一、生于战火

飞机家族的新成员

我叫预警飞机，是第二次世界大战后才出生的一个特殊的机种，在飞机的大家族中算是个新成员，也有人称我为空中预警指挥机，还有人说我是“空中警戒与控制飞机”。

在我的身上装满了远距离搜索雷达、数据处理、敌我识别以及通信导航、指挥控制、电子对抗等电子设备，用于搜索、监视和跟踪空中和海上目标，所以，常把我当作一种作战支援飞机来使用。在现代战争中，我不仅能及早地发现和监视从各个空域入侵的300～600公里以外的空中目标，而且还能引导和指挥己方战斗机进行拦截。

战时，我可以迅速到达战区，遂行警戒和指挥引导任务；平时，我可以在边界或公海上空巡逻，侦察敌方动态，防备突然袭击。我还具有探测低空、超低空目标的本领，能在机动中求生存，在现代战争中大显身手。我也有一个小家族，按所装雷达的抗杂波性能，分为海上、陆上和海陆兼用三种类型；如果按驻扎基地划分，又分为舰载和陆基两种。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

实际上，我只是把预警雷达及相应的数据处理设备搬到 9000～1 万米的高空。这样一来不但可以克服地面预警雷达的低空盲区，而且可以有效地扩大整个空间的预警范围。预警机家族的主要成员，一般都是利用续航能力强，载重量大的亚音速或高亚音速大型或小型运输机改装而成。

我们的前辈最早出现在第二次世界大战后期，至今已有 50 多年的历史。当时美国海军将警戒雷达装到飞机上，用于早期发现躲在舰艇雷达盲区内低空飞行接近舰队的敌机。早期，我们只装载普通脉冲雷达，下视能力很差，一般只用于杂波强度比较弱的海上，担负着有限的警戒任务。也就是说，当时，只有预警功能而无指挥功能。20 世纪 40 年代末、50 年代初，我们的先辈有美军的 TBM－3W、AD－3、WV－2、EC－121C ，以及 50 年代末英军装备的“塘鹅”等。

60 年代至 70 年代中期，由于微电子技术、微波技术的迅速发展，预警机雷达也开始采用机载目标显示或脉冲多普勒体制，在很强的杂波干扰背景条件下，具有良好的下视能力。另外，预警机雷达在测定目标坐标精度和情报处理能力、速度以及导航、通信系统等性能方面，也接近或达到指挥引导歼击机作战的要求。从此，我们预警机的本领由单纯预警发展到同时对多批目标实施指挥引导，成为高度机动性的空中警戒指挥系统。美军 70 年代中期开始装备的“望

楼”E－3A是我们预警机家族当时的代表。

我们的技术复杂、价格昂贵，一般国家的财力、物力与航空科研技术水平，无法养育我们。因此，独立研制成功的国家，目前只有美国和前苏联。英国人研制的“猎迷”空中预警指挥机历经磨难，于不久前宣告夭折，经过半年多的论证，最终还是决定购买美国的 E－3A。从性能水平与功能作用上看， E－3A是我们之中的佼佼者，其次要算 E－2C，美国生产的小型空中预警指挥机 P－3 也颇引人注目。除此之外，还有苏联研制的图 －126 和新近服役的伊尔 －76 也独具特色，紧追不舍地跨入世界空中预警指挥的先进行列。

在我的机身上方通常装有带罩的雷达天线，机舱内装有警戒引导雷达，可在数百公里距离上发现、识别、跟踪数十批乃至数百批目标，向地面或海上指挥系统指示目标，并完成引导己方飞机作战的任务。近些年来，凡出现紧张局势或爆发局部战争的地区，几乎都可以发现我的身影。

1980 年 12 月，波兰局势紧张。美国应“北约”的要求，派出了 4架 E－3A监视“华约”在波兰周围的军事行动。1982 年 3 月，苏联应伊朗的要求，派遣一架图－126 到伊朗战区上空活动，监视地面战事。由于两伊战争影响到海湾地区局势的平静，应沙特阿拉伯和科威特要求，美国又把我们派往与伊朗接壤地区的上空，以保护油田的安全。

