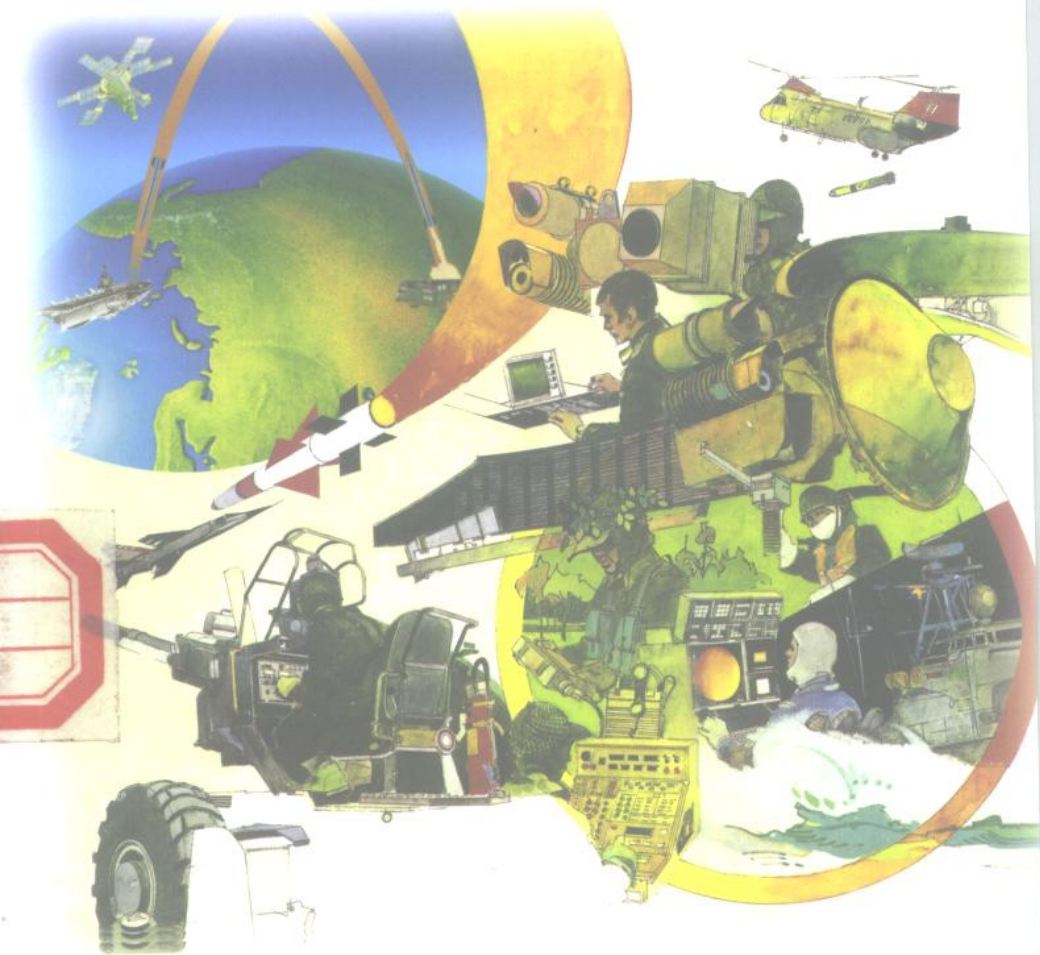


电子战原理与技术

现代国防高科技知识丛书

周一宇 徐晖 安玮 编著

国防工业出版社



现代国防高科技知识丛书

电子战原理与技术

周一宇 徐晖 安玮 编著

国防工业出版社

·北京·

图书在版编目(CIP)数据

电子战原理与技术/周一宇等编著. - 北京:国防工业出版社,1999.5

(现代国防高科技知识丛书)

ISBN 7-118-02039-7

I. 电… II. 周… III. 电子战 IV. B869

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 38017 号

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

国防工业出版社印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 850×1168 1/32 印张 5 $\frac{1}{4}$ 144 千字

1999 年 5 月第 1 版 1999 年 5 月北京第 1 次印刷

印数:1—4000 册 定价:9.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

《现代国防高科技知识丛书》编委会

顾 问 郭桂蓉

主 编 温熙森

副主编 沈永平 张银福

编 委 (按姓氏笔划为序)

