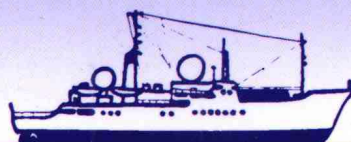




中国航海学会
船舶机电与通信导航专业委员会
2002年学术年会论文集



(船舶机电分册)

中国航海学会船舶机电与通信导航专业委员会 编



大连海事大学出版社

中国航海学会船舶机电与通信导航专业委员会

2002 年学术年会论文集

(船舶机电分册)

中国航海学会船舶机电与通信导航专业委员会 编

大连海事大学出版社

© 中国航海学会船舶机电与通信导航专业委员会 2002

图书在版编目 (CIP) 数据

中国航海学会船舶机电与通信导航专业委员会 2002 年学术年会论文集 / 中国航海学会船舶机电与通信导航专业委员会编. —大连: 大连海事大学出版社, 2002. 10
ISBN 7-5632-1588-3

I. 中… II. 中… III. ①船舶—轮机—学术会议—文集 ②船用电器设备—学术会议—文集 ③航海导航—学术会议—文集 ④航海通信—学术会议—文集
IV. U6-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 071180 号

大连海事大学出版社出版

地址: 大连市凌水桥 邮编: 116026 电话: 4728394 传真: 4727996

<http://www.dmupress.com> E-mail: cbs@dmupress.com

大连铁道学院印刷厂印装 大连海事大学出版社发行

幅面尺寸: 210 mm×294 mm 印张: 31.875

字数: 987 千 印数: 1~210 册

2002 年 10 月第 1 版 2002 年 10 月第 1 次印刷

责任编辑: 子江 张 娴 版式设计: 长河 张 娴

封面设计: 王 艳 责任校对: 长河

定价: 80.00 元 (共 2 分册)

中国航海学会船舶机电与通信导航专业委员会
2002 年学术年会论文集（船舶机电分册）

编委会

（以姓氏笔画为序）

主任委员：孙培廷

副主任委员：王永福 王在中 刘福生 刘德洪 吴叔雄
李玉平 李明昌 杨 春 金南冬 殷佩海
翟重文

委 员：马 宏 毛道彬 王伟彬 叶小健 白德富
任 光 刘 明 刘德健 吕登有 成英文
许乐平 李市生 李玉连 李成玉 李忠华
陆卫东 邹志明 孟庆宽 郑道昌 金以铨
姜培元 胡国梁 袁林新 郭志强 郭祖平
钱 闵 黄海波 詹玉龙 蔡振雄 滕元良

前 言

中国航海学会船舶机电专业委员会 2002 年学术研讨会, 共收到 60 多篇论文。论文来自交通企、事业单位第一线的工程技术人员、教师、专业技术领导干部等。为使论文的学术思想、科学技术水平, 在更广泛的范围内交流、推广和应用, 活跃学术气氛, 也为感谢广大作者对船舶机电专业委员会工作的关怀和大力支持, 经编委会审阅决定将有一定学术水平和实用价值的 49 篇论文编辑出版。

本届学术研讨会的召开和论文集的出版, 得到全国轮机工程界的广大工程技术人员、教师及各级领导的重视和关怀并积极踊跃投稿, 在此表示衷心感谢; 还要特别感谢大连海事大学出版社对论文集的编辑出版给予的大力支持和关心。

希望各界同仁, 今后继续对专业委员会的活动给予大力支持和关心。船舶机电专业委员会也将不断努力, 开展更多、更有意义的活动, 为广大从事轮机工程技术工作的专家、学者、工程技术人员, 创造更多进行学术交流的机会, 为轮机工程学科的发展和航海科学技术的进步做出新的贡献。

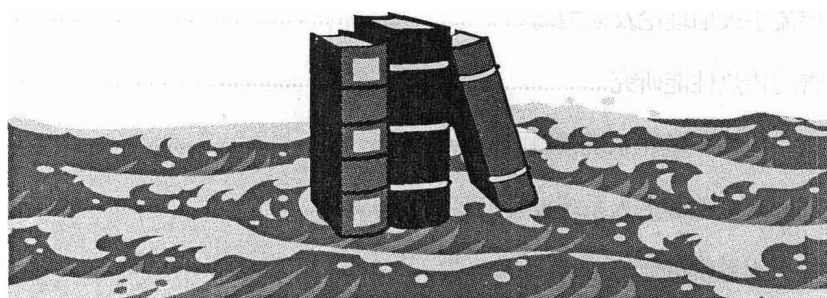
中国航海学会船舶机电专业委员会
2002 年 10 月



目 录

船舶柴油机工作过程烟分析方法的研究.....	1
船舶机电设备远程故障诊断系统.....	4
调距桨船舶调整尾轴耐磨衬套位置技术探讨	8
船舶柴油机氮氧化物排放限制曲线的研究	10
轮机模拟器船舶柴油机故障模拟.....	13
Sulzer RTA58 柴油机自动熄火成因分析及对策.....	17
现代轮机管理与系统工程	22
某船副机曲轴及主轴瓦损坏分析研究.....	26
N ₂ O 的生成机理及排放控制	30
冰蓄冷空调的经济性分析	33
转舵机构舵角—压力关系分析.....	36
船舶电站中晶闸管的新型控制策略.....	39
船舶螺旋桨轴强度的可靠性分析.....	42
CAN 现场网络的设计和在舰船中的应用.....	44
基于 DirectX 的动态流程图	49
采用 SCR-D 调速系统的发电机组的故障分析	52
热喷涂涂层抗黏着磨损性能的研究.....	55
船舶起货机 G-M 控制系统典型故障探析.....	59
单片机控制直流调压系统的研究.....	62
紊流场的一方程模式有限元分析.....	66
船舶电气设备及系统在实验教学中的典型故障分析*	70
湍流扩散燃烧的层流小火焰理论及模型.....	73
高效传热介质热管的传热性能研究.....	77
试论船舶主机机座—垫块—基座系统接触刚度	80
船舶机舱固定式局部水基喷雾灭火系统设计	84
船舶火灾自动监控灭火系统的研制.....	87
基于 GIS 的船运液体化学品溢漏大气扩散模拟系统研究	91

