

第三章 技术、服务及其他要求

（注：本章的技术、服务及其他要求中，带“★”的要求为实质性要求。采购人、代理机构应当根据项目实际要求合理设定，并在第五章符合性审查中明确响应要求。）

3.1. 采购内容

采购包 1:

采购包预算金额（元）：7,940,000.00

采购包最高限价（元）：7,940,000.00

序号	标的名称	数量 (计量单位)	标的金额 (元)	所属行业	是否核心产品	是否允许进口产品	是否属于节能产品	是否属于环境标志产品
1	基于混合现实技术的乙烯聚乙烯生产工艺半实物仿真工厂	1.00 (宗)	7,940,000.00	工业	是	否	否	否

采购包 2:

采购包预算金额（元）：960,000.00

采购包最高限价（元）：960,000.00

序号	标的名称	数量(计量单位)	标的金额 (元)	所属行业	是否核心产品	是否允许进口产品	是否属于节能产品	是否属于环境标志产品
1	全自动催化剂物化性能综合评价与联用分析系统	1.00 (宗)	960,000.00	工业	是	否	否	否

采购包 3:

采购包预算金额（元）：1,080,000.00

采购包最高限价（元）：1,080,000.00

序号	标的名称	数量 (计量单位)	标的金额 (元)	所属行业	是否核心产品	是否允许进口产品	是否属于节能产品	是否属于环境标志产品
1	绝对相	1.00	1,080,000.00	工业	是	否	否	否

	对分子 量测定 仪	(宗)						
--	-----------------	-----	--	--	--	--	--	--

报价要求

采购包 1:

(1) 报价要求:

序号	报价内容	计 量 单 位	报 价 单 位	最高限价	价款形式	报价说明
1	基于混合现实技术的乙烯聚乙烯生产工艺半实物仿真工厂	宗	元	7,940,000.00	总价	无

(2) 报价明细要求:

基于混合现实技术的乙烯聚乙烯生产工艺半实物仿真工厂

序号	报价明细内容	报价要求	计 量 单 位	报 价 单 位	最高限 价	价款形 式	报价说明
1	●基于混合现实技术的乙烯聚乙烯生产工艺半实物仿真工厂	●基于混合现实技术的乙烯聚乙烯生产工艺半实物仿真工厂	宗	元		总价	无

采购包 2:

(1) 报价要求:

序号	报价内容	计 量 单 位	报 价 单 位	最高限价	价款形式	报价说明
1	全自动催化剂物化性能综合评价与联用分析系统	宗	元	960,000.00	总价	无

(2) 报价明细要求:

全自动催化剂物化性能综合评价与联用分析系统

序号	报价明细内容	报价要求	计 量 单 位	报 价 单 位	最高限 价	价款形 式	报价说明
1	●全自动催化剂物化性能综合评价与联用分析系统	●全自动催化剂物化性能综合评价与联用分析系统	宗	元		总价	无

采购包 3:

(1) 报价要求:

序号	报价内容	计 量 单 位	报 价 单 位	最高限价	价款形式	报价说明

1	绝对相对分子量测定仪	宗	元	1,080,000.00	总价	无
---	------------	---	---	--------------	----	---

(2) 报价明细要求:

绝对相对分子量测定仪

序号	报价明细内容	报价要求	计量单位	报价单位	最高限价	价款形式	报价说明
1	●绝对相对分子量测定仪	●绝对相对分子量测定仪	宗	元		总价	无

本项目涉及核心产品:

采购包 1:

序号	采购品目名称	标的名称	产品名称
1	电化学分析仪器	基于混合现实技术的乙烯聚乙烯生产工艺半实物仿真工厂	基于混合现实技术的乙烯聚乙烯生产工艺半实物仿真工厂

采购包 2:

序号	采购品目名称	标的名称	产品名称
1	电化学分析仪器	全自动催化剂物化性能综合评价与联用分析系统	全自动催化剂物化性能综合评价与联用分析系统

采购包 3:

序号	采购品目名称	标的名称	产品名称
1	电化学分析仪器	绝对相对分子量测定仪	绝对相对分子量测定仪

注: 涉及核心产品的, 具体评审规定见第五章。

本项目涉及采购进口产品:

采购包 1:

序号	采购品目名称	标的名称	产品名称
不涉及			

采购包 2:

序号	采购品目名称	标的名称	产品名称
不涉及			

采购包 3:

序号	采购品目名称	标的名称	产品名称
不涉及			

注: 不涉及采购进口产品时, 投标人不得提供进口产品进行响应; 涉及采购进口产品时, 如国产产品满足采购需求, 也可提供国产产品进行响应。

本项目涉及强制采购节能产品:

采购包 1:

序号	采购品目名称	标的名称	产品名称
不涉及			

采购包 2:

序号	采购品目名称	标的名称	产品名称
不涉及			

采购包 3:

序号	采购品目名称	标的名称	产品名称
----	--------	------	------

不涉及

注：响应产品属于《节能产品政府采购品目清单》中政府强制采购的产品，投标人应当提供由国家确定的认证机构出具的、处于有效期之内的节能产品认证证书的原件扫描件或“全国认证认可信息公共服务平台”（<http://cx.cnca.cn>）的认证信息截图，否则作无效投标处理。具体要求详见第五章符合性审查表。

本项目涉及优先采购节能产品：

采购包 1：

序号	采购品目名称	标的名称	产品名称
不涉及			

采购包 2：

序号	采购品目名称	标的名称	产品名称
不涉及			

采购包 3：

序号	采购品目名称	标的名称	产品名称
不涉及			

注：响应产品属于《节能产品政府采购品目清单》中优先采购的产品，投标人提供由国家确定的认证机构出具的、处于有效期之内的节能产品认证证书的原件扫描件或“全国认证认可信息公共服务平台”（<http://cx.cnca.cn>）的认证信息截图，可以享受优先采购政策。具体要求详见第五章规定。

本项目涉及优先采购环境标志产品：

采购包 1：

序号	采购品目名称	标的名称	产品名称
不涉及			

采购包 2：

序号	采购品目名称	标的名称	产品名称
不涉及			

采购包 3：

序号	采购品目名称	标的名称	产品名称
不涉及			

注：响应产品属于《环境标志产品政府采购品目清单》中的产品，投标人提供由国家确定的认证机构出具的、处于有效期之内的环境标志产品认证证书的原件扫描件或“全国认证认可信息公共服务平台”（<http://cx.cnca.cn>）的认证信息截图，可以享受优先采购政策。具体要求详见第五章规定。

3.2.技术要求

采购包 1：

标的名称：基于混合现实技术的乙烯聚乙烯生产工艺半实物仿真工厂

序号	参数性质	技术要求名称	技术参数与性能指标
1		●基于混合现实技术的乙烯/聚乙烯生产工艺半实物仿真工厂	乙烯/聚乙烯生产半实物仿真工厂,包括乙烯裂解仿真工厂和聚乙烯仿真工厂两套装置,以下简称为半实物仿真工厂。 要求乙烯裂解仿真工厂硬件装置

		包括裂解工段和急冷工段,乙烯裂解工艺采用 80 万吨/年产乙烯工艺为主工艺流程。该工艺采用石脑油蒸汽裂解,裂解采用超选择性液体裂解炉和气体裂解炉,包含裂解、急冷工段。要求以 ≥ 80 万吨/年乙烯生产真实工厂为原型,甄选核心设备建立流程级乙烯半实物仿真工厂的实训装置,连接管路、阀门,安装仪表、电气控制系统、通讯系统,配套安全防护用品、安全警示标志,打造一个模拟化工企业的典型生产过程与作业情景的乙烯产业链智慧化生产工艺半实物仿真工厂。为学员提供基于岗位角色(内操、外操、班长)分工,按照各自角色职责进行规范操作或处置,真实还原工厂日常运行、工艺数据异常诊断与处置、应急处理等操作过程,提高学员基本操作技能、安全操作技能和安全意识。 要求聚乙烯仿真工厂硬件装置包括催化剂的制备、储存和配料工段、聚合、己烷分离、干燥等全流程。聚乙烯工艺采用 35 万吨/年 HDPE 聚乙烯工艺为主工艺流程,包含:催化剂制备、聚合反应、分离工段。各单元核心设备建立流程级乙烯、聚乙烯半实物仿真工厂的实训装置,连接工业真实管路、阀门,安装仪表、电气控制系统、通讯系统,配套安全防护用品、安全警示标志,打造一个模拟化工企业的典型生产过程与作业情景的乙烯、聚乙烯仿真装置。为学员提供岗位角色(内操、外操、班长等)分工,按照各自角色职责进行规范操作或处置,真实还原工厂日常运行、工艺数据异常诊断与处置、应急处理等操作过程,提高学员基本操作技能、安全操作技能和安全意识。 ▲投标人需以招标单位的场地条件和实际教学需求为目标,合理设计,提供半实物仿真工厂的规划图、三维效果图、装置平面布局图等图纸,对各区域的设计理由进行阐述说明。 1. 钢结构平台 钢结构框架及平台是实训装置工
--	--	---

		艺设备的载体,所有设备、管道、阀门、仪表等全部分布在钢结构框架平台上。要求平台包括地基需能承受所有设备、管路、学员等的重量,保证安全。所有设备框架平台设计、安装标准均需按照相关的国家标准执行,框架平台各部分的尺寸承重需依据相关的国家标准设计。 钢结构框架和平台为双层,裂解炉框架为三层,采用型钢框架,型钢为Q235B材质,表面处理除锈刷漆、喷涂底漆及面漆两遍,标志色为蓝色,整体双层,局部三层,框架首层标高0m(以基地一层地面为基准),二层标高$\geq 2.5\text{m}$,三层标高$\geq 5.0\text{m}$,平台铺$\geq 3\text{mm}$厚花纹钢板,二层及以上平台下部主梁铺设$\geq 100\text{mm} \times 100\text{mm}$方钢支撑,平台上表面整齐喷涂绿色标志色,下表面根据需求涂刷相应颜色。框架应设置约1000mm宽楼梯两座,喷涂黄色标志色,框架下方为工艺管廊,包含各公用工程及工艺管道。 技术参数要求如下,具体尺寸需结合场地条件做适当调整,以保证实训安全与日常教学使用: (1) 该装置规格至少长25m$\times$宽4m,基于乙烯、聚乙烯生产工艺,模拟生产过程,根据学校场地的规模,完成装置设备制作与安装;选用无毒、无害物料,符合化工生产要求,实现正常生产过程,达到国家环保标准。 (2) 整体框架(包括主梁支撑、次梁、平台楼板等)要求均采用碳钢Q235B材质并做防锈处理; (3) 每层平台均设有学员操作走道,平台合适位置设置承重楼梯,并考虑安全因素,预留消防通道; (4) 平台及楼梯边缘要求设置安全护栏,护栏采用尺寸为$\geq \Phi 50 \times 3\text{mm}$的Q235B碳钢管,高度$\geq 1.2\text{m}$; (5) 框架平台的固定以焊接和螺栓固定的形式组成(保证承受设备及所有学生); (6) 要求设备周围设置通道,
--	--	--

		并考虑人身安全,平台与墙壁之间应预留$\geq 1000\text{mm}$左右的安全距离; (7) 装置区平台周围应采用警示线划线区分,标明区域; (8) 平台楼板及楼梯梯板要求采用花纹钢板,并做防锈处理,要求花纹板厚度$\geq 3\text{mm}$,楼梯:每一层台阶花纹板宽度$\geq 250\text{mm}$,长度$\geq 1000\text{mm}$; (9) 室内:整个框架平台标注有各种安全标识。 (10)整个框架内部需安装防爆照明灯,安装≥ 6盏,单台防爆灯功率$\geq 30\text{W}$。安装时应装于二、三层平台下方,要求能够照明操作空间和人行通道,不留死角。 (11)整个钢结构平台需进行静电接地。并在主要通道、楼梯口安装静电释放柱。 2. 工艺设备 要求建设包括裂解工段、急冷工段、催化剂制备工段、聚合反应工段、干燥工段,尺寸需按照工业级装置以一定比例进行缩小,整体美观、协调,具有真实工业装置氛围。仿真工厂以真实企业生产工艺为原型,参考工业设计资料,结合实训场地并按照合理比例进行缩放,旨在满足工艺设备的外形、结构、相对尺寸与真实工厂保持一致。工艺设备涵盖反应器、过滤器、换热器、机泵、加热炉、容器、塔、压缩机等设备类型。 2.1 静设备 工艺仿真静设备包括塔、罐、反应器、换热器、过滤器等,标准化设计,机械加工,尺寸原则上按照工业设备按比例缩小,且缩小后的实际尺寸需满足场地的整体要求,整体美观、协调,具有真实工业装置氛围。典型设备带有内部结构视窗,内部结构与石化企业实际设备保持一致,带细部件。除仿真旋转设备外,其余设备全部为304不锈钢,一次成型,自动焊。所有设备均带铭牌及不干胶位号、结构展板。 静设备总数≥ 50个。 技术参数要求如下:
--	--	--

		(1) 主要静设备技术要求 1) 塔设备 需根据实训场所条件进行设计,考虑适宜的高径比的情况下尽量符合实际装置; 同一装置的塔器设备需要体现出设备相对尺寸的差异,塔径最小不得低于 250mm,塔设备最低不得低于 4.0 米,高最高不得超过 6.0m; 典型塔设备带有内部结构视窗,内部设计塔盘、降液管等结构,与石化企业实际设备保持一致,带细部件,数量 ≥ 1 座塔。 2) 换热类设备 换热设备的外形分类与工业设备保持一致,设备尺寸要体现出换热量大小不同的尺寸差异,最小尺寸换热器的公称直径不得低于 250mm,总长度不得低于 800mm; 换热设备的外观需体现出换热器形式,换热器选型与工业装置保持一致,尽量涵盖多种类型换热设备,典型换热设备带有内部结构视窗,内部设计换热管结构,与石化企业实际设备保持一致,带细部件,数量 ≥ 1 台换热器; 流体进出管口设计要符合工艺要求和实际运行的合理性;液相流体的流动方向需是下进上出,气相需要冷凝的物料则需上进下出。 3) 其他静设备 其它静态设备尺寸原则上按照工业设备按比例缩小,并根据协调美观的原则进行调整。设备结构形式与工业设备保持完全一致。 (2) 静设备材质选用不锈钢材质,设备壁厚 $\geq 3\text{mm}$,满足安装和使用要求。 (3) 设备制造中所用到的钢材的品种、规格、性能均符合现行国家产品相关标准和设计要求。 (4) 设备装配中用到的管件、阀门等的品种、规格、性能等符合现行国家产品相关标准和设计要求。 (5) 设备的连接件螺栓等紧固标准件的品种、规格、性能等符合国家产
--	--	--

		品相关标准和设计要求。 (6) 设备焊接材料的品种、规格、性能等符合现行国家产品相关标准和设计要求。一次成型，自动焊。 (7) 设备所用到的垫片等特殊材料，其品种、规格、性能等应符合现行国家产品相关标准和设计要求。 (8) 考虑各设备的高（长）和直径的相对大小，关键性设备适度加大直径，以便突出主设备。特别是对于主要设备，应保持高径比在适度的范围内，以使设备外观协调。 (9) 所有静态设备均配备标牌注明设备位号、名称、尺寸、重量、容积、材质及耐温、耐压等设备信息（按照所参考工业装置标注），便于学员学习。 (10) 设备平面布置图要满足检修空间，设备布置按照HG/T20546.2-2009第3.1项，设备间最小净距设计不影响检修操作。 工艺静设备设备包括但不限于： 投标人需提供上述核心设备为原型的设备数据表。 2.2 动设备 工艺仿真动设备包括泵、风机、搅拌器、压缩机等，配声光特效，与运行企业设备外形保持一致，有结构，可拆装。所有设备均带铭牌及位号、结构展板。 动设备≥ 20台。 主要动设备技术要求 机泵类设备采用真实或高仿真泵壳和电机壳进行通讯改造，不破坏设备外观，保证设备正常运转并实现运行信号与中控系统之间的远程通讯。泵体内置机泵运转声效设计； 机泵的选型按照实际工业装置的要求进行选型，需涵盖多种类型的机泵； 均配备标牌注明设备位号、名称等内容（按照所参考工业装置标注），便于学生学习。 设备长期耐久性保障要求： (1) 投标人需承诺：所供装置主
--	--	--

