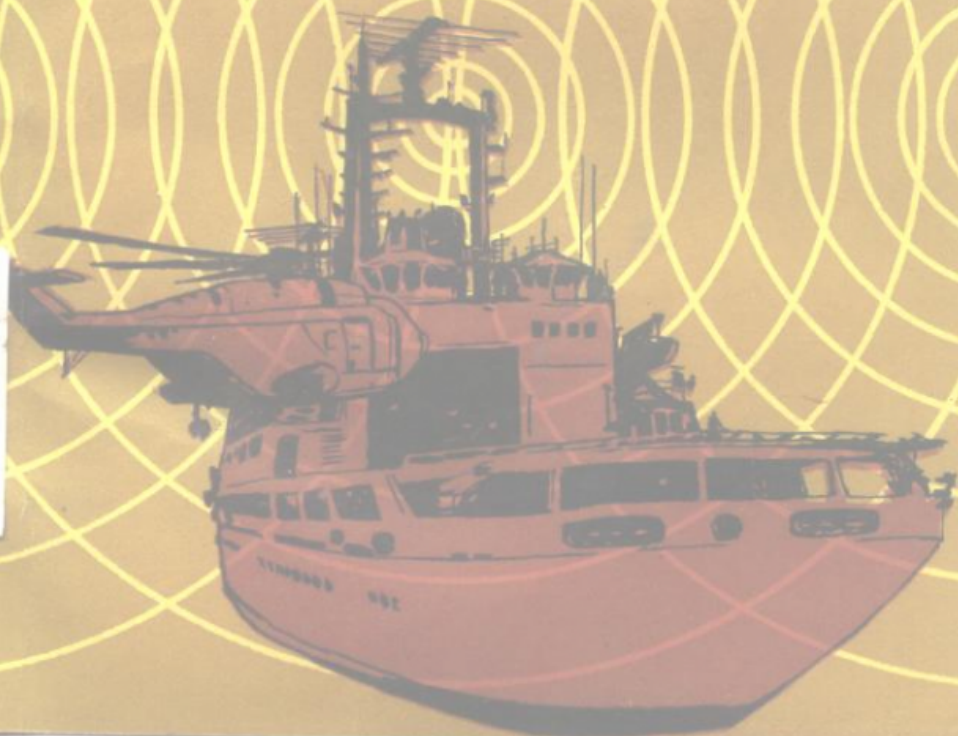


实用无线电导航技术

陈葆禧 编著

海洋出版社



实用无线电导航技术

陈葆禧 编著

海洋出版社

1990年·北京

1105 167-59

内 容 简 介

本书是无线电船舶导航方面的一本实用技术书籍。全书共分七章，分别介绍了双曲线导航、卫星导航和组合导航的基础理论和应用知识，对无线电导航系统的工作原理、系统组成、设备结构、操作方法和发展方向等做了较为详细的叙述。

本书主要是介绍船舶导航，但对航空导航和测量、测绘工作也有一定的参考价值。

责任编辑 齐海峰

实用无线电导航技术

陈葆禧 编著

海洋出版社出版（北京市复兴门外大街1号）

新华书店北京发行所发行 妙峰山印刷厂印刷

开本：787×1092 1/32 印张：10.6875 字数：195千字 插页：1

1990年1月第一版： 1990年1月第一次印刷

印数：1—700 册

ISBN 7-5027-0090-0/TN·1 ¥：6.20元

前 言

无线电导航是用无线电设备来确定舰船、飞机以及其他空中飞行器等目标的速度、距离、位置和方向，并引导它们作有目的的运动。无线电导航不仅在军事上具有重要的作用，而且在国民经济建设中也得到广泛的应用。

古代的人们只能利用陆标和天空中的星球位置来估计船舶位置。后来出现了磁罗经、天文钟和六分仪等普通导航仪器，给人们带来了方便，然而这些普航仪器只能在能见度良好或没有磁暴的情况下使用，并且比较费时，准确度不高。

