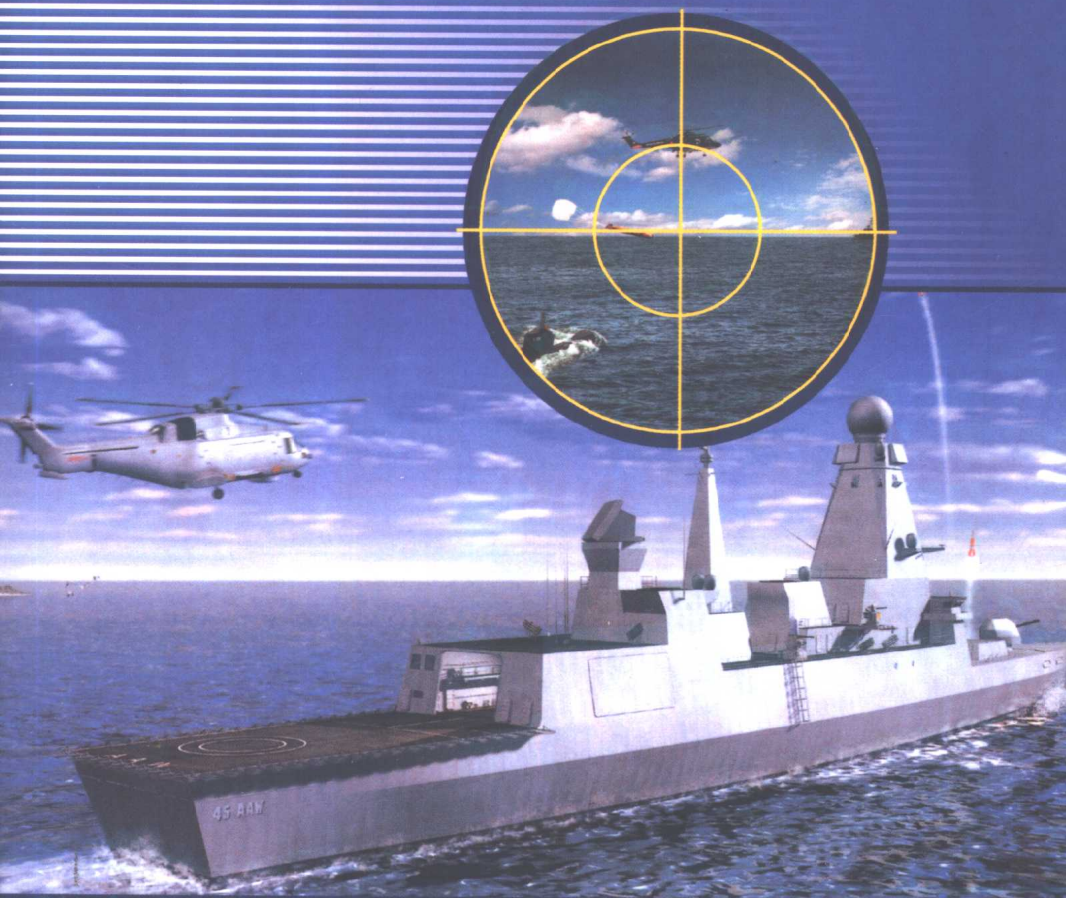


《水中兵器技术》丛书

Analysis of Operational Effectiveness for Torpedo

# 鱼雷作战效能分析

孟庆玉 张静远 宋保维 著



国防工业出版社

<http://www.ndip.com.cn>

《水中兵器技术》丛书

# 鱼雷作战效能分析

Analysis of Operational Effectiveness  
for Torpedo

孟庆玉 张静远 宋保维 著

国防工业出版社

·北京·

**图书在版编目(CIP)数据**

鱼雷作战效能分析/孟庆玉等著. —北京:国防工业出版社,2003.5

(水中兵器技术丛书)

ISBN 7-118-03109-7

I. 鱼... II. 孟... III. 鱼雷-武器效应-分析

IV. E925.23

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 013831 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 100044)

