

全天候仪表进场助降系统。美国新研制的精确进场与着舰系统采用 GPS 和数据链技术,与电阻挡装置相配合,为固定翼无人机进场、引导、着舰创造了条件。随着无人机上舰,将设置无人机监视系统。

新研制舰载机(特别是固定翼飞机)上舰,要妥善安全地解决起降、着舰等技术问题;飞机性能与航空母舰如何匹配,机舰系统应如何匹配,要做大量研究试验工作,较好的办法是设置陆上试验站(模拟舰上情况设置弹射器或滑跃甲板以及阻拦装置等)对舰载机进行陆试(美国和前苏联均为航母设置陆试站),成功后再装舰。陆试站以后还可供航空兵训练用。

(4) 船体结构:为在受鱼雷、导弹攻击时,提高生命力,航母在舷侧设置若干层纵向壁分隔的空仓或液仓,以降低和吸收爆炸能量。空仓和液仓的组成方案,用计算或试验确定。宽广的飞行甲板、巨大的舷台结构、无柱而宽阔的机库、舷侧的机库大门开口、弹射器等起飞降落装置的加强结构均需进行强度计算。为了增加飞机和武器等有效载荷,控制船体自重,航母主船体材料采用高强度合金钢,其屈服强度在 $5\,000\sim 8\,000\text{ kg/cm}^2$ (美航母采用 HY-80, HY-100 等钢材,俄航母采用 AK 系列合金钢),防护装甲则用本国拥有的强度、硬度和韧性最好的合金钢材。并配套最佳的焊接材料。

(5) 动力装置和电力系统:核动力装置续航力大,核燃料占用容积小、可免除常规动力的排气道、烟囱,有利于缩小上层建筑,大型航母使用,优点突出,但全寿命期费用比常规动力装置高。美国在 20 世纪 50 年代统筹安排航母、核潜艇用的核反应堆,1954 年完成 A1W 陆上模式堆,经改进后的 A2W 用于第一艘核动力航母“企业”号。其后“尼米兹”级航母均采用核动力装置,21 世纪经各方面分析比较,CNN21 新航母仍采用核动力装置。法国“戴高乐”号航母为了节省费用,选用“胜利”级核潜艇使用的 K15 型压水反应堆,除功率显得不足外,建造中曾出现反应堆耐压壳龟裂等问题。核反应堆在航母和核潜艇上的使用环境不同,看来像美国那样统筹安排航母、核潜艇用的核反应堆,形成两个系列为佳。

蒸汽动力装置能满足蒸汽弹射器大量蒸汽的需要,仍将继续使用。燃气轮机动力装置启动快、加速性能优越、尺寸小、重量轻、功率密度较大、效率较高,近几年来单机功率已接近 60 000 马力(1 马力约为 746 瓦),特别是采用中冷复杂循环后的燃气轮机,效率增高、油耗降低,其全寿命期费用低于核动力、蒸汽动力和柴油机动力装置。因此燃气轮机动力装置将是中型、轻型航母的有力竞争者,法国 PA2 新型航母改用常规的燃气轮机动力装置就是一例。

• 318 •

综合全电力系统将在新研制的航母上使用。有报道美国 CVNX 航母将使用新型核动力装置(输出功率和使用寿命均有增大)和综合全电力系统(是否用电力推进似尚未确定)。英国预计 2012 年将建成的 CVF 型新航母和法国 2005 年开始设计的 PA2 型新航母均将采用综合全电力系统。在综合全电力系统中,英国 CVF 型新航母采用中冷回热式燃气轮机发电机组,推进电动机则采用变频(使用逆变器变频)调速的感应电动机。目前还在研究采用永磁电机或超导电机以减小重量和体积。综合全电力系统应用在军用舰艇,优点突出,电力推进噪音低,有利于隐身;笨重的减速倒车齿轮为电缆连接代替,推进效率高,在舰上布置灵活;推进系统与电力系统合并,功率储备大,可灵活作电力负荷调配。综合全电力系统用于航母的主要困难是推进电动机功率太大,电动机选型困难(“尼米兹”级核动力航母 4 轴总功率 260 000 马力,每轴 65 000 马力;目前美海军为 DD(X)研制的电力推进用感应电动机、永磁电机和超导电机,功率为 $36\sim 36.5\text{ MW}$,约 48 927 马力,用于航母功率还不够)。采用综合全电力系统后,发电机由于功率大,要提高其电压和频率(或相数),以求减小发电机本身和电缆的体积、重量;输出给舰上各种用户需设置静止的变压器、整流器、变频器。