在航更换压载水处理方法分析	95
建立我国船舶油污损害赔偿体系的必要性	98
ITI-SIM 流体动力元件和系统的建模和仿真环境研究	102
海上溢油应急反应地理信息系统的数据获取与处理方法	106
地理信息系统在近岸海域环境保护中的应用	109
油船 VOC 控制技术研究	112
船舶压载水的旋流分离处理	115
轮机油液远程智能诊断专家系统	119
海上船舶溢油应急反应模拟训练系统研制	125
一种用于“电力推进船舶自动化电站”中的微机控制系统实现方案	130
径向基函数网络在柴油机智能诊断领域中的应用与实现	132
模拟船舶电站在实践教学中的应用初探	137
轮机模拟器在航海教育中的实践与发展前景	140
网络教育用于 MET	145
航海类轮机工程专业实验教学体系初探	149
电池遥测系统中密度测量的改进	152
船舶实时综合监控系统的设计	154
舰船监管一体化系统的硬件设计	160
基于 ITI-SIM 仿真环境的比例方向阀建模研究	163
COSCO Lutterdam 船辅锅炉训练模拟器的设计方案	166
原油油船液货温度场的数值计算	170
数字电路实验故障分析	174



船舶柴油机工作过程焓分析方法的研究*

黄道中, 孙培廷

(大连海事大学, 辽宁 大连 116026)

【摘 要】对船舶柴油机工作过程进行了焓分析, 然后利用分析结果, 计算出 MAN B&W 5S50MC 机型工作过程的焓损失, 做出焓流图, 从而指出提高柴油机总的焓效率的途径和方法, 以提高船舶柴油机动力装置系统的能量综合利用效率。

【关键词】船舶柴油机动力装置; 焓; 能量综合利用

1 船舶柴油机工作过程焓分析

为了降低柴油机的燃油消耗率, 提高柴油机的经济性, 最直接的方法是提高柴油机的最高爆发压力和燃烧温度。由于受柴油机材料机械强度和热力强度以及柴油机排放的限制, 这种方法没有多大发展余地。在相同的机械强度和热力强度下, 定压加热循环的热效率为最高, 因此, 目前, 大型低速柴油机以及大功率中速柴油机工作过程均采用定压加热循环。

图 1 是船舶柴油机定压加热循环的 T-S 图, 该图包括了废气涡轮增压器的工作过程。这种简单循环的实际工作过程仍是比较复杂的, 为了便于能量转换分析, 一般可做如下简化:

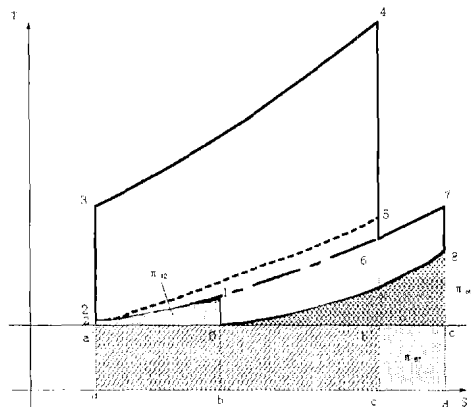


图 1 船舶柴油机定压加热循环 T-S 简图

(1) 在整个循环中, 工质不发生变化, 并认为工质为空气。

(2) 工质的比热不随温度变化。

(3) 吸热过程为一等压过程, 放热过程为

一等容放热过程。

(4) 压缩和膨胀过程是可逆的绝热过程。

这样, 1 kg 工质在这种循环过程中的焓平衡式为:

$$(e_4 - e_3) = w_s + \pi_{s2} \quad (1)$$

循环的焓效率为:

$$\eta_{EC} = \frac{w_s}{e_4 - e_3} = 1 - \frac{\delta_{s2}}{e_4 - e_3} \quad (2)$$

式中, w_s 为循环的功, 即柴油机的指示功。 π_{s2} 为放热过程焓损失。

工质在燃烧室吸收燃料燃烧释放的化学焓, 燃料燃烧的焓效率为:

$$\begin{aligned} \eta_{E.KC} &= \frac{m(e_4 - e_3)}{B e_B} = \\ &= \frac{m(h_4 - h_3)}{B \Delta H_{u,l}} \cdot \frac{\Delta H_{u,l}}{e_B} \cdot \frac{e_4 - e_3}{h_4 - h_3} = \\ &= \frac{m(h_4 - h_3)}{B \Delta H_{u,l}} \cdot \frac{\Delta H_{u,l}}{e_B} \cdot \left(1 - \frac{\pi_{34}}{h_4 - h_3}\right) = \\ &= \eta_{KC} \cdot \frac{\Delta H_{u,l}}{e_B} \cdot \left(1 - \frac{T_0}{T_m}\right) \end{aligned} \quad (3)$$

式中, m 表示气缸内燃气的质量, B 表示气缸内的燃油消耗量, $\Delta H_{u,l}$ 表示燃油的低热值, e_B 表示燃料的化学焓, η_{KC} 表示燃烧过程的热效率, δ_{34} 表示燃烧过程焓损失 (见图 1 中面积 adb)

* 基金项目: 交通部通达计划【编号: 95-05-04-02】; 辽宁省自然科学基金【编号: 98104005】

' a' a), T_m 表示等压燃烧过程的平均热力学温度 (K)。

$$T_m = \frac{h_4 - h_3}{s_4 - s_3} = \frac{C_p(T_4 - T_3)}{C_p \ln \frac{T_4}{T_3}} = \frac{T_4 - T_3}{\ln \frac{T_4}{T_3}} \quad (4)$$

