

渔具理论与设计

[苏] A. И. 弗里德曼 著

海洋出版社

08429

渔具理论与设计

〔苏〕A.П.弗里德曼 著

侯恩淮 高清廉 译

海洋出版社

1988年·北京

内 容 提 要

渔具理论与设计是改进捕捞技术中的关键课题,它对提高渔获率和经济效益起着极其重要的作用。本书内容分为:第一章,提出渔具设计理论的任务及其解决方法,并对渔具设计过程中的各个环节作了综述。第二至第十二章,将渔具设计与运动力学结合起来,既讨论实际海洋环境对渔具的影响,又对渔具设计中的模型试验作了论述。第十三至第二十章,讨论了各种渔具设计的特点,并作出详细的理论计算。此外,还阐明了各种渔具基本要素的选择原则。

本书内容丰富,既有一定的理论深度,又有实际应用价值,为渔具理论研究、设计和使用人员提供基础理论和可行的设计方法。无论是对理论研究人员还是设计、使用的技术人员,以及大专院校该专业的高年级学生都是一本不可多得的参考书。

责任编辑:庄一纯

责任校对:刘兴昌

渔具理论与设计

[苏] A.И. 弗里德曼 著

侯恩淮 高清廉 译

海 洋 出 版 社 出 版 (北京市复兴门外大街1号)
新华书店北京发行所发行 国防科工委印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/32 印张: 14.875 字数: 320 千字

1988年5月第一版

1988年5月第一次印刷

印数: 800

统一书号: 13193·0781 定价: 4.50元

ISBN: 7-5027-0181-8/TB·2

译 者 的 话

本书是根据苏联加里宁格勒渔业工学院教授、科学技术博士А.Л.弗里德曼所著的《Теория и проектирование орудий промышленного рыболовства》一书的1981年修订版（第二版）译出的。原书曾作为苏联工业捕鱼专业大学生的教材使用了多年，第二版又作了较大的修改和补充，力求反映捕捞学科七十年代的水平。作者系统阐述了渔具力学的基本原理和各类渔具的设计方法，尤其对渔具的动力学问题提出新观点。

本书可作为水产捕捞专业的教学参考书，也可供有关科技人员和渔业工作者参考。

译校过程中订正了个别错误，但译文中难免有不妥之处，望读者批评指正。

序 言

这本教科书是按照向渔业工学院工业捕鱼系学生讲授的同名课程的教学大纲编写的。

专业课“渔具理论与设计”是在五、六十年代水产捕捞业蓬勃发展、捕捞方面的科学知识按客观规律分划的过程中产生的。

苏联功勋科学家、技术科学博士Ф.И.巴拉诺夫(Баранов)教授的著作《渔具理论与计算》(1948)、《工业捕鱼技术》(1960),驰名国内外,对培养工业捕鱼工程师具有重要的作用。这些论著是工业捕鱼理论的基础,到目前为止仍不失为极有价值的教材。

教科书《渔具理论与设计》(1969)出版以来的十年间,渔业资源和世界渔业组织发生了重大变化。为了取得良好的经济效益,每年仍要付出极大努力,不断改进捕捞技术,同时对捕捞专家也提出更高的要求。

编写本书第二版,考虑了教学过程中多年的使用经验和对本书俄文版(1969)及英文版(1973)提出的意见,以及苏联和国外在这一时期的广泛研究资料。其中,具有特别重要意义的是:选择可调整变水层拖网、深水拖网、围网、绳索拖网的理论依据和应用鱼泵、光场、电场的理论基础。随着拖网瞄准捕捞问题的提出和加速拖网起下网方案的制定,运动

动力学问题具有重要意义，所以教科书中编入新的一章“拖网系统运动”。第二版类似第一版，而区别于其他同类书籍的特点是：应用了由作者提出的以相似理论为基础的渔具设计方法。这方面的新资料也相应反映在本书中。但是，由于本书篇幅受到原版本的限制，内容不可避免地要有所压缩。因此，书中各章均有较大的改动。

