

综合气象观测技术保障培训系列教材

主 编：敖振浪
副主编：李建勇 金 良

L波段探空

L boduan tankong leida

雷达



综合气象观测技术保障培训系列教材

L 波段探空雷达

主 编：敖振浪

副主编：李建勇 金 良

内容简介

本书以我国实际的气象探空业务为主线,主要介绍了目前我国普遍使用的 L 波段探空雷达系统的组成、电路原理、维护维修方法与经验实例,正常探测业务流程和应急探测设备的使用要求,雷达系统标定操作步骤,制氢设备的正确使用要求及安全措施,附属仪器仪表的使用方法等内容。各章节分别针对实际业务应用重点环节作介绍,深入浅出,简单易懂,理论联系实际,实操性强。可作为培训机构、高等院校相关专业的学习教材,也可供高空气象探测业务操作人员和雷达技术保障人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

L 波段探空雷达/敖振浪主编.--北京:气象出版社,2017.2

ISBN 978-7-5029-6454-2

I . ①L… II . ①敖… III . ①气象雷达-高层大气探测 IV . ①P412.25

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 264624 号

L Boduan Tankong Leida

L 波段探空雷达

敖振浪 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

电 话:010-68407112(总编室) 010-68408042(发行部)

网 址:<http://www.qxcbs.com>

责任编辑:刘瑞婷 吴晓鹏

责任校对:王丽梅

封面设计:易普锐创意

印 刷:北京中新伟业印刷有限公司

开 本:787 mm×1092 mm 1/16

字 数:230 千字

版 次:2017 年 2 月第 1 版

定 价:38.00 元

邮政编码:100081

E-mail: qxcbs@cma.gov.cn

终 审:邵俊年

责任技编:赵相宁

印 张:8.25

印 次:2017 年 2 月第 1 次印刷

编委会

顾 问：许永铎 庄旭东

主 编：敖振浪

副主编：李建勇 金 良

委 员：	林金田	罗雄光	张运林	王 辉
	谭鉴荣	雷卫延	黄飞龙	刘艳中
	黄海瑾	许兵甲	章伟民	周钦强
	蔡耿华	王明辉	陈冰怀	吕雪芹
	何艳丽	李 茂	马佩强	

序

气象探测是开展天气预报预警、气候预测预估、气象服务和气象科学研究的基础,是推动气象科学发展的动力。随着社会经济快速发展,人民生命财产安全对气象服务的需求达到了前所未有的高度。面对新任务、新需求,面对极端气象灾害多发、频发、重发的严峻考验,中国气象局准确把握当前时代特征和世界发展趋势,领导各级气象干部职工全面推进气象现代化建设,在我国气象事业发展历史进程中谱写了新的篇章。在气象现代化建设中,中国气象局树立“公共气象、安全气象、资源气象”的发展理念,确立了建设具有世界先进水平的气象现代化体系,实现“一流装备、一流技术、一流人才、一流台站”的战略目标,明确了不断提高“气象预测预报能力、气象防灾减灾能力、应对气候变化能力、开发利用气候资源能力”的战略任务,形成了现代气象业务体系、气象科技创新体系、气象人才体系构成的气象现代化体系新格局。

经过近三十年的发展,我国气象现代化建设取得了丰硕成果。实施了气象卫星、新一代天气雷达、气象监测与灾害预警等重大工程。成功发射风云系列气象卫星,实现了极轨气象卫星技术升级换代和卫星组网观测、静止气象卫星双星观测和在轨备份。建成了由 180 多部新一代天气雷达组成的雷达探测网,基本形成风廓线雷达局部探测业务试验网,全面实现高空探测技术换代。地面气象基本要素实现观测自动化,自动气象站覆盖了全国 85% 以上乡镇,数量达到 5 万多个。建成了 400 座风能观测塔、1210 个自动土壤水分观测站、485 个全球定位系统大气水汽观测站、10 个空间天气观测站,实现了大气成分的在线观测。建成全国雷电监测网。启动了海洋气象观测系统建设,建成了浮标站、船舶观测站和海上石油平台观测站。建立了全国基本观测业务设备运行监控系统和气象技术装备保障体系。

广东是我国改革开放前沿阵地,广东气象人解放思想、实事求是、与时俱进,瞄准世界先进水平,高起点、高标准,把气象现代化建设推进到新的高度,建成了国际先进的现代化探测网。探测网包括了 12 部新一代天气雷达、4 部 L 波段探空雷达、86 个国家级自动站、2400 多个区域自动站、16 部风廓线雷达、28 个闪电定位仪、32 个 GPS/MET 水汽探测站、31 个土壤水分站、4 个浮标站、3 个石油平台自动站、2 个船舶自动站、8 个大气成分站,形成了一个高时空密度的现代化综合天气探测网,为气象预报预警和气象服务发挥了重大作用。

