



中国船舶工业总公司部标准

CB 1320—98

鱼雷振动模态测试方法

Torpedo vibration modal measurement method

1998—03—20发布

1998—08—01实施

中国船舶工业总公司 发布

鱼雷振动模态测试方法

Torpedo vibration modal measurement method

1 范围

1.1 主题内容

本标准规定了鱼雷振动模态测试的场地环境、被测鱼雷、测试设备和装置、测试程序、数据处理和测试结果输出等。

1.2 适用范围

本标准适用于鱼雷全雷在空气介质中的振动模态测试。鱼雷上的系统和组件也可参照使用。

2 引用文件

GB/T 2298—91 机械振动与冲击 术语

GJB 551—88 火工品术语

3 定义

3.1 机械振动术语按 GB/T 2298 的规定。

3.2 火工品术语按 GJB 551 的规定。

4 一般要求

4.1 测试场地及环境

4.1.1 测试场地

- 测试场地地面应光洁平整,通风防尘,地面铺设橡胶板,有足够的照明。
- 测试场地应有稳定清洁的电源。
- 测试场地应有良好的接地线。
- 测试场地应无振动和强电磁干扰。

4.1.2 测试环境

- 测试环境温度应为 $10\sim 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。
- 测试环境相对湿度不大于 75%。
- 测试环境压力为地面大气压。

4.2 被测鱼雷

4.2.1 质量及刚度

被测鱼雷的质量及质量分布、刚度及刚度分布应与所选定的鱼雷配置相同。

4.2.2 液体燃料代用工质

进行振动模态测试的热动力鱼雷应采用同样密度的无毒、无腐蚀性代用工质代替实际燃料。

4.2.3 炸药及火工品处置

不应使用带有炸药和火工品的鱼雷进行振动模态测试,例如已装药的战雷段、爆发器、爆炸螺栓、点

火器等。应采用质量和刚度相同的模拟件代替,其固定和安装方式应与原件相同。

4.2.4 推进电池

电力鱼雷的推进电池应采用质量和刚度与实际电池相同的模拟件代替,固定和安装方式应与原件相同。

4.2.5 精密敏感元件

可视具体情况采用原件或模拟件。

4.3 支承条件

4.3.1 支承方式

被测鱼雷的支承方式可采用弹性悬挂支承方式或弹性底座支承方式。

4.3.2 支承系统自振频率

无论采用何种支承方式,支承系统的自振频率应低于被测鱼雷最低阶模态频率的20%。

4.4 激励方式

4.4.1 小型鱼雷

小型鱼雷可采用脉冲激励(锤击法)和随机激励(单点激励或两点激励)。采用锤击法时,其输入能量在不产生非线性激励条件下应足以激起鱼雷结构的前10阶以上模态。

4.4.2 大型鱼雷

大型鱼雷应采用两点或多点随机激励。若采用锤击或单点随机激励方式,应先行进行预试,确认激励能量足够方可采用。

5 详细要求

5.1 测试设备和装置

5.1.1 组成

测试设备和装置由激振系统、测量系统、数据采集处理系统和支承装置等组成。主要包括:

- a. 信号源;
- b. 功率放大器;
- c. 力锤;
- d. 电磁激振器;
- e. 电液激振器;
- f. 柔性杆;
- g. 力传感器;
- h. 加速度传感器;
- i. 电荷放大器;
- j. 磁带机;
- k. 信号分析仪;
- l. 支承刚架;
- m. 弹性绳;
- n. 吊带;
- o. 支承底座。

5.1.2 要求

5.1.2.1 测试设备的计量

测试设备应经计量校准合格,并在计量校准有效期内。

5.1.2.2 激振系统

激振系统应符合下列要求:

- a. 信号源,应能提供正弦、随机等多种激励信号。应有压缩控制功能,以保证实现恒力激励;
- b. 功率放大器,应与激振器相匹配;
- c. 力锤,为了得到不同的脉冲宽度,允许锤头采用不同材料;
- d. 电磁激振器,激振力应不小于 100 N;
- e. 电液激振器,其频响范围应覆盖鱼雷模态频率;
- f. 柔性杆,在激励力传递方向上应有足够的刚度,在其他方向上应足够柔软。应适当选择柔性杆的直径和长度,使其纵向压缩振动和横向弯曲振动固有频率避开激振频率。

