

海运管理·技术丛书

现代轮机实践

马智宏 著

大连海运学院出版社



现代轮机实践

Xian Dai Lun Ji Shi Jian

马智宏 著

大连海运学院出版社

内 容 提 要

本书是一位远洋轮机长结合长期工作实践潜心研究的成果。它先后在全国性杂志及经由上海远洋运输公司船技处作为向船上转发的学习文件上发表,共30余篇结合生产实际的学术性文章。如燃油系统“气锁”引起的主机自动降速故障,防止发动机活塞漏油的经验总结,TSAR维修保养系统的实践心得等。本书内容新颖,叙述生动,语言流畅,具有浓厚的轮机管理实践特点,可供海运局、远洋公司、航运部门的轮机人员、机务人员以及有关工程技术人员和院校师生阅读。

现代轮机实践

马智宏 著

*

大连海运学院出版社出版

大连海运学院出版社发行

大连海运学院出版社印刷厂印装

*

开本:850×1168 1/32 印张:6 $\frac{3}{4}$ 字数:169 千

1989年12月第1版 1989年12月第1次印刷

责任编辑:于采文 封面设计:王 艳

印数:0001-3000 定价:3.50元

*

ISBN7-5632-0147-5/U·16

序

本书是一位远洋轮机长结合长期工作实践潜心研究的成果。全书收集了30余篇以联系生产实际为主的学术性文章。这些文章的最大特点是现代信息浓、实践性强、论述面广。从机舱管理的全方位探索、研究和分析工作实际中机、电设备产生的不少带有普遍意义和理论价值的问题,这对于轮机人员具有十分宝贵的借鉴意义。

本书的作者马智宏轮机长,早年毕业于大连海运学院轮机系。长期以来,一直坚持在生产第一线工作,坚持理论联系实际的指导原则,不断进行知识更新。正如人民教育家陶行知先生所说:行以求知,知更行。作者以他对航海事业的满腔热情,勤奋实践,刻苦钻研,大胆探索,不断总结经验,使自己遵照一个当代轮机工程专家的应有风姿,迈着矫健的步伐不断地奋勇前进。

在阅读了作者的许多手稿之后,我颇为之感动。众所周知,航海是一种十分豪迈的事业,海上的工作条件是比较艰苦的。作者能这样的环境中,在短短十年时间里写出如此丰富的著述,实在是一件难能可贵的事情。在这些字里行间,我们不仅能够感受到一位轮机长的实干精神,而且更加令人高兴的是,作者又是如此积极地开拓视野,以思维科学的阳光,不断哺育着自己的科学思维,自觉地运用软科学来指导硬科学的发展,实行“软”、“硬”结合,从而使自己的劳动不断赢得喜人的丰收。

正如今秋,在中国航海学会机电专业委员会、辽宁省航海学会机电专业委员会与大连海运学院轮机系值此纪念中国高等航海教育80周年暨大连海运学院校庆大典之际联合举办的学术报告会

的论文中所述：轮机长应当从技术型的硬专家向管理型的软专家转变。从一定意义上来说，《现代轮机实践》的出版，以十分生动的事实，论证了这一具有时代意义的科学命题。

当代思维科学告诉我们：科学的发展史就是一部思维的发展史。轮机科学的发展也不例外。轮机事业大有可为，未来必然是一个更加繁荣兴旺的明天。

是为序。

汪育才
于大连·凌水桥
1989年10月

前 言

本世纪 70 年代和 80 年代前期,世界的航运界随着石油价格和世界贸易的影响,跌入深深的不景气、萧条和危机之中,唯独世界的东方巨人——中华人民共和国这个社会主义的大国,以她社会主义制度的优越性,迎来的是航运界飞速发展和欣欣向荣的大好局面。在这种开拓、发展的机遇中,笔者投身了远洋事业的行列。

“弹指一挥间”,十余年过去了。这些年来,作者从机工起步,历任三管轮、二管轮、大管轮直至轮机长,从中远上海公司的“威海”轮、“大柏树”轮工作到“沙河”轮、“玉河”轮、“塔河”轮等十几艘船舶。在管理不同国家不同机型的过程中,在不断地解决一个又一个问题的实践中,凭着适任、学习、探索、总结和发展的思路,为了能尽心尽责地做好本职工作,为了能使理论与实践更好的结合,为了能使自己所辖的工作机械始终处于良好的技术状态,在翻译和阅读了一本又一本的说明书和技术资料,在走过一段又一段的航海生涯之后,在心血、汗水交织的辛勤劳动中,见识、教训和经验逐渐积累,于是慢慢地产生了一种动笔作文的想法,以利于自己的工作和提高,这就是《现代轮机实践》一书的由来。

