

研究生教育教学改革研究课题优秀成果·2023年

课题完成单位：建筑学院

完成人：周岩，李建广，王勇，杨利芳，丁文娇

数智融合的工程实践

环境构建方法与教学模式研究

课题来源：校级2021年面上研究课题

数字化、信息化及网络化教育给传统教学方法、教学模式、教学环境带来了新的挑战，项目通过对智慧工程实践环境建设方法的研究，提出了基于知识融合转化的设计学类智慧工程实践新环境建设方法，建设了交互体验式实践教学平台；研究了学习者精准模型构建方法，构建了学习者数字画像系统；以研究生“产品设计实践专题”课为依托，完成了系列实践教学案例。项目研究成果极大地优化人才培养模式，为我国高校有效地提高研究生教育创造精神和实践能力提供思路和范例。

关键词

工程实践环境，数智融合，教学模式，数字画像，实践案例



2018年教育部印发了关于《高等学校人工智能创新行动计划》的通知指出，“加快人工智能在教育领域的创新应用，利用智能技术支撑人才培养模式的创新、教学方法的改革”；中共中央、国务院印发的《中国教育现代化2035》也提出“加快信息化时代教育变革”。面对国家政策指引及各种层出不穷的新兴技术，教育教学必然要迎来一场具有质变的教育大变革。数智融合，即大数据+人工智能，将大数据与研究生实践教学相结合，从整体上创新实践教学理念将是必然趋势；而人工智能技术被应用在教育领域中，将突破传统教育思想的时空，为学生营造优质的数字工程实践教学环境。数智融合，对于构建全新的智慧教育理念、助力教学方法改革、激发研究生创新能力和活力、推动教育信息化都将具有极其重要的意义。

伴随着云计算、大数据、人工智能、物联网、5G等现代科技思维蓬勃发展，为研究生教育提供高质、高效、现代化的育人环境，以实现教育与科技的高度有机融合，构建数字化教学实践环境，成为现今众多学者对研究生人才培养的实践环境和教学模式进行研究的热点问题。



互联网的高速发展，各种网络教学充斥着课堂，学生难以分析其优劣，鉴于此崔天明通过识别学生学习风格与规律，个性化推送适应性学习资源，并进行教学反馈与干预，提出的基于大数据技术的个性化在线教育系统有助于满足学生个性化学习需求，精准掌握学情并且动态调整，提高学习效果。数据技术体系赋能教育领域的定制化应用来推动教育系统变革，贾同通过构建终身教育体系和智能教育模式，并从教育组织模式、教育服务模式和教育教学模式三方面实现了对教育形态重塑。人工智能推动高等教育变革，使教师的知识权威角色被解构，学生中心型教学模式成为了时代主流，潘旦提出了倡导终身学习、以创新能力为培养核心、以个性化教育为主流的教学理念，在教学模式上推出了移动式学习和智能教学产品，其观点使高等教育教学模式发生根本性转变。5G时代，对高等教育必将带来新的机遇和挑战，兰国帅以5G+人工智能技术为基础，在打造以“学习者为中心”的智能化教育环境基础上，构建了智能学习的“网络化、融合化、数字化、智能化”的新生态系统。

随着制造工程领域的数字孪生技术的出现，将混合教学理念融入其中，进行工程实践教学改革，为各领域教育者提供一种新的研究视角与实践路径。艾兴提出了“数字孪生学习者”的概念，从学习分析、学习内容、学习评价、学习生态等多个角度，阐述数智融合驱动下“数字孪生学习者”所带来的学习变革。张帆构建了基于数字孪生环境的混合实践教学平台。黄音从教学、技术两方面，探索数字孪生讲台的在线沉浸式教学流程设计与技术运用。

在国外，各教育先行国均重视教育信息化问题，美国教育部提出“为未来做准备的学习：重塑技术在教育中的角色”；英国教育部在“世界级教育与保健”中强调信息技术与教育的理性融合；澳大利亚政府颁布了“国家创新与科学议程”强调利用信息技术在人才和技能领域取得新的突破；日本政府在科学技术白皮书中指出：在面向未来的教育中，应充分利用信息技术与教育的结合培养科技创新人才；新加坡教育部提出培养面向未来的、负责任的数字化学习者，通过提高学生信息能力和素养，为国家和个人创造更好的成长环境。

由此可以看出，第四次工业革命给现代教育带来了新的机遇，各项新兴技术的进入为数字化、信息化及网络化教育提供了强有力的技术支持，给传统教学方法、教学模式、教学环境带来了新的挑战，也使工程实践教学环境创新和教学模式变革得到了众多学者的广泛关注。

依托强工院校工程实践环境，弥合传统物理空间和数智融合新技术的认知与思维模式裂痕，使学习者能够充分自由选择学习方式，重构师生教学空间，使工程实践突破时空界限，构建更广泛的学习共同体和智慧实践环境。虚实交融，构建具备多模态交互能力、数字增强物理实践空间、智能感知学习者情感能力的智慧工程实践新环境新体系。

1. 智慧工程实践环境建设方法研究

传统实践环境是以物理空间为场所，在认知上强调群体为对象的规模效应，凭借教师的直觉与经验，多以标准的实践教学方法完成实践环节，在教师的教学思维模式上，以知识传承为主要教学目的，是教师向学生单向传递知识点，主要是教的过程；学生被动接受知识，极少参与教学过程，这与以学生为中心的教学理念相差甚远。

建设智慧工程实践环境，重点是重构教师与学生的教学空间，从根本上转变原有教学认知和教学思维模式，弥合传统教学与现代教学的思维裂痕（如图1所示）。

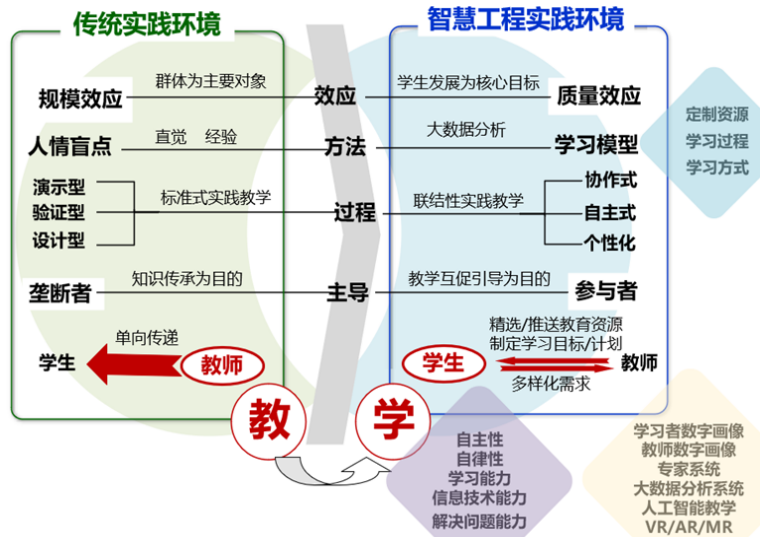


图1 传统实践环境和智慧工程实践环境

如图1所示，将以教师“教”为主要的教学理念转变为以学生“学”为主要的教学理念，以学生发展为核心目标，强调教学的质量效应。教师在智慧工程实践环境中将成为新教学空间的参与者，以教学互促引导为主要目的，教师精选智慧实践环境中的专家系统的教学资源，根据大数据与人工智能相关技术精准推送学习资源给学生，根据学生的学习过程、学习方式分析，引导学生制定个性化的学习目标和学习计划，学生将多样化的学习需求反馈给教师，实现双向互动和传递，使学生的学习状态呈现出自主性、自律性的良好态势，使学生的学习活动更加灵活。结合VR/AR/MR/5G/大数据/物联网/人工智能等新技术，突破实践环境的时空限制，利用大数据和人工智能，让学生自由地选择学习方式，利用VR/AR/MR，虚实结合、加强移动互联网的教学应用，所构建的智慧工程实践环境，能实现多模态的交互方式，充分利用大数据和人工智能技术，实现智能感知学习者情感的能力。

在教与学上，从教学主导、教学过程、教学方法及教学效应全方位转变，通过大数据分析，定制化教学资源、跟踪学生学习过程、理解学生学习方式，通过协作式、自主式等联结性实践教学过程为主导实现个性化实践教学过程，全面提升学生的学习能力及创新能力，将培养学生信息技术能力和解决问题能力作为教学的终极目标。

2.基于知识融合转化的设计学类智慧工程实践新环境建设

依托教育部产学研创新基金、产学研合作协同育人、哈工大教改等教学项目，实现了代表性实物、实景的虚拟化比对认知方法，开发与建设了体验式学习与实践的模拟情境平台，如图2所示。

