

农村实用
技术资料



渔船节能技术

福建省水产学会 编

福建省科协普及部 主编

编 者 说 明

为了适应农村商品经济的迅速发展，满足农村知识青年和广大农民学习先进专业技术和经营管理知识的要求，和配合本省“星火计划”实施的需要，我们组织编写了这套《农村实用技术资料》，以进一步推动全省农村科技培训活动。

本资料包括种植业、养殖业、加工业和乡镇企业管理等方面的适用技术。在编写中，力求以“实际、实用、实效”为原则，紧紧结合本省情况，介绍先进的技术措施。讲现代技术结合讲传统经验，传授实用技术结合阐明科学道理，文字通俗易懂，内容深入浅出，并附有必要的插图，适于具有初中文化程度的农村知识青年、专业户和广大农民培训、自学参考。

本资料在编写过程中，得到了省直各有关厅、局、科研部门和高等院校的大力支持和帮助，在此表示感谢。

由于我们经验不足，水平有限，资料中的缺点和错误在所难免，恳请读者批评指正。

一九八七年二月

前 言

我国是能源生产大国。1984年，不可再生（一次能源）能源总产量为7.44亿吨标准煤，居世界第四位，仅次于苏联、美国和沙特阿拉伯。但人均能源储量低于世界平均水平。我国也是能源消费大国，能耗总量占世界第三位，但人均消费量仅为世界平均水平的30%。能源有效利用率低，单位产值能耗高。我国水产行业的情况也是如此，如渔船设备陈旧，耗油量大，主机耗燃油量在170~210克/马力·小时，比日本渔船主机耗燃油量145~150克/马力·小时高得多。管理不善，“跑、冒、滴、漏”现象严重，使用不当，机器超速运转冒黑烟等浪费较大。因此，节能潜力很大。

能源问题是制约我国水产生产，特别是海洋渔业生产的发展和提高经济效益的重要因素。当前海洋渔业燃油供需矛盾日益突出，甚至出现渔船停航、停产的情况。海洋捕捞能耗量约占水产总能耗70%，渔船燃油成本占生产总成本的25~30%，有的高达50~60%。为了发展渔业生产，提高渔民的经济收入，必须加强节约能源工作。

水产节能工作是一项复杂的系统问题。它既是能源大系统的一个子系统，也是水产大系统的一个子系统。因此，必须应用系统工程的方法和理论，进行综合、优化，以求节能的最优途径和效果，达到最大限度地节约能源、促进生产发展和提高经济效益的目的。

渔船节能技术内容丰富，涉及面广，限于编者知识水平和篇幅关系，《渔船节能技术》这本小册子仅就渔船节能技术中的主要部分，并对我省目前节能工作直接相关的节能技术问题，以及一些新的节能产品作一简要的知识性介绍。文中有不妥之处，敬请读者指正。

全文经林文等同志审阅修改，一并致谢！

1987年3月

目 录

前言

一、船、机节能措施.....	(1)
二、柴油机余热利用.....	(15)
三、双速比齿轮箱在拖网渔船上的应用	(26)
四、磁化节油器.....	(31)
五、金属清洗剂代替清洗油清洗机件...	(40)
附录一、国产磁化节油器产品简介.....	(46)
附录二、S300型双速船用齿轮箱技术规格.....	(48)
附录三、金属清洗剂部分生产厂家一览表.....	(49)

一、船、机节能措施

渔船节能技术措施，内容广泛，牵涉到渔船船体、动力、推进以及机械设备等方面的节能设计和其他节能措施。本节仅就船、机主要几种节能措施的基本常识作些简介。

(一) 设计节能船型

渔船在航行中受有水的阻力和风的阻力。节能船型就是研究减少船型阻力。在设计上要采取许多措施，如在船型设计上要选取适宜的尺度比，速长比 ($\frac{V}{\sqrt{L}}$)，船型系数，进流角，

去流角和船体光顺型线以及采用球艏、球艉结构等，降低流体中船的阻力，提高船身效率；在渔船水线上部，尽量降低上层建筑的高度，减小迎风面积，从而减少航行中风的阻力；尽量减轻船身自重，使总耗油量减少，等等。日本曾对300吨型鲑鱼延绳钓渔船进行改进设计，原排水量752.5吨，改进型排水量725.5吨，在同样自由航速11.8节时，可以减少40%的有效马力，其节能效果是十分可观的。所以应当重视节能船型的研究和设计。

