



中华人民共和国国家标准

GB/T 39479—2020

海洋平台辐射噪声预报方法

Prediction method for radiated noise of offshore platform

2020-12-14 发布

2021-07-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由全国海洋船标准化技术委员会(SAC/TC 12)提出并归口。

本标准起草单位:中国船舶工业综合技术经济研究院、中国船舶工业集团公司第七〇八研究所、哈尔滨工程大学、中国船舶科学研究中心、中国人民解放军海军研究院、上海船舶研究设计院、江苏科技大学。

本标准主要起草人:孙耀刚、欧阳涛、夏侯命胜、庞福振、羊卫、胡健、李海超、李泽成、孙雪荣、缪旭弘、闫秋莲、刘金实。

海洋平台辐射噪声预报方法

1 范围

本标准规定了海洋平台辐射噪声分类、基本计算方法、预报流程和声学模型。
本标准适用于海洋平台辐射噪声的预报。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 3947—1996 声学名词术语

GB/T 4595—2020 船上噪声测量

3 术语和定义

GB/T 3947—1996、GB/T 4595—2020 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

海洋平台 offshore platform

用于海上油气资源勘探与开发的移动式平台、固定式平台、顺应式结构的总称。

注 1：改写 GB/T 14090—2008，定义 2.2.1。

注 2：海洋平台由上部结构、设施与设备、支承结构等组成。

3.2

海洋平台空气辐射噪声 air radiated noise of offshore platform

海洋平台水面以上居住处所、工作处所和机器处所等的舱室内外(含水线下的舱室内)，因激励源作用而经空气、结构等途径传播的噪声。

注：一般包括动力系统、通风空调系统、推进/动力定位系统、钻井系统及油气生产系统等设备通过空气及平台结构向外辐射的舱室噪声，露天设备的空气辐射噪声，风、浪、流等环境载荷引起的流激噪声和舱室外围壁结构动力响应的二次外辐射噪声。

3.3

海洋平台水下辐射噪声 underwater radiated noise of offshore platform

海洋平台因激励源作用而在平台周围水介质中传播的噪声。

注：主要包括机械噪声、水动力噪声和推进器噪声等。

3.4

激励源 excitation source

能够引起振动或产生噪声的海洋平台用设备和环境载荷。

4 分类

海洋平台辐射噪声按传播介质分为海洋平台空气辐射噪声和海洋平台水下辐射噪声。

5 基本计算方法

5.1 总则

海洋平台辐射噪声基本计算方法主要包括经验公式方法和数值计算方法。经验公式方法适用于概念设计阶段和方案设计阶段或与母型平台相近的海洋平台辐射噪声预报,数值计算方法适用于具备相关计算输入条件下的基本设计和详细设计阶段的海洋平台辐射噪声预报。

5.2 经验公式方法

经验公式方法基于试验数据结果或理论公式,结合工程实际,拟合出预报结果估算公式,进行海洋平台辐射噪声预报。经验公式方法可参见中国船级社《船舶及产品噪声控制与检测指南》。

5.3 数值计算方法



5.3.1 概述

数值计算方法主要包括:有限元法、统计能量分析法、边界元法等,该几种方法可混合使用。对于推进器,一般应建立模型并通过边界元法或大涡模拟方法计算流体扰动,再结合 Efowcs Williams-Hawkins 方程求解辐射噪声。

5.3.2 有限元法

基于有限元法的海洋平台辐射噪声预报是将平台结构、声场离散为若干单元,建立并求解整个平台的动力学方程矩阵,得到节点的振动响应,进而得到计算点声压值。有限元法需要结构的详细属性信息,一般适用于详细设计阶段中低频段噪声预报。采用有限元法预报海洋平台水下辐射噪声时,应保证分析频段内一个波长至少包含 5 个网格。

5.3.3 统计能量分析法

统计能量分析法是将海洋平台划分为若干子系统,子系统通过边界进行能量交换。建立并求解各子系统的能量平衡方程可得到海洋平台辐射噪声。统计能量分析法一般适用于详细设计阶段中高频段噪声预报。

5.3.4 边界元法

边界元法的基本思想是将问题的控制方程转换成边界上的积分方程,引入位于边界上的有限个单元将积分方程离散求解。边界元法一般适用于详细设计阶段中低频段噪声预报。预报海洋平台水下辐射噪声时,边界元法通常与有限元法混合使用。

