

LLX02B型 天气雷达维修手册

(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

LLX02B 型天气雷达

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：LLX02B 型天气雷达维修手册
(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：9.75 插表：13

字 数：226 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 · 141

(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 LLX02B 型天气雷达的需要，我局委托中国人民解放军理工大学气象学院编写了《LLX02B 型天气雷达维修手册》，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

LLX02B 型数字化天气雷达（简称 02B 雷达）是我军近几年批量装备部队的新型气象雷达。搞好该雷达装备的维修工作，保证它随时处于良好状态，是各级领导机关的基本要求，更是广大气象雷达机务工程人员的重要职责。为了提高气象雷达机务工程人员的维修能力，做好气象雷达装备的维修工作，我们根据总参气象局指示组织编写了《LLX02B 型天气雷达维修手册》（简称 02B 雷达维修手册）。

02B 雷达维修手册是指导气象雷达机务人员进行科学维修的工具书，是 02B 雷达维修工作的入门向导。手册第一章概要地介绍了 02B 雷达的性能、组成、工作原理、主要信号流程及操作使用方法；第二章介绍了雷达维修的一般方法、步骤及注意事项；第三章至第九章则分别介绍了 02B 雷达各分系统的基本工作原理、检修特点，详细分析了各系统的典型故障，给出了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。手册主要针对一体化 02B 雷达编写，考虑到分体式 02B 雷达的特点，在附录二中专门给出了分体式 02B 雷达结构、信号流程、线缆信号特性等方面的资料。本手册可供气象雷达机务工程人员、气象装备管理人员学习使用，也可作为院校教学参考书。

本手册由焦中生担任主编，陈加清、沈超玲、夏锦忠、张鹿平参与编写工作，丁荣安教授负责审阅。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，王政、高太长给予了具体指导和帮助，特此致谢。

因编写水平有限，手册中难免有疏漏和不妥之处，敬请读者批评指正。

《02B 雷达维修手册》编写组

2001 年 6 月

目 录

第一章 LLX02B 型雷达维修基础	(1)
第一节 概述	(1)
第二节 基本工作原理	(5)
第三节 操作使用	(12)
第四节 架设标定	(18)
第五节 维护	(22)
第二章 雷达检修方法、步骤和注意事项	(25)
第一节 检修应具备的基本条件	(25)
第二节 雷达检修基本方法及注意事项	(25)
第三节 雷达检修的基本步骤	(28)
第四节 常用半导体器件性能判别	(29)
第三章 发射分系统原理与维修	(33)
第一节 基本工作原理	(33)
第二节 主要工作点参数与波形	(49)
第三节 检修特点及注意事项	(51)
第四节 典型故障分析与检修	(52)
第五节 常见故障表	(54)
第四章 天馈分系统原理与维修	(55)
第一节 基本工作原理	(55)
第二节 检修特点及注意事项	(57)
第三节 主要故障的检修	(58)
第五章 接收分系统原理与维修	(59)
第一节 基本工作原理	(59)
第二节 接收分系统主要参数测试	(66)
第三节 检修特点、方法与步骤	(71)
第四节 典型故障分析与判断	(72)
第五节 常见故障表	(74)
第六章 信号处理分系统原理与维修	(76)
第一节 基本工作原理	(76)
第二节 检修特点	(79)
第三节 主要波形	(79)
第四节 典型故障分析与检修	(80)
第七章 数字终端分系统原理与维护	(82)

第一节	基本原理	(82)
第二节	系统软件安装	(83)
第三节	使用维护注意事项	(84)
第八章	天控分系统原理与维修	(86)
第一节	基本原理	(86)
第二节	主要波形及参数测试	(90)
第三节	检修特点与方法	(96)
第四节	典型故障分析与检修	(96)
第五节	常见故障表	(99)
第九章	监控分系统原理与维修	(100)
第一节	基本原理	(100)
第二节	主要工作点参数	(106)
第三节	25 个参数监测点及信号流程	(109)
第四节	检修特点	(116)
第五节	典型故障分析与检修	(116)
第十章	配电分系统原理与维修	(118)
第一节	基本原理	(118)
第二节	主要工作点参数	(120)
第三节	检修特点	(121)
第四节	典型故障分析与判断	(121)
第五节	常见故障表	(123)
附录一	一体式 02B 雷达电缆芯线信号表	(125)
附录二	分体式 02B 雷达的主要特点	(133)