李自力 李传胪 任 萱

苏建志 张克强 陆彦文

周一宇 柴进武 郭修煌

曾华锋 谭吉春

总 序

20 世纪末叶,在一场场惊心动魄的高技术局部战争中,一批批惊天动地的高技术武器装备登台亮相。透过变幻莫测的战争风云,人们发现,在异彩纷呈的陆、海、空、天、电五维战场上,以电子信息技术为代表的军事高技术,使现代战争面貌发生了空前巨变,也引发了整个军事领域的深刻变革。这对于为保卫祖国、抵御侵略、争取和捍卫和平付出过沉重代价,现在致力于现代化建设的中华民族,既是一种严峻的挑战,也是一种发展机遇。

安国之道,先戒为宝。我们应在确保以经济建设为中心的同时,认真贯彻落实新时期军事战略方针,有重点地发展军事高技术。为了培养和造就大批能驾驭高技术局部战争的各类军事人才,必须有计划地加强广大官兵的高技术知识学习。

“知识作为一种主要的军事要素,在军队建设和军事斗争中占有突出的地位。未来的信息战争,从某种意义上说,就是知识的较量。”我们应按照军委首长关于军队建设的“两个武装”的指示,在用邓小平理论武装头脑的同时,掀起一个广泛、深入、持久学习军事高技术知识的热潮。为了配合全军广大官兵更好地学习军事高技术知识,为了适应国防教育的需要,国防工业出版社在国防科技大学组织有关专家教授编写了这套《现代国防高科技知识丛书》。

鉴于本丛书是“九五国家重点图书选题规划”中科普类图书选题之一,其整个运作过程,始终得到有关部门领导的热情引导和大力支持。

国防高科技,其实质就是军事高技术。所谓军事高技术,简言之,就是应用于军事领域的高技术。具体地说,军事高技术是建立在现代科学技术成就基础上,处于当代科技前沿、对国防建设和武

器装备发展起巨大推动作用的那部分高技术的总称。军事高技术是当代高技术的主要组成部分。可以认为,它包括两个层次的技术:一是支撑高技术武器装备发展的共性基础技术,主要包括微电子技术、光电子技术、计算机技术、新材料技术、高性能推进与动力技术、仿真技术、先进制造技术等;二是直接应用于武器装备并使之具有某种特定功能的军事应用技术,例如探测技术、伪装与隐身技术、电子与信息战技术、精确制导技术、军事航天技术、军事激光技术、指挥自动化系统技术、新概念武器技术,以及当前国际上禁止发展和使用的核武器技术、生物武器技术、化学武器技术等。关于第一层次的共性基础技术,社会上已出版了大量读物,国防工业出版社还配套出版了一套六集介绍有关高技术基础知识的《世纪之光》(VCD 光盘)。关于第二层次的军事应用技术,已有《军事高技术知识教材》之类的导论性读物。本丛书作者力图在上述已问世的出版物基础上,有选择地分门别类地对高技术中的军事应用技术作详细介绍,相信对全军由应急式学习转向经常性教育,以及全社会进行国防教育,都会有所裨益。

本丛书共 10 个分册。除计算机与信息处理技术属共性基础技术外,其余 9 个分册均属第二层次的军事高技术,它们所介绍的分别是:现代侦察与监视技术、隐身技术、夜视技术、军用激光技术、电子战原理与技术、军事航天技术、精确制导技术、指挥自动化系统和新概念武器。

本丛书的编写指导思想是:遵循“正确的思想、科学的知识、真实的信息、健康的情趣”的原则,尽可能借助图文并茂、深入浅出的科普读物形式,反映出“国防高科技”这一具有政治性、科学性和时代性意义的严肃主题。

本丛书力图做到具有如下主要特点:权威性较高、针对性较强、知识面较广、可读性较好。

权威性较高,是指作者和出版者群体的权威性较高。由图防科技大学的校领导牵头组织起来的作者们,大都是相应军事高技术领域的专家教授,他们参与过有关军事高技术知识的教材编写、

常规教学和短期培训活动,具有精深的理论功底,积累了丰富的实践经验。建社历史较长的国防工业出版社为本丛书配备的责任编辑们,大多是相应科技专业大学本科毕业的老编辑,他们坚持“社会效益为首、出版质量第一”的原则认真编审,为进一步提高丛书质量竭尽心力。

