

LLX07 (705D) 型高空气象探测雷达

原理与维修

沈超玲 李妙英 编著

理工大学气象学院气象雷达教研室

二〇〇七年五月

前 言

《LLX07 (705D) 型高空气象探测雷达原理与维修》是为我院军事气象学 (炮兵合训) 专业而编写的讲义, 也可作为气象雷达工程本科、探测工程本科等专业的气象雷达系统与设备课程的教材, 教学参考时数为 50 学时 (不含实习)。

本讲义共分十四章, 第一章介绍了雷达的组成、结构及操作使用等内容, 第二章至第十二章重点介绍了雷达各分系统的电路工作原理和检查调整, 第十三章介绍了该雷达的维护知识, 第十四章则介绍了该雷达的维修特点及故障实例。

由于编者水平有限, 书中难免有缺点和错误, 恳切希望读者批评指正。

编写组

2007 年 5 月

目 录

第一章 概 述	1
第一节 用途与特点	1
第二节 结构与组成	1
第三节 主要战技性能	6
第四节 操作与使用	9
第二章 天线馈线分系统	22
第一节 概 述	22
第二节 天线部分	23
第三节 馈线部分	26
第四节 天馈线分系统的检查与调整	34
第三章 发射分系统	37
第一节 概 述	37
第二节 发	38
第三节 发射电源箱	39
第四节 功放组件	42
第五节 发射分系统的检查与调整	45
第四章 接收分系统	48
第一节 概 述	48
第二节 接收前端	50
第三节 中视频部分	55
第四节 频率控制器	62
第五节 接收分系统的检查与调整	67
第五章 天线控制分系统	70
第一节 概述	70
第二节 电路工作原理	72
第三节 天线控制分系统的检查与调整	83
第六章 轴角变换分系统	85

第一节 概述	85
第二节 同步机与同步轮系	86
第三节 轴角变换电路	87
第四节 轴角变换分系统的检查与调整	96
第七章 测距分系统	98
第一节 概 述	98
第二节 分频电路	100
第三节 触发脉冲产生电路	101
第四节 回波信号处理电路	105
第五节 单片机系统	106
第六节 零点标定电路	108
第八章 解码译码分系统	109
第一节 概述	109
第二节 解码电路	110
第三节 译码电路	116
第九章 自检分系统	119
第一节 概述	119
第二节 检测电路工作原理	120
第三节 自动检测数据处理系统	124
第十章 终端分系统	127
第一节 概述	127
第二节 单片机系统	128
第三节 状态控制及数据通信	130
第十一章 数据处理分系统	134
第一节 概述	134
第二节 计算机软件管理	135
第三节 数据终端的使用	139
第十二章 附属装置	156
第一节 整机电源系统	156
第二节 示波器和显示切换电路	157

第三节 其他附属装置	162
第十三章 雷达的维护	166
第一节 雷达维护的基本知识	166
第二节 主要部件和元件的维护	171
第三节 雷达的定期维护	173
第十四章 雷达的检修	175
第一节 分系统的检修	175
第二节 常见故障的检查和排除方法	180

第一章 概述

LLX07 (705D) 型雷达 (以下简称雷达) 是新一代 P 波段单脉冲单通道比相体制全自动跟踪测风二次雷达, 是在空军 705C (即 K/LLX706 型) 雷达的基础上按车载方式改进而成的, 专供炮兵使用。

第一节 用途与特点

雷达与 GZZ2-1 型无线电探空仪、GPZ6 型回答器协同工作构成高空气象探测系统, 能精确测定地面至 30km 高度范围内大气各层次的温度、气压、湿度及风向、风速数据。雷达能根据所采集的温、压、湿、风基本气象数据, 在处理后才能生成多种二次气象产品, 并在放球结束后 3 分钟内, 自动打印出符合炮兵气象规范要求的各种数据和报表, 如炮兵防空兵规范要求: 地面气温、地面气压、地面风、规定弹道高的气温偏差量、弹道风风向和风速等。

