

LLX01B型

高空气象探测雷达维修手册

(附：电路原理图册)

中国人民解放军总参谋部气象局

解放军出版社

LLX01B 型高空气象探测雷达

维 修 手 册

(附：电路原理图册)

中国人民解放军总参谋部气象局

解 放 军 出 版 社

京新登字 117 号

书 名: LLX01B 型高空气象探测雷达维修手册
(附: 电路原理图册)

编著者: 中国人民解放军总参谋部气象局

出版者: 解放军出版社

(北京地安门西大街 40 号/邮政编码 100035)

印刷者: 海军政治部印刷厂印刷

发行者: 解放军出版社发行部

开 本: 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张: 12.75 插表: 14

字 数: 310 千字

版 次: 2001 年 12 月第 1 版

印 次: 2001 年 12 月(北京)第 1 次印刷

统一书号: 75065 · 140

(如有印装差错, 请与本社调换)

出 版 说 明

为适应部队使用、维护、检修、测试 LLX01B 型高空气象探测雷达的需要，我局委托中国人民解放军理工大学气象学院编写了《LLX01B 型高空气象探测雷达维修手册》，供全军气象装备管理人员和雷达技术人员学习使用。

总参谋部气象局

2001 年 6 月

前 言

为提高气象雷达工程技术人员的维修能力，做好气象雷达的维修工作，使其经常处于良好工作状态，为部队实施气象保障工作提供可靠的物质保证，受总参气象局委托，我们编写了《LLX01B 型高空气象探测雷达维修手册》。

《LLX01B 型高空气象探测雷达维修手册》是指导气象雷达技术人员进行科学维修的工具书。该手册分十二章，第一章概要地介绍雷达的性能、组成、工作原理、主要信号流程及操作使用方法；第二章全面介绍了雷达检修方法、步骤及注意事项；第三章至第十二章则分别介绍了雷达各分系统的基本工作原理、检修特点和雷达整机的检修特点，分析了各系统的典型故障，并给出典型故障分析流程和常见故障表，整理汇集了检修时所需的各种数据资料。本手册可供气象装备管理人员和雷达技术人员学习使用，也可作为院校教学参考书。

本手册由沈超玲主编，参加编写的人员有焦中生、张伟星、张道宏、夏锦忠、孟鑫等同志，01B 雷达总设计师张道宏高工对手册及图纸作了全面的审阅。同时，手册编写工作得到总参气象局和学院领导的大力支持，高太长、丁荣安给予了具体指导和帮助，在此表示衷心的感谢。

由于水平有限，时间仓促，手册中难免有疏漏和不妥之处，敬请读者批评指正。

编 者

2001 年 6 月

目 录

第一章 LLX01B 型雷达维修基础	(1)
第一节 概 述	(1)
第二节 基本工作原理	(2)
第三节 操作使用	(15)
第四节 架设与标定	(19)
第五节 保养与维护	(23)
第二章 雷达检修的基本要求	(26)
第一节 检修应具备的基本条件	(26)
第二节 检修的基本要领	(27)
第三节 仪表使用中的注意事项	(30)
第四节 常用半导体器件判别方法	(33)
第三章 发射分系统原理及检修	(36)
第一节 基本工作原理	(36)
第二节 发射分系统的检查	(42)
第三节 发射分系统故障诊断	(45)
第四节 典型故障分析与检修	(47)
第五节 常见故障表	(48)
第四章 天馈分系统原理及检修	(50)
第一节 基本工作原理	(50)
第二节 天馈分系统的检查	(53)
第三节 天馈分系统故障诊断	(56)
第四节 典型故障分析与检修	(57)
第五节 常见故障表	(58)
第五章 接收分系统原理及检修	(60)
第一节 基本工作原理	(60)
第二节 接收分系统的检查	(67)
第三节 接收分系统故障诊断	(70)
第四节 典型故障分析与检修	(72)
第五节 常见故障表	(73)
第六章 天控测角分系统原理及检修	(76)
第一节 基本工作原理	(76)
第二节 天控测角分系统的检查	(90)
第三节 天控测角分系统故障诊断	(96)

