

# 基于.NetCore 前后端分离框架共建共享虚拟仿真实验教学管理服务平台关键技术研究

赵迪<sup>1,2</sup>, 张帅<sup>3</sup>, 赵章红<sup>3,4,5</sup>, 郝伟斌<sup>4,6</sup>, 张水潮<sup>7</sup>

(1.河南开放大学 工商与财会学院, 郑州 450046; 2.郑州大学 管理学院, 郑州 450001; 3.河南工程学院 管理工程学院, 郑州 450001; 4.河南省高等学校虚拟仿真管理服务中心, 郑州 450046; 5.河南恒茂创远科技股份有限公司, 郑州 450000; 6.郑州航空工业管理学院 社科处, 郑州 450046; 7.河南省教育厅, 郑州 450000)

**摘要:**针对虚拟仿真实验教学平台多终端多部门异构数据接入过载和辅助决策智能化不足的问题,采用前后端分离技术框架,借助 Swagger 自动生成文档可视化等关键技术,构建基于.NetCore 前后端分离框架共建共享虚拟仿真实验教学管理服务平台,实现对虚拟仿真实验教学项目的全过程管理.通过河南省虚拟仿真实验教学服务管理中心的创新实践,验证了所提技术的可行性,为实现实验教学管理模式创新、资源共建共享、开发标准规范化提供技术支撑.

**关键词:**虚拟仿真; VR/AR; 信息化; 人工智能

**中图分类号:** G642.0

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1000-2367(2025)02-0108-07

习近平总书记在党的二十大报告中对“办好人民满意的教育”作出战略部署,强调“加快建设教育强国”,标志着我国高等教育事业发展进入新时期.以 5G、人工智能和虚拟现实(virtual reality, VR)为典型代表的新一代信息技术快速发展,对高等教育事业改革带来重大机遇和挑战,特别是虚拟仿真实验,因具有开放性、灵活性、经济性等特点,已经成为高等院校开展实验教育的主要方式<sup>[1]</sup>.因此,提高虚拟仿真实验项目建设质量,成为全面提升教育事业高质量发展的关键.虚拟仿真项目及其应用是现代信息科学领域的重要研究方向,也是高等教育管理的研究热点之一<sup>[2]</sup>.

针对虚拟仿真实验教学的理论内涵和相关技术,已有不少学者开展研究,并在教学实践中得到应用.虚拟仿真实验教学是依托 VR、人工智能、数据库技术,在高度仿真的虚拟环境中开展实验的教学模式<sup>[3]</sup>.董桂伟等<sup>[4]</sup>利用 CiteSpace 文献分析软件对我国虚拟仿真实验教学的发展趋势进行研究,通过聚类分析和社会网络分析数据发现以融合创新为主是虚拟仿真实验教学发展的必然要求.高东锋等<sup>[5]</sup>通过对比分析 3 种不同应用方式,即 VR、增强现实(augmented reality, AR)和混合现实(mixed reality, MR),探讨 VR 技术对高校实验教学的潜在影响和高校对 VR 技术发展的应对策略.孙福等<sup>[6]</sup>针对虚拟仿真实验教学项目仿真效果差、推广价值低的问题,从项目定位、内容、设计、研发、应用、团队 6 个维度设计评价指标 49 个,开展虚拟仿真

**收稿日期:** 2024-04-07; **修回日期:** 2024-07-03.

**基金项目:** 河南省高等教育教学改革研究与实践项目(2021SJGLX556); 教育部虚拟仿真技术在职业教育教学中的创新应用课题(ZJXF2022041); 河南省中央引导地方科技发展专项(Z20221343001); 河南省重点研发专项(241111210200).

