

采购内容及项目要求

一、项目概况

本次采购能源动力类专业智慧能源系统仿真大平台一套，产品需包含：超超临界机组、汽轮机、内燃机、大型冷库系统、风能发电、太阳能发电、核电厂系统等实训平台，满足能源动力类专业的实践教学需求。

本项目共分为1个包，供应商不得对包中所投货物和服务分解后进行响应。本项目预算金额为人民币 440 万元。

二、技术条款及商务条款响应要求

山东大学仪器设备采购技术条款响应一览表

采购人要求（用户填写）				投标人响应（投标人填写）			
配置序号	配置名称	详细技术参数要求	数量	数量	应答技术规格指标	技术指标偏离情况	备注
	能源动力类专业智慧能源系统仿真大平台		1 套				
1	1000MW 超超临界机组实训系统 （核心产品）	以 2*1000MW 等级超超临界机组为原型,采用三维虚拟仿真技术,包括但不限于以下内容: 1、电厂认知 1.1 功能描述 包括以下要求内容: (1)使用者可以在场景中任意观看设备,就地 3 维场景可以 360 度巡视。	1 套				

	<p>(2) 观看过程中，设备有相关文字，图片等介绍。</p> <p>(3) 重要系统与设备有动画展示，同时使用者可以停顿此动画，并在停顿处增加相关介绍并保存。</p> <p>(4) 锅炉、汽轮机、发电机、冷却塔、磨煤机等主要设备可在三维场景中设备半剖，动画展示运行原理。</p> <p>(5) 具有搜索定位、定点漫游功能。</p> <p>1.2 范围</p> <p>实训系统包括但不限于如下内容：锅炉本体、汽轮机本体、发电机本体、输煤系统、制粉系统、烟气脱硫脱硝系统、除灰、除渣系统、主蒸汽与再热蒸汽系统、旁路系统、回热抽汽系统、小汽轮机热力系统、辅助蒸汽系统、轴封蒸汽系统、循环冷却水系统、抽真空系统、凝结水系统、除氧给水系统、汽轮机润滑油系统、主变与升压站系统。</p> <p>其中：</p> <p>(1) 锅炉本体：锅炉本体原型需要为超超临界变压运行直流锅炉，采用Π型布置、单炉膛、反向双切圆燃烧方式，炉膛采用内螺纹管垂直上升膜式水冷壁、循环泵启动系统、一次中间再热。</p> <p>(2) 汽轮机本体：超超临界汽轮发电机组，一次中间再</p>								
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

	<p>热、单轴、四缸四排汽、双背压、凝汽式、八级回热抽汽。</p> <p>(3) 发电机本体：三相同步汽轮发电机。</p> <p>(4) 输煤系统：电厂输煤系统设备包括但不限于燃料运输、卸煤机械、受煤装置、煤场设施、输煤设备及其它辅助设备与附属建筑。</p> <p>(5) 制粉系统：每台锅炉配 6 台给煤机、6 台磨煤机、2 台送风机、2 台一次风机、2 台引风机。</p> <p>(6) 烟气脱硫脱硝系统：设备包括球磨机、石灰石储罐、吸收塔、浆液循环泵水流旋流器和真空皮带脱水机等。脱硝系统包括储氨和供氨设备、SCR 反应器、吹灰器等。</p> <p>(7) 除灰、除渣系统：除灰系统主要包括布袋除尘器、气力输送系统、灰库、仓泵等。除渣系统的主要设备包括刮板捞渣机、渣仓等。</p> <p>(8) 主蒸汽与再热蒸汽系统：主蒸汽系统包括从锅炉过热器出口联箱至汽轮机进口主汽阀的主蒸汽管道、阀门所组成的系统。再热蒸汽系统包括汽轮机高压缸的排汽返回锅炉再热器再热后送回汽轮机中压缸的蒸汽管道系统。</p>					
--	---	--	--	--	--	--

	<p>(9) 旁路系统：旁路系统包括设备为一、二、三级减温器以及高旁阀、低旁阀等。</p> <p>(10) 回热抽汽系统：机组具有八级非调整抽汽。</p> <p>(11) 小汽轮机热力系统：主要组成为两台小汽轮机。</p> <p>(12) 轴封蒸汽系统：轴封系统供汽有主蒸汽、冷再热蒸汽和高压辅汽三路供汽。</p> <p>(13) 循环冷却水系统：是以水作为冷却介质，并循环使用的一种冷却水系统。系统主要由冷区塔，循环水泵，板式换热器，冷却设备和管道组成。</p> <p>(14) 抽真空系统：一台凝汽器配置三台水环式真空泵。</p> <p>(15) 凝结水系统：凝结水系统由凝汽器热井、凝结水泵、轴封加热器、低压加热器、除氧器等组成。</p> <p>(16) 除氧给水系统：除氧给水系统由除氧器、小汽轮机、电动给水泵、前置泵、高压加热器等组成。</p> <p>(17) 汽轮机润滑油系统：向汽轮发电机组的各轴承包括支撑轴承和推力轴承、联轴器及盘车装置提供合格的润滑、冷却油。</p> <p>(18) 主变与升压站系统：包含主变压器、厂用变和升压站系统等。电气主接线是变电站电气部分的主体、是电力系统中电能传递通道的重要组成部分之一，变</p>					
--	--	--	--	--	--	--

	<p>电所的电气主接线是电力系统接线的重要组成部分。</p> <p>2、系统原理</p> <p>以 1000MW 等级超超临界大型火电机组为原型,采用三维仿真技术,实现对超超临界电站各子热力系统的模拟,包括组成设备、工质流向、功能和工作原理等。</p> <p>2.1 功能描述</p> <p>包括但不限于以下要求内容:</p> <p>(1)用特效方式展现内部工质流向。</p> <p>(2)对系统的功能、组成和原理图片文字同步介绍。</p> <p>(3)三维场景可以 360 度巡视。</p> <p>2.2 范围</p> <p>系统原理包含如下内容:锅炉水循环系统、燃烧系统、过再热蒸汽系统、凝结水系统、除氧给水系统、发电机冷却系统、脱硫系统、脱硝系统、EH 油系统、密封油系统、氢冷系统、润滑油系统、抽真空系统、顶轴油系统、轴封系统、高低压旁路系统、输煤系统、闭式水系统。</p> <p>其中:</p> <p>(1)锅炉水循环系统:提供给水经过省煤器,锅炉下部螺旋水冷壁,上部垂直水冷壁,汽水分离器等受热面</p>					
--	--	--	--	--	--	--

	<p>的流程动画。</p> <p>(2) 燃烧系统：展示四角切圆燃烧方式，粒子特效动画表现火焰效果与烟气效果。</p> <p>(3) 再热蒸汽系统：展示再热蒸汽在再热冷段、进口集箱、再热器和出口集箱、再热热段等设备的或管路的流向，展示再热器的结构及在锅炉中的布置。</p> <p>(4) 过热蒸汽系统：展示蒸汽从顶棚过热器、低温过热器、屏式过热器、末级过热器的流动过程。</p> <p>(5) 凝结水系统：展示凝结水系统主要设备包括凝汽器、凝结水泵、轴封加热器、各级低压加热器、除氧器及内部结构，展示工质流经系统中各个设备的连续动画。</p> <p>(6) 除氧给水系统：展示给水系统主要设备包括除氧器、给水泵、各级高压加热器及内部结构、给水平台，要求展示工质流经系统中各个设备的连续动画。</p> <p>(7) 发电机冷却系统：按定子冷却水箱---定子冷却水泵---冷却换热器---机械过滤器---磁性过滤器---发电机定子绕组---定子冷却水箱展示工作流程。</p> <p>(8) 抽真空系统：展示抽真空系统凝汽器、真空泵、真空破坏阀等设备；用动画和特效展示系统工作原理；</p>					
--	--	--	--	--	--	--

	<p>(9) 润滑油系统:展示润滑系统主要设备包括主油泵和辅助油泵、冷油器、汽轮机油箱、油烟分离器、注油器、电加热器、切换阀、滤油器、过压阀、止回阀等。</p> <p>(10) 高压旁路系统:展示高压旁路系统蒸汽的流动过程。</p> <p>(11) 低压旁路系统:展示低压旁路系统蒸汽的流动过程。</p> <p>(12) 输煤系统:展示输煤机、输煤皮带等设备工作过程及原理;展示工质在设备及管道内流动的过程及流向,展示煤量的调节过程。同时包含解说其原理过程。</p> <p>(13) 闭式水系统:展示闭式水系统主要设备包括闭式水泵、闭式水换热器、膨胀水箱等及几个闭式水用户。</p> <p>3、设备原理</p> <p>以 2*1000MW 等级超超临界大型火电机组为原型,采用三维仿真技术,实现对超超临界电站各热力设备的模拟,包括设备的内外部结构、工质流动、功能和工作原理,并可根据后台计算数据,展示流动特效等。</p> <p>部分设备可以进行交互式操作,控制动画特效过程。</p> <p>3.1 功能描述</p> <p>包括但不限于以下要求内容:</p>					
--	--	--	--	--	--	--

	<p>(1)对设备功能介绍，配有现场和截图。</p> <p>(2)清晰呈现设备的内部结构，内部工质的状态配有3D特效。</p> <p>(3)设备与其辅助设备相连，形成一个小系统。</p> <p>(4)通过半剖设备模型、动画演示等手段形象展示设备工作原理。</p> <p>3.2 范围</p> <p>设备原理范围包括：炉膛、汽轮机、发电机、空预器、电袋复合除尘器、中速磨煤机、凝汽器、除氧器、给水泵、板式加热器、管式加热器。</p> <p>其中：</p> <p>(1)炉膛：内螺纹管垂直上升膜式水冷壁、循环泵启动系统、包含省煤器，再热器，过热器等受热面。要求炉膛可以手动显示隐藏炉膛外壳，高亮过热器，再热器，省煤器的设备，体现燃烧火焰，烟气流动温度的变化。手动控制上水，蒸汽，燃烧烟气，再热循环效果。</p> <p>(2)汽轮机：展示典型汽轮机的详细结构，展示高温高压蒸汽从高压缸到中压缸低压缸，最后进入凝汽器的过程；用颜色的深浅表示温度的高低。</p>					
--	--	--	--	--	--	--

	<p>(3)空预器：展示典型三分仓空气预热器的结构，换热过程、空预器的转动、烟气与空预器的换热及空预器与一、二次风的换热过程。</p> <p>(4)电袋复合除尘器：展示电袋除尘器的内部结构，烟气的流动过程，电袋除尘器的放电、吸附烟气中灰尘的过程。</p> <p>(5)中速磨煤机：展示中速磨煤机的基本结构、组成，一次风及原煤进入磨煤机动画、原煤研制过程、风粉混合后输出过程。</p> <p>(6)凝汽器：展示凝汽器的完整结构，排汽进入凝汽器后的相变过程，用颜色变化展示工质温度变化。</p> <p>(7)板式加热器：展示逆流式板式加热器的结构、冷热流体在加热器中的流动传热过程，用颜色深浅展示温度的变化过程。</p> <p>(8)管式加热器：展示管式加热器的结构、工质在管侧和壳侧的流动及凝结过程。</p> <p>(9)除氧器：展示内部结构、工质的工作过程特效展示。</p> <p>4、设备装配</p> <p>采用三维仿真技术，实现对电站相关设备的拆解和安装。对每个零部件有相应的介绍功能。具有学习、练</p>					
--	---	--	--	--	--	--

	<p>习、考试三种模式。</p> <p>4.1 功能描述</p> <p>此系统应具备如下功能：</p> <p>(1)提供学习、练习、考试三种模式。</p> <p>(2)能够介绍设备的功能。</p> <p>(3)学习模式下，以步骤动画的形式，显示每一步的装配动画，可以顺序播放，也可以选择任意步骤。</p> <p>(4)练习模式下，以文字和高亮的形式，智能提示下一步需要安装的零件名称，并且对目标位置进行高亮显示，提示正确的安装位置。用户也可以不按照正确顺序装配，但是当步骤不符合步骤树的正确逻辑时，会弹出错误提示。</p> <p>(5)考试模式下，系统不再提示下一步安装的步骤，而是和评价系统相连接，用户的装配顺序如果发生错误，将在评价系统中予以扣分。</p> <p>(6)只要符合装配关系要求的零件，用户均可进行安装操作，包括基本零件和装配在一起的零件组合，在考试模式下不能出现由于软件本身技术问题导致的安装顺序的隐性提示。</p> <p>(7)设备零件的装配关系要求在配置文件中可以自由</p>					
--	---	--	--	--	--	--

	<p>定义，一对一、一对多、多对一的关系。如果用户对装配顺序不满意，可以通过修改配置文件控制设备的装配顺序，而不需要修改软件本身。</p> <p>(8) 要求系统提供智能辅助装配动作的功能，鼠标拖动某种零件（或零件组合），接近某一个可装配零件附近时，智能吸附到预装配位置，零件（或零件组合）和被装配体均只能进行共轴或者共面的约束运动。处于约束运动状态下的零件（或零件组合）高亮显示，以区别于其它能够自由运动的物体。拖动其它零件（或零件组合），不能和当前正在准备装配的零件（或零件组合）进行装配。拖动处于预装配状态的装配零件（或零件组合）和被装配零件（或零件组合），均可以完成装配。</p> <p>(9) 设备安装的过程提供零件智能旋转对准功能。</p> <p>(10) 拆装场景采用三维虚拟现实技术实时渲染，装配过程中可实现场景内 360 度旋转。</p> <p>4.2 拆装模块配套的评分系统应具备如下功能：</p> <p>(1) 提供自动评价功能，对学生的操作步骤自动评估，自动打分。</p> <p>(2) 提供操作步骤的自动记录功能。</p>					
--	--	--	--	--	--	--

	<p>4.3 范围</p> <p>包括但不限于以下设备：除尘器、除氧器、多级离心泵、高压加热器、高压给水泵、空预器、离心风机、磨煤机、凝结水泵、汽轮机、燃烧器、双吸泵、省煤器、脱硫塔、脱硝装置、亚临界汽包锅炉静叶可调轴流风机。</p> <p>5、DCS 模拟</p> <p>#5.1 功能描述</p> <p>系统需以实时 DCS 系统数学模型作为底层支撑，并且提供和二维、三维图形软件以及其它第三方软件进行数据交互的接口，为上层应用软件提供协同运行支持。</p> <p>DCS 仿真系统数学模型方程遵循能量、质量和动量守恒定律。主要系统和被仿真设备按质量、能量和动量转换定律严格推导。传热和摩擦损失的计算表达式严格地从公认的工程关系式导出，符合传热机理和流动特性。流体物理特性由公式或查表方式计算，其精确度满足仿真全工况过程的稳态精度要求。</p> <p>机理数据计算的仿真底层引擎支撑需包含有物性库，自动流体网络分析与生成等。其自动图形化建模工具满足三维可搭建或二维可搭建，自动生成对象的模块</p>					
--	---	--	--	--	--	--

