

中等專業學校交流講義

無線電助航

(下 冊)

大連海運學院 編



人民交通出版社

中等專業學校交流講義

無線電助航

(下 冊)

(海船駕駛專業用)

大連海運學院 編

人民交通出版社

中等专业学校交流讲义
无线电助航
(下册)

大连海运学院 编

*

人民交通出版社出版

(北京安定门外和平里)

北京市书刊出版业营业许可証出字第〇〇六号

新华书店北京发行所发行 全国新华书店经售

人民交通出版社印刷厂印刷

*

1961年7月北京第一版 1982年4月北京第三次印刷

开本: 787×1092毫米 印张: 11张 插页 8

全書: 219,000字 印数: 1,451—2,500册

统一书号: 15044·5277

定价(10): 1.95元

目 录

第二篇 无线电测向仪

第一章 船舶无线电测向仪	6
§ 1-1 一般原理	6
§ 1-2 用垂直天线接收无线电讯号	8
§ 1-3 用环状天线接收无线电讯号	12
第二章 旋转环状天线无线电测向仪	19
§ 2-1 环状天线与接收机的联接	19
§ 2-2 环状天线的天线效应	22
§ 2-3 天线效应的消除	28
§ 2-4 测向仪的定边	34
§ 2-5 旋转环状天线无线电测向仪的输入电路	41
§ 2-6 测向仪定边的实际方法	46
§ 2-7 定边时的反常现象	52
第三章 固定环状天线无线电测向仪	54
§ 3-1 作用原理	54
§ 3-2 固定环状天线无线电测向仪的输入电路	59
§ 3-3 天线效应的补偿	60
§ 3-4 定边	61
第四章 圆测无线电测向仪	63
§ 4-1 一般原理	63
§ 4-2 无线电测角器	65
§ 4-3 检波、调幅	69
§ 4-4 扫描测角器	70

§ 4-5 定边原理	74
§ 4-6 KS-310型目测式测向仪的操作	75
第五章 无线电测向仪的误差	78
第六章 无线电自差	81
§ 6-1 二次辐射体的概念	82
§ 6-2 无线电自差的分类	84
§ 6-3 无线电自差的测定和无线电自差系数的计算	107
§ 6-4 无线电自差的消除	114
第七章 CPT-5型无线电测向仪	122
§ 7-1 组成部分和线路原理	122
§ 7-2 测向仪的操作法	137
§ 7-3 测向仪的保养与故障范围的确定	139

第三篇 船用雷达

第一章 雷达的基本原理	143
§ 1-1 什么是雷达, 雷达在航海上的作用	143
§ 1-2 雷达测量距离的原理	143
§ 1-3 物标方位的测量	146
§ 1-4 雷达的主要组成部分和它们的功用	146
第二章 雷达的天线装置及技术数据	151
§ 2-1 导波管和反射体	151
§ 2-2 天线开关	154
§ 2-3 雷达的技术数据	160
第三章 脉冲电路	162
§ 3-1 脉冲的概念	162
§ 3-2 多谐振荡器 (矩形波产生器)	163
§ 3-3 间歇振荡器	170
§ 3-4 用长綫形成矩形脉冲	174
§ 3-5 锯齿形脉冲产生器	175

§ 3-6 准确脉冲时间延迟电路	177
§ 3-7 脉冲放大器 (视频放大器)	180
§ 3-8 阴极输出器	182
§ 3-9 箝位电路	183
§ 3-10 分频器	183
§ 3-11 脉冲的延迟	188
§ 3-12 微分电路和积分电路	188
第四章 指示器	190
§ 4-1 电子射线管	190
§ 4-2 扫描产生器	192
§ 4-3 距标产生器	199
§ 4-4 航向标志产生器	205
§ 4-5 同步机	206
第五章 雷达发射机	209
§ 5-1 磁控管振荡器	209
§ 5-2 调制器	212
§ 5-3 辅助调制器	214
第六章 雷达接收机	218
§ 6-1 船用雷达接收机的特点及其组成部分	218
§ 6-2 变频器	219
§ 6-3 中频放大	222
§ 6-4 检波	223
§ 6-5 接收机对干扰的防范	224
§ 6-6 近目标增益控制	226
§ 6-7 中频的频率控制	227
§ 6-8 回波箱	228
第七章 “НЕПТУН” 型船用雷达	230
§ 7-1 概述	230
§ 7-2 雷达的方块图及时间关系	231

