

# CPP 可调桨在拖网渔船上的最大化利用

闻涛, 刘彬, 赵明浩

( 黄海造船有限公司, 山东 威海 264309 )

**摘要:** 随着科学技术的不断进步, 越来越多的新技术、新工艺应用到了渔业船舶领域, CPP 可调桨无疑是其中一项具有颠覆性的技术。本文根据柴油机特性简要介绍拖网渔船采用 FPP 定距桨的缺点, 对比分析采用 CPP 可调桨的技术优势, 探讨利用 CPP 可调桨系统主机的恒转速特性来提高主机负荷和利用率, 进而提高主机燃油经济性, 实现 CPP 可调桨在拖网渔船上的最大化利用, 以期更多的业内人士共同探讨设计建造经济、安全、高效、节能的新型拖网渔船。

**关键词:** CPP 可调桨; FPP 定距桨; 主机; 拖网渔船; 特性曲线

**中图分类号:** U662.2      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1006—7973 ( 2021 ) 11—0088—04

随着科学技术的逐步发展和我国近年来对远洋渔业的重视及鼓励性政策, 我国海洋渔业实现了飞跃式发展, 目前已跃居世界第一渔业大国, 渔船保有量多年稳居世界第一。但是飞速发展的背后我国渔船依然普遍存在装备陈旧, 作业方式落后, 一些关键设备依赖进口的现象, 作业渔船能耗投入多, 效益产出少, 在一定程度上严重制约了我国渔业的健康发展。随着全球对废气排放污染物治理力度的加大, 特别是碳中和理念的提出, 高效、节能、经济、环保型船舶已是大势所趋, 为 CPP 可调桨在我国渔业船舶上的推广运用注入了动力。本文主要介绍了 CPP 可调桨在拖网渔船上的应用优势以及如何实现其最大化利用, 以期更多的业内人士共同探讨设计建造更加节能高效的拖网渔船。

## 1 国内外 CPP 可调桨在渔船上的应用现状

相对而言, 欧美等国可调桨起步较早, 技术较为成熟, 目前欧美及日本等国家主流的远洋渔船已普遍配置了可调桨推进装置, 可调桨在渔业船舶上得到了较大规模的应用。反观我国, CPP 可调桨主要应用在海巡、海监、港作拖轮、科考船等机动性要求较高的特种船舶上, 其在渔业船舶上的应用尚处于起步、探索阶段, 仅近几年有少量大型拖网渔船配置。而且我国的可调桨技术现阶段主要依赖进口、合资生产或消化吸收国外技术后仿制, 操控性和可靠性等方面仍需不断完善提高。

## 2 FPP 定距桨拖网渔船的劣势

相对于普通商船, 拖网渔船的作业工况更加复杂, 几乎每天都在不断重复着转移渔场、拖网、起网三种不

同工况, 转移渔场工况高速航行, 拖网工况 3 ~ 6kn 低速航行, 起网工况微速航行, 传统的 FPP 定距桨渔船均依靠调节主机转速来满足不同工况的航速及负荷需要, 倒车的实现往往通过倒顺车齿轮箱完成。

对于驱动 FPP 定距桨的柴油机, 其发挥不同功率的经济性是由柴油机推进特性所决定的, 以宁波中策动力机电集团生产的 G8300 船用柴油机 ( 2427kWx630rpm ) 为例, 其推进特性曲线如下图 1 所示:

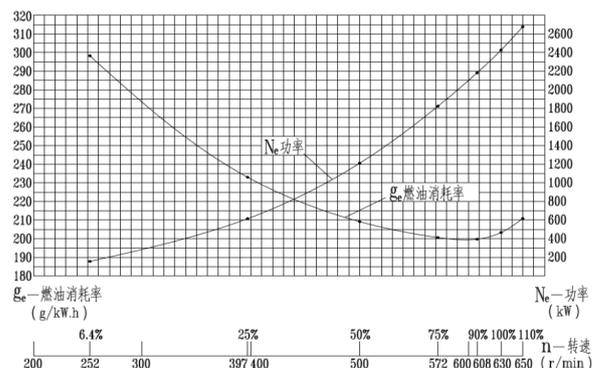


图 1 宁波中策 G8300 柴油机推进特性曲线

由上图推进曲线可知, 该柴油机的经济运行工况为 85% 额定功率左右, 此时的燃油消耗率约 199g/kW.h, 低于此负荷或高于此负荷, 柴油机的燃油消耗率均会增加, 如怠速工况 252rpm, 燃油消耗率约 298g/kW.h, 单位功率几乎增加 1/2 的燃油消耗。对于拖网渔船, 柴油机所能发挥的功率按螺旋桨特性  $N_e=C.n^3$  (C 为常数, 由柴油机功率标定点确定), 即主机所发挥的有效功率与转速遵循三次方的关系。在柴油机 40% 额定转速 252rpm 运行时, 其能发挥的功率约为 40% 的三次方为 6.4%。由此可知随转速降低, 柴油机所发挥的功率将急剧下降。因此采用定距桨拖网渔船具有如下缺点:

(1) 拖网、起网工况主机部分负荷低速运转燃油消耗率增加，经济性变差；

(2) 柴油机存在最低稳定运行转速，很难实现起网工况的微速航行；

(3) 所有由主机直接或间接驱动的设备转速将随主机变化，性能不稳定，效率降低，因而无法驱动重要设备及大功率设备；

(4) 倒车需要通过柴油机或齿轮箱反转，操控性能差，响应速度慢。

### 3 CPP 可调桨拖网渔船上的优势

当拖网渔船采用 CPP 可调桨之后，由于螺旋桨螺距的连续可调，主机可以在恒转速下实现船舶的微速航行及倒车功能，其直接或间接驱动的设备也可以通过匹配合理的速比在额定转速下稳定运行。此时柴油机按恒转速负荷特性曲线工作，以潍柴重机股份有限公司生产的 CW8250ZLC-1 型船用柴油主机（1470kWx750rpm）为例，其负荷特性曲线如下：

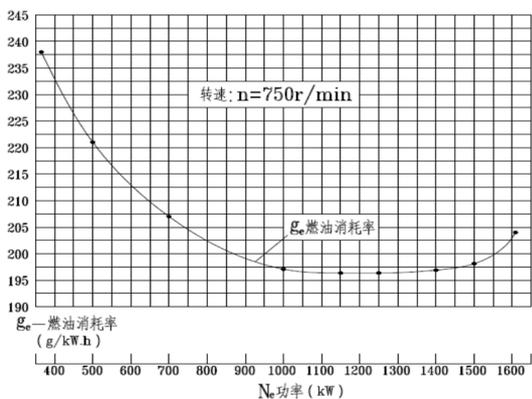


图2 潍柴 CW8250ZLC 柴油机负荷特性曲线

由上图可知，采用 CPP 可调桨后该柴油主机按负荷特性曲线工作，其燃油消耗率的最低点也在 85% 额定功率左右。传统的 FPP 定距桨拖网船由于不同工况主机转速变化范围过大，通过其直接或间接驱动的设备不仅效率低，而且往往只能单一工况使用。而采用 CPP 可调桨之后，以上问题迎刃而解，利用 CPP 推进系统主机的恒转速特性，几乎船上所有的负荷都可以考虑设计成由主机直接或间接驱动，从而提高主机负荷，降低燃油消耗率，提高能效设计指数。

因此对比传统的 FPP 定距桨，在拖网渔船上采用 CPP 可调桨具有如下明显优势：

(1) 改善操控性能，多工况转换更加灵活；

(2) 无级调速，实现微速前进功能；

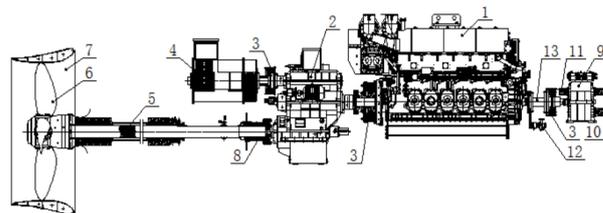
(3) 主机利用率高，燃油经济性好；

(4) 调速次数减少，主机使用寿命延长；

(5) 发电机组使用频率降低；

### 4 CPP 可调桨在拖网渔船上的最大化利用

综上所述若能让主机实际负荷尽可能向燃油消耗率最低点靠近，柴油机的能效将得到明显提升。对于采用 CPP 可调桨的拖网渔船，可以利用主机的恒转速特性，通过直接或间接驱动轴带发电机、油泵、水泵、空压机、制冷压缩机组等设备，轻易实现主机负荷的增加。下图为 CPP 可调桨在现代化拖网渔船上实现主机最大化利用的一个典型示意图。



- 1、主机 2、齿轮箱 3、高弹联轴器
- 4、轴带发电机 5、螺旋桨轴 6、CPP 可调桨
- 7、导流管 8、艉轴联轴器 9、前端齿轮箱
- 10、液压泵 11、舵机泵 12、旁拖水泵
- 13、前端中间轴

