

文章编号:1006-1355(2018)02-0239-04

## 船舶振动 ISO 20283-5 新标准研究

付 佳, 徐智言, 王 铭

(上海外高桥造船有限公司, 上海 200137)

**摘要:**目前,船舶振动标准越来越严格,而我国船舶企业对振动控制的关注程度还不够。2016年12月提出的新振动评价标准给我国船舶建造水平带来严峻挑战,对船舶企业产生重大影响。将新制定的振动标准 ISO 20283-5 : 2016(E)与当前振动标准 ISO 6954 : 2000(E)进行深入对比,讨论新旧标准的差异,并用新旧标准对实船试航结果进行评估,结果表明目前我国船舶建造水平还不能完全满足新标准的要求。船舶设计与建造人员需要对新标准进行仔细研究,才能提高我国的造船水平,使我国成为真正的世界一流船舶强国。

**关键词:**振动与波;船舶振动;振动标准;ISO 20283-5 : 2016(E);ISO 6954 : 2000(E)

中图分类号:U661.44

文献标志码:A

DOI编码:10.3969/j.issn.1006-1355.2018.02.045

## Research of New Ship Vibration Standard of ISO 20283-5

FU Jia , XU Zhiyan , WANG Ming

( Shanghai Waigaoqiao Shipbuilding Co. Ltd., Shanghai 200137, China )

**Abstract :** Currently, the domestic shipbuilding enterprises have not paid enough attention to vibration control of ships, although the ship vibration reduction standard is raised. In December 2016, the new vibration evaluation standard is issued, which brings a significant challenge to shipbuilding capability and a great impact to shipbuilding enterprises in our country. In this paper, the new vibration standard of ISO 20283-5 : 2016(E) is compared with the old vibration standard ISO 6954 : 2000(E). The differences between them are investigated. In addition, results of the trial cruise of real ships are evaluated based on the new standard and the old standard respectively. It is indicated that the shipbuilding capability of our country cannot meet the new vibration standard yet. The ship designers and builders still need to study the new vibration standard in order to raise the shipbuilding capability of our country.

**Keywords :** vibration and wave; ship vibration; vibration standard; ISO 20283-5:2016(E); ISO 6954: 2000(E)

船舶在海上运行时会产生振动,剧烈的振动会导致船舶结构和机械部件的疲劳损坏,妨碍机器和设备的正常使用,影响船上人员的工作与生活,这样的振动称为有害振动。为了限制船舶有害振动的干扰与影响,保证船舶的安全运营,国内外的专家、学者、工程师以及科研机构对此展开了大量理论、数值和实船验证等研究并制定了相关船舶振动标准。

目前,国际上使用最为广泛的标准是2000年12月由国际标准化组织“机械振动与冲击”技术委员会(ISO/TC 108)SC2分技术协会(机械、车辆和结构的

机械振动和冲击的测量和评定)发布的ISO6954振动评价标准:《客船和商船适居性振动测量、报告和评价准则》<sup>[1]</sup>(以下简称ISO 6954 : 2000(E))。这个版本相较于1984年版的ISO6954有了实质性的改进,主要体现在考核内容从对船体振动的评估转移到对人体舒适性的评估。

2016年12月,ISO/TC 108 SC2分技术协会发布了ISO20283-5 : 2016(E)《客船和商船适居性振动测量、评价和报告准则》<sup>[2]</sup>(以下简称ISO 20283-5 : 2016(E))。新的标准将船员处所与乘客处所划分得更详细,衡准值较ISO 6954 : 2000(E)更严格,即提高了振动标准,这为船厂设计建造满足要求的船舶提出新的挑战。此外,ISO 20283-5 : 2016(E)还针对装有动力定位装置的船舶增加了动力定位模式下的测量要求。

ISO 20283-5 : 2016(E)的提出无疑对船舶设计与建造提出了更高的要求,但目前国内对最新振动

收稿日期:2017-02-23

基金项目:工信部高技术船舶科研资助项目([2016]25号文)

作者简介:付佳(1989-),女,辽宁省葫芦岛市人,硕士,主要研究方向为船舶结构设计、船舶振动噪声分析控制。

E-mail: just\_fujia@163.com

标准的深入研究较少,尤其缺少对实测数据的系统考核。本文将对以上2种振动标准进行比较,并分别采用新旧标准对实船数据进行考核,提出船舶振动控制优化方向,为设计人员理解新振动标准、采取降低船舶振动措施提供参考。

