

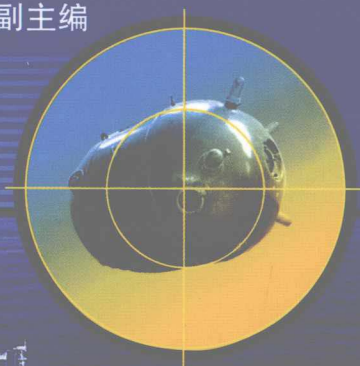
《水中兵器技术》丛书

The Technique of Mine Fuzes

水雷引信技术

蔡 鵬 主编

陈焕杰 周升阳 郝力勤 副主编



国防工业出版社

National Defense Industry Press

TJ43
8

《水中兵器技术》丛书

水雷引信技术

The Techniques of Mine Fuzes

蔡 鵬 主编

陈焕杰 周升阳 郝力勤 副主编

国防工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

水雷引信技术 / 蔡鹍主编. —北京: 国防工业出版社, 2012. 7

(水中兵器技术丛书)

ISBN 978 - 7 - 118 - 07084 - 2

I. ①水... II. ①蔡... III. ①水雷引信
IV. ①TJ43

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第012602号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路23号 邮政编码100048)

国防工业出版社印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 850 × 1168 1/32 印张 16 1/2 字数 425 千字

2012年7月第1版第1次印刷 印数 1—3000册 定价 55.00元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

国防书店: (010) 88540777

发行邮购: (010) 88540776

发行传真: (010) 88540755

发行业务: (010) 88540717

致 读 者

本书由国防科技图书出版基金资助出版。

国防科技图书出版工作是国防科技事业的一个重要方面。优秀的国防科技图书既是国防科技成果的一部分,又是国防科技水平的重要标志。为了促进国防科技和武器装备建设事业的发展,加强社会主义物质文明和精神文明建设,培养优秀科技人才,确保国防科技优秀图书的出版,原国防科工委于1988年初决定每年拨出专款,设立国防科技图书出版基金,成立评审委员会,扶持、审定出版国防科技优秀图书。

国防科技图书出版基金资助的对象是:

1. 在国防科学技术领域中,学术水平高,内容有创见,在学科上居领先地位的基础科学理论图书;在工程技术理论方面有突破的应用科学专著。
2. 学术思想新颖,内容具体、实用,对国防科技和武器装备发展具有较大推动作用的专著;密切结合国防现代化和武器装备现代化需要的高新技术内容的专著。
3. 有重要发展前景和有重大开拓使用价值,密切结合国防现代化和武器装备现代化需要的新工艺、新材料内容的专著。
4. 填补目前我国科技领域空白并具有军事应用前景的薄弱学科和边缘学科的科技图书。

国防科技图书出版基金评审委员会在总装备部的领导下开展工作,负责掌握出版基金的使用方向,评审受理的图书选题,决定资助的图书选题和资助金额,以及决定中断或取消资助等。经评审给予资助的图书,由总装备部国防工业出版社列选出版。

国防科技事业已经取得了举世瞩目的成就。国防科技图书承

担着记载和弘扬这些成就,积累和传播科技知识的使命。在改革开放的新形势下,原国防科工委率先设立出版基金,扶持出版科技图书,这是一项具有深远意义的创举。此举势必促使国防科技图书的出版随着国防科技事业的发展更加兴旺。

设立出版基金是一件新生事物,是对出版工作的一项改革。因而,评审工作需要不断地摸索、认真地总结和及时地改进,这样,才能使有限的基金发挥出巨大的效能。评审工作更需要国防科技和武器装备建设战线广大科技工作者、专家、教授,以及社会各界朋友的热情支持。

让我们携起手来,为祖国昌盛、科技腾飞、出版繁荣而共同奋斗!

