

L

波段雷达故障 维修手册

李勇 赵大庆 主编


L BODUAN LEIDA
GUZHANG WEIXIU
SHOUCE

 气象出版社
China Meteorological Press



L 波段雷达故障维修手册

李勇 赵大庆 主编

 气象出版社
China Meteorological Press

内 容 简 介

本书分为四篇,共 27 章,第一篇(1~12 章)为 L 波段探空雷达各系统工作原理简介;第二篇(13~14 章)为 L 波段探空雷达备份系统安装使用;第三篇(15~16 章)为探空仪和检测箱的工作原理和使用方法;第四篇为 L 波段探空雷达各系统的检查与维修维护。其中第四篇分为 11 章(17~27 章),总结故障维修实例 100 例,内容涵盖 L 波段雷达工作状态检查和常见故障的维修维护,是一本实战性较强的专著。本书可供从事气象技术装备保障的技术人员和有关科研、业务人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

L 波段雷达故障维修手册 / 李勇等主编. —北京:气象出版社, 2013. 12

ISBN 978-7-5029-5884-8

I. ①L… II. ①李… III. ①L 波段—气象雷达—故障诊断—手册②L 波段—气象雷达—故障修复—手册 IV. ①TN959.4-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 024571 号

L Boduan Leida Guzhang Weixiu Shouce

L 波段雷达故障维修手册

李勇 赵大庆 主编

出版发行:气象出版社

地 址:北京市海淀区中关村南大街 46 号

总 编 室:010-68407112

网 址:<http://www.qxcbs.com>

责任编辑:张锐锐 杨泽彬

责任技编:吴庭芳

封面设计:博雅思企划

印 刷:中国电影出版社印刷厂印刷

开 本:710 mm×1000 mm 1/16

字 数:230 千字

版 次:2013 年 12 月第一版

定 价:48.00 元

邮 政 编 码:100081

发 行 部:010-68407948

E-mail: qxcbs@cma.gov.cn

终 审:汪勤模

印 张:12

印 次:2013 年 12 月第一次印刷

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等,请与本社发行部联系调换。

序

20 世纪 90 年代以后,我国开始陆续装备 GFE(L)1 型二次测风雷达(简称 L 波段探空雷达),经过广大气象工作者艰苦努力,完成了全国 120 部 L 波段探空雷达的装备建设,目前已成为我国常规高空气象探测业务的主要手段。

L 波段探空雷达与 GTS1 型数字探空仪一起组成了完整的高空气象探测系统,不仅提高了我国高空气象探测业务质量和观测精度,提高了观测信息的空间和时间密度,而且实现了高空气象探测数据采集、编报和传输的自动化,在天气预报、极端灾害性天气预警、人工影响天气,以及气候预测方面发挥着重要作用。

为了最大限度发挥 L 波段探空雷达的效益,缩短雷达故障分析与排除的时间,提高其可用性,作者编写了这本《L 波段雷达故障维修手册》,其中总结了来自业务实践中大量的故障维修实例,是实践经验的宝贵积累,对保障我国高空观测业务稳定运行具有很强的实用价值和实际指导意义。

希望本书的出版能推进全国各高空观测台站之间的交流,使我国的高空气象探测业务更上一层楼。

李 柏

2013 年 12 月

前 言

高空气象探测系统是大气综合探测系统的重要组成部分。L波段探空雷达与GTS1型探空仪组成的高空气象探测系统在我国高空气象探测业务中应用,不仅提高了我国高空气象探测的质量和精度,提高了探测资料的空间与时间密度,而且实现了探测数据采集、监测和集成的自动化。

与过去的59-701高空气象探测系统相比,L波段高空气象探测系统具有自动化程度高、采样速度快、探测精度高等诸多优点,可以准确地探测地面至30 km高空的温、压、湿、风向、风速等气象要素,用于全球气象数据交换、预报员分析天气形势和大气环流走向,是天气预测预报不可缺少的重要气象资料,对于日常及灾害性天气预测预报发挥着重要的作用。

L波段探空雷达是应用于我国高空气象探测系统的现代化大型气象探测电子设备,全国120个探空站都已装备了L波段探空雷达,由于电子设备的特殊性能,在运行过程中会出现各种故障,这本《L波段雷达故障维修手册》(以下简称《手册》)可以给技术保障工作带来很大的帮助,参考《手册》可快速地判断故障部位,缩短故障停机时间,提高L波段雷达的可用性和高空气象探测资料的精准性,从而进一步提高我国的探空资料质量。

为了加强台站对L波段探空雷达的技术保障能力,提高对L波段探空雷达的维修水平,更好地掌握雷达性能,保障系统稳定运行,充分发挥L波段探空雷达的经济效益,特编写《L波段雷达故障维修手册》一书,希望达到预期效果。

