

团 体 标 准

T/CSNAME 114—2026

船用柴油机状态监测装置

Monitoring system for marine diesel engines

2026 - 10 - 10 发布

2027 - 01 - 10 实施

中国造船工程学会 发 布

目 次

前 言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 组成 2

5 要求 2

 5.1 结构和外观 2

 5.2 功能要求 2

 5.3 环境适应性 5

 5.4 电磁兼容性 5

 5.5 安装要求 5

6 试验方法 6

 6.1 结构和外观试验 6

 6.2 功能试验 6

 6.3 环境适应性能试验 7

 6.4 电磁兼容性能试验 7

7 检验要求 7

 7.1 检验分类 7

 7.2 型式检验 7

 7.3 出厂检验 8

8 标志、包装、运输和贮存 8

 8.1 标志 8

 8.2 包装 8

 8.3 运输 9

 8.4 贮存 9

附 录 A （资料性） 监测信号正常范围..... 10

附 录 B （资料性） 传感器测点配置方案..... 11

附 录 C （资料性） 常用传感器测点安装布置方案..... 12

附 录 D （资料性） 监测特征参数计算方法..... 14

 D.1 缸内动态压力特征提取方法 14

 D.2 振动特征提取方法 14

附 录 E （资料性） 常见故障监测特征对照表..... 16

附 录 F （资料性） 远程监测分析报告模板..... 18

附 录 G （资料性） 船用柴油机振动提取特征推荐..... 19

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：中国船舶集团有限公司第七一一研究所、北京化工大学、哈尔滨工程大学、上海交通大学。

本文件主要起草人：赵思恒、魏承印、马士飞、刘浩、李婷婷、张进杰、王忠巍、何清波、梁加琦、贾书丽。



船用柴油机状态监测装置

1 范围

本文件规定了船用柴油机状态监测装置（以下简称监测装置）的组成、要求、试验方法、检验要求。
本文件适用于船用柴油机状态监测装置的设计、制造、试验和检验。

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 2423.10—2019 电工电子产品环境试验
- CB/T 3256—2013 船用柴油机振动评级
- GB/T 7607—2010 柴油机油换油指标
- GB/T 7358—2025 船舶电气设备 系统设计 总则
- GB/T 17626.2—2018 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验
- GB/T 17626.8—2006 电磁兼容 试验和测量技术 工频磁场抗扰度试验
- 中国船级社，钢质海船入级规范，2024
- 中国船级社，内河船舶入级规则，2022
- 中国船级社，船舶设备与系统可靠性验证指南，2023
- 中国船级社，船舶结构防腐蚀检验指南，2009

3 术语和定义

CB/T 3256—2013界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

同步数据采集 synchronous data acquisition

监测装置在多个数据源或设备之间以相同的时间基准进行数据采集的过程。

3.2

连续数据采集 continuous data acquisition

监测装置在一段时间内持续地采集数据，在连续采集过程中，数据被不间断地获取并记录，通常以固定的采样率进行。

3.3

间隔数据采集 periodic data acquisition

监测装置在一段时间内仅抽样采集部分数据，通常以固定时间周期触发间隔数据采集。

3.4

船用柴油机概貌图 overview diagram of marine diesel engine

用于展示船用柴油机整体外形结构的图，并在该图上显示关键监测参数的实时变化，完成健康度评级、报警提示和决策建议等功能。

4 组成

监测装置一般由传感器、数据采集设备、数据处理与存储设备等组成。

5 要求

5.1 结构和外观

5.1.1 结构要求

装置应设有可靠的安装结构，固定方式应便于拆装且能保证在船舶振动环境下不发生松动或位移，外壳防护等级应符合相关标准要求，密封结构应能有效防止油、水及灰尘侵入。

5.1.2 外观要求

外观应整洁美观，表面无瑕疵，标识清晰易辨。

5.2 功能要求

5.2.1 数据采集

5.2.1.1 监测装置应对以下部件和系统进行数据采集：

- a) 柴油机本体各部件，如增压器、气缸、摩擦部件、曲轴箱等；
- b) 辅助系统，如燃油系统、滑油系统、冷却系统等。

5.2.1.2 监测装置应能采集以下数据：

- a) 基本热工数据，包括滑油压力、滑油温度、冷却水温度、冷却水压力、气缸排气温度、主轴承温度、缸套温度、连杆大端轴承温度、十字头轴承温度（适用于低速二冲程发动机）、曲轴箱压力等；
- b) 振动数据，包括气缸振动、曲轴箱振动、增压器振动、底座振动、输出轴径向振动，以及曲轴或轴系扭转振动（如适用）等；
- c) 气缸动态压力数据，包括运行过程中气缸内的动态压力变化及表征气缸燃烧的特征参数；
- d) 润滑油数据，包括柴油机滑油介电常数、粘度、颗粒数量等参数；
- e) 对于低速二冲程发动机要监测缸体下部空间泄放污油中金属颗粒数量等参数。

