

LLX01B型
高空气象探测雷达

(讲义)

解放军理工大学气象学院

P415.2
26

前言

本书是按照新教学大纲编写的，供我院雷达班和大气探测班学员使用或相关人员自学使用的新教材。

本书共分十一章，第一章概要地介绍了 LLX01B 型高空气象探测雷达的总体概念，作用、性能、组成、工作原理及操作使用方法等；第二章～第十章分别介绍了该型雷达各分系统的电路工作原理、重要参数的测试与检查方法、故障检修特点，并对各分系统的典型故障进行了分析；第十一章介绍了雷达的保养和维护知识。本教材的教学时数为 30 学时，书中内容应根据不同层次班的具体情况而酌情取舍。

本教材由沈超玲担任主编，参加编写的人员还有李妙英、贺宏兵等，由于编者编写水平有限，书中难免有疏漏和不妥之处，敬请读者批评指正。

编写组

2004 年 1 月

第一章 天线部分	30
第一节 天线部分	31
第二节 天线分系统的结构与检查	34
第三节 天线分系统故障检修	36
第四章 接收分系统	39
第一节 概述	40
第二节 接收前置	43
第三节 中视频放	46
第四节 频率控制	46
第五节 接收分系	48
第六节 接收分系	51
第五章 天控测	54

目次

第一章 概述 1

第一节 作用及基本工作原理 1

第二节 结构与性能 4

第三节 架设与标定 6

第四节 操作使用 12

第二章 发射分系统 17

第一节 概述 17

第二节 振荡源及预调器 18

第三节 调制器及功率放大电路 20

第四节 发射机电源及控制保护电路 22

第五节 发射分系统的结构与检查 24

第六节 发射分系统故障检修 27

第三章 天馈分系统 29

第一节 概述 29

第二节 天线部分 30

第三节 馈线部分 31

第四节 天馈分系统的结构与检查 34

第五节 天馈分系统故障检修 36

第四章 接收分系统 39

第一节 概述 39

第二节 接收前端 40

第三节 中视频放大器 43

第四节 频率控制器 46

第五节 接收分系统的结构与检查 48

第六节 接收分系统故障检修 51

第五章 天控测角分系统 54

第一节 概述	54
第二节 测角部分电路原理	56
第三节 天控部分电路原理	61
第四节 天控测角分系统的结构与检查	71
第五节 天控测角分系统故障检修	74
第六章 测距分系统	77
第一节 概述	77
第二节 晶体振荡器及分频电路	79
第三节 触发脉冲产生电路	79
第四节 控制与处理电路	82
第五节 报分钟电路	85
第六节 软件说明	88
第七节 测距分系统的结构与检查	89
第八节 测距分系统故障检修	93
第七章 显示分系统	95
第一节 概述	95
第二节 显示分系统电路原理	96
第三节 显示分系统的结构与检查	103
第四节 显示分系统故障检修	106
第八章 解码译码分系统	108
第一节 概述	108
第二节 解码电路	109
第三节 译码电路	114
第四节 解码译码分系统的检查	116
第五节 解码译码分系统故障检修	117
第九章 数据处理分系统	119
第一节 概述	119
第二节 数据处理分系统电路原理	120
第三节 计算机软件管理	123
第四节 数据处理分系统故障检修	125
第十章 电源分系统	128

第一节 概述	128
第二节 电源分系统的结构与检查	129
第三节 电源分系统故障检修	131
第十一章 雷达保养与维护	133
第一节 雷达的保养	133
第二节 雷达的维护	134

基本相同外,其余方面差别极大,无论从分系统组成及机械结构,从外观形状到内在功能,01B雷达都称得上是一部现代化的超空气象探测雷达。

第一节 作用及基本工作原理

一、作用

01B雷达与QZ214雷达不同,01B雷达主要用来探测高空大气层的天气、风速、温度、湿度、气压等气象要素并探测飞机,其所探测的数据自动地送往气象雷达站,经处理后存入数据库。

01B雷达具有发射分系统、接收分系统、测距分系统、数据处理分系统、控制分系统、电源分系统等。发射分系统采用大功率行波管,接收分系统采用低噪声放大器,测距分系统采用测距门控电路,数据处理分系统采用微机系统,控制分系统采用微机系统,电源分系统采用开关电源。01B雷达具有体积小、重量轻、功耗低、可靠性高、维护方便等特点。接收分系统中设置AFC(自动频率控制)电路,提高了工作稳定性;测距分系统采用了单片机系统,使之具备数字式自动测距和距离自动跟踪功能;数据处理分系统中的主计算机将雷达探测到的数据自动地实时处理,探测结束则按规范要求自动输出有关报表。

