

船员培训教材

自动雷达标绘仪(ARPA)

主编 吴建华 主审 祝建国



船员培训教材

自动雷达标绘仪 (ARPA)

主编 吴建华

主审 祝建国

武汉理工大学出版社

• 武汉 •

内 容 提 要

本书是“船员培训教材”之一。

本书分为基本理论、实操训练、练习与测试三部分,以帮助广大海员在学习专业理论知识的同时,全面提高实际操作能力和突发事件的应变能力。

本书不仅可以作为在校本、专科生的培训教材,也可作为一般海员的培训教材及自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

自动雷达标绘仪(ARPA)/吴建华主编. —武汉:武汉理工大学出版社, 2009.6

ISBN 978-7-5629-2934-5

I. 自…

II. 吴…

III. 自动检测-导航雷达: 海用雷达

IV. U675.74

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 106862 号

出版发行: 武汉理工大学出版社(武汉市洪山区珞狮路 122 号 邮政编码: 430070)

HTTP: //www. techbook. com. cn 理工图书网

经 销 者: 各地新华书店

印 刷 者: 湖北地矿印业有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 10.75

字 数: 268 千字

版 次: 2009 年 6 月第 1 版

印 次: 2009 年 6 月第 1 次印刷

印 数: 1—3000 册

定 价: 20.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请向出版社发行部调换。

本社购书热线电话:(027) 87397097 87394412

E-mail: quswwutp@163.com wutp2005@126.com

船 员 培 训 教 材

编审委员会名单

主任委员:严新平 李玉华

副主任委员(以姓氏笔画排列):

邓跃进	王克	王同庆	王当利	王吉春
王燕辰	季永青	林承志	郭国平	胡耀兵
黄明	梁世翔	韩雪峰	谢西洲	雷绍锋
解超	熊仕涛	魏智勇		

委 员(以姓氏笔画排列):

方磊	王宏明	王威娜	刘伯宁	刘乾英
陈云胜	陈平	陈刚	陈艳才	何永林
李红民	李启敏	李毓江	吴小兰	吴建华
杨晓	杨斌	余长春	余谦	张亚冲
张劲	张祖平	张哲	范耀天	金科
胡卫东	郭党华	郝勇	柯响林	翁建军
夏守云	徐元	徐江波	徐周华	盛君
黄志英	章波	程兵	谭箭	熊锡龙
黎冬楼				

秘 书 长:杨学忠 杨帆

总责任编辑:曲生伟

出版说明

进入 21 世纪以来,经济全球化和国际航海业的发展促进了世界远洋船舶数量的急剧增加,对船员的需求量也急剧增大,出现了海运专业人才的严重短缺。为此,2006 年 7 月,交通部徐祖远副部长在河南新乡召开的“推进中西部海员发展工作座谈会”上,提出了推进我国中西部海员发展工作的“海员战略配套工程”策略,以服务地方经济发展。2008 年 4 月 16 日,交通部海事局常务副局长刘功臣在深圳召开的我国首届“船员发展大会”上表示,当前以及今后一段时期推进我国船员科学发展的总体思路是:以科学发展观为指导,以市场为导向,以企业为主体,以院校培养为基础,以专业培训为补充,坚持改革创新,加快队伍发展,推进结构调整,规范有序流动,争取到 2020 年成为船员劳务输出大国,实现我国从船员大国到船员强国的目标。为此,要重点做好六项工作:第一,扩大培养规模,提高培养质量;第二,提升船员素质,优化船员结构;第三,加强在职培养,健全考评机制;第四,保障合法权益,营造发展环境;第五,推进电子政务,构建船员服务平台;第六,宣扬航海文化,增强航海意识。

在世界航运事业快速发展和国际海员市场需求急剧增大的背景下,组织出版一套反映当前航运业发展现状、适合我国船员培训教育特点的高质量的船员培训教材就显得尤为重要。武汉理工大学出版社在华中、华东、西南地区众多航海类院校的大力支持下,组织了 10 余所航海类院校、培训机构中长期从事船员培训工作的 60 余位专家、教师共同编写了本套“船员培训教材”。本套教材在编写过程中得到了长江海事局、江苏海事局、浙江海事局的大力支持,有关海事局的领导及职能部门高度重视并结合船员培训及船员日后船上工作提出了许多指导性意见,从而保证了本套培训教材的权威性和先进性。