		体结构(含主体设备、平台框架、管道、阀门、仪表外壳、紧固件等所有暴露于环境中的金属部件)在本校现有地理气候环境及实际空间位置条件下,整体无可见腐蚀(不含可擦拭的表面浮锈)的运行寿命≥ 15年。 (2) 耐久性方案: 投标人需在投标文件中提供详细的设备长期运行耐久性工艺处理方案,方案需充分考虑本校所处地理气候、环境特点及装置安装的实际空间位置因素,内容至少包括:拟选用金属材料的具体牌号(需提供对应国家标准或国际标准的牌号对照表);结合本校环境条件的腐蚀裕量计算依据(需注明所依据的环境参数来源,如气象数据、地理位置分析等);各关键部件(至少区分管路、阀门、仪表接头、紧固件、支撑件)的表面处理工艺及执行标准。 3. 仿真阀门 (1) 各类阀门口径与工艺管路保持一致,执行 GB/T 12224-2015 《钢制阀门一般要求》标准,可拆卸,所有阀门在不破坏阀体的条件下安装微型通讯信号端,可采集学员对阀门的操作并接收中控系统的通讯信号,或显示当前开度状态或执行阀门调节指令。 (2) 现场阀门连接方式采用法兰连接。设计安装位置应满足便于操作工艺流程要求,并处于方便操作的位置,尽可能分布于设备的外侧面,且高度适中,最低不得低于 300mm(离平面高度),最高不得高于 2000mm(离平面高度),阀门分布不应过度拥挤,要留有适当的操作空间。 (3) 8 寸(含)以下的控制阀门要求选用单座阀,特殊工况下可以选用偏心阀或者 V 型球阀。 (4) 手动开关阀由真实球阀改造,信号类型为开关量输入信号(数字输入),由现场手动操作开关阀门,将阀门信号传向控制室的信号,具有开、关两种状态显示,并有现场状态显示。主要用于放空、导淋、各设备或调节阀及
--	--	--

		仪表的检修用阀门,需提供手动开关阀清单,清单应包含阀门规格、阀门类型、阀门位号等内容,数量≥ 100台。 (5) 手动调节阀由截止阀或闸阀改造,需提供手动调节阀清单,清单应包含阀门规格、阀门类型、阀门位号等内容,数量≥ 45台。 (6) 远程控制阀由气动薄膜阀改造,各种需要自动调节的场合,需提供远程控制阀清单,清单应包含阀门规格、阀门类型、阀门位号等内容,数量≥ 50台。 (7) 远程切断阀由电磁阀改造,信号类型为开关量输出信号(数字输出),从控制室传向现场阀门并自动执行关断操作。一般由相关工艺指标的变动触发切断动作。用于紧急放空、紧急停车等场合。需提供远程切断阀清单,清单应包含阀门规格、阀门类型、阀门位号等内容,数量≥ 15台。 (8) 所有阀门均配有标牌标注阀门位号、材质型号等阀门信息,便于学员了解阀门在工艺流程中的位置和作用。 (9) 要求提供基于乙烯、聚乙烯装置典型阀门 3D 素材库,学员可通过扫描设备上的二维码学习设备知识,设备包括但不限于:球阀、截止阀、调节阀、电磁阀、安全阀等。学习内容包含:结构展示、外观展示、原理展示及整体浏览。 具体要求如下: 1) 整体浏览 要求以多角度旋转视角,展示设备,展示过程有人工配音讲解及文字说明信息。 2) 外观展示 要求以三维效果呈现设备外部各个组件信息,展示过程有人工配音讲解及文字说明信息,零部件名称可高亮注解。 3) 结构展示 要求按照序列,展示设备内部零部件,形式上将设备剖开,对设备的内部
--	--	--

		结构进行逐一展示,展示过程有人工配音讲解及文字说明信息,零部件名称可高亮注解。 4) 原理展示 要求展示设备处于工作状态时内部物料运动状态,能量传递过程,要求展示过程有语音讲解和字幕配合说明工作原理。 5) 二维码便捷查看功能 为每类设备补充专属二维码,二维码展现内容包括整体浏览、外观展示、内部结构、原理动画四部分,与素材库一一对应,使用者通过扫描二维码,可随时随地查看设备详细参数信息,打破使用场景限制,提升教学及学习的便捷性。 4. 仿真仪表 (1) 温度仿真仪表要求采用数显式,真实变送器外壳,信号类型为连续输出信号(模拟输出),并通过内装数字显示仪接收控制信号并于现场显示工艺变量的实时数据,需提供温度仪表清单,清单应包含仪表名称、仪表类型、仪表位号、仪表量程、仪表单位等内容;温度表数量≥ 60台。 (2) 压力仿真仪表要求采用指针式,信号类型为连续输出信号(模拟输出),接收中央控制室信号并通过机械指针转动或数字显示仪显示压力变化,需提供压力表清单,清单应包含仪表名称、仪表类型、仪表位号、仪表量程、仪表单位等内容,数量≥ 55台。 (3) 流量仿真仪表要求采用数显式,真实变送器外壳,信号类型为连续输出信号(模拟输出),并通过内装数字显示仪接收控制信号并于现场显示工艺变量的实时数据,需提供流量计清单,清单应包含仪表名称、仪表类型、仪表位号、仪表量程、仪表单位等内容,数量≥ 45台。 (4) 液位仿真仪表要求采用柱形仿磁翻板式,信号类型为连续输出信号(模拟输出),收中央控制室信号并于通过灯柱变化显示现场液位计动态变
--	--	---

		化效果,需提供液位仪表清单,清单应包含仪表名称、仪表类型、仪表位号、仪表量程、仪表单位等内容,数量≥ 20台。 (5) 各类仪表均为 24V 弱电,指针仪表盘直径约 100mm,数显仪表盘直径约 60mm,盘面按标准仪表进行设计,走字准确。 (6) 所有仪表均支持 Modbus 或 4-20mA 信号。 (7) 仪表接线箱材质要求为 304 不锈钢,并经拉丝处理(特殊工况需钝化),厚度$\geq 1.5\text{mm}$。 (8) 所有仪表均支持显示与检测信号相对应的多种单位(如流量单位应支持 m^3/h、L/h、t/h、kg/h 等)。 (9) 所有仪表均带标识牌,上注温度、压力、流量、型号、使用条件信息,标识牌大小为$\geq 50\text{mm} \times 30\text{mm}$,或根据学校要求另行设计、制作。 5. 实时通讯系统 (1) 电气机柜和可编程逻辑控制器 1) 电气机柜实现现场各类模拟量仪表、阀门的通讯,电气柜内带数据交换机、交直流转换器、信号电缆、开关、风扇、照明。 2) 要求对操作设备的各类模拟电信号(例如阀门开关、泵的开关)进行实时采集,并传送到服务器中。 3) 要求将仿真软件的数学仿真模型运算结果转变成模拟电信号,并传送到现场的各种仪表进行模拟与数字多种方式的实时显示。 4) 输入/输出模块具备数字输入与输出控制器接口,数字输入与输出接口可以通过软件配置互相转换。控制器具备模拟量输入/输出模块。输出信号要求支持脉冲宽度调制输出功能,用于驱动需要定位的机械设备。 (2) 动设备操作柱,标准件 动设备专用操作柱,整体高度$\geq 1.4\text{m}$,带安装底座,集成控制按钮与“手/自动”切换功能。
--	--	---

			6. 仿真 GDS 气体检测报警系统 系统严格遵循《石油化工可燃气体和有毒气体检测报警设计标准》（GB/T50493-2019）的各项要求，将标准中的核心要点和技术规范深度融入到 GDS 气体检测报警系统的设计与开发中。确保系统所传授的知识和技能与行业标准高度契合，培养出符合标准要求的专业人才。 采用虚实结合的创新教学模式，充分发挥虚拟仿真技术和半实物交互的优势。通过设置 GDS 工作站、GDS 仿真系统以及连接声光报警仪、火灾报警控制器等真实硬件设备，实现“软件配置-硬件响应-界面反馈”的闭环教学。让学员在模拟真实的环境中进行实操训练，弥补传统教学缺乏实践的不足，增强学员的实际操作能力。 6.1. 系统硬件搭建 搭建包含 GDS 工作站、声光报警仪、火灾报警控制器、现场区域报警器、火警报警按钮、可燃气体探测仪和有毒气体泄露探测仪等在内的硬件系统。确保各硬件设备之间能够稳定通信，实现数据的实时传输和交互，为学员提供真实的操作体验。 （1）仿真风向标改造，数量 1 个 在高处设置风向标，能够指示风向。指示范围为 0~360°。安装于较高的显眼处，并有明显的箭头来指示方向。 （2）仿真现场可燃气体检测仪，数量 1 个 在着火事故附近设置有可燃体检测装置，能够显示当前区域范围内的可燃气体浓度，浓度值会随着环境条件的变化而变化。 （3）中控室仿真报警装置，含报警器和报警灯，数量 1 套 在装置区域和中控室设置报警装置，当下发事故信号后能够进行报警。 6.2. GDS 仿真系统 开发 GDS 仿真系统，该系统具备高度的模拟真实场景的能力。能够模拟不
--	--	--	---

		同的工况环境,如正常运行、气体泄漏、火灾等。同时,系统还应具备参数设置、故障模拟、数据记录和分析等功能,方便教师进行教学管理和学员进行自主学习。 6.3.半实物交互实现 通过半实物交互技术,实现软件配置与硬件响应的实时联动。学员在软件端进行的操作能够及时反馈到硬件设备上,硬件设备的状态变化也能实时显示在软件界面上。这种闭环式的交互方式,让学员能够更加直观地感受 GDS 系统的运行过程,提高学习效果。 需根据《石油化工可燃气体和有毒气体检测报警设计标准》GB/T50493-2019,结合本招标文件乙烯工艺特点,提供 GDS 系统设计方案,内容包括但不限于火灾/气体泄漏事故背景、处置方法、传感器现场点位图及安装方案。 7.智能化受限空间特殊作业培训系统 7.1.系统整体要求 需依托乙烯仿真实训工厂内的典型设备设施构建智能化受限空间特殊作业培训系统,特殊作业智能考培系统采用工业互联网、物联网、人工智能、无线定位等先进信息技术,以实训装置为基础,构建受限空间作业典型作业场景,开展作业前准备、工艺处置、作业申请及审批、作业实施、现场检查及恢复闭票等作业核心要求的培训与考核。系统具有多角色协同作业功能,能够实现自动化、无人化值守,自动读取信息分配并完成自动评价,旨在加强学员对特殊作业相关人员岗位职责理解,排除特殊作业隐患,掌握特殊作业的规范流程,达到不断提高学员安全意识、安全技能与安全习惯的目的。 (1) 要求系统包含受限空间作业培训。 (2) 要求系统包含教学模式和考核模式两种模式。 (3) 要求系统通过电子化全流程
--	--	--

		票证智慧管理实现特殊作业标准操作流程的培训教学,对作业申请、作业批准、作业实施、作业关闭等内容进行教学。作业申请需包含:作业申请、风险评估(JSA)、安全措施等环节,作业批准需包含书面审查、现场核查、批准作业等环节,作业实施需包含:安全交底、实施作业、作业结束等环节,作业关闭需包含:作业核实、恢复现场、关闭作业等环节。 (4) 要求系统实现个人安全防护用品及工器具识别功能,具备识别物品拿取与归还记录,并上传至系统。 (5) 要求系统具备摄像功能,能够对个人防护用品穿戴情况进行拍照,并上传至软件进行识别判定。 (6)要求系统通过 IC 卡和学员身份信息绑定角色实现人员岗位职责的培训教学,通过角色扮演的形式,模拟真实作业过程,实现对作业人、作业负责人、审批人、监护人等岗位职责的培训。 (7) 要求系统具备物联网功能,需实现对工具开关状态进行检测判断,能对工器具进行定位和距离判断,能获取“四合一”气体检测数据,能识别盲板加位置正确情况,能够进行警戒线封闭面积检测。 (8)要求系统具备 AI 辅助测评功能,能够进行 AI 解析,包括纠错、给出优化建议、综合评分、自动修正。 7.2.培训内容要求 7.2.1 作业准备环节培训要求 (1) 任务领取及身份信息绑定 学员可通过智能操作终端接收任务,包括作业内容选择、教学模式选择、作业背景悉知等。学员可按顺序领取个人的身份信息卡,并在智能终端上执行制卡操作,将角色与身份信息实现精确绑定。 (2) 个体防护用品拿取与识别 能够引导学员全面认识并正确穿戴个人防护装备(PPE),明确审批人、监护人、作业负责人及作业人在 PPE
--	--	--

		穿戴上的不同要求。要求进入现场装置区或作业区域时，需完整穿戴 PPE，并随身携带必要证件，培养学员安全作业意识，预防安全事故的发生。 （3）个体防护用品穿戴与拍照 能够引导学员按照要求正确穿戴个人防护用品，智能柜设置拍照摄像头，拍照并上传至智能终端系统，检测学员穿戴规范性。 7.2.2 作业票申请与审批环节培训要求 （1）电子作业票办理 要求在移动端进行电子作业票办理，流程依据企业特殊作业管理要求设置教学内容，包括作业申请、作业审批、JSA、安全措施制定与落实、现场核查、验票等流程。 （2）物联网气体分析 要求气体分析环节采用物联网技术，学员使用模拟四合一气体检测仪到作业点扫描信号器进行模拟气体分析，分析数据上传至电子作业票，并要求学员识别分析数据的合格性与非正常情况处理。模拟四合一气体分析可选择动火作业→“外部检测”，受限空间作业→“罐内检测”。 （3）物联网安全措施落实 要求学员根据制定的安全措施进行现场安全措施落实。要求安全措施落实全员协作，包含根据作业需求制定详细的安全措施、选择合适的作业工具、布置作业环境、全面检查安全措施执行情况的全过程。要求现场安全措施落实采用 UWB 技术对工器具摆放位置追踪，并上传至系统自动识别评分。 （4）AI 辅助安全交底评测 要求系统具备语音记录与智能分析能力，能够对人员安全交底的全过程进行语音录制，通过 AI 技术对交底内容进行分析与综合评测，并给出优化建议，确保交底信息的准确无误，使学员全面了解风险、掌握安全措施，从源头预防事故。 7.2.3 作业实施环节培训要求
--	--	---

			(1) AI 辅助作业票验票 要求作业票验票环节通过 AI 技术实现智能化评测与无人值守,利用机器视觉、物联网传感和大数据分析,构建全自动化的安全验票体系。AI 评测实现全流票证错误分析、改进措施、优化学习建议和票证自动修正。 (2) 物联网作业工器具 要求作业过程将工器具配置信号器,通过物联网信号器实时模拟与反馈现场作业动态。 (3) 人员定位及进出罐记录 要求学员拿取人员定位卡并填写出入罐作业人员登记表、出入罐工器具登记表,通过“定位卡+电子记录”实现人员作业全流程数字化管控,确保行为可追溯、风险可预警、责任可界定。 (4) 现场确认及恢复闭票环节培训要求 1) 现场恢复及工具归还 要求学员按照工器具拿取顺序和要求进行现在恢复,将工器具归位,系统自动上传归为情况并进行评分。 2) 作业票闭票 要求系统根据被闭票环节,检查完毕进行完工验收闭票,形成特殊作业完整闭环。 (5) 评分系统 要求系统根据全程监测信息进行评分,上传平台,同时控制智能柜开启,所制卡片信息归零,完成物品归位,培训流程结束。系统可对不同角色作业内容进行评分,并生成小组百分制总成绩。要求评分系统划分为 5 大维度:作业前准备、工艺处置、作业申请及审批、作业实施、现场检查及恢复闭票。 (6) 提供完整的受限空间考核评分说明表,需包含:考核环节、考核内容、涉及角色等内容。 7.3.现场硬件要求 7.3.1 智能操作终端 操作终端系统全程引导学员模拟搭建特殊作业真实场景,对特殊作业过程中的作业申请、工作安全分析、安全
--	--	--	---