这样, 整个柴油机的焓效率为:

$$\eta_E = \frac{m w_s}{B e_B} = \frac{m(e_4 - e_3)}{B e_B} \cdot \frac{w_s}{(e_4 - e_3)} = \eta_{E,KC} \cdot \eta_{EC} \quad (5)$$

由此可见, 柴油机的焓效率, 由燃烧过程焓效率和循环焓效率两部分组成。

对于柴油机动力装置而言, 有效焓除了包括直接转化为机械轴功输出的部分外, 还包括利用余热用于加热、发电以及动力涡轮输出的有效焓, 因此, 更准确地讲, 整个柴油机动力装置的焓效率为:

$$\eta_E = \frac{m(w_s + w_A)}{B e_B} = \frac{m(e_4 - e_3)}{B e_B} \cdot \frac{(w_s + w_A)}{(e_4 - e_3)} = \eta_{E,KC} \cdot (\eta_{EC} + \eta_A) \quad (6)$$

式中: η_A 表示柴油机动力循环的附加焓效率, 其取决于柴油机的余热利用情况。

综上所述, 要提高柴油机动力装置焓效率有以下几种途径:

(1) 降低过量空气系数、改善燃烧过程、提高等压循环燃烧的平均热力学温度, 以提高燃烧过程焓效率;

(2) 减少排气焓损失或充分利用排气中所含的焓;

(3) 减少冷却水所带走的焓损失, 充分利用冷却水中所含的焓, 提高综合焓效率。

由图 1 可以看出, 在废气涡轮增压器所利用的部分焓中, 有一部分焓 (面积 12a' 01) 被空冷器冷却水带走而损失掉, 因此这部分焓也应得到充分利用。

2 船舶柴油机焓分析实例

下面以 MAN B&W 5S50MC 型船舶柴油机为例, 进行船舶柴油机焓分析。

MAN B&W 5S50MC 型船舶柴油机是大连船舶柴油机厂为广州造船厂 35 000 t 成品油船所配制的船舶主机。图 2 给出了在标定工况下该柴

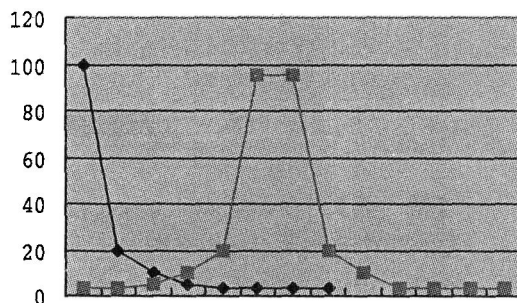


图 2 标定工况下 MAN B&W 5S50MC 柴油机 $p-v$ 示功图

油机的 $p-v$ 示功图, 由图看出, 可将该柴油机吸热过程近似视为一定压加热过程。参照图 1, 根据台架试验数据, 即可对该柴油机进行标定工况下的焓分析, 分析结果如图 3 所示。

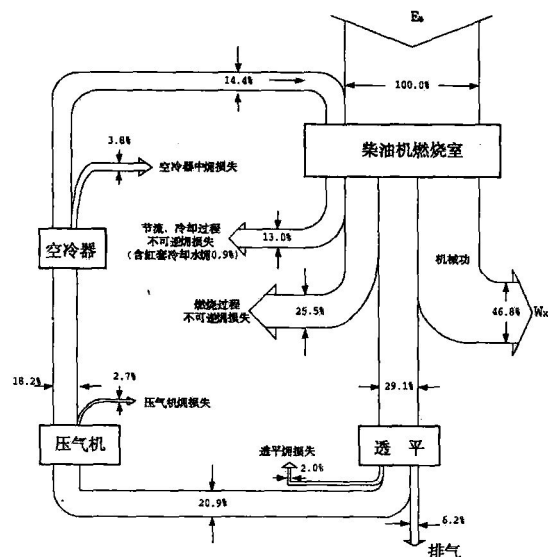


图 3 MAN B&W 5S50MC 焓流图

3 结论

利用台架试验数据和有关技术资料, 可做出 MAN B&W 5S50MC 的能流图, 见图 4。

通过能流图, 用传统的热平衡分析法可以看出, 热量损失主要是排气和冷却水带走的, 分别占主机燃料总热量的 25.5% 和 24.0%。用焓分析法得出的结果就不一样了, 从焓流图中焓平衡数据看出, 热量的主要损失是燃料在气缸内燃烧和转变为机械功的过程中的节流、冷却等不可逆损失。这就为进一步提高柴油机经济性的方法指明了方向。目前, 新的耐高温、高压材料的开发, 绝热发动机的研制, 正是这种思想的反映。

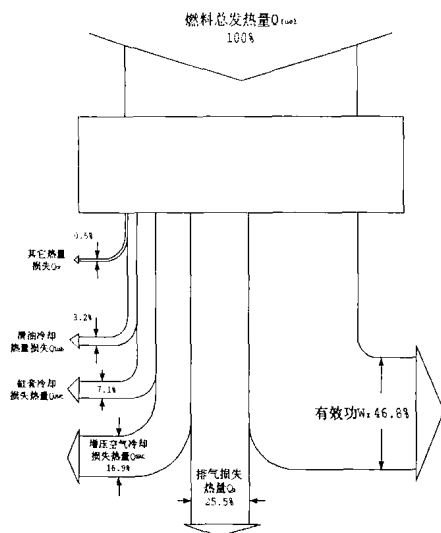


图4 MAN B&W 5S50MC 能流图

另外，从焓流图中还可看出，冷却水带走的热量虽然数量很大，但因品质低，动力利用价值不大；而排气损失，因其温度相对较高，相应的品质也较高，它占燃料总焓值的 6.2%。这两部分的焓损失虽然都不大，但热量是可观的。从动