**国防科技图书出版基金
评审委员会**

国防科技图书出版基金 第六届评审委员会组成人员

主任委员 刘成海

副主任委员 宋家树 蔡 镭 程洪彬

秘书长 程洪彬

副秘书长 邢海鹰 贺 明

委 员 于景元 才鸿年 马伟明 王小谟

(按姓氏笔画排序) 甘茂治 甘晓华 卢秉恒 邬江兴

刘世参 芮筱亭 李言荣 李德仁

李德毅 杨 伟 肖志力 吴有生

吴宏鑫 何新贵 张信威 陈良惠

陈冀胜 周一宇 赵万生 赵凤起

崔尔杰 韩祖南 傅惠民 魏炳波

《水中兵器技术》丛书 编委会

主任委员 陈天立

副主任委员 牟安成 侯正明 徐德民

委 员 张金奎 陈庆作 黄永庆 杜 刚 李乃晋

(排名不分先后) 蔡志鹏 邢文华 钱建平 于大方 段桂林

陈立强 杨赅石 陆 伟 金文凯 马爱民

唐献平 王坡麟 刘文化 宋锡东 张效民

宋保维 苑秉成 姬利晨 秦混乾 高俊荣

龚沈光 董春鹏 李 凝

序

我国水中兵器事业走过了半个多世纪的发展历程,经历了仿制、自行设计、试验、生产、装备使用和更新换装的全过程。曾研制生产了多个型号的产品;装备部队使用,并大力开展国际交流与合作,为国防现代化作出了贡献,与此同时,也造就了一支科研、教学、生产、试验和维修服务的技术队伍。

我国水中兵器事业的发展及其在诸领域取得的巨大成绩,是老一代科研、教学、生产、试验、使用专业人员的辛勤工作和无私奉献的结果。在世纪之交和新老科技工作者交替的时刻,如何继承和发扬水中兵器界已有的宝贵的实践经验,总结所取得的具有突破性发展的高新水中兵器技术,已属当务之急。随着我国水中兵器技术的发展,也造就了一批有突出贡献、学术成就显著和有较高造诣的老中青科技优秀人才。他们的科技成就和工作经验是我国水中兵器事业的宝贵财富,及时地记录这些成就,是十分必要的。为进一步促进我国水中兵器的现代化发展,培养新一代科技人才,认真总结在型号研制、预先研究、科学试验和教学中的丰硕成果,编著一部以工程技术人员、大学高年级学生和研究生为对象,具有理论与工程实践相结合,具有指导和参考作用的技术丛书是十分必要的。

因此,当水中兵器界的专家们提出编写出版《水中兵器技术》丛书时,就立即得到了业界的热烈响应,得到了各领导机关的重视与支持,得到了国防图书出版基金评委会和国防工业出版社的鼎力资助,才使编写出版《水中兵器技术》丛书的计划得以实施。借此机会,特向上述各位领导和专家们致以热忱的谢意。

《水中兵器技术》丛书将包括该领域内的鱼雷和反鱼雷技术

水雷和反水雷技术、深水炸弹及发射技术,以及相关的总体技术、系统技术和试验及测试技术。相信该丛书的出版将对我国水中兵器事业的发展具有承前启后,继往开来的重要作用,将是一件具有里程碑意义的工作。

A handwritten signature in black ink, consisting of three characters: '李' (Li), '长' (Chang), and '平' (Ping), written in a cursive style.

2003 年 2 月 18 日

前 言

水雷是一种古老而又充满活力的海军兵器,它既晦涩,又让人们争论不休。然而,从历史上看,无论是在国内还是在国外,从第一枚水雷发明一直到现在,从未停止过发展。

水雷是一种战略武器,从不像战术武器那么显目,那么张扬。然而,在近代的第一次海湾战争期间,伊拉克用老式俄制 M08 触发锚雷重创美国现代化的 LPH-10 两栖攻击舰,成为该次战事中弱方海军唯一使用的兵器和唯一取得的战绩。

水雷是一种常规武器,长期以来多是吸取其他武器的创新技术用于发展自己。然而,主动攻击水雷的出现,使得深水火箭点火、开壳发射、精确水中自动定深、非稳平台上对目标定位等一大批水雷专用技术跻身高科技领域。

水雷引信的快速发展在其中起到关键作用,引信是水雷的灵魂。

“引信”在词典中的解释是:“引起兵器发火装置起爆的装置。”然而,水雷引信不完全是,它涉及的范围要广得多。它包括物理场的发生、传播、接收、信号处理、控制、管理等除雷体以外的几乎所有内容。

水雷非触发引信是采用目标物理场对目标进行探测、识别、定位的。除常用的声、磁、水压场外,电、光、重力、宇宙射线等物理场都是水雷引信应用的对象,但从技术上讲,它们分属不同学科、遵循各自的物理规律。

