

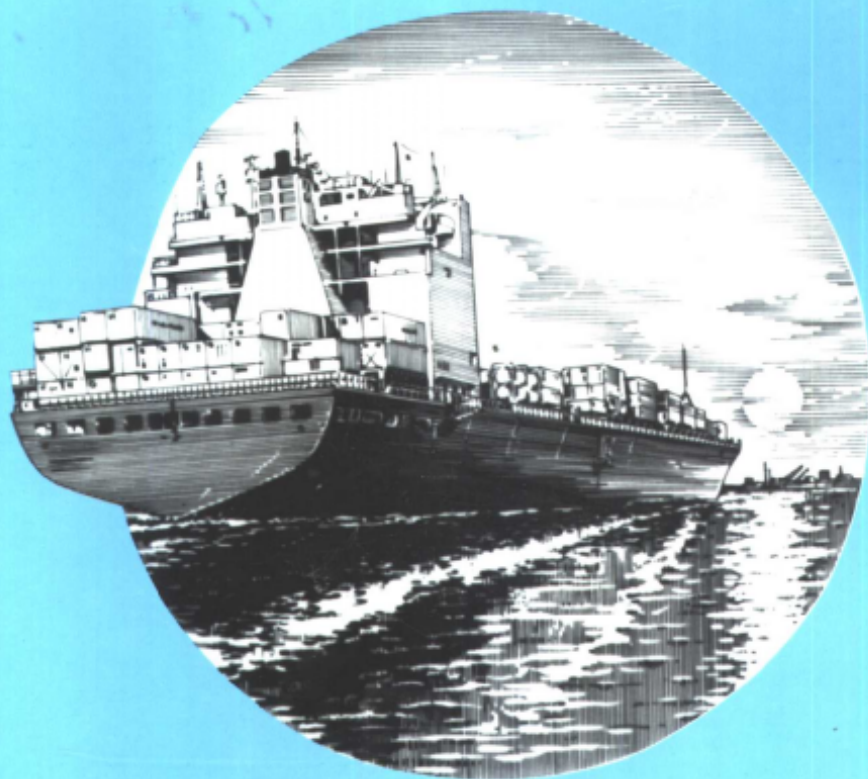


交通航海职业技术教育教材

符合 STC.W 公约要求  
交通职业技术学校教学指导委员会  
航海类学科委员会推荐  
交通部科技教育司审定  
中华人民共和国海事局认可

# 航海仪器

陆文兴 编



大连海事大学出版社

责任编辑: 樊铁成  
封面设计: 王 艳

ISBN 7-5632-1331-7



9 787563 213313 >

ISBN 7-5632-1331-7  
U·327 定价: 20.00 元

交通航海职业技术教育教材

# 航 海 仪 器

陆文兴 编

大连海事大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

航海仪器 / 陆文兴编. —大连: 大连海事大学出版社, 1999.10

ISBN 7-5632-1331-7

I. 航… II. 陆… III. 航海仪器 IV. U666.15

中国版本图书馆CIP数据核字(1999)第62281号

大连海事大学出版社出版

(大连市凌水桥 邮政编码 116026 电话 4727996)

大连理工大学印刷厂印刷

大连海事大学出版社发行

2000年2月第1版

2000年2月第1次印刷

开本: 787×1092 1/16

印张: 13.25

字数: 330千

印数: 0001~4000册

责任编辑: 樊铁成

封面设计: 王艳

责任校对: 卫 国

版式设计: 和 成

定价: 20.00元

## 前 言

航海职业教育系列教材是交通部科教司为适应《STCW78/95 公约》和我国海事局颁布的《中华人民共和国海船船员适任考试、评估和发证规则》而组织编写的。编审人员是由交通职业技术学校教学指导委员会航海类学科委员会组织遴选的，都有较丰富的教学经验和实践经验。教材编写依据是交通部科教司颁发的“航海职业教育教学计划和教学大纲”（高职教育），也融入了中等职业教育的“教学计划和教学大纲”。本系列教材是针对三年高职教育和五年高职教育编写的，对于四年中等职业教育可根据考纲在满足操作级的要求上选用，也适用于海船驾驶员和轮机员考证培训和船员自学。