自从第二次世界大战以来，无线电导航设备相继问世，为人们提供了一种良好的导航方法。它可以在各种距离上完成导航任务，在复杂气候以及能见度不良的情况下有效地工作。第二次世界大战后，电子计算机技术、集成电路、信息论、控制理论、系统工程理论和宇航技术的迅速发展，大大地促进了无线电导航技术的提高。不论是过去的实践证明，还是着眼于现在的状况和对将来的展望，无线电导航都具有不可估量的价值和意义。

根据我国目前的实际情况和将来的发展情况以及技术特点，本书在内容的深度和广度上作了适当的安排，侧重于实用，因为无线电导航本身就是应用技术。本书虽然只叙述了海上导航，但对航空导航、飞行器导航以及测量、测绘等方面也有技术上的参考作用。

本书分为七章，分别介绍了双曲线导航、卫星导航和组合导航的基础理论和应用知识，对这些无线电导航系统的工作原理、系统组成、设备结构、操作使用方法以及发展动向等均作了较为详细的叙述。由于篇幅有限，本书没有涉及雷达系统。本书内容深入浅出，通俗易懂，书中还附有许多图表。

本书在编写过程中，得到上海海运学院、上海远洋运输公司、广州海运局、厦门水产学院、国家海洋局东海分局、海洋出版社的不少同志的指导和帮助，并承蒙科学出版社谭卫苍同志的校阅，编者谨此一并致谢。由于编者水平有限，书中错谬之处必然不少，敬请广大读者批评指正。

编者

一九八五年八月

目 录

第1章 劳兰A

..... (1)

1.1 劳兰A定位

基本原理

..... (1)

1.1.1 时差双曲

线位置线

..... (1)

1.1.2 位置线双

值性

..... (5)

1.1.3 劳兰台的

工作体制

..... (7)

1.1.4 发射台的

识别

..... (10)

1.2 劳兰A电波

的传播与接

收..... (12)

1.2.1 劳兰A电

波的传播

..... (12)

1.2.2 天波改正

量..... (15)

1.2.3 天波与地

波的识别

..... (17)

1.2.4 电波信号

的选择

..... (20)

1.3 时差的测定

..... (20)

1.3.1 劳兰A接

收机

..... (20)

1.3.2 时差测定

的操作方

法..... (24)

1.3.3 测定时差

的注意事项

项..... (27)

1.4 劳兰A定位

..... (28)

1.4.1 天波修正

..... (28)

9010170

1.4.2 劳兰A海 图定位 (32)	与作用距 离..... (54)
1.4.3 劳兰A表 定位 (35)	2.2.2 天波改正 量..... (55)
1.4.4 劳兰A系 统的资料 (42)	2.2.3 特殊改正量 (57)
	2.2.4 天波与地 波的识别 (58)
第2章 劳兰C (43)	2.3 时差的测定 (59)
2.1 劳兰C定位 原理..... (43)	2.3.1 劳兰A-C 接收机... (59)
2.1.1 劳兰C导 航系统概 述..... (43)	2.3.2 时差测定 的操作方 法..... (62)
2.1.2 劳兰C发 射台的配 置..... (45)	2.3.3 故障信号 (64)
2.1.3 劳兰C脉 冲发射形 式..... (46)	2.4 劳兰C定位 (65)
2.1.4 劳兰C发 射台的识 别..... (50)	2.4.1 劳兰 C海 图定位 (75)
2.2 天波改正 (51)	2.4.2 劳兰C表 定位 (66)
2.2.1 劳兰C信 号的接收	2.4.3 有关劳兰 C定位的 其他问题 (75)

2.4.4 劳兰C系统资料	(78)	识别	(100)
2.5 自动劳兰C接收机	(78)	3.3 台卡接收机	(103)
2.5.1 结构组成	(79)	3.3.1 台卡接收机的组成及类型	(103)
2.5.2 使用说明	(81)	3.3.2 Mark 21型台卡接收机	(105)
2.6 劳兰D	(86)	3.4 相位差的测定	(111)
第3章 台卡	(87)	3.4.1 开机(初调)及一般操作方法	(111)
3.1 台卡定位的基本原理	(89)	3.4.2 航行中的操作使用	(113)
3.1.1 台卡位置线	(89)	3.4.3 操作中的注意事项	(115)
3.1.2 位置线的多值性	(96)	3.5 台卡定位	(116)
3.2 台卡发射台的配置与识别	(98)	3.5.1 台卡海图	(117)
3.2.1 发射台的配置	(98)	3.5.2 台卡定位	
3.2.2 发射台的			

