ASPJ AIR & SPACE POWER JOURNAL

中文（简体）

空天力量杂志

2013 年夏季刊 — 第 7 卷第 2 期

本期主题：利比亚行动中的空中力量

- 初评盟军空中力量在利比亚行动中的运用
  Christian F. Anrig 博士（瑞士/列支登士敦）
- 建设伙伴合作能力——从哈马丹行动展望未来
  James H. Drape 空军上校
- 利比亚空战述评
  Jason R. Greenleaf 空军少校
- F-22 采购计划始末及其对美国空军汰换战斗机群的影响
  Christopher J. Niemi 空军中校
- 信息化时代航母主导地位的式微
  钟光宇，海军退役中校（中国）

AIM HIGH...FLY-FIGHT-WIN —— 志向高远…飞行—战斗—必胜

本期导读

利比亚行动中的空中力量 2

以史为鉴

初评盟军空中力量在利比亚行动中的运用 4
Christian F. Anrig 博士（瑞士/列支登士敦）

建设伙伴合作能力——从哈马丹行动展望未来 23
James H. Drape 空军上校

利比亚空战述评 36
Jason R. Greenleaf 空军少校

作战研究

雷霆万钧：战略轰炸机和空中优势. 49
Wade S. Karren 空军少校

对抗敌无人机威胁作战实验的几点认识 54
David M. Neuenswander 空军退役上校

对网战自适调指挥控制结构设计的几点指导意见 62
Jeffrey B. Hukill 空军退役中校

军事变革

F-22 采购计划始末及其对美国空军汰换战斗机群的影响. 67
Christopher J. Niemi 空军中校

广域研究

信息化时代航母主导地位的式微 84
钟光宇，海军退役中校（中国）

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。

利比亚行动中的空中力量

对利比亚的军事干预行动自 2011 年 3 月 19 日始，历时七个多月结束，达成铲除卡扎菲政权的终局目标。行动伊始，欧美诸国合作不畅，各国为干预行动自取名称，例如，法国取名“哈马丹”，美国取名“奥德赛黎明”，英国取名“Operation Ellamy”，加拿大取名“Operation Mobile”，德意两国更是消极应对，中欧数国索性不参加。但至行动十多日往后，各方消弭分歧，统一成“联合保护者”行动。总体而言，这场干预行动以法国率先空袭打响“哈马丹”开始，以美国紧随其后发动“奥德赛黎明”继续,以法英联手率领北约主导“联合保护者”直至结束。这场行动无论对美国对北约而言，都具有分水岭意义。法英两国从对利比亚的军事干预中获得信心，遂以美国向亚太再平衡战略为锲机，联手强化对北约的领导权。利比亚行动中三国空军的新型合作标志着“北约联盟内各国关系开始进入一个新的、更加平衡的时代。”所谓费用分担，责任共享，各得其所。

“初评盟军空中力量在利比亚行动中的运用”是利比亚行动结束后在《空天力量杂志》英文版发表较早的一篇文章，由欧洲一位知名军事专家撰写。作者既来自欧洲，观察利比亚行动的视角与我们更熟悉的美国评论自然稍有不同，因此有助于读者更多向地了解这场行动的成败得失。作者分析了“猛禽”未曾现身的可能原因，指出了欧洲共同防务态势缺乏充分凝聚力的现实，批驳了美国媒体讥笑欧洲“弹药储备不足”的指称，列举了空战应逐步展开（而非采用震慑战法）的过程和理由，论述了空中力量能把军事干预限制在作战层面和技术层面（避免后勤层面紧张和社会层面对立）的重大优势和效果,并谈到了欧洲缺乏作战保障资产的潜在后果。作者的结论值得重视：尽管大西洋两岸的军力差距无疑仍然存在，但是利比亚空战显示这个差距已经缩小，不仅在装备方面，而且在参加干预的意愿方面。

“建设伙伴合作能力——从哈马丹行动展望未来”一文着重圈点法国的卓越表现，突出法国的强大作战能力，敦促美国重视加强与法国的军事合作。文章赞赏美法英三国空军战略部门近两年频繁互动（各自做东组织四场战略研讨会),但多处使用“Pragmatism”（实用主义）一词，是以说明，建设伙伴合作能力非为情投意合，而是大势所趋各取所需。这同一位作者，曾在本刊 2012 年夏季刊发表另一篇文章“建设全球伙伴关系——重温‘对法国人的 112 条抱怨’”。两文内容不同而目的相同。

对利比亚军事干预的成功，在战略上几乎没有争议，在战役和战术运作上，美欧作战界有不同看法。**“利比亚空战述评”**一文分别列数美国和北约在这场行动中的重大缺陷，并分析其中原因。此文出自美军一位少校之手，颇有血气方刚口无遮拦、胸中块垒一吐为畅的“大嘴巴”之风。令欧洲一些读者不快，已有人留言指责此为典型的美式傲慢。孰是孰非，中文读者自可判断。

战略轰炸机在“奥德赛黎明”及之前几场战争中为夺取空中优势大显身手，美军在今年三月底放飞两架 B-2 直抵韩国外海域投放哑弹,再次高调展示现代隐身战略轰炸机的强大威慑力。

“雷霆万钧：战略轰炸机和空中优势”一文简述轰炸机在历次重大战争中为建立空中优势所起的核心作用，并据此提醒美国决策者不可因为预算紧缩而忽视战略轰炸机能力的建设。

无人机的研发和应用成为新一代兵器热点，美国虽在无人机作战领域遥遥领先，但始终不敢对潜在对手的无人机能力掉以轻心，过去数年来一直在开展无人机防御作战实验。**“对抗敌无人机威胁作战实验的几点认识”**一文从空军角度，总结参加这些联合作战实验后的七点认识。

网络空间几无战例可循，指挥控制结构设计如何展开？**“对网战自适调指挥控制结构设计的几点指导意见”**就此问题提供视角。作者认为，联合 / 联盟作战越来越体现为分散作战和横向合作，因此不可简单强调典型的传统垂直指挥关系，“最有效的指挥控制设计，是能根据作战行动的实际变化而自我调整。”通过将指挥控制职能整合到合理最低层级来确保统一努力，提高作战敏捷性和速度，实现预期作战效果。如作者所言，文中的建议不只对网空，而对所有领域的作战指挥控制都具有普适性。

美国空军汰换第四代战斗机的雄心大志起始于冷战末期，以先进战术战斗机（ATF）计划开始，在选择合同商过程中演化为更具体的 F-22 计划。F-22 的研发和生产过程跌宕起伏，险象环生。空军最终仅获得 187 架，远低于其预期值，自谈不上如愿以偿，但足可慰藉。**“F-22 采购计划始末及其对美国空军汰换战斗机群的影响”**一文详细分析了 F-22 计划执行过程中的多次决策错误，意在警示当前仍在进行的 F-35 计划。文章建议空军重新评估一支全部由第五代隐形战机组成的机群对空军是否合适，认为应采取机型高低搭配的策略，以从容应对未来高 / 中 / 低各种作战风险环境。

二战结束至今，以美国为首的航母编队游弋大洋，以制空权确保制海权。老牌航母大国继续投资新一代航母，新兴强国奋起追赶，全球航母建设方兴未艾，航母的主导地位似乎不容置疑。然而，中国一位军事专家著**“信息化时代航母主导地位的式微”**一文告诫我们，一应兵器盛极必衰，信息化时代催生各种专门化、模块化的小型作战单元，其之无限组合，将构成针对航母软肋的利器，必将导致航母的衰落。无独有偶，美国海军一位专家今年三月发表引起讨论的“航母的代价”（原标题为 At What Cost a Carrier?）一文，起首便警告：航母庞大、昂贵、脆弱，对当前冲突大而无当，可能正步战列舰后尘。二文不约而交集，是危言耸听，还是卓识远见？

本刊自上期在封三刊登词汇表以来，得到一些读者的鼓励。本刊将继续词汇收集的努力，也敬请读者继续关注。

《空天力量杂志》中文编辑姜国成

初评盟军空中力量在利比亚行动中的运用

Allied Air Power over Libya: A Preliminary Assessment*

克里斯琴·F·安里格博士（Dr. Christian F. Anrig）（瑞士 / 列支登士敦）

2011 年 3 月 17 日，联合国安理会就利比亚局势紧急通过 1973 号决议，授权有关国家“以国家或通过地区组织或安排，采取所有必要措施，保护这个国家中包括班加西在内的平民免受攻击威胁，但排除外国军队对利比亚领土的任何形式的占领。”[1] 安理会的这种授权实际上覆盖了以空中力量为主的任何可行的军事干预，而避免西方军队踏上又一个阿拉伯国家的土地。

两天之后，法国在爱丽舍宫举行利比亚危机峰会，期间，法国总统萨科齐私下告诉美国国务卿克林顿和英国首相卡梅伦，法国战机正飞向利比亚海岸，准备执行联合国安理会决议。当时克林顿和卡梅伦皆未表示异议，于是法国空军在当天下午率先发起了盟军空中作战行动。在最初的攻击中，“阵风”战斗轰炸机——为展现立即效应——对班加西外围的政府军装甲车发动了攻击。[2]

这场初始空袭凸显了利比亚空中作战行动的几个特点。与西方空军惯常的作战原则不同，打响利比亚空战时，盟军没有首先攻击利比亚空军，也没有试图摧毁利比亚综合防空系统，而是寻求立即产生地面效应。这场战争也是后冷战时期由若干欧洲国家空军发挥重要作用的首次盟军空战。

有人说，法英两国领导人是先斩后奏，在同其他盟国取得共识之前就在外交上和军事上先让这些盟国面对一个既成事实。但法国和英国认为，地面局势发展刻不容缓，需要立即行动，而只有空中力量具有即刻行动的能力。

“猛禽”在哪里?

紧随法军发起的第一波攻击之后，当天夜间，美国海军和英国皇家海军分别从各自水面舰船和潜艇发射了 112 枚“战斧”对地攻击导弹，摧毁利比亚综合防空系统的重要节点和固定基地上的地对空导弹系统。这波

* 此文最初发表在“空天力量杂志”英文版 2011 年冬季刊。作者应中文版编辑部要求，对原文做了删减、修正和更新后重新发表。

巡航导弹攻击后，又有三个架次的 B-2 飞机攻击利比亚的重要机场。在重创利比亚防空系统之后，从英国雷肯希思英国皇家空军基地起飞的美国空军 F-15E 飞机、从德国斯潘达勒姆空军基地起飞的 F-16CJ 飞机以及美国海军陆战队的 AV-8B“鹞 II”垂直起降攻击机，在美国海军 EA-18“咆哮者”远程电子干扰飞机的支援下，轮番对班加西外围的卡扎菲军队实施打击。[3]“基萨奇”号两栖攻击舰距利比亚海岸很近，因此舰上的六架“鹞 II”每个晚上可以飞行两个架次，舰载空中力量在该次空战的开始阶段展现出优势。[4]

在最初的攻击行动中，指挥与控制方面很混乱。根据法国官方的说法，各国的总参谋部指挥各自的空中资产，盟国之间协调飞行架次。[5] 实际上，是驻扎在德国拉姆斯泰因空军基地的美国非洲司令部主持了盟军的作战行动。[6] 北约于 3 月 31 日接手统率空中作战行动，指挥控制关系逐步清晰。至此，自愿联盟性质的“奥德赛黎明”行动变成北约指挥的“联合保护者”行动。

在首次空袭开始前两天，即 3 月 17 日星期四，时任美国空军参谋长诺顿·施瓦茨将军在国会作证。据报道，他预计需要有一周的准备时间才能落实禁飞区规定。而且，他预期 F-22“猛禽”将在攻破大门作战中发挥重要作用。但是，这种最先进的战斗机终于没有在空战中露面，从而引起人们的广泛猜测。有几位美国空军退役将官认为，F-22 的亮相会反衬出盟国飞机的陈旧不堪，为避免相形见拙的尴尬，才没有让 F-22 参战。[7] 不过，既然施瓦茨将军预计攻击行动需要这么长的准备时间，而且时任国防部长盖茨又把行动重点放在人员疏散方面，法国人在 3 月 19 日下午的行动无疑使盟国感到意外。结果是，美国来不及把“猛禽”派往战场，也没有时间考虑部署 F-22 飞机会对盟国产生什么影响。[8] 毫无疑问，“猛禽”是世界上最出色的制空战斗机，但是盟军空中作战行动并不限于设立禁飞区，真正的挑战是如何影响地面局势的发展。在这样的环境中，AV-8B 之类的飞机实际上也许更为合适。

尽管西方国家，尤其是美国有能力摧毁利比亚综合防空系统，盟军并未掉以轻心，果断应对空中威胁。3 月 24 日，利比亚军队的一架“海鸥”（Galeb）喷气机飞越米苏拉塔上空。在它着陆后，法国“ 阵风”迅即将之摧毁于地面。[9] 另据报道，卡扎菲的军队曾经使用农用飞机轰炸米苏拉塔的储油罐，但这些都是个别事件。

欧洲防务共同阵营堪忧?

三月份的干预行动具体落实了美国、英国和法国领导人在前几个月设想的计划。这种新的友好协约关系在 2010 年就已显现。该年 11 月，英国和法国签订了预期在多个领域进行军事合作的条约，例如共同支持 A400M 空中运输机、两国舰载机相互使用对方航空母舰（此项合作现已不可行，因为英国收回了购买 F-35C 舰载机的决定，退而购买最初确定的 F-35B）、核弹头的维护，等等。英国皇家空军“欧洲台风”战斗机和法国空军“阵风”战斗机之间的合作凸显了这种友好关系。[10] 英国国防大臣利亚姆·福克斯（Liam Fox）说，与法国的合作是可行可取的，因为它符合两个关键的原则：愿意部署军力和愿意支出防务费。[11]

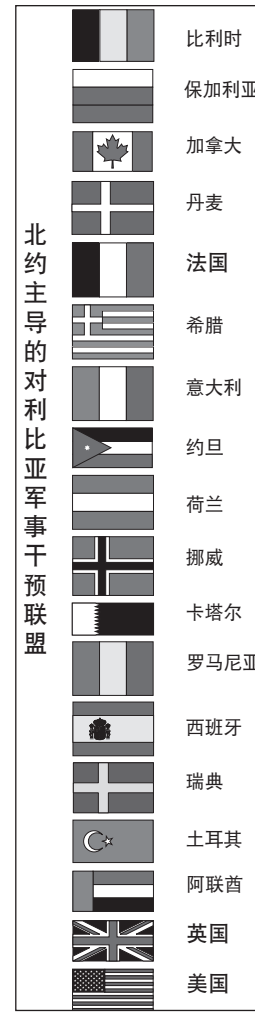
与其前任总统希拉克不一样的萨科齐总统愿意加强法国与盎格鲁撒克逊国家的关系。在他的任期内，法国于 2009 年重返北约一体化军事指挥体系；但在军事干预利比

亚问题上，他更倾向于赞成自愿联盟框架，只是勉强地接受了由北约指挥此次行动的决定。

法国空军的态度也发生了改变。美国空军、英国皇家空军和法国空军组建了几个由三国空军军官组成的战略研究组。施瓦茨将军说，这种思想交流在于探讨“世界上最优秀的几支空军如何相辅相成，形成最卓越的防务能力。”[12] 这些合作关系在利比亚军事干预行动中展现了成果。尤其是，法国和英国在双座 GR4“旋风”战斗机和“幻影 2000D”战斗轰炸机上采用了混合机组。因此，当时的法国空军参谋长让 - 保罗・帕洛梅罗斯将军（Gen Jean-Paul Palomeros）在 6 月表示:“我可以告诉你们，与英国皇家空军合作，我们非常有信心。”[13]

作战行动开始后一个月，美国总统奥巴马、英国首相卡梅伦和法国总统萨科齐共同签署了一封信件，再次显示这个三驾马车合作关系。三国的主要报纸都刊登了这封信件，藉以展现三国推翻卡扎菲政权的持续决心和联合阵线。该信件内容甚至超越联合国安理会 1973 号决议，它明确地指出：“不可能设想未来的利比亚仍由卡扎菲统治。”[14] 信件是在美国军方于 4 月初正式移交作战领导权并从作战行动撤出所有作战飞机之后公布的。随后，尤其是在美国，人们开始质疑在 A-10“疣猪”战机和 AC-130“炮舰”等美国飞机撤出作战行动的情形下，北约的空中行动能否成功。[15]

尽管英国和法国愿意做出显著贡献，但是整个欧洲的情势杂乱无章。在利比亚问题上，北约国家基本上可分为三类：参加空中攻击行动的国家；限于执行实际上是非战斗性空中警勤的国家;以及根本不露面的国家。截至 4 月中旬，只有法国、英国、加拿大、比利时、丹麦和挪威等六个北约盟国执行攻击任务，试图影响利比亚地面事态发展。[16] 加拿大空军采取了特别快速的海外部署行动，有六架 CF-18“大黄蜂”（另加一架备用机）和两架空中加油机于 3 月 18 日从加拿大起飞。据报道，加拿大战机在 3 月 22 日攻击了米苏拉塔附近的一个目标。[17]



有趣的是，荷兰空军曾经在巴尔干空战中打头阵，并且积极参与阿富汗空战，但是现在仅限于执行禁飞区规定。自 2010 年初以来，荷兰的政策似乎明显转向，也导致荷兰武装部队撤出阿富汗。相比之下，比利时飞机执行了各种军事任务。通常，这两个国家的作用恰好相反，荷兰军队往往采取比较积极的态度。现在，比利时积极参与，而且其自由派领导人盖维霍夫斯塔（Guy Verhofstadt）在欧盟议会竭力游说采取空中作战行动，这种变化使得人们质疑一位著名的英国防务学者在 2004 年发表的言论是否适当，该学者曾声称比利时是欧洲国家中只有在迫不得已的时候才会使用武力的最明显的例子。[18]

意大利对此次空战只给予三心两意的支持。尽管它提供了七个空军基地，但是对此次空战的积极军事贡献却很有限，尤其在战事展开的初期。意大利同利比亚有广泛的经济来往，对于诉诸武力感到不安。只是在 4 月下旬以后，意大利空军才参与空中攻击任务，使用其拥有的各种精确制导弹药。在意大利空军的 MQ-9“收割者”（原称“捕食者”B 型）遥驾机实现初步作战能力之后，意大利能够向利比亚空战提供特种作战能力。[19]

但是，全球经济衰退对意大利财政预算产生严重影响。作为紧缩措施，意大利航母“加里波第”号在 7 月撤出战区。稍早一点，在 6 月下旬，意大利决策者们呼吁停火，显示了意大利对盟军作战行动的摇摆立场。[20] 但意大利人不能放弃参与塑造利比亚未来的机会，他们实际上是被迫参与作战行动的。既然是迫不得已，他们就试图缩减作战行动规模。

浏览几个没有参与作战行动的欧洲国家也很有意思，其中最主要的是德国。德国非常注重以北约作为其国家安全的基石，同时又不愿意让其武装部队参与任何军事行动(而这却是向盟军作战行动做出可信贡献的前提条件)，这种两难困境很可能会继续存在。德国的历史包袱仍然对其防务政策有巨大影响，阻碍其采取积极态度。在可预见的将来，对于德国选民而言，使用武力仍将是一个敏感问题。但是，德国武装部队已在后冷战时代取得平衡发展，在最近十年更是如此。因此，德国已在若干空中和空间领域取得重要成果，其中包括合成孔径雷达卫星侦察 / 监视能力、战区弹道导弹防卫，以及利用本国研制的大量空射巡航导弹进行纵深攻击的能力。此外，德国还拥有若干专项作战能力，例如非常先进和业经证实有效的对敌防空压制（SEAD）能力。在 1999 年的“联盟力量”行动中，德国空军一支精干的 SEAD 部队（包括 10 架“旋风”电子战飞机）投放了多枚高速反辐射导弹，占该次行动中此类导弹投放总数的大约三分之一。[21] 现在德国选择不参与推翻卡扎菲的军事行动，从而失去了通过作战实效凸显德国空军新实力的一个机会。

同样有趣的是，新加入北约的国家也没有参加此次空战，它们是以前的华沙条约组织成员国，其中尤为引人注目的是拥有先进的 F-16 攻击机群的波兰。这些国家选择不参战可能有三个原因：缺乏作战准备，缺乏部署战机作战的资金，或者缺乏参战的政治意愿——第三个原因也许是由于美国国防部长盖茨对军事干预利比亚的不冷不热态度所造成的。东欧国家，尤其是波兰，注重与美国的目标保持一致，因此它们在 2003 年支持“伊拉克自由”行动。现在美国移交出其对“联合保护者”行动的领导权，波兰也许更不愿意参与此次作战行动。

除了北约盟国之外，瑞典、卡塔尔、阿联酋和约旦也参加了作战行动。瑞典曾在 1960 年代初期派遣战斗轰炸机支持了联合国在旧称比属刚果的作战行动。此后至今，算是第二次派遣战机参加真实的作战行动。为支持利比亚行动，这个历来奉行中立的北欧国家派遣了八架 JAS 39“鹰狮”战斗机，规定其用途仅限于空中警勤和侦察。至于阿联酋，据报道在 5 月 1 日，以前仅限于执行空中警勤任务的阿联酋“幻影 2000-9”飞机携带了精确制导弹药和目标攻击吊舱，但是无法确定当时是否确实进行了攻击。[22] 卡塔尔则派遣了六架“幻影 2000-5 ”飞机到克里特岛，并在 3 月 25 日随同法国“幻影 2000-5”一起执行了首轮空中警勤任务，标

志着阿拉伯联盟国家首次在利比亚空战中执行作战任务。[23]

总之，欧洲防务政治态势的离散分裂状态将继续存在，利比亚是这种政治现实的一个最新例子。在使用武力方面，各国的历史经历大相径庭。但是，利比亚战役恰如其分地显示，不存在一成不变的某个特定国家行为模式。谁会预见到比利时和荷兰的角色倒易？或者，甚至更出乎意料的，英国和法国会“重新建立”友好协约关系，尤其是在对出兵伊拉克的深刻分歧之后？回想 2003 年初，前任美国国防部长拉姆斯菲尔德就把欧洲分为新欧洲和老欧洲。但是分成这样的固定阵营并不能有助于问题的解决。就国内和国外政策而言，欧洲国家的贡献和随后的兵力派遣规模很可能取决于各国的历史经历以及具体作战行动的背景情况。因此，作为一个整体，欧洲不大可能为了某个特定的政治目的而动用其全部军事实力。

因而，本文作者在 2009 年发表的一篇文章中曾指出，尽管我们不能期望所有的欧洲盟国都对某个具体的作战行动做出贡献，但是任何两个欧洲大国的空军会和若干个小国的空军一起参加作战行动，这样的假定还是切合实际的。因此，重要的是，英国皇家空军、法国空军或德国空军应该保持平衡的核心空中力量作战能力，并有较小的欧洲国家的空军予以增援。[24] 英国空军和法国空军提供的这种欧洲核心空中力量作战能力能够成功地保障利比亚空战的持续进行。但是，恰如本文随后的分析所述，欧洲的空中作战资产与空中加油等作战保障资产之间存在明显的不平衡，这种矛头和矛杆之间的不平衡可能会阻碍欧洲国家今后的作战行动。在利比亚战役中，幸亏有美国提供了大量的作战保障支援，而且欧洲国家离利比亚较近，才部分缓解了作战保障资产严重不足的问题。

弹药储备不足?

4 月 15 日，利比亚空战开始后不到一个月，《华盛顿邮报》刊登了一篇文章，标题为“北约在利比亚行动中若干弹药紧缺”。一些观察家迅速地认定，利比亚战役远远超出了法国和英国的作战能力所及。全球安全组织主任约翰·帕克（John Pike）也许是这些批评者中最引人注目的，他说利比亚“不是一场大规模战争。如果［欧洲人］在这么一场小型作战行动中这么早就出现弹药紧缺，你不得不质疑他们到底计划打一场什么样的战争……也许他们只是计划用空军做一场航空秀。”《华盛顿邮报》的文章模糊地引述某些北约和美国高官的话，以此作为其结论的基础，而且这篇文章着重论述了长期存在的关于大西洋两岸究竟应该如何分担战争义务的争论。[25]

北约军事委员会主席以及英国和法国官员都对这篇文章作出反应，他们否认关于弹药储备紧缺的任何报道。据报道，英国和法国精确制导弹药的目前储备耗量不会阻碍利比亚空战进程。[26] 美国维持着比较稳定的弹药持续生产量，而英国和法国则是成批购买和储备弹药。储备耗尽意味着必须重新启动生产线，而工厂生产设备重新调整则会消耗额外的金钱和时间。[27] 以英国“硫磺石”（Brimstone）精确制导导弹为例，欧洲导弹制造商 MBDA 开始用升级版双模式寻的器装备英国现有的导弹储备。该公司还说，如果利比亚战争节奏减慢，升级改装的“高速度”也会显著减慢。[28] 英国国防大臣福克斯在 2011 年 6 月 23 日的一份声明中估计，英国

整补六个月战争所需弹药的费用将是 1.4 亿英镑（约合 2.2 亿美元）。[29]

就英军的弹药运用而言，在空对地作战中，英国皇家空军至今一直使用各种精确制导弹药互补组合，包括“宝石路 II”、“宝石路 IV”和双模式寻的“硫磺石”。在 5 月的下半月，英国空军还在意大利南部乔亚德尔科尔空军基地部署了能摧毁掩蔽工事的 2,000 磅“宝石路 III”炸弹。[30] 在利比亚空战初期他们准备好以“台风”飞机投放“宝石路 II”，以“旋风”GR4 飞机为主挂载重量较小的“宝石路 IV”和至多六枚双模式寻的“硫磺石”导弹，后者使英国空军拥有攻击移动目标的灵活作战能力。这种武器在最初设计中是作为“发射后不管”的反坦克导弹，通过毫米波寻的器攻击集结的敌方装甲部队。由于避免附带损伤在阿富汗作战行动中至关重要，要求弹药投放过程中有“人工批准关卡”，因此有些“硫磺石”导弹配备了半主动式激光制导装置。根据《简氏防务周刊》报道，法国国防官员很欣赏双模式寻的“硫磺石”导弹的性能，据称美国官员也同样感兴趣。[31]“硫磺石”导弹体型较小，因而适合在很可能发生附带损伤的区域用于外科手术式攻击。[32] 因此，英国空军“旋风”GR4 战斗轰炸机使用这种导弹，不仅能有效打击主战坦克和装甲运兵车，而且可攻击地空导弹发射器和军用雷达站等目标。[33]

就法军的弹药运用而言，在利比亚空战的头几波攻击中，据报道一架“阵风”在 55 公里的投射距离发射了一枚模块式空地导弹（AASM），摧毁了一辆利比亚坦克，这枚导弹实质上是一种用火箭助推器推进的全天候精确制导弹药。根据投射高度的不同，它可用于攻击近距离目标或 50 公里以外的中等距离目标，并且有几个不同的终端冲击角度可选择。目前，可选用两种不同的制导系统，其中一种较为复杂的系统综合采用红外影像寻的器和组合式惯性测量单元 / 全球定位系统接收器导航装置。另外有一种专门适合攻击移动目标的制导系统，预计在 2012 年可交付使用。早在 2008 年 4 月，“阵风”战斗轰炸机就首次用 AASM 导弹攻击了塔利班阵地。[34] 法国军队还大量使用美国制造的“宝石路 II”和增强型“宝石路 II”炸弹。[35]

利比亚空战开始后，出于作战需要，法国军火商赛杰公司（Sagem）加快了 AASM 导弹的生产。[36] 不仅是法国工业应对紧迫和意外要求的能力有所提高，而且精确制导弹药的储备量也有增加，达到 1999 年“联盟力量”行动以来的最高水平。帕洛梅罗斯将军在 2011 年 6 月的一次访谈中说：“科索沃战争之后，我们知道弹药不足会出大事，于是逐步积累储备。因此利比亚空战开始时，我们确保有足够的弹药储备，尽管与此同时我们还在阿富汗打仗。我们当时估计利比亚行动有可能拖为一场长期战争，因而开始优化储备，以备将来的需要。对这场战役，我们不需要动用应急弹药计划；而在过去，当弹药不足时，我们不得不求助于应急计划。”对于飞机的出勤率，帕洛梅罗斯将军充分相信法国空军具有持久作战能力。[37] 尽管法国军事能力展现出这些改进，法国工业界人士认为还需要进一步优化应对需求骤增的能力，同时其客户也增加储备量。[38]

鉴于法国武装部队在利比亚作战行动中的整体表现良好，能够适应作战进程，法国议会在 7 月 12 日以压倒多数批准延长法国的军事参与。[39] 一个月前，英国国防参谋长大卫·理查德将军（Gen Sir David Richards）宣布，只要有必要，英国在利比亚的作战行动可以相应延长。[40] 但是，参与作战行动的

几个小国比不上英国和法国，觉得难以跟上空战的进程。挪威和瑞典在 6 月 15 日都确认将缩减对战争的贡献。[41] 丹麦空军在 6 月中旬之前已经投放了 500 多枚精确制导弹药，因而面临严重短缺的问题，现在打算从美国和荷兰采购，藉以补充弹药储备。[42] 丹麦是一个小国，竟然能够投放这么多的精确制导弹药，令人刮目相看。但是，缺乏工业基础、无法自行生产弹药的小国，感到参与持久的进攻性空战对他们的空军是一个很大的挑战。

欧洲各国空军还在利比亚使用了巡航导弹。在开战第一夜，英国“旋风”GR4 飞机从英国皇家空军马汉姆空军基地（其常驻基地）出发,远程运送法国人称为“Scalp”的“风暴阴影”巡航导弹，准备攻击未予披露的目标。[43] 两三天后，法国空军和海军的战斗轰炸机发射“Scalp”巡航导弹攻击了利比亚海岸线南面 250 公里的一个隐蔽空军基地。[44] 意大利空军也像法国空军一样，在首次作战行动中使用了“风暴阴影”巡航导弹。[45] 因此，利比亚为欧洲大陆国家空军使用这些空射武器提供了第一个机会。但是，法国海军同英国皇家海军不一样，英国海军在首次行动中用巡航导弹攻击利比亚的综合防空系统，法国海军却不能这么做。法国领导人和英国领导人的区别，在于强调法国国防工业在有战略重要性的领域保持独立自主。法国没有购买美制战斧对地攻击导弹，而是自行研发海军巡航导弹。2011 年 6 月 8 日，法军从一个水下平台发射了一枚原型 Scalp 海军导弹（海上 Scalp 导弹），模拟潜艇的发射操作。这项政策使得法国能够研发和保持关键的能力，但是不能立即应对作战需求，例如上述海军导弹未能及时投用于利比亚作战行动。然而在未来的作战行动中，我们将会看到欧洲自产的海上巡航导弹发挥威力。

空中打击逐步展开

在北约接手领导执行联合国安理会 1973 号决议的空中作战行动之前，这场空战基本上由美国领导，美国空军动用了庞大的作战能力。参加“奥德赛黎明”行动的美国空军部队包括：来自密苏里州怀特曼空军基地第 509 轰炸机联队的 B-2 隐形轰炸机、来自英国雷肯希思英国皇家空军基地的 F-15E 飞机、来自德国斯潘达勒姆空军基地的 F-16CJ 飞机（专用于对敌防空压制），以及来自宾夕法尼亚州空军国民警卫队第 193 特种作战联队的 EC-130“突击兵独唱”心理战飞机。[46] 这些飞机各具独特作战能力，而 KC-135 空中加油机则是美国空军在作战行动随后阶段的关键贡献。根据法国空军参谋长的说法，这些空中加油机承担了大约 70% 的北约空中加油任务，凸显了欧洲国家在这个重要的空中力量领域的缺口。[47] 英国空军预期将获得新的“空中巴士”加油机，但是在利比亚空战中只能勉强提供三架 1960 年代的老式 VC10 空中加油机。[48]

就在美国于 4 月初从利比亚空战撤出所有战机之前，国防部宣布 A-10 和 AC-130 飞机已在 3 月 26 日开始参与利比亚上空的作战行动。[49] 因此，这两种飞机尽管特别适合用于这场空战，只在利比亚战区做了一次短暂的亮相。

北约于 2011 年 3 月 31 日接手利比亚空战的领导权，恰逢此时，卡扎菲军队改为采用非常规战术，藉以应对空袭。利比亚政府军开始与路上的平民百姓混杂在一起，并且利用平民掩护其推进。在许多地方，他们

使用皮卡车和改装车辆，不用主战坦克和装甲运兵车。此外，连着几天遇到恶劣天气。在这种情况下，卡扎菲军队取得了部分主动权，重新占领了利比亚东部地区，再次威胁到班加西的反政府军。[50] 这时，许多西方评论家责怪北约未能应对这种局势。的确，在“奥得赛黎明”转为“联合保护者”之后的初期，这种转变对行动策划造成了困难，特别是，设在意大利波焦雷纳蒂科基地的北约的联盟空中作战中心没有为如此规模的作战行动做好准备。另一方面，利比亚政府军逐渐改用非常规战术，也在一定程度上减弱了西方空中力量的攻击效果。

因此，盟军空中力量不得不进行调整，以适应利比亚政府军的非常规战术——法国武装部队的战果是一个很好的例子。从 4 月 7 日到 14 日，法国空军和海军航空兵飞行的架次占北约总架次的 20%，占攻击架次的 25%，摧毁了 20 多个目标，其中 15 个是军用车辆，还有 5 门火炮，包括一个多管火箭发射器。[51] 一个半月以后，从 5 月 26 日到 6 月 2 日，法国空军飞行了攻击总架次的 30%，摧毁的目标数量增加了一倍。[52] 从 6 月 23 日到 7 月 1 日，法国空军摧毁了大约 100 个目标，其中 60 个是包括坦克和装甲运兵车在内的军用车辆，还有 10 个炮兵阵地。[53] 就在法国“戴高乐”号航母撤出战区之前，从 8 月 3 日到 11 日，法国航空部队摧毁的目标多达 150 个，其中 100 个是军用车辆，还有 20 门火炮，包括几个多管火箭发射器。[54]

在头几波攻击中，法国战机从法国本土和科西嘉岛起飞。为了缩短飞航时间，这些飞机逐渐部署到位于克里特岛苏达湾的前方基地，后来又转移到西西里岛的西戈奈拉基地。[55] 法国特遣队的组成也与时变化。在 8 月中旬“戴高乐”号航母撤出战区之后，法国有八架“幻影 2000D”、四架“幻影 2000N”和四架“幻影 F1”部署在苏达湾基地。另外有五架“阵风”多用途飞机部署在西戈奈拉基地。[56] 根据法国官方的消息，得益于部署在前方基地的这些飞机，法军的飞行架次继续占攻击总架次的三分之一。[57]

从 3 月 22 日到 8 月 12 日，“戴高乐”号航母实施支援作战行动，然后返回母港，即法国南部的土伦港。连同上一次支援阿富汗作战行动的部署任务，这艘航母总共在海上作战八个月以上，只有在 3 月初有过短暂的休息。航母上的舰载机队包括“阵风”和“超级军旗”攻击机、E-2C“鹰眼”预警机及作战搜救飞机。[58]

海军火力与空中攻击相辅相成，英国和法国海军舰艇协助解除了对米苏拉塔的围攻。例如，在 5 月 7 日至 8 日的夜间，法国海军护卫舰“库尔贝”号侦测到有火箭发射器朝米苏拉塔城内发射火箭，于是在获得授权后对目标进行了有效攻击。[59] 英国皇家海军舰艇发射照明弹支援空中攻击，使固定翼飞机能够准确攻击利比亚政府军目标；英国海军还像法国海军一样，攻击了海岸线上的炮兵阵地。[60]

在 4 月中旬，美国不再领导反卡扎菲政权的攻击行动之后，《华盛顿邮报》声称美国武装部队正在执行几乎所有的情侦监任务，“因而主要负责攻击目标选定”。[61] 不错，美国继续对情监侦作战做出重要贡献，但是那家报纸的断言完全忽视了欧洲盟国情监侦资产在整个作战行动中的作用。

因此，法国空军参谋长在 2011 年 6 月接受采访时从全局论述美国的贡献。他承认美国在空中加油方面提供了至关重要的支持，

但是欧洲盟国在情侦监方面对美国的依赖并没有那么严重。他特别指出法国空军和海军利用“阵风”飞机的先进数字化侦察吊舱向盟军提供了影像情报。[62] 法国海军还向苏达湾基地派遣了海上巡逻机，执行监视任务，并且导引盟军的攻击飞机。[63] 此外，法国中空长航时“雪枭”（Harfang）遥驾机在 8 月 24 日首次升空执行任务。[64] 最后，我们还应该看到，在欧洲盟国中，法国在军用卫星情监侦方面发挥了重要作用。

在“奥德赛黎明”行动的头 24 小时内，英国皇家空军的“哨兵 R1”机载远程雷达飞机开始执行广域监视任务，这种飞机实质上跟 E-8 联合监视目标打击雷达系统一样。[65] 鉴于利比亚领土宽广，这架雷达机使北约拥有独特的作战能力。尤其是，它向美国空军的中空长航时遥驾机提供至关重要的导引情报，使后者能识别和确定空袭目标。[66] 在米苏塔拉围城期间，美国空军 MQ-1“捕食者”遥驾机在识别利比亚政府军集结区目标方面起了非常重要的作用。[67] 在随后的传感平台将情报传输给攻击平台的流程中，北约、美国空军、英国皇家空军或法国的 E-3 机载警报与控制系统飞机将来自意大利北部波焦雷纳蒂科基地联盟空中作战中心的攻击授权传递给北约的攻击飞机。[68]

根据北约欧洲盟军最高司令部联盟作战行动指挥官马克·冯·乌姆准将（Brig Gen Mark van Uhm）在 4 月下旬发布的一份声明，每日飞行架次中只有 10% 是对指定目标的攻击，其余则是或机会性或随机性攻击。在这些情况下，攻击机飞行员通常会在空中逗留两三个小时，寻找随机目标。[69] 为此，盟军对某些区域和主要交通要道划定了所谓的打击协调和侦察（SCAR）范围框。

北约在接手领导空中作战行动后大约一个月，声称已摧毁卡扎菲军事机器的三分之一。[70] 当时双方显然处于僵持状态，因而这样的断言似乎缺乏可信度。攻击目标包括军队司令部、通讯节点、弹药库、防空雷达站、火炮、包括多管火箭发射器、坦克、装甲运兵车、武装车辆，以及其他军用资产。如上文所述，法国集中攻击直接威胁平民百姓的参战部队。但是，这样的攻击重点并不排除摧毁战役级和战略级司令部。与先前的“联盟力量”行动不一样，这次利比亚行动并没有出现关于最有效的攻击重点应该在哪里的争论。在 1999 年的行动中，有些军事领导人不赞同以摧毁塞尔维亚参战部队为行动重点。[71] 在利比亚，尽管北约持续重点攻击政府军参战部队，但是装备良好的政府军阻挡了反政府军的前进。截至 6 月下旬，的黎波里南面的西部山区是反政府军唯一取得稳步进展的地区。[72] 这条战线最初没有得到联军空中力量的重视，但后来竟对打破地面军事僵局具有决定性的意义。据报道，法国特种部队为建立这个卓有成效的地空结合点发挥了关键作用。

在战役初期，地面形势瞬息多变，使得空中攻击行动很难与反政府军的地面行动协调。相较以前的“持久自由”行动初期，美国特种作战部队密切协调空中攻击和地面上北方联盟部队的行动，但这次利比亚行动不一样，政治形势要求北约空中力量不得直接与反政府军协同作战。[73] 因此，北约空中力量偶尔会误炸到反政府军，尤其是在反政府军使用坦克的时候。[74] 反政府军缺乏有效的组织，也给协调行动造成困难。

到 6 月上旬，据称空中力量和地面部队行动的协调有所改善。[75] 但是，我们也许可以认为改善的原因是，战线不像以前那么多

变，已经比较固定了。此外，盟军飞机只使用精确制导弹药，以尽量减少附带损伤，这是西方空中力量的一个标志性措施。[76]

像法国空军一样，英国皇家空军承担了很多空中攻击任务，再次展现其有效作战能力。例如，据报道，在 4 月 9 日至 10 日那个周末，北约摧毁了 61 辆装甲车和防空资产，其中有三分之一目标是英国皇家空军攻击的。[77] 在 5 月下半月，英国空军攻击机还攻击了卡扎菲的海军。5 月 19 日，它们摧毁了离米苏拉塔港最近的军港阿尔胡斯海军基地的两艘轻型护卫舰，还有船坞里一个快速充气船制造车间。利比亚政府军原来试图用快速充气船在米苏拉塔港布雷，并攻击附近的船只。[78] 在高难度攻击目标选定方面，英国皇家空军做得特别出色。根据英国的信息来源，英国皇家空军执行的空中作战任务有大约 90% 是针对随机目标，而攻击随机目标显然比攻击预定目标更困难。[79] 截至 2011 年 8 月 24 日，英国军队摧毁了 890 多个利比亚政府军目标，包括几百辆坦克、火炮和武装车辆。[80] 当的黎波里巷战开始时，英国皇家空军飞机在城市上空盘旋，在 8 月 21 日拂晓前攻击中摧毁了几个军用情报设施，并且攻击的黎波里郊外的主战坦克等重型武器。[81] 有趣的是，英国攻击机还在 8 月 24 日进行了一场小规模的“飞毛腿”导弹猎杀行动，在瑟特附近摧毁了三辆“飞毛腿”支援车辆，政府军曾经从那里向米苏拉塔发射“飞毛腿”弹道导弹。[82]

英国皇家空军特遣队也像法国空军一样，逐步发生了变化。最初，英国战斗机群包括担任防空任务的 10 架“台风”飞机和担任攻击任务的八架 GR4“旋风”飞机。利比亚是“欧洲台风”战机首次参与实战的战场。空战开始后两天，2011 年 3 月 21 日，英军“台风”巡逻利比亚禁飞区，首次执行作战任务。而后来，担任防空任务的飞机逐渐减少，担任攻击任务的飞机相应增加。4 月上旬，两架“台风”返回英国，而 GR4“旋风”机队则增加了四架飞机，总数达到 12 架。与此同时，剩下的八架“台风”飞机中，有四架从防空任务改换为地面攻击任务。于是，总共有 16 架地面攻击飞机，使得英国空军能够提供四分之一的北约地面攻击资产。[83] 在 7 月的下半月，英国空军再次增强其攻击和侦察能力，又部署了四架 GR4“旋风”，其中一架配备侦察吊舱。自那时起，英国皇家空军在意大利南部的乔亚德尔科尔空军基地部署了 16 架 GR4“旋风”和六架“欧洲台风”。[84] 显然，久经沙场的“旋风”仍是英国皇家空军的最爱。

雄鹰特遣队重振军威

在“联盟力量”行动期间，时任北约欧洲盟军最高司令韦斯利·克拉克将军（Gen Wesley Clark）在阿尔巴尼亚组建了“雄鹰”特遣队，意在对前南斯拉夫联邦共和国总统米洛舍维奇施加更大的压力。“雄鹰”特遣队的主要机动能力是“阿帕奇”作战直升机群。克拉克将军多次要求获准将“阿帕奇”直升机投入作战，最终被华盛顿否决。参谋长联席会议认为让先进的作战直升机去攻击战术部队风险太大，因此非常担心。但是据克拉克将军说，“阿帕奇”直升机能够从边界外识别固定翼飞机未能攻击的目标。[85]

十二年后，2011 年 5 月，英国和法国最终决定投入作战直升机，以进一步抑制卡扎菲军队的地面活动。在 6 月 3 日至 4 日的夜间，法国和英国作战直升机首次攻击地面目标。英国陆军“阿帕奇”直升机从在布雷加区域作战的“海洋”号直升机航母起飞，

帮助纾解利比亚东部战线的僵局。据报道，它们遇到了地面炮火还击。[86] 尽管有这样的威胁，第二天晚上，作战直升机再次从“海洋”号起飞，攻击多管火箭发射系统。[87] 法国和英国作战直升机与固定翼飞机协同作战，后者收集情报，选择目标和评估潜在的地空导弹威胁。这些固定翼飞机还保持待命，随时准备发起增援攻击。[88]

英国陆军“阿帕奇”直升机在米苏拉塔区域对地面目标和海上目标都予以打击。在 6 月上旬的一次攻击中，它们首先摧毁了攻击米苏拉塔港的快速充气船，然后向利坦附近的 ZSU-23-4 自行式高射炮和几辆武装车辆开火，展示了武装直升机在这个特殊战区作战的灵活性。[89]

