

多波束水深测量在虚拟仿真教学模式下的改革与探究

阎德平, 武同元, 蔡悦

海军士官学校航海系, 安徽 蚌埠

收稿日期: 2025年7月13日; 录用日期: 2025年8月7日; 发布日期: 2025年8月18日

摘要

随着科技的持续进步, 虚拟仿真技术在海洋测绘领域的应用愈发广泛。在多波束水深测量课程中, 虚拟仿真系统的辅助作用显得尤为重要。借助虚拟仿真系统, 学员能够更直观、深入地理解多波束测深系统的工作原理, 熟练掌握系统的操作使用方法, 从而更快实现上岗即适岗的人才培养目标。本研究聚焦于多波束水深测量在传统教学模式与虚拟仿真教学模式下的差异分析, 旨在为提升水深测量课程的教学质量、缩短海洋测绘人才的培养周期提供一定的指导。

关键词

虚拟仿真, 多波束, 交互性

Reform and Exploration of Multi-Beam Depth Measurement in Virtual Reality Teaching Mode

Deping Yan, Tongyuan Wu, Yue Cai

Navigation Department, Naval Non Commissioned Officer School, Bengbu Anhui

Received: Jul. 13th, 2025; accepted: Aug. 7th, 2025; published: Aug. 18th, 2025

Abstract

With the continuous advancement of technology, virtual reality technology is increasingly widely applied in the field of marine surveying. In the course of multi-beam bathymetry, the auxiliary role of virtual reality systems is particularly significant. With the aid of the virtual reality system, trainees can understand the working principle of the multi-beam bathymetry system more intuitively

and thoroughly, master the operation and usage methods of the system proficiently, and thus achieve the goal of being competent for the job upon taking up the post more quickly. This study focuses on the analysis of the differences between the traditional teaching mode and the virtual reality teaching mode in multi-beam bathymetry measurement, aiming to provide certain guidance for improving the teaching quality of the bathymetry measurement course and shortening the training period of marine surveying and mapping talents.

Keywords

Virtual Reality, Multi-Beam, Interactiveness

Copyright © 2025 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

随着科学技术的迅猛发展,虚拟仿真技术(Virtual Reality, VR)作为一种基于计算机模拟构建虚拟环境的技术手段,正在海洋测绘领域的教学、科研及工程实践中发挥日益重要的作用[1]。该技术通过数字化建模生成高度仿真的三维场景,并借助人机交互设备实现用户与虚拟环境的实时互动,从而为用户提供沉浸式的学习体验。这种创新性的教学模式对传统实践类课程体系产生了深远影响,尤其在重视实践技能领域的专业人才培养上[2]。由于其在职业教育中能够有效解决复杂抽象原理难以直观展示、学生参与度不足、实验设备成本高昂以及高危操作风险等问题,虚拟仿真教学项目不仅被列入教育部“十三五”规划的重点建设内容,更成为“十四五”时期的重要发展战略。把握这一重要发展契机,构建高度仿真的仪器设备和教学场景,将对现代职业教育体系产生深远变革。

