

无线电导航仪器

上海船舶运输科学研究所情报室 译



人民交通出版社

无线电导航仪器

上海船舶运输科学研究所情报室 译

人 民 交 通 出 版 社

1976年·北京

内 容 提 要

本书主要介绍船用各种无线电导航仪器的基本原理、结构及操作使用方法,并对各种仪器在使用中可能出现的误差也做了简要的分析。

全书共分八章,第一章主要介绍无线电一般基础知识;第二至第七章介绍无线电测向仪、雷达、劳兰 A 及 C、台卡、奥米加以及卫星导航;第八章介绍各种无线电信标的基本原理和使用等。

可供海船驾驶人员或有关专业人员参考。

无线电导航仪器

根据日本成山堂 昭和47年(1972)初版

《电波航法计器》翻译

上海船舶运输科学研究所情报室 译

人民交通出版社出版

(北京市安定门外和平里)

北京市书刊出版业营业许可证出字第006号

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷厂印

开本: 787×1092 $\frac{1}{32}$ 印张: 9.125 字数: 199千

1976年6月 第1版

1976年6月 第1版 第1次印刷

印数: 0001—16,000册 定价(科三): 0.73元

毛主席语录

古为今用，洋为中用。

一切外国的东西，如同我们对于食物一样，必须经过自己的口腔咀嚼和胃肠运动，送进唾液胃液肠液，把它分解为精华和糟粕两部分，然后排泄其糟粕，吸收其精华，才能对我们的身体有益，决不能生吞活剥地毫无批判地吸收。

目 录

第一章 电波及其接收	1
1.1 电波的发射	1
1.1.1 电波的发生	1
1.1.2 从天线发射电波	2
1.1.3 电波的分类	4
1.2 电波的传播	8
1.2.1 各种电波的传播	8
1.2.2 电波传播时的各种现象	9
1.2.3 电波杂音	11
1.3 天线	12
1.3.1 天线的种类	12
1.3.2 天线的有效高度	14
1.3.3 天线的等效电路	16
1.4 接收装置	17
1.4.1 调谐电路	17
1.4.2 超外差式	18
第二章 无线电测向仪	23
2.1 无线电测向仪的原理	23
2.1.1 天线的方向性	23
2.1.2 测定方位的原理	29
2.1.3 测角器	30
2.2 无线电测向仪的构造和工作原理	32
2.2.1 构造	32

2.2.2 工作原理.....	37
2.3 无线电测向仪的使用方法.....	43
2.3.1 操作用的各类开关.....	43
2.3.2 操作方法.....	46
2.3.3 在测定方位时的一般注意事项.....	48
2.4 无线电测向仪的误差.....	49
2.4.1 机器误差.....	49
2.4.2 附近导体产生的干扰误差.....	52
2.4.3 电波传播误差.....	55
练习题	56
第三章 雷 达	57
3.1 雷达的原理.....	57
3.1.1 电波的特性及其在雷达中的应用.....	57
3.1.2 图像的显示.....	57
3.2 雷达的构造.....	59
3.2.1 发射装置.....	59
3.2.2 天线装置.....	67
3.2.3 接收装置.....	77
3.2.4 显示装置.....	85
3.2.5 雷达的工作概要.....	93
3.3 雷达波的传播.....	95
3.3.1 雷达波的能量分布.....	95
3.3.2 雷达波的接收强度.....	97
3.3.3 雷达波的衰减和异常传播.....	101
3.4 雷达的操作方法.....	103
3.4.1 操作用的各类开关.....	103
3.4.2 操作方法.....	111
3.4.3 反射式标绘器.....	113

3.4.4 检查事项.....	114
3.4.5 在安装雷达时的注意事项和安装雷达后 需要调查研究的事项.....	114
3.5 雷达图像的识别.....	115
3.5.1 检出物标的基本条件.....	115
3.5.2 各种物标显示的图像.....	116
3.5.3 假像和应该注意的图像.....	117
3.6 雷达的性能和影响雷达性能的各种因素.....	124
3.6.1 探测能力.....	124
3.6.2 方位分辨能力.....	126
3.6.3 距离分辨能力.....	127
3.6.4 最小探测距离.....	127
3.6.5 图像的清晰度.....	129
3.7 雷达的误差.....	130
3.7.1 方位误差.....	130
3.7.2 距离误差.....	132
练习题	134
第四章 劳 兰	136
4.1 劳兰A的原理.....	137
4.1.1 发射台的设置.....	137
4.1.2 劳兰A双曲线.....	138
4.1.3 主台和副台在显示器上的识别.....	141
4.1.4 各台对的识别.....	143
4.2 劳兰A接收装置的构成和工作原理.....	145
4.2.1 天线和天线耦合器.....	145
4.2.2 接收显示器.....	145
4.2.3 接收显示器的工作原理.....	157
4.3 劳兰A的操作方法.....	160

