

# 基于虚拟仿真技术开展海洋综合调查教育的教学设计研究

杨 伟, 陈 儒, 宋贵生, 张海彦

天津大学海洋科学与技术学院, 天津

收稿日期: 2023年4月3日; 录用日期: 2023年5月31日; 发布日期: 2023年6月9日

## 摘 要

海上综合调查实习是培养学生实践能力的重要手段, 是海洋科学专业教学中必不可少的环节。然而, 传统海上综合调查实习面临成本高、危险性高等问题, 随着信息技术的发展, 虚拟仿真为传统海上综合调查实习提供了更多可能性。文章探讨了基于虚拟仿真技术开展海洋调查教育的必要性与意义, 提出虚拟仿真技术在调查实习的成本控制、反复操作、规避风险与安全作业等方面的优势, 并从设计目的、原则和具体内容等方面论述了虚拟仿真的教学设计, 为开展海上综合调查和改革海洋学人才的教育教学提供了新思路。

## 关键词

海洋调查, 虚拟仿真, 海洋科学

## Study of the Design of the Virtual Simulation-Based Oceanographic Observation Teaching System

Wei Yang, Ru Chen, Guisheng Song, Haiyan Zhang

School of Marine Science and Technology, Tianjin University, Tianjin

Received: Apr. 3<sup>rd</sup>, 2023; accepted: May 31<sup>st</sup>, 2023; published: Jun. 9<sup>th</sup>, 2023

## Abstract

The teaching of oceanographic observation methods is an important way for improving the students' practical ability, which is also the essential for the education of Marine Science. However, the traditional teaching of oceanographic observation methods is now facing the problem of high

cost and high risk. Along with the development of information technology, the virtual simulation offers an optional way for the traditional teaching of oceanographic observations. This study investigates the importance of the virtual simulation-based teaching of oceanographic observations. The advantage of the virtual simulation in cost control, repeated operation, risk averse and safe operation is highlighted. We also discuss the teaching design of virtual simulation from the design target, principle, and content. This study offers a new way for the teaching of oceanographic observation and helps the education of young oceanographers.

## Keywords

Oceanographic Observation, Virtual Simulation, Ocean Science

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

海洋科学是研究海洋的自然现象、性质及其变化规律，以及开发与利用海洋有关的知识体系[1]。作为一门实践性很强的学科，海洋科学许多重大的发现与成果都是从海洋调查观测中得来的，海洋调查是海洋科学理论发展的源泉和检验理论真伪的标准[2]。因此，针对海洋科学专业的学生，不仅要熟悉海洋科学的基础理论、培养自身良好的科学素养，还要具备设计现代海洋科学相关调查、合理使用海洋仪器、并开展数据采集与分析的能力，这也是海洋科学专业人才培养的重要环节。海上实习教学是开展相关能力培养的重要手段，然而，海上实习存在实施成本大、风险高等问题，也存在可能的恶劣天气、疫情管控等诸多不可控因素。受上述种种因素的制约，学生参与相关海洋调查实习机会少，并不能得到充分实践锻炼，不利于本科教学实践的开展。

虚拟仿真是指在各种计算机系统中通过采用多种虚拟仿真技术实现不同的虚拟实验/实践环境，使得参与者能够在接近真实的环境中，完成或学习预定的实验项目[3][4]。随着技术的不断完善，虚拟仿真相关技术日益成熟，由于该技术的仿真性和交互性的特点，其被越来越广泛地应用到物理、医学、工程、航海等方面[5][6]。在海洋科学方面，虚拟仿真在物理海洋学、海洋生物、海洋生态与环境以及海洋观测等领域均有很大的结合和应用空间。基于虚拟仿真技术开展的海洋综合调查教育是指通过建设海洋综合调查虚拟仿真平台，对海洋设备、真实海洋作业情形的虚拟再现，使学生可以基于虚仿系统学习海上调查方法和相关设备操作，从而克服传统海上作业成本高、机会少等问题，有利于培养学生学习兴趣，丰富海洋学教学内容和提高教学质量。天津大学海洋科学与技术学院紧贴国家海洋人才需求，秉承“面向需求、理工结合、特色鲜明”的原则，全面开设相关海洋调查理论课程与海上综合调查实践课程，建设有海洋动力学教学实践平台、海洋化学教学实践平台、海洋观测场等实验基地，配备温盐深仪、声学多普勒流速剖面仪、波浪骑士、微尺度剖面仪等各类海洋观测仪器，具有丰富的组织学生进行出海实习以及参加海上科学考察的经验，积累了大量的实习与科考数据，这为基于虚拟仿真系统开展海洋综合考察教育提供了坚实的基础。

