

高等学校试用教材

(电子工程专业)

第三册

张润泽 编著

人民交通出版社

船舶导航雷达

63

6

士

7-4631
596

高等学校试用教材

船舶导航雷达

Chuanbo Daohang Leida

(电子工程专业)

第三册

张润泽 编著



人民交通出版社

9010182

高等学校试用教材
船舶导航雷达

(电子工程专业)

第三册

张润泽 编著

人民交通出版社出版

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_{1/16} 印张：24.625 插页：7 字数：620千

1990年2月 第1版

1990年2月 第1版 第1次印刷

印数：0001—1700册 定价：4.80元

内 容 简 介

本书是大连海运学院电子工程(导航)专业的雷达教材。全书共六篇、三十八章，分三册出版。第一册的主要内容是雷达基本原理、雷达发射系统、雷达接收系统。第二册的主要内容是雷达显示系统、船舶导航雷达的系统设计原理。第三册的主要内容是雷达信息处理和ARPA系统。本书重视了船舶导航雷达的发展趋势，数字化、计算机化以及ARPA的兴起。

本书可作为工科院校和军事院校电子工程专业的教学参考书，可供有关专业的研究生、科技人员、海军人员参考。

2014/23

目 录

第六篇 雷达信息处理及 ARPA 系统

第三十章 雷达信息处理综述	1
第一节 雷达信息的三级处理.....	1
第二节 雷达信息的数字化终端设备.....	2
第三节 雷达信息的窄带传输.....	6
第四节 船舶导航雷达信息处理系统的任务、技术指标与组成.....	6
第五节 雷达信息处理系统的发展趋势.....	9
第三十一章 雷达杂波处理	11
第一节 引言.....	11
第二节 雷达杂波模型.....	11
第三节 雷达杂波的恒虚警率处理.....	18
第四节 雷达杂波的解相关处理.....	30
第三十二章 雷达信号的自动检测	47
第一节 雷达信号检测的基本任务、要求、主要方法与设备组成.....	47
第二节 雷达信号的统计检测原理.....	48
第三节 雷达信号的模-数转换.....	50
第四节 雷达信号的数字式检测.....	54
第五节 准最优检测器.....	61
第六节 滑窗检测器.....	66
第七节 小滑窗检测器.....	69
第八节 反馈积累检测器.....	75
第九节 几种检测器的比较.....	81
第十节 雷达信号的区域检测.....	83
第三十三章 雷达数据的自动录取	87
第一节 雷达数据录取的基本概念.....	87
第二节 目标距离数据的录取.....	89
第三节 目标方位数据的录取.....	93
第四节 目标特征参数的录取.....	118
第三十四章 雷达目标的自动跟踪	122
第一节 引言.....	122
第二节 航迹相关.....	122
第三节 航迹外推.....	127
第四节 维纳滤波器.....	132
第五节 变增益 α - β 滤波.....	135

第六节	常增益 α - β 滤波	148
第七节	α - β - γ 滤波	167
第八节	卡尔曼滤波	173
第九节	OCCAM滤波	181
第十节	相关波门的计算与自适应调整	185
第三十五章	目标运动参数的计算与危险判断	192
第一节	引言	192
第二节	目标运动矢量的计算	192
第三节	危险预测参数的计算	195
第四节	危险判断与报警	199
第三十六章	雷达信息处理的数字化终端	203
第一节	引言	203
第二节	对数字化终端的基本要求	203
第三节	典型数字化终端——综合显示器的基本框图	204
第四节	阴极射线管的字符显示	206
第五节	偏转控制/线段法字符产生器	211
第六节	偏转控制/快速点阵法字符产生器	214
第七节	辉亮控制/固定点阵法字符产生器	218
第八节	程序控制/线段法字符产生器	224
第九节	程序控制/快速点阵法字符产生器	230
第十节	CRT字符产生器五种方法比较	234
第十一节	CRT的图形显示	234
第十二节	数字式矢量产生器的基本工作原理	236
第十三节	速率乘法数字式矢量产生器	238
第十四节	累加法数字式矢量产生器	243
第十五节	模拟式矢量产生器	246
第十六节	数字-模拟结合式矢量产生器	248
第十七节	六种矢量产生器的比较	250
第十八节	雷达图象的TV显示	251
第十九节	$R\theta/TV$ 的坐标变换	255
第二十节	$R\theta/TV$ 全电视信号的形成	261
第二十一节	数字化终端的数据输入装置	263
第二十二节	不用CRT的信息输出装置	269
第二十三节	雷达信息的语音输出装置	282
第三十七章	船用导航雷达ARPA系统	289
第一节	ARPA JAS-800 MII的功能与技术条件	289
第二节	ARPA JAS-800 MII系统原理概述	294
第三节	ARPA JAS-800 MII电路工作原理分析	304
第三十八章	船舶交通管理雷达数据处理系统	355
第一节	VOC86的构成及主要功能与指标	355