在 6 月 3 日至 4 日的夜间，法国“老虎”作战直升机和“羚羊”作战直升机从两栖突击舰“托内尔”号起飞，攻击了大约 20 个地面目标。[90] 像英国直升机一样，据报道，法国陆军作战直升机也遇到了地面上单兵携带防空系统的火力还击。在法国直升机作战的第一个星期，被摧毁的军用车辆数量增加。在 6 月 2 日至 9 日，法国军队摧毁了 70 个目标，其中大约 40 个是军用车辆，而三分之二是被直升机摧毁的。[91] 在 8 月中旬，从“西北风”号两栖突击舰起飞的法国攻击直升机执行了一次大型遮断攻击行动。10 架直升机攻击布雷加对峙战线西面交通要道上的两个枢纽点，摧毁了几辆车辆、监视雷达和防御阵地。[92] 据反政府军指挥官证实，武装直升机的连续打击对扭转布雷加战局起有关键的作用。法国的武装直升机承担了大部分攻击任务，发射了超过 430 枚 HOT 反坦克弹和数量无法计算的机炮子弹及无控导弹。[93] 虽如此，在“联合保护者”行动中采用武装直升机攻击是否合适，至今仍有质疑。特别是，西方空军有些人认为，直升机攻击过程中牵住了过多的固定翼飞机为之提供掩护，而固定翼飞机原本可以直接开展同样有效的攻击，不必派直升机多此一举。

充分利用相对优势

著名的英国学者迈克尔·霍华德爵士（Sir Michael Howard）在其著作《战争的起因》中列出战略的四个层面：社会层面、作战层面、后勤层面和技术层面。他认为，“如果不通盘考虑所有四个层面，则无法制订成功的战略，但是在不同的情况下，其中一个或另一个层面可能会占主导地位。”[94]

西方联盟凭借空中和海上力量，能够把军事干预局限在以作战层面和技术层面为主，藉以应对利比亚、阿拉伯世界，以及本国的选民。在法国和英国，民众对利比亚战争的支持没有消退，很可能是空中力量的技术优势促成本国部队零伤亡，在很大程度上有助于维持公众支持程度。尽管盟国地面部队没有进入利比亚，法国在 6 月 29 日透露，它曾在的黎波里西南部山区空投武器给叛军——这是西方国家第一次承认提供武器给反政府力量。[95] 据报道，卡塔尔也通过空运武器到班加西来支持反政府军，后者则从班加西再把武器分发到前线。此外，若干盟国派遣军事联络顾问组支持利比亚全国过渡委员会；显然，西方联盟的特种作战部队也向前线的反政府军直接提供咨询。盟国采取了所有这些行动，就差没有派遣大量的常规地面部队开入战区。

前任盟军中欧指挥官退役将军海宁·冯·昂达泽（Henning von Ondarza）等评论家呼吁派遣地面部队控制利比亚局势，这些言论并未考虑到所有的战略层面。[96] 尽管

派遣地面部队也许可在作战层面快速取得军事效果，但是“异教徒”在地面作战中取得决定性的胜利，并且“又占领了一个伊斯兰国家”，也许会产生适得其反的战略效果，很有可能导致社会层面占据冲突的主导地位。西方大兵踏上他们的领土，而且没有得到阿拉伯国家联盟的支持，有可能导致当地民众广泛不满，甚至促成恐怖分子的自杀式攻击。在利比亚行动中西方联盟有所节制，没有部署地面部队，从而有助于将军事干预局限在以作战层面和技术层面为主导的局面，但是人们仍然关注附带损伤，而且国际社会反对可能违反联合国安理会第 1973 号决议的空投武器等事项。

最有趣的是，确保作战层面和技术层面的主导地位，有助于防止战略的后勤层面出现紧张。根据英国国防委员会在 2011 年 7 月 19 日发布的第五次报告，估计当前年度的阿富汗作战额外费用将略超过 40 亿英镑（约合 63 亿美元）。但是，该报告承认，阿富汗战事的总计费用仍是未知数。[97] 相比之下，国防大臣福克斯估计“埃拉米”行动（Operation Ellamy，英国为其参与军事干预利比亚所取的行动名称）头六个月的费用是 2.6 亿英镑（约合 4.1 亿美元）。这个数字包括了弹药整补费用。[98] 因此，我们可以估计全年费用大约为 5.2 亿英镑（约合 8.2 亿美元）。尽管是很粗略的估计，这些数字仍能揭示出英国在阿富汗的作战行动费用和在利比亚作战行动费用之间的巨大差额。

让我们从英国的作战费用推算战争的全部费用，截至 4 月中旬，英国皇家空军提供了大约四分之一的对地攻击资产。[99] 鉴于英国一年作战费用估计为 8.2 亿美元，承担空中攻击任务的大约 25%，如果利比亚作战行动按目前的进程持续一年，在理论上计算，整个行动的费用大约是 33 亿美元。在利比亚作战行动开始时，从美国海军舰艇发射了一批“战斧”导弹，藉以摧毁利比亚综合防空系统和其他重要战略目标，这些导弹的费用特别高。从 3 月 19 日至 28 日，美国发射的导弹和其他弹药的费用估计是 3.4 亿美元。[100] 上述数字的合计值仍然显著低于英国估计的 2011 年阿富汗作战行动额外费用。

在伊拉克上空的“北方守望”和“南方守望”行动接近尾声时，当时的美国空军参谋长约翰·江珀将军（Gen John P. Jumper）声称，空中封锁导致美国空军有些飞机的飞行时间超越常规。但是，他无法确定超时飞行是否确实造成飞机磨损加剧，因为大多数飞行任务并未涉及剧烈的飞行机动。[101] 那么经过这次利比亚空战，欧洲国家空军究竟感受到多大程度的飞机磨损加剧及因此对战争经费的增加，现在尚不可知。不过，根据江珀将军所述美国空军在伊拉克的情况，磨损造成的额外费用不会太高。

利比亚作战行动不仅在金钱消耗方面显著低于阿富汗作战行动，更重要的是，在人员代价方面大幅度减少。例如，在 2011 年上半年，英国军队在阿富汗有 27 名士兵阵亡，另外还有若干名军人负伤致残。2009 年和 2010 年是英军在阿富汗遭遇最血腥的两年，分别阵亡 108 人和 103 人。[102] 但是在 2011 年的整个利比亚行动中，盟军无人阵亡。利比亚的局势不同于阿富汗，盟军在利比亚可以充分发挥战略技术层面的非对称优势，显著提高部队保护能力。

本文并不认为在现代战争中使用地面部队的代价太高。实际上，西方国家最先进的军队所进行的联合机动作战已被证实在常规战争中非常有效和有力，能够快速扫除常规

抵抗。但是在维稳作战中，西方盟国应该调整作战方式，以有效地发挥作战层面和技术层面的相对优势。相比之下，赢取民心则非常困难，凸显了西方干预部队在社会层面所面临的极端挑战。

在利比亚的特定情况下，西方选择空中力量作为反卡扎菲的主要武器。无论这场战役要打多久，它在资源消耗和人员伤亡方面的代价肯定低于目前或最近在伊拉克和阿富汗进行的、要求派遣大量地面部队进入战区的维稳行动。

结语

对利比亚军事干预是一个成功的范例，显示西方空中力量如何扭转力量平衡使其有利于抵抗运动，以应对装备良好的政府军。基本上，空中力量帮助抵抗运动赢得了与政府军平等对阵的机会。如果没有西方空中力量的干预，效忠卡扎菲的部队可能会使班加西和米苏拉塔血流成河。米苏拉塔围攻战惨不忍睹，但是，如果没有西方空中力量，它甚至可能变成欧洲历史上又一个黑暗篇章。

在利比亚行动期间，许多著名的评论家发表了各种论断。当空战变成旷日持久的行动时，其中有一名评论家声称，西方应该在进行军事干预之前更好地装备和训练反政府军。且不谈政治考虑，这个建议完全忽视了此次作战行动的时间紧迫性。反政府军据点在 3 月下旬陷落，根本不会有时间让他们接受西方的装备和训练。另有几名评论家则轻描淡写地把这次干预称作是一次小型作战行动。但是，根据所用资产多寡来评估一场战役，并不是最成熟的方法。到最后，效应才是重要标准。评论家们最常提出的意见也许是，需要派遣地面部队去有效地扭转利比亚局势。诚然，这种干预方式也许会在军事上速见成效，但是在战争的战略层面，则可能适得其反，导致战略的社会层面主宰冲突。

另外，评论家们担忧空战久拖不决，转弯抹角地提到涉及的费用过度上涨。但是，1990 年代的伊拉克禁飞区实施行动和此次利比亚行动都证明，把军事干预局限于空中力量——如果条件允许——其涉及的费用远远低于譬如说阿富汗的持续作战行动。有些人出于毫无根据的理由，指责空中力量干预消耗大量财力。但是，空中力量能显著减少附带损伤，因而有助于把干预限制在战略的作战层面和技术层面，让西方国家能充分发挥其相对优势。尤其是，技术层面可产生部队保护方面的非对称优势，尽量减少盟军阵亡人数。英国和法国部署了作战直升机，但没有派遣地面部队。在直升机于 6 月 3 日至 4 日的夜间执行首次任务之后，评论家们预期会有伤亡，但这些勇敢的攻击行动毋庸置疑和显而易见地展示了北约的意志，从而加强了胁迫优势。

还有一些批评者声称，西方盟军没有采用震慑战法，而是逐步使用空中力量，是一种失策，因为空中力量的真实价值被耗散掉了。即使盟军进行了大规模空中攻击，谁能够在冲突初期实际利用其效应？利比亚行动既是为了保护平民，也是卡扎菲政权和北约之间的一场意志决斗，北约进行持久空战的意愿和能力慢慢地消耗了这个独裁者的部队，使他无法在地面使用精良的常规武器。事实证明，北约拥有这么做的有利条件。例如，法国空军在克里特岛的特遣队拥有的飞机数量占整个法国“幻影”2000D 和 2000N 机队的大约 10%，这些数量非常适合进行持久空战。

但是，利比亚空战再次揭示了欧洲的矛头和矛杆之间的不平衡，即作战资产和作战保障资产之间的不平衡，只是幸亏美国的大力支援和利比亚的近邻地理位置，这种状况才得到缓解。这种不平衡很可能会继续存在。现在英国皇家空军和法国空军各购置或打算购置 14 架现代化多用途运输加油机，而其他欧洲国家却仍然不重视空中加油，这种状况将阻碍欧洲空军今后的作战范围和机动性。侥幸的是，利比亚行动开始时，欧洲唯一名副其实的航母“戴高乐”号能够立即参战，但是法国不得不在 8 月 12 日将其撤出战区，因为它已几乎连续执行作战任务八个多月。显然，西方如果不动用海军航空兵，照样可以发起利比亚空袭，但是下一次突发事件的地理位置也许没有这么方便，会要求西方拥有更多的海上飞行甲板。

利比亚空战还暴露了欧洲军队专门化的局限性。由于德国等国家决定置身事外，而意大利等另外一些国家只是三心两意地提供支持，利比亚空战在开始时缺乏若干至关重要的欧洲作战能力（德国和意大利拥有欧洲最先进的对敌防空压制部队）。出于谨慎的政治考虑，欧洲大国需要保持平衡的空中力量。愿意出兵的欧洲小国的空军可以增援欧洲空军作战保障资产，从而展现其作战能力。甘冒风险的打法也可以弥补某些作战能力的缺乏。例如法国战斗轰炸机于 3 月 19 日在没有专门的对敌防空压制飞机支援下就发起了首波攻击；另外，果断使用作战直升机也有效弥补了固定翼飞机数量有限的缺口。

利比亚空战可能会影响欧洲军队转型。例如，2010 年末英国公布的《战略防务和安全评估》的撰写者显然在撰写那部文件时考虑到了仍在阿富汗进行的作战行动。英国皇家空军确定在今后几年逐渐淘汰“哨兵”广域监视机等资产，这种飞机在阿富汗的用途有限，但在利比亚却极有使用价值。有鉴于此，决策者们也许需要重新考虑某些计划。至少，英国皇家空军将其最后一架“猎迷 R1”信号情报飞机的退役时间延后了三个月，以便其能继续支援对利比亚军事干预行动。

总而言之，尽管大西洋两岸的军力差距无疑仍然存在，但是利比亚空战显示这个差距已经缩小，不仅在装备质量方面，而且在参加干预的意愿方面。♣

注释:

1. Security Council, “Security Council Approves 'No-Fly Zone' over Libya, Authorizing 'All Necessary Measures' to Protect Civilians, by Vote of 10 in Favour with 5 Abstentions”[安理会批准对利比亚实施禁飞区，授权采用所有必要措施保护平民，10 票赞成，5 票弃权], SC/10200, 6498th Meeting (night) (New York: United Nations, Department of Public Information, News and Media Division, 17 March 2011), http://www.un.org/News/Press/docs/2011/sc10200.doc.htm.
2. Ministère de la Défense [Ministry of Defence], “Libye: point de situation opération Harmattan no. 1”[利比亚：哈马丹行动进度报告一], 25 March 2011, http://www.defense.gouv.fr/actualites/operations/libye-point-de-situation-operation-harmattan-n-1; 另参看 Ministère de la Défense, “Libye: point de situation opération Harmattan no. 2”[利比亚：哈马丹行动进度报告二], 25 March 2011, http://www.defense.gouv.fr/actualites/operations/libye-point-de-situation-operation-harmattan-n-2.
3. Doug Richardson, “Air Strikes Target Libyan Defences”[空袭利比亚国防目标], Jane's Missiles and Rockets 15, no. 5 (May 2011): 1-3.
4. Tom Kington, “Harrier Ops Making Case for F-35B”[“鹞”参战显示 F-35B 的价值所在], Defense News 26, no. 12 (28 March 2011): 9.

5. Ministère de la Défense, “L’opération Harmattan” [哈马丹行动], 27 September 2011, http://www.defense.gouv.fr/actualites/operations/l-operation-harmattan.

6. Jeremiah Gertler, Operation Odyssey Dawn (Libya): Background and Issues for Congress [向国会报告奥德赛黎明行动（利比亚）：背景和问题], CRS R41725 (Washington, DC: Congressional Research Service, 30 March 2011), 13, http://fpc.state.gov/documents/organization/161350.pdf.

7. Dave Majumdar, “Why the F-22 Sat Out Libya” [为何 F-22 没有参与利比亚空战], Defense News 26, no. 12 (28 March 2011): 4, 6.

8. 英国皇家空军的一名军官向笔者证实，英国特遣队对 2011 年 3 月 19 日下午发生的事情感到意外。

9. Ministère de la Défense, “Libye: point de situation opération Harmattan no. 6” [利比亚：哈马丹行动进度报告六], 25 March 2011, http://www.defense.gouv.fr/content/view/full/112817.

10. Pierre Tran and Andrew Chuter, “French, U.K. Air Forces Boost Cooperation” [法英空军加强合作], Defense News 25, no. 43 (15 November 2010): 8.

11. Pierre Tran and Andrew Chuter, “Cross-Channel Cooperation” [英吉利海峡两岸的合作], Defense News 25, no. 33 (6 September 2010): 1.

12. John Reed and Pierre Tran, “Leading Air Forces Cooperate: France, U.K., U.S. Work Strategy, Doctrine, Systems” [空军大国进行合作：法英美协调战略、作战准则和作战体系], Defense News 25, no. 35 (20 September 2010): 1.

13. Pierre Tran, “[Interview with] Gen. Jean-Paul Palomeros, Chief of Staff, French Air Force” [法国空军参谋长帕洛梅罗斯将军 [访谈记录], Defense News 26, no. 25 (27 June 2011): 22.

14. “Libya: Obama, Cameron and Sarkozy Vow Gaddafi Must Go” [利比亚:奥巴马、卡梅伦和萨科齐誓言卡扎菲必须下台], BBC News, 15 April 2011, http://www.bbc.co.uk/news/world-africa-13089758.

15. 参看 Devin Dwyer, “Doubts about NATO in Libya as U.S. Takes Backseat” [随着美国退居二线，人们质疑北约在利比亚的作战能力], abcNews, 1 April 2011, http://abcnews.go.com/m/story?id=13274607&sid=77.

16. 见注释 14。

17. “Deployment of CF-18s to Enforce a No-Fly Zone over Libya” [部署 CF-18 执行利比亚禁飞区规定], Royal Canadian Air Force, 21 March 2011, http://www.airforce.forces.gc.ca/v2/nr-sp/index-eng.asp?id=11599; 另参看注释 6 中 Gertler 文“奥德赛黎明行动”，第 19 页。

18. Lawrence Freedman, “Can the EU Develop an Effective Military Doctrine?” [欧盟能够制定有效的军事作战准则吗 ?], 收录于 A European Way of War [欧洲的作战方式], ed. Steven Everts et al. (London: Centre for European Reform, 2004), 16, http://www.cer.org.uk/pdf/p548_way_ofwar.pdf.

19. Luca Peruzzi, “Italian Air Force Chief Details Libyan Operations” [意大利空军参谋长详谈利比亚作战行动], Flight International, 17 June 2011, http://www.flightglobal.com/articles/2011/06/17/358044/italian-air-force-chief-details-libyan-operations.html.

20. David Brunnstrom, “Analysis: French Arms Move Shows Libya Pressure on West” [分析：法国军队的行动显示了利比亚战事对西方的压力], Reuters, 30 June 2011, http://af.reuters.com/article/libyaNews/idAFLDE75T18L20110630.

21. Christian F. Anrig, “The Quest for Relevant Air Power—Continental Europe” [寻找合适的空中力量 — 欧洲大陆], Royal Air Force Air Power Review 12, no. 1 (Spring 2009): 84, http://www.raf.mod.uk/rafcms/mediafiles/CA6EA006_1143_EC82_2E796A6FC58BA05B.pdf.

22. Robert Hewson, “United Arab Emirates Signals Shift to Attack Role” [有迹象表明阿联酋将参与空中攻击], Jane's Defence Weekly 48, no. 19 (11 May 2011): 6.

23. Ministère de la Défense, “Libye: point de situation opération Harmattan no. 7” [利比亚：哈马丹行动进度报告七], 26 March 2011, http://www.defense.gouv.fr/content/view/full/112895.

24. 见注释 21，第 86-87 页。

25. Karen DeYoung and Greg Jaffe, “NATO Runs Short on Some Munitions in Libya” [北约在利比亚行动中若干弹药紧缺], Washington Post, 15 April 2011, http://www.washingtonpost.com/world/nato-runs-short-on-some-munitions-in-libya/2011/04/15/AF3O7EID_story.html.

26. Pierre Tran et al.,“NATO Denies Reported Bomb Shortage”[北约否认所谓的弹药紧缺], Defense News 26, no. 16 (25 April 2011): 16.

27. 见注释 25。

28. Matthew Bell,“MBDA Missile Export Prospects Boosted by Libyan Operations”[利比亚行动推动 MBDA 导弹出口], Jane's Defence Weekly 48, no. 23 (8 June 2011): 19.

29. Ministry of Defence,“Cost of Libya Operations”[利比亚行动的代价], 23 June 2011, http://www.mod.uk/DefenceInternet/DefenceNews/DefencePolicyAndBusiness/CostOfLibyaOperations.htm.

30. Ministry of Defence,“Enhanced Paveway III Bombs Ready for Action in Libya”[增强型宝石路 III 炸弹已准备用于利比亚作战行动], 31 May 2011, http://www.mod.uk/DefenceInternet/DefenceNews/MilitaryOperations/EnhancedPavewayIiiBombsReadyForActionInLibya.htm.

31. 见注释 28，第 19 页。

32. 参看 Ministry of Defence,“RAF and Navy Continue to Strike at Gaddafi Regime”[英国皇家空军和海军继续打击卡扎菲政权], 21 July 2011, http://www.mod.uk/DefenceInternet/DefenceNews/MilitaryOperations/RafAndNavyContinueToStrikeAtGaddafiRegime.htm.

33. Ministry of Defence,“PM Visits RAF Crews Deployed on Libya Operations”[首相访问执行利比亚作战行动的英国皇家空军机组人员], 5 April 2011, http://www.mod.uk/DefenceInternet/DefenceNews/MilitaryOperations/PmVisitsRafCrewsDeployedOnLibyaOperations.htm; 另参看 Ministry of Defence,“RAF Destroys Military Vehicle Depot in Libya”[英国皇家空军摧毁利比亚境内的军用车辆调度场], 26 May 2011, http://www.mod.uk/DefenceInternet/DefenceNews/MilitaryOperations/RafDestroysMilitaryVehicleDepotInLibya.htm.

34. Henri-Pierre Grolleau,“French Precision: Rafale's Lethal Punch”[法国精确武器：阵风战机发起致命打击], Air International 76, no. 4 (April 2009): 21-22, 25; 另参看 Arm é e de l’ Air,“Commande de 680 kits d'AASM”,[采购 680 枚 AASM 导弹], 18 February 2010, http://www.defense.gouv.fr/air/breves-migration/commande-de-680-kits-d-aasm.

35. 见注释 26，第 16 页。

36. Tom Kington and Gerard O'Dwyer,“Small Bombs Loom Big as Libya War Grinds On”[随着利比亚战争进展，小炸弹发挥大作用], Defense News 26, no. 25 (27 June 2011): 4.

37. 见注释 13。

38. 见注释 36，第 4 页。

39. Ministère de la Défense, “Libye: le Parlement autorise la prolongation de l’opération” [利比亚：议会授权延长作战行动], 13 July 2011, http://www.defense.gouv.fr/actualites/articles2/libye-l-operation-harmattan-prolongee.

40. Gerrard Cowan,“UK Libya Operations 'Are Sustainable'”[英国的利比亚作战行动“可以持久”], Jane's Defence Weekly 48, no. 25 (22 June 2011): 13.

41. Gerard O'Dwyer,“Libya Operations Threaten Nordic Budgets”[利比亚战事威胁北欧国家的财政预算], Defense News 26, no. 24 (20 June 2011): 1.

42. 见注释 36，第 1 页。

43. 见注释 3，第 3 页。

44. 见注释 17，利比亚：哈马丹行动进度报告六。

45. 见注释 13。

46. John A. Tirpak,“Odyssey Dawn Units Identified”[奥德赛黎明行动作战单位曝光], Air Force Magazine, 22 March 2011, http://www.airforce-magazine.com/DRArchive/Pages/2011/March%202011/March%2022%202011/OdysseyDawnUnitsIdentified.aspx.

47. 见注释 13。

48. Tim Ripley,“UK RAF Looks to Slow VC10 Drawdown Rate”[英国皇家空军打算延缓 VC10 退役速度], Jane's Defence Weekly 48, no. 31 (3 August 2011): 12.

49. 见注释 6，第 8 页。

50. Ministry of Defence, “NATO Delivers Update on Libya Operations”[北约发布利比亚行动最新消息], 7 April 2011, http://www.mod.uk/DefenceInternet/DefenceNews/MilitaryOperations/NatoDeliversUpdateOnLibyaOperations.htm; 另参看 Ministry of Defence, “Typhoon Joins Tornado in Libya Ground Attack Operations”[台风战机协同旋风战机进行利比亚地面攻击行动], 13 April 2011, http://www.mod.uk/DefenceInternet/DefenceNews/MilitaryOperations/TyphoonJoinsTornadoInLibyaGroundAttackOperations.htm.

51. Ministère de la Défense, “Libye: point de situation hebdomadaire no. 21”[利比亚行动进度报告二十一], 18 April 2011, http://www.defense.gouv.fr/actualites/operations/libye-point-de-situation-hebdomadaire-n-21.

52. Ministère de la Défense, “Libye: point de situation no. 28”[利比亚行动进度报告二十八], 6 June 2011, http://www.defense.gouv.fr/content/view/full/121771.

53. Ministère de la Défense, “Libye: point de situation no. 32”[利比亚行动进度报告三十二], 7 July 2011, http://www.defense.gouv.fr/operations/autres-operations/operation-harmattan-libye/actualites/libye-point-de-situation-n-32.

54. Ministère de la Défense, “Libye: point de situation no. 38”[利比亚行动进度报告三十八], 11 August 2011, http://www.defense.gouv.fr/content/view/full/130650.

55. Ministère de la Défense, “Libye: point sur le dispositif Harmattan”[利比亚：哈马丹行动部署简报], 19 July 2011, http://www.defense.gouv.fr/operations/actualites/libye-point-sur-le-dispositif-harmattan.

56. Ministère de la Défense, “Libye: réorganisation du dispositif militaire français”[利比亚：法国调整军队部署], 17 August 2011, http://www.defense.gouv.fr/operations/autres-operations/operation-harmattan-libye/actualites/libye-reorganisation-du-dispositif-militaire-francais.

57. Ministère de la Défense, “Libye: point de situation no. 40”[利比亚行动进度报告四十], 29 August 2011, http://www.defense.gouv.fr/operations/actualites/libye-point-de-situation-n-40.

58. Ministère de la Défense, “Libye: réorganisation du dispositif militaire français”[利比亚：法国调整军队部署]; 另参看 Ministère de la Défense, “Libye: qu’est-ce que la Task Force 473?”[利比亚：特遣队 473 是什么 ?], 29 March 2011, http://www.defense.gouv.fr/operations/autres-operations/operation-harmattan-libye/actualites/libye-qu-est-ce-que-la-task-force-473.

59. Ministère de la Défense, “Libye: point de situation no. 25”[利比亚行动进度报告二十五], 16 May 2011, http://www.defense.gouv.fr/content/view/full/119212.

60. 见注释 32。

61. Edward Cody, “French, British Leaders Meet about West's Role in Libyan Uprising”[法英两国领导人会晤讨论西方在利比亚起义中的作用], Washington Post, 14 April 2011, http://www.washingtonpost.com/world/france-britain-call-for-summit-on-natos-role-in-libyan-uprising/2011/04/13/AFy71qVD_story.html.

62. 见注释 13。

63. Ministère de la Défense, “Libye: arrivée des Atlantique 2 à la Sude”[利比亚战事：Atlantique 2 战机抵达苏达湾基地], 4 August 2011, http://www.defense.gouv.fr/operations/autres-operations/operation-harmattan-libye/actualites/libye-arrivee-des-atlantique-2-a-la-sude.

64. Ministère de la Défense, “Libye: premier vol du Harfang au profit d’Harmattan”[利比亚战事：雪枭遥驾机在哈马丹行动中首飞], 25 August 2011, http://www.defense.gouv.fr/operations/autres-operations/operation-harmattan-libye/actualites/libye-premier-vol-du-harfang-au-profit-d-harmattan.

65. Ministry of Defence, “RAF ISTAR Squadrons Keep Watch over Libya”[英国皇家空军 ISTAR 中队监视利比亚上空], 1 April 2011, http://www.mod.uk/DefenceInternet/DefenceNews/MilitaryOperations/RafIstarSquadronsKeepWatchOverLibya.htm.

66. 例如，请参看 Tim Ripley, “AWACS Provides Key Link for NATO Strikes over Libya”[AWACS 为北约的利比亚空战提供重要的通讯连接], Jane's Defence Weekly 48, no. 31 (3 August 2011): 7.

67. Tim Ripley, “USAF Predators Direct Tornado Strikes”[美国空军捕食者遥驾机引导旋风战机开展攻击], Jane's Defence Weekly 48, no. 20 (18 May 2011): 6.

68. 见注释 66，第 7 页。

69. Brooks Tigner, “NATO Cripples Ghadaffi Forces, C2 Capabilities”[北约重创卡扎菲军队的指挥控制能力], Jane's Defence Weekly 48, no. 17 (27 April 2011): 8.

70. 同上；另参看 Brooks Tigner,“'More Work to Be Done' in Libya, Reports NATO”[北约说在利比亚“还有更多事要做”], Jane's Defence Weekly 48, no. 19 (11 May 2011): 6.

71. Gen Wesley K. Clark, Waging Modern War: Bosnia, Kosovo, and the Future of Combat [进行现代战争：波斯尼亚、科索沃及未来战争前景], (New York: PublicAffairs, 2002), 303.

72. Anis Mili,“Libya Rebels Prepare for Fight over Strategic Town”[利比亚反政府军准备战略性城镇攻坚战], Reuters, 30 June 2011, http://af.reuters.com/article/libyaNews/idAFLDE75T1S220110630.

73. 参看 Stephen Biddle, Afghanistan and the Future of Warfare: Implications for Army and Defense Policy [阿富汗和未来战争前景：对陆军和国防政策的影响], (Carlisle Barracks, PA: Strategic Studies Institute, US Army War College, 2002), 38-39.

74. 参看 Brooks Tigner,“NATO Blames 'Fluid' Situation for Allied Airstrikes on Rebels”[北约把盟军误炸反政府军归咎于战场形势“多变”], Jane's Defence Weekly 48, no. 15 (13 April 2011): 7.

75. Lauren Gelfand,“NATO Extends Operation in Libya for 90 Days”[北约延长利比亚作战行动 90 天], Jane's Defence Weekly 48, no. 23 (8 June 2011): 4.

76. Andrew Chuter and Julian Hale,“NATO's Libyan Air War Uses Only Precision Bombs,”[北约在利比亚空战只使用精确制导炸弹], Defense News 26, no. 28 (25 July 2011): 3.

77. 见注释 50 中“台风战机协同旋风战机”文。

78. Ministry of Defence,“RAF Strikes Gaddafi's Navy”[英国皇家空军攻击卡扎菲海军], 20 May 2011, http://www.mod.uk/DefenceInternet/DefenceNews/MilitaryOperations/RafStrikesGaddafisNavy.htm.

79. Gareth Jennings,“Royal Air Force Downplays Carrier Aviation,”[皇家空军低调描述航母航空兵的作用], Jane's Defence Weekly 48, no. 30 (27 July 2011): 12.

80. Ministry of Defence,“NATO Mission Not over Yet in Libya”[北约在利比亚的使命尚未结束], 24 August 2011, http://www.mod.uk/DefenceInternet/DefenceNews/MilitaryOperations/NatoMissionNotOverYetInLibya.htm.

81. Ministry of Defence,“RAF Ready for Further Action over Tripoli”[英国皇家空军准备在的黎波里上空采取进一步行动], 23 August 2011, http://www.mod.uk/DefenceInternet/DefenceNews/MilitaryOperations/RafReadyForFurtherActionOverTripoli.htm.

82. Ministry of Defence,“RAF Strikes Targets Near Tripoli and Sirte”[英国皇家空军攻击的黎波里和瑟特附近的目标], 25 August 2011, http://www.mod.uk/DefenceInternet/DefenceNews/MilitaryOperations/RafStrikesTargetsNearTripoliAndSirte.htm.

83. Ministry of Defence,“RAF Typhoons Patrol Libyan No-Fly Zone”[英国皇家空军台风战机巡逻利比亚禁飞区], 22 March 2011, http://www.mod.uk/DefenceInternet/DefenceNews/MilitaryOperations/RafTyphoonsPatrolLibyanNoflyZone.htm; 另参看 Ministry of Defence,“PM Visits RAF Crews”[首相访问英国皇家空军机组人员]; 另参看 Ministry of Defence,“Action in Libya Has Prevented 'Humanitarian Catastrophe'”[利比亚行动防止了人道灾难发生], 6 April 2011, http://www.mod.uk/DefenceInternet/DefenceNews/MilitaryOperations/ActionInLibyaHasPreventedhumanitarianCatastrophe.htm; 另参看注释 54 中“台风战机协同旋风战机”文。

84. 见注释 42。

85. 见注释 71，第 303, 337, 367 页。

86. “Libya: UK Apache Helicopters Used in NATO Attacks”[利比亚：北约攻击中使用了英国阿帕奇直升机], BBC News, 4 June 2011, http://www.bbc.co.uk/news/uk-13651736.

87. Ministry of Defence,“HMS Bangor En Route to Libya”[班戈号扫雷舰正驶向利比亚], 7 June 2011, http://www.mod.uk/DefenceInternet/DefenceNews/MilitaryOperations/HmsBangorEnRouteToLibya.htm.

88. Ministry of Defence,“Good Progress Seen in Libya Operations”[利比亚行动进展态势良好], 24 June 2011, http://www.mod.uk/DefenceInternet/DefenceNews/MilitaryOperations/GoodProgressSeenInLibyaOperations.htm.

89. Ministry of Defence,“RAF Destroys Nine of Gaddafi's Underground Storage Bunkers in Libya”[英国皇家空军在利比亚摧毁卡扎菲的九个地下储藏掩体], 13 June 2011, http://www.mod.uk/DefenceInternet/DefenceNews/MilitaryOperations/RafDestroysNineOfGaddafisUndergroundStorageBunkersInLibya.htm.

90. Ministère de la Défense, “Libye: engagement des hélicoptères français depuis le BPC Tonnerre” [利比亚：法国直升机从两栖突击舰托内尔号起飞], 4 June 2011, http://www.defense.gouv.fr/actualites/operations/libye-engagement-des-helicopteres-francais-depuis-le-bpc-tonnerre.

91. Ministère de la Défense, “Libye: point de situation no. 29” [利比亚行动进度报告二十九], 11 June 2011, http://www.defense.gouv.fr/actualites/operations/libye-point-de-situation-n-29.

92. Ministère de la Défense, “Libye: les hélicoptères français en opération dans le secteur de Brega” [利比亚：法国直升机在布雷加地区作战], 25 August 2011, http://www.defense.gouv.fr/operations/autres-operations/operation-harmattan-libye/actualites/libye-les-helicopteres-francais-en-operation-dans-le-secteur-de-brega.

93. “UK, France Detail Sorties Mounted, Ordnance Expended” [英国和法国介绍增加飞行架次和弹药细节], Jane's Defence Weekly 48, no. 44 (November 2, 2011), p. 5.

94. Michael Howard, “The Forgotten Dimensions of Strategy” [被遗忘的若干战略层面], 收录于 The Causes of Wars and Other Essays [战争的起因及其他论文], 2nd ed., enlarged, ed. Michael Howard (Cambridge, MA: Harvard University Press, 1983), 105.

95. 见注释 72。

96. F. Solms-Laubach and J. Reichelt, “Warum packt die NATO Gaddafi nicht?” [为什么北约不捕捉卡扎菲], Bild.de, 30 July 2011, http://www.bild.de/politik/ausland/muammar-gaddafi/warum-packt-die-nato-ihn-nicht-19129868.bild.html.

97. Defence Committee, Fifth Report: Ministry of Defence Main Estimates [第五次报告：国防部主要估算] (London: Defence Committee, 19 July 2011), http://www.publications.parliament.uk/pa/cm201012/cmselect/cmdfence/1373/137302.htm.

98. 见注释 29。

99. 见注释 50 中“台风战机协同旋风战机”文。

100. 见注释 6，第 21-22 页。

101. John A. Tirpak, “Legacy of the Air Blockades” [空中封锁遗留的后果], Air Force Magazine 86, no. 2 (February 2003): 50, http://www.airforce-magazine.com/MagazineArchive/Documents/2003/February%202003/02legacy03.pdf.

102. “British Dead and Wounded in Afghanistan, Month by Month” [按月公布的英军在阿富汗伤亡情况], Guardian.co.uk, 2011, http://www.guardian.co.uk/news/datablog/2009/sep/17/afghanistan-casualties-dead-wounded-british-data.

克里斯琴·F·安里格博士（Dr. Christian F. Anrig），现为瑞士空军作战准则研究与教育副总监。他在 2007 年至 2009 年驻英国皇家空军学院期间，担任伦敦国王学院国防研究系空中力量研究讲师，2009 年成为皇家空军空中力量研究中心学术顾问组成员。安里格博士于 2004 年在苏黎世的瑞士联邦理工学院（ETH Zurich）安全研究中心担任研究员，从此步入防务研究专业领域。他著有《追求相关的空中力量》（The Quest for Relevant Air Power）一书，并发表多篇论文和章节，内容涉及欧洲军事变革、现代空中力量及其对小国的影响等。他在英国工作期间曾兼任《皇家空军空中力量评论》编委。安里格博士以在瑞士陆军炮兵部队服役度过其军旅生涯的前半段，现以后备役少校身份服务于瑞士空军参谋部。他持有瑞士和列支敦士登双重国籍。

建设伙伴合作能力——从哈马丹行动展望未来

Building Partnership Capacity: Operation Harmattan and Beyond

吉姆·德雷普，美国空军上校（Col James H. Drape, USAF）

美国空军协会于 2012 年 9 月在首都华盛顿郊外举行航空航天大会，其中安排了一场精彩的专题讨论会，议题是“利比亚战争的影响”。受邀上台主持这场讨论会的有三人，一位是法国空军参谋长丹尼斯·梅谢尔将军（Denis Mercier）、再一位是英国皇家空军参谋长斯蒂芬·戴尔顿空军上将（Stephen Dalton），第三位是美国空军新任参谋长马克·韦尔希将军（Mark Welsh）。[1] 这样的主持组合，正符合美国国防部关于“建设伙伴合作能力”的方针。[2]《建设伙伴合作能力：四年防务评估报告执行路线图（2006 年）》指出，如果美国国内有能力的伙伴之间及与国外重要盟友及盟国之间缺乏统一努力，美国就无法实现其战略目标。[3] 与此同时，法国和英国也各有远大目标，相互合作默契，并且保持与美国的密切关系。在这样的地缘政治背景中，三国空军参谋长提出了更好地整合三国空军的愿景。[4] 但是，本文开诚布公地提醒：这种弭隙言欢既非理想主义，亦非天真浪漫，而是撙节压力下直截了当的务实。诚如荣获诺贝尔奖的物理学家欧内斯特·鲁瑟福（Ernest Rutherford）所说：“我们没有钱，因此必须开拓思路。”[5] 本文将说明，利比亚作战行动证实了这种新“思路”的可行性。

本文有两个目的。首先，本文在本质上是为教学所写，通过观察利比亚作战行动来论述法国空军对这场战争的贡献，法国人把该次行动称为“哈马丹”行动，“哈马丹”在法文中是指每年 11 月至次年 3 月撒哈拉沙漠上劲吹的干燥热风。第二，本文搭建一个背景框架，映衬三国空军参谋长提出的“发展更高层次的相互依存”建议，并探讨利比亚战争如何可成为实施此努力的助跳板。[6] 本文在安排上重点论述法国空军的贡献，但是绝对无意贬低参加该次行动的其他 14 国空军和联合作战伙伴的贡献。

本文首先论述法国的贡献，包括战前准备、法国空中作战、盟军联合参与的“奥德赛黎明”行动，以及北约主导的“联合保护者”行动，然后概要介绍法国在利比亚战争中使用的四种武器系统：“阵风”战斗机、模块式空地精确制导导弹、远程自主空射型常规巡航导弹，以及“雪枭”无人机。最后，本文探讨诸国空军如何在利比亚战争的基础上再接再厉，进一步推动三国空军参谋长提出的“通过加强协作来提高作战效能”的愿景。[7]

法国的贡献

由于众所周知的原因，美国空军官兵可能不大熟悉法国空军的具体作战能力，也不熟悉法国自 1966 年以来与北约的特殊关系。几十年来我们与法国人缺乏直接交流，对他们的印象陈腐而刻板，且挥之不去，例如：法国人“忘恩负义”，他们“宁愿投降也不想战斗”，“我们不能信赖法国人……他们太特立独行。”[8] 但是，美国空军协会的艾伦·邱奇（Aaron Church）最近指出，多年来，法国一直是“自己人”，是对北约在科索沃和阿富汗作战行动提供战斗部队最多的国家之一。[9] 他指出，在 2001 年 9 月 11 日恐怖分子攻击美国（9/11 事件）之后，法国总统希拉克全力支持美国主导的阿富汗作战行动，

派遣了 5,000 名法国士兵，是出兵人数最多的盟国之一，仅次于英国。此外，在 2002 年 3 月的“蟒蛇行动”中，法国战斗机从吉尔吉斯斯坦马纳斯空军基地和法国“戴高乐”号航母起飞，对阿富汗境内目标开展攻击，是所有盟国中除美国之外最先实施攻击的国家。[10] 十多年来，法国始终在阿富汗维持着一支特遣战斗队，其规模为盟军第三大，而阵亡人数则占第四位。[11] 法国确实是自己人。

就利比亚形势发展而言，在阿拉伯之春催生的反卡扎菲叛乱伊始，法国就从各个方面带领西方国家对叛乱作出积极响应——部分原因是为了弥补先前的处置不当，尤其是对利比亚的邻国突尼斯境内事态发展的迟钝反应。法国是承认利比亚新政府“全国过渡委员会”的第一个国家，并且和英国一起呼吁进行军事干预。美国常驻北约代表伊沃•达尔德大使（Ivo Daalder）在卡扎菲被捕获打死之后对新闻界的谈话指出，法国和英国在为时七个月的作战行动中始终密切配合。他在提到其他北约国家和盟军伙伴的支援时又说：“自不必说，法国和英国都表现非凡，两国的贡献对于此次行动的成功缺一不可”。[12] 但是，大西洋彼岸的美国人可能不清楚法国和英国的贡献到底有多大。用数字衡量，法国飞机飞行了盟军总飞行架次的 1/4，执行了进攻任务的 1/3 和盟军空袭行动的 20% 以上，攻击了 750 多个军事目标。此外，法国陆军执行了 90% 的攻击直升机飞行任务，摧毁了 550 个目标。[13] 法国武装部队投入了 27,000 小时的作战时间，其中 80% 是法国空军投入的时间。法国飞机总计飞行了 5,000 多个架次，无任何飞机或人员损失。

如上所述，“哈马丹行动”对法国空军有特殊意义，证明其自第一次海湾战争以来的二十年转型已经成功，显示了法国空军官兵招募和训练符合实战要求，即让 - 保罗 • 帕洛梅洛斯将军（Jean-Paul Paloméros）所说的“一致性 ”。[14] 法国空军的转型吸取了盟军以前在海湾、科索沃和阿富汗战争的经验教训以及法国在非洲独力进行的作战行动的经验教训，在这些行动中，法国空军再三展现了海外远征思维和作战能力。

我们应该记住，在为时七个月的利比亚行动期间，法国空军不能对其他防务使命置之不理。法国空军维持了法国核威慑力量中的空中部队，始终保持他们所说的常备安全态势。法国空军利用驻扎在全国许多基地的待命飞机和 80 个雷达站组成的雷达网络建立了在欧洲无与伦比的防空警戒系统，能够白天在 7 分钟之内和夜间在 15 分钟之内对紧急情况作出反应。此外，除了参与阿富汗作战行动之外，法国空军还在吉布提设有前进基地，并且自 2009 年 5 月以来驻守阿拉伯联合酋长国哈弗拉空军基地，在那里隔着霍尔木兹海峡直接与伊朗对峙。

除了这些长期使命之外，法国空军还在 2011 年 5 月八国集团首脑会议期间在诺曼底多维耶上空建立和管理了一个空中禁区。[15] 而且，从 7 月 1 日起，法国空军接任第 17 批北约反应部队的领导任务，为期六个月；而早在 2005 年和 2008 年，法国空军已经成功地分别承担了第 5 批反应部队和第 12 批反应部队的领导任务。[16] 最后，仅在首次空袭利比亚之后 12 天，法国空军在象牙海岸（科特迪瓦）参与了非战斗人员疏散行动，用军用飞机运送了将近 3,000 名人员。[17]

第一阶段：法国率先空袭利比亚

在首次空袭前一个月，法国空军已经在利比亚执行非战斗人员疏散行动和情监侦任务。在 2 月 22 日，法国空军动用两架“空

客 A310”和一架“空客 A340”从的黎波里和塞卜哈疏散了 512 名法国公民。

此外，从 3 月 5 日到 18 日，法国空军利用多种平台——法国预警控制机、C160G“加布利尔”电子侦察机和“幻影 F1CR”战术侦察机——独立进行情报收集。根据法国当局公布的数据，法国空军独立制订作战计划和使用自己的指挥控制体系，执行了大约 30 次情报收集任务，藉以准确和全面地了解利比亚的地面形势。法国情报中心认真分析了这些图像情报，把它们传送到法国空军空中作战和防空司令部，再传送到设在巴黎的联合作战和计划制订中心。法国国防部长直接把这些图像情报递呈给法国总统萨科齐，总统亲自过问该次作战行动。

在 3 月 19 日星期六,八架“阵风”战斗机从圣迪济耶基地起飞，两架“幻影 2000”拦截机从南希基地起飞，另有两架“ 幻影 2000”制空战斗机从第戎基地起飞，飞越 1,800 英里，相当于横跨半个美国的距离。这支法国空军联队还包括从伊斯特雷基地起飞的六架法国空中加油机和法国预警控制机，率先执行联合国关于建立禁飞区和保护利比亚平民的命令。实际上，在收到总统的命令后仅两个小时，法国空军战机就开始攻击，摧毁了班加西外围的一列装甲车队，当时这支亲卡扎菲的部队正在向班加西推进，准备奉暴君之命对平民大开杀戒。[18] 法军的首次攻击是冒着巨大的风险，因为利比亚的地空导弹防卫系统尚存，美国和英国计划当天晚上才发射“战斧”巡航导弹实施摧毁。但是，诚如法国武装部队总参谋部发言人赛利·博克哈上校（Thierry Burkhard）所说，鉴于班加西平民生命受到威胁，法国“不得不快速行动”。[19]

