

机械工程基础三维虚拟实训教学模块（5个）

机械机构组合与组合机构设计选型虚拟仿真实训
减速箱齿轮传动系统设计虚拟仿真实训
二维轮廓类零件数控铣削加工虚拟仿真实训
阶梯轴类零件数控车削加工虚拟仿真实训
数控加工工艺过程基础实训技能 3D 交互式仿真

机电控制基础系统三维虚拟实训教学模块（5个）

阀芯装配工作站虚拟仿真实训
阀体装配工作站虚拟仿真实训
卡簧机气密测试工作站虚拟仿真实训
摆盘工作站虚拟仿真实训
典型液压回路的搭建与液压传动 3D 交互式仿真

工业机器人应用技术基础三维虚拟实训教学模块（3个）

工业机器人分类、机构运动、坐标系基础 3D 交互式仿真
PCB 板卡组装工作站装调教学场景虚拟仿真验证交互式应用
平面磨削上下料工作站编程与操作场景虚拟仿真验证交互式应用

（12）机械工程基础三维虚拟实训教学模块技术要求

序号	功能需求描述	详细技术要求
1	机械机构组合与组合机构设计选型虚拟仿真实训	<p>须完成机械机构参数化设计与组合机构设计选型库的建设，机构应包括：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 连杆机构 2. 曲柄摇杆机构 3. 双曲柄机构 4. 双摇杆机构 5. 齿轮机构 6. 凸轮机构 7. 齿轮-凸轮机构 8. 凸轮-连杆机构 9. 齿轮-连杆机构 <p>设计选型库建设技术要求</p> <p>平台须具备在线建模、仿真、动画展示等功能。</p> <p>可以在线构建机构零件的 3D 模型，同时，确保几何形状和尺寸精度。</p> <p>齿轮传动：须创建齿轮模型，设定齿轮模数、齿数、压力角等参数。</p> <p>凸轮机构：须绘制凸轮和从动件的轮廓，设定运动曲线。</p>

序号	功能需求描述	详细技术要求
		<p>连杆机构：须创建连杆和连接点，设定长度和角度。</p> <p>须提供在线齿轮等标准件机构库，可以快速查找选用所需结构标准件。</p> <p>须在线将各零件组合成完整的装配体，并确定各部分之间的配合关系。</p> <p>齿轮传动：可以设定主动齿轮的旋转速度和方向，添加从动齿轮的运动约束。</p> <p>凸轮机构：可以设定凸轮的旋转运动，从动件的跟随运动。</p> <p>连杆机构：可以设定连杆的固定点和运动点的路径。</p> <p>须在运动学仿真中定义各个零件之间的运动约束，如旋转和滑动</p> <p>边界条件：设定固定部件的位置和约束条件。</p> <p>须可以进行在线虚拟装配仿真，检查零件之间的干涉和配合情况。</p> <p>须在线进行动态仿真，验证机构的目标性能，并可调整设计参数以满足要求。</p> <p>在满足机构运动规则的前提下，可以在线任意组装连杆、凸轮、齿轮等机构，并满足目标要求。</p> <p>在不同机构之间可以快速切换，并呈现其不同运动状态。</p> <p>协同工作：实现团队成员协同工作，实时共享设计数据和反馈。</p>
2	减速箱齿轮传动系统设计虚拟仿真实训	<p>须构建齿轮传动系统设计选型库，内容包括：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.直齿轮传动系统 2.斜齿轮传动系统 3.锥齿轮传动系统 4.蜗轮蜗杆传动系统 5.行星齿轮传动系统 <p>须同时构建单级和多级减速齿轮箱壳体模型库</p> <p>模型库建设要求：</p> <p>须在线完成不同齿轮传动系统设计案例，确保几何形状和尺寸精确。</p> <p>齿轮模型：创建不同类型的齿轮（直齿轮、斜齿轮等），设定齿数、模数、压力角、齿宽等参数。</p> <p>齿轮箱模型：创建齿轮箱壳体，设定安装位置和固定点。</p> <p>须在线将各零件组合成完整的装配体，并确定各部分之间的配合关系。</p> <p>运动约束：可以为齿轮添加旋转运动约束，设定主动齿轮的旋转速度和方向。</p>

序号	功能需求描述	详细技术要求
		<p>齿轮啮合：可以确保齿轮对的正确啮合，设置齿轮间的中心距和啮合条件。</p> <p>边界条件：可以设定齿轮箱壳体的固定位置和约束条件，确保齿轮系统在工作时稳定。</p> <p>运动仿真：可以进行在线运行仿真计算，观察齿轮系统的运动情况。</p> <p>动画展示：可以生成动画，直观展示齿轮的啮合过程和齿轮箱的工作机制。</p> <p>可快速在不同类型齿轮传动系统中切换，并展示其传动性能。</p> <p>模型可视化效果：模型能够清晰展示齿轮箱各部件的结构、运动和相互作用关系，以便学生直观地了解其工作原理。</p> <p>交互性：可以使学生能够通过交互式操作来改变齿轮箱的参数，例如调整齿轮的齿数、模数，改变输入功率和转速等，以便他们能够理解不同参数对系统性能的影响。</p> <p>模型复杂度：允许学生根据教学需要调整模型的复杂度，从简单的模型到复杂的模型，以满足不同学习阶段和需求的教学目标。</p> <p>协同工作：实现团队成员协同工作，实时共享设计数据和反馈。</p>
3	二维轮廓类零件数控铣削加工虚拟仿真实训	<p>须实现从 Web 浏览器端登录访问，进行数控铣削加工工艺过程的全 3D 过程仿真。</p> <p>须围绕数控铣工岗位职业能力培养需求，实现数控铣削程序编制、代码自动生成以及仿真调试，同时支持 2D 零件图纸的绘制、分析及 3D 参数化建模。</p> <p>数控加工仿真功能须与三维 CAD 建模软件实现无缝集成，实现便捷的待加工工件模型导入、参数化编辑修改、模型重新设计以及数控编程加工状态切换。</p> <p>须支持典型孔、凸台、凹槽、螺纹等特征的自动特征识别和交互式特征识别两种方式，同时快速应用 CAD 模型特征的材料类型和几何体。</p> <p>须能够快速全面仿真数控机床的加工过程：从手工编程、毛坯准备、刀具准备、刀具安装、基准对刀、工件安装和虚拟数控加工的全过程。且生成的 NC 代码须提供常用数控系统的后置处理器。</p> <p>须支持机床定义，毛坯模型定义与编辑，加工特征自动识别、特征参数自动提取、特征参数编辑以及交互式特征自定义、可编辑，同时自动生成并模拟刀具路径，生成 NC 代</p>

