



《船上振动控制指南》变更通告

2020年，第1次

生效日期：2020年7月1日

北京

简要编写说明

为与 CCS《绿色生态船舶规范》振动要求相协调，删除了本指南第 1 章 1.2、第 2 章 2.7.5、第 15 章 15.5、15.6。

目录

| | |
|--|----|
| 第 1 章 通则 | 1 |
| 第 2 章 振动控制流程 | 12 |
| 第 15 章 振动附加标志 衡准 | 13 |

第 1 章 通则

1.1 概述

1.1.1 简述

船舶在海上航行,会产生不同程度的振动,如振动系统固有频率与激励频率一致或接近时,会产生共振现象。对一些装置,即使不处在共振状态,但由于激励增大,也可能引起剧烈的振动。过度的船舶振动,除对人员有不利影响外,还可能引起局部结构件疲劳破坏,或机械设备故障,甚至影响船舶的正常运行。

船级社在控制船舶振动方面不断开展研究工作,但由于船舶振动的复杂性,船级社规范除轴系振动外,以前并没有把船舶振动作为入级条件。随着船舶尺度和速度的增加,船舶产生有害振动的现象仍时有发生,严重危害船舶的安全和乘员的健康。因此,船级社规范陆续推出“居住性(振动)”、“舒适性(振动)”、“舒适性(噪声)”、“结构振动”、“机械振动”和“噪声”附加标志,作为船东自愿选择的标准。

国际标准化组织(ISO)也重新编写并颁布 ISO 6954-2000《机械振动—客船和商船上有关适居性的振动测量、报告和评估指南》等。

为改善船员在船上的居住条件和工作条件,国际劳工组织(ILO)《2006年海事劳工公约》在标准 A3.1“起居舱室和娱乐设施”、导则 B3.1.12“振动和噪声预防”及导则 B4.3“保护健康和安全性及事故预防”中,分别规定应防止海员置身于达到有害水平的噪声和振动之中,“并适当考虑到相关的国际标准,以尽实际可能改进保护海员免受振动的不利影响为目标,不断审议船上的振动问题。”

因此,有效控制船上振动,是保证船舶的居住性、安全性和功能性的重要措施。

1.1.2 适用范围

(1) 为有效控制船上有害振动的影响,并使船舶满足有关振动标准要求,特编制中国船级社(CCS)《船上振动控制指南》(以下简称指南)。

(2) 本指南适用于所有海上船舶、高速船、轻型船和水面舰艇的振动控制。

(3) 如申请 CCS 有关振动附加标志的船舶,除另有规定外,应符合本指南的有关要求。

1.1.3 参考标准

中国船级社《船上振动控制指南》(2000)。

本指南系根据 CCS 使用经验和科研成果,并纳入国际最新有关标准要求的基础上编制而成。

本指南引用 CCS《钢质海船入级规范》和有关标准的相关内容,因此,在应用时应注意采用有关规范和标准的最新版本。

本指南主要参考有关国际标准和国家标准如下:

——ISO 6954-1984《机械振动和冲击—商船振动总体评估指南》;

——ISO 6954-2000《机械振动—客船和商船上有关适居性的振动测量、报告和评估指南》;

——ISO-20283-2-2008《机械振动:船上振动测量第2部分:结构振动测量》;

——ISO-20283-3-2008《机械振动:船上振动测量第3部分:船上设备预安装振动测量》;

——GB/T 7452-2007/ISO 6954:2000《机械振动 客船和商船适居性 振动测量、报告和评价准则》。

1.1.4 有害振动

(1) 船舶运行时,常见的振动现象有:

- 船体梁、上层建筑和尾部的振动;
- 板格、板架、桅杆和机舱部位结构等的振动;
- 推进轴系的振动;
- 机架和机械设备的振动。

(2) 引起下列现象的振动称为有害振动:

- 船体结构和机械部件的疲劳损坏;
- 影响到机器和设备的正常运转;
- 影响到船上人员正常工作和生活。

1.1.5 振动控制

(1) 为在各阶段进行船舶振动的预报,本指南提供一套减小船舶振动的流程,通过统计数据、经验公式或计算机程序估算及评价振动特性,以达到设计和建造阶段就能预报或消除船上有害振

动的目的。

对于营运中船舶的振动问题，可根据现有图纸资料进行必要的计算分析及实船测量，如振动量级超过规定允许值，则在实际可行的条件下，应采取合适的减振措施，以改善船舶振动的特性。

(2) 振动控制的途径有：

- 减小激励力及其传递；
- 调频，改变振动系统的固有频率或激励频率，防止共振的产生；
- 增加阻尼，以消耗振动能量，达到减小振幅的目的；
- 增加结构强度，以增强抗振能力；
- 对主要设备安装减振器。

(3) 振动控制要素为：

在主机（85%~100%）最大营运转速范围内，控制：

- 主要激励力不超过规定值；
- 主要激励频率与振动体主要频率之比，满足“设计准则”的要求。

~~1.2 CCS 有关振动和噪声附加标志~~

~~1.2.1 由船东或船厂自愿申请，经 CCS 审查振动设计和振动测量结果，确认有关实测振动参数满足本指南相应要求的船舶，可授予下列相应的附加标志：—~~

- ~~— (1) HAB (VIB)：居住性（振动）附加标志；—~~
- ~~— (2) VIB (S)：结构振动附加标志；—~~
- ~~— (3) VIB(M)：机械振动附加标志；—~~
- ~~— (4) VIB：振动附加标志。—~~

~~1.2.2 有关振动附加标志的最终授予，是通过设计审查并以实船振动测量结果为准。为使实船振动测量结果符合要求，在船舶设计和建造阶段，就应对影响振动的各要素进行有效控制。—~~

~~—— 1.2.3 CCS 受权签发船舶《海事劳工证书》时，其中振动应符合 ISO 6954 2000《机械振动—客船和商船上有关适居性的振动测量、报告和评估指南》，以及本指南第 14 章的有关要求，噪声应符合 IMO A.468(X II)决议《船上噪声级规则》，以及 CCS《钢质海船入级规范》第 8 篇第 16 章的有关要求。或应符合船旗国有关振动和噪声的规定。—~~

1.32 控制船上振动是达到预期居住性的有效途径

1.32.1 船上振动居住性（或振动舒适性）是振动情况的综合评价，而要达到预期的振动居住性标准，就应逐项控制可能产生的振动现象。因此，本指南的振动控制流程，包括各章提供的振动控制方法，是达到预期的振动居住性的有效途径。

1.32.2 船上噪声居住性（或噪声舒适性）是噪声情况的综合评价，而要达到预期的噪声舒适性标准，就应逐项控制可能产生的噪声现象。船舶噪声包括机械噪声、流体动力噪声和电磁噪声。而船舶噪声一般伴随着振动出现。由主机、辅机和螺旋桨激励引起的船体和局部结构振动，以弹性波的形式在基座—船体结构—舱室外围结构中传递，也会辐射出二次空气噪声。因此，本指南的振动控制流程，包括各章提供的振动控制方法，也是达到预期噪声居住性的有效途径之一。

1.43 振动衡准含义

1.43.1 除 CCS《钢质海船入级规范》明确要求外，本指南有关部分也提出相应的振动衡准。

1.43.2 船舶振动衡准，是船上人员正常工作和居住场所的振动评价标准，但不作为验收或检验机器和设备的标准。

1.43.3 本指南的振动衡准，分别体现下列含义：

- (1) 结构振动衡准：与结构疲劳裂纹有关；
- (2) 机械振动衡准：与疲劳损坏或运动部件加速磨损有关；
- (3) 居住处所和工作处所居住性振动衡准：与船员和乘客对振动可接受程度有关；
- (4) 居住处所和工作处所振动舒适性衡准：与船级社对相关处所的舒服安逸环境分级有关；
- (5) 力和力矩限制：与产生的激励或响应有关。

