

第 5 章 武器协同数据链(协同作战能力)CEC

5.1 引言

沿海地区的作战是海军的主要作战样式,对于战区防空而言,其复杂性包括自然环境及其对传感器作用范围的影响。例如,由于管道式传播及复杂地貌导致的地面杂波会降低传感器的灵敏度,同样,海岸的山和峭壁会阻断信号的传播。由于无法及时得到传感器数据,因此减少了防卫系统可用的反应时间。此外,在有大量的舰船和飞机参战的联合作战中(图 5-1),非交战国的民用飞机和船舶的出现导致分类友方、中立方和敌对方更加困难。潜在的敌方系统会进一步引入背景噪声,如精确的机动电子战系统、新一代海面巡航导弹、降低目标可观察性技术、战区弹道导弹以及将飞机和舰船伪装隐藏在民航和商船编队中等战术行为。

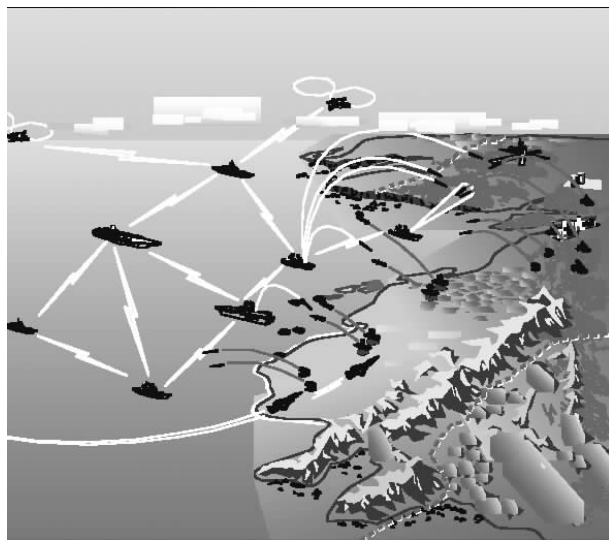


图 5-1 沿海作战环境

为了更好地实施对空指挥引导和岸基火力打击任务,海军必须保护其分布在数千平方英里的作战部队和设施。每个作战单元将拥有一个或多个传感器,在整个战区,传感器可能大于 50 个,由于其固有的特性和有利的观测点,每个传感器将从不同的视角观测到整个战场态势。利用协作单元之间这些不完全相同的数据,则可以通过传统的指挥控制系统对目标航迹作相关处理,正确地识别数据,这样可以协调 20~30 个导弹发射架及大量的拦截飞机。

将这些设备的能力综合进一个作战要素需要一种系统作为新旧防空系统的补充,它可以共享各作战单元的传感器、决策支持和作战数据,而不会降低数据的时效性、数据的

量和精度。即使数据来自 30~40 英里以外,系统必须能够像处理本地数据一样在每个单元产生相同的、较高质量的战场态势图。如果能够产生一个公共的详细数据库以提供共享的空中态势图,则可以使各作战单元使用本地看不见的目标数据,整个作战能力将提升到一个新的水平。

这种称为协同作战能力(CEC)的新系统构成了作战部队之间的网络。通过对类似北约海麻雀之类旧的、短程系统到最新的宙斯盾系统的近期试验表明,CEC 可以提供更大的防御能力,甚至可以为作战部队提供全新的能力。然而,CEC 并没有降低传感器、火力控制和拦截机的发展要求,相反,CEC 可以使旧的作战单元共享最新系统的各种优势,在美军和联盟国家军队人数不断降低的情况下提供尽可能强的整体作战能力。

CEC 概念最早是由美国霍普金斯大学的应用物理实验室(APL)于 20 世纪 70 年代末提出的。首先由应用物理实验室作为为海军防空协同开发项目的技术指导(起先称为战斗群防空协同 AAW)进行需求开发和实验。1990 年进行了首次海上原型评测性实验,1992 年 CEC 成为海军采购计划,1995 年 5 月通过具有里程碑性的测试。由于这些成功的测试,美国国会与国防部加快了计划的实施,并指示同时实施陆军和空军系统的集成。1994 年 10 月至 1995 年 5 月,美海军第六舰队在地中海进行了初步的试验,并在 20 世纪 90 年代末形成初级作战能力。1999 年,海军将在主战舰艇和 E-2C AEW 舰载机加装 CEC,并计划在 2010 年完成部署。图 5-2 是美军 CEC 发展计划中一些主要的时间节点。