二、气象信息的录取

(一) 信号种类

01B雷达是二次跟踪雷达,其目标是GP25型雷达。雷达是在不同时间发射三种信号由雷达接收,其信号载频和电平基本相同,但调制信号不同。

1. 自激信号

自激信号(超再生振荡)是回波器自身产生的一系列自激高频信号,其脉冲宽度为1~3μs,重复频率为10~100kHz。

2. 回答信号

回答信号是回波器在发送“询问脉冲”的触发下产生的高频脉冲,它与询问脉冲在时间上是相关的。回答信号与自激信号的波形基本相同,但回答信号比自

第一章 概述

LLX01B 型高空气象探测雷达（简称 01B 雷达）是由原 701 型测风雷达改装而成的新型数字化雷达，01B 雷达与改装前的 701 型雷达相比，除了天线的结构基本相同外，其余方面差别极大，无论从分系统组成及机械结构，从外观形状到内在功能，01B 雷达都称得上是一部现代化的高空气象探测雷达。

第一节 作用及基本原理

一、作用

01B 雷达与 GZZ2-1 型探空仪、GPZ5 型回答器协同工作，完成对高空大气层的风向、风速、温度、湿度、气压等五个气象要素的综合探测，并将探测的数据自动地进行实时处理，按照规范要求输出报表。

01B 雷达采用了现代先进的雷达技术、计算机技术和微电子技术，基本上实现了固态化、模块化。发射分系统采用主振放大式全固态发射机；馈线分系统中的收发开关采用固态收发网络；天控测角分系统中配置 SDC（同步机-数字转换）模块，大大提高了雷达整机的可靠性和维修性；接收分系统中设置 AFC（自动频率控制）电路，提高了工作稳定性；测距分系统采用了单片机系统，使之具备数字式自动测距和距离自动跟踪功能；数据处理分系统中的主计算机将雷达探测到的数据自动地实时处理，探测结束则按规范要求自动输出有关报表。

二、气象信息的录取

（一）信号种类

01B 雷达是二次跟踪雷达，其目标是 GPZ5 型回答器。回答器在不同时间发射三种信号由雷达接收，其信号载频和电平基本相同，但调制信号不同。

1. 自激信号

自激信号（超再生振荡）是回答器自身产生的一系列自激高频信号，其脉冲宽度为 $1\sim 3\mu s$ ，重复频率为 $10\sim 100KHz$ 。

2. 回答信号

回答信号是回答器在雷达“询问脉冲”的触发下产生的高频脉冲，它与询问脉冲在时间上是相关的。回答信号与自激信号的波形基本相同，但回答信号比自

激信号的重复周期要大得多，当回答器处于回答状态时，自激信号和回答信号相互参杂，导致回答率不可能是 100%（当处于抑制期的末尾段，易触发，且触发延时小；当处于抑制期的开始段，不易触发，且触发延时大）。但询问脉冲与自激信号在时间上是不相关的，因此，产生的回答脉冲信号由于不同延时而会出现模糊区，使回答信号的累积显示会出现前后沿的模糊带。

3. 探空信号

探空信号是回答器受探空仪的探空码调制而发射的信号。在探空状态，探空信号脉冲宽度为 $40 \sim 110 \mu s$ ，重复频率为 $300 \sim 800 Hz$ ，持续时间为探空码的宽度。在发射探空码的间隔时间内，回答器仍然发射自激信号或回答信号。

4. 其它信号

其它信号主要是指雷达发射时，在发射脉冲持续期间从固态收发网络漏入接收分系统的主波脉冲，还有最靠近主波的近地物回波。此外各种噪声也会伴随信号同时进入接收分系统。

（二）录取原理

01B 雷达实现了对气象信息的自动录取，并自动生成各种气象报表。录取时必须把探空信号从全视频信号中提取出来，由于全视频信号中除探空信号外，还有自激信号、噪声、少量的回答信号、主波及近地物回波等，这些脉冲信号的宽度都比探空信号窄，且重复频率比探空信号高。因此，气象信息的录取就是利用探空信号与其他信号具有不同宽度和不同重复频率的特性来提取探空信息的。

三、测距测角原理

（一）测距原理

雷达定时跟踪回答器进行测量而获取目标的球坐标数据，以实现风向、风速的探测。斜距的测量是利用回答脉冲与询问脉冲的时间相关性，把距离的测量转化为时间的测量，即测量从雷达发射询问脉冲到雷达收到回答脉冲的时间。