第二节 VOC86系统工作原理.....	364
参考文献.....	377
附录 ARPA JAS-800 MII 英文缩写索引	380

第六篇 雷达信息处理及ARPA系统

第三十章 雷达信息处理综述

现代雷达已经不单纯是一种传感器，而是传感器加数据处理机的组合系统。自70年代以来，船舶导航雷达的重要进展是增加了雷达信息的自动处理系统，其中包括检测、录取、跟踪、危险判断以及数字化的人-机交换终端。目前，功能较多的避碰雷达或“雷达自动标绘仪”（ARPA）设备中，都有由若干个微处理机和一些专用快速硬件组成的信号与数据处理系统。70年代发展起来的组合导航系统中，把来自雷达、卫星导航接收机、罗兰和奥米加接收机、陀螺罗经、多普勒计程仪等多种导航信息送入计算机，在计算机中作综合处理，实现多种导航功能。其中，雷达信息处理占有重要地位。目前，复杂的港口雷达系统中，更有分布式的由小型机或微型机组成的单站和多站综合的雷达信息处理系统。

本篇将讨论雷达信息处理的一般原理与实现方法，并给出船舶导航雷达信息处理系统的电路实例，最后分析一种ARPA系统。

在本章中介绍雷达信息处理的基本概念。

第一节 雷达信息的三级处理

目前船舶导航雷达的信息处理系统仅限于时域处理。它的主要任务是将来自接收机的载有目标信息的回波视频信号进行加工（或称处理），在终端设备中显示或指示目标的存在，目标的坐标数据，目标的运动数据，目标的运动情势，有无碰撞危险，安全航行方案等等。

船舶导航雷达的信息处理按照任务与内容的不同，可以分为以下三个方面，也就是三个不同的过程，又可看作三个不同的等级。

一、一级处理（或称一次加工）

一级处理的任务是：

1. 在雷达接收机输出的信号中，从海浪、雨雪及接收机内部噪声等杂波干扰背景中，检出有用目标的回波，判定目标的存在；
2. 录取目标的坐标；
3. 录取目标的其它参数，如目标大小、类型，并对目标进行编号。

二、二级处理（或称二次加工）

1. 按照一次处理提供的数据，对运动目标建立航迹，计算并存贮运动参数。必要时，对目标进行 $R-\theta/X-Y$ 坐标变换；
2. 对目标进行跟踪，判断每次扫描的回波信号是否是同一目标；

3. 预测并判断运动目标的未来状况，计算最接近点距离（DCPA，又简称 CPA）、到达最接近点时间（TCPA），判断有无碰撞、搁浅、脱离航道等危险，计算安全航行方案等。

三、三级处理（或称三次加工）

在多站的雷达系统中，如复杂港口的雷达系统，包括多部雷达，分布在不同地点，需要将各分站的雷达信息传递并汇集到中心站，各分站的雷达信息虽经过两次处理，但汇集到中心站之后，不能直接利用，需要进行三级处理。它的任务是：

1. 将目标的坐标和运动参数统一于一个坐标系统和计时系统。这是因为一次和二次处理都是按各分站的坐标系统进行的，各分站的工作在时间上是不同步的，因此，将这些分站的数据汇集起来以后，首先要统一坐标和时间的标准。

2. 将各分站的点迹数据（包括目标的坐标、运动参数以及其它各种特征参数）加以识别，归入相同的目标航迹数据中去。这是因为有的目标同时被几个雷达站所探测，它们各自将数据集中到中心站，由于各雷达站的测量精度不同，数据计算和传递过程中所引入的误差也不同。因此，由不同雷达所送来的目标数据在坐标系统和计时系统被统一后，还要解决目标归并问题。因为在多目标情况下，就需要制定一种准则，以区分哪些数据是属于同一目标的，哪些数据是属于另外目标的。辨认出同一目标的各种数据之后，还要规定一种标准，将这个目标的不同数据归并为一个点迹。

3. 在以上两步处理的基础上，计算目标的运动参数，建立统一的航迹，实施统一的跟踪和其它处理。

第二节 雷达信息的数字化终端设备

雷达信息的数字化终端设备既是信息输出设备，又是人机交换设备。图30-1是一般组成型式。计算机和雷达的结合和一次处理主要是在自动检测与录取设备中和显示器录取装置中完成。二次处理主要在计算机和缓冲存储器中完成。计算机可能由几个微型机组成。下面说明图30-1的工作方式和特点。