(1) **抽象与具象融合**。通过虚拟现实技术的看听摸等多觉感知设备，将虚拟产品导入模拟情境平台，将抽象感觉转化为具体形象的相关产品工程知识，为验证学生设计思想及创新思路，提供了快速表达工具。

(2) **感性与理性融合**。基于模拟情景平台，从生理、心理、情绪等多角度获得虚拟产品体验，实现了感性的设计效果与理性的工程意识融合，增强了学生面向生产开发设计的真实体验感。

(3) **设计与工程融合**。采用MR混合现实技术，将融入抽象设计理念的虚拟产品与实际产品在同一空间进行比对展示，为多角度激发学生创新激情，多层次培养学生实践与创新能力，提供了全过程训练手段。

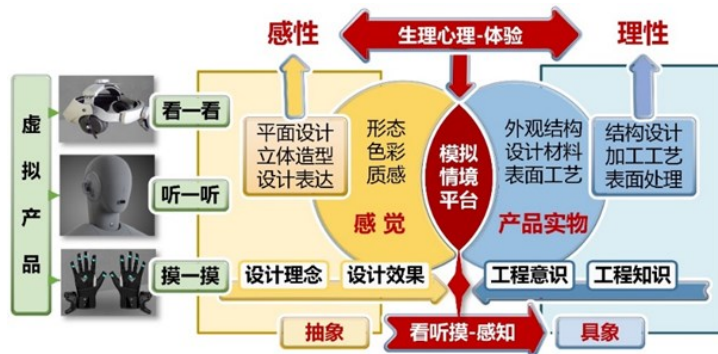


图2 智慧工程实践新环境建设思路

3.基于混合现实的交互体验式实践教学平台建设

从观摩、虚仿、实操及自主设计四个体验维度进行架构，研究生科研以新技术开发了系列教学仿真平台，该成果很好地解决了模型样机制作成本高周期长以及教学周期不能实现的问题。如图3所示。

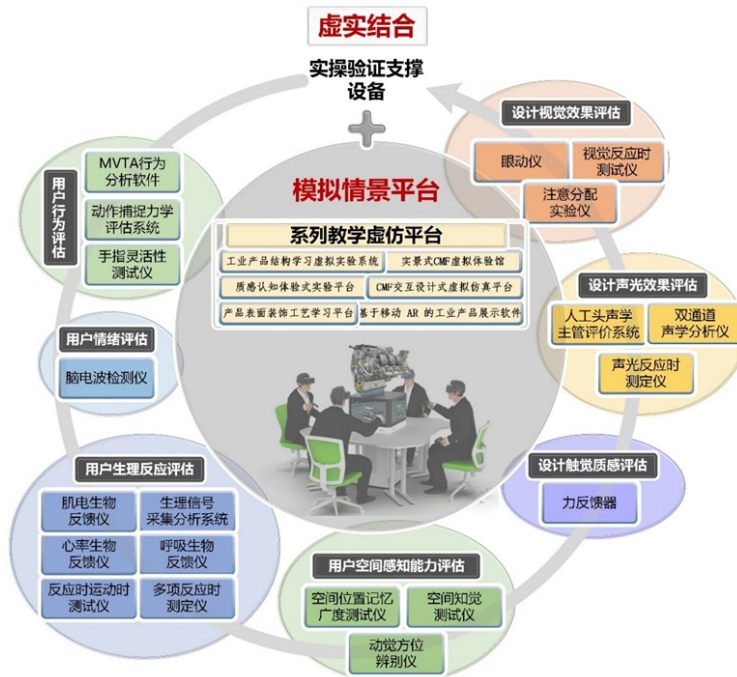


图3 体验式学习与实践的模拟情境平台建设方法（以工业产品虚拟设计为例）

(1) **观摩体验**。本科教学实验中，学生将自主设计的产品三维模型导入电脑模拟情境平台，利用VR设备在虚拟场景中进行交互和体验实践。

(2) **虚仿与实操体验**。利用感知评估设备进行虚拟产品的视觉、触觉、听觉等多感官的设计效果评估，利用实操验证支撑设备，进行虚拟操作，利用MR设备比对实际产品。

(3) **自主设计体验**。在虚拟环境下体验虚拟产品功能和交互方式，对用户的行为、情绪、心理生理反应等使用效果进行评估，对所设计产品进行预评价。

03

数智融合方法研究

基于大数据与人工智能的耦合优势，精准教学大数据，研究泛在教育生态下的学生数字化学习方式，构建基于学习者画像的“数字孪生学习者”模型。重塑学生者学习新形态，使学生成为自身学习的主导者，实现“智能+教育”时代创新型复合型人才因材施教、个性化培养、跨界思维模式转化、全面化发展的工程实践教学新理念。

1.数智融合原理学习者精准模型构建方法

(1) 数智融合原理

融合问卷、访谈、教学系统大数据，以实验测量+课堂状态全域感知为手段，构建精准学习者画像并整合分析数据，将数据精准映射，完成数字孪生学习者精准模型构建。数智融合时代的教学是线上线下混合的教学模式，学生成为整个学习生态环境中的主体，教师个性化培养精准教学，满足学生对多样化教学方法、教学模式的需求。将教师和学生的声音、图片、文字、标记等信息进行辨别，进行分类，通过生物传感器测量学生学习过程中生理心理变化，达到智能识别学习者学习状态的目的，精准地推送学习资源，个性解决学生的学习问题；通过教师精准设定学习任务，教师与知识库专家智能引导，得到学习问题的智能解决方案。

本成果主动适应泛在教育，研究生科研以新技术支撑本科知识传承，通过提取师生“教与学”的过程数据，为本科智慧教学环境提供了个性化的学习支持服务体系，如图4所示。

①**师生数字孪生画像的建立**。通过提取教师相应的信息数据，采集优秀教师及教学方法数据，分析学习者属性，融合问卷、访谈、教学系统大数据，挖掘大数据的多模态信息；

②**全新学习生态环境构建**。构筑了知识群、大数据群、数字画像群等智能理解“教与学”的学习生态环境，使课程创作化、教学现场化，提升了学生对课程的认知程度。

③**智慧学习支持服务体系构建**。以实验测量+课堂状态全域感知为手段，利用人工智能感知学习者数据、精准理解学习者语义，科学推理、智能预测学习者的学习需求，自主调节教育活动时空结构及学习资源分布形态，实现了能够实时交互、精准化推送教学内容；形成了教师个性化泛在教学、学生个性化智能学习、在线异步研究小组以及学习者远程讨论等新型服务体系。

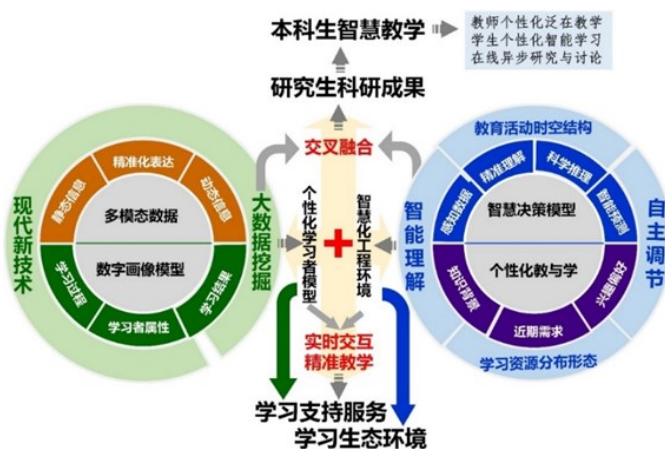


图4 教与学支持服务体系

(2) 数字孪生学习者精准模型构建方法研究

基于大数据与人工智能的耦合优势，构建基于学习者的精准画像即“数字孪生学习者”成为研究的重点，是实现“智能+教育”时代复合型人才的重要内容，也是因材施教、跨界思维模式转化、个性化培养的工程实践教学理念的关键。

如图5所示，通过分析学习者物理世界的各种属性，融合问卷、访谈、教学系统大数据，以实验测量+课堂状态全域感知为手段，构建精准学习者画像并整合分析数据，将数据精准映射，完成数字孪生学习者精准模型构建。

