

海员专业训练丛书

雷达观测与标绘

大连海运学院

徐德兴

胡玉琦

等编

王清煜



人民交通出版社

1565.22

海员专业训练丛书

雷达观测与标绘

Leida Guance Yu Biaohui

大连海运学院 徐德兴 等编
胡玉琦
王清煜

人民交通出版社

海员专业训练丛书

雷达观测与标绘

大连海运学院

徐德兴 胡玉琦 王清煜 等编

人民交通出版社出版发行

(北京和平里东街10号)

各地新华书店经销

人民交通出版社印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/32 印张: 8.875 插页: 1 字数: 193千

1990年4月 第1版

1990年4月 第1版 第1次印刷

印数: 0001—2520册 定价: 5.00元

内 容 提 要

本书共分七册，包括全体船员基本技能训练用书四册(海上求生、救生艇筏操纵、船舶消防、海上急救)，船长、驾驶员专业训练用书三册(雷达观测与标绘、自动雷达标绘仪、船舶无线电通信)。

根据国际海事组织有关公约和大会决议的要求，以及《中华人民共和国海员专业训练发证办法》的规定，凡从事海上航行的各运输、工程、科研、勘探部门的船舶，吨位在200总吨以上的全体现职船员，都应接受四项基本技能训练并取得合格证书，才能在船上工作。对于1600总吨以上船舶的船长、驾驶员，除上述四项证书外，还必须接受另三项专业训练，并取得合格证书。上述训练，要求从1985年起的五年内完成。

本书共分两篇。第一篇为雷达观测，主要介绍雷达的基本原理，操作方法，影响雷达图象质量的各种因素及其应用和注意事项。第二篇为雷达标绘，主要介绍图解法求他船运动要素，安全避让措施及其分析，以及雷达标绘与操纵练习等。

本书为海员专业训练培训教材和船员自学用书，亦可供海运院校师生和培训单位有关人员参考。

前 言

国际海事组织《1978年海员培训、发证和值班标准国际公约》已于1984年4月28日生效。为了培训船员和帮助船员自学，我们按照中华人民共和国港务监督局1984年6月14日颁发的《海员专业训练发证办法》和《专业训练纲要》的要求，参照了国际海事组织的上述公约中的有关内容及决议，并根据大连海运学院两年多来从事这些专业训练的经验，组织专业教师编写了这套海员专业训练丛书，作为船员专业培训教材和自学用书。这套丛书包括：《海上求生》、《救生艇筏操纵》、《船舶消防》、《海上急救》、《雷达观测与标绘》、《自动雷达标绘仪》和《船舶无线电通信》。

本套丛书有关部分是根据现行的规范和决议编写的，考虑到《1974年国际海上人命安全公约1983年修正案》已于1986年7月1日生效，为使本丛书当其生效后仍能适用，特将修正后的有关部分内容，作为附录列于书后。

第一篇由徐德兴编写，缪德刚审稿。在编写过程中参考了方文治前期编写的《雷达观测与标绘》，并得到了徐德云、方文治的热忱帮助，在此表示感谢。第二篇由胡玉琦、王清煜编写，王逢辰、吴兆麟审稿。

由于我们水平有限，书中难免有错误和不当之处，谨请读者批评指正。

目 录

第一篇 雷达观测

第一章 结论	1
第一节 船用导航雷达发展概况	1
第二节 雷达所用的无线电波	2
第三节 船用导航雷达的基本组成及工作原理	9
第二章 航海雷达一般原理	14
第一节 雷达发射机	14
第二节 天线系统和波导	24
第三节 收发开关	33
第四节 接收机	39
第五节 显示器	50
第六节 雷达电源设备	64
第七节 相对运动雷达中的三种显示方式	70
第八节 真运动雷达及其显示方式	76
第九节 船用雷达整机方框图	83
第三章 船用雷达的附属装置	87
第一节 双雷达系统中的互换装置	87
第二节 性能监视器	90
第三节 同频干扰抑制器	96
第四节 圆极化天线	99
第五节 反射式作图器	100

第四章 雷达的操作使用	102
第一节 各按钮的作用及操作方法	104
第二节 雷达的一般操作步骤	115
第三节 雷达的维护保养工作	118
第四节 安装雷达的注意事项	122
第五节 雷达日志	125
第五章 雷达航海的辅助装置	128
第一节 雷达反射器	129
第二节 雷达方位信标	131
第三节 雷达应答标(雷康)	134
第四节 其它辅助装置	137
第五节 港口导航雷达站	137
第六章 影响雷达图象质量的因素	140
第一节 雷达的使用性能	140
第二节 雷达的技术指标	153
第三节 大气对雷达波传播的影响	161
第四节 海面反射对雷达作用距离的影响	167
第五节 气象与海况的影响	171
第六节 目标特性的影响	174
第七节 盲区和阴影扇形的影响	180
第八节 操作技术的影响	183
第九节 假回波与干扰杂波	185
第七章 雷达定位与导航	192
第一节 回波识别和目标辨认	192
第二节 目标的选择及距离和方位的测量	196
第三节 雷达定位方法	198
第四节 雷达导航	200

