

混合现实技术在热工实验教学中的应用研究

关鸿耀 高海涛 杨柳 许有熊
(南京工程学院 江苏 南京 211167)

摘要: 本文对热工实验教学现状进行了深入分析,探讨采用混合现实技术解决目前实验教学中存在的问题。从混合现实热工实验教学的技术方案出发,着重从数字化三维建模虚实融合,实验操作指引、自然人机交互三个方面进行探索实践,实现实验教学内容的沉浸式智能实时指导,提高学生的实践动手能力,为高校实验教学提供了一种新的可实现思路。

关键词: 混合现实; 虚实融合; 三维注册; 人机交互

1 热工实验教学现状

热工实验是一门包含传热学、工程热力学和控制技术等专业基础课程理论知识,以培养学生实践动手能力为目的的重要课程^[1]。因为涉及知识面广、内容复杂且抽象,学生在操作实验过程中,可充分复习理论知识、灵活运用所学理论知识指导实验,因此热工实验在工科背景学生的专业学习中起到了不可替代的作用。

新工科教学模式下,要求学生以探究性实验为主。热工综合试验台具备多种功能,每套试验台上都有多种需操控的实验设备,学生可选择不同的实验或者根据实验的安全性、难易性、操作性等,还可以实行多种教学方案。但因为实验台套数少,而实验方案种类繁多,且热工实验存在高温高压等因素,传统教学方式的PPT和文字呈现的真实性和全面性欠缺,学生在实战操作时往往不敢动手^[2]。如果老师一个个手把手地讲解,不仅费时费力,而且只关注于指导,疏于对安全因素的管理,以及对学生实践能力的实时考核。

2 混合现实技术

混合现实(MR,即包括增强现实和增强虚拟)指的是合并现实和虚拟世界而产生的新的可视化环境。在新的可视化环境里物理和数字对象共存,并实时互动^[3]。混合现实不同于虚拟现实(VR,一切事物都是虚拟的),也不同于增强现实(AR,展现出来的虚拟信息只是简单叠加在现实事物上),它可以与现实世界进行交互和信息的及时获取,创造了在一个能与现实世界各事物相交互的环境。

Microsoft公司于2015年发布了可穿戴式混合现实设备HoloLens,实现了设备自身的深度计算环境感知、三维渲染、手势交互和语音互加等能力,2019年2月发布了HoloLens2,这是自MR概念提出后首次将其在真

实产品中实现。微软hololens2的一个典型应用场景即工作说明逐步显示,员工可以按照HoloLens2设备中显示的交互式全息说明进行创建和学习。

为了使热工专业知识在实验教学中取得更好的教学效果,本文研究基于HoloLens2的混合现实热工实验教学环境。利用混合现实技术对三维模型良好的可视化功能,以及工作说明逐步显示功能,将热工实验的实验步骤及动画融入MR交互环境,然后利用HoloLens2强大的环境感知和自然的人机交互方式,实现实验教学内容的沉浸式实时指导^[2]。

3 混合现实技术在热工试验台上的应用

为了适应热工专业知识的综合应用,学校设计开发了一套热工综合性能实验台(图1)。该试验台包括冷水箱、热水箱、一套氟路系统和一套水路系统,氟路系统包括4台压缩机、1台油分离器、1台气液分离器、1个储油罐和1个冷媒回收机;水路系统包括2台真空泵、1台蒸发器、1台冷凝器、1个干冷器和1台电加热器。该试验台操作方便,调节灵活,可以进行多种实验:换热器能效实验,换热器流动阻力特性实验、蒸发器性能实验、冷凝器性能实验、离心泵实验、压缩机实验和阀



图1 热工实验台实物图

门流量特性实验等^[4]。

以换热器能效实验为例,第一步需要确认实验类型,将其他阀门关闭;第二步拆除原有换热器,更换新的换热器;第三步需要开启相应数量的压缩机,使得冷热水箱达到指定温度;第四步调节回水阀不同的流量,待换热器出口温度稳定后记录相应数据。由于实验步骤较多,传统的指导方式不便于学生快速上手。