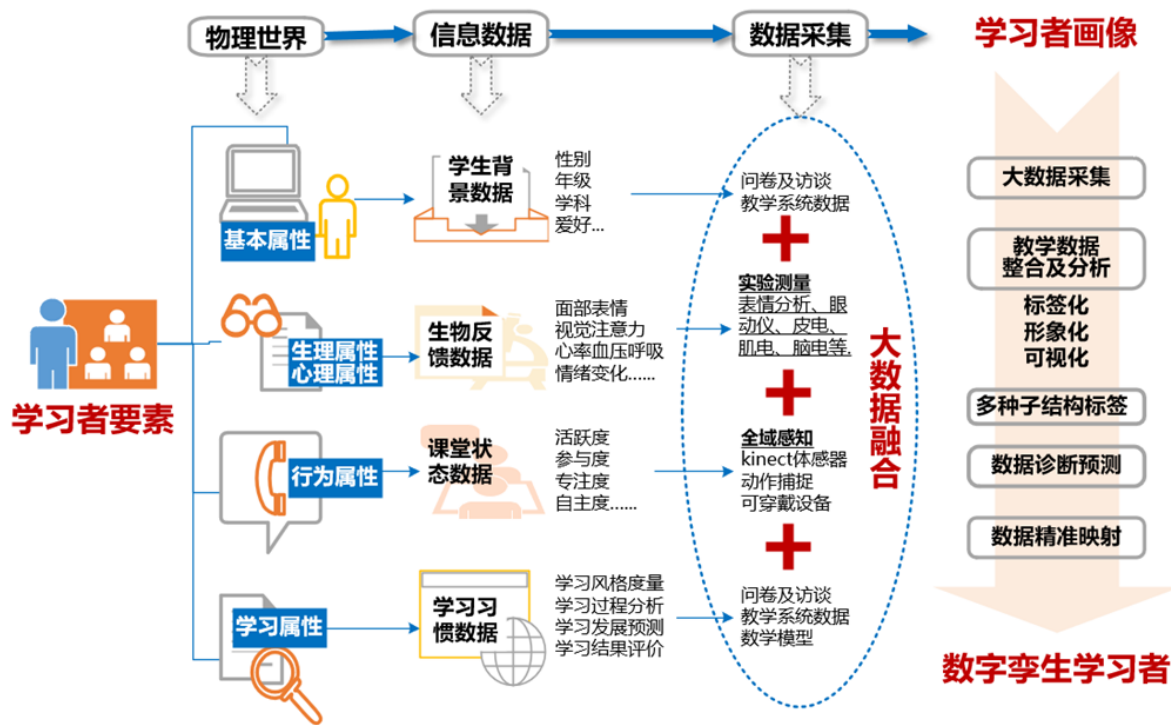


图5 数字孪生学习者构建原理

数智融合时代的教学是线上线下混合的教学模式，学生成为整个学习生态环境中的主体，然而教学的过程中，教师也将是不可替代的角色，因此个性化培养精准教学，构建教师的数字孪生模型，满足学生对多样化教学方法、教学模式的需求，因此分析教师的属性，提取教师相应的信息数据，采集优秀教师及教学方法的数据，也将成为本项目的研究内容之一，实现如图1所示的学生与教师的互动交流。

(3) 学习者数字画像构建流程

以基于角色的学习者数字画像构建方法为核心，设计了从理论搭建到画像可视化的完整的学习者数字画像构建流程，明确了每个阶段的核心任务；利用格框架法明确了学习的属性与相关要素，并通过定性分析完成了“学习——学习者”特征层模型搭建，对学习与学生者相关数据进行了分类与归纳。

基于角色的学习者数字画像构建方法将视角锁定于学习者本身，强调学习者参与数字画像构建的价值，利用基于角色的画像构建方法可以有效减少设计人员的主观猜测性，更加准确客观地反映学习者学习过程中的真实状态。本研究提出了一种构建学习者数字画像的流程，如图6-7所示。该流程以基于角色的学习者画像构建方法为核心，时刻以学习者为中心，保持学习者的参与感；以学习分析为理论基础和技术手段，贯穿于学习者数字画像流程构建的每一具体步骤；以信息可视化为基础，构建学习者数字画像系统。

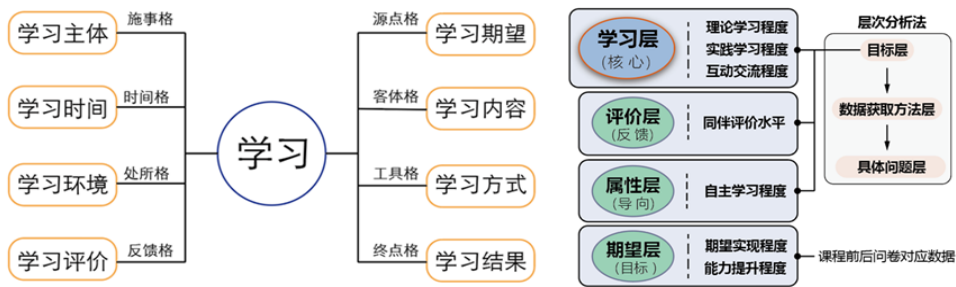


图6 以“学习”为中心的格框架

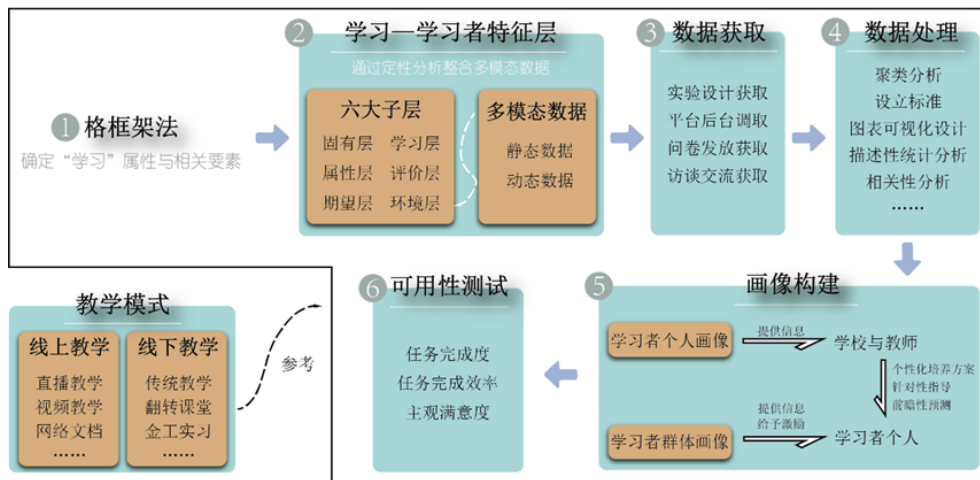


图7 学习者数字画像构建流程

2.学习者数据提取与类型划分

(1) 学习者学习特征提取与分析

教学方式分为线上教学和线下教学两种教学模式，线上教学依托于网络教学平台，学习者需要观看教学视频、参与学习研讨、进行相互评价以及完成课程考核；在线下教学模式中，学习者只需正常听教师讲课即可。为全面获取学习者信息，从问卷、眼动实验、脑电实验以及线上学习平台四个维度收集学习者信息。

①学习者线上学习情况通过学习平台中的数据表征，学习平台数据指的是学习者在课程线上部分于网络学习平台产生的数据，本次研究通过中国大学MOOC平台后台获取到学习者学习成绩、视频观看时长、视频观看个数、讨论区评论数、讨论区被赞次数和互评成绩六项数据，如图8所示。

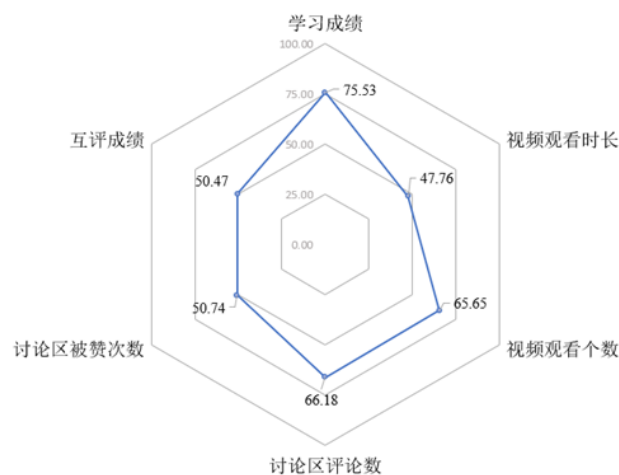


图8 学习者线上学习表现

②学习者能力状况分为知识点相关能力水平、期望能力提升情况、理论学习能力提升方法和实践学习能力提升方法四个方面。充分了解学习者的能力状况能够为课程制定与教学安排提供参考依据，准确、定点提升学习者的期待项与薄弱项，如图9所示。

③学习者的期望分为对教师的期望和对课程内容的期望两部分，通过对学习者期望与反馈信息的处理与分析，能够全面、深入地了解学习者的多元化特征，为课程设计与教学安排提供有力的参考依据，对于提高教学质量、推动以学生为中心的教学模式和促进学生学学习成果的的提升具有重要意义，如图10所示。