## 2. 基于虚拟仿真开展海洋调查教育的必要性

### 2.1. 突破成本限制、实现熟练操作

现代海洋人才不仅需要熟练掌握海洋学基础理论知识，也需要具备利用仪器开展海洋综合调查、从

实践角度认识与理解海洋的能力。如今,各开设海洋专业的高校多配合理论教学,开设了海洋综合调查实践课程,这为培养学生的实践能力提供了平台,然而相关实践教学也面临诸多瓶颈。首先,海洋实践教学存在很高的教学成本,船舶使用、设备租赁与维护等均需很大的投入,因此在教学时间上往往存在限制。在有限的时间内,学生通常无法每个人都参与到每一项的仪器操作和使用中,也很难做到同一种海上作业的反复操作,相关出海经历对于学生来说虽弥足珍贵,但也只能做到浅尝辄止。其次,现代海洋观测往往要借助精密的海洋仪器进行,而仅仅通过课堂讲解或实物观察的方式,学生并不能直观理解仪器工作原理和主要内部构造。

针对上述问题,虚拟仿真教学可以很好地突破成本限制,通过虚拟再现海上作业情形,实现对仪器设备的反复熟练操作,培养学生的实践能力[7]。虚拟仿真可以与现场海上作业的相互配合,在实际海上作业之前,通过开展虚拟仿真教学,使学生提前熟练掌握相关仪器的操作步骤,针对主要作业内容可以进行反复虚拟操作,学习仪器的使用和维护。此外,虚仿系统可以通过动画的方式将仪器内部构造进行拆分展示,有助于学生理解仪器工作原理,并认识仪器内部构造。基于虚仿系统的这些前期的准备和学习,为在真正海洋调查时最大化发挥海上作业的优势提供了基础,从而可以达到事半功倍的效果。

## 2.2. 合理规避风险、促进安全作业

海上综合调查除了极昂贵的成本,还存在诸多风险。首先是人员的安全,海上作业人员需要面对比陆地作业更复杂的情形,虽然在具体海上作业之前会对天气等影响因素进行考察,但海上风浪等造成的船只摇晃等在所难免;在具体作业、设备投放与回收等过程中也存在诸多不确定因素,例如缆绳的断裂、船只摇晃所带来的设备摆动等突发意外也会对具体操作人员的人身安全造成极大的威胁。除作业人员的人身安全以外,调查仪器的安全也是需要考量的因素。海洋调查所使用的仪器设备昂贵,在具体作业过程中面临仪器的损坏、丢失等风险,参与海上实习的学生大多是初次登船,对船上环境和仪器使用规范等并不熟悉,这也增加了人员和仪器设备的风险。除了上述风险因素,疫情等也为海上综合调查实践带来了不确定性,在疫情严重的情况下,海上调查实践作为校外集体活动,会面临疫情管控等不确定性因素,实习的延后进行也可能与其它教学安排存在冲突。

面对上述的种种风险因素,虚拟仿真教学为海上调查实习起到很好地辅助作用。通过前期的虚拟仿真教学,可以使学生对海上调查实践有更深入的认识,在反复操作练习中可以提升学生们对仪器操作的熟练程度,并提高学生的安全意识,将风险因素降到最低。同时,在疫情等特殊时期下,虚拟仿真教学可以成为海上综合调查提供第二种选择,保证对学生实践能力的培养,以新的形式完成实习锻炼。

