|  |  |
| --- | --- |
| ICS | 点击此处添加ICS号 |
| CCS | |  | | --- | |  |   点击此处添加CCS号 |

团体标准

T/XXX XXXX—XXXX

极地破冰船结构应力监测系统要求

Requirements for hull monitoring system of polar icebreakers

XXXX - XX - XX发布

XXXX - XX - XX实施

中国造船工程学会  发布

目次

[前言 II](#_Toc87457576)

[1 范围 1](#_Toc87457577)

[2 规范性引用文件 1](#_Toc87457578)

[3 术语和定义 1](#_Toc87457579)

[4 系统总体要求 2](#_Toc87457580)

[4.1 系统目标 2](#_Toc87457581)

[4.2 系统基本组成 2](#_Toc87457582)

[4.3 系统主要功能 2](#_Toc87457583)

[4.4 图纸清单 2](#_Toc87457584)

[5 系统监测要求 2](#_Toc87457585)

[5.1 基本要求 2](#_Toc87457586)

[5.2 总纵强度监测 2](#_Toc87457587)

[5.3 局部强度监测 3](#_Toc87457588)

[5.4 疲劳强度监测 3](#_Toc87457589)

[5.5 冰载荷反演监测 3](#_Toc87457590)

[5.6 外部数据接收要求 4](#_Toc87457591)

[6 系统硬件要求 5](#_Toc87457592)

[6.1 传感器 5](#_Toc87457593)

[6.2 数据采集仪 5](#_Toc87457594)

[6.3 通信线缆 5](#_Toc87457595)

[6.4 上位机 5](#_Toc87457596)

[6.5 不间断电源 5](#_Toc87457597)

[7 系统软件要求 5](#_Toc87457598)

[7.1 数据分析 5](#_Toc87457599)

[7.2 数据管理 6](#_Toc87457600)

[7.3 终端显示 6](#_Toc87457601)

[7.4 其他要求 6](#_Toc87457602)

[8 工程要求 7](#_Toc87457603)

[9 系统升级扩展要求 7](#_Toc87457604)

1. 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标准化学术委员会提出。

本文件由中国造船工程学会归口。

本文件起草单位：上海中船船舶设计技术国家工程研究中心有限公司、中国船舶集团第七〇八研究所、哈尔滨工程大学、大连理工大学、上海拜安传感技术有限公司。

本文件主要起草人：孙慧、严传续、吴刚、王燕舞、冯国庆、季顺迎、陈晓东、黄正。

极地破冰船结构应力监测系统要求

* 1. 范围

本文件规定了极地破冰船结构应力监测系统的总体要求、监测要求、硬件要求、软件要求、工程要求和升级扩展要求。

本文件适用于极地破冰船结构应力监测系统的设计和安装，在非极地船舶上设计安装结构应力监测系统可选择性参考本标准。

* 1. 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 4208-2017 外壳防护等级(IP代码)

GB/T 13606-2007 土工试验仪器 岩土工程仪器 振弦式传感器通用技术条件

GB/T 18459-2001 传感器主要静态性能指标计算方法

JJF 1305-2011 线位移传感器校准规范

* 1. 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

冰区高位水线(UIWL) upper ice waterline

船舶在冰中运作的艏艉最大吃水所界定的水线。

冰区低位水线(LIWL) lower ice waterline

船舶在冰中运作的艏艉最小吃水所界定的水线。

总纵强度 longitudinal strength

船体结构抵抗纵向弯曲不使整体结构遭受破坏的能力。

局部强度 local strength

船体某一局部结构抵抗外力的能力。

疲劳强度 fatigue strength

船体结构抵抗交变载荷作用的能力。

冰载荷 ice load

冰作用在船体结构上所产生的载荷。

满量程(FS)输出full scale output

在规定条件下，传感器测量范围的上限和下限输出值之间的代数差。

分辨力 resolution

在测量范围内，传感器所能感测的被测量的最小变化值，以满量程输出百分比表示。

重复度 repeatability

传感器在一段时间间隔内，在相同的工作条件下，输入量从同一方向作满量程变化，多次趋近并到达同一校准点时所测量的一组输出量之间的分散程度，以满量程输出百分比表示。

线性度 linearity

传感器正、反行程实际平均特性曲线相对于参比直线的最大偏差，以满量程输出百分比表示。

回差 hysteresis

在输入量作满量程变化时，对于同一输入量，传感器的正、反行程输出量之差，以满量程输出百分比表示。

* 1. 系统总体要求
     1. 总体要求

极地破冰船结构应力监测系统应对冰区航行下的结构危险区域敷设传感器，采集船体结构应变信息，实时评估船体结构安全状态，对危险状态进行预警/报警。如果极地破冰船采集导航、气象、冰情、运动姿态、配载、液位等数据，结构应力监测系统应同步接收、显示并存储相关数据。

