

基于北斗卫星定位的金枪鱼钓船 混合动力节能系统设计

王永鼎, 田晨曦, 董亚龙

(上海海洋大学 工程学院, 上海 201306)

摘 要: 我国远洋渔业迅速发展,但随着燃油价格的攀升,渔船作业能耗和环境问题逐渐浮出水面。传统金枪鱼钓船在捕捞作业时,柴油机长时间处于低转速低负荷运行状态,燃油消耗率较高。为了稳定远洋捕捞渔业的经济效益,并达到节能减排的目标,提出了一种基于北斗卫星通讯的金枪鱼钓船油电混合动力系统。油电混合动力金枪鱼钓船由柴油机和电动机两大动力源构成,采用燃油和电能混合提供动力,可以根据北斗卫星定位的渔场位置及航速选择不同的动力源驱动。通过燃油经济性分析,与传统金枪鱼钓船相比较,在相同工况、相同作业时间的条件下,综合油耗量降低 13%,系统灵活性、燃油经济性有一定的提高。

关键词: 北斗卫星;金枪鱼钓船;混合动力;节能减排

中图分类号: P228.4

文献标志码: A

文章编号: 1008-9268(2017)01-0122-05

0 引 言

随着全球工业化的迅速发展,资源短缺和环境污染的问题日益严重。中国作为全球化的一个重要组成部分,在经济飞速增长的同时也面临着能源的巨大消耗,目前中国已经成为世界第二大能源消耗国。随着燃油价格的上升,能源的短缺,同时又受到温室气体减排的巨大压力,世界各国对化石燃料能源的控制越来越严格,捕捞渔业因此受到沉重的打击。渔业的发展对国家海洋经济起着至关重要的作用,从推动渔业可持续发展的角度来看,降低渔船的油耗和排放已成为国家海洋经济发展的决定性因素。渔船船型优化、高效渔船动力装置、主机余热利用装置、节能型渔具渔法和捕捞装备等是渔船节能减排的重点研究方向^[1]。

我国渔船每年柴油消耗量高达 800 多万吨,占渔船捕捞总成本的 70% 以上^[2]。其中,渔船油耗的 60%~70% 被动力推进系统所占据,因此研究新型动力推进系统是渔船节能减排的重要措施。混合动力推进技术是降低渔船油耗和排放的主要

措施之一,与传统的动力推进技术相比,混合动力技术的优势就在于它擅长解决输出功率有规律波动的机动设备的节能减排问题^[3]。本文将介绍基于北斗卫星定位的金枪鱼钓船混合动力推进系统,并以此在渔船领域推广与研究。

1 金枪鱼钓船的工况分析

1.1 金枪鱼钓船的作业方式和特点

以延绳钓金枪鱼船为例,在每个作业周期内,渔船捕捞拥有三种工况,即全速航行工况、投绳航行工况、起绳航行工况。渔船全速航行工况时长 2~4 h,航速维持在 12~14 kn;投绳工况时长 4~6 h,航速维持在 8~10 kn;起绳工况时长 10~14 h,航速维持在 3~5 kn。

渔船在每个作业周期内变工况运行,占据捕捞作业周期 70%~80% 的起绳航行工况,主机负荷仅为 10%~25%^[4]。当渔船处于全速航行工况时,柴油机燃油利用率最高,当渔船低航速航行时,柴油机燃油利用率降低,油耗增加。

收稿日期: 2016-09-21

资助项目: 上海市科学技术委员会创新行动计划(编号:13dz1203701)资助

联系人: 田晨曦 E-mail: chenxi.tian@outlook.com

1.2 渔船作业存在的问题

传统动力推进系统的渔船,一般以全速航行工况作为设计工况,以此来设计确定柴油机功率和转速。因此渔船在低航速航行时,柴油机长时间在低功率低转速情况下运行,导致柴油机各缸供油不均匀。不仅容易造成柴油机积炭,导致增压器背压增加,可能引起喘振,而且受到最低稳定转速限制,柴油机无法持续稳定地输出低功率,燃油利用率降低,油耗升高^[5]。污染物的排放也很难维持在理想区域内,同时造成航速不稳定,不利于捕捞生产。柴油机长时间在低功率低转速的情况下运行,也会使喷油压力下降,雾化不良,混合气的质量变差,燃烧恶化,进而导致排气温度过高,润滑油粘度降低,润滑效果变差^[6]。

