

05 中小尺度天气动力学	451
06 现代数值天气预报	454
07 边界层气象学	456
08 气候动力学	459
09 大洋环流和海气相互作用及其数值模拟	462
10 地球系统数值模拟	464
11 大气化学	468
12 大气辐射学	470
13 现代大气探测学	473
14 云降水物理学	476
15 大气科学进展与前沿	478
0707 海洋科学一级学科研究生核心课程指南	482
01 高等物理海洋学	482
02 海洋-大气相互作用	484
03 高级化学海洋学	486
04 海洋生物地球化学	488
05 现代海洋生物学	490
06 生物海洋学	492
07 海洋生态学	494
08 海洋地质过程	496
09 古海洋学	499
10 地球系统科学概论	501
11 现代海洋探测技术及应用	503
12 海洋大数据与数字海洋导论	505
0708 地球物理学一级学科研究生核心课程指南	508
01 地球物理反演理论	508
02 高等地球电磁学	510
03 高等地震学	514
04 计算地球物理学	515
05 磁层物理	517
06 电离层物理	519
07 空间等离子体物理学	521
08 空间探测原理和技术	522
0709 地质学一级学科研究生核心课程指南	524
01 岩石圈动力学	524
02 岩石化学与同位素地质学	525
03 地质学研究方法	527
04 矿物物理化学	528
05 岩石学与岩石成因	530
06 高等地球化学	531
07 现代古生物学	533

0707 海洋科学一级学科研究生核心课程指南

01 高等物理海洋学

一、课程概述

本课程是海洋科学一级学科研究生课程体系中的基础性核心课程。本课程以物理海洋学的基本知识和核心知识为主要内容,包括海水各种时空尺度的运动形式和运动规律,以及海洋的动力和热力过程导致的海洋中各种物理场的形成、分布和变化规律。课程采用描述性方式阐明海水运动的动力学规律。

二、先修课程

普通物理学、高等数学、海洋学。

三、课程目标

能够系统掌握海洋中各种物理场的形成原因、分布特征及其变化规律,了解海水各种时空尺度的运动形式的性质和特征,理解其运动变化过程及其相应的物理机制,能够对观测数据或数值模拟数据进行定性或定量的物理机制分析,具备理解海水中营养元素的分布与变化、海洋沉积物和动力地貌、海洋生物的环境分区等方面的分析认识能力。

四、适用对象

海洋科学一级学科硕士研究生和博士研究生,海洋气象学、海洋环境科学、海洋水文学、海洋工程等专业硕士研究生和博士研究生。

五、授课方式

以课堂授课为主,可辅以实验室实验或专题讨论。课堂授课宜采用多媒体方式,以增加课程内容中图形或数据的信息量。可灵活采用翻转课堂、探究性学习等教学模式。

六、课程内容

物理海洋学是研究海水的各种运动形式,以及海洋的动力和热力过程导致的海洋中各种物理场的形成、分布和变化规律及机制的学科,与海洋中的能量和物质输运、海洋物理过程和其他海洋过程之间的相互作用以及海洋和其他地球圈层的相互作用等方面密切相关。

本课程的主要内容包括以下 8 个部分。

1. 绪论

介绍地球的形状,地球的圈层结构;海洋在地球系统中的作用,海水运动在气候系统中的作用;海水运动对浮游生物和化学物质等的输运作用;海水运动的多尺度特征。

2. 海洋与海底

介绍地球表面海陆分布;海与洋,海洋的划分;海底地形地貌,海岸带,大陆边缘,大洋底。

3. 海水的物理性质

介绍海水的温度、盐度和密度,海水状态方程,海水的主要热学性质和力学性质;海冰的物理性质,海冰的形成、类型和分布;世界大洋温度、盐度和密度的分布和水团,混合层,温跃层,海洋混合;世界大洋的热量与水量平衡,海面热收支,海洋内部的热交换,经向热输运,浮力通量。

4. 海浪与内波

介绍风浪和涌浪,海浪的统计性质,海浪的生成和成长;内波的性质,内波的传播,内潮波。

5. 潮汐

介绍潮汐现象,引潮力,平衡潮,潮波的传播,潮汐与潮流的分析,世界大洋的潮汐,风暴潮。

6. 海洋环流

介绍海流运动的受力分析及动量平衡,地转流及其估算;风漂流及埃克曼螺旋,斯韦尔德鲁普关系;位涡守恒,罗斯贝波,开尔文波;风生大洋环流,西边界流,南极绕极流;热盐环流;世界大洋环流和水团分布;深海环流。

7. 海洋锋和中尺度涡

介绍海洋锋的类型和强度,海洋锋的分布;中尺度涡的类型,中尺度涡的生成与分布。

8. 中国近海区域物理海洋学

介绍近海地理环境概况,海洋水文状况;水团和海洋锋,黄海冷水团;海洋环流,上升流和冷、暖涡旋,浙江沿岸上升流,长江冲淡水;潮汐、潮流;海浪;海冰。

■ 重点:

海水运动对于能量和物质的输运作用,大洋环流对于热量的输运、分配和调节作用。

■ 难点:

位涡的概念,斜压的概念,不同尺度运动形式之间的联系。

七、考核要求

命题考试与撰写课程论文相结合。

八、编写成员名单

王彩霞(中国海洋大学)、管长龙(中国海洋大学)、赵进平(中国海洋大学)

02 海洋-大气相互作用

一、课程概述

本课程是海洋科学一级学科研究生的核心课程。本课程从不同时空尺度的海洋-大气相互作用现象出发,通过课堂讲授、专题研讨和最新研究进展报告等方式,深入浅出地讲解海洋-大气相互作用的物理过程及其生物化学效应,使学生了解海洋-大气相互作用研究的历史和国内外最新研究进展。

二、先修课程

海洋学、物理海洋学。

三、课程目标

以不同时空尺度的海洋-大气相互作用现象为例,系统地阐述海洋-大气相互作用的基本概念和动力学/热力学基础知识,进而分析各种现象背后海洋和大气如何相互作用以及海洋-大气相互作用在气候系统中的重要意义。

四、适用对象

海洋科学专业和相关方向的硕士研究生和博士研究生。

五、授课方式

多媒体课堂讲授,并结合专题研讨和最新科研进展报告。

六、课程内容

海洋-大气相互作用是海洋学科和大气学科的重要交叉方向,主要研究气候系统中海洋和大气之间如何进行质量、动量和热量的交换,从而在海洋和大气中如何表现为不同时空尺度的运动现象。

本课程的主要内容包括以下7个部分。

1. 绪论

介绍地球系统中各圈层的主要特征及其相互作用,重点介绍海洋(水圈)-大气(大气圈)相互作用的概念、海洋和大气在气候系统中的作用,并简述本课程的主要内容。

2. 海洋和大气的基本运动和尺度分析

介绍尺度分析的基本方法,给出不同时空尺度的海洋和大气运动过程的基本分类(小尺度、中尺度和大尺度)以及基本运动方程组的简化。介绍海洋-大气进行质量、动量和热量交换的主要过程及其状态量(蒸发、降水、风应力、长波辐射、短波辐射、潜热通量和感热通量)的计算。简要介绍海洋-大气系统中的多尺度相互作用。

