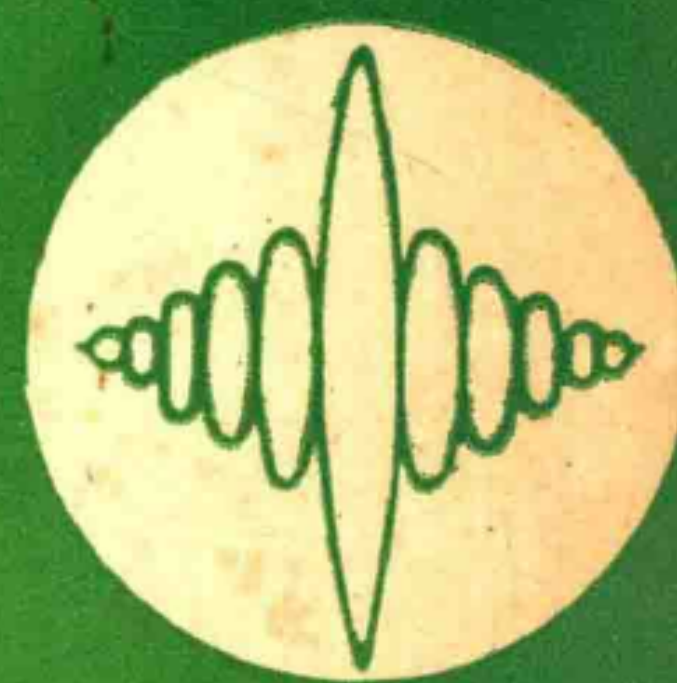
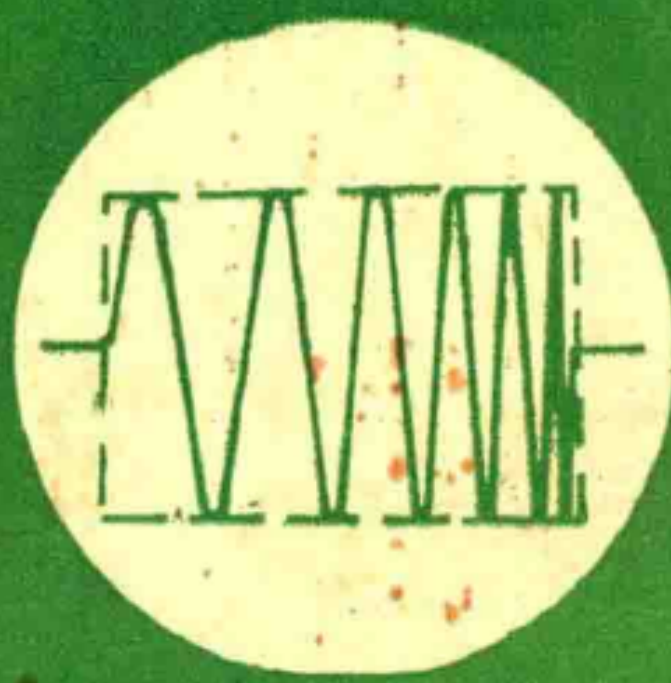
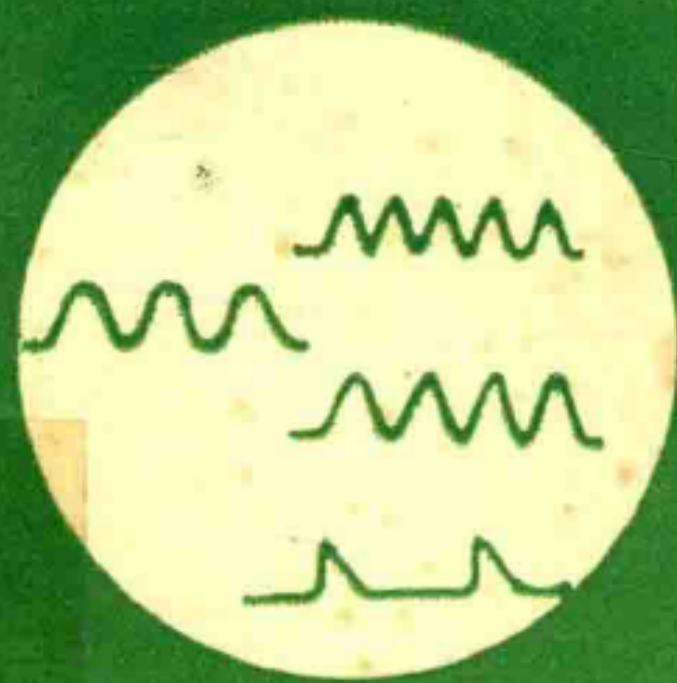
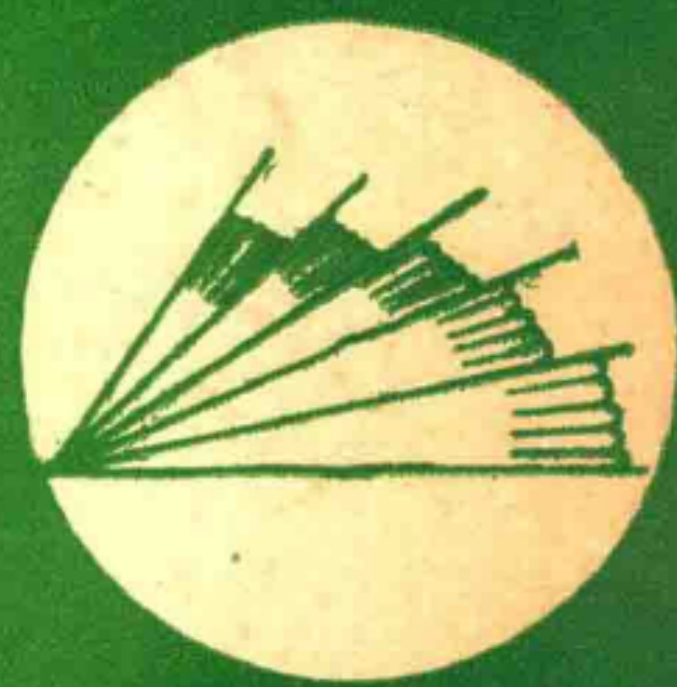
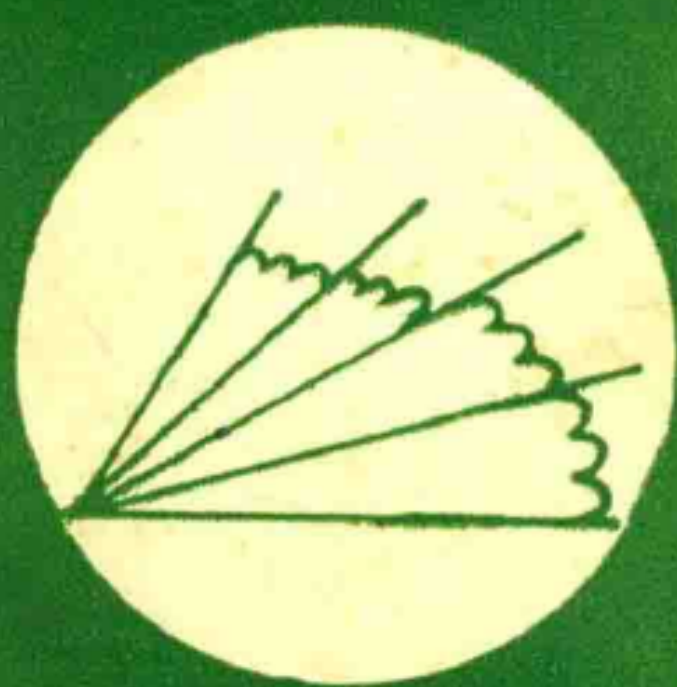


