

第1章

基础篇

航空母舰是目前世界上最大的武器系统平台，也是现代蓝水海军不可或缺的武器，在战争中发挥着极为重要的作用。本章主要就航空母舰的定义、分类、作用、地位等基本问题进行解答。



→ 概述

航空母舰 (Aircraft Carrier) 是一种以舰载飞机为主要武器并作为其海上活动基地的大型水面作战舰艇, 简称“航母”。广义上的航母也包括直升机母舰, 因为直升机母舰同样具备一般航母的所有特征, 包括舰体结构等。航母主要用于攻击敌方舰船, 袭击敌方海岸设施和陆上目标, 夺取作战海区的制空权和制海权, 支援登陆和抗登陆作战。与其他舰种相比, 航母具有造价高、生产周期长、攻击威力大、适航性能好、防护力强、以编队作为主要作战形式、以舰载机作为主要攻击武器、舰载机起飞受环境影响大、易燃易爆物品多、容易发生火灾和爆炸等特点。在作战使用上, 航母又具有综合作战能力强、海上部署周期长、能够实施全球远洋部署、能够执行多种任务等特点。

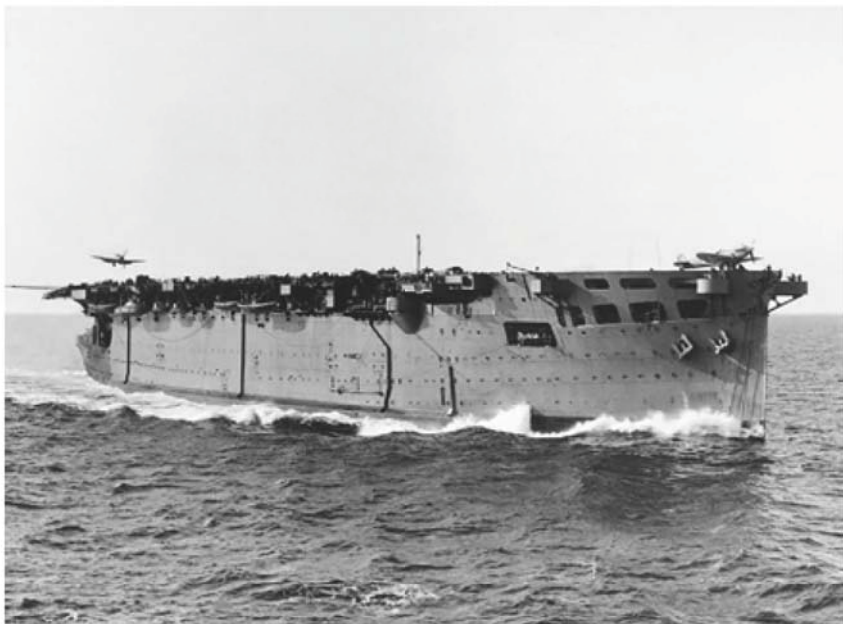
航母是飞机与军舰结合的产物, 而航母的历史与飞机的历史近乎相同地悠久。1903年, 美国莱特兄弟发明了飞机。短短7年后, 法国人亨利·法布尔就制造出了世界上第一架水上飞机, 令飞机的起降范围自陆地延伸至海上。1910年11月14日, 美国飞行员尤金·伊利在“伯明翰”号轻型巡洋舰 (停泊在港内) 的木质甲板上驾驶寇蒂斯D型双翼机, 成功离舰起飞, 并降落到“宾夕法尼亚”号巡洋舰上, 创下人类首次于军舰上起降飞机的纪录。

当时, 一些颇有远见的人士开始以各种方式促使军方建立海军航空兵, 美国人格伦·寇蒂斯甚至进行了一场公开试验, 亲自驾驶飞机投掷武器攻击港内停泊的靶船。然而, 当时各国海军仍在进行建造无畏舰的军备竞赛, 建设海军航空兵仍算是非常前卫的思想, 所以并没有得到重视。

尽管如此, 水上飞机的发明仍然受到各国海军的瞩目。英国建造了第一种专门整备水上飞机的舰船——竞技神号水上飞机母舰, 并在1912年5月成立了世界上第一支海军航空兵, 日本、意大利、德国、俄国也随之跟进发展水上飞机母舰。水上飞机为航母的滥觞, 在其诞生后不久, 一战便轰然爆发。英国是唯一将其用于海上作战的国家, 并在传统大规模战列舰决战的日德兰海战后, 提出水上侦察机有助于战局发展的意见, 并要搭配保护它的战斗机。因此, 没有飞行甲板、无法供战斗机起飞的

水上飞机母舰已无法满足作战需求，必须设计出另一种新军舰，这便是后来的航母。

1917年，时任英国海军总司令戴维·贝蒂下令将“暴怒”号巡洋舰（“勇敢”级）加装大型飞行甲板、改装成航母，并进行了一系列试验。“暴怒”号的外形犹如巡洋舰与航母的结合体（类似原始的航空巡洋舰），前方有多座舰炮炮塔，后方则是长直的甲板，舰载机起飞没有问题，但降落时会受到上层建筑气流影响而十分危险。为了解决这个问题，原先另一艘要建造为航母的远洋邮轮“罗索伯爵”号被下令改装，去除掉所有上层建筑，变成全通式甲板，而后被命名为“百眼巨人”号。



英国“百眼巨人”号航母

1923年，英国建造了“竞技神”号航母，其为英国第一艘专门设计建造的航母，拥有许多现代航母的特点：全通式甲板、封闭式舰艏以及位于右舷的岛式上层建筑。在此时期，日本和美国也拥有了航母，前者的第一艘航母——“凤翔”号，是最先服役的专门设计建造的航母（因为“竞技神”号的工程进度缓慢，所以较晚开工建造的“凤翔”号较早建成下水）；后者的第一艘航母则是由“朱比特”号运煤船改装

而成的，被命名为“兰利”号，同样拥有全通式甲板。美国海军在“兰利”号上发展了许多新技术，如弹射器、降落指挥官制度、拦阻网等。



日本“凤翔”号航母



美国“兰利”号航母

各国摸索出航母的基本形式后，于1936年《华盛顿海军条约》期满失效之际，海军列强又展开了新一轮军备竞赛，英国、美国、日本三

国接连建造了一系列主力航母——舰队航母。在舰载机技术上，日本与美国发展较快，反而英国因为军种恶性竞争（海军航空兵的飞机与飞行员皆由英国空军所提供）而发展迟缓。意大利、苏联受限于海军思想的不同而没有发展航母，前者凭借其地中海位置的优势而认为没有必要特意建造海上的移动机场，后者则因为其内战结束不久、海军力量不强而将其作战范围设限于近海。法国因海军航空兵发展迟缓，仍以战列舰和巡洋舰作为海军主力，仅尝试将“贝阿恩”号战列舰改装为航母。