**作者简介:** 赵迪(1992-),女,河南新乡人,河南开放大学讲师,郑州大学博士研究生,研究方向为现代信息技术.

**通信作者:** 张水潮(1967-),男,河南鄱陵人,研究方向为高等教育管理, E-mail: zhang1227zsu@163.com.

**引用本文:** 赵迪,张帅,赵章红,等.基于.NetCore 前后端分离框架共建共享虚拟仿真实验教学管理服务平台关键技术研究[J].河南师范大学学报(自然科学版),2025,53(2):108-114.(Zhao Di, Zhang Shuai, Zhao Zhanghong, et al. Key technology research of co-building and sharing the virtual simulation experiment teaching service platform based on .NetCore front-end and back-end separation framework[J]. Journal of Henan Normal University(Natural Science Edition), 2025, 53(2): 108-114. DOI: 10.16366/j.cnki.1000-2367.2024.04.07.0002.)

实验教学项目评价,为构建“互联网+”的技术环境,薛永基等<sup>[7]</sup>利用以云计算为基础的云平台构筑能够用于并行计算的云网络,详细阐述了虚拟仿真项目基于云技术的设计理念和内容体系,并以北京林业大学农林业经营管理仿真实验平台为例分析了教学实践中的创新应用,耿志挺等<sup>[8]</sup>针对碳钢和铸铁材料拉伸、压缩、扭转等试验内容,采用 C++ 语言开发了材料力学性能虚拟仿真实验系统,详细阐述了系统功能和性能指标。与此同时,围绕虚拟仿真实验教学中心建设,李炎锋等<sup>[9]</sup>、卢艳丽等<sup>[10]</sup>、代方方等<sup>[11]</sup>开展相关研究,详细介绍了基于 Eclipse、WebBulider、LabVIEW 等开发平台和 PKPM、5D 施工 BIM、ANYSYS、FilmsCAD、DEFORM 等仿真软件构建的虚拟仿真实验教学平台,对航空材料专业、化工类专业实践教学模式进行创新应用。

综上所述,现有虚拟仿真相关研究大多从虚拟仿真开发技术、课程建设、实验教学中心介绍方面入手,涉及虚拟仿真实验教学平台开发技术方法和智能化生成实验数据辅助决策的应用较少,因此,本文采用前后端分离技术有效解决多终端多部门异构数据接入过载问题,借助 Swagger 自动生成文档可视化技术,构建基于.NetCore 前后端分离框架共建共享虚拟仿真实验教学管理服务平台,实现对虚拟仿真实验教学项目的全过程管理,为实验教学高质量发展提供决策依据。

### 1 平台技术架构

共建共享虚拟仿真实验教学管理服务平台采用“平台-算法-数据-终端”的建设思路,使用统一数据管理,分布式存储,标准接口对接,实现多主体、多中心、多课程群身份统一认证,数据互通,具体如图 1 所示。通过集成项目信息定制管理技术,开发项目管理信息综合服务模块,实现管理信息发布、虚仿项目申报、成果鉴定验收等高效管理工作。通过与 WebService、移动 APP、个人 PC 和 iPad 等多类型终端的互联互通,实现产品服务多端展示、在线定制和自适应管理。嵌入多源异构数据融合技术,搭建多部门多接口协同共享管理模块,实现虚拟仿真实验教学多源数据的协同治理。集成人工智能技术和数据挖掘算法,开发智能管理工具箱,实现管理服务智能化开展。为搭建虚拟仿真实验教学管理服务平台,实现实验教学和管理服务工作平稳运行、高效安全开展,需要突破基于.NetCore 前后端分离框架和基于 Swagger 自动生成文档两个关键技术。

