

Doosan 公司先进的低速二冲程柴油机监控系统

左彤梅

(中国石油集团济柴动力总厂, 山东济南 250306)

摘要: 介绍了斗山公司为保证 DOOSAN-MAN B&W 发动机的质量, 自主研发的一些先进的低速二冲程柴油机监控系统, 如轴承监控系统 B-WACS、油水监控系统 O-WACS; 升级版的发动机减振装置 ENVA; 及安全、精确测量曲轴在装配过程中挠曲变形的工具 Measutal。可供低速二冲程船用柴油机设计使用人员参考。

关键词: 低速二冲程船用柴油机; 监控系统; 减振装置; 测量工具

中图分类号: TK427 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-4357(2012)01-0026-05

Advanced Monitoring Systems of Doosan Low-speed Two-stroke Diesel Engine

Zuo Tongmei

(CNPC Jichai Power Equipment Company, Shandong Jinan 250306)

Abstract: Some advanced monitoring systems developed by Doosan to guarantee the quality of DOOSAN-MAN B&W engines are introduced, such as bearing monitoring system B-WACS, oil and water monitoring system O-WACS, the updated vibration-reduction equipment ENVA, as well as the tool Measutal, which could measure bending deflection in installation safely and accurately. The study results could be the references for the designers and users of low-speed two-stroke marine diesel engine.

Keywords: low-speed two-stroke marine diesel engine; monitoring system; vibration-reduction equipment; measurement tool

0 引言

1984 年, 韩国斗山发动机公司制造了其首台中等缸径发动机 6L60MC, 功率达 9 306 kW。自那时起, 斗山公司开始制造用于海洋运输和船舶发电的 DOOSAN-MAN B&W 两冲程柴油机。2009 年 8 月, 对 12K98ME-C 发动机(69 440 kW)进行了令人瞩目的官方专门试验。

斗山公司致力于船用发动机和船舶发电的专业领域, 诞生了世界上第一台最大的电控船用柴油机。由于卓越的生产能力, 世界上每四艘大型船舶就有一艘配备了斗山公司的发动机。

在高制造质量和广受赞誉的基础上, 斗山公司把重点逐渐转移到确保发动机在预期寿命内可靠运

行方面。2009 年来, 斗山公司先后开发了轴承监测系统 (B-WACS)、润滑油报警控制系统 (OWACS); 改进了发动机振动吸收装置; 设计出 Measutal 工具, 作为测量曲轴挠曲变形的标准工具配置, 代替传统的刻度仪表。以下分别对这些新技术做介绍。

1 轴承监测系统 B-WACS

轴承监控系统 B-WACS (Bearing Warning and Control System) 是斗山公司为测量低速柴油机轴承磨损状况而专门开发的, 可诊断主要轴承如曲轴主轴颈轴承、曲柄销轴承和十字头轴承的状况。B-WACS 的目标是防止主轴承的严重损坏, 避免旷日持久的发动机“开腹”检查。

收稿日期: 2011-06-30

作者简介: 左彤梅(1971-), 女, 工程师, 主要研究方向为发动机设计、机械制造和设备的引进、消化和吸收, E-mail: zuotongmei@hotmail.com。

B-WACS 由三个主单元和两个子单元组成，见图 1。主单元有信号收集单元 SCU、信号分析单元 SAU 和数据监控单元 DMU。子单元包括一个不间断电源 UPS 和一个普通电源，给主单元供电。数据收集单元 SCU 由两个电感式接近传感器、一个温度传感器、一个控制模块和一个支架组成。可测量轴承磨损值并把测量数据传送至信号分析单元 SAU。SAU 对数据进行分析，然后发送到数据监控单元 DMU，后者把轴承磨损值和磨损趋势显示给操作者。

