

《水中兵器技术》丛书

Torpedo Position Technology

鱼雷定位技术

李建辰 主编



国防工业出版社

National Defense Industry Press

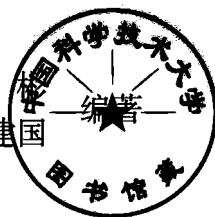
《水中兵器技术》丛书

鱼雷定位技术

Torpedo Position Technology

李建辰 主编

王立文 高卓 国琳娜 张
张秦南 赵雄辉 石章松 朱建国



国防工业出版社

·北京·

图书在版编目(CIP)数据

鱼雷定位技术/李建辰主编. —北京:国防工业出版社,
2009.9

(水中兵器技术丛书)

ISBN 978-7-118-06186-4

I. 鱼... II. 李... III. 鱼雷—定位—军事技术 IV.
E925.23

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第012976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 9% 字数 240 千字

2009年9月第1版第1次印刷 印数 1—3000册 定价 34.00元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

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 第五届评审委员会组成人员

主任委员 刘成海

副主任委员 王 峰 张涵信 程洪彬

秘 书 长 程洪彬

副 秘 书 长 彭华良 蔡 镛

委 员 于景元 王小漠 甘茂治 刘世参

(按姓氏笔画排序) 李德毅 杨星豪 吴有生 何新贵

佟玉民 宋家树 张立同 张鸿元

陈冀胜 周一宇 赵凤起 侯正明

常显奇 崔尔杰 韩祖南 傅惠民

舒长胜

本书主审委员 侯正明

《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', '长', and '军'. The characters are written in a cursive, expressive style.

2003年2月18日

前 言

鱼雷定位技术是随着现代技术在鱼雷上的应用而发展起来的新技术,至今尚无明确与统一的定义。自从鱼雷成为海军主战武器以来,为了赢得战争的胜利,各国海军都投入了大量的人力和物力研究先进技术在鱼雷武器中的应用,并已经取得了显著成果,使鱼雷战斗力得到了很大的增强,取得了重大的军事和经济效益。

在中国造船工程学会水中兵器学术委员会组织下,中国船舶重工集团公司第七〇五研究所承担了《鱼雷定位技术》等书的编著任务,组成了主管领导负责的编写领导小组,组织了编写工作,有关职能部门和研究室给予了重要支持,保证了本书的编写进度与质量。

本书作者长期从事鱼雷制导系统设计、线导与惯导的应用研究,在工作中积累了大量的理论知识和丰富的实践经验,将相关鱼雷定位技术的有关研究成果总结升华为本书内容。本书共分8章,其中:第1章对鱼雷定位技术的基本问题、线导技术、惯导技术进行了概要性介绍。第2章对鱼雷目标跟踪的基本问题、目标跟踪与定位方法及导引方法进行了分析与说明。第3章叙述了雷上和艇上放线机构的结构形式、工作原理,建立了两种放线机构运动学及动力学分析模型。第4章分析了鱼雷有线制导信道的特性,鱼雷线导指令和遥测信号的形成及传输体制,重点描述键控信号的形成和解调及工程应用中差错控制与纠错编码。第5章对光纤制导中的光纤损耗、光纤放线、光纤传输的工作方式及信息传输模式关键技术进行了分析。第6章在简要介绍鱼雷用敏感元件的基

基础上,分析了鱼雷捷联惯导系统的特殊性,重点描述惯性测量单元的元件误差、误差模型及其标定方法,提出提高鱼雷用惯性测量单元快速反应能力的措施。第7章叙述了动基座快速初始对准的过程、系统误差方程、主要数学模型及系统测漂技术。第8章概述了鱼雷捷联惯性导航系统组成及工作原理,给出鱼雷惯性导航系统的算法编排并对捷联式惯导的系统误差进行了分析。

本书主要作者有秦树澄、国琳娜(第1章),石章松(第2章),高卓、赵雄辉(第3章),张彬、朱建国(第4章),高卓(第5章),国琳娜(第6章),张秦南(第7章),王立文(第8章)。全书的框架结构、统稿与修改工作由李建辰完成。谢维辉、龙致和、晔龙、吕汝信提供了部分章节的初稿。