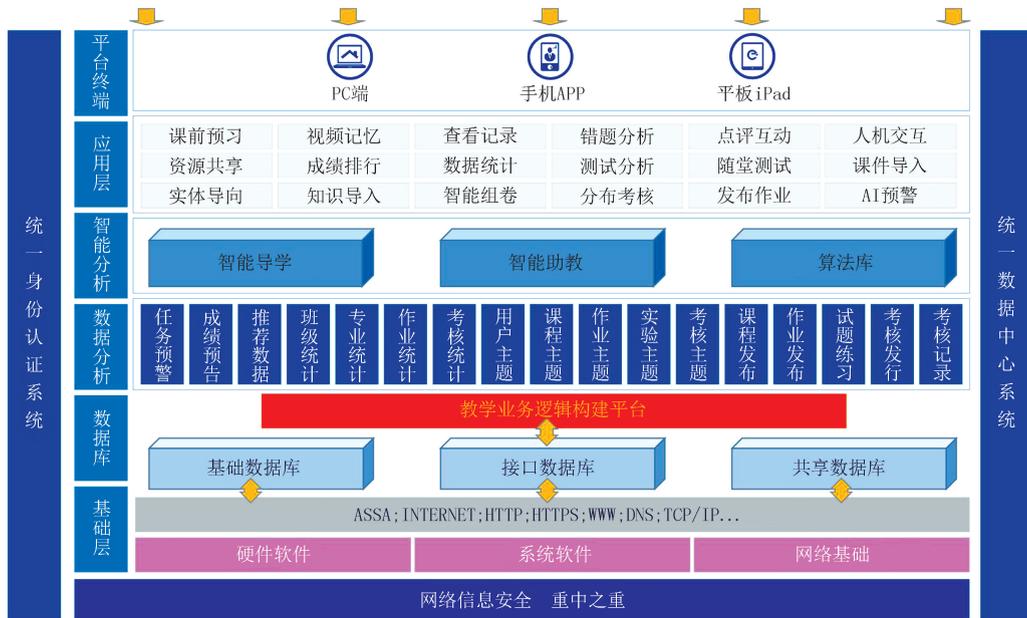


图1 多平台共建共享虚拟仿真实验教学管理服务平台的总体架构

Fig. 1 The overall architecture of teaching management service platform for multi-platform co-construction and sharing virtual simulation experiment

## 2 平台关键技术

### 2.1 前后端分离技术

#### 2.1.1 前端 vue 技术

针对虚拟仿真实验教学特点,不同中心、课程群、虚仿项目师生访客瞬时大量并入和数据对接是平台首要解决问题,采用前端 vue 技术框架.前端构建使用 vue 全家桶,element-ui 第三方库、vuex 做状态管理、node.js 做服务端中间件整合后端返回数据处理并结合 webpack 进行打包,减少打包体积,以及代码安全.利用 vue-Router 按需加载,缩短首页加载时间,提高平台性能.抽离公共组件,利用高内聚低耦合原则,采用函数式编程把平台实验模块、教学中心模块,实验排行模块,使用功能组件和公共业务组件模块化,减少代码复用.采用虚拟 dom 技术,减少回流和重绘,使每个教学中心和课程群平台能快速渲染,让平台访客有更好的体验.

#### 2.1.2 后端使用.Net Core API 框架技术

平台整体采用.Net Core API 仓储+服务+接口封装框架,可以将数据访问、业务逻辑封装和接口定义分离,实现数据访问层和业务逻辑层的分工,使系统更加模块化和可维护.使用 ASP.Net Core 3.1 API, RESTful API 的一种风格来编写使接口更规范.平台登录采用 JWT(json web token)技术以及采用手机短信来找回忘记密码,提供更高的安全性和可扩展性.为帮助项目简介视频以及其他视频能够适应不同网络环境,采用 M3U8 格式进行流媒体按需传输.为使外部仿真实验能够对接平台,让用户能够查看自己每次操作实验的记录以及详细的操作步骤,采用了分配独立的 Appid 和 Secret,并且采用 MD5 加密方式请求平台开放接口进行对接实验数据.与此同时,平台也会自适应分析,实现项目数据共享统计从而更高效地监控平台所有项目的各项评价.采用 SqlSugar 轻量级 ORM 框架操作平台的数据代码优先,与高效的管理平台采用 RBAC 控制模式用于对系统资源的权限管理,进一步提高平台系统安全性.采用 NPOI 高效操作 Office 进行平台数据的导出及导入,利用 Quartz.Net 实现作业任务的调度,涵盖了从数据访问、业务逻辑、性能优化到安全性等多个方面,也能够帮助开发人员构建高效率、高性能、可靠安全的后端系统.