当然，这本书及同名课程不可能阐明与改进渔具有关的一切问题。但在学习本课程之前，学生已具有扎实的数理基础，学过如《水产鱼类学》、《渔具结构与操作》、《渔具制造和修理工艺》、《捕鱼机械》和其他一些专业课。因此，本课程才可能专门论述概况这一领域实践经验的渔具计算的理论基础和设计方法。

第一版的使用表明，本书不仅对大学生有益，而且可供工程技术与科研人员参考。

目 录

第一章 渔具理论与渔具设计方法	(1)
1.1 渔具理论与渔具设计	(1)
1.2 渔具设计用的鱼类特性及其行为	(2)
1.3 鱼类最小捕捞尺寸	(4)
1.4 渔具结构类型的选择	(8)
1.5 渔具最佳技术性能的论证	(9)
1.6 渔具的技术特点	(10)
1.7 确定网材料快速磨损的渔具强度尺寸	(12)
1.8 校核计算图	(13)
1.9 按母型网设计	(18)
1.10 渔具设计中实物试验和模型试验的 应用	(20)
1.11 改进渔具的研究组织	(23)
1.12 设计和设计阶段的组成	(25)
第二章 水动力	(28)
2.1 渔具运动的介质阻力	(28)
2.2 球形构件的阻力	(31)
2.3 板形构件的阻力	(32)
2.4 圆柱形构件的阻力	(36)
2.5 绳索和线的阻力	(37)
2.6 渔具靠近水面或水底的运动	(40)
2.7 均质网片的阻力	(41)
2.8 非均质任意形状网片的阻力	(48)

2.9 水流和波浪引起的水动力和附着物 的影响.....	(57)
第三章 其他外力	(64)
3.1 重力.....	(64)
3.2 海底阻力.....	(68)
3.3 鱼体发出的力.....	(72)
第四章 柔性线形状与张力的解析算法	(77)
4.1 承受重力和水动力的线平衡.....	(77)
4.2 曳纲平面定常运动.....	(79)
4.3 重力作用下的柔性线.....	(84)
4.4 用抛物线替代悬链线.....	(86)
4.5 一端固定的渔网.....	(87)
第五章 柔性线形状与张力的图解算法	(90)
5.1 一个集中力作用.....	(90)
5.2 几个集中力作用.....	(92)
5.3 均布外力作用.....	(96)
第六章 渔网几何学与静力学	(101)
6.1 渔网的一般性质.....	(101)
6.2 平面网片静力学.....	(108)
6.3 网壳.....	(115)
第七章 渔具模型试验	(124)
7.1 因次和相似的基本原理及相似定理.....	(124)
7.2 渔具相似举例.....	(127)
7.3 渔具模型试验特点.....	(132)
7.4 渔具运动的决定性参数.....	(133)
7.5 渔具相似的必要条件.....	(135)

7.6	渔具相似的充分条件	(140)
7.7	简化几何相似条件的可能性	(143)
7.8	水动力相似条件分析	(145)
7.9	重力相似条件分析	(146)
7.10	近似相似和尺度效应	(151)
7.11	拖网模型试验	(153)
7.12	围网模型试验	(159)
7.13	水流相对运动的模型试验特点	(162)
7.14	模型试验设备	(166)
第八章	渔具力学模拟法	(174)
8.1	实质	(174)
8.2	确定线的形状与张力	(175)
8.3	水流作用下刺网网列的形状与张力	(179)
8.4	拖网的匀速运动	(180)
8.5	流网网列的匀速漂流	(183)
8.6	伴有变形的渔具运动	(185)
8.7	收绞过程	(186)
第九章	应用相似方法设计渔具	(192)
9.1	设计原则和基本方程式	(192)
9.2	辅助方程式	(193)
9.3	变分法与设计的折衷方案	(194)
9.4	网材料特性计算	(195)
9.5	绳索特性计算	(200)
9.6	属具计算与设计	(202)
9.7	设计的完成阶段	(204)
第十章	拖网基本要素计算	(207)