2 基于北斗卫星定位的混合动力推进技术

2.1 北斗卫星导航系统

北斗卫星导航系统是我国自主研发的全球卫星定位系统,也是继美国和俄国之后的第三个卫星导航系统,与美国 GPS 全球定位系统相比,北斗卫星导航系统还具备通信功能。目前,北斗卫星导航系统已经覆盖亚太地区,2020 年左右将成为覆盖全球的卫星导航系统。北斗卫星导航系统由空间段、地面段和用户段三部分组成,可在全球范围内全天候、全天时为各类用户提供高精度、高可靠定位、导航、授时服务^[7]。并初步具备了区域导航、定位和授时的能力,定位精度 10 m,测速精度 0.2 m/s,授时精度 10 ns。从远洋船舶自身安全性来讲,拥有自主产权的导航定位系统是非常必要的,并且北斗卫星导航系统具有双向通讯功能^[8]。

金枪鱼钓船的定位属于海上定位导航,海面高度对北斗定位精度的影响是客观存在的,并且存在纬度越低,影响越大的规律^[9]。当海上定位精度要求较高时,海面高度因素对北斗定位精度的影响很大,但本文提及的基于北斗卫星的金枪鱼钓船混合动力系统只作为一般的海上定位,可以忽略因潮汐、洋流导致的海面高度变化对定位精度的影响。

2.2 基于北斗卫星定位的混合动力系统推进方案

混合动力推进系统是将工作原理不同的两种以上的原动机组合起来使其工作的系统^[10]。基于北斗卫星的混合动力渔船是采用燃油和电能提供动力,主要由北斗定位模块、控制模块、柴油机、电动机、储能装置、电传动系统和能量管理控制系统

构成。在混合动力系统中,储能装置向电动机提供电能驱动,电动机的转矩反应迅速,波动小,有较宽的调速范围,低转速时能够输出较大的转矩,可以弥补柴油机在低转速时高燃油消耗率的缺陷。同时,储能装置的充放电利于柴油机的转速趋于平稳,可使柴油机稳定保持在高效区域工作。由于电动机推进系统的辅助,柴油机不会因为怠速运转而造成不必要的燃油浪费和废气排放,甚至可以使柴油机短暂性不工作^[11]。

基于北斗卫星定位的混合动力系统可以合理选择分配柴油机动力和电动机动力,在柴油机燃油和排放性能较好的高速高负荷区域,渔船采用柴油机动力推进,低速低负载时,渔船采用电动机动力推进^[12]。基于北斗卫星的金枪鱼钓船混合动力系统可以满足不同工况的动力需求,同时使柴油机稳定工作在高效区域附近,提高了燃油经济性,降低了排放污染^[13]。混合动力推进技术实现了在有限空间内,通过合理的选型和结构设计,提供了系统的解决方案,从而实现系统的可靠性、机桨匹配的合理性及系统协调性^[14]。

混合动力系统的驱动结构可分为串联式、并联式、混联式。混联式混合动力推进系统综合了串联式和并联式的传动特性,如图 1 所示,柴油机的动力经过分流装置后有两个流向,一个是通过动力耦合装置驱动工作组件,一个是经由发电机进行发电,电能储存到蓄电池中或者直接驱动电动机工作。电动机调速范围广,易于正反转等优点满足了金枪鱼钓船的作业需求。

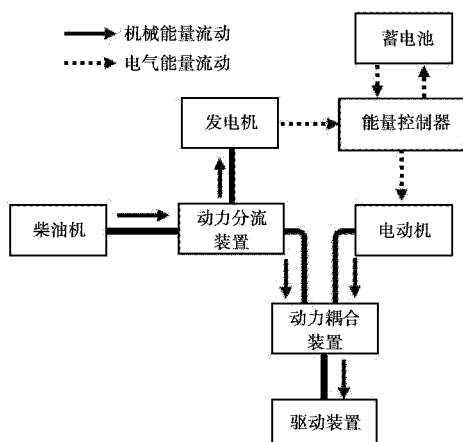


图 1 混联式混合动力推进系统

2.3 混合动力金枪鱼钓船的驱动模式

基于北斗卫星定位的金枪鱼钓船可以利用北

斗卫星对渔船的动态信息进行监控管理,可以查看船舶航行的位置与状态信息,显示经纬度、速度、航向、时间等^[15]。

北斗定位模块检测到金枪鱼钓船处于非作业渔场,且航速在 10 kn 以上。此时,渔船运行在全速航行工况,控制模块输出信号,使柴油机和电动机共同驱动渔船。此时,柴油机和电动机的动力在动力耦合装置中进行耦合,实现柴油机、电动机动力并车,进而驱动螺旋桨工作。

北斗定位模块检测到金枪鱼钓船处于投绳海域,且航速处于 5~10 kn 之间。此时,渔船运行在投绳工况,控制模块输出信号,柴油机作为单一动力源驱动渔船。此时,只有柴油机单独参与驱动工作,并稳定工作在高效区域,柴油机动力经由动力分流装置分流后,一部分传递到螺旋桨,另一部分驱动发电机发电,产生的电能储存在蓄电池中。

