

文章编号: 1008-2336 (2021) 02-0103-06

海洋石油支持船节油措施研究

苏宝玉

(中石化海洋石油工程有限公司上海船舶分公司, 上海 201206)

摘要: 海洋石油支持船为海上石油勘探开发提供物料运输及守护的工程作业船舶, 其作业的特殊性决定了其有别于其他单纯的货运船舶, 在自身油料消耗上也无法照搬其他货运船舶的经验, 必须根据其作业特点摸索出一套全新的节油措施。该文通过分析海洋石油支持船在不同状态、不同作业模式下影响船舶油耗的因素, 采用船舶进出港控制、船舶航速管理、靠泊及守护管理等技术手段, 寻求不同功率的海洋支持船在不同模式下最节油的运行状态, 找出海洋石油支持船的节油空间, 对海洋石油支持船的进行操作指导, 并通过对其长时间的数据跟踪进行检验, 找出其中的可控因素, 最终制定切实可行的海洋石油支持船节油措施。实际运用表明, 通过以上技术措施的实施, 船舶油耗方面得到有效控制, 起到明显的降本增效的效果, 取得了可观的经济效益, 可以作为海洋石油支持船可推广的技术手段来参考运用。

关键词: 海洋石油支持船; 船舶节油; 船舶进出港; 船舶航速管理

中图分类号: TE89 文献标识码: A DOI:10.3969/j.issn.1008-2336.2021.02.103

Research on Fuel Saving Measures of Offshore Oil Support Vessel

SU Baoyu

(Shanghai Shipping, SINOPEC Offshore Oilfield Services Company, Shanghai 201206, China)

Abstract: Offshore support vessels provide material transportation and protection for offshore oil exploration and development. The particularity of their operations determines that they are different from other cargo ships, and they can not copy the experience of other cargo ships in terms of their own oil consumption. A new set of fuel-saving measures must be explored according to its operating characteristics. In this paper, by analyzing the offshore support vessel in different conditions, the factors that influence the vessel's oil consumption under different operation modes with the control of vessel turn over the port, vessel speed management, berthing and guarding management techniques, we seek for the most fuel-efficient running status of offshore support vessels with different power and modes. Besides, we find out the fuel-saving space of offshore support vessels, provide guidance on the operation of the vessels, inspect it through long-term data tracking, and acquire the controllable factors. Finally, feasible offshore support vessel oil-saving measures were developed. The practical application shows that through the implementation of the above technical measures, the oil consumption of the vessels is effectively controlled, and the effect of cost reduction and efficiency increase is obvious, and considerable economic benefits are obtained. It can be used as the technical means of offshore support vessels which can be popularized for reference.

Keywords: offshore support vessel; vessel's oil-saving; vessels turnover the port; vessel speed management

在海洋油田企业中, 海洋石油支持船舶是其重要的生产设施, 船舶燃油费用在经营成本中所占比重最大^[1], 节能降耗已成为海洋油田企业降低成本的普遍共识。如何根据其生产特点来达到降耗增效的目的? 笔者以对海洋石油支持船舶能耗

数据超过一年时间的跟踪和分析为基础, 通过分析影响船舶能耗的一系列因素和应对节能措施, 结合日常管理和实际操作两方面的经验, 提出船舶节能降耗的相关建议并得出结论。

收稿日期: 2021-02-21; 改回日期: 2021-03-16

作者简介: 苏宝玉, 男, 1987年生, 硕士, 中级经济师, 2015年毕业于上海海事大学船舶与海洋工程专业, 现主要从事船舶经营管理工作。E-mail: 905223208@qq.com。

1 影响船舶能耗的主要因素分析及各可控阶段的节能措施

影响船舶油耗因素分析和相关措施见表1。

由表1可见,影响海洋石油支持船能耗的各种因素中,其可控阶段分为设计建造和使用两个

部分。设计建造大多是硬件设施原因,需要在初始设计建造过程中规划解决,在使用时为不可控因素,本文不做论述。本文重点探讨使用过程中的操作节能和管理节能措施,即在使用过程中,如何通过管理优化、技术优化及运行优化等方式,从而达到大大降低海洋石油支持船的油耗和节能降耗的目的。