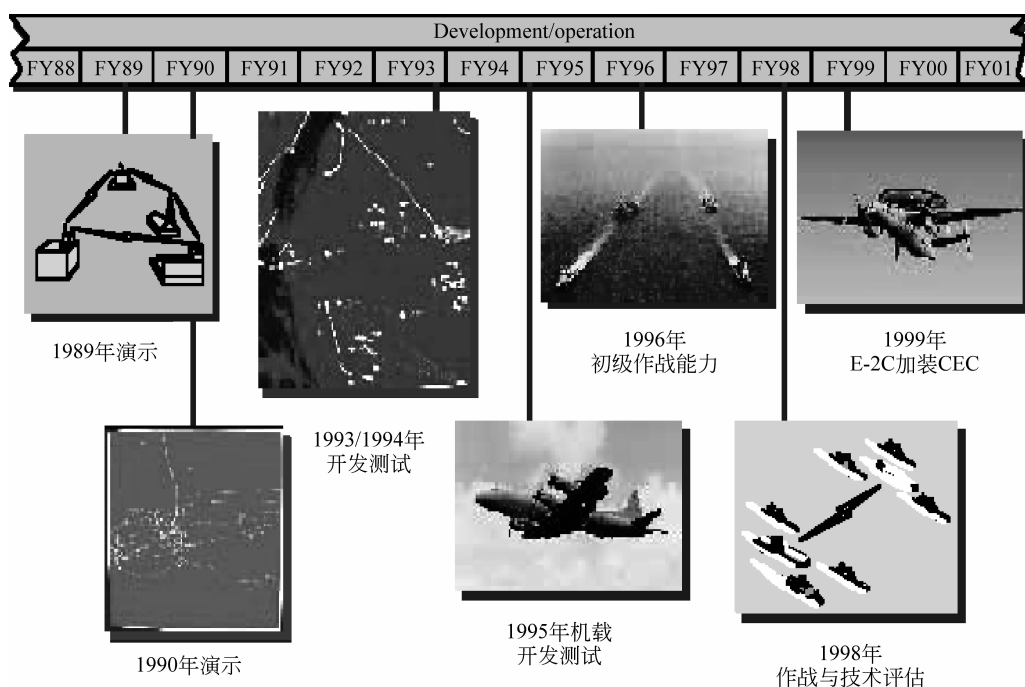


图 5-2 美军 CEC 发展计划中一些主要的时间节点

5.2 CEC 简介

各个不同地域,带有不同传感器与武器的作战部队提供的信息具有多样性,CEC 的基本原理就是充分利用这种多样性。这种方法需要在所有的单元之间共享每个传感器的测量数据,同时保持关键数据的精度和时间特性不变。

为了有效地使用数据,数据必须汇总到每个单元的作战系统,使得数据就像是单元本地产生的一样。以这种方式组网的部队的各个作战要素可以构成一个统一的、分布式战区防御系统。

5.2.1 基本原理

1. 复合跟踪

图 5-3 给出了 CEC 的主要功能。具体讲,图 5-3(a)表示了雷达测量数据的共享,根据各个传感器输入精度的不同设置各个输入数据的权值,在每个单元独立进行处理,将各个可用的传感器数据做适当的统计组合,形成复合航迹。这样,一旦某个作战部队自身雷达一时无法收到更新数据,仍然可以依靠其他单元的数据保持航迹的连续,而不是简单地通过外推获取航迹。目前,这种功能用于雷达或 Mark III 敌我识别(IFF)系统,如将敌我识别器的收发器响应作为正在处理的复合航迹的“测量”输入。即使每个单元独立实施跟踪,通过 CEC 自动的航迹统一编号也可以实现复合跟踪功能。同样,通过选定的网络控制单元(NCU)显控台输入复合识别规则,所有 CEC 单元都采用相同的复合识别规则联