3. 小尺度海洋-大气相互作用

介绍小尺度海洋-大气相互作用的过程,重点以波浪的飞沫对台风的影响说明小尺度海洋-大气之间的相互作用(包括波浪和台风的基本特征和运动规律、波浪飞沫对台风的动力和热力影响以及台风对波浪的影响)。

4. 中尺度海洋-大气相互作用

介绍海洋中尺度动力过程(中尺度涡旋)的主要时空特征和产生机制;介绍大气中尺度动力过程(中纬度风暴轴)的主要时空特征和产生机制;以海洋中尺度涡对大气风暴轴的影响说明中尺度海洋-大气之间的相互作用(包括大气对海洋的正压和斜压响应以及质量、动量和热量的主要交换过程)。

5. 大尺度海洋-大气相互作用

介绍热带大气和海洋的气候平均状态和季节循环特征,包括沃克环流、哈德莱环流、印太暖池、热带主要海洋流系等;介绍海洋-大气相互作用在热带年际变率(厄尔尼诺-南方涛动和印度洋偶极子、大西洋经向模态)的产生、维持和衰减机制中的作用;介绍全球气候系统中主要的年代际自然变率(太平洋年代际振荡、大西洋多年代际振荡)的主要时空特征以及海洋-大气相互作用在其中扮演的角色。

6. 海洋-大气相互作用的生态效应

海洋-大气相互作用可以影响海洋和大气的流动与蒸发降水,从而对生物和化学物质产生影响。重点介绍热带年际自然变率通过遥相关对全球气候系统的影响(包括秘鲁、美国加州和中国近海海洋的生物化学响应);年代际自然变率对全球气候系统的影响(包括对渔业捕捞和碳收支的响应)。

7. 海气耦合模式和气候变化

介绍区域/全球海洋和大气耦合模式的概念、组成部分和发展历史;介绍气候模式的概念以及海洋和大气相互作用在气候模式中的应用;气候模式与生物地球化学模式的结合和应用;气候变化的概念和国际气候变化研究计划;气候变化可能对人类的生存和发展产生的影响(海水酸化、珊瑚礁白化等现象)。

七、考核要求

命题考试与撰写课程论文相结合。

八、编写成员名单

张书文(广东海洋大学)、林霄沛(中国海洋大学)、孙即霖(中国海洋大学)、李子光(中国海洋大学)

03 高级化学海洋学

一、课程概述

本课程为海洋科学研究生核心课程,也是海洋化学二级学科硕士研究生和博士研究生专业课程。本课程系统地讲授现代化学海洋学的理论体系,通过课堂讲授、专题讨论、课程论文写作等,了解化学海洋学研究的历史和国内外最新研究动态,着重介绍海洋界面过程和化学海洋学的动力学研究方法。

二、先修课程

海洋学、化学海洋学。

三、课程目标

围绕海洋中碳、氮、磷、硅、硫、铁等生源要素的循环和耦合,在欧拉观测体系和拉格朗日观测体系的视角下,使学生从最普适、最本质的原理——质量守恒和能量守恒定理出发,通过菲克第一、第二定理的推导,引申出海洋流体场下生源要素随时间演化的表述形式,最终掌握一般情形下的动力学研究方法。在此背景下,引入停留时间的概念,结合元素的形态转化、固-液分配、界面迁移、最终归宿以及地质历史记录的反演等。着重拓展学生的知识面,培养学生批判性思考方式,使之提出重要、合乎逻辑且可供实证的科学假设。

四、适用对象

海洋化学、海洋生物学方向的硕士研究生和博士研究生。

五、授课方式

理论讲授,结合专题讨论与学生撰写专题报告。

六、课程内容

本课程旨在通过引入一般的化学方法,如元素的形态转化、固-液分配、沉淀-溶解平衡、电离平衡、同位素质量分馏、放射性衰变等,着重介绍普遍、广泛存在的海洋界面过程,追溯、反演地质历史中海洋的变化,并预测未来人类活动影响下海洋化学组成的响应与反馈。

本课程的主要内容包括以下 12 个部分。

1. 绪论

介绍化学海洋学的研究历史;课程的主要内容和基本构架;采用的主要研究方法;海水理化性质(如温度、氯度、盐度、密度等)以及测定方法;海水的状态方程;大洋的表层环流及深海环流。

2. 海水的主要组分

介绍海水中主要的阳离子、阴离子及其浓度和组成;海水主要组分的定比关系;停留时间概

念;组分由源至汇的循环模型。

3. 常量营养盐

介绍氮、磷、硅的含量、分布模式、形态转化、循环及其相互的耦合关系;海洋新生产力(固氮、陆-海相互作用);海洋中的硝化、反硝化过程;Redfield 比值。

4. 痕量营养盐

介绍铁、锰、锌、钴、镍、维生素 B_{12} 等在海洋中的来源、含量、垂直分布、形态转化、迁移、清除等过程;大气沉降;海底热液;“铁假说”。

5. 海洋中的溶解气体

介绍溶解氧、甲烷、二甲基硫、氧化亚氮等的来源、含量、垂直分布;温室气体及其温室效应研究;海洋缺氧。

6. 碳酸盐体系

介绍海水碳酸盐体系的组成;解离平衡理论;菲克尔第一、第二定理;海-气界面的滞留膜交换模型;海洋“溶解度”泵;海洋酸化;冰期-间冰期大气二氧化碳的周期性变化。

7. 有机碳

介绍溶解有机碳和颗粒有机碳的含量、组成与结构;海洋有色溶解有机物;光化学反应;“海洋生物泵”;微食物环。

8. 颗粒动力学

介绍海洋颗粒物的粒径谱;Stokes 沉降方程;颗粒物的沉降、絮凝、聚集、清除和埋藏;上层海洋颗粒有机碳的输出通量。

9. 沉积物及早期成岩作用

介绍海底沉积物的组成、分布、成因;早期成岩作用理论;主要化学反应的氧化还原序;沉积物-水界面过程;沉积速率;孔隙水交换和海底地下水排放。

10. 稳定同位素

介绍同位素质量分馏的基本原理;瑞利模型;同位素在海洋学过程研究中的主要应用(碳、氮、硅等元素不同形态转化过程指示)。

11. 放射性同位素

介绍放射性同位素的发现历史;逐级衰变理论;放射性同位素在化学海洋学研究中的应用(输出生产力、沉积速率、沉积物-水界面交换、地下水、大洋环流等)。

12. 海洋化学及未来变化

介绍人类活动干扰下的海洋化学组分的变化;未来的变化及对全球变化的响应与反馈。

七、考核要求

命题考试与撰写课程论文相结合。

八、编写成员名单

蔡平河(厦门大学)、戴民汉(厦门大学)

04 海洋生物地球化学

一、课程概述

本课程是海洋科学一级学科研究生核心课程,也是海洋化学二级学科博士研究生和硕士研究生专业课程。

海洋生物地球化学是最近 40 年来交叉融合发展所形成的新学科领域,是海洋学研究前沿和全球变化研究的重要内容。通过对以碳为核心的海洋生源要素生物地球化学过程的解析,可以为研究生源要素在全球气候变化和海洋生态环境变化中的作用以及相互间的耦合和反馈提供科学基础。本课程以生源要素的海洋生物地球化学过程为主线,以生物过程作用下物质的迁移转化及反馈为重点,通过物质的能流和物流两条脉络构筑生源要素海洋生物地球化学过程的有机联系,阐述以碳、氮、磷、硅等生源要素为典型代表的生物地球化学过程的基本原理、规律和发展趋势。