1.54 船上振动与激励关系

1.54.1 由于船舶本身是一个复杂的弹性系统，在激励作用下引起的某一局部结构或设备的振动响应对另一局部结构或设备来说可能是继发性的激励，而且各种不同类型的振动之间还可能

存在耦合关系。因此，船上各部分之间的振动关系是错综复杂的，但又是设计人员一开始就应引起注意的问题。

1.54.2 船舶振动的激励源有原发性的，也有继发性的，它们会引起局部性或整体性的振动。对船舶来说，不但要求原发性激励源引起的振动是可接受的，同时也要求继发性激励源引起的振动也是可以接受的。

(1) 原发性激励主要有：

- 柴油机主机不平衡力矩激励；
- 轴系校中不良激励；
- 辅机激励；
- 泵激励；
- 电动机激励；
- 螺旋桨激励（脉动压力和轴承力）；
- 舵激励；
- 紊流激励。

(2) 继发性激励主要包括：

- 轴系纵向振动；
- 轴系扭转振动；
- 轴系回旋振动；
- 柴油机机架横向振动；
- 柴油机机架纵向振动。

(3) 波浪也是原发性激励力，由波浪引起的船舶振动，虽然也可能导致有害振动，但一般可通过改变船舶航速和航向来减小。但随着船舶尺度增大，如船长大于 300 m，船体梁垂向振动固有频率下降，最低固有频率可低至 0.5Hz 左右，这时，波浪可能引起船体垂向振动——波激振动现象。因此，船舶在设计中应考虑波激振动对船体强度的影响。

