



太空态势感知: 从保持现状到跨上新阶

Maintaining Space Situational Awareness and Taking It to the Next Level

马克·A·贝尔德, 美国空军上校 (Col Mark A. Baird, USAF)

美国越来越依赖太空。无论在经济上还是军事上, 我们对太空资产的依赖不容置疑。地球轨道卫星提供我们所依赖的无数服务, 例如精确定位、导航和报时、通信、气象信息、导弹预警和情报监视 (ISR)。在过去十多年里, 这些功能不仅起着全球经济的命脉作用, 也是保障全球反恐作战的一个关键因素。随着美国战略重心向太平洋地区转移, 我们对太空资产的依赖将更加紧密, 保持美国太空能力, 对确保美国在未来任何冲突中的军事优势至关重要。¹

冷战结束后, 太空成为美国的乐土, 在这个广阔领域中, 美国天马行空, 几乎完全自由。然而随着许多新玩家进入太空舞台, 随着中国崛起为几乎与美国平起平坐的太空大国, 形势正在发生变化。中国在积极整合其军用和民用太空项目, 俄罗斯也志在复兴加强太空投资, 我们必须面对这两个国家对美国构成的挑战。² 伊朗和朝鲜虽然不具备成熟的太空技术, 但是都在努力研发洲际弹

道导弹和尝试发射卫星, 显示出扩大其太空存在的决心。³ 俄罗斯、朝鲜和伊朗除

了发展天基通讯平台、定位导航/报时和ISR能力之外, 还在积极研制或获得可以干扰全球定位系统 (GPS) 卫星和其他关键通信链接的技术, 企图有效遏阻美国军方对这些太空系统的运用。⁴ 在当今高科技战争环境的冲突中, 如果我们没有能力投放GPS制导武器, 无法通过遥驾飞机对战空实施持久的ISR覆盖, 甚至无法发现敌人发射飞毛腿导弹, 如果我们得不到战场上空的天气信息, 或者在敌人发射洲际弹道导弹时我们却没有战略通信和导弹预警, 我们难以想象, 战局将如何改变? 它说明, 我们必须保持天基能力, 才能在国家最新威胁评估报告所预测的这种拥挤和抗衡的太空环境中, 保障美国空天力量和海基力量的投送, 这项能力至关重要。⁵

要想保持美国在太空的优势, 我们首先必须清楚地了解美国太空资产的周围环境, 并及时发现任何变化或者潜在的威胁——换言之, 我们需要保持“太空态势感知”(SSA)。过去, 我们保护美国天基能力的努力一直依赖于侧重太空飞行安全的SSA, 这项努力的主要重点就是编制和维护一份太空物体完整目录, 列出所有在轨卫星、废弃火箭壳体和其它碎片, 是以预测和避免太空碰撞。这项重要使命能降低我们卫星发射的风险, 保护在轨的载人与无人太空资产, 一切为着避免轨道运行物体发生冲撞。太空中以高达每小时17,000英里速度运行的物体如发生碰撞, 不仅会摧毁卫星(导致任务和投资重大损失), 还可能产生一大片碎片场, 致使这个轨道区域无法使用。尽管航天飞行安全非常重要,

ISR = 情报监视侦察
GPS = 全球定位系统
SSA = 太空态势感知
BMC3 = 作战管理指挥、控制与通信
C2 = 指挥控制
SPADOC = 近空防御作战中心 (后改称“太空控制中心”)
JSpOC = 联合太空作战中心
JMS = 联合太空作战中心任务系统
SOA = 以政府服务为导向的结构
ARCADE = 以行动为导向的快速协作应用开发环境

但如果我们的 SSA 作战概念只关注如何避免碰撞，实不足以应对太空环境中越来越激烈的、包括反卫星武器、通信干扰和传感器眩盲在内的抗衡。⁶ 我们依赖了几十年的 SSA 作战概念已经无法充分保护美国在太空中的昂贵资产，底线告急，令人警醒。⁷

本文强调保持强大 SSA 能力的必要性，认为要做到这一点，我们必须将重心从强调目录维护，转向建设更重视战术性、预测性和情报驱动的 SSA 能力，为此需要立足于一种作战管理指挥、控制与通信（BMC3）一体化的基础设施。我们必须围绕 SSA 传感器网络——这些 SSA 传感器运用通用数据模型支持快速任务指令生成、处理、运用，以及跨保密等级传送——建立新的太空优势体系；它必须纳入战术情报，以确保及时辨识威胁，并且包括一套着眼于太空控制的可行的 BMC3 行动计划，以能在充分预警下及时化解威胁。

太空竞赛回顾

1950-1970 年代：太空的黎明

从最原始的武装冲突开始，军队就一直努力占据战场的制高点。无论是一个土坡或一座大山，天空或者太空，无论战争中采用什么技术或战略，把握制高点就能压住对手。随着飞机在二十世纪初出现，天空成为新的高地，空中优势成为激发士气的动力。

自二十世纪五十年代中后期以来，技术的发展促使太空成为终极制高点。随着冷战的升级，美苏两国投入军事竞赛，以最初开发用于发射携核洲际弹道导弹的技术为基础，发射了各种通信和间谍卫星，同时建立起烟筒式竖向指挥控制（C2）系统。⁸ 此时的太空发挥着保障作用；直到越南战争时期，气