二、先修课程

大学化学或普通化学、环境科学相关课程。

三、课程目标

通过课堂讲授、专题讨论、课程论文撰写等过程,使学生理解以碳、氮、磷、硅等生源要素为典型代表的化学物质在海洋及邻近环境中迁移和转化的地球化学过程、机制以及与海洋生态系统和环境的关系,进而掌握海洋生物地球化学的基本原理和研究方法,提升对学科交叉的把握和创新能力。

四、适用对象

海洋科学一级学科研究生,地质学、地理学、生态学、环境科学及其他地学领域相关专业研究生。

五、授课方式

以多媒体课程讲授为主,辅以专题讨论和撰写专题报告。

六、课程内容

海洋生物地球化学以综合交叉为特点,课程的主要内容包括海洋生物地球化学的发展历程、基本原理、研究内容和研究意义,碳、氮、磷、硅等生源要素的海洋生物地球化学过程,人类一些典型活动影响特别是富营养化、赤潮等生态灾害、低氧与酸化和珊瑚白化等过程的海洋生物地球化学作用,海洋生物地球化学循环中的物流与能流过程以及海洋生物地球化学研究现状和发展趋势。

本课程的主要内容包括以下 8 个部分。

1. 绪论

主要介绍海洋生物地球化学的定义、发展历程、研究内容、研究方法及其研究意义等。

2. 海洋碳的生物地球化学过程

主要介绍海洋碳的分布、来源及循环过程,海-气界面碳通量,碳酸盐作用,生物泵(碳泵)作用与生物种群的功能。

- 重点:海洋各种形态碳的分布、来源及循环过程,海-气界面碳通量,碳酸盐作用等。
- 难点:生物泵(碳泵)作用与生物种群的功能等。

3. 海洋氮的循环

主要介绍海洋氮的生态学功能,硝化与反硝化过程与微生物作用,氮的收支与循环效率等。

- 重点:海洋不同形式和形态氮的分布、来源及循环过程等。
- 难点:海洋氮的生态学功能,硝化与反硝化过程与微生物作用,氮的收支与循环效率等。

4. 海洋磷与硅的循环

主要介绍磷与硅的来源、水体循环特征,浮游生物磷、硅限制,沉积物磷和硅的再生速率与生态学效应,与其他生源要素耦合作用机理。

- 重点:海洋磷与硅的分布、来源及循环过程等。
- 难点:沉积物磷与生源硅的再生速率与生态学效应,与其他生源要素耦合作用机理等。

5. 其他重要生源要素的生物地球化学

主要介绍海洋中氧、硫、铁及其他微量和痕量生源要素的来源、循环机制,特定环境下其生态学效应以及与碳、氮、磷的协同作用原理。

- 重点:海洋中氧、硫、铁的来源、循环机制。
- 难点:特定环境下氧、硫、铁的生态学效应以及与碳、氮、磷的协同作用原理等。

6. 人类活动影响下的海洋生物地球化学作用

主要介绍海洋富营养化、有害赤潮与生态灾害、低氧与酸化等发生的生物地球化学机制及控制措施,突发灾害性化学污染生物种群的响应机理,珊瑚白化的碳、氮、磷反馈等。

- 重点:海洋富营养化与有害赤潮等生态灾害发生的生物地球化学机制及控制措施。
- 难点:突发灾害性化学污染生物种群的响应机理等。

7. 海洋生物地球化学循环中的物质传输与转换

主要介绍生源物质在大气-海水-生物体-沉积物体系及在生物食物链中的传递过程,生物与环境的协生原则。

- 重点:生源物质在大气-海水-生物体-沉积物体系及在生物食物链中的传递机理。
- 难点:生物与环境的适应性机制等。

8. 海洋生物地球化学发展趋势分析

主要对海洋生物地球化学研究近年来的主要进展和发展趋势进行阐述。介绍海洋生物地球化学最新发展,如海洋沉积物/颗粒物的生态学功能、海洋微型生物碳泵、微生物介导的海洋碳氮耦合过程与收支、海洋微量和痕量元素形态及生态学意义等。

七、考核要求

命题闭卷考试与课程论文撰写相结合。

八、编写成员名单

宋金明(中国科学院海洋研究所)、李学刚(中国科学院海洋研究所)、袁华茂(中国科学院海洋研究所)

05 现代海洋生物学

一、课程概述

本课程是海洋科学一级学科研究生核心课程,也是海洋生物学二级学科研究生专业课程。

本课程系统阐述海洋生物资源的多样性与系统分类,典型类群的发育、生活史与系统进化,海洋生物独特的生命特征及其与陆地生物的异同,重要海洋生物生态类群与环境适应,海洋生物与人类活动的关系。在此基础上,进一步阐述现代海洋生物学研究的新技术和新方法,现代海洋生物学的热点、前沿与新进展等。通过本课程的学习,使得研究生全面、系统地了解海洋生物学的历史、现状与发展趋势,为开展海洋生物学及海洋科学其他学科的研究奠定扎实的理论基础。

二、先修课程

普通生物学、海洋科学相关课程。

三、课程目标

通过课堂讲授和专题讨论使学生理解海洋生物的多样性与分类、典型类群的系统发育与进化、重要生态类群的地位与功能、海洋生物的生命特征及其对海洋极端环境的适应、海洋生物与人类的关系。在此基础上,重点掌握现代海洋生物学研究的新技术和新方法,现代海洋生物学的前沿与新进展等,以及未来的发展趋势及需要解决的关键科学问题。

四、适用对象

海洋生物学、海洋生态学、生物海洋学等方向的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

多媒体课程讲授,并结合专题讨论。

六、课程内容

海洋生物学是研究海洋中生命现象、过程及其规律的学科,课程的主要内容包括海洋中生命的起源和演化,海洋生物资源的分类、分布与系统进化,典型海洋生物的生长、发育、生理、生化、遗传、生态等独特的生命特征及其与陆地生物的异同,海洋生物学的研究技术和方法。本课程的目的旨在阐明海洋生命的本质、海洋生物的特点和习性及其与海洋环境间的相互关系,海洋中发生的各种生物学现象及其变化规律。

本课程的主要内容包括以下9个部分。

1. 绪论

讲述海洋生物学的发展历程,介绍本课程的主要内容以及通过课程学习达到的预期目标。

2. 海洋生物多样性与分类

介绍分类学的概念及研究方法;常见以及主要的海洋生物类群;海洋生物的生态学类群;海洋生物与陆地生物的区别及生物多样性比较;我国海洋生物及研究现状;海洋生物的调查采集和研究方法。

3. 海洋藻类

介绍海洋海藻的多样性及主要种类,包括主要的大型藻类和微藻;藻类光合作用与系统进化;重要经济藻类的生活史与养殖;藻类生物技术与藻类资源利用。简要介绍其他海洋植物,海草的主要种类和海草床;主要盐沼植物及其分布;红树植物及红树林生态系统。

4. 海洋无脊椎动物

介绍海洋无脊椎动物的分类、形态、生理特点、地理分布、繁殖、进化等,主要包括原生动物、海绵动物、腔肠动物、扁形动物、纽形动物、线虫动物、环节动物、软体动物、节肢动物、腕足动物、毛颚动物、须腕动物、棘皮动物和半索动物等。