随着大量各种各样气象探测设备建成和应用,设备能否稳定可靠地运行,准确获取气象资料,技术保障工作至关重要。为了管理和维护好全省综合气象探测网,发挥其在气象预报、服务、科研和防灾减灾工作中的重要作用,发挥投资效益,需要广大气象装备技术保障人员认真做好各类气象装备的维护保障工作。做好维护保障工作离不开一支高素质的人才队伍。为了适应这一需要,广东省气象探测数据中心组织气象探测和装备保障领域的专家以及一线技术骨干组成编写组,在总结各类气象装备的原理设计、安装调试和维修维护的实践经验基础上,编写成这套《综合气象观测技术保障培训系列教材》。

教材集中了气象装备保障一线的维修维护、科研、业务、设计、生产领域相关技术人员和专

家的智慧,是编写组成员付出大量辛勤劳动的结晶。教材内容深入浅出,理论联系实际,既有较高的理论水平,又有很强的实用性。内容图文并茂,既有原理描述,又有典型故障案例分析,有助于技术保障人员快速了解和掌握维修诊断技术及处理方法,也是综合气象观测人员的一本不可多得的实用工具书。

期待并相信这套系列教材能够对气象探测及装备保障人员的上岗培训及实际业务工作具有较好的参考价值,培养出一批高素质、高水平的综合气象观测方面的人才,快速、高效、高质量地完成气象装备保障任务,为率先实现气象现代化做出积极贡献。

许永铎

2016年3月

前 言

气象观测是气象工作的基础,气象装备技术保障工作是气象观测系统正常运行的保证。在高空气象探测系统中 L 波段探空雷达起到了重要作用,做好其技术保障工作尤为重要。虽然各级管理和业务部门制定了一系列的管理制度,并举办了许多覆盖广东全省 L 波段探空雷达的维修维护技术培训班,印发了若干技术资料,但限于台站技术力量水平整体偏低、动手能力相对较弱、技术水平参差不齐、保障人员流动性大等因素制约,在一定程度上影响了 L 波段探空雷达技术保障业务工作的的发展和保障业务水平的提升。因此,综合近年来各类自动气象站培训材料精华,编写一本涵盖范围广、针对性强、综合性强的 L 波段探空雷达技术保障培训教材十分必要与迫切。

《综合气象观测技术保障培训系列教材——L 波段探空雷达》由广东省气象探测数据中心组织专家和一线技术骨干编写而成。本教材系统全面综合了多年来广东省 L 波段探空雷达系统的主要培训内容,力求涵盖 L 波段探空雷达探测系统的组成、原理、维护、维修以及业务管理等内容。第 1 章介绍了目前高空气象探测的现状及发展方向和探空雷达站点的基本情况;第 2 章详细剖析了 L 波段探空雷达整机及各分系统的组成及工作原理;第 3 章通过对实际工作经验的总结,阐述了 L 波段探空雷达的维护和标定工作的要求及具体操作步骤;第 4 章着重介绍了探空应急设备的使用方法,包括探空备份接收机、光学经纬仪和电子经纬仪等设备的使用及注意事项;第 5 章对探空系统的整个放球过程进行了详细流水式介绍,涵盖了探空软件的安装,放球前、后的准备处理工作以及放球过程中出现异常情况的解决方法;第 6 章主要介绍了 L 波段探空雷达的维修,通过对近年来维护保障工作经验的总结,将故障按系统分类给出了故障现象、分析过程及处理方法;第 7 章介绍了日常维修用的仪器仪表的使用方法,主要是示波器和万用表;第 8 章对涉氢安全进行了重点介绍,着重提醒探空观测人员在制氢、用氢过程中的规范操作及注意事项,以防安全事故;最后通过附录的形式给出了 L 波段探空雷达省级和台站级备件储备清单和日常维护、月度维修表单。本教材可作为高空气象探测技术保障人员的参考手册,也可作为其他业务人员学习高空气象观测的入门教材。

教材编写主要参考了 L 波段探空雷达的各类培训资料,设备厂家调试技术资料、公开发表的论文、论著、学术会议交流资料、管理文件等,还有台站技术人员工作经验总结材料等等。由于取材广泛,难以一一列出资料的原作者,在此对所有作者一并表示致谢!教材编写过程还得到了部分市局业务管理及技术人员的支持和帮助,在此表示衷心感谢!