二战以前，航母的“海上霸主”地位尚未完全确立，对航母的作战运用也存在较大争议，加之受到舰艇性能和通信技术的限制，没有出现较为成型的航母战斗群。二战时期，航母技术与战术理论飞速发展，为了有效保护航母自身安全，充分发挥航母的作战效能，世界主要海军强国均组建了自己的航母战斗群，并在作战中广泛运用。

战争期间，航母战斗群的基本形式——航母特混舰队通常由航母、舰载机、大中型水面舰艇组成，承担登陆作战任务的航母特混舰队，还编配有登陆舰和运输舰。受潜艇航速和对潜通信技术所限，潜艇较少编入特混舰队，即便有也只是极少量承担引导警戒作用的潜艇，潜艇尚不能作为航母特混舰队的基本编成力量。

在欧洲国家中，德国、法国、意大利和英国均试图建造和操作航母，但只有英国拥有较大规模的航母舰队与实际战果。与欧洲战场相比，地球另一边的太平洋战场爆发了更为激烈的海空大战，交手的美国与日本都拥有强大的航母舰队。在珍珠港事件、珊瑚海海战、中途岛海战、菲律宾海海战、莱特湾海战等战役中，航母都发挥了极其重要的作用。

二战结束后，航母的存在价值遭到质疑，其地位一度降到了最低点。当时，美国拥有世界上规模最大的航母部队，相关科技与使用经验也最为丰富。然而，轴心国战败与核武器的出现促使美国将大量航母封存，其中不乏新造航母。美国及其他一些国家认为，战争将决胜于空军轰炸机投掷的核武器，花费大量成本所建立的航母部队将会瞬间被消灭。

随着喷气式飞机开始普及，令舰载机体积与重量大幅增加，因此美国开始着手设计巨型航母，成为日后“超级航母”的前身。美国海军计划运用巨型航母上的舰载轰炸机来投射核武器，最终研制出了“美国”号航母，然而这一方案遭到新成立的美国空军的极力反对，“美国”号

航母项目随之流产。

在 20 世纪 50 年代初,美国有大量喷气式舰载机以航母为平台投入战争,令航母的重要性又得到了重新评价,也让直升机有了新的发挥空间。这一时期,英国研制出诸多航母设计新技术,如光学辅助降落装置、蒸汽弹射器与斜角飞行甲板,成为日后大型航母的典范。美国海军也结合上述技术特征建造了“福莱斯特”级航母。此外,随着“鹦鹉螺”号核潜艇试验的成功,美国海军也开始在航母上使用核动力,第一艘核动力航母“企业”号于 1960 年下水服役。但由于成本高昂,美国海军终止了后续的核动力航母建造计划,转而继续建造“小鹰”级常规动力航母。

随着核技术的进步,核动力舰艇的建造成本逐年下降。经过慎重考虑后,美国自 1975 年起开始建造新设计的“尼米兹”级核动力航母,用以替换大量的旧式航母。随后 30 年,各艘“尼米兹”级航母接连完工服役。尽管每艘“尼



美国“企业”号航母

米兹”级航母与前一艘相比都有所改进,但基本设计始终不变。在此期间,由于核潜艇的出现解决了潜艇加入航母战斗群的速度和续航能力问题,同时对潜通信技术也有了较大进步,因此攻击型核潜艇加入了航母战斗群,与航母、水面舰艇等共同成为航母战斗群的基本编成力量。

与风光无限的美国相比,英国和法国在航母建造和操作方面就显得有些窘迫了。在经历二战和殖民地纷纷独立之后,英国国力大减,不得不将航母大量卖给其他国家,这些旧式航母大多是二战期间赶工建造的,其设计到了 20 世纪 50 年代早已无法应付喷气式舰载机的需求,很快就从其他国家退役。由于国防预算不断缩减,英国甚至一度想完全放弃建

造航母，仅仅因为苏联潜艇威胁与护航所需而建造了3艘“无敌”级轻型航母。

“无敌”级航母采用“滑跃”甲板技术，并搭载垂直/短程起降战斗机与直升机作为主要战力。“无敌”级航母深深影响了其

他资源与财力不足的国家航母设计，意大利、西班牙、泰国等国也建造了类似的轻型航母。这些轻型航母都设有“滑跃”甲板，也将直升机和垂直/短程起降机作为舰载机。法国则先从英国与美国租借轻型航母，而后于20世纪50年代研制了“克莱蒙梭”级中型航母，在其服役30多年后又建造了核动力航母“戴高乐”号。



英国“无敌”级航母



法国“戴高乐”号航母

至于美国在冷战时期的主要竞争对手苏联，其航母发展之路较为复杂。苏联领导人执着于导弹与核武器，对航母抱持鄙夷态度并抵制其发展，一直到美军将核打击任务交付潜艇后，才开始发展搭载反潜直升机的军舰。到了1964年古巴导弹危机后，苏联领导层才真正意识到航母的价值，并着手建造了“基辅”级航母。“基辅”级航母除了搭载舰载战斗机与反潜直升机外，本身还有强大的对空、对潜、对舰武装，但与西方国家的航母相比，也只能算是拥有大量导弹武器的轻型航母。直到1991年，苏联才出现了较为常规的航母，即“库兹涅佐夫”号。该航母采用大型“滑跳”甲板，仍保有许多导弹武器，这与西方设计思维有所不同。

冷战期间，航母在各个战场均很活跃，包括第二次中东战争、黎巴嫩内战、英阿马岛战争、海湾战争等，皆展现了其强大的远洋作战能力。

冷战结束后，世界上拥有航母的国家分成自主建造和购入航母的国家，前者包括美国、英国、法国、西班牙、意大利和俄罗斯等，后者包括巴西、印度和泰国等。总的来看，虽然世界上有能力建造航母并组建航母战斗群的国家并不多，但航母战斗群仍将在人类军事史上书写新的辉煌。

目前来看，航母战斗群具有几个明显的发展特征。一是航母平台大型化，未来可能出现新概念航母平台。二是舰载机更新换代，无人机航母将占据航母一席之地。美国海军已计划在“福特”级航母上搭载无人机。三是护航舰艇性能提升，航母战斗群的作战能力更趋于综合一体。