5. 海洋脊椎动物

介绍海洋脊椎动物的形态、解剖、生理活动、繁殖、进化、分布等,主要包括海洋鱼类、爬行类、鸟类和哺乳类,重点讲述海洋鱼类。

6. 海洋微生物

介绍海洋微生物的主要类群(海洋细菌、海洋真菌、海洋古菌、海洋病毒);海洋微生物生物地理学;海洋微生物培养技术与海洋微生物资源;海洋微生物重要生命过程;海洋微生物适应与进化;海洋微生物资源利用技术。

7. 不同生境中的海洋生物及其生活类型

主要聚焦海洋水体和沉积物两个重要的生活环境,着眼于海洋生物个体生活方式及其对环境的适应。主要介绍海洋浮游生物和底栖生物的基本概念、主要类群、主要生态类型。在此基础上,分别介绍浮游植物、浮游动物的形态特征、生态分布和意义以及分类及代表物种。简要介绍海洋浮游生物和底栖生物的研究方法。

8. 极端海洋环境生物、生命特征与环境适应

黑暗深海介绍深海水体、沉积物、热液喷口、冷泉喷口的生物资源、生命特征与环境适应。海底深部生物圈介绍海底深部生物圈的微生物、多样性、生命特征与环境适应。寡营养海域介

绍寡营养海域微生物类群、多样性及环境适应。极地区域介绍极地海洋、极地陆地区域生物的多样性、生命特征及环境适应。

9. 海洋生命科学研究的新技术、新方法、新趋势

介绍物理学、化学、计算机科学、生命科学新的技术与方法在海洋生命科学领域中的应用;大洋深海、极地区域海洋生物及其基因资源的勘探、获取与研究技术;海洋生命科学的热点和前沿领域、发展趋势、需要回答的关键科学问题。

七、考核要求

命题考试与撰写课程论文相结合。

八、编写成员名单

张玉忠(中国海洋大学)、刘晓收(中国海洋大学)、李春阳(中国海洋大学)

06 生物海洋学

一、课程概述

本课程是海洋科学一级学科研究生核心课程。本课程注重从生物学的视角和运用生物学方法阐释海洋学问题,涵盖海洋生物类群及其生理生态特性、生产力、生态过程、生源要素循环、能量传递与物质转化、环境问题与气候变化等内容,探讨由生物参与的海洋学现象、规律、动态变化与调控机制,以及这些变化和机制与物理海洋学过程、化学海洋学过程和海洋地质学过程的相互关系。本课程是气候变化和人类活动的影响与反馈、海洋环境保护、海洋资源利用等研究领域的重要学科基础。

二、先修课程

普通生物学、海洋科学相关课程。

三、课程目标

本课程旨在让学生掌握海洋环境中与生物相关的基本过程、生物与海洋之间的相互作用机制,理解在气候变化及人类活动影响下上述过程和相互作用的响应与反馈,从而领悟生物海洋学的基础知识,提高对相关交叉学科知识的学习能力和跨学科思考的能力,并掌握相应的实验技能。

四、适用对象

海洋科学一级学科博士研究生和硕士研究生,海洋生态学、海洋环境科学以及相关专业的

博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

课堂教学;学习小组讨论;阅读经典文献和最新文献资料;学生撰写读书报告/小型综述。

六、课程内容

生物海洋学是从海洋生态系统的视角研究海洋生物类群组成、时空分布、生产过程、生态适应及其与海洋环境的关系,分析海洋生物驱动的生源要素循环和碳汇等过程机制,探讨生物学与生态学过程对气候变化的响应与反馈等。

本课程主要内容包括以下 11 个部分。

1. 绪论

主要介绍生物海洋学的基本概念、研究对象和课程意义;生物海洋学区别于海洋生物学、海洋生态学的课程结构与内涵;如何用生态系统的视角、观点、方法与手段阐释海洋学问题;海洋生物功能类群在海洋生态系统中的地位与作用;生物海洋学的建立与发展历史。

2. 海洋理化环境

主要介绍太阳辐射、温度、盐度、密度、压力等海洋环境参数的时空分布规律;依据纬度、水深等划分的海洋环境区划:海洋环流、海洋层化;海水中的营养盐、溶解氧、pH 等化学指标的时空分布规律及其与生物过程的偶联。

3. 海洋光能自养生物与初级生产过程

主要介绍浮游植物的主要类群、时空分布规律及生态作用;原核光合作用与真核光合作用;光动力学与光适应、光抑制机制;初级生产力、新生产力、输出生产力。

4. 海洋化能自养过程

主要介绍化能自养生物驱动物质和能量转化;其驱动的能量和物质转化与物理、化学环境的内在联系,与光能自养过程的区别及如何驱动海洋元素循环。

5. 海洋异养微生物与生源要素循环

主要介绍异养微生物多样性与生物地理学;主要功能类群及其在海洋环境中的动态变化规律;异养微生物营养动力学;异养微生物驱动的生源元素循环;次级代谢和物质转化;异养微生物产生的环境效应。

6. 海洋浮游动物与次级生产过程

主要介绍海洋浮游动物主要类群、在海洋环境中的时空分布特征及生物地理学;浮游动物群落生产力及其受控因素;浮游动物摄食、生长等生理生态过程与物质循环。

7. 海洋底栖生物与典型海洋环境生物过程

主要介绍底栖动、植物主要类群及其生物区系特征;极区和冰区底栖生物特性与物理因子的关系;海藻(草)床、红树林、盐藻固碳与碳沉积;冷泉和热液区生物链;冷泉和热液区有机碳氮元素循环。

8. 游泳生物与渔业海洋学

主要介绍游泳动物主要类群,游泳动物的地理分布、垂直分布及季节分布;渔业资源变动与环境变化,渔获量、渔业数据、科学捕捞与渔业资源管理。

9. 生物储碳机制与气候效应

主要介绍浮游植物与有机质聚合物;有机碳分类、来源和传输;海洋生物泵和微型生物碳泵;自养生物、异养生物、病毒/噬菌体等海洋生命参与的碳循环过程;碳氮元素分馏与能流、物流;有机碳传输通量;物理海洋环境与生物储碳效应;生物驱动的碳氮循环与气候变化;从生物进化、古今海洋及对应的生物生态过程阐述全球气候效应。

10. 海洋环境变化与生态灾害

主要介绍海洋富营养化、低氧与缺氧、海水酸化、赤潮、绿潮等生态异常与灾害,上述生态灾害的诱因和反馈;海洋污染(有机污染物、重金属、塑料和微塑料、放射性废物、热废水等)及其对生物的影响;海洋升温与生物驱动碳氮硫磷元素循环和气候效应。

11. 海洋生态系统模型及其在生物海洋学中的应用

主要介绍海洋生态系统模型及其重要性,模型的种类及涉及的主要海洋学和生态学过程,模型的应用,模型的发展与展望。

七、考核要求

命题考试与撰写课程论文相结合。

八、编写成员名单

焦念志(厦门大学)、刘光兴(中国海洋大学)、张锐(厦门大学)

07 海洋生态学

一、课程概述

本课程是海洋科学一级学科研究生核心课程。本课程系统介绍海洋物理过程、化学过程与海洋生命过程之间的有机结合,海洋生物种类组成、分布格局、数量变动与海洋环境之间的关系和相互作用。