	<p><u>仿真代码和系统的流体网络代码。具体功能如下：</u></p> <p><u>(1) 平台具有仿真计算引擎和自动图形化建模工具</u></p> <p><u>(二维或三维建模工具)；</u></p> <p><u>(2) 有物性库和物性算法；</u></p> <p><u>(3) 图形化建模工具可自动生成模块计算程序和流</u></p> <p><u>网计算程序。</u></p> <p><u>#5.2 范围</u></p> <p><u>主要操作界面包含如下内容：凝结水系统、给水系统、</u></p> <p><u>制粉系统、风烟系统、低加抽汽、高加抽汽。</u></p> <p>6、电厂巡检</p> <p>6.1 功能描述</p> <p>集控巡检主要要求：根据巡检的标准记录巡检设备运行的状态数据；选择安全与巡检工具（包括安全帽、鞋子、工作服、测温枪、纯铜 F 扳手、听针、手电筒等）对所管辖设备的进行检查操作（包括目测、测温枪、听针、测振仪）；保证设备的正常运行；正确使用和保养本机组所用检测仪表和仪器等；定期检查机组现场设备系统，及时发现缺陷并进行正确的处理；</p> <p>(1)巡检步骤：职责的介绍、路线的选择、工具的选择、具体操作、记录等。</p>					
--	---	--	--	--	--	--

	<p>(2)巡检操作包含信息：点检点名称、点检方式、点检信息获取、结果处理。</p> <p>(3)地图导航：点击地图标记，人员可以自动到达指定位置。</p> <p>本功能模块提供教学模式、练习模式、考试模式三种实训功能。</p> <p>1) 教学模式</p> <p>此模式包含巡检制度学习、巡检工具介绍、巡检路线选择等内容，采用固定路径模式进行教学，自动播放巡检过程，学习过程中不需要用户进行操作。</p> <p>2) 练习模式</p> <p>巡检练习模式包含巡检工具的选择、巡检路线的选择、填写巡检记录、事故辨识和操作等内容。</p> <p>在此模式下，用户可以手动操控行进方向，可以自行选择巡检设备与路径。在行进过程中，对于经过的设备，仿真平台有提供记录表进行数据记录。仿真平台配合给出事故工况和事故相关任务，可以依次练习每个设备出现事故时的数据现象和处理方法。巡检员在按照巡检路径行进时，可观察数据和设备现象，在发现问题时，可进行汇报或者根据要求自行处理事故。</p>					
--	---	--	--	--	--	--

	<p>其中包含事故的设备，系统给出高亮提示，并且提示操作方法。当使用者来到设备前时，对应的操作步骤会有操作提示和文字介绍。</p> <p>3) 巡检（巡视）考核模式</p> <p>考核模式下，用户手动操控虚拟人物的行进方向，可以自行选择巡检设备与路径。</p> <p>考核模式下，没有巡检路径提示、操作提示、故障提示等。</p> <p>同时仿真平台配合给出事故工况和事故相关任务。</p> <p>考核评分系统能够动态获取用户的操作数据，并根据当前机理模型系统状态和评定逻辑，给出操作成绩和得分情况。</p> <p>4) 巡检系统后台数据支撑</p> <p>本巡检系统后台对应着火电厂几个主要系统：燃烧系统、给水系统、凝结水系统、回热抽汽系统、磨煤机系统的数学模型。模型采用数值仿真支撑平台进行建模。</p> <p>巡检过程中观察的主要设备的参数，如温度，压力，流量等都是由后台数学模型计算所得，可以模拟集控室与就地之间的配合操作。</p>					
--	---	--	--	--	--	--

		<p>6.2 范围</p> <p>巡检设备包括：磨煤机，密封风机，炉水循环泵，捞渣机，一次风机，送风机，引风机，除氧器，高低加，汽动给水泵，汽轮机，发电机，主油箱，轴封加热器，EH 油系统，开式水泵，闭式水泵，水水换热器，小机润滑油箱，凝结水泵，真空泵，精处理设备，循环水泵，冷却塔，主变，高厂变，升压站等。</p> <p>其中：</p> <p>(1)汽轮机检查内容：运行声音、异味、渗漏点、油箱油位、排烟风机、润滑油压、主油泵入口压力、主油泵出口压力、汽缸绝对膨胀、各轴承回油、各轴承座振动、各轴封压力、各调门开度、各抗燃油滤网压差、盘车控制盘各指示灯等。</p> <p>(2)发电机检查内容：运行声音、异味、渗漏点、润滑油压、密封油压、氢压、水压、轴承回油、轴承振动等。</p> <p>(3)磨煤机检查内容：磨煤机油站油位，磨煤机润滑油油压，顶部是否有漏粉。</p> <p>(4)炉水循环泵检查内容：设备表面温度，是否漏水等。</p> <p>(5)一次风机送风机检查内容：风机油站油位，风机润</p>					
--	--	--	--	--	--	--	--

	<p>滑油油压，风机电机线圈温度，风机电机电流，电源接线是否有破损，驱动端温度等。</p> <p>(6)高低加检查内容：就地水位，出水温度，壳侧压力等。</p> <p>(7)变压器检查内容：运行声音、异味、渗漏点、油温、油位、线圈温度、冷却器运行方式与报警信号等。</p> <p>(8)转动设备检查内容：运行声音、异味、渗漏点、电动机外壳温度、各轴承温度、各轴承振动、各轴承油位、油压与油质、各部冷却水与密封水、入口压力、出口压力、入口温度、出口温度、进口门与出口门状态、油箱（水箱）温度与液位等。</p> <p>7、文化课考试</p> <p>文化课考试系统来检测学生基础知识掌握情况，试题包括安全、汽机、锅炉、电气等方面知识。从一定量题库中抽取一部分试题来对学生进行考核。</p> <p>8、VR 版生产实习系统</p> <p>系统以 2*1000MW 等级超超临界大型火电机组为原型，采用三维虚拟仿真技术，实现对超超临界电站全厂场景的逼真模拟重现。其中三维场景中是两台 1000MW 的并列机组，而不是单台机组，并且场景包含机炉电辅</p>					
--	--	--	--	--	--	--

		<p>控与公共系设备。</p> <p>VR 版生产实习系统包括但不限于以下内容：</p> <p>(1) 使用者可通过 VR 手柄操作，一键直达火电站主要设备所在位置设备一键直达，包括但不限于如下内容：锅炉设备、汽轮机设备、电气设备、脱硫系统、脱硝系统、除尘系统。</p> <p>(2) 就地三维场景可以 360 度巡视，可以任意角度观察设备和系统，具有自由鸟瞰、飞行、行走、瞬移等漫游方式。</p> <p>(3) 可在火电厂三维场景中直接半剖显示设备内部结构，查看设备运行原理。包括但不限于以下设备：汽轮机、锅炉、磨煤机、冷却塔。</p>					
2	<p>汽轮机本体结构及拆装人机交互系统</p>	<p>汽轮机拆装系统,是通过 3D 形式来展现锅炉的内部结构、拆装方法的系统。</p> <p><u>#要求拆卸步骤不少于 200 步，装配步骤不少于 310 步。</u></p> <p>系统包括以下模式：</p> <p>1、介绍模式</p> <p>(1) 在屏幕下方会看到汽轮机设备简介。</p>	1 套				

	<p>(2)将光标放于上方窗口零件上,就会弹出零件简介。</p> <p>2、教学模式</p> <p>在此模式下,可以通过点击操作记录来观看设备的拆装过程顺序以及位置;</p> <p>(1) 单击拆或相关按钮, 会弹出“确认”提示框</p> <p>(2) 支持操作记录</p> <p>(3) 支持安装演示</p> <p>(4) 支持视角调解</p> <p>(5) 支持分步、反复观看。</p> <p>3、教学装模式</p> <p>在此模式下, 可以通过点击操作记录来观看设备的安装过程顺序以及位置;</p> <p>(1) 单击装或相关按钮, 会弹出“确认”提示框</p> <p>(2) 支持操作记录</p> <p>(3) 支持安装演示</p> <p>(4) 支持视角调解</p> <p>(5) 支持分步、反复观看。</p> <p>4、练习拆模式</p> <p>在练习拆模式下, 学生可以根据系统的相关提示, 进行操作, 观察设备的具体结构, 体验设备的拆装过程。</p>					
--	--	--	--	--	--	--

	<p>(1)拆卸零件时按住键盘 C 键或其他按键再拖住需要拆卸的零件，拖出零件吸附范围即可。</p> <p>(2)练习拆模式下，软件会在左侧提示拆卸步骤以及需要拆卸的零件。</p> <p>(3)若拆卸操作错误，软件则会提示错误。</p> <p>5、练习装模式</p> <p>进入练习装模式时，会出现相应的习题，用来提示用户在接下来的操作中的注意事项。</p> <p>练习装模式界面中多出两个按钮：提示按钮、回收站。当点击提示按钮时，系统会提示需要安装的零件。我们用鼠标单击零件模块，移动鼠标，零件就会跟随光标移动。同时，系统会以颜色提示装配位置。当零件移动到正确的配合位置附近时，系统会自动识别，并吸附到正确位置上。</p> <p>如发现有步骤安装错误，需要拆卸时，将鼠标放在零件上，然后同时按住鼠标左键与 C 键，移开设备。</p> <p>回收站使用方法：单击回收站，按钮会变化，单击要删除的零件（该零件需是未装配的零件，否则操作无响应），点击“确定”完成回收，再单击一下“回收站”，结束“回收”状态。</p>					
--	--	--	--	--	--	--

		<p>6、交互拆模式</p> <p>交互拆模式操作方法与练习拆模式基本相同。不同之处在于，交互拆模式的屏幕上方没有提示步骤和提示按钮。</p> <p>7、交互装模式</p> <p>交互装模式操作方法与练习装模式基本相同。不同之处在于，交互装模式的屏幕上方没有提示步骤和提示按钮。</p> <p>8、VR 版生产实习系统</p> <p>VR 版生产实习系统提供汽轮机设备漫游，学生可以在三维场景中自由行走，可以转动视角，多角度观看生产设备，主要包含汽轮机主机设备和场景。</p>					
3	燃气-蒸汽联合循环发电厂实训平台	<p>1、认知学习</p> <p>学生进入平台首先进行基础知识学习,包含设备认知、系统漫游、考核答题。</p> <p>设备认知</p> <p>采用三维仿真技术，实现对联合循环各热力设备的模拟，联合循环设备包括燃气轮机、锅炉、汽轮机、发电机、凝汽器、冷却塔等，同时搭配图片和文字介绍展示设备运行原理。</p>	1 套				

	<p>系统原理</p> <p>以联合循环系统为蓝本，用联合循环主要设备组成联合循环系统，以动态的形式展示了联合循环设备及流程原理。学生通过动图了解联合循环的原理和工质流动。同时可切换单循环模式，了解布雷顿循环、朗肯循环原理。</p> <p>考核答题</p> <p>构建考核题库，认知学习后，随机抽取题目考核学生知识掌握情况，成绩记入实验总成绩。</p> <p>2、系统搭建</p> <p>学生根据所学联合循环系统知识，在二维环境下搭建联合循环系统图，二维系统图包含不补燃双压锅炉型联合循环主要设备，包含燃机发电机、压气机、燃烧室、透平、锅炉、汽轮机、凝汽器、汽机发电机、给水泵等，学生通过连接这些设备组成联合循环系统，熟悉联合循环系统流程原理。二维系统具备工质流向动态图。</p> <p>3、效率测定</p> <p><u>#在搭建的不补燃锅炉型联合循环基础上，启动联合循环系统，在实验主页面应能显示与联合循环系统循环</u></p>					
--	--	--	--	--	--	--

	<p><u>效率相关的各子系统和设备的参数，进行设备参数调节，底层数据随之变化，各子系统和设备的相关参数也随之变化，生成几种效率曲线和结果，可以进行对比观察，有额定负荷下以及部分负荷功率下的测定。</u></p> <p><u>系统需以实时系统数学模型作为底层支撑，并且提供和二维、三维图形软件以及其它第三方软件进行数据交互的接口，为上层应用软件提供协同运行支持。仿真系统数学模型方程遵循能量、质量、动量守恒定律及热力学第二定律。主要系统和被仿真设备按质量、能量和动量转换定律严格推导。燃气-蒸汽联合循环效率的计算表达式严格地从公认的工程关系式导出，符合能量传递和转换机理和流动特性。流体物理特性由公式或查表方式计算，其精确度满足仿真全工况过程的稳态精度要求。</u></p> <p><u>#单循环效率实验</u></p> <p><u>将系统调整到单循环状态，在单循环状态下，测试燃气轮机效率，调节燃气轮机负荷，记录燃气轮机不同负荷下的压比、温比，计算燃气轮机效率，生成燃气轮机效率与压比、温比的关系曲线。</u></p> <p>额定工况效率实验</p>					
--	--	--	--	--	--	--

	<p>测试额定工况下联合循环的燃气轮机效率、余热锅炉效率及蒸汽轮机效率，计算获得联合循环效率，与传统朗肯循环比较，认识掌握联合循环的高效性及原理。</p> <p>变工况效率实验</p> <p>测试部分负荷工况下（比如 75%额定负荷）的燃气轮机效率、余热锅炉效率及蒸汽轮机效率，计算获得联合循环效率，认识掌握联合循环效率的变工况特性。</p> <p>4、模型算法实时计算</p> <p>（1）在联合循环原理教学实验中内置联合循环、燃气轮机单循环、余热循环数学模型算法底层，与课本中的计算过程及结果完全一致。</p> <p>#（2）学生可在预定的范围内调节燃气轮机、锅炉、汽轮机等设备的参数，如<u>过热蒸汽温度、过热蒸汽压力、排汽压力、再热蒸汽温度、再热蒸汽压力、汽轮机相对内效率等</u>，通过底层数学模型实时计算，可获得<u>蒸汽从热源吸热量、循环所作的功、循环热效率、耗汽率等结果</u>，并在实验中实时展示其数值。</p> <p>（3）仿真系统数学模型方程遵循能量、质量和动量守恒定律。主要系统和被仿真设备按质量、能量和动量转换定律严格推导。传热和摩擦损失的计算表达式严</p>					
--	---	--	--	--	--	--

	<p>格地从公认的工程关系式导出，符合传热机理和流动特性。流体物理特性由公式或查表方式计算。</p> <p>5. T-s、p-v 图动态显示</p> <p>在联合循环原理教学实验中，可随时展开联合循环 T-s 图；燃气轮机单循环、余热循环的 T-s、p-v 图。</p> <p>T-s、p-v 图各点及曲线根据底层数学模型实时绘制，并随着学生调整燃气轮机、锅炉、汽轮机等参数而实时改变。</p> <p>6、实验结果处理</p> <p>学生学习后，可随时保存实验数据到数据记录表。当实验数据保存足够多，可将实验数据进行整理，自由选择横纵坐标，绘制实验数据曲线，并保存到实验报告中。</p> <p>实验报告可以采用 Word 文档格式保存到本地。</p> <p>7、VR 版生产实习系统</p> <p>在 VR 版生产实习系统中，学生可以自由的行走，多角度查看。可查看发电厂的主要设备包括：燃气轮机、锅炉、汽轮机、发电机、凝汽器、冷却塔。了解燃气-蒸汽轮机各个设备的连接关系和发电厂的工作原理。</p>					
--	---	--	--	--	--	--

4	单缸基础内燃机性能设计与测试实训系统	<p>本实训系统进行 1:1 建模还原某真实发动机性能测试的实验室环境。实验内容涵盖了发动机原理课程的主要实践环节和发动机构造、发动机测试技术课程的部分实践内容。</p> <p>1、增压系统设计</p> <p>将鼠标悬停在界面中高亮的内燃机增压系统，会有对应的文字介绍。点击高亮的内燃机增压系统，会弹出调节框，可通过鼠标拖拽调节杆对增压系统中的增压比和缸前温度参数 (K) 进行调节，其数值会在弹框中显示。</p> <p>2、进排气系统设计</p> <p>将鼠标悬停在界面中高亮的进排气系统，会有对应的文字介绍。点击高亮的内燃机进排气系统，会弹出调节框，可通过鼠标拖拽调节杆对进气迟闭角($^{\circ}$ (CA))、排气提前角 ($^{\circ}$ (CA))、环境压力 (bar) 参数进行设置，其数值会在弹框中显示。</p> <p>3、燃烧参数设计</p> <p>点击高亮的“气缸”图标，会弹出调节框，可通过鼠标拖拽调节杆对气缸参数设置界面，进行曲柄连杆比、转速(r/min)、压缩比、循环喷油量(mg/cl)参数进行</p>	1 套				
---	--------------------	---	-----	--	--	--	--

