深基坑支护虚拟仿真实验教学探索

尹泉

湖南城市学院 湖南省益阳市413000

**摘要**：近年来，随着城市地下空间的发展和利用，基坑工程向着深度大规模大的方向发展，对深基坑支护也提出了更高的要求。传统深基坑支护实验教学因其教学模式落后，现场实验难以开展等弊端，无法满足现代化土木工程专业人才培养的需求。本文在新工科建设背景下，分析当前深基坑支护实验教学存在的多种现实问题，探索运用虚拟仿真技术，促进教育信息化改革，破解实验教学老大难的问题，满足行业发展以及实践能力培养的需求，具有重要理论和实践意义。

**关键词**：虚拟仿真技术；深基坑支护；实验教学

**1引言**

随着城市现代化发展，城市人口密度增大，为满足人们生活需要，城市地下空间得到了越来越多的重视和利用，城市的基础交通设施和公共基础设施建设向着立体纵向化发展。我国的城市地下空间开发规模位居世界前列，且开发规模还在迅速增长，开发形式以地下商场、地下停车场、轨道交通、综合管廊为主。据不完全统计，我国已有52个城市投运了城轨交通线路，总里程达9788.64公里。自2013年我国大力推行城市综合管廊建设以来，已建成的里程数达1700km，而在未来城市地下综合管廊的需求量将超过30000km[1]。

这些城市的基础交通设施和公共基础设施建设使深基坑工程进入高速发展期，且向着深度大，规模大，数量多，周围环境复杂的方向发展。因此，深基坑支护作为保障基坑工程安全，防止事故发生的工程结构，其重要性也越来越高。为了让学生掌握深基坑支护相关知识，了解前沿技术，具备从事相关科研，设计和施工管理的技能，采用合理的措施提高教学质量十分有必要。

虚拟仿真实验教学因其形式新颖、技术先进、使用方便、构思巧妙等优点，在最近几年中，受到了人们的普遍重视并被广泛使用。在《教育部关于开展国家虚拟仿真实验教学项目建设工作的通知》中，教育部明确指出，要把实验教学信息化，当成是促进高校体制改革的一个重要因素，用优质的实验教学，推动高校实现跨越式发展，从而促进高校的发展。在国家的大力支持和有关政策的扶持下，我国高校和高职院校共开发了四万多个国外和省级虚拟仿真试验，为继续提升实验教学质量、推进高职教育内涵式发展提供了强有力的支撑。运用虚拟仿真技术，提高实验教学质量，满足行业发展需求，具有重要意义。

**2深基坑支护实验教学现状**

**2.1实验课程体系不完善，实验教学计划缺**乏

在培养学生大胆质疑、深度分析、解决复杂问题的能力以及高等思维方面，实验教学是非常关键的一步，它在提高学生的综合素质、实践动手能力与创新意识方面起到了非常关键的作用[2]。然而，很多教育者都把实验教学看作是理论教学的附属品，认为它是一个检验理论知识的过程，它是为理论课程而生的。他们没有意识到，对学生而言，实验教学是认识规律最直接，最有效的方式。这种“重理论而轻实验”的教学模式，也使得学生的实际操作能力得不到有效地提高，与“理论与实验并重”的人才培养理念相违背。

由于实验课程体系并不健全，原本应该是单独开设的实验课没有被单独开课。理论课程与实践课程的衔接不密切，实践与综合能力较弱。学科之间没有进行交叉和融合，导致大多数学生对跨学科知识的认知变得模糊不清，似真似假，不能让培养学生综合能力和综合素质的教学目标得以实现。

**2.2实验室建设有待提高，现场实验难以开展**

现场深基坑支护实验具有以下特点：

（1）实验场地不易获取：深基坑支护实验需要在现场进行，需要大面积的空地和大量的材料和设备，场地不易获取，会限制学生实验的数量和质量。

（2）实验周期长：深基坑支护实验需要进行大量的土方开挖、支撑、混凝土浇筑等工作，实验周期相对较长，容易影响学生的学习进度。

（3）实验成本高昂：深基坑支护实验需要大量的材料和设备，成本相对较高，需要投入大量的经费和人力资源进行施工和管理。

（4）实验安全隐患大：深基坑支护实验涉及到高空作业、重物搬运等危险操作，容易给学生带来安全隐患。

（5）实验数据不易获取：深基坑支护实验需要进行现场观察、测量和数据记录等工作，数据不易获取和分析，容易影响学生的实验效果和结果。

基于以上特点，以及校内实验室条件的限制，在传统的实验教学中，深基坑支护相关的实验教学往往通过施工现场认知实习和课堂教学两种方式进行。

现场认知实习一般由老师带队，前往当地施工现场，由老师或施工现场工作人员讲解相关知识。受时间和地点的限制，现场认知实习难以找到具有典型特点的施工现场，且由于施工周期长，学生只能看到某种支护类型施工的某些阶段，不能对整体的施工过程有深入了解。