二、先修课程

普通生物学、海洋科学相关课程。

三、课程目标

本课程旨在让学生了解生物与环境之间的相互关系:生命过程对环境的依赖以及海洋生物在海洋生物地球化学循环、海洋环境变动中的驱动作用。让学生认识到海洋生物的繁殖、发育、生长、种类组成、数量变动、分布格局等都是受控于海洋环境的变动以及海洋生物自身的生物学特点。同时,让学生理解海洋生物的种类和数量变动会对海洋生态系统结构与功能、海洋生物

地球化学循环、海洋生态灾害、海洋生物资源变动,乃至全球海洋气候变化等产生重要影响。海洋生物与海洋环境是不可分割的有机整体。

四、适用对象

海洋科学相关专业的硕士研究生和博士研究生。

五、授课方式

课程讲授、案例分析、生态学基本原理分析海洋生态现象、专题讨论、热点问题分析。

六、课程内容

本课程以海洋生物学为基础:海洋中生活着什么样的生物?不同类型的生物数量有多少?它们分布在什么地方?海洋生物种类组成、数量变动的时空变化;为什么会产生这种变化?驱动因素是什么?从而导出环境的调控作用,这些环境包括物理环境、化学环境和生物环境。

主要内容有生态学定义与生态系统概念,海洋生态因子、初级生产力和海洋生物的个体、种群、群落以及整个海洋生态系统,包括不同生态类群(浮游生物、游泳生物、底栖生物)的组成、分布及数量变化,各类海洋生物的繁殖生长、栖息营养、种群动态与理化环境之间的相互关系,海洋经典食物链、食物网与微食物环,海洋生物生产过程与生物地球化学循环,海洋生物群落的自然组合规律、种间关系及其生态演替,不同类型生态系统:海湾、河口、近海、大洋、极地、深海、浮游、底栖等典型环境生态系统,海洋生态系统健康、海洋生态文明。

要求学生通过本课程的学习,结合阅读文献资料和研讨,系统掌握海洋生态学的基本概念和专业知识,了解海洋生态学对社会经济发展、生态环境保护和海洋管理以及生态文明建设的实际应用和指导意义。

本课程的主要内容包括以下9个部分。

1. 生态学与生态系统概论

简要介绍生态学基本概念、研究内容与发展概况,生态系统的组成结构与功能;海洋生态系统特点,海洋生态学领域范围与研究对象等。

2. 海洋环境与生态类群

主要介绍海洋环境类型和基本特征,海洋生物生态类群,包括浮游生物、游泳生物、底栖生物及其与环境的关系。

3. 海洋主要生态因子与生物的关系

主要介绍不同海洋生态因子的作用,如光照、温度、盐度、海流、溶解气体、营养盐等对生物的影响。

4. 海洋生物种群

主要介绍海洋生物种群的概念与种群统计学基本参数、种群的数量变动与生态策略、种群的衰退与灭绝、集合种群和种群动态等。

5. 海洋生物群落

主要介绍海洋生物群落的组成结构、种间关系、物种多样性和群落稳定性,群落的生态演替等。

6. 海洋生物生产过程

主要介绍海洋生物生产的基本过程和生产力的有关概念、研究方法,影响海洋初级生产力的因素,海洋初级生产力的分布和总量估计,海洋新生产力与再生生产力等。

7. 海洋食物网与微食物环

主要介绍海洋经典食物链和微型生物食物环,海洋简化食物网及营养结构的上行、下行控制,消费者的能量转换与次级生产力,以及生态系统层次的能流分析,海洋生物粒径谱,不同营养级间的转换效率等。

8. 典型生态系统

主要介绍浮游、底栖、海湾、河口、近海、湿地、潮间带、大洋、极地、深海生态系统等。

9. 海洋生态与经济社会发展

主要介绍海洋生态系统的服务与产出功能,海洋生态系统承载力,海洋生态系统健康;人类活动与海洋生态系统变化,海洋生态系统变化与经济社会发展之间的相互关系。

七、考核要求

命题考试与课程论文撰写相结合。

八、编写成员名单

孙松(中国科学院海洋研究所)、孙晓霞(中国科学院海洋研究所)、李超伦(中国科学院海洋研究所)

08 海洋地质过程

一、课程概述

本课程是海洋科学一级学科研究生核心课程,也是海洋地质学二级学科研究生专业课程。通过课堂讲课、专题讨论、课程论文撰写等,了解海洋地质过程研究的历史和国内外最新研究进展,着重学习过程、机理、研究方法。

本课程主要讲授海洋地质过程与产物分类、海洋地质过程的基本原理、河流输运过程与源汇效应、海洋物理过程与地质效应、地球化学过程与物质循环、生物地球化学过程与生命活动、沉积动力过程与地层体系、地球动力过程与壳幔循环,从而使学生全面把握海底科学发展态势,掌握海底科学核心内涵。

二、先修课程

普通地质学、地球化学、海洋科学相关课程。

三、课程目标

本课程以重要海洋地质现象为案例,从系统分析视角,阐述过程、机理的基本概念和动力学模拟等研究方法,使学生明了过程机理与时空尺度的关系、过程机理的定量化解释技术路线、现场观测取样对过程机理研究的重要性。由现代过程入手,掌握过程-产物关系的研究方法,针对大陆边缘和洋盆地层体系及记录、形成、演化等内容,提高对科学问题的凝炼能力,并且能将现代过程的研究方法推广到过去地质时期的过程机理研究。

四、适用对象

海洋科学相关专业的硕士研究生和博士研究生。

五、授课方式

主要是多媒体课程讲授、实习实训,并结合专题讨论。

六、课程内容

海洋地质过程是海洋地质学的重要研究方向,主要研究与海洋环境密切相关的无机物质和有机物质体系的受控因素、受控过程以及受控机理等问题。本课程以现代过程即现代洋盆和大陆边缘正在起作用的各种过程为核心,分别展示这些过程在地质体系中的特点和影响程度,进而刻画地质系统的响应。用典型案例说明现代过程如何控制系统行为和演化、重要地质现象的机理以及过程机理分析方法和流程。

本课程的主要内容包括以下 10 个部分。

1. 绪论

讲述海洋地质过程的概念和研究历史,并介绍本课程的基本结构和学习目的。

2. 海洋地质过程与产物分类

主要介绍系统分析的基本方法,给出系统过程和机理的操作性定义,定性阐明海洋地质过程的基本过程分类(海洋物理过程、地球化学过程、生物地球化学过程、人类活动过程、岩石圈动力过程)和依据研究对象或环境的综合过程类型(如陆架沉积物输运过程、边缘海形成过程、俯冲带过程、洋盆过程、洋中脊过程等),定性描述海洋地质过程的产物,包括宏观地貌环境(河流三角洲、陆架陆坡、边缘海、岛弧体系、俯冲带、海山和洋底高原、洋中脊等)、岩石地层记录(生物化石、沉积层序、物理特性、地球化学指标、年代信息等)和沉积体系(如海岸沉积、陆架盆地、陆坡盆地、海沟沉积、生物礁、深海地层、海山地层等)。

3. 海洋地质过程的基本原理

以地球系统理念为指导,强调过程和产物之间的对应关系,从环境或过程入手,从能量、物质、信息传输—转换—循环的视角,量化海洋地质过程,进而探索系统过程产物的时空规律。分地表系统动力学原理和深部动力学原理,简要介绍海洋地质过程的基本原理,其具体过程的机理分别在以下各章讲授。

