

拖网网板动力学

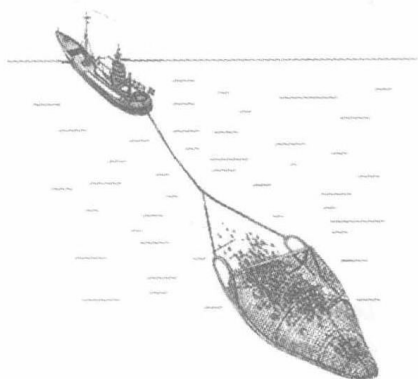
理论与实践

郭根喜 刘同渝 黄小华 顾福林 / 编著

广东省出版集团
广东科技出版社

拖网网板动力学理论 研究与实践

郭根喜 刘同渝 黄小华 顾福林 编著



广东人民出版社
广东科技出版社
·广州·

图书在版编目 (CIP) 数据

拖网网板动力学理论研究与实践/郭根喜等编著. —广州:
广东科技出版社, 2008.7

ISBN 978-7-5359-4501-3

I. 拖… II. 郭… III. 拖网-网板-动力学-研究
IV. S972.13

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 017799 号

责任编辑: 冯常虎

装帧设计: 乐科隆

责任校对: C.S.H. 陈翔

责任技编: 严建伟

出版发行: 广东科技出版社

(广州市环市东路水荫路 11 号 邮码: 510075)

E - mail: gdkjzbb@21cn.com

http: //www.gdstp.com.cn

经 销: 广东新华发行集团股份有限公司

印 刷: 广州市岭美彩印有限公司

(广州市荔湾区花地大道南海南工业区 A 幢 邮码: 510385)

规 格: 889mm×1 194mm 1/32 印张 8.625 字数 230 千

版 次: 2008 年 7 月第 1 版

2008 年 7 月第 1 次印刷

定 价: 50.00 元

如发现因印装质量问题影响阅读, 请与承印厂联系调换。

内 容 简 介

进行网板水动力学的研究相当复杂，不仅需要动用昂贵的实验设备，而且需要投入大量的人力物力。因此，在国内以网板为对象进行系统的水动力实验和研究为数极少。本书作者 20 世纪 80 年代末进行了系统的网板模型水槽试验及烟风洞观察实验和研究，同时查阅和参考了大量早期国外的研究资料，整理得到网板工程力学的重要基础数据，为网板设计和研究提供了重要参考依据。

本书共分 11 章，第一章主要介绍了网板的发展史，第二章至第六章系统介绍了网板的水动力基本原理及网板设计方法，第七章从实践出发主要介绍了网板运行状态的调整，第八章和第九章主要介绍了网板模型试验及流态状况，第十章和第十一章主要介绍了国外关于网板沙云（泥幕）的实船观测研究。

本书可供渔业科技人员、水产大专院校师生及渔船渔具制造业工作人员参考。

前 言

中国是渔业大国，渔具渔法种类繁多。新中国成立以来，海洋渔业逐步向工业化捕鱼方向迈进，渔具渔法也发生了翻天覆地的变化。在这个变革的过程中，机轮单拖网、双拖网占据了海洋渔业的主导地位。据历时7年的渔具渔法调查研究资料《中国渔业资源调查和区划》显示，截至1986年，我国有渔具1176种，具代表性的渔具有12类250种，其中拖网类位居第二，共41种。

在我国渔业史中，拖网曾作为海洋渔业主要产业，20世纪50年代中海洋捕捞产量是养殖产量的9.6倍，占水产品总量的56%；至70年代末，海洋捕捞产量占水产品总量的68%，是养殖产量的6.6倍。80年代后，我国实施了渔业产业结构调整，倡导负责任捕捞，海洋捕捞比例性产量逐年下降，养殖比例性产量逐年上升。2004年，全国水产品总产量约为4901万吨，当年海洋捕捞产量约为全国水产品总产量的30%，1451万吨，仍然处于海洋渔业水产产量的首位。这些产量来自全国约30万艘海洋捕捞机动渔船，而拖网渔业作业占首位。