方法.....	(120)	航系统的	
3.6 台卡导航及		特点	
测速.....	(123)		(133)
3.6.1 平行导航		4.1.2 地面发射	
.....	(123)	台的位置	
3.6.2 对角线平			(135)
行导航		4.1.3 发射格式	
.....	(124)	和信号接	
3.6.3 差异导航		收.....	(135)
.....	(125)	4.1.4 多值性问	
3.6.4 测速		题.....	(139)
.....	(126)	4.2 传播改正	
3.7 台卡定位精			(143)
度与台卡资		4.2.1 甚低频电	
料.....	(127)	磁波的传	
3.7.1 精度分析		播特性.....	(143)
.....	(127)	4.2.2 奥米加传播改正	
3.7.2 台卡定位		量表	
精度			(145)
.....	(129)	4.3 奥米加相位	
3.7.3 台卡系统		差的测定	
资料			(150)
.....	(130)	4.3.1 奥米加接	
第4章 奥米加		收机简介	
.....	(133)		(150)
4.1 奥米加定位		4.3.2 JLA-101	
原理.....	(133)	型奥米加	
4.1.1 奥米加导		接收机	
			(153)

4.3.3 巷置定	 (158)	4.6.1 差奥米加	 (173)
4.4 奥米加定位	 (160)	4.6.2 微奥米加	 (173)
4.4.1 奥米加海		4.6.2 ρ - ρ 导航法	 (180)
图	 (160)	4.6.4 阿尔法—	
4.4.2 奥米加表	 (163)	奥米加	 (181)
4.4.3 奥米加定		4.6.5 OPLE 合组导航	 (182)
位精度	 (171)		
4.4.4 奥米加系		第5章 卫星导航	 (184)
统的资料	 (172)	5.1 卫星导航定	
4.5 自动奥米加		位的基本原	
接收机	 (173)	理	 (185)
4.5.1 TDO-1000		5.1.1 人造地球卫星的运	
型自动奥		动规律	 (186)
米加接收		5.1.2 卫星轨道	
机的特点	 (173)	参数与地	
4.5.2 TDO-1000		心直角坐	
型机的控		标系	 (189)
制按钮及		5.1.3 卫星定位	
显示器的		基本原理	 (194)
功用	 (174)	5.2 海军导航卫	
4.6 奥米加的改		星系统	 (200)
进与发展		5.2.1 概述	 (200)

5.2.2	卫星导航 地面站	(201)	5.4.1	构成	(221)
5.2.3	导航卫星 网.....	(204)	5.4.2	使用功能	(225)
5.2.4	导航卫星 电文	(209)	5.4.3	操作方法 与屏幕显 示.....	(232)
5.2.5	定位计算 输入的综合数据	(211)	5.5	卫星导航定 位设备及其 使用.....	(251)
5.2.6	海军导航 卫星系统 的优缺点	(215)	5.5.1	组成.....	(251)
5.3	卫星导航接 收设备的分 类及工作原 理.....	(219)	5.5.2	使用操作	(265)
5.3.1	概述	(219)	5.5.3	缩写字的意义	28 (5)
5.3.2	卫星导航 接收设备 的分类	(219)	5.6	导航卫星定 位的误差和 精度.....	(292)
5.4	卫星导航仪 及其使用	(221)	第6章	导航星全球 定位系统	(295)
			6.1	概述.....	(295)
			6.1.1	系统的主 要特点	(295)
			6.1.2	导航星系 统的研制 计划.....	(296)

