

综述与机型

主机选型新趋向

马 帅, 彭卓荣

(玉柴船舶动力股份有限公司, 广东 珠海 519175)

摘 要: 通过对 5RT-flex58T-D 与 5RT-flex50-D 油耗的对比, 分析了在主机价格较低的时期, 主机选型新趋向——选择大功率主机降功率使用这一方案的优势所在: 可获得低油耗, 节约船舶营运成本; 但需根据各船的特点, 如机舱的空间、允许的最大螺旋桨直径、航速要求等进行综合考虑, 得出合理的柴机船匹配。

关键词: 主机; 选型; 功率; 油耗

中图分类号: TK421+.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-4357(2013)01-0013-04

The New Trend for Type Selection of Main Engine

Ma Shuai, Peng Zhuorong

(Yuchai Marine Power Co., Ltd, Guangdong Zhuhai 519175)

Abstract: By comparing the fuel consumption of 5RT-flex58T-D to 5RT-flex50-D, the new trend of main engine selection is studied under the background of main engine meeting relatively low-price, and it is concluded that the new trend should be choosing large power engine for the application which need lower power. This program has the advantages of low fuel consumption and cost reduction in ship operation. But on the other hand, it should comprehensively take the ship's features into consideration, such as the space of engine room, the allowable maximum diameter of propeller, and navigation speed, and finally obtain the reasonable matching program for propeller, engine and ship.

Keywords: main engine; type selection; power; fuel consumption

0 引 言

目前船运市场低迷, 新造船数量骤减, 导致国内的柴油机生产力严重过剩, 造机市场竞争激烈。由于主机的价格低了很多, 这样对于新造船的船东来说, 选择主机的空间就大了很多。针对目前船市的状态, 比较流行的一个主机选型方案是: 选用大功率主机, 然后降功率使用, 从而获得低油耗, 节约船舶的运行成本。

1 柴油主机的选型区域

主机作为船舶推进系统的最重要组成部分, 在选型过程中, 需船舶设计院及船东非常谨慎地进行

推算, 配置出最合理的推进系统。对于主机的工作寿命而言, 运行状态有很大的影响。

每种型号的船用柴油主机都有其选型区域(layout diagram), 区域内任何一工况点都可被选为约定最大持续功率(CMCR 或 SMCR)。所谓约定最大持续功率, 是指由船东和厂方商定的在船上实际使用的最大功率。约定最大持续功率确定后, 便可确定柴油机的允许运行范围。

约定最大持续功率的确定需要考虑各种因素, 如推进功率、螺旋桨效率、航行的机动性、功率和转速储备、是否有轴带发电机以及船舶的营运方式等。

MAN 和 Wärtsilä 这两个主要的船用柴油机公

收稿日期: 2012-10-11

作者简介: 马帅(1983-), 男, 工程师, 主要研究方向为船用柴油机总体设计, E-mail: mashuai@yuchai.cn。

司都提供了柴油机的选型区域，两家公司的内容基本相同。Wärtsilä 公司推出的柴油机选型区域是由 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 四个点的连线所围成的，如图 1 所示。其中 R_1 为柴油机的最大持续功率 (MCR，即标定功率) 点， R_2 为 100% 标定转速与 70% 标定功率的交点， R_3 为 80% 标定转速与 100% 标定平均有效压力线的交点， R_4 为 80% 标定转速与 70% 标定功率线的交点。MAN 公司的柴油机选型区域是由两条等平均有效压力线 L_1 — L_3 (100% p_b) 和 L_2 — L_4 (80% p_b) 和两条等转速线 L_1 — L_2 (100% n_b) 和 L_3 — L_4 (75% n_b) 组成，如图 2 所示。在整个工作区内，柴油机的最高燃烧压力是相同的。