由于编写人员技术能力有限,疏漏及错误在所难免,请广大读者批评指正。

编 者

2016 年 3 月

目 录

序

前言

第 1 章	概述	(1)
1.1	高空气象探测	(1)
1.2	广东省探空雷达概况	(2)
1.3	高空气象探测的发展方向	(2)
第 2 章	GFE(L)1 型探空雷达的原理及组成	(5)
2.1	GFE(L)1 型雷达概述	(5)
2.2	天馈线分系统	(13)
2.3	发射分系统	(16)
2.4	接收分系统	(19)
2.5	测距分系统	(22)
2.6	测角分系统	(24)
2.7	天控分系统	(25)
2.8	终端分系统	(26)
2.9	自检/译码分系统	(29)
2.10	发射/显示控制分系统	(30)
2.11	电源分系统	(31)
第 3 章	探空雷达的维护及标定	(33)
3.1	雷达的维护保养	(33)
3.2	雷达的标定	(36)
第 4 章	应急设备的使用	(41)
4.1	GTC2 型备份接收机	(41)
4.2	光学经纬仪	(42)
4.3	GYR1 型电子经纬仪	(45)
第 5 章	探空业务平台处理流程	(49)
5.1	探空业务软件	(49)
5.2	业务值班内容和操作流程	(61)
5.3	特殊情况的处理	(77)

第 6 章	GFE(L)1 探空雷达的维修	(81)
6.1	天馈线分系统	(81)
6.2	发射分系统	(84)
6.3	接收分系统	(87)
6.4	测距分系统	(90)
6.5	终端分系统	(91)
6.6	天控分系统	(91)
6.7	轴角分系统	(94)
6.8	整机故障	(95)
第 7 章	仪器仪表的使用	(97)
7.1	万用表的使用	(97)
7.2	示波器的使用	(99)
第 8 章	涉氢作业安全规范	(105)
8.1	制氢安全	(105)
8.2	用氢安全	(111)
参考文献		(113)
附录 1	省级备件储备清单	(114)
附录 2	台站备件储备清单	(117)
附录 3	日常维修登记表	(118)
附录 4	月度维护登记表	(119)

第1章 概述

1.1 高空气象探测

高空气象探测是采用特殊的平台和设备直接探测,或通过遥感方法进行间接探测大气中温度、气压、湿度和风等要素的垂直分布。高空气象探测的资料和情报不仅能为天气预报、气候预测等提供重要依据,同时在国防和国民经济建设中起着十分重要的作用。如在空军飞行作战、高炮、卫星发射、人工影响天气、防止大气污染等与高空天气变化有关的活动中,高空气象探测起着十分重要的作用。

WMO(世界气象组织)将全球高空气象探测站分为3类,包括 GCOS 探空站、全球资料交换探空站与各国国内探空站。目前全球高空站网中有 GCOS 探空站 161 个,全球资料交换探空站 794 个,各国国内探空站 650 个。目前中国气象局常规高空探测站 120 个(不含港澳台),主要是在北京时间 08 时与 20 时进行观测,其中 87 个站参加全球资料交换,14 个全球交换的气候月报资料交换站,7 个站为全球气候观测系统探空站(GCOS 站),分别为内蒙古二连浩特、海拉尔,甘肃民勤,湖北宜昌,云南昆明,西藏那曲,新疆喀什,此外,西藏、新疆还共有 6 个小球测风站,其他部门还有 100 多个探空站,主要是在北京时间 02 时进行观测。

我国早已形成气象高空探测网,并已成为世界高空气象探测网的重要组成部分。20 世纪 50 年代以来,59—701 系统在我国的高空气象探测中,一直作为主力探测设备发挥了重要的作用。1998 年 12 月开始,为了提高探测设备的自动化水平,提高高空探测精度,南京大桥机械厂研制了 L 波段系统,经过中国气象局考核试验,成为取代 59—701 系统的新一代高空气象探测系统。从 2002 年开始,中国气象局开始了常规高空探测设备的升级换代,以新型的 L 波段探空系统替代原来的 59—701 探空系统,以电子探空仪替代原来的 59 型机械探空仪,截至目前,已经完成了全部 L 波段探空系统的布设。气象观测具有准确性、代表性与可比较性 3 个特点,能为气象预报预测与气象服务提供高质量可靠的观测数据。通过中国气象局气象探测中心的技术评估,L 波段探空系统和 59—701 探空系统保持了探空高度数据总体趋势的一致性,偶然误差减小,探空高度数据的稳定性和精度有较大提高;L 波段探空系统资料达到日本高空气象探测系统探测水平,温度探测达到北美区域探空仪的水平,L 波段高空气象探测系统矢量风误差好于北美区域探空仪的水平;总体上达到 20 世纪 90 年代中期世界先进水平。

关于测风方式,目前南美、非洲、大洋洲、东南亚和部分欧洲地区国家一般采用 GPS 测风系统,中国和独联体国家采用雷达测风系统,欧洲、加拿大和韩国等采用罗兰导航测风—探空系统,美国、印度、日本和部分东南亚国家采用无线电经纬仪测风系统。GPS 是美国第二代导航星全球定位系统,它能为全球任何地点或近地空间的用户提供精确连续的定位和导航信息。

