

# 近来的局部战争对陆基防空雷达 的需求

彭家庭

(西安电子工程研究所, 西安 710100)

**【摘要】** 从近来的局部战争陆基防空雷达面临的任务出发, 简要阐述了近来出现的各种目标的特点以及防空雷达所处的作战环境与电子对抗环境。分析了陆基中低空防空系统在现代防空中的作用和地位。陆基中低空防空系统在现在的防空中可以发挥它的重要作用的, 尤其是在对付巡航导弹、武装直升机、低空飞机(含隐身飞机)、反辐射导弹等目标时, 该系统是属于比较优选的武器; 归纳了对陆基中低空防空雷达的新的要求, 主要是强的抗干扰性能, 好的低空特性, 满足武器系统需要的探测小目标的能力, 快速的搜捕截获目标的能力等; 同时也简要分析了这些要求在陆基中低空防空雷达中的技术可实现性。

**【关键词】** 低空; 防空雷达; 反隐身; 反巡航导弹; 抗反辐射导弹

## 引言

苏联解体以后, 美苏两霸对峙的局面不复存在, 美国及其盟国对某个国家和地区进行的战争可称之为近来的“局部战争”。在这种情况下, 进攻方只是寻找一些借口, 根据自己的意愿为所欲为地发动战争并任意扩大。像海湾战争和不久前进行的北约对南斯拉夫的战争。在这样的战争中, 进攻方依靠其先进的技术装备, 在差距对比很大的情况下发起强大的空中打击, 企图以此来达到压服对方的目的。在战术上防守方必须充分利用与发挥现有装备的能力, 采用灵活的布防和方法, 最大可能地在防空上取得战绩, 才能使战争向有利于自己的方向发展。而研究防空系统所面临的形势和特点、发展方向及其体系结构是战略研究上的重要内容之一。文章的重点是对中低空防空系统的雷达进行一些探讨。

## 1 防空雷达面临的形势

随着武器装备的进步, 在近来的战争中防空雷达面临的形势有下述变化。

### 1.1 防空雷达需面对的“目标”有了重大的变化

防空的任务已不是单纯的对付进攻飞机。而是对付由巡航导弹、进攻飞机、弹道导弹、电子干扰与侦察飞机、武装直升机、无人飞机、带有“精确制导”的反辐射导弹构成的一个复杂的目标群体。这些目标从雷达的角度看来有如下特点。

(1) 巡航导弹: 雷达反射面积小, 通常在  $0.1 \text{ m}^2$  左右<sup>\*</sup>; 飞行速度通常在亚音速; 超低空飞行, 在陆地的一般地区飞行高度为 50 m 左右。

(2) 进攻飞机: 现在的进攻飞机对地面的进攻主要采用的是精确制导炸弹、空对地导弹和反辐射导弹, 其自身的特点是飞行高度高; 有些已采用了“隐身功能”, 其隐身后的雷达反射面积一般在

【收稿日期】 1999-07-10

【作者简介】 彭家庭(1938-), 男, 山东临清市人, 西安电子工程研究所研究员

\* 数据为作者综合各种文献所得, 不对繁多的资料一一列出(下同)

0.02~0.5 m<sup>2</sup> (非隐身飞机在几至几十平方米)。

(3) 弹道导弹: 这种飞行器是按其预置弹道飞行, 它在飞临目标之前, 飞行高度高, 飞行速度也高; 其雷达反射面积在 1 m<sup>2</sup> 的量级, 但采用了隐身技术后也可能达到百分之几平方米。

(4) 武装直升机: 这主要是为了摧毁地面部队而使用的, 它的作战状态是飞行或低空悬停, 因而它的回波特性是频谱较宽, 而其主谱和地面杂波很难区分, 其多普勒频移的高频部分是由悬翼造成的, 幅度很低, 只相当于零点几平方米的雷达反射面积。

(5) 反辐射导弹: 现代的反辐射导弹与早期的相比具有三个特点, 即发射距离更远、截获锁定频带更宽、制导方式具有“惯性制导”, 像美军在海湾战争中还曾用过的 AGM-78 已经可以同时覆盖 S 至 X 波段了。它的雷达反射面积一般在百分之几平方米的范围。