定义统一的接口返回结果格式,分别如下:

```

/// <summary>
/// 接口成功返回数据
/// </summary>
/// <param name="rows">数据</param>
/// <param name="total">总数据条数</param>
/// <returns></returns>
public static dynamic Success(object rows,long total=1)
{
    dynamic dy = new ExpandoObject();
    dy.success = true;
    dy.code = (int)HttpStatusCode.OK;
    dy.total = total;
    dy.rows = rows;
    dy.msg = "OK";
    return dy;
}

/// <summary>
/// 成功返回消息
/// </summary>
/// <param name="msg"></param>
/// <returns></returns>
public static dynamic Success(string msg)
{
    dynamic dy = new ExpandoObject();
    dy.success = true;
    dy.code = (int)HttpStatusCode.OK;
    dy.total = 1;
    dy.rows = null;
    dy.msg = msg;
    return dy;
}

```

### 2.2 基于 Swagger 自动生成文档技术

为了更好地满足项目开发人员的对接,以及各教学中心、课程群、虚仿项目将数据实时传输到管理服务平台,解决多平台兼容问题,平台使用了 Swagger 自动生成文档技术.Swagger 可以自动生成 API 文档、支持多种数据格式、自动生成客户端 Sdk,而且 Swagger 与 RESTful API 兼容,同时也支持其他 Web 服务,如 SOAP 和 XML-RPC.这使得 Swagger 更加通用,可以适用于多种 Web 服务,Swagger 的主要指令如表 1 所示.

表 1 Swagger 的主要指令  
Tab. 1 Main instruction of Swagger

Swagger 指令	指令介绍
@Api	描述整个 API 定义信息,并提供基本信息,例如版本、标题、描述、协议等.
@ApiOperation	描述 API 操作信息,例如描述、HTTP 方法、URL 等.
@ApiParam	描述参数信息,例如名称、数据类型、必填、描述信息等.
@ApiResponse	描述 API 响应信息,例如状态码、描述信息、响应模型等.
@ApiImplicitParam/@ApiImplicitParams	描述请求参数信息,例如名称、数据类型、必填、描述信息等.
@RequestBody	描述请求体参数信息,例如名称、数据类型、必填、描述信息等.
@ApiIgnore	忽略指定项(类、方法、参数)的 API 文档生成,适用于那些不需要对外显露的接口或属性.
@ApiModelProperty	为数据模型添加描述信息,包括名称、描述、属性等.
@ApiModelProperty	为数据模型中的属性添加描述信息,包括名称、描述、数据类型、默认值等.
@ApiResponses	指定多个响应状态码和响应消息,并为不同状态码指定不同的响应信息.
@ApiParamImplicit / @ApiParamImplicitset	为请求参数列表中的多个参数添加描述信息.

## 2.3 其他关键技术

### 2.3.1 使用 Redis 缓存技术

为了方便用户更好的体验,平台使用 Redis 缓存能够实现基础数据快速高效地呈现在客户端,使数据能够持久化存储在内存中.例如平台中实验类别、学校分类、实验排行、实时热度、用户基础数据、登录密钥等数据直接查询数据库较慢,因此采用 Redis 将数据存储在内存中,无须每次访问都重新读取数据库,进而大大提升加载效率和平台稳定性.基于内存数据库,Redis 能够有效提高系统并发处理能力,能够将更多的并发访问请求快速存储在内存中,相比于磁盘存储的数据库,读取速度更快,能够有效提升数据访问效率.

### 2.3.2 Log4Net 日志可视化技术

为实现用户操作的记录和分析,平台使用 Log4Net 日志可视化技术,通过可视化技术实现日志数据向图表的转换,并采用 SignalR 技术对日志信息进行推送,实现平台操作日志展示、搜索、过滤、排序等功能.通过后台管理技术的优化,方便管理员查看分析日志,对平台进行快速监控,从而大大提升平台维护效率.

