

船舶最佳航速选择和柴油机工况调整

宁波大学海运学院 宋金城

[内容提要] 根据市场的需求, 作者介绍了航速的选择原则, 提出最佳航速的概念。阐明技术为经济服务, 航速为市场服务的问题。与之相对应的进行柴油机工况调整, 较详细地论述了参数的调整, 分析了调整的原理、方法、范围及注意事项。

关键词: 最佳 选择 工况 调整

The choice of best speed and adjustment of working condition of diesel engine

Abstract: In order to meet the demands of market, this paper introduces the principles of speed choice and offers a concept of best speed. It illustrates that technology should serve for economy and speed should serve for market. Therefore, the working engine should be adjusted. The paper discusses in detail the parameters of adjustment and analyzes the principles, ways, ranges and cautions of adjustment.

Key words: best, choice, working condition, adjustment

船舶在客货运输中, 对航速的选择是个关键问题。它不单纯从技术角度由船长和轮机长来确定, 而主要根据市场的变动, 货运量、运价、旅客和货主的需求, 运输方式的变换等, 由航运部门领导提出和决断的。航速的选择基本形式有三种: 以快速性为主的船舶设计航速, 以节油为目的的经济航速和以获得最大盈利的最佳航速。本文探讨了三种航速的选用以及相对应的柴油机工况的调整。

1 三种航速及适用条件

1.1 设计航速

船舶设计时, 由设计任务书确定船舶主尺度和航速。这时设计工程师面临两类问题: 一类是航速已确定, 要求选择螺旋桨的基本参数要能达到任务书对航速的规定而消耗的主机功率最小, 从而选定主柴油机的功率与转速; 另一类型是主机型号已选定, 要求设计螺旋桨的基本要素, 当耗去主机全部功率与满足主机转速条件下, 使船舶达到最大航速。

船舶设计航速要通过航行试验加以验证。如果试航的实际航速达到设计航速, 主机达到额定功率与额定转速, 说明螺旋桨与主机匹配良好, 主机可以在额定工况下长期运转, 否则对螺旋桨基本参数或主机运行转速作某些修正。一般记录在船舶试航技术文件中, 作为轮机管理的依据。

船舶要求快速性时, 一般选用设计航速。

1.2 经济航速

船舶经济航速是指每海里燃油耗量最低的航速。理论上的经济航速是指柴油机最低稳定转速对应的船舶航速。它不是主机每马力小时耗油率最低的航速。

$$\text{根据定义: } b_m = \frac{B}{V_s} \quad (1)$$

式中: b_m ——每海里燃油消耗量(kg/n mile)

B ——动力装置每小时耗油量(kg)

V_s ——船速(kn)

$$\text{当船舶装载量不变时则有: } Ne = AV_s^3 \quad (2)$$

式中: Ne ——主机有效功率(HP) A ——比例常数

经过(1)、(2)式的换算, 则有:

$$b_m = \frac{B}{V_s} = \frac{B}{V_s} \cdot \frac{AV_s^3}{Ne} = Ab_e V_s^2 \quad (3)$$

式中 b_e 为主机燃油消耗率(kg/HP·h)

式(3)表示 b_m 、 b_e 与 V_s 之间的函数关系, 如图1所示。理论上的经济航速 a 点, 不是主机耗油率最低点 b 点。因为主机转速与航速太低, 意义并不大, 实际选用亦很少, 但给节油指出一个方向。

式(2)说明, 当船舶装载量不变时, 主机功率与航速三次方成正比, 主机燃油消耗与航速的关系亦按比例变化, 即航速的减小可以大幅度的降低主机功率与燃油消耗量。目前国内外航运、造船界, 对高航速的追求不再像传统那样热衷, 而主张适当降低航速, 使相同装载量的船舶主机功率大幅降低, 达到节油的目的, 人们把这亦统称经济船型或经济航速。

