



联合国
粮农组织

小型渔船节能手册



封面图片:

印度东部沿海使用的粮农组织设计的舢板，采用 10 马力柴油发动机和升降式外挂机（孟加拉湾传动安装方式）。
粮农组织/O. Gulbrandsen。

小型渔船节能 手册

Oyvind Gulbrandsen
顾问
挪威，格里姆斯塔

本信息产品中使用的名称和介绍的材料，并不意味着联合国粮食及农业组织（粮农组织）对任何国家、领地、城市、地区或其当局的法律或发展状态、或对其国界或边界的划分表示任何意见。提及具体的公司或厂商产品，无论是否含有专利，并不意味着这些公司或产品得到粮农组织的认可或推荐，优于未提及的其它类似公司或产品。

本信息产品中陈述的观点是作者的观点，不一定反映粮农组织的观点或政策。

ISBN 978-92-5-507060-0

© 粮农组织 2016年

粮农组织鼓励对本信息产品中的材料进行使用、复制和传播。除非另有说明，可拷贝、下载和打印材料，供个人学习、研究和教学所用，或供非商业性产品或服务所用，但必须恰当地说明粮农组织为信息来源及版权所有者，且不得以任何方式暗示粮农组织认可用户的观点、产品或服务。

所有关于翻译权、改编权以及转售权和其他商业性使用权的申请，应递交至 www.fao.org/contact-us/licence-request 或 copyright@fao.org。

粮农组织信息产品可在粮农组织网站（www.fao.org/publications）获得并通过 publications-sales@fao.org 购买。

本文件的编写工作

本手册根据粮农组织第 383 号渔业技术文件《小型渔船经营者的节能与省钱方案》（1999 年出版），以及孟加拉湾计划 BOBP/WP/27 号出版物《小型渔船降低能耗》（1986 年由粮农组织/瑞典国际开发合作署出版）。由于近期的能源危机，渔业节能问题和有关全球范围内渔业能源利用的研究项目开始受到重视。各种信息来源均已在本手册参考文献和补充读物部分注明。

本手册旨在帮助小型渔船的所有人经营人、船舶设计人员和建造人员降低能耗，同样也可作为从事水产养殖活动的小型渔船的节能指南。

本手册的编写工作得到了挪威政府和粮农组织渔业及水产养殖部的资助，并在捕捞作业和技术服务处渔业产业官员（船务）Ari Gudmundsson 的监督下完成。

除非另外注明，照片均由作者提供。

摘要

近来，燃料价格飞涨，极大影响了渔船经营的经济效益。渔船所有人经营人在这一困境下苦苦挣扎，纷纷询问需要采取哪些措施来减轻燃料成本上升带来的沉重负担。不同的渔获物种类和捕捞方式，导致捕捞每吨渔获所消耗的燃料量大不相同。每种捕捞方式和捕捞品种适用的节能方法也不相同。

本手册旨在为渔船船主及船员、建造人员、船舶设计人员和渔业管理者提供减少能耗的实用建议，主要面向船长小于 16 米（50 英尺）、航速低于 10 节的小型渔船。这个范围涵盖了全球大部分渔船。本手册也可作为从事水产养殖活动的小型渔船的节能指南。本手册为船舶设计人员和建造人员提供有利于减小阻力的船体形状以及高效螺旋桨选择方面的信息。

本手册前几章介绍了现有渔船可以采用的节油手段，不需要投入大量改造成本。最有效的节油手段包括：降低渔船航行速度，防止船体和螺旋桨堆积水下附着物，维护保养渔船发动机。同时还建议，改变捕捞方式也可以节能。

本手册后几章介绍了可通过将二冲程舷外挂机置换成柴油机、加装柴油机和加配船帆的方式实现节油的信息。该部分讨论了如何根据吃水线长度和船体重量，经济地选配发动机功率；指导如何根据航行速度、航行功率和螺旋桨转速来选择齿轮减速比和选用螺旋桨；提供了有助于设计新型节油渔船和选用最优螺旋桨的相关数据。

本手册所含信息附有大量插图，便于读者理解要点。详细的背景资料载于附录。附录提供的空白表格可用于计算预期燃料节约量、发动机运行成本、船身重量以及螺旋桨直径和桨距。

	页码
引言	1
渔业燃料使用情况	
燃料成本	2
渔业能源使用情况	3
鱼类资源	4
燃料使用效率	5
燃料使用情况—被动捕捞方式	6
燃料使用情况—主动捕捞方式	7
现有渔船的节能	
速度—燃料消耗中最重要的因素	8
降低速度	9
示例：通过降低速度节能	10
示例：通过降低速度节能	11
渔船吃水线长度和经济船速	12
保持船底清洁	13
保养发动机并使其通风良好	14
拖网渔船的节能	15
改变捕捞方式以节能	
开展持续数天的捕捞和母船作业	16
选择节能型发动机	
外挂机与柴油发动机的对比	17
示例：使用舷外挂机和柴油发动机的加纳独木舟试航情况	18
购买柴油发动机值得吗？	19
柴油机安装的不同方式	20
升降式螺旋桨的安装	21

使用船帆节能

帆的类型	22
帆的使用	23
斜桁横帆（梯形帆）— 检查船舶的稳定性	24
斜桁横帆详图和带舷外支架的小艇	25

选择新的柴油机以节能

选择新发动机	26
示例：选择发动机功率	27
节能功率和经济航速	28
阅读发动机制造商说明书	29

选择螺旋桨以节能

比较不同类型的螺旋桨及燃料消耗	30
测量螺旋桨直径和桨距	31
选择螺旋桨	32
螺旋桨与船体的间隙以及艉鳍的导流罩	33
螺旋桨转速降低 = 大螺旋桨 = 燃料节约	34

新船建造指导

节能型渔船的功率和主要尺寸	35
低阻船型线	36
船艏的形状	37
总布置图	38
舷外支架小艇和多体船的节能	39

政府应如何促进节能？	40
------------	----

参考文献	41
------	----

补充读物	42
------	----

附录

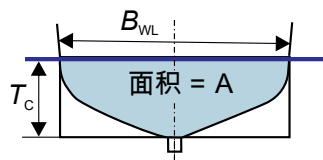
1 – 生命周期能耗分析（LCA）	43
2 – 测量耗油量	44
3 – 计算燃料节约量	45
4 – 分析发动机运行成本	47
5 – 计算无负载船舶的重量	49
6 – 计算螺旋桨	51
7 – 选择螺旋桨	54

致谢

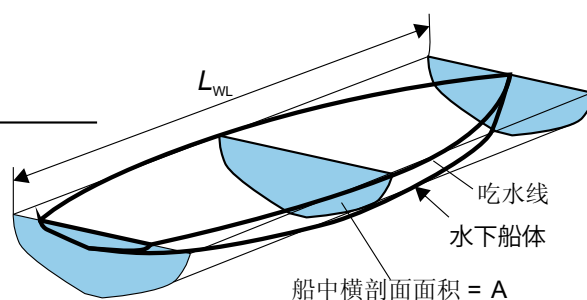
笔者非常感谢以下各位对本手册提出的宝贵意见：挪威造船工程师、捕捞渔业专家 Arnt Amble；冰岛造船工程师、捕捞渔业专家 Agnar Erlingsson，粮农组织捕捞作业和技术服务处渔业工业官员（船务）Ari Gudmundsson，以及英国造船工程师 Tom Lantau。

BOBP	孟加拉湾计划
cm	厘米
CUNO	立方数 = 总长 × 船宽 × 型深（参见附录 5）
DANIDA	丹麦外交部
FAO	联合国粮食及农业组织
FRP	纤维增强塑料（玻璃钢）
ft	英尺
GPS	全球定位系统
hp	马力：1 马力 = 75 千克米/秒 = 0.735 千瓦；1 千瓦 = 1.36 马力
ISO	国际标准组织
kg	千克
knot	1 海里/小时（节）
kW	千瓦
kWh	千瓦小时（度）
lb	磅
LCA	生命周期能耗分析
m	米
mm	毫米
nm	1 海里 = 1 852 米
NPV	净现值
RM	扶正力矩
rpm	转数/分钟
SIDA	瑞典国际开发合作署
TBT	丁基锡

$$\text{船中横截面系数} = \frac{\text{面积 } A}{B_{WL} \times T_C}$$



$$\text{棱形系数} = \frac{\text{水下船体体积}}{\text{面积 } A \times L_{WL}}$$



L_H = 总长

L_{WL} = 吃水线长度

B_{WL} = 吃水线宽度

T_C = 船中部吃水

术语表		ix
曲轴标定功率	不带减速齿轮的发动机输出轴的持续输出功率。	
传动轴标定功率	发动机厂商根据 ISO 8665 标准提供的传动轴接轴（包括减速箱）的持续输出功率。	
空船排水量	船舶空载时的重量。	
螺旋桨有效功率	传动轴功率 x 螺旋桨效率。	
航行排水量	渔船载有船员、渔具、水、燃料、鱼和冰块等航行负载时的重量。航行负载量通常定为最大负载量的 ½。	
航速	通常风浪状况下渔船在海上的平均航行速度（节）。	
吨	1 吨 = 1 000 千克。	

目前，水产捕捞业高度依赖燃料能源，用于驱动渔船和操作渔具。最近的油价上涨为发达国家与发展中国家的渔民都带来了诸多困难，因为经营成本的上涨无法通过提高鱼获的售价来弥补。此外，人们进一步认识到了使用内燃机对气候造成的种种影响。

本手册旨在介绍现有的节能措施，力求便于渔民、船主、渔船设计者及渔业管理人员理解。此外，本手册采用“马力”而不是“千瓦”作为描述发动机功率的度量单位，因为大家更熟悉“马力”这个单位。

本手册面向船长 16 米（50 英尺）以下的小型渔船。之所以针对小型渔船，是因为与大型渔船船主和经营者相比，小型渔船船主和经营者更加不容易获得造船设计师、发动机供应商及其它方面的帮助。不过，降低航速、降低发动机转速和增加螺旋桨直径等主要的节能原理同样适用于大型和小型渔船。

本手册尽量从实际出发，为发动机功率、船体造型和航行速度的选择提供具体建议。错误的选择螺旋桨是燃料浪费的一个常见原因，本手册提供的表格有助于为航速 8 节以下、50 马力以下发动机选用合适的螺旋桨直径和桨距。

不同的捕捞方式和目标鱼种，导致每吨鱼品捕获和上岸消耗的燃料量大不相同。鱼类资源的状况极大影响了燃料使用。捕捞资源稀缺的鱼类会导致每吨上岸渔获消耗更多燃料。政府应与渔民共同努力，优先致力于渔业的可持续管理。

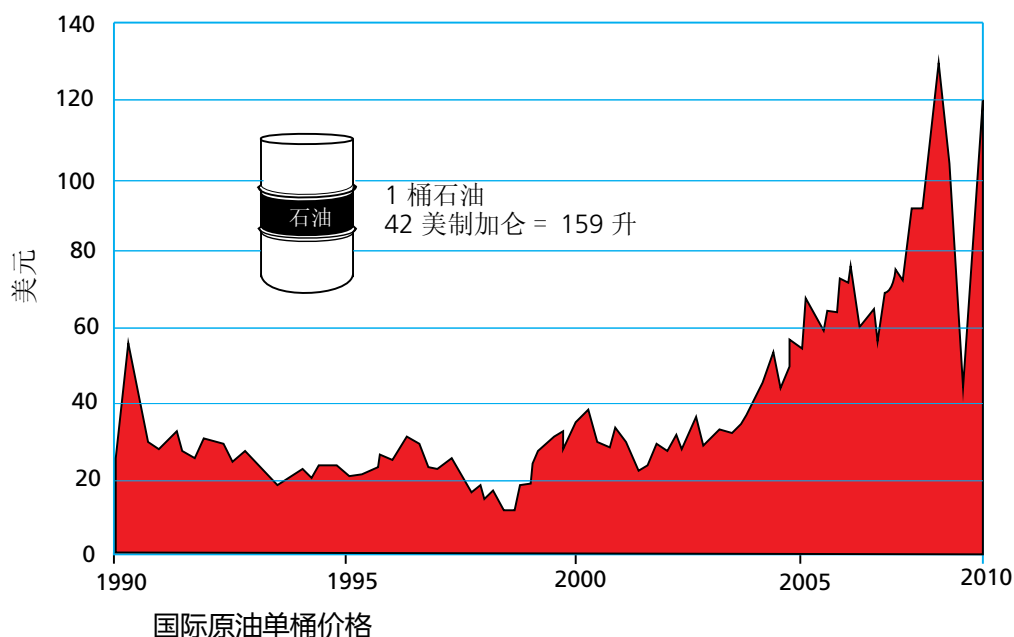
由于投资成本相对较低，二冲程外挂机已经成为发展中国家的手工渔业者常用的一种发动机。但随着燃料价格的上涨，此类发动机的运行成本极高。财政援助计划不应提供燃料补贴，而应设法协助渔民采购舷内柴油发动机。

此前，较低的燃料价格使全球范围内的渔船纷纷提高发动机功率，尤其是在发达国家，因为那里的工资水平较高，燃料成本只占经营总成本的一小部分。发动机功率的选择往往基于并不合理的考量，比如速度稍快于其他渔民的渔船所带来的优越感和身份感。贪求速度的现象随处可见。

对于大多数采用刺网和钓具之类被动渔具的渔船，降低航速是最好的节能手段。同样，拖网船可以降低往来渔场过程中的航行速度，尽管仍需要较大的发动机功率来牵拉拖网。实现拖网渔船的节能必须通过改装螺旋桨推进器及其喷嘴，拖网网板和网囊，或者转用双船拖网或丹麦式围网作业。

本手册主要面向排水航行速度不超过 10 节的渔船。只有在能够增加渔获量的情况下，方可将航行速度提高至 10 节以上。比如，对金枪鱼采用曳绳钓作业时，航行速度必须跟得上快速游动的鱼群。

通过设计新型渔船，可以最大限度的节能：根据渔船尺寸和重量选用发动机，选用大直径低转速的螺旋桨推进器，设计水阻最小的船体造型。



柴油、汽油和煤油均提炼自原油。渔民支付的这三类燃料价格取决于税后或补贴后的原油价格。

渔民支付的柴油价格在全球范围内有着极大差异，既有沙特阿拉伯等提供高补贴的国家（每升 0.15 美元）也有挪威等征收高税率的国家（2010 年 11 月每升 1.50 美元）。

从 1990 到 2005 年的 15 年间，油价维持在较低水平，这促使人们纷纷选用大功率发动机和拖网捕捞作业，并组织远洋渔船队捕捞金枪鱼等高价值鱼种。

2008 年，油价急剧上涨。虽然此后有过回落，但最近又出现了反弹。鉴于发展中国家的燃料需求不断增加，新油田开发滞后，燃料成本预计仍将上涨。

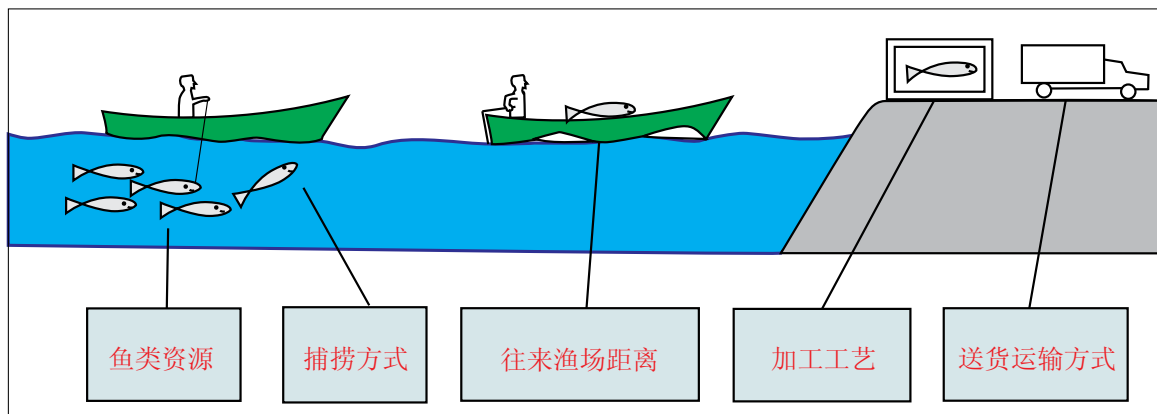
**燃料成本上涨不一定能通过提高鱼品售价来弥补。
现在是时候研究节能方法了。**

- 节能有利于渔民。
- 节能有利于消费者。
- 节能有利于气候。

气候变化

电厂发电过程中燃烧煤或石油排出的废气，以及轿车、卡车、轮船和渔船发动机排出的尾气，含有二氧化碳和氮氧化物等温室气体。温室气体已经导致气温上升，这令人担忧。气温上升会影响海洋生物，并导致海平面上升。生活在沿海地区的渔民首当其冲。

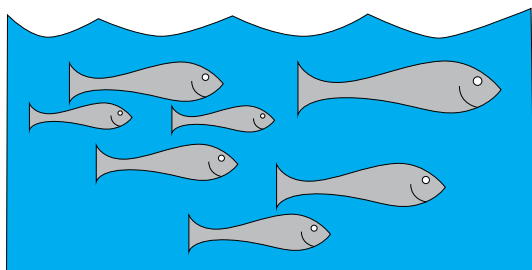
捕获渔获物并将其运送至消费者所消耗的能量量取决于很多因素。



	非工业化方法 人力和太阳能	工业化方法 燃料能源 每吨消耗 100–3 000 升柴油
往来渔场	 人力或风力	 发动机驱动
牵拉渔具	 人力	 机械起网机
加工工艺	 晒干、烟熏和盐腌	 冰鲜或冷冻
送货运输方式	 人力、畜力或船舶	 卡车、火车、船舶或飞机

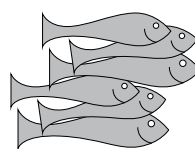
考虑到渔业目前大多采用液体燃料作为能源，因此本手册采用柴油升数作为能源消耗的衡量标准。

可持续性捕捞是指防止过度捕捞，从而使鱼类资源持续承受较高捕获量。

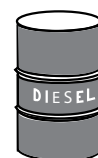


鱼类资源丰富

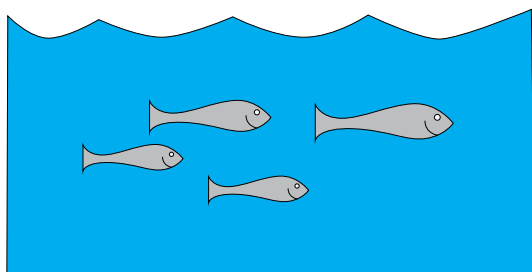
每航次捕获量较大。
捕鱼作业不耗费时间和燃料。



1 吨鱼品

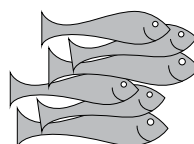


200 升柴油

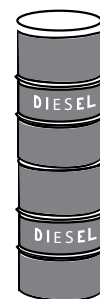


鱼类资源贫乏

每航次捕获量较小。
捕鱼作业耗费时间和燃料。

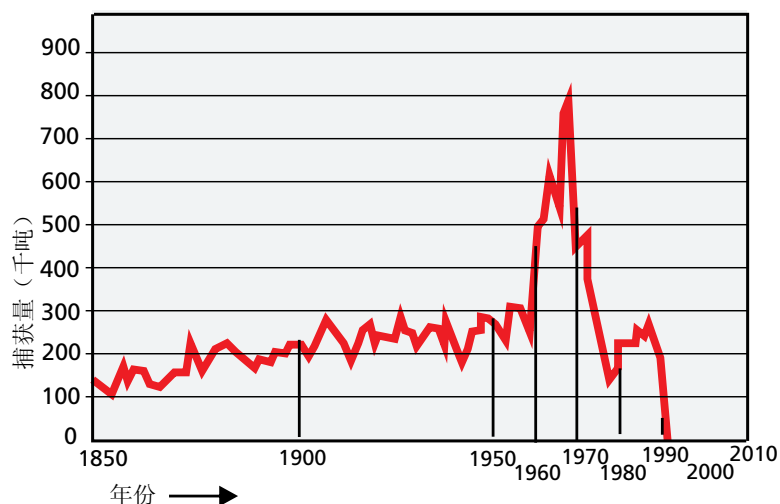


1 吨鱼品



400 升柴油

过度捕捞和管理不善的案例。



纽芬兰近岸渔场拥有全球最为丰富的鳕鱼资源。最初，渔民在小型划船上采用手钓和延绳钓的捕捞方式作业，随后将渔获送至往来巡航的母船。20 世纪 60 年代，配备了现代化捕鱼设备的大型拖网加工船问世，捕获量激增至 80 万吨左右。当人们认识到鳕鱼资源无法维持的时候，已经太晚了，只得全面叫停捕捞活动。20 年后，鳕鱼资源仍未恢复。（Hannesson, 2008）。

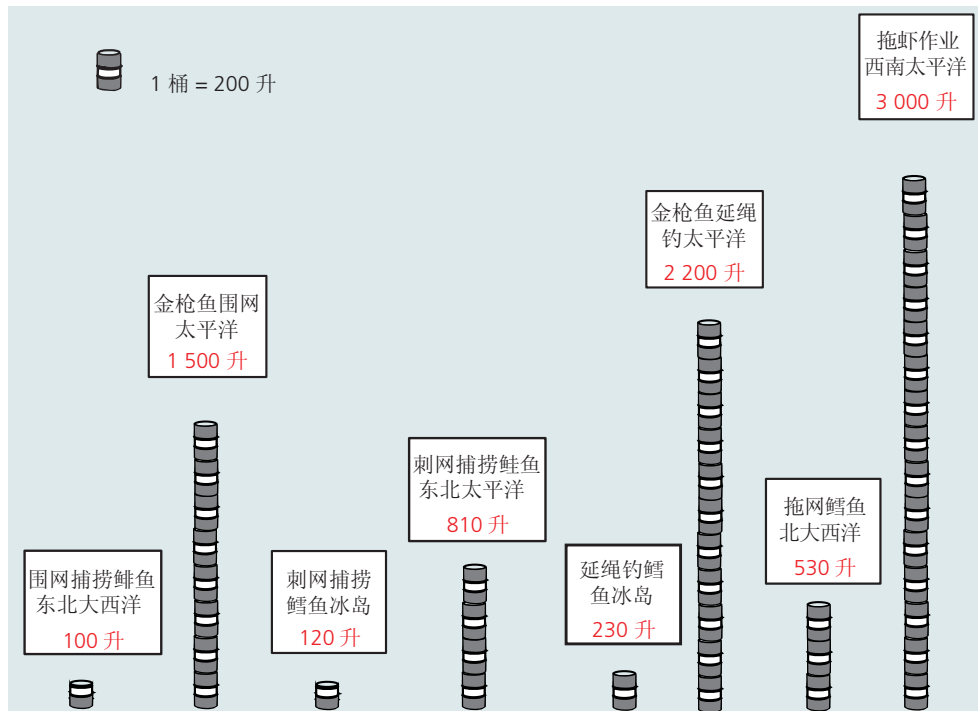
防止过度捕捞符合渔民自身利益。

可以通过各种管理手段防止过度捕捞：

- 设定禁渔期，保护鱼类繁殖。
- 规范准用渔具类型。设定刺网和拖网的网目尺寸。
- 规定每艘船的可捕量。
- 设定只允许特定大小渔船或非机动渔船进入的特定捕捞区域。