## 3 创新管理应用

按照教育部和省委、省政府推进教育数字化转型的部署要求,河南全面落实《中国教育现代化 2035》《教育信息化 2.0 行动计划》《河南教育现代化 2035》及其实施方案等文件要求,并在《河南省教育厅关于加快推进虚拟仿真实验教学体系建设的意见》(教高[2021]240 号)中明确指出,按照“学生中心、产出导向、持续改进”的原则,积极探索虚拟仿真实验教学 2.0 的河南模式.基于.NetCore 前后端分离框架打造了河南省虚拟仿真实验教学管理服务平台(省平台),完善了虚拟仿真实验教学服务管理技术体系,推动虚拟仿真实验教学 1.0 阶段向以“布局合理、效果优良、开放共享”新型实验教学 2.0 体系的系统建构.

### 3.1 依托技术平台,构建四级体系

虚拟仿真资源分散化、体系化不足的根本原因是建设过程缺乏统一部署,为解决该问题,河南创新性地打造“省平台-教学中心-课程群-项目”四级体系,实现“校-企-政”共管,具体如图 2 所示.2021 年,成立河南省高等学校虚拟仿真实验教学管理服务中心,总体负责省级虚拟仿真实验教学系列项目的组织建设、数据联网和统一管理,配合教育厅开展课程审查和线上教学活动,促进省内高校虚拟仿真项目建设和时间交流合作.首先,根据省情、校情、调研情况以及学科门类特点,设置教学中心、课程群和教学项目.每个教学中心围绕同一专业至少下设 3 个课程群,在设置课程群过程中,以普通高等学校本科专业类教学质量国家标准为依据,结合教学中心的特点,通过前期调研、专家论证和自主申报多个环节确定,课程群需要设置不少于 5 个教学内容的虚拟仿真实验教学项目.继而,发布虚拟仿真实验教学系列项目建设指南,以揭榜挂帅的形式申报相

应教学中心、课程群和教学项目.经过学校推荐、网络评审、会议评审、现场答辩等多个环节,择优立项系列项目.在4月的建设周期结束后,实验教学项目所有数据对接到相应的课程群,进而通过课程群将数据进一步集成到教学中心到达省平台.每年发布一次申报指南,引导省内高校开展虚拟仿真实验教学系列项目的申报,最终形成“省平台-教学中心-课程群-项目”虚拟仿真实验教学体系化建设.



图2 河南省虚拟仿真实验教学中心管理架构

Fig.2 Management architecture of virtual simulation experiment teaching center in Henan province

### 3.2 加强合作交流,实现共享共建

虚拟仿真项目建设周期长、投入大,单一主体开发建设虚拟仿真项目都难以取得预期效果,加强校校、校企、校政间合作,实现虚拟仿真资源共建共享是提升虚拟仿真实验教学质量的必要手段.得益于“省平台-教学中心-课程群-项目”四级体系,河南虚拟仿真实验教学体系共建共享机制具有得天独厚的优势.2021年和2023年,河南省教育厅发布关于申报虚拟仿真实验教学系列项目建设的通知均明确要求,申报教学中心的高校需要依托国家级一流本科专业,并且联合至少3所省内高校联合申报.此外,受制于限额申报的要求,申报教学中心的高校难以独自承担教学中心下设所有项目的申报建设,而需要牵头组织其他学院、高校申报中心下设课程群和实验教学项目,这就使得在项目申报过程中学校和学院、学院和学院、学校和学院间加强了合作交流,明确了分工定位,为后续共享机制的建立打下基础.为实现虚拟仿真实验教学资源的共享共用,满足省内不同层次、不同类型学校师生实验教学需求,河南省高等学校虚拟仿真实验教学管理服务中心搭建了具有开放性、扩展性、兼容性和前瞻性的虚拟仿真实验教学项目运行平台——河南省高等学校虚拟仿真实验教学共享平台.所有建成虚拟仿真实验教学项目会按照所属课程群和教学中心,分门别类地出现在共享平台.访问师生仅需注册共享平台账号,即可实现平台内所有实验一键登录、一键学习,通过后台数据分析,所有参与实验的学生成绩可以一键导出,不同学校师生均可以在共享平台自由实验,打破了不同学校、不同区域的限制.