4. 河流输运过程与源汇效应

重点是以源汇系统理念,贯穿流域风化过程、侵蚀过程、河流搬运过程、河口沉积过程,并延

伸到大陆边缘和深海平原内、外动力耦合过程,最终认识从源到汇各环节过程机理;以海底边界层为例,介绍沉积物在大陆边缘的集中堆积如何对区域性地质演化、区域环境变迁和动态地貌演变产生影响。

5. 海洋物理过程与地质效应

重点介绍大尺度海洋水体的能量、物质传输过程,如海平面变化与海岸带变迁,风暴、波浪、潮汐、海洋环流的动能传输,风暴、海啸、海底地震等极端事件与海底滑坡,自然水动力作用下的海岸或海底侵蚀,跨陆架物质输运与堆积,海水入侵与关键带变化等。

6. 地球化学过程与物质循环

重点介绍能量、物质的转换循环过程,如沉积物化学反应、溶解态—颗粒态物质转换、自生矿物形成、不同阶段的成岩作用、岩石相变过程、深俯冲过程的地球化学示踪与物质能量循环、脱水脱碳与岩浆演化、冷泉热液及流体循环、碳循环与全球变化等。

7. 生物地球化学过程与生命活动

重点介绍与生命活动相关的能量、物质的传输转换循环过程,以及生物信息传输,如生物颗粒物形成、营养物质和微量元素循环、生物礁(珊瑚环礁)形成、生物有机地球化学指标与深时环境变迁、油气资源形成、冷泉生物与水合物成矿、极端环境下的暗生命和暗能量系统、化能作用与深海生态系统、热液喷口能量—物质循环与生命起源等。

8. 人类活动过程与全球变化

重点介绍人类活动造成的能量、物质传输转换循环过程,人类活动引发的全球或局部环境变化、系统状态变化,如海岸防护、围海造田、海水养殖等人类工程影响下的海岸线动态、人造物质(微塑料、重金属、污染物)传输对沉积物性质的改变及沉积记录、自然资源开发对地貌演化的影响等;同时关注海洋地质过程引发的人类活动,如海平面上升期人类的迁徙、冰期人类的洲际迁移等。

9. 沉积动力过程与地层体系

以层序地层学理论为核心,介绍地层信息如何形成、地层记录含有何种信息、如何提取信息、如何恢复缺失信息等的过程分析技术,提高地层特征、指标的解译能力,建立新指标的方法。综合分析地层体系形成演化的阶段性以及各个阶段的主控过程,如河流三角洲对应于海面上升初期、海面位置稳定和海面下降时期的物理过程、化学与地球化学过程、生物与生物地球化学过程特征。探索地层特征值和重要现象形成机理,建立机理分析流程,用一定的机理来解释海洋地质体系具有多种重要现象,如沉积物有机质含量、大陆架边缘的水深、潮流脊间距等参数有着特定取值范围。

10. 地球动力过程与壳幔循环

简要介绍板块构造理论、地幔柱理论,让海洋科学一级学科的研究生认识地球动力的基本要素和过程,强调多学科交叉应必备的地质学内容,如岩石圈结构特征、热演化与岩浆活动、火山喷发的热能及动能传输;俯冲带强震形成机制与地震海啸、海底滑坡等灾害,地震等内动力能量传输;俯冲工厂与生源要素循环、深水循环、深碳循环;边缘海演变的系统过程;海底大型地貌形成与演化的内外动力机制;长期地球演变与短期地质过程的关系等。

七、考核要求

命题考试、海岸实习、海上调查、数值模拟分析与课程论文撰写相结合。

八、编写成员名单

高抒(华东师范大学)、李三忠(中国海洋大学)、杨守业(同济大学)

09 古海洋学

一、课程概述

本课程是海洋科学一级学科研究生的核心课程,也是海洋地质学二级学科研究生的专业课程。本课程采用课堂讲授、自学与答疑、专题读书报告和大型仪器测试现场培训等方式,讲授古海洋研究的基本知识,包括古海洋学的发展历史、古海洋研究方法、中生代以来古海洋演变等基本内容。

二、先修课程

海洋地质学、海洋科学相关课程。

三、课程目标

了解古海洋学的国内外最新研究进展,掌握古海洋学研究的基本方法和中生代以来古海洋演变的基本内容,并认识我国开展海陆结合古海洋研究的特色与重点所在,为研究海洋沉积古环境和深时地球全球气候变化打下扎实的理论与应用基础。

四、适用对象

海洋科学一级学科博士研究生和硕士研究生,海洋地质学方向博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

主要是多媒体课程讲授,并结合大型仪器测试现场培训。

六、课程内容

古海洋学是海洋地质学的一个分支学科,是研究地质时期海洋环境及其演化的科学。它利用现代地质学和海洋学知识,通过海洋沉积物的分析和研究,介绍古海洋表层及底层环流的形成、演化及其地质作用,阐明海水成分在地质历史中的变化,浮游和底栖生物的演化,生产力和

生物地理发展及其对沉积作用的影响,以及海洋沉积作用和海洋演化的历史。

本课程的主要内容包括以下9个部分。

1. 绪论

介绍古海洋学的概念和研究历史,并简要介绍古海洋学的基本内容。

2. 大洋地层学

介绍大洋地层学的特点和优势,进而举例说明生物(浮游有孔虫、超微化石等)地层学、磁性地层学、气候地层学(包括氧同位素地层学、碳酸盐地层学等)、年代地层学等,以及火山喷发、陨石撞击等事件地层学在古海洋学中的应用。

3. 古洋流与古温度

主要介绍海水古温度和古洋流重建中的古生物学方法、同位素地球化学方法、元素地球化学方法、有机地球化学方法、放射性测年方法、沉积学方法等,重点介绍国际最新研究方法的进展。这一章节的难点在于理解各种方法的优缺点和适用范围、误差来源等。

4. 化学古海洋学

从还原到氧化的海洋历史进程开始,介绍同位素和元素等海水化学成分的长期演化,重点介绍有孔虫壳体硼同位素等国际最新方法,进而阐述 CaCO_3 溶解指标、 CaCO_3 沉积旋回以及海洋 SiO_2 的溶解与保存等。

5. 生物古海洋学

首先介绍从光合作用到呼吸作用的海洋生产力,进而介绍大洋浮游生物与碳循环、生命元素与碳循环、海洋上升流与藻类勃发等内容,引进微型生物碳泵等新概念,最后重点介绍古生产力的各种替代性指标,特别是从同位素角度介绍氮循环、碳循环、气候变化三者之间的关系。

6. 构造尺度的古气候与古海洋

从地球的早期演化谈起,介绍古气候与古海洋在构造时间尺度($10^6 \sim 10^7$ 年)及在重大转折时期的演化,重点介绍联合古陆裂解的中新生代古海洋历史,包括新生代全球气候变冷的原因之争,以及南极和北半球冰盖形成、亚洲季风和西太平洋暖池的形成与演化等古气候与古海洋重大事件。

7. 轨道尺度的古气候与古海洋

介绍地球轨道驱动的气候旋回($10^4 \sim 10^5$ 年)的米兰科维奇理论的建立和发展,以及现代气候学进展和古气候学新发现提出的挑战,重点介绍大洋碳储库的偏心率长周期的发现,以及由此提出的冰期旋回中地球气候系统的双重驱动(冰盖驱动和热带驱动)假说。