→ 建造航母需要哪些关键能力

航母是世界上最庞大、最复杂、威力最强的武器之一，是一个国家综合国力的象征。它是囊括了舰体（含适航性能和续航动力及移动机场）、四维电子设备（含卫星导航、高新技术雷达及抗电磁设备）、自卫武器（含导弹、防空火炮、反潜武器）和攻击武器（舰载机）等不同技术成分的系统组合，不仅科技含量和技术难度非常高，技术要求复杂，而且对新材料、新工艺应用都有特殊而苛刻的要求，绝非一朝一夕可以达成。

目前，世界上有能力自主建造航母的国家极少。从技术难度分析，

设计和建造航母必须具备以下 5 种能力。

(1) **大功率计算机辅助工程设计。**冷战时期，美国依靠大功率计算机的帮助，仅用一年半就绘制出“尼米兹”级核动力航母建造所需的 10 万余张图纸。而苏联不具备这种条件，只能大量运用人工运算和绘制，结果用了比美国多两倍的时间才勉强拿出大吨位航母的设计图纸。

(2) **大型试验水池和风洞。**制造真正意义上的航母，前期对设计、制造、材料等相关领域的研究和试验要求很高。而拥有大型试验水池和风洞能力，是航母设计的重要条件。目前世界上只有美国、俄罗斯、英国和法国等少数国家拥有这些研究和试验设施。根据美国海军工程规范，建造航母一般要经过船体放样、船体机件加工、船体装配、设备安装等十余道复杂工序。其中，航母的船体放样至关重要。这道工序需要以标准化的大型试验水池、风洞及超高速计算机为依托，当今世界只有寥寥几家公司有能力完成。

(3) **特种钢材。**缺乏特种钢材也是许多国家无法建造航母的重要原因。由于航母的船体必须承受住 9 级以上风浪，飞行甲板必须承受住舰载机起降时的高温和高摩擦力，所以对钢材强度要求很高。目前只有极少数国家有能力制造航母用钢，美国还将其列为战略物资，不允许擅自出口。

(4) **配套电子设备。**配套电子设备能否跟上航母建造周期也是重要的制约因素。美国航母使用的电子配套系统，一般在船体建造前几年便已着手研制和生产，避免在总装时出现空等局面。相比之下，苏联（俄罗斯）在建造“库兹涅佐夫”号航母时因为电子设备未能及时到货，至少延误了一年半工期。

(5) **舰载机技术。**舰载机作为航母



俄罗斯“库兹涅佐夫”号航母在浮动船坞中进行维修

最关键的武器，其制造难度也很大，目前舰载机制造技术仍然控制在极少数国家手里。由于舰载机的制造要求极为苛刻，常常使那些有心建造航母却无力建造舰载机的国家陷入窘境。与舰载机配套的弹射技术也是许多国家绕不开的难题，尽管蒸汽弹射器原理简单，但并不容易生产，其所需的承载滑块、导轨、汽缸、活塞及传动装置不仅需要超级精密机床加工，而且工艺流程非常复杂，对精准性要求极高。现今一些制造技术为美国独家垄断，技术高度保密。



美国“尼米兹”级航母及其护航舰艇



2017年开始服役的英国“伊丽莎白女王”级航母

→ 建造航母的钢材有何特别

作为支持海军海空立体作战的平台，航母在现代战争中发挥着无可替代的作用，其质量也必须达到极致。建造航母的各种材料必须是各个领域的顶尖材料，或者是只有航母才有资格使用的稀有材料。在各种材料中，钢材无疑是最重要的一种。

航母用钢（特别是飞行甲板用钢）要求极高，在军用舰艇中也许只有核潜艇可以与之相比。具体来说，建造航母所使用的钢材必须具备以下特点。

（1）抗海水腐蚀。海水对舰艇底部的腐蚀特别厉害，会严重影响舰艇的速度和防护能力。因此，建造一般民用和军用船舶的钢材都要求有较强的抗海水腐蚀能力。由于航母的作战环境更为恶劣，维修所需时间更长，因此，要求所用钢材抗海水腐蚀的能力就更强。

（2）防磁。一般钢铁都带有一定磁力。由于地球本身是有磁场的，一般低磁钢铁制造的舰艇服役久了，会受地球磁场磁化，产生磁力。磁力对军舰来说是非常不利的。因为这容易被敌方磁力探测仪侦测到，或受到敌方磁性水雷等武器的攻击。因此，航母钢材的磁力越小越好。

（3）耐高温和耐冲击能力。飞机在陆上起飞，一般需要在3000米长的跑道上助跑、起飞。而在航母上，舰载机在一两百米内，就要从静止状态完成滑跑、起飞、腾空的过程。除了依靠弹射装置助推外，更要求舰载机本身有强大的推力。当舰载机起飞时，发动机喷射出的火焰温度极高，足以熔化普通钢材制作的甲板。另外，舰载机着舰时，对甲板的冲击力极大，因此，对甲板的抗冲击力、抗扭曲力的要求就非常高。另外，航母甲板还要有抵抗敌方穿甲弹攻击的能力。

（4）高强度、高韧性。建造航母所使用的钢材强度要远远高于普通军用舰艇的钢材强度，采用高强度钢板可以减轻船体重量，增强抗弹能力。特别是飞行甲板的钢材，由于要承受舰载机起飞过程中的高热和高摩擦力，更要精益求精。船用特种钢材的屈服强度一般用MPa（兆帕）表示，油轮、散装货船、集装箱船等民用船只所用钢材只需要250MPa即可；普通军用舰艇在300MPa以下就行；而航母用钢，特别是航母飞行甲板用钢一般要求在850MPa以上。

目前,世界上能制造航母、潜艇用钢的只有美国、俄罗斯、法国和日本等少数几个国家。其中,质量最好的钢材是美国开发的HY系列钢材(包括HY-80、HY-100、HY-130等)和HSLA系列钢材(包括HSLA-80、HSLA-100、HSLA-115等),以及俄罗斯开发的AK系列镍铬加钛合金钢。



