

团 体 标 准

T/CSNAME 221—2026

中国造船工程学会

船用电子倾斜仪

Marine electronic inclinometers

程 序 文 件

2026 – 7 – 17 发布

2026 – 10 – 17 实施

中国造船工程学会 发 布

中国造船工程



目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 缩略语 2

5 组成与设计 2

 5.1 组成 2

 5.2 设计 2

6 要求 3

 6.1 外观 3

 6.2 报警 3

 6.3 显示范围与显示精度 3

 6.4 接口 3

 6.5 耐电压 4

 6.6 绝缘电阻 4

 6.7 电磁兼容性 4

 6.8 环境适应性 4

 6.9 外壳防护等级 4

7 试验方法 4

 7.1 外观 4

 7.2 报警 4

 7.3 显示范围与显示精度 5

 7.4 接口 6

 7.5 耐电压 6

 7.6 绝缘电阻 6

 7.7 电磁兼容性 6

 7.8 环境适应性 6

 7.9 外壳防护等级 6

8 检验规则 6

 8.1 检验分类 6

 8.2 型式检验 6

 8.3 出厂检验 7

9 标志、包装、运输和贮存 7

 9.1 标志 7

 9.2 包装 8

 9.3 运输和贮存 8

附录 A（资料性） 倾斜仪的安装 9

A.1 安装位置..... 9

A.2 安装方向与姿态..... 9



前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国造船工程学会船舶标准化专业委员会提出。

本文件由中国造船工程学会归口。

本文件起草单位：上海融德机电工程设备有限公司、江苏苏豪创科造船有限公司、上海研途船舶海事技术有限公司、中国船舶集团有限公司第七〇八研究所、上海佳豪船海工程研究设计有限公司、青岛哈船海智科技有限公司、福伦赛工业科技（上海）有限公司、浙江康比利电气有限公司。

本文件主要起草人：冯亦村、杨攀、陈尚伟、潘文祥、张曙光、陆良好、张圣洁、杨勇、陈雪峰、钱强、刘厂、刘万寿、吴颖、陈祎雯、李荣平。



中国造船工程



船用电子倾斜仪

1 范围

本文件规定了船用电子倾斜仪（以下简称倾斜仪）的要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存。

本文件适用于船舶导航和操作用途的、符合IMO MSC. 363(92)决议要求的倾斜仪的设计、制造、检验和验收，本文件不适用于极地船舶上使用的电子倾斜仪。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 191 包装储运图示标志

GB/T 2423.4 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Db 交变湿热（12h+12h循环）

GB/T 2423.10 环境试验 第2部分：试验方法 试验Fc：振动（正弦）

GB/T 2423.17 环境试验 第2部分：试验方法 试验Ka：盐雾

GB/T 2423.101 环境试验 第2部分：试验方法 试验：倾斜和摇摆

GB/T 4208 外壳防护等级（IP代码）

GB/T 10250 船舶电气与电子设备的电磁兼容性

GB/T 13306 铭牌

GB/T 43525—2023 船舶与海上技术 导航和船舶操纵 电子倾斜仪

IEC 61162-1 海上航行和无线电通信设备和系统 数字接口 第1部分：单通话器和多受话器（Maritime navigation and radiocommunication equipment and systems - Digital interfaces - Part 1: Single talker and multiple listeners）

IEC 62288 船舶导航与无线电通信设备及系统 船载导航显示器上导航相关信息的显示 一般要求、试验方法和要求的试验结果（Maritime navigation and radiocommunication equipment and systems - Presentation of navigation-related information on shipborne navigational displays - General requirements, methods of testing and required test results）

CISPR 16-2-1 无线电干扰和抗扰性测量装置及方法用规范. 第2-1部分：干扰性和抗扰性测量方法. 传导干扰测量（Pecification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods -Part 2-1:Methods of measurement of disturbances and immunity - Conducted disturbance measurements）

IMO MSC. 363(92) 电子倾斜仪性能标准核心依据（Performance standard for electronic inclinometers）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