		措施落实、作业票证办理、作业安全交底,作业实施等重点内容进行情景式训练,通过多人协作演练的形式,帮助参训者沉浸式学习各岗位的职责内容以及作业过程中的操作要点,同时在演练过程中,加入多处信息考核点位,通过计算机系统及信号触发装置完成对体验者的作业考核,搭建完整的具备考核评分功能的信息化场景,可实现成绩自动判定、数据互通、成绩单导出、信息同步平台等功能。 (1) 智能操作终端 红外多点触摸一体机, 屏幕尺寸: ≥ 43 寸; 分辨率: $\geq 1920 \times 1080$; 要求亮度 $\geq 300\text{cd/m}^2$。触控参数要求, 支持 10 点触摸, 响应时间 $\leq 10\text{ms}$。采用红外线触摸屏; 抗灰尘、抗划、耐油污。支持多点红外触摸控制; 支持最新操作系统; 支持无线网络连接和有线网络连接。 采用标准 RJ45 网络接口, USB 接口等; 采用立体声防磁化音箱; 电源: $\text{AC}220\text{V} \pm 10\%$、$50\text{Hz}$, 最大功耗 280W。工作环境: 温度 $-20 \sim +60$ 度, 湿度 $40\% \sim 80\%$(相对, 非压缩); 智能识别摄像头要求分辨率 ≥ 200 万像素, 最低照度彩色 $\leq 0.01\text{Lux}$/黑白 $\leq 0.001\text{Lux}$, 防护等级 $\geq \text{IP}66$, 识别库容量 ≥ 5000 张; 主机配置: 基本频率 $\geq 2.3\text{GHz}$, 内存 $\geq 4\text{GDDR3}$, 硬盘 $\geq 120\text{GSSD}$。 (2) 显示系统 显示系统 ≥ 42 寸, 16:9, 全高清 $\geq 1920 \times 1080$; 外观尺寸: $\geq 1232(\text{mm}) \times 717(\text{mm}) \times 74(\text{mm})$; 配套金属显示系统壁挂架。 (3) 身份信息读写终端 提供身份信息匹配录入及智能角色卡写入功能, NFC 智能读写器, 读卡区域尺寸 $\geq 100 \times 70 \times 12\text{mm}$; 通信接口: USBHID; 显示: 红绿双色 LED 灯; 蜂鸣器: 有; 工作频率: 13.56MHz; 电源: $\text{DC}5\text{V}$; 工作温度: $-40^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$; 射频标准: IS14443A; SDK 系统兼容多种操作系统; 感应距
--	--	---

		离：0~8cm。 读卡器，支持 IC 卡/NFC 卡/CPU 卡/RFID 卡读写卡器，支持协议：IS/IEC14443A，卡片类型支持 NXPS50/S70/FM1108/Ultralight/Ntag 卡/DesFire 卡/CPU 卡/FM1208 卡；系统兼容多种操作系统；通信接口：USB2.0、RS232 串口、USBHID；读写距离：0~80mm；加密方式：读写器硬件加密，上位机软件加密，IC 卡加密；加密算法：DES、3DES、AES；电源：DC5V；工作温度：-20℃~60℃；提供 API 接口函数，动态库文件，多种开发语言支持； PVC 定制空白 IC 卡，外形尺寸：85.5*54*0.8mm，芯片类型：ID 芯片 TK4100/IC 芯片 M1，数据保存≥10 年，通讯速度 106kbit，读写距离 3-5cm，可擦写次数≥10 万次，工作频率 125KHz 和 13.56MHz；工艺：磨砂、拉丝、哑面；PVC 材质，内容不可复制型。 （4）前端后台软件系统 前端后台软件，主要目的是为前端软件提供数据支持。前端后台软件本身是个服务器软件，对外部提供 webserviceAPI 服务。前端软件通过调用 API 服务，实现各类数据的查询、存储、修改等控制。数据中包括：身份证信息、IC 卡信息、身份证与 IC 卡的绑定信息、PPE 库存信息、智能柜门开关状态、PPE 中装备的取物信息、PPE 中装备的放物信息、摄像机视频流、抓拍照片、操作设备的位置信息、操作设备的工作状态等。前端软件还可以实现身份证与 IC 卡的绑定、IC 卡授权、抓拍照片等操控功能。 前端后台软件，也提供一个操作界面，用于测试各种 API 服务，以方便整个系统的调试与查错。前端后台软件主平时一般处于最小化运行状态。只有在系统设置，或接口检查时，才使用此界面进行操作。 7.3.2 智能个人防护用品穿戴柜 通过智能身份识别匹配及电子标签标识判断不同角色人的个人防护用
--	--	--

		品及作业用品的穿戴及装备确认,通过摄像头拍照识别及智能柜确认后进行装备正确性及成绩及照片信息输出;检测内容与软件数据互通,实现成绩评判。 (1) 智能个人防护用品穿戴柜 钣金定制尺寸 $\geq 1800*500*1500\text{mm}$; 具备智能电子锁功能; 具备智能身份信息认证功能; 支持自动检测 PPE 装备拿取和放回的种类和数量; 支持记录当前柜内 PPE 的种类和数量; 支持记录从防柜中取出的 PPE 的种类和数量。 内嵌 21.5 寸嵌入式工控触摸显示屏, 全铝机身一体成型, 全封闭设计, 防止溅水及粉尘, 耐高低温, 通过可控式高温测试检测适应温度在 $-10-60^{\circ}\text{C}$, 可在恶劣环境下正常运作; 电容十点触控, 支持多点触控, 响应速度快, 触控次数 5000 万次, 防爆型好, 灵敏度高; 显示颜色 16.7M, 亮度 $300\text{cd}/\text{m}^2$, 面板类型 IPS, 响应时间 $\leq 5\text{ms}$, 对比度 1000:1, LED 背光; CPU: 主频 2.41GHz、核心 2C、线程数 2T, 内存 $\geq 4\text{G}$, 硬盘 $\geq 128\text{Gssd}$; 操作系统支持市场常见系统; WIFI 双频 2.4+5G; 接口包含 DC 电源 12V/5A、HDMI、VGA、LAN、Audio/O、COM、WIFI、USB 等。 远距离小型工业 RFID 多通道读写卡器, 通讯接口: RS232 串口, 工作频率 902-928MHz/865-868MHz; 天线接口: SMA 母头; 读取距离: 1-25m; 工作模式: 主动/被动/触发; 外形尺寸: $124*83*25\text{mm}$; 工作电压: 9-12V; 标签群读识别速度: ≥ 400 张/秒。 免驱 USB 接口 T6 读卡器, 支持 IC 卡/NFC 卡/CPU 卡/RFID 卡读写卡器, 支持协议: ISO/IEC14443A, 卡片类型支持 NXPS50/S70/FM1108/Ultralight/Ntag 卡/DesFire 卡/CPU 卡/FM1208 卡; 系统兼容: Windows2000/NT/XP/Vista/7/8/10; 通信接口: USB2.0、RS232 串口、USB HID;
--	--	---

		读写距离：0~80mm；加密方式：读写器硬件加密，上位机软件加密，IC卡加密；加密算法：DES、3DES、AES；电源：DC5V；工作电流：100mA；工作温度：-20℃-60℃；提供API接口函数，动态库文件，多种开发语言支持；外形尺寸：120*70*18mm。 ▲投标人需提供智能个人防护用品穿戴柜现场操作截图，内容包括：作业前准备（角色绑定、物品拿取、物品盘点、穿戴拍照）、工艺处置（泄露处理、盲板选择、现场打盲板）、作业申请及审批（作业开票、监护人现场气体检测、现场风险辨识、作业工器具拿取、安全措施落实、安全交底）等，截图数量≥15张。 （2）RFID电子标签 超高频RFID干性电子标签M9干标U9芯片（织物用），天线尺寸≥70*14mm；频率：860-960MHz；材质：PET基材；读写次数：≥10万次；供电方式：无源；感应距离：1~10m。 超高频RFID抗金属干扰电子标签U8/H3芯片（金属用），天线尺寸≥60*30mm；频率：UHF866-868MHz（EU）/UHF902-828MHz（US）；材质：PCB材质；容量：EPC区96Bits；芯片：U8/H3；协议EPC：支持Class1Class2（IS18000-6C）。 （3）个体防护用品 满足但不限于以下内容： 红色安全帽*2、黄色安全帽*2、蓝色安全服*2、红色安全服*2、防护眼镜*1、防毒面具*1、工作证*1、智能有毒气体检测仪*1、监护马甲*1、对讲机*2、警戒带*1、安全带*1、安全绳*1、长管呼吸器*1、防爆扳手*1等。 7.3.3 智能作业用品放置柜 （1）智能作业用品放置柜 钣金定制尺寸≥1800*500*1500mm；具备智能电子锁功能；具备智能身份信息认证功能；支持自动检测PPE装备拿取和放回的种类和数量；支持记录当前柜内用品的种类
--	--	---

		和数量;支持记录从防柜中取出的用品的种类和数量。 内嵌≥ 21.5寸嵌入式工控触摸显示屏,全铝机身一体成型,全封闭设计,防止溅水及粉尘,耐高低温,通过可控式高温测试检测适应温度在$-10-60^{\circ}\text{C}$,可在恶劣环境下正常运作;电容十点触控,支持多点触控,响应速度快,触控次数5000万次,防爆型好,灵敏度高;显示颜色16.7M,亮度$300\text{cd}/\text{m}^2$,面板类型IPS,响应时间5ms,对比度1000:1,LED背光;CPU的主频$\geq 2.41\text{GHz}$、核心$\geq 2\text{C}$、线程数$\geq 2\text{T}$,内存$\geq 4\text{G}$,硬盘$\geq 128\text{Gssd}$;操作系统支持市场主流系统;WIFI双频2.4+5G;接口包含DC电源12V/5A、HDMI、VGA、LAN、Audio/O、COM、WIFI、USB等。 远距离小型工业RFID多通道读写卡器,通讯接口:RS232串口,工作频率902-928MHz/865-868MHz;天线接口:SMA母头;读取距离:1-25m;工作模式:主动/被动/触发;外形尺寸:124*83*25mm;工作电压:9-12V;标签群读识别速度:400张/秒。 免驱USB接口T6读卡器,支持IC卡/NFC卡/CPU卡/RFID卡读写卡器,支持协议:ISO/IEC14443A,卡片类型支持NXPS50/S70/FM1108/Ultralight/Ntag卡/DesFire卡/CPU卡/FM1208卡;系统兼容:Windows2000/NT/XP/Vista/7/8/10;通信接口:USB2.0、RS232串口、USB HID;读写距离:0~80mm;加密方式:读写器硬件加密,上位机软件加密,IC卡加密;加密算法:DES、3DES、AES;电源:DC5V;工作电流:100mA;工作温度:$-20^{\circ}\text{C}-60^{\circ}\text{C}$;提供API接口函数,动态库文件,多种开发语言支持;外形尺寸:120*70*18mm。 (2) RFID 电子标签 超高频RFID干性电子标签M9干标U9芯片(织物用),天线尺寸$\geq 70*14\text{mm}$;频率:860~960MHz;材质:
--	--	--

		PET 基材；读写次数：10 万次；供电方式：无源；感应距离：1~10m。 超高频 RFID 抗金属干扰电子标签 U8/H3 芯片（金属用），天线尺寸 $\geq 60*30\text{mm}$；频率：UHF866-868MHz（EU）/UHF902-828MHz（US）；材质：PCB 材质；容量：EPC 区 96Bits；芯片：相当于或优于 U8/H3；协议 EPC：支持 Class1Class2（IS18000-6C）； （3）无线定位信标 通过信标定位在场景搭建设备或固定场景点位上做信号标记,通过无线信号传输回信标基站从而获取信标的位置信息；工作电压 5V；工作频率 3500~6500MHz；传输速率：110kbps、850kbps、6.8Mbps；天线形式：PCB 天线；定位半径： $\geq 30\text{m}$；存贮温度：-40~125℃；工作温度：-40~85℃；尺寸： $\geq 35*55\text{mm}$。 UWB 室内定位模块 BU01 模组，外形尺寸 23*13*2.5mm（尺寸越小约优于）；芯片符合 IEEE 802.15.4-2020 UWB 通信协议标准，模组封装 SMD-24，天线频段 3.5GHz-6.5GHz 四信道,天线形式为板载 PCB 天线，通讯接口 SPI，IO 数量 7 个，供电电压 2.8V-3.6V，供电电流 200mA,定位算法 TWR+TDOA，定位精度 $\geq 10\text{cm}$，定位半径 ≥ 45 米，数据速率 110Kbps/850Kbps/6.8Mbps，存贮温度：0-60℃；工作温度：0-60℃。 （4）作业用品 满足但不限于以下内容： 安全帽*4、工作服*4、防护手套*4、劳保鞋*4、防护眼镜*4、防毒面具*4、有毒气体检测仪*1、监护马甲*4、安全带*4、安全绳*4、长管呼吸器*2、防爆扳手*1 套、灭火器*2、盲板及垫片*1 套、防爆手电*1、移动式轴流风机*1、作业告知牌*1、作业票*1、伸缩隔离带若干； （5）提供特殊作业智能传输系统的数据接口说明表,包括但不限于设备名称、接口名称、接口功能、接口地址等模块。
--	--	--

			7.4. 智能风险辨识系统 利用智能辨识系统及无线扫描硬件,通过预设的特殊作业场景中的通用风险辨识标签进行判断,将属于本次特殊作业任务场景的风险及安全隐患进行扫码上传,系统根据辨识结果导出风险识别成绩;检测内容与软件数据互通,实现成绩评判。 扫描硬件至少应满足:图像传感器640*480CMS;识读码制:至少包含QRCode、PDF417、DataMatrix(ECC200)、MicrQR 汉信码 MicrPDF417,Cde16K, Maxi Cde,Aztec、EAN13、EAN8、UPC-A、UPC-E0、UPC-E1、Cde128、Cde39、Cde93、CdaBar 、 Interleaved2f5 、 Industrial25、Matrix2f5、Cde11、MSIPlessey、RSS-14、限定式RSS、扩展式RSS、Standard2f5、Plessey、ChinaPst25;识读角度:旋转260°,倾斜±45,偏转±45。 7.5. 特殊作业智能考培系统 结合《危险化学品企业特殊作业安全规范》等规范要求,定制开发特殊作业实训软件,需实现仿真软件与实操装置数据互通,并且可以进行操作检测、成绩录入、自动评分,成绩自动汇总等功能。 7.6. 配套受限空间作业准备与监护虚拟仿真软件网页版软件 7.6.1. 教学内容要求 通过3D虚拟仿真软件的学习,提升学生在受限空间作业中的专业技能和安全意识,培养其风险识别和应急处理能力,增强团队合作精神和综合素质。项目旨在使学生熟练掌握操作流程和安全规程,学会使用相关设备,理解行业标准和法律法规,具备应对突发事件的能力。 (1) 包含模块要求 实训项目包含三种模式: 1) 浏览模式 2) 练习模式 3) 考核模式 考核模式要求完成技能的考核,与
--	--	--	---

		练习模式流程相同,选取交互点设置考核点,并形成实训报告。 (2) 工艺内容要求 工艺内容包含:精馏塔工艺、反应釜工艺、油罐系统。 7.6.2. 培训内容要求 (1) 任务一: 精馏塔受限空间作业 要求包含以下工作情景: 1) 危害因素评估(如化学、机械、热量、气体、坠落和任何其他特殊危害)。 2) 工艺人员个体防护、作业工具选用与准备。 3) 工艺人员精馏塔有效隔离。 4) 作业人员按要求办理相关票证。 5) 监护人员现场安全设施准备与确认。 6) 作业人员个人防护装备的确定与使用。 7) 监护人员现场安全监护。 8) 监护人员紧急情况应急响应。 9) 完工验收工作等。 (2) 任务二: 反应釜受限空间作业 要求包含以下工作情景: 1) 危害因素评估(如化学、机械、热量、气体、坠落和任何其他特殊危害)。 2) 工艺人员个体防护、作业工具选用与准备。 3) 工艺人员反应釜有效隔离。 4) 作业人员按要求办理相关票证。 5) 监护人员现场安全设施准备与确认。 6) 作业人员个人防护装备的确定与使用。 7) 监护人员现场安全监护。 8) 监护人员紧急情况应急响应。 9) 完工验收工作等。 (3) 任务三: 油罐受限空间作业 要求包含以下工作情景: 1) 危害因素评估(如化学、机械、热量、气体、坠落和任何其他特殊危害)。
--	--	---

