

# 2024 年重庆市一流本科课程申报书

## (虚拟仿真实验教学课程)

课程名称： 城市轨道交通供配  
电系统虚拟仿真实验

专业类代码： 0808

负责人： 邢阳阳

联系电话： 15803091862

申报学校： 重庆移通学院

填表日期： 2024 年 8 月 29 日

重庆市教育委员会高等教育处制

二〇二四年五月

## 填报说明

1.专业类代码指《普通高等学校本科专业目录（2020）》中的专业类代码（四位数字）。学科门类指《学位授予和人才培养学科目录（2011年）》中的学科门类。

2.课程类别为：公共基础课、专业基础课、专业核心课、跨学科融合课、产教融合课、创新创业课、其他。

3.文中○为单选；□可多选。

4.团队主要成员一般为近4年内讲授该课程教师。

5.文本中的中外文名词第一次出现时，要写清全称和缩写，再次出现时可以使用缩写。

6.涉密课程或不能公开个人信息的涉密人员不得参与申报。

## 1. 基本情况

|                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |      |    |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|----|
| 实验名称             | 城市轨道交通供配电系统虚拟仿真实验                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |      |    |
| 实验所属课程<br>(可填多个) | 《城市轨道交通供电系统》《轨道交通供电系统》                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |      |    |
| 性质               | <input type="radio"/> 独立实验课 <input checked="" type="radio"/> 课程实验                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |      |    |
| 实验对应专业           | 轨道交通电气与控制、轨道交通信号与控制、电气类相关专业                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 学科门类 | 工学 |
| 课程类别             | <input type="checkbox"/> 公共基础课 <input type="checkbox"/> 专业基础课 <input checked="" type="checkbox"/> 专业核心课<br><input type="checkbox"/> 跨学科融合课 <input type="checkbox"/> 产教融合课 <input type="checkbox"/> 创新创业课<br><input type="checkbox"/> 其他_____                                                                                                                                                        |      |    |
| 实验类型             | <input checked="" type="radio"/> 基础练习型 <input type="radio"/> 综合设计型 <input type="radio"/> 研究探索型 <input type="radio"/> 其他                                                                                                                                                                                                                                                                             |      |    |
| 虚拟仿真必要性          | <input checked="" type="checkbox"/> 高危或极端环境 <input checked="" type="checkbox"/> 高成本、高消耗 <input checked="" type="checkbox"/> 不可逆操作<br><input checked="" type="checkbox"/> 大型综合训练                                                                                                                                                                                                                     |      |    |
| 实验语言             | <input checked="" type="radio"/> 中文<br><input type="radio"/> 中文+外文字幕(语种) <input type="radio"/> 外文(语种)                                                                                                                                                                                                                                                                                               |      |    |
| 实验已开设期次          | 共 7 次：<br>1. 2021 年 5 月-6 月：轨道交通信号与控制专业《轨道交通供电系统》200 人；<br>2. 2021 年 11 月-12 月：轨道交通电气与控制专业《城市轨道交通供电系统》105 人；<br>3. 2022 年 10 月-12 月：轨道交通电气与控制专业《城市轨道交通供电系统》116 人、轨道交通信号与控制专业《轨道交通供电系统》92 人；<br>4. 2022 年 10 月：中铁电气化局集团有限公司员工培训 31 人；<br>5. 2023 年 3 月-6 月：重庆大学、重庆交通大学、重庆重庆公共运输职业学院、重庆科创职业学院等高校各专业 83 人。<br>6. 2023 年 10 月-12 月，轨道交通电气与控制专业《轨道交通供电系统》64 人；<br>7. 2024 年 6 月，重庆众合智行交通科技有限公司员工培训 31 人。 |      |    |
| 有效链接网址           | <a href="http://vsp.cqooc.com/detail?classId=b44906d82ebde3712c6756656487d50c">http://vsp.cqooc.com/detail?classId=b44906d82ebde3712c6756656487d50c</a> (请使用 64 位火狐或谷歌浏览器)                                                                                                                                                                                                                          |      |    |

## 2. 教学服务团队情况

| 2-1 团队主要成员（含负责人，总人数限6人以内）             |     |         |                 |           |        |                       |                   |                      |     |
|---------------------------------------|-----|---------|-----------------|-----------|--------|-----------------------|-------------------|----------------------|-----|
| 序号                                    | 姓名  | 出生年月    | 单位              | 职务        | 职称     | 手机号码                  | 电子邮箱              | 承担任务                 | 签章  |
| 1                                     | 邢阳阳 | 1987.12 | 重庆移通学院          | 教师        | 副教授    | 15803091862           | 1035651474@qq.com | 软件设计与研发（在线教学服务）      | 邢阳阳 |
| 2                                     | 李洁  | 1987.05 | 重庆移通学院          | 副院长       | 副教授    | 13436178872           | 342084661@qq.com  | 项目设计、教学设计与实施（在线教学服务） | 李洁  |
| 3                                     | 韩冰  | 1993.04 | 重庆移通学院          | 教师        | 工程师    | 17784342200           | 2462975739@qq.com | 教学实施（在线教学服务）         | 韩冰  |
| 4                                     | 黄娜  | 1986.05 | 重庆移通学院          | 教学团队建设负责人 | 副教授    | 18523345837           | 466384756@qq.com  | 教学设计、在线答疑（在线教学服务人员）  | 黄娜  |
| 5                                     | 范建伟 | 1974.06 | 中铁电气化集团有限公司     | 技术研发中心副主任 | 高级工程师  | 15223166159           | 642552063@qq.com  | 项目收资、软件设计指导（技术支持）    | 范建伟 |
| 6                                     | 晁晓洁 | 1987.07 | 重庆移通学院          | 教研室主任     | 副教授    | 15023034360           | 562968194@qq.com  | 在线教学答疑等（在线教学服务人员）    | 晁晓洁 |
| 2-2 团队其他成员                            |     |         |                 |           |        |                       |                   |                      |     |
| 序号                                    | 姓名  | 出生年月    | 单位              | 职务        | 职称     | 承担任务                  | 签章                |                      |     |
| 1                                     | 冯铁成 | 1970.07 | 重庆移通学院          | 轨道交通教研室主任 | 高级工程师  | 教学实施与平台维护（在线教学服务）     | 冯铁成               |                      |     |
| 2                                     | 陈涛涛 | 1985.01 | 重庆众合智行交通科技有限公司  | 技术中心经理    | 高级工程师  | 项目收资、软件设计（技术支持）       | 陈涛涛               |                      |     |
| 3                                     | 关正伟 | 1986.05 | 重庆移通学院          | 教师        | 高级工程师  | 三维建模、实验数据分析（在线教学服务人员） | 关正伟               |                      |     |
| 4                                     | 朱伟鹏 | 1981.04 | 重庆移通学院          | 教师        | 正高级工程师 | 三维建模、实验数据分析（在线教学服务人员） | 朱伟鹏               |                      |     |
| 5                                     | 许云旺 | 1991.03 | 北京欧倍尔软件技术开发有限公司 | 项目研发员     | 工程师    | 软件研发（技术支持）            | 许云旺               |                      |     |
| 6                                     | 魏佳  | 1996.08 | 北京欧倍尔软件技术开发有限公司 | 项目研发员     | 工程师    | 软件研发（技术支持）            | 魏佳                |                      |     |
| 团队总人数： 12 人 其中高校人员数量： 8 人 企业人员数量： 4 人 |     |         |                 |           |        |                       |                   |                      |     |

### 2-3 团队主要成员教学情况（限 500 字以内）

（近 5 年来承担该实验教学任务情况，以及负责人开展教学研究、学术研究、获得教学奖励的情况）

#### （1）团队实验教学任务情况

团队成员长期从事《城市轨道交通供电系统》《轨道交通供电系统》《供配电技术》等实践教学，近 3 年教学任务如下表，学评教取得“全优”成绩。

表 2-3-1 团队成员近 3 年承担相关实验教学情况表

| 学期数         | 课程名称       | 教学班                     | 学时 | 授课教师    |
|-------------|------------|-------------------------|----|---------|
| 2020-2021-2 | 轨道交通供电系统   | (2020-2021-2)-050365-1  | 8  | 李洁、黄娜   |
| 2020-2021-2 | 轨道交通供电系统   | (2020-2021-2)-050365-2  | 8  | 邢阳阳、黄娜  |
| 2020-2021-2 | 轨道交通供电系统   | (2020-2021-2)-050365-3  | 8  | 晁晓洁、邢阳阳 |
| 2020-2021-2 | 轨道交通供电系统   | (2020-2021-2)-050365-4  | 8  | 邢阳阳、关正伟 |
| 2020-2021-2 | 轨道交通供电系统   | (2020-2021-2)-050365-5  | 8  | 李洁、关正伟  |
| 2020-2021-2 | 轨道交通供电系统   | (2020-2021-2)-050365-6  | 8  | 李洁、邢阳阳  |
| 2021-2022-1 | 城市轨道交通供电系统 | (2021-2022-1)-050440-1A | 8  | 邢阳阳、韩冰  |
| 2021-2022-1 | 城市轨道交通供电系统 | (2021-2022-1)-050440-1B | 8  | 邢阳阳、韩冰  |
| 2021-2022-1 | 城市轨道交通供电系统 | (2021-2022-1)-050440-2  | 8  | 李洁、韩冰   |
| 2022-2023-1 | 城市轨道交通供电系统 | (2022-2023-1)-050440-1  | 8  | 韩冰、邢阳阳  |
| 2022-2023-1 | 城市轨道交通供电系统 | (2022-2023-1)-050629-1A | 8  | 李洁、邢阳阳  |
| 2022-2023-1 | 城市轨道交通供电系统 | (2022-2023-1)-050629-1B | 8  | 韩冰、邢阳阳  |
| 2022-2023-1 | 城市轨道交通供电系统 | (2022-2023-1)-050629-2  | 8  | 韩冰、邢阳阳  |
| 2022-2023-1 | 轨道交通供电系统   | (2022-2023-1)-050619-1  | 8  | 韩冰、冯铁成  |
| 2022-2023-1 | 轨道交通供电系统   | (2022-2023-1)-050619-2  | 8  | 韩冰、邢阳阳  |
| 2022-2023-1 | 轨道交通供电系统   | (2022-2023-1)-050619-3  | 8  | 邢阳阳、邓长勇 |
| 2023-2024-1 | 轨道交通供电系统   | (2022-2023-1)-050659-1  | 8  | 韩冰、冯铁成  |
| 2023-2024-1 | 轨道交通供电系统   | (2022-2023-1)-050659-2  | 8  | 韩冰、邢阳阳  |

#### （2）负责人开展教学研究、学术研究、教学奖励情况

##### ①教学研究情况

负责人主持参与教育教学研究项目 10 余项，近年来主要开展教学研究项目情况见表 2-3-2。

表 2-3-2 负责人主要教研项目情况表

| 项目（课题）名称                                            | 来源/类别             | 起止时间              | 本人排名  | 完成情况 |
|-----------------------------------------------------|-------------------|-------------------|-------|------|
| 课程思政示范课程：电气控制与PLC技术                                 | 重庆市教育委员会/课程思政示范课程 | 2023. 07          | 4/7   | 已评定  |
| 课程思政示范课程：电力电子技术                                     | 重庆市教育委员会/课程思政示范课程 | 2022. 07          | 6/6   | 已评定  |
| 优秀教育仿真案例：城市轨道交通供电系统                                 | 中国教育技术协会/优秀教育仿真案例 | 2023. 11          | 3/3   | 已评定  |
| 轨道牵引供电系统虚拟仿真实验设计及实践                                 | 教育部产学研合作协同育人      | 2022. 02          | 11/11 | 已结项  |
| 城市轨道交通供电和变配电系统虚拟仿真实验                                | 重庆移通学院/一流课程       | 2023. 03          | 1/6   | 已评定  |
| 基于光纤光栅传感的城市轨道交通轨道状态实时在线监测研究                         | 重庆市教育委员会/一般项目     | 2020.10-2023.10   | 8/10  | 在研   |
| 新工科背景下课程思政建设的路径研究与实践——以《PLC 创新技术应用》课程为例             | 重庆移通学院/重点项目       | 2022. 01-2024. 01 | 1/8   | 在研   |
| 以PBL模式推动应用型本科工程实验教学改革与实践                            | 重庆移通学院/一般项目       | 2021. 01-2022. 12 | 5/8   | 在研   |
| 新型二级学院背景下线上线下结合的教学模式在专业基础类实验课中的实践与研究——以重庆邮电大学移通学院为例 | 重庆移通学院/一般项目       | 2019. 04-2020. 12 | 4/5   | 已结题  |
| 智能传感器与检测技术                                          | 重庆移通学院/重点项目       | 2023. 09-2025. 08 | 4/11  | 在研   |

## ②学术研究情况

主持或主研校级科研项目 4 项（其中主持 1 项）；第一作者发表科研论文十余篇，其中 3 篇北大中文核心，获国家实用新型专利 1 项。近年来主要发表科研论文情况见表 2-3-3。

表 2-3-3 负责人主要教研项目情况表

| 论文题目                      | 刊物或出版社名称 | 刊物级别 | 发表时间    | 排名  |
|---------------------------|----------|------|---------|-----|
| 采用调制激光相位检测电气设备高频局部放电技术    | 应用激光     | 核心   | 2022.06 | 1/4 |
| 非理想电网下多电平并网逆变器控制仿真        | 计算机仿真    | 核心   | 2023.02 | 1/4 |
| 不对称电网故障下直流母线电压平衡控制方法      | 计算机仿真    | 核心   | 2023.05 | 1/4 |
| 基于激光视觉的焊接裂缝自动定位系统设计       | 激光杂志     | 核心   | 2020.05 | 3/4 |
| 高校《PLC创新技术应用》课程思政建设研究     | 教育科学     | 普刊   | 2023.07 | 1/1 |
| 互联网背景下基于PLC技术的电气工程自动化控制探析 | E动时尚     | 普刊   | 2022.06 | 1/2 |
| 课程思政融入PLC课程教学探索           | 河北农机     | 普刊   | 2021.12 | 1/3 |
| PLC技术实验线上线下教学方法探索         | 辽宁青年     | 普刊   | 2020.09 | 1/1 |
| 基于PLC的操作手系统的设计            | 科学与财富    | 普刊   | 2020.04 | 1/1 |
| 基于PLC的机械手搬运系统的设计          | 河北农机     | 普刊   | 2019.06 | 1/1 |
| PLC课程教学方法探索               | 才智       | 普刊   | 2019.11 | 1/1 |

## ③教学奖励情况

个人参加教学比赛获“重庆移通学院青年教师教学竞赛”优秀奖 2 次、“远景优秀教师” 3 次等奖励。

指导学生参加学科竞赛获省部级及以上奖励十余项、优秀指导教师称号 2 次，其中在“第二十六届中国机器人及人工智能大赛”获国家级二等奖 2 项，“中国机器人大赛”获国家三等奖，“2024 年第十一届全国大学生机械创新设计大赛”获国家三等奖，“2023 中国机器人大赛暨 ROBOCUP 机器人世界杯中国赛”获国家三等奖等。“西门子杯”中国智能制造挑战赛中三年累计获得全国初赛一等奖 2 项，二等奖 3 项，三等奖 2 项。

注：必要的技术支持人员可作为团队主要成员；“承担任务”中除填写任务分工内容外，请说明属于在线教学服务人员还是技术支持人员。

### 3. 实验描述

3-1 实验简介（实验的必要性及实用性，教学设计的合理性，实验系统的先进性）

#### （1）实验的必要性及实用性



图 3-1-1 虚拟实验系统的必要性

#### ①国家战略、行业快速发展对城市轨道交通供配电人才需求

国家交通强国战略及新时代创新驱动战略下，城市轨道交通得以快速发展，供配电系统作为轨道交通的大动脉，是保障城市轨道交通安全可靠运行的基础与前提，因此对城市轨道交通供配电系统人才培养与实践教学需求提出了更高的要求。本实验利用现代信息化技术，构造高真实性、且具有“复杂性、可变性”的实验环境，按照“能实不虚”的仿真实验理念，建立全方位、多层次的“城市轨道交通供电和变配电系统虚拟仿真实验”，具有重要的现实意义与应用价值。

#### ②城轨供电现场环境高压高危、极端且不可进入，实体设备成本过高

城市轨道交通供配电系统是轨道交通类专业本科教学的专业基础课，在专业课程体系中占有重要的地位。该类课程实践性很强，具有很强的工程背景，可培养学生分析、解决工程应用能力。但由于城市轨道交通供配电系统真实场景实验室建设存在高压且危险、场景过大、成本非常高、不可逆性等原因，因此难以建设真实场景实验室。有个别学校建设了实验室，以简单的参观、低压模拟系统等为主，难以还原现场高压真实环境与参数，难以实验不同负荷和条件下自主设计的城市轨道交通供配电系统仿真。行业规定需要专门的技术资质才能进入现场和操作，因此学生到电力和轨道部门对供配电相关设备试验和故障排除操作不可能实施。这使得缺乏对学生分析城市轨道交通供配电系统故障、解决故障能力的培养，更是缺乏通

过自主分析与综合对城市轨道交通供配电系统设计能力的培养，学生感性认知度低，难以建立使用专业知识解决工程实践问题的专业信心。为使课程教学实验满足对轨道及相关专业人才的培养要求，亟需让学生了解城市轨道交通供配电系统的真实场景，并具有自主分析设计及验证的实验条件。

### ③虚拟仿真实验教学相关共享平台无城市轨道交通供电相关实验

为培养优秀的城市轨道交通工程相关专业人才，需要其完成有关实践认知与操作训练，对城市轨道交通供配电系统有充分的了解。在以往教学过程中，由于城市轨道供配电高压环境的复杂性和危险性，多以课堂概念传授为主，很难如其他教学内容一样，辅以具有经验的从业者带领进行现场实体工程实践，从而使得教学培养过程存在局限性、片面性和主观性等缺点。

由于学生到电力和城市轨道部门对高压电力设备试验和故障排除操作不可能实施的问题，因必须要通过虚拟仿真实验提供具有良好的沉浸感、临场感、交互感的虚拟仿真实验场景，目前在“国家虚拟仿真实验教学课程共享平台”及“重庆高校虚拟仿真实验教学项目共享平台”无针对城市轨道交通供配电系统的虚拟仿真实验项目，只有针对高铁供电相关实验项目，但城轨供电为直流电，而高铁供电为交流电，两者供电方式及类型完全不同，因此需建设针对城铁供电实验项目，以满足本校、其他院校轨道电气相关专业，以及城轨相关企业对城市轨道交通供配电系统的实践实训需求。

### ④培养具有解决复杂工程问题能力人才需求

本实验系统主要依据城市轨道交通供配电系统组成、城市轨道交通供电系统继电保护、倒闸操作规范等原理，实现了城市轨道交通供电系统监控、设备巡视、设备操作、设备结构原理展示、故障处置，实验场景与内容真实度高，让学生沉浸式理解牵引供电系统的运作流程、结构组成和工作原理。参与学生可直观、生动地完成实验教学内容，并具有挑战度的完成轨道供电系统设计，提高学生理论知识水平、工程实践能力以及处理大型复杂工程问题有着重要的意义，实验还具有评分系统可实时评定成绩，提高了实验教学效率与效果。通过本虚拟仿真实验，加强学生自主学习、自主设计、自主分析能力，提升学生的创新思维和综合实践能力，为终身学习提供平台。

## （2）实验教学设计的合理性

城市轨道交通供配电系统虚拟仿真实验与 3D 虚拟仿真技术深度融合，从适应学生能力出发，紧密围绕“两性一度”的“金课”标准，提供兼具安全性、综合性、客观性、全面性、交互性的情景模拟，使学生熟悉实验场景，了解设备结构和实验原理，练习实验操作，观察实验现象，理解实验原理与概念，探究综合设计方法，实验操作具有可逆性，其教学内容具有高阶性、创新性和挑战度。

### ①从适应学生能力出发，循序渐进，合理设计本实验教学内容

本实验结合教学要求、教学目标、实验原理、系统结构、主要设备的操作过程、动作过程和设备运行状态设计了实验内容，把本虚拟仿真实验分为基础型实验、综

合型实验、提高型实验三个模块，分别对应设备结构及功能认知、动作过程和设备运行状态设计及故障排查、牵引变电所设计三个环节。每个环节的知识点数量合理，实验内容从易到难，从简单到复杂，层层递进，将知识传授、能力培养、素质提高协同实施，逐步地提升学生的实践创新能力。

#### ②基于“金课”标准设置，三位一体，体现“两性一度”指导思想

本虚拟仿真实验以城市轨道交通供配电系统为工程背景，秉承“学生主体、教师引导、能力导向”三位一体的教学仿真实验理念，将本科课程的基本知识点分解到基础型、综合型和提高型的三类实验中，服务于学生的“基本原理学习、综合能力训练、激发创新意识”的培养目标。其中，设备结构及功能认知环节基于实际数据，学习城市轨道交通供配电系统设备的操作，体现了实验的“高阶性”；对牵引变电所进行设计，以及对城市轨道交通供配电系统的故障分析与处理能力，体现了实验的“创新性”；探究在不同负荷条件、不同供电要求下的城市轨道交通牵引变电所供配电系统设计充分体现了实验的“挑战度”。