为了解决以上问题,拟开发基于混合现实的热工实验教学环境,具体功能包括:

- (1) 实现实验步骤的可视化引导操作;
- (2) 实现部分实验步骤的动画展示;
- (3) 实现设备参数的实时显示;
- (4) 可以语音连接远程专家进行求助;
- (5) 以上功能的实现不依赖于双手操作。

为了实现以上功能,拟采用如下技术方案:

(1) 虚实融合场景构建研究:建立热工试验台数字三维模型,进行三维模型在真实场景下的三维注册,重构热工试验台实验场景,实现试验台与真实实验场景的虚实融合,创建基于微软 HoloLens2 眼镜的混合现实 APP,构建热工教学虚实融合实验环境;

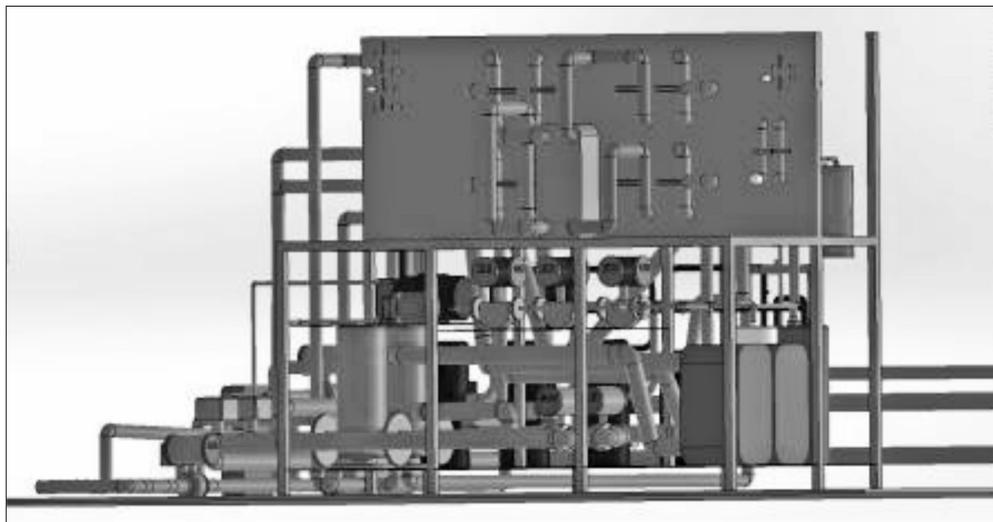
(2) 智能引导方法研究:结合热工综合实验平台,设计相应的实验教学内容和教学方法,建立试验台实验智能提示引导系统。在虚实融合实验环境基础上,研究实验操作步骤的可视化引导,定义实验操作相关指示、动作、工具等特征,定义实验步骤引导规则,设计关键步骤实验动画,通过增强现实三维标签技术将智能引导信息实时准确展示在热工实验虚实融合场景中,以满足不同类型的实验方案需求^[5];

(3) 虚实融合自然人机交互方式研究:基于 HoloLens2 的凝视功能,手势功能和语音功能,研究实验认知心理、学习习惯,设计针对热工实验教学环境的行为策略和行为模型,对智能人机交互方式进行实现。

3.1 建立试验台三维数字模型,实现虚实融合

以热工实验室的热工综合实验台为原型,采用 SolidWorks 创建该试验台的三维数字模型,并为其添加对应的设备类型参数(图2)。采用 unity 技术将 SolidWorks 模型转为 unity 3D 模型文件,进行虚拟模型在真实场景下的三维注册,实现虚实融合实验场景的搭建。

试验台数字模型建立过程 图2 热工实验台三维模型



如下:真实试验台—3D模型—建立虚拟场景—发布系统APP—试验台MR数字模型。虚实融合算法采用基于人工标识的注册算法,这种算法注册精度高,可实现稳定的定位效果。针对实验操作指导过程中虚拟关键零部件的注册特点具有识别速度快、标识点要明显和定位准确的特点,将人工标识三维注册方法应用于设备虚拟关键零部件的三维注册,能够很好地满足系统注册需求。

