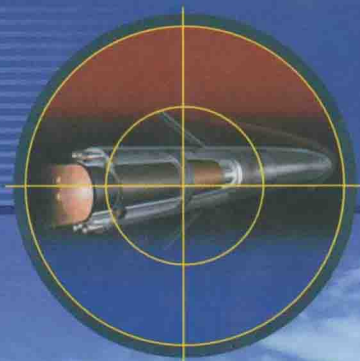


《水中兵器技术》丛书

Technique of Torpedo Thermal Power

鱼雷热动力技术

查志武 主编 史小锋 钱志博 副主编



国防工业出版社

National Defense Industry Press

《水中兵器技术》丛书

鱼雷热动力技术

Technique of Torpedo Thermal Power

查志武 主编

史小锋 钱志博 副主编

国防工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

鱼雷热动力技术/查志武主编. —北京: 国防工业出版社, 2006. 9

(水中兵器技术丛书)

ISBN 7-118-04378-8

I. 鱼... II. 查... III. 热动力鱼雷 IV. TJ63

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 016355 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)

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 10 $\frac{3}{4}$ 插 1 字数 269 千字

2006 年 9 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—2000 册 定价 40.00 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 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 刘世参

(按姓名笔画排序) 杨星豪 李德毅 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

《水中兵器技术》丛书 编委会

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 史正乐

(按姓名笔画排序) 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 stylized Chinese characters. The characters appear to be '张景' (Zhang Jing), with a long vertical stroke extending downwards from the right side.

2003 年 2 月 18 日

前 言

鱼雷是重要的水中兵器,用于攻击潜艇、水面舰艇和港口设施。动力系统是鱼雷的主要组成部分,它对鱼雷的航速、航程、航深、安静性、可靠性、维修性和费用有着决定性的作用及重要的影响。热动力系统具有功率大、能量储备高的优点,从而可以使鱼雷具有高的航速和远的航程。本书内容包括鱼雷热动力系统的燃料、燃烧室、能源供应、活塞式发动机、涡轮机、变工况动态过程仿真计算和振动控制等。其主要内容是近年来科研和教学实践中的新理论、新方法和新技术的总结。本书主要供从事鱼雷研究设计的工程技术人员使用,也可作为教学参考书。

在中国造船工程学会水中兵器学术委员会组织下,第七〇五研究所承担了《鱼雷热动力技术》等书的编著任务,组成了以所长钱建平研究员、副所长金文凯研究员为领导的编写领导小组,组织了编写工作,所科学技术委员会、科技处、总师办及有关研究室给予了重要的支持,保证了本书的编写进度和质量。

本书主编查志武、副主编史小锋和钱志博负责全书统筹,包括各章内容的安排、协调、格式的统一和最终审定。各章编著者为:第1章,查志武;第2章,赵卫兵、钱志博;第3章,史小锋、王育才、赵宽明、严清平、罗凯、党建军;第4章,雷云龙、彭博、程文利;第5章,查志武、赵寅生、伊寅、李日朝、师海潮、杨燕;第6章,查志武;第7章,高爱军。其中第一名为该章的最终编著者。负来锋同志参加了本书插图的编制工作。

本书的出版得到中国造船工程学会水中兵器学术委员会、中

船重工集团公司第七〇五研究所金文凯等有关领导的多方面指导和支持;西北工业大学赵连峰教授和七〇五研究所张中文研究员对全书作了全面审阅,提出了许多宝贵的修改意见,鱼雷动力技术界的许多专家也给予了多方面的帮助。对于各位领导和专家在此表示衷心地感谢!

中国人民解放军总装备部科技出版基金为本书提供资助,国防工业出版社有关领导和编辑对本书的出版给予了许多具体指导、作了大量工作,在此一并表示衷心感谢!