多波束测深技术作为现代海洋测绘领域的核心技术,凭借其高精度、大范围和高效率的特点,在海底地形地貌勘测、海洋资源勘探、海洋工程等领域发挥着不可替代的作用。随着我国全球海洋战略的深入实施和海洋经济的快速发展,对周边海域重要海峡通道的海洋水深测量就成为了极其重要的战略支撑,伴随着远海测量任务的增长,我国急需一批能快速掌握多波束测深技术的专业人才,以适应部队日益繁重的测量任务需要。在海洋测绘领域,虚拟仿真系统已经展现出巨大的应用潜力[3][4]。海洋测绘涉及多种专业设备和技术,如多波束测深系统、侧扫声呐、海洋重力测量系统等,这些设备价格昂贵,操作复杂,传统教学难以满足学员的需求,严重制约了教学质量的提升和人才培养的效率,而通过虚拟仿真系统则可以解决这一难题。虚拟仿真系统强调知识在特定情境中的建构与应用,而真实海洋测量环境(如不可知的暗礁、潮汐、浪涌、设备突发故障)的复杂性和不可预知性,使传统课堂难以提供“浸润式”的学习场景,而虚拟仿真软件通过还原测量船操作、海况变化及设备交互细节,将抽象原理锚定于具体工作情境中,促进知识向真实技能的迁移[5]。多波束测深系统是海洋测绘中最复杂、最昂贵的设备之一,其操作涉及多个环节,包括系统安装、参数设置、数据采集、数据处理等。虚拟仿真系统通过构建多波束测深系统的虚拟模型,模拟其操作流程和工作原理,使学员能够在虚拟环境中进行多波束测深系统的操作练习。例如,天津大学海洋科学与技术学院的多波束测量系统虚拟仿真系统课程,就通过虚拟仿真技术,模拟多波束测深系统的海上标校,切实解决了多波束海上系统费用高的问题,但也存在模拟场景不够真实、交互不强的问题;中国地质大学陈刚教授课题组开发了海底地形与底质探测过程虚拟仿真实验项目,采用3D实景再现技术,以虚拟仿真的模式对海底地形和地貌探测的基本原理进行了有机结合,提

升了学生解决复杂问题的能力,但该实验也存在操作性不强的问题[4][6];综合来看,这些已有的尝试大多局限于多波束测深作业中的单一功能或环节,未能实现对多波束测深作业全流程的有效整合,使得学员无法在虚拟环境中体验完整的作业过程,难以形成对多波束测深系统操作的系统性认知。

为解决这一问题,课程组成功研制出多波束虚拟仿真系统。该系统实现了从多波束测前的设备安装调试、测中的数据实时采集到测后的数据分析处理这一全流程作业过程的模拟操作。本研究旨在通过探究构建多波束水深测量的虚拟仿真教学模式,对海洋测绘专业人才的培养进行探索。

2. 传统水深测量教学模式的现状

2.1. 教学资源受限

多波束测深系统作为水深测量教学中的必要装备,其价格较为昂贵。以实际工作中常见的型号为例,近海作业时多波束 R2 Sonic2024 系统的采购价约为二百多万人民币,而远海测量时多波束 Seabeam 3012 系统的采购价更是高达一千多万万人民币[7]。此外,不同的基层单位采用的多波束测深系统的型号也有所不同,院校和培训机构很难在培训时将各种型号的多波束都顾及到。

此外,多波束测深系统操作复杂,对操作人员的技能要求较高。但在传统的教学过程中,碍于装备熟练及师资力量,往往存在“一人做,多人看”的问题[8][9]。学员缺乏足够的时间进行训练,甚至有的学员课堂上没有进行一次训练,对仪器的操作使用仅仅停留在记忆层面,难以实现理论知识与实践操作的有效转化。这直接造成学员在走上工作岗位后,难以胜任实际工作任务要求,无法满足部队实际需要。

2.2. 教学流程僵化,缺乏实践技能过渡

水深测量课程虽然是一门偏实践的课程,但在传统的教学流程中,教师在讲解多波束测深的原理和多波束测深系统的操作使用时,由于缺乏配套的设施,学员通常只是被动地接受知识,记忆停留在较浅的层面,不能很好地和实践技能相结合,进而影响学员实践能力的提升,学员只是简单的停留在怎么做,而不知为什么要做,也难以满足实际任务工作对高素质技能人才的需求。

2.3. 教学课堂缺少互动形式

受传统的教学方式的影响,教师在进行授课时通常采用直接讲授或演示等方式进行教学,在授课过程中为了活跃课堂氛围,教师则采用提问的形式对学员进度进行检验,这种传统教学模式存在一定的局限性,一方面这种刻意的设问难以激发学员的学习兴趣,且由于时间和内容限制,教师也难以在有限的时间内和所有学员进行有效互动,此外这种刻意的设问方式在回答上往往带有一定的指向性,可能会不利于培养学员的创新思维和独立思考能力。

