

〔美国〕J. W. 霍頓 著

声 拿 原 理

國防工業出版社

声 拿 原 理

[美国] J. W. 霍顿 著

馮秉銓等 譯

內容簡介

本書詳細系統地介紹了水下定位設備——聲拿的基本原理。全書共分九章。在各章中分別介紹和敘述了聲拿的基本概念、水聲物理基礎、聲波在水中的傳播、換能器和換能器系統，以及噪聲測向和回声定位的基本原理。

本書可供水聲技術工作者和大專學校有關師生學習參考之用。

FUNDAMENTALS OF SONAR

[美國] J. W. Horton

UNITED STATES NAVAL INSTITUTE

Annapolis, Maryland 1959

*

聲 拿 原 理

馮秉銓等譯

*

國防工業出版社 出版

北京市書刊出版業營業許可證出字第 074 號

新華書店北京發行所發行 各地新華書店經售

國防工業出版社印刷廠印裝

*

787×1092¹/₁₆ 印張 26 3/8 插頁 2 609 千字

1965 年 7 月第一版 1965 年 7 月第一次印刷 印數：0,001—2,000 冊

統一書號：15034·741 定價：(科六)3.70 元

目 录

译者序.....	5
原序.....	7
第一章 緒論	15
§ I-1 声拿的用途.....	15
I-1-1 水下观察的媒介.....	15
I-1-2 声拿的定义.....	17
I-1-3 对声拿提出的要求.....	17
§ I-2 声拿采用的方法	18
I-2-1 声学的方法.....	18
I-2-2 电声方法.....	19
I-2-3 声拿系统的基本类型.....	19
§ I-3 声拿的媒质	21
I-3-1 声波在海水中的传播.....	21
I-3-2 对接收信号的干扰.....	22
第二章 水声的性质	24
§ II-1 水中声波的物理特性.....	24
II-1-1 波动的基本方程.....	24
II-1-2 质点振速和体积速度.....	26
II-1-3 水中的传播速度.....	27
II-1-4 声压.....	30
II-1-5 声强度.....	30
II-1-6 声阻抗.....	32
II-1-7 在某一指定方向上的声强度.....	37
II-1-8 声强度的测量.....	42
II-1-9 等效正弦波声强度和等效平面波声强度.....	45
II-1-10 频谱.....	47
II-1-11 每单位频带功率和每单位频带声强度.....	49
§ II-2 相对值和传输损耗	50
II-2-1 相对值——分对数.....	51
II-2-2 传输损耗——分贝.....	53
II-2-3 传输级.....	55
II-2-4 谱强级和带强级.....	59
II-2-5 等效谱强级特性.....	63
II-2-6 指标声强级.....	65

§ II-3 海洋中的声波	65
II-3-1 噪声	65
II-3-2 讯号和干扰——讯号差	66
II-3-3 热噪声	67
II-3-4 空化噪声	68
II-3-5 一般水噪声	68
II-3-6 海洋生物噪声	70
II-3-7 人为噪声	72
II-3-8 作为讯号的船声	73
II-3-9 作为干扰的船声	77
第三章 水声的传播	80
§ III-1 水中的传输损耗	80
III-1-1 传播损耗	80
III-1-2 传播损耗一般方程式——扩散和衰减	80
III-1-3 传播损耗的测量	84
III-1-4 传播损耗分量的计算	84
III-1-5 扩散指数的数值	86
III-1-6 衰减系数的数值	87
III-1-7 传播损耗的标称值	89
III-1-8 传播异常现象	90
§ III-2 折射效应	91
III-2-1 折射与传播速度的关系	91
III-2-2 两个媒质间的折射	92
III-2-3 声速梯度	94
III-2-4 水下温度记录仪	95
III-2-5 连续媒质中的折射现象	96
III-2-6 声速梯度为常数时的折射现象	96
III-2-7 临界声线和声影区	98
III-2-8 声道	99
III-2-9 声线图的计算	101
III-2-10 扩散损耗的计算	105
III-2-11 声道中的聚焦效应	113
III-2-12 对传输时间的影响	114
§ III-3 反射效应	115
III-3-1 反射与声阻抗率的关系	115
III-3-2 海面反射	116
III-3-3 海底反射	118
III-3-4 多路传输	118
§ III-4 反射和折射的综合作用	123
III-4-1 两种媒质之间的传输	123
第四章 换能器	126