其差分定位精度优于 10 m,测速精度优于 0.1 m/s,计时精度优于 1 ns,把 GPS 用于高空气象探测是国际上公认的最新技术。但是,由于 GPS 导航系统属美国控制,采用 GPS 测风方式也存在国家安全隐患问题,因此,虽然国际上已经普遍使用 GPS 测风方式,但是对于我国来讲,为了尽量避免外来因素影响,我国应该继续加快研制国产 GPS 探空系统,做好技术储备;未来中国的北斗也会发射 24 颗星,形成中国自主的导航系统。目前,我国高空探测部门正在对 GPS 测风探空仪进行研究和试验,国内已有多个厂家自主研制了 GPS 测风探空仪,有关部门正在进行试验考核。试验结果表明,我国利用 GPS 测风的技术已达到了世界先进水平,已具备了独立研制电子探空仪的能力,为利用我国“北斗”卫星导航系统进行高空风测量做好了技术准备,可在国产 GPS 探空系统的基础上,研制针对北斗导航的国产探空系统。

1.2 广东省探空雷达概况

广东共有 4 个探空站,分别位于清远、汕头、阳江、东源,其中清远为全球资料交换探空站,其余三个站点为国内探空站。

清远探空站的前身是广州天河观测站,是 1996 年 1 月 1 日从广州天河气象台搬迁至清远的,1996 年 1 月 1 日正式在清远市气象局大院内采用 701C 系统开展高空观测业务。2010 年 4 月 1 日迁站至清远市清城区东城街办学贤路,采用 L 型二次测风雷达系统正式投入业务使用。清远探空站在每天的北京时间 08 时、20 时和 02 时进行观测。

汕头探空站 1956 年 9 月 1 日开始观测,位于汕头市中山路孔庙旁,于 1985 年 10 月 1 日迁站至汕头市潮汕路 83 号,在每天的北京时间 08 时、20 时进行观测,于 2007 年 2 月 1 日正式开始使用 GFE(L)1 型二次测风雷达和 GTS1 型数字探空仪进行观测。

阳江探空站始建于 1966 年,并于当年 5 月开始观测,1955 年 12 月至 1966 年 4 月使用小球测风,2000 年 1 月 7 日起使用 59—701C 微机数据处理软件,2004 年 5 月搬迁至阳江市江城区市髻山顶,安装了 GFE(L)1 型二次测风雷达系统,于 2004 年 7 月 1 日起正式投入业务使用。阳江探空站在每天的北京时间 08 时、20 时进行观测。

东源探空站(59293)的前身是连平探空站(区站号 59096,使用的是 701 雷达及 59 型探空仪),系由连平搬迁而来,于 2007 年 4 月 1 日 07 时起正式观测,并开始正式使用 GFE(L)1 型二次测风雷达和 GTS1 型数字探空仪。东源探空站在每天的北京时间 08 时、20 时进行观测。

1.3 高空气象探测的发展方向

根据中国气象局未来探空的发展规划,确定 L 波段探空系统作为未来的过渡体制,稳定基本业务。在国产 GPS 探空系统研制基础上,逐步发展针对中国北斗的卫星导航测风系统;此外,研制探空自动放球系统,未来在艰苦台站实现无人探空,在有人站实现一人值守探空。探空要发展,传感器国产化是首要目标。在此基础上,提高传感器探测精度,缩短传感器时间常数,提高工艺的一致性与稳定性,提高性价比,提高传感器探测精度,实现国产化。同时研究高空辐射订正、测量结果之后订正等算法,从软件上弥补硬件的不足。在最近 WMO 召开的

高空观测研讨会上,WMO正在准备对全球探空站进行改革调整,对于探空站进行重新分类,包括指标探空(BenchmarkNetwork)、基准探空(Upper AirReference Network)、GCOS探空(GCOS Upper Air Network)、综合探空(Comprehensive ObservingNetwork)。其中指标探空对高空大气的各种参数进行非常精确的观测,是基准探空网的核心,但就目前的技术和标准而言,还是一个概念性的东西;基准探空将提供长期高质量的气候记录,校准和检验包括卫星在内的其他遥感探测数据质量,提供更大范围的大气变量,重点开展高空温度、水汽、风速和风向、云、地球辐射收支和痕量气体浓度变化等观测项目,WMO拟在我国内蒙古锡林浩特建设一个基准探空站;GCOS探空以现有站点和观测项目为基础,提高探测精度,同时考虑与GAW结合,开展气溶胶等大气成分观测;综合探空除了以上探空外,还包括进行空间密度更高的观测探空站网,监测大尺度和区域尺度气候变化和变动。