(二) 选用低油耗船用柴油机，提高渔船推进装置效率，这主要有二方面的措施：

1、选用中高速柴油机配合大减速比齿轮箱

在海洋渔业生产中，100总吨以下小型渔船（包括机帆渔船）占多数，在我国占90%以上。由于中高速柴油机在同马力的情况下，机器体积小、重量轻。故小型渔船喜欢选用。但需做些改进，如采用直接喷入式的燃烧室，提高热效率，降低燃油消耗率；以及进行适应燃烧重柴油等的改进，以降低燃油费用。目前国外小型中高速柴油机耗油率已降低到160克/马力·小时以下。

2、选用长冲程低速柴油机

长冲程柴油机具有以下一些优点：

(1) 柴油机活塞冲程加大了，使柴油机膨胀过程所做的功增加，可提高柴油机热效率10%左右。

(2) 活塞冲程加大，在活塞往复平均速度相同的情况下，柴油机转速可以降低，从而提高了螺旋桨的推进效率，据有关资料介绍，螺旋桨转速每降低25转/分，可提高推进效率5%左右。

(3) 由于活塞冲程加长了，转速降低，使燃油燃烧时间加长了，可以充分燃烧重柴油，降低燃油成本。

长冲程柴油机在70年代初由丹麦、瑞士等国家研制成功，经过实船使用，受到普遍重视。它不但在低速大功率机型上得到推广，同时在小功率机型上也得到应用。在60年代柴油机冲程与缸径比(S/D)为1.6左右，到目前S/D比为2或2以上。加上燃烧室不断地改进，增压器不断地完善，燃油消耗率已下降到140克/马力·小时左右。

(三) 采用低转速大直径螺旋桨、导管桨、可变螺距螺旋桨、双速比齿轮箱等措施，提高推进装置的效率。

在船、机节能技术措施中，采用加大螺旋桨直径、导管桨、可变螺距螺旋桨、双速比齿轮箱等方法，提高螺旋桨效率，也是一种可行的、有效的方法。

1、低速大直径螺旋桨

敞水螺旋桨效率，一般可用下式表示：

$$\eta = \frac{Z}{1 + \sqrt{1 + 6T}} \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中， $6T$ ——负荷系数。 $6T$ 表达式为

$$6T = \frac{T}{\frac{1}{2} \rho A V_1^2} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中: T ——螺旋桨推力(公斤)

A ——螺旋桨盘面积(米²)

ρ ——液体质量密度(公斤秒²/米⁴)

V_1 ——螺旋桨转速(米/秒)

(1)式表明, δ_T 愈小, 螺旋桨效率愈高。从(2)式可以看出, 要取得较小的负荷系数 δ_T , 必须加大螺旋桨盘面直径, 盘面积 A 增大了, 必然要增大螺旋桨直径 D_p 。另外螺旋桨直径与转速密切相关, 螺旋桨转速愈低, 螺旋桨最佳直径愈大, 效率愈高, 提高了渔船的推进性能, 因此在同样船型、同一船速下的渔船, 所需要的主机功率可以减少, 相应的主机耗油量可以降低, 达到节省燃油的目的。日本渔船采用大径桨的实例很多, 如299总吨金枪鱼渔船, 过去这类船的螺旋桨转速为385转/分, 采用大直径后, 转速为195转/分, 转速降低50%, 直径从1900毫米增大到2600毫米, 直径增大约40%, 而螺旋桨的效率可以提高约32%。国外有些国家还对螺旋桨直径与转速作了规定。但是大直径螺旋桨应用也受到一定限制。因为螺旋桨直径太大, 螺旋桨的浸水率也减少, 引起振动加大、发生空泡等问题, 船身效率降低了。一般认为螺旋桨的直径为船舶吃水 d 的80%为宜, 即 $D_p \approx 0.8d$ 。