象卫星、通信中继卫星和最早的间谍卫星才得到大规模使用。

1970-1990 年：太空抗衡形成

在冷战的高峰期，美国和苏联都开发和测试了若干种反卫星武器，力图获得置对手太空资产于险境的能力，是以把握制天权。在冷战的大部分阶段，苏联一直在开发一种同轨卫星摧毁机，或叫做“战斗机卫星”。⁹ 最广为人知的反卫星武器试验之一，是美军实施的一次直接上升反卫星武器试验，1985 年 9 月 13 日，美军从经过专门改装的 F-15 上发射 ASM-135 导弹，击中一颗即将报废的实验卫星（Solwind P78-1）。这架战斗机在加州范登堡空军基地以西 200 英里的空中，向 345 英里上空的这颗低轨卫星发射了一枚反卫星导弹，用仅 30 磅的微型寻的弹头成功摧毁了重 2000 磅的卫星。幸而卫星体积不大且轨道较低，这次反卫星试验只产生了少量碎片，卫星的残骸在重入大气层过程中燃尽。世人看到的下一次反卫星武器试验，则发生在二十多年以后。¹⁰

1990-2007 年：美国对太空的依赖不断增长

我们在“沙漠风暴”行动中的经验是太空力量的分水岭……太空现在已经紧密整合到联合军事行动中，成为其不可分割的一部分。如果我们的军事武库中失去太空资产……我们将后退到二战时期的作战方式。

——美国空军退役上将查尔斯·霍纳

从 1991 年海湾战争到 2001 年及 2003 年的阿伊两场战争，美国在这十多年间，将太空能力大规模整合到美式作战之中。有人称“沙漠风暴”行动是第一场太空战争，在这场战争期间，卫星用于军事与商业用途的

规模和广度，远远超过越战时期。¹¹“蓝色太空作战序列”(用于实施作战计划的太空资产)包括 51 颗军事和 12 颗商业卫星。¹² 每一项太空任务都在“沙漠风暴”中发挥了作用(从各方面来看,卫星地面站和用户设备为支持“沙漠风暴”所作的部署达到空前的规模),每一次都为地面作战人员提供了巨大的技术优势。即便如此,我们尚未将太空完全融入我们的作战概念——在当时战空的最前沿,我们还没有 GPS 制导精确武器、可靠的卫星通信设备,以及战术 ISR 能力。不过我们的部队已经认识到太空系统可提供的巨大优势。例如,军方紧急采购了早期的商用 GPS 接收器,用胶带粘在直升机上协助导航。仅仅十年以后,在“持久自由”和“伊拉克自由”行动中,我们已经敢于使用 B-52 执行近空支援任务,我军的马背上的特战小分队通过卫星通信呼叫支援,用与 GPS 接收器整合一体的激光测距仪导引飞机发射弹药精确攻击“非常逼近”部位的敌方目标。¹³

制天权的重要性

海军上将马汉是美国最重要的海军战略家之一,他将地球上的海洋视作力量投送和商业活动的媒介,在适当的战略、政策和作战理念控制下,可以为一个国家提供经济和军事优势。¹⁴ 同样,美国对太空日益增多的利用和依赖,要求我们发展出有效的政策和作战理论,以及工具和资源,以确保美国恰当而有效地利用太空。马汉进一步提出了“制海权”原则,呼吁为了国家的目的应不受限制地使用海洋;这种观点直接转化为“制天权”概念。欲获得太空优势,制天权使命不仅需要解决太空监测问题,而且还要解决如何保护美国以及盟友太空资产系统的问题,这些太空系统用于战斗管理、通信与情报,以及阻止对手利用太空系统及服务损害美国国家

安全利益。1979 年,太空防御作战中心(SPADOC,后改称“太空控制中心”)在科罗拉多州夏延山基地成立,负责指挥和控制太空监视网络;随后在 1982 年组建了空军太空司令部,继而在 1985 年成立了统一的美国太空司令部。太空有史以来第一次被视作战场,很多我们现今所依赖的太空控制系统,都是在那些年间诞生的。¹⁵

随着苏联的解体,第一次“太空战争”结束,俄罗斯退出了太空竞赛,美国也基本上停止了对其太空控制系统的重大升级。夏延山的太空控制中心只在“沙漠风暴”后的几年里得到过几次小的升级,该中心的计算机系统仍在运作,并将继续保持当前状态,直到被其下一代系统——现代化的联合太空作战中心(JSPOC)任务系统(JMS)——所取代,新系统计划在 2016 年实现联网。

在“沙漠风暴”以后的年月里,美军大量使用精确制导武器以及船舶和飞机导航技术,对天基平台的依赖变得根深蒂固。我们对最初主要用于基本目的的卫星进行设计改造,投用于全球通信中继,用来指挥遥驾飞机或平台把 ISR 数据转发给空中、地面和海上作战部队。这种依赖性也蔓延到民间,使得太空应用成为航运、银行、农业和娱乐行业的一部分。如果 GPS 系统遭到破坏,仅这一项损失影响就将超过每年 960 亿美元。¹⁶ 卫星产业在整个世界获得蓬勃发展,太空系统在军用和民用领域的应用不断扩大。但由于美国的太空优势几乎无人挑战,我们便安于现状,享受蓬勃发展的太空行业带来的无限好处。

2007 年至今：制天权面临十字路口

2007 年 1 月 11 日,中国发射一枚 SC-19 直升反卫星导弹击毁了自己的气象卫星“风

云-1C”，一举改变了太空作战环境的现状。¹⁷ 这枚动能拦截弹是中国“东风-21”中程弹道导弹的改装版，在其发射火箭助推下，以约每小时 17,000 英里的接近速度，直接撞中在 537 英里高度上的卫星——比美国 1985 年反卫星武器试验的高度高出 200 英里。两者造成的后果也不同，冰箱般大小的“风云-1C”被摧毁后，形成了一个相当可观的、也是史上最大的碎片场。这次试验之后，根据太空监视网和 JSpOC 的监视，太空目录中增加了数千块可追踪的碎片，更有成千上万碎片因为太小而无法追踪，但仍足以对低轨上的人类太空活动造成安全隐患。¹⁸