序号	功能需求描述	详细技术要求
		<p>码，以及输出后处理刀具路径程序。</p> <p>须支持 2/2.5/3 轴机床定义，毛坯模型定义与编辑，定义铣床的夹具坐标系，加工特征自动识别、特征参数自动提取、特征参数编辑以及交互式特征自定义、可编辑，同时自动生成操作计划和刀具路径，可编辑和模拟自动生成的刀具路径，支持步进功能，生成 NC 代码并可以后置处理输出。</p> <p>须实现外形铣削：须能按照 2D 和 3D 曲线进行三维空间曲线沿线加工，适用于模型的倒角或其他加工。</p> <p>槽加工：须支持全封闭、开放式及岛屿的加工，提供铣平面、清角及残料加工功能。可斜线及螺旋式入刀、退刀。允许斜壁及不同高度、斜度的岛屿，可面铣岛屿。</p> <p>基于特征的加工：须具有自动识别实体形状的功能，根据材料定义，自动调取刀具，创建最佳的刀具路径。</p> <p>基于特征的钻孔：须具有进行自动孔特征识别、孔直径过滤、孔台阶过滤、自动识别孔深度及人工进行孔特征的删减等操作，可以完成不同深度、不同台阶的孔加工的功能。</p> <p>须提供工艺知识库管理功能，且满足以下要求：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.机床刀具的定义和选择 2.刀具库的定义和选择 3.切削刀具和刀夹的定义和选择 4.加工方法的确定 5.速度和进给条件的定义 <p>须提供铣削加工常用铣刀库管理和参数定义，如用于中心钻孔、普通钻孔、铰孔、镗孔、沉孔等操作的点对点刀具；如平端铣刀，球头铣刀，面铣刀，圆角铣刀，带锥度各类铣刀；如燕尾、键槽、倒圆角铣刀等成型铣刀；如切削、滚压工艺攻丝螺纹刀，单头、多头螺纹铣刀等。</p> <p>须提供刀具装夹定义详细参数如刀具、刀夹、装夹类型，规格，顶部，底部直径等各类详细参数定义</p> <p>须以二维轮廓类零件为加工案例，完成刀具补偿原理与指令的了解，子程序的编制，对刀，程序调试，正确操作待加工零件，控制零件加工精度等。</p> <p>须可以允许自由调整二维轮廓零件的铣削加工工艺，自己编制或通过自动生成 NC 代码方式编写加工程序，同时，完成切削用量的选择，加工过程相关参数定义。</p>
4	阶梯轴类零件数控车削加工虚拟仿真实训	<p>须实现从 Web 浏览器端登录访问，进行数控车削加工工艺过程的全 3D 过程仿真。</p> <p>须围绕数控车工岗位职业能力培养需求，实现数控铣削程序编制、代码自动生成以及仿真调试，同时支持 2D 零件图纸的绘制、分析及 3D 参数化建模。</p> <p>数控加工仿真功能须与三维 CAD 建模软件实现无缝集成，</p>

序号	功能需求描述	详细技术要求
		<p>实现便捷的待加工工件模型导入、参数化编辑修改、模型重新设计以及数控编程加工状态切换。</p> <p>须支持典型孔、凸台、凹槽、螺纹等特征的自动特征识别和交互式特征识别两种方式，同时快速应用 CAD 模型特征的材料类型和几何体。</p> <p>须提供传统粗车、精车、螺纹加工、径向车削、钻孔、镗孔等加工编程功能外，还需具有切入车削刀路和全向车削方式刀路。其中切入车削刀路可以将径向切入和车削动作一次完成，提高加工效率。</p> <p>可根据工件形状提供多种粗加工策略，提供倾角选项，设置圆弧切入角度和第二进给率；精加工开启向下切削选项，提供多种精加工策略，走刀方式可交替往返或是根据串联方向改变。</p> <p>须具有动态粗车模式。可规划高硬材料高效粗车加工路径，路径动态变化，刀具保持最大切削接触面积，使切削力分布均匀，断屑效果良好，并能提高刀具的使用寿命，节约循环时间。</p> <p>须具有可自定义刀具库及材料库，适应各种型号的车削刀具、材料，并能自动设置合适的加工参数。</p> <p>须能自动计算毛坯的翻转、截断、传递等操作，以及尾座、顶尖、跟刀架的使用，提高加工过程的自动化程度。</p> <p>须提供工艺知识库管理功能，且满足以下要求：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.机床刀具的定义和选择 2.刀具库的定义和选择 3.切削刀具和刀夹的定义和选择 4.加工方法的确定 5.速度和进给条件的定义 <p>须支持常用单卡盘车削工艺参数定义，如主轴，坐标系，进给，塔台，刀具库等</p> <p>须支持各类车削加工过程中常用刀具、刀夹和装夹的详细参数定义，如六角刀片，三角形刀片，菱形刀片，切槽刀片等；刀夹，刀具装配，攻丝等如刀杆类型、刀杆直径、轴肩直径、切削方向、攻丝钻削直径、刀杆长度、凹槽长度、轴肩长度、伸出长度、刀具材料等各类详细参数定义</p> <p>须以阶梯轴类零件为加工对象，完成数控车削加工工艺实训操作过程虚拟仿真，并实现机床正反转、刀架转动、各轴的移动等常用加工操作。</p> <p>须覆盖数控机床坐标系定义，工件坐标系定义，坐标系与机床运动方向等基础知识技能操作。须包含工件坐标系定义与常用对刀操作功能。</p>
5	数控加工工艺过程基础实训技能 3D 交互式仿真	<p>须以三维方式呈现数控加工工艺教学过程中重难点知识点</p> <p>须包含以下数控铣削加工工艺教学知识点</p>