八十年代 国外全相参脉 冲雷达资料选编



国营七八四厂

前 言

自二次世界大战以来，由于航空兵器的迅速发展，电子战环境日趋复杂多变，再加之电子学领域内新理论、新技术和新器件的不断涌现，从而促使雷达技术也得到了相应的迅速发展。作为雷达家族中后起之秀的全相参脉冲雷达，从五十年代开始问世以来，更是受到了各国雷达设计工作者和用户的关注和宠爱，并且国外许多国家还相继研制出了不少性能优良的实战产品（例如，英国的S-232系列和AR3D，荷兰的LAR I，美国的TPS/43系列和TPS/59，法国的TRS2215等）。

所谓全相参脉冲雷达，通常是指这样一种雷达：该雷达所需的各种标频信号（如发射信号，本振信号，上变频器的泵频信号，DMTI的相位基准信号和时钟信号，脉压系统的载频信号，全机所需的触发信号以及目标回波信号等），均与一个高频率稳定度、高频谱纯度的主振相参信号相位，在无限长的观察时间间隔内，保持着严格的联系。而局部相参脉冲雷达，则指的是这样一种雷达：该雷达受发射信号定相后的相位基准信号与目标回波信号的相位，只是在一个脉冲重复周期的时间内保持着严格的联系。根据上述定义我们不难看出，全相参脉冲雷达在组成上的独特之处在于：它必须要具有全相参的频率综合器、波形产生器和放大式发射机。而局部相参脉冲雷达在组成上的特点是：要有定相系统、振荡式发射机和高稳定度本振。正因为它们在组成上的不同，所以全相参脉冲雷达与局部相参脉冲雷达相比，它具有频率稳定度和频谱纯度高，波形和频率变化灵活，派生能力强，抗有源干扰和无源干扰性能好，易于实现电磁兼容、固态化和积木化等优点。因此，尽管它问世时间不长，但它在国外（特别是美国）却得到了广泛的应用。

为了满足我国广大雷达工程设计人员的需要，我们根据国外有关资料，编辑出版了这本《八十年代国外全相参脉冲雷达资料选编》，想通过它能对我国雷达的设计、研制、教学工作起到抛砖引玉的作用。

本《选编》一共分成如下五部分：一、全相参空中交通管制雷达；二、全相参频率捷变低空复盖网雷达；三、全相参相扫三坐标雷达；四、全相参频扫三坐标雷达；五、附录。通过这几部分内容，读者可以较详细地了解到国外全相参脉冲雷达的战术技术性能、设计特点、新颖的电子抗干扰手段、先进的信号处理技术、自动化数据录取技术以及故障诊断与隔离技术等。这对于从事雷达设计研究、生产制造、教学科研、使用维修等方面的人员均有参考价值。

在本资料编辑出版过程中，章粉莲等同志帮助做了大量工作，在此，致以谢意。

由于我们水平有限，再加之时间仓促，本《选编》中欠妥和错漏之处在所难免，恳请读者批评指正。

七八四厂情报科预研室 1983年8月

目 录

一、全相参空中交通管制雷达	1
第一章 RE-M5 监视雷达设备	1
I. 用途	1
II. 特殊性能	1
III. 设计和运用	1
i. 天线	1
ii. 天线结构	2
iii. 波导部分	2
iv. 发射机	2
v. 接收机/信号处理器	3
IV. 技术数据	5
i. 一般性能数据	5
ii. 天线数据	6
iii. 发射机数据	7
iv. 接收机数据	7
v. 信号处理器数据	8
vi. 同步装置	8
vii. 距离—方位产生器 (RAG)	9
viii. 可靠性	9
ix. 监控设备	9
x. 电源	9
xi. 尺寸和重量	9
第二章 空中交通管制系统“飞行跟踪”	9
I. 历史回顾	9
II. 系统说明	11
i. I 型“飞行跟踪”	11
ii. II 型“飞行跟踪”	12
iii. III 型“飞行跟踪”	13
III. 系统组成	14
i. RE-M5 型远程雷达	14
ii. 二次监视雷达 SRT-7	18
iii. 视频点迹录取器 MIVES	19
1. 概述	19
2. 一次雷达录取器	20