首次应用 HSLA-115 钢材的美国“福特”号航母



采用美制 HY-80 钢材的法国“戴高乐”号航母

→ 航母如何分门别类

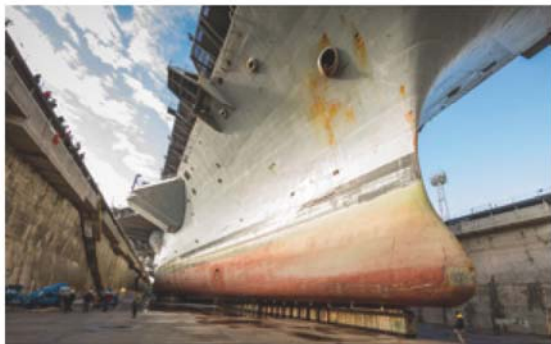
在航母近百年的发展历史中,世界各国建造的航母种类很多,分类方法也多种多样。按所担负的作战任务进行分类,可以将航母分为攻击航母、反潜航母和多用途航母。攻击航母以舰载攻击机、战斗机为主要武器;反潜航母以舰载反潜飞机和反潜直升机为主要武器;多用途航母可搭载多种舰载机,包括攻击机、战斗机、预警机、反潜机、电子作战飞机、运输机、加油机等,兼具攻击航母和反潜航母的功能,能担负攻击、反潜等多种任务。这种分类方法在二战中较为普遍,但现代航母一般都是多用途航母,因而这种分类方法已经不再适用。

按动力装置进行分类,航母可分为核动力航母和常规动力航母。前者是以核能作为推进动力源的航母,续航力强,具有全天候、全球远洋作

战能力；后者是以蒸汽轮机或燃气轮机为基本动力的航母。虽然核动力航母的综合作战能力远胜于常规动力航母，但其建造和运行费用极为惊人，技术要求也相对较高，所以目前世界上仅有美国大量装备核动力航母。由于技术和经费等方面的原因，其他国家的航母通常采用常规动力。

按舰载机的性能进行分类，航母可分为常规起降航母和垂直/短距起降航母。前者是指可以搭载和起降包括采用传统起降方式的固定机翼飞机在内的各种飞机的航母；后者是以舰载垂直/短距起降飞机为主要武器的航母，主要担负攻击和反潜任务，其舰艏通常设有“滑跳”甲板，舰上没有弹射起飞装置和飞机降落阻拦装置。

由于上述分类方法都有一定的局限性，所以目前最常采用的方法是以排水量大小进行分类，分为大型航母、中型航母和小型航母（或称轻型航母）。其中，大型航母是指满载排水量在 60 000 吨以上的航母，舰载机数量为 60 ~ 100 架，以重量在 20 ~ 30 吨级的常规起降飞机为主，作战范围在 800 ~ 1000 千米。大型航母多为攻击航母或核动力多用途航母，可进行远洋作战，在全球范围内部署，执行防空、反舰、反潜、预警、侦察及对地攻击任务。大型航母的典型代表是美国海军现役的“尼米兹”级航母（由于满载排水量高达 100000 吨，所以也有人将其称为“超级航母”）。



在干船坞底部仰望美国“尼米兹”级大型航母



意大利“加富尔”号小型航母

中型航母的满载排水量在 30 000 ~ 60 000 吨, 舰载机数量为 20 ~ 60 架, 以重量在 10 ~ 20 吨级的常规起降飞机或垂直 / 短距起降飞机为主, 作战范围在 400 ~ 800 千米。中型航母可作中远海部署, 执行舰队防空、反舰、反潜及对地攻击任务。中型航母的典型代表是法国海军现役的“戴高乐”号航母。

小型航母的满载排水量在 10 000 ~ 30 000 吨, 舰载机数量为 15 ~ 30 架, 以垂直 / 短距起降飞机和直升机为主, 作战范围在 200 ~ 400 千米。小型航母可作近、中海部署, 执行防空、反舰、反潜、预警等任务。小型航母的典型代表是意大利海军现役的“加富尔”号航母。



法国“戴高乐”号中型航母

→ 航母为何被称作“吞金巨兽”

航母是当之无愧的“海上霸主”, 同时也是名副其实的“吞金巨兽”。二战时期是航母发展的高峰时期, 世界各国共有航母约 700 艘。二战结束后, 由于经济与科技等方面的原因, 世界各国所拥有的航母数量大幅减少。截至 2021 年 10 月, 世界上只有 21 艘现役航母, 其中美国海军有

11艘。即便加上正在建造的新一代航母，数量也不超过30艘。为什么航母的数量越来越少？很大程度上是因为建造和运行航母的花费太过昂贵，远非一般国家所能承受。

作为老牌资本主义国家，英国是世界上最早建造航母的国家，对航母的发展起到了关键作用。二战末期，英国航母数量达到了26艘的高峰数值。二战之后，由于经济实力难以继续支撑数量庞大的航母编队，英国通过出售、赠予、退役等方式大幅削减航母数量。1986年，英国将“竞技神”号航母以5000万英镑的价格卖给了印度；2010年，英国又将“无敌”号航母以200万英镑的价格卖给了土耳其一家拆船厂；2011年，英国国防部通过官方网站打算以350万英镑的低价出售造价达2亿英镑的“皇家方舟”号航母，同时被低价处理的还有“大刀”级护卫舰，处理价格为30万英镑。英国如此贱卖航母及其护航舰艇的最直接原因是国防经费捉襟见肘。由此可见，没有强大的经济实力支撑，英国这个昔日的航母强国也难以维持一定数量的航母。

与英国形成鲜明对比的是美国，早期美国的航母发展落后于英国，直到二战期间美国才逐步超越英国，成为世界上拥有航母数量最多的国家。战后美国更是一枝独秀，所拥有的航母数量占世界总数的一半，而且全部是大型核动力航母。毫无疑问，美国航母实力强劲，背后的根本原因是美国强大的经济实力提供了有力支撑。

构建航母战斗群这样的海上强大作战力量综合体，既需要国家强大的经济实力支撑，又离不开国家发达的国防科技，两者缺一不可。不仅设计航母需要高科技设备支持，制造航母的材料和航母的配套装备同样是高科技。此外，航母战斗群的舰载机、护航舰艇等无一不是高科技在军事装备方面的集中体现。

对航母战斗群而言，每艘护航舰艇、每架舰载机都造价不菲，更不用说航母自身了。例如，美国海军最后退役的常规动力航母“小鹰”号，1961年建造的费用达2.65亿美元，同样的钱可以建造10艘“大比目鱼”级攻击型核潜艇。1975年服役的“尼米兹”号核动力航母的建造费用为18.8亿美元，足以建造9艘“加利福尼亚”级核动力巡洋舰。美国海军正在建造的“福特”级航母，单艘花费超过140亿美元，至少可以建造5艘“阿利·伯克”级驱逐舰的最新改进型。