	<p>设置，其数值会在弹框中显示。</p> <p>4、设计确认</p> <p>根据调节的参数，能计算出其内燃机的性能参数，其结果包含平均指示压力 (Mpa)、指示热效率、指示燃油消耗率(g/kW·h)、有效热效率、平均有效压力(Mpa)、有效功率(kW)、有效燃油消耗率(g/kW·h)、扭矩(N·m)。</p> <p>5、设备搭建</p> <p>通过点击“设备搭建”按钮，播放发动机、联轴器、测功机、起动机设备的搭建动画。</p> <p>6、场景漫游</p> <p>以第一人称视角，通过鼠标键盘控制移动方向在实验室漫游。点击右侧列表中的设备，镜头会跳转到对应设备面前，点击高亮的设备会有对应的图文介绍。设备包含发动机、测功机、起动机、稳压箱、温度传感器、压力传感器、机油泵、冷却水泵、空压机、储气罐。</p> <p>7、设备启动</p> <p>系统显示实验流程列表，按照实验流程的启动顺序依次找到设备，点击“开启”或“关闭”按钮，并检查</p>					
--	---	--	--	--	--	--

	<p>设备连接的完好性，核实设备的启动及工作状态后可查看内燃机的运行状态参数。底层将实时显示计算结果，数据包含发动机转速、发动机功率、发动机扭矩、燃油消耗量、燃油消耗率、进水温度、回水温度、进油温度、回油温度、排气温度、排气背压。</p> <p>8、教学实验</p> <p>功率实验中，单击发动机，对油门开度、转速进行设置。可观察实验数据转速、功率、扭矩、燃油消耗量、燃油消耗率。等待数据稳定后，单击保存数据 3 次，并取平均值绘制曲线。</p> <p>9、自主实验</p> <p>单击右上方国标按钮，可查看国标要求和教学实验内容。可自由设置油门开度和转速值，记录实验数据转速、功率、扭矩、燃油消耗量、燃油消耗率，绘制曲线，自主完成实验。</p> <p>10、设备关闭</p> <p>系统显示实验流程，按照实验流程的顺序依次找到空压机、发动机和阀门相关实验设备，点击“关闭”按钮。结束实验后可查看实验评分，并可生成实验报告。</p> <p>11、VR 版生产实习系统</p>					
--	---	--	--	--	--	--

		<p>(1) 在 VR 版生产实习系统中，能够在实验室自由行走，多角度查看实验系统及设备。</p> <p>(2) 设备包含：发动机、测功机、起动机、稳压箱、温度传感器、压力传感器、机油泵、冷却水泵、空压机、储气罐。</p>					
5	<p>发动机结构认知与实操人机交互平台</p>	<p>1、平台功能</p> <p>利用三维虚拟现实技术，本平台以实验室场景为仿真对象，建立虚拟仿真环境下的实验室，建立设备及各个设备三维模型并进行渲染。该仿真实验在该虚拟场景中进行。漫游视角以第一人称形式，可以进行正常的地面漫游模式，可支持鼠标键盘配合在虚拟场景内进行仿真漫游。</p> <p>根据实验场景及流程步骤，设计交互操作功能，并进一步设计 UI 界面，设计有多种功能。结构原理学习部分，设计有实验目的、实验简介、实验方法描述、结构认知、运行过程等实验模块。</p> <p>结构认知模块，包含：配气机构及换气系统、燃油系统、润滑系统、冷却系统、起动和控制系统等多个模块，以三维模型高亮加文字介绍仿真进行展现。运行过程以三维虚拟动画形式进行展现。</p>	1 套				

	<p>拆装部分设置多种模式：学习模式和考核模式。在学习模式下，产品完全按照定义好的装配工艺过程，一步一步的进行学习，直至装配完成，学生可深入了解这个产品的装配工艺过程，介绍有多种高亮及提示等信息；考试模式下，完全不提供工艺过程及相应引导等内容，完全凭学生的自由发挥，最后参照设置好的装配工艺，对学生自由装配进行打分，可多次进行，逐步提高，加深理解。主要包括拆卸汽缸盖、拆卸活塞组件、安装活塞组件、安装汽缸盖等模块内容。</p> <p>软件同时设置有喷油器拆装、活塞外径与缸套内径测量、活塞环间隙测量、曲柄拐档差测量、气阀间隙测量与调整、配气定时测量等模块内容。</p> <p>2、VR 版生产实习系统</p> <p>(1) 在 VR 版生产实习系统中，能够在实验室自由行走，多角度查看，包含柴油发动机整体模块和柴油发动机各部件分解模块。</p> <p>(2) 柴油发动机整体中包含有柴油机结构认知和运行动画。结构认知中包含有配气机构及换气系统、燃油系统、润滑系统、冷却系统、起动和控制系统的介绍；模拟运行中依次展示：进气过程、压缩过程、做工过</p>					
--	---	--	--	--	--	--

		<p>程、排气过程动画。</p> <p>(3) 柴油发动机各部分分解模块中包含拆装所必须的工具三维模型：扳手、套筒扳手、吊环等工具。详细展现的分解部件包含：罩盖、摇臂滑油油管、高压油管、喷油器回油管、排气阀冷却水管、高压油管喷油器接头、喷油器回油管路、滑油进油管、进排气阀挺杆等部件、活塞组件、喷油器等部分。</p>					
6	基于 5G 的无人驾驶实训平台	<p>1、平台功能</p> <p>平台包括认知学习、5G 基站规划设计、无人驾驶测试等功能模块。通过沉浸式和交互式实验操作、探究式学习，使学生全面深入理解并掌握无人驾驶车辆传感器技术、5G 基站组成及信号覆盖情况、无人驾驶自动避障、车道线检测、车路协同、路径规划等内容。</p> <p>1) 学生在三维虚拟场景中进行认知学习，学习超声波雷达、毫米波雷达、激光雷达、摄像头、OBU 等传感器设备，安装之后查看传感器探测范围；然后进行 5G 基站重要设备安装；安装 RSU，学习车联网相关知识，搭建 V2X 网络拓扑结构搭建。最后进入知识考核，考核通过后才能继续进行实验，若没有通过会扣掉对应的分数。</p>	1 套				

		<p>2) 学生根据信号损耗原理, 确定设备的功率、仰角等指标, 进行 5G 基站安装, 然后进行信号测试。</p> <p>3) 依次进行自动避障、车道区域检测、车路协同、路径规划实验步骤, 体会无人驾驶车辆的控制过程。</p> <p>4) 实验过程中, 系统会自动记录学生的操作。实验完成后, 系统会自动生成实验评分。点击分数上传按钮, 系统会自动将实验评分传到网站, 教师通过后台管理能够看到学生的评分, 评估实验完成情况。</p> <p>2、VR 版生产实习系统</p> <p>(1) 在 VR 版生产实习系统中, 学生可以在三维场景中自由行走, 多角度查看, 系统主要包含无人驾驶车辆和 5G 基站两部分模型。</p> <p>(2) 无人驾驶车辆包含超声波雷达、毫米波雷达、激光雷达、摄像头、5G OBU 模块以及车辆模型查看; 5G 基站包含 AAU、GPS、BBU 以及路测单元 RSU。</p>					
7	暖通空调系统实训平台	<p>本平台根据 宾馆真实施工图纸搭建 3D 模型, 共四层, 客房部分采用风机盘管加新风系统和多联机系统, 大堂采用集中式一次回风空调系统。地下一层包括: 一次回风机房、换热站、锅炉房、客房新风机房、空调机房; 一层包括: 大堂、大堂吧、室外冷却设备、机</p>	1 套				

	<p>械排烟系统；二、三、四层：客房。</p> <p>平台包含系统：</p> <p>(1) 冷源系统；</p> <p>(2) 热源系统；</p> <p>(3) 多联机系统；</p> <p>(4) 风机盘管+新风系统；</p> <p>(5) 全空气系统；</p> <p>(6) 通风系统</p> <p>1、知识介绍</p> <p>本模块主要从系统介绍、系统设计和维护保养三方面进行知识介绍。选择各知识点，查看相关知识点的介绍。</p> <p>学生也可以进行能力拓展，对相关知识点进行补充说明，通常可以是以图片、文本、视频、flash 形式补充并保存。</p> <p>2、漫游认知</p> <p>提供以第一人称全场漫游的功能，学生可以自由选择观察的设备对象，通过鼠标菜单，可以学习设备介绍，并且可以触发设备信息、设备原理功能弹出窗口。3D 中央空调系统虚拟仿真系统可以让学生在场景的任意</p>					
--	---	--	--	--	--	--

	<p>位置和空间进行漫游行走、环视，让学生能够全面的了解各个设备间的布局 and 流程。</p> <p>3、移动方式</p> <p>按住键盘 W S A D 键可控制当前角色向前、后、左、右移动。点击 SHIFT 键可控制角色进行加速跑。</p> <p>4、视野调整</p> <p>按住鼠标右键在屏幕上向左或向右拖动，可调整操作者视野向左转或是向右转，但当前角色并不跟随场景转动。按住鼠标右键在屏幕上向上或向下拖动，可调整操作者视野向上转或是向下，相当于抬头或低头的动作。滑动鼠标滚轮向前或是向后转动，可调操作者视野与角色之间的距离变化。</p> <p>5、场景跳转</p> <p>设备定位功能，按住鼠标中键，通过弹出的列表，移动到对应名称，镜头会立刻跳转到设备面前对设备进行快速查询定位，实现维护数据、运行数据的可视化展示。实现设备、设施类资产的定位查询及检索功能，能够对设备、设施按各种条件进行组合检索，能够定位查询场景内各种设备、设施的空间位置及其基础信息。</p>					
--	--	--	--	--	--	--

	<p>6、系统可视化</p> <p>通过对菜单“系统可视”按钮的操作，可以将建筑墙体隐藏，仅保留主要系统的设备及管路。</p> <p>7、飞行漫游</p> <p>通过对菜单“飞行漫游”按钮的操作，可以将建筑墙体保留，以第一人称的飞行模式（可穿墙）学习整个空调系统的设备及管路布置与建筑体之间的关系。</p> <p>8、设备学习</p> <p>平台对主要设备：空调机组、风机盘管、热水锅炉、冷水机组、循环泵有详细的 3D 结构的演示或操作，3D 设备真实，与实际设备结构完全一致，学生可在其中进行学习设备的详细结构、运作机理或操作。</p> <p>完全还原设备的细节结构，通过虚拟现实技术，利用三维软件的粒子功能，以可视化的效果展现工作介质在设备中的工况变化和工作流程，并三维粒子动画效果展示设备相关零件的相对运行过程。</p> <p>设备具体包括：补水定压装置；空调机组；风机盘管；热水锅炉；冷水机组；板式换热器；循环水泵；新风机组；冷却塔；室外风冷机；室内机；软化水箱；集、分水器；排风机和膨胀水箱。</p>					
--	---	--	--	--	--	--

	<p>9、数据监控</p> <p>显示各系统的正常工作状态时的工作参数，以实时数据仿真模型作为后台，提供专业的实时数据仿真引擎，以三维虚拟现实技术和底层数学模型相联系等手段实现交互操作，可进行相关阀门操作。</p> <p>10、故障与维护</p> <p>在“故障检修”菜单栏设置故障，系统会弹出提示窗口，根据提示找到故障异常点，进行故障处理学习。鼠标移到屏幕上侧，选择相应的故障名称。故障点有醒目的“维修”按钮设置，点击“维修”按钮会弹出相关设备的故障列表以及解决办法。</p> <p>11、考试模式</p> <p>通过主界面进入考试模式，进行暖通知识点考试，考试类型为选择题，后台内置题库。答题完毕后可进行分数查看和错题分析。</p> <p>12、水力平衡</p> <p>要求平台设置水力平衡计算模块，将末端空调系统中各管路系统图标示出来，进行各段管道阻力计算。通过调节管径，保证管道介质流速和比摩阻在合理的范围区间，同时控制各管路环路的不平衡率。若不平衡</p>					
--	---	--	--	--	--	--

	<p>率偏差较大，超过限定值，管路环路应设置平衡阀。</p> <p>当系统调节平衡后，汇总系统总阻力和总流量，进行冷冻水泵选型，设计水泵安装数量和安装方式，确定水泵扬程、流量。要求本功能以水力平衡实时算法平台数学模型作为底层支撑，所有操作均由底层算法平台实施计算反馈结果。</p> <p>（1）系统图切换：</p> <p>要求点击放大镜图标，可进行小系统到大系统的界面切换，可随时查看此时的小系统在大系统中的方位。</p> <p>（2）实验系统选择：</p> <p>要求平台采用先局部再整体的计算原则，为避免重复设置系统管径，要求先从最小级系统，即第四级系统开始调节管径，一直到最大级系统。</p> <p>提供的实验系统要求包括每个末端设备的冷热水环路系统、每个楼层的冷热水环路系统、全系统冷热水环路系统、冷却水环路系统。</p> <p>（3）水管管径选择：</p> <p>水力平衡计算要求采用流速控制法。在管道阻力计算表中，水管管径是唯一变量，设置管径，其它项均通过公式换算。管径是否设置正确，首先主要是观察管</p>					
--	--	--	--	--	--	--

	<p>道流速和比摩阻。每一种管径都设置有流速上限值，当超过上限值时，流速就会变红色提示。同时，也要保证比摩阻尽量不要太大，300Pa/m左右均可。</p> <p>点击管道管径时，系统图上对应管道要求变色提示。</p> <p>要求水管可选择管径尺寸包括但不限于：DN15、DN20、DN25、DN32、DN40、DN50、DN65、DN80、DN100、DN125、DN150、DN200、DN250。</p> <p>（4）水力平衡计算：</p> <p>要求点击环路编号，系统对应的环路，即管道组合，会变色提示。选择最不利环路或者最远环路，若选择错误，环路编号需变色提示。当不平衡率超过系统平衡上限值时，首先需要重新选择水管管径，如果不能通过修改管径使不平衡率在合理区间内时，安装水力平衡阀。</p> <p>（5）冷冻水泵选型</p> <p>要求确认系统阻力平衡后，进入冷冻水泵选型实验。</p> <p>根据系统汇总的总流量和最不利环路总阻力，设计水泵数量和安装方式，输入水泵的设计流量和设计扬程。</p> <p>当输入值不合理时，系统要有相应的提示，需要用户重新输入。能实现不同界面的切换。</p>					
--	---	--	--	--	--	--

	<p>(6) 水力平衡底层支撑环境要求</p> <p>系统需以实时算法平台数学模型作为底层支撑，包括仿真时钟管理功能、实时数据库功能、仿真模型调度功能、工况管理功能、多机协同仿真功能，并且提供和二维、三维图形软件以及其它第三方软件进行数据交互的接口，为上层应用软件提供协同运行支持。实时水力平衡系统数学模型方程遵循能量、质量和动量守恒定律。主要系统和被仿真设备按质量、能量和动量转换定律严格推导。传热和摩擦损失的计算表达式严格地从公认的工程关系式导出，符合传热机理和流动特性。流体物理特性由公式或查表方式计算，其精确度满足仿真全工况过程的稳态精度要求。</p> <p>13、操作系统底层支撑环境要求</p> <p>系统需以实时算法平台数学模型作为底层支撑，实时空调仿真系统数学模型方程遵循能量、质量和动量守恒定律。主要系统和被仿真设备按质量、能量和动量转换定律严格推导。传热损失的计算表达式严格地从公认的工程关系式导出，符合传热机理和流动特性。流体物理特性由公式或查表方式计算，其精确度满足仿真全工况过程的稳态精度要求。</p>					
--	--	--	--	--	--	--