表1 影响船舶油耗的主要因素分析及相关措施

Table 1 Analysis of main factors affecting vessel fuel consumption and related measures

影响因素	影响因素分析	可控阶段	相关措施
主机结构	对船舶的油耗有决定性的影响,包括1、主机涡轮增压情况;2、柴油机喷油优化设置;3、油头的雾化质量。	设计建造	建造中解决
副机工况	耗油占总耗油量的10%左右。	使用	日常维护保养
船型结构	船型结构不合理会增大航行中的阻力。	设计建造	建造中解决
螺旋桨选型	对主机油耗有较大影响。	设计建造	建造中解决
机桨匹配	匹配合理,可以提高船舶推进效率。	设计建造	建造中解决
船体的粗糙度	船壳由于锈蚀及水生物的附着,其粗糙度会增加,从而导致油耗增加。	使用	坞修、油漆
船龄	随着船舶使用年限的增加,船舶技术状况下降,油耗会上升。	使用	保养减慢船况下降速度
装载量	装载量增加将使主机负荷增加,从而消耗的燃油量增加。	使用	调整吃水及纵倾
航行速度	主机功率与航速是三次方关系,航速的少量降低便可节省大量的燃油。	使用	经济航速、低速巡航
燃油品质	改善燃油质量,减少油渣可大大提高了燃油的使用效率。	使用	选择品质好的柴油
航线设计	安全、路径短的航线可节约燃油。	使用	科学设计航线、减少船舶穿梭
海况及潮汐影响	复杂、恶劣的海况会增加油耗。	使用	科学安排航次时间,借潮航行
操作技能	操作水平的差异对油耗有一定的影响。	使用	加强船员教育培训
节能意识	节能意识差,容易造成燃油的跑冒滴漏。	使用	加强教育和管理

2 船舶使用过程中的油耗管理

经过长时间对海洋石油支持船油耗运行数据的统计分析来看,节能降耗的具体措施主要体现在进出港控制、船速控制、靠泊控制等几个方面^[2]。

2.1 船舶进出港控制

2.1.1 借潮进出港

由于潮汐具有周期性的变化规律,经验表明,在合理的时间选择船舶的进出港时间,尽可能地保证船舶全程或部分航程顺流进出航道,可以有效降低船舶进出港过程的单位里程油耗。

下面以某6000HP海洋石油支持船为例,进行散点图分析。

港口潮汐表见图1,一天24小时中有2个高潮点及2个低潮点,从潮水最高到最低(基本)要经过8h左右。该航道长55.8nmi(海里,下同),船进出航道,顶流预计需要6.5h,顺流预计需要4.5h。如果在最高潮位点时出港,可以保证整个航道内都顺流出海。