序号	功能需求描述	详细技术要求		
		模块名称	资源分类	教学知识点
		模块 1-职业素养	001_职业素养	主要讲解程序的处理、工量具的摆放、维护与保养
		模块 2-机床介绍	001_数控铣床的认识及组成	主要讲解南通机床的外部结构与内部结构
			002_数控铣床的面板介绍	南通机床的面板显示区、操作区与控制面板的介绍
			003_数控铣床的基本操作	包含数控铣床的开机、回零、关机
			004_程序的编辑和运行	讲解程序的组成结构、查找方法、字的查找与插入、MDI 方式及程序的输入方法
		模块 3-指令介绍	001_插补指令	包含 G00/G01/G02/G03 指令格式介绍、功能介绍、指令说明介绍及动画模拟过程
			002_极坐标指令	包含 G15/G16 指令格式介绍、功能介绍、指令说明介绍及动画模拟过程
			003_半径补偿指令	包含 G40/G41/G42 指令格式介绍、功能介绍、指令说明介绍及动画模拟过程
			004_旋转指令	包含 G68/G69 指令格式介绍、功能介绍、指令说明介绍及动画模拟过程
			005_钻孔指令	包含 G80/G81 指令格式介绍、功能介绍、指令说明介绍及动画模拟过程
			006_坐标	包含 G90/G91 指令格式介绍、功能介绍、指令说明介绍及动画模拟过程
			007_子程序指令	包含 M98/M99 指令格式介绍、功能介绍、指令说明介绍及动画模拟过程
			008_缩放指令	包含 G50/G51 指令格式介绍、功能介绍、指令说明介绍及动画模拟过程
			009_镜像指令	包含 G50.1/G51.1 指令格式介绍、功能介绍、指令说明介绍及动画模拟过程
			010_倒角	包含指令介绍及动画模拟过程
		模块 4-刀具装夹	001_刀具装夹	铣刀的正确安装与错误示范及爆炸视图的展示

序号	功能需求描述	详细技术要求				
		模块 5-工件装夹	001_盘类零件安装与找正	盘类零件的安装与找正方法		
			002_板类零件的安装与找正	板类零件的安装与找正方法		
		模块 6-常用对刀方法	001_板—xy 对刀—塞尺法	板类零件 xy 方向塞尺对刀		
			002_板—z 对刀—试切法	板类零件 z 方向试切法对刀		
			003_盘—xy 对刀—百分表法	盘类零件 xy 方向百分表法对刀		
			004_盘—z 对刀—对刀仪	盘类零件 z 方向对刀仪对刀		
		模块 7-典型零件加工	001_六面体	包含指令介绍, 夹具、量具、刀具的准备, 零件图纸、加工程序的展示, 详尽加工过程		
			002_台阶面	包含指令介绍, 夹具、量具、刀具的准备, 零件图纸、加工程序的展示, 简略加工过程		
			003_薄壁件	包含指令介绍, 夹具、量具、刀具的准备, 零件图纸、加工程序的展示, 简略加工过程		
			004_十字腔槽	包含指令介绍, 夹具、量具、刀具的准备, 零件图纸、加工程序的展示, 简略加工过程		
			005_凹圆弧件	包含指令介绍, 夹具、量具、刀具的准备, 零件图纸、加工程序的展示, 简略加工过程		
			006_孔系	包含指令介绍, 夹具、量具、刀具的准备, 零件图纸、加工程序的展示, 简略加工过程		
			007_综合零件加工	包含零件加工的完整过程, 开机、装夹、装刀、对刀、铣平面、钻孔、程序模拟、粗精加工、磨耗计算、关机		
		须包含以下数控车削加工工艺教学知识点				
				模块名称	资源分类	教学知识点
				模块 1-机床介绍	001_数控车床面板介绍	展示数控车床的组成结构, 通过交互动画展示机床主体部分的运动方式; 可点击操作面板部分的常用按钮, 并通过动画演示按钮功能。
				模块 2-数控车刀	001_外圆车刀-左偏刀	展示外圆车刀-左偏刀结构, 详细介绍车刀的刀片·安装方法及对刀操作的注意事项并简单介绍刀杆的安装方法。
		002_外切槽刀	展示外切槽刀结构, 详细介绍车刀的刀片安装			

序号	功能需求描述	详细技术要求		
				方法及对刀操作的注意事项。
			003_内镗孔刀	展示内镗孔刀结构，详细介绍车刀的刀片安装方法及对刀操作的注意事项。
			004_外螺纹刀	展示外螺纹刀结构，详细介绍车刀的刀片安装方法及对刀操作的注意事项。
			005_内切槽刀	展示内切槽刀结构，详细介绍车刀的刀片安装方法及对刀操作的注意事项。
		模块 3-基本操作	001_工件装夹与掉头装夹	介绍普通轴类零件毛坯在三爪卡盘上的装夹方法；掉头装夹的操作方法及注意事项
			002_刀具安装高度	介绍回转中心和刀尖高度的基本概念，通过车削端面原理讲解刀具安装高度的原理，并分别介绍安装错误的时候会对工件表面产生何种影响
			003_卡盘卡爪与刀座的安装	介绍卡爪调节的方法，并详细说明对牙的操作方法；常用刀座的在后置刀架上的安装方法
		模块 4-常用指令	001_G00、G01 直线插补指令	直线插补指令的程序格式、基本概念及轨迹模拟动画
			002_G02、G03 圆弧插补指令	圆弧插补指令的程序格式、基本概念及轨迹模拟动画
			003_G70、G71、G73 轮廓循环指令	轮廓循环指令的程序格式、基本概念及轨迹模拟动画
			004_G40、G41、G42 刀尖半径补偿	刀尖半径补偿的概念、刀尖方位角、程序格式、过切少切原理
			005_G74、G75 切槽加工指令	切槽加工指令的程序格式、基本概念及轨迹模拟动画
			006_G76、G92 螺纹加工指令	螺纹加工指令的程序格式、基本概念及轨迹模拟动画
		模块 5-精度控制	001_外圆和长度	通过加工实例介绍外圆加工的直径尺寸及长度方向尺寸的精度控制方法
			002_内孔孔径	通过加工实例介绍内孔加工的直径尺寸及长度方向尺寸的精度控制方法
			003_轴_2.1.1-加工动画	介绍该典型轴类零件 2.1.1 的加工过程中主