对课程前学习者属性调查问卷中反映学习者对教师的期望问题做描述性统计分析，计算各问题总得分、均值和标准偏差，结果保留两位小数，如图11所示。从均值上看，“更多的动手实践机会”、“老师对我和蔼可亲”、“老师可以和学生积极沟通交流”、“老师多进行实例分析”这四项平均得分较高，说明学习者在希望拥有更多动手实践机会的同时，希望教师在课程中有着较高的互动性和亲和力；“更多的独立思考时间”均值相对与其他问题较低，且标准偏差值较高，说明学习者对于是否需要更多独立思考时间意见不同。

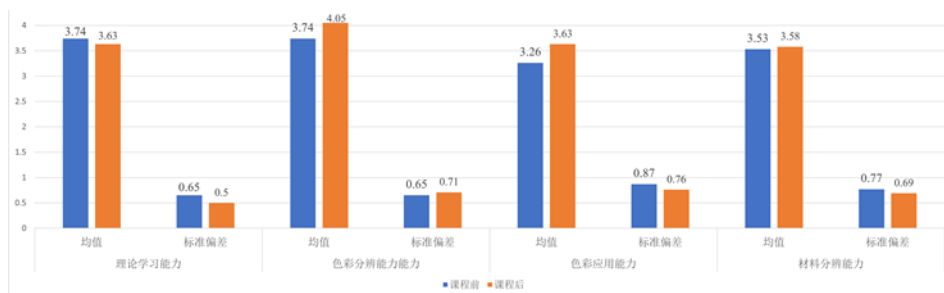


图9 学习者整体课程前后CMF相关能力水平

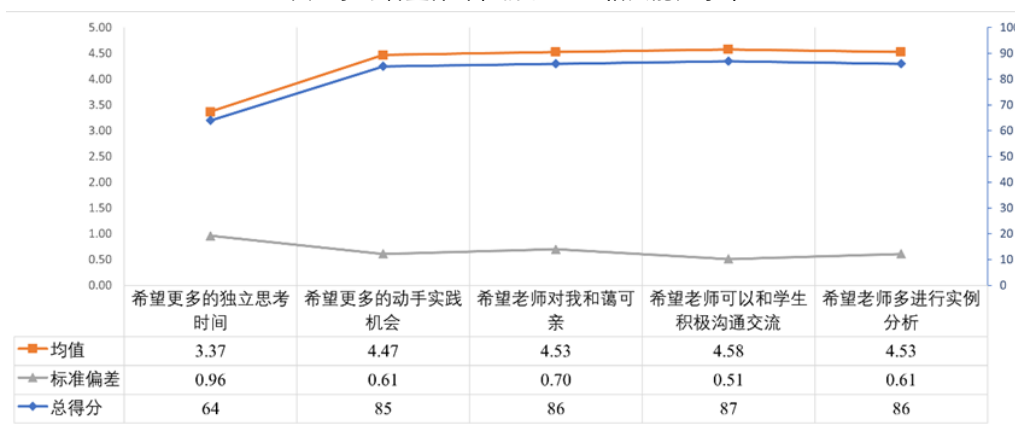


图10 学习者对教师的期望

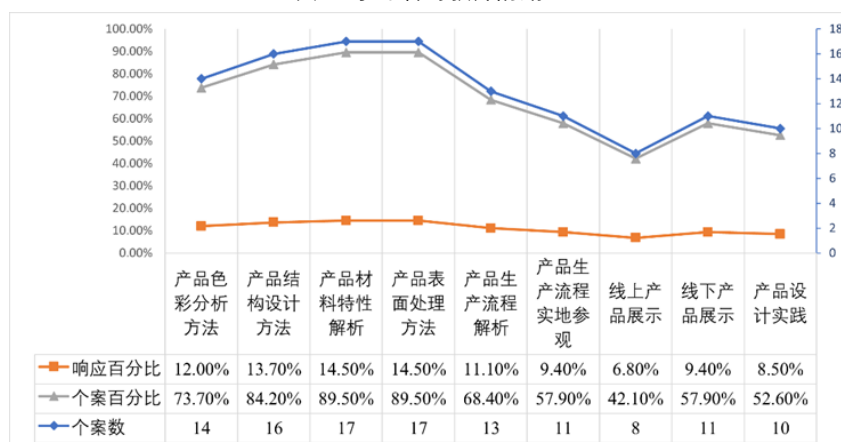


图11 学习者对课程内容的期望

(2) 学习者心理信息提取与分析

研究基于10-20系统的电极定位，采集了被试的脑电信号。利用脑电信息处理相关软件，提取经过预处理的脑电信号二维点云信息，共计76372个点，将六个电极通道同一时间点上的对应值取平均，得到六个电极通道的平均波形，由于在预处理滤波过程中已经去除了8Hz以下，13Hz以上的脑电波信号，所以该平均波形即为与注意力相关的 α 脑电波图，为提高脑电信号可视化程度，改变纵坐标范围为-1200~1200，最后 α 波图部分片段如图12所示。

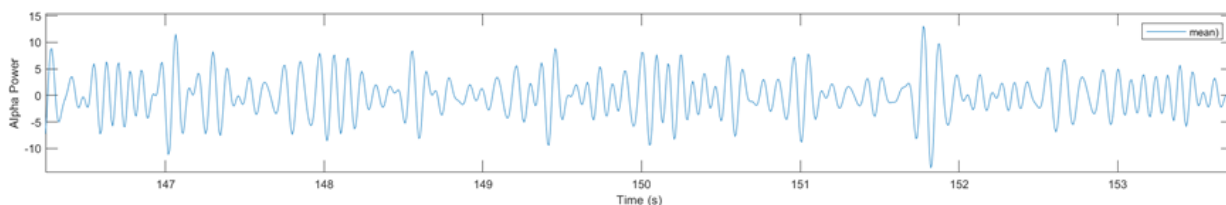


图12 理论学习实验 α 波图片段

由于要获取的是 α 脑电波波形变化情况，对 α 脑电波取绝对值，设计人员只需从正值方向观察其波动大小，增强其波形变化的可视化程度。以一位学习者在理论知识学习场景下的脑电波图处理为例，划分学习者在学习前、中、后期的注意力相对集中情况。图13~15给出了同一用户在学习前中后期 α 脑电波波形的对比，其中黑色曲线表示学习前期 α 脑电波，红色曲线表示学习中期 α 脑电波，蓝色曲线表示学习后期 α 脑电波。