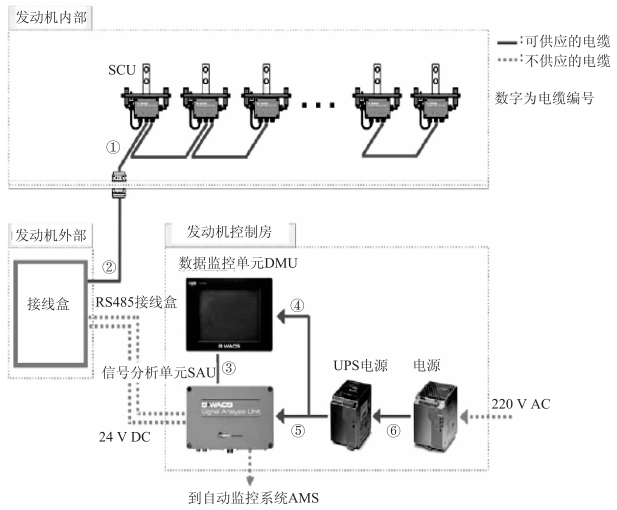


图 1 B-WACS 布置简图

1.1 数据收集单元 SCU

SCU 由两个电感式接近传感器、一个温度传感器、一个控制模块和一个支架组成。它安装在十字头导向板的下部(图 2)，测量轴承状况。每个 SCU 都与邻近的 SCU 串联，只有第一缸的 SCU 通过接线盒与 SAU 相连，传送信号和接收电能。

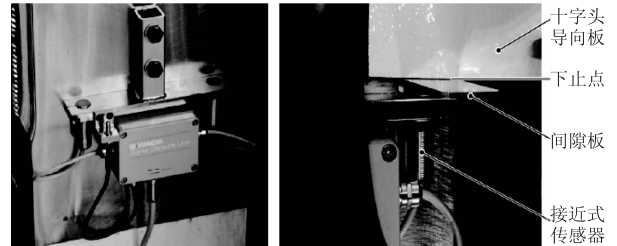


图 2 SCU 安装在十字头导向板下部

1.2 信号分析单元 SAU

电源和 UPS 把 220 V 交流电转化成 24 V 直流电，给 SAU 供电。SAU 可用于各类 5 ~ 14 缸的低速柴油机，没有额外的接线盒和接口单元。不论缸数几何，电源电能和测量数据的传输可通过一条 SCU-SCU-MUL 电缆进行。从 SCU 获得的数值经 SAU 加工后显示于 DMU 上。SAU 实施转速补偿并

把长期和短期数据存入永久性存储器中。

1.3 数据监控单元 DMU

数据经 SAU 分析后送至 DMU，这是一个触摸屏电脑，也使用来自 UPS 和电源的 24V 直流电。通过 DMU 内安装的 B-WACS 专门程序，可全程显示各缸的轴承磨损状况和磨损趋势。DMU 安装在发动机控制房 ECR 的控制台上。

SCU 的精度为 $\pm 10 \mu\text{m}$ ，检测范围在 1 ~ 7 mm 之间，工作温度在 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ~ $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间。SAU 防护等级为 IP67，与 SCU 工作温度相同。DMU 采用 VIA Nano 1.0 GHz。

1.4 B-WACS 主要特征及操作

B-WACS 具有三项特征：①高精度度：补偿试验报告随产品提供，系根据自动校核方法进行，并采用了高精度度激光位移传感器。②③简单紧凑：部件简单使得安装维护均很便利。②③监控程序界面友好：监控程序构图直观，便于操作和研究轴承磨损状况。

B-WACS 于 2009 年得到 MAN 柴油机公司的认可并通过了船级社 ABS 的认证。

B-WACS 监控程序可在轴承发生异常磨损时及早警告操作者。该程序有两个不同的准入级别，即操作者级别和主任级别：

- 操作者级别：一般用户；
- 主任级别：具有更改权限的管理者(需要进行登录)。

屏幕包括一个主菜单、一个子菜单，一个屏幕窗口，一个工具菜单和一个状态窗口，见图 3。

主菜单分为四部分，即监控、警报、系统和维护菜单。监控菜单显示实时磨损值和磨损趋势以及传感器误差。报警菜单显示所有的工作状态，包括报警和停机。系统菜单指示 BWACS 内的系统状态和部件工作状态。主任级别的维护菜单具有转速补偿、传感器更换和手动设置功能。状态窗口显示轴承和发动机状态。屏幕窗口显示磨损值、磨损趋势和报告等。

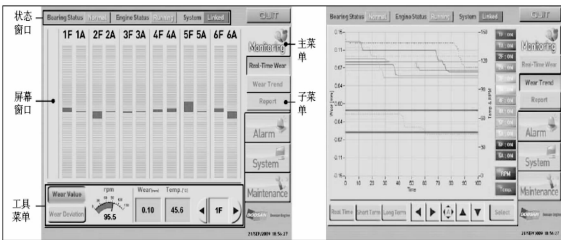


图 3 DMU 监控软件屏幕的布置，磨损值(左)和磨损趋势(右)的实时监控测试结果

2 O-WACS

OWACS(Oil Warning and Control System)为润滑油报警控制系统,专门为测量润滑油中的水含量而设计,可安装在主进油管和其它相关设备上,对长久保证柴油机润滑油系统和关键轴承的效率具有重要的作用。