要持续有天然海鲜鱼吃，就要改革捕捞方式和捕鱼工具。拖网渔具渔法的改革对渔业资源的保护与可持续利用具有深远的意义。网板是单拖网中的重要组成部分，其技术性能将直接影响拖网渔具的作业性能。在拖曳中，单拖网具网口的张开，其垂直方向的扩张是靠浮子（浮子也可以是类似网板的水动力浮子）和沉子，浮子把上纲向上拉，沉子把下纲向下压，形成网口垂直方向的扩张。而横向方向的扩张则依靠两块网板来实现，网板利用水动力把网具向左右方向拉开。拖网网口在浮子、沉子和网板的相互配合作用下得以完整地张开。网板性能的好坏，关系到网具能否得到合理的扩张，也影响到拖网的渔获量和质量，是选择性捕捞、瞄准捕捞的技术基

础。由此可见,网板在拖网作业渔具中起到第一顺序的关键作用。

一直以来,国内以网板为对象进行系统的、系列的水动力实验和研究尚不多见。特别是20世纪80年代后,基本处于停顿状态。然而,近20年来,我国的远洋捕捞业发展迅速,远洋捕捞作业的方式以单拖网渔业为主。在参考了大量的国外研究资料,并通过作者早年进行的大量实验和研究之后,整理得到网板研究和设计的重要数据,完成本书的编写,旨在为今后拖网渔具渔法的深入研究,迈向选择性捕捞和瞄准捕捞,最大限度地保护渔业资源而发挥积极的作用。

本书可供渔业科技人员、水产院校师生、渔业生产从业人员参考。因作者专业知识所限,书中难免会有错漏之处,欢迎探讨及批评指正!

编著者
2008年元月

目 录

第一章 网板研究发展概述	1
第二章 与机翼动力学相似的网板动力学	15
第一节 机翼的几何特性和流体动力特性	15
第二节 小展弦比机翼理论与小展弦比网板	20
第三节 提高网板流体动力特性的方法和手段	25
第三章 网板的流体力学原理	34
第一节 网板的主要流体动力特性及其求算方法	34
第二节 网板的流体动力特性分析	41
第三节 提高网板流体动力特性的方法和设备	43
第四章 网板的设计和计算	51
第一节 渔船功率与网板水动力的关系	51
第二节 网板的扩张量	55
第三节 网板设计的基本方法	68
第四节 网板主部件和零件强度的计算	76
第五节 关于设计曳纲和手纲等主要索具固结装置的线 尺度的依据	85
第五章 海底对底拖网网板运行状态的影响	94
第一节 海底的镜面作用对网板流体动力特性的影响	94
第二节 网板沿着海底运动时其拖铁部分与海底的 相互作用	99
第三节 网板运行时产生的泥幕	106
第六章 网板的动稳性	110
第一节 作用在网板上的力	110
第二节 网板动稳性的基本概念和条件	112
第三节 纵向静力稳定性	114

第四节	垂直和倾侧静力稳定性	119
第五节	网板的自转和拖网的缠绕	126
第七章	网板的合理使用和调整	134
第一节	网板的灵活应用	134
第二节	关于调整网板冲角的计算	136
第三节	网板冲角的调整、校正和稳定方法	147
第四节	网板横倾角和纵倾角的调整	154
第八章	网板系列模型风洞试验	160
第一节	试验选用的仪器和设备	160
第二节	风洞试验应用的一些公式	164
第三节	试验系列各种网板的规格及基本特征	165
第四节	试验结果与分析	168
第五节	关于完善网板设计的一些思考	210
第九章	网板剖面的流态观察	212
第一节	试验的设备与方法	212
第二节	各种网板剖面的流态观察结果	213
第三节	网板流态比较与分析	229
第十章	国外有关网板沙云(泥幕)的研究	232
第十一章	国外的多用途网板	254
第一节	中层拖网用的网板及沉降装置	254
第二节	能调节变水层拖网曳行深度的网板	255
第三节	能调节扩张力大小的网板	261
参考资料		267

第一章 网板研究发展概述

早期的单拖网作业是用框架来固定网口的形状（图 1.1）。时至今日，小型拖网渔具（如虾罟网）仍然采用，有些拖虾作业和渔业调查船用的底栖生物拖网也仍用这种框架式拖网。然而，对于稍大于虾罟拖网的渔具，由于框架的大小受到操作、安放等方面的制约，其发展受到极大的限制。同时，网具大小也受到了框架的限制。

