

频率捷变雷达

李海编

国防工业出版社

内 容 简 介

本书共分两部分：第一部分讨论频率捷变雷达性能，其中包括抗干扰能力的增强、探测距离的增大、测角精度的提高以及抑制海浪杂波能力等性能。第二部分介绍频率捷变雷达的构成，重点介绍频率捷变磁控管、非相参和全相参频率捷变雷达的构成以及一些特殊的频率捷变雷达体制。

本书可供从事雷达的研制、生产和维修的科技人员参考。

频率捷变雷达

茅 于 海 编

*

国防工业出版社出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

850×1168¹/₃₂ 印张 14⁵/₁₆ 374 千字

1981年10月第一版 1981年10月第一次印刷 印数：0,001—2,400册

统一书号：15034·2226 定价：1.75元

前 言

迄今为止，雷达主要应用于各种防御性和进攻性的武器系统中。作为一种武器系统就必然会遇到敌人的对抗。这种对抗现在已经统称为电子对抗。这是因为它主要是指那些用电子的手段来对抗电子型武器的对抗方式。

对雷达进行干扰的方法主要可以分为有源干扰和无源干扰两大类，其中最为有效的方法是有源干扰，尤其是扰乱式有源干扰。这种干扰方法就是发射和雷达工作频率相同的杂波干扰信号，这就会使雷达的回波信号完全淹没在干扰信号之中。假如不采用抗干扰措施，就会使雷达设备形同虚设。因而就产生了干扰和反干扰的斗争。这种斗争可以认为是从有了雷达设备不久就开始了；斗争的方式一般可分为如下三个阶段。

第一阶段集中地表现为调谐速率的斗争。雷达为了躲避敌人的瞄准式有源干扰，采用机械调谐的发射接收装置。即在遇到敌人干扰后采用机械调谐将雷达的工作频率变为另一个没有干扰的频率上。为了能干扰这种机械调谐的雷达，干扰机就必须是可调谐的，而且其调谐速率应当比雷达高。这样就形成了调谐速率的斗争。调谐速率的顶点就是无惯性的电子调谐。采用电子调谐的瞄准式干扰机可以在侦察到雷达的发射频率后几微秒到几十微秒的时间内把干扰机调谐到雷达的工作频率上去。表面上看来这种干扰机似乎是无法对付的。然而，在六十年代初期发展起来的频率捷变雷达却能使这种干扰机也无法干扰。

频率捷变雷达是一种载频能在相邻脉冲间作很大跃变的雷达。这种雷达也称为跃频雷达。由于其每个脉冲载频都不相同，干扰机的侦察机在未接收到雷达发射脉冲之前是无法得知雷达脉

冲的频率的,因而也就无从将干扰机调谐到雷达的工作频率上去,这就使干扰机无法干扰从雷达到干扰机之间的广大空间,反而会暴露干扰机的距离。因此,即使是电子调谐的瞄准式干扰机也无法干扰频率捷变雷达。

第二阶段集中表现为功率和频带方面的斗争。为了能有效地干扰频率捷变雷达,干扰机只能放弃窄带瞄准式干扰,而采用宽带阻塞式干扰。这种干扰机能在相当宽的频带内发射一定功率的干扰信号。但这样势必会发生功率和带宽的矛盾。因为带宽越宽,其功率谱密度必然会降低。也就是说,频率捷变技术迫使干扰机将其功率分散到很宽的频带上去。要保持其功率谱密度不变,所要求的总功率就越大。在带宽和功率的斗争中,干扰机是处在不利的地位。因为干扰机通常都是机载的,其功耗,体积、重量都受到一定限制。而雷达却往往是地面架设的。并且,虽然单个雷达的工作频带有限,但几部雷达却可以分布于很宽的频带,甚至可以占据从 P 直到 Ku 各个波段。而干扰机要在这样宽的波段内发射具有相当功率密度的干扰信号是根本不可能的。