4.3.1 操作用的各类开关.....	161
4.3.2 劳兰A的基本操作方法.....	163
4.4 劳兰A电波的传播和接收.....	165
4.4.1 影响劳兰A电波传播距离的各种因素.....	165
4.4.2 地波和天波的识别.....	168
4.4.3 接收信号的选择及波形的重合方法.....	171
4.4.4 天波的修正.....	173
4.4.5 干扰(混信).....	175
4.4.6 无线电干扰.....	176
4.5 劳兰A的误差及故障信号.....	178
4.5.1 误差.....	178
4.5.2 故障信号.....	180
4.6 劳兰C.....	181
4.6.1 劳兰C与劳兰A的区别和劳兰C的优点.....	181
4.6.2 劳兰C的操作方法.....	185
4.6.3 地波和天波的识别.....	189
4.6.4 劳兰C的误差和故障信号.....	190
练习题	192
第五章 台卡	194
5.1 台卡的原理.....	194
5.1.1 劳兰和台卡的比较.....	194
5.1.2 发射台的设置.....	196
5.1.3 信号的识别.....	196
5.1.4 台卡双曲线.....	198
5.1.5 巷的识别信号.....	199
5.2 台卡接收装置.....	202
5.2.1 天线部分.....	203
5.2.2 接收部分.....	203

5.2.3 指示部分.....	208
5.2.4 电源部分.....	211
5.2.5 航迹自动记录装置.....	211
5.3 台卡接收装置的操作方法.....	212
5.3.1 操作作用的各类开关.....	212
5.3.2 操作方法.....	214
5.3.3 操作的注意事项.....	216
5.4 台卡的误差.....	217
5.4.1 机器误差.....	217
5.4.2 电波传播误差.....	217
5.4.3 台卡海图的误差.....	217
5.4.4 本船与发射台相对位置产生的误差.....	218
练习题	218
第六章 奥米加.....	220
6.1 奥米加的原理.....	221
6.1.1 奥米加与台卡的比较.....	221
6.1.2 发射台的配置.....	222
6.1.3 电波的发射方式和发射台的识别.....	223
6.1.4 奥米加双曲线.....	225
6.1.5 巷的识别.....	225
6.2 奥米加接收机的构成.....	226
6.2.1 天线部分.....	227
6.2.2 接收指示部分.....	228
6.2.3 应急电源.....	231
6.2.4 附属装置.....	231
6.3 奥米加接收机的操作方法.....	231
6.3.1 操作作用的各类开关.....	231
6.3.2 操作方法.....	235

6.3.3 操作的注意事项	240
6.4 奥米加的测定误差	241
6.4.1 发射台的同步误差	241
6.4.2 段同步不准确而产生的误差	241
6.4.3 天波修正值的误差	241
6.4.4 奥米加海图和奥米加计算表的误差	241
6.4.5 本船与发射台的相对位置的误差	241
练习题	242
第七章 导航卫星系统	243
7.1 概 况	244
7.1.1 地球和卫星的关系	244
7.1.2 卫星位置的预报	245
7.1.3 表示卫星位置和运动的要素	245
7.1.4 人造卫星导航	246
7.2 海军导航卫星系统	248
7.2.1 海军导航卫星系统的组织	248
7.2.2 海军导航卫星系统的测位原理	250
7.2.3 接收装置	251
7.2.4 确定船位的计算	253
7.2.5 海军导航卫星系统的误差	255
7.3 海军导航卫星系统接收装置的操作方法	255
7.3.1 操作用的各类开关	257
7.3.2 操作前的准备	261
7.3.3 在运用过程中的操作	268
第八章 其他无线电导航方式	271
8.1 无线电信标	271
8.1.1 旋转式无线电信标	271
8.1.2 航向信标	273

8.1.3 雷达立标.....	273
8.1.4 雷达标.....	274
8.2 关于双曲线无线电导航方法.....	274
8.2.1 “康索尔”(Consol)(多区无线电信标).....	274
8.2.2 台卡跟踪和测距导航系统 (Dectra)	277

第一章 电波及其接收

无线电导航仪器顾名思义是利用电波的一种装置，各类仪器有许多相同的地方。因此，在这一章里对电波及其接收的基础性问题做些介绍。

1.1 电波的发射

1.1.1 电波的发生

麦克斯韦从理论上提出电波（电磁波）的存在，赫芝用实验作了证实。赫芝实验的重要性在于了解电波的发生。

如图1-1所示，赫芝的实验装置构成如下：（1）导线两端相对设置二个金属球，导线连接直流电源 E 和开关 S ；（2）把导线弄成环状，导线两端相对设置二个金属球。

现在，如果闭合开关 S ，则电流通过作为绝缘体的空气，在 AB 间发生火花。在某一瞬间，由 A 向 B 发生这种火花；而在另一瞬间，由 B 向 A 发生这种火花。这就是交流电流过空的情况，这种电流称作位移电流；导线和金属球构成的火花发生装置称作对称振子。