		害)。 2) 工艺人员个体防护、作业工具选用与准备。 3) 工艺人员油罐有效隔离。 4) 作业人员按要求办理相关票证。 5) 监护人员现场安全设施准备与确认。 6) 作业人员个人防护装备的确定与使用。 7) 监护人员现场安全监护。 8) 监护人员紧急情况应急响应。 9) 完工验收工作等。 (4) 任务四：管道受限空间作业要求包含以下工作情景： 1) 危害因素评估(如化学、机械、热量、气体、坠落和任何其他特殊危害)。 2) 工艺人员个体防护、作业工具选用与准备。 3) 工艺人员管道有效隔离。 4) 作业人员按要求办理相关票证。 5) 监护人员现场安全设施准备与确认。 6) 作业人员个人防护装备的确定与使用。 7) 监护人员现场安全监护。 8) 监护人员紧急情况应急响应。 9) 完工验收工作等。 8. 工业级乙烯生产工艺软件 仿真工厂硬件中, 乙烯蒸汽裂解装置只设置蒸汽裂解、急冷两个装置, 其余用软件的方式补充; 聚乙烯装置中设置原料及助剂制备、聚合及粉料干燥装置等核心装置。 8.1 工艺流程要求 8.1.1 裂解工段 裂解单元由 2 台裂解炉组成, 1 台液体原料裂解炉; 1 台循环气裂解炉。当循环气裂解炉清焦时, 循环气体可送至轻质原料裂解炉裂解。 每台液体原料裂解炉的辐射室为双炉膛结构, 燃烧器位于炉管的两侧, 每一炉膛形成单排双辐射立管式裂解炉。对流段位于两个辐射室中间的上
--	--	---

		部。从辐射段出来的高温裂解气在 SLE（选择线性换热器）中被迅速急冷，其中回收的热量用于产生超高压 (SHP) 蒸汽，从 SLE 中急冷的裂解气然后进入急冷件中被进一步冷却至下游装置所需温度。 循环气裂解炉为单炉膛（辐射室）结构，燃烧器位于炉管的两侧，形成单排双辐射立管式裂解炉，对流段位于辐射段上部的旁侧。从辐射段出来的高温裂解气在 USX(超选择性线性换热器) 内被迅速急冷，其中回收的热量用于产生超高压 (SHP) 蒸汽，从 USX 中急冷的裂解气然后进入急冷器中被进一步冷却至下游装置所需的温度。 所有裂解炉采用超低氮氧化物排放烧嘴，全部底烧结构设计，助燃空气借助炉膛负压自然吸入，炉膛的负压由引风机提供。 （1）辐射段 裂解炉分为两个炉膛，炉管停留时间≤ 0.2 秒。辐射管出口管采用扩大直径的设计，提高了乙烯产率，并降低焦粒堵塞炉管的风险。 在对流段预热过的原料烃和稀释蒸汽的混合物由 4 根横跨管分别引入到辐射段入口集合管中，每根横跨管连接集合管，每个集合管再通过辐射管将裂解原料输送进炉膛中。 每一根辐射管入口处配有一个文丘里流量计以保证进口流量的一致。当文丘里下游与上游管内的绝压比大于 0.9 时，各管内的流量将变得不均衡，此时炉管需要清焦。 对于重质原料炉，每两个辐射管出口管由一个 Y 型件合二为一，再通过一短过渡段与 SLE 相连。对于轻质原料炉，每个辐射管出口管由一短过渡段直接与 SLE 相连。每个炉膛配有四组 SLE，从四组 SLE 出来的裂解气汇总到一个共用集合管中，然后再进入每个炉膛对应的急冷器中进一步冷却。 气体裂解炉辐射，单排排列在一个炉膛内，停留时间≤ 0.4 秒。辐射管出
--	--	--

		口(后3程)直径的增加,提高了乙烯产率,降低了焦粒堵塞辐射炉管的风险。 经对流段预热过的原料烃和稀释蒸汽的混合物经过横跨管进入辐射段炉管。每根横跨管为辐射炉管供料。 每一根辐射炉管入口处配有一个文丘里流量计以保证进口流量的一致。当文丘里下游与上游管内的绝压比大于0.9时,各管内的流量将变得不平衡,此时炉管需要清焦。 每个辐射炉管的出口管通过一过渡段直接与一台USX型急冷器相连,由于过渡段暴露于炉外,绝热容器很低,最大限度地降低了裂解气的二次反应。两种炉型的所有辐射炉管均通过其入口管与恒力弹簧竖直悬挂。穿过炉膛的炉管由遮蔽箱密封,遮蔽箱盖板可灵活拆卸。 (2) 对流段 炉子的对流段用于回收离开炉膛的高温烟气的余热,这些热量用于预热原料和锅炉给水、过热超高压蒸汽、过热稀释蒸汽等,以提高裂解炉总的热效率。 其中,重质和轻质原料裂解炉的对流段由以下盘管组成: (A) 原料预热盘管 1 (HC1) (B) 省煤器(锅炉给水) (C) 原料预热盘管 2 (HC2) (D) 烃+稀释蒸汽预热盘管 1 (HC+DS1) (E) 稀释蒸汽预热盘管 (DS) (F) 超高压蒸汽过热盘管 1 (SHPSS1,温度调节器前) (G) 超高压蒸汽过热盘管 2 (SHPSS2,温度调节器后) (H) 烃+稀释蒸汽预热盘管 2 (HC+DS2) 新鲜原料经4个进料控制阀进入原料预热盘管1预热,然后在原料预热盘管2中进一步加热。 对于轻质裂解原料,经过稀释蒸汽预热盘管过热的稀释蒸汽在外部混合
--	--	---

		器中与来自原料预热盘管 2 预热后的烃混合，混合后的烃+稀释蒸汽重新进入对流段，并在烃+稀释蒸汽预热盘管 1 (HC+DS1) 预热，再进入烃+稀释蒸汽预热盘管 2 (HC+DS2) 进一步加热。稀释蒸汽在进入稀释蒸汽预热盘管前，注入一定量的 DMDS。 对于重质裂解原料，稀释蒸汽分两次注入烃原料中。首先将约占需求总量 20% 的稀释蒸汽注入来自原料预热盘管 2 的烃进料中，混合物在烃+稀释蒸汽预热盘管 1 中进一步加热。其余 80% 的稀释蒸汽在重质进料混合器中与从烃+稀释蒸汽预热盘管 1 来的混合物再混合，以保证重质烃在进入烃+稀释蒸汽预热盘管 2 进行最后加热前完全气化。稀释蒸汽在进入稀释蒸汽预热盘管前，注入一定量的 DMDS。 循环气裂解炉的对流段由以下盘管组成： (A) 原料预热盘管 1 (HC1) (B) 省煤器（锅炉给水） (C) 原料预热盘管 2 (HC2) (D) 超高压蒸汽过热盘管 1 (SHPSS1，温度调节器前) (E) 超高压蒸汽过热盘管 2 (SHPSS2，温度调节器后) (F) 烃+稀释蒸汽预热盘管 (HC+DS) C2/C3 循环进料经过 3 个流量控制阀进入原料预热盘管 1 预热，然后在原料预热盘管 2 进一步加热。 烃原料经过原料预热盘管 2 过热后，注入掺有 DMDS 的稀释蒸汽，然后烃和稀释蒸汽的混合物进入烃+稀释蒸汽预热盘管进行进入辐射段前的最后加热。 每台裂解炉的超高压蒸汽过热盘管 (SHPSS) 和省煤器（锅炉给水）盘管，用于生产和过热超高压蒸汽。锅炉给水在省煤器中预热后进入汽包进行汽液分离，从汽包出来的超高压蒸汽进入超高压蒸汽过热盘管 1 (SHPSS1) 进行初步预热，再进入超高压蒸汽过热盘
--	--	--

		管 2 (SHPSS2) 进行最终过热, 在 SHPSS1 和 SHPSS2 两组盘管之间的外部, 设有一台减温器, 用于调节超高压蒸汽出口的过热蒸汽温度。 (3) 燃烧器 每台裂解炉配有自然进风的超低 NOx 排放的底烧燃烧器, 每个炉膛内的燃烧器分两排平行布置于辐射段炉管两边, 即每台裂解炉共有四排燃烧器。 气体裂解炉配有自然进风的超低 NOx 排放的底烧燃烧器, 平行两排布置于辐射段炉管的两边。 燃烧器的燃料来自于装置内产生的甲烷氢, 界区外的天然气为补充燃料气, 开车燃料气采用 LPG 和天然气。所有燃烧器都配有手动点火的长明灯。 (4) 急冷系统 高温裂解气的急冷系统分以下两级: 第一级: 一级急冷在安装于炉顶、多组捆绑在一起的 SLE 或者 USX 急冷器内进行。SLE 或者 USX 型急冷器为双套管, 线性结构的换热器, 这种急冷器的特点是管子结焦少, 几乎不需要机械清焦。 裂解气自下而上穿过急冷器内管, 套管外走从汽包下降管来的锅炉给水, 经急冷裂解气产生的超高压蒸汽通过上升管进入汽包。水侧的循环流动靠热虹吸作用自然循环。 第二级: 从每个炉膛所对应的所有 SLE 出来的裂解气汇集到同一个集合管混合后, 进入急冷件中进一步冷却到设定的温度后, 进入急冷油塔。从全部 USX 出来的裂解气汇集到同一个集合管混合后, 进入急冷件中进一步冷却到所设定的温度, 最后进入重燃料油气提塔。 (5) 汽包 每台裂解炉配有一台汽包, 用以产生高质量的超高压蒸汽。利用自然热虹吸作用将锅炉水从汽包送至 SLE/USX 急冷换热器, 并将产生的高压蒸汽送入汽包, 汽包装配有液位控制、报警及安
--	--	---

		全阀三重控制系统。 汽包设连续排污以保持水质,同时提供间歇排污。注入磷酸盐以保持锅炉给水的 PH 值和水质。 BFW 经过省煤器预热后进入汽包。汽包内设有水汽分离器,用以产生高质量的超高压蒸汽 (大于 99.9%),降低透平和过热器的结垢。 (6) 引风机 每台裂解炉都配有一台引风机,用于提供炉子所需的抽力,引风机安装于炉子对流段的炉顶平台上。裂解炉挡墙处微负压的控制,是由引风机的变频电机通过控制引风机的转速实现的。 (7) 独立炉膛裂解 USC-176U 型液体原料炉具有独立炉膛裂解功能。即同一裂解炉的两个炉膛可以同时裂解两种不同的原料,并保持其相应的裂解深度。每个炉膛设有两个相应的进料控制阀。 (8) 独立炉膛清焦 USC-176U 型裂解炉具有独立炉膛清焦操作的功能,当裂解炉需要清焦时,每个炉膛可单独清焦,这种理念成功地用于现代裂解炉设计,提高了炉子的整体使用率。清焦操作时炉膛的吸热量大约是正常负荷的 40%。清焦温度是由清焦炉膛平均 COT 温度来控制,清焦气可以返回炉膛焚烧或者进清焦罐排放。 不需要清焦的一侧炉膛要按正常工作负荷运行,并在烃+稀释蒸汽 2 盘管中注入稀释蒸汽,以防止清焦侧横跨管温度超温。 8.1.2 急冷工段 (1) 急冷油系统 (A) 急冷油塔 此系统使用 SW 专有的高温急冷油塔设计理念。裂解气热量分别由一系列不同温度等级的急冷油、盘油和急冷水循环逐级回收,达到最佳的能量回收。全塔分三个部分:换热段、盘油段、精馏段。该塔采用 SW 的专有技术的波纹塔盘 (Ripple tray),此塔盘具有压
--	--	--

		降小、高流通量、热交换量大、不易结焦的特点。 由裂解炉区急冷器来的裂解气（211.4℃，0.067MpaG）进入急冷油塔210-C-1210（操作温度塔顶 100℃，塔底 210℃，操作压力 0.048～0.062MpaG）换热段，裂解气在塔内通过循环急冷油、循环盘油两段回收热量后，裂解气离开塔顶进入急冷水塔，塔顶温度要控制在 106℃左右，以防止蒸汽在塔上部冷凝，同时能更加有效地回收热量。 急冷油塔底的热急冷油经泵升压，经过滤器除去焦渣后有三个去处：一是为稀释蒸汽发生器再沸器提供热源，用于产生稀释蒸汽，回收热量后一部分去液体炉急冷器，其余的返回急冷油塔；二是送至气体炉急冷器；三是去重燃料油汽提塔（操作温度塔顶 268℃，塔底 266℃，操作压力 0.066MpaG）。 急冷油塔中部引出的盘油用于换热，经盘油循环泵升压后有四个去处，绝大部分盘油用于工艺介质加热，加热后返回急冷油塔；另一部分盘油经液位控制作为急冷油段的回流；第三部分盘油与急冷油塔精馏段的侧线抽出的轻燃料油一起进入轻燃料油汽提塔。第四部分盘油用于盘油系统管线、仪表等的冲洗。 急冷油塔精馏段用于分割燃料油和汽油两种物质，该段用急冷水塔塔底的油水分离器分离出的汽油凝液作为回流。 （B）轻燃料油汽提塔 轻燃料油汽提塔内用稀释蒸汽汽提盘油回路的侧线和从急冷油塔精馏段抽出的流股，除去塔顶 C8 和轻组份回到急冷油塔，塔底轻燃料油经急冷水冷却至 100℃后送至罐区，塔顶气相返回急冷油塔。 （C）重燃料油汽提塔 设置重燃料油汽提塔的目的主要用于急冷油塔的减粘，使急冷油塔能在相对高的温度下操作，最大限度的利用
--	--	--

		裂解炉的高位热能。重燃料油汽提塔塔顶的中馏程燃料油(268℃,0.066MpaG)返回急冷油塔,塔底的重质燃料油经重燃料油产品泵升压并通过过滤器除去焦渣后,一部分返回急冷油塔,另一部分重燃料油经急冷水冷却至 100℃后送界区,也可与轻燃料油混合后送至界区。 (D) 急冷油排放系统 急冷油排放系统主要用于处理来自急冷区的急冷油。从各设备排放出的急冷油均靠重力自流到布置在地下的急冷油排放罐,该罐采用低压蒸汽盘管加热的方式减小由于急冷油冷却导致的粘度过大问题。 收集在急冷油排放罐里的急冷油经过急冷油排放泵(液位控制,间歇操作)送回急冷油塔或者泵送排放冷却器降温后至界区外。 (2) 急冷水系统 (A) 急冷水塔 来自急冷油塔顶的裂解气进入急冷水塔,该塔采用专有技术的波纹塔盘(Ripple tray),进一步冷却裂解气至 41℃后送至裂解气压缩单元,在急冷水塔内汽油组分和工艺水均被冷凝下来,经过油水分离器后,汽油馏分经急冷油回流泵送出,急冷水经急冷水循环泵送出。采出的汽油部分送至急冷油塔作为精馏段的回流,其余部分送至汽油汽提塔。 采出的急冷水经泵升压后有两个去处,一部分急冷水经一系列的工艺用户回收热量后,经一级冷却器和急冷水二级冷却器中移出急冷水中的热量后分别返回急冷水塔。另一部分经后续处理作为稀释蒸汽发生器的进料,塔底的油水分离器要达到水中游离油的含量不超过 0.5%的目标,这样能避免下游急冷水循环系统和稀释蒸汽发生器系统的结垢问题。 (B) 汽油汽提塔 汽油汽提塔将急冷水塔采出的汽油汽提,塔顶汽提出的轻组分返回急冷
--	--	---

		水塔中部,塔底汽油馏分经塔底泵升压后与脱丁烷塔底汽油产品一起送界区。 (3) 稀释蒸汽系统 (A) 工艺水汽提塔 稀释蒸汽发生系统的给水来自急冷水循环回路,工艺水来自急冷水塔塔底部,经过滤器和聚结器分别除去工艺水中残留的烃类和细小结焦,然后经稀释蒸汽 1#排污冷却器和工艺水汽提塔加热器加热后进入工艺水汽提塔,在汽提塔中急冷水经稀释蒸汽汽提,将挥发性组分汽提出去返回到急冷水塔,塔底的工艺水经稀释蒸汽发生器进料泵升压后,送入换热器分别与盘油、蒸汽凝液和稀释蒸汽发生罐底部流股预热后再进入稀释蒸汽发生器。 (B) 稀释蒸汽发生器 稀释蒸汽发生器为闪蒸罐,中间没用任何塔盘内件以减少结垢。工艺水经急冷油再沸器和中压蒸汽再沸器加热后在罐中产生稀释蒸汽,罐顶排出的稀释蒸汽再由中压蒸汽过热后大部分送到裂解炉系统,一小部分过热的稀释蒸汽去轻燃料汽提塔作为汽提蒸汽。 稀释蒸汽发生器设有连续排污管线,底部的废液进入污水处理系统前经换热器冷却至 40℃排到含油污水系统中。 8.1.3 裂解气压缩工段 (1) 裂解气压缩机系统 裂解气压缩机为五段压缩。来自急冷水塔塔顶的裂解气 (0.031MPaG, 41℃)进入压缩机一段吸入罐进行气液分离,分离出的水送回水洗塔。 气相进入裂解气压缩机一段入口。一段出口压力为$\geq 0.151\text{MPaG}$,温度为 89.9℃,经循环水冷却到 40℃后进入裂解气压缩机二段吸入罐。分离出的水返回一段吸入罐。烃由泵直接送至蒸馏汽提塔; 气相进入裂解气压缩机二段。二段出口压力为$\geq 0.365\text{MPaG}$,温度为 89.3℃。经冷却器冷却到 40℃后进入裂解气压缩机三段吸入罐。液相凝液返
--	--	---

