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

太空态势感知: 难度大, 成本高, 但必不可少

Space Situational Awareness: Difficult, Expensive—and Necessary

吉恩·H·麦考尔博士（Dr. Gene H. McCall）*
约翰·H·达拉（John H. Darrah）

1990 年“沙漠风暴”行动首次广泛使用了精准制导弹药和低显性飞机，由此将一整套新的军事技术和能力引入战争。但是我们从这场军事行动获得的最宝贵的认知也许是，太空资产能够增强目标识别、损伤评估和有效通信能力，从而显著提高军事效能。

自“沙漠风暴”行动以来，美国投入大量人力和财力，是以改善太空行动能力。具体而言，全球定位系统（GPS）已进入全面军用和民用状态，使导航和武器精准度达到空前的水平。天基红外系统等监视能力研发成功，侦察资产的效能得到提升，全球通信带宽大幅增加。气象卫星提高了我们的预测能力，缩短了灾难警报时间。许多此类计划使民间部门受益，但是更主要的是，这些项目极大提升了美军的专业水平。空军是研发和部署太空资产的主要军种，但陆军和海军也获益匪浅。

作为研发和部署流程的一部分，我们开发了监控太空飞行器的健康、位置和运行状态的各种复杂方法。但是在某种程度上，我们疏忽了在这些太空平台上改进和安装用于预警和识别攻击的传感器的需要。尽管已经有人指出此类传感器的重要性，总体而言，这些建议未能得到重视，许多人总以为这些卫星远离地球且高速飞行，可谓万无一失，何虞之有。

SSA = 太空态势感知
GPS = 全球定位系统
GSSAP = 对地球同步卫星太空感知计划

但是，我们决不可以为，美军日益依赖太空资产的趋势能逃过军事上和经济上的潜在敌人的注意，我们分秒都不可存此幻想。眼下世界，无论大国或小国，都已开始研发太空和反太空能力，这些能力大致可分为两类：(1) 部署在太空的、可增强相关国家军事能力或推动其经济发展的资产；(2) 可以击败或摧毁美国太空资产的技术和装置。第一类资产包括各国研制的监视装置、俄罗斯和中国各自开发的天基导航系统，以及印度和日本等国制造的气象和地球传感装置，统可归类为旨在“提升外国使命能力”的资产。在第二类资产中，俄罗斯和中国大力开发反卫星装置，许多国家也在大功率激光和微波技术领域不断创新；这些技术可用于反制美国太空资产，统可归类为意图“挫败美国使命”的资产。到目前为止，我们还没有看到任何天基直接攻击武器，例如可用于攻击地面目标的携带弹头的导弹，但是我们不应该完全排除今后出现这些武器的可能性。早在 1962 年，苏联就开始研制一种称为“部分轨道轰炸系统”（FOBS）的装置。尽管苏联人没有把 FOBS 系统设计成可以把核武器永久部署在轨道上，但其发射和制导系统完全具有这样的功能。苏联人似乎最终放弃了这个项目，因为精准度不够，而不是因为部署困难。现在由于需要为国际太空站提供服务，因而促成高精度重返大气层技术的开发，该项技术也许有朝一日会用于在太空轨道上部署核武器。就归类而言，我们把这些装置称为“直接攻击”太空资产。第三类资产是“太空碎片”，

* 本文笔者感谢太空司令部司令谢尔顿将军预览此文并提出精辟意见。

它们引起公众的广泛注意，但是到目前为止对太空作战行动只有很小的影响。我们将略微扩大对这个领域的论述，把一些危险的物体定义为“被动威胁”；当然，太空碎片属于这一类，但是它还包括失去控制的卫星和火箭等物体。

太空态势感知的必要性

“太空态势感知”（SSA）这个术语在英文构词上虽然有些牵强，但是对于着力倚重太空（即时只是部分依靠太空）来发展本国军事和经济的任何国家而言，它必不可少。SSA 既包括获知美国太空资产的位置和运行情况，也包括了解其他国家、尤其是与我们为敌或可能与我们为敌的其他国家太空资产的位置和功能。SSA 还在于识别哪些能力用于保护美国资产，哪些能力用于摧毁或瘫痪敌方资产。往往，挫败敌人意图可以和摧毁敌人能力一样有用，而且不会违背条约或给对方提供报复的借口。

但是，我们想提醒说，对太空态势的感知，主要是来自推论和判断。技术与地面情报和以往经验相结合，都可以起到重要作用，有助于理解敌方在太空的意图和状态。无论如何，SSA 不是一门精密科学。