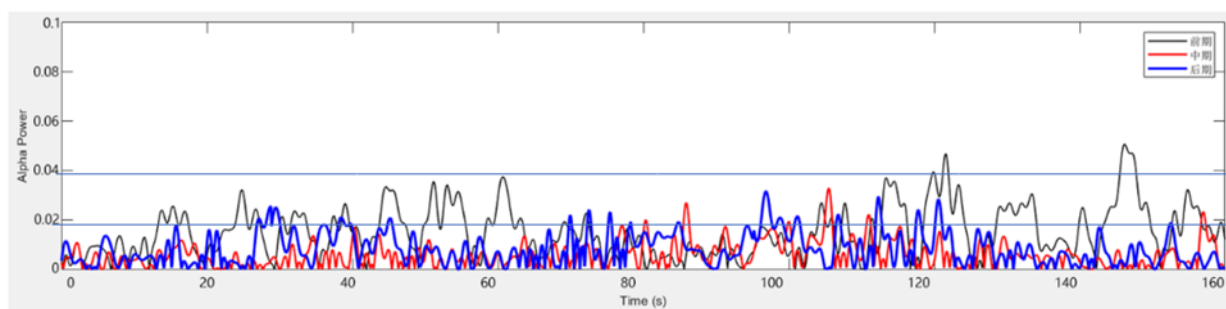


图13 学习者理论学习前中后期 α 脑电波对比图

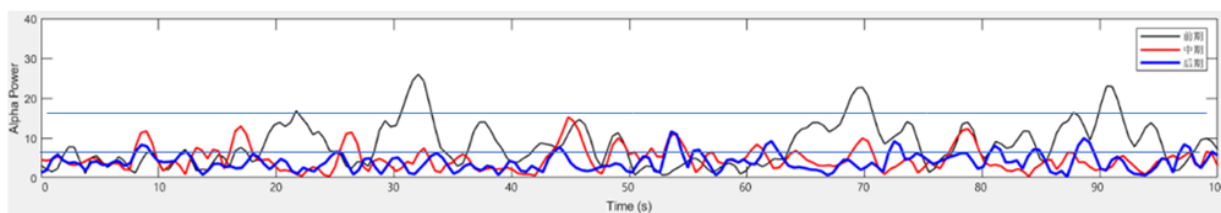


图14 学习者知识应用前中后期 α 脑电波对比图

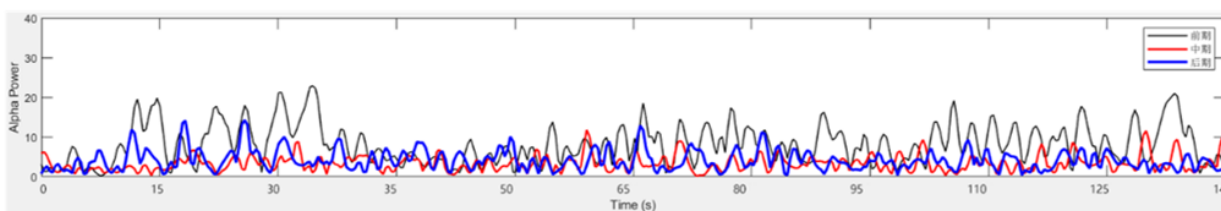


图15 学习者设计实践前中后期 α 脑电波对比图

(3) 学习者情绪水平研究

学习者情绪水平数据通过情绪自测问卷，采用SAM量表的形式获取，问卷包括愉悦度、唤醒度和亲和度三个量表题，对问卷进行描述性统计分析，结果如图16所示。总体上看，学习者的愉悦度、唤醒度和亲和度在理论学习、知识应用和设计实践三类学习场景中呈逐渐升高的态势，其中，唤醒度得分在三类学习场景中的标准偏差都较高，说明学习者在唤醒度情绪维度上表现出显著的差异性；学习者整体总体上对于学习过程中的学习情况感到较为满意，三类学习场景中学习者学习效率呈递增态势。

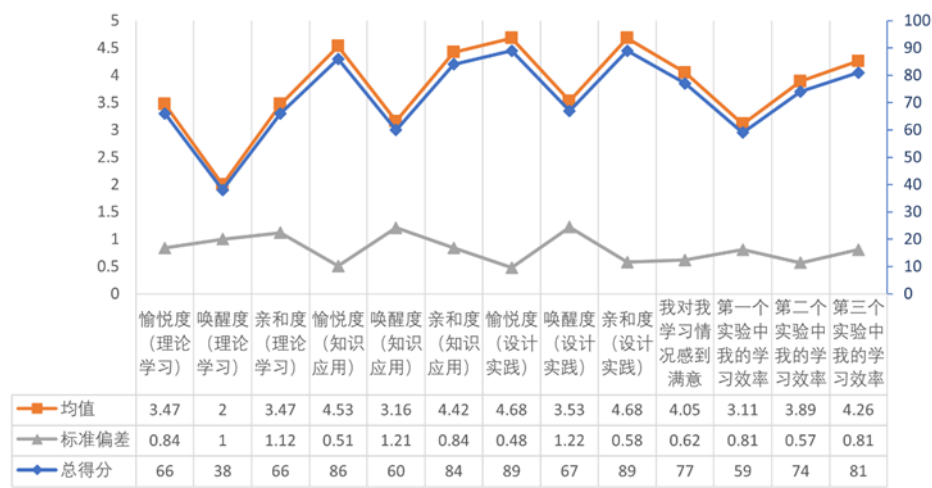


图16 情绪自测问卷描述性分析图

(4) 学习者类型划分

通过数据本身的特征对数据进行聚类处理，将学习者分为三种类型，结果如图17所示。学习者被划分为三类。第一类属于均衡型学习者，大多数学习者处在此列，这一类学习者各方面能力多数处于平均水平，平时表现并不突出，与其他同学和老师的沟通交流较少，由于其在学习方面并没有过于远大的目标，其总期望实现值处于中等水平。第二类学习者在理论学习程度、实践学习程度、自主学习程度与能力提升程度四个方面表现出众，此类学习者属于钻研型学习者。第三类学习者属于互动型学习者，该类学习者互动交流程度与互评成绩在三类学习者中处于最高水平，说明这一类学习者在学习中更加重视人的因素，期望更多与老师和同学的交往与沟通，具备一定的动手实践能力；由于这一类学习者学习的优劣势差距明显，导致其期望实现程度处于中等水平。

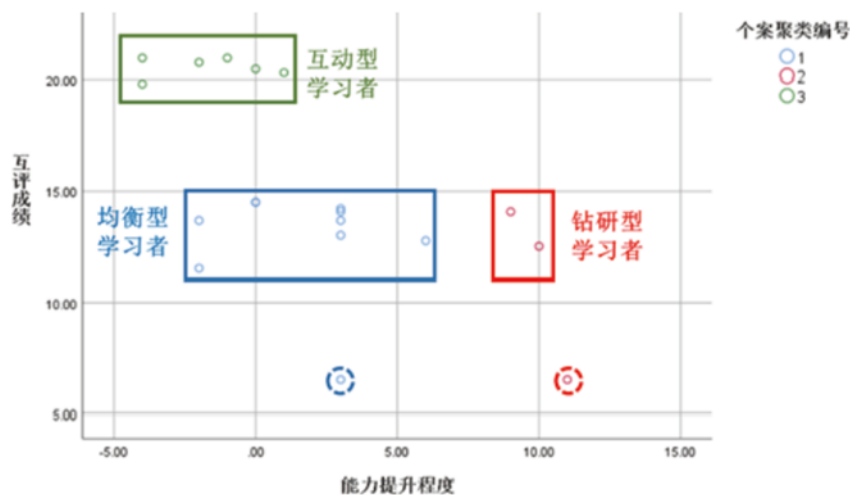


图17 三类学习者在二维坐标中的可视化图

3.学习者数字画像系统构建

首先以用户为中心，确立了学习者数字画像系统所需的功能、字段与操作，并理清了主要界面之间的逻辑关系和数量。随后，将每个界面中的元素综合整理并分成不同模块，利用“割草机”式与“F”型视线浏览模式以及界面设计比例原则规格化与定位设计界面模块，结合三色搭配理论，完成了系统界面的视觉表现设计。

按照页面布局方式与色彩搭配对系统界面视觉进行设计，登陆界面和注册界面两个公共界面如图18所示，注册界面中量表问题根据学习效果指标设立，通过分类算法将新学习者归类到已有的三类学习者当中。



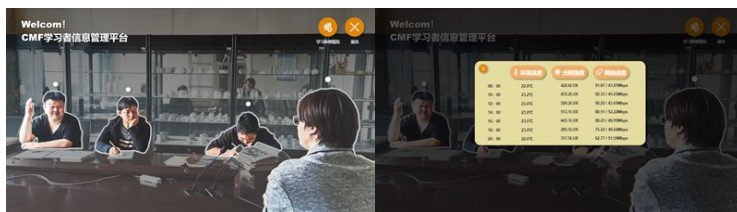
(a) 登陆界面

(b) 注册界面

图18 公共界面视觉表达

教师主界面如图19所示，鼠标悬停在人物头顶的白色圆圈区域显示人物名称，四个人物形象从左到右分别为互动型学习者、均衡型学习者、钻研型学习者和教师；点击右上角学习环境情况按钮可以查看学习环境中温度、光照强度与网络速度的变化情况。

点击教师主界面中四类角色形象能够分别进入教师界面和三类学习者群体界面当中；教师界面



(a) 教师主界面

(b) 学习环境情况子界面

图19 教师主界面视觉表达

展现了学习者整体线上学习情况、能力水平、期望与要求、实验内容与课程反馈五大板块内容，五大板块中又有详细的对应内容介绍；学习者群体界面中分别展现了三类学习者的学习效果指标值、实验内容与线上学习情况，如图20所示。



(a) 教师界面

(b) 均衡型学习者群体界面

(c) 钻研型学习者群体界面

(d) 互动型学习者群体界面

图20 教师界面与学习者群体界面视觉表达

学习者主界面在教师主界面的基础上增添了“推荐课程”功能，不同类型的学习者登录后显示的是对应学习者类型的形象，并通过白色轮廓进行突出强调。

课程推荐子界面如图21所示，在该界面中，系统通过网页链接、文字图片等方式为不同类型学习者提供个性化、针对性的学习资料供学习者自主学习。



图21 学习者主界面视觉表达

点击高亮形象进入对应学习者个人界面，学习者在个人界面中能够以文字和图表的形式获取自己的线上学习情况、学习过程中的注意力情况、学习效果指标值分布情况以及实验内容情况，如图22所示。