(4) 各种激励源的激励频率：可见本指南有关章的叙述。

1.54.3 为有利于分析、判断和预防船上有害振动的产生，应对船上主要激励源与振动体的关系建立基本概念。

图 1.54.3-1 展示柴油机主机船上激励源与振动的关系。图 1.54.3-2 展示涡轮机主机或电力推进船上激励源与振动的关系。

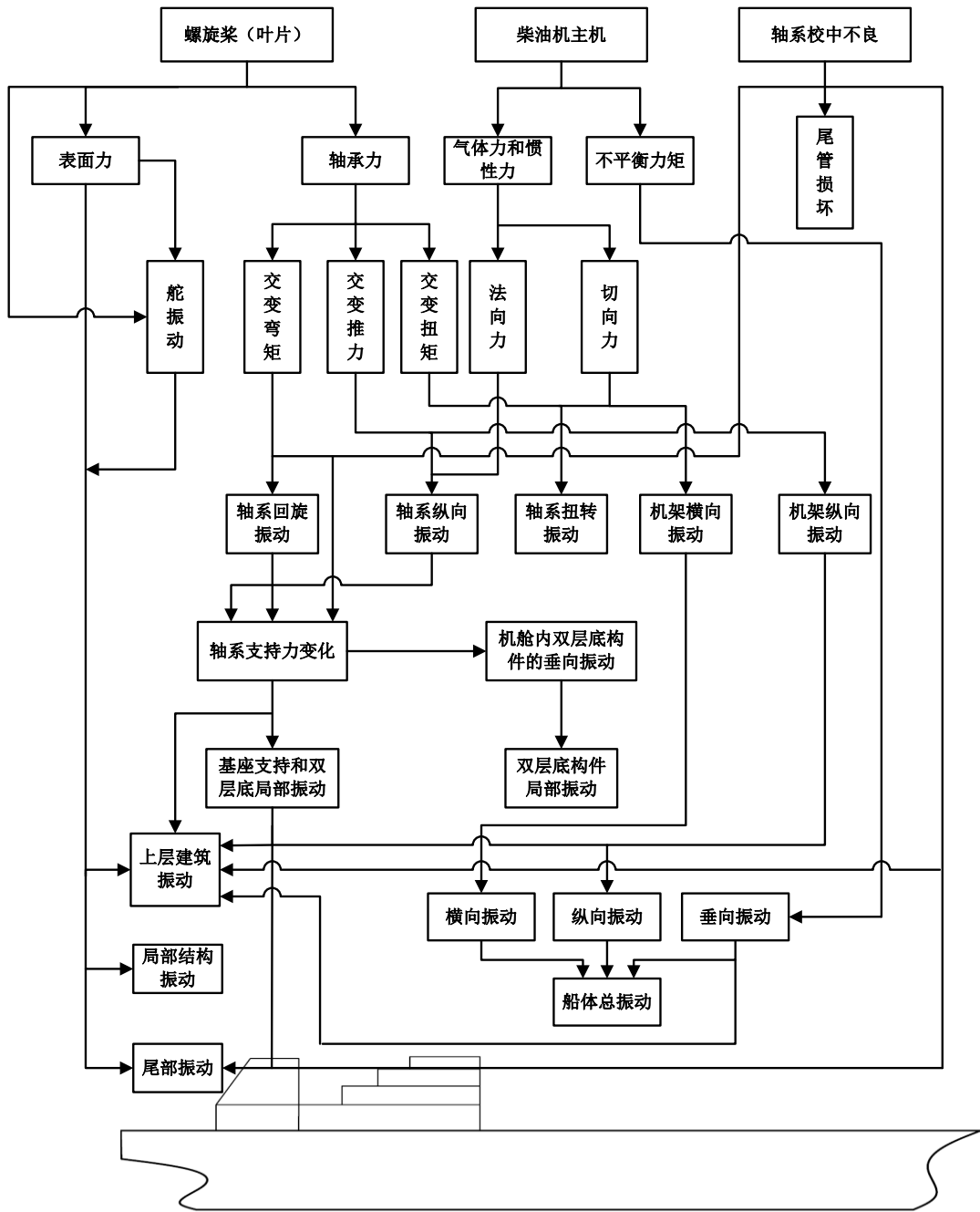


图 1.5.4.3-1 柴油机主机船上激励源与振动的关系

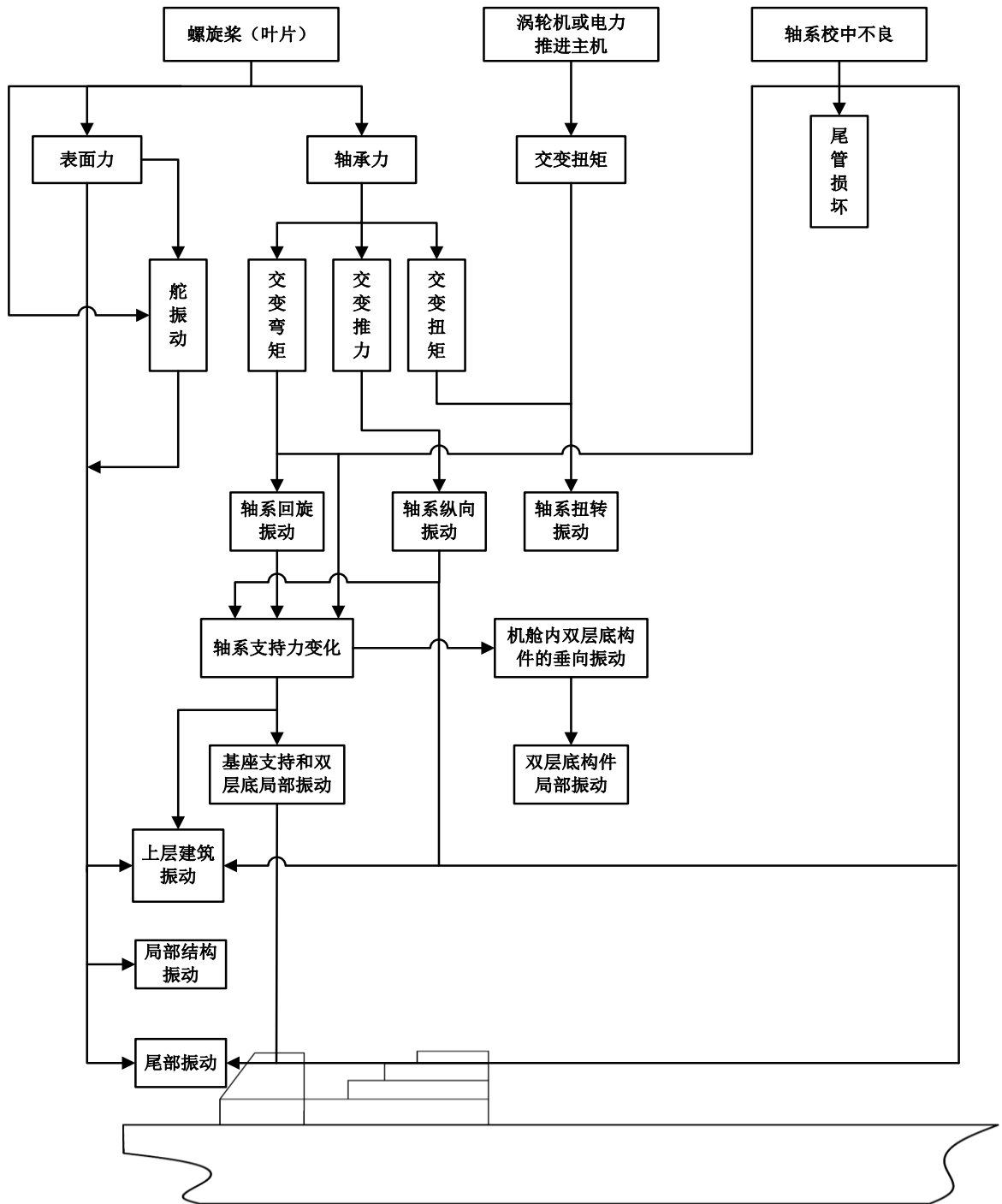


图 1.54.3-2 涡轮机主机或电力推进船上激励源与振动的关系

1.65 研究与解决船上振动的技术路线

1.65.1 如能按本指南的要求，进行必要的振动控制，不仅可避免有害振动的产生，而且也可使船舶达到预期的振动舒适性。但由于不可预计的原因，在实测时发现存在有害的船舶振动现象，或没有达到预计的振动舒适性时，就应研究和解决船上产生的振动问题。

1.65.2 研究和解决船上振动的基本方法是，首先要分析原发性激励源和继发性激励源，然后研究激励源的传递途径，再计算分析与振动体产生共振的可能性。如产生共振或强迫振动，应判断振动量级是否超过衡准；如超过衡准，则应研究原因，提出经济有效的解决方案，如图 1.65.2 所示。

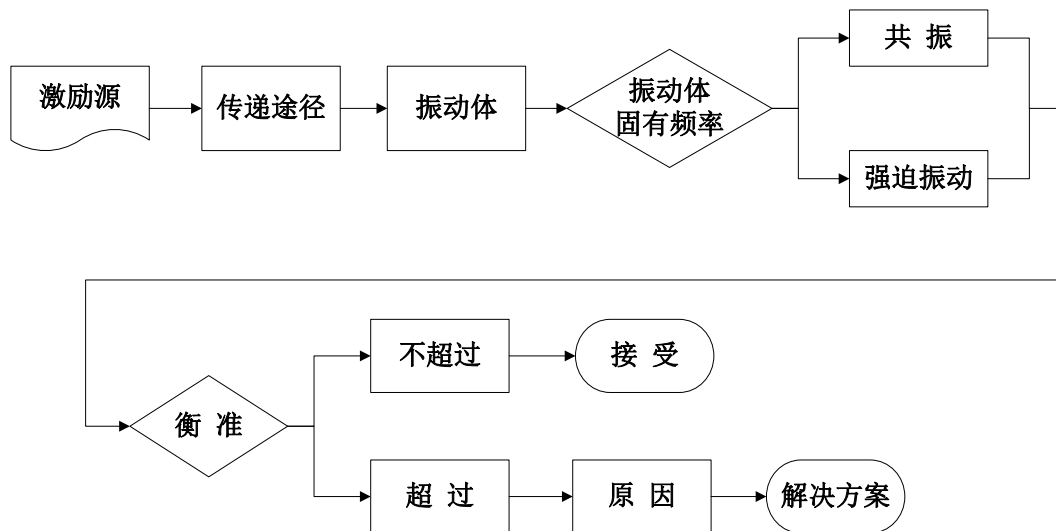


图 1.65.2 解决船上振动的技术路线

1.76 振动分析基础

1.76.1 简述

实际振动系统是十分复杂的，完全按其本来面目进行振动分析，既不可能也不必要。为此，应首先建立能代表实际系统的简化的力学模型。这个模型应保持原系统的基本振动特性，但又不过于复杂。简化的程度取决于原系统的复杂程度、要求分析的精度以及拥有的计算手段。

简化模型一般可分为两大类。离散系统模型和分布系统模型，前者又可分为集总参数模型与有限元模型。

集总参数模型由 3 种基本元件组成，即惯性元件(集中质量)、阻尼元件(没有质量的阻尼器)、弹性元件(没有质量的弹簧)。它们分别以 M 、 C 、 K 来表示。

分布系统模型由分布参数元件组成，分布参数元件通常是指质量、刚度均匀分布或按一定规律分布的连续弹性体。

显然，对于同一实际系统，可以根据不同需要简化为几种不同的模型。大多数情况下，都可近似离散为多自由度系统，甚至可以简化为单自由度系统。

在振动分析中，单自由度系统的振动特性具有基础性质，由它可以建立许多振动基本概念。

分布系统虽然理论上无穷多个固有频率，但具有实际意义的只有几个低阶/低阶固有频率及其相应的振型。

1.76.2 单自由度系统自由振动

图 1.76.2-1 为单自由度系统。

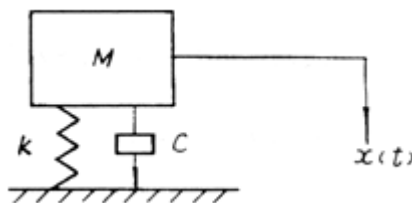


图 1.76.2-1 单自由度系统

单自由度系统运动方程式为：

$$M \ddot{x} + C \dot{x} + K x = 0 \quad (1.76.1)$$

式中： M ——质量，kg；

C ——粘性阻尼系数，Ns/m；

K ——刚度，N/m；

x 、 \dot{x} 、 \ddot{x} ——质量 M 离静平衡位置的位移 (m)、速度 (m/s)、加速度 (m/s²)。
如忽略系统阻尼, 则振动位移 $x(t)$ 随时间的变化可用下式描述:

$$x(t) = A \sin(\omega_n t + \varphi_0) \quad (1.76.2)$$

式中: A ——位移振幅, 由初始条件决定;

ω_n ——系统无阻尼固有圆频率;

$$\omega_n = \sqrt{\frac{K}{M}} \quad (1.76.3)$$

φ_0 ——无阻尼自由振动初相角, $\varphi_0 = \operatorname{tg}^{-1} \frac{\omega_n x(0)}{\dot{x}(0)}$ 。

其中: $x(0)$ —— $t=0$ 时的初始位移;

$\dot{x}(0)$ —— $t=0$ 时的初始速度。

这是一个简谐振振动圆频率 ω_n 仅取决于系统的质量、刚度, 而与初始条件无关。如考虑阻尼, 将式 (1.76.1) 改写为:

$$\ddot{x} + 2\xi\omega_n \dot{x} + \omega_n^2 x = 0 \quad (1.76.4)$$

式中: ξ ——阻尼比, 按下式计算:

$$\xi = \frac{C}{2M\omega_n} = \frac{C}{2\sqrt{MK}} \quad (1.76.5)$$

在大多数工程实际问题中, 阻尼比 ξ 均远小 1, 此时, 振动位移随时间的变化可用下式描述:

$$x(t) = A_1 e^{-\xi\omega_n t} \sin(\omega_d t + \varphi_1) \quad (1.76.6)$$

式中: A_1 ——振幅, 按下式计算:

$$A_1 = \sqrt{[x(0)]^2 + \frac{1}{\omega_d^2} [\dot{x}(0) + \xi\omega_n x(0)]^2}$$