其次，如图1-1(a)所示，把环状的导线放在与 AB 的同一平面上，用上述方法使对称振子发生火花，环状导线的金属球之间也发生火花。这种现象证明：由于位移电流发生电波，环状导线切割它的磁力线产生电动势，故导线上流过电流并发生火花。另外如图1-1(b)所示，把环状导线放在与 AB 垂直方向时，环状导线的金属球之间不发生火花。

从以上的实验，证明了电磁波在绝缘体空间中传播，两者的关系如图1-2所示，电力线与对称振子的导线和金属球所在平面平行，磁力线与对称振子的导线和金属球所在平面垂直。

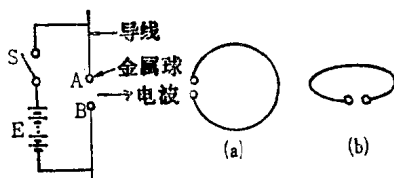


图1-1 赫芝的实验装置

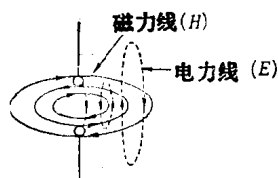


图1-2 磁力线和电力线

1.1.2 从天线发射电波

如果把上节所述实验装置中的二个金属球换成金属板，则成为一个电容器。因此，如图1-3(a)所示，若电容器 C 加上交流电压 e ，则电容器 C 中流过位移电流而发射电波。但是，这种闭合电路的电波能量弱，不能传播到远处。因此，去掉连接 c 和 e 的导线，如图1-3(b)所示；进一步把电容器一侧的导体扩展成直角，就如图1-3(c)所示；接着， e 接地来取代水平方向的导体，如图1-3(d)所示。这样一来，垂直导

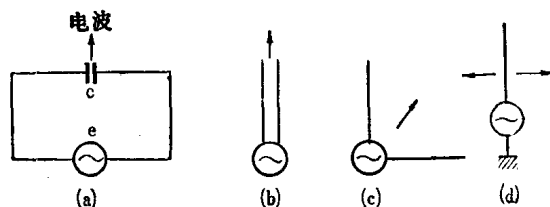


图1-3 从电容器电路向天线的过渡

体和大地之间形成电容，如果在这两者之间通以交流电，则产生位移电流并向空间发射电波。这时，垂直导体称作天

线，因为另一侧接地，故称作接地天线。

图1-4表示接地天线产生的电场和磁场情况。如图1-4(a)所示，当从天线向大地通过电流时，根据安培右手法则，产生如实线所示的磁力线，同时产生如虚线所示的电场线。如果电流方向相反，则产生如图1-4(b)所示的电力线和磁力线。这样产生的电力线和磁力线在电流方向变化快的情况下，即刚产生的电力线和磁力线在消失之前，接着又产生新的电力线和磁力线，前面产生的电力线和磁力线被推向空间，作为电磁波射出。于是就形成了电波发射。图1-5表示电波发射情况。

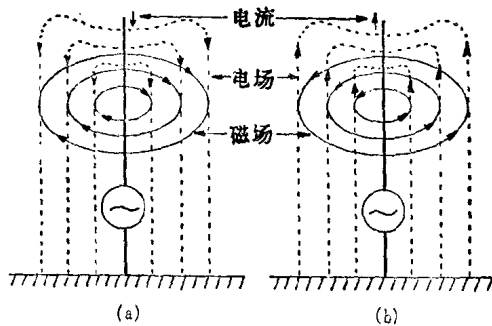


图1-4 接地天线产生的电场和磁场

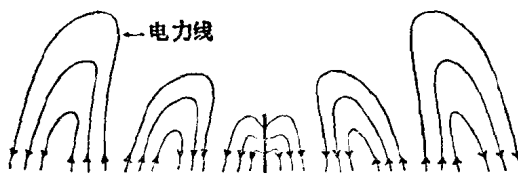


图1-5 从接地天线发射电波

图中只画出电力线，但同时也发射磁力线。

从天线发射的电磁波，是以方向和大小不断变化的、疏

密不同的电力线和磁力线的形式,波动地传播到空间。图1-6示出电磁波传播情况。不可见的电磁波难于用图表示,而且各有各的特征,一般多用图1-6(d)所示的表示形式。

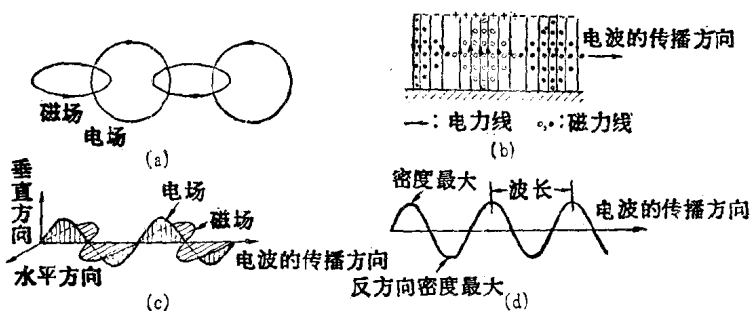


图1-6 电波的表示方法

1.1.3 电波的分类

1. 按照发射形式分类

电波按照发射形式分类如下:

- ①等幅波——连续发射一定振幅的电波。
- ②断续等幅波——断续发射一定振幅的电波。
- ③衰减波——振幅逐渐衰减的电波。
- ④脉冲波——在极短时间内冲击出的振幅一定的电波。

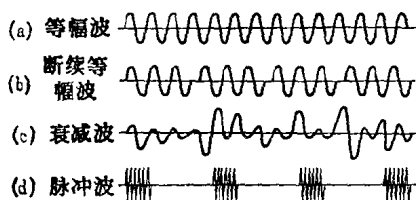


图1-7 按照发射形式的电波分类

2. 按照频率或波长分类

若假设波长为 λ , 频率为 f , 电磁波的速度为 C , 则波长和频率有如下关系式:

$$\lambda = \frac{C}{f} \simeq \frac{3 \times 10^8}{f} (m) \quad (1.1)$$

如果按照频率或波长区分电磁波，则如表1-1和表1-2所示。

根据国际电气通信条约区分电磁波

表1-1

名 称	略号	频 率 范 围	波 长 范 围	波 长 名 称	备 注
甚低频	VLF	30千赫以下	10千米以上	超长波 (万米波)	奥米加
低 频	LF	30~300千赫	10~1千米	中波(千米波)	劳兰C, 台卡
中 频	MF	300~3000千赫 (3兆赫)	1千米~100米	中波(百米波)	劳兰A, 测向
高 频	HF	3~30兆赫	100~10米	十 米 波	
甚高频	VHF	30~300兆赫	10~1米	米 波	
超高频	UHF	300~3000兆赫 (3千兆赫)	1米~10厘米	分 米 波	
超高频	SHF	3~30千兆赫	10~1厘米	厘 米 波	船用雷达
甚高频	EHF	30~300千兆赫	1厘米~1毫米	毫 米 波	

日 本 的 电 波 区 分

表1-2

名 称	频 率 范 围	波 长 范 围	用 途	备 注
长 波	10~100千赫	30~3千米	长距离通信	奥米加 劳兰C } 台卡 劳兰A、 测向
中 波	100~1500千赫	3千米~200米	船舶、飞机、广播	
中短波	1500千赫~6兆赫	200~50米	中距离通信、广播	
短 波	6~30兆赫	50~10米	长距离通信、广播	
超短波	30~300兆赫	10~1米	近距离通信、广播	
微 波	300兆赫~30千兆赫	1米~1厘米	近距离通信, 多重通信	船用雷达

注：单位的称呼和略号列举如下：

10^{12}	10^9	10^8	10^5	10^4	10^3	10^2	10^1	10^0	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-9}	10^{-12}
兆兆	千兆	兆	百千	万	千	百	十		十	百	千	万	十万	微	毫	微
(T)	(G)	(M)	(k)	(M)	(k)	(h)	(da)		分	分	分	分	分	微	微	微
									(d)	(c)	(m)	(dm)	(cm)	(μ)	(n)	(p)

3. 按照极化形式分类

在空间传播的电磁波都是极化波，并由电场方向决定它的形式。

① 直线极化波

它是电场在平面上振动而向前传播的电磁波；沿水平方向振动传播的电磁波称作水平极化波，沿垂直方向振动传播的电磁波称作垂直极化波。当天线水平设置时，可得水平极化波；当天线垂直设置时，可得垂直极化波。

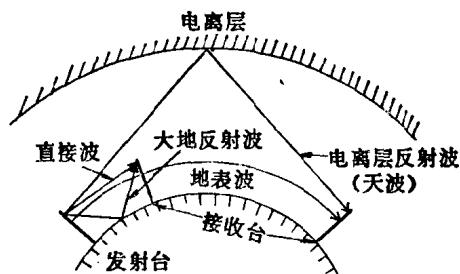


图1-8 电波的传播方式

② 圆极化波

它是电场在1波长之内一面向左或右旋转 360° 一面向前传播的电波。

③ 椭圆极化波

它一般是水平极化波和垂直极化波合成产生的电磁波，由于振幅比随时间变动，所以画出椭圆。当电磁波由电离层反射回来时，产生椭圆极化波。