追踪“提升外国使命能力”的资产

有时，SSA 被定义为了解太空中每个物体的位置和轨道。但是，如下文所述，如果 SSA 要成为一个有用的军事概念，它必须发挥更大的作用。SSA 寻求确定太空中每个物体的位置、功能和目前状态，只是这个期待过高，也许超越了美国的能力。因此，SSA 的第一步应该是识别与“提升外国使命能力”相关的物体，并确定其拥有国、能力和状态。

追踪位置和确定功能

SSA 中成本最高的部分也许是追踪太空物体并监控其位置。但是，我们必须强调指出，追踪只是支援态势感知。SSA 行动的主要目的是确定太空物体的能力及其拥有国的意图。

追踪所有太空物体的主要方法是使用雷达，但是到目前为止，雷达未能提供所有太空物体的精确位置和轨道信息。即使能有完美的雷达信息，这种追踪方法并不能提供关于被探测卫星的功能数据。通常，我们追踪卫星从发射到进入最终轨道的全过程，并结合来自其他情报来源的数据进行相关分析，从中推断卫星的功能。目前看来，可能的敌方尚未试图部署隐形卫星等雷达规避技术，但是，鉴于比如说俄罗斯和中国正在大力开发隐形飞机技术，我们可以预期此类技术今后也将在太空出现。美国越来越多地使用波长较短的雷达系统，使得隐形技术在太空出现的可能性更大。因此，美国应该开发不依赖雷达的追踪方法，例如激光和相干红外传感器。我们可以用星载 GPS 传感器取代雷达，并将 GPS 位置包括在通常下载的卫星健康和运行状态信息中。

没有任何一种追踪方法能够提供完整的卫星功能信息，即使我们使用上文所述的推论方法，也是如此。从卫星影像可以获得额外的数据，此类影像可以显示与某些已知装置和功能相关的天线及传感器。美国军事实验室研究光学成像方法已有几十年，应该继续这项研究，开发太空分辨率为一厘米或更精细的成像技术。红外成像可以提供额外信息，但是如上所述，还是需要推论。我们可以在可疑卫星附近部署一颗传感卫星，从而很有可能直接获得该卫星的结构和功能信息。传感卫星可以拍摄目标卫星表面的照片，监控其飞行姿态和轨道变更，并观测其电粒子发射活动，其中可能包括射频功率、从远红外到 X 射线的光能，以及中子、质子、电

子和其他原子粒子及亚原子粒子。一般而言，由于大气衰减，无法从地面观测粒子流的发射，除非其强度很高。我们甚至可以想象在目标卫星的两边各部署一颗卫星，其中一颗放出可穿透目标卫星结构体的 X 射线或中性粒子或带电粒子，另一颗则拍摄这些 X 射线，形成目标卫星内部的照片。我们也可以利用微波成像，避免损坏目标卫星。

有挑衅意味？也许是。但是，太空物体之间似乎没有领土距离限制。我们可以把它们视为有价值的财产，倘若传感卫星对其造成任何损坏，可考虑向其拥有国做出赔偿。与获得的关于敌方在太空意图的详细信息相比，此类赔偿只是很小的代价。此外，比如说，如果卫星里面有大规模杀伤武器（例如，核装置），我们可以采用主动方法摧毁它。若是化学或生物武器，传感卫星可以从目标卫星的表面取样，在传感卫星上分析，或者把它送回地面——就像以前把摄影胶卷筒送回地面一样。花费大？是的，但是，如果让敌方在太空占上风，最终代价会更大。

监控通信

对外国通信能力和运行情况的监控是 SSA 的一个重要方面。对任何一颗卫星的最起码的信息，都应该包括该卫星的通信历史报告。需要了解的基本信息包括：此卫星发射的粒子流是否来自其通信系统？发射频繁程度如何？与谁通信？通信源是什么或在哪里？卫星是否既接收又发送？完成一个通信对话之后卫星状态有无改变？能否确定通信的性质或细节？也可能会有其他相关的问题，但是通信状态始终是关于该卫星用途和功能的有用的信息来源。这类数据大部分可从地面或机载传感器获得，但是后者在细节或精确度方面比不上在目标卫星同轨道或邻近轨道上部署的传感卫星。

