



KWA

KWM

K1510

DR

BE

[德] 埃卡德·默克 著
赫伯特·施特里克特

陈民扬 译

船舶动力装置的技术诊断

大连海运学院出版社

413501

船舶动力装置的技术诊断

[德] 埃卡德·默克 著
赫伯特·施特里克特
陈民扬 译

大连海运学院出版社

(辽)新登字 11 号

内 容 提 要

“技术诊断是指不通过拆卸方式来深入探求技术系统使用性能状态及其评价的所有措施的总计”。本书是第一次介绍给我国读者有关国外船舶动力装置技术诊断的译著。全书共 5 章:掌握船舶动力装置的技术状态——最佳运行的先决条件;船舶动力装置的诊断测量技术;诊断方法;船舶动力装置的诊断工艺;诊断信号的处理。

本书供轮机管理人员、机务人员、轮机工程研究、设计、制造与修理人员、轮机管理专业和轮机工程专业师生使用。

船舶动力装置的技术诊断

[德] 埃卡德·默 克 著
赫伯特·施特里克特

陈民扬 译

大连海运学院出版社出版、发行

大连海运学院出版社印刷厂印装

责任编辑:赵兴贤 封面设计:陈 艳

开本:850×1168 1/32 印张:9.875 字数:248 千

1992 年 10 月第 1 版 1992 年 10 月第 1 次印刷

印数:0001~1000 定价:8.00 元

ISBN 7-5632-0408-3/U·76

译 者 的 话

随着海上运输任务的不断增长,航运界把节省能源、减少船舶停航、降低船舶修理费用等问题提到了重要日程。作为海洋运输船队与捕鱼船队运行技术经济优化措施的“船舶动力装置的技术诊断”能有助于这些问题的解决,因而愈来愈受到轮机工程界的重视。在没有大量拆卸的情况下就能作出技术诊断,这不仅给予降低燃油消耗以可能性,还能及时预防动力装置故障的发生,也是合理组织动力装置技术管理和修理的一种有效措施。

包括主发动机在内的船舶动力装置的技术诊断是属于电工技术、电子技术和机器制造交叉领域的一门新学科,迄今尚少系统的论述。著者以其所在的瓦尔讷明德/武斯特罗高等海运工程学校“技术诊断”研究小组的研究成果为依据编写了本书,这在一定程度上填补了这一领域的空白。

本书为读者叙述了船舶动力装置技术诊断的原理,系统地研究了表征动力装置运行参数的测量方法与措施以及有关诊断对象状态的信息处理方法。书内还相当详细地介绍了最先进的诊断方法,如红外温度分布图示法、全息照相振动分析、放射性同位素控制磨损等等。同时还注意到微型计算机在船舶上参与进行信息处理与分析。

译者偶得此书的原版,阅后感到有必要介绍给我国轮机工程界同行,希望对船舶动力装置的“技术诊断”问题得到进一步重视和应用。由于手边没有著者提供的参考文献可供查考以及限于语言水平,不当之处敬请读者指正。

1990年11月于北京

序 言

对于保证高度节能与节材,对于劳动力有效参与航运和造船而言,技术诊断的重要性正在日益增长。尤其借对主发动机的工作过程进行周期性诊断,可预先识别和消除故障,则燃油消耗量会明显地得到降低。在港内和船厂内进行修理期间,编制技术上有根据的修理单时,技术诊断已成为有效的辅助手段,技术诊断还有助于船舶动力装置维护工作的优化和提高船舶技术状态的可用性。

在本书内,我们想首先叙述在船舶动力装置上得到充分应用的技术诊断的原理。选择合适的资料会给予研究技术诊断的技术经济、系统技术与工艺观点、测量方法与诊断信息的处理以可能性。根据著者在技术诊断领域多年研究的经验和国外的研究成果,均证实了这种综合选择的合理性。

为力求做到教学和实际操作相结合,对测量技术部分及信号处理的原理将给予比较详细的叙述。这些原理主要是为大学生撰写的。大量的详细信息对于教科书而言,内容似乎太多,但对于实际应用而言,恰巧相反,它们可能是非常有用的。

有关技术诊断专著的撰写,目前还存在一定困难,因为这一领域仍然处于蓬勃发展时期。与此相反,作为教科书和专著在此期间确希望有大量的新技术的渗入。

在撰写本书时,我们基本上是以一些成果为依据的,这些成果是由瓦尔纳明德/武斯特罗高等海运工程学校的“技术诊断”研究小组受海运和港口经济联合企业委托与资助下完成的。我们认为有必要对上述集体的成员及其委托方面的合作者表示感谢,尤其应该着重指出的是,对积极参与写稿任务(第4章)的副教授、工学博士P.林格林先生表示感谢。感谢审稿人、执照工程师G.弗赖贝