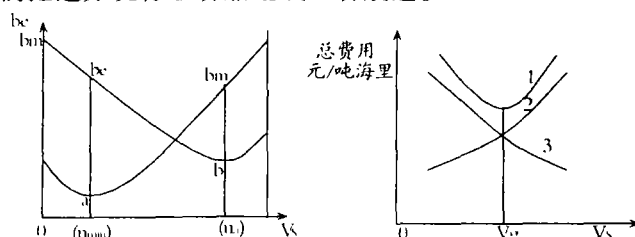


图 1

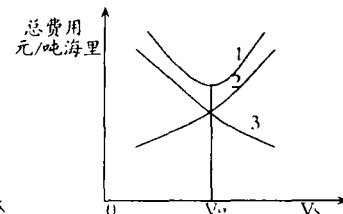


图 2

1.3 最佳航速

以快速性为目的设计航速是主机每马力小时耗油率最低的航速, 以节油为出发点的经济航速是每海里耗油最少的航速。一般来说, 它们都不是船舶的最佳航速。最佳航速是最大盈利航速。包含的因素比较多, 主要有运物价格、运价、燃油油料消耗与价格、船员工资、设备折旧、修理费、航程、船舶吨位、港口装卸能力及联运中衔接和运输方式的变更等。航速对运输费用各主要组成部分影响大约三个方面: (1) 船舶运输总费用; (2) 动力装置 (包括燃油油量消耗、配件、修理及折

旧等);(3)船员工资、补贴、船体折旧等。它们之间的定性关系如图2所示, V_g 为最佳航速。船舶纯利润=船舶运输总收入-动力装置支出-船员工资、船体折旧支出。因此,最佳航速的选择是有条件的。如果满足客户条件,运价可大幅度提高,加快交货收益大,则最佳航速可以选得高一些。如果货主对交货时间要求较长,加快运输反使开支增大,则最佳航速可选得低一些。总之,最佳航速的选择是以船舶获取最大利润为目的。

2 柴油机工况调整

柴油机的工作范围非常宽广,从最低稳定转速 n_{min} 到额定转速 n_H 都可工作。在应急情况下还可短期超负荷工作,这在新造船或修船试航中加以验证和在调速器一高压油泵油量杆上加以限制的。但在柴油机整个工作区间中,其中有一个工况点是最佳的。设计航速时,柴油机的最佳工况点是额定工况,柴油机的各种结构参数、性能参数和管理能数均以这个工况点为标准的,从理论上讲,柴油机在这个工况点下工作,性能是最好的,其说明书、试验数据验收标准以及其他技术文件均以这一工况点的参数为基础的。最佳航速的选择,一般要离开额定工况点,选择其他工况点,离开最佳工况点的长期工作,对柴油机是不利的,因此,对有关的主要参数进行调整,近似地使其接近这一工况点,处于最佳状态,这是本文需要阐明的另一个问题。