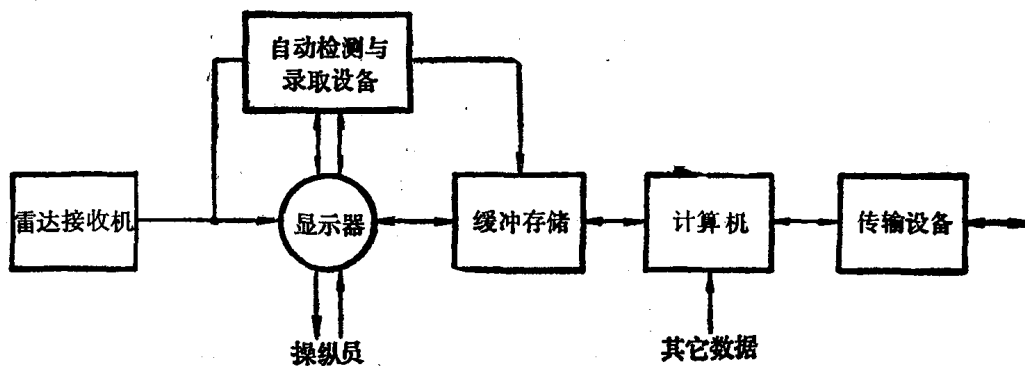


图30-1 数字雷达终端的组成

一、目标录取方式

录取目标有两种方式，一是人工录取，二是自动录取。在人工录取时，录取是通过显示器进行的。当操纵员在显示器上发现目标后，用跟踪球或操纵杆控制一个录取标志（一般是

一个小环或十字形符号)，在荧光屏上对准目标。这种标志本身代表一坐标数据，当它对准目标时，标志的坐标也就是目标的坐标，并将该坐标数据送给计算机，完成了目标坐标人工录取任务，然后就进入自动录取。自动录取不需要人判断有没有目标，而是由自动检测设备完成这一任务。该设备判断有目标后，再自动录取这一目标的坐标，送给计算机。人工录取时，实际上只录取目标最初的坐标，当计算机对这个目标建立起航迹，转入跟踪以后，目标坐标录取就进入自动的方式，所以这种方式又称为半自动录取。如果目标最初的坐标也是用自动的方式录取，则称为全自动录取。

自动检测与录取设备的主要组成如图30-2所示。视频信号首先经过取样和量化，变为数字量，然后送到逻辑判定部件。在这个部件中设置了发现目标的准则，一旦准则得到满足，就发出“发现目标”信号，即完成自动检测任务。一方面通知计算机，另一方面读出方位和距离数据寄存器中的数据，送给计算机，即完成了自动录取任务。这两个寄存器中所存放的是当前目标的坐标。图中的电平控制是为了保持检测设备的虚警率恒定而设置的。

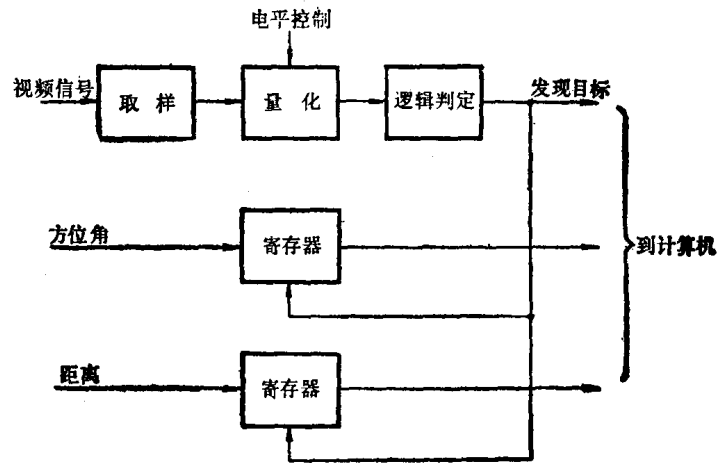


图30-2 自动检测与录取设备的组成

二、显示型式

船用和岸用导航雷达或港口交通管理系统的数字雷达终端显示设备有下面几种类型。

1. 录取显示器(acquisition display)

此显示器用于对目标的人工录取。在荧光屏上显示模拟式原始视频图象。操纵员用跟踪球或操纵杆控制录取标志与目标对准，完成人工录取后，进入自动录取、自动跟踪。计算机可以利用某种标志，例如圆、三角形、方形等型式在荧光屏的目标位置上显示出来。此目标标志将跟随目标同步移动。录取显示器的画面如图30-3所示。

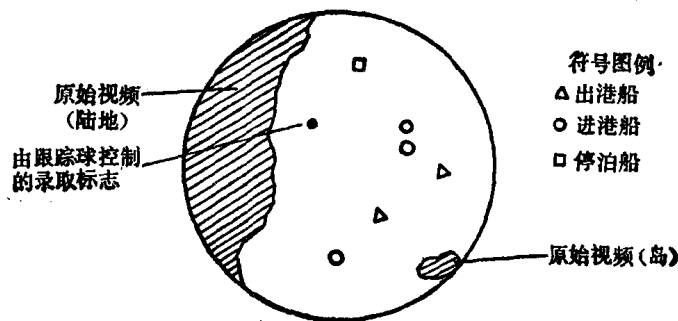
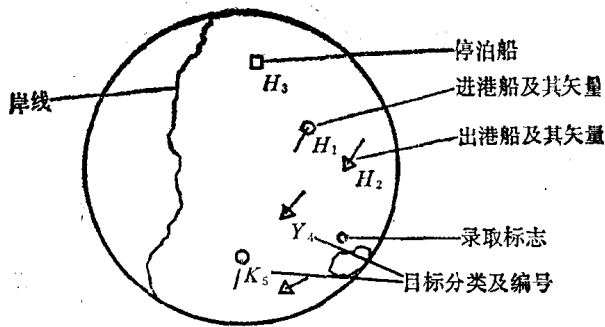


