

海 运 工 业 出 版 社

自动雷达标绘仪 (ARPA)

大连海运学院 吴兆麟 王清煜 编



人民交通出版社

337337

海员专业培训丛书

自动雷达标绘仪(ARPA)

Zidong Leida Biaohuiyi

大连海运学院 吴兆麟 编
王清煜



人民交通出版社

01150114

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），和船长、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年起的五年之内完成。

本书共分基本知识，实际操作方法和避碰中的应用等四章。主要介绍自动雷达标绘仪的录取与跟踪目标的原理、避碰信息与显示原理、碰撞点与预测危险区原理，以及DB-4ARPA的实际操作方法，SPERRY CASI ARPA简介和ARPA在避碰中的应用。书后附有ARPA性能标准、传感器的误差和使用ARPA的训练大纲三个附录。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。



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：4.625 插页：2 字数：86千

1989年8月 第1版

1989年8月 第1版 第1次印刷

印数：0001—2500册 定价：2.95元

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《船舶无线电话通信》。

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》将于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。

《自动雷达标绘仪》教材由吴兆麟（第一部分——基本知识）和王清煜（第二部分——实际操作）编写，王逢辰审稿。

编写过程中我们吸收了其他培训教材的部分内容，在此表示感谢。

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

第一章 自动雷达标绘仪 (ARPA) 的基本知识.....	1
第一节 自动雷达标绘仪概述.....	1
第二节 目标录取与跟踪.....	5
第三节 避碰信息与显示.....	14
第四节 可能碰撞点与预测危险区原理.....	24
第五节 显示与解释数据的误差.....	44
第六节 试操纵、检测和报警.....	56
第二章 DB-4 矢量型自动雷达标绘仪实际操作方法...	60
第一节 中央系统的启动.....	60
第二节 数据雷达系统 (DATA RADAR) 实际操作方法.....	65
第三节 系统工作测试.....	88
第三章 SPERRY CASII (预险区型自动雷达标绘仪) 简介.....	93
第一节 结构和特点.....	93
第二节 操作步骤.....	99
第四章 自动雷达标绘仪在避碰中的应用.....	120
第一节 观测和判断会遇结果.....	120
第二节 求取安全避让措施的方法.....	122
第三节 应用自动雷达标绘仪协助避碰的注意事项.....	123
附录一 国际海事组织 (IMO) A-422 (XI)	

决议.....	126
“自动雷达标绘仪 (ARPA) 的性能标准”	126
附录二 传感器的误差.....	134
附录三 国际海事组织 (IMO) A.482 (XII)	
号决议.....	135
“使用自动雷达标绘仪 (ARPA) 的训练”	135

第一章 自动雷达标绘仪

(ARPA) 的基本知识

第一节 自动雷达标绘仪概述

自动雷达标绘仪 (Automatic Radar Plotting Aids) 简称 ARPA。顾名思义,它是一种能够自动进行雷达标绘,协助驾驶人员避免船舶碰撞的助航设备。

一、自动雷达标绘仪的作用

船舶在海上航行时,驾驶人员凭借传感器(能见度良好时用肉眼,能见度不良时用雷达)注视周围来船的动态,记录观察时间、来船方位和距离等有关数据,并将这些数据储存在可称为数据库的标绘器或雷达运动图中。对这些数据进行分析处理,即可得知来船的相对运动、会遇最近距(CPA)和到会遇最近点时间(TCPA);再将本船的运动考虑进去,即可求得来船的真运动。上述信息可以某种形式显示出来,使会遇形势一目了然。随后,驾驶人员根据显示的信息和海上避碰规则的要求,确定是否需要采取避让行动或采取何种避让行动。在采取实际行动之前可事先进行标绘,以验证打算采取的行动是否安全有效。上述过程可称为海上避碰的流程。这一过程重复进行则构成一个“避碰回路(Anti-collision loop)”,如图 1-1 所示。而自动雷达标绘仪的作用,则如

图1-1中阴影部分所示。该设备先从雷达传感器中取出数据并储存在数据库中，随即进行处理以获得有关信息，最后将船员需要的数据以简明易懂的形式显示出来以供避碰决策之用。同时自动雷达标绘仪还可事先输入打算采取的避让行动的有关数据进行试操纵，以了解这一行动导致的会遇结果。