第三阶段主要表现为自适应能力的斗争。干扰机为了最有效地利用其功率采用了自适应的功率管理,即虽然在飞机上装备有各种波段的干扰机(这已经要占据相当的体积和载重),但其初级功率并不加到所有干扰机上去,而是根据侦察机接收到的威胁信号的情况自适应地加到不同的宽波段干扰机上去。与此同时,频率捷变雷达也在不断地提高其自适应能力,即不再是盲目地随机跃频,而是在每次发射脉冲之前,对其整个工作频带进行全景侦察,然后将下一个脉冲的载频调制到干扰信号强度最弱的频率上去。又如自适应天线阵则可以将天线方向性图中的零点自动地对准干扰机的方向。可以认为,到目前为止,提高自适应能力的斗争还在继续。

实验及理论都证实了,雷达采用频率捷变体制后,不但能大大地提高其抗干扰能力,而且还可以带来一系列的优点。例如,

频率捷变体制可以增加雷达的探测距离（在高检测概率时，对慢起伏目标约可增加 $(20\sim 30)\%$ ）；可以提高角跟踪雷达的跟踪精度；可以抑制海浪杂波干扰；可以提高雷达的距离分辨力和幅度分辨力；可以消除由超折射引起的二次杂波；可以解决同型号雷达间的相互干扰问题……。经常发生这样的情况，甚至仅仅为了其中一项优点，在新设计雷达时就决定采用频率捷变体制。例如为了解决在中等海情时的海浪杂波干扰，就连脉冲多普勒型雷达在探测海上目标时，都可改用频率捷变体制。因此，普遍地采用频率捷变体制已经成为当前各种雷达（尤其是军用雷达）的一种趋势。

本书共分两部分：第一部分为五章，主要从理论分析和实验结果两个方面来说明频率捷变雷达的一些特性。第二部分为四章，重点介绍频率捷变磁控管、非相参频率捷变雷达体制。

由于作者水平有限，对频率捷变雷达这一专题的阐述，难免有不足之处，希读者能给予指正。

编 者

目 录

第一部分 频率捷变雷达的性能

第一章 概述	1
1.1 什么是频率捷变雷达	1
1.2 频率捷变雷达是怎样发展起来的	2
1.3 频率捷变雷达有哪些优越性	4
1.4 频率捷变雷达是怎样构成的	6
参考资料	10
第二章 频率捷变雷达的抗干扰性	11
2.1 干扰的基本类型	11
2.2 有源噪声干扰对雷达的威胁	15
2.3 主要的抗干扰方法	21
2.4 频率捷变雷达对抗窄带瞄准式干扰的能力	25
2.5 频率捷变雷达对抗宽带噪声干扰的能力	28
2.6 频率捷变雷达对抗同频异步干扰的能力	30
参考资料	31
第三章 频率捷变对雷达探测距离的增大	32
3.1 目标有效反射面积随视角的变化	32
3.2 目标回波幅度的起伏	34
3.3 雷达工作于频率捷变时的回波起伏	39
3.4 回波起伏对目标检测的影响	44
3.5 频率捷变对雷达检测能力的提高	53
3.6 频率捷变雷达探测距离的实际检飞结果	58
3.7 频率捷变对波瓣分裂的影响	62
参考资料	64
第四章 频率捷变对于雷达测角精度的提高	66

4.1	精密跟踪雷达测角误差的来源	66
4.2	目标噪波及其对雷达角跟踪精度的影响	69
4.3	雷达工作于频率捷变时的目标噪波	75
4.3.1	角度抖动和频率的关系	76
4.3.2	规律调频对简单目标模型的目标噪波的影响	78
4.3.3	随机跃频对任意目标模型的目标噪波的影响	82
4.4	频率捷变对雷达角跟踪精度的提高	95
4.5	频率捷变对于圆锥扫描雷达角跟踪精度提高的实测结果	106
4.6	阶梯跃频式单脉冲跟踪雷达测角精度的提高	109
4.7	频率捷变跟踪雷达的信号处理技术	115
4.7.1	角噪波和回波幅度的负相关性	115
4.7.2	选择最大幅度法的信号处理技术	117
4.8	频率捷变对多径传播误差的减小	123
4.9	频率捷变对于搜索雷达测角精度的提高	128
参考资料		133
第五章 利用频率捷变技术抑制海浪杂波的干扰		135
5.1	海浪杂波的特性	135
5.1.1	海浪杂波的强度	135
5.1.2	海浪杂波幅度的统计分布	139
5.1.3	海浪杂波的平均多普勒频移和频谱宽度	142
5.1.4	海浪杂波的时间和空间去相关	145
5.2	海浪杂波对目标检测的影响	146
5.3	抑制海浪杂波的方法及其存在的问题	150
5.4	海浪杂波的频率相关性	156
5.5	利用频率捷变技术抑制海浪杂波的干扰	162
参考资料		178