本系列教材包括职能理论和职能实践两个部分，在内容上有严格的分割，但又相互补充。这套系列教材的特点：

1. 全面体现了《STCW78/95 公约》和《中华人民共和国海船船员适任考试、评估和发证规则》中强调的：教育必须遵守知识更新的原则，强调技能，培养能适应现代化船舶管理复合型人才要求的精神。

2. 始终贯穿“职业能力”作为培养目标的主线，根据“驾通合一”“机电合一”及课程内容不能跨功能块的原则，打破原有学科体系，按功能块的要求对课程内容进行了全面的调整、删减，抓住基本要素重新组合。各课衔接紧凑，避免重复教学，并跟踪了现代科学技术，有较强的科学性和先进性。

3. 编写始终围绕着职业教育的特点，内容以“必需和够用”为原则，紧扣大纲，深入度适中，不但体现了理论和实践的结合，也体现了加强能力教育和强化技能训练的力度。

4. 编写过程中还把品格素质、知识素质、能力素质和身心素质等素质教育的内容交融并贯彻其中，体现了对海员素质及能力培养的力度。

本系列教材在编审过程中尽管对“编写大纲和教材”都经过了集体或专家会审，也得到海事局和航运单位的大力支持，但可能还有不足之处，希望多提宝贵意见，以利再版时修改并进一步完善。

交通职业技术学校教学指导委员会  
航海类学科委员会

## 编者的话

本书是根据交通职业技术学校教学指导委员会关于交通中专教材建设规划的要求组织编写的，适合于交通高职、中专海船驾驶专业学生使用，也可作为航海有关专业人员的参考书。

本书由上海海运学校、广东航海学校、威海水运学校共同编写。上海海运学校陆文兴老师担任主编，浙江省交通职业技术学院杨金龙老师担任主审。

本书共分九章，第六章由戚务昭老师编写、第七章由林复林老师编写，其余各章均由主编陆文兴老师编写。本教材在编写过程中，承蒙陈贞斌、肖建农、汤坤荣、吴祥龙、厉龙龙和刘圣铨等老师的指导和帮助，在此深表谢意。

编者

1999年8月

# 目 录

<b>第一章 无线电测向仪</b> .....	1
第一节 无线电示标台的设置.....	1
第二节 无线电测向仪测向原理.....	2
第三节 无线电测向仪.....	6
第四节 无线电测向仪的误差.....	8
第五节 无线电测向仪的使用与维护保养.....	12
<b>第二章 罗兰 C 导航系统</b> .....	15
第一节 罗兰 C 定位原理.....	15
第二节 罗兰 C 电波的传播及误差.....	21
第三节 罗兰 C 接收机.....	24
第四节 罗兰 C 接收机的使用与维护保养.....	27
<b>第三章 台卡导航系统</b> .....	37
第一节 台卡系统设置.....	37
第二节 台卡定位原理.....	39
第三节 台卡接收机.....	42
第四节 台卡的使用与维护保养.....	44
<b>第四章 GPS 定位系统</b> .....	47
第一节 GPS 系统组成.....	47
第二节 GPS 系统定位原理.....	49
第三节 GPS 导航电文及其接收.....	52
第四节 GPS 系统主要误差及定位精度.....	59
第五节 GPS 接收机使用及注意事项.....	61
<b>第五章 磁罗经</b> .....	75
第一节 磁的基本概念.....	75
第二节 磁罗经结构.....	80
第三节 磁罗经自差.....	84
第四节 自差的校正.....	95

第五节	磁罗经使用及检查保养	101
第六章	陀螺罗经的基本原理	104
第一节	陀螺仪	104
第二节	陀螺罗经	111
第三节	陀螺罗经误差及消除	123
第七章	陀螺罗经的类型	131
第一节	安许茨陀螺罗经	131
第二节	斯伯利型陀螺罗经	153
第三节	阿玛—勃朗型陀螺罗经	161
第八章	测深仪	169
第一节	回声测深仪原理	169
第二节	回声测深仪	172
第三节	回声测深仪的测量误差	184
第四节	扬子江型回声测深仪操作使用	186
第九章	计程仪	191
第一节	电磁计程仪	192
第二节	多普勒计程仪	195
第三节	声相关计程仪	203