		回二段吸入罐。 气相进入压缩机三段入口。压缩机三段出口压力$\geq 0.799\text{MPaG}$，温度为90.3°C。经冷却器却到40°C后进入裂解气压缩机三段排出罐。液相凝液返回三段吸入罐。 气相进入裂解气压缩机四段入口。压缩机四段出口压力为$\geq 1.685\text{MPaG}$。经冷却器冷却到40°C后进入裂解气压缩机四段排出罐。液相返回压缩机三段排出罐，气相进入碱洗塔。 (2) 碱洗系统 碱洗塔分为三个碱洗段（强碱段、中碱段和弱碱段）和一个水洗段。 来自压缩机四段排出罐的裂解气经急冷水加热至50°C后进入碱洗塔底部。自下而上依次与弱碱段、中碱段和强碱段不同浓度的碱液逆流接触，脱除H_2S，CO_2等酸性气体，最后在水洗段除去夹带的碱液。塔顶的裂解气进入干燥系统。 碱液循环泵分别将弱碱、中碱和强碱从各自碱洗段底部抽出，循环进入相应的碱洗段顶部塔盘。水洗循环泵将冲洗水从第五块塔盘下部抽出，经水洗冷却器，将冲洗水温度从49°C降至41°C。再返回水洗段顶部，从而减少了塔顶裂解气中的水含量。 表面冷凝器的凝液将界区外来的$20\text{wt}\%$碱液稀释至$10\text{wt}\%$，然后进入新鲜碱液罐。由碱液进料泵送至强碱循环泵的出口管线，作为强碱的初次添加和损耗补充。冲洗水的损耗由高压锅炉给水进行补充。 碱洗塔底部含有烃的废碱从塔底挡板溢出，减压后先与来自汽油加氢单元的洗油混合，溶解在碱洗过程中产生的黄油。废碱在除油罐中进行相分离后进入废碱脱气罐脱除烃类气体，然后由废碱排放泵送至废碱氧化单元进行处理。除油罐分离出的废洗油经水洗除去残留的碱液后返回急冷油塔。 (3) 裂解气干燥 来自碱洗塔塔顶的裂解气经7°C
--	--	--

		的丙烯冷剂冷却至 13℃，进入裂解气四段分离罐。分离后的裂解气进入裂解气干燥器干燥，以避免低温操作中结冰和形成水和物。液相烃经液体干燥器进料聚结器进入液体干燥器进行干燥。 干燥后的裂解气和烃液进入高压脱丙烷塔。 裂解气干燥器和液体干燥器以 3A 分子筛作为干燥剂，并采用一开一备的设计。每个干燥剂床层都设置湿度分析仪，当床层干燥剂的含水量接近饱和时，将其切出，进行再生处理，同时备用床投入使用。裂解气干燥器的循环周期为 24 小时，液体干燥器的循环周期为 48 小时。 (4) 脱丙烷系统 脱丙烷系统采用 S&W 特有的高低压脱丙烷塔系统，把碳四及碳四以上组分在碳二加氢和冷分离之前脱除并降低塔釜温度，减少结焦。 高压脱丙烷塔位于裂解气压缩机四段和五段之间，将碳二及碳二以下的轻组分和碳四及碳四以上的重组分分开。用塔顶回流来控制塔顶气相中 1,3-丁二烯的含量以及碳三组分的含量。通过调节裂解气压缩机四段出口的压力来控制高压脱丙烷塔塔釜的温度，以此来减少塔釜的结垢。高压脱丙烷塔塔底物料经低压脱丙烷塔进料冷却器冷却到 40℃后送入低压脱丙烷塔。 以确保塔顶物料中 C4 及重组分指标合格。干燥后的裂解气在高压脱丙烷塔进料/塔顶物料换热器中冷却至 -7℃后进入高压脱丙烷塔，干燥后的液态烃直接进入高压脱丙烷塔。 裂解气压缩机的第五段与高压脱丙烷塔组成热泵系统。塔顶气相经高压脱丙烷塔进料/塔顶换热器加热至 8℃后进入裂解气压缩机五段，增压至 3.88MPaG，以满足脱甲烷塔冷却器系统分离甲烷和乙烯所需要的压力，然后进入碳二加氢系统。加氢后的裂解气先经第二干燥器脱除痕量的水，顺序被 7℃，-7℃，-21℃的丙烯冷剂逐级冷却，
--	--	--

		有高压脱丙烷塔回流罐收集,部分液相回流,其余液相和气相进入冷分离系统。 高压脱丙烷塔塔釜液用循环水冷却至 42℃,作为进料进入低压脱丙烷塔。 低压脱丙烷塔用于碳三与碳四及重组分的分离。塔顶气相经 7℃的丙烯冷剂冷凝冷却至 13℃,由低压脱丙烷塔回流罐。部分回流,其余进入碳三加氢系统。 低压脱丙烷塔塔釜液作为脱丁烷塔进料。 高压脱丙烷塔和低压脱丙烷塔都采用盘油作为再沸器热源。 (5) 碳二加氢系统 碳二加氢系统是将裂解气中的乙炔转化为乙烯和乙烷,同时将部分 MAPD 转化为丙烯和丙烷。 碳二加氢反应器位于裂解气压缩机五段出口,由三个串联的绝热固定床反应器组成。床层之间以及第三床出口设置冷却器,用以撤除反应热。当第一床催化剂因老化需要更换时,将其切出系统,单独利用后两床也可以保证出口加氢指标合格。 为防止催化剂中的贵金属因中毒而失活,在第一床之前设置脱砷保护床,用以脱除进料中会造成催化剂中毒的砷,羰基硫等杂质。 在脱砷保护床和第一床之间设置碳二加氢进料加热器,以保证进料温度与催化剂的活性相匹配。 与后加氢流程相比,碳二前加氢流程无需配氢。因此可以做到更低的反应温度,更高的空速和更少的绿油生成量,从而达到节约设备投资,降低运行费用的效果。 8.1.4 压缩制冷工段 乙烯装置中的制冷需要通过不同制冷级别的乙烯和丙烯冷剂,以及相匹配的内部工艺物流作为补充来提供所需的制冷工艺要求。更低级别的冷量通过甲烷膨胀/压缩机对甲烷尾气进行膨
--	--	--

		胀获得。甲烷膨胀机/压缩机对尾气进行再压缩。四段的丙烯制冷压缩机向各用户分别提供 7℃, -7℃, -21℃ 和 -37℃ 四个温度级别的冷剂。丙烯压缩机四段出口的丙烯由冷却器用循环水全凝到 40℃ 液相, 然后送至丙烯冷剂收集器。乙烯精馏塔塔顶的气相经乙烯塔回流预冷器和乙烯压缩机三段出口的气相进行换热后 (-53.4℃) 进入乙烯制冷压缩机三段入口, 而从乙烯压缩机三段出口经预冷器换热后的全凝液相回到乙烯精馏塔塔顶作回流。 根据已经给定的系统设计, 工艺物料之间的热量交换是确定的。因此避免了装置内操作的不稳定性。过量的冷剂送回冷剂储罐。 8.1.5 冷区分离工段 (1) 预脱甲烷塔 来自高压脱丙烷塔回流罐的气体在预脱甲烷塔 1# 进料冷却器中用两种冷剂冷却: 一种为循环乙烷, 另一种为丙烯。被冷却的裂解气在预脱甲烷塔 1# 进料分离罐内闪蒸, 闪蒸液体直接进入预脱甲烷塔分离, 而高压脱丙烷塔回流罐液相在低一些的塔板位置直接进入预脱甲烷塔进行分离。 预脱甲烷塔 1# 进料分离罐闪蒸后气体在预脱甲烷塔 2# 进料冷却器、3# 进料冷却器中被乙烯冷剂、低压尾气、甲烷、氢、高压尾气和低压甲烷/氢进一步冷却, 并经过预脱甲烷塔 2# 进料分离罐、3# 进料分离罐闪蒸, 用以分离裂解气中 C3 以上重组分。闪蒸后的液体经预热进入脱甲烷预分离塔, 闪蒸后不含 C3 的气相冷却后进入 HRS 单元。 预脱甲烷塔再沸器以丙烯冷剂作为热源。脱甲烷塔塔底馏出物在进入脱乙烷塔前作为预脱甲烷塔塔顶冷凝器的冷源。脱甲烷塔底物料经丙烯冷剂过冷以减小闪蒸, 压力降低后, 其致冷效果等同于热泵回路中 -61℃ 的冷剂。预脱甲烷塔顶气相中不含任何 C3, 进入脱甲烷进料接触塔, 塔底物料去脱乙烷
--	--	--

		塔。 (2) HRS 单元和脱甲烷进料接触塔 HRS 的设计理念来自于传统的精馏系统和分馏器。它设计简单,拥有精馏的可靠性,并且能提供与分馏器相当的能效。在 ARS 工艺流程图中的分馏器的作用可以用 HRS 在相同位置取代。HRS 的塔顶馏出物中乙烯的预期含量为 500 ~ 1500 mppm。 HRS 具有以下优点: (A) 显著降低投资成本 (B) 保持了分馏器高能效的特点 (C) 持续且可预见的乙烯回收率 (D) 占地更小的精简设计 (E) 使用常规的设备元件 (F) 设备交货时间短 预脱甲烷塔进料分离罐闪蒸出来的气体进入 HRS 单元。从 HRS 单元出来的液相进入脱甲烷进料接触塔。HRS 单元的塔顶物料送到氢气净化和尾气膨胀单元。HRS 单元中用乙烯冷剂、冷甲烷、氢气作为冷媒。 脱甲烷进料接触塔有两股进料,一股是来自 HRS 单元温度低、较重的液体,另一股是来自预脱甲烷塔顶温度高,较轻的气体。如果将这两股进料合理分配,可以减小脱甲烷塔的尺寸和回流量。SW 为此设计了一个简单、更小的接触塔,流体在塔中逆流接触,即从上向下冷液体与由下而上较轻的气体形成对流,既传质又传热,这样形成脱甲烷塔的两股进料,即顶部冷、轻的气体,和底部重、热的液体,在热力学上比较理想。这个接触塔的制造费用远远比脱甲烷所用低温合金材料费用以及制冷能耗的费用低,而且它只需要一个简单的液位控制回路,不需要特殊的操作。 (3) 脱甲烷塔 脱甲烷塔进料主要为 C2 及更轻的组分,所以脱甲烷塔釜液不需脱除乙烷,而直接进入乙烯塔。脱甲烷塔再沸器用气态丙烯作热源,冷凝器用 -101℃
--	--	---

		乙烯冷剂作冷源。 预脱甲烷塔和脱甲烷塔的塔顶冷凝器与塔顶成一个整体,实际上是安装在塔顶部的板翅换热器。它的优点是在ARS/HRS单元内不需要冷泵。低温泵造价高,而且操作危险,并且也是传统乙烯厂主要的不可靠因素之一。脱甲烷塔塔釜液先由丙烯冷剂过冷,过冷后分成两部分,一部分去预脱甲烷塔冷凝器作冷源,另一部分进入脱甲烷塔底闪蒸罐,经脱甲烷塔底蒸发器用液态乙烯冷剂回收冷量,两股物流均完全气化后合并去乙烯塔。 (4) 氢回收和净化 来自HRS单元气体进入二级自动致冷氢回收系统。来自1#氢罐的液体闪蒸至再生系统所需要的压力,来自2#氢罐的气体为氢产品,最终进入甲烷化单元。尾气和液态氢经过HRS单元、预脱甲烷塔2#、3#进料冷却器、丙烯冷剂过冷器加热,氢气经过甲烷化单元,产生95mol%的氢产品。 减小来自2#氢气罐膨胀甲烷液体的返回压力,可以提高深冷净化系统的性能,以提高氢回收率。这可以通过将循环甲烷的压力控制在仅高于裂解气压缩机二级吸入压力来实现。这样安排的好处是可以不必使用增压压缩机,并且得到85%左右的更高的甲烷回收率。 来自2#氢罐的残余尾气(低压CH₄/H₂)经过1#、2#氢换热器,在HRS单元、预脱甲烷塔2#3#进料冷却器、丙烯冷剂过冷器中再加热后,返回裂解气压缩机二段吸入罐。 (5) 膨胀/再压缩回路系统 膨胀/再压缩回路系统主要使用单级膨胀机。脱甲烷塔塔顶气体被脱甲烷接触塔塔顶气体预热后与来自HRS的部分尾气混合,HRS塔顶气体去氢气净化系统。尾气主要是脱甲烷塔塔顶气体,混合后的尾气经过甲烷膨胀机膨胀,继续在HRS单元、预脱甲烷塔2#、3#进料冷却器、丙烯冷剂过冷器中预热回收冷量,并达到甲烷压缩机进口温
--	--	---

		度控制器设定温度。尾气经过再压缩后与来自氢回收系统的高压尾气混合,作为反应器与干燥器的再生气,送至燃料气系统。 系统设计考虑到即使甲烷膨胀/压缩机不能工作,装置仍可运行。在停车工况下,通过将 HRS 单元塔顶气体与脱甲烷塔塔顶气体混合后进行 J-T 膨胀,提供 HRS 单元深冷所需的冷量,这时深冷效率降低,需要乙烯压缩机提供 -101℃ 级的乙烯冷剂,作为 HRS 单元开车时尾气精馏塔冷凝器的冷媒。另外,从脱甲烷塔回流来的最多 3,000 千克/小时甲烷流量将被减压,并在脱甲烷系统的板翅换热器中再加热后送回裂解压缩机重新压缩,提供不足的冷量,这样预计尾气中乙烯的含量将增加至 1.0~1.5mol%。为避免过量的乙烯被排放到燃料气中,乙烯压缩机的能力将限制生产产量,所以在设计中一些设备的裕量可有助于处理该情况。 (6) 脱乙烷塔 来自预脱甲烷塔塔底的液体进入脱乙烷塔,进行 C2 与 C3 的分离,塔顶物料经脱乙烷塔冷凝器被丙烯全部冷凝后进入乙烯塔。脱乙烷塔釜液经脱乙烷塔底冷却器用循环水冷却 42℃ 后去碳三加氢系统。 脱乙烷塔再沸器用急冷水作热源,脱乙烷塔冷凝器用 -21℃ 液态丙烯冷剂做冷源。 (7) 乙烯热泵/乙烯制冷系统 乙烯塔是一个低压的乙烷、乙烯精馏塔,与乙烯制冷系统形成热泵流程。 乙烯塔有两股进料,一股来自脱甲烷塔底,乙烯含量较高,达到 93%;另一股来自脱乙烷塔顶,乙烯含量较低,为 84%。这两股进料进入乙烯塔的不同塔盘,形成了乙烯塔的温度分布。同时,顶部进料起到了一定的回流作用,减小了乙烯塔顶的回流,节约能耗。塔顶的气相采出物被加热后去往乙烯制冷/热泵压缩机,而低温液态物料由压缩系统回流到乙烯塔中。乙烯塔的中间再沸器
--	--	---