燃料效率 = 1 吨鱼品上岸所消耗的燃料量

1 吨（1 000 公斤，鲜重）鱼品上岸消耗的柴油升数。



来源：Tyedemers, 2004; Arason, 2002。

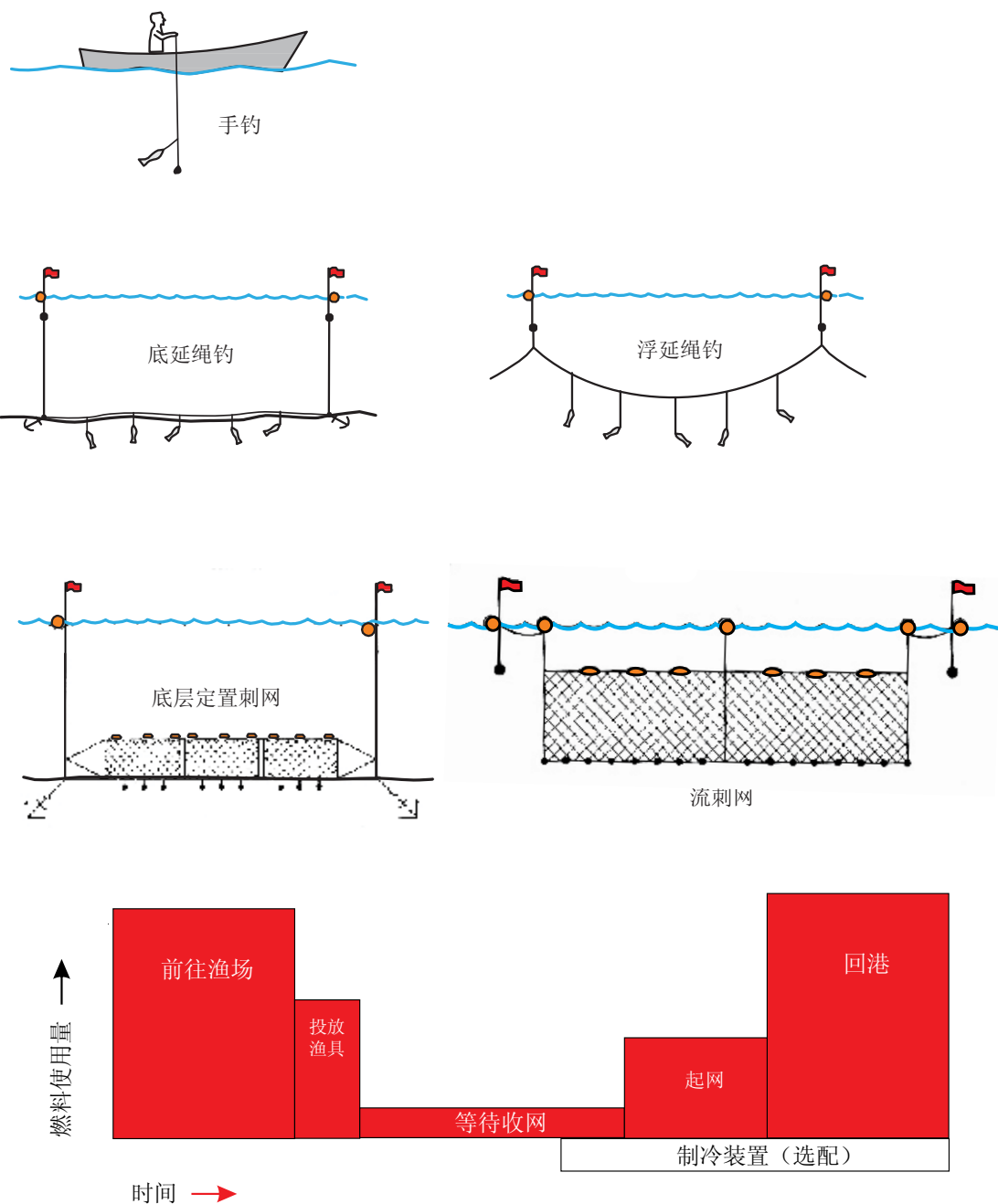
- 上述耗油量差别巨大，与目标捕捞鱼品在市场上的售价息息相关。对于虾类和金枪鱼这类市场价格较高的资源，捕捞活动往往消耗大量燃料。举例来说，为了拖捞高价的虾类和金枪鱼，延绳钓船和围网船从基地出发，须长途航行至捕捞区域，途中消耗了大量燃料。
- 对于鲑鱼这类市场价格较低的资源，采用围网捕捞方式可以实现低燃料消耗。
- 对于鳕鱼这类市场价格居中的资源，采用刺网和延绳钓等静态渔具而不是拖网渔具，可以减少燃料消耗。

渔船生产消耗的燃料量 = 渔业的主要能源使用量

生命周期能耗分析表明，造船消耗的能源与渔船作业消耗的燃料相比，数量并不大。造船过程中，通过选用铝、玻璃钢和胶合板等轻型材料，可以少量的节约渔船生产作业能耗，因为这种船体要轻于传统的木制或钢制船体（见附录 1）。

航空运输会大幅增加能耗

航空运输会大幅增加能源使用总量。从挪威空运 1 吨冰鲜鲑鱼到日本，需要消耗 3 600 升柴油，而同样从挪威通过集装箱船运输 1 吨冷冻鲑鱼到日本，只需消耗 390 升 h（Winther 等，2009）。

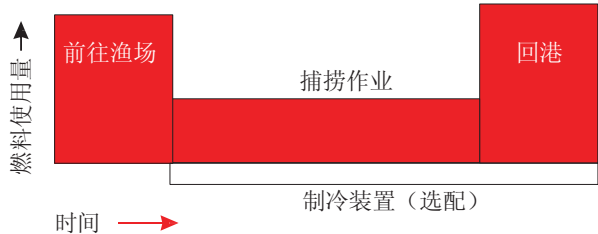
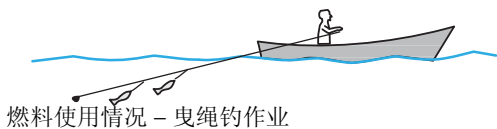


燃料使用情况 – 刺网船或延绳钓船

燃料大多用于往来渔场。被动型渔具的放置和起网可人工完成，也可以借助小功率机械或液压起网机。

为节能，应

1. 降低航行速度。
2. 防止船体积垢。
3. 采用高速减速箱和高效推进器。
4. 将汽油外挂机更换为柴油发动机。

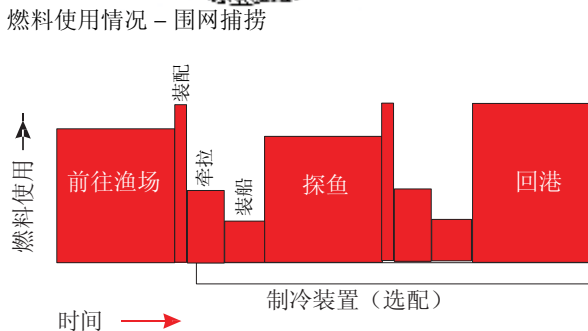
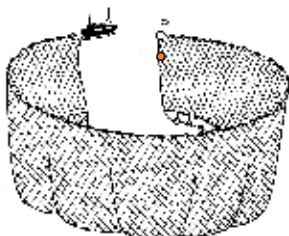


曳绳钓

燃料同时用于渔船航行和捕捞作业。

为了节能，应

1. 置换成柴油发动机。
2. 降低航行速度（需高速航行以捕捞金枪鱼的情况除外）。
3. 防止船体积垢。
4. 加装高速减速箱和大直径螺旋桨。

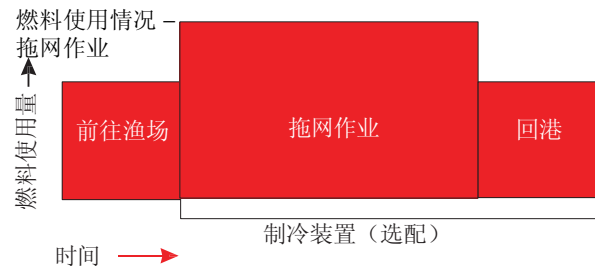
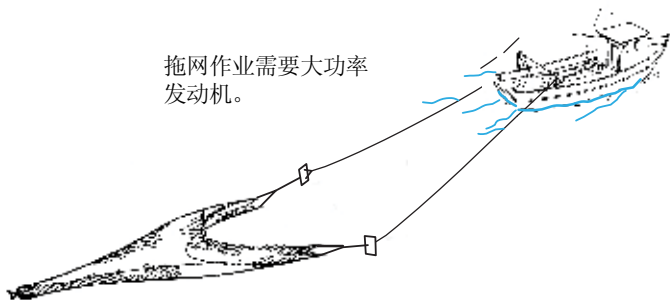


围网

燃料大多用于往来渔场和探鱼作业。

为了节油，应

1. 降低航行速度。
2. 加装先进的探鱼设备。
3. 防止船体积垢。
4. 加装高速减速箱和大直径螺旋桨。



拖网

燃料大多用于在水底（底拖网）或水底上方（中上层拖网）牵拉拖网。减小往来渔场过程中的发动机功率可节能。

为了节油，应

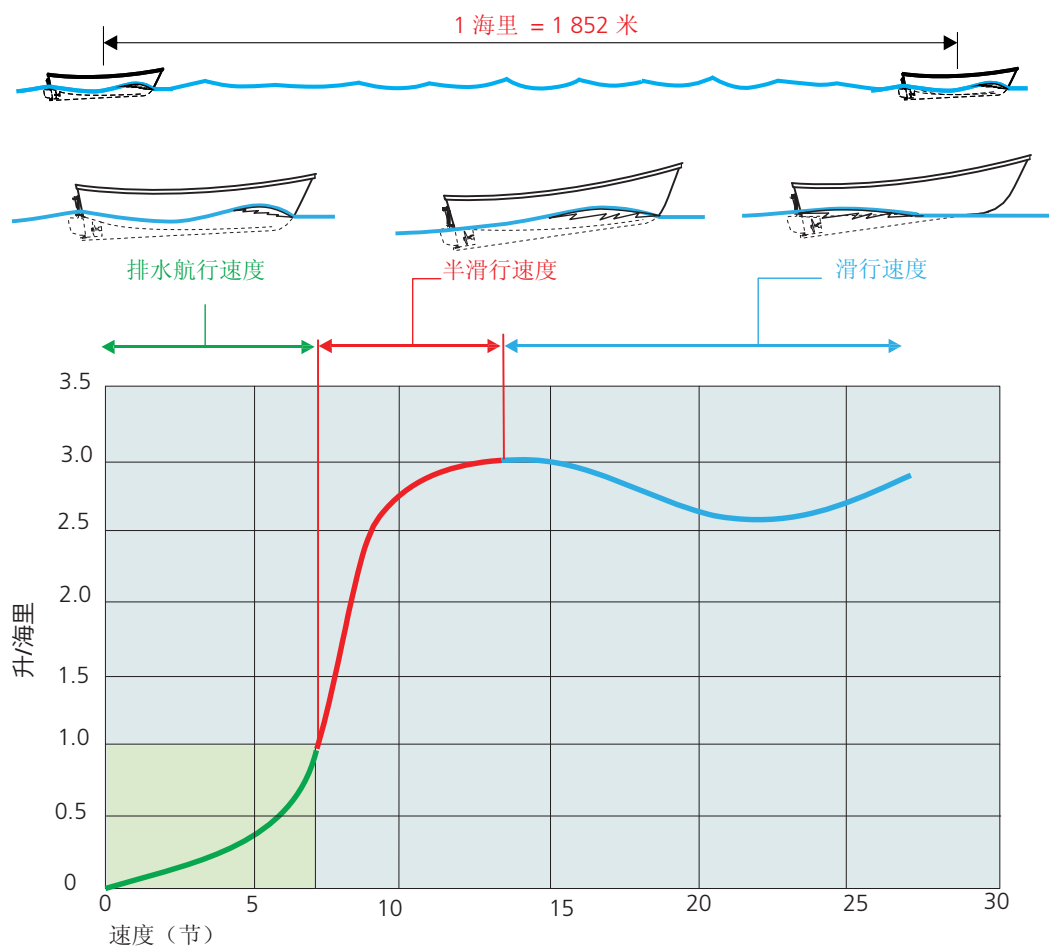
1. 改装拖网和拖网网板。
2. 加装减速比尽可能最高的齿轮和大直径螺旋桨，并加配螺旋桨喷管（根据船尾孔径）。
3. 加装先进的探鱼设备。
4. 考虑改变捕捞方式，转为双拖网或丹麦式围网作业。

对大多数的捕捞方式来说，所用燃料总量的大部分用于往返渔场。

例外情况：对于大多数拖网渔船，大部分燃料主要用于拖带网具。

海上航行速度的测量单位为“节”：1 节 = 1 海里/时 = 1 852 米/时。

燃料效率以航行 1 海里所需燃料的升数衡量。



上图显示了呈如下特点的一艘船每航行1海里所消耗的燃料：

船舶总长 = 10.35 米

排水量 = 6.3 吨

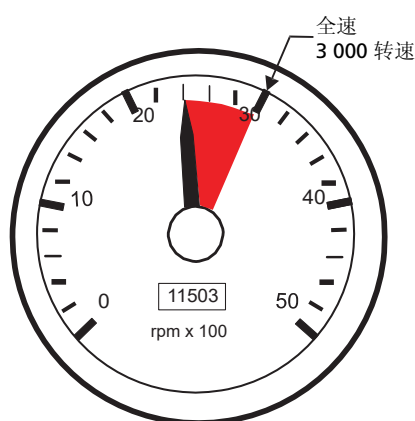
装机功率 = 370 马力

图中的绿色区域显示了排水航行速度，船只在该速度下每海里使用的燃料较少。使用半滑行速度时，燃料消耗迅速增加。使用滑行速度时，燃料消耗将首先在船舶度过峰值进入完全滑行时下降，然后再增加。在这种情况下，最快的滑行速度是 23 节。只有在以下两种情况下使用滑行速度才是合理的：一是时间成本很高，节约出来的航行时间可增加捕捞时间；二是拖钓金枪鱼等快速移动的鱼群。

本手册仅讨论长度在 16 米以下船舶的排水航行速度。



这是测量燃料流量的仪器。



降低速度是节能的最容易、最有效的方式。

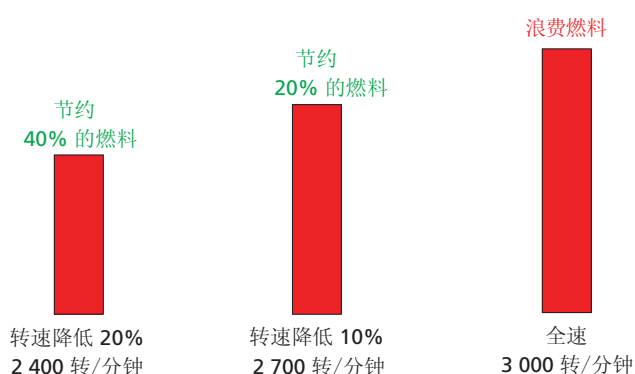
每海里耗油量是衡量船舶在往返渔场途中的燃料效率的最佳方式。

燃料消耗测量仪可测量每小时消耗的油料升数或加仑数。如与全球定位系统（GPS）配合使用，可显示每海里消耗的升数或加仑数。对于柴油发动机而言，有必要测量流向发动机的燃料流量和从喷油器流向油箱的燃料回油流量。

购买燃料消耗测量仪是一项很好的投资。

对于特定的船只来说，可使用如附录 2 所示的“自制”燃料测量仪，并使用全球定位系统（GPS）计算不同速度对应的每海里耗油量。然后可以制作一张表，以显示在发动机的不同转速下耗油量。

发动机转速表是用于节能的最便宜的仪器。



然而，降低发动机的转速也会降低船舶的速度。要找到真正节能的办法，就必须测量船舶的速度并计算每海里消耗的燃料量：

$$\text{升/海里} = \frac{\text{每小时消耗的燃油量 (升/小时)}}{\text{船速 (节)}}$$



GPS 可给出发动机不同转速下的船速。

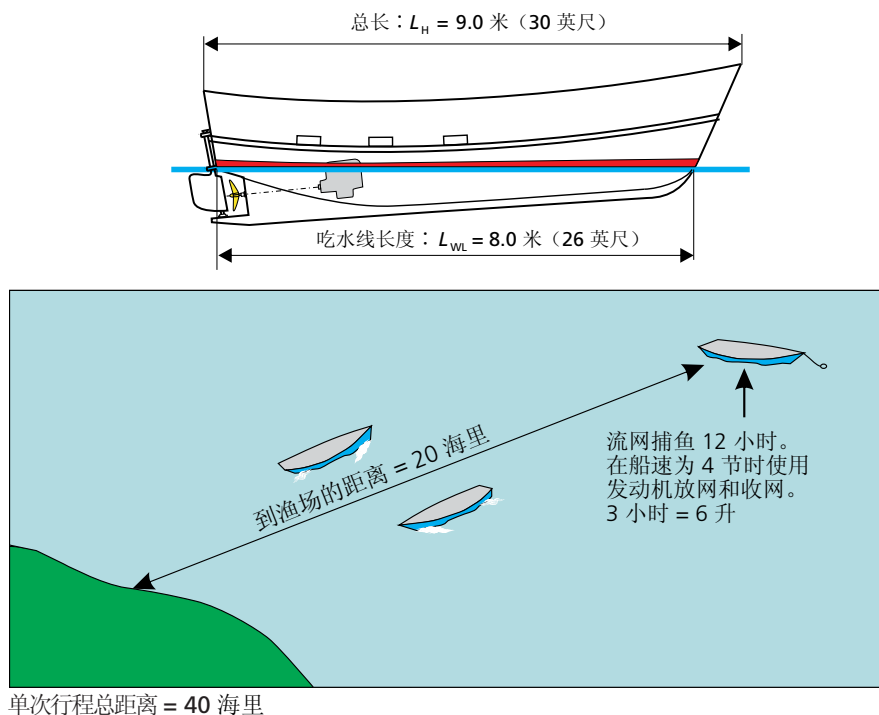
燃料的节约量取决于船舶的大小和种类，以及发动机的功率。使用发动机转速表和全球定位系统（GPS），就可以估计出降低发动机转速所节约的燃油量。

附录 3 列出了用于计算燃油节约量的空白表格。

下一页给出了一个示例。

银鱼号

甲板船，总长 = 9 米（30 英尺）
 航行排水量：5 000 千克 = 5 吨（半载）
 发动机：传动轴标定功率 = 传动轴在 3 000 转/分钟的转速下持续运行时的功率为 31 马力（23 千瓦）（ISO 8665）



1. 传动轴功率

标定功率为 31 马力，转速为 3 000 转/分钟。该数值在 20 摄氏度、湿度 60% 的情况下测得。该船在高温、高湿的热带航行，预计会产生 6% 的损耗。发动机在每分钟 3 000 转下的最大实际功率为 $0.94 \times 31 = 29$ 马力。

由于发动机转速降低，发动机功率遵循推进器功率曲线。推进器功率大致与转速的三次方同比变化。在 3 000 转/分钟的转速下，发动机功率=推进器功率 = 29 马力。如果我们将转速降低 10% 至 2 700 转/分钟，发动机功率 = 推进器功率 = 0.73×29 马力 = 21 马力。如果我们将转速降低 20% 至 2 400 转/分钟，发动机功率=推进器功率 = $0.51 \times 29 = 15$ 马力。

通过将发动机转速降低 20%，我们将发动机功率降低了接近 50%，因而将燃料消耗也降低了接近 50%。

2. 测量

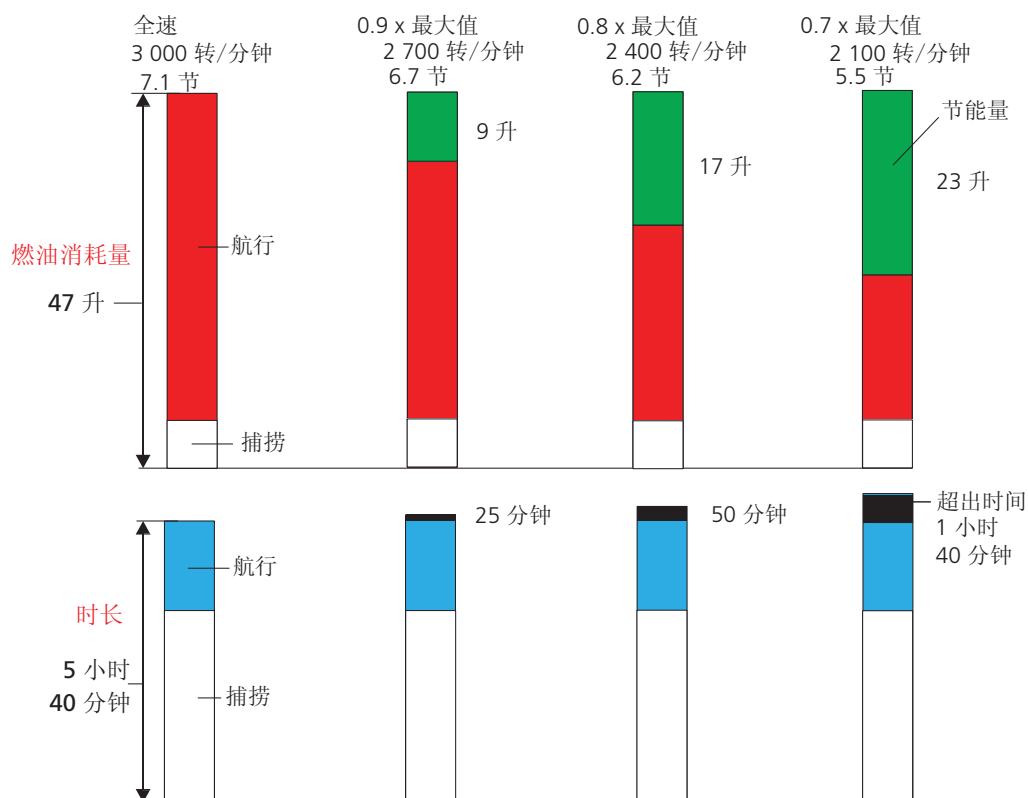
测量在一般航行条件下进行，即风和海浪处于正常状态，并且水下船体有少许污垢。船舶装载量为航行时的平均装载量。

发动机转速表记录了发动机的转速。使用全球定位系统 GPS 测量船速。

3. 计算节能量

利用附录 3 中的表格，可以很方便的使用计算器进行计算。每马力的燃油消耗量因发动机模型和发动机的转速不同而不同，但在本例中采用 0.25 升/马力的固定数值。

附录 3 列出了节能量的计算方法
每航次节约的燃料量和超出的航行时间



(单次捕捞行程的节能量计算请参见附录 3。)

主要的问题是：

节能导致每航次时间延长，这是否值得？

答案取决于多个因素：

- 燃料成本与一次捕捞行程的总成本（包括船员费用）之比。如果燃料成本占总成本的大部分，则有充分理由节能，上述问题的答案为“是”。在薪酬和鱼价都很低的发展中国家，情况往往如此。
- 在航速为 7.1 节时超出的捕捞时间能否产出额外的渔获量，其收益能否补偿因此而额外消耗的 17 升燃料的成本。
- 到港时间提前 1 小时能否提高鱼的价格，其收益能否补偿额外的燃料。

使用较小的发动机

与许多渔船相同的是，银鱼号渔船的发动机功率很大，无法降低油耗。建议吃水线长度为 8 米、航行排水量为 5 吨的船舶的发动机标定功率为持续运行时 18 马力；发动机的航行功率为 13 马力，航行速度为 6 节（见第 28 页表 2）。

在需要替换发动机的时候，应选择约 18 马力的发动机，使用变速箱能提供的最大减速，使用尺寸合适的螺旋桨。这将节约投资成本和燃油消耗。

当银鱼号的速度从 6 节增至 7 节时，耗油量将增加约一倍。换言之，船速从 6 节增至 7 节时使用的油耗相当于从 0 节增至 6 节时的油耗。为什么？这是因为当船在水中航行时，发动机功率需克服水的阻力。阻力主要由以下因素造成：

摩擦力

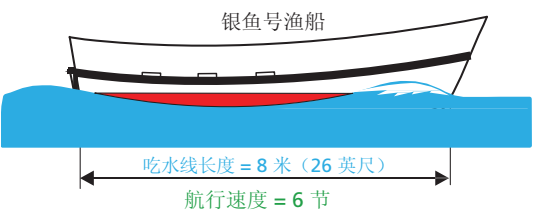
船移动时，水是静止的。这导致船体表面与水之间产生摩擦力，如同手在桌面上移动时一样。船在水下的表面应尽可能平滑，以减少摩擦。如果水下表面如砂纸一样粗糙，或者如第 13，页所示的那样沾上很多污垢，就会产生很大的摩擦阻力。当船速从 6 节增至 7 节，则摩擦阻力会增加约 35%。

兴波阻力

船在水中航行会产生波浪，而产生波浪需要功率。如果您在银鱼号上，您可清楚看到船速从 6 节增至 7 节时，波浪高度会大幅增加。这时，波浪造成的阻力会增加近一倍（180%）这是船速从 6 节增至 7 节时油耗大幅增加的主要原因。