格先生和教授、工学博士 G. 博索夫先生的宝贵意见和建议。此外，我们对在撰写书稿过程中给予帮助的所有同事表示谢意。最后，我们对技术出版社的同事，在编辑业务上的支持和友好合作表示感谢。

埃卡德·默 克
赫伯特·施特里克特

目 录

符号一览表	(1)
1 掌握船舶动力装置的技术状态——最佳运行的先决条件	(12)
1.1 船舶动力装置的发展状况及其趋向	(12)
1.1.1 船舶动力装置——船舶的分系统	(12)
1.1.2 能量转换和能量传递	(13)
1.1.3 维护	(17)
1.1.4 船舶运行自动化	(18)
1.2 船舶动力装置的技术状态	(20)
1.2.1 可靠性	(21)
1.2.2 技术诊断	(27)
1.3 船舶动力装置技术诊断的重点	(29)
1.3.1 损坏分布	(29)
1.3.2 损坏原因	(31)
2 船舶动力装置的诊断测量技术	(33)
2.1 温度测量	(33)
2.1.1 热电偶和电阻温度计	(33)
2.1.2 与测量对象接触的温度计	(38)
2.1.3 接触式温度计的测量电路	(44)
2.1.4 温度分布图示法	(49)
2.2 压力测量	(53)
2.2.1 电子压力计	(53)
2.2.2 压力传感器的连接	(63)
2.2.3 测量电路	(65)

2.3	柴油机工作循环运动值的测量	(70)
2.4	体积流量测量	(84)
2.5	力和转矩的测量	(92)
2.5.1	借助受拉应变丝的转矩测量	(94)
2.5.2	磁弹性转矩测量	(95)
2.5.3	相角法转矩测量	(98)
2.5.4	借助应变计的转矩测量	(101)
2.5.5	推力测量	(106)
2.6	振动信号的测量	(112)
2.6.1	振动传感器	(112)
2.6.2	传感器在测量对象上的固定	(117)
2.6.3	测量仪表技术	(121)
2.6.4	全息照相的振动分析	(127)
2.7	船舶运行中使用电子测量仪表时存在的干扰源	(130)
2.7.1	干扰场	(130)
2.7.2	线路阻抗	(136)
2.7.3	测量用旋转变压器	(139)
2.8	其他测量方法	(142)
2.8.1	放射性同位素的应用	(142)
2.8.2	技术内窥镜法	(146)
3.	诊断方法	(148)
3.1	系统理论观点	(148)
3.1.1	主发动机和辅助系统	(148)
3.1.2	故障、症状、测量值	(150)
3.2	“活塞—气缸”分系统和“燃油”分系统	(152)
3.2.1	故障及其检测	(153)
3.2.2	活塞—气缸—系统的外部影响	(163)
3.3	“增压”分系统	(165)

3.3.1	元件	(166)
3.3.2	故障及其检测	(167)
3.4	“传动装置”和“润滑”分系统	(175)
3.4.1	元件	(175)
3.4.2	故障及其检测	(176)
3.5	“冷却”分系统	(185)
3.5.1	元件	(185)
3.5.2	故障及其检测	(185)
3.6	“锅炉”分系统	(187)
3.6.1	元件	(187)
3.6.2	故障及其检测	(188)
3.7	来自船舶运行特点的影响	(191)
4	船舶动力装置的诊断工艺	(198)
4.1	技术诊断在船舶动力装置上的应用范围	(198)
4.2	技术诊断的工艺分类	(200)
4.2.1	技术诊断的工艺过程	(200)
4.2.2	技术诊断的工艺方案	(207)
4.3	状态描述	(208)
4.3.1	诊断参数和状态参数之间关系的试验定量评定	(211)
4.3.2	根据物理规律对诊断参数 和状态参数之间关系的定量评定	(216)
5	诊断信号的处理	(221)
5.1	非线性和动态失真的校正	(221)
5.2	诊断信号的频谱分析和相关分析	(229)
5.2.1	基本关系	(230)
5.2.2	快速傅里叶变换	(237)
5.2.3	倒频谱(塞普斯特朗)分析	(245)

