



空天强则国强

An Aerospace Nation *

约翰·盖斯博士 / 美国空军退役上校 (Dr. John P. Geis II, Col, USAF, Retired) **
彼得·葛礼胜, 美国空军中校 (Lt Col Peter Garretson, USAF)

航空航天, 与美国形象——体现为国家实力和国际地位——的铸就密不可分。美国借助空天领域的发展, 开创出新的旅行模式, 促进了经济繁荣和国防安全。但是, 美国空天实力的快速增长并非天赐, 而是举全国之力, 是整个美国社会齐心协力的结果。军事专家与民间工程师密切合作, 慎密界定各种需求, 专家学者为设计方案出谋划策, 技术人员与设计师一起把图纸变为现实。这种携手合作使得美国成为一个空天强国, 航空航天工业至今仍对美国经济、美国民众和美国生活方式起着至关重要的作用。现在, 我们有必要回顾航空航天对美国的影响, 并且警告忽视航空航天的后果和代价; 更加重要的是, 提醒美国必须对国家空天事业的未来规划一个新的愿景。

空天强国的崛起

在二十世纪中叶, 美国的航空航天工业蓬勃发展, 使得美国在第二次世界大战后拥有世界上最先进的商业基础设施和卓越超群的经济, 并且率先成为世界上第一个拥有核武器的超级大国。¹ 航空航天工业奠定了美国经济发展的基础, 在几十年间吸纳了巨额

STEM = 科学、技术、工程和数学

投资——同时也构成美国实力的一

个主要来源。² 除了劳工生产率翻一番之外, 成为空天强国也是美国经济增长的一个关键支柱。³ 它使得美国在保卫国家利益方面获益匪浅。航空航天工业的发展带来了许多先进能力, 使得我们拥有非对称的技术优势, 从而可减少国防支出。通过这种“抵消”而节省出来的国防支出便用于美国经济中其他部门的发展。

第一波抵消来自推进技术、空气动力性能、飞航控制、航空航天电子设备和人类因素等在 1950 年代及随后年代的快速发展。美国作为一个空天强国, 有效整合了这些技术。航空航天界携手实施“第一波抵消战略”, 把核弹头集成到炸弹和导弹上, 从而允许艾森豪威尔总统能够推行“新展望”战略——在 1952 年至 1956 年期间削减国防预算 40%。美国凭借其空天优势, 抵消了苏联的军事力量, 而且丝毫无损美国的国家安全或我们对盟友和伙伴合作国的承诺。⁴

第二波抵消来自对传感、精确导航和报时、情监侦以及隐形技术的投资。像前一次一样, 美国的空天优势, 允许我们只需要使用少量的武器就能击中摧毁重要的军事目标。这些投资使得我们能够减少先进平台的采购数量, 节省出几十亿美元, 同时仍能保

* Translated and reprinted with permission from USAF *Strategic Studies Quarterly*, Winter 2015, Vol. 9, No. 4.

** 本文作者谨向下列人士致谢, 感谢他们在本文撰写过程中提供的帮助和建言: Glenn Spears 中将 (退役)、Bill Chambers 少将 (退役)、Waldo Freeman 少将 (退役)、Ronald Banks 上校、Douglas Demaio 上校、Clint Hinote 上校、Tony Meeks 上校、Kyle Robinson 上校、Everett Dolman 博士、Harry Foster 先生、Steve Hagel 先生以及 James Mock 先生。

持凌驾于世界其他国家之上的空天强国地位。⁵

航空航天领域的这些投资给美国经济和纳税人带来了巨大利益,至今仍然如此。今天,航空航天工业——包括私营飞机制造公司、通用航空和商业航天——给美国创造了1,185亿美元的出口销售额和大约3,700亿美元的国内航空航天采购额,受雇于航空航天工业或相关产业的人数超过184.9万人,而这些人消费支出又为另外251万人创造了就业机会。航空航天工业对美国国内生产总值的贡献率名列第五,仅次于医疗保健、化工、食品工业和信息技术。⁶在这五个产业中,只有食品工业也给美国创造了出口顺差,因此航空航天工业是美国对外贸易平衡的一个重要因素。⁷它有助于美国提高“应对恐怖主义、环境灾害和流行病等威胁”的能力。⁸

另外,航空航天投资导致新技术和新企业涌现。每年,美国国家航空航天局会出版一本以“衍生效益”(Spinoff)为标题的小册子,列举其投资回报成果,而这类回报通常据估计是每花费一美元可获得价值几美元的效果。⁹下面只是几个小例子,说明这些投资所产生的新技术如何创造了更多的就业机会和更高的经济效益:

- 过滤系统,让世界各地数以百万计的民众能够喝到收费低廉的饮用水;
- 生物反应器,促成价值数百万美元的新的有机果汁健康饮料系列产品问世;¹⁰
- 绝缘气凝胶,用于制作更耐用的绝缘外套,保护宇航员免受太空极端温度的伤害(此类凝胶现在还用于制造建筑材料,借以改善节能性能);¹¹
- 新型涂料,可提高太阳能收集器效率;

- 抗重力跑步机,最初研发用于训练宇航员,现在也供遭受手臂和大腿严重损伤的患者用于康复锻炼。

美国在航空航天领域的投资催生了许多产业,推动着我们的经济发展和提高我们的生活品质。但是,尽管美国取得了这些成功,我们切不可把这种技术创新的源泉视为理所当然而怠慢忽视。