第四节	典型故障分析与检修	(98)
第五节	常见故障表	(101)
第七章	测距分系统原理及检修	(103)
第一节	基本工作原理	(103)
第二节	测距分系统的检查	(114)
第三节	测距分系统故障诊断	(120)
第四节	典型故障分析与检修	(121)
第五节	常见故障表	(122)
第八章	显示分系统原理及检修	(123)
第一节	基本工作原理	(123)
第二节	显示分系统的检查	(130)
第三节	显示分系统故障诊断	(134)
第四节	典型故障分析与检修	(135)
第五节	常见故障表	(135)
第九章	解码译码分系统原理及检修	(137)
第一节	基本工作原理	(137)
第二节	解码译码分系统的检查	(143)
第三节	解码译码分系统故障诊断	(146)
第四节	典型故障分析与检修	(147)
第五节	常见故障表	(147)
第十章	数据处理分系统原理及检修	(149)
第一节	基本工作原理	(149)
第二节	故障分析与检修	(154)
第三节	常见故障表	(159)
第十一章	电源分系统原理及检修	(161)
第一节	基本工作过程	(161)
第二节	电源分系统的检查	(162)
第三节	电源故障检修特点	(163)
第四节	典型故障分析与检修	(163)
第五节	常见故障表	(164)
第十二章	01B 雷达整机故障检修	(166)
第一节	检修特点及注意事项	(166)
第二节	雷达连接电缆各芯线信号	(167)
第三节	典型故障分析与检修	(174)
第四节	常见故障表	(175)
附 录	01B 雷达元器件总汇总表	(177)

第一章 LLX01B 型雷达维修基础

第一节 概 述

一、用途与特点

(一) 用途

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，它和 GZZ2-1 型探空仪、GPZ5 型应答器协同工作，完成对高空大气层的风向、风速、温度、湿度和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。

(二) 特点

01B 雷达采用了当代先进的雷达技术、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对目标的距离自动跟踪功能；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，探测结束后，即能按规范要求自动输出有关报表，在操作自动化方面迈出了一大步。

01B 雷达与改装前的 701 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。

二、主要技术参数

工作频率	400MHz $\pm$ 5MHz
探测范围	
仰角	1.5° $\pm$ 0.5° ~ 90° +0.5°
方位角	0° ~ 360°
距离	300m ~ 200km
探测精度（均方根）	
仰角	$\leq$ 0.15°（仰角在 8° 以上）
方位角	$\leq$ 0.15°（仰角在 8° 以上）
距离	$\leq$ 40m（跟踪速度小于 150m/s）

最大跟踪速度	
仰角	$\geq 9^{\circ} /s$
方位角	$\geq 12^{\circ} /s$
距离	自动 $\geq 150m/s$
	手动 快档 5km/s
	慢档 100m/s
光电轴的一致性	$\leq 0.1^{\circ}$
频段特性	$\leq 0.25^{\circ} /400 \pm 3MHz$
定向灵敏度	$\geq 18\%$
接收机灵敏度	$\leq 1.5 \mu V$
系统带宽	2 ~ 3MHz
总增益	$\geq 110dB$
发射脉冲功率	$\geq 1.2kW$
发射脉冲重复频率	1500Hz、1875Hz

三、主要战术参数

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

第二节 基本工作原理

一、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 ~ 3

μs ，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 $300 \sim 800Hz$ ，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，无所不在的噪声也会伴同各种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完成的。

二、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，以实现对手向、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，其关键在于距离自动跟踪，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”、“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。

三、组成与结构

(一) 组成

01B 雷达由天馈线分系统、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。雷达的组成框图如图 1-1 所示。

