

众所周知,航空母舰是大国重器,是一个国家综合实力的体现。那么,建造航母有多难?纵观世界强国发展航母的艰难历程,从统筹设计到施工建造,巨额的军费投入、复杂的技术攻关,让不少渴望加入“航母俱

乐部”的国家望而却步。相比一般水面舰艇,航母更像一个微缩版的城市。舰载机需要具备起降功能、航母的航行性能要有所保障,舰上各舱室要布局合理、舰岛上电子设备要相互兼容……生活在这

座“城市”里,一切工作和生活都要有序展开。随着海战形态发生改变,武器装备加速更新换代,航母的攻击力和防御力都面临着全新挑战,一定程度上给航母建造提出更高的要求。

# 建造航空母舰有多难

■雷柱 高德政 刘辉

最基础的也是最管用的

■张西成

基础研究是科技创新的源头,基础研究的水平决定了一个国家科技创新的底蕴和后劲。

关于基础研究的重要性,诺贝尔奖得主弗兰克·维尔切克讲得极为形象:“应用研究就像是在探索已知的大陆,而基础研究则像置身于一艘刚出发的船,看它能带我们走到哪里。你可能最终会返回起点,可能在海上沉没,也可能发现一个全新的大陆。所以,它更长远,也更冒险,并且不是每次都能有所收获。而当有所收获时,它将为那些启航前往未知领域的人带来无限的可能。”

最基本、最基础的,往往也是最重要、最管用的。世界科技发展史表明:没有扎实的基础研究,科技创新不会走多远。基础研究虽然不直接提供新产品、新工艺,却能向社会提供新原理、新知识,其重大突破会对技术和产业革命产生重要的推动作用。

近年来,我国基础研究水平有了显著提升,但必须清醒地看到,有“高原”缺“高峰”,一些关键核心技术受制于人的局面仍然存在。有的科研机构,基础研究始终停留在“说起来重要,做起来次要”的阶段,加快提高基础研究水平任务紧迫、责任巨大。

基础研究具有探索性、长期性、复杂性、成果不可预见性等特征,是一场“寂寞的长跑”。加强基础研究,关键在于尊重人才、培养人才,为人才营造良好的成长氛围,让有能力的人沉下心来、钻进去、出成果。

基础研究的出发点往往是科学家探索自然奥秘的好奇心。好奇心是开垦未知之犁、开拓创新之犁、科学发现之母。不迷信学术权威,不盲从既有学说,以单纯的好奇心而非功利心来驱动,有时看似无用乃至荒谬、荒诞的研究,实则暗合科学发展规律,真理可能正以某种形式存在其中。

因此,各级领导要尊重科学研究灵感瞬时性、方式随意性、路径不确定性等特点,允许科学家放飞思维、自由畅想,大胆假设、认真求证。只有这样,才能吸引和汇聚更多优秀人才加入到基础研究中来。

当前,新一轮军事科技革命风起云涌。打赢未来战争,既需要灵活战术,更需要原创技术。原创技术上的差距一旦形成,军事能力必将形成代

差,弱者就会陷入战场被动局面。二战期间,正是盟军对基础研究的高度重视,促成雷达等诸多高新武器的诞生,最后赢得战争的胜利。

加强基础研究看似的慢功夫,实则走的是科技创新的快车道。军事科技的基础研究如同逆水行舟、滚石上山,不进则退,不进则退,不进则退。只有增强原创意识、强化基础研究,勇闯科技创新“无人区”,创造出更多“从0到1”的原创成果,才能制胜未来战场。

匠心慧眼

## 军工世界观

### 挑战一:舰载机起降飞起来还要降得稳

关于航空母舰,科学家最早的设想是打造移动的“海上机场”。

1909年,法国发明家克雷曼·阿德在《军事飞行》一书中,提出将飞机与军舰结合的构想,航空母舰的基本轮廓第一次被描绘出来。

一年后,美国飞行员尤金·埃利成功完成人类首次飞机舰上起降试验,正式确定了航空母舰将成为一种新舰种。

让飞机在海上起降,并不容易。与陆地起降不同的是,海洋环境复杂多变,特别是变幻莫测的甲板风,使不少飞机硬生生地被吹到海里。因此,舰载机起降被形象地称为“刀尖上舞蹈”。