图30-3 录取显示器画面

2. 形势显示器或称情况显示器(situation display)

此显示器用于自动录取设备对目标进行的全自动录取。在荧光屏上只显示处理视频图

象，没有原始视频信号，如图30-4所示。陆地和岛屿等，经处理后由岸线轮廓来表示。被录取的目标以各种标志符号显示，同时，在标志近旁还可显示目标编号和目标运动矢量线。在荧光屏上没有陆地杂波，没有噪音及干扰背景，只显示目标分布及运动态势，以及视频地图背景或其它特定标志。这种显示器画面清爽，并以高亮度显示，便于交通状态的监督管理和安全导航，或用于船舶的调度，实施指挥。它既可显示整个观测区域，也可显示某一局部，所以又常称作图形显示器(graphic display)。



目标编号图例：H₂—货船2号 K₅—客船5号 Y₄—油船4号

图30-4 形势显示器画面

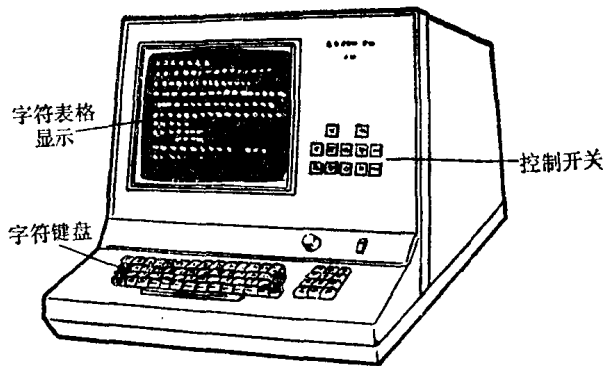


图30-5 字符显示器外观示意图

3. 字符显示器(character display)或称字母数字显示器(alphanumeric display)

这种显示器在阴极射线管(CRT)荧光屏上用黑白或彩色的字母、数字，以表格的形式显示目标的各种特征和数据。字母、数字符号由字母数字键盘人工输入，各种数据是由计算机将雷达信息进行数据处理后输入的。表格项目视需要拟定，如港口雷达的字符显示项目有：编号、船名、国籍、进/出港、抵/离港时间、货物类型、船位、航向、航速等等。用这种表格的显示方法，观测员可对全域目标的现况与动向一目了然，便于监督、管理、调度、指挥。字符显示器的外观如图30-5所示。

4. 综合显示器(synthetic display)

这种显示器是录取显示器与形势显示器的结合，而且可以综合显示几个雷达站送来的信息。岸用导航雷达综合显示器的荧光屏上可显示三种信息：1)各雷达站的原始视频信息；2)各雷达站的处理视频信息；3)外存海图信息。此外还可显示特殊标志和字符，如图30-6所示。这种显示器的优点是：既便于录取目标，又便于观测各个雷达站所覆盖的全区目标的运

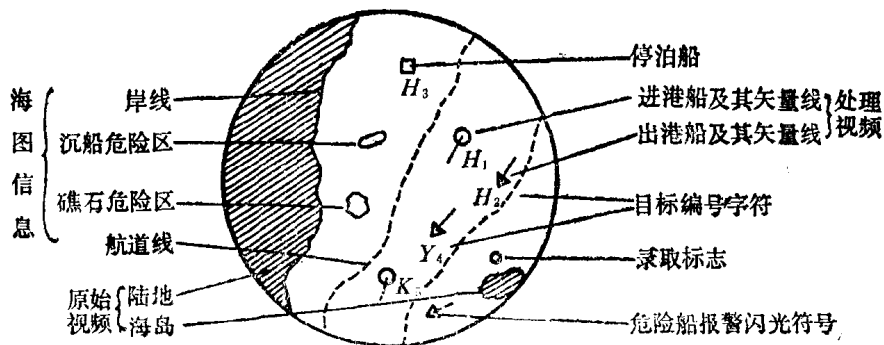


图30-6 综合显示器画面

动形势；既能显示水上目标，又能显示水下有关信息；将处理视频和原始视频相对照，可监督数据处理系统的工作是否正常。处理视频和海图信息均以高亮度显示，原始视频为背景，亮度较低，以便于区别。由于综合显示器优点较多，在岸用雷达中应用广泛。因为三层信息同时显示在荧光屏上，又有各种特殊标志，画面显得杂乱，为克服此缺点，有的采用多色调显示管或彩色管，将处理视频与原始视频用不同颜色区别开来。