忽视航空航天的代价

美国作为一个空天强国崛起,值得我们引以为豪,但是辛勤获得的成就正在很快丢失。民族国家的兴亡如过眼烟云。想当初,在1900年,英国是世界上最富裕的国家,拥有全球最强大的武装力量,是世界贸易、信息和金融中心。英国的教育制度傲视群伦,英镑是全世界的基准货币。在二十世纪初叶,大英帝国涵盖全球五分之一的领土,其臣民占全球人口的四分之一。但是,在大英帝国航空协会宣告成立后的四十年间,光环坠落,大不列颠统治五大洋的时代一去不复返,“美利坚世纪”取而代之。¹²

现在,美国正在发生类似的变化。美利坚航空公司一名前任首席执行官沮丧地说:“[我们]现在各种指标都已落后。”¹³曾经,我们高瞻远瞩,一体化整合的航空航天是构成美国力量核心的文化、工业、智慧宗旨,更是我们的宏愿大志。现在,美国畏缩不前,丧失了与生俱来的好奇心和开拓疆域的探索精神。

今天,美国老百姓对航空航天已无宏愿大志可言,世俗,厌倦,无所谓。在2014年,没有任何一家美国航空公司跻身于世界上最大的25家航空公司之列。¹⁴我们的机场也差强人意,与杜鲁门总统和杜立德将军当初的宏伟设想差之千里。截至2015年3月,世

界上最大的 25 个机场名单中找不到美国机场，而且有 19 个国家的机场基础设施超越了美国在辛辛那提的顶级机场。丹佛国际机场是我们最新的机场，耗费了几十亿美元和五年时间才竣工，但其行李系统仍运作不灵；该机场在美国排名第二，但在世界上只落到第 37 名。¹⁵ 与此同时，中国等其他国家的航空设施建设速度超过美国，而且设施标准也高于美国。中国计划花费相当于 2,500 亿美元的投资建设着眼于未来的航空航天工业，目前世界上正在建造的机场有三分之二在中国。¹⁶ 北京国际机场的建造时间只是丹佛机场的一半，¹⁷ 现在它是世界上最大的 10 个机场之一，客流量是丹佛国际机场的七倍。¹⁸ 在有些中国城市里，机场开发商们聘请美国著名的航空城（“空港商业城”）倡导者当顾问。¹⁹

因此，有那么多美国人到航空航天领域之外的其他行业去寻找自己的梦想和就业机会，这并不奇怪。²⁰ 有技能的千禧世代就业者向往硅谷，而不是加州帕姆代尔或俄亥俄州戴顿。在美国，航空航天创新似乎处于放任不管的自动驾驶模式，与曾经扶植航空航天工业和美国崛起的国家目标及政策无任何关联。四十多年前，阿波罗 11 号实现首次载人登月时，有六亿人观看电视转播；十二年前，太空船 1 号实现首次有人驾驶私人太空飞行，赢得一千万美元的 Ansari XPRIZE 奖时，只有 11,000 人在电视机前观看。

丧失航空航天竞争能力

在至关重要的太空领域，美国的市场占有率正在萎缩。美国曾经是占有主宰地位的太空力量，2008 年拥有 31 份新卫星订单——占当年世界新卫星订单总量的 54% 以上；到 2013 年，美国拥有的卫星订单数量只占世界订单总量的 32%；到 2014 年，美国只有 11

份新卫星订单。换言之，在仅仅五年之内，美国的世界市场占有率下降了 22%。²¹ 在飞机制造方面，情况也不妙。与欧洲竞争对手相比，美国正在丧失竞争能力，而且似乎会进一步丧失——这将重创美国经济的一个重要部门。航空航天工业飞机部门的就业总数在 1998 年高峰期达到 741,100 人，今天只有 606,000 人，减少了将近 20%。²² 空中客车公司不断地挑战世界主要飞机制造商波音公司，而中国则刚刚进入国际市场（中国凭借其低于美国和欧洲的工资结构能够与欧美竞争）。²³ 如果没有果断的领导和慎密的振兴计划，美国的市场占有率很可能会继续下降。新成立的中国飞机制造商中国商用飞机公司（Comac）已经获得 400 份 C919 飞机订单，这种飞机像空客 A320 和波音 737 一样，属于大型商用飞机类。这个订单数目大致上等于波音或空客最近几年的全年大型飞机订单数。²⁴

美国在高科技领域的领导地位也是摇摇欲坠，倘若不加以补救，将会抑制我们的经济增长。美国在 50 个先进产业中，只有 9 个对降低贸易赤字有所贡献，而航空航天是其中之一。而且，在这些产业中，航空航天对美国贸易平衡的贡献最大。但是，就高科技产业的就业人数而论，美国正在逐步败退。美国就业市场中高科技产业就业人数，在比例上落后于捷克共和国、斯洛文尼亚、德国、匈牙利、瑞典、芬兰、意大利、丹麦和奥地利。此外，由于美国高科技产业就业人数在发达国家中属于下跌幅度最大之列，在今后几年内，美国很有可能跌落到法国、荷兰、挪威和比利时的后面。²⁵