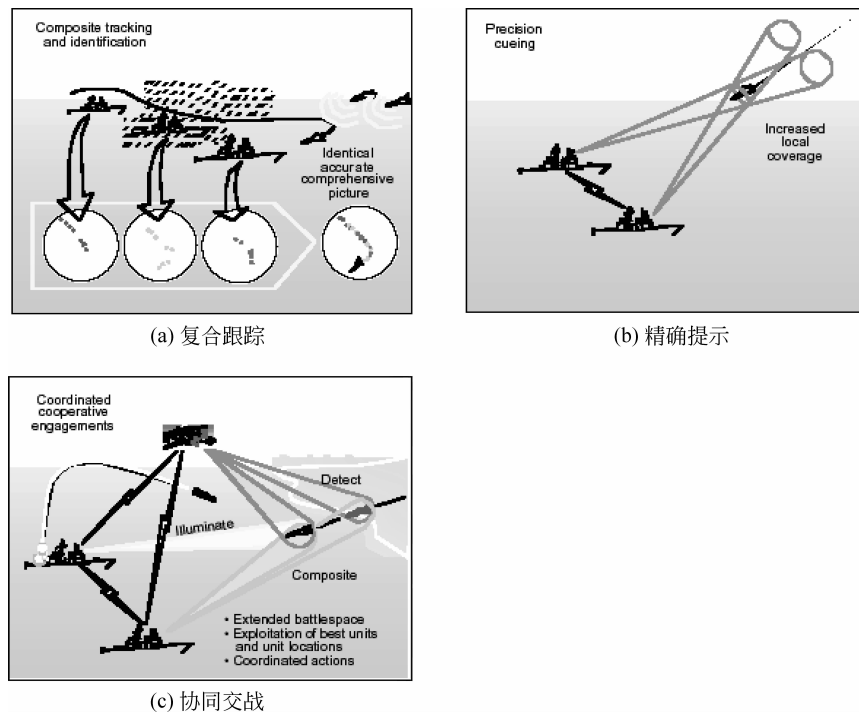


图 5-3 CEC 的主要功能

合实现目标分类。规则逻辑上取决于速度、相对于边境的位置和航线,以及直接来自 IFF 的应答测量和编码。

2. 精确提示

为了最大程度地提高传感器对航迹的覆盖,可以采用一种特殊的提示获取方法(图 5-3(b))。如果远程雷达形成了一个 CEC 航迹,但是作战部队本地雷达尚没有形成此航迹,并且此航迹已构成对作战部队的威胁,则作战系统可以自动将远程数据作为一个提示打开雷达照射,启动本地航迹。一个 CEC 的提示可以产生一个或多个雷达照射,次数和方式由照射目标的传感器精度决定。如果网络中至少有一个达到火控精度的雷达参与对目标的复合跟踪,即使在目标获取过程中真实目标出现机动,相控阵雷达也可以利用该提示用大功率和高灵敏度对目标进行一次照射实现目标获取。对于旋转雷达,可以通过本地提高灵敏度在一次扫描中直接实现目标获取,而不需要通过多次雷达旋转扫描,然后再过渡到跟踪。研究和测试表明,由于知道目标的精确位置,不需要通常为了探测和控制虚警概率所采用的“从探测到跟踪的过渡”,这样可以大大提高本地的目标获取范围。使用本地和远程传感器测量,通过精确的传感器联合“栅格锁定”处理,在 CEC 网络中的雷达可以达到较高的精度。

3. 协同交战

由于 CEC 系统具有精确的栅格锁定、极低的时延和极高的更新速率等特性,一个作战单元在自身雷达并没有捕获目标的条件下,可以使用其他 CEC 单元来的雷达数据发射导弹并且引导导弹拦截目标。这种能力就是基于远程数据交战,采用海军萨姆-2 系列导弹,可以中途制导和使用远程数据末端自引导照射(图 5-3(c)),并且这种远程交战对作战系统操作员是透明的。不论是传统的作战,还是协同作战,都可以通过实时掌握 CEC 网络内各导弹的详细状态协调交战。而且,基于对整个部队的交战计算,由指定的 NCU 启动协同准则,在每个作战单元给出自动交战建议。

5.2.2 CEC 系统设计

1. 数据处理与传输单元

提供这样的数据共享能力需要的系统设计应该使得各雷达和武器控制子系统在其接口上接收的远程数据与通常接收的自身舰载子系统的数据具有同样的质量和定时关系。这种要求需要引入一个新的处理单元,即协同作战处理器(CEP),及一个新的数据传输单元,即数据分发系统(DDS)(图 5-4)。因为各 CEP 必须处理本地与 CEC 网络中所有单元的数据,所以它的处理能力和吞吐量必须与整个战场参战部队的所有作战系统相当。为了满足所需的性能,在一个加固的机箱内采用了总线结构的 30 个商用微处理器(目前是 Motorola 68040),加上独特的报文传送体系结构。图 5-5 是 USS 圣乔治角号舰上的 CEC 电子机柜,各处理器完成至少一个处理功能,如航迹过滤、航迹分批/合批测试、栅格锁定、传感器接口、协同交战支持及 DDS 接口。CEP 通常直接与舰载传感器接口,保证在严格的时间限制内完成传输数据。CEP 还与舰载指控子系统接口确保其行为与本地作战系统的运行相互协调。最后,CEP 还与武器子系统计算机连接,保证有准确的火控数据引导协同交战。