5. TV 显示器(TV display)

这是一种将雷达信息由极坐标转换为直角坐标的电视光栅扫描显示器。其优点是可实现高亮度显示，而且可与一般电视接收兼容，价格低。在船用和港口用雷达中，这种显示器有增多的趋势。图30-7a)是无偏心 PPI 图象的 TV 显示画面，PPI 图象之外的空位可显示有关数据。图30-7b)是移心 PPI 图象的 TV 显示画面。在船用雷达中，多采用前者；在港口雷达中，这两种型式均有采用。

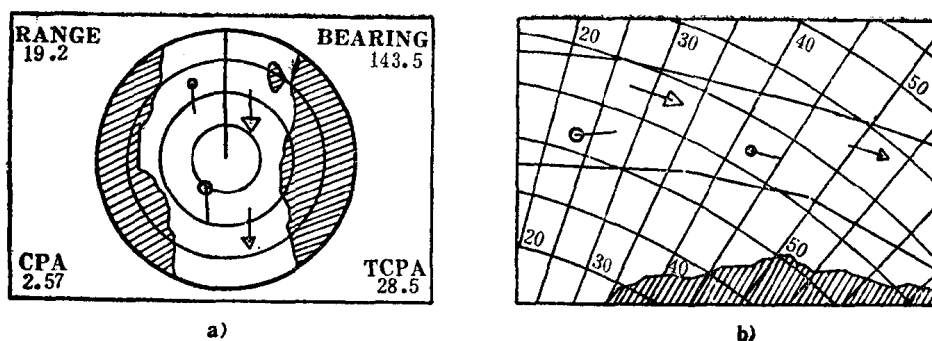


图30-7 雷达图象的TV显示
a)正常PPI的TV显示，b)移心PPI的TV显示

6. 电子图形显示板(electronic graphic display board)

这是大屏幕显示的一种方法，属于分立单元大屏幕显示。它由几万个发光二极管组成许多矩阵单元，并由计算机驱动。将目标经人工或自动录取并由计算机进行跟踪之后，再将目标数据送入发光二极管的驱动电路，使发光二极管按目标位置及运动数据依次发光显示，从而在几个平方米的大屏幕上显示出全区目标的运动情势。当目标驶离航道或接近水下危险区，或者碰撞危险，由计算机计算判断后，发出警告信号，使相应的发光二极管闪光。这种大型电子图形显示板适用于多人观测的监督管理和指挥机关，缺点是成本较高。

三、计算机的工作

在雷达数据处理及数字终端显示系统中，计算机是核心部件。它的主要工作是：

1. 对目标进行航迹相关和航迹外推的计算，实施目标跟踪；
2. 控制自动录取设备工作，实现全自动录取；
3. 对目标数据编码，经数据传递系统送到邻站或中心站；
4. 在计算各运动目标的航向航速之后，计算有关目标的最接近点 (CPA) 和最接近时间 (TCPA)；对有否航行危险作逻辑判断；如有危险，发出警告信号；并计算安全航行方案等。

总之，计算机可以完成人工标图和人工计算的任务，快速而准确地得出结果，以实现自动化导航和监督管理等任务。

第三节 雷达信息的窄带传输

在港口雷达系统中，各分站所获取的信息除了本站使用外，还要传递到邻站或中心站，或由中心站传递到有关部门。雷达信息的传递可以采用微波中继设备传递雷达原始视频图象的方法。但由于雷达模拟视频信号频谱很宽，要求传输设备有很宽的通频带，而且效率低，投资也大。因此常采用传递处理数据的办法。

通过以下的例子可以说明，采用信号录取以后给传递数据的方法带来的益处。假设在某个方位上有50个目标，雷达脉冲宽度为 $1\mu\text{s}$ ，当50个目标分布在不同距离上，总共占据 $50\mu\text{s}$ 的时间，如雷达探测距离为 60n mile ，脉冲重复周期选取为 $1000\mu\text{s}$ ，显然，在一个重复周期内，有信号的时间只占 $50/1000 = 5\%$ ，其余的 95% 的时间内都没有目标。如果用传递原始视频图象的方法，这 95% 的时间全部浪费了。如观测距离较近，重复周期选取 $250\mu\text{s}$ ，脉冲宽度应选 $0.1\mu\text{s}$ （或更窄），探测50个目标，只占 2% 的时间，要浪费 98% 的时间。

信息在信道传送过程中，传递信息所占用的时间和频带的乘积是一个常数。传递图象时，如果50个目标必须在 $5\mu\text{s}$ 内送出去，雷达视频信号的带宽若为 8MHz ，则时间和频带的乘积是 $5 \times 8 = 40$ ，现在，我们设法把目标的距离录取下来，不是在 $5\mu\text{s}$ 内，而是利用 $250\mu\text{s}$ 的时间把数据送出去，那么，传递数据的频带可减到 $(40/250) \times 10^6 = 160\text{kHz}$ 。实际上，我们所说的同一方位有50个目标，一般是指一个波束范围内的目标数。设一个波束内有10个重复周期，我们可以利用这10个周期的时间，即 $250 \times 10 = 2500\mu\text{s}$ 来传递50个目标数据。这样，可进一步把频带压缩到 $160/10 = 16\text{kHz}$ ，这已经进入音频范围，因而可以用低频设备，用电话线传输处理后的雷达信息。利用窄带信道来传递雷达信息，可以大大提高通信效率，大大降低投资，这也是采用雷达数据录取的优点之一。同时，保证传输效率高，精度高，又抑制了噪音、杂波等干扰，消除了多余的信息，再加上计算机的种种功能，大大提高了雷达信息的利用率，便于雷达信息网的组成，有利于雷达自动化程度的提高，扩展了雷达的使用范围。