英国科学家弗劳德发现，波浪对船舶的阻力与船速和吃水线长度有关。他发现一个科学定律来描述这种关系，称为弗劳德定律或速度/长度比：

水的阻力=速度/长度比= $\frac{\text{速度（节）}}{\sqrt{\text{吃水线长度}}}$

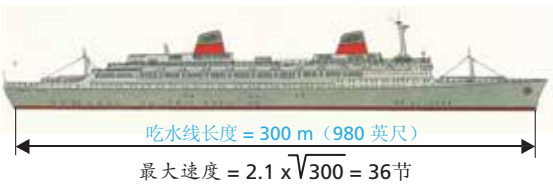


银鱼号渔船的吃水线长度 = 8 米

$\sqrt{8} = 2.8$

船速为 6 节时，经济船速 = 6/2.8 = 2.1

船速为 7 节时，经济船速 = 7/2.8 = 2.5



经济船速的速度/长度比

吃水线长度单位为米：

速度（节）= 2.1 x $\sqrt{\text{吃水线长度（m）}}$

即便是最大型、最快速的客船，其航行速度也不会大于用速度/长度比 = 2.1 计算得出的速度

吃水线长度		航行速 (节)
米	英尺	
5	16	4.7
6	20	5.1
7	23	5.6
8	26	6.0
9	30	6.3
10	33	6.6
11	36	7.0
12	39	7.3
13	43	7.6
14	46	7.9
15	49	8.1
16	52	8.4

表 1: 吃水线长度和低燃料消耗时的航速对照表 1，可以找到您的船舶在低油耗时的航行速度。

注:

航行速度指在风和海浪的平均运行状态下和船体有少许污垢时的速度。在风平浪静和水下船体清洁的情况下，船速会更快。



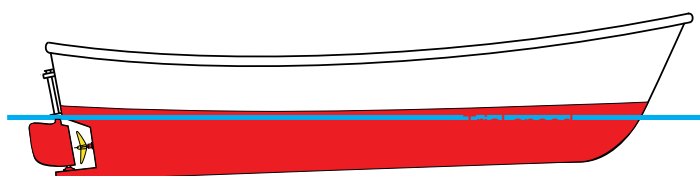
被海洋生物覆盖的螺旋桨会大大降低船的速度并增加油耗

粘附着污泥、杂草和藤壶的船体会阻碍船速。在热带地区，船体污垢会使耗油量仅仅在 1 个月后就增加 7%，如果没有使用防污涂料，则半年后会增加 44%，为节约燃料，船舶底部必须保持清洁。

小船可以吊出水面，用刷子刮洗底部。较大的船舶在水下停留较长时间后，必须每隔一段时间就刷一次防污涂料。除节能外，这道工序对木船尤为重要，因为木船可能受到船蛆等食木生物的蛀蚀。

铜对大多数海洋生物都有毒性，因此传统的红色防污涂料会使用铜。注意这类涂料不可用于铝质船。不应使用含三丁基锡（TBT）的防污涂料，因为这种涂料对海洋生物有害。这种涂料在许多国家都禁用。

自抛光防污涂料是新开发的一种产品。随着时间的推移，这类涂料会变得更光滑，对船只的有效防污时间可达两年。这类涂料比传统的防污涂料昂贵，但其能使船底更光滑，并能延长涂料的保护时间，从而节约油耗，使其物有所值。



保持螺旋桨清洁！

被海洋生物覆盖的螺旋桨会大大降低船的速度并增加油耗。

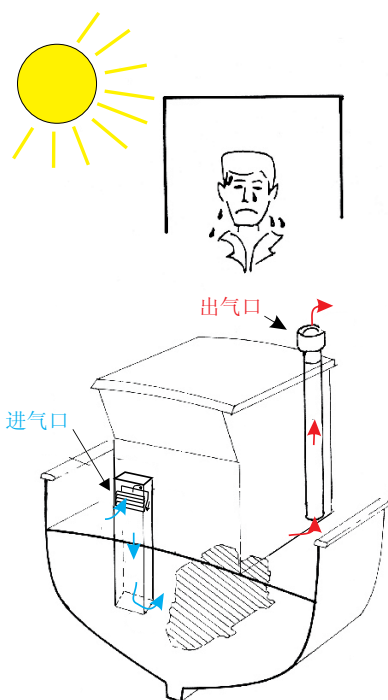
定期保养发动机

油： 按照发动机制造商的建议更换机油和过滤器。

燃料： 清洁燃料对于保持燃油泵和喷油器的良好状态至关重要。
定期更换燃油过滤器，并使用油水分离器。

阀门： 根据制造商的建议调整气门间隙。

保证发动机通风



您愿意大热天在不通风的屋子里埋头苦干吗？

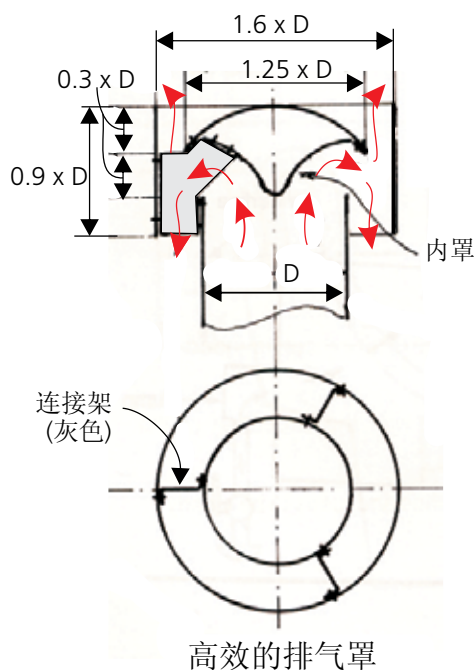
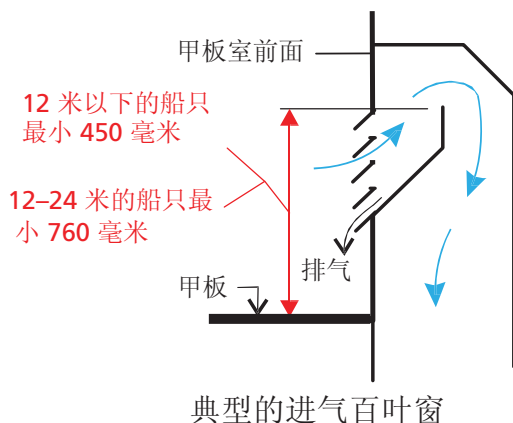
您的发动机也不愿意这样。它需要大量新鲜空气才能燃烧。如果发动机舱的空气太热，那么发动机的动力就会不足，并且浪费燃料。

在家里，炉子上往往会有风扇将热空气吸走排出屋子。如果有通往外部的开口，则热气吸走后，新鲜空气会自动补充进来。船舶也适用这个原理。首要问题是如何排掉热空气。其次是如何让外面的新鲜空气补充进来。

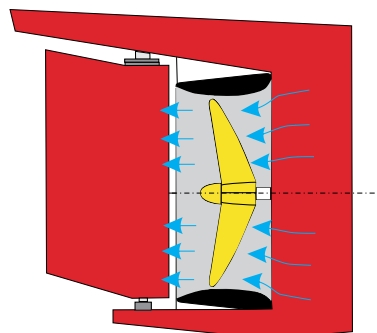
在机舱里，热空气的出气口应置于上方高处，远离冷空气的进气口。

对于较大的发动机来说，必须有电扇吸走热空气。遵照发动机制造商的说明。

在热带国家，通风管横截面积的计算方式为：发动机功率每马力需要 8 平方厘米（即 10 平方厘米/千瓦）。只要横截面积相同，通风管的截面形状可多种多样：



低转速推进器和喷嘴的组合可实现最佳拖带速度



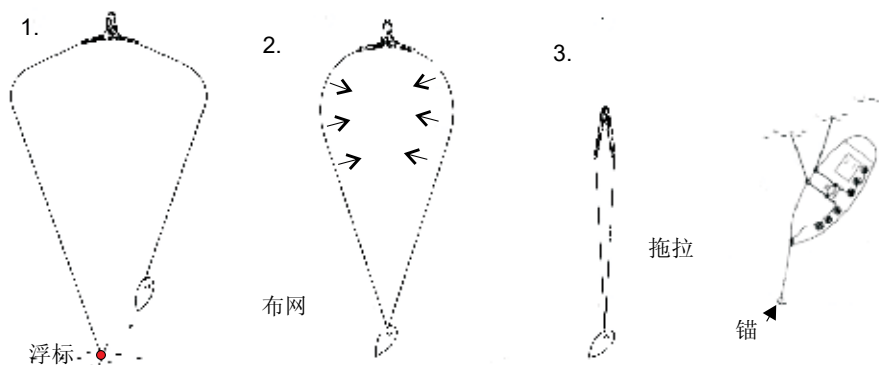
在拖网速度为 3-4 节时，如果使用低速推进器（即变速箱的减速幅度较大），以及在该速度下的螺旋桨与喷嘴的最佳组合，能使燃料效率达到最高。喷嘴与螺旋桨的正确组合能在 3-4 节的正常拖网速度下节约 20% 的燃料。在往返渔场途中，船速一般会有小幅下降。



现代设计的网板和网将减少阻力

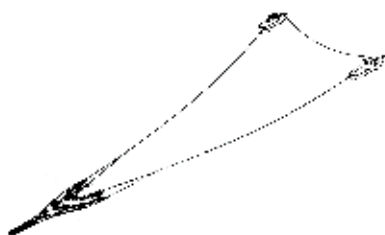
底拖网受到的大部分阻力来自网板使拖网张开而产生的阻力。网板的现代设计会减小阻力。重新设计拖网，使用更细、更坚韧的网线，并增加网目尺寸，可以大大节能。

丹麦式旋曳网是一种节能的捕捞方式



另一种节能的捕鱼方法是底层围网或丹麦式围网。先将浮标投入水中，在船只驶离浮标时撒下第一根网缆。布置好围网，然后撒下第二根网缆。然后放锚，绞纲机收紧网缆。与拖网相比，这种捕捞方法需要的发动机功率要小得多。

双船拖网节能



双船拖网需要两艘大小相近、功率相同的船舶。双船拖网能节约燃料，因为对船能比单船拖带更大的网，并减小了网板的阻力。据报告，在渔获量相同的情况下，双船拖网能节约 40% 的燃料。

持续数天的捕捞可节约油耗并增加渔获量

在渔场逗留数天比每日往返更节约燃料，而且渔获量会增加。然而，要进行持续数天的捕捞，船上必须有密封鱼舱来用冰块储存渔获，并且有供船员休息的设施。

例如，斯里兰卡是采用此种捕捞方式的国家之一：50 年前，渔民都是当日往返的。自粮农组织引进了针对金枪鱼的大网目流网捕捞法后，渔民开始进行在海上过夜的捕捞作业。后来，渔民会在海上逗留两到三天。如今，斯里兰卡的渔船在印度洋广大海域中进行作业，每航次时间长达数周，其渔获用冰块保鲜。

子母船作业节能

采用子母船作业可以增加渔获量，保证就业机会并且节约能耗。母船体积较大，可以承载数艘小型渔船，并设有渔获储存舱以及供船员休息的设施。



1958 年，一艘运载着盐、食物和渔获物资的葡萄牙多桅纵帆船正在开往纽芬兰渔场。帆船的甲板上叠满了平底小渔船。

例如，盛产鳕鱼和大比目鱼的加拿大纽芬兰和格陵兰近岸渔场早期采取的就是这种作业方式。

母船从葡萄牙、西班牙和美国出发，能承载多达 60 人以及多艘平底小渔船。早晨，船员乘坐小船下水，采用底层延绳钓和手钓进行捕捞。傍晚，船员回到母船，卸下渔获，平底小渔船也被吊回到母船上。船员对渔获进行清洗，并用盐腌制储存。母船在渔场逗留的时间最长可达半年。

早在 50 年前，葡萄牙渔民也采用这种母船作业的方式，但后来由于雇佣船员的成本上升，以及与拖网船之间的竞争日增，这种作业方式因不经济而被弃用。

若渔场出现恶劣天气，平底小渔船则无法作业。船员将平底小渔船的横梁卸下，这样就能将渔船一个套一个地堆叠起来，最多一叠可达八艘。



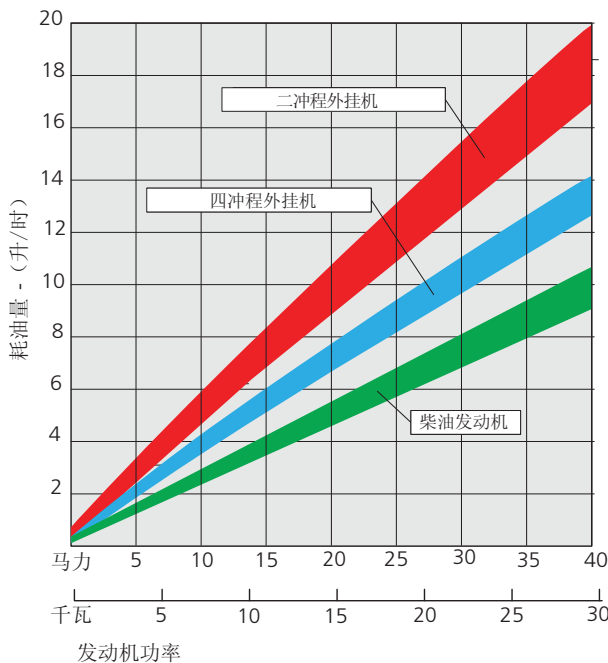
一艘平底小渔船可以承载一到两名船员，他们可以用船桨划船，也可以扬帆航行。采用的捕捞方式有延绳钓（每条主绳系有 600 个钩）和手钓。在左图中，站在船头的船员正在用船边的滚轮收回主绳，站在船尾的船员则在宰杀一条大比目鱼，然后将它拖到船上。船桨、桅杆和船帆都储存在船上。在图中的背景可以看到一艘作为母船的多桅帆船。（Villiers, 1962）。



Source: A. Villiers, of *Ships and Men*, 1962

外挂机和柴油发动机的油耗

二冲程的汽油发动机或煤油发动机的耗油量约为同等功率的柴油发动机的两倍。用于大排水量船只的高功率外挂机会消耗非常大量的燃料。

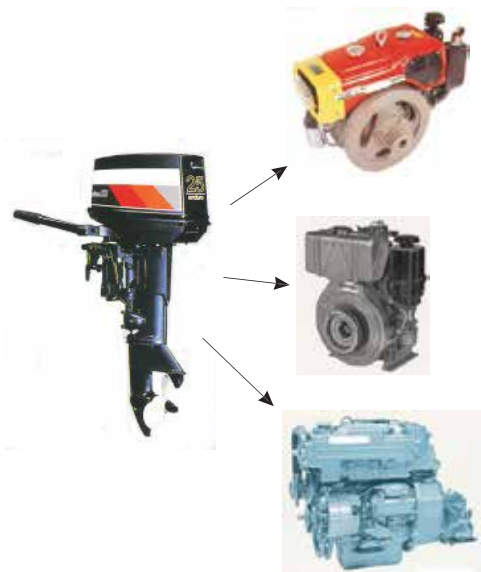


二冲程外挂机的优点是成本低，构造简单，重量轻，便于携带，便于操作和维修。此外，其船上安装简便，可以倾侧机体，这也有利于在海滩靠泊。

与二冲程外挂机相比，四冲程外挂机耗油量较少，但成本较高，构造较为复杂。

外挂机的转速为 5 000 转/分钟，齿轮减速比约为 2:1，螺旋桨转速为 2 500 转/分钟。发动机的转速较高意味着其使用寿命会较短，煤油发动机尤其如此。在航行速度低于 10 节的船上使用时，发动机转速较高，但效率较低。这些发动机主要是为了满足休闲型船只的需求而制造的，包括 航行速度高于 20 节且每年仅航行数个小时的轻型艇。

不同类型的柴油发动机及其特点



亚洲渔船最广泛使用的发动机是卧式水冷单缸柴油发动机。

此类发动机具有多种用途，可用于水泵、机动旋耕机、运输型拖拉机和发电机，价格相对较低，零部件也容易获得。此类发动机的功率为 5—20 马力，最高转速为 2 200 转/分钟。为了提高推力，传动轴的减速比必须至少为 2:1。

风冷单缸柴油发动机与上述发动机类似，也具有多种用途，同时价格相对较低，零部件也很容易获得。此类发动机的功率为 5—10 马力，转速最高可达 3 000 转/分钟。传动轴的减速比至少为 2:1。有时候，这种减速比的发动机上会用螺栓装上一个变速器。

多缸船用柴油发动机与汽车发动机或卡车发动机类似，都有淡水冷却系统和热交换器。变速箱的减速比为 2:1 到 5:1 不等，马力为 10 到 500 马力不等。若很少人用此类发动机，那么零部件的可获性可能会成为问题。此类特殊的船用柴油机的初始价格比上述其他类型发动机的价格更高。



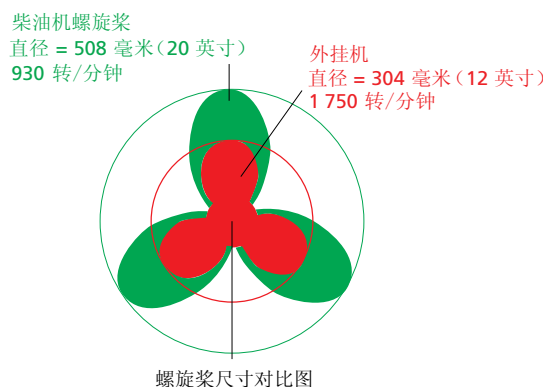
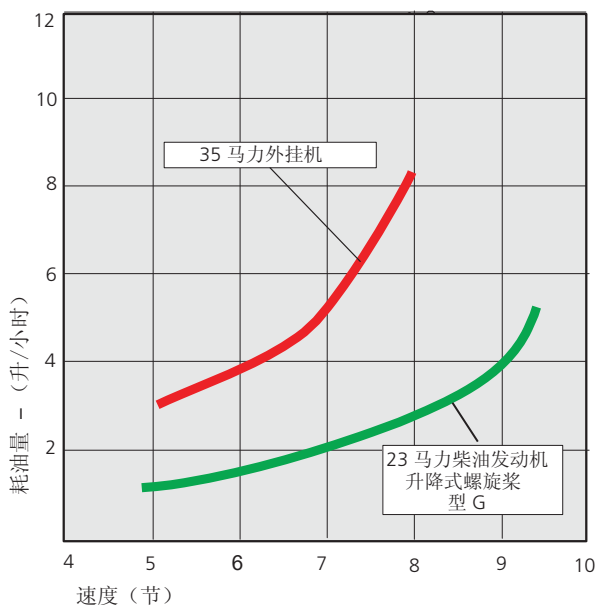
加纳的独木舟大多数时间会在海浪较大的海滩启航。船的一侧装有一个 25 到 40 马力的外挂机。船员用舵桨驾驶船只。



加纳的独木舟最长可达 19 米（60 英尺）。船的底部用一根完整的木头刻制而成。船面铺有几块木板。

安装外挂机的独木舟后来改装了柴油发动机

1985 年，西非手工渔业综合开发项目（粮农组织/丹麦国际开发署/挪威）对加纳独木舟的发动机效率进行了一次测试，这些独木舟的长度均为 14 米（46 英尺），满载排水量为 3.1 吨。船上装有一台 35 马力的外挂机，后来改装为带有升降式螺旋桨和船舵的柴油发动机装置。这种装置与 20 到 21 页所示的孟加拉湾传动安装方式类似，但其发动机是固定的，且带有升降式螺旋桨和舵。柴油发动机的最大功率为 23 马力，螺旋桨的最高转速为 3 000 转/分钟，传动轴减速比为 3:1。试航结果如下图表所示。



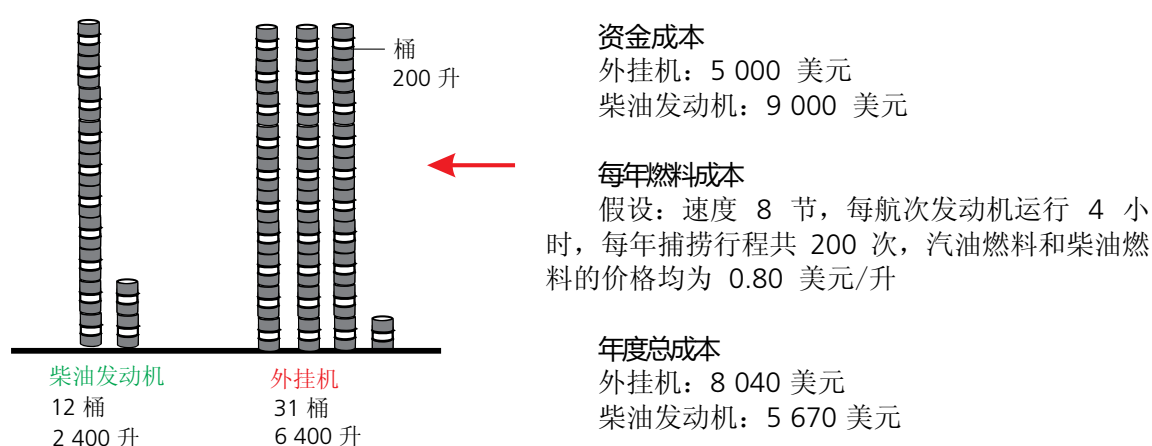
柴油机的耗油量比外挂机节约 62%

当船只以 8 节的速度航行时，柴油发动机装置的耗油量为 3 升/小时，外挂机的耗油量则为 8 升/小时。安装柴油发动机的耗油量比外挂机节约 62% 其中一个原因是，柴油发动机比使用汽油的二冲程外挂机所需的耗油量少。另一个原因是柴油发动机驱动的螺旋桨转动较慢，螺旋桨的效率较高，柴油发动机的转速是 930 转/分钟，而外挂机的转速则为 1 750 转/分钟。

要使用多久，柴油发动机的燃料成本节约量才能抵消其较高的购买成本？

柴油发动机的购买成本高很多，但是运行成本却较低。要回答上述问题，必须使用关于柴油发动机和外挂机资金成本的资料进行成本分析，其资金成本取决于其使用寿命以及银行贷款利率，同时也需要知道大致的维修费用。最重要的是单次捕捞行程的平均耗油量、每年的捕鱼航次以及每升燃油的费用等数据。

下表为柴油发动机与外挂机的年度成本分析，包括资金、燃料和安装成本。附录 4 为一项基于加纳 2008 年成本数据的简单成本分析。



柴油发动机每年节约的成本：8 040 美元－5 670 美元 = 2 370 美元

柴油发动机安装的额外成本：9 000 美元－5 000 美元 = 4 000 美元

要抵消柴油发动机额外成本所需要的时间：

$$\frac{\text{额外成本}}{\text{每年节约的成本}} = \frac{4\,000 \text{ 美元}}{2\,370 \text{ 美元}} = 1.7 \text{ 年} = 20 \text{ 月}$$

结论：若汽油燃料和柴油燃料的市场价格均为 0.80 美元/升（2008 年），则能在相对较短时间内抵消安装柴油发动机的额外成本。

需要采取激励措施鼓励更换效率低下的发动机而不是通过燃油补贴的方式

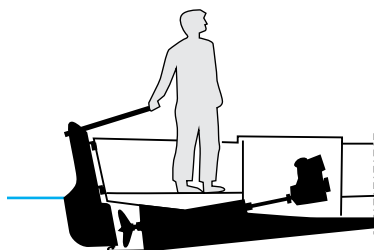
2008 年，渔民能够以 0.50 美元/升的补贴价格购买柴油燃料和汽油燃料。在该价格基础上，政府给使用燃油消耗较大的二冲程外挂机的渔民每人每年补贴 1 900 美元，给使用更节能的柴油发动机的渔民每人每年仅补贴 700 美元。因此，燃油补贴鼓励人们更多地消耗燃料。若按补贴价格计算，要三年以上才能抵消柴油发动机的额外成本。

需要开展资助购买成本更高的柴油发动机的贷款计划

在大多数发展中国家，由于缺少购买柴油机所需的资金，人们通常投资购买最便宜的发动机，但没有考虑到价格较低的发动机会对长期收益会带来何种影响。通常而言，要将一台二冲程外挂机替换成一台柴油发动机，通常要有量身定制的贷款计划来支付柴油发动机的较高成本，并且该贷款计划应考虑到，向散居于绵长海岸线的渔民收回贷款会有一定困难。政府可以为渔民提供购买柴油发动机的激励措施，并提供关于柴油发动机安装和维修的培训。

对新安装的发动机进行一年以上的全面测试也非常重要，以确保发动机正常运行。

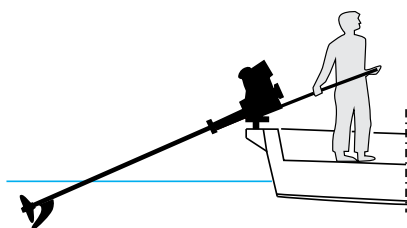
Gulbrandsen and Ravikumar (1998) 总结过不同的发动机安装方式。