雷达运用数字技术和微计算机技术, 提高了对气象要素的计算精度, 实现了探空资料处理自动化; 采用假单脉冲体制, 即以单通道比相方式实现角度自动跟踪, 并具有自动测距和距离自动跟踪功能; 采用先进的测量方法和精密器材, 提高了角度、距离测量精度; 采用标准化、模块化、固态化器件, 提高了装备使用的可靠性。此外雷达在维修性设计方面具有独到之处, 除了具备机内自动测试设备 (BITE) 之外, 还采用了双机冷备份冗余设计, 甲-乙机转换时间不大于 3 分钟。

第二节 结构与组成

一、整体结构

雷达的整体结构包括车厢、天线室和工作室三个部分。整机布局如图 1-1 所示。其中, 汽油发电机、空调室外机等安装在车厢的外侧; 天线装置、液压机构、暖风机等安装在天线室内; 主机柜、微机工作台、不间断电源、空调器等安装在工作室

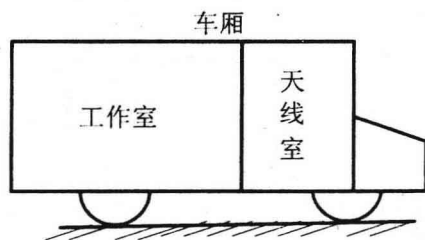


图 1-1 雷达的整体结构示意图

雷达所有硬件构成了 15 个组合，这 15 个组合分别配置在天线装置、主机柜和工作台上，如表 1-1 所示：

表 1-1 各组合的名称及配置表

编 号	名 称	配置位置	备 注
1 号组合	车 厢		
2 号组合	主机柜柜架	主机柜	含设置在架中的接、插头座等
3 号组合	电路板单元	主机柜	含备份，共有两套，每套 8 块电路板，编号为 3-1~3-8 插板
4 号组合	调制器	主机柜	
5 号组合	检查单元	主机柜	
6 号组合	天线座	天线装置	
7 号组合	和差箱	天线装置	
8 号组合	天线头	天线装置	
9 号组合	天线阵	天线装置	
10 号组合	内控盒	工作台	
11 号组合	外控盒	工作台	
12 号组合	主计算机	工作台	含 17" 彩色监视器和打印机
13 号组合	显示切换盒	主机柜	含示波器
14 号组合	自动切换盒		使用时置于放球点
15 号组合	信号记录仪	主机柜	

雷达工作室内的工作台上安置 12 号组合主计算机、彩色监视器、打印机，以及 10 号组合内控盒，平时 11 号组合外控盒也放在工作台上。

主机柜的上部左右并列安置 13 号组合的示波器和 15 号组合信号记录仪，显示切换盒装在它们的后面。主机柜的下部分为左、右两门，即左大门和右小门。两套 3 号组合电路板单元，即 A 机的 8 块电路板和 B 机的 8 块电路板，一上一下地装在左大门内面。8 块电路板的名称分别为：3-1 中放板、3-2 信号处理板、3-3 自检板、3-4 终端板、3-5 测距板、3-6 天控板、3-7 轴角变换板、3-8 发射控制板，其排列图如图 1-2 所示。在左大门的面板上，设置了两排测试孔，用以测量各电路板上主要功能电路测试点的电压数据。

5 号组合检查单元装在右小门上，在右小门的面板上，自上而下安装了 MF-79 型三用表、电压表表头、9 号互锁开关、电流表表头、5 组互锁开关、电子锁开关；面板的右侧，自上而下设置了 12 个电压测试插孔。