由于编著者水平有限,必定存在不少问题,敬请读者指正。

编著者

2005 年 12 月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 热动力系统组成和分类	1
1.2 热动力系统主要性能要求和发展展望	4
1.3 典型热动力系统介绍	8
1.3.1 英国“旗鱼”鱼雷动力系统	8
1.3.2 瑞典 TP2000 型鱼雷动力系统	10
1.3.3 美国 MK-50 鱼雷动力系统	12
1.3.4 反作用喷射发动机	13
参考文献	14
第 2 章 燃料和燃烧室	15
2.1 燃料	15
2.1.1 鱼雷燃料分类	16
2.1.2 鱼雷燃料要求	17
2.1.3 OTTO-II 燃料	20
2.1.4 高氯酸羟胺(HAP)	22
2.1.5 一些燃料的能量特性	23
2.2 燃料热化学计算	25
2.2.1 热化学计算概述	25
2.2.2 燃料(或组元)的假定化学式	25
2.2.3 燃料燃烧反应方程	27
2.2.4 计算燃料燃烧平衡组分的化学平衡常数法	28
2.2.5 计算燃料燃烧平衡组分的最小自由能法	30
2.2.6 燃烧反应的能量守恒方程	36
2.2.7 燃烧产物温度及其它热力参数的计算	40
2.3 燃烧室	42

2.3.1	概述	42
2.3.2	燃烧室点火过程	44
2.3.3	燃料燃烧基本概念	51
2.3.4	液体燃料雾化与喷嘴设计	57
2.3.5	旋转机械密封设计	72
	参考文献	76
第3章	能源供应和控制	78
3.1	子系统介绍	78
3.1.1	燃料供应和控制子系统	78
3.1.2	海水供应和控制子系统	83
3.1.3	滑油供应和控制子系统	86
3.2	供应泵	89
3.2.1	鱼雷齿轮泵	89
3.2.2	叶片泵	96
3.2.3	柱塞泵	101
3.3	燃料调节控制器	107
3.3.1	鱼雷开式循环热动力推进系统燃料自动调节和 控制的目的、方法	107
3.3.2	压力调节控制器	111
3.3.3	流量调节控制器	117
3.3.4	多组元燃料比例混合调节和控制器	130
	参考文献	145
第4章	活塞发动机	147
4.1	概述	147
4.2	热力过程优化设计	149
4.2.1	汽缸内热力过程仿真计算	151
4.2.2	不同已知条件下的热力计算	155
4.2.3	深度特性	159
4.2.4	热力过程的优化设计	161
4.3	凸轮活塞发动机	164
4.3.1	运动学和动力学简介	164
4.3.2	机械摩擦损失计算	168

4.4	周转斜盘活塞发动机	170
4.4.1	球面长幅外摆线滚轮约束机构周转斜盘发动机	171
4.4.2	直导槽滚轮约束机构周转摆盘发动机	179
4.4.3	周转斜盘发动机的惯性力和惯性力矩	194
4.4.4	发动机的平衡	196
4.5	有限元在鱼雷发动机上的应用	197
4.5.1	有限元法简介	197
4.5.2	有限元法在活塞组件设计中的应用	198
4.5.3	有限元法在配气阀座设计中的应用	205
	参考文献	207
第5章	鱼雷涡轮发动机	208
5.1	鱼雷涡轮机介绍	208
5.1.1	涡轮级	208
5.1.2	涡轮机分类	209
5.1.3	鱼雷对涡轮机的要求和鱼雷涡轮机的类型	213
5.2	涡轮级的气体动力过程	214
5.2.1	喷嘴中的气体动力过程	214
5.2.2	喷嘴设计计算	218
5.2.3	工作叶片气道中气体动力过程	220
5.2.4	涡轮级的轮周功	222
5.2.5	工作叶片的设计	223
5.3	涡轮级的效率	226
5.3.1	涡轮级的能量损失	226
5.3.2	涡轮级的效率	229
5.3.3	鱼雷涡轮机的参数选择	234
5.3.4	单级纯冲动式涡轮机设计工况的热力计算	236
5.4	复速级涡轮机	237
5.4.1	复速级涡轮机工作过程	237
5.4.2	复速级涡轮机的效率	241
5.4.3	复速级涡轮机气流通道的设计	244
5.5	鱼雷涡轮机非设计工况	245
5.5.1	缩放喷嘴非设计工况	246