# 第一章 无线电测向仪

无线电测向仪 (Radio Direction Finder 简称 D.F) 是 20 世纪初发展起来的在船上应用的无线电导航系统, 它是通过测定岸上无线电台的方位来求得一条无线电方位位置线, 如果同时测得两个或两个以上的无线电方位, 求得两条或两条以上的无线电方位位置线, 根据它们的交点就可以确定观测时刻的船舶位置。在海上, 无线电测向仪也可以用来接收遇难船舶发出的无线电信号以确定其方位。因此, 《国际海上人命安全公约》强制规定在 1600 总吨以上的船舶必须装备无线电测向仪。此外, 还可以利用陆上的一个发射台的电波确定相对于该台方向的航向。目前无线电测向仪在船舶导航中仍是测定辐射体方向的唯一工具。

## 第一节 无线电示标台的设置

### 一、示标台配置

专供无线电测向用的发射台称为无线电指向标, 或称示标台 (Radio Beacon)。无线电示标台一般都设在沿海或岛屿上, 一天 24 h 连续向附近海域发射无线电波。有关我国沿海无线电指向标的位置及工作情况的资料, 详载于各海区的航标表中, 其中包括指向标的名称、位置、作用距离、频率、工作时间等。有关世界各国沿海无线电指向标的设置及工作情况的资料, 详载于英版无线电信号表 (The Admiralty List of Radio Signals) 第 2 卷中。

船舶航行时, 在无线电示标台的作用范围内, 可用无线电测向仪进行测向定位。示标台的设置尽可能使船舶接收到两个或两个以上的电台信号。示标台一般以 1—6 个台组成, 称为一个台链。为了区分台链中的各个台, 把每个示标台以地名命名, 用莫尔斯电码发射各自的识别呼号。每个台以相同的频率发射调幅或等幅电报波。

### 二、无线电示标台的发射频率

目前, 世界上共有 1600 多个定向和不定向的无线电示标台, 组成测向覆盖网。这些示标台的频率范围为 255 ~ 525 kHz, 常用的是 291.5 ~ 318.5 kHz。由于无线电测向仪采用中频段, 故其电波主要是以地波传播。电波的信号强度随其频率不同衰减也不同, 对中频波段的电波, 地波的有效作用距离约为 100 n mile, 因此无线电测向仪属于近距离无线电导航设备。

## 第二节 无线电测向仪测向原理

### 一、天线的方向性

无线电测向仪的天线由垂直天线和环状天线两部分组成。垂直天线的结构较为简单，环状天线由两个相互垂直的环状天线 A 和 B 组成，安装在船桅或顶甲板上，使用时无须转动天线。天线 A 的平面平行于船首尾线，称为纵向环；天线 B 的平面垂直于船首尾线，称为横向环。两个环状天线由电缆与接收机中的测角器相连。测角器有三线圈，其中 a 与 b 是固定线圈，二者相互垂直。中间的为活动线圈，又称寻向线圈。寻向线圈上装有指针，可以指示方位。

连接时，线圈 a 和 b 分别与环天线 A 及环天线 B 相连，寻向线圈与接收机相连。测角器和接收机均装在海图室，用电缆与顶甲板上的环状天线相连。

为了直观地描述天线特性，一般采用方向性图来讨论天线的方向性。方向性图是等强度的无线电波在天线中产生感应电动势的相对振幅与方位的几何关系。

#### 1、垂直天线方向性

环射无线电指向标用的是无方向性的天线发射无线电信号。当无线电指向标的天线发射无线电信号时，则在天线周围形成交变的电磁场向空间传播开去。

一根垂直接收天线在电磁场作用下所产生的感应电动势与天线的有效高度成正比，与电磁波来的方向无关。换句话讲，一根垂直天线的接收灵敏度，只要使垂直天线与指向标保持相等的距离，在任何方向上都是一样的，或者讲垂直天线绕自己轴旋转  $360^\circ$ ，天线上感应电动势值大小不变。这种方向特性在极坐标上表示为圆形，称为圆形图，如图 1—1 所示。这种天线称为无方向性天线，或全方向性天线。