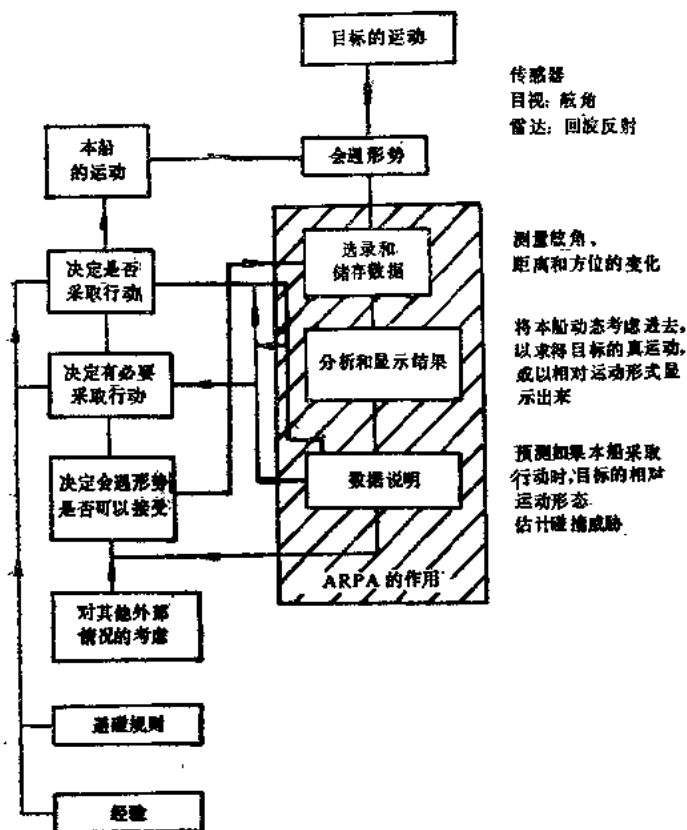


图1-1 避碰回路

因此，概括地说来，自动雷达标绘仪的作用就是：自动搜集、分析和显示目标的有关数据，完成传统由船员承担的费时乏味的雷达标绘工作。但需注意，该设备只能提供各种避碰信息而不能代替船员进行避碰决策，故不能将它称为自动避碰雷达。

二、自动雷达标绘仪的沿革

40年代后期，民用船舶逐步安装了雷达。然而，在雷达使用初期，雾中船舶碰撞非但没有减少，反而有所增加。其原因之一就是一些船员对雷达荧光屏上显示的相对运动难以理解。最初，将目标相对运动转换成真运动的工作是由船员进行手动雷达标绘（亦称为作雷达运动图）。后来发展到直接在雷达显示器上的防视差反射作图器上手动标绘，随后又发展到用电动机械方式进行标绘，而后则研制出可显示目标真运动的雷达。

在雷达荧光屏外记录目标数据的新方法首先是在摄影标绘型（Photo plot）雷达中采用的，而从雷达显示器中记录目标回波的最早的设备是预测器型（Predictor）雷达。后者实质上是自动雷达标绘仪的雏型，它可以显示相对运动、真运动、历史航迹和试操纵的结果。在70年代中，自动雷达标绘仪有了很大的发展和改进。商船特别是大型油船和危险品船上逐步安装了这一设备。使用结果表明，自动雷达标绘仪确实是一种新型的功能良好的避碰设备，受到船员的普遍欢迎。

三、自动雷达标绘仪的组成和工作原理

自动雷达标绘仪由计算机接口、跟踪器、计算机、字符显

示器、平面位置显示器 (PPI) 和操纵台等部分组成。其工作过程是：由雷达输入回波视频信号、触发脉冲及雷达天线角位置，由陀螺罗经输入本船航向，由计程仪输入本船速度。计算机接口将输入的上述各种信息从模拟信号转换成数字信号并分成两路。一路信号经过跟踪器到达计算机进行计算，将结果送到字符显示器，提供距离、方位、航向、速度、CPA和TCPA等数据。另一路信号直接到达计算机进行计算，再将结果送到PPI显示器，显示出矢量和预测危险区等图形数据。自动雷达标绘仪的组成及其工作过程如图1-2所示。

