

中国电子学会电子对抗分会第九届学术年会

论文集

上册

中国电子学会电子对抗分会

一九九五年八月 锦州

南京航空航天大学图书馆(密集书库)



B45-31

编辑出版: 电子工业部第五十三研究所
发 行: 电子工业部第五十三研究所情报室
地 址: 辽宁省锦州市31信箱19分箱
邮 编: 121000

(内部发行)

TN97-53
1001-A

TN97-53
1001-A1

中国电子学会电子对抗分会第九届学术年会

论文集

上册



一九九五年九月十六日



30742673

中国电子学会电子对抗分会

1995.8 锦州

742673

前 言

电子技术是本世纪发展最快的技术之一,今天几乎整个社会的生产力进步都取决于电子技术的进步,所有的武器装备都依赖于电子技术和设备。电子对抗技术是整个电子技术最新水平的集中体现,是新电子技术的摇篮,是实现现代高技术战争的重要标志。

今天我们探讨电子对抗技术,首先要拓宽思路,开阔视野,敢于提出新理论,开发新技术;第二是要敢于走捷径,敢于创新,采用新技术;第三是要敢于实践,敢于应用,使技术变成战斗力;第四是要有的放矢,适应我军高技术战争的需要。我们要把学会对电子对抗技术的研讨作为发展我国电子对抗技术的重要手段。

电子对抗分会第九届学术年会共收到论文 110 篇,经同行专家评选,录用 83 篇,并汇编成论文集内部发行。本论文集内容涉及雷达对抗的 23 篇,通信对抗的 18 篇,光电对抗与无源干扰的 24 篇,综述类 18 篇。

这本论文集汇集了电子对抗界专家、教授及广大科研人员近年来最新研究成果,不仅内容丰富、详实,而且论文水平和质量也颇高。相信通过本次会议研讨交流,必将对我国电子对抗事业的发展 and 装备技术水平的提高起到积极的促进作用。

由于时间短,加之编者专业技术水平的局限,错误和不当之处在所难免,祈盼各界专家、学者及广大读者赐教。

编 者

一九九五年八月

目 录

(上册)

一、综合类

1. 综合电子战系统的设计概念及其发展 侯印鸣 吕连元 许志敏 (1)
2. 加速电子对抗“四化”工作,提高综合效益 蔡焕琪 (5)
3. 空间谱估计测向:过去、现在和未来 肖先赐 (10)
4. 空间谱估计应用于测向的研究 李家庆 (18)
5. 多功能高功率微波武器系统 林 崢 (34)
6. 对计算机无意辐射的侦察技术 梁百川 张万志 (41)
7. 自动目标识别的几个研究热点 王慧频 孙仲康 (49)
8. 舰载直升机加装电子侦察设备的设想 周 刚 孙国楨 (54)
9. 电子战作战模拟 桑炜森 (60)
10. 高阶统计(谱)及其在电子对抗中的应用 陆明泉 肖先赐 (66)
11. 计算机对抗的途径分析 杨 劼 (74)
12. 电子侦察设备作战效能数学模型 刘永红 (83)
13. 多传感器信息融合算法 刘仁溥 (87)
14. 电子战靶场外场试验技术的研究 李加祥 (95)
15. 电子对抗能力评估研究 张晨辉 杨 劼 刘国庆 (102)
16. 《空军作战区域雷达与电子技术决策支持系统》的研制
..... 李亚力 贺宗春 马金陵 (108)
17. 美军电子战术语的演变 焦建彤 (113)

二、雷达对抗

18. 有源对消与人为盲区 吴晓葆 陈图强 洪光启 洪光启 (120)
19. 移动单站多次测向高精度无源定位算法研究 ... 叶向东 罗景青 (130)