在 20 世纪 20 年代，人们发明了网板，替代了框架，这样就使网具摆脱了框架的限制，使网具有向大型化发展的可能。但开始时网板是连接在袖网端上（图 1.2），所以它的水平扩张有限，但在当时来说，网板的出现已是一次重大的拖网渔业装备革命了。

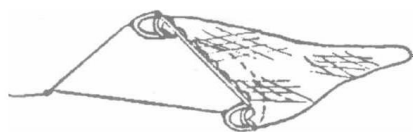


图 1.1 框架式拖网

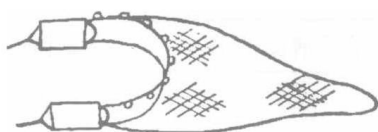


图 1.2 网板连接在袖围上的拖网

为了使网板发挥更大的作用，研究人员在网板的后面加了一段双手纲，长 10 ~ 20 m，使网板的扩张性能得到明显的改善（图 1.3）。

之后，研究人员又把双手纲改为单手纲，并把单手纲加长到 30 ~ 50 m，网板得到进一步的水平扩张，渔获量也得到明显的增加（图 1.4）。

建国初期，我国的单拖作业也是采用这样的索具装配。后来在生产的实践中发现加长单手纲，网板就得到更大的扩张，渔获量也有所增加。所以，后来单手纲就逐步从 50 m 加长到现在的 110 m。

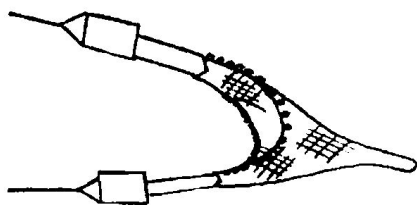


图 1.3 网板后加上双手纲的拖网

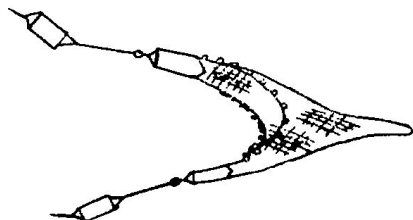


图 1.4 改为单手纲后的拖网

那么手纲是不是越长越好呢？为了探讨这个问题，中国水产科学研究院南海水产研究所的渔业工程技术人员于 1975 年曾对手纲与网板张距的关系进行了网具模型水槽试验，网具模型的比例尺为 1:10，单手纲长度分别为 2 m、3 m、5 m、7 m 和 9 m。在相当于拖速 3.5 节时测得的手纲长度与网板张距和挡扛张距的关系，试验结果如表 1.1 所示。

表 1.1 手纲长度与网板张距和挡扛张距的关系

单手纲长 (m)	网板张距 (m)	挡扛张距 (m)
2	3.04	1.84
3	3.37	1.88
5	3.73	1.86
7	4.00	1.80
9	4.46	1.65

从表 1.1 可以看出，手纲越长，网板的扩张越大，但网口反而变小。网口小，扫海面积就小，当然会影响渔获量。所以，手纲并不是越长越好。在曳行中的手纲和网板与海底摩擦括起的泥障起着包围鱼群的作用，适当的长度就有较大的包围圈。如果手纲太短，网板太靠近网口，在曳行中网板所激起的水流和声响都起着威吓鱼群的作用，这样就会使鱼逃离网口。那么手纲多长才合适呢？根据实践经验和试验结果看，以 80 ~ 100 m 较为合适。

这也说明，要充分发挥网板的作用，除了网板的设计要合理之外，纲索的配置、网具大小的匹配都起着相辅相成的作用。

在采用单手纲改善网板扩张的同时，为了减少网板的摩擦阻力，有人曾在矩形网板的拖铁部分加上两个滚轴（图 1.5），有些则加上滚球（图 1.6）。这些装置在坚硬的海底是起作用的，但在泥底和泥沙底，泥和泥沙极易塞住轴的间隙使其不能转动，而清洗转轴又极为麻烦，所以没有广泛使用。