传统的固定安装

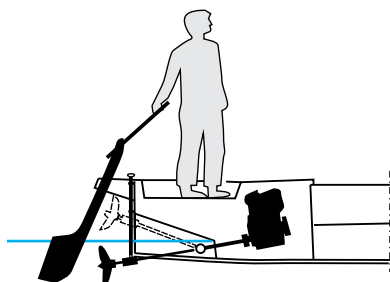
若对船的吃水深度没有限制，则推荐采取此类柴油发动机安装方式。保护螺旋桨的艏鳍会增加吃水深度，并会使船舵的反应变得相对较慢，因此此类安装方式不适宜用于要在海浪较大的海滩靠岸的船只。

长尾式发动机安装方式



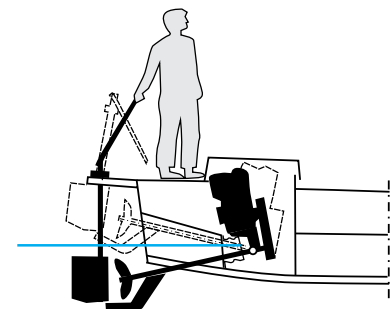
用此种方式安装的柴油发动机可以旋转和转动。发动机或直接通过联轴器连接到传动轴，或带有一个减速比为 2:1 的减速箱，采用链传动，或采用 V 带传动。采用这种安装形式可以将整台发动机拆卸下来。这种安装方式适用于登陆海滩的船只，但是巨大的海浪会增加螺旋桨旋转打伤船员的风险。阅读下页，了解长尾式发动机的更多详细信息。

使用外部万向接头连接升降式螺旋桨的安装方式



在浪很小的海滩下水的日本船只经常采用这种安装方式。这种安装方式采用传统式的传动轴来固定发动机，轴隧内有填料函和轴承。通过转动不锈钢或铜制的万向接头可以使螺旋桨上下升降，因为有一根可升降的竖向支撑杆承托着外轴承。船舵的升降是独立进行的，因此这种安装方式不适用于要在海浪较大的海滩靠岸的船只，因为若要在海浪较大的海滩靠岸，螺旋桨和船舵必须能够快速地抬升。

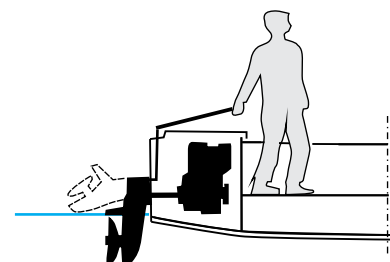
使用橡胶波纹管连接升降式螺旋桨的安装方式



这种安装方式又称为孟加拉湾传动安装方式，由印度东海岸的粮农组织孟加拉湾项目研发。这种安装方式基于“长尾”原则，将发动机和传动轴连接在一起。氯丁橡胶波纹管具有防水性，这样就能通过抬升船舵来倾侧发动机和螺旋桨。

通过一个比率为 2:1 的传动带将柴油发动机固定地连接到传动轴，但要将螺旋桨抬升上水面来停止发动机的运行。关于升降式螺旋桨安装方式的更多信息请见下页。

Z型传动



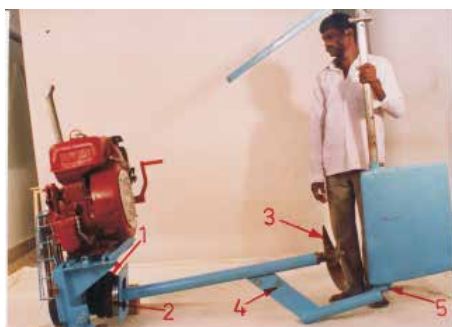
发动机安装在船内，并用两个弹性联轴器将其连接到 Z 型传动器。Z 型传动的机械构造比较复杂，价格也较高。



长尾式发动机很受欢迎

长尾式柴油发动机安装方式在很多国家都很普及，因为其成本低，易于安装，且方便移动。在印度东海岸，有数千艘船只安装了 9 马力的风冷柴油发动机，转速为 3 000 转/分钟，减速箱的减速比为 2:1。如左图所示，如果要在海浪较大的海滩靠岸，使用此类发动机会有安全问题。若船只被海浪侧向抛出，那么旋转的螺旋桨可能会把人打伤甚至致死。此外，柴油发动机的振动会传递到船员的手臂，这可能会使其手臂和肩部产生健康问题。

如左图所示，若采用长尾安装方式，传动轴与水平面之间所呈的角度往往达 20 度。这意味着螺旋桨的效率会有所降低。

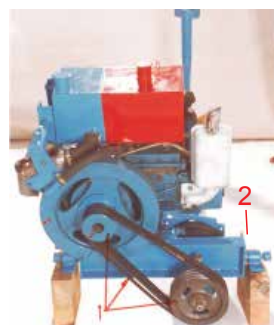


一台 8 马力、转速为 3 000 转/分钟、带传动比率为 2:1 的风冷柴油发动机。

1. 氯丁橡胶波纹管
2. 安装在防水壁上的波纹板
3. 螺旋桨
4. 可拆卸舵鳍
5. 可自由转动的船舵支点



孟加拉湾传动安装方式



一台 9 马力、转速为 2 200 转/分钟的水冷柴油发动机（龙骨冷却）。

1. 比率为 2:1 的带传动传动轴
2. 固定在发动机底座的发动机底盘支点

在登陆海滩时，通过抬升舵轴可以将整个装置倾侧，并抬起螺旋桨和船舵。

很多国家的渔民都在近海捕捞中使用风帆



印度



图瓦卢



基里巴斯



印度尼西亚

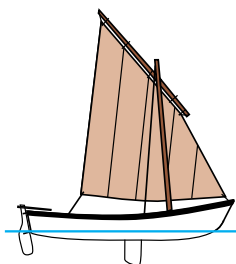


马达加斯加



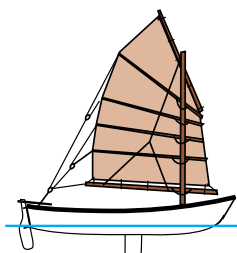
斯里兰卡

很多类型的风帆都适用于小型船舶



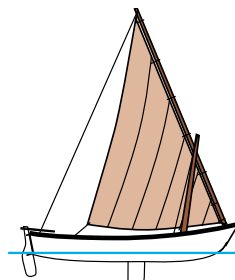
前倾斜纵帆

该风帆简单有效，桅杆短。



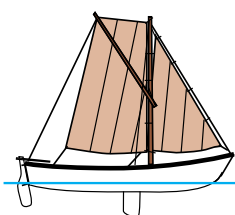
肋杆纵帆

该风帆的主要优点是减少帆面积。



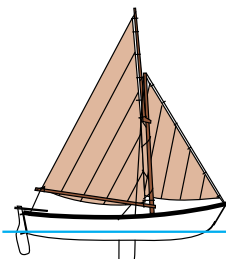
三角帆

该风帆最常见于印度洋，缺点是帆桁过长。



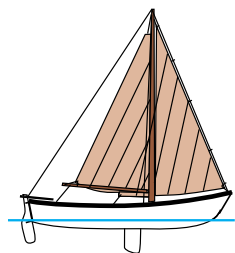
斜对角帆索

一种常见的作业船帆。桅杆短，但帆面积大。



三角活动帆索

该帆索使用效率高，可在当地就地取材，例如树干可做成桅杆，竹子可做成帆桁和横杆。



百慕大帆索

该帆索常用于航行的游船上。需配备带支索的特制长桅杆，成本高于其它类型的帆索。



三角活动帆索：航行试验中的赢家

在印度金奈 (马德拉斯) 进行的航行试验

上述帆索的试验均在两艘完全相同的 8.5 米（28 英尺）玻璃钢舢板上进行。这些船都配备了可伸缩的活动披水板来防止侧移。试验时两艘船进行航行比赛，期间测量速度并记录风向。试验表明，三角活动帆索效率最高，甚至优于百慕大帆索，成本也低得多。

斜对角帆索和纵帆帆索表现不错，优于三角帆索。由于成本低廉并且便于操作，纵帆帆索被公认为最适用于紧急情况 and 顺风航行。（Palmer, 1990.）



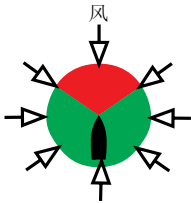
纵帆帆索成本低廉，在发动机发生故障时使用安全可靠，而且有利于节约燃油

孟加拉湾计划为印度东海岸地区开发了这种 8.5 米长的小艇（IND-20）。其航行排水量为 2 吨，配有功率为 9 马力的柴油发动机、升降式螺旋桨和舵。前倾斜纵帆面积 18 平方米（190 平方英尺），既能节省燃料，又能在发动机发生故障时保证安全。这种船的活动船板上有个偏离中心安装的狭槽，以免影响网舱。

使用该帆索的渔船的主要捕捞方式为流网捕捞和延绳钓。但由于大部分渔民缺少关于这种帆索的航行训练，他们仍使用传统的三角帆索。三角帆索的缺点是帆桁过长，闲置时会占用甲板空间。

除非建立一套全面的航行训练计划，否则难以推行不同于传统帆索的新帆索。

船帆具有局限性

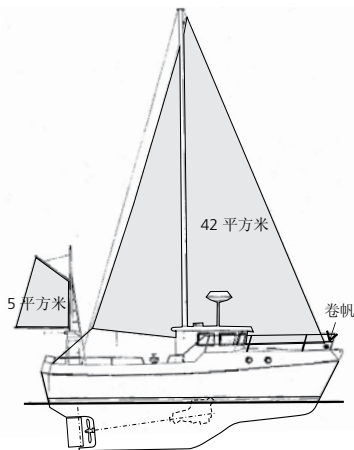


人们非常希望进一步采用船帆来节能，但了解其局限性也很重要：

- 帆船不能逆风行驶。在左图中，红色区域代表帆索遇到的风阻力会在启动柴油机时加快燃料消耗。
- 帆船的桅杆和索具经常干扰渔具作业。
- 除了小船能利用船员的重量压舱，多体船和较大的单体船则需要压舱物来保持稳定，船体过重则会在启动发动机时加快燃料消耗。

在挪威进行的航行试验

在挪威针对一种新型的节能小型渔船进行了试验（Amble, 1985）



总长度	10 米 (33 英尺)
吃水线长度	9 米 (29.5 英尺)
宽度	3.16 米 (10 英尺)
航行排水量	8.5 吨
压载	
发动机	1.7 吨
减速比	30 马力, 1 900 转/分钟
减速比	5:1
螺旋桨	可变螺距, 二叶桨
	直径 = 0.85 米 (33 英寸)

主帆，卷帆 = 42 平方米 (450 平方英尺)

牵拉渔具时用于稳定的尾桅帆面积 = 5 平方米 (53 平方英尺)

这种船的耗油量比同类渔船少 50%。主要原因是其减速比高、直径长、螺旋桨转速低（380 转/分钟），且船体形状与帆船类似。

航行试验证明，船帆可以进一步减少 10–15% 的油耗。然而，安装帆具的时候存在帆干扰雷达的问题。

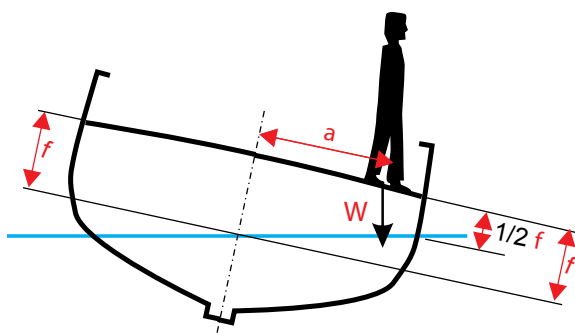
商用帆船为数不多

很多会议对风帆驱动型商船进行了讨论（请见补充读物，第 42 页）。

遗憾的是，没有太多证据表明商船实际使用了帆。随着燃料成本越来越高，在燃料价格相对鱼价高昂的国家，人们对使用帆索重新产生了兴趣。

航行实验结论

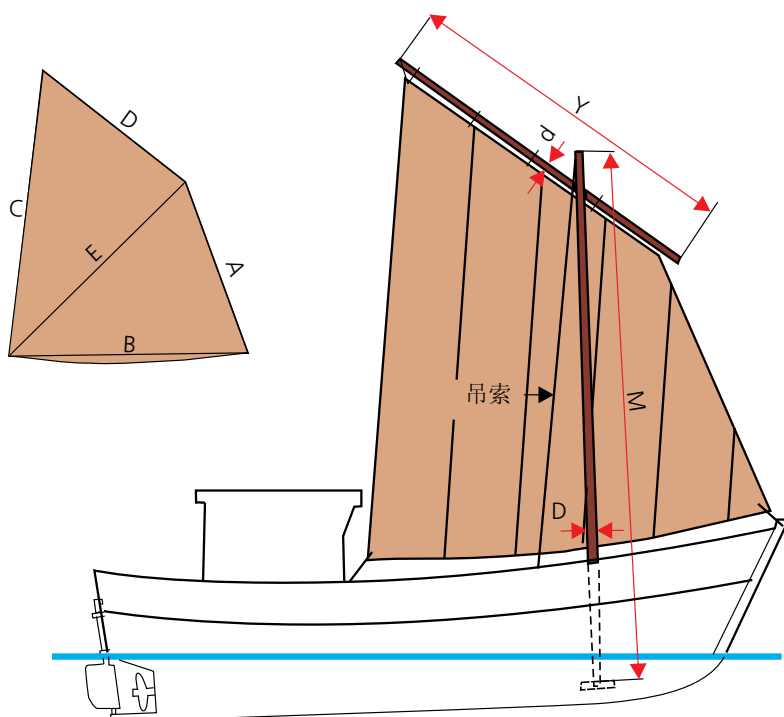
最有潜力的节能方法即是采用低功率、高减速比的发动机和大螺旋桨，且船体的形状要有利于减小阻力。发动机在海上发生故障时，船帆对于保障安全至关重要。只需安装一个成本较低且不会影响捕捞作业的简易帆索即可，在风从两侧或船尾吹来时还可节能。无需使用逆风行驶的高成本现代化帆索。



有甲板的船艇，应在安装船帆前检查其稳定性

在渔船上装帆前，需要评估船的稳定性。太大的帆可能导致船艇倾覆。以下实验将说明如何计算适于安装的最大帆面积。该帆面积能够抵御 15 节（7.5 米/秒）的风速。

1. 测量鱼舱空载时船体中央部位的最小干舷 f 。
2. 在船侧的 $1/2 f$ 处做上标记。
3. 让几个人从船体中央沿中线向船舷移动。直到船倾斜至 $1/2 f$ 标记处。
4. 用体重秤称这些人的重量。
总重量 = W （千克）。
5. 测量距离 a （米）。
6. 计算扶正力矩（RM）：



$$RM = W \times a \text{ (千克米)}$$

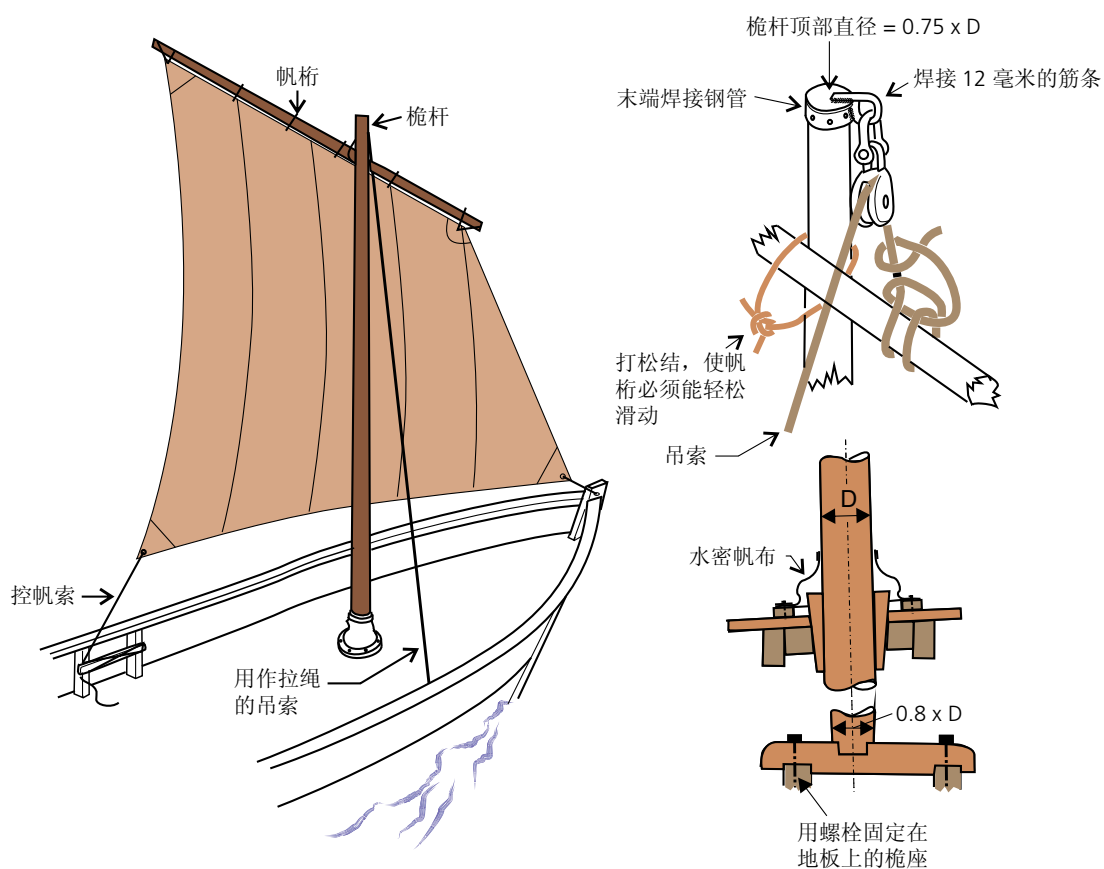
RM 千克米	帆面积 平方米
310	15
470	20
650	25
880	30

桅杆由适当树种的木头制成。由底至顶逐渐变细，顶部直径为 $0.7 \times D$ 。

帆面积 米 ²	帆直径（米）				
	A	B	C	D	E
15	3.4	4.5	5.5	3.3	4.8
20	4.0	5.2	6.3	3.8	5.5
25	4.4	5.8	7.1	4.4	6.1
30	4.8	6.4	7.8	4.9	6.5

帆面积 米 ²	桅杆		帆桁		吊索		控帆索	
	D 毫米	M 米	d 毫米	Y 米	直径 毫米	长度 米	直径 毫米	长度 米
15	105	6.4	60	3.6	10	13	10	12
20	120	7.0	65	4.1	12	15	10	14
25	130	7.7	70	4.7	12	16	10	15
30	140	8.4	75	5.2	12	16	12	17

桅杆使用吊索作为拉绳



帆不使用时，桅杆拉绳不会干扰捕捞作业。

带舷外支架的小艇特别适合使用船帆



7.1 米 (23 英尺) 长的单舷支架小艇 KIR-8 是粮农组织根据传统的独木舟设计的。其航行排水量为 600 千克。该舟配备三角活动帆索，总帆面积为 15 平方米。安装了 2—4 马力的外挂机，适合在无风日使用。其适用的主要捕捞方式为手钓和曳绳钓金枪鱼。



7.8 米 (25.5 英尺) 长的双舷支架小艇 SOI-2A 是粮农组织设计用于所罗门群岛的。其航行排水量为 900 千克。该舟配备三角活动帆索，总帆面积为 19 平方米。安装了 4 马力的外挂机，在风平浪静时速度可达 6.5 节。其使用的主要捕鱼方法为手钓和曳绳钓金枪鱼。

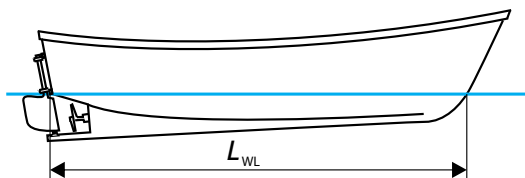
“贪求速度”十分常见

人们对发动机的选择经常是不理性的。发动机的速度象征着地位。大多数渔民更换发动机时，喜欢在他们的船上安装功率更大的发动机，这样就比其他渔民的船开得稍快一点。渔船上的发动机功率有明显增加的趋势。如今渔船上使用的发动机功率比机动化才开始时大很多。大功率发动机所带来的支出由上涨的鱼价和降低的燃料价格抵销。

如今，渔民之间的船速竞争已经导致渔船出现总动力过剩的现象。鉴于现在的油价，这种速度竞赛的输家是渔民自己。

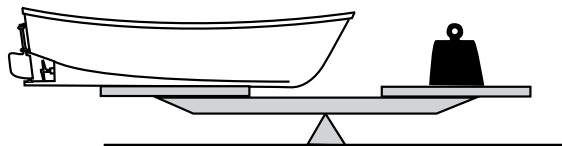
本报告中的建议旨在帮助渔民们在维持相同捕捞水平的情况下降低燃料成本。大多数情况下都建议安装功率较小的发动机。人们需要改变心态，从追求大功率转变为追求小功率。尽管理性来讲，这是为了降低燃料消耗，但很多渔民仍将难以接受。

船在航行状态下的发动机功率取决于多个因素：



1. 吃水线长度 L_{WL}

第 12 页的表 1 列出了船的不同吃水线长度和推荐的节能航速。



2. 船的载重航行排水量

航行排水量即平均载重时的船舶重量，通常为鱼舱半满时的载重，单位为吨：

1 吨 = 1 000 千克

航行排水量的计算方法请见附录 5。

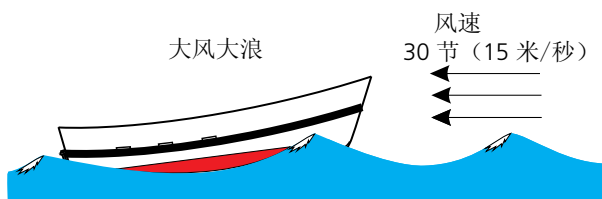
风平浪静



3. 天气

海面风平浪静时需要的发动机功率比大风大浪时需要的发动机功率小。船的发动机功率必须足以支持转向，并能够保证船在恶劣条件下减速前进。

大风大浪



风速
30 节 (15 米/秒)

航行条件

一般天气情况介于风平浪静和大风大浪之间。此外，水下船体可能带有污垢。船应该能够在一般天气情况下保持航速。

银鱼号（见第 10 页）提供了一个具体案例，显示在不同情况下所需的功率

风平浪静

吃水线长度为 8 米，航行排水量为 5 吨时，只需 7 马力的发动机就能在风平浪静且水下船体无污垢时达到 6 节的航速。

大风大浪

浪的波长与船长相同时，增加的波浪阻力达到最大值。用船的正面迎风面积和风速取 30 节（15 米/秒）计算空气阻力。请注意下图中，在大风大浪天气条件下增加的功率从 10 马力（航速为 5 节）到 15 马力（航速为 7.5 节）不等。恶劣天气情况下对增加阻力的计算方法参见 Larsson 和 Eliasson（1994）。

航行条件

正常的航行条件既不是指风平浪静和船体洁净，也不是指风速为 30 节时的大风大浪和下水船体有污垢。介于这两种极端条件间的正常航行条件究竟是如何尚无定论，但一般认为是介于这两种情况的中间状态。

下图分别计算了银鱼号渔船在风平浪静、大风大浪和正常航行条件下所需的发动机功率。要达到 6 节的经济航速，需要 13 马力的航行功率。这时所需的功率几乎是风平浪静时所需功率的两倍。大风大浪时，船的前进速度约为 5 节，航行功率为 13 马力。