针对性较强,是指本丛书的读者对象很明确。主要针对的是具有中等文化程度以上的部队广大官兵,其次是社会上的军事爱好者。他们可以按照各自的需要和兴趣有选择地学习,借此,或改善知识结构,或受到国防教育。

知识面较广,是指本丛书纵向和横向涉及的军事高技术知识面较广。为了使纵向涉及的各军事高技术领域的内容完整广博,作者们在分门别类、深入浅出地介绍其原理、方法和技术的同时,还力求引入实战应用、对抗措施、发展前景等。必须说明的是,本丛书横向涉及的既不是军事高技术的全部内容,也不是军事高技术的完整应用范围,而只是按其特定要求选取军事应用技术中大部分的主要方面。但是,这种相对完整性已基本适应特定读者的实际需要。

可读性较好,是指作者们非常讲究其通俗性和可读性。他们力图通过增加实战应用案例的生动性、语言表达的趣味性和插图设计的观赏性等途径,使本丛书的内容有重点、素材有亮点、形式有特点,从而收到娓娓道来、引人入胜的理想效果。

古云:“纸上得来终觉浅,绝知此事要躬行。”我们为这套丛书应时间问世乐此不疲,辛勤耕耘,倘若能为实现国防和军队现代化建设跨世纪发展的战略目标,在“科教兴国”、“科技强军”中收到些微效果,也就如愿了。限于写作时间和能力,书中难免存在不足或留下憾笔,恳请有关专家和读者不吝赐教。

《现代国防高科技知识丛书》编委会

1999年1月

前 言

经过 1982 年叙以贝卡谷地之战和 1991 年的海湾战争等几次局部战争,电子战对战争胜负所起的重要作用已被世人所认识。现代高技术军事装备几乎都以电子技术作为重要的技术支撑,武器系统和指挥、控制与通信系统等越来越依赖于电子系统的技术水平与效能,因此敌我双方围绕着电子系统展开的电子战争必然极大地影响着军事装备作战能力的正常发挥,从而直接影响着战争的输赢。“电子战是战斗力倍增器”这句名言对电子战的重要作用做了最好的概括。在即将进入 21 世纪之际,随着信息技术的高速发展,电子战的概念和技术也在迅速更新和扩展。信息时代的到来带来了一场新的军事革命,信息战就是信息时代新军事革命的核心。在这场以争夺信息优势为战略目标的对抗中,电子战仍然是最重要的手段之一。

尽管今天“电子战”成为人们普遍讨论的话题,但是由于电子战涉及的技术含量毕竟很多,而且不像飞机、军舰是能够直观见到的,因此难于被广大读者深入了解。基于这种情况,本书希望以比较通俗的形式为广大读者提供一个了解“电子战”的窗口。本书以电子战的基本原理和主要技术手段为重点,同时适当反映电子战的发展趋势和新技术,介绍了雷达、通信和光电领域里的电子战概念、技术与战术应用。由于目前雷达电子战的发展规模最大,其技术也最具典型性,因此全书以雷达电子战为重点进行了较详细的叙述,但这并不说明可以忽视其他领域电子战的重要性。

虽然本书是一种科普读物,以基本原理为主要内容,但是要真正理解基本原理,不可能绕开具体的电子战技术不谈。也考虑到对电子战技术特别感兴趣、希望深入了解的读者,以及对电子信息

技术有一定基础的读者的需要,本书在某些章节较具体地讨论了电子战的技术内容,涉及到电子技术等方面的专业知识,希望这不至于成为广大读者阅读的障碍。

本书第二、四、五、六、九章由周一宇教授编写,第一、七章由徐晖副教授编写,第三、八章由安玮博士编写,全书由周一宇教授统一整理。硕士研究生李宗华绘制了书中大部分插图,丁东援女士对部分章节进行了文字修饰与整理工作,作者对他们富有创造性的劳动表示衷心感谢。作者参考和引用了许多国内外同行的著作和文献,但不可能在本书的参考文献中一一列出。这些著作和文献对作者很有帮助,在此向它们的作者表示诚挚的谢意。本书责任编辑以及国防科技大学教务部机关的有关同志对本书的编写与出版给予了很大的关心和支持,作者在此深表感谢。

