

雷达、遥感技术及声纳

刘桃英

(江苏大学物理系 镇江 212013)

1. 雷达

雷达是一种空中通讯技术。它是利用无线电技术来测量空中飞机、导弹、海洋中的船只、礁石、陆地上的高山、湖泊、建筑物或行进的汽车、坦克、太空中的行星及航行中的宇宙飞船等位置的一种测量技术。

雷达的工作原理

雷达是如何利用电磁波来侦察远方目标的呢？让我们举一个回声测距的例子来说明。当我们面对高山用双手在嘴旁合成一个圆形喇叭，大声地短促地呼叫时（见图 1），声音便从呼叫的地方出发向着高山的方向传播开去，瞬间，声音又从高山那边返回来，传播到我们的耳朵里，于是我们听到了回声。倘使我们记录了声音从“出发”到“返回”所经历的时间，又知道声音的传播速度，那么，人与高山的距离就可以很快的算出来了。登山运动员就常用这种办法，近似地估计远方山峰的距离。

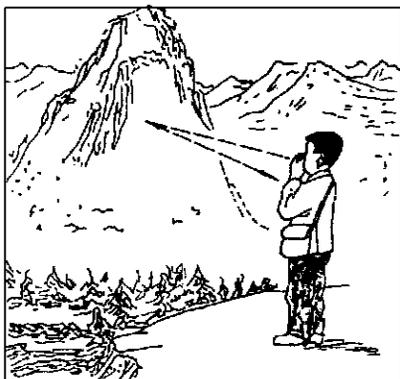


图 1

雷达测量目标的原理与回声测距是一样的，其区别在于雷达是利用无线电波，而不是利用声波。雷达产生的无线电波，用天线聚集成一条很细的波束（有点像探照灯聚光装置把光聚集起来成束），向一定方向发射出去。这个电波遇到目标以后，就有一部分反射回来，雷达的天线就接收到这个回波。

16 卷 2 期(总 92 期)

发射电波与接收回波所用的时间，恰好是雷达天线到目标之间的来回距离所需的时间，而电波在空气中的传播速度为每秒 3×10^8 千米，所以可以求出目标离雷达的距离。因此，雷达必须有一套发射和接收无线电波的设备，并且还要有记录设备。

目标到雷达的距离简称斜距，如图 2 所示。只知道斜距，还不能确定目标在空间的位置。一般情况下，还必须测出雷达所指的方位角和高低角。什么是方位角和高低角呢？我们可以用指南针指出北方，从北算起顺时针转，正南的方位是 180° ，其余类推，到达目标所转过的角度就是方位角。在水平线上，我们可以读出水平方向，目标方向与水平方向的夹角叫高低角，在水平方向以上称为仰角，在水平方向以下称为俯角。很明显，知道了斜距、方向角和高低角，目标的位置就完全确定了。有时还需将斜距和高低角换算成高度。有些雷达，可以将斜距、方位角、仰角同时测量出来，有些雷达只能同时测量其中的两个或一个数据。

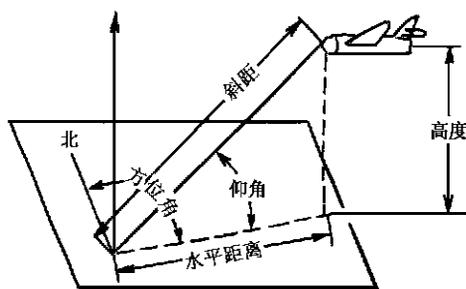


图 2

雷达的组成

现代雷达是由大量机械和电子元件组成的，它们是电子管和晶体管、电容器、电阻、线圈、继电器、变压器、电动机、电表、开关、指示灯等。一个复杂的雷达，其元件数量达几万个，甚至更多；简单的雷达，元件数量也有几十个。这些元件组成很多不同的部分，并构成一个严密的整体。下面我们举一个脉冲