第四节 船舶导航雷达信息处理系统的 任务、技术指标与组成

1. 船用避碰雷达或 ARPA 系统的任务是在终端设备中给出下列信息：

- 1) 目标坐标数据——距离，方位（真方位、相对方位）；
- 2) 目标运动数据——航向，航速（真运动、相对运动）；
- 3) 目标最小会遇数据——最接近点距离（DCPA），到达最接近点时间（TCPA）；
- 4) 目标运动形势显示——运动矢量线，历史航迹；
- 5) 目标运动预测显示——最接近点（CPA），碰撞危险点（PPC）或危险区（PAD），未来航迹；
- 6) 视频地图显示——航道线、岸线、浅滩、礁石、沉船等危险区，坐标参考点；
- 7) 声光报警信息——碰撞危险，脱离航道，目标丢失，设备故障等。

2. 为给出上列信息，船用雷达的信息处理系统应完成下列任务：

- 1) 雷达杂波处理——海浪、雨雪、内部噪音、同频干扰等杂波的消除或抑制；
- 2) 雷达信号检测——在杂波背景中检出有用目标；
- 3) 目标数据录取——距离、方位等特征数据；
- 4) 目标运动数据运算——航向，航速；
- 5) 目标跟踪——航迹建立，位置平滑预测，跟踪窗孔尺寸选择与自适应调整，真假航迹鉴别等；
- 6) 未来数据计算——CPA, TCPA, PPC, PAD, 未来航迹等；
- 7) 航行危险判断——碰撞危险，脱离航道；
- 8) 安全航行方案计算及验证——航向变换，航速变换；

依据上述任务，船用导航雷达的信息处理系统的处理程序可由图30-8所示的框图组成。

图中杂波处理多采用恒虚警处理或相关处理，或二者兼用。自动检测多用滑窗检测器，自动跟踪多采用 α 、 β 跟踪。

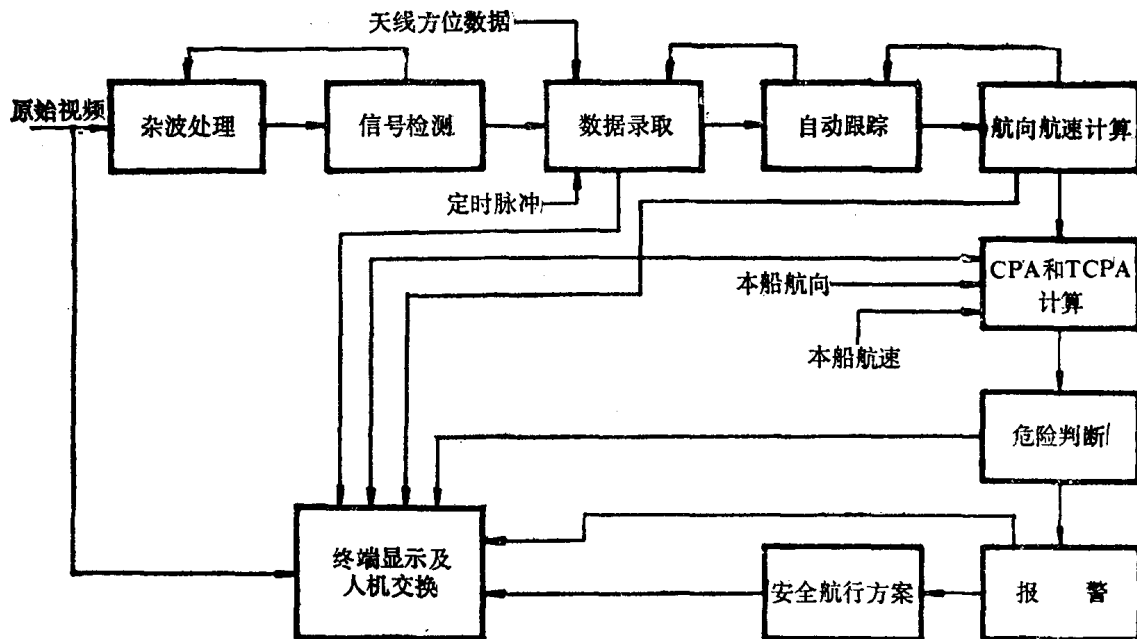


图30-8 船用导航雷达信息处理程序基本框图

3. 对船用导航雷达的信息处理系统提出的主要技术指标及当前达到的水平：

- 1) 目标录取数：自动 20~45个；
人工 10~24个；
- 2) 目标录取时间：0.3~1 min；
- 3) 目标跟踪数：同录取数；
- 4) 跟踪建立时间：0.5~1.5 min；
- 5) 最大跟踪范围：17~45 n mile；
- 6) 连续跟踪条件：天线连续10次扫描中，目标能清楚辨认的次数不低于5次；
- 7) 目标矢量标绘时间：1~3 min；
- 8) 最大相对速度：80~300 kn；