雷达采用数字式自动测距，其关键是距离自动跟踪，为此设置了与询问脉冲在时间上相关的跟踪波门。由于噪声、自激信号、探空信号与询问脉冲在时间上不相关，它们落在波门内的概率很小，而回答脉冲与询问脉冲在时间上是相关的，落入波门的概率很大。因此合适选择回答脉冲的概率门限，就可以从诸多信号及噪声中识别出回答脉冲，从而实现对回答脉冲的自动跟踪和测量。

（二）测角原理

雷达对角度的测量是采用等信号法来实现的。在程序方波的控制下，天线波瓣按上、右、下、左的顺序偏离几何中心轴跳变，当雷达“上-下”或“左-右”天线收到的信号两两相等时（即天线几何中心轴的方向为目标方向），表示雷达天线完全对准了目标，从而可确定目标的仰角和方位角。

雷达的天线控制有手动、电控两种方式。摇动天控测角分机面板上两个手轮（仰角、方位角），当显示分机上代表上、右、下、左四个波瓣的四条亮线，以“上-下”、“左-右”两两等高时，则测角分系统通过同步发送机，将此时天线方位和俯仰的位置信息变换成电信号，并送到天控测角分机的轴角变换电路，把模拟量变换成数字量，经测角单片机处理，以实现自动测角和数据显示。

四、基本工作过程

01B 雷达由天线馈线分系统、发射分系统、接收分系统、测距分系统、天控测角分系统、显示控制分系统、解码译码分系统、数据处理分系统和电源分系统等九个部分组成，其组成框图如图 1-1 所示。

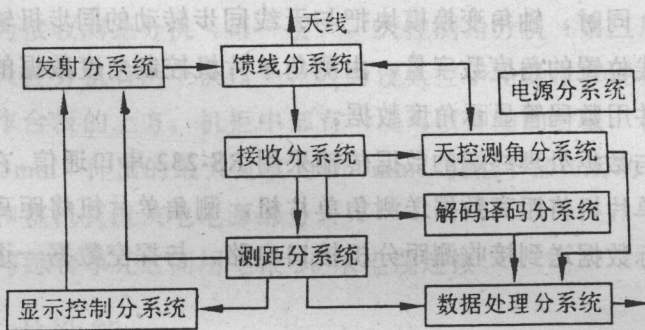


图 1-1 01B 雷达组成框图

在测距分系统送来的发射触发脉冲（1500Hz 或 1875Hz）触发下，发射分系统对 400MHz 载频信号进行调制，经功放输出超高频大功率的脉冲，由 1m 电缆送到固态收发网络，再经高频旋转关节、换相器，然后送天线向空间辐射。由天线接收到的微弱回波信号经换相器、高频旋转关节、固态收发网络，送到高频机箱内的接收高频组合，经放大变频产生 30MHz 中频信号，再经 30m 电缆送到主机柜内接收测距分机。

在接收测距分机内信号分成三路：一路送自频调电路产生频控信号送本振，以控制本振的频率变化跟上信号频率的变化，使混频输出为额定中频；一路送主中放，经放大检波后产生视频信号，送显示控制分机以显示距离回波和四条亮线，同时在测距分系统送来的主抑触发作用下，产生 AGC（自动增益控制）电压送主中放，以控制接收机的增益；一路送探空中放，经放大检波后的视频信号分别送解码译码和测距电路，以实现探空信号的自动解码译码和自动测距。

在测距分系统中，根据视频信号中的回答脉冲相对于主波的时延，由单片机控制完成数字式距离自动跟踪和测量，测量的数据用数码管显示，并送计算机终端处理。另外，测距分系统还输出四路触发脉冲：即送发射机的发射触发脉冲；

送显示分系统的粗扫触发脉冲、精扫触发脉冲；送接收分系统的主抑触发脉冲，产生主抑波门，以消除主波和近地物回波对雷达工作的影响。要引起注意的是：雷达的重复周期为 1875Hz 或 1500Hz，使得主波周期相对应的距离小于二次雷达的最大探测距离，引起测距错误。为防止回答信号被二次主波淹没，将发射触发的重复周期在 1875Hz 和 1500Hz 两个频率上跳变，且使主抑触发和发射触发在时间上完全同步。

雷达采用电子报分钟，时间用数码管显示。报分钟输出报分信号与探空解码信号相混合，经功放后由扬声器发出报分信号和探空信号。同时，探空解码信号送数据终端处理生成报表。

在天控测角分系统中，天线控制器的执行器件采用步进电机，手控信号输入器件采用直流测速机，其输出电压通过变换和放大产生大电流脉冲驱动步进电机，带动天线转动。同时，轴角变换模块把与天线同步转动的同步机输出电压，变换成相对应的天线位置的角度数字量，由测角单片机控制角度数据的采集、标定、显示和传输，并用数码管显示角度数据。