1990 年 8 月，在海湾危机的“沙漠盾牌”行动中，美、英等国分别在沙特及其附近海域的航空母舰上部署了 20 余架 E－3A 和 E－2C。至于预警指挥机在局部突发事件中的运用，则更是不胜枚举。尤其是美国的 E－2C 更是久经沙场，实践丰富，身手不凡，从 60 年代末的越南战争到 80 年代初期的黎巴嫩战争——贝卡谷地的大规模空战，以及在美国和利比亚之间多次军事冲突中屡建奇功，所有这些都给人们留下了深刻的印象。在战火中，我们自身也不断改进，迅速成长，由最初能观察水面上背景比较简单的目标，发展到能观察到地面上背景比较复杂的目标；由仅能掌握几批目标情报，发展到目前能掌握几百批目标情报；由只能担负情报预警发展到集预警、通信、控制、指挥功能于一身的空中指挥中心。

40 多年，我们的家族已经繁衍了三代。美、俄、英等国先后研制生产了 20 种型别共约 600 余架。美国空军装备的 E－3A 有几十架，美国海军装备的 E－2C 约 100 余架，还有一些 P－3 型预警机。俄罗斯海军、空军装备的图－126 和伊尔－76 也有几十架。当今世界上除俄、美、英三国外，还有沙特阿拉伯、以色列、埃及和“北约”各国也都装备了我们家族的成员。与我国隔海毗邻的日本，也从美国购买了 13 架 E－2C 型预警指挥机，就连国土面积仅 600 平方公里的新加坡也购买了 4 架 E－2C。只是由于我们的性能优异造价太昂贵了，致使许多国家望而生

畏。近些年来，西方正在兴起研制中小型预警指挥飞机热，如美国的 P－3 型，英国的“防御者”型，瑞典的“梅特罗”Ⅲ型等既经济又实惠，受到了许多国家的青睐。

世界上许多军事家预测，在未来的空战场上，将以预警飞机为指挥、控制、通信、情报中心，使我们成为全面协调空中各种飞机乃至太空中的航天兵器。在预警指挥机的统一指挥下，发挥各种兵器的最大武器效能，形成空中作战的整体威力，协调一致地打击敌人。并且，有可能广泛地扩大到陆上战场与海战场，对大规模合成军团战役实施准确、稳定、适时的指挥。

目前，在我们的家族中正在使用或研制的有高、中、低三个档次，但这主要是指技术、性能、效率和价格之高低。以美国的 E－3A 为代表的高档预警机，其独特的无可比拟的高技术、高性能、高效率吸引着世界上许多国家。但是它的价格太昂贵了，而且这种高档预警机的技术过于复杂，掌握与使用很困难，对于那些国土不太辽阔，海岸线、国境线不太长的中、小国家来说，似乎也有点大材小用了。因为这种飞机不仅具有战役战术的指挥功能，而且也具有战略预警性质，它能指挥的飞机多达 600批，一般国家遇到这种情况的时候并不多，更不用说高档预警机研制周期长，风险率高，也不是一般国家所能承受的。中、低档预警机相对来说价格低廉，有的还可以用现

需要全本请访问 www.ertongbook.com

役飞机比较容易地进行改装。如 P－3 预警机，就是用美国海军研制的岸基反潜机改装而成的。它是一种经济型预警指挥机，活动半径是 E－2C 的 3 倍，而耗油只相当于 E－3A 的 1/3。P－3 飞机上装有 4 个控制台，每个控制台前的战术控制员可依据精密仪器对 10～20 批空中目标进行分工跟踪。就功能来说，它已经具有足够的战术预警和指挥能力。中、低档预警机与地面雷达相比，具有机动灵活和被摧毁率低的特点，并且可以给高性能预警机提供一个第二预警覆盖层，填补低空覆盖盲区。当然像美苏和一些军事集团还是用高档预警指挥机。

从雷达说起

雷达是我们预警飞机的核心设备，要了解预警飞机，就不能不说雷达。

“雷达”一词是英文“Radar”的译音，它是由英文“Radio Detection And Ranging”（意思是“无线电探测与测距”）这几个字的字头缩写而成，是由美国海军军官福尔特和塔格尔发明出来的。这个名字很有趣，几个字头拼在一起，可以顺着念，也可以倒着念，结果都是“雷达”（Radar）。雷达是利用电磁波的反射现象研制而成的。它的基本原理是，用定向脉冲电磁波射向目标物或目标空间，然后接收目标