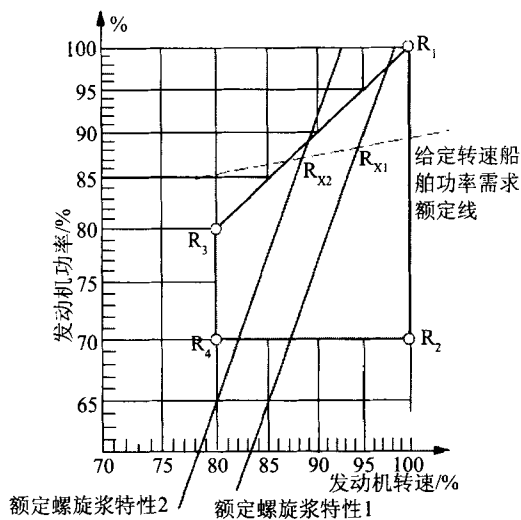


图 1

船东和厂方可以在上述区域内商定船上实际使用的最大持续功率。由于所选定工作点的功率和转速往往低于柴油机的标定功率和转速，也称为柴油

机减额输出，所选定工作点的功率称为约定最大持续功率 (SMCR 或 CMCR)。采用约定最大持续功率实际上是在寻求船—机—桨三方面经济效益最佳的匹配，这是一个牵扯面很广的问题，需要考虑到柴油机的燃油消耗率、给定船速所需的最小推进动力、船体形状和螺旋桨效率等问题。一般来说，选取的工作点越靠下，柴油机平均有效压力下降，会使 p_z/p_e 提高，柴油机的燃油消耗量下降；工作点越往左，柴油机转速下降，螺旋桨效率提高。而这些都是以柴油机动力性为代价的，对于同样功率的装置所需发动机缸数要增加，桨的直径和船舶吃水也要增加。

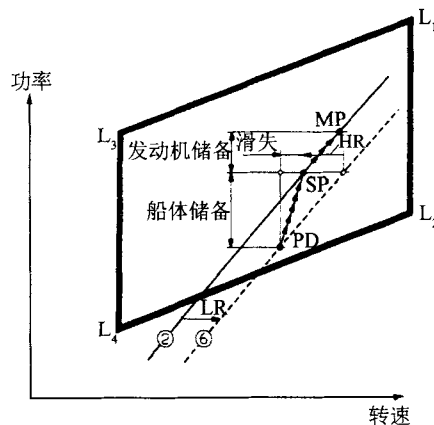


图 2

2 选择大功率机型降功率使用的方案成为新趋向

表 1 是公司最近所接的订单及从船东船厂方面得到的主机选型信息。

表 1 主机选型部分信息

船型	机型	MCR/kW	CMCR/kW	CSR/kW	备注
44600DWT 散货船	W6X40	6 810	5 460 (70% MCR)	3 549 (65% CMCR)	订单 2 台
64000DWT 散货船	5RT-flex58T-D	11 300	8 000 (70.8% MCR)	6 800 (85% CMCR)	订单 4 台
45000DWT Log & Bulk carrier	6RT-flex50-D	10 470	8 280 (79.1% MCR)	7 452 (90% CMCR)	已签主机协议
39000DWT 散货船	5RT-flex50-D 或 5S50ME-B9.2 (以上为初步考虑机型)	8 725 8 900	6 100 (70% MCR) 6 050 (68% MCR)	4 880 (80% CMCR) 4 840 (80% CMCR)	商务 谈判中 4 台
67000DWT 散货船	6RT-flex58T-D 或 6S60ME-C8.2 (以上为初步考虑机型)	13 560 14 280	10 089 (74.4% MCR) 9 660 (67.6% MCR)	6 558 (65% CMCR) 6 558 (67.8% CMCR)	项目跟踪中 4+1 台

从上面的数据可以看出，近期船东船厂在主机选型时，均偏向于 70% 左右的 MCR 作为 CMCR，并没有选择 80% MCR 以上的功率，每个机型都有 30% 左右的功率富余，充分体现了降功率使用的趋向。下面