第一波攻击证明了法国空军具有作为“先头”部队投射兵力的能力。美国空军和英国皇家空军也随即在那天晚上进行了空袭。法国海军的“福尔宾”号防空驱逐舰和“让-巴尔”号防空护卫舰已经在利比亚海岸外严阵以待，刚从阿富汗返航的法国“戴高乐”号航空母舰也驶向利比亚，一个完整的作战群与之随行，其中包括一艘潜艇和几艘护卫舰。[20] 航母上的 20 架“阵风”战机、“超军旗”战机和“鹰眼 E-2C”预警机将在作战行动的第四天加入空战。[21] 在最初三天里，每个国家分别开展了空袭，法国运用其战略、作战和战术指挥控制系统，计划、协调和飞行了总共 55 个架次。这三个国家的空袭，连同海军巡航导弹袭击，摧毁了利比亚的防空系统，剪掉了利比亚空军的翅膀，阻止了坦克的进攻，展现了空中力量与生俱来的快速响应能力和战略影响。

第二阶段：联盟集结德国拉姆斯泰因空军基地和“奥德赛黎明”行动

从 3 月 22 日起，利比亚作战行动呈现我们较为熟悉的组织形式，法、英、美三国空军联手，发动“奥德赛黎明”行动，由美国第 17 航空队指挥官玛格丽特·伍德沃德少将（Margaret Woodward）领导，担任盟军空中组成部队指挥官。在此之前，鉴于奥巴马政府原本无意参与该次行动，法国空军曾打算率领一支法英联军，从里昂-凡尔登山空军基地出发。法国空军拥有经北约反应部队认可的指挥控制体系，能够每天控制 200 个架次和 120 架飞机，大致相当于在利比亚行动中看到的数量。[22]

在“奥德赛黎明”行动开始前，当时的法国空军空中作战和防空司令部副司令官帕特里克·夏雷少将（Patrick Charaix）正在从

巴黎到里昂的途中，恰在此时，奥巴马总统给美国参战开了绿灯，于是夏雷少将接到命令，改道去拉姆斯泰因空军基地。在随后的10天里，他和伍德沃德少将、统帅英国皇家空军所有战斗机的英国皇家空军第1联队指挥官格利戈·巴格威尔空军少将（Greg Bagwell）以及参与作战行动的其他国家空军的代表密切合作。夏雷将军和法国空军对这种状况并不陌生，因为法国空军空中作战和防空司令部司令官吉尔斯·德克洛中将（Gilles Desclaux）曾经在驻欧美军司令部组织的“严峻挑战2010”演习中担任盟军空中组成部队指挥官。该次演习暴露出联盟一体化作战中许多积欠已久的问题，尤其是法国和美国的指挥控制系统在经过几个月的准备之后仍然无法兼容。当时就任美国欧洲空军司令的罗杰·布雷迪将军（Roger Brady）规定，美国的目标选定数据库不向外国人提供数据，必须经过人工批准关卡，才可将数据传递给盟军网络——这是通讯流程的一大障碍。“结果，[盟军特遣部队]和盟军空中组成部队指挥官能实施的目标攻击只及美国空军单独作战时的5%，也远低于法国空军单独作战时可打击的目标数。”[23] 尽管就此而言，这次演习并不成功，但是它在识别各国空军作战能力整合所面临的挑战方面迈出了重要的一步。如下文“利比亚行动经验珍贵”一节所述，克服这些技术层面和政策导致的障碍，实现顺利整合，正是三国战略交汇的意图。布雷迪将军在“严峻挑战2010”演习之后说，“既然强调联盟作战，我们就需要解决妨碍作为一体化多国部队作战的各种问题。”[24]

尽管如此，“严峻挑战2010”演习最重要的部分也许是法美空军官兵之间的个人接触。该演习中建立的相互信任在后来的“奥德赛黎明”行动中发挥了很大的作用。在行动期间，指挥控制系统中及信息分享方面发生了各种问题和障碍，庆幸的是，由于先前的演习，法美两国官兵建立了相互了解和信任，得以在后来的作战行动中同心协力克服问题。诚如伍德沃德将军所说：“回顾往事，我们将看到此次联盟作战是一场有历史意义的行动，证明我们通过日常训练和演习，与世界各地的合作伙伴建立了系统互用性……如果没有这样的关系和合作经历，我们不可能完成如此仓促临危受命的作战任务。”[25]

在“奥德赛黎明”行动的准备阶段，时任美国欧洲空军司令的韦尔希将军亲自出面，务必确保法国空军和英国皇家空军在拉姆斯泰因基地有宾至如归的感觉，得到如一名法国高级军官所说的“平起平坐的待遇”。但是由于时间仓促，有些问题不可能立刻得到解决，例如，当时禁止信息分享的规定导致联盟作战效率不高。因此，法国空军人员无法和美国空军及英国皇家空军一起制订总体空中攻击计划或每天的空中作战任务命令。他们也不能参与制订攻击目标清单，因为那项工作涉及和美国及英国基地内的策划人员共同使用保密网络。法国的作战策划体系自成一体，它继续自行制订空中作战任务命令，每天提交给联合空中作战中心，由该中心将此类信息添加到每日美国空中作战任务命令中。另外，盟军不能共同进行情报收集/归纳/分发，因为法国和美国各自依赖独立的情报系统。还有，据法国官员说，法国战斗机无法使用美国加密通讯密码与美国机载预警控制系统飞机进行通讯，因此只能在空中有法国预警控制机时才能执行作战任务。法国官员称赞伍德沃德将军和第617空中作战中心作出的努力，他们在领导有12个国家参与的联盟作战中设法克服了这些障碍。诚如本文后面的章节所述，当务之急（尤其是

面临越来越紧缩的资源时）要求我们清除“严峻挑战 2010”演习和“奥德赛黎明”行动遇到的各种障碍，以便指挥官们能够用尽可能最有效的方式执行今后的联盟空中作战。

第三阶段：北约主导“联合保护者”行动

北约在 3 月 31 日接手指挥“联合保护者”行动。驻守那不勒斯的盟军司令官领导该次行动，驻守伊兹密尔的盟军空中司令部司令官美国空军中将拉尔夫·乔迪斯（Ralph Jodice）指挥盟军空中组成部队。盟军空中部队在领导成员多次更迭过程中始终保持作战效率不受影响，证明了空军官兵具备卓越的灵活适应能力。

该次作战行动暴露出盟军的若干缺陷，但是各盟国空军也展示出自科索沃战争以来的进步。盟军及各伙伴国完成了 26,500 余架次，摧毁了 5,900 多个军事目标。[26] 乔迪斯将军指出，“来自陆上基地的空军飞机投放了 85% 以上的武器弹药，而且固定翼飞机投放的武器 100% 是精确制导弹药。”[27] 达尔德大使的一名顾问指出，该次行动反映了盟国和伙伴国“在过去 10 年所做的投资”。[28]

法国精确制导先进空地导弹等精确打击武器在减少附带损伤和平民伤亡方面起了重要作用。没有人知道平民伤亡的确切数字；但是，尽管盟国进行了 9,658 个架次的空袭，投放了 7,700 枚炸弹和导弹，由于努力避免附带损伤，最大限度地减少了平民伤亡。[29] 毫无疑问，由于这场冲突发生在城市地区，而且不容易识别亲卡扎菲部队和反政府军，因而增加了执行任务的难度。有时，由于担心平民的安全，指挥官不得不在最后一分钟取消对确认的军事目标的预定空袭。由于北约的良好领导和战前训练，以及北约和盟国空军官兵的专业技能水平，每日飞行架次中只有 10% 是执行预定目标攻击任务，其余的都是执行“随机目标打击”。[30] 用通俗的话说，就是“不预设任务，飞行员灵活自寻地面目标，伺机攻击。”[31]

我们对平民伤亡感到遗憾，但是如果不干预，付出的代价会更大，平民伤亡人数无疑会大量增加——叙利亚冲突就是一个例证。奥巴马总统正是基于这样的考虑，决定让美国武装部队参与利比亚战事，他很明确地说，在利比亚采取不干预态度会付出高得无法接受的代价。[32]

法国武器引人注目

法国拥有高度发展和技术先进的国防工业，4,000 多家国防工业公司雇用了 165,000 名员工。[33] 法国空军对其武器系统在利比亚的表现感到自豪。帕洛梅洛斯将军说，这样的成就并非偶然，反映了法国空军在第一次海湾战争结束后认识到要成为第一流空军部队所需采取改进措施的成果。[34]

阵风战机

法国海军于 2004 年列装“阵风”战机，法国空军则在 2006 年开始使用。实战证明，这款战机具备多种功能，能够灵活适应复杂多变的使命。海军和空军共投入 28 架“阵风”执行作战任务，实战能力保持率为 95%。值得一提的是，它是名副其实的全功能战斗机，在同一个架次飞行中能够执行防空、对地攻击或侦察任务。[35] 据一位飞行员说，“一架飞机能够在同一个架次飞行中接受不同的任务，进行侦察、攻击或截击，是一个真正具有革命意义的概念，我们现在正在开始理解其中的意义。”[36] 这种飞机有很多优点，包括提供作战管理方面的重要优势，因为法国空军不

再需要根据任务去选用某种特定的飞机与武器组合。[37]

具体而言，帕洛梅洛斯将军强调了“阵风”战机能通过其先进的数字化侦察吊舱向盟军提供图像情报。[38] 此外，该战机能在真正的联网环境中作战，美国前国防部长盖茨点明了这项必要功能的重要性：“如果盟国之间不具备一体化空战中识别、处理和攻击目标的手段，即便最先进的战斗机也无济于事。”[39] 在这方面，“阵风”能够通过 Link-16 数据链接收来自多个盟军来源的选定目标和其他战术数据，并将这些数据与自身传感器收集的数据综合在一起。这些目标数据经过自动编程，“阵风”飞行员只需要按一个按钮就可同时向多个指定目标投放多达六枚炸弹，无论这些目标是在飞机前方、侧面或甚至在后方。换言之，“阵风”只要一次飞越就能同时攻击多达六个目标。[40]

AASM 先进空地导弹

法国的模块式精确制导空地（AASM）导弹是一种自动编程炸弹，其概念类似由全球定位系统（GPS）制导的美国联合直接攻击弹药。AASM 导弹自 2008 年起就在阿富汗战区使用，通常是在预定打击目标的附近发射。[41] 这种由萨基姆公司（Sagem）制造的 250 磅炸弹在利比亚战争中则是首次投放，其中一次是借助其助推器全程推进，准确命中 35 英里之外的一辆利比亚坦克。[42] 法国前任国防部长热拉尔·隆盖（Gérard Longuet）说，法国在利比亚行动期间总共发射了 225 枚 AASM 导弹。[43] 这种导弹通常采用惯性 /GPS 制导系统，但也可以使用红外制导，取得更高的精确度。此外，最新型号的 AASM 导弹采用激光照射，使精确度提高到一米。

SCALP 空射巡航导弹

据法国空军官员介绍，除了 AASM 先进空地导弹之外，另有远程自主空射型（SCALP）常规巡航导弹助阵。这种常规远程巡航导弹的性能相当于英国的“风暴阴影”（Storm Shadow）巡航导弹，它于 3 月 23 日首次参战。当时，法国空军的两架“阵风”各携带两枚 SCALP 导弹，法国海军的两架“幻影 2000D”和两架“阵风”各携带一枚 SCALP 导弹，组成一个混合机队。这六架飞机对大约 240 英里远的利比亚阿尔久弗拉空军基地发射了全部八枚 SCALP 导弹。在随后的一次攻击中，又发射了三枚 SCALP 导弹，所有的十一枚导弹都命中目标。[44] 成功的战绩证实了这种凭借惯性 /GPS、地形、雷达和红外系统制导的 2,860 磅导弹具有良好的作战能力。法国空军和海军战机在该次作战行动中总共发射了十五枚 SCALP 导弹。[45]

雪枭无人机

法国的“雪枭”无人机和美国空军的“捕食者”遥驾飞机在利比亚协同作战。法国空军曾在阿富汗战争中投入了四架“雪枭”，取得了一些作战经验，现在希望扩展其作战范围，尤其是希望与英国皇家空军并肩合作。在 2012 年 2 月举行的法英峰会上，两国领导人同意继续执行在 2020 年前研发出中空长航时飞行器的计划。[46] 目前，法国空军打算购买 20 架遥驾机，以弥补上述中空长航时飞行器问世前的作战能力缺口。

利比亚行动经验珍贵

法国空军通过“哈马丹”行动证明是一支现代化的全功能部队，拥有作为“先头部队”的独立作战能力。法国空军拥有健全的作战策划能力和先进的国家指挥控制体系；而且，

它拥有收集 / 归纳 / 分发实时情报的能力。无论从政治角度或军事角度而言，利比亚行动也证实了“法英‘领导团队’的诞生”。[47] 这是合乎逻辑的形势发展结果，因为就军事支出而言，法国和英国分别是世界第三大国和第四大国，其防务支出占了欧盟的一半。[48] 此外，它们认为自己是全球强国，始终保持一种海外远征思维，多次展现独立投射军力或参与联盟作战的意愿。[49] 鉴于这两个国家的特点，美国空军寻求与欧洲盟国建设伙伴合作能力时，当应首先考虑法国和英国空军。这是一种确定重点的做法，并非排除其他国家。美英法三国空军参谋长在写给现任北约盟军转型最高统帅艾博利亚将军（General Abrial）的一封信中称，三国空军的合作最终将使整个北约集团获益。[50] 其他国家，尤其是德国，肯定会在北约联盟的演变过程中发挥重要作用。英国国防大臣菲利普·哈蒙德(Philip Hammond)说，随着关系密切的盟国“调整各自分享的负担”和“对地缘政治环境变化作出反应”，三国空军的合作标志着“北约联盟内各国关系开始进入一个新的、更加平衡的时代。”[51]

三国空军合作计划在利比亚行动之前已经开始，但是利比亚行动给予它一个强大的推动力。目前的情况与二次大战后的情况很相似，三国空军可以充分利用在利比亚行动中的密切协作推动今后的合作关系。二次大战后，随着“铁幕”降临欧洲，美国空军、陆军和海军与英国和加拿大空军、陆军和海军订立了各种防务协定，并据此成立了若干机构，其中包括航空与航天通用性委员会、美英加澳新陆军合作计划以及海军的联合通讯电子委员会。这些机构现在仍然存在，它们的宗旨仍然是促进各成员国系统的互通性和标准化，提高联盟作战的能力。[52]

当然在那个时期，在此五国努力加强联系之际，戴高乐总统对法国有自己的设想，推行了一条独立的主权路线，往往与美国及其合作伙伴相左。[53] 我们把历史进程快速向前推进半个世纪，可看到法国现在正处于十字路口，恰如国防大学的著名研究学者里奥·米切尔（Leo Michel）所说：“法国人坚信他们需要保持‘战略独立性’，但同时又看到不断演变的国际安全环境充满新挑战，要求他们加强与其他国家的合作，即使在过去视为过于敏感而不可讨论的领域也需要加强合作。”[54] 萨科齐总统说：“我们不再有时间纠缠神学争论！现在该是讲求务实的时候了，应该提高我们的国家安全部队的作战效率，使其能够应对目前的各种威胁。”[55] 他呼吁合作和团结，并让法国重返北约的集成军事架构内，从而成为促成三国空军参谋长实施合作计划的三个推动因素之第一个，使得三国空军能够“在共同的指挥体系下协作”。[56]

第二个推动因素是 2010 年法英兰开斯特宫防务条约，它标志着“这两个欧洲军事大国之间前所未有的和睦关系。法国和英国拥有相似的作战能力、远大目标和利益，也面临相似的预算紧缩所导致的财政困境，有鉴于此，在保障两国分别对各自的资源拥有主权的前提下，法英之间的这种合作关系将综合利用两国的资源，以使各自的作战能力保持在最佳水平。”[57]

显然，这种和睦关系的动力并非来自理想主义。诚如卡梅伦首相所言：“英国和法国共同经历了两次世界大战。现在，我们两国的勇士们每天在阿富汗并肩战斗。不过……这个条约立足于务实思考，并非感情用事。”[58] 英法两国曾在 1904 年签订“英法协约”，结束两国之间长期的敌意，一百多年后，现在的新合作关系被戏称为“撙节协约”，因为防

务预算缩减使得英法两国摒弃了“多年的相互猜忌”。[59] 萨科齐总统点明了其中的指导思想：“我们必须走务实之路，努力实现国家的远大目标，不能偏重意识形态，必须坚持我们的主导原则，关注西方世界的安全。”[60]

米切尔指出，这种和睦关系为美国打开了一个机会窗口：“我认为，[英国和法国]加强双边合作，实际上开启了同美国进行三边合作的新机会。”[61] 在这个意义上，美国空军目前处于 1950 年代以来从未有过的机遇大门的门口。当时担任空军助理副参谋长的理查德·纽顿中将（Richard Newton）赞同这个观点：“随着国防部开始缩减部队规模和努力开源节流，国际和产业伙伴合作关系将变得更加至关重要。”[62] 同样地，三国空军参谋长也认为这些财政压力是三边合作计划的第三个推动因素：“我们都面临越来越大的财政压力，要求我们在资源减少的情况下仍然提供强大的空中力量。所有这些[三个推动因素]都促成我们加强合作，其战略意义不言而喻。”[63]

“相互依存，合作，团结，伙伴关系，”这些词对于三国空军有什么含义？为了解答这个问题，三国空军参谋长从 2011 年 6 月开始组织了一系列战略交流活动。[64] 到目前为止，法、英、美空军的战略研究部门分别做东，先后在法国巴黎、英国克朗韦尔皇家空军学院以及美国华盛顿组织了三场战略研讨会。[65] 三国空军的合作努力从推动系统互通开始走向作战能力整合，是以减少冗余浪费，形成无缝整合作战，最终“通过加强合作提高作战效能”。三国空军参谋长在写给艾博利亚将军的信中说，这些研讨会不仅识别了三国利益和作战能力的共同点，而且找出了薄弱环节，尤其是在关键的指挥控制领域。他们表示，研讨会的结论与利比亚战事的实际情况相吻合；强调指出改进“指挥控制的连贯性是近期内最迫切需要解决的重要事项”，并且认为这项工作是“提高战斗力、加快作战节奏、利用有限预算资源获得最大效应的最有效途径。”[66]

以此思想为指导，法国、英国和美国空军于 2012 年 12 月在里昂 - 凡尔登山空军基地组织了第四场三边研讨会。这场研讨会有两个目的。第一个目的和前三场研讨会一样：培养三国空军官兵相互之间的信任，建立被称赞为“严峻挑战 2010”演习持久价值的那种个人关系。如上文所述，举行此演习的想法来自艾博利亚将军，他在将近 40 年前曾经受益于一个交流计划，在科罗拉多斯普林斯的美国空军军官学院当过六个月的交流学员；该交流计划于 1968 年开始实施，其目的是防止法国和美国失去所有的联系。[67] 若干年后，他再次来到美国，到空军战争学院深造。“严峻挑战 2010”演习和“奥德赛黎明”行动证实了这种个人之间沟通的益处，而上述研讨会则提供了这样的机会。尽管这样的沟通交流也许要在许多年之后才会开花结果，但是正如布里德勒夫将军（General Breedlove）在 2012 年 4 月的华盛顿研讨会上所说：“我们不能指望以一天努力或一项政策构建出今后 30 年的友好关系。”[68]

当然，要想实现第二个目的，即清除阻碍提高作战效能的障碍，仅仅是建立关系还不够；因此，在里昂研讨会上，三国空军代表分析了战略层面的政策、作战层面的障碍，以及改进指挥控制流程、基础结构和信息分享方面涉及的技术挑战。美国陆军上校乔纳斯·沃格赫特（Jonas Vogelhut）最近撰写的一篇论文提到这方面的问题，很精辟地论述了在信息安全和分享要求之间取得平衡的难度。[69] 他指出，所有相关方都必须“制订、

改进和实施相关政策、流程及技术”，以允许三国空军“快速和有效地分享敏感的任务指挥信息”。[70] 这种必要性其实不是一个新的挑战，2004 年美国国家军事战略已经指出:“实现与盟国和伙伴国分享态势感知，将要求有相容的信息系统和安全流程，可保护敏感信息，同时不会削弱多国合作伙伴与美国部队有效协同作战的能力。”[71] 阻止分享敏感的任务指挥信息和态势感知的障碍，必须在战争冲突开始前予以清除。如上文所述，在“奥德赛黎明”行动期间，美国没有向盟军合作伙伴提供许多情报，因为“许多美国参战单位不了解关于确定保密等级和披露范围的规定。”[72] 尽管负责向外国合作伙伴披露保密信息的军官们做了很大努力，最后还是花了一个星期的时间才能够“将［可以披露的信息］提供给［“奥德赛黎明”行动盟军部队］”。[73] 这是一个很好的例子，说明必须清除这些障碍，才能与盟国空军部队——尤其是俗称为“五眼协议”的美英加澳新五国情报分享协议没有包括在内的国家的部队——协同作战。

实质上，诚如《国防部 2010-2012 年信息架构战略计划》所述，若要实现三国空军参谋长的愿景，则必须有文化变革：三国空军官兵都必须意识到信息分享障碍给盟军有效作战带来的问题，并且需要“采用……新的思维方式……和新的思路来清除［这些障碍］”。[74] 当然，空军官兵自己无法改变决策层的协议和政策，但是三国空军可以倡议变革。沃格赫特上校指出，尽管国防部颁布了具体指令，说明需要清除阻止有效进行信息分享的障碍，但是“实际做起来却很困难，也很费时间，无助于快速变革。”[75] 要改变文化，改变思维方式，以及最终改变政策，需要时间，就像上文所述布里德勒夫将军认为建立友好关系需要时间一样。但是，由于预算削减，在新的战略环境中有效投射空中力量将越来越取决于我们在盟军中有效指挥和控制作战行动并分享敏感信息的能力。

结语

> 但是也存在未知的未知，那些我们不知道我们还不知道的东西。
>
> — 前国防部长拉姆斯菲尔德，2002 年

空军此次紧急应召临危受命干预利比亚局势，很可能预示了今后冲突的特征。2008 年法国防务白皮书过渡更新版指出，全球化使我们进入了“战略不确定性”时代。[76] 法国白皮书称其为“不确定的、不易预测的世界”，其特点是“各种危机快速扩散”。[77] 哈蒙德先生说,未来的安全环境“无法预测［和］变化多端”；而且“没有任何一个国家能够希望通过单独行动而成功地应对所有威胁，甚至美国也没有这种能力。”[78] 这个观点与美国总统艾森豪威尔和英国首相麦克米伦在半个世纪前的联合声明遥相呼应：“任何一国都没有能力单纯依靠自己的力量保障安全，只有共同努力才能做到……如果自由国家立场坚定，通过和谐协作使用各自资源，他们现在面临的极权主义威胁将迅速消退。”[79]

利比亚行动是成功的，盟军合作伙伴们应该对空中力量的战绩感到自豪，但是正如皮克斯动画工厂（Pixar）联合创始人艾德•卡特莫尔（Ed Catmull）经常说的，“成功隐含问题。”[80] 三国空军的战略交汇必须用硅谷高科技公司赖以成功的创业精神来处理阻碍盟军协同作战的各种障碍。这种“新思路”极为重要。在资源缺乏和美国地缘战略中心移向亚洲的时代，对盟国合作伙伴的期望将会更高，而且我们比以往任何时候更需要作为一体化部队作战。

为了适应这个新战略环境的挑战，建设伙伴合作能力的路线图强调了动态合作关系的重要性，因为合作关系的重点不再是依靠美国武装力量执行任务，而正转向建设这种伙伴合作行动能力。[81] 空军应继续发扬二次大战后的合作精神，利用利比亚行动的经验教训，推动实现三国空军参谋长关于提高三国空军互依程度的愿景。利比亚行动证实了我们的努力方向是正确的，但是还有许多艰难的工作要做。美、法、英三国空军应在勇于创新的军人精英带领下，共同面对“战略不确定性”，即“未知的未知”。♣

注释：

1. 在美国空军协会此次大会前夕，即 2012 年 9 月 17 日，梅谢尔将军（Gen Denis Mercier）接替帕洛梅洛斯将军（Gen Jean-Paul Paloméros）担任法国空军参谋长。9 月下旬，帕洛梅洛斯将军接替艾博利亚将军（General Abrial）担任北约盟军转型最高统帅。由于时间冲突，三国空军参谋长皆指派代表主持这场专题讨论会，这三位代表分别是：美国空军助理副参谋长弗兰克·格伦克中将（Lieutenant General Frank Gorenc）、法国空军战略航天研究中心主任吉尔斯·勒摩恩少将（Maj Gen Gilles Lemoine）和英国皇家空军主管人事的副总司令安德鲁·普尔福德中将（Air Marshal Andy Pulford）。
2. US Department of Defense, Building Partnership Capacity: QDR Execution Roadmap [建设伙伴合作能力：四年防务评估报告执行路线图], (Washington, DC: Department of Defense, 22 May 2006), 3, http://www.ndu.edu/itea/storage/790/BPC%20Roadmap.pdf.
3. 同上。
4. 法国帕洛梅洛斯将军、英国戴尔顿空军上将和美国空军前参谋长施瓦茨将军首先提出这个合作计划。
5. “Ernest Rutherford”[欧内斯特·鲁瑟福], New Zealand History online, http://www.nzhistory.net.nz/people/ernest-rutherford.
6. Gen Norton Schwartz, Air Chief Marshal Sir Stephen Dalton, and Gen Jean-Paul Paloméros, “Libyan Air Ops Showcase French, UK, US Partnership”[利比亚空战展现了法国、英国和美国的伙伴合作关系], Jane's Defence Weekly 49, no. 12 (21 March 2012): 19.
7. 同上。
8. Col Jim Drape, “Building Global Partnerships: 112 Gripes about the French Revisited”[建设全球伙伴合作关系——重温对法国人的 112 条抱怨], Air and Space Power Journal 26, no. 2 (March-April 2012): 53, 59, 62, (also see ASPJ-Chinese edition, summer 2012), http://www.airpower.maxwell.af.mil/digital/PDF/Issues/2012/ASPJ-Mar-Apr-2012.pdf.
9. Aaron Church, “France in the Fold”[法国是自己人], Air Force Magazine, 95, no. 2 (February 2012): 50-55, http://www.airforce-magazine.com/MagazineArchive/Documents/2012/February%202012/0212france.pdf.
10. 同上，第 54 页。
11. “France Says 4 Troops Killed in Eastern Afghanistan”[法国称有 4 名士兵在阿富汗东部阵亡], New York Times, 6 June 2012, http://www.nytimes.com/2012/06/10/world/asia/france-says-4-troops-killed-in-eastern-afghanistan.html. 另参看 “Operation Enduring Freedom”[持久自由行动], iCasualties.org, http://icasualties.org/oef/.
12. Amb. Ivo Daalder, “Remarks to the Press on Libya and Operation Unified Protector”[关于利比亚和联合保护者行动对新闻界的谈话], United States Mission to NATO, 8 September 2011, http://nato.usmission.gov/libya-oup-90811.html.
13. “Libye: Point de situation n° 50—bilan de l’opération Unified Protector”[利比亚：情势分析 #50 — 评估联合保护者行动], Ministère de la Defense, 8 November 2011, http://www.defense.gouv.fr/operations/autres-operations/operation-harmattan-libye/actualites/libye-point-de-situation-n-50-bilan-de-l-operation-unified-protector.
14. Patrick Facon, Du Golfe à la Libye: 20 ans d’opérations aériennes [利比亚海湾：20 年空战历史]; (ECPAD/EDITEAL, 2011), 186.
15. “G8: Zone d’exclusion aérienne autour de Deauville”[八国集团首脑会议：多维耶空中禁区], ouest-france.fr, 12 May 2011, http://www.ouest-france.fr/actu/actuLocale_-G8-zone-d-exclusion-aerienne-autour-de-Deauville_40790-1794947------14220-aud_actu.Htm.
16. “NRF 17”[第 17 批北约反应部队], 9 February 2011, http://www.nobleardent.cdaoa.fr/GB/index.php?option=com_content&view=article&id=122&Itemid=136.

17. “Les forces françaises en Côte d’Ivoire”[法国军队在科特迪瓦], Ministère de la Défense, 2012, http://www.defense.gouv.fr/operations/cote-d-ivoire/dossier/les-forces-francaises-en-cote-d-ivoire.
18. “Les avions français interviennent en Libye”[法国飞机在利比亚的干预行动], Le Point.fr, 19 March 2011, http://www.lepoint.fr/societe/les-avions-francais-interviennent-en-libye-annonce-sarkozy-19-03-2011-1308716_23.php.
19. Elizabeth Pineau, “Actualites, Libye, misson, la France première a ouvrir le feu”[利比亚使命，法国不得不首先开火], Reuters, http://irmineblancdumonde.wordpress.com/2011/03/20/actualites-libye-misson-la-france-premiere-a-ouvrir-le-feu/.
20. 同上。
21. “Libye: Première mission aérienne pour la TF 473”[利比亚：第 473 特遣队的首次空中作战任务], Ministère de la Défense, 23 March 2011, http://www.defense.gouv.fr/operations/autres-operations/operation-harmattan-libye/actualites/libye-premiere-mission-aerienne-pour-la-tf-473.
22. Philippe Gros, De Odyssey Dawn à Unified Protector: Bilan transitoire, perspectives et premiers enseignements de l’engagement en Libye [从“奥德赛黎明”行动到“联合保护者”行动：利比亚战事的概评、观点和主要经验教训], Fondation pour la Recherche Stratégique, note no. 04/11, http://www.frstrategie.org/barreFRS/publications/notes/2011/201104.pdf.
23. 美国驻欧空军部队指挥官罗杰·布雷迪将军（Gen Roger Brady）致美国空军参谋长、美国欧洲司令部司令官、北约盟军转型最高司令部和联合部队司令部司令官的信函，主题：Challenges to NATO Interoperability [北约系统互用性的挑战], 21 July 2010.
24. 同上。
25. Amy McCullough, “The Libya Mission”[利比亚使命], Air Force Magazine 94, no. 8 (August 2011): 30, http://www.airforce-magazine.com/MagazineArchive/Documents/2011/August%202011/0811mission.pdf.
26. “Operation UNIFIED PROTECTOR Final Mission Stats”[联合保护者行动最终使命统计数据], fact sheet, North Atlantic Treaty Organization, 2 November 2011, http://www.nato.int/nato_static/assets/pdf/pdf_2011_11/20111108_111107-factsheet_up_factsfigures_en.pdf.
27. Gen Ralph Jodice, Ateliers du CESA, “L’Armée de l’air à l’épreuve des opérations en Libye”[空军在利比亚的战况], Ecole militaire, Paris, 6 December 2011.
28. 见注释 25，第 30 页（参看边栏，“US Domination of NATO Comes at a Cost”[美国主导北约的代价]).
29. C. J. Chivers and Eric Schmitt, “In Strikes on Libya by NATO, an Unspoken Civilian Toll”[北约对利比亚的攻击中，很少提及的平民伤亡], New York Times, 17 December 2011, http://www.nytimes.com/2011/12/18/world/africa/scores-of-unintended-casualties-in-nato-war-in-libya.html?pagewanted=all.
30. Dr. Christian F. Anrig, “Allied Air Power over Libya: A Preliminary Assessment”[简评盟军空中力量在利比亚行动中的运用], Air and Space Power Journal 25, no. 4 (Winter 2011): 99, http://www.airpower.maxwell.af.mil/airchronicles/apj/2011/2011-4/2011_4_09_anrig.pdf.
31. “Reporting in Libya and Dodging Bullets, Bombs”[枪林弹雨中实地报道利比亚战况], NPR, 28 July 2011, http://www.npr.org/2011/07/28/138603244/reporting-in-libya-and-dodging-bullets-bombs.
32. “Remarks by the President in Address to the Nation on Libya”[总统向全国发表的有关利比亚问题的讲话], National Defense University, Washington, DC, 28 March 2011, http://www.whitehouse.gov/photos-and-video/video/2011/03/28/president-obama-s-speech-libya#transcript.
33. Secrétariat général de la défense et de la sécurité nationale, Interministerial Study [跨部委研究报告], 54.
34. 见注释 14，第 7 页。
35. 见注释 14，第 7 页。
36. Giovanni de Briganti, “Rafale in Combat: 'War for Dummies'”[“阵风”参战：战争如同玩电子游戏], defense-aerospace.com, 31 May 2011, http://www.defense-aerospace.com/articles-view/feature/5/125860/rafale-in-combat%3A-%E2%80%9Cwar-for-dummies%E2%80%9D.html.
37. 同上。
38. 见注释 30，第 98 页。
39. Secretary of Defense Robert M. Gates, “The Security and Defense Agenda (Future of NATO)”[安全和防务日程（北约的未来）], (speech, Brussels, Belgium, 10 June 2011), http://www.defense.gov/speeches/speech.aspx?speechid=1581.

40. 见注释 36。

41. “The Libyan Air Operation: A French Perspective”[利比亚空战：法国人的观点], (interview with Lt Gen Gilles Desclaux), Second Line of Defense, 22 October 2011, http://www.sldinfo.com/the-libyan-air-operation-a-french-perspective/.

42. “Operation Unified Protector (Was Odyssey Dawn) Explained (Day 81-104)”[联合保护者行动（继“奥德赛黎明”行动之后）第 81-104 天], Aviationist (blog), 1 July 2011, http://theaviationist.com/tag/precision-guided-munitions/.

43. Michel Cabirol, “La France a tiré plus de 4.500 munitions en Libye”[法国在利比亚投放了 4,500 多枚炸弹和导弹], LaTribune.fr, 6 October 2011, http://www.latribune.fr/entreprises-finance/industrie/aeronautique-defense/20111006trib000654710/la-france-a-tire-plus-de-4.500-munitions-en-libye.html.

44. Jean-Dominique Merchet, “Libye: La facture des missiles de croisière Scalp s’élève (déjà) à plus de neuf millions d’euros”[利比亚：SCALP 巡航导弹的费用上涨九百多万欧元], Marianne2.fr, 6 April 2011, http://www.marianne2.fr/blogsecretdefense/Libye-la-facture-des-missiles-de-croisiere-Scalp-s-eleve-deja-a-plus-de-neuf-millions-d-euros_a212.html.

45. 同上。

46. Robert Wall and Amy Svitak, “French, German UAV Programs Progress”[法国和德国无人机计划的进展], Aviation Week and Space Technology 174, no. 21 (18 June 2012): 41, http://www.aviationweek.com/Article/PrintArticle.aspx?id=/article-xml/AW_06_18_2012_p40-467399.xml&p=1&printView=true.

47. 见注释 33，第 76 页。

48. Institute of Land Warfare, Defense Report: The French-British Defense Treaty; Setting History Aside? [防务报告：法英防务条约；摒弃历史恩怨 ?], (Arlington, VA: Institute of Land Warfare, Association of the United States Army, January 2011), 1, http://www.ausa.org/publications/ilw/Documents/DR%2011-1_LOWRES.pdf.

49. 同上。

50. 帕洛梅洛斯将军、施瓦茨将军和戴尔顿爵士致北约盟军转型最高统帅艾博利亚将军的信函，2012 年 7 月 7 日。

51. Hon. Philip Hammond (address to the Centre for a New American Security [在新美国安全中心的演讲], Washington, DC, 18 July 2012), http://www.mod.uk/DefenceInternet/AboutDefence/People/Speeches/SofS/20120718AddressToTheCentreForANewAmericanSecurity.htm.

52. “American, British, Canadian, Australian and New Zealand Armies' Program”[美英加澳新陆军合作计划], http://www.abca-armies.org/.

53. “Une certaine idée de la france”[对法国的某种设想], Fondation et Institut Charles de Gaulle, http://de-gaulle-edu.net/sentrainer/trois_commt/certaineidee.htm.

54. Leo G. Michel, Cross-Currents in French Defense and U.S. Interests [法国防务和美国利益的交叉对流], Strategic Perspectives, no. 10 (Washington, DC: National Defense University Press, April 2012), 1, http://www.ndu.edu/inss/docUploaded/Strategic%20Perspective%2010.pdf.

55. Wikipédia: L’encyclopédie libre s.v. “Retour de la France dans le commandement intégré de l’OTAN”[法国返回北约集成司令部], 25 July 2012, http://fr.wikipedia.org/wiki/Retour_de_la_France_dans_le_commandement_int%C3%A9gr%C3%A9_de_l%27OTAN.

56. 见注释 6，第 9 页。

57. 见注释 33，第 70 页。

58. “UK and France Open 'New Chapter' on Defence Cooperation”[英国和法国开启防务合作“新篇章”], Number10.gov.uk (official website of the British prime minister's office), 2 November 2010, http://www.number10.gov.uk/news/pm-welcomes-president-of-france-for-uk-france-summit/.

59. “Britain and France to Share Nuclear Secrets As Cameron and Sarkozy Sign Historic 50-Year Military Agreement”[卡梅伦和萨科齐签署有历史意义的 50 年军事协议，英国和法国将分享核机密], Daily Mail, 2 November 2010, http://www.dailymail.co.uk/news/article-1325863/Britain-France-sign-historic-50-year-military-agreement.html.

60. 见注释 55。

61. Stephen Taillat, “La défense française vue des États-Unis: Entretien avec Leo G. Michel”[美国眼中的法国防务：与里奥・米切尔探讨], alliancegeostrategique.org, 8 May 2012, http://alliancegeostrategique.org/2012/05/08/la-defense-francaise-vue-des-etats-unis-entretien-avec-leo-g-michel/.

62. “Partnerships Crucial to DOD Success”[对于国防部成功至关重要的伙伴合作关系], airforce-magazine.com, 30 November 2011, http://www.airforce-magazine.com/DRArchive/Pages/2011/November%202011/November%2030%202011/PartnershipsCrucialtoDODSuccess.aspx.

63. 见注释 6，第 19 页。

64. 见注释 6，第 19 页。

65. Group Capt Tim D. Q. Below, “Whither the Leading Expeditionary Western Air Powers in the Twenty-First Century?”[三军主盟领导北约远征军走向复兴], Air and Space Power Journal 26, no. 4 (July-August 2012): 121, (另参看 ASPJ-Chinese edition, winter 2012), http://www.airpower.maxwell.af.mil/digital/pdf/articles/Jul-Aug-2012/V-Below.pdf.

66. 见注释 50。

67. “History: The Origin of the Exchange”[历史：交流计划的起源], Le Trait de Union, http://www.faireface.com/.

68. Gen Philip Breedlove (remarks to Trilateral Strategic Engagement Workshop, Smart Center [研讨会发言], Andrews AFB, MD, 25 April 2012).

69. Col Jonas Vogelhut, “Coalition Mission Command: Balancing Information Security and Sharing Requirements”[盟军任务型指挥：平衡信息安全和分享要求], in Information as Power: An Anthology of Selected United States Army War College Student Papers [信息就是兵力：美国陆军战争学院学员论文选编], vol. 6, ed. Jeffrey L. Groh et al. (Carlisle Barracks, PA: US Army War College, May 2012), 129-47, http://www.carlisle.army.mil/dime/documents/Information%20as%20Power%20%28Volume%206%29%202012%20Web%20Version.pdf.

70. 同上，第 130 页。

71. Joint Chiefs of Staff, The National Military Strategy of the United States of America: A Strategy for Today; A Vision for Tomorrow [美国国家军事战略：今天的战略，明天的愿景], (Washington, DC: Joint Chiefs of Staff, 2004), 17, http://www.defense.gov/news/mar2005/d20050318nms.pdf.

72. Joe Quartararo Sr., Michael Rovenolt, and Randy White, “Libya's Operation Odyssey Dawn: Command and Control”[利比亚“奥德赛黎明”行动：指挥与控制], Prism 3, no. 2 (March 2012): 152, http://www.ndu.edu/press/lib/pdf/prism3-2/prism141-156_quartararo-all.pdf.

73. 同上，第 153 页。

74. Department of Defense, Department of Defense Information Enterprise Strategic Plan, 2010-2012 [国防部 2010-2012 年信息架构战略计划], (Washington, DC: Department of Defense, n.d.), iii, http://dodcio.defense.gov/Portals/0/Documents/DodIESP-r16.pdf.

75. 见注释 69，第 134-35 页。

76. 见注释 33，第 7 页。

77. Nicolas Sarkozy, The French White Paper on Defence and National Security [法国防务和国家安全白皮书], (New York: Odile Jacob Publishing, 2008), 11, 23, http://merln.ndu.edu/whitepapers/france_english2008.pdf.

78. 见注释 51。

79. Dwight D. Eisenhower, “Declaration of Common Purpose by the President and the Prime Minister of the United Kingdom”[美国总统和英国首相关于共同目的之声明], 25 October 1957, in The American Presidency Project [美国总统任期计划], by Gerhard Peters and John T. Woolley, http://www.presidency.ucsb.edu/ws/print.php?pid=10941.