美国的“铱星-33”与俄罗斯的“宇宙-2251”通信卫星 2009 年在西伯利亚上空相撞，是第一次公开证实的两颗完整人造卫星在绕地轨道上发生的超高速撞击事故。¹⁹ 美国国家航空航天局估计，这次卫星相撞制造了 1000 块大于 10 厘米（4 英寸）的碎片。碎片场继续扩大，截至 2011 年 7 月，太空监视网已经收录了超过 2,000 块大碎片。国家航空航天局认为，这个碎片场对国际空间站造成的风险很低，因为国际空间站在碰撞路线之下大约 430 公里（270 英里）的轨道上运行。此碎片场对随后在 2009 年 2 月下旬发射的 STS-119 航天飞机也没有造成严重风险。然而直到今天，在每次太空发射之前，国家航空航天局需要评估与这个碎片场发生碰撞的可能性。最近的事件发生在 2013 年 1 月 22 日，人们相信 2007 年中国反卫星武器试验中击毁“风云-1C”所产生的一块碎片撞到了俄罗斯的“太空球透镜”实验小卫星 BLITS，将其撞出了可用轨道。²⁰ 鉴于美国对其太空资产严重的依赖，至关重要的是，我们必须获得并保持 SSA 能力，能发现、跟踪和识别轨道资产，以及对我们的系统构成的其

他任何威胁，并且及时开展轨道交会碰撞风险评估，采取有足够把握的措施规避各种意外的或蓄意的威胁。

太空优势体系

当前 SSA：例行维护目录

目前，我们把保持 SSA 的主要精力，放在了观察、了解和预测地球轨道上自然和人造物体的物理位置，目的是避免碰撞。“安全世界基金会”报告说，在低地轨道上有 450 颗运行卫星和超过 10,000 块可追踪碎片；在中高轨道上有 55 颗运行卫星和超过 500 块可追踪碎片；在对地同步轨道上有 400 颗运行卫星和超过 1,000 块可追踪碎片。JSpOC 拥有世界上最先进的轨道跟踪网络，其目录中记载了 21,000 块大于 10 厘米的驻太空物体。²¹ 然而，我们还必须应对至少 500,000 块 1-10 厘米大小的碎片，以及几亿块小于 1 厘米的碎片。随着人类将更多的载人和无人航天器送入太空，随着太空碎片场以令人吃惊的速度扩大，以每小时数千英里轨道速度运动的这些物体，无论其大小，都会成为威胁。这个问题影响着美国和其它航天国家，影响着政府和企业拥有的所有太空资产。

我们用雷达和望远镜结合，跟踪卫星和太空碎片的位置（见图 1），其中许多设备已经很陈旧，也不是以 SSA 为其主要使命而建造。各种地面雷达，诸如 Globus II、Millstone/Haystack、ALTAIR/TRADEX、弹道导弹早期预警系统、飞行器再入精确搜索相控阵报警系统，以及环形搜索雷达攻击辨识系统等，都起源于 SPADOC 设在夏延山时期的导弹预警谱系。最初，美国陆军于 1968-1970 年之间，在夸贾林环礁的里根试验场建造和运营“ALTAIR 雷达”，用来模拟前苏联雷达的功

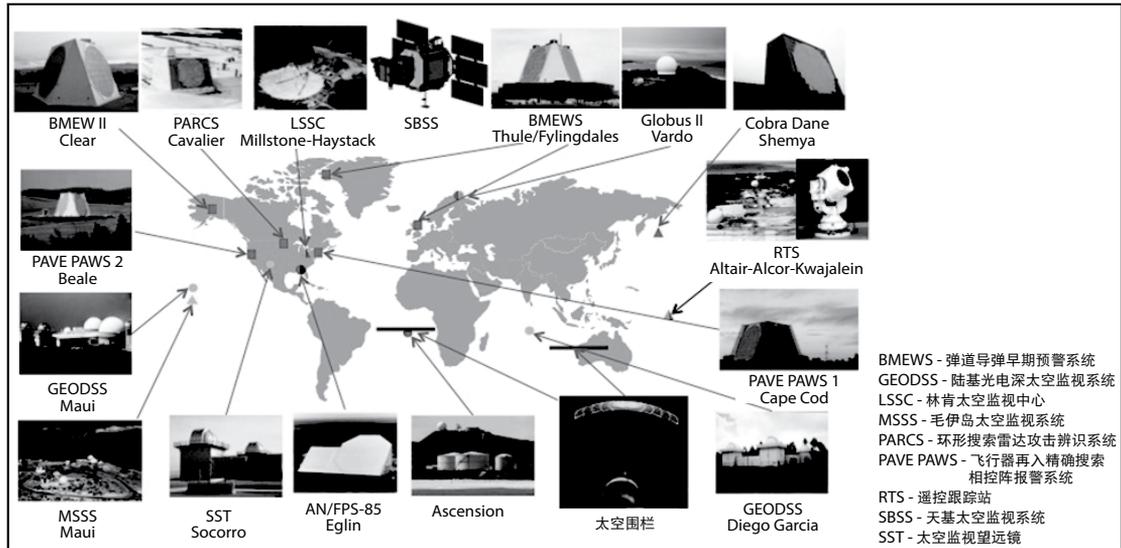


图 1：太空监视网络（2012 年）及未来发展

能。²² 随着时间的推移，人们认识到雷达可以调整，或者可用于双重用途来同时实施 SSA 使命。我们当前的 SSA 网络的大部分是建立在政府部门之间的合作协议之上，目的在于充分利用支持多种使命的系统。目前正在进行的几项努力旨在向全球合作伙伴扩大这种合作，这其中包括友好国家和商业实体，以提高监测全球太空环境的效率。最近开展的新型“S 波段太空围栏”就是这样一种合作项目，预计在 2017 年联网，并将担当 SSA 网络内的关键角色。²³