随着喷气式战机问世,战机起飞滑行距离延伸到千米级。航母甲板长度不过200多米,真正可供舰载机起飞的距离更是有限。这意味着,喷气式战机要想成功上舰,采用传统的水平滑行加速起飞方式并不现实,必须采取一定的辅助手段。

自此,蒸汽弹射器和滑跃式甲板开始亮相。作为增大起飞速度、缩短滑行距离的装置,蒸汽弹射器有效解决了重量更大的喷气式战机上舰难题。但弹射器结构复杂,技术难度远超大多数国家科技实力所及。

首先,开口气缸和储气罐,是蒸汽弹射技术绕不开的“两座大山”。弹射器的开口气缸,不仅需要承受巨大的蒸汽压力,还要确保开缝处的绝对密封;储气罐则需要具备良好的蠕变性能和抗拉强度,必须采用耐高温特种合金钢。目前,世界上只有少数国家掌握这一尖端制造技术。弹射器加工工艺十分复杂,稍有不慎就会导致部件报废,考验一个国家工业制造水平。

其次,弹射器安装维护也是一道难题。面对喷气式战机喷出的高温尾焰,不仅航母甲板要进行大范围“改造”,弹射器材料也要耐高温。这些都是很多国家难以破解的技术壁垒。

相比复杂的弹射技术,滑跃式甲板的出现,让建造现代航母由单选题变成多选题。滑跃式甲板,是将航母舰艏甲板做成弧形上翘的结构,使舰载机沿后部上抛的曲线跑道起飞,从而获得更大的向上动量。滑跃式甲板技术简单可靠,无需对航母进行“伤筋动骨”的改造,因此受到了诸多国家青睐。

不得不说,受航母甲板距离限制,只有高推重比、低速起飞、载弹量低的舰载机才能顺利实现滑跃甲板起飞,这对飞行员的操作要求更高,也影响了航母整体作战实力的发挥。

飞起来还要降得稳。茫茫大洋,航母犹如一叶扁舟,高速飞行的舰载机,要在摇摆不定的航母上精准降落难度非常大,不仅要求飞行员有高超的驾驶技术,还需要可靠的飞机拦阻装置帮助飞机短时间降速为零。

看似简单的拦阻索,工艺制造却异常复杂,需要攻克机械、电气、液压等诸多技术。拦阻索自身既要“过硬”,直接承受舰载机尾钩的冲击力与阻力,又要经得起“折磨”,成百上千次弯折后完好恢复原状。目前,世界上能够独立生产拦阻索的只有少数几个国家。

### 挑战二:舰载机制造“鱼”和“熊掌”不能兼得

作为航母的攻击“铁拳”,舰载机已成为航母不可或缺的重要武器。纵观全球,目前已有不少国家具备制造陆基飞机的能力,但能够制造舰载机的国家



图①:俄海军暴风级核动力航母效果图。  
图②:入坞改装的俄“库兹涅佐夫”号航母。

资料图片



屈指可数。

首先,舰载机对机体结构强度有着很高要求。无论是3秒内从静止加速到起飞速度,还是在拦阻索制下减速至静止状态,舰载机机体都要承受巨大的冲击力。部分舰载机的起落架系统更要承受航母弹射器的巨大推力,必须具备优异的抗疲劳性能,确保足够耐用。

其次,动力系统是舰载机制造的第二道“门槛”。要在有限长度的甲板上成功起飞,舰载机需要获得巨大推力,这对各种辅助器材和战机自身动力系统有着更高要求。

其中,矢量发动机能够显著缩短舰载机起飞、着落滑跑距离,有效提升最大升力系数。但受制于尾喷管结构、材料设计和矢量推力控制等技术“瓶颈”,很多国家不得不对传统发动机进行优化改进。

再次,高温高盐高酸的海军环境,是舰载机制造不容忽视的难题。高腐蚀性的海洋环境,会加速舰载机的机体结构老化,影响发动机、飞行雷达和电子器件等设备正常工作。设计师需要在结构设计、防腐措施、材料和工艺选择等方面进行综合考虑,以延长舰载机使用寿命。