§ 7-3	触发脉冲产生器及可变距标产生器	238
§ 7-4	发射机	247
§ 7-5	天线系统	252
§ 7-6	接收机	253
§ 7-7	指示器	271
§ 7-8	分指示器	284
§ 7-9	回波箱	239
§ 7-10	加热设备和电话网	290
§ 7-11	雷达的结构	290
§ 7-12	电源	293
§ 7-13	雷达的使用	293
第八章 FGS型雷达		300
§ 8-1	概述	300
§ 8-2	雷达工作介绍	300
§ 8-3	收发器	304
§ 8-4	指示器	319
§ 8-5	天线及同步传输系统	330
§ 8-6	电源系统	333
§ 8-7	雷达的使用	335
第九章 雷达的操纵		339
§ 9-1	雷达的控制设备	339
§ 9-2	雷达的操纵程序	342
第十章 雷达的维护		343
第十一章 雷达简单故障的排除		344
§ 11-1	交流机不能启动	345
§ 11-2	雷达不能发射电磁波	345
§ 11-3	雷达虽发射电磁波, 但荧光屏上没有物标图象 出现	347
§ 11-4	天线不能旋转或天线虽旋转, 但扫描线不转动	350

第二篇 无綫电测向仪

第一章 船舶无綫电测向仪

§ 1-1 一般原理

用作测定无綫电发射台方向的无綫电接收設備称为无綫电测向仪。无綫电测向仪以及其它无綫电航海仪器具有許多特征：它不受能見度条件的限制，而作用距离大，因此它在航海中就显得特別宝贵。在霧天中，当完全沒有可能使用目测仪器的时候，或当航行在海洋中而又沒有岸上目标，同时根据能見度又不能进行天文观测的时候，利用了无綫电测向仪，船舶駕駛員可以比較准确地将船舶駛入所需的航向，并适时地决定风流的修正量，来縮短自己的航程。

无綫电测向仪实际上也就是一架无綫电接收机，至于它所以能够测定发射台的方向，最根本的問題是在于：它采用的接收天綫是具有方向性，所以无綫电测向仪大都是根据天綫的形状及其工作状态分为二种主要类型：（1）旋轉环状天綫无綫电测向仪；（2）固定环状天綫无綫电测向仪（也叫测角器式无綫电测向仪）。

一、旋轉环状天綫无綫电测向仪

如图1-1所示，由以下几个主要部分組成：旋轉环状天綫，联接電纜，无綫电接收机，輔助天綫和耳机。

旋轉环状天綫无线电测向仪的一般工作原理大致如下：无线电台訊号的电磁場作用在环状天綫的繞組上，在其中感应出电动势，此电动势加到接收机的輸入端，然后經過放大和检波，再作用到耳机上。

环状天綫的特点是：在它上面所感应的电动势的强度与环状天綫平面和被测电台的方向之間的夹角有关。

將环状天綫作相对于船首尾綫的旋轉，我們就能够按被测无线电台訊号的最大响度，或者如一般所采用的，按訊号的最小响度来测定船首尾面与无线电发射台的方向所成的夹角，这个角又称为舷角 P 。有了舷角的讀数，同时又知道了船的真航向 TC ，則从图1-2可以看出，就不难求出无线电台（无线电航标）的真方位 TB 。

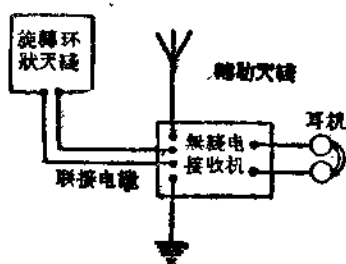


图 1-1

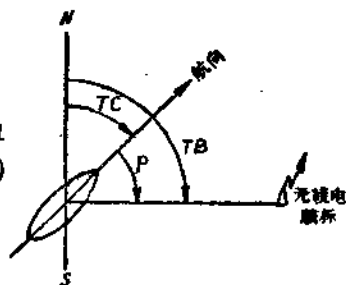


图 1-2

二、固定环状天綫无线电测向仪

如图1-3所示，包括有以下几个部分：两个固定的互相垂直的环状天綫，环状天綫到测角器間的电綫，测角器，测角器到接收机間的电綫，接收机，輔助天綫和耳机。这种测向仪在测向的时候，不需要轉动环状天綫了，而是轉动在测角器內装置