10.1	拖网设计技术任务书	(207)
10.2	拖网形状	(207)
10.3	拖网网衣图	(209)
10.4	决定拖网渔获量的特性	(210)
10.5	拖网的水动力性能	(211)
10.6	拖网渔获率系数	(212)
10.7	拖速	(214)
10.8	确定目脚长度	(215)
10.9	拖网与拖网船技术性能的关系	(220)
10.10	相似比例的关系	(224)
10.11	纲绳属具计算	(239)
10.12	拖网网衣阻力校核计算	(246)
10.13	手纲计算	(252)
10.14	曳纲直径计算	(253)
10.15	拖网总阻力与运动速度	(254)
10.16	拖网网口扩张	(255)
10.17	拖网最佳设计方案的选择	(262)
第十一章	拖网扩张装置设计	(264)
11.1	扩张装置的主要几何特性	(264)
11.2	扩张装置的水动力特性	(265)
11.3	底拖网扩张装置的海底动力特性	(273)
11.4	扩张装置的平衡和运动稳定性	(275)
11.5	选择扩张装置类型的基本标准	(285)
第十二章	拖网系统运动	(287)
12.1	拖网系统运动理论的发展	(287)
12.2	拖网系统数学模型图	(288)

12.3	图示拖网系统的定常运动·····	(291)
12.4	拖网系统杆件模型·····	(294)
12.5	杆件模型定常运动特性·····	(296)
12.6	杆件模型的广义坐标·····	(298)
12.7	非定常运动方程·····	(300)
12.8	拖网系统的动能·····	(300)
12.9	广义力·····	(303)
12.10	拖网系统的拉格朗日方程·····	(306)
12.11	船舶拖力与拖网系统参数的关系·····	(308)
12.12	绞机拉力与拖网系统参数的关系·····	(310)
12.13	拖网系统运动的数学理论的应用·····	(312)
12.14	拖网系统运动理论与实验研究结 果的比较·····	(320)
第十三章	刺网 ·····	(326)
13.1	按照捕捞对象和水域特点选择刺 网主要特性·····	(326)
13.2	刺网材料·····	(328)
13.3	刺网捕捞过程的理论模型·····	(328)
13.4	刺网在水中的能见度及其颜色·····	(330)
13.5	目脚的确定·····	(334)
13.6	网线直径的计算·····	(335)
13.7	刺网上下纲属具·····	(337)
13.8	捕捞时刺网的形状·····	(340)
13.9	纲绳的计算·····	(343)
13.10	张纲性能的选择·····	(346)
第十四章	围网 ·····	(350)

14.1	鱼类特性和围网基本要素的选择·····	(350)
14.2	围网捕捞的理论模型·····	(355)
14.3	围网长度的确定·····	(358)
14.4	围网高度的确定·····	(362)
14.5	下纲沉降的时间、速度和深度·····	(363)
14.6	网衣特性·····	(367)
14.7	确定纲绳特性·····	(372)
14.8	括纲特性·····	(373)
14.9	围网属具计算·····	(377)
14.10	用相似方法计算设计围网的特性·····	(379)
第十五章	建网 ·····	(383)
15.1	鱼类行为、网衣特点及建网的基本特性·····	(383)
15.2	导向垣网的特性·····	(385)
15.3	建网的捕鱼理论模型·····	(387)
15.4	围网类型选择、导网长度及其夹角·····	(389)
15.5	用桩柱铺设建网及其强度的计算·····	(391)
15.6	漂浮建网、垣网和起鱼部自动沉降和起浮的计算·····	(393)
第十六章	底曳网 ·····	(401)
16.1	鱼类习性和底曳网结构特性选择·····	(401)
16.2	围捕面积·····	(402)
16.3	组合曳纲的计算·····	(405)
16.4	曳纲张力·····	(407)
16.5	曳纲沉降速度·····	(408)
第十七章	地曳网 ·····	(410)