美国问题的症结之一是，劳工队伍中缺乏受过科学、技术、工程和数学（STEM）良好教育的人才。根据普华永道会计师事务所在 2013 年对若干公司首席执行官进行的调

查，有 54% 的航空航天公司认为缺乏拥有合适技能的人才才是公司发展所遭遇的最大威胁。其他国家培养的工程师和自然科学专业人数超过美国。根据美国商务部的估算，到 2018 年，“美国将有超过 120 万个 STEM 工作职位闲置，因为找不到足够的合格人才。”²⁶ 若要振兴航空航天强国地位，首先应该让我们的年轻人感受到航空航天创新时期最初几十年的神秘魅力。如果美国不能激励新一代投身于宏图大业，不能吸引工程技术人才在高科技产业实现变革，那么，美国将在与其他国家的竞争中继续失利，导致“美利坚世纪”被“亚洲千禧年”取代。²⁷

成为空天强国，在过去使美国经济获益巨大，今后也可以做到这样。除了在航空航天及相关领域创造了 400 万个以上的就业机会，对这些产业的投资还有助于改善美国民众的生活。2014 年，美国国家航空航天局估计其投资和开发的技术拯救了 449,850 个人的生命（相当于亚特兰大的全市人口），创造了将近 19,000 个工作机会（大致等于麦迪逊广场花园体育场的座位数目），为商业公司产生了 52 亿美元的营业收入（超过北美所有音乐会演出的收入），并且让美国民众节省了 186 亿美元的生活费用（超过全球航空业的总计营业收入）。²⁸

对这些企业的投资获利丰厚，美国在航空航天工业的投资从来没有出现过亏本。仅在 2010 年，航空航天工业的投资给美国财政创造了 378 亿美元的税收。²⁹ 这些投资大部分将在今后若干年继续创造经济效益，或者将生成衍生公司，而这些新生企业和产业在未来发展过程中也会为纳税人创造经济效益。尽管确切的估计数据因具体研究方法和分析的时间框架不同而有所差异，但是政府对航空航天工业的投资确实给私营企业创造了大量的工作职位和衍生公司，从中产生的

税收远远超过投资金额，使得航空航天工业成为政府支出确实为纳税人带来经济效益的少数几个部门之一。³⁰ 因此，成为一个先进的航空航天国家将有助于平衡联邦预算，并且让下一代享受到经济繁荣的益处。美国现在需要有一个航空航天工业愿景以及实现该愿景的战略。

对未来的思考

美国可以重新振兴其航空航天工业，使其成为全球景仰的产业，再次带动美国的创新、商业发展和贸易。但是，这将要求举国同心：工程师、产业界、学术界和军方。在 1950 年代核武器和航天竞争的压力下，我们曾经有一个成功模式，做到了全国上下同心协力，但是现在需要有一个范围更宽广的模式。³¹

1946 年，为了帮助航空航天工业发展，杜鲁门总统发布了第 9781 号行政命令，宣布建立空中协调委员会，其使命是“审视涉及一个以上相关机构的航空问题和发展，以及制订和推荐可执行的综合政策与可采取的行动。”³² 通过国务院、战争部、海军部、商务部、邮政总局和民用航空委员会等各部门之间的合作，美国建立了后来成为世界样板的空域结构，还建立了后来使得美国能够在太空竞赛中进行有效竞争的太空活动愿景。今天，我们面临着范围更广泛的挑战，因此我们需要有一个类似的、但是范围更广泛的结构框架。

有鉴于此，美国必须建立一个国家航空航天协调委员会，负责提供实施国家航空航天战略所必需的机构协调。该委员会直接对总统负责，其成员至少应包括国家航空航天局、联邦航空管理局、白宫科技办公室、教育部、商务部、能源部、国土安全部和国防

部的代表，借以协调和实施振兴美国的 STEM 教育及航空航天基础设施产业所需的措施。该委员会还应该听取——或经常咨询——航空航天工业领先企业的意见。委员会的中心职责将是开拓前行路径，利用所有形式的航空航天技术，包括机器人、无人机、信息技术、能源研究和航空航天设计，借以加速推动创新、贸易、物流和新科技突破。

建立一个航空航天新结构

像其前任一样，这个委员会将要完成的一项工作是，制订二十一世纪空域利用计划。该计划需要适用于大群的无人驾驶航空器，这些航空器可能在国家空域内（也许在航空站附近）运送货物和服务，并且在人工管理员的视线之外自主飞行。这个结构框架需要适用于若干物流模式，例如无人机运送货物和服务到家门，以及在现有空域结构和太空之间通行。³³ 该系统制订之后，应该递交给国际民用航空组织，在国际上实施。

大幅增加远期投资

国家航空航天协调委员会获得授权，协调研究工作，落实到航空航天技术，促成航空航天领域全面发展。教育部和国防部实验室系统、国防部先进研究项目局以及国家海洋与大气管理局的投资可以综合使用，借以推进新的航空航天结构概念，包括翼身融合机体和新型发动机设计，例如空军的自我调整通用发动机技术（ADVENT）计划或国家航空航天局的环保型航空项目。通过有代表性的行业，这些创新技术可以与美国业界领先企业分享，使这些企业能够把创新技术推广向市场，从而提高其在新兴和新型业务机会市场的占有率。在这个投资范畴内，该委员会将确保基本的科技研究放眼于未来。目前，此类投资只占研究机构投资的很小一部分，因此增加此类投资不需要多少成本。但是，

太空采矿、改变小行星运行轨道以防地球被撞，以及在太空有效采集和储存电力等技术，都需要创业基金，这些航天能力应该是远期投资的导向标识。

启动新的创新奖系列

航空航天领域的各个方面都需要有新技术，包括对无人机运送货物和服务的控制以及建立新的太空能力。为了实现这个目标，政府应该协同私营企业，针对关键技术领域的创新突破设立“X 奖”系列，以资奖励国内的工程技术人才。可能需要重点奖励的项目包括精准导航和报时以及应用型自主技术。国家航空航天协调委员会将努力确保这些方面的竞争具有高度针对性，旨在开发和实施上文所述的国家航空航天利用愿景，并且推动下文描述的太空探索。