课堂教学主要采用的是ppt和多媒体讲解，在教学的过程中，由于深基坑支护施工的很多内容过于抽象，许多内容只有文字的说明和简略的配图，例如逆作法施工、连续墙支护。因此，学生对其的了解程度还只是停留在浅显的层面上，并不了解真正的施工过程。学生的学习主动性更多地偏向于能够动手操作或能够实际观察到的事物，他们对枯燥的理论有一种抗拒的情绪。因此，课堂教学“灌输式”的教学方式会使学生失去学习主动性，不能达到理想效果。

**2.3学生对实验教学不够重视，实验教学考核方式有待改善**

调查表明，很多学生对实验课程兴趣不高，没有认识到实验课程的重要性，缺乏主动性和积极性。究其原因，一是由于专业课程设置的不合理，实验课时过少，导致了综合性、创新性实验的不能有效开展，致使学生对实验的兴趣不高；二是实验课程的考核方法不合理，大部分的学生在做实验之前，都没有对实验进行充分的预习，在做实验的时候，只是对着实验指导书按部就班，并没有对实验中所遇到的问题进行仔细的思考，更没有对这些问题的解决办法进行深入的研究，还有一些学生通过对数据的篡改和拼凑来完成实验。

很多高校的实验教学考核，都还停留在单纯的查阅学生的实验报告上。但是，在这个过程中，并没有能够完全地反映出学生对实验的重视程度，也没有能够在这个过程中完全地反映出来。在传统的实验教学方式中，很难对学生的实践能力和创新能力进行培养，这不仅浪费了教学课时，还对珍贵的实验资源造成了极大的浪费。

**3虚拟仿真实验教学模式**

**3.1实验条件简单化**

虚拟仿真实验教学突破了时间和空间的界限，解决了原有实验教学实验周期长，实验成本高，内容单调，危险性高等问题，学生可以通过计算机和手机终端，在任何时间、任何地点，随时进行虚拟实验。虚拟仿真实验教学可以避免实验中可能出现的危险和风险，保障学生的安全。虚拟仿真实验教学不需要购买昂贵的实验设备和材料，节省了教学成本。此外，虚拟仿真实验教学还可以避免实验设备的损坏和材料的浪费，减少实验过程中的资源浪费。虚拟仿真系统，真正实现了实验教学的完全开放，对实践教学的时间和空间进行了扩展，充分体现了“以学生为中心”的教学理念，极大地激发了学生的主动性和积极性，对学生的个体化培养和成长起到了积极的作用。

**3.2实验过程自主化**

虚拟仿真实验教学可以让学生自由选择实验材料、实验方法、实验参数等，增强实验的探索性和创新性。比如，学生可以根据自己的想法和目标来设计和调整实验方案，观察和分析实验结果，发现和解决问题，提出和验证假设等。这样可以让学生主动参与到实验中去，锻炼思维能力和创造能力，培养独立思考和解决问题的能力。虚拟仿真技术还可以帮助学生们更好地理解实验结果，更好地分析实验数据，从而更好地掌握实验知识，提高实验教育的质量。学生可以在虚拟环境中多次进行同一实验，加深对实验原理和实验过程的理解，提高实验技能。

**3.3能力评价科学化**

虚拟仿真实验教学可以通过虚拟仿真软件对学生的实验操作、实验结果、实验报告等进行客观、有效、及时的评价，提高教学质量和效率。比如，在实验过程中，可以穿插知识点的考核及相关练习，这样可以让学生在进行操作的同时思考相关问题，促进学生独立思考，激发学生探索积极性。虚拟仿真软件可以记录和检测学生的每一步操作是否正确，给出相应的提示和反馈；也可以根据预设的标准和指标来评分和评价，教师可根据这些数据进行评分，并与学生进行在线交流。教师可根据教学要求，来设定和更新实验项目，对学生信息进行管理与查询，通过仿真平台开展师生互动交流、批改学生实验报告、反馈实验成绩，实现对整个实验过程的高效化管理和监控[3]。合理的能力评价系统，能充分调动学生学习的积极性，对提高实验教学质量和人才培养质量具有重要意义。

**4深基坑虚拟仿真实验设计**

结合土木工程专业培养方案和课程大纲，本深基坑支护虚拟仿真实验设计了基础知识，支护结构设计，基坑施工三个模块。

**4.1预备知识模块**

深基坑支护实验涉及多门课程知识，为了实验更好的开展，在实验开始前应对相关理论知识进行梳理。预备知识模块主要包括六个部分：深基坑概述、支护体系类型、深基坑降排水概述、深基坑基本施工工艺概述、深基坑施工监测概述、深基坑风险分析概述。预备知识模块可在其他模块中随时调用，以便学生将理论知识和实际运用联系起来，加强对知识的掌握。