地球同步轨道

地球同步轨道亦称为对地静止轨道，指在赤道上空环绕地球的轨道，其半径为 42,157 公里或高度为 35,786 公里（22,236 英里），它提供了观测“提升外国使命能力”资产的一个特殊环境。这个轨道上的卫星在任何时候都始终位于地球表面同一地点的上空，卫星的轨道周期等于地球的自转周期，即 23 小时 56 分 4 秒。我们已经知道这个轨道上至少有四颗中国北斗二号卫星导航系统的卫星，此外还有若干国家使用的许多通信和观测卫星。地球同步轨道包括大约 600 颗卫星，但是并非所有的卫星都在正常运行或发挥作用。有些卫星已经耗尽保持在轨飞行所需的燃料，还有一些卫星则有系统故障。尽管如此，由于很可能存在对美国利益不怀好意的军事应用，这些卫星值得我们仔细和频繁观测。

前不久，时任美国空军太空司令部司令官威廉·谢尔顿将军宣布将启动对地球同步卫星太空感知计划（GSSAP），将在地球同步轨道上部署一颗传感卫星，该卫星能接近目标卫星并观测其运行。这个项目无疑是向着正确的方向上迈出了一步，可改善美军对“提升外国使命能力”资产的了解。最终，此类传感卫星应该追踪所有的外国卫星，但是首先在对地静止轨道进行部署是合乎逻辑的第一步，因为 GSSAP 计划将能接触到将近 600 颗卫星，相对而言，许多低地轨道，甚至莫尼亚轨道上只有一颗或几颗卫星。因此，GSSAP 卫星的情报收集能力将是向单一低地轨道或中高度轨道部署同类卫星的几乎 600 倍。毫无疑问，空军及其承包商很清楚，GSSAP 卫星必须具备前所未有的推进精确度和定位精确度。万一发生碰撞，将导致严重的政治和经济问题；此外，碰撞可能产生碎片，污染一大段地球同步轨道。自不必说，操控

作业将在科罗拉多州施里弗空军基地的卫星控制中心造成高度紧张压力。对于卫星相对稀少的轨道，需要采用新的技术和方法，下文将论述这个问题。

低地轨道和伴飞卫星

在低地轨道维持有效的 SSA，有其特殊困难。低地轨道上有侦察、地球观测和移动通信卫星等重要的资产。莫尼亚轨道等高椭圆轨道的近地点往往也在这个范围内。因此，在大约 150 公里至 2,000 公里的高度内，可能会有 SSA 计划应予关注的一些重要资产。只是，这些轨道上往往只有几颗卫星。美国应该开发一组称为“伴飞卫星”的太空飞行器，用于监控对敌方战争计划有重要影响的可疑卫星的行踪。伴飞卫星应该位于可疑卫星的同一轨道上，邻近可疑卫星，以便观测其行动和功能。也许有可能设计一种通用伴飞卫星，可用于监控一大类外国资产；或者，我们也许需要针对每个外国资产部署一颗特殊的卫星。无论是哪一种情况，在决定是否部署此类装置时，建造、发射和运行成本都是重大考量因素。也许，我们可以想法减少所需的伴飞卫星数目，比如，把伴飞卫星发射到与目标卫星轨道相交的轨道上，部署在某个便于观测的位置。此外，我们也许可以想法降低一些成本，比如，设计能重复使用的伴飞卫星，能够返回地面，接受维护，再发射到一个新的轨道上。

被动威胁

被动威胁主要包括碎片或者失控的卫星或火箭等物体。确定被动威胁的位置，几乎总是 SSA 的一个重要任务。由于从位置测量值可推算出轨道参数，因而有可能确定哪些物体也许会对美国太空资产构成威胁，并据此在适当的时候发出警报，触发防卫行动。

还有一类被动威胁有时不在 SSA 的考量范围内，它们包括来自高能粒子和光子的威胁。这些粒子可能是太阳风暴等自然界事件产生的，或者是大气层或太空的核爆炸等事件导致的。无论是哪一种情况，用太空资产探测这些威胁，可以最有效地确定其特性和可能的危险性。

必要设施

上文提及的所有任务都需要有大量的设备和操作设备功能的人员。有一个事项没有得到重视，但却是有效的 SSA 必需的，那就是需要有一座设施，用于控制资产和传感器，显示和分析传感器信息，并且让适当的人员有一个地方可以自由地讨论手头掌握的信息。这个信息中心还应该能够接触到可与太空行动关联的当前情报，而这些太空行动与世界地缘政治情势相关。

笔者相信，SSA 系统的这个重要部分，经常被制订设施计划和进行相应拨款的决策者所忽视。如果美国想要保持有效的太空地位，则必须纠正这种情况。很显然，此等设施的规划和构建必须吸收 SSA 信息分析和使用人员共同参与。马绍尔群岛夸贾林岛上新建的太空围栏系统增补了 SSA 传感器的功能，显著提升了定位主动和被动威胁的能力。但是，美国军方往往认为有了经提升的新能力，就可以不用再进行设施支援和升级。有时，我们诱导人们相信，尤其是诱导负责建造新设施的人们相信，建成了新能力便万事大吉，可以一劳永逸。