第一章 LLX02B 型雷达维修基础

第一节 概 述

一、用途与特点

LLX02B 型天气雷达（以下简称 02B 雷达），主要用于探测、监视雷达周围 300km 范围内的气象目标，定量测量距离 5 ~ 150km、高度 20km 以下云雨目标的强度、强度的空间分布，以及测定降水云发展高度、移向、移速等气象目标参数，为指挥员提供实时的空中气象情报。02B 雷达是气象短时预报的主要探测设备之一。

02B 雷达是一种常规数字化天气雷达，它是对 LLX02 型雷达（即 711 雷达）经大修加数字化改装后以新面貌出现的 X 波段数字化天气雷达。02B 雷达保持了 711 雷达作为国家金奖产品所具有的优点，又以成熟先进的计算机技术加以数字化改装，使之具备较强的数字信号处理和数据与图象处理功能。可以将采集到的实时气象信息作进一步处理后获得更有价值的二次气象产品。这些二次气象产品不仅适用于国防部门，还可用于民航、农业、水利等国民经济建设领域，为国家现代化建设提供可靠的气象资料。02B 雷达基本上实现了固态化、集成化、模块化，并且设置了 BIT 功能，因而大大地提高了雷达的可靠性和维修性。在改装设计中，规定数字终端系统可以配置在距离雷达主机 100m 的地方，完全可以置于气象预报室中。根据用户需要，可以设置远程遥控功能，对主机总电源及发射机高压实施遥控，从而做到可以由预报员直接控制雷达的开关机和决定雷达的工作状态，在雷达的使用性能方面上了一个新台阶。

二、主要战术参数

（一）工作波段 X

（二）探测范围

1. 给定条件 孤立的 4mm / h 中等强度降水目标
2. 距离 300km
- 高度 0 ~ 20km
- 方位角 360°
- 仰角 -2° ~ + 60°
- 强度 0 ~ 80dB
3. 定量探测距离 5 ~ 150km
- 显示距离 0 ~ 300km
4. 测量维数

四维 距离、方位角、仰角、强度

(三) 探测精度

距离 $\leq 150\text{m}$

方位角 $\leq 0.5^\circ$

仰角 $\leq 0.5^\circ$

高度 $\leq 300\text{m}$ (距离 $< 100\text{km}$)

$\leq 500\text{m}$ (距离 $100 \sim 300\text{km}$)

(四) 分辨力

距离 $\leq 150\text{m}$

方位角 $\leq 1.5^\circ$

仰角 $\leq 1.5^\circ$

强度 $\leq 0.32\text{dB}$

(五) 开机时间

正常 $\leq 5\text{min}$

紧急 $\leq 3\text{min}$

(六) 架拆时间 (机动站)

在地面风速 $\leq 20\text{m/s}$ 、无降水情况下 3 人操作

1. 架设 $\leq 90\text{min}$

2. 拆收 $\leq 30\text{min}$

(七) 连续工作时间 24h

(八) 电源

1. 供电方式 市电或电源站

2. 电源电压 $220\text{V}_{-15\%}^{+10\%}$ $50 \pm 2\text{Hz}$

3. 耗电量 雷达系统 $\leq 2\text{kW}$

 附属设备 $\leq 4\text{kW}$

三、主要技术参数

(一) 天线馈线部分

1. 天线部分

1) 天线型式 前馈旋转抛物面 (栅网)

2) 极化方式 水平线极化

3) 天线口径 1.5m

4) 波束宽度 $1.5^\circ \pm 0.2^\circ$

5) 天线增益 $\geq 38\text{dB}$

6) 副瓣电平 $\leq -23\text{dB}$

2. 馈线部分

1) 驻波比 ≤ 1.5

2) 系统损耗 $\leq 3\text{dB}$ (单程)

3) 承受脉冲功率 $\geq 100\text{kW}$

(二) 发射分系统

1. 工作频率 $9370 \pm 30\text{MHz}$
2. 脉冲功率 $\geq 75\text{kW}$
3. 脉冲宽度 $1 + 0.2\mu\text{s}$
4. 脉冲重复频率 400Hz
5. 发射管 多腔磁控管 (CKM-56)
6. 调制器 固态

(三) 接收分系统

1. 噪声系数 $\leq 3.5\text{dB}$
2. 中频频率 $30 \pm 0.3\text{MHz}$
3. 中频带宽 $1.6_{-0.2}^{+0.4}\text{MHz}$
4. 动态范围 80dB (对数)
5. AFC 搜索范围 40MHz
6. AFC 跟踪精度 0.3MHz
7. 本振 体效应管振荡器