## 1.2 防空雷达面临的电磁环境

近来的局部战争中以美国为首的进攻方在电磁干扰方面均采用了以下的几个方法。

(1) 对作战区域的通信指挥系统的大面积的干扰, 使防守方情报、通信、指挥失灵 (这时采用的主要是舰上、地面干扰设备辅之以干扰飞机), 近来甚至都在制定对计算机网络系统入侵的方案。这次战争中还加上了对民用广播电视系统的攻击, 以切断现场实际情况的传播。此时的干扰形式多为一个比较大的地域的宽带压制性干扰。

(2) 实施进攻的开始并延续到全过程, 对远程警戒雷达及情报指挥系统实行压制性的干扰, 使防守方失去空情的来源。这时采用的干扰方法主要应是专用电子侦察与干扰飞机, 干扰的频段在 S、L 波段及米波与通讯波段。干扰的形式是以宽带压制性干扰为主, 辅之以对重点防空雷达的欺骗性干扰。在这时还有可能采用箔条 (及类似物) 形成大片的杂波干扰。

(3) 当对目标实施攻击时, 进攻方采取更强的针对性 (突防所需的) 干扰。除在进攻编队内编入电子对抗飞机外, 在进攻飞机上也装备干扰机。在干扰的种类上除宽带杂波干扰外, 尚可采用窄带瞄准式干扰和回答式欺骗干扰。

## 1.3 防空雷达自身面临的攻击武器

防空雷达本身目前遇到了强大的攻击, 反辐射导弹是专用以攻击雷达的, 正如前面已说过的其威

力更大和制导精确度更高, 对防空雷达形成很大的威胁。另外尚有精确制导炸弹和巡航导弹等, 也可以直接瞄准重点的防空系统和雷达。

## 2 对防空系统的使用及发展的思考

在这样的战争中防空系统需要采用什么样的战术, 各种防空武器能发挥什么样的作用, 以及应如何发展, 在这里谈谈我的看法。

### 2.1 整个防空系统的作用及特点的简略分析

防空系统就其战斗作用而言, 是防守性质的。在贯彻实施“消灭敌人保存自己”的普遍军事战斗原则中, 针对现代战争开始阶段的大规模空袭, 防守方应大量消灭空袭的有生力量, 从而使进攻方的战略目的受挫, 计划和进程被打乱, 打击进攻者信心和士气。双方作战中, 一般情况下存在攻易防难的特点, 摧毁敌方的基地是转守为攻、争取主动的积极办法, 但防守方在这样一场战争中要摧毁敌人的进攻基地, 是极其困难的, 不是短时间可以具备条件的。主要原因有两个: 其一是进攻的基地太复杂, 不仅在周边地区有多个地面基地, 海上有航空母舰, 而且还有洲际的远程基地。其二是这种方式所要求的远程打击能力在决策反应时间、武器运载能力、控制精度上都有很高要求。但是, 从保有一定的威慑力量的角度来看, 使进攻方有所顾忌, 心理上有所震动, 这种能力也是必须准备的, 不过不能过分依靠这种能力。

### 2.2 防守方采用“严阵以待, 滴水不漏”全面防守的战术极其困难

这样说的主要原因, 其一是防御者的国土防御情报指挥通讯系统面临非常强大的干扰, 很难给防空武器系统指示全部空情和留出足够的准备时间。其二是防空武器系统在能力上很难覆盖进攻者的全部空域, 且装备的数量和补给也有很大的困难。所以要采取构成灵活的积木式系统的发展思路, 系统能大则大, 不能大就化成较小的系统, 以灵活的形式尽量杀伤敌方之空中进攻力量为主要目的。

### 2.3 针对不同目标发挥防空武器系统的各自特点

各种防空武器系统充分发挥各自的特点, 去对付不同的目标应该是一条重要的原则。防空作战飞机、陆基中高空防空导弹、中低空防空高炮与导弹应各自发挥其特长, 对其擅长对付的目标进行作战。问题就在于如何面对变化了的进攻目标, 分析有效的对付方法和使用适当的武器系统。