虽然航母战斗群内的其他舰艇或舰载机在单价上远低于航母，但它们的总建造费用同样惊人。目前，美国一支大型航母战斗群通常配备1艘核动力航母、3艘驱逐舰、3艘护卫舰、2艘核潜艇和80架舰载机。1艘10万吨级核动力航母造价为70亿美元左右，1艘“宙斯盾”驱逐舰造价是15亿美元左右，1艘大型护卫舰造价为8亿美元左右，1艘大型核潜艇造价为25亿美元左右，1架舰载机造价为5000万美元左右。粗略计算，美国海军一支大型航母战斗群的总造价达230亿美元。



建造费用达2.65亿美元的美国“小鹰”号航母

航母战斗群不仅建造费用惊人，服役期间的运行费用同样是天文数字。运行费用主要包括直接费用和各种间接费用两类。直接费用主要包括人员费用、燃料费用、修理备件、供应品、训练消耗物资、服务性费用等。其中，人员费用主要包括工资、津贴、补助、伙食、医疗、被装、休假、疗养、退役、文体、政工、公杂、培训等费用开支，与舰员日常生活直接相关。燃料费用是指动力装置及设备所耗燃料的费用。修理备件主要是用于日常维修保养的备件。供应品主要包括设备、消耗品、舰员消耗物资等。训练消耗物资主要包括弹药及其他消耗物资。服务性费用主要有打印复印、自动数据处理、公共事业设备、通信等费用。各种间接费用是指服役期间所需的其他服务性和非投资性项目的费用，如驻

扎基地保障费用、医疗保健费用、后勤工程技术勤务费用、训练设施维护费用等。



美国“里根”号航母战斗群



编队航行的法国“戴高乐”号航母战斗群

→ 航母的运行费用取决于哪些因素

世界各国的航母在运行费用方面差异较大，主要取决于性能参数、设备可靠性和维修性、自动化程度和使用强度四个方面。

(1) **性能参数**。航母的排水量、动力装置类型等性能参数，对航母的运行费用有很大影响。排水量大意味着相应的设备多、舰员多、武器装备多、马力大等，因而运行费用也大。以美国航母为例，“小鹰”号航母的满载排水量为 86000 吨，舰员编制为 2930 人。“企业”号航母的满载排水量比“小鹰”号航母增加了 7970 吨，舰员编制相应增加了 1870 人。如按 2003 财年经费计算，训练 1 名水兵大约要花费 8.7 万美元，训练 1 名普通军官需要花费 15.9 万美元，按平均每人每年 10 万美元计算，“企业”号航母每年的人员费用要比“小鹰”号航母多出 1.87 亿美元。

动力装置类型主要影响运行费用中的人员费用。一般而言，核动力装置较常规动力装置的人员费用更高，因为核动力装置需要更多的操作人员，一艘核动力航母的动力部门需要 749 人，较常规动力航母多出 130 人。核动力操作人员的级别相对较高，工资标准也相应较高，核动力航母动力部门现役人员近 50% 是 E5 及以上级别，而常规动力航母动力部门 75% 的人员是 E4 及以下级别。此外，核动力航母上的人员还有特殊工资及各种补助等。

(2) **设备可靠性和维修性**。设备可靠性和维修性与航母的运行费用成反比关系：航母上设备的可靠性指标越高，设备故障次数就越少，舰员预防性检修和修复性维修的工作量就越小，维修零配件和备品、备件的数量就可适当减小，相应地修理费将下降；维修性指标越高，设备就越便于维护，发生故障时也越易于修理，相应地维护费也将下降。设备可靠性和维修性主要在研制阶段确定，如果研制阶段对可靠性和维修性进行适当投资，航母服役后的运行费用可以大大降低。

美国在研发新一代“福特”级航母时，投入了约 34 亿美元（2008 财年）研制先进的电气化设备，像电动弹药升降机、电磁弹射器、先进阻拦装置等，不但提高了航母的作战能力，而且极大地提升了设备的可

靠性和维修性，降低了维护需求。如电磁弹射器和先进阻拦装置所需的操作和维护人员比蒸汽弹射器和液压阻拦装置少 30% 以上，人员编制可减少 200 多人，可节约大量人员费用。

（3）自动化程度。自动化程度与航母的运行费用成反比关系，即航母上设备的自动化程度越高，人员编制就越少，运行费用中的人员费就大大降低。为了节约人手，美国海军提出了“智能航母”计划，其目的是通过全舰广域网和监控系统、人工智能系统将舰上各种机械系统、电气系统进行集中网络化监控，可以在不同的控制台对同一设备进行监控。采用“智能系统”的“福特”级航母，无论是电磁弹射器、先进阻拦装置、自动化的损害管制系统、自动化的弹药处理系统等新系统，还是与“尼米兹”级航母相同的旧系统，都能较好地融入“智能航母”计划基础上发展起来的综合平台管理系统中，使得新航母可减少舰员 500 ~ 900 人。

（4）使用强度。使用强度与航母的运行费用成正比关系，即航母上设备的使用强度越大，运行费用就越高。这主要表现在备品、备件的维护保养和舰员的保健费用方面，例如参加 1991 年海湾战争的美国“尼米兹”号航母的使用强度明显高于其服役初期的使用强度，由此导致 1991 年该舰的年度运行费为 1.022 亿美元，比 1978 年的年度运行费 7480 万美元高出近 2740 万美元。自 1991 年以后，该航母也保持着较高的使用强度，年度运行费维持在 1.03 亿美元左右，并呈逐年上涨的趋势。

尽管各国航母在运行费用的金额上并不相同，但也有一些共同的特点。首先，航母的人员费是运行费用的主要投入点。研究表明，美国“小鹰”级常规动力航母人员费占据运行费用的 66.5%，其次是燃料费占 17.5%，备品、备件和供应品费占 13%，训练费占 2.3%，其他占 0.7%。“尼米兹”级航母的人员费占据运行费用的 57%，其次是核燃料保障费占 22.4%，训练费占 12%，备品、备件和供应品费占 8%，其他占 0.6%。究其原因，一是航母的排水量大，人员编制数量多，且舰员的工资及各种补贴均较高，因此人员耗费巨大；二是航母上舰员的居住性标准要求较高，生活设施和工作设施要不断改善，导致费用增加；三是航母的系统设备比较复杂，高技术应用较多，需要不断对舰员进行培训，因而培训费用也较高。