图3 CPP 在拖网渔船上使用典型示意图

上图 3 所示典型设备在采用 FPP 定距桨时也可以由主机直接或间接驱动，下面简单对比一下采用 CPP 可调桨之后其性能发生的明显变化。

#### 4.1 轴带发电系统

传统的 FPP 定距桨配置轴带发电系统时由于转速不稳无法保证发电频率的稳定性，通常设计时仅保证航行或拖网一个工况或采用双速比齿轮箱保证二个工况的发电频率 45Hz ~ 55Hz，频率不稳无法完成与其它柴油发电机组的并车功能。同时频率变化对大功率用电设备的性能影响太大，因此大多数情况下 FPP 定距桨拖网船仅配置 24 ~ 90kW 的小功率轴带发电机，主要用于普通照明、电灶等对频率不太敏感的生活用电，而无法驱动大功率的用电设备。如需要驱动其它大功率动力设备，往往需要另外配置安全可靠的变频器，现阶段我国渔船配置人员基本不具备变频器维修能力，维护保养需要专业人士，同时大功率的变频器如 ABB、西门子等知名品牌通常造价较高，供电系统设计较为复杂，因此变频器在我国渔业上的应用进展缓慢。

而采用 CPP 可调桨之后轴带发电机具有稳定的频率，通过电力负荷计算匹配合理的轴带发电机，全船用电设备均可以通过轴带发电机供电，目前较大型的拖网渔船采用 CPP 可调桨之后轴带发电机的功率已经达到 900 ~ 1500kW，既提高了主机燃油经济性，同时柴油发电机组仅作为备用也减少了机组的运转损耗，经济性进一步提高。

由于拖网渔船的特殊性，航行工况大功率设备少而螺旋桨吸收功率多，拖网工况螺旋桨和大功率设备（主要为冷冻设备）各占部分功率，起网工况大功率设备多（主要为网机）而螺旋桨吸收功率少。因此配置大功率的轴带发电机后无需急剧加大主机功率，可直接按各工况电力负荷计算和螺旋桨吸收功率适当增加柴油机功率即可，对主机的前期投入不会产生较大影响。

#### 4.2 电推模式实现安装返航

当配备大功率的轴带发电机之后，轴发逆向工作可以让轴带发电机一机多用。即当主机发生故障时，主机与齿轮箱脱开，使用轴带发电机逆向驱动螺旋桨，此时船舶进入电推模式。通过 CPP 可调桨调节船速，不需要跟 FPP 定距桨一样配置变频器，也可以 0 螺距实现推进电机的软启动，减少对电网的冲击影响，实现轴带发电机的最大化利用，同时提高渔船的安全保障性能。

#### 4.3 前端驱动液压系统

对于拖网渔船，通常配置有一整套复杂的网机、绞车等渔捞系统。由于液压系统可以远距离传递大扭矩，实现低速大吨位运动，在系统运行过程中能够无级调速，而且在相同功率情况下液压传动装置体积小、重量轻，结构紧凑，无换向冲击，具有过载保护等一系列优点，因此现代化渔船上渔捞设备普遍采用了液压系统。

而液压系统主要工作在起网工况，起网工况同时要求柴油机具有微速前进功能，传统的 FPP 定距桨很难实现，一般采取主机怠速状态齿轮箱间歇性合排及脱排的方法。此时柴油机低速能发挥的功率很有限，常常无法满足液压系统功率需要，尤其是大型拖网渔船。

以上述宁波中策 G8300 柴油机为例，配置该主机的拖网渔船整套网机液压系统的输入功率一般要求 500 ~ 800kW。采用 FPP 定距桨起网工况微速航行情况下怠速状态 252rpm 该主机可发挥功率仅为 6.4%，即 155kW，完全无法满足其网机输入功率需要。为此常配置 6 ~ 8 台大功率电动泵站，占据很大的空间且成本很

高。此时主机工作在低速、低负荷状态，经济性也无法保证。

采用 CPP 可调桨之后，主机功率在恒转速下可以满足负荷发挥，如上图 3 通过主机前端齿轮箱驱动整套网机液压系统的叶片泵或柱塞泵，液压系统所需功率全部由主机承担，主机负荷大大增加，既可以显著提高主机的燃油经济性，也可以降低配置电动泵站的成本。

#### 4.4 主机齿轮室驱动或旁拖系统

主机负荷的增加也可以通过额外增加主机齿轮室驱动或旁拖设备，如齿轮室驱动舵机泵，旁拖冷却水泵、舱底泵、消防泵等，也可以旁拖小功率的轴带发电机、空压机等。

在 FPP 定距桨模式下，渔船各工况负荷均通过调节主机转速实现，以配置上述宁波中策 G8300 柴油机的拖网渔船为例，通常起网工况接近怠速运转主机转速 252 ~ 280rpm，拖网工况航速 3 ~ 6kn，主机转速 500 ~ 550rpm，航行工况主机转速 570 ~ 630rpm，由于转速变化范围较大，无论是主机齿轮室直接驱动还是主机旁拖的设备，速比是确定的，其工作转速均随着柴油机转速的变化而变化，很难在额定工况点工作。以下图山东壮发泵业生产的 ZFCW 型离心泵（24m<sup>3</sup>/h × 20m）的性能特性曲线为例。