由于编者水平所限,书中难免有不妥之处,敬请广大读者批评指正。

内 容 简 介

本书是介绍电子战基本原理与技术的一部科普读物。在简要回顾了电子战产生与发展的历史之后,本书以电子战的基本原理和主要技术手段为重点,同时适当反映电子战的发展趋势和新技术,介绍了雷达、通信和光电领域里的电子战概念、技术与战术应用。其内容包括雷达的基本原理、对雷达的电子侦察、对雷达的电子干扰与雷达的抗干扰、反辐射导弹及其对抗、隐身技术及其对抗、现代通信系统的概况与对抗技术、制导武器系统使用的光电装置及对它实施的对抗技术等,并简要介绍了信息战的基本概念。

本书适合于具有高中以上文化程度的读者阅读,也可供希望了解电子战技术的非本专业科技工作者参考。

目 录

第一章 电子战发展的历史	1
第一节 无线电侦察拉开电子战的序幕.....	1
第二节 雷达电子战在二战中发挥重大作用.....	2
第三节 现代电子战技术的发展及特点.....	3
第二章 电子战的基本概念	8
第一节 电子战的含义与组成.....	8
第二节 电子侦察	10
第三节 电子攻击	13
第四节 电子防护	15
第三章 雷达的基本原理	19
第一节 雷达是什么	19
第二节 雷达如何发现目标	20
第三节 雷达的测量原理	22
第四节 雷达的信号波形和工作频率	28
第五节 雷达的种类	33
第四章 雷达侦察	39
第一节 雷达信号环境及其对侦察系统的要求	39
第二节 雷达侦察的基本原理	41
第三节 侦察接收机技术	50
第四节 支援侦察系统	57
第五节 电子情报侦察系统	63
第六节 无源测向和雷达定位	66
第五章 对雷达的电子攻击	75
第一节 电子干扰的分类与作用	75
第二节 压制干扰	81

第三节 欺骗干扰	88
第四节 无源干扰	98
第五节 反辐射导弹	102
第六章 雷达的电子防护	113
第一节 雷达面临的电子战威胁	113
第二节 雷达抗干扰技术	117
第三节 雷达反侦察与抗摧毁	126
第四节 反隐身技术	130
第七章 通信对抗	133
第一节 军用通信系统	133
第二节 通信侦察技术	139
第三节 通信干扰技术	141
第四节 通信抗干扰技术	146
第八章 光电对抗	152
第一节 光电技术与装备	152
第二节 光电对抗	158
第九章 电子战技术与概念的发展	164
第一节 电子战系统综合一体化	164
第二节 信息战	166
参考文献	171

第一章 电子战发展的历史

第一节 无线电侦察拉开电子战的序幕

电子战是敌对双方利用电子设备进行的战斗,是敌对双方争夺电磁频谱的战斗。这一领域的战斗的早期形式早在本世纪初无线电技术出现并应用于军事领域时就出现了。对敌无线电通信的侦察拉开了电子战的序幕,它是无线电时代的必然产物。

1905年5月,日本和沙皇俄国间进行了一场著名的日本海大海战。日方通过无线电侦察的手段,监视俄国舰队的通信,并结合商船侦察报告,了解了敌人的航行路线和作战计划。待俄舰队出来时遭到埋伏的日舰的猛烈炮击。这时日军还以无线电干扰的手段破坏俄军的通信,使俄舰队失去了相互的联系,陷入一片混乱。战斗的结果是日舰队大获全胜。电子战的早期形式一经出现,即显示了其特殊的战斗性能,它使胜利归于掌握了电子战手段的一方。

这以后的一段时期之内,由于技术水平的限制,无线电侦察技术较干扰技术发挥了更为重要的作用,主要通过截取敌方电报掌握敌军的行动计划,包括部队分布和作战意图。一次世界大战中,德、俄之间的纽伦堡战役即是一次电子战发挥重要作用的成功范例。战争开始时,俄军第一、二集团军向德军第8集团军防线实施攻击,但德军截获的俄军明码电报表明俄军第一、二集团军之间有一个100多公里空隙且两支部队配合较差。德军据此实施分而制之的战术,先后消灭了这两个集团军,创造了以少胜多的重大胜利。这一战役再一次显示了电子战的特殊威力,知电子战者胜,因