美国“尼米兹”级航母三舰同行

其次，运行费用每年投入相对平稳。在航母服役前，相关部门会制订一个详细的部署计划，对航母的部署时间、维修和训练时间都有规定。即使在具体执行过程中需要根据实际情况对部署计划进行调整，一般也仅仅是微调，不会从根本上影响部署的稳定性。这种稳定性使得航母的运行费用投入相对平稳，尤其是保障航母训练和部署的燃料费、备件费和训练费等费用。例如，美国海军“艾森豪威尔”号航母在1984～1995年的平均年度运行费用为1.02亿美元，总体变化幅度除1995年之外均在10%以内。



美国“布什”号航母的舰员在清洗水果



美国“布什”号航母的舰载机在补充燃油

最后，运行费用投入在总体平稳基础上具有一定的波动性。由于一艘航母的维修周期一般都是跨年度的，因此难免会出现有的年份航母战备时间较长，有的年份战备时间较短，再加上一些突发事件（如局部战争、国际原油价格波动、突发事件等）的影响，航母年度运行费的投入呈现总体平稳基础上的波动性特征。



满载飞机的美国“艾森豪威尔”号航母

➔ 航母的航行速度单位为何是节

众所周知，在陆地上表示速度所采用的国际通用单位是米/秒或是千米/时，但在海洋中不一样，航母、驱逐舰、潜艇等舰艇的航行速度通常用节（knot）来表示。对此，许多人都会感到不解。实际上，节是一种历史悠久的航海速度计算单位，其来源颇有趣味。

16世纪时，欧洲国家的航海技术已经有了一定的发展，但是由于没有时钟和记录航程的仪器，所以人们无法得知舰艇的航行速度。后来，有一位聪明的水手想到了一个记录航行速度的办法：他在舰艇前进的时候，把拖有绳索的浮体抛向水面，然后根据一定时间内拉出的绳索长度计算舰艇的速度。由于当时使用的是流沙记时器，放出的绳索有时会长短不一，水手便在绳索上打了许多等距结，这样只要计算一定时间内的节数就可以知道舰艇的航行速度了。此后，舰艇的航行速度使用节来计

算，并成为国际上通用的航海速度计算单位。

时至今日，现代舰艇的测速仪已经非常先进，随时可以用数字显示出来，“抛绳计节”早已成为历史，但“节”作为航海速度计算单位仍然被沿用。海水流速、海上风速、鱼雷等水中兵器的速度等，也是以“节”为单位。现在国际上通用的是1节为1海里/时，1海里等于1.852千米，所以1节等于1.852千米/时。

需要注意的是，海面上并不适用“千米”这个概念，而是普遍采用“海里”来作为海上长度单位。海里原指地球子午线上纬度1分的长度，由于地球略呈椭球体状，不同纬度处的1分弧度略有差异。在赤道上1海里约等于1843米，纬度 45° 处约等于1852.2米，两极约等于1861.6米。1929年，国际水文地理学会议确定用1分平均长度1852米作为1海里。1948年，国际海上人命安全会议承认1852米或6076.115英尺为1海里，故国际上采用1852米为标准海里长度。

值得一提的是，舰艇上锚链分段制造和使用标志长度单位也用“节”来表示，通常规定锚链长度27.5米为1节。



航行中的美国“里根”号航母



在近海航行的美国“布什”号航母

→ 欧洲各国能否联合发展大型航母

欧洲是世界上经济最发达的大洲，欧洲国家大多属于发达国家。作为欧洲三巨头的英国、法国、德国，是曾经的世界霸主。如今的现代化军事较量中，拥有航母便是强国的象征。虽然英国拥有“伊丽莎白女王”级大型航母，但因各种原因没有采用核动力装置。法国的“戴高乐”号航母虽然采用了核动力装置，但只是一艘中型航母，舰载机起降能力有限。而作为欧洲老牌强国的德国，则连一艘航母都没有。那么，欧洲各国有没有可能联合发展大型航母？

2019年3月，德国总理默克尔罕见就发展航母的建议表态，她表示支持欧盟共同研发“欧洲航母”的构想。默克尔的表态，引发了外界对于“欧洲航母”概念的关注。这是一个在过去不太被重视的方案，其最大的特点在于，如果真的发展这样一型航母，则新舰可能将不单纯属于德国，而是可能属于众多欧洲国家。

“欧洲航母”是一个非常宏伟的军备发展构想，如果研发成功的话，将从整个欧洲层面上凸显必要的全球战略影响力。但这也是一个备受争议的构想。因为在过去的几十年间，欧洲国家虽然联合发展过下一代共同护卫舰计划、三国共同护卫舰项目，但从未真正抱团建造过航母，特别是超级（核动力）航母，更没有在欧洲的造舰计划中出现过。欧洲国家有合作建造大型战舰的经验，但不代表欧洲国家就有联合发展大型航母的能力。发展大型航母，面临的制约因素很多。倘若是众多国家抱团研发，必须考虑的问题就更多了。

（1）海军战略差异。航母属于远洋战略装备，这种装备的发展，必然受到海军战略规划的影响。如果是单一国家开发航母，则可以自行拟定海军发展战略，去构建可能的愿景和方向；如果是多个国家联手制定发展战略，问题就会复杂得多。

欧洲多个国家都拥有较强的军事实力，但每个国家都有自己的利益诉求，对制海权有想法的国家，也有各自的海军发展战略，这就使得各个国家很难在发展大型航母方面达成一致。德国提出发展“欧洲航母”，其实也是基于自己的利益诉求，其他国家是否会响应，仍是未知数。

目前欧洲真正拥有航母的国家，主要包括英国、法国和意大利等。英国建造了排水量 60000 吨以上的“伊丽莎白女王”级航母，法国发展了 40000 吨级的“戴高乐”号航母，意大利则拥有“加里波第”号和“加富尔”号航母。此外，西班牙纳凡蒂亚集团也研发了“胡安·卡洛斯一世”号战略投送舰，这是一种可以起降 AV-8B 和 F-35B 短距起降舰载机的大型战舰，它拥有 STOVL（短距起飞和垂直着陆）航母的性能特点。

可以看出，上述几个拥有航母的国家，都有自己的海军发展战略。英国是岛国，“伊丽莎白女王”级航母规模更大，但是它们实际上也是使用 STOVL 舰载机的；法国和英国一样有蓝水海军战略，“戴高乐”号航母使用核动力装置，可在全球水域进行长距离航行，并且法国还自己开发了“阵风”M 型舰载机，使得“戴高乐”号航母的作战体系自成一家；至于意大利和西班牙，则更多考虑在地中海活动的需要，意大利的航母兼具两栖攻击舰的性能，西班牙的“胡安·卡洛斯一世”号战略投送舰则是一种标准的多用途战舰。