2、导流管螺旋桨

导管桨是一种将螺旋桨居于一个机翼型截面的圆形套筒中的装置。桨外套筒(导管)可以做成固定的和转动的两种, 所以也就有固定导管桨和转动导管桨之分。结构如图1所示。

导流管有一种使螺旋桨水流加速, 称为加速导流管, 导流管本身产生正推力, 提高重载螺旋桨效率。另一种使螺旋桨水流减速, 称为减速导流管, 它本身产生负推力, 可以减少噪音, 一般多为海军舰船所采用。渔船上则用加速导流管。

导流管增加螺旋桨推力的原因: (1)导流管内流道是渐

缩到渐扩型的管道，中段面积小、流速大，螺旋桨在此速度区内工作，减小了螺旋桨的负荷系数和滑距，因而提高了螺旋桨

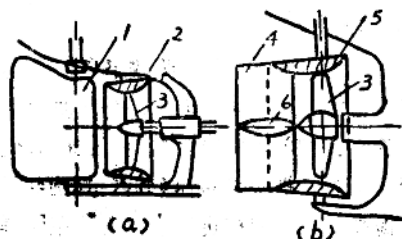


图1. 导管螺旋桨装置(增速)

(a) 固定导流管 (b) 转动导流管

1.舵 2.固定导管 3.螺旋桨

4.平衡舵 5.转动导管 6.整流帽

的效率。(2)由于管口面积渐扩，使螺旋桨推出的水流不分散，尾流收缩就很小，故轴向诱导速度减小，从而使螺旋桨轴向诱导效率提高，增加推力。(3)可以限制螺旋桨叶梢横向绕流，减少能量损失，使螺旋桨效率提高。(4)拖航时由于管内外压差关系，导流管本身可以产生附加推力。

导管桨的优点：导管桨除增加推力外，可以起阻尼作用，抑制船的纵摇和改善渔船在风浪中航向稳定性；可以保护螺旋桨，避免或减少网具缠绕住螺旋桨的事故等。导管桨的缺点：使渔船回转半径加大，回转性能和低速舵效较差；产生空泡腐蚀，损坏导流管结构；此外由于导流管内壁与桨叶间隙很小，易引起水草杂物卡进，发生事故以及转动导流管结构复杂，等等。

导管桨的节能效果：根据山东黄海造船厂等厂家安装试验结果表明，一般渔船在拖网作业时，在不增大主机功率下可以

提高拖力25~30%，即能增产，同时可减少振动、减小横摇幅度等，有明显的经济效益和节能效果。

3、可变螺距螺旋桨

可变螺距螺旋桨借助于转动桨叶的位置，改变螺旋桨螺距的方法，可以使主机保持额定的扭矩和转速。因此，船舶在各种工况时，都能充分发挥主机的功率。渔船在拖网作业时，由于网具的阻力，使主机和螺旋桨转速下降，船速降低。如果此时变换螺旋桨的螺距，保持主机转速和输出的扭矩，可使主机功率得到充分的发挥。根据有关单位试验，同类型渔船的定距桨与可变距桨的比较，系柱推力增加50%左右；在拖网情况下，拖力增加40%左右，拖速增加9%左右。同时变距桨还有很多优点，如操作灵活，船舶靠离码头方便。可以减少主机的起动和换向的次数，可以延长主机使用寿命等。因此可变螺距桨具有明显的节油效果，在理论上是最理想的推进装置。但是造价高，技术复杂，维护保养技术要求高，在群众渔船上使用仍有困难。

（四）风帆助推机、帆并用节能

我国风帆渔船历史悠久，船、帆型式多样，由于生产发展和技术进步的结果，利用机器推进代替了风力推进，这是历史的必然进程。然而，从节约能源、提高经济效益的观点出发，应当采取以机为主，机、帆并用的灵活技术，则是能源形势的需要。

风帆种类很多，我国传统篷帆（翼形帆）有硬帆和软帆之分。在不同的海区或江河，由于气象条件不一样和空气动力学的要求，我国东南沿海常有突风变化，所以采用硬帆，便于迅速升降，易保安全。江河渔船，因近水面风力小，采用长方形软帆为多，此帆制作简单方便。