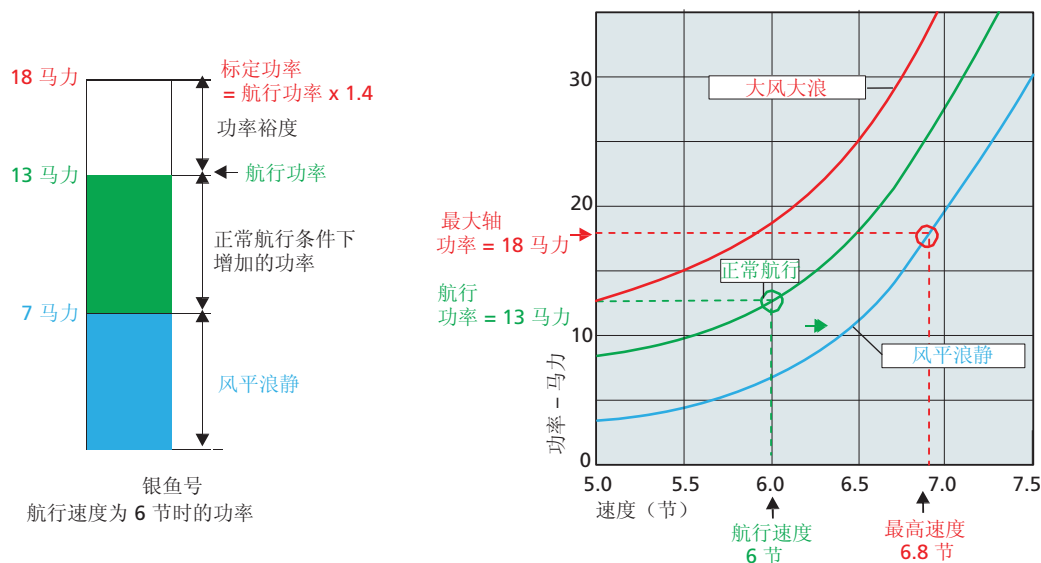
发动机标定功率裕度

标定功率指在发动机说明书上标称的功率。关于该功率的详情介绍如下：标定功率应为允许发动机连续运行的功率。该功率能允许发动机在不过载的情况下持续运转数天。在高温多湿的热带，发动机的实际运行功率比说明书上的标定功率约小 6%。为了避免发动机过载，需要在航行功率上加上功率裕度，功率裕度约为航行功率的 40%。对于银鱼号渔船而言，其功率裕度等于 5 马力。

发动机标定功率

银鱼号渔船的发动机航行功率为 13 马力。该发动机的最低标定功率应为：

13 马力 $\times 1.4 = 18$ 马力。于是，发动机功率/船重 = $18/5 = 3.6$ 马力/吨。在该标定功率下，发动机在风平浪静时能达到的最大速度为 6.8 节。



针对不同吃水线长度和航行排水量，推荐的发动机航行功率和最大功率请见下页。

渔船（未进行拖网作业）的发动机功率和速度取决于 渔船吃水线长度和航行排水量（半载）

对于拖网船，发动机功率由拖网大小和拖速决定。航行排水量的估算方法请见附录 5。
假设渔船船形比例良好，如第 35–37 页所示。

航行功率：在有风有浪的一般天气且水下船体有些污垢的条件下，渔船达到航行速度的传动轴功率。

标定传动轴功率：制造商根据 ISO 8665 标准设定的允许发动机连续运行的功率。如已知曲轴功率，乘以 0.96 即为传动轴功率。

标定功率 = 1.4 × 航行功率
标定功率充分考虑了功率裕度和假设在热带气候条件下高温多湿会带来 6% 的功率损失。正常气候条件下，可将标定功率减去 6%。

航行速度：节油速度 = $2\sqrt{1} \times \text{吃水线长度（米）节（第 12 页表 1）}$ 。

最高速度：风平浪静且船体无污垢时的发动机功率最大时的速度。

近似最高速度 = $2\sqrt{4} \times \text{吃水线长度（米）节}$

推进器 的设计服务于航行功率和航行速度。假设推进器效率约为 50%。适用于不同 适用于不同发动机功率和转速的螺旋桨有关信息请见附录 7。

表 2

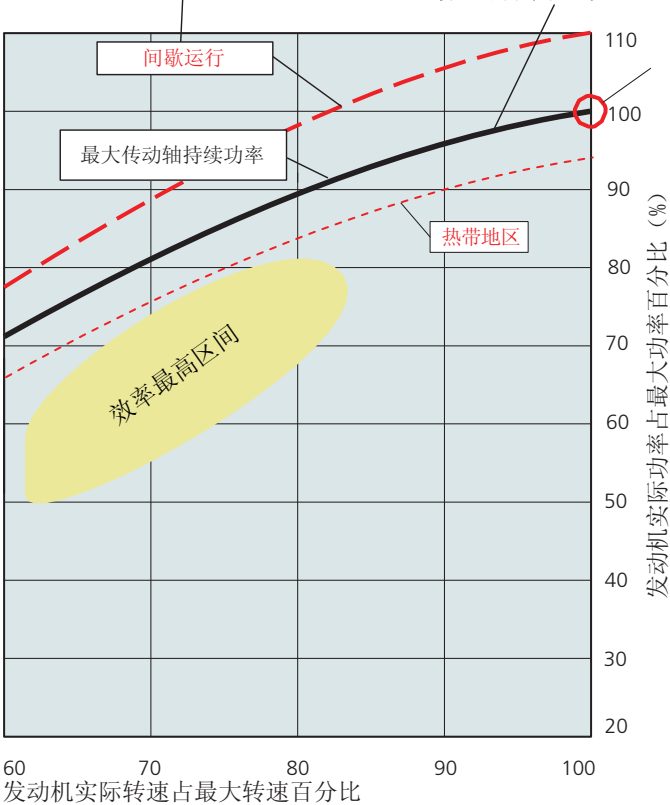
不同吃水线长度的船舶需要的功率和速度

吃水线长度 L_{wl}		航行排水量	航行功率	标定持续轴功率	航行速度	最大航速
米	英尺	吨	马力	马力	节	节
5	16.4	0.5	2	3	4.7	5.4
		1.0	2.5	4		
		1.5	3	5		
6	19.5	1	3	5	5.1	5.9
		2	5	7		
		3	6	8		
7	23	2	6	8	5.6	6.3
		3	7	10		
		4	8.5	12		
		5	10	14		
8	26	3	9	13	6.0	6.8
		4	10	14		
		5	13	18		
		6	15	21		
9	30	4	13	18	6.3	7.2
		6	16	22		
		8	18	25		
		10	21	29		
10	33	6	18	25	6.6	7.6
		8	21	29		
		10	24	34		
		12	27	38		
12	39	10	32	45	7.3	8.3
		15	40	56		
		20	47	66		
		25	56	78		
14	46	15	49	69	7.9	9.0
		20	59	83		
		30	75	105		
		40	91	127		
16	52	20	72	101	8.4	9.6
		30	92	129		
		40	107	150		
		50	124	174		

发动机制造商说明书包含了很多有用信息

无需考虑间歇运行的最大功率。发动机只会在很短时间内产生这一功率。

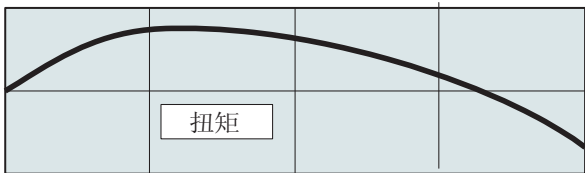
根据国际标准如 ISO 8665，持续功率应为传动轴功率。如已提供曲轴功率信息，由于变速箱内存在损耗，将功率减少 4%。持续功率指的是发动机在无损情况下可以连续多天产生的功率。这才是应该考虑的功率曲线！



最大标定持续功率

在高温多湿的热带地区，发动机无法满负荷运转。建议降低 6% 的功率。该说明书不会显示热带地区的功率曲线。

蚌壳状图表显示了发动机功率和转速不同时的具体耗油量，是发动机在燃料效率最高区间运行的最佳指标。然而，发动机制造商很少提供此类信息，您必须依靠扭矩和燃料消耗率曲线来估计燃料效率最高区间。



千克/米
(海里)

扭矩 扭矩是转动螺旋桨的力。请注意，在最高转速的 70% 左右扭矩达到最大，而转速更高时扭矩会降低。

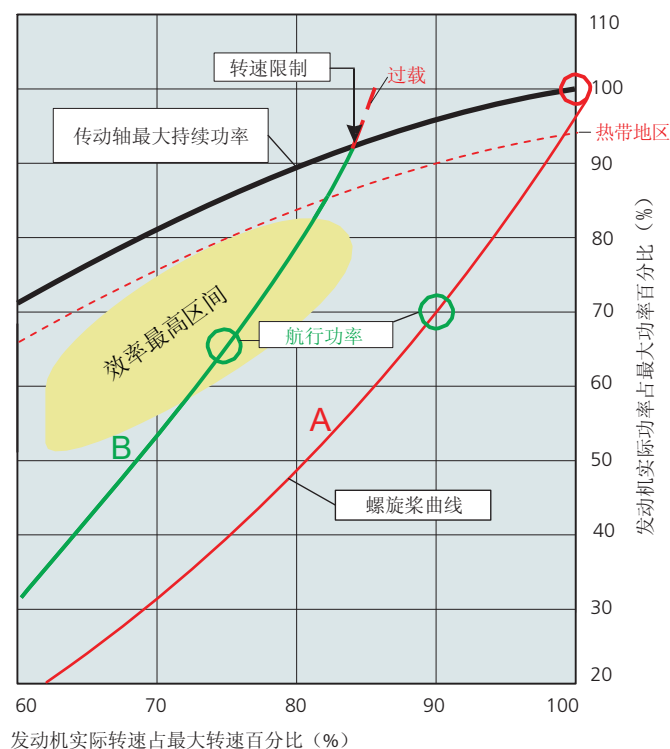


克/马力时
克/千瓦时

燃料消耗率 与发动机持续功率曲线有关。该曲线非常重要。它会显示发动机在何种情况下最高效地利用燃料。为实现最低燃料消耗，应确保发动机的运行靠近曲线下部，发动机转速约为最大转速的 70%。请注意扭矩达到最大时，燃料消耗率达到最低。

请注意：部分制造商并不提供与功率曲线相关的燃料消耗率曲线，但会提供螺旋桨燃料消耗率曲线。该曲线无法体现发动机在何种情况下最高效地利用燃料。

螺旋桨会影响燃料的消耗量



螺旋桨 B

螺旋桨 **B** 比螺旋桨 **A**。直径更大，桨距也更大，其曲线经过最低燃料消耗比区间附近。在与螺旋桨 **A**，功率相同的情况下，螺旋桨 **B**。可节约 6-7% 的燃料。在与螺旋桨 **A** 减速比相同的情况下，尺寸更大且转速更慢的螺旋桨 **B** 因螺旋桨效率较高，可节约 5-6% 的燃料消耗。与螺旋桨 **A** 相比，共节能 12-15% 左右。

为满足航行条件，螺旋桨 **B** 需消耗发动机最大功率的 65%，发动机转速为最大转速的 75%。螺旋桨 **A** 需消耗发动机最大功率的 70%，以输出同等有效的螺旋桨动力。

带螺旋桨 **B** 的船只，其发动机的使用寿命应该比带螺旋桨 **A** 的发动机使用寿命更长，因为其发动机转速更低。

螺旋桨 A

上图中的红线是发动机制造商一般会提供的螺旋桨 **A** 的螺旋桨曲线，发动机功率达到最大时转速也达到最大。带螺旋桨 **A** 的船只，其发动机不会过载运行，因为发动机在达到最大转速时已受到调节器限制。

在以上的功率裕度情况下，发动机转速达到最大转速的 90%，功率达到最大标定功率的 70% 时可满足航行功率。

该螺旋桨曲线不经过最低燃料消耗率的区间。

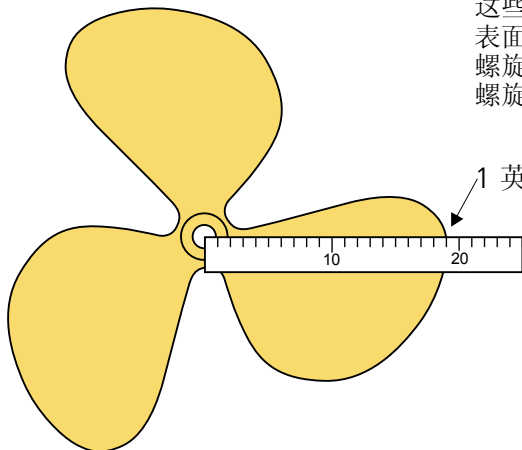
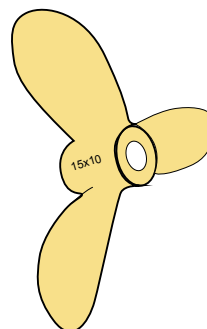
警告

如不对发动机转速加以限制，螺旋桨 **B** 将使发动机过载。在发动机转速达到最大转速的 85% 左右加以控制，可保护发动机免受损伤。

将螺旋桨放置在桌面上，平坦面（反面）向上。

螺旋桨的直径和桨距一般用英寸表示。

这些测量数据一般印在螺旋桨表面。在该例中，15×10 指的是：
螺旋桨直径 = 15 英寸
螺旋桨桨距 = 10 英寸



测量螺旋桨的直径

将标尺的边缘对准传动轴开口的中心，测量螺旋桨最宽的部位。

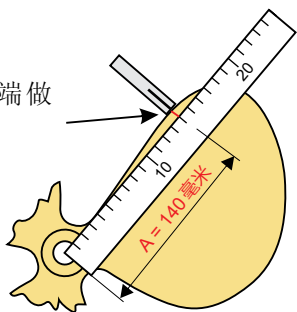
在该例中，半径 = 190 毫米

直径 = $2 \times 190 = 380$ 毫米

$$\frac{380}{25.4} = 15 \text{ 英寸}$$

使用英寸刻度，测量半径并乘以 2。

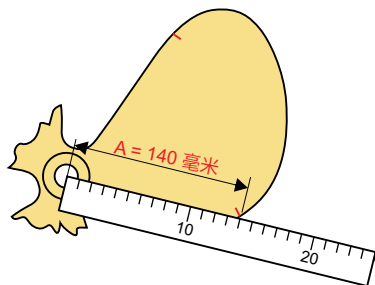
利用直角
在桨叶下端做
出准确的标记。



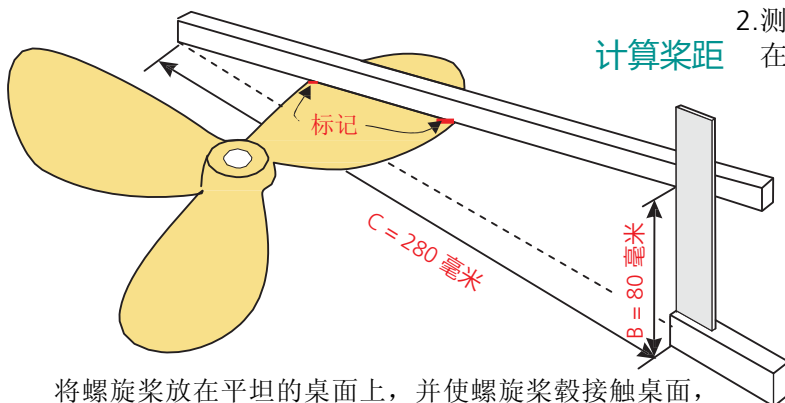
做标记测量桨距

螺旋桨的桨距表示的是假设螺旋桨在固体黄油中转动的情况下，旋转一圈向前的距离。

1. 将标尺的 0 刻度对准传动轴开口的中心。测量桨叶上大约最宽部分的距离。选择一个整数，在这一例子中为 140 毫米。用水彩笔在螺旋桨的边缘做上标记。
2. 测量同一桨叶的另一边缘，也在 140 毫米处做上标记。



计算桨距



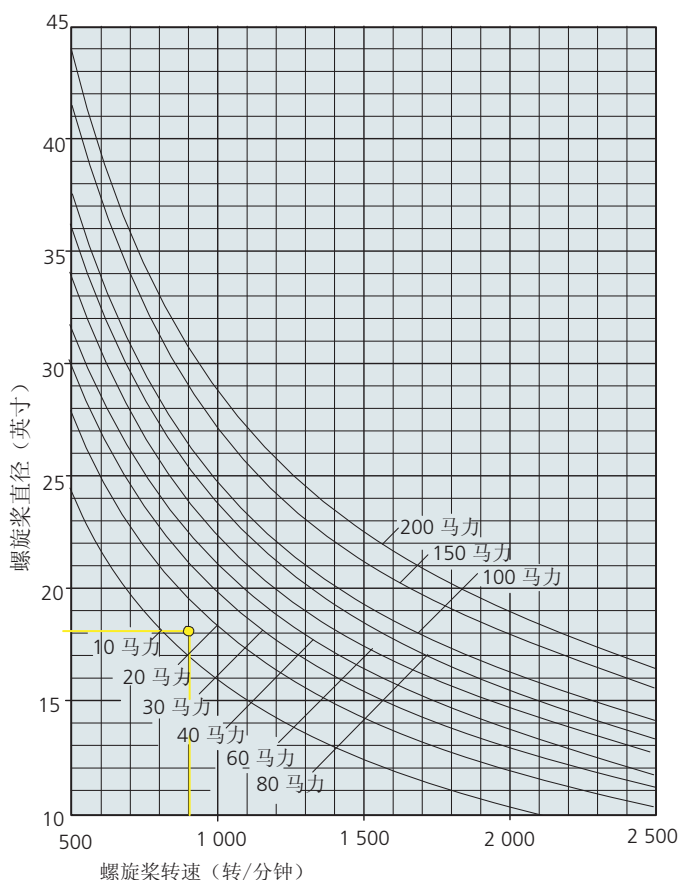
将螺旋桨放在平坦的桌面上，并使螺旋桨毂接触桌面，桨叶不得碰到桌面。将一条边缘笔直的木条沿着螺旋桨的两个标记摆放，木条的角接触桌面。用标尺在任何点与桌面形成一个直角，测量 B 和 C 的距离。计算桨距：

$$\text{桨距} = \frac{A \times B}{4 \times C} = \frac{140 \times 80}{4 \times 280} = 10 \text{ 英寸}$$

如 A, B 和 C 的距离都用英寸表示，桨距的计算公式为。

$$\text{桨距} = \frac{A \times B \times 6.3}{C}$$

说明：A, B 和 C 必须用毫米表示



本图可用于估算螺旋桨直径

在船舶设计的初始阶段。对螺旋桨直径进行估计可能有所帮助。左图可用于估计螺旋桨直径。

该图可显示螺旋桨在船尾所需的空间，该空间大小取决于决定螺旋桨转速的齿轮速比。

在随后的阶段，合理计算螺旋桨直径和桨距（见附录 6 和 7）至关重要。

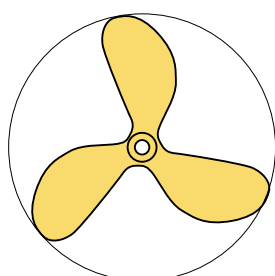
在该图中，以下面数字为例：

航行功率 = 13 马力

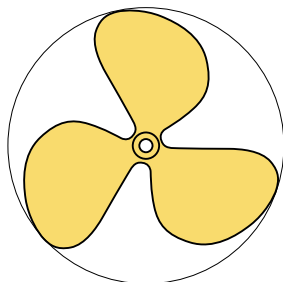
螺旋桨转速 = 900 转/分钟

1. 在本图底部找到 900 转/分钟的点。
2. 从该点垂直往上，直至与表示航行功率为 13 马力的曲线相交。
3. 从该交点出发，水平往左可找到螺旋桨直径 = 18 英寸。

螺旋桨转速较低 = 螺旋桨直径较大 = 燃料效率较高。



桨叶盘面比 = 0.30



桨叶盘面比 = 0.50

选择桨叶数量

航行速度低于 10 节的渔船所使用的大部分是三叶螺旋桨，这是最经济的方案。

四叶螺旋桨一般在以下状况使用：因螺旋桨造成船体振动问题；或用于拖网捕捞的船舶螺旋桨负载过高，可能造成气穴现象（桨叶叶尖的螺旋桨表面将受损）。

选择桨叶盘面比

桨叶盘面比是指：

$$\frac{\text{可见的桨叶面积}}{\text{与螺旋桨直径相同的圆面积}}$$

对于不用于拖网捕捞的船舶，桨叶盘面比在 0.30 到 0.50 之间。

拖网船的桨叶盘面比为 0.50 及以上，以避免气穴现象。

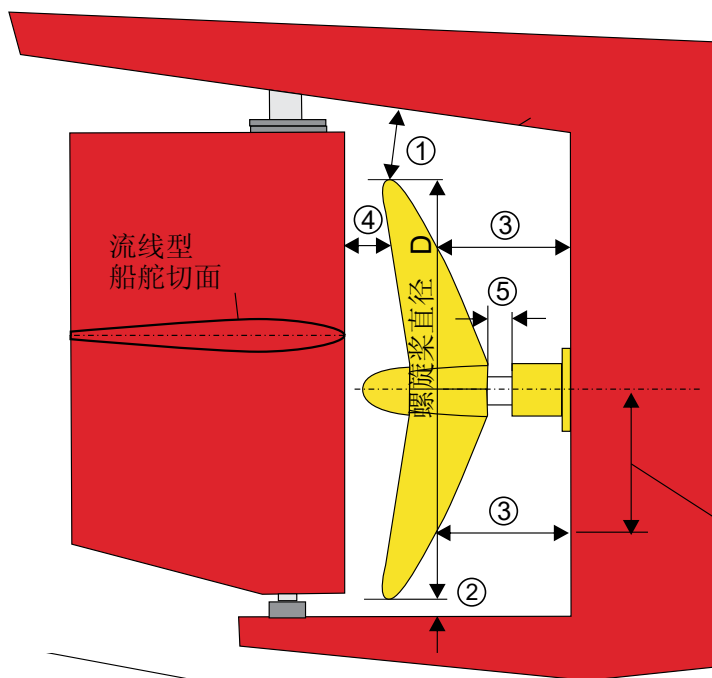
艏鳍的形状以及螺旋桨与艏鳍之间的空隙将影响螺旋桨的效率



该图片中的艏鳍形状将对螺旋桨产生强烈的干扰水流。螺旋桨与船体的间隙对于艏鳍和船体来说都太狭窄。艏鳍无导流罩。这些因素将导致螺旋桨效率低下。



船体和半轴隧之间存在一个尖锐的折角，将产生干扰水流影响螺旋桨。螺旋桨前部的艏鳍过宽。



螺旋桨与船体的最小间隙

D = 螺旋桨直径

① $0.17 \times D$

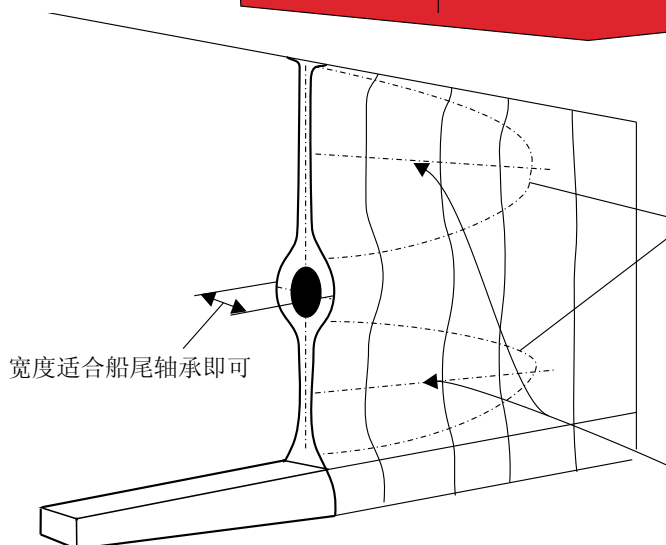
② $0.05 \times D$

③ $0.27 \times D$

④ $0.1 \times D$

⑤ 裸轴最大长度:
 $2 \times$ 传动轴直径

测量值
 $0.7 \times$ 螺旋桨半径



艏鳍的导流罩

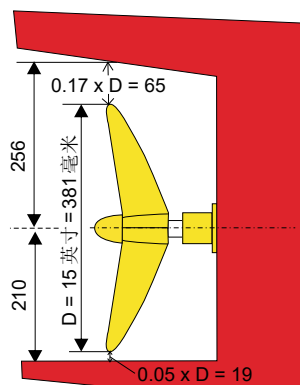
流向螺旋桨的水流应平稳无干扰水流。为达到这一目标，艏鳍应在传动轴线上上下下装设导流罩。

水平剖面

15°

最大角度

选择 1



鱼号三种可选螺旋桨尺寸的示例 (第 10 页) 表明了燃料节约量的变化程度

银鱼号吃水线长 8 米，航行排水量为 5 吨。

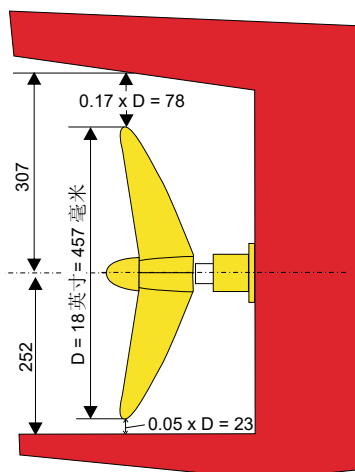
根据第 28 页的表 2，标定持续功率为 18 马力的发动机足以使该船在航行功率为 13 马力的情况下航速达到 6 节。选择转速为 3 000 转、持续功率为 18 马力的发动机。