工作方式的雷达作为例子,说明一下雷达的基本组成和它的工作过程,如图3所示。

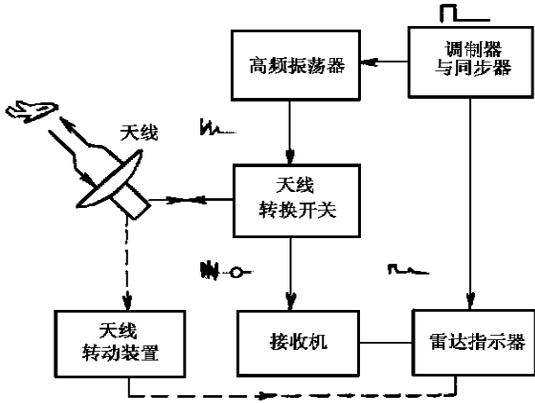


图 3

从图中可以看出,雷达是由天线、天线转换开关、调频振荡器、调制器与同步器、接收机、雷达指示器、天线转动装置等几个主要部分组成的。

调频振荡器产生调频率的脉冲能量(波长一般从1厘米到10米)。前一个脉冲到后一个脉冲相隔的时间,叫做脉冲重复周期;每个脉冲持续的时间叫做脉冲宽度;每秒钟发出的脉冲次数叫做脉冲重复频率。调频脉冲经天线发出后,遇到目标反射回来,然后再发出第二个调频脉冲,如此继续下去。由于这种雷达振荡器的工作像人的脉搏的跳动,所以叫做脉冲雷达。脉冲雷达发射的电波叫做主脉冲,遇到目标反射回来的电波叫做回波,如图4所示。

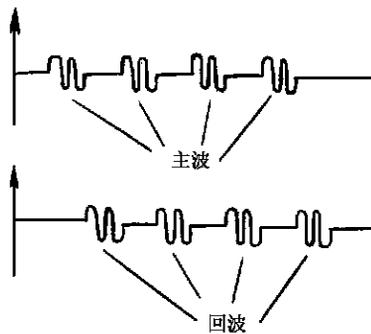


图 4

天线用来将电波聚成一个很窄的波束,朝向目标发射出去,它的作用类似探照灯的反光镜。雷达所以能测量目标的角度,就是因为天线电波的发射具有方向性。天线发射电波和接收回波所指的方向,就是目标的方向。

天线转换开关的作用,是在发射高频脉冲的瞬间将高频振荡器与天线接通,使能量从天线发射出去;在发射高频脉冲之后,又立即将天线接至接收

机,使回波能从天线进入接收机。

雷达天线将回波信号送至雷达指示器中,从而使指示器显示出目标的距离。因为雷达发出的无线电波在空间传播的速度是恒定的,这个速度近似 3×10^5 千米/秒,常用 v 表示,发出的脉冲经过 t 秒反射回来,那来回所走的路程为 vt ,也就是离被测目标的距离 S 的二倍。这样就可以求得目标距离 $S = (1/2) vt$ 。

举一个例子来说,假如测量某飞机飞行位置,当雷达发出的电波经过1毫秒后接收到反射回波信号,那么雷达至飞机的距离为:

$$S = \frac{1}{2} vt = \frac{1}{2} \times 3 \times 10^5 \text{ 千米/秒} \times 0.001 \text{ 秒} = 150 \text{ 千米}$$

雷达测量的时间单位一般用微秒,即百万分之一秒。这样短的时间,用秒表来测量是办不到的,必须采用电子示波器作为雷达显示器。

图5所示是雷达回波信号在电子示波器上所显示的图形,雷达主波在示波器左边批示出来,主波发出后,遇到建筑物、飞机和山峰,产生了回波,根据回波回来的先后次序,一个一个地指示在示波器上。通过示波器的距离刻度尺,读出该主波与回波的相互位置,从而测量出目标至雷达的距离。

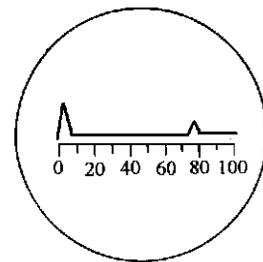


图 5

雷达除了在军事上用来侦察敌方的目标外,还可以用来指引飞机和舰艇在夜间或雾里航行;在气象观测上,可以用它来追踪雷雨或风暴的活动,作出天气预报;在天文上,可以获得星体的有关资料。从而帮助我们进一步了解宇宙。

2. 遥感技术

遥感技术是20世纪60年代发展起来的一门新兴的、综合性探测技术。它利用飞机、气球、火箭、卫星等空间技术,以卫星、飞船、空间站、航天飞机等飞行器作遥感平台,从一个新的高度来观测地球,即在几百米、几百公里甚至几千公里之上,用各种电磁波来探测地面物体的信息,然后通过光学、电子光学、

红外线、微波、激光、计算机等技术来处理所得的信息,从而探讨和鉴定研究对象的各种性质。由此可见,现代遥感系统是一个布置于从地面到高空的观测系统。它主要包括运载工具、遥感仪器(包括地面的观测台与站网)、信息和图像处理及分析应用等四个组成部分。遥感系统的主要运载工具是火箭、卫星和航天飞机。