如果德国想拉拢上述国家来合作建造超级航母，首先就要说服这些国家在海军战略发展方面达成共识，并让渡一部分决策权。这显然是非常有难度的工作，因为每个国家都有自己的想法，都有自己的利



英国建造的“伊丽莎白女王”号航母

益出发点。即使能够达成共识，成员国往往也会争夺项目的主导权，结果有可能就是不欢而散。况且，已经拥有航母的国家，对新型航母并没有迫切的需求。德国提出的“欧洲航母”方案，对这些国家而言吸引力不大。而如果德国去拉拢那些没有航母建造经验的国家，则显得没有多大意义。

(2) 难以估量的成本开支。即使欧洲的军事强国最终能够就共同航母项目达成共识，并拟定合理的分工合作方案，也不代表项目就能够顺利推进。因为建造航母的成本是极为高昂的，英国的“伊丽莎白女王”级航母造价在30亿英镑以上，法国的“戴高乐”号航母保守造价为20亿美元。如果是建造大型航母，成本将会更高，美国的“尼米兹”级航母造价动辄几十亿美元，“福特”级航母的单舰价格更是突破了100亿美元。

在建造大型航母的同时，还必须考虑舰载机的开发采购费用，以及航母整个服役周期的日常运行开支。这些费用通常能够轻易突破百亿美元大关，对于合作开发大型航母的国家而言，这将是一笔沉重的经济负担。各个合作国家可能会因为成本分配问题而争论不休，甚至有的国家可能会因为开支过大而选择退出。

即便是综合国力较强的德国，恐怕也没有准备好投入巨额资金用于发展大规模军备项目。2014年，北约曾呼吁各成员国将国防预算占国内生产总值（GDP）的比重增加到2%，但是德国显然没打算执行这一要求。2014年德国的军费为347亿欧元，占GDP的1.18%。之后，德国军费在GDP中所占比例持续升高，但始终没有超过2%。2019年德国的军费为479亿欧元左右，占GDP的1.39%。2020年德国的军费提高到503亿欧元左右，占GDP的1.42%。像超级航母这样的军备发展计划，必然要消耗巨大成本。如果德国自己没有做好准备，那么其他国家就更加不可能响应了。

(3) 来自美国的外力干预。除了欧洲内部存在的影响之外，来自美国的干预政策也会导致“欧洲航母”项目的发展面临巨大阻力。美国一直很警惕欧洲自行发展的防务项目，因为美国担



法国建造的“戴高乐”号航母

心欧洲会逐渐将自己排挤在外。此前法国总统马克龙提出“欧洲军队”发展建议的时候，就遭受了美国的无情嘲讽。美国认为，只有美国主导的北约能够保护欧洲，欧洲不应寻求在北约之外打造规模巨大的防务力量。

既然美国反对“欧洲军队”的成立，那么美国自然也就不会支持“欧洲航母”项目的发展。因为“欧洲航母”项目的出现，事实上也是欧洲防务力量自主发展的象征之一。德国有意在欧盟框架下发展“欧洲航母”，这也印证了其“对欧洲军队”的支持态度。对美国而言，这显然也是“不听话”的表现。

如果欧洲拥有自己的超级航母，就有可能和美国抗衡。美国一直试图保持其军力优势，所以不想看到强大的竞争对手出现。即使欧洲国家名义上和美国保持着同盟关系，但站在战略层面来看，欧洲如果配备了实力强大的超级航母，则美国的优势地位一样会受到冲击。

事实上，从美国正在向欧洲输出 F-35 战斗机，就足以看出美国试图让欧洲在防务发展方面更加依赖于美国。现在欧洲越来越多的国家选购 F-35 战斗机，这使得美国的话语权更大。对于“欧洲航母”项目，美国可能会采取同样的政策。如果欧洲非要发展自己的航母，则美国也势必会干预其中，并试图获得主导权。对于欧洲国家而言，这显然也是一个大麻烦。



意大利建造的“加富尔”号航母



西班牙建造的“胡安·卡洛斯一世”号战略投送舰

综上所述,欧洲国家在合作开发大型战舰方面已经有过丰富的经验,但是对于“欧洲航母”这样的概念,目前欧洲国家尚未有一致的想法。海军战略、成本开支、外力干预的影响,导致“欧洲航母”概念很难转化为现实。除了上述因素之外,或许还有更多的问题也在阻碍着“欧洲航母”的发展。但仅考虑已知的这些因素,就已经可以得出推论:在未来一段时期内,欧洲共同建造大型航母的计划将很难实现。

→ 建造 15 万吨级航母对干船坞有何要求

目前,世界上还没有 15 万吨级航母问世。迄今为止,全球建造过 10 万吨级以上核动力航母的只有美国纽波特纽斯造船厂。该造船厂是美国规模最大的私人造船厂,位于弗吉尼亚州的纽波特纽斯,邻近汉普顿锚地。

纽波特纽斯造船厂是目前美国唯一可建造超级航母的造船厂,并与邻近的美国海军诺福克海军基地有紧密合作关系。纽波特纽斯造船厂占地 5.4 平方公里,有 3 座干船坞、1 座浮动船坞、5 个舾装码头。专门建造航母的 12 号干船坞长 661.6 米,宽 76.2 米,配备了巨大的“蓝色巨人”龙门吊,能吊起 945 吨的航母分段。这个干船坞的最大特点是尺寸较长,而且具备完整的核设备运输和安装的设施。不过它的宽度和深度都很一般,大部分坞段的净宽度只有 85 米,靠近陆地的一段甚至有所收缩,宽度不到 80 米。更关键的是其净深度只有 12.8 米,造成“尼米兹”级和“福特”级航母的下水安全深度不太宽裕,也限制了“福特”级航母的满载排水量不宜超过 11 万吨,更不可能进一步增加到 15 万吨。