### 3.3 规范开发标准,提升泛在能力

为解决虚拟仿真项目技术标准不统一、开发质量参差不齐的问题,省平台对下设教学中心提出建设标准要求,教学中心对所属课程群建设的具体内容作出规定,课程群则需要明确所属教学项目的开发标准.在项目验收时,教学项目需要一次通过课程群、教学中心和省服务平台的层层验收,全部满足规范要求,才能够顺利结项.这种做法的优势就在于将所有虚拟仿真项目归属于对应专业学科,在虚拟仿真教学联盟和教学指导委员会的指导下,能够规范项目的建设内容、教学方式和技术标准,在一定程度上规范项目内容,提升项目质量.此外,对于开发技术不同的教学项目,河南省高等学校虚拟仿真实验教学共享平台采用云计算理念,利用云推流技术将部署在云端的虚仿资源运行结果,通过“流”的形式推送到PC、平板和手机等终端,师生可以通

过终端应用进行实时交互.采用云计算技术的共享平台,能够将资源统一部署、集中管理,可以让教师和学生随时随地开展实验教学,而且支持多用户高并发访问,有效解决服务器载荷过大出现的问题.与此同时,省平台利用便捷轻量级虚拟仿真引擎编辑器,帮助不熟悉虚拟仿真开发技术的高校教师,自行开展仿真资源建设,实现低代码快速构建仿真资源,降低仿真资源的开发门槛和开发成本,提高虚拟仿真项目的泛在化能力.

## 4 小 结

通过基于.NetCore 前后端分离框架共建共享虚拟仿真实验教学管理服务平台的关键技术研究,完善了虚拟仿真实验教学服务管理技术体系,为虚拟仿真 2.0 时代“省平台-教学中心-课程群-项目”新型实验教学体系化建设提供技术支撑,并在河南省虚拟仿真实验教学中心取得了较好的应用示范效果.数字时代的科技创新推动着高等教育实验教学的变革,使得虚拟仿真实验教学模式向 2.0 时代跃进,基于全新的技术手段,构建以体系化为基本原则、共享化为基本目标、标准化为基本特征的新型虚拟仿真实验教学服务技术体系,是不断推进国家虚拟仿真实验教学改革、优化实验教学资源结构、提升实验教学质量的重要举措.