3.	二次监视雷达录取器	21
4.	一次雷达/二次监视雷达相关器	21
iv.	新一代录取器	21
v.	数据处理	21
1.	硬件	21
2.	软件	22
vi	组件式德律风根公司的显示系统	22
IV.	操作系统	23
i.	概述	23
ii.	ACC-BX 系统	23
iii.	飞行计划处理和协调系统 (FLIPCO)	25
V.	结束语	27

二、全相参频率捷变低空覆盖网雷达 27

第一章	引言	27
第二章	雷达性能	31
I.	工作性能	31
II.	组成特点	32
III.	性能参数	35
第三章	天线组合	36
第四章	收发系统	39
I.	发射机	39
i.	行波管射频放大器	41
ii.	行波管承载能力	42
iii.	电源变换和调制器	43
II.	接收机/频率综合器	44
i.	射频头和中频处理器	46
ii.	频率综合器	48
iii.	收发系统的控制、监视和机内测试	49
第五章	数字处理器	52
I.	视频处理器和自动杂波图存储器	54
II.	视频缓冲器	55
III.	相关检测器和干扰选通录取器	57
IV.	自动剩余杂波图存储器	58
V.	敌我识别器点迹录取器和雷达/敌我识别器相关	60
VI.	数据终端和窄带接口	61
VII.	跟踪	61
VIII.	定时脉冲发生器、处理器和控制	64
IX.	机内测试设备处理器	65

第六章 显示器.....68

 I . 显示器控制台.....68

 i. 空防功能.....68

 ii. 雷达控制特性.....70

 iii. 海防功能.....76

 iv. 跟踪控制.....78

 v. 遥控指示.....81

 II . 工作状态信息.....83

 III . 地图和参考信息.....83

 IV . 显示处理器.....85

 V . 显示头.....87

 VI . 图形发生器.....88

三、全相参相扫三坐标防空雷达站.....91

 第一部分 TRS2215型机动远程三坐标雷达说明书.....91

 A. TRS2215概述.....91

 (一) 操作使用.....91

 (二) 使用特性.....91

 (三) 产品关系.....91

 (四) 技术数据.....91

 (五) 其它技术特性.....92

 (六) TRS2215说明.....92

 第一章 “TRS2215” 性能.....94

 I . “TRS2215” 威力.....94

 II . 数据更新率-准确度-分辨力.....94

 第二章 “TRS 2215” 机动性和可展开性.....94

 I . 机动性.....94

 II . 展开性.....97

 第三章 工作方式.....98

 I . 引言.....98

 II . 常规监视.....99

 III . 预警.....99

 IV . 选定工作方式.....99

 V . 烧穿工作方式.....99

 VI . 雷达寂静工作方式.....99

 第四章 TRS 2215 反杂波和电子反干扰能力.....100

 I . TRS 2215 和地物杂波.....101

 II . TRS 2215 和大气杂波.....102

 III . TRS 2215 和海浪杂波.....102

IV.	TRS 2215 和金属箔片干扰	103
V.	TRS 2215 和有源干扰	104
第五章	本地显示器及其操纵	105
I.	概述	105
II.	TRS 2215 雷达头控制台	105
III.	TRS 2215 和操纵中心之间的中继线	107
第六章	可靠性和可维护性	107
第七章	TRS 2215 设备供应一览表	109
第八章	一般技术说明	110
第九章	技术数据——环境条件	114
第十章	训练——文件的提供	114
B.	TRS 2215 工作方式和发射方式的说明	115
第一章	工作方式	115
I.	探测空域分析	115
II.	常规监视工作方式(RS方式)	116
III.	预警工作方式(FW工作方式)	118
IV.	选定工作方式	119
V.	烧穿工作方式	120
VI.	雷达寂静工作方式	120
第二章	工作方式选择	120
第三章	发射方式	121
第四章	发射方式选择	122
C.	TRS 2215 技术特性	122
第一章	电性能参数	122
I.	一次雷达天线	122
II.	二次雷达天线	122
III.	发射机	123
IV.	接收机	123
V.	信号处理	123
VI.	一次录取器	123
VII.	点迹滤波	124
VIII.	询问机—接收机RS 870和录取器EV870S	124
第二章	机械性能参数	126
第三章	环境条件	126
第二部分	机动式控制及报告中心说明书	127
第一章	概述	127
第二章	系统构成	127
I.	概述	127
II.	操作方舱的组成	127

第三章	操作说明	130
I.	指挥员的处理方法	130
II.	空情的确定	131
III.	航迹识别	132
IV.	视频地图产生	133
V.	防碰撞能力	133
VI.	威胁估计-武器分配	133
VII.	拦截试验	134
VIII.	拦截引导	135
IX.	返航	137
X.	战术任务引导	137
XI.	目标模拟	137
第四章	主要的作战特性摘要	138
第五章	机动式控制及报告中心供货清单	138
附录A	控制及报告中心(CRC)计算机	139
I.	一般介绍	139
II.	一般说明	139
III.	技术性能简介	141
附录B	AMC800自主式显示器	142
I.	概述	142
II.	一般说明	142
III.	“CA1 RS/AMC800”显示器控制台技术性能参数	143
附录C	遥控装置	145
I.	概述	145
II.	一般说明	145
四、全相参频率扫描三坐标雷达		146
第一章	320系列和400系列三坐标防空雷达工作情况考虑和技术指标评价	146
I.	雷达工作情况考虑	146
II.	技术指标评价	147
第二章	频率扫描雷达简介	148
I.	频扫笔形波束的优点	148
II.	说明频扫雷达基本工作原理的几个示意图	148
III.	为达到高性能320/400系列所采用的一些技术措施	158
IV.	320和400系列雷达通用方块图	158
第三章	320-250系列雷达装置	158
I.	目标探测和杂波抑制性能	158
II.	系统特性	158
第四章	400-250雷达系统	162