通过对该船舶进出航道实测10次的结果进行散点图统计分析(图2),几个标注的流速在2节以上油耗差别较大,其它在1节流速左右点分布幅度明显比2节流速以上要平缓。

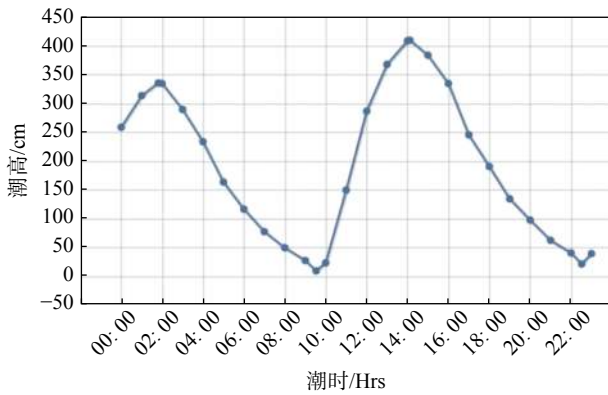


图 1 某港口单日潮汐表曲线图

Fig. 1 Diagram of a single day tide table at a port

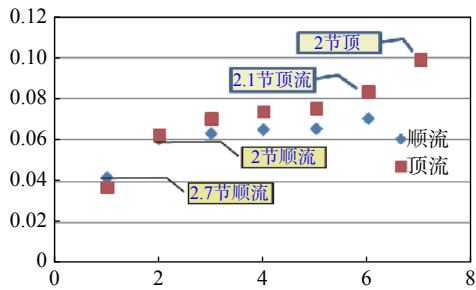


图 2 6 000 HP 船舶航道内的测试散点图

Fig. 2 Scatter diagram of test in channel of 6 000 HP vessel

现把进出航道最大顶流和顺流（3 节顶流和 2.7 节顺流）的两个极端情况做了一下比较。3 节顶流油耗为 0.099 4 t/nmi，2.7 节顺流油耗为 0.042 0 t/nmi，单程可节省燃油量 L 计算如下：

$$L=(0.099\ 4-0.042\ 0)*55.8=3.2\ t$$

即单程出港或进港理论上通过利用潮水最优可节省 3.2 t 燃油。

2.1.2 实际应用情况

借潮进出港船舶油耗在实际测定时，以船舶进出航道内的运行数据进行记录统计（图 3），其中出航道内是指码头至出港下线，进航道指进港上线至码头，进/出航道各填一次。

燃油消耗测试记录表（进/出航道内）

航次:	航次起止时间:														
船名:	船长:	轮机长:													
驾驶员填写部分		轮机员填写部分													
(单车口 双车口 四车口 主机操纵模式: 定螺距模式 □)															
开始时间	结束时间	码头-航道	航程海里	平均航速	螺距	浪高	风力	风向	主流向	流速	日用柜存量(开始)	日用柜存量(结束)	分油机流量计读数	总燃油消耗	平均燃油消耗(为/海里)
从:											P ₁	P ₂			
到:											S ₁	S ₂			
从:											P ₁	P ₂			
到:											S ₁	S ₂			

备注:

图 3 船舶进出航道燃油消耗记录表

Fig. 3 Fuel consumption record of vessel in and out channel

通过对三种船型的船舶在进出航道时不同航速下顶流/顺流油耗的测定，为船舶管理者确定船舶进出航道的时间及船舶航速的提供了技术指导^[3]。但由于船舶出海时间受装船时间及海上作业需求时间的双重限制，在实际运行中不能完全做到整个航道均为顺流的情况下进出航道，只能在保证作业的情况下最大限度地确保船舶在航道内顺流航行的时间，通过对三个船型 10 个航次的油耗数据统计见表 2。

表 2

船舶	油耗					
	执行前 (t/nmi)	执行后 (t/nmi)	每海里油耗差 (t/nmi)	每航次油耗差值 (t)	总节省油耗 (t)	总节省费用 (万元)
6 000 HP船舶	0.081	0.052	0.029	3.24	32.4	18.79
7 000 HP船舶	0.085	0.059	0.026	2.90	29.0	16.82
8 000 HP船舶	0.088	0.060	0.028	3.12	31.2	18.10