- 9) 尾迹标绘持续时间: 8 ~ 12min;
 - 10) 最大 CPA 距离: 1 ~ 9.9n mile;
 - 11) 最大 TCPA 时间: 30 ~ 99min;
 - 12) 视频处理距档范围: 3 ~ 96n mile 分为若干档, 其中至少应有 3 或 4, 12 或 16n mile 两档;
 - 13) 录取精度: 距离量化单元 $0.05 \sim 0.1\mu s$;
方位量化单元 $0.022^\circ \sim 0.088^\circ$;
 - 14) 矢量精度: 航向: $\pm 1^\circ \sim 3^\circ$ 或 $\pm 20^\circ \sim 30^\circ/V$ (V 为相对速度, 单位为节);
航速: 0.5kn 或航速的 $\pm 5\%$, 取大者;
 - 15) 报警能力: 当 $DCPA \leq \text{MIN DCPA}$; $TCPA \leq \text{MIN TCPA}$; 目标距离 $R \leq DCPA$; 自动录取饱和, 跟踪目标丢失; 设备发生故障时均应发出光、声或声-光兼用报警信号。
4. 岸用导航雷达或港口交通管理雷达系统的数字化终端设备应给出如下信息:
- 1) 目标地理坐标数: 距离, 方位;
 - 2) 目标尺度数据: 大 (大于 150m);
中 (50 ~ 150m);
小 (小于 50m);
 - 3) 目标地理坐标运动数据: 航向, 航速;
 - 4) 两目标地理坐标相对位置数据: 距离, 方位;
 - 5) 两运动目标最小会遇数据: CPA, TCPA;
 - 6) 目标运动形势显示: 进港, 出港, 运动矢量线, 历史航迹;

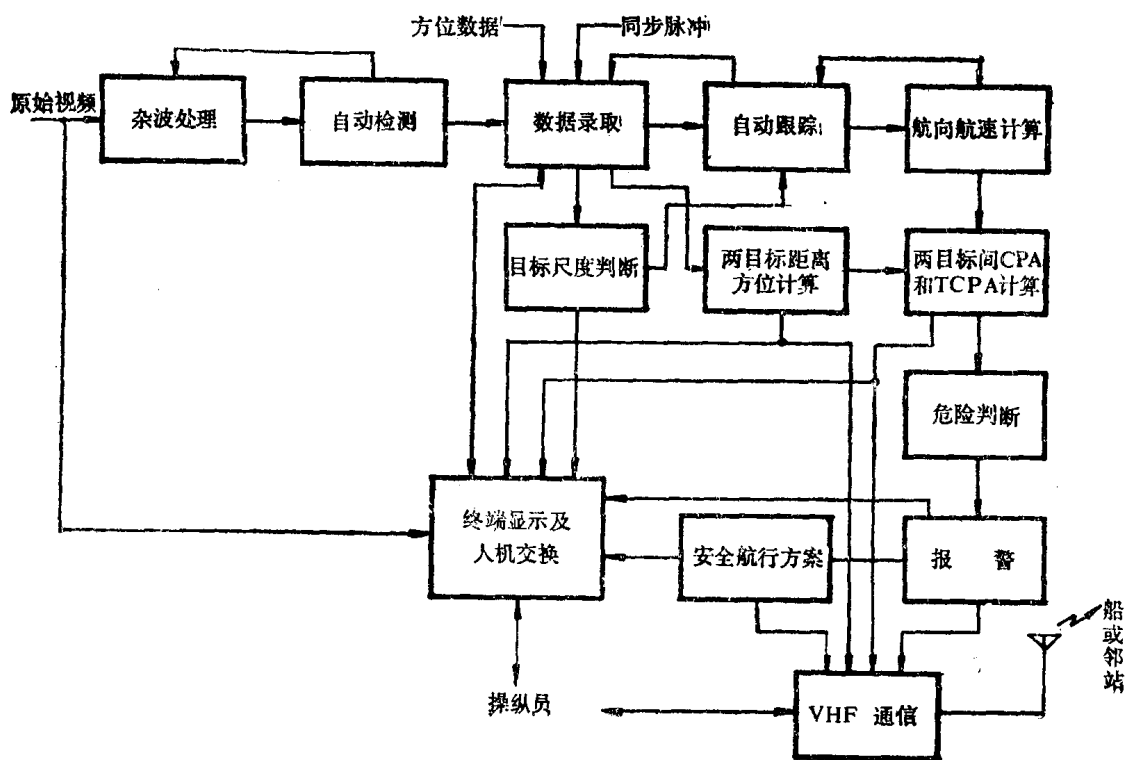


图30-9 单站岸用雷达信息处理程序基本框图

7) 目标运动预测显示: CPA, PAD, 未来航迹;