80. Peter Sims, “What Google Could Learn from Pixar”[谷歌可以向皮克斯动画工厂学习什么], http://petersims.com/.

81. 见注释 2，第 3 页。

吉姆·德雷普，美国空军上校（Col Jim Drape, USAF），美国空军军官学院毕业，哈佛大学肯尼迪政府学院公共政策硕士，现作为派赴法国空军参谋部的交换军官，服务于历史悠久的巴黎军事学院空天战略研究中心战略事务部。他毕业于法兰西战争学院，因撰写一篇描述他自己对法国人的偏见如何转变的文章而获得劳瑞尔将军（General Laurier）奖。赴法国之前他指挥驻关岛安德森空军基地的第 734 空中机动中队，并在华盛顿特区美国国会工作三年，服务于众议院空军联络办公室，还在内华达州众议员吉姆·吉本斯（Cong. Jim Gibbons of Nevada）办公室担任立法研究员。上校是高级飞行员，拥有超过 2,500 小时飞行经验，他也担任过第 15 编号空军司令官的随从副官，及美国空军军官学院经济学助理教授。

利比亚空战述评

The Air War in Libya

贾森·格林利夫，美国空军少校（Maj Jason R. Greenleaf, USAF）

有一种态度比假定下一场战争将和上一场战争完全一样更加危险，那就是以为下一场战争将和上一场战争完全不同，因而抛弃上一场战争的所有经验教训。

——约翰·斯雷塞爵士（Sir John C. Slessor），《空中力量与武装部队》，1936 年

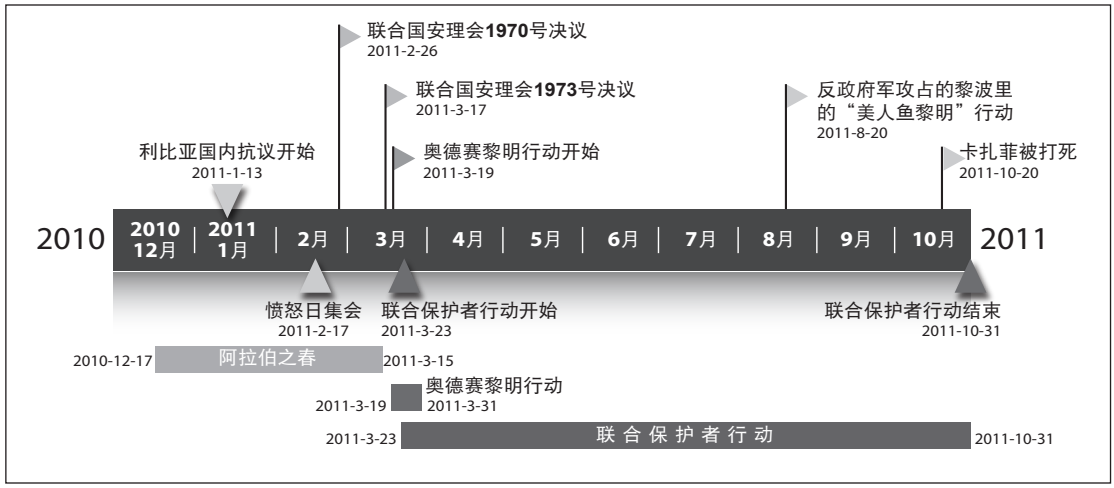
由北约领导的“联合保护者”行动，作为“奥德赛黎明”行动的继续，其最后一次空中作战任务已在一年半以前结束。在略为超过七个月的时间里，西方国家奉联合国安理会关于保护利比亚平民的决议，主导了空中作战（见以下作战进程示意图），保驾乌合之众的利比亚反政府军打败了装备精良的政府军，推翻了延续 40 多年的独裁统治。此次作战行动结束以来，公开的作战讨论或分析寥寥可数。有些人继续怀疑这个盛产石油的北非国家的未来，但普遍认为利比亚空战大获成功，证明了盟军的作战能力。然而，我们打算在未来军事干预中照搬盟军此役的做法之前，应更仔细地审视这场空战的得与失，不仅出于慎重，更出于必要。此外，对这场战争做深入分析，可以揭示上述正面评价并未触及的战役层面有待进一步剖析的许多问题，包括那些有关空中力量的总体含义和普遍关注的重大问题。总之，尽管这场空战也许达成了战略目标，但在战役层面，它应该在许多方面对所有的相关人士敲响警钟。

奥德赛黎明行动

一开始，美国并不想在利比亚危机中起主导作用。当时的国防部长罗伯特·盖茨反对建立禁飞区；即使在“奥德赛黎明”行动开始之后，他仍然认为利比亚冲突不是美国的重要利益所在。[1] 尽管美国在行动之初采取保留态度，“奥德赛黎明”行动联合特遣队于 2011 年 3 月 3 日成立，并于 3 月 19 日开始空中作战。紧接此后，美国又急于把作战行动控制权移交给北约。[2] 到 3 月 31 日，北约已全权负责领导该场战争，美国则在继“奥德赛黎明”行动结束之后的“联合保护者”行动中担任次要的支援角色。“奥德赛黎明”持续时间很短，实际战斗时间不到两个星期，却暴露出许多问题，从战术层面到战略层面都有。虽如此，能够在不到一个月的时间内成立一支联合特遣队，在战略指导思想快速变化的情况下组建一支有 15 国参与的联盟部队，执行 2,000 项任务以获得制空权，并且将战争领导权移交给北约，这是不争的事实，瑕不掩瑜。恰如盟军空中组成部队指挥官美国空军少将玛格丽特·伍德沃德（Margaret Woodward，USAF）后来所说：“历史清楚表明 ..... 那次作战行动非常成功。”[3] 但是，我们仍然应发现问题加以改进，否则无言以对参与那次冲突和未来作战行动的将士。

美军暴露的问题

接受该次作战行动指挥任务的美国非洲司令部从一开始就受到组织结构方面的困扰。这个成立不久的区域作战司令部最初的使命是疏散非战斗人员，后来改为开展火力作战，任务性质的变化超出原定能力范围，使这个司令部顿感力不从心。[4] 司令部人员配备不多（仅有 300 人），从来没有和兄弟



利比亚空战进程图。“联合保护者”行动包括三个阶段：北约在 2011 年 3 月 23 日开始实行武器禁运；在 3 月 25 日实施禁飞区；在 3 月 31 日接管所有军事行动，包括保护平民免受攻击或攻击威胁。（取自 “Operation Unified Protector: Final Mission Stats” [联合保护者行动：最终任务统计数据], NATO.int, 2 November 2011, http://www.nato.int/nato_static/assets/pdf/pdf_2011_11/20111108_111107-factsheet_up_factsfigures_en.pdf.）

军种组成部队一起演练过联合特遣作战；司令部的空中作战中心除了担当“（在战区内）输送支援人员和运送物资的运输指挥所职能”之外，没有发挥过其他作用。[5] 实际上，非洲司令部在很大程度上要依赖美国欧洲司令部的人员、设施和专业知识，才能成功执行任务。在组织、训练和装备方面，非洲司令部只有能力在战区内执行任务，而现在却要勉为其难地在最后时刻组织一场空中战役。[6] 快速变化的战略导向和资源缺陷妨碍了非洲司令部履行使命，而且外部制约因素也阻碍了作战行动的进展。[7]

伍德沃德少将很快就意识到她面临着建制作战能力不足和受制约等问题。随着作战任务的演变，任务范围逐步扩大，紧迫性也随之增强。全球兵力管理 / 兵力请求流程是诸军种分配、分派和调派兵力的依据，藉以“获得必需的但尚未分派或调派给相关司令部的支援”，但此流程却跟不上快速增强的紧迫性。[8] 尽管第一个也是唯一的兵力请求很早就提出，并且“几乎立即获得非洲司令部和联合参谋部的确认，但是对这些资源请求的批准却姗姗来迟，赶不上作战行动的进展。”[9] 资源不足成为空战战略制定过程中最具挑战性的制约因素。[10] 某些重要机型的缺乏所造成的负面影响特别大，所缺机型包括 E-3 机载预警与控制系统、E-8 联合监视目标打击雷达系统以及额外的空中加油机，后者按理说应该率先抵达战区，但实际上却在空战开始后才出现。[11] 此外，由于具有全动态图像功能的情监侦平台在北约接管空战指挥权之后才投入战斗，在没有这些资产的情况下，飞行员很难区分反政府军和忠于卡扎菲的部队，也很难识别时敏性目标。由于联合国安理会 1973 号决议对北约地面部队的卷入设置了一些限制，又因为缺乏情监侦资产，战斗损伤评估也未能及时正确开展，导致对“可能已被摧毁的目标”进行重复攻击。[12] 作战

资产的缺乏及其抵达战区时间的不确定状态，也影响到作战策划人员更有效地使用飞机。

对进入战区的所有飞机安置在什么基地或什么位置，相关决定似乎也是随意做出的，因而未能有效地利用数量有限的空中加油机。利比亚国土辽阔，但是缺乏离禁飞区较近的合适机场，导致飞机增加中途飞行时间，使得几乎所有的飞机都要依赖空中加油。在确定飞机安置基地的决策中，通常把战斗机部署在离冲突地区较近的机场，而将重型飞机安置到偏远基地。结果是，重型飞机为进入和保持在战斗位置，几乎每个架次都需要空中加油。作战策划人员经常为是给指挥控制 / 情监侦重型飞机加油还是给战斗机加油而进退两难，往往陷入经典的“第 22 条军规”两难境地。鉴于情监侦平台有限，预定打击目标数量不多，而且必须遵循尽量减少平民伤亡的道德要求，大多数空中打击任务必须采用随机目标打击方式，依靠攻击协调和侦察战术，伺机发现和攻击亲卡扎菲部队。[13] 这两项作战任务的性质决定了战斗机必须依赖指挥控制重型平台上的空战管理人员。作战策划人员经常面对无法两者兼顾的窘境：要么保证飞机实施攻击所需的燃料，要么保证飞机安全返回的燃料。精心制定的作战计划一旦开始，联络官和策划人员常常需要临时变更，以求尽量提高对有限资源的使用效率。显然，这次作战行动凸显了空中加油调度和基地安置调度的重要性。其实，这个战区遇到的距离过远和相关的基地安置问题，尽管复杂，却并非新近发生。[14] 作战策划班子早就应该识别和缓解这些问题。

盟国部队之间的通讯也有类似的障碍。美国非洲司令部司令卡特·汉姆陆军上将（Carter Ham）称赞“奥德赛黎明”行动期间的系统通用性和协调达到“理想的”水平，今后的作战行动应该努力仿效。[15] 但是，在整个“奥德赛黎明”行动和“联合保护者”行动期间，阻碍作战行动进展的问题并不少。其中最大的障碍是美国的保密系统无法与北约建立通讯联系，这个问题阻碍了信息分享。美国部队使用 SIPRNET（保密互联协议路由网）规划和执行“奥德赛黎明”行动，而北约成员无法接入该路由网，只能使用 CRONOS（北约秘密与危机响应作战系统网络）来传输保密信息。[16] 尽管在 1980 年代后期就已经有战场信息收集与利用系统（BICES）可以跨接上述两个系统，但是美国部队并未广泛配备该系统，而且“非洲司令部根本就没有。”[17] 缺乏 BICES 系统，导致向北约移交作战控制权更加复杂化，尤其是在“联合保护者”行动初期阶段。供美国飞机集结和补给的机场在配备该系统之前没有任何保密系统可用于传输空中任务指令和其他任务信息。因此，联络官只能把基本架次信息传递给机组人员，然后，机组人员必须联络空中指挥控制机，获得空中任务指令的详情。更糟糕的是，受到系统不兼容问题影响的不仅是地面人员。

美军不仅缺乏与联盟伙伴兼容的系统，而且难以通过这些系统与北约通信，因为“北约标准”既不标准，更难接入美国装备。这个问题影响到把密码加载到无线电和其他设备以进行保密通讯，也影响到机载预警与控制系统等战术指挥控制飞机的使用方法。[18] 由于缺乏盟军部队之间可以通用的密码技术，在许多情况下，不得不使用暗语通过非保密无线电频道传送敏感信息。在使用同一种语言的各个部队之间用保密方式传递一条 10 行字的目标讯息，要花很多时间。如果通信双方的英语不流利或者有很重的且不同的口音，想要传递讯息简直是寸步难行。

美军问题的解决途径

幸好，美军作战行动中出现的大多数问题很快得到了解决。美国应该考虑弥补区域作战司令部组织结构方面的缺陷。恰如汉姆上将所说，“作战司令部不能选择任务。”[19] 如果某个作战司令部必须承担与其他司令部同样的责任和权限，它就需要拥有与使命结构相应的适当资源。美国在指定对此次作战的主导机构时，是按照地理区域而不是根据作战能力，从而造成许多混乱和失措。指定担当此次作战任务的部队中，其实只有第十七航空队和非洲之角联合特遣队具备相应的作战能力，如果没有这些指定的作战部队，或许当作战使命演变为大规模火力打击之后再行控制权移交，过程原本可能更加顺利些。美国欧洲司令部本来是担当这场战争主导司令部的更合理选择，最后却退居为提供大部分基础设施、人员配备、装备和技术能力支援。国防部应该认真考虑是否所有的区域作战司令部都将拥有进行低端和高端作战行动的能力，或者是否应该继续保留某些只具有“进行有限作战任务能力”的司令部。第十七航空队在 2012 年 4 月 25 日撤销，也许反映了战略决策者们的思想倾向。

此外，全球兵力管理 / 兵力请求流程需要进一步审视和调整。追求供应链精简和“准时制”思维方式，限制了作战行动的灵活性。美国空军尽管在资源受限条件下成功地执行了紧迫的作战行动，但是只能调派资源充分满足九十个资源请求中的四个，暴露出美军难以在世界任何地点都作出快速响应。[20] 这也凸显了一味依赖“回取”的真实危险，空军所谓的回取就是“依赖美国本土大后方的作战飞机和支援飞机……或者本土基地中与前线部队靠电子联系的支援人员。”[21] 伍德沃德少将深有同感，她告诫我们说，“奥德赛黎明”行动应该给大家“敲响警钟”。[22] 空军作战部队在资源不足的情况下完成了任务，其应变能力和专业态度可贺可嘉，但是如果下一次再临危受命，如此作战可能不足以取胜，或者是远水难救近火。美军应该减少对“回取国内大后方”的依赖，改善全球兵力管理 / 兵力请求流程，从而确保其基础设施和系统能够使正确的资产及时到达正确的地点。

再者，美国必须考虑装备标准化，与北约欧洲成员国的装备实现一体化。世界上最大军事联盟的成员国竟然在继续开发和部署互不兼容的系统，实在令人难以相信。各国有不同的目标、做法和政治制约因素，驱使他们从不同的来源采购装备，但是他们至少应该同意采用统一的标准，使各自的系统具有互通性。各军种可以选择保留若干只适合美军使用的系统，但是它必须具备能与北约伙伴互通操作的方法和途径。标准化协议中没有提到北约标准装备，反映了即使在离欧洲较近的地方进行联盟协同作战的能力也不强。总体而言，美国已经解决了美国武装部队各军种之间的通信和协同作战问题，但是现在必须将标准化推广到北约伙伴。美国欧洲司令部在 2010 年意识到需要在战区快速部署 BICES 系统，因为“多年来其他北约国家一直在使用这种战场信息收集与利用系统”；但是，空中作战中心只有一台 BICES 终端机。[23]

最后，合作伙伴在战役层面和战术层面似乎缺乏内在信任和相互了解，至少这种信任和了解的建立很缓慢。许多国家从作战行动伊始就不愿意把自己的作战资产与其他国家完全整合，并且一直限制与其他国家支援作战资产的互动。为了消除疑虑和增强相互信任，我们必须使区域演习和训练更加逼真，并且吸收更多的国家参加。参加北约演习或

由美国以外的其他国家主导的联盟演习，有助于识别不足之处和训练中的薄弱环节。但是，美国的经历反复显示，仅仅识别不足之处还不能解决问题，因为许多问题会很快地被遗忘或束之高阁。美国空军曾在 2000 年委托著名智库兰德公司撰写一份全面的研究报告，其中指出“在今后十年内，北约盟军作战行动或美国主导的盟军作战行动中可能出现各国装备无法互通操作的问题”，该报告还列举了处理这些问题的若干解决方案。[24] 但是，在“奥德赛黎明”行动执行过程中，许多类似问题明显地仍然存在，需要临时权宜处理，说明改进过程任重道远。

联合保护者行动

随着对利比亚的军事干预大规模展开，“奥德赛黎明”行动演变为“联合保护者”行动，欧洲盟国同意从 3 月 31 日起接管行动主导权，而美国则改为担任支援角色。“联合保护者”行动是继 1999 年巴尔干半岛“联盟力量”行动以来北约进行的首次大型空中行动，开始时暴露不少缺陷，也有人持怀疑态度，但最终成功结束，故而有些人宣称它可成为今后干预行动的典范。[25] 另一些人则感到，该次行动代表了“北约的深刻教训”，暴露出各盟国之间的缝隙和作战能力的缺陷。[26] 无论这些争论有无结果，北约必须解决战略层面和战术层面若干显而易见的问题。

北约暴露的问题

“联合保护者”行动缺乏战略凝聚力，因为只有不到一半的北约成员国参加该次军事行动。[27] 除了美国和加拿大之外，只有六个欧洲国家提供攻击作战能力。早先的“联盟力量”行动则有十九个成员国中的十四个参加，因而有人怀疑北约统一行动的能力，并且质疑未来的欧洲安全局势。去年夏天，前国防部长盖茨批评北约，指责它已沦为双层成员制结构，“一类成员愿意和能够付出代价，并且履行承诺负担，另一类成员则坐享北约成员资格带来的好处，但不愿分担风险和代价。”[28] 某些袖手旁观的国家其实可以参与，但就是不愿意加入作战行列。

除了缺乏参战的决心之外，“联合保护者”行动还暴露出盟军的军事实力有很大的局限性。一般而言，许多欧洲国家领导人利用北约拉住美国，从而获得其他盟国不具备的“独特作战能力”。[29] 美国提供了其他国家缺乏的情监侦平台、空中加油机和无人机。该次作战行动中，美国提供了一半作战飞机，飞行了 25% 的架次和 80% 的空中加油及情监侦任务，并且承担了 25% 的机载指挥控制任务。[30] 其余的情监侦任务主要由英国和法国完成，靠这两个国家提供了盟军的一半攻击兵力——再次显示该次作战行动的参与者没有做好共担责任。[31] 在压制敌防空和作战搜救任务方面，北约几乎完全依赖美国。[32] 说到底，如果没有美国的全力支援，要想将该次作战行动打成现在的成功结局，欧洲合作伙伴大概会发觉很难。

即使是欧洲国家提供的资产，也不能承受长期作战行动。北约最初预期利比亚战争是短期的，作战行动到 7 月就会结束。后来，战事拖延了三个月，接着又是三个月，北约能坚持下来，实属不易；但是，即使北约有打长期战争的准备，其兵力和装备也不具备这样的条件。打到 6 月初，已经有报道说，若干国家的军火即将耗尽，于是美国不得不提供增补。[33] 在整个作战行动中，盟军飞行了 26,500 个架次，似乎很多，其实不然。早先的“联盟力量”行动历时 78 天，盟军共飞行 38,000 多个飞行架次，其中美国以

外的盟国飞行了 15,000 个架次。[34]“联合保护者”行动还暴露出一个更大的问题，按照规划，空中作战行动的能力是“一天 300 个架次，但是……实际上维持一天 150 个架次都很费力。”[35]“一个很小的作战行动”竟然使北约疲于应付，着实令人不安。[36]

除了缺乏某些空中资产之外，领导地面行动策划也比预期的困难。有些高层官员声称各国部队从美国主导的“奥德赛黎明”行动“顺利过渡到”北约主导的“联合保护者”行动，但是参与该次作战行动的另一些官员则不以为然，他们认为“在向北约移交控制权的过程中作战势头消失。”[37] 实际上，联盟空中作战中心装备不足，光是这个问题就使得作战行动控制权无法顺利过渡。位于意大利波焦雷纳蒂科基地的第 5 号联盟空中作战中心缺乏基础设施，甚至无法满足常驻此地的寥寥几名作战人员的需要，遑谈齐集到基地的数百名联络官和其他支援人员。几天之内，该作战中心的临时设施人满为患，立即暴露出北约没有适当的组织结构和资源来领导该次作战行动。

该次作战行动的指挥与控制从一个通讯和计算机基础设施齐全的美国空军空中作战中心移交给一个装备不足而无法应对如此规模作战行动的联盟空中作战中心。盟军只有两台附带送受话器的原始型卫星通讯保密无线电台可用于该次作战行动，使得新成立的联盟空中作战中心的设备短缺尤其突出。由于美国资产不拥有欧洲盟军的 JChat 通讯能力，几乎所有的空中通讯——包括时敏性通讯和行政管理通讯——只能使用两个仅有的可用频道。设备无法互通操作的问题还不止于此：联盟空中作战中心指挥所的保密电话无法与美军基地的保密电话通讯，双方都无法利用对方的作战能力。为美国联络官临时搭建的设施使得他们能够通过 SIPRNET 网络、卫星通讯和保密电话与美军部队联系，但是仍然无法与近在数百码之外的联盟空中作战中心联系。本文作者亲眼看到，当联盟空中作战中心人员无法通过可用的通讯设施与空中资产联系时，他们不得不派遣传令兵来回奔波向美军办公室传信，而后者亦是如此。

联盟作战结构中参杂各国不同的国家利益，而联盟空中作战中心的装备和人员素质问题使得这种情况更加复杂化。各国愿意接受的交战规则、批准程序和附带损害程度皆不相同。“联合保护者”行动没有常备盟军交战规则，因此关于是否攻击某个目标的最终决定通常并非由驾驶舱内的飞行员作出，而是由联盟空中作战中心的相关国家“红卡持有人”作出，他们是在目标选定过程中拥有话语权的高级官员。这个附加的决策层次进一步加剧了密码技术不兼容、语言障碍以及对随机目标捕获和攻击协调及侦察战术依赖性所导致的作战行动迟缓问题。作战飞机往往需要等候 30 分钟以上，才能获准攻击某个敌方目标，然后却由于燃油不足而不得不返回基地，眼睁睁地让敌方目标逃脱打击。在“联合保护者”行动早期，反政府军抱怨北约空中行动没有大量消耗政府军，作战行动迟缓也许是原因之一。[38]

北约问题的解决途径

困扰欧洲盟国主导的北约行动的许多问题不容易解决。该次作战行动的合法性有联合国安理会 1973 号决议为依据，而其政治正确性也有阿拉伯国家联盟的支持为依据，但是北约却在试图获得盟国共识时遇到不少困难，令人不禁怀疑北约的欧洲成员国究竟是否能够围绕着某个共同的防务使命抱成一

团。[39] 有些专家学者认为该次作战行动“象征着美国成功地使其盟邦相信欧洲盟国应该在欧洲和周边地区的安全方面承担更大的义务和责任。”[40] 实际上，尽管英国和法国主导了该次作战行动的外交努力，令人欣慰，但是在作战控制权移交给北约的过程中，暴露出北约并不拥有美国期望能在今后善加利用的作战能力。

北约欧洲盟国和美国都必须着手解决欧洲的作战能力缺口以及欧洲对美国的依赖等问题。有些分析家也许会称赞欧洲国家的作战能力有所提高，指出美国以外的北约国家和盟军伙伴国家的飞行架次和武器投放相对份额较多，但是，“如果盟国不具备一体化空战中识别、处理和攻击目标的手段，即便最先进的战斗机也无济于事。”[41] 这些作战手段在空战中不是可有可无，而是必不可少，并且目前似乎只有美国能提供。[42] 即使以欧洲盟国目前的作战能力而言，他们仍必须对武器和支援能力作更多的投资，以确保今后冲突中作战行动成功。先前的“联盟力量”行动已经警示我们，精确制导弹药的不足会威胁到作战行动的全面成功。[43] 利比亚行动的规模要小得多，但是这个问题再次出现，而且在行动早期就显现出来。时任美国国防部长的帕内塔重复了他的前任对欧洲国家领导人的告诫，指出美国不可能再把弥补盟国的军事薄弱环节视为己任。[44]

面对严峻的经济危机，美国和北约欧洲盟国正在抛弃过去大肆挥霍的做法，尽量压缩防务投资。有些国家意识到他们没有财力负担全面的作战能力，因而正在调整其兵力结构，似乎认为其他国家会代他们填补缺口。最终，盟国也许会期望利用其他国家的军事能力来保障自己的安全目标——这种期望在今后能否实现，是一个未知数。鉴于美国的国家安全战略依赖盟国的支援，英国和其他国家正在缩减军队规模，北约显然具有双层成员制结构，并且全球经济持续衰退，分担集体安全责任的前景看来比任何人能够预期的更为困难。

与此同时，北约应该寻找有创意的解决方案，并调整现有结构和程序，以找到低成本、高效益的解决方案。北约可以改进训练和重新编写指导文件，使它们符合成员国的实际情况。它不应该投资于成员国之间各不相同的技术或互相冲突的作战准则，因为这些成员国需要相互支援。此外，北约必须认真考虑合并调整指挥控制系统，使其进一步脱离陈旧的冷战体制。[45] 它不应该维持若干能力有限的小型联盟空中作战中心，而应该集中管理一个或两个能胜任现代作战任务的中心，在那里配备训练有素的人员和齐全的设备。北约虽然已采取若干措施减少冗余和调整结构，其现行体系仍然反映了作战能力与宏伟目标不相匹配，不适应“非本地”作战的战略概念。[46]

最后，尽管参与今后作战行动的所有国家不可能对交战规则或可接受的附带损害程度都取得共识，但是它们可以事先制订正式的标准文件，防止出现利比亚战争中存在的作战行动迟缓问题。这种文件可以采用各国代表从一开始就接受的若干选择方案的形式，例如《北约标准 ROE 1a，CDE B》，藉以指导作战策划人员和指挥人员可以向谁下达哪些目标攻击任务。[47] 这些变更将有助于减少各国部队在作战行动初期的摩擦，从一开始就提高部队的战斗力。在利比亚战争中，北约部队有幸碰到了一个能允许自己逐步提升反应能力的对手，下一次，北约也许不会再有这样的好运。

空中力量的经验教训和反思

利比亚战争伊始，世界各地的专家学者们纷纷推测和预言该次作战行动对空中力量有何意义。由于盟军地面部队不参与作战，“奥德赛黎明”行动提供了一个最终确定空中力量能否独立完成行动目标的机会。但是，该次行动并未产生明确的结果，因而导致许多人得出不同的结论。

在利比亚使用空中力量，有几个要点值得重视。首先，利比亚战事的环境和状况也许对于近期未来可能发生的冲突有代表性。干预论者通过利比亚战争找到了有正当理由“履行保护责任”使命时获得所需结果的新途径。[48] 未来的冲突也可能涉及七拼八凑的联盟部队。各国会更不愿意单边行动，而组建的盟军将包含作战能力及国家利益各不相同的各种合作伙伴。其次，综观最近结束的旷日持久的伊拉克地面战争和即将开始的阿富汗撤军计划，联盟国家很可能在近期内不会做出派遣大部队的承诺。

空中力量向政治领导人提供了一种反应较快、成本较低、规模可调的低风险选择。尽管人们经常谈论巡航导弹和灵巧炸弹的费用昂贵，但是这些空中力量要素的成本只是部署一支陆军部队所费的几分之一。最后，世界各国都面临无可避免的军费削减压力，它们必须做出艰难的选择，决定想要保留哪些计划。有些观察家声称利比亚战争的结局预示世界各国空军将会迎来发展良机，而另一些观察家则认为这些作战行动显示大量投资于空军并不值得。

有些批评者认为，空中力量未能达成预期的决定性胜利，因为它没有强大的地面支援。[49] 许多理论家很早就断言，盟军的攻击很快会导致卡扎菲政权垮台，但是该政权撑了七个月。[50] 第一波攻击摧毁了利比亚防空系统，瘫痪了利比亚空军，盟军飞机仅用了几天时间就能毫无阻碍地飞行，卡扎菲政权明显地崩溃在即。然而最终，“世界上最大的军事联盟和三个最强大的军事大国”也只是十分勉强地制服了“一个三流的独裁者”。[51] 如果说防务支出只占西方联盟百分之八的利比亚人几乎与盟军打成僵局，那么，该次作战行动也许不足以彰显空中力量在今后大有可为。[52]

空中力量倡导者则驳斥关于空中力量未能取得决定性胜利的指责，他们声称空中力量未能取得绝对压倒利比亚的战果是因为受到若干军事和政治因素的制约，这些因素把空中力量贬为战术选项，而不是用于实现战略目标。[53] 飞机没有被用来攻击通讯节点和指挥中心，而是执行吃力不讨好的炸坦克任务，就像“联盟力量”行动在科索沃所做的那样。[54] 许多人叹息这样的任务派遣“把空军变成了代价极其昂贵的炮兵部队”。[55]

另外，政治环境快速演变，使得北约空军部队指挥官们无法得到明确的目标指令。曾经在“沙漠风暴”行动中指挥盟军空战的美国空军退役上将查尔斯·霍纳（Charles Horner）说：“若要成功，军事领导人需要有明确的目标，这些目标可以凭借使用武力实现。”[56] 许多空中力量倡导者认为联合国安理会决议对于空军的行动设限过多。“保护平民”的使命太模糊，没有明确说明盟军对亲卡扎菲部队的攻击可以达到什么程度。初期目标很明确，盟军需要阻止亲卡扎菲部队向反政府军集结地班加西挺进，但是在这项任务完成之后，盟军的使命变得模糊不清。[57] 此时，北约采取了渐进式胁迫用兵方法，起初没有把卡扎菲的军事力量作为攻击目标或试图推翻卡扎菲政权。[58]

这种受制约的渐进打击方式遭到寻求空中力量“震撼”效果和速战速决胜利者的批评，但是它也许确保了作战行动的成功，因为反政府军反正没有能力利用行动初期的为他们创造的优势。[59] 通过延长战事和为反政府军创造公平作战环境，空中力量给予利比亚全国过渡委员会进行组建和集结的时间，避免了权力真空。空中力量在利比亚取得的战果尽管不值得炫耀,但也许正是它的使命所在。长久以来，美国空军一直认为空中力量的威力在于其灵活性和规模可调性。与其他形式的军事力量相比，只有空中力量能够同时威胁许多目标，并且“提供多种选项，产生从战术层面到战略层面的多重效应。”[60]

无论最终对利比亚空战会有什么评价，其中出现的一个问题仍待解决，即如何定义“空中力量”。美国空军的核心作战准则文件如此描述空中力量：“通过控制和利用天空、太空和网空投射军事力量和影响力，实现战略、战役和战术目标的能力”。[61] 这个定义有意没有提及火力打击效应，表明空中力量不止是发射导弹和投放炸弹。北约欧洲盟国似乎拥有足够的攻击资产，但是缺乏情监侦平台、空中加油机和遥驾飞机。许多人仍然认为，这些资产的缺乏反映了空中力量的严重缺陷。此外，在利比亚战争中，潜艇大量发射巡航导弹摧毁主要的防空节点，表明“空中力量的实际使用……凸显了一个事实，即一个国家的空中力量和它的空军部队不一定是指同一个概念。”[62]

许多人也许会正确地断言，小国家永远不会有财力承担构成“空中力量”的全面作战能力，因而需要注重专类作战能力，藉以对北约大部队有所贡献。如果北约欧洲盟国偏爱专业分工以及为了共同防务目标而集结和分享装备，它们必须达到高度协调。确保购置正确的作战资产，并对人员进行适当训练和装备，以能随时融入整体空中力量体系，这是一项非常艰巨的工作，要求各国有实质性的政治合作。

尽管我们可以说“空中力量”决定了利比亚战争的结局，但究竟这是什么意思，并不十分清楚。毫无疑问，各军种和各计划面临预算削减，都将试图利用这种模糊状态争取额外的资源。参加“奥德赛黎明”和“联合保护者”行动的美国和北约欧洲盟国军队可以从这两个行动的规划和执行中吸取经验教训，厘清今后方向。但是，对于空中力量至上论的支持者和反对者而言，整体涉及的问题仍然不确定。盟军空中力量给予反政府军不对称优势，其重要性不容忽视；同时，北约的空战进展迟缓，理所当然地令人质疑仅使用空中力量是否适宜。显然，盟军对空中力量的使用并不能为今后冲突提供最佳作战模板，但是仍然可能为今后的战术、训练和转型决策提供参考。尽管军事和政治领导人不断称赞利比亚战争是低风险军事解决方案的楷模，该次行动并没有完全解决空中力量是否在战争中发挥压倒性作用的概念问题；实际上，它似乎模糊了对于空中力量确切含义的传统理解。该次行动也没有清楚地显示各国在不可避免的预算紧缩时期应该如何调整其兵力结构。一百年前，意大利卡洛斯·皮亚扎(Carlo Piazza)上尉首次驾机飞越利比亚；现在看来，“奥德赛黎明”和“联合保护者”行动并没有使我们略为接近找到这些历时弥久的空中力量问题的答案。但是，有两个事实不容置疑：我们必须获得和保持制空权，而且利比亚空战的影响将持续一段时间。

结语

在短暂的“奥德赛黎明”和“联合保护者”行动结束之后，越来越多的信息会络绎曝光，随之会出现大量的报告。本文绝无贬低或藐视利比亚作战行动之意。回顾往事，我们也许应该接受海军陆战队第 26 远征部队指挥官马克·德森斯（Mark Desens）上校的评估：“尽管有挫折……我们都知道挫折在哪里……总的来说还是成功的……确实减轻了许多平民的苦难。”[63] 毫无疑问，如果没有干预，卡扎菲仍然会在台上，他的军队会残酷地镇压班加西和利比亚其他地方的叛乱。最终，历史将判断该次军事干预的正义性和成功与否。

尽管该次行动取得了成功，如果美国和北约欧洲盟国想要在今后类似的干预中继续协同作战，它们必须认真检查该次行动的缺陷，把其经验教训应用到今后的作战行动中。美国应该审视其区域作战司令部的结构，改进兵力部署程序，采用兼容技术或实行技术标准化，并且允许盟国在联合演习中起主导作用。北约有更大的障碍需要克服，但是现在至少应该走出第一步，由各个成员国做出战略决定，确认其对进行非本地作战行动的承诺。这个决定将重点关注在经济衰退期间开发作战能力，并且允许盟国在掌握充分信息的情况下做出关于尽量提升作战资产与北约互通性的决定。即使与空中力量效能相关的历时弥久和反复出现的问题尚无明确的答案，争论双方仍然必须仔细考虑该次作战行动将对今后的交战规则和兵力结构决策有何影响。下一场冲突将不同于利比亚行动，正如利比亚行动不同于前一次行动一样。美国和北约不能仅仅看到“奥德赛黎明”和“联合保护者”行动的缺陷，更必须牢记斯雷塞爵士的忠告，吸取这些行动的经验教训。♣

注释:

1. Jon Hilsenrath, “Gates Says Libya Not Vital National Interest” [盖茨称利比亚非关美国国家利益], Wall Street Journal, 27 March 2011.
2. Joint and Coalition Operational Analysis, Libya: Operation Odyssey Dawn (OOD): A Case Study in Command and Control [奥德赛黎明行动的指挥与控制案例分析], (Suffolk, VA: JCOA, 4 October 2011), 2. (Hereafter Joint and Coalition Operational Analysis, Operation Odyssey Dawn: A Case Study.)
3. Maj Gen Margaret H. Woodward, “Defending America's Vital National Interests in Africa” [保护美国在非洲关键利益], (speech, the Air Force Association's 2011 Air and Space Conference and Technology Exposition, National Harbor, MD, 21 September 2011), http://www.af.mil/information/speeches/speech.asp?id=671.
4. Joint and Coalition Operational Analysis, Libya: Operation Odyssey Dawn (OOD): Executive Summary [奥德赛黎明行动概述], (Suffolk, VA: JCOA, 21 September 2011), 4. (Hereafter Joint and Coalition Operational Analysis, Operation Odyssey Dawn: Executive Summary.)
5. 同上，第 7 页。
6. 同上。
7. 见注释 2，第 8 页。
8. 见注释 4，第 5 页；另参看 Air Force Instruction 10-401, Air Force Operations Planning and Execution [空军指令 10-401：空军作战策划与实施], 7 December 2006, 19.
9. 见注释 3。
10. 见注释 3。

11. John A. Tirpak,“Lessons from Libya”[利比亚战争的教训], Air Force Magazine 94, no. 12 (December 2011): 36, http://www.airforce-magazine.com/ MagazineArchive/Documents/2011/December%202011/1211libya.pdf.

12. 见注释 4，第 5 页 .

13. 随机或动态目标打击（Dynamic targeting）是指有些目标在目标选定阶段未被或未及被列入打击清单，而后被发现或标定，符合为实现作战目标所设定的打击标准，因此伺机予以打击。参看 Joint Publication (JP) 3-60, Joint Targeting [联合作战准则 JP 3-60：联合目标打击], 13 April 2007, viii, https://jdeis.js.mil/jdeis/new_pubs/jp3_60.pdf. 攻击协同和侦察是一项作战行动，目的是侦测发现目标，并协同实施打击或继续侦察。这类任务是指挥控制接口中的一个元素，是以协调多项空中封锁飞行、发现和攻击目标，瘫痪敌防空系统，以及提供战斗毁伤评估。参看 JP 3-03, Joint Interdiction [JP 3-03：联合封锁作战], 14 October 2011, II-14, http://www.dtic.mil/doctrine/new_pubs/jp3_03.pdf.

14. Lt Col Michael W. Lamb Sr., Operation Allied Force: Golden Nuggets for Future Campaigns [联盟力量行动：未来战役的珍贵镜鉴], Maxwell Paper no. 27 (Maxwell AFB, AL: Air University Press, August 2002), 1-2, http://www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?AD=ADA407618&Location=U2&doc=GetTRDoc.pdf.

15. 见注释 11，第 38 页。

16. 见注释 4，第 19 页。

17. 见注释 2，第 11 页；另参看 US Congress, Office of Technology Assessment, New Technology for NATO: Implementing Follow-On Force Attack [北约新技术：实施后续军事打击], (Washington, DC: Government Printing Office, June 1987), 118, http://www.fas.org/ota/reports/8718.pdf.

18. 本人看法及与北约 E-3A 联络官的讨论；另参看 Myron Hura et al., Interoperability: A Continuing Challenge in Coalition Air Operations [互通性：联盟空中作战挥之不去的挑战], (Santa Monica, CA: RAND Corporation, 2000), 83, 85, 93, http://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/monograph_reports/MR1235/MR1235.pref.pdf.

19. 见注释 11，第 35 页。

20. Richard F. Grimmett, War Powers Resolution: Presidential Compliance [战争权力决议：总统应允], CRS Report for Congress RL33532 (Washington, DC: Congressional Research Service, 25 September 2012), i, http://www.fas.org/sgp/crs/natsec/RL33532.pdf.

21. 见注释 11，第 35 页。

22. 见注释 11，第 35 页。

23. Rita Boland,“Building Bridges between Allies, Old and New”[在新老盟国之间架起桥梁], SIGNAL Magazine, September 2010, http://www.afcea.org/content/?q=node/2382.

24. 见注释 11 中 Hura 文，第 iii 页。

25. Julian E. Barnes and Adam Entous,“NATO Air Strategy Gains Renewed Praise”[北约空中战略再获赞扬], Wall Street Journal, 21 October 2011.

26. Steven Erlanger,“Libya's Dark Lesson for NATO”[利比亚之战对北约的深刻教训], New York Times, 3 September 2011.

27. John Barry,“Lessons of Libya for Future Western Military Forays”[利比亚之战对未来西方军事突袭的教训], European Institute, August 2011, http://www.europeaninstitute.org/EA-August-2011/lessons-of-libya-for-future-western-military-forays.html.

28. Thom Shanker,“Defense Secretary Warns NATO of 'Dim' Future”[国防部长警告北约未来晦暗], New York Times, 10 June 2011.

29. 见注释 4，第 18 页。

30. 不容易找到非常准确的资料来源和数据，因为各种资料采用的架次计算方式不一样（例如有架次、机次、飞行小时等不同计算方法）。这些数据互相之间的准确性在 70-85% 之间。参看注释 27。

31. Ben Barry,“Libya's Lessons”[利比亚之战的经验教训], International Institute for Strategic Studies, Survival: Global Politics and Strategy [见《生存：全球政治和战略论文集》], 53, no. 5 (October-November 2011): 11.

32. Francis Tusa,“Libya Reveals NATO Readiness Highs and Lows”[利比亚之战反映北约战备强项和弱项], Military.com, 2 December 2011, http://www.military.com/features/0,15240,239146,00.html.

33. Karen DeYoung and Greg Jaffe, “NATO Runs Short on Some Munitions in Libya”[北约在利比亚之战中某些弹药出现短缺], Washington Post, 15 April 2011.; 另参看注释 28 中 Shanker 文。

34. 见注释 14，第 1-2 页。

35. 见注释 31，第 11 页。

36. Andrew Tilghman, “U.S. Official: NATO Military Capability Ebbing”[美军官员称北约军事能力衰退], AirForceTimes.com, 2 December 2011, http://www.airforcetimes.com/news/2011/12/military-nato-military-capability-ebbing-120211w/.

37. Jim Garamone, “NATO Makes Smooth Transition in Libya Operations”[北约在利比亚战事中顺利过渡], American Forces Press Service, 6 April 2011, http://www.af.mil/news/story.asp?id=123250401; 另参看注释 2，第 19 页。

38. Paul Smyth, “Libya: Is NATO Doing Enough?”[利比亚：北约做得是否充分], Royal United Services Institute, 15 April 2011, http://www.rusi.org/go.php?structureID=commentary&ref=C4DA85C7E0FB14.

39. Kori Schake, “Lessons of the Libya War”[利比亚战争教训], Defining Ideas, 13 October 2011, http://www.hoover.org/publications/defining-ideas/article/96531.

40. Isabelle François, “NATO and the Arab Spring”[北约和阿拉伯之春], Transatlantic Current, October 2011, 4, http://www.ndu.edu/inss/docUploaded/Transatlantic%20Current%201.pdf.

41. McCullough, “Libya Mission”[利比亚战争使命], 30; 另参看 Ivo H. Daalder and James G. Stavridis, “NATO's Success in Libya”[北约在利比亚的成功], New York Times, 30 October 2011.

42. Richard de Silva, “Lessons from Libya: Gaddafi's Tactics - and NATO's Response”[利比亚战争教训：卡扎菲的战术和北约的反应], Defence IQ, 25 October 2011, http://www.defenceiq.com/air-forces-and-military-aircraft/articles/nato-air-power-lessons-from-libya/. 北约联军空中组成部队司令部 — 拉姆斯泰因基地副指挥官 Friedrich Wilhelm Ploeger 中将在此次交谈中称：“[联合保护者行动] 揭示了各种关键保障因素的重要性”。

43. 见注释 14，第 38 页。

44. Dan De Luce and Laurent Thomet, “After Libya, US Cannot Bail Out NATO Shortfalls: Panetta”[帕内塔称：利比亚之后，美国再不可填补北约缺口], Google News, 5 October 2011, http://www.google.com/hostednews/afp/article/ALeqM5h1gfsyvWlWoK3EC-XPtsW-StYCAQ?docId=CNG.7637463e3ae1f3d504fb4d19a47f89ae.151.

45. W. Bruce Weinrod and Charles L. Barry, NATO Command Structure: Considerations for the Future [北约指挥结构：对未来的思考], (Washington, DC: Center for Technology and National Security Policy, National Defense University, 2010), 8.

46. NATO Public Diplomacy Division, Active Engagement, Modern Defence: Strategic Concept for the Defence and Security of the Members of the North Atlantic Treaty Organization [积极交往，现代化防御：对北约成员国的防务和安全战略思考], (Brussels: NATO Public Diplomacy Division, 19-20 November 2010), http://www.nato.int/nato_static/assets/pdf/pdf_publications/20120214_strategic-concept-2010-eng.pdf.

47. 这些都是理论上的价值标准，用以规范作战策划人员如何选定目标。交战规则（ROE）是指国家之间交战必须遵循的具体规则或限制，确定可对哪些目标进行打击。附带损害评估（CDE）是判定在目标打击中可冒多大程度的风险，是否可能对与目标无关人员或物体造成意外的破坏。

48. 见注释 31，第 11 页。

49. Lee T. Wight, “Airpower Dollars and Sense: Rethinking the Relative Costs of Combat”[空中力量美元耗费合理性：对作战相对成本再思考], Joint Force Quarterly 66 (3rd Quarter 2012): 54-61, http://www.ndu.edu/press/airpower-dollars.html; 另参看 Patrick Cockburn, “NATO in Libya Has Failed to Learn Costly Lessons of Afghanistan”[北约在利比亚漠视在阿富汗学到的昂贵教训], Independent, 24 July 2011, http://www.independent.co.uk/voices/commentators/patrick-cockburn-nato-in-libya-has-failed-to-learn-costly-lessons-of-afghanistan-2319539.html; 另参看 Adam J. Hebert, “Libya: Victory through Airpower”[利比亚之战：以空中力量制胜], Air Force Magazine 94, no. 12 (December 2011): 4, http://www.airforce-magazine.com/MagazineArchive/Documents/2011/December%202011/1211edit.pdf.

50. Charlie Savage and Mark Landler, “White House Defends Continuing U.S. Role in Libya Operation”[白宫为美国在利比亚战争中继续发挥作用辩护], New York Times, 15 June 2011,; 另参看 Moni Basu, “Can Air Power End Libya War?”[空中力量能否结束利比亚战争], CNN.com, 30 June 2011, http://globalpublicsquare.blogs.cnn.com/2011/06/30/can-air-power-end-libya-war/; 另参看 George Friedman, “The Emerging Doctrine of the United States”[美国的新兴作战观], Stratfor, 9 October 2012, http://www.stratfor.com/weekly/emerging-doctrine-united-states; 另参看 Carlos Munoz, “Abrial: NATO Closing ISR, Intel Sharing Gaps Exposed in Libya”[Abrial 飞机：北约努力弥补利比亚战争中暴露的情监侦和情报分享能力缺

口], AOL Defense, 22 November 2011, http://defense.aol.com/2011/11/22/abrial-nato-closing-isr-intel-sharing-gaps-exposed-in-libya/.

51. 见注释 39。

52. 见注释 39。

53. Robert Farley, “Over the Horizon: Drawing the Right Lessons on Airpower from Libya” [地平线之上：从利比亚战争中总结空中力量的宝贵经验教训], World Politics Review, 26 October 2011, http://web.ebscohost.com/ehost/detail?sid=dc5a6b4f-43f0-44d7-b8cc-eba3929ef1f8%40sessionmgr111&vid=1&hid=107&bdata=JnNpdGU9ZWhvc3QtbGl2ZQ%3d%3d#db=aph&AN=79973373.

54. Maj Jody L. Blanchfield, USAF, Bombs Away: A Strategic Analysis of Airpower in Limited Conflict [炸弹走开：对有限冲突中空中力量运用的战略分析], (Fort Leavenworth, KS: School of Advanced Military Studies, US Army Command and General Staff College, 12 May 2000), 34, http://www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?AD=ADA381825.

55. 见注释 53。

56. Charles A. Horner, “Air Power Could Be Enough in Libya” [在利比亚战争中空军独立作战原本足够], Wall Street Journal, 24 March 2011.

57. “Early Military Lessons from Libya” [利比亚战争中的早期军事教训], IISS [International Institute for Strategic Studies] Strategic Comments 17, comment no. 34 (September 2011): 1-3, http://www.iiss.org/publications/strategic-comments/past-issues/volume-17-2011/september/libya-early-military-lessons/.

58. 同上。

59. Dr. Christian F. Anrig, “Allied Air Power over Libya: A Preliminary Assessment” [简评联盟空中力量在利比亚的运用], Air and Space Power Journal 25, no. 4 (Winter 2011): 104, http://www.airpower.au.af.mil/airchronicles/apj/2011/2011-4/2011_4.pdf.

60. Air Force Doctrine Document 1, Air Force Basic Doctrine, Organization, and Command [美国空军作战准则 AFDD 1：空军基本作战准则、组织和指挥], 14 October 2011, 16.