本套船员培训教材具有以下特点:

1. 与时俱进,体现行业最新进展

本套培训教材把最新的国际公约、国内法规、规范、指南、国家标准等内容以及最新的《中华人民共和国海船船员考试大纲》的要求融入其中,是一套知识内容最新、实操内容科学系统、紧跟国际航运事业发展的船员培训教材。

2. 定位准确,服务船员培训

本套培训教材依据培养具有一定理论水平、有较强实际操作技能的复合型专业人才的船员培训目标,改变过去重视知识的传授,强调学科体系的严密、完整的做法,精选船员能够实际应用的基础知识和基本技能,重在提高船员的实际操作能力和应对突发事件的能力,充分体现了行业需要、实际应用和船员身心发展三者有机的统一。

3. 可读性强,体例新颖

针对船员培训特点,结合船员考证,本套培训教材设置了基本理论、实操训练、练

习与测试等内容,保证理论知识够用,实操部分结合实际,练习与测试贴近船员考试,同时,使教材从内容到体例、从栏目到版式上耳目一新。

4. 应用性强,强调技能训练

将实操内容纳入课程体系是海员培训教学模式的特点。本套培训教材力争做到:基本理论、实操训练、练习与测试相配套;实操内容的设置与理论知识以及海员的实际作业相吻合;同时,考虑到航海设备的不断更新,实操内容及设备也进行了相应的更新,并考虑其应用性及可操作性。

5. 与时俱进,实现教学手段现代化

本套培训教材配备了“海员专业知识培训教学片”,实现了课堂教学与实训操作的同步,为提高船员培训质量奠定了良好的基础。

本套培训教材在2008年春季出版后,我们于2008年下半年进行了审读和订正。同时,我们将依据学科发展观的现实要求,不断补充、完善;我们的编审者、出版者一定会高度重视,兢兢业业,按最高的质量标准满足广大读者的需求。

教材建设是我们共同的事业和追求,也是我们共同的责任和义务,我们诚恳地希望大家积极选用本套教材,并在使用过程中给我们多提意见和建议,以便我们不断修订、完善全套教材。

船员培训教材编审委员会

武汉理工大学出版社

2009年5月

前 言

自 20 世纪 70 年代初第一个使用计算机的雷达防撞系统即自动雷达标绘仪 (ARPA) 问世以后, 自动雷达标绘仪在船舶避碰中的优越性逐步显现出来。自动雷达标绘仪是结合雷达和电子计算机技术的一种船舶避碰仪器, 它能人工或自动地录取并跟踪目标, 显示目标的航向和速度, 根据设定的最近会遇距离和到达最近会遇距离的时间允许界限, 给出警示信号或显示预测危险区, 提醒驾驶员采取避让措施。另外, 该设备还可进行试操船, 以决定所需采取的避让措施。

根据公约及法规要求, 自 1984 年起, 在世界范围内航行的 1000 总吨以上的船舶必须配备 ARPA。随着安装 ARPA 的船舶越来越多, 国际海事组织对于驾驶员专业技能的要求也越来越高。为了履行修正的《1978 年海员培训、发证和值班标准国际公约》(STCW78/95 公约), 进一步做好船员培训工作, 我们参照了国际海事组织的有关公约和决议的内容, 并根据多年来从事该项培训的经验, 结合具体的设备, 组织专业教师编写了这套海员专业训练丛书。

本书由武汉理工大学航运学院吴建华主编, 李红祥、李昊参编, 祝建国主审。在此书编写过程中, 得到了武汉理工大学航运学院张素萍、袁涛等老师的大力支持和指导, 在此一并表示衷心的感谢。