增强抗风险能力和探险精神

美国需要重新致力创新和敢冒风险。涉及科技风险的研究工作对于促进航空航天工业发展以及产生为美国创造就业机会的新衍生技术和企业有至关重要的作用。风险极低或没有风险的研究工作只能带来极少或空白的效益。如果我们没有偶尔在拓展科技领域的尝试中遭遇失败，只能说明我们没有尽力而为。³⁴

肯尼迪总统在 1962 年曾经说过：“我们选择十年内实现登月和其他一些事情，不是因为它们容易，而是因为它们艰难，是因为这个目标将凝聚民心，把我们的潜能和技能发挥到极致。”³⁵ 诚如肯尼迪总统所说，美国需要有宏大的目标。因此，国家航空航天协调委员会在指导研发工作支出时将会有意把一部分资金调拨给可能失败——甚至可能惨败——的项目。但是，这样的失败将使我们学会如何在下一次把自然科学项目做好。就

是说，早期的失败、经常的失败、有时甚至是引人瞩目的失败，需要成为先进技术研究工作中一项应该接受的成本。³⁶

制订新的国家航空航天基础设施计划

国家航空航天协调委员会将探索国家航空航天基础设施需求，包括航空和航天交通所需的空域、航线及航站设施。其中一项优先工作是，开发创新的设施设计，确保旅客和商业运输安全，同时向旅客提供世界级的航行体验。为了让航空航天具有奇妙感，必须重新让广大民众有奇妙的航行体验。该委员会应该考虑对政府现有的航空航天基础设施做出租赁或共享安排，这些设施包括在佛罗里达州和加利福尼亚州的航天发射设施。应该优先考虑可在航空航天领域进行商业性探索和实验活动的各种安排。还应该考虑把私人开发的航空航天港纳入国家航空航天基础设施。

排列国家科学活动的轻重缓急

国家航空航天协调委员会将负责全面提升美国的 STEM 教育水平。该委员会将与美国顶尖的工程院校和业界携手合作，协调私营企业和公众部门联合资助的奖学金计划，鼓励 150 万名中学生走上攻读 STEM 学位之路。³⁷ 接受奖学金的学生将在确定的学位领域学习，毕业后进入资助其就学的政府机构和 / 或私营公司工作，借以偿还奖学金。这个计划可以缓解 STEM 人才不足问题。³⁸ 这种合作方式将使得政府和业界能够按照所需的技能、多样化和技术范畴有针对性地招聘人才，从而推动航空航天领域优化发展。³⁹ 这个计划产生的经济效益将远远超过其投资成本。至今，STEM 投资所催生的先进产业将为美国国内生产总值贡献 2.7 万亿美元，约占今年国内生产总值的 17%。⁴⁰

规划航天发展项目的主次和设定宏伟目标

国家航空航天协调委员会将遵照国家航空航天局 2015 年关于开拓太空的国家峰会一致通过的提议而采取相应行动。大约 100 名与会者的联合声明指出：“美国载人太空飞行和探索计划的远期目标是在近地轨道之外建立永久性人类基地，从而促成人类在太空定居和太空经济蓬勃发展。实现这个目标的最佳方式是通过政府部门和私营企业之间的伙伴合作关系以及国际协作。”⁴¹ 尽管这个目标不可能在今后 20 年内完全实现，国家航空航天协调委员会将引领公私伙伴合作关系开始解决太空领域的一些关键挑战。美国需要成为第一个在太空建立推进剂库的国家，第一个实施太空燃料加注的国家，第一个采集月球和小行星矿物的国家，以及第一个在太空建造永久定居点的国家。

投资于有发展前景的技术

最后，国家航空航天协调委员会将充分利用政府体制内最优秀的科学和战略人才，探索如何以新的协力方式使用新兴技术推动新的战略，凭借相互交织的陆地、海洋、天空、太空和网空维度实施国土防卫及全球力量投送。对动力、推进和传感器的投资历来可获得良好的效益。空天飞行器自主化、蜂群作战、定向能武器、独立精确导航和报时等新技术正在飞跃发展，有可能获得突破。具体而言，该委员会将采用组合开发方法，探索如何把众多小型系统同大型系统联网形成无缝集成力量，以使武装部队能够以过去从未想到的方式实施作战行动。真正的“第三波抵消”将不仅仅是通过飞机或新型计算机。它将取决于人才，并且要求美国对所有的竞争对手保持航空航天技术优势。而我们能否保持这个优势并无定数，它要求美国再次整合工程

师、学术界、商业领袖和政府部门的力量，才能保持航空航天强国地位。

结语

航空航天带来的巨大效益并非唾手可得，而是民间和军方思想家们精心筹划的结果，在美国领导世界、形塑国际秩序和国内工业政策的时代，他们前瞻到航空航天的深远价值。在今后二十多年里，美国将打开展中国家 30 亿民众通向市场的大门。它将制订一个低层空域基础设施协调方法，以便确保无人机或其他自主化设备能够安全和有效地在任何地点之间运送物资。它将重建国内航空航天基础设施，使其领先于世界，而不是步人后尘。它将根据自我调整通用发动机技术计划和环保型航空研究项目的要求，创建新型发动机设计，以改善燃料效率——有可能使美国成为世界上首选发动机供应商——同时降低旅客和物资的运输成本。⁴² 它将创建空气动力性能更好和效率更高的新型翼身融合飞机，使得航空公司和物流公司能够凭借其他国家无法比拟的设计技术提升运营效率。⁴³ 它将振兴轻型飞机制造业，成为小型飞机主要供应商，让这些飞机用于亚洲和非