假设垂直天线周围的电场强度有效值为  $E$ ，垂直天线的有效高度为  $h$ ，电波的角频率为  $\omega$ ，则电场强度瞬时值  $e$  表达式为：

$$e = \sqrt{2} E \cdot \sin \omega t$$

垂直天线的感应电动势为：

$$V_1 = \sqrt{2} h \cdot E \cdot \sin \omega t$$

#### 2、环状天线方向性

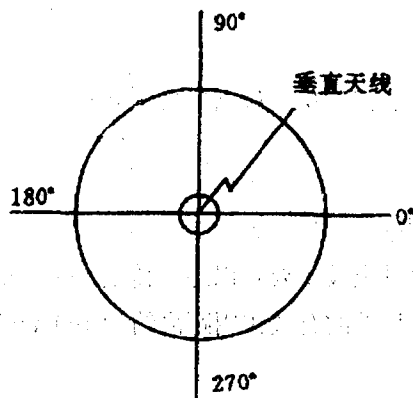


图 1—1

环状天线是无线电测向中较常用的方向性天线。假设环状天线平面与来波方向的夹角为  $\theta$ ，环状天线有  $N$  匝，面积为  $S$ ，环状天线处在正常极化波的作用下，可以认为在环状天线所包围的范围内，磁场  $H\cos\omega t$  是均匀的。图 1—2 中  $P$  为电波传播的方向。

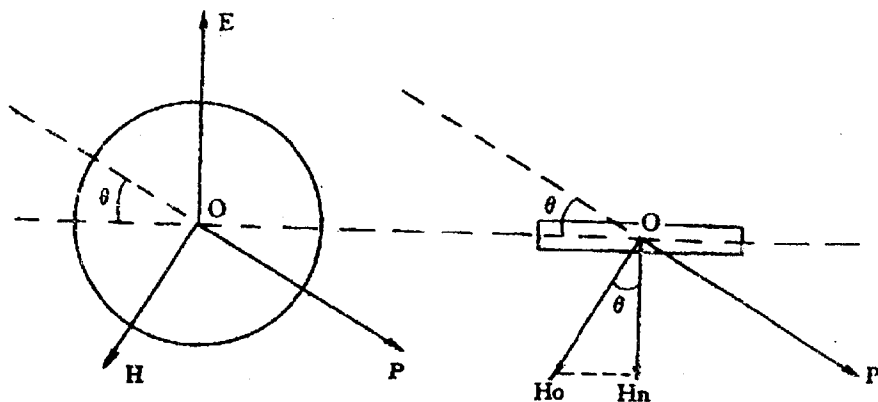


图 1—2

在垂直于环状天线平面的方向上，磁场强度为  $H_n\cos\omega t$

$$H_n\cos\omega t = H\cos\theta \cdot \cos\omega t$$

根据电磁感应定律，环状天线中感应电动势等于

$$V_2 = d\phi/dt = -\mu \cdot \omega \cdot N \cdot S \cdot H\cos\theta \cdot \sin\omega t$$

式中  $\mu = 4\pi \times 10^7$  亨/米， $\omega$  为空气导磁系数

$$\omega = 2\pi c/\lambda = 2\pi \times 3 \times 10^8/\lambda$$

在发射天线辐射区内，磁场与电场的关系是：

$$H = E/120\pi$$

$$\text{即 } V_2 = (2\pi NS/\lambda)E \cdot \cos\theta \cdot \sin\omega t$$

$(2\pi NS/\lambda) = h_e$  为环状天线的有效高度，环状天线上感应电动势的振幅值可写为

$$V_2 = h_e \cdot E \cdot \cos\theta = V_{2mp}\cos\theta$$

上式表明环状天线的感应电动势不仅与电场强度及环状天线的有效高度成正比，而且与环状天线平面和来波方向夹角  $\theta$  的余弦成正比。环状天线接收无线电信号的方向特性图，在极坐标上表示“8”字形图，如图 1—3 所示，这种天线称为方向性天线。