除地面雷达之外，光学系统对 SSA 使命的贡献非常重要。陆基光电深太空监视系统 (GEODSS) 目前已在墨西哥州、夏威夷州和迪戈加西亚岛建立了工作站，该系统可跟踪太空中 20,000 多英里以外篮球般大小的物体。GEODSS 在跟踪太空物体、特别是深太空物体方面具有重大作用。超过 1,200 个物体散布在深太空的中高地球轨道、对地同步轨道和高椭圆轨道上。而在对地同步轨道上，

部署着极其重要的战略与宽带通信卫星及导弹预警卫星。太空监视望远镜是一种先进的陆基光学仪器，可以在几秒钟内搜索太空中像美国一样大的面积，并能在一个晚上将对地同步轨道带扫描多遍；它的视野要超过多数高能力 GEODSS 视野的三倍，每一个晚上能捕捉超过 1tb (10 亿字节) 的数据。数据量如此巨大，就要求我们必须具备足够的地面能力处理和使用这些信息。在不久的将来，随着新雷达和光学传感器的联网，JMS 将成为连接新老能力的纽带，使我们能够最大程度地利用它们提供的数据。

陆基雷达和光学系统是太空监视网络中辨识太空中物体的主力，但它们受到天气、太阳黑点以及它们在地球上地理位置的限制。为利用太空的终极高度来弥补陆地设施的局限性，美国在 2010 年启动了天基太空监视系统。此系统是太空监视网络中能力最强的传感器，具备高容量和快速机动性，不分

昼夜收集信息且不受天气影响，并能提高对跟踪目标的重复探视率。

地面光学、地面雷达和太空光学系统都为保持 SSA 做出重大贡献，但各有自身不可克服的限制。因此，美国必须具备这三种能力，结合起来，才能获得并保持强大的 SSA 能力。鉴于美国对太空的严重依赖，当务之急，是必须有效地调整和利用我们的 SSA 传感器网络资源，及时提供必要的信息，以保障美国的在轨资产安全运行。

未来 SSA：快速辨识新现威胁

新威胁正不断出现，SSA 使命不可继续局限于对太空物体目录的常规维护，而必须向建设预测性、时敏性的一体化作战管理指挥、控制与通信环境，即 BMC3 环境发展。国防情报局在 2012 年和 2013 年向参议院武装部队委员会提交的国家威胁评估中，都提到了中国日益增长的能力和日渐增强的军事太空努力。²⁴ 国防部长办公室向国会提交的 2013 年中国军力报告详细说明了中国的军事发展，强调指出，中国“正在发展旨在改善其能力以限制或阻止对手在危机或冲突中使用天基资产的多维计划。”²⁵

在制太空技术领域，俄罗斯和中国继续研发相关系统和技术，可以干扰或瘫痪美国重要的天基导航、通信和情报收集卫星。北朝鲜已经在南北分界线附近的车辆上安装了苏制干扰装置，能干扰 50-100 公里半径范围的 GPS 信号；另据报道，它还在自主开发超过 100 公里半径的 GPS 干扰器。其它国家和非国家行为者依靠拒绝技术和伪装技术来对抗我们的天基图像情报搜集，进行电子战或信号干扰，并可能袭击我太空资产的地面站点。²⁶ 因此，美国必须具备能迅速了解其太空系统在何时何处被破坏的能力。

当前指挥与控制：对太空防御作战中心进行现代化更新

联合太空作战中心 (JSpOC) 任务系统 (JMS) 项目是太空优势体系的基石，它将取代 1980 年代的 SPADOC 系统，发挥 C2 系统作用，重点放在规划和实施美国战略司令部统属下联合功能组成司令部的太空使命。不同于其它空天作战中心系统，JSpOC 有专门的 C2、SSA 和 ISR 能力，用于支持渗透到许多任务领域的太空控制。

我们可以把 JSpOC 理解为是空中交通管制中心和空天作战中心的结合，但向太空展现出 22,236 英里的控制跨度。为比较起见，控制塔中的空中交通管制员负责管理塔台周边 200 海里范围内、飞行高度 10,000 英尺的飞机，有效管理空间为 315,000 立方英里。而在地球和对地同步带之间，有效的控制空间为 46 万亿立方英里，管制空间多出大约 15,000 多万倍！由此需要面对各种独特的问题，因为太空有其独特的物理限制，例如太阳导致的黑点可使敏感光学设备每天有几个小时无所作为，浩瀚的空间也使电磁波必须穿越漫长的距离。这些因素使得我们很难从雷达回波计算出准确的范围尺寸，以及准确辨识太空物体。要承担如此复杂和高强度的计算任务，把传感器平台获得的各种数据整合归纳，融合成有用的 SSA 图像，我们的 JSpOC 操作人员在目前只能依赖分散的、并经常是陈旧的技术平台，诸如 SPADOC 计算机系统、航天动力支持工作站，以及指挥/分析/星历认证网络 (CAVENet)。²⁷ 鉴于美国严重依赖太空系统而威胁我太空系统的太空物体不断增加，我们不可再继续靠着这些陈旧系统来执行 SSA 使命，维持现状的做法已经不可接受。