第二部分 频率捷变雷达的构成

第六章	频率捷变磁控管	180
6.1	概述	180
6.2	旋转调谐磁控管	181
6.3	抖动调谐跃频磁控管	189
6.4	抖动调谐磁控管的频率读出分解器	198
6.5	精确调谐跃频磁控管	202

6.6 其它类型的抖动调谐磁控管	210
6.6.1 振簧式抖动调谐磁控管	210
6.6.2 音圈调谐跃频磁控管	212
6.6.3 压电抖动调谐磁控管	216
6.7 回转调谐跃频磁控管	219
6.8 磁调跃频磁控管	222
6.9 大功率脉冲磁控管的电压调谐	229
参考资料	233
第七章 非相参频率捷变雷达的构成	235
7.1 概述	235
7.2 返波管本机振荡器	240
7.3 电子调谐微波半导体捷变本振	250
7.3.1 钇铁石榴石磁调微波振荡器	252
7.3.2 变容管调谐微波振荡器	256
7.3.3 电压调谐振荡器作为捷变本振	263
7.4 非相参频率捷变雷达的本振自动频率控制系统	273
7.4.1 单个脉冲自动频率控制系统	274
7.4.2 不用鉴频器的脉冲控制频率锁定系统	279
7.4.3 无频率预置信息的本振自动频率控制系统	282
7.4.4 有频率预置信息的单脉冲自动频率控制系统	301
7.5 非相参频率捷变雷达的几种频率捷变方式	316
7.5.1 随机捷变的实现方法	317
7.5.2 程控频率捷变的实现方法	320
7.5.3 抑制固定频率干扰的随机捷变系统	332
参考资料	335
第八章 全相参频率捷变雷达的构成	337
8.1 概述	337
8.2 微波频率综合器	341
8.2.1 直接综合法	343
8.2.2 间接综合法	346
8.2.3 频率综合器的性能比较	347
8.2.4 全相参频率捷变雷达频率综合器本振	351
8.3 全相参频率捷变雷达的发射机	359
8.3.1 线性注功放管在频率捷变雷达中的应用	360
8.3.2 正交场放大器件的一般特性	368
8.3.3 各类正交场器件的选用	377

8.3.4 增幅管在频率捷变雷达中的应用	384
参考资料	392
第九章 几种特殊的频率捷变雷达体制	393
9.1 自适应频率捷变雷达	393
9.1.1 自适应抗干扰频率捷变雷达	395
9.1.2 最大回波幅度自适应频率捷变跟踪雷达	397
9.1.3 最大回波幅度自适应频率捷变搜索雷达	398
9.2 阶梯跃频雷达的信号处理系统	407
9.3 和频率捷变相兼容的动目标显示系统	415
9.3.1 成组捷变动目标显示系统	416
9.3.2 双脉冲捷变动目标显示系统	418
9.3.3 四脉冲捷变动目标显示系统	424
9.3.4 和自适应频率捷变相兼容的动目标显示系统	429
9.4 频率捷变雷达的相参处理	434
9.5 跃频式频率扫掠雷达	438
参考资料	447

第一部分 频率捷变雷达的性能

第一章 概 述

1.1 什么是频率捷变雷达

频率捷变雷达也是一种以一定的时间间隔辐射脉冲能量的雷达。因此，它也是一种脉冲雷达。仅其所发射的相邻脉冲的载频率是在一个一定的范围内快速变化(见图 1.1)。其捷变方式可按一定的规律变化，亦可随机跃变。

一般机械调谐的跳频雷达，虽然其相邻脉冲的载频也有细微的差别，但并不能将其看作频率捷变雷达。由于其脉间频差过小，因而不具备频率捷变雷达的特点。仅当脉间频差增大到一定值后，才具备频率跃变的特性。这种特

