遇到的情况及相应的操作流程都进行了规范，形成了标准操作程序，为高效组织联合作战提供支撑，也为军官多岗位、全球化轮岗交流提供了条件。目前，我军中由于职位界定宽泛，标准化操作程序缺乏，以及院校教育与部队实际脱节，关键岗位没有3年以上实际历练难以胜任。机关人员下不了部队，基层军官进不了机关，导致机关与基层脱节，高素质军官队伍难以成型，联合作战人才更是凤毛麟角，——人才成长的良性循环远没有形成。军政、军令分离后，军官不仅要在战区和军

种机关之间来回轮岗，也要在机关、部队甚至院校之间交流任职，人员流动明显加快，一名有发展潜力的军官在一个岗位最多只能工作3至4年时间。这种情形下，如果没有明晰的职位界定和相应的标准操作程序，可能军官到一个联合岗位任职，还没进入工作状态就被调离了，更不用说胜任岗位、高效工作和培养专业主义（Professionalism）精神了。还要注意，军官轮岗，各岗之间应有所关联，亦即，先前的教育训练和历练应为新岗位打下基础，每一轮岗位积累的经验应为下一轮岗位带来借鉴，做到上岗后尽快进入角色，迅速成为内行。这对军事技术专业岗位而言尤其重要。

五是重构信息系统。对矩阵型军队组织来说，人员、装备和保障力量在战区和军种部之间的调动转隶将十分频繁，联合训练管理、人力资源管理、军官考核评价、指挥控制手段也将更为复杂，没有专业高效的信息系统作支撑，很难实现有限资源的高效配置，管理成本将大大增加。因此，必须借鉴企业资源规划理念，根据新的组织结构，进行全方位的工作流程建模和信息资源规划，量身定做一体化管理（指挥）信息系统，尽可能减少军种部与战区间因资源分配和跨部门沟通问题引起的冲突。

四、结语

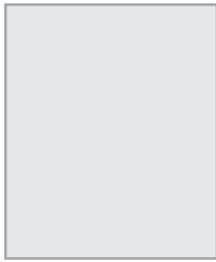
为更加高效地配置军队资源，更加灵敏地对安全威胁环境作出反应，建立矩阵型军队组织是强国军队的发展趋势。在2015年的最后一天，中国人民解放军陆军领导机构、火箭军、战略支援部队成立大会在京隆重举行，习近平主席授予军旗并致训词。2016年元旦，中央军委印发《关于深化国防和军队改革的意见》，号召全军全面实施改革强军战

略。⁵由此，中国军队新一轮改革揭去了神秘的面纱，正式向外界公布。各军种部的成立，表明中国军队结构体制朝着更加专业化方向发展；原四总部分拆为军委属下15个职能部门，向“军委管总，战区主战，军种主建”的方向发展，意味着中国军队在理顺军政体制方面迈进了一大步；⁶原七大军区的“军政军令”合一的指挥控制体制，正在向联合作战司令部的军令体制调整。按照《关于深化国防和军队改革的意见》的总体目标要求：2015年，重点组织实施领导管理体制、联合作战指挥体制改革；2016年，组织实施军队规模结构和作战力量体系、院校、武警部队改革，基本完成阶段性改革任务；2017年至2020年，对相关领域改革作进一步调整、优化和完善，持续推进各领域改革。⁷

一个军队的组织管理体制是无法用简单的“好与坏”来评介的。同样，矩阵型组织结构形式也普遍存在管理冲突问题，冲突解决的结果直接关系到管理的成本和运行的效率。从某种意义上来说，最终所达成的作战效能是检验军事改革成果最为重要的标准之一。俄罗斯军队的“新面貌”改革，因配套政策和运行机制不健全，冲突问题没有合理解决，不得不走一段回头路。所以，中国军队的改革者应在了解矩阵型组织优点的同时，认清管理冲突，以便对改革带来的各种问题尽早地加以防范和解决，使军队尽快按新体制平稳、高效运行，尽可能减少改革带来的震荡。另外，管理成本的大幅提高，即将面临的人口老龄化问题——即兵员问题，以及固有文化所产生的惰性等，都将是走向矩阵式管理的中国军队未来直接面临的巨大挑战。★

注释:

1. 参见【美】威廉·大内《Z理论》，朱雁斌译，机械工业出版社，2013年5月第1次印刷。
2. 李晶、田兵权、张宾，西华大学管理学院，“矩阵型组织结构的冲突问题”，《科技创业月刊》2009年第2期。
3. 凌轩坤，“跨国银行矩阵式组织架构模式分析——以德意志银行和花旗集团为例”，《农村金融研究》2006年第4期。
4. 李健、司中明，“重归军政军令合一：艰难的韩国国防改革之路”，<http://www.knowfar.org.cn/html/zhanlue/201501/06/454.htm>。
5. 中华人民共和国国防部网站，“军队改革升级打造2.0版解放军”，http://www.mod.gov.cn/intl/2016-01/09/content_4635976.htm。
6. 新浪网站，“军委部门调整：改四总部为15职能部门”，<http://news.sina.com.cn/c/2016-01-11/doc-ifxnkkux1122181.shtml>。
7. 中央军委，《关于深化国防和军队改革的意见》，全文参见新华社网站，2016年1月1日，http://news.xinhuanet.com/mil/2016-01/01/c_128588503.htm。



新梁，中国人民解放军退役中校，中国国防科技大学硕士学位，历任雷达工程师、作战参谋等职。现为知远战略与防务研究所客座研究员。

《空天力量杂志》是美国空军的学术刊物，由美国空军大学出版，有四种语言版本，向全球150多个国家发行。本刊欢迎中国军事及国家战略研究学者投寄以中文或英文书就的军事学术论文。来稿请用电子邮件发送到：aspj.chinese@yahoo.com。本刊保证及时回复。



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。

- AFSC (Air Force specialty code) = 空军专业代码
- AFSC-awarding course = 空军专业代码规定课程
- ASOPs (Advanced Space Operations School) = 高级太空作战学校（空军太空司令部创办）
- computerized rifle = 智能步枪，电脑化步枪，计算机操控步枪
- COTS (commercial off-the-shelf) = 商业现货
- CRAF (Civil Reserve Air Fleet) = 民间后备航空机队
- device agnostic = 装置全兼容（指某些软件和硬件无需修改就可直接配置到各种装置上，类似术语有 network agnostic 即网络全兼容）
- Education with Industry (EWI) program = 军队业界合作教育计划
- Internet-aware device = 网感联装置（在未来物联网世界，大量装置都能感知和自动联结到互联网）
- JSpOC (Joint Space Operations Center) = 联合太空作战中心
- laser dazzling = 激光炫盲
- microdegrees = 微学位课程（比其更小者称 nanodegrees 即纳米学位课程，由 Udacity 等在线教育商推出，大致相当于传统的专业证书课程，教育商将计算机技术拆解成许多微技能单元，如安卓编程，网页设计等，学完每个课程获得一份微学位证书）
- NAFCOM (NASA-Air Force Cost Model) = 美国国家航空航天局和美国空军成本估算模型
- NSSI (National Security Space Institute) = 国家安全太空学院（空军教育训练司令部创办）
- Operationally Responsive Space Office = 快速太空响应办公室
- packmule robot = 机器骡（也称 robotic pack mule，可承重并在冰冻及山地行走）
- Pan-STARRS (Panoramic Survey Telescope and Rapid Response System) = 全景巡天望远镜与快速响应系统
- personal drones = 个人无人机
- planetary defense = 星球防卫，地球防卫
- precision agriculture = 精确农业，卫星监管农业种植技术
- radio occultation = 无线电大气掩（盖）折（射）传感技术
- RSO (resident space objects) = 太空常驻物体
- SACC (suppression of adversary counterspace capabilities) = 压制敌防太空能力（衍生自 SEAD 即压制敌防空能力）
- satellite catalog = 卫星编录（由美国空军编撰和更新）
- smart exoskeleton = 穿戴式智能外骨架，穿戴式智能承重骨架
- SOSI (Space Object Surveillance and Identification) radars = 太空物体监视和识别雷达
- space-platform ecosystem = 太空平台生态系统
- SSN (Space Surveillance Network) = 太空监视网
- star field = 星域（天体测量学中将星空分为不同星域）
- visual magnitude (vm) = 能见度（天文光度等级）