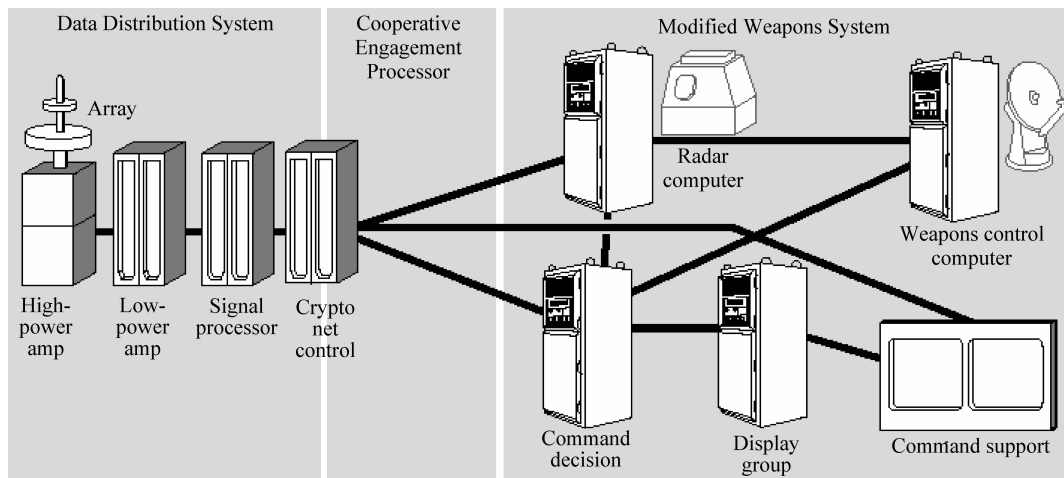


图 5-4 DDS 和 CEP 与典型的作战系统交联

DDS 必须确保在严格的时间限制内的数据传输极其可靠,但又没限制 CEC 网络内报告数据的速率与容量。首先,DDS 必须实现高速数据传输,使接收数据的武器系统能够可靠地接收,同时保证收到的数据与系统从舰载传感器和武器平台收到的数据具有相同的属性。这样,DDS 从数英里之外收到的数据与从几英尺之外的武器计算机与本地传感器计算机的接口收到的数据具有类似的时效性、容量和可靠性。因此,DDS 性能相对于传统的战术数据链来说,几乎在每个方面都有数量级的提高,如容量、循环周期、更新率、报文出错率、抗干扰能力以及传播衰减余量等。该性能要求较高的有效辐射功率、较大的扩频带宽和精确的定时。为了可靠地实现该性能,各 DDS 端机必须有一个相控阵天线,用于在不同时间发送和接收数据,以及一个大功率的行波管发射机。因为相控阵使 DDS 每次只能在相互指向的天线波束中与一个其他单元发送或接收数据,所以就需要一个高度自动化的、独特的、新的、分布式网结构。图 5-6 为 USS 圣乔治角号舰上的 DDS 相控阵天线,它是一个直径为 44 英尺,高为 14 英尺的圆柱,大约 1000 个单元。它可以操纵方位角和仰角,其下部的大型结构是一个 DDS 和 LAMPS 天线之间的电磁屏蔽罩。

2. 新型网络结构

DDS 搜索其他 DDS 的方式本质上讲与 IFF 系统类似。操作员在指定的 NCU 上输入“网络启动”命令,DDS 扫描其阵列波束并发出询问信号,其他单元以相反的方式扫描其阵列波束接收询问并给出应答,并通过对其他单元(如 NCU 视距以外的单元)的定位辅助完成询问过程。在“网络启动”过程结束后,直接或间接视距内的单元都相互知道了其他所有单元的位置,并与视距内的单元建立了连接。所有单元都独立执行一个相同的调度算法,以微波“脉冲”形式在精确的时间用精确的、加密的扩频序列向不同的指定单元发送数据。由于采用相控阵天线,各个单元都能跟踪与它直接通信的单元,位置数据的共享使 CEP 可以进行栅格锁定的校准处理。DDS 同时切换到相同的调度表(各自独立生成的),该调度表表示在任何毫秒级的时间帧内哪些单元相互通信。