腾飞胶印厂印刷

新华书店经售

\*

开本 850×1168 1/32 印张 9 $\frac{1}{4}$  239 千字

2003 年 5 月第 1 版 2003 年 5 月北京第 1 次印刷

印数:1—2500 册 定价:26.00 元

---

(本书如有印装错误,我社负责调换)

## 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 第四届评审委员会组成人员

名誉主任委员 陈达植

顾 问 黄 宁

主 任 委 员 刘成海

副 主 任 委 员 王 峰 张涵信 张又栋

秘 书 长 张又栋

副 秘 书 长 彭华良 蔡 镭

委 员 于景元 王小谟 甘茂治 冯允成

(按姓名笔画排序) 刘世参 杨星篆 李德毅 吴有生

何新贵 佟玉民 宋家树 张立同

张鸿元 陈火旺 侯正明 常显奇

崔尔杰 韩祖南 舒长胜

## 《水中兵器技术》丛书编委会组成

主任委员 王 辉

副主任委员 侯正明 徐德民 李乃晋

委 员 于大方 马爱民 王 辉 王坡麟

(按姓氏笔划) 史正乐 刘文化 李乃晋 宋锡东

张金奎 张效民 杨世兴 苑秉成

金文凯 侯正明 徐德民 桑好文

秦混乾 高俊荣 梁海军 龚沈光

黄永庆 黄慧珠 彭华良 谢於一

董春鹏 廖德力

办 公 室 李 凝 崔绪生 傅金祝

## 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 the characters '李长军' (Li Changjun) in a cursive style.

二〇〇三年二月十八日

# 前 言

作战效能是武器装备在规定作战条件下完成规定作战任务的能力。它是论证、设计研制、生产与使用武器装备所追求的总目标。美国和前苏联从 20 世纪 60 年代起,就投入大量人力和物力对武器装备作战效能进行了深入系统的研究,其研究成果被广泛用于陆、海、空各类武器装备的规划、研制、生产及部署使用中,取得了巨大的军事、经济效益。

我国关于作战效能的分析研究是在深化系统可靠性与维修性研究的基础上,逐渐开展起来的。目前,陆、海、空三军已在有关武器装备领域中取得不同程度的研究成果。有些成果已在武器装备建设中得到应用,获得显著军事、经济效益。

本书是作者长期从事鱼雷可靠性与维修性、鱼雷及鱼雷武器系统作战效能分析、鱼雷战斗使用诸学术领域科研与教学成果的结晶。全书共 13 章,全面分析介绍鱼雷作战效能的几个方面的问题:鱼雷作战效能的定义、量度、分析界面及国内外关于系统效能的研究方法(第 1 章);鱼雷作战效能基本评估模型的建立(第 2 章);鱼雷储存可用度、装载可靠度、实航可靠度的预计模型及现场统计评估的诸多方法(第 3 章);鱼雷作战能力的基本评估模型(第 4 章);声自导鱼雷、尾流自导鱼雷、线导鱼雷以及机载鱼雷命中概率的分析评定方法(第 5~9 章);鱼雷抗干扰能力及毁伤目标能力的分析评定方法(第 10、11 章);鱼雷发射平台生存与占领发射阵位概率的分析评定方法(第 12 章);鱼雷作战效能评估软件设计(第 13 章)。

参加撰写工作的有海军工程大学孟庆玉(第 1、2、4 章,第 3 章 3.1 节~3.3 节)、张静远(第 5~13 章)、西北工业大学宋保维(第 3

章3.4节~3.7节)。全书的框架结构与统编工作由孟庆玉完成。

本书的出版得到中国造船工程学会水中兵器学术委员会、海军工程大学及鱼雷界有关领导、专家的关心和支持,特别是海军装备论证中心梁海军研究员及中国舰船研究院第705研究所桑钧研究员对全书作了全面审阅,提出了许多宝贵的修改意见,在此表示衷心感谢;西北工业大学张宇文教授撰写的书稿内容,因出版字数限制而未能采用,亦深表歉意。此外,撰写时作者参阅了国内外许多专家、学者的文献资料,亦谨向原著者表示谢意。

本书是以从事鱼雷规划决策、论证、设计、生产、试验与使用部门的科技人员为主要对象,可供上述人员和从事其他武器装备同类工作的人员以及高等院校有关专业的本科生与研究生学习参考。