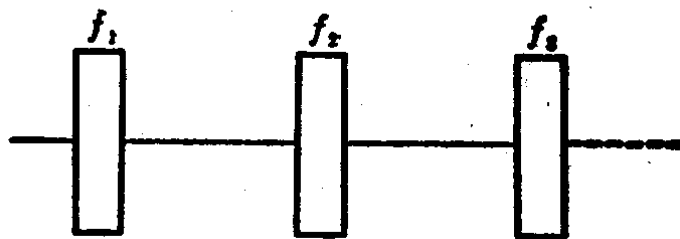


图1.1 频率捷变雷达所发射脉冲的载频在相邻脉冲之间捷变

性可以归结为脉间回波的去相关。为使脉间回波不相关所需的最小脉间频差称为临界频差。临界频差对不同性质的目标是不相同的。如对于均匀分布的云雨、海浪目标，其临界频差约为脉宽的倒数。而对于飞机、导弹、卫星等这类具有较大反射面或形状较规则的目标，其临界频差和目标的径向深度成反比。通常其值远大于脉宽的倒数。从海浪杂波去相关的角度来看，只要相邻脉间频差大于脉宽的倒数，就可以称为是频率捷变雷达。然而，从抗干扰的角度来看，有时只有当相邻脉间频差达到雷达的整个工作频带（例如，10%带宽），才将其称为频率捷变雷达。

虽然频率分集雷达也能相继发射载频不同的脉冲，但因为频

率分集雷达通常是由两台（或几台）固定频率的雷达发射接收机所组成，所以，它通常只能以两个（或几个）固定载频发射脉冲，而且这些不同载频的脉冲是在同一个雷达工作周期内发射的，彼此相隔很小的延时，然后再将各个接收机所收到的回波组合起来。由于各个不同载频的脉冲是由不同的发射机所发射，并由不同的接收机所接收，所以其载频数不可能有很多，因此，它的抗干扰能力是无法和频率捷变雷达相比的。但它在增大雷达的探测距离上却和频率捷变雷达有类似之处。而且，由于它通常是双机工作，其工作的可靠性比单机工作的频率捷变雷达要高。

频扫雷达虽然也是一种脉间载频跃变的雷达，但是由于它的发射载频和波束指向（通常是仰角）之间有着严格的固定关系，所以它的载频并不能任意地捷变，而是按着波束指向的要求变化。一般这类频扫雷达的载频是作线性变化，而不能随机跃变。其频率变化的范围也要比频率捷变雷达窄得多。

频率捷变雷达虽然是一种特殊的脉冲雷达体制，但它可和其他一些脉冲雷达体制相兼容，例如单脉冲雷达和脉冲压缩雷达等。不过，这些雷达体制在和频率捷变雷达体制相结合时会产生一些新问题，如在单脉冲雷达中，要考虑在频率捷变情况下各路相位的均衡和补偿问题，这是必须注意的。

至于频率捷变雷达要和动目标显示雷达以及脉冲多普勒雷达相兼容，则更会遇到难以克服的困难。虽然现在已经提出几种和动目标显示雷达相兼容的变通方法，但要和脉冲多普勒体制相兼容更要困难得多。可以认为，至今还没有较理想的方案。

1.2 频率捷变雷达是怎样发展起来的

在第二次世界大战期间，为了躲避敌人的干扰及友邻雷达的相互干扰，就已开始逐渐将固定频率的雷达改为采用可调频率磁控管的可变频率雷达。但是，最早的可调频率磁控管是利用机械调谐机构手动地加以调谐。它的可调范围较窄，且调谐的速度很

低。随着干扰机的调谐速度的不断提高，这种手动调谐方式的可变频率雷达仍然不能对抗敌人的干扰。在五十年代初期，出现了用马达带动凸轮的机械调谐机构。这种调谐机构的调谐速度有了提高。但是，这时干扰机开始采用电子调谐，使其侦察和跟踪的速度更进一步提高。此后，虽然把磁控管的调谐机构改为液压传动，可以把调谐速度提高到 5000 兆赫/秒以上。但是，由于这种调谐机构仍然有较大的机械惯性，所以其调谐的加速度还是比较小。电子调谐的干扰机可以根据其频率变化的趋势进行预测，因而仍然可以对它进行有效的干扰。而且还需要极为复杂的液压传动系统和极大的调谐功率。旋转磁控管的出现极大地提高了磁控管的调谐速率。它的调谐速率达到了 1000 千兆赫/秒以上。从而有可能使相邻脉冲之间的载频有极大的差别（最大可达到工作频带的上下限值）。旋转调谐磁控管不但有极大的调谐速率，而且还有极大的调谐加速度。这是因为它的调谐机构不是作往复运动，而是作旋转运动。当然，旋转运动也还是存在有机械惯性，这种机械惯性使它的调谐曲线成为频率不易变化的正弦形。