5.3 趋向分析	(246)
5.4 特征值的计算	(254)
5.4.1 平均指示压力的测定	(254)
5.4.2 测定通过活塞环的压力图形	(267)
5.4.3 喷油开始和喷油角的测定	(272)
5.5 诊断系统和计算技术	(274)
参考文献.....	(280)
术语索引(对照).....	(289)

符号一览表

A	横剖面面积, 传热面积, 电极面积, 脉冲平面
$A=[a_0 a_1]^T$	列矢量
A_r	等效通流截面
A_k	第 k 次谐波余弦分量的振幅
AKF	“自相关函数”的缩写
$a, a(t)$	加速度
a, a_{sp}	惯性测量设备的串联修正参数
a	作为矢量值的加速度
$a(p)$	$a(t)$ 的拉普拉斯变换
a_n, b_n	傅里叶系数
$a_0, a_1, \dots, a_n$	普通系数
a_{sh}, a_{ls}	短时趋向一直线系数
a_{0L}, a_{1L}	长时趋向一直线系数
B	通频带(频带宽度)
B	磁通量密度矢量
B_a, B_v, B_i	加速度、速度或位移测量传递系数
B_k	第 k 次谐波正弦分量的振幅
B_0	磁通量密度
ΔB	磁通量密度的增量
b	热敏电阻能量系数
$b_0, b_1, \dots, b_n$	普通系数
$C(q)$	倒频谱(塞普斯特朗)
C_e	输入电容
C_c	晶体电容, 静电蓄能器电容或蓄热器热容量
C_k	电缆电容, 耦合电容
c	弹性常数, 声速

C_B, C_M, C_T	有关弯矩、转矩、推力应变计信号的灵敏度
C_{p1}, C_{p2}	空气或海水的比热容
D	阻尼度, 直径
$D, DP(t)$	诊断参数
DFT	“离散傅里叶变换”的缩写
DMS	“应变计”的缩写
d	线性测量上引用的圆直径, 边长
d_{11}	压电系数
E	弹性模量
E	单位矩阵
E_k	电场强度矢量
$e=2.718\cdots$	自然对数的底数
$\exp(\cdots)$	$e^{(\cdots)}$ 的另一种写法
F	力
F	误差极限, 相对误差
F	测量值 $f_1, f_2, \cdots, f_N$ 的列矢量
f	普通频率
Δf	差频, 频率间隔
$f(t)$	停机时间点的概率密度
f_A	脉冲重复频率
f_B, f_{0B}	受压应变丝的固有频率
f_N	与转速成比例的重复频率
f_s, f_{0s}	受拉应变丝的固有频率
f_i	极限频率, 诊断参数的报警极限
f_i	两频谱线之间的最小频率间隔, 第 i 次测量值, F 的分量
f_m	通频带中点频率
f_0, f_n	高或低频率极限
f_0	共振频率, 基本频率
f_1, f_2	脉冲重复频率

G	剪切弹性模量
$G(j\omega)$	测杆或测量设备的复合频率特性
$G(p)$	测杆或测量设备的传递函数
$G_A(j\omega)$	校正滤波器的复合频率特性
g	重力加速度
g_s	燃油消耗率
$g(t)$	测杆或测量设备的重量函数
$g_A(t)$	校正滤波器的重量函数
H	信息熵, 高度差
$\Delta H, \Delta H_s$	绝对熵差, 相对熵差
H_u	燃油的低发热值
H_0	磁场强度
h	比蒸汽焓, 频率
$h(t)$	过渡函数
h_w	比给水焓
I_s	极转动惯量, 极惯性矩
I_0	附加电流
I_1, I_2	脉冲
$Im(\dots)$	复数的虚数部分
i_1, i_2	电流矢量
K	应变计的 K 系数
K	回归滤波器的增益矩阵
K_t	标准化的变化速度
K_{ij}	耦合刚度
KKF	“互相关函数”的缩写
k	计数指数, 阻尼系数, 推力测量设备的无量纲测量值
k, k_1	比例系数, 带有量纲的系数
L	两测量横剖面之间的距离

• Meßfühler, 测杆, 或译测针、测量探针。译者

L_p	初级线圈的电感
L_s, L_t	长度
L	应变丝长度, 无量纲推力
ld	底数为 2 的对数
$\log$	常用对数
M	矩阵
M_1	弯矩
M_2	转矩
M_3	互感量
$M_1, M_2, \dots, M_n$	测量值
m	质量, 冗余*, 无量纲转矩
m_D	蒸汽体积流量
m_F, m_L	空气体积流量
m_1	燃油体积流量
m_m	海水体积流量
N	存储器内记录脉冲数, 标记数, 离散扫描值数, 测量 点数
n	计数指数
n, n_1	转速
n_{ATL}	废气涡轮增压器的转速
n_N	发动机转速
$O_p, \dots$	以信号表示的操作符号
OT	“上止点”的缩写
P	概率
P_{ij}	联合概率
$P(f)$	具有通频带中点频率 f 的频率带功率容量
$P(n)$	振幅频谱的离散直线功率
PROM	可编程序的只读存储器