2.1 柴油机各缸负荷平衡调试,使各参数整齐符合船规范要求

压缩压力 P_c ΔP_c 不超过 $\pm 2.5\%$

爆炸压力 P_z ΔP_z 不超过 $\pm 4\%$

排气温度 t_r Δt_r 不超过 $\pm 5\%$

指示功率 N_i ΔN_i 不超过 $\pm 2.5\%$

额定工况下平衡调试的参数作为最佳工况参数调整的基础和对照比较的标准,分析柴油机运转与燃烧情况。

2.2 求出最佳航速柴油机的功率和转速

柴油机按推进特性工作时,则有: $N_e = Cn^3$

式中: N_e —主机有效功率(HP) n —主机转速(r/min) C —与阻力有关推进系数

经过换算可得, $N_e = N_{eH} \left(\frac{n}{n_H} \right)^3$ 式中 N_{eH} , n_H 分别为

柴油机额定功率与额定转速为已知数。

(1)例1 6300ZC, $n_H = 400$ r/min, $N_{eH} = 600$ HP

50% N_{eH} 作为选择最佳航速工况点: 功率 $N_e = 300$ HP, 求得相应转速为: $n = 318$ r/min。

75% N_{eH} 作为最佳航速工况点: 功率 $N_e = 450$ HP, 求得相应转速 $n = 363$ r/min。

(2)例2 6ESDZ76/160, $n_H = 115$ r/min, $N_{eH} = 9000$ HP

50% N_{eH} 作为最佳航速工况点: 功率 $N_e = 4500$ HP, 求得相应转速 $n = 91$ r/min。

75% N_{eH} 作为最佳航速工况点: 功率 $N_e = 6750$ HP, 求得相应转速 $n = 104$ r/min。

2.3 参数调整

主机长期处于低负荷运转,会带来一系列不良影响:燃烧不良、积炭、润滑差、磨损增加,温度降低,低温腐蚀加剧,使柴油机热效率降低,耗油率增加,机器维修工作量增大,达不到节能的目的,因此必须对运行参数进行再调整,根据偏移额定工况的情况,要求对柴油机燃烧工作过程重新安排,在机型结构的安全范围内,改善低负荷工况主要参数有:

(1)提高压缩比 ϵ

由于柴油机低负荷运转时,使气缸中空气每循环漏气和冷却时间延长,压缩终点压力、温度降低,燃烧恶化、经济性下降。压缩比提高后,能有效地解决以上问题:最高爆炸压力升高,促进燃烧条件的改善,热效率提高,但压缩比的提高应该是适度的,其爆炸压力最大值不能超过额定工况时的数值。

(2)增大喷油提前角 α_p

对始点和终点调节式高压油泵,不论回油孔式或回油阀式,当柴油机低负荷工作时,其喷油提前角都减少,使燃油的滞燃期后延,燃烧始点后移,使整个燃烧过程后移,燃烧质量恶化,后燃严重,排温升高,影响柴油机的经济性。增大喷油提前角,可克服以上问题,使燃烧过程前移,因而改善了燃烧质量。增大喷油提前角是适度的,它的制约条件是调整后的最高爆压不能超过额定值。

(3)提高喷油压力 P_p 改善雾化质量

(4)保持正常排气温度 t_r

柴油机各缸平衡调试后,要求各缸排温相差不超过平均值的 $\pm 5\%$,因为排温也是检查与评价柴油机燃烧过程完善程度的一个重要参数。

(5)适当提高冷却水温度 t_w

冷却水带走的热量损失占柴油机总热量的30%左右,适当提高冷却水温度(闭式冷却淡水出机可达90℃,开式冷却海水出机可达50℃),对节油、提高热效率、减少燃烧室部件热应力,避免缸套穴蚀和磨损都是非常有利的。如8NVD—48A型柴油机,冷却水温从35℃提高到80℃,耗油率从175g/HP.h下降到164g/HP.h,即下降11g/HP.h。一般水温50~80℃内,水温升高10℃,功率提高约0.8%~1.2%,耗油率下降约1.2%~2%。

3 讨论

(1)采取了参数调整的前三项(ϵ , α_p , P_p)技术措施后,低速工况各参数已向额定工况靠拢,若恢复额定工

6250ZCD 柴油机热工参数异常的处理

中海集运向鹰轮 王明进

1 故障现象

管理 6250ZCD 柴油机、增压器型号 TZ25XA 期间,碰到副机 4.5.6 缸(自由端)排温到 400℃ 而 1、2、3 缸只有 150℃ 这样的故障,调节油门格数也无济于事,于是停机检查。

2 解决过程

通过资料查找该副机上次吊缸至今运行工作 3068 小时(7000 小时吊缸),油枪泵压工作才 10 小时,排除油枪雾化不好原因。燃油方面,滤器干净、压力正常。恰逢此时该机 CWBT 吊缸指令下来,于是在抛锚期内吊缸检查,发现油嘴结炭严重;活塞干净;环弹性良好,磨损很小,如同新环;进气通道干净。吊缸后投入使用(40kW)测得热工参数如下:

| 缸 号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-------------|-----|------|-----|-----|-----|-----|
| 排温(T_r) | 180 | 170 | 160 | 200 | 210 | 260 |
| 爆压(P_z) | 4.1 | 4.25 | 4.0 | 3.3 | 3.2 | 3.0 |
| 油门格数 | 3.5 | 4 | 5 | 3.5 | 3.5 | 3.5 |