#### 2.4 地面防空系统应该和可能采取的措施

在这样的战争中，陆基防空系统（在这里主要指的是高炮系统和中空低空地-空导弹系统，下同）是可以发挥它的作用的。地面防空系统应该和可能采取下面措施。

(1) 加强和运用其独立作战能力。在这样的战争中由于预警系统被压制和破坏的可能性极高，因而陆基防空武器系统必须具有极强的独立作战能力。首先是要具有良好的发现目标的能力。

(2) 发挥其固有的快速反应能力。由于在这样的战争中目标的种类和数量繁多和目标发现的困难，缩短武器系统的反应时间以及对付多批次多目标的能力显得特别重要。在对付低空和超低空目标时更是这样。

(3) 发挥和加强其机动能力。在所有的防空系统中，地面防空系统是最具有机动优势的。这给布防上造成极大的灵活性。

(4) 利用这样系统的经济性，形成分散而多个火力的密集网。地面防空武器系统造价低、生产容易是它的一大优点，一个系统的造价只相当于一架先进的飞机的几分之一到几十分之一。这样在作战布局上就可以用火力单元的数量弥补它的不足。在重点防守的地域和对方进攻的沿途，可以有多个系统进行多次打击，加大总的毁歼概率。

#### 2.5 中空低陆基防空武器系统适于对付的目标

(1) 中空低空飞行的进攻飞机：这是地面防空系统最经典的目标，尤其是对于超低空飞行的敌机，是其他防空系统（如歼击机、中空高导弹等）不可替代的。

(2) 巡航导弹：由于巡航导弹的超低空特性，只有小高炮才是打击它的最佳武器。当然，也可以选用中空低空导弹，但导弹要具有较强的飞行机动能力，且其导引头要有强的抗杂波能力。

(3) 武装直升机：对付武装直升机最优的武器仍然是高炮和中低空导弹。因为它的特点是低空悬停，对武器射击而言命中精度可以较高，其困难仍在于低空问题的解决。在这种情况下，由于低空导弹的射程一般较大，可以对悬停于较远的直升机进行打击，因而比高炮还要好一点。

(4) 各种无人驾驶飞行器（无人飞机等）：这种目标的特点是小而速度较慢，是陆基中空低空防空系统可以有效对付的目标。

(5) 反辐射导弹：对于这种目标目前来说，只

有采用地面防空系统中自身的高炮来对付。防空导弹很难具备所要求的快速机动能力。

对其他目标的作战，中空低空地面防空武器的作用将是很小的。对于对付高空进攻飞机来说，高炮和中低空导弹受射界的限制很难发挥作用，只能依靠飞机或高空防空导弹。对于对付弹道导弹而言，中空低空防空系统也很难起到决定性的作用。对付这种目标比较好的办法，目前仍然是采用远程高空防空导弹。

#### 2.6 预警系统可较大地提高防空系统的效能

虽然中空低空的防空系统主要的作战区域是近程的，但空中或空间的预警系统对中空低空防空系统的支援还是很重要的，尤其是对远程巡航导弹的及早发现会使防空系统的机动布防成为可能，从而提高击毁巡航导弹的概率。空中、空间平台（如小卫星等）的制造、发射以及使用、管理需要高科技的支持，但不能被少数国家垄断，我国也应该用高科技的手段增加国防力量。

### 3 对地面防空系统雷达性能的要求

对地面中空低空防空武器系统的雷达系统（以下简称雷达）的要求，可分为以下几个方面。

#### 3.1 对雷达独立空情能力的要求

正如前面的战术分析那样，中空低空防空系统能否发挥作用的首要条件是雷达能不能提供武器系统所要求的空情。现在的情况主要是在如下几个方面提出了更高的要求。

(1) 作战区域内空情的掌握，最好能不太多依靠远区情报，因为远区警戒系统受干扰的可能性很大。

(2) 目标的雷达反射面积越来越小，对于隐身飞机、巡航导弹、反辐射导弹、武装直升机的高频谱分量，其雷达反射面积均在  $0.1 \text{ m}^2$  或更小的量级上（反射面积比常规飞机小  $1\sim 2$  个数量级），因而要求其探测威力要强。