(四) 信号处理分系统

1. 采样速率 1MHz
2. 量化字长 8bit
3. 距离库长 150m
4. 积分方式
 - 1) 方位 算术平均 (4 周期)
 - 2) 距离 不积分 (由数字终端分系统软件作积分处理)

(五) 数字终端分系统

1. 主控计算机

一台支持 ISA 总线的奔腾系列微机, 要求内存不低于 64MB ; 硬盘不低于 2GB ; 15 英寸 SVGA 显示器。

2. 实时工作

- 1) PPI 工作方式

显示精度: 0.1km

方位分辨率: 0.1°

图象分层: 最多 256 ($0 \sim 96\text{dB}$)

距离量程 $50\ 75\ 100\ 150\ 200\ 300$ (km)

在 PPI 图上, 可标注地标、地形线; 可读出距离、方位、强度。

- 2) RHI 工作方式

仰角分辨率: 0.1°

显示角度范围: $-2^\circ \sim 60^\circ$

图象分层: 最多 256 ($0 \sim 96\text{dB}$)

高度量程: 10km 、 20km

距离量程 $50\ 75\ 100\ 150\ 200\ 300$ (km) 水平距离

在 RHI 图上,可读出高度、距离和强度。

3. 原始回波数据存储

图象按规定数据格式存储,并保持一定数量(用户自定)。

4. 非实时图像产品

1) 重显及放大

终端软件支持多文档功能,可对多幅雷达图片进行同屏显示,并可进行放大、图象叠加等操作。

2) CAPPI 等高面数量

大于 20 个

3) 在非实时图象上可叠加地形背景、天气图等值线、地理坐标及天气实况。

5. 动画

对雷达图象进行动画显示,可正放、反放、暂停,速度可调。

6. 打印

图象可在 WindowsNT4.0 支持的打印机上输出。

7. 远程终端

除具备以上功能外,可对本地终端进行遥控。此时,本地终端的主要工作为采样和通信。

(六) 天线控制分系统

1. 控制精度

1) 方位角 0.2°

2) 仰角 0.2°

2. 工作方式 定点启停、PPI、RHI、CAPPI 点动

3. 天线转速

1) 方位 2、4 转/分

2) 俯仰 2 往返/分

4. 标定项目

1) 天线方位角

2) 天线仰角

(七) 监控分系统

1. 开关机方式

1) 手动(本控)

2) 程控(遥控、远控)

2. 工作状态监测项目

1) 发射分系统 磁控管电流、高压电源电压、充电电流、发射故障

2) 接收分系统 噪声电平、本振电压、AFC 晶流、信号晶流、放电管电流

3) 天线控制分系统 励磁电压、方位驱动电压、俯仰驱动电压、400Hz 激励源

4) 配电分系统 220V 电源电压

5) 其它各分系统主要直流电源电压

3. 故障报警方式

- 1) 声光报警
- 2) CRT 屏幕显示
- (两者同时进行)

第二节 基本工作原理

一、组成与结构

(一) 组成

02B 雷达由天线馈线分系统、发射分系统、接收分系统、信号处理分系统、数字终端分系统、天线控制分系统、监控分系统和配电分系统等 8 个部分组成。雷达的简化框图如图 1-1 所示。