由于水平所限,书中恐有不妥和错误,恳请读者批评指正。

作者

2002年1月

# 目 录

第1章 绪论 .....	1
1.1 系统效能的研究背景与现状 .....	1
1.2 鱼雷作战效能的定义、量度与分析界面说明 .....	2
1.2.1 系统效能、效能及作战效能的基本定义 .....	2
1.2.2 系统效能与作战效能的量度 .....	4
1.2.3 鱼雷作战效能定义 .....	5
1.2.4 鱼雷作战效能的量度 .....	7
1.2.5 鱼雷作战效能的分析界面说明 .....	7
1.3 鱼雷作战效能的研究目的 .....	9
1.4 鱼雷作战效能的研究方法 .....	10
1.4.1 诸研究方法综述 .....	10
1.4.2 WSELAC方法及其基本评估模型 .....	12
1.5 鱼雷作战效能分析评定的基本程序 .....	19
第2章 鱼雷作战效能基本评估模型 .....	22
2.1 鱼雷的寿命剖面、任务剖面及各状态特点 .....	22
2.1.1 鱼雷寿命剖面与任务剖面 .....	22
2.1.2 鱼雷各状态的特点与环境条件 .....	24
2.2 鱼雷可靠性维修性特征量 .....	26
2.2.1 鱼雷可靠性维修性使用参数 .....	26
2.2.2 鱼雷可靠性维修性合同参数 .....	35
2.2.3 鱼雷可靠性维修性指标水平 .....	36
2.3 鱼雷作战效能基本评估模型 .....	38
2.3.1 基本评估模型 .....	38
2.3.2 基本模型中 $MTBM_{\mu}$ 、 $\bar{M}_{\mu}$ 及 $\bar{M}_{\alpha}$ 、MLDT 的取值级别 .....	40
2.3.3 基本评估模型的工程简化 .....	41

2.4	基本评估模型提供的鱼雷重要设计启示( I )	42
2.4.1	鱼雷可靠性极其重要应严格执行“一票否决”制	42
2.4.2	应重视鱼雷保障性的同步设计与建设	44
<b>第3章</b>	<b>鱼雷储存可用度、装载可靠度及实航工作</b>	
	<b>可靠度的计算模型</b>	46
3.1	鱼雷总体可靠性框图、分布类型及数学模型	46
3.1.1	鱼雷总体可靠性框图	46
3.1.2	鱼雷总体可靠性分布类型	47
3.1.3	鱼雷可靠性指标预计模型	49
3.2	鱼雷储存可用度的预计模型	51
3.2.1	单个组部件(装置或系统)储存可用度计算	51
3.2.2	两个不同装置并联系统储存可用度计算	51
3.2.3	$N$ 个系统串联的全雷储存可用度计算	52
3.3	鱼雷可靠性指标统计评估模型——经典法	52
3.3.1	鱼雷故障的判定与定级	53
3.3.2	鱼雷 $MTBF_S$ 现场统计评估经典模型	54
3.3.3	鱼雷 $R_C(t_C)$ 现场统计评估经典模型	55
3.3.4	鱼雷 $R_W(t_{W0})$ 现场统计评估经典模型	55
3.4	鱼雷 $R_C(t_C)$ 与 $R_W(t_{W0})$ 评估的信息熵法	57
3.4.1	基本原理	57
3.4.2	系统可靠性综合评定的数学模型	58
3.5	鱼雷 $R_C(t_C)$ 与 $R_W(t_{W0})$ 评估的矩拟合法	62
3.5.1	基本原理	62
3.5.2	系统可靠性综合评定的数学模型	63
3.6	鱼雷 $R_C(t_C)$ 与 $R_W(t_{W0})$ 评估的渐近正态法	65
3.6.1	基本原理	65
3.6.2	系统可靠性综合评定的数学模型	66
3.7	鱼雷 $R_C(t_C)$ 与 $R_W(t_{W0})$ 评估的贝叶斯法	68
3.7.1	系统可靠性综合评定贝叶斯方法近似限通式	69
3.7.2	系统可靠性综合评定的贝叶斯评定方法修正	70
3.7.3	系统可靠性综合评定贝叶斯方法修正式的物理意义	72