2.2 船舶航速控制管理

2.2.1 经济航速

经济航速即指船舶单位里程消耗燃油最少的航速，一般来说每条船在出厂时均有一个理论上的经济航速，即在此航速下船舶油耗最低，然而在船舶实际运行中发现：

(1) 船舶理论经济航速概念与我们所要的经济航速不一定一致；

(2) 船舶理论经济航速是通过模拟实验或计

算得出的，与实际存在偏差；

(3) 理论经济航速是理想环境下的静水航速，在风流涌浪及不同的装载等影响下，明显偏低，但具体应该低多少？有待具体分析；

(4) 理论经济航速在现实具体环境（海况、吃水等）下，可操作性不强。

由此可见，船舶理论经济航速不能作为船舶日常航行的标准经济航速。鉴于此，在日常船舶运营中，为寻求船舶运行的低油耗，通过对各种

运行模式的大量数据监控，最终提出了经济负荷的概念。

2.2.2 船舶经济负荷内涵测定方法

2.2.2.1 船舶经济负荷内涵

因经济航速在实际工作中指导意义不强。为找到船舶在日常条件下生产作业能耗与航速及负荷的最优平衡点，通过选取不同功率的船舶为研究对象，具体就是在现实海况条件下，通过不断改变螺距范围来测定船舶最经济的负荷，从而找到通常海况条件下的该船舶航行最优的功率，并以此作为经济负荷指导船舶航行，达到节能增效的目的。

2.2.2.2 经济负荷的测定

经济负荷数据测定思路如下：

(1) 岸基负责制定方案和记录表，分析测得的数据，船员负责测试并记录数据；

(2) 以船舶理论上的经济航速为依据，根据实际情况，适当调整航速测试，以求尽快找出该船的经济负荷；

(3) 简化测试，尽量少地选择典型环境条件和船舶状态进行测试。在以后的运行中，逐渐增加必要的变量，再细化测试；

(4) 以 60% 螺距为基准螺距，在此基础以上下浮动 5% 的幅度进行连续测定和跟踪，并确保船舶测试数据的真实有效。

通过对某 6 000 HP 及 8 000 HP 支持船 10 个月的油耗数据监控，分析在不同螺距下燃油消耗（不考虑海况、装载等因素），然后利用所有统计数据做散点图，直至散点图中明显显示各负荷下的油耗大小倾向。

具体做法是，先以该条船的理论经济航速下的负荷（65% 螺距）为基础进行统计，5 个航次后，再增加和减少 5% 螺距负荷运行，对各螺距负荷下的船舶燃油消耗进行对比，从而得出最佳的经济负荷。

图 4 是某 6 000 HP 船舶航行测得数据的散点图，纵轴是螺距，横轴是单位里程油耗（ m^3/nmi ）。不同螺距下油耗倾向比较明显。由图 4 可见，各个数据点大致呈 V 形分布，50%~55% 螺距区域为 V 形下凹部分。

结论：该船在 50%~55% 螺距区间内单位里程油耗最低。

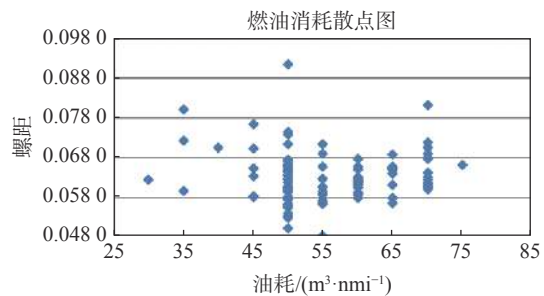


图 4 6 000 HP 船舶航行燃油消耗散点图

Fig. 4 Scatter diagram of 6 000 HP vessel navigation fuel consumption

由图 5 可见，各个数据点大致呈 V 形分布，50%~60% 螺距区域为 V 形下凹部分。

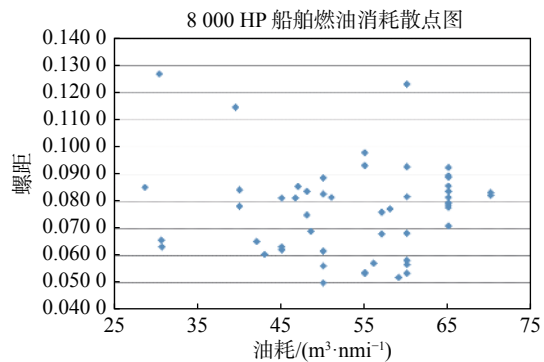


图 5 8 000 HP 船舶航行燃油消耗散点图

Fig. 5 Scatter diagram of 8 000 HP vessel navigation fuel consumption

结论：该船在 50%~60% 螺距区间内单位里程油耗最低。

2.2.2.3 实际应用

经济负荷的测定主要是选取船舶出港后至目的地之间往返的航行数据，即出港下线至第一个海上生产（作业）设施；返港：离开最后一个海上生产（作业）设施至进港上线。当负荷、航速发生变化后，及时记录负荷及航速变化时间、“日用柜 P、S 存量”等数据（图 6）。并用下一张表格记录新的航速、负荷下各参数。

