

船体振动学课程教学大纲

课程代码：74120280

课程中文名称：船体振动学

课程英文名称：Ship hull vibration

学分：3.0 周学时：3.0-0.0

面向对象：

预修要求：理论力学、材料力学、线性代数、数学物理方程、积分变换、电工学

一、课程介绍

（一）中文简介

船体振动学是船舶与海洋工程专业专业的专业必修课。课程内容由两部分组成。第一部分是振动学基本理论（含单自由度振动系统、多自由度振动系统、连续体振动系统）。第二部分是船体振动理论（含船体总振动、船体局部振动、船舶主要振源、船舶振动测试与评价）。第一部分是核心，内容相对丰富。数学上主要涉及二阶常系数微分方程与弦振动方程、傅里叶变换、频率响应函数等。第二部分是基本内容，主要目的是培养学生理解从一般振动系统到船体振动的概念和现状，以及理论与实践的关系、科学计算与实验的关系。最后，附加部分含非平稳外载荷谱估计、数据处理、分数阶振动等。希望能激发学生对船体振动领域的兴趣。

（二）英文简介

Ship hull vibration is a specialized and obligatory course for undergraduates majored in ship and ocean engineering. The course consists of two parts. The first part plays a key role in the course with contents relatively rich, including systems with single degree of freedom, multi-degree freedom systems, and vibrations of continuum systems. It relates to, in mathematics, differential equations of second order with constant coefficients, beams as a main object from a view of mechanics, and frequency transfer functions in dynamical analysis. The second part is for understanding the profile of ship vibrations globally and locally, with the focuses

on the relationships between theory and practice, between scientific computations and testing, between science research and references or standards with respect to wave-induced ship hull vibrations. The additional part, finally, is for practical knowledge in ship vibrations, such as spectrum estimation of nonstationary loading, data processing in vibrations, fractional vibrations and so forth.

二、教学目标

（一）学习目标

本课程涉及学科较多（材料力学、理论力学、船舶结构力学、高等数学、工程数学、数据处理、信号处理等）。是理论性和实践性都强的专业课。该课程必须的基础部分是使学生掌握单自由度振动系统、多自由度振动系统和分布式振动系统的理论及分析方法，掌握振动系统频域分析方法。在此基础上，对船体振动学的理论、方法与技术有整体了解。

（二）可测量结果

通过该课程学习，要求学生熟练掌握单自由度系统的振动理论与分析方法，理解多自由度振动系统理论与分析方法。对船体振动基本概念（振动类型、总振动、局部振动、振型）有完整理解。要求学生能用计算机分析振动系统频率响应、共振频带、实测船体振动响应的辨识（建模）。培养学生在科研与工程方面的主动探索精神与创造性思维。

三、课程要求

（一）授课方式与要求

课堂教学（40 学时），讨论、测试与评价（8 学时）。

Classroom teaching will take 40 hours. Eight hours for discussions, testing and evaluation

每次讲课后布置作业量平均 6 小时。

In average, about 6-hour-homework will be assigned for each class.

（二）考试评分与建议

平时作业（30%），课程报告（70%）。

四、教学安排

第一章 单自由度系统的振动（27 学时）

Vibration systems with single degree of freedom (24 class hours)

教学目的

1. 通过本章内容的学习，使同学们为掌握船体振动学的基本理论打下必要的基础。
2. 熟练掌握单自由度振动系统的运动方程建立与分析方法。

教学内容

- § 1-1 振动概论、测试
- § 1-2 无阻尼自由振动、黏性阻尼系统的自由振动
- § 1-3 黏性阻尼系统的简谐强迫响应、相量法、Q 值、共振曲线分析与绘制
- § 1-4 支座简谐运动的强迫振动、测振仪原理、隔振原理
- § 1-5 周期激励下系统的响应、傅里叶级数、频谱
- § 1-6 冲击函数与冲击响应、阶跃函数与阶跃响应、卷积
- § 1-7 傅里叶变换
- § 1-8 振动系统的频域分析法
- § 1-9 自激振动
- § 1-10* 分数阶振动系统初步
- § 1-11*测试

第二章 多自由度系统的振动（6 学时）

Vibration systems with multi-degree of freedom (6 class hours)