第二篇 雷达标绘

第一章 求他船的运动要素及安全避让措施.....	205
第一节 图解法求他船运动要素.....	205
第二节 图解法求安全避让措施.....	213
第二章 转向与变速效果.....	223
第一节 转向措施.....	223
第二节 变速避让措施.....	230
第三节 转向与变速效果.....	231
第四节 雷达观测与标绘.....	236
第三章 雷达与规则.....	250
第一节 雷达与瞭望.....	251
第二节 雷达与安全航速.....	252
第三节 雷达与碰撞危险.....	255
第四节 雷达与避让行动.....	260
第五节 雷达与甚高频无线电.....	264
附录 雷达观测和标绘的训练大纲.....	269

第一篇 雷达观测

第一章 绪 论

第一节 船用导航雷达发展概况

雷达最早出现在30年代后期。早期的雷达只能发现目标和测量目标的距离，所以，人们称它为“无线电探测和测距”，即 Radio Detection and Ranging。取这几个英文字的开头字母就组成了 Radar 这一新词。中文用其译音写为“雷达”。

由于雷达应用电磁波探测目标，它不受黑夜的限制，受雾天等天气条件的限制也不大，而且作用距离较远，测量数据准确，因此，在第二次世界大战中得到了迅速的发展。第二次大战后，随着电子技术的迅速发展，雷达在理论上和技术上得到了不断的提高和发展，性能越来越完善，应用也越来越广泛。现在，无论在军事、民用和科学研究等各方面，都广泛地使用了雷达。

航海雷达 (Marine Radar) 的发展也是很快的，特别是在电子计算机技术引入雷达后，它的性能更加完善、使用也更方便了。这种带有计算机的雷达，比如带有自动标绘装置的雷达，不仅能显示周围的船舶、岛屿、礁石和岸形等目标，可随时读出所需目标的距离、方位，而且能显示出哪些船舶在什么时候和什么地点将有发生碰撞的危险，在判断出

在所规定的距离和时间范围内有碰撞危险时，能发出声、光报警信号，有的机器还能给出最佳的避让方案。

航海雷达的应用，对船舶安全航行起了很大的作用。现在，航海雷达已经成为船舶必不可少的重要导航设备之一。国际海事组织（IMO）及有些航海发达的国家用公约或规范形式对各种船舶必须安装雷达，以及对所装雷达的性能标准及装置的数量都作了规定。

诚然，雷达有很多优点，它给航海人员提供了很多方便，在很大程度上保证了航行的安全，但是，由于安装了雷达而使用人员没有全面了解雷达的性能，特别是不了解雷达的缺陷及其局限性，不能正确的分析、判断、运用雷达信息而导致海事发生的事例也是很多的。为此，使用雷达的人员，必须掌握雷达设备的组成、结构及基本工作原理，熟悉雷达设备的性能及影响它的各种因素；掌握正确的操作方法及维护保养方法；掌握正确分析、判断运用雷达各种信息的方法等。这样，才能充分发挥雷达的长处，避免盲目信任雷达的错误，确保航行的安全。现在，国际海事组织及有些国家，都明文规定船长及驾驶员必须受过雷达及 ARPA 等设备的实际训练，并取得合格证书。

第二节 雷达所用的无线电波

为学习方便起见，先复习一下有关的几个术语。

一、无线电波 (Radio Wave)

1. 什么叫无线电波

无线电波是一种电磁波，它是以方向和大小不断变化的

电场和磁场的形式波动地向外传播出去的。它的传播速度和光速一样，即每秒钟300000km（即 $3 \times 10^8 \text{m/s}$ ）。

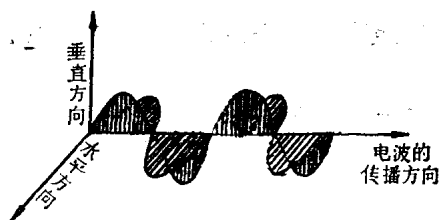


图1-1-1 电磁波的传播

在传播时，它的电场和磁场方向相互垂直，电场靠磁场支持，磁场靠电场支持，它们互相支持，互相消长。

无线电波与水波、声波和光波一样是有能量的。电磁波传到那里，就把能量送到那里。收音机能收听电台的广播，电视机能收看电视广播节目，都是极好的说明。

电磁波在传播过程中，和其它波一样也会产生反射、折射、绕射和散射，也会受到介质的吸收而衰减。不过电磁波的频率不同，介质不同，上述各种特性受到的影响也不同。这在以后还要讲到。