5.2.1.3 高频数据采集中单个采集通道采样率应不低于 10 kHz。

5.2.1.4 数据采集设备测量精度误差不大于 0.5%。

5.2.1.5 数据采集设备宜选择在线采集模式。

5.2.1.6 数据采集设备应支持全通道同步数据采集、连续数据采集、间隔数据采集，并允许用户根据需要调整采集模式。对于快速变化的瞬态故障信号，可自动进行所有测点的连续整周期数据采集和存储。

5.2.1.7 数据采集设备的信号通道应包括加速度振动信号通道、电涡流信号通道、动态压力信号通道等。

5.2.1.8 传感器应能长期稳定地正常工作。其量程及频率特性（如适用时）应与被测参数的预计最大变化范围及变化速率相适应，并应具有适当的精度和灵敏度。监测装置传感器测点的配置、安装及布置方案参见附录 B 与附录 C。

5.2.1.9 数据采集设备应具备第三方准确性、可靠性测试证明材料，包括但不限于结构和外观、准确度、基本功能、电气及绝缘防护、振动试验、环境适应性等。

5.2.2 数据预处理

监测装置应具备数据预处理功能，包括剔除异常数据、数据压缩等功能，并提供计算资源和处理流程使用情况监控接口。

5.2.3 数据通信

- 5.2.3.1 监测装置应具备完善的数据通信接口，能够与船舶机舱监测软件、柴油机的电子控制单元、船舶集成管理平台等进行数据交换和有效通信。
- 5.2.3.2 监测装置应定期或按需通过加密的网络通信协议，安全地采集传输柴油机性能参数、报警数据、故障信息、分析诊断结论至远程监控中心，为岸基提供全面而准确的机器状态信息和监测分析报告，使岸基团队能够及时做出维护决策和操作调整，报告样式参见附录 F。

5.2.4 数据存储

- 5.2.4.1 监测装置应能存储船用柴油机在线监测数据不少于 90 天。存储数据应标记时间标签（日期和时间），容量接近极限时应报警提示更换存储介质，容量达到极限时最新数据可覆盖最早期历史数据。
- 5.2.4.2 数据处理与存储设备应具有可靠性、误操作保护、故障检测等特性。
- 5.2.4.3 监测装置应支持灵活的测点组态和配置，至少包括设定测点名称、编号、位置、采样率、传感器类型、数据阶码和报警阈值，并允许授权用户根据需要对这些配置进行修改和优化。
- 5.2.4.4 监测装置应提供用户友好的数据访问机制，支持本地和远程数据访问方式，且数据访问应分为多个权限等级，包括但不限于只读、配置修改、故障诊断、系统管理等权限。监测装置如设置远程监测，还应对重要信息进行备份，确保数据能够在服务器间迁移。当某一台服务器发生故障无法恢复时，必须自动通过副本等机制恢复数据，提高监测装置容灾能力。
- 5.2.4.5 监测装置应配备 UPS 电源，持续供电时间大于 15 min，发生意外失电时，监测装置应能在 UPS 有效供电时间内完成关键数据、报警及故障信息、系统配置参数和运行日志的自动保存，并具备安全关机功能，保存的数据应完整、可追溯，不应发生丢失或损坏。

5.2.5 故障报警

- 5.2.5.1 监测装置应提供多样化的报警方式，包括声光报警、界面报警等。除支持条件报警外，宜支持测点智能报警，包括参数缓变趋势、快变趋势和异常突变等报警方式。
- 5.2.5.2 监测装置应能实现船用柴油机的振动报警、热工参数报警、油液参数报警和缸压报警。
- 5.2.5.3 监测装置应能在柴油机振动状态异常时发出振动报警。
- 5.2.5.4 柴油机振动状态宜划分为正常、告警和危险三个状态区间，状态判定及监测装置报警要求应符合表 1 的规定。

表1 振动状态判定及报警要求

振动状态	判定条件	监测装置报警要求
正常	振动参数低于振动告警值	不报警，正常显示和记录
告警	振动参数达到或超过振动告警值，但未达到振动危险值	应发出振动告警，并记录报警信息
危险	振动参数达到或超过振动危险值	应发出振动危险报警，并记录报警信息