力装置节能角度应设法加以回收利用，如果根据它们的品质按照总能系统的概念合理加以利用是能够取得一定的经济效益的。通过热平衡和焓平衡的对比，不难看出单凭热平衡分析来研究节能潜力和方向以及评价能量的有效利用是不够全面的，往往会使人们产生一些误解。只有通过焓分析才能明确揭示过程的不足之处，才能从能的品质上反映出什么地方产生损失和损失多少，哪些余热可回收和用怎样的方式回收。与能量平衡法相比，由于“焓”分析法不仅反映能量在量方面的变化，而且反映了能量在质方面的变化，所以焓流图比能流图更能准确反映船舶柴油机各部分的能量利用的情况，为提高柴油机动力装置经济性和能量综合利用余热指明了方向。

参考文献

- [1] 朱明善等. 工程热力学. 北京: 清华大学出版社, 1995
- [2] 李汝辉等. 能量有效利用. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1992

船舶机电设备远程故障诊断系统*

任 光, 邱赤东

(大连海事大学, 辽宁 大连 116026)

【摘 要】介绍针对船舶机电控制设备的智能在线远程故障诊断系统, 该系统建立在由 Inmarsat-B 卫星通信系统和 Internet 组成数据传输通道的基础上, 利用自组织特征映射网络完成连续属性值的聚类量化, 采用粗糙集理论解决故障实时诊断专家系统的决策规则推理。该系统中还引入了由航运指挥中心的专家组成的远程网络会诊, 与智能在线诊断系统一起为远洋船舶提供强有力的技术支持, 系统已经在实验室条件下进行了仿真试验。

【关键词】故障诊断; 粗糙集; 自组织特征映射网络

1 前言

随着计算机及网络技术的发展, 网络的信息共享以及快速信息传递的功能越来越引起人们的重视, 其应用领域也从商业的信息交换发展至远程技术服务。近年来, 国外的一些大型设备生产厂商, 先后投入大量的精力来发展网络远程技术支持系统, 以期代替现有的全球性的服务工程师现场解答服务制度。德国大众汽车公司与其控股的上海大众汽车公司之间, 已经在其 SVW 生产线建立了远程连接, 从而可实现特殊部件制造过程的远程监控及实时诊断。

在学术界, 以美国斯坦福大学为代表的一些科研机构在远程故障诊断这一领域进行了大量的研究工作, 并且利用多种诊断手段为企业建立了各种各样的远程故障诊断系统, 取得了一些成绩。然而由于故障诊断历来就是一个综合性较强的问题, 没有任何一个方法可以做到能解决所有的问题, 同时对于不同系统的不同工作方式, 在进行诊断的过程中所遇到的问题也不会一致, 因而, 在故障诊断这一领域还需要进行大量的研究工作。

由于网络技术在应用上的方便、快捷以及廉价等显著的优点, 通过网络来寻求技术支援正在普及到各个领域。在船舶机电设备的远程管理方面, 近年来, 一些科研机构也开始对其进行了

各种初期的研究, 其应用前景十分广阔, 本文将就这一领域提出一个实用的远程故障诊断框架, 并在实验室条件下完成了仿真试验。

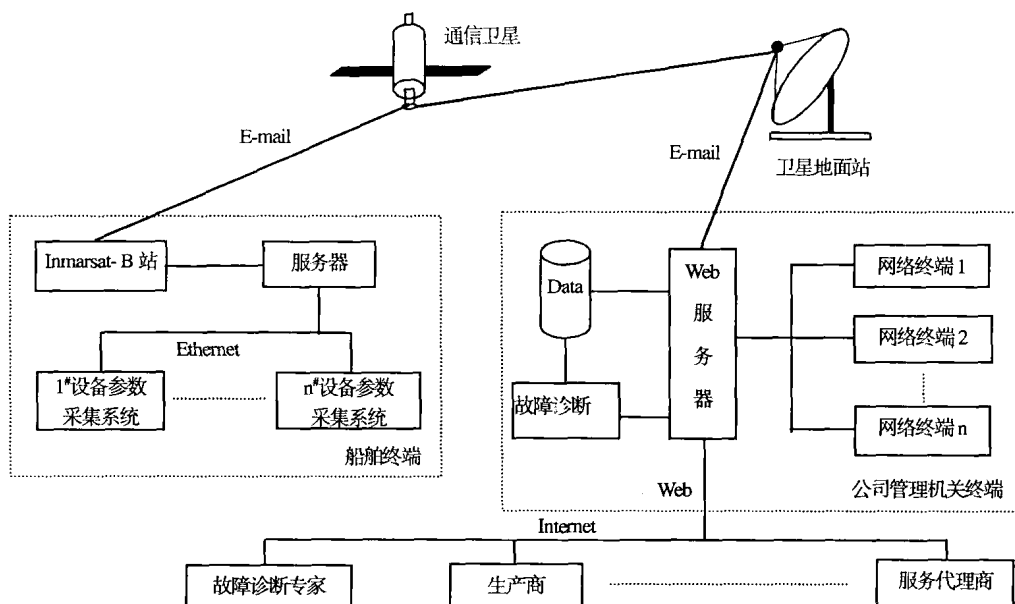
2 远程故障诊断系统的基本框架

在船舶机电设备的远程故障诊断方面, 首先要面临的一个与陆地设备故障诊断所不同的地方, 就是数据传输通道的建立问题。陆地设备的各种信息数据可以很方便地经由互联网传送到远端的服务器, 而船舶机电设备的信息获取就没有这么方便, 它必须借助于全球卫星通信系统 Inmarsat-B 来传送数据, 然后再接入 Internet, 最后才能到达实现远程故障诊断的服务器。图 1 就是基于 Inmarsat-B 和 Internet 的远程故障诊断系统的结构图。