不知电子战知识而采用明码电报的俄军遭到了惨重的失败。

在电子侦察带来的巨大作用得到广泛承认的同时,反电子侦察的电子欺骗手段成为了重要的电子战早期形式,通过真真假假的电报报文,将虚假的信息传给敌方,达到使敌方错误决策并夺取战争胜利的目的,这方面也有不少成功的战例。

第二节 雷达电子战在二战中 发挥重大作用

1900年,美国物理学家特斯拉详细地研究了电磁波的反射现象,说明了电磁波的反射作用。此后,许多科学家开始研究如何利用这一重要的发现。1914年,另一位美国科学家福斯特成功地接收到物体对电磁波的反射,以此测得了物体的距离,这一试验为雷达的出现取得了原理和技术上的重要突破。1926年,奥地利的劳里发明了可供使用的雷达,并取得了专利。这一时期,美、英、德等国相继研制出了可用于军事目的的雷达。自此,雷达在二战中扮演了一个重要的角色,成功地应用于防空、海战等各个方面,发挥了重大的作用。

第二次世界大战初期,德国在雷达的研制和使用方面处于领先地位。随着大功率真空三极管和四极管的发展,雷达工作频率提高到500兆赫以上。这不仅提高了引导搜索雷达的测距精度,也提高了火控雷达的性能。反映到战场上则是其高射炮和海岸炮命中率的大大提高。德军在法国沿海设置了搜索雷达和火控雷达,英国船队经过英吉利海峡时常常被德军击中。

英国则于1937年就在东南沿海建立了20个对空情报雷达站,为对付德军的空袭提供早期预警。当1940夏天德军以2600架飞机对英国空袭时,英国雷达早早地发现了170多公里外的敌机,为防空部队提供了足够的预警时间,有效地组织了拦截。英国空军以不到700³架飞机的代价,击落了德军1400多架飞机,创造

了反空袭战斗的辉煌战例。

雷达的巨大作用成了科学家和军方研究的热门课题。如何干扰敌方雷达,降低其作战效能,如何对抗敌方干扰,保持己方雷达的战斗能力,人们对此展开了不断的研究,并迅速将研究成果运用于战场,雷达对抗自此和雷达一起成为二战中不可忽视的重要角色。英国以地面干扰台对德国雷达施放干扰,迫使德军关闭雷达。但德国很快就研制出频率调谐的抗干扰措施,并实现了宽带调谐。当英国再次实施干扰时,德国则通过交替使用不同工作频率成功地避开了干扰,保证了雷达的正常使用。

英国有源干扰机的失灵迫使其研究新的对抗措施。根据对德国雷达系统的研究,一种新的干扰措施出现了,这就是无源干扰。1943年7月25日英美联军大规模空袭汉堡时,首次使用了代号为“窗户”的无源干扰措施。联军在空中散播了250万盒金属箔条,使德国雷达上出现了数千架“飞机”,从而无法准确引导火炮进行攻击,只好放弃对雷达的使用。德军的高炮射击效果降低了75%,而盟军的轰炸机损失率则由6%下降到2.8%。

雷达有源和无源干扰的巨大作用,受到了军方的高度重视。此后,在盟军的飞机编队中有了专门施放干扰的飞机,它不仅可施放无源干扰,也可施放有源干扰;多数轰炸机则携带无源干扰箔条作为护身符。雷达电子战极大地降低了德军的防空和空战能力,对于加速法西斯德国的灭亡起到了重要的作用。雷达对抗与反对抗成为这一时期电子战的主要形式。但这一电子战形式还主要表现为一部干扰机与一部雷达的决斗。

第三节 现代电子战技术的发展及特点

二次大战终于结束了,但电子战领域的竞争不仅没有停止,反而加快了前进的步伐。50年代以来,随着电子计算机的发展,航天技术、导弹技术也得到了飞速的发展,随着电子战技术在各次局部战争中广泛的应用,电子战已得到长足的发展。

导弹及围绕导弹的电子对抗是现代电子战的一大特点。导弹在近代的世界上历次局部战争中发展成长,成为能准确打击地面、海上、空中目标的重要武器,并已具备击落另外一枚导弹的能力。导弹区别于炮弹的主要特点之一正是其精确打击所需的制导系统。现代导弹主要通过包括雷达、红外、电视、激光等多种方式制导,无一离开电磁频谱的影响,围绕精确打击与反精确打击的对抗成为现代电子战的主要方式之一。