(6) 自动化、电气化、网络化:航母通过设备自动化实现人员最少配置。舰载机在飞行甲板、机库的转运、升降等作业要实现自动化,以提高航空作战支援能力。随着计算机网络技术、智能技术和微机电系统(MEMS)技术的发展,动力、电站、损管监控系统采用现场总线网络,智能传感器和执行机构,实现机仓自动化,对损管、火灾、浸水等实现自动化控制。综合全电力系统发电机需要通过变压、整流、变频等措施向全舰用户供电,要求研制可靠的电力电子设备。随着舰艇采用综合全电力系统,舰船电气化已提到日程上,航空母舰亦不例外。美国在研究发展全电气化舰船的同时,开展用电力代替其他动力如机械、气动、液压传动的研究,认为其关键亦是发展电力电子设备。电力电子器件像微电子器件那样是半导体器件,可使电流接通和断开。微电子器件转换小电流控制信息流量,电力电子器件转换大电流(在高功率下)作传动等控制(与传统的机电式开关比较,他们更快更小、更精确、价廉、易于控制且效率更高)。半导体和集成电路的应用促进了电力系统控制的电子化、开关电路的无触点化和电能变换的静止化发展,从而缩小了电力设备的体积和重量,提高了系统设备运行的可靠性。电力电子器件的进展是实现综合全电力系统和全舰电气化的技术基础。

航母的导航操舵系统、机械控制系统与作战系统将联成统一网络,相互共享信息。作战系统和机电控制系统相结合,将使舰在战斗中受损伤后,具有快速重新组合机电设备能力,改善舰的生存能力。作战系统和舰导航、操纵系统相结合提高了指挥员的作战指挥能力。近年来,西方国家海军发展综合平台管理系统(IPMS),将舰总体(国外称平台)的各个系统联接成统一网络,对各系统进行集中管理、自动监控,而且能通过人工智能技术和专家系统进行故障预测和诊断,并有模拟训练功能。实现网络化能有效地获得外界甚至全球的信息。

(7) 作战系统:未来战争模式是信息战、网络中心战,海、空、陆战场联成一体,作为编队的指挥舰,航母是作战的核心,他通过数据链、卫星通信与飞机、编队内舰艇、友舰等的传感器完成航母战斗群内外外的 C4ISR 整合,实现互联、互通、互操作,夺取信息控制权。他设置航空兵、编队、本舰作战指挥系统对编队内各舰(包括巡洋舰、驱逐舰、护卫舰、核潜艇、补给舰等)和舰载机、友邻飞机进行作战指挥。与其他大中型水面舰艇一样,航母作战指挥系统趋向采用分布式,但其信息来源和传输范围更广,信息容量更大,技术指标更高,控制内容更广。美国不少新的电子、武器系统都是先在航母上作安装和试验的。

现以美国航母为例,说明其作战指挥控制系统发展情况。美国航母上层建筑内最上面三层自上而下分别为飞行控制舰桥(指挥飞机起降)、航海舰桥和司令部舰桥,用于航海和出港了望、编队指挥和航空作业的指挥监视。在主甲板下设作战指挥中心,负责全舰作战情报处理和作战指挥。

编队指挥主要依靠“旗舰数据显示系统”,布置在上层建筑司令部舰桥中,他是美海军指挥控制系统的海上节点,与岸上节点联系,向战术旗舰提供作战态势图,供指挥员作大规模海战的战术决策和作战管理。“旗舰数据显示系统”由数据处理系统、大屏显示器、电视扫描控制器、作战管理和指挥决策软件包等设备组成。空中交通管制中心的标图板(所有飞行任务在上面一目了然)、飞行训练系统等设备也布置在司令部舰桥内。