本书的出版得到了中国造船工程学会水中兵器学术委员会、第七〇五研究所、西北工业大学航海学院、海军工程大学等有关单位领导和专家的关心和支持。七〇五研究所金文凯、王中、石月明、伍亚平研究员,海军工程大学苑秉成教授,西北工业大学严卫生教授,七〇七研究所刘玉峰研究员对初稿的相关内容进行了审查;七〇七研究所刘飞研究员对本书进行了全面审查并提出了许多宝贵意见和建议;在编写过程中,七〇五研究所赵京丽、洪剑英等同志给予很多帮助,在此一并表示衷心的感谢!作者在撰写过程中参阅了许多国内外发表的文献资料,亦谨向原著者表示谢意。

本书可供从事鱼雷制导系统设计的科研人员,以及在此领域内从事生产、试验和使用的技术人员使用,也可供高等学校有关专业的师生参考。

由于作者水平有限,书中难免有不妥甚至错误之处,敬请读者批评指正。

编著者
2008年6月

目 录

第 1 章 鱼雷定位技术概述	1
1.1 鱼雷定位技术的发展	1
1.2 鱼雷定位技术	10
1.2.1 GPS 全球定位系统	10
1.2.2 多普勒定位技术	11
1.2.3 线导导线定位技术	13
1.2.4 鱼雷雷速定位技术	14
1.3 鱼雷线导技术	14
1.3.1 鱼雷线导的概念和鱼雷线导系统的组成	14
1.3.2 线导技术对鱼雷武器性能的影响	18
1.4 鱼雷惯导技术	20
1.4.1 鱼雷惯性导航系统	20
1.4.2 鱼雷用捷联式惯导技术的发展	22
1.4.3 鱼雷组合导航技术	23
1.5 操雷雷位指示	26
1.5.1 水面雷位指示器	26
1.5.2 沉雷指示	28
第 2 章 水下目标定位跟踪与线导鱼雷导引方法	29
2.1 引言	29
2.2 水下目标定位跟踪基本问题	30
2.3 水下目标运动要素求解方法	33
2.3.1 方位平差法	33
2.3.2 距离平差法	36
2.3.3 速度平差法	38
2.3.4 舷角平差法	39

2.3.5	方位、距离平差法	40
2.3.6	基于纯方位序列的扩展卡尔曼滤波方法	44
2.3.7	修正极坐标系滤波方法	47
2.4	线导鱼雷控制与导引方法	53
2.4.1	对线导鱼雷进行射击控制的基本要求	53
2.4.2	线导鱼雷射击诸元计算	53
2.4.3	线导鱼雷的导引及断线处理	55
2.4.4	线导导引方法	57
第3章	线导鱼雷放线技术	68
3.1	线导导线	69
3.1.1	线导导线的分类	69
3.1.2	线导导线的选取原则	70
3.2	鱼雷放线技术	71
3.2.1	雷上放线机构的结构形式	72
3.2.2	水密连接器	74
3.3	发射鱼雷平台放线技术——艇上放线机构	75
3.3.1	发射管外拖曳式放线	76
3.3.2	发射管内固定式放线	88
3.3.3	两种艇上放线机构的比较	101
第4章	线导指令和遥测信号的形成与传输	105
4.1	鱼雷有线制导信道的特性	105
4.1.1	概述	105
4.1.2	导线的一次参数	106
4.1.3	导线的二次参数	109
4.1.4	线导专用导线的模拟	113
4.2	鱼雷线导指令和遥测信号的形成及传输 体制	114
4.2.1	引言	114
4.2.2	数据传输方式	114
4.2.3	基带传输	117
4.2.4	数字信号的载波传输	126
4.3	移频键控信号的形成和解调	130

4.3.1	移频键控信号的形成	130
4.3.2	移频键控信号的产生方法	131
4.4	差错控制与纠错编码	140
4.4.1	差错控制方式	140
4.4.2	常用检错编码	143
4.4.3	利用交织法纠正成群差错	155
第5章	鱼雷光纤制导技术	158
5.1	光纤制导的发展	158
5.2	系统组成及功能	161
5.3	光纤制导中关键技术分析	163
5.3.1	光纤、光缆及动态损耗	163
5.3.2	光纤布线技术	172
5.3.3	光纤传输的工作方式	175
5.3.4	光发射机和光接收机	181
5.3.5	信息编码与传输模式	183
第6章	鱼雷惯性测量技术	187
6.1	鱼雷惯性测量技术的特殊性	187
6.1.1	鱼雷运动参数测量	187
6.1.2	鱼雷导航技术	189
6.1.3	鱼雷惯性测量技术的特殊性	191
6.2	鱼雷用敏感元件	193
6.2.1	陀螺仪	193
6.2.2	加速度计	197
6.2.3	深度传感器	198
6.2.4	新型敏感元件	202
6.3	鱼雷用惯性测量元件的误差补偿技术	204
6.3.1	惯性测量元件误差补偿模型	204
6.3.2	挠性惯性测量装置的标定试验	208
6.3.3	挠性惯性测量装置的快速反应能力	213
第7章	鱼雷惯性导航系统的初始对准	216
7.1	捷联导航系统基本对准方式	216
7.2	动基座快速初始对准	218