#### ③校企协同，真实还原工程现场及实践需求的实验设计

本实验设计与中铁电气化局集团有限公司、重庆市轨道交通（集团）有限公司深度合作，通过实地收资，真实还原了城市轨道交通供配电系统场景。通过校企共建交流会、走访企业等形式，调研行业对轨道交通人才在轨道交通供配电方面的需求。根据校企共同研讨的课程教学要求、教学目标、实验原理、系统结构、主要设备的操作过程、动作过程和设备运行状态等，设计了本实验内容，将知识传授、能力培养、素质提高协同实施。



图 3-1-2 校企共建交流会、走访轨道交通等企业

#### ④立德树人，融入思政元素，强化社会责任感与使命感

本虚拟仿真实验融入课程思政元素，让学生了解我国城市轨道交通相关发展及优势，直接接触到交通强国国家战略相关的真实场景，增强对轨道交通相关技术先进性的直观认识，增强民族自豪感，将个人发展融入国家发展战略的大势中。

### （3）实验系统构建的先进性

#### ①教学体系的先进性

本虚拟仿真实验项目依托重庆市新型二级学院、重庆市一流专业、重庆市重点培育学科、合川区科技创新平台等建设，加强课程数字化建设，遵照虚拟仿真实验项目“能实不虚、虚实结合”的原则，围绕培养轨道电气相关专业人才的实践与创

新能力，采用以学生为中心等教学理念对本实验教学体系进行构建。如图 3-1-3 所示，该实验以最新的教学研究项目作为支撑，采用了该领域前沿教研成果。



图 3-1-3 教研项目支撑

## ②实验系统的先进性

本实验系统如图 3-1-4 所示。

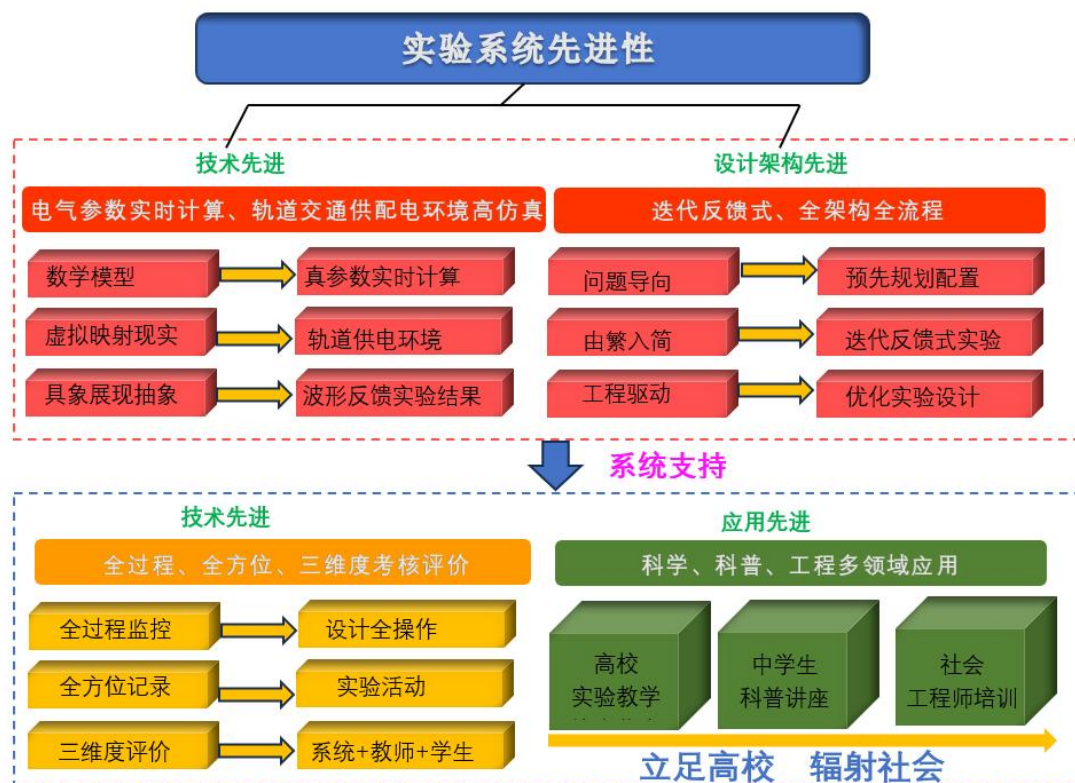


图 3-1-4 实验系统先进性

兼具以下四个方面先进:

“电气参数实时计算、轨道交通供配电环境高仿真”技术先进;

“迭代反馈式、全架构全流程”设计架构先进;

支持“全过程、全方位、多维度”评价先进;

“教学、科普、工程”应用先进。

### 1) “电气参数实时计算、轨道交通供配电环境高仿真”的系统

a. 本虚拟仿真实验与中铁电气化局集团有限公司、重庆市轨道交通(集团)有限公司深度合作,通过实地收资,采集城市轨道交通供配电现场真实数据。

b. 基于城市轨道交通供电系统组成、城市轨道交通供电系统继电保护、倒闸操作规范等真实数据,构建数学模型和设计流程,系统后台既开发了**数学模型**对各环节自主输入的实验设计参数进行实时计算、及时保存中间变量、及时输出详细结果,帮助学生分析或推演不同负荷条件下产生的波形效果;又提供预置计算公式和效果演示,辅助学生理解实验原理,进而获得可靠且合理的实验结论,提升学生的研究探索能力。

c. 运用 Unity 3D 建模与 Maya 等图形图像处理技术,以“**虚拟映射现实**”,高度仿真典型的牵引变电所、轨道交通接触网等环境、轨道交通供电系统监控、设备巡视、设备操作、设备结构、故障处置场景等;以“**具象展现抽象**”,逼真地模拟轨道交通供电系统监控、设备巡视、设备操作、设备结构、故障处置、不同负荷条件下供配电电压电流参数波形,逐步将轨道交通供配电传统实验中“高压高危”、“不可摸”的设备、监控、操作、处置具象化,避免学生理解抽象知识点难的问题。同时,多种供电环境、实验对象的模拟实现,有利于培养学生解决复杂工程问题的综合能力和高阶思维能力。

### 2) “迭代反馈式、全架构全流程”的系统

采用“问题导向→探究规划→优化设计”模式,引入“由繁入简”设计思路,结合城市轨道交通供电系统设计工程指标需求,预先规划实验步骤,配置实验参数,判定实验设计输出结果与设计参数之间的内生关系,评估设计的准确性和可靠性,反馈实验结果和实验数据,进行系统优化设计,获得较优的实验设计结果,满足工程指标要求,达到“知行合一”的教学目标。

### 3) 系统支持“全过程、全方位、多维度”考核评价

将实验系统融入虚拟仿真实验教学管理共享平台中,对实验活动中学生设计操作的全过程进行监控和管理。系统对学生的实验操作、实验数据、实验结果、实验结论,以及提交的实验报告等进行全方位记录和评价,形成了一套“系统评价、教师评价、学生自评”多维度考核评价体系,实现了“**结果评价向综合评价、单维评价向多维评价**”的跨越转变,为教学质量的持续改进提供重要支撑。

### 4) 系统支持“教学、科普、工程”等多领域应用

系统可为高校实验教学、社会科普活动和单位工程人员培训赋能。

a. 面向**高校实验教学活动**,系统巧妙地针对“学民”、“学霸”和“学神”,

开发出支撑基础、进阶和高阶等不同层次及难度的实验架构，规划出 **12 步** 交互式操作步骤，既可支持“学民”在教师指导下掌握基本知识和基本方法，训练实验基本技能；又可让“学霸”和“学神”在完成基础实验之后，增强主动实验意识，自主设计实验方案，自主控制实验过程，自主分析实验结果，挑战实验能力极限，完成研究型、探究型实验内容，提升学生高阶思维能力和解决复杂工程问题能力。

b. 用于面向社会的城市轨道交通供配电**科普展示**，**灵活规划**交互式操作步骤，满足社会尤其青少年对城市轨道交通供配电系统设计的初步认识和训练，为培养其科学技术素养和扩展视野提供支撑。

c. 推广应用于社会企事业单位，重点支撑在轨道交通领域从事技术开发、工程设计、运维管理等**工程技术人员培训进修**，也可**灵活规划**交互式操作步骤。

### 3-2 实验教学目标（实验后应该达到的知识、能力水平）

本实验项目依据《城市轨道交通供电系统》《轨道交通供电系统》课程大纲和关键知识点，以城市轨道交通供配电系统操作及设计为实验任务，依据城市轨道交通供配电系统在重庆市城市轨道交通中的真实应用场景，构建基于真实场景的综合性交互实验。

本实验教学项目根据学校应用型本科院校特色，结合轨道交通电气与控制及相关专业人才培养的要求，基于 OBE 理念、“两性一度”要求，本项目设置多元融合统一的教学目标，如图 3-2-1 所示，在知识传授的基础目标、高阶能力目标和素质目标达成过程中始终贯穿育人目标达成，将知识传授、实践创新能力培养、解决复杂问题与价值塑造紧密融合统一，最终达成立德树人、全面发展的育人目标。

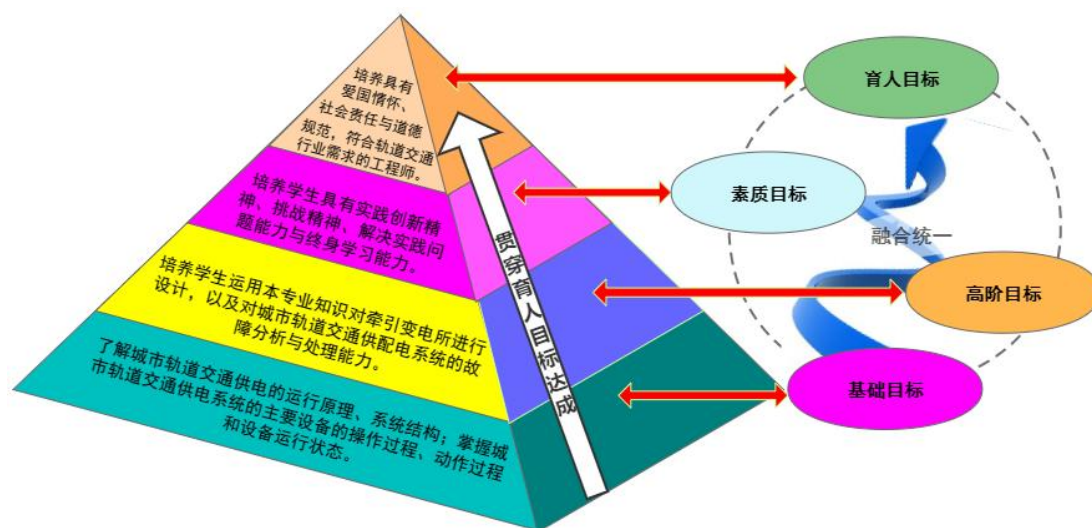


图 3-2-1 多元目标融合贯通

#### ①基础目标

了解城市轨道交通供电的运行原理、系统结构；掌握城市轨道交通供电系统的主要设备的操作过程、动作过程和设备运行状态。

#### ②高阶目标

培养学生运用本专业知对牵引变电所进行设计，以及对城市轨道交通供配电系统的故障分析与处理能力。

### ③素质目标

探究在不同负荷条件、不同供电要求下的城市轨道交通供配电系统设计以及分析故障、解决故障方法，通过自主分析与综合以及思政元素融入，培养学生具有实践创新精神、挑战精神、解决实践问题能力与终身学习能力。

### ④育人目标

理解国家交通强国战略及新时代创新驱动战略下对创新型、复合型、应用型人才的需求，培养学生科学素养与社会责任感，培养具有民族自豪感、爱国情怀、社会责任与工程职业道德规范，符合轨道交通行业需求的工程师。

实验目标、实验内容和能力培养间的支撑关系如表 3-2-1 所示。

表 3-2-1 教学目标、教学内容与能力培养间的支撑关系

| 教学目标 | 教学内容          | 对应的操作步骤                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 能力培养                                                                          |
|------|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| 基础目标 | 城市轨道交通供配电系统设计 | <b>模块一：牵引变电所认知和故障处置</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 步骤 1: 牵引变电所运行操作</li> <li>➤ 步骤 3: 虚拟高压操作</li> <li>➤ 步骤 4: 继电保护操作</li> <li>➤ 步骤 5: 设备巡检</li> <li>➤ 步骤 7: 高压柜倒闸操作</li> </ul>                                                                                                                                          | 了解城市轨道交通供电的运行原理、系统结构；掌握城市轨道交通供电系统的主要设备的操作过程、动作过程和设备运行状态。                      |
|      | 接触网工程设计知识     | <b>模块三：接触网认知及故障处理</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 步骤 11: 接触网拆分、组装</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                           | 掌握接触网基本原理、基本方法。                                                               |
| 高阶目标 | 设计分析能力        | <b>模块一：牵引变电所认知和故障处置</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 步骤 1: 牵引变电所运行仿真</li> <li>➤ 步骤 6: 排查牵引供配电系统故障</li> </ul> <b>模块二：牵引变电所供配电计算及设计</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 步骤 8: 牵引供电设计计算</li> <li>➤ 步骤 9: 短路电流计算</li> </ul> <b>模块三：接触网认知及故障处理</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 步骤 12: 接触网检修</li> </ul> | 培养学生应用城市轨道交通供配电系统基本原理、结构和系统知识，对系统设计进行分析和规划，分析设计参数，完成相关计算，寻求牵引供电系统设计方案，分析系统构成。 |
|      | 探究优化能力        | <b>模块一：牵引变电所认知和故障处置</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 步骤 2: 牵引变电所仿真运行数据</li> </ul> <b>模块二：牵引变电所供配电计算及设计</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 步骤 10: 电气主接线设计</li> </ul> <b>模块三：接触网认知及故障处理</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 步骤 12: 接触网检修</li> </ul>                                                    | 能够基于城市轨道交通供配电系统原理，设计完成牵引变电所主接线方案和接触网设计方案，开展反馈探究式研究，分析和解释实验结果，获得合理有效的结论        |
| 素质目标 | 科学思维          | <b>模块一：牵引变电所认知和故障处置</b><br><b>模块二：牵引变电所供配电计算及设计</b><br><b>模块三：接触网认知及故障处理</b>                                                                                                                                                                                                                                                        | 训练“化繁为简”的科学思维，简化实验操作。                                                         |
|      | 工程思维          | <b>模块一：牵引变电所认知和故障处置</b><br><b>模块二：牵引变电所供配电计算及设计</b><br><b>模块三：接触网认知及故障处理</b>                                                                                                                                                                                                                                                        | 具备将所学牵引供配电系统理论知识、设计方法与工程实践相结合的思维。                                             |

|      |           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                 |
|------|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
|      | 问题思维及创新意识 | <b>模块一：牵引变电所认知和故障处置</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 步骤 1: 牵引变电所运行仿真</li> <li>➤ 步骤 5: 设备巡检</li> <li>➤ 步骤 6: 排查牵引供配电系统故障</li> </ul> <b>模块二：牵引变电所供配电计算及设计</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 步骤 8: 牵引供电设计计算</li> <li>➤ 步骤 9: 短路电流计算</li> <li>➤ 步骤 10: 电气主接线设计</li> </ul> <b>模块三：接触网认知及故障处理</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 步骤 12: 接触网检修</li> </ul> | 具备将工程问题与实验设计相结合的思维, 根据需求分析问题和解决问题, 形成新知识和新能力。培养具备挑战精神、解决实践问题能力。 |
| 育人目标 | 综合培养      | <b>模块一：牵引变电所认知和故障处置</b><br><b>模块二：牵引变电所供配电计算及设计</b><br><b>模块三：接触网认知及故障处理</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 综合利用专业知识对设计方案进行优化, 培养创新型、复合型、应用型人才。                             |
|      | 国家使命      | <b>模块一：牵引变电所认知和故障处置</b><br><b>模块二：牵引变电所供配电计算及设计</b><br><b>模块三：接触网认知及故障处理</b><br>课程思政引入一、二、三                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 熟悉国家战略, 肩负国家新基建建设重任。                                            |
|      | 工匠精神      | <b>模块一：牵引变电所认知和故障处置</b><br><b>模块二：牵引变电所供配电计算及设计</b><br><b>模块三：接触网认知及故障处理</b><br>课程思政引入一、二、三                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 具有解决国民经济主战场重要需求的工匠精神。                                           |

### 3-3 实验课时

(1) 实验所属课程课时: 《城市轨道交通供电系统》48 学时 (理论 40 学时, 实验 8 学时); 《轨道交通供电系统》48 学时 (理论 40 学时, 实验 8 学时)。

(2) 该实验所占课时: 《城市轨道交通供电系统》4 学时; 《轨道交通供电系统》4 学时。

表 3-2-2 教学内容与课时

| 学时数    | 实验内容              |
|--------|-------------------|
| 0.5 学时 | 基础知识预习、设备认知与实验前测试 |
| 1.5 学时 | 牵引变电所认知和故障处置      |
| 1.0 学时 | 牵引变电所供配电计算及设计     |
| 0.5 学时 | 接触网认知及故障处理        |
| 0.5 学时 | 实验评价              |

3-4 实验原理

(1) 实验原理(限 1000 字以内)

主要依据城市轨道供电系统组成、城市轨道交通供电系统继电保护、倒闸操作规范等原理，实现了城市轨道交通供电系统设计、安全学习、设备巡视、设备操作、设备结构原理展示、故障处置、参数自主设置，让学生详细理解牵引供电系统的运作流程、专业组成和工作原理，培养分析问题、解决工程实践问题、综合应用能力。

①城市轨道交通供电系统组成

本实验系统主变电所高压侧主接线采取内桥形接线方式，35kV 侧采用单母线分段方式，牵引降压混合变电所和降压变电所进线采用单母线分段接线方式。单母线分段接线的优点是：当一段母线发生故障，分段断路器自动将故障段切除，保证正常段母线不间断供电和不致使大面积停电。如图 3-4-1 所示。

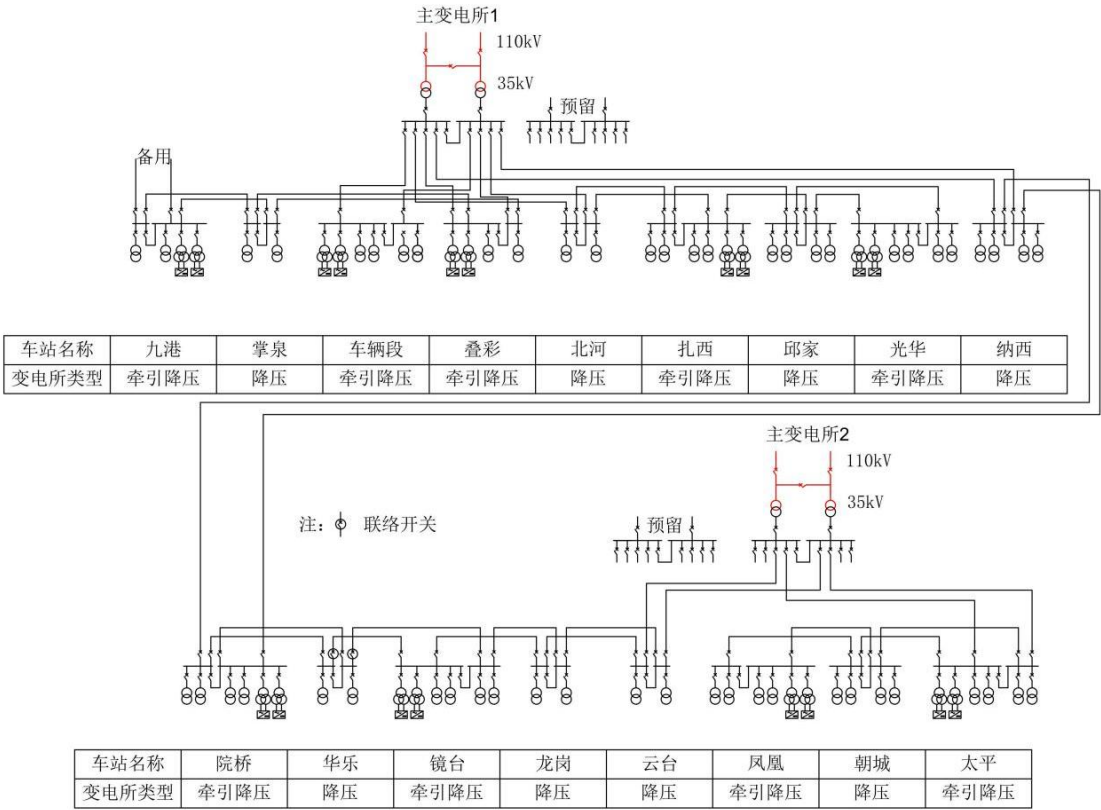


图 3-4-1 城市轨道交通供电系统示意图

②牵引变电所电气主接线

本系统牵引变电所中压侧主接线主要采用应用较多的分段单母线接线方式，每段母线各引入一个进线电源，母线上设置联络开关，如图 3-4-2。直流侧主接线采用 A 型单母线系统，两路进线采用直流断路器，设置四路直流馈线。牵引整流机组的负极采用电动隔离开关，为实现自动化、远动调度操作提供了条件。