20. 一种用于雷达信号分选及雷达信号细微特征分析的高速数字
信号处理系统 张 玉(135)
21. 时差定位方法的实现 张正明 王丽娟(139)
22. 子波神经网络及其在舰船雷达目标识别中的应用
..... 路 军 郁文贤 郭桂荣(149)
23. 固定单站测向对匀速运动辐射源位置参数的特征解
..... 罗景青 俞光富(150)
24. 利用去卷积同态滤波消除多径的影响 陈鹏举 武传华(153)
25. 方位角——时差多站无源定位 钟志勇 许树生(159)
26. 机载干涉仪定位及精度分析 周一宇 郭志刚(166)
27. 杂波干扰信号在 IFM 接收机输出端响应的分析
..... 张巨泉 朱立新(174)
28. 雷达威胁识别专家系统的研制
谭 营 崔宗国 黄建冲 王杰贵(180)
29. 数字射频存储器的控制技术 王心福(190)
30. 空间点目标及其诱饵的识别特征 徐 晖 孙仲康(198)
31. 一种高效准确的噪声模拟方法 朱晓霞(205)
32. 双/多基地雷达的侦察与干扰技术 陈天麒(208)
33. 一种干扰机载预警雷达的方法及其作战效能分析
..... 刘雅奇 邵国培 何 俊 张 磊(215)
34. 频率捷变与频率稳定度 董奕奋(221)
35. 机载干扰设备可靠性的探讨
..... 吴贺谦 刘 磷 赵 霖 卢景双 于忠魁(227)
36. 常规雷达面临的挑战和相控阵雷在现代海战中的地位及性能特征
..... 谭显裕(232)
37. CIEWDFS 中的目标平台身份识别 刘 峰 王铁红 林象平(240)
38. 精确制导武器对抗系统(雷达对抗)的研讨 周兰英 刘洪泉(246)
39. 反辐射导弹发射时机告警的研究——频域分析法 陈忠飞(257)
40. 关于电子战飞机收发间隔的研究 章 永 马玉钦(261)

综合电子战系统的设计概念及其发展

电子工业部军工司

侯印鸣

电子工业部第 29 研究所

吕连元

电子工业部第 36 研究所

许志敏

提要 本文论述了发展综合电子战系统的必要性、综合电子战系统设计概念的形成和发展,并简要介绍了我国综合电子战系统的结构特点,主要内容包含:

电子战从一对一设备之间的对抗发展到系统对抗、体系对抗

电子战装备从单平台综合发展到多平台综合

我国综合电子战系统的设计概念和特点

1 引言

随着电子技术的飞速发展及其在军事领域的广泛应用,现代战争将由“战争的机器时代”演变为“战争的电子时代”,从而使现代战争的战场推向电子化、信息化、智能化和空间化。因此,电子化/信息化成了军队的命脉,离开了电子化和信息化,就没有军队的现代化。而信息化的主要依托是电子化。现代化军队对军事电子技术装备的这种高度依赖,使军事电子技术成为直接影响武器系统乃至整个军事系统整体综合作战能力的关键因素。一旦先进的军事电子技术装备遭到破坏,军队的战斗力就会立刻被削弱。电子对抗是降低或削弱敌方军事电子装备战斗力的主要手段。它包含电磁侦察、电磁干扰、电磁欺骗、反辐射摧毁和定向能致盲。

在和平时期,各国都用各种电子侦察手段监视对方的态势变化,收集新型武器装备试验参数,并研究相应的电子对抗策略和设施,因此电子对抗无宁时。

在进攻作战时:有效的电子对抗能使敌方的探测预警、指挥通信失效,防空制导武器失灵,从而使敌方防御体系瘫痪,迅速改变战场态势,有利于己方攻击机群、攻击舰队、攻击部队的安全突防。

在防御作战时:有效的电子对抗能使敌方攻击指挥系统失效,精确制导武器失灵,大大降低其攻击效率,并有可能变消极防御为攻势防御,变劣势为优势。

通过近期发生的几次局部战争,特别是海湾战争表明:电子战装备已从作战平台自卫为主的保障手段,发展成为攻击敌方指挥控制系统和精密制导武器系统关键性薄弱环节的攻防兼备武器;电子对抗从软杀伤(电子干扰)发展到软/硬杀伤相结合的进攻性手段;信息战是在火力打击、作战指挥方面,为信息的获取与反获取、压制和反压制、欺骗和反欺

骗,以及对信源的摧毁与反摧毁的斗争,信息的“发现”与“隐蔽”的斗争,是信息战的关键和核心。电子战装备既能用于“发现”(电子侦察),又能用于“隐蔽”(电子干扰和欺骗),且能用于“摧毁”(反辐射攻击、定向能致盲)。因此,电子战兵器是信息战的主要手段,战争越是现代化,战场指挥员对信息的依赖程度就越强,电子战的作用就越大,因此电子战装备是打赢高技术局部战争的关键要素。为了满足现代战争的作战需求,电子战装备应该如何发展呢?