- 5.2.5.5 振动告警值和振动危险值应优先采用柴油机或相关设备制造商规定的限值；制造商未规定时，适用时可依据 CB/T 3256—2013，并结合柴油机历史运行数据或同类型设备运行数据确定。
- 5.2.5.6 对具有多个稳定运行工况的柴油机，监测装置应支持针对不同运行工况分别设置振动报警阈值。
- 5.2.5.7 采用历史运行数据确定振动报警阈值时，宜基于柴油机正常运行状态下的历史累积数据建立振动基线，并结合工程经验或统计分析方法确定报警阈值。历史数据不足时，可参考同类型设备的报警阈值进行初始设置，待积累足够运行数据后进行修正。

5.2.5.8 发生可能引起设备振动特性明显变化的拆机检修、零部件更换或设备调整等情况后，宜对振动报警阈值重新进行校核。

5.2.5.9 监测装置应能在柴油机温度、压力、转速等热工参数状态异常时发出热工报警。

5.2.5.10 热工参数报警限值应按照柴油机制造商推荐值或设计文件规定设置；适用时，应满足《钢质海船入级规范》第七篇或《内河船舶入级规则》第6章第4节机舱自动化附加标志检验的相关要求。

5.2.5.11 监测装置应能在柴油机油液参数状态异常时发出油液报警，报警参数宜包括水分、黏度、介电常数、金属颗粒数量等。

5.2.5.12 对于采用离线滑油监测数据进行状态判断的柴油机，监测装置在具备离线检测数据录入、导入或接收功能时，其油液状态报警判据宜按下列要求确定：

- a) 润滑油理化参数除另有规定外，应根据所使用润滑油的牌号，以该牌号规定的换油指标作为报警判据；当相应润滑油无明确换油指标时，可按照 GB/T 7607—2010 的相关要求确定；
- b) 光谱、铁谱等定量分析参数的报警判据，应结合具体监测对象进行多次取样测试，并与柴油机实际运行状态进行对比，确定合理的报警基准。钢质海船可参照《钢质海船入级规范》第1篇第5章附录15规定的柴油机滑油光谱分析标准，内河船舶可参照《内河船舶入级规则》第7章第5节的相关规定。

5.2.5.13 对于配置滑油在线监测功能的监测装置，其油液参数报警判据宜按下列要求确定：

- a) 润滑油理化参数除另有规定外，应根据所使用润滑油的牌号，以该牌号规定的换油指标作为报警判据；当相应润滑油无明确换油指标时，可按照 GB/T 7607—2010 的相关要求确定；
- b) 对于金属颗粒数量、介电常数等无明确规定限值的在线监测参数，应结合具体监测对象的多次取样测试结果及实际运行状态确定合理的报警基准，并可根据运行数据积累情况进行修正。

5.2.5.14 监测装置应能在柴油机缸内燃烧压力或相关特征参数状态异常时发出缸压报警。

5.2.5.15 缸压及其他监测参数的报警限值应优先采用柴油机制造商推荐限值；无制造商推荐限值时，可依据机组历史正常运行数据、异常或故障运行数据建立报警基准。历史数据不足时，可参考同型机组数据进行初始设置，并在运行数据积累后进行修正。