## 2.3. 提升学习兴趣、实现效率最大化

除上述问题外,传统的海上综合调查还存在学生理解不深、走过场的情形。海上实践要求学生们认识了解海洋数据观测中的方案设计、数据获取、分析的全过程,掌握海洋观测仪器的使用原则与要领,通过现场操作加深对海洋科学理论的理解。然而,当学生们初次登船时,巨大的兴奋感与好奇心有时会使得学生们很难将关注的焦点放在海洋调查本身,特别是针对实习时间有限的情形,学生们能够静下心来操作实习的时间就更显珍贵。这一定程度上是由于学生在参加海上实习时目的性不够强,并没有带着问题来参加实习。

上述问题的解决不仅需要实习指导老师关注船上的有限实习时间,更需要在前期准备上下功夫。在前期,通过反复的虚拟仿真教学,在熟练操作仪器的同时,学生也会在虚拟仿真平台的操作中碰到各类问题,这些问题本身可以激发学生们的学习兴趣与积极性。在真正登船实习期间,学生带着虚拟仿真的经验与碰到的问题开展海上调查,从而可以调动起学生的积极性,并且在有限的时间内实现海洋实习

的效率最大化。表 1 对基于虚仿系统的海洋综合调查和海上实习教学的各自特点进行了对比,可以看出二者的特点具有很强的互补性,虽然虚仿平台所带来的现场体验感必然不及现场海上实习,然而基于虚拟仿真技术开展海洋综合调查教育可以很好地弥补海上实习风险高、成本高、无法实现反复操作等缺点,对于提升学生的综合实践能力具有重要意义。

**Table 1.** The advantages and disadvantages of the virtual simulation-based teaching and *in situ* teaching of oceanographic observations

**表 1.** 基于虚拟仿真系统的海洋综合调查教学和海上实习教学的各自特点对比

	虚仿系统	海上实习
安全性	高	低
成本	低	高
体验感	弱	强
能否反复操作	能	否

### 3. 虚拟仿真实验设计

#### 3.1. 设计目标

海洋综合调查虚拟仿真系统的主要设计目标是在现代海洋调查基础理论的指导下,基于虚拟交互的形式,通过展示、练习与设计等不同环节,巩固学生对海洋调查基本知识的掌握程度,提升灵活运用海洋学知识的能力,锻炼学生的海上实践能力,培养学生在海洋调查方面的自主创新能力,弥补单纯理论教学和海上调查实习的不足。

#### 3.2. 设计原则

海洋综合调查虚拟仿真系统具体包括三个设计原则:1) 坚持虚拟与现实紧密结合的原则。海洋科学虚拟仿真作为一个虚拟现实系统,必须与真实海上观测情形紧密结合,建立在大量海上观测、海上实习的真实经历基础上,虚拟系统必须尽量客观地反映真实海上观测情形,只有这样才能使培养的学生不脱离一线,能够更好地将虚拟仿真与现场实习进行紧密联系。2) 坚持紧密结合科学前沿、鼓励创新创想原则。虚仿系统的基本要求是培养学生的实验实践技能,在此基础上,虚仿系统应充分发挥自身优势,紧密结课科学研究的前沿问题,开展案例式教学,鼓励创新。3) 坚持交互式原则。该原则也是鼓励创新的基础,只有做到充分的交互,才能更大地激发学生的自主性,完成更高阶调查能力的培养。

#### 3.3. 设计内容

针对上述设计目标与原则,基于虚拟仿真的海洋综合调查教育系统将主要分为三大模块:1) 展示模块、2) 练习模块、3) 自主设计模块。每个模块在完成学习或练习之后,会进行相应考核和成绩展示,以下为对各个模块的具体论述。

##### 3.3.1. 展示模块

在展示模块中,学生可以根据页面提示,通过鼠标点击进入相应子模块,进行仪器原理、构造和基本操作步骤的学习。该模块是后续练习和自主设计两个模块的基础,是操作后续两个模块前的“必修环节”,主要通过动画的方式进行相应演示,并配以必要的相应文字表述和提示,使学生熟练掌握基本海洋观测知识。