教学目的

1. 通过本章内容的学习，使同学们能掌握多自由度振动基本概念、耦合振动；
2. 掌握多自由度振动系统固有频率、振型概念及分析方法；
3. 理解多自由度振动系统中主从耦合振动概念；
4. 理解多自由度振动系统频率响应特点、吸振原理。

教学内容

- § 2-2 多自由度振动系统运动方程
- § 2-3 多自由度振动系统的自由振动
- § 2-4 多自由度振动系统的强迫振动

§ 2-5 主从耦合振动、吸振原理

§ 2-6 模态分析初步

第三章 连续体振动系统 (6 学时)

Vibrations of continuum systems (6 class hours)

教学目的

通过本章学习,使同学们掌握以梁为对象的连续振动系统分析原理。

教学内容

§ 3-1 数理方程复习

§ 3-2 弦振动方程

§ 3-3 欧拉-伯努利梁的振动分析

§ 3-4 铁摩辛柯梁的振动分析

§ 3-5 梁振动的测量及其分离变量解

第四章 船体总振动 (9 学时)

Global vibrations of ship hulls (9 class hours)

教学目的

1. 通过本章内容的学习,使同学们掌握船体总振动分类、特点及分析方法;
2. 理解舷外水对船体振动的影响概念;
3. 掌握船体总振动固有频率与振型概念;
4. 理解船体总振动频率响应的分析方法。
5. 了解系统辨识原理

教学内容

§ 4-1 船体总振动的概念与分类、舷外水概念及其对船体总振动的影响

§ 4-2 船体总振动固有频率与振型概念、船体强迫振动响应概念

§ 4-3 系统辨识

§ 4-4 船体总振动的辨识

§ 4-5 测试

附：时间表

周次	授课主题	备注
1	船体振动的内容、任务与研究方法；测试（讲授与测试）	4 课时
2	无阻尼自由振动，黏性阻尼系统的自由振动，黏性阻尼系统的简谐强迫振动，相量法、Q 值、共振曲线分析与绘制；支座简谐运动的强迫振动、测振仪原理、隔振原理。（讲授）	4 课时
3	周期激励下系统的响应、傅里叶级数、频谱；冲击函数及其响应、阶跃函数及其响应、卷积。（讲授）	4 课时
4	傅里叶变换；振动系统的频域分析法。（讲授）	4 课时
5	分数阶振动系统	4 课时
6	讨论 1 小时，测试 3 小时	4 课时
7	多自由度振动系统运动方程，多自由度振动系统的自由振动；多自由度振动系统的强迫振动，主从耦合振动、吸振原理。（讲授）	4 课时
8	模态分析，数理方程概念	4 课时
9	弦振动方程，杆（梁）的自由振动与强迫振动，欧拉-伯努利梁的振动分析，铁摩辛柯梁的振动分析（讲授）	4 课时
10	船体总振动的概念与振动分类，舷外水概念及其对船体总振动的影响；船体总振动固有频率与振型概念、船体强迫振动响应概念。（讲授）	4 课时
11	系统辨识，实船振动辨识。（讲授）	4 课时
12	实船振动系统辨识 1 小时，测试 3 小时（讲授与测试）	4 课时

五、参考教材及相关资料

教材：Textbook

金咸定，夏利娟，船体振动学，上海交通大学出版社，2011

参考书：Reference books

- 1、姚熊亮，船体振动，哈尔滨工程大学出版社，2004
- 2、姚熊亮，船体振动与噪声，国防工业出版社，2010
- 3、翁长俭，张保玉，船体振动学，人民交通出版社，1985
- 4、G. B. Arfken, H. J. Weber, Mathematical Methods for Physicists, 6th Edition, Academic Press, San Diego, 1995
- 5、吴正毅，测试技术与测试信号处理，清华大学出版社，1991
- 6、徐秉汉译，船舶结构力学手册，国防工业出版社，2002
- 7、C. M. Harris, Shock and Vibration Handbook, 4th Ed., McGraw-Hill, 1995
- 8、吴大正等，信号与线性系统分析，高等教育出版社，2005
- 9、秦曾煌主编，电工学（第五版），上册，高等教育出版社，1999
- 10、S. K. Mitra and J. F. Kaiser, Handbook for Digital Signal Processing, Wiley, 1993
- 11、成学明，船体结构试验技术与数据处理，上海交通大学出版社，1990

六、课程教学网站：

将通过校内网络提供必要的课件和文字材料链接