国外风帆有以下几种：

1、横帆

适用于强风和尾八字风、长途远洋航行的船舶，操作较困难。

2、纵帆（似三角帆）

适用于游艇和渔船，结构比横帆简单。

3、翼形帆

有软帆和硬帆两种，空气动力学性能好。帆的制作与操作都比较简单，适用于现代船舶。

4、风力涡轮机，风争帆等。

渔船“以机为主、以帆为辅”，机、帆并用的推进装置，若在渔船设计上加以综合考虑，使船、机、桨优化匹配，可取得良好的节能效果。在省内外进行的风帆助推，机、帆并用的实践中，节能效果为13~16%。1980年日本研制成功的“新爱德”号油船是世界上第一艘应用微处理机控制，操纵机与帆，使整个推进装置能获得最佳的动力增益。该船全长72米、499总吨、主机1600马力，两张帆面积200平方米。在保持额定航速时，可以获得10~15%的节能效果。据测试：在风力5级左右，每平方米帆面可获功率0.3~0.4马力，在风力7级左右，每平方米帆面可获功率1.5马力。国外其他国家也都积极应用风帆助推技术，如法国建造了160马力机帆钢质金枪鱼渔船，可在驾驶室内遥控调节风帆。苏联在流、钓渔船上应用风帆助推。

目前我国广东研究试验成功的40马力以下小型渔船的对称式翼形帆，当风向夹角在 90° ~ 270° 范围时其推力系数可达1.25左右，节能效果较好，可达16%左右，船的横倾角度小，使船平稳。这种风帆面积是 L （船长） $\times B$ （船宽）的0.81倍，传统风帆面积一般为 $L \times B$ 的1.5~2倍。

(五) 主机轴带发电机节能

主机轴带发电机是渔船在航行中,由渔船主机带动发电机发电,并向渔船供电的方式。轴带发电机有主机功率输出轴通过增速机构驱动发电机和主机前端输出轴通过皮带传动或其他增速机构驱动发电机两种方式。轴带发电有交流发电和直流发电两种。由于交流发电具有体积小,重量轻,价格便宜等优点,所以现代渔轮上逐步采用交流电制代替直流电制。我国机帆渔船,目前绝大多数还是采用前端轴驱动直流发电机以电瓶蓄电供电方式,发电供电方法较简单。轴带交流发电机则需要解决主机转速变动时电压和频率的稳定。换句话说,也就是使交流发电机的转速稳定在一定的范围内,才能保证输出电压稳定在一定范围内。目前主机轴带交流发电机有以下几种解决方式:

1、采用调距桨推进轴带交流发电机装置。

当渔船在变工况航行时,利用调节可变螺距桨的螺距,就可以达到保持主机输出轴的转速和转向稳定不变。调距桨控制一般有三种,即单速控制、双速控制和联合控制。

2、采用电磁转差离合器恒速轴带交流发电机。

通过控制电磁转差离合器的外加电流,可变化的转速输入变成恒定的转速输出,驱动同步交流发电机供电。

3、采用液控滑差式摩擦离合器来实现恒速驱动交流发电机供电。

主机轴带发电机有以下一些优点:可以节省燃油,一般来说,主机的耗油率比小型柴油发电机组耗油率低;可以燃烧重柴油,降低发电成本;可以减少一台辅机,减少润滑油消耗量等。因此,主机轴带发电机发电,经济性好,成本低,具有明显的节能效果。

(六) 惯性增压节能

柴油机惯性增压技术，50年代在我国武汉水运工程学院开始研究试验到70年代已经在全国一些省份推广应用，取得良好经济效益。目前在我省渔船上也开始了试验应用，已取得了较好的节能效果。

1、惯性增压简介

柴油机惯性增压是利用适当的进气管，使柴油机进气管内的压力波动加大，从而使机器每一循环进入气缸内的空气量有增加，若再适当增加每一循环的喷油量，就会增加发出的功率。同时因为进入气缸内的空气充足，增加了空气的扰动，促进燃油完全燃烧，提高柴油机效率，达到节省燃油。