本书在编写过程中吸收了一些其他教材的部分内容, 在此表示感谢。由于水平有限, 书中难免有错误和不当之处, 谨请读者批评指正。

编 者

2008 年 8 月

目 录

第 1 篇 基本理论	(1)
1 ARPA 系统的组成	(3)
1.1 ARPA 的问世	(3)
1.2 普通船用雷达人工标绘避碰法	(3)
1.3 ARPA 系统的组成及工作概况	(7)
1.4 ARPA 系统的分类	(10)
2 ARPA 的基本功能	(11)
2.1 ARPA 录取目标的功能	(11)
2.2 ARPA 自动跟踪目标的功能	(15)
2.3 ARPA 的显示模式	(20)
2.4 ARPA 的自动测试和自动报警功能	(26)
2.5 试操船功能	(30)
2.6 影响 ARPA 性能和精度的因素	(37)
2.7 ARPA 的局限性	(47)
3 ARPA 的操作使用	(56)
3.1 ARPA 控键的分类与安排	(56)
3.2 正确开机及初始数据设置方法	(57)
3.3 ARPA 基本功能的操作	(58)
3.4 ARPA 特殊功能的操作	(59)
3.5 ARPA 的避碰应用	(61)
4 典型 ARPA 的介绍	(64)
4.1 BRIDGE MASTER 340 ARPA	(64)
4.2 NUCLEUS 5000 型 ARPA 介绍	(76)
5 IMO 与我国港监关于 ARPA 的有关规定	(93)
5.1 IMO 关于“ARPA 性能标准”的规定	(93)
5.2 IMO 关于“使用 ARPA 的训练”的规定	(98)
5.3 我国海事局关于船员 ARPA 专业培训的规定	(99)
第 2 篇 实操训练	(101)
科目一 ARPA 操作及其功能使用的实操训练	(103)
科目二 ARPA 在船舶避碰中的应用	(109)
科目三 狭水道航行——长江口南水道航行	(112)
科目四 ARPA 实操考核	(115)

第3篇 练习与测试	(119)
判断题	(121)
选择题	(125)
实操题	(155)
附录1	(156)
附录2	(157)
参考答案	(160)
判断题参考答案	(160)
选择题参考答案	(161)
参考文献	(162)

第 1 篇

基本理论

1 ARPA 系统的组成

1.1 ARPA 的问世

船用雷达早已成为船舶安全航行重要的助航设备,但是船用雷达对目标只显示瞬时的亮点,而不能解决船舶避碰的危险预测及验证避让机动后的效果,这使船用雷达在船舶避碰方面的应用受到限制。随着数字技术和自动化技术的发展,为解决普通船用雷达在避碰等方面存在的局限性,出现了计算机与船用雷达相结合的自动雷达标绘仪。自动雷达标绘仪译自英文 Automatic Radar Plotting Aid,简称 ARPA。

自动雷达标绘仪是在普通雷达的基础上,根据人工标绘原理,增加计算机的输入、存储、计算、判断、输出、模拟、绘图、报警等功能发展而成的一种新型雷达。ARPA 与普通雷达相比,能够自动、连续提供必要的航行及避碰信息数据和对航行态势进行评估,驾驶员利用 ARPA 进行早期瞭望与判断,避免盲目采取避让措施,大大减少了船舶碰撞事故的发生。尤其是在能见度不良情况下,ARPA 就是驾驶员的“特殊眼镜”。正确使用和充分发挥 ARPA 的功能,对保证船舶安全航行起到非常重要的作用。

ARPA 以准确、快速、直观的计算机自动标绘仪代替传统的人工标绘,为驾驶员提供信息丰富的现场态势画面,可适应多船相遇、快速逼近及机动频繁的局面,使船用雷达技术提高到了一个新阶段。ARPA 能人工或自动捕捉目标,捕获后自动跟踪目标并以矢量形式在显示器屏幕上显示目标的航向和航速。另外,由操作者设定最近会遇距离(DCPA)和到达最近会遇距离的时间(TCPA)的允许界限,当处理电路计算出目标的最近会遇距离和到达最近会遇距离的时间小于所设定的允许界限时,会自动以视觉或音响的方式报警,提醒驾驶员采取避让措施。为正确显示各种避碰信息,ARPA 设有数据显示器,显示选定目标的方位、距离、航向、航速、最近会遇距离和到达最近会遇距离的时间。由于 ARPA 在船舶避碰中有着独特的优越性,因而在船舶避碰中获得广泛应用。