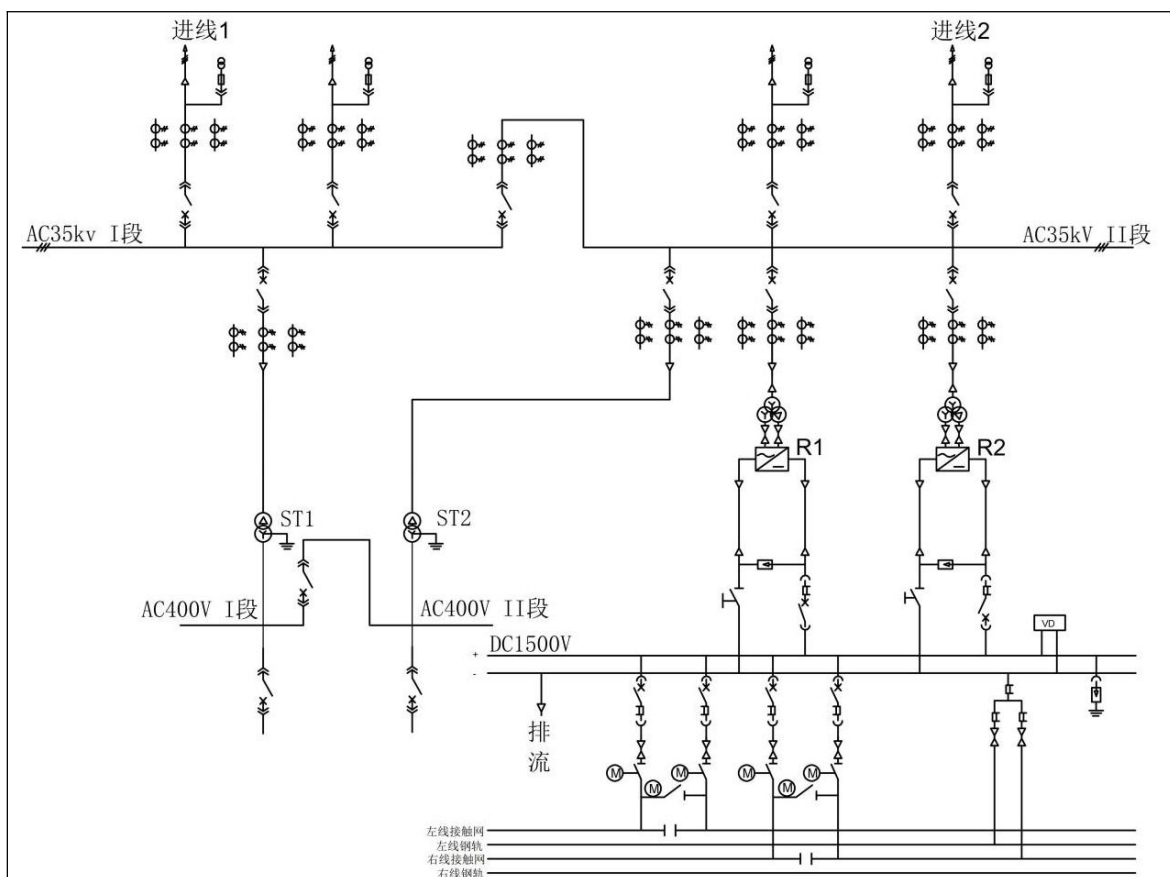


图 3-4-2 牵引变电所主接线

### ③接触网认知及故障处置

以城市轨道交通供电系统组成和供电方式为基础，对牵引变电所的主接线进行设计、以接触网的分类、供电方式、零部件、故障分析为基础，对接触网的结构组成和原理进行学习，模拟接触网检修作业，进行故障仿真，从而使学生对柔性接触网、刚性接触网的悬挂、支持装置、定位装置、支柱和基础有全面的了解和学习。

#### 本实验知识点共以下 8 个：

①轨道交通供电监控系统相关知识。供电监控系统是通过计算机远程监控技术，实时监视被控站各设备的工作状态、控制被控站的各种开关设备以及采集被控站的电流、电压、功率、电度等电气量，并为供电调度人员提供监控界面和人机接口。

②整流变压器结构组成和状态监控。整流变压器是地铁牵引变电所最重要的设备，其作用是将中压电缆 AC35kV 电压降为交流 1180V，再整流输出直流 1500V，并输送至接触网，实现直流牵引供电。

③断路器、隔离开关分合闸操作。隔离开关通常和断路器配合使用，在操作中必须注意与断路器的操作先后顺序。

④运行电压、电流相关参数和波形读取。

⑤直流充电屏和直流馈线屏。

⑥35kV 开关的详细结构、工作原理和结构组成。

⑦接触网的组成结构拆分、组装。接触网位于车辆上部限界的上方或侧面，经由受电弓向电力牵引单元提供电能，是一种应用于轨道交通的特殊供电设备。

⑧接触网检修、故障处理。

(2) 核心要素仿真设计（对系统或对象的仿真模型体现的客观结构、功能及其运动规律的实验场景进行如实描述，限 500 字以内）

本实验形成“教、学、产、研”相融合教学体系，并以此构成实验内容核心要素设计，如图 3-4-3，主要思路是：通过仿真模型了解实际中牵引变电所和接触网的结构组成及工作原理，熟悉设备操作，通过数据读取和故障处置，研究不同设备工作方式的不同和设备故障点，并完成故障处置。

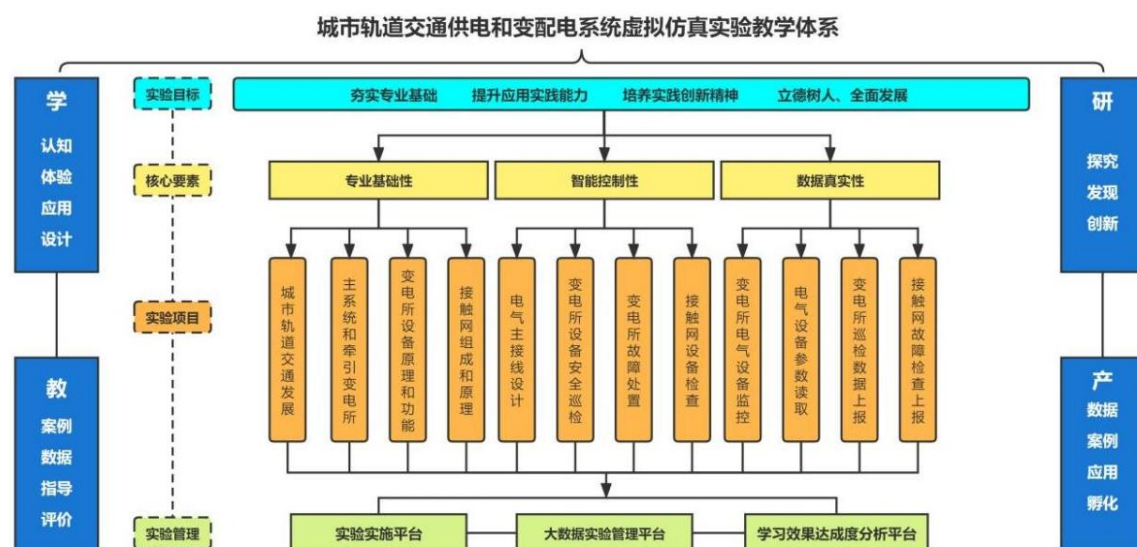


图 3-4-3 核心要素设计

### ①具象呈现轨道交通供电、配电、接触网等实验对象与环境

系统逼真还原城市轨道交通供配电系统的牵引变电所、高压配电室、接触网等工程实践环境及设备，如图 3-4-4 到 3-4-11。



图 3-4-4 牵引降压变电所控制设备



图 3-4-5 牵引变电所



图 3-4-6 高压室设备



图 3-4-7 牵引变电所



图 3-4-8 整流室

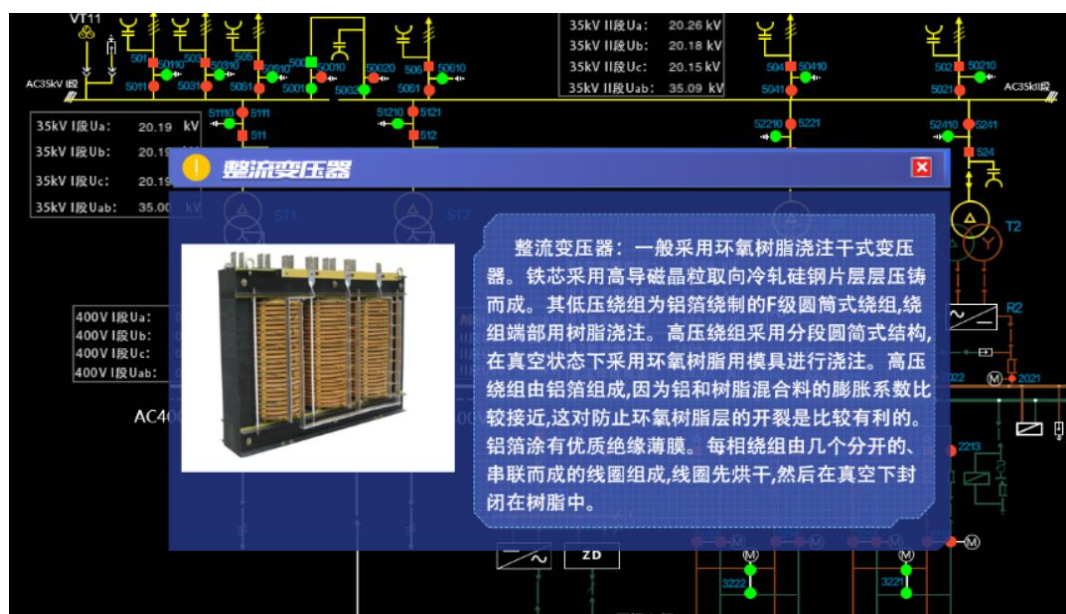


图 3-4-9 真实部件



图 3-4-10 接触网模型

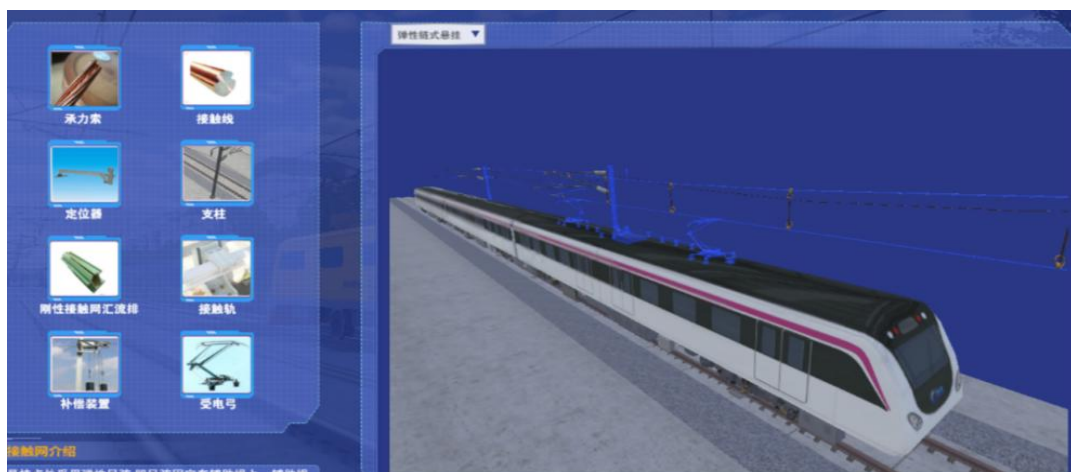


图 3-4-11 接触网零部件

### ①实时数值的真参数计算

项目涉及设计参数、中间变量和输出参数，基于实验原理，综合利用数学模型，实现直流母线电压电流、设备运行电流等数值计算，输出波形等，如图 3-4-12 到 3-4-15。



图 3-4-12 基于实时计算的运行数据



图 3-4-13 通过各线段监控获取实时电压数据



图 3-4-14 实时巡检



图 3-4-15 实时故障排查与上报

## ②与实际工程参数一致性

城轨供电设计需综合考虑多种因素，本实验项目的列车运行速度、牵引网额定电压、牵引网单位阻抗、接触网单位阻抗等参数均来源于实际工程，吻合度 100%，如图 3-4-16、3-4-17。

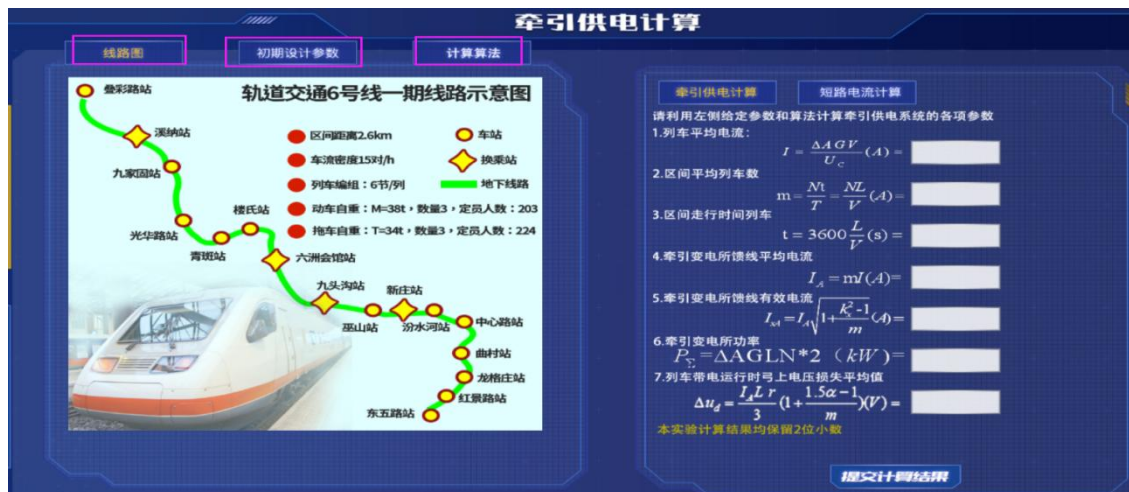


图 3-4-16 各项数据计算

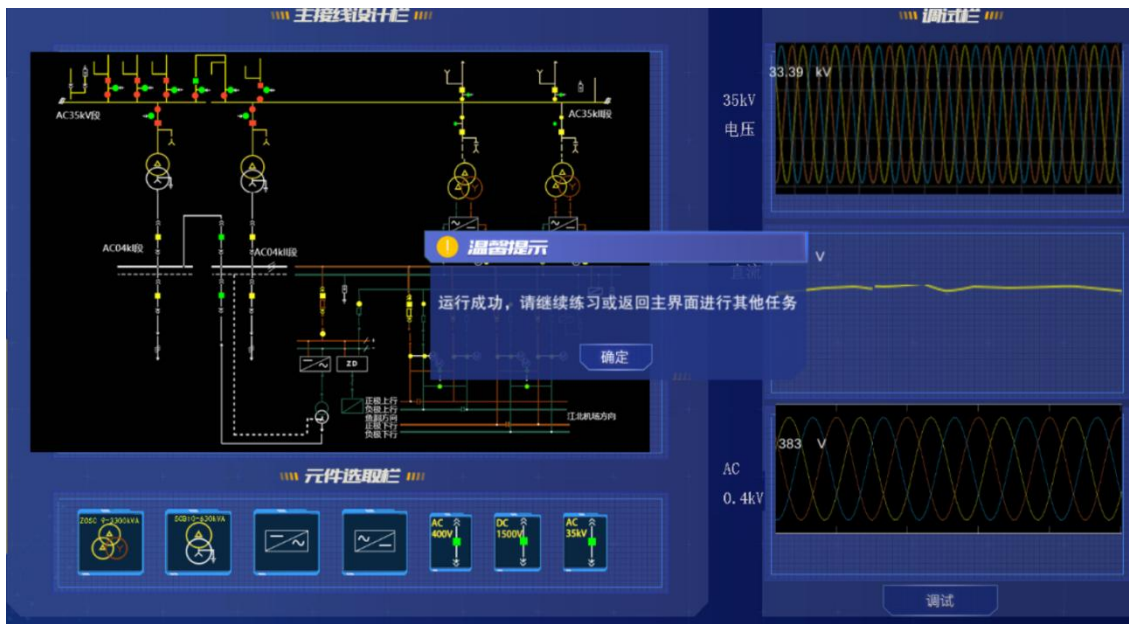


图 3-4-17 主接线设计及调试

### 3-5 实验教学过程与实验方法

本实验综合采用了任务观察法、实践操作法、自主设计法、比较法培养学生探究式的思维方式和解决复杂问题的综合能力。

实验过程主要包括正式设备结构及功能认识、供电系统运行仿真测试和牵引变电所主接线设计与故障分析等 3 个环节。

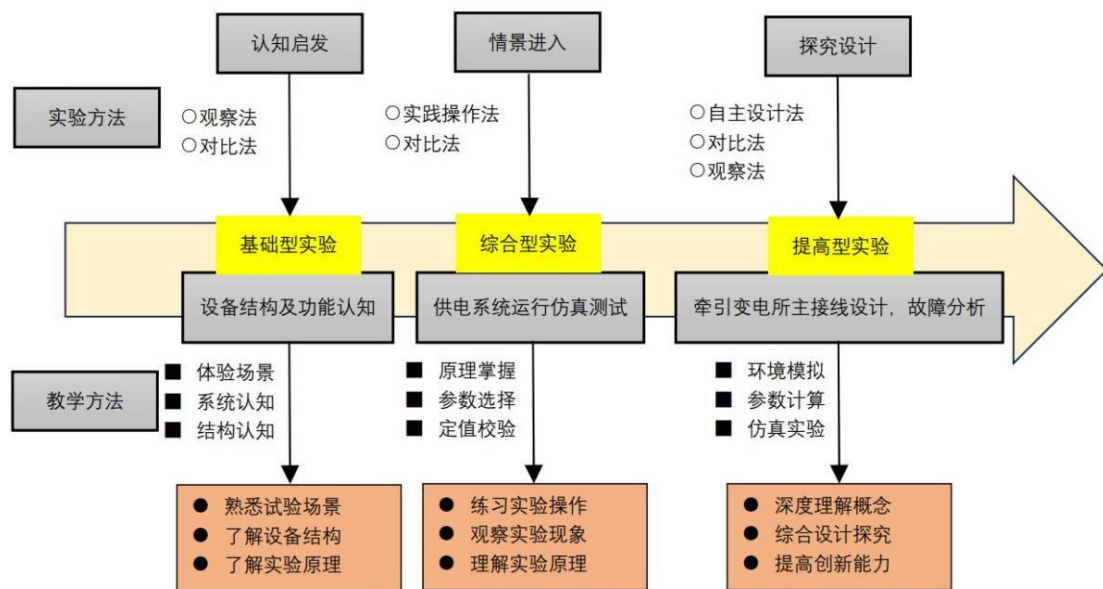


图 3-5-1 实验环节、教学方法及实施效果关系

#### (1) 教学过程

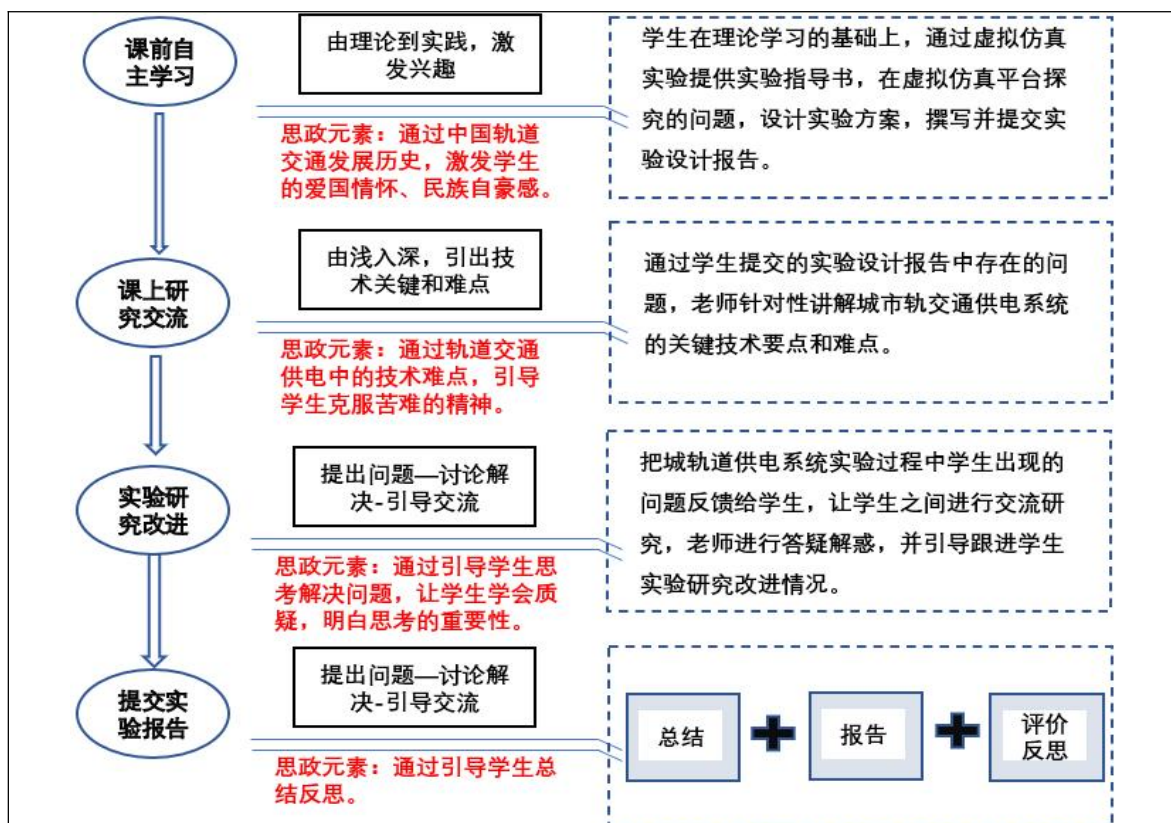


图 3-5-2 教学过程

本虚拟仿真实验以城市轨道交通供配电系统工程背景，将轨道交通相关专业的《城市轨道交通供电系统》《轨道交通供电系统》课程的基本知识点分解到基础型、综合型和提高型的三类实验中，服务学生的“基本原理学习、综合能力训练、激发创新意识”的培养目标。本实验 4 学时，具体教学方法的使用目的、实施过程和实施效果如图 3-5-2，以问题引导和探究式教学模式为基础进行设计。