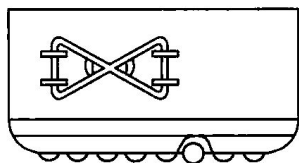
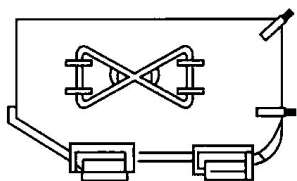


图 1.5 拖铁部分加滚轴的矩形网板 图 1.6 拖铁部分加滚球的矩形网板

还有一种滚动式网板（图 1.7），它不是靠水的冲击力来扩张，而是靠拖曳力再加上自身的滚动来扩张，但其扩张力很小，因而也没有推广使用。

1978 年，中国水产科学研究院南海水产研究所的渔业工程技术人员在水槽中试验过一种螺旋形网板（图 1.8），也是靠拖曳力和螺旋形前进时向反方向滚动而扩张，但扩张力不大，并未达到预期的目的，它的最大缺点是当它扩张到最大时会突然往回滚动，然后又再向外滚动，这样周而复始使网具极不稳定。

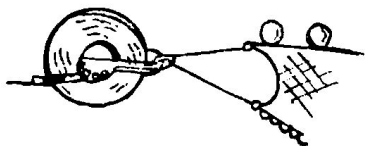


图 1.7 滚动式网板

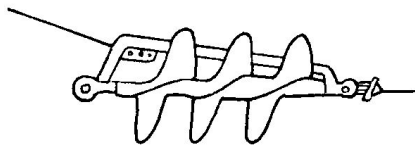


图 1.8 螺旋形网板

矩形网板在泥底拖曳时，或在放网板时速度过快，有时会发生网板插泥事故，为此，可把矩形网板两端改为圆角（图 1.9），这样就减少了插泥事故的发生。

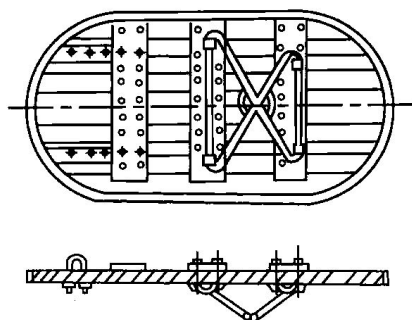


图 1.9 圆角矩形网板

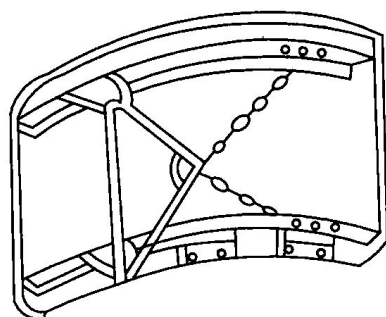


图 1.10 曲面矩形网板

20 世纪 40 年代后，风洞实验室的应用为网板设计进行模型的风洞试验提供了条件，并得到大量的基础技术参数。20 世纪 50 年代通过网板的风洞试验，应用伯努里定理设计出机翼剖面的网板及其他各种网板。这项成果比较明显的是研制出并一直沿用至今的曲面矩形网板（图 1.10）和椭圆形网板（图 1.11）。

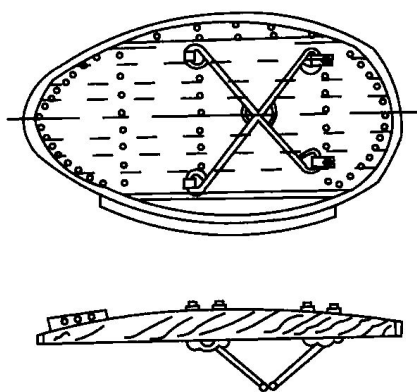


图 1.11 椭圆形网板

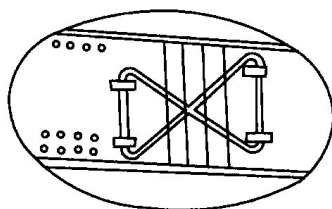


图 1.12 三缝椭圆形网板

早期使用的椭圆形网板是前苏联设计的铁木结构的平面网板，它不易吃泥，扩张力也略大于矩形网板。后来又改进为机翼剖面，增大了它的扩张效能，但网板后部的涡流很大，所以在网板中前部开了一条缝，从而减轻了水流对网板表面边界层的影响，减少了网