3.2 三维注册,实验指导信息展示

混合现实提供了一种创建面向实践的交互式指令的方法,并且仍然支持详细的指令,工作说明逐步显示为培训参与者视野中的虚拟信息字段。操作者可以腾出双手,同时实际执行指令,无需费时翻阅用户手册,虚拟指令由眼神接触控制,无需中断操作即可进入下一页。

本文采用实验指导示意图和实验指导动画相结合的方式对试验台操作流程进行可视化表达。根据试验台实验类型及操作步骤,将实验指导示意图分为指示箭头、操作工具和操作手势三类。指示箭头表示将目标物体移动或旋转的方向;操作工具图标表示实验过程中需要使用到的工具;操作手势图标表示实验人员双手在系统指导下需要进行的操作。

3.3 混合现实实时人机交互

采用混合现实人机交互技术,建立基于行为和语音模型的手势命令行为模型,实现用户与虚实融合场景的自然交互,构建虚实融合实验环境。它可以解放你的双手,与你同看、同行,执行你的语音命令,为学习者提供真实的学习体验,有效改善传统的教学形式和学习方式。

采用以下两种人机交互方式:

(1) 凝视功能: HoloLens 眼镜采用红外射线碰撞检测方式实现对虚拟空间中虚拟对象实体的视线跟踪,当视线跟踪到用户凝视某个设备时,即弹出该设备的相关信息供用户了解当前设备信息及运行状况(图3)。



图3 凝视功能设备信息实时显示

(2) 语音功能: 在混合现实场景运行中, 语音命令是较便捷的交互方式。可预先定义语音指令及指令对应的监听事件, 程序运行时, 使用语音命令直接调用系统业务功能。例如, 学生在试验操作时可以说“下一步”, 即可在用户视野范围内出现下一步操作步骤; 如果说“动画”, 则会调出对应步骤的动作演示; 如果操作过程中出现异常, 则说出“求助”, 系统会自动连接老师与老师进行远程互助求助。

4 MR 技术在专业教学中的应用及展望

将混合现实技术应用于热工试验台, 学生进行实验时, 戴上微软 HoloLens2 眼镜, 选择实验类型, 相关热工实验步骤、指导信息及操作动画演示实时展示在实际操作场景中, 学生可以根据提示或相关动画进行每一步实验操作, 不懂的问题还可以直接远程求助老师 (图4)。

5 结语

采用虚实融合场景建模, 智能实验引导方法研究和基于微软 HoloLens2 的自然人机交互方式设计, 构建了混合现实的热工实验教学环境。该环境的应用让操作者如同有指导者在身边一样进行操作, 既能大幅提升学生实践动手能力, 降低设备操作失误的概率, 也能有效地解决目前专业教学存在实验老师少、试验场地受限等问题, 以后将得到更大范围的推广。

项目信息: 江苏高校哲学社会科学研究一般项目“基于增强现实的教育机器人智能训练环境研究”, 项目编号: 2020SJA0453。



图4 基于混合现实的热工实验指导功能验证

参考文献:

- [1] 蒋庆峰, 沈九兵, 陈怡丹. 新工科背景下热工基础实验教学方法的研讨 [J]. 科技与创新, 2021(23):99-100.
- [2] 刘畅, 柯健. 虚拟仿真实验平台下探究式学习的设计与实践 [J]. 中国教育信息化, 2019(10):42-44.
- [3] 占宏, 梁聪垣, 杨辰光. 基于混合现实的机器人遥操作实验平台 [J]. 实验技术与管理, 2021(8):114-117.
- [4] 徐长松, 宋福元. 热工实验教学改革探索与实践 [J]. 高等工程教育研究, 2019(S01):243-245.
- [5] 刘俊英, 梁丰. 基于混合现实的五轴数控机床全息教学应用系统开发 [J]. 机电工程技术, 2021, 50(10):87-92.

作者简介: 关鸿耀 (1982.09-), 女, 汉族, 河南汝州人, 硕士研究生, 高级工程师, 研究方向: 机电一体化、过程装备及控制工程、混合现实/虚拟现实。