在图 1 中, 船舶局域网的设备监视终端对设备进行相关参数的采集, 然后将数据汇集到服务器, 进行初步处理, 并以约定格式的文本文件的方式经压缩后形成邮件, 然后通过 Inmarsat-B 站, 将邮件发送至公司的网络服务器。该网络服务器一方面将收到的邮件依照事先约定的格式还原成某系统的全部数据, 并存放在数据库中, 供故障诊断服务器使用; 另一方面, 刷新相应设备所对应的网页内容, 供异地的故障诊断专家、设备的生产商以及服务代理商协做诊断使用。

由故障诊断服务器所诊断的结果, 汇总异地

* 基金项目: 辽宁省自然科学基金合作资助项目



专家、制造商以及代理商的诊断结果及处理措施,均汇集至网络服务器,经压缩后形成邮件,存放于某船舶所对应的邮箱。当船舶计算机下一次向公司发送数据时,诊断结果的邮件被自动取到船舶终端服务器中,船舶管理人员根据该结果排除故障。

图 2 故障诊断系统的原理框图

基于粗糙集和 SOFM 的智能故障诊断是船舶远程故障诊断的主要工作方式, 由于粗糙集理论使用量化属性来优选条件属性, 而设备的被测量参数是连续的变化量, 因此必须先对连续属性值进行分类量化, 然后才能利用粗糙集进行属性约简以及决策规则推理。

图3 二维阵列分布自组织特征映射神经网络

在样本训练过程中, 首先确定中心神经元权向量 $\mathbf{M}_c$, 使公式 (1) 成立:

$$\|X - M_c\| = \min_i \|X - M_i\| \quad (1)$$

然后, 对 M_c 为中心的周围神经元的权向量

按下式进行调整:

$$M_i(k+1) = \begin{cases} M_i(k) + \alpha(k)[X - M_i(k)], & i \in N_c(k) \\ M_i(k), & i \notin N_c(k) \end{cases} \quad (2)$$

式(2)中 $N_{c(k)}$ 表示在 K 时刻由以 M_c 为中心的周围神经元组成的领域, $\alpha(k)$ 为学习系数。在学习过程的初始, $N_{c(k)}$ 可取得大一些, 然后逐步收缩; $\alpha(k)$ 初始时可取接近于 1 的常数, 然后逐步收缩。

网络通过自组织方式用大量的训练样本数据来调整网络权值, 最后使网络输出层特征图能反应样本数据的分布情况, 得到设备运行参数数据分布的大体本质特征, 从而完成对条件属性值的分类。

3.2 基于粗糙集的属性约简及决策规则推理

粗糙集理论 (Rough Set Theory) 是波兰华沙理工大学教授 Z. Pawlak 于 1982 年正式提出的, 主要用于不完整数据、不精确知识的表达、学习和归纳。它能有效地分析和处理不精确、不完整、不一致等不完备性, 发现数据间隐藏的关系, 从而提取有用信息, 简化信息的处理。

在粗糙集理论中, 知识库 S 可以表示为 $S = (U, A \cup \{d\})$, 其中 U 是对象的论域, 也就是故障事件的完整集, A 是独立属性值的集合, d 是非独立属性值的集合。

对于集合 A 中的任一个子集 B , 当且仅当两个对象关于属性 B , 彼此不能区别时, 则两个对象之间存在不可分辨关系。不可分辨关系可用 U 上的二元关系 $I(B)$ 来表示, 其定义如下:

对于每一个 $a \in B$, 当且仅当 $a(x) = a(y)$, 则 $(x, y) \in I(B)$; 式中 $a(x)$ 表示对象 x 关于属性 a 的值。

在等价关系 $I(B)$ 的基础上, 将导出集合 U 关于 B 的划分, 即 U/B 。包含 x 的 $I(B)$ 的等价类用 $B(x)$ 表示。

对那些的确属于我们所感兴趣的集合 U 中对象的子集, 称为下近似, 用式 (3) 表示为:

$$B_-(X) = \bigcup_{x \in U} \{B(x) : B(x) \subseteq X\} \quad (3)$$

对那些可能属于我们所感兴趣的集合 U 中对象的子集, 称为上近似, 用式 (4) 表示为:

$$B^+(X) = \bigcup_{x \in U} \{B(x) : B(x) \cap X \neq \emptyset\} \quad (4)$$

在粗糙集理论中的一个重要的观点便是属

性的冗余以及由此而引出的约简的概念, 所谓约简指的是如何从所有的属性值中得到仍然保留不可分辨关系的最小集合。

在条件属性 B 的基础上, 决策属性 D 的信度可近似表示为:

$$k = \gamma(B, D) = \sum_{x \in U/D} \frac{\text{card}(B \cdot (X))}{\text{card}(U)} \quad (5)$$

式(5)中 $\text{card}(B \cdot (X))$ 表示的是下近似集合 $B_-(X)$ 中元素的数目。

对于每一个被约简的属性, 其重要度可表示为:

$$\sigma_{(B,D)}(a) = \frac{(\gamma(B, D) - \gamma(B - \{a\}, D))}{\gamma(B, D)} \quad (6)$$

对于决策表中的第 k 个对象或称为故障原因 x_k , 那些能够保留决策分类近似程度的约简, 并且约简的结果是保留了基于 x_k 的不可分辨关系的最小集合, 也被称为基于 x_k 的相关约简。

为了分辨对象或称为故障原因 x_k , 其知识的最小数量可通过基于 x_k 的相关约简来获得, 因此, 通过计算故障原因 x_k 的属性值, 可以获取最小的决策规则以及相关的决策分类。

