

[英] A. G. 鲍尔
K. D. 琼斯

著

海员使用 ARPA指南

吴兆麟

译

杨守仁

李少洪

校



人民交通出版社

海员使用 ARPA 指南

Haiyuan Shiyong ARPA Zhinan

[英] A.G. 鲍尔 著
K.D. 琼斯

吴兆麟 译

杨守仁 李少洪 校

人民交通出版社

内 容 提 要

本书是原作者根据国际海事组织的规范要求,及作者在海上和利物浦理工学院 ARPA 模拟器上的研究成果和工作经验写成的。全书共分 11 章,多数章节以问答形式,用较为浅显的语言介绍 ARPA 协助避碰的原理,各种误差及容易引起海员误解的种种问题,指导海员正确使用 ARPA 进行海上避碰。

本书可供海运院校驾驶专业的大、中专学生学习参考,可作为 ARPA 模拟器培训班的教学参考书,也可供驾驶员在船上使用 ARPA 时参考。

Automatic Radar Plotting Aids Manual

A.G. BOLE K.D. JONES

William Heinemann Ltd, London 1981

海员使用 ARPA 指南

【英】A.G. 鲍尔 K.D. 琼斯著

吴兆麟 译

杨守仁 李少洪校

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: 850×1168 1/32 印张: 3.875 字数: 79 千

1987 年 9 月 第 1 版

1987 年 9 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数: 0001—1,800 册 定价: 1.25 元

译者的话

40年代末期，雷达设备开始在民用船舶上陆续安装，这给对海上避碰感到烦恼的海员带来了美好的希望。然而，随后几年的碰撞事故分析告诉人们：对于盲目依赖雷达而没有真正掌握如何使用这一工具的海员来说，不是“雷达协助避碰”而是“雷达造成碰撞”。众所周知的1956年“安德烈·多利亚”和“斯德哥尔摩”两船的碰撞悲剧就是一个典型的例子。为此，在1960年对1948年国际海上避碰规则进行修订时，特别地在规则本文之后增添一个重要的附件，即“关于运用雷达观测资料协助海上避碰的建议”，对海员提出告诫和指导。

自动雷达标绘仪（简称ARPA）是比基本雷达更为先进的一种避碰系统，1979年已得到国际海事组织（IMO）的认可，不久就会在船舶上广泛安装。海员欢迎这一设备，但鉴于雷达使用初期的教训，又表示出新的担心。1983年，在国际航运界最有影响的《劳埃德日报》上已载文告诫：在不会正确使用ARPA的海员手中，它是制造碰撞事故的工具。

就ARPA的制造厂家来说，他们往往注重宣传它的先进功能，而对它的局限性保持缄默。由制造厂家提供的ARPA使用手册的主要内容是介绍其结构、功能与操作方法。本书独具一格，着重介绍ARPA协助海上避碰的原理、各种误差以及容易引起海员误解的种种问题，指导海员正确使用ARPA处理海上避碰问题。同时，本书多数章节以问答的形式，用浅显的语言，围绕海员将会遇到的各种问题撰写，故将本书称为《海员使用ARPA指南》是恰如其分的。

值得指出的是，本书并不能取代ARPA制造厂家提供的 使用手册，而只是一个不可缺少的补充。将这两本内容侧重面不同的

手册结合起来学习，就会获得比较完善和全面的知识。

现今，我国海员正分期分批地进行使用ARPA的培训，以获得国际海事组织要求的证书，希望这本书能够提供一定的帮助。由于译者水平所限，谬误之处，恳请读者指正。

本书承蒙杨守仁、李少洪审校，谨此表示诚挚的谢意。

1986年9月

序

从1982年7月起, 10 000总吨以上的油船(运载危险货物)驶入美国水域被强制要求安装ARPA系统。从1984年9月起, 在世界范围内强制要求 10 000 总吨以上的其他船舶也安装ARPA系统。安装有ARPA的船舶的所有船长、大副和负责航行值班的驾驶员, 将可能被要求在经过认可的培训之后持有证书。

随着安装ARPA的船舶迅速增多, 国际海事组织关于培训驾驶员的要求正变得更为紧迫, 因此在国际上需要有一本资料手册, 作为ARPA 模拟器培训课程的补充。在这种培训中, 实际练习自然是主要的, 但由于现今 ARPA 是以崭新的现代技术为基础的, 如想充分发挥它的全部潜力, 就有必要对其基本原理和操作技术有更广泛的了解。