洲发展中国家新开辟的航线。⁴⁴ 它将努力重振民众对太空飞行的兴趣，不仅要拓展太空探索，而且要扩大利用太空中的资源。它将帮助商业公司启动开发项目，探索月球上和地球轨道内的巨大矿物及动力资源，从中获利，同时将研发能够缓解小行星撞击地球风险的各类系统。⁴⁵ 美国将致力于上述所有行动计划，并且确保国家财政安全和恪守我们对美国民众及盟友的承诺。

世界再次处于美国的领导地位具有举足轻重影响的时刻，也再次处于航空航天器能够改善世界而且国家的大战略就是航空航天战略的时刻。成功之道并未变：首先，建立一个塑造航空航天领域的愿景；然后，大量投资于航空航天交通事业。美国作为空天强国的未来，取决于我们能否妥善把握这个时刻。只要我们的顶尖人才、我们最具创意的产业和我们最关键的政府机构携手合作，我们就能成为最强大的航空航天国家。未来的经济繁荣和国家安全取决于我们现在所做的选择。上文所述的行动步骤形成振兴美国的起飞航向，它将引导我们飞得更高和更远，让我们和子孙后代继续享受自由繁荣的护佑。★

注释：

1. 仅在 1940 年代，美国经济就增长了 50%，经济规模从 1940 年的 2,000 亿美元增长到 1950 年的大约 3,000 亿美元。但是，美国作为世界上唯一的核大国的主宰地位却好景不长。Christopher Conte and Albert R. Karr, *An Outline of the U.S. Economy* [美国经济概论], (Washington, DC: US Department of State, 2001), <http://usa.usembassy.de/etexts/oecon/chap3.htm>.
2. Alexander J. Field, *The Great Leap Forward: 1930s Depression and U.S. Economic Growth* [大跃进：1930 年代的经济萧条和美国经济增长], (New Haven, CT: Yale University Press, 2011), 1-9. Field 认为，交通运输（包括陆上和空中运输）转型导致 1928 年至 1950 年成为美国历史上总要素生产率增长最快的时期。他认为交通运输网（包括航空）促成了这种高速发展——他称其为“本世纪技术对生产力促进最多的十年”。确切地说，Field 指出，美国在 1930 年代实行去军事化和忽视对航空技术的投资，对经济发展造成不利影响，直到 1941 年，军事研发才重新成为经济发展和人类生产率增长的一个重要部分。
3. 同注 1，第 3 章。
4. Zachary Keck, “A Tale of Two Offset Strategies: The Pentagon's New Offset Strategy Is Modeled on Two Very Different Historical Examples” [两次抵消战略的故事：五角大楼的新抵消战略是模仿历史上两个截然不同的样本], *The Diplomat* (Japan), 18 November 2004, <http://thediplomat.com/2014/11/a-tale-of-two-offset-strategies/>.