* + 1. 系统基本组成

极地破冰船结构应力监测系统主要由传感器、数据采集仪、通信线缆、上位机、不间断电源等设备组成。

* + 1. 系统主要功能

极地破冰船结构应力监测系统应包括以下主要功能：

1. 数据采集功能：采集结构应变数据，接收导航、气象、冰情等外部设备数据；
2. 数据处理与存储功能：对采集数据实时计算分析并存储；
3. 预警/报警功能：当船体结构响应监测值超过安全阈值时，系统提供预警/报警功能；
4. 界面显示功能：为用户显示船舶的结构安全状态。
   * 1. 图纸清单

极地破冰船结构应力监测系统设计安装时，至少提供以下图纸清单：

1. 系统设计说明书；
2. 设备供货清单；
3. 测点布置图或测点布置列表；
4. 电气原理图；
5. 设备外形尺寸及安装图；
6. 软件需求说明书；
7. 软件测试报告；
8. 系泊/航行试验大纲；
9. 用户操作及维护手册。
   1. 系统监测要求
      1. 基本要求

根据破冰船需求，可在5.2~5.5的功能项中选择至少一项进行监测，5.6的功能为必选项。

* + 1. 总纵强度监测

在上甲板距离尾部0.5 L~0.7 L位置的典型横剖面关键部位应至少设置1个船体梁弯矩监测点，一般设置在船中纵桁处。为减小测量误差，宜沿船宽方向等间距布置多个船体梁弯矩监测点，取测量平均值。

若破冰船存在冰区冲撞操作，还应在首部外板的关键部位至少设置1个船体梁剪切应力监测点。

船体梁弯矩监测点应安装单向应变传感器测量构件沿船长方向的应变。可选用长基线应变仪或短的应变传感器。若选择短的应变传感器，同一监测点宜布放3个等间距的应变传感器，组成一条测量沿船长方向应变的直线，传感器间距建议为0.5个肋位。

船体梁剪切应力监测应采用45°双向应变传感器，每向与水线的夹角为45°和135°；

应变采样频率宜不低于150 Hz。

* + 1. 局部强度监测

在冰区高位水线和冰区低位水线之间，应在船中、型线收缩的首肩部和尾肩部结构关键部位的左右舷各设置至少1个监测点。

若破冰船存在冰区转弯操作，应在靠近型线收缩的肩部和尾部结构关键部位的左右舷各设置至少1个监测点。

若破冰船存在冰区冲撞操作，应在首部至船舶结构型线收缩处之间关键部位左右舷各设置至少1个监测点，应在首部船体外板上设置1个监测点。

若破冰船存在冰区尾向操作，应在尾部关键部位左右舷设置至少各1个监测点，尾部船体外板上至少设置1个监测点。

对于承受冰冲击的强肋骨，应在跨距方向中点的面板或折边上安装单向应变传感器，测量沿跨距方向的应变；应在跨距方向中和轴的上下两端处安装45°双向应变传感器，测量强肋骨腹板所受剪应变。

对于承受冰冲击的纵桁，应在跨距方向中点的面板上安装单向应变传感器，测量沿跨距方向的应变；应在近强横框架附近的纵桁腹板的中和轴处安装45°双向应变传感器，测量纵桁所受剪应变。

应在承受冰冲击的纵骨和肋骨跨距中点的面板上安装单向应变传感器，测量沿跨距方向的应变。

应在承受冰冲击的舷侧外板板格中心处安装三向应变传感器，测量外板的最大主应变。

45°双向应变传感器的布放应满足每向与中和轴的夹角为45°和135°。

应变采样频率宜不低于150Hz。

* + 1. 疲劳强度监测

应在关键区域的船体结构焊接节点处安装三向应变传感器。

焊接型节点位置如焊接型底边舱折角、水平桁根部、底凳与内底折角处等应沿受力方向垂直于焊缝安装传感器；肘板趾端位置应沿肘板趾端延长线安装传感器；板材自由边位置应沿自由边安装传感器。

