

| 航空工业成都所 刘雨

波音747，这是个传奇的名字。它的诞生所伴随的，是航空历史上的一个划时代的事件。外部尺寸更大，内部可用空间更多，这意味着可以容纳更多乘客或更大体积的货物，航程更远。所以毫不意外地，在度过了艰难的成长期之后，747已经成为波音公司在民用市场的支柱产品之一，衍生发展至今，其民用角色也从单纯的客机扩展到货机领域。

与此同时，一架如此庞大而有能力的飞机，其角色自然也不会仅仅局限于民用航空运输。实际上，747不但能在外部背负负载返回地面的航天飞机，或者按照超级加比鱼的思路改造为大型特种货运运输机，甚至能改装为灭火机。

那么很自然地，它的军用潜力自然不会被忽视。庞大的内部空间意味着它有能力运载超大尺寸物品，巨大的起飞重量让它在货舱搭载额外的油箱来加大本来就很远的航程。这些天生的特性，促使波音一再投入精力去研究和推销各种军用改装方案/提案。这方面最成功的例子，莫过于E-4系列先进空中指挥飞机、VC-25总统专机和YAL-1A机载激光武器系统。但在这些成功案例的背后，还有很多不够成功、甚至只停留在绘图板上的方案。这里，笔者试图摘录其中一些有趣的方案和想法，与大家分享。

运输——但是为了军队

从本质而言，军用运输机和民航客机都是相近的——把一些实体从一个坐标运送到另外一个坐标。所以，以军用的角度而言，将民用客机修改为军用货机，是最直接、逻辑上最方便的变化。

二战之后，洛克希德长期霸占着美国空军运输机市场。但无论C-141还是C-5A，其发展过程都不顺利，尤其是C-141暴露出的机内可用空间不足问题（最终通过加长机身才得以缓解）。所以，从20世纪70年代开始，尤其是在747-200F货机型出现后，波音就曾多次向空军提议，以其为基础发展出各种军用运输机。

这些提案的变化程度不一。一些修改范围小的型号，在实质上只是将民用货机少量军用化，甚至需要地面装卸设备的支援才能装卸货物。但也有747MF这样的大改型号，值得专门多费些笔墨。

747MF方案虽然基于747，但它是纯粹的军用货机，发展周期也需要45个月。它的主要设计用途是运送超大型货物——这里说的超大型，是指这些货物的尺寸超过了C-141运输机的货舱允许尺寸。为了适应这种变化，它加大了机头货舱门，开启之后通道的垂直高度是3.45米，而747F的对应尺寸是2.49米。相应的，地板的水平宽度增加到3.91米，比民用型货机宽0.38米。为此，机头上部的鼓包将加高0.97米。当然，最大起飞重量也相应增加到399.16吨。外观尺寸修改带来的阻力增加，按照公司的计算，对航程和有效载荷的影响只有5%。



IIAF 747加油机为帝国伊朗空军的前TWA 747-131/SCD 5-8101号机加油。

美空军探寻F-22后继机的关键技术

据美国国内媒体报道，美空军已经确定了其开发下一代空中优势战斗机所需的关键技术，该机将用于替换F-22“猛禽”。这些技术包括为了获得更大航程而应具备的动力更强、更富燃油效率的发动机以及相对目前水平进一步提升的隐身能力。

美空军空中作战司令部司令官詹姆斯上将强调了发展一种用于替换F-22的新先进飞机的重要性技术，尤其是在潜在对手发展更加先进技术的情况下，比如俄罗斯在2017年8月11日正式公布编号为苏-57的PAK FA隐身战斗机。8月17日，詹姆斯在一次采访中表示：“那（意指苏-57）是一种非常壮观的飞机，并且毫无疑问将对我们的第四代战斗机构成威胁，我们必须继续开展工作，持续改进F-22和F-35，以确保领先。最终你将在改进这些平台的道路上遇到天花板，这时需要另辟蹊径。”

美空军已经用数年时间研究为在21世纪剩余时间里确保统治天空的所需的武器装备，包括F-22后继机或“穿透型制空”（PCA），这些研究构成了“2030年空中优势”活动的