美国水面舰艇(包括航母)的作战指挥系统 20 世纪 80 年代前均采用 NTDS 海军战术数据系统。后来发现其航迹处理能力不足,无法与电子战系统接口;对空探测和飞机交换数据的 11 号数据链也不能满足要求,从而决定发展 ACDS 新型作战指挥系统和 16 号数据链。ACDS 系统数据处理容量大,可提供更详细的战术图像,目前美国航母均已安装 ACDS 新型作战指挥系统。

1986 年一个中间过渡系统 ACDS - 0 (ACDS

Block0)用于“尼米兹”级航母“罗斯福”号(CVN71),该系统改换了 NTDS 系统的硬件,采用 AN/UYK - 43 计算机和 AN/UYQ - 21 显示系统,对软件系统也作了改进,但仍可和 NTDS 软件程序相匹配。与 NTDS 系统相比,增强了对海、反潜作战指挥,具有有限的综合电子侦察和海洋监视数据能力,也不是设计成能对付快速目标,他仍和 11 号数据链接口。

完整系统 ACDS - 1 (ACDS Block1)与 16 号数据链接口,增加了跟踪信息容量(航迹处理能力是 ACDS - 0 系统的 8 倍),可自动识别和帮助决策,以 3C(指挥、控制、通信)为特色,在 1992 年提供。ACDS - 1 0 级 (ACDS Block1 Level 0)系统 1994 年在“星座”号航母(CV64)上完成功能演示,修改后的 ACDS - 1 1 级 (ACDS Block1 Level 1)系统又在“星座”号航母上作试验,并再作改进。ACDS - 1 2 级 (ACDS Block1 Level 2)系统,1995 年提供,以支持“艾森豪威尔”号航母(CVN69)和“黄蜂”号两栖攻击舰(LHD - 1)上协同作战系统(CEC)的安装和试验。

“星座”号航母上 ACDS - 1 系统接收雷达/识别器、MK - 23 TAS(快速反应搜索雷达系统)、AN/SLQ - 32 电子战系统、导航系统、反潜战系统等传感器的数据。他有 1 个 TAC - 3 工作站和 2 个 UYK - 43 计算机节点,和 16 号数据链接口,16 号数据链(既装在航母上,也装在 E2C 预警机和 F - 14 战斗机上)具有 10 倍于 11 号数据链的吞吐量。由于有更多的数据输入,因而 ACDS - 1 系统可进行自动航迹相关;可接收加密传输的电子战系统侦察数据,可以充分综合本舰探测和远处送来电子侦察数据。ACDS - 1 系统显示的图像比 NTDS 系统和 ACDS - 0 系统详细,他的第 1 台 UYK - 43 计算机是航迹管理器,第 2 台 UYK - 43 计算机是用来作图像改进。指挥控制处理器 C2P 处在数据链和 ACDS - 1 系统之间,他还包含有第 3 台 UYK - 43 计算机和 USQ - 69 显示终端,他是用于作通信链路的数据处理,从而使 ACDS - 1 系统的计算机能专用于扩展其航迹容量,和对目标作有效的监视。ACDS - 1 系统用 TAC - 3 工作站接收“联合海上指挥信息系统”(JMCIS)的外部数据。

“星座”号航母上 ACDS - 1 系统的组成是:23 个 OJ - 535 控制台(光栅扫描监控台)、27 个 ASTAB 自动状态板(43.2 cm 及 58.4 cm)、2 个液晶显示大屏幕显示器(122 cm × 122 cm,供战术作战军官和作战指挥系统监视军官使用)、若干个字母数字终端、2 台 AN/UYK - 43 计算机和 1 台 TAC - 3 工作站。其功能是:跟踪自动化(包括自动航迹相关、电子侦察信息与雷达信息相关、自动多源识别和分类、本舰和远程截获的电子信息全自

动互联和跟踪),特混舰队和本舰的互操作能力,显示支持(数字地图支持和综合情报数据库等),提供条令控制的武器对目标的实时反应。ACDS-1系统的特点是:具有修改交战规则的能力和对目标的确认识别能力。