5. 同上。
6. US Department of Commerce, “The Aerospace Industry in the United States” [美国的航空航天工业], SelectUSA (web site), no date, <http://selectusa.commerce.gov/industry-snapshots/aerospace-industry-united-states>. 根据德勤会计师事务所 (Deloitte) 最近所做的航空航天工业就业研究, 就业人数有所增加; 另请参看 Deloitte (firm), The Aerospace and Defense Industry in the U.S.: A Financial and Economic Impact Study [美国的航空航天和国防工业: 财政与经济影响研究], (New York: Deloitte, March 2012), 1-3, 16-19, 22, https://www.aia-aerospace.org/assets/deloitte_study_2012.pdf.
7. 美国人口普查局外贸处通过其出版物和美国贸易在线门户网站报告贸易统计数据。此处所述代表德勤会计师事务所对这些数据的分析。同上, 第 21 页, 第 78 页。
8. Mark Muro, Jonathan Rothwell, Scott Andes, Kenan Fikri, and Siddharth Kulkarni, America's Advanced Industries: What They Are, Where They Are, and Why They Matter [美国的先进产业: 是哪些, 在哪里, 为何重要], (Washington, DC: Brookings Institute, February 2015), 14, http://www.brookings.edu/~media/Research/Files/Reports/2015/02/03-advanced-industries/final/AdvancedIndustry_FinalFeb2lores.pdf?la=en.
9. 若干研究项目检视了国家对航空航天的投资给经济发展带来的回报。1971 年, Roberts 及其同事们发现国家航空航天局 (NASA) 研究项目的投资在 1960 年代和 1970 年达到每花费一美元获得 7.24 美元回报。请参看 Robert E. Roberts, Howard M. Gadberry, Robert E. Fleisher, Lawrence L. Rosine, E. Duane Dieckman, and Linda L. Crosswhite, Economic Impact of Stimulated Technological Activity [激励技术活动的经济影响], (Kansas City, MO: Midwest Research Institute, November 1971), <http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19730012250.pdf>. 这些数据并未包括计算技术或信息技术领域的发展, 其中一部分发展来自以前 NASA、国防部先进研究项目局 (ARPA) 和军方投资的衍生效益。最近的研究项目发现投资回报率在 5:1 左右。请参看 Henry R. Hertzfeld, “Measuring the Economic Returns from Successful NASA Life Science Technology Transfers” [衡量 NASA 生命科学技术成功转移所产生的经济回报], Journal of Technology Transfer 27, no. 4 (December 2002): 311-20. 关于最近的 NASA 技术对商业影响的更新清单, 请参看 National Air and Space Administration, Spinoff [衍生效益], 2015, 11, <https://spinoff.nasa.gov/flyers.html>.
10. John Jones, “Water Treatment Technologies Inspire Healthy Beverages” [水处理技术给健康饮料行业的启示], Spinoff, 2012, http://spinoff.nasa.gov/Spinoff2012/hm_1.html.
11. Randall Garber, James Hanna, and Arash Atehkadi, California Aerospace Industry Economic Impact Study Final Report [加利福尼亚州航空航天工业经济影响研究的最终报告], (El Segundo, CA: ATKearney, March 2014), <https://www.atkearney.com/documents/10192/4393887/California+Aerospace+Industry+-+An+Economic+Impact+Study.pdf/24234fc6-e19d-4367-8eec-743a92544d33>; 另参看 “Footwear & Apparel: From Outer Space to Your Inner Space” [鞋袜和衣服: 从外太空到人体内部], Aspen Aerogels (web site), 2015, <http://host.web-print-design.com/aerogel/footwear.htm>.
12. 许多历史学家认为苏伊士运河危机是大英帝国分崩离析的拐点。请参看 Corelli Burnett, The Collapse of the British Empire [大英帝国的崩溃], (London: Morrow, 1972). Henry Luce 率先使用 American Century (美利坚世纪) 一词。请参看他的文章 “The American Century,” Life Magazine 10, no. 7 (17 February 1941): 61-65.
13. Robert Crandall, former CEO of American Airlines, “Charge More, Merge Less, Fly Better” [提高收费, 减少合并, 改善飞行], New York Times, 21 April 2008, <http://www.nytimes.com/2008/04/21/opinion/21crandall.html>.
14. Skytrax World Airline Awards (Skytrax 世界航空公司奖) 依据对世界各地 1900 万旅客的调查结果评选。航空业视这个年度奖项为 “航空公司旅客满意度基准”。请参看 “Top 100 Airlines” [顶尖 100 家航空公司], World Airline Awards (web site), 2015, http://www.worldairlineawards.com/Awards/world_airline_rating.html. 入选的美国航空公司有: 维京大西洋 (Virgin Atlantic), 世界排名第 47; 达美 (Delta), 世界排名第 50; 以及联航 (United), 世界排名第 53。
15. “The World's Top 100 Airports in 2015” [2015 年世界顶尖 100 个机场], World Airport Awards (web site), 2015, http://www.worldairportawards.com/Awards/world_airport_rating.html.
16. James Fallows, China Airborne: The Test of China's Future [中国飞机升空: 对中国未来的考验], (New York: Pantheon, 2012); 另请参看 Fallows 接受 “Diane Rehm Show” [黛安·雷姆秀] 的采访, James Fallows, interview by Diane Rehm, Diane Rehm Show, 10 May 2012, <http://thedianerehmshow.org/audio/#/shows/2012-05-10/james-fallows-china-airborne/106432/@00:00>.
17. “(PEK) Beijing Capital International Airport Overview” [北京首都国际机场概览], FlightStats (web site), 2015, <http://www.flightstats.com/go/Airport/airportDetails.do?airportCode=PEK>.
18. David Barboza, “Airports in China Hew to an Unswerving Flight Path” [中国机场严格遵循飞航标准], New York Times, 3 April 2013, <http://www.nytimes.com/2013/04/04/business/global/shanghai-new-air-terminal-sets-the-pace-for-speed-and-ambition.html>.