板的阻力。随着又出现了双缝椭圆形网板和三缝椭圆形网板（图 1.12）。这种网板拖曳时稳定，扩张力较好，使用时事故少，但制造工艺较复杂，需多工种如木工、烧焊工、铸工和钳工等配合，所以造价也较高。

为了简化工序，法国研制了全金属结构的椭圆形单缝网板（图 1.13）。后来又设计了综合型网板（图 1.14），这种网板在欧洲使用较多。全金属结构的网板因自身没有浮力，所以在水中的重量大，沉降速度快，但在网板投放时要求连续制动控制投放速度，保持网板投放过程保持一定的绷紧与扩张状态，避免发生网板绞缠事故。

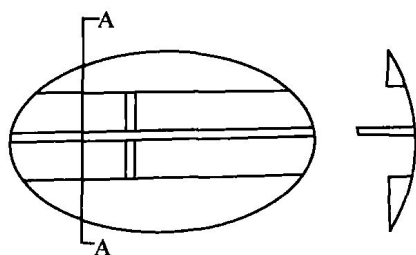


图 1.13 全金属椭圆形单缝网板

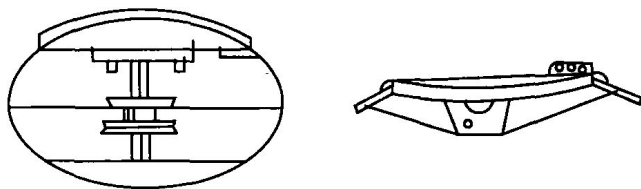


图 1.14 法国全金属椭圆形网板

1977 年，我国湛江渔业公司也曾设计和使用过一种全金属蛋形 V 形三缝网板（图 1.15）。这种网板揉合了椭圆形网板和 V 形网板两者的特点，使其升力有所增加。

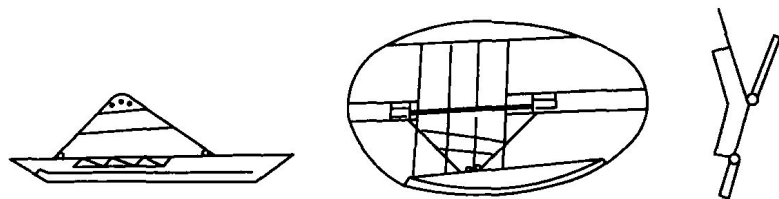


图 1.15 蛋形 V 形三缝网板

椭圆形网板的种类很多，虽然在升力和阻力方面各有一些差异，但其基本特性是相似的，属于小展弦比网板范畴。

在 20 世纪 50 年代，我国设计了全钢结构的 V 形网板（图 1.16）。这种网板结构简单，容易制造，造价低廉，使用方便，在拖曳中比较容易越过障碍物。它很适合中小型渔船在近海使用。现在欧亚两洲很多小型单拖渔船都是使用这种网板。但它的扩张力比椭圆形网板小，阻力则与其他小展弦比网板相似，基本上属于矩形网板一类。

在 20 世纪 50 年代还试制出一种栅形网板，基本上是仿照海军扫雷器的原理设计而成的（图 1.17），也可称作多翼片网板。这种网板只需把拖曳固结点调整好，它的扩张力就可以得到较大的发挥，而阻力相对较小，网板自身的重量轻，结构也较简单，但其稳定性较差，尤其在急流中或在横流情况下拖曳时，经常会自动浮上水面，后来没有推广使用。