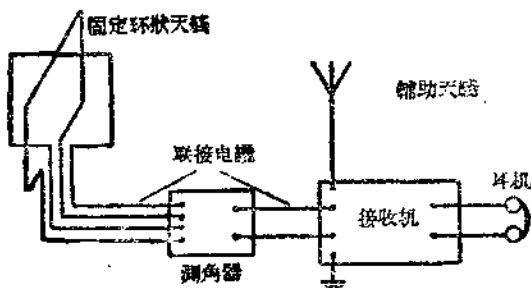


图 1-3

的特殊线圈，这个线圈叫作定向线圈。

当定向线圈转动时，其中所感应的电动势是和无线电讯号场在旋转环状天线中所感应的电动势是按同一规律变化的。所以这个线圈代替了旋转环状天线，转动它，如同旋转环状天线无线电测向仪的天线一样，可以测定出电台的航角。

§ 1-2 用垂直天线接收无线电讯号

在进行无线电测向的时候，除了用特殊的环状天线来接收电台的讯号外，还采用接地的垂直天线，这种天线称为辅助天线，如图 1-4 所示。

当垂直天线受到电磁波的作用时，如果电磁波的电场是按：

$$E = E_m \sin \omega t$$

变化的话，则垂直天线所感应的电动势瞬时值则为

$$e_A = E_m h \sin \omega t$$

而其中振幅 $E_{mA} = E_m h$ (h 为垂直天线的有效高度)。

假如把天线从预先选择的某个方向（例如，在岸上这个方

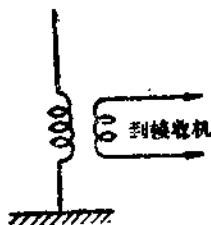


图 1-4

向可以是地理子午线，而在船上可以是船首尾面）绕自己的轴旋转 360° ，那么在天线中所感应的电动势的振幅与相位将保持不变。

因此，垂直天线是没有方向性的，它将来自所有方向的讯号都同样地接收。天线接收的方向通常画成特殊的图解或特性曲线，这种图解或特性曲线称为方向特性图或方向特性曲线。这种图解可以画在直角坐标上，也可以画在极坐标上。

把天线的方向特性图画在直角坐标上（图1-5a），令横坐标表示天线的旋转角 θ ，纵坐标表示天线中电动势的振幅 E_{mA} 。既然在旋转角改变时，天线中的电动势的振幅不变，因此天线的方向特性曲线将是一根与横坐标平行的直线，电动势的相位不变，因此直线只出现在轴的一边。

图1-5b所示的是在极坐标上的垂直天线方向特性图。在“O”点画有天线在平面上的投影。极角表示天线的旋转角 θ ，矢径表示天线中电动势的振幅 E_{mA} 。虚线PQ表示预先选择的方向，天线的旋转角就是相对于它而言的。当改变 θ 角时，矢径 E_{mA} 的端点画了一个圆，这就是垂直天线的极坐标方向特性图。