§ IV-1 換能器, 傳輸損耗和聲阻抗	126
IV-1-1 接點的等效電路	127
IV-1-2 可用功率與共軛阻抗	128
IV-1-3 過渡損耗	129
IV-1-4 換能器的等效電路	130
IV-1-5 換能器各阻抗之間的關係	131
IV-1-6 換能器的傳輸損耗	133
IV-1-7 總傳輸損耗	135
IV-1-8 二重性關係	137
§ IV-2 聲拿換能器的設計	139
IV-2-1 磁致伸縮和電致伸縮	139
IV-2-2 對磁致伸縮材料的電耦合	140
IV-2-3 對電致伸縮材料的電耦合	142
IV-2-4 對磁致伸縮材料的機械耦合	143
§ IV-3 電聲換能器的等效電路	147
IV-3-1 聲拿換能器電阻抗的測量	147
IV-3-2 動生阻抗	148
IV-3-3 效率的計算	153
IV-3-4 阻抗變換係數	158
§ IV-4 響應與方位間的函數關係	160
IV-4-1 響應	160
IV-4-2 方向性圖	165
IV-4-3 損耗等值綫	169
IV-4-4 方向性的測量	172
§ IV-5 方向性圖的計算	173
IV-5-1 均勻分布的點源	173
IV-5-2 綫狀換能器	177
IV-5-3 環形換能器	178
IV-5-4 圓盤換能器	179
IV-5-5 矩形板換能器	180
IV-5-6 壓差式換能器	181
IV-5-7 副瓣的減少和束控	182
§ IV-6 方向性響應的總和	186
IV-6-1 方向性係數	186
IV-6-2 有效方向性係數	191
IV-6-3 方向性指數	192
IV-6-4 束控的影響	193
IV-6-5 方向性係數的一般公式	194
IV-6-6 方向性係數的估計	202
IV-6-7 混響因數和混響指數	204
§ IV-7 聲拿換能器的傳輸損耗	206

IV-7-1 发射器损耗和水听器的损耗	206
IV-7-2 响应和传输损耗	209
IV-7-3 互易关系	212
IV-7-4 互易校准	215
§ IV-8 作为频率函数的响应	219
IV-8-1 换能器方向性的影响	219
IV-8-2 频谱图	222
IV-8-3 频谱因数和频谱指数	224
§ IV-9 作为方位和频率函数的响应	229
IV-9-1 线列基阵响应的进一步研究	230
IV-9-2 在有限频带宽度内的方向性系数	234
IV-9-3 频谱因数和频带方向性系数的应用	238
§ IV-10 换能器中的热效应	245
IV-10-1 热等效水噪声	245
IV-10-2 热等效换能器噪声	247
第五章 换能器系统	250
§ V-1 具有延迟响应特性的方向性系统	250
V-1-1 延迟线列基阵	251
V-1-2 延迟圆型基阵	256
V-1-3 万能补偿器——方向性图绘制仪	263
V-1-4 基阵的工作特性	267
V-1-5 依从于频率的补偿法	270
§ V-2 方位偏差指示器	272
V-2-1 振幅-差值法	273
V-2-2 相位-差值法——和差系统	276
V-2-3 具有延迟的方向性指示器	282
V-2-4 比例-偏差指示器	286
第六章 指示器和记录器	289
§ VI-1 指示器和记录器的一般类型	289
VI-1-1 听觉指示	289
VI-1-2 视觉指示	289
§ VI-2 工作性能的估价	290
VI-2-1 信号差和观测差	291
VI-2-2 分辨差	291
VI-2-3 增量响应指数	293
VI-2-4 可变-强度响应	296
VI-2-5 可变-位移响应	298
VI-2-6 非线性响应	299
第七章 噪声测向(噪声站)	304
§ VII-1 噪声测向中的环境因素	304
VII-1-1 安装在船身上的水听器	305