为了实现故障诊断, 必须建立一个分辨矩阵, 在矩阵中, 条件属性值按行列的形式排成一个正方形, 然后利用公式 (3) 至公式 (6), 对其进行约简, 再形成决策规则, 最后按照决策规则对被监视系统的参数进行判断, 并给出相应的诊断结果。

3.3 异地故障诊断专家网络会诊

在图 2 中, 除了基于粗糙集理论的智能故障诊断以外, 还有一种诊断方式便是异地故障诊断专家网络会诊。它主要是作为智能故障诊断的一种补充, 船舶管理公司的网络服务器将从船舶采集来的数据, 以网页的形式出现在互联网上。故障诊断专家、设备的制造厂商以及设备的服务代理商, 均可获得被诊断设备的动态变化数据, 从而进行判断和推理。当智能故障诊断系统中没有相应的决策规则、智能系统无法给出合适的诊断结果时, 由诊断专家进行网络会诊, 并给出诊断结果以及相应的处理措施。

4 智能实时远程故障诊断系统的仿真

由于船舶远程实时故障诊断系统是以全球通信卫星作为数据交换的媒介, 而 Inmarsat-B 站的购置费用以及日常通信费用昂贵, 所以我们在实验室的条件下, 建立了一个相应的仿真系统,

对本文中所介绍的方法进行论证,以确定理论的可行性。

把远程故障诊断系统的诊断对象选择为我们自行研制的大型移动式发电机负荷实验站,由于该实验站控制器采用的是工控机,因此,进行在线故障诊断所需要的各种数据,可直接从工控机中获得。考虑到 Inmarsat-B 站在本系统中仅充当调制解调器的作用,因而在仿真时,将图 1 中的从 Inmarsat-B 站到卫星地面站这一数据链路用一个调制解调器代替。负荷站的工控机通过调制解调器连接到互联网上,作为诊断用的服务器也连接到互联网,双方的数据交换通过 E-mail 实现。

在仿真过程中,我们重点对负荷站中的 2 个电流信号变送器进行诊断,因为这是系统能否正常运行的关键,也是比较容易出现故障的环节。

条件属性值 A 包括:电流瞬时值 i_t , 电流平均值 I_d , 电流变化率 d_i , 电压瞬时值 u_t , 电压变化率 d_u , 频率瞬时值 f_t , 控制器的输出值 g 。

决策 d 包括:突加负荷 HL , 突减负荷 LL , 电流传感器的线路连接故障 $F1$, 电流传感器失效 $F2$, 电流传感器参数漂移 $F3$ 。

等价类的分类情况见表 1。

表 1 85 个事件的 5 个等价分类

等价类	条件属性值							决策	事件个数
	i_t	I_d	d_i	u_t	d_u	f_t	g		
E_1	高	高	高	高	高	高	高	HL	10
E_2	低	低	高	低	低	低	低	LL	10
E_3	高	中	高	中	中	中	中	F1	30
E_4	高	高	低	中	中	中	中	F2	30
E_5	中	高	中	中	中	中	中	F3	5

依照前面所介绍的约简及规则产生方法,最后得出的规则为

规则 1: 如果 I_d 中, d_i 高, 则故障 $F1$;

规则 2: 如果 i_t 高, d_i 低, 则故障 $F2$;

规则 3: 如果 I_d 高, d_i 中, 则故障 $F3$ 。

经由粗糙集决策规则进行诊断的结果准确率高,而且诊断速度快。

5 结论

在信息技术高速发展的今天,传统的船舶设备管理和维护方式受到了前所未有的挑战,本文就这一方向进行研究,介绍了船舶与陆地之间数据链路的建立方式,提出了两种诊断方法。一种便是基于粗糙集的智能在线远程故障诊断系统,它是远程故障诊断的主要工作方式,并在实验室的条件下,对其运行的可行性进行了仿真;第二种诊断方法是由航运指挥中心的专家组成的网络会诊,它将作为智能故障诊断的补充。两种诊断方法结合而成的诊断系统,相信会为 21 世纪的船舶无人化管理提供必要的前提。

参考文献

- [1] Ren Wei, Wang Jian *et al.*, The Research of Remote Fault Diagnosis System in Manufacturing, Proceeding of the 3rd World Congress on Intelligent Control and Automation, 2000
- [2] Lee B. Next Generation Remote Diagnostics Project. [Http://diagnostics.stanford.edu](http://diagnostics.stanford.edu)
- [3] 田靖. E-mail——现代船岸通信技术. 航海技术, 2000 (3)
- [4] Sun Yingkai, Cao Longhan, Cao Changxiu. Slab Defect Diagnosis and Predicting System in CC Processing Based on Rough Set Theory. Proceeding of the 3rd World Congress on Intelligent Control and Automation, 2000.
- [5] 周东华, 叶银忠. 现代故障诊断与容错控制. 北京: 清华大学出版社, 2000
- [6] 曾黄麟. 粗集理论及其应用. 重庆: 重庆大学出版社, 1998
- [7] Pawlak Z. Rough Sets: Theoretical Aspects of Reasoning about Data. Kluwer Academic Publishers, 1991
- [8] Pawlak Z. Data Mining—A Rough Set Perspective, Proceeding of ISMIS'99: 11th International Symposium on Methodologies for Intelligent System, 1999: 457 ~ 465

调距桨船舶调整尾轴耐磨衬套位置技术探讨

夏活发, 彭水生, 刘超, 黄连中

(大连海事大学, 辽宁 大连 116026)