《现代轮机实践》共收集了 30 余篇结合生产实际的学术性文章。它们的大多数都是在 80 年代完成的,先后发表在《航海技术》、《技术通讯》、《海运科技》等杂志上,仅 3 篇是第 1 次公开发表。

这些文章的最大特点是现代信息浓、实践性强、论述面广。1983 年以来,作者一直在具有世界水平的现代化机舱中任职,接触的资料新,管理的机械新,因而所出现的问题和解决问题的方法也是新的。这就给文章的字里行间使其渗透出浓郁的现代气息为之提供了丰富的源泉。

本书的第二大特点,就是实践性强。机舱管理这是一门富有实践性的应用科学。干轮机这一行,光有理论不行,光实干也不行,必须干中学、学中干,只有将理论与实践很好地结合,才能使管理水平升华。基于这一管理的指南,这些文稿的落笔每每都建筑在实践的基础之上,——都是辛劳、汗水和心血的浇灌所致。尽管有些篇章囿于实践的局限性,难免在结论上可能有失偏颇,但故障排除后机电设备正常运转的事实证明着决策和对策的正确性,因此作为一种借鉴,仍然值得引起关注。

本书的第三大特点,是论述的面较广。它不仅仅局限于单一的发动机之中,对于机舱管理的各个方面都有所表述。诸如主机、辅机、分油机、空压机、油水分离器、泵、电机、遥控系统、轴系、备件管理和系统维修保养理论等,而且对于这些论述,还可举一反三,以增强超前的防范意识,防止类似故障的重现,在“管、用、养、修”的四大环节上,把安全工作做得尽善尽美。

在这里,需要特别致谢的是,《中国当代自然科学人物传略》编辑委员会编委、大连海运学院轮机系汪育才副教授为本书主审并作序,上海海运学院内燃机教研室主任阮锦江副教授、中国航海学会《航海技术》编辑部苗庆芝编辑、上海远洋运输公司船技处处长宋汝涛指导轮机长在百忙之中,为本书进行了修改和审定,大连海运学院出版社为本书的编辑出版提供了极大的帮助。

尚需说明的是,本书在写作的过程中,参考和引用了国内外有关论述的资料,限于篇幅不再一一列单注出。

由于作者水平有限,学识浅陋,书中错讹之处定所难免,恳请读者不吝赐教,笔者万分感谢。

马智宏

1989年10月

目 录

序

前言

1. 论柴油机超负荷 (1)
2. 尾轴上产生气蚀的原因及改善措施 (8)
3. 从整机活塞头裂纹论大功率柴油机水处理的重要性 (15)
4. ITTVAF 型自动控制系统的维修与调校 (25)
5. 现代大功率船用柴油机的油头特点及多功能油头试验台
..... (37)
6. TSAR 维修保养计划系统的实践心得 (44)
7. 目前船舶轮机备件管理存在的问题及改进意见 (52)
8. 论船舶工程自修 (58)
9. B&W6L70MCE 型发动机的活塞漏油问题 (69)
10. SIMPLEX 尾轴封的“漏水”现象 (74)
11. C 轮主机伸缩管与十字头进油连接弯头跌落故障管窥
..... (80)
12. B&WL-MCE 型柴油机采用 D 种停缸方法的
实践与体会 (85)
13. 板式冷却器的清洗与维护..... (95)
14. BBC VTR631-1 型增压器涡壳漏水的原因、规律
及其对策..... (100)
15. 试论船舶的现代化对轮机管理人员的挑战 (108)
16. T 轮的自动降速现象原因初探 (115)
17. Y 轮推力轴承“高温”引起的主机自动降速现象初议 ... (121)
18. Y 轮试航中主机扫气箱爆炸事故介绍 (127)