VII-1-2 用电缆连接的浮标	306
VII-1-3 拖曳式水听器	306
VII-1-4 无线电-水声浮标	307
VII-1-5 固定的水听器装置	307
§ VII-2 噪声测向的基本方法	307
VII-2-1 无方向性测听	307
VII-2-2 方向性测听	309
VII-2-3 双耳测听	311
VII-2-4 超声测听	314
§ VII-3 噪声测向(噪声站)声拿方程式	315
VII-3-1 噪声测向方程式的推导	315
VII-3-2 噪声测向系统的优质因数	316
VII-3-3 作用距离和频率的关系	318
VII-3-4 作用距离与方位之间的关系	325
第八章 回声定位原理	326
§ VIII-1 回声定位的方法	326
VIII-1-1 脉冲、回声和混响	326
VIII-1-2 超声频率的应用	327
VIII-1-3 回声定位系统的结构	327
§ VIII-2 回声信号	329
VIII-2-1 目标强度	329
VIII-2-2 脉冲长度的影响——目标长度	332
§ VIII-3 混响	335
VIII-3-1 混响的来源	335
VIII-3-2 混响强度	336
VIII-3-3 换能器方向性对混响的影响	339
VIII-3-4 混响图	342
§ VIII-4 回声定位(回声站)声拿方程式	343
VIII-4-1 回声定位方程式的推导	343
VIII-4-2 回声定位系统的优质因数	345
VIII-4-3 作用距离和方位之间的关系	354
VIII-4-4 换能器移动的影响	357
§ VIII-5 回声定位信号的发送和接收	364
VIII-5-1 多普勒效应	365
VIII-5-2 脉冲长度和频带宽度之间的关系	369
VIII-5-3 连续波回声信号	369
VIII-5-4 调幅回声信号	373
VIII-5-5 调频回声信号	375
VIII-5-6 减少传输不稳定性的方法	376
第九章 补遗	379
§ IX-1 连续频谱波的测量	379

IX-1-1 波幅的測量.....	380
IX-1-2 換能器响应的闡明.....	383
IX-1-3 阻抗的意义.....	385
§ IX-2 地球曲率对声傳播的影响.....	387
IX-2-1 声綫的計算.....	388
IX-2-2 傳播時間的計算.....	392
§ IX-3 換能器的方向性响应.....	393
IX-3-1 乘积定理.....	393
IX-3-2 表观平面波的数值.....	394
IX-3-3 方向性系数的基本方程式.....	395
IX-3-4 換能器的方向性和混响.....	396
IX-3-5 表面散射系数的測量.....	401
物理量符号表.....	404
分对数量.....	407
計算方向性图所用的数据表.....	415
英汉名詞对照表.....	416

2650/18
理 原 拿 声

[美国] J. W. 霍顿 著

馮秉銓等 譯



1941年 出版

內容簡介

本書詳細系統地介紹了水下定位設備——聲拿的基本原理。全書共分九章。在各章中分別介紹和敘述了聲拿的基本概念、水聲物理基礎、聲波在水中的傳播、換能器和換能器系統，以及噪聲測向和回聲定位的基本原理。