I.	目标探测和杂波抑制性能	163
II.	系统特性	163
第五章	320系列和400系列工作数据	163
I.	320系列工作数据	163
II.	400系列工作数据	164
第六章	雷达机内测试信号	164
第七章	电子抗干扰特点	164
I.	天线副瓣性能	164
II.	对付反辐射导弹的性能	164
III.	利用固有的系统性能来加强电子反干扰	166
第八章	400-250系列三坐标防空雷达与GE592型雷达的性能比较	170
五、附录		175
表 I.	无线电频段划分范围名称表	175
表 II.	国外全相参脉冲雷达主要技术参数一览表	177
表 III.	国外几种放大式高功率发射管在同频段、同样峰值功率和平均功率下的性能比较	185
表 IV.	国外几种前向波管和增幅管的主要性能参数	187
表 V.	国外正交场放大链的几个实例	189
表 VI.	功率行波管各极电压变化引起的幅度和相位调制典型值	191
表 VII.	各种不同类型的正交场放大器件的应用特性	191
表 VIII.	几种不同类型的正交场放大器件所用的调制器及高压电源类型	191
表 IX.	同样功率电平下行波管和前向波管诸参数的比较	193

一、全相参空中交通管制雷达

第一章 SRE—M5 监视雷达设备*

I. 用 途

由于在整个飞行高度上空中交通密度的不断增长和在不同高度上飞机速度的不同，因此，对于监视这些空域而设计的雷达就得规定严格的技术要求。

SRE—M5 监视雷达设备（为 L 波段雷达），借助于下述措施就能特别适合于上述这些要求：

大的作用距离；高的高度复盖；专用天线，用来降低地物杂波的接收，即非常有效地抑制固定目标；高可靠性；高利用率。

II. 特殊性能

自适应天线；相干系统（速调管发射机）；标准组件系统；数字式 I-Q 通道 MTI；垂直极化或圆极化，可互相转换；单通道/分集工作方式；按数字式点迹录取器连接关系设计；中央控制柜，用于对各种功能的操纵，控制和监视。

III. 设计和运用

i. 天 线

SRE-M 5 雷达已设计成一种新颖的双波束天线。

这种双波束制合成两个单独的方向图：余割平方上方向图和笔状波束下方向图，用以形成发射状态的合成方向图和接收状态的可变方向图。两种方向图都具有陡峭的下缘特性。此外，余割平方方向图的特点是，在其后缘处具有提升波瓣，以改善信号—杂波比，而笔状波束的特点是增益高、波束打地，且仰角不那么高。由于输出功率是按照恰当的相位关系分配到两个馈电源的，所以，对于确定的关系来说，天线方向图形状是固定的。

接收信号通过一个移相器和一个可变功率分配器（可以按四步数字式控制）送给接收机。通过适当调整功率分配器可以产生原始的余割平方方向图和笔状波束方向图以及介于上述两者之间的中间方向图。

这样，SRE-M 5 自适应天线就可以改变垂直接收方向图，因此，复盖范围是距离的函数。照这样，就可在目标检测与地物杂波减少之间获得一个最佳值。

一方面，在远距离范围内检测低飞目标，而另一方面，用转换到上方向图位的办法，在

* Surveillance Radar Equipment SRE—M 5。黎天佑译，陈春林校

近距离范围内就可大大减少地物杂波回波。由于方向图也可以随方位角而变化，因此，这种方向图对雷达架设的所有阵地条件都可以进行最佳匹配。

ii. 天线结构

用桁架支撑的天线反射体、带罩的馈源、馈化器、耦合器和移相器都安装在天线装置的旋转部分上。在反射体上还有二次雷达天线。转动耦合器设计成五路：2路波导通道，2路同轴线通道和1路备用通道。天线通过一根垂直传动轴旋转。