雷达主机与数据处理终端的数据传输采用 RS-232 串口通信。在整分取数脉冲控制下，测距单片机将距离数据送测角单片机，测角单片机将距离数据和角度数据编制成球坐标数据送到接收测距分机接口电路，与探空数据一道由接口电路送到终端微机。

整机电源供电为单相 $\sim 220\text{V}/50\text{Hz}$ 市电，经 1kW 在线式 UPS 送入主机柜向全机供电。然后分三路：第一路送天线座供测试仪表及照明用；第二路由带插座电缆 W_{14} 引出向数据终端供电；第三路在显示控制分机总电源开关控制下，分别向发射机、天控 80V 电源及电源分机供电，产生直流 +5V、+15V、-15V 电压。

第二节 结构与性能

一、结构

01B 雷达的总体布局由三个单元组成，即天线单元、综合单元和终端单元。全机九个分系统分别安装在三个单元中。

天线单元包括天线座、天线、馈线、相位圈、高频机箱 (G_2) 等；综合单元包括接收测距分机 (1 号)、显示控制分机 (2 号)、天控测角分机 (3 号)、电源分机 (4 号) 及转接箱 (5 号) 等，它们都安置在主机柜 (G_1) 中；终端单元包括数据处理分系统的微机、打印机和 UPS (不间断电源) 等，置于专门设计的工作台上。

天线单元包括天馈线系统和天线传动系统。馈线、相位圈安装在天线的主轴

上：传动系统安装在坚固的传动架上，传动架上装有二个步进电机 110BF003，以驱动天线转动。当天线装置安装在车厢顶时，传动架的底部位于拖车底盘的大梁上，用螺栓直接固定牢靠。大梁下方装有 4 个调整天线水平千斤顶，在调整天线水平的同时，车厢也能基本调平；当天线装置安装在天线室内时，传动架下有四个调水平的刹铁，使天线调平。传动架上还有一台式高频机箱，机箱内装有接收高频组合（上部）和固态发射机（下部），箱壳下安装了四个减震器，以消除传动中的振动。天线转动部分装有高频旋转关节和低频旋转关节。高频旋转关节在传动架的上部，关节的上、下圆环之间的间隙出厂前已经调好；低频旋转关节在传动架的中部，由 14 个导电环和 28 个电刷组成（双电刷结构）。

综合单元的主机柜为立式机柜，高 1540mm、宽 600mm、深 560mm、重量约 130kg，分机结构为抽屉式，抽屉用伸缩导轨与机柜相连。各分机是相对独立的单元，机柜上部为接收测距分机（第一层）、天控测角分机（第三层）和显示分机（第二层）。天控分机有两个操作手轮，为使天控手轮操作方便，天控测角分机布置在紧靠工作台板的上方。机柜中部有一块可以伸缩的台板，称为活动台板。活动台板长 475mm，伸出的最大宽度为 300mm。机柜下部（活动台板下方）为探空信号记录仪和整机直流供电电源部分。

天线单元与综合单元之间用七根 30 米电缆连接。

二、主要技术性能

工作频率	400MHz±5MHz
探测范围	
仰角	1.5° ±0.5° ~90° +0.5°
方位角	0° ~360°
距离	300m~200km
探测精度（均方根）	
仰角	≤0.15°（仰角在 8° 以上）
方位角	≤0.15°（仰角在 8° 以上）
距离	≤40m（跟踪速度小于 150m/s）
最大跟踪速度	
仰角	≥9° /s
方位角	≥12° /s
距离	自动 ≥150m/s
	手动 快档 5km/s
	慢档 100m/s
光电轴的一致性	≤0.1°

频段特性	$\leq 0.25^\circ / 400 \pm 3\text{MHz}$
定向灵敏度	$\geq 18\%$
接收机灵敏度	$\leq 1.5 \mu\text{V}$
系统带宽	2~3MHz
总增益	$\geq 110\text{dB}$
发射脉冲功率	$\geq 1.2\text{kW}$
发射脉冲重复频率	1500Hz、1875Hz

三、主要战术性能

使用环境	
温度	室内 0~40℃ 室外 -40~50℃
湿度	室内 93%~96%RH (30℃ $\pm$ 3℃) 室外 95%~98%RH (30℃ $\pm$ 3℃)
气压	860~1060hpa
抗风能力	风速 20m/s 能工作, 26m/s 不损坏
供电电源	50Hz $\pm$ 3% 220V $^{+10}_{-15}$ %
消耗功率	不大于 1.5kW
连续工作时间	6h
可靠性、维修性	
MTBF	200h
MTTR	30min