【摘要】船舶尾轴尾部 Simplex 密封装置的密封环、耐磨衬套严重磨损, 致使海水大量漏进尾轴滑油系统中。首部密封装置的密封环、耐磨衬套磨损亦较严重, 进坞修理时换新首部密封环及耐磨衬套, 在缺少相关备件的情况下, 采取使耐磨衬套轴向移位错开与密封环唇相配合的技术措施使问题得到解决, 同时简述了尾轴密封装置修复后试车前必须做好的准备工作。

【关键词】船舶; 尾轴密封装置; 密封环; 耐磨衬套

1 前言

船舶尾轴尾部 Simplex 密封装置通过密封环与耐磨衬套相配合, 既阻止了尾轴滑油系统中滑油漏出舷外污染水域, 也阻止了海水、泥沙漏进尾轴滑油系统中; 尾轴首部 Simplex 密封装置的作用则是阻止尾轴滑油系统中滑油漏入机舱。本文所述船舶尾轴滑油系统被称之为防污染系统, 即尾轴尾部 Simplex 密封装置滑油柜位置低于船舶重载水线, 尾部密封装置一旦密封失效只能造成海水漏进尾轴滑油系统而不能相反。尾轴首部密封装置循环器滑油柜液位与尾部密封装置滑油柜液位基本上平齐。尾轴及轴承重力油柜位于船舶重载水线之上约 3.5 m。由于尾部密封装置密封失效, 海水漏进尾轴尾部密封装置滑油柜中, 无论何时打开放残旋塞, 其油柜都能放出大量海水。尾轴及轴承重力润滑油柜中油位上升并从透气管往外滴油, 经化验系统滑油, 证明尾轴滑油系统中滑油含水量达到 65%。船舶所有人决定船舶提前进坞修理尾部 Simplex 密封装置。

2 舵叶落地抽出尾轴检查尾部密封装置漏泄原因

调距桨本身没有故障无需修理, 抽出尾轴之前按操作程序先将舵叶落地, 然后将调距桨连同尾轴一起抽出, 拆卸尾轴尾部 Simplex 密封装置。经检查尾部 Simplex 密封装置的密封环认为, 3 道密封环没有明显损坏, 密封环唇口密封面有磨损但不属于过度磨损尚可使用。尾部密封装置耐磨衬套与密封环配合处有 3 道沟痕, 深

度约 2 mm、宽度约 10 mm, 沟痕呈凹状。显而易见耐磨衬套有 3 道较深磨损沟痕是引起密封不良造成海水进入尾轴滑油系统的原因。

据 Simplex 密封装置厂家介绍, 该密封装置密封环和耐磨衬套的使用寿命应当是 8~10 年, 而该船为新船投入营运仅两年半。该船是集装箱船舶, 尽管航行时间长、停港时间短, 也不至于在这么短的时间内造成耐磨衬套的过度磨损, 况且船舶航行的海域状况良好, 海水中没有引起密封环、耐磨衬套过度磨损的泥沙及其他污质。一般地讲, 耐磨衬套磨损到这种程度, 那么橡胶质的密封环应当比耐磨衬套磨损更严重, 事实却相反。排除其他可能的原因, 经分析认为是不锈钢材料制成的耐磨衬套材质本身不佳所致。为证明分析结果正确, 必须拆检尾轴首部密封装置。经检查首部密封装置耐磨衬套, 发现其现象与尾部耐磨衬套磨损状况一致, 而首部密封装置橡胶密封环唇口有磨损尚可使用。

3 换新尾轴尾部耐磨衬套并对首部耐磨衬套做移位处理

船舶尾轴滑油系统进海水量较多, 为保证船舶营运安全, 船舶所有人决定船舶提前进坞, 紧急抢修尾轴尾部密封装置。船舶进坞前, 船舶所有人紧急订货空运尾部密封装置组件包括尾部防磨衬套备件, 因此尾部密封装置处理比较简便, 密封装置经车间液压试验装复即可, 耐磨衬套用螺栓紧固在桨毂上随轴一起进入尾轴管, 与尾轴密封装置相配合, 使之密封尾轴滑油系统。

尾轴首部密封装置没有准备 2 道橡胶密封

环和耐磨衬套, 因为进坞前首部密封装置状态较好未发现滴油现象, 因此不在本次坞修计划之内。从首部密封装置尤其是首部耐磨衬套的检查结果来看, 首部耐磨衬套的沟痕发展下去会加剧密封环的磨损, 在短时间内会造成尾轴滑油系统中油漏泄甚至会导致尾轴不能正常运转的严重后果。在缺少首部密封装置密封环组件和耐磨衬套的情况下, 经与厂方坞修工程师和老工人师傅一起研究、分析确定修理方案, 由有经验的老师傅提议: 采用改变尾轴首部密封装置密封环与耐磨衬套轴向的相对位置的方法, 可以解决首部密封装置潜在的故障, 即密封环或耐磨衬套轴向移动使密封环唇口不与耐磨衬套沟痕处接触, 而与耐磨衬套光洁圆周面接触, 减少了二者间的相互磨损, 也保证了密封良好。尽管耐磨衬套材质有问题, 却运行了较长时间。如果采取这一措施仍可保证安全运行至下次坞修, 待备件准备好再做修复。我们采取了这一简便、实用的方法, 既克服了缺少耐磨衬套和密封环备件的困难, 又解决了二者间过度磨损的问题。首部密封装置是用螺栓与尾轴管紧固在一起的, 在首部密封装置垂直于轴线的平面与尾轴管平面之间, 增加一适当厚度的密封石棉垫, 耐磨衬套位置不变则问题得到解决。船舶出坞后, 经运行证明措施正确、工作状态良好。给我们的启示是, 当尾轴尾部密封环与耐磨衬套之间发生类似情况, 即耐磨套因过度磨损出现沟痕, 只要密封环尚可使用, 就可以通过在尾轴尾密封装置与尾轴管的平面之间加设密封垫的方法予以处理; 也可以在尾部耐磨衬套与桨毂平面之间加垫的方法解决。但须考虑到垫片必须耐腐蚀, 也应考虑到耐磨衬套与桨毂平面的密封效果, 防止由于密封不良使水漏进尾轴滑油系统。