但是，这种旋转调谐磁控管用到频率捷变雷达中，一开始就遇到了很大的技术上的困难，这就是如何使本振的频率能够跟得上这样快速调谐的磁控管所发射的脉冲，而且又能在发射脉冲之后保持高度的频率稳定。这个问题直到 1963 年才较成功地解决。此后对频率捷变雷达的性能进行了一系列现场试验。试验结果表明，频率捷变雷达不单具有很强的抗干扰能力，而且还能增大雷达探测距离、提高雷达跟踪精度。因此，当这些现场试验结果在 1964 年公开后，立刻广泛地引起人们注意。在一些国家，不但对旧有雷达改装为频率捷变雷达，而且在新设计的雷达中，也广泛地采用频率捷变体制。到 1965 年，又开始了全相参频率捷变雷达的研制。在一些高精度的测量雷达中，也采用了频率捷变体制。在六十年代末期，又发现频率捷变体制对于抑制海浪杂波也有很好的效果。因而，这种体制很快地推广到各种海用及对海监视雷

达中。到现在为止，频率捷变雷达已经成为军用雷达的一种常规体制。

1.3 频率捷变雷达有哪些优越性

频率捷变雷达具有一系列的优越性。归纳起来，主要表现在以下几方面：

(1) 抗干扰能力较高

抗干扰的方法有很多，但可归纳为空间选择、极化选择、频率选择以及时间选择等。其中最主要的而且是最有效的方法，就是频率选择。而频率捷变可以认为是频率选择法中最有效的一种方法。粗略地讲，它使雷达抗干扰能力提高的倍数等于频率捷变范围和雷达接收机带宽之比。这时，要进一步提高其抗干扰能力，就只有增加其频率捷变带宽。

(2) 可增加雷达探测距离

只要频率捷变雷达相邻脉冲的频率差大于“临界频率”，就可以使相邻回波幅度不相关。这就可以消除由于目标回波慢速起伏所带来的检测损失。这种回波的慢速起伏在固定频率雷达中是经常出现的。实验结果表明，在要求较高的检测概率（80%以上）时，频率捷变雷达可以比具有相同参数的固定频率雷达对慢速起伏目标的探测距离提高（20~30）%。也就相当于发射机功率增大2~3倍。

(3) 提高跟踪精度

这是因为采用频率捷变以后，就可以提高目标视在反射中心的闪动（角噪波）的频率，即可将角噪波的能谱移至角度伺服系统带宽之外，因而可以大大减小由角噪波所引起的角度跟踪误差。而这种误差是单脉冲雷达对近距离和中距离目标跟踪误差的主要来源。也是圆锥扫描雷达的一项主要跟踪误差。实验结果表明，对于飞机目标回波，在2~4赫以上的闪动误差显著地减小。在Ku波段其跟踪误差可以减小一倍，而预计未来点的误差可减小

为 $1/3$ 。对于船舰一类的大型目标，采用频率捷变后，可以将跟踪误差减小为 $1/2 \sim 1/4$ 。频率捷变对于搜索雷达的测角精度也可以改善。

(4) 抑制海浪杂波以及其他分布杂波的干扰

当相邻脉冲载频的频差大于脉宽的倒数时，就可以使海浪、云雨、箔条等这类分布目标的杂波去相关。对这些回波进行视频积累以后，目标的等效反射面积接近于其平均值，而杂波的方差则可以减小。这就改善了信杂比。理论计算和实测结果表明，若雷达的波束内脉冲数 $N = 15 \sim 20$ 个时，采用频率捷变后，可以将信杂比提高 $10 \sim 20$ 分贝。因此，这种体制特别适用于机载或舰载雷达，用以检测海面低空或海上目标。