第三节 架设与标定

一、雷达的架设

实施 01B 雷达架设之前,必须先了解和掌握整机的安装程序,熟悉雷达位置图、安装图和线缆连接图。根据阵地状况将运输车开到适当位置,将雷达设备从运输车上卸下,运到各架设地点。

(一) 雷达阵地的选择

雷达站周围不要有仰角大于 3° 的障碍物,在 40m 范围内要求场地平坦。另外,阵地的选择还要考虑便于运输、吊装、外控操作、通信、电源连接等因素。

(二) 架设前的准备

一般在雷达架设前要对选择好的雷达阵地做些准备工作。

1. 规划好雷达机房和天线房的位置。主机柜和天线座之间七根连接电缆长度为 30m, 雷达机房和天线房之间的距离应小于 30m, 且应留有一定余量。连接电缆尽量在室内通过, 不要安装在室外(可在地面或墙壁上开电缆沟槽和通孔), 避免电缆过早老化。

2. 按照工厂提供的天线房基建图纸在楼房顶部建造天线房, 其房顶面积应能满足天线架设、拆装的需要, 房子高度应能放进天线座。

3. 根据天线吊装的高度, 准备好相应的吊车。准备好安装雷达所用的附件和工具。

4. 在雷达架设前应在合适地点打下地桩, 从主机柜引出的总地线接到地桩上, 接地电阻应 $< 2\Omega$ 。

5. 为了雷达的安全应架设避雷针。在不影响雷达正常性能的情况下, 应按有关条例实施。避雷针应架设在雷达的非主要监测方向, 距离雷达水平投影面中心约 5.5m 的地方。

单支避雷针的高度 h 按下式计算:

$$h = 1.3 h_x + 7.3 \text{ (m)}$$

式中 h_x 为雷达在工作状态下, 天线部分的最高点离架设地面的高度, 也就是雷达要求保护的高度。

(三) 天线的架设

天线的架设是一项细致的工作, 如果操作不当, 可能摔伤天线或发生其他事故, 所以架设时要严格遵守各项操作规程。

1. 将天线装置分解成天线座、桁架、主杆、换相箱、振子和反射网等部分, 并用吊车将它们安全地吊到天线房顶上或天线房内。

2. 按工厂提供的雷达安装图, 将天线座、天线主杆及桁架安装在相应位置上。

3. 将左、右天线桁架和上、下天线桁架打开到位, 并将活动关节的螺丝拧紧。清洁反射网和振子, 并在反射网中心孔内、振子主杆插入反射网内的部分和锁紧螺丝上都涂上黄油, 以防生锈。

4. 安装振子和反射网。要注意的是: 由于桁架结构的要求, 16 个振子和反射网的安装位置和方向是各不相同的。右小组天线的四个振子, 上小组天线的“上-下”、“上-左”和下小组天线的“下-上”、“下-左”共八个振子的有源振子开口(馈电端)向右方, 其余八个振子向左方。如图 1-2 所示。菱形天线阵两下边沿七个振子的反射网穿线孔在上方, 其余九个在下方。“下-上”、“下-下”、“左-右”三个振子在天线竖起后才能安装。安装振子和反射网后, 将 U 型平衡器的插头插入有源振子的插孔内, 拧紧滚花螺母。注意要使 U 型平衡器三通接头进