(二) 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。

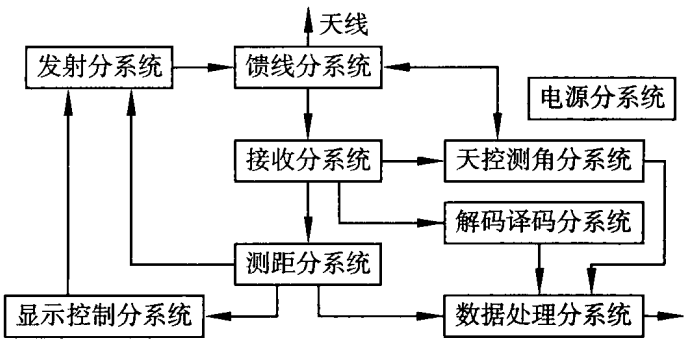


图 1-1 01B 雷达组成框图

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和天线传动装置。馈线、相位圈安装在天线的主轴上;传动装置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,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。

四、基本工作过程

01B 雷达全机详细组成方框图如图 1-2 所示。

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制作用下, 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: 送发射分系统的发射触发脉冲; 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制触发脉冲, 产生主抑制波门, 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而引起测距错误, 为此将发射触发的重复周期在 1875Hz 和 1500Hz 两个频率上跳变, 且使主抑制触发和发射触发在时间上完全同步, 防止回答信号被二次主波淹没。

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。

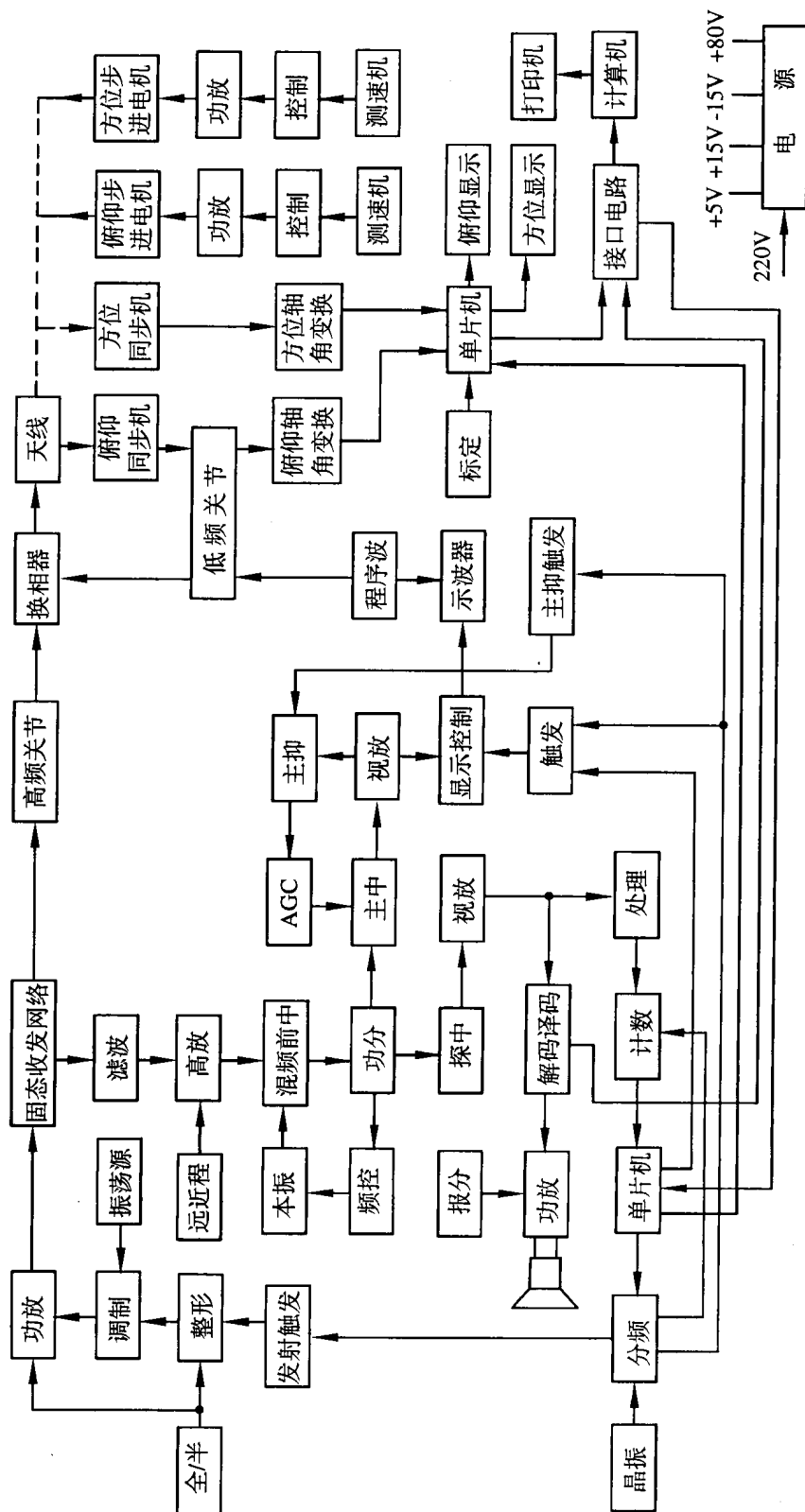
在天控测角分系统中, 天线控制器的执行器件采用步进电机, 手控信号输入器件采用直流测速机, 其输出电压通过变换和放大产生大电流脉冲驱动步进电机, 带动天线转动。同时, 轴角变换模块把与天线同步转动的同步机输出电压, 变换成相对应的天线位置的角度数字量, 由测角单片机控制角度数据的采集、标定、显示和传输, 并用数码管显示角度数据。