17.1	捕捞原理·····	(410)
17.2	目脚尺度·····	(413)
17.3	确定地曳网的结构尺寸·····	(414)
17.4	确定外负荷及地曳网形状·····	(416)
17.5	设计地曳网的一般程序·····	(418)
第十八章	延绳钓·····	(419)
18.1	渔获量、鱼类特性及延绳钓结构 要素之间的联系·····	(419)
18.2	延绳钓形状与钓钩位置·····	(421)
18.3	确定钓钩和支线的强度尺寸·····	(422)
18.4	选择干线用绳索·····	(423)
第十九章	光诱渔具·····	(427)
19.1	鱼类在光场中的行为·····	(427)
19.2	光源作用区域及其功率的计算·····	(429)
19.3	吸住鱼类条件的计算·····	(431)
19.4	鱼泵功率·····	(435)
19.5	提网特性·····	(437)
第二十章	电捕渔具·····	(442)
20.1	水域特性和电捕的目的任务·····	(442)
20.2	鱼类在电场中的行为·····	(443)
20.3	影响电场对鱼类刺激作用量度的 因素·····	(445)
20.4	设计电捕设备的一般任务·····	(448)
20.5	电工计算图·····	(449)
20.6	电拖网和电曳网的电极系统计算·····	(455)
20.7	电场特性模拟·····	(458)

第一章 渔具理论与渔具设计方法

1.1 渔具理论与渔具设计

著名的渔具，是在整个人类历史发展过程中，由各国渔民创造的一切良好渔具自然选择的结果。直至二十世纪，渔民的实际经验才经受了科学的检验。这项工作首先由杰出的苏联学者Ф.И.巴拉诺夫完成，他从1912年起开始提出各种主要渔具的理论，并建立了捕捞技术和捕捞组织的理论基础。由于巴拉诺夫学派的著作发表，渔具的设计理论也得到了发展。捕捞工程师掌握这一理论，就具备了科学地解决改进捕捞技术的各种具体问题的工具。

渔具设计实践中，按复杂程度可以将设计目的分为以下几种：

制定进一步改进目前使用的渔具的设计方案。其任务在于：力求运用一切可能的手段改进现有结构。譬如，应用更有效的材料；改进渔具属具和渔具形状；制定更完善的建造工艺；寻求减轻结构和降低造价的可能性；加快捕捞操作等。

制定采用新技术手段，即采用捕捞系统新因素（包括渔船、捕鱼机械、监控测量仪器等）的设计方案。其任务在于使渔具最优化，即根据捕捞系统的新因素来改变渔具特性。

提出使现有渔具适于在新渔场捕捞新对象的设计方案。其任务在于：经试捕后（为获得原始资料），重新制定渔具设计方案，改动渔具，使其在新渔场条件下顺利捕捞。

制定新式渔具的设计方案，以适应鱼类行为方面出现的新因素。这种设计方案包括设计独创性的渔具结构、结构计算和生产试验。经不断改进，新型渔具达到生产中顺利使用所需要的完善程度。科学论证是这种设计的主要部分。

建造渔具时，首先要运用渔民几百年的经验，因为在这些经验中汇集着人们点滴积累起来的有关各种鱼类在不同水域内，包括天然生活条件和捕捞过程中鱼类行为方面的知识。捕捞过程的科学研究加快认识的过程，充实只有用精确科学方法、水下观测仪器和其他特制仪器才能得到的情报。

在大多数情况下，单独使用渔具、渔船、机械、控制和操纵捕捞过程的仪器不可能捕到鱼，只有联合构成一个系统才具有捕鱼能力，而渔具是整个捕捞系统的主要构成部分。

“渔具理论与设计”这门课程的研究对象，是建造最佳渔具的基本思想、基本原则和计算方法、实验方法的综合，同时考虑鱼类行为及其栖息介质、渔船、机械和捕捞系统其他要素的特点。