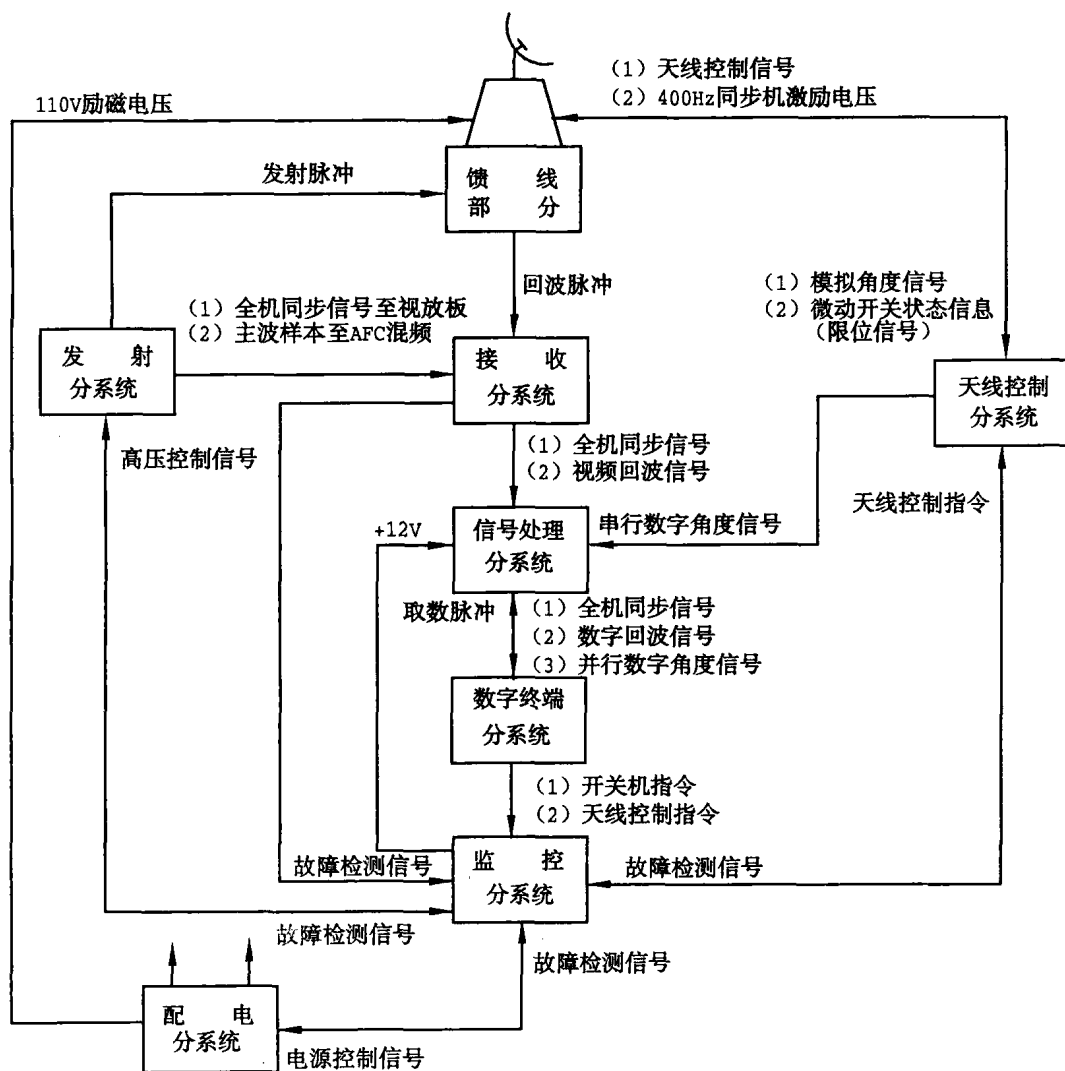


图 1-1 02B 雷达简化框图

（二）结构

02B 雷达的总体布局由 3 个单元组成，即天线单元、综合单元和终端单元。全机 8 个分系统的所有零、部件，分别安装在机柜或机座中，借助于波导和电缆、电线连接起来。对于固定站而言，这 3 个单元分别配置在房顶、机房和雷达工作室内。