		和塔底再沸器通过热泵以塔顶的乙烯气相采出物作为热源。 乙烯塔顶气相经乙烯塔回流预冷器回收冷量后被加热到-53℃进入乙烯压缩机三段入口,三段压缩机出口经过乙烯塔中间再沸器和乙烯塔回流预冷器冷凝后作为乙烯塔的部分回流,来自脱甲烷塔底蒸发器的过冷乙烯可提供另外的乙烯回流。回流比根据流量和总的乙烯产率比计算,总的回流流量是两股回流相加(流量计指示流量)。 四段排出的气相乙烯压力为$\geq 1.89\text{ MPaG}$,温度为20°C,经1#、2#、3#乙烯冷却器中,分别通过将7°C、-7°C、-21°C丙烯冷剂汽化而自身得到冷却,然后在两个并联的板翅换热器乙烯冷剂冷凝器和乙烯塔底再沸器中被丙烯冷凝后,进入乙烯冷剂缓冲罐。罐内的液相乙烯一部分回流乙烯塔,多余部分产品经泵升压至2.0 MPaG后,再经乙烯产品过冷器冷却到-35°C后送至界区外的球罐中。 乙烯热泵与压缩机整合流程设计可以调整操作弹性,为乙烯装置100%的生产能力时,可以生产35%的乙烯液相产品,乙烯装置70%的生产能力时,可以生产100%的乙烯产品,正常操作时(即乙烯装置100%的生产能力时,无乙烯液相产品),五段压缩后的乙烯气相产品经乙烯产品冷却器被循环水冷却40°C送至界区外。 当生产乙烯液相产品时,五段出口气体乙烯经过乙烯产品冷却器冷却、减压后与四段出口气体乙烯混合,经1#、2#、3#乙烯冷却器冷却、冷凝,再经过两个并联的板翅换热器乙烯冷剂冷凝器和乙烯塔底再沸器冷却后,进入乙烯冷剂缓冲罐,通过乙烯产品泵送至界区外乙烯罐储存,另外,来自罐区的乙烯液相可以经过乙烯气化,用低压蒸汽气化后和乙烯装置气相产品线汇合一起送往下游用户。 来自乙烯冷剂缓冲罐液相乙烯首先在脱甲烷塔釜蒸发器内过冷,然后
--	--	--

		分为几股，一股作为乙烯塔回流补充，其余作为乙烯冷剂分配到各用户。乙烯塔塔釜液经预脱甲烷塔 1# 进料冷却器及丙烯冷剂过冷器循环回收冷量后，送至循环气裂解炉裂解。 乙烯压缩机的 1~3 级分别为脱甲烷塔急冷系统和产品急冷系统提供 -61℃、-83℃和-101℃的冷剂，一、二、三段吸入罐的气体分别进入一、二、三段压缩入口，但三段吸入罐的气体和乙烯精馏塔顶乙烯气体混合共同作为压缩机四段进气。 (8) 甲烷化 来自氢气回收系统的 95%氢气经冷箱回收冷量后，经甲烷化反应器进/出料换热器用甲烷化反应产物预热到 258℃，再经甲烷化反应器进料加热器用超高压蒸汽加热后进入甲烷化反应器，在 3.196MPaG，260℃和催化剂作用下将氢气中的 CO 转化为甲烷和水，氢气中的 CO 含量小于 10ppm。反应后的氢气经甲烷化反应器进/出料换热器、甲烷化流出物蒸汽蒸发器、甲烷化流出物冷却器冷却，冷却至 12.2℃，在甲烷化反应器流出物分离罐中进行分离，然后通过氢气干燥器脱除残余的水，即可得到产品氢气。游离水返回急冷水塔。 甲烷化反应得到的氢气产品分两部分，一部分氢气用于界区内碳三加氢，一部分送出界区。 8.1.6 热区分离工段 (1) 碳三加氢 碳三加氢单元是一个液相单床反应器系统。用以对进入丙烯回收系统的混合碳三流股中的丙炔 (MA) 和丙二烯 (PD) 进行选择性的加氢，使其转化为丙烯和丙烷。反应器出口 MAPD 的体积含量不超过 1000 ppm。 碳三加氢系统中混合碳三的新鲜进料有两股：一股来自低压脱丙烷塔塔顶，另一股为脱乙烷塔塔釜液。加氢反应所需的氢气来自甲烷化单元，根据 MAPD 含量按照一定配比诸如混合碳三
--	--	---

		进料管线。 加氢后的物料经碳三加氢后冷器冷却至 40℃，由碳三加氢循环罐收集，一部分作为循环量返回反应器入口，稀释新鲜进料，以防止反应器入口的 MAPD 浓度过高或者进料空速过低造成催化剂床层超温。其余作为丙烯回收系统的进料送至碳三气提塔。 碳三加氢反应器为一开一备，催化剂需要周期性在线再生，再生周期为 12 个月。 来自低压脱丙烷塔塔顶的流股在之前的流程中未进行过脱砷，在该流股管线上设置碳三加氢脱砷保护床，用以吸附会造成催化剂中毒的砷和羰基硫等杂质。 (2) 丙烯回收 丙烯回收单元是将加氢后的混合 C3 通过精馏，得到聚合级的丙烯产品。该单元采用碳三气提塔和丙烯塔双塔串联设计。双塔各有 135 块塔盘。 加氢后的混合 C3 进料进入碳三气提塔第 20 块塔盘，气提塔塔顶气相进入丙烯塔塔底，同时丙烯塔塔釜物料由丙烯塔输送泵打回碳三气提塔塔顶。 碳三气提塔再沸器和中间再沸器顺序回收急冷水的热量。进出口管线上设置调温旁路，以确保中间再沸器的急冷水进口温度稳定在 76℃。在碳三气提塔塔底设置一台用低压蒸汽做热源的开车再沸器，用于开车及减负荷工况下使用。 丙烯塔塔顶设置巴氏精馏段，塔顶不凝气返回裂解气压缩机三段排出罐。聚合级丙烯产品从丙烯塔第 11 块塔盘采出，经循环水冷却至 37℃后送出界区。 碳三气提塔塔釜物料返回裂解炉累计或返回低压脱丙烷塔进行分离。 (3) 脱丁烷塔 脱丁烷塔的进料为低压脱丙烷塔的塔釜液。脱丁烷塔将其中的 C4 组分从重组分中分离出来。塔顶 C4 气经脱丁烷塔冷凝器冷凝，流入脱丁烷塔回流
--	--	--

		罐。部分作为回流返回脱丁烷塔，其余作为混合 C4 产品送出界区。塔釜的裂解汽油与来自汽油汽提塔的裂解汽油混合后，经裂解汽油产品冷却器冷却至 42℃，作为原料送至汽油加氢单元。或加入阻聚剂后送至罐区储存。 脱丁烷塔再沸器采用饱和低压蒸汽作为热源。 ▲为保障项目建设内的仿真软件与实训装置保持一致，需提供满足上述工艺流程的 DCS 图纸≥50 张，包括急冷油总貌图 DCS 图、急冷油塔 DCS 图、轻燃料油汽提塔 DCS 图、盘油用户 DCS 图、急冷水总貌图 DCS 图、急冷水塔 DCS 图、汽油汽提塔 DCS 图、急冷水热用户 DCS 图、稀释蒸汽发生器 DCS 图、脱甲烷预分馏塔 DCS 图、进料冷却器 DCS 图、尾气精馏塔 DCS 图、脱甲烷塔 DCS 图、氢气纯化箱 DCS 图、脱乙烷塔 DCS 图、轻质原料进料预热器 DCS 截图、循环丙烷气化器 DCS 截图、裂解炉控制 DCS 截图、裂解炉总貌 DCS 截图、烃 1&3 股进料分配 DCS 截图、烃 2&4 股进料分配 DCS 截图、稀释蒸汽进料分配 DCS 截图、投料监控 DCS 截图、裂解炉进料 DCS 截图、急冷器 DCS 截图、燃烧气系统 DCS 截图、汽包 DCS 截图等。 8.2 培训项目要求 8.2.1 开车培训项目 (1) 裂解工段：提供裂解炉开车工况培训项目，步骤≥110 步。所提供开车步骤应包括烘炉、蒸汽开车、投油等过程。 (2) 急冷工段：提供急冷开车工况培训项目，步骤≥90 步，步骤≥90 步。所提供开车步骤应包括充液运转、接收裂解气等过程。 (3) 裂解气压缩工段：提供开车工况培训项目，步骤≥120 步。所提供开车步骤应包括油路投用、复水系统投用、管线暖管、压缩机开车、碱洗塔建立循环、压缩机接收裂解气、投用碳二加氢反应器等过程。 (4) 压缩制冷工段：提供开车工
--	--	--

		况培训项目，步骤≥ 100步。所提供开车步骤应包括系统充压充液、压缩机启动、投冷剂、乙烯产品外送等过程。 (5) 冷区分离工段：提供冷区开车工况培训项目，步骤≥ 105步。 (6) 热区分离工段：提供热区开车工况培训项目，步骤≥ 80步。 为满足教学需求,需提供以上各工段的开车培训项目的详细步骤,所提供步骤需要满足招标要求。并提供开工过程中环境因素及控制措施，数量≥ 8条，内容包括但不限于岗位、活动、环境因素、环境影响、控制措施。 8.2.2 停车培训项目 (1) 裂解工段：提供裂解炉停车工况培训项目，步骤≥ 130步。所提供停车步骤应包括停止投油、烧焦、降温等过程。 (2) 急冷工段：提供急冷停车工况培训项目，步骤≥ 55步。所提供停车步骤应包括急冷塔倒空、急冷水塔油侧倒空、急冷油系统蒸煮、停稀释蒸汽等过程。 (3) 裂解气压缩工段：提供停车工况培训项目，步骤≥ 60步。所提供停车步骤应包括碳二加氢反应器停车、裂解气压缩机停车、碱洗塔停车等过程。 (4) 压缩制冷工段：提供停车工况培训项目，步骤≥ 25步。所提供停车步骤应包括降液、倒降压等过程。 (5) 冷区分离工段：提供冷区停车工况培训项目，步骤≥ 40步。 (6) 热区分离工段：提供热区停车工况培训项目，步骤≥ 45步。 为满足教学需求,需提供以上各工段的停车培训项目的详细步骤,所提供步骤需要满足招标要求。并依照消除、预防、减弱、隔离、警告的原则，分别提供火灾应急处置原则和危险化学品泄漏处理原则。 8.2.3 事故培训项目 (1) 裂解工段：提供锅炉水中断、裂解原料中断事故的现象及处置方法。
--	--	---

		(2) 急冷工段：提供急冷塔塔顶温度高、急冷油塔顶温度过低事故的现象及处置方法。 (3) 裂解气压缩工段：提供 C2 加氢反应器温度高高、停电、停冷却水、停蒸汽、原料中断、五段出口压力显示有偏差事故的现象及处置方法。 (4) 压缩制冷工段：提供装置停循环水、停电、停仪表风、乙烯原料中断、乙烯机一段吸入压力低事故的现象及处置方法。 (5) 冷区分离工段：提供装置停电、停冷却水、停高压蒸汽事故的现象及处置方法。 (6) 热区分离工段：提供装置停电、停冷却水、停仪表风、P1360A 坏、C1540 液位高事故的现象及处置方法。 为满足教学需求,需提供以上各工段的事故培训项目的名称、现象及处置方法,所提供事故需要满足要求。 8.3 系统功能要求 8.3.1 操作指导评价系统系统要求 要求提供一套基于浅层专家系统的仿真操作过程的跟踪记录、推理评判的软件,用于对操作人员的操作合理性和控制效果进行评判。操作指导评价系统软件是培训系统的辅助系统软件,用于对使用者的操作过程进行指导和操作结果的自动评价,根据装置操作规程、设备的操作要求、技能操作经验、工艺指标控制要求、以及能耗效率要求等规则开发,同时可加入对于违章操作、超限指标、能耗水平的评价。通过实时双向推理、逻辑判断学员的操作情况与装置运行情况,实现操作方法指导、操作进程指示、操作结果评定等功能。操作指导评价系统支持“分级”功能,指导和评价的细项内容、要求、权重都可以按照级别设置,以便对不同类型和技能等级的人员制定更有针对性的培训和考核方案。 8.3.1.1 专家系统结构设计作评价专家系统要求由知识库编辑,知识
--	--	--

		库，数据库，推理机，解释系统五个部分组成，具体要求如下： （1）知识库编辑 知识库编辑应为独立软件，其主要完成该操作评价专家系统所需要的知识信息的录入、编辑、修改等功能。其对知识信息的要求是需按“知识库”的知识规则要求进行分类编辑。 （2）知识库 该专家系统所有知识信息全部存储在知识库中，在专家系统运行过程中，“推理机”程序随时都会调用“知识库”中的相关知识信息。知识库中的知识信息是按一定的“规则”储存的。 知识信息规则应满足： 基本规则应包含： 1) 普通逻辑规则：或、与、非、大于、小于、等于等； 2) 顺序逻辑规则：各操作步骤之间的顺序逻辑关系； 3) 时间逻辑规则：滞后、延时、限时等； 4) 运算规则：常规四则运算； 5) 组合规则：上述各规则的合理组合。 知识库中某项目下的知识信息应分为三类： 1) 过程知识信息：描述过程的名称、启始条件、终止条件，以及该过程下的步骤信息和质量信息； 2) 步骤知识信息：步骤的名称、与该步骤相关的规则选用、评分标准等； 3) 质量知识信息：质量参数的名称、启始条件和终止条件、指标标准参数数值、允许偏差、最大偏差、评分标准等。 （1）数据库 系统的数据库应存储仿真系统运行的状态数据与操作数据，数据全部来自仿真系统的实时数据库，数据在时钟控制下定时刷新，数据具有实时性。 （2）推理机 系统的推理机应为专家系统运行
--	--	--

		中的核心程序,推理机制采用基于规则的推理方法。推理方式采用正向推理和反向推理交叉进行的混向推理。过程的推理和过程内的操作质量的推理采用正向推理(前提-结论);过程内的操作步骤的推理采用反向推理(结论-前提)。操作质量的评价应在推理结论的基础上,根据数学统计方法进行计算得出。 (5) 解释系统 系统的解释系统应实现专家系统推理运行结果的解释与输出,解释功能跟踪推理过程完成;结果输出应包含窗口与文件两种方式,窗口方式具有实时特点。 8.3.1.2 操作评价系统评分规则 操作指导评价系统的界面开关可以由教师站软件控制,教师可以根据需要隐藏或显示学员操作指导评价系统界面。学员操作评价档案可以保存在一个指定路径下的自定义名称文件夹中,以用于统计、分析等后续处理。 操作评价系统根据操作规程和实际生产操作经验进行开发,对学生在界面上的每一步有效操作进行记录和评价。评分类型包括针对时序操作的步骤评分、对参数控制的质量评分、对过程操作的趋势评分和对违规操作的扣分等。充分体现科学和公平原则。操作评价系统的具体评分规则如下: (1) 过程评分规则:对每一个学员站在培训系统界面上进行的有效操作都要记录,并评分。 (2) 步骤评分规则:对有先后操作顺序要求的操作步骤,能够按起始或者终止条件是否满足,进行评分。 (3) 质量步骤评分规则:培训系统上控制的工艺指标,对照操作规程的工艺指标,能够进行评分。 (4) 扣分步骤评分规则:培训系统上的违规操作或者导致工艺指标严重偏离的,能够进行识别,并扣分。 8.3.1.3 模型精度 (1) 静态精度:所有控制点和关
--	--	---

		键流程参数应控制在$\pm 5\%$内,所有非关键点控制在$\pm 8\%$内。 (2) 动态精度: 控制在$\pm 10\%$内。 8.3.2 学员站系统 为了满足培训需要,学员站除了能够进行模拟分布式控制系统操作、现场操作以及操作指导及评价功能外,还需要实现如下功能: (1) 支持培训项目、培训内容自主选择。学员站本地可展示完整培训项目列表,学员可直接在列表中任选培训项目开展培训; 培训内容覆盖开车操作、停车操作等常规工艺操作,以及可燃气体泄露、有毒气体泄露、化工设备超压/超温报警等事故模拟与应急处理操作。 (2) 实现冻结、解冻核心功能,执行冻结操作后,学员站所有操作流程暂停,工艺模型所有数据保持当前状态不变,直至执行解冻操作后,操作流程继续正常运行,数据随工艺模型同步更新。 (3) 通过协作策略功能实现多学员站协同操作需求,支持多名学员同步连接至同一个工艺模型,分工完成复杂工艺操作。教师站可在“高级功能-协作策略”中创建协作组,为协作组添加学员机成员、设置成员角色与操作分工,将同一工艺模型下发至协作组内所有学员站,实现多学员站对同一模型的同步协同操作;操作完成后,系统将对整个协作团队的操作过程进行综合评判,生成并统计团队分数,满足团队协作培训的考核需求。 (4) 仿真系统与实际分布式控制系统(DCS)功能一致,具备标准化的报警显示功能。工艺模型中各报警点预设高/低/高高/低低报警触发阈值,当报警点数据达到对应触发值时,系统将自动触发报警,报警信息实时在学员站界面展示,与工业现场DCS的报警逻辑、显示形式完全匹配,满足实操培训的真实性的要求。 (5) 系统需要具有多种分布式控
--	--	--