此外,舰载机的折叠机翼、尾钩、气动布局等方面的设计制造难度也很大,每处细节都决定舰载机制造质量,这需要设计制造部门环环相扣、高度配合。

正所谓“鱼和熊掌不能兼得”,任何武器都是技术折中的结果。舰载机满足了结构强度、发动机推力和耐腐蚀等要求,必然要以牺牲航程和载弹量为代价,而这2项数据恰恰是舰载机战斗力的重要指标。

以印度“光辉”舰载机为例,从提出构想到成功着舰,耗费了大约20年时间,虽然满足上舰要求,但航程仅有500公里,甚至比一些舰载导弹的射程都小。其载弹量也只有3.5吨,远不能满足现代空战需要。

### 挑战三:战场防御航母的生命力有多强

进入21世纪,越来越多的军事专家开始关注一个话题:航母的生命力有多强?会不会像上一任“海上霸主”战列舰那样,逐渐走向消亡?

话题的矛头,直指航母的战场生存

力。一切担忧并非空穴来风。据统计,二战期间各交战国有42艘航母被击沉,其中19艘是被飞机击沉,17艘被潜艇击沉,其余的则是遭水雷、火炮等攻击而沉没。

虽然现代航母发展已今非昔比,配备了强大的编队舰艇保驾护航,但当危险真正来临,航母自身防御力始终是最后一根“救命稻草”。

现代航母防御主要分为主动防御和被动防御。主动防御包括近程防御、电子干扰以及诱饵等系统,目标很明确——尽可能避免对方武器直接命中。

与其他水面舰艇相比,航母防御系统在设计上面临诸多难题。航母体积太大,安装几座防御系统才能满足全方位防御要求?安装在哪儿才能最大限度不影响舰载机安全起降?

目前,这些问题解决得并不是很理想。现代航母以安装3-4座近程防御武器系统最为常见,飞行甲板一侧则安装在甲板下层平面上,高度必须低于甲板,这无疑给方位射界造成一定影响。

被动防御,即利用航母材料结构来抵御外来武器攻击。现代航母主要由3种钢板组成:第一种是装甲钢板,主要用于航母指挥中心和动力系统等重要防护部位;第二种是船体钢板,用于抵御水下鱼雷与潜艇导弹的攻击;第三种是甲板特种钢,用来抵挡反舰导弹和航空炸弹的直接打击。

其中,甲板特种钢制造技术难度最大。印度“维克兰特”号航母建造就曾因为高质量钢材的断供问题,不得不推迟3年时间。

为了测试航母防御力,美国还曾多次做过自炸航母的试验。2005年,美国小鹰级“美国”号航母在经历25天的常规武器立体饱和式打击后,沉入大西洋。航母上安装的数字传感器和摄像机拍摄和记录了所有试验数据。这些数据为美国建造新一代航母提供了重要参考。

回顾航母百年发展历程,可谓一路艰辛、充满荆棘。虽然很多核心技术问题正在一步步突破,但航母无疑是世界上最复杂的武器系统。

一艘航母需要多少人?法国“戴高乐”号航母告诉人们,一艘标准排水量4万吨级的航母,需要近2000人才能正常运转。

可以说,除了搭载武器,航母还是一座“水上城市”。各类生活保障设施,也是航母建造的另一个难点。

现代航母都设有服务机构,专门负责官兵的日常生活保障。美国航母供应部门有近400人,是航母最大、构成多元化的部门之一。

这些保障功能也是一步步完善起来的。早期航母设计,设计师往往注重航母战斗力,较少关注舰上保障问题。

二战时期,航母官兵除了正常住宿、饮食外,基本没有太多生活空间和娱乐设施。每次长时间远航执行任务,官兵不仅要面对生活保障困难的现实问题,还要面临诸多心理问题。

后来,这些问题受到各国海军重视,生活保障舱室应运而生。部分国家在进行航母设计时,甚至将电子和生活设施分列第一位和第二位进行考量。

随着航母快速发展,生活保障设施设计更加人性化,洗衣房、健身房、生活超市等成为标配。这些舱室使航母成为一座复杂的“大楼”,房间如同蜂窝般密集,管线密布且互不干扰。

航母的动力保障同样重要。现代航母航速在30节左右,这就注定它要拥有一颗动力充沛的“心脏”。

航母动力系统,并不是小型舰艇动力系统的“放大版”。一艘6-8万吨的常规动力航母,动力总功率相当于一个能为20万人城市供电供暖的热电厂。如何在满足航母空间结构设计的前提下,把重型设备放进去,又是一大挑战。