由于船舶在海上运行期间，航行时油耗在船

燃油消耗测试记录表（进/出航道内）															
航次：											航次起止时间：				
船名：	船长：				轮机长：										
驾驶员填写部分							轮机员填写部分								
（单车口 双车口 四车口 主机操纵模式，定螺距模式 □）															
开始时间	结束时间	码头-航速	航程海里	平均航速	螺距	浪高	风力	风向	主转向	流速	日用柜存量（开始）	日用柜存量（结束）	分速机速	总燃油消耗	平均燃油消耗（升/海里）
		从： 到：		P: S:							P: S:	P: S:			
		从： 到：		P: S:							P: S:	P: S:			

备注：

图 6 船舶航行燃油消耗记录表

Fig. 6 Fuel consumption record of vessel navigation

船舶航次油耗中占较大比重（60%以上），因此对船舶经济负荷的测定对于指导船舶运行有着重大意义。通过对三种船型经济负荷测定后，选出油

耗较低的螺距范围，并要求船舶在航行过程中按照测定的螺距范围运行，经过 8 个月的油耗数据进行对比跟踪，统计数据见表 3。

表 3

船舶名称	原油耗 (t/d)	实际油耗 (t/d)	总节省燃油 (t)	总节省费用 (万元)
6 000 HP 船舶	4.94	4.55	93.6	54.29
7 000 HP 船舶	5.32	4.75	136.8	79.34
8 000 HP 船舶	5.55	4.73	196.8	114.14

3 其它管理节能措施

由于海洋石油支持船运行的特殊性，除以上在技术及船舶操控上的节能措施外，在船舶的运行管理上如措施得力也会产生明显效果，如航线设计、靠泊管理、守护管理及吃水差等^[4]。

3.1 航线设计

船舶开航前制定一个最佳航线对船舶的节能降耗有明显作用。航线设计应该包括船舶从港口到港口的全部航程。

开航前，仔细研究出发港和航路上一些重要区域的潮汐和整体洋流情况，确定最佳转向点，利用潮汐变化和洋流规律全程或分航程顺流航行，全程尽最大程度保持适合本船经济航速行驶，从而达到船舶节能降耗的目的^[5]。通常航线设计是近海（包括港内）航行利用潮水的涨落（本文 2.1 节已举例说明），远洋航行重点利用洋流。

3.2 靠离海上设施管理

船舶日常作业过程中，在靠泊平台时由于需要主机负荷较大（80%以上），因此靠泊平台时的船舶油耗远高于巡航守护时的船舶油耗^[6]，且海况越差，其负荷越大。根据船舶的航线计划合理安排船舶靠泊海上设施的作业计划。在无紧急任务状态下，尽量选择在海况良好的情况下靠泊海上设施，进行吊装作业与其他如海上供油、供水、吹灰等可同时进行，尽量减少支持船靠离海上设施的次数和机动停靠持续时间。

3.3 守护管理

海洋石油支持船守护作业一般分为警戒（特殊）守护和常态守护，警戒（特殊）守护是指在海上生产设施如海上石油平台因正在进行（包括但

不限于）下列某种作业时，为防范某种突发情况而须保持警戒状态：

- （1）直升飞机在海上设施的降落或起飞；
- （2）工作人员在舷外或甲板外侧作业；
- （3）工作人员在接近水面或水下作业；
- （4）生产设施、作业设施进行重大施工作业；
- （5）生产设施、作业设施负责人认为必要的其他作业。