遥感技术之所以能探测到地面上的各种物体,主要是有赖于各种探测仪器的高新发展。用过去光学仪器只能感觉到很有限的光信息。现在,借助于各种探测仪器,已经能够感受到比可见光波更短的紫外波段和射线,也可以感受到比可见光波更长的红外波段和微波。各种遥感仪器接收的环境信息通常可以采用3种记录方式:胶片图像、磁带和数字数据,通过各种形式的校正、变换、分解、组合等处理过程,最终得到便于人们直接阅读的图像和数据。因此,遥感图像和数据处理是遥感技术的一个重要环节。

遥感技术的主要特点表现在“遥、感、快、广”四个字上。“遥”,就是“高瞻远瞩”。当从以飞机为主要运载工具的航空遥感发展到以人造卫星为主要运载工具的航天遥感时,人们便能从宇宙空间的高度来观测地球,人造卫星的轨道高度一般为数百公里至一两千公里,在地球资源卫星上拍的一张照片,一般情况所覆盖的面积可达三千多平方公里(相当于海南岛的面积),甚至可以把半个地球全拍在一张照片上。“感”,就是利用各种现代探测仪器,克服人眼只能感受可见光的局限,加强人的感官能力,使人眼看不到的物体借助遥感仪器而囊括于我们的视野之中。侦察卫星利用遥感技术差不多能看到地面上任何军事活动,除了地下核爆炸、深潜的潜艇以及实验室试验以外,几乎可以揭露另一个国家的全部军事秘密。“快”,过去要测量一个地区的农田或地形需要花费许多时间,有时要几年、十几年、甚至几十年。如果用地球资源卫星,测遍整个地球,只要十八天就够了。利用遥感,不仅能及时反映地面景象,还可以对比分析环境的变化,因为快,就可以赢得预测预报的时间。“广”,有两方面的含义:一方面是指遥感技术广泛地吸收材料、能源、激光全息等各类新技术的成就;另一方面是指遥感技术的发展和进步,涉及到的学科多,它涉及到空间物理、大气物理、地理环境、生态系统等各个领域。因此可以说,遥感技术是把天文、地理、生物和人类活动广泛联系在一起的最先进技术之一,它已成为新技术革命中一项有代表性

的领先技术。

当前,世界各国都投入很大力量研究遥感技术在各方面的应用,这是因为遥感技术不仅有独特的优点,而且具有很大的经济效益。美国人估计,他们把遥感技术应用于减少洪水损失、改进灌溉用水的预报工作、预测农作物病虫害、改进油田勘察、估计世界麦收量等五个方面,每年便可得益10亿美元。又如利用卫星遥感测绘地图与用航空相片测绘相比可节约成本90%,仅绘制一幅西半球地图就可节约资金2.7亿美元。

目前,我国也已经将卫星遥感技术广泛应用于科学研究和国民经济各个领域,包括石油勘探、地质调查、海洋海岸测绘、地图测绘、铁路选线、电站选址、历史文物考古等许多方面。首都钢铁公司同有关部门配合,利用卫星遥感技术进行实地勘探,在北京地区找到了七个成矿预测区。参照卫星遥感资料在内蒙古寻找金属矿藏,也收到了较好的成果。我国有关部门利用卫星遥感资料,查明了黄河、海河、滦河三大河流泥沙回流的活动规律,为解决渤海湾内流系的规律及天津新港的泥沙回流等问题提供了科学资料。

3. 声纳

声纳属于水中的声遥感技术,又称声波雷达。美国的R. A. 费森登设计的电动式水声换能器,在1914年便能探测到2海里远的冰山。1918年,法国科学家P. 朗之迈发明了有源声纳,从此声纳技术得到了迅速发展和广泛应用。

声纳一般分为有源声纳和无源声纳两大类。

有源声纳由发射机、声阵(包括发射声阵和接收声阵)、接收机(信号处理)、显示控制台组成。无源声纳由接收声阵、接收机(信号处理)、显示控制台组成。声阵由换能器组成。将电信号转换成声信号的叫发射声阵,它把来自发射机的电信号转换成声信号向水中发射。将声信号转换成电信号的叫接收声阵。声阵一般由许多个换能器元件组成,以提高声波的方向性。对接收声阵来说,可以更有效地抑制无关的声波干扰。换能器通常有磁致伸缩、压电和电致伸缩三种方式。由于压电陶瓷材料对产生或接收声波方向十分敏感,目前多数换能器采用压电陶瓷材料制成。接收声阵把接收到的水下目标的声信号(目标的反射回波或自身的辐射声波)转换成电信号经接收机放大、分析处理,然后由显示器显示探测结果。声纳按用途分为测距声纳、识别声纳、警戒声纳、导航声纳、探雷声纳、侦察声纳、水下通讯机、声纳