在主机柜右侧门内的上方安置了 4 号组合调制器；中部为接线板；下部为电源系统的 5 个开关电源。

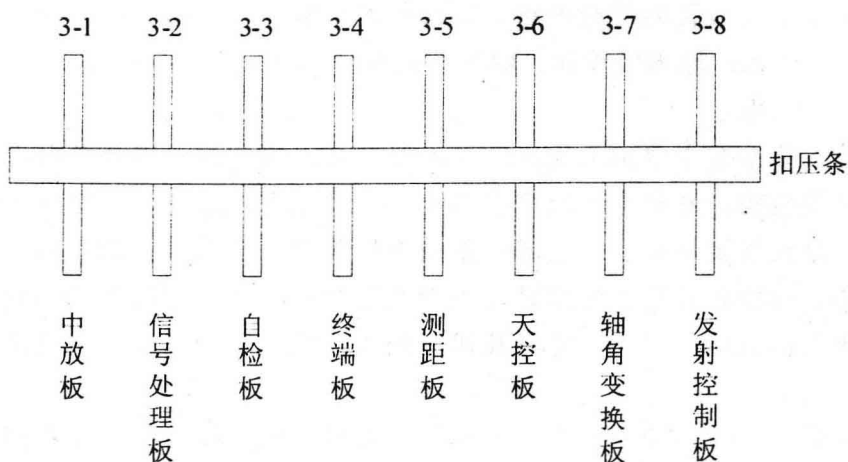


图 1-2 电路板安置示意图

天线装置包括 6 号组合天线座，7 号组合和差箱，8 号组合天线头和 9 号组合天线阵。

二、功能组成

雷达按其功能可分为 10 个分系统及附属装置。其简化框图如图 1-3 所示。

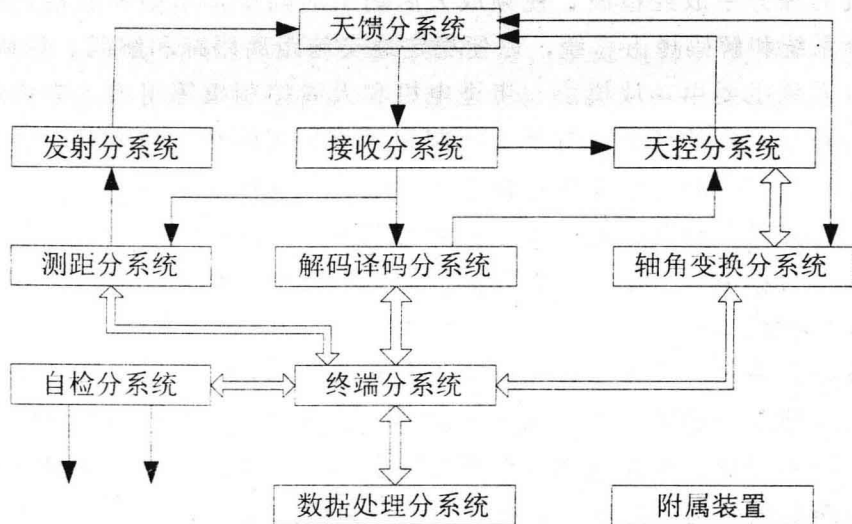


图 1-3 全机组成简化框图

10 个分系统是：天线馈线分系统、发射分系统、接收分系统、天控分系统、轴角变换分系统、测距分系统、解码译分系统、自检分系统、终端分系统、数据处理分系统。附属装置包括：整机电源系统、显示切换盒（含示波器）、检查单元、内控盒、外控盒、机用电话、电池盒、信号记录仪、液压升降机构、暖风机和自动放球装置。

分系统及附属装置的所有电路、零部件都安装在 15 个组合中，这 15 个组合可划分为三个单元，即天线单元、综合单元和终端单元。

三、基本工作过程

天线馈线分系统主要由天线阵、和差箱、环流器和高频旋转关节等组成，完成收发能量的传输。发射分系统产生的大功率高频发射脉冲，经馈线组合有效地送往天线，由天线定向辐射到空间；天线再接收由回答器发回的包括回答脉冲以及探空脉冲、自激脉冲等各种信号，由馈线组合根据回答器所处的空间位置，提取偏离天线电轴的角度信息，并将其调制到所接收的各种信号上，再送往接收分系统。

发射分系统主要由功放组件、电源箱和发射控制板等组成，在测距分系统产生的发射触发脉冲的控制下产生大功率高频发射脉冲，作为回答器的询问脉冲，经馈线组合、天线定向辐射到空间。