本書可供水聲技術工作者和大專學校有關師生學習參考之用。

FUNDAMENTALS OF SONAR

[美國] J. W. Horton

UNITED STATES NAVAL INSTITUTE

Annapolis, Maryland 1959

*

聲 拿 原 理

馮秉銓等譯

*

國防工業出版社 出版

北京市書刊出版業營業許可證出字第 074 號

新華書店北京發行所發行 各地新華書店經售

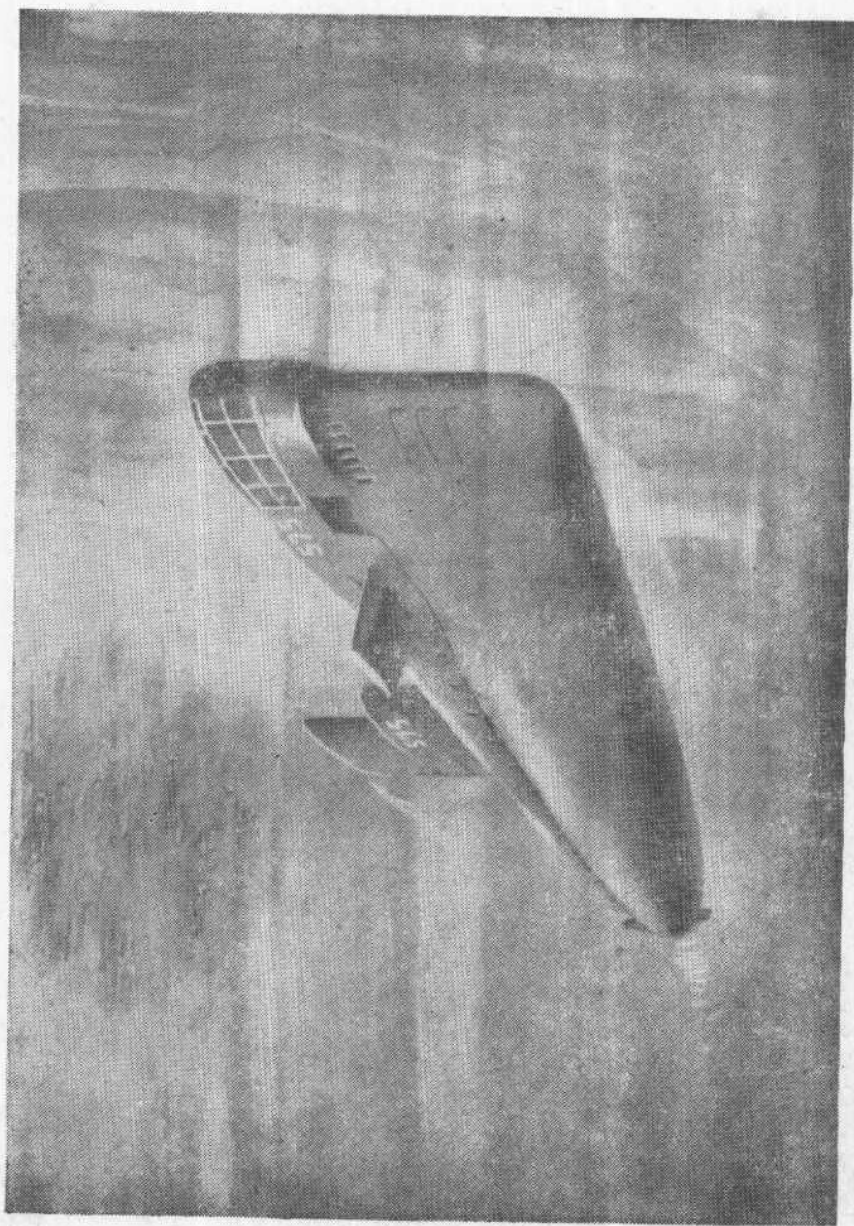
國防工業出版社印刷廠印裝

*

787×1092¹/₁₆ 印張 26 3/8 插頁 2 609 千字

1965 年 7 月第一版 1965 年 7 月第一次印刷 印數：0,001—2,000 冊

統一書號：15034·741 定價：(科六)3.70 元



譯 者 序

水声学是一門較新的学科，近年来有很大的发展。声拿是水声学的具体应用之一。声拿的工作原理和雷达是很相似的，实际上，声拿也就是“水下雷达”。一般的無線电电磁波在水中会受到很大的衰减，因此，水下通訊和定位不得不采用声波。然而，声波也有它本身带来的很多缺点，例如傳播速度太慢，波长太长而使分辨率不高等等。用电磁波在水下傳播并不是不可能的，近来已发现，可見光的窄段頻带（这一段称为“电磁窗”）在水中的衰减并不很大。但如何在水下产生一个可見光的单頻相干波，則是短期內还未能解决的問題。1959年光量子放大器的发现，使这方面开始看到一些曙光，但从工程技术的角度来看，这还是未来的事。無論如何，声拿工程在目前还是一个很重要的技术部門。

虽然声拿和雷达有很多相似之处，而且二者都是在同一时期得到发展的，但是关于声拿的书籍却异常之少。在国内外出版的书籍中，霍頓写的这本书是我們所看到的唯一的一本。本书的前身是美国麻省理工学院为美国海軍技术人員開設海洋电子学課程时所用的讲义，修訂后，又用作美国海軍水声實驗室声拿課程的教本。本书內容只包括声拿的基本原理而不涉及技术問題，甚至在全书中找不到一个完整的系統方框图，更談不到声拿电路和結構的計算和設計，这是一个很大的缺陷。但从理論基础来看，本书的內容还是比较完整的。

本书第一章介紹了声拿的基本概念。第二、三章討論水声物理基础以及声波在水中傳播时所涉及的各种实际問題，比較詳細地介紹了声綫图的計算方法并举了一些例子。第四、五章討論換能器和換能器系統，对于方向性图的計算方法有比較詳細的介紹，这两章是本书的重点，篇幅較多，分析問題也有独到之处。第六章簡單地介紹了常用的指示系統。第七、八两章分別討論了噪声測向和回声定位法的基本原理。第九章补遺是作者在本书再版时（1959年）附加上的，这一章在一定程度上反映了1957年后声拿技术的一些新的发展情况。