2 电子战从一对一设备之间的对抗发展到系统对抗、体系对抗

在五十年代末、六十年代初打击 U-2、P-2V 间谍飞机入侵的战斗中,以及六、七十年代的越南战争中,我方的雷达、通信等军事电子装备主要是单机独立工作,即用单部雷达或多部雷达分别进行搜索、跟踪、制导,用单部电台进行点对点的通信。因此当时的电子战主要是一对一设备之间的对抗,即用一部干扰机来干扰一部雷达或一部通信电台就可满足作战要求。这种电子战作战方式在比较分散、孤立的作战单元之间进行是比较有效的,因为这些作战单元之间缺乏紧密的联系,一旦某个单元遭到干扰或压制,这个单元就失去了作用,就会对作战造成影响。

随着电子技术的发展和抗干扰、反侦察、反摧毁的需要,使军事电子装备向组网化方向发展。在现代战场上,不同的雷达探测空域相互重叠,探测信息相互交连传递;不同地区的电台相互组合成网,通信信息可以通过多种信道和路径迂回传输;不同的制导武器防御区域相互复盖,制导信息相互传递、利用。对于这种现代化的雷达网、通信网、武器制导网,传统的一对一的设备之间的电子对抗措施几乎没有什么作用。在八十年代以来进行的几次局部战争,特别是海湾战争中充分体现了:电子战的作战对象已由攻击单个平台、单个设备变为攻击敌方 C³I 系统以及全纵深的攻防武器系统;作战区域包括陆、海、空、天四维作战领域;作战地域涉及宽正面、大纵深;电子对抗频域包括射频、红外、激光、紫外等多频谱;作战功能要考虑雷达、通信、导航与敌我识别和制导武器的综合对抗。当前电子战的目的不仅仅是降低或破坏对方电子装备的工作效能,而是削弱或摧毁敌方的战斗力;电子战的作战目标不仅包含对方的军事电子装备,而且还包含这些设备的操作人员和作战指挥人员。

因此,电子战已从一对一设备之间的对抗发展到系统对抗、体系对抗。

为了满足系统对抗、体系对抗的作战需求,电子战装备的发展也必需要有相应的变化。

3 电子战装备的发展从单平台综合发展到多平台综合

在 80 年代前后,飞机、军舰等作战平台要求电子战装备提供远距离告警、多方位/多目标干扰掩护等愈来愈多的功能,且电磁环境愈来愈复杂。然而单平台所能提供的体积、

重量、功率等资源却非常有限。为了缓解多功能与体积重量的矛盾,就出现了单个平台上的第一代综合电子战系统。它以计算机为基础,将作战平台上的侦察/告警、有源干扰/无源干扰、雷达/通信/光电对抗、电子干扰软杀伤/反辐射攻击硬摧毁等设备进行综合控制与管理,从而提高电子战设备的利用率,提高对信号的分选、识别能力,提高多目标干扰能力和快速反应能力,提高电子战装备的综合作战效能,并减小体积、重量和功耗。其典型产品为:

AN/ALQ-165 机载侦察、告警、干扰一体化电子战系统;

AN/SLQ-32(V)舰载侦察、干扰一体化电子战系统;

“伙伴”车载雷达/通信对抗一体化电子战系统;

EA-6B 软/硬杀伤一体化电子战飞机等。

自 90 年代以来,随着战场电磁环境更加密集和复杂,对电子战装备的要求愈来愈高,从而出现了更高级的单平台综合电子战系统,其典型代表是美空军正在研制的全自适应的机载综合电子战系统 INEWS(一体化的电子战系统),以及海军正在研制的相似概念的舰载综合电子战系统 AIEWS(先进的一体化电子战系统)等。这些综合电子战系统的共同特点是:采用计算机或人工智能进行系统控制和全面的功率管理,具有可编程全自适应对抗能力,全频谱的响应能力,能实施微波/毫米波/光电多频谱综合告警和综合干扰,具有多目标干扰能力,采用标准化、模块化设计,系统可重构,功能可扩展。

展望未来,单平台的综合电子战系统正朝着将单个作战平台上的雷达、通信、导航、敌我识别、电子战等多种军事电子装备进行综合设计、综合控制和管理,以便共用天线孔径、共享软/硬件资源,从而使功能更强、体积/重量更小,功耗更少。

海湾战争表明:电子战已从作战平台自卫为主的保障手段发展成为攻击敌方指挥控制系统和精密制导武器系统关键性薄弱环节的攻防兼备武器,作战平台如果没有电子战兵器的保护,只是一个容易暴露、容易被攻击摧毁的靶标。