	<p>14、VR 版生产实习系统</p> <p>VR 版生产实习系统功能包括场景漫游、设备定位和系统可视。</p> <p>（1）提供以第一人称全场漫游的功能，用户可以自由选择观察的设备对象，通过鼠标菜单，可以学习设备介绍，触发真实设备图片等多媒体教学素材。三维虚拟漫游仿真软件可以让学生在建筑场景中进行漫游行走、环视，让学生能够全面的了解中央空调系统各个设备的布局 and 流程。</p> <p>建筑中的空调系统包含但不限于：冷源系统；热源系统；多联空调系统；风机盘管+新风系统；全空气系统；通风系统。</p> <p>（2）设备定位功能</p> <p>对设备进行快速查询定位，镜头会立刻跳转到设备面前。实现设备、设施类资产的定位查询及检索功能，能够对设备、设施按各种条件进行组合检索，能够定位查询场景内各种设备、设施的空间位置及其基础信息。</p> <p>设备包含但不限于：一次回风机组（大堂）、一次回风机组（大堂吧）、客房新风机组、板式换热器、分集水</p>					
--	--	--	--	--	--	--

		<p>器、循环泵、定压补水装置、软化水箱、分气缸、锅炉、冷水机组、软化器、冷却塔、风机盘管、二次回风机组、多联室内机、多联室外机。</p> <p>(3) 系统可视</p> <p>可切换成系统可视效果，将建筑墙体隐藏，仅保留主要系统的设备及管路。</p>					
8	大型冷库系统实训平台	<p>1、漫游认知</p> <p>根据实际冷库系统图纸进行开发,场景包括机房和冷库。提供以第一人称全场漫游的功能,学生可以自由选择观察的设备对象,通过鼠标点击菜单,可以学习设备介绍,并且可以触发设备信息、设备原理功能弹出窗口。可以让学生在场景的任意位置 and 空间进行漫游行走、环视,让学生能够全面的了解各个设备间的布局和流程。</p> <p>2、平台操作</p> <p>按住键盘 W S A D 键可控制当前角色向前、后、左、右移动。点击 SHIFT 键可控制角色进行加速跑。</p> <p>按住鼠标右键在屏幕上向左或向右拖动,可调整操作者视野向左转或是向右转,但当前角色并不跟随场景转动。按住鼠标右键在屏幕上向上或向下拖动,可调</p>	1 套				

	<p>整操作者视野向上转或是向下，相当于抬头或低头的动作。滑动鼠标滚轮向前或是向后转动，可调操作者视野与角色之间的距离变化。</p> <p>3、设备认知</p> <p>完全还原设备的细节结构，通过虚拟现实技术，利用三维软件的粒子功能，以可视化的效果展现工作介质在设备中的工况变化，并动态展示设备相关零件的相对运行过程。具有设备切换功能。</p> <p>设备包括但不限于：</p> <p>压缩机：活塞式压缩机、螺杆式压缩机</p> <p>冷凝器：包括立式冷凝器、蒸发式冷凝器、管壳式冷凝器。展示内部细节结构，以及运行原理动画。</p> <p>贮液器：包括辅助贮液器和高压贮液器</p> <p>罐体：低压循环桶（液泵供液）、气液分离器（重力供液），排液桶，油分离器，集油器</p> <p>调节站：气体调节站、液体调节站。</p> <p>蒸发器：裸管式蒸发器、冷风机</p> <p>学习过程通过设备图片、文字介绍、设备三维模型和设备原理视频的多种形式学习。</p> <p>4、场景设备切换</p>					
--	---	--	--	--	--	--

	<p>平台提供主要设备切换功能,点击设备库中的压缩机、冷凝器、蒸发器列表,可分别进行不同种类设备的模型切换,查看不同设备与系统的连接关系以及安装位置。</p> <p>5、系统原理学习</p> <p>系统原理通过虚拟现实技术,利用三维软件的粒子功能,展现系统运行时的工质流动机理,整个过程以可视化的方式展开。提供三种供液方式的系统运行动画:直接供液、重力供液、液泵供液。</p> <p>通过点击原理库中的供液系统类型进行场景切换。</p> <p>6、曲线实验</p> <p>平台提供多种形式的曲线实验,通过任务列表以及提示,完成实验设备操作,并查看曲线变化并记录数据,随后根据数据记录表生成最终曲线,并可在完成实验后给出得分。</p> <p>实验包括但不限于:</p> <p>1) 直流供液方式: ①展示该供液方式的制冷系统,注明设备名称,并能显示介质流动; ②调节供液管路上阀门的开度控制进入蒸发器的质量流量 (G), 进而控制制冷量(Q0)的大小, 得出 Q0-G 曲线;</p>					
--	---	--	--	--	--	--

	<p>2) 重力供液方式: ①展示该供液方式的制冷系统, 注明设备名称, 并能显示介质流动; ②调节气液分离器正常液位与蒸发器之间的位差 (ΔH), 控制进入蒸发器的质量流量 (G), 进而控制制冷量 (Q_0) 的大小, 得出 $Q_0-\Delta H$ 曲线; ③通过控制 ΔH, 使静液柱发生变化, 进而使蒸发器内的蒸发温度 t_0 发生变化, 以此得出 $t_0-\Delta H$ 曲线</p> <p>3) 液泵供液方式: ①展示该供液方式的制冷系统, 注明设备名称, 并能显示介质流动; ②调节泵的频率, 改变供入蒸发器的制冷剂倍率 β (进入蒸发器的制冷剂质量流量为 βG, β 可取 2, 3, 4, 5, 6 等), 进而控制制冷量 (Q_0) 的大小, 得出 $Q_0-\beta$ 曲线;</p> <p>4) 中冷系统原理: ①通过介质的流动显示原理流程; ②调节高、低压级理论输气量之比 (ξ), 将引起中间温度 t_m 的变化, 进而引起循环性能系数 COP 的变化, 从而得出 $t_m-\xi$ 曲线和 $COP-t_m$ 曲线。</p> <p>7、融霜实验</p> <p>该实验需要按照正确的融霜排液流程进行蒸发器制冷模式和融霜模式的切换, 具体要求如下: ①学生点鼠标打开或关闭调节站某些阀门进入制冷模式时, 介质</p>								
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

	<p>开始流动，以此显示按制冷模式工作时制冷剂流经各设备的流程原理；②学生点鼠标打开或关闭调节站某些阀门进入融霜模式时，介质开始流动，以此显示按融霜模式工作时制冷剂流经各设备的流程原理。③实验完成后给出操作得分。</p> <p>8、VR 版生产实习系统</p> <p>（1）漫游认知</p> <p>提供以第一人称全场漫游的功能，学生可以自由漫游实训场景，了解冷库系统组成和设备的功能。系统有快速定位的功能，设备列表选择相应的设备，会快速跳跃至设备区域，实现设备、系统的可视化展示。</p> <p>（2）设备快速定位</p> <p>点击设备名称可快速定位到当前设备模型面前进行查看学习。</p> <p>主要设备包含但不限于：压缩机、高压液体调节站、气液调节站、裸管式蒸发器、冷风机蒸发器、蒸发式冷凝器。</p> <p>辅助设备包含但不限于：辅助贮液器、高压贮液器、低压循环桶、排液桶、油分离器、空气分离器、加氨站、紧急泄氨器、集油器。</p>					
--	--	--	--	--	--	--

9	吸收式制冷系统实训平台	<p>1、功能概述</p> <p>可以通过多种方式了解与学习制冷系统中各种设备构造、管道连接形式以及阀门设置。</p> <p>2、漫游认知</p> <p>提供以第一人称全场漫游的功能,键盘 WASD 和鼠标按键控制操作,学生可以自由选择观察设备对象,了解系统组成、设备的功能和设备的运行原理。为方便学生快速找到设备,平台设计有快速定位的功能,设备列表选择相应的设备,会快速跳跃至设备区域,实现设备、系统的可视化展示。</p> <p>3、设备信息</p> <p>本制冷系统主要由溴化锂制冷机组、冷却泵、冷冻泵、冷却塔等设备构成。选择设备,可查看设备信息介绍。以图片、文字形式说明设备的基本功能及结构形式,通过三维粒子流动动画及文字提示,说明设备的运行原理。</p> <p>4、系统原理</p> <p>平台提供 5 个系统的原理图和系统原理动画,分别是水系统原理、发生器原理、吸收器原理、冷却水原理和冷媒水原理。原理动画播放时,配有文字解说。</p>	1 套				
---	-------------	---	-----	--	--	--	--

		<p>5、运行数据查看</p> <p>平台提供设备运行数据查看功能，实时显示其温度、压强、焓值、流量等运行数据。</p> <p>6、阀门操作与数据监控</p> <p>平台设置有数据监控系统，实时监控制冷量、冷凝温度、冷凝压力、蒸发温度、蒸发压力及当前系统能效值（COP）。以量单位 1 调节阀门开度，研究流量变化对系统能效的影响。</p> <p>7、VR 版生产实习系统</p> <p>提供以第一人称全场漫游的功能，通过手柄控制操作，学生可以自由选择观察设备对象，了解系统组成。为方便学员快速找到设备，平台设计快速定位的功能，在设备列表选择相应的设备可快速跳跃至设备区域，实现设备、系统的可视化展示。</p> <p>可快速定位的设备有：溴化锂制冷机组、循环水泵、冷却塔。</p>					
10	双螺杆式压缩机拆装实训系统	<p>1、功能概述</p> <p>对双螺杆压缩机的每个零部件有相应的介绍功能。</p> <p>左侧：软件名称、零件库</p> <p>中间：双螺杆压缩机模型</p>	1 套				

	<p>右侧：操作引导按钮、介绍和操作记录窗口、爆炸图和工作原理按钮、方向调整窗</p> <p>底部：模式选择，包括但不限于介绍模式、学习模式、练习模式、考试模式、子拆装模式。</p> <p>2、功能描述</p> <p>具备如下功能：</p> <p>（1）提供学习、练习、考试三种模式。</p> <p>（2）要求提供待安装部件列表，用户在列表中点击部件名称，可自动播放该部件安装动画，部件的安装过程可反复查看；</p> <p>（3）练习模式下，要求给用户提提供部件库，用户可用鼠标从部件库中将待安装部件拖拽到三维场景中指定位置实现安装；</p> <p>（4）考试模式下，在没有任何操作提示和帮助下，用户进行设备组装，测试用户的掌握情况，要求在提交考试后在考试评价界面能够查看操作评分；</p> <p>（5）要求可一键生成双螺杆压缩机爆炸图，工作原理功能可查看半剖形式的压缩机，利用三维动画特效，形象的展现压缩机在运行过程中各个零部件的运行状态以及制冷剂工质流向；</p>					
--	--	--	--	--	--	--

	<p>(7) 要求系统提供智能辅助装配动作的功能，鼠标拖动某种零件（或零件组合），接近某一个可装配零件附近时，智能吸附到预装配位置，零件（或零件组合）和被装配体均只能进行共轴或者共面的约束运动。处于约束运动状态下的零件（或零件组合）高亮显示，以区别于其它能够自由运动的物体。</p> <p>(8) 设备安装的过程提供零件智能旋转对准功能，不需要用户手工旋转；</p> <p>(9) 拆装场景采用三维虚拟现实技术实时渲染，装配过程中可实现场景内 360 度旋转。</p> <p>(10) 双螺杆压缩机零件包含但不限于： 要求包含的子拆装有：吸气端盖、滑阀机构、排气端盖、止推轴承、轴封端盖、油压调节活塞、油压调节缸。</p> <p>主体安装顺序为：油分离器、吸气端盖、转子腔、滑块、滑块紧固螺丝、滑阀机构、主动转子、从动转子、排气端盖、止推轴承 2、底座螺栓、转子腔螺丝 1、转子腔螺丝 2、轴封端盖、轴封螺丝、联轴器、电机、止推活塞、紧固垫片、紧固螺母、止推活塞缸、密封油塞、滑阀密封环、油压调节活塞、滑动扭杆、滑动销、</p>					
--	---	--	--	--	--	--

	<p>紧固垫片 2、紧固螺母 2、油压调节缸、油缸紧固螺丝、阀位表、阀位表螺丝、油冷却器、油管、经济器、补气管。</p> <p>3、VR 版生产实习系统</p> <p>VR 版生产实习系统对双螺杆压缩机进行详细建模，包含外壳及内部所有部件，且每个零部件有相应的介绍功能。可查看压缩机工作原理动画、爆炸图。</p> <p>VR 版生产实习系统应具备如下功能：</p> <p>（1）提供学习、练习、考试三种模式。</p> <p>（2）拆装场景采用三维虚拟现实技术实时渲染，装配过程中可实现场景内 360 度旋转。</p> <p>（3）双螺杆压缩机零件包括但不限于：</p> <p>要求包含的子拆装有：吸气端盖、滑阀机构、排气端盖、止推轴承、轴封端盖、油压调节活塞、油压调节缸。</p> <p>主体安装顺序为：油分离器、吸气端盖、转子腔、滑块、滑块紧固螺丝、滑阀机构、主动转子、从动转子、排气端盖、止推轴承 2、底座螺栓、转子腔螺丝 1、转子腔螺丝 2、轴封端盖、轴封螺丝、联轴器、电机、止推活塞、紧固垫片、紧固螺母、止推活塞</p>					
--	--	--	--	--	--	--

		缸、密封油塞、滑阀密封环、油压调节活塞、滑动扭杆、滑动销、紧固垫片 2、紧固螺母 2、油压调节缸、油缸紧固螺丝、阀位表、阀位表螺丝、油冷却器、油管、经济器、补气管。					
11	离心式（磁悬浮式）压缩机拆装人机交互系统	<p>1、系统功能概述</p> <p>对离心式压缩机的每个零部件有相应的介绍功能。</p> <p>左侧：名称、零件库</p> <p>中间：离心式压缩机模型</p> <p>右侧：操作引导按钮、介绍和操作记录窗口、爆炸图和工作原理按钮、方向调整窗</p> <p>底部：模式选择，包括但不限于介绍模式、学习模式、练习模式、考试模式</p> <p>2、系统功能描述</p> <p>应具备如下功能：</p> <p>（1）提供学习、练习、考试三种模式。</p> <p>（2）要求提供待安装部件列表，用户在列表中点击部件名称，系统自动播放该部件安装动画，部件的安装过程可反复查看；</p> <p>（3）练习模式下，要求给用户提提供部件库，用户可用鼠标从部件库中将待安装部件拖拽到三维场景中指定</p>	1 套				