本手册系根据国际海事组织的规范撰写, 对于海运院校学生和各级航行值班驾驶员都是适用的。如学习ARPA课程的学生使用它, 可减轻他们记笔记的负担, 使他们有更多的时间进行实际练习, 同时使他们可以获得实际使用所必需的理论知识。对于驾驶员, 本手册提供了制造厂家手册中通常没有包括的资料, 并可作为在船上使用的参考书。

本书是根据作者在海上和利物浦理工学院ARPA模拟器工作中的研究成果和工作经验写成的。

A.G. 鲍尔

K.D. 琼斯

前 言

现代技术已能为观测者提供本船附近的任何船舶动态的分析。有些系统可从原始雷达信息中实际选录数据并以任何形式显示出来,而无需观测者亲自动手跟踪、标绘或分析数据,这类系统被称为自动雷达标绘仪 (automatic radar plotting aids, 简称ARPA)。其他一些仍需观测者自己进行某些标绘的设备 (虽然只是涉及显示器上几根预选线的运动),通常被称为估计或估价装置,而不能成为认可的ARPA。

什么是认可的ARPA?

近年来已有许多雷达标绘装置问世,但在法定要求安装ARPA的范围内,只有符合国际海事组织ARPA规范的装置才被认可 (见附录1)。国际海事组织的规范将构成未来各国立法的基础,各国的规范可以在细节上与该组织的规范有所不同,但决不能低于它。现在各制造厂家都指出,他们的产品中哪些符合国际海事组织和其他国家级的规范要求。

哪些船舶必须安装ARPA?

这些要求已全文引录于后,这里仅做摘要说明,以供就近参考。

(1)所有在1984年9月1日之后安放龙骨的10 000总吨或10 000总吨以上的船舶。

(2)从1985年1月1日起,40 000总吨或40 000总吨以上的现有油船。

(3)从1986年1月1日起,10 000总吨或10 000总吨以上的现有油船。

(4)从1986年9月1日起, 40 000总吨或40 000总吨以上的现有船舶。

(5)从1987年9月1日起, 20 000总吨或20 000总吨以上的现有船舶。

(6)从1988年9月1日起, 15 000总吨或15 000总吨以上的现有船舶。

由于美国政府对驶往美国及其所管辖水域的船舶采取了单方面的行动, 结果形成如下两种较复杂的情况:

(1)对10 000总吨或10 000总吨以上运载油类或危险货物的船舶, 从1982年7月1日起要求安装认可的ARPA。

(2)已安装符合美国海运管理局(MARAD)早期规范要求的ARPA的船舶, 在1991年1月1日之前勿须与国际海事组织的规范要求保持一致(该项要求在其他一些国家也适用)。

注: 1981年已有提议取消运载危险货物的船舶的吨位限制。

谁必须持有ARPA操作证书?

可以预料, 安装有ARPA船舶的船长和所有值班驾驶员, 无论该船是否法定要求安装ARPA, 都必须持有证书。在ARPA模拟器上进行的, 包含本手册基本内容的专门的ARPA课程是有效的, 顺利完成这一课程的学员将被授予证书。在英国, 达到学习这一课程的一般要求是持有英国贸易部(DoT)认可的雷达模拟器课程证书。

对ARPA设备和培训课程的要求详见附录1和附录2。

目 录

前言	1
第1章 基本雷达系统	1
1.1 什么是雷达系统	1
1.2 什么决定回波的显示	2
1.3 多少发射的脉冲击中目标	4
1.4 无用的回波	6
1.5 消除无用的回波	6
1.5.1 模拟方法	7
1.5.2 数字方法	9
1.5.3 合成图象的再生	12
第2章 数据选录和分析	13
2.1 如何从回波动态获得避碰信息	13
2.1.1 相对运动信息	14
2.1.2 真运动信息	14
2.1.3 目标采取操纵行动	14
2.1.4 本船采取操纵行动	18
2.2 什么是避碰回路	18
2.3 ARPA起什么作用	19
2.4 雷达数据如何进入处理器	20
2.4.1 跟踪器的典型设计	20
2.4.2 轴角编码器	22
2.5 ARPA如何处理基本数据	23
2.5.1 数据分析	23
2.6 ARPA如何显示信息	25
2.7 如何在实际中使用ARPA跟踪器	25
2.7.1 目标丢失、速率辅助和目标替换	26
2.7.2 优先化	28