接收分系统主要由高放盒、中放板和频控盒等组成，将天线馈线分系统送来的微弱信号经频率变换和幅度放大后分两路输出：一路由接收分系统的主路中放经检波、视频放大后输出的幅度随目标（回答器）偏轴（天线电轴）角度而变的视频脉冲，送到天控分系统，以供后者取出误差信号实施角度跟踪；另一路是由接收分系统的探分中放经检波、视频放大后输出的幅度基本饱和的视频脉冲，分送给测距分系统和解码译码系统，以便稳定地实施距离跟踪和解码、译码。

天控分系统主要由功放模块、步进电机和天线控制板等组成，完成对天线仰角、方位角转动控制的任务。有手动控制和自动控制两种工作方式。通常在放球开始时作手动控制，由安装在内控盒中的手动天线操纵器控制，也可以用外控盒在天线座附近操纵。自动控制方式是主要控制方式。天控分系统对接收分系统送来的、幅度随目标偏轴角度而变的视频脉冲信号进行采样，比较后得到误差信号去控制天线转动跟踪目标。

轴角变换分系统主要由粗、精同步机和轴角板组成，将天线俯仰和方位自整角机的代表天线实时俯仰和方位角度的定子三相绕组电压变换成数字量信息，分两路输出，一路经终端分系统送往数据处理分系统的主计算机，实时显示天线的俯仰和方位角数据；另一路送给天控分系统作为信息反馈。

测距分系统主要由测距板组成，完成自动测距、距离自动跟踪和定时任务。对接收分系统送来的视频脉冲中的回答脉冲信号进行实时自动跟踪，从而测定目标的斜距。此外，测距分系统还兼任全机定时的任务，产生一系列触发脉冲和控制波门，送往其它各分系统，以协调整机的工作。

解码译码分系统主要由解码译码板组成，它从接收分系统送来的视频脉冲中提取探空脉冲信号，然后进行处理，形成不含噪声的、干净整齐、幅度恒定的探

空脉冲，进而出电码包络，并将其转变成数字量（电码值），经终端分系统送往数据处理分系统。同时，解码译码分系统将探空电码包络送往天控分系统，使其在为形成误差信号而采样时，免除探空信号的影响。

自检分系统主要由自检板等组成，它在雷达工作期间对全机各分系统的主要部分进行自动检测。当确认有故障时，即通过终端分系统将故障信息送到数据处理分系统的主计算机，立即报警并指出故障部位。

终端分系统主要由终端板等组成，它是全机的控制中心。各分系统的操作调整、状态切换都由本分系统统一协调。它也是全机和数据处理分系统联系的唯一通道。数据处理分系统和计算机用按键方式向终端分系统发送各种工作状态控制指令，由它以约定方式送往各分系统；同时它不断地将各分系统送来的各种数据信息送往计算机。当测距分系统产生的送数脉冲到来时，它将整分时的目标球座标数据送往数据处理分系统，使其进行气象资料处理。

数据处理分系统主要由微机及其外设备（彩色监视器和打印机）等组成，它对由其他分系统提供的目标球座标数据和探空电码数据进行运算和处理，将最终形成的气象资料按规范的要求显示或打印出来，并能生成多种有用的二次气象产品。此外微机作为雷达的主计算机，它用按键方式，通过终端分系统发出各种工作状态控制指令，控制雷达全机的工作。

整机电源系统提供全机各分系统所需的交、直流电源。交流电源采用单相220V、50Hz，通过交流稳压电源供电。直流电源包括3种开关电源，一共6个。其中+5V/10A开关电源2个；-20V/0.5A、+20V/2A开关电源各一个；+30V/6A开关电源2个。

显示切换盒和示波器是为了使操纵人员能够实时观察到雷达对角度跟踪和距离跟踪情况而设置的。显示切换盒用来控制示波器荧光屏上显示的图象，在雷达发射时荧光屏上呈现出4条亮线，显示角度跟踪情况；不发射时荧光屏上呈现粗扫描基线及回波波形，显示距离跟踪情况。这两种状态的切换是自动进行的。