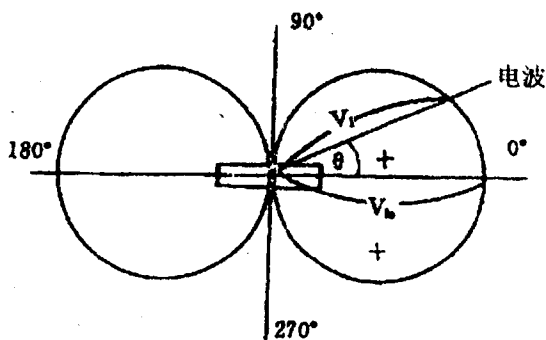


图 1—3 环状天线的方向性图

实际上由于环状天线装在船上，船体及船上其它天线、吊杆都是金属，这些物体都对环状天线的感应电动势产生影响，从而使“8”字形方向特性图产生畸变。为了克服这一影响，所以在测向仪上都装有“补偿”旋钮，可克服金属船体和其它天线所引起的影响，使“8”字形方向特性接近于理论情况。

利用“8”字形方向性图来测定发射台方位时，只要旋转环状天线当接收信号为最弱点（即“哑点”）时，环状天线平面的垂直方向指示出发射台的方向。但是环状天线旋转一周中将出现两个“哑点”，它们的方位差 $180^{\circ}$ ，这就需要“定边”。

### 3、测角器

在测向系统中，方向性图的旋转不一定要转动环状天线，用互相垂直的两个环状天线与测角器组成的测角系统，转动测角器中的寻向线圈，同样可以使方向性图旋转，测得发射台方位。

测角器是由两个相互垂直的固定环状天线 A 和 B，经电缆连接到两个环状天线相对应的场线圈 a 和 b 上，并在场线圈中放置可绕自己轴旋转的寻向线圈，寻向线圈输出信号电压接到接收机的输入端。两个相互垂直的场线圈 a 和 b 与寻向线圈 c 组成了测角器。图 1—4 表示环状天线与测角器连接情况。

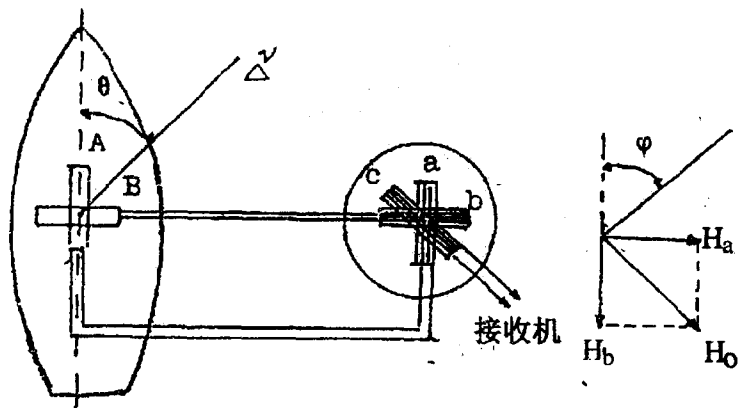


图 1—4

设来波方向与 A 环状天线平面夹角为 $\theta$ ，根据上面分析，A 和 B 两个环状天线在电磁场作用下，感应电动势分别为：

$$V_A = E_{mp} \cos\theta$$

$$V_B = E_{mp} \sin\theta$$

在 $V_A$ 和 $V_B$ 作用下，场线圈 a 和 b 中有高频电流通过而产生相应磁场

$$H_a = H_{mp} \cos\theta$$

$$H_b = H_{mp} \sin\theta$$

测角器中合成磁场

$$H_0 = \sqrt{H_a^2 + H_b^2}$$

其方向

$$\operatorname{tg}\varphi = H_a/H_b = (H_{mp}\sin\theta)/(H_{mp}\cos\theta)$$

所以有

$$\varphi = \theta$$

说明测角器中合成磁场  $H_0$  方向与环状天线处的发射台来波方向磁场相一致。

若寻向线圈与场线圈 a 的夹角为  $\alpha$ ，则寻向线圈在  $H_0$  磁场作用下，其感应电动势：

$$V_c = E_{mp}\cos(\theta - \alpha)\sin\omega t$$

当旋转寻向线圈  $\theta = \alpha$  时， $\cos(\theta - \alpha) = 1$ ，感应电动势最大，而当  $\theta - \alpha = 90^\circ$  时，寻向线圈平面与合成磁场  $H_0$  方向一致，寻向线圈上感应电动势为零，寻向线圈平面垂直方向指示出发射台方位。