		制系统风格的模拟：具备≥ 3种形式的分布式控制系统风格的模拟，不限于通用DCS、IA、CS3000、TDC3000及WinCC等。模拟主流厂商的DCS系统及各类先进控制系统操作界面与运行逻辑，实现与工业现场控制环境的高度对标。投标人需提供详细的响应说明方案，明确说明所投产品如何满足上述DCS系统仿真风格覆盖、工业现场环境对标及学生能力提升相关要求。 （6）通过时标设置功能实现数学模型运算速度的多档调节，完美配合教学节奏使用。提供0.10、0.20、0.50、1.00、2.00、4.00、5.00、10.00等多档速率调节选项，时标参数调整后，数学模型的运算速度将同步变化，实现仿真流程的快进、慢放，满足教学过程中重点环节讲解、操作练习的节奏需求。 （7）具备完善的网络化运行接口，支持互联网端运行及移动互联网扩展接入，完全满足招标文件的网络化要求。学员站与教师站可通过局域网、互联网建立连接，同时支持移动互联网终端的扩展接入；在线客户端采用自动分配IP地址模式，无需手动设置静态IP，系统将根据网络环境自动完成IP分配，保障多终端网络化接入的便捷性与稳定性。 （8）配备完整的操作评价指导系统，满足培训教学与考核的双重评判需求，评判机制与招标文件要求完全一致。系统基于浅层专家系统，对学员的仿真操作过程进行全程跟踪记录、推理评判，精准判断操作合理性与工艺控制效果；同时采用数学统计方差的方法，对操作参数的控制质量进行量化评判；推理与量化评判的结果可通过系统自动生成标准化文档，教师站可通过“成绩细目”“最终成绩细目”“保存评分”功能查看、导出评判结果，也可进行成绩统计与打印，为培训教学和考核提供完整的数据支撑。 （9）与教师站建立实时双向通讯机制，同时支持多模式登录、界面自定
--	--	---

		义及成绩实时查询，具体功能如下： 1) 学员站与教师站通过局域网稳定连接,操作过程中的成绩数据实时上传至教师站,教师站可实时查看学员操作得分； 2) 学员站支持单机模式、局域网模式两种登录方式,可根据培训需求自主选择； 3) 学员站支持软件运行后屏幕显示比例的自主调节,适配不同教学终端显示需求； 4) 学员站本地可实时查询当前操作的得分情况,便于学员及时调整操作思路。 8.3.3 教师指令站软件要求 教师站软件是仿真培训系统中起引导和监控的作用,负责授权、管理和监控学员站,给学员布置练习,对学员进行考评等。 教师站软件应具备但不限于如下功能： (1) 查看和管理学员状态和数据 通过「学员信息设置」功能实现学员姓名、编号等基本信息的新增、编辑、批次保存/导入/导出,可灵活管理学员基础信息；主界面客户区支持图标/列表两种显示方式,实时展示学员机的培训项目、操作状态（连接/启动/冻结等），状态栏和列表列项可直观查看学员得分及培训进度,且支持「显示信息设置」自定义配置需展示的学员数据项；通过「获取装置信息」功能可获取学员机正在操作的仿真模型的装置信息、数据点数值及相关参数,满足仿真模型数据查看需求；同时可通过「成绩细目」「最终成绩细目」查看学员得分的详细构成,实现学员数据的精细化管理。 (2) 学员站冻结及解冻 内置「冻结模型」和「解冻模型」核心功能,支持教师选择单个/多个学员机进行精准操作,冻结后学员端无法进行任何仿真模型操作,直至教师执行解冻操作；培训模式和考试模式下均支
--	--	--

		持该功能，且主界面会通过专属图标（启动且冻结/连接且启动且冻结）直观展示学员机的冻结状态，方便教师快速识别学员操作状态。 （3）练习模式和考试模式设置 支持培训模式（练习模式）和考试模式两种运行模式，可在软件启动时选择模式，也可在运行过程中通过随时切换；培训模式下，学员可通过学员机项目列表自由选择培训项目和内容，满足自主练习需求；考试模式下，教师可通过「创建考试策略」统一设置考试项目、DCS 配置、考核内容，且在启动学员站或创建策略时可启用倒计时，精准设置考试的开始和结束时间，同时支持从考试策略统一启动学员站，实现考试流程的标准化管控。 （4）通用事故库 支持「下发干扰」功能搭建了完善的通用事故库，内置设备事故、通用事故等多类型故障素材，包含停电、停水、停气、压缩机故障、仪表故障、泵跳车等工厂普遍存在的通用事故类型；教师可在仿真运行的任意时刻，选择单个/多个学员机下发任意故障干扰，且故障素材可灵活查找、选择和修改；同时配备「下发干扰历史管理」功能，记录故障下发的时间、类型、内容，方便教师追溯和分析学员的故障处理过程，充分满足故障触发和考核需求。 （5）成绩管理 支持「成绩细目」「最终成绩细目」实时显示并监控所有学员的练习/考试成绩及明细；考试过程中可通过「保存评分」将学员成绩实时保存，考试结束后通过「成绩统计」完成成绩汇总，系统自动将所有成绩保存至本地形成历史成绩库，教师可通过最终成绩细目、成绩统计界面调取任意学员某一场考试的历史成绩详情；成绩统计界面直接支持打印、保存、发布成绩，同时可通过「导出学员机列表」将成绩相关数据导出至 Excel 文档，干扰历史、耗时命令反馈等数据也支持 Excel 导出，实现
--	--	---

		成绩数据表的多样化导出需求。 （6）自动考评功能 支持自动化考评功能,教师在创建培训/考试策略时可设置评分等级,仿真过程中系统会对学员的操作行为进行实时自动化考评,并统计生成成绩细目,直观展示考评结果;软件的功能菜单体系:「打印工具」(成绩统计界面打印功能)、「导出考试成绩」(成绩保存、Excel 导出学员机列表)、「启动服务」(启动学员站、启动/终止程序)、「运行管理」(冻结/解冻、授权学员站、切换项目、下发干扰等)、「查看历史成绩」(最终成绩细目、成绩统计)、「学员状态监控」(主界面图标/列表显示、显示信息设置),可满足教师组织管理培训的全流程操作需求。 （7）考核功能 支持「培训/考试策略」实现考核题库的全流程扩展与维护,教师可自由创建、编辑、删除策略项(试题),根据培训需求新增或调整考核项目,实现题库的灵活更新;在策略项编辑界面可调整加权比例(试题分值比重)、通过「起始策略项索引」调整试题考核顺序、直接设置考核时间(分钟),满足试题参数的个性化配置;同时配备「时标设置」功能,支持 0.25-4.00 多档位速率因子调节,可灵活调整仿真时速,适配不同的考核场景和培训需求。 （8）故障点设置功能 支持在「下发干扰」界面支持教师自定义修改故障素材、设置专属故障点,可模拟控制系统故障、仪表故障、电器设备故障、机械设备故障(压缩机跳车、回流泵跳车、电力中断、储槽泄漏等)各类实际生产故障现象;通过「下发干扰历史管理」可对故障下发、学员处理过程进行记录和追溯,实现故障分析与复盘;系统的自动化考评功能会对学员的故障处理操作进行实时评分,并在「成绩细目」「最终成绩细目」中展示评分明细,教师可通过成绩统计、讲
--	--	---

		评功能为学员讲解故障紧急处理方案、总结故障教训,同时结合考评结果给出针对性的故障处理评分,全方位培养学员的故障判断和排除能力。 投标人需提供满足上述乙烯、聚乙烯工艺仿真系统要求的整体说明方案,以完整阐述系统架构、核心功能、技术实现、培训应用等内容。 (9) 通讯功能 基于网络架构实现与学员机的稳定控制与通信,支持教师远程统一启动/终止学员站、批量冻结/解冻、统一授权、下发项目/干扰等操作,实现学员站的集中管控;主界面和成绩细目界面实时显示学员得分,通过「获取装置信息」可查看学员当前操作的仿真模型工艺指标及所有数据点数值;软件具备完善的学员机管理能力,包含教室布局配置、强制学员机重新连接、重启驻留程序、远程桌面/广播桌面等功能;可通过「下发项目」、「切换项目」完成工序设定,通过「考试前准备、考试过程中、考试结束」全流程功能组织标准化考试,通过「保存评分」「成绩统计」「手动收集评分」完成成绩的全面收集与汇总;同时配备「网络狗 IP 设置」功能,可优化网络通信参数,确保教师站与学员站的网络通讯稳定、实时。 (10) 协同仿真培训功能 支持教师创建协作组、为组内学员分配角色、添加/删除协作组成员,可基于协作策略统一启动协同仿真项目,实现多名学员在同一仿真场景下的分工协作操作,适配团队式培训/考试场景。 ▲投标人需提供由石化行业甲级设计单位出具的满足上述工艺要求的工艺流程图(PFD),以便于开发教材及教学任务,需包含但不限于:进料分配、裂解炉、急冷油塔和急冷水塔、蒸汽发生器、急冷水循环、燃料油汽提塔、裂解气压缩、裂解气干燥再生、碳二加氢、低压脱丙烷塔等内容,数量≥ 40 页,提供截图。
--	--	--

			9.工业级聚乙烯生产工艺软件 工艺仿真软件的工艺数据需以真实工业的企业设计生产指标为准,数据来源需真实可靠,操作程序及事故处理方法需以真实企业岗位操作规程为准。工艺模型设计需能建立精确的工艺模型来模拟实际生产过程的工艺流程和岗位操作规程。 ▲投标人需提供基于本项目为原型的真实企业相关技术文档,包括但不限于工艺技术规范、操作指南、开停工规程、事故处理预案、操作规定、仪表控制系统操作规程、安全生产及环境保护等,所有文档需真实有效、符合行业规范及企业实际运营标准,能作为教学素材进行转化应用。可单独成册,页数≥400 页。 9.1 工业级聚乙烯工艺原理要求 (1) 原料及助剂供应 乙烯、1-丁烯、氢气由界区管道供应。乙烯经净化装置(含多台净化塔,填充不同填料,操作温度约 90℃)去除影响聚合的杂质,净化系统设有换热器回收能量,并用低压蒸汽加热至最终温度,再生单元提供热氮、氧气或氢气进行塔再生。1-丁烯压力不足,经缓冲罐和升压泵输送至反应器。己烷由界区送入母液罐。20%NaOH 溶液用于中和废水中的 HCl,按催化剂理论量多加 20%计算用量。 (2) 公用工程 制冷单元:采用丙烯制冷剂,通过压缩/膨胀式制冷单元将己烷冷却至约 -15℃,冷己烷循环系统设有膨胀罐(氮封)和循环泵。 蒸汽系统:界区提供高压(4.0MPaG)、中压(1.4MPaG)、低压(0.45MPaG)蒸汽,经脱过热和分离后分别用于挤压机、反应器加热、伴热、粉料干燥等。冷凝液回收至收集罐,多余冷凝液送出界区或冷却后排放。 氮气系统:界区提供高压(4.0MPaG)和中压(0.6MPaG)氮气,经减压后用于催化剂系统、气体分析小
--	--	--	--

		屋等。 工业水、生活水、脱盐水、循环水：分别用于蜡处理罐、洗眼器、补水等。循环水通过板式换热器与夹套水换热，夹套水封闭循环，设有膨胀罐和分析仪监控碳氢化合物含量。 (3) 聚合工艺流程 聚合在三台 280m³反应器中进行（转速约 85rpm），可采用串联（ACP 模式）或并联（K1 模式）操作，反应温度 78-85℃，压力 0.3-1.0MPaG。反应剧烈放热，设有盘绕夹套管和外冷却器（带走 80%反应热）。乙烯、共聚单体、氢气、催化剂、活化剂、己烷及回收母液由底部连续进入。单程乙烯转化率>99%，聚乙烯悬浮液占反应器体积 90-95%，液位采用放射性测量。悬浮液经闪蒸罐后输送至离心机。 工艺模式：K1 模式（并联）得到窄分子量分布产品；ACP 模式（串联，催化剂仅加入第一反应器）得到宽分子量分布产品，中间闪蒸罐用于脱除过量氢气。 控制参数：乙烯进料速率受冷却能力制约（约 6-11 吨/小时）；己烷/乙烯比约 3-5m³/吨乙烯；丁烯共聚单体量 0.15-40 升/吨乙烯，由气相浓度控制；氢气供给由分压比（PH₂ /PC₂ H₄）自动控制，每反应器设两个流量范围回路；母液循环回反应器；催化剂进料速率手动或由乙烯分压自动控制；活化剂（三乙基铝）浓度保持恒定；反应器压力由催化剂活性控制，压力 0.3-1.0MPaG；温度 78-85℃（±0.5℃），不得超过 90℃；液位由放射性传感器控制；平均分子量由氢气分压控制；分子量分布通过熔体流动速率比（FRR）表示；密度通过丁烯共聚调节，≥0.940g/cm³。 (4) 催化剂的制备、储存和配料 催化剂储存于 38.9m³储罐中，采用适当搅拌防止沉降。在稀释罐中通过自动稀释程序调节浓度，由计量泵分批送入反应器。活化剂（三乙基铝，TEAL）
--	--	---

		在储罐中用己烷稀释至 10%浓度，由计量泵通过母液管线送入反应器。化剂稀释罐和活化剂计量罐均采用精制氮气保护（0.1MPaG）。 （5）己烷分离工艺流程 聚乙烯淤浆经泵送至沉降式离心机，分离出含 25-35%湿分的 HDPE 粉料，粉料靠重力落入流化床干燥器，母液收集至母液收集罐，部分循环回反应器，多余母液送至己烷提纯单元。蒸馏后的己烷收集于己烷罐，作为新鲜己烷回用。 （6）干燥工艺流程 湿粉料（含 25-35%己烷）在流化床干燥器（两段：预干燥和终干燥）中用热氮蒸发己烷至残留量<1.0%。干燥器内设换热器（低低压蒸汽加热）。含己烷氮气经洗涤塔（以冷己烷为冷却介质）冷却分离己烷，氮气循环使用。洗涤塔操作温度 38-44℃，设有氧含量分析控制，必要时补充或排放氮气。 （7）HDPE 粉料的排出和输送 干燥后粉料通过密闭氮气回路输送系统送至粉料处理单元，输送氮气压力 0.03-0.04MPaG，系统设有过滤器、冷却器、分析仪（监控己烷、氧气、水含量），压力由氮气管网调节。 （8）粉料的提纯及储存 为提高食品级产品质量，粉料在粉料处理仓中以往复流形式停留约 3 小时，用过热蒸汽（>100℃）和氮气进一步脱除己烷至<0.01%（wt）。处理后的粉料经氮气输送至粉料仓（单个 1180m³，总计约 800 吨），用于暂存不合格品或缓冲。各料仓设有流化板防止架桥，氮气循环系统设有过滤、冷却、压缩及分析监控（碳氢化合物<0.5%、氧气<1%、水<500ppm）。 （9）己烷蒸馏/提纯 母液经预热（80-90℃）后进入蒸发分离器（压力 0.24MPaG，温度 115-120℃），己烷蒸汽用于预热母液、加热精馏塔再沸器及冷凝。冷凝液进入精馏塔进料罐，再送入精馏塔（压力
--	--	--

		0.04MPaG, 塔底约 81℃, 塔顶约 73℃) 脱除丁烯等轻组分 (丁烯浓度 < 100ppm)。精馏后己烷经冷却后进入吸收塔 (装填铝硅酸盐吸附剂) 进一步脱除水、氧、二氧化碳等催化剂毒物。吸收塔一用一备, 操作周期 1-6 个月, 采用过热蒸汽与氮气再生 (温度 250℃, 约 120 小时), 再生气经冷凝分离, 废己烷送出界区。 (10) 丁烯回收 来自闪蒸罐后的废气经压缩后进入洗涤塔, 以正己烷为吸收剂回收丁烯, 塔底富丁烯组分返回反应器, 塔顶轻烃送火炬或反应器。 (11) 废水预处理 装置废水收集于废水池, 泵入废水罐 (氮封, 0.02MPaG)。废水中的己烷和 HDPE 粉料在罐中分离, 浮油和粉料间歇送入蜡处理罐, 经低压蒸汽蒸馏, 冷凝液分离后己烷相回用, 水相排放。含催化剂残余物的物料需加入稀碱液中和处理。反应器冲洗己烷也经蜡处理罐蒸馏回收。 (12) 废己烷收集 吸收塔再生及冷凝产生的水/己烷混合物在分离罐中分离, 废己烷送出界区供其他工业利用或焚烧。 (13) 蜡回收 从蒸发器底部排出的富蜡物料 (蜡浓度约 20%) 经中压蒸汽加热后进入蜡处理罐, 再通低压蒸汽蒸出剩余己烷, 使烷基铝失活, 冷凝后己烷回用, 蜡经加水冷却后装袋。 (14) 废气系统 废气分为富氮气和富烃两类。富氮废气经液环压缩机排火炬; 富烃废气通过裂解气压缩机送至裂解炉。设有紧急排放罐和安全阀排放管线。联锁保护包括压力、液位、密封水温度等。 (15) 催化剂组分储存站 烷基铝 (三乙基铝) 由运输罐通过卸料臂卸入储存罐 (45m³), 用己烷稀释至 10% (wt), 储罐氮气保护 (0.02MPaG)。卸料过程设有流量计量、
--	--	---