8. 海洋尺度的古气候与古海洋

介绍古气候与古海洋的快速气候变化($\leq 10^3$ 年)的发现、地理和地层分布以及归因,既包括冰期的千年尺度事件,也包括全新世的百年尺度气候波动,强调全球(包括冰芯)和海陆(包括石笋)记录的对比,并介绍人类活动与气候自然变化的相互作用和影响。

9. 全球季风与热带驱动

全球季风的地质演变研究是我国古气候与古海洋领域在国际上具有竞争力的方面。介绍全球季风的起源和不同时间尺度上的演化,重点介绍全球季风的水循环和碳循环,并将气候演变的热带驱动落实为全球季风的新概念。

七、考核要求

命题考试与课堂习题、读书报告相结合。

八、编写成员名单

翦知潜(同济大学)、党皓文(同济大学)、王家生[中国地质大学(武汉)]

10 地球系统科学概论

一、课程概述

本课程是海洋科学一级学科研究生核心课程。经过二三百年的发展,地球科学已演化出众多分支学科。但近 30 年来,全球变化研究重心放在探索地球圈层相互作用、整合多学科知识,将地球作为一个完整系统来综合集成研究上。这促成了“地球系统科学”的诞生,它以地球圈层间相互作用为纽带,对原来分门别类的地球科学实现学科融合,以重新认知整体地球系统。本课程以原理与方法为重点,先在空间域里介绍地球表层系统的多圈层结构与跨圈层或圈层间相互作用,然后在时间域里探讨地球系统不同时间尺度的演变记录与机制。通过跨时空尺度的地球系统演变,指向性讨论当前全球变化趋势,并结合地球深部和表层系统概述“行星循环”。

二、先修课程

地球科学、海洋科学相关课程。

三、课程目标

通过课堂讲课、专题讨论、撰写读书报告等,使学生了解地球系统科学研究的历史和国内外最新进展,旨在拓宽学生知识面和学术视野,启发研究思路,促进学科交叉融合;理解地球系统圈层间相互作用基本知识,了解相关的跨学科思想;掌握地球科学从现象描述向探索机理的发展历程;使学生掌握地学思维方式、拓宽专业视野、创新学术思路;提升学生知识整理、综合分析问题的能力,提升结合自身研究开展交叉融合和创新的能力。

四、适用对象

海洋科学一级学科博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

多媒体教学、课堂讨论、专题讲座、阅读经典文献和最新文献、学生口头报告、分组讨论、撰写小型综述、海洋博物馆和地质博物馆等展馆现场教学讲解、课程实践等。

六、课程内容

本课程主要内容包括以下4个部分。

1. 绪论

介绍地球系统科学课程的背景与必要性,以及课程内涵与意义。

2. 地球系统的结构

(1) 地球系统的组成与起源。从现今地球系统的圈层结构出发,回溯地球的起源,简要介绍地球圈层的分异过程,直到探索生命起源、光合作用的起源,最后介绍现今氧化大气圈的形成。

(2) 板块构造与地幔对流。介绍陆壳形成和板块构造起源,威尔逊旋回与超级大陆,地幔柱与大火成岩省,地幔对流及其两极性。

(3) 地球系统的水循环。介绍水的特性与地球表面过程,海水起源,地球系统中水的赋存,地球表层系统的水循环,追踪水循环的地质标志。

(4) 地球系统的碳循环。介绍温室气体与碳,地球系统各圈层中碳的赋存,地球表层系统的碳循环,冰与碳:冰期旋回里的碳循环,地质碳储库的演变与深碳循环。

(5) 生态系统与生源要素循环。介绍生物圈,生产力与化学过程,生命大爆发,生物大灭绝与复苏,深时生态系统特征,生物演化与地球系统,人类世。

3. 地球系统的演变

(1) 构造尺度的演变。介绍构造运动与全球变化,海陆变迁与环境演变,岩浆活动与环境演变,现代地球系统环境的形成。

(2) 轨道尺度的演变。介绍研究历史回顾,地球轨道参数、太阳辐射和能量分配,冰期旋回的驱动机制,地质计时的天文单位。

(3) 周期转型和气候突变。介绍气候的转型与突变,气候环境的突变,气候周期的多样性,气候周期变化的转型。

(4) 千百年尺度的演化。介绍千年尺度气候波动在主要气候子系统的体现,间冰期千百年尺度的气候波动,千百年尺度气候波动的机理探索。

4. 地球系统的研究

(1) 全球变化与古环境研究。介绍从全球变化到未来地球,全球变化科学问题的争论,古环境研究的替代性标志。

(2) 地球表层系统研究方法。介绍地球表层系统的定性与定量研究,地球表层系统研究的方法体系与数据管理,地球表层系统的数值模拟。

(3) 地球深部系统研究方法与行星循环。介绍地球深部结构与过程的地球物理和地球化学研究方法,地球模拟器与地球大数据,深部过程与表层系统的耦合研究,类地行星对比研究与行星循环。

七、考核要求

命题考试与撰写课程论文相结合。

八、编写成员名单

焦念志(厦门大学)、李三忠(中国海洋大学)、田军(同济大学)

11 现代海洋探测技术及应用

一、课程概述

本课程是海洋科学一级学科研究生核心课程,也是海洋技术二级学科硕士研究生和博士研究生专业课程。

本课程以海洋科学理论为基础,以声、光、电、磁、遥感等高新技术为手段,突出技术与科学协同发展的脉络主线。主要介绍海水性质、海水运动、海气耦合、海洋生物与化学、海洋地质与地球物理、海洋目标、面向区域和全球大洋的网络化观测等内容,着重介绍海洋探测技术的历史沿革、相关理论、技术方法与前沿应用等相关知识。

二、先修课程

海洋学、普通物理学。

三、课程目标

通过课堂讲授、实习操作等,使学生了解现代海洋探测技术的历史发展过程;掌握海洋探测技术的基本原理与方法,海洋探测技术在海洋科学研究中的应用及分析方法;了解海洋探测技术未来发展趋势。

四、适用对象

海洋科学一级学科研究生,海洋技术方向博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

课堂讲授、专家讲座、实习操作等。

六、课程内容

本课程主要介绍海洋探测技术的发展、原理、方法及应用,使学生了解其历史沿革、现状与发展趋势,进而运用海洋探测技术方法认识海洋、揭示海洋科学规律。

本课程的主要内容包括以下9个部分。

1. 绪论

以海洋科学为切入点,介绍海洋科学体系研究对象,从海洋科学研究的发展史,到海洋的开

发利用以及海洋探测现状等方面,介绍海洋探测的主要成果和重要意义。

2. 海洋声学探测技术

介绍声在海水中的传播规律和海水对声的吸收、反射及散射特性;海洋声学探测基本原理及其在水下目标探测、通信和导航等领域的应用;相关声学探测仪器以及具体应用实例,包括声波测深仪、鱼探仪、地震剖面仪、波高仪、多普勒海流计等。

3. 海洋光学探测技术

介绍海水光学性质;传统光学探测技术;新兴天基主被动融合光学遥感探测技术;二者结合在海水基本物理性质、化学性质、生物性质、颗粒物有机碳、叶绿素浓度等海洋次表层信息的综合应用。