《手册》由以下人员共同完成:童建平、王静、田野、高磊、韩冰、

李华、刘亚男、钟博、邓效民、艾青、张靖萱。

《手册》编写过程中得到了李柏、高玉春、柴秀梅、张锐锐、潘新民、陈新华、孙宜君、李吉明等专家的指导和帮助，在此表示感谢。

作 者

2013 年 12 月

目 录

序
前言

第 1 篇 GFE(L)1 型二次测风雷达整机工作原理

第 1 章 雷达概述	(3)
1.1 L 波段雷达的用途和基本原理	(3)
1.2 L 波段雷达的组成及其作用	(5)
1.3 L 波段雷达主要单元结构示意图	(8)
1.4 L 波段雷达主要技术指标	(12)
1.5 L 波段雷达的使用及注意事项	(12)
第 2 章 天馈线系统	(14)
2.1 天馈线系统工作原理	(14)
2.2 主要技术指标	(18)
2.3 天馈线功能检查	(18)
第 3 章 发射系统	(19)
3.1 远程发射机结构及工作原理	(19)
3.2 近程发射机工作原理	(20)
3.3 发射系统功能检查	(22)
第 4 章 接收系统	(23)
4.1 接收机工作原理	(23)
4.2 接收机主要技术指标	(25)
4.3 接收机功能检查	(25)
第 5 章 测距系统	(28)
5.1 测距系统工作原理	(28)

5.2	测距系统主要技术指标	(30)
5.3	测距系统功能检查	(30)
第 6 章	测角系统	(31)
6.1	测角系统工作原理	(31)
6.2	测角系统主要技术指标	(32)
6.3	测角系统功能检查	(32)
第 7 章	天线控制系统	(33)
7.1	天线控制系统工作原理	(33)
7.2	天线控制系统主要技术指标	(34)
7.3	天线控制系统功能检查	(35)
第 8 章	终端系统	(36)
8.1	终端系统工作原理	(36)
8.2	终端系统主要功能	(36)
8.3	终端系统功能检查	(38)
第 9 章	自检/译码系统	(41)
9.1	自检/译码系统工作原理	(41)
9.2	主要功能及相关信号	(42)
9.3	自检/译码系统功能检查	(42)
第 10 章	发射/显示控制系统	(43)
10.1	显示控制工作原理	(43)
10.2	发射控制工作原理	(45)
第 11 章	电源系统	(46)
11.1	电源系统基本组成	(46)
11.2	主要性能指标	(47)
11.3	电源系统工作状态检查	(47)
第 12 章	雷达日常维护保养与标定	(48)
12.1	雷达日常维护保养	(48)
12.2	雷达标定	(49)
12.3	光轴、机械轴与电轴一致性的检查和校正	(53)
12.4	L 波段探空雷达技术指标	(55)

第 2 篇 雷达备份系统安装使用

第 13 章	GTC2 型探空数据接收机	(61)
13.1	概述	(61)
13.2	接收机的组成	(61)
13.3	接收机的架设	(62)
13.4	接收机对探空仪信号的调整	(65)
13.5	接收机的使用	(65)
13.6	野外应急架设	(66)
第 14 章	ZXG01F 型测风经纬仪	(71)
14.1	概述	(71)
14.2	工作原理	(72)
14.3	业务使用	(76)
14.4	日常维护	(84)
14.5	经纬仪电池使用与维护	(87)

第 3 篇 GTS1 系列探空仪与 JKZ1 型探空仪检测箱

第 15 章	GTS1 系列探空仪简介	(91)
15.1	GTS1 型探空仪结构	(91)
15.2	GTS1 型探空仪的技术要求	(95)
15.3	GTS1 型探空仪的工作原理	(96)
15.4	GTS1 型探空仪使用方法	(100)
15.5	GTS1 型探空仪检查方法	(103)
第 16 章	JKZ1 型探空仪检测箱	(105)
16.1	检测箱整机介绍	(105)
16.2	检测箱技术要求	(109)
16.3	检测箱工作原理	(110)
16.4	检测箱使用方法	(111)
16.5	检测箱维修方法	(115)