这种思维的危害性极大。任何新系统，即便使用当前最新技术，也很难达到我们可达到的最高水平。我们必须不断地和经常地重新评估所有的设施，观察新涌现的技术和世界政治形势变化，了解是否需要引入更新

和更好的能力。即便无法立即对现有设施做出更改，此等评估可以对研究开发起到引导作用。

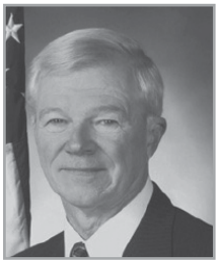
将 SSA 列为一门军事培养专业

上文谈及了多个主题，清楚地表明 SSA 专业能力得之不易，无速成之途。作战将士在此作战艺术领域总得历练十年以上，才能知道如何把太空信息去粗取精，把对作战指挥官最有益的国防太空信息以其能理解的方式描述出来（笔者取用“艺术”一词，表明 SSA 不是纯科学）。培养称职的 SSA 专业队伍，关键在专业教育和经验积累。太空技术教育当然必要，但不够；SSA 专业官兵不仅要知道外国卫星技术，也要充分了解地缘政治，二者缺一不可。一套完整的项目核对清单，也许有助于参与构建有价值 SSA 信息的人员增进整体知识，但是不大可能提供真正有用的 SSA。

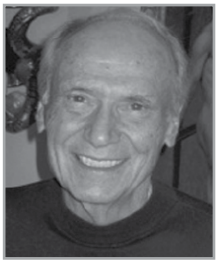
如上所述，SSA 不仅是数据收集，也需要从中得出合理的推论。也许完全精通者不可得，甚至超过可接受水平者也不多，但有此禀赋者总会脱颖而出。对于这些潜在精英，我们应该加以鼓励，及时表彰和晋升，最好让他们在空军服役期间始终任职此领域专业岗位——亦即依循我们通常的做法，将之定为一门军事专业。就国家安全而言，它至少和人才管理一样重要。

结语

尽管太空物体的位置和轨道信息是 SSA 的重要和关键部分，SSA 的最终目的是确定这些物体的功能和状态，以及其拥有国的意图。雷达和光学观测很重要，但是它们不大可能提供全局画面来增强美国国防能力。SSA 是一项可以提升美国武装部队军事能力的多样、复杂和内容充实的使命。我军应积极推进 SSA，配以足够的人员和预算，使其能有效发挥作用。开国元勋托马斯·杰斐逊留下许多至理名言，其中之一就是“自由的代价是永远保持警惕，”大力建设 SSA 能力即是其最好的注脚。♣



吉恩·H·麦考尔博士（Dr. Gene H. McCall），乔治亚理工学院电机工程学士，纽约大学电机工程硕士，普林斯顿大学博士，曾任空军太空司令部首席科学家，洛斯阿拉莫斯国家实验室实验研究员，以及美国空军科学顾问委员会主席。他曾推动设立洛斯阿拉莫斯的惯性聚变项目，并担任能源部惯性聚变事宜顾问。1995 年，麦考尔博士应空军部长和参谋长之邀主持了“新世界远景”研究，该项目被国防界广泛认为是发展二十一世纪空军武器的指南。他曾获得的奖励如下：能源部授予的 E. O. Lawrence 奖，表彰他对国家安全做出的贡献，空军协会授予的 Theodore von Karman 奖，表彰他在科技方面的成就，国防部授予的杰出公共服务奖，以及空军部长颁发的超越服务橡树叶丛奖章。



约翰·H·达拉（John H. Darrah），内华达大学文学士、理科硕士，现为华盛顿特区国防分析研究所兼职研究员，从事为美国北方司令部司令、空军太空司令部司令、国防部助理部长（OSD/C3I）以及其它国防部与政府机构提供支持的研究工作。先生曾担任空军太空司令部首席科学家，并在北美空防司令部、空天防务司令部及美国太空司令部担任过类似职务，于 1999 年退休。他在北美空防司令部和空军太空司令部的多种使命与系统方面居全国知名地位，并在打造生存力强的美国战略部队及其指挥控制方面的工作名闻国际。达拉先生曾就核武器及其效果与替代系统设计为政府机构提供咨询，并曾担任战略武器限制谈判顾问。他也曾担任空军武器实验室资深科学家。