ICS 47.020.20
CCS U 48

T

团 体 标 准

T/CEATEC XXX—2026

舰船主动减振降噪系统集成与调试规范

Specification for integration and commissioning of active vibration and noise reduction systems for naval ships

（草案）

2026-X-XX 发布 2026-X-XX 实施

中国欧洲经济技术合作协会 发布

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 系统集成要求 2
4.1 总体要求 2
4.2 设备集成要求 2
4.3 接口集成要求 3
4.4 软件集成要求 3
5 安装与布设要求 3
5.1 传感器布设 3
5.2 作动器安装 4
5.3 线缆布设 4
5.4 安装验收 4
6 调试要求 4
6.1 调试准备 4
6.2 分系统调试 4
6.3 系统联调 4
6.4 码头（系泊）调试 5
6.5 航行试验调试 5
7 验收与测试 5
7.1 测试条件 5
7.2 性能指标 5
7.3 测试方法 6
7.4 判定准则 6
7.5 验收文件 6
附　录　A （资料性） 舰船主动减振降噪系统集成调试记录表 8
A.1　调试基本信息记录 8
A.2　典型测试数据汇总 8

附　录　B （规范性） 航行试验工况与测试方法补充规定 8
B.1　试验海区与条件 8
B.2　试验工况 8
B.3　测试要求 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。

本文件由中国欧洲经济技术合作协会提出并归口。

本文件主要起草单位：

本文件主要起草人：

本文件为首次编制。

舰船主动减振降噪系统集成与调试规范

1 范围

本文件规定了舰船主动减振降噪系统集成的总体要求、设备集成、接口集成、软件集成、安装与布设要求，以及调试准备、分系统调试、系统联调、性能验收与文件交付的要求。

本文件适用于各类水面舰艇、潜艇及辅助舰船配套的主动减振降噪系统（含主动隔振系统、主动消声系统、主动声学覆盖层控制系统等）在系统集成、码头调试、系泊试验和航行试验过程中的集成与调试工作；海上浮动设施及特种工程船舶同类系统可参照执行。

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 3785.1 电声学　声级计　第1部分：规范

GB/T 3241 电声学 倍频程和分数倍频程滤波器

GB/T 4208 外壳防护等级（IP代码）

GB/T 6882 声学 声学法测定噪声源声功率级和声能量级

GB/T 9254.1 信息技术设备、多媒体设备和接收机　电磁兼容　第1部分：发射要求

GB/T 17626 电磁兼容 试验和测量技术（所有部分）

GB/T 32311 船舶舱室噪声测量方法

GJB 150.9A 军用装备实验室环境试验方法 第9部分：湿热试验

GJB 150.11A 军用装备实验室环境试验方法　第11部分：盐雾试验

GJB 4000 舰船通用规范

GJB 350.9 水面战斗舰艇系泊和航行试验规程 振动试验

IEC 60068-2-6　环境试验 第2-6部分：试验 试验Fc：振动（正弦）Environmental testing-Part2-6:Tests-Test Fc: Vibration (sinusoidal)

3 术语和定义

GB/T 32311界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

主动减振降噪系统 active vibration and noise reduction system

由传感器单元、控制器单元、作动器单元及配套功率放大与信号调理单元组成，通过采集初级振动/噪声信号，实时生成并输出反相控制力或反相声波，以抑制结构振动、水下辐射噪声及舱室空气噪声的闭环控制系统。

3.2

次级通道 secondary path

从作动器输出端至误差传感器之间的电—机—声传递路径。

3.3

参考传感器 reference transducer

用于采集与初级振动/噪声高度相关的信号，作为控制器前馈输入的传感器，通常为加速度计、水听器、传声器或转速传感器。

3.4

误差传感器 error transducer

安装于被控目标位置，用于采集控制后残余振动/噪声信号作为控制器反馈输入的传感器。

3.5

作动器 actuator

接收控制器指令将电能转化为机械力或声能，用于输出控制力或反相声波的执行部件，常见类型包括电磁式、压电式、超磁致伸缩式、电静液式等。

3.6

隔振量 vibration isolation level

主动控制系统开启前后，被控目标位置在指定频段内的振动加速度级（或振速级）之差，单位为 dB。

3.7

降噪量 noise reduction level

主动控制系统开启前后，目标测点在指定频段内的声压级（A计权或1/3倍频程）之差，单位为 dB。

3.8

收敛时间 convergence time

控制系统在上电或工况切换后，误差信号进入稳态误差带所需的时间。

4 系统集成要求

4.1 总体要求

4.1.1 主动减振降噪系统集成应满足设计任务书规定的减振降噪指标，并保证系统在舰船典型航行工况（系泊、巡航、满功率机动、倒车及摇摆 ±30°）下稳定工作。

4.1.2 系统组成宜包括：参考传感器与误差传感器、信号调理与数据采集单元、实时控制器（含控制算法与工况参数表）、功率放大器、作动器（或次级声源）、人机交互监控单元、供电单元及冗余备份单元。