6.1.3 导航星系 统的应用范围	(297)	的导航精度 (308)
6.1.4 系统的 前 景.....	(298)	6.4.1 伪距测量 误差 (308)
6.2 导航定位的 基本原理	(299)	6.4.2 速度测量 (308)
6.2.1 导航方法	(299)	第7章 组合导航 (309)
6.2.2 导航星系 统的时间 标准	(300)	7.1 概述..... (309)
6.2.3 信号结构 与时间测 量.....	(301)	7.1.1 组合导航 系统的发 展..... (309)
6.2.4 导航电文	(302)	7.1.2 卡尔曼滤 波和计算 机计算 (310)
6.3 导航星系统 的组成	(304)	7.1.3 组合原则 和工作过 程..... (311)
6.3.1 空间卫星 网.....	(304)	7.2 IBM组合导 航系统的功 能 (313)
6.3.2 地面控制 站.....	(305)	7.2.1 概况 (313)
6.3.3 用户设备	(206)	7.2.2 避碰功能 (313)
6.4 导航星系统		7.2.3 导航功能

..... (318)

**7.3 IBM组合导航系统的使
用操作**

..... (320)

7.3.1 人机对话
..... (321)

**7.3.2 航线计算
介绍**

..... (323)

**7.4 卫星/奥米加/推算航
法组合导航**

..... (324)

**7.5 卫星/劳兰C/
推算航法组
合导航**
..... (327)

第1章 劳 兰 A

劳兰 (Loran) 是远程导航 (Long Range Navigation) 的缩写, 它是双曲线无线电导航系统之一。双曲线无线电导航系统基本上可分为两大类, 一类是时差系统, 另一类是相位差系统。时差类中有劳 兰 A、劳兰C和劳兰D系统; 相位差类中有台卡系统和奥米加系统。

劳兰定位, 简单地说, 就是利用双曲线的原理来测定岸上两个固定发射台所发射的脉冲信号到达船舶的时间差 (相当于距离差)。由于船舶的位置不同, 时间差的大小也就不一样, 由时间差值就可以求出位置线。

这种定位方法与其他方法相比, 尽管容易受环境的干扰, 缺乏自主性, 但它不受时间、气候的影响, 定位迅速, 操作简便, 作用距离较远, 精度也较高。因此, 这一导航系统被广泛地采用。现在, 民用导航多数使用劳兰 A 系统。

1.1 劳兰A定位基本原理

1.1.1 时差双曲线位置线

大家知道, 与两个定点M和S的距离之差为一个常数的点的轨迹叫双曲线, 它是对称的两条曲线。反过来说, 双曲

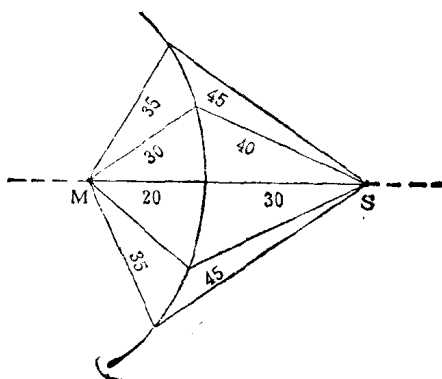


图 1.1 与M和S的距离差为10公里的双曲线的一支

线上的任意一点到定点M和S的距离差为一常数。

1.1.1.1 测定时差求距离差

从上述规律出发,可以在M处和S处分别设立一个劳兰发射台,把这两个发射台编为一对台组,称M处的台为主台

(Master),S处的台为副台(Slave)。在图例上,主台(M)与副台(S)之间的最短连线称为基线,基线长度一般为200—400海里。主、副台各自向外延伸的线称为基线延长线(或称基线延伸线);基线MS的垂直平分线称为中线(又称法线、中垂线)。如果主副台同时发射脉冲电波,假定船舶位于中线上,则它将同时收到M台和S台的脉冲信号。因为中线距M台和S台的距离相等,距离差为零,所以称它为零距离差线(也可从时差的角度考虑,称它为零时差线);如果船舶的位置不在中线上而在D点(见图1.2),则船舶将先收到M台的脉冲信号,其经历时间为 t_1 ,后收到S台的脉冲信号,其经历时间为 t_2 。两个发射台相对于船舶的距离差为 $d_2 - d_1$,也可以说两台的脉冲信号到达船舶的时间差为 $t_2 - t_1$ 。根据公式:距离=速度×时间,可知M,S两台发射的脉冲信号到达D点的距离差为