5.2.5.16 监测装置应支持报警信息的显示、记录和查询。报警信息至少应包括报警测点名称或标识、报警参数及实测值、报警等级和报警发生时间。

5.2.6 分析诊断

5.2.6.1 监测装置应能通过获得的振动报警、热工报警、油液报警或缸压报警特征进行多测点关联分析，对照故障机理和故障特征变化规律，进行分析诊断。

5.2.6.2 监测装置应能提供故障分析过程，至少包括故障关联的报警测点名称或标识、报警测点的严重级别。

5.2.6.3 监测装置应能提供故障诊断结论，至少包括发生故障的部件名称或标识、识别出故障的时间、故障的严重级别。

5.2.6.4 监测装置应能针对诊断出的故障原因或失效模式，提供相应的维修辅助决策建议。常见故障监测特征对照，参见附录 E。

5.2.6.5 监测装置应具备高级二次处理和分析功能，如趋势分析、故障诊断和预测性维护，以优化柴油机性能和可靠性。

5.2.7 可视化功能

监测装置应能提供可视化的数据监测、故障报警和分析诊断功能，要求宜按表2的规定。

表2 监测装置可视化分析诊断功能

序号	功能名称	功能作用
1	船用柴油机概貌图	显示柴油机整体外形结构、型号、累计运行时长、各测点实时运行数据和关键测点半小时动态变化曲线； 显示设备当前健康度、报警数量和故障数量； 显示包括机组运行时间、机组工况信息、整机振动、温度、压力等监测参数数值。
2	信号状态监测	汇总展示所有报警信息，包括测点号、测点名称、实测值、报警状态。采用黄色表示一级报警、橙色表示二级报警、红色表示三级报警。
3	运行趋势分析	不同设备按照系统和部件的不同对测点进行了归类，在同一界面可快速查询各种测点特征值历史或实时趋势，分析柴油机各系统运行状态变化规律。
4	振动监测分析	显示各振动测点的实时与历史特征值趋势、波形、频谱，可进行整周期信号分析。
5	缸压曲线分析	可显示气缸动态压力测点的实时与历史特征值趋势、波形，可绘制p-V图、p-θ图、振动缸压联合分析图。
6	油液趋势监测	可显示滑油品质、介电常数、水分、金属颗粒数量及质量、非金属颗粒数量及质量等理化参数显示、趋势预警
7	历史数据比较分析	针对柴油机工况（如功率、转速、负荷）、整机振动烈度、滑油压力、冷却水温度等测点，可比较单个测点在不同时刻的波形，也可对同类测点中的多个不同测点进行同一时刻波形比较分析。
8	多参数耦合分析与诊断	可在同一界面下显示所有正在发生的故障，包括故障的名称、故障发生时间、异常参数、故障状态和辅助决策建议。
9	故障自动诊断	可自动诊断柴油机机体振动过大、各缸燃烧异常、润滑不良、增压器叶片及轴承磨损等常见故障。

5.3 环境适应性

- 5.3.1 设备应当具有防腐蚀涂装，涂装要求应满足《船舶结构防腐蚀检验指南》中的规定。
- 5.3.2 设备应当具备耐温度、湿度、盐度和强振动的性能，满足《内河船舶入级规则》及《钢质海船入级规范》中的相关要求。
- 5.3.3 设备应当符合《船舶设备与系统可靠性验证指南》，满足船舶设备与系统设计要求。

5.4 电磁兼容性

根据GB/T 7358—2025的要求，设备应能防止来自环境电磁干扰的负面影响。

5.5 安装要求

5.5.1 传感器

- 5.5.1.1 传感器应在其安装位置对环境条件有良好的适应性。传感器应坚固耐用，具有良好的机械保护、接液耐腐蚀、可靠的电气连接和良好的绝缘性能。
- 5.5.1.2 粘贴、磁力吸附、螺纹固定、焊接等各种安装方式均应保证传感器及其他设备安装的强度与可靠性，不应发生脱落、松动等故障。
- 5.5.1.3 传感器的安装位置应能正确反映出被监测参数，并应易于接近、测试和拆装。为便于维修和更换，传感器应加装防护套。

5.5.2 数据采集设备

5.5.2.1 数据采集设备应坚固耐用，具有良好的机械保护、可靠的电气连接和良好的绝缘性能。

5.5.2.2 数据采集设备的安装位置应尽量靠近传感器安装位置，并应易于接近和维护。

5.5.3 数据处理与存储设备

5.5.3.1 数据处理与存储设备应坚固耐用，具有良好的机械保护、可靠的电气连接和良好的绝缘性能。

5.5.3.2 数据处理与存储设备的安全位置应具备良好的通风条件。

6 试验方法

6.1 结构和外观试验

外观目测应整洁，无明显划痕。

6.2 功能试验

6.2.1 数据采集试验

将采集设备与装置中各类传感器正确连接，在系统正常运行工况下进行数据采集，采集的数据需要完整、连续、稳定。

6.2.2 数据预处理试验

对采集到的原始数据进行预处理操作，包括异常数据点识别与剔除、缺失数据处理及必要的滤波处理，经预处理后的数据应有效消除明显干扰和异常点。

6.2.3 数据通信试验

在系统运行过程中，验证采集设备与上位机/服务器之间的数据通信功能。数据传输应稳定、可靠，通信过程无明显丢包或错误，传输时延满足系统设计要求。

6.2.4 数据存储试验

采集与处理后的数据应能够按照统一、标准的数据格式进行记录并定期存储，系统应具备历史数据查询与数据导出功能，存储数据应与数据源数据保持一致，不得出现数据丢失或篡改。