4.1.3 系统集成应遵循“先分系统、后整体；先静态、后动态；先模拟、后实物”的原则，逐级完成功能验证与性能验证。

4.1.4 所有上船设备应通过环境适应性（湿热、盐雾、霉菌）、振动、冲击、倾斜摇摆、电磁兼容试验，并出具相应检测报告。湿热试验按 GJB 150.9A，盐雾试验按 GJB 150.11A，振动与冲击按 IEC 60068-2-6 及 GJB 4000 相关规定执行，EMC 按GB/T 9254.1与GB/T 17626系列执行。

4.2 设备集成要求

4.2.1 传感器单元

参考传感器工作频带应覆盖被控初级振动/噪声主频段（结构振动一般取 5 Hz～2 000 Hz，空气噪声一般取 20 Hz～8 000 Hz，水下噪声一般取 10 Hz～10 000 Hz），灵敏度不

确定度不大于 ±0.5 dB，等效输入噪声不大于 20 μg 或 20 dB(A)。误差传感器宜靠近被控目标位置布设，其温漂、时漂在系统全寿命周期内应可控。

4.2.2 控制器单元

控制器应具备多通道实时并行处理能力，单通道采样率不小于 4 kHz，控制延迟不大于 1 ms，算法响应（含收敛）时间不大于 50 ms，且应支持 Fx-LMS、自适应陷波、LQR 等主流控制算法，具备参数在线整定与故障自诊断功能。

4.2.3 作动器单元

作动器应在设计频段内提供足够的输出力（或声功率），非线性度不大于 10%，力常数波动不大于 ±5%，并满足舰船环境适应性要求。电磁作动器在 30 Hz～250 Hz 频段内力常数宜不低于 20 N/A。

4.2.4 功率放大器

功放额定输出功率应留有不低于 30% 裕量，通带内增益平坦度不大于 ±0.5 dB，具备过流、过压、过温保护与自恢复功能。

4.2.5 供电单元

应满足舰船电网品质要求（电压波动 ±10%、频率波动 ±5%），并配置不间断电源（UPS）以保证电网瞬时掉电时控制器参数不丢失。

4.3 接口集成要求

4.3.1 系统内部电气接口、机械接口、通信接口应符合设计文件规定；与舰船平台监控系统的接口应满足开放性与互操作性要求，必要时通过硬线冗余实现应急停机。
4.3.2 通信协议宜采用 IEC 61162 系列或 CAN/以太网冗余双网，关键状态数据刷新周期不大于 100 ms。
4.3.3 机械接口应明确作动器与基座的安装面平面度（不大于 0.05 mm/m）、连接螺栓预紧力矩及绝缘措施，避免形成振动短路或声桥。
4.3.4 接口环境防护等级应不低于 IP55（舱外）、IP44（舱内），防护等级的判定按 GB/T 4208 执行。

4.4 软件集成要求

4.4.1 控制软件应完成单元测试、集成测试和第三方评测，具备完整的版本管理记录。
4.4.2 人机界面应实时显示各通道振动/声压级、作动器输出、故障代码及系统工作模式（手动/自动/旁路），并支持历史数据存储不小于 90 天。
4.4.3 软件应支持工况识别与参数表自动切换，工况切换期间不出现控制发散或显著声学异响。

5 安装与布设要求

5.1 传感器布设

参考传感器应尽量靠近初级激励源以获得最大相干性，误差传感器应布置在被控目标位置或其代表点，传感器安装应采用刚性耦合方式，避免橡皮垫等非线性中间层。参考通道与误差通道之间的相干函数在被控频段内宜大于 0.85。

5.2 作动器安装

作动器应与被控结构刚性连接，安装方向应与主振型方向一致；多作动器布置应保证激励矢量线性无关，避免相互抵消。安装后应进行静态刚度和承载力复核，连接螺栓按设计力矩拧紧并采取防松措施。