2010年7月WMO组织在中国阳江开展国际探空设备比对,在热带/亚热带高湿度条件下,测试业务探空仪与研究型探空仪的性能以及对比,检验上次在毛里求斯参加比对的业务探空仪的改进性能;利用直接探测的业务探空仪为遥感测量进行验证,为找寻不同观测技术之间的最佳数据融合积累资料;对比结果将为一些国家在RBCN/RBSN(区域基本气候/天气网络)以及GRUAN(GCOS基准高空网络)中选用高质量业务探空仪提供依据。

未来的气象观测将从人工观测向自动化遥测遥感发展,从定性观测到定量观测,从单一的大气圈观测到地球各大圈层及其相互作用的综合观测;综合利用多种手段、多种技术,实现高精度、高时空分辨率、连续、自动、一体化定量观测。为了满足精细化气象服务的需求,探测设备空间网格更密,资料时间密度更高,从二维观测向三维立体观测发展,从大尺度的天气观测向中小尺度天气观测发展。高空探测的仪器并不都是在高空大气中进行直接测量的,其测量方式多种多样。随着科学技术的发展和进步,采用遥测、遥感工作方式的很多高空大气探测仪器和方法研制成功并逐渐投入了业务应用。各种测风雷达、无线电经纬仪、激光雷达、微波辐射计、风廓线仪及其地基、空基遥感和导航卫星信号反演大气参数的技术发展迅速,大大扩展了高空探测的领域。即在地面或卫星上安置探测仪器就可测量空中大气参数,并已成为进行高空大气探测发展的方向。在空中风的无球探测方面,我国早在20世纪90年代初就开始了风廓线仪的研制和试验,目前已有上百套边界层、对流层和平流层风廓线仪在全国广大地区运行,并有多个厂家投入了对风廓线仪的研制和生产,为我国下一步以遥感方式测量空中风,替代跟踪气球测风提供了设备和技术支持。在卫星遥感测量方面,我国已经建立了数百个利用地基遥感技术进行空中水汽廓线反演的GPS/MET观测站,为抗旱、防洪的天气预报提供了宝贵的空中水汽含量及分布的资料。我国对卫星空基遥感技术的研究已经进入了使用阶段,并已成功地发射了用于掩星观测的小卫星。利用导航卫星和低轨道小卫星进行低层和高层大气温度、湿度和压力的反演技术正在顺利推进。风廓线和GPS/MET可在不使用升空仪器的情况下探测大气风、温、湿的垂直分布情况,可有效弥补常规探空站点时空密度不够的缺陷,从而获取更丰富的高空气象资料。

因此,在常规探空基础上,对于高空气象的观测目标与观测方法进行拓展。在观测空间上,从地面到对流层、对流层顶、平流层;在观测要素方面,从风温压湿等常规要素向辐射、大气电场与痕量气体(臭氧)等发展;在观测方法上,将常规探空、臭氧探空、风廓线仪、GPS/MET水汽、AMDAR等,综合布局,互为补充,发挥各自特点。在地面至35 km,以常规气象探空为主,利用AMDAR资料弥补常规探空观测时空密度不足,利用风廓线雷达、GPS/MET水汽监

测可以全天候运行的特点,实现风与水汽时空密度上的加密观测,以无人飞机开展应急移动观测,在常规温压湿风的基础上,增加臭氧探空,监测臭氧变化趋势;30~200 km,由于探空火箭比探空气球飞得高、比低轨道运行的人造地球卫星飞得低,是填补高空气球和人造卫星直接探测不到的空白高度的最有效手段,因此,应发展气象火箭探空,进行平流层观测,取得平流层观测资料,建立我国高层大气模式,研究对流层与平流层之间的物质交换和能量交换,为数值模式提供改进依据,以及模式计算结果的验证。展望未来,随着现代化观测技术与观测设备不断发展,全球气象观测资源的持续有序整合,高空气象观测系统的发展必将进一步提升气象观测水平,进而推动预报预测水平的发展,更好地为经济社会发展服务。

第2章 GFE(L)1型探空雷达的原理及组成

2.1 GFE(L)1型雷达概述

2.1.1 探测原理

GFE(L)1型雷达是GFE(L)1型二次测风雷达的简称,用于高空大气综合性的探测。它与GTS1型数字式电子探空仪相配合,能测定高空的风向、风速、气温、气压、湿度五个气象要素,为气象台站提供准确的气象资料。该型雷达是利用跟踪探空气球来测风的。探空气球上携有无线电回答器(简称回答器),测量时GFE(L)1型雷达在地面向它发出“询问信号”,回答器就对应地发回“回答信号”。根据每一对询问与回答信号之间的时间之隔和回答信号的来向,就可以测定每一瞬间探空气球的空间位置,即它离雷达站的直线距离、方位角、仰角,然后根据气球随风飘移的情况,可推算出该位置高度的风向、风速。