第4篇 L波段探空雷达故障检查方法与维修实例

第 17 章	大发射机工作状态检查与维修	(119)
17.1	大发射机工作状态检查方法	(119)
17.2	大发射机故障维修实例	(122)
第 18 章	小发射机工作状态检查与维修	(125)
18.1	小发射机工作状态检查方法	(125)
18.2	小发射机故障维修实例	(127)
第 19 章	接收系统工作状态检查与维修	(129)
19.1	接收系统工作状态检查方法	(129)
19.2	接收系统故障维修实例	(137)
第 20 章	测距系统工作状态检查与维修	(140)
20.1	测距系统工作状态检查方法	(140)
20.2	测距系统故障维修实例	(142)
第 21 章	天线控制系统、测角系统工作状态检查与维修	(144)
21.1	天线控制系统、测角系统工作状态检查方法	(144)
21.2	天线控制系统、测角系统故障维修实例	(150)
第 22 章	终端系统工作状态检查与维修	(156)
22.1	终端系统工作状态检查方法	(156)
22.2	终端系统故障维修实例	(159)
第 23 章	探空信号接收质量检查与维修	(163)
23.1	探空信号接收质量检查方法	(163)
23.2	探空信号接收质量故障维修实例	(163)
第 24 章	电源系统及主机箱工作状态检查与维修	(166)
24.1	电源系统及主机箱工作状态检查方法	(166)
24.2	电源系统及主机箱故障维修实例	(167)
第 25 章	示波器工作状态检查与维修	(169)
25.1	示波器工作状态检查方法	(169)
25.2	示波器显示故障维修实例	(172)
第 26 章	驱动箱工作状态检查与维修	(176)
26.1	驱动箱工作状态检查方法	(176)

26.2	驱动箱故障维修实例	(177)
第 27 章	雷达报警情况检查与处理	(178)
27.1	雷达报警情况检查	(178)
27.2	报警电路故障维修实例	(180)

第 1 篇

GFE(L)1型二次测风雷达整机工作原理

第 1 章 雷达概述

1.1 L 波段雷达的用途和基本原理

GFE(L)1 型二次测风雷达(以下简称 L 波段雷达)用于高空大气的综合性观测。它与 GTS1 型数字式电子探空仪相配合,能够测定高空风向、风速、气温、气压、湿度五个气象要素。

L 波段雷达是利用跟踪探空气球实现测风的功能。探空气球上携带无线电应答器(简称应答器)升空,探测时 L 波段雷达在地面向它发出“询问信号”,应答器收到“询问信号”后就对应地发回“回答信号”。根据每一对询问与回答信号之间的时间间隔和回答信号的来向,就可以测定每一瞬间探空气球所在空间的位置,即应答器离 L 波段雷达的直线距离、方位角、仰角,然后根据气球随风飘移的情况就可计算出高空的风向、风速。当探空气球携带探空仪升空后,在上升过程中探空仪不断发出温、压、湿无线电信号,被 L 波段雷达天线接收。

L 波段雷达的测距原理简介如下:

雷达的“询问信号”(即发射脉冲)从雷达天线发射出去到达探空气球后,气球上的“探空仪”随即产生一个应答信号,并按原路返回,被雷达天线所接收。只要知道无线电波从雷达站到气球之间的往返时间,然后用这个时间的一半去乘无线电波的传播速度,就可以计算出探空气球与雷达站之间的距离。

假设无线电波的传播速度为 C ,测定的时间为 Δt ,则所求的距离 D 可用式(1.1)计算:

$$D = 1/2(C \cdot \Delta t) \quad (1.1)$$

无线电波在空间传播速度相当于光速,即 $C = 3 \times 10^5 \text{ km/s}$, Δt 通常用微秒计算($1 \mu\text{s} = 10^{-6} \text{ s}$),即每微秒的传输距离为 0.30 km ,则计算距离为 $D = 0.15 \Delta t \text{ km}$ 。

由上面的讨论可知,距离测量的精确程度取决于计时精度。由于需要测定的时间量 Δt 非常短,并且又要非常精确,所以系统对计时电路的要求非常高,在 L 波段雷达中,这个计时的任务由计数器来完成,计数器在发射脉冲的起始时(即发射脉冲的前沿)开始计数,在目标回波的到来时停止

计数,用所得的计数值乘以被计数脉冲的周期即得需要测定的 Δt 。根据测定的 Δt ,可直接计算出回波的距离。

通用雷达观测或跟踪的目标是无源的,是依靠目标物反射电波进行测距的,而L波段雷达所跟踪的目标是有源的,即目标物携带应答器,故称二次雷达。不管所跟踪的目标有源还是无源,其测距原理都是相同的。