4 轴系装复后试车前的注意事项

1) 尾轴滑油系统中滑油须经化验

尾轴滑油系统中滑油经化验后确认变质,

必须全部放掉系统中的滑油, 彻底清洗管系及油柜并充入新滑油, 充分放掉系统中空气。滑油经化验认为合格, 则应补足滑油后, 再给系统放气。

2) 检查尾轴尾部密封装置有无漏泄

坞内放水后应检查尾轴尾部密封装置有无漏泄, 若有油外漏或水漏进油中, 必须由厂方立即解决。

3) 调距桨液压油柜必须补足液压油

抽出尾轴后调距桨系统中损失大量液压油, 在试车前应补足液压油并放气。起动调距油泵, 控制调距旋钮或按钮进行调距, 使调距活塞在多次往返移动中吸排油液并充分放气。

4) 调距桨必须进行零位调整

调距桨应按说明书的规定进行零位调整, 确认驾驶台、集控室及调距机构侧桨叶指针在零位时, 调距桨叶在零角度。须经反复几次调整后方能确定调距桨零位。

5 结束语

调距桨船舶进坞更换、修理尾轴首尾部密封装置, 是一项重要的修理工程, 涉及到舵叶落地、抽尾轴、更换及修复密封装置等许多工程项目。修理前必须做充分的准备工作, 如说明书、图纸等技术资料、测量及专用工具等, 修理后和试车前须确定尾轴滑油系统滑油质量, 换油或补足有关系统的油, 保证调距桨零位调整准确等。轮机管理人员在整个坞修过程中, 必须做好监修工作, 掌握每一修理项目的细节, 配合船厂工程技术人员高质量地按期完成坞修工程。

参考文献

- [1] 张乐天. 民用船舶动力装置. 北京: 人民交通出版社, 1985
- [2] 吴恒. 船舶动力装置技术管理. 大连: 大连海事大学出版社, 1999

船舶柴油机氮氧化物排放限制曲线的研究*

刘 鑫, 孙悟廷, 尹自斌, 丁 奉

(大连海事大学, 辽宁 大连 116026)

【摘 要】通过对两大柴油机厂商(WÄRTSILÄ, MAN-B&W)的柴油机氮氧化物排放数据的统计与综合, 分析了国际海事组织(IMO)所规定标准的合理性, 并进一步指出高速船舶柴油机还应进一步严格限制氮氧化物的排放。

【关键词】氮氧化物; 最小二乘法; 船舶柴油机; 国际海事组织

1 前言

近年来, 环境问题备受关注, 人们为了在各个领域控制污染而进行了不懈的努力。虽然大型船用主机的排气污染只占了全球污染的很小一部分, 但到了 20 世纪 70 年代, 它还是引起了人们的注意; 另外, 随着经济的发展和全球经济一体化, 国家间的贸易往来日益频繁, 而这些贸易量的 80% 以上依靠船舶运输。这样, 船舶造成的大气污染问题也越来越严重, 因此有必要对柴油机的排放进行控制。IMO 对船舶柴油机氮氧化物排放进行限制的国际公约也正是在这种背景下出台的。

2 影响氮氧化物生成的主要因素

2.1 氮氧化物生成机理

柴油机排放中 NO 的含量达到了 90% ~ 95%, 所以研究 NO_x 的生成机理主要是通过研究 NO 是怎样生成的。NO 生成率方程式如下:

$$d[\text{NO}]/dt = 6 \times 10^{16} T^{1/2} [\text{O}_2]^{1/2} [\text{N}_2] \exp(-69090/T) \quad (\text{mol/l} \cdot \text{s})$$

由此可知: 影响 NO 生成的 3 个主要因素为高温、富氧及高温持续时间。

2.2 柴油机排气中氮氧化物的来源

经过对柴油机燃烧过程的分析, 可以得出 NO_x 的来源主要有 3 个。

(1) 热氮氧化物: 在高温环境中生成 NO 中的大部分。

(2) 来源于燃油: 燃油中的氮有 50% ~ 100% 迅速被氧化成 NO。

(3) 瞬发 NO: 它产生在火焰区, 同燃油中的氮氧化方式一样。

3 IMO 排放限制曲线趋势的分析

3.1 与中高速机相比, 低速机具有较大的 NO_x 排放量

首先, 从 NO 生成的机理上来看, 因为低速机具有较高的过量空气系数, 氧浓度要高于中高速机。低速机的转速低, 高温持续时间长于中高速机。一般来说, 低速机的燃烧温度要高于中高速机。由此可见, 对氮氧化物生成极为有利的条件都要优于中高速机, 所以, 低速机规定的排放值是 17 g/kW · h, 高于中高速机。

其次, 从废气中氮氧化物来源来看, 作为船用主机的低速柴油机广泛使用低质燃油。低质燃油的十六烷值较低, 发火性能和燃烧性能较差。燃油喷入燃烧室后, 滞燃期延长, 预混合燃烧强度加强, 燃烧的最高温度提高, 而且低质燃油雾化不良, 油气混合不均匀, 导致局部高温, 因此生成的 NO_x 就相对较多。船用低速机普遍燃用低质燃油而使得 NO_x 排放较高。

3.2 排放限制曲线的数值确定

WÄRTSILÄ 和 MAN-B&W 两大柴油机公司都对他们的产品进行了柴油机排放的测试。测试的结果和排放限制曲线的结果非常相似。现在就 WÄRTSILÄ 的具体测试数据统计如

* 基金项目: 交通部通达计划【编号: 95-05-04-02】; 辽宁省自然科学基金【编号: 98104005】