$$\Delta d = d_2 - d_1 = (t_2 - t_1) \times c = \Delta t \times c$$

式中 Δd 为距离差,单位为米; c 为电波传播的速度,单位为

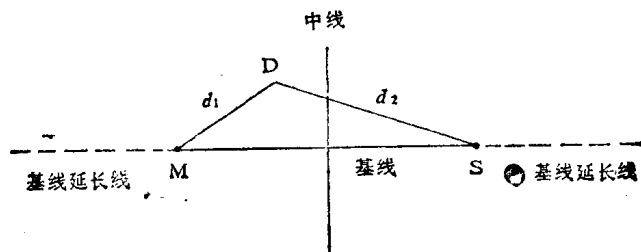


图 1.2 用时间差求距离差示意图

米/秒； Δt 为时间差，单位为秒。

因为波速 c 基本不变，可取为300 000公里/秒（或 3×10^8 米/秒），所以只要测出一对台组信号相对于船舶的时间差，就可以得到两台与船的距离差，就是说可以用时间差来表示距离差。劳兰系统的基本工作原理，就是直接用时间差来表示距离差。时间差（简称时差）的基本单位是微秒（ μs ），1 秒 = 1 000 000 微秒。

1.1.1.2 时差双曲线位置线

当主、副两发射台同时发射脉冲信号时，用劳兰接收机可测得这两台的电波到达船舶的时差，即求得相应的距离差。不同的时差对应着不同的双曲线，许多双曲线构成双曲线族，这就是时差双曲线。时差双曲线表示对应于不同时差的船舶位置线。

图1.3所示为时差相差2000微秒的双曲线位置线。双曲线是对称的，以中线（零时差线）为对称轴，其两侧的双曲线两两对称，对称的双曲线对应着相同的时差值。如果测得一个时差值，就有互相对称的两条双曲线位置线与它对应，这样就无法确定船舶位于哪条位置线上。这就是位置线的双值性问题。

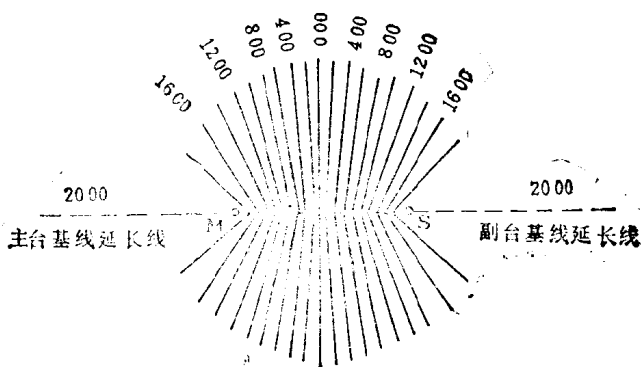


图 1.3 时差双曲线位置线 (间隔为2000微秒)

1.1.1.3 劳兰A发射台

劳兰A定位系统由设在岸上的固定发射台和设在船上的劳兰A接收机组成。劳兰A接收机接收岸上的一对发射台所发出的脉冲信号，测定这两台的信号到达船舶的时差，根据这个时差值，确定出双曲线位置线。

劳兰A发射台的设置要求是可在某一范围内同时收到两对以上台组的信号。劳兰A发射台每两个台为一个台组，为了减少发射台的数目，一般是用主台作为共用台，构成两对台组，这个主台在同一地理位置上发射两种脉冲信号。如图1.4中，主台M与副台 S_1 构成一对台组，又与副台 S_2 构成另一对台组。

劳兰A的工作频率为1900千赫左右。劳兰A发射台天线中的高频电流是短时间发射，较长时间停止的，这种电流叫做脉冲电流。由这种电流产生的无线电波叫做脉冲式无线电波。每秒内发射的脉冲次数称为脉冲重复频率，单个脉冲的持续时间称为脉冲宽度。一般脉冲宽度为40微秒。