信号记录仪是专用的探空信号记录和回放装置。可以用来校对和复制雷达所取得的探空数据和报表。

检查单元用来检查和测量全机的直流电源以及监测发射分系统和接收分系统的工作状态。

机用电话用于车顶和车厢内的联络，便于操作和维修，并设置了联络用的呼叫装置；电池盒是+12V的电池组，给机用电话提供电源。

内控盒和外公盒都是用来手动控制天线转动的。盒内装有可以上、下、左、右拨动的操纵器。内控盒安置在工作台上，作为内控制用；外公盒用电缆连接在天线座的插座上，作为外控制用。

在天线间的液压升降系统有人工和自动两种工作方式，用于天线的架设和撤收。车厢内的暖风机是为寒冷地区而设置的。

自动放球装置是一个由继电器控制施放气球的固定支架。放球前，将球绳挂在继电器的舌簧上。放球时刻按下放球键时，继电器动作，气球即自动升空。与此同时，全机时钟复位、开始计时，这样就保证了全机时钟较精确地同步。

第三节 主要战技性能

一、主要战术性能

1. 雷达工作体制 二次假单脉冲
2. 工作频率范围 $800 \pm 5\text{MHz}$
3. 跟踪探测范围
 距离 $250\text{m} \sim 200\text{km}$ （手动）； $300\text{m} \sim 150\text{km}$ （自动）
 仰角 $7.5^\circ \sim 90^\circ$ （手动）； $10^\circ \sim 90^\circ$ （自动）
 方位 $0^\circ \sim 360^\circ$
4. 探测精度（均方根误差）
 距离 $\leq 25\text{m}$
 角度 $\leq 0.12^\circ$
5. 跟踪速度
 距离 $0 \sim 2\text{km/s}$ （手动）； $0 \sim 150\text{m/s}$ （自动）
 方位 $0^\circ/\text{s} \sim 15^\circ/\text{s}$ （手动）； $0.01^\circ/\text{s} \sim 7^\circ/\text{s}$ （自动）
 仰角 $0^\circ/\text{s} \sim 10^\circ/\text{s}$ （手动）； $0.01^\circ/\text{s} \sim 5^\circ/\text{s}$ （自动）
6. 角跟踪加速度
 方位 $\geq 10^\circ/\text{s}^2$
 仰角 $\geq 7^\circ/\text{s}^2$
7. 正常开机时间 $\leq 5\text{min}$
8. A、B机转换时间 $\leq 3\text{min}$
9. 连续工作时间 12h
10. 架设（拆收）时间 （5人）
 白天 $\leq 60\text{min}$
 黑夜 $\leq 90\text{min}$
11. 工作环境条件
 工作温度： 室外部分 $-40 \sim +50^\circ\text{C}$
 室内部分 $0 \sim +40^\circ\text{C}$

相对湿度:	室外部分	95%~98% (30℃)
	室内部分	0%~96% (30℃)
抗 风:	正常工作	0~20m/s
	不保精度工作	20~30m/s
	倒天线	≥30m/s

12. 可靠性和维修性

MTBF	200h
MTTR	300min

13. 供电

电压	$220(1 + \frac{+10\%}{-15/5})V$
频率	$50(1 \pm 3\%)Hz$
功耗	< 1kW

二、主要技术性能

1. 天线馈线分系统

天线波瓣宽度	
水平	$\leq 8^\circ$
垂直	$\leq 7^\circ$
副瓣电平	$\leq -15dB$
交叉点斜率	$\geq 26\%$
馈线行波系数	$\geq 65\%$

2. 发射分系统

工作频率	$800 \pm 2MHz$
脉冲功率	
近程	100 W~300W
远程	300 W~600W
脉冲宽度	$0.6 \pm 0.1 \mu s$
发射方式	程控

3. 接收分系统

灵敏度	$1.0 \mu V$
中频频率	$30 \pm 0.5MHz$
中频带宽	2 MHz~2.8MHz
系统增益	$\geq 106dB$
本振频率范围	762 MHz~778MHz
AFC 跟踪范围	795 MHz~807MHz