19. 德国 SAOG5016 型自动分油机在管理中应注意的 几个问题.....	(130)
20. 手动折光仪	(136)
21. 主机倒车困难的实例剖析	(139)
22. 主机滑油泵泵壳裂纹事故一例	(144)
23. 一起值得注意的主机异响事故	(146)
24. 一起未曾意料的泵房水淹事故	(149)
25. 船舶发动机润滑油中的水分测定	(153)
26. 燃油系统“气锁”引起的主机自动降速故障	(160)
27. 荷兰列泼斯可控螺距侧推器浅谈	(164)
28. MAN K SZ C/CL B/BL 系列发动机活塞水空气泵及 系统的管理.....	(170)
29. 舵柱扭曲修理方案介绍	(176)
30. 主机操纵系统失灵一例的解析	(181)
31. 活塞冷却油橡皮密封圈裂口分析	(187)
32. 西德 CJC HDU 型滑油细滤器.....	(190)
33. 一次大胆成功的尝试	(195)
34. 关于拆检 B&W 6L70MCE 型发动机主轴承的体会	(199)
参考文献.....	(207)

论柴油机超负荷

内 容 提 要

本文提出了柴油机超负荷的完整概念,并就此进行了深入的推论,又从实际出发,叙述了为防止柴油机超负荷,在操作管理中,应当怎样做?

引 论

论超负荷这决非一个新鲜的命题,但我却认为还是很有议论的必要,因为超负荷这个完整的概念对于轮机管理实践还不丰富的人们说来认识往往并不全面。说起超负荷,我们自然会联想到,在轮机管理中,使发动机的油门、转速乃至排烟温度不超过说明书的定值,这似乎已经是达到了全面的掌握,但实际上这还有片面之见,至少是不很完全的。为此,不妨作一番探讨,以求得超负荷这个轮机员最关心、对安全的关系很重大、对管理质量的评价很敏感的议题尽可能弄个水落石出。

负荷,又称负载或载荷。《现代汉语词典》的解释是:“动力设备、机械设备以及生产组织在单位时间内所担负的工作量”。在工程实践中,负荷一般是对动力设备和机械设备而言,载荷则是对建筑构件而言。

超负荷,无疑是动力设备、机械设备在单位时间内所担负的工作量超过设备零件或材料所能承受的额定值。

在轮机工程上,什么叫柴油机的超负荷?可以用这样的一句话

来描述：柴油机在运行中其机械负荷和热负荷超出说明书的额定值的现象称为超负荷。

二

(一)超机械负荷

柴油机在运行中的超负荷以力的形式呈现，我们把这种超负荷现象称为超机械负荷。

它以下列 3 方面表现出来：

1) 燃气压力——超过最大爆发压力

柴油机的最高爆发压力是指燃油在气缸内发火燃烧时所产生的最大压力。这个指标是衡量柴油机是否超负荷的最重要的指标之一。爆发压力过低，将使柴油机的功率陡降。爆发压力过高，则使柴油机工作粗暴，使机械负荷和热负荷都增大。

现设活塞顶面上的机械负荷为 P ，则 $P = \pi D^2 p_z / 4$

p_z 为最高爆发压力， $\pi D^2 / 4$ 为定值，由此可见，当 $p_z \uparrow$ 时 $p \uparrow$ 。

因此，为了延长柴油机的使用寿命，提高柴油机工作的可靠性，同时保证机器承载零件的结构强度，所以每台柴油机的最大爆发压力在说明书中都有规定，不用说，这是一条准绳。

2) 曲柄连杆机构的惯性力——超转速

曲柄连杆机构的惯性力由 3 部分组成：①活塞组件往复运动所产生的惯性力；②曲柄不平衡回转质量回转运动所产生的惯性力（离心力）；③连杆运动所产生的惯性力。

根据牛顿第二运动定律：即物体受到外力作用后，产生加速度。加速度与物体质量的乘积等于物体所受的力，其数学表达式为： $F = ma$ 。

再根据牛顿第三运动定律，即作用力与反作用力定律可知： $F = -F$

由此可以得出往复惯性力 $F = -ma$

由于往复运动部件的质量一经柴油机制成就固定不变,因此惯性力就仅仅与加速度 a 有关。

对于作回转运动的部件则 $a = R\omega^2$, 回转半径 R 是不变的, 故曲柄连杆机构的一次往复惯性力和离心力只与曲柄回转角速度的平方即 ω^2 成正比。而角速度 $\omega = \pi n/30$ 。由此, 曲柄连杆机构的惯性力与曲轴转速的平方成正比。

由上面的推导可以得出以下结论, 当柴油机超速运行时, 曲柄连杆机构惯性力的数值将大大增加, 致使有关部件所承受的机械负荷增大, 从而会使发动机产生较大的振动。尤其是当柴油机发生飞车时, 过高的转速产生巨大的惯性力, 可能导致连杆螺栓断裂使“大腿”伸出的重大机损事故。