5.3.5 大涡模拟结合 Efowcs Williams-Hawkins 方程法

大涡模拟结合 Efowcs Williams-Hawkins 方程法是在考虑运动耦合边界基础上,对紊流脉动(或紊流涡)的一种空间平均,也就是通过某种滤波函数将大尺度的涡和小尺度的涡分离开,大尺度的涡直接模拟,小尺度的涡用模型来封闭。该方法主要用来分析推进器直发声和对平台结构的激励力,需要螺旋桨几何形状和运转工况等信息,一般适用于海洋平台水下辐射噪声预报。

6 预报流程

6.1 总则

基于经验公式方法的海洋平台辐射噪声预报流程可参考经认可或指定的规范或指南。基于数值计算方法的海洋平台辐射噪声预报流程见 6.2 和 6.3。

6.2 海洋平台空气辐射噪声预报流程

海洋平台空气辐射噪声预报流程如下,相应流程图见图 1。

- a) 根据海洋平台总布置图及结构设计图,建立振动噪声预报平台结构和流场几何模型。
- b) 根据海洋平台作业功能及布置特点,确定平台在不同工况条件下的激励源,并获取相关振动、噪声源谱数据(例如:厂家提供的设备振动速度或加速度谱、空调设备噪声功率谱等,也可通过母型平台实际测量获取相关谱数据)。
- c) 海洋平台结构模态及自由、受迫振动响应分析,为低频段声学有限元计算及舱室外围舱壁结构空气辐射噪声提供结构模态及响应输入,具体内容包括:
 - 1) 建立低频段平台结构有限元模型与质量模型;
 - 2) 考虑附连水作用下的平台结构自由振动分析;
 - 3) 设置阻尼系数,计算舱室外围舱壁结构受迫振动响应。
- d) 按照以下内容,预报海洋平台舱室噪声:
 - 1) 建立低频段平台声学有限元或边界元模型,导入低频段结构模态计算结果,设置损耗因子、阻尼材料特性等声学参数,进行激励源加载(见 7.1.1.3),计算得到低频段舱室噪声声压级频响曲线;
 - 2) 建立高频段统计能量分析模型,设置声学相关参数,进行激励源加载(见 7.1.2.4),计算得到高频段舱室噪声声压级频响曲线;
 - 3) 建立中频段平台有限元-统计能量分析混合模型,设置声学相关参数,计算得到中频段舱室噪声声压级频响曲线;
 - 4) 综合低、中、高频段舱室噪声声压级频响曲线,合成得到目标舱室噪声等级。
- e) 综合露天设备、舱室外围舱壁结构空气辐射噪声及流激噪声,预报平台舱室外辐射噪声。
- f) 确定指定区域噪声等级和传播途径,根据经认可或指定的公约或规范评价噪声水平。