JMS 将替换陈旧的 SPADOC 计算机系统和航天动力支持工作站程序及能力，代之以规模可调、可扩展、可持续发展的现代化平台，为二十一世纪的美国建设实施 SSA 使命所需的全套能力。为完成新旧替换，JMS 项目正在开发一个以政府服务为导向的结构（SOA）基础设施，它将支持任务集成，主要采用商业开发的、成熟的政府任务应用软件程序。在这个坚实可靠且规范的 SOA 平台上建设 JMS 非常重要，只有这样才能确保 JSpOC 逐步演进，发展新功能来取代陈旧的服务功能，改进软件应用程序来纳入为操作员定制的新战术 / 战技 / 战规。JSpOC 在 2015 年之后形成的未来能力，将要求我们开发新的应用和新的程序，并利用新的 SSA 数据来源。进一步，我们可以假定，操作者将会找到利用该系统能力的、超出系统设计初衷的创新应用，这种情况在过去一再发生。因此 JMS 必须确保 JSpOC 鼓励并容纳这些创新应用。

JMS 的主要目标，就是更好、更快并可扩展地集成来自更多数据源的各种数据。与 SPADOC 系统相比较，我们期望 JMS 接受并整合不仅是来自传统太空监视网络、例如美国导弹预警雷达的跟踪数据，还有来自其他各种来源的非传统格式化的观测信息和星历、以及来自卫星遥测的定位数据和来自外国传感器的跟踪数据。在许多情况下，这些数据将以网络中心传感器和数据源工作为基础并披露这些数据源，以网络为中心传递。²⁸

向太空作战管理、指挥、控制、通信（BMC3）能力演进

2009 年美俄卫星相撞事件以及 2013 年碎片撞击俄国 BLITS 卫星事件提醒我们，差强人意的 SSA 能力必须淘汰更新。形势逼人，太空国家在增多（例如中国、北朝鲜和印度），

太空明显越来越拥挤。某些国家不仅宣称而且已经展现了针对美国的太空依赖软肋实施攻击的意图，因此我们必须有能力保护自己的资产。²⁹ 如果美国想保持最强太空国家的地位，那么，面对日益增长的威胁，我们的 SSA 模式必须与时俱进，而不仅仅满足于例行维护太空物体目录和监控碰撞风险。太空作战界必须象天空作战界的空天作战中心那样，开发 BMC3 能力，其中包括象空天作战中心那样的信息分析、数据融合和威胁识别能力。

沿循以目录维护为重点的例行（和平时期）SSA 做法，将不足以应对、甚至不足以及时预警潜在对手的攻击。太空联合职能组成司令部在开始制订应对轨道事件——诸如卫星对冲、碎片崩撞、或者潜在的反卫星武器攻击等——的行动方案之前，卫星运行中心和 JSpOC 的决策者们需要首先拿出能反映太空当前态势的作战行动图，图中应包括所有可以影响太空物体的地面资产，并有足够的时间开展“观察—判断—决策—行动”分析，在指挥链适当的层级达成“行动”决策。这不是一件容易的事情。

空军太空司令部内的部门已经开始通过“杀伤链”分析研究这个问题，深度检视技术需求、物资解决方案、程序更改、ISR 需求，以及作战行动概念等，决策者依据这些必要行动概念实施为太空行动人员规划及由太空行动人员操练并改进的行动方案。杀伤链分析需要传统 C2 中的组成元素；但是太空不再是我们的乐土，对威胁的响应时间已经被压缩得极短，为制天权历史上前所未见，因此我们的 C2 必须与 JSpOC 以外——如国家空天情报中心、国家安全局、国家侦察行动中心，或任何有太空控制需求、ISR 或太空作战专门知识的其他部门——的通信节点更加紧密

地整合。这种现代化的 C2——加上“Communication”即通信，合称为 C3——为有效的危机管理所必不可少。战斗管理和 C3 的结合，即 BMC3，则是我们在当今拥挤、抗衡和争夺制天权的太空环境中为建设太空优势体系所必须。太空 BMC3 将超越例行的稳态的做法，对可能影响我太空资产的高可疑目标进行战术监视。在及时指认和预警系统的支持下，这个框架可以灵活调整对战术事件的准备及响应，同时继续保持太空物体目录维护的全球能力（图 2）。

这种新的太空态势所要求的，还不仅是对陈旧硬软件升级换代；为增强当前的作战能力，太空优势系统局已经联手 JSpOC、美国战略司令部和其它作战司令部，共同设计和试用新开发的战术性监视方案。我们通过协作“对抗练习”，从当前作战行动系统和原型系统中提炼出那些将支持特定危机事件处理的部分，准确演练它们如何提供支持。这些演练使用试验台和原型分析工具，并注重降低技术风险，消除整合进度的时间风险，从实战角度提供演练质量回馈以排出解决问题的轻重缓急，并且公布战术一响应问题，让更多致力于解决研究和开发的人员参考和了解，从而减少实施过程中的整体风险。

在建设太空优势的努力中，我们尽管在加强灵活性方面取得了重大进展，仍需继续关注当前，确保当前静态的任务分配流程能变得更加灵活，能适应迅速变化的威胁。这些流程需要考虑把非传统传感器整合到 JSpOC SOA 平台和操作者的工作区。数据将以不同的格式和保密等级传送到 JSpOC。JSpOC SOA 平台将解读并融合数据，通过用户定义的行动方式，以需要的最快速度——全然不同于目前习以为常的数小时或数日延迟——将数据传送给太空操作员和情报分析员。太空运营者的可用数据数量在不断增加，更紧迫要求我们以有待完善的方式，尽量快速地收集、处理和利用情报信息。这种能力现在已经存在，但是我们需要将之自动化，无需开发人员或工程人员的干预。这些数据应能通过商定的交换格式与各种系统兼容，数据的输出应能在军用和民用经营者之间随时共享。情报运作单位将通过战术时间线随时利用动态数据，通过以网络为中心的手段向世界各地作战人员迅速传发原始情报，这些作战人员将通过其用户自定义操作图景来解释信息。