这种固定环状天线无线电测向仪，测向时不必去旋转环状天线，而只要旋转测角器中的寻向线圈就可以测定发射台的方位，而且容易做到“自动测向”。

## 二、测定方位原理

从上面分析可以看出，环状天线的方向性图是按发射台的来波方向与环状天线平面夹角的余弦规律变化的。余弦函数在  $90^\circ$  和  $270^\circ$  时变化率最大，为提高测向精度，因此无线电测向都采用最小值——称哑点测向。

从“8”字形图中可看出，在方向上存在着两个哑点，这就有可能使所测得的发射台方位产生  $180^\circ$  误差。为了消除可能产生的  $180^\circ$  方位误差，以求得发射台方位的唯一值的方法叫做“定边”。

定边的方法是在装有环状天线的测向仪中，加装一个垂直天线，将垂直天线所收到的发射台信号电压和环状天线所收到的发射台信号电压两者相加后输入接收机。垂直天线接收信号是没有方向性的，其方向特性图在极坐标上表示为一个圆，幅值为  $V_{mA}$ ，环状天线输出的信号电压为  $V_{mp}\cos\theta$ ，将两者信号电压相加，得合成信号电压  $V_0$ 。

$$V_0 = V_{mA} + V_{mp}\cos\theta$$

调整垂直天线输入电压值  $V_{mA}$ ，使  $V_{mA} = V_{mp}$ ，上式可写为

$$V_0 = V_{mA}(1 + \cos\theta)$$

用极坐标表示如图 1—5 所示。

从图中可以看出，环状天线加垂直天线的方向性图，只有一个哑点，可以利用这一哑点来辨别发射台的方向，这个图形称为心脏形图，在测向中这个过程叫做定边。

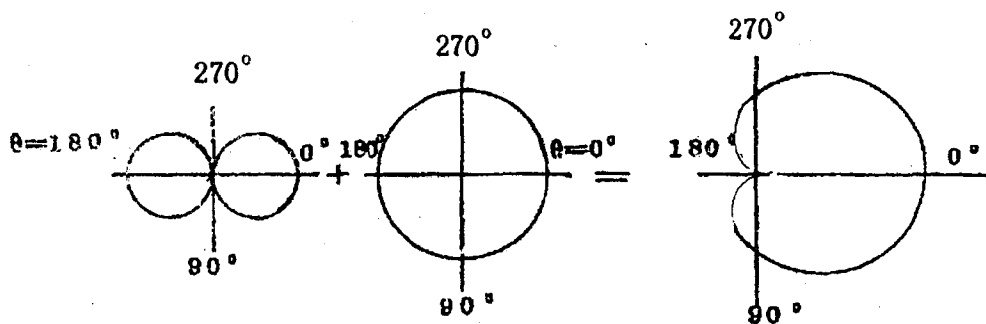


图 1-5 垂直天线加环状天线的方向性图

### 第三节 无线电测向仪

#### 一、无线电测向仪的分类

目前，无线电测向仪的种类很多。按天线结构分：有单环旋转式环状天线测向仪和固定式环状天线测向仪两种，单环式环状天线测向仪现已淘汰。单环固定式环状天线测向仪也称双环测向仪，按测向方式来分：有耳听式和目测式两类。耳听式测向仪由于“哑点”不尖锐而造成测向误差，而目测式测向仪可以避免这种人为误差。目测式测向仪又可分为两种：一种具有电子射线指示器的目测式无线电测向仪，另一种具有跟踪系统的自动无线电测向仪，前者还可分为单通道式无线电测向仪和双通道式无线电测向仪，双通道式测向仪比单通道式测向仪测向精度高。