ω_d ——系统有阻尼固有圆频率:

$$\omega_d = \omega_n \sqrt{1 - \xi^2} \quad (1.76.7)$$

φ_1 ——有阻尼自由振动初相角, 按下式计算:

$$\varphi_1 = \operatorname{tg}^{-1} \left(\frac{\omega_d x(0)}{\dot{x}(0) + \xi\omega_n x(0)} \right)$$

其余符号意义与式(1.76.2)相同。

这是一个振动幅值随时间按指数规律衰减的振动, 其时间历程如图 1.76.2-2 所示, 振动圆频率 ω_d 小于 ω_n , 但实际问题中, 一般可不考虑它们间的微小差别。

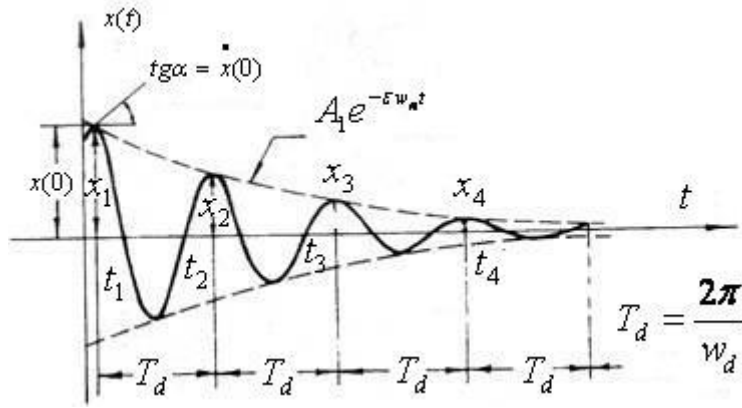


图 1.76.2-2 有阻尼自由振动

1.76.3 单自由度系统简谐激励下的振动响应

简谐激励的作用下阻尼单自由度系统如图 1.76.3-1 所示。

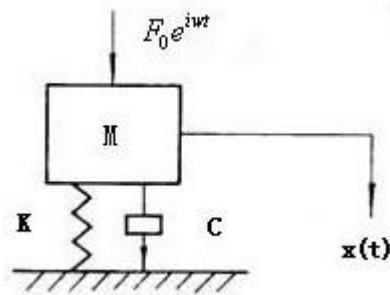


图 1.76.3-1 简谐激励作用下有阻尼单自由度系统

单自由度系统在简谐激励下的运动方程为：

$$M \ddot{x} + C \dot{x} + K x = F_0 e^{i\omega t} \quad (1.76.8)$$

式中： F_0 ——激励的幅值；

ω ——激励的圆频率；

其余符号意义与(1.76.1)式同。

其稳态振动响应为：

$$x(t) = A_2 e^{i(\omega t - \varphi_2)} \quad (1.76.9)$$

式中： A_2 ——振幅：

$$A_2 = \frac{A_{st}}{\sqrt{\left(1 - \frac{\omega^2}{\omega_n^2}\right)^2 + \left(2\xi \frac{\omega}{\omega_n}\right)^2}} \quad (1.76.10)$$

其中： $A_{st} = \frac{F_0}{K}$ ——静位移；

φ_2 ——强迫振动初相角，按下式计算：

$$\varphi_2 = \text{tg}^{-1} \left(\frac{2\xi (\omega/\omega_n)}{1 - (\omega/\omega_n)^2} \right) \quad (1.76.11)$$

φ_2 随频率比变化的曲线称相频特性曲线，如图 1.76.3-2 所示。

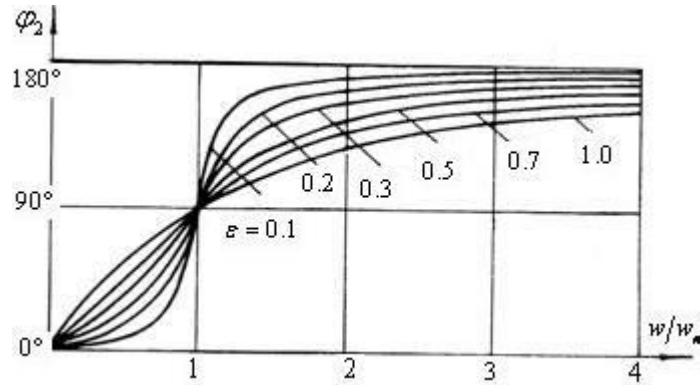


图 1.76.3-2 相频特性曲线

系统的振动响应也常用动态放大系数 T_m 表示:

$$T_m = \frac{A_2}{A_{st}} = \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \frac{\omega^2}{\omega_n^2}\right)^2 + \left(2\xi \frac{\omega}{\omega_n}\right)^2}} \quad (1.76.12)$$

它随频率比 ω/ω_n 的变化曲线称幅频特性曲线, 如图 1.76.3-3 所示。

当 $\omega/\omega_n=1$ 时, 式(1.76.12)可写成:

$$T_m = \frac{1}{2\xi} = Q \quad (1.76.13)$$

式中: Q ——品质因子, 可用以描述系统阻尼特性。

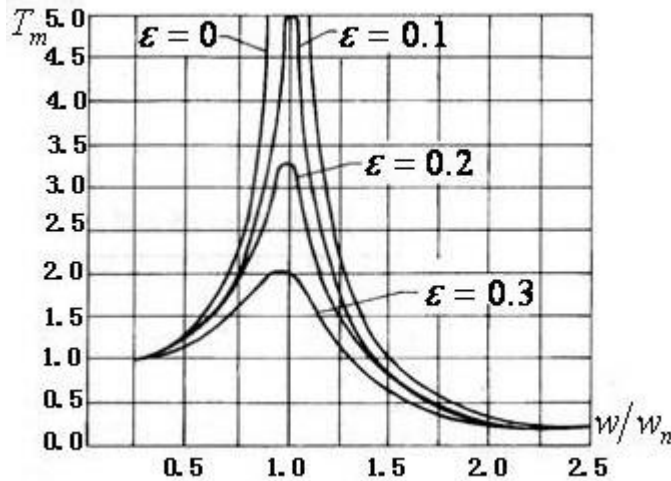


图1.76.3-3 幅频特性曲线

1.87 名词定义与振动参数

1.87.1 本指南所用的主要名词定义如下:

- (1) 位移: 系指表征物体或质点相对于某参考位置变化的矢量, mm。
- (2) 速度: 系指表征位移对时间导数的矢量, mm/s。
- (3) 加速度: 系指表征速度对时间导数的矢量, m/s^2 。
- (4) 系统: 系指用以完成一定功能的各有关部分的组合。
- (5) 振动: 系指描述机械系统运动或位置的量值, 相对于某一平均值或大或小交替地随时间变化的现象。
- (6) 周期振动: 系指自变量经过某一相同时间增量后, 其值能再现的周期量。
- (7) 振动系统: 系指包含有质量和刚度的有阻尼或无阻尼的任何系统。