19. “Aerotropolitan Ambitions” [航空城的宏图], *Economist*, 14 March 2015, <http://www.economist.com/news/china/21646245-chinas-frenzied-building-airports-includes-work-city-sized-projects-aerotropolitan-ambitions>.
20. Scott Thompson, Chuck Marx, James B. Grow, Robert W. McCutcheon, et al., *Aviation's Second Golden Age: Can the US Aircraft Industry Maintain Leadership?* [航空的第二个黄金时代 : 美国飞机工业能够保持领导地位吗 ?] (London: PricewaterhouseCoopers, December 2013), http://www.pwc.com/en_US/us/industrial-products/publications/assets/pwc-commercial-aircraft-industry-future-report.pdf.
21. 数据来自卫星工业协会 2013 年、2010 年和 2008 年 10 月的统计数据, <http://www.sia.org>; 以及 Garber, Hanna, and Ateshkadi, *California Aerospace Industry Economic Impact Study Final Report* [加利福尼亚航空航天工业经济影响研究的最终报告]; 另请参看 Tauri Group, *State of the Satellite Industry Report* [卫星工业状况报告], (Washington, DC: Satellite Industry Association, September 2014), 24, <http://www.sia.org/wp-content/uploads/2014/09/SSIR-September-2014-Update.pdf>. 读者应该注意, 2014 年卫星订单数目下降的部分原因是, 乌克兰冲突导致俄罗斯的发射能力成为不确定因素。请参看 Tauri Group, *State of the Satellite Industry Report* [卫星工业状况报告], (Washington, DC: Satellite Industry Association, May 2015), 25, <http://www.sia.org/wp-content/uploads/2015/06/Mktg15-SSIR-2015-FINAL-Compressed.pdf>.
22. “Total Employment” [就业总数], *Aerospace Industrial Association* (web site), 2015, http://www.aia-aerospace.org/assets/Stat_Series_12_Employment_-_2014.pdf.
23. Thomson Reuters (firm), “Airbus and Boeing—Graphic of the Day” [空客和波音 — 现状比较], *The Knowledge Effect* (blog), 9 January 2012, <http://blog.thomsonreuters.com/index.php/airbus-and-boeing-graphic-of-the-day/>.
24. Ansuya Harjani, “You May Fly on a Made-in-China Aircraft Sooner Than You Think” [您乘坐中国造飞机的时间可能比您想到的要早], *CNBC News*, 12 February 2014, <http://www.cnbc.com/2014/02/12/you-may-fly-on-a-made-in-china-aircraft-sooner-than-you-think.html>.
25. 同注 8, “美国的先进产业”, 第 6-9 页。
26. “About PLTW” [关于 PLTW 课程], *Project Lead The Way* (web site), 2014, <https://www.pltw.org/about-us>.
27. 这个词是 *Air Force 2025 Study* [空军 2025 年研究报告] 新造的。请参看 Joseph A. Engelbrecht Jr., Robert L. Bivins, Patrick M. Condray, Merrily D. Fecteau, John P. Geis II, and Kevin C. Smith, “Alternate Futures for 2025: Security Planning to Avoid Surprise” [为 2025 年预设情景 : 制定安全计划避免措手不及], (research paper, Maxwell AFB, AL: Air University Press, April 1996), 79-89, http://www.au.af.mil/au/awc/awc/awc/awc/csaf/2025/a_f.pdf. 该研究报告中与经济竞争相关的论述见于第 29-30, 34, 45-47, 49-52, 59-61 和 163-97 页。
28. NASA, “Spinoff” [衍生效益], (PowerPoint presentation, NASA, 2015), slide 53, <http://spinoff.nasa.gov/Spinoff2015/PowerPoint/Spinoff2015.pptx>.
29. 同注 6, “美国的航空航天和国防工业”, 第 19 页。
30. 最近几年, 有若干关于 NASA 和航空航天工业投资回报的研究报告面世。对于投资回报的估算在很大程度上取决于分析过程中的统计假设。关于统计假设影响回报率精确估算的敏感程度, 请参看 Henry R. Herzfeld, *Measuring the Returns to NASA Life Science Research and Development* [衡量 NASA 生命科学研发的回报], (Washington, DC: Space Policy Institute, George Washington University, 30 September 1998); 另参看 Ken Chamberlain, “Measuring the NASA Stimulus” [衡量 NASA 的激励措施], *National Journal*, 27 August 2010, http://www.nationaljournal.com/njonline/no_20100827_1798.php. 回报率估算的一般范围是 7:1 至 14:1。请参看 Lauren Lyons, “5 Popular Misconceptions about NASA” [对 NASA 的 5 个常见误解], *Huffington Post*, 9 September 2013, http://www.huffingtonpost.com/lauren-lyons/misconceptions-nasa_b_3561205.html.
31. Delbert R. Terrell, *The Air Force Role in Developing Outer Space Law* [空军在外太空法律制订中的作用], (Maxwell AFB, AL: Air University Press, May 1999), <http://www.au.af.mil/au/awc/awcgate/space/terrell.pdf>.
32. Harry S. Truman, “Executive Order 9781 - Establishing the Air Coordinating Committee, September 19, 1946” [第 9781 号行政命令 - 建立空中协调委员会, 1946 年 9 月 19 日], *American Presidency Project* (web site), no date, <http://www.presidency.ucsb.edu/ws/?pid=77956>.
33. 关于此类物流架构的一个实例, 请参看 “Amazon Prime Air” [亚马逊无人机快递服务], *Amazon.com*, 2015, <http://www.amazon.com/b?node=8037720011>.
34. Vanessa Chan, Marc de Jong, and Vidyadhar Ranade, “Finding the Sweet Spot for Allocating Innovation Resources” [找到创新资源分配的最有效点], *McKinsey Quarterly*, May 2014, http://www.mckinsey.com/insights/innovation/finding_the_sweet_spot_for_allocating_innovation_resources.
35. John F. Kennedy, “Text of President John Kennedy's Rice Stadium Moon Speech” [肯尼迪总统在莱斯体育场的登月演讲文本], *NASA.gov*, 12 September 1962, <http://er.jsc.nasa.gov/seh/fricetalk.htm>.