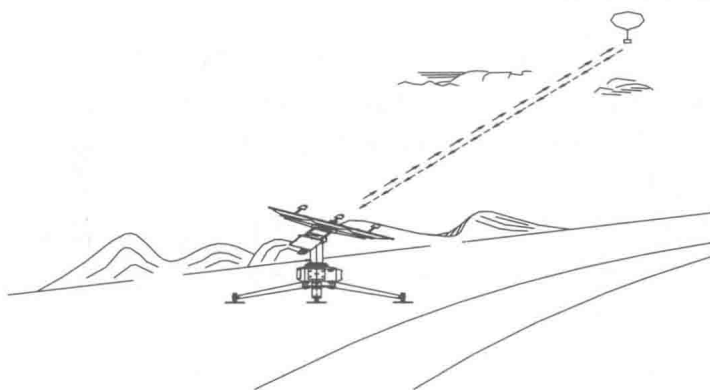


图 2.1 L波段雷达测距原理图

雷达的测距原理如图2.1所示,雷达的“询问信号”即发射脉冲,从雷达天线发射出去,按图中箭头所指方向到达探空气球,气球上的“回答信号”即产生一个应答信号,并按原路返回,被雷达天线所接收。只要我们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,就可以求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 ,测定的信号往返时间为 Δt ,则所求的距离 D 可用下式计算:

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

无线电波在空间传播速度相当于光速,即 $C=3 \times 10^5$ km/s, Δt 通常用微秒计算($1 \mu\text{s}=10^{-6}$ s),即速度为 $C=0.15$ km/ μs ,则求得距离为 $D=0.15\Delta t$ km。

GFE(L)1 型雷达测角原理,如图 2.2 所示。如果天线电轴对着正东方,且目标亦在正东方,则由于射频信号到达左右天线所经历的路程相等,因而无相位差,即角误差为零,这样在显示器上分别显示出来的两根亮线也就一样长。如果电轴没有对准目标(如电轴方向偏南或偏北了一个角度),这样因到达左右两个单元天线的射频信号有相位差,所以就有角误差信号产生,在显示器上两根亮线就不一样齐。

GFE(L)1 型雷达就是利用这个原理来测定方位角和仰角的。在业务探测中,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,实际上雷达的角度跟踪已实现了自动化,只有在恶劣的天气下造成起始抓球失败时才需手动搜索。

空中各高度上大气的温、压、湿三个气象要素的探测,是利用气球上携带的探空仪来完成的。探空仪是由对温、压、湿反应灵敏的感应元件即传感器及转换电路所组成,敏感元件的电参量随着空气中温、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、编码而形成探空码,然后用此探空码去控制回答器,再由回答器将探空码发回地面,雷达接收机把它接收下来,这样就得到了空中温、压、湿三个气象要素。

在 GFE(L)1 型雷达中,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,探空员只要通过点击图标就可得到各种报表、数据,并可将其打印输出。

2.1.2 系统组成及其作用

图 2.3 是 GFE(L)1 型雷达的工作布局图。室外部分称为天线装置,它由撑脚、天线座、立柱、俯仰减速箱、天线阵、和差箱、近程发射机、摄像机等组成。它可置于地面上,也可置于楼顶平台上。而室内部分则由主控箱、驱动箱、示波器、微机、UPS 电源组成。其中室外、室内部分由 6 根 50 m 电缆相连。

GFE(L)1 型雷达的组成及各分系统的相互关系如图 2.4 所示。共有十个分系统,它们分别是:天馈线分系统、发射分系统、接收分系统、测距分系统、测角分系统、天控分系统、终端分系统、自检/译码分系统、发射/显示控制、电源分系统。

1) 天馈线分系统:该分系统的功能是用来将发射机产生的高频电磁能有效地传输到天线,并由天线向空间辐射,同时将应答器发回的射频信号由天线接收下来,并有效地传输到接收机。天线部分由 4 个直径 Φ 为 0.8 m 抛物面天线组成,由天线传动装置控制,做左右方位转动和上下俯仰转动。和差箱的作用是将 4 个天线所接收的信号叠加得到和信号,将由于目标偏离天线而形成的角误差提取出来,得到角误差信号,并按 50 Hz 的速率将角误差信号调制到和信号上。

2) 发射分系统:该分系统的功能是在由测距分系统送来的发射触发脉冲控制下,定时地产生高频脉冲,通过天线向空间辐射,作为对应答器的询问信号。

3) 接收分系统:该分系统的功能是将天线所接收到的探空仪射频信号加以放大、变频、解调送到测距、天控分系统,以完成测距和跟踪应答器的功能。此外,还将探空仪发回的探空码解调出来,送到数据处理终端得到温、压、湿数据。同时还在测距分系统送来的主抑制脉冲的控制下,完成主波抑制功能,以消除发射主波和近地物回波对 AGC、AFC 功能的影响。