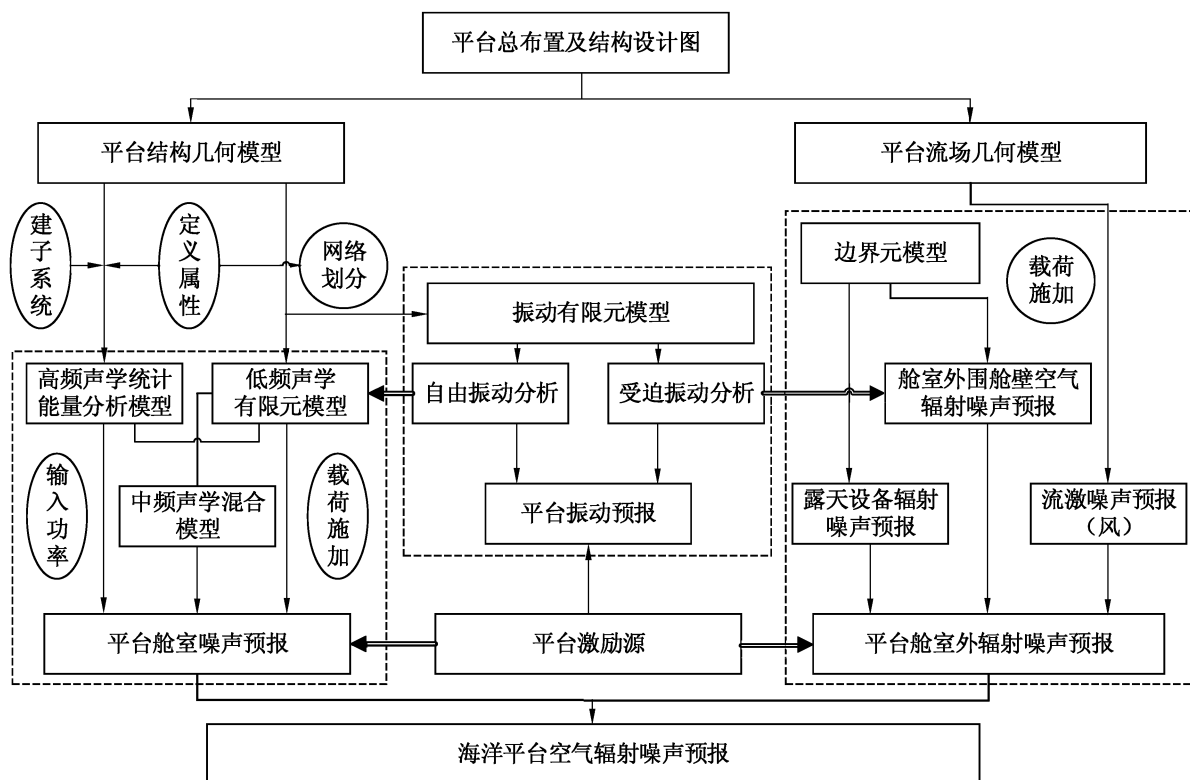


图1 海洋平台空气辐射噪声预报流程

6.3 海洋平台水下辐射噪声预报流程

海洋平台水下辐射噪声预报流程如下，相应流程图见图2。

a) 确定海洋平台水下辐射噪声激励源，获取相关激励源频谱数据。

注1：激励源频谱数据可由平台测试、台架试验、公式估算或数值预报的方式获取，无法通过实验获取的激励源特性参数可基于经认可或指定的规范或样本参数进行预估。

b) 确定海洋平台水下辐射噪声预报其他输入参数，主要包括平台典型结构损耗因子、阻尼材料特性、航行速度、螺旋桨转速等。

c) 建立海洋平台有限元模型，其中流场区域截断面可施加无限元或无反射边界条件，进行海洋平台总振动分析，检验和修正海洋平台有限元模型。

d) 在修正有限元模型基础上，建立海洋平台水下辐射噪声预报模型，包括机械噪声预报模型、水动力噪声预报模型和推进器噪声预报模型等。

e) 基于不同数值计算方法分别进行不同频段海洋平台水下辐射噪声预报，具体包括：

- 1) 中低频段基于有限元/边界元法进行机械噪声预报、水动力噪声预报和推进器激励平台结构产生的水下辐射噪声预报；
- 2) 中高频段基于统计能量分析法进行机械噪声预报、水动力噪声预报和推进器激励平台结构产生的水下辐射噪声预报；
- 3) 基于大涡模拟结合 Efwcs Williams-Hawkings 方程法进行推进器直发声预报。

f) 对预报结果进行处理，得到全频段海洋平台机械噪声、水动力噪声和推进器噪声预报结果，并通过能量叠加得到海洋平台水下辐射噪声。

注 2：机械噪声涵盖空气传递的噪声、基座支撑传递的噪声和电磁噪声等，空气传递的噪声和电磁噪声相对基座支撑传递的噪声是小量，可忽略不计；水动力噪声涵盖湍流噪声和流激结构噪声，湍流噪声相对流激结构噪声是小量，可忽略不计；推进器噪声包括推进器直发声和推进器激励平台结构产生的水下辐射噪声。