5.3 线缆布设

传感器信号线应采用屏蔽双绞线，并与功率电缆分开走线（间距不小于 200 mm），穿越舱壁处应满足水密与电磁屏蔽要求，接地电阻不大于 0.02 Ω。

5.4 安装验收

安装完成后应编制《安装质量检验记录》，内容包括安装位置、力矩、绝缘电阻（不小于 100 MΩ）、外观及标识等，并经监理或军代表确认。

6 调试要求

6.1 调试准备

6.1.1 调试前应具备下列条件：系统设计文件、集成调试大纲、各设备出厂检验报告齐套；供电、接地、通风等外部条件满足要求；调试场地环境本底振动/噪声已测定并记录；调试用仪器（1 级声级计、加速度计校准器、动态信号分析仪等）在检定有效期内。

6.1.2 调试人员应经过专项培训并持证上岗；调试过程应落实安全措施，包括作动器限位保护、紧急停机按钮、高压绝缘防护等。

6.1.3 调试大纲应明确调试项目、方法、顺序、记录表格及判据。

6.2 分系统调试

6.2.1 上电与自检

逐单元上电，检查各单元指示状态、通信自检与故障自诊断功能；UPS 切换时间不大于 10 ms。

6.2.2 传感器校准

加速度传感器用标准振动台进行动态校准，频带覆盖工作频段（一般 1 Hz～2 000 Hz），幅值精度 ±1%；声传感器用声校准器在 1 kHz、94 dB 处校准，灵敏度偏差不大于 ±0.3 dB。

6.2.3 作动器特性测试

测试作动器输出力—电流特性、位移—电流特性、迟滞曲线及频响曲线，绘制输入—输出特性并嵌入控制器迟滞补偿模型，工作频段内非线性度不大于 10%。

6.2.4 功率放大器测试

测量增益平坦度、总谐波失真（THD≤1%）、保护阈值。

6.3 系统联调

6.3.1 次级通道辨识

采用白噪声或扫频信号对次级通道进行离线辨识，得到 FIR 滤波器模型，模型估计误差不大于 5%。

6.3.2 控制参数初整定

在模拟激励（激振台或人工声源）条件下，按“先 P 后 I 再 D、陷波器中心频率对准共振峰”的次序整定 PID 参数与自适应滤波步长，避免闭环发散。

6.3.3 闭环稳定性验证

在典型工况下测量闭环频响，计算幅值裕度与相位裕度，应满足 3.10 的规定。

6.3.4 性能预评估

开启系统前、后分别采集振动与噪声数据，初步评估隔振量、降噪量及收敛时间是否达到设计值。

6.4 码头（系泊）调试

6.4.1 在系泊状态下，依次开启主机低工况、辅机典型组合工况，验证控制系统的实时性、稳定性与噪声抑制能力。
6.4.2 记录各通道在系统开/关状态下的振动加速度级（1/3 倍频程）与舱室/水下噪声级，形成系泊调试报告。

6.5 航行试验调试

6.5.1 按 GJB 350.9 规定的工况组织航行振动测量。试验条件宜满足：海况不高于 3 级、风力不大于 4 级、船舶处于满载或压载状态、主机运行于 85% 额定转速。
6.5.2 试验工况至少包括：系泊空载、巡航航速、最大航速、倒车、回转机动以及典型摇摆工况；每一工况在系统开/关状态下各采集不少于 60 s 稳态数据。
6.5.3 航行调试中应验证工况参数表切换稳定性：切换过程中不应出现控制发散、异响或报警。

7 验收与测试

7.1 测试条件

7.1.1 测试用声级计应符合 GB/T 3785.1 中 1 级要求，滤波器应符合 GB/T 3241 要求。
7.1.2 测点布置应覆盖被控目标位置（如设备基座、浮筏上下层、居住舱室、声呐平台区、水下辐射噪声远场测点等），同一测点重复测量不少于 3 次，取算术平均。
7.1.3 背景噪声（系统关闭状态）应与开启状态的数据同步采集，以便按能量相减法计算隔振量/降噪量。

7.2 性能指标

系统在额定工况下应满足但不限于表 1 规定的性能指标；具体数值可由供需双方在设计任务书中约定。

表 1 主动减振降噪系统主要性能指标

序号	指标项	频段	指标值	测试方法
1	基座主动隔振量	10 Hz～500 Hz	≥ 15 dB（平均）	7.3.1
2	舱室空气噪声降噪量	63 Hz～2 000 Hz	≥ 8 dB(A)	7.3.2
3	水下辐射噪声降噪量	20 Hz～2 000 Hz	≥ 6 dB（1/3 倍频程平均）	7.3.3

序号	指标项	频段	指标值	测试方法
4	自适应收敛时间	—	≤ 50 ms	7.3.4
5	幅值裕度 / 相位裕度	—	≥ 6 dB / ≥ 45°	7.3.5
6	连续无故障运行时间	—	≥ 2 000 h（MTBF ≥ 20 000 h）	7.3.6
7	系统功耗	—	不大于设计额定值的 105%	7.3.6