水雷作为一种有其特殊保密需要的战略武器,尤其对于那些

布设在敌控海域的攻势水雷,一旦技术被敌方识破,他们就有足够的时间,进行对付。保密是各国都采取的有效措施,我国亦不例外。

本书是国防工业出版社组织出版的《水中兵器技术》丛书中的一册,鉴于以上原因,只此一册,想要把水雷引信阐述全面,是不可能的。

七一〇研究所是我国最早成立的水雷战专业研究所,承担编写本书任务。本书从基本概况、基本技术、主要应用、未来发展等方面力求较全面地叙述水雷引信的基本内容,概括地勾画出其全貌。我们希望本书能对读者较快地、全面地了解水雷引信有所裨益。对专业水雷工作者的继续工程教育,对从事水中兵器研究、设计的专业技术人员、管理人员及本专业的高校学生,也能具有学习和参考价值。

本书由蔡鵬研究员任主编,陈焕杰研究员、周升阳研究员、郝力勤研究员任副主编。

蔡鵬研究员撰写了前言,第1章的第1.1节~1.3节,第2章的第2.4节、2.6节~2.8节及第7章;段桂林研究员撰写了第1章的第1.4节;陈川研究员、李明高工负责编写了第2章的第2.1节、2.9节、2.10节,第5章的第5.6节;郑伟工程师编写了第2章的第2.2节;杨树鑫研究员、查展鹏高工撰写了第2章的第2.3节、2.5节;邓国新、查展鹏高工编写了第2章的第2.11节、2.12节,第5章的第5.13节;曹大平研究员、石涛高工、李峰工程师编写了第3章;郝力勤研究员撰写了第4章和第5章第5.1节、5.3节~5.5节;陈焕杰研究员编写了第5章的第5.2节;许三祥高工编写了第5章的第5.7节;涂疑高工、胡书仿研究员编写了第5章的第5.8节;邓秀华高工编写了第5章第5.9节;胡敏研究员编写了第7章的第7.5节;刘成研究员、帅高山工程师撰写了第5章的第5.10节~5.12节;陈雄洲研究员、周升阳研究员、聂晓敏高工编写

了第6章;汪东平研究员、程志高工、田跃华研究员编写了第8章。

陈雄洲负责全书的统编、校核和整理工作。全书内容由蔡鹏、陈焕杰、周升阳、郝力勤研究员审查,并经编审委员会集体讨论修改后,由蔡鹏研究员统筹定稿。

本书在编写过程中,得到中国船舶重工集团公司、中国舰船研究院的关怀和帮助,特别是得到七一〇研究所在人力和物力上的大力支持。在本书出版之际,我们谨向他们以及所有给予支持、帮助的人员和单位表示衷心的感谢。

蔡 鹏

2012年2月于宜昌

目 录

第1章 概论	1
1.1 水雷引信	1
1.2 水雷引信的分类	3
1.2.1 按雷种分类	4
1.2.2 按功能分类	4
1.2.3 按方式分类	4
1.2.4 按学科分类	5
1.2.5 按原理分类	5
1.2.6 按敏感元件分类	6
1.2.7 按结构分类	7
1.3 引信的一般组成	7
1.3.1 水雷引信的一般组成	7
1.3.2 值更引信的一般组成	10
1.3.3 识别系统的一般组成	10
1.3.4 定位系统的一般组成	13
1.3.5 指挥控制中心的一般组成	14
1.4 水雷引信战术技术要求	15
1.4.1 动作概率	15
1.4.2 虚警概率	15
1.4.3 动作的局位性	16
1.4.4 隐蔽性	17
1.4.5 寿命	17
1.4.6 水雷引信的可靠性、维修性、保障性	17

第2章 水雷声引信技术	20
2.1 概述	20
2.1.1 水雷声引信的作用及分类	20
2.1.2 水雷声引信的战术技术指标	22
2.2 水雷声换能器及声基阵	23
2.2.1 水雷声换能器	23
2.2.2 水雷声基阵	30
2.2.3 声基阵的主要性能指标	32
2.2.4 典型声基阵的主要性能指标	35
2.2.5 声基阵布阵设计和工艺技术	37
2.3 水雷声值更系统	38
2.3.1 水雷值更系统的功能和要求	38
2.3.2 声值更引信的检测概率和虚警率	39
2.3.3 水雷声值更引信系统常用的检测方法	41
2.4 幅值差声引信技术	43
2.4.1 研制思路	44
2.4.2 幅值差声引信工作原理及框图	44
2.5 动声引信技术	48
2.6 相位差声引信技术	51
2.6.1 基本原理	51
2.6.2 结构与参数计算	56
2.6.3 可调试相位差声引信接收器	62
2.6.4 总结	72
2.7 方位仪引信技术	74
2.7.1 方位仪测位方法在水雷引信中的应用	74
2.7.2 方位仪声引信设计方法	78
2.7.3 测位误差的估计	85
2.7.4 引信特点	90
2.8 相关引信技术	94
2.8.1 方案设计	95