有报道,ACDS系统与全分布式的SSDS(舰艇自防御系统)综合,将成为美国海军非“宙斯盾”舰(航母属于此类)的标准作战系统。

通信是C4ISR的重要内容。航空母舰必须具备强有力的通信手段,舰的通信系统使用卫星通信系统和短波(HF)电台与岸基指挥部、友邻编队通信,使用超短波(UHF、VHF)电台和数据链与编队内舰艇、飞机通信;母舰与舰载机间设有专用数据链。舰上还设置内部通信、闭路电视等系统。

以美国航母为例,卫星通信是航母新形势下的主要通信手段。美国航母上安装舰队卫星通信系统FLT-SATCOM的AN/SSQ-1A终端以接收通播信息;WSC-3(UHF)收发终端以进行通信;还安装WSC-6(SHF)终端,通过国防卫星通信系统进行通信;安装海军极高频卫星通信项目的抗干扰、低截获率USC-38(EHF)终端进行通信。战术数据链是舰舰、舰机间传输战术数据的专用通信线路,Link4A用于舰载机的精密全天候着舰,Link11供特混舰队成员间通信,Link14半自动数据链用于与不装海军战术数据链的舰艇通信,Link16是美第二代三军通用数据链,以JTIDS通信协议为基础提高通信通用性和协同能力。美航母从JMCIS联合海上指挥信息系统获取数据信息,从20世纪90年代开始,美启动和发展GCCS全球指挥控制系统,GCCS-M将代替JMCIS系统。

航母作战威力提高的重点应放在舰载机和编队协同作战上。舰载预警机,装备先进雷达,可居高临下探测300 km以外的飞机、200 km以外的巡航导弹,为舰队反击提供宽裕的准备时间,空中预警是航空母舰编队安全的重要保障,预警机还能指挥战斗机作战。在信息战中,航母的电子战机将是发展的重点。新型传感器、导弹、火控系统、激光制导炸弹等的应用,将使战斗机、攻击机的性能不断提高。无人机将在航母上大量应用。航母对编队内各舰、舰载机的作战指挥应畅通和实时,航母将可以通过协同作战系统直接控制编队内多艘舰协同作战。航母上一般设置对空、潜点防御武器系统(舰空导弹、密集阵火炮、干扰弹发射装置、鱼雷防御系统等),区域防空、反潜和反舰作战则依靠编队内的驱护舰。航母上防空武器一般形成三层防空火力网。以“尼米兹”航母为例,RIM-7海麻雀导弹最大射程14.6 km,拉姆导弹最大射程9.6 km,MK-15密集阵炮射程

1.5 km,构成严密的三层防空火力网,对敌飞机、反舰导弹有良好防御能力。美、俄、法、意等国航母均设置鱼雷防御系统(含鱼雷告警声纳、鱼雷诱饵等)。前苏联在航母上还设置舰舰导弹系统、区域防空导弹系统和大炮等,虽对单舰作战有利,也占用了宝贵的空间和重量,在当前强调编队、三军联合作战的情况下,不是发展方向。

雷达设备对航母特别重要,不但用以探测跟踪空、海威胁目标和导弹制导,舰载机起飞后要依靠它确定位置;降落时要依靠它进行引导;升空后执行拦截任务时,在其自身机载雷达抓住目标前,还要依靠它进行引导。发展趋向是采用多功能相控阵雷达,用他来综合完成对目标的探测、跟踪、识别和对本舰导弹的制导等任务。美“尼米兹”航母主探测搜索雷达由AN/SPS-48E频扫三座标雷达、AN/SPS-49(V)5二座标远程警戒雷达、MK-23TAS快速反应搜索雷达和AN/SPS-67(V)1对海搜索雷达组成。美未来CVN21航母将采用双波段雷达(DBRS),由X波段的AN/SPY-3有源多功能相控阵雷达(MFR)和S波段的S-VSR体搜索有源相控阵雷达相集成,可对付高速低空隐身能力很强的掠海飞行导弹威胁(有报道AN/SPY-3雷达先用在DD21驱逐舰),由S-VSR作体搜索,满足所有海平面上探测和跟踪需求,由AN/SPY-3满足所有水面跟踪与火控需要,为“海麻雀”和“标准”导弹等提供火控引导,并满足未来防空导弹反击威力巨大的反舰巡航导弹的火控照射要求。该双波段雷达为CVN21岛的缩小起良好作用。前苏联自1143.4“戈尔什科夫”舰起用“空中哨兵”相控阵雷达(此前载机舰用频扫三座标雷达)，“库兹涅佐夫”号航母仍用“空中哨兵”相控阵雷达。意大利“卡佛”号航母采用RAN-40L三座标雷达作对空警戒,以EMPAR单面阵相控阵雷达对“紫苑-15”导弹进行跟踪制导。法国“戴高乐”号航母采用三座标雷达作对空警戒,以Ara-bel单面阵相控阵雷达对“紫苑-15”导弹进行跟踪制导。