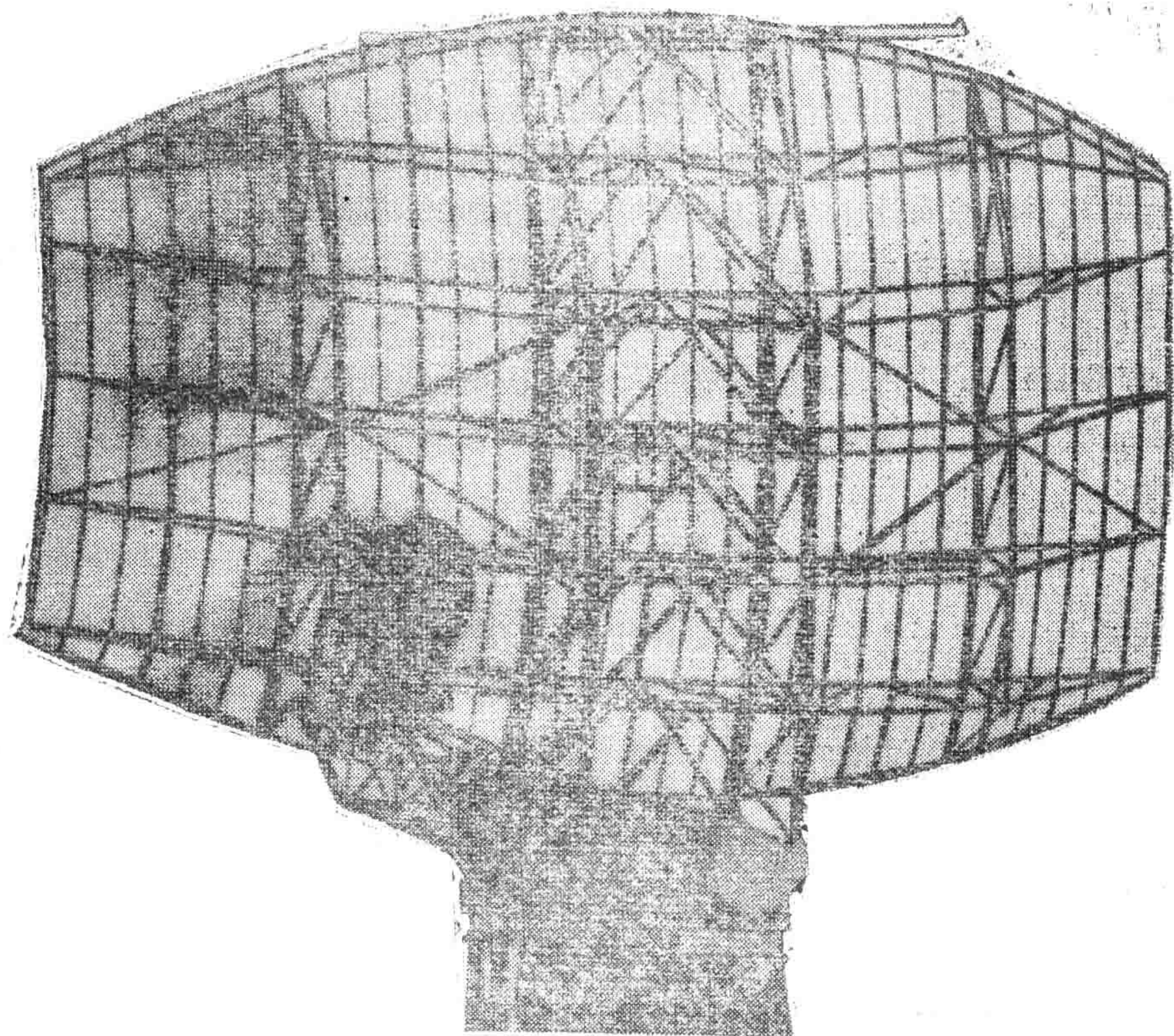


图1 SRE-M5双波束天线外观图

iii. 波导部分

波导部分用来将发射机—接收机组合与天线连接起来。通道A和B用双工器连接，因此，容许两个通道在不同频率上并行工作，即按分集方式工作。几个耦合器是波导部分的主要部件，它们后面是功率环行器。这种环行器起着收发开关元件（即双工器）的作用。