6.2.5 故障报警试验

在模拟或实际异常工况下，系统应能够及时识别异常状态并触发报警，报警方式、报警内容及响应时间应满足设计要求。

6.2.6 分析诊断试验

基于采集和处理后的数据，对设备运行状态进行分析与诊断，能够输出相应的分析结果或诊断结论，其准确性和完整性应满足。

6.2.7 可视化试验

系统应能够以图表、曲线或其他可视化方式展示数据及分析结果，显示内容清晰、直观，交互操作正常，满足设计要求。

6.3 环境适应性能试验

6.3.1 绝缘试验

拆除各仪表、辅助器件和半导体等部件的连接插头，对参试设备用500 V直流兆欧表测量所有载流部分对地以及载流部分的极间或相间的绝缘电阻，绝缘电阻值应不低于10 M Ω 。

6.3.2 耐压试验

拆除各仪表、辅助器件和半导体等部件的连接插头，对各独立220 V电路之间和所有电路-地之间施加2000 V，50 Hz试验电压，进行历时1 min的耐压试验，观察是否有击穿或闪络现象。如无击穿和闪络现象，则试验合格。

6.3.3 振动试验

监测装置不包装、不通电，固定在试验台中央。试验按GB/T 2423.10—2019中规定进行，试验后检查受试监测装置应无损坏和紧固件松动脱落现象，通电后装置应能正常工作。

6.4 电磁兼容性能试验

6.4.1 静电放电抗扰度试验

试验应满足GB/T 17626.2—2018要求，在试验期间及试验结束后，设备应保持正常工作，不应出现功能异常、误报警、数据丢失或系统复位现象。

6.4.2 工频磁场抗扰度试验

试验应满足GB/T 17626.8—2006要求，在试验期间及试验结束后，设备应能够稳定运行，各项功能和性能指标不应受到影响。

7 检验要求

7.1 检验分类

监测装置的检验分为型式检验和出厂检验。

7.2 型式检验

7.2.1 检验时机

有下列情况之一时，应进行型式检验：

- 新产品设计定型或首次生产时；
- 产品结构、材料、关键部件或生产工艺发生较大变化，可能影响产品性能时；
- 合同约定或有关主管部门、检验机构提出要求时。

7.2.2 检验项目

型式检验项目应按表2中“型式检验”栏的规定进行，试验方法按第6章的规定执行。资料完整性检查应核查产品图样、技术文件、检验记录、试验报告、合格证明以及安装和使用说明等是否齐全、有效。需要结合实船工况验证的功能和整机联调项目，可在监测装置安装现场进行。环境适应性能试验和电磁兼容性能试验应在满足第6章规定的试验条件下进行。

7.2.3 检验样品数量

型式检验样品数量为1套。样品应从出厂检验合格的同型号产品中随机抽取；同型号产品仅有1套时，可将该套产品作为检验样品。

7.2.4 判定规则

型式检验项目全部符合本文件相应要求时，判定型式检验合格。有不合格项目时，应查明原因并整改后重新进行检验；复检项目应包括不合格项目以及可能受整改影响的相关项目。复检仍有不合格项目时，判定型式检验不合格。

7.3 出厂检验

7.3.1 检验项目

每套监测装置均应进行出厂检验，经检验合格并附有产品合格证明后方可出厂。出厂检验项目应按表3中“出厂检验”栏的规定进行，试验方法按第6章的规定执行。

7.3.2 检验样品数量

出厂检验应逐套进行。

7.3.3 判定规则

出厂检验中应检验的项目以及合同约定的检验项目全部符合本文件相应要求时，判定该套监测装置出厂检验合格。如有项目不符合要求，允许返修后对不符合项目及可能受返修影响的相关项目进行复检；复检仍有不合格项目时，判定该套监测装置出厂检验不合格。

表3 检验项目

序号	检验项目	型式检验	出厂检验
1	结构与外观检查	●	●
2	功能检查	●	●
3	环境适应性检查	●	○
4	电磁兼容性检查	●	*
●表示应检验的项目；○表示由供需双方协商确定的项目；*表示按合同约定进行的项目。			

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 标志

监测装置应在明显位置设置清晰、牢固的产品标牌，标明产品名称、型号、制造商、产品编号、制造日期及必要的电气参数。包装箱外应标明产品名称、型号、数量和收发货信息，并设置“向上”“怕雨”“小心轻放”等必要的储运标志。

8.2 包装

监测装置包装前应清洁、干燥，接口、易损部件和附件应采取封堵、固定、防潮、防尘和防振等措施。包装箱应牢固，能防止产品在运输和贮存过程中发生碰撞、挤压、受潮和锈蚀。箱内应附装箱单、合格证、检验报告和使用说明等随机文件；有特殊要求时，按合同执行。