1.2 普通船用雷达人工标绘避碰法

判断相遇船和本船是否有碰撞危险及确定本船的避让措施,必须知道相遇船与本船的最近会遇距离及到达该距离的时间。所谓“人工标绘”,即在普通船用雷达相对运动显示屏上,观测目标回波的运动,在雷达反射式作图器上或专用标绘纸上进行标绘,并通过作图计算求得目标船的航速、航向、DCPA 和 TCPA 值以及本船应采取的避让措施的过程。

1.2.1 人工标绘步骤

- (1) 选择要标绘的目标回波;
- (2) 测量该目标初始位置数据, 即方位距离, 在雷达作图器或标绘纸上标出点“A”, 如图 1-1-1 所示;
- (3) 监视该目标回波移动;
- (4) 隔一定时间 (如 6min), 再测目标位置数据, 并在标绘纸上标出点“B”;
- (5) 作图并求碰撞及航行参数。

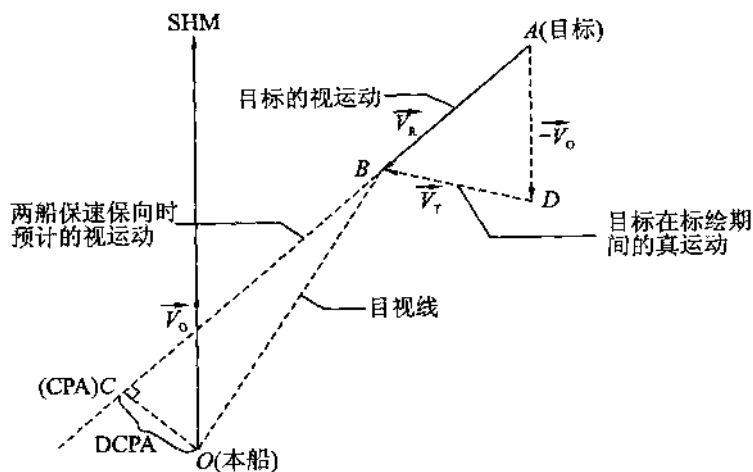


图 1-1-1 人工标绘图

连接 AB , 则 $\overrightarrow{AB}$ 为标绘间隔时间内的目标相对速度矢量 $\vec{V}_R$, 其方向即目标相对航向, 其长短表示目标在上述时间内的相对航程。 $\overrightarrow{AB}$ 延长线称相对运动线 R. M. L.。从本船 O 点做 R. M. L. 的垂线 OC , 垂足 C 称会遇最接近点 CPA (Closest Point of Approach)。 $\triangle BCO$ 称碰撞三角形。从本船 O 到 CPA 的距离称最近会遇距离 DCPA (Distance to CPA)。目标从 B 航行到 CPA 点的时间称到会遇最接近点时间 TCPA (Time to CPA)。习惯上, 常将 DCPA 和 CPA 混称为 CPA, 意即预测目标的最接近距离。CPA、TCPA 称为碰撞参数, 是判断目标船和本船是否存在碰撞危险的重要数据。

过 A 作本船船首标志线 SHM 的反向平行线, 截 AD 等于本船同一时间 (6min) 航程, $\vec{V}_O$ 为本船真速度矢量, $\vec{DB}$ 为目标真速度矢量 $\vec{V}_T$ 。由其方向可知目标船其航向, 其长度为在同一时间内目标船航程, 其延长线称目标真运动线 T. M. L.。 $\triangle ABD$ 为速度三角形。

如果目标船的 R. M. L. 通过本船 O 点, 或即目标回波视运动线与目视线 OB 重合, 则本船与目标船形成碰撞局面, 此时目标的 T. M. L. 与本船 SHM 交点称“可能碰撞点” PPC (Possible Point of Collision)、“预测碰撞点” (Predicted Point of Collision) 或“潜在碰撞点” PCP (Potential Collision Point)。PPC 或 PCP 表示: 当目标船保速保向, 本船保速保向 (或改向), 经一段时间航行后, 两船将在

该点发生碰撞。

目标船的相对速度 (REL SPD)、相对航向 (REL CRS)、真速度 (TRUE SPD)、真航向 (TRUE CRS) 称为目标船的航行参数。

(6) 判断碰撞危险

至今, 作为碰撞可能性的判据都是由驾驶员根据当时航行态势及本船大小、速度、机动性等而设定的最小 CPA 和最小 TCPA 值。因此, 由标绘作图计算而得到的上述碰撞参考数据 CPA、TCPA 与 minCPA、minTCPA 比较, 便可进行判断:

①当 $CPA > \min CPA$ 时, 安全船、无碰撞危险。

②当 $CPA \leq \min CPA$, $TCPA > \min TCPA$ 时, 危险船, 但尚不紧迫, 本船应考虑采取避让措施。

③当 $CPA \leq \min CPA$, $TCPA \leq \min TCPA$ 时, 非常危险船, 时间已紧迫, 本船应立即采取避让行动。

(7) 采取避让措施

对判断为非常危险船, 本船必须采取紧急避让行动。对已判断为危险船, 如果本船是义务船, 也必须采取避让行动。但执行避让措施后效果如何, 仍须通过重新标绘才能判明。

本船改向避让的标绘如图 1-1-2 所示。

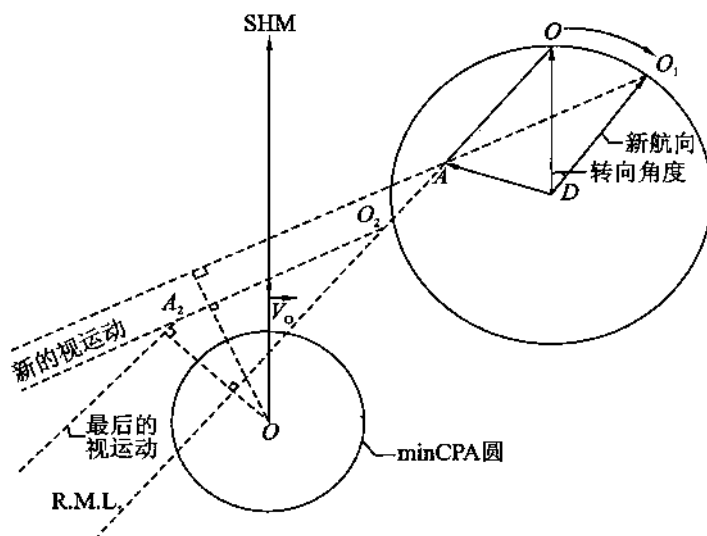


图 1-1-2 本船保速改向避让

由图可见, 避让前, 目标的 R.M.L. 与 minCPA 圆相交, 故目标是危险船。当回波移动至 O_2 点, 本船改为新航向, 则目标回波沿新的视运动线移动, 即其 R.M.L. 离开 minCPA 圆, 转危为安。当回波移至 A_2 点, 本船恢复原航向, 回波沿着和原先 R.M.L. 相平行的最后的视运动线移动, 避让结束。