3. 多波束测深系统的虚拟仿真教学模式构建

3.1. 构建虚拟仿真系统资源库

为了满足多波束测深教学的多样化需求,构建了全面、系统的虚拟仿真系统资源库。虚拟仿真系统资源库是多波束测深教学虚拟仿真系统的核心组成部分之一(见图1所示)。首先,学员可以通过仪器认知模块对多波束测深系统的组成和结构进行初步了解,对多波束测深系统建立一个浅薄的认知,认知阶段要能够清楚仪器的基本结构和原理,因此在该模块中还可以实现与实际装备一致的拆装演示,以及符合实际测量流程的交互操作,让学生对于基本机理和测量过程形成有意义的建构;其次学员还可以通过仪器操作模块对多波束测深系统中的关键传感器单元进行简单的操作,直观了解多波束测深系统各传感器单元的作用,为后续自主完成多波束系统的操作使用打下坚实的基础。



Figure 1. Multi-beam virtual simulation system resource library for instrument cognition

图 1. 多波束虚拟仿真系统资源库之仪器认知

建立资源库还可以将多波束水深测量过程中学员可能用到的全方位知识进行整合,并有效分类,使学员能够在虚拟仿真系统中根据教员授课内容动态地查看教学资源,进行有针对性地学习和练习。教师可根据授课内容在多波束虚拟仿真系统中对视频、课件进行实时更新,为学员提供了丰富多样的学习材料和方式。学员可以通过多种感官通道接收和理解信息,提高学习的效果和兴趣。

3.2. 优化教学流程,进行标准化施教

为了提高学员的实践能力和教学质量,教学流程的优化是重中之重。在多波束测深教学中,教师需要深入分析每名学员的学习能力,动态调整教学计划,以满足不同学员的需求。当学员数量较多时,教师会力有不及,这就需要借助虚拟仿真系统进行实现。对于一些适合集体授课的内容,教师采用传统课堂教学方式,先进行集中讲解和示范。而对于一些需要实际操作和体验的内容,则借助虚拟仿真系统的高精度场景进行训练。这种教学方式的灵活组合,保证了教学的系统性和全面性。在具体实施过程中,由于多波束测深系统复杂、涉及的操作技能较多,需要分步骤、分阶段地进行教学,为强化学员的记忆,教师可通过虚拟仿真系统开展标准化施教,实时掌握学员的技能掌握情况,合理安排教学内容和进度。例如,在多波束测前准备一课中,教师在课前通过虚拟仿真系统的资源库下达预习任务,要求学员通过配套教材、视频和动画进行自学,了解基本概念和操作流程形成课前认知;课中教师利用虚拟仿真系统进行合理地分步示范讲解,教师讲解时,学员认真观摩操作步骤和强调细节,跟随教师的示范进行学习。教师每完成一步,学员随即按照示范进行该步练习,及时巩固所学知识和技能(标准化流程操作见图 2 所示)。这种“讲解-示范-练习”的教学模式,既实现了低师资依赖,又提高了教学效率,让学员在做中学、学中做。当学员完成教师分步讲解示范后,可以独立或分组完成科目的全流程操作,进一步提高操作的熟练度和准确性。虚拟仿真系统提供实时反馈,教师及时帮助学员纠正操作中的错误,并引导学员总结反思。