的反射回波，根据往返时间和波形而测得目标的各种参数及特征，诸如目标的距离、速度、高度、方位、形状、数量以及旋转方向，等等。

早在第一次世界大战以前，德国人威尔斯梅耶就曾经在 1903 年发现无线电波能从船上反射回来，因而他申请了一项采用无线电波定向原理的防撞设备专利。那时的设备是极其简单的。到 1924 年，英国科学家爱德华·阿谱尔顿与摩·阿·巴克特，为了侦察

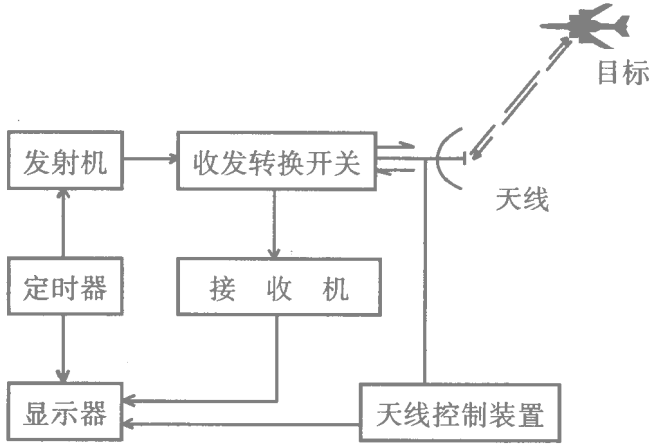


图 1－1　脉冲雷达原理示意图

大气层有多高而设计了一种阴极射线管，并附有类似电视的屏幕。1930 年，美国无线电专家梅兰和泰勒等人发现无线电波能被飞机反射回来，引起美国海军工程局的重视，随即制定了“用无线电探测敌机、敌

舰”的研究计划。1934 年，美国科学家佩基第一次观察到 1.6 公里外一架单座飞机的雷达回波。第二年，即 1935 年 2 月，另一位英国科学家罗伯特·沃森一瓦特与其助手。在一次实验中发现，当他们发射无线电波以后，突然在回波显示器上发现了与往常不同的一种现象：显示器显示的不是一个白点，而是一条短线。瓦特惊呼，前面是三架飞机！后来证实，当时确实是有三架飞机飞过那里。瓦特很快把前人的科学成果和自己的发现加以利用和改进，设计成最初的雷达一无线电侦察器。这种早期的雷达，证明了通过接收发射到空中的无线电波的反射回波，确实能探测空中飞行物体的数量和大小。并且可以借助于雷达，观察到人的视力范围以外的广阔空间。无线电波在空间传播的速度很快，每秒钟达 30 万公里，而通过对电波往返时间的计算，即可判断出目标与发射源之间的距离。在英国政府支持下，瓦特在很短时间里就研制出了英国的第一部雷达。 1937 年初，英国正式布设了作战雷达网。在整个第二次世界大战中，防空雷达作为地面防空部队的报知手段，发挥了极为重要的作用。由于使用了雷达，指挥员能够比较确切地掌握空中情况，对己方飞机实施有效的控制和指挥引导，从而使防空歼击机能比较准确地截击敌机，提高了截击效率。

半个多世纪以来，随着雷达技术的飞速发展，世界各国研制出的各种不同功能、不同用途的雷达，在

军事侦察、气象侦察、飞机舰船航行领航、轰炸、指挥引导、火炮控制、监视搜索领空、警戒敌机等方面已经广泛应用。至于宇宙航行，则更离不开雷达设备了。

在我们问世之前，空中情况主要依靠地面上的雷达来观察。但是地面上的雷达有两个弱点：一是受地球曲率和地面障碍物的影响，存在着低空盲区，也有人把它称为“死区”；二是雷达位置固定容易受到敌人的干扰和攻击。

什么是雷达盲区？雷达的低空盲区是怎样产生的呢？

由于地球表面有个圆弧曲率，而雷达电磁波的传播是沿直线进行的，它的波束像人的视线一样不能弯曲，而且遇到障碍物就遮断了，这就使得地面雷达站的电磁波不是什么地方都能“照”到，而是很难发现