电容半导体传感器可精确测量机油中的水含量,精度达±0.02 aw(aw 值为水的浓度,即饱和机油中的实际水含量。根据相对湿度概念,机油中的水含量必须以 aw 为单位测量,aw = 0 指机油中不含水,aw = 1 指机油含水量饱和)。在主发动机工作过程中检测机油是否具有较高的水含量,可及早防止主轴承的损坏。

系统也可与 DMU(PC 面板)连接(须增加额外费用)或接至 BWACS 内的标准 DMU 上,这样工作人员就可在机房内检查详细数据;正常、报警和故障条件的设定点也会提供。

OWACS 由一个控制单元、一个传感器元件(包括线)和监控软件组成(图 4)。控制元件中的真空显示器 VFD 显示测量的数据及其相应状态(正常、报警和故障)。



图 4 O-WACS 控制单元、传感器元件、监控程序

2.1 OWACS 主要特征和技术规格

OWACS 具有六项主要功能特征。

测量水的浓度:采用精确优质的电容半导体传感器测量机油中的实际水含量,以 aw 为单位。

测量温度:OWACS 测量和显示油温到小数位,用于精确分析。

报警输出:水含量超过报警限值时,会触发报警系统。

RS485 接口-内置 MODBUS 协议:系统采用全球通用的 MODBUS 协议(RTU-ASCII),便于与其它系统如报警监控、数据采集系统等连接。

记录器功能(最长 30 年):水的浓度和温度数据可存储在闪存上,需要时可下载。这样,操作者可在 DMU 上看到分析图。

模拟输出(可选):如果安装了模拟输出电路板,就可以用 4~20 mA 的电信号输出 aw 值和温度数据。

OWACS 的精度是±0.02,湿度范围在 0~1 aw 之间,工作温度在-40℃~190℃之间。

2009 年,OWACS 得到 MAN 柴油机公司的认可并通过了 ABS 船级社的认证。

2.2 OWACS 安装

OWACS 控制单元必须安装在机体框架和气缸框架之间某个适宜位置的 L 型支架上。为把振动引起的损失降至最低,建议使用防振垫(图 5)。

OWACS 传感器安装到润滑油管时,为使其完全浸没在油中,建议以 45(°)角安装(图 5)。如果管内已充满润滑油,则不需要采取上述建议。

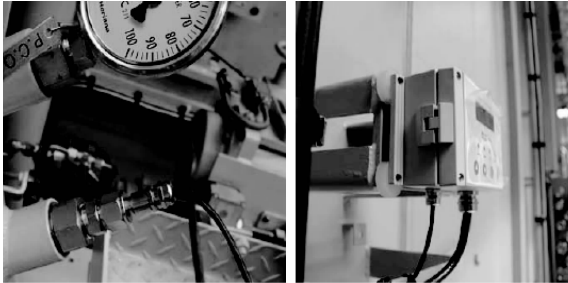


图 5 O-WACS 的安装,传感器元件(左)和带防振垫的控制单元(右)

2.3 OWACS 控制单元参数设置及监控软件使用

OWACS 控制单元基本窗口:基本设置窗口显示平均温度数据和检测时间及日期。轻按按钮 M 约 3 s,可从控制单元进入基本设置模式。

超高等级报警设置:输入的 aw 值超过设置值 0.9 时,超高等级报警就启动,低于 0.9 时停止。

高等级报警设置:aw 值超过 0.8 时,高等级报警开启,低于 0.8 时停止。

正常运行设置:输入的 aw 值低于正常运行设置值时,超高等级报警和高等级报警停止,开始正常运行。

存储在数据闪存中的水浓度和温度数据可通过监控软件以两种方式显示,即数字方式和图形方式。软件监控具有数据备份、显示和系统布置功能。

3 发动机振动吸收装置 ENVA

ENVA(Engine Vibration Absorber)是一个独立

型液压顶置构件, 用来解谐主发动机正常运行中可能发生的固有频率振动。该产品的开发解决现有气腔型液压顶置构件存在的问题, 如空气/机油的泄漏、气缸的腐蚀性磨损和液压缸的故障。ENVA 以一个蓄压器代替气腔, 从而消除了许多由液压缸气腔引起的故障。