61. 同上，第 129 页。

62. 同上。

63. “奥德赛黎明”行动中海军陆战队第 26 远征部队指挥官 Mark Desens 上校 2011 年 12 月 7 日与笔者交谈。

贾森·格林利夫，美国空军少校（Maj Jason R. Greenleaf, USAF），美国空军军官学院毕业，Trident 国际大学工商管理硕士，海军陆战队大学军事科学硕士，现任国防情报局收集管理部分部行动官，协助指导与管理本部现役和文职混编人员处理国防部的常规、时敏性及危机情报收集要求。他是资深飞行员，拥有超过 2,750 小时飞行 C-21A 和 E-3B/C 的经验，曾服役于俄克拉荷马州廷克空军基地，任某正规训练单位评估飞行员及大队标准与评估行动主任。格林利夫少校是空军中队指挥官学院及海军陆战队指挥参谋学院的毕业生。

雷霆万钧：战略轰炸机和空中优势

Lightning Strikes and Thunder Claps: The Strategic Bomber and Air Superiority

韦德·S·凯伦，美国空军少校（Maj Wade S. Karren, USAF）

从上次战争汲取的最重要的经验是，若想在现代战争中畅行无阻，无论战场在空中、海上或者陆地，都必须掌握制空权。

——海军上将威廉·F·哈尔西

自飞机诞生而重新书写军力投射的定义以来，轰炸机就一直是空军作战思想的核心。美国陆军 1926 年 440-15 号训练条令《使用航空部队的基本原则》规定，空中力量“应用于进攻，主要是获取制空权，其次是破坏敌人的地面设施和拖延其交通运输。”[1] 这一基本功能当时被称为空中优势。即使在空中力量发展的初期，以空中轰炸建立空中优势的重要性已经非常明显。经过一些重大战争之后，轰炸机的远程、有效载弹量以及精确打击等特征发展成熟，在敌方领土上空建立空中优势——以及实现与此过程相关的效能——的战法也得到发展。今天，敌人凭借高技术构筑起难以攻克的坚固防空，轰炸机能帮助我军减少取得空中优势的所需时间，但想彻底攻破当代的先进防空体系已经显得力不从心。在冲突初期，我军重型轰炸机能够用高精准弹药攻击敌人的指挥控制关键节点，重创敌人机场和削弱敌防空能力，使美国获得明显和压倒性的优势。但是，如果我们希望始终保持一支无往不胜的轰炸机部队，能在对抗天空中保持压服对手，就必须重视轰炸机现代化升级和进攻作战的提速，将之视为战略和战役层面的绝对必要事项。遗憾的是，空中优势在传统上一直被视为以战斗机部队为主，而轰炸机从第二次世界大战结束以来在相对的默默无闻中发挥着重要的作用。在现代高科技战争中，快速夺取空中优势将极为关键，我们的战略轰炸机（B-1、B-2、B-52）不仅展现国家的意图和决心，而且提供压倒性的力量，确保美军能在最短的时间内建立最高程度的空中优势。

在战争的所有制胜因素中，最关键的是速度，包括思维速度和运动速度——没有速度，打击力量毫无价值；有了速度，打击力量价值倍增。

——B·H·利德尔·哈特

联合作战准则 JP 3-30《联合空中作战的指挥与控制》将空中优势定义为：“空战中一方部队压制住对手部队占据优势，此优势程度能确保本部队及其相关陆地、海上和空中部队在给定时间和地点开展作战而对手**无法实施过度干扰**。”（粗体强调由作者后加）[2] 这个定义允许我们将空中优势描述为一种渐升等级，而不是一个二进制数值。空中优势的程度是可变的，可以是很高，也可以是很低。在重大冲突的初期，空中优势的程度特征，是以一个作战区域内一个有限的空间和时间段来表示，随着一方保持空中优势的时间长度和作战空间增大，优势的程度也增大。哈尔西上将说过，尽可能迅速获得制空权应是每场冲突的首要目标，将军的话正确无疑。

联合作战准则 JP 3-30 进一步将绝对空中优势定义为："压制住对手占据最高级空中优势，使对手**无法实施有限干扰**。"（粗体强调由作者后加）[3] 此定义允许我们把绝对空中优势描述为一个二进制数值；即，空中优势是相对于一个特定区域的有限时间而言，绝对空中优势则是相对于跨越一个特定空间的无限时间而言。获得绝对空中优势绝非易事。并且，我们还必须记住，无论是夺得有限空中优势还是绝对空中优势，都不能确保胜利；但是如果没有空中优势，我们可能为冲突付出远更高昂的代价。我们甚至可把迅速有效夺取空中优势看做是现代空中力量的制胜信条。中国古代兵法家孙子反复强调此道："其用战也，胜久则钝兵挫锐……故兵闻拙速，未睹巧之久也。夫兵久而国利者，未之有也。"[4] 即使在今天的高科技战争中，孙子的告诫仍振聋发聩。明天的冲突，极可能呈现反应时间更短而作战维度更多，使迅速取得空中优势更加重要。

使用战略轰炸机及其大量机载精确弹药，可摧毁敌防空系统和机场，以更短的时间把空中优势的程度提高到更接近绝对空中优势。如果没有这些轰炸机，取得空中决定性优势的所需时间将大幅度延长，并将使其它作战资产面临更大的风险，因为我军必须执行更多的飞行架次，而冲突持续的时间也将更长。很明显，现代战略轰炸机以远程、大载弹量和精确打击推进作战过程，加快夺取空中优势。

在第二次世界大战之前，军事家们就如何正确运用轰炸机进行了激烈的辩论。斯坦利·鲍德温（Sir Stanley Baldwin）1932 年在英国议会发表著名演讲，宣称"轰炸机永远所向披靡，"反映了当时流行的能在没有高度空中优势情况下打赢战争的观点。[5] 以压倒性数量的飞机取得空中优势是多时以来的既成事实，这从艾森豪威尔五星上将的观点可以证实，他说，诺曼底登陆"依据的信念就是，在空军的泰山压顶之下……德国的防御将被摧毁或瘫痪，其交通运输严重受损而难以实现反集结作战，其空军将被清除出天空。"[6] 在此例中，虽然艾森豪威尔将军讲述的是接近绝对空中优势的作战环境，盟军为获得并保持这样的优势付出了沉重的代价。

在二战中，美国的第八航空兵部队在某一个时间段在德国某些区域上空仅能维持较低程度的空中优势，因而损失了大约 6,000 架轰炸机，牺牲了 26,000 多名飞行人员。[7] 二十五年后在越南，美国因为在敌人领土上空的空中优势程度不足而重蹈相同的教训，共有 15 架 B-52 轰炸机和数百架其它飞机被敌人击落。[8] 这些数字说明，当空中优势的质量不足时，就必须付出大量的生命代价。由此产生的问题是，我们将如何衡量这种质量。具体地说，使用诸如每架次飞机损失率的量化指标，我们能确定在这些冲突中空中优势的不足程度。在越战期间，空中优势程度不足是因为在对战略目标的打击上受限于技术和政治的双重制约。如果当时能更好地运用战略轰炸机打击飞机场、防空系统和指挥控制节点，原本可以提高我军空中优势的质量，大幅度减少飞机和飞行人员的损失。如果美国控制了天空，适当地使用空中力量去建立绝对空中优势，或许这场战争会是另一种结局。

相形之下，在"沙漠风暴"行动中，B-52G 帮助实现了空中优势，对四个机场和高速公里降落地带实施空中打击。这些空袭，连同 B-52H 发射巡航导弹对伊拉克关键指挥控制节点的攻击，让盟军以迅雷不及掩耳之势取得高度的空中优势，再从空中对伊拉克军队

实施压倒性的攻击。若没有重型轰炸机，这些打击毫无疑问会需要更长的时间，需要投入更多的飞机，并可能延长冲突时间。尽管美国空军执行了令人难以置信的 29,300 多战斗架次，但仅损失了 14 架飞机（损失率为 0.48%），其中没有一架轰炸机。[9]“沙漠风暴”的成功凸显出具备远程、大载弹量和持久性的轰炸机对空军夺取空中优势的重要性。从伊拉克战争取得的经验教训，为空中力量整体如何更好地实施空中优势书写出新的一页，预示出后来的“联盟力量”行动的战法。

1999 年在巴尔干半岛，对南斯拉夫的轰炸持续了 78 天，重型轰炸机再次在夺取空中优势中扮演明星角色。B-1、B-2 和 B-52 的结合运用，虽非尽善尽美，但的确为北约开创了决定性的明显优势，以致有些参与方相信已经没有必要动用地面部队。轰炸机打击了指挥控制节点，并重创了 17 个机场中的 9 个。B-2 隐形轰炸机首次使用由全球定位系统（GPS）导引的联合直接攻击弹药，在头八周内摧毁了目标清单中的 33%。[10] 这些杀伤力强大的打击削弱了米洛舍维奇的空中拦截能力，迫使其代表 1970 年代水平的防空部队各自为阵作战。塞尔维亚防空部队总算打下 3 架飞机，但是无法阻挡盟军空中力量自由行动。[11] 这次冲突中一个最重要的特点是首次使用了 GPS 导引的精准武器并增加使用远程巡航导弹。轰炸机证明能以远程奔袭、大量载弹和超常精确打击能力帮助建立空中优势，产生空战历史上前所未有的更大效果。“联盟力量”行动还展示了精确武器能减少附带伤害，提高目标打击效果。此两点对以最快速度获得高度的空中优势而言必不可少，轰炸机部队在夺取空中优势这项空军的核心职能中发挥着关键的作用。在这场作战行动中，与战略轰炸机相关的技术突破，改变了空军在未来战争中建立空中优势的战法。

在“伊拉克自由”行动中，轰炸机对美国空军主要使命做出的贡献堪称范例。虽然 B-1、B-2 和 B-52 在“伊拉克自由”行动中起飞的架次仅占总数的几分之一，但投掷的弹药占总投弹量的大部分，其中很大部分是在 2003 年 3 月 20 日的巡航导弹“震慑”攻击后实施的。重型轰炸机——在战斗机的支援下——使用复杂电子干扰设备和大量的精确武器，突入伊拉克严密防护的领空，帮助夺得空中优势，而自己全身而出毫无损失。

轰炸机部队帮助夺取空中优势的最佳范例，或许要数近期的“奥赛德黎明”行动。2011 年 3 月 19 日，B-2 隐形轰炸机从密苏里州的怀特曼空军基地起飞，远程奔袭利比亚的 45 个坚固飞机掩体。同样，B-1 轰炸机从南达科他州起飞，飞越大洋去打击利比亚的弹药库、作战飞机和飞机保养设施。[12] 拥有远程、大载弹量和持久打击能力的 B-1 和 B-2 轰炸机重创了卡扎菲的防空体系，仅用 13 天时间，就帮助盟军在利比亚上空取得高度空中优势，而自己毫发无损于敌人的炮火。肩负着远程和全球打击使命的轰炸机部队展示了不需前进部署平台就能开创空中优势的可行性，由此启动空中力量的下一场变革。

拥有一支强大的战略轰炸机部队有许多好处，此为众所周知且有大量历史为证。光靠轰炸机无法赢得空中优势，但是火力强大的战略轰炸机部队和灵活敏捷的战斗机部队相结合，能快速和高效夺取空中优势。两者组合体现了空中力量的真正应用。英国空军元帅哈里斯爵士的表述恰如其分：“迅捷和全面的胜利，将属于率先正确应用空中力量的

一方。”[13] 战略轰炸机部队是正确应用空中力量的关键要素。在美国面临国防预算削减时，中国和俄罗斯的最近言行表明他们认识到战略轰炸机对国防的重要性，例如中国在大力研发 H6-K，普京总统则声称：“俄罗斯需要新型战略轰炸机，无论代价多高都要开发。”[14] 这两个例子显示，新起全球大国认定轰炸机是其空中力量建设和国家安全的关键组成。美国不可掉以轻心。

为确保国防稳固，必要且必须做好准备，一旦战争发生便夺取制空权。

——朱里奥·杜黑

控制了天空，空中力量才能使己方其他部队更高效、更自由和安全地行动。正如诸兵种合成作战一样，要想在正确的时间和地点尽快取得和保持空中优势，需要整个团队全力合作。美国海军陆战队知道控制战场空域的重要性，因此极力在其空地特遣部队结构中保持本建制空中优势作战资源。然而在发生大规模冲突时，国家将要求军队五大军种全部参与。靠几名精选队员虽可独力夺取空中优势，但如能依靠空中力量各方和各种能力、包括战略轰炸机在内的协同作战，能更加迅速地取得空中优势。在高强度冲突中，轰炸机部队能提供及时建立空中优势所需的压倒性火力。

1926 年以来，空中优势一直是空中力量的主要使命。在过去 70 年的冲突中，重型轰炸机证明对美国的国家安全极为重要，重型轰炸机具备的远程和大载弹量军事力量投射能力至今无与伦比和无可替代 。通过提高全球精确打击效果和降低飞机损失率，轰炸机一再展现出帮助取得空中优势的巨大价值。运用战略轰炸机，不仅架次相对减少，而且能在短时间中实施灵活及压倒性的军事打击，是一种强大的威慑力量，一种卓越的空中优势资产。战略轰炸机能满足公众和政治家希望军队能尽快结束冲突的愿望。即使在最近的国防开支削减努力中，也不可忽视对作为美国空中力量核心的战略轰炸机部队的支持、拨款和现代化，否则，将铸成大错。如果不下决心维持战略轰炸机能力并支持其现代化改造，将损害美国迅速结束战争的能力，将使美军在开辟空中优势过程中遭遇不必要的危险，并可能危及美国的国家安全目标。战略轰炸机是有效实施空中优势的根本保证，进而支持国家军事战略目标：“威慑并打败各种侵略，”无论发生于何时何地。[15] ♣

注释:

1. Air Force Doctrine Document 1, Air Force Basic Doctrine, Organization, and Command [空军作战准则 AFDD 1：空军基本作战准则、组织和指挥], 14 October 2011, 14, http://www.e-publishing.af.mil/shared/media/epubs/afdd1.pdf.
2. Joint Publication 3-30, Command and Control for Joint Air Operations [联合作战准则 JP 3-30：联合空中作战的指挥与控制], 12 January 2010, GL-6, http://www.dtic.mil/doctrine/new_pubs/jp3_30.pdf.
3. 同上，第 GL-7 页。
4. Caleb Carr, ed., The Book of War: Sun-Tzu, “The Art of Warfare” & Karl von Clausewitz, “On War” [兵书精选：孙子兵法和克劳塞维茨战争论], (New York: Modern Library, 2000), 75, 77.
5. Sir Stanley Baldwin, “A Fear for the Future” [对未来的恐惧], (remarks to the House of Commons, London, 10 November 1932). 参看 “The Bomber Will Always Get Through” [轰炸机永远所向披靡], Air Force Magazine 91, no. 7 (July 2008): 72, http://www.airforce-magazine.com/MagazineArchive/Documents/2008/July%202008/0708keeper.pdf.
6. Gen Dwight D. Eisenhower, Crusade in Europe [欧洲的神圣战争], (Garden City, NY: Doubleday, 1948), 47.

7. “Airplane Losses on Combat Missions in European Theater of Operations, by Type of Airplane and by Cause of Loss, August 1942 to May 1945”[第二次世界大战中 1942 年 8 月至 1945 年 5 月欧洲战区作战中飞机损失的数量、类型和原因统计], 收录于 US Army Air Forces, Army Air Forces Statistical Digest, World War II [二战中陆军航空兵统计摘要], (US Army Air Forces, Office of Statistical Control, December 1945), table 159, p. 255, http://www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?AD=ADA542518&Location=U2&doc=GetTRDoc.pdf; 另参看“Eighth Air Force History”fact sheet [第八航空队历史简述], 11 September 2006, http://www.8af.af.mil/library/factsheets/factsheet.asp?id=4632.

8. Donald J. McCarthy, MiG Killers: A Chronology of U.S. Air Victories in Vietnam, 1965-1973 [美国在越南战争中的空中胜利年谱， 1965-1973 年], (North Branch, MN: Specialty Press, June 2009), 173.

9. Richard Hallion, Storm over Iraq: Air Power and the Gulf War [伊拉克上空风暴：空中力量与海湾战争], (Washington, DC: Smithsonian Institution Press, 1992), 146-47, 196.

10. “B-2 Spirit”fact sheet [B-2“幽灵”轰炸机简介], 23 April 2010, http://www.af.mil/information/factsheets/factsheet.asp?id=82.

11. Daniel L. Haulman, USAF Manned Aircraft Combat Losses, 1990-2002 [美国有人驾驶飞机的作战损失， 1990-2002 年], (Maxwell AFB, AL: Air Force Historical Research Agency, 9 December 2002), 1, http://www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?AD=ADA434084&Location=U2&doc=GetTRDoc.pdf.

12. Jeremiah Gertler, Operation Odyssey Dawn (Libya): Background and Issues for Congress [利比亚奥德赛黎明行动：向国会提交的背景和问题说明], CRS Report for Congress (Washington, DC: Congressional Research Service, 28 March 2011), 7, http://fpc.state.gov/documents/organization/159790.pdf.

13. Air Marshal Sir Arthur“Bomber”Harris to Winston Churchill, letter [空军元帅哈里斯致丘吉尔信], 17 June 1942.

14. “Putin Says Russia Needs New Strategic Bomber”[普京称俄罗斯需要新型战略轰炸机], USA Today, 15 June 2012, http://www.usatoday.com/news/world/story/2012-06-14/putin-russia-bomber/55595348/1.

15. Joint Chiefs of Staff, The National Military Strategy of the United States of America, 2011: Redefining America's Military Leadership [2011 年美国国家军事战略：重新界定美国的军事领导], (Washington, DC: Joint Chiefs of Staff, 8 February 2011), 4, http://www.jcs.mil/content/files/2011-02/020811084800_2011_NMS_-_08_FEB_2011.pdf.

韦德・S・凯伦，美国空军少校（Maj Wade S. Karren,USAF），犹他州立大学理学士，Embry-Riddle 航空大学航空理科硕士，海军战争学院国家安全与战略研究硕士，现任路易斯安那州巴克斯戴尔空军基地空军全球打击司令部总部立法事务总监，就有关轰炸机和导弹作战的政策与计划问题、国会听证、演讲、文章及专门研究等事宜直接支持司令官、副司令官和高级参谋人员。他是资深飞行员，拥有超过 1,900 小时飞行 B-52 和 B-2 的经验，执行过多种任务，多次派赴世界各地支援 B-2/B-52 常规与核武器全球打击行动，包括“伊拉克自由”行动及“持久自由”行动。此前的任职包括空军全球打击司令部战略规划部远程战略官、第八编号空军标准与评估部 B-2 和 T-38 飞行评估员主任。凯伦少校是空军中队指挥官学院、空军指挥参谋学院、海军指挥参谋学院及高级海上作战学院的毕业生。

对抗敌无人机威胁作战实验的几点认识

Wargaming the Enemy Unmanned Aircraft System (UAS) Threat*

大卫·M·纽文达，美国空军退役上校（Col David M. Neuenswander, USAF, Retired）

在2006年黎巴嫩战争期间，真主党两架“阿巴比尔”无人机在以色列上空被击落，成为这场战争中的“标志性战术事件”。[1] 美国军方在2006年前就已经思考如何防备敌人的无人机，但是完全可以说是真主党对无人机的使用引起了整个国防部的真正警觉。这促使联合部队司令部属下的联合无人机卓越中心、参谋长联席会议J8部，以及国防部联合一体化空中及导弹防御组织进行了一系列无人机防御作战推演活动。此外，自2008年以来，美国陆军训练与条令司令部资助开展了针对敌无人机重大威胁的一系列联合作战实验，包括：火力战斗实验室2008年和2009年的“地球风火”作战实验、在俄克拉荷马州希尔堡举行的2010年陆军功能概念一体化作战实验、在堪萨斯州莱文沃思堡任务指挥战斗实验室举行的全方位融合2008年和2009年作战实验，以及机动战斗实验室在佐治亚州贝宁堡举行的2011年联合强行进入作战实验。对以上所有作战实验，美国空军提供了人力支持，而对几项较大的实验，空军进一步提供了建模与模拟支持。本文从空军角度，讨论在上述作战实验中对无人机防御作战的认识和看法，重点考虑战争的战役层面，并建议将无人机防御作战列入“陆/空部队2012年作战讨论会”的议题。为帮助了解空军的观点，本文先简要介绍无人机的分类、作战实验的假设场景，以及和无人机相关的空中优势的定义。

无人机分类

联合作战准则JP 3-30《联合空中作战的指挥与控制》将美国无人机归为以下五类（见表）。[2]

在陆军的这些无人机防御作战实验中，模拟的敌无人机以上述第三、四、五类为主，基本不包括第一类和第二类中某些无人机。笔者承认，第一类和第二类中的小型无人机，

无人机分类	最大起飞毛重（磅）	正常运行高度（英尺）	飞行速度（kts [节]）	无人机型号
第一类	0-20	<1200 AGL*	100 kts	Wasp III（黄蜂），TACMAV，RQ-14A/B，Buster（小淘气），BATCAM，RQ-11B，FPASS，RQ16A，Pointer（短毛猎犬），Aqua/Terra，Puma（美洲狮）
第二类	21-55	<3500 AGL*	<250 kts	Scan Eagle（扫描鹰），Silver Fox（银狐），Aerosonde
第三类	<1320	<18000 MSL*	<250 kts	RQ-7B Shadow（阴影），RQ-15 Neptune（海王星），XPV-1 Tern，XPV-2 Mako
第四类	>1320	<18000 MSL*	任何飞行速度	MQ-5B Hunter（猎人），MQ-8B Fire Scout（火力侦察兵），MQ-1C ERMP，MQ-1 A/B/C Predator（捕食者）
第五类	>1320	<18000 MSL*	任何飞行速度	MQ-9 Reaper（收割者），RQ-4 Global Hawk（全球鹰），RQ-4N BAMS
* AGL = 地平线上；　MSL = 平均海平面				

* Translated and reprinted with permission from *FIRES* November-December 2012.

亦即我们常称的“背包无人机”，也构成威胁；但本文述及的对作战实验的认识，除非另有说明，主要针对第二类中较大型，以及第三到第五类中的无人机。

假设场景

这些作战实验大多数以陆军训练与条令司令部在堪萨斯州莱文沃思堡的分析中心于2007 年 5 月推出的“多层方案模块一：第七师”的诸种版本为基础设计。按照当前陆军作战准则的定义，敌方是“混合威胁”，正规和非正规力量间杂混用。[3] 在所有作战实验中，陆军扮演假想敌的“世界级红军”在一个师的作战区域内使用了一定数量的无人机来对抗我军地面部队，有些实验使用的无人机数量更多些。但无论实验发生在哪个阶段（包括 JP 5-0 第二阶段“夺取主动”、第三阶段“把握制域权”，以及第四阶段“稳定局势”），“红军”都使用了无人机。这些作战实验关注的是实验开始时的条件，而不考虑地面部队进入之前的“战场塑造”。参战者不了解联合部队司令官或空中组成部队指挥官在第二阶段早期针对敌无人机威胁实施了哪些全战区性的空中封锁和进攻性防空作战；空军和陆军也不很清楚在命令地面部队进入之前，上述空中作战、特种部队及远程火力消灭了敌人哪些及多少无人机。这些实验中没有采用电子作战和网空作战方式来打击敌无人机。

所有的实验都设置一名联合部队空中组成部队指挥官（JFACC），该指挥官同时担任空域管制官（ACA）和区域防空指挥官（AADC）。在必要时，空中组成部队指挥官是全战区空中封锁战役的受援指挥官和防空作战中的受援指挥官。[4] 空军人员模拟担任师级及以下层级的空中作战中心、控制报告中心、空中支持作战中心和战术空中控制组的角色。陆军人员模拟担任防空炮兵火力控制官角色，并和相关的空军控制报告中心同处一地以模拟分区防空指挥部角色。分区防空指挥部在运作中允许空中组成部队指挥官能够模拟区域防空指挥官角色在作战实验中行使识别、确定和交战权力。

在有敌无人机存在环境中的空中优势定义

联合作战准则 JP 1-02《国防部军语词典》将空中优势定义为：“空战中一方部队压制住对方部队占据优势，此优势程度能确保本部队以及其相关陆地、海上和空中部队在给定时间和地点开展作战而对方无法实施**过度干扰**。”针对敌无人机存在的情况，陆海空各组成部队各自界定“过度”干扰的具体限度。在上述各实验中，有两个难以回答的问题。第一个问题是：敌人有多少无人机飞越陆军作战区域方被视为“过度”干扰？这进一步引出第二个问题：如果敌人可以在我军地面部队附近飞行无人机，我方是否还拥有空中优势？

对这两个问题的回答往往落入令人憎恨的“它取决于……”的窠臼。比如谈到敌无人机的数量时，答案往往是，这在很大程度上取决于地面部队当时在做什么，以及取决于敌无人机正在执行什么任务。例如，敌人的无人机即使只有一架，如果携带远程精确弹药意图打击我军强行进入部队，可能对我军造成重大破坏性伤亡；如果敌人虽然在空中飞有多架无人机，但这些飞机航程短且不带火力配置，也许对在地面执行维稳行动的部队构不成重大干扰。

必须指出，美军一直是在占据着绝对空中优势的环境中打了十多年的仗。美军联合作战准则 JP-1-02 将绝对空中优势定义为“压制住对方占据最高级空中优势，使对方空军无法实施**有限干扰**。”至于美军在对抗掌握着有效无人机系统的对手时，能否取得绝对空中优势，还有待实战证明。在以上所有作战实验中，我军都未能取得绝对空中优势。

七点认识

通过对以上作战实验的观察，本文就美国空军开展无人机防御作战归纳出以下七点主要认识。

第一点认识：联合部队必须打击敌无人机才能实现空中优势

在整个作战实验过程中，只要敌人能经常不断地在我军地面部队附近飞行无人机，受援指挥官一般认为敌人的这些无人机行为属于“过度干扰”范畴。以联合作战准则对空中优势的定义来判断，如果敌无人机经常不断地飞行威胁，将造成一种超越我方允许限度的过度影响，从逻辑上讲，这意味着我军没有取得空中优势。阻止敌无人机连续活动的唯一解决方案，就是打击和摧毁敌方的飞机、地面站（包括机组人员）或其通讯。因此，如果联合部队不能有效地对抗敌无人机，那么便无法实现空中优势。[5]

第二点认识：无人机防御作战需要联合行动

希尔堡 2008 年“地球风火”作战实验后不久，空军和陆军都同意将“联合无人机卓越中心”引入作战实验以协助无人机防御作战。从一开始，无人机专家就指导空 / 陆团队寻找一种联合作战解决方案，即把各军种的机载和地面雷达、光电传感器（实验中包括海军的“宙斯盾”）链接起来，通过多源信息构成共用作战图像，确保打好无人机防御作战。这些系统包含空军和陆军当前所有的雷达、E-3 预警机、反火箭和迫击炮系统、陆军“联合攻陆巡航导弹防御高架网络传感器系统”、“卫兵”反弹道导弹系统，以及当前及未来各种短程防空系统。此外，“地球风火”实验使用了陆军高空飞艇和其他多种系统。陆军的这些地面和空中系统，加上空军和海军机载与舰载雷达，对于无人机防御作战至关重要。联合无人机卓越中心在 2011 年解散前参加了多项作战实验。

由联合无人机卓越中心提出的所有二十多项建议，几乎都提及应将一个军种或职能组成部队的传感器与其它军种的传感器或系统连接。此卓越中心还建议对机载情监侦资产和光电传感器的时敏性任务动态调整做进一步研究，以纳入防空作战中的目视识别。[6]

第三点认识：打击敌无人机是防空作战的一部分

联合作战准则 JP 3-01《反空中和导弹威胁》指出，因为无人机是敌空中威胁的一部分，联合部队应尽一切努力将之锁定并消灭在地面。只要敌人拥有威胁我军部队的空中和导弹能力，而联合部队司令官获得的空中优势尚未达到能实现终局所必需目标的程度，那么，进攻性防空作战通常都会被列为高优先。进攻性防空作战能降低空中与导弹袭击的风险，使我军部队能专注于实现自己的任务目标。反空中和导弹威胁的首选方法是，在敌方领土开展进攻性防空作战，将敌机和导弹击毁或瘫痪在升空之前以消除这些威胁。[7]

因此，如果联合部队认为敌无人机可能会给我军任何组成部队带来麻烦，根据 JP

3-60 的要求，应将这些无人机置入“作战环境联合情报准备”的考虑之中，并添加到“联合综合优先目标清单”内，且从交战开始就予以锁定和打击。毫无疑问，在上述作战实验中，敌无人机构成实在的威胁。空军在 2009 年“地球风火”实验后的总结报告中这样说：“敌方放出数不清的无人机在该师的作战区域上方低空飞行，对火力冲突排解和空域管制造成负面影响。”[8]

在这些作战实验中，空中组成部队最艰巨的任务之一，是如何控制高速战斗机在地面指挥官作战区域低空飞行。我战斗机被迫下降，才能识别在低空慢速移动的敌无人机并将之击毁，这样的交战经常发生在我军无人机和旋翼飞机的附近。本文稍后将更多地论述这一问题。如果能够将敌无人机尽可能多地摧毁于地面或其进入我军地面指挥官作战区域之前，自是更理想的选择。在未来的冲突中，我们必须将敌无人机视为防空作战的一部分，对之做好火力和非火力打击的准备。再者，为全面了解敌无人机的威胁，未来的空 / 陆军作战实验活动在第二阶段开始时，就需要包括一种切实可行的无人机防御作战能力，无论地面部队是否已经进入战区。

第四点认识：己方空域内混有敌无人机时，空域管制和火力冲突排解更加困难

联合作战准则 JP 3-01 对空域管制的定义是：“一个通过促进安全、高效和灵活利用空域以提高作战效能的程序。”如前所述，这些作战实验是依据联合作战准则，由一名空中组成部队指挥官同时担任空域管制官。身兼两职的该指挥官负责制定空域管制计划（经联合部队司令官批准）和发布联合作战的空域管制令。空域指挥官接受各军种组成部队提出的空域使用请求，在空域管制令中加入相应的空域管制措施和火力支援协调措施。如果在空域管制令编制过程中出现冲突，空域指挥官的参谋人员将尽力排解冲突，使空域使用申请者和火力策划者们能合理地期待其空域使用要求获得批准。空域管制令一旦发出，任何更改必须由管制空域的机构来实时处理。如果两个实体，无论是飞机还是导弹火力，可能在同一时间占用同一空域，管制部门需要把空域使用权分配给最高优先的实体。联合作战区域中的不确定性越多，空域管制令所需要实时调整和更改也就越多，进而需要管制机构做更多的实时空域管制调整。空域指挥官可以向军种组成部队的空域管制部门放权，但是，只有联合部队司令官“拥有”空域。在所有的作战实验中，防御性防空作战飞机被给予最高优先，经常必须进入为其它用户保留的空域去应对敌无人机。

联合部队司令官不仅指派空中组成部队指挥官兼任担负空域管制责任的空域管制官，根据联合作战准则 JP 3-01 的规定，联合部队指挥官通常还指派空中组成部队指挥官进一步兼任区域防空指挥官，成为防空作战中的受援指挥官。在此情况下，该双职指挥官编制、整合，并分发经联合部队司令官批准的联合区域防空计划。另外，联合部队司令官还向区域防空指挥官授予必要的指挥权限，以便该指挥官排解和控制交战冲突，行使实时战斗管理。[9]

联合部队司令官向空中组成部队指挥官 / 区域防空指挥官授予识别、确定和交战权。该双职指挥官通过地区和分区防空指挥部实施分散的防空行动，并可以向这些指挥部下放识别、确定和交战权限。[10] 地区和分区防空指挥部控制防空任务的实施，覆盖从地面到指定高度乃至太空的必要范围。空中组成部队指挥官 / 区域防空指挥官不会将防空权

限下放给空域指挥官的空域管制机构，而是下放给防空指挥部。这意味着，空域管制机构无权在其授权空域中实施防空作战（飞机自卫或短程地面系统除外）。

从在伊拉克和阿富汗十多年的作战经验来看，空域管制令程序在美国拥有绝对空中优势的环境中运作良好。在大多数情况下，受援指挥官的空域请求将会得到批准，而无需担心空域被另外拥有更高优先的受援指挥官抢占（本文讨论中刻意排除特种部队）。

但是如果没有空中优势，当低空无人机对地面指挥官作战区域构成威胁而需要空中组成部队指挥官 / 区域防空指挥官做出应对时，根据联合作战准则，空中指挥官应与受援地面指挥官协调。鉴于时敏压力，防御性防空作战行动需要精简协调和决策过程。[11] 为求高效，防空作战平台，尤其是战斗机，必须根据威胁的情况调整其飞行路线和高度，而不一定是空域管制令中预先规划的空域和路线。在地面作战区域上空实施防空拦截需要实时的空中作战管理，需要实时排解与空域管制措施和火力支援协调措施的可能冲突。对作战实验的观察表明，即使只有为数不多的敌无人机在我军地面指挥官的作战区域上空飞行，如果空中组成部队指挥官 / 区域防空指挥官不能在排解火力冲突和空域中其他使用者之间的冲突的同时有效控制交战并进行实时战斗管理，就可能导致空域管制混乱而失去控制。[12]

第五点认识：无空中优势下的空域管制需要全面身份识别，并在必要时实施全面管制

如果敌无人机在作战区域的上空存在，那么空中组成部队指挥官必须在执行其它作战行动——包括支援地面指挥官——的同时，努力夺取空中优势。在没有获得空中优势之前，他作为区域防空指挥官需要比空域管制官更高层级的控制，以实施空中防御。区域防空指挥官需要提供威胁预警、控制交战和进行实时战斗管理，为此，他必须能够迅速从常规管制转向全面管制——至少到获得空中优势为止。在有敌方无人机临空的情况下，如果让部队在“常规管制”环境中开展分散作战行动，风险明显升高。[13] 防空部队必须做到能实时观察到己方飞机，能与它们实时通讯，方能有效实施无人机防御作战。其所遵循的联合防空作战准则是：“统一行动、集中规划和指挥、以及分散执行，证明是我们面临空中和导弹威胁、必须在几分钟之内做出交战反应时务必遵守的重要信条。”[14]

第六点认识：联合空地一体化小组的战术 / 战技 / 战规可有助于地面指挥官开展无人机防御战

在 2008 年和 2009 年的“地球风火”作战实验、2010 年陆军功能概念一体化作战实验，以及 2011 年联合强行进入作战实验中，空军将其空中支援作战中心和战术空中控制组人员与陆军的师级火力、陆军航空兵等人员混编在一起，这样，空军和陆军的指挥控制人员共同组成单一指挥控制机构，各自获得本军种部门的指挥官授权，统一使用和控制双方的作战资产。根据联合作战和空军作战准则，空中支援作战中心是“战区空中控制系统”中实施近距离空中支援的主要控制部门，直接隶属于空中作战中心，对所分配的陆军部队提供直接支援。[15] 空中支援作战中心得到联合部队空中组成部队指挥官的授权，负责管理空中组成部队的作战飞行架次，直接支援所配陆军部队行动。空中支援作战中心无权指挥防空部队；但是空中组成部队中在地面指挥官行动区域范围上空开展防御性防空作战的部队，通常会与空中支援作战

中心协调，以排解火力和陆军建制飞机使用空域的冲突。

在过去的六年间，空军与陆军一直努力组建联合空地一体化小组。[16] 在与一体化小组开展作战实验期间，空中管制官将一部分空域分配给该小组管制，这部分空域可以是低于协调高度之下的部分，也可以是“高密度空域管制区”之内的一部分，该小组代表空中管制官行使空域管制权，向受援地面师提供支援。尽管该一体化小组没有从空中组成部队指挥官 / 区域防空指挥官获得防空识别、确定和交战权力，但是当防空作战飞机进入由该作战师的空军 / 陆军小组控制的空域时，地区防空指挥部或者分区防空指挥部必须与联合空地一体化小组协调。[17]

在所有这些作战实验中，联合空地一体化小组在与敌无人机作战时将陆军战术防空炮兵整合到战区防空体系之中，与区域防空指挥官的指挥控制节点直接协调，显示出了巨大的前景。一体化小组内的空军空战管理人员把师级作战区域上空发现的无人机威胁在第一时间迅速传递给空中组成部队指挥官的分区防空指挥部和陆军防空炮兵火力控制官。分区防空指挥部与火力控制官都能够迅速识别在“共用作战图”中标注出的敌无人机，并调配最适合的作战资源与敌机交战。一体化小组还能够在发现所报告的某个来袭轨迹不正确时，向轨迹制作者通报正确的识别标识，从而改善作战空间态势感知。在少数情况下，可临时做出决定，调整可用的近距离空中支援飞机以应对所发现的威胁。信息流顺指挥链向上传递，在几乎所有作战实验中都行之有效，使受援地面指挥官能迅速获得联合防空能力。此外，一体化小组成员能够在师级作战区域内发现并锁定敌无人机的发射场，在无人机升空前予以摧毁。[18]

联合空地一体化小组还少量实施了实时火力冲突排解及空域管理措施控制，以允许防空作战飞机能够在师级控制空域内飞行。如所预期，在火力系统和空域管理措施密度低的空域中执行这些任务相对容易，而随着密度的增加，执行难度也相应增大。

可惜的是，在信息流向下传递方面，联合空地一体化小组向下传递有关敌方空中威胁的信息比较困难。如前文所述，空中组成部队指挥官 / 区域防空指挥官必须及时提供威胁预警和控制空对空交战。由于任务型指挥的分散特性，陆军中没有一个能统管、跟踪观察和迅速通报陆军所有作战资产动向的统一部门，因此难以在要求时间内调动在战斗空域中行动的航空资产及时投入对敌无人机的防空作战行动。这种必需的权限并不意味着陆军的指挥控制部门有权变更该飞机的任务或发出新“任务型命令”，它只需具备知道什么飞机在什么位置飞行的能力，并将这些飞机从路径中移出，或者避免损伤，或者为执行更高优先任务做好准备。[19]

第七点认识：陆军防空作战资产需要标准化的“呼叫防空”战术 / 战技 / 战规

至此，本文一直没有谈及有关短程防空的问题。陆军防空部门在上述一系列作战实验中试验多种不同的系统。整个防空界依赖和使用共用作战图，图中信息来自不同的传感器，其中包括来自预警机和地面及舰载雷达发送的信息，以及陆军联合攻陆巡航导弹防御高架网络传感器系统等发送的信息。共用作战图显示己方系统和未知系统的原始数据。防空部门的主要任务之一就是确定未知系统的轨迹，并且将它们标记为敌方、己方或者未知。

在许多情况下，经常是战场的士兵首先发现某个小型、缓慢飞行的敌无人机。如果这名士兵可以确认此无人机是敌人的飞机，就等于已经完成了无人机防御作战杀伤链中的第一步、也往往是最困难的一步，即识别和区分出敌我。将士兵发现的敌机标入共用作战图后，接下来的重要一步就是调配短程或其它防空资产来打击无人机；但是，目前尚未制定目视识别敌我飞机的军种或联合防空请求标准程序。

陆军和空军需要研发“联合防空请求系统”，该系统应包含发送请求的路径和战术 / 战技 / 战规，使雷达和 / 或共用作战图操作者能够纳入地面人员的目视发现，然后及时对敌机实施打击。[20]

结语

美国空军参与陆军作战实验，为空军 / 陆军联合作战——包括无人机防御作战——带来了许多重要的见解与发现。总体来看，这些作战实验从一开始就确定无人机防御必须联合进行。在第二阶段目标判定中必须关注敌无人机，以及这些无人机对我军获得并保持空中优势的能力的影响。无人机防御作战欲求有效，应做到机载和地面传感器的信息融合，拼构出实时调整的共用作战图，使得联合部队能够及时发现敌人的无人机威胁并以致命和非致命方式实施打击。对防空作战资源的指挥和控制，必须做到能够快速投入与无人机的交战，同时发出威胁预警，控制好对无人机的攻击，避免误伤己方资产。在开展这些行动的同时，必须做好无人机防御作战和空域管制及火力冲突排解的结合。这是艰巨的挑战，但必须面对。

在今后的作战实验中，我们需要认清无人机的威胁，知道可通过哪些方式应对，验证和确定哪些作战能力为有效，并发现作战能力中的缺口。未来的作战实验必须包括过去实验中没有考虑的第一类“背包无人机”。一旦时机成熟，空 / 陆联合团队应开展第二阶段无人机防御作战实验，此实验应以强行进入作战为背景，确定对敌无人机的预期实际杀伤率。

最后，笔者建议将无人机防御作战列为“陆 / 空部队 2012 年作战讨论会”的一个议题。此议题应包括与敌无人机作战的火力和非火力打击选项，以及应在哪个指挥控制层级上有权命令攻击这些时敏性强的目标。此议题还应探讨以上第七点认识中提及的“呼叫防空”战术 / 战技 / 战规的编制，以确保分散的地面部队有能力对抗敌无人机。在讨论会中，陆空两军种都需坦率探讨敌无人机的介入对当前空中优势概念的影响。无论潜在的敌人将构成什么形式的威胁，我军都不可放弃空中优势这个制高点。♣

注释:

1. Benjamin S. Lambeth, Air Operations in Israel's War Against Hezbollah [以色列对真主党战争中的空中作战], (Santa Monica: RAND Corporation, 2011), 130. http://www.defpro.com/news/details/19904/ (Accessed 11/4/11).
2. JP 3-30, Command and Control for Joint Air Operations, [联合作战准则 JP 3-30：联合空中作战指挥和控制], 12 Jan 2010, Figure III-15, p III-33.
3. TRADOC Pam 525-3-0, Army Capstone Concept [陆军训练及条令司令部手册 525-3-0：陆军总纲概念], 21 Dec 2009, 该文件将 2009-2025 年作战环境中的“混合威胁”定义为：“这种威胁同时使用正规和非正规部队，包括恐怖分子和犯罪分子，为实现自己的目标，使用不断变化的各种常规和非常规战术制造各种困境。”

4. JP 3-0, Joint Operations [联合作战准则 JP 3-0：联合作战], 13 Feb 2008 CH(1), p xvi.
5. Don Forrer and Matt Neuenswander, “AF/A5XS and Lemay Center Detailed After Action Report Joint forcible Entry Warfighting Experiment 2011”[AF/A5XS 和空军作战准则中心关于 2011 年联合强行进入作战实验的详细总结报告], Prepared for US Army Mission Command Battle Lab, 13 May 2011.
6. Steve Brunskole and Tim Duerson, United States Air force After Action Report for Army Functional Capabilities integration experiment 2010 & Joint Expeditionary Forces Experiment, Annex 3 JUAS COE, [美国空军关于 2010 陆军功能一体化实验及联合远征部队实验的总结报告，附件 3 JUAS COE], p 1-5.
7. JP 3-01, Countering Air and Missile Threats, [JP 3-01：反空中和导弹威胁], 05 Feb 2007, p IV-1.
8. Matt Neuenswander, United States Air Force After Action Report for Earth, Wind, and Fire 2009, [美国空军关于地球风火 2009 年作战实验的总结报告], Prepared for US Army Fires Battle Lab, 1 Oct 2009, p18.
9. 见注释 8，第 II-1 页。
10. 见注释 8，第 III-16 页。
11. 见注释 8，第 xvii 页。
12. 见注释 10，第 6-10 页。
13. 见注释 10，第 8 页。
14. 见注释 8，第 I-1 页。
15. JP 3-09.3, Close Air Support, [JP 3-09.3：近距离空中支援], 08 Jul 2009, p 2-6.
16. 联合空地一体化小组（JAGIC）是一个概念，它加强联合协作努力，排解陆空联合资源在空域中的冲突。根据设想，此小组建立在陆军师级战术作战中心之内，JAGIC 为指挥官提供以实时或接近实时方式在师级战区空域协调、排解空域冲突和控制三维作战的能力。JAGIC 概念将来自陆空两军种部队的决策权限放置于同一位置，以获得最高水平的态势感知。为了支持行动指挥官的作战概念，JAGIC 以合作和更有效的方式执行任务，并降低最低层级面对的风险。
17. Air Force Command and Control Integration Center, Joint Air Ground Integration Cell Concept of Employment, [联合空地整合小组使用概念], 8 Aug 2011, p 6.
18. Joint Unmanned Aircraft System Center of Excellence, United States Air Force After Action Report for Earth, Wind, and Fire 2009, [美国空军关于地球风火 2009 年作战实验的总结报告], Prepared for US Army Fires Battle Lab, 1 Oct 2009, Annex 3, p 4.
19. 见注释 10，第 19 页。
20. 见注释 10，第 11 页。