4. 解码译码分系统

误码率 (s/n=4) $\leq 2\%$

5. 天控分系统

控制灵敏度 $\leq 0.02^\circ$

角度指示精度 $\leq 0.02^\circ$

控制精度 $\leq 0.03^\circ$

误差信号采集频率 50Hz

目标初始截获 自动

6. 自检分系统

检测点数 16

报警方式 声、CRT 显示

7. 终端分系统

发射高压通断

发射 1min 控制

增益手动/自动转换

频率手动/自动转换

增益、频率手控数字显示

天控手动/自动转换

远/近程控制转换

放球控制

8. 数据处理分系统

硬件配置

主计算机 工业控制机 (或兼容机)

监视器 17" 彩色显示器

外部设备 24 针宽行打印机

软件

操作系统 DOS3.3 以上

开发环境 Visual C++6.0

产品 各种报表

二次产品

24h 变温曲线

理查逊数

本地常用热力动力参数

埃玛图解

第四节 操作与使用

一、雷达的架设与撤收

(一) 阵地的选择

在选择阵地时应注意下面几点：

1. 阵地周围 360° 范围内（特别是高空风的下风方向）最好不要有仰角高于 5° 的地物（如山包等）。在半径为 500 米的场地上无高大的建筑物（如楼房、铁塔、高压线等），否则会使波瓣变形；影响远距离的测角精度。如果在山区难以找到上述阵地，最好在高空风的下风方向尽可能满足上述要求。

2. 停放雷达车的地面要坚实平坦，若自然条件不具备必须人工造成，若地面不够坚实，则应加大千斤顶垫木，减小车厢对地面的压强，以防止车厢倾斜而造成测角误差，如在松软地面上架设，则需经常检查、调整天线装置的水平。

3. 如用汽油发电机供电，油机应离开工作室 30m~50m 距离，以减小噪声干扰。

4. 在选择阵地时还要注意到水源、市电以及通讯联络等问题。

(二) 雷达的架设

1. 雷达的展开

雷达车进入阵地运输过程中，应提前开启暖风机，保证主机室、油机室的气温在 0°C 以上；雷达车进入预选的阵地后，停放在平坦坚实的地面上，2 人负责放下千斤顶及垫木，并把车厢顶起，使轮胎不受力，车厢大致水平；打开油机舱，2 人负责油机取出抬到适当的地方，接好电源电缆；打好地线桩，使车厢良好接地；油机发电，送雷达车。

2. 天线装置升起

打开车厢顶的顶盖，松开天线装置的锁紧机构和固定主轴的钢丝绳；检查方位指针是否对准专门刻线、四个小桁架是否紧固在各自的弹簧夹内，否则要进行调整，以免天线装置在升起时受损；用手动或自动方式起动液压装置，起动时应有 1 人观察天线升起情况，不允许天线桁架振子与井口有碰擦，严禁托盘下方站人；当天线装置升到顶部时，用托盘下的四个锁紧器将托盘固定在导柱上，再关闭液压装置的电源；从车厢侧壁取两根排水管，接入托盘底下的排水口。

3. 天线阵的展开

将四个小桁架展开成工作状态，转动小桁架至水平状态，将撑杆置于支承块上，锁紧撑杆末端蝶形螺母；锁紧旋转关节上的蝶形螺母；打开引向杆的装箱，取出引向杆，并插入振子座，插入时应注意名牌标号及振子的方向，确认方向一致时再锁紧螺母；松开方位角和仰角的锁紧螺母；最后检查天线装置与主机柜的

连接电缆有无松动。

(三) 雷达的撤收

雷达的撤收按架设时相反的步骤进行。

1. 天线阵的撤收

将天线升至 90° ，锁紧俯仰角的锁紧螺母；取下 16 个引向振子并装箱；折叠四个小桁架，松开旋转关节和撑杆上的蝶形螺母，一手托住小桁架，一手将撑杆脱出支承块，将小桁架拆下并插入弹簧卡圈内，撑杆也插入弹簧卡圈；将方位指针对准天线座上的专门刻线，并锁紧方位紧固装置。