7.2.1	导航系统自对准	218
7.2.2	系统速度匹配传递对准	225
7.3	导航系统的测漂技术	241
7.4	其它快速对准技术	243
第 8 章	鱼雷捷联惯性导航系统及误差	248
8.1	鱼雷捷联惯性导航系统	248
8.1.1	惯性导航系统组成及工作原理	248
8.1.2	鱼雷惯性导航系统中常用的坐标系	249
8.1.3	雷体航姿角定义	250
8.1.4	鱼雷惯性导航系统的算法编排	251
8.2	捷联式惯性导航系统的误差分析	267
8.2.1	惯性测量装置安装误差和标度因子误差对系统 的影响	267
8.2.2	仪表误差及初始条件误差对系统的影响分析	271
8.2.3	其它误差源引起的系统误差	276
参考文献	282

Contents

Chapter 1 Introduction of Torpedo Positioning

Technology	1
1.1 Development of Torpedo Positioning Technology	1
1.2 Torpedo Positioning Technology	10
1.2.1 GPS	10
1.2.2 Doppler Positioning Technology	11
1.2.3 Wire-guided Positioning Technology	13
1.2.4 Torpedo Velocity Positioning Technology	14
1.3 Torpedo Wire-guided Technology	14
1.3.1 Basic concept and constitution of torpedo wire-guided system	14
1.3.2 Effect of Wire-guided Technology on Performance of Torpedo Weapon	18
1.4 Torpedo Inertial Navigation Technology	20
1.4.1 Torpedo Inertial Navigation System	20
1.4.2 Development of Torpedo Strap-down Inertial Navigation Technology	22
1.4.3 Torpedo Integrated Navigation Technology	23
1.5 Exercise Torpedo Position Indicator	26
1.5.1 Surface Torpedo position Indicator	26
1.5.2 Submerged Torpedo Indicator	28

Chapter 2 Underwater Target Detection and Guidance

Methods of Wire-guided Torpedo	29
2.1 Introduction	29
2.2 Basic Concept of Underwater Target Detection and	

Track	30
2.3 Athletics Factor Evaluation Method of Underwater	
Target	33
2.3.1 Azimuth Sequence Even Difference Method	33
2.3.2 Distance Azimuth Sequence Even Difference Method	36
2.3.3 Velocity Azimuth Sequence Even Difference Method	38
2.3.4 Shipboard Angle Azimuth Sequence Even Difference Method	39
2.3.5 Azimuth and Distance Sequence Even Difference Method	40
2.3.6 Expanded Kalman Filter Method based on Simple Azimuth Sequence	44
2.3.7 Amendable Polar Coordinates Filter Method	47
2.4 Control and Guidance Methods of Wire-guided	
Torpedo	53
2.4.1 Request of Wire-guided Torpedo in Fire Control	53
2.4.2 Fire Factor Calculation of Wire-guided Torpedo	53
2.4.3 Guidance and Broken Wire Disposal of Wire-guided Torpedo	55
2.4.4 Guidance Methods of Wire-guided Torpedo	57
Chapter 3 Wire Releasing Technology of Wire-guided	
Torpedo	68
3.1 Wire of Wire-guided Torpedo	69
3.1.1 Sort of Wire-guided Wire	69
3.1.2 Selected Principle of Wire-guided Wire	70
3.2 Torpedo Wire Releasing Technology	71
3.2.1 Structure of Torpedo Releasing Device	72
3.2.2 Water Seal Connector	74
3.3 Launch Platform Releasing Technology—Vessel	
Releasing Device	75
3.3.1 Dragging Coil Wire Releasing Out of Launch Pipe	76
3.3.2 Fixing Coil Wire Releasing in Launch Pipe	88