	<p>位置实现安装；</p> <p>(4) 考试模式下，在没有任何操作提示和帮助的情况下，用户进行设备组装，测试用户的掌握情况，要求在提交考试后在考试评价界面能够查看操作评分；</p> <p>(5) 要求可一键生成离心式压缩机爆炸图，工作原理功能可查看半剖形式的压缩机，利用三维动画特效，形象的展现压缩机在运行过程中各个零部件的运行状态以及制冷剂工质流向；</p> <p>(7) 要求系统提供智能辅助装配动作的功能，鼠标拖动某种零件（或零件组合），接近某一个可装配零件附近时，智能吸附到预装配位置，零件（或零件组合）和被装配体均只能进行共轴或者共面的约束运动。处于约束运动状态下的零件（或零件组合）高亮显示，以区别于其它能够自由运动的物体。</p> <p>(8) 设备安装的过程提供零件智能旋转对准功能，不需要用户手工旋转；</p> <p>(9) 拆装场景采用三维虚拟现实技术实时渲染，装配过程中可实现场景内 360 度旋转。</p> <p>(10) 离心式压缩机零件包含但不限于： 要求安装顺序为：压缩机壳体、基座螺栓 1、基座螺栓</p>					
--	---	--	--	--	--	--

	<p>2、轴向轴承 1、轴、轴向轴承 2、径向轴承 1、传感器 1、电机、径向轴承 2、传感器 2、蜗壳密封圈、二级涡轮、蜗壳、扩压器、一级涡轮、一级叶轮密封圈、吸气口圈、导流叶片、吸气端盖、吸气端盖螺栓、尾端盖、尾端盖螺栓、顶端盖、顶端盖螺栓、后端盖、后端盖螺栓上、后端盖螺栓下、前端盖、前端盖螺栓。</p> <p>3、VR 版生产实习系统</p> <p>VR 版生产实习系统对离心式压缩机进行详细建模，包含外壳及内部所有部件，且每个零部件有相应的介绍功能。可查看压缩机工作原理动画、爆炸图。</p> <p>VR 版生产实习系统应具备如下功能：</p> <p>(1) 提供学习、练习、考试三种模式。</p> <p>(2) 拆装场景采用三维虚拟现实技术实时渲染，装配过程中可实现场景内 360 度旋转。</p> <p>(3) 离心式压缩机零件包含但不限于：</p> <p>要求安装顺序为：压缩机壳体、基座螺栓 1、基座螺栓 2、轴向轴承 1、轴、轴向轴承 2、径向轴承 1、传感器 1、电机、径向轴承 2、传感器 2、蜗壳密封圈、二级涡轮、蜗壳、扩压器、一级涡轮、一级叶轮密封圈、吸气口圈、导流叶片、吸气端盖、吸气端盖螺栓、尾</p>					
--	---	--	--	--	--	--

		端盖、尾端盖螺栓、顶端盖、顶端盖螺栓、后端盖、后端盖螺栓上、后端盖螺栓下、前端盖、前端盖螺栓。					
12	室外供热管网特性实训平台	<p>平台主要分为漫游模式、实验模式、考试模式。</p> <p>1、漫游认知</p> <p>大场景以大学校园外观布局为主。主要建筑包括但不限于换热站、校医院、实验楼、浴室、学生宿舍、学院楼、逸夫教学楼。漫游主要分为地面漫游和飞行模式，通过键盘 WASDQE 和鼠标结合进行操作。</p> <p>1.1 区域定位</p> <p>通过区域定位窗口，选择某一建筑，镜头可以快速移动到该建筑面前。</p> <p>1.2 建筑信息</p> <p>当鼠标移动到某一段建筑上时，会显示该建筑的相关信息介绍，包括建筑名称、建筑高度、建筑面积、建筑热指标、承载负荷。</p> <p>1.3 设备信息学习</p> <p>将室外供热管网系统主要的设备列出，通过图片、文字、三维模型的形式进行学习。</p> <p>2 实验模式</p>	1 套				

	<p>实验模式包括但不限于水力管网工况计算、管网平衡调节、管网阻抗计算、管网特性曲线绘制、水压图绘制、水力失调案例学习。</p> <p>2.1 管网平面图</p> <p>平台提供室外供热管网的管道平面图。平面图上的信息包括但不限于建筑类型、管道走向、管道长度、阀门位置、补偿器数量、</p> <p>2.2 管网水力计算</p> <p>水力计算流程：</p> <p>2.21 先进行主干路水力计算，点击管网图中的主干管，在管路详情窗口查看相关管路详情信息，包括管路类型、设计负荷、管长、设计流量、供回水温度等。</p> <p>2.22 根据管路设计流量，在热水网路计算表中选择一组符合设计规范的管道比摩阻、管径、流速值，完善表格。</p> <p>2.23、对照管网图，将管路上的闸阀数量、弯头数量、补偿器数量、三通数量、异径接头数量填写正确，软件会自动计算出管路的总当量长度和管路折算长度。</p> <p>2.24、所有主干路管道计算填表完成后，即可在总统计表中查看各干管管路的压力损失。</p>					
--	---	--	--	--	--	--

	<p>2.25、随后继续按照与干管类似的步骤继续将支路管道的水力计算表填写完整。</p> <p>2.3 管路平衡调节</p> <p>水力计算表完成后，在管网图界面，通过调节热用户入口处的阀门，在调节窗口拖动滑动条控制阀门的开度，将管路的富裕压差节流掉，同时在平衡率窗口随时查看管路平衡率。</p> <p>2.4 管网阻抗计算</p> <p>管网平衡调节完成后即可进行管网的阻抗计算，通过速去水力计算表中的数据，自动填充到阻抗计算表中，随后可在计算步骤窗口，查看详细的计算过程</p> <p>2.5 管网特性曲线绘制</p> <p>管网总阻抗计算得出结果后，即可生成管网特性曲线。同时根据管路阻力，输入符合设计值的水泵扬程，生成水泵特性曲线。</p> <p>2.6 水压图绘制</p> <p>绘制流程：</p> <p>2.61、选定静水压线的位置</p> <p>静水压线是网路循环水泵停止工作时，网路上各点的测压管水头的连接线。它是一条水平的直线。静水压</p>					
--	--	--	--	--	--	--

	<p>线的高度需满足下列的技术要求。</p> <p>1) 与热水网路直接连接的供暖用户系统内，底层散热器所承受的静水压力应不超过散热器的承压能力（40mH₂O）。</p> <p>2) 热水网路及与它直接连接的供暖用户系统内，不会出现汽化或倒空。</p> <p>3) 该系统中用户全部为直接连接，静压线位置可取热用户最高点 21m 加上 3~5m 的富裕值。</p> <p>2. 62 选定回水管的动水压曲线的位置。</p> <p>2. 63 选定供水管的动水压曲线的位置。</p> <p>2. 64 设定分支线的管路长度，生成分支线</p> <p>2. 7 管路失调案例</p> <p>通过选择一种失调案例，调节管路中的阀门。随后点击界面右侧功能按钮查看管路失调后的管路阻抗计算过程、管路特性曲线变化、管路工况变动情况表和变动后的水压图。</p> <p>3、考试模式</p> <p>考试模式主要以选择题的形式进行考核，题目包括单项选择和多项选择。考试完成后即可提交试卷，完成实验。</p>					
--	---	--	--	--	--	--

		<p>3.1 实验评价</p> <p>实验完成后，即可在实验评价界面查看此次实验的操作得分和考试得分。同时可以生成实验报告。</p> <p>4、VR 版生产实习系统</p> <p>(1) VR 版生产实习系统大场景以大学校园外观布局为主，用户可以在场景中自由漫游和行走。主要建筑包括但不限于换热站、校医院、实验楼、浴室、学生宿舍、学院楼、逸夫教学楼。</p> <p>(2) 用户可以在换热站自由行走查看设备，设备包含储水箱、软化器、分集水器、板式换热器、除污器，循环泵。</p>					
13	建筑冷热源系统优化设计及运行调节实训系统	<p><u>#1、本实训系统对常见冷热源系统的优化设计及运行调节进行建模仿真，基于动态过程仿真运行平台开发，利用虚拟技术，以冷热源机房设备、管路连接及其与空调末端的管路连接为仿真对象，运用二三维交互的界面操作，展现冷热源系统的优化设计方法及运行调节方法，并给出直观的运行数据。向学生展示如何设计及运行调节才能得到高效的冷热源系统。</u></p> <p>2、选择设计地点:实验第一步是选择设计地点，学生可以在地图上点击以选择设计地点，系统提供国内 5</p>	1 套				

	<p>个地点以供选择。</p> <p>3、选择建筑类型:选择设计地点后学生进行建筑类型选择，系统有办公楼与商场两类建筑可供选择。</p> <p>4、设置室内空气参数:选择建筑之后，学生首先设置当前季节，以夏季为例，设置季节后，学生需要设定室内温度、相对湿度与空调风速。学生可以查看舒适度等级划分知识点。</p> <p><u>#5、建筑冷热负荷计算:室内外参数确定后，开始计算建筑冷负荷。首先选择该建筑一个楼层的一个区域。选定该区域后，计算该区域的逐时冷负荷。</u></p> <p>6、冷热源方案初选及设备选型:当建筑总负荷计算完毕后，综合考虑建筑类型、冷热量及设备价格等因素，从系统中选择适合本次实验需求的冷热源机组。</p> <p>7、冷热源方案优化分析:选定冷热源设备及附属设备后，系统会自动给出各设备的价格及性能参数。根据全年负荷估算法，及设备的性能变化曲线，可以计算出系统所需的运行费用。</p> <p>8、冷热源系统搭建:根据力求缩短输送管道、保证安全和其他要求及规定对冷热源机房进行布置。需搭建的设备包括：冷热源机组、循环水泵及其它辅助设备。</p>					
--	--	--	--	--	--	--

	<p>9、平面图管路连接完毕,系统会自动生成三维系统图。</p> <p>10、系统启动操作:学生可以根据学习的系统启动顺序依次点击相关设备的控制面板启动系统。当启动顺序有误时系统会发出提醒。</p> <p>11、系统调试运行:系统启动成功后,由于选型时水泵在设计流量下的扬程大于系统总阻力,此时系统流量高于设计流量,因此需要对系统进行设计工况初调试。</p> <p>12、调节阀门开度实现变工况运行:当机组额定负荷调试完成后,系统会发出目前建筑负荷不需要 100%负荷、需要学生将机组负荷调整到设计负荷的 80%或其他负荷工况的提示。此时,学生需要重新进行参数设定及系统的调试与运行。采取两种不同的调试方法(阀门开度调节与水泵频率调节方法)来进行变工况调节。</p> <p>13、调节水泵变频器实现变工况运行:除了调节阀门开度外,还可以调节冷冻水泵变频器是实现变工况运行。</p> <p>14、实验评价:系统会根据学生实验操作和实验结果对学生的实验情况进行评价,给出本次实验的最终得分并提交给后台记录,学生可以查询所得分数并查看实验报告。</p> <p>15、VR 版生产实习系统</p>					
--	--	--	--	--	--	--

		<p>(1) 在 VR 版生产实习系统中，用户可以在场景中自由漫游和行走。多角度观察空调系统及设备。</p> <p>(2) 场景中的设备包含：冷却塔、冷却水循环泵、冷冻水循环泵、冷水机组、集分水器、组合式空调机组。</p>					
14	<p>生物质循环流化床发电人机交互系统</p>	<p>1、认知学习</p> <p>让学生了解生物质循环流化床燃烧系统的组成结构。</p> <p>操作过程：可通过按键盘的“W”“S”“A”“D”“Q”“E”键进行视角的前进、后退、向左、向右、下降、上升操作； 按住鼠标右键拖拽，进行视角的调整 。高亮功能：当鼠标悬浮在设备上时，设备轮廓高亮并有设备名称显示。设备学习：点击设备后弹出设备信息框，可以查看设备详细描述及多种角度的现场照片信息。</p> <p>快速定位：可通过下拉列表选择想要到达的系统（炉膛燃烧系统、一次风二次风系统、炉水循环系统），点击选择即可将人物或视角移动到该系统的位置。</p> <p>操作结果：了解认识设备、系统特点。</p> <p>2、系统搭建</p> <p>通过此实验学生可以了解到循环流化床的组成、典型设备的结构及各部分的连接、装配关系。</p>	1 套				

	<p>本实验提供循环流化床主要设备的零件库，且系统具有智能辅助装配动作的功能。学生可以通过拖拽方式进行装配，系统将自动地约束零件和被装配体只能进行共轴或者共面运动。循环流化床系统搭建实验的界面中，左侧为设备库存放流化床的系统部件，用户可将设备拖拽到界面中心的搭建操作区域，右下角有实验操作步骤的提示，右侧有视角和模式切换按钮。</p> <p>最终，学生搭建完整的系统，将炉膛、输煤系统、旋风分离器、料脚、回料阀、外置床、锥形阀、点火装置、冷渣器、汽包、尾部烟道、过热器、省煤器、空气预热器、一次风机、二次风机、静电除尘器、脱硫塔、布袋除尘器、烟囱等设施放到正确的位置。后台对搭建完整度和正确性进行评分。</p> <p>系统可给出几种视角：自由视角、正视图、左视图、俯视图。需要在自由视角下才可以进行系统搭建。</p> <p>3、流化状态实验</p> <p>让学生掌握流化床的几种典型流化状态、及与一次风量的关系。</p> <p>过程：点击一次风机，会弹出一一次风机开度设定调节框，拖拽调节滑块，可以调节一次风量。炉膛、管道</p>					
--	---	--	--	--	--	--

	<p>内的工质运动状态随之改变。学生根据引导信息的提示，对参数进行设定。学生一边调节风量，一边观察流化床炉膛内的流化状态，满足提示要求的状态后，后点击“保存数据”，后台会将数据记录下来。状态将依次经过：固定床、鼓泡流态化、湍流流态化、快速流态化、气力输送。</p> <p>五组工况，最终在一张表格和一张曲线图中表现，后台根据学生是否记录所有五个状态的工况参数进行评分。</p> <p>4、压力平衡实验 1：一次风</p> <p>让学生立即压力循环回路压力平衡的特点，了解各个主要部件的压力变化情况，理解一次风对压力平衡的影响。</p> <p>过程：点击一次风机，会弹出一一次风机开度设定调节框，拖拽调节滑块，可以调节一次风量。炉膛、管道内的工质运动状态随之改变。学生根据引导信息的提示，对参数进行设定。学生一边调节风量，一边观察流化床炉膛内的流化状态，在不同的状态下，后点击“保存数据”，后台会将数据记录下来。设置三组一次风量，保存三组数据到一张压力曲线图中。</p>					
--	--	--	--	--	--	--

	<p>三组数据体现到一张压力曲线图中。针对曲线趋势系统给出客观题，根据学生的答案后台进行评分。</p> <p>5、压力平衡实验 2：物料循环 理解不同物料循环量下压力平衡曲线的变化情况。 过程：点击物料循环量输入框，将弹出一个物料量设置框，可拖拽滑块进行设置。记录。 三组数据汇总到一张压力曲线图中。针对曲线趋势给出客观题，根据学生的答案后台进行评分。</p> <p>6、燃烧实验 1：一二次风比例 调节一次风，使燃烧状态经历 3 个不同的状态，并记录数据。三组数据汇总到一张压力曲线图中。以距离布风板高度为变量，绘制出三组数据，包括：温度、O_2、CO、累计燃烧份额、各换热面传热量占比。</p> <p>7、燃烧实验 2：物料循环量 理解物料循环量对于燃烧过程的影响。 调节物料循环量，使燃烧状态经历 3 个不同的状态，并记录数据。 三组数据汇总到一张压力曲线图中。以距离布风板高度为变量，绘制出三组数据，包括：温度、O_2、CO、累计燃烧份额、各换热面传热量占比。</p>					
--	--	--	--	--	--	--