### ①课前自主学习

学生通过教材、多媒体课件、慕课等资源自主学习掌握本实验相关理论知识。本虚拟仿真实验提供实验指导书，学生根据实验目的要求和要探究的问题，设计实验方案，撰写并提交实验设计报告。

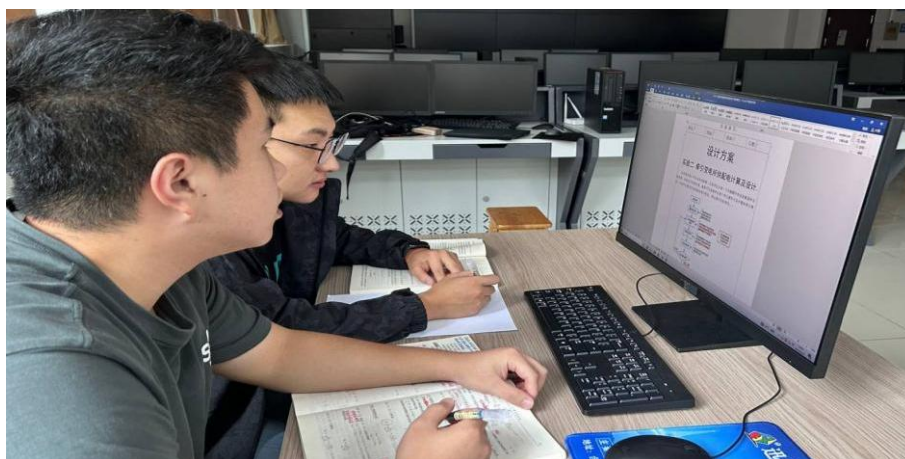


图 3-5-3 课前分小组学习并撰写实验设计报告

## ②课上研究交流

根据学生提交的实验设计报告中存在的问题，老师有针对性讲解城市轨道交通供电系统的关键技术要点和难点，通过一个操作单元步骤指导学生进行知识点的学习以及设备认知、供配电系统设计与设备故障排查等操作。并根据学生的学习情况，进行互动交流与指导。



图 3-5-4 课上研究交流

## ③实验研究改进

根据课上实验操作过程和实验结果跟踪、记录、评价等信息，把城轨道供电系统实验过程中出现的问题反馈给学生，让学生之间进行交流研究，老师进行答疑解惑，并跟进学生实验研究改进情况。



图 3-5-5 教师课上指导学生研究改进实验方案

## ④提交实验报告

虚拟实验完成后，提交任务，根据云平台记录的数据，撰写并提交实验报告。教师可以查看学生城市轨道交通供电系统虚拟仿真实验各步骤的得分情况，并对学生提交的实验报告进行批改，得出最后的评价结论。

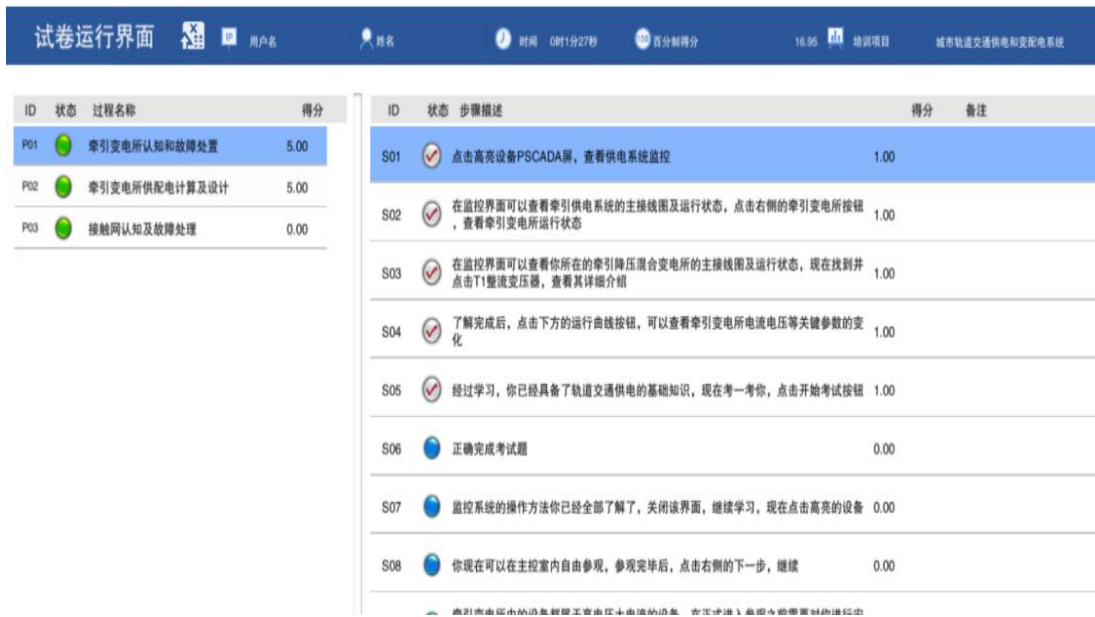


图 3-5-6 系统自动评分



图 3-5-7 可查看学生数据和实验报告

③课程内容研讨

为了全面提升轨道交通供电系统教学的实战性与前沿性，依托强有力的校企合作关系，邀请中铁电气化局西南分公司及重庆众合智行交通科技有限公司的行业专家，共同参与轨道交通供电系统虚拟仿真课程的研讨活动。深度剖析课程内容，确保其紧密贴合行业最新标准与技术发展，同时探索创新的教学方法与考核模式。通过企业专家的宝贵经验与前瞻视角，采用虚拟仿真技术模拟真实工作环境，建成理论扎实又有实践导向的课程体系，让学生在虚拟环境中掌握供电系统的操作、维护与管理技能。



图 3-5-8 专家参与课程内容研讨和集体备课

## ⑥考核评价体系

为了解学生对于课程内容、实验内容及实验操作的掌握情况，综合评价是否达到学习目标，以及学习效果的程度，采取系统自动评价、学生互助评价和教师过程评价的“三维立体”评价体系，从“实验过程”“实验结果”和“实验效果”三个方面进行综合性评价。

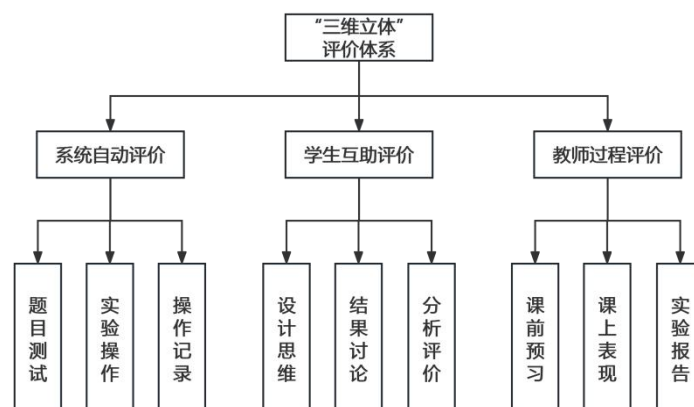


图 3-5-9 可查看学生数据和实验报告

## (2) 实验方法

### ①观察法

主要依据电力系统分析、城市轨道供电系统组成、城市轨道交通供电系统继电保护、倒闸操作规范等原理，观察城市轨道交通供电系统监控、安全学习、设备巡视、设备操作、设备结构原理展示、故障处置。

### ②实践操作法

学生能以第一视角的体验与交互模式对城市轨道供电系统组成、牵引供电技术、接触网常规故障处置等进行操作，进而能进行下一步的主接线设计。

### ③对比法

以城市轨道交通供电系统组成和供电方式为基础，对牵引变电所的主接线进行

设计、以接触网的分类、供电方式、零部件、故障分析为基础，对柔性悬挂接触网、刚性悬挂接触网、接触轨式接触网的结构组成和原理进行学习和对比。

#### ④自主设计法

以较严密的数学方法和概率论，对实际的轨道交通供电情况及设计参数规律进行了假设，对给定牵引供电系统的电气参数进行计算、对自主设计的供电系统进行仿真测试。

**3-6 步骤要求**（不少于 10 步的学生交互性操作步骤。操作步骤应反映实质性实验交互，系统加载之类的步骤不计入在内）

（本实验项目为《轨道交通供电系统》和《城市轨道交通供电系统》专业课程提供支撑，共计 4 学时：

➤ 实验准备与测试 0.5 个学时：基础知识预习、设备认知与实验前测试，共计 20 分钟，分值为 10 分；

➤ 虚拟实验 3 学时：牵引变电所认知和故障处置 1.5 学时，牵引变电所供电计算及设计 1 学时，接触网认知及故障处理 0.5 学时，共计 135 分钟，分值为 60 分；

➤ 实验评价 0.5 学时，共计 25 分钟，分值为 30 分。

学生实验分为三大环节，环节一：实验准备与测试；环节二：虚拟实验；环节三：实验评价，其中，虚拟实验环节有 12 步交互性操作步骤。

#### （1）学生交互性操作步骤，共 12 步

| 步骤序号                    | 步骤目标要求        | 步骤合理用时 | 目标达成度赋分模型                                                                      | 步骤满分 | 成绩类型                                                                                                                                                                |
|-------------------------|---------------|--------|--------------------------------------------------------------------------------|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>模块一：牵引变电所认知和故障处置</b> |               |        |                                                                                |      |                                                                                                                                                                     |
| 1                       | 牵引变电所运行仿真     | 10 分钟  | 1. 查看供电系统监控，掌握牵引变电所主接线图及运行状态；<br>2. 选择牵引变压器类型，进行仿真，查看仿真运行曲线，判断仿真波形是否满足要求；      | 4    | <input checked="" type="checkbox"/> 操作成绩<br><input checked="" type="checkbox"/> 实验报告<br><input type="checkbox"/> 预习成绩<br><input checked="" type="checkbox"/> 教师评价报告 |
| 2                       | 填写牵引变电所仿真运行数据 | 15 分钟  | 1. 查看主系统设备运行状态，在测验界面填写状态数据，判断是否正确；<br>2. 按要求佩戴安全帽，进行安全培训学习，掌握系统运行安全知识，了解安全规定。  | 11   |                                                                                                                                                                     |
| 3                       | 虚拟高压操作        | 10 分钟  | 1. 进入高压室，拖动设备结构 3D 模型，判断设备间接线与原理图是否对应；<br>2. 操作 501 断路器，交替切换远方、就地模式，查看设备运行状态。  | 2    |                                                                                                                                                                     |
| 4                       | 继电保护操作        | 10 分钟  | 1. 查看继电保护装置，选择保护类型，查看保护的投入和动作状态；<br>2. 查看一次值、故障记录和跳闸记录；<br>3. 操作继电保护复归，查看系统运行状 | 2    |                                                                                                                                                                     |

|                    |            |        |                                                                                |    |  |
|--------------------|------------|--------|--------------------------------------------------------------------------------|----|--|
|                    |            |        | 态;                                                                             |    |  |
| 5                  | 设备巡检       | 10 分钟  | 1. 自行前往 400V 室、高压室、整流室、逆变室等设备室, 进行设备巡检;<br>2. 填写巡检单, 提交巡检记录, 判断巡检结果是否正确。       | 10 |  |
| 6                  | 排查牵引供电系统故障 | 5 分钟   | 1. 系统随机生成故障, 根据自动监控系统显示, 协助工作人员排除故障;<br>2. 填写故障上报单, 上报调度中心, 判断故障上报是否正确;        | 1  |  |
| 7                  | 高压柜倒闸操作    | 5 分钟   | 1. 按照作业票进行开关保护复归操作;<br>2. 将断路器切换就地位置, 闭合断路器, 查看系统运行状态。                         | 2  |  |
| 共计时长               |            | 65 分钟  | 共计分值                                                                           | 32 |  |
| 模块二: 牵引变电所供配电计算及设计 |            |        |                                                                                |    |  |
| 8                  | 牵引供电设计计算   | 15 分钟  | 1. 查看轨道交通 6 号线线路图, 选择设计参数, 了解牵引供电计算原理;<br>2. 进行牵引供电计算, 判断是否符合设计要求, 开展优化设计。     | 7  |  |
| 9                  | 短路电流计算     | 20 分钟  | 1. 查看轨道交通 6 号线线路图, 选择设计参数, 了解短路电流计算原理;<br>2. 进行短路电流计算, 判断是否符合设计要求, 开展优化设计。     | 5  |  |
| 10                 | 电气主接线设计    | 10 分钟  | 1. 选定元件放置在电气主接线图中, 连接主接线图, 进行系统调试;<br>2. 根据模拟运行结果, 分析优化设计方案。                   | 5  |  |
| 共计时长               |            | 45 分钟  | 共计分值                                                                           | 17 |  |
| 模块三: 接触网认知及故障处理    |            |        |                                                                                |    |  |
| 11                 | 接触网拆分、组装   | 15 分钟  | 1. 拖动现场轨道实景界面, 选定接触网零部件, 放置到对应位置;<br>2. 利用接触线、承力索等设备进行设备组装, 开始仿真运行, 完成接触网系统设计。 | 8  |  |
| 12                 | 接触网检修      | 10 分钟  | 1. 操作机车运行, 查看接触网设备运行状态;<br>2. 模拟接触网检修作业, 判断接触网故障类型, 上报调度中心, 进行应急处置。            | 3  |  |
| 共计时长               |            | 25 分钟  | 共计分值                                                                           | 11 |  |
| 总时长                |            | 135 分钟 | 总分                                                                             | 60 |  |

(2) 交互性步骤详细说明

①实验准备

1) 账号登陆

打开重庆高校虚拟仿真实验教学平台登陆界面（请使用 64 位火狐或谷歌浏览器）：

（<http://vsp.cqooc.com/detail?classId=b44906d82ebde3712c6756656487d50c>）  
点击【开始实验】或【专家评审通道】。



图 3-6-1 重庆高校虚拟仿真平台



图 3-6-2 虚拟仿真实验教学申报项目登录界面

或点击实验链接（请使用 64 位火狐或谷歌浏览器）：

（<https://www.obrsim.com/schoolHome.do?schoolCode=cqytxyzngcxione&site=vsp.cqooc.com&ticket=aubp9h7x0nishnqgrt8xxgwvdY5jnkonpi6yc78qh9ybubhf098478f4x4s9o3qk>）  
输入账号密码登陆，新用户先注册再登陆，专家可点击上方的【专家入口】按钮登陆平台。

## 2) 项目信息介绍

登录后进入项目申报平台首页，可看到该项目的所有信息，选择【仿真资源】，能看到项目模块列表，选择对应操作单元点击【开始学习】。

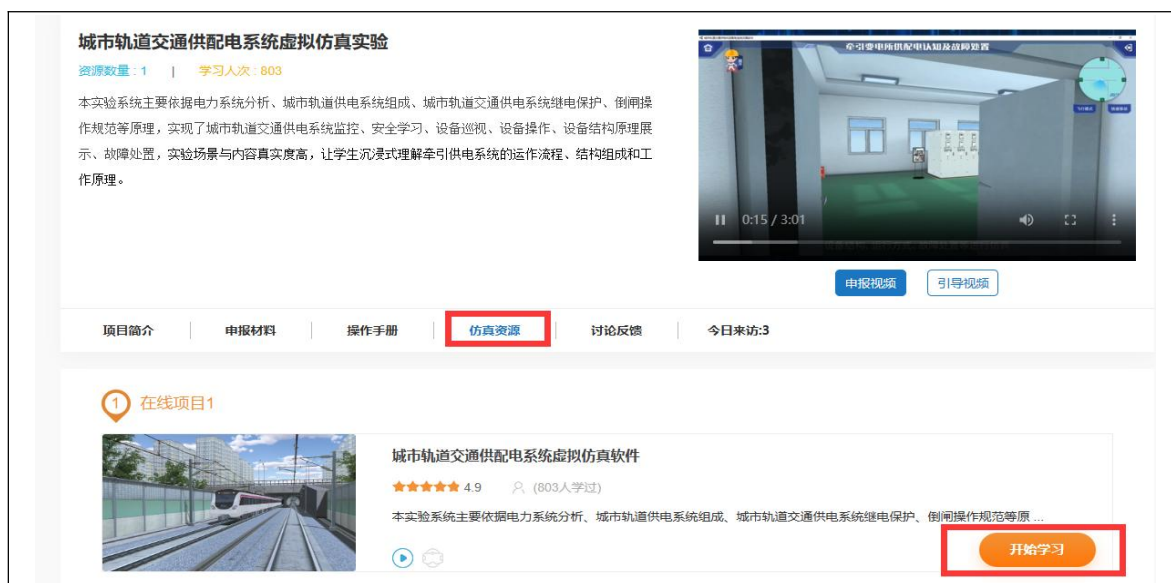


图 3-6-3 虚拟仿真实验教学项目进入学习界面

### 3) 实验项目启动和选择

按照提示点击、下载所需浏览器；根据提示，按照好浏览器后，如下图点击下方的【开始实验】按钮，即可进入软件，进行实验选择。



图 3-6-4 (a) 实验项目启动操作



图 3-6-4 (b) 实验项目启动操作

## ②交互性步骤详细说明

《城市轨道交通供配电系统》大型综合性设计实验主要交互性步骤 12 步。

**课程思政植入一：中国城市轨道交通发展。**

**课程思政目的：**给学生分享祖国城市轨道交通从无到有，然后发展壮大过程，增强学生民族自豪感，展示轨道从业人员吃苦耐劳、不断进取的精神。

**手段：**中国城市轨道交通发展案例。



图 3-6-5 重庆轨道交通

### 步骤 1：牵引变电所运行仿真

**实验目的：**通过轨道交通供配电系统相关知识的学习和牵引变电所的仿真运行，掌握牵引变电所工作原理和功能。

**详细说明：**进入模拟仿真实验系统后，进入“牵引变电所认知和故障处置”模块，查看轨道交通供电监控系统界面，选择主系统或者牵引变电所主接线，同时学生可以选择任意变压器或者断路器等元件，查看其运行状态。



图 3-6-6 轨道交通供电监控系统相关知识

接下来选择牵引变压器类型，进行虚拟仿真，查看仿真运行曲线，学生根据已学知识判断仿真波形是否满足要求。



图 3-6-7 牵引变电所运行仿真

## 步骤 2: 牵引变电所仿真运行数据

**实验目的:** 牵引变电所是将来自主变电所的中压（35kV）交流电源，降压整流成直流电，通过接触网向机车供电，通过填写牵引变电所仿真运行数据，使学生掌握其在牵引供电系统中的作用。

**操作要点:** 根据系统随机下发的测验内容，在主系统和牵引变电所中查看中压母线、直流母线、低压母线等设备的运行状态，在测验界面填写运行状态数据，并判断填写是否正确。测验完成后，根据系统提示进行安全培训，佩戴安全帽，掌握系统安全运行知识，了解安全运行规定，随后方可允许自由参观变电所。