2. 天线装置的降落

将天线托盘下的两根排水管取下，放到车厢侧壁处；松开四个锁紧器，开启液压装置，使天线装置徐徐落下，直至底部，并注意观察，以防与井口碰擦；锁上锁紧装置，装上固定主轴的钢丝绳并紧固；合上车厢顶盖。

3. 雷达撤收

取下发机电源电缆，将油机装入油机舱，锁好油机舱门；收起车厢千斤顶和垫木；收起地线桩及各种电缆等。

二、雷达的标定

(一) 水准器的安装及对天线水平的检查与校正

1. 主轴水准器的调整

调整时由四人协同进行。一人在主机室，将雷达通电，控制天线转动；另一人在车顶的天线装置处，负责观察水准器气泡，并起到指挥的作用，二人互相用机用电话联络；二人在车下负责千斤顶的升降。

先转动方位，使主轴上某一个水准器正好停在与车厢左右边相平行的位置上。调整前面（或后面）的两个千斤顶，使这个水准器的气泡正好在横线中央；再调整左面（或右面）的两个千斤顶，使另一个水准器的气泡也正好在横线中央。

然后将方位旋转 180° ，若气泡仍在中央，说明水准器安装正确，若气泡不在中央而有一差值 Δ ，说明水准器不在正确位置，需要进行校正。这时用调水准器的专用工具调整水准器两端螺母，使气泡向中央移动 $\Delta/2$ ；再调整千斤顶修正 $\Delta/2$ ；然后按上述方法重新检查、校正，直到差值为零。两个水准器最好分别进行校正，校好后将水准器两端的螺母固紧。

2. 仰角水准器的检查与校正

完成上述校正后，在天线侧面数十米处，架一经纬仪并调好水平。

接通雷达电源，转动天线仰角，使桁架上水准器的气泡正好在横线中央，这时转动经纬仪的仰角，观察桁架上的垂直杆是否垂直（观察小桁架也行），如基本垂直，说明水准器安装正确，如果不垂直，则应根据经纬仪的观察，微微转动

天线仰角使其垂直，然后调整桁架上水准器两端的螺母，使气泡正好在横线中央。

(二) 仰角零度的标定

当上述调整完成后，即天线桁架上水准器的气泡正好在横线中间，此时的仰角即为零度，但显示屏上的仰角的读数并不为零，只要用钥匙使右门上的标零电子开关动作一次，读数便显示零度。

(三) 方位角零度的标定

方位角零度的标定是在天线水平调整好，瞄准镜安装正确（即光轴与几何轴一致）的情况下进行的，标定方法有两种：

1. 经纬仪法

保持仰角为零度，在距雷达 30 米以外的高处架设一经纬仪（使经纬仪比瞄准镜高），用磁针标定好磁北方向。

转动雷达天线和经纬仪两者的物镜，使之互相瞄准后，再读取此时经纬仪的磁方位角 α 和雷达终端显示的方位角 β ，则雷达天线的方位角为 $(\beta + 180^\circ - \alpha)$ 。例如： $\alpha = 125^\circ$ ， $\beta = 35^\circ$ ，则雷达天线的方位角为 110° 。