附录 6 显示了三种螺旋桨选择的计算。这三种螺旋桨能提供相同的螺旋桨有效功率（6.1 马力）。这一功率可使船达到 6 节的航速。

有关螺旋桨 A 和 B 区别的解释见 30 页。

螺旋桨与船体的最小间隙参见 33 页内容。

选择 2



选择 1

齿轮减速比 = 2:1，螺旋桨 A 的

发动机功率 = 13 马力

发动机转速 = 2 700 转/分钟

螺旋桨转速 = 1 350 转/分钟

螺旋桨有效功率 = 6.1 马力

燃料节约 = 0

选择 2

齿轮减速比 = 3:1，螺旋桨 A 的

发动机功率 = 11.3 马力

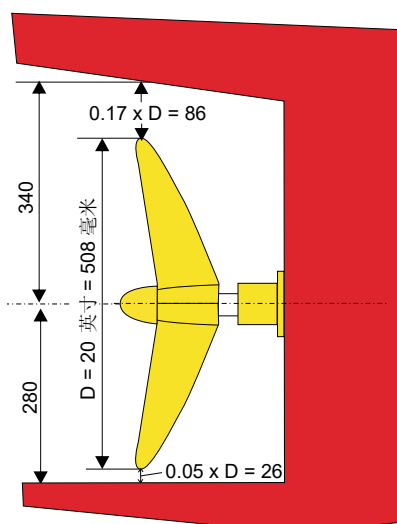
发动机转速 = 2 700 转/分钟

螺旋桨转速 = 900 转/分钟

螺旋桨有效功率 = 6.1 马力

$$\text{燃料节约} = \frac{(13 - 11.3) \times 100}{13} = 13\%$$

选择 3



选择 3

齿轮减速比 = 3:1，螺旋桨 B 的

发动机功率 = 10.9 马力

发动机转速 = 2 250 转/分钟

螺旋桨转速 = 750 转/分钟

螺旋桨有效功率 = 6.1 马力

$$\text{燃料节约} = \frac{(13 - 10.9) \times 100}{13} = 16\%$$

由于发动机在靠近低燃料消耗率的最佳区间内运转，燃料还可再节约 6%。

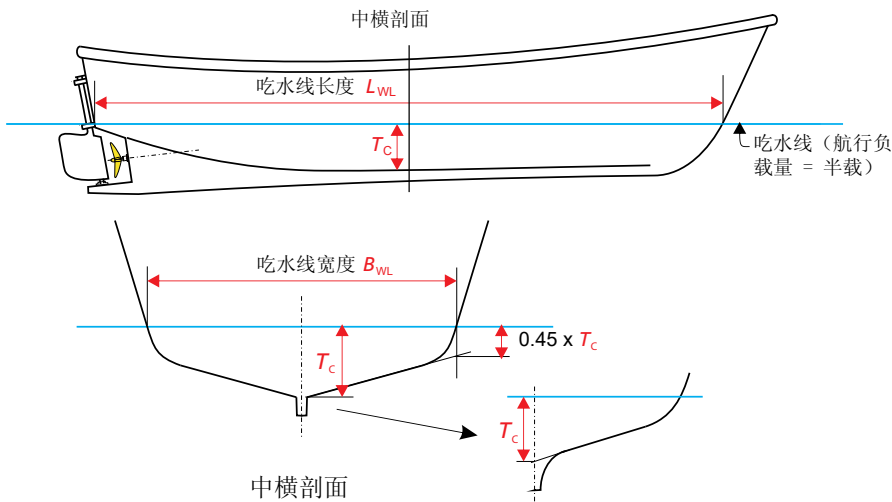
燃料共节约 = 22%

建造新船？

务必预留足够空间保证螺旋桨高效运转！

根据航行排水量，节能型渔船的功率和主要尺寸可以从下表选择。根据建造成本，通过增加吃水线长度，并且保持吃水线宽度和深度，可以进一步节能。

航行排水量 ½ 总负 载量 (吨)	传动轴标 定 功率 (马力)	航速 (节)	最大 航速 (节)	吃水线长 度 L_{wl}	吃水线宽 度 B_{wl}	吃水线 深度 T_c
				米 (英)	米 (英)	米 (英)
0.5	2	4.0	4.6	3.7 (12)	1.4 (4.6)	0.23 (0.7)
0.75	3	4.4	5.0	4.3 (14)	1.6 (5.2)	0.26 (0.9)
1	4	4.6	5.2	4.7 (15)	1.7 (5.6)	0.30 (1.0)
1.5	5	4.9	5.6	5.4 (18)	2.0 (6.4)	0.34 (1.1)
2	6	5.1	5.8	5.9 (19)	2.1 (6.9)	0.38 (1.3)
3	9	5.4	6.3	6.8 (22)	2.3 (7.7)	0.46 (1.5)
4	13	5.6	6.5	7.4 (24)	2.5 (8.3)	0.51 (1.7)
5	16	6.0	6.8	8.0 (26)	2.7 (8.8)	0.56 (1.8)
6	19	6.1	7.0	8.5 (28)	2.7 (9.0)	0.62 (2.0)
8	26	6.4	7.4	9.4 (31)	2.9 (9.6)	0.70 (2.3)
10	33	6.6	7.6	10.1 (33)	3.1 (10.2)	0.77 (2.5)
12	40	6.9	7.9	10.7 (35)	3.3 (10.8)	0.82 (2.7)
14	48	7.1	8.1	11.3 (37)	3.4 (11.2)	0.88 (2.9)
16	55	7.2	8.2	11.8 (39)	3.5 (11.5)	0.93 (3.0)
18	62	7.3	8.4	12.2 (40)	3.6 (11.8)	0.98 (3.2)
20	69	7.5	8.6	12.7 (42)	3.7 (12.0)	1.03 (3.4)
25	88	7.7	8.9	13.6 (45)	3.9 (12.8)	1.13 (3.7)
30	108	8.0	9.1	14.5 (48)	4.1 (13.4)	1.22 (4.0)
35	127	8.2	9.4	15.2 (50)	4.2 (13.9)	1.30 (4.3)
40	147	8.4	9.6	15.9 (52)	4.4 (14.5)	1.36 (4.5)
45	166	8.5	9.7	16.5 (54)	4.5 (14.9)	1.44 (4.7)
50	187	8.7	9.9	17.1 (56)	4.7 (15.4)	1.49 (4.9)



上表的数据基于以下假设:

$$\frac{L_{wl}}{\text{排水量}^{1/3}} = 4.75$$
$$\text{中横剖面系数: } C_M = 0.72$$
$$\text{棱形系数: } C_P = 0.58$$

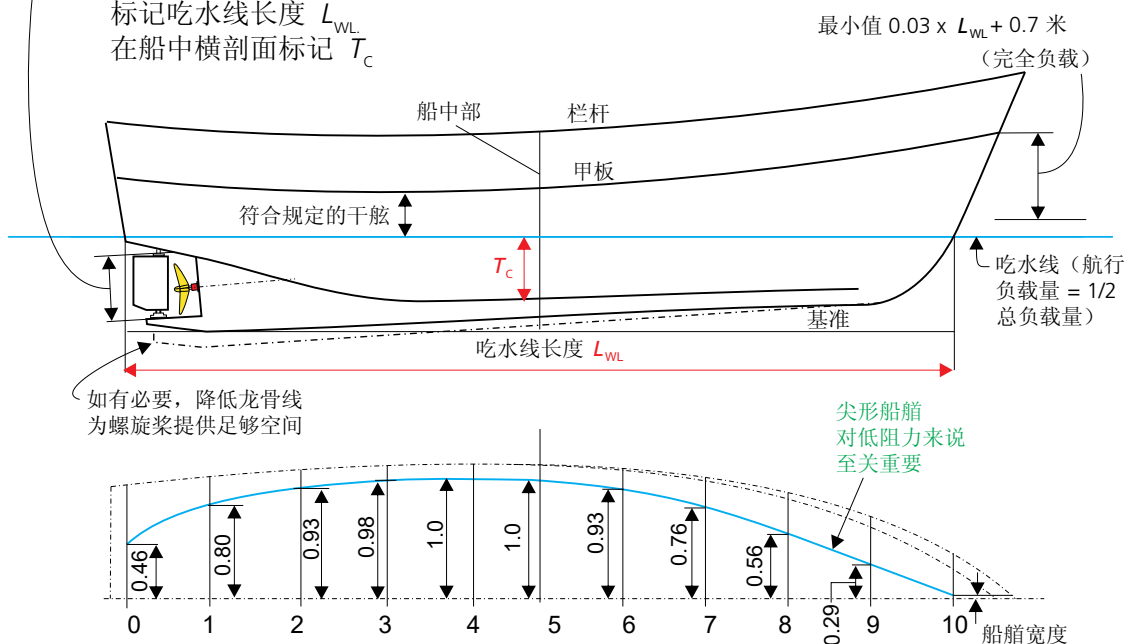
$$\frac{L_{wl}}{B_{wl}} = 2.7 - 3.4 \text{ (针对 } L_{wl} \leq 12 \text{ 米的船)}$$
$$= 3.4 - 3.7 \text{ (针对 } L_{wl} = 12 - 18 \text{ 米的船)}$$
$$T_c = \frac{2.4 \times \text{排水量}}{L_{wl} \times B_{wl}}$$

1. 计算螺旋桨的直径及所需空间。

见 32 和 33 页。决定使用螺旋桨 A（发动机转速为最大转速的 90%）还是更大更节能的螺旋桨 B（发动机转速为最大转速的 75%）。使用第 28 页表 2 的航行功率。依据变速箱的减速比计算螺旋桨转速。

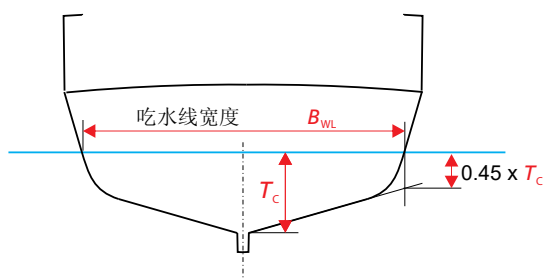
2. 画剖面图（甲板船）。

标记吃水线长度 L_{WL}
在船中横剖面标记 T_c

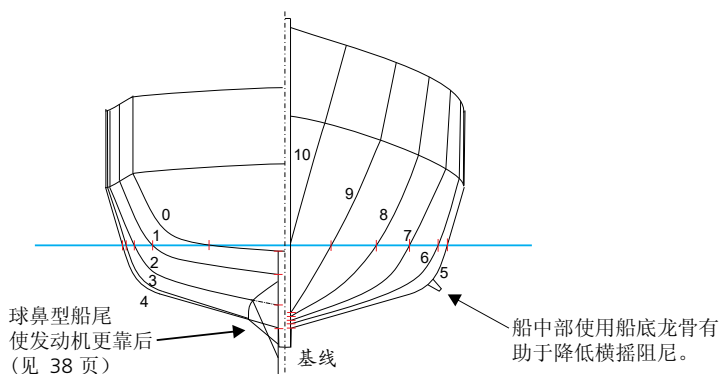


3. 画吃水线。

将吃水线的长度分为十个部分, 使用以上的系数乘以吃水线宽度 B_{WL} 的 1/2。这样可以获得一个尖形船艏, 有助于降低阻力。



中横剖面



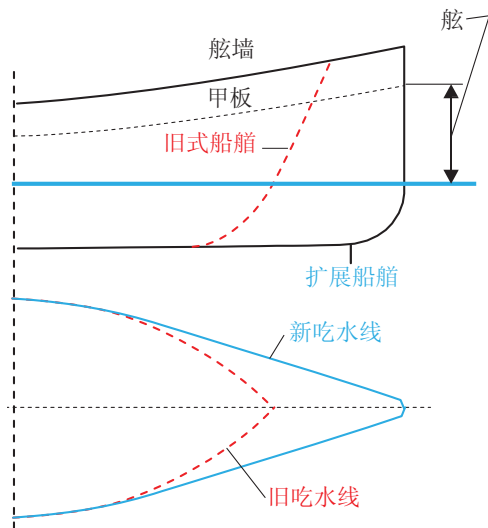
4. 画船中横剖面图 5。

标记吃水线宽度 B_{WL} 和 T_c
如图所示在 $0.45 \times T_c$ 处做标记, 并画上底线。

将边角修圆, 使船底呈圆形, 或将边角作为 V 型底船的舭缘线。V 型底船阻力更大, 但横摇阻尼较小。

5. 画出各剖面的草图并修正线条。

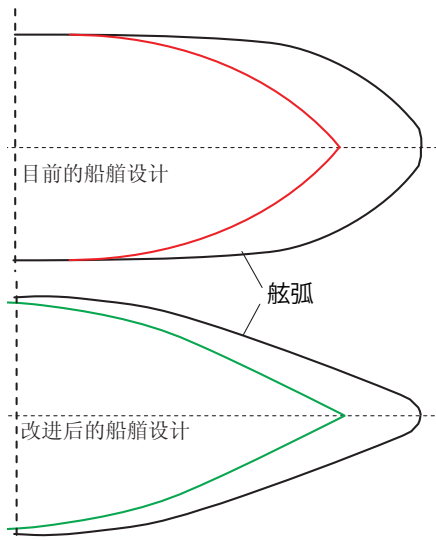
给各剖面的草图标注吃水线宽度和槽口高度。避免在船体前半部过分外扩, 因为过分外扩会降低船在逆浪航行时的速度。



尖形船艏对于降低燃料消耗至关重要

Oliefiskprosjektet 项目 (Nordforsk, 1984) 发现, 如左图所示通过扩展船艏, 可以节约 15% 至 25% 的燃料, 因船速而异。船速越大, 节约量越多。多项试验也表明, 新式扩展船艏能更适应波浪。旧式钝形船艏遇到波浪时, 会向前方及两侧抛溅水花, 后者随后被风吹打回船上, 继而打湿船面。

新式船艏更利于穿过波浪, 不会掀起大的船艏波。但配置了狭长的船艏后, 必须在前甲板加装高干舷, 最低高度 = $0.03 \times \text{满载吃水线长度} + 0.7$ 米。

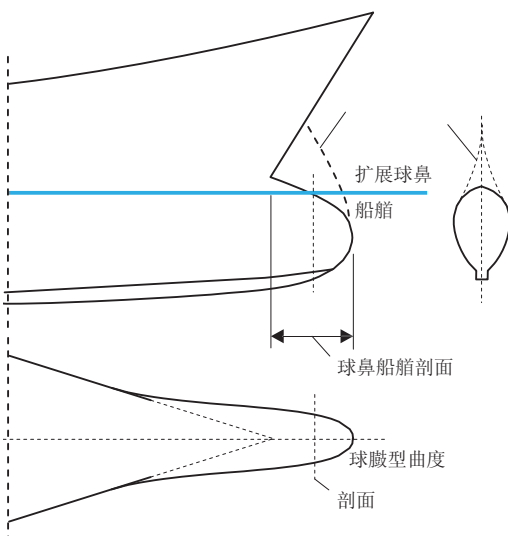


Calisal 和 McGreer (1993) 在加拿大不列颠哥伦比亚省开展了一项渔船阻力研究, 该地区渔船的船宽与相同长度的渔船相比更宽。

左侧两幅图分别展示了目前的船艏设计和改动后有利于减少阻力的设计。

船艏的尖形设计对于减少阻力十分必要。尖形设计不仅应该用于吃水线, 还应一直延伸至舷弧。

其他减少阻力的设计改进包括将单艏改为双艏。

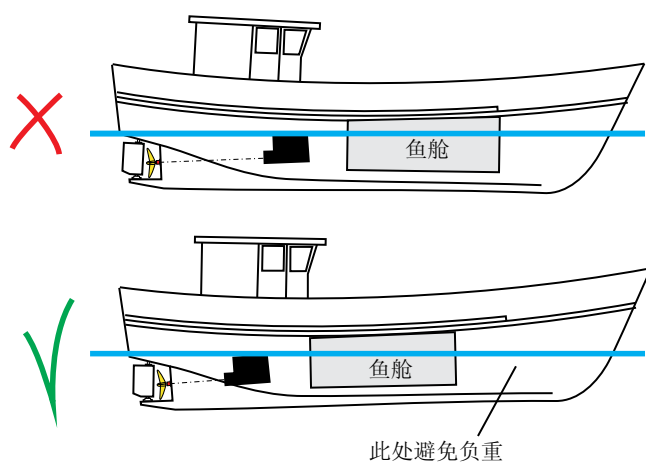


精确设计的球鼻船艏可减少阻力

前置球鼻船艏可以减少 5-10% 的阻力, 但必须精心设计才能达到预期效果。

此类船艏适用于船身长度超过 12 米的玻璃钢、钢质和铝质渔船, 航行速度如第 28 页表 2 所示。木制渔船也可以取得同样效果, 只需如上所示对船艏进行加长和削尖处理。

通常, 球鼻船艏能够缓解渔船在波浪中的纵摇现象, 从而提高了螺旋桨效率。

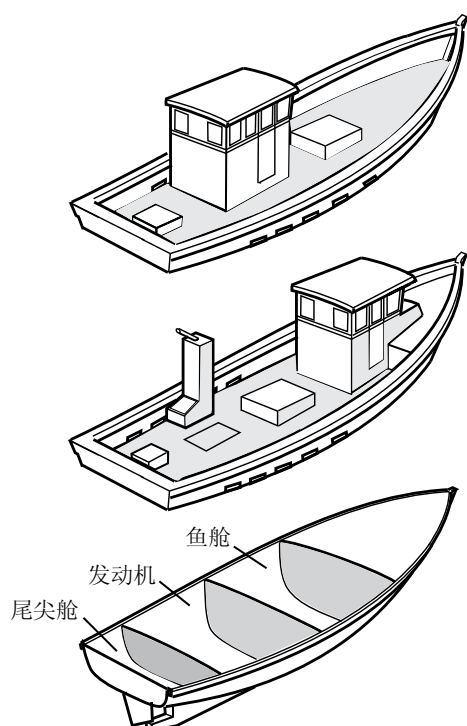
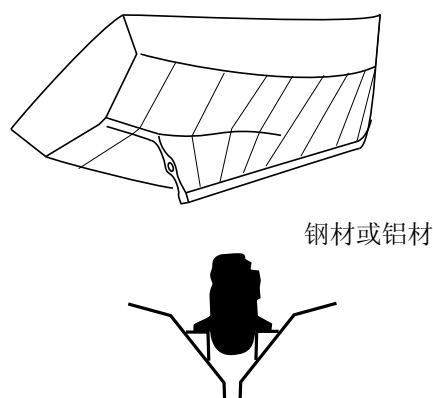
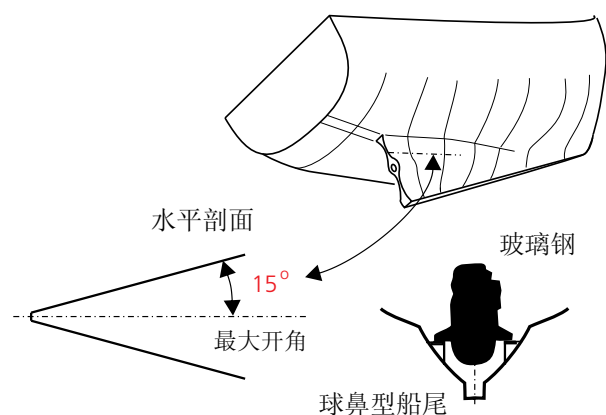


球鼻船艏在搁浅或碰撞后容易损坏，所以应通过水密隔板与船体其它部分隔开。

鱼舱位置

受制于传统的船尾造型，发动机的位置决定了鱼舱的放置太过靠前。尖形船艏对于降低发动机功率是必要的，但前置鱼舱会使渔船出现前倾的现象，继而增加了阻力，在恶劣的天气状况下更可能由于难以操纵和干舷高度不够而发生危险。

为了尽量后置鱼舱，必须将发动机进一步靠后。这可以通过改装船尾实现。



驾驶舱位置的前置或后置

如果发动机位置后移，驾驶舱可设于甲板后侧或前侧。

驾驶舱若设于前侧，进入机舱需要经过立有围板的舱口，它通常位于左舷。可从一个用螺栓固定的水密舱口拆卸发动机，舱口与甲板处于同一水平面。



以排水航行速度的一半航行时，带舷外支架的小艇和多体船能耗小于单体船

在斯里兰卡，最常见的渔船如左图所示，船长 5.8 米 (19 英尺)。船体为玻璃钢材质。最初，此类渔船采用 6 马力煤油外挂机，后来功率增加至 8-12 马力，目前甚至高达 25 马力。孟加拉湾项目实施期间曾开展过多项试验，比较船长 8 米(26英尺)、经现代化改良的传统单舷支架小艇与 5.8 米玻璃钢渔船的性能，两者均配置同款发动机，载重同为 400 公斤 5.8 米长的渔船航行速度超过了排水航行速度，而船体更长更窄的舷外支架小艇节约了 25 至 28% 的燃料。这艘舷外支架小艇也采用过 8 马力柴油发动机试验，每海里耗油量进一步降至 0.20 升，与 5.8米长的渔船相比节约了 54% 的燃料消耗。

渔船类型	最高速度 外挂机		每海里航程的耗油量	
	8 马力	12 马力	8 马力	12 马力
5.8 米长的渔船	6.3 节	7.3 节	0.54	0.75
8.0 米长的舷外支架小艇	9.4 节	11.5 节	0.40	0.56

8 马力和 12 马力发动机舷外支架小艇的燃料节约率分别为 28% 和 25%



粮农组织为基里巴斯设计了 KIR-4 单舷支架小艇。该船长 7.2 米 (24 英尺)，装有 9.9 马力的外挂机，试航速度 11 节，可载三个人和渔具。耗油量是 0.57 升/海里。这种渔船可用于拖钓金枪鱼、手钓礁盘鱼类。



粮农组织为印度尼西亚设计 了INS-2 双舷支架小艇。该船长 8 米 (26 英尺)，装有 4.5 马力的舷内柴油发动机，试航速度7节，可载两个人加 150 千克物资。耗油量是 0.15 升/海里。INS-3 与其相似，船身长度 9.7 米 (32 英尺)，装有 6.5 马力的柴油发动机。



粮农组织为西萨摩亚设计了船身长 8.9 米 (29 英尺) 的双体船 (Alia) 拖钓金枪鱼要求渔船保持半滑行速度。该船装有 25 马力的外挂机，试航速度 13 节，可载四个人和渔具。已经用铝材建造出上百条这种类型的船。这种渔船主要用于曳绳钓、垂直式延绳钓金枪鱼以及捕捞底层鱼类鲷鱼和石斑鱼等。若用 40 马力的发动机，试航速度可增至 16 节，但是每海里油耗增加 50%，由 0.92 升/海里增至 1.4 升/海里。

优先重点 可持续渔业管理计划

过度捕捞导致耗费更长时间和更多燃料，却捕获更少的鱼。
政府必须制定管理计划，并与渔民合作，保护渔业资源，造福子孙后代。

政府可提供激励措施，鼓励替代燃料效率较低的发动机

许多国家的渔民可获得燃料补贴。毫无疑问，取消补贴将会减少燃料消耗，但是这需要循序渐进，确保渔民能够适应。应采取激励措施鼓励使用节能技术。二冲程外挂机的燃料效率极低。相比燃料补贴，如果政府能够先开展试点项目试验安装舷内柴油发动机等替代性办法的可行性，然后采取激励措施，鼓励使用柴油发动机取代二冲程外挂机，效果会更好。

政府可成立节能小组，推广使用燃料表和拖网张力计

应在渔业部门内设节能小组，该小组成员必须熟悉掌握相关节能方法，尤其是本手册中提及的方法。该小组应配备先进的燃料消耗测量仪，在渔船上为渔民演示该仪器在追踪渔船耗油量方面的用处，追踪结果显示在船舱监测器上。最有效的办法莫过于渔民自己看到降低发动机功率对于节能的潜在作用。该小组还应配有拖网张力计，用于测量作用在拖网纲绳上的拉力。在新西兰 (Billington, 1988)。渔民对于安装这些测量仪做出了积极的反应。许多渔民惊奇地发现改变发动机转速后燃油表的变化。之后，他们改变了航行速度或拖网方式。许多渔民已经在船上安装了燃料消耗测量仪。节能量最高已达 30%。

政府可确保经证明有效的节能技术获得大规模推广

粮农组织在向发展中国家展示燃料效率高的渔船和发动机方面有丰富的经验。然而，在很多情况下，在示范展示之后，许多国家并未采取后续行动。

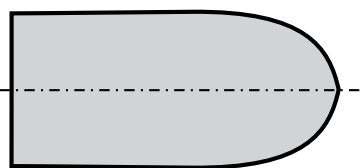
为了顺利推广燃料效率高的技术，必须有一定的推动力以取得实效。在示范展示之后，经过验证的技术应在更大范围内、通过周密组织、资金充足的专门项目进行推广。

新技术要经过全面的试行阶段才可以进行推广。

注意：限定渔船长度的规章和条例会导致出现 船型反常且燃料消耗大的船只

考虑到安全法规或者某些渔业资源的捕捞限制，许多国家对渔船的总长度作出了限定。结果，渔民为了尽量增加船上总容积，在保持船身长度不变的情况下，增加船舶的宽度和深度。结果出现了许多如左图所示的目前在挪威建造的又短又宽的船。这种船耗油量极大，而且在海上有风浪时表现欠佳。

船只尺寸应以立方数（CUNO）或者基于立方数的总吨位数为最佳标准。船主就可以从燃料经济性的角度出发，自己决定船的长度和宽度。



- Amble, A.** 1985. Sail-assisted performance of a 33 foot fishing vessel. Results of full scale trials. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aero Dynamics*, 19: 149–156. The Netherlands.
- Arason, S.** 2002. Presentation at Nordisk LCA-nettverk. Icelandic Fisheries Laboratories. Iceland.
- Billington, G.** 1988. *Fuel use control in the fishing industry*. Paper presented at the World Symposium on Fishing Gear and Fishing Vessel Design. Marine Institute, St John's, Newfoundland, Canada.
- Calisal, S.M. & McGreer, D.** 1993. A resistance study on a systematic series of low L/B vessels. *Marine Technology*, 30(4): 286 – 296.
- FAO.** 1999. *Fuel and financial savings for operators of small fishing vessels*. FAO Fisheries Technical Paper No. 383. Rome, FAO.
- FAO & SIDA.** 1986. *Reducing the fuel cost of small fishing boats*. Bay of Bengal Programme. BOBP/ WP/27.
- Gulbrandsen, O. & Ravikumar, R.** 1998. *Engine installation in small beachlanding craft*. Nor-Fishing Technology Conference. Norway.
- Hannesson, R.** 2008. Sustainability of fisheries. *Electronic Journal of Sustainable Development*, 1(2).
- ISO.** 1994. 8665:1994. Small craft. Marine propulsion engines and systems. Power measurements and declarations. International Organization for Standardization.
- Larsson, L. & Eliasson, R.** 1994. *Principles of yacht design*. London, Adlard Coles Nautical.
- Mithraratne, N., Vale, B. & Vale, R.** 2007. *Sustainable living: The role of the whole life costs and values*. Oxford, UK, Elsevier. 211 pp.
- Nordforsk.** 1984. *Oliefiskprosjektet*. Nordic Cooperative Organization for Applied Research. Denmark.
- Palmer, C.** 1990. Rig and hull performance. *Wooden Boat Magazine*, 92: 76–89. USA.
- Tyedemers, P.** 2004. Fisheries and energy use. *Encyclopedia of Energy*, 2. The Netherlands, Elsevier.
- Villiers, A.** 1962. *Of ships and men*. London, Newnes.
- Winther, U. Ziegler, F., Skontorp Hognes, E., Emanuelsson, A., Sund, V. & Ellingsen, H.** 2009. *Carbon footprint and energy use of Norwegian seafood products*. SINTEF Fisheries and Aquaculture. Norway.