3) 曲轴超扭矩

柴油机的机轴扭矩又称转矩。根据工程力学理论, 圆轴在受力传递能量时受到扭转只产生剪应力, 不会产生正应力。而剪应力与扭矩之间的关系可用下式来表达。

$$M = \tau \pi D^3 / 16$$

式中: M ——机轴扭矩;

τ ——机轴受力时所产生的剪应力;

D ——机轴直径

从上式可知, $M \propto \tau$, 所以对于一台柴油机, 其曲轴在工作时产生的扭应力主要决定于它所传递的转矩。此外, 由于机轴的轴线不平直, 轴颈与下瓦的贴合情况不良以及车速处于临界转速区等, 都会造成曲轴的扭转振动而产生附加的扭转应力。因此, 倘若曲轴超扭矩就会使曲轴在运行中的扭应力超过设定值, 使机轴的机械负荷过大甚至剪断。

柴油机机轴的扭矩与转速还有这样的关系:

$$M = 716.2 N_e / n$$

式中： M ——机轴扭矩；

N_e ——柴油机功率；

n ——转速。

上式表明，在转速 n 不变的情况下， $N_e \uparrow$ ， $M \uparrow$ 。假定 N_e 不变，则 $n \uparrow$ ，其扭矩 $M \downarrow$ 。

(二) 超热负荷

柴油机在运行中的超负荷若以热的形式呈现，这种超负荷现象称为超热负荷。

1) 热接触部件表面上单位时间的传热量超过设计值

众所周知，柴油机靠喷入气缸内的雾状燃油压燃做功。而燃油燃烧时所放出的热量约有30~33%要经过气缸、气缸盖和活塞等部件散出。对于发动机的金属部件，它对热负荷的承受能力是有限度的，这可以通过对材料进行试验而测取。一旦超过这个极限当然会过热而损坏，这些情形在轮机管理的实践中是屡见不鲜的，诸如，活塞顶与缸盖向火面的烧蚀；气缸和活塞过热引起的拉缸或咬缸以致热裂；排气阀的烧蚀等等。

2) 温差应力

所谓热应力或称温差应力是指当金属零件被加热或冷却时，由于材料内部互相制约而不能充分自由变形，从而使其内部产生在单位面积上的内力。例如，气缸盖其向火面接触的是燃气，而内部冷却通道流动的是低温冷却水，因而其两侧表面存在着温差，于是就会产生不同程度的热应力。

试验表明，在热负荷一定的情况下，零件所受热应力的大小，除与金属材质有关外，主要是与壁面两侧的温差和壁面厚度成正比。过大热应力的产生是导致发动机裂纹的根本原因之一。所以超

热负荷的完整概念并不局限于单位时间内冷却表面所传出的热量。因为传热量一定或者说不超过其设计值,同样也会使机件由于冷却温度控制不当,其温差应力超过设计值,照样会使机件超负荷,导致部件裂纹损坏。

此外,还有“高温蠕变”问题。所谓高温蠕变是指金属在高温下所承受的应力,尽管其数值在材料的屈服极限以下,但仍会产生缓慢的塑性变形。例如,在实际操作中,若冷却水处理不当,在发动机完车后冷却不充分,加车过快等都会涉及到高温蠕变问题,所以它对超负荷的概念也不是没有联系的。

三

为了防止柴油机的超负荷运行,在操作管理中,应对柴油机进行哪些限制呢?

(一)在正常航行时,限制油门开度,使其不超过额定位置

柴油机在海上正常航行时,轮机长可通过油门杆对油门进行限制。例如,“洛河”、“辽河”等轮在集控室操纵台上都有一个 Chief Cimitation 即轮机长限制电位器,通过对它的转动,发信号去调速器,就可以使油门的最大开度得到限制。

(二)在工况变化时,应根据说明书所提供的特性曲线选择合理的油门格数,使主机的速度特性适应螺旋桨特性的变化

这里,工况的变化,是指主机在各种航行条件下的工况。它有3个情况:①船舶各种航行情况,如变速、正车或倒车、加速或起航、大舵角转向等;②航船在各种外界的自然条件下的情况,如风向、风力、深水、浅水、顶风、逆流等;③船舶在营运中的情况,如装载量引起吃水的变化、船体水下部分由于海生物附着及生锈造成的污底等。