在此新的太空态势之中，我们现有的功能中有一些将需要调整其角色。情报资产已经在辨识太空物体和引示预警资源等方面发

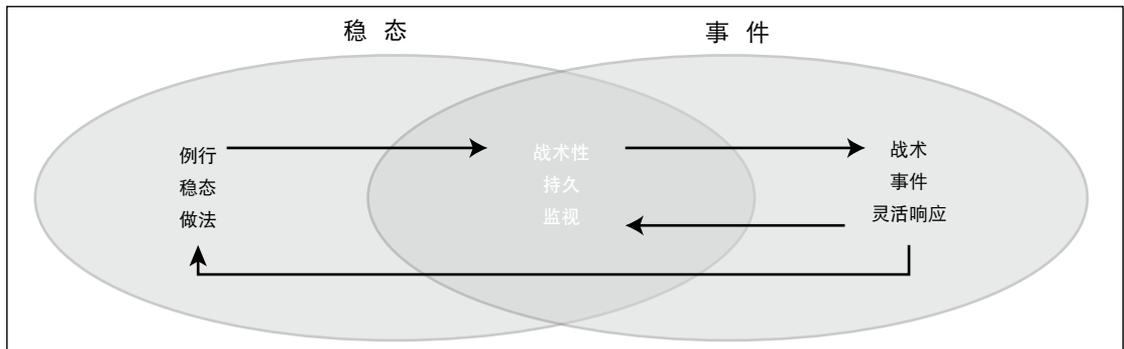


图 2：改变太空态势感知的作战节奏

挥关键作用，为规划太空的行动计划奠定了基础，但是它们现在开始进入新角色，这就是提供战术确证和太空事件溯源。以航空界基础性情报来源发现潜在对手正在开发新飞机为例。情报界会使用其资源和专门知识来确定新现威胁的能力和详细特点，这种基础性情报收集是关键性和长期性的。但是在对手造出飞机并投入使用之后，我们就需要另一类别的情报，这种情报着重于搜集快速发展的闪逝性信息，这些信息非常稀疏，因为对手竭力避免被发现。此时情报搜集者的最终目标不是拍摄到高保真图片，而是迅速取得指纹印记（例如：此信息指向或匹配哪一种威胁？）。我们能做到这些，但必须强调及时性。大量的信息系统已经存在，我们可以获得这些情报技术资产。我们需要做的，是把这些系统无缝整合到我们的一系列战术/战技/战规之中，能提供符合决策者所需质量的及时信息。

未来架构

为保持太空优势，我们必须将 BMC3、SSA 以及战术情报紧密地结合到一种架构中，使决策者确定行动计划只需要几小时而不是几天。当今的 BMC3、SSA 和太空控制结构只是松散地结合，未来的结构必须体现更紧密的结合。我们可以把一系列具体解决方案整合到太空优势结构中。由于目前政府实施自动削减开支政策，影响了我们提升当前能力和领先潜在对手的努力，在这种情况下，我们必须解放思想，创造性地设计出着眼于 2020 及更长远未来的新太空优势结构。

和航空界的 C2 系统一样，太空优势 BMC3 系统应通过利用联合的 SOA 平台和数据开采系统内的 ISR 数据而发展和演进。现代计算技术的进步已经使我们有能力自动梳

理不同来源的海量信息，生成决策者可用的情报。这些数据必须符合通用数据模型，能在各种计算系统之间交换。在 JMS 系统的第一次增量中，初始交付的 SOA，以及后续的各种改进，应考虑能促进跨区域的发展，使 JSpOC 能够与世界各地的空天作战中心相连，并以所需的快速度共享 BMC3 数据。

空军和情报界的机构已经在把 ISR 数据融合中心从烟囱式竖向系统（例如分布式共用地面系统 [DCGS] 和全球指挥控制系统 [GCCS]）转向联合 SOA（例如当今的 DCGS SOA 和 GCCS 的下一代系统，即联合指挥与控制）。但这种相互连接的、联合的 SOA 只允许我们有限尝试各 SOA 之间的新数据融合技术。为解决此问题，太空优势系统局和空军研究实验室正协作建设一种以行动为导向的快速协作应用开发环境（ARCADE），为解决未来 JSpOC 需要的减少风险的关键工具。ARCADE 将运行 JSpOC 的最新软件版本，它将模仿可在多个安全层级上运行的 SOA。企业开发商、政府部门、大学等，都可以使用共同的数据模型和软件开发工具套件测试和开发应用程序，为我们在发行 JMS 的未来版本时提供多种选择。这样的协作开发环境将允许新的技术在被纳入软件整合进程并构成可运行的 SOA 之前就已相对成熟，从而降低我们的风险，同时仍能允许在操作相关环境中进行新功能测试。JSpOC 操作者将会深入了解 ARCADE，就升级选项提供反馈意见，这些意见将对需求与规划委员会——JMS 体系中确定需求的机构——至关重要。通过 ARCADE 和理事会程序，未来的 JSpOC 操作者和太空优势系统局的采购领导人能够将 BMC3 推向更加无缝整合的空天 ISR 集成，为决策者提供完整、可靠、及时的太空态势感知，

有效应对拥挤、抗衡和充满竞争的太空环境的挑战。

结语

为在不断变化的环境中保持太空优势，美国必须找到扩展当前 C2、SSA 和 ISR 系统能力的途径，同时应投资于开发新的、能力更强的、具备韧弹性的更优系统，来保持对太空的控制。在越来越拥挤的太空中，超过 1,000 颗卫星和数以千万计太空碎片在 46 万亿立方英里空间内绕地球作轨道运转，又有其它国家在不断挑战美国的太空优势地位，因此，维持一套强大的陆基和天基传感器来收集数据，建立我们的 SSA 能力，是最重要的当务之急。