以 64000DWT 散货船为例，针对满足同样航速要求，主机选取 5RT-flex58T-D 与 5RT-flex50-D 进行比较。

按以前普遍的主机选型方法，会将 CMCR 尽量靠近 MCR，这样可使柴油机的功率得到充分利

用。按此计算，推算出所需的 CMCR 为：8 695 kW/124(r·min⁻¹)，对照 Wärtsilä 的机型，可以很容易选出 5RT-flex50-D 较为合适，因为此功率转速比较接近 5RT-flex50D 的 R₁ 点，可以充分利用 50 机的功率。另外，特定船舶在特定航速下会有一条所需的功率和转速的函数关系，即： $P_1/P_2=(N_1/N_2)^\alpha$ ，根据 Wärtsilä 选型说明， $\alpha=0.25$ (大于 30000DWT 的油轮和散货船)。也就是说在特定航速下功率与转速曲线 $\alpha=0.25$ 上任一点都可以作为主机的指定功率和转速。从图 3 可见，5RT-flex58T-D 的选型区与曲线 α 有很大一段区域重合。现选取 8 000 kW/89 (r·min⁻¹) 作为 CMCR，与 5RT-flex50-D 进行比较。从图 4 5RT-flex58T-D 与 5RT-flex50-D 的油耗比较可明显看出 58 机比 50 机油耗低 5 g 左右。

3 选定机型

虽然两种机型最终都可以使船舶获得同样的航速，但是配置的螺旋桨与主机的功率和转速有很大关系，通过选取 58 机靠近 R3-R4 线，降低主机的功率，同时也得到了较高的螺旋桨效率，获得了低油耗；但相应地增大了螺旋桨的尺寸，在初始投入的成本方面会比选用 50 机高些。

以下以消耗 MDO 为计算依据，以目前 1 050 美元/t 为基础，比较两种机型初始成本和营运成本，见表 2。

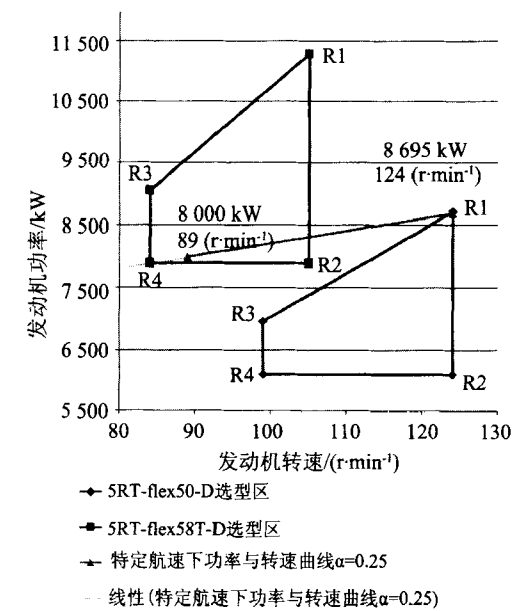


图 3

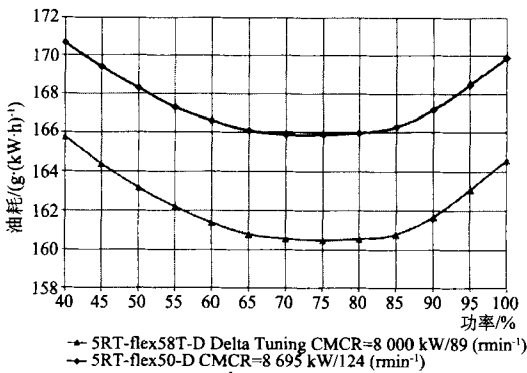


图 4

表 2

机型	名义功率 /kW	一次性投入 /万美元	一次性投入 差价/万美元	螺旋桨差价 /万美元	CMCR /kW	日耗油 /t	日耗 油差/t	运行首年 (4000h/y) 耗油差价 /万美元	运行 20 年 (4000 h/y) 耗油差/t	运行 20 年 (4000 h/y) 耗油差价 /万美元
5RT-flex50-D	8 725	270			8 695	35.67				
5RT-flex58T-D	11 300	320	+50	+10	8 000	31.8	-3.87	-68	-12 900	-1 354

表中日油耗计算公式如式(1)，公式中 BSFC 取允许最大范围油耗，最大范围油耗为最大+5% 的油耗误差。具体计算结果见表 3、表 4。

$$FC(t \cdot \text{天}^{-1}) = P(\text{kW}) \times BSFC(g \cdot (\text{kW} \cdot \text{h})^{-1}) \times 24 (h) / 1\,000\,000$$
$$LCV_{\text{MDO}} = 42.7 (MJ \cdot \text{kg}^{-1})$$

(1)

表 3 5RT-flex58T-D 油耗及油耗成本计算结果(5RT-flex58T-D Delta Tuning CMCR-8 000 kW/89 (r·min⁻¹))