第3章 ARPA的显示设备	29
3.1 ARPA类型简介	29
3.1.1 早期	29
3.1.2 真运动显示	29
3.1.3 第一个荧光屏外记录	30
3.1.4 预测器	30
3.1.5 ARPA设备	31
3.2 如何使用ARPA	33
3.3 如何将基本信息显示成一个矢量	33
3.4 如何获得某一目标的数值型数据	34
3.5 还可使用哪些特殊装置	34
3.5.1 试操纵	34
3.5.2 工作警报	35
3.5.3 丢弃区界限	35
3.5.4 历史显示	35
3.5.5 设备故障	36
3.6 ARPA还有哪些可选用的装置	36
3.6.1 自动捕捉	36
3.6.2 跟踪和捕捉界限	37
3.6.3 航行线	37
3.6.4 对地锁定	37
3.6.5 可能碰撞点	37
3.6.6 预险区	37
3.6.7 ARPA故障的检测方法	38
第4章 碰撞点和预险区	38
4.1 碰撞点的概念是什么	38
4.2 本船保速时碰撞点的动态如何	40
4.2.1 初始碰撞形势	40
4.2.2 无碰撞形势	40
4.3 本船变速时碰撞点动态如何	42
4.4 目标改向时碰撞点动态如何	42
4.4.1 本船是慢船的情况	44
4.4.2 本船是快船的情况	44

4.5	什么是预险区.....	44
4.6	实际采用的预险区是什么样子.....	46
4.7	错开距离变化时预险区的形状如何变化.....	16
4.8	预险区是如何运动的.....	47
4.8.1	碰撞情况或小于预计达到的错开距离的情况.....	47
4.8.2	清爽通过的情况.....	47
4.8.3	特殊情况.....	47
第5章	显示数据的误差源	48
5.1	哪些误差源影响ARPA.....	48
5.2	雷达设备会产生哪些误差.....	48
5.3	闪烁.....	48
5.4	方位误差.....	49
5.4.1	内隙.....	49
5.4.2	不稳定的平台或倾斜.....	49
5.4.3	由于本船横摇产生的视差.....	49
5.4.4	天线波束不对称.....	50
5.4.5	方位量化误差.....	50
5.5	在距离测量上有哪些误差.....	50
5.5.1	本船横摇造成的距离变化.....	50
5.5.2	距离量化误差.....	50
5.5.3	脉冲幅值变化.....	51
5.6	陀螺罗经误差会有什么影响.....	52
5.6.1	陀螺罗经甲板平面(平衡架)误差.....	52
5.6.2	横摇和纵摇结合造成的偏荡运动.....	52
5.7	计程仪误差会有什么影响.....	52
5.8	误差小结——可能的误差量.....	52
第6章	显示数据的误差.....	53
6.1	什么是目标替换.....	53
6.2	跟踪误差可能有哪些.....	53
6.3	错误数据输入对矢量显示误差有何影响.....	55
6.3.1	相对矢量.....	55
6.3.2	真矢量.....	55
6.4	不正确的数据输入对碰撞点位置有何影响.....	57

6.4.1	速度误差	57
6.4.2	航向输入误差	58
第7章	解释中的误差	58
7.1	解释中的误差	58
7.2	矢量系统会产生哪些误差	58
7.3	使用预险区概念时会产生哪些误差	58
7.3.1	恢复航向	61
7.4	余辉能引起误解吗	61
7.5	显示数据的精度如何	61
7.6	目标会漏掉吗	61
第8章	检测、告警和警报	62
8.1	检测和告警	62
8.2	设备告警	62
8.3	什么是工作警报	63
8.3.1	警戒圈和警戒区	63
8.3.2	紧迫局面警报	63
8.3.3	目标丢失	63
8.3.4	错误要求	63
8.4	还能发出哪些警报	64
第9章	试操纵和历史显示	64
9.1	什么是试操纵	64
9.2	试操纵如何显示	65
9.2.1	矢量显示	65
9.2.2	动态显示	66
9.3	用什么指示试操纵正在工作	66
9.4	什么是历史显示	66
第10章	对地锁定和航行线	67
10.1	什么是对海稳定模式	67
10.2	在对海稳定模式中岸线如何显示	68
10.3	什么是对地锁定或对地稳定模式	68
10.4	什么是“航行线”或地图显示	69
第11章	有关ARPA的避碰规则	71
11.1	引言	71