随着这些不同的工况变化,轮机长必须以说明书所提供的本机特性曲线为根据,选定合适的油门开度。因为工况的变化意味着

螺旋桨推进特性曲线的变化,即变陡或变坦。因此,为了使发动机的速度特性与变化着的螺旋桨推进特性相适应,油门就必须相应地调整。

此外,所用油品种的变化其油门开度也应作相应变化。这是由于燃油的密度和发热值不同时,在等量的油门格数下,其转速是不同的。因为高压油泵的排量当油门格数一定时为一定值。实践证明,为了达到同样的转速,其20"油的油门格数是明显高于1500S油的刻度的。

(三)在螺旋桨变轻时限制车速

螺旋桨在下列条件下它的工况会变轻,如空载、顺风、顺流、深水等,此时,虽然主机的油门不变,但主机转速会增高,致使其运动部件的惯性力增大,而有可能超机械负荷。上远的“商城”等轮使用的DIFA—31由微机构成的主机自动遥控系统在模拟板面上就有一个选择开关。通过它可以选油门限制或转速限制,所以在大风大浪中应把它置于转速限制上,以防止发动机超速。

(四)在进、出港操车时应注意的问题

1)在起动时,油门不能太大,但又要一次成功,以防多次起动造成缸内积油过多发生冷爆而损伤机件。

2)在增车或减车时应缓慢进行,切勿突变。因为突变的操作会使柴油机的速度特性与螺旋桨的推进特性不匹配而出现超负荷。

3)机动操作中要注意气缸和活塞冷却液温度的稳定,切勿大起大落。

4)在备车冲车前,一定要把缸套水、活塞水和滑油的温度以合适的温升速率达到说明书所允许的最低数值,严禁冷车起动。

5)完车后,应使主机滑油泵和各冷却系统的泵继续循环半小时以上,以便把机内的残余热量带走。

对于这个问题,船上在实际执行中是有所争议的。争议的核心在于尚须循环半小时以上是以完车令为起点还是以最后一次用车

置停车位作为起点。笔者认为,只要真正做到最后一次用车停车后作为起点,有关泵再运转至少半小时,就可以避免热负荷应力的危害。因为,在实际的工作过程中,从最后一次用车停车到驾驶台发出完车指令有时候会间隔一个小时甚至更长。

(五)定期测量爆压和示功图,注意排气温度和各缸的负荷平衡

这是一项经常性的工作。通过测量爆压和示功图以及对排烟温度的观察可以分析和了解各缸的负荷、功率和燃烧情况,并以此作为依据,来调整各缸的油门开度以维持各缸的负荷平衡,以免单缸超负荷。

(六)认真做好水处理工作

当前大功率柴油机已把做好水处理工作提到重要的管理日程。必须保持冷却系统的清洁,使冷却液的浓度、碱度和硬度均符合说明书的要求,以免于结垢和腐蚀,影响传热。

(七)注意保持燃油系统良好的工况

喷油器的工况优劣会严重影响燃油的雾化和燃烧。劣质的雾化致使爆燃、后燃,会造成排温过高,燃烧室结碳,最终会使机件过热受损。

这里,高压油泵的性能和正确的喷油定时乃是问题的关键。

(八)对受力严重的部件应仔细检查

对受力严重部件的检查应注重于,是否有裂纹,哪怕是微小的裂纹。一经查出,应及时磨去,清除或钻止裂孔以防扩散。因为材料表面的发纹必将招致应力集中,从而大大削弱材料的强度而使机件过早损坏。

尾轴上产生气蚀 的原因及改善措施

内 容 提 要

本文论述在尾轴管内的螺旋桨轴上产生气蚀的机理,并从设计、制造、维护和管理上提出减轻气蚀的措施。在海水润滑的尾轴管内的螺旋桨轴上的气蚀,是一种在轴向的狭长区域内密集的、呈蜂窝状凹坑的金属剥蚀现象。它所产生的外部条件是螺旋桨的外伸和船舶在运动中其不均等的伴流作用在旋转的桨上,使桨轴产生偏心,从而引起推力的变化导致桨轴的横向振动;它的内部条件则是桨轴横向振动的加速度达到某一临界值时,使铁梨木轴承表面某一区域的冷却液的实际压力低于该温度下的饱和压力,从而引起海水汽化产生空泡。当水流中的空泡随着桨的转动带到高压区时,顿时破裂凝结,进而造成强烈的水击,久而久之,致使桨轴平面穴蚀。

引 论

1987年上海港务监督在第1期远洋轮机长《造船大意》的试卷中,有一题为:“试述尾轴管内的螺旋桨轴上气蚀的原因及措施”。