8.3 运输

运输时，包装件应固定可靠，并按包装标志进行装卸，防止倒置、抛掷、剧烈振动、雨淋和挤压。监测装置不应与腐蚀性或易造成污染的物品混装；包装受损时，应在安装前检查产品及附件。

8.4 贮存

监测装置应贮存在清洁、干燥、通风的室内，避免阳光直射、雨雪、凝露、腐蚀性气体和明显振动。包装应保持完整，并按规定方向和层数堆放；长期贮存时应定期检查，投入使用前确认外观和功能正



附 录 A
(资料性)
监测信号正常范围

监测信号的正常范围参考表A. 1。

表A. 1 监测信号正常参考范围

序号	测点信号类型	数据类型	停机状态下参数正常范围	开机状态下参数正常范围
1	键相/瞬时转速信号	转速平均值	0 r/min ~ 5 r/min	不小于5 r/min
2	加速度振动信号	加速度峰值	0 m/s ² ~ 3 m/s ²	不小于3 m/s ²
3	缸内压力信号	压力值	0 bar ~ 3 bar	不小于3 bar



附 录 B
(资料性)
传感器测点配置方案

监测装置应标配的振动传感器测点及配置数量见表 B.1或表B.2。

表B. 1 V 列柴油机标配振动传感器测点配置

序号	安装位置	配置数量	传感器类型
1	气缸	1个/缸	单轴传感器
2	增压器	1个/增压器	单轴传感器
3	输出轴端	1个/输出端	单轴传感器
4	曲轴箱两侧	1个/防爆门侧壁面	单轴传感器
5	底座	2个/底座	三轴传感器

表B. 2 直列柴油机标配振动传感器测点建议配置

序号	安装位置	配置数量	传感器类型
1	气缸	1个/缸	单轴传感器
2	增压器	1个/增压器	单轴传感器
3	输出轴端	1个/输出端	单轴传感器
4	曲轴箱气缸侧	1个/防爆门侧壁面	单轴传感器
5	底座	2个/底座	三轴传感器