海洋温盐剖面观测是海洋调查的最基本内容,针对此,目前大部分海洋综合科考船都配备的海鸟直

读式温盐深观测仪(CTD), 基于该仪器系统进行温盐剖面测量和采水作业, 该内容也是进行科考航次作业中的重中之重。图 1 以此为例设计了基于海鸟 CTD 进行温盐剖面测量和采水的操作脚本, 脚本以紧密结合现实为原则, 将涉及到的观测步骤虚仿平台要尽可能地进行详细介绍。具体来说, 虚仿系统将仪器下放前的采水瓶挂载、仪器入水后的感温过程、下放时的速度要求、上升时的采水过程等诸多细节包括进来, 共计 12 个操作步骤, 并引入不同场景下的动画展示, 在完成一个步骤的学习后, 学生通过鼠标点击“下一步”进入下一步骤学习。该模块是通过“事无巨细”的细节讲解, 力求真实刻画海上作业情形, 同时使学生熟练掌握仪器原理与操作步骤等, 发挥虚拟仿真的优势, 甚至在某些方面达到“身临其境”所不能有的效果。

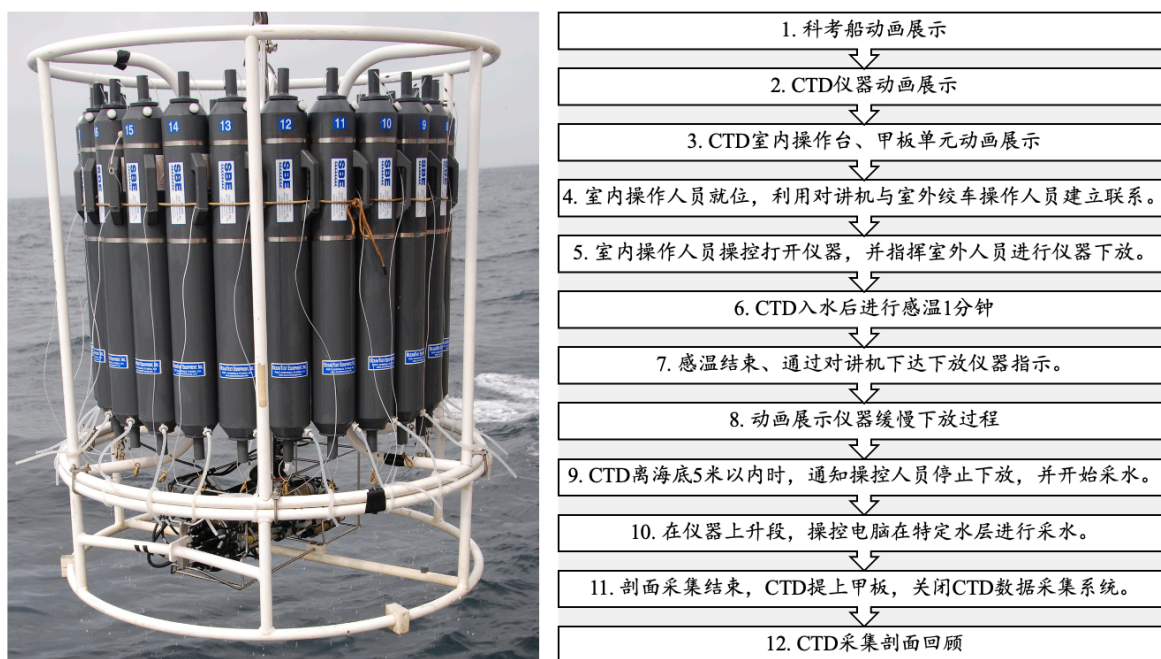


Figure 1. The photo and virtual simulation script of the deployment of CTD (conductivity temperature depth sensor)  
 图 1. 海鸟温盐深观测仪(CTD)现场照片与海上布放流程的虚拟仿真系统构建脚本

### 3.3.2. 练习模块

练习模块主要是通过系统在上的反复操作练习, 提升学生们对仪器操作基本步骤的掌握, 从而达到熟练运用的目的。该模块是在展示模块基础上进行, 学生在系统中针对某种仪器的操作, 自行选择正确的操作步骤, 在不断的练习中巩固海洋调查知识, 也为现场海上观测实习打下基础。