- (8) 稳态振动：系指连续的周期振动。
- (9) 简谐振动：系指随时间 t 按简谐函数规律变化的振动。
- (10) 激励：系指作用于系统的外力或其他输入。
- (11) 简谐次数或振动次数：系指轴每转出现的简谐波的个数，或振动频率除以轴的转速。
- (12) 叶片次：螺旋桨叶片在不均匀伴流场产生激励力的简谐次数，为叶片数的整倍数，可称为叶片次、2 倍叶片次等。
- (13) 叶频：螺旋桨叶片在不均匀伴流场产生激励力的频率，等于螺旋桨叶片次乘以螺旋桨转动频率。
- (14) 响应：系指系统受激励作用后的输出。
- (15) 自由振动：系指激励或约束去除后出现的振动。
- (16) 受迫(强迫)振动：系指由稳态激励产生的稳态振动。
- (17) 频率：系指单位时间振动次数，每秒振动次数用赫兹 Hz 表示；每分钟振动次数用 1/min 表示。
- (18) 固有频率：系指由系统的质量和刚度所决定的振动频率， n 个自由度系统，一般具有 n 个固有频率，从小到大顺序排列，分别称为 1 节/阶(节点)固有频率、2 节/阶(节点)固有频率， n 节/阶(节点)固有频率等。
- (19) 振动模态：系指振动特性的一种表征，它由系统的特征值和相应的特征矢量所决定。
- (20) 振幅：系指简谐振动的最大值。
- (21) 相对振幅：系指系统中某点振幅与参考点振幅的比值。
- (22) 振型：系指对某一振动模态，由各点相对振幅所描述的图形。
- (23) 节点：系指系统某振型中相对振幅为零的位置。
- (24) 波腹：系指系统某振型中相对振幅最大的位置。
- (25) 共振：系指系统作强迫振动时，激励频率有任何微小改变均会使系统响应下降的振动状态。
- (26) 共振频率：系指出现共振时的频率。
- (27) 共振转速：系指激起共振时的转速，亦称临界转速。
- (28) 圆频率：系指每 2π 秒振动的次数，用 rad/s 或 $1/\text{s}$ 表示；亦称角频率。
- (29) 相位：系指将自变量的某值作为基准值来测量时，周期函数的超前的周期分数值，用度表示；亦称相角。
- (30) 相位差：系指同频率的两个周期函数的相角之差，亦称相角差。

1.87.2 振动参数

(1) 振动主要参数。

在本指南中，船舶居住性(振动)，采用速度均方根作为评估船上振动的主要参数。

局部结构和机械振动，分别采用振动位移幅值、速度幅值或加速度幅值作为评估船上振动的主要参数。位移适用于较低频率，速度适用于较高频率，而加速度适用于更高频率。

轴系振动采用应力、扭矩、振幅或频率作为评估轴系振动的主要参数。

(2) 振动主要参数间关系。

振动参数间关系如下：

$$\text{位移 } x = A \sin \omega_n t$$

$$\text{速度 } v = \omega_n A \sin \left(\omega_n t + \frac{\pi}{2} \right)$$

$$\text{加速度 } a = \omega_n^2 A \sin(\omega_n t + \pi)$$

其中： A ——振幅，mm；

ω_n ——振动频率，rad/s；

t ——时间，s。

(3) 振幅和均方根等关系。

对振动正弦曲线而言，振幅(峰值)、峰-峰值和均方根(rms)参数之间关系如下(见图 1.87.2 所示)：

$$\text{峰-峰值} = 2A ;$$

$$\text{峰值或振幅} = \frac{1}{2} (\text{峰-峰值}) = \pm A ;$$

$$\text{均方根} = \frac{1}{\sqrt{2}} A 。$$

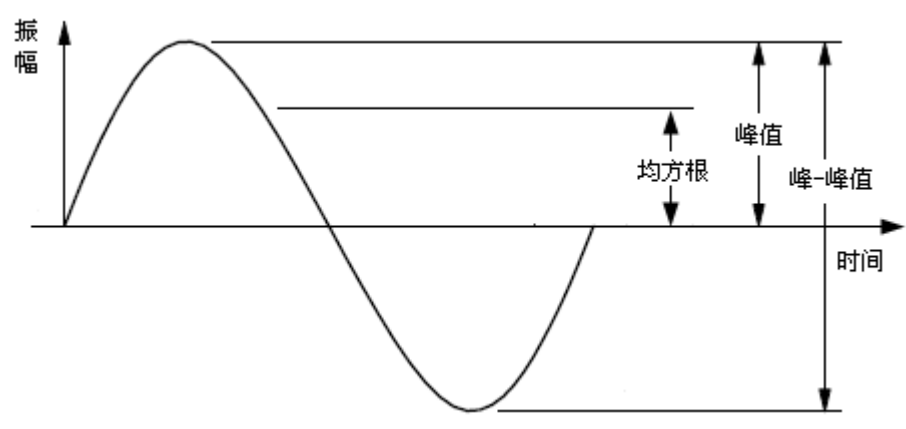


图 1.87.2 振幅与均方根等关系

第 2 章 振动控制流程

2.7 建造后阶段

2.7.1 试航时船体振动测量，是按规定条件进行的，但在船舶营运中，如主机使用转速与振动测量时的转速不同时，也可能产生船舶振动现象。对船舶结构的共振，通过调整主机转速，可容易避开共振产生，也可减少振动响应。

2.7.2 试航振动测量时受测量点布置的限制，有的振动现象没有发现，但在船舶营运中可能产生一些局部振动现象，这时可采用适当加强方法，可有效改变共振频率和振动响应。

2.7.3 由于局部结构振动估算，往往只计算 1 阶固有频率即可，但对较大的平台结构，试航振动测量时受测量点布置的限制，可能被忽略的多阶振动，在船舶营运中会产生较大的振动响应。在这种情况下，需要进行详细的振动测量和计算，才能采取有效的解决方案。

2.7.4 如使用中产生复杂的振动现象，则应按第 1 章 1.65 方法和本章 2.2 振动评估流程，进一步查找原因，进行必要的计算和测量，才能采取经济而有效的减振或避振措施。

~~2.7.5 申请 CCS 有关振动附加标志的船舶，应符合本指南第 15 章的要求。~~

第 15 章 振动附加标志**衡准**

15.1 概述

15.1.1 为改善船员在船上的居住条件和工作条件，国际标准 ISO 6954-1984《机械振动和冲击——商船振动总体评估指南》和 ISO 6954-2000《机械振动——客船与商船居住性振动测量、报告和评价基准》，是适用于船员和乘客对振动可接受的居住性衡准。从振动对于人员的影响角度，居住性衡准可确保人员的舒适与健康；如不超出振动极限值，一般不会发生健康伤害。

15.1.2 乘客和船员居住处所与工作处所振动舒适性衡准，是船级社规范在所述居住性衡准的基础上，对船员和乘客舒服安逸环境进行分级的表述。

15.1.3 振动居住性和振动舒适性衡准，并没反映由船体结构振动而产生的疲劳裂纹问题，也没反映由机械振动而产生的疲劳损坏或运动部件加速磨损问题。因此，也提出船体结构振动衡准和机械振动衡准问题。

15.2 居住性振动衡准

15.2.1 ISO 6954-1984 对船员和乘客居住性衡准：

ISO 6954-1984 可用于评价船体和上层建筑人员正常工作和居住场所的振动，如表 15.2.1-1 和图 15.2.1 所示，但不作为验收或检验机器和设备的标准。ISO 6954-1984 以各测点在 1Hz~100Hz 频率范围内的位移、速度或加速度的峰值作为评价指标，不管是垂向、纵向或横向振动，均可以曲线图来评价。

图中上、下限界线在 $\leq 5\text{Hz}$ 时为等加速度线， $\geq 5\text{Hz}$ 时为等速度线。凡实测的振动响应在下界线以下为振动轻微，表明船舶振动特性良好；上界线以上为振动难以接受，不合格；用上、下界线之间的带状区反映一般感受到的并可接受的船上振动环境。