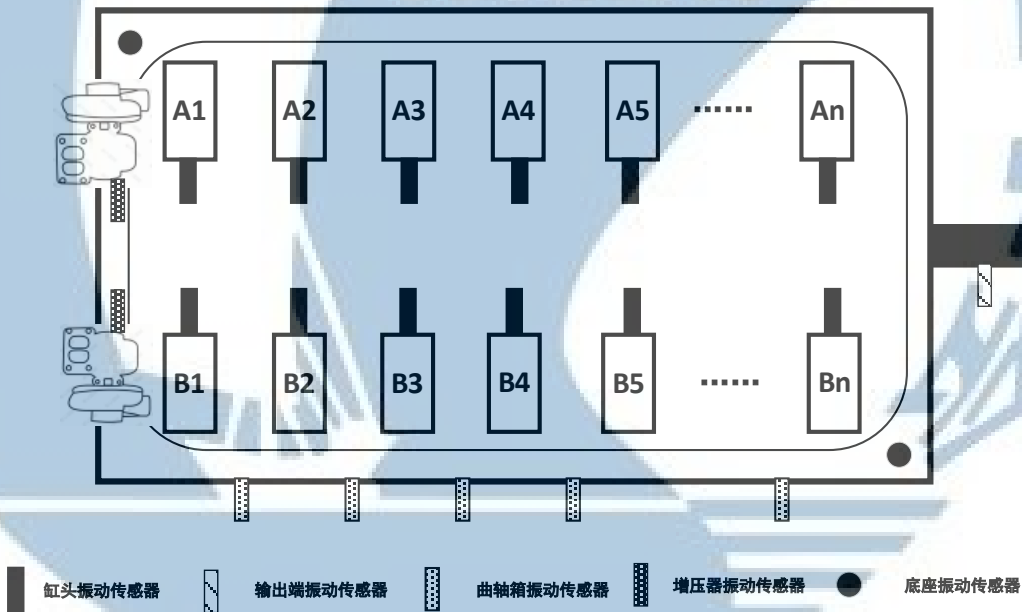
附录 C
(资料性)
常用传感器测点安装布置方案

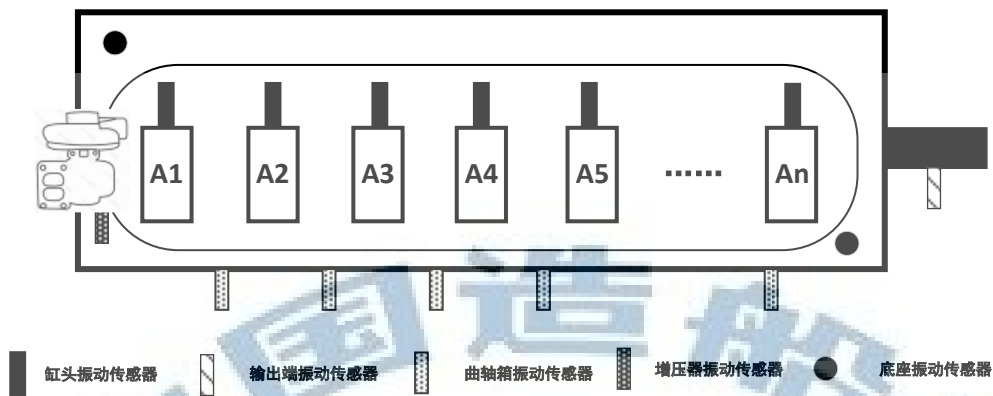
C.1 传感器推荐安装方式见表C.1。

表C.1 传感器推荐安装方式

序号	监测传感器	安装方式
1	键相监测传感器	键相块采用粘贴安装，键相传感器采用支架安装
2	瞬时转速监测传感器	采用支架配合安装
3	气缸振动监测传感器	采用底座粘贴于气缸外壳体
4	增压器振动监测传感器	采用胶粘方式胶粘于增压器
5	曲轴箱振动监测传感器	采用螺纹安装于曲轴箱壳体
6	输出轴端振动监测传感器	采用胶粘方式粘贴于轴输出端
7	底座振动监测传感器	采用底座粘贴于底座
8	气缸动态压力监测传感器	采用传感器安装于示功阀

C.2 监测装置常用传感器测点布置见图 C.1。





图C.1 传感器测点布置



附录 D (资料性) 监测特征参数计算方法

D.1 缸内动态压力特征提取方法

D.1.1 P-V图绘制方法

柴油机气缸工作容积与曲轴转角的关系见公式 (D.1)。

$$V = \frac{\pi D^2}{4} \left\{ \frac{S}{\varepsilon - 1} + \frac{2}{S} [(1 + \lambda) - (\cos(\frac{\pi}{180} \cdot \theta) + \frac{1}{\lambda} \sqrt{1 - \lambda^2 \sin^2(\frac{\pi}{180} \cdot \theta)})] \right\} \quad (\text{D.1})$$

式中:

V——气缸容积, 单位为毫升 (ml);

D——活塞直径, 单位为毫米 (mm);

S——活塞行程, 单位为毫米 (mm);

λ ——连杆曲柄比;

ε ——压缩比;

θ ——曲柄转角, 单位为度 (deg), 从曲柄的上止点 $\theta=0$ 开始算。

D.1.2 爆发压力和爆发压力角计算

爆发压力计算见公式 (D.2), 爆发压力角计算见公式 (D.3) 和公式 (D.4)。

$$P_{\max} = \text{MAX}(P(0), P(1), \dots, P(i), \dots) \quad (\text{D.2})$$

$$i = 0 \sim \text{length}(P) \quad (\text{D.3})$$

$$\theta P_{\max} = \Delta \theta \cdot i \quad (\text{D.4})$$

式中:

i ——爆发压力角度数字值;

$\Delta \theta$ ——转角分辨率。

D.1.3 平均指示压力

平均指示压力 (P_{mi}) 是指单位气缸容积一个工作循环所做的指示功。平均指示压力是从实际循环的角度评价发动机气缸工作容积利用率高低的一个参数, 计算见公式 (D.5)。

$$P_{mi} = \frac{1}{2} \left\{ \sum_0^{180 \cdot n} P(\theta) \cdot \sin\left(\frac{\pi}{180} \theta\right) \cdot \Delta\left(\frac{\pi}{180} \theta\right) + \frac{\lambda}{2} \sum_0^{180 \cdot n} P(\theta) \cdot \sin\left(2 \cdot \frac{\pi}{180} \theta\right) \cdot \Delta\left(\frac{\pi}{180} \theta\right) \right\} \quad (\text{D.5})$$

式中:

λ ——连杆曲柄比;

θ ——曲柄转角, 单位为度 (deg);

n ——柴油机冲程数。

D.1.4 平均指示功

平均指示功 (W_i) 的大小以由 P-V 图中闭合曲线所占有的面积求得, 见公式 (D.6)。

$$\begin{cases} W_i = P_{mi} \cdot V_s \\ V_s = \left(\frac{\pi D^2}{4}\right) \cdot S \end{cases} \quad (\text{D.6})$$