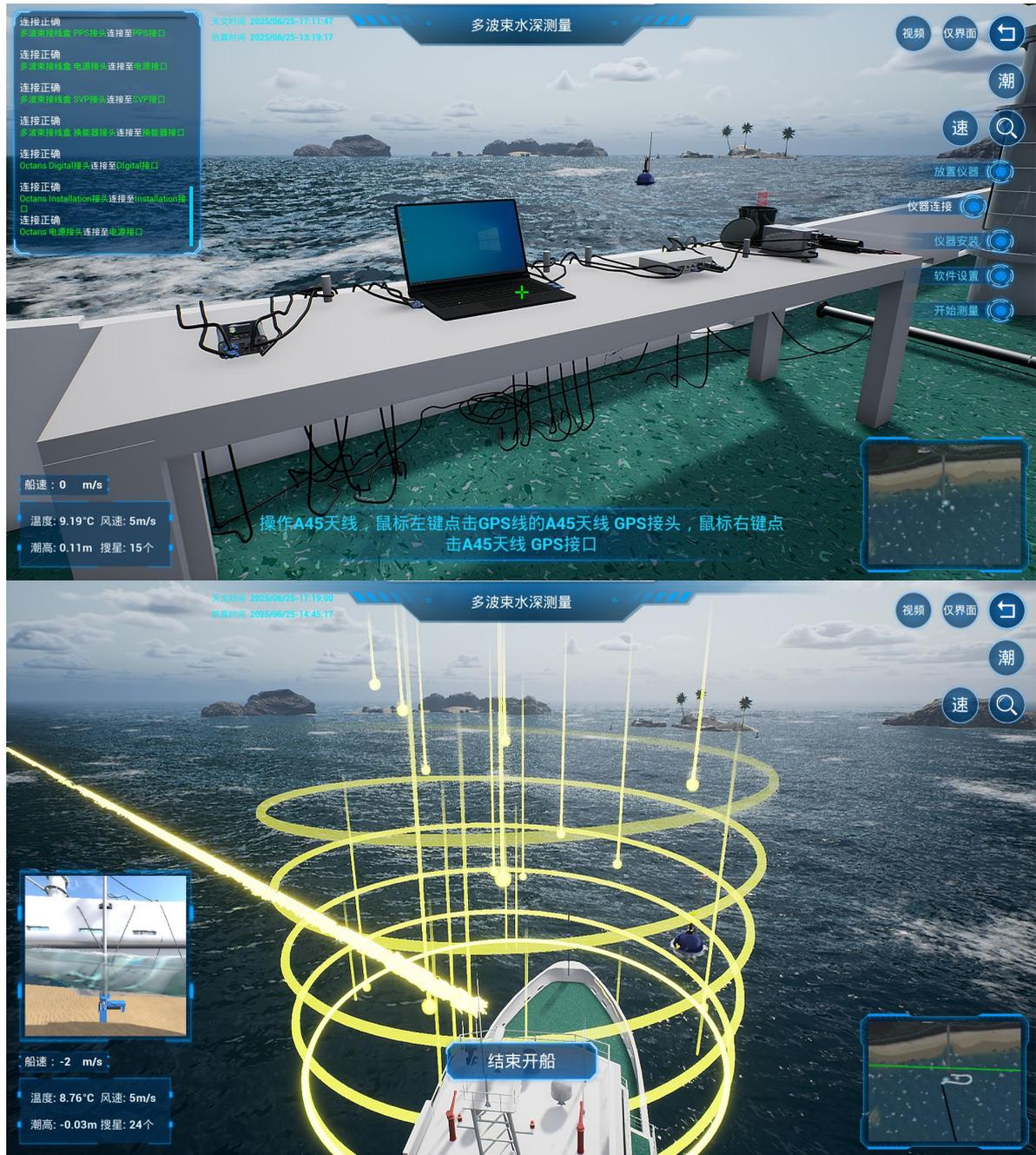


Figure 2. Standardized operation process of multi-beam virtual simulation system
图 2. 多波束虚拟仿真系统标准化流程操作

虚拟仿真系统与实操训练的结合是提高教学效果的重要策略，须知虚拟仿真是为了能更好的掌握实操技能。在多波束测深教学中，鼓励学员将虚拟仿真系统中的经验应用到实操训练中去。例如，在多波束的仪器连接一课中，由于多波束测深系统不仅组成配件多，且线路连接也较为复杂，如果不知道这些线路的作用，就很容易连接错误(见图 3 所示)，一旦连接错误没有及时发现不仅会影响测量任务的进度，还会损伤我们的装备，以浅水多波束 R2 Sonic2024 为例，市场价为二百多万人民币，可见如果直接采用实装进行练习，不仅效率低而且成本高！此时，我们就需要借助虚拟仿真系统为仪器的连接提供支持，

学员可以先在虚拟仿真系统中通过反复训练操作熟练掌握仪器的连接方式,教师可视情组织标准化考核,对仪器连接的顺序和时间做规范性要求,标准化考核通过合格的学员可再进行实装的训练,这一模拟与实际的有机结合,有效解决了训练台位不够和训练成本高的问题。