2、惯性增压进气管长度

我们利用改变进气管长度来决定管内气波的固有频率，使其与柴油机进气门开闭频率之间相合拍，才能起到柴油机惯性增压作用。

目前对进气管长度很难作准确计算，主要还是依靠试验确定。下面介绍两种经验公式，供作试验确定进气管长度参考之用。

(1) 斯特劳哈尔计算公式：

$$S = 120 \frac{a}{nL}$$

式中 a ——音速， $a \approx 332 + 0.6t^\circ$ ，(米/秒)

t° ——进气温度(℃)。

n ——柴油机转速(转/分)，

L ——进气管长度(米)，

S ——斯特劳哈尔数，一般在15~18范围内。

(2) 共振理论公式：

$$C \operatorname{tg} \frac{4 \omega L}{a} = \frac{2 \omega F}{f_{\max} a}$$

式中 ω ——进气角速度，四冲程柴油机为曲柄角速度的一半， $\omega = \frac{\pi n}{60}$ (1/秒)，

R ——柴油机曲轴回转半径(毫米)，

F ——柴油机活塞顶的面积(毫米²)，

$f_{\max}$ ——进气阀开启的最大面积(毫米²)，

a ——音速， $a \approx 332 + 0.6t^*$ (米/秒)，

t^* ——进气温(℃)，

L ——进气管长度(从进气阀的中心线算起)(毫米)。

此公式右边算出的数，查出角度，然后将角度转换成弧度(即乘上 $\frac{\pi}{180}$ 化为弧度)，而后算出 L 。

一般柴油机转速愈高，其最佳进气管长度愈短，反之愈长。

现在根据有关实验资料，列出几种常用机型进气管长度如表一所示，供安装选择参考。

3、惯性增压安装使用注意事项

惯性增压进气管路在船上安装前先按经验公式估算出大概长度，然后在机器上按具体环境条件试出最佳的管长。安装时注意如下事项：

(1) 惯性增压的效果与柴油机本身技术性能状态有密切关系，如果定时不准，活塞环与气门漏气等问题发生，则增压效果就不明显。

(2) 惯性增压在柴油机全负荷情况下，才能有明显效果，所以机、桨必须要匹配，希望螺旋桨在重负荷下运转。

(3) 进气管内壁要光滑，弯头不要过小，弯度不要过

表一

柴油机 型 号	管 径 (毫米)	管 长 (毫米)	备 注
290 (295)	$\phi 50$	800 ~1000	从进气歧管平面算起, 不包括 进气管长度。
490 (495)	$\phi 50$	860	从进气歧管平面算起, 排气管 分支1#、4#缸为一组, 2#、3# 缸为一组。
190 (195)	$\phi 42$	1140	从气缸盖平面算起。
2105	$\phi 50$	1300	从气缸盖平面算起。
2110 4110	$\phi 52$ $\phi 64$	1800	从气缸进气阀中心线算起, 4 缸机排气管要分支1#、4#缸为 一组, 2#、3#缸为一组。
3135 4135 6135	$\phi 64$	1600 1650	从气缸进气阀中心线算起, 4 缸机排气管要分支1#、4#缸为 一组, 2#、3#缸为一组, 6缸机 排气管分支1#、2#、3#缸为一 组, 4#、5#、6#缸为一组。

大, 管道截面积不能有突变, 注意接头密封, 防止漏气。

(4) 进气管开口端前方不要有障碍物, 以免破坏气波在开口端的反射条件, 一般在开口端留有0.6米左右的空间 或 将

排气管引出机舱外。

(5) 不可用橡胶管之类的软管做进气管，以免衰减气波而破坏惯性增压作用。

(6) 渔船柴油机装上惯性增压进气管后，一般不再装空气滤清器。因为有了滤清器改变了气波在开口端反射条件，破坏了惯性增压的作用。

(7) 多缸柴油机，在进气和排气管并非一缸一条管的时候，需要分支组合。

4、惯性增压效果

现有拖网渔船，主机马力不足，柴油机常在重负荷下运转。惯性增压则有更明显的效果。根据广东湛江地区的试验应用，柴油机功率可以提高10~12%，节油率3~5%。我省宁德地区三沙镇渔船试验应用惯性增压技术，节油率达8%左右。由于惯性增压技术简单，制作安装容易，在现有渔船上，对柴油机原结构不需要做多大的变动，只要加装一根适当长度和管径的进气管路，就可以实现惯性增压的节能效果。