式中:

V——气缸容积, 单位为毫升 (ml);

D——活塞直径, 单位为毫米 (mm);

S——活塞行程, 单位为毫米 (mm);

D.2 振动特征提取方法

D. 2. 1 振动有效值计算方法

振动均方根值（Root Mean Square）值通过计算信号平方的平均值，然后取平方根来获得，见公式（D. 7）。

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i^2} \dots\dots\dots (D. 7)$$

式中：
 N——计算数据段数据总量；
 x——采样振动数据值。

D. 2. 2 振动峰峰值计算方法

峰峰值是指一个周期内信号最高值和最低值之间差的值，就是最大和最小之间的范围，见公式（D. 8）。

$$x_{p-p} = \max(x) - \min(x) \dots\dots\dots (D. 8)$$

式中：
 x_{p-p}——振动峰峰值；
 x ——采样振动数据值。

D. 2. 3 均方频率计算方法

均方频率MSF（Mean Square Frequency）可以通过对信号的功率谱密度（PSD）进行加权平均得到，其中功率谱密度通过对信号进行傅里叶变换，然后将信号的功率谱取模的平方来计算。

$$MSF = \frac{\sum_{i=1}^N f_i^2 P_i}{\sum_{i=1}^N P_i} \dots\dots\dots (D. 9)$$

式中：
 f_i ——功率谱频率；
 p_i ——功率谱对应幅值。

附 录 E
(资料性)
常见故障监测特征对照表

船用柴油机的常见故障与监测特征对应关系参见表E.1。

表E.1 常见故障监测特征对照表

序号	故障类型	故障监测特征
1	敲缸	振动信号存在明显的两段式异常燃烧冲击；缸压信号中也明显存在的两段压力峰值，伴有压升率高现象。
2	增压器轴承松动	增压器振动逐渐增大，同时增压器1倍频、2倍频、3倍频超限值。
3	拉缸	某缸套温度、总颗粒数量骤升，排温骤降。
4	排气阀间隙异常	气阀间隙异常前后排气阀关闭位置为压缩上止点位置发生明显变化。
5	气阀漏气	振动数据频域信号存在特定频段的异常分量。
6	单缸失火	部分气缸在低工况下未发火气缸处于纯压缩过程，整体缸压曲线较为平滑，与发火气缸区别明显。
7	喷油器雾化不良	缸压曲线最高压力位置毛刺较多，同时燃烧段振动无明显冲击信号。
8	底座振动异常超标	参考CB/T 3256-2013 船用柴油机振动评级。
9	润滑油污染	缸套老化渗漏，燃烧室产生水气，滑油系统进水（水冷滑油冷却器渗漏）会导致滑油中有水；气缸套、活塞、活塞环、活塞销、曲轴、连杆、轴承、主轴承轴瓦、连杆大端轴承轴瓦、活塞销衬套等腐蚀和异常磨损引起金属颗粒、非金属颗粒数量变化。



附录 F
(资料性)
远程监测分析报告模板

远程监测分析报告模版见图F.1。

XXX公司船用柴油机监测分析报告

推送机构：xxx
撰写人员：xxx
审核人员：xxx
时间：xxxx年xx月xx日

1.报告统计周期

1.1报告统计周期

1.2采集测点范围清单

1.3采集报警及故障范围清单

2.设备基本信息

XXX柴油机基本信息表

设备编号	柴油机名称	所处机舱	柴油机结构特征(直列/V列)	大修周期

3. 柴油机运行情况分析

4.报警数据分析

5.故障分析过程

状态监测装置无法保证监控所有类型故障。该监测装置在按照 xx 推荐的测点方案下进行配置，可监测故障范围及说明如下。

监测故障范围	
故障类型	故障类型描述

图F.1 远程监测分析报告模版

附 录 G
(资料性)
船用柴油机振动提取特征推荐

柴油机振动提取特征可参考表G. 1。

表G. 1 船用柴油机振动提取特征推荐

序号	特征名称
1	振动均方根值
2	频域范围 10Hz~1000Hz 之间的振动均方根值
3	均方频率
4	振动烈度
5	频域范围 10Hz~1000Hz 之间的振动烈度
6	峭度
7	峭度因子
8	裕度因子
9	峰峰值
10	峰值因子
11	波形因子
12	功率谱
13	小波能量熵
14	脉冲指标
15	标准差系数
16	倒谱
17	转频 1 倍频幅值
18	转频 2 倍频幅值
19	主特征频率一阶幅值
20	主特征频率二阶幅值
21	主特征频率三阶幅值