仍然以温盐剖面观测为例, 在完成展示模块的学习之后, 通过导航栏目进入练习模块。针对温盐剖面观测的任务, 系统上首先进行仪器选择, 如果选择不正确将不能进入下一步操作, 在正确选择 CTD 后, 操作系统完成仪器开启、操作入水等步骤。入水之后需进行必要的感温过程, 如果没有点击系统进行感温过程, 系统上将会提示操作出现错误。在按照规范的仪器操作步骤一步步完成温盐剖面观测练习之后, 系统将根据操作步骤错误出现的次数为学生的本次练习打分。

除温盐剖面观测外, 流速剖面观测也是海上科考的重要内容, 声学多普勒流速剖面仪(ADCP)是流速观测的最常用设备。流速剖面观测的练习模块中应包含针对不同观测情景的选择, 例如, ADCP 有坐底、潜标、走航等不同观测方式, 不同海区选择不同的 ADCP 搭载平台, 潜标多应用于大洋观测, 而坐底方式更多应用于陆架海观测; 对 ADCP 型号来说, 低频 ADCP 因观测范围较广, 更适合应用于大洋观测。

学生在进行流速剖面观测虚拟练习时，针对不同的观测背景，在系统上进行选择合适的搭载平台和仪器型号，如果选择错误，系统将进行提示。以上种种练习应在具体海上实习之前进行，实习指导教师指导学生在虚仿平台上的选择和操作，指出不足。

### 3.3.3. 自主设计模块

自主设计模块秉承交互性和紧密结合科学前沿、鼓励创新创想的原则，通过设计相应探索性案例，允许学生在系统中自行选择仪器设备，进行航次设计，从而提升学生们对海洋观测的理解和自主创新能力。该模块是建立在展示模块和练习模块的基础上，是在完成仪器基本知识和操作培训之后进行的高阶扩展训练。在系统设计中，要求必须要在展示模块和练习模块的考核成绩均达到 80 分以上，才能进入该模块进行学习。

新时代表海洋观测不再是“测到什么就是什么”，海洋观测的针对性越来越强，从海洋过程来说，海洋科学中的物理海洋部分包括诸多如海洋环流、中尺度涡、潮汐潮流、海洋内波、海浪以及小尺度湍流混合等横跨千公里到厘米尺度的各种有趣海洋过程，不同的海洋过程有不同的适合观测仪器与观测方案。例如，内孤立波和中尺度涡均是海洋内部的重要物理过程，但对二者的观测方法却大不一致。以下以海洋中尺度涡和内孤立波过程为例，介绍自主设计模块的内容。

进入自主设计模块中的海洋物理过程子模块后，虚仿平台的主界面在传统洋流背景下，将展示基于卫星高度计得到的海洋中大大小小的涡旋，学生可以通过拖动与局部放大将中尺度涡的三维结构进行展示，同时进一步展示中尺度涡边缘的次中尺度过程，并辅以中尺度涡和次中尺度过程的简介。除三维动画展示外，从导航栏目进入人机交互模块，自主选择仪器和搭载平台，并由三维动画展示部分切换到仪器选项，该选项可包含漂流浮标、走航 ADCP、水下滑翔机、船尾走航拖曳式观测等不同观测设备，每一种设备均配以动画展示和简介，可供学生进行自主搭配并设定仪器的观测配置。对于中尺度涡来说，由于中尺度涡的时间尺度长，空间尺度可以达到百千米，可以选择观测方式多样。例如，漂流浮标可以示踪中尺度涡的运动轨迹，走航 ADCP 观测可以揭示中尺度涡的流场结构，水下滑翔机和船尾走航拖曳可以观测到中尺度涡的温盐场结构，并对中尺度涡所引起的空间尺度可达千米的次中尺度过程进行刻画，多种观测方式的结合共同完成对中尺度涡的精细化观测。而对于海洋内孤立波来说，由于其时间尺度相较中尺度涡更短，在海洋中的传播速度更快，传统的走航观测通常无法准确抓到内孤立波的特征，不能有效捕捉到内孤立波引起的温盐变化，相比之下，定点温度链与定点 ADCP 这一“守株待兔”的方式更适合观测这一高频变化过程。