北斗定位模块检测到金枪鱼钓船处于起绳海域,且航速低于 5 kn。此时,渔船运行在起绳工况,控制模块输出信号,电动机作为单一动力源驱动金枪鱼钓船。当蓄电池的荷电状态 SOC 高于设定值时,蓄电池向电动机提供电力,螺旋桨的动力

完全来自于电动机,柴油机停机;当蓄电池的荷电状态 SOC 低于设定值时,柴油机开启并稳定工作在高效区域附近,驱动发电机向蓄电池充电。

根据上述工况分析,金枪鱼钓船的工况可以分为两种模式,即在全速航行工况、投绳工况下柴油机作为主动力源模式,和在起绳工况下电动机作为主动力源模式。

2.4 金枪鱼钓船工况分析

本文选取 36 m 金枪鱼钓船作为研究对象,吃水量 300 吨,吃水深度 2.85 m,设计航速 12.5 kn,渔船垂线间长 34.46 m,型宽 6.3 m^[15]。采用混合动力推进系统的金枪鱼钓船动力系统各配置如表 1 所示。

表 1 混合动力金枪鱼钓船动力系统配置

推进方式	柴油机功率	电动机功率	发电机功率
油电混合推进	1×350 kW	1×55 kW	1×80 kW

金枪鱼钓船作业航速、作业时间,以及渔船驱动模式如表 2 所示。 T_r 为渔船需求转矩; T_e 为柴油机转矩; T_m 为电动机转矩; i 为耦合速比。

表 2 混合动力金枪鱼钓船作业工况

当前工况模式	航速	时长	渔船需求功率	当前动力部件工作状态		转矩分配情况
				柴油机	电动机	
全速航行工况	12.5	4	380	工作	工作	$T_r = T_e + i \cdot T_m$
投绳工况	10	6	200	工作	不工作	$T_r \leq R_e$
起绳工况	6	14	50	仅为储能装置 充电时工作	工作	$T_r = R_m$

3 基于北斗卫星定位的混合动力推进系统的经济性分析

基于北斗卫星定位的混合动力金枪鱼钓船与

表 3 功率分配对比

金枪鱼钓船 推进方式	柴油机 额定功率	全速航行工况		投绳工况		起绳工况	
		柴油机功率 /(kW)	电动机功率 /(kW)	柴油机功率 /(kW)	电动机功率 /(kW)	柴油机功率 /(kW)	电动机功率 /(kW)
传统动力推进	380	380	0	200	0	50	0
混合动力推进	350	350	30	350	0	0	50

渔船油耗量是评价动力推进系统的主要经济指标,油耗量是燃油消耗率与柴油机输出功率和作业时长的乘积,总油耗量是渔船在三种作业工况下

传统金枪鱼钓船在全速航行、投绳、起绳工况下的动力源分配及功率对比如表 3 所示。

各油耗量之和。基于北斗卫星定位的混合动力渔船与传统动力渔船单次作业周期的燃油消耗量对比如表 4 所示。

表 4 燃油消耗量对比

渔船工况	传统动力渔船		混合动力渔船	
	燃油消耗率	油耗量	燃油消耗率	油耗量/kg
	$/(g \cdot kW^{-1} \cdot h^{-1})$	/kg	$/(g \cdot kW^{-1} \cdot h^{-1})$	
全速航行工况	200	304	200	280
投绳工况	250	300	200	420
起绳工况	290	203	—	0

在全速航行工况下,由于混合动力渔船的柴油机装机功率比传统渔船较低,渔船油耗量也相应减少。在投绳工况下,混合动力渔船的柴油主机始终工作在高效燃油区域内,输出功率高于传统渔船,油耗量也相应升高,但富裕能量为下一工况电动机的工作蓄能充电;在起绳工况下,传统动力渔船的柴油机处于轻载工况,耗油量巨大,混合动力渔船的柴油机停机,只采用单一电动机动力源驱动,达到了零污染、零排放的要求。综上,在相同工况、相同作业时间的条件下,混合动力金枪鱼钓船比传统动力金枪鱼钓船节油 13%。

4 结束语

本文提出了基于北斗卫星定位的混合动力金枪鱼钓船,以混联式作为混合动力推进方案,并对驱动模式进行研究设计。混联式驱动方案降低了金枪鱼钓船在作业工况下对主机的依赖性,并在满足渔船捕捞作业的需求下,根据北斗卫星导航系统来判断渔船的位置、航速,以此来合理选择分配柴油机、电动机动力源,改善柴油机的工况使其稳定工作在额定功率区附近,提高了燃油利用率并减少了污染物的排放。与传统金枪鱼钓船相比较,在全速航行、投绳、起绳相同工况下,基于北斗卫星定位的混合动力金枪鱼钓船综合油耗量减少了 13%,实现了船舶节能减排,因此基于北斗卫星定位的混合动力金枪鱼钓船具有广阔的应用推广前景。

参考文献

[1] 徐皓,张建华,丁建乐,等.国内外渔业装备与工程技术研究进展综述(续)[J].渔业现代化,2010,37(3):1-5.