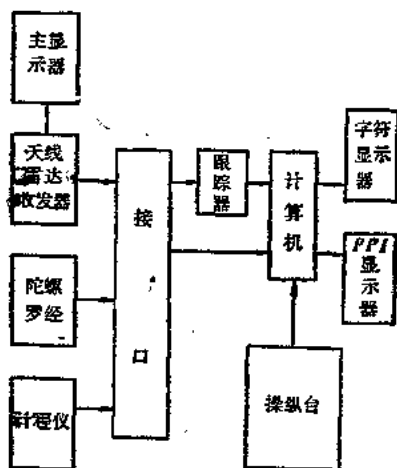


图1-2 自动雷达标绘仪组成及工作过程框图

四、自动雷达标绘仪的主要功能和分类

目前，世界上有很多国家都在研制和生产自动雷达标绘

仪, 因此, 其种类和型号繁多, 功能各异。但是, 一般说来, 自动雷达标绘仪的主要功能是以下列各种方式向船员提供避碰信息:

1. 相对运动矢量;
2. 真运动矢量;
3. 可能碰撞点(Point of possible collision, PPC), 亦称碰撞点;
4. 预测危险区(Predicted area of danger, PAD), 亦称预险区;
5. 历史航迹(History tracks);
6. 试操纵(Trial manoeuvres);
7. 数值型数据显示;
8. 航行线与界限;
9. 操作警报;
10. 设备警报;
11. 丢弃区界限等。

从船员使用自动雷达标绘仪的角度来看, 该设备基本上可按其显示图形数据的方式分为两大类: 即船员通常所说的“矢量型APRA”和“预测危险区型ARPA”。这两类自动雷达标绘仪各有其优缺点, 但从发展趋势上看, 新型的自动雷达标绘仪为兼有矢量显示和预险区显示的混合型。

第二节 目标录取与跟踪

一、目标录取方式

目标的录取方式有两种: 一种是自动录取, 另一种是手动录取。

自动录取无需船员手动选择打算跟踪的目标，而可自动搜集雷达荧光屏上的所有目标数据，因此，它能减轻船员的工作负担。然而，采用自动录取时，在荧光屏上显示的矢量往往多于实际需要，这就使得它不能清楚地表明哪些目标更危险。

手动录取要求船员自行选择打算跟踪的目标，这就需要花费一定时间来录取目标或取消对某一目标的跟踪。但是，采用手动录取时在荧光屏上显示的矢量基本是本船关心和防备的目标，因此避让重点突出。

无论是采用自动录取还是手动录取，目标一旦被录取，跟踪器将一直自动跟踪到目标丢失或人为地取消跟踪该目标为止。国际海事组织(IMO)制定的自动雷达标绘仪(ARPA)性能标准的要求是：必须具备手动录取功能，而不强制具备自动录取功能。但是，绝大多数型号的自动雷达标绘仪都同时具备手动录取和自动录取两种功能。

二、自动录取

在采用自动录取时，驾驶员必须预先选择自动录取的区域或范围，而自动雷达标绘仪应能自动跟踪、处理和同时显示，并不断更新至少20个目标的信息。在采用手动录取时，则只需跟踪至少10个目标。

在采用自动录取时，自动雷达标绘仪应能做到：

1. 将船舶的回波与陆地、干扰及假回波区别开来；
2. 在船舶回波的数目超过20个时，确定跟踪哪20个目标。

因此，自动雷达标绘仪首先要对雷达图象进行清理，即减少他船雷达、海浪和雨雪的干扰，并按余下回波的尺寸进行筛选。凡回波尺寸大得不可能是船舶目标者应予丢弃。另外，

驾驶人员还可使用该仪器面板上的按钮调整丢弃区界限和跟踪与录取的最小距离。这样一来，余下的回波就可能是船舶目标，然后对它们进行跟踪。自动雷达标绘仪可以对200个相当于船舶尺寸的回波不停地进行鉴别，并能对至少20个目标进行跟踪和全面的标绘。

其次，自动雷达标绘仪要确定自动雷达标绘仪探测的200个目标中哪20个目标对于本船来说是最重要的即威胁大的。这也许是距离最近的20个，也许是CPA最小的20个，也许还应考虑到相对速度这一因素，也许须将上述各点统筹考虑。因此，在自动雷达标绘仪中需要预先设定跟踪选择的标准，即优先权原则。