L波段雷达自动测角与角度跟踪采用的是假单脉冲体制。所谓假单脉冲体制就是目标的角误差获取是与单脉冲系统一样的(单脉冲系统,是指每发射一个脉冲,天线能同时形成若干个波束,将各波束回波信号的振幅和相位进行比较,当目标物位于天线轴线上时,各波束回波信号的振幅和相位相等,信号差为零,当目标物不在天线轴线上时,各波束回波信号的振幅和相位不等,产生信号差,因为几个波束同时接收回波,所以理论上讲,只要分析一个回波脉冲就可以确定角误差,所以单脉冲由此得名),但角误差信号不是直接送到接收机,而是先调制到“和”信号上再送到接收机,但波束按时间顺序跳变类似于圆锥扫描体制(圆锥扫描体制:它的最大辐射方向偏离等信号轴一个角度,当波束以一定的角度绕着等信号轴旋转时,波束最大辐射方向就在空间画了一个圆锥,故称圆锥扫描,圆锥扫描系统只采用一套接收机),故只采用一套接收系统工作,假单脉冲体制由此而来。

4

雷达的天馈线由4个 $\Phi=0.8\text{ m}$ 抛物面天线、和差环、调制环等组成,水平、垂直波瓣宽度均不大于 6° ，“和差环”是完成假单脉冲体制的关键部件。调制环在程序方波的控制之下,将由“和差环”获取的上下天线、左右天线误差信号分别调制在“和”信号上,此信号经接收机放大、解调即可得出反映目标偏离电轴情况的角误差信号(包括大小和方向)。利用垂直面上的两个天线所获取的误差信号推动俯仰电机而测得仰角,利用水平面上的天线所获取的误差信号推动方位电机而测得方位角。

下面以测方位角为例来说明测角原理。如图1.1所示,如果天线电轴正对着东方,且目标亦在正东方,则偏北和偏南两波束收到的信号强度相等,即角误差为零,在显示器上可以看到两根代表方位的亮线一样长。如果电轴没有对准目标(例如电轴方向偏南或偏北了一个角度),则偏北和偏南两波束收到的信号强度不同,即有角误差产生,在显示器上可以看到两根代表方位的亮线不一样长。

雷达就是利用这个原理来测定方位角和仰角的。在业务观测中,只要转动天线,使显示器上的四条亮线始终两两对齐(上和下、左和右分别对齐)就表示雷达天线对准了目标。实际上L波段雷达的角度跟踪已实现了自动化,只有在天气条件恶劣,进而造成自动跟踪失败时才需手动搜索。

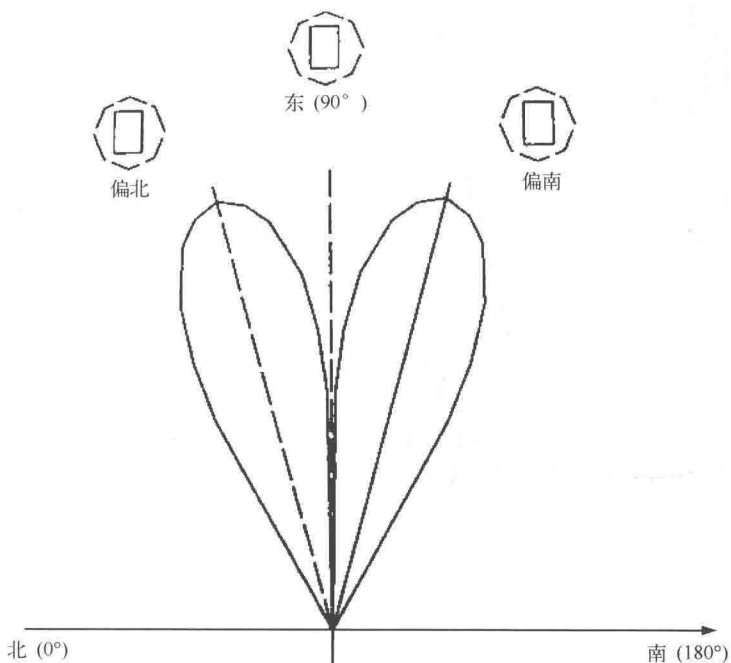


图 1.1 测角原理示意图

根据测距和测角的数据(球坐标数据)可以掌握探空气球在空中飘移的速度和方向,从而计算出空中不同高度的平均风速和风向。

各个高度层大气的温度、气压、湿度气象资料,是利用气球上携带的探空仪来观测的。探空仪由对温度、气压、湿度反应灵敏的感应元件及转换电路所组成,敏感元件的电参量随着空气中温度、气压、湿度的变化而变化。而转换电路则对变化的电参量进行采样、编码然后形成探空码,并用此探空码来控制应答器,将编码数据发回地面,L波段雷达把探空数据接收下来,就得到了空中温度、气压、湿度三个气象要素的资料。

在L波段雷达中,无论是球坐标数据,还是探空数据,其录取、存储、处理等工作都是由数据终端来完成的,探空值班员只要通过点击图标就可得到各种报表、数据,并将其打印输出。

1.2 L波段雷达的组成及其作用

整套L波段雷达分为室外和室内两大部分。雷达整机框图如图1.2所示。