海湾战争以后,国外武装部队高层领导认为:电子战在海湾战争中获得的巨大成功,证明了在现代化的多兵种合同作战中,电子战的作战思想、兵器使用和作战方法都产生了巨大的变化,而仅仅依靠单平台的综合电子战系统已难以满足系统对抗、体系对抗的作战需要。为了在越来越致命的威胁环境中夺取和保持电子战优势,就必需使多平台电子战兵器协同工作、联合作战。因此,国外正在开始研究多平台综合电子战系统。如英国正在研究多平台电子战作战指挥控制系统 EWCS(见图 1),该系统根据来自遥控飞行器的空中侦察平台情报、地面区域情报(AREA)卫星情报、战术电子侦察情报(ESM)、高层情报、雷达/通信等传感器情报,在各类数据库的支援下,对威胁目标进行检测、分析、识别、显示、数据融合、威胁分析评估,在战场指挥员的指挥下下达作战命令,采取正确的协同对抗策略。电子战兵器(执行单元)包括有源干扰机、雷达假目标、箔条弹、红外弹、充气诱饵、反辐射硬杀伤及抗反辐射导弹诱饵等。该电子战指挥控制系统不仅指挥电子战兵器,还要指挥近距离武器系统(CIWS)、点目标防御系统(PDMS)等硬杀伤武器,使它们与电子战兵器协同参战。南非也正在开始研制综合通信情报系统和战术综合电子战系统。综合通信情报系统是在战场电子战协同中心的统一管理下,把陆、海、空三军的通信截获和测向系统、遥控截获与测向系统、战略电子对抗情报和战术电子对抗情报等综合成一个完整的综

合通信情报侦察系统。战术电子战指挥控制中心(EWCC)把陆、海、空三军的战术电子战情报单元和电子战作战单元(ECM)统筹管理,构成一个战术的综合电子战系统。

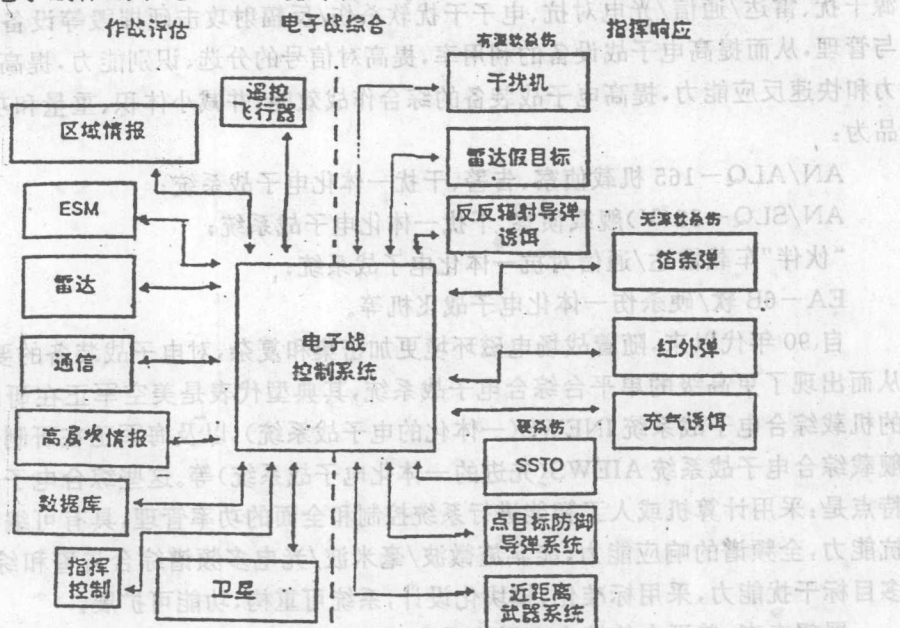


图1 英国多平台电子战作战指挥控制系统

(引自 JANE'S Radar and Electronic Warlar System, 1991-1992)

由此可见,国外正在开始形成多平台综合电子战系统的设计概念。

4 我国综合电子系统的设计概念及其特点

我们在深入分析研究了现代高技术战争特点,特别是认真研究了海湾战争的经验教训后,为适应现代战争系统对抗、体系对抗的作战需要,提出了我国综合电子战系统的设计概念。⁽¹⁾⁽²⁾

我国的综合电子战系统是适应于区域作战的、由陆、海、空、天多平台电子战设备构成的、适合三军协同作战的电子战装备体系。该系统具有电子侦察、电子防卫、电子进攻三大功能,它在战场指挥员的直接控制或指挥下,在电子侦察情报和其他情报的支援下,通过电子作战指挥中心的统筹管理,综合运用各种电子战兵器,攻击敌方攻防体系的关键性薄弱环节,对敌指挥控制系统、探测预警系统和武器制导系统实施软杀伤(电子干扰和电子欺骗)、硬摧毁(反辐射武器攻击和定向能致盲目),以最大限度地降低和削弱敌军战斗力,保证我攻防作战的胜利。

我国的综合电子战系统具有下述特征:

- (1)具备电子侦察、电子防卫、电子进攻三大电子战综合作战功能;
- (2)三军一体、合力制敌,实现夺取和保持局部电磁优势的作战目标;
- (3)以敌方指挥控制系统和武器制导系统中的关键性薄弱环节为主要作战对象,以防空和压制防空为重要作战领域;