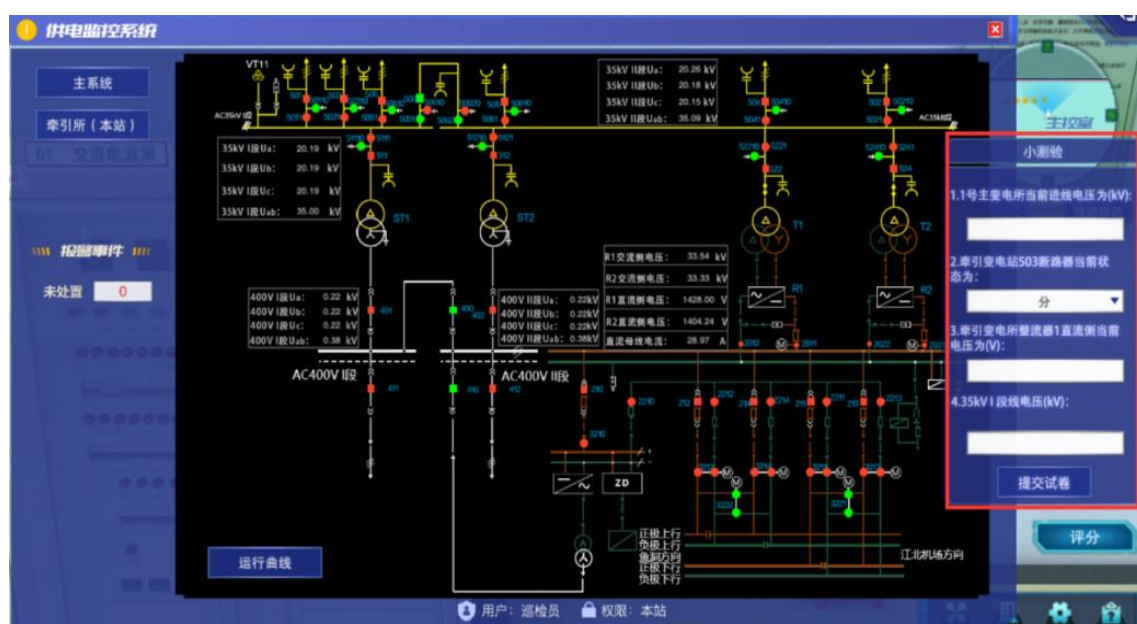


图 3-6-8 填写牵引变电所仿真运行数据

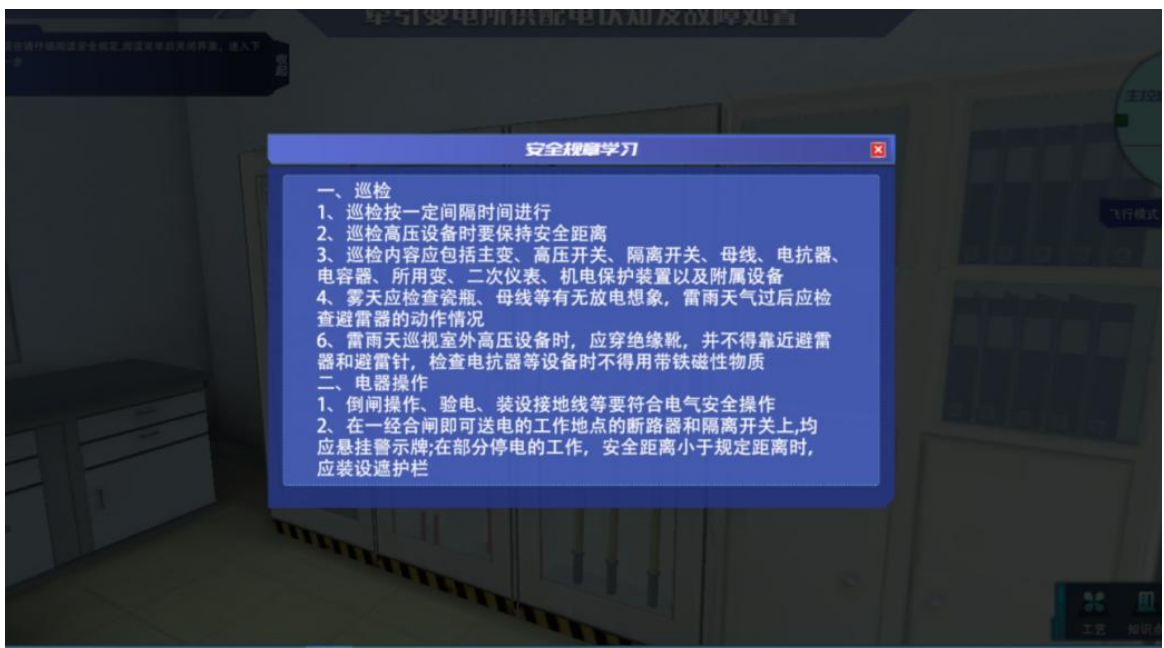


图 3-6-9 安全培训

步骤 3: 虚拟高压操作

**实验目的:** 通过虚拟高压操作, 熟悉高压开关设备工作原理、连接方式等, 了解高压断路器在系统正常时和故障时的主要作用, 掌握高压断路器的基本要求。

**操作要点:** 根据任务指示, 进入变电所的高压室, 转动设备结构 3D 模型, 了解其设备结构, 判断设备间接线与原理图是否对应, 找到 501 断路器, 交替切换远方、就地模式, 查看设备运行状态。



图 3-6-10 查看设备介绍



图 3-6-11 切换远方、就地模式

#### 步骤 4：继电保护操作

**实验目的：**通过操作继电保护装置，了解继电保护装置的工作原理，掌握继电保护装置的操作方法，牵引供配电系统通过配置的继电保护及监控单元模块，实现对本所供电范围内供电设备的故障切除、报警信息的发送，以保证供电系统的安全运行。

**详细说明：**根据任务提示，查看继电保护装置，选择保护类型，查看继电保护的投入和动作状态，测试继电保护系统的功能。随后，查看一次值、故障记录和跳闸记录，操作继电保护复归，查看系统运行状态，验证继电保护的动作的独立性。



图 3-6-12 查看继电保护界面

### 步骤 5: 设备巡检

**实验目的:** 通过变电站主接线运行方式知识点的学习,掌握仿真供电系统测验。

**详细说明:** 根据系统提示,自行前往 400V 室、高压室、整流室、逆变室等设备室,了解各设备的运行状态,进行设备巡检,按照巡检任务单。



图 3-6-13 设备巡检记录

查看 1#整流器当前温度、2#整流柜当前状态、高压室 2021 开关当前电压、直流配电 3212 开关当前状态、400V 室 A02 设备 A 相电流、A02 设备当前电压和 B02 设备当前电压,填写巡检单,提交巡检记录,判断巡检结果是否正确。



图 3-6-14 变压器温度和状态



图 3-6-15 2021 开关电压



图 3-6-16 3212 开关状态

#### 步骤 6: 排查牵引供配电系统故障

**实验目的:** 通过查看系统故障显示, 排查牵引供配电系统故障原因, 锻炼学生分析能力, 提升工程实践能力。

**详细说明:** 实验系统随机生成故障, 根据自动监控系统显示, 协助工作人员排除设备故障, 随后填写故障上报单, 上报调度中心, 判断故障上报是否正确。

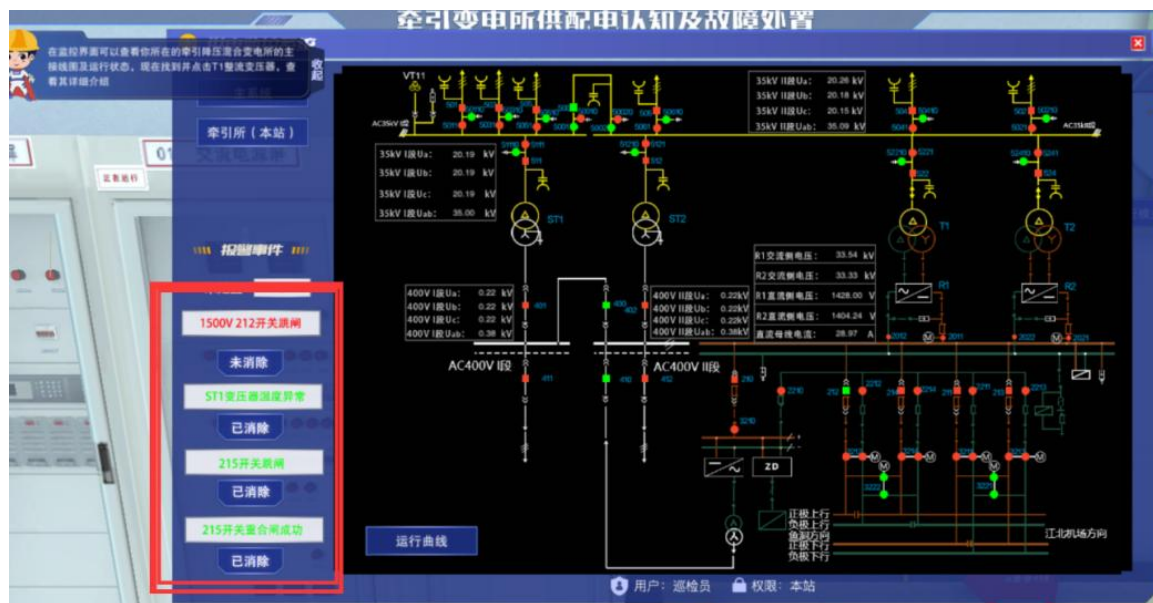


图 3-6-17 排查牵引供配电系统故障



图 3-6-18 牵引供配电系统故障上报

### 步骤 7: 高压柜倒闸操作

**实验目的:** 通过高压柜倒闸操作, 了解倒闸操作原理, 通过模拟操作, 锻炼工程实践能力。

**详细说明:** 按照随机分发的作业票, 进行 504 开关保护信号复归、开关切换至就地位置、闭合隔离开关和断路器, 查看系统运行状态。



图 3-6-19 高压柜倒闸操作

### 课程思政植入二：轨道交通牵引供电配系统智能化发展

**课程思政目的：**给学生分享我国城轨供电系统的发展进程，培养具有民族自豪感、爱国情怀、社会责任与工程职业道德规范。

**案例植入：**随着我国云平台、大数据、物联网等新科技的快速兴起以及牵引供电底层设施监测手段的不断完善，特别是轨道交通中大量采用先进技术与新型设备，我国已逐步实现轨道牵引供电系统的监控自动化、远动化，运行管理智能化，性能检测及故障诊断现代化。



图 3-6-20 轨道交通调度中心

### 步骤 8：牵引供电设计计算

**实验目的：**牵引供电计算是城轨供电系统的设计中占有极其重要的地位，是进行供电系统设计必须的一项工作，通过进行牵引供电计算，掌握供电系统的构成、牵引供电方式、牵引变电所的设置、牵引整流机组容量等多项系统设计的关键因素，

考验学生自主思考能力。

**详细说明：**根据轨道交通6号线线路图，选择设计参数，掌握平均运量法进行牵引供电计算的方法，利用已选择的设计参数，进行牵引供电计算，判断是否符合设计要求，开展优化设计。

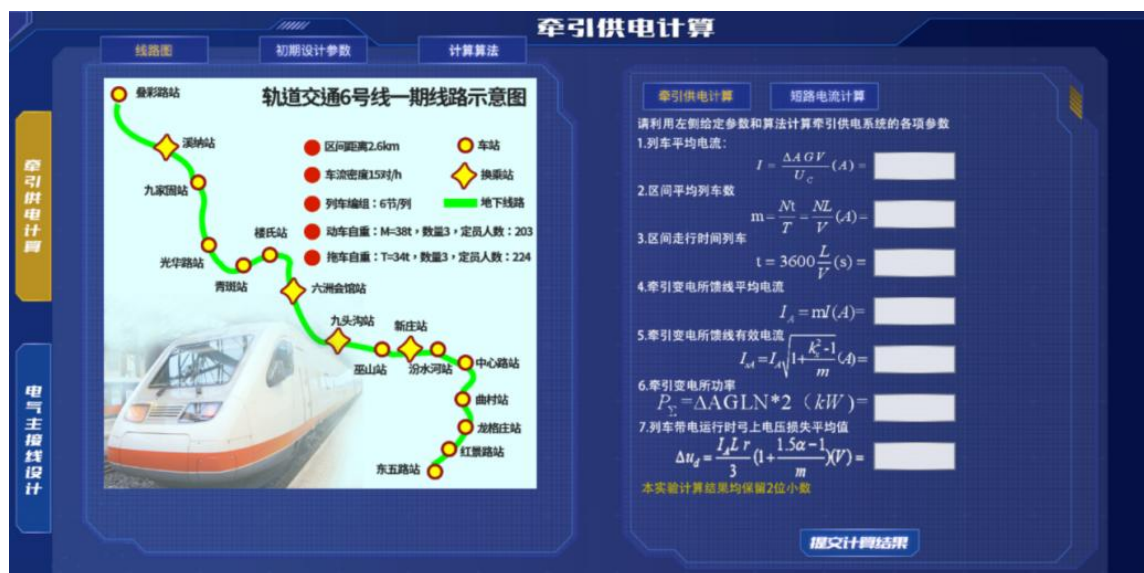


图 3-6-21 牵引供电设计计算

### 步骤 9: 短路电流计算

**实验目的：**针对城市轨道交通直流牵引供电系统的短路计算的特殊性，了解短路电流计算方法，熟悉电路图法，了解直流系统设备选型与继电保护整定的原理。

**详细说明：**查看轨道交通6号线线路图，选择设计参数，利用电路图法进行直流短路计算，设置计算条件：牵引变电所直流母线电压  $U$  (V)、牵引变电所的内阻  $\rho$  ( $\Omega$ )、牵引网（接触网、走行轨）电阻  $R$  ( $\Omega$ )，计算稳态短路电流，判断是否符合设计要求，开展优化设计。

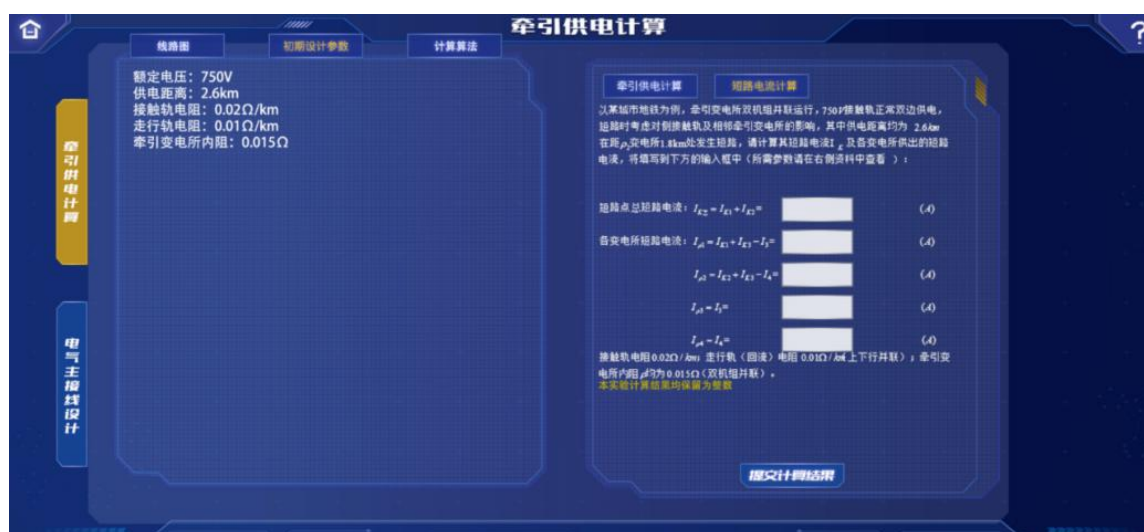


图 3-6-22 短路电流计算

### 步骤 10: 电气主接线设计

**实验目的：**通过选定元件进行电气主接线设计，掌握电气主接线相关知识，了解牵引供电系统组成。

**详细说明：**根据已学知识，选择电气元件放置在电气主接线图中，连接电气主接线图，进行系统调试，观察仿真波形，根据模拟运行结果，分析优化设计方案。

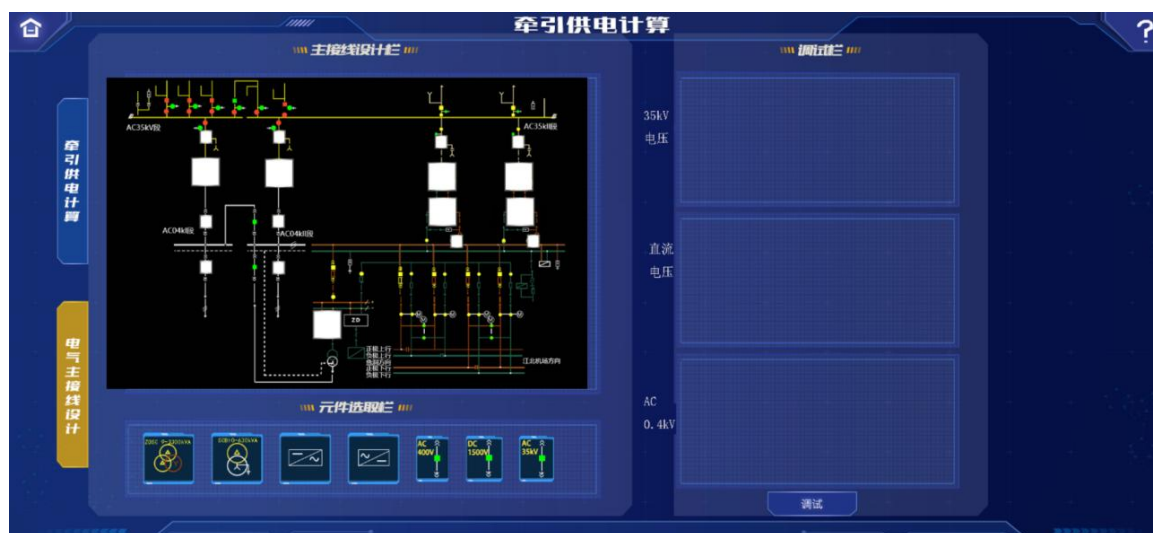


图 3-6-23 电气主接线设计



图 3-6-24 电气主接线仿真调试

**课程思政植入三：**我国接触网发展进步。

**课程思政目的：**给学生分享我国城轨接触网发展和进步，增强学生民族自豪感，展示轨道从业人员吃苦耐劳、不断进取的精神。

**案例植入：**我国接触网零部件在设计、制造、检验、安装、维护等方面都有了长足的进步。我国接触网零部件正朝着更完善、更可靠的方向发展，所用材质具备了强度高、韧性好、耐腐蚀的特点，各种部件具有轻型、简单、耐振动的优点。

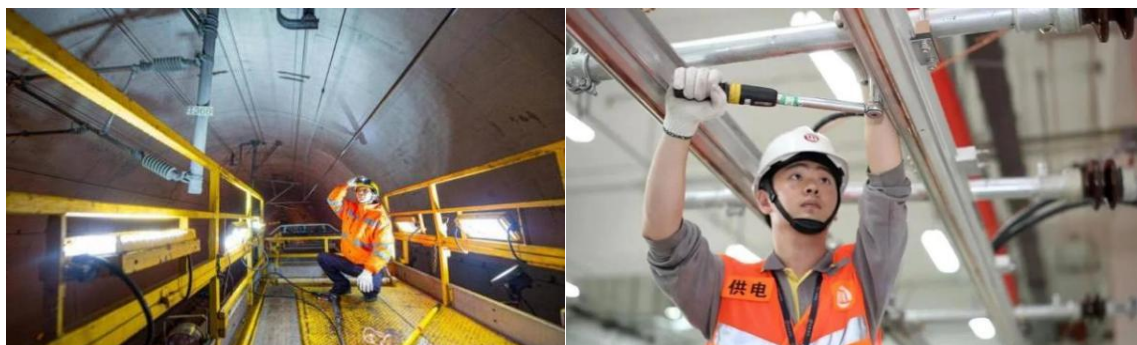


图 3-6-25 接触网

### 步骤 11: 接触网拆分、组装

**实验目的:** 通过接触网的拆分、组装, 掌握接触网的结构组成和原理, 使学生对柔性接触网、刚性接触网的悬挂、支持装置、定位装置、支柱和基础有全面的了解和学习。

**详细说明:** 拖动现场轨道实景界面, 选定接触网零部件(承力索、接触线、接触轨、定位器等), 放置到对应位置, 利用接触线、承力索等设备进行现场接触网结构设备组装, 开始仿真运行, 完成接触网系统设计。



图 3-6-26 接触网零部件认知



图 3-6-27 接触网零部件组装

### 步骤 12: 接触网检修

**实验目的:** 通过虚拟仿真接触网检修工作, 使学生了解现场故障处理实际情况, 提升学生学习兴趣, 掌握相关知识。

**操作要点:** 进入接触网 3D 场景, 根据任务提示, 操作机车运行, 查看接触网设备运行状态。模拟接触网检修作业, 判断接触网故障类型 (随即设置三处故障, 接触网短路、绝缘子短路等故障), 上报调度中心, 进行应急处置。



图 3-6-28 接触网检修作业 (1)