(3) 抗地面杂波的能力要求越来越高。其中巡航导弹、悬停直升机的低空高度都在几十米的范围内，而对付这些目标恰恰是中低空防空系统的责无旁贷的任务，如何在强地物杂波中发现这些目标，这是赋予火力控制系统中目标搜索雷达的严峻任务，而且这种超低空目标本来就是远程警戒雷达的“盲区”，更不可能依靠远程警戒雷达来提供情报。

#### 3.2 对雷达及火控系统快速反应能力的要求

随着目标反射面积越来越小,飞行高度越来越低,雷达的发现距离越来越近,而目标的速度却越来越高,对系统的反应时间的要求必然越来越短。

### 3.3 对跟踪雷达的要求

对跟踪雷达的要求可以归纳为,在强地物杂波背景下能够跟踪小的目标,并保证武器系统需要的精度和距离。

### 3.4 对陆基防空系统雷达的抗干扰能力要求

对防空火控雷达(含搜索雷达和跟踪雷达)的要求应该是对抗的结果能在武器的打击范围内,提供给武器所要求的射击诸元。因而这个对抗能力的要求不能是绝对的,必须根据可能受到的干扰种类和情况以及武器的最大射界综合确定。

## 4 防空雷达技术措施及其作用分析

### 4.1 提高对小反射面积目标的探测与跟踪距离

这是对防空雷达的一项新的要求,可供采取的技术措施有这样几个方面。

(1) 提高雷达的天线增益、降低副瓣是有效的措施之一,但要考虑在搜索雷达中与搜索时间之间的“综合”。

(2) 采用大时间-带宽积的信号形式和更先进的信号处理技术也是一项有效的措施。

(3) 为了弥补火控系统探测目标的不足,也可以考虑在其前方增布一些轻巧的小型目标指示雷达。

(4) 提高防空雷达的发射功率与接收灵敏度虽然也是提高探测能力的方法,但由于会产生其他问题,而不宜轻易采用。

### 4.2 提高雷达的低空性能

这是目前雷达的又一项迫切要求,它是对付巡航导弹和武装直升机的必须手段,可以采取如下措施。

(1) 使用较短的波长和较窄的波束仍是实现低空的首选技术措施,但在搜索雷达中要注意和搜索时间的“综合”,在跟踪雷达中要注意和截获能力的“综合”。

(2) 采用大时间-带宽积的信号,与窄波束共同形成小的信号体积也是解决雷达低空性能的有效措施,而且这种信号对于大面积的体杂波有“抑制”作用。

(3) 提高雷达信号的稳定性和采用更好的信号处理设备,提高雷达的杂波抑制能力,是解决雷达

低空能力的重要途径,而且随着目前的技术进步,也是可以较方便地做到较高的指标。

(4) 在防空系统中加入“低空补盲”雷达和前伸性布局的小型目标指示雷达,也将是有效的措施。

### 4.3 防空雷达抗干扰技术的措施分析

(1) 多波段、宽频谱仍是抗干扰的首选手段,也是最有效的手段。这是因为:干扰方很难在所有的频段上实施高强度的无薄弱区的干扰;敌人的进攻设备本身总要使用电磁波的,它施放的干扰必须避开自身使用的设备频率。在地面防空雷达中一般应坚持下述的使用频率的原则。

①既要在一个火控单元中使用多波段,也要在不同的火控单元中使用多波段,防止在使用频率上“统一”。这是因为火控单元的雷达作用范围通常较小,进攻方的任一次进攻,都要经过数个火控单元的阵地,它面临的是一个群体。而仅在一个火控单元内使用过多的频段,将造成过于复杂,会受到一定的限制。

②地面防空雷达的频段分布应在10 cm以下的波长上,这样既可避开远程警戒雷达所使用的波段,又易于和敌机上使用的雷达相混,而且也是对解决地面防空雷达近程、低空的要求有利的。在火控雷达中毫米波的使用,仍是很具有吸引力的,这首先因为它使用的还非常少,其次是它适用于火控雷达解决低空问题。