7.3 测试方法

7.3.1 主动隔振量测试

在被隔振设备的基座上下层对称布置加速度计，按 1/3 倍频程分别测量系统开启前后的加速度级，隔振量 ΔL 取两状态各频带加速度级之差的能量平均。

7.3.2 舱室降噪量测试

按 GB/T 32311 规定的测点布置，在系统开启前后分别测量舱室 A 计权声压级及 1/3 倍频程频谱，降噪量取特定频点或频段的 A 计权声压级之差。

7.3.3 水下辐射噪声测试

在试验水域布放标准水听器阵，按 GB/T 6882 相关方法测量系统开启前后 1/3 倍频程辐射噪声级；测量期间应避免其他船只及环境干扰。

7.3.4 收敛时间测试

记录控制器从上电（或工况切换）到误差信号进入 ±1 dB 误差带的时间，重复 10 次取最大值。

7.3.5 稳定性裕度测试

通过注入正弦扫频扰动信号测量闭环频响，按奈奎斯特判据计算幅值裕度与相位裕度。

7.3.6 可靠性与功耗测试

连续运行 500 h 考核，统计故障次数并推算 MTBF；用功率分析仪测量系统典型工况功耗，能耗与稳定性误差不大于 ±2%。

7.4 判定准则

7.4.1 性能指标应全部满足表 1 规定；如个别指标未达标但经技术协调确认不影响总体战术技术指标，经归口单位批准后可有条件接收。

7.4.2 调试过程中如出现控制发散、作动器过热、传感器失效等现象，应停止调试并整改，整改后重新进行相应项目测试。

7.4.3 测试数据出现异常离群值时应复测，复测值作为最终判据。

7.5 验收文件

系统验收应提交下列文件：

a) 系统集成设计文件与接口控制文件（ICD）；
b) 设备出厂检验报告、环境试验与 EMC 报告；
c) 安装质量检验记录；
d) 分系统调试报告、系泊调试报告、航行试验报告；
e) 性能测试数据与频谱图；

f）故障与整改记录；
g）使用维护说明书与备件清单；
h）软件版本说明与配置项清单。

附 录 A
（资料性）
舰船主动减振降噪系统集成调试记录表

A.1 调试基本信息记录

调试基本信息记录表见表A.1：

表 A.1 调试基本信息记录

项目	内容
舰船型号/舷号	
系统型号	
调试阶段	□分系统 □系泊 □航行
环境温度/湿度/海况	
主机工况/转速	
系统开/关状态	
测点编号及位置	
数据采集时长	
测试仪器及编号	
测试人员/日期	

A.2 典型测试数据汇总

典型测试数据汇总表见表A.2:

表 A.2 典型测试数据汇总（示例）

工况	频段 (Hz)	关闭状态加速度级/声压级 (dB)	开启状态加速度级/声压级 (dB)	隔振量/降噪量 (dB)	判定
巡航	10～500				
满功率	10～500				
巡航	63～2 000 (A)				

附 录 B
（规范性）
航行试验工况与测试方法补充规定

B.1 试验海区与条件

试验海区水深不小于 50 m，距岸边不小于 5 n mile；海况不高于 3 级，风力不大于 4 级；试验期间海区无其他航行器干扰。

B.2 试验工况

航行试验工况表见表B.1：

表 B.1　航行试验工况表

工况编号	工况内容	系统状态
T1	系泊，主机怠速	关/开
T2	巡航（50% 额定功率）	关/开
T3	巡航（85% 额定转速）	关/开
T4	满功率	关/开
T5	倒车	关/开
T6	回转机动（满舵）	关/开
T7	摇摆 ±30°　仿真	关/开

B.3　测试要求

每个工况下系统关闭与开启状态的数据应在短时间内连续采集，采集时长不少于 60 s，采样率不低于 25.6 kHz；振动与噪声数据应同步记录主机转速、航速、舵角、摇摆角等工况参数。

T/CEATEC XXX—2026

中 华 人 民 共 和 国
团 体 标 准
舰船主动减振降噪系统集成与调试规范
T/CEATEC XXXX－2026
*
中国欧洲经济技术合作协会
网址
https://www.ceatec.org.cn/
*
开本 880×1230 1/16 印张 1.5 字数 XXX 千字
2026 年 X 月第一版 2026 年 X 月第一次印刷
*
如有印装差错 由中国欧洲经济技术合作协会
调换
版权专有 侵权必究
举报电话：010-64516951

T/CEATEC XXX—2026