02B 雷达总体布局如图 1-2 所示。

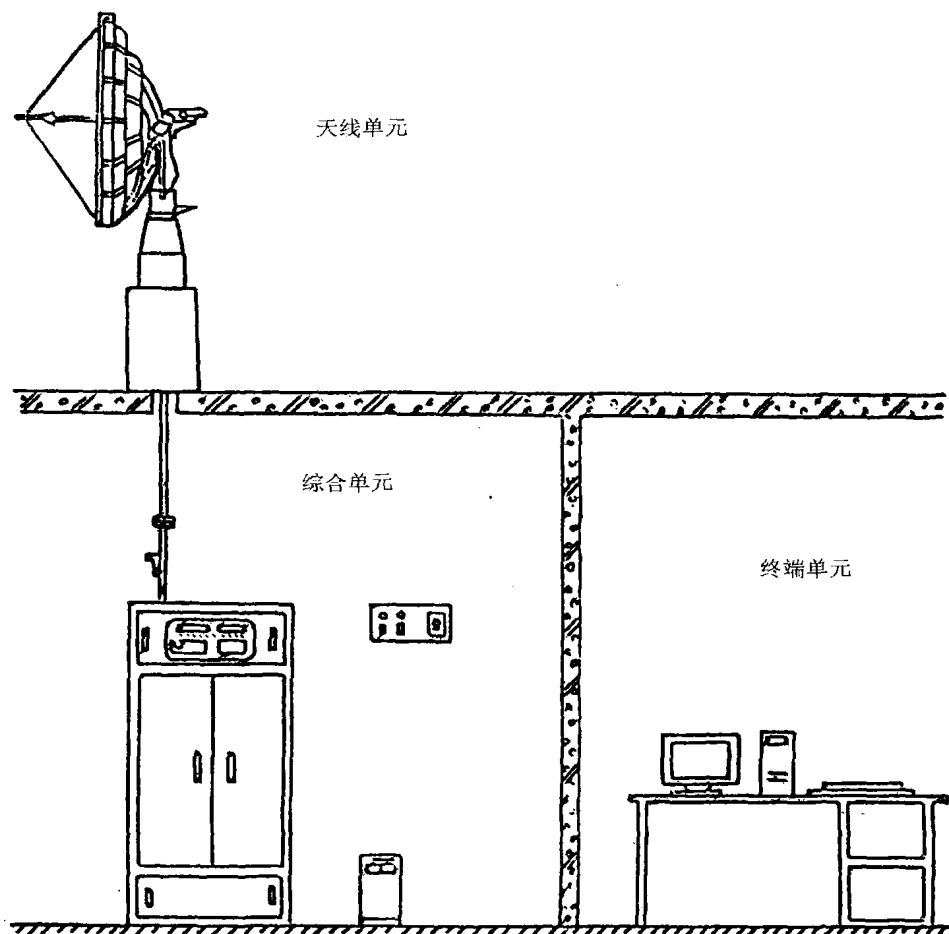


图 1-2 02B 雷达总体布局示意图

天线单元主要安置天线馈线分系统的大部件，以及天线控制分系统的方位、仰角传动机构的部件。它包括天线（分机代号 B11），馈线（分机代号 B12），以及天线座（代号 162），座架（代号 163）等，它们都安装在房顶。

机房内主要安置综合单元的主机柜（分机代号 01），配电分系统的单相 220V3kW 交流稳压器（分机代号 182）和配电板。主机柜的外型尺寸为高 1507.45mm、宽 650mm、深 528.8mm。主机柜内各分机的配置情况示意图如图 1-3 所示，分别安装发射分系统、接收分系统、天控分系统、监控分系统及馈线部分的器件、功能部件。

雷达工作室内安置终端单元，包括信号处理分系统、数字终端分系统等。

二、基本工作过程

发射分系统产生的大功率高频发射脉冲能量，经过馈线部分送到天线，由天线定向辐射到空间。此外，发射分系统还产生 400Hz 全机同步信号，送到接收分系统的视放板；在发射脉冲持续期间通过小孔耦合，将主波样本送到接收分系统的 AFC 混频器。

从目标反射回来的微弱的高频回波脉冲，由天线接收通过馈线部分送到接收分系统，经过频率变换和幅度放大后，成为模拟视频回波脉冲信号送往信号处理分系统。此外，从接收分系统的视放板输出全机同步信号加到信号处理分系统。

信号处理分系统将模拟视频回波脉冲信号经过 A / D 变换和预积分后，形成数字回波信号送往数字终端分系统，同时还送去全机同步信号。

数字终端分系统具有数字和图像处理功能。它能作实时 PPI、RHI，显示回波的方位、距离、强度，仰角（高度）。也可以将原始气象目标数据处理后形成多种二次气象产品在 CRT 屏幕上显示。此外，数字终端分系统可以发出开关机指令和天线控制指令，通过监控分系统控制整机电源及发射分系统加高压的时机，以及将天线控制指令送到天线控制分系统，以控制天线的工作方式。

天线控制分系统接受来自终端分系统（经监控分系统转发）的天线控制指令，将其转换成天线控制信号，控制伺服电机使天线作方位和俯仰运动。同时，它输出 400Hz 激励电压加到天线座上的方位和俯仰同步发送机的转子绕组，这样，天线运动时，同步发送机的定子绕组上就会产生模拟角度信号，送到天线控制分系统，经 S / D 变换后，形成串行数字角度信号送往信号处理分系统。信号处理分系统将其处理成并行数字角度信号，送往数字终端分系统。此外天线控制分系统还接受来自天线座的微动开关信号。