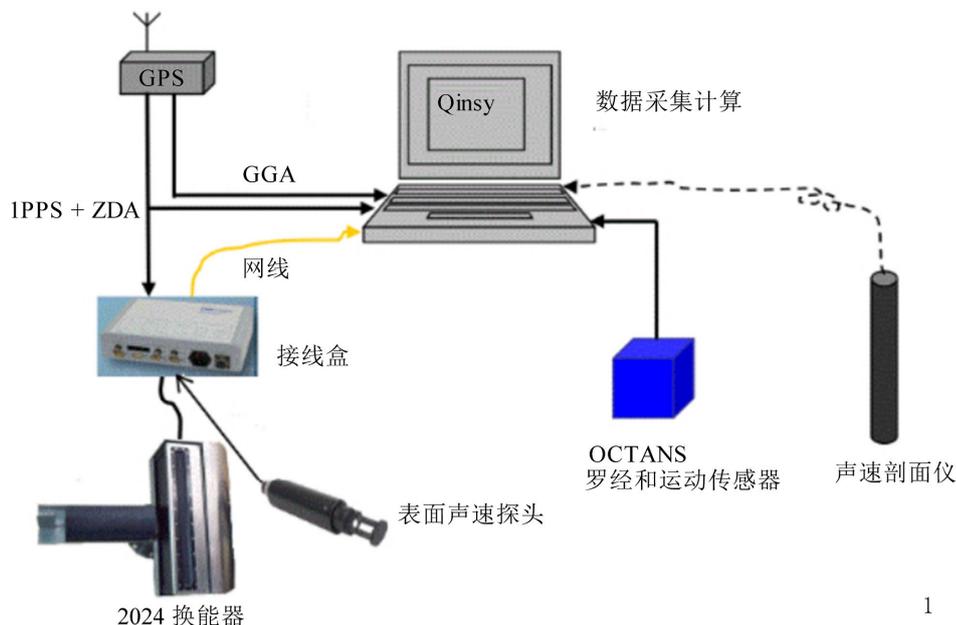


Figure 3. Multi-beam Bathymetric System Cable Connection
图3. 多波束测深系统线路连接

3.3. 虚拟仿真系统交互协作学习

学员在完成仪器认知和仪器操作的原理学习后,要有足够的练习场景和实践经验来实现理论与实践的有机结合,学员可以进入虚拟仿真系统的模拟训练中,虚拟场景与真实工作场景一致,包含沙滩、浅礁、沉船、海域、小岛、潮汐与海底环境等(如图4所示),并且构建真实感的第一人称视角模式,在场景内进行浏览、运动,增强学员练习的兴趣。

不同于别的虚拟仿真教学方案,多波束虚拟仿真系统为了更加真实的模拟场景,使用基于游戏的UE4引擎进行编辑,采用的第一人称视角模式,学员可在测量船和岸上自由移动,还模拟了测量船的测线布设和航行路线规划。这种沉浸式体验打破了传统“围观式”教学的局限,使学员从被动观察者转变为主动实践者。例如,在有浅滩、暗礁的复杂海域进行测量时,学员需考虑测量船的吃水深度是否符合要求,测线布设时是否要避开这些浅点——这些场景化练习不仅能够深化学员对专业知识的理解,有效促进了理论知识向实践能力的转化。同时,第一人称视角带来的沉浸式体验,将传统的重复性操作训练转变为具有探索性质的“挑战任务”,显著提高了学员的训练积极性,学员不仅课上愿意学,课后也愿意利用自习时间开展技能经常训练对操作技能进行巩固。

多波束虚拟仿真系统通过重构教学交互模式,彻底改变了传统课堂中“教师单方面讲、学员被动听”的单向信息传递状态。系统依托交互式操作界面,将多波束测深系统的复杂操作流程转化为类似“沉浸式游戏”的标准化任务过程——学员需像打游戏一样先熟悉多波束虚拟仿真系统的操作界面,掌握拿起、操作模式、内置软件、蹲、跳等多种交互性操作,然后通过点击鼠标、拖拽、输入等动作方能完成设备开机、校准、测量等流程操作。这种“主动探索式”学习替代了被动记忆,使学员在反复操作中自然熟悉界面逻辑与操作规范,为实际设备使用奠定扎实基础。