摇动天线使雷达方位角在 β 的基础上增加 $(180^\circ - \alpha)$ ，同样用钥匙使标零开关动作一次，这时方位角、仰角均显示为零度。

注意：标定时应将当地磁偏角计算在内，在读取经纬仪的磁方位角时，将当地磁偏角按东加西减的原则计算。

2. 北极星法

在天气晴朗的夜间可以利用雷达瞄准镜对准北极星来标定零点。（注意：北极星在一昼夜之间，有两个时间位置是正北）。

(四) 粗精搭配

粗精搭配的工作在雷达出厂前已做好，当更换或维修同步机后，必须进行粗精搭配，步骤如下：

1. 读取方位角读数

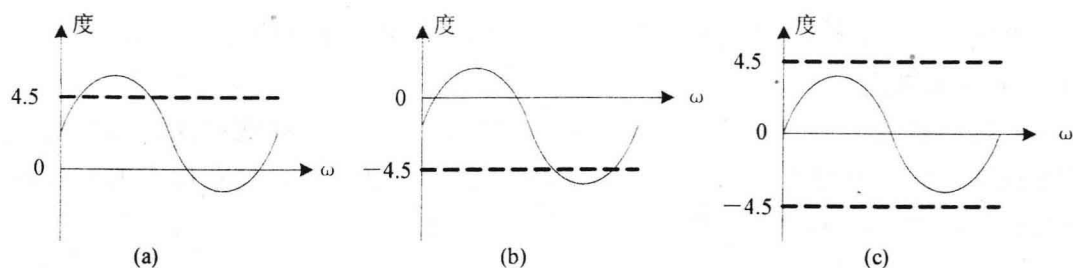
方位角每转过十多度，按一下天控复位键（门上的 3SB1），在 CRT 上读取粗同步机及精同步机的显示读数（复位一次，CRT 上会出现三次读数，第一次是粗读数，第二次是精读数，第三次是综合读数）。使方位转动 360° ，约读取 20 组左右的数据。

2. 读取俯仰角读数

同样方位角方法，仰角每转过 $6 \sim 8^\circ$ 读取粗、精同步机显示数据，使俯仰角从 $0 \sim 90^\circ$ 转动，约读取 10 组左右数据。

3. 绘制曲线

根据读数分别画出方位角和仰角的曲线，可能会出现如下三种情况：



图中横坐标是方位角或仰角转过的角度值，纵坐标是粗同步机读数与精同步机读数的差值（只需取到个位）。

若出现（a）、（b）的情况，曲线的某一区段会大于 $+4.5^\circ$ 或小于 -4.5° ，则必须进行搭配。3-7印制板上蓝色的8位拨码开关S1就是用来粗细搭配的，前四位用于方位角，后四位用于仰角。当方位角需要进行搭配时，将“1”拨到“ON”，仰角需要搭配时，将“5”拨到“ON”；如果是粗超前于精，即如图中（a）曲线，方位将“2”拨向“ON”，仰角将“6”拨向“ON”；如果是粗滞后于精，即如图中（b）曲线，则方位将“3”拨向“ON”，仰角将“7”拨向“ON”即可。

若测试结果出现如图（c）所示的情况，即曲线的峰值在 $\pm 4.5^\circ$ 之间，则无需搭配，S1开关的各位均拨向“OFF”。

粗细搭配好以后，对方位角、仰角再标一次零，然后慢慢摇动天线，方位转过 360° ，仰角转过 90° 显示读数应连续变化，而无 10° 以上的突变。

（五）距离零点的标定

雷达采用了自动跟踪回波的数字测距法，标零方法可以采用已知距离法。

1. 确定已知距离 R_0

在距离雷达500~1000米左右的位置选择一建筑物，将回答器放在该建筑物上，用卷尺精确测出回答器位置与雷达天线之间的直线距离 R_0 。

由于不同的回答器有不同的延时，用不同的回答器来标零可能会出现20m以上的误差，因此在标零时最好用三个以上回答器来进行，然后取其平均值，最后选用接近平均数值的那个回答器来进行标零。

2. 确定测量距离 R

将（3-5）测距板上的8位拨码开关各位均置于“OFF”（此时81C55送出数值为零），接收机置于自动增益控制，开启雷达，进入自动跟踪（测距）状态，使荧光屏上出现回波，读出此时目标的测量距离 R。

3. 计算差值与校正

计算测量距离与直线距离的差值 $\Delta R = R - R_0$ ，关机，依据 ΔR 给（3-5）测距板上的8位拨码开关重新置位。置位时，注意拨码开关的“1”对应于81C55的“36”头，是高位，反之，“8”是低位。因此，拨码开关每位置数值为 $2^{8-n} \times$