(下转第9页)

加速电子对抗“四化”工作,提高综合效益

电子工业部第 29 研究所

蔡焕琪

一、“四化”的深远意义

“四化”——标准化、系列化、模块化、通用化是一个极为普通的词类,往往容易被人们所忽视。一般认为“四化”工作是对已研制成的产品的简单重复或者复现。因此,在实际工作中只重视开发和研制,忽视了“四化”工作。积极开展电子对抗的“四化”,其深远意义主要表现在以下几个方面。

1.1 提高装备的可靠性

我们知道,一个系统,一台整机往往是由若干个系统、分机和部件组成的。这些子系统、分机或部件就好比人体的器官和神经元,哪个部位出故障就会导致疾病的发生,这是故障的发源地。如果能把这类故障抑制在装备设计之前,那么,该装备的可靠性可以大大提高,这就需要应用“四化”的手段才能实现。

1.2 缩短研制周期

由于采用标准化、系列化、模块化和通用化设计,对一个系统或整机而言,主要的精力集中在系统或整机的功能上,而不是把着眼点放在分机和部件的性能上了,从而可以把装备的研制时间大大缩短。

1.3 理顺科研管理

“四化”工作长期以来开展不好,加上临时性突击任务和“关门打狗”的计划限制,造成科研管理上的混乱。为了理顺管理,“四化”是基础,有了大量的技术储备和生产储备,即使有各种情况的发生,也会使科研管理变得井井有条。

1.4 缩短与国际先进水平的差距

新技术的开发研究需要人才和经费。只有在“四化”上狠下功夫,才能解放一大批人才,瞄准世界先进水平进行开发研究,其成果进一步又变成了“四化”,周而复始,推动技术不断发展,用不太长的时间就可以赶上或超过世界先进水平。

1.5 经济效益明显增长

由此可以看出,“四化”工作的好坏直接影响到产品的质量,科研周期的长短,管理的好坏,以及人才的脱颖而出,是赶超世界先进水平的大事。对一个科研实体而言,能否走上良性循环,是当今社会激烈竞争中生存与发展的大事。

综上所述,“四化”的内涵极其深刻,我们应该冷静地想一想,是否真有道理。怎样去推

广“四化”，组织“四化”的实施，只有行动才能有成效！

二、电子对抗“四化”的现状

我国的电子对抗从解放初期到现在，发展的速度很快。从过去的单机设备已逐步构成系统，可靠性逐步提高，各类器件、部件、组件、分机已逐步构成系列，门类较全。可以说，国际上有的，我们极大部分都有，暂时没有的也正在研究和研制。但二者的差距比较大，具体表现在以下几个主要方面：

2.1 比较发达的国家已经过电真空时代走向固态化和微电子时代，大规模集成已达到高潮。而我国的电子对抗设备虽然也从电真空向固态化过渡，积极开发微电子化工作，但在制造工艺和手段上比较落后，成品率较低，可靠性尚未达到设计要求；

2.2 国内的基础工业比较落后，器件所需的基材和芯片大部分依赖国外。因此，目前我们设计制造的产品，只以说尚处于仿制阶段。由于关键部分靠进口，质量得不到保证，虽然构成了产品，但其可靠性不能与国外的同类产品相媲美；

2.3 设计人员未与经济效益和产品的质量挂钩，追求个别指标先进性较多，考虑系统的综合性较少。因此，往往出现现成的产品不用，重新去研制或加以改进，所以产品形成不了“四化”。而国外的整件、部件和分机都形成了手册，可供设计人员任意选择，加上整机的模块化设计，使设备的更新较快。例如美国的雷达告警接收机已有七十多种，但大部分都是在基本型上进行延伸和扩展功能的，其中像 ALR-69 告警设备是 ALR-46 的早期改进型，系统基本上用了 ALR-46 的产品。ALR-85 是先进的 RWR 系统，它是由 ALR-66 系列改进而来的……等等事例很多。

2.4 产品考核不严，从设计到最终的检验质量意识较差，没有真正认识到质量是生命的重要性。这一点可能与资本主义企业认识上的差距较大，因为企业的倒闭尚未威胁到自身的利益。