序号	功能需求描述	详细技术要求		
				要尺寸的精度控制原理及相关操作方法
			004_轴_2.1.2-加工动画	介绍该典型轴类零件2.1.2的加工过程中主要尺寸的精度控制原理及相关操作方法
			005_盘_2.2.1-加工动画	介绍该典型盘类零件2.2.1的加工过程中主要尺寸的精度控制原理及相关操作方法
			006_盘_2.2.2-加工动画	介绍该典型盘类零件2.2.2的加工过程中主要尺寸的精度控制原理及相关操作方法
		模块 6-加工工艺	001_加工工艺动画 1.1.8	展示指定图纸 1.1.8 中级工考工零件的完整加工流程及操作要点
			002_加工工艺动画 2.1.3	展示指定图纸 2.1.3 中级工考工零件的完整加工流程及操作要点
			003_加工工艺动画 1.2.1	展示指定图纸 1.2.1 中级工考工零件的完整加工流程及操作要点
			004_加工工艺动画 2.2.7	展示指定图纸 2.2.7 中级工考工零件的完整加工流程及操作要点
		模块 7-典型零件加工	001_简单阶梯轴	简介一个简单阶梯轴的完整加工流程，展示从加工准备、零件加工以及角度控制的每一步机床的操作过程
			002_典型盘类零件 2.2.4	整件加工过程，通过完整的三维仿真动画模拟整套零件的加工及操作步骤，其中主要包括：电源开机、伺服上电、急停释放、数据清零、回参考点、调整刀架、安装工件、安装刀具、对刀、编制程序、验证程序、机床回零、零件加工、零件检验、系统关机
			003_典型轴类零件 2.1.2	整件加工过程，通过完整的三维仿真动画模拟整套零件的加工及操作步骤，其中主要包括：电源开机、伺服上电、急停释放、数据清零、回参考点、调整刀架、安装工件、安装刀具、对刀、编制程序、验证程序、机床回零、零件加工、零件检验、系统关机
			004_典型零件	完整加工流程及操作要点，并包含三维交互工

序号	功能需求描述	详细技术要求			
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;"></td> <td style="width: 30%;"></td> <td style="width: 40%;">艺分析模块及交互式模型分析场景。</td> </tr> </table> <p>制作技术要求</p> <p>3D 交互式</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.自适应操作界面； 2.画面不能出现模型错位、组件缺损、跳帧、少帧，无关物体任意位移、缺少等明显漏洞； 3.内容播放过程中纯静态画面停留时间不得超过 4 秒； 4.内容中用到的图片素材，必须清晰，不能有图像过于模糊的现象出现。 5.制作完成的教学资源包应支持 windows7、windows10 系统下的使用。 <p>交互场景设计</p> <ol style="list-style-type: none"> 6.含有直观的菜单界面，用户可以点击选择需要查看的动画（或场景）可进行视角自由切换； 7.动画过程中可以修改场景内对象的材质、颜色、状态，可任意修改注释性文本的文字内容； 8.动画过程中可以任意隐藏、删除不需要的对象，且动画可以正常播放，场景中可以一键快速隐藏界面图标； 9.动画过程中可以自由测量、标注三维模型的实际尺寸，便于用户查询，且动画可以正常播放； 10.支持触控功能，允许在触摸式一体机上手势操控，可进行放大、缩小、旋转视角等操作。 <p>使用要求</p> <ol style="list-style-type: none"> 11.提供安全保护机制，确保所开发资源只开放给指定用户使用，确保资源数据的使用安全 12.具备互动提示按钮 			艺分析模块及交互式模型分析场景。
		艺分析模块及交互式模型分析场景。			

(13) 机电控制基础系统三维虚拟实训教学模块技术要求

序号	功能需求描述	详细技术要求
1	阀芯装配工作站虚拟仿真实训	<p>须搭建阀芯装配工作站，由震动供料系统输送阀芯装配件到转盘式输送机，设计多道工序完成阀芯的转运，装夹，定位，阀芯各类套圈的装配等相关工序的自动化设备的结构设计及参数化调整，伺服电机和传动机构的组合选型，以及外部 PLC 信号控制逻辑输入与生产节拍参数调优等。</p> <p>须完成工作站 2D 布局图，在 2D 布局图中描述设备核心组件的详细尺寸。</p> <p>须完成阀芯芯杆装配相关组件如手感圈、O 型圈等组件的 3D 几何建模。</p> <p>须完成供料单元工作过程的虚拟仿真。振动盘自动送料机，主要由振动盘，送料机构，分料机构，底盘等部件组成，能</p>

序号	功能需求描述	详细技术要求
		<p>将各种小型产品有序的排列出来,对产品进行姿势调整,以达到连续供料,为自动装配设备提供正确的组装配件完成一个产品,或者配合自动加工机械完成产品的加工。</p> <p>须完成阀芯手感圈的装配自动化机构的搭建,建设伺服电机数字化模型库,可以通过参数化特征调整完善几何模型尺寸,可以通过电机控制器任务编程模块完成多类型伺服电机性能参数定义。</p> <p>须完成阀芯 O 型圈的装配自动化机构的搭建,建设伺服传动丝杠导轨机构数字化模型库,可以通过丝杠参数化特征实现丝杠运动行程,以及运动精度的控制。</p> <p>须允许数字样机模型中各设备单元可以在线实时替换,比如气缸替换为电缸,丝杠传动机构替换为齿轮传动机构,同步带传动机构等,实现每道工序中的运动机构重新设计选型替换。</p> <p>须实现从 Web 浏览器端登录访问,进行工作站阀芯装配过程的全 3D 过程仿真。</p>
2	阀体装配工作站虚拟仿真实训	<p>须搭建阀体装配工作站,设计由震动供料系统将阀体由供料筒输送到转盘式输送机,由多道工序完成阀体的转运,装夹,定位,静瓷片的图像识别,以压水圈和密封垫的装配等相关工序的自动化设备的结构与参数化调整,伺服电机和传动机构的组合选型,视觉识别系统的模拟,以及外部 PLC 信号控制逻辑输入与生产节拍参数调优等。</p> <p>须完成工作站 2D 布局图,在 2D 布局图中描述设备核心组件的详细尺寸。</p> <p>须完成阀体外壳装配相关组件如动瓷片、静瓷片、压水圈、密封垫等组件的 3D 几何建模。</p> <p>须完成阀体动瓷片的装配自动化机构的搭建,建设伺服传动丝杠导轨机构数字化模型库,可以通过丝杠参数化特征实现丝杠运动行程,以及运动精度的控制。</p> <p>须允许数字样机模型中各设备单元可以在线实时替换,比如气缸替换为电缸,丝杠传动机构替换为齿轮传动机构,同步带传动机构等,实现每道工序中的运动机构重新设计选型替换。</p> <p>须实现从 Web 浏览器端登录访问,进行工作站阀体装配过程的全 3D 过程仿真。</p>
3	卡簧机气密测试工作站虚拟仿真实训	<p>须搭建阀体阀芯装配卡簧安装与气密性检测工作站,设计由阀体阀芯卡簧装配、电磁阀控制气密性测试等相关工序的自动化设备的结构与参数化调整,伺服电机和传动机构的组合选型,以及外部 PLC 信号控制逻辑输入与生产节拍参数调优等。</p> <p>须完成工作站 2D 布局图,在 2D 布局图中描述卡簧机、气</p>