1.2 渔具设计用的鱼类特性及其行为

为了设计渔具，首先必须了解某种鱼类在外界因素作用下集群、回游的特点，以及在捕捞期内的生理状况。上述特性包括：关于形成鱼群的空间和时间、鱼群密度和形状尺寸

的资料；鱼类及其群体游泳、下沉、上浮速度的数据；考虑到水的透明度和水底颜色，不同照度和渔具构件颜色对鱼类视觉的影响；鱼类对声响、电场、热场的反应；决定渔具选择性能的鱼类生物测定特性和行为特点。渔具选择性能，是指一定种类和尺寸的鱼从网中逃逸和被捕获的概率。

确定一项渔具的设计性能，也必须考虑大量使用这种渔具对鱼类资源可能带来的总体影响。这一总体影响，在资源总量的一定部分按种类、尺寸和性别的选择中显示出来。根据使用渔具的结构特点、使用方法和数量的不同，捕捞生产可能是合理的，也可能是不合理的，甚至是灾难性的，这在近年来已变得愈加清楚了。

渔具的选择性，根据一定种类、各种体长的鱼被捕获的数量（百分数）计算。过滤性渔具（如拖网）选择性能曲线的典型形状，示于图1（曲线AOB）。曲线拐点O所对应的鱼体长度，相当于逃逸和被捕获的鱼的数量均为50%。这一

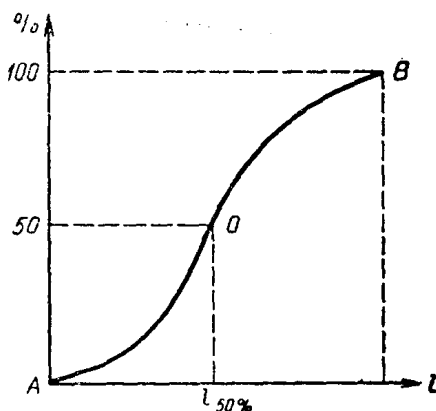


图1 渔具选择性曲线

体长 $l_{50\%}$ 与渔具集鱼部分网目内尺寸 B 的比值, 称为选择性系数 k_s , 即

$$k_s = \frac{l_{50\%}}{B} \quad (1-1)$$

对于一定鱼类, 决定 k_s 值的因素包括: 鱼体尺寸(周长)、鱼类的活动性、在渔具中停留时间, 以及渔具的特性(网目尺寸、网衣材料、缩结、空间位置、结构和应用方法)。大量地将渔具网目由一种改成另一种尺寸, 将引起渔获物成分与数量的变化。根据对这种变化的估价, 能够采取组织合理捕捞的措施, 并且科学地论证渔业法规。选择性问题的, 在 А. И. 特列雪夫 (Трешев) 的著作中可见到全面的阐述¹⁾。

1.3 鱼类最小捕捞尺寸

鱼类最小捕捞尺寸, 根据既定地区相应的渔业法规决定。设计者在满足渔业法规要求的同时, 还必须使设计渔具具有最大的效能, 并且考虑这种渔具不是单个地使用, 而是用于装备大量捕捞船队。

船队可能取得的渔获量, 依赖于捕捞种群的生物量, 而生物量又取决于鱼类做为捕捞对象时的年龄(及相应体长)。如图 2 所示, 某一代鱼的数量 N 随年龄 t 的增加而减少, 同时每一条鱼的质量随年龄而增加(图 3)。当鱼的数目为 N_t , 年龄为 t 时, 某一代鱼的生物量为

$$G_t = N_t q_t \quad (1-2)$$

1) А. И. 特列雪夫, 选择性捕捞的科学基础, 食品工业出版社, 1974。