欲披战袍的巨无霸

同样，为了适应超大型货物的运输，货舱地板和货物作业系统也需要加强和改进。最终的设计目标是要能装卸/运输2辆M60主战坦克（C-5也只能运送1辆）。不过更加典型的运载方案是：3辆满载0.75吨卡车+4辆满载2.5吨卡车+1辆人员运输车+3辆0.25吨卡车+3辆0.75吨拖车。在这种总重量63.7吨有效载荷下，747MF能飞行10380千米。

作为军用运输机，就必须尽量不依赖外部地面设备来完成装卸作业。这主要体现在两个军用化特点：前起落架可下跪，前部有可收回折叠的装卸跳板。

前起落架“下跪”系统用1个液压千斤顶来让前起向前上方转动，效果就是将机身高度降低1.98米。此时机身距地高2.9米，同时倾斜4度。可折叠的装卸跳板由液压驱动，完成折叠和展开，本身重量不超过4540千克。斜板本身的倾角是19~22°，如果搭配使用前起“下跪”系统，斜板与地面的角度能进一步降低到11°。依靠这两个修改，不但轮式/履带式车辆能不依靠地面设备而自行登机/离机，非滚动式载荷也能更方便地装卸。

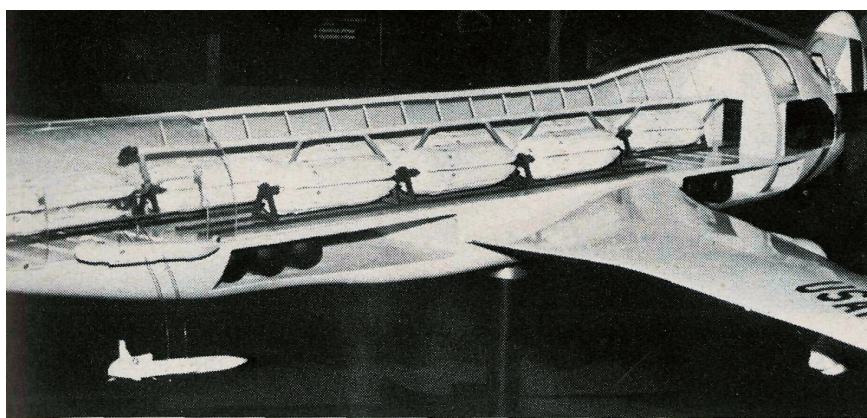
多少有些遗憾的是，尽管在技术上这个方案有一定吸引力，也为客户提供了洛克希德运输机家族之外的选项，但这个方案并未被美国空军所接受，只是停留在绘图板和模型上。

不过到20世纪80年代中后期，747军用货机概念得到了部分实现。1985年到1989年12月，18架Pan American World Airways（泛美航空公司）的747（14架747-100和4架747-200B，由波音威奇托工厂改装，单架改装费用不超过2000万）被改装列入Civil Reserve Air Fleet（CRAF）/民航预备役航空机队；它们被美国空军授予型号C-19A，在国家紧急情况时可作为预备队用重型货运机。空军与泛美航空签订的这个合同要求对飞机进行如下改装：加装侧面货舱门，加强主甲板强度，增加1套货物分发系统。全套改装增加了13000磅空重。这种改装会抵消相应的有效载荷重量，所以在这些飞机进行民用乘客运输时，空军会向公司支付补偿费用。第1架C-19A改装（空军并未分配序列号）于1985年5月31日完成。收到空军征召后，这些客机可以在48小时以内改装为货机。当这些飞机不再使用后，波音威奇托工厂又将它们中的5架改装为全货机。

20世纪90年代初期，波音看到了又1次推荐747运输机的机会。当时麦道C-17运输机项目超支，迫使国防部向承包商征求off-the-shelf non-



交付前的伊朗空军KC-747 5-8105号机。注意其尾部的加油飞杆。



波音建议将747-200F和747SP均作为巡航导弹载体，-200F的最大导弹载重量是72枚ALCM-B导弹或TALCM导弹，747SP能携带48枚这两种导弹。导弹安装在旋转发射器上，从后机身右侧的1个246英寸×50英寸的舱门投放。通过使用6个Advanced Tanker/Cargo Aircraft（ATCA）所使用的油囊，-200F的航程能进一步增加。