传感器应尽量靠近热点位置安装；对于插值型监测方式，应在距焊趾0.5 t和1.5 t处设置监测点(*t*为热点处受力构件厚度)；对于应力集中系数方法，应在每个热点附近受力构件的表面上选取2个测点。

应变采样频率宜不低于150 Hz。

* + 1. 冰载荷反演监测

对极地破冰船的冰载荷进行监测时，至少应安装3行×3列矩阵式的单向应变传感器阵列，宜同步安装加速度传感器和高清摄像机。

应变传感器应安装在首部或首肩部的船-冰作用高负载区，具体位置为高负载区内肋骨、肋板或纵桁的腹板上。

传感器宜测量垂直于外板方向，距离外板200 mm处的应变。

加速度传感器应安装在首部或首肩部的船-冰作用高负载区，具体位置为高负载区内肋骨、肋板或纵桁的腹板上，测量船体横向、纵向和垂向的加速度。

高清摄像机应安装在罗经甲板和上甲板，罗经甲板处摄像机应指向船首，上甲板处摄像机应指向冰载荷监测区域。

应变和加速度采样频率宜不低于150 Hz；摄像机图片存储频率宜不低于0.1 Hz。

* + 1. 外部数据接收要求
       1. 导航数据

极地破冰船结构应力监测系统应接收导航数据，至少包括：

1. 对地航速；
2. 对地航向；
3. 经度；
4. 纬度。

接收导航数据的频率应不低于0.1 Hz。

* + - 1. 气象数据

若极地破冰船配备气象监测设备，结构应力监测系统应接收气象数据，至少包括：

1. 真风速；
2. 真风向；
3. 气温；
4. 水温。

接收气象数据的频率应不低于0.1 Hz。

* + - 1. 冰情数据

若极地破冰船配备冰情监测设备，结构应力监测系统应接收冰情数据，至少包括：

1. 海冰密集度；
2. 海冰厚度。

接收冰情数据的频率赢不低于0.1 Hz。若原冰情监测设备的采样频率低于0.1Hz，则应与原冰情监测设备的采样频率保持一致。

* + - 1. 运动姿态数据

若极地破冰船配备运动姿态监测设备，结构应力监测系统应接收船舶的运动姿态数据，至少包括：

1. 纵摇；
2. 横摇；
3. 垂荡；
4. 加速度。

接收运动姿态数据的频率应不低于1.0 Hz。

* + - 1. 配载数据

若极地破冰船配备装载仪，结构应力监测系统应接收装载仪计算的总纵强度数据，至少包括：

1. 剖面弯矩；
2. 剖面剪力。

接收总纵强度数据的频率应不低于2 条/小时。

* + - 1. 液位数据

若极地破冰船配备液位监测设备，结构应力监测系统应接收船舶的液位数据，至少包括：

1. 船舶吃水；
2. 液位高度。

接收液位数据的频率不低于2 条/小时。

* 1. 系统硬件要求
     1. 传感器

传感器应满足表1的要求。

1. 传感器要求

| 项目 | 指标 |
| --- | --- |
| 应变量程 | ≥±3000 𝜇𝜀 |
| 分辨力 | ≤0.1% |
| 重复度 | ≤0.5% |
| 线性度 | ≤2.0% |
| 回差 | ≤0.5% |
| 使用寿命 | ≥5年 |
| 防护等级 | 不低于IP67 |

* + 1. 数据采集仪

数据采集仪应满足表2的要求。

1. 数据采集仪要求

| 项目 | 指标 |
| --- | --- |
| 使用寿命 | ≥5年 |
| 同步采样频率 | ≥500 Hz |

* + 1. 通信线缆

通信线缆应满足下列要求：

1. 使用寿命：≥10年；
2. 低烟、无卤、阻燃；
3. 满足液舱使用要求；
4. 满足船用线缆要求。
   * 1. 上位机

上位机应满足下列要求：

1. 使用寿命：≥5年；
2. 存储空间：满足系统存储要求，且至少留有20%的存储余量；
3. 硬件性能满足数据实时采集与分析、界面显示流畅的要求。
   * 1. 不间断电源