1.2.2 人工标绘避碰流程图

上述相对运动雷达站人工标绘避碰的整个过程可以用流程图表示, 如图 1-1-3

所示。

由图可见,从检测、录取、监视(人工跟踪)、标绘、作图计算、分析判断,直至最后运用避碰规则进行避让行动、检验避让行动效果等整个过程均须由人工执行。

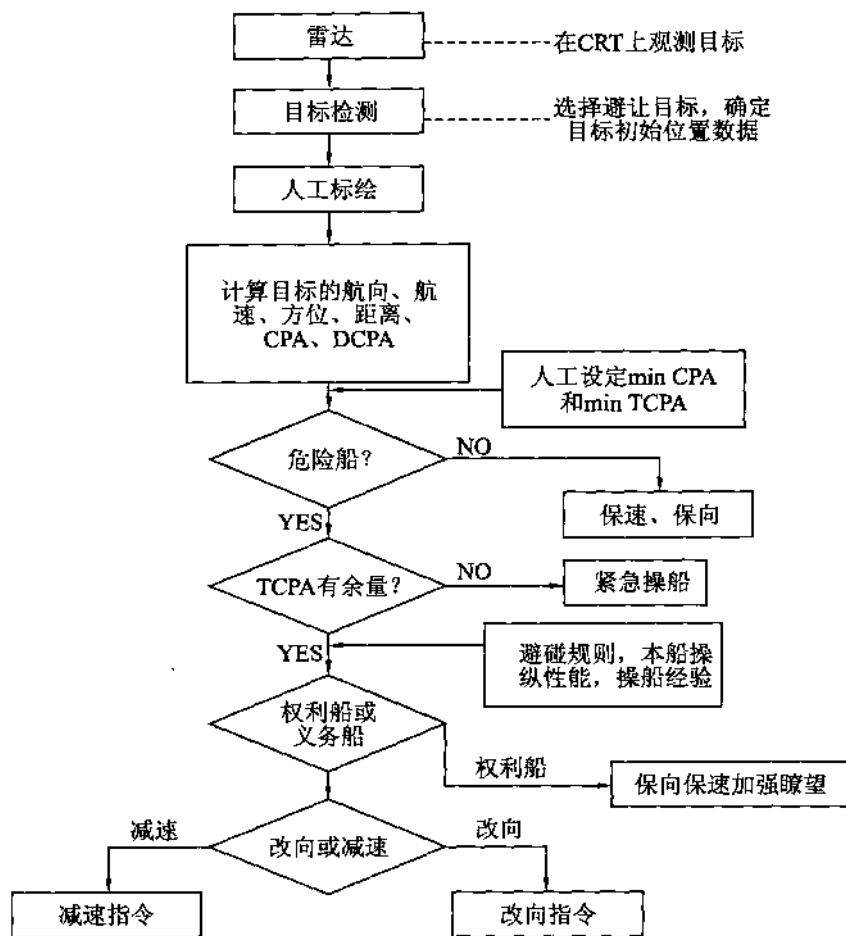


图 1-1-3 雷达人工标绘避碰流程图

1.2.3 普通船用雷达用于船舶避碰存在的局限性

(1) 普通船用雷达只提供原始视频。其杂波处理简单,又采用低亮度显示,并且图像质量差,因而难以确保在有杂波干扰时可靠地识别相遇船回波。

(2) 普通船用雷达只能显示目标的瞬时位置,不能直接显示目标的航速、航向等数据,更无保存历史航迹和预测未来航迹的功能,因而难以直接看清船舶间的相遇态势并作出碰撞危险判断。

(3) 不能直接给出目标的真航向、真航速、CPA 和 TCPA 这些重要的碰撞参数,必须进行人工标绘,而人工标绘存在以下明显的局限性:

①人工标绘麻烦、费时,且易出差错。用人工标绘一个目标,作图计算并判

断,中等熟练者约需 10min。在多目标的情况下,则人工标绘更为困难,往往会耽误避让时机;忙中出错,更是难免。

②人工标绘过程中,要求本船和目标船必须保向、保速,否则,就需重新标绘。在多船相遇、快速逼近、多方机动避让时,实际上是难以进行人工操作。

③在人工标绘中,目标位置取样间隔时间较长,少则 3min,多则 6min、12min,此期间本船和目标船航向和航速均难以严格保持不变,再加上作图、计算有误差,因而人工标绘的结果往往误差较大。

综上所述,可知船用雷达在避碰应用中存在着很大的局限性,已不能适应现代海上运输朝着大吨位、高航速、水域交通密度大等新形势发展的要求。这就促使船用雷达在功能和使用性能上要有较大改进。电子计算机技术的飞速发展,在技术上给自动雷达标绘仪(ARPA)的问世创造了客观的条件。

自动雷达标绘仪简称 ARPA(阿帕)。这种以电子计算机技术为基础的自动雷达标绘仪与普通船用雷达、计程仪及罗经配接成 ARPA 系统,能人工或自动捕捉目标,捕获后自动跟踪目标并以矢量等形式在显示器屏幕上显示出来。同时,ARPA 设有数据显示器,显示选定目标的方位、距离、航向、航速、最近会遇距离和到达最近会遇距离的时间等参数。

20 世纪 60 年代末出现的这种以电子计算机技术为基础的自动雷达标绘仪,在船舶避碰应用中展示了其巨大的优越性,它的出现堪称船用雷达发展史上的一个里程碑。

1.3 ARPA 系统的组成及工作概况

1.3.1 ARPA 系统的组成

ARPA 系统由传感器和 ARPA 本身两大部分组成。传感器为 ARPA 提供各种传感信息,其组成部分包括 X 或 S 波段高质量船用雷达、陀螺罗经及船舶计程仪。ARPA 部分包括信号预处理与接口电路,目标检测、录取电路,跟踪器,电子计算器,显示器及控制器等。