5.1.2.3 测量系统

- a. 力传感器,自重要小,量程应在要求范围内,工作频率应不小于 10 kHz。
- b. 加速度传感器,自重要小,工作频率应能覆盖鱼雷模态频率,横向灵敏度应不大于主轴线方向灵敏度的 5%。

5.1.2.4 数据采集处理系统

5.1.2.4.1 数据采集

可采用微机控制的数据采集系统。如果采用磁带机,磁带机应符合下列要求:

- a. 频率响应:5~20 kHz;
- b. 信噪比:大于 40 dB;
- c. 在额定输出时,非线性失真系数不大于 3%;
- d. 有过载指示。

5.1.2.4.2 数据处理

数据处理应包括频率响应分析和模态参数识别,并将测试结果绘图和打印输出。系统的信号分析功能应符合下列要求:

- a. 足够的频响范围;
- b. 应有直接、电荷及浮地等不同的信号输入方式;
- c. 有低通滤波能力;
- d. 能计算 H_1 (输出误差估计模型)、 H_2 (输入误差估计模型)、 H_3 (输入输出误差估计模型)三种频响函数;
- e. 能进行相干分析;
- f. 能提供必要的窗函数,并能在屏幕上进行调整;
- g. 有信号存储及细化功能。

5.1.2.5 支承装置

5.1.2.5.1 弹性悬挂支承

- a. 支承刚架,悬挂鱼雷的刚架应有足够的刚度,安置在地面上应牢固稳定。
- b. 弹性绳和吊带,悬挂鱼雷的弹性绳应满足鱼雷重量的需要,其伸长量应与载荷大小成近似线性关系,使在悬挂被测鱼雷时,其伸长量在弹性范围内。被测鱼雷通过吊带与弹性绳连接,吊带应无弹性。

5.1.2.5.2 弹性底座支承

固定鱼雷的支承底座除在重力方向外,其他方向不应构成约束。被测鱼雷通过弹性支承固定在底座上。

5.2 测试程序

5.2.1 测试系统方框图

5.2.1.1 脉冲激励测试系统框图见图 1。

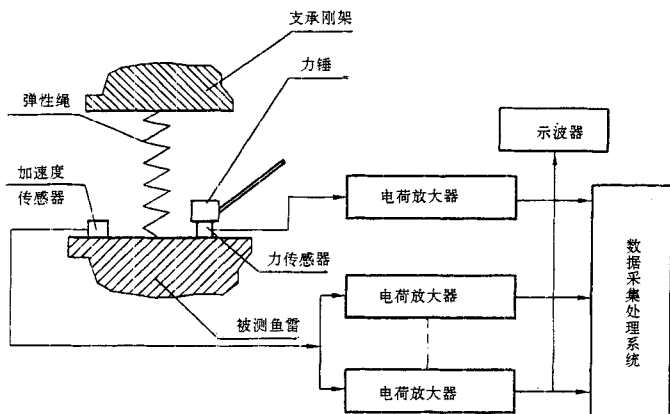


图1 脉冲激励测试系统框图

5.2.1.2 随机激励测试系统框图见图2。

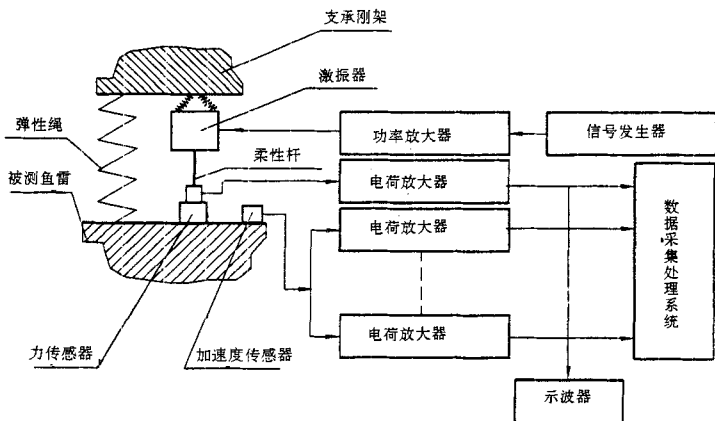


图2 随机激励测试系统框图

5.2.2 测试准备

5.2.2.1 安装传感器

a. 传感器位置及数量：测试传感器位置应兼顾纵向和周向两方面。应根据假定的数字力学模型布置，沿纵向可以均匀布设或选择特征部位布设。周向可选择典型截面布设，每一截面沿周向均匀布置6个以上测点。测点总数应不少于50个。