大卫·M·纽文达，美国空军退役上校（Col David M. Neuenswander, USAF, Retired），现任李梅空军作战准则编写教育中心联合一体化部主任，兼任派驻堪萨斯州莱文沃思堡陆军训练与条令司令部及联合武器中心的空军准则高级代表。纽文达上校是美国空军军官学院、空军指挥参谋学院、空军战争学院及高级军事研究学院研究班的毕业生。他飞行过 A-10 和 F-16 战机，指挥过一支战斗机中队和一支参战空中远征大队，并担任空军空地作战学校司令官，拥有参加伊拉克和阿富汗战区作战行动的经验。

对网战自适调指挥控制结构设计的几点指导意见

Guidelines to Design Adaptive Command and Control Structures for Cyberspace Operations

杰弗里·B·赫基，美国空军退役中校（Lt Col Jeffrey B. Hukill, USAF, Retired）

网空作战与其它形式的军事行动一样，需依赖有效的指挥与控制（指挥控制），才能在未来动态多变的作战环境中取胜。[1] 对未来军事作战环境的性质，一种虽不尽然但获得认可的共识是，在未来 25 年中，军队将面对一系列威胁和机遇的挑战，这些挑战将涉及从正规 / 非正规战争、危机地区救援 / 重建、以及全球公域协作互动在内的各种军事行动。[2] 在应对这些威胁与机遇的过程中，联合部队司令官必须在高度整合的、网络化和分布化的环境中开展行动。由于这些行动经常兼具军事和民事的双重目的，要取得成功，就必须整合所有政府机构、军种、联盟伙伴的行动能力。这样的整合，凸显出构建网战自适调指挥控制结构的必要性，这种结构必须立足于统一行动，以追求统一的效果。[3] 司令官在设计自适调指挥控制结构时，需把握两个关键要素：一是清楚了解对此结构预期的最终状态或目标，二是确定可能影响最终设计的主要变量。这两个要素是从一项深入研究指挥控制的课题研究中被归纳出来的，位于阿拉巴马州马克斯韦尔空军基地的美国空军研究所在空军参谋长指示下主持了这项课题研究。[4] 空军研究所的研究结论适用于所有形式的军事行动能力，故而本文虽仅着重讨论网空作战，亦当摘取此研究中对指挥控制的指导意见。

网战自适调指挥控制结构设计的目的

负责指挥控制课题的研究人员分析了近期以来美军开展的各种军事行动及人道救援行动，认为未来 25 年的作战环境性质应与目前基本相似。[5] 研究指出，发展网战自适调指挥控制结构需要体现以下特征：坚持统一努力和统一指挥，把指挥控制职能整合到合理的最低层级，注重发展敏捷性，以及加快行动速度。这些特征综合起来，就是对自适调网战指挥控制设计之预期最终状态或主要目标的准确描述。换言之，网战自适调指挥控制设计所追求的主要目标是，通过将指挥控制职能整合到合理最低层级来确保统一努力，提高作战敏捷性和速度，实现预期作战效果。[6]

所谓统一努力，要求所有参与者，即使隶属不同司令部或组织，都能为共同目标而保持协调与合作。在现今军事行动领域的大多数任务过程中，指挥官都需要整合属于不同军种、不同机构、国家、政府及非政府伙伴的网空行动能力。有些人认为这种相互依赖性有风险，因为行动的成功要依靠某些指挥官也许无法直接控制的能力。然而，支持各种军事行动需要众多不同的能力，网战部队的规模与结构可能无法应对，故而依赖外界力量成为必须接受的现实。指挥官不需要“拥有或控制”伙伴的资产来保证对这些能力的使用。自适调指挥控制结构必须通过所有作战伙伴之间基于互信的横向合作来产生合力优势，而不只是简单地强调军事指挥结构中典型的传统垂直指挥关系。伙伴之间缺少信任致使各方都希望“拥有”作战所需的所有资产；这种愿望进一步导致过度的控制，也阻碍合力作用。网战指挥控制结构在设计上若能强调统一努力，将能促成“一个团队

一条心”的作战思维，并能有效利用更大范围的行动能力。[7]

网战指挥控制设计的另一个重要目标，是生成指挥官所需的最大程度的敏捷性和速度，从而比对手更迅速地决策和行动。把网战指挥控制职能分散到有能力整合运用作战资产的最低适当层级，是提高指挥官迅速行动能力的最佳途径。指挥控制如果不适当的过于集中化，可能损害敏捷性和将士的主观能动性，最终导致行动失败。但为确保指挥控制职能的分散和下放发挥效用，指挥官必须给出明确的指导、意图和优先顺序，必须把握风险的可接受程度，必须把恰当的权限下放给恰当的责任层级。此外，指挥关系若能推动伙伴之间有效的横向合作，当能提高行动的敏捷性和速度。[8]

实现网战自适调指挥控制设计目标的最大挑战，在于确定哪一级是具备作战资产整合能力的最低适当层级。换言之，为了达到统一努力、敏捷和快速行动的目标，怎样平衡指挥控制结构中的集中与分散才算合理？网战自适调指挥控制结构的具体设计，将随实际作战行动的不同而互异。但最有效的指挥控制设计，是能根据作战行动的实际变化而自我调整。指挥官必须明白是什么原因引起这些变化，或者说是什么原因影响了指挥控制的基本要素。

影响网战指挥控制结构设计的变量

大卫·艾伯茨（David Alberts）和理查·海因斯（Richard Hayes）在其专著《放权周边：信息时代的指挥与控制》中，描述了设计任何指挥控制结构时要考虑的三个基本要素。[9] 它们是:决策权分配、信息分发、互动形式。决策权分配包括：赋予指定人员在可能选项中作决定的权力和责任，用指挥关系来明确界定指挥官的决策权和职责。互动形式说明哪些人之间需要互动交流（例如指挥官、参谋人员、雇员等）、他们如何互动（例如面谈或通过视频电话会议的方式）、互动过程中产生了什么（例如决策、建议、态势感知等）。信息分发是使用各种分享信息的方式和手段把信息传达到参与行动的所有伙伴。它包括与各军种、联合部队、联盟伙伴、其它政府/非政府机构之间的信息分享。

艾伯茨和海因斯接着说：在完美条件下，为取得统一努力和理想的行动速度、从而实现网战自适调指挥控制主要目的的最有效途径，是分散决策，分发信息，并鼓励与最低组织层互动。[10] 然而在现实中，某些变量——共同变量与网空能力特有的变量——限制指挥控制的这三个基本要素完全分散化。

尽管有无数个变量会影响到指挥控制结构设计，但是，空军研究所主持的上述课题研究从一些战例中归纳出一些主要的共同变量，包括：作战行动的性质、可用资源、下属单位能力、信任与信心程度，以及政治风险。[11] 除了这些共同变量之外，网空资产的特殊能力，即速度、范围、灵活性、普用性等，也影响到指挥控制结构的设计。

所有这些变量的影响力度将随形势不同而各异。在确定网空能力的集中控制程度的过程中，联合部队各指挥官之间的关系总是表现为紧张。因此，设计指挥控制结构时，指挥官应该评估这些变量会如何影响作战行动。如果把共同变量和独特能力变量都转换成一系列提问，并借助以下叙述来回答这些提问，可为指挥官提供一种可行的方法，来找到设计网战自适调指挥控制结构的“技巧”。

作战行动的性质是什么？作战行动的性质有各种不同，要求上述三个基本要素之间的集中化构成不同的平衡。比如，战略网空攻击属于全球性行动，通常要求高度的集中化，才能明确指示任务的优先顺序，并在执行中进行调整。反之，如果是为支援分散战斗的地面部队而开展网空行动，那么应提高指挥控制的分散程度，让下层级部队保留一定的战术响应决策权，这样才更加有效。其它性质的作战行动，诸如计算机网络防御，将视具体情况调整集中化和分散化的平衡并从中受益。集中化的好处是能够指明总体优先顺序，分散化则促成执行中更快的行动节奏。[12]

可用资源能力相对于需求而言是否足够？用简单的供求法则作为重大的决定因素，可以确定网战指挥控制的基本要素之间的集中化适当程度。如果有充足的网空资产（包括装备和人员）来达成理想的效果，那么我们就能高度分散这些资产的指挥与控制。如果资源稀缺，势必要求指挥控制相对集中，才能排定各种需求的轻重缓急并确定资源的使用和分配。[13]

对高需求但供应有限的那些资产，需以集中化方式预先排定优先顺序，从而使获有分散决策权的决策人能根据实际执行情况迅速调整资产的使用。指挥官运用有效的排序权和程序,可发挥网空能力特有的速度、范围、灵活性及普用性等优势。例如，如果某个事件发生而需要在任务执行期间在战术层级进行调整，那么，低层级的控制节点就勿需等到上级的批准才开始改变网空通信计划或向其他组织发放有限的网空资产。做好相关能力的排序并明确传达给各方，将促进整合的分散化，从而提高行动速度。

下属单位有哪些能力？其它变量也可能允许更大程度地分散决策权、信息共享和上下互动，但是相关单位可能缺乏必备的能力，无法行使这种形式的指挥控制。相关单位要成功行使指挥控制职能，必须具备妥善的组织、训练和装备——这一过程要求对单位的决策权类型做出明确的指示，还需要该单位具备适当的通讯基础设施，以开展有效的上下互动和信息共享。

伙伴之间的信任与信心度如何，可以改进吗？一般来说，指挥官、部属和伙伴之间的信心与信任程度越高，就越有可能分散基本的网战指挥控制元素。有了信任，就能树立对他人的信心。对他人的能力和行动表现出信心，就愿意授予他人决策权并与之分享信息。信任通过互动而建立，伙伴必须通过互动而有计划地培养并不断加强信任感。设计网空作战指挥控制结构时，必须要懂得，信任始于共同的经历和面对面的互动。但信心和信任也容易消失，因此当面交往而非虚拟交往，更能建立持久的信心和信任，建立之后还需小心呵护,因为一旦失去,再难恢复。

会有什么政治风险？一般来说，指挥控制结构应能允许前线指挥官在现场迅速做出决定，尤其是在执行复杂、疾速展开的作战行动期间。然而，指挥官和参谋班子制定作战计划时，政治方面的考虑可能要求更集中的指挥控制结构。例如，潜在的附带损伤可能会引起重大的政治担忧；或者使用网空武器创造战略级效果就很可能会要求集中化指挥与控制。我们应尽量避免这种过度集中化的情况。现代信息技术的方便性，诱使指挥官动辄行使集中指挥和控制，即便某些行动不适合这种过度的控制。事实上，虽然现代技术迅猛发展，但在一场包含可能同时发生众多交战、覆盖大作战区域的行动中，任何

个人都难以做到保持完全的态势感知。高级指挥官必须在总体战役的执行和必要的战术灵活性之间把握好平衡。在决策权、信息交流和互动方面做好集中与分散的均衡，将有助于下属层级更好地支持指挥官的意图，并达成战役目标。[14]

为了充分利用网空能力的速度、范围、灵活性和普用性，权力应该授予哪一级编制，又应该在哪个层级进行规划与执行？网空能力独特，需要在指挥控制设计中做特别的考虑。网空的独特能力体现在速度、范围、灵活性和普用性，要求以更集中的方式来制定决策、分发信息和互动交流。[15] 集中指挥和控制，能更好地协调并整合全球、战区和子战区的行动，管理高需求的稀缺资产，进行实时任务再分派，产生从战略级到战术级的同时效果，因此是理想的方式。指挥官运用这种集中指挥控制方式，可迅速应对作战环境中出现的变化，并把握住稍纵即逝的机会。在此过程中，指挥官一方面希望集中把握指挥控制权以发挥网空的独特能力，另一方面也不可忽视指挥控制设计中的其他变量，如何做好两者之间的平衡是指挥官必须解决的挑战。做好此平衡，将能整合最低适当层级的主观能动性，形成统一努力，发扬灵活性和速度，实现预期的行动效果。

结语

必须精心设计一个能优化指挥、策划、运用网空能力的指挥控制结构，来支持能实现联合部队司令官整体目标的作战行动，最终支持国家的安全利益。随着作战环境的演变，现代军事行动为求有效和制胜，已越来越多地表现为联合和联盟作战、分散、复杂、激烈和全球化。这些情况要求对网空能力采用自适调指挥控制，让最合适的层级获得决策权限。下放决策权、实行信息共享，鼓励指挥官与有能力整合作战资产的最低合适层级人员进行互动交流，就能创造作战敏捷性，把握利用网空这种动态环境中的机遇。若能了解共同变量对指挥控制结构设计的影响，围绕如何最大程度利用网空的独特能力而做好各种变量之间的平衡，指挥官就能确定属下最低的合适层级，向其分散决策权，与之分享信息和互动。有时候，最低层是指国家指挥层。也有时候，为求高效作战，拥有决策权的指挥官必须亲自上阵，把握必要信息，与最高指挥官之下的各层互动，包括那些能提供最佳控制跨度、统一指挥和战术灵活性的个人。还有些作战行动需要把作战策划人员和控制单元派送到伙伴部队的合适层级，使他们具有信息访问权和决策权。总之，牢记自适调指挥控制的根本目标，根据具体作战行动的性质理解共同能力和网空独特能力的影响，就能做好灵活控制，把决策权分发给合适的最低层级，与其分享信息和互动，对网空能力实施有效的指挥控制和运用。♣

注释:

1. 在本文中，“网空作战”和“指挥与控制”这两个术语是依据美军联合作战准则中的定义。网空作战的定义是：“运用网空能力开展行动，其首要目的是在网空中或通过网空达成目标。”指挥与控制的定义是：“获正当授权的指挥官对所属部队和配属部队行使权力和指示以完成任务。指挥与控制职能的行使，是通过指挥官为完成任务在计划、指挥、协调、控制兵力与行动方面对人员、装备、通信、设施、程序等所作的一系列安排。”参看 Joint Publication (JP) 1-02, Department of Defense Dictionary of Military and Associated Terms, [联合作战准则 JP 1-02：国防部军语词典], 8 November 2010 (as amended through 15 July 2012), 56, 80, http://www.dtic.mil/doctrine/new_pubs/jp1_02.pdf.

2. 有许多文件讨论未来的军事作战环境，各种讨论的要点被一部文件所归纳。此文件虽从美国的视角看问题，但其中描述的情况可为许多国家借鉴。此文件见 United States Joint Forces Command, The Joint Operating Environment, 2010 [联合作战环境 2010], (Suffolk, VA: Joint Futures Group [J59], United States Joint Forces Command, 18 February 2010), 4, http://www.jfcom.mil/newslink/storyarchive/2010/JOE_2010_o.pdf.

3. 统一努力的定义是："为共同目标而进行协调与合作，即使参与者不一定隶属同一司令部或组织，它是成功的统一行动的结果。统一行动的定义是："把政府和非政府机构的行动与军事行动进行同步、协调、和 / 或整合，以实现统一努力。"参看 Joint Publication (JP) 1, Doctrine for the Armed Forces of the United States [JP 1：美国武装部队作战准则], 2 May 2007, incorporating change 1, 20 March 2009, GL-11.

4. Research Paper 2012-5, Air Force Command and Control: The need for Increased Adaptability [空军指挥与控制需要提高自适应能力], Air Force Research Institute, Air University Press, Maxwell AFB, Alabama, July 2012.

5. 此研究课题选择的战例包括："联盟力量"行动、"伊拉克自由"行动的主要战斗阶段和非正规战阶段、"持久自由"行动的主要战斗阶段和非正规战阶段、"卡特里娜"飓风救灾行动等。

6. 大量的经验总结文献都强调这个观点，其中包括 United States Joint Forces Command, Joint Operations: Insights and Best Practices [联合作战：观察和最佳实践], 3rd ed. (Suffolk, VA: Joint Training Division, Joint Warfighting Center, United States Joint Forces Command, 12 January 2011), 6, https://jko.harmonieweb.org/coi/JointTrainingDivision/Documents/Insights_3rd_edition_Jan_12_2011.pdf.

7. 同上，第 6、24 页。

8. 同上，第 6、20 页。

9. David S. Alberts and Richard E. Hayes, Power to the Edge: Command and Control in the Information Age [放权周边：信息时代的指挥与控制], (Washington, DC: Command and Control Research Program, 2003), 75.

10. 同上。

11. 这些共同变量及其影响是通过对以下战例的分析总结出来的："联盟力量"行动、"伊拉克自由"行动的主要战斗阶段和非正规战阶段、"持久自由"行动的主要战斗阶段和非正规战阶段、"卡特里娜"飓风救灾行动、太空行动、以及其它来源，包括 Lt Col Clint Hinote, Centralized Control and Decentralized Execution: A Catchphrase in Crisis? [集中控制和分散执行：危机中的时兴语 ?], Research Paper 2009-1 (Maxwell AFB, AL: Air Force Research Institute, March 2009), 59-64, http://aupress.au.af.mil/digital/pdf/paper/Hinote_centralized_control_and_decentralized_execution.pdf; AFDD 1, Air Force Basic Doctrine, Organization, and Command [空军作战准则 AFDD 1：空军基本作战准则、组织和指挥], 14 October 2011, chaps. 2-5, http://www.e-publishing.af.mil/shared/media/epubs/AFDD1.pdf; 以及 United States Joint Forces Command, Joint Operations [联合作战], 17.

12. 见注释 11 中 Hinote 文"集中控制和分散执行"，第 59-60 页。

13. 见注释 11 中 Hinote 文"集中控制和分散执行"，第 61 页 .

14. 见注释 11 中 AFDD 1《空军基本作战准则、组织和指挥》，第 39 页。

15. 关于这每一个独特特征的详细描述，参看注释 11 中 AFDD 1《空军基本作战准则、组织和指挥》中第四、五章；以及 AFDD2, Operations and Organization [空军作战准则 AFDD 2：行动和组织], 3 April 2007, chaps. 1 and 2, http://www.e-publishing.af.mil/shared/media/epubs/AFDD2.pdf.

杰弗里·赫基，美国空军退役中校（Lt Col Jeffrey B. Hukill, USAF, Ret.），Norwich 大学理学士，Gonzaga 大学工商管理硕士，Auburn 大学理科硕士，现在阿拉巴马州马克斯韦尔空军基地的李梅作战准则编写教育中心再次担任高级军事防务分析员，从事有关空天力量若干问题的教学与写作。此前数年已在该准则编写中心工作过一段时间，随后调到同基地的空军研究所研究部任课题组长，研究重点包括空地作战一体化、空军准则与效基作战。赫基中校在空军现役部队服务 22 年，担任过作战、指挥及教育职务，包括战略训练场地安装指挥官、空军指挥参谋学院战争理论与空天力量研究系主任和远程教育系主任，以及 B-52G 电子作战官 。著述见于《武装力量杂志》、《联合部队季刊》、《防务分析》及空军大学出版社多种刊物。

F-22 采购计划始末及其对美国空军汰换战斗机群的影响

The F-22 Acquisition Program: Consequences for the US Air Force's Fighter Fleet

克里斯托弗·J·尼米，美国空军中校（Lt Col Christopher J. Niemi, USAF）

美国空军当前服役的战斗机中，大部分是购于二十世纪八十年代的 F-15、F-16 和 A-10。在那十年间，空军的战斗机实力相当于 36 个战斗机联队，机龄平均约为 10 年。此后，可部署的战斗机数目持续减少，2010 年《四年防务评估》确定的需求量约为 16-17 个战斗机联队。[1] 此外，从九十年代早期起，空军采购的新战斗机数量非常有限，造成战斗机机群的平均年龄持续增长。F-22 的采购缓解了机群老化的速度但没有停止这一趋势（图 1）。到 2011 年时，战斗机的平均机龄为 21.3 年。[2]

更值得注意的是，战斗机计划服役年限“已耗”部分的相应比例显著提高（图 2）。到 2009 年时，机群中有 80% 的飞机已经用掉了超过 50% 的计划服役期。显然，空军战斗机机群正在衰老。

ATF = 先进战术战斗机
EMD = 工程设计 / 制造 / 发展阶段
IOC = 初始作战能力
APUC = 平均生产单价
RDT&E = 总研究 / 发 / 测试 / 评估费用

战斗机总数的持续减少恰好与 F-22 的研发和采购同期发生。最初，空军打算购置 750 架 F-22，主要准备替换八十年代购买的 F-15 制空战斗机。就在 2008 年，当时的空

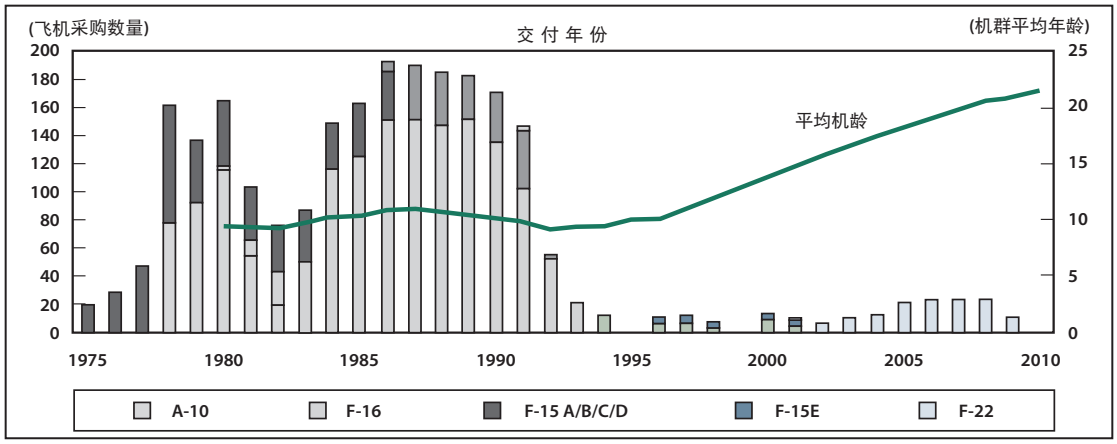


图 1：空军现有战斗机总数，按交付年份列出。（资料来源：Congressional Budget Office, Alternatives for Modernizing U.S. Fighter Forces [美国战斗机部队现代化的几种选择方案], [Washington, DC: Congressional Budget Office, May 2009], 9, http://www.cbo.gov/sites/default/files/cbofiles/ftpdocs/101xx/doc10113/05-13-fighterforces.pdf.）

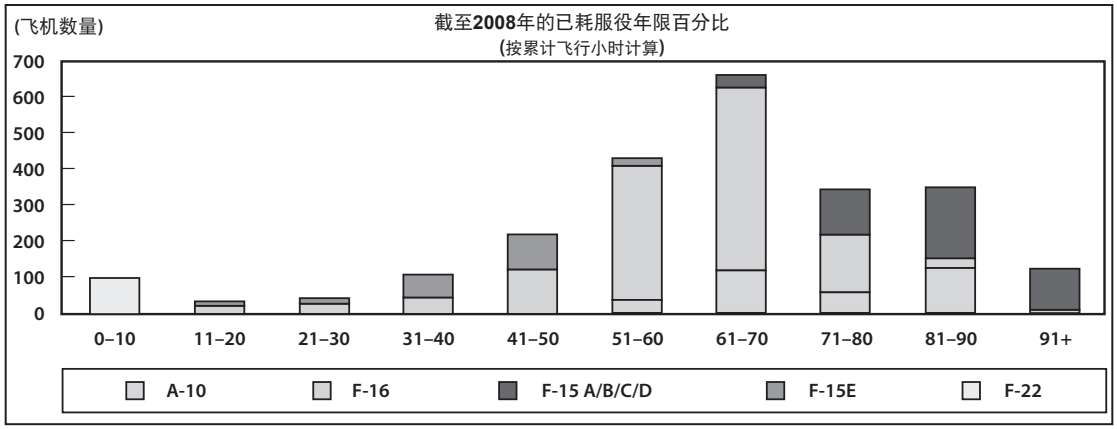


图 2：空军现有战斗机总数，按已耗服役年限百分比排列。（资料来源同图 1）

军参谋长迈克尔·莫斯利还声明：空军至少需要 381 架 F-22 才能满足作战需求。[3] 然而此后不久，前国防部长罗伯特·盖茨在 2009 年宣布：F-22 的生产将停止在 187 架。[4]

本文以盖茨部长的决定为背景，检视 F-22 采购计划的前因后果，以求回答两个问题。第一：既然空军明确需要汰换其战斗机机群，为什么最终只采购了 F-22 原计划的 25%? 第二：假如空军在 F-22 研发期间做出了其它决定，本来是否可以达成更好的结果？最后，本文以空军的 F-22 采购经历为鉴，简要探讨当前战斗机采购计划的经验教训。

F-22 计划的历史

最初，空军提出的是先进战术战斗机（ATF）研发计划，旨在对付冷战时期来自苏联的一种威胁。ATF 的使命是夺取空中优势，包括发现并摧毁敌人的高优先截击机、防区外干扰机、大型进攻性攻击编队等。[5] 该研发计划没有要求这款飞机配置空对地攻击、侦察或其他“多功能”。二十世纪八十年代，苏联武器尤其是米格 -29 和苏 -27 飞机的发展，严重影响了 ATF 的设计。苏联的这两款飞机比 F-15 晚十年左右，其气动性能与后者相似，而航电和远程武器系统不如后者。尽管如此，苏联的飞机技术发展令美国空军领导人担心 F-15 的决定性制空优势正逐渐消失，他们希望通过 ATF 计划保持对苏联的技术优势，凭此技术优势挫败苏联的数量优势，而将己方损失控制在可接受的范围内。[6]

在概念构思阶段，有七家公司向空军投标。空军尔后决定增加一个演示 / 评估阶段，让两家组合合同商使用全尺寸样机在飞行试验中竞赛，空军选定洛克希德·马丁（洛马）公司和诺思罗普·格鲁曼（诺格）公司分别牵头组织团队研发 YF-22 和 YF-23。1991 年，空军部长唐纳德·莱斯宣布：虽然两种设计都达到了要求，但洛马的方案更胜一筹，因为它“以更低成本提供更优能力”。[7] 空军认为洛马 / 波音 / 通用动力组成的团队比诺格 / 麦道组成的团队更有可能信守承诺，后一组由于 B-2 问题和 A-12 的取消而声誉受损。[8] 于是，ATF 演变成洛马研制的 F-22。

演示 / 评估阶段在 1991 年进展到工程设计 / 制造 / 发展（EMD）阶段。当时空军曾预计：新战斗机将在十年以后的 2001 年达到

初始作战能力(IOC)。[9] 空军最初打算用 F-22 来替换大约 790 架 F-15 制空战斗机，但在冷战后初期的预算削减压力下，于 1991 年决定将生产计划从 750 架减到 647 架。[10] 当时，空军估计此计划总成本为“当年美元值”的 991 亿美元。[11] 这其中有 195 亿美元指定用于研发（包括演示 / 评估期间已经花掉的 37 亿美元）。[12] 剩余的 796 亿美元用于生产，即平均生产单价（APUC）为 1.228 亿美元。[13]

EMD 阶段前期

二十世纪九十年代早期，对冷战后“和平红利”的期盼，使国防部的整体预算处于越来越大的压力之下。到 1997 财年时，国防部预算已经从 1985 财年的高峰值减少了 38%,预算中的采购份额也同时缩减了 2/3(都按恒定年美元计算)。[14] 预算的紧缩对 F-22 的研发造成了极其困难的环境。

空军在冷战之后采取保持优势战略，准备以牺牲兵力结构来保存其战机现代化计划。[15] 为实施此战略，需要减少 40% 以上的现役人数，因此在 1987 到 2000 财年期间，空军兵员从 602,582 人减少到 351,375 人；同时，空军大刀阔斧地退役了 F-4、F-111 和 A-7 等陈旧战术飞机。[16] 其结果，到 1993 年时，空军兵力结构已经从相当于 36 个战斗机联队的规模减少到 27 个，远远超过即将卸任的老布什政府对基本武装力量所确定的冷战后缩编幅度。[17] 然而，接任的克林顿政府决心减少不断攀升的联邦财政赤字，上任伊始，便策划军队第二轮重大重组。

空军当时认为，为多项战术飞机研发计划同时拨款可能难以如愿。[18] 另外，空军高层领导人大力支持 F-22，比如，九十年代初期的战术空军司令部司令（也是 1981 年 ATF 最初需求陈述文件的撰写人）迈克尔•罗上将，在其整个军旅生涯中“一直密切参与 ATF 计划。”[19] 当时的空军参谋长麦瑞尔・麦克皮克上将于 1994 年宣称，对整个空军而言，F-22“可能是唯一最重要的［采购］计划。”[20] 退休后，他继续为采购更多 F-22 奔走和作证。在 F-22 获得如此普遍支持的环境中，其它研发计划，如 A/F-X（空军和海军联合打击战斗机）和多功能战斗机（F-16 的替代机）都在所谓的“摸底审查”协商中为 F-22 让路而被砍掉。[21] F-22 计划硕果仅存，但要求这款飞机增加性能。

国防部采购副部长约翰・杜奇起初对 F-22 计划举棋不定。他主张这款飞机从第一批开始就增加空对地打击能力，最终可替换 F-117。[22] 空军对此作出响应，同意扩大 F-22 的能力，正式要求纳入有限的空对地打击功能，此前空军对这项功能已经有所考虑。修改后的 F-22 设计在内置武器舱中安装了两套由全球定位系统导引的 1,000 磅联合直接攻击武器。洛马公司添加了这个“附加”能力，也将造价适度提高了 650 万美元。[23] 空军有史以来第一次为了增加空对空以外的其它能力而修改了 F-22 的设计。

“摸底审查”报告在 1993 年发布，把空军的战斗机力量进一步缩减到相当于 20 个战斗机联队的规模。[24] 原计划的 F-22 生产数量也减少到了 442 架，削减幅度与瘦身后的新兵力结构基本成比例。空军虽然有些失望，但也如释重负，毕竟 F-22 计划的 IOC 日期不会再进一步拖到 2003 年以后（自 1991 年起，已经延后两年）。[25]

我们面临什么威胁？

自 F-22 计划开始以来，针对它的主要批评，是冷战后的威胁环境无法证明 F-22 计划费用的合理性。1993 年的“摸底审查”报告

明确了冷战后国防部的责任：慑阻区域性重大冲突、维持海外存在、进行小规模干涉行动、防止大规模杀伤性武器的使用。[26] 而空军高层领导人则继续将关注重心落在应对未来的高端空中威胁，认为尽管俄罗斯不太可能对美国造成直接威胁，但它的先进飞机（连同甚至是法国“阵风”战斗机等西方国家的研发计划）仍然使我们有正当理由来继续推进 F-22 计划。[27] 此外，麦克皮克将军立下了对空军后来二十年采购政策影响深远的隐形战机制造决心：“我们在建设未来的空军作战部队时，隐身性和打击精确性必须是头等要求。”[28] 他向国会提供的证词为 F-22 做了貌似最正当的辩护，他指出 F-15C 的替换机必须保持在敌方领空作战的能力：“如果我们想保卫美国空域，F-15 已能胜任。但是我无法知道 2010 年我们将不得不飞往何处作战。我可以确定的是：我想在**敌人的**头顶——而不是在自己**同胞的**上空——作战，这就是空中优势对于我们的意义，这也是为什么我们真正需要 F-22。”（粗体强调来自原文）[29] 麦克皮克将军还争辩说，我们同样需要 F-22 来对付较低威胁的环境，他指出：波斯尼亚空中行动也证明了需要这款战机的合理性，尽管飞行员在那里没有遭遇高端威胁。[30] 空军对 F-22 的支持始终不渝且齐心协力，但是仍然不能令人信服。

1993 年 12 月，国家审计总局向国会呈交了一份有关 F-22 计划的机密报告。随后在 1994 年初公布了一个非保密版本，其中并附有公众证词。[31] 该报告评定，和可能的对手战机相比，F-15 在五类性能——飞行性能、雷达、远程导弹、近程导弹、航程——的四类中占据优势。报告还分析了可能挑战美军空中优势而构成空中威胁的七个国家的情况，判定这些国家（中国除外）的空军各自拥有 188 到 460 架战斗机，其数量远远少于美国当时服役的 F-15 制空飞机；进一步看，他们的这些飞机中真正能在性能上与 F-15 抗衡的先进战斗机屈指可数。报告最后预测：先进战斗机的高成本很可能阻碍这些国家这些飞机的数量激增。简言之，国家审计总局的报告承认 F-22 能显著提高美国的空中优势能力，但认为 F-15 能充分满足至少到 2014 年之前的制空需要。基于这个评估，它建议空军把 F-22 的 IOC 日期推迟七年。

空军激烈反驳国家审计总局的报告，抗辩说该报告低估了对手威胁，而高估了 F-15 的能力。空军自己的分析表明：应对未来威胁时，F-15 在“航程”和“近程导弹”方面处于劣势，在“雷达”和“远程导弹”方面旗鼓相当，仅在“飞行性能”方面保持优势。具有讽刺意味的是，目前的 F-22 并没有在空军认定的 F-15 的两个弱项上取得改进。[32] 尽管如此，空军加强了对 F-22 的论证，通过数千次模拟来演示 F-15 对抗多用途前线战斗机（一个前苏联从来没有投入生产的发展项目）的情景。依照“摸底审查”报告提出的同时参与两场区域性重大冲突的要求，空军的模型设计是用两架 F-15 对抗 8 架多用途前线战斗机，推演结果是，F-22 将在七天内建立空中优势，而 F-15 则需要 22-25 天——并且是在遭遇了比 F-22 高 4.8 倍的损失之后。[33] 实际上，空军是根据自己对未来威胁的设想来为 F-22 辩护，而没有回答国家审计总局的基本观点，即空军的对未来威胁的假设不可信。

1997 年《四年防务评估》

仅在“摸底审查”报告一年后，F-22 计划再次受到压力。国防部副部长杜奇于 1994 年 8 月 18 日向各军种发送备忘录，要求对

数项重大采购计划进行审核。杜奇自己注意到：威胁的降低使 F-22 计划更难成立。[34] 他让空军考虑将 F-22 生产推迟四年的可能性。[35] 不久之后，洛马公司成立了一个“衍生机型团队”来探索如何进一步拓宽 F-22 的任务能力。[36] 该团队构思了一款能压制敌防空火力的衍生机（为 F-16 Block 50/52 提供后续能力）和一款能深入敌方领空收集电子发射信号的电子监视衍生机。然而，这两个衍生版本一直停留在制图板上，设计团队也在 1997 年解散，重新回到原设计版本。[37]

尽管如此，空军还是感到了更大压力，它必须证明 F-22 能满足更多的要求。一位匿名国会人士说：“我希望空军已准备好展示更完善的新战机版本。”[38] 空军意识到，重大的设计修改将使飞机造价突破可接受的水平，因此着手调整基础版本的 F-22 来增加其他任务能力。比如，《航空周刊与空间技术》报道说：F-22 将“收集和截听电子信号，由此为海军“战斧”巡航导弹或陆军火箭炮弹精确打击指示敌方指挥所的位置。”而且，空军官员暗示了一种类似 RC-135“铆接”侦察机的战略电子情报收集能力。[39] 然而，这些能力不是 F-22 设计标准的一部分，目前部署的 F-22 不能有效地执行这些任务。[40]

还有更多例子表明空军为 F-22 计划所做出的大量努力。例如，一位匿名空军官员指出：F-22“可与机外来源良好连接，具有一个能独立收集大量信息的传感器套件，外加一个电子扫描雷达，该雷达对雷达横切面小的巡航导弹和多种导弹组合具有良好的敏感性。”[41] 但事实上，升级后的 F-15C 在这些方面与 F-22 不相上下，或者更胜一筹（F-22 只在传感器套件上明显优越）。再者，此辩说忽视了两个方面，一是没有提及 F-22 的最大优势（隐形），二是没有提及 F-15C 升级版在 F-22 的 IOC 日期数年之前就可面世且成本低得多。[42] 在另一个例子中，罗纳德·福格尔曼将军在为 F-22 的 442 架需求量辩护时声称，在未来的地面战争中，它将使领土损失减少 18%，地面伤亡减少 28%，装甲部队损失减少 15%，只是这些辩说没有经得起伊拉克、阿富汗和利比亚战争的考验，大打了折扣。[43]

不顾空军的反对，1997 年 5 月的《四年防务评估》把 F-22 的生产计划进一步强制压缩到 339 架。文件指出：先前的缩减反映了军队的整体裁减，这次把 F-22 压缩到 339 架，则是“考虑到 F-22 的能力远胜于 F-15，国家的整体采购能力不足，以及需与兵力结构的决定相一致。”[44] 空军唯一感到的欣慰是，此文件“承诺支持两个 F-22 攻击机联队的生产数量，”意味着能把 F-22 的生产总数恢复到 400-500 架 — 但该承诺始终没有兑现。[45]

EMD 阶段后期

到 1996 年时，计划成本飙升迫使空军部负责采购的助理部长特许设立了一个联合评估小组，旨在估算计划的未来费用并制定控制费用增长的措施。联合评估小组估计：EMD 阶段将耗资 185 亿美元（这个数字不包括演示 / 评估期间花费的 37 亿美元）。国会随后采用这个数字来确定 1998 年《国防授权法》中的 EMD 限额，并设定了一个 434 亿美元的生产限额。[46] 这对 F-22 计划而言是一个重大的转折点，即从需求驱动转为预算驱动。根据这个“量财力购买”的战略，数量减少所节省出的资金可用于补贴生产成本。[47] 空军和洛马公司的官员起初表现出信心，相信有能力在不减少数量的同时把成本控制在国会新设的限额之内。然而，费用继续上升。

紧随 1997 年的《四年防务评估》之后，空军开始实施新的部队部署结构。到 2000 年，所有可作战战斗机中队都被编入十支空天远征部队之中，这十支远征部队可以部署来满足威慑、应急或作战的需要。与此同时，空军也明显认识到，生产 339 架 F-22 的成本将远远超过 434 亿美元，必须采取新的采购战略，才能获得更多资金支援，以阻止飞机生产数量的逐渐减少。空天远征部队结构成了 F-22 架数需求的立论依据。空军的论证是：由于每支远征部队配备一个制空 F-15C 中队（每个中队有 24 架飞机），那么空军需要 10 个 F-22 作战中队。[48] 空军部长詹姆斯·罗奇后来确定，需要的确切数目为 381 架，这个总数包括训练、测试和补充损耗所需的飞机。[49] 在 F-22 的整个生产期间，远征部队的需求构成空军采购 F-22 的依据。

2001 年，小布什总统任命拉姆斯菲尔德为国防部长，并命令他改革国防部。新国防部长用“转型”一词，来概括国防部对后冷战时代中世界各种新型威胁所做的调整。在向众议院拨款委员会所做的早期证词中，他也阐明了装备延寿的需要：“‘战斧’巡航导弹计划和目前服役的 F-15、F-18、F-16 飞机都是二十世纪七十年代研制的……，九十年代起长期停购，导致军队现在难以为继。我们必须下定决心，改善现状，利及继任。”[50] 问题是哪些采购计划将被视为支持这次转型。上任伊始，拉氏似乎已对 F-22 计划表示怀疑；事实上，他在整个证词中只字未提空军的这项最高优先采购计划。

到 2004 年后期，拉姆斯菲尔德部长认定更多的 F-22 并不支持他的转型愿景，于是寻求更多的数量削减。成本的大幅超支，加上备受瞩目的空军采购部门高级官员达琳·杜云的采购丑闻，削弱了空军为该计划辩解的能力。[51] 在 2004 年后期，总统第 753 号预算指令砍掉了 2008 年以后的生产资金，实际上把 F-22 的生产终止在 183 架。[52] 此后，空军极力抗争五年之久，企图推翻这项决定，最后仅以增加 4 架 F-22 告终。

性能与成本

要了解 187 架 F-22 这个生产限额，我们必须进一步了解此飞机的性能与成本。简言之，F-22 的性能是否符合期望？如果符合，那么成本是多少？就性能而言，2004 年的初始运行测试和评估认定 F-22 有“压倒性优势。”[53] 空军分析家最近更强化了这个评估结论，认为在相类似的高威胁环境中，F-22 的胜负率要比 F-15、F-16 或 F/A-18 高达 30 倍。[54] 尽管四代机飞行员通常能在 50 英里或更远的距离用雷达“看到”非隐形战斗机，但他们通常无论是用雷达、肉眼或其它方式，都发现不了 F-22。今天的 F-22 明显体现出其原始设计的空对空优势，有力证明了在雷达称霸的现代空战环境中，隐形能带来巨大的优势。

而且，F-22 证明能在第四代战斗机根本无法生存的高威胁环境中进行空对地攻击。先进的地空导弹系统，诸如俄罗斯的 S-300（北约代码为 SA-10 和 SA-20），是这些环境中的决定性因素。S-300 与美国“爱国者”地空导弹类似，从 1980 年一直使用到现在。中东虽然目前还没有一个国家拥有 S-300 导弹，但伊朗已经表明兴趣，而且中国和俄罗斯都已大量部署这种导弹。此武器系统能从 100 英里以外攻击第四代战斗机。[55] 单独一个 S-300 导弹营就可能将 F-15E、F-16、F/A-18 却步于约 200 英里范围之外。[56] 改进型 S-400（北约代号为 SA-21）进一步提高了最大交战

距离。幸运的是，F-22 能隐身突破，在这些导弹系统的最大交战范围内有效地行动。[57]

然而，F-22 并非完美无缺，航程有限和维修要求高是两个最严重的缺陷。该飞机的最大航程稍高于 F-16，但比 F-15C 差得太远，而 F-22 原本是为替换 F-15 而设计的。[58] 这一事实引起三个重大后果：遂行作战需要更多空中加油机支援；只能有限突入敌方纵深领空；飞行员无法充分利用 F-22 的超音速巡航能力。在维护方面，该战机也比最初预期更困难。空军承认：F-22 的“雷达吸波金属蒙皮是造成维修困难的主要原因，还有其他意料之外的缺陷。”[59] 空军需要不间断地维修这些涂层，才能保证 F-22 处于战备状态，故而大幅增加了所需维修人员(和费用)。而且，在传统（与隐身性无关的）维护项目方面，初期情况表明，F-22 也比前代战斗机的费用高。不过随着维修人员增加经验，这个问题得到大幅改善。例如，2004 年的平均维修间隔时间为 0.97 飞行小时，但是对较新的 F-22，这项指标近来已提高到 3.22 个飞行小时。[60]

另一项重要考量和专业化要求相关。空空作战有许多非常高度的特殊要求，特别注重如何对抗高端空中威胁。因此 F-22 采纳了一些非常专业化的一体化航电结构设计，而今若要跟上不断出现的新需要而升级改造，其代价非常高昂。结果是，在某些作战环境中，F-22 的表现反而不如老式的第四代战斗机。例如在低威胁环境中，F-22 难以成为一种空对地作战平台，从来比不上 A-10、F-15E、F-16 或 F/A-18 等的空对地作战能力。这些老型机所适用的空对地攻击弹药种类要广得多，也更容易通过改造接纳新技术（例如新一代瞄准吊舱），通常航程更大及巡逻时间更长，而且购买成本和运行费用也更低。这些因素，加上阿富汗、伊拉克（从 2003 年以来）和利比亚战场都不存在任何空中威胁的现实，都使得 F-22 没有用武之地。鉴于空军没有往这些国家部署这款最新式战斗机，批评马上接踵而至，指称 F-22 无战可打，留之何用。

总之，F-22 的性能表现达到设计要求，大致满足期望。它是一款卓越的空对空战斗机，其隐身性、先进航电设备和机动性在现代战斗中优势毕显，其空对地攻击能力也相当强大。然而，F-22 执行这些任务的效能在很大程度上取决于对手的威胁。如果不存在依靠雷达的地面威胁，那么在执行空对地攻击任务时，它并不比老式第四代飞机更有优势。下一个问题要讨论为这些性能付出的成本。

F-22 采用了许多尖端技术。它是第一款拥有隐形、一体化航电、推力换向、超音速巡航的实战空对空战斗机。国会，尤其是众议院，从一开始就对 F-22 存有疑虑，因为议员们认为空军对“困难时期的拨款额度抱有极不现实的幻想。”[61] 到 1993 年时，国家审计总局、国会预算办公室、国防科学委员会等，都已经对国防部可能得到的估算拨款与其项目估算成本之间的缺口表示担忧。[62] 由于技术挑战和资金不稳定而引起的持续忧虑，迫使空军在 1993、1994、1996 和 1997 年重新调整 F-22 计划——而研发成本在同时期上涨了 50 亿美元。[63]

国会对空军控制计划成本的能力失去信心，于是在 1998 财年设定了费用封顶。最初规定这些限额时，国防部部长办公室成本分析改善组、联合估算组、空军、国会预算办公室等，都对计划研发成本达成基本共识，都估计 EMD 阶段的成本为 187 亿美元、研究 / 开发 / 测试 / 评估（RDT&E）阶段的总成

本约为 224 亿美元。[64] 然而几年后出现的未曾料到的技术问题，致使这四项独立的成本估算都落空。到 2007 年时，RDT&E 总成本膨胀到约 304 亿美元，超出 1998 财年国会限额约 36%，超出 EMD 阶段初期估算的 56%。[65]

如果说各方对研发费用的预测尚不离谱，1997 年估算的生产费用则差距巨大。空军对预期生产成本的估算最低，但仍比国会设定的 434 亿美元限额多数十亿。其他如国会预算办公室、国防部部长办公室联合估算组，以及联合估算组等，对生产成本的估算都更高；然而，所有部门的估算数无论多高，都被后来发生的实际成本所突破。[66] 笔者无法解释国会为什么把生产费用限定为 434 亿，这个限额即使在最佳情况下也不足支付 339 架 F-22 的生产。在 2009 财年，国会又把原来的 434 亿下调到 376 亿，因为实际通货膨胀率低于 1998 财年设立此限时的预测。[67] 到飞机生产将近结束时，整个估算表明，批量生产 179 架飞机（EMD 阶段的钱支付了 8 架符合生产标准的“试制”飞机）的总成本为 341 亿美元，约占 1998 财年国会所定的 339 架 F-22 拨款总额的 90%。最终，F-22 的平均生产单价为 1.916 亿美元，比 EMD 阶段最初计划的 1.228 亿美元高出 56%。[68]

本文通过图 3 将 F-22 的成本变化过程与其它战斗机研发计划相比较，展现在整个 EMD 阶段的项目成本增长情况（F-35 的这个过程尚需数年，因此还在继续增长之中）。该图也显示：尽管 F-22 的成本上涨可谓史无前例，但与其它尖端技术国防采购计划的上涨情况大致同步。例如，F-14 计划成本在其 EMD 阶段增长了 45%。[69] 而 F-35 计划从 EMD 阶段开始以来，整个 RDT&E 成本已经上涨了 58%，估算的生产单价也增长了 81%，已经超过 F-22 的成本增长总百分比。[70] 由于 F-35 的 EMD 过程还将持续多年，我们几乎可以肯定还会发生更多的研发问题（和成本上涨）。尽管如此，F-35 的计划生产迄今只稍微受到影响，因为空军、海军、海军陆战队（还有其他多个伙伴国家的军队）都迫切需要 F-35 来汰换和充实数千架老化的战斗

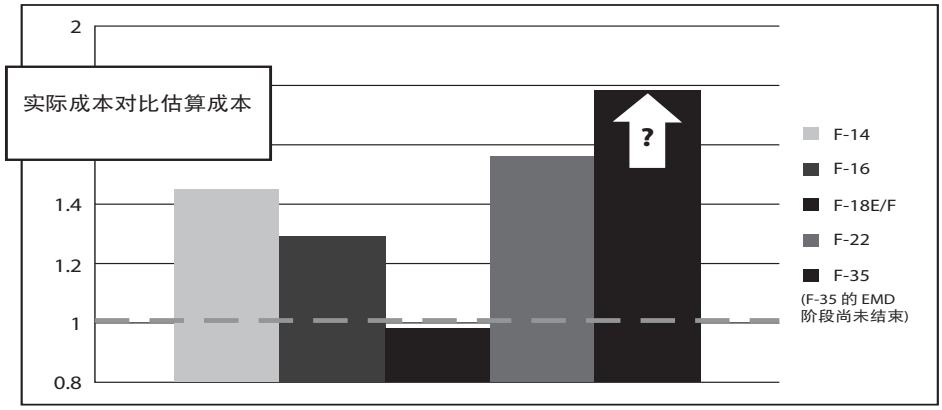


图 3：EMD 阶段的成本增长比较（F-14、F-16、F/A-18E/F 的成本数据取自 Obaid Younossi et al., Lessons Learned from the F/A-22 and F/A-18E/F Development Programs [从 F/A-22 和 F/A-18E/F 的研发计划中获取的经验教训], (Santa Monica, CA: RAND, 2005), 10, http://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/monographs/2005/RAND_MG276.pdf.