图22 学习者个人界面视觉表达

04 教师能力素养提升与科技创新能力培养平台

重塑教师工程实践教学新形态，提升教师数据思维素养、数据分析素养、数据管理素养。一方面，利用多元数据不断丰富教学内容和改进教学模式，使优质数据技术支持实践教学管理决策和课程改革；另一方面，收集和分析学生的各种学习心理数据，关注不同类型的学生及其学习需求，推动基于大数据信息的教学革新和信息化教学实践创新。

1. 教师能力和教学素养提升手段研究

数智融合引导下的智慧工程实践环境建设，教学形态有了新的变化，教师的教学能力有了新的要求。为适应现代新技术，教师转型尤为紧迫。教师作为领域专家，其专业知识是一流的，但在新时代下，如何将一流的专业知识传授给学生是关键。

新时代下应注重教师信息素养的提升，主要以获取需求、分析数据、评估结果和利用信息为特征，构建教学知识点群并以此为依据解决学习者的学习问题。提升信息素养，教师要在数据思维、数据分析、数据管理三个方面提升教学能力和教学素养。解决这一问题的主要研究途径与方法如下：

一方面，注重理论学习，关注交叉学科。网络信息呈广博且碎片化特征，利用多元数据，不断丰富教学内容，在深厚的理论知识和完整的知识结构体系基础上，注重从交叉学科多角度思考教学问题，改进教学模式，做好教育资源的综合思考和推送，使优质数据技术支持实践教学管理决策和课程改革

另一方面，培养数据意识，提高信息能力。具备实时手机课堂教学中各种心理数据、生理数据、行为数据、获取学生学习过程的能力，关注不同类型的学生及其学习需求；有能力运用合适的信息技术工具对庞大的数据进行分析与挖掘，具备把相关信息从不同媒体中甄选并打包组合，建立课程学习库，进而发现新知识、创造新价值，推动基于大数据信息的教学革新和信息化教学实践创新。

2.多元化教学模式及教学方法研究

学习者数字画像、教师数字画像、专家系统等新技术赋能教育，但要实现智能教学，人工智能技术将成为现代教学模式中的关键一环。如图23所示，利用人工智能的模式识别技术将教师和学生的声音、图片、文字、标记等信息进行辨别，进行分类，通过生物传感器测量学生学习过程中生理心理变化，达到智能识别学习者学习状态的目的，并将对学习者的AI认知与数字孪生学习者模型相匹配，精准地推送学习资源。人工智能的人机交互技术，尤其是上下文推理，使计算机理解学生的自然语言，解决学生与计算机的智能交流问题，个性化解学生的学学习问题。而深度学习则是人工智能教学的另一环节，通过教师精准设定学习任务，教师与知识库专家智能引导，得到学习问题的智能解决方案。

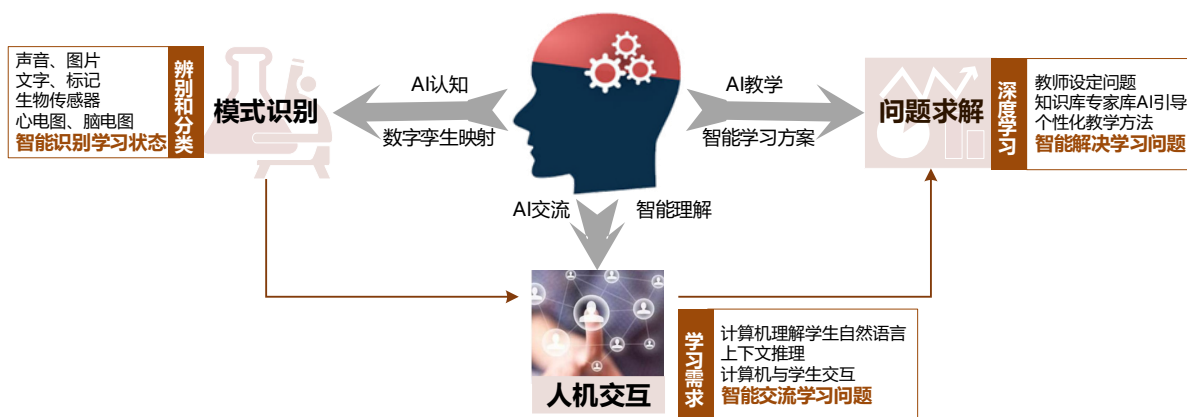


图23 人工智能教学模式

通过校内、校外、海外多元多层次导师队伍，构建了设计学（工业设计方向）研究生课程体系，完成了设计学（工业设计方向）的新版培养方案；结合国外先进教学方法以及通过研究多元化教学模式及教学方法，在设计学（工业设计方向）的研究生教学过程中，重实践、重能力。课程改革实现多元化教学模式及教学方法的研究，主要集中在3门研究生课程里。在“需求调查方法研究”课程中，课程依据学生实际选题，结合教学内容进行实际问题的研究，极大地提升了学生实际问题的解决能力和知识运用能力；在“人机交互设计方法”课程中，参考国外教师的教学方法和教学PPT，外语授课、设计实验等对于学生能力培养效果优良；在“设计师实践专题”课程中，采用体验式教学，教师给定研究题目，学生提出研究思路、设计实验方案，对于学生科研能力的提升起到了积极的促进作用。

3.搭建创新体验场的及创新实验设计

CMF设计是提升工业产品创新的重要途径之一，本成果提出了CMF创新设计体验平台建设总体框架。在CMF虚拟体验馆建设的内容方面，从实景式教学资源库、交互式虚拟体验场、沉浸式设

计平台为依托；设计了“工业产品综合设计实验”典型实验方案（如图24）。该平台通过故事性的叙事方式展示CMF背景及文化底蕴，充分调动学生多感官系统，发挥虚实结合、艺工交融、实景展示、实时交互等特点。

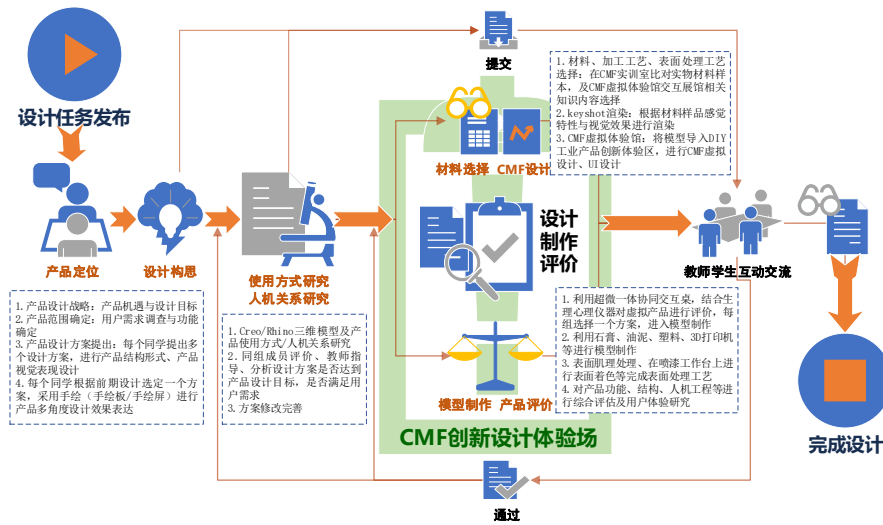


图24 基于CMF创新设计体验场的工业产品综合设计实验方案

4. “体验+疑问”的科技创新能力培养新平台

本成果构建了研究生知识体系与科技创新能力的体验式学习与疑问式实践相融合的培养新模式。以学生为中心，围绕研究生知识体系构建、工程实践能力和创新能力培养，充分利用“情境平台”，激发学生的好奇心，强化学生的自主学习与探索，突出导师/教师的问题库构建与问题引导；依托一流课程、国际高水平学者共建课程，依托国际知名大学交流互换培养和知名企业联合培养，多元化实践资源和师资资源，由“大师”在高水平、多样化“实战”平台上引导学生认识、把握理论与实践的前沿性和先进性，在攻克一系列疑问的过程中锤炼研究生实践与科技创新能力。

(1) 体验式学习与疑问式实践相融合培养模式

如图25所示，学生探究知识应用、发展知识域；师生互动交流更正学生知识盲区并通过虚仿平台验证学习效果，最终通过虚拟实验平台案例应用评估学生对知识理解应用和掌握程度，教师则从后台对学生表现及学习效果进行评价。该虚拟平台内容包括：以传达基础知识为主的基础知识简介部分、以虚拟情境实践学习内容为主的交互式应用知识部分、以增强现实为主的发散式创新设计实践部分，该平台很好的解决了设计实践教学问题，对于提高学生的设计实践能力意义深远。