图 5-5 USS 圣乔治角号舰上的 CEC 电子机柜



图 5-6 USS 圣乔治角号舰上的 DDS 相控阵天线

在 CEC 设备中嵌入铯钟,为扩频波形、数据传输、各设备独立完成相同的处理提供精确的定时。通过 DDS 的时间同步处理,整个 CEC 网络的时钟同步可以达到微秒级精度。如果一个单元与其他单元的连通中断,网络中其他所有的 DDS 都基于共享的状态信息统一地修改其调度表,并通过数据寻由绕开断开的线路,新的连接以及新的单元可以通过全网的自动调节而加入网络中,所有单元可以根据需要自动提供中继。因此,除了更改系统状态(如开/关系统)外,不需要操作员的介入。

3. 将 CEC 集成进作战系统

与 CEC 集成的作战系统需要进行一定的修改,使远地雷达和交战数据能像本地产生的数据一样使用。原则上,一旦捕获到新目标,即使还没有起始一个新的航迹,雷达和 IFF 测量数据也必须以尽可能小的延时送给 CEP。如果一个远端单元发现一个新的目标,它的 CEP 接收到数据后,通过 DDS 向所有其他单元的 CEP 传送目标数据。本地 CEP 进行栅格锁定,将远端数据转换为本地坐标,并将新数据加入航迹处理中。本地雷达计算机可以利用这些数据调度提示驻留(通常通过波形的选择达到最优获取),实现目标的提示获取,提高本地目标的探测能力。如果本地雷达有充分的时间和可用的功率,并且目标的航迹达到了本地战场系统设置的关注准则,就产生该提示。

作为 CEC 集成的一部分,需要对现有的雷达系统作相应改进,以保证网络中的低虚假航迹率和高提示灵敏度。由于杂波而产生虚假航迹率对于一个单元或许还可以接受,但对于一个网络而言就无法忍受,所以在 CEP 中需要做进一步处理。网络控制状态、规范、远程交战状态以及本地雷达开机请求一般都与本地武器系统的指控系统相交互,可以将远程火控雷达数据以高更新率传输给武器控制子系统实现协同交战,战术数据链(如 Link 11 和 Link 16)也可以通过指控系统获取 CEC 复合跟踪数据。

4. 宙斯盾和 LHA 级作战系统

集成 CEC 的宙斯盾和 LHA 级两种作战系统,如图 5-7 所示。宙斯盾作战系统集成

(图 5-7(a))是目前典型的集成方式,它直接与子系统的相应单元相连。在下一阶段,将直接与宙斯盾武器控制系统相接,而这些已经在其他的作战系统上实现了。LHA 级两栖攻击舰(图 5-7(b))在 20 世纪 90 年代后期完成 CEC 集成,通过总线和局域网连接,在高级作战指挥系统(ACDS) Block 1 和舰艇自防御系统(SSDS)中发挥重要作用。