目前民用船舶上使用最广泛的测向仪是一种固定式环状天线、目测式全自动测向仪。

#### 二、无线电测向仪组成

船用无线电测向仪，实际上就是由环状天线和一台普通的超外差接收机组成。它由环状天线、垂直天线、接收机、终端组成。如图 1-6 所示。

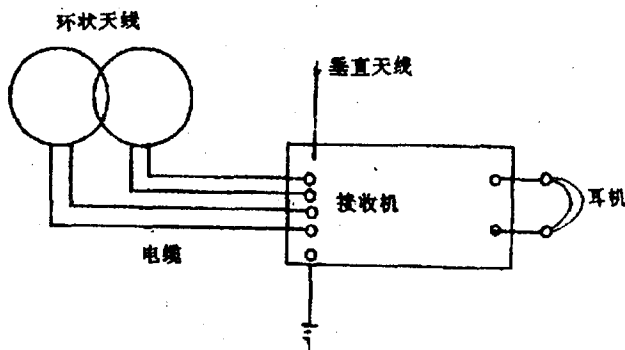


图 1-6 无线电测向仪的组成

### \*三、目测式无线电测向仪

目测式无线电测向仪（自动无线电测向仪—ADF）工作时，使用人员只要将接收机频率调谐到示标台发射的无线电电波频率，然后记下指针所指方位读数即可，测向过程是自动完成的。

#### 1、具有电子射线指示器的目测式无线电测向仪

（1）单通道目测式无线电测向仪（旋转调制式 ADF），它是一种利用阴极射线管显示方向性图的测向仪。由环状天线与垂直天线、测角器、超外差式接收机、方位指示系统和电源等部分组成。

环状天线与垂直天线用以产生感应电动势，引入无线电测向信号。环状天线由正交的两个环状天线组成，垂直天线为鞭状直立天线。

测角器是用以测定无线电测向信号方位角的装置。它由无线电测角器和扫描测角器组成，并借助于微电机驱动作同步旋转，把两个正交环状天线的电波分量重新组合，用以测量电波方位的装置称为无线电测角器，将感应电动势分解为垂直和水平两部分，输至阴极射线管以显示电波来向的装置称为扫描测角器。

超外差式接收机是将接收的电波信号进行放大、检波、输至监视（阴极射线管）和监听（扬声器）的设备。

方位指示器主要由阴极射线管及其电路组成，其作用是将接收放大的测向信号变成图像并指示出无线电方位。

电源部分是将船舶电源变为无线电测向仪所需要的各种电源。

单通道目测式无线电测向仪的原理框如图 1—7 所示。

其工作过程是：

两个相互垂直的环状天线分别与测角器定子线圈（场线圈）相联。寻向线圈输出端经接收机的高放级、变频级、中频放大和第二检波后，与 30kHz 等幅振荡电压相混并进行调制，其调制波经功率放大输至扫描测角器（低频测角器）的旋转线圈，在其固定线圈所感应的电势则分别加到阴极射线管（CRT）的两对偏转板上，使荧光屏上出现一束与寻向线圈每瞬时位置相对应的亮线，形成狭长的“螺旋桨”图形。桨尖指示刻度即为被测示标台的方位。该方位需由垂直天线配合方能正确显示。

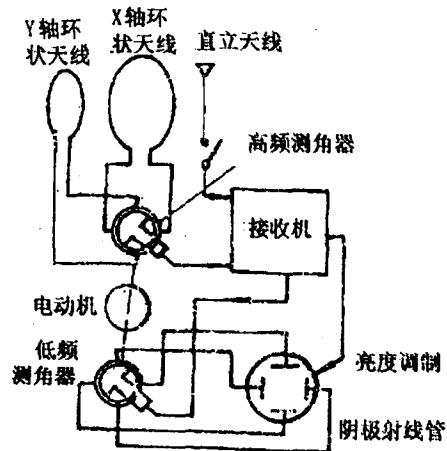


图 1—7

## (2) 双通道目测式无线电测向仪（振幅比较式 ADF）

它也是一种利用阴极射线管显示方向特性图的测向仪，由环状天线，超外差式接收机、方位指示系统和电源等部分组成。其工作过程是：

两个相互垂直的环状天线分别与两个接收机相联。两个环状天线接收的信号，经过两个接收机放大后输至阴极射线管的两对偏转板上。若由环状天线至阴极射线管偏转极的两个传送路径上的全部特性（放大量与相位）相等，则在阴极射线管的荧光屏上将显示一条直线。根据此直线所指的角度，便可测出示标台的方向。垂直天线所接收的信号经第三个接收机放大后输至阴极射线管用以调制阴极射线管的亮度，使阴极射线管残留半个图像。根据该图像便可鉴别无线电示标台的方向。