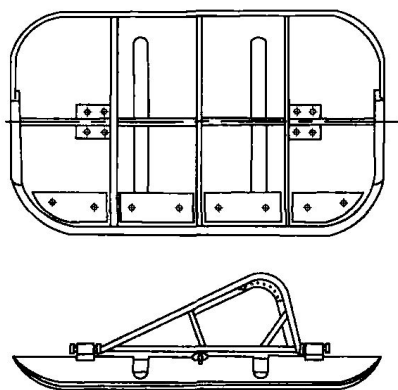


图 1.16 V 形网板

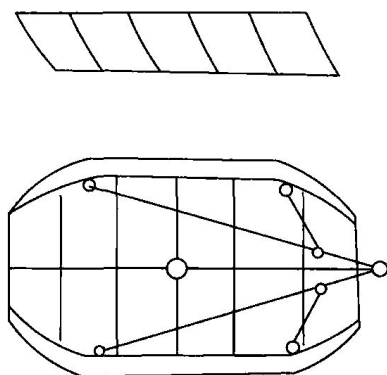


图 1.17 栅形网板

在 20 世纪 60 年代，香港地区渔民创造出鱼雷型网板，也称潜水型网板（图 1.18）。这种网板基本上也属于矩形网板，但它有个鱼雷形的浮箱，使网板能在水下直立，即使船上主机发生故障而停车时，网板在水中也不会倒伏。它的下部悬挂着两个钢球，可以转

动，使其减少摩擦阻力和容易越过障碍。两个钢球一大一小，可以前后调换使用，当大球放在前部时可作底拖网板使用，当小球放在前部时则可作中层网板使用。这种网板还可左右互换使用。它的缺点是扩张力不大，阻力却较大。在大风浪中航行时，船摇摆剧烈，挂在网板架上的两只网板因其下挂的两个钢球经常会撞击船身，对船身会造成一定的损伤。由于这种网板造价较高，没有得到广泛使用。

在 20 世纪 60 年代，前苏联曾设计过一种鳐鱼 I 型网板，它的外形像箭的簇（图 1.19），但尾部翘起，中间有一块垂直网板面的钢板和两块斜钢板，构成半立体形的网板，设计意图想摆脱平面结构向立体结构发展，采用板状升力装置和网板侧缘水流限制器，使其升力系数增至 $1.4 \sim 1.5$ ，但它的稳定性不好，没有实用价值。

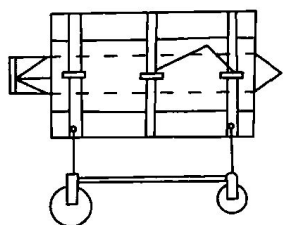


图 1.18 鱼雷型网板

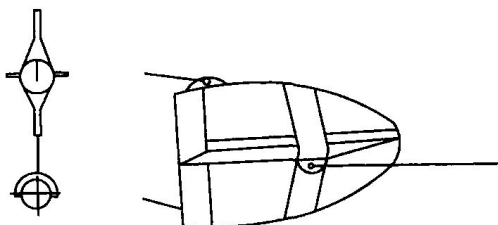


图 1.19 鳐鱼 I 型网板

前苏联曾采用双翼原理设计了一些双翼型网板（图 1.20）和多翼型网板（图 1.21），多翼则类似栅形网板。由于它们的性能并不突出，从风洞试验结果看，其升力系数和阻力系数均略低于椭圆形网板，因而也没有被广泛使用。

前苏联还设计过一种鲨鱼 II 型网板（图 1.22）。它的展弦比 $\lambda = 2$ ，属大展弦比网板。它是立体结构，两块面板，一块与之成 30° 交角，有 6 块起纵向稳定作用的平板，把两翼的中间隔成 5 档，称为“流通道”。这样，在利用网板面板扩张力的同时，也可利用在网板内腔形成的水动力，有整流作用。在风洞试验中测得在临界冲角时它的升力系数可达 1.87，其阻力系数小，只有 0.8。这种网