(七) 柴油掺水节能

柴油掺水在国内外已有几十年历史。由于油水乳化技术的发展，如美国等国家研制了超声波乳化装置和机械式乳化装置等设备。柴油掺水混合物已广泛的用做柴油机的燃料。人们在研究过程中发现，柴油掺水不但可以节省燃油，而且可以大大减少废气（其中有害成份有CO、CH₄、NO_x等）对大气的污染。我国上海、广东等有关单位试验结果表明，只要使用软水，可以减少机件磨损，改善燃烧条件，减少积炭。由于水的蒸发需要吸收热量，因此使气缸套平均温度有所下降，改善了润滑条件，减少了磨损，延长了机器使用寿命。同时由于燃烧完全，烟色变淡，达到节油的效果。据广东、上海等地试验结果，掺水率在12~20%，节油率在3~7%（如图2所示），

有明显的经济效益，国内柴油掺水有两种方法，简介如下：

1. 油水乳化法

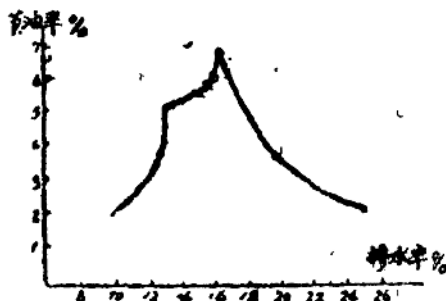


图2 柴油掺水率与节油率关系曲线

它是通过一种油水乳化装置（如超声波、机械搅拌等方法），使油和水在外力或加入乳化剂的作用下，变成均匀、稳定的具有一定细度的油水混合物——乳化油。乳化油中，油水关系有两种存在方式，一种是水成为微小颗粒，油包着水，呈现棕黄色不透明的乳化油；另一种是油成为微小颗粒，水包着油，呈现乳白色乳化油。根据国外试验证明：这种情况与掺水率有关，在一般情况下，掺水量超过25~30%时，就形成水包油型的乳化油；掺水率低于25~30%时，就形成油包水型的乳化油，这种乳化油燃烧性能好。

柴油掺水使柴油机的耗油率降低，原理是：在乳化油喷入汽缸时，便被加热，使得油包着水颗粒瞬时变成过热蒸汽，而迅速膨胀到数千倍以上，便发生了“微爆炸”过程，将油粒打得更细小，从而增加了油粒表面积。这样便促进了油气均匀混合，使燃烧性能得到改善。同时由于乳化油燃烧时，产生了水煤气反应（ $C + H_2O \rightarrow CO + H_2$ ），这样使得原来不完全燃

烧的一氧化碳进一步燃烧，从而使掺水的柴油燃烧更加完全，达到节油的目的。据国外报导，节油率达到5~10%。

柴油掺水燃烧中的耗油率、节油率和掺水率的计算表达式如下：

$$\text{耗油率: } g_e = \frac{Q}{N_e}$$

式中 Q ——单位时间的耗油量
 N_e ——柴油机的有效功率

$$\text{节油率: } g_{\Delta} = \frac{g_{e1} - g_{e2}}{g_{e1}} \times 100\%$$

式中 g_{e1} ——未掺水时的耗油率
 g_{e2} ——掺水时的耗油率

掺水率：

$$g_w = \frac{Q_w}{Q_w + Q_z} \times 100\%$$

$$g_w = \frac{Q_w}{Q_w + Q_z + Q_E} \times 100\% \quad (\text{乳化油中加有乳化剂})$$

时)

式中 Q_w ——单位时间内的掺水量
 Q_z ——在掺水时的纯柴油单位时间的耗油量
 Q_E ——单位时间的乳化剂重量

柴油掺水乳化装置原理见图3、图4

图3是超声波式乳化装置系统示意图。燃油经供油管路的过滤器(2)、流量计(4)至预混器(6)；日用水柜的水经过滤器(2)，流入流量计(5)，与油管并接于预混器(6)。油水混合比例由流量计针阀控制。初混的油水液体经液压泵