横摇 rolling

船舶绕其纵向轴线的摇摆运动。

3.2

实际横倾角 actual heel angle

船舶相对于水平状态，向右舷或左舷的瞬时横摇角。

3.3

横摇周期 roll period

船舶向同一侧连续两次到达最大横倾角的时间间隔。

3.4

横摇摆幅 roll amplitude

船舶一个周期内向左舷和右舷侧斜的横倾角的最大值。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

VDR——船载航行数据记录仪 (Voyage data recorder)

5 组成与设计

5.1 组成

倾斜仪一般由传感器单元、信号处理单元、显示单元、电源模块、外壳、与其他系统接口等组成，见图1。

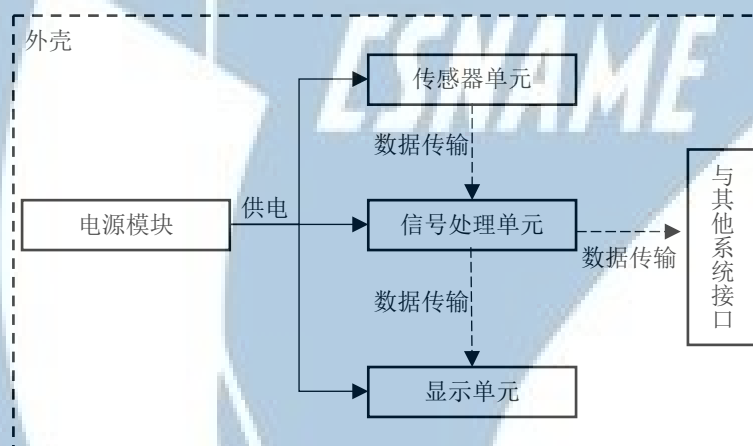


图1 倾斜仪组成

5.2 设计

5.2.1 交流供电的倾斜仪，在 220 V 50 Hz 或 110 V 60 Hz 时应正常工作，电压允许偏差为额定值的 $\pm 10\%$ ，频率允许偏差为 ± 2 Hz。

5.2.2 直流供电的倾斜仪，在 24 V 时应正常工作。

5.2.3 倾斜仪应配备 24 V 直流电作为备用电源。

5.2.4 倾斜仪应具有双电源自动切换的功能，主电源优先供电。

5.2.5 倾斜仪的显示器可使用专用显示器或集成到驾驶室系统。

5.2.6 显示内容符合 IEC 62288 的规定。

5.2.7 倾斜仪应有显示实际横倾角的模拟表盘，模拟表盘的指示器（指针或摆锤）的实际运动方向与船舶的横摇轨迹应一致。

5.2.8 倾斜仪应有下列数字显示窗口：

- a) 横摇周期；
- b) 实际横倾角；
- c) 横摇摆幅。

- 5.2.9 船舶右倾时，显示值为正值，左倾时，显示值为负值。
- 5.2.10 信号输出触点应为无源触点，触点类别见表 1。

表1 触点类别

触点类别	正常状态	触发状态
系统故障	闭合	断开
声响报警	断开	闭合
倾斜超差	断开	超差闭合

- 5.2.11 倾斜仪应有自检功能，检查倾斜仪部件运行情况以及提供的信息是否准确，过程中，若发现下列情况应给出“设备异常”警告：
- a) 倾斜仪传感器故障；
 - b) 电源故障；
 - c) 倾斜角度数据失效。
- 5.2.12 倾斜仪的安装见附录 A。

6 要求

6.1 外观

倾斜仪的表面不应有毛刺、裂痕、划痕等缺陷。

6.2 报警

6.2.1 报警阈值

倾斜仪应具有设定角度报警阈值的功能，倾斜仪超过阈值时报警，报警是否恢复“正常”分为下列情况：

- a) 人为确认（应答）：当倾斜仪发出的报警通过按键或其他人为操作方式被确认（应答）时，仅能通过按键或其他人为操作方式复位“正常”；
- b) 未确认（应答）：实际横摇角度回到报警阈值内时，自动复位“正常”。