越战中越军以防空导弹攻击美国飞机,开始时每两枚导弹可击落一架飞机,当美国在飞机上加装雷达告警接收机和干扰机后,击落一架飞机所需的导弹数直线上升,从 10 枚、50 枚发展到 84 枚之多。针对美国的告警接收机,越南使用无线电信标方式发射欺骗性电磁波,模拟导弹的发射,成功击退敌机。反辐射导弹也在这时装备美军,越军则采用将预警雷达、地面管制雷达与导弹基地联成网络的方法,缩短雷达使用时间降低反辐射武器的命中精度。

历次中东战争中,围绕导弹的电子对抗也发挥了重要的作用。以色列先是因为雷达落后和无电子战设备,在战争中吃尽苦头,其后则以隐身推迟敌雷达发现,再以噪声干扰机、欺骗干扰机和箔条发射机诱偏导弹,在战争中取得主动,夺取导弹战的胜利。

机载电子战设备的运用是现代电子战的又一特点。二战末期,已有机载电子干扰机的出现和使用。战后,由于防空武器的迅速发展,仅靠飞机自身的电子干扰能力已不足以保证飞机安全和战斗任务的顺利完成。为了压制敌方防空体系,出现了电子战专用飞机。这种飞机普遍装备了三种基本类型的电子战装备:雷达告警接收机、干扰机和无源干扰物(箔条等)。

光电对抗是现代电子战家族的一个重要成员。为保证导弹在电子战条件下的作战能力,雷达、红外、电视、激光等多种制导方式已被广泛运用,而且,仅靠单一的制导方式已不能达此目的,雷达与红外等复合制导已成为对抗敌方干扰和欺骗的重要方式。

现代电子战已由单机作战发展为多个单机的相互联动的系统作战,并已发展为统一协调的多个电子战系统组成的大规模综合

电子战。海陆空天各个战场上的装备有机地联系在一起,形成系统之间和体系之间的对抗格局。

通信对抗再一次显示了其在电子战中的重要作用和地位。通信系统是指挥控制系统的神经网络,如果通信系统被破坏,就意味着整个指挥控制系统的失灵。通信对抗破坏的不仅仅是某一个或几个武器系统,它可以造成整个战场、战区作战指挥体系的破坏,直接对战争的全局产生影响。海湾战争期间,多国部队用 F-117 隐身飞机攻击了伊拉克南部防空指挥所、巴格达市内指挥所、情报总部等特定目标,用巡航导弹攻击了伊军司令部、通信所、配电所等部门,造成伊通信系统瘫痪,使伊军彻底丧失了有组织的指挥能力。在此基础上,彻底摧毁了已不成体系的伊防空系统,并最终赢得了战争的主动权和胜利。

1982 年贝卡谷地的战斗是一场闻名天下的电子战。以色列对电子对抗措施的较全面综合的应用确保了战争的最后胜利,成为现代电子战的典范。战争分为三个阶段。

第一阶段是电子侦察。叙利亚军队在黎巴嫩的贝卡谷地构筑了 19 个萨姆 6 导弹基地,他们认为,在第四次中东战争中,萨姆 6 非常有效,以色列空军不会来攻击贝卡谷地。而以色列在“猛犬”无人机上装备了高分辨率的照相机和电视摄像机,在“侦察兵”无人机上装备了电子侦察装置,对叙军进行侦察,确定了萨姆导弹基地的位置和叙军的雷达参数。

第二阶段是电子干扰。“猛犬”无人机和“侦察兵”无人机还被当做诱饵使用,它们装备了电子装备,使雷达显示的目标像真正的飞机在飞行一样。叙军受到欺骗,认为以军来袭,开动雷达并发射导弹。以军用装备在波音 707 改装的电子飞机及无人飞机上的通信干扰设备干扰了叙军的通信网,剥夺了叙军有组织的战斗能力。而且,以军通过使用跳频通信,防止己方通信被干扰。

第三阶段是电子攻击。当波音 707 电子战飞机确认叙军的全部雷达都已经启动,发射架上的导弹全部发射出去后,就开始攻击雷达站和导弹发射装置。同时,用火箭弹散布箔条,干扰叙军雷