核动力航母本身的自重很大,远大于当代多数民用船舶的自重。例如,30 万吨级超级油轮的船壳自重多在 4.5 万吨到 4.8

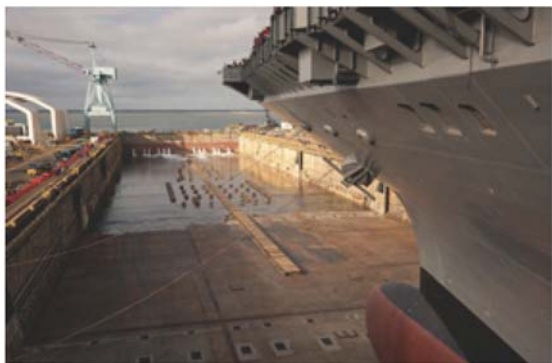


美国纽波特纽斯造船厂的龙门吊

万吨之间。而一艘满载排水量在 10.5 万吨左右的“福特”级航母，空船自重就超过了 6.5 万吨。因此，30 万吨级超级油轮在新船空船下水时，最大吃水通常不会超过 6 米。相反，“福特”级航母即使空船下水，实际吃水仍然超过 8 米。因此，30 万吨级甚至 50 万吨级的民船船舶可以通过 12.8 米级别的干船坞轻松下水，而仅仅 10.5 万吨的“福特”级航母通过 12.8 米深的干船坞下水就已经是安全深度的极限了。



建造中的美国“福特”级航母



美国纽波特纽斯造船厂的 12 号干船坞开始进水

要建造 10 万吨级的核动力航母，不仅要有 30 万吨级的干船坞，还必须有 1200 吨级或者更大吨位的龙门吊。如果没有这么大吨位的龙门吊，就必须在同一个干船坞中设置 2 台 800 吨级的龙门吊一起发力。除了干船坞本身和龙门吊以外，还有第三个决定性因素，就是干船坞外的水域净深度。事实上，全球大部分干船坞外部的海水或者河水的净深度，由于受到海潮顶托和泥沙淤积的影响，都要小于干船坞的内部净深度。大多数情况下，干船坞门外的自然深度要比船坞内部的底板高出 2~3 米，即使经常人工疏浚，也只能疏浚干船坞门口的小片水域。而一艘 10 万吨级航母动辄 340 米长，出坞后即使小幅度转向，经过的水域也有 700 米以上的长度和宽度。这个范围内的水深就叫作坞外的实际净深度，大部

分情况下都小于干船坞的内部净深度。也就是说干船坞的内部净深度为12.8米，那么坞外水域的实际净深度多在10米到10.5米之间。因此，包括航母在内的大型船舶下水必须等待涨潮的时刻，以便增加安全水深。

“福特”级航母的球鼻艏和螺旋桨的下水深度在8.5米左右，下水出坞时即使满潮，出坞后，螺旋桨距离海底也不过2米左右的最低安全距离，如果把航母的吨位扩大到15万吨，那么下水时的安全水深就必须在10.5米以上。如果仍然在纽波特纽斯造船厂的干船坞下水，即使满潮也会碰触海底。而纽波特纽斯造船厂的干船坞已经是美国现在尺寸最大的干船坞了。美国要想建造吨位更大的航母，就必须建造尺寸更大的干船坞。

未来有潜力生产15万级航母的干船坞，坞内深度必须超过14米，坞外水域的实际深度必须在12米以上。同时，干船坞宽度在82米以上，具备1200吨级及以上的龙门吊。目前全球具备这个标准的干船坞，只有寥寥几个。



英国罗塞斯海军造船厂中的“伊丽莎白女王”号航母（图右1号船坞）
与“卓越”号航母（图左2号船坞）

→ 航母战斗群具有哪些作战能力

航母战斗群是空中、水面和水下作战力量高度联合的海空一体化机动作战部队,具有灵活机动、综合作战能力强、威慑效果好等特点,可以在远离军事基地的广阔海洋上实施全天候、大范围、高强度的连续作战。航母战斗群的强大综合作战能力主要体现在以下六个方面。

(1) **对岸打击作战能力**。冷战结束后,由于国际形势的变化,各国航母战斗群的作战任务发生了很大变化,对岸打击逐渐成为航母战斗群的主要任务,而这一任务主要由舰载航空兵和巡航导弹担负。

(2) **对海作战能力**。对海作战是航母战斗群的传统作战任务,主要包括反舰作战和反潜作战,其目的是夺取和保持制海权,具体作战行动包括封锁作战海区、攻击敌方水面舰艇和运输舰船等。其中,攻击敌方水面舰船和潜艇是航母战斗群对海作战的主要作战行动,通常由舰载航空兵和反舰导弹在距航母 200 ~ 500 海里范围内实施突击,应严防敌方水面舰艇和潜艇接近航母 200 海里以内。

(3) **制空作战能力**。制空作战能力主要包括警戒能力和对空防御能力。夺取局部区域或海域的制空权是航母战斗群遂行海空封锁任务的基本方法,也是航母战斗群在远离本国海域执行作战任务必须具备的能力。

(4) **信息作战能力**。信息作战是航母战斗群借助侦察监视卫星、电子侦察卫星、空中预警机、侦察巡逻机、电子侦察机、舰载雷达系统、水声探测系统等电子侦察装备,探测、确定、削弱和破坏敌方电磁频谱的使用,并保护己方对电磁频谱的有效使用的作战行动。信息作战贯穿防空、反舰、反潜和对岸打击等作战活动的全过程,因此受到各国海军的高度重视。通过信息系统高效的指挥控制,航母战斗群可以在广阔的海域共享情报资源,协调作战行动,实施攻防作战。

(5) **战役机动能力**。航母战斗群具有良好的战役机动能力,可以利用广阔的大洋空间自由航行。因此,一旦危机爆发,担负战备的航母战斗群可迅速以最高航速(30 ~ 33 节)向危机地区接近。

(6) **综合防护能力**。航母战斗群的目标庞大,行动隐蔽性差,同时又是高价值目标,也是敌方重点关注的目标。要保证自身安全,必须具备很强的综合防护能力。航母战斗群在有敌情威胁的海域活动时,通

常配置成大纵深、全方位、立体的严密防御队形，时刻防备着敌情威胁。例如，美国海军“尼米兹”级航母编队的防御体系包括3层：第一层为外防区，又称纵深防区，距航母185～400千米；第二层为中防区，或称区域防御区，一般距航母45～185千米；第三层为内防区，或称为点防御区，防御纵深距航母0.1～45千米。

正因为航母战斗群的综合防护能力强，具有很强的战役机动能力，能独立夺取局部区域或海域的制空权、制海权和制电磁权，并具有同时对多个目标实施远程精确打击的能力，所以被视为和平时期应对局部战争、武装冲突和投送兵力的关键力量。美国航母战斗群几乎参加了近年来所有的局部战争，在海湾战争、科索沃战争、阿富汗战争和伊拉克战争中，美国航母战斗群无不是作为急先锋被部署到战区前沿的。



美国“布什”号航母搭载的 F/A-18 战斗 / 攻击机
准备弹射起飞



美国“里根”号和“斯坦尼斯”号双航母战斗群