11.2	使用雷达设备的责任	71
11.3	安全航速	71
11.4	紧迫局面的形成	72
11.5	避让操纵	72
11.6	预报	73
11.7	操纵的效果	73
11.8	复原	73
11.9	结论	74
总 结		75
附录 1 (a)	ARPA的安装要求 (国际海事组织航行安全规定第12条)	77
附录 1 (b)	ARPA的性能标准 (国际海事组织第11次大会第422号决议附录)	78
附录 1 (c)	仅用于ARPA性能标准的术语定义	83
附录 1 (d)	工作情况	85
附录 1 (e)	传感器误差	86
附录 2	使用ARPA的培训最低要求 (与1978年海员培训、发证和值班标准国际公约第二章有关)	87
附录 3	标绘实例	92
附录 4 (a)	可能碰撞点	101
附录 4 (b)	预险区	104
附录 5	1972年国际海上避碰规则摘录	107

第1章 基本雷达系统

1.1 什么是雷达系统

雷达的简单框图如图1.1所示，它由四个主要部分组成。

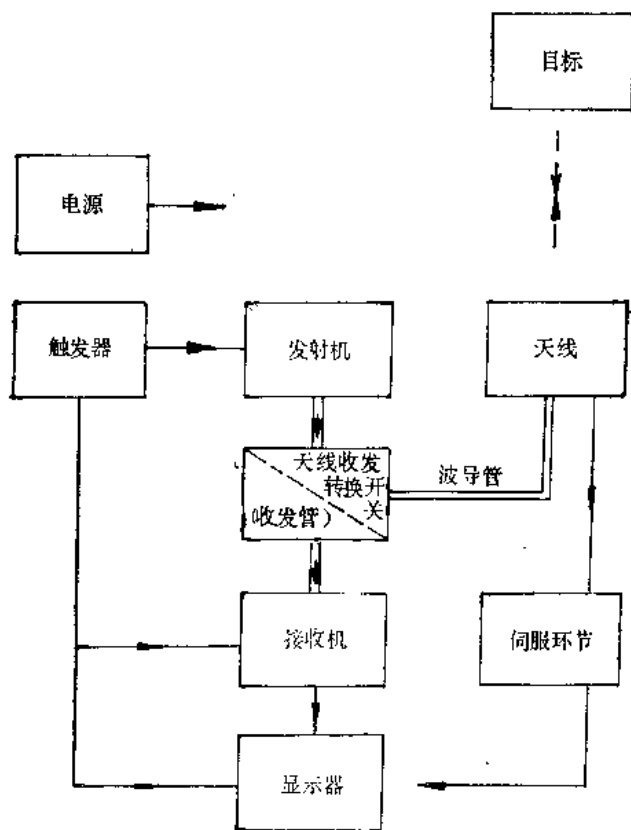


图1.1 雷达系统框图

(1) 发射机(transmitter)：

它产生波长为3 cm或10cm的电磁能脉冲，并将该脉冲经过

波导馈送至天线。一秒钟时间内发射的脉冲数称为脉冲重复频率 (PRF)，其数值一般为1000。在每一脉冲内爆发能量的长度称为脉冲宽度，用时间计算。脉冲宽度一般小于一百万分之一秒 (即 $1\mu s$)。

(2) 天线 (antenna)：

它将能量整形并以波束发射到空间去。该波束通常为扇形，水平面内扇形窄而垂直面内扇形较宽。同一天线还接收自目标反射回到本船的能量。波束在水平方位上连续旋转。

(3) 接收机 (receiver)：

它处理来自天线的返回脉冲，对其进行放大、整形和加工，直至馈送到显示器。

(4) 显示器 (display)：

它通常是一个具有长余辉荧光粉的阴极射线管，在其屏面上，目标的回波显示为一个亮点，从该亮点至显示器原点的距离与目标至本船的实际距离成比例。

1.2 什么决定回波的显示

显示点 (回波) 的强度或亮度、尺寸和位置精度取决于几个因素，其中一些因素在于雷达显示器本身，另一些因素在于脉冲传播穿过的介质和被能量脉冲击中的目标的反射特性。这些因素可列举如下：