developmental airlift alternative（NDAA）/货架非发展空运替代方案的提案。不少于11家航空公司提出了各种现成飞机的运输机改型。波音的提案是C-33A，这种改装普惠4056发动机的747-200F改型运输机全重增加到92万磅，航程4500千米。这个投标得到了1991~1992年沙漠盾牌行动和沙漠风暴战役的支持；在这两次行动中，747的货运作业急剧增加。海湾战争期间和之后，747飞了3700次任务，运送了至少64.4万人次士兵和22万吨装备/补给。1995年，波音和普惠联合提出的（普惠4056发动机动力）C-33A提案最终击败了所有其他竞争者，但没有获得任何订单。相反，国防部选择了订购更多C-17。

空中加油和货运——命运的捉弄

早在707/KC-135家族发展中，波音就已经积累了丰富的经验。如果从飞机设计的角度看，空中加油机面对的作业状况，或许还要更简单一些。尤其是公司已经在硬式加油系统方面积累了丰富的经验。真正妨碍747加油机/货机发展的，或许不是技术因素，而是其相对高昂的造价和使用费用。幸好，当时有一个相对不敏感价格的客户，“747加油机/货机”这个概念才得以脱离绘图板而成为现实。

在爆发伊斯兰革命、君主制被推翻之前的1975年，当时的帝国伊朗皇

家空军/Imperial Iranian Air Force/IIAF（即后来的伊朗伊斯兰空军/Iranian Islamic Air Force）购买了11架二手747客机，然后安排当时位于威奇托的Boeing Military Aircraft Company/波音军用飞机公司将其军用化。这11架客机中有5架是从TWA（环球航空公司）购买的747-131，2架是前美国大陆航空公司747-124，4架747-125最初是美国东方航空公司从波音购买、之后马上出售给TWA。在威奇托期间，所有11架都安装了侧面货舱门，其中3架还加装了波音发展的加油飞杆。它们全部获得了5字头的IIAF序列号。76年，序列号全部更改为5字头的4位序列号。77和78年，IIAF还向波音订购了另外5架新生产的747-2J9F，只不过这5架飞机从未交付，而是去了美国西北航空公司。这些飞机中的一些还可在两侧机翼下吊挂Beech加油吊舱，用于空中加油。IIAF的747机队定期往返伊朗和美国空军各基地，运送军用货物和装备，但这一切到1979年都随着伊朗国王被推翻而结束了。所有伊朗747最终都被废弃，747-200型则移交给伊朗航空。

当然，以事后分析的角度，至少对于当时的帝国伊朗空军而言，747加油机/货机的空中加油角色，恐怕并不是非常必要。作为地区大国而不是全球大国，运营如此大规模的军用加油



俄罗斯苏-57战斗机。

化项目”（AETP）下逐渐成熟。

隐身也将是新飞机的一项关键需求，这将取决于同诸如速度等潜在特征的权衡，以及反隐身雷达的发展。詹姆斯将这种权衡工作比喻为“猫鼠游戏”。美空军还在寻找未来空中优势战斗机可能需要的武器，以及在内置武器舱中布置的数量，此外还有新机型的任务系统，例如传感器和融合能力。詹姆斯拒绝详细阐述美空军为新战斗机所选择的发展中的武器技术，称“新战斗机将拥有与任务相适应的武器。”

美空军今年在2018财年预算文件中首次披露了秘密的“空中主宰空对空武器”项目，将用100万美元启动该项目。目前对下一代空空能力所知甚少，但这种武器可能成为目前正在使用、雷神公司制造的AIM-9X“响尾蛇”和AIM-120“先进中

距空空导弹”的后继型号，也可能是这些武器的更远程版本。更远程程的空空导弹也可能装备未来的非隐身飞机，这些飞机必须在面空导弹射程外飞行。

现在美空军已经识别了PCA的关键技术，下一步是将它们变成现实。但詹姆斯警告称，PCA需要与美国国防部将要发布的《国防战略指南》制定结果保持一致，与此同时还需要得到足够的预算支持来确保所有技术开发活动的进展。总之，美空军在2018财年需要2.947亿美元用于持续开展PCA相关研究。