机。因此,F-22 的成本超限（尽管数额巨大），也不是缩减生产的主要因素。

为什么定在 187 架

当初，先进战术战斗机是针对一项具体的使命而设计的，这就是对抗苏联的先进战斗机。随着苏联的解体,这个威胁消失于无形，同时也削弱了空军基于威胁的辩说。然而空军继续强烈争辩，认为即使苏联解体之后俄罗斯的先进战斗机研制难以为继，但美国仍需依靠 F-22 来对抗各国数量众多的先进战斗机。只是，诸如伊拉克、北朝鲜或伊朗等潜在对手再难以购置到大量的先进空对空战斗机，事实如此，空军坚持上马 F-22 的依据再遭质疑。

在这种背景下，还有两个因素进一步削弱了空军的立场。第一，如前面的历史分析所述，空军领导人过于乐观地夸大了 F-22 的能力。他们的原意是想说服国会和国防部的怀疑论者相信 F-22 项目是理想的投资，但这些断言严重损害了空军的可信度，并最终限制了它为该计划辩护的能力。第二,空军（和洛马公司)屡次突破成本预算,计划一改再改，证明自己没有能力精确预测该计划的总成本或控制计划进度。到九十年代后期,这些因素，再加上空对空威胁微乎其微，使空军期待追加计划资金的希望更加渺茫。不过，F-22 还是获得了国会部分人的坚定支持，尤其是那些能从这项生产计划直接受益的州及地区的国会代表们的支持。国会最终在 1998 财年对此计划设定成本封顶，在不至于得罪这些有影响力选区的情况下限制 F-22 计划的总成本。

鉴于 F-22 的成本在继续攀升，2003 年的生产计划将飞机数量下降到 1998 财年设定的成本上限之下的 276 架。至此，以十支空天远征部队对战斗机数量的需要来作为立论的依据已经没有什么说服力，不会比其之前十年基于威胁的立论依据更有效。于是，国会设定的成本上限成为事实上的决策依据。显然，国会只要愿意，本来可以撤销这个封顶值（就像它曾在 2002 年废除研发成本上限一样），但国会没有支持提高飞机产量。空军竭力抗争，空军参谋长莫斯利将军和空军部长迈克尔·温为支持 F-22 计划不惜背水一战。结果二人被史无前例地同时解职，相信其对 F-22 计划的坚持是关键原因。[71]

总之，因为 F-22 飞机造价太高且过于专业化，空军仅仅获得了 187 架。这款飞机在 2005 年达到初始作战能力以后，原本可以随时执行战斗任务，但是在这些年的冲突中，美国偏偏不需要其独特的能力。F-22 自服役以来,仅用于威慑性部署和国土防卫截击——这些使命与其超群的威力和耗费根本不成比例。与此同时，F-15E、F-16、F/A-18、和 A-10 不断飞往伊拉克、阿富汗和利比亚参战，继续证明自身的实用价值。而且，F-15C 经过升级获得更先进的雷达、航电和武器系统，与潜在对手们目前部署的所有空对空平台相比，仍然具有竞争力。

虽然 F-22 已证明其卓越性能无与伦比，随着飞机的生产逐渐收尾，空军无法说服国会提升此计划拨款总额。图 4 展现飞机产量（1997 年《四年防务评估》之后）与研发费用的此消彼长关系，是以把总费用控制在 1998 财年设定的限额之下。最终，空军仅部署了 F-22 最初计划的 25%，甚至没有达到空军长期坚持的 381 架的半数。空军在未来的采购计划中必须考虑理论需求与实际生产数目之间的巨大差距。

其它可能的选择方案

F-22 采购计划在两个方面负面影响了战斗机机群的汰换过程。其一，187 架 F-22 不可能像最初计划那样充分替换 F-15 制空机队，亦即 F-15C 还需要继续服役许多年，协助 F-22 作战。[72] 其二，也是更重要的，空军在 F-22 采购期间推迟了其他多功能、近距离空中支援和压制敌防空火力战斗机的汰换。其结果，空军当今战斗机的平均机龄是历史标准的两倍，且今后许多年都不会部署数目可观的新战斗机。这种困境原本是否可以避免？空军错过了两个关键的机会。第一，空军原本可以推迟 F-22 的 EMD 阶段的开始日期，重新评估对先进战术战斗机的要求，并修改 F-22 的设计以扩展其能力。第二，空军本来可以购买更多的第四代飞机以缓解 F-35 的研发风险。

如果推迟 EMD 阶段的启动

空军 1991 年 8 月签出 F-22 飞机的 EMD 合同的时候，有两个世界事件已清楚表明，过于专业化的先进战术战斗机可能无所适用，需要重新考虑。第一个事件是在二十世纪八十年代后期，从波罗的海国家到高加索地区出现的所有症兆，都开始暴露苏联根基的破裂。1989 年 10 月，戈尔巴乔夫正式宣布不介入华沙条约国的政策，这些国家从此摆脱苏联的控制。当空军部长莱斯 1991 年 4 月宣布 YF-22 在演示 / 评估竞赛中获胜的时候，前苏维埃社会主义共和国联盟成员立陶宛、拉脱维亚和格鲁吉亚已经宣布独立。尽管苏联一直正式存在到 1991 年 12 月，但形势发展已经明确显示：作为美国必须保持空中优势的立论依据即假设的未来威胁正在瓦解。根据这些事件，国防部长切尼在 1990 年 1 月下令进行一次审查，旨在重新评估采购需求，也给予空军一个机会来针对冷战后的现实调整先进战术战斗机计划。然而，空军无动于衷，仍按原做法为该计划辩护。[73]

第二个事件，即 1991 年的海湾战争，代表美军四十年来的第一次集群作战。在此次常规军事冲突中，F-15C 在空对空战斗中

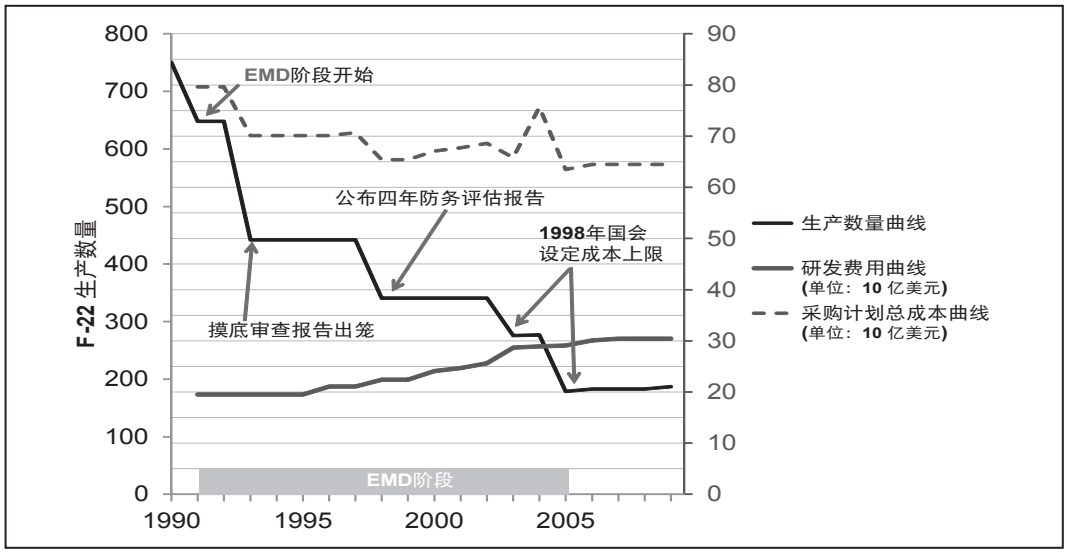


图 4：飞机产量和成本的此消彼长关系

取得 31:0 的非凡胜率。[74] 而且，这次胜利仅动用了美国空军制空战斗机总数的 28%。行动期间出动更多的是攻击机、多功能机和压制敌防空火力战斗机。[75] 尽管总体损失证明低于预期，但老一代伊拉克防空系统击落了美国空军的 13 架飞机，而空中威胁没有给空军造成任何飞机损失。[76] 这些事实本应该证明两个非常重要的现实：(1) 空军现有的空对空战斗机完全有能力满足近期制空需要，(2) 并非空中战斗机，而是基于地面的武器正成为美国未来攻击性空中行动的主要威胁。空军未能沿此思路总结经验，因此之后没有对需求做任何修改就在 1991 年 8 月签署了 EMD 合同。[77]

假如空军领导人当时认识到地空导弹系统正超过空对空威胁而成为未来空中行动的主要危险，那么他们本来可以更好地利用先进战术战斗机演示 / 评估的投资来加强对付诸如 S-300 等地面武器的能力。F-22 凭借隐身性在这些威胁环境中具备更好的生存性，但是它缺少对付这些威胁的强大空地打击能力。而且，其卓越无比的空对空能力（例如推力换向和某些特殊电子设备）本来可以省掉，以减少成本和重量。飞机航程本应得到更多重视，甚至可以为此牺牲超音速巡航。除联合直接攻击武器之外，空军本应该增加空地雷达、Link-16 数据链传输功能和红外目标锁定传感器。这些改进本来能大力加强 F-22 在严重地面威胁环境中的功效，同时又不降低空对空性能。

任何拖延都可能严重破坏采购计划，不仅成本增加，甚至可能导致整个计划被彻底封杀。毫无疑问，空军知道这一点，它也许已经利用这一事实做出了按原计划继续进行的决定。然而，只要计划不被取消，空军本可以有更充分的理由来为降低专业化程度后的 F-22 辩护，或者也许可以购买不止 187 架 F-22。尽管增加联合直接攻击武器相对容易，但其它升级需要的时间要长得多。空军从 2011 年后期终于开始为这款飞机加装空地雷达（使 F-22 能自动发现地面目标）和小直径炸弹。可惜的是，空军发现已经不可能增加空对地红外目标锁定传感器，也不可能提高其航程。

如果继续采购第四代战机

1992 年之后，第四代战斗机 F-15E 和 F-16 只交付了有限的几架，主要是为了维持生产线运转以备将来的国外订单。国家审计总局和国会议员再三督促空军考虑购买更多的第四代战斗机，但空军在过去二十年中对 F-22 和 F-35 情有独钟，不思其余。[78] 到 2012 年时，第五代战斗机采购政策的后果已经显见：F-22 一共部署了 187 架，与此同时，战斗机机群的平均机龄增长到历史平均机龄的两倍多。即使生产更多的 F-22 有可行性，它也满足不了战斗机群汰换过程中的重大缺口。首先，F-22 的成本（平均生产单价 1.916 亿美元）太高，显然不可能购买足够数量来满足增长的需求。更主要的是，F-22 的专业化要求太高，不能像第四代飞机那样有效地执行空中封锁、时敏目标打击、近距离空中支援，或压制敌防空等任务。目前，空军计划完全通过 F-35 项目来完成对 1770 架老化 F-15E、F-16 和 A-10 的机群汰换。

前空军参谋长江珀在 2003 年评论 F-35 时说：“我可以向你们保证，我……肯定不会落入我们实施 F/A-22 计划时曾陷入的某些早期研发陷阱。”[79] 不幸的是，F-35 在许多问题上重蹈覆辙。例如，亚利桑那州共和党参议员麦凯恩发现，并行研发（即新技术还未完成研发就进入批量生产，研发阶段和生产

阶段在时间上有重叠）是 F-35 研发成本超标的主要原因。[80] 然而，这种研发 / 生产并行问题并非新奇，早在 1995 年，国家审计总局的一项报告就强调指出，F-22 计划中的研发 / 生产并行是主要的研发风险。[81] 由于未曾料到的航电设备与结构问题，2002 年出现了成本大幅超支，证实了先前的担忧。今天，研发 / 生产并行问题是也是 F-35 近来成本超标加速的主要原因，预计的平均生产单价仅在一年之内就增长了 17%，即从 1.136 亿美元上升到 1.328 亿美元。F-35 的 EMD 阶段从 2001 年开始到现在，成本总超比例已经超过 F-22 计划从 EMD 开始到生产结束这整个期间的比例。[82]

更重要的是，F-35 的进展比原定计划落后了数年，估计空军获得初始作战能力最早也要等到 2018 年。[83] 因此，空军最近宣布必须就 F-16 的延寿进行投资。还需提醒的是，F-35 计划的 EMD 阶段尚未结束，多年后才能完成，因此有可能再发生进度推迟和成本突破的情况。前国防部长帕内塔最近宣布再次推迟 F-35 的研发和采购进度。[84] 空军期待的一支纯粹由第五代战机组成的机群能否如愿，仍是一个未知数。

其实空军大可不必吃惊于 F-35 计划的预算一再突破和进度一再延误，我们对 F-22 计划的记忆犹新，且两者何其相似。特别是，两者都是第五代战斗机，都由洛马公司制造，并且两者都是研发和生产同时并举。2009 年，严重的 F-35 研发问题曝光之后，（空中作战司令部退休司令）理查德·霍利将军在回答有关购买第四代更新版战机的问题时作证说："假如我们在 10 或 15 年之前解决了这个问题的话，答案也许是肯定的。"[85] 然而，他在 18 年之前就作证表示（即使是升级的）第四代飞机也无法满足未来的需求。[86] 这似乎证实了空军高级领导人对 F-35 的研发问题感到吃惊，但是他们可能也认为购置更多的第四代战斗机会直接威胁到第五代战斗机计划。[87] 说到底，空军没有采纳有可能缓解当今汰选装备面临问题的唯一解决方案——采购更多的第四代战机。

海军的 F/A-18E/F "超级大黄蜂"计划与空军的 F-22 计划同期进行。与 F-22 不同的是，F/A-18E/F 不是针对任何具体威胁特别设计的；它只是为了弥补 F/A-18 原始版本的不足，即解决两大问题，一是如何提高有限航程，二是如何将未用弹药带回军舰。[88] 这个研发计划规模远没有 F-22 那么宏大，它没有隐形、超音速巡航、或推力换向。低研发风险促成了 F/A-18E/F 计划的几乎如期完成，而且没有超出预算。[89] 到 2008 年时，海军购买 493 架 F/A-18E/F 战机的计划总成本为 463 亿美元（每架 9,390 万美元），而空军 184 架 F-22 战机的计划总成本达 645 亿美元（每架 3.505 亿美元）。[90] 换言之，海军用一架 F-22 的钱购买 3.73 架"超级大黄蜂"。

因为海军研发 F/A-18E/F 不是为了对抗任何具体威胁，所以它完全以汰换装备需求作为采购的立论依据。说白了，就是老飞机必须要换掉。海军的所有飞机比空军的飞机平均年龄小 7 岁，但海军对其机群增优补新的速度要快得多。[91] 海军目前计划在 2014 财年之前购买 563 架"超级大黄蜂"——甚至更多，其另一个考虑是利用 F/A-18E/F 采购计划来折冲 F-35 研发一再出现的风险。[92] 俄罗斯和中国对于苏 -27 战斗机也采取相似战略，其苏 -30MKK 和 F-11 都以苏 -27 的机体为基础，主要重点放在更新航电设备及武器上。中国飞机对美国空军来说意味着最具潜在威胁的对手，空军领导人经常提及这些飞机，作为增加 F-22 生产的依据。

结语

先进战术战斗机研制计划因设计上过于专业化，无法适应后冷战时代的不确定环境，成为一个根本性缺陷。空军没有修改这项计划的性能需求，就签署了 EMD 合同，因此后来错过了调整 F-22 的最佳机会。在整个 EMD 阶段，空军始终过于专注 F-22 而忽略了 A-10、F-15E 和 F-16 的汰换升级。当采购重点最终转向 F-35 时，空军大体上忽略了 F-22 的采购教训，没有对必定发生的 F-35 研发问题做好规划预应。然后，面对 F-35 的严重超支和延误，空军继续一味指望以 F-35 汰换 1,770 架老化的 F-15E、F-16 和 A-10。殊不知，研发问题的延宕，加上新现的国家财务危机，终将威胁甚至颠覆整个装备汰换战略。

隐身性固然为攻击系统带来强大打击力，但其最大的优势其实在于能大幅度提高飞机在雷达导引威胁环境中的生存能力。因而，隐身性的效用，取决于这些威胁是否存在。空军坚持只采购隐形战斗机(而不顾及成本)，其所立足的假设是未来的对手无法对抗隐形技术，却视而不见许多空战将继续发生在低威胁环境中的事实。例如，无论是 1991 年还是 2003 年开始的伊拉克战争，或者是塞尔维亚冲突及后来的利比亚冲突，盟军第四代战斗机从冲突伊始就能在这些战场的大部分空域自由行动。未来的冲突很可能延续这种为时已久的历史趋势；目前部署的隐形战机主要只是应对高威胁环境，缓解这种环境对第四代战斗机构成的风险。

即使在今天，也应该重新评估一支全部由隐形战机组成的机群对空军是否合适。要采纳隐形技术要求，势必在航程、安全、武器、架次、普适性等方面做出重大牺牲。对类似于发生在阿富汗或伊拉克（自 2003 年以来）等的冲突而言，隐形技术发挥不了任何优势；而在与未来势均力敌的对手作战中，隐形技术（尽管有明显效用）也未必确保胜算。最重要的是，F-22 和 F-35 的高昂成本威胁到空军的战斗机群部署规模，尤其是在目前的财政窘迫环境下，有可能将其数量挤压到不堪国家重任的危险境地。种种事实表明：空军应该重新考虑其长期立场，判断以第五代战斗机为唯一选择来汰换战斗机群的策略是否明智。♣

注释:

1. Department of Defense, Quadrennial Defense Review Report [四年防务评估报告], (Washington, DC: Department of Defense, February 2010), 47, http://www.defense.gov/qdr/images/QDR_as_of_12Feb10_1000.pdf. 一个战斗机联队的实力相当于 72 架主要用于作战任务的飞机，不包括测试、训练或补充损耗的备用飞机 。
2. Senate, “Air Force Tactical Aircraft Programs” Statement of Lt Gen Herbert J. Carlisle, USAF Deputy Chief of Staff, Operations, Plans, and Requirements, Department of the Air Force, to the Committee on Armed Services, Airland Subcommittee [空军运作 / 计划 / 需求副参谋长 Herbert J. Carlisle 中将向武装部队委员会空陆部队小组委员会提交的“空军战术飞机计划”陈述], 112th Cong., 1st sess., 24 May 2011, 4, http://armed-services.senate.gov/statemnt/2011/05%20May/Carlisle%2005-24-11.pdf.
3. “Air Force Gen. T. Michael Moseley Transcript, Part One” [Timothy Clark 采访空军上将迈克尔・莫斯利的记录稿，第一部分], Government Executive, 31 October 2007, http://www.govexec.com/dailyfed/1007/103107gg1.htm.
4. 从第 17 架起，179 架 F-22 的制造费用从生产款项拨付；之前制造的 16 架 F-22 是用于试验和评估，但这 16 架中只有 8 架是“生产代表”。本文通篇提及的总数 187 架 F-22，既包括“生产”飞机也包括“生产代表”飞机。
5. General Accounting Office, The Advanced Tactical Fighter's Costs, Schedule, and Performance Goals [先进战术战斗机的成本、进度和性能目标], (Washington, DC: General Accounting Office, January 1988), 15, http://www.gao.gov/assets/150/146085.pdf.

6. Bill Sweetman, F-22 Raptor [F-22“猛禽”隐形战斗机], (Osceola, WI: MBI Publishing Company, 1998), 10-11.

7. “Donald Rice Declares YF-22/YF119 a Winner in ATF Contest”[莱斯宣布 YF-22/YF119 在先进战术战斗机竞赛中获胜], YouTube, video file, 23 April 1991, http://www.youtube.com/watch?v=9kR9aTZ9W3s.

8. David F. Bond,“Risk, Cost Sway Airframe, Engine Choices for ATF”[风险和成本主导先进战术战斗机机体与发动机的选择], Aviation Week and Space Technology, 134, no. 17 (29 April 1991).

9. 见注释 6，第 27 页。

10. Kevin N. Lewis, Downsizing Future USAF Fighter Forces: Living within the Constraints of History [缩编美国空军未来战斗机部队：在历史限制内求存], (Santa Monica, CA: RAND, 1995), 21-22, http://www.rand.org/pubs/monograph_reports/2006/MR480.pdf.

11. General Accounting Office, F-15 Replacement Is Premature as Currently Planned [目前计划替换 F-15 的机型设计不完善], Washington, DC: General Accounting Office, March 1994), 1, http://www.gao.gov/assets /220/219340.pdf.

12. Senate, Statement of Cindy Williams, Assistant Director, National Security Division, Congressional Budget Office, on Modernizing Tactical Aircraft, before the Subcommittee on Airland Forces, Committee on Armed Services [国会预算办公室国家安全处副处长 Cindy Williams 向武装部队委员会空陆部队小组委员会提交的有关实现战术飞机现代化的陈述], 105th Cong., 1st sess., 16 April 1997, 12, http://www.cbo.gov/ftpdocs/42xx/doc4295/1997doc20-Entire.pdf.

13. General Accounting Office, Changing Conditions Drive Need for New F/A-22 Business Case [条件的变化要求重新审视 F/A-22 计划], (Washington, DC: General Accounting Office, March 2004), 6, http://www.gao.gov/assets/250/241714.pdf. 平均生产单价（APUC ）是以总购买价格除以所购数量，它不包括研究和发展（包括“预生产型”试验机）或设施建设的费用。平均采购单价（PAUC）则以计划总成本（包括所有研究和发展、计划专用的辅助设备、设施建设和最初备用零件）除以所购数量。本文此处 APUC 的计算是用估算生产成本除以 648 架。

14. Eric V. Larson, David T. Orletsky, and Kristin Leuschner, Defense Planning in a Decade of Change: Lessons from the Base Force, Bottom-Up Review and Quadrennial Defense Review [十年变化期间的国防计划：从“基本力量”、“摸底审查”和“四年防务评估报告”归纳的经验教训], (Santa Monica, CA: RAND, 2001), 97, http://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/monograph_reports/2007/MR1387.pdf; 另参看 House, Statement of Lane Pierrot, Senior Analyst,National Security Division, Congressional Budget Office, on Aging Military Equipment, before the Subcommittee on Military Procurement, Committee on Armed Services [国会预算办公室国家安全处资深分析家 Lane Pierrot 向武装部队委员会军品采办小组委员会提交的有关军事装备老化的陈述], 106th Cong., 1st sess., 24 February 1999, 11, http://www.cbo.gov/sites/default/files/cbofiles/ftpdocs/10xx/doc1096/022499.pdf.

15. John D. Morrocco,“U.S. Uses Gulf War to Frame New Strategy”[美国以海湾战争模式编制新战略], Aviation Week and Space Technology, 140, no. 3 (17 January 1994).

16. 参看 Air Force Personnel Center, http://www.afpc.af.mil/.

17. 见注释 14 中 Larson 文，第 39 页。

18. General Accounting Office, Status of the Air Force's Efforts to Replace the A-10 Aircraft [空军替换 A-10 飞机努力的现状], (Washington, DC: General Accounting Office, September 1988), 19, http://www.gao.gov/assets/150/146941.pdf.

19. Michael D. Williams, Acquisition for the 21st Century: The F-22 Development Program [二十一世纪的采购：F-22 研发计划], (Washington, DC: National Defense University Press, 1999), 111, http://www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?Location=U2&doc=GetTRDoc.pdf&AD=ADA421919.

20. John D. Morrocco,“McPeak Sees Alternatives to Modernization Cuts”[McPeak 提出应对装备现代化预算缩减的新思路], Aviation Week and Space Technology, 141, no. 13 (26 September 1994).

21. 见注释 14 中 Larson 文，第 57 页。A/F-X 和多用途战斗机技术被纳入联合攻击打击机技术计划，后来演变为联合打击战斗机计划。

22. David A. Fulghum,“Pentagon to Kill A/F-X, Retain F-22”[五角大楼将封杀 A/F-X 而保留 F-22], Aviation Week and Space Technology, 138, no. 24 (14 June 1993). 在新墨西哥的 Holloman 空军基地，F-22 接替了 2008 年退役的 F-117。

23. John D. Morrocco,“F-22 to Have Limited Ground Attack Capability”[F-22 的地面攻击能力有限], Aviation Week and Space Technology, 138, no. 22 (31 May 1993).

24. Department of Defense, Report on the Bottom-Up Review [关于“摸底审查”的报告], (Washington, DC: Department of Defense, October 1993), 28.

25. 见注释 22。

26. 见注释 14 中 Larson 文，第 46 页。

27. David A. Fulghum,“Cost, Mission Disputes Jeopardize F-22”[对成本及使命的争执危及 F-22 计划], Aviation Week and Space Technology, 140, no. 14 (4 April 1994); 另参看 David A. Fulghum,“Big F-22 Budget Drives Search for Flaws”[庞大的 F-22 预算致使众人挑刺], Aviation Week and Space Technology, 142, no. 15 (10 April 1995).
28. Merrill A. McPeak, Selected Works, 1990-1994 [1990-1994 年文选], (Maxwell AFB, AL: Air University Press, 1995), 224, http://ebooks.gutenberg.us/AU_Press_Collection/Books/McPeak/McPeak.pdf.
29. 同上，第 142 页。
30. 见注释 15。文中引述 McPeak 将军的话：“所以我认为，无论是被迫与俄罗斯打仗，还是维持波斯尼亚空中巡逻或进行任何其它行动，F-22 都是明智的选择。”
31. 见注释 11，第 5 页。
32. Obaid Younossi et al., Lessons Learned from the F/A-22 and F/A-18E/F Development Programs [从 F/A-22 和 F/A-18E/F 的研发计划中获取的经验教训], (Santa Monica, CA: RAND, 2005), 4, http://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/monographs/2005/RAND_MG276.pdf. 目前 F-22 只能使用旧型 AIM-9M 导弹,而不是更新式的(已用于 F-15 和 F-16 上)的 AIM-9X 导弹。
33. 见注释 27 中 Fulghum 文。
34. John D. Morrocco,“Lockheed Says Delay Would Hike F-22 Cost”[洛马公司称延期将使 F-22 成本飙升], Aviation Week and Space Technology, 141, no. 9 (29 August 1994): 24.
35. David A. Fulghum and John D. Morrocco,“Deutch Demands Cuts, Services Scramble Anew”[Deutch 要求削减，各军种又起争夺战], Aviation Week and Space Technology, 141, no. 9 (29 August 1994).
36. 见注释 34，第 24 页。
37. David A. Fulghum,“Expanding Roles May Shield F-22”[扩大功能或能维持 F-22 计划], Aviation Week and Space Technology, 146, no. 1 (6 January 1997).
38. 同上。
39. 同上。
40. 对实际能力的评估是基于笔者自 2002 年担任 F-22 飞行员的经历。
41. 见注释 37。
42. 此处是指 2000 年部署的 18 架装备升级型 APG-63V2 雷达的 F-15C，其能力与 F-22 的 APG-77 相似。更多的 F-15 目前正在升级，将装备更新型的 APG-63V3 雷达。
43. 见注释 27 中 Fulghum 文。
44. William S. Cohen, Report of the Quadrennial Defense Review [四年防务评估报告], (Washington, DC: Department of Defense, May 1997), [79], http://hawk.ethz.ch/serviceengine/Files/ISN/32542/ipublicationdocument_singledocument/904a2c94-8ef7-4098-8b03-2edfc4b992aa/en/qdr97.pdf.
45. David A. Fulghum,“Critics Vow to Fight over Joint-STARS Cut”[反对者发誓争取砍削 Joint-STARS], Aviation Week and Space Technology, 146, no. 25 (16 June 1997).
46. Ronald O'Rourke, Air Force F-22 Fighter Program: Background and Issues for Congress [空军 F-22 战斗机计划：向国会介绍的背景和问题], CRS Report for Congress (Washington, DC: Congressional Research Service, 16 July 2009), 9, http://www.policyarchive.org/handle/10207/bitstreams/1574_Previous_Version_2009-07-16.pdf.
47. Christopher Bolkom, F-22A Raptor, [F-22“猛禽”], CRS Report for Congress (Washington, DC: Congressional Research Service, 5 March 2009), 6, http://www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?AD=ADA496273.
48. Robert Wall,“USAF Readies Strategy for Increased F-22 Buy”[美国空军拟定增加 F-22 购买数量的战略], Aviation Week and Space Technology, 153, no. 21 (20 November 2000).
49. David A. Fulghum,“Roche on Warpath”[空军部长罗奇谈作战准备], Aviation Week and Space Technology, 158, no. 9 (3 March 2003).
50. Secretary of Defense Donald H. Rumsfeld,“Testimony Prepared for Delivery on the 2002 Defense Department Amended Budget to the House Appropriations Committee”[就 2002 年国防部修定后的预算向众议院拨款委员会所作的证词], 16 July 2001, http://www.defense.gov/speeches/speech.aspx?speechid=405.
51. Leslie Wayne,“Air Force Campaigns to Save Jet Fighter”[空军游说挽救新型战机], New York Times, 13 January 2005, http://www.nytimes.com/2005/01/13/business/13fighter.html.

52. Amy Butler and David A. Fulghum,“SIT DOWN: Is Silence Golden? Not for the Pentagon, Say Critics, Who Accuse Civilian Leaders of Quashing Dissent”[坐下：沉默是金？五角大楼另当别论，反对者指责文职领导人压制异议], Aviation Week and Space Technology, 162, no. 1 (2 January 2005).

53. Government Accountability Office [空军仍需做好商业案例来论证 F/A-22 的数量与能力提升], (Washington, DC: Government Accountability Office, March 2005), 3, http://www.gao.gov/assets/250/245641.pdf.

54. David A. Fulghum,“Raptor's Edge”[“猛禽”的利刃], Aviation Week and Space Technology, 170, no. 6 (9 February 2009). 胜负率是指己方每损失一架飞机与对方被击落架数的比例。

55. S-300/Favorit [SA-10“雷声”/ SA-20“滴水嘴”], Jane's Defense and Equipment Technology, 23 December 2011, http://jdet.janes.com.

56. F-15E 是空对空 F-15C 的多功能型版本，该版本保留了 F-15C 的大部分空对空能力，但体型更重些，机动性也稍差。空军主要用 F-15E 执行空对地任务。

57. 见注释 54。

58. 见注释 32 中 Younossi 文，第 4 页。这是对每架飞机在亚音速巡航时最大航程的评估。虽然在超音速飞行状态下 F-22 比 F-15 或 F-16 更有效，但超音速飞行严重缩短了这三种飞机的航程。

59. “Response to F-22 Washington Post Article by Jeff Smith”[对华盛顿邮报上 Jeff Smith 著文中有关 F-22 讨论的回复], 10 July 2009, [1], http://hatch.senate.gov/public/_files/USAFResponse.pdf.

60. Michael Bruno and Warwick Graham,“Mulled to Death”[不堪折磨], Aviation Week and Space Technology, 171, no. 4 (27 July 2009).

61. 见注释 32 中 Younossi 文，第 60 页。

62. 见注释 14 中 Larson 文，第 34-35 页。

63. Robert Wall,“F-22 Software, Cost Scrutinized”[F-22 软件和成本受详查], Aviation Week and Space Technology, 152, no. 3 (17 January 2000).

64. 见注释 12，第 12 页。联合估算小组（JET）对 EMD 阶段成本估计为 187 亿美元，加上研发 / 评估费用约 37 亿美元，总计是 224 亿美元。国会预算办公室（CBO）和国防部部长办公室成本分析改善组（OSD CAIG）的估算稍高一些，为 225 亿美元。

65. 见注释 46，第 9 页。

66. 见注释 12，第 12 页。各方对生产 339 架飞机的估算如下：空军（483 亿）、CBO（657 亿）、OSD CAIG（644 亿）、JET（612 亿）。有趣的是，后三个组织的 1997 年估算值与实际 APUC 的差额都在 10% 之内。

67. 见注释 46，第 10 页。

68. 见注释 46，第 9 页。

69. 见注释 32 中 Younossi 文，第 10 页。

70. Department of Defense Selected Acquisition Report, F-35 as of December 31, 2010 [国防部选择性采购报告：F-35 计划截至 2010 年 12 月 31 日情况], 4, 15, http://www.fas.org/man/eprint/F-35-SAR.pdf. 图 3 表明，根据此报告，F-35 计划的 PAUC 增长了 78%。欲了解 1996 年到 2007 年的 F-35 报告，参看 http://www.dod.mil/pubs/foi/logistics_material_readiness/acq_bud_fin/09-F-1079_JSF_SARS_1996_Present.pdf.

71. Amy Butler,“Empty Nest”[空巢], Aviation Week and Space Technology, 173, no. 45 (19 December 2011): 61.

72. 空军维持三个现役 F-15C 作战中队，但其中大部分目前都由空军国民警卫队操作。

73. David C. Aronstein, Michael J. Hirschberg, and Albert C. Piccirillo, Advanced Tactical Fighter to F-22 Raptor: Origins of the 21st Century Air Dominance Fighter [从先进战术战斗机演化成 F-22“猛禽”：二十一世纪制空战斗机的起源], (Reston, VA: American Institute of Aeronautics and Astronautics, 1998), 157.

74. 见注释 11，第 2 页。海湾战争期间伊拉克有 33 架战斗机被击落，其中 31 架功归 F-15。全世界的 F-15 在空对空战斗中的纪录是 104:0。

75. 见注释 10，第 88 页。美国空军向“沙漠风暴”行动部署了其制空战斗机群的 28%；相对而言，部署的远距离战斗攻击机为 63%、攻击战斗机为 41%、多功能战机为 35%、压制敌防空战机为 57%。

76. Dr. Daniel L. Haulman, USAF Manned Aircraft Combat Losses, 1990-2002 [美国空军 1990-2002 年有人驾驶飞机战斗损失], (Maxwell AFB, AL: Air Force Historical Research Agency, 9 December 2002), http://www.afhra.af.mil/shared/media/document/AFD-070912-043.pdf. 有证据表明：在第一次海湾战争中，美国海军一架 F/A-18 是被伊拉克的米格 -25 击落，但官方未予证实，故至今无结论。这是自越南战争以来空对空作战中唯一可能的美国战机损失。

77. 见注释 73，第 157-158 页。

78. Government Accountability Office, DOD's Ability to Meet Future Requirements Is Uncertain, with Key Analyses Needed to Inform Upcoming Investment Decisions [国防部满足未来需求的能力不确定，还需关键性分析以为即将面临的投资决定提供信息], (Washington, DC: Government Accountability Office, July 2010), 27, http://www.gao.gov/assets/310/308236.pdf.

79. David Bond,“Health of Stealth”[隐形机的性能状态], Aviation Week and Space Technology, 158, no. 9 (3 March 2003): 21.

80.“Floor Statement by Senator John McCain on the F-35 Joint Strike Fighter Program”[参议员麦凯恩就 F-35 计划所做的发言], website of Senator John McCain, Arizona, 5 December 2011, http://mccain.senate.gov/public /index.cfm?FuseAction=PressOffice.FloorStatements&ContentRecord_id=0FDCC4CC-EA5C-882C-25A3-DE5218AACB05. 参议员麦凯恩指出：研发与生产重叠并行期太长是“联合打击战斗机计划最重要、也极其昂贵的经验教训。”

81. General Accounting Office, Concurrency in Development and Production of F-22 Aircraft Should Be Reduced [F-22 战机研发与生产并行应该减少], (Washington, DC: General Accounting Office, April 1995), 2, http://www.gao.gov/assets/230/221075.pdf.

82. 见注释 70，第 4, 5, 38 页。F-22 研发成本和 APUC 从 1991 年到 2007 年增长了 56%；而仍在进行之中的 F-35 计划的研发成本已经增长 58% 且 APUC 增长 81%（与 2001 年数字相比）。就 F-35 的平均生产单价 1.252 亿而言，该机空军型将比其他军种所选机型稍便宜——F-35 整个计划的 APUC 是 1.328 亿美元。

83. 见注释 2，第 9 页。

84. Christopher Drew,“Military Contractors Brace for Cutbacks”[国防合同商准备军费削减来临], New York Times, 26 January 2012, http://www.nytimes.com/2012/01/27/business/military-contractors-brace-for-cutbacks.html.

85. Senate, Hearing to Receive Testimony on the Current and Future Roles, Missions, and Capabilities of U.S. Military Air Power, Subcommittee on Airland, Committee on Armed Services [武装部队委员会空陆小组委员会听取有关美国军事航空力量目前及未来的作用、任务和能力的证词], 111th Cong., 1st sess., 30 April 2009, 27, http://armed-services.senate.gov/Transcripts /2009/04%20April/Airland/09-24%20-%204-30-09.pdf.

86. 见注释 8。

87. Robert Wall and David A. Fulghum,“USAF Reviews Plans for JSF, F-22, and U-2”[美国空军评估联合打击战斗机、F-22 和 U-2 计划], Aviation Week and Space Technology, 156, no. 19 (13 May 2002).

88. 见注释 32 中 Younossi 文，第 2 页。在二十世纪八十年代，海军已经认识到它不需要专用空对空战斗机来对抗敌人的飞机威胁，于是以多用途 F/A-18E/F 替换了 F-14 战机。

89. 见注释 32 中 Younossi 文，第 5 页。F/A-18E/F 计划的实际成本比 EMD 阶段初期预计少 2%。

90.“DOD Selected Acquisition Reports (SAR) Program Acquisition Cost Summary as of June 30, 2008”[国防部选择性采购报告（SAR）截至 2008 年 6 月 30 日的计划采购费用总结], Aerospace Daily and Defense Report, 20 August 2008.

91. Congressional Budget Office, Alternatives for Modernizing U.S. Fighter Forces [美国战斗机部队现代化的几种选择方案], (Washington, DC: Congressional Budget Office, May 2009), 12, http://www.cbo.gov/sites/default/files/cbofiles/ftpdocs/101xx/doc10113/05-13-fighterforces.pdf.