要想更好地保护美国在太空的国家利益，就要求我们改变思维角度，从当前以太空物体目录维护和事件取证分析为主，转向实现

SSA、BMC3 和空天一体 ISR 的无缝集成。在这里，关键的区别是，C2 所反映的是以稳定、无抗衡的太空环境为背景的、反应时间可以从几个小时长到几天的思维形态；而 BMC3 需要另一种思维形态，这就是必须面对迅速演变的、可能对美国国家安全和上万亿美元太空投资造成破坏的威胁，保障决策者缩短决策时间，做出近实时的最快决策。

随着能力更强大的传感器和 C3 系统技术问世，未来的太空作战管理中心将能更好地处理未来事件，更容易升级换代，并能无缝整合来自地面、天空和太空的呈几何级数增长的 ISR 数据。保卫美国国家安全卫星的任务，依赖于整个太空界的持续支持，需要我们共同努力，协同反击中国、俄罗斯、伊朗和北朝鲜干扰、阻止和拒绝我们安全和持续进入太空的企图——无论是平时时期，还是战争期间。³⁰ ♣

注释：

1. President Barack Obama (remarks before the Australian Parliament, 17 November 2011) [奥巴马总统 2011 年 11 月 17 日在澳大利亚国会的演讲], <http://www.whitehouse.gov/the-press-office/2011/11/17/remarks-president-obama-australian-parliament>.
2. Mark A. Stokes with Dean Cheng, China's Evolving Space Capabilities: Implications for U.S. Interests [中国演变中的太空能力对美国利益的影响], (Washington, DC: US-China Economic and Security Review Commission, 26 April 2012), http://project2049.net/documents/uscc_china-space-program-report_april-2012.pdf.
3. Senate, Annual Threat Assessment, Ronald L. Burgess Jr., Lieutenant General, USA, Director, Defense Intelligence Agency, Statement before the Senate Armed Services Committee, [年度威胁评估, 美国国防情报局局长 Burgess 陆军中将在参议院武装部队委员会的证词], 112th Cong., 2nd sess., 16 February 2012, <http://www.dia.mil/public-affairs/testimonies/2012-02-16.html>.
4. 同上；另参看 Senate, Annual Threat Assessment, Michael T. Flynn, Lieutenant General, U.S. Army, Director, Defense Intelligence Agency, Statement before the Senate Armed Services Committee, [年度威胁评估, 美国国防情报局局长 Flynn 陆军中将在参议院武装部队委员会的证词], 113th Cong., 1st sess., 18 April 2013, http://www.armed-services.senate.gov/statemnt/2013/04%20April/Flynn_04-18-13.pdf; 另参看“Russia Delivers Radar Jammers to Iran”[俄罗斯向伊朗提供雷达干扰装置], Space Mart: Space Industry News, 25 October 2011, http://www.spacemart.com/reports/Russia_delivers_radar_jammers_to_iran_999.html; 另参看 Patrick Winn, “North Korea's GPS Jammer Brigade”[北朝鲜 GPS 干扰任务旅], Global Post, 16 September 2011, <http://www.globalpost.com/dispatch/news/regions/asia-pacific/110916/north-korea%E2%80%99s-gps-jammer-brigade-spy-plane>.
5. Senate, Worldwide Threat Assessment of the US Intelligence Community, James R. Clapper, Director of National Intelligence, Statement for the Record to the Senate Select Committee on Intelligence, [美国情报界全球威胁评估, 国家情报总监