[2] 李志伟.渔船节能减排 LNG 动力推广研究[D].杭州:浙江海洋学院,2013.

[3] 刘身利.中国远洋渔业发展和渔船装备问题探讨[J].渔业现代化,2010,37(6):66-69.

[4] 贾复.延绳钓渔船的设计特点[J].船舶工程,1996(2):24-27.

[5] 魏伟,褚建新,王帆.串联式混合动力船舶能源系统

运行模式切换策略[J].船舶工程,2016,38(4):26-30.

[6] 钱晨荣,刘健,黄洪亮.金枪鱼延生钓船机电混合推进系统的应用前景分析[J].渔业信息与战略,2013,28(4):285-289.

[7] 杨琰.北斗卫星导航系统与 GPS 全球定位系统简要对比如分析[J].无线互联科技,2013(4):114-131.

[8] 朱伟康,张建飞,傅俊璐.北斗卫星系统在远洋船舶上应用的研究[J].测控遥感与导航定位,2008,38(9):35-38.

[9] 翟国君,黄谟涛,欧阳永忠,等.海面高对北斗定位精度影响的研究[J].海洋测绘,2006,26(2):1-5.

[10] 蔡梦贫.混合动力系统概述[J].汽车电器,2005,13(1):55-59.

[11] 蔡顶春.油电混合动力在工程机械中的应用[J].建设机械技术与管理,2012,36(12):149-152.

[12] 沙锋,王永鼎,叶守建.金枪鱼延绳钓船混合动力推进系统与分析[J].上海海洋大学学报,2014,23(2):279-283.

[13] PIZZO D A,POLITO R M,RIZZO R,et al. Design criteria of onboard propulsion for hybrid electric boats[C]//2010 XIX International Conference on Digital Publication. 2010:1-6.

[14] 齐永利.船舶动力系统发展趋势研究[J].物流工程与管理,2012,34(8):100-111.

[15] 黄华文,余磊,潘红章,等.基于北斗卫星的船舶动态监控系统的设计与实现[J].测绘与空间地理信息,2015,38(5):7-9.

[16] 宗君华.36 米玻璃钢金枪鱼延绳钓渔船型线及推进系统设计研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2012.

作者简介

王永鼎 (1963—),男,硕士,教授,主要研究方向为海洋工程装备、船舶动力装置和渔业节能技术。

田晨曦 (1992—),男,硕士生,主要研究方向为混合动力船舶的节能研究。

董亚龙 (1992—),男,硕士生,主要研究方向为微小型水下机器人结构分析与系统控制研究。

Design of Hybrid Energy-saving Tuna Longline Propulsion Based on Beidou Satellites

WANG Yongding, TIAN Chenxi, DONG YaLong

(College of Engineering Science and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: The rapid development of China's offshore fishing, alone with rising fuel prices, there has been fishing boats' energy and environment issues. When tuna longline is working, the diesel engine is in the low speed and low load operation conditions which cause higher fuel consumption. In order to stabilize the economic benefits of offshore capture fisheries and reduce energy and consumption, hybrid tuna longline system based on Beidou satellites is presented in this paper. This system consists of two power sources; the diesel engine and the electric motor. According to Beidou satellites, the system could choose different power sources based on position and speed. Compared with conventional hybrid tuna longline, the general fuel consumption can reduce 13% under the same condition and the same working time. And also the system reliability and propulsion efficiency are improved.

Keywords: Beidou satellite; tuna longline; hybrid; energy conservation

(上接第 121 页)

Analysis of Data Pre-processing and Quality Checking Based on TEQC

WANG Fulin¹, YU Guangrui², WANG Long³

(1. The 61287 Troops of PLA, Kunming 650000, China; 2. The 61206 Troops of PLA, Dalian 116000, China; 3. The 61287 Troops of PLA, Chengdu 610000, China)

Abstract: The basic working principle and usage of TEQC are introduced. The application of TEQC in the quality assessment of crustal movement observation network in Hebei Province is analyzed. The consequence shows that all the indicators meet the requirements of experience values and the data quality is high, the information of the quality of the continuous observation data can be effectively understood by using TEQC.

Keywords: TEQC; data pre-processing; quality checking; crustal movement observation network