* Redundanz, 冗余, 或译过剩、重复、后备能力(提高可靠性的一种方法)。——译者

p	压力, 每转脉冲数, 极对数, 每通道标记数, 复合频率, 概率密度
$\mathbf{p}$	压力矢量
Δp	压力降, 压差
p_s	喷油器开启压力
Δp_r	空气滤器的压力降
Δp_A	增压空气冷却器的空气侧压力降
p_c	冷却器后的空气压力
Δp_w	增压空气冷却器的水侧压力降
p_a	外界空气压力
p_c	压缩压力
p_i	平均指示压力
p_{max}	最高燃烧压力
p_{τ}	涡轮后的气体压力
p_{ν}	压缩机后的气体压力
p_{τ}	涡轮前的气体压力
Q	负荷
$\mathbf{Q}$	负荷矢量
$Q(t)$	停机概率
Q_s	系统或分系统的停机概率
$\dot{Q}$	单位时间的热量
$\mathbf{Q}$	状态矢量
Q_i	分系统或元件的停机概率
Q_w	元件的停机概率
QMW	“平方均时值”的缩写
$q_1, q_2, \dots$	状态参数
R	普通电阻
$R(l)$	时间离散信号的自相关函数
$R(t)$	完好概率
ΔR	置信范围, 电阻变化

R_A	平衡电阻
R_{LF}	测量导线的电阻
R_{LB}	馈电线的电阻
R_N	分流电阻
R_s	系统的完好概率
R_c	接触电阻
R_e	输入电阻
R_i	内电阻
R_i	分系统的完好概率
R_m	测量仪表的电阻
R_p	初级线圈的电阻
$R_{xy}(l), R_{yx}(l)$	两个时间离散信号之间的互相关函数
R_0	输出电阻, 静电阻
R_1, R_2, R_3	电阻
RAM	随机存取存储器(读/写存储器)
$R\rho$	雷诺数
$R_0(\cdots)$	复数的实数部分
r	距离, 相关系数, 曲柄半径
$r(t)$	噪声信号
$\overline{r^2}$	$r(t)$ 的平方均值
r_s	r 的随机最高值
S	误差平方和, 结构矩阵, 密度函数
$S(f), S(\omega)$	普通频谱的功率密度
S_x, S_y	$x(t)$ 或 $y(t)$ 信号的频谱功率密度
$S_{xy}(\omega), S_{yx}(\omega)$	信号 $x(t)$ 和 $y(t)$ 之间的互功率频谱
$S_1, S_2, \cdots, S_n$	症状
SFT	“快速傅里叶变换”的缩写
Sh	斯特罗荷数
T	推力, 时间常数, 孔口宽度, 门断路时间, 置换符号
T_L	平均寿命

T_e	滤波器起振时间
T_i	观察持续时间, 时间常数
T_0	波的周期
t	连续时间坐标, 运行寿命
Δt	时间增量, 门断路时间
t_A	机组停机时间
t_L	充电时间, 充气时间
t_T	两次扫描之间的时间
t_i	第 i 次测量值的时间点
t_1, t_2	声传播时间
u_B	接收器转子电压
U_{ap}	馈电电压
U_{corr}	相关电压
U_m	测量仪表上的电压
U_{th}	热电动势, 温差电压
U_0	附加电压
$U_1(\xi, I_p), U_2(\xi, I_p)$	电压振幅
$\overline{u}$	电压的线性均时值
u	电压振幅
$u(p)$	时间可变的压电传感器电压的拉普拉斯变换
u_L	开路电压
u_m	测量电压
$u_A(\theta, \theta_0), u_B(\theta, \theta_0)$	汤姆逊电压
$u_{AB}(\theta), u_{AB}(\theta_0)$	珀耳帖电压
u_D	电压差
u_1, u_2	发电机电压
$\mathbf{u}_{k1}, \mathbf{u}_{k2}, \mathbf{u}_{k1}, \mathbf{u}_{k2}$	电压矢量
V	体积
$v, v(t)$	速度
$\mathbf{v}$	速度矢量