序号	功能需求描述	详细技术要求
		<p>密性测试机、输送带等设备的详细尺寸。</p> <p>须完成阀体阀芯装配件的卡簧组件的 3D 几何建模</p> <p>须完成电磁阀、气源以及气动组件相关线路的 3D 几何建模，实现以虚映实。</p> <p>须提供可以通过外部 PLC 控制信号变量进行驱动的控制变量，并可以通过通用的 OPC Sever 实现外部信号控制的 VC 虚拟联调实训。</p> <p>须完成卡簧机 1、卡簧机 2 和 O 型圈套装自动化机构的参数化设计以及运动仿真，包含伺服电机数字化模型库建设与设计选项，伺服传动机构如丝杠导轨的参数化设计与选型，卡簧夹爪机构的参数化设计与选型。</p> <p>须允许数字样机模型中各设备单元可以在线实时替换，比如气缸替换为电缸，丝杠传动机构替换为齿轮传动机构，同步带传动机构等，实现每道工序中的运动机构重新设计选型替换。</p> <p>须实现从 Web 浏览器端登录访问，进行卡簧机气密测试过程的全 3D 过程仿真。</p>
4	摆盘工作站虚拟仿真实训	<p>须搭建由工业机器人组成的成品摆盘工作站，通过工业机器人离线编程实现夹爪的搬运、摆盘等工作。</p> <p>须完成工作站 2D 布局图，在 2D 布局图中描述工业机器人、安全围栏、托盘、输送带等组件的详细尺寸。</p> <p>须实现工业机器人设备在运动学仿真、动力学仿真、控制系统仿真等方面的内容，包含运动分析、轨迹和路径规划、离线编程等工业领域应用能力。</p> <p>须实现对工业机器人运动的在线仿真实时控制，通过智能算法简化工业机器人编程操作的复杂程度，不必学习复杂的工业机器人编程语言，只通过简单的软件交互界面即可完成对工业机器人的运动仿真操作。</p> <p>须提供工业机器人工作空间可达性检测功能，考虑在工业机器人设计选型过程中，其工作空间指的是原预定工具坐标系的原点在空间能达到的范围，即手腕端法兰盘中心点在空间所能到达的范围，而不是末端执行器所能达到的范围。</p> <p>须考虑工业机器人设计选型过程中，在工作载荷条件下，单位时间内所移动的距离和转动的角度，即工作速度参数在以虚映实建模过程的体现。须可以在工业机器人加速启动、等速运行和减速制动三个过程的运动特性进行参数定义。</p> <p>须完成工业机器人的 3D 几何建模，支持各自由度运动耦合关系 IK 逆运算，以及完整的控制系统建模实现：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.控制机械臂的运动姿态（即控制相邻两个活动构件

序号	功能需求描述	详细技术要求																							
		<p>的相对位置)</p> <p>2.控制运动速度 (即控制末端执行器运动位置随时间变化的规律)</p> <p>3.控制运动加速度 (即控制末端执行器在运动过程中的速度变化)</p> <p>4.控制机械臂末端执行器的运动位置 (即控制末端执行器经过的点和移动路径)</p> <p>须可以实现通过图形化的任务编程完成常用机器人抓取、释放等常用动作,由内部智能算法自动生成运动轨迹。同时,提供统一的任务管理界面,允许对指定任务进行修改、编辑等操作,实现运动类型,运动方向的定义。</p> <p>须创建全密封式安全围栏 3D 几何模型,阀体阀芯工装夹具托盘 3D 几何模型,带阀体阀芯装配夹具的传送带及限位装置 3D 几何模型。</p> <p>须实现带阀体阀芯装配夹具的传送带机构运动仿真过程,可以为传送带机构建立运动控制器和运动组,由一个逆向运动学装置 (驱动设备) 和多个正向运动学装置 (辅助设备) 组成,集中管控自动化设备与其相关辅助设备的行为。且须满足以下原则:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.在一个运动组中只能包含一个逆向运动学装置。 2.任意数量的正向运动学装置可以包含在一个运动组中。 3.单个正向运动学或逆向运动学装置可以包含在任意数量的运动组中。 4.逆向运动学装置总是运动组中的第一个装置。 <p>须可以通过建立外部控制器信号输入的模式,基于 OPC Server 完成 VC 虚拟联调。</p> <p>须实现从 Web 浏览器端登录访问,进行工业机器人摆盘工作过程的全 3D 过程仿真。</p>																							
5	典型液压回路的搭建与液压传动 3D 交互式仿真	<p>须实现液压回路的 3D 模拟动作状态,包含介质流动效果。须包含液压回路 2D 原理图,在展示知识点的过程中,实现 2D 原理图与 3D 回路图联动的效果。</p> <p>须包含以下基础教学知识点相关内容</p> <table border="1" data-bbox="566 1615 1287 2045"> <thead> <tr> <th data-bbox="566 1615 715 1659">模块名称</th> <th data-bbox="715 1615 884 1659">资源分类</th> <th data-bbox="884 1615 1287 1659">教学知识点</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="566 1659 715 1787" rowspan="2">模块 1-液压传动初步认识</td> <td data-bbox="715 1659 884 1720">液压千斤顶</td> <td data-bbox="884 1659 1287 1720">展示液压千斤顶的组成结构及工作原理</td> </tr> <tr> <td data-bbox="715 1720 884 1787">机床工作台液压传动系统</td> <td data-bbox="884 1720 1287 1787">展示机床工作台的组成结构及工作原理</td> </tr> <tr> <td data-bbox="566 1787 715 2045" rowspan="4">模块 2-液压传动系统的工作原理</td> <td data-bbox="715 1787 884 1848">液压动力元件-齿轮泵</td> <td data-bbox="884 1787 1287 1848">展示齿轮泵的组成结构</td> </tr> <tr> <td data-bbox="715 1848 884 1908"></td> <td data-bbox="884 1848 1287 1908">展示齿轮泵的工作原理</td> </tr> <tr> <td data-bbox="715 1908 884 1968">液压动力元件-单作用叶片泵</td> <td data-bbox="884 1908 1287 1968">展示单作用叶片泵的组成结构</td> </tr> <tr> <td data-bbox="715 1968 884 2045"></td> <td data-bbox="884 1968 1287 2045">展示单作用叶片泵的工作原理</td> </tr> <tr> <td data-bbox="566 2045 715 2045"></td> <td data-bbox="715 2045 884 2045">液压动力元件-双作用叶片泵</td> <td data-bbox="884 2045 1287 2045">展示双作用叶片泵的组成结构</td> </tr> <tr> <td data-bbox="566 2045 715 2045"></td> <td data-bbox="715 2045 884 2045"></td> <td data-bbox="884 2045 1287 2045">展示双作用叶片泵的工作原理</td> </tr> </tbody> </table>	模块名称	资源分类	教学知识点	模块 1-液压传动初步认识	液压千斤顶	展示液压千斤顶的组成结构及工作原理	机床工作台液压传动系统	展示机床工作台的组成结构及工作原理	模块 2-液压传动系统的工作原理	液压动力元件-齿轮泵	展示齿轮泵的组成结构		展示齿轮泵的工作原理	液压动力元件-单作用叶片泵	展示单作用叶片泵的组成结构		展示单作用叶片泵的工作原理		液压动力元件-双作用叶片泵	展示双作用叶片泵的组成结构			展示双作用叶片泵的工作原理
模块名称	资源分类	教学知识点																							
模块 1-液压传动初步认识	液压千斤顶	展示液压千斤顶的组成结构及工作原理																							
	机床工作台液压传动系统	展示机床工作台的组成结构及工作原理																							
模块 2-液压传动系统的工作原理	液压动力元件-齿轮泵	展示齿轮泵的组成结构																							
		展示齿轮泵的工作原理																							
	液压动力元件-单作用叶片泵	展示单作用叶片泵的组成结构																							
		展示单作用叶片泵的工作原理																							
	液压动力元件-双作用叶片泵	展示双作用叶片泵的组成结构																							
		展示双作用叶片泵的工作原理																							