板从试验数据看,效率较好,但可能制作工艺或实际操作方面等原因,也没见到有广泛使用。

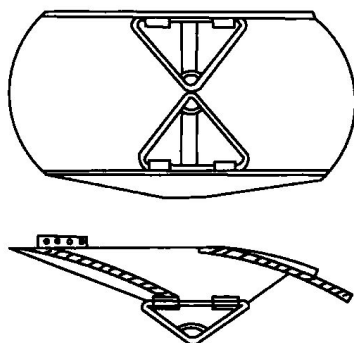


图 1.20 双翼型网板

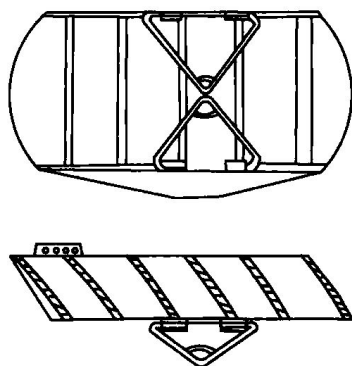


图 1.21 多翼型网板

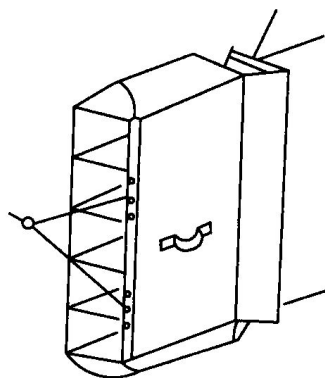


图 1.22 鲨鱼 II 型网板

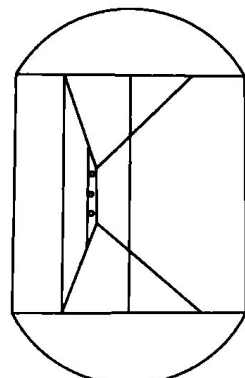


图 1.23 双翼片立式网板

1978 年,中国水产科学研究院南海水产研究所的工程技术人员设计了一种全钢结构的双翼片立式网板(图 1.23)。它前后端均是圆的,中间为双翼片结构,在水槽试验中发现,在拖曳时表现较为稳定,但扩张力与椭圆网板相仿,性能一般。

从 20 世纪 50 年代起,由于中层拖网的发展,美国设计了一种柯柏网板(图 1.24),原西德设计了一种苏伯克劳勃网板(图

1.25)。其展弦比为 $2 \sim 2.5$ ，属大展弦比网板。柯柏网板是用铝合金制造的，下部用拖铁加重，上部为空心翼型，有较大的浮力，内部用纵横向肋骨加固，其结构较为复杂，造价高。苏伯克劳勃网板则为单片钢板结构，制造和调整都比较容易。这两种网板用作中层拖网都比较成功，操作灵活，很容易使网板升降和稳定在一定的水层，国内外的中层拖网渔业基本上都采用苏伯克劳勃网板。

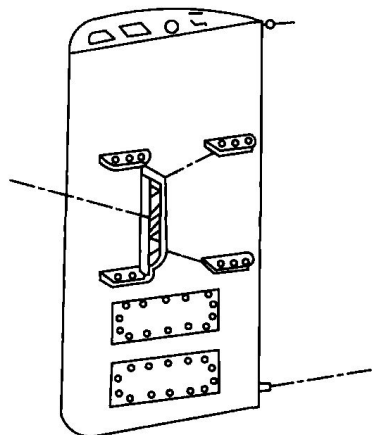


图 1.24 柯柏网板

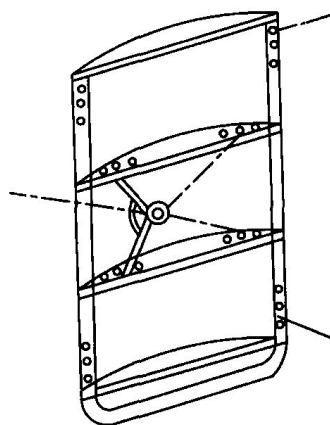


图 1.25 苏伯克劳勃网板

在 20 世纪 70 年代，日本设计了底拖网的立式网板，它是铁木结构，采用机翼剖面，上部为木板，中间还夹有塑料浮子，下部为铸钢，重心很低，用作底拖网作业十分稳定（图 1.26）。其展弦比为 1.5，比中层拖网用的立式网板展弦比要小。

朝鲜民主主义共和国采用单片立式网板进行底拖网作业的情况较为普遍。

现在世界上各类网板基本上可分为小展弦比网板和大展弦比网板两大类。它们的特性如升阻力系数曲线图（图 1.27）所示。大展弦比网板临界冲角小，升力系数稍高，阻力系数比小展弦比网板小一半，升阻比高。小展弦比网板临界冲角大，升力系数稍低，阻力系数大，升阻比较低。