监控分系统接受来自 201 分机面板或数字终端分系统的指令，完成雷达电源的开关控制和发射高压的开关控制。更重要的是它对雷达各分系统的主要工作参数进行监测，实现了 BIT 功能。发现故障能自动作出声、光报警，并将故障信息在终端 CRT 屏幕上以中文菜单形式显示。

配电分系统提供全机各分系统电源。

三、整机连接关系

02B 雷达整机主要由天线单元、综合单元、终端单元等三大部分组成，各单元之间依靠 K₀₁ ~ K₁₁ 等 11 根电缆相连，如图 1-4 所示。各线缆内芯线所传输的信号特性参见本手册附录。

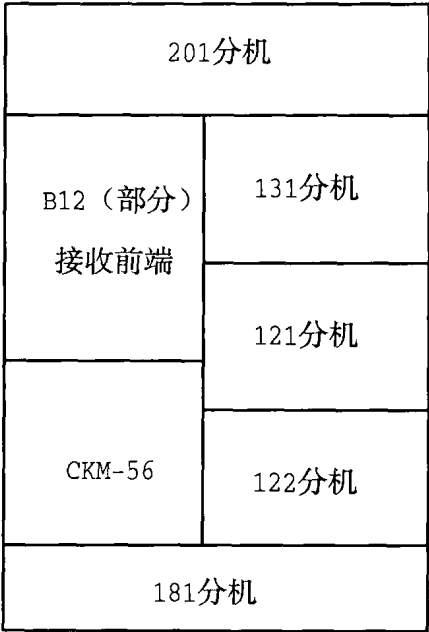