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 ~220V/50Hz 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。

五、整机线缆连接关系

01B 雷达全机共分三单元: 天线单元、综合单元和终端单元, 其线缆连接关系如图 1-3 所示。



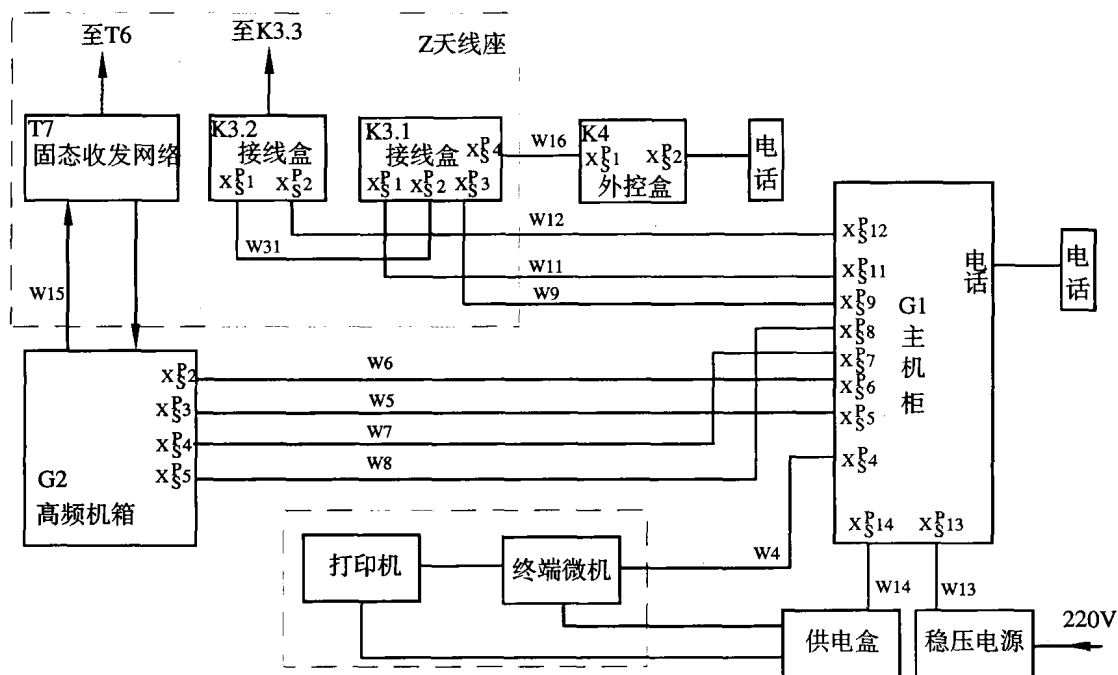
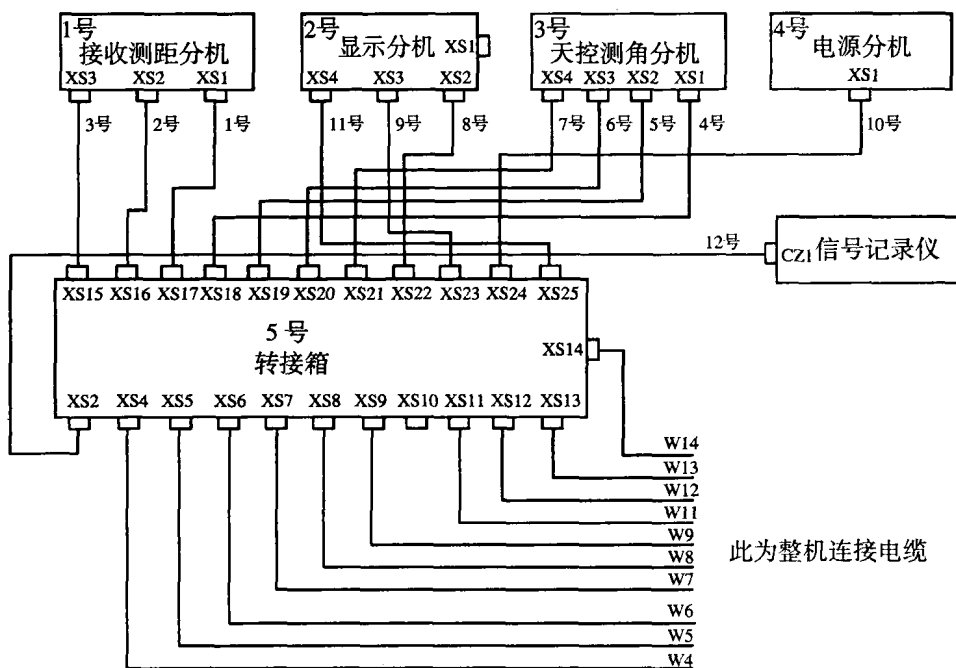


图 1-3 全机线缆连接图

综合单元和天线单元是依靠 $W_5 \sim W_9$ 、 W_{11} 、 W_{12} 电缆相连，由 W_{13} 、 W_{14} 供电。综合单元（主机柜）内有接收测距分机、显示控制分机、天控测角分机、电源分机和信号记录仪，它们依靠转接箱进行信号交换，由 W_4 把信号送给雷达的终端分系统。如图 1-4 所示。



此为整机连接电缆

图 1-4 主机柜线缆连接图

天线单元包括天线座、天线、馈线、相位圈、高频机箱等。其中，高频机箱与馈线的连接关系如图 1-5 (a) 所示；K3.1 接线盒线缆的连接关系如图 1-5 (b) 所示；天线与馈线线缆连接关系如图 1-5 (c) 所示。