ENVA 有四个主要部件(图 6), 蓄压器: 贮存氮气, 吸收返回的力脉冲; 释压阀: 调整执行机构油压, 设定值为 4 MPa; 单向阀: 控制机油通过; 高精度轴承: 稳定发动机与船体侧面之间的安装误差。

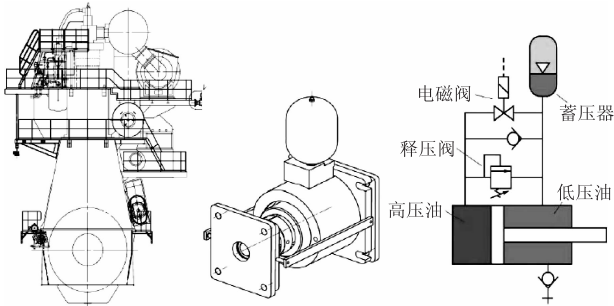


图 6 ENVA 的安装(左)和液压回路(右)

3.1 ENVA 主要特征和技术规格

安装运行价格合理: ENVA 是独立性顶置构件, 运行中不需要液压泵管类零件。

寿命延长: ENVA 气泡蓄压器消除了气腔型设计的普通顶置构件可能遇到的漏气和腐蚀磨损的问题。

液压部件便于安装: 所有的液压部件, 如阀类, 都装配在整体阀体中, 便于接近和维护。

主要规格: 活塞直径 200 mm, 内嵌长度 475 mm, 重量 1 274 N, 每缸作用力 22 kN(0.7 MPa 时), 最大作用力 127 kN(4 MPa 时, 可调)。

ENVA 的设计以复杂的性能和结构分析技术为基础(图 7、8)。ENVA 在一个官方测试机构进行了性能试验(图 9); 在一艘行驶中的船舶上进行了运行试验, 性能得到保证。

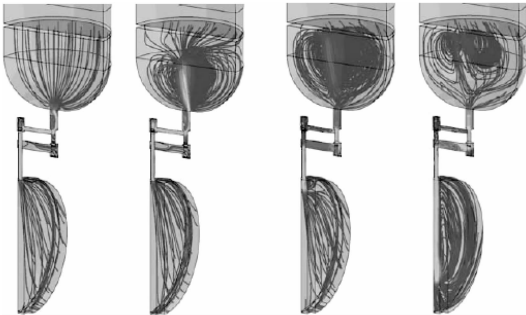


图 7 性能分析结果: ENVA 一个 0.55 mm 冲程位移后 0.025、0.075、0.125、0.2s 时的机油流动轨迹

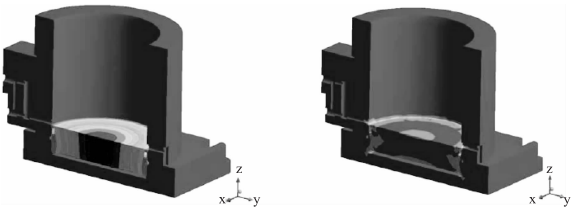


图 8 结构分析结果: ENVA 外壳的变形和应力分布



图 9 ENVA 性能和现场试验检查

3.2 ENVA 运行模式

ENVA 有三种运行模式, 即标准、超载和复位模式, 见图 10。

标准模式: 顶置构件发挥液压刚性臂的作用, 解谐主发动机的振动。所有的液压阀关闭, 机油封困在每个油腔内, 使得顶置构件像刚性臂一样工作, 解谐主发动机的自然频率。该液压构件正常情况下可吸收主发动机与船体之间 124.1 kN(工厂设置)以下的力。

过载模式: 当主发动机与船体之间的力超过过载保护限值时, 释压阀打开, 主油腔中的高压油流至备用油腔。超载情况下, 活塞停止动作, 液压刚性臂的功能停止, 直到主发动机和船体之间的力降到过载保护限值以下。过载的情况可能发生在船舶加载过程中主发动机有异常振动或温度改变时。

复位模式: 当主发动机与船体之间距离增大时, 主油腔内的油压低于备用油腔内的油压, 构件内的活塞自动复位。复位过程中, 备用油腔内预先被压缩的机油流经单向阀, 蓄压器使备用油腔保持恒定压力。