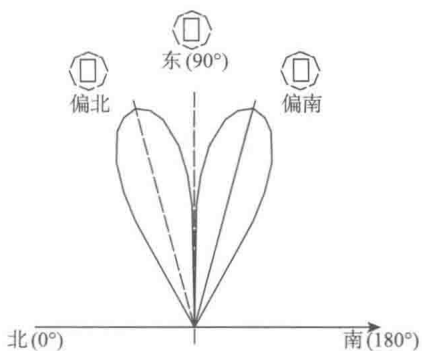


图 2.2 L 波段雷达测角原理图

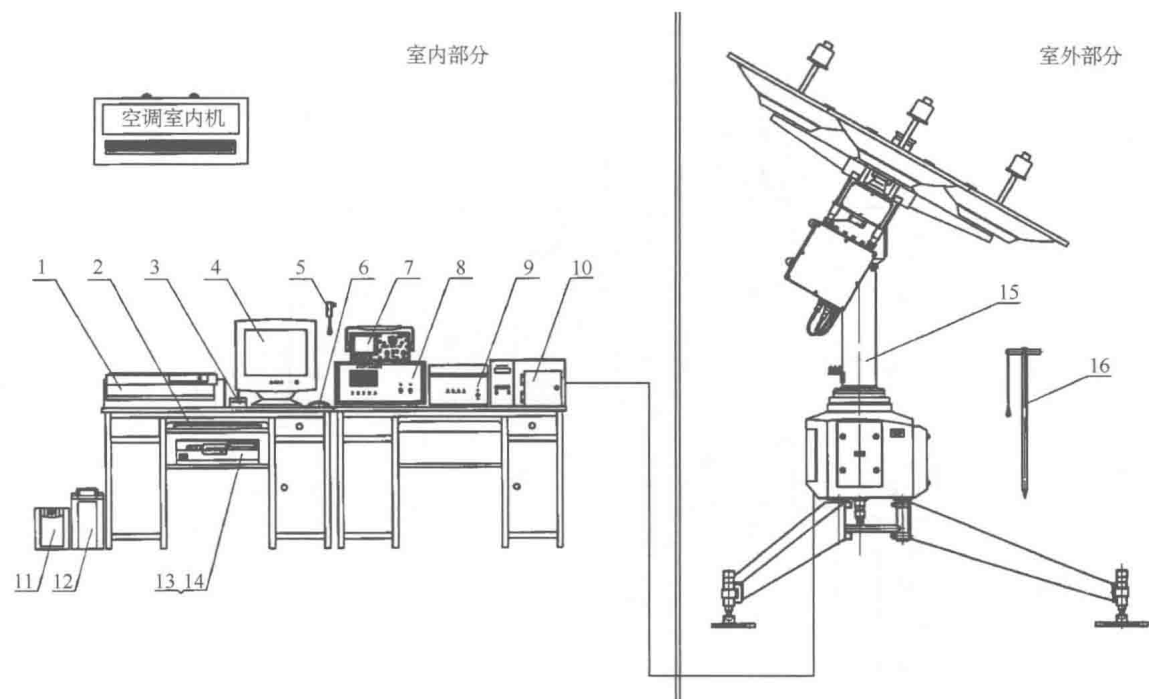


图 2.3 L 波段雷达整机工作时的布局图

1. 宽行点阵打印机 2. 键盘 3. 控制盒 4. 显示器 5. 亮度控制盒 6. 鼠标 7. 示波器 8. 主控箱 9. 驱动箱 10. 基测箱 11. UPS电源 12. 蓄电池 13. 计算机主机 14. 彩色视频采集卡 15. 天线装置 16. 地线桩

4)测距分系统:该分系统的功能是测量回答器的应答信号相对发射机发射主波间的延时,从而测量雷达与应答器之间的斜距,并将所得到的数据以串口通信的方式送到终端分系统,最终在微机显示屏上显示出来。

5)测角分系统:该分系统的功能是将同步机送来的代表天线角位置三相交流信号进行 A/D 变换,并将所得到的数据以串口通信的方式送到终端分系统,最终在微机显示屏上显示出来(方位、俯仰均如此)。

