



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)

建设太空资产韧存能力,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,从而形成韧存能力。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）。

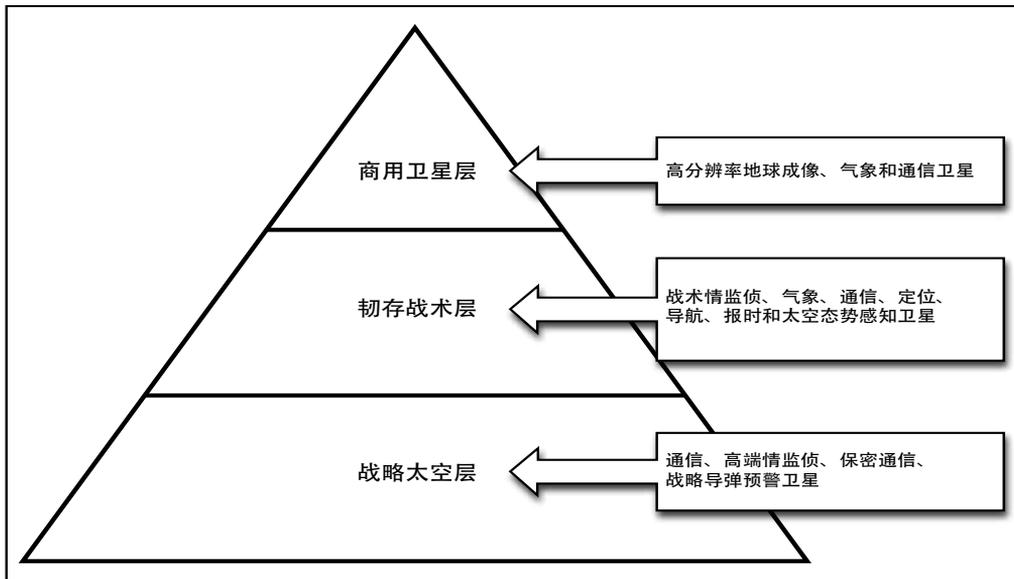
商用卫星层

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机算法。