图 1-3 主机柜内各分机配置示

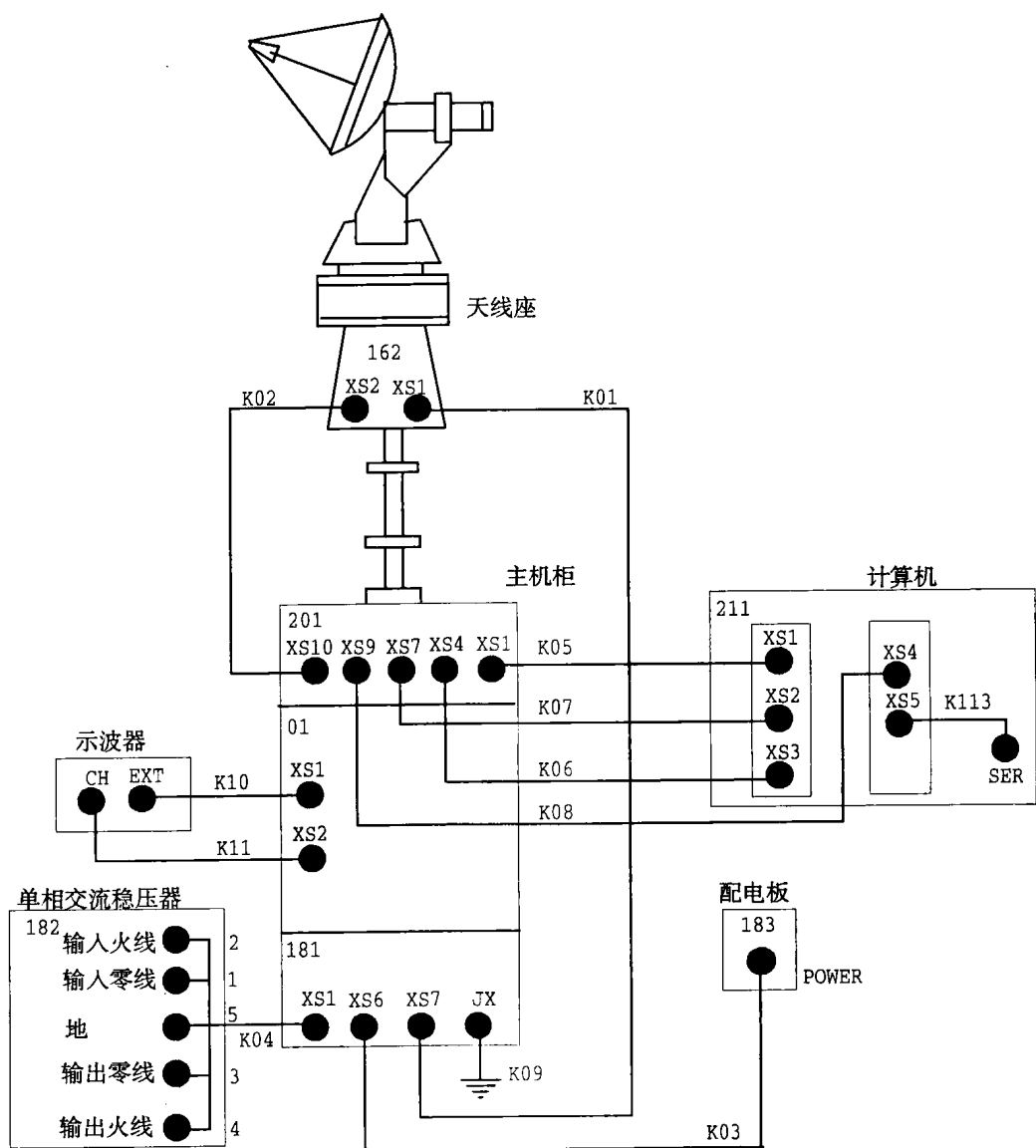


图 1-4 02B 雷达整机结构及其连线

02B 雷达收发及天控、监控等主要电路分机均安装在综合单元内的主机柜中。主机柜中包括 201、121、122、131、B12、181、CKM56 等 7 个分机。各分机之间依靠 101 ~ 112、115 等 13 根线缆相连，如图 1-5 所示。

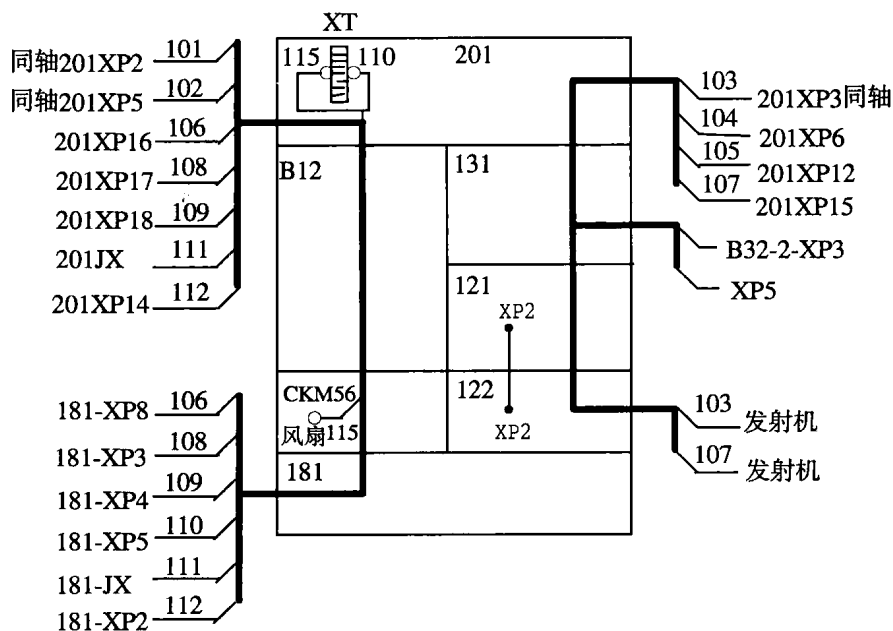
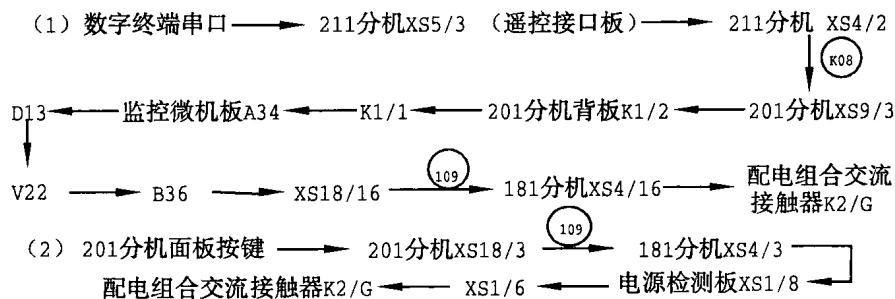