谈谈纠缠态

方玉田

(天水师范学院近代物理理论研究所 天水 741000)

在 20 世纪科学发展过程中,以量子力学为核心的量子物理无疑是最深刻、最有科学成就的科学理论之一。然而对量子物理的基本原理和概念的理解仍然存在一些问题。纠缠态概念的提出与进一步研究却为从理论上和实验上解决这些问题提供了一把极为重要的钥匙。也把关于量子力学问题的争论从思辨领域上升到了实验研究确证的领域。

爱因斯坦提出了关于物理实在的定义,“要是对于一个体系没有任何干扰,我们能够确定地预测(即几率等于 1)一个物理量的值,那末对应于这一物理量必定存在着一个物理实在的元素。”

该定义与经典物理学是基本一致的。他亦要求客观实在在域在每一个粒子上。他以物理实在的客观性和定域性作为对量子力学的基本原理和概念的诠释提出质疑和尖锐批评的出发点。玻尔抛弃了物理实在的客观性观点,他的观点的核心是:“一般地只在做了一次特定测量(或观察)之后,我们才能有意义地谈论单个量子系统的物理属性。显然,这赋予测量作用以一种严正而特殊的物理地位。”正如惠勒所说“归根到底,任何一种基本量子现象只在其记录之后才是一种现象。”也就是说,在与量子力学相一致的物理实在观中观察者是作为一个关键因素出现的。玻尔也认为量子世界本身具有不确定性和模糊性,强调了量子世界的整体性特征。这些正是量子力学哥本哈根解释的基础。由于以爱因斯坦为首的一派和以玻尔为首的一派的出发点不同,因而就量子力学的基本原理和概念的诠释展开了旷日持久的、理论性的和思辨性的争论。

1964 年贝尔在隐变量理论和定域性两个假定的

基础上关于可分离系统同时实行测量所得的种种结果能够相互关联的程度,证明了一些很普遍的限制关系即贝尔不等式,该理论实质上跟粒子性质或作用力的细节无关,而是集中注意于支配测量过程的逻辑规则上,正是该定理奠定了对量子力学概念基础作出实验检验的理论基础。亦就把关于量子力学解释的争论从理论性、思辨性争论的阶段引导到了实验检验和确证的阶段。因此,“贝尔定理开辟了对量子力学的基础作出直接检验的通途,可在爱因斯坦的关于定域实在世界的思想与玻尔的关于充满亚原子共谋性的某种幽灵式世界的概念之间作出判决。”

随着物理理论和物理实验技术的发展为检验贝尔不等式提供了必要的基础,其中最有效的关于贝尔不等式检验的实验是 1982 年完成的阿斯派克特实验。迄今为止该实验被认为是对量子力学基础作出的最有决定性意义的实验检验之一,实验结果表明贝尔不等式不成立,与量子力学的预言结果完全符合。也就从实验上证明玻尔的观点是正确的,爱因斯坦的观点是错误的。现在已经出现了许多不同类型和不同程度上,用实验直接检验和探讨量子力学的基本概念和基本图像的研究工作及其相应的理论分析,揭示出一系列原则上全新的、从经典物理的观念不可能得到理解的物理现象。

经典物理学中一个物理系统可以用一组物理量作出完备的描述。量子力学则假定一个量子系统可以用一个波函数 $|\psi\rangle$ 来完备的描述。要测量该系统中某一力学量 A ,据量子态的叠加原理,波函数 $|\psi\rangle$ 可以用力学量 A 的本征波函数 $|n\rangle$ 的线性叠加来表示,即 $|\psi\rangle = \sum_n c_n |n\rangle$,然而,本征态的叠加所

浮标、鱼控仪、鱼雷制导装置等;按装备对象可分为水面舰艇声纳、潜艇声纳、海岸固定声纳、机载声纳等。

声波是目前已知的惟一能在水中远距离传播的波动,故声纳已成为目前较有效的水下遥测技术而得到广泛应用。在国防上广泛应用于海军各兵种的导航、探雷、航道测量、水中通讯联络,成为舰艇、潜艇探测周围环境的主要耳目。在民用方面,用于船

舶导航、探测鱼类资源。在海洋资源开发方面,用于绘制海底地图、海底地质勘测、海底石油等资源的勘探等方面。

以上将雷达、遥感技术及声纳的工作原理和特点分别作了初步的介绍,我想这不过是使大家对“上九天揽月”“下五洋捉鳖”这种高科技的通讯,有所了解。