序号	功能需求描述	详细技术要求	
		液压动力元件 -轴向柱塞泵	展示轴向柱塞泵的组成结构
			展示轴向柱塞泵的工作原理
		液压执行元件 -单杆活塞式 液压缸	展示单杆活塞式液压缸的组成结构
			展示单杆活塞式液压缸的工作原理
		液压执行元件 -双杆活塞式 液压缸	展示双杆活塞式液压缸的组成结构
			展示双杆活塞式液压缸在杆固定时 的工作原理
			展示双杆活塞式液压缸在缸固定时 的工作原理
		液压执行元件 -叶片式液压 马达	展示叶片式液压马达的组成结构
			展示叶片式液压马达的工作原理
		液压控制元件 及基本回路- H 三位四通换 向阀	展示 H 三位四通换向阀的组成结构
			展示 H 三位四通换向阀在中位时的 工作原理（整体视图）
			展示 H 三位四通换向阀在左位时的 工作原理（整体视图）
			展示 H 三位四通换向阀在右位时的 工作原理（整体视图）
			展示 H 三位四通换向阀在中位时的 工作原理（局部视图）
			展示 H 三位四通换向阀在左位时的 工作原理（局部视图）
			展示 H 三位四通换向阀在右位时的 工作原理（局部视图）
		液压控制元件 及基本回路- O 三位四通换 向阀	展示 O 三位四通换向阀的组成结构
			展示 O 三位四通换向阀在中位时的 工作原理（整体视图）
			展示 O 三位四通换向阀在左位时的 工作原理（整体视图）
			展示 O 三位四通换向阀在右位时的 工作原理（整体视图）
			展示 O 三位四通换向阀在中位时的 工作原理（局部视图）
			展示 O 三位四通换向阀在左位时的 工作原理（局部视图）
			展示 O 三位四通换向阀在右位时的 工作原理（局部视图）
		液压控制元件 及基本回路-P 三位四通换向 阀结构展示	展示 P 三位四通换向阀的组成结构
			展示 P 三位四通换向阀在中位时的 工作原理（整体视图）
			展示 P 三位四通换向阀在左位时的 工作原理（整体视图）
			展示 P 三位四通换向阀在右位时的 工作原理（整体视图）
			展示 P 三位四通换向阀在中位时的 工作原理（局部视图）
展示 P 三位四通换向阀在左位时的 工作原理（局部视图）			
展示 P 三位四通换向阀在右位时的 工作原理（局部视图）			
液压控制元件 及基本回路-Y 三位四通换向 阀	展示 Y 三位四通换向阀的组成结构		
	展示 Y 三位四通换向阀在中位时的 工作原理（整体视图）		
	展示 Y 三位四通换向阀在左位时的 工作原理（整体视图）		

序号	功能需求描述	详细技术要求	
			展示 Y 三位四通换向阀在右位时的工作原理（整体视图） 展示 Y 三位四通换向阀在中位时的工作原理（局部视图） 展示 Y 三位四通换向阀在左位时的工作原理（局部视图） 展示 Y 三位四通换向阀在右位时的工作原理（局部视图）
		液压控制元件及基本回路-单向节流阀	展示单向节流阀的组成结构 展示单向节流阀的工作原理
		液压控制元件及基本回路-节流阀	展示节流阀的应用场景 展示节流阀的组成结构 展示节流阀的工作原理
		液压控制元件及基本回路-普通单向阀	展示普通单向阀的组成结构 展示普通单向阀的工作原理
		液压控制元件及基本回路-调速阀	展示调速阀的组成结构 展示调速阀的工作原理
		液压控制元件及基本回路-先导减压阀	展示先导减压阀的组成结构 展示先导减压阀的工作原理
		液压控制元件及基本回路-先导溢流阀	展示先导溢流阀的组成结构 展示先导溢流阀的工作原理
		液压控制元件及基本回路-液控单向阀	展示液控单向阀的组成结构 展示液控单向阀在 A 进口油时的工作原理 展示液控单向阀在 B 进口油时的工作原理
		液压控制元件及基本回路-直动溢流阀	展示直动溢流阀的应用场景 展示直动溢流阀的组成结构 展示直动溢流阀的工作原理
		模块 3-液压传动系统实例	展示液压叉车实物及液压回路符号工作原理。
		液压叉车管道连接	展示液压叉车液压回路实物工作原理。
		锅炉门实物与回路	展示锅炉门实物及液压回路符号工作原理。
		锅炉门管道连接	展示锅炉门液压回路实物工作原理。
		<p>制作技术要求</p> <p>3D 交互式</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.自适应操作界面； 2.画面不能出现模型错位、组件缺损、跳帧、少帧，无关物体任意位移、缺少等明显漏洞； 3.内容播放过程中纯静态画面停留时间不得超过 4 秒； 4.内容中用到的图片素材，必须清晰，不能有图像过于模糊的现象出现。 5.制作完成的教学资源包应支持 windows7、windows10 系统下的使用。 <p>交互场景设计</p>	