8) 视频地图显示: 航道线, 航道中心线, 岸线, 危险区标志线;

9) 报警信息: 碰撞, 脱离航道, 接近危险区, 自动发出声、光报警及自动通讯报警。

岸用雷达信息处理系统的技术指标, 在处理容量方面要大于船用雷达, 处理速度及处理精度方面也优于船用雷达, 终端设备量较多, 一般均有多个站组合。各种指标均视港口吞吐量、航道情况及功能多少而有较大差别。

图30-9是单站岸用雷达的信息处理程序的基本框图, 其中重要环节与图30-8相同或相似。

复杂港口多由雷达链组成导航网。各分站雷达信息若由微波中继将原始视频传递到中心站, 则由中心站作统一数据处理, 基本程序与图30-8同。若各分站已完成本站数据处理, 则可用电话线将处理数据以窄带慢速传递到中心站, 再由中心站作优化归并处理后, 也采用窄带传输到各使用部门。

第五节 雷达信息处理系统的发展趋势

船舶导航雷达的信息处理是依靠计算机(小型机或微型机)和一些专用数字设备来实现。一般来说, 通用机具有灵活性强, 生产、使用、维修方便, 价格便宜等优点; 而专用设备具有针对性强, 容易达到高速和并行处理的优点。究竟采用什么设备, 视功能特点和技术水平而定。

视频回波处理中的杂波处理、自动检测、坐标录取等环节, 要求实时性很高, 要在一个距离单元的时间($0.05 \sim 0.1 \mu s$)内完成。一个目标的点迹处理时间要在一个波瓣扫描的时间(几个毫秒至十几个毫秒)内完成。在全程自动检测情况下, 实际仍要求在一个距离单元时间内完成某些处理, 因此这类处理过程要求快速, 因此多采用高速专用数字设备来实现。近年来也有采用点迹处理的高速微处理机, 执行一条微指令时间在 $100 ns$ 以下。即便如此, 点迹录取一般尚不能按全程录取设计, 而是有一定容量限制。目前, 多采用快写慢读的时域扩展技术, 将快速信号进行慢速处理。

在自动跟踪的航迹处理中, 实时性要求较低, 是在天线一次扫描时间($2 \sim 5 s$)内完成。处理速度可大大降低, 但运算一般是复杂的。航迹处理普遍采用通用小型机和微型机。如果采用微型机, 则应选用指标较高的产品, 如字长16位, 运算器16位, 存储器容量不小于64K字节, 较多的指令(不小于60), 较快的指令执行速度(基本指令时间 $1 \mu s$ 以下), 以及灵活的输入输出接口等。

目前导航雷达中, 不论船用或岸用, 数据处理普遍采用分布式的微处理机系统代替初期的小型机。因为它更具有可靠性高, 价格低, 通用性和互换性强, 使用维修方便等优点。采用分布式处理系统的优点还在于能减少数据的往返传输, 一套设备出了故障不致影响全局, 容易提供并行通道, 不致中断整套系统的工作等。因此, 采用微型机代替小型机的趋势会继续发展下去。

由于微处理机具有软件硬件更紧密结合的特点, “软件固化”的技术将不断发展。因为这样会使设备体积小, 速度快, 使处理速度和效能得到改进。因此, 固化的采用是不可忽视的第二个发展趋势。

第三个发展趋势是终端设备采用高亮度彩色TV显示, 利用数字存贮技术, 实现信号的时

域扩展与压缩，以及增加扫描次数等方法，以实现高亮度显示。采用 $R-\theta/X-Y$ 扫描转换技术，实现 TV 扫描。利用穿透式或 TV 彩色显象管将原始视频、处理视频、存贮视频以不同色调显示，以区分信息类别，这显然是十分有利的。这种技术会普及开来。

此外，平板显示和大屏幕显示在船用和岸用导航雷达数字终端中有可能得到发展。语音人机交换也有必要性和可能性，也将会成为重要发展趋势之一。

在不久的将来，船舶导航雷达的信号与数据处理的发展，将表现在各处理环节的进一步改善。因为下列问题尚待解决：

1. 雷达杂波，特别是海浪雨雪杂波的抑制与消除尚未完善解决；
2. 目标的录取，特别是自动录取尚未完善可靠；
3. 目标的自动跟踪仍存在漏跟踪或误跟踪以及丢失目标现象尚未根除；
4. 运动目标的危险判断和安全航行方案尚未与航行规则联系起来；
5. 未能实时显示运动目标已采取的机动动作，未能预示运动目标将要采取的机动动作；
6. 未能实时显示水下危险信息。

以上问题得到解决之后，船舶导航雷达将随着第五代计算机——人工智能机的出现，在自动化功能方面取得新的进展，同时可期待在采用大时宽带宽积信号的新体制方面取得更显著的进步。