该衡准以最大重复值来评价船上振动，如实测值为均方根值(rms)，则应按下式换算成等效的最大重复值，以便与曲线图相比较：

$$\text{最大重复值} = (C_F \sqrt{2}) \times rms \quad (15.2.1)$$

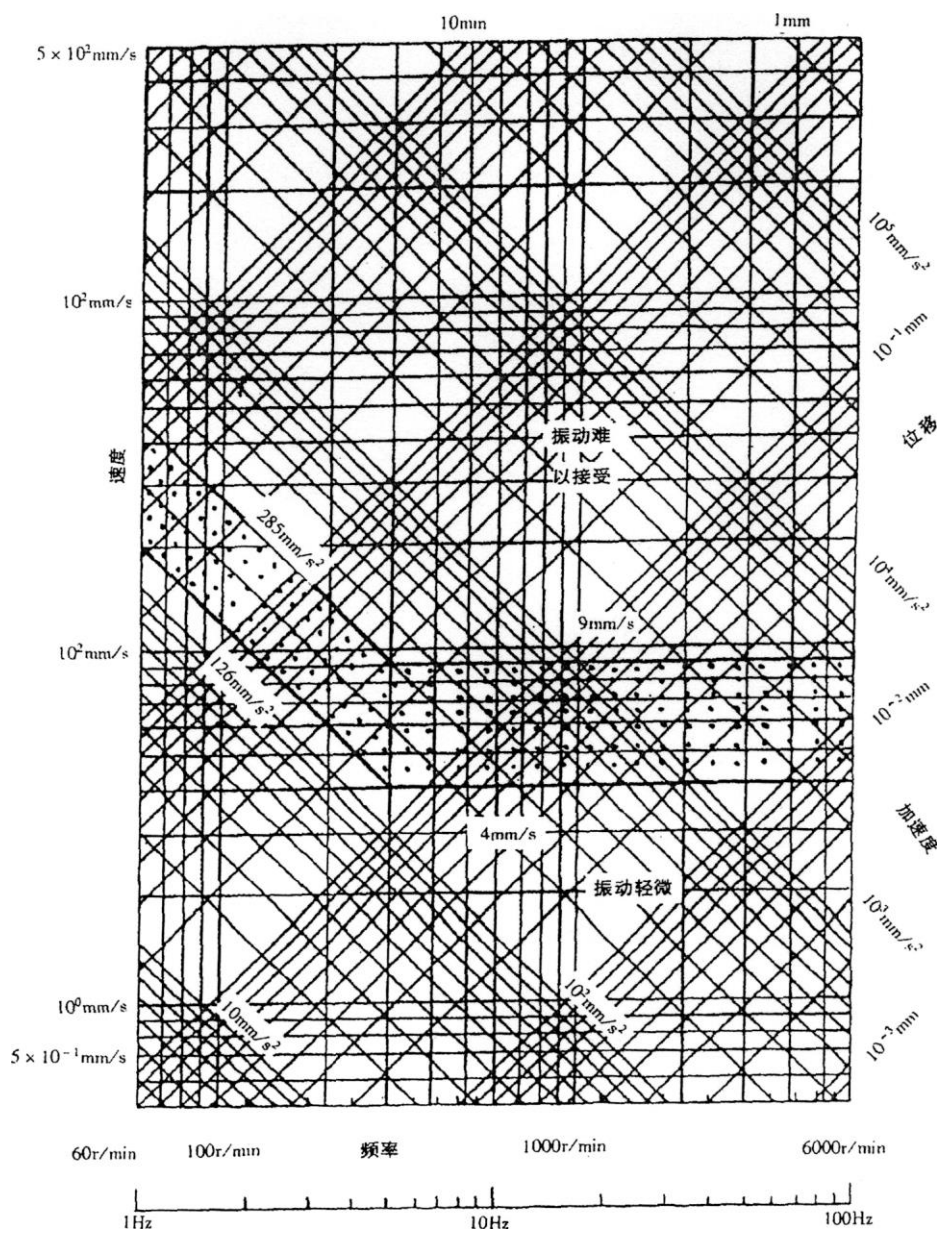
式中： $C_F \sqrt{2}$ ——等效于波峰因数($C_F=1.0$ 意指纯稳态正弦振动)。

对应的转换系数 C_F 由测量确定，或假定 $C_F=1.8$ 。

该评估过程与 ISO 2631-2 并不相同，因此引出对 ISO 6954 的修订。

ISO 6954-1984 居住性衡准 表 15.2.1-1

| 曲线 | 频率范围 | |
|----|----------------------------|-------------------------|
| | 1Hz~5Hz | 5Hz~100Hz |
| 上限 | 峰值加速度=285mm/s ² | 峰值速度=9mm/s ² |
| 下限 | 峰值加速度=126mm/s ² | 峰值速度=4mm/s ² |



15.2.1 ISO 6954-1984 振动评价衡准

15.2.2 ISO 6954-2000 对船员和乘客居住性衡准:

(1) 适用范围。

ISO 6954-2000 反映人对振动敏感度方面的最新研究成果, 适用于客船与商船居住性有关的振动评价衡准。船舶低频运动可能产生晕船的评价, 可参考其他国际标准。

(2) 居住性振动衡准。

ISO 6954-2000 中的振动量级, 系指 1Hz~80Hz 频率范围内的频率加权振动加速度或速度的均方根, 称“全频加权均方根加速度或速度”。全频加权均方根值, 不再是一个峰值。

ISO 6954-2000 将船上处所分为 3 个不同区域 A (乘客处所)、区域 B (船员处所)、区域 C (工作处所), 不同区域的频率加权均方根居住性振动衡准, 如表 15.2.2-1 所示。

船上不同区域 1~80Hz 振动频率加权均方根居住性衡准 表 15.2.2-1

| 参数 评价 | 区域分类 | | |
|----------|----------|----------|----------|
| | A (乘客处所) | B (船员处所) | C (工作处所) |

| | | | | | | |
|-----------|-----------------------------|--------------|-----------------------------|-----------|-----------------------------|-----------|
| | 加速度 (mm/s ²) | 速度 (mm/s) | 加速度 (mm/s ²) | 速度 (mm/s) | 加速度 (mm/s ²) | 速度 (mm/s) |
| 大于此值可能有问题 | 143.0 | 4.0 | 214.0 | 6.0 | 286.0 | 8.0 |
| 小于此值没有问题 | 71.5 | 2.0 | 107.0 | 3.0 | 143.0 | 4.0 |

(3) 加权函数。

加权函数采用 ISO 2631-2 中的合成加权曲线，见表 15.2.2-2 或图 15.2.2 所示，加权函数适用于所有方向。

1Hz~80Hz 频率范围内 1/3 倍频程频率加权 表 15.2.2-2

| 频段 Hz | 速度加权 W _v | 加速度加权 W _a | 频段 Hz | 速度加权 W _v | 加速度加权 W _a |
|-------|---------------------|----------------------|--------|---------------------|----------------------|
| 0.20 | 0.00221 | 0.0629 | 10.00 | 0.869 | 0.494 |
| 0.25 | 0.00439 | 0.0994 | 12.50 | 0.911 | 0.411 |
| 0.32 | 0.00870 | 0.156 | 16.00 | 0.941 | 0.337 |
| 0.40 | 0.0170 | 0.243 | 20.00 | 0.961 | 0.274 |
| 0.50 | 0.0325 | 0.368 | 25.00 | 0.973 | 0.220 |
| 0.63 | 0.0589 | 0.530 | 31.50 | 0.979 | 0.176 |
| 0.80 | 0.0979 | 0.700 | 40.00 | 0.978 | 0.140 |
| 1.00 | 0.147 | 0.833 | 50.00 | 0.964 | 0.109 |
| 1.25 | 0.201 | 0.907 | 63.00 | 0.925 | 0.0834 |
| 1.60 | 0.260 | 0.934 | 80.00 | 0.844 | 0.0604 |
| 2.00 | 0.327 | 0.932 | 100.00 | 0.706 | 0.0401 |
| 2.50 | 0.402 | 0.910 | 125.00 | 0.533 | 0.0241 |
| 3.15 | 0.485 | 0.872 | 160.00 | 0.370 | 0.0133 |
| 4.00 | 0.573 | 0.818 | 200.00 | 0.244 | 0.00694 |
| 5.00 | 0.661 | 0.750 | 250.00 | 0.156 | 0.00354 |
| 6.30 | 0.743 | 0.669 | 315.00 | 0.0995 | 0.00179 |
| 8.00 | 0.813 | 0.582 | 400.00 | 0.0630 | 0.000899 |