在感应电动势的作用下，天线中出现了电流。由于天线中

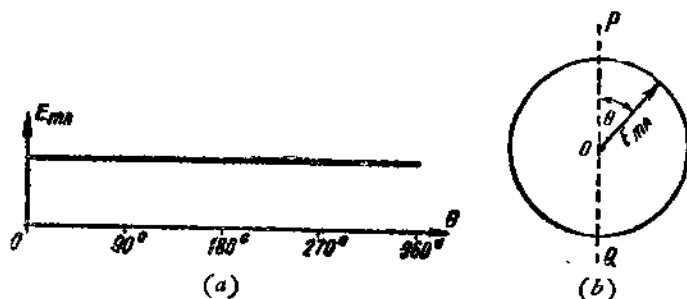


图 1-5

的电感、电容和电阻是分布在它的整个长度上（分布参数电路），因此在天线每一段上的电流是不会一样的。但是，为计算简单起见，通常用图1-6的等效闭合回路来代替图1-4中的天线，而这个回路的参数——电感、电容与电阻是集中参数的。在实际上这种代替是完全允许的。尤其我们所研究的不是天线本身的电流强度，而是受天线作用的负载（这里是指线圈 L_K ）中的电流强度。在图1-6中 L_A 、 C_A 与 R_A 分别表示天线的电感、电容和电阻， L_K 与 R_K 分别表示天线中线圈的电感和电阻，这个线圈是用来把电压加到接收机的输入端的。在这等效回路的两端作用着由电磁波在天线中所感应的电动势有效值 E_A ，其频率为 ω 。

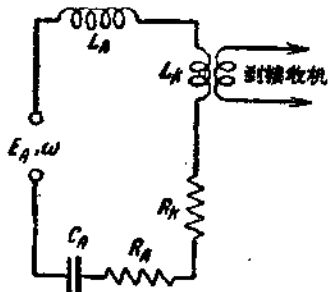


图 1-6

根据欧姆定律，在这个电路中的电流强度可用下式表示：

$$I_A = \frac{E_A}{Z_A} = \frac{E_A}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2}}$$

式中： $R = R_A + R_K$ ； $L = L_A + L_K$ ； $C = C_A$ 。

天线电路的固有频率

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

依固有频率来考虑的话，天线中的电流与电动势可能是同相的，也可能在相位上相差一个角 φ 。

假如天线电路并没有调到谐振，即 $\omega \neq \omega_0$ ，那么当天线中电动势为

$$e_A = E_m \sin \omega t = E_{mA} \sin \omega t \text{ 时,}$$

天綫中的电流为

$$i = \frac{E_{mA}}{Z_A} \sin(\omega t - \varphi)$$

$$\text{式中: } \operatorname{tg} \varphi = \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R}。$$

如果天綫調到諧振, 即 $\omega = \omega_0$, 則將有下列的等式:

$$\omega L = \frac{1}{\omega C}$$

在这种情况下

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R} = \frac{0}{R} = 0$$

$$\varphi = 0$$

因此, 当天綫調到諧振时, 天綫中的电流和电动势是同相的, 因而与作用在天綫上的电磁場是同相的。

在无綫电測向技术中常常应用到不把天綫調諧到諧振, 而能够使它的电流和电动势之間的相位差显著地减小。为了达到这一点, 我們一般是在天綫中接入一个很大值的电阻 R_0 (图 1-7), 这个电阻称为定相电阻。

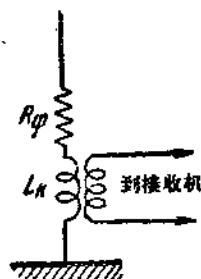


图 1-7

这一定相电阻的值应该选择得使它的电阻要比天綫电路中的电抗大好多倍, 也就是滿足 $R_0 \gg (\omega L - \frac{1}{\omega C})$ 的条件。从决定相角差 φ 的公式中不难看出: 当 R

(即 R_p)特别大时,相角差非常小,以致实际上可以把它当做等于零。

不过,应当指出,为某一个电台的波长而选择的定相电阻 R_p 的值,当转到另一电台的不同波长时,会显得不合适,所以当波长改变时,定相电阻的值也需随之适当地改变。

§1-3 用环状天线接收无线电讯号

熟悉了垂直天线的接收特性后,我们再来研究一下环状天线接收无线电讯号的特点——定向性。

在前面我们已经提到过,无线电测向仪实际是一架无线电接收机,它所以能测定发射讯号台的方向是在于它的天线有定向性,这一节我们就详细地讨论一下,环状天线接收无线电讯号时的定向性。