关于节能的更多参考文献可参见以下出版物：

- Donat, H.** 1979. *Practical points on boat engines*. Nautical Publishing Co. Ltd.
- Ellingsen, H. & Lønseth, Moten.** 2005. *Energireduserende tiltak innen norsk fiskeri*. SINTEF Fiskeri og havbruk. Norway. (Available at www.fiskerifond.no/files/projects/attach/331013.pdf)
- Endal, A.** 1988. *Energy fishing – challenge and opportunities*. Paper presented at the World Symposium on Fishing Gear and Fishing Vessel Design. Marine Institute, St John's, Newfoundland, Canada.
- Gulbrandsen, O. & Savins, M.** 1987. *Artisanal fishing craft of the Pacific Islands*. FAO/UNDP Regional Fishery Support Programme. Document 89/4. Fiji. 36 pp.
- MacAlister Elliott & Partners Ltd.** 1988. *Sails as an aid to fishing*. UK, Overseas Development Administration.
- Schau, E.M., Ellingsen, H., Endal, A. & Aanondesen, S. A.** 2009. Energy consumption in the Norwegian Fisheries. *Journal of Cleaner Production*, 17: 325–334. The Netherlands, Elsevier.
- Vos-Efting, S.** et al. 2006. *A life cycle based eco design consideration for the Rainbow Runner*. HISWA Symposium. The Netherlands.
- White, G.** 1959. *Propeller determination. Problems in Small Boat Design*. USA, Sheridan House.
- Woodward, J., Beck, R.F., Scher, R. & Cary, C.** 1975. *Feasibility of Sailing Ships for the American Merchant Marine*. Department of Naval Architecture and Marine Engineering. Report No. 168. Ann Arbor, Michigan, USA, University of Michigan Press.

下列会议的记录含大量有关渔船操作者使用能源和节能的信息：

- Fishing Industry Energy Conference.** 1981. Sponsored by The National Marine Fisheries Service and The Society of Naval Architects and Marine Engineers. Seattle, Washington, USA.
- Innov'sail.** 2008. International Conference on Innovation in High Performance Sailing Yachts. Royal Institution of Naval Architects. London, UK.
- International Conference on Sail-assisted Commercial Fishing Vessels: Proceedings.** 1983. Florida Sea Grant College, USA.
- Symposium on Wind Propulsion of Commercial Ships.** 1980. Royal Institution of Naval Architects. London, UK.
- World Symposium on Fishing Gear and Fishing Vessel Design.** 1988. Marine Institute, St. John's, Newfoundland, Canada.

通过计算一艘渔船在其使用寿命内所消耗的能源，可知在渔船建造和使用中选择不同材料的相对重要性

根据铺板木船和单板玻璃钢船的船体重量计算出建造一艘渔船所需的能量，如附录 5 中一艘长度为 9 米、体积为 24 立方米的船只所示（银鱼号，第 10 页）。建造材料所含的能量以焦耳 (J)，兆焦耳 (MJ) 或千兆焦耳 (GJ) 这些国际能量单位表示 (Mithraratne, Vale, Vale 2007 年)。

然后，焦耳数被转换成具有同等能量的柴油量：

1 升柴油 = 36.4 兆焦耳 = 10.1 千瓦时。

示例：

1. 建造一艘渔船所需的能量

详细分析建造一艘木船和玻璃钢船所需的材料、发动机和设备所含的能量和重量后，可得出如下结果：

玻璃钢船所含的能量是木船的三倍，但玻璃钢船的航行排水量比木船少 0.9 吨。

生产柴油发动机需要消耗能量，但部分能量可在发动机报废后可再次得到回收。

	木船	玻璃钢船
船只的重量（空船）	3.1 吨	2.2 吨
航行负载量	2.0 吨	2.0 吨
航行排水量	5.1 吨	4.2 吨
建造材料、发动机和设备所含的能量 等量的柴油	35 千兆焦耳 900 升	100 千兆焦耳 2 800 升

2. 捕鱼作业期间所需的能源

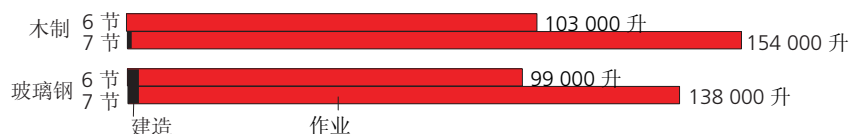
在本附录的使用期限能量分析所示的例子中，渔民驾驶木船和玻璃钢船在离岸 20 海里的位置进行流网捕捞作业。每艘船以 4 海里/时的速度航行，进行 3 小时的放网和拉网作业，所消耗的燃料量为 6 升。渔获放于冰块上保存，每航次使用的冰块重达 500 千克。冰块以 50 千瓦时/吨的电力制成。所用能量可等量转换为 3 升柴油。

作业	每航次消耗的柴油			
	6 节		7 节	
	木质	玻璃钢	木质	玻璃钢
航行 40 海里	25	23	42	36
捕捞	6	6	6	6
使用冰块保存渔获	3	3	3	3
每航次使用的柴油总量（升）	34	32	51	45

维修渔船需要消耗一些能量，如涂刷防污涂料，更换刺网以及在渔船使用寿命结束后拆卸渔船，但与燃料消耗所使用的能量相比，这些活动消耗的能量含量几乎可以忽略不计。

3. 使用期限内所需的能源总量 (所耗柴油燃料的总升数)

假设每艘渔船的使用寿命为 15 年，且每年进行 200 航次的作业，其所需的能源量如下：



- **航速非常重要。**根据上文的例子，若航速从 7 节降至 6 节，则所需的能源总量将降低约 30% (被动性渔具)。
- 建造渔船所采用的不同材料所需的能源总量并不产生重要影响。
- 在这个例子中，若渔船以 6 节的经济速度行驶，则使用诸如玻璃钢、铝和胶合板等重量轻的船体材料可以减少 4% 的能源消耗量。

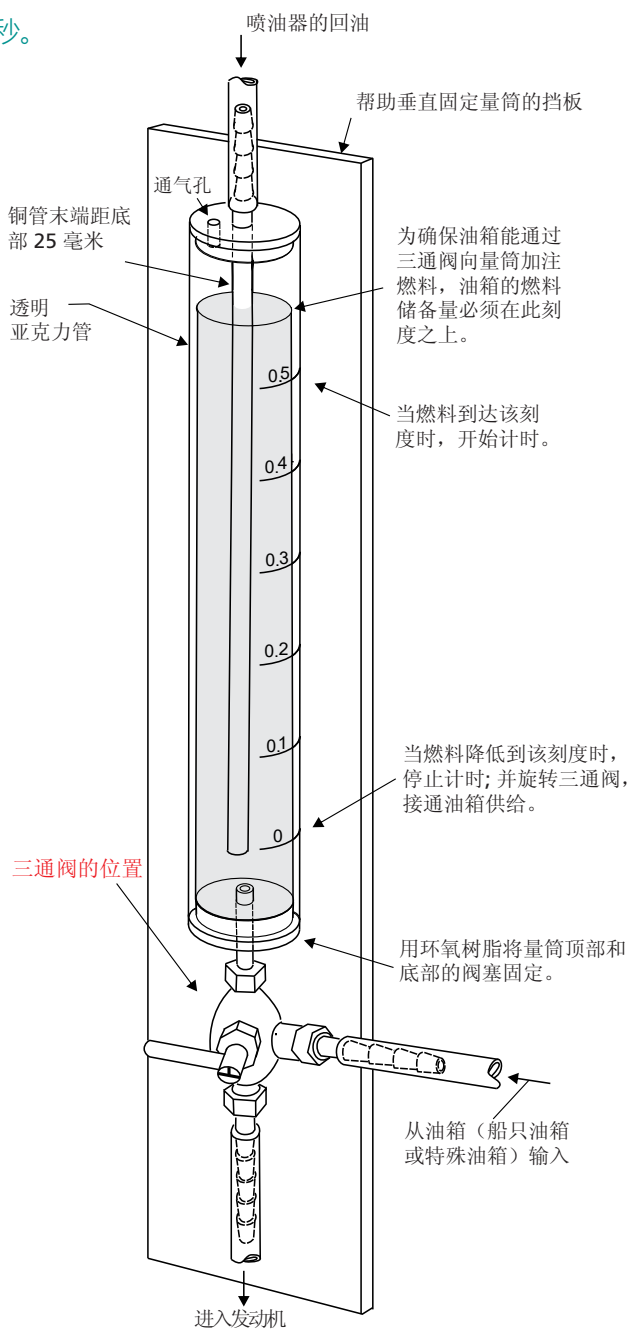
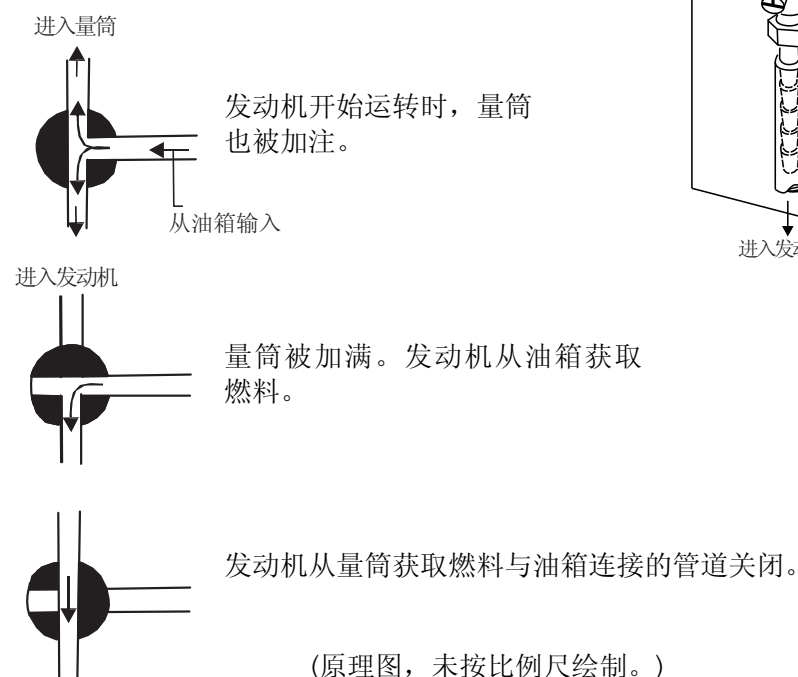
示例: 消耗 0.5 升燃料所需的时间 = 186 秒。
速度 = 7.8 节

$$\text{燃料消耗} \\ \text{升/时} = \frac{0.5 \times 3600}{186} = 9.7 \\ \text{升/海里} = \frac{9.7}{7.8} = 1.24$$

管道的直径与长度应与发动机功率相匹配。示例: 如果发动机功率不超过 50 马力, 使用直径为 40 毫米、长度为 0.6 米, 也就是足够 0.5 升燃料的管道。

为标记排量, 首先将水倒入量筒, 没过排气管 30 毫米。

做好标记。再将回油管放入量筒内。小心用量杯量取 0.5 升燃料。将其倒入量筒中, 并在液面最高处做标记。将注入的燃料进行等分, 如图所示, 每 0.1 升一个刻度标线。在测量 30-50 马力的发动机的燃耗时, 需使用足量的 0.5 升燃料进行测试。测量功率略低的发动机的燃耗, 可酌情量取 0.1-0.4 升的燃料进行测试。根据发动机功率调整使用的燃料量, 确保测量时间超过两分钟。



船只：银鱼号

总长度	9.0 米
吃水线长度	8.0 米
航行排水量（如果已知）	5 吨
持续运行时发动机的标定功率（马力）	31 马力
持续运行时发动机的最高转速	3 000 转/分钟

		最大值	0.9 x 最大值 转/分钟	0.8 x 最大值 转/分钟	0.7 x 最大值 转/分钟
①	最大传动轴功率（马力）	29			
②	发动机转速（转/分钟）	3 000	2 700	2 400	2 100
③	航速（节）	7.1	6.7	6.2	5.5
④	传动轴功率比	1.0	0.73	0.51	0.34
⑤	传动轴功率 ①x④（马力）	29	21	15	10
⑥	耗油量 ⑤x 0.25（升/时）	7.3	5.3	3.8	2.5
⑦	每海里航程的耗油量 ⑥/③（升/海里）	1.03	0.79	0.61	0.45
⑧	渔船往返渔场的航行距离（海里）	40	40	40	40
⑨	每航次的耗油量 ⑦x⑧（升）	41	32	24	18
⑩	每航次捕鱼时的耗油量（升）	6	6	6	6
⑪	每航次的总耗油量 ⑨+⑩（升）	47	38	30	24
⑫	燃料节约量 ⑪最大值 - ⑪减少后的耗油量（升）	0	9	17	23
⑬	每航次的航行时间 ⑧/③（时）	5.6	6.0	6.5	7.3
⑭	每航次的捕鱼时间（时）	12	12	12	12
⑮	每航次的总时间 ⑬+⑭	17.6	18	18.5	19.3
⑯	每航次额外航行的时间 ⑮-⑮最大值（时）	0	0.4	0.9	1.7
⑰	每年航次数量	200	200	200	200
⑱	每年燃料节约量 ⑫x⑰（升）	0	1 800	3 400	4 600

船只:

总长度	
吃水线长度	
航行排水量(如果已知)	
持续运行时发动机的标定功率(马力)	
持续运行时发动机的最高转速	

		最大值	0.9 x 最大值 转/分钟	0.8 x 最大值 转/分钟	0.7 x 最大值 转/分钟
①	最大传动轴功率 (马力)				
②	发动机转速 (转/分钟)				
③	航速 (节)				
④	传动轴功率比	1.0	0.73	0.51	0.34
⑤	传动轴功率 ①x④ (马力)				
⑥	耗油量 ⑤x 0.25 (升/时)				
⑦	每海里航程的耗油量 ⑥/③ (升/海里)				
⑧	渔船往返渔场的航行距离 (海里)				
⑨	每航次的耗油量 ⑦x⑧ (升)				
⑩	每航次捕鱼时的耗油量 (升)				
⑪	每航次的总耗油量 ⑨+⑩ (升)				
⑫	燃料节约量 ⑪最大值 - ⑪减少后的耗油量 (升)				
⑬	每航次的航行时间 ⑧/③ (时)				
⑭	每航次的捕鱼时间 (时)				
⑮	每航次的总时间 ⑬+⑭				
⑯	每航次额外航行的时间 ⑮-⑮ 最大值 (时)				
⑰	每年航次数量				
⑱	每年燃料节约量 ⑫x⑰ (升)				

示例: 比较加纳独木舟所使用的外挂机与柴油发动机的成本。

说明: 本分析报告相对简单, 仅反映每年的总费用。净现值分析报告更为准确, 但更为复杂。

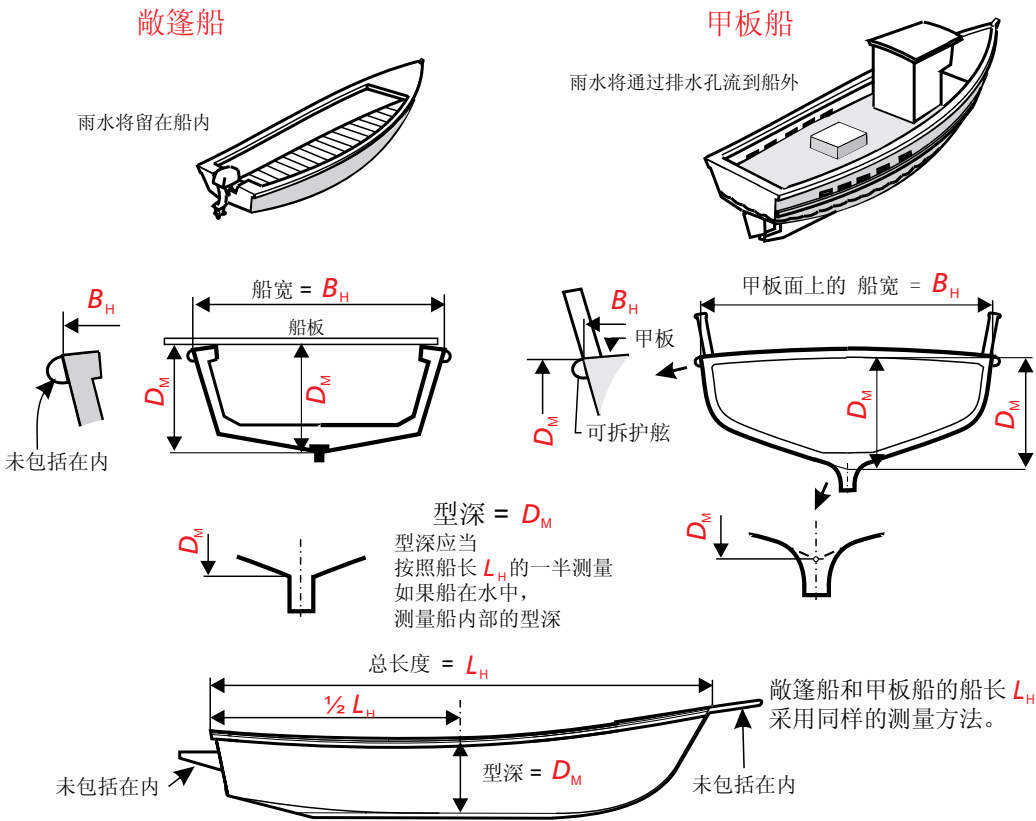
		外挂机 35 马力	柴油发动机 23 马力
①	安装费用 (美元)	5 000	9 000
②	使用寿命 (年)	3	6
③	年折旧额 ① / ② (美元)	1 666	1 500
④	资本利息 (利率为 15 %) (美元)	750	1 350
⑤	年资本成本 ③ + ④ (美元)	2 420	2 850
⑥	年维修额 0.1 x ① (美元)	500	900
⑦	每航次发动机的运行时间 (小时)	4	4
⑧	每小时耗油量 (升)	8	3
⑨	每航次消耗的燃料量 ⑦ + ⑧ (升)	32	12
⑩	每升燃料的成本 (美元)	0.80	0.80
⑪	单次行程的燃料成本 ⑨ x ⑩ (美元)	25.60	9.60
⑫	年单次行程数	200	200
⑬	单次行程的燃料成本 ⑪ x ⑫ (美元)	5 120	1 920
⑭	年度总成本 ⑤ + ⑥ + ⑬ (美元)	8 040	5 670

计算表

说明: 本分析报告相对简单, 仅反映每年的总费用。净现值分析报告更为准确, 但更为复杂。

①	安装费用		
②	使用寿命 (年)		
③	年折旧额 ① / ②		
④	资本利息 %		
⑤	年资本成本 ③ + ④		
⑥	年维修额 0.1 x ①		
⑦	每航次发动机的运行时间 (小时)		
⑧	每小时耗油量 (升)		
⑨	每航次消耗的燃料量 ⑦ x ⑧ (升)		
⑩	每升燃料的成本		
⑪	单次行程的燃料成本 ⑨ x ⑩		
⑫	年单次行程数		
⑬	单次行程的燃料成本 ⑪ x ⑫		
⑭	年度总成本 ⑤ + ⑥ + ⑬		

重量 = 排水量
1 吨 = 1000 千克 = 1 吨排水量
空船重量的估算值可以用 **立方数 (CUNO)** 表示。
CUNO = 立方数 = 总长 × 船宽 × 型深 = $L_H \times B_H \times D_M$



包括发动机和设备在内的船的估算重量
空船 = 无负载量

重量 = $k \times \text{CUNO (吨)}$ 1 吨 = 1 000 千克

敞篷船		
	木制	玻璃钢
k	0.08	0.06
立方数 CUNO (立方米)	空船 无负载量 (吨)	空船 无负载量 (吨)
4	0.3	0.2
6	0.5	0.4
8	0.6	0.5
10	0.8	0.6
15	1.2	0.9
20	1.6	1.2
25	2.0	1.5
30	2.4	1.8
35	2.8	2.1
40	3.2	2.4

甲板船			
	木制	玻璃钢	钢材
k	0.13	0.09	0.16
立方数 CUNO (立方米)	空船 无负载量 (吨)	空船 无负载量 (吨)	空船 无负载量 (吨)
20	2.6	1.8	3.2
25	3.3	2.3	4.0
30	3.9	2.7	4.8
40	5.2	3.6	6.4
50	6.5	4.5	8.0
60	7.8	5.4	9.6
70	9	6.3	11
80	10	7	13
100	13	9	16
120	16	11	19
140	18	13	22
160	21	14	26
180	23	16	29
200	26	18	32

航行排水量是渔船在平均负载时的重量。平均负载量一般根据以下条件计算：船员和渔具的重量，燃料箱和水箱半满，鱼舱装满一半渔获。

计算使用的单位是千克，总数需要转换为吨 (1 000 千克)。

测量而得的渔船 $CUNO = L_H \times B_H \times D_M =$ _____ 立方米

A. 空船排水量 = 无负载量的船 (千克)

使用 CUNO 计算公式及第 49 页上的表格估算空船的排水量

空船排水量 (无负载量) = _____ 千克

+ B. 船员的重量

船员的人数 $\times 80 =$ _____ $\times 80 =$ _____ 千克

+ C. 渔具的重量

必须估算渔具的重量。

请注意如果渔网浸水，其重量将会上升。

= _____ 千克

+ D. 淡水重量 (1 升 = 1 千克)