2.8.2	理论分析	96
2.8.3	物理意义和优点	102
2.8.4	结构实例	104
2.8.5	结论	108
2.9	定位引信技术	108
2.9.1	定向方法	108
2.9.2	时延估计原理	110
2.9.3	时延估计的实现	111
2.10	抗自然干扰,抗水中爆炸和抗扫	114
2.10.1	抗自然干扰	114
2.10.2	抗水中爆炸	116
2.10.3	抗扫	120
2.11	主动声测距技术	128
2.11.1	主动声测距的基本原理	128
2.11.2	脉冲测距法	129
2.11.3	调频测距法	133
2.11.4	相位法测距	136
2.11.5	主动声测距技术在水雷中应用	137
2.12	主动超声引信技术	138
2.12.1	鉴别水面波浪的方法	138
2.12.2	实施方框图	141
第3章	水雷磁引信技术	143
3.1	水雷磁引信的作用与组成	143
3.2	水雷磁引信硬件电路	144
3.2.1	三分量磁接收器	144
3.2.2	信号采集电路	151
3.2.3	微处理器	151
3.3	水雷磁引信信号处理	152
3.3.1	目标磁场数学模型	152
3.3.2	横向区域控制特征量	154

3.3.3	抗磁性扫雷特征量	156
3.4	磁定位	158
3.4.1	舰船磁场数学模型研究	159
3.4.2	定位算法	161
3.4.3	最优化算法初始值的选择	162
3.5	磁值更引信算法	164
3.5.1	背景更换基点的确定	165
3.5.2	背景的实时更换	166
3.5.3	磁值更引信判断算法	167
第4章	水雷水压引信技术	169
4.1	概述	169
4.1.1	水雷水压引信的功能特性	169
4.1.2	对水雷水压引信的要求	170
4.1.3	水压引信的基本结构	172
4.2	水压引信接收器	173
4.2.1	充气式水压接收器	173
4.2.2	充液式水压接收器	174
4.2.3	压阻式水压接收器	175
4.2.4	压电式水压接收器	177
4.3	压电式水压引信的放大及辅助电路	194
4.3.1	放大器的输入回路	194
4.3.2	水压引信放大器及辅助电路的指标与 要求	205
4.4	水压引信信号处理技术	207
4.4.1	舰船水压场	207
4.4.2	自然干扰水压场	213
4.4.3	舰船水压信号频域识别方法	217
4.4.4	自适应技术基础理论	236
第5章	水雷引信信号处理技术	252
5.1	概述	252

5.2	水雷探测引信的波束形成	252
5.2.1	波束形成器设计的理论基础	252
5.2.2	水雷引信波束形成器的设计	254
5.3	水雷引信中的模糊模式识别处理技术	256
5.3.1	模糊数学基本知识	256
5.3.2	模糊模式识别	261
5.3.3	水雷信号模糊模式识别	263
5.4	水雷引信中的模糊聚类(识别)处理技术	271
5.4.1	聚类分析	271
5.4.2	模糊等价矩阵聚类分析方法	271
5.4.3	模糊聚类在水雷引信中的应用	274
5.5	灰色系统理论在水雷引信中的应用	282
5.5.1	灰色系统理论的建立、应用和发展	282
5.5.2	灰色系统理论的基本概念	285
5.5.3	灰色关联分析	293
5.5.4	灰关联聚类	296
5.5.5	关联识别	297
5.5.6	灰色预测	298
5.5.7	灰色系统理论在水雷中的应用	299
5.6	水雷引信中的电子平台技术	301
5.6.1	概述	301
5.6.2	坐标系的建立	303
5.6.3	磁罗盘简介	304
5.6.4	变换矩阵	304
5.6.5	转换过程及结果	305
5.7	主动攻击水雷攻击点预测技术	310
5.7.1	概述	310
5.7.2	算法的选取与优化	312
5.7.3	仿真与应用	315
5.8	神经网络技术在水雷目标识别中的应用	318