g) 分析海洋平台水下辐射噪声主导传递分量和主要传播途径，根据经认可或指定的公约或规范评价噪声水平。

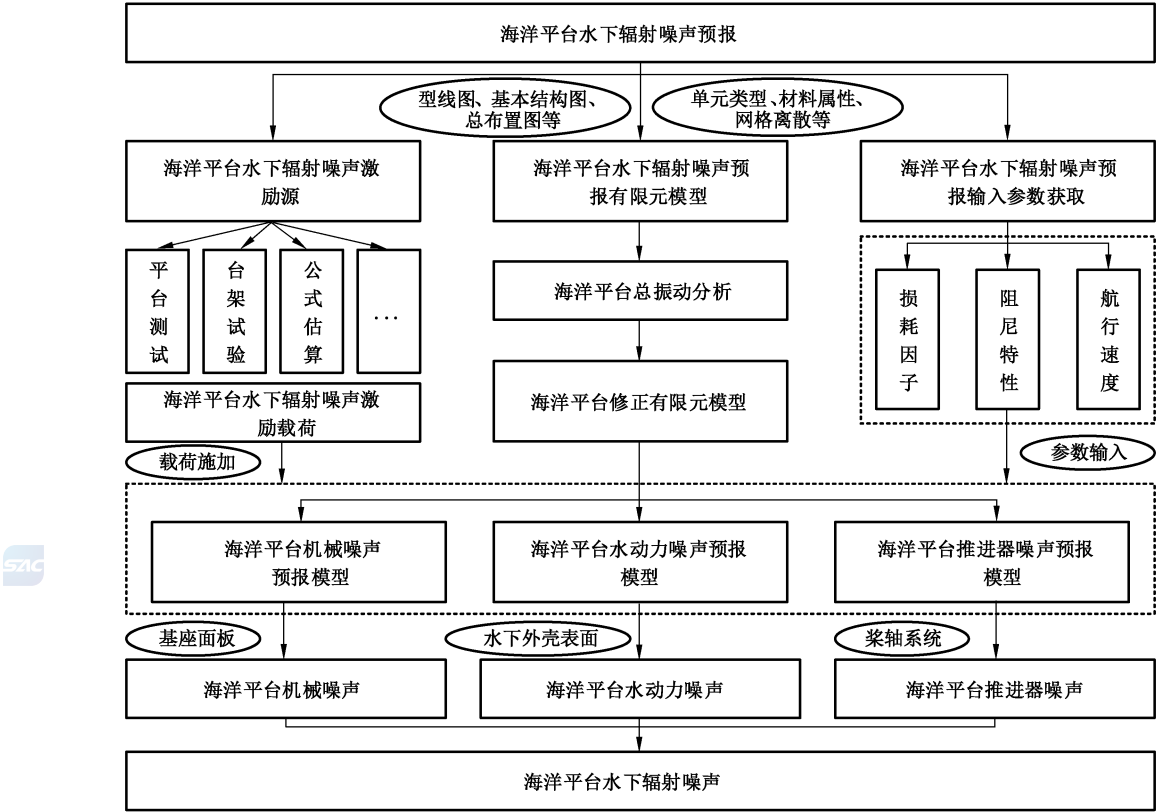


图 2 海洋平台水下辐射噪声预报流程图

7 声学模型

7.1 海洋平台空气辐射噪声声学模型

7.1.1 声学有限元模型

7.1.1.1 模型范围

海洋平台空气辐射噪声声学有限元模型应建立整个平台结构及声腔模型。

7.1.1.2 建模方法及要求

建模方法及要求如下：

- a) 平台外板、横纵舱壁、各层甲板和肋板等结构，采用壳单元模拟，根据实际材料准确设置相关力学、密度等属性，网格尺寸应不大于波长的六分之一。平台水线面以下外板结构应考虑附连水的影响。
- b) 由舱室甲板和壁板所围成的封闭的声空间采用有限元声腔模拟，应注意声腔中介质类型的选

取及其相应密度的设定(例如:居住舱为空气、压载舱为海水、燃油舱为燃油等)。

- c) 所有承受载荷板的纵桁及加强筋等采用考虑偏心的梁单元来模拟,应注意梁的布置方向及材料属性的设置。
- d) 小开孔采用折减板厚的方式进行模拟,窗、门及舱口等大开孔应按照实际形状模拟。

7.1.1.3 激励源加载方法

激励源加载方法如下:

- a) 动力、钻井及油气生产等系统中的设备加载方法包括两种:一是施加力、不平衡力矩;二是在相应设备基座面板上施加振动速度或加速度频谱。
- b) 对于推进/动力定位系统中的螺旋桨,其轴承力可周期性的直接作用于海洋平台与桨轴的连接部位;其脉动压力可通过压力施加于平台相应外板 $D \times D$ 范围区域(D 为螺旋桨直径),并在其基座面板上施加振动速度或加速度频谱。
- c) 噪声源设备空气噪声可通过声功率或声压频谱加载到相应设备有限元流体网格单元上。

7.1.2 声学统计能量分析模型

7.1.2.1 模型范围

海洋平台空气辐射噪声声学统计能量分析模型应建立整个平台的计算模型,至少应包括激励源、噪声预报目标处所及两者间连接区域结构。

7.1.2.2 建模方法及要求

建模方法及要求如下:

- a) 平台外板、甲板及舱壁主要采用板子系统模拟,板子系统的划分尺寸应尽可能大,确保子系统单位带宽内的模态数目大于 5。板子系统中扶强材的规格及布置情况应在相关子系统属性中进行准确反映。子系统应根据实际材料准确设置相关力学、密度及内损耗因子等属性。
- b) 由舱室甲板和壁板所围成的封闭的声空间采用声腔子系统模拟,应注意声腔中介质类型的选取及其相应密度的设定(例如:居住舱为空气、压载舱为海水、燃油舱为燃油等,其中液舱还需考虑附连水的影响)。
- c) 支柱等采用梁子系统模拟,应注意梁的布置方向及材料属性的设置。
- d) 窗、门一般为闭合状态,建模时可忽略,并以平台结构的板子系统代替。