不间断电源应满足下列要求：

1. 使用寿命：≥5年；
2. 主电源失电后自动切换到不间断电源，维持系统继续正常运行时间不低于10分钟。
   1. 系统软件要求
      1. 数据分析

软件应能对采集数据进行滤波/去奇异值等预处理，滤除测量误差。

软件应能利用预处理后的数据计算测点实时应力值/冰载荷值。

软件应能实时评估船体结构安全状态：

1. 当测点实时应力值/冰载荷值超过阈值的80%，系统做出预警提示；
2. 当测点实时应力值/冰载荷值超过阈值的100%，系统做出报警提示。

为减少采集数据的异常值影响，宜在连续三个实时应力值/冰载荷值超过告警门限时，按照7.1.3所列标准进行预警/报警判断；

定时计算测点的应力/冰载荷统计值，计算时间间隔应不超过0.5小时，每次计算当前时段的统计值。统计值至少应包括应力/冰载荷最大值、应力/冰载荷平均值和应力/冰载荷最小值。

* + 1. 数据管理
       1. 范围

软件应具有数据管理功能，包括数据存储、参数修改、数据查询导出三个方面。

* + - 1. 数据存储

软件应能自动执行数据存储操作。

软件应能存储至少1年的评估数据，包括预警/报警信息、统计值等。

软件应能存储至少1年的系统数据，包括参数修改操作记录、软件开启与关闭记录、传感器故障记录等。

软件应能存储至少1年的导航、气象等外部设备数据。

软件应能存储至少6个月的原始采集数据、实时计算的测点应力值/冰载荷值。原始采集数据、测点应力值/冰载荷值以通用的文件格式应存储在指定位置，至多每1小时的数据宜存储为1个文件。

应按照UTC时间存储数据，不同设备的采集数据应时间同步。

* + - 1. 参数修改

软件参数修改功能应设置访问权限或密码。

软件应能对传感器参数、测点处材料参数、测点初始应变、测点报警阈值、滤波器参数进行访问与修改。

* + - 1. 数据查询导出

软件数据查询导出功能应设置访问权限或密码。

软件应能对评估数据、系统数据、外部设备数据进行查询及导出。

软件应能对原始采集数据、实时计算的测点应力值/冰载荷值进行查询及导出。

存储在指定位置的测点数据文件，应能让用户拷贝或删除，但需设置该位置的访问权限或密码。

* + 1. 终端显示

软件终端应能显示如下信息：

1. 每个测点的位置；
2. 每个测点的安全状态(安全/预警/报警)；
3. 每个测点的传感器运行状态；
4. 每个测点至少30秒内的实时应力曲线；
5. 每个测点至少4小时内的统计值曲线。

软件终端应能提供参数修改、数据查询导出界面。

* + 1. 其他要求

软件应能满负荷连续正常运行至少180天。

数据存储区域在满足最大存储需求下，应至少留有20%的存储余量；数据达到最大存储需求后，应自动覆盖历史数据或者提示工作人员进行数据移除操作。

软件对异常操作应具有保护措施。

软件运行过程中出现异常，应提示工作人员重新启动软件或在1小时内进行自动重启操作。

* 1. 工程要求

为方便传感器的安装及维护，应将测点布置在空间较大的区域，至少保证人员能进出施工。

应避免将测点设计在液舱等难以维护的区域。若无法避免，宜做冗余设计，且传感器及相关配件需做严格的防海水腐蚀处理。

应将测点设计在其他设备较少的区域，减少其他设备运行时的振动对传感器信号的影响。

安装位置的尺寸应大于传感器保护壳的尺寸，保证传感器可以正常安装。

通信线缆应按照船厂的线缆敷设工艺要求进行敷设固定，在液舱穿舱时应注意水密性。

硬件的安装固定应可替换，便于维护。

系统软硬件的故障或损坏不应影响其他系统或设备的完好性。

显示器及上位机应布置在驾驶室。

* 1. 系统升级扩展要求

系统应提供多接口，与其他设备进行数据交互。

系统每运行半年，应对采集设备进行校准，分析实测数据并选择性升级船体结构安全评估算法。

参考文献

1. 中国船级社.冰区操作船体监测及辅助决策系统指南(2018)
2. 中国船级社.钢质海船入级规范(2015)
3. 中国船级社.智能船舶规范(2020)