线的位置在天线竖起来后一律向上。然后，把三通接头上面的叉口伸入振子主杆后端的螺纹处，拧紧蝶形螺母。

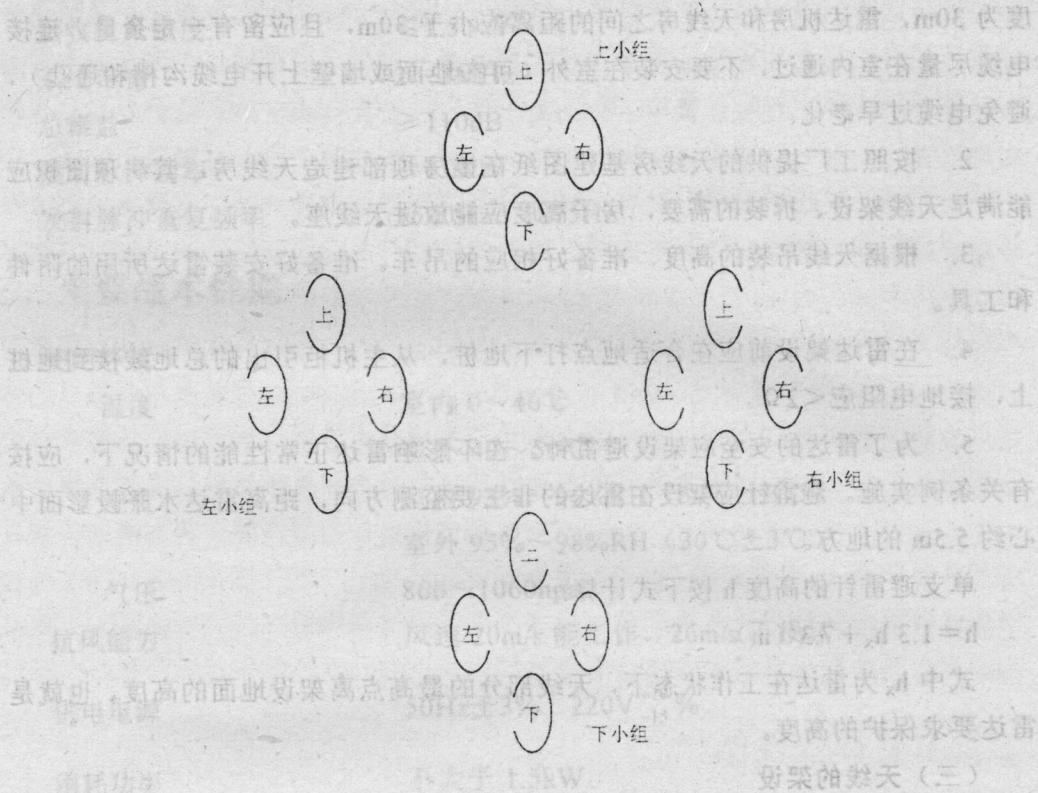


图 1-2 天线振子安装方向示意图

5. 取出支臂撑杆，插入翻转接头连接轴的两端，并将钢丝绳挂在主轴上部的圆螺栓上。再把起重葫芦的起重钩挂在支臂撑杆的铁环中，把起重葫芦的起重钩套在牵引杆的圆环上。松开固定天线主轴的固定螺丝，并对内轴的仰角传动离合接头进行检查、清洁和上机油。

6. 在检查没有天线升起的障碍后，慢慢拉动起重葫芦的铁链，使天线主轴慢慢离开天线房顶。当主轴与地面成 80° 角左右时，应至少有两个人推住主轴，使之慢慢上升到垂直位置，避免惯性冲击而损坏翻转接头导致摔伤天线甚至发生人身伤亡事故。当主轴升到垂直位置后，锁紧翻转接头对面的两根螺丝，利用手柄转动仰角电机轴，观察天线的俯仰转动是否正常，若转动正常，说明仰角接头已对准，可将翻转接头全部螺丝拧紧。

7. 撤除升降天线装置，安装“下-上”、“下-下”、“左-右”振子和反射网，安装瞄准镜导杆。任意转动天线的位置，观察是否有障碍物或电缆妨碍天线的转动。

(四) 室内设备的架设

1. 主机柜的安装。通常主机柜安装在一楼，为了减轻重量，分机可以拉出

单独搬运，机柜到位后再组装起来。插入分机要注意各分机的所在位置，不要插错。主机柜内部电缆的连接按主机柜线缆连接图进行，注意按电缆上的名牌对号入座。

2. 数据处理终端的安装。按工厂提供的布置图先放好微机工作台，再将计算机、显示器、不间断电源（UPS）等用电缆连接好，再将数据处理终端与雷达主机柜用电缆连接好。

3. 电缆的架设。电缆的连接按整机线缆连接图和电缆上的名牌对号入座。室外部分按架设前准备好的走线路径架设，室内部分放在电缆沟槽内。天线房内的电缆要排放整齐并固定好，应不影响人员的行走和操作。

二、雷达的标定

为了保证雷达的测量精度，雷达在使用前要进行调整标定。或在使用过程中雷达发生了故障，重新拆装或更换有关元器件（如同步机等）后，必须重新进行调整和标定。

（一）角度的粗精搭配

粗精搭配是为标定而设计的，目的是为了使粗精同步机的电零点达到一致，以减小读数误差。雷达标定后，计算机则依据标定的数据对同步机的搭配方式进行自动选择，并对其读数自动修正使读数接近于真实值。