一个基本的 ARPA 系统组成框图如图 1-1-4 所示。

由图可见,一个基本的 ARPA 系统由传感器和 ARPA 本身两大部分组成。

(1) 传感器

ARPA 正常工作时,必须与船用雷达、陀螺罗经及计程仪三种传感器配接,由它们提供必要的传感信息供标绘用,外存储器为任选件,不一定要配置。各传感器的任务如下:

①X/S 波段的高质量船用雷达:除为 ARPA 提供目标回波原始视频信号外,还向 ARPA 提供触发脉冲、天线旋转方位信号与船首信号,以使 ARPA 的计算机、显示器的工作与雷达保持时间上的严格同步。

②陀螺罗经:为 ARPA 提供本船航向信号。

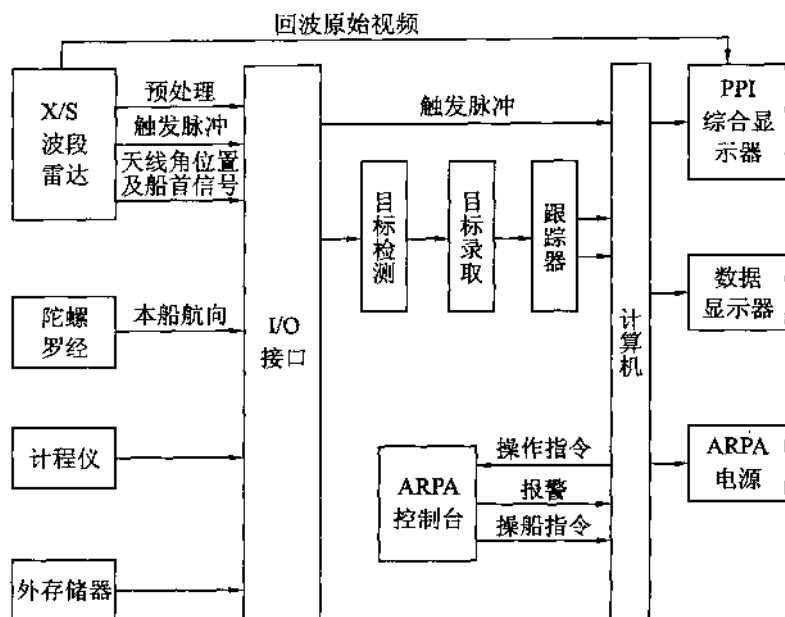


图 1-1-4 基本的 ARPA 系统组成框图

③计程仪：为 ARPA 提供本船航速信号，包括对水航速和对地航速。

④外存储器：可储存港口的视频地图和电子海图，在进出港时，可供船舶导航使用。

(2) ARPA 部分

ARPA 部分包括信号预处理及接口电路、目标检测电路、目标录取电路、跟踪电路、计算机、数据显示器、控制台及电源等，各部分的作用如下：

①预处理电路：对雷达原始视频信号进行杂波处理及模/数变换（即把雷达回波视频信号进行数字化，以便计算机处理）。

②接口电路：对输入 ARPA 的所有信号进行数字化处理，即把各种模拟信号转换成计算机可接受的数字信号。

③目标检测电路：采用数字式自动检测器对预处理过的目标回波信号进行自动检测，凡满足存在目标判定条件者，则在相应的存储单元（对应某距离、方位单元）内存入数字信号“1”。

④目标录取电路：用人工或自动方式将所选目标的位置数据送入跟踪器，作为设置跟踪窗的初始位置数据。

⑤跟踪器：对已录取目标进行自动跟踪，并通过计算机的计算，进行自动标绘，建立目标的运动航迹。

⑥计算机：它是 ARPA 的核心，是一个微计算机系统，完成所有的计算（包括目标的碰撞参数，如目标的航速、航向、CPA 和 TCPA 等，及碰撞危险判断和求取避让措施等有关计算）和控制操作。

⑦显示器：包括平面位置综合图形显示器（简称 PPI）和数据显示器。前者显