<b>第4章 鱼雷作战能力的基本模型</b> .....	75
4.1 作战能力 $C$ 的基本评估模型 .....	75
4.1.1 对基本评估模型的要求 .....	75
4.1.2 作战能力 $C$ 的基本模型 .....	76
4.2 基本战术想定与约束条件 .....	77
4.2.1 基本战术想定 .....	79
4.2.2 基本约束规定 .....	80
4.2.3 作战能力 $C$ 的工程评估模型 .....	82
4.3 基本评估模型提供的鱼雷重要设计启示(II) .....	83
4.3.1 以作战能力 $C$ 最大原则优化设计战术技术性能 指标 .....	83
4.3.2 充分认识提高鱼雷航程的重要意义 .....	84
4.3.3 鱼雷抗干扰能力至关重要应量化表征与考核 .....	87
<b>第5章 声自导鱼雷命中概率计算——解析法</b> .....	88
5.1 命中概率计算方法及相关问题概述 .....	88
5.1.1 命中概率计算方法概述 .....	88
5.1.2 射击误差项及其散布 .....	89
5.1.3 误差的定量表示方法 .....	90
5.2 发现目标与命中目标条件 .....	91
5.2.1 射击三角形 .....	91
5.2.2 发现目标条件 .....	93
5.2.3 命中目标条件 .....	95
5.3 单雷射击的有利提前角 .....	99
5.3.1 有利提前角的含义 .....	99
5.3.2 单雷对定速直航目标射击的有利提前角 .....	100
5.3.3 有利提前角的近似求解 .....	104
5.3.4 对机动目标射击的有利提前角 .....	106
5.3.5 有利提前角求解方法综述 .....	107
5.4 捕获概率 .....	108
5.4.1 求解捕获概率的基本模型 .....	108
5.4.2 综合概率误差 .....	111
5.4.3 相对搜索宽度 .....	118

5.4.4	直航搜索段航程 .....	119
5.4.5	解析法计算捕获概率的步骤 .....	119
5.5	追踪概率 .....	121
5.5.1	求解追踪概率的基本模型 .....	121
5.5.2	自导追踪段航程 .....	122
5.5.3	再搜索与再攻击航程 .....	124
5.5.4	弹道最小曲率半径 .....	125
5.5.5	解析法计算追踪概率的步骤 .....	125
<b>第6章</b>	<b>声自导鱼雷命中概率计算——模拟法</b> .....	127
6.1	模拟法计算命中概率的基本原理 .....	127
6.1.1	模拟法计算命中概率的基本原理概述 .....	127
6.1.2	试验次数的确定 .....	130
6.2	自导检测模型 .....	131
6.2.1	声呐方程及其参数求解 .....	132
6.2.2	主动检测模型 .....	142
6.2.3	被动检测模型 .....	147
6.2.4	对检测模型中有关因素的考虑 .....	148
6.2.5	检测逻辑 .....	151
6.3	鱼雷运动弹道模拟 .....	154
6.3.1	自导鱼雷航行弹道及仿真方法概述 .....	154
6.3.2	直航弹道 .....	156
6.3.3	蛇行弹道 .....	157
6.3.4	环行弹道 .....	159
6.3.5	各式追踪弹道 .....	161
6.3.6	鱼雷运动末弹道仿真 .....	161
<b>第7章</b>	<b>尾流自导鱼雷命中概率仿真计算</b> .....	163
7.1	尾流自导鱼雷的特点及尾流模型 .....	163
7.1.1	尾流及尾流制导的特点 .....	163
7.1.2	尾流的特征及仿真模型 .....	165
7.2	尾流自导鱼雷的射击提前角 .....	167
7.3	尾流自导鱼雷的命中概率仿真 .....	169
7.3.1	尾流自导检测模型 .....	169