## 参 考 文 献

- [1] 刘海峰,韦骅峰,高瞻远瞩:中国高教 2035 与世界高教 2050[J].高等教育研究,2021,42(7):1-10.  
LIU H F,WEI H F.To take a broad and long-term view:China's higher education in 2035 and the world's higher education in 2050[J].Journal of Higher Education,2021,42(7):1-10.
- [2] 刘金库,葛云晓,黄婕,等.虚拟仿真实验教学课程:数字赋能工程能力培养新模式[J].高等工程教育研究,2023(3):85-88.  
LIU J K,GE Y X,HUANG J,et al.Virtual simulation experiment course:a new mode of digital empowerment engineering ability training[J].Research in Higher Education of Engineering,2023(3):85-88.
- [3] 熊宏齐.虚拟仿真实验教学助推理论教学与实验教学的融合改革与创新[J].实验技术与管理,2020,37(5):1-4.  
XIONG H Q.Promotion of reform and innovation on integration of theory teaching and experimental teaching by virtual simulation experiment teaching[J].Experimental Technology and Management,2020,37(5):1-4.
- [4] 董桂伟,赵国群,王桂龙.我国虚拟仿真实验教学的发展与趋势研究:基于近十年中国知网文献的知识图谱分析[J].中国大学教学,2021(7):85-92.  
DONG G W,ZHAO G Q,WANG G L.Research on the Development and Trend of Virtual Simulation Experiment Teaching in China:Based on the knowledge map analysis of China HowNet literature in recent ten years[J].China University Teaching,2021(7):85-92.
- [5] 高东锋,王森.虚拟现实技术发展对高校实验教学改革的影响与应对策略[J].中国高教研究,2016(10):56-59.  
GAO D F,WANG S.The influences and measures for the development of virtual reality technology on the higher education experimental teaching reform[J].China Higher Education Research,2016(10):56-59.
- [6] 孙福,孙佳怡,刘国庆,等.虚拟仿真实验教学项目评价研究[J].实验技术与管理,2020,37(7):187-190.  
SUN F,SUN J Y,LIU G Q,et al.Research on evaluation of virtual simulation experiment teaching project[J].Experimental Technology and Management,2020,37(7):187-190.
- [7] 薛永基,陈建成,王明天.经管类专业虚拟仿真实验教学探索与实践[J].实验室研究与探索,2017,36(10):283-286.  
XUE Y J,CHEN J C,WANG M T.Study and practice on virtual simulation experimental instruction in economics and management specialty[J].Research and Exploration in Laboratory,2017,36(10):283-286.
- [8] 耿志挺,陈学军.材料力学虚拟仿真实验系统的设计与开发[J].实验室研究与探索,2019,38(5):98-101.  
GENG Z T,CHEN X J.Research and development of virtual simulation experiment system of material mechanics[J].Research and Exploration in Laboratory,2019,38(5):98-101.
- [9] 李炎锋,杜修力,纪金豹,等.土木类专业建设虚拟仿真实验教学中心的探索与实践[J].中国大学教学,2014(9):82-85.  
LI Y F,DU X L,JI J B,et al.Exploration and practice of virtual simulation experiment teaching center for civil engineering specialty construction[J].China University Teaching,2014(9):82-85.
- [10] 卢艳丽,董文强,王永欣,等.材料类专业虚拟仿真实验教学中心的建设与实践[J].实验室研究与探索,2018,37(11):153-157.  
LU Y L,DONG W Q,WANG Y X,et al.Exploration and practice of the virtual simulation experimental teaching center for material professional construction[J].Research and Exploration in Laboratory,2018,37(11):153-157.
- [11] 代方方,费贵强,李磊,等.化工类虚拟仿真实验教学中心建设与实践[J].实验技术与管理,2019,36(10):279-281.  
DAI F F,FEI G Q,LI L,et al.Construction and practice of virtual simulation experimental teaching center of chemical engineering majors[J].Experimental Technology and Management,2019,36(10):279-281.

# Key technology research of co-building and sharing the virtual simulation experiment teaching service platform based on .NetCore front-end and back-end separation framework

Zhao Di<sup>1,2</sup>, Zhang Shuai<sup>3</sup>, Zhao Zhanghong<sup>3,4,5</sup>, Hao Weibin<sup>4,6</sup>, Zhang Shuichao<sup>7</sup>

(1. School of Business and Accounting, Henan Open University, Zhengzhou 450046, China; 2. School of Management, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China; 3. School of Management Engineering, Henan University of Engineering, Zhengzhou 450001, China; 4. Service Center of Virtual Simulation in the Universities of Henan Province, Zhengzhou 450046, China; 5. Henan HMCY Technology Co., Ltd. Zhengzhou 450000, China; 6. Office of Social Science Administration, Zhengzhou University of Aeronautics, Zhengzhou 450046, China; 7. Department of Education of Henan Province, Zhengzhou 450000, China)

**Abstract:** In this paper, addressing the overload issues of heterogeneous data access from multiple terminals and departments in virtual simulation experiment teaching platforms, as well as the lack of intelligent generation of experimental data to assist decision-making, a shared virtual simulation experiment teaching management service platform is adopted. Utilizing Swagger's automatic documentation visualization technology and a front-end and back-end separation technology framework based on the .NetCore technique, this platform realizes full-process management of virtual simulation experiment teaching projects. The feasibility of proposed techniques had been verified through innovative applications by the virtual simulation experiment teaching service management center of Henan province. It can provide technical support for innovation of teaching management, co-construction and sharing of teaching resources and normalization of application development standard.

**Keywords:** virtual simulation; VR/AR; informatization; artificial intelligence

[责任编辑 陈留院 杨浦]