	<p>8、实验结果汇总</p> <p>系统自动将操作过程中获得的数据表格汇总整理便于分析查看。并对操作步骤这个环节进行分数的汇总给出报告。</p> <p>9、理论考核</p> <p>根据实验内容相关知识点,实验系统随机给出 30 道复习题对学生进行测试,并对于异常题目给出题目解析。</p> <p>10、综合评分</p> <p>系统将实验操作过程的分数与理论考核分数进行综合汇总,得到综合评分。</p> <p>11、实验报告</p> <p>系统生成一个 WORD 版的实验报告,学生填写其中的思考题。</p> <p>12、VR 版生产实习系统</p> <p>在 VR 版生产实习系统中,学生可以自由的行走,多角度查看。可查看发电厂的主要设备包括但不限于:炉膛、输煤系统、旋风分离器、料脚、回料阀、外置床、锥形阀、点火装置、冷渣器、汽包、尾部烟道、过热器、省煤器、空气预热器、一次风机、二次风机、静电除尘器、脱硫塔、布袋除尘器、烟囱。</p>					
--	--	--	--	--	--	--

15	太阳能光伏电站的生产过程及设计实训平台	<p>1、平台功能</p> <p>实现光伏发电主要设备的功能，在模拟真实场景下，展示发电流程。</p> <p>光伏电池采用国内通用的单晶硅和多晶硅光伏电池，其中单晶硅光伏发电系统有 5 组，每组单晶硅光伏阵列组成如下：22 个光伏电池板串联组成 1 个光伏电池串，6 个光伏电池串并联在一起组成一个光伏阵列，每个光伏阵列最大输出功率 31.68kW。32 个单晶硅光伏阵列通过 32 个小型逆变器直接接入 35kV 升压站。</p> <p>多晶硅光伏发电系统有 5 组，每组多晶硅光伏阵列组成如下：22 个光伏电池板串联组成 1 个光伏电池串，12 个光伏电池串并联在一起组成一个光伏阵列，每个光伏阵列最大输出功 59.66kW。18 个多晶硅光伏阵列先通过 18 个汇流箱进行汇流，采用集中式逆变器的方案把 18 个光伏阵列接入 35kV 升压站。</p> <p>该电站共有 250 个光伏阵列，最大能输出 10.08MW。</p> <p>具备以下几个部分；</p> <p>1、全景漫游</p> <p>（1）光伏电站全景漫游：实现在仿真范围内的全站漫游功能，通过漫游了解工厂发电系统的建筑布局、主</p>	1 套				
----	---------------------	---	-----	--	--	--	--

	<p>要设备、生产工艺等，对工厂全貌建立感性认识。</p> <p>(2) 漫游模式：分为行走模式和飞行模式。可以在电气设备的任意空间和位置进行漫游行走、环视，可以调整行走速度，在场景中按“W”“A”“S”“D”前进、后退、向左、向右（前后左右键也可）；飞行模式可以在场景中以任意合适的视角来进行观察设备，按“E”上升，按“Q”下降；按住鼠标右键移动，进行视角的调整。</p> <p>(3) 安全教育：厂区内设置危险标志牌及护栏，培养安全意识及按流程规范操作的意识，急救常识学习。</p> <p>2、发电设备原理展示</p> <p>设备和系统学习：点击相关设备或系统显示出其简介、图片及工作原理及相关操作规程文字界面、操作规范等。能通过领取交接任务，引导参观和认识工厂，学习设备的内容，熟悉操作。需要具备以下主要设备：</p> <p>(1) 光伏组件</p> <p>(2) 逆变器</p> <p>(3) 汇流箱</p> <p>(4) 主控室</p> <p>(5) 高压室</p>					
--	--	--	--	--	--	--

		<p>(6) 变压器</p> <p>(7) 断路器</p> <p>(8) 电容器</p> <p>3、监控系统</p> <p>通过该光伏电站监控系统可对太阳能光伏电站里的电池阵列、汇流箱、逆变器等设备进行实时监测和控制，在进入给监控系统学习的过程中，可以通过高亮指示和操作指引来了解其作用和功能，此监控系统主要由以下几个模块组成包括：</p> <p>(1) 光伏电站简介</p> <p>(2) 光伏区数据，光伏区数据监控：光伏系统参数设置数据包含时间调节、实际光照强度、环境温度、纬度、倾斜角、雨水量、清洁度。可以进行数据输入。单晶硅组件监控数据包含输出功率、输出电流、输出电压、单晶硅效率、串联数量、组串输出功率。多晶硅组件监控数据包含输出功率、输出电流、输出电压、单晶硅效率、串联数量、组串输出功率。35kV 升压站数据监控包含母线 1 功率、母线 2 功率、母线 1 数量、母线 2 数量。光伏发电系统数据监控 AB 线电压、BC 线电压、CA 线电压、A 相电流、B 相电流、C 相</p>					
--	--	--	--	--	--	--	--

	<p>电流、发电总功率。</p> <p>(3) 主接线路</p> <p>在此模块可以实现逆变器的启停，可对断路器进行开合闸操作，对输出的有功功率、输出无功功率、输出视在功率、功率因数、35KV 母线电压进行监控。</p> <p>(4) 光伏电站系统负荷分布图</p> <p>光伏系统部分包含实际光强、发电总功率；储能设施包含存储电量、输入输出功率、充放电状态。用电设备包含医院用电负荷、商场用电负荷、酒店用电负荷、写字楼用电负荷、住宅小区用电负荷，工厂用电负荷。</p> <p>4. 虚拟装配</p> <p>包含学习模式、联系模式、考核模式，将光伏的零件进行安装，在安装的过程有实时的考核功能。介绍模式下，进行光伏组件零部件学习，零部件个数不少于 25 个。</p> <p>(1) 学习模式</p> <p>在学习模式下，可以根据右侧的装配步骤，进行装配。操作步骤不少于 100 步。</p> <p>(2) 练习模式</p> <p>在练习模式中，根据上方的步骤，将各个模块从模块</p>					
--	--	--	--	--	--	--

	<p>库中拖到指定的位置进行安装，如果安装错误，可以将模块拖到回收站中。操作步骤不少于 100 步。</p> <p>(3) 考核模式</p> <p>根据前面的学习模式和练习模式所学到的知识，自己进行安装，所有的操作将进行评分。操作步骤不少于 100 步。</p> <p>5. 并网实验示例</p> <p>(1) 开始操作前，需要将右上角工况切换到并网实验工况。</p> <p>(2) 确认 110kV 变电站已带电运行正常，35kV 高压开关柜处于工作状态。</p> <p>(3) 确认 35kV 箱式升压站处于工作状态, 运行正常。</p> <p>(4) 合上光伏电站方阵中的汇流箱保险。</p> <p>(5) 合上光伏电站方阵中的汇流箱空开。</p> <p>(6) 确认逆变器急停机按钮处于断开状态。</p> <p>(7) 把启停旋钮切换至 START 位置, 将手自动并网旋钮切换到自动位置, 开始并网。</p> <p>6. 综合考评</p> <p>进入考核模式，在规定的时间内，完成 100 分题的解答。答完后，提交答题，将会看到得分情况，还可以</p>					
--	---	--	--	--	--	--

		<p>查看标准答案。</p> <p>7. 实例</p> <p>实例需要预先以下图纸：《1MW 光伏电站》（包含系统接线图、并网逆变器原理图、光伏汇流箱接线图、光伏阵列接线图、高压接线图 1、高压接线图 2、高压接线图 3）、《300KW 光伏电站》（包含电气主接线图、组串式逆变器原理图、汇流箱原理图、光伏组件接线图、电缆敷设图）、《70kW 光伏电站》（包括总系统图、光伏组件分布图、防雷接地图、电缆数设图、通讯、光伏支架安装图）、《离网光伏电站》（包括电气主接线图、逆变器接线原理图、屋顶光伏组件分布图）。</p> <p>2、VR 版生产实习系统</p> <p>可以将光伏发电场景模拟成真实的 3D 环境，用户可以通过 VR 眼镜或手柄等设备，实现对光伏发电场景的沉浸式体验和交互式操作。在 VR 版太阳能光伏电站的生产过程及设计实训中，将光伏发电场景进行 3D 建模，包括太阳能板、逆变器、电池组、电缆等设备，以及周围的环境、天气等因素。可以在虚拟现实环境中观察和体验光伏发电的全过程，了解光伏发电的原理和技术特点。学生可以在三维场景中自由行</p>					
--	--	--	--	--	--	--	--

		走，可以转动视角，多角度观看生产设备，主要包含光伏电站生产的设备和场景。可以通过 VR 查看到光伏组件、逆变器、汇流箱、主控室、高压室、变压器、断路器、电容器，光伏系统电路连接等。					
16	太阳能光热发电实训系统	<p>1、系统功能</p> <p>以真实塔式太阳能发电厂为原型，采用三维仿真技术，实现塔式光热发电厂的模拟重现。</p> <p>系统模型为 100 MW（常存 10 小时以上蓄热的熔盐热发电系统）塔式熔盐热发电系统，包括定日镜阵列、集热系统、蓄热系统、发电系统、控制系统等关键组成子系统，设备包括有除氧器、低压加热器、过热器、接收器、空冷岛、汽轮机、熔盐泵、热盐罐、冷盐罐、预热器、再热器、蒸发器等。具备各个子系统的结构和工作原理展示，进行光热发电厂的生产运行进行模拟。</p> <p>有四大功能模块：全场漫游、原理讲解、模拟运行和实操。</p> <p>1.1 全厂漫游</p> <p>可操作面板包括：视角切换、光线追踪、参数调节。</p> <p>场景中的功能包括：设备高亮、设备图文介绍功能。</p>	1 套				

	<p>同时，教师可通过快捷键调出隐藏的设备图文编辑功能和场景录像功能。</p> <p>1.1.1 视角切换功能</p> <p>可选择第一视角、飞行模式和宏观视角（俯视）。</p> <p>宏观视角（俯视）：立刻切换到俯视全厂的位置，方便快速掌握全局布置。</p> <p>1.1.2 光线追踪</p> <p>系统默认开启光线追踪按钮，该功能可关闭。</p> <p>光线追踪：任意一个定日镜，可显示该定日镜的坐标、高度角、方位角、定日镜效率，且显示该定日镜接收、反射的光路及法线方向。</p> <p>1.1.3 参数调节</p> <p>可进行基本参数的设置，能够同时调整经度、纬度、日期、当前时间、运行倍速、天气、太阳辐射强度、大气能见度，实时计算并展示该调节参数对应的太阳高度角、太阳方位角，并提供暂停时间功能。软件三维场景中太阳动效、定日镜方向根据太阳参数及时间运行实时发生改变。</p> <p>1.1.4 设备介绍</p> <p>可查看设备信息并可回到漫游场景。</p>					
--	---	--	--	--	--	--

	<p>可对设备的图片、文字进行自由编辑。</p> <p>1.1.5 视频录制</p> <p>可实时录制软件内容。</p> <p>1.2 原理讲解</p> <p>原理讲解分四个部分对光热发电进行介绍：光热发电概述、气象参数介绍、塔式发电原理和塔式电厂设备。可返回主界面。</p> <p>1.2.1 光热发电概述</p> <p>光热发电概述部分介绍了太阳能光热发电、聚焦式光热发电类型、四种发电技术比较、塔式光热发电历史和发展趋势。每个知识点均采用图片搭配文字介绍的方式。</p> <p>1.2.2 气象参数介绍</p> <p>气象参数介绍部分介绍了太阳辐照参数、太阳角度参数。每个知识点均采用图片搭配文字介绍的方式。</p> <p>1.2.3 塔式发电原理</p> <p>塔式发电原理介绍了发电过程、跟踪原理和熔融盐。每个知识点均采用图片搭配文字介绍的方式。</p> <p>1.2.4 塔式电厂设备</p> <p>塔式电厂设备介绍了镜场、镜场控制系统、集热系统、</p>					
--	--	--	--	--	--	--

	<p>蓄热换热系统、熔融盐蒸汽发生器、发电系统和全厂控制系统。可转动模型，可放大缩小模型。</p> <p>1.3 模拟运行</p> <p>模拟运行除具有全厂漫游的全部功能外，还添加了设备跳转、DCS、太阳参数查询、参数变化曲线和镜场效率云图功能。</p> <p>1.3.1 设备跳转</p> <p>点击某一设备即可将视角拉倒该设备位置。</p> <p>视角移动到该设备后，设备轮廓闪烁以提示用户，鼠标悬浮于设备上闪烁停止。</p> <p>1.3.2 DCS</p> <p>点击阀门、泵即可设置阀门开关、阀门开度和泵的开关。</p> <p>1.3.3 太阳参数查询</p> <p>可查询不同位置、日期和时间太阳的赤纬角、时角、太阳高度角、太阳方位角。</p> <p>1.3.4 参数变化曲线</p> <p>可显示变量随时间变化的曲线。</p> <p>1.3.5 镜场效率云图</p> <p>将塔式太阳能光热电站的各系统设备的结构进行完整</p>					
--	---	--	--	--	--	--

		<p>建模,建立了集热系统和热发电系统的底层数学模型,显示镜场效率的实时动态云图。镜场效率云图在模拟运行界面右下角,通过不同颜色将每面定日镜的实时效率表现出来,形成一整张镜场的效率云图,云图上方显示镜场的总效率。</p> <p>1.4 实操</p> <p>学生可在此界面进行文化课考试,选择题均为单选题,老师可对配置文件进行修改来编辑题目。点击提交后,系统会给出评分和答案解析供学生学习。</p> <p>2、VR 版生产实习系统</p> <p>在 VR 版生产实习系统中,学生可以自由的行走,多角度查看。可查看发电厂的主要设备包括:定日镜阵列、集热系统、蓄热系统、发电系统、控制系统等关键组成子系统,设备包括有除氧器、低压加热器、过热器、接收器、空冷岛、汽轮机、熔盐泵、热盐罐、冷盐罐、预热器、再热器、蒸发器等。了解各个设备的连接和装配关系,学习太阳能光热发电的工作原理。</p>					
17	风电场实训系统	<p>1、系统功能</p> <p>(1) 场景漫游。学生可以对 3MW 风电机组、升压站、</p>	1 套				

	<p>35kV 高压室、110kV 系统等三维场景进行漫游学习。</p> <p>(2) 实验教学。实验教学以图片、语音、动画视频等形式对风电机组结构和功能进行详细的讲解。其中可以学习的系统有风轮系统、机组偏航系统、机组刹车系统、机组传动系统、发电机、机组控制系统、塔架与基础、机组液压传动系统、机组系统安全与安全保护系统。</p> <p>(3) 巡检。巡检功能对风电场各个岗位上的职责和上岗要求进行了详细解析，再此基础上在三维场景中对风电机组的巡视内容、巡视设备、巡视要点、巡视间隔等等巡检工作中的要点一一介绍。巡检任务包括外观与清洁巡视、基础、塔架、叶片与变桨系统、轮毂、电气柜、主轴、齿轮箱、联轴器、联轴器、发电机、液压系统、避雷接地等。</p> <p>(4) DCS 控制。DCS 控制系统功能仿真风电场监控系统功能，包括整个风电场的监控画面以及单个风电机组的监控画面。</p> <p>2、VR 版生产实习系统</p> <p>在 VR 版风电场实训系统中，学生可以在三维场景中自由行走，可以转动视角，多角度观看生产设备，主要</p>					
--	---	--	--	--	--	--