1. 同步机相序的调整

测角单片机板上“ S_2 ”为单片机 D_1 的复位开关，当按一下复位开关后，角度数据显示器顺序显示 4 组数据，第一组全为零，第二组是“粗”数据（0~359.99），第三组是“精”数据（0~9.99），第四组是最后的角度数据。

1) “粗”数据和“精”数据变化规律与天线的转向要一致。天线方位角顺时针转动时，数据增加（天线俯仰角向上运动时，数据增加）；反之数据减小。如发现不一致，就要调整该同步机的相序，调整的方法是把同步机输出端 D_1 、 D_2 、 D_3 中任意两个接线对调。

2) 仰角“粗”数据在天线俯仰转动范围内不允许过零。如果“粗”数据发生过零，就要把仰角粗同步机输出端子 D_1 、 D_2 、 D_3 的接线，按顺序移位，使之移相 120° ，即可避免过零。

2. 粗精搭配

测角单片机板上拨码开关“ S_1 ”为八位粗精搭配开关。前四位用于方位角搭配，后四位用于仰角搭配。在每四位中，第一位为状态位，“接通”表示需要搭配；第二位为符号位，“接通”表示“加”，“断开”表示“减”；第三、四位是置数位，第三位接通代表 1° ，第四位接通代表 2° ，两位码代表的置数范围为 $0\sim3^\circ$ 。

1) 在天线转动范围内检查若干点, 在每一点上按动“S₂”复位开关, 读取粗、精读数的个位和十分位数据, 计算粗精数据的差值。若差值大于 5°, 则“粗”超前于“精”, 此时将粗减去 2° 即可; 若差值大于 -5°, 则“粗”滞后于“精”, 此时将粗加上 2° 即可。

2) 计算各点差值的平均差值, 如平均差值不大于 2°, 则不需要搭配; 如平均差值大于 2°, 则需要搭配。搭配时, 第一位状态开关置“接通”; 第二位符号位, “粗”超前置“断开”, “粗”滞后置“接通”; 第三、四位置入相应的度数, 使计算出的差值小于 2° 即可。

(二) 三轴一致性的调整

几何轴、光轴、电轴的一致性在雷达出厂时已经调整好, 但由于长途运输或长期使用后, 会有些变化。为了保证雷达的测量精度, 必须进行检查和调整。三轴一致性的调整分两步进行: 先以几何轴为准, 使光轴与几何轴平行, 再调整电轴与光轴平行。

1. 光轴与几何轴一致的调整

1) 将瞄准镜倒装于正常工作位置(瞄准镜的安装架)。

2) 把天线仰角转到 0°, 转动方位角(保持仰角 0° 不变), 使瞄准镜十字线中心附近对准一个 2 公里外的点目标, 并记下该目标在瞄准镜里的位置。

3) 保持方位角不变, 仰角转到 90°, 记下此时该目标在瞄镜里的位置。

4) 如果目标两次偏离三分之一小格(0.1°), 则无需调整。如果偏离大于三分之一小格, 则需要调整。调整时, 保持方位角不变, 把仰角再回到 0°。用扳手先将瞄准镜架三角铁板上的三个固定螺母松开, 然后调节三角铁板上的三个螺钉, 使目标在瞄准镜中的坐标为 X、Y:

$$X = \frac{\sum}{2} - Y_{90}, \quad Y = \frac{\sum}{2} - X_0$$

$$\Sigma = X_0 + Y_0 + X_{90} + Y_{90}$$

5) 在仰角 0° 位置上, 光轴与水平面平行的调整。瞄准镜装在正常工作位置, 天线仰角为 0°, 转动方位角, 使瞄准镜中心附近对准一点目标, 记下目标位置值 Y₀; 将瞄准镜反转 180°, 天线方位转动 180°, 记下目标位置值 Y₁₈₀。若目标两次测量的位置值差小于三分之一小格(0.1°), 无需进行调整。若位置值差大于三分之一小格(0.1°), 则需要进行调整。调整时, 先用起子把蝶形螺母对面的两个固定螺钉松开, 然后用扳手调整下部的两个螺钉, 使目标的位置值在瞄准镜中的 Y 轴坐标为 $Y = \frac{Y_0 + Y_{180}}{2}$ (小于三分之一小格) 为止。