本书翻譯工作是在比較短的時間內完成的，前后約两个月。为了提高工作速度，我們試用了口譯、記錄、整理的方法。这种方法基本上是成功的，速度比笔譯要快两倍到三倍；缺点是：口譯时文字上的推敲工作做得較少，尽管可以作到文字通順，但主要是意譯而不是逐字翻譯，所以有些地方跟原文的語气是不尽一致的。

由于声拿技术的許多专用名詞还没有标准的統一譯名，有些术语翻譯得不一定正确。在翻譯过程中，我們尽量采用了已公布的标准物理学名詞和声学名詞的譯名。

Sonar 一詞我們譯为“声拿”而不采用“声納”，主要是避免与声导納中的虛部分量声納（acoustic susceptance）相混。Phaser 本应譯成“相量”，但恐怕讀者不习惯，現仍暫譯为矢量。类似这些問題还很多。

本书各公式和图表，原来都采用英制，为方便讀者起見，譯时已改为公制。本书譯毕后，俄譯

本已出版,也是采用公制,故上述地方又都根据俄譯本作了更改。由于時間关系,我們沒有对俄譯本中的計算数据逐一进行校驗。

本书首先由本人口譯,由謝国賢、刘德彰、曾昭琨、黃劍峰、梁家定五位同志輪流記錄整理,脫稿后由秦仁杰同志将全部譯稿整理过一遍,并譯出了插图的說明,最后由本人又校对了一次。此外,田归、林振鑣、叶世尧、佃岳武等同志也参加了部分整理工作。由于譯者对这一技术部門的造詣很淺,进行翻譯和校对的时间也比較仓促,对这种口譯的方式又是首次嘗試,尽管校对过几次,恐怕錯誤之处在所难免,希望讀者多加指正。

馮秉銓

1962年3月于华南工学院

原 序

早在第二次世界大战时，人們就認識到潜艇战斗中需要大大地加强水声的应用。为此，曾調动了各方面有关的工程师来参加工作。这些工程师們根据自己的专长作出了不同的貢獻，逐漸形成了一个新的技术部門，这就是目前所謂声拿工程。与此同时，还从不同崗位調来了許多科学家从事于物理規律的研究工作，这些規律正是这一新技术的基础。但是，水声的应用現已超出了水声学的范围。由于水声設備迫切需要发展，人們不得不进一步利用多方面的基础知識。結果是各人用自己所熟悉的語言和詞汇，以致談到某些物理关系时得不到一致的說法。这也并不是十分奇怪的事，事实上，某一方面的工程师所用的詞汇，对另一部門的工程师來說可能是莫名其妙的。

为了說明某一科学部門的基本关系，必須采用合理的和統一的表示方法。如果說这些方法仅限于在其本身的范围内才正确，那是远远不够的。在采用这些方法时，还必須遵守在邻近領域中所用的慣例。由于科学知識的不断发展和开拓，上述的要求更加重要，也更难滿足。

声拿工程师应注意的問題是多方面的。他的工作涉及到很多表面看来与他毫不相干的問題。他必須經常和海員們在一起工作，他必須敏感地吸取先进經驗，进一步熟练地运用电子学方面、声学方面和通訊方面的理論知識，同时还必須与海洋学者和心理学家有共同的語言，談得来，讲得通。他絕不能忘記，水声学只不过是普通物理領域中很少的一部分，所以关于这方面的術語不允許用得過份狹窄。

本书的目的在于闡明声能在水中傳播时一些主要的物理因素之間的关系。作者試圖使这些关系概括化和系統化，并說明它們在实际問題中的用途。在整理前述已知的关系并注意到問題越来越复杂时，发现有其他方面的合理結果被遺漏了。在有些情况下，这些缺陷已被后来附加的某些关系所弥补。在补充这些內容时，尽可能使其符合于以前采用的慣例形式。不幸的是：严格地服从这一原則有时不一定行得通。有时必須处理这样的矛盾：究竟是选用一般概括性的处理方法还是仅滿足于应用范围較窄的实际問題。在处理这一問題时，作者决定采用了前者，即偏重于应用范围較广的概念和表达公式。值得高兴的是概括性較强的公式也往往是較簡單的公式。这一点蒂斯卡德(Descartes)、卜英卡利(Poincare)等早指出了。

在第二次世界大战以后，在麻省理工学院曾为美国海軍專門技術人員開設海洋电子学課程，本书的材料从那时起开始收集，并逐漸成为該課的教材。以后为美国海軍水声實驗室的技术人員開設声拿課程时，作过一次修改。

在著作过程中作者蒙受許多学者的指点，特在此表示謝意。

J. W. 霍頓