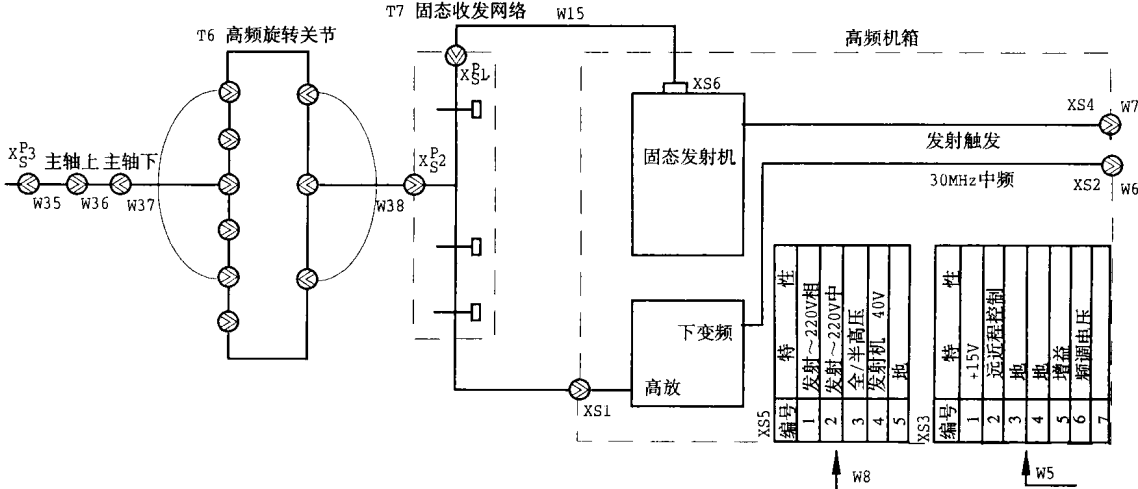


图 1-5 (a) 高频机箱与馈线的连接图

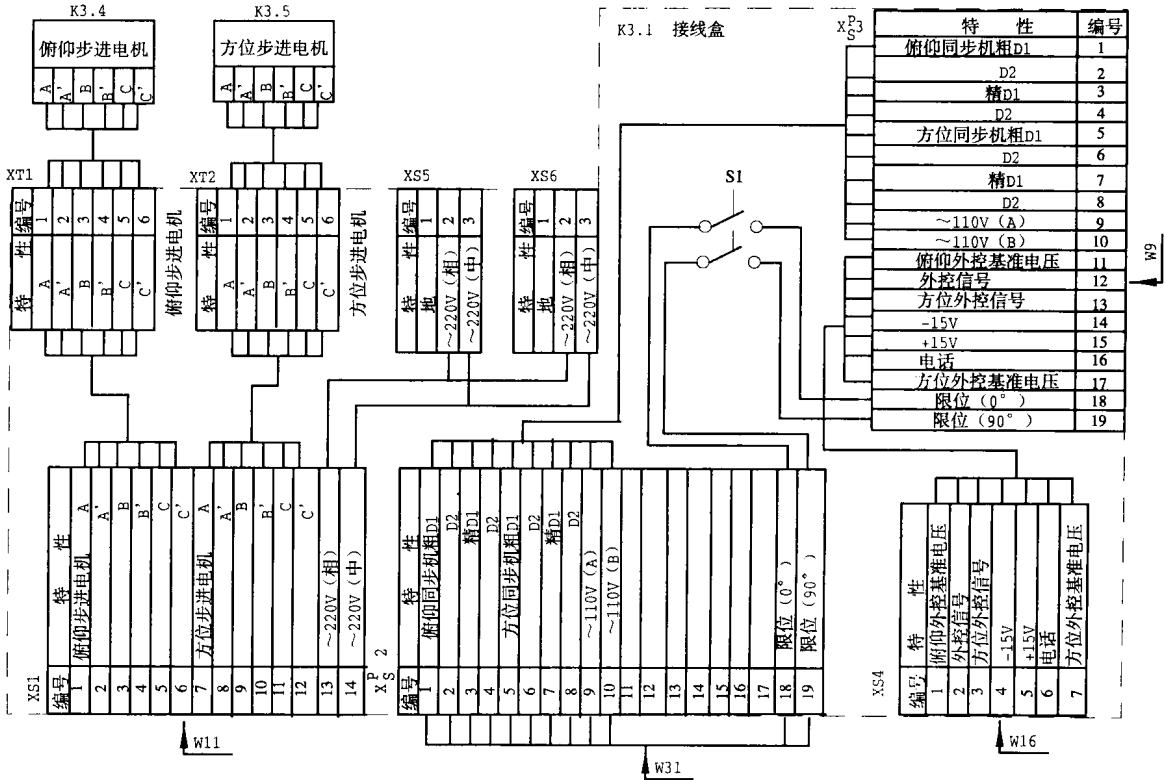


