

水声学原理课程教学大纲

课程代码：74120040

课程中文名称：水声学原理

课程英文名称：Theory of Underwater Acoustics

学分：2.5 周学时：2.0-1.0

面向对象：

预修要求：

一、课程介绍

（一）中文简介

本课程主要涉及三个方面的内容：一、声波传播理论：声波的亥姆霍茨方程，在各向同性介质和分层介质中的波动方程的平面波解的结构。二、波数积分技术，通过波数积分还原波场。三、水声信号处理技术，即声波阵列信号处理技术，根据接收信号估计声波到达角度，主要包括 Capon 波束成形、最小方差无失真波束成形等方法。

（二）英文简介

This course is a degree program for undergraduate students of Zhejiang University. It include three parts: a) Wave propagation theory, including the solution of a point source in unbounded medium. b) Wavenumber integration techniques, which is used to solve the solution of wave equation in homogeneous solution. c) Signal processing methods in acoustic fields, including direction of arrival angle estimation.

The Methods of discussion and examples will be used in this course, and the fundamental methods will be emphasized.

二、教学目标

（一）学习目标

本课程重点介绍水声物理的基础知识，为后续的专业课程学习、开展水声研究或毕业后从事相关工作打下基础。本课程侧重水声物理基础，通过水声学原理课程的教学，使学生系

统学习水声物理的基本原理，掌握水声发射、传播和接收的机理和规律，为学生进一步的深造学习和毕业后从事相关工作打下良好基础。可测量的教学目标包括如下五个部分：

1. 掌握声纳方程及其应用；
2. 掌握声波在海洋中传播、在目标上反射和散射、海洋中的混响以及水下噪声的特征；
3. 掌握换能器阻抗、指向性及声纳水声级的测量方法；
4. 掌握阵列信号处理中的模型及常用处理方法；
5. 培养提问意识和团队意识，通过小组协作和讨论收集信息、解决问题；
6. 提高英文水声学术文献的阅读能力和水声文档写作能力、提高英文口语表达能力。

（二）可测量结果

- 1) 了解声学方程及其边界条件。
- 2) 运用 matlab 计算声场。
- 3) 运用波数积分技术求解分层介质下的声场。
- 4) 了解阵列信号处理的基本模型及其经典方法。

注：以上结果可以通过课堂讨论、课程作业以及笔试等环节测量。

三、课程要求

（一）授课方式与要求

授课方式：a. 教师讲授（讲授核心内容、总结、按顺序提示今后内容、答疑、公布讨论主题等）；b. 课后阅读和团队合作（按照讨论题内容进行和课堂推荐参考文献，分小组进行阅读和讨论发言起草工作）；c. 讨论课（由主题发言和质疑-应答两个环节组成，学生在讨论中如能进行尖锐质疑，则会在其绩效记录中有所体现）；d. 期末闭卷考试

课程要求：熟悉基本知识、培养思维和表达能力及合作精神、提高中外文水声学文献的阅读能力，形成对水声学研究的兴趣。

说明：由于课程的性质，授课教师将特别重视数值仿真环节，课后布置的仿真作业占据总成绩的 60%。

（二）考试评分与建议

期末开卷考试开始占 40%，课程作业（主要是 matlab 数值仿真）占 60%。

四、教学安排

周次	主题	具体内容	周学时	阅读材料	思考题
----	----	------	-----	------	-----

1	水声学基础的核心概念 (讲授)	课程整体介绍、能量、功率、强度	2	Computational ocean acoustics, Sec. 1.2, 1.3	声呐探测午间效应的原因?
2	声波传播及衰减	海水中的声速、声吸收、海底及其声学特性以及声波衰减的数学描述	3	Computational ocean acoustics, Sec. 1.4, Sec. 1.5	声波传播, 费马定理
3	声波衰减的 matlab 实验	Matlab 仿真	2		
4	声波反射以及声波传播方程	声波在介质层上的反射、声波在流-固界面上的反射海面及其声学特性、海洋内部的不均匀性、互异性、衰减	3	Computational ocean acoustics, Sec. 1.6, Sec. 2.1. 2.2, 2.3	声波传播方程一般怎么求解?
5	声波反射以及数值求解声波传播方程的 matlab 实验	Matlab 仿真, 通过数值仿真加深对声波方程的理解	2		
6	Pekeris 波导的传播方程	互异性、衰减、反射效应	3	Computational ocean acoustics, Sec. 2.4, 2.5	Pekeris 波导的边界条件
7	波数积分技术	直接方法求解的优点和缺点	2	Computational ocean acoustics, Sec. 4.1, 4.2	波数积分技术的原理?
8	直接方法求解以及传播矩阵方法求解的 matlab 实验	Matlab 仿真	3	阅读材料另发	传播矩阵方法与直接方法求解相比, 优缺点? 应用场景?
9	匹配滤波方法求解到达方向估计	匹配滤波原理	2		匹配滤波的物理含义, 有没有其他可能的处理方式, 若有, 其能不能相对于匹配滤波方法在性能上有提升?
10	匹配滤波方法的数值仿真	Matlab 仿真	3		
11	Capon 波束成形以及最小方差无失真响应波束	Capon 波束成形的原理及方法 最小方差无失真响应波束成形的原理及方法	2		最小方差无失真响应的原理?

	成形				
12	Capon 波束成形以及最小方差无失真响应波束成形的 matlab 实验	Matlab 仿真	3	另发	
13	正则对于到达方向估计的影响以及二维源定位下的匹配滤波方法	理解原理以及问题建模	2	另发	正则化方法的好处？如何选择适当的正则参数以提高估计性能？
14	正则化对于到达方向估计以及二维源定位下的数值仿真的 matlab 仿真	Matlab 仿真	3		
15	语音信号处理及 matlab 仿真	语音信号处理及 Matlab 仿真	2	滤波器设计	有没有除了滤波以外的其他方法？若有，请给出 matlab 实现形式。
16	小结及复习（讲授与互动）	对整个课程内容进行回顾，重点说明课程的要点和启发，巩固讲授的知识内容，对水声学原理的问题进行展望。回答同学提问。	3		

五、参考教材及相关资料

- 1) Finn B. Jensen, William A. Kuperman, Michael B. Porter, Henrik Schmidt, Computational ocean acoustics, 2011.
- 2) Michel Bruneau, Fundamentals of acoustics, 2010.
- 3) Don H. Johnson, Dan E. Dudgeon, Array signal processing, 2012.

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