		<p>包含风机生产设备和升压站场景和设备。</p> <p>可以通过 VR 查看到各个风机发电、变压器、断路器、隔离刀闸、电压互感器、电流互感器、避雷器，还可以进入风机内部查看风机内部的结构和设备等。</p>					
18	核电厂系统及主要设备人机交互系统	<p>仿真系统以 AP1000 核电站机组为原型,采用三维虚拟仿真技术,对核岛场景按照资料、图纸等进行 1:1 三维模型搭建,实现对核电站全厂场景的逼真模拟重现。功能包括但不限于电厂介绍、核电科普、电厂漫游、设备认知、系统学习和考核答题。</p> <p>1、场景三维模型</p> <p>三维场景、设备布局和现场提供的设计院资料需一致,系统和设备的位置、尺寸等与实际现场保持一致,设备零部件外观与现场一致。</p> <p>三维模型搭建采用仿真人机交互技术进行开发,设备及场景贴图分辨率不低于 2048*2048,采用 GPU 实时渲染技术。全屏模式下 60 帧/秒稳定运行。</p> <p>2、核岛主要设备及系统的三维仿真模型</p> <p><u>#2.1 核岛设备及系统建模</u></p> <p><u>仿真系统以 AP1000 核电站机组为原型,采用三维虚拟仿真技术,按照设计院设计资料、厂区图纸等进行 1:1</u></p>	1 套				

	<p><u>三维模型搭建，实现对核电站核岛主要设备及辅助系统的逼真模拟重现。项目预留和二维、三维图形软件及其它第三方软件进行数据交互的接口。</u></p> <p><u>#2.2 范围</u></p> <p><u>核岛设备模型包括但不限于如下：钢制安全壳、反应堆厂房、蒸汽发生器、稳压器、压力容器、安注箱、冷却剂泵、一体化堆顶结构、安全壳冷却水箱、堆芯补水箱、反应堆厂房环吊等，包括主要系统设备及其管道布局和设备连接关系的模型建设。</u></p> <p><u>核岛主要辅助系统包括但不限于如下：非能动余热排出系统、乏燃料池冷却系统、化学与容积控制系统、设备冷却水系统、放射性废液系统、放射性废气系统、放射性固体废物系统，以及这些系统中的主要设备。</u></p> <p><u>#2.3 核岛半剖</u></p> <p><u>其中，核岛模型具备半剖展示功能，能够通过该功能，展示核岛内部详细设备构成及连接关系。</u></p> <p>3、常规岛主要设备的三维仿真模型</p> <p>3.1 常规岛设备建模及设备原理</p> <p>常规岛设备包括但不限于以下要求内容：</p> <p>(1) 系统使用观看过程中，设备有相关文字、图片等</p>					
--	--	--	--	--	--	--

		<p>功能介绍，并与介绍文字配套语音讲解。</p> <p>(2) 设备内部结构及组成部件清晰呈现，以 3D 特效的形式展示设备内部工质当前流动状态。</p> <p>(3) 设备及其辅助系统相连接，以一个小系统的形式展现其物理关系。</p> <p>3.2 范围</p> <p>常规岛设备模型及原理展示包括但不限于如下：发电机、汽轮机、除氧器、汽水分离再热器、低压给水加热器、凝汽器、高压给水加热器。</p> <p>4、VR 版生产实习系统</p> <p>在 VR 版生产实习系统中，能够在实验室自由行走，多角度查看。实验体验类似置身于核电厂自由漫游，查看核电站以下系统和设备：安全壳、反应堆压力容器、蒸汽发生器、稳压器、冷却剂泵。其中核岛安全壳可进行半剖，透视查看安全壳内设备。</p>					
19	垃圾焚烧实训系统	<p>1、本项目的三维模型要求以国内先进的垃圾焚烧场站为原型进行建模；焚烧炉为炉排炉，并且要体现烟气处理系统、渗滤液处理系统、汽轮机系统、发电系统等工艺过程中包含的设备；</p> <p>2、系统以 3D 格式文件中的模型为基本元素，所有 3D</p>	1 套				

	<p>设备模型按照实际工厂设备尺寸进行 1:1 比例绘制，根据这些模型的位置、方向、等信息来实现场景的组织。可通过系统的搜索面板，输入需要查找的设备名称定位画面视角自动变换，跟随镜头定位到查找的相应设备，并且该设备最大化出现在操作者的视觉内。</p> <p>3、操作者可以任意角度进行整体厂区环境漫游（全厂级）、各生产系统设备漫游（车间级）、设备近视角全方位观察（设备级），漫游的角度速度、行进停留可以自由控制。近距离观察设备可展示对设备信息（名称、作用、原理）；主要设备可以通过交互操作将设备主要部件分解，展示内部结构，并能够还原为整机。</p> <p>4、要求三维模型体现的处理过程应包括但不限于：垃圾运输过程、垃圾卸料过程、垃圾分选过程、垃圾仓、行车及抓斗、垃圾焚烧过程、炉膛内烟气过程，以及烟气处理系统、渗滤液系统、汽轮机系统、发电机系统中的重要设备；</p> <p>5、垃圾焚烧过程要求以三维粒子效果展示火焰及烟气流动过程。</p> <p>6、VR 版生产实习系统</p> <p>在 VR 版生产实习系统中，能够在实验室自由行走，多</p>					
--	---	--	--	--	--	--

		<p>角度查看。实验体验类似置身于垃圾焚烧电站自由漫游，查看以下系统和设备：</p> <p>(1) 垃圾卸料分选系统：垃圾仓、抓斗式起重机、粗式破碎机、细式破碎机、除铁器、蝶形筛、风力分选机；</p> <p>(2) 锅炉焚烧风烟系统：余热锅炉、炉排漏灰输送机、出渣机、汽包、卸灰阀、渣仓；</p> <p>(3) 烟气处理系统：半干式脱硫塔、活性炭喷射装置、袋式除尘器、SGH 蒸汽换热器、SCR 脱硝装置；</p> <p>(4) 汽轮机发电系统：汽轮机、发电机、凝汽器、除氧器；</p>					
20	MR 仿真实训系统	<p>1、朗肯循环 MR 人机交互系统</p> <p># (1) 朗肯循环 MR 人机交互系统是对《工程热力学》专业基础课中的蒸汽动力装置循环知识点进行再现。学生可以使用 MR 设备自由移动详细查看设备及运行原理。系统以朗肯循环设备图为蓝本，在二维画面中展示朗肯循环设备及流程图，学生通过流程图了解朗肯循环包含的设备、工质流动循环以及传热、做功的影响。</p>	1 套				

	<p><u>#(2) 朗肯循环 MR 人机交互系统中主要设备的连接管路均采用动画特效显示工质的流动及状态的变化。从冷凝器到锅炉等连接管路中,采用液态水的动画特效;从锅炉到汽轮机、再热器等连接管路中,采用蒸汽的动画特效。其中锅炉、汽轮机、发电机、凝汽器、冷却塔设备以三维半剖的形式展示,内部采用粒子特效动画展示设备运行原理。可以选择显示/隐藏粒子特效。</u></p> <p><u>#(3) 系统通过识别手势动作可对设备距离进行调整,可显示/隐藏朗肯循环系统背景图。</u></p> <p><u>当视线聚焦在某一个设备时,设备旁边会出现设备名称,此时通过手势动作可以让该设备单独呈现,允许使用者抓起设备自由查看。</u></p> <p><u>#(4) 选择查看数据功能时,系统展现 3 个悬空数据面板,使用者可抓取面板自由放置到任意位置。数据面板内容为:主蒸汽温度、主蒸汽压力、排汽压力、汽轮机相对内效率、蒸汽从热源吸收热量、汽轮机做功、循环热效率、汽耗率以及 T-S 图。其中主蒸汽温度数值可以通过手势动作在限定范围内进行调节,其他数据实时计算呈现,T-S 图实时变化。</u></p>					
--	---	--	--	--	--	--

		<p>2、大型柴油机组拆装 MR 人机交互系统</p> <p>(1)可人机交互三维可视化的大型柴油机组拆装系统从多维度、全流程、全范围虚拟动力系统拆装及实操的各个环节，并提示相关信息，使学生能够通过人机交互方式的全程参与到拆装级实操过程中，熟悉具体零部件结构，明确操作中的危险点与注意事项，控制虚拟场景中对应的设备进行各项操作作业，能实现自由操作。</p> <p>(2)在大型柴油机组拆装 MR 人机交互操作软件中，能够通过 MR 眼镜查看柴油机三维模型、柴油机汽缸盖和活塞组件的拆卸和安装。</p> <p>(3)在通过 MR 眼镜拆装过程中，支持双手操作，工具库中包含拆装所需的工具三维模型，包含：扳手、套筒扳手、吊环等工具。能够实现按照使用手册完成拆装过程，可拆装部件包含：罩盖、摇臂滑油油管、高压油管、喷油器回油管、排气阀冷却水管、高压油管喷油器接头、喷油器回油管路、滑油进油管、进排气阀挺杆等部件。</p>					
21	实验教学平台	仿真教学管理模块基于网络架构，主要包括仿真实验管理、资源管理、平台管理等功能模块。其中以教学	1 套				

	<p>资源库、仿真实验库、用户数据库等为底层资源数据支撑,以各种资源构建出一套能够满足学生在线实验、老师在线管理维护、在线答疑的学习平台。</p> <p>基础硬件主要包括系统运行基础硬件、底层仿真计算服务硬件、底层存储服务硬件以及配套的空调、电源、监控等设备。</p> <p>1.1 用户系统</p> <p>用户管理系统具有独立的分角色多级用户权限管理功能,用户可以根据不同的角色权限进入不同安全等级的页面进行操作。所有用户名和密码均加密进行存储,保证用户信息安全。</p> <p>学生用户:是大学分配给本校学生使用的账户,学生账户可进行线上课程学习。包括视频播放、文档在线浏览、文档下载、线上虚拟仿真实验操作、在线文字编辑器、文档上传等功能。可查看自己记录的笔记、在线提问的情况、参与讨论的情况、作业及测试成绩,同时可查询自己的所有课程的成绩单、编辑自己的基本信息。</p> <p>教师用户:教师用户是学校管理员分配的教师账户。教师用户可以管理自己上传的教学资源(包括实验和</p>					
--	--	--	--	--	--	--

	<p>课程)、创建课程、编辑课程任务、布置作业、批改作业、组织考试、管理学生的成绩、回答学生的提问、进行课程评价和讨论,编辑自己的基本信息等。</p> <p>教务用户:教务用户主要负责各计划及流程的审批工作。包括培养计划管理、实验权限管理、线上课程管理、实验库管理以及学生成绩的管理。</p> <p>管理员:管理员用户主要负责维护网站的正常运行,主要功能包括站点管理、栏目管理、用户管理、日志管理、实验管理、课程管理、权限管理、设置班级信息等。</p> <p>1.2 仿真实验教学资源库</p> <p>实验教学资源库管理主要包括:个人资源库、课程资源库、题库和实验库。</p> <p>个人资源库:个人资源库采用私有云盘的形式给教师以上权限的用户提供文件储存服务,帮助用户对个人资源文件进行管理,用户可自行上传文件,文件类型包含常用办公文件(word、excel、ppt等)、视频、音频、图片等。资源库中的文件可下载、删除、重命名、移动等,满足教师移动办公的需求。</p> <p>课程资源库:每门课程下均配有课程资源库,用户可</p>					
--	--	--	--	--	--	--

	<p>将该课程下的资源文件保存在课程资源库中，同时，用户可选择课程资源库中的资源文件同步至个人资源库中，以满足团队协作共同处理课程的需求。课程资源类型需包括常用办公文件（word、excel、ppt、pdf、txt 等）、图片、视频、音频、数字模型文件等，可以在线浏览并做笔记，相关内容存储在平台中方便学生复习。对于开放下载权限的资源，学生还可下载后学习。学习过程中可对课程资源进行评价、收藏等，平台需记录学生学习情况。</p> <p>仿真实验库：仿真实验库是对已经建设的虚拟仿真实验进行汇总管理。同时还有教师利用云仿真实验平台自行创建的实验、教师开发的虚拟仿真实验等实验资源。因此，仿真实验库中包括三种实验类型：在线搭建虚拟仿真实验、PC 版虚拟仿真软件及 web 版虚拟仿真软件。用户在仿真实验库可以对实验资源进行统一的成绩管理以及实验操作管理。仿真实验库中的实验资源可以挂载到相应的课程当中，作为课程中的一项任务，并通过成绩管理系统随时查看任务的完成情况。</p> <p>1.3 在线实验系统</p> <p>在线实验系统包含教师的实验上传、学生申请实验、</p>					
--	--	--	--	--	--	--

	<p>进行实验、教师批改实验报告、教务管理实验及实验成绩等功能。</p> <p>1.4 基础软硬件及接口</p> <p>底层存储服务软硬件主要保障系统运行所需的数据存储、调用、查阅等服务，还保障关键数据的安全，在数据库备份、恢复方面支持包括数据库自动备份、异地容灾备份以及紧急恢复等各种功能，数据库还具备SQL 数据防注入功能，平台操作登录内容可追溯，保障平台的安全运行。配套安装所需的数据管理软件。</p> <p>设备接口按照《国家虚拟仿真实验教学项目技术接口规范 2020 版》的规范完成接入，并提供以下服务：</p> <p>1) 接口调用完整准确</p> <p>通过教学管理系统进入实验教学项目，一直到完成实验的整个周期中，可在正确的时间节点分别调用用户识别、实验操作状态及实验结果数据的回传等，能确保每个接口调用的成功，及上传记录的完整，做到不遗漏不重复。</p> <p>2) 访问顺畅体验友好</p> <p>通过教学管理系统前往实验教学项目时，在完成身份识别和用户认证后，可自动进入到实验项目的页面，</p>					
--	---	--	--	--	--	--

	<p>避免强制用户填写额外信息或进行其他不必要的操作，并在明显位置准确显示当前用户信息，完成实验时显示实验结果、提示用户实验数据上传至实验空间等。</p> <p>3) 实验数据真实有效</p> <p>实验数据的记录确保真实有效，返回的各项数据需要符合做实验的实际情况，实验报告的内容客观准确，无利用技术手段上报虚假实验记录。</p> <p>主要指标要求：</p> <p>1)校级门户页可根据需求定制，主要包含资讯轮播图、推荐项目、新闻公告、应用排行、活动专题等模块，可由管理员在后台自定义内容和排列顺序。</p> <p>2)平台配有活动专题功能，管理员用户可根据不同维度自定义配置活动专题供学生浏览和使用，所有活动专题均在后台进行统一配置，活动专题内包含的实验项目数量不限，形式不限。</p> <p>3)系统将自动统计平台内所有实验的实验人次、好评人次、点赞人次，并据此汇总形成月排行榜和总排行榜，月排行榜每月自动更新排序。</p> <p>4)管理员可自定义本校的组织架构，支持至少 3 级组</p>					
--	--	--	--	--	--	--

	<p>织架构定义（机构、院校、班级），同时可向下任意扩展，组织架构可与用户数据、资源数据形成关联与联动。管理员可以对机构、学院、专业、班级等进行新增、删除、修改和查询与相关信息的维护。</p> <p>5) 支持用户数据的增、删、改、查，平台提供用户批量导入模板，支持用户模板批量导入。同时，支持将指定用户设置为教务管理员、教师，学生用户角色，并且角色也可以根据需求进行添加，给不同的角色配置不同的功能权限、使用界面和使用模块。</p> <p>6) 用户可以对自己的账户进行维护和修改密码。密码设置强度为 8-20 位，需包含大写字母、小写字母、数字和特殊字符，对用户的信息进行严谨保护和保障。</p> <p>7) 在线实验能够兼容 web 版、pc 版和链接版实验，对于 web 版软件和本地安装的虚拟仿真 PC 版实验均可实现网页启动和统一在线管理的功能，链接版实验可直接跳转启动。</p> <p>8) 提供云仿真三维渲染平台和底层计算服务平台，支持云端打开实验，且具有排队等待功能。</p> <p>9) 底层计算服务平台具有完全自主版权或合法使用授权，要求提供能源与动力等多学科领域系统仿真和图</p>					
--	---	--	--	--	--	--