航空母舰既配备惯性导航系统,又配备平台罗经、卫星导航和天体导航系统,舰的惯性导航系统还须与舰载机的惯性导航系统进行对准。航空母舰电子战系统的电子侦察设备用于远程搜索和定位,与本舰内外传感器数据相融合,起到远程告警、敌我识别的作用,要求提高其测向、测频、信号处理和分选的技术水平;其电子干扰机的发展趋势是使用相控阵技术,可对多目标进行电子干扰。美航母采用的AN/SLQ-32(V)4电子战系统,采用数字式存储器,可实现较快的威胁判断,采用介质透镜馈电多波束天线阵,接收阵列可探测多目标,发射阵列可形成多个窄波束,并可自适应地控制干扰发射功率和发射方向,对多目标进行电子干扰。该系统可用于对抗敌反

舰导弹的攻击。美航母还将对 AN/SLQ-32 电子战系统作改进,提高接收机态势感知能力;使他具有对专用发射机识别能力,具备 95% 的平台识别精确度。

航母上电子设备多,天线众多,而能布置天线的地位却不多(仅有岛式上层建筑处),因而如何妥善的布置天线,使各电子系统设备既电磁兼容性良好,又满足使用要求,是航母总布置的一项重要内容。为了缩小岛的体积,妥善布置天线,采用集成化的岛和复合桅杆,使用嵌入式平板天线,研制多功能相控阵电磁辐射系统(相同波段的雷达、电子战、通信设备天线使用同一射频孔径),是发展趋势。这样做的好处是既改善了舰的电磁

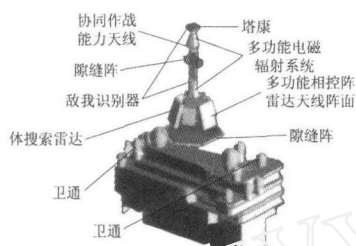


图6 CVN21 航母天线布置图

兼容性和隐身性,又有利于电子武器装备的综合控制,更有效地缩小了岛的体积。CVN21 航母采用集成化的岛和复合桅杆,双波段多功能相控阵雷达,岛的体积缩小、外观简洁见图 6。

(2007 年 10 月 17 日收到)

- 1 吴懿鸣,李讯,侯建军. 美国新一代航母方案分析[J]. 现代舰船, 2007,09A:16.
- 2 于瀛. 国外航母技术新发展专家访谈录[J]. 现代舰船,2005, 07A:6.

The Review and Prospect of Aircraft Carriers PAN Jing-fu

CAE Member, China Ship Development and Design Center, Shanghai 201102

Abstract In the article, the development of aircraft carriers of the world at present is introduced; the different opinion to the effect of aircraft carriers in the former is introduced; and then the future of aircraft carriers, aircraft, power system and combat system is prospected.