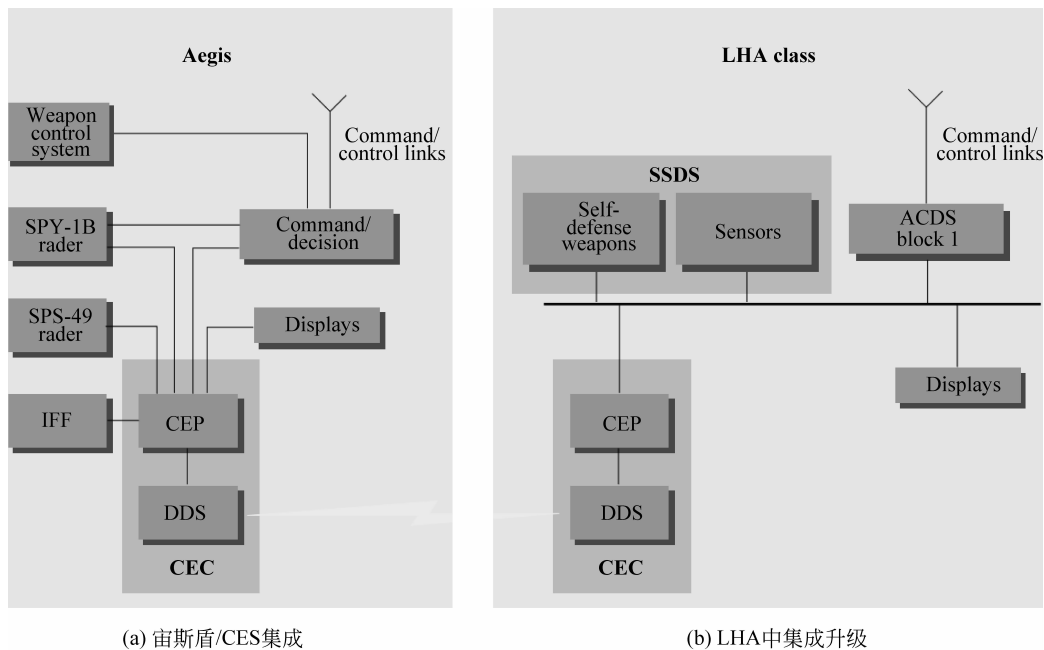


图 5-7 两类作战系统的 CEC 集成

为了能与各类作战系统集成,必须开发 CEC 和作战系统各单元的适配软件,以达到全网范围最大化协同,以及最大限度地发挥本地系统的效能。目前,各种作战系统之间存在较大差异,例如,宙斯盾相控阵多功能雷达、标准导弹远程防御系统、LHA 系统先进防御系统以及支持两栖作战的指控系统,作战系统与 CEC 系统在雷达区域表示及武器协同方面的交互方式不同。它们的共同点在于所有系统都可以从所有网络成员中获取 CEC 数据,独自生成相同的、详细的复合航迹与识别图像以及所有交战的实时详细状态。已经集成或将要集成 CEC 的各类作战系统包括宙斯盾巡洋舰和驱逐舰、航空母舰和大甲板的两栖舰以及舰载 E-2C 预警机。

5. 共性软件

应用于海军作战系统的一个新的重要的概念就是采用共性软件,它在不同的系统中使用只需做少许修改,就极大地降低了开发与支持的成本。50% 以上的 SSDS 软件与 CEC 软件通用或几乎通用。共性软件主要有舰载雷达的跟踪接口、航迹过滤、舰载以及远程提示控制和显示。

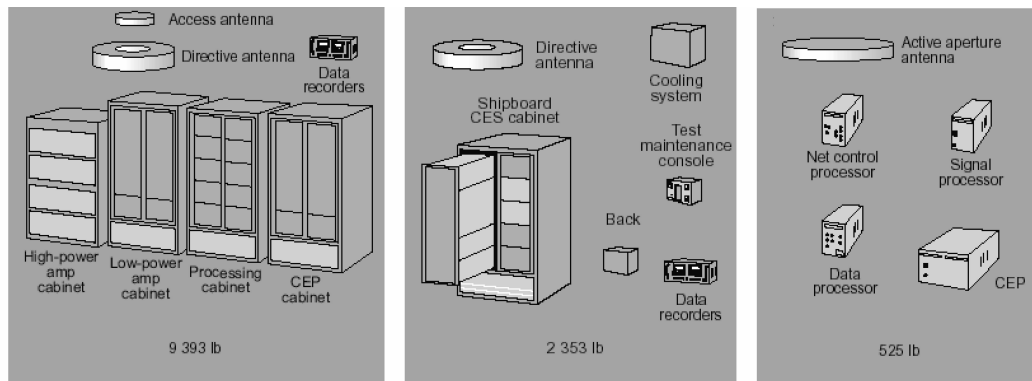
尽管 CEC 和与其相接的子系统之间有大量的信息交互,但这种交互是自动的。因此,CEC 与作战系统的协同基本上是透明的,舰上的任何部门都不会因加装 CEC 而增加新的操作员。随后的战斗群评估表明,由于 CEC 提高了作战系统的自动化,反而减少了

现有岗位操作员的工作量。要启动 CEC,只需要指定的 NCU 在 CEC 显示窗口菜单选择“网络启动”,而结束操作只需选择“网络关闭”。如果需要,可以由 NCU 输入网络控制、识别和交战规则,并通过 CEC 网络发送,保证全网各单元实现的一致性,也可以进一步做功能和性能的剪裁。CEC 网络的其他成员也可通过“入网”和“终端退出”登录或退出一个已经建立的网络。在大多数操作席位上都可选择使用 CEC 显示,能够查看详细的复合数据,如产生数据的传感器、航迹历史以及可用的规范。