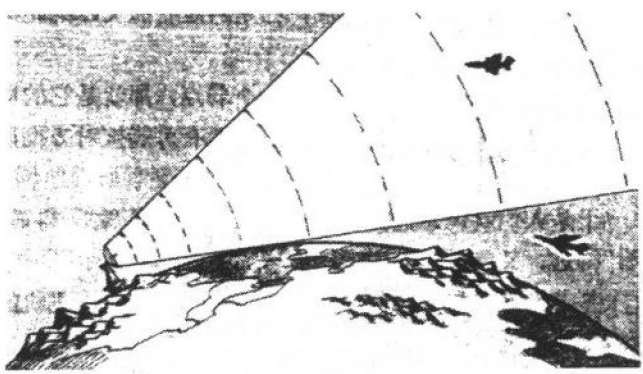


图 1－2

地平线以下或利用地形隐蔽突防的飞机了。那些电磁波“照”不到的地方，航空上叫做雷达的“盲区”。就因为存在这个盲区，所以飞机可以用超低空飞行来躲避雷达的监视，进行突防和偷袭。

为了使雷达看得更远一些，并且缩小雷达盲区，或把盲区推远，也就是为了扩大雷达监视的范围，人们往往把雷达站尽量建在高山上。但后来发现，这个办法有很大的局限性，因为山的高度毕竟是有限的。有人计算过，海防前线的地面雷达站，如果在发现 200 海里以外贴海面飞来的飞机，它就必须建造在 8000 米高的地方，也就是将近珠穆朗玛峰的顶端。这显然是不现实的。更何况，即使把雷达搬到珠峰上去，也只能监视 200 海里，在现代军事上的意义也不大，因为这对超音速飞机来说，已是瞬息就能飞越的距离了。

地面雷达站因位置固定而易受攻击的弱点，就更容易理解了。它的位置一旦暴露，就有可能被对方彻底摧毁或破坏。

于是人们就设想把雷达搬上飞机，使它既“站”得高，“看”得远，又灵活机动，并且安全。

世界上第一台机载雷达出现在英国。 1937 年，英国为了对付德国潜艇，首次进行雷达空中试验。虽然当时装在飞机上的搜索雷达控测距离只有 16 公里，但它却使空中监视技术进入了一个新的历史阶段。

1940 年 2 月，磁控管在英国研制成功，使机载雷达进入微波时代。英美合作使雷达技术与生产迅速取得成效，很快研制成功厘米波雷达 SCR－520，并在 1942 年开始大批生产。接着，美国研制和生产了 SCR－720 （截击）、AN/APQ－7 （轰炸）机载雷达。这些雷达的功能比较简单，只具备雷达一词的作用，用于空对地（海）面的控测和轰炸，空对空的控制、测量和简单跟踪。即使如此，它们的体积与重量都很可观，可靠性也不高。但这种机载雷达总算使飞机具备了全天候飞行能力。在技术方面，逐步完善了微波脉冲雷达的全套电路和元件。前苏联自称曾于 1941 年研制了实验性机载雷达 Gneys－2 型，但未得到证实。

1945 年，美国海军在一架鱼雷轰炸机上装了一部雷达，接着又在一架外号叫“保护者”的飞机上装了另一部改进型的雷达，使得空中雷达的探测能力提高了一大步。

第二次世界大战后至本世纪 60 年代，雷达技术的发展较为缓慢。

70 年代，在数字技术的推动下，机载雷达技术已趋成熟。1975 年，数字信号处理技术、大规模集成电路和微处理机开始应用于雷达，雷达数据实现了实时数字传送，雷达的屏幕也实现了电视光栅扫描变换显示，地面测量的角分辨率也有了很大提高，机内自检得以完善，低旁瓣天线、场效应低噪声等性能也

需要全本请访问 www.ertongbook.com

有了很大进步；频率捷变已广泛应用于抗电子干扰。机载雷达的探测距离、跟踪精度、分辨能力都提高了 1～2 个数量级，抗人为干扰和背景干扰的能力极大提高；体积、重量、可靠性均较好地满足了飞机设计的要求；雷达维修简化；故障分析与隔离实现了计算机程序化，使机载雷达开始入进“真正多功能雷达”的新阶段。