2. 波长 (Wave Length)、频率 (Frequency) 和传播速度 (Speed of radio wave)

1) 波长

波幅重复变化一次电磁波前进的距离就是波长（见图1-1-2），用 λ 表示。单位为米(m)、厘米(cm)或毫米(mm)等。航海雷达用的电磁波波长是在厘米等级范围内。

2) 周期 (Period)

在空间某点波幅重复变化一次所需的时间，用 T 表示。单位为秒(s)。

3) 频率

单位时间内（每秒）通过空间某点的周波数，用 f 表示。单位为赫芝（Hz）。100万赫芝等于 1 兆赫芝（MHz）。

从以上定义可知，一个波的频率和周期是互为倒数的，

即： $f = \frac{1}{T}$ 。且可知其传播速度 C 为：

$$C = \lambda \cdot f = \frac{\lambda}{T}$$

因为无线电波的传播速度是常数，所以，只要知道电波的波长和频率中的一个，就可求得另外一个。比如说，X 波段雷达的波长为 3 cm，则它的发射频率为：

$$f_3 = \frac{C}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8}{0.03} = 10000 \text{ MHz}$$

又如 S 波段雷达的波长为 10 cm，则它的发射频率为：

$$f_{10} = \frac{3 \times 10^8}{0.10} = 3000 \text{ MHz}$$

3. 无线电波的波段划分

无线电波频率高低的不同，其传播特性有着明显的不同，它们的用途也就各不相同。如甚低频（30 kHz 以下）的绕射性能好，传播距离远，就用它作为无线电导航设备奥米加的发射频率。大家知道，只要设立 8 个奥米加台，就可实现全球覆盖的目的。超高频（300 MHz 以上）的反射性能好，就用它作为雷达的发射频率。等等。

因此，各国对波段的划分及用途都作了相应的规定。表 1-1-1 为国际电气通信条约中对波段的划分。

对微波波段，国际上还习惯用名称来区分，即每一个波段用一个特定的字母来表示，如表 1-1-2 所示。

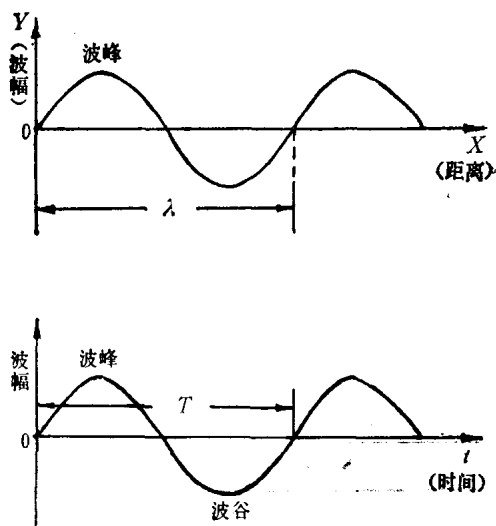


图1-1-2 波长和周期

国际电气通信条约对波段的划分

表1-1-1

名 称	略 号	频率范围	波长范围	波长名称	备 注
甚低频	VLF	30kHz以下	10km以上	超长波	奥米加
低 频	LF	30~300kHz	10~1km	中 波	罗兰C、台卡
中 频	MF	300~3000kHz	1km~100m	中 波	罗兰A、测向
高 频	HF	3~30MHz	100~10m	十米波	
甚高频	VHF	30~300MHz	10~1m	米 波	
超高频	UHF	300~3000MHz	1m~10cm	分米波	
超高频	SHF	3~30GHz	10~1cm	厘米波	航海雷达
极高频	EHF	30~300GHz	1cm~1mm	毫米波	

微波波段的名称及频率范围

表1-1-2

波段名称	频率范围 (MHz)	用于雷达的频率 (MHz)
P	230~1000	
L	1000~2000	1215~1400
S	2000~4000	2300~2550 2700~3700
G	4000~8000	5255~5925
X	8000~12500	8500~10700
K _u	12.5~18k	13.4~14.4k
K	18~26.5k	23~24.25k
K _a	26.5~40k	33.4~36k
毫米波	>40k	

目前,一般船用雷达使用的波段为:

S 波段中的 3000~3246MHz, X 波段中的 9300~9500 MHz。

二、有关脉冲的几个名词解释

1. 什么叫脉冲 (Pulse)