为了保护接收机，引入了一个PIN二极管开关（即供选用的收发开关限幅器）。

iv. 发射机

发射机（速调管输出级）工作在2250~1350兆赫频率范围内。借助于有限可靠性调制器

*系指固态调制器中有个别部件发生故障时，整个调制器仍能可靠工作，但其性能有所下降。

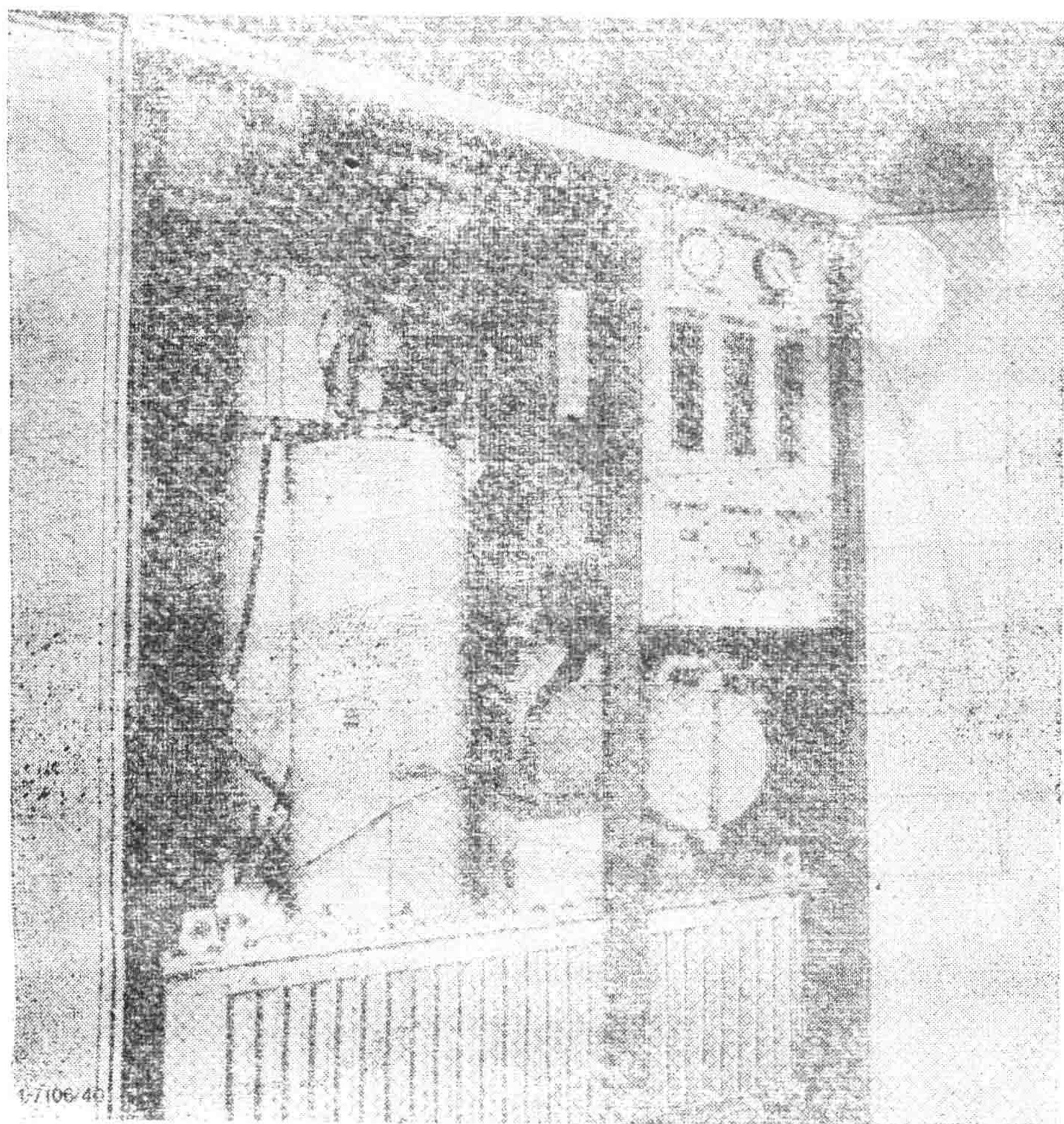


图4. 发射机速调管功率放大器

*. 发射机产生一个宽 2 微秒、峰值功率为 2.6 兆瓦的脉冲。它还装备各种必要的控制装置和电源，以及冷却和通风设备，冷却剂的再冷却以及压缩空气的产生是在各自独立设置的设备内完成的。保护工作人员和设备装置安全的全部安全装置都汇集在发射设备中。

V. 接收机/信号处理器

接收机和信号处理器共同装在一个机匣内。接收机输入信号通过衰减器和移相器后合并成接收方向图。

射频灵敏度时间控制 (RFSTC) 由 PIN 衰减器和取决杂波状态的灵敏度时间控制/距离选通控制 (STC/RGC) 函数发生器组成。此发生器可通过距离—方位产生器 (EAG) 来控制。RFSTC 用以压低强信号，因此避免了接收机内所不希望有的信号限幅和 MTI 性能的变坏。采用噪声系数为 2.5 分贝左右的晶体管放大器作为输入放大器（与参量放大器相比，这种放大器具有较高的可靠性）。

射频产生器 (RFG) 在 SRE-M3 雷达系统中完成稳定本机振荡器—相干振荡器的功能。

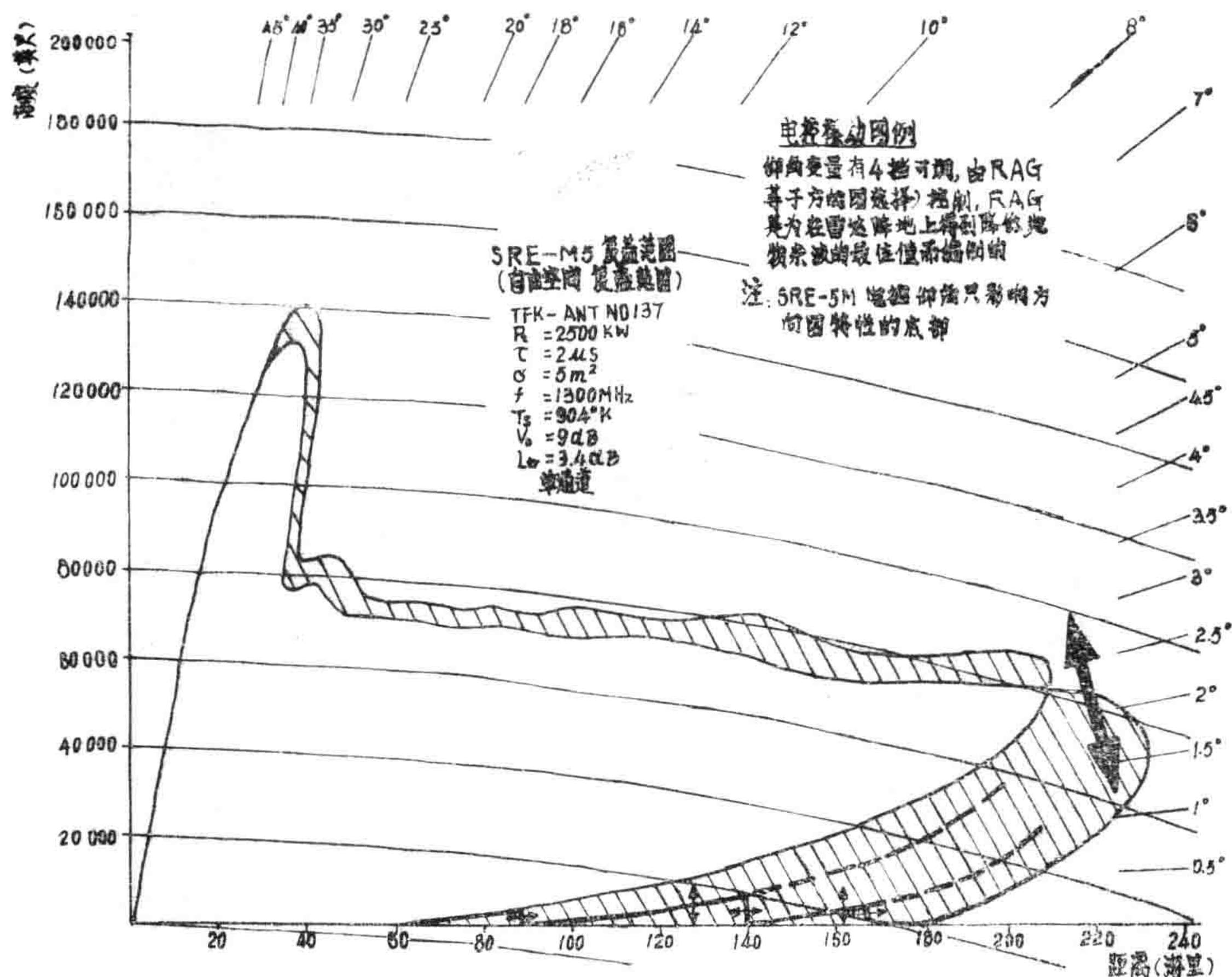


图3 SRE-M5监视雷达威力图

并产生发射频率,此频率通过PIN二极管调制器和激励放大器送给发射机。同时, RFG还产生30兆赫的相干振荡频率,通过上变频产生接收机混频器的本振频率。恒虚警率(CFAR)测试设备和在接收机输入端馈入的测试信号用来监视接收机。