图 3-6-29 接触网检修作业 (2)

### 3-7 实验结果与结论(说明在不同的实验条件和操作下可能产生的实验结果与结论)

《城市轨道交通供配电系统》虚拟仿真实验的结果与结论要达到如下要求：准确完成城市轨道交通供电系统变电站认知包含（设备巡检、故障上报、故障排查处理）、接触网设计及故障处理。如果以上操作有误，则实验结果报错，无法继续仿真运行。

本实验系统云平台会自动跟踪、记录学生在每一个步骤操作的实验数据和实验结果，并给出不同的分值。教师可以查看学生每个单元操作中各步骤的得分情况，并对学生提交的实验报告进行批改，得出最后实验结论。

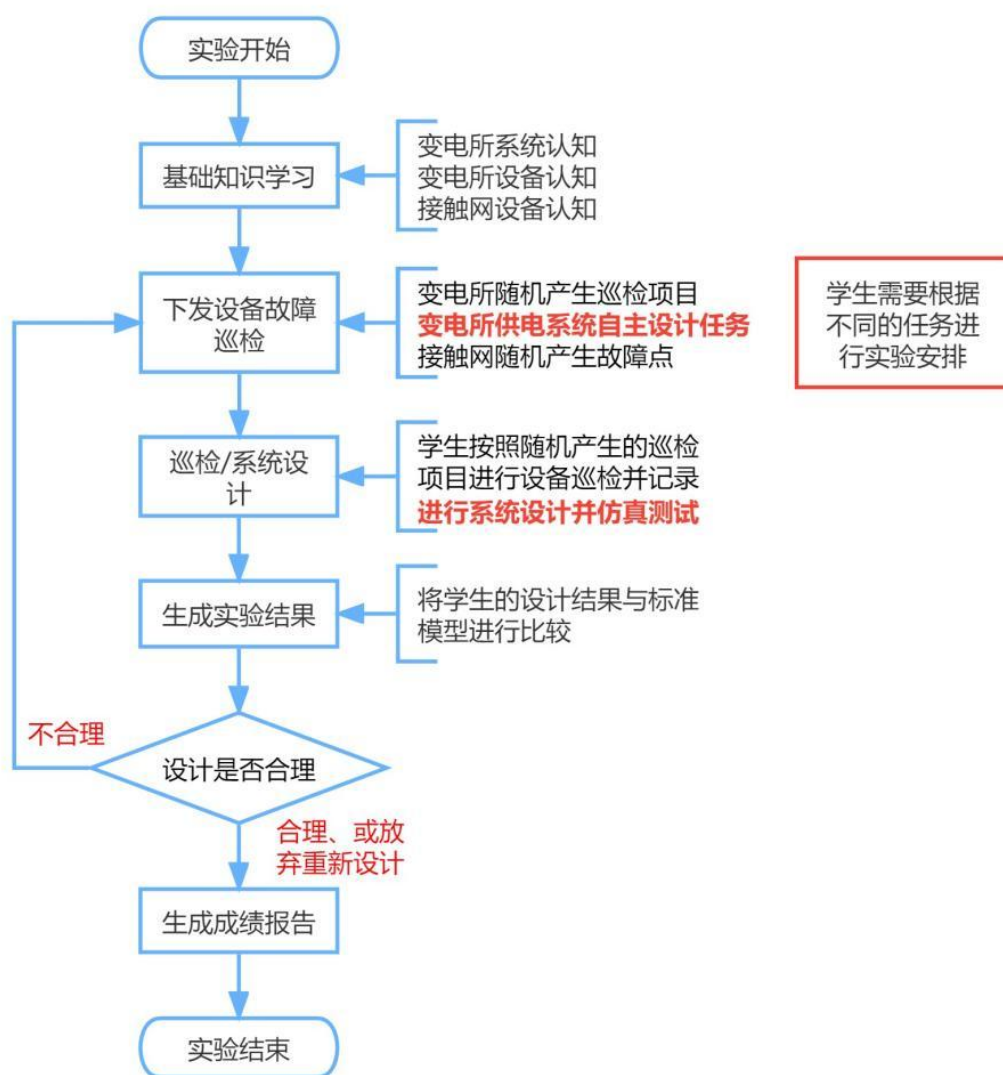


图 3-7-1 实验流程和实验结果

#### (1) 实验过程

##### ①牵引变电所设备运行状态查看和测验

通过电力监控界面点击各设备查看其工作状态，并完成小测验（查看 1 号变电所进线电压、查看牵引变电所 503 断路器当前状态、查看牵引变电所整流器 1 直流侧当前电压、查看 35kV I 段线电压）。

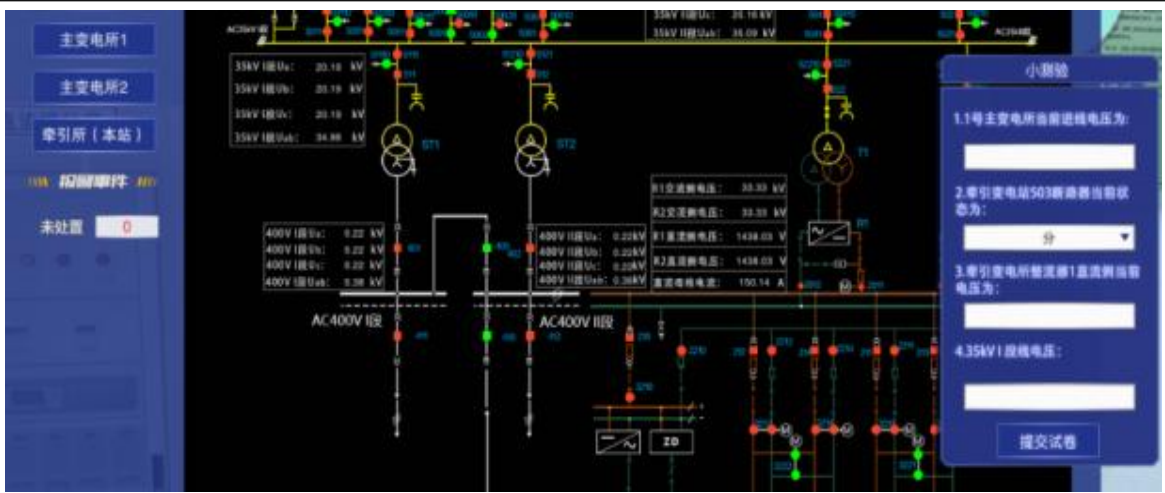


图 3-7-2 小测验

### ②安全培训

正式参观变电所各设备室之前进行相关知识学习，进行安全培训。

### ③仿真调试

根据实验任务设计符合要求的变电所供电系统，如图 3-7-3 所示，并在不同牵引负荷条件下完成仿真测试。可根据调试波形，分析问题，优化设计方案，如图 3-7-4 所示。

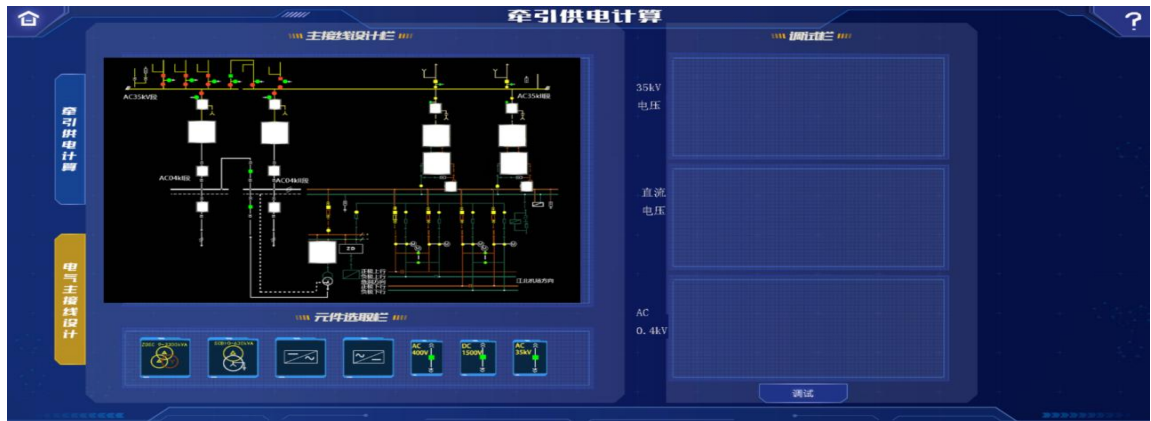


图 3-7-3 牵引变电所主接线设计



图 3-7-4 牵引变电所主接线仿真调试

### ④牵引变电所巡检并填写巡检记录



图 3-7-5 巡检记录

根据软件界面提示，完成变电所设备巡检，记录 1#整流变压器当前温度、2#整流柜当前状态、高压室 2021 开关当前电压、直流配电 3212 开关当前状态、400V 室 A02 设备 A 相电流、400V 室 A02 设备当前电压、400V 室 B02 设备当前电压。

⑤接触网零部件组装

根据要求选出相应的接触网零部件，进行设备识别和比对。

⑥接触网检修

在检修车附近，点击上车按钮上车，之后点击前进，开始巡检，发现故障时左键点击故障位置，选择处置故障。

(2) 实验结果与结论

①牵引变电所设备运行状态查看和测验

所有数据全部读取正确，并且正确填写，在成绩页面会有相关显示，如填写不正确，状态栏显示为 ×，填写正确为 ✓，如图所示为填写错误示例，如图 3-7-6 所示。

试卷运行界面

用户数132108.1.1

时间08时11分19秒

试卷得分21.05

试卷项目城市轨道交通供电和变电系统

| ID  | 状态 | 过程名称         | 得分   |
|-----|----|--------------|------|
| P01 |    | 牵引变电所认知和故障处理 | 5.00 |
| P02 |    | 接触网认知及故障处理   | 0.00 |

| ID  | 状态 | 步骤描述                                                     | 得分   | 备注      |
|-----|----|----------------------------------------------------------|------|---------|
| S01 |    | 点击离岗设备PSCADA屏，查看供电系统监控                                   | 1.00 |         |
| S02 |    | 在监控界面可以查看牵引供电系统的主接线图及运行状态，点击右侧的牵引变电所按钮，查看牵引变电所运行状态       | 1.00 |         |
| S03 |    | 在监控界面可以查看你所所在的牵引降压混合变电所的主接线图及运行状态，现在找到并点击T1整流变压器，查看其详细介绍 | 1.00 |         |
| S04 |    | 了解完成后，点击下方的运行曲线按钮，可以查看牵引变电所电流电压等关键参数的变化                  | 1.00 |         |
| S05 |    | 经过学习，你已经具备了轨道交通供电的基础知识，现在考一考你，点击开始考试按钮                   | 1.00 |         |
| S06 |    | 正确完成考试                                                   | 0.00 | 操作条件未满足 |
| S07 |    | 监控系统的操作方法你已经全部了解了，关闭该界面，继续学习，现在点击离岗的设备                   | 1.00 |         |
| S08 |    | 你现在可以在主控室内自由参观，参观完毕后，点击右侧的下一步，继续                         | 1.00 |         |
| S09 |    | 牵引变电所内的设备都属于高压大电流的设备，在正式进入参观之前需要对你进行安全培训                 | 1.00 |         |
| S10 |    | 现在找到安全幅，右键点击离岗的安全幅，戴上安全幅                                 | 0.00 |         |
| S11 |    | 现在请仔细阅读安全规定                                              | 0.00 |         |
| S12 |    | 点击小地图下方的飞行模式可以查看变电所整体布局，现在前往高压室继续参观，点击快速前往按钮可以快速到达高压室    | 0.00 |         |

图 3-7-6 成绩界面

②安全培训

全部知识了解完成后，全部点击完成，并且戴上安全帽后才可以进行下一步。

### ③仿真测试

根据学生自主设计的系统在不同负荷条件下产生不同设计结果，点击运行调试，在不同的牵引负荷条件下产生不同运行曲线，整流器或者变压器设备选型不符合要求则不能产生符合要求的调试曲线，则主接线系统设计不合格，如图 3-7-7 所示。



图 3-7-7 主接线设计运行调试

### ④牵引变电所巡检并填写巡检记录

所有数据填报正确后，在成绩页面会有相应的得分数据，查看方法同小测验。

### ⑤接触网零部件组装

根据要求选出相应的接触网零部件，进行设备识别和比对，只有选出正确的零部件，软件界面才会出现零部件显示，全部选择好后成绩页面会显示此项正确。

### ⑥接触网检修

根据显示现象判断故障原因，至于正确选择故障原因，成绩页面才会给出此项成绩。

## (3) 其他要求

每位同学都需要提交实验报告。实验报告包括：实验名称、实验内容、实验分析、实验结果（重要的软件界面截图或数据）以及实验总结与体会。要求通过虚拟实验，熟悉和掌握牵引变电所的认知和故障处置方法、接触网组成及故障处置。

## 3-8 面向学生要求

### (1) 专业与年级要求

①大三、大四轨道交通电气与控制、轨道交通信号与控制专业、电气类及相关专业高校学生。

②轨道相关企业的供配电相关技术培训。

### (2) 基本知识和能力要求

①基本知识要求：牵引变电所认知和故障处置模块要求学生具有城市轨道交通供电系统组成、城市轨道交通供电系统继电保护、设备巡视、设备操作、倒闸操作规范等基础知识的原理。牵引变电所供配电计算及设计要求学生安全学习、设备结构原理展示、故障处置、参数设置等基础知识。接触网及认知故障处理要求学生具有接触网供电方式、柔性接触网、刚性接触网的悬挂、支持装置、定位装置、支柱、补偿装置、受电弓、承力索等基础知识。要求学生已学习并掌握《电路基础》《电力电子技术》等基础课程的知识，并通过《轨道交通供电系统》理论课程的学习，掌握相关基础知识和一定设计方法，学会自我查阅资料，掌握创新思维方法，具有一定的分析能力、综合应用能力。

②基本能力要求：经过前期《电路基础》《电力电子技术》等基础课程的知识学习，并通过《轨道交通供电系统》理论课程的学习，学生已经能够根据实验任务，制定实验方案，规划实验步骤，分析和处理实验数据，尤其是针对本实验的牵引变电所供配电系统设计中，要求学生掌握设计方法的基本原理和预算思路，建立课程知识体系结构概念，熟练掌握设计流程，形成课程知识体系。

③对未达到基础知识要求的学生，系统提供实验所需的前序知识学习资源，以保证实验效果。

### 3-9 实验应用及共享情况

(1) 本校上线时间：2021年9月1日（上传系统日志）

(2) 已服务过的学生人数：本校513人，外校114人

(3) 附所属课程教学计划或授课提纲并填写：

纳入教学计划的专业数：2，具体专业：轨道交通电气与控制、轨道交通信号与控制专业；

教学周期：4，学习人数：627

(4) 是否面向社会提供服务：●是 ○否

(5) 社会开放时间：2022年10月8日

(6) 已服务过的社会学习者人数：56人

表 3-9-1 实验校外应用及共享情况

| 序号 | 类别     | 院校、企业等     | 共计 | 合计  |
|----|--------|------------|----|-----|
| 1  | 高校实验教学 | 重庆大学       | 83 | 139 |
| 2  |        | 重庆交通大学     |    |     |
| 3  |        | 重庆科创职业学院   |    |     |
| 4  |        | 重庆公共运输职业学院 |    |     |

|   |         |                |       |       |
|---|---------|----------------|-------|-------|
| 5 | 社会工程师培训 | 中铁电气化局集团有限公司   | 31    |       |
| 6 |         | 重庆众合智行交通科技有限公司 | 25    |       |
| 7 | 科普活动    | 国际智能产业博览会线上展厅  | >1000 | >1100 |
| 8 |         | “三江科普校园行”      | >100  |       |

①面向高校的实验教学应用与共享情况

实验系统已相继推广到了重庆大学、重庆交通大学、重庆科创职业学院、重庆重庆公共运输职业学院等高等院校，应用及评价意见如图 3-9-1 所示。

部分评价为“……虚拟仿真实验与 3D 虚拟仿真技术深度融合，提供兼具安全性、综合性、客观性、全面性、交互性的情景模拟……”、“……实验操作具有可逆性，其内容具有高阶性、创新性和挑战度……”、“……可培养学生自主学习、自主设计、自主分析，综合实践与创新能力……”、“……教学设计体现“两性一度”……”。

后续将不断更新实验内容，与省内外开设相关专业方向的学校与学生共享建设思路与成果，做好高校的开放服务。

| 虚拟仿真实验教学课程应用及评价意见 |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |      | 虚拟仿真实验教学课程应用及评价意见 |  |                                                                  |  |     |      |             |  |
|-------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-------------------|--|------------------------------------------------------------------|--|-----|------|-------------|--|
| 课程名称              |  | 城市轨道交通供电系统虚拟仿真实验                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |      | 课程名称              |  | 城市轨道交通供电系统虚拟仿真实验                                                 |  |     |      |             |  |
| 软件课程版权单位          |  | 重庆移通学院                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |      | 软件课程版权单位          |  | 重庆移通学院                                                           |  |     |      |             |  |
| 课程负责人             |  | 邢阳阳                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 联系方式 | 15803091862       |  | 课程负责人                                                            |  | 邢阳阳 | 联系方式 | 15803091862 |  |
| 软件使用链接网址          |  | https://www.obrsim.com/schoolHome.do?schoolCode=cqytxyzn_gcxyone                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |      | 软件使用链接网址          |  | https://www.obrsim.com/schoolHome.do?schoolCode=cqytxyzn_gcxyone |  |     |      |             |  |
| 评价单位              |  | 重庆公共运输职业学院轨道交通学院                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |      | 评价单位              |  | 重庆科创职业学院智能制造与机器人学院                                               |  |     |      |             |  |
| 课程应用效果及评价         |  | <p>该课程实验以城市轨道交通供电系统操作及设计为实验任务，依据城市轨道交通供电系统在重庆市城市轨道交通中的真实应用场景，构建了基于真实场景的综合性交互实验，兼具可逆性、复杂性和可变性。</p> <p>学院部分师生使用该课程软件进行在线学习，反馈使用该软件可沉浸式理解真实的城市轨道交通供电系统运作流程、结构组成和工作原理，并可直观、生动地完成实验教学内容，探究在不同负荷条件、不同供电要求下的城市轨道交通供电系统设计以及分析故障、解决故障方法、采取应对措施。</p> <p>该课程团队成员师资结构合理，有一线优秀的教师，有轨道交通相关企业工程师，有专门的软件技术开发工程师，具有较高的教科研水平。该课程实验设计将价值塑造、知识传授和能力培养三者融为一体，坚持正确的价值导向，贯彻了课程思政教育理念。该课程符合交通强国战略下对创新型、复合型、应用型人才的需求，可培养学生自主学习、自主设计、自主分析、综合实践与创新能力，并润物细无声地培养学生具有爱国情怀、社会责任与工程职业道德。</p> <p>综上，“城市轨道交通供电系统虚拟仿真实验”课程内容及资源配置真实、合理，教学设计体现“两性一度”，在同类课程中有很好的导向性和示范性。</p> <p>评价组织：重庆公共运输职业学院轨道交通学院</p> <p>（公章）</p> <p>2024 年 9 月 20 日</p> |      |                   |  |                                                                  |  |     |      |             |  |
|                   |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |      |                   |  |                                                                  |  |     |      |             |  |