詹姆斯说，“现在我们的焦点是争取保证这些开发活动按步骤推进所需的资金，以保证我们准备得到一架新飞机的时候不会错过任何一项技术。”（辛文）

机，从可用机场数量、需要进行空中加油的任务、需要空中加油的飞机型号等方面看，都多少有些代价高昂且大材小用。

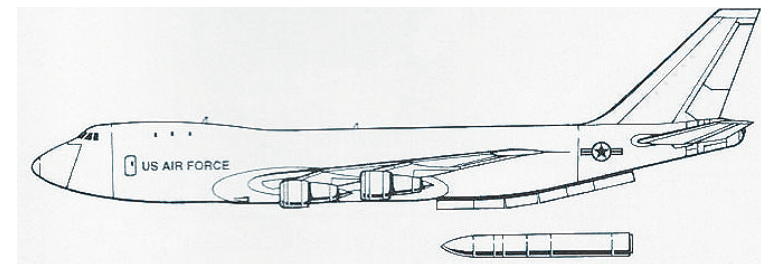
波音公司在这个领域并未完全放弃。20世纪70年代在美国国内的竞争中，波音还提出过747 KC-33A提案，这种空中加油机是用来和DC-10-30 Advanced Cargo Transport Aircraft（ACTA）竞争的。遗憾的是，后者获胜，并最终产生了KC-10A Extender加油机。

意图直接参战——这次是发射有效载荷

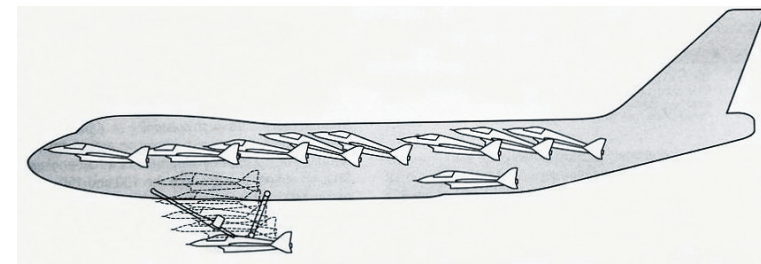
作为一家有足够实力和想象力的大型航空企业，波音公司为747寻找军用价值的努力，显然不止于运输。本质而言，既然都是把物品从一点送到另一点，那么，有效载荷完全可以在飞行中发射而不只局限于在地面卸载。在这个技术路线上，波音公司也进行过多次尝试，虽然都没有实施，但足以证明一个足够大的平台能做的事情可以很多很多。

早在20世纪50~60年代，波音公司就曾经尝试过空射弹道导弹概念——用B-52轰炸机在机翼上外挂和发射GAM-87A空射弹道导弹。所以，当冷战日趋高潮时，1972年波音公司提出了MC747提案。这个提案相当大胆，将747-200F改装为发射平台来发射4枚“民兵”洲际弹道导弹。机身内布置弹舱容纳导弹，在后机身腹部布置纵向弹舱门。导弹从弹舱投放时，其姿态可以是弹头向前或向后。当导弹弹头向后投放时，MC747将背向目标飞行，导弹先翻滚到弹头向上姿态再点火。当导弹弹头向前方投放时，导弹将落到747下方并在飞机前方1500米处点火，然后飞向目标。在这方面，这并非唯一的方案。比如，机身内前后布置多个弹舱，搭载并发射最多7枚、单枚重量5.7万磅的导弹。或者设计一个长达20米的弹舱，用于投放2枚、单枚重20万磅的导弹。可惜，和所有其他的空射弹道导弹载体方案一样，这些提案也无一实现。

20世纪70年代，随着现代战略巡



1972年的MC747提案：改装747-200F作为发射平台发射4枚民兵导弹。未离开绘图板。



747航空母舰提案。

航导弹兴起，波音公司也随即提出了一系列Cruise Missile Carrier Aircraft/巡航导弹载体方案。公平地说，这些方案的可行性应该比那些弹道导弹载体方案更高。比如，波音建议将747-200F和747SP均作为巡航导弹载体。747-200F的超载总重是87万磅，最大导弹载重量是72枚ALCM-B导弹或TALCM导弹。747SP的超载总重是73.5万磅，能携带48枚这两种导弹。导弹安装在旋转发射器上，从后机身右侧的一个246英寸×50英寸的舱门投放。通过使用6个Advanced Tanker/Cargo Aircraft（ATCA）所使用的油囊，747-200F的航程能进一步增加。这类方案也被公司公开推销过（后文的模型就是其在1977年巴黎航展展出时拍摄的）。