负荷 /%	功率 /kW	油耗 /(g·(kW·h) ⁻¹)	允许最大范围油耗 /(g·(kW·h) ⁻¹)	每天消耗燃油 /t	每小时消耗燃油 /t	每天油费 /万美元
100	8 000	164.6	165.65	31.80	1.33	33 395.04
95	7 600	163.1	164.15	29.94	1.25	31 438.01
90	7 200	161.7	162.75	28.12	1.17	29 529.36
85	6 800	160.8	161.85	26.41	1.10	27 734.62
80	6 400	160.6	161.65	24.83	1.03	26 070.91
75	6 000	160.5	161.55	23.26	0.97	24 426.36

(续表)

70	5 600	160.6	161.65	21.73	0.91	22 812.05
65	5 200	160.8	161.85	20.20	0.84	21 208.82
60	4 800	161.4	162.45	18.71	0.78	19 649.95
55	4 400	162.2	163.25	17.24	0.72	18 101.16
50	4 000	163.2	164.25	15.77	0.66	16 556.4
45	3 600	164.4	165.45	14.29	0.60	15 009.62
40	3 200	165.8	166.85	12.81	0.53	13 454.78

表 4 5RT-flex50-D 油耗及油耗成本计算结果(5RT-flex50-D CMCR-8 695 kW/124 (r·min⁻¹))

负荷 /%	功率 /kW	油耗 /(g·(kW·h) ⁻¹)	允许最大范围油耗 /(g·(kW·h) ⁻¹)	每天消耗燃油 /t	每小时消耗燃油 /t	每天油费 /万美元
100	8 695	169.9	170.95	35.67	1.49	37 457.54
95	8 260.3	168.5	169.55	33.61	1.40	35 293.45
90	7 825.5	167.2	168.25	31.60	1.32	33 179.34
85	7 390.8	166.3	167.35	29.68	1.24	31 168.63
80	6 956	166	167.05	27.89	1.16	29 282.39
75	6 521.3	165.9	166.95	26.13	1.09	27 436.02
70	6 086.5	165.9	166.95	24.39	1.02	25 606.76
65	5 651.8	166.1	167.15	22.67	0.94	23 806.4
60	5 217	166.6	167.65	20.99	0.87	22 040.68
55	4 782.3	167.3	168.35	19.32	0.81	20 288.53
50	4 347.5	168.3	169.35	17.67	0.74	18 553.48
45	3 912.8	169.4	170.45	16.01	0.67	16 806.81
40	3 478	170.7	171.75	14.34	0.60	15 053.13

通过以上对油耗及油耗成本的比较可以看出,选择 5RT-flex58T-D 机会在油耗方面有很大优势,船舶运行首年,即可将 58 机初期多投入的成本节省回来,而且在以后的运行过程中将发挥出更大的省油优势。对于船东来说,大大降低了运营成本。

4 结 论

本文仅通过比较典型大功率主机降功率使用,分析这种方案对于船舶长期运营带来的好处,具体到每条船型,需根据各船的特点,如机舱的空间、允许的最大螺旋桨直径、航速要求等进行综合考

虑,计算出合理的桨机船匹配。当然,鉴于目前新造机的价格较低廉,这种选择大功率机型降功率使用的方案会越来越受船东的青睐。

参考文献

[1] 李忠刚. 考虑最大桨直径的主机优化选型及螺旋桨图谱设计[J]. 大连船研, 1999(4).
[2] 梅春. 船舶主机选型的发展和展望[J]. 柴油机, 2012, 34(1): 7-12.
[3] 于洪亮, 段树林, 陈刚. 船用主机的选型[J]. 大连海事大学学报, 2004(4).

勘 误

本刊 2012 年第 6 期编校有误: 目次中第一篇“在船用低速柴油机制造企业的应用和实施”应为“PDM 在船用低速柴油机制造企业的应用和实施”; 第 31 页左栏第 14 行“ $W_1=6\,000\times3=9\,000\text{ kJ}$ ”应为“ $W_1=\frac{1}{2}\times6\,000\times3=9\,000\text{ kJ}$ ”。特此更正, 并向作者和读者致歉。

《柴油机》编辑部