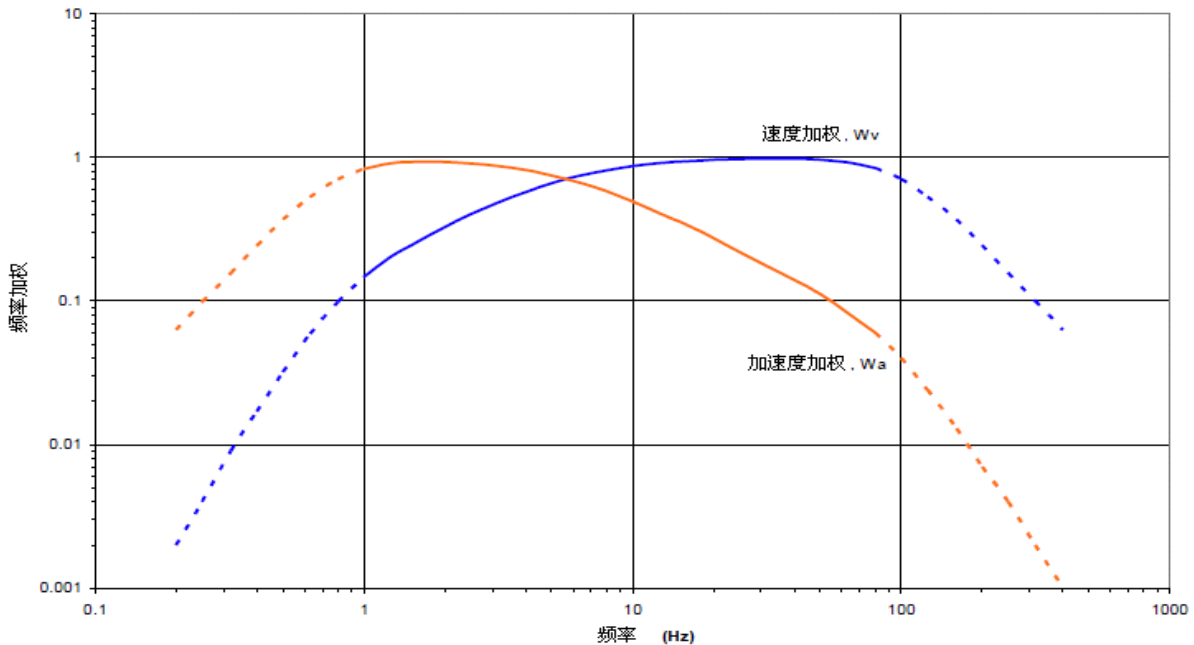


图 15-2-2 ISO 6954-2000 加权函数曲线

(4) 全频加权值。

全频加权值由下式确定：

$$a_w = \sqrt{\sum_i a_{wi}^2}$$

式中： a_w ——频率加权的加速度或速度；

a_{wi} ——1/3 倍频程 i 次加权的加速度或速度。

15.2.3 上述区域一般范围如下：

(1) 乘客处所：系指供乘客使用的处所，包括公共处所（例如餐厅、医务室、起居室、阅览室和游戏室、健身室、走廊、商店）和露天甲板休闲区域。

(2) 船员处所：系指仅供船员使用的处所，包括起居处所（例如船员舱室、报务室、医务室、办公室、洗衣房、餐室、休闲室）和驾驶处所（包括驾驶室、雷达室、监视位置、驾驶桥翼）。

(3) 工作处所：系指仅供船员工作的处所，包括机修间、机舱控制室。

15.2.4 根据船东需要，ISO 6954-2000 也可适用于其他船舶。

15.2.5 应用 ISO 6954-2000 对船员和乘客居住性衡准时，可采用频率加权速度均方根作为表征。

15.3 结构振动衡准

15.3.1 船上居住性衡准即使符合要求，但对于居住性衡准没有包括的其他区域，仍然可能发生有害振动，如液舱结构或尾部与机舱的其他构件等。为避免过大振动的发生以减小结构破坏的风险，这就提出结构振动的衡准问题。结构振动衡准，主要考虑防止振动引起的结构疲劳裂纹。而影响结构疲劳强度的主要因素有：

- (1) 振动模态；
- (2) 结构细节（应力集中）；
- (3) 材料；
- (4) 焊接程序；
- (5) 制造工艺；
- (6) 环境（腐蚀介质）。

15.3.2 结构振动参数采用位移、或速度或加速度振幅（峰值）表征。振动频率在 1 Hz~5 Hz 范围内采用位移或加速度振幅，在 5 Hz~100 Hz 范围内采用速度振幅。

15.3.3 除另有约定外，船体结构振动衡准值，每一点的垂向、横向或纵向的振动位移或振动速度振幅，一般应控制在下列范围内，如图 15.3.3 所示：

- (1) 在 1 Hz~5 Hz 频率范围内：建议小于 1.0 mm；当大于 2.0 mm 时，可能会产生破坏；
- (2) 在 5 Hz~100 Hz 频率范围内：建议小于 30 mm/s，当大于 60 mm/s 时可能会产生破坏。

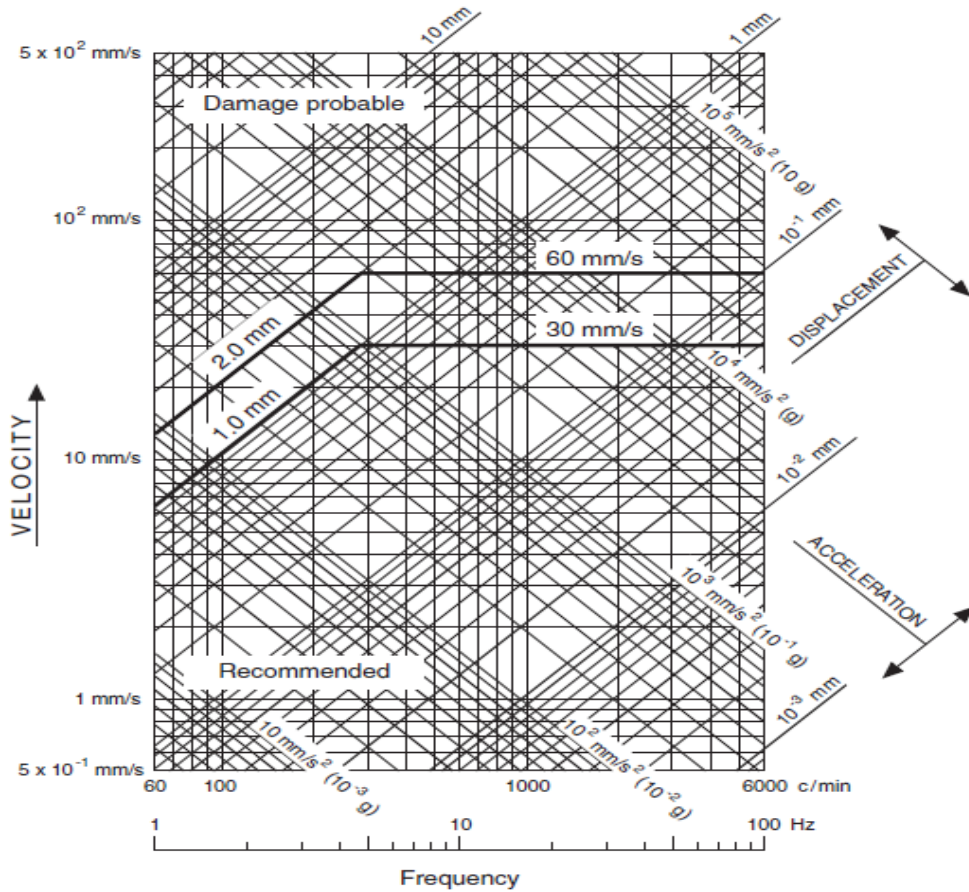


图 15.3.3 结构振动评价基准

15.3.4 除另有约定外，船长在 35m 以上的高速船、轻型船与水面舰艇船体结构振动平衡值，每一点的垂向、横向或纵向的振动参数，一般应控制在表 15.3.4 的范围内。