1 振动评价标准对比

1.1 考核对象

ISO 20283-5 : 2016(E)与 ISO 6954 : 2000(E)的考核对象都是在1 Hz~80 Hz 频率范围内频率加权汇总的振动加速度或速度的有效值(Frequency-weighted RMS),其加权系数见图1。

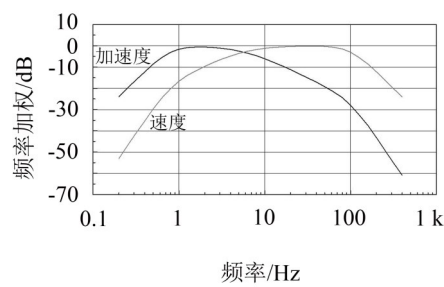


图1 频率加权系数

2种标准都从舒适性角度衡量振动问题,考虑人体对不同频率下的振动响应产生的不同反应程度。

1.2 考核区域

ISO 20283-5 : 2016(E)与 ISO 6954 : 2000(E)两种标准都是对船舶的适居性进行评估,考核区域为人长时间工作或者休息的处所。ISO 6954 : 2000(E)仅将考核区域划分为A、B、C 3个级别,即乘客房间、船员房间与工作处所。船厂在进行试航大纲编

写工作时,常常由于对标准中区域类型定义混淆而导致出现考核区域选择错误或衡准值界定不明等情况。新的标准对处所进行明确的定义与分类,如表1所示,这给设计人员提供了明确的技术支持,避免出现上述错误,并帮助船东与船厂在测量点选取时更易达成共识。

此外,ISO 20283-5 : 2016(E)中明确指出,机器区域不属于人长期工作与生活区域,不应包含在考核范围内。而在此之前,在进行船舶试航大纲编写时,是否将机器区域划分到考核范围内一直是船东与船厂争论的问题之一。

1.3 测量点类型与数量

ISO 6954:2000(E)中仅要求每层甲板测量点数量不少于2个,对测量点的处所类型没有具体要求。而ISO 20283-5 : 2016(E)中要求对不同处所类型必须选取至少1个测量点,且每层测量点数量应满足表2中所占比例。

此外,ISO 20283-5 : 2016(E)中提出对于房间面积较大区域,例如驾驶室、集控室、餐厅、休息室等,测量点的数量不少于1个。

在编写试航大纲时,船东与船厂对所选择测量点的位置与数量应达成共识,根据ISO 6954 : 2000(E)标准选取测量点时通常容易忽略工作区,即维修间、洗衣间等房间,而依照新的标准则必须保证每层甲板工作区测量点数量,从而为乘客与船员提供更为优质的生活与居住环境。

1.4 测量条件

船舶进行振动试验时,ISO 6954 : 2000(E)提出如下要求:

表1 ISO 20283-5 : 2016(E)中处所的定义与分类

处所	定义	分类
船员居住区	船员娱乐、行政房间	卧室、会客厅、休息室、医务室、餐厅、娱乐室、吸烟室、电影院、健身房、图书馆、游戏房、健身房等
办公区	处理船上事务的区域或房间	甲板办公室、船舶办公室、会议室等
工作区	主要日常工作区	维修间、洗衣间、厨房和实验室(不包括机器区)
机器区	装有蒸汽/内燃机、泵、空气压缩机、锅炉、燃油单元、主要的发电设备、加油站、推进装置、制冷装置、防摇装置、舵机、通风和空调系统、管弄等区域	
职能区	通常船员长时间(4小时以上)监视航行或机器的区域	驾驶室、集控室
开放甲板娱乐区	开放甲板上为船员和乘客提供娱乐的区域	
房间与公共区	主要为乘客提供的区域	乘客房间、餐厅、休息室、阅读和游戏室、健身房、商店等

表2 推荐测量点

处所类型		每层甲板同类型区域测量点 所占比例
船员区	居住区、办公区	$\geq 30\%$
	工作区	$\geq 20\%$
	开放甲板娱乐区	至少1个
乘客区	房间和公共区	$\geq 10\%$
	开放甲板娱乐区	至少1个