序号	功能需求描述	详细技术要求
		<p>6.含有直观的菜单界面，用户可以点击选择需要查看的动画（或场景）可进行视角自由切换；</p> <p>7.动画过程中可以修改场景内对象的材质、颜色、状态，可任意修改注释性文本的文字内容；</p> <p>8.动画过程中可以任意隐藏、删除不需要的对象，且动画可以正常播放，场景中一键快速隐藏界面图标；</p> <p>9.动画过程中可以自由测量、标注三维模型的实际尺寸，便于用户查询，且动画可以正常播放；</p> <p>10.支持触控功能，允许在触摸式一体机上手势操控，可进行放大、缩小、旋转视角等操作。</p> <p>使用要求</p> <p>11.提供安全保护机制，确保所开发资源只开放给指定用户使用，确保资源数据的使用安全</p> <p>12.具备互动提示按钮</p>

（14）工业机器人应用技术基础三维虚拟实训教学模块技术要求

序号	功能需求描述	详细技术要求
1	工业机器人分类、机构运动、坐标系基础 3D 交互式仿真	须包含以下教学知识点内容：

序号	功能需求描述	详细技术要求	
		模块名称	知识点描述
		1.工业机器人分类	1.直角坐标机器人介绍
			2.柱坐标机器人介绍
			3.球坐标机器人介绍
			4.关节坐标机器人介绍
		2.机器人机构运动简图	1.摆动 1
			2.摆动 2
			3.移动 1
			4.移动 2
			5.回转 1
			6.回转 2
			7.固定底座
			8.气吸式手部
			9.磁吸式手部
			10.钳爪式手部
			11.行走机构
		3.工业机器人坐标系	1.工件坐标系
			2.工具坐标系
			3.关节坐标系
			4.基坐标系
		4.工业机器人自由度	1.直角坐标机器人自由度
			2.柱坐标机器人自由度
			3.球坐标机器人自由度
			4.关节坐标机器人自由度
		5.工业机器人腕部分类	1.单自由度-翻转关节
			2.单自由度-偏转关节
			3.单自由度-俯仰关节
			4.二自由度-RR 关节
			5.二自由度-BR 关节
			6.二自由度-BB 关节
			7.三自由度-BBR 关节
			8.三自由度-RBR 关节
		6.工业机器人手部分类	1.内撑式夹持器
			2.外夹式夹持器
			3.气吸式执行器
			4.磁铁式执行器
		7.应用场景	1.吸盘式机器人
			2.画轨迹机器人
			3.码垛机器人
		制作技术要求 3D 交互式	

序号	功能需求描述	详细技术要求
		<p>1.自适应操作界面；</p> <p>2.画面不能出现模型错位、组件缺损、跳帧、少帧，无关物体任意位移、缺少等明显漏洞；</p> <p>3.内容播放过程中纯静态画面停留时间不得超过4秒；</p> <p>4.内容中用到的图片素材，必须清晰，不能有图像过于模糊的现象出现。</p> <p>5.制作完成的教学资源包应支持 windows7、windows10 系统下的使用。</p> <p>交互场景设计</p> <p>6.含有直观的菜单界面，用户可以点击选择需要查看的动画（或场景）可进行视角自由切换；</p> <p>7.动画过程中可以修改场景内对象的材质、颜色、状态，可任意修改注释性文本的文字内容；</p> <p>8.动画过程中可以任意隐藏、删除不需要的对象，且动画可以正常播放，场景中可以一键快速隐藏界面图标；</p> <p>9.动画过程中可以自由测量、标注三维模型的实际尺寸，便于用户查询，且动画可以正常播放；</p> <p>10.支持触控功能，允许在触摸式一体机上手势操控，可进行放大、缩小、旋转视角等操作。</p> <p>使用要求</p> <p>11.提供安全保护机制，确保所开发资源只开放给指定用户使用，确保资源数据的使用安全</p> <p>12.具备互动提示按钮</p>
2	PCB 板卡组装工作站装调教学场景虚拟仿真验证交互式应用	<p>须构建集成工作台式的 PCB 板卡装配机器人工作站，通过伺服电机、气缸推杆、传送带、定制化工装夹具完成 PCB 板卡各组件生产节拍的运动和配合，在组装工作台上通过对工业机器人的夹爪、吸盘、涂胶系统、自动锁紧机构等执行器的多次更换进行组件的配合连接，完成全过程仿真。</p> <p>须完成六自由度工业机器人的几何建模，支持各自由度运动耦合关系 IK 逆运算，以及完整的控制系统建模实现：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.控制机械臂的运动姿态（即控制相邻两个活动构件的相对位置） 2.控制运动速度（即控制末端执行器运动位置随时间变化的规律） 3.控制运动加速度（即控制末端执行器在运动过程中的速度变化） 4.控制机械臂末端执行器的运动位置（即控制末端执行器经过的点和移动路径） <p>须可以实现通过图形化的任务编程完成常用机器人抓取、释放等常用动作，由内部智能算法自动生成运动轨迹。同时，提供统一的任务管理界面，允许对指定任务进行修改、编辑等操作，实现运动类型，运动方向的定义。</p> <p>在工业机器人基本运动过程中，大部分都是由直线或圆弧运动轨迹组成的，须支持以下四种基本运动：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.关节运动 2.线性运动 3.圆弧运动 4.绝对运动