高速船和轻型船与水面舰艇船体结构振动平衡值 表 15.3.4

| 区域 | 频率 1 Hz~5Hz | | 频率 5 Hz~100Hz |
|--|--------------------------|---------|---------------|
| | 加速度 (mm/s ²) | 位移 (mm) | 速度 (mm/s) |
| 主要区域，人员一般可以到达的甲板和安装设备的结构 | 160 | — | 5 |
| 尾部区域，人员一般可以到达的甲板和安装设备的结构 | 220 | — | 7 |
| 桅杆顶区域 | — | — | 15 |
| 其他结构，如对不影响人员舒适性或熟练操作，以及没有安装重要设备——如舱柜和空舱等 | 钢质 | 1.0 | 30 |
| | 铝合金 | 0.33 | 10 |

15.4 机械振动平衡

15.4.1 为避免机械的疲劳损坏或运动部件加速磨损，也应控制机械的振动参数。

15.4.2 机械振动参数采用位移振幅、或速度振幅或加速度振幅（峰值）来表征。

15.4.3 除另有约定外，机械振动应不超过表 15.4.3 的振动平衡值。

机械振动衡准

表 15.4.3

| 项目名称 | 频率(Hz)和位移(mm) | 频率(Hz)和速度 (mm/s) | 备注 |
|-------------------|--|---|------------|
| 低速柴油机 | 1 Hz~2.4 Hz 垂向或纵向: 1.5 mm; 横向 1.0 mm | 2.4 Hz~100 Hz 垂向或纵向: 10 mm/s; 横向: 25 mm/s | 见本指南 5.5.3 |
| 中速和高速柴油机 | — | 4.8 Hz ~100 Hz 固定安装: 15 mm/s; 弹性安装: 25 mm/s | |
| 柴油机传动的发电机和推进用的电动机 | — | 4 Hz ~ 100 Hz 18 mm/s | 适用于固定和弹性安装 |
| 涡轮机传动的发电机 | — | 4 Hz ~1000 Hz 7 mm/s; | 适用于固定和弹性安装 |
| 增压器 | 3 Hz ~ 4.8 Hz 1.0 mm | 4.8 Hz~ 26.5 Hz 30 mm/s | |
| 涡轮机 | — | 5 Hz ~1000 Hz 5 mm/s | 适用于固定和弹性安装 |
| 主推进齿轮箱 | — | 4 Hz ~1000 Hz 7 mm/s | |
| 轴系轴承 | 1 Hz ~2 Hz 0.4 mm | 2 Hz ~100 Hz 5 mm/s | |
| 电动机、分离器、液压传动马达、风扇 | — | 4 Hz~ 200 Hz 7 mm/s | |
| 螺杆心式或离心式压缩机 | — | 4 Hz ~200 Hz 固定安装: 7 mm/s; 弹性安装: 10mm/s | |
| 往复式压缩机 | — | 4 Hz ~200 Hz 30 mm/s | 适用于固定和弹性安装 |

15.4.4 除另有约定外, 船长 35m 以上的高速船、轻型船与水面舰艇的机械振动, 应不超过表 15.4.4 的振动衡准值。

高速船和轻型船与水面舰艇的机械振动衡准

表 15.4.4

| 项目名称 | 频率和位移 | 频率和速度 | 备注 |
|-------------------|--|--|------------------------|
| 中速和高速柴油机 | 1 Hz ~ 4.8 Hz 0.5 mm | 4.8 Hz ~ 100 Hz 15 mm/s | |
| 柴油机传动的发电机 | 1 Hz ~ 3.2 Hz 0.5 mm | 3.2 Hz ~ 100 Hz 10 mm/s | |
| 涡轮机传动的发电机 | 1 Hz ~ 2 Hz 刚性安装: 0.4 mm; 弹性安装: 0.8 mm | 2 Hz ~100 Hz 刚性安装: 5 mm/s; 弹性安装: 10 mm/s | |
| 增压器 | 3 Hz ~ 4.8 Hz 1.0 mm | 4.8 Hz ~26.5 Hz 30 mm/s | 26.5—300Hz 加速度: 5 g |
| 涡轮机 | — | 5 Hz ~1000 Hz 5 mm/s | |
| 齿轮 | — | 5 Hz ~1000 Hz 5 mm/s | |
| 轴系轴承 | 1 Hz ~2 Hz 0.4 mm | 2 Hz~100 Hz 5 mm/s | |
| 电动机、分离器、液压传动马达、风扇 | 1 Hz ~2 Hz 0.4 mm | 2 Hz ~ 100 Hz 5 mm/s | |
| 螺杆心式或离心式压缩机 | — | 4 Hz ~200 Hz 固定安装: 7 mm/s; 弹性安装: 10mm/s | |
| 往复式压缩机 | 1 Hz ~ 3.2 Hz 0.5mm | 3.2 Hz ~ 100 Hz 10 mm/s | |

15.5 振动附加标志授予

~~15.5.1 CCS 有关振动附加标志含义，见本指南第 1 章表 1.2.1。~~

~~15.5.2 由船厂或船东自愿申请，经 CCS 审查振动设计和振动测量结果，确认有关实测振动参数满足本章的相应要求，可授予下列相应的附加标志：—~~

~~(1) HAB (VIB)：居住性（振动）附加标志，应满足本章 15.2 的要求；—~~

~~(2) VIB (S)：结构振动附加标志，应满足本章 15.3 的要求；—~~

~~(3) VIB(M)：机械振动附加标志，应满足本章 15.4 的要求；—~~

~~(4) VIB：振动附加标志，应同时满足本章 15.3 和 15.4 的要求。—~~

~~15.5.3 申请振动附加标志时，应提供下列资料供 CCS 审查，其中“船上振动计算分析报告”应与船舶送审图纸一起提交：—~~

~~(1) 船上振动计算分析报告（备查）；—~~

~~(2) 船上振动测量大纲（批准）；—~~

~~(3) 船上振动测量报告（批准）。—~~

~~15.5.4 申请 CCS 振动附加标志的船舶，执行振动测量机构应经 CCS 认可。振动测量机构应能编制本指南第 14 章要求的“船上振动测量报告”。—~~

~~15.5.5 “船上振动测量大纲”应在振动测量前至少 3 个月，提交 CCS 批准。—~~

~~15.5.6 船厂应提交“船上振动测量报告”，并结合“船上振动计算分析报告”，进行振动状况评估。如不符合要求，应提出改进措施，并经测量确认。—~~

~~15.5.7 各有关方应对测量条件和测量数据进行确认，并在相应记录文件上签署。—~~

~~15.5.8 经 CCS 确认船上的振动参数满足本章的相应要求，可在入级符号后加注相应的附加标志。—~~

15.6 振动附加标志保持

~~15.6.1 上述 15.5.3 要求的资料，应保存在船上，以备检查。—~~

~~15.6.2 取得振动附加标志的船舶，如船舶进行改建或改装或修理，包括主要机械项目更换，而且可能影响船上的振动情况时，一般应进行振动测量。CCS 将根据具体振动评估情况，必要时，可选择有代表性的处所和机械布置测点，进行振动测量，以确认仍符合本章的要求。—~~

~~15.6.3 年度检验时，应确认船舶没有进行影响振动特性的改建、改装和修理。—~~

~~15.6.4 换证检验时，应对船上振动情况进行评估。如发现存在振动现象或存在影响振动级的变化情况，应进行相关项目的振动测量。—~~

~~15.6.5 振动测量时，可根据授予时振动较大处所和机械的情况，选择有代表性的处所和机械布置测点，以确认振动状况仍符合本章的要求。—~~