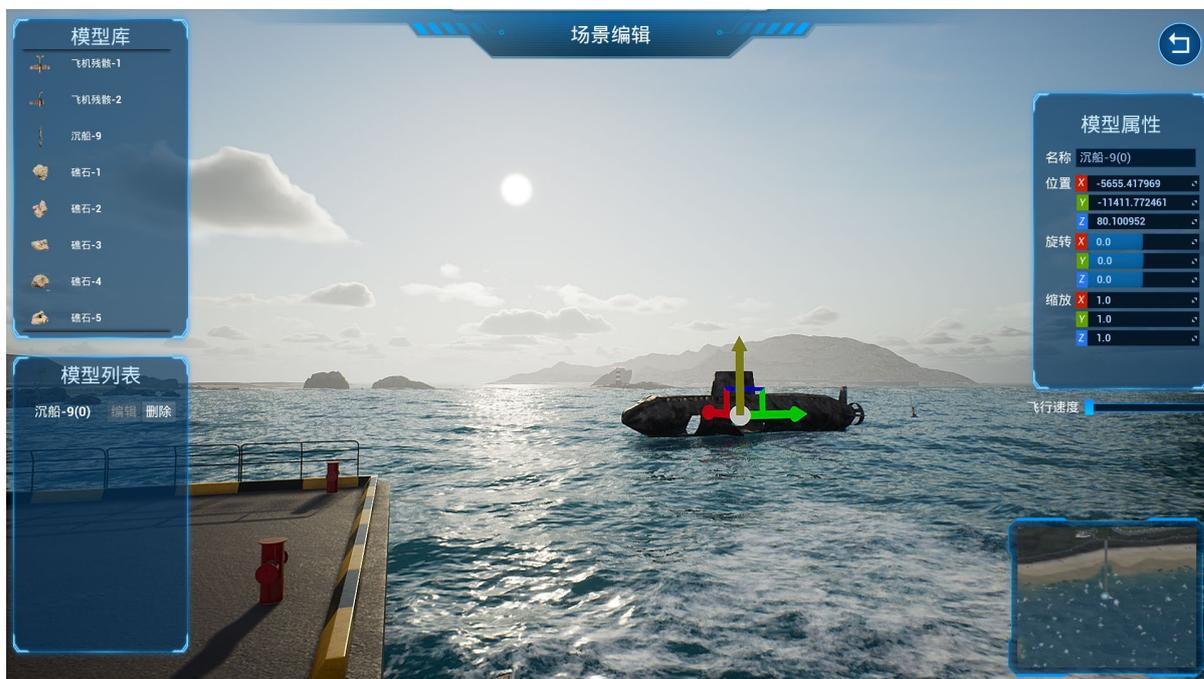


Figure 4. Scene setting of the multi-beam virtual simulation system

图 4. 多波束虚拟仿真系统场景设置



Figure 5. Guidance prompt of the multi-beam virtual simulation system

图 5. 多波束虚拟仿真系统导引提示

例如，在模拟“多波束系统仪器连接”任务中，学员需依次完成定位部分、姿态部分、测深部分和数据处理部分等的连接，每一步操作如果出现错误，系统都会在状态栏予以提示(见图 5 所示)，需要学员主动排查问题并解决。这种交互设计不仅增强了学习的趣味性，更引导学员深入思考操作环节的关联性，

从“知其然”走向“知其所以然”。此外，在训练中引入标准化的评分标准，学员每次训练完后系统都会根据学员的操作情况进行打分，这种设计会吸引学员去不断反复地训练去获取更高的分数，达到以赛促学的目的。相较于传统教学中“教师演示一遍、学员记笔记”的模式，虚拟系统的高交互性使学员的参与度提升近 80%，学习专注时长显著延长。