在所有军用747方案中，有一个是笔者以为最有想象力的。20世纪70年代初，随着C-5A等大型运输机列装，美国空军开始研究航空载机/aerial aircraft carrier。1973年，波音工程师开始考虑用一架747 AAC（Aerial Aircraft Carrier/航空载机）搭载10架波音model 908-625的可行性；model 908-625是1架无尾超音速“advanced micro fighter/先进微型战斗机”，装一门25毫米转管炮、空空或空地导弹。（洛克希德也在其C-5银河运输机上开展过类似的工作；洛克希德的微型战斗机全长8.84米、翼展5.33米、重3760千克）。机内布置一个双层机库和两个发射舱。据悉，这种做法比建立一个短期用陆地基地更便宜。当时的预想是：这些小飞机不但能从母机发射，而且还能返回母机、加油、挂弹、然后再次发射。这些小飞机的单架次任务持续时间预计不超过10分钟。这个研究项目持续到1975年，产生了多个不同构型。不过，无论是AAC项目还是相关的747 AWACS型（搭载两架用于侦察的这种“microfighter/微型战斗机”）都没有任何结果。

思索与感想

这些只是笔者能收集到的部分资料。可以合理地想像，波音公司在将747军用化方面的努力，显然不只是上述这些构想。然而，仅仅从这些能找到的资料，就可以感受到一个足够大的平台能具备多大的潜力和使用弹性。大，不仅仅意味着昂贵，更意味着有更充足的重量和可用空间，你可以有更大的想像力和余地来为一架足够的飞机找到足够多的可能用途。或许，在我们的大飞机的发展中，也需要更多的想象力。

我国在分子自旋光伏器件研究中取得重要进展

近日，中国科学院国家纳米科学中心在分子自旋电子学研究方面取得重要进展，提出了全新的分子自旋光伏器件。

分子自旋光伏器件（MSP）是基于自旋阀器件结构和富勒烯（C₆₀）分子材料构建的一种新型器件。该器件可在外部光、磁复合场作用下实现电子自旋和电荷输出信号的相互耦合，进而实现全新的器件功能，包括：磁场调控太阳能电池开路电压，室温下利用特定操控模式实现可控完全自旋极化电流输出、磁控交流电信号输出、磁控电池开关等。

MSP器件在自旋阀工作模式下，一个铁磁电极（Co）用于向C₆₀半导体层中注入自旋极化载流子，另外一个铁磁电极（NiFe）用于自旋检出，自旋极化的载流子通过C₆₀薄膜实现输运。在恒定偏压下，该器件输出电流随两个铁磁电极的相对磁化方向变化（即自旋阀效应），受该效应影响的输出电流百分比称为磁电流（MC）。另外，MSP器件在7.5Mw/cm²白光照射

射下可观察到微弱的光伏效应。在短路的条件下，C₆₀层中的光生载流子受内建电场的驱动扩散到两个铁磁电极产生输出电流，这些载流子因为通过磁性电极输出后在极短的时间内完全自旋弛豫，因此并不会产生自旋阀效应。该器件在开路时，外加电压将驱动电子从Co电极运输到NiFe电极实现电荷复合，因为C₆₀优异的自旋输运性质，此时复合电流将会受自旋阀效应的影响。如上所述，MSP器件在光、磁复合场作用下，输出电流与复合电流相异的自旋相关性是实现全新自旋器件功能性的关键。

该研究提出的分子自旋光伏器件作为一种新型器件，在高灵敏度光、磁复合场传感器、单器件磁控电流转换器等方面具有潜在的应用价值，并且相较于传统的分子自旋阀，该器件获得相同磁电流响应信号的运行功率降低至1%以下。同时，该器件还可以应用于分子半导体材料自旋输运和自旋光电子学等研究领域的探索中。

（宗合）