到 80 年代末 90 年代初，机载雷达的功能由简到繁，性能已能基本适应各种使用要求。体积重量随着半导体和大规模集成电路技术的突破而最终使之下降。大大减轻了我们预警机的负担。可靠性也曾经是我们最烦恼的问题，最终也因集成电路的使用而大为改善，日趋理想。

机载雷达不同于地面与舰载雷达，世界上只有为数不多的国家具有研制能力。在这些国家中，美国自 1940 年以来一直处于领先地位，每年投入数十亿美元的资金。英、法、意三国具有独立研制能力，但无论水平与产量都与美国有较大的差距。瑞典和以色列虽有独立研制生产机构，但在技术上也主要依靠美国，并且型号单一。日本、荷兰、比利时等国只能按图纸生产。俄罗斯虽然生产与研制能力都很强，但其电子工业基础不够先进，技术水平尚不及英、法。中国的研制工作的实力与英、法、瑞典不相上下。

把雷达设备装在飞机上，等于增大了雷达天线的高度，同地面雷达、舰载雷达相比具有更大的优越

性。因为它可以少受地球曲率和各种地物的影响，从而能大大增加雷达的搜索范围和探测距离，能增长预警时间，特别是在发现低空、超低空和海上目标方面，作用尤为显著。地面雷达，天线高度有限，出现很大的低空盲区，即使发射功率再大，也无法看到盲区里的飞机。航空兵突然袭击对方时，常以低空飞行进入，利用地球曲面的掩护，直至近距离（例如 30～40 公里）时才为对方地面雷达所发现。而雷达搬上 1 万米高空飞行的飞机，不仅增大了雷达对高空、中空飞行目标的探测范围，而且使它的低空盲区很小。

计算雷达探测直视距离的公式是：

$$D=4.12\left(\sqrt{h_1}+\sqrt{h_2}\right)$$

公式中的 D 是代表直视距离（公里），h_1 是雷达天线高度（米），h_2 是目标飞行高度（米），4.12 是计算常数。这个公式明确地告诉我们，雷达天线高度愈高，目标直视距离也愈远。比如，目标飞行高度为 100 米，地面雷达天线高度为 5 米，那么目标只有到 50 公里处才能被发现。对现代高速飞机来说，只要 1 分钟左右就会飞临顶空，是猝不及防的。如果雷达是在 1 万米高空的飞机上，对 100 米的低空目标，可在相距约 500 公里处就能探测到。这样，机载雷达和地面的雷达相比，提供的预警时间就大不相同了。

可见，这种“飞”在空中的活动雷达站的优点是地面雷达站根本无法相比的。

地面雷达搬上飞机，既解决了天线架高问题，又解决了雷达机动问题。雷达上了天，就彻底地克服了地面弯曲对雷达波束直线传播的影响，大大扩展了雷达探测距离，使搜索范围成十倍地增长。美国在第二次世界大战末期，就开始研制这种装有警戒雷达的飞机，这就是最早有“雷达预警飞机”，可以算是我们预警家族的“开山鼻祖”了。由于它能够提前报告来袭的目标，现在都改叫“空中预警机”。

监视雷达是我们预警机上的一个最重要的探测器，它的性能好坏、功能多少则直接关系到预警机的使用。因此，预警机的监视雷达必须有足够的预警时间和足够的作用距离，一般要在 300 公里以上；要有多达数百个目标的探测能力和能在杂波严重的背景中检测目标的能力。此外，还必须具有完善的电子对抗能力。

真正的“千里眼”

从我诞生至今，虽然只有 50 年的历史，可是，“空中预警”却可以追溯到很久以前。

远在冷兵器时期，人们就知道打仗时要夺取山头，爬上瞭望台，居高临下，察看敌人的动态，以便

知己知彼，赢得克敌制胜的宝贵机会。

看过《杨家将》的人都知道“天门阵”。“天门阵”阵中矗立着一根高耸入云的旗杆，旗杆顶部的旗斗里坐着一个“昼持旗，夜持灯”的辽兵，在上面观察、指挥，以旗号和灯光报告各路消息。这虽然是故事里的情节，但从中足可以看出当时的人们对“空中预警”的一些想法和做法。