同时，模拟训练过程中虚拟仿真系统还可以提供系统导引指示，通过动画、语音提示等方式，引导学员首次完成复杂的操作流程。学员可以按照系统导引提示逐步操作，掌握正确的操作步骤和方法，在不降低训练标准的情况下，降低科目训练对师资的依赖。当学员掌握操作流程后，可关闭系统导引提示，真实地模拟实际工作场景，检验对科目技能的掌握程度。系统还记录了学员的学习过程和操作结果，方便教师进行评估和指导。

3.4. 学习效果评价机制

多波束虚拟仿真系统集成了一套多维度的综合评价机制。该机制从学员进入虚拟场景后开始对学员的整个操作过程进行监控和分析，包括每一步操作中的易错点、操作的时间和整个训练科目完成情况。系统通过记录和分析学员的学习数据，生成详细的学习报告和分析结果，如图 6 所示。教师可以根据系统记录的学员操作时长和易错知识点学员的学习情况进行分析，动态调整教学流程和教学内容，如图 6 所示，通过对海洋测量 23 名新兵的操作情况进行分析，分析表明设备连接环节是高频错误点，其中 GPS 接收机串口的连接容易错接和漏接，这印证了认知负荷理论所述——新手面对多端口设备时，空间记忆与程序性知识的双重负荷下知识不能融会贯通易导致操作失误[10]。系统还提供了对比分析功能，教师可以比较不同专业背景学员或不同学历层次学员的学习数据，发现学习特征差异，从而因材施教。

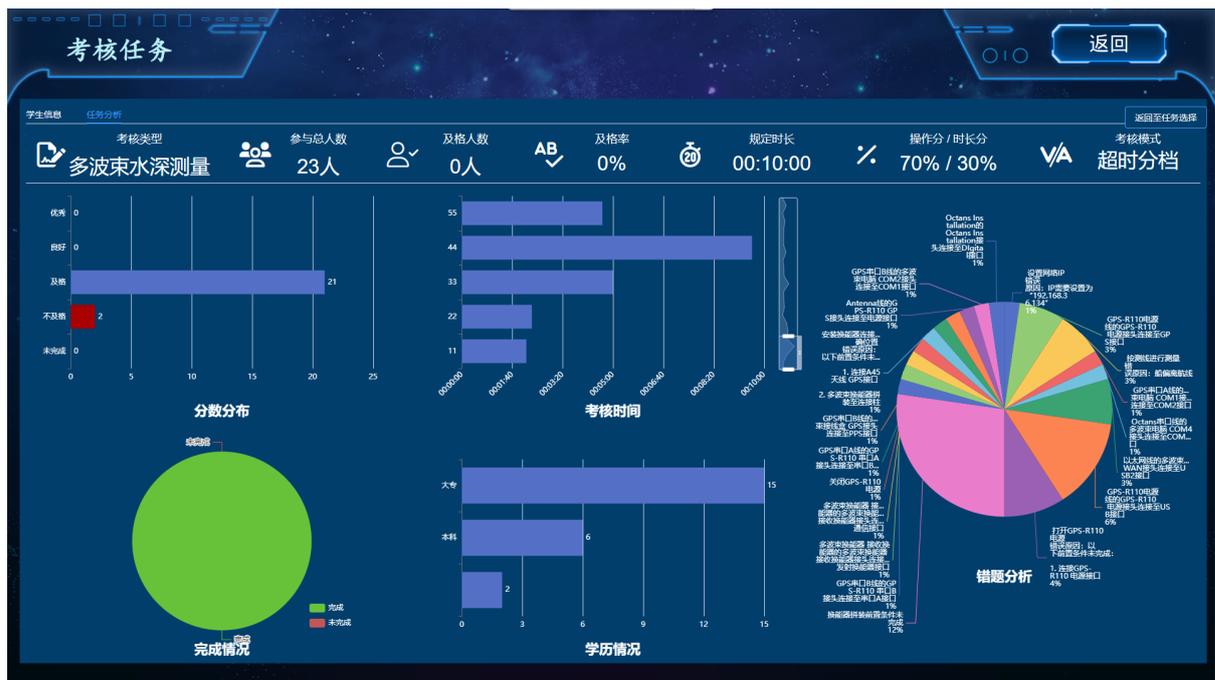


Figure 6. Comprehensive evaluation of learning effect of multi-beam virtual simulation system