**4.2支护结构设计模块**

我们现在的土木工程实践教学中，存在学生照范例依葫芦画瓢、一次完成设计方案的现象，缺乏试错和修改完善的过程，于是有学生离开了范例就不会做设计。然而，试错是一个必不可少的环节，只有不断的试错才能不断的学习、不断完善，才能真正让学生达到增加工程知识、提升自主设计与动手操作能力的目的。土木工程建设行业中一个重要的前提就是经济性要求，这需要学生多次的修改和完善设计方案，由最初的不会设计（例如不知道选择何种支撑类型）、会设计但不合理（例如选择了合适的支撑类型但是力学计算不满足）、到合理（例如力学计算满足但过于保守浪费）、再到优化（力学计算满足、经济性好），因此自主设计是一个试错至完善的完整创新过程。如何在整个虚拟仿真实验过程中将这一创新过程完整无缺的表示出来，并充分体现不同学生个体在设计时的自主性与独立性，是达到培养学生能力的关键。

在该模块的设计中，面对同样的工程条件，充分考虑不同学生个体在支护结构设计方案的差异，将学生在进行设计时所有可能的选择都展示出来，并通过仿真分析和闭环评价反馈给学生设计的可行与否，让学生在不断的试错过程中不断的学习和完善设计方案，以真正培养学生的工程知识和解决复杂工程问题的能力。例如：在基坑支护类型选择阶段，包含错误或不合理的方案6种，而正确的方案只有3种。将所有方案列出来，让学生自主选择，进行试错性设计，最后才得到合适的支撑类型。又例如，在构件材料类型确定中，混凝土标号有三种，选择C25计算时后面的仿真分析会反馈给学生验算不通过，模型中基坑内支护结构会塌陷，从而提示学生结构设计出现问题，让学生重新设计。而当学生选择C35时，虽然会通过仿真分析的力学计算，但是闭环评价中会提醒学生在材料选择上过于保守，让学生分析材料计算数据并尝试进行再优化，在学生选择C30时就能满足力学性能要求，并展示相应的计算过程。这一过程更加契合实际工程设计的流程。这种紧扣工程背景和实际设计过程的试错性探索，激发了学生学习的兴趣。并在不断的试错中，强化了对复杂工程问题的思考和判断，提高了学生解决复杂工程问题的能力。

**4.3基坑施工模块**

深基坑施工有三种主要施工方法：顺做法、逆作法、盖挖法。本实验主要讲解顺作法的施工工艺，施工流程为围护桩、墙施工、止水帷幕施工、冠梁及内支撑施工、土方开挖、基础底板施工。在施工过程的每一阶段，学生都可通过漫游模式，多角度观察各构件的组成及连接形式，加深对施工过程的了解。为了带动学生思考，加深对各施工过程要点的掌握，在每一施工阶段都插入了一些针对性的问题，例如：让学生选择正确的围护桩施工顺序，判断土方开挖过程中检测数据的主要内容等。

该模块不仅可以通过三维仿真模型，让学生对施工流程有更深入的了解，还可以通过对施工过程中各种安全事故的模拟，让学生感受到安全事故的危害性，树立牢固的安全意识。施工过程中，系统会让学生指出场景中施工人员不符合规范的操作，若学生未能正确指出，则会发生相关安全事故，通过画面和声音反馈给学生，让学生体会违规操作带来的严重后果[4]。

**5结语**

本深基坑支护虚拟仿真实验，通过试错式的探究性学习，使学生强化工程思维，提高解决复杂工程问题的能力，通过紧贴实际设计流程的全过程实验教学，使学生自然而然实现知识链、能力链的串连。该虚拟仿真实验项目具有仿真度高、开放性强、互动性强等特点，对于提升实验教学效果，加快实验教学信息化改革，提高土工程专业人才培养质量具有推动作用。

**作者简介**：尹泉，男，1985年4月生，湖北洪湖人，博士，讲师，从事岩土工程相关教学与研究工作，研究方向：基础工程、基坑及边坡支护、隧道工程等

**基金资助**：湖南省教育厅科学研究项目“深基坑框架梁桩锚支护结构作用机理与计算方法研究”（项目编号：21C0677）

参考文献

[1] 张少龙. 长春地铁南溪湿地车站深基坑支护方案优选与设计优化[D/OL]. 吉林大学, 2022[2023-03-09]..

[2] 柴少波, 胡军, 高志华, 等. 城市地下空间工程专业土力学课程教学改革探索[J]. 高等建筑教育, 2021, 30(06): 47-53.

[3] 张东海, 高蓬辉, 王义江, 等. 深部地下空间热湿环境调控虚拟仿真实验教学系统的构建[J]. 高等建筑教育, 2022, 31(4): 191-199.

[4] 惠存, 海然, 边亚东. 土木工程施工安全虚拟仿真实验教学探究[J]. 实验室科学, 2021, 24(1): 127-131+134.