接收到的信号经过接收机的混频器和前置中频放大器后,由信号处理器的MTI中频放大器来提供相干视频信号。通过把基准相位移相 90° ,并借助于两个鉴相器,用以实现MTI正交二次对消法。这种方法允许在I和Q通道内分别进行信号处理,其结果比普通的二次对消MTI系统改善大约3分贝。

接到前置中频放大器第二输出端上的是对数中频放大器,由它将对数—正常视频信号送到信号处理器。

同步装置产生使SRE-M5系统工作所需的全部触发脉冲以及SSR系统、显示设备和录取器等所需要的触发脉冲。

为了对天线仰角(有4个位置)、正常-MTI选通和RGC/STC功能实行电控,采用了距离-方位发生器(RAG),该发生器能产生多达48个扇形区/孤立区,以对上述功能提供控制。

作为自备单元的SIP5信号处理器,则在另一份单独的活页说明书中介绍。

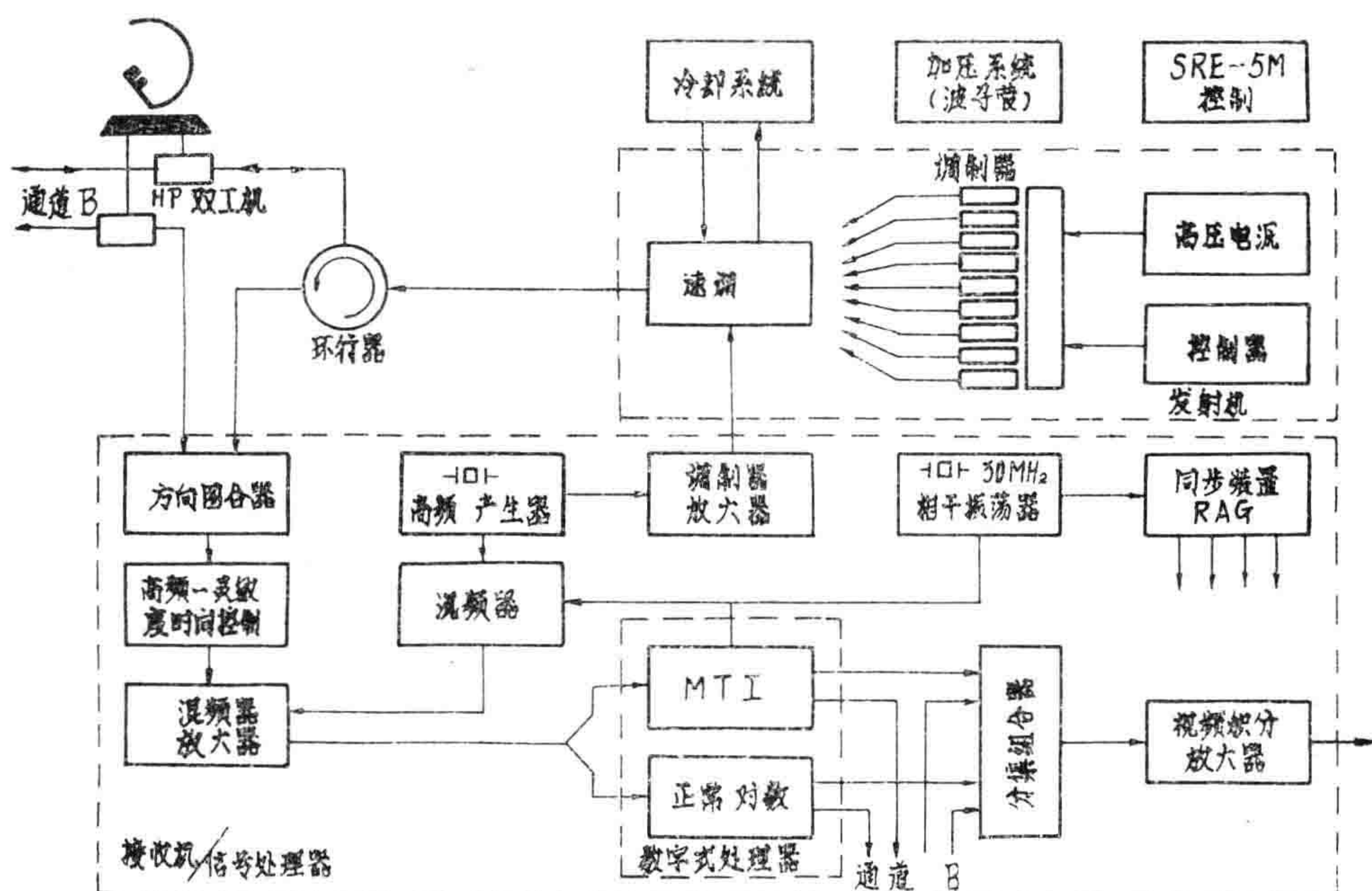


图 4 SRE-M5系统方块图

IV. 技术数据

1. 一般性能数据

距离复盖范围（未考虑大气衰减）

单路工作状态：

≥220海里

分集工作状态：

≥260海里

仰角复盖范围（单路工作状态）：

≥70000英尺

这种复盖范围在下述情况下得到的：

发射机峰值功率：

2.5兆瓦

发射机脉冲宽度：

2微秒±15%

目标回波截面积：

≥5平方米

接收机噪声系数：

≤2.5分贝

发现概率：

80%

虚警概率：

10^{-6}

天线方位波瓣宽度：

$1.05^\circ \pm 0.1^\circ$

Σ-方向图增益：

≥36分贝±0.5分贝

△-方向图增益：

≥35分贝±0.5分贝

电控天线方向图的摆动角（适应杂波的最佳跳越特性）：

1°

分集频率偏移：

>40兆赫

分辨性能

在同方位或同距离上的目标分辨率

方位:	$\leq 1.2^\circ$
距离:	≤ 0.6 海里
数据率:	12秒左右
频率范围:	1350~1350兆赫
输出信号	
带宽:	500千赫左右
幅度:	6伏(视频峰值) $\pm 10\%$
终端电阻:	75欧姆
触发脉冲	
幅度:	约为视频幅度的三倍
极性:	正极性
终端电阻:	75欧姆
持续时间:	1(0.5~2)微秒
上升时间:	≤ 0.1 微秒