相比常规动力航母,核动力航母技术更复杂。核反应堆功率体积比例与航母布局的关系、核燃料纯度与控制技术的平衡以及安全和应急冷却系统的设计,都是一个棘手难题。

此外,航母防火系统也不容小觑。1967年7月,美国“福莱斯特”号航母就曾发生过一起火灾事故,造成26架飞机烧毁,40架飞机严重受损,10层甲板6层遭到破坏。这也给航母设计师敲响了警钟。

回顾航母百年发展历程,可谓一路艰辛、充满荆棘。虽然很多核心技术问题正在一步步突破,但航母无疑是世界上最复杂的武器系统。

航母建造是一个国家综合实力的体现。正如有人所言,“航母,非大国难造也!”

空军某厂技术中心飞机修理所所长巩克为您解读——

## 如何给飞机称重

■何梓源 张俊龙 乔雨



曹冲称象的典故,被人们津津乐道。今天,总体重量高达数十吨甚至上百吨的飞机,又是如何称重的呢?

无论静止还是运动,飞机都要有良好的平衡性,并将重心保持在一个合理范围内。飞机飞行有一个安全起降的重量,飞机超重了,起飞滑行距离就会随之增加;降落时,轮胎和地面之间的摩擦力加大,容易造成起落架损伤、刹车失灵,可能引发意外事故。

因此,飞机称重数据的准确性,关系到机舱内人员、货物如何安置,进而影响飞机的操纵性和安全性。

那么,一架飞机的称重需要哪几步呢?

### 第一步“上秤”准备

飞机称重可不是放在秤上那么简单。要做诸多方面的准备工作——为避免风力影响数据的准确性,工程师通常在密闭环境中对飞机称重。称重前,飞机液压系统和滑油系统需在勤务状态,工作人员抽取燃油、排空饮用水和污水箱,将各操纵舵面设置在正确位置,按照手册清点各类设备,并调整飞机到水平姿态。

一切准备完毕,飞机就可以“上秤”了。

### 第二步 精确称重

目前,通过飞机称重系统测量飞机“体重”是一种常用手段。飞机称重系统由秤台、引桥、轮挡和采集装置等组成。

称重时,由飞机牵引车将飞机拖到秤台上,通过对秤台上的力传感器输出数值进行分析,就可以得到飞机重量了。

### 第三步 模拟测量

称重,作为飞机日常维护中的一项基础工作,不仅关系到飞行安全,更关系到飞行效率。

飞机重心发生向前或向后移动,飞机尾部的稳定升降力也会发生改变。所以,在测算出飞机重量后,还要准确找出飞机的重心,从而控制好整机重量分布,保证飞机飞行安全。

目前,可以通过激光跟踪仪测定飞机的空间坐标,结合安装三维动态力传感器的特制顶升机构,模拟飞机俯仰、偏航、滚转等姿态,去测量模拟飞行状态下的重心变化。

改装飞机机翼、更换新型滑油、安装新的机载设备、更换舱内布局……这些都会让飞机重量发生变化。因此,每架飞机都有自己的“体重”档案——包括精确的重量和重心数据。

飞机上的座位安排和货物装载,都要以飞机的重量和重心数据作参考。飞机的重量改变,乘客与货物位置变化,都会影响飞机的飞行平衡。

因此,为了保证飞机飞行安全,我国有关部门规定运输类飞机每4年至少要进行一次称重,飞机在大修或改装后必须进行称重,确保飞机的重量和重心不会改变。

如今,我国已经拥有了国际先进的力学计量标准,可以为飞机称重系统提供准确的量值。

上图:技术人员为飞机称重。

作者供图

军工科普