(2) 自适应跳频和频率捷变仍是抗干扰的有效措施,但要处理好与要求的低空特性及抗杂波性能的矛盾。

(3) 采用复杂的编码信号,形成大的时间-带宽积(大压缩比)并采用先进的信号处理也是抗干扰的有效手段。因为它在抗干扰的得益上就是时间-带宽积的数量,而且还和抗杂波能力不产生矛盾,甚至有利于对成片杂波的恒虚警。当时间-带宽积足够大时,也可以形成雷达信号的低截获性能,增加了敌方侦察设备侦察截获的困难。

(4) 加大发射功率,对敌方的干扰屏障实施“烧穿”,虽然也是抗干扰的有效手段,但实施起来困难较大且提高了敌方侦察的截获概率,因而已不是很好的方法了。但如采用在一个地域内用分散的多部雷达站来进行总功率的增强,仍是对抗敌方干扰的有效措施。再如把一些杂散的功率发射源作为“诱饵”来使用,则仍不失为一个好的方法。



(5) 抗无源杂波的性能和实现低空性能的方法很相似，这里就不多说了。

#### 4.4 光电技术的综合使用

在现代火控系统中，光学测定装置的使用已经是很广泛的。根据它的特点，它在火控系统中的作用可以用下述的几点来描述。

(1) 在整个火控系统中使用了光学设备之后，相当于把对目标的探测波长扩大到了微米甚至更短，使整个防空火控系统占有的频带更宽，对系统的抗干扰性能有极大的贡献。但是，这并不意味着光学设备有着绝对的抗干扰能力，因为光学波段也存在类似的杂波干扰，也已有了红外干扰机。

(2) 光学设备（包括可见光自动角跟踪设备（电视）、红外角跟踪设备、激光测距设备等）在目标跟踪上具有精度高和低空性能好的优点，特别适宜于低空防空系统的需要。但由于其对天候的要求高，对烟尘穿透能力差，单独使用效果则受到影响，还是要和跟踪雷达形成互补。

(3) 在目标的搜索与捕获过程中光学设备还很难发挥作用，因为目前尚未研制出快速地对全景进行自动录取的光学设备。

## 5 结束语

通过上述的论述可以得出结论：陆基中低空防空系统（包括高炮和中低空防空导弹）在现代防空中具有重要的地位和作用；尤其是在对付低空、快速目标上有其突出的优势；中低空防空系统的雷达在现在的战争环境中所面临的问题主要是抗干扰性能、低空性能、探测小反射面积目标的能力和快速搜捕目标的能力等，这些能力是可以根据“满足武器系统需要”的原则采用适当的技术解决的。由于在这样的系统中要求的探测范围相对较小，解决起来较为容易和现实。

感谢：本文在成文过程中得到两院院士王越教授的帮助并亲自修改，在此谨致谢意。

## Impact of Recent Regional Wars on Requirements of Ground based Air Defense Radars

Peng Jiating

(Xi'an Electronic Engineering Research Institute, Xi'an 710100, China)

**[Abstract]** In light of tasks creating before ground based air defense radar in recent regional conflicts, this paper outlines features of modern miscellaneous targets as well as the combat environment and ECCM environment of air defense radars, and analyzes briefly the position and function of ground based mid and low altitude defense systems in modern air defense. The author believes that these air defense systems can play an important role in modern air defense and would be the preferred weapon especially against such targets as the cruise missile, attack helicopter, lowaltitude aircraft(including stealthy ones) and anti-radiation missile. The article concludes the new requirement of ground based mid and low altitude defense radars, mainly including good ECCM performance, good low altitude property, the required capability of small target detecting for weapon systems, capability of rapid search and acquisition. The realizability of these requirements in ground based mid and low altitude defense systems is also discussed in brief in this paper.

**[Key words]** low altitude; air defense radar; anti-stealth; anti-cruise missile; anti-antiradiation missile