除上述以海洋过程为目标的方案设计外，针对不同的观测海域也可以允许学生进行自主方案设计。这主要是因为不同的观测海域对海洋观测方式也有不同的要求。例如在河口等海域，淡水与海水的交汇造就了这里极大的水平温盐梯度，传统的大面站观测由于站位间间距较远，已经无法满足我们对于水团演变描绘的需求，而更高空间分辨率的拖曳走航式观测则可以满足要求。该模块给予学生在航次设计方面充分的自由度，紧密结合科学前沿，在提升学生们对探索海洋的兴趣的同时，也培养学生们的创新能力。

## 3.4. 对上述海洋调查虚拟仿真设计的思考

海洋综合调查涉及的知识点和仪器操作要领等较多，是一个综合的调查实践课程。虚拟仿真设计可以一定程度上与现场海洋调查起到互补的作用，但也可能存在学生在虚仿系统中不够认真专注的问题，因此设计的虚仿系统包含了考核环节。其中展示模块和练习模块因为知识点较为固定，因此考核的评判也相对容易，通过前期输入考核答案，系统可以自行判断学生的考核情况。而自主设计模块相对覆盖的

知识面广，且在很多时候没有固定答案，因此该模块的考核需要教师在学生完成设计后人为评判。

此外，虚仿系统中的自主设计模块的构建需要教师对科学前沿有精准的把握，不同的海洋要素观测需要有针对性地设计不同的虚拟脚本，我们同时也应注意到单一教师的研究方向通常较为固定，无法满足学生广泛的研究兴趣，因此，虚仿系统的教学队伍可以更加多元化，将更多不同研究方向的教师吸纳进教学队伍，从而构建方向更全面的前沿科学问题，基于虚仿平台设计不同方向的调查方案，满足学生们科研兴趣的同时，也激发学生们的科学创新精神。

#### 4. 结语

随着科学技术的发展，虚拟仿真教学正在被广泛地应用于越来越多的领域。海洋综合调查虚拟仿真教学系统可以弥补传统海上实习在教学成本等方面的限制，基于虚拟仿真实验的共享性、开放性、交叉性和先进性[8]，在提升学生实践能力的同时，也有利于引导学生提升学习的主动性，加强创新实践能力的培养。开展海洋综合调查虚拟仿真教学系统建设为改革教育教学方法提供了新思路，是培育新时代海洋人才的需要。

#### 基金项目

天津大学本科教育教学改革研究项目(C202110)，天津大学第四批课程思政教改项目。

#### 参考文献

- [1] 冯士箎, 李凤岐, 李少菁. 海洋科学导论[M]. 北京: 高等教育出版社, 1999.
- [2] 侍茂崇, 李培良. 海洋调查方法[M]. 北京: 海洋出版社, 2018.
- [3] 李春艳, 易焱. 虚拟仿真实验室的建设与实验教学的改革[J]. 中国管理信息化, 2014, 17(24): 114-115.
- [4] 刘浩. 谈虚拟仿真技术在物理海洋学课程教学中的应用[J]. 才智, 2020(18): 167.
- [5] 陈沙, 刘平安, 刘慧萍, 等. 虚拟仿真实验室在医学教学中的应用[J]. 中国高等医学教学, 2017(1): 13-14.
- [6] 曾红, 张德强, 黄海龙, 等. 机械工程虚拟仿真实验中心建设研究与实践[J]. 实验技术与管理, 2018(1): 241-244.
- [7] 魏永亮, 胡松, 张瑜, 王家为. 基于在线教学和虚拟仿真的实习课程实施经验探讨[J]. 科教导刊, 2021(5): 28-29+34.
- [8] 杨婧灵, 白鹏, 张书文, 陈法锦, 雷桂斌. 海上综合调查虚拟仿真教学系统建设及教学改革初探[J]. 科技视界, 2018(18): 56-58.