纵观上述四点，我们认为“认识”问题是主要的方面。所谓“世上无难事、只怕有心人”就是这个道理。认识统一了，事情就好解决了。据统计，三十多年来，为我军提供的电子对抗装备有 134 个品种，共 16000 多部，其中雷达对抗装备就有 11000 多部，但至今尚未形成一定规模的系列和标准，其原因是：

a. 上级下达的战技术指标本身就很少考虑“四化”，或者说对“四化”要求强调不够。每个系列平台的战技要求，往往缺乏统一的考虑。

b. 设计人员多数在头脑中缺乏经济观念，为了自身的利益，片面追求技术指标的先进性，往往对别人已经研制成功的产品视而不见，另搞一套，总是以各种理由甚至上级的约束条件限制成熟技术的推广使用，久而久之，形成了习惯，把“四化”的工作束之高阁了。

c. 由于对“四化”工作的片面理解，认为它是一种成熟产品的再现，因此，一种装备研制出来后，价格上不是很合理，所以决策者们并不主动地去搞“四化”。

d. 由于无法保护研制方的技术和效益的增长，各单位的领导层不敢放开手脚搞“四

化”，特别是“外延”难度更大。

三、如何搞好电子对抗的“四化”工作

通过以上叙述，“四化”工作的重要性是不容置疑的。认识统一了，技术和实施就成为主要矛盾。“四化”好喊，实事难做，要化相当大的精力和时间才能取得一定的成效。我们认为要搞好“四化”必须从下列诸方面做好工作。

3.1 要有产品作后盾

“四化”地建立在相当多的产品的基础上发展起来的，只有发展到这一步人们才感到实现“四化”的迫切性。产品越多，“四化”的基础越牢。因为每个产品都用相同的或相似的部件或模块，重复使用，久而久之，在某种程度上无意地变成了“通用”。因此，可以想象极少的产品，尚未得到充分的考验就形成“四化”，基础是不牢的。

3.2 层次关系要明确

根据“四化”的组成是标准化、模块化、系列化和通用化，它们之间的关系并不是孤立的。我们认为，核心问题是标准化。标准模块和标准系列就是为了“通用”，因此实现国家军用标准就可达到全国同行业通用的目的。

模块可以是一个部件，也可以是一个组件或一个分机。系列是指同类产品技术等级的差异而功能原理相同，所以系列化是产品技术水平高低的体现。

对于通用化的另一种涵义，可以认为是一种适用性较强的模块，但在使用上没有约束力，因为它毕竟不是标准。所以更确切地说通用化更容易上升为标准，而标准化更适用于“通用”。

标准化就是其它“三化”的集中体现。它不但要求硬件标准，而且辅之以硬件的“软件”（即文字资料）也应符合标准。因此，难度最大的就体现在“标准”上。

3.3 模块划分的原则

“四化”的层次关系明确以后，如何划分模块是一个关键。因为，“四化”的技术性实际上体现在模块的上，所以模块化的含义就容易被人们所接受。

综上所述，以外差接收机为例，来说明模块的构成方法。

第一种：调谐头+中频解调器+本振（频综器）

第二种：调谐器+混频前中+中频解调+本振

第三种：调谐器+混频、前中、中频解调+本振

第四种：调谐器+混频、前中+中频解调器+中频分析器+控制+本振

第五种：各部件作为模块进行功能组合，积木化结构满足不同机型的要求。

这五种做法，究竟哪一种比较合理，带不带电源等这需要进行可行性分析。

第一种：模块是分机模块。分机研制工作量大，但联试容易，构成系统快，配上天线和处理机就可构成一个 Elint 系统。

第二、三、四种模块只是在第一种模块的基础上细化了一些，没有什么本质上的差异。而混频前中模块是独立的，它的好处是器件可做成宽带，可以节省成本，但往往造成对调

谱器检测比较困难。

我们用举例办法来说明模块划分的原则：

例如：Elint 用的超外差接收机

a. 这类接收机与 ESM 和 ECM 用的超外差有一定的差距。Elint 用的外差要求精细的测量，可以适当放宽对时间和速度的要求，而 ESM 和 ECM 用的接收机正好与 Elint 相反。

b. Elint 接收机本身又有调谐或变频式二类，而且往往是倍频程复盖，微波前端是多个设备组成的。

c. 这类外差机往往中频固定 160MHz 或 60MHz，通用的是 160MHz，这样中频解调分析、控制单元是确定的。而对于中频带宽的要求，有 40、20、10、5、1(MHz)等多种，如果要求窄带，则还要降低中频，即可多次变频，使中放带宽可以达几 KHz，而随之带来的干扰影响也比较大。

d. 这类外差机混频器可以做成宽带，则混频+前中中可以成为独立功能块，也可以将混频+中频解调分析器组成一起构成一个分机模块。

e. 本振一般采用频率综合器，可以作为一个独立的模块。

f. 控制和 A/D 变换可以构成一个模块，也可以与中频解调器一起构成模块。

h. 各大部分中又有若干个部件组成，也可以成为独立的模块。最后一种模块是部件积木化，应该说这种方法比较好，灵活性大，如果各部件构成系列，可以构成不同性能的接收机系列，但这种组合带来调试上的困难。