序号	功能需求描述	详细技术要求
		<p>实现运动方式、目标位置、运行速度、转弯半径、工具中心点 5 部分基本运动格式。</p> <p>须可以通过工业机器人对应的 OLP 转换器，导出对应品牌型号机器人的离线编程程序。</p> <p>须完成集成式工作台的 3D 几何建模，确定工业机器人、气缸推杆、传送带、板卡供料系统、装配小工作台、板卡保持机构、夹爪放置装置、涂胶系统放置装置、吸盘放置装置、自动锁紧机构放置装置以及气源等设备的布局。</p> <p>须完成机械手臂抓取工件的夹爪、吸盘、涂胶系统和自动锁紧机构的 3D 几何建模。</p> <p>须实现夹爪的完整数字样机模型，支持夹爪机构上的曲柄、连杆以及夹爪本体三类组件近 10 个零件的装配运动学机构仿真，也包括夹爪装配体的静态、动态干涉检查、剖面分析等，提供探测工具可以进行碰撞、间隙及接触计算，确保夹爪的机构运动模型满足参数化资源库的建设标准。</p> <p>须允许夹爪运动定义过程中，对各零件间间隙配合关系或过盈配合关系进行干涉分析，可以计算零件与零件之间是否交叉和交叉体积式多少，干涉部分以醒目颜色标识。</p> <p>须实现吸盘、涂胶系统、自动锁紧机构的数字样机模型，实现运动机构仿真至少有三种模式展示： 单循环模式 恢复循环模式 往复循环模式 同时支持播放速度参数调节。</p> <p>提供 DMU 测量探测功能，可以方便地测量两个零件之间的最小距离或者某一个绝对坐标方向的距离。</p> <p>须支持 IO 映射，即把不同设备的运动关系连接起来，使得工作站设备之间可以既相互配合又各司其职。同时，提供图形化方式完成 IO 映射的参数定义。</p> <p>须提供图形化方式实现控制任务编程，以流程图的形式展示仿真分析任务动作执行顺序。</p> <p>须提供针对单个任务仿真，和多设备任务仿真，至少两种形式；支持一键调用任务仿真入口，能够实现一键仿真，同时在仿真过程中实现模型的交互式操作，如放大、缩小、旋转等 3D 可视化行为；允许在仿真过程中，以倍数方式进行放慢或加快仿真节奏。</p> <p>须提供甘特图的方式，反映每一项任务，每一个动作的占用时间，包括每个动作的开始时间、结束时间、持续时间都要有详细显示，便于统计分析各设备的生产节拍，以及发现任务执行过程可能存在的潜在问题。</p> <p>须提供视频输出接口，实现仿真任务的视频导出。</p>

序号	功能需求描述	详细技术要求
		<p>须支持制造资源的扩充定义，按照制造单元，自动化设备，工装夹具工具设备，控制器设备，传送带运输设备，以及从原材料到成品产出的所有物料类型的产品进行分类；</p> <p>同时，可以为需要 PLC 信号进行控制的自动化设备创建运动控制器和运动组，由一个逆向运动学装置（工业机器人等自动化设备）和多个正向运动学装置（辅助设备）组成，集中管控自动化设备与其相关辅助设备的行为。且须满足以下原则：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.在一个运动组中只能包含一个逆向运动学装置。 2.任意数量的正向运动学装置可以包含在一个运动组中。 3.单个正向运动学或逆向运动学装置可以包含在任意数量的运动组中。 4.逆向运动学装置总是运动组中的第一个装置。 <p>须通过建立外部控制器信号输入的模式，基于 OPC Server 完成 VC 虚拟联调。为后续实现以实控虚，虚实结合的教学应用开发预留接口。</p>
3	平面磨削上下料工作站编程与操作场景虚拟仿真验证交互应用	<p>须构建完整的上下料搬运机器人工作站从抓取工件，到工件磨削工艺完成后，抓取放在托盘上全过程仿真。</p> <p>须完成六自由度工业机器人的几何建模，支持各自由度运动耦合关系 IK 逆运算，以及完整的控制系统建模实现：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.控制机械臂的运动姿态（即控制相邻两个活动构件的相对位置） 2.控制运动速度（即控制末端执行器运动位置随时间变化的规律） 3.控制运动加速度（即控制末端执行器在运动过程中的速度变化） 4.控制机械臂末端执行器的运动位置（即控制末端执行器经过的点和移动路径） <p>须可以实现通过图形化的任务编程完成常用机器人抓取、释放等常用动作，由内部算法自动生成运动轨迹。同时，提供统一的任务管理界面，允许对指定任务进行修改、编辑等操作，实现运动类型，运动方向的定义。</p> <p>须可以通过工业机器人对应的 OLP 转换器，导出对应品牌型号机器人的离线编程程序。</p> <p>须完成平面磨床几何建模，工作台建模，磨头建模，实现磨头电机的几何建模与控制，磨头磨削过程的行程控制，轴转速控制等磨削工件表面平面度控制等。</p> <p>须完成工件转运传送带建模，工件在传送带上的托盘建模，托盘在传送带上的定位行程开关建模，以及传送带的运动行程，运动速度等参数设定与运动轨迹控制。</p>

序号	功能需求描述	详细技术要求
		<p>须完成待磨削工件的几何建模，工件在磨削工作台的夹具建模，实现工件磨削前夹具的夹紧、放松信号控制操作。</p> <p>须完成机械手臂抓取工件的夹爪几何建模，夹爪的运动学建模，以及夹爪行程约束和驱动控制。同时，形成夹爪数字样机 DMU 模型，可以通过机构运动方法模拟夹爪伺服驱动过程。</p> <p>须完成工作站外围安全围栏的几何建模，电气控制柜几何建模，以及必要的配套线缆展示。</p> <p>须支持 IO 映射，即把不同设备的运动关系连接起来，使得工作站设备之间可以既相互配合又各司其职。同时，提供图形化方式完成 IO 映射的参数定义。</p> <p>须提供图形化方式实现控制任务编程，以流程图的形式展示仿真分析任务动作执行顺序。</p> <p>仿真分析输出须支持可达性检测，提供至少六种状态：Reachable, Not Reachable, Partially Reachable, Clash, Out of Limit, Not Computed。同时，显示可达性分析任务管理界面。</p> <p>仿真分析输出须支持干涉检查，提供至少三种方式：Clash Detection Off, Clash Detection On, Clash Detection Stop。</p> <p>须提供针对单个任务仿真，和多设备任务仿真，至少两种形式；支持一键调用任务仿真入口，能够实现一键仿真，同时在仿真过程中实现模型的交互式操作，如放大、缩小、旋转等 3D 可视化行为；允许在仿真过程中，以倍数方式进行放慢或加快仿真节奏。</p> <p>须提供甘特图的方式，反映每一项任务，每一个动作的占用时间，包括每个动作的开始时间、结束时间、持续时间都要有详细显示，便于统计分析各设备的生产节拍，以及发现任务执行过程可能存在的潜在问题。</p> <p>须提供视频输出接口，实现仿真任务的视频导出。</p> <p>须提供接口可以把已完成数字化样机模型如夹爪、传送带、各类工装夹具以及安全围栏等参数化模型保存为资源库形式，为后续新的资源实例建设调用提供有效参考支持，同时，可以不断扩充。</p>