92. US Navy designations: F/A-18E, F/A-18F, and EA-18G Growler [美国海军机型 F/A-18E、F/A-18F、EA-18G“咆哮者”], Jane's Defense and Equipment Technology, 13 June 2011, http://jdet.janes.com. F/A-18E/F 的数目不包括“咆哮者”的电子攻击改型机。

克里斯托弗·J·尼米，美国空军中校（Lt Col Christopher J. Niemi, USAF），乔治亚理工学院机械工程理学士、机械工程理工硕士，曾在“联盟力量”行动和“北方守望”行动中担任 F-15E 任务指挥官。2002 年转为飞行 F-22，先后服役于测试、训练及作战部队，最近担任驻阿拉斯加州第 525 战斗机中队指挥官。尼米中校是美国空军武器学校和陆军指挥与总参学院毕业生，并以马歇尔中心研究员身份在乔治·马歇尔欧洲安全研究中心从事研究。

信息化时代航母主导地位的式微

Foreseeable Diminishing of Aircraft Carrier Dominance in the Information Era

钟光宇，中国海军退役中校，知远战略与防务研究所特约研究员（Zhong Guangyu, Commander, PLAN, Retired; Guest research fellow, Knowfar Institute for Strategic and Defense Studies, China）

摘要：本文通过分析各国发展航母的道路、航母面临的挑战，以及挑战航母主导地位的标志性事件，论证了随着信息化时代的深化，航母将逐渐失去其主导地位。通过进一步分解航母的使命和归纳信息化时代的特征，并运用信息战、超限战理论，本文提出了用功能多样的作战单元信息化组合对抗和逐渐取代航母各项能力与使命的战略构想。

一、引言

航空母舰（简称“航母”），是足以与核武器比肩的战略性武器平台。强大的航母编队集防空、反舰、反潜以及对岸攻击的作战能力为一体，使海战从平面走向立体，是当今海战场上强大的力量，其作为战役作战群，是可以代表综合国力与敌国作战的“海上霸王”。

如果从 1910 年 10 月美国“伯明翰”号巡洋舰放飞“寇蒂斯”双翼飞机开始算起，世界航母的发展已经历百年历史。第一次世界大战中，日本帝国海军第一艘航空母舰“若宫丸”载机四架于1914年 9 月攻击德国军队，首开舰载机空袭之先河。[1] 及至第二次世界大战，航母大显神威，全面战胜了以战列舰和巡洋舰为代表的“大炮巨舰”主义，从此确立海上主导地位。在二战结束时各类航母数量达到顶峰，至少在 100 艘以上。

随着陆地资源开发将尽和全球化进程加速，人们将视线更多地转向了太空，以及占地球面积 70% 的海洋。海洋资源的开发利用，以及海上通道的安全保障，与各国经济安全和发展目标的关联日益紧密。因此，保持与发展海权实力，无不纳入各国、尤其是开放大国的战略范畴。

航母的存在，从一开始就是与制海权联系在一起的。这一点与其前辈（巡洋舰、战列舰）是一致的；但两者有一项重要的区别：航母是用制空权确保制海权。

然而，时至信息化时代的今日，要想确保制海权，单靠制空权已经远远不够，还要依靠——甚至更依靠——制电磁权，以及制天权。而后两者更多属于信息作战能力范畴。

二战以后，世界基本未经历大规模（或称高强度）的海战，各国发展航母道路各异。近年来，围绕航母存废（包括发展中国家或发达国家要不要发展航母）的问题，学术界存在一定的争议。

航母发展决策属于中长期国家发展战略，对航母的态度，将决定国家至少 10 年以后的命运。例如：俄罗斯的航母计划一搁置就是 20 年；根据俄罗斯 2011 年公布的新航母发展计划，要到 2027 年，即时隔 16 年后，才能形成其所规划的航母群战斗能力。[2]

本文通过分析各国发展航母的道路、航母面临的挑战，以及英驱逐舰“谢菲尔德”号被“飞鱼”导弹击沉事件——笔者视之为挑战航母主导地位的标志性事件——论证了随着信息化时代的深化，航母将逐渐失去其主导地位。通过进一步分解航母的使命和归纳信息化时代的特征，并运用信息战、超限战理论，本文提出了用功能多样的作战单元信息化组合逐渐取代航母各项能力与使命的战略构想。

需要说明的是，本文提出航母主导地位势将式微，并不意味着航母的终结。就如热兵器的出现并没有使冷兵器完全消失。

二、二战后各国航母发展道路

二战后，拥有以及曾经拥有航母的国家，其航母发展的道路不尽相同，大致有如下几类：

美国：作为头号以及目前唯一的超级大国，走的是发展大型攻击型航母的路子。从二战前首艘专门设计的航母“突击者”号开始，美国主战航母已经历了三代,其中第二代(“企业”级)、第三代（“尼米兹”级 ）为核动力，目前正在继续发展具有隐身、电磁弹射、电磁轨道炮等功能、搭载隐身机和无人机的第四代航母（“福特”级，满载排水量 10 万吨，第一艘舰预计 2014-2015 年服役)。

俄罗斯：该国航母战略经历了曲折的过程，但总体是在向美国靠拢。该国的航母发展计划在一战、二战中多次落空。上世纪六十年代初的古巴导弹危机后，前苏联启动了航母发展进程。但其 1967 年下水的第一代航母“莫斯科”级无起降固定翼飞机的能力，实际为直升机航母，主要是拥有反潜能力。1975 年入役的第二代航母“基辅”级也无弹射和拦阻设备，只能搭载垂直起降飞机和反潜直升机。直到 1985 年，该国才拥有第三代可起降固定翼飞机的重型航母——“库兹涅佐夫”级航母。第四代为核动力航母“乌里扬诺夫斯克”级（满载排水量 7.5 万吨)，但首舰未完工，1992 年被拆除。在蹉跎了 20 年之后，俄罗斯于 2011 年 11 月发布了向美国第四代看齐甚至超越（可搭载空天飞机）的、新的航母计划。

英、意、西、法等国：二战后英国、意大利、西班牙等国发展的是轻型航母，而法国则是介于这些国家和美国之间，发展的是中型航母。然而，目前这些国家的航母有大型化的趋势。例如，英国、法国分别正在建造的“伊丽莎白女王”级（6.5 万吨）和“皮埃尔 2”级（7.5 万吨)。

泰国、阿根廷、巴西、印度、中国等发展中国家：这些国家暂无清晰、独立、一贯的航母发展战略。因受制于综合国力，其航母发展的路子一般是先引进发达国家的航母，在此基础上，逐步提升本国的研发能力。

日本：日本是一个很特殊的国家。它是一个海洋国家，虽然是二战的战败国，但是其航母的实战经验仅次于美国。二战中，日本共建造了近 30 艘航母。因受制于“和平宪法”，目前日本仅拥有 2 艘直升机轻型航母，计划 2015 年建成的 22DDH 型直升机航母也才 2.7 万吨。但一旦日本突破“和平宪法”，其综合国力所具有的建造航母或超越航母的发展潜力决不可小觑。

从上述情况看，老牌航母大国在向功能更先进的新一代大型航母发展；新兴经济体对航母发展趋之若鹜，努力挤入“航母俱乐部”。在此背景下，讨论航母式微甚至退出历史舞台的可能性，好像是无稽之谈。

有人发现，每当其他国家即将做出发展航母的决策时，美国国内就泛起“航母无用”的论调，一旦该国决定发展航母了，美国总是抓紧自身的航母计划。

三、航母的优劣势分析

军舰，是一个国家现代工业的缩影。航空母舰作为海上巨无霸更是如此。有时，不仅是在象征意义上，即使是在实际能力上，它也能代表一个国家的综合实力，在全球范围内对另一个国家作战。在局部的、低强度的有限战争中，尤其如此。例如，上世纪末的科索沃战争，游弋在亚得里亚海的北约航母编队群，即承载着无可争辩的优势实力，对南斯拉夫实施综合打击，在没有出动地面部队、南斯拉夫的陆军也几乎是完好无损的情况下，就结束了战争（达成迫使南联盟军队撤出科索沃的战争目标）。此外，航母在二战后的朝鲜战争、越南战争、海湾战争、阿富汗战争、伊拉克战争和利比亚军事行动等有限局部战争行动中均发挥了重大、或者主导的作用。

然而，航母也有其固有的弱点。 航空母舰，无论是常规动力的，还是核动力的，其最大的弱点在于其目标过于庞大。其次，航母首先是舰载机的平台，相对于其巨大的目标，其自身的防护能力较弱，除舰载机、防空导弹、近程弹幕火炮对其自身防护外，更需要水面舰艇、潜艇和辅助船等为其防护和补给，构成庞大的特混编队。在导弹战、信息战时代，航母是敌方各种信息与兵器指向的向心“圆心”！更准确的说法是向心“球心”（即天上有航空和太空平台的威胁，水面和水下还分别有水面舰艇、潜艇的威胁）。换言之，航母就是海上危险的中心点；若套用美国空军著名军事家约翰·沃顿的“五环论”，航母就是海上战役应首先遭受打击的核心（环）。航母硬实力的优势，很可能败于其信息的劣势。中国古代著名的《田忌赛马》的故事就是一个以信息优势战胜硬实力优势的经典例证。

《孙子兵法·势篇》云：“故善战者，求之于势，不责于人，故能择人而任势。”意思是：“善于打仗的人，总是努力创造有利的态势，而不对部署求全责备，并且能够选择人才去凭借、创造有利的态势。”在冷兵器时代，人即是兵器；人的实力与兵器的实力几乎是同义语。今天，战场上的平台、兵器，已经不是仅仅体现战场官兵本身的实力（体力与智力），而是体现其背后所有装备研发、建设、维护、训练、保障等一系列体系的实力。因此，将孙子兵法应用到针对航母的作战，我们可以这样说：“故善战者，求之于势，不责于兵，故能择兵而任势、避势。”[3] 意思就是：“善于打仗的人，总是努力创造有利的态势，而不过分求诸于武器，并且能够选择武器创造有利的态势、避免险恶的态势。”航空母舰钢铁编队，纵然其有再大的综合实力，但在众目睽睽、众矢之的之下，其势也危矣！一旦敌方潜艇、导弹、鱼雷等突破外围禁区，则航母将难以避免活靶子、活棺材的命运，一如当年二战中在太平洋马里亚纳群岛遭美国潜艇编队围歼的日本“翔鹤”号航母。

相对于航母编队庞大的成本，其在战场所承担风险的急剧增加（在高强度战争中，这种风险尤其巨大），所形成的效费比呈迅速下降趋势。一艘航母的建造成本在几十至几百亿美元之间，其全生命周期的维护成本一般又会超过其建造成本，加之其舰载机以及全部特混舰队的舰、艇、船，加之 1x3 的编制系数（即要始终保证一艘航母具有战斗力，考虑到船体建造与维修、装备更新、舰员训

练等因素，至少需要有三艘航母的编制），航母的费用的确不菲。[4] 对于发展中国家来说，更会是沉重的负担。

难怪美国军政界一些人得知中国“辽宁”号航母下水后，也和中国人同样高兴。他们高兴，是认为中国的航母是落后的，远非其“福特”级等新型航母的对手，且将分去中国军费中的一大块。

几十年来，中国等发展中国家基本走的是一条仿制加引进的路线。笔者认为，在信息化时代，发展中国家在军事装备上，可以、也应该作超越式发展。而这种超越，首先需要的是军事思想的超越。

即使对于发达国家来说，航母建设、维护带来的庞大军费开支，也可能引发严重的后果。例如，2010 年，美国国防部要求在海湾地区维持两个航母编队。然而，2013 年 2 月 6 日美国国防部又宣布，准备把驻海湾地区的航母数量从两艘减少到一艘。[5] 此举被认为是削减预算案对美国海外驻军力量所产生的重大影响。

也就是说，包括超级军事强国美国在内的所有国家，均有必要反思航母发展的路径。事实上，在信息化和财政紧缩的条件下，已有美国学者在讨论用新型武器平台来取代航母，以维护其全球海洋利益。

四、挑战航母主导地位的标志性事件

本文的核心命题是信息化时代航母主导地位的动摇。然而有意思的是，说明航母主导地位动摇的标志性事件却发生在 31 年前即 1982 年的英国和阿根廷就马尔维纳斯群岛（英国称福克兰群岛）归属权而爆发的战争中。就像发生在距离二战爆发几乎 20 年前（1921 年）的美国“切萨皮克湾轰炸”预示了“大炮巨舰”主义的终结那样，英阿马岛之战则动摇了航母的主导地位。

1921 年 7 月 21 日，八架“马丁 MB－2”双翼轰炸机在美国航空兵悍将米切尔指挥下，只用了 20 分钟就将停泊于美国东海岸切萨皮克湾的、曾经参加过日德兰海战的、排水量 2 万多吨的“奥斯特弗里斯兰”号战列舰作为靶舰炸沉到了海底，与其紧邻的另两艘驱逐舰也作为靶舰被炸，并在随后 10 分钟双双沉入海底。在“宾夕法尼亚”号战列舰上观战的将领们被这一壮观的场景惊得目瞪口呆。他们意识到：玩具似的轰炸机竟然轻而易举地、迅速炸沉了海上霸王战列舰，这意味着“大炮巨舰”时代即将过去了！这或许是美国随后加紧发展航母的重要动因，也是在日本偷袭珍珠港中毫发无损的美国航母能够在珊瑚海、中途岛、马里亚纳群岛等一系列太平洋战役中取得辉煌胜利的重要原因。[6] 在航母凌驾于一切的今天，米切尔将军的豪言依然振聋发聩：“我们能够摧毁或者炸沉当今存在的任何舰船。”[7] 将军的豪言，差一点应验在八十年代英国参加马岛之战的航母舰队身上。

英阿马岛之战，虽然英国“无敌”号和“竞技神”号航母，以及阿根廷仅有的“五月二十五日”号航母均投入了作战，但是关于航母命运的看点却并不在航母本身，而应聚焦在距离英国航母特混编队 20 海里外、担任防空雷达哨任务、被“飞鱼”导弹击沉的英“谢菲尔德”号导弹驱逐舰。

关于“飞鱼”击沉“谢菲尔德”，刘亚洲空军上将在其 30 年前著名的报告文学《这就是马尔维纳斯》中有很生动的描写。[8] 其基本过程是：

1982 年 5 月 4 日上午 11:00,“谢菲尔德”获得通报并在其防空雷达上显示：其海域上空有阿根廷飞机活动。但“谢菲尔德”的舰长自信本舰将安然无恙：其雷达观察半径为 400 公里，阿根廷最新式的空对舰导弹是从法国购买的“飞鱼”导弹，最大射程仅为 70 公里。一旦阿方发射导弹，“谢菲尔德”上的“海标枪”导弹作出反应只需 40 秒钟，大大超过敌机和导弹的速度。更何况“谢菲尔德”另装备了电子干扰系统，可作最后的质心反导规避。

几分钟后,阿飞机在雷达屏幕上消失了。就在“谢菲尔德”的舰长庆幸该飞机可能是已返航的阿侦察机时,一场厄运已降临该舰。原来，他将一切都估计错了：该敌机不是侦察机，而是携带“飞鱼”导弹的“超级军旗”式喷气战斗机；飞机在雷达上的突然消失并非遁去，而是阿飞行员将飞机降到了令人难以想象的高度——离海面只有十米，以超低空、利用地球曲率的雷达盲区进入攻击区域。11 时 10 分，一枚“飞鱼”从“超级军旗”腹下呼啸而出。“飞鱼”飞得更低，只高出浪尖约1--2 米，似一道闪电，以超音速直奔“谢菲尔德”。“飞鱼”在飞行时采用惯性导航，等到接近目标后才启动主动雷达搜寻装置。当目光炯炯地扫视海空的“谢菲尔德”的舰长，突然发现“飞鱼”时，他唯一来得及做的就是急呼：“隐蔽！”话音刚落，“谢菲尔德”即被“飞鱼”击中起火。

官兵们与大火搏斗了五个小时后，舰长下令弃舰。这艘价值二亿多美元的、英国最新式的导弹驱逐舰，在划船离去的水兵们的皇家海军军歌声中徐徐沉入海底 。[9]

沉没的“谢菲尔德”在海上消失了，但作为一个新时代的开始，它的名字将被人们所铭记。其给人们的启示，远远超过它生存的价值。一枚价值仅二十万美元的“飞鱼”轻易地对冲了身价二亿美元的“谢菲尔德”号，折损比为 1:1000；被击沉船虽非航母，但暴露了大型水面舰只的内在脆弱性，从而引起人们对未来海战中航母霸主地位的怀疑，笔者更认为这可能从根本上动摇了航母霸主地位的根基 。不妨回望英国人对这场战争的反思。伦敦国防战略研究所一位专家说：“它的沉没是现代海战的转折点”。[10] 英军在战后所做的重大教训报告中，列在最前面的，是“水面舰船面对反舰导弹和潜艇的种种弱点。”[11] 英国历史学家约翰·齐根爵士（Sir John Keegan）在其著作《海军荣誉的代价》（The Price of Admiralty）中，更是直白地指出这种弱点无可补救（irremediable），他说，福克兰群岛之战“暴露出水面舰船无可补救的弱点，它挡不住反舰导弹，尤其挡不住潜艇。”[12] 事实上，是役，阿空军为避火力，实施超低空近距离突袭并屡屡得手，但炸弹带迟发引信，击中船身后未及引爆，英军许多舰船因此逃过浩劫。英军后来发现，击中英军舰船的炸弹中有 13 枚没有爆炸。据称，马岛之战后升任英国皇家空军元帅的克雷格说：“只要其中六个引信引爆，我们就输了。”[13] 拉美国家许多专家对阿根廷输掉马岛之战扼腕不已，乌拉圭一名飞行员说：“如果炸弹都引爆，也许英国舰队会走上另一条命途。”[14]

对英阿马岛之战的分析，还有更多的并非虚幻的“假如……也许”。例如，假如阿根廷及时从法国或者秘鲁获得更多的“飞鱼”导弹；假如两架携带“飞鱼”导弹的“超级军旗”战机没有误将英一艘运输舰当作体积相仿的英航空母舰“无敌”号并将之击沉；假如……，也许，欢呼胜利的就是这场战争的另一方。

再向前追溯，在二战期间，作为航母之间首次正面交锋的日美太平洋珊瑚海战役中，交战双方在大约 10 万平方公里的海域打了整整 5 天，除了飞行员，双方自始至终没有见面，开创了海战新纪元。

而马岛之战中“谢菲尔德”号被击沉则向我们预示:在导弹战、信息战、太空战时代，未来的海战将越来越多地表现为超视距战，由信息化控制的武器平台（可能在雷达、声呐作用距离之外）将对航母构成难以估量的潜在威胁，用导弹、制导鱼雷等伺机而动攻击航母仅仅是诸多可能作战样式的一种而已！

从军事史上看，不同时代的兵器，不仅是逐次替代的，同时也是针对上一代武器的——理解这一点至关重要。在陆地，步枪针对长矛、大刀，机枪针对步枪，大炮、坦克针对轻武器，反坦克火箭或导弹则是针对坦克的；在海上，大炮巨舰针对木帆军舰，航空母舰针对的是大炮巨舰，而未来更先进的导弹、制导鱼雷等信息化武器必定是航母的克星！

兵器和战法演变，从来就是一代更比一代强；预示一种武器或武器平台主导地位的兴衰，原本并不需要像英阿马岛之战这样的战例，甚至不需要“切萨皮克湾轰炸”那样的打靶试验。但是，如果实战战例都不能唤醒战争观念的转变,则将是一代军人的悲哀。观念落后的一方必将在未来战争中惨败，留下青史笑柄。

五、航母使命的分解

关于航母编队的使命，有专家归纳成五点：1）树立大国形象；2）加大防御纵深；3）维护海洋（含海岛）权益；4）保护海上通道安全;5）履行国际主义（如国际救援）义务。尽管这种使命归纳似乎忘记了航母是作为大炮巨舰的克星、并将其取而代之出现的，其使命实际只有一个：控制制海权，维护国家的海洋权益。但是我们仍然可以继承这些使命的提法。

如“引言”中所述,航母主导地位的动摇，并不意味着航母的终结，更不意味着航母使命的终结。

为推出航母的替代战略，我们需要对上述航母使命做适当梳理：1)“树立大国形象”——可以不予理会，如果和平时期的航母只是一种象征，则这种象征性的摆设是不需要的。一旦发生战争，国家的形象是要靠胜利来树立的，战败的航母大国只能更增添耻辱;2)“加大防御纵深”、3)“维护海洋（含海岛）权益”、4)“保护海上通道安全”等，或更多的使命——可以分解成：“防空作战”、“反潜作战”、“打击航母编队作战”、“登陆作战”、“岛礁攻击战”、“护航作战”、“解救被劫持商船作战”……等一系列作战使命；5)“履行国际主义义务”—— 即应对大型国际突发事件，如美国航母编队支援日本最近的特大地震救灾等。此使命不一定需要军舰完成，故暂略不研究。

还有专家认为，航母作为一个战役级的指挥控制平台，或许是不可缺少的。姑且将此也列入航母的使命之一。

我们可以论证，随着信息化时代的深化发展，上述航母的作战使命将可以、也应该由不同的作战单元组合完成。

六、信息化时代的“长尾”特征

武器、武器平台的发展，是社会生产力的缩影，具有鲜明的历史时代特征。用统计学中的“长尾理论”来表达,颇能说明问题。

二战之前，大炮巨舰、航空母舰产生的年代是工业化时代。在工业化时代，由于高昂的交易成本，企业的生产者不得不遵从二八法则：让 20% 的产品种类带来 80% 的销量（或让 20% 的资源带来 80% 的利润等），即不得不追逐生产具有规模效应的“短头”，放弃长尾。

而信息化时代则不同，由于信息搜索成本的降低，生产者可以逆二八法则而动：追求多品种生产的“长尾”,甚至“头”和“尾”的差别逐渐趋近，极端的情况就是，每个消费者的需求都能得到满足，这是信息网络充分发展的结果。

引申到军事领域就是，在信息化时代，应放弃昂贵的、风险高的、希望是万能的综合性武器平台发展思路，代之以在功能模块化的基础上，利用信息系统，根据任务需要，进行组合式作战的发展思路。

人往往有习惯性思维。武器需要依托强大的武器平台，实际也是一种习惯思维。就像人们通常认为的：现代社会，企业（特别是大企业）的存在是天经地义的。而根据诺贝尔经济学奖获得者、制度经济学鼻祖科斯先生的理论：随着交易成本的降低，企业的边界将趋近于零。即随着信息技术的发展，使得交易成本趋近于零，未来企业有可能消亡，个人作为独立的生产单位（服务于多个对象）将普遍存在。事实上，从当今网络时代宅男宅女的 SOHO 工作、生活方式的趋势，已可初见端倪。在军事领域作类比，我们是否应逐步放弃依托大平台的惯性思维，代之以发展专门化、模块化的作战单元？

有人认为，美国海军正在发展与航母结合的新型兵器，如 X-47B 无人机等，似乎表明航母不会衰落而会开辟一种空海结合的新局面。即通过空中加油，无人作战飞机可以不受飞行员生理限制的影响，轻易地超过有人作战飞机的航程和留空时间，从而扩大了航母的安全半径。而笔者认为，航母安全半径的逐渐扩大，其本身恰恰证明了：航母的传统作用正在受到信息化作战模式的强大挑战。

在信息化时代，作战的需求牵引相对于装备的技术驱动,远比工业化时代重要得多。其重要的原因，就在于作战模式的多样化、非常规化。传统的军人经常说：“仗怎么打，兵就怎么练。”信息化时代,则要更多地说:“仗怎么打，装备就怎么建。”

七、用作战单元的信息化组合取代航母

所谓用作战单元的信息化组合取代航母的思想就是：1）将航母的作战使命尽可能细分，以便能够使用尽可能少的资源遂行、完成这些使命；2）将作战武器、平台、人员尽可能模块化，形成功能各异的作战单元，以便根据作战使命的需要，选择与组合使用；3）利用信息系统（指挥、控制、通信、计算机、情报、监视与侦察，简称“C4ISR”），充分发挥组合武器系统的效能。[15] 该思想简言之就是“作战使命与作战单元两头细分、中间用信息系统组合”，如下图所示。

上述作战思想，体现了信息战的思想，这是显而易见的；同时，也体现了“超限战”（Wars Beyond Limits）的思想。[16] 上述作战思想，似乎也可以用近年来常有述及的非常规

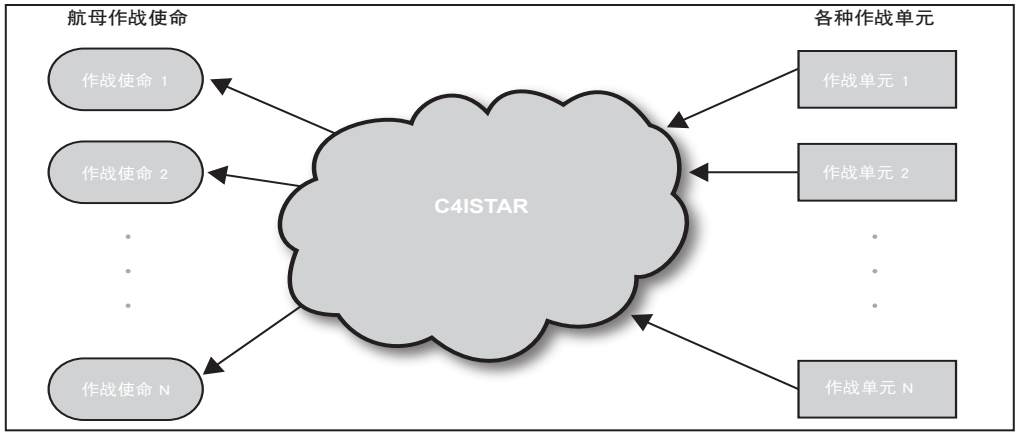


图 1：用作战单元的信息化组合取代航母各项使命

战争、非传统战争等概念来描述。但是，后两者似乎更多地表达了“不是什么”，而不是确认“是什么”。因此从逻辑上来说，笔者更愿意运用超限战的概念，本文主要依据超限战的非军事战争行为增加了作战维度的思想。当然，如果说本文同时体现了“非对称战争”的思想的话，那么也许可以说，“非对称战争”是超限战、非常规战争、非传统战争思想的交集。

虽然航母特混编队本身就存在根据不同的任务、采取不同的海空潜平台组合模式的问题，但作战单元信息化组合的范围更广泛。其作战单元可以是武器，可以是平台，也可以是人员（如特战小分队）。

本文前面已对航母的作战使命作了分解（还可以作进一步分析与分解，本文仅提出一种战略思想），下面继续对作战单元、信息系统作如下启发式的分解：

（1）作战单元的分解

— 导弹：可进一步区分战术、战略、对空、对海、反辐射等类型；如果是对岸（地）攻击，导弹还可以进一步区分破坏堡垒的穿甲弹、破坏供电系统的石墨 / 碳纤维弹、以及破坏通信系统的电磁脉冲弹等。导弹是航母以及一切武器平台的克星，发挥导弹这一作战单元的作用至关重要。应研究任何平台（甚至民船）均可以装载的便携式的、以及像水雷一样可以放置在水下的（可应召发射）的导弹，这些类型的导弹在未来海战中都是需要的。

— 鱼雷：鱼雷发展的关键是制导及隐蔽技术的改进，军事发展迫切需要鱼雷在水下能具有导弹那样的超视距的制导能力，使鱼雷能发挥与导弹相当、甚至比导弹更大的威力。

— 制导炸弹：相对于导弹，制导炸弹可借用重力完成一定限度的下行制导，但由于没有飞行及其控制单元，其成本要低很多。

上述武器作战单元的核心是精确制导和隐身能力。这些武器作战单元之所以在当今至关重要，实际上体现了传统兵器与信息化的集成。即这些高度信息化武器的使用，本质上是体现了信息战的威力。难怪中国军事评论家戴旭上校将英阿马岛之战列入了其主编的著作《不战之困》的第二卷“信息战：前所未有的战争”（见此书第 70 页）。此外，

这些导弹和鱼雷应可放置于无人值守的升降浮筒平台，像水雷一样埋设在战场海域。

前些年,笔者曾读到过关于建设“导弹舰”（也称“武库舰”）的报道。但导弹舰只是一个导弹发射平台和一个导弹库，并非一个完整的作战系统，其本身的防御体系极为薄弱，一旦被击中将会造成重大的损失（将引爆一座海上“弹药库”），故似乎未见其有发展。这说明导弹似应分散隐蔽使用，而这正符合本文的思想。

— 可改装的民船：英阿马岛战争期间，英军紧急征调 58 艘民用船舶（有的正在海上航行）作为舰队的后勤支援力量，仅仅用 2-3 天就紧急改装成了诸如医院船、飞机运输船、运兵船等远征军急需的后勤船舶。对于民船的改装，平时应有各种设计方案、改装器材和应征预案。

— 垂直起降作战飞机：相对于普通作战飞机，垂直起降作战飞机可能要贵一些，但在信息化战争中,装备的质量比数量更重要。英阿马岛战争中，阿方表现最英勇的、对海作战取得辉煌战果的阿空军，却在空战中被第一次上战场的“鹞”式战斗机打得落花流水，战绩为 0:21!

—“浮岛”组件:美国海军设想的“浮岛”由 6 个独立模块舱组合而成，全长 900 米，是“尼米兹”级的 3 倍，可携带 2 — 3 个舰载机联队。[17] 尽管“浮岛”也存在着目标大、机动性差、缺乏自卫能力等弱点，但成本绝对低，其与运输舰的组合即可承担临时航母功能。

— 布雷飞机与布雷舰：这些平台不仅可以投放载有导弹、制导鱼雷的无人值守的升降浮筒平台，而且可以投放无人值守的声纳等观察设备。

— 战略远程隐形轰炸机：最昂贵的莫过于价值 22 亿美元（包括研发测试费用）的美国 B-2 隐形轰炸机，可以通过空中加油，从美国本土起飞轰炸世界上任何地方。发展中国家可以采用造价相对便宜及简易的其它替代方案，例如：无人机。在速度、航程、留空时间（伴随空中加油技术）有优势的战略远程隐形轰炸机、无人机等，其本质也是信息化发展的结果，而且会随着信息化技术的发展而迅速加强。这些都将弱化航母的存在意义。

— 专业特种兵：具有两栖作战等能力，必要时兼有侦察及空 / 海 / 陆 / 水下攻击控制等职能。

……

（2）信息系统（C4ISR）的分解

— 卫星：进一步区分侦察、通信、气象、定位等功能，形成太空数据网。为增加抗打击能力，卫星应形成同步轨道与低轨道的立体系统。

— 预警机：为避免地球曲率限制，将远程警戒雷达放置在飞机上，用于搜索、监视空中或海上的立体全方位、多批次目标，指挥并可引导己方执行作战任务的飞机、舰艇甚至导弹。从设计功能上来说，预警机可以设置为空中指挥所，但由于与避免航母成为“众矢之的”类似的原因，笔者不主张在预警机上设战役指挥所。

— 无人机：是利用无线电遥控设备和自备装置操纵的不载人飞机。地面、舰艇上或母机人员，可对其进行定位、跟踪、遥控、

遥测和数字传输，并可回收反复使用。无人机可对地面、海面目标起侦察、引导作用，一般对作战半径有限制。但如具备美国“全球鹰“那样的 2 万多公里以上的续航能力，则无需在军舰上起降。尽管无人机兼有对地（海）攻击、运输、甚至骗敌诱饵等功能，但笔者认为，其信息作战的功能是主要的。如果未来的战斗机、运输机、加油机等也采用无人驾驶，或者有 / 无人双工驾驶，从而突破人的生理极限而大幅拓展行动范围，则是对无人机的新突破。[18] 笔者认为，无人机向此方向发展将更进一步削弱对以载机为主要使命的航母的依赖。

— 无人值守声纳观察设备：可投放在广阔的海域，监视敌方包括潜艇和各种水面舰艇在内的航母编队，必要时可以引导制导鱼雷攻击。

— 具有超抗打击能力的网络系统。[19]

— 具有抗打击和容灾能力的指挥所和数据中心。

……

对于 C4ISR 系统来说，保持不间断的通信指挥系统是关键，尤其是要保证战略和战役协同。在科索沃战争中，南军采取了化整为零、分散隐蔽、隐真示假、灵活出击等战术，极为有效地保存了力量。但其不能形成打防结合的完备作战体系，不能主动制敌于死地，战略指挥被打散是一个重要原因。

八、替代的作战样式

用作战单元的信息化组合取代航母，是一种战略思想。其内涵包括导弹战、信息战，甚至超限战，鉴于航母的作战使命可以细分很多种，因此这种有针对性的组合也有很多种。限于篇幅有限，本文仅举二例，说明该战略思想的运用：[20]

（1）攻击敌航母编队

（该作战假设可能不完全符合航母的实际作战能力，但仍有一定的启示作用。）

战役背景：

B 国为无航母国家，近期，该国占领了其大陆架上有争议的、周围有丰富油气田资源的 D 岛。相关利益国 A 国随即令其在大洋游弋的航母特混编队前往 D 岛海域干预，同时公布了有关禁航区域。B 国海军奉命消灭该航母编队。

战役过程：

B 国海军的岸基前指直接负责战役指挥（即不设海上指挥所）。B 国令侦察卫星跟踪 A 国航母编队；并立刻征召大洋附近海上与港口的民船，海上被征民船停靠就近的港口卸货、卸客，接受改装；军方向部分民船分发导弹发射箱；有关军工企业迅速将部分集装箱船改装成垂直起降飞机平台；布雷飞机、布雷舰在预设海域周围布设无人值守的浮筒式导弹、制导鱼雷和声纳系统；攻击性潜艇、战略核潜艇分一、二波次向预设海域集结，岸基预警机、无人机待命起飞。

B 国位于预设海域太空的侦察、定位、通信卫星不断地向地面发送定位和 A 国航母编队位置信息。在作战 0 时，在 B 国定位与通信卫星的引导下，B 国各作战单元向航母编队发起进攻：B 国的战略火箭部队奉命击毁 A 国位于太空的侦察、定位、通信卫星；各浮筒式声纳系统，根据 A 国航母编队护航潜艇的方位，引导相关鱼雷浮筒向其发射制导鱼雷；分布在大洋上、禁区以外、远在 A 国航母编队观察距离之外的部分被征用的 B

国民用商船，根据《关于商船改装成军舰国际公约》(海牙第7公约),挂出 B 国海军军旗，从各个方位向 A 国航母编队的舰载预警机、护航飞机、护航水面舰艇、航母分别发射超低空飞行的防空导弹（在接近 A 国飞机时可爬升攻击）和反舰导弹；[21] B 国临时起降平台的作战飞机奉命攻击 A 国中高空飞机和向其航母群发射反舰导弹；B 国的预警机、无人机受命起飞，在预设海域外围盘旋。

B 国在预设海域太空的侦察、通信、定位卫星被 A 国火箭击落，B 国在紧急调用周围备用卫星的同时，令预警机、无人机飞临预设海域，补充卫星的侦察、引导功能。待 A 国航母编队的护航舰艇、飞机几乎消耗殆尽（航母也可能遭到重创）时，B 国仍装有反舰导弹的各民船及浮筒式导弹，向 A 国航母发起最后波次的导弹攻击，最后由 B 国全方位聚拢的、携带制导鱼雷的攻击性潜艇群，如狼群猎象，将 A 国航母最后击沉，并结束战斗。

B 国的战略核潜艇、岸基对海中程导弹部队，作为战役的总预备队，此役未使用。

这很可能是无航母国家未来用作战单元的信息化组合战胜敌航母编队的战例。一定有人质疑此战例为一厢情愿，认为强大的航母编队，尤其是最现代化的美军航母编队，凭借其强大的预警和立体攻防能力，根本不容任何火力威胁接近或进入其规定范围。笔者以为：此论断于过去五十年而言确凿无疑，于当今亦可成立，但于并不太遥远的未来则难保正确。本文质疑航母的主导地位，非指眼下，而着眼未来。

(2) Y 海域的护航活动

战役背景：

Y 海域为重要的国际航道，近期 S 国的海盗比较猖狂。K 国海军、H 国海军均奉命前往护航。K 国政府命令其在该战区游弋的航母编队临时兼负对 Y 海域巡逻护航和打击海盗的任务”。可惜的是，这无异于高炮打蚊子、杀鸡用牛刀。不仅浪费，而且无效。当 K 国某商船及其 19 名船员被海盗劫持时，其航母编队远在一千海里以外，鞭长莫及。其主要原因在于对海盗的活动规律、动向知之寥寥，最后 K 国只得与海盗谈判，经过 100 多天的讨价还价，最终海盗要价得逞，付钱放人、放船。

战役过程：

此后不到半年，H 国的货轮也被海盗劫持，船上 21 名船员成为人质。H 国是小国，无航母，仅有一艘载有直升机的驱逐舰。H 国一面派人稳住海盗，另一面决定采取代号为“Y 黎明作战”的突袭行动，营救被劫持的货船。H 海军首先通过本国语广播，向被劫货船的船员通报攻击计划（包括“听到枪声隐蔽好自己”等），让他们有所准备。

营救当日凌晨，H 国海军“食人鲨”特攻队员在“山猫”直升机的掩护下，乘高速快艇迅速接近被劫货船。山猫直升机上的狙击手击毙了第一个海盗，在强大火力掩护下，特攻队员安全登船，并首先控制了船桥，几分钟后击毙海盗头目。紧接着，特攻队向驾驶室等处投掷了貌似闪光弹的炸弹，在闪光弹的作用下，救出了全部 21 名被劫船员。全部战斗经历了不到四个小时。

在整个行动过程中，安装在特攻队头盔上的摄像头，将拍摄到的影像实时传送到作战司令部，安装在枪支上的热成像设备则向作战司令部报告海盗们的准确位置。

另外，该特工队的行动，获得了 A 国的情报支持：海盗们互相打电话，用的是海事通信卫星，A 国具有很强的监听能力，将关于海盗的情报源源不断地传递给了 H 国。

上例中航母编队部分或有虚构成分，但护航活动的作战模式完全源于真实的战例。

上述二战例，均揭示了现代海战中信息的运用，足可说明传统的航母使命正面临着作战单元的信息化组合的挑战。

九、结束语

综上所述，随着信息化时代的发展，航空母舰作为大工业化时代的产物，将逐渐退出历史舞台——这种趋势也许尚未迫近，然而的确已经浮现。对此，各国（包括发展中国家和发达国家）均应当有跨越式发展的军事思想，认真思考如何将航母的使命进行分解，用功能各异的作战单元的信息化组合，分别取代并超越航母所履行的各项作战使命功能。

当然，正如引文中所言，航母主导地位的式微或弱化，并不意味着航母的终结。尤其是对于有远离本土、履行远洋进攻作战使命的海军，在一定时期内，可能还是需要航母。

本文成稿之后，适值美国智库新美国安全中心在 2013 年 3 月间发表美国海军上校亨利·亨德里克斯（Henry J. Hendrix）的专著“航母的代价”（At What Cost a Carrier?），引起一阵喧哗。此文起首便警告：“航母可能正步其最初所欲支持的战列舰的后尘：庞大、昂贵、脆弱——且对当前冲突大而无当，令人难以置信。”[22] 随后第二段中，作者预言“……航母终结可能为时不远，”因而奉劝美国海军及时转向，重点发展无人战机和潜艇与远程精确导弹相结合的兵器。[23] 此部分结论，与笔者本文不谋而合。♣

注释:

1. 参看维基百科英文网站：http://en.wikipedia.org/wiki/Japanese_seaplane_carrier_Wakamiya.
2. 孟光、李佳，“美版俄罗斯航母编队：路有多远”，兵器知识，2012 年第 6 期，P34。
3. 兵：即武器、兵器的意思。
4. 该系数不仅对航母如此，几乎对所有海军舰艇，尤其是大中型舰艇都是如此。
5. 美联社华盛顿，“军费削减产生“可怕”后果：美被迫将派驻海湾航母减至一艘”，参考消息，2013 年 2 月 8 日，P6。
6. 有一种传说，日本偷袭珍珠港之前，美国已获知消息，当年在珍珠港被日军消灭的战列舰、巡洋舰等舰船，只是美国愿意放弃的靶子，而美国人获得的、比保存航母更重要的是全民同仇敌忾。这种说法未必可信，但无论如何美国航母在珍珠港遭袭中确实未遭损失。
7. John T. Correll, Billy Mitchell and the Battleships, US Air Force magzine, June 2008, http://www.airforce-magazine.com/MagazineArchive/Pages/2008/June%202008/0608mitchell.aspx.
8. 刘亚洲，“这就是马尔维纳斯”，解放军文艺，1983 年第 10 期。
9. 击中“谢菲尔德”的“飞鱼”导弹并没有爆炸，而是靠其剩余燃料引燃了“谢菲尔德”。
10. 转引自：刘亚洲，“这就是马尔维纳斯”，解放军文艺，1983 年第 10 期。
11. 参看维基百科英文网站，“the vulnerability of surface ships to anti-ship missiles and submarines,” http://en.wikipedia.org/wiki/Aftermath_of_the_Falklands_War.

12. 参看维基百科英文网站，原文是“...the brief conflict showed the irremediable vulnerability of surface ships to anti-ship missiles, and, most importantly, to submarines…,”http://en.wikipedia.org/wiki/Aftermath_of_the_Falklands_War.
13. 参看维基百科英文网站，原文是“Six better fuses and we would have lost,”http://en.wikipedia.org/wiki/Falklands_War#cite_note-80.
14. Rodolfo Pereyra,“Clausewitz and the Falkland Islands Air War”[克劳塞维茨与福克兰群岛空战], Air & Space Power Journal (Chinese Edition), summer 2007, p84.
15. 另有一种提法为“指挥、控制、通信、计算机、情报、监视、跟踪与侦察”，简称“C4ISTAR”。
16. 西方译为“Unrestricted Warfare”，对此《超限战》作者有异议。
17. 参看新华军事中文网站，“航空母舰——新的时代”，http://news.xinhuanet.com/mil/2003-01/25/content_707377.htm.
18. 《空天力量杂志》中文版对此有多篇文章提及和介绍，例如：Caitlin H. Lee, Embracing Autonomy: The Key to Developing a New Generation of Remotely Piloted Aircraft for Operations in Contested Air Environments [遥驾飞机自主化——发展新一代 RPA 在凶险天空环境作战的关键], Air & Space Power Journal (Chinese Edition), winter 2012, p54.
19. 此处的打击包括物理硬攻击和网络攻击，下同。
20. 需要说明的是，假定未来交战各国均受《不扩散核武器条约》的制约，本文不考虑核战争的情形。
21. 防空导弹超低空飞行，既可以隐蔽自身，又可以利用敌隐身飞机的隐身死角。
22. Henry J. Hendrix,“At What Cost a Carrier?”[航母的代价], Center for a New American Security, March 2013, http://www.cnas.org/atwhatcostacarrier.
23. 同上。

主要参考文献:

[1] 孙武：《孙子兵法》，山西古籍出版社，1999 年 9 月第 1 版。

[2] 刘亚洲：“这就是马尔维纳斯”，《解放军文艺》1983 年第 10 期。

[3] [美] 克里斯・安德森 (Chris Anderson)：《长尾理论》，中信出版社，2009 年 5 月版。

[4] 乔良、王湘穗：《超限战》（白金纪念版），崇文书局，2010 年 11 月版。

[5] 戴旭：《不战之困》，武汉出版社，2011 年 5 月版。

[6] 新华军事：http://www.xinhuanet.com/mil/。

[7] 百度百科：http://baike.baidu.com/。

[8] 维基百科英文网站：http://en.wikipedia.org/。

[9] 美国空军大学学刊《空天力量杂志》。

钟光宇，知远战略与防务研究所特约研究员，中国电子学会高级会员，中国通信学会高级会员，教授级高级工程师，退役海军中校。曾任中国人民解放军海军作战舰艇观察通信指挥官、岸基司令部军官，长期从事信息战研究。

本 期 词 汇

本刊选登词汇多来自当期或近期美军文章，但在主流英汉军事词典中未能找到相应词条或贴切译文。一家之“译”，仅供参考。

- Air Force Deputy Chief of Staff for Analyses, Assessments, and Lessons Learned = 空军分析、评估和经验汇总副参谋长
- APUC (average production unit cost) = 平均生产单价（国防采办用语，以总购买价格除以所购数量，它不包括研究和发展 [包括“预生产型”试验机] 或设施建设的费用。注意该词不同于 PAUC (Program Acquisition Unit Cost)，即平均采购单价，后者以总计划成本 [包括所有研究、发展、计划专用的辅助设备、设施建设、生产和最初备用零件的费用] 除以所购数量，例如 F-22 最终的 APUC 约为 1.916 亿美元，PAUC 则要高得多。）
- backpack UAS = 背包无人机（美军根据无人机重量、飞行高度、速度等，将无人机分为五类，其中一和二类为小型无人机，有些可置入背包。）
- CRONOS (Secret and Crisis Response Operations in NATO Operating Systems) = 北约秘密与危机响应作战保密通信网（北约使用）
- deliberate targeting = 预定目标打击（对照以下“dynamic targeting”定义）
- dual-hat position = 双职岗位（在联合作战中，同一名军官同时担任本军种部队指挥官和联合（或联盟）组成部队指挥官，戴两顶头衔。）
- dynamic targeting = 随机目标打击，机会目标打击，动态目标打击（注意勿将“动态目标”误解为“移动目标”。）
- effective interference = 有限干扰（用于美军对绝对空中优势 [air supremacy] 的定义，其中规定必须压制住对手使之不仅无法施行过度干扰，并且无法实施任何有限干扰。对照以下“prohibitive interference”定义。）
- exchange ratio (kill ratio) =（空对空作战）胜负率，交换比（指己方每损失一架飞机与对方被击落架数的比例）
- exploits =“探哨”代码（网络攻击中所用的一种代码，作用是探获对方漏洞然后实施控制）
- Five Eyes = 五眼协议，美英澳新加五国情报分享协议（“情报”的英文是“Intelligence”，起首字母是“I”，与“Eye”同音，故俗称此协议为“Five Eyes”。）
- fleeting targets = 闪逝目标
- Forensics = 取证分析（网络战中被攻击后迅速进行取证分析，以找出攻击源。）
- global request for forces process = 全球兵力请求流程
- information interoperability = 信息互通
- lessons learned center = 经验汇总中心（美军各军兵种设此单位，对各种行动的相关文件和文章加以收集、分析、归纳、分享，作为修改 / 更新作战准则和战术 / 战技 / 战规 [TTP] 的素材。例如美国陆军设有陆军经验汇总中心 [The Center for Army Lessons Learned or CALL]。 ）
- optionally manned aircraft =（人驾 / 遥驾）双工型飞机
- prohibitive interference = 过度干扰（用于美军对空中优势 [air superiority] 的定义，其中规定必须压制住敌方使之无法实施逾越容忍限度的干扰。）
- reachback = 回取（海外部署将士通过网络获得大后方的支持，对应词为“前取”[reach forward]。）
- recapitalization = 汰换（汰选）装备（包括增优补新，机队重组、飞机升级 / 延寿）
- resident (nonresident) officers = 住读（非住读）军官生（指已获授衔的军官再回指参学院、战争学院等深造或读其函授课程。）
- terabyte (TB) = 垓字节，即万亿字节 [10^{12}]（更大单位为：petabytes (PB) = 拍字节 [10^{15}]；exabyte (EB) = 耶字节 [10^{18}]；zettabyte (ZB) = 甾字节 [10^{21}]；yottabyte (YB) = 尧字节 [10^{24}]）
- to hedge against = 防范，折冲