三、优先权原则

所谓优先权原则，是指自动雷达标绘仪在自动录取目标时，要按照一定的原则决定哪类目标应该优先录取，以及在录取目标数已达最大数目时按照一定的准则将已录取的不重要的目标去除。显然，从避碰目的出发，对本船构成威胁的目标要比未构成威胁的目标优先录取；而威胁大的目标要比威胁小的目标优先录取。威胁程度即碰撞危险程度，一般说来是与目标船方位、距离、会遇最近距（CPA）和到会遇最近点的时间（TCPA）这四个变量有关。自动雷达标绘仪内部储存有对上述变量加权的复杂程序以实施优先权原则，从而优先录取碰撞危险程度大的目标。典型的优先权原则可用图形表示（见图1-3）。位于1区的目标要比位于其它区的目标优先录取，即小区号中的目标比大区号中的目标优先录取。船员用CPA按钮和TCPA按钮设定和调整优先权各区的界限数值。

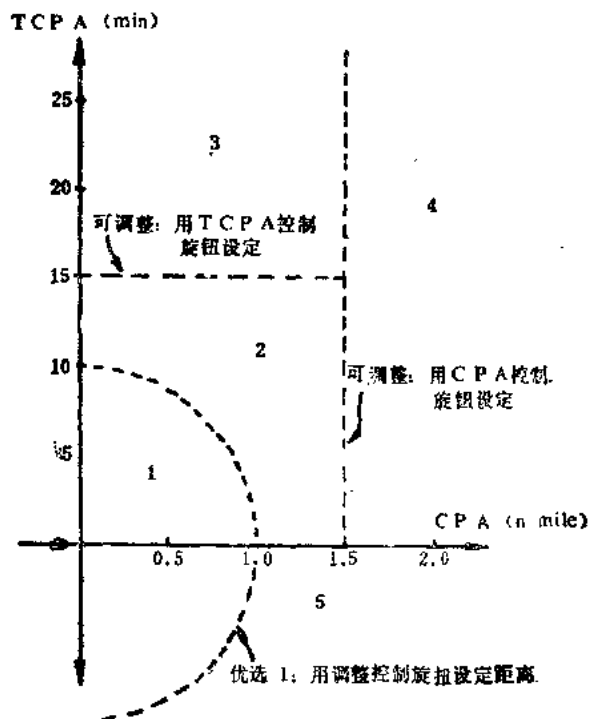


图1-3 优先权原则

四、跟踪原理

1. 目标距离跟踪——击中寄存器

自动雷达标绘仪中设有跟踪器，跟踪器的工作原理如图1-4所示。跟踪器中有许多开关寄存器用来储存数据。例如，25n mile量程使用256个单元，精度可达0.1n mile。主寄存器是在每一次扫描期间进行计数，而在休止期间（即两次扫