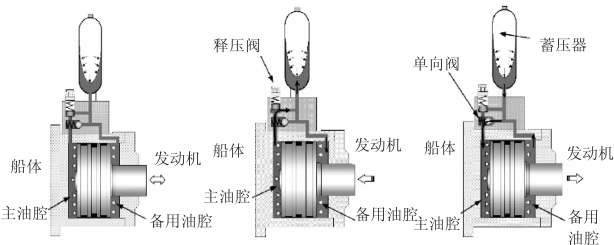


图 10 ENVA 在常规、过载、复位状态下的运行

4 Measutual 工具

曲轴必须进行常规的直线性检查。过去，操作者必须进入底座内部，转动曲轴，用一套刻度仪表测量曲轴的挠曲变形。该方法不方便而且测量困难。

近年来，为了方便这项操作，斗山公司设计出一种新型的 Measutual 工具，作为对现有工具的补充。该新型数字仪表测量曲轴挠曲变形时可使用蓝牙无线通讯技术。可从发动机外部方便安全地实施测量而不必再进入发动机内部(图 11)，而且测量精度显著提高。



图 11

斗山公司对 2007 年 7 月 1 日以后发货的发动机提供 Measutual 工具，作为测量曲轴挠曲变形的标准工具配置，代替传统的刻度仪表。

Measutual 安装在曲柄臂之间，操作者可从机外通过无线通讯方法获取读数，从而避免了热量、油滴等的不利影响。

该仪表由一个含数字传感器的测量元件和一个显示元件组成。测量元件采用电池供电，有一个防油按钮开关。

Measutual 具有不同的测量中心点和延长棒，可在 100 ~ 500 mm 的范围内调整曲拐测量尺寸。装置配有便于安全运送和储存的手提箱。

4.1 Measutual 主要特征和技术规格

- 优点：无线测量方便、安全、快捷。
- 最新 IT 技术：蓝牙无线通讯，线性编码器用于挠曲检测。
- Measutual 显示器重量仅为 300 g，方便携带。精度高达 $\pm 5\text{ }\mu\text{m}$ 。测量元件可连续工作 12 h。
- Measutual 已通过韩国 MIC 电信认证和欧洲 CE

认证，自 2007 年起成为斗山发动机厂的标准工具配置。

4.2 Measutual 运行

装置首次通电时，LCD 屏幕上会显示 START 字样 1s，然后在屏幕左上方显示电池容量。如果测量元件失电，则开始闪烁 NO DEVICE 的字样，通电后显示传感器数值。工作时，按显示元件的归零按钮 ZERO SET 可将测量元件归零，按背光按钮 LIGHT 可打开 LCD 的背光，按数据设置按钮 DATA SET 可把传感器数据存至闪存，可储存 70 个数据，持续按 DATA SET 超过 1s 可把显示单元转换为功能模式。

功能模式由三个命令组成，即显示所有数据、删除所有数据、退出。

按 ZERO SET 或 LIGHT 按钮实现命令转换，按 DATA SET 按钮选择命令。每个曲拐的测量尺寸可通过中心点和延长棒按照每次 5mm 的增量调整(图 12)。制造商负责测量元件和显示元件的修理或更换工作。

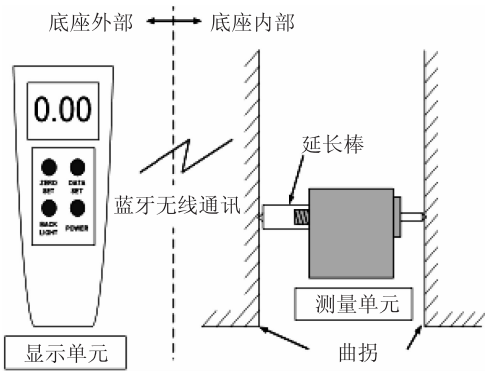


图 12 Measutual 工作原理简图

5 小 结

以上介绍了斗山公司为保证 DOOSAN-MAN B&W 发动机的质量，自主研发的轴承监控系统 B-WACS 和油水监控系统 O-WACS；发动机减振装置 ENVA 的升级；以及可安全、精确地测量曲轴在装配过程中的挠曲变形的 Measutal 工具。可供低速二冲程船用柴油机设计使用人员参考。