

柴油机推进装置选型与机桨匹配设计概述

孙胜平¹, 王与凡²

(1. 陕西银禾油气工程技术服务有限公司, 陕西 西安 710000; 2. 武汉理工大学能源与动力工程学院, 湖北 武汉 430063)

摘要: 船舶动力装置的选择是船舶设计的一个重要组成部分, 其直接决定船舶本身的动力性能。本文概述了目前主流的柴油机动力装置的组成及其优缺点, 通过计算实例介绍机桨匹配设计的目的和主要步骤, 并由机桨匹配设计的结果来进行主机的选型, 阐述了主机选型需要考虑的问题及其对船舶性能的影响。

关键词: 柴油机动力装置; 机桨匹配; 主机选型

中图分类号: U664.121 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2021) 09—0086—02

船舶动力装置按照主推进装置发动机的类型可分为柴油机动力装置、蒸汽轮机动力装置、燃气轮机动力装置、联合装置和核动力装置。其主要任务是为船舶提供各种能量和利用这些能量, 以保证船舶的正常航行与安全, 人员的正常生活和安全, 以及完成各种作业等等。在大中型船舶中, 应用最广的动力装置为柴油机动力装置, 其组成包括推进装置、辅助装置、机舱自动化设备、管路系统和船舶设备。

1 机桨匹配设计

所谓机桨匹配设计即是在根据船体设计资料及设计任务书要求, 考虑船舶的尺寸、可靠性与经济性的基础上, 结合计算分析结果, 选择一套从主机到螺旋桨的最佳推进装置, 整个设计过程主要包括两部分: 初步匹配设计和终结匹配设计。

1.1 技术原理

船体基本参数:

1.1.1 船舶主尺度

总长 $L=121\text{m}$ 垂线间长 $L_{bp}=114\text{m}$

型深 $D=9.0\text{m}$ 型宽 $B=20\text{m}$

设计吃水 $d=6.0\text{m}$ 设计水线长 $L_{wl}=116.4\text{m}$

结构吃水 $d=6.5\text{m}$ 方形系数 $C_b=0.8508$

浮心纵向距中 1.177m 设计排水量 $=11639\text{t}$

设计航速 $V_s=11.5\text{kn}$ 船员定额: 22 人

在航速 11.5 节时船体有效功率为 1165 千瓦, 选定螺旋桨直径为 2.939 米, 进行螺旋桨初步设计。设定螺旋桨为 4 叶 AU 桨, 盘面比为 0.55, 本船动力装置为双机双桨。

1.1.2 设计计算

伴流分数计算公式为

$$\begin{cases} 0.5C_b - 0.05 (\text{单桨船}) \\ 0.55C_b - 0.20 (\text{双桨船}) \end{cases}$$

推力减额分数计算公式为:

$$t = 0.25\omega + 0.14$$

计算可得, 伴流分数为:

$$\omega = 0.55 \times 0.8508 - 0.20 = 0.26794$$

推力减额分数为:

$$t = 0.25 \times 0.26794 + 0.14 = 0.206985$$

则船身效率:

$$\eta_h = \frac{1-t}{1-\omega} = \frac{1-0.207}{1-0.268} = 1.083$$

相对旋转效率为:

$$\eta_r = 0.98$$

轴系传递效率为:

$$\eta_s = 0.995$$

进速为:

$$V_a = V(1-\omega) = 11.5 \times (1-0.268) = 8.418\text{kn}$$

由于本船动力装置为双机双桨, 那么单机单桨的有效功率为 582.5kW, 假定一组转速 180r/min、190r/min、200r/min、210r/min、220r/min、230r/min、240r/min、250r/min。计算直径系数后, 查 $\sqrt{B_p}-\delta$ 图谱, 由 δ 等值线与最佳效率曲线取交点得到螺旋桨的螺距 P/D 和敞水效率 η_0 , 整理可得, 如图 1 所示:

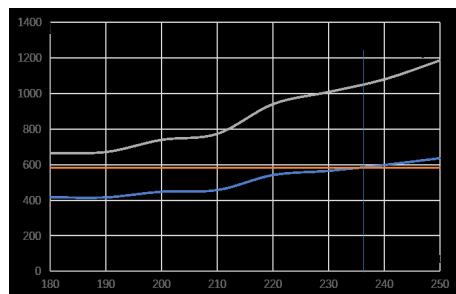


图 1 初步匹配设计参数折线图

即转速为 237r/min, 此时主机有效功率为 582.5kW, 主机功率为 1060kW。

1.2 终结匹配设计

终结匹配设计是在已知主机功率和转速及传动设备与轴系之间的传送效率的基础上, 进一步计算得到螺旋桨所收到的功率、螺旋桨的推进效率及船体的效率的参数, 最后通过计算得出船舶可达到的航速和螺旋桨的最佳工况。下面以一计算实例来介绍其计算过程。

该船主机额定功率 $2 \times 1190.7\text{kW}$, 额定转速 550r/min, 齿轮箱减速比 2.8947: 1, 进行螺旋桨终结设计。设定螺旋桨为 4 叶 AU 桨, 盘面比为 0.55, 本船动力装置为双机双桨。其他参数与 2.1 节相同。

螺旋桨额定转速为, 假设其长时间运转时主机功率为额定功率的 90%, 那么单机主机功率为, 假定其航速为 7kn、8kn、9kn、10kn、11kn、12kn。计算完后, 根据选定的叶数和盘面比查询相应的图谱, 由值向上做垂线与最佳效率线相交得到。

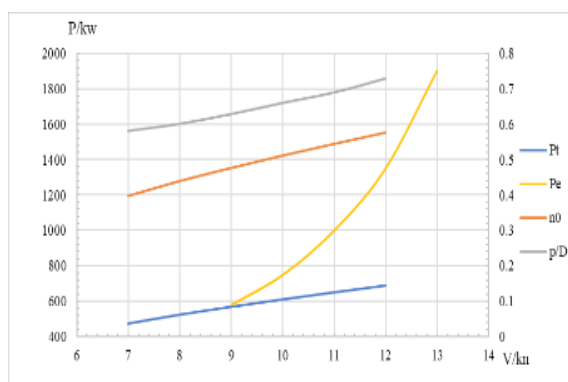


图2 终结匹配设计

2 主机选型

根据初步匹配设计结果, 进一步确定满足船舶航速的主机功率和转速, 随后按要求选择最合适的主机, 除此之外, 主机的选取还需综合考虑以下几个因素:

(1) 主机自身的重量和尺寸大小; 主机的重量过大将会使船舶载重量降低, 尺寸较大将会压缩船舶货舱容积, 不利于大件货物运输。

(2) 主机功率和转速; 船舶主机的选取还需要考虑其标定功率、超负荷功率等, 其选取关系到船舶的经济性和适用性。

(3) 主机所需燃油与滑油种类; 船用燃料的品类主要有轻柴油、重柴油、燃料油和中间燃料油四种, 不

同种类燃料的性能差异相差较大, 购置所需价格也相差较大。因此, 选取主机还是需要考虑燃料的选取, 主机燃料应尽可能在保证使用性能条件的同时, 满足经济性最高的原则。

(4) 主机的造价、维修和寿命等; 船舶主机制造成本在船舶制造中占据较大的比例, 船舶使用过程中主机的维护工作量及其使用寿命的长短直接关系到船舶的经济性, 因此主机选取时需尽可能选择寿命长、维修工作量少的主机。

(5) 振动和噪声; 主辅机是船上最强的噪声源, 它们决定了柴油船的噪声级。

(6) 主机的油耗; 主机油耗是评价主机性能参数的重要指标之一, 其决定着船舶航行时的经济性。

3 结论

柴油机推进装置的选型时, 除了需要主机选型之外, 还需要根据船舶机桨匹配特性, 考虑传动方式, 轴系数目, 推进器型式, 螺旋桨数目和类型等。

参考文献:

- [1] 盛振邦, 刘应中. 船舶原理 [M]. 上海交通大学出版社, 2004.
- [2] 肖伟星. 浅谈船舶主推进系统动力集成与装置安全 [J]. 内燃机与配件, 2018(22): 129-130.
- [3] 周龙保. 内燃机学 [M]. 机械工业出版社, 2011.
- [4] 张文兵. 关于船舶动力装置的发展分析探讨 [J]. 中国水运 (下半月), 2020, 20(04): 50-52.
- [5] 梁思胜, 刘文科, 惠节. 船舶主推进动力装置的发展趋势探究 [J]. 科技创新与应用, 2016(36): 128.