### 2、具有跟踪系统的自动无线电测向仪

这种类型测向仪由伺服电机转动测角器寻向线圈，使接收机信号的调制深度随方位变化，利用最小调制深度方法自动测定方位。它由环状天线、测角器、超外差式接收机、方位指示系统和电源等部分组成。其工作过程是：

两个相互垂直的环状天线分别与测角器定子线圈相联。寻向线圈输出的信号经放大、移相后，使其与垂直天线信号的幅度相等，相位相同。该信号输至平衡调制器，受调制的环状天线信号与垂直天线信号在叠加回路中叠加。当旋转寻向线圈时，叠加信号按心脏形线上的位置改变其幅度。该信号经接收机的高放级、变频级、二级中频放大、第二检波后经伺服放大器输至伺服电机，伺服电机的转动带动寻向线圈与方位指针旋转。当测向偏离零点接收方向时，整个电路的驱动信号使测角器向零点位置移动，到达零点时，环状天线测角系统输出信号消失，调制电压不再起调制作用，伺服检波器（第二检波）无输出，伺服电机停转。此时，方位指针指示出示标台的正确舷角读数。

调制波幅值为零的另一个零点，由于测角器输出信号相位相差  $180^{\circ}$ ，因此产生的信号并不使测角器停在这一点，而是顺着扰动方向使测角器继续转动，直至真的零点位置时停止。这种测向仪无需定边（自动时），称为伺服指针式自动测向仪。

## 第四节 无线电测向仪的误差

影响无线电测向仪定位精度的因素很多，分述如下：

### 一、观测误差

对于人工式听音测向仪，观测误差决定于操作者的听觉和熟练程度。人耳判别哑点的范围，就是产生观测误差的主要原因。



## 二、仪器误差

仪器误差是无线电测向仪本身结构、电路的不完善以及安装不当等所产生的误差。主要的误差有直接接收效应、垂直天线效应、位移电流效应和测角器误差等。

1、直接接收效应：直接接收效应是因接收机的调谐线圈、导线等接收直接到来的电波产生的误差。

2、垂直天线效应：因环状天线本身及其电路特性上的不对称性，或屏蔽不良等原因，致使环状天线具有与垂直天线等效的非定向接收的效应。

3、测角器误差：使用测角器的无线电测向仪，当两个固定场线圈的最大磁动势不同时，或当场线圈与寻向线圈之间的耦合度与寻向线圈旋转角的正弦或余弦不成比例时，所产生的测角器误差。

4、位移电流效应：在两匝以上的环形天线中，因环形线圈间存在分布电容，产生位移电流所引起的误差称为位移电流效应。

目前使用的无线电测向仪，都由制造厂采取一定的措施，把上述的仪器误差控制在 $\pm 1^\circ$ 以内，使用时无需考虑该误差。但需强调的是，在平时保养和检修时，务须保持机器的原有结构，不得随意移动机内的部件，更改电路与结构。

## 三、电波传播误差

无线电测向仪电波传播误差主要有夜间效应（或称极化误差）及海岸效应两种。

### 1、夜间效应（或称极化误差）

夜间，在离地面一定高度处存在着电离层，指向标发射的无线电波受到电离层的反射后到达测向仪，这种由空间电离层反射而来的电波称为天波。天波干扰了由地球表面直接传播而来的地波而产生所谓衰落现象，致使测向仪的最小感应点偏移或哑点不清楚，使接收不稳定。对于目测式测向仪，“8”字图形变化不定。

夜间效应的大小与被测台的频率及距离有关。频率越高，夜间效应越大；测者与指向标间的距离远，夜间效应也越大。对于 300 kHz 左右的电波，测定距离在 100 n mile 以上，由于夜间效应引起的方位误差最大可达 $\pm 6^\circ$ 。若测定时取其平均值，则方位误差也达 $\pm 3^\circ$ 左右。在离示标台 30 ~ 50 n mile 范围内，地波远强于天波，夜间测量精度不低于白天。距离增大时，天波强度与地波可以比拟，夜间效应随之增大，使测量准确度大为降低。

日出没前后一小时左右，由于电离层变化最为剧烈，因此夜间效应的影响最大，在此期间，不宜用无线电测向仪定位。

### 2、海岸效应（电波传播误差）

电波传播途中，经过不同介质，如陆地向海上传播通过海岸线时，在一定范围内传播方