当然，不同的设计者有不同的组合方式。然而，我们认为应取上述几种方案中的优点，即：部件+组件来构成分机模块，实现积木化结构，完成系统功能。

由此可见，模块化结构应掌握以下几条原则：

1. 应具有嵌套结构形式。大的模块在功能上具有相对独立性，它主要作为整机或系统的一个组成部分，在形式上是一个分机模块或是一个独立的组件。

在分机模块中应按积木式结构组合，大到几个部件构成的组件，小到独立的部件，每个组件和部件可以根据不同的功能要求拼接。例如中频解调器模块中分解成前中组件、全景显示组件、功分滤波组件、中频带宽组件、鉴频器、中放、视放及控制组件等。这些组件或单个部件均有功能扩展的接口关系，换上其它的组件或部件，即可构成中频解调器系列模块。

2. 经济性、积木化和时间进度三者要统一，不能只顾积木化、搞得很完美，结果成本提高，长期形成不了产品。应注意以基本型为主，考虑功能扩展能力，达到逐步完善的目的。

3. 选择模块要具有较为广泛应用的价值(包括专用模块)，或者是预计生产量较大的这类产品，作为优选项目。预计有较大局限性的产品不应作为“四化”项目，仅作为本单位内部自行消化项目。因此模块的确定应根据国防的需求和系统或整机应用前景密切相关的。

4. 模块化应有阶梯式，不能一步到位。在考虑基本型的同时应逐步进行系列化工作，这种模块才具备最大的灵活性，否则技术得不到进步。系列化工作应从预先研究开始就注意到，这样从预先研究转入工程应用，随之而来的就是标准系列产品。

5. 模块化设计应与文件资料配套,这种资料具有标准化格式和要求,达到高度的文实相符的要求,并有标准的检测要求。

6. 从立项到产品要执行严格科研程序。作为全国通用的军用模块,有军标的按军标要求执行,尚未建立的军标应上升为军标。因此,产品的全过程贯串着设计、评审、试验及提高可靠性的各项工作。因此,它比同类研制产品要求更高、更苛刻。

四、搞好“四化”的保障条件

4.1 首先组织落实。从上到下应有一个实体,制订一些必要的措施以利于“四化”工作的推广。

4.2 要有足够的经费支撑。它是一项花钱的工作,特别是在研制阶段,由于对产品的严格控制,上升为真正通用的军用模块,消耗是大的。特别是可靠性试验花钱更多,一旦成为模块,效益即可产生。

4.3 立项阶段,上级部门应当机立断,先确定承制单位,然后组织同行专家评审,这是一种多快好省的办法。

4.4 已立项目,应按研制任务下达,一切按科研程序运行。对完成任务好的单位,应有倾斜政策,反之,应有必要的限制条件,以确保“四化”工作的顺利进行。

五、结束语

综上所述,电子对抗的“四化”工作,应根据其特色展开。这项工作繁锁、复杂且十分重要,但又不被人们重视。为了能把这项工作正常地开展起来,除了广泛地宣传以外,更重要的是出成果。“现身说法”是最好的广告和宣传品,敬请上级各级领导尽快落实,组织实施。

(上接第4页)

(4) 实现攻防兼备,以攻为主,软/硬杀伤相结合,电子战武器与主战武器相结合;

(5) 具有作战分级指挥、情报分层处理、进行分布式对抗的“柔性”体系统结构。

以上特征表明:我国的综合电子战系统充分体现了系统综合设计、信息资源综合利用、电子战资源综合管理和控制,从而实现系统对抗、体系对抗的先进电子战系统的设计思想,适应于未来高技术局部战争的需求。

参考文献

[1] 区域综合电子战系统发展对策研究报告

国防科工委《区域综合电子系统发展对策研究组》

1994年12月

[2] 《综合电战系统》专规划技术论证报告

电子工业部《综合电子战系统专题规划技术论证组》

1995年4月

空间谱估计测向:过去、现在和未来

成都电子科技大学

肖先赐

摘要 空间谱估计测向技术的优异性能已受到国内电子对抗界的重视。本文在阐述了这种新型测向方法原理,简要介绍了一种空间谱估计测向实验系统的情况。这种技术在通信对抗和雷达对抗中都有广阔的应用前景。