	<p>形化自动建模功能，支持学生基于平台进行动力循环系统仿真建模计算，支持自定义模块库，在编辑状态下，用户可自行增加设备模块库，设备元件库中的代码支持学生进行查阅、修改的功能。</p> <p>10) 底层计算服务平台提供通用热力系统模块，包括常用的泵、阀门、管道、换热器，支持多种工质的选用，包括水、蒸汽、油等，并提供通用热力系统仿真模块编制的教程和案例。模块本身要求是标准的、经过预测试的、严格的动态数学模型。</p> <p>11) 底层计算服务平台建模平台具备针对用户搭建系统自动生成流体网络平衡算法源代码的功能。遵循流体网络定义规则的系统内置模块和用户自定义模块，在系统搭建后，自动生成的遵循能量、质量和动量守恒定律的仿真系统数学模型源代码。</p> <p>12) 用户可对实验进行提问，用户可以在个人中心查看自己发起的提问和参与的回答，提问发布后，教师及其他学生用户均可对问题进行回复。提问和回复均可添加视频和图片对提问内容进行补充。</p> <p>13) 教师可以在后台对用户发起的提问答疑和回复情况进行统一管理，可对提问答疑进行统一审核、删除、</p>					
--	--	--	--	--	--	--

	<p>回复和进行数据统计。</p> <p>14) 学生可以根据自己对实验的学习体验情况对实验和教师的指导给予评分和评价，评价中可以添加视频和图片，系统会根据星级综合计算实验的星级。</p> <p>15) 教师工作台配置实验评价管理功能，教师用户可以统一管理用户的评价，并进行删除和回复等操作，并且系统会自动统计综合评分、好评率和近一周、一个月、半年。</p> <p>16) 课程资源类型需包括常用办公文件(word、excel、ppt、pdf、txt 等)、图片、视频、音频、数字模型文件等，可以在线浏览并做笔记，相关内容存储在平台中方便学生复习。对于开放下载权限的资源，学生还可下载后学习。学习过程中可对课程资源进行评价、收藏等，平台需记录学生学习情况。</p> <p>17) 平台对课程资源的限制中：视频文件不小于 500M，PPT 不低于 50M，其他类型文件需满足常规需求。</p> <p>18) 教师能够查看学生对实验资料的学习情况，包括：资料浏览量、下载量和学习次数。数据表单可以根据不同的班级进行筛选，学习报表支持下载。</p> <p>19) 平台中的实验、资料和笔记等内容可以进行收藏</p>					
--	--	--	--	--	--	--

	<p>操作，收藏后在用户个人中心汇总。可以自定义收藏夹，对收藏的资源进行分类，可以将已经收藏的资源移动至收藏夹内，也可对收藏夹进行重新编辑，收藏夹下的资源不受到影响。</p> <p>20) 所有用户均配置个人中心系统，所有用户可在个人中心系统中查看自己参与的实验、自己参与的讨论、自己对实验的评价、自己在学习过程中产生的实验笔记、收藏的资源等个性化数据，供用户查看自己的学习轨迹。</p> <p>21) 平台可根据用户参与实验的记录自动生成实验记录表单，并且可通过实验成绩区间和成绩进行筛选操作，同时，可根据实验记录自动生成实验统计结果，结果包含但不限于：实验总次数、平均分、综合评级、实验平均时长、最高分、最低分、最长用时、最短用时、报告提交次数等，系统可根据用户的学习数据自动生成学生关于实验的成长轨迹曲线。</p> <p>22) 可在学习实验资料的过程中记录笔记，在打开实验资料学习界面时，系统将自动加载用户之前针对该实验资料记录的笔记，此时就可在之前的笔记基础上对笔记进行编辑和修改操作，学生用户记录的在线笔</p>					
--	--	--	--	--	--	--

	<p>记可提交进行公开发布。</p> <p>23) 所有提交公开发布的笔记需要经过教师审核，教师可在教师工作台对提交的笔记进行审核，并对需要公开的笔记进行评级，等级包括：优秀、合格和不合格三级。</p> <p>24) 教师可根据不同的实验配置不同类型的模块，模块类型包括但不限于：图文型、实验资料型、讨论型、记录型、评价型，以上模块可任意组合，并且可以改变展示的先后顺序。</p> <p>25) 教师可查看班级下学生对实验的学情数据统计，包括班级下学生的实验次数、实验总时长、平均分、最高分、最低分，平均用时、综合得分、综合评价、实验报告以及单个学生学习的成长曲线。</p> <p>26) 教务管理员用户可管理全部的虚拟仿真实验并对每个虚拟仿真实验进行审核，对于不符合规定的课程和实验进行强制禁用，维护平台的持续运营和内容安全。</p> <p>27) 教务管理员可以维护实验资源的展示信息包括：名称、所属专业、负责教师、实验封面、介绍视频、引导视频、实验简介、实验评级和类型、联系电话、</p>					
--	---	--	--	--	--	--

	<p>实验原理和实验要求等信息进行添加，并可上传实验软件资源等。</p> <p>28) 教师若需建设新的实验，需提交新课申请，教务管理员则需对实验资源和实验内容等进行审核，申请通过后，教师即可对实验进行进一步的配置。在审批过程中，教务管理员可拒绝建设不合理的实验，并提出拒绝意见或整改意见，教师完成整改后再申请上线。</p> <p>29) 管理员可以对平台内的资源进行审核功能，可以删除不当或无用信息，对于合格的资源审核通过后，其他用户则可进行实验和学习。</p> <p>30) 管理员可以设置实验资源是否对外开放共享，并设置实验的权限和状态，若实验资源不对外开放共享，用户则只能浏览实验的基本信息，不能对实验进行操作。</p> <p>31) 平台中内置实验报告撰写功能，在完成实验后，可提交实验报告，报告分为三种形式：模板型、自主撰写型和文档上传型，学生可根据实验负责教师的要求在规定时间内完成实验报告的撰写工作并提交教师批阅。实验报告可根据用户的需求设置模板的内容，预留必要的元素位置。</p>					
--	---	--	--	--	--	--

	<p>32) 平台内置实验报告批改功能，教师可根据学生提交的实验报告内容进行批改，批改包含批语和评分。也可以支持实验报告上传 pdf，支持 pdf 在线浏览和批改。可以批量导出实验报告，在本地查看。</p> <p>33) 教师可以根据不同实验的难度设置综合成绩的标准，包括报告成绩权重、操作成绩权重、作业考试权重等。可根据成绩设定优秀、良好、及格和不及格的成绩区间，系统将根据设定的标准自动判定用户的综合成绩，并生成成绩区间分布曲线。</p> <p>34) 实验成绩可根据班级为单位或实验为单位进行统计，实验成绩发布后，学生可在个人中心查看实验成绩、报告成绩和实验报告的批改情况。实验成绩支持批量下载实验成绩报表。</p> <p>35) 平台提供系统的管理功能，包括日志管理、用户管理、栏目管理、内容管理、消息通知。</p> <p>36) 平台采用 B/S 架构设计，当不同身份登录平台时，不同身份具有不同的操作权限，保证了平台信息的安全并能够满足学校协同办公的需求。</p> <p>37) 平台以实验课程教学过程和虚拟仿真实验中出发，将学生学习行为数据、教师教学行为数据、学校教育</p>					
--	---	--	--	--	--	--

	<p>管理及教学资源数据统一保存和管理形成教学全过程大数据库。通过数据预处理，数据处理与分析和数据可视化全流程，形成图表和数据的形式对不同权限的用户展现不同的数据形式。</p> <p>38) 平台提供统一的标准数据对接接口，可以将学校现有的和本项目实验资源集成到平台上，平台提供第三方实验资源集成接口标准，第三方根据此接口标准规范与平台完成集成，实现实验资源统一管理。</p> <p>39) 统一身份认证系统是本平台对所有软件使用统一的接口，对接入平台进行身份认证，避免二次登录，实现一次登录，就可以进入所有权限。</p> <p>40) 在平台完成虚拟仿真实验后，可通过接口将实验步骤的名称、开始时间、结束时间、成绩、操作次数、知识点和步骤评价数据等回传至平台，平台可获取数据后统计步骤数据是否正确并查看得分详情数据。</p> <p>41) 按照《国家虚拟仿真实验教学课程技术接口规范（2020版）》（简称接口2.0）要求，与教育部实验空间（ilab-x.com）进行数据对接，可传递实验成绩、实验报告、实验开始时间、实验结束时间、实验时长数据、实验步骤数据。突出网络应用技术对于底层核</p>					
--	---	--	--	--	--	--

		<p>心仿真度的支撑作用,需要具备基于网站平台运行的,可以与教育部实验空间(ilab-x.com)正常对接的,包含机理性数据底层算法支撑(包含物性库,流体网络、控制系统算法,仿真支撑平台作为后台支撑)的虚拟仿真实验项目的实现技术。要求数据底层计算在服务器端运行,数据传输量不低于200个数据,并发数不低于100。</p> <p>42) 虚拟仿真实验教学项目管理与共享平台符合《信息安全等级保护管理办法》中二级等保的相关要求。所有日志保存6个月以上。平台强制口令复杂度要求,需有密码复杂度检查模块。平台需设置有效的手段防止暴力破解。平台需设置账号锁定策略。平台需设置相关策略保护用户敏感信息。平台需具有完备的权限管理机制,禁止逻辑越权攻击。</p> <p>43) 可保障在线学习人数不少于1000人,兼容所有主流浏览器。</p>					
22	仿真大平台 配套设备	<p>以下所有产品均需投报品牌型号</p> <p>1、货物名称:高性能服务器及分布式处理系统</p> <p>(1) 高性能服务器</p> <p>数量: 1台</p>	1套				

		<p>参数如下：</p> <p>CPU：金牌 1 颗 6226R；</p> <p>16 核 32 线程；</p> <p>主频 2.9G； 64G 内存；</p> <p>512GSSD+4THDD；</p> <p>显卡： RTX5000-16G 独显；</p> <p>内存： 512G +4TB 硬盘</p> <p>键盘鼠标；</p> <p>显示器： 27 寸、2K IPS 75Hz 4ms</p> <p>（2）分布式处理系统</p> <p>处理端口数量： 40个</p> <p>参数如下：</p> <p>显示器 1.CPU： Intel i7-12700 12 代及以上； 2. 主板： Intel 670 及以上芯片组； 3. 内存： 不低于 16G*1， DDR4， 3200MHz； 4. 硬盘： 不低于 1T SATA 7200RPM 机械硬盘+256G 固态硬盘； 5. 显卡： ≥4G NVIDIA 独立显卡；6. 插槽： ≥2 个 M.2 接口； 1 个 PCI， 1 个 PCIeX1， 1 个 PCIeX16； 7. 网卡：集成 10/100/1000 自适应网卡；</p> <p>8. 接口： ≥8 个 USB 接口； PS/2 接口； 1 个 VGA ； 1 个 HDMI ； 1 个 RJ-45； 1 个串口； 电源接口； 1 个</p>					
--	--	--	--	--	--	--	--

	<p>音频线路输入；1 个音频线路输出；1 个麦克风/耳机组合插孔；9. 机箱：标准立式机箱；10. 电源：$\geq 260W$ 高效电源, 能效比大于等于 90%，高效防雷电源；11. 显示器：数量 1 台，≥ 21.5 英寸宽屏 16:9) 低蓝光液晶显示器，分辨率：1920*1080，支持 VESA 支架，支持 VGA 和 HDMI 接口配（附）件的数量及技术要求（详细内容）：配标准防水键盘、USB 光电鼠标；技术文件、资料的要求：中文说明书、产品彩页软件要求：预装正版 WINDOWS11 系统安装、调试及所需材料、工具等：供应商负责在指定地点安装调试</p> <p>2、产品名称：桌椅（40 套）</p> <p>（1）单人桌 40 个，椅子 40 个，桌子参考尺寸：1000mm*600mm*750(长*宽*高)；2. 桌体为冷轧钢，钢板厚度≥ 1.5 毫米，二氧化碳保护焊工艺制作，表面经酸洗、磷化防腐防锈等处理后环保静电喷塑；3. 桌面：采用 25mm 厚优质环保三聚氰胺双饰面板，封边条封边，厚度$\geq 2mm$；4. 结构设计：钢木结构（除桌面外的部分全为钢结构），每个工位桌面留有穿线孔，不需要键盘抽屉；5. 钢脚：钢脚厚度$\geq 1.5mm$，钢脚经除锈等处理后环保静电喷塑；6. 带机箱移动托盘；椅子</p>					
--	--	--	--	--	--	--

	<p>1. 规格 (<长*宽*高>mm): 约 635*600*960;2. 面料: 采用网布面料, 防磨防污性好; 面料中的甲醛含量和可分解致癌芳香胺染料的含量符合 GB18401-2010《国家纺织产品基本安全技术规范》的要求;3. 辅料: 采用海绵, 密度大于 30kg/m³, 回弹率好;要求海绵颜色均匀、无大于 6mm 对穿孔、无污染、无刺激性气味;4. 坐垫内板: 采用胶合板; 厚度不低于 12mm;5. 脚架: 采用弓形钢脚, 脚架经过酸洗、磷化、防锈处理。在接触人体或收藏物品的部位无毛刺、刃口、棱角。涂料为热固性粉末喷塑, 耐磨, 经过除锈, 防腐处理。表面平整光滑不起泡。 安装、调试及所需材料、工具等: 供应商负责在指定地点安装调试</p> <p>3、室内 led 大屏 (1 套)</p> <p>技术参数:</p> <p>(1) 室内 P2.0 全彩屏 (320*160)</p> <p>屏体尺寸: 屏宽 5.12 米*屏高 2.4 米</p> <p>屏体分辨率: 宽 2560*高 1200=3072000 点</p> <p>(2) LED 接收卡 1 宗</p> <p>(3) 二合一视频处理器 (带载 650 万) 1 台</p> <p>(4) LED 专用电源 1 宗</p>					
--	--	--	--	--	--	--

	<p>(5)无线投屏系统 1套</p> <p>(6)户内屏体钢结构 13平方米</p> <p>(7)20KW-LED 智能配电箱 1个</p> <p>(8)LED 多功能卡 1张</p> <p>(9)电子屏安装配套辅材 13平方米</p> <p>(10)1米网络设备机柜 1个</p> <p>4、MR 头盔(2套)</p> <p>参数如下:</p> <p>光学系统: 透视全息透镜(波导);</p> <p>全息密度\geq2.5K 辐射点; 基于眼睛位置的 3D 显示优化。</p> <p>分辨率: 2K。</p> <p>跟踪系统: 4个可见光摄像头;</p> <p>眼动跟踪系统: 2台红外摄像机;</p> <p>深度跟踪系统: 深度传感器;</p> <p>IMU: 加速度计, 陀螺仪, 磁力传感器 ;</p> <p>前置相机: 8MP 静止图像, 1080p 视频 ;</p> <p>手势跟踪: 双手全关节跟踪 ;</p> <p>语音识别: 语音交互 ;</p> <p>5、VR 头盔、手柄(10套)</p>					
--	--	--	--	--	--	--

		参数如下： 分辨率：4320*2160 视场角：105 度 像素密度：1200PPI 刷新率：90Hz 屏幕材质：LCD 机身存储：256GB 运行内存：8GB					
--	--	---	--	--	--	--	--