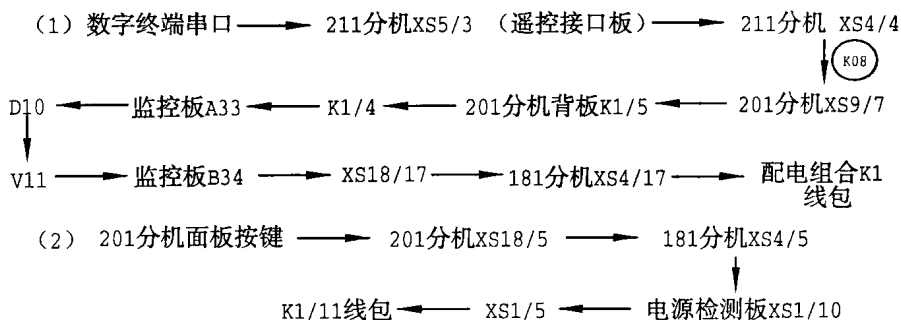
图 1-5 02B 雷达主机柜及其各分机间的连接

四、主要信号流程图

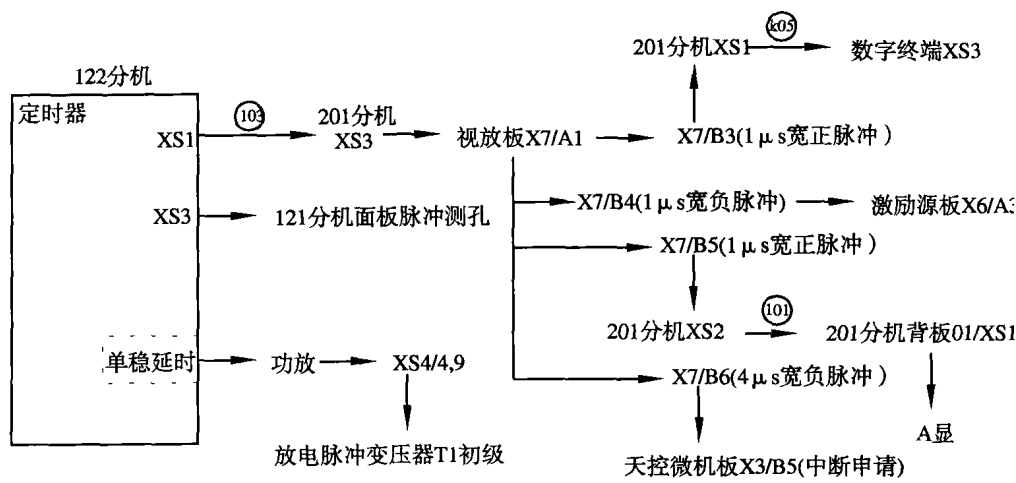
（一）电源开机控制信号流程



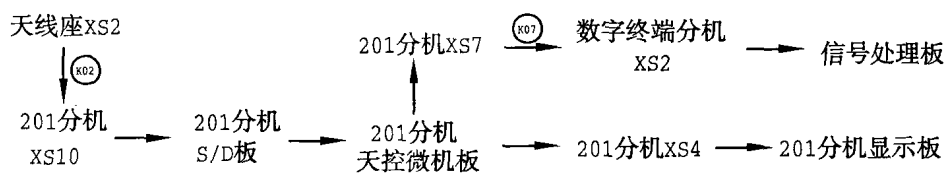
（二）电源关机控制信号流程



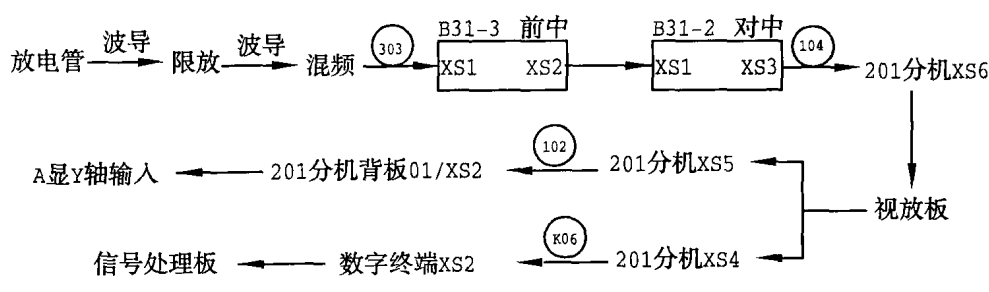
(三) 400Hz 同步脉冲流程



(四) 天线角度信号流程



(五) 回波信号流程



(六) 天线控制信号流程