ii. 天线数据

反射体:	具有余割装置的双重用途 抛物面反射体
激励器系统:	盖有罩子的二个介质馈源
反射体尺寸:	9×14.5米
方向图形状:	
和方向图:	在仰角上由近似余割平方 方向图和瓣状方向图组成
水平波束宽度:	$1.05^\circ \pm 0.1^\circ$
余割平方后缘斜率:	
增益:	$\geq 40^\circ$ 36分贝 ± 0.5 分贝
旁瓣:	24分贝左右
差方向图(接收相位):	由近似余割平方方向图和瓣 状方向图合成
水平波束宽度:	$1.05 \pm 0.1^\circ$
增益:	35分贝 ± 0.5 分贝
旁瓣:	24分贝左右
极化积累对消比(ICR):	≥ 22 分贝左右
反射体摆动角:	相对水平面在 -3° 和 $+3^\circ$ 之间可调
装配误差:	$\leq 0.1^\circ$
1套驱动系统:	考虑到备份, 有两套独立

转速:	的驱动系统
角度数据:	约5转/分
	数字式12位方位计数脉冲 (ACP)和正北标志(方位基准脉冲ARP)
角度标志:	1种, 可选择
可承受的风负荷:	
天线运转时:	≤ 120 公里/小时
天线停转时:	≤ 180 公里/小时, 该天线 准备装在SSR天线的底坐上

iii. 发射机数据

微波管:	VA965型速调管
频率:	1250~1353兆赫连续可调
峰值输出功率:	$P_o = 2.5$ 兆瓦
峰值输入功率:	$P_{in} = 100$ 瓦(最大值)
带宽:	$B = 12$ 兆赫(1分贝)
脉冲持续时间(射频):	$t_p = 2$ 微秒
脉冲重复频率(可交错):	$f_p = 310 \sim 480$ 赫左右
其它值按需要定	

iv. 接收机数据

双工器:	环行器
隔离度:	≥ 20 分贝
接收机输入放大器(晶体管放大器):	
噪声系数:	≤ 2.5 分贝
带宽:	≥ 100 兆赫
增益:	≥ 23 分贝
射频预选, L-波段通频带带宽:	10兆赫左右
射频产生器:	插入式晶体稳频 工作原理: 频率综合 频率选择: 交换晶体
中频:	30兆赫 由于是相干系统, 故用最佳的中频带宽
正常对数中频放大器带宽:	780千赫左右
MTI中频放大器带宽:	780千赫左右

高频-STC/RGC:

(在射频输入放大器前有效, 这样可避免它的饱和)

最大衰减: 80分贝。STC斜率分为10级, 在 $\frac{1}{R^0}$ 至 $\frac{1}{R^9}$ 内任意选择。有16挡RAG控制的RGC功能。通过改进可以使独立的气象通道利用起来(根据需要选用)。

V. 信号处理器数据

MTI通道:

类型:

数字式二次对消

操作方式:

I, Q方式或 $\sqrt{I^2 + Q^2}$ 方式

A/D变换器:

10位

改善因子:

59分贝

取样速率:

每个脉冲两次

存储器:

RAM(随机存取存储器)

交错:

可调到八重交错

正常视频通道:

检波型式:

对数检波器

A/D变换器:

8位

附加视频通道:

例如, 根据需要可选用气象通道

恒虚警率(CFAR)电路:

全集成制部件, 能有效地反固定目标、雨点杂波、无源随机干扰、鸟群杂波和非同步干扰

积累器:

类型:

具有反馈的数字式存储系统

存储器:

RAM(随机存取存储器)

量化:

8位

用于相加混合

的分集混合器:

信号来自通道A和B

VI. 同步装置

定时信号, 触发脉冲和测试信号均由主时钟频率(晶体相干振荡器)分频得到。直到八

重交错周期的交错有可能实现为止。

vii. 距离—方位产生器 (RAG)

可能有56个(64个供选用)窗口或扇形区控制信号 以便任意地去选择最佳的雷达阵地。

viii. 可 靠 性

通道利用率:	0.9999
平均故障间隔时间(MTBF)(单通道):	870小时或更好些
平均故障间隔时间(MTBF)(天线系统):	18200小时或更好些

ix. 监 控 设 备

监视或指示各种功能状态 电平和其它参数 (例如发射机、接收机、接收机输入等单个部件) 都部分地并行显示出来 或合并到控制机柜适当的面板上。

x. 电 源

电源设备(包括天线所用电源):	160千伏安左右
电压:	230/400伏 +10% ~ -15% 三相
频率:	50赫士2赫

xi. 尺寸和重量

发射机包括三个机柜(在雷达设备中有两套)	宽 (毫米)	高 (毫米)	深 (毫米)	重量 (公斤左右)
速调管功率放大器:	1500	2200	800	1500
发射机控制和调制器:	1200	2000	800	500
高压电源:	600	2000	800	450
接收机/信号处理器:(在雷达设备中有两套)	600	2000	800	320
控制机柜:	600	1000	800	250
馈电线连接机柜:	600	2000	800	400

第二章 空中交通管制系统“飞行跟踪”*

I、历史回顾

过去几年来, 空中交通航运量的稳步增长, 给全世界的空中交通管制机构提出了一些课题。从雷达技术发展的最初阶段起, 通用-德律风根 (AEG-TELEFUNKEN) 公司就积极从事这一领域的工作, 并就解决这些课题的切实可行的办法作出了贡献。

The air traffic control system “AIRTRAC”。汪龙生, 余志毅译, 范林生校