7.3.2	尾流自导鱼雷的弹道模拟 .....	170
7.3.3	仿真步骤及相关问题的处理 .....	174
<b>第 8 章</b>	<b>线导鱼雷命中概率分析评定 .....</b>	<b>176</b>
8.1	线导鱼雷的特点及有关使用方法 .....	176
8.1.1	线导鱼雷的特点 .....	176
8.1.2	线导鱼雷的有关使用问题 .....	177
8.1.3	线导鱼雷射击方法 .....	178
8.1.4	线导鱼雷的导引及断线处理 .....	180
8.2	线导导引方法 .....	181
8.2.1	方位导引法 .....	181
8.2.2	前置点导引法 .....	185
8.2.3	其他导引法 .....	188
8.2.4	各种导引方法的综合比较与使用时机 .....	190
8.3	线导鱼雷命中概率计算 .....	192
8.3.1	线导导引效果的影响因素及评估方法 .....	192
8.3.2	模拟法计算“线导+声自导”鱼雷发现概率的步骤 .....	193
8.3.3	“线导+尾流自导”鱼雷命中概率的仿真计算 .....	197
<b>第 9 章</b>	<b>机载鱼雷反潜命中概率分析评定 .....</b>	<b>200</b>
9.1	直升机反潜概述 .....	200
9.1.1	直升机反潜的作用与意义 .....	200
9.1.2	直升机反潜的基本方式和战术过程 .....	202
9.1.3	直升机鱼雷攻潜典型战术过程 .....	204
9.2	鱼雷投放参数解算 .....	206
9.2.1	航空鱼雷及其设定参数 .....	206
9.2.2	悬停攻击鱼雷投放参数解算 .....	207
9.2.3	飞行攻击鱼雷投放参数解算 .....	211
9.2.4	双机协同攻击鱼雷投放参数解算 .....	214
9.3	机载鱼雷反潜命中概率仿真计算 .....	216
<b>第 10 章</b>	<b>鱼雷抗干扰能力分析评定 .....</b>	<b>219</b>
10.1	反鱼雷措施 .....	219
10.2	水声对抗器材及其干扰模型 .....	220
10.2.1	气幕弹及其声学特性 .....	220



10.2.2	噪声干扰器及其干扰模型 .....	222
10.2.3	自航式诱饵及其对抗模型 .....	225
10.3	潜艇水声对抗器材战斗使用与机动 .....	228
10.3.1	舰艇反潜行动原则和潜艇防御行动原则 .....	228
10.3.2	潜艇水声对抗器材战斗使用基本原则 .....	230
10.3.3	目标机动运动分析 .....	231
10.4	鱼雷抗干扰能力分析评定 .....	235
10.4.1	鱼雷抗干扰能力评定标准 .....	235
10.4.2	鱼雷目标识别能力的仿真模型 .....	236
10.4.3	水声对抗条件下鱼雷命中概率仿真方法 .....	238
<b>第 11 章</b>	<b>鱼雷毁伤目标能力分析评定 .....</b>	<b>241</b>
11.1	水中爆炸的破坏作用及爆炸方式确定 .....	241
11.2	舰船的破坏标准及分析方法 .....	243
11.3	毁伤目标概率计算 .....	246
11.3.1	反舰接触爆炸 .....	246
11.3.2	反舰非接触爆炸 .....	248
11.3.3	反潜接触爆炸 .....	248
11.3.4	反潜非接触爆炸 .....	250
11.4	聚能型战斗部毁伤能力评定 .....	251
<b>第 12 章</b>	<b>鱼雷发射平台占领发射阵位概率的分析评定 .....</b>	<b>253</b>
12.1	鱼雷发射阵位 .....	253
12.2	潜艇占领发射阵位概率求解 .....	256
12.3	潜艇占位过程中的对抗问题及生存概率求解 .....	259
12.4	鱼雷作战能力考核阵位分析 .....	262
<b>第 13 章</b>	<b>鱼雷作战效能评估软件系统设计 .....</b>	<b>265</b>
13.1	软件系统设计的总体考虑 .....	265
13.1.1	软件系统设计的基本思想与要求 .....	265
13.1.2	软件界面一般考虑及编程语言选择 .....	267
13.1.3	程序各功能函数之间的限制与约束 .....	267
13.2	软件系统设计 .....	268
13.3	软件系统的工作流程与界面 .....	273