脉冲包含有脉动和短促的意思。所谓电压(或电流)脉冲就是作用时间很短促的电压(或电流)。

为便于理解,先看图 1-1-3。图中,如果间断地合上、断开开关 K , 则在 R 两端就不断地得到一个间断的电压,其波形如图 1-1-4。这就是电压脉冲。

脉冲的各个部分各有相应的名称,如前沿、后沿、顶部及底部等,有的也叫上升沿、下降沿等,如图 1-1-5 所示。

2. 脉冲的几个参数

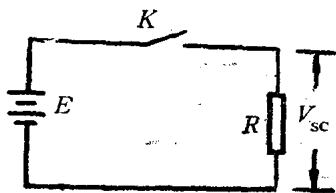


图 1-1-3

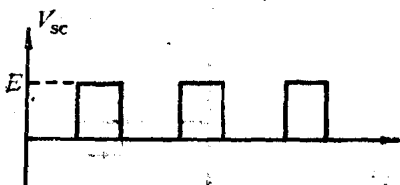


图 1-1-4

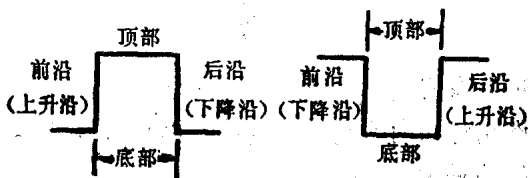


图1-1-5 脉冲各部分的名称

(1) 脉冲宽度 (Pulse Length) 或 (Pulse Width)

脉冲宽度就是脉冲持续的时间, 用 τ 表示。在航海雷达里常用微秒 (μs) 做单位。

(2) 脉冲幅度 (Pulse Amplitude)

脉冲幅度就是脉冲的振幅值。

(3) 脉冲重复频率 (Pulse Repetition Frequency) 或称 P.R.F. 或 f ,

每秒钟内脉冲重复出现的次数, 称为脉冲重复频率。

(4) 脉冲重复周期 (Pulse Repetition Period)

相邻两个脉冲出现的时间间隔称为脉冲重复周期, 用 T 表示。见图1-1-6。

从上述可以看出, 脉冲重复频率与脉冲重复周期是互为倒数的, 即:

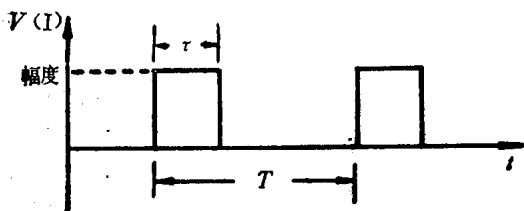


图 1-1-6

$$f_r = \frac{1}{T}$$

(5) 脉冲峰值功率 (Peak Power)

脉冲作用时间内的功率称为脉冲峰值功率 P_k 。

3. 脉冲的种类

在雷达里, 有如下几种脉冲: 尖脉冲、矩形脉冲、方波脉冲、锯齿形脉冲、梯形脉冲及正弦波脉冲等等。如图1-1-7所示。

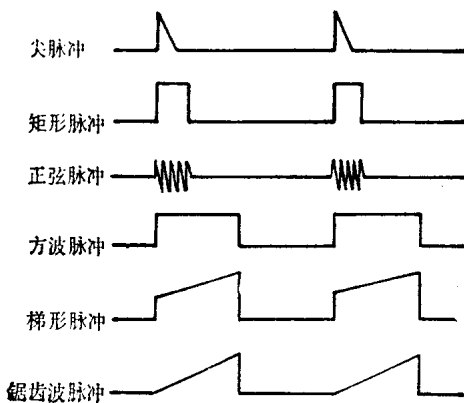


图1-1-7 各种脉冲波形

第三节 船用导航雷达的基本组成及 工作原理

一、雷达测距、测向原理

1. 测距原理

超高频无线电波在空间的传播有如下特点：（1）等速直线传播；（2）遇到物体具有良好的反射性能。雷达的测距就是利用了它的这两个特性完成的。

假定我们记下了电波从离开天线起到它遇到目标反射回到天线止的时间，则据下式即可求得天线到目标的距离 S ：

$$S = \frac{c \cdot t}{2}$$

式中， c 为电磁波传播速度。 t 为电磁波在空间来回所经历的时间。

雷达就是用发射机产生超高频脉冲，用天线向外发射并接收由目标反射返回的电波，再由显示器计时并计算目标距离的。

2. 测向原理

因为超高频无线电波在空间的传播基本上是直线的，因此，只要把天线做成定向天线，即只向一个方向发射也只接收一个方向的回

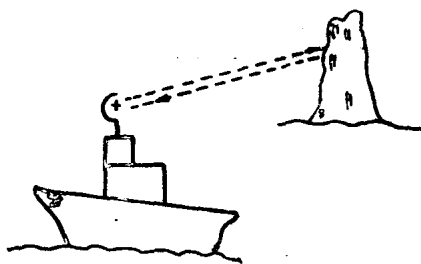


图 1-1-8

波，那末，天线的方向就是目标所在的方向（图 1-1-8）。