7.1.2.3 子系统间的连接

确保板、梁及声腔所有子系统之间的有效连接(包括梁与板子系统间的点连接、板与板子系统间的线连接和板与声腔子系统间的面连接),并准确设置其耦合损耗因子。

7.1.2.4 激励源加载方法

激励源加载方法如下:

- a) 动力、钻井及油气生产等系统中的设备结构噪声加载,可在相应设备基座面板子系统上施加振动速度或加速度频谱;
- b) 对于推进/动力定位系统中的螺旋桨,可在其基座面板子系统上施加振动速度或加速度频谱;
- c) 噪声源设备空气噪声可通过声功率或声压频谱加载到相应设备所在的声腔子系统上。

7.1.3 声学混合模型

海洋平台空气辐射噪声声学混合模型中的声学有限元模型和声学统计能量分析模型分别按 7.1.1

和 7.1.2 的相关要求进行处理。

7.2 海洋平台水下辐射噪声声学模型

7.2.1 声学有限元模型

7.2.1.1 模型范围

海洋平台水下辐射噪声声学有限元模型应建立海洋平台结构、流场区域模型。

7.2.1.2 建模方法及要求

建模方法及要求如下：

- a) 声学有限元模型主要涉及几何模型简化、流场区域简化、单元类型选取、材料属性定义、有限元网格离散和加载计算等方面。
- b) 几何模型简化方面,采用相应的有限元单元进行模拟,同时注意梁单元的方向和水下外壳板单元的法向方向。根据海洋平台基本结构图等设置结构、材料属性。
- c) 流场区域简化方面,对淡水舱、压载舱、燃油舱等平台内液体舱室或区域,采用体单元模拟,并按照实际液体参数设置属性。流场区域简化过程中,还应注意流场区域尺度的截断和截断面边界条件的设置,流场区域外围截断面可采用无限元或无反射边界条件以模拟无穷大流场区域。
- d) 海洋平台结构和流场区域的离散应保证分析频段内一个波长至少包含 5 个网格。
- e) 海洋平台结构和流场区域的耦合应根据振动噪声能量实际传递方向来选取主被动关系。
- f) 海洋平台小开孔结构(例如:减轻孔、人孔等)一般予以忽略,大开口结构(例如:主机、推进器吊口,门等)应按照实际结构尺寸和形状模拟。

7.2.1.3 激励源加载方法

作为海洋平台噪声的重要激励源,机械振动一般以振动加速度的形式加载到对应基座面板。螺旋桨作为激励源的加载方式有两种:一是轴承力周期性的直接作用于海洋平台与桨轴的连接部位;二是推进器引起的表面脉动压力间接作用于平台相应外板 $D \times D$ 范围区域(D 为螺旋桨直径)。

7.2.2 声学统计能量分析模型

7.2.2.1 模型范围

海洋平台水下辐射噪声声学统计能量分析模型应建立整个平台的水下辐射噪声结构模型和流场区域模型。

7.2.2.2 建模方法及要求

建模方法及要求如下：

- a) 平台外板、甲板、舱壁等建模方法及要求同 7.1.2.2a),但应注意平台水线面以下外壳结构应考虑附连水的影响;
- b) 由舱室甲板和壁板所围成的封闭的声空间建模方法及要求同 7.1.2.2b);
- c) 支柱、门、窗等建模方法及要求同 7.1.2.2c)和 d);
- d) 流场区域应在平台外部指定位置建立声场考核点,赋予其海水属性,并建立海洋平台水下外壳结构与声场考核点的联系;
- e) 海洋平台水下辐射噪声统计能量分析模型应注意分析频段内子系统模态数不小于 5,以满足

统计能量分析精度要求。

7.2.2.3 子系统间的连接

子系统间的连接要求同 7.1.2.3。

7.2.2.4 激励源加载方法

激励源加载方法同 7.2.1.3。

7.2.3 声学边界元模型

7.2.3.1 模型范围

海洋平台水下辐射噪声中低频段噪声预报采用有限元与边界元混合法,其中边界元模型应至少建立海洋平台结构水下外壳模型。

7.2.3.2 建模方法及要求

建模方法及要求同 7.2.1.2。

7.2.3.3 激励源加载方法

将声学有限元模型预报结果直接映射到声学边界元模型。

参 考 文 献

- [1] GB/T 14090—2008 海上油气开发工程术语
 - [2] 船舶及产品噪声控制与检测指南 中国船级社 2013
-