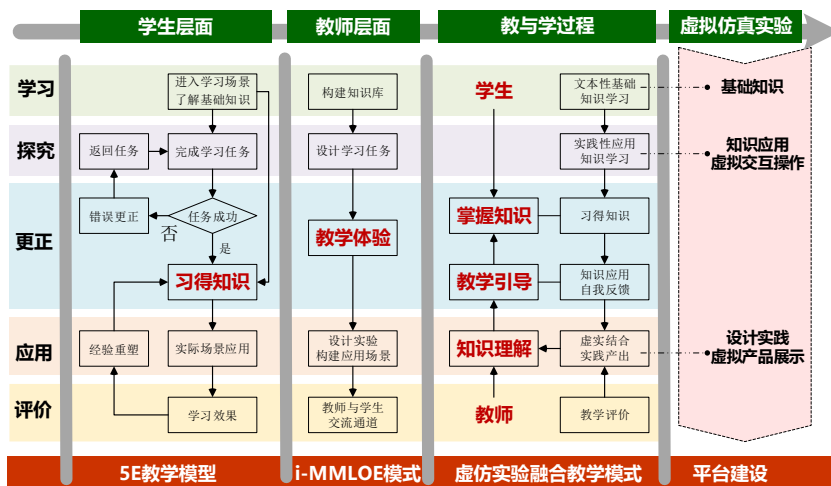


图25 5E模型和i-MMLOE模式融合平台构建方法

(2) 科研实践创新交流平台构建

通过构建校内实践基地，形成良好的科学研究、互动交流氛围。搭建了针对科研实践创新交流平台，如图26所示。形成了良好的学术交流氛围，研究生在此平台进行科研工作初步交流已经完成，定期举办研究生科研实践交流微沙龙，学生PPT主题演讲、聘请专家讲座，座谈会等工作都已在开展。该平台的创建，在尊重研究生个体成长规律的同时，最大限度发挥学生群体能力和水平，激发工科研究生自身的发散性思维、敏锐的观察力和丰富的想象力，为研究生之间的新理论观点、新颖独特的成果，提供学术进行研讨交流提供平台，进而促进其自主学习、主动探求的积极性。

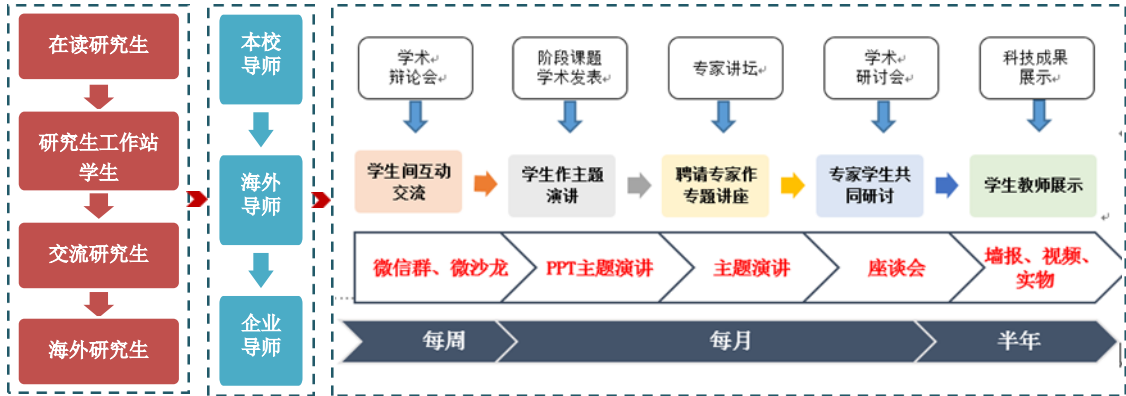


图26 科研实践创新交流平台

研究国际合作新模式目标：每年选派30%-50%的研究生到国外进行为期半年到一年的交流学习，在研究生协同培养，互动交流方面进行深层次的研究。研究途径及方法：根据原工作安排，选派研究生和国际化课程研究同步进行。在2017年9月，为配合国际合作研究生新模式，聘请了千叶工业大学工业设计系长尾澈教授进行了为期一周的讲学并对于国际合作模式进行了研究，确定了研究生交流计划。并在研究生协同培养，互动交流方面有了深层次的研究。

建立校企联合培养研究生采用“三明治”模式，培育学术与应用并重的开放式设计学研究生教育模式。校企联合培养研究生工作站运行模式研究，研究途径及方法：依托哈工大-彩格 研究生联合培养实践基地，提出了依托实践的高层次创新型人才培养，为实现校企联合培养研究生工作站，与深圳创新研究院签订了高等学校校外实践基地协议书，与国内知名企业，如美的、百度等作为学生实习实践基地，既解决了企业的人才需求问题，也是我校设计学学科的研究生在实践能力上得到了提升，具体研究模式如图27所示。

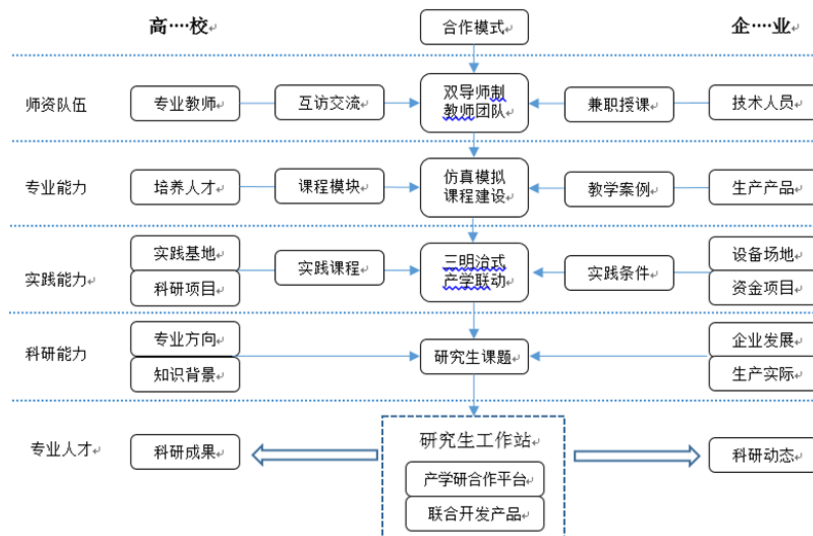


图27 校企联合培养研究生采用“三明治”模式

以研究生“产品设计实践专题”课为依托，搭建产品设计的智慧工程实践环境，构建学生和教师数字画像，结合先进的MR设备，将设计的感性思维和工程问题的理性思考相结合，注重产品实践中创新思维转化及创新能力的培养，完成了“多功能家用医疗护理床交互展示平台设计”、“车载手机支架交互操作演示平台的设计”、“基于MR的工业产品结构交互展示与操作平台设计”等一系列教学案例。

工业产品结构展示MR平台是基于教育数字化改革背景下，依托新兴MR技术，进行的“技术+教育”实践。以学生需求、交互偏好为研究基础，获得平台功能流程，并对沉浸式视觉、交互及碰撞反馈方式进行设计，完成了平台实现与评价。研究成果如下：

1.MR产品平台需求分析与功能设计

如图28所示，通过分析MR产品平台设计关键因素，确定了以学生为中心的调研切入点，分别为界面、交互、反馈、学习内容、功能；对学生需求获取，采用KANO模型法对调研结果进行分析，获得了设计内容；结合大脑加工过程，将设计内容映射为平台体验过程，确定了拆装学习、CMF学习、产品实践三个重点功能模块流程，完成功能设计，如图29所示。