- James R. Clapper 在参议院情报委员会证词记录], 113th Cong., 1st sess., 12 March 2013, <http://www.dni.gov/files/documents/Intelligence%20Reports/2013%20ATA%20SFR%20for%20SSCI%2012%20Mar%202013.pdf>.
6. 传感器眩盲器是一种定向能武器，是用强大的定向辐射光束使卫星传感器暂时致盲或扰乱其目标。
 7. AU-18, Space Primer [太空入门知识], (Maxwell AFB, AL: Air University Press, September 2009), 68-72, 273-81, <http://space.au.af.mil/au-18-2009/au-18-2009.pdf>.
 8. “烟囱式”是指设计和建立一个隔离的系统，不考虑未来连接性或者与其它系统的集成。
 9. Anatoly Zak, “Spacecraft: Military; IS [Istrebitel Sputnikov] Anti-satellite System” [航天器：军事战斗机卫星反卫星系统], Russianspaceweb.com, 24 December 2012, <http://www.russianspaceweb.com/is.html>.
 10. Dr. Raymond L. Puffer, “The Death of a Satellite” [卫星之死], Air Force Flight Test Center Moments in History, 13 September 1985, http://web.archive.org/web/20031218130538/www.edwards.af.mil/moments/docs_html/85-09-13.html; 另参看 Craig Covault, “China's Asat Test Will Intensify U.S.-Chinese Faceoff in Space” [中国反卫星武器试验将加剧美中太空对峙], Aviation Week and Space Technology, 21 January 2007, http://web.archive.org/web/20070127122105/http://www.aviationweek.com/aw/generic/story_generic.jsp?channel=awst&id=news/aw012207p2.xml.
 11. “Desert Storm: The First Space War” [沙漠风暴：第一次太空战争], 收录于 Gray Space and the Warfighter [灰色太空与战士], 17 June 1997, <http://www.au.af.mil/awc/awcgate/grayspc/dstorm/dstorm.htm>.
 12. 同上。
 13. Maj Michael J. Muolo, Space Handbook: A War Fighter's Guide to Space, [太空手册：战士太空指南], vol. 1 (Maxwell AFB, AL: Air University Press, 1993), chap. 5.
 14. 见注释 7, 第 137 页。
 15. Benjamin S. Lambeth, “A Short History of Military Space” [军事太空简史], Air Force Magazine, December 2004, <http://www.airforcemag.com/MagazineArchive/Pages/2004/December%202004/1204space.aspx>.
 16. Nam D. Pham, PhD, The Economic Benefits of Commercial GPS Use in the U.S. and the Costs of Potential Disruption [GPS 商业应用在美国的经济效益及其潜在中断的代价], (Washington, DC: NDP Consulting Group, June 2011), 2, <http://www.saveourgps.org/pdf/GPS-Report-June-22-2011.pdf>.
 17. Shirley Kan, China's Anti-satellite Weapon Test, [中国的反卫星武器试验], CRS Report for Congress RS22652 (Washington, DC: Congressional Research Service, 23 April 2007), <http://fpc.state.gov/documents/organization/84322.pdf>.
 18. National Aeronautics and Space Administration, “An Update of the FY-1C, Iridium 33, and Cosmos 2251 Fragments” [有关风云 -1C、铱星 -33 和宇宙 -2251 卫星的碎片更新信息], Orbital Debris Quarterly News, 17, no. 1 (January 2013): 4-5, <http://orbitaldebris.jsc.nasa.gov/newsletter/pdfs/ODQNv17i1.pdf>.
 19. National Aeronautics and Space Administration, “Satellite Collision Leaves Significant Debris Clouds” [卫星相撞留下大量碎片云], Orbital Debris Quarterly News, 13, no. 2 (April 2009): 1-2, <http://orbitaldebris.jsc.nasa.gov/newsletter/pdfs/ODQNv13i2.pdf>.
 20. Leonard David, “Russian Satellite Hit by Debris from Chinese Anti-satellite Test” [俄罗斯卫星被中国反卫星试验碎片击中], Space.com, 8 March 2013, <http://www.space.com/20138-russian-satellite-chinese-space-junk.html>.
 21. Brian Weeden, Going Blind: Why America Is on the Verge of Losing Its Situational Awareness in Space and What Can Be Done about It [为什么美国即将失去太空态势感知以及我们应该怎么办?], (Broomfield, CO: Secure World Foundation, 10 September 2012), 10, http://swfound.org/media/90775/going_blind_final.pdf.
 22. Philip A. Ingwersen and William Z. Lemnios, “Radars for Ballistic Missile Defense Research” [弹道导弹防御雷达研究], Lincoln Laboratory Journal, 12, no. 2 (2000): 245-66, http://www.ll.mit.edu/publications/journal/pdf/vol12_no2/12_2ballisticmissiledefense.pdf.
 23. Senate, Space Acquisitions: DOD Faces Challenges in Fully Realizing Benefits of Satellite Acquisition Improvements, Statement of Cristina T. Chaplain, Director, Acquisition and Sourcing Management, before the Subcommittee on Strategic Forces, Committee on Armed Services, [太空采购：国防部面临如何充分认识改进卫星采办所获收益的挑战，采办和资源管理局局长 Cristina T. Chaplain 在参议院武装部队委员会战略力量小组委员会的证词], 112th Cong., 2nd sess., 21 March 2012, <http://www.gao.gov/assets/590/589500.txt>.
 24. 见注释 3 和 4 中 2012 年及 2013 年“年度威胁评估”。

25. Office of the Secretary of Defense, Annual Report to Congress: Military and Security Developments Involving the People's Republic of China, 2013 [提交国会的年度报告：中华人民共和国 2013 年军事与安全发展], (Washington, DC: Office of the Secretary of Defense, 2013), 9, http://www.defense.gov/pubs/2013_China_Report_FINAL.pdf.
26. 见注释 4 中 2013 年“年度威胁评估”。
27. 最繁杂的计算是在 ASW 上完成，这是一套设在 CAVENet 中的软件应用程序，它提供更高精度的卫星目录，用于轨道交会碰撞风险评估，保证太空飞行安全。所谓“星历”是一张表，其中列出各种天体在某特定时期内一系列特定时间的坐标位置。CAVENet 是一套陈旧系统，一直由 JSpOC 使用，这个系统由 1990 年代早期的“硅图形公司”工作站和服务器组成，它是一个离线任务的支持系统，用于若干太空监视任务和深度分析。
28. Maj Michael Morton and Mr. Timothy Roberts, “Joint Space Operations Systems (JSpOC) Mission System (JMS)” [联合太空作战系统 (JSpOC) 任务系统 (JMS)], (presentation, Advanced Maui Optical and Space Surveillance Technologies Conference, 2011), <http://www.amostech.com/TechnicalPapers/2011/SSA/MORTON.pdf>.
29. 见注释 4 中 2013 年“年度威胁评估”。
30. Andrea Shalal-Esa, “Pentagon Cites New Drive to Develop Anti-satellite Weapons” [五角大楼谈发展反卫星武器新动力], Reuters, 7 May 2013, <http://www.reuters.com/article/2013/05/07/us-pentagon-satellites-idUSBRE94614E20130507>; 另参看注释 5 中“全球威胁评估”。



马克·贝尔德，美国空军上校 (Col Mark A. Baird, USAF)，佛罗里达州立大学理学士，阿肯色大学理科硕士，现任驻加州洛杉矶空军基地的太空优势系统部主任，领导使美军具备获取、保持并利用太空优势能力的太空控制系统的采购；他管理数十亿美元的预算，领导一个 350 名人员的项目办公室，以及遍布全国各地、拥有千名员工的工业团队以支持全球范围的运作系统。贝尔德上校领导一个国家最高优先的复杂而动态的太空优势能力体系的规划、研发、测试、部署和维护。上校于 1989 年以佛罗里达州立大学空军后备役军官训练团科目优秀毕业生资格投入现役，在其军旅生涯中曾担任过各种采购职务，包括替补合同官、采办合同官、项目主管、总部参谋官、中队指挥官、及资深装备主管。贝尔德上校也曾担任国会研究员并在产业界从事研究。