警戒（特殊）守护要求船舶保持随时航行和应急救援状态。此时，主机须保持备车及可随时运行、各种相应设备如侧推、消防水炮须保持备用状态^[7]。此时，如海况条件许可，可备车让螺距归零的漂航，以尽量降低船舶主机负荷。也可采取单车、单机、副机等节能模式进行巡航守护。这都会起到明显的节省燃油效果。

3.4 吃水差调节

吃水差主要影响船舶的操纵性、快速性和耐波性。在同等条件下，适当的吃水差可提高船舶的航速和改善船舶的操纵性能^[8]。一般船舶艏倾时，船舶阻力会变大，船舶回旋半径减少，舵效、航向稳定性变差，船速下降。船舶艉倾时舵效、航向稳定性、航速都有所提高，因此在船舶航线和排水量不变时，可以通过调整吃水差提高船舶稳定性和提升航速，船舶在海上行驶时也会因操作性和稳定性好而减少偏离计划航线的幅度，从而减少单位航程的时间和油耗^[9]。经验表明，船舶吃水差在 30~50 cm 时，船舶舵效和操纵性能达到最优。

4 建议

良好的船艺也对船舶燃油消耗有着一定的影

响,良好的操船技术和习惯能很大程度上减少燃油消耗。如在操车时尽量减少过猛加车,机动停靠设施时应保持缓慢用车、舵及侧推等设施,充分利用风流的作用,减少车舵的频繁使用,做到以最小的车发挥最大的作用。

实验表明:相同条件下,使用与不使用燃油添加剂相比,其结果是使用燃油添加剂能效更高。燃油添加剂的作用主要是使燃油燃烧更充分,同时减少油泥生成,从而提升燃油利用率、降低设备故障率,减少设备故障的风险^[10],提高安全程度,延长设备维护周期,节省人工、备件、物料、修理费用等。

5 结论

通过对三种不同功率的船舶进行研究,为海洋石油支持船如何节能降耗找到了切实可行的研究方向。海洋石油支持船由于作业的特殊性,船舶燃油消耗受外界因素如海况、装载量、作业内容等影响较大,需要更长时间对船舶运行数据监测后,制定每条船的最佳运行方案,这样才能对海洋石油支持船的节能降耗更具指导意义。随着北斗定位、移动互联网技术的飞速发展,未来可以考虑在船舶加装油料实时监控系統,通过电脑对船舶油耗进行记录、传输,同时将实时油耗数

据传输到驾驶台,指导船长以更加节能的方式操纵船舶。

参考文献:

- [1] 李治国,杨谔.海洋石油支持船节油途径浅探[J].海洋石油,2013,33(4):101-103.
- [2] 史际昌.船舶电气设备及系统[M].大连:大连海事大学出版社,1998:60-61.
- [3] 蔡钿.海洋石油支持船舶在海上靠泊作业及应用指导书[M].北京:人民交通出版社,2011:17-18.(查阅所有网上资料,未找到本条文献,请联系作者确认).
- [4] 何海英.海洋石油支持船实施节能减排的策略研究//2012年中海油服船舶事业部科技论文集[C].北京:中海油田服务股份有限公司,2012:9-10.
- [5] Hirano H. JIT Factory Revolution: A Pictorial Guide to Factory Design of the Future[M]. Cambridge, MA: Productivity Press, 1988: 565-579.
- [6] 王海潮.推进节能减排发展绿色航运——全国交通运输行业节能减排工作视频会议在京召开[J].中国海事,2008(7):60-61.
- [7] 叶高文.船舶节能新技术开发与应用研究[J].机电产品开发与创新,2007,20(6):106-107.
- [8] 王月萍.使用经济航速节约能源——减速航行技术研讨[J].山东交通科技,1987(3):9-16.
- [9] 钱娣.船舶节能减排的研究//2009造船企业节能减排工艺学术交流会论文集[C].成都:中国造船工程学会,2003:111-113.
- [10] Schonberger R J. World Class Manufacturing: The Lessons of Simplicity Applied[M]. New York: Free Press, 1986: 27.