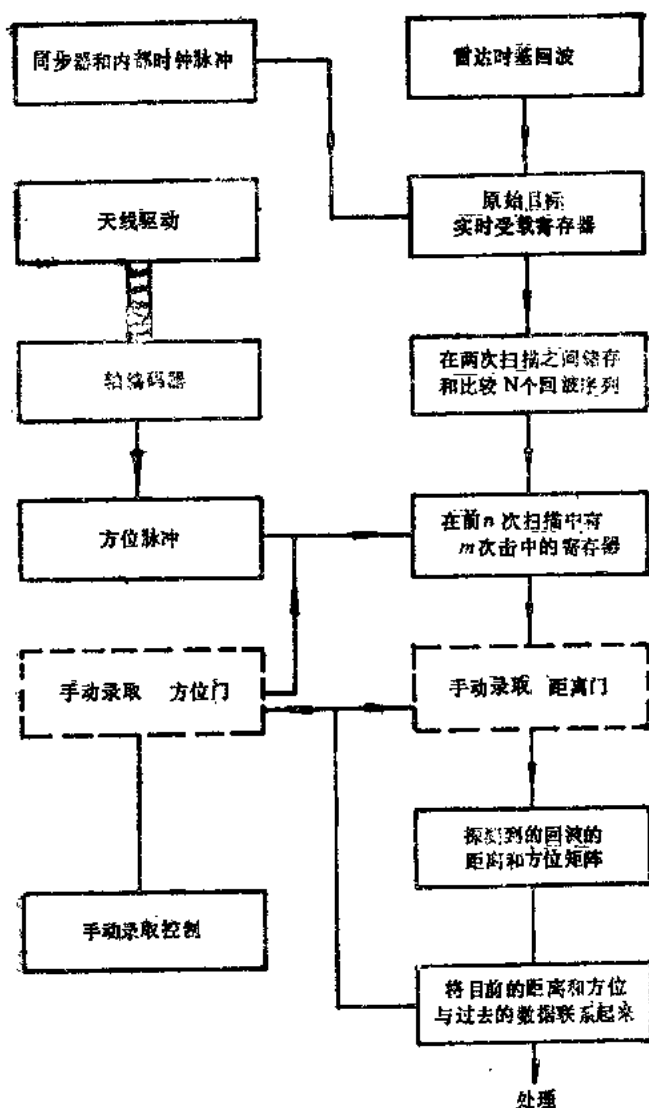


图1-4 跟踪器工作原理框图

描之间) 将该数据传递给寄存器1, 同时寄存器1将原存数据传递给寄存器2, 以此类推, 2传3、3传4等等, 直至最后一个寄存器将原有数据弃去为止。跟踪器在数据传递过程中对所有寄存器中同一单元的内容进行比较; 如果 n 个单元中有多于 m 个单元的内容是“1”, 则“击中寄存器”(Hit register)中同位置单元的内容设“1”。自动雷达标绘仪的跟踪器就是采用上述方法来减少假回波的数目和避免漏掉反射能力弱的目标的回波。

2. 目标方位跟踪——轴编码器

为了储存完整的数据, 自动雷达标绘仪的跟踪器须在击中寄存器储存距离数据的同时能记录下目标回波的方位; 这个工作是通过安装在雷达天线旋转机构中的一个轴编码器来完成的。12位数字编码器的方位精度可达圆周的 $1/4096$, 即 $0^{\circ}.09$ 。轴编码器的编码输出和击中寄存器的数据构成了

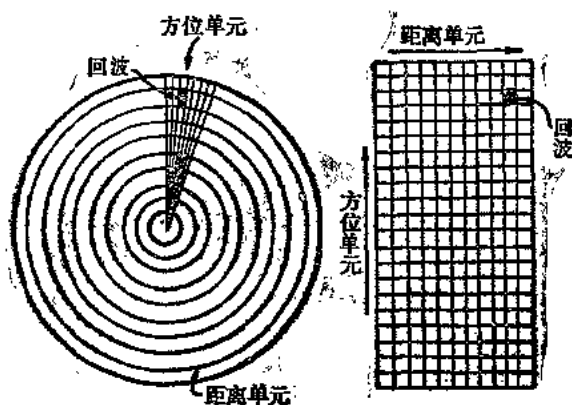


图1-5 图象储存

注: 本图表明目标的距离和方位可用一个由距离和方位单元确定的矩阵来代替。距离越近, 方位越精确。

目标方位和距离的矩阵。

在采用手动跟踪时，应通过操纵杆将跟踪门置于打算跟踪的目标上，其作用是在目标恰好到达之前启动寄存器计数，稍后即使之停止。因而开关寄存器中只有少数单元受载。同理，在轴编码器中也仅仅选用少量编码。这样一来，在“击中矩阵”（Hit matrix）中则只包含所跟踪目标的距离和方位，如图1-5所示。

五、基本数据的处理

在跟踪目标过程中，跟踪器始终将前后两次扫描中探测到的目标回波进行比较，以便继续跟踪原有目标和发现新目标，而一旦确定了同一目标在连续几次扫描中的回波数据，处理器便对这些数据进行处理以产生该目标的相对运动线。由于采用极坐标值（距离与方位）进行运算较为复杂，因此应将它们转换成以北、东方向为坐标轴的直角坐标值。处理器的工作实际上就是确定目标在北、东方向上的变化率。

处理器处理数据时采用的数学方法是回归分析法。图1-6表明如何运用连续的信息改善对目标未来位置的预报。在10次或15次扫描以后就可以计算 α 和 β 这两个变量。变量 β 的大小是跟踪置信度的实际量度，该变量越小则计算结果越精确。因此，可以在处理器中安设一个反馈电路来逐步减小手动跟踪系统中跟踪门的尺寸。减小跟踪门的尺寸有下列优点：

1. 能及早发现目标相对运动的变化；
2. 出现“目标替换”（Target swop）的可能性减小；
3. 速率辅助（Rate aiding）（即透过干扰、雨雪或在信号断断续续时跟踪目标的能力）良好。