图 1-5 (b) K3.1 接线盒线缆连接图

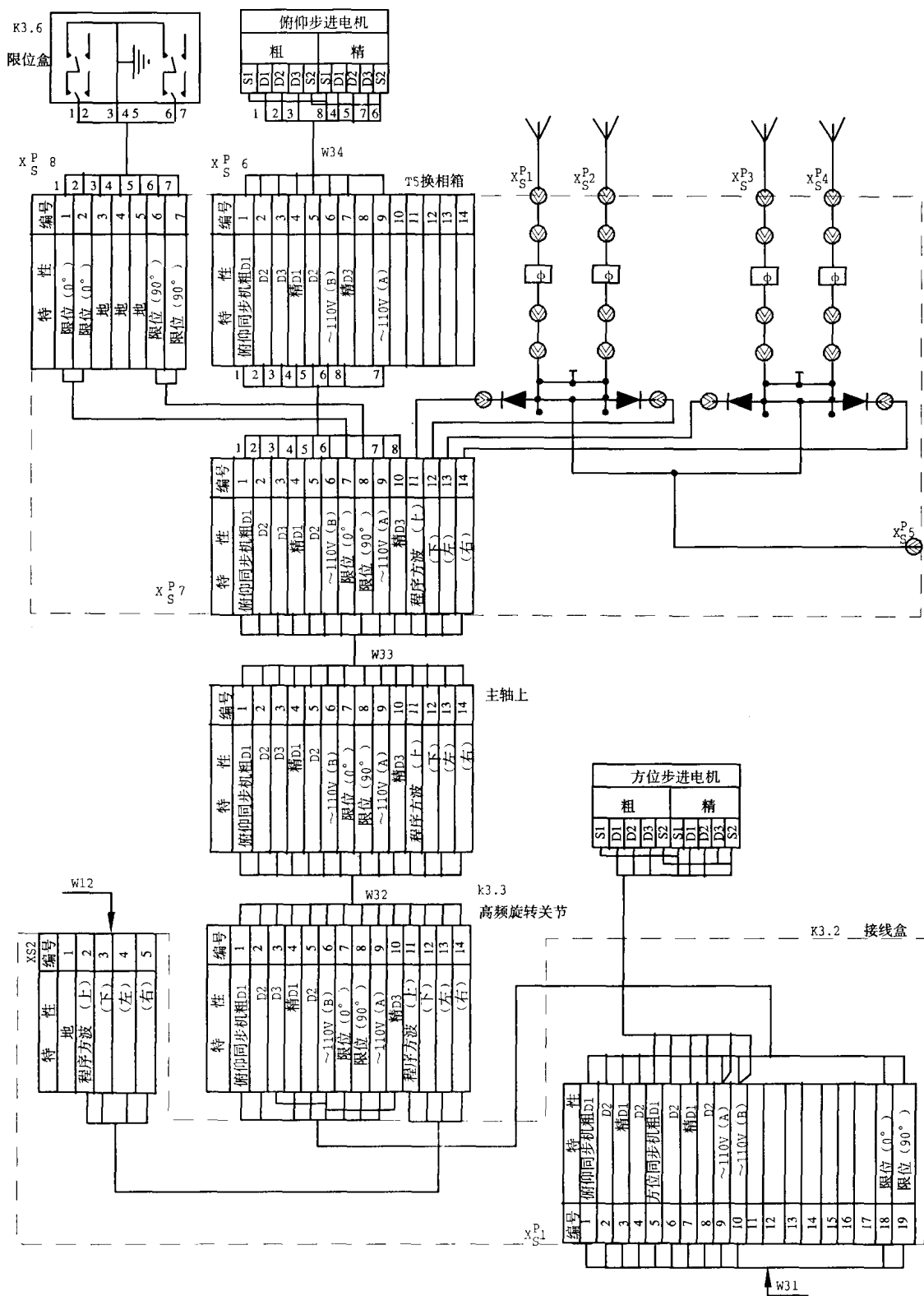
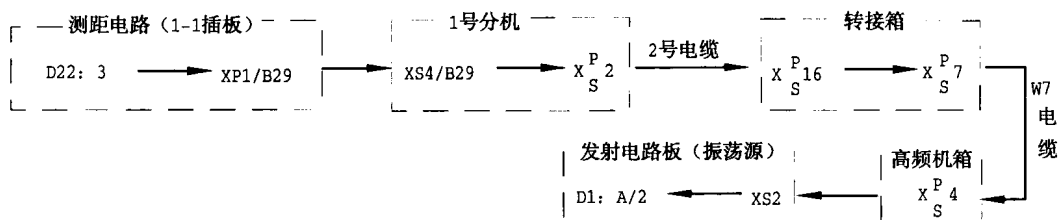