图 3-9-1 高校实验教学应用与共享

②面向社会工程师培训应用与共享情况

与相关企业合作，共建、共享课程资源，并应用于企业技术培训。应用于重庆众合智行交通科技有限公司企业工程师培训如图 3-9-2 所示。未来还将持续性为社会企业提供培训等活动。

| 虚拟仿真实验教学课程应用及评价意见 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |      |             |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-------------|
| 课程名称              | 城市轨道交通供配电系统虚拟仿真实验                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |      |             |
| 软件课程版权单位          | 重庆移通学院                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |      |             |
| 课程负责人             | 邢阳阳                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 联系方式 | 15803091862 |
| 软件使用链接网址          | <a href="https://www.obrsim.com/schoolHome.do?schoolCode=cqytxyzn">https://www.obrsim.com/schoolHome.do?schoolCode=cqytxyzn</a><br>gcxyone                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |      |             |
| 评价单位              | 重庆众合智行交通科技有限公司                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |      |             |
| 软件应用效果及评价         | <p>该软件真实还原了城市轨道交通供配电系统场景，本单位使用该软件对员工进行培训学习。该软件以虚拟现实的方式，帮助参训人员身临其境地认识城市轨道交通供配电系统，并可探究不同负荷条件、设备运行环境、操作步骤、参数设置方法下的供配电系统设计，并观测其效果。虚拟仿真实验与 3D 虚拟仿真技术深度融合，提供兼具安全性、综合性、客观性、全面性、交互性的情景模拟，使参训人员熟悉城市轨道交通供配电系统场景，了解设备结构和实验原理，练习实验操作，观察实验现象，理解实验原理与概念，探究综合设计方法。</p> <p>本单位作为重庆移通学院校企合作单位，参与了该课程软件的部分研发工作，推进了产教深度融合。该课程软件兼具现场真实性和学术前沿性，有城市轨道交通供配电的真实系统应用，有教学与工程实践的有机融合，后续本单位将继续从技术上支持学校对该课程进行持续优化和开发。</p> <p>评价组织：重庆众合智行交通科技有限公司<br/>(公章)</p> <p>2024 年 9 月 18 日</p> |      |             |

图 3-9-2 面向社会工程师培训应用与共享情况

③面向中学生科普活动应用与共享情况

本项目在中国国际智能产业博览会重庆移通学院线上展厅进行展示,如图 3-9-4 所示；在隆兴中学等中小学开展的由合川科技局和移通学院联合举办“三江科普校园行”志愿服务活动，重点介绍了该实验项目的开发理念、应用场景，使学生树立未来参与到我国轨道交通事业发展的目标，获得学校领导的高度认可及师生的一致好评，如图 3-9-3、3-9-4 所示。

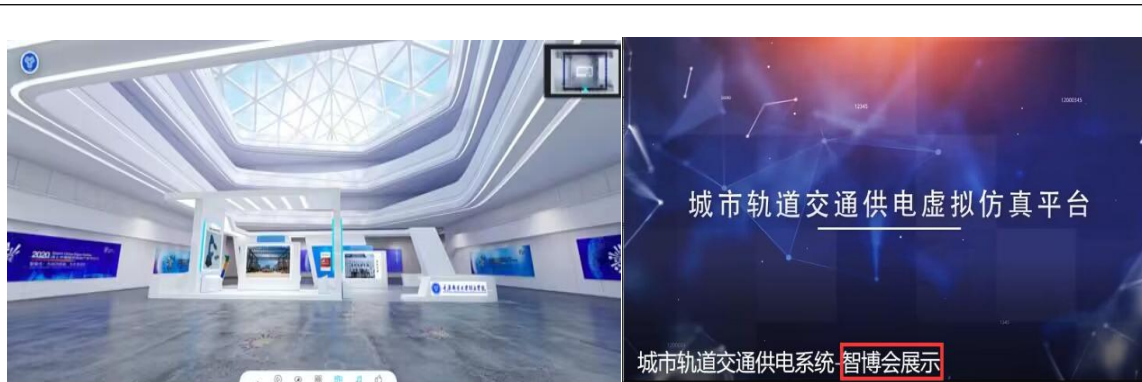


图 3-9-3 智博会科普活动应用推广



图 3-9-4 “三江科普校园行”活动

## 4. 实验教学特色

（该虚拟仿真实验教学课程的实验设计、教学方法、评价体系等方面的特色，限 800 字以内）

### （1）构建“内容真实+操作可逆+自主探究”具有创新性的实验教学设计

针对城市轨道交通供配电系统真实实验场景大、成本高、高压高危、不可逆性等问题，本实验基于轨道交通供配电系统真实工程数据构建，实验教学内容真实还原城市轨道交通供配电现场真实场景、系统结构、主要设备的操作过程、动作过程和设备运行状态。本实验项目在达到教学要求、教学目标、实验原理等基本要求的同时，还可以根据不同负荷情况，学生可自动探究设计不同参数的牵引变电所供配电系统设计，构建了如图 4-1 所示具有创新性、特色鲜明“内容先进+操作可逆+自主探究”的实验教学设计。

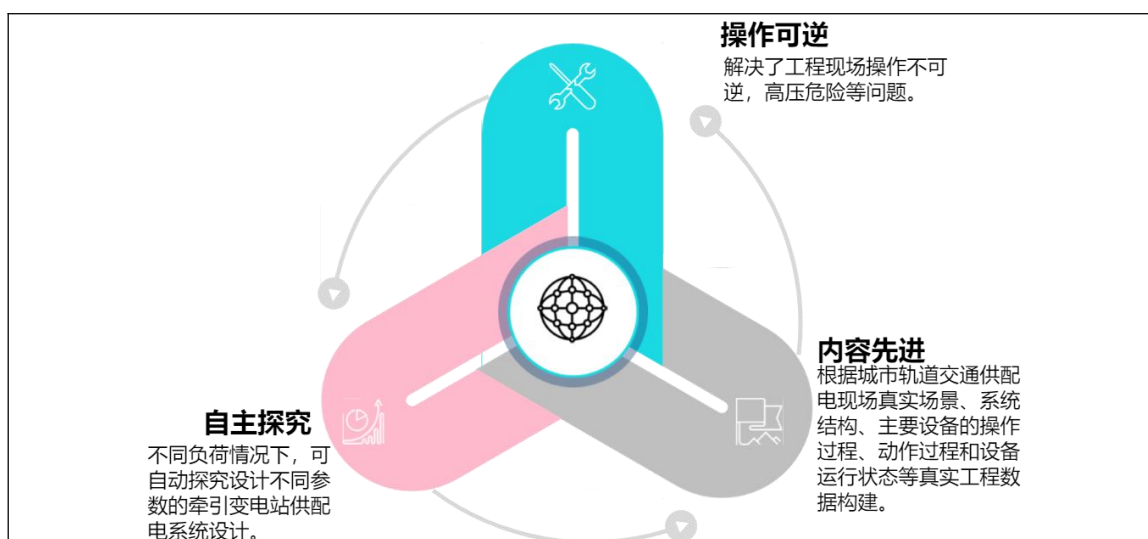


图 4-1 “内容先进+操作可逆+自主探究”具有创新性的实验教学设计

## （2）采用“虚拟实操+实践讨论+设计验证”具有高阶性的实验教学方法

本实验教学采用“虚拟实操+实践讨论+设计验证”具有高阶性的教学方法。学生掌握基础知识后，布置自主设计任务，让学生分小组进行讨论，研究设计牵引变电所供电系统设计方案；学生将设计系统参数设置导入，通过虚拟仿真验证方案是否可行。该教学方法加深了对学生所学理论知识的理解，提高了实践能力，增强了运用专业知识综合分析问题与解决问题的能力，提升了学习效率和效果，将知识传授、能力培养、素质提高协同实施。

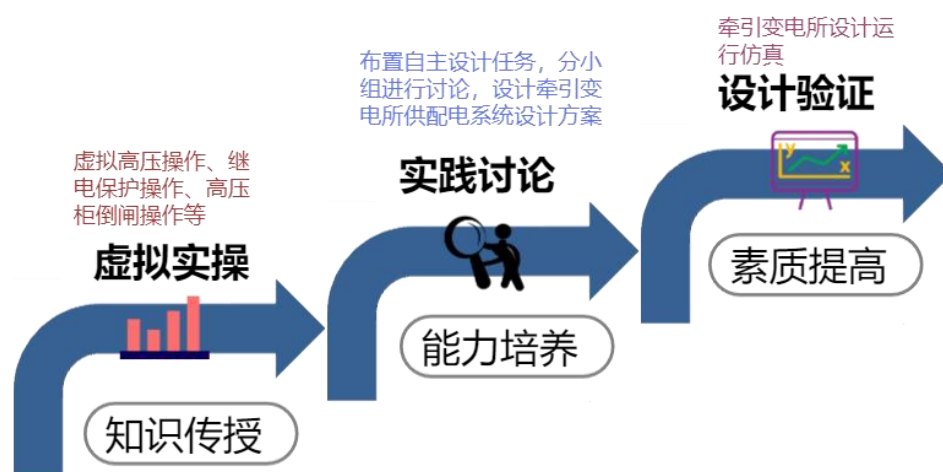


图 4-2 “虚拟实操+实践讨论+设计验证”具有高阶性的实验教学方法

## （3）形成“实验过程+实验结果+实验效果”具有挑战度的评价体系

本实验系统全程自动记录实验过程、操作步骤及实验结果，学生能够追溯回看自己的操作记录，促使学生养成规范练习和主动思考的学习习惯。在练习及考核环节，系统自动生成可追溯实验过程的记录和分数，对操作次数、操作时间、交互操作要点等进行多维度考核，并设置“作业习题”学生理论知识进行考核，同时教师进行点评，学生互评，线下线上结合，形成“实验过程+实验结果+实验

效果” 相融合的具有挑战度的评价体系。



图 4-3 “实验过程+实验结果+实验效果”具有挑战度的评价体系

## 5. 实验教学在线支持与服务

(1) 教学指导资源: ☒教学指导书 ☒教学视频 ☐电子教材 ☒课程教案

(申报系统上传) ☒课件(演示文稿) ☒其他

(2) 实验指导资源: ☒实验指导书 ☒操作视频 ☒知识点课件库 ☒习题库

(申报系统上传) ☐测试卷 ☒考试系统 ☐其他

(3) 在线教学支持方式: ☒热线电话 ☒实验系统即时通讯工具 ☐论坛

☒支持与服务群 ☒其他

(4) 8名提供在线教学服务的团队成员; 4名提供在线技术支持的技术人员; 教学团队保证工作日期间提供10小时/日的在线服务

## 6. 实验教学相关网络及安全要求描述

### 6-1 网络条件要求

(1) 说明客户端到服务器的带宽要求(需提供测试带宽服务)

20Mb/s 以上经测试, 客户端到服务器的带宽要求最低不能低于10M。低于10M后, 网络延迟和丢包现象严重, 网页打开非常缓慢, 尤其是加载三维对象

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>(2) 说明能够支持的同时在线人数（需提供在线排队提示服务）<br/>支持在线人数为 500 人。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <p><b>6-2 用户操作系统要求（如 Windows、Unix、IOS、Android 等）</b></p> <p>(1) 计算机操作系统和版本要求<br/>仿真程序客户端操作系统采用 Windows 7 及其以上版本；<br/>管理平台服务器操作系统采用 windows server 2008 r2 及以上。</p> <p>(2) 其他计算终端操作系统和版本要求<br/>无</p> <p>(3) 支持移动端：○是 ●否</p>                                                                                                                                                                               |
| <p><b>6-3 用户非操作系统软件配置要求（兼容至少 2 种及以上主流浏览器）</b></p> <p>(1) 非操作系统软件要求（支持 2 种及以上主流浏览器）<br/><input checked="" type="checkbox"/>谷歌浏览器 <input type="checkbox"/>IE 浏览器 <input type="checkbox"/>360 浏览器 <input checked="" type="checkbox"/>火狐浏览器 <input type="checkbox"/>其他</p> <p>(2) 需要特定插件 ○是 ●否<br/>如勾选“是”，请填写：<br/>插件名称：（插件全称）<br/>插件容量：M<br/>下载链接：</p> <p>(3) 其他计算终端非操作系统软件配置要求（需说明是否可提供相关软件下载服务）<br/>无</p> |
| <p><b>6-4 用户硬件配置要求（如主频、内存、显存、存储容量等）</b></p> <p>(1) 计算机硬件配置要求<br/>CPU: Intel core i5+<br/>显卡: 显存 2 G +，推荐 4 G<br/>内存: 8G +，推荐 16G<br/>硬盘: 500G+</p> <p>(2) 其他计算终端硬件配置要求<br/>暂不支持其他操作系统或终端</p>                                                                                                                                                                                                             |

6-5 用户特殊外置硬件要求（如可穿戴设备等）

(1) 计算机特殊外置硬件要求

无

(2) 其他计算终端特殊外置硬件要求：●无 ○有

如勾选“有”，请填写其他计算终端特殊外置硬件要求：

6-6 网络安全（实验系统要求完成国家信息安全等级二级认证）

(1) 证书编号：

11010843035-20001

50011743022-22201

50011743022-22202

50011743022-22203

(2) 请附信息系统安全等级保护备案证明



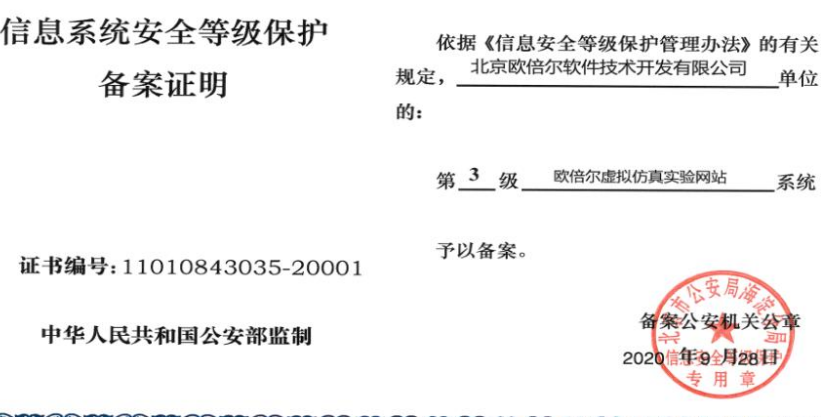
信息系统安全等级保护  
备案证明

根据《信息安全等级保护管理办法》的有关规定，重庆移通学院 单位的：  
第 2 级 个人终端移动信息发布平台 智慧校园门禁 学生工作管理系统 系统  
予以备案。

证书编号：  
50011743022-22201  
50011743022-22202  
50011743022-22203

中华人民共和国公安部监制

备案公安机关公章  
2022年02月15日  
网络安全等级保护  
专用章



信息系统安全等级保护  
备案证明

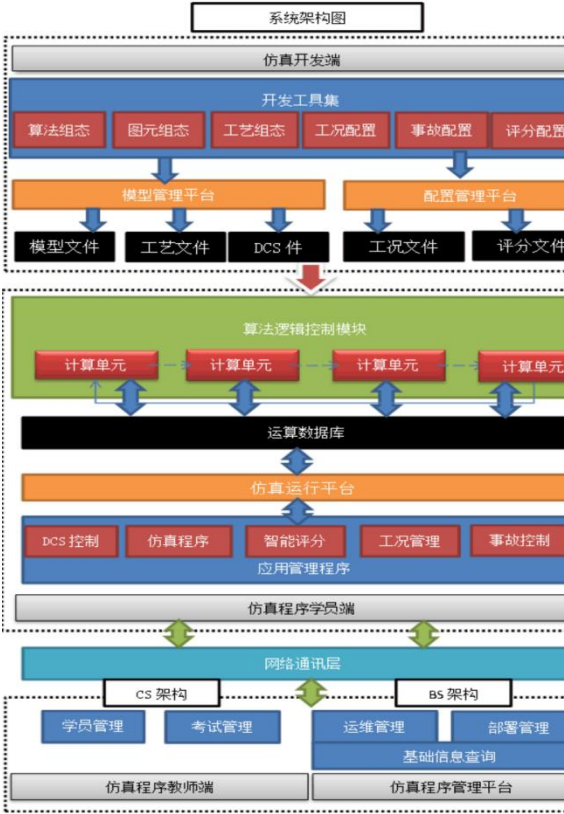
依据《信息安全等级保护管理办法》的有关规定，北京欧倍尔软件技术开发有限公司 单位的：  
第 3 级 欧倍尔虚拟仿真实验网站 系统  
予以备案。

证书编号：11010843035-20001

中华人民共和国公安部监制

备案公安机关公章  
2020年9月28日  
网络安全等级保护  
专用章

7. 实验教学技术架构及主要研发技术

| 指标         | 内容                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 系统架构图及简要说明 | <div><p>The diagram illustrates the system architecture, starting with the 'System Architecture Diagram' at the top. It is divided into several layers: 1. 'Simulation Development End' (仿真开发端) containing 'Development Tool Set' (开发工具集) with sub-components like 'Algorithm Group', 'Diagram Group', 'Process Group', 'Working Condition Configuration', 'Accident Configuration', and 'Scoring Configuration'. Below these are 'Model Management Platform' and 'Configuration Management Platform', which lead to 'Model Files', 'Process Files', 'DCS Files', 'Working Condition Files', and 'Scoring Files'. 2. 'Algorithm Logic Control Module' (算法逻辑控制模块) featuring a sequence of 'Calculation Units' (计算单元) connected to a 'Runtime Database' (运算数据库). 3. 'Simulation Running Platform' (仿真运行平台) which includes 'DCS Control', 'Simulation Program', 'Intelligent Scoring', 'Working Condition Management', and 'Accident Control'. 4. 'Simulation Program Student End' (仿真程序学员端) which interacts with a 'Network Communication Layer' (网络通讯层). 5. 'Teacher End' (教师端) and 'Management Platform' (管理平台) at the bottom, both utilizing 'CS Architecture' and 'BS Architecture' respectively, with functions like 'Student Management', 'Exam Management', 'Maintenance Management', and 'Deployment Management'. The entire system is supported by a 'Basic Information Query' (基础信息查询) layer.</p></div> <p>①教师通过仿真程序教师端(CS 架构), 管理学员和试题, 对仿真系统进行部署和维护。教师端通过网络通讯程序, 与运行在学生电脑的仿真程序学员端进行通讯, 实现学员端仿真程序的启动和控制。</p> <p>②教师和学生可以访问管理平台(BS 架构), 进行基础信息(应用统计, 访问统计, 考试成绩等)的数据访问。管理平台也具备仿真程序教师端的功能。管理平台通过网络通讯层, 与运行在学生电脑的仿真程序学员端进行通讯, 实现学员端仿真程序的启动和控制。</p> <p>③仿真程序学员端部署在学生所在电脑。学员端的应用管理程序负责提供智能评分, 工况管理, 仿真程序生命周期管理等服务, 并提供这些服务对仿真运行平台的访问</p> |

|          |                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|----------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          |                                                 | <p>功能。仿真运行平台创建仿真数据和计算单元，实现和维护仿真算法逻辑的运行。运行平台向应用管理程序提供仿真运算的实时结果。</p> <p>④开发者通过仿真开发端提供的工具集进行建模；实现算法、图元和工艺的组态；对仿真程序中的工况和评分进行配置。所有建模数据保存在数据库中，并可以独立导出文件。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 实验<br>教学 | 开发技术                                            | <input type="checkbox"/> VR <input type="checkbox"/> AR <input type="checkbox"/> MR <input checked="" type="checkbox"/> 3D 仿真 <input type="checkbox"/> 二维动画<br><input type="checkbox"/> HTML5<br><input type="checkbox"/> 其他                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|          | 开发工具                                            | <input checked="" type="checkbox"/> Unity3D <input type="checkbox"/> 3D Studio Max <input checked="" type="checkbox"/> Maya<br><input type="checkbox"/> ZBrush <input type="checkbox"/> SketchUp <input type="checkbox"/> Adobe Flash<br><input type="checkbox"/> Unreal Development Kit <input type="checkbox"/> Animate CC<br><input type="checkbox"/> Blender <input type="checkbox"/> Visual Studio<br><input type="checkbox"/> 其他                                                                                                                      |
|          | 运行环境                                            | <p><b>服务器</b><br/>           CPU 8 核、内存 32 GB、磁盘 500 GB、显存 2 GB、GPU 型号 不限</p> <p><b>操作系统</b><br/> <input checked="" type="checkbox"/>Windows Server <input type="checkbox"/>Linux <input type="checkbox"/>其他<br/>           具体版本: windows server 2018 R2</p> <p><b>数据库</b><br/> <input checked="" type="checkbox"/>Mysql <input type="checkbox"/>SQL Server <input type="checkbox"/>Oracle<br/> <input type="checkbox"/>其他</p> <p><b>备注说明</b>（需要其他硬件设备或服务器数量多于 1 台时请说明）</p> <p><b>是否支持云渲染:</b> <input type="radio"/>是 <input checked="" type="radio"/>否</p> |
|          | 实验品质（如：单场景模型总面数、贴图分辨率、每帧渲染次数、动作反馈时间、显示刷新率、分辨率等） | <p>单场景模型总面数一般控制在 50 W 以内，可以在保证场景效果的同时，拥有较好的流动性；贴图分辨率一般以 1 K 为主，部分设备使用 2 K 最高 4 K 的贴图，用于展现较真实的设备外观。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

|  |  |                                                            |
|--|--|------------------------------------------------------------|
|  |  | 每帧渲染次数：35+<br>动作反馈时间：30 毫秒以下<br>分辨率：自适应客户机<br>显示刷新率：自适应客户机 |
|--|--|------------------------------------------------------------|