图 6. 多波束虚拟仿真系统学习效果综合评价机制

此外，该虚拟仿真系统还集成了考核记录模块，能够实时记录学员的训练数据，在完成训练任务后，学员可通过系统提供的考核记录模块对学习成效进行客观分析。这种多元化的评价方式，不仅帮助学员

了解自己的学习情况，也促进了学员之间的交流和学习，形成了良好的学习氛围。

4. 研究局限性

本文探究了虚拟仿真系统在多波束水深测量教学中的应用效果，研究表明通过虚拟仿真系统的辅助，学员在课上的积极性和自主性得到显著提高，学习效果和实践能力也得到了明显提升。一方面，通过虚拟仿真系统的三维建模和交互式展示，学员普遍对多波束测深系统的结构和原理有了更直观、更深入的理解；另一方面，学员可以利用虚拟仿真系统的资源库，在虚拟仿真系统中按照标准化流程要求反复地训练掌握多波束测深系统的使用方法。但我们同时也认知到当前虚拟仿真软件在教学中仍存在很大的局限性，主要体现在以下方面，一是当前虚拟仿真系统更多地体现在虚拟上，而做不到仿真，主要依赖于视觉和鼠标/键盘交互，虽然也有设置 VR 手柄操作，但船舶晃动、仪器设备的沉重感等一些真实体验感还有所欠缺；二是环境动态物理量不足，模拟的海况及海底地质变化是系统提前预置好的，缺少实时变化的复杂性和随机性，环境动态模型的精细度有待进一步提升；三是本多波束虚拟仿真系统更侧重程序化操作，忽略了非程序化问题解决能力的评估方法，系统不能对学员在复杂、非预期场景的临场应变和处置能力进行评估。

5. 结语

尽管虚拟仿真系统碍于其真实性和操作感，还不能取代传统教学模式，但可以预见不久的将来，随着科学技术的不断进步，虚拟仿真将与云计算、大数据、人工智能等技术进行深度融合，特别是在知识图谱、集成式 AI 导师、支持协同任务等方面正大力推展的现在，这些发展将为海洋测绘人才培养模式带来更多的可能性，使虚拟仿真系统这一模式真正地做到培养出“上岗即适岗”的急需人才，为适应部队日益繁重的测量任务需要做出重要贡献。

参考文献

- [1] 孙爱娟. 职教领域虚拟仿真教学资源建设与应用探析[J]. 中国电化教育, 2012(11): 109-112.
- [2] 周紫薇, 周学广. 军事院校职业技能虚拟仿真训练研究[J]. 教育进展, 2022, 12(7): 2533-2539.
- [3] 郝明, 杨敏, 范洪冬, 等. 测量学课堂虚拟仿真教学方法[J]. 测绘科学技术, 2019, 7(1): 24-29.
- [4] 王楠, 徐永臣, 陶常飞. 多波束海底地形三维虚拟仿真研究[J]. 海岸工程, 2019, 38(3): 203-209.
- [5] 张磊. 全智能教育空间建构——基于情境认知理论的分布交互式视景仿真研究[J]. 重庆高教研究, 2021, 9(5): 34-43.
- [6] 吴国栋, 申家双, 王克平, 等. 2022 年《海洋测绘》论文综述[J]. 海洋测绘, 2023, 43(6): 1-5.
- [7] 丁德荣. R2Sonic2024 多波束测深系统应用探讨[J]. 机电技术, 2011(4): 130-132.
- [8] 张剑. 课程发展引领课堂变革[J]. 上海教育, 2022(34): 43.
- [9] 张会霞, 程玉芹. 推进高校教学改革提升教学质量[J]. 教育进展, 2019, 9(3): 230-234.
- [10] 徐前, 郭存. 认知负荷理论在学校学习中的困境与出路[J]. 社会科学前沿, 2023, 12(12): 7390-7394.