- (1) 测试时,船舶应向以前以稳定航速直线航行;
- (2) 主机处于典型持续运转功率状态;
- (3) 试航测试应在不高于3级海况下进行;
- (4) 螺旋桨应完全浸没;
- (5) 测试水深应不低于船舶5倍吃水。

新的标准在ISO 6954 : 2000(E)的基础上进行了修改与补充,其中将第(2)条修改为“推进装置持续运转功率为在合同中通常航行状态下功率”,且“试航时推进装置转速设置恒定”,并增加“船上所有系统应处于正常额定工作状态(例如空调通风系统、辅机、稳定装置等系统)”的要求。这样修改考虑到部分不以主机为推进装置的商船的振动测试环境条件,且试验环境与船舶运营情况相符。

此外,ISO 20283-5 : 2016(E)新增了对安装动力定位装置(DP)船舶DP模式下对指定区域进行测试的要求(所有参与DP工况的推进装置应同时在40%的功率下运行,测量条件需要船东与船厂协商一致)。在此之前,试航大纲中并未考虑穿梭油轮等商船配备动力定位系统这一特点。

### 1.5 衡准评估

表3为ISO 6954 : 2000(E)中不同区域的振动衡准,其中高于上限值认定为有害振动,低于下限值为无害振动,介于上下限值间的船上振动环境,认为在可接受范围内。

表3 ISO 6954 : 2000(E) 振动衡准

区域等级划分						
A类		B类		C类		
加速度/ (mm·s <sup>-2</sup> )	速度/ (mm·s <sup>-1</sup> )	加速度/ (mm·s <sup>-2</sup> )	速度/ (mm·s <sup>-1</sup> )	加速度/ (mm·s <sup>-2</sup> )	速度/ (mm·s <sup>-1</sup> )	
上限	143	4	214	6	286	8
下限	71.5	2	107	3	143	4

备注:A区域为乘客居住区域 B区域为船员生活区域  
C区域为船员工作区域

ISO 20283-5 : 2016(E)中对于振动衡准将不再设下限值,只设上限值,当测量结果超过衡准值时则认为船舶结构产生有害振动。其次,ISO 20283-5 :

2016(E)中的衡准值较ISO 6954 : 2000(E)的上限值有很大程度的降低,这也是设计人员最为关注的部分,如表4所示。

表4 ISO 20283-5 : 2016(E) 振动衡准

区域类型	衡准值	
	速度/( $\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$ )	加速度/( $\text{mm}\cdot\text{s}^{-2}$ )
船员区域		
船员居住区	3.5	125
工作区	6.0	214
办公区	4.5	161
驾驶室和集控室	5.0	179
开放甲板娱乐区	4.5	161
乘客区域		
房间和公共区	3.5	125
开放甲板娱乐区	4.5	161

对于具有2冲程、长冲程、低转速的主机或细高型上层建筑等船舶而言,满足上述要求无疑是对船舶的设计与建造提出新的挑战。后文将根据船舶局部振动实测结果对满足两种标准的难易程度进行比较说明。

虽然ISO 20283-5 : 2016(E)的振动衡准要求高于ISO 6954:2000(E),但ISO 20283-5 : 2016(E)中允许部分测量点测量结果超出衡准值(测量点不包括驾驶室与集控室),即对于单层甲板,当测量点少于5个时,不允许有超过衡准值区域;当测量点为5~9个时,允许有一个测量点测量值超出衡准值的0.5 mm/s 范围内;当测量点不少于10个时,允许超出范围如表5所示。

表5 甲板区域衡准允许超出范围

单层甲板超过10个测量点		超出衡准值区域	允许超出限
区域		最大允许比例	值
船员居住区			
船员区	工作区	10 %	1.0 mm/s
	办公区		36 $\text{mm/s}^2$
	开放甲板娱乐区		
乘客区	房间和公共区	10 %	1.0 mm/s
	开放甲板娱乐区		36 $\text{mm/s}^2$

## 2 实测对比结果

本文以两艘装备长冲程、低转速主机、上层建筑为细高型船舶为例,即以31.8万吨级VLCC船和20.8万吨级散货船为例来进行对比。图2、图3为两艘船舶在压载吃水工况下船体局部振动测试数据。