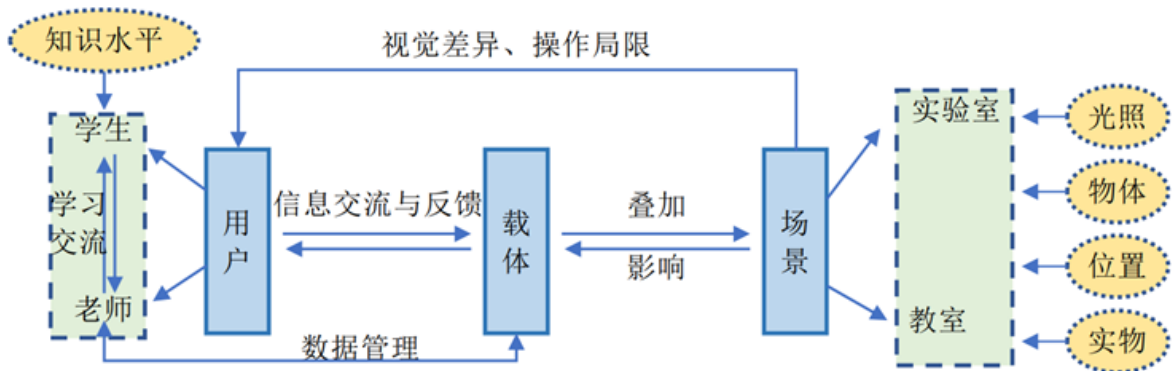


图28 平台设计关键因素之间的关联

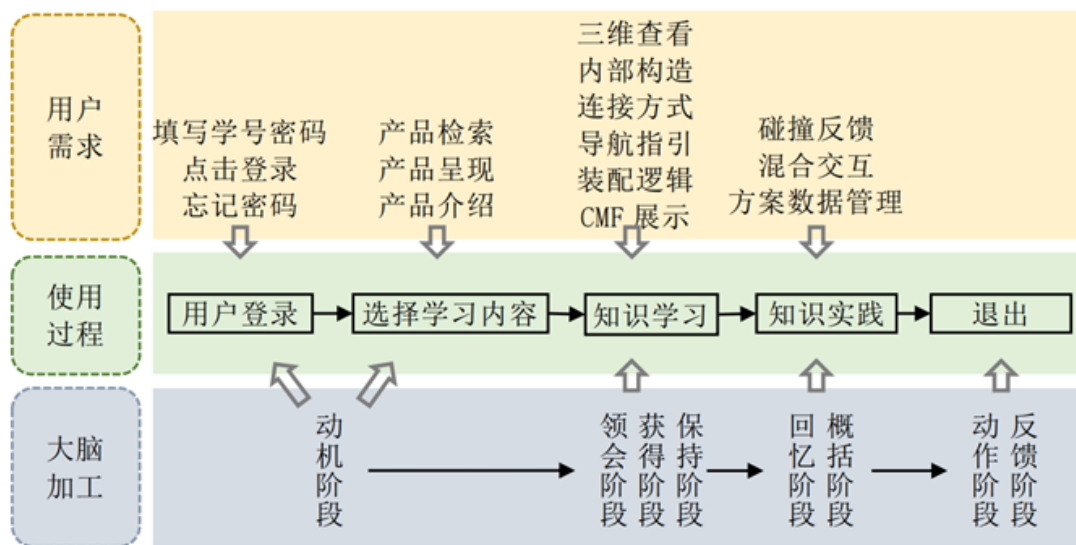


图29 MR产品设计平台使用过程

2.空间沉浸式视觉布局方式设计

信息量控制原则与视觉浏览模式确定了界面布局方式，获得了三套界面布局线框图，分别为割草机式包围型布局、“F”式左右型布局、“S”式上下型布局，进而获得基于二维的视觉方案；采用眼动实验验证方案合理性，确定了“F”式左右型布局为平台界面；以距离为基础划分空间感知层次，通过空间感知实验获得了交互控件沉浸式空间布局方式，如图30所示。

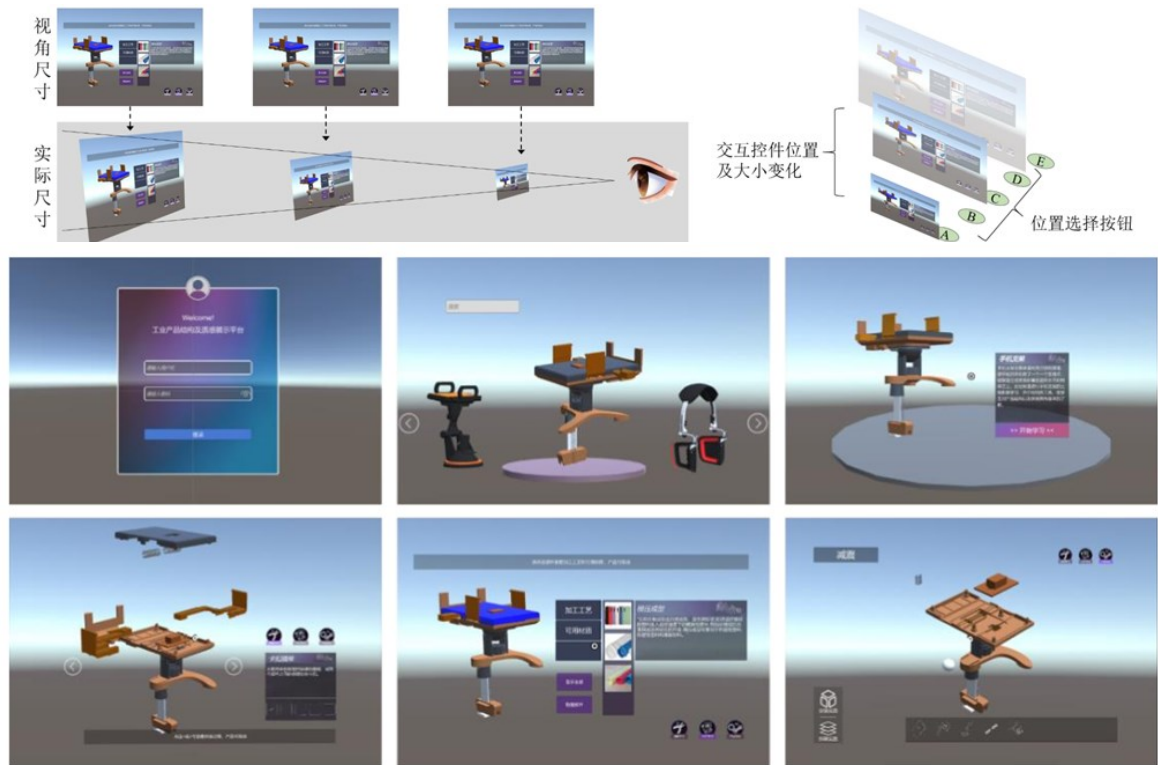


图30 空间沉浸式视觉表现

3.MR产品平台交互与碰撞反馈方式

依据启发式实验，获取了237个有效交互手势；依据频数分析、一致性分数计算，度量手势可用性，并融入专家设计，筛选出了五个基本手势，如31所示；依据Hololens 2手势识别模块，完成了手势识别设计；根据交互时产品部件之间的存在关系，分析OBB碰撞盒在MR产品平台中应用的问题，提出了基于多组件的父级碰撞盒生成模式。

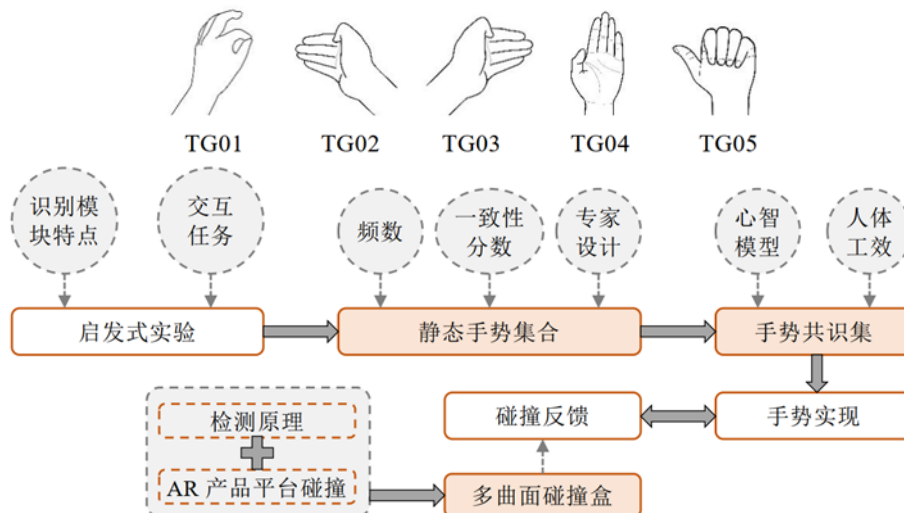


图31 手势交互与碰撞反馈实现

4. MR产品平台的实现与评价

以Unity3D为实现载体，MRTK为工具，完成了平台的场景搭建、功能实现；以Visual Studio 2019为媒介，Hololens 2为展现载体，完成了平台的部署，成功在Hololens 2中展示；采用专家评价法进行可用性测试，以用户操作绩效数据与任务度量报告PSSUQ为评价指标，获得了平台存在的问题并完成了改进工作，实现了工业产品结构交互展示与操作平台设计。



图32 基于MR的工业产品结构交互展示与操作平台

结语：本项目提出了基于知识融合转化的设计学类智慧工程实践新环境建设方法，建设了虚实结合的自主设计展示与评价的体验式学习与实践平台。该项目能够多觉体验虚拟产品，智能感知学生的生理、心理及情绪，为多角度全过程训练手段，多层次、多角度培养学生实践与创新能力，提供了全过程训练手段，提供了能够科学推理、实时交互、精准化推送学习内容的智慧教学支持服务体系。