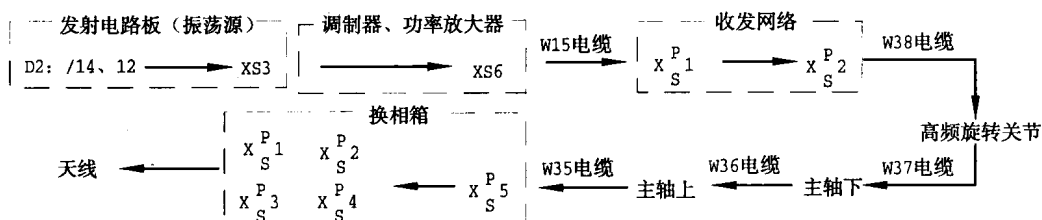
图 1-5 (c) 天线与馈线缆连接图

六、主要信号流程

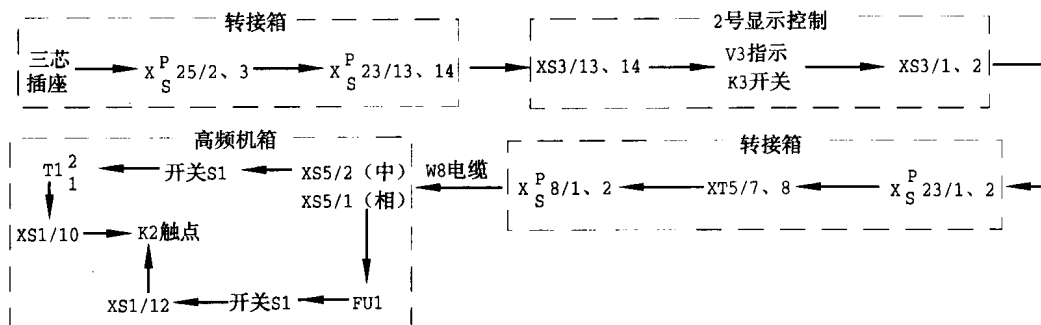
(一) 发射触发脉冲



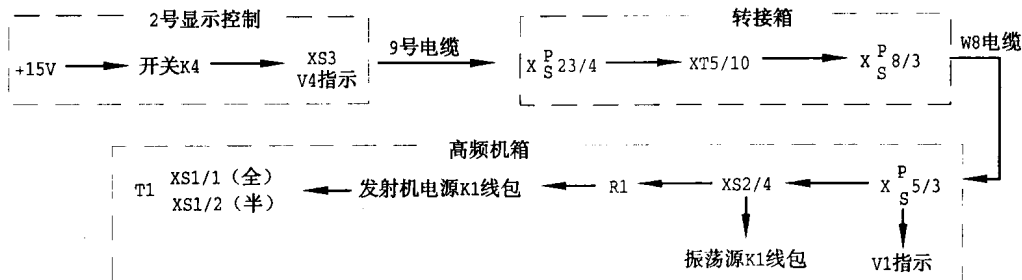
(二) 发射脉冲



(三) 发射机交流 220V



(四) 全/半功率控制电压



(五) 远远程控制