情况没有改变。通过该组数据,可确定燃烧空气不足,自由端距增压器远,进气量少,燃烧不充分,排温高,爆压小。决定拆检增压器,发现增压器很脏,喷嘴有四只被垃圾灰堵住,这四只喷嘴位于时钟六点位置,压气端扩压器叶片比较脏,但不是想象的那么脏,半信半疑地装复试车,测得热工参数如下(50kW)。

| 缸 号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 排温(T_r) | 215 | 180 | 180 | 170 | 160 | 180 |
| 爆压(P_z) | 3.8 | 4.2 | 3.9 | 3.9 | 3.7 | 3.9 |
| 油门格数 | 3.5 | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 |

结果出乎意外的好,除了 1#5#缸有点小问题,问题基本解决了。1#缸排温高, P_z 低,通过供油定时由况便会超负荷,因此参数调整要留一定余地。压缩比,低速机一般增大 7%,如 6ESDZ76/160 机 50% 与 75% N_{eff} 时压缩比由 11 提高到 11.75,中速机一般提高 5%,如 6300ZC 存气高度由 8.5mm 减少 0.4mm 为 8.1mm,取得较满意的结果。

喷油提前角的调整:对始点和以始点为主的始终点调节式可调得大一些,而对终点和以终点调节为主的始终点调节式则可调或作适当调节。如 6ESDZ76/160 机 75% N_{eff} 调前 3°,50% N_{eff} 调前 5°。6300ZC 机则调前 3°。

(2) 某一经济航速工况采取技术措施后,要对各缸负荷进行平衡调试。并对调速器和油量杆加以限制,以

20°调小到 17.5°。5#排温低, P_z 低,说明供油不足,高压油泵内漏严重,更换备用油泵。再次测得热工参数如下(50kW)。

| 缸 号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 排温(T_r) | 195 | 175 | 170 | 185 | 180 | 180 |
| 爆压(P_z) | 4.1 | 4.3 | 4.3 | 4.4 | 4.1 | 4.2 |
| 油门格数 | 3.5 | 3.5 | 5 | 5 | 4 | 4.5 |

至此,该副机的热工参数误差控制在不均匀度之内,参数正常。

3 工作体会

(1) 热工参数调整避免单纯地调节油门来平衡功率,而应当由简单到复杂一步一步找出原因。一般先泵压油枪→复核供油定时→拆检泵油泵→解体清洁增压器(故障是离增压器越远排温越高, P_z 越低)→吊缸(根据工作时间来确定)→最后调节油门。

(2) 增压器的维护保养很重要,直接关系到燃烧质量好坏,自带清洗装置的应该定期清洗。不带清洗装置只能人工拆检清洁。增压器为高转速设备,所以船上人员一般自己不拆,担心装配不好引起工艺性故障。其实按说明书去做,必须使用专用工具,以防拆检时损坏零件,应该是很顺利的。拆检时应注意,密封装复,转子拉出时应水平抬出,涡轮端用一根管子套住抬出,这样防止密封带碰坏。如果不小心碰坏,用尖嘴钳夹直校正。转子拉出后应用两个椅子架起。安装时注意“K”值的校验,此值打在压气机端盖内部。K 值必须准确,否则影响压气效率。L、M、N 值一般船上不作调整,由于这项工作很精细,厂家出厂时已设定好了,当然可以复核此值大小。对于滚动轴承一般 8000 小时就应该换新,没有备件应即时申请。轴承寿命一到,出现故障几率大大增加。以上几点体会仅作参考。

避免超负荷损坏主机,当要恢复额定工况时,应将参数调回到额定工况时的数值。

(3) 低速低负荷工况的过量空气系数 α 比额定工况时有所增大,这对改善燃烧质量是有好处的。

(4) 工况调整是一项综合性工程,应从简到繁,从小到大,从单个参数到 n 个参数,采取记录、列表、绘图等方法,综合分析、统一平衡,不是一次就能调整成,有时往往进行数次,才能使其逐步达到最佳方案。

参考文献

- 1 陈伟炯,殷佩海.船舶安全与管理.大连海事大学出版社,1998.
- 2 沈玉如.船舶货运.大连海事大学出版社,1998.
- 3 钱耀南.船舶柴油机.大连海事大学出版社,1999.