注：未确认（应答）时，警报可能会由于横摇的周期性变化而频繁启动。

6.2.2 声光报警

6.2.2.1 倾斜仪应具备声光报警功能，在船舶横倾角度达到报警阈值时，发出声光报警，报警声响在 75 dB(A)~85 dB(A) 之间。

6.2.2.2 报警被确认（应答）时消声，但不应熄灭光警信号，故障排除时，声光报警装置停止发出信号并正常工作

6.3 显示范围与显示精度

倾斜仪的显示范围与显示精度见表2。

表2 显示范围与显示精度

项目	横倾角 (°)		横摇摆幅 (°)		横摇周期 (s)	
	一般精度	高精度	≤20	>20	≤20	>20
显示精度	±0.2~±0.5	±0.1	±1	读数的±5%	±1	读数的±5%
显示范围	[- 90, 90]		[- 90, 90]		[4, 40]	

6.4 接口

6.4.1 倾斜仪与 VDR 的数据信号通讯接口应使用 RS-232、RS-485 或 CAN 总线，通讯协议应符合 IEC 61162-1 的规定。

6.4.2 通讯接口应至少有 2 个并符合 GB/T 43525-2023 中 4.6 的要求，类型应符合下列要求：

- a) 数据信号接口，1 个；
- b) 报警信号接口，1 个；

- 1) 输出警报信号;
- 2) 报警、消声和报警信息确认。

6.5 耐电压

倾斜仪的电源端子与外壳（或保护接地端子）之间应能持续1 min承受频率为50 Hz、有效值为1500 V的交流电压。

6.6 绝缘电阻

倾斜仪中独立的电气回路对机壳的绝缘电阻应符合表3的规定。

表3 绝缘电阻

额定电压 V	兆欧表电压等级 V	绝缘电阻 MΩ	
		耐压试验前	耐压试验后
24	250	≥10	≥2
220	500	≥100	≥10

6.7 电磁兼容性

电磁兼容性应满足GB/T 10250的要求。

6.8 环境适应性

6.8.1 工作环境

电子倾斜仪在下列环境应能正常工作：
——温度：5℃～55℃；
——相对湿度：30%～90%；
——大气压力：80 kPa～106 kPa。

6.8.2 振动

倾斜仪在下列振动条件应能正常工作：
a) 频率 2.0 Hz～13.2 Hz，振幅±1 mm；
b) 频率 13.2 Hz～100 Hz，加速度±7 m/s²。

6.8.3 抗盐雾

倾斜仪表面在GB/T 2423.17中规定的盐雾条件下72 h应无腐蚀现象。

6.9 外壳防护等级

外壳防护等级应满足IP54的要求。

7 试验方法

7.1 外观

用目测法检查倾斜仪外观。

7.2 报警

7.2.1 报警阈值试验

7.2.1.1 将倾斜仪的报警阈值分别设置为±15°、±45°、±60°。在试验台上将倾斜角度分别增加至±16°、±46°、±61°。观察倾斜仪在角度超过报警阈值时是否发出声光报警信号。

7.2.1.2 报警恢复试验分为下列情况：

- a) 人为确认（应答）：

- 1) 在报警状态下,按下倾斜仪的确认(应答)按钮。观察报警声音是否立即停止,光报警信号是否继续保持;
 - 2) 将倾斜角度减小至报警阈值内。观察倾斜仪是否保持报警状态;
 - 3) 按下复位按钮,检查倾斜仪是否恢复正常。
- b) 未确认(应答):
- 1) 再次触发阈值报警,不进行人工确认(应答);
 - 2) 将倾斜角度减小至报警阈值内,观察倾斜仪是否自动恢复正常。

7.2.2 声光报警试验

声光报警试验步骤如下:

- a) 将倾斜仪正确安装在试验台上;
 - b) 将倾斜角度增加至报警阈值,在倾斜仪正前方 1 m 处,用噪声测试仪测量报警声音的声压级;
 - c) 按下确认(应答)按键,观察光报警信号是否保持;
 - d) 将倾斜角度减小至报警阈值内并按下复位按钮,检查光报警信号是否熄灭。
- 试验3次,取平均值。

7.3 显示范围与显示精度

7.3.1 试验设备

试验应在专用倾斜试验台(倾角台)上进行,试验台应满足以下要求:

- a) 角度调节范围不小于 $\pm 90^\circ$,分辨力不低于 0.1° ;
- b) 具备将倾斜仪固定在试验台上的安装接口;
- c) 试验台的角度指示值应经计量校准,其精度应高于被校倾斜仪精度要求的 $1/3$ 。

7.3.2 静态显示精度(横倾角)

试验步骤如下:

- a) 将倾斜仪按正常工作姿态安装在倾斜试验台上,接通电源,使倾斜仪处于正常工作状态;
- b) 将试验台分别调整至 0° 、 $\pm 5^\circ$ 、 $\pm 10^\circ$ 、 $\pm 20^\circ$ 、 $\pm 30^\circ$ 、 $\pm 45^\circ$ 、 $\pm 60^\circ$ 、 $\pm 90^\circ$,每个测量点稳定后,记录倾斜仪的显示值;
- c) 每个测量点重复测量3次,取显示值的平均值;
- d) 按式(1)计算各测量点的显示误差:

$$\Delta = |\theta_d - \theta_s| \dots\dots\dots (1)$$

式中:

- Δ ——显示误差,单位为度($^\circ$);
- θ_d ——倾斜仪显示值,单位为度($^\circ$);
- θ_s ——试验台设定角度值,单位为度($^\circ$)。

7.3.3 动态显示精度实验(横摇摆幅与横摇周期)

试验步骤如下:

- a) 将倾斜仪按正常工作姿态安装在倾斜试验台上,接通电源,使倾斜仪处于正常工作状态;
- b) 设定试验台按正弦规律摆动,分别模拟以下横摇工况:
 - 1) 横摇幅度 5° ,横摇周期4 s;
 - 2) 横摇幅度 15° ,横摇周期10 s;
 - 3) 横摇幅度 30° ,横摇周期20 s;
 - 4) 横摇幅度 45° ,横摇周期30 s;
 - 5) 横摇幅度 60° ,横摇周期40 s。
- c) 在每个工况下,待摆动稳定后,连续记录倾斜仪显示的横摇幅度和横摇周期值不少于5个完整周期;

将倾斜仪的显示值与试验台设定的横摇幅度和横摇周期进行比对,显示误差应符合表2的规定。

7.4 接口

接口试验按 GB/T 43525—2023 中 6.6 的要求进行。

7.5 耐电压

倾斜仪应能承受耐电压试验，试验步骤如下：

- 将倾斜仪各独立电路端子并联后与外壳之间施加试验电压；
- 试验电压为正弦交流电压，频率为 50 Hz，电压值为 1500 V（对于额定电压大于 100 V 的设备）或 500 V（对于额定电压不大于 100 V 的设备）；
- 试验时间为 1 min，试验期间应无击穿或闪络现象。

7.6 绝缘电阻

倾斜仪的绝缘电阻测量分为两种情况：

- 倾斜仪额定电压为 24 V、110 V 的，用 250 V 兆欧表分别测量倾斜仪带电部件之间、带电部件与外壳之间的绝缘电阻；
- 倾斜仪额定电压为 220 V 的，用 500 V 兆欧表分别测量倾斜仪带电部件之间、带电部件与外壳之间的绝缘电阻。

7.7 电磁兼容性

按 CISPR 16-2-1 的方法进行。

7.8 环境适应性

7.8.1 倾斜和摇摆

倾斜与摇摆试验按 GB/T 2423.101 规定的试验方法进行。

7.8.2 湿热试验

湿热试验温度按照 5℃~55℃ 进行，按 GB/T 2423.4 规定的方法进行。

7.8.3 振动

倾斜仪按 GB/T 2423.10 规定的试验方法进行。

7.8.4 抗盐雾

倾斜仪的抗盐雾性能按照 GB/T 2423.17 的试验方法进行。

7.9 外壳防护等级

应按照 GB/T 4208 规定的方法进行。

8 检验规则

8.1 检验分类

倾斜仪的检验分型式检验和出厂检验。

8.2 型式检验

8.2.1 检验时机

有下列情形之一的，应对倾斜仪进行型式检验，检验合格后方可成批生产：

- 新产品首次投产或定型；
- 正式生产后，设计、结构、材料和工艺有较大改变；
- 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时；
- 产品停产一年后恢复生产；
- 国家质量监督机构提出要求。