2. 电轴与光轴一致性的调整

用系留气球法来检查和调整电轴和光轴的一致性。

1) 选择一个地面风速较小、晴朗的天气，将带有回答器的系留气球升到仰角大于 15° 、斜距大于 500 米的空中。

2) 操纵员摇动天线使示波器上四条亮线对齐，此时用瞄准镜观察气球的位置，在报分时记下回答器在瞄准镜中的坐标值。经过 15~20 次观察，若平均偏离值小于三分之一小格 (0.1°)，则认为合格；若平均偏离值大于三分之一小格，则需要进行调整。调整时，先打开换相箱的下盖，用起子调整相应的调相器螺杆，使目标移向瞄准镜的十字线中心。若回答器位置偏上，说明电轴偏上，则应顺时针方向调“上调相器”，使之缩短，并反时针调“下调相器”，使之伸长。其余类推。

(三) 仰角的标定

仰角的标定就是使单元引向天线主杆与水平面平行时，仰角显示为 0° 。仰角的标定必须在雷达水平调整后进行。

标定时，可用一根细绳，一端固定在上天线组的“上-上”天线的主杆上，离有源振子 5 厘米处，另一端挂一重锥锤。转动天线仰角，使细绳垂线离下天线组的“下-下”天线的有源振子的距离也为 5 厘米（误差不大于 6 毫米）。此时单元引向天线主杆与水平面平行，即实际天线仰角为 0° 。这时按一下天控测角分机 3-1 板上标定开关“ K_1 ”键（短路一下），仰角显示数据即为 0° 。

注意：由于仰角的电限位的作用，利用电动的方法不能把仰角转到 0° ，必须用机械手轮慢慢地转动天线仰角位置。

(四) 方位角标定

1. 调水平

调整天线座底部四个调整块，使水准器气泡离中心在半小格之内。

2. 方位角的标定

方位角的标定应在天线水平调整、仰角标定和光轴、几何轴一致性调好后进行。

利用北极星进行方位角的标定方法：把仰角转到零度，转动雷达天线使北极星处于瞄准镜十字线的中心（天线指向正北方）。此时保持方位不动转动仰角为 0° ，按一下天控测角分机的 3-1 板上的标定开关“ K_1 ”键（短路一下），方位角显示度数即为 0° ，方位角标定结束。

方位角标定好后，可把天线瞄准镜对准一个或几个固定地物的点目标，记下其方位角数据，作为以后检查方位角标定有无变化用。

(五) 距离的标定

距离标定的方法采用已知距离法。

将回答器放在距离雷达 500~1000 米左右的建筑物上，并测量出建筑物与雷达之间的实际距离为 R_0 。

将接收测距分机的 1-2 板上的拨码开关“S₁”均置“OFF”。开启雷达（接收机处于自动增益状态，距离自动跟踪状态），使雷达天线对准回答器，在示波器上出现回波信号，读出测量距离显示值 R。

计算差值： $R - R_0 = \Delta R$ 。根据 ΔR 值给拨码开关“S₁”重新置位，置位值按 $2^{s-n} \times 10$ 米（n 为开关位置号）。即拨动接收测距分机的 1-2 板上的拨码开关“S₁”（第一位接通代表 10m、第二位接通代表 20m、第三位接通代表 40m……），置入测量显示距离与实际距离之差值后，距离标定即告完成。

第四节 操作使用

一、正常开关机

（一）开机步骤

1. 将 UPS 的电源开关置于“开”的位置，电压表指示输出电压为 220V。

注：单相交流电压经主机柜直接送到天线座接线盒 K3.1 中两个维修电源插座上和数据处理分系统电源插板上，同时也送到主机柜转接箱中的示波器电源插座上。

2. 接通显示控制分机“总电源”开关，雷达全机直流低压电源接通。

注：此时，全机低压电源和同步机交流 110V 电源接通，天控分机上 +5V、+15V、-15V 指示灯亮。接收测距分机上显示距离最小值（200m）。报分钟从零开始连续计时。天控分机上显示当前天线角度（方位角、仰角）数据。

3. 接通示波器电源开关，示波器工作。

注：接通示波器电源开关后，示波器上出现距离扫描线和测角四个亮点。

4. 接通显示控制分机“天控”电源开关，天控分系统处于通电工作状态。

注：+80V 天控功放电源接通，天控分机上 +80V 指示灯亮。按下“手控”按键，转动方位角或仰角手轮可使天线作相应运动，角度显示数据也相应变化。按下“外控”按键，利用外控盒也可以控制天线运动。

5. 接通显示控制分机“发射”电源开关，发射分系统工作。

注：天控分机上 +40V 指示灯亮，在距离扫描线 0km 处可以看到发射“主波”，在低仰角时还可以看到一些地物回波。

6. 接通数据处理分系统主机和显示器电源开关，计算机及 CRT 处于通电工作状态。

（二）关机步骤

关机步骤与开机步骤操作过程相反。