5.5.2	工作叶片非设计工况及轮周效率计算	251
5.5.3	鱼雷涡轮机调节方法	252
5.6	鱼雷涡轮机减速器典型传动原理	253
	参考文献	257
第6章	变工况动态过程仿真计算	258
6.1	仿真计算各基本方程	258
6.1.1	燃料流量调节器	258
6.1.2	压力调节器	262
6.1.3	燃料泵	264
6.1.4	其它辅机泵	265
6.1.5	固体药柱	266
6.1.6	燃烧室	267
6.1.7	活塞式发动机	270
6.1.8	推进器	272
6.1.9	鱼雷纵平面直线航行运动	273
6.1.10	台架试验的测功器	274
6.2	启动过程仿真计算	274
6.2.1	启动过程仿真计算说明	274
6.2.2	启动过程仿真计算的数学模型	274
6.2.3	右函数中燃料流量调节器定量孔压差 Δp_r 的计算	275
6.2.4	启动过程仿真计算结果	276
6.3	变速过程仿真计算	278
6.3.1	变速过程仿真计算说明	278
6.3.2	变速过程仿真计算的数学模型	279
6.3.3	右函数中燃料流量调节器节流孔面积 A_r 的计算	279
6.3.4	变速过程仿真计算结果	280
6.4	变航深过程仿真计算	282
6.4.1	变航深过程仿真计算说明	282
6.4.2	变航深过程仿真计算的数学模型	282
6.4.3	变航深过程仿真计算的航深计算	283
6.4.4	变航深过程仿真计算结果讨论	283
	参考文献	284

第 7 章 动力装置振动控制技术	285
7.1 鱼雷振动噪声概述	285
7.2 鱼雷动力装置的振动特性	288
7.2.1 动力装置一般振动特性	288
7.2.2 摆盘式活塞发动机的振动特性	289
7.2.3 凸轮式活塞发动机的振动特性	291
7.2.4 泵类机械的噪声特性	292
7.2.5 齿轮的振动特性	292
7.2.6 轴承的振动特性	294
7.3 动力装置整机隔振设计	295
7.3.1 动力装置整机隔振的一般运动方程	295
7.3.2 动力装置整机隔振系统的刚度	298
7.3.3 整机隔振系统的效果评估	299
7.3.4 提高动力装置隔振效果的方法	300
7.3.5 典型的鱼雷动力装置整机隔振结构	301
7.4 动力装置陆上台架冷车振动试验技术	303
参考文献	306
附录 I 计算涡轮机变工况喷嘴速度系数的系数 K_m 表	307
附录 II 工作叶片轴向间隙的燃气泄漏	309
附录 III 涡轮发动机变工况的有关计算公式	315

Contents

Chapter 1 Introduction	1
1.1 Component and type of thermal power system	1
1.2 Main performance requirements and development overview of the thermal power system	4
1.3 Introduction for typical thermal power systems	8
1.3.1 "Spearfish" torpedo power system of UK	8
1.3.2 Tp2000 torpedo power system of Sweden	10
1.3.3 Mk-50 torpedo power system of US	12
1.3.4 Reaction jet	13
References	14
Chapter 2 Fuel and combustor	15
2.1 Fuel	15
2.1.1 Torpedo fuel type	16
2.1.2 Requirements for the torpedo fuel	17
2.1.3 OTTO-II fuel	20
2.1.4 Hydroxyl ammonium perchlorate (HAP)	22
2.1.5 Energy characteristic of some fuels	23
2.2 Heat chemistry calculation for fuel	25
2.2.1 Outline for the heat chemistry calculation	25
2.2.2 Assumptive formula for fuel (or component)	25
2.2.3 Equation of fuel combustion reaction	27
2.2.4 Method by the equilibrium constant for calculation equilibrium components in combustor	28