36. “我要美国人赢得能创造新就业机会的探索竞赛 — 这些探索包括把阳光转换成液体燃料；创造具有革命性意义的假肢, 让为保卫美国而失去双臂的退伍军人能够同他的孩子一起玩球；深入太阳系, 不仅是访问, 而是去定居。” Pres. Barack Obama, “State of the Union Address - January 20, 2015” [2015 年国情咨文], <https://www.whitehouse.gov/the-press-office/2015/01/20/remarks-president-state-union-address-january-20-2015>.
37. 这些措施中, 有几个是总统在 2014 财政年度预算报告中提议的。请参看 “Fact Sheet: A Better Bargain for the Middle Class: Jobs” [情况简报: 对中产阶级有利的计划: 就业机会], The White House, 30 July 2013, <http://www.whitehouse.gov/the-press-office/2013/07/30/fact-sheet-better-bargain-middle-class-jobs>; 另参看 Advanced Manufacturing National Program Office, “NNMI [National Network for Manufacturing Innovation] Snapshot” [NNMI [国家制造业创新网] 概要介绍], Advanced Manufacturing Portal, 2015, <http://manufacturing.gov/nnmi.html>.
38. 同上。以前所做的研究表明, 此类计划的结果可能是建立一些创新枢纽, 由工业界选择若干院校按其要求设置专业, 然后资助这些院校的奖学金计划, 以期培养他们所需的未来人才。
39. 同注 8, “美国的先进产业”, 第 1-3 页。这些研究人员所列的先进科技产业包括人均研究和开发资金超过 450 美元的所有产业, 其中最主要的是航空航天产品和零部件产业。
40. 同注 8, 第 3-5 页。此外, 先进科技产业员工对经济增值的人均贡献值超过 210,000 美元 — 多于任何其他经济部门。
41. “Statement of the Participants of the 2015 Pioneering Space National Summit” [2015 年关于开拓太空的国家峰会与会者声明], NASA.gov, 26 February 2015, <http://www.nasa.gov/content/pioneering-space-national-summit-2015/>.
42. Stephen Trimble, “Full ADVENT Engine Tests meet Fuel, Heat Goals: GE” [自我调整通用发动机技术发动机全面测试达到燃料和热量目标: 通用电气公司], Flight-global (web site), 21 January 2015, <http://www.flightglobal.com/news/articles/full-advent-engine-tests-meet-fuel-heat-goals-ge-408182/>. GE 最近的测试显示发动机效率提高大约 35%。同样地, NASA 的环保型航空项目期待获得创新的推进概念, 不仅可减少发动机污染, 而且在平台和推进两方面都可以提高飞机效率。请参看 “Environmentally Responsible Aviation Project” [环保型航空项目], NASA.gov, 7 August 2015, <http://www.aeronautics.nasa.gov/iasp/era/index.htm>.
43. NASA、空军研究实验室和波音 Phantom (幻影) 飞机工厂正在测试称为波音 X-48C 的翼身融合示范机。Michael Braukus, Gray Creech, and Tom Koehler, “Release 12-259: Transformed X-48C Flies Successfully” [第 12-259 号新闻发布稿: 转型 X-48C 试飞成功], NASA.gov, 7 August 2012, http://www.nasa.gov/home/hqnews/2012/aug/HQ_12-259_Transformed_X-48C_Flies.html#.VQikCf50zgx. NASA 正在持续努力, 以期开发一种可显著提升燃料效率的新型飞机设计, 而且很可能在近期内取得成功。
44. 有若干公司制造的飞机尺寸大小非常适合这些小型新兴市场, 这些公司包括 Cessna、Piper 和 Gulfstream。在通用飞机领域, Air Tractor 等公司可以成为向这些地区提供通用飞机和农用飞机的重要供应商。
45. Olga P. Popova, Peter Jenniskens, Vacheslav Emelyanenko, Anna Kartashova, et al., “Chalybinsk Airburst Damage Assessment, Meteorite Recovery, and Characterization” [车里雅宾斯克流星空中爆炸损毁评估、陨石回收和特性鉴定], Science, 342, no. 6162 (29 November 2013): 1069-73, <http://www.sciencemag.org/content/342/6162/1069>.



约翰·盖斯博士, 美国空军退役上校 (Dr. John P. Geis II, Col. USAF, Retired), 现任阿拉巴马州马克斯韦尔空军基地美国空军研究所研究部主任, 2011 年以上校军衔自空军退役。他的空军军旅生涯涵盖训练和作战行动, 包括飞行 T-37、AT-38B、T-43、两种型号的 F-111 和 AC-130H 特种作战炮舰机。盖斯上校以优秀成绩毕业于空军指挥参谋学院并获院长奖。他参与撰写空军 2025 未来展望待选专著。他曾参与向空军特种部队预算和规划, 并指导该部队全员现代化努力两年之久。在空军战争学院进修期间, 因撰写有关定向能武器的论文而获杜黑-米切尔国际空中力量奖。盖斯博士担任美国空军战略与技术中心主任先后达八年之久, 在此期间同他的团队开创了现称为“蓝色地平线”的研究计划, 旨在探索新兴技术的战略影响。盖斯博士持有威斯康星大学气象学学士和政治学硕士学位, 奥本大学政治学硕士学位, 空军大学战略研究硕士学位, 和威斯康星大学政治学博士学位。



彼得·葛礼胜, 美国空军中校 (Lt Col Peter Garretson, USAF), 美国空军军官学院毕业, Embry-Riddle 航空大学航空人类因素理科硕士, 现任空军指挥参谋学院联合作战讲师。他曾担任空军参谋长的太空、技术、能源及美国大战略方面的战略与政策顾问两年, 并担任非正规战争战略与政策处处长两年。他曾作为美国第一位现役军官取得美国外交关系委员会国际事务奖学金, 赴印度著名战略智库防务研究和分析研究所 (IDSA) 担任访问研究员 16 个月, 其间研究推进美印两国太空合作的创新途径。此前他曾担任空军战略规划部空军未来技术主任及空军转型副主任四年, 负责展望未来 30-50 年间将影响冲突和国家治理的关键趋势与技术。中校曾作为军种首脑任命的国防部先进研究项目局实习生赴美国顶尖技术创新院校进修, 并在洛斯阿拉莫斯国家实验室担任军队院校副研究员。他是资深飞行员及国家太空协会的太空开拓者奖得主。葛礼胜中校发表了多篇关于空天力量战略的专著和文章并获奖。