淡水水箱二分之一的容量 (立方米) $\times 1\,000 =$ _____ 立方米 $\times 1\,000 =$ _____ 千克

+ E. 燃料重量 (1 升 = 0.8 千克)

燃料箱二分之一的容量 (立方米) $\times 800 =$ _____ 立方米 $\times 800 =$ _____ 千克

+ F. 渔获与冰块的重量

鱼舱内部容量: $V_H =$ _____ 立方米

应当准确计算鱼舱或者鱼箱的内部容量。如果鱼舱容量未知，可采用以下公式估算甲板船鱼舱的最大容量: $V_H = 0.15 \times CUNO =$ _____ 立方米

$\frac{1}{2} V \times$ 重量 (千克/立方米, 数据来自下表) = _____ 立方米 \times _____ 千克/立方米 = _____ 千克

鱼舱每立方米的重量 (千克)

	鱼品	冰块	鱼品和冰块
散装沙丁鱼和鲱鱼	800		
散装鱼	700		
散装冷冻金枪鱼	600		
冷海水鱼品	700	200	900
鱼品和冰块, 1:1, 散装	350	350	700
鱼品和冰块, 1:1, 货架	250	250	500
鱼品和冰块, 1:1, 装箱	250	250	500
碎冰块		650	

+ G. 杂物重量

压舱物 = _____ 千克

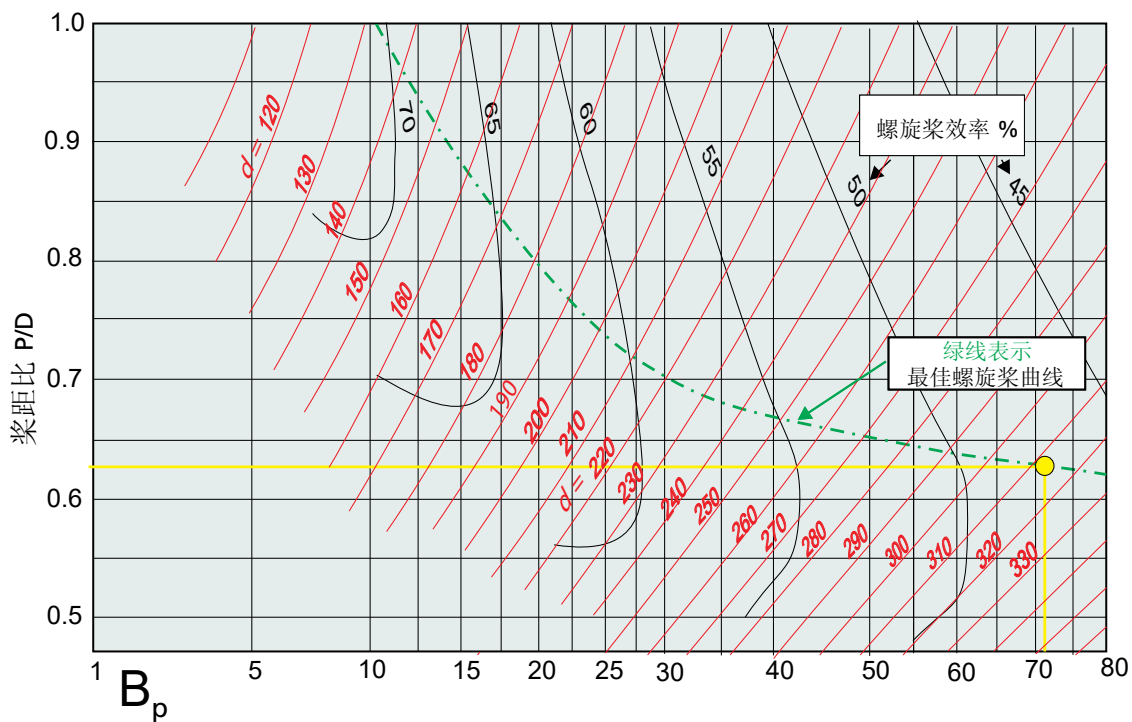
其他重型设备 = _____ 千克

= 航行排水量

总计 = _____ 千克

航行排水量 = $\frac{\text{总计}}{1\,000} =$ _____ 吨

下图显示的是 Wageningen B 3-50 螺旋桨系列中三叶螺旋桨的测算结果。该螺旋桨的桨叶盘面比为 0.5。但是，本表同样适用于桨叶盘面比为 0.35 到 0.5 的螺旋桨。原始最佳曲线已针对螺旋桨直径减少 5% 进行修正（基于经验）。



$$B_p = \frac{\text{转速} \times \sqrt{\text{螺旋桨马力}}}{\text{螺旋桨处的水速}^{2.5}}$$

$$\text{螺旋桨直径: } D = \frac{\text{螺旋桨处的水速} \times d \times 12}{\text{螺旋桨转速}} \quad (\text{英寸})$$

$$\text{螺旋桨桨距: } P = \text{桨距比} \times \text{螺旋桨直径} \quad (\text{英寸})$$

上图黄线表示的是当齿轮减速比等于 2 的时候，螺旋桨 A 的相关数值。请参考下一页中关于如何计算的具体例子。

示例：

船型：银鱼号(新发动机)

发动机标定持续功率	18 马力
发动机最大持续转速	3000 转/分钟

		红色 2:1 螺旋桨 A	红色 3:1 螺旋桨 A	红色 3:1 螺旋桨 B	
①	航行轴功率 (马力)	13	11.3	10.9	
②	轴功率的平方根 ① ^{0.5}	3.6	3.36	3.30	
③	发动机运行转速 (转/分钟)	2700	2700	2250	
④	齿轮减速比	2	3	3	
⑤	传动轴转速 ③/④ (转/分钟)	1350	900	750	
⑥	航速 (节)	6.0	6.0	6.0	
⑦	伴流系数	0.1	0.1	0.1	
⑧	螺旋桨处的水速 (1-⑦) x ⑥ (节)	5.4	5.4	5.4	
⑨	(螺旋桨处的水速) ^{2.5} ⑧ ^{2.5}	67.8	67.8	67.8	
⑩	$B_p = \frac{② \times ⑤}{⑨}$	71	44	36	
⑪	根据 B_p 的值, 从上图查看 d 的数值 d	312	258	238	
⑫	上图中螺旋桨的效率 %	47	54	56	
⑬	上图中的桨距直径比 P/D	0.63	0.66	0.67	
⑭	螺旋桨直径 $D = \frac{⑧ \times ⑪ \times 12}{⑤}$ (英寸)	15.0	18.6	20.6	
⑮	螺旋桨桨距 $P = ⑬ \times ⑭$ (英寸)	10.2	12.3	13.8	
⑯	$P \times D$ ⑭ x ⑮	153	229	284	
⑰	所选的新直径 D_{new} (英寸)	15	18	20	
⑱	$P \times D / D_{new}$ ⑯ / ⑰	10.2	12.7	14.2	
⑲	所选的新桨距 P_{new} (英寸)	10	13	14	
⑳	传动轴功率 ① x ⑫ 马力	6.1	6.1	6.1	

上述三种螺旋桨的有效功率都为 6.1 马力。

螺旋桨出售时, 标牌上的直径及桨距一般取整数的英寸。请按照上述步骤选择数值最接近的直径及桨距。

渔船计算表

发动机标定持续功率	
发动机最大持续转速	

①	航行轴功率 (马力)			
②	轴功率的平方根 ① ^{0.5}			
③	发动机运行转速 (转/分钟)			
④	齿轮减速比			
⑤	传动轴转速 ③/④ (转/分钟)			
⑥	航速 (节)			
⑦	伴流系数			
⑧	螺旋桨处的水速 (1-⑦) x ⑥ (节)			
⑨	(螺旋桨处的水速) ^{2.5} ⑧ ^{2.5}			
⑩	$B_p = \frac{② \times ⑤}{⑨}$			
⑪	根据 B_p 的值, 从上图查看 d 的数值 d			
⑫	上图中螺旋桨的效率 %			
⑬	上图中的桨距直径比 P/D			
⑭	螺旋桨直径 $D = \frac{⑧ \times ① \times 12}{⑤}$ (英寸)			
⑮	螺旋桨桨距 $P = ⑬ \times ⑭$ (英寸)			
⑯	$P \times D$ ⑭ x ⑮			
⑰	所选的新直径 D_{new} (英寸)			
⑱	$P \times D / D_{new}$ ⑯ / ⑰			
⑲	所选的新桨距 P_{new} (英寸)			

螺旋桨出售时, 标牌上的直径及桨距一般取整数的英寸。请按照上述步骤选择数值最接近的直径及桨距。

航行速度 = 5 节

航行 功率	螺旋桨 转速	螺旋桨		
		直径 英寸	桨距 英寸	效率 %
4 马力	800	16.1	10.8	56
	900	15.0	10.1	54
	1 000	14.0	9.3	53
	1 100	13.3	8.6	52
	1 200	12.6	8.2	51
	1 300	12.0	7.8	50
	1 400	11.5	7.4	49
	1 500	11.0	6.9	48
	1 600	10.6	6.7	47
	1 700	10.2	6.3	46
	1 800	9.9	6.1	46
	1 900	9.6	5.9	45
6 马力	2 000	9.3	5.7	44
	800	17.4	11.5	54
	900	16.2	10.5	52
	1 000	15.2	9.9	50
	1 100	14.3	9.2	49
	1 200	13.6	8.7	48
	1 300	13.0	8.2	48
	1 400	12.5	7.8	47
	1 500	12.0	7.5	46
	1 600	11.7	7.2	45
	1 700	11.1	6.8	44
	1 800	10.8	6.6	43
	1 900	10.4	6.3	42
	2 000	10.3	6.1	41

航行 功率	螺旋桨 转速	螺旋桨		
		直径 英寸	桨距 英寸	效率 %
8 马力	800	18.5	12.0	52
	900	17.1	11.1	50
	1 000	16.1	10.3	49
	1 100	15.2	9.6	47
	1 200	14.5	9.0	46
	1 300	13.8	8.4	45
	1 400	13.2	8.1	44
	1 500	12.7	7.6	43
	1 600	12.3	7.4	42
	1 700	11.9	7.0	42
	1 800	11.6	6.8	42
	1 900	11.2	6.4	41
10 马力	2 000	10.9	6.2	40
	800	19.2	12.5	51
	900	17.9	11.4	49
	1 000	16.8	10.6	47
	1 100	16.0	9.9	46
	1 200	15.2	9.4	45
	1 300	14.6	8.7	44
	1 400	13.9	8.4	43
	1 500	13.4	7.9	42
	1 600	13.0	7.5	41
	1 700	12.5	7.3	40
	1 800	12.0	6.8	40
	1 900	11.8	6.6	39
	2 000	11.5	6.3	39

航行 功率	螺旋桨 转速	螺旋桨		
		直径 英寸	桨距 英寸	效率 %
12 马力	800	20.0	12.8	49
	900	18.6	11.7	47
	1 000	17.4	11.0	45
	1 100	16.5	10.3	44
	1 200	15.8	9.6	43
	1 300	15.0	9.0	43
	1 400	14.2	8.4	42
	1 500	14.0	8.1	41
	1 600	13.5	7.7	40
	1 700	13.0	7.4	40
	1 800	12.7	7.1	39
	1 900	12.4	6.8	38
14 马力	2 000	11.9	6.6	37
	800	20.6	13.2	48
	900	19.2	12.1	46
	1 000	18.1	11.2	45
	1 100	17.1	10.5	44
	1 200	16.2	9.7	43
	1 300	15.6	9.2	42
	1 400	15.0	8.7	41
	1 500	14.5	8.2	40
	1 600	13.9	7.8	39

航行 功率	螺旋桨 转速	螺旋桨		
		直径 英寸	桨距 英寸	效率 %
16 马力	800	21.1	13.3	47
	900	19.8	12.3	46
	1 000	18.6	11.4	44
	1 100	17.7	10.6	43
	1 200	16.9	10.0	42
	1 300	16.1	9.3	41
	1 400	15.5	8.8	40
	1 500	14.9	8.3	39
	1 600	14.4	8.1	38

航行速度 = 6 节

航行 功率	螺旋桨 转速	螺旋桨		
		直径 英寸	桨距 英寸	效率 %
6 马力	800	17.3	12.5	59
	900	16.2	11.3	58
	1 000	15.2	10.4	57
	1 100	14.4	9.7	56
	1 200	13.7	9.2	55
	1 300	13.0	8.6	54
	1 400	12.4	8.2	53
	1 500	11.9	7.8	52
	1 600	11.5	7.4	51
	1 700	11.1	7.1	50
	1 800	10.7	6.8	49
	1 900	10.3	6.5	48
8 马力	2 000	10.0	6.3	47
	800	18.5	12.6	58
	900	17.1	11.6	56
	1 000	16.2	10.9	55
	1 100	15.2	10.2	54
	1 200	14.5	9.6	53
	1 300	13.8	9.0	52
	1 400	13.1	8.5	51
	1 500	12.6	8.1	50
	1 600	12.2	7.8	49
	1 700	11.7	7.4	48
	1 800	11.3	7.1	47
10 马力	1 900	11.0	6.9	46
	2 000	10.7	6.6	45
12 马力	800	20.0	13.4	55
	900	18.6	12.3	53
	1 000	17.5	11.5	52
	1 100	16.5	10.7	51
	1 200	15.7	10.2	50
	1 300	15.0	9.6	49
	1 400	14.3	9.0	48
	1 500	13.7	8.7	47
	1 600	13.2	8.2	46
	1 700	12.8	7.9	46
	1 800	12.5	7.6	45
	1 900	12.0	7.2	44
14 马力	2 000	11.7	7.0	43
	800	21.7	14.3	52
	900	20.2	13.1	50
	1 000	19.2	12.3	49
	1 100	17.8	11.4	48
	1 200	17.0	10.7	47
	1 300	16.2	10.2	46
	1 400	15.6	9.6	45
	1 500	15.0	9.1	44
	1 600	14.4	8.7	43
	1 700	13.9	8.3	42
	1 800	13.5	8.0	41
16 马力	1 900	13.1	7.6	40
	2 000	12.8	7.3	40
	800	22.3	14.5	52
	900	20.5	13.3	50
	1 000	19.3	12.4	49
	1 100	18.3	11.5	48
	1 200	17.4	11.0	47
	1 300	16.7	10.4	46
	1 400	16.0	9.7	45
	1 500	15.3	9.2	44
	1 600	14.9	8.3	43
	1 700	14.3	8.4	42
18 马力	1 800	13.9	8.0	42
	1 900	13.5	7.7	41
	2 000	13.1	7.5	40
20 马力	800	22.3	14.5	52
	900	20.5	13.3	50
	1 000	19.3	12.4	49
	1 100	18.3	11.5	48
	1 200	17.4	11.0	47
	1 300	16.7	10.4	46
	1 400	16.0	9.7	45
	1 500	15.3	9.2	44
	1 600	14.9	8.3	43
	1 700	14.3	8.4	42
	1 800	13.9	8.0	42
	1 900	13.5	7.7	41
22 马力	2 000	13.1	7.5	40

航行速度 = 7 节

航行 功率	螺旋桨 转速	螺旋桨		
		直径 英寸	桨距 英寸	效率 %
10 马力	800	18.9	14.2	61
	900	17.8	12.8	59
	1 000	16.8	11.7	58
	1 100	15.9	10.8	57
	1 200	15.1	10.3	56
	1 300	14.4	9.7	55
	1 400	13.8	9.3	54
	1 500	13.3	8.9	53
	1 600	12.8	8.4	52
	1 700	12.3	8.0	51
	1 800	11.8	7.7	51
	1 900	11.4	7.4	50
12 马力	2 000	11.2	7.1	49
	800	19.7	14.3	60
	900	18.6	13.1	59
	1 000	17.5	12.1	57
	1 100	16.6	11.3	56
	1 200	15.8	10.6	55
	1 300	14.9	10.0	54
	1 400	14.3	9.4	53
	1 500	13.7	9.0	52
	1 600	13.2	8.6	52
	1 700	12.7	8.3	51
	1 800	12.3	7.9	50
	1 900	11.9	7.6	49
	2 000	11.5	7.4	48
14 马力	800	20.4	14.7	59
	900	19.3	13.3	57
	1 000	18.0	12.2	56
	1 100	17.0	11.4	55
	1 200	16.3	9.4	54
	1 300	15.4	10.2	53
	1 400	14.7	9.6	52
	1 500	14.1	9.2	51
	1 600	13.6	8.7	50
	1 700	13.1	8.4	49
	1 800	12.7	8.1	48
	1 900	12.3	7.7	48
16 马力	2 000	11.9	7.5	47
	800	21.3	14.9	58
	900	19.7	13.4	57
	1 000	18.6	12.5	55
	1 100	17.5	11.7	54
	1 200	16.7	11.0	53
	1 300	15.9	10.3	52
	1 400	15.1	9.8	51
	1 500	14.5	9.4	50
	1 600	13.9	8.9	49
	1 700	13.5	8.6	49
	1 800	13.0	8.2	48
	1 900	12.7	8.0	47
	2 000	12.2	7.7	46
20 马力	800	22.2	15.1	57
	900	20.6	13.8	55
	1 000	19.4	13.0	54
	1 100	18.3	12.1	53
	1 200	17.4	11.3	52
	1 300	16.8	10.9	51
	1 400	15.8	10.1	50
	1 500	15.2	9.7	49
	1 600	14.6	9.2	48
	1 700	14.1	8.9	47
	1 800	13.7	8.6	46
	1 900	13.2	8.2	45
25 马力	2 000	12.9	8.0	45
	800	23.2	15.5	55
	900	21.6	14.5	54
	1 000	20.3	13.4	53
	1 100	19.1	12.4	51
	1 200	18.1	11.8	50
	1 300	17.3	11.1	49
	1 400	16.5	10.6	48
	1 500	15.9	10.0	47
	1 600	15.3	9.6	46
	1 700	14.8	9.2	45
	1 800	14.4	8.9	45
	1 900	13.9	8.5	44
	2 000	13.5	8.1	43
30 马力	600	28.6	19.4	58
	700	26.1	17.5	56
	800	24.1	16.1	54
	900	22.3	14.7	53
	1 000	20.9	13.6	51
	1 100	19.8	12.9	50
	1 200	18.8	12.0	49
	1 300	17.9	11.3	48
	1 400	17.2	10.8	47
	1 500	16.5	10.4	46
	1 600	15.9	9.9	45
	1 700	15.4	9.4	44
35 马力	1 800	14.9	8.9	43
	600	29.5	20.0	57
	700	26.8	17.9	55
	800	24.9	16.4	53
	900	23.1	15.0	52
	1 000	21.7	14.1	50
	1 100	20.5	13.1	49
	1 200	19.4	12.4	48
	1 300	18.5	11.7	47
	1 400	17.7	11.2	46
	1 500	17.0	10.6	45
	1 600	16.4	10.0	44
	1 700	15.9	9.6	43
	1 800	15.5	9.3	42

航行速度 = 7 节

航行 功率	螺旋桨 转速	螺旋桨		
		直径 英寸	桨距 英寸	效率 %
40 马力	500	33.6	23.5	59
	600	30.2	20.4	56
	700	27.5	18.5	54
	800	25.3	16.7	52
	900	24.0	15.6	51
	1 000	22.2	14.2	49
	1 100	21.0	13.5	48
	1 200	20.0	12.6	47
	1 300	19.1	12.0	46
	1 400	18.3	11.3	45
	1 500	17.5	10.7	44
	1 600	17.0	10.2	43
50 马力	400	40.1	28.8	60
	500	36.0	24.5	57
	600	31.5	21.5	55
	700	28.8	19.0	53
	800	26.5	17.2	51
	900	24.8	15.9	49
	1 000	23.2	14.6	48
	1 100	22.0	13.9	46
	1 200	21.0	13.2	45
	1 300	20.0	12.4	44
	1 400	19.2	11.7	43
	1 500	18.3	11.0	43

航行速度 = 8 节

航行 功率	螺旋桨 转速	螺旋桨		
		直径 英寸	桨距 英寸	效率 %
20 马力	800	21.6	16.2	61
	900	20.5	14.8	59
	1 000	19.4	13.4	58
	1 100	18.6	12.7	57
	1 200	17.4	11.7	56
	1 300	16.6	11.1	55
	1 400	15.9	10.6	54
	1 500	15.1	10.0	53
	1 600	14.6	9.6	52
	1 700	14.1	9.2	51
	1 800	13.5	8.8	51
	1 900	13.1	8.5	50
	2 000	12.8	8.2	49
25 马力	800	22.9	16.5	60
	900	21.6	14.9	58
	1 000	20.3	13.8	56
	1 100	19.5	13.1	55
	1 200	18.2	12.2	54
	1 300	17.3	11.6	54
	1 400	16.5	10.9	53
	1 500	15.8	10.3	52
	1 600	15.2	9.9	51
	1 700	14.6	9.5	50
	1 800	19.1	12.2	49
	1 900	13.8	8.8	48
	2 000	13.3	8.4	47

航行速度 = 8 节

航行 功率	螺旋桨 转速	螺旋桨		
		直径 英寸	桨距 英寸	效率 %
30 马力	700	25.7	18.7	60
	800	24.0	16.8	59
	900	22.4	15.2	57
	1 000	21.0	14.1	56
	1 100	20.3	13.6	54
	1 200	18.9	12.5	53
	1 300	17.9	11.7	52
	1 400	17.2	11.2	51
	1 500	16.4	10.7	50
	1 600	15.6	10.1	50
	1 700	15.2	9.8	49
	1 800	14.8	9.3	48
	1 900	14.3	9.0	47
35 马力	600	28.8	21.6	61
	700	26.7	18.9	59
	800	24.8	17.1	58
	900	23.2	15.6	56
	1 000	21.8	14.6	55
	1 100	20.5	13.5	53
	1 200	19.4	12.8	52
	1 300	18.5	12.0	51
	1 400	17.6	11.4	50
	1 500	17.0	10.9	49
	1 600	16.3	10.4	48
	1 700	15.7	9.9	47
	1 800	15.3	9.6	47

航行速度 = 8 节

航行 功率	螺旋桨 转速	螺旋桨		
		直径 英寸	桨距 英寸	效率 %
40 马力	500	32.8	25.3	62
	600	31.2	22.0	59
	700	27.6	19.4	58
	800	25.5	17.3	57
	900	23.8	16.0	55
	1 000	22.2	14.9	53
	1 100	21.1	13.9	52
	1 200	19.9	13.0	51
	1 300	18.9	12.3	50
	1 400	18.1	11.6	49
	1 500	17.5	11.2	48
	1 600	16.8	10.6	47
	1 700	16.2	10.2	46
50 马力	500	34.6	25.9	61
	600	31.2	22.0	59
	700	29.9	19.6	57
	800	26.5	17.7	55
	900	24.8	16.6	54
	1 000	23.2	15.3	52
	1 100	21.8	14.2	51
	1 200	20.7	13.5	50
	1 300	19.8	12.7	49
	1 400	18.9	11.9	48
	1 500	18.3	11.5	47
	1 600	17.6	11.1	46
	1 700	17.0	10.6	45

本手册旨在为渔船船主及船员、建造人员、船舶设计人员和渔业管理者提供减少能耗的实用建议，也可作为从事水产养殖活动的小型渔船的节能指南。本手册主要面向船长小于 16 米（50 英尺）、航速低于 10 节的小型渔船。这个范围涵盖了全球大部分渔船。本手册为船舶设计人员和建造人员提供有利于减小阻力的船体形状以及高效螺旋桨选择方面的信息。本手册前几章介绍了现有渔船可以采用的节油手段，不需要投入大量改造成本。最有效的节油手段包括：降低渔船航行速度，防止船体和螺旋桨堆积水下附着物，维护保养渔船发动机。同时还建议，改变捕捞方式也可以节能。本手册后几章介绍了可通过将二冲程舷外挂机置换成柴油机、加装柴油机和加配船帆的方式实现节油的信息。该部分讨论了如何根据吃水线长度和船体重量，经济地选配发动机功率；指导如何根据航行速度、航行功率和螺旋桨转速来选择齿轮减速比和选用螺旋桨；提供了有助于设计新型节油渔船和选用最优螺旋桨的相关数据。本手册所含信息附有大量插图，便于读者理解要点。详细的背景资料载于附录。附录提供的空白表格可用于计算预期燃料节约量、发动机运行成本、船身重量以及螺旋桨直径和桨距。