从以上两艘船舶试航实测数据中可以看出,按照ISO 6954 : 2000(E)的衡准要求进行考核,在对VLCC船抽查的28个区域、对散货船抽查的17个区

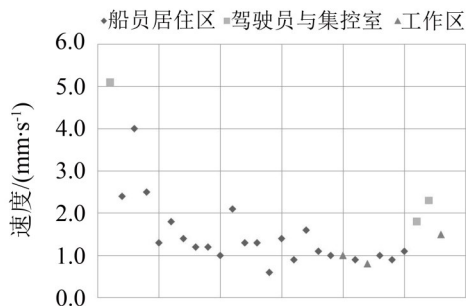


图2 31.8万吨级VLCC船局部振动测试数据

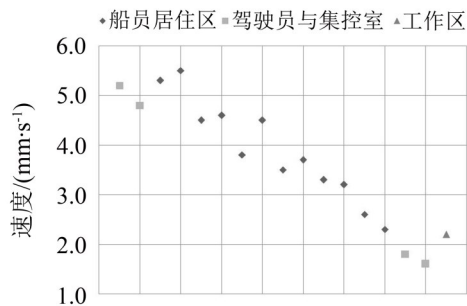


图3 20.8万吨级散货船局部振动测试数据

域中,测量振动响应值全部满足标准要求。但按照ISO 20283-5:2016(E)的衡准要求,VLCC船有2个测量点超出衡准限值,散货船中有9个测量点超出衡准限值。这些超标区域大多分布在驾驶室和上层建筑中船员生活舱室,该部分衡准值分别由原来的8 mm/s与6 mm/s降低到5 mm/s与3.5 mm/s。

为了保证新建船舶能够满足最新振动标准要求,设计人员应熟识和正确使用新振动标准,在设计过程中结合船型特点、主机特性与结构形式等因素,对船舶振动水平进行评估、计算与分析,采取经济有效的预防措施,避免船舶出现超标振动情况,建议从以下几个方面展开研究,从而控制船舶振动响应水平。

(1) 修改舱室布置、结构布置与尺寸,改变结构固有频率;

(2) 调整主机转速、缸数、螺旋桨叶数,改变激振源激振频率;

(3) 优化尾部型线与螺旋桨设计,降低螺旋桨激振力;

(4) 增设主机顶撑,改变机架固有频率,防止机架横向共振,减少机架振动对船体的二次激励;

(5) 增设振动补偿器等。

### 3 结语

本文对船舶振动评价标准ISO 20283-5:2016(E)与ISO 6954:2000(E)进行对比研究,并将两艘具

有长冲程、低转速主机、上层建筑为细高型船舶振动测试数据与标准进行对比,从对比结果中可以发现新标准对船舶的设计、建造水平提出了更高的要求,原本满足旧标准建造的船舶在新标准下会出现不达标的情况。这需要船舶设计和建造人员将ISO 20283-5:2016(E)标准内容理解透彻、熟练掌握,采取积极合理的应对措施,使新建船舶满足船舶振动评价标准的最新要求,保障船舶顺利交付,让我国成为真正的世界一流船舶强国。

#### 参考文献:

- [1] ISO. Mechanical vibration-Guidelines for the measurement, reporting and evaluation of vibration with regard to habitability on passenger and merchant ships[S]. ISO 6954:2000(E). Switzerland: ISO 2000.
- [2] ISO. Mechanical vibration-Measurement of vibration on ships- Guidelines for measurement, evaluation and reporting of vibration with regard to habitability on passenger and merchant ships[S]. ISO 20283-5:2016(E). Switzerland: ISO 2016.
- [3] 金咸定,夏丽娟. 船体振动学[M]. 上海:上海交通大学出版社,2011.
- [4] 吴嘉蒙,夏丽娟. ISO 6954 振动评价标准新旧版本的比较研究[J]. 振动与冲击,2012,31(10):177-182.
- [5] 中国船级社. 船上振动控制指南[S]. 北京:人民交通出版社,2012.
- [6] 黄金兵. 浅谈船舶振动水平的评价标准[J]. 广船科技,2008,2:3-6.