b. 安装:传感器可通过衬垫或直接固定在被测鱼雷壳体上。传感器主轴应与鱼雷纵轴垂直。安装应牢固,在传感器主轴方向应是刚性的,不允许有松动或滑移。安装方式不应损坏鱼雷表面。

5.2.2.2 安装被测鱼雷

被测鱼雷支承位置应尽可能位于模态节点附近,允许在预试时进行调整。被测鱼雷应保持水平状态。

5.2.2.3 安装激振器

a. 脉冲激励:脉冲激励点应选择在刚性较大的连接环部位,不应选在如孔盖、孔塞及与鱼雷壳体非刚性连接的元件上。

b. 随机激励:单点随机激励应选择在鱼雷中部。两点或多点随机激励则应分别位于鱼雷前部、中部和后部。

c. 激振器应与支承刚架弹性连接。

5.2.2.4 测试设备检查

将测试系统各设备正确连接,开机使每台设备处于正常工作状态。

5.2.2.5 测试系统联调与标定

测试系统应预加激励信号进行系统调试,用标准质量块对测试系统进行标定。

5.2.3 测试实施

5.2.3.1 输入物理模型数据

将选定的测量点座标值输入数据处理系统。

5.2.3.2 调整测量系统

给被测鱼雷施加激励信号,通过示波器观察各测点显示,适当调整各电荷放大器放大倍数,使系统处于最佳信噪比状态,并作记录。

5.2.3.3 测试

若不能同时对各测点进行测试,允许将测点分为几组分步进行测试。分步测量时,应注意保持激振系统和测试系统的一致性。

5.2.3.4 测试记录现场分析

测试记录应在现场进行回放和初步分析,计算频响函数,保证测试记录有效。

5.3 数据处理和测试结果

5.3.1 数据处理

计算机的数据处理程序(软件)应包括下列功能:

- a. 能容纳足够的测点数,一般应不少于 300 点;
- b. 能进行三种座标(直角座标、圆柱座标、球面座标)及不少于 6 个子构件的结构描述及运算、包括局部座标向整体座标的转换;
- c. 应具有不少于四种参数识别方法,能进行实模态和复模态参数识别;
- d. 应能对分析精度有一定判别能力,帮助操作人员选择分析精度;
- e. 有振型动画显示功能;
- f. 有结构修改功能。

5.3.2 测试结果

5.3.2.1 测试结果有效性

应采用多种判据证明测试结果有效。

5.3.2.2 测试数据要求

测试结果应包括至少 10 阶模态的模态频率、模态阻尼比和模态振型。

5.3.2.3 测试结果报告

测试结果报告格式见附录 A(补充件)。

附 录 A
测试结果报告
(补充件)

- A1 被测鱼雷参数及测试条件,见表 A1。
 A2 主要测试设备,见表 A2。
 A3 测试结果数据,见表 A3。
 A4 应给出各阶模态振型图。

表 A1 被测鱼雷参数及测试条件

时 间		地 点	
名 称		代 号	
长 度		直 径	
重 量		重 心	
代用工质 及代用件 说 明			
测点、支 承点和激 励点位置			

测试人员(签名):

表 A2 主要测试设备

名 称	型 号	数 量	备 注

测试人员(签名):

表 A3 测试结果数据

模态序号	模态频率 Hz	模态阻尼 %	备 注

测试人员(签名):

附加说明:

本标准由船舶总公司六〇一院提出。

本标准由船舶总公司第七〇五研究所负责起草。

本标准主要起草人: 辜长庆、曾忠莲、武耀坤。