## 8. 实验教学课程持续建设服务计划

(本实验教学课程今后 5 年继续向高校和社会开放服务计划及预计服务人数)

### (1) 课程持续建设

表 8-1 课程内容建设计划

| 日期  | 建设内容                                                           | 投入经费<br>(万元) |
|-----|----------------------------------------------------------------|--------------|
| 第一年 | ①新增城市轨道交通供配电牵引变电所整流装置设计模块虚拟仿真实验，满足师生对更多创新型实验设计的需求。             | 7            |
|     | ②优化城市轨道交通牵引变电所供配电计算及设计。                                        |              |
|     | 优化虚拟仿真实验教学资料，提高教学效果。                                           | 1            |
| 第二年 | 提高课程服务团队水平，保障对社会开放服务的及时性和服务质量。                                 | 1            |
|     | 基于科研成果转化，新增城市轨道交通供配电系统智能监控模块虚拟仿真实验。                            | 7            |
|     | 扩大面向社会服务范围，特别是推广到更多其他高校或企业使用，如推广到重庆城市轨道交通（集团）公司应用于员工培训。        | 1            |
| 第三年 | 在线实验教学资源，实践“线上线下”混合课程教学方式。                                     | 1            |
|     | 根据校企使用反馈，优化和升级虚拟仿真实验场景。                                        | 4            |
| 第四年 | 持续深化校企合作，根据企业提供现场真实城轨供电相关前沿技术及相关科研成果，更新虚拟仿真实验项目。               | 8            |
|     | 扩大面向社会服务范围，参加中国教育技术协会教育仿真技术专业委员会等组织开展的论坛会议或比赛，推广本实验仿真项目。       | 2            |
| 第五年 | 根据校企使用反馈，优化和升级虚拟仿真实验场景。                                        | 1            |
|     | 扩大面向社会服务范围，通过参加相关虚拟仿真比赛或到西南交通大学、西南大学、上海工程学院等高校走访，推广本实验仿真项目应用面。 | 3            |

其他描述:

今后 5 年内, 不断整合学校和社会资源, 对本项目进行持续建设和改进, 不断完善实验系统和提高服务能力, 拓展课程资源, 做好在线教学服务值班管理, 扩大实验服务范围。

## (2) 面向高校、社会的教学推广应用计划

### ①面向高校

不断更新实验内容, 与省内外开设相关专业方向的学校与学生共享建设思路与成果, 做好高校实验教学的开放服务。

加强实验教学研讨和以学生为中心的实践教学模式创新。通过举办会议、参与论坛汇报、走访调研等形式, 加强与相关专业院校间在实验内容、平台开发、教学方法、教学模式等方面交流, 共同培养出符合城轨供电市场需求的应用型人才。

### ②面向社会

增加校企合作单位数量与深度, 加强与相关企业合作, 用于企业技术培训; 加强中小学科普活动, 参展高博会等相关展览。

表 8-2 推广服务计划

| 日期  | 高校数 | 人数   | 企业数 | 人数  | 科普活动、参展或举办会议 | 人数   |
|-----|-----|------|-----|-----|--------------|------|
| 第一年 | 5   | 300  | 2   | 70  | 4            | 2000 |
| 第二年 | 8   | 500  | 5   | 120 | 5            | 3000 |
| 第三年 | 12  | 800  | 6   | 260 | 7            | 4000 |
| 第四年 | 15  | 1000 | 8   | 350 | 8            | 5000 |
| 第五年 | 17  | 1200 | 12  | 680 | 8            | 5000 |
| 合计  | 20  | 1500 | 15  | 800 | 9            | 6000 |

其他描述:

通过会议、论坛等形式, 加强与相关企业、院校间交流, 尤其是成渝高校及相关企业, 全面服务我国城轨行业教育, 共同培养出符合城轨行业需求的高等人才。

## 9. 知识产权

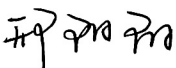
| 软件著作权登记情况         |                                                            |
|-------------------|------------------------------------------------------------|
| 以下填写内容须与软件著作权登记一致 |                                                            |
| 软件名称              | 城市轨道交通供电和变配电系统 V1.0                                        |
| 是否与课程名称一致         | <input type="radio"/> 是 <input checked="" type="radio"/> 否 |

|                                                                         |                                                                                                                                                                                                |
|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>每栏只填写一个著作权人，并勾选该著作权人类型。如勾选“其他”需填写具体内容；如存在多个著作权人，可自行增加著作人填写栏进行填报。</p> |                                                                                                                                                                                                |
| 著作权人                                                                    | 著作权人类型                                                                                                                                                                                         |
| 李洁，重庆移通学院                                                               | <input checked="" type="radio"/> 课程所属学校 <input type="radio"/> 企业<br><input type="radio"/> 课程负责人 <input checked="" type="radio"/> 学校团队成员<br><input type="radio"/> 企业人员 <input type="radio"/> 其他 |
| 权利范围                                                                    | 全部权利                                                                                                                                                                                           |
| 软件著作登记号                                                                 | 2022SR0440117                                                                                                                                                                                  |
| <p>如软件著作权正在申请过程中，尚未获得证书，请填写受理流水号。</p>                                   |                                                                                                                                                                                                |
| 受理流水号                                                                   |                                                                                                                                                                                                |



## 10. 诚信承诺

本团队承诺：申报课程的实验教学设计具有一定的原创性，课程所属学校对本实验课程内容（包括但不限于实验软件、操作系统、教学视频、教学课件、辅助参考资料、实验操作手册、实验案例、测验试题、实验报告、答疑、网页宣传图片文字等组成本实验课程的一切资源）享有著作权，保证所申报的课程或其任何一部分均不会侵犯任何第三方的合法权益。

实验教学课程负责人（签字）： 

2024 年 9 月 22 日

## 11. 附件材料清单

### 1. 课程团队成员和课程内容政治审查意见（必须提供）

（申报课程高校党委负责对本校课程团队成员以及申报课程的内容进行政审，出具政审意见并加盖党委印章；团队成员涉及多校时，各校党委分别对本校人员出具意见；非高校成员由其所在单位党组织出具意见。团队成员政审意见内容包括政治表现、是否存在违法违纪记录、师德师风、学术不端、五年内是否出现过重大教学事故等问题；课程内容审查包括价值取向是否正确，对于我国政治制度以及党的理论、路线、方针、政策等理解和表述是否准确无误，对于国家主权、领土表述及标注是否准确，等等。）

### 2. 课程内容学术性评价意见（必须提供）

〔由学校学术性组织（校教指委或学术委员会等），或相关部门组织的相应学科专业领域专家（不少于3名）组成的学术审查小组，经一定程序评价后出具。须由学术性组织盖章或学术审查小组全部专家签字。无统一格式要求。〕

### 3. 校外评价意见（可选提供）

（评价意见作为课程有关学术水平、课程质量、应用效果等某一方面的佐证性材料或补充材料，可由课程应用高校或社会应用机构等出具。评价意见须经相关单位盖章，以1份为宜，不得超过2份。无统一格式要求。）

附件 11-1. 课程团队成员和课程内容政治审查意见

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                              |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| 课程名称                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 城市轨道交通供配电系统虚拟仿真实验            |
| 本单位课程成员                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 邢阳阳、李洁、韩冰、黄娜、晁晓洁、冯铁成、关正伟、朱伟鹏 |
| <p>单位党组织审查意见:</p> <p>经审查,该课程团队成员均具有坚定的政治立场,自觉与党中央保持高度一致,旗帜鲜明地拥护党的路线、方针、政策,在重大原则问题上态度鲜明,在政治上不信谣不传谣,立场坚定;具有坚定的组织原则,并不断用先进的知识、科学的理论武装自己的头脑,坚定自己的政治立场,提高自身政治理论水平。在工作中爱岗敬业、工作严谨、具有良好的工作作风,并且态度认真、勤奋刻苦、扎实做事、锐意进取,表现优秀,五年内均无教学事故。在教科研方面,热爱教育事业,甘于奉献、积极进取,具有良好的模范带头作用,且具有良好的师德师风,无学术不端等问题。在生活中遵纪守法、诚实守信、团结友善、尊老爱幼,无违法违纪等问题。</p> <p>该课程的素质目标是通过课程内容弘扬我国轨道交通发展壮大过程,增强学生民族自豪感,培养学生吃苦耐劳、不断进步的精神。课程弘扬社会主义核心价值观,课程内容的政治方向和价值取向符合国家的政治目标,对于我国政治制度以及党的理论、路线、方针、政策等理解和表述准确无误。</p> <p>同意该课程申报重庆市一流本科课程(虚拟仿真实验教学课程)。</p> <p>单位党组织负责人:</p> <p>(单位党组织盖章)</p> <p>2024 年 9 月 20 日</p> |                              |

附件 11-1. 课程团队成员和课程内容政治审查意见

|         |                   |
|---------|-------------------|
| 课程名称    | 城市轨道交通供配电系统虚拟仿真实验 |
| 本单位课程成员 | 范建伟               |

单位党组织审查意见:

经审查,该课程团队成员范建伟坚决拥护以习近平总书记为核心的党中央,热爱中国共产党、热爱祖国、热爱人民、热爱社会主义事业,思想积极要求进步,深入学习党的二十大及二十届历次全会精神,不断增强“四个意识”、坚定“四个自信”、做到“两个维护”。用先进的知识、科学的理论武装自己的头脑,坚定自己的政治立场,提高自身政治理论水平。在工作履职方面,忠诚党的事业、爱岗敬业、工作严谨、具有良好的工作作风。在工作中态度认真、勤奋刻苦、扎实做事、锐意进取,未参加任何非法组织。在校企合作工作方面,热爱教育事业,甘于奉献、积极进取,具有良好的师德师风,无学术不端、无教学事故等问题。在生活中遵纪守法、诚实守信、团结友善、尊老爱幼,无违法违纪等问题。该课程内容价值取向正确,对于我国政治制度以及党的理论、路线、方针、政策等理解和表述准确无误,对于国家主权、领土表述及标注准确。

同意该课程团队成员范建伟申报重庆市一流本科虚拟仿真实验教学课程。

单位党组织负责人: 师公良

(单位党组织盖章)



2024 年 9 月 18 日

附件 11-1. 课程团队成员和课程内容政治审查意见

|                                                                                        |                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
|  课程名称 | 城市轨道交通供配电系统虚拟仿真实验 |
| 本单位课程成员                                                                                | 陈涛涛               |

单位党组织审查意见：

经审查，该课程团队成员陈涛涛坚决拥护以习近平主席为核心的党中央，热爱祖国、热爱人民、热爱中国共产党、热爱社会主义事业，思想积极要求进步，坚持党的领导，贯彻党的路线方针政策，积极践行社会主义核心价值观。用先进的知识、科学的理论武装自己的头脑，坚定自己的政治立场，提高自身政治理论水平。在工作履职方面，忠诚党的事业、爱岗敬业、工作严谨、具有良好的工作作风。在工作中态度认真、勤奋刻苦、扎实做事、锐意进取，未参加任何非法组织。在校企合作工作方面，热爱教育事业，甘于奉献、积极进取，具有良好的师德师风，无学术不端、无教学事故等问题。在生活中遵纪守法、诚实守信、团结友善、尊老爱幼，无违法违纪等问题。该课程内容价值取向正确，对于我国政治制度以及党的理论、路线、方针、政策等理解和表述准确无误，对于国家主权、领土表述及标注准确。

同意该课程团队成员陈涛涛申报重庆市一流本科虚拟仿真实验教学课程。

单位党组织负责人：李凌

(单位党组织盖章)

2024 年 9 月 18 日

附件 11-1. 课程团队成员和课程内容政治审查意见

|         |                   |
|---------|-------------------|
| 课程名称    | 城市轨道交通供配电系统虚拟仿真实验 |
| 本单位课程成员 | 许云旺 魏佳            |

单位党组织审查意见：

经审查，该课程团队成员许云旺、魏佳坚决拥护以习近平主席为核心的党中央，坚持学习马列主义、毛泽东思想和邓小平理论，不断提高自身政治理论水平和党性修养。工作中自觉践行“八荣八耻”重要思想，注重树立正确的人生观、价值观。该同志始终立场坚定，思想和行为时刻与党中央保持高度一致。无任何违法违纪现象。在工作中态度认真、爱岗敬业、勤奋刻苦、扎实做事、锐意进取，无任何参加非法组织及教学事故。在校企合作相关工作方面，忠诚党的教育事业、严谨治学、为人师表、具有良好的师德师风，具有现代教育思想，遵循教育教学规律，在教学中具有科学性、严谨性、有效性的正面价值取向。在学术研究方面，恪守学术道德，坚守学术诚信，严谨认真，无学术不端行为。在生活中遵纪守法、诚实守信、团结友善、尊老爱幼，无违法违纪等问题。该课程内容价值取向正确，对于我国政治制度以及党的理论、路线、方针、政策等理解和表述准确无误，对于国家主权、领土表述及标注准确。

综上，同意该课程团队成员许云旺、魏佳申报重庆市一流本科虚拟仿真实验教学课程。

单位党组织负责人：魏佳

(单位党组织盖章)



2024 年 9 月 18 日

## 虚拟仿真实验教学课程内容学术性评价意见

|       |                                                                                                                                               |    |             |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|-------------|
| 审查课程  | 城市轨道交通供配电系统虚拟仿真实验                                                                                                                             |    |             |
| 审查单位  | 重庆移通学院                                                                                                                                        |    |             |
| 课程负责人 | 邢阳阳                                                                                                                                           | 电话 | 15803091862 |
| 课程链接  | <a href="https://www.obrsim.com/schoolHome.do?schoolCode=cqytxyzngcxyone">https://www.obrsim.com/schoolHome.do?schoolCode=cqytxyzngcxyone</a> |    |             |

由我校邢阳阳主持建设的《城市轨道交通供电系统虚拟仿真实验》课程，经学校学术委员会专家审查，认定符合重庆市一流课程建设标准，具体情况如下：

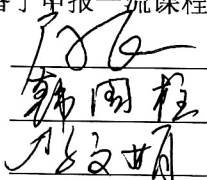
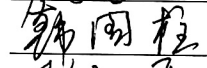
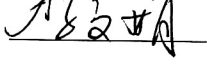
1、该课程内容兼具专业知识和工程实践技术。课程依托重庆市新型二级学院、重庆市一流专业、重庆市重点培育学科、重庆市制造业设计培训基地、合川区科技创新平台等建设，课程遵照实验项目“能实不虚、虚实结合”的原则，围绕培养专业人才的实践与创新能力，团队与中铁电气化局集团有限公司开展深度合作，通过实地收资，真实还原了城市轨道交通供配电系统场景，构建了城市轨道交通供配电系统虚拟仿真实验教学项目。

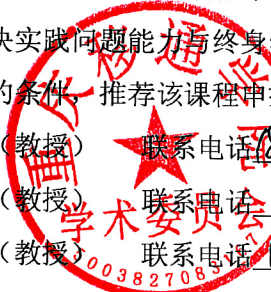
2、该课程团队成员结构合理，具有较高的教学、科研、教研水平，课程团队成员主持参与几十项省部级项目，团队中高级职称占比 75%。课程团队由多次获得各项奖励的邢阳阳带队，成员有学校优秀的一线教师，有轨道交通相关企业的高级工程师，有软件开发的优秀工程师，构成产学研深度融合的优秀团队。

3、该虚拟仿真实验课程设计合理，课程内容设计体现“两性一度”的要求。该课程与 3D 虚拟仿真技术深度融合，从培养学生能力出发，提供兼具安全性、综合性、可变性、交互性的情景模拟。实验分为基础型实验、综合型实验、提高型实验，内容从易到难，从简单到复杂，层层递进，并形成教学效果反馈与课程内容设计的闭环系统，不断结合实际应用和教学实践优化课程内容，同时课程结合相关项目，时刻关注前沿领域知识，使课程内容保持与时俱进。

4、该课程将专业知识教育与思想政治教育深度融合，将价值塑造、知识传授和能力培养三者融为一体。课程通过虚拟仿真实验的操作与使用，让学生沉浸式体验交通强国国家战略相关的城市轨道交通的供配电系统真实场景，增强民族自豪感，将个人发展融入国家发展战略的大势中。同时培养学生具有实践创新精神、挑战精神、解决实际问题能力与终身学习能力。

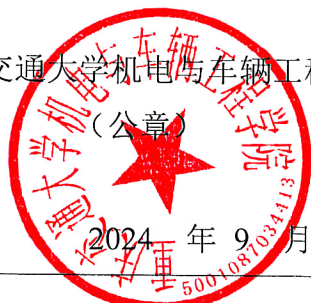
综上所述，该课程在各方面具备了申报一流课程的条件，推荐该课程申报重庆市一流课程。

专家签字：  (教授) 联系电话: 18680874850  
 (教授) 联系电话: 3931182880  
 (教授) 联系电话: 18623359642



2024 年 9 月 20 日

## 虚拟仿真实验教学课程应用及评价意见

|                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |      |             |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-------------|
| 课程名称              | 城市轨道交通供配电系统虚拟仿真实验                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |      |             |
| 软件课程<br>版权单位      | 重庆移通学院                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |      |             |
| 课程负责人             | 邢阳阳                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 联系方式 | 15803091862 |
| 软件使用<br>链接网址      | <a href="https://www.obrsim.com/schoolHome.do?schoolCode=cqytxyzngcxyone">https://www.obrsim.com/schoolHome.do?schoolCode=cqytxyzngcxyone</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |      |             |
| 评价单位              | 重庆交通大学机电与车辆工程学院                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |      |             |
| 课程应用<br>效果<br>及评价 | <p>该课程实验系统对城市轨道交通供电系统监控、设备巡视、设备操作、设备结构、故障处置等城市轨道交通供配电系统情景进行了真实的还原，并且具有复杂性和可变性。</p> <p>学院部分师生在课余使用该课程软件进行在线学习，软件真实还原了场景。学生反馈使用该软件可沉浸式理解真实的城市轨道交通供配电系统运作流程、结构组成和工作原理，并可直观、生动地完成实验教学内容，探究在不同负荷条件、不同供电要求下的城市轨道交通供配电系统设计以及分析故障、解决故障方法、采取应对措施。</p> <p>该软件课程团队成员师资结构合理，其中高级职称占 75%，中级职称占 25%；团队成员有具备较高教科研水平的高校教师，有丰富现场实践经验的企业高级工程师，有专门的软件技术开发工程师，实现了产学研深度融合。该软件课程设计具有创新性、高阶性、挑战度，同时把价值塑造、知识传授和能力培养相互融合，在知识与能力的培养中提高着学生的政治素养。</p> <p>综上，“城市轨道交通供配电系统虚拟仿真实验”课程内容及资源配置真实、合理，教学设计体现“两性一度”，在同类课程中有很好的导向性和示范性。</p> <p style="text-align: right;">评价组织：重庆交通大学机电与车辆工程学院</p> <div style="text-align: right;"> <br/>             (公章)<br/>             2024 年 9 月 18 日         </div> |      |             |

## 虚拟仿真实验教学课程应用及评价意见

|           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |      |             |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-------------|
| 课程名称      | 城市轨道交通供配电系统虚拟仿真实验                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |      |             |
| 软件课程版权单位  | 重庆移通学院                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |      |             |
| 课程负责人     | 邢阳阳                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 联系方式 | 15803091862 |
| 软件使用链接网址  | <a href="https://www.obrsim.com/schoolHome.do?schoolCode=cqytxyzn-gcxyone">https://www.obrsim.com/schoolHome.do?schoolCode=cqytxyzn-gcxyone</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |      |             |
| 评价单位      | 重庆众合智行交通科技有限公司                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |      |             |
| 软件应用效果及评价 | <p>该软件真实还原了城市轨道交通供配电系统场景，本单位使用该软件对员工进行培训学习。该软件以虚拟现实的方式，帮助参训人员身临其境地认识城市轨道交通供配电系统，并可探究不同负荷条件、设备运行环境、操作步骤、参数设置方法下的供配电系统设计，并观测其效果。虚拟仿真实验与 3D 虚拟仿真技术深度融合，提供兼具安全性、综合性、客观性、全面性、交互性的情景模拟，使参训人员熟悉城市轨道交通供配电系统场景，了解设备结构和实验原理，练习实验操作，观察实验现象，理解实验原理与概念，探究综合设计方法。</p> <p>本单位作为重庆移通学院校企合作单位，参与了该课程软件的部分研发工作，推进了产教深度融合。该课程软件兼具现场真实性和学术前沿性，有城市轨道交通供配电的真实系统应用，有教学与工程实践的有机融合，后续本单位将继续从技术上支持学校对该课程进行持续优化和开发。</p> <p>评价组织：重庆众合智行交通科技有限公司<br/>(公章)</p> <p>2024 年 9 月 18 日</p> |      |             |