5.3 CEC 技术的发展

5.3.1 通用装备模块

美国海军从 1996 年开始引入 CEC 系统,在不断提高 CEC 加装范围,扩大使用规模的同时,进一步开发可以在更广泛平台安装使用的更高性价比和更加小型化的 CEC 设备。最初安装的 CEC 设备重约 9000 磅,甚至 P-3 飞机上的机载 CEC 设备也重 3000 磅,因此,初始试验阶段只能选择较大的 P-3 飞机,而不是较小的 E2C。研究表明,战术应用的 CEC 设备必须小于 550 磅,以便于在 E2C 飞机上安装使用,必须开发新一代通用设备。图 5-8 显示的是为适合机载和舰载集成的小型化通用装备模块(CES)与目前舰载 CEC 设备的比较。



(a) 目前初级作战能力 (IOC) 阶段装备形式

(b) 舰载 CEC 装备

(c) 1998 年年初通用装备模块
机载 CEC 装备的基本结构

图 5-8 CEC 的主要设备单元的比较

CES 还计划适用于陆地上机动车辆的集成,制造 CES 所需的关键技术已经成熟。

(1) 用于高性价比、高效的轻型相控阵天线的单片微波集成电路 (MMIC) 收发模块。该技术将系统重量减少 4000 磅,并且极大地降低功耗。带有 MMIC 的原型天线目前正安装在 P-3 上,各模块显示了 35% 的功率增益,是 MMIC 试生产时期世界上最高的效率。图 5-9 显示了安装在 P-3 飞机上的 CEC 圆柱相控阵天线,放大的区域显示了阵列中使用的一个 MMIC 模块原型。下一代模块的特点是大规模集成和制造技术,降低单位成本,提高产量,有效降低全期成本。

(2) 专用集成电路技术不仅可以减少电路板数量的 50% 以上,还可以提高系统的可

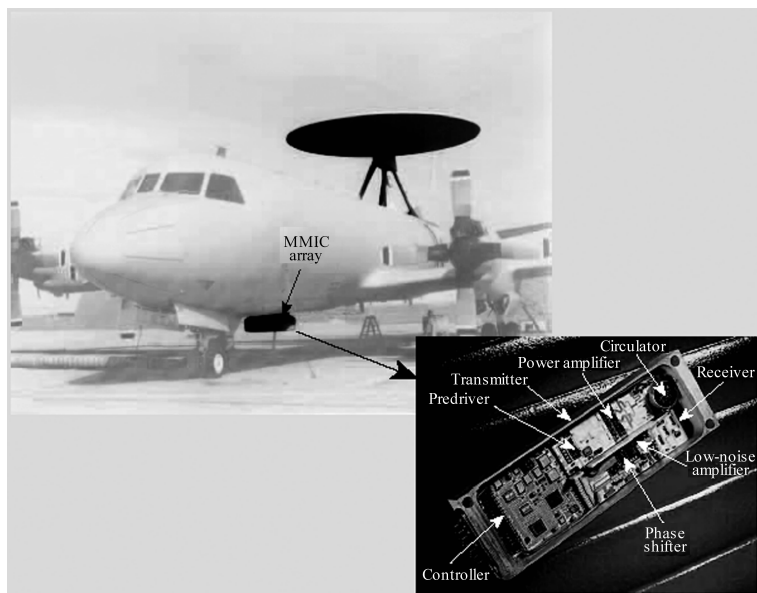


图 5-9 机载 MMIC 相控阵天线原型

靠性和降低全期成本,同时减小尺寸和重量。

(3) 采用基于摩托罗拉 Power PC 的新一代商用微处理器以增强处理能力,可以扩展到其他各类平台,提高协同能力,同时减小尺寸和重量。使用该处理器系列可以在新一代处理器出现时灵活地升级。

在完成 CEC 设备通用化、小型化改造后,不同类型的平台具有相同的电子和处理器结构,仅在机箱、接口、外围支持设备和安装固定设备上存在差异。

5.3.2 未来系统的 CEC 集成

随着技术的成熟,CEC 将集成到 E-2C 和航空母舰上的 E-2C AEW 飞机中,不仅扩展复合视图和网络的范围(通过中继),还将在飞机拦截和导弹交战之间提供复杂的协同能力。目前,为飞行安全设立的禁飞区在防空作战中无法给出最优的飞机拦截和导弹拦截覆盖区。舰载与 E-2C 机载 CEC 设备都拥有详细的、复合的空情数据,可以在共同区域内针对每个目标进行空中拦截控制与导弹交战,基于 CEC 数据产生相应的控制信息,通过战术数据链(Link 16 和 4A 数据链)发送给 F-18 和 F-14 拦截飞机。