在战争中，人们曾把载人气球、载人风筝在战场上使用过。这种“登”高望远的战场监视工具，从某种意义上说，就是最原始的“空中预警‘机’”。

到了 20 世纪 40 年代末，美国海军对一种小型飞机进行了改装，在机身下面安装了一个庞大的雷达天线，成为最早的舰载预警机。在飞机上，除飞行员之外，还配备了两名雷达操纵手。这就是现代空中预警机的雏形，但它当初是用来搜索、监视海上目标的，后来才逐渐用于陆地上空。

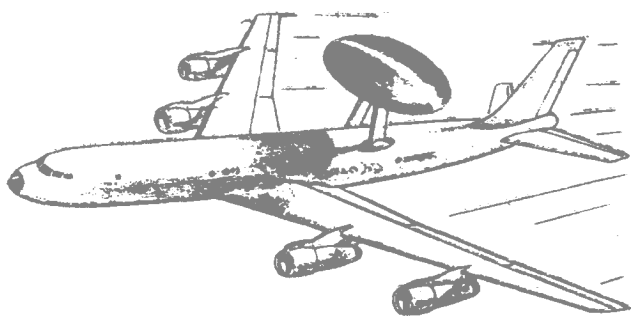


图 1-3

第二次世界大战以后，英国研制成了“塘鹅”式预警机。美国研制成了外号叫“跟踪者”的预警机，并且形成了现在常见的空中预警机的典型的外型——背上驼着个大圆盘。

那么现在我们究竟能“看”多远呢？可以同地面预警雷达作个比较。

一般来说，地面雷达的预警距离约为 200 公里，而我们预警飞机却可以“看”到 1300 公里之外，也就是说看到千里之外不在话下，所以人们常把我们比作真正的“千里眼”。

假设有一架空袭飞机去进攻某一个目标，在到达目标之前，它当然会遇到地面雷达和我们空中预警飞机的监视的。如果这架飞机是以 3 倍音速飞行的话，那么在它到达目标上空之前 6 分钟，地面预警雷达就能发现，并向防空部门发出警报。这就是说，地面雷达能提供 6 分钟的预警时间。但是我们这些飞行于空中的预警飞机，起码能在半小时之前提供这个警报。我们所提供的预警时间是地面雷达的 5 倍。

如果空袭飞机的进攻速度是 2 倍音速的话，地面雷达能在 10 分钟前报警，而我们预警飞机提供的预警时间却能达到 1 小时。这里的时间差达到了 6 倍。

假如进攻飞机的速度正好和音速相同，那么地面雷达提供的预警时间是 15 分钟，而我们预警飞机却能在 1 小时 45 分钟前就发现这架敌机同时发出空袭的警报了。我们的效率比地面雷达高了 7 倍！

如果入侵飞机采用低空突防的方式，在超低空飞行，那么地面雷达即使建造在 100 米的高度上，也只能在飞机离目标仅有 82 公里时才能发现它，这对现代超音速飞机来说，已经来不及预先报警了。而我们预警机却能在入侵飞机还在攻击目标之外 1450 公里的地方发现它，跟踪它。

显然，对付来犯的敌机，我们空中预警机能比地面雷达提供更多，更充裕的时间，能使整个迎击敌机的作战行动在从容不迫中进行。不用说，迎击计划的周密性就会更强，反击的效果当然就更好了。

我们预警机有优良的性能，但也不是万无一失，在实战中，也出现过被攻击的一方对预警机发出的警报“无动于衷”的例子。

1987 年 5 月 17 日晚，美国护卫舰“斯塔克”号在波斯湾被伊拉克飞机发射的“飞鱼”导弹击中， 37 名水兵丧生，损失惨重。令人不解的是：配备精良的美国军舰为什么竟会如此轻易被击中呢？

是面对“飞鱼”导弹缺乏防卫反击能力吗？不是。

自从 1982 年“飞鱼”导弹在马岛战争中一举击沉英国的快速巡洋舰“谢菲尔德号”之后，美国接受教训，大大改进了军舰的防卫设施，很多方面都实现了自动化。“斯塔克”号舰上除装备有舰对舰、舰对空导弹等先发制人的攻击型尖端武器之外，还有专门对付“飞鱼”等导弹的自动防卫系统，它由雷达、计

需要全本请访问 www.ertongbook.com