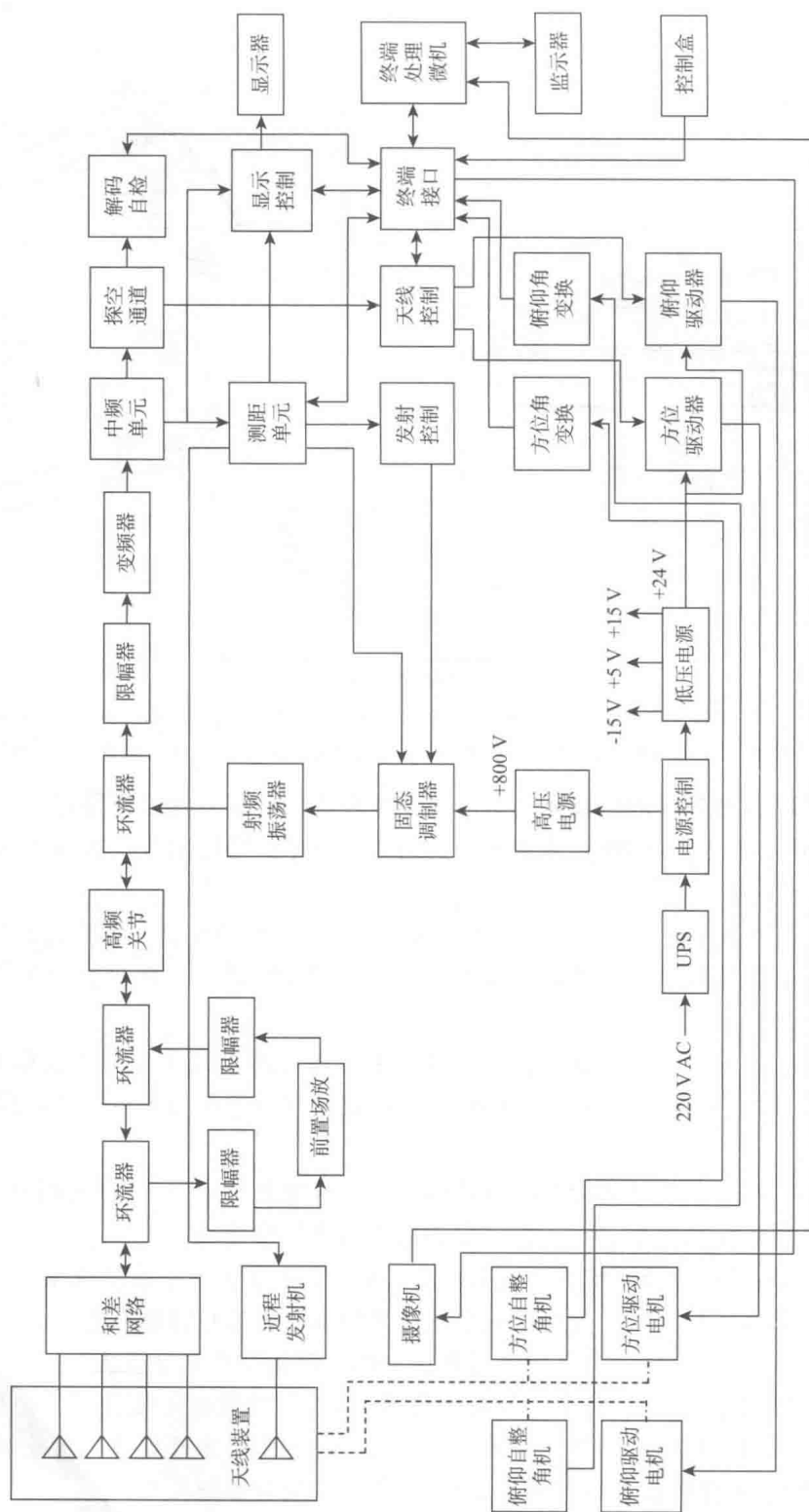
6)天控分系统:该分系统的功能是将接收机送来的含有因天线偏离探空仪而形成的角误差解调出来,再经放大、平滑等处理后送到驱动器,以使交流马达带动天线转动,最终使天线对准探空仪。

7)终端分系统:该分系统的功能是接收数据终端送来的各种命令,并将它们分发到各个分系统,同时收集各分系统的数据、状态,按一定的速率送至数据终端。

8)自检/译码分系统:该分系统的功能有两个,其一是对其他各分系统送来的关键信号作检测,以判定它们是否正常。其二是对接收系统送来的探空码进行智能判别,以去除探空码中的各种干扰,提高探空质量,最后将自检结果和探空码一起送往终端分系统。

9)发射/显示控制分系统:该分系统的功能有两个,其一是根据终端分系统的指令来切换示波器是测距显示还是测角显示;其二是根据终端分系统的指令来开启或关闭发射机,并且将发射机发生故障的各种保护信号进行电平变换后,送到终端分系统报警。

10)电源分系统:该分系统的功能是为整机提供各种直流电源(不包括发射机的高压电源): $\pm 15\text{ V}$ 、 $+12\text{ V}$ 、 $+5\text{ V}$,由四个开关电源构成一个电源盒,放置在主控箱内。



2.4 雷达整机框图