美国新建造的两栖舰 LPD-17 将集成正在开发的先进的作战系统单元,包括 CEC 和 SSDS,使新舰艇能成为神经中枢,链接海上和岸上的作战单元,为自身防御、协同组网和指挥/控制提供无缝连接的能力。

LAMPS III(轻型机载多用途平台 III)是一种部署在巡洋舰和驱逐舰上,目前主要用于反舰和反潜的 SH-60 直升机。美军也在探讨如何在 LAMPS 中使用 CEC,用以提供机载中继及在舰船与 LAMPS 直升机之间实现 LAMPS 水面和水下功能的组网。

美军同时在研究在爱国者导弹、E-3 机载预警与控制系统(AWACS)和正在开发的先

进陆上导弹发射系统中集成 CEC, 从而提供真正的、各军兵种间战区防空与对空指挥引导的紧密协同。

5.3.3 高级 CEC 功能

通过在一个高速网络中各单元间原始测量数据的集成, 可用的信息量越来越大, 除了上述介绍的以外, 有可能进一步引入更先进的功能。

1. 巡航导弹防御

美军在称作广域防御的一个有关 CEC 高级概念和技术的演示项目中, 探讨更先进的传感器协同和舰对空导弹末端制导支持, 进一步实现战场空间的拓展和无缝隙覆盖。在夏威夷的 Kokee 山上开展了一个称作“山顶 I 型”(Mountaintop Phase I) 的项目实验, 作为替代飞机的空中平台, 山上安装有典型的传感器和末端交战照射器, 并通过 CEC 与装有 CEC 的宙斯盾巡洋舰组网通信, 重点演示宙斯盾对超视距掠海靶标的攻击能力。试验中, Kokee 山上的设施替代机载平台, 在宙斯盾火控单元超视距范围外, 作为雷达和 SM-2 导弹末端自导引照射装置, CEC 提供火控质量的数据传输演示这一先进的功能。美国陆军也参与实验期间的数据采集和分析, 验证陆军通过使用机载火控传感器数据进行超视距交战和使用 CEC 及 Link 16 进行联合防空의 潜能。图 5-10 给出了实验配置和新型协同交战的特点, 这种新型协同交战被称为“前进通道远程照射”。

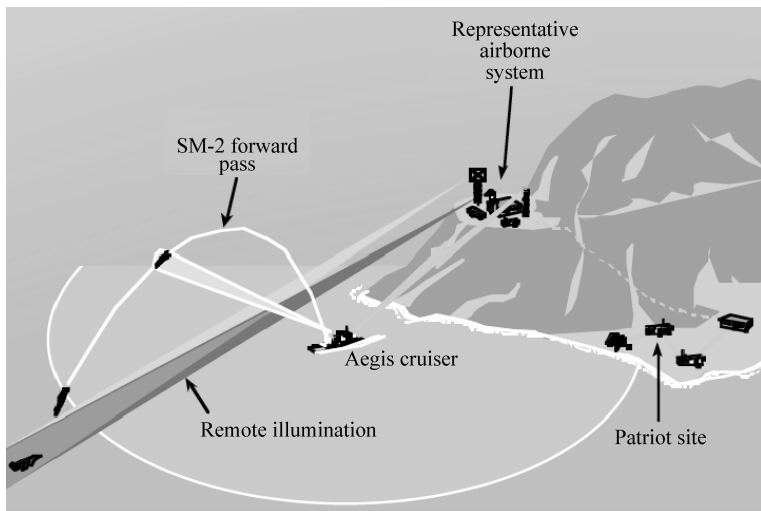


图 5-10 “山顶”超视距协同作战示意图

2. 战术弹道导弹防御

美军大量实验和分析表明 CEC 对战术弹道导弹(TBM)防御具有巨大的作用, 它可以用一组传感器为导弹拦截提供一个足够质量的复合航迹, 并且实时提供交战状态, 还可以实时给出具有最高成功概率的部队交战建议。未来精确传感器能够支持 TBM 的精确复合跟踪, 通过新的协同处理方法, 人们也许可以从许多重返大气层的诱靶和碎片中分辨出重返大气层的飞行器, 甚至确定目标的机动。根据这种设想, 对目标范围的分辨与跟踪