(1) 发射机特性，例如：

- 发射能量的频率；
- 每秒钟内发射的脉冲数 (PRF)；
- 脉冲的峰值功率；
- 脉冲宽度。

所有这些都决定了离开波导射向目标的能量。

(2) 天线特性，例如：

- 辐射脉冲的极化；
- 天线的孔径宽度；

- 天线的孔径类型；
- 天线在海平面上的高度。

这些决定着波束的形状。较宽的天线孔径将聚集能量密度。天线的架设位置影响着辐射能量的角度进而影响探测目标的角度。再之，天线的转速将决定目标处于波束中的时间长短。

(3) 目标特性，例如：

- 姿态、尺度和外形；
- 材料与结构；
- 至雷达天线的距离；
- 在海面的高度。

(4) 能量所通过的介质的特性，例如：

- 海与波浪；
- 降雨与其它降水。

(5) 接收机特性，例如：

- 放大器的类型及其灵敏度；
- 接收机的频带宽度；
- 施加于回波系列的“消除”量；
- 用于视频信号脉冲整形的限幅或微分。

(6) 显示器特性，例如：

- 在荧光粉上能获得的最小光点尺寸；
- 荧光粉的灵敏度与余辉时间；
- 显示器的动态范围。

(7) 操作者操纵中的附加因素，例如：

- 选择的距离标尺刻度；
- 各旋钮的正确调整；
- 周围灯光。

(8) 影响位置精度的其他因素将在后面予以详细讨论，在此可摘述如下：

- 设备的机械完好性；
- 雷达平台的稳定性；

• 诸如罗经和计程仪等输入数据的精度。

时间函数图如图1.2所示。它涉及脉冲重复频率、量程、脉冲宽度等因素，还显示出两次扫描的时间间隔或时基的休止期。

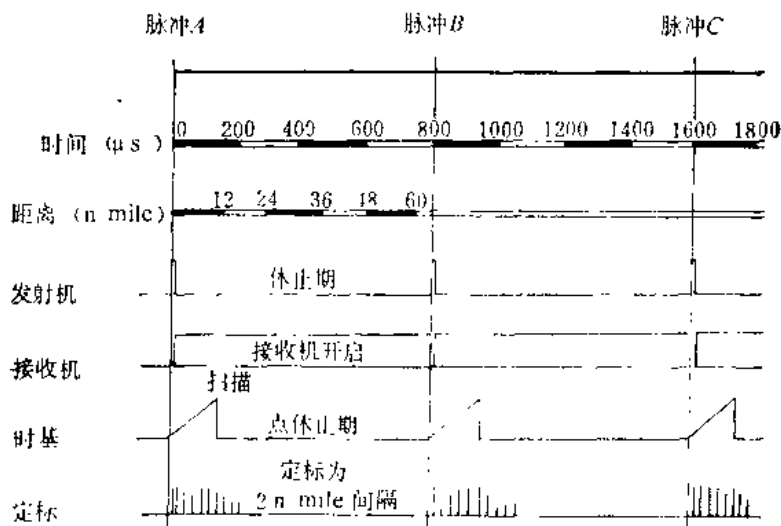


图1.2 时间函数图

1.3 多少发射的脉冲击中目标

对天线转速、天线的孔径尺寸和发射机的脉冲重复频率进行简单的运算，即可得到天线每旋转一周期间击中目标的脉冲数目（假设目标张角为 1° ）。

算例：

天线孔径尺寸为2 m，脉冲频率为10 000 MHz，所产生的波束的水平波束宽度约为 1° 。

如果天线转速为20 r/min，转一周时间为3 s，转过 1° 的时间为 $1/120$ s。由于目标与天线成 1° 角而波束宽度也是 1° ，则目标将在 $2/120$ s ($1/60$ s) 的期间接收雷达的能量。

倘若发射机设计以每秒1200脉冲的速率发射脉冲，则目标在天线旋转一周期间接受 $1200/60$ (20) 次脉冲。