8.2.2 检验项目

型式检验项目见表4

表4 检验项目

序号	检验项目	型式检验	出厂检验	要求的章条号	检验方法的章条号
1	外观	●	●	6.1	7.1
2	报警	●	—	6.2	7.2
3	显示范围与显示精度	●	—	6.3	7.3
4	接口	●	—	6.4	7.4
5	耐电压	●	●	6.5	7.5
6	绝缘电阻	●	—	6.6	7.6
7	电磁兼容性	●	—	6.7	7.7
8	环境适应性	●	—	6.8	7.8
9	外壳防护等级	●	—	6.9	7.9
注：●表示必检项目；—表示不检项目。					

8.2.3 检验样品数量

倾斜仪的型式检验应符合下列规定：

- a) 50 台及以下：从中随机抽取 2 台样品进行检验；
- b) 50 台以上：从中随机抽取 3 台样品进行检验。

8.2.4 判定规则

倾斜仪在型式检验中全部项目符合要求，则判定型式检验合格。若有不符合要求的项目，允许加倍取样，进行复验。若复验符合要求，则仍判系统型式检验合格。若复验中仍有不符合要求的项目，型式检验不合格。

8.3 出厂检验

8.3.1 检验时机

每台倾斜仪出厂时都应做出厂检验。

8.3.2 检验项目

倾斜仪的出厂检验项目见表4。

8.3.3 判定规则

倾斜仪全部出厂检验项目符合要求，则判定该系统出厂检验合格。若有任何一项不符合要求，允许采取纠正措施后进行复验。若复验符合要求，则仍判该系统出厂检验合格。若复验仍不符合要求，则判该系统出厂检验不合格。

9 标志、包装、运输和贮存

9.1 标志

倾斜仪应在明显位置设置符合GB/T 13306规定的铭牌。铭牌应耐久、滞燃、清晰和牢固。铭牌应包括下列内容：

- a) 制造厂名称；
- b) 产品名称；
- c) 产品编号；
- d) 质量，单位为千克（kg）；
- e) 船检标志；
- f) 产品标准编号；
- g) 制造日期。

9.2 包装

倾斜仪的包装箱应采取必要的防潮措施。包装箱外部应标明 GB/T 191规定的储运图示标志，其内容应包括：“小心轻放”、“怕湿”等注意字样及符号。下列文件应使用防水袋保存并随倾斜仪发货：

- a) 产品合格证；
- b) 装箱清单；
- c) 型式认可证书（CCS 认证）；
- d) 使用说明书。

9.3 运输和贮存

倾斜仪在运输和贮存过程中应避免剧烈冲击、暴晒及雨水侵袭，且应贮存在无腐蚀性气体、通风干燥的仓库中。

中国造船工程



附录 A
(资料性)
倾斜仪的安装

A.1 安装位置

A.1.1 电子倾斜仪可安装在驾驶室的前壁或后壁上方的垂直位置，宜尽可能靠近船舶的中轴线。不应安装在机舱、泵舱等振动源或大型设备的附近。

A.1.2 避开易受阳光直射、高温、潮湿或强电磁干扰（如雷达、无线电设备）的位置，环境温度在设备工作温度的范围内。

A.1.3 安装位置需视野相对开阔，便于后期校准和维护，且不影响船舶驾驶操作。

A.2 安装方向与姿态

A.2.1 倾斜仪的横倾传感器轴（左右方向）需与船舶横轴（船宽方向）平行，纵倾传感器轴（前后方向）需与船舶纵轴（船长方向）平行，确保测量角度与船舶实际倾斜方向一致。

A.2.2 设备安装面需保持水平，可通过水平仪校准，避免因安装倾斜导致零位偏差影响测量精度。

A.2.3 按设备使用手册的要求垂直或水平安装，除设备明确支持多角度安装外，不应倒置或倾斜安装。