为了研究方便,我们把圆形的天线(实际应用的),看成是高为 h ,长为 l 的矩形天线(如图1-8)。

一、环状天线的平面与电磁波传播方向在同一平面上时,电磁波对天线的作用。

根据电磁感应原理,不难看出,电磁波将只能在环状天线

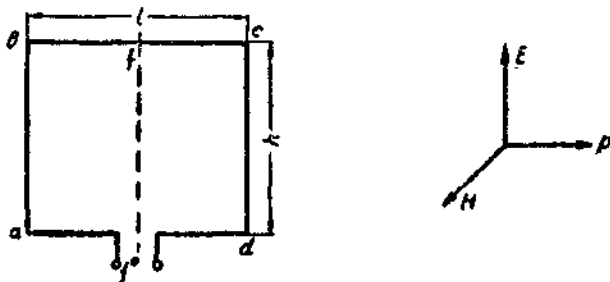


图 1-8

的垂直導線 ab 和 cd 上感應電動勢，因為這兩根導線與電場 E 的方向相重合，與磁場 H 的方向相垂直的緣故。而電磁波不能在水平導線 bc 與 ad 上感應電動勢，這是因為電場 E 的方向與此兩條線垂直，磁場 H 的方向不切割這兩根導線。

為了決定環狀天線中所感應的總電動勢，我們假定波前經過環狀天線的中線 ff' 的相位為起始相位。

設環狀天線中線的電場按下列規律變化：

$$E = E_m \sin \omega t$$

那麼在環狀天線 ab 上所感應的電動勢為

$$e_{ab} = E_m h \sin \omega(t + \Delta t)$$

式中： $\Delta t = \frac{\frac{l}{2}}{C} = \frac{l}{2C}$ ，為波前從環狀天線的 ab 臂傳到中

點所需要的時間（ C 為電磁波的傳播速度）。

引用 $\omega = \frac{2\pi}{T}$ ，將 Δt 和 ω 代入上式中便可以寫出：

$$e_{ab} = E_m h \sin \left(\omega t + \frac{\pi l}{CT} \right)$$

式中： $CT = \lambda$ ，所以最後得到

$$e_{ab} = E_m h \sin \left(\omega t + \frac{\pi l}{\lambda} \right)$$

同理，在 cd 臂上所感應的電動勢為

$$e_{cd} = E_m h \sin \left(\omega t - \frac{\pi l}{\lambda} \right)$$

從圖1-8中可以看出，環狀天線電路中左右兩臂的感應電動勢的方向是互相相反的，所以，在環狀天線內的總電動勢 e_v 應等於左右兩臂電動勢之差，即

$$\begin{aligned}
e_p &= e_{ap} - e_{cd} \\
&= E_m h \sin \left(\omega t + \frac{\pi l}{\lambda} \right) - E_m h \sin \left(\omega t - \frac{\pi l}{\lambda} \right) \\
&= E_m 2h \cos \frac{\omega t + \frac{\pi l}{\lambda} + \omega t - \frac{\pi l}{\lambda}}{2} \times \\
&\quad \times \sin \frac{\omega t + \frac{\pi l}{\lambda} - \omega t + \frac{\pi l}{\lambda}}{2} \\
&= E_m 2h \cos \omega t \sin \frac{\pi l}{\lambda}
\end{aligned}$$

由于环状天线的宽 l 与波长 λ 之比是非常之小的，即 $\lambda \gg l$ 。所以在这种情况下，是可以利用弧度来代替正弦，而不致产生多大的误差，即

$$\sin \frac{\pi l}{\lambda} \approx \frac{\pi l}{\lambda}$$

那么环状天线绕组中的总电动势为

$$\begin{aligned}
e_p &= E_m \frac{2\pi h l}{\lambda} \cos \omega t \\
&= E_m \frac{2\pi S}{\lambda} \cos \omega t
\end{aligned}$$

式中： $S = hl$ 为环状天线的面积。

上面所讲的情况是在环状天线为一个线圈时的总电动势，而船舶无线电测向仪的环状天线绕组通常不是一个线圈，而是有若干个线圈互相串联绕成的，所以在环状天线中所感应的总电动势应该等于每一个线圈中所感应的电动势之和。

例如，设环状天线由 N 圈组成，那么，这个环状天线中所