4. 海洋电磁学探测技术

介绍海水电磁参数、海洋电磁场特性、海洋磁体流体动力学及电磁波在海水中的传播规律;利用极长波探测海底岩石圈的地质构造和探矿、利用超长波和极长波实现水下潜艇通信、利用微波扫描海浪反演海浪波高和波长,以及探测技术在探测海温、表面长波、内波、潮汐和海流等方面的典型应用。

5. 海洋卫星遥感探测技术

介绍海洋遥感基本原理;海洋卫星遥感发展的三个阶段;辐射计、散射计、高度计及合成孔径雷达四大经典遥感器及其获取的海洋参数;海洋卫星遥感在科学研究和业务化方面的应用和贡献;未来发展趋势等。

6. 海洋生物与化学观测

(1) 海洋生物观测。重点介绍现代深海生物探测技术,包括微生物海底长期原位培养装备技术及深海探测装备技术等;举例介绍“三龙”深海探测装备技术在获取生物样品方面的典型应用。

(2) 海洋化学观测。重点介绍现代海洋化学原位探测技术,包括电化学、光纤化学和湿法化学分析等三类化学传感器和系留浮标,海底三脚架、AUV、ROV等常用搭载平台,二者结合的应用案例;原位探测技术应用和发展,如激光拉曼原位探测技术等。

7. 海洋地质与地球物理观测

介绍海洋地质与地球物理观测技术发展历史;近10年来快速发展的观测平台,如深海着陆器、海底地震仪、海底电磁仪、海底GPS、大洋钻探船、航空重力梯度仪等;海底地质取样技术,如拖网、抓斗、柱状、箱式等采样工具和技术;现代综合探测技术,如全海深多波束、P-Cable三维立体地震探测技术、地震层析成像技术等;国际大科学计划,如大洋钻探计划;海洋地质与地球物理观测技术的自动化、智能化发展趋势。

8. 海洋目标探测

从海洋目标信息传感、信息处理及信息融合三个层面介绍海洋目标探测技术。目标信息传感部分介绍基于声、光、电、磁等手段的目标探测机理、传感器、系统应用技术和典型应用案例;信息处理部分介绍海洋目标探测、定位、跟踪及识别的基础理论、基本方法及关键技术,并简要介绍近年发展起来的分布式集群协同探测技术及智能信息处理技术;信息融合部分介绍海洋目标探测数据的典型特点,多源异构数据的获取、管理及融合技术。

9. 面向区域和全球大洋的网络化观测

综合运用多种海洋观测手段和现代信息技术,开展面向区域和全球大洋的多参数、多维度

和长时间序列的综合连续智能化观测是现代海洋观测技术发展的重要趋势之一。本部分着重介绍 Argo 浮标阵列、海底观测网、海洋物联网等三大代表性技术。Argo 浮标阵列部分介绍 Argo 计划的提出背景、技术方案、科学目标,以及中国 Argo 计划等;海底观测网部分介绍国际海底观测网的发展现状、重要意义、系统构成、关键技术、应用领域,以及中国海底观测网计划等;海洋物联网部分介绍海洋物联网的概念设计、功能目标、应用前景、基本架构、关键技术,以及当前进展等。

七、考核要求

命题考试与撰写课程论文相结合。

八、编写成员名单

陈戈(中国海洋大学)、孟洲(国防科技大学)、吴松华(中国海洋大学)

12 海洋大数据与数字海洋导论

一、课程概述

本课程是海洋科学一级学科研究生核心课程,也是海洋技术二级学科研究生专业课程。本课程以海洋大数据和数字海洋的基本知识和核心知识为主要内容,包括海洋大数据与数字海洋的基本概念、海洋数据获取、预处理、存储管理、分析处理、同化融合、可视化和典型应用等内容。课程采用理论教学、文献阅读讨论和实践相结合的方式阐明海洋大数据与数字海洋分析处理的概念、流程、方法和典型应用。

二、先修课程

高等数学、海洋学、大学计算机基础。

三、课程目标

通过课堂讲授、文献阅读等方式,使学生了解海洋大数据与数字海洋的基本概念、发展现状和未来趋势,掌握海洋大数据获取、预处理、存储管理、分析处理、同化融合和可视化的基础理论、方法与技术,掌握海洋大数据分析处理的基本流程,能够利用大数据方法对典型海洋科学问题进行分析处理,具备运用海洋大数据技术发现问题、分析问题和解决问题的能力。

四、适用对象

海洋科学一级学科的硕士研究生和博士研究生,海洋技术方向研究生。

五、授课方式

多媒体课堂讲授为主,辅以文献阅读讨论和课程实践。可灵活采用翻转课堂等教学模式。

六、课程内容

海洋大数据与数字海洋采用数据科学的方法研究海洋自然现象、性质及其变化规律,与海洋观测探测、海洋资料处理、海洋预报与保障、大数据技术、机器学习、人工智能和数据挖掘等多领域技术密切相关。

本课程的主要内容包括以下7个部分。

1. 绪论

主要介绍大数据的概念及特征,大数据分析处理的基本流程;海洋信息化的发展历程;海洋大数据的内涵、特征与意义,海洋大数据的发展现状与趋势;数字海洋的定义、内涵、基本框架体系、发展现状与趋势。

2. 海洋数据获取与分类

主要介绍海洋数据的分类;岸基、天基、空基、海基、海床基、立体观测网等观测手段的原理,数据获取方法和数据预处理技术;海洋模型数据的生成原理、获取方法和预处理技术;海洋社会科学大数据的获取方法和预处理技术。

3. 海洋大数据组织管理和信息服务

主要介绍海洋大数据的特点和管理需求,海洋大数据信息编码与存储格式;大数据文件管理系统、关系数据库、列数据库、空间数据库、文档数据库、数据仓库和数据归档系统等存储管理系统的基本原理和使用方法;大数据云服务技术;大数据共享与信息服务。

4. 海洋数据智能分析

主要介绍关联规则挖掘算法,分类算法,聚类算法,回归分析方法,特征选择方法,异常检测方法,时间序列分析方法,卷积神经网络、循环神经网络、强化学习等深度学习方法。

5. 海洋数据同化与融合

主要介绍海洋数据同化预处理技术;集合 Kalman 滤波、三维/四维变分、粒子滤波及其混合等海洋数据同化技术;数据融合模型,数据融合中的状态估计方法和图像融合技术。

6. 海洋数据可视化与虚拟现实技术

主要介绍数据可视化的定义、形成和发展;等值线、等值面、体可视化、矢量线等海洋数据可视化的主要技术;三维海洋结构与过程的可视化;海洋场景虚拟仿真;可视化和虚拟现实技术在数字海洋中的应用;典型的海洋数据可视化及数字海洋软件系统。

7. 海洋大数据与数字海洋应用

主要介绍海洋大数据在海洋防灾减灾、海洋生态环境保护、海洋渔场渔情预报、远海航行保障、海洋与气候变化研究、海洋环境保障、海域态势感知、海洋安全辅助决策与评估中的应用;数字海洋典型应用。

- 重点:海洋数据的组织管理与服务,海洋大数据智能分析与挖掘,海洋大数据的可视化。
- 难点:智能分析方法的原理,海洋数据同化与融合,海洋大数据可视化。

七、考核要求

命题考试与撰写课程论文相结合。

八、编写成员名单

孟洲(国防科技大学)、张卫民(国防科技大学)、陈戈(中国海洋大学)、汪祥(国防科技大学)