(5) 提高雷达的目标分辨能力

此种体制可以将回波密度函数的幅度变化量减小 $\sqrt{N}$ 倍，亦即不需要很多脉冲就可以相当精确地测出目标的平均有效反射面积，从而提高了分辨目标性质的能力，这在地貌测绘雷达中特别有用。

(6) 可以消除相同频段邻近雷达之间的干扰，因而有较好的电磁兼容性

其原因是明显的。不管友邻雷达工作在相同频段的固定频率，还是也工作于频率捷变，其相遇的概率都是很低的。约等于雷达的带宽和捷变带宽之比。

(7) 在频率捷变雷达中，消除了二次（或多次）环绕回波

在很多地面雷达中（尤其是海岸警戒雷达中），由于大气的超折射现象而引起的异常传播，会使雷达有极远的探测距离。这就会使远距离的地物杂波或海浪干扰在第二次（或更多次）重复周期内反射回来。轻微的增加噪声背景，严重时甚至会淹没正常目标回波。但在频率捷变雷达中，由于第二次发射脉冲的载频和第一次的不同，因而在第二个周期内接收机就不会接收到上一个周期的回波，这也就自然地消除了二次或多次环绕回波。但正因

为这个原因，频率捷变体制不能直接应用到具有距离模糊的高重复频率雷达中。

(8) 可以消除由于地面反射而引起的波束分裂的影响

由于地面或海面反射所引起的波束分裂，其最小点的角度位置是和雷达所用的工作频率有关的，改变工作频率就可以改变最小点的位置。因此，当雷达工作于频率捷变时，就可以使分裂的波瓣相互重叠，从而消除了波瓣分裂的影响。这在采用计算机跟踪录取的雷达中，可以大大减小丢失目标的概率。

此外，还可以消除雷达天线罩的折射对测角精度的影响；可以提高距离分辨力；可以实现目标识别；可以消除盲速；可以消除距离模糊，……。

尽管频率捷变雷达具有很多优越性，但是还存在着一些问题和缺点。

首先，频率捷变雷达在设备上比一般雷达要复杂得多，既增加了技术上的困难，又使设备成本增加，工作可靠性降低。例如，非相参频率捷变雷达中的频率捷变磁控管，自动频率控制系统；全相参雷达中的程控频率捷变相参信号源，末级宽带功率放大器；以及这两种雷达都需要的宽带天线馈线系统等，都是比较关键的技术设备，要求有比较先进的技术水平、工艺条件等才能解决。同时也增加了整个雷达的成本。

其次，在某些情况下，是和有些雷达体制相矛盾的，因而不能同时实现。例如，频率捷变雷达要和动目标显示体制相结合就有一定的困难，目前只能采用成组捷变或减少频道数等折衷方案。要和高重复频率的脉冲多普勒体制相结合也有一定的困难。这些问题都是当前研究的课题。

1.4 频率捷变雷达是怎样构成的

在构成上和一般脉冲雷达一样也可分为两大类：非相参频率捷变雷达和全相参频率捷变雷达。前者其发射机通常采用频率捷

变磁控管，它和压控本振之间没有严格的相位关系。其简化方块图如图 1.2 所示。通常这类频率捷变磁控管是由高速马达驱动的。当马达转速和触发脉冲重复频率不同步时，即可得到准随机的频率捷变信号。也可利用噪波源对马达的转速或是触发脉冲的时间位置进行调制而得到随机跃频信号。