Key words aircraft carriers, carrier-borne aircraft, aircraft catapult, integrated power system, combat system

(责任编辑:方守狮)

自然信息

性别、细胞素和癌的关系

癌细胞并非全是恶性细胞,多半的癌物质是由支撑性细胞如成纤维细胞、组织巨噬细胞和内皮细胞构成。这些正常细胞在癌细胞中恢复、扩增及维持的过程,与发炎和因修复急性炎症导致的破坏而出现的组织改型密不可分。

研究发现了一种名叫 MyD88 的细胞内蛋白质,在实验小鼠的肝及结肠癌的发生中发挥重要作用。同时牵涉到天然免疫反应,即转换由病原体 and 炎性细胞素如白细胞介素-1(IL-1)所诱发的信号。

模拟实验中某些肿瘤的发展和扩散,需要炎性细胞素如肿瘤坏死因子- α 和炎性细胞如巨噬细胞的介入。在细胞应答 TLR 配体和 IL-1 时起关键作用的转录因子核因子 κ B(NF- κ B)的激活关系到促进鼠类肝细胞癌和结肠癌的发展。MyD88 是在 NF- κ B 路线的上游起作用,这条路线与关系炎症的癌紧密相连。

在诺格尔等人介绍的小鼠肝癌模型中,IL-6 是由肝巨噬细胞(肝星形细胞)分泌的,促进肿瘤的发展;化学物质诱导的肝损伤,造成 IL-6 的生产;IL-6 的产生同

时依靠 MyD88。在肝癌发展期间,肝星形细胞分泌 IL-6 时,需要 NF- κ B 的活动。在天然免疫反应中,TLR 和 IL-1 激活 NF- κ B 路线时,需要 MyD88。TLR 配体或由死亡的肝细胞所释放的 IL-1 β ,可能是通过 MyD88 控制肝星形细胞内 NF- κ B 的活动。最终确定上述关系,需部分切除肝星形细胞中的 MyD88,或通过特异切除 TLRs(或 IL-1)配体的办法,观察是否可阻止肝癌的发展。

雷考夫·纳豪姆等人介绍,巨噬细胞共生细菌控制 MyD88 在自发性结肠癌的形成中的活动,把缺失 MyD88 的小鼠(MyD88^{-/-})和由腺瘤息肉肉基因(APC)突变引起自发性肠肿瘤的小鼠(APC/Min/+)进行杂交时,杂种后代小鼠的死亡率降低 60%;缺失 MyD88 虽不影响癌的启动,可微小的肿瘤不能发展,以及许多炎性和组织改型因子(包括 IL-6)降低。

NF- κ B 在癌中保护细胞和抗细胞凋亡。这两方面的作用,都不依赖于 MyD88,暗示 MyD88 只是通过 NF- κ B 路线,对与炎症有牵连的肿瘤的发展起促进作用。

诺格尔等人还吃惊地发现,在对肝癌的敏感度方面,存有明显的性别差异。在模拟实验中,只在雄性小鼠中看到了 IL-6 的活动。雄性小鼠和男人,发展肝癌的可能性是雌性的 3~5 倍,原因在于雌激素抑

制 IL-6 的产生。所有年龄段的女人,比起男人来,都不可能发展结肠癌。对绝经后的女进行雌激素的替代治疗,降低了结肠直肠癌的发病率,关系雌激素的这些性别差异,也许适合其他癌症。

MyD88 在恶性肿瘤中的作用,看来远不止在调控 IL-6 的产生。当切除了 MyD88 时,只有雄性小鼠才不患结肠癌。在 APcMin/+ 小鼠中,MyD88 不仅诱导了那些促肿瘤发展因子(酶 COX-1 和 MMP-7 及 IL-1)的表达,而且也涉及到了组织修复。发展中的肿瘤,对 MyD88 调节的一条组织修复路线,似乎是起到了触发和促进的作用。

上述结果,对防癌治癌有着重要的现实意义。抑制 IL-6 过量产生的雌激素类似物,可以防治男人的慢性肝病;TLR 配体,的确可作为癌病治疗的靶标,但在抑制它们的同时,可能会严重危及免疫反应。需要强调的是,对癌中炎性细胞素进行抑制,有着有力的理论基础;IL-6 还牵涉到另外几种人类癌病的发展,其中有骨髓瘤,前列腺癌和卵巢癌。抑制 IL-6 活动的抗体,对治疗类风湿性关节炎病安全有效;这类药物,对治疗 IL-6 控制的骨髓增生病也有很好的疗效。

[范宗理据 Science, 2007-06-07]