1. 前言

自从1987年空间谱估计测向技术首次被介绍到电子对抗界以来,已有八年了。这些年来经过大家的努力,对于空间谱估计测向技术在电子对抗领域中的重要地位已取得共识。这种测向技术将成为新一代测向装备的技术基础。已有几所大学和研究所对这项技术进行了深入研究,进一步深入认识了空间谱估计测向技术的原理,发展了新的算法,找到了一些处理相干信号源分辨(抗多径误差)的有效方法。空间谱估计测向方法对于模型误差十分敏感,寻找有效处理方法是这种测向技术付诸工程实现的关键。这些年来,经过研究人员的努力,已成功地研究出一批有效处理方法,为这种测向技术的工程实现创造了条件。已经开展了空间谱估计测向实验系统的研究,并已取得成果,通过了鉴定。所有这些都表明,空间谱估计测向技术已趋成熟,再经一段时间的努力,就可以逐步将它用于新研制的测向装备,使我国的无线电测向技术上一个新台阶,进入国际先进水平的行列。

本文将扼要叙述空间谱估计测向原理系统构成和性能特点,介绍国内空间谱估计测向实验系统研制情况,并讨论空间谱估计方法用通信信号侦察测向和用于雷达信号侦察测向的前景。

2. 空间谱估计测向系统构成和工作原理

空间谱估计测向系统由多元天线阵、多信道接收机、多路数据录取系统和信号处理终端所构成,如图1所示。

目前研究得最多的多元天线阵是各天线阵元以均匀等距方式排在一直线上的均匀线阵。一般均假设各阵元均为无方向性的天线,且特性相同。下面介绍空间谱估计测向原理时,我们也这样做。要说明的是,这些假定仅是这了分析方便而作的,无论是测向原理还是实际系统都不受这些限制。各天线阵元的输出信号经各接收机放大、变频后,以适合于进

行 A/D 变换变成数字信号,该数字信号应完整地保留各天线阵元收到信号的幅度和相位信息(通常采用正交通道的办法,包括两路用两个 A/D 变换器的 I、Q 通道方法,或每路只用一个 A/D 变换器的数字正交通道方法),并送至信号处理终端。空间谱估计的优良算法在信号处理终端中实现。实际上,除了实现空间谱估计算法外,系统的模型误差校正、相干信号源分辨、测向结果的显示和统计处理等诸多功能,也是在信号处理终端中实现的。信号处理终端是这种测向系统的核心,起着神经中枢的作用。

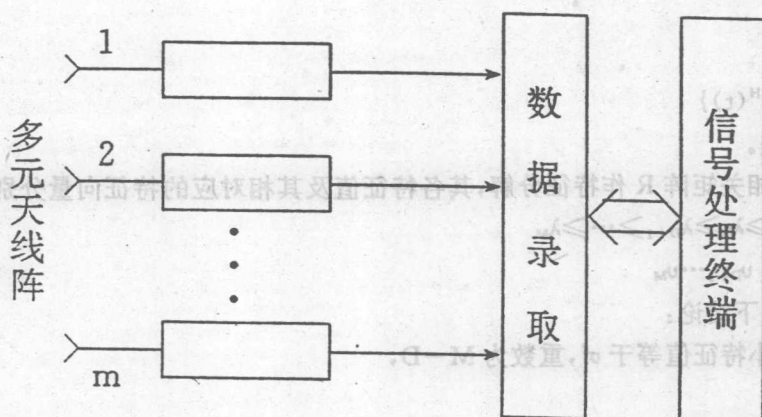


图 1 空间谱估计测向系统

与传统的测向方法不同,空间谱估计测向并不是从各天线阵元所收到的信号的幅度或相位的相对关系用一简明的数字公式直接求出来波方向。相反,它充分利用了各阵元信号所含信息,通过较为繁杂、物理要概念并不十分简单明了的统计处理方法来估计信号到达方向等参数。下面就以均匀线阵、无模型差(即为各 A/D 变换器输出的数字信号的相对幅度、相位关系与各天线阵元输出的相同)的情况来阐明空间谱估计中的一种最为典型的方法——MUSIC 算法。

讨论 M 元的均匀线阵,阵元间距为 d,信号的工作波长为 λ 。空间信号源共有 D 个,各信号不相关,各阵元的噪声 $n_m(t), m=1, \dots, M$ 互不相关,噪声和诸信号 $S_k(t), k=1, \dots, D$ 也不相关。因此,第 m 个阵元的输出为

$$x_m(t) = \sum_{k=1}^D s_k(t) e^{j(m-1)\mu_k} + n_m(t) \quad (1)$$

式中

$$\mu_k = \frac{2\pi d}{\lambda} \sin \theta_k \quad (2)$$

θ_k 为第 k 个信号源的方向。

将(1)式(共 M 个方程)写成矩阵形式

$$x(t) = As(t) + n(t) \quad (3)$$

其中