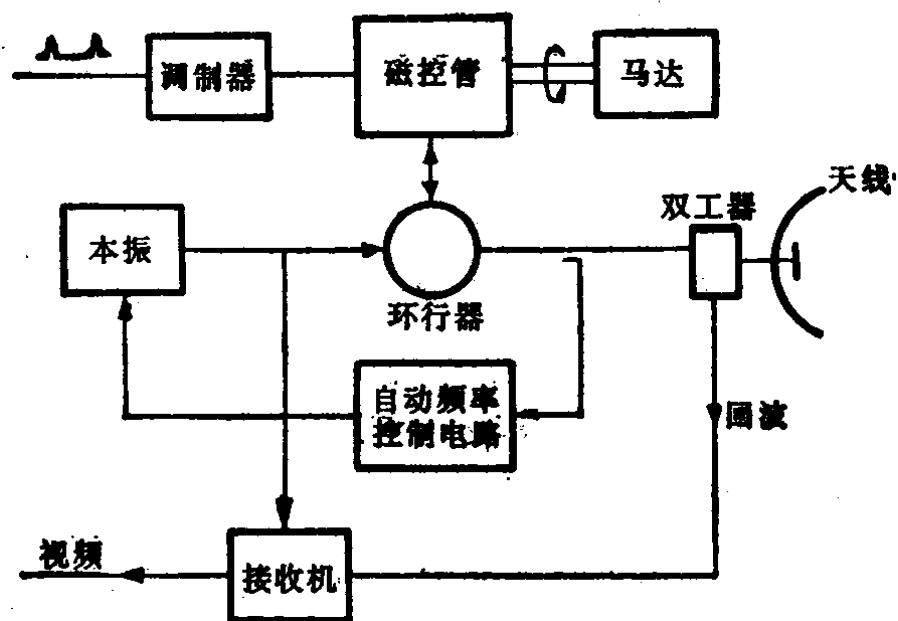


图1.2 非相参频率捷变雷达的简化方块图

非相参频率捷变雷达的本振必须有极高的调谐速率，以便能跟上快速调谐磁控管所发射的射频脉冲载频的变化。通常这种本振采用具有电压调谐特性的返波管振荡器所构成。返波管本振具有较高的调谐速率、极宽的电压调谐带宽以及足够的功率输出，这些都不是速调管本振所具备的。最近几年，已研制出全固体化的电压调谐本振，这就是用变容管调谐的晶体管或体效应管振荡器，它比起返波管本振来具有体积小、重量轻、耗电少、寿命长、可靠性高等一系列优点。因而已经开始逐渐取代返波管本振。

在非相参频率捷变雷达中，最主要的技术关键是本振的自动频率控制系统。因为所发射的脉间是脉间捷变的，本振必须在极短的时间内跟上发射脉冲载频的跃变，而在接收回波时间内又必须能保持稳定不变，以使经过混频后的回波信号能落在中放带宽内。在早期研制的频率捷变磁控管中，通常没有频率读出传感器，

因而不能给出频率预置信息以对本振频率进行粗调。这时就必须能在发射脉冲前一段时间内，测出磁控管腔体的谐振频率（有时称为“冷谐振频率”），并使本振能跟上磁控管腔体频率的变化。通常就利用本振本身作为测试信号源，通过一个环行器加到磁控管的谐振腔内（见图 1.2），当本振频率不等于谐振腔的频率时，谐振腔就会把一部分能量反射出来，这个反射信号经过环行器和定向耦合器后，加到一个控制电路。当本振的频率等于磁控管谐振腔的频率时，后者就会吸收大部分信号能量，其反射信号呈现一个最小值。利用这个原理，再加上适当的控制电路，就可使本振的频率跟上磁控管谐振腔谐振频率的变化。在附有频率读出传感器的频率捷变磁控管中，问题就要简单得多，这时可以直接利用磁控管的频率读出信号对本振进行粗调。但由于磁控管的振荡频率并不完全等于谐振腔的冷谐振频率，因此，以上两种方法都只能对本振进行粗调。更精确的调谐还必须在磁控管振荡后，利用快速单脉冲自动频率控制系统来进行调节。这种自动频率控制系统必须能在单个发射脉冲的脉宽内，就把本振频率调谐到正确值上。频率捷变雷达的自动频率控制系统的控制精度是很重要的，因为它决定了所接收到中频回波信号的频带宽度。它的控制精度越低，中频信号所占据的带宽就越宽。必须相应地增加中放的带宽才能使回波信号通过中放，这就增加了接收机噪波电平，降低了信噪比。

非相参频率捷变雷达具有较低的跃频灵活性，所以比较难于和其他脉冲雷达体制（如脉冲压缩等）相结合，以实现更为复杂的频率捷变雷达。

全相参频率捷变雷达，由于其发射脉冲载频和接收机本振通常是由同一信号源（通常是高稳定的晶体振荡器）所产生的，因此二者之间存在着严格的相位关系，这种体制就有可能实现具有相参信号处理系统的频率捷变雷达。同时，由于其发射脉冲的载频是用数字控制的频率综合器产生的，因而它具有更大的捷变灵