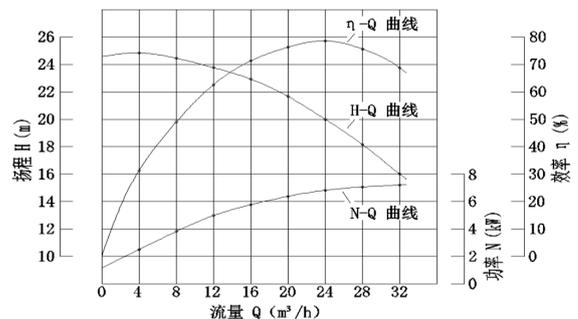


图 4 壮发泵业 ZFCW 型离心泵特性曲线

离心泵各项性能参数与转速遵循如下关系：

$$\text{流量与转速关系} : Q_1/Q_2 = n_1/n_2$$

$$\text{扬程与转速关系} : H_1/H_2 = (n_1/n_2)^2$$

$$\text{轴功率与转速关系} : P_1/P_2 = (n_1/n_2)^3$$

由此可见，转速对离心泵的性能至关重要，如图 4 所示，该泵额定转速对应其效率最高点，离心泵的理论工作点应在该点附近，偏离该设计参数点均存在效率明显降低现象，转速过高，压力升高，能源浪费，转速过低压力、流量不足，冷却效果无法保证，很多船东为保证冷却效果实船选用电动泵，造成资源的浪费。而其他

# 船舶上层建筑薄板平整度控制工艺研究

牛新苗, 张杨飞, 孙斌

(上海外高桥造船海洋工程有限公司, 上海 201306)

**摘要:** 通过创新薄板制作工艺有效控制上建外板变形, 大幅提升上建的外观平整度, 不断拓宽上建商品化、市场化的建造之路, 取得了优异的经济效益和市场口碑。

**关键词:** 平整度; 焊接变形; 精度控制; 工艺改进

**中图分类号:** TU753.8      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1006—7973 (2021) 11—0091—03

船舶上层建筑(文内简称为上建)外板的平整度直接影响上层建筑的美观度, 是客户最为关注的“面子工程”, 不仅仅要满足建造规范变形允许公差值范围, 同时不能有明显的“瘦马”、褶皱等现象发生。传统的上层建筑薄板制作工艺要求以及生产现场管理模式已经不能满足船东的需求期望。本文通过创新薄板制作工艺, 有效地改善了外板的平整度与美观度。为打造上建商品化建造流水线, 加强对外承接上建能力, 持续打响上建品牌的市场影响力, 努力创建质量领先型企业, 全面企

业核心竞争力提供了有效的质量保障。

## 1 积极开展数字化管控措施研究

### 1.1 实施数字化建模精度控制技术

数字化造船是以造船过程的知识融合为基础, 以数字化建模仿真与优化为特征, 将信息技术全面应用于船舶的设计、制造等全过程, 最终达到快速建造的目的。而上建分段和总段两大阶段的精度直接关系到上层建筑外板整体的变形控制, 因此, 在融合数字化造船技

设备同样存在此类情况, 因此传统的 FPP 定距桨拖网船主机仅能驱动小功率次要设备, 负荷的提高很难实现, 而 CPP 可调桨系统主机的恒转速特性顺利解决了以上问题。

## 5 总结

以上简单介绍了 CPP 可调桨在拖网渔船上的优化利用, 虽然运用新的技术前期投入较大, 但是从长远来看, 无论是经济性, 还是可操控性均具有无可比拟的优势。目前我国的可调桨技术暂处于摸索前进阶段, 出现的问题相对较多, 装置的可靠性尚待提高, 需要我们付出更多的努力, 但是随着时间的推移, 经验的积累, 我国的可调桨技术必将日趋成熟完善, CPP 可调桨必将在我国由渔业大国向渔业强国转型的道路上担当重要的角色, 未来我国的渔业船舶也将更加绿色环保。

参考文献:

[1] 郭欣, 俞爱华, 李广年. 渔业船舶节能研究进展 [J].

造船技术, 2010, (02): 5-7.

[2] 罗超, 汪涌泉, 李伟光. 调距桨推进装置特性及其在远洋渔船上应用前景展望 [C]//2005 中国渔船技术发展论坛论文集. 北京, 2005: 171-174.

[3] 金小平, 王小芳. 国产可调桨上远洋渔船还需扶一程 [R]. 北京: 中国船舶报, 2015.

[4] 王进. 节能利器助力远洋渔船 [R]. 北京: 中国船舶报, 2014.

[5] 丁元华. 浅析节能技术在大型远洋渔船上的应用 [J]. 科技创新导报, 2018, (11): 76-78.