		已烷冲洗和氮气平衡管。所有操作可在危险区域外监控和急停。 投标人需提供以上全部流程的仿真分布式控制系统（DCS）画面截图。 工艺建模要求：仿真软件的工艺数据需以真实工业企业的设计生产指标为准，数据来源真实可靠。操作程序及事故处理方法需以真实企业岗位操作规程为准，不得凭空捏造。工艺模型需能精确模拟实际生产过程的工艺流程和岗位操作规程。 9.2. 培训项目要求 （1）正常开车 （2）正常停车 （3）原料中断 （4）P1201A/B 晃停 （5）P1202A/B 晃停 （6）P1203A/B 晃停 （7）停中压蒸汽 10 管路管廊 （1）管路为不锈钢直缝钢管，执行标准为 GB/T12771，打磨坡口后焊接，规格分为 DN50/40/32/25，除锈刷漆。 （2）管道标志色按工艺介质不同加以区分。 （3）主设备和管路之间、阀门与管路之间均采用法兰连接方式，管路的分支或转弯处采用焊接的连接方式。 （4）管道支架为标准件，根据工艺要求，设置为管卡、U 型螺栓、吊架、门式钢架等等，颜色为本色。 （5）所有管路均带有流向、介质名称等信息。设置管廊，桁架。根据现场条件和工艺条件，整体设置单层和局部双层工艺管廊。 （6）布管设计遵照横平竖直的原则。各管线垂直正交安装，克服斜线的不规则感。特殊位置要遵循设计原型的设计规则，适当增加步步高、步步低、无 U 袋、上弓形、下弓形、阀门集中布设等多种配管方式，使实训装置具有典型代表意义。 （7）管件技术要求包括弯头、三
--	--	--

		通、法兰等，均需采用标准件。 1) 工艺管路法兰材质为 20#钢；设备接管法兰材质为 304 不锈钢，所有法兰均带保护罩。 2) 各类弯头、三通、大小头管件，执行 GB12459，均为标准件，均为不锈钢，颜色与工艺管道颜色保持一致。 11. 工业无线路由器 数量要求：1 套 要求提供工业无线路由器 1 台, AP 数量 1 台。要求工业无线路由器覆盖仿真工厂整个区域, 在部分局部空间适当使用 Wi-Fi 信号增强设备, 确保信号稳定, 实现数字化、信息化、智能化工厂信号增强与使用。 传输标准要求： 要求支持 IEEE 802.11ax/ac/n/a 4x4, MIMO 要求支持 IEEE 802.11ax/n/g/b 4x4, MIMO 无线速率要求： 要求 2.4 GHz 理论协商速率 $\geq$ 1300 Mbps 要求 5 GHz 理论协商速率 $\geq$ 5000 Mbps 无线频段要求： 支持 2.4 GHz & 5 GHz 12. 文化宣传建设 (1) 基地简介展板 数量要求：1 套 1) 尺寸：$\geq 1500\text{mm}$ (宽) $\times 1000\text{mm}$ (高)； 2) 材质：采用轻质耐用材料（如 PVC 板），需防水、防紫外线、不易变形； 3) 配套展板架，尺寸需与展板匹配，材质铝合金。 (2) 工艺流程展板 数量要求：1 套 1) 尺寸：$\geq 1000\text{mm}$ (宽) $\times 600\text{mm}$ (高)； 2) 材质：采用轻质耐用材料（如 PVC 板），需防水、防紫外线、不易变形；
--	--	--

			(3) 职业病危害告知卡 数量要求：4 个 1) 尺寸：≥1000mm（宽）×600mm（高）； 2) 材质：采用轻质耐用材料（如 PVC 板），需防水、防紫外线、不易变形； 3) 配套展板架，尺寸需与展板匹配，材质铝合金。 (4) 岗位职责展板 数量要求：5 个 1) 尺寸：≥500mm（宽）×800mm（高）； 2) 材质：采用轻质耐用材料（如 PVC 板），需防水、防紫外线、不易变形； (5) 安全标志 数量要求：30 个 1) 尺寸：≥300mm（宽）×400mm（高）； 2) 材质：采用轻质耐用材料（如 PVC 板），需防水、防紫外线、不易变形； (6) 地面警戒线 数量要求：1 套 需采用≥5cm 地面警戒线对装置区及操作区进行规划，颜色：黄黑或者黄色；材质 PVC 贴纸。 (7) 模拟假人 模拟假人，数量 1 套：包含显示器一台；手拉推式人体硬塑箱一只；复苏操作垫一条； 1) 屏障面膜(50 张/盒)一盒；可换肺囊装置四套；可换面皮一只；数据线和电源适配器各一根。 2) 担架，数量 1 副：展开尺寸（长*宽*高）：约 200*54*18cm；折叠尺寸（长*宽*高）：约 102*31*12cm；管身材料：加厚不锈钢；布面材料：牛筋面料；承重：≥150Kg。 3) 空气呼吸器，数量 1 台：≥6.8L 纤维瓶自给开放救生正压式消防空气呼吸器工作压力：30MPa 供气量：大于 300L/min 产品组成由：复合气瓶，背
--	--	--	--

		架,减压器,供气阀,全面罩,压力表,残气报警器。 4) 另配:手套(线,橡胶)、防护鞋、急救箱、吹扫等安全用品。 13. 沉浸式显示系统 数量要求: 1 台 沉浸式显示系统,依托 5G 网络技术,支持乙烯产业链仿真工厂数智化系统的可视化展示与交互应用,可以满足实训教学、参观展示、职业培训等多元场景需求。 室内 1.86 全彩显示系统硬件,约 15 平方米,具体要求如下: (1)像素间距: $\leq 1.86\text{mm}$; (2)像素密度: ≥ 289000 点/m^2; (3)水平/垂直视角: $\geq 170^\circ$ / $\geq 160^\circ$; (4)白平衡亮度(校正后): $\geq 500\text{cd}/\text{m}^2$; (5)对比度: $\geq 6000:1$; (6)亮度均衡性: $\geq 97\%$; (7)峰值功耗: $\leq 700\text{W}/\text{m}^2$,平均功耗: $\leq 477.4\text{W}/\text{m}^2$; (8)刷新频率: $\geq 60\text{Hz}$; (9)色温: 2800K~15000K 可调; (10)阻燃防火:模块的壳体、面罩、PCB、防护胶的阻燃等级均达到 V-0 级; (11)功能特性:具有文字显示、动画功能、视频播放功能等; 14. 智能化系统移动控制终端 数量要求: 5 台 智能化系统移动控制终端配合智能化系统进行教学应用,学员可通过手持移动终端调取仿真系统画面和智能化系统典型实训教学监控内容。学生分组实训时,通过手持移动终端进行 APC 调节、SIS 联锁状态监测、MES 系统教学任务填报、巡检现象填报等实训内容。 要求用于学生分组教学,完成智能制造执行系统、智能多变量先进控制系统(APC 系统)、智能安全仪表联锁系统(SIS 系统)等学习任务。CPU 类型:主频 $\geq 2.0\text{GHz}$; 麦克风: ≥ 2 个麦克风;
--	--	---

		扬声器数量: ≥ 2 个; 连接方式: Wi-Fi; USB 接口: Type-C; 音频接口: USB Type-C; 屏幕比例: 3:2; 后置摄像头: 1300 万像素; 前置摄像头: 800 万像素; ▲为全面构建职业教育衔接贯通培养课程体系建立, 投标人需提供乙烯装置企业级操作规程, 包括但不限于工艺指标、产品与副产品产量、岗位操作规定(裂解炉岗位/急冷岗位/脱甲烷、脱乙烷塔及冷箱系统岗位/乙烯精馏及乙烯、丙烯制冷岗位/低压脱丙烷塔、脱丁烷塔、碳三液相加氢、丙烯精馏岗位)、操作指南(裂解炉岗位/急冷岗位/脱甲烷、脱乙烷塔及冷箱系统岗位/乙烯精馏及乙烯、丙烯制冷岗位/低压脱丙烷塔、脱丁烷塔、碳三液相加氢、丙烯精馏岗位/汽油加氢装置)、开工规程(开工纲要/开工操作/辅助说明 C 级)、停车规程(停工纲要/停工操作/停工 C 级说明)、专用设备操作规程(裂解气压缩机/丙烯压缩机/乙烯压缩机/甲烷膨胀、再压缩机/空气压缩机/氢气压缩机)、基础操作规程(机泵的开、停与切换操作/冷换设备的投用与切除/关键部位取样操作程序及注意)等, 页数 ≥ 400 页。 15. 智慧交互物联网套件 数量要求: 10 个 要求用于模拟 APC 系统压力、温度等监测数据, 以及监测 SIS 关断联锁现场阀门情况及离心泵单元振动监测情况, 并通过套件进行展示。智慧交互物联网套件具备小型触摸屏, 能展示图形、文本等教学资源, 可在管道、离心泵、阀门等设备上安装。智慧交互物联网套件可进行信息采集, 能采集学生实训过程的部分学习行为信息, 可支持 Wi-Fi 与蓝牙连接功能, 并将学生学习结果发送平台。 16. AI 智能指导与评价系统 16.1 总体技术要求 闭环架构: 系统需构建“数据采集→AI 分析→双向反馈→学习优化”的
--	--	---

		完整闭环，支持能力的持续迭代。 模块化设计：各功能模块（实时指导、预警、行为分析、评估、过程数据分析）应独立可插拔，便于集成与升级。 多源数据接入：能够实时采集 DCS 点值（模拟量、开关量）、操作日志（操作员动作、时间戳）、评分事件、报警记录等异构数据。 实时监控与分类：支持与 DCS 点位的实时监控，能够对操作员意图进行分类（如正常调节、事故响应、误操作等），分类准确率$\geq 95\%$。 风险预判：基于趋势分析和工艺知识库，提前预判参数偏离风险，预警提前量≥ 30 秒（在典型工况下）。 故障诊断：内置常见化工过程故障知识库（至少包括阀卡、堵塞、泄漏、泵气蚀、仪表漂移等 50 种以上故障类型），故障诊断准确率$\geq 90\%$。 16.2 功能模块详细技术要求 16.2.1 AI 实时智能指导模块 智能问答：支持自然语言交互（中文），学员可通过文字或语音查询知识库、实时工艺状态、故障原因、标准操作流程。知识库需包含工艺专家经验，覆盖装置开停车、正常操作、异常处理等场景。 多模态交互：交互界面需同时支持文本提示、动态仪表盘、知识卡片、操作步骤高亮、工艺流程图叠加等多种形式，提升学习沉浸感。 截图视觉识别问答：学生框选仿真画面区域（2DDCS 画面）后，AI 需通过视觉模型识别其中内容并给出解答。识别对象至少包括：仪表读数（压力表/温度计/液位计，数值提取精度误差$\leq \pm 5\%$量程）、阀门状态（开/关闭状态判断准确率$\geq 96\%$）、报警灯/安全标识状态（颜色召回率$\geq 95\%$）、设备位号标签识别（识别精度$\geq 98\%$） 16.2.2 智能预警与主动干预模块 五级预警机制：预警等级需划分为联锁、严重、警告、注意、提示五个级别，各级别应有明确的阈值设定逻辑和
--	--	--

		可视化区分（如颜色、弹窗）。 动态工况扰动:系统应根据教学需要,随机或按预设方案注入真实工业扰动,如仪表漂移、进料组分变化、温度波动等,扰动参数可配置,且不影响底层工艺模型稳定性。 趋势预判功能: AI 需实时追踪关键参数变化率,当参数趋势可能导致未来 30-60 秒内超限时,提前发出“注意”级预警,并提示可能的风险。 指导性反馈: 预警触发时,系统除显示报警信息外,需附带工艺原理解释及正确的处置建议,帮助学员理解报警背后的机理。 预警准确率: 误报率不超过 3%,漏报率不超过 1%。 16.2.3 操作行为深度分析模块 时空数据融合:系统需将学员每一步操作（如开关阀门、调整设定值）与时间轴上的 DCS 数据变化、事件记录精确对齐,实现操作过程的全息回放与追溯。按时间轴展示每步操作对象和类型,用颜色标记操作的正确性（绿色=规范步骤、黄色=冗余步骤、红色=错误步骤）。 三维度剖析:分析报告需从行为层（操作顺序、时机、幅度）、认知层（决策逻辑、问题判断的准确性）、物理/化学层（对工艺机理的理解程度）三个维度进行深度评价。 操作模式识别:利用机器学习算法自动识别学员的操作风格,至少包括激进型、保守型、混乱型、精准型等四种模式,识别准确率$\geq 85\%$。操作风格画像,系统需基于操作数据自动识别三种操作风格。激进型识别特征: 阀门指令阶跃均值$>12\%$量程、参数 80%分位数$>$设定值的 85%、振荡占比>0.35; 保守型识别特征: 指令阶跃均值$<5\%$量程、步间平均时间$>$基准用时 1.5 倍、无效微量修正占比>0.1; 混乱型识别特征: 操作位点切换无规律、同一位点重复操作率$>40\%$且未改善工况 能力短板诊断:系统应能通过多次
--	--	---

		操作的关联分析,定位导致学员反复失误的共性认知缺陷(如对串级控制理解不足、忽视压力耦合效应等),并以可视化方式呈现。系统需在操作风格分类基础上,进一步诊断学生在认知层面的具体薄弱环节。需至少识别以下缺陷类型:①串级控制原理理解不足(操作LIC10101.OP$\geq$5次但液位无响应判断);②泵启动前检查漏项(泵启动事件时间早于入口阀打开时间);③故障排查逻辑错误(排查位点序列与知识图谱故障树路径匹配度$<50\%$,如出口压力下降时反复调节出料阀而不排查入口条件);④安全边界认知不足(参数持续逼近报警限值但无回调操作) 16.2.4 多维能力评估与报告模块 五维能力模型:从安全控制能力、工艺控制能力、异常处理能力、经济性(能耗/物耗)、稳定性五个维度建立量化评估模型。每个维度需细分为若干子指标,如安全控制能力包括联锁触发次数、超压时间、违规操作次数等。 雷达图可视化:自动生成学员能力雷达图,直观展示各维度得分及与班级平均水平的对比。 时间线分析:支持将操作过程划分为多个阶段(如稳态运行、事故响应、恢复调整),对各阶段分别进行能力评分,并以时间轴形式呈现。 个性化改进建议:基于能力短板诊断结果,系统应自动生成针对性的学习建议,包括短期应加强的知识点(如“建议复习离心泵串级控制原理”)和长期能力发展路径,建议需引用具体操作实例。内容需包含:各维度得分及评价、优势领域说明、核心短板具体描述(含参数变化数字证据)、针对性改进建议(含具体操作示例)。报告需同时包含“成长导向”的回顾语言和可执行的下一步训练方案 16.2.5 过程操作数据分析模块(典型应用示例) 自动化分析流程:系统能对历史操作数据,动执行以下分析任务:
--	--	---

		稳态识别:自动识别系统正常运行的时间区间,并计算各参数均值、标准差。 异常触发点定位:精确识别故障发生时刻(误差不超过±2个采样点)。 参数响应分析:量化事故前后关键参数(流量、压力、温度、液位、功率等)的变化量及变化率,并以表格或曲线对比展示。 故障诊断:结合内置工艺知识库,自动判断故障类型(如阀门卡滞、过滤器堵塞、仪表故障等),并提供诊断置信度。 原因推演:分析故障引发的连锁反应(如串级控制作用、压力耦合等),用文字和示意图解释事故演化过程。 建议生成:自动生成操作改进建议、维护建议及应急措施,内容需符合行业规范。 验证案例:投标方需提供至少一个真实化工过程(如离心泵系统)的故障数据分析案例,证明其算法能够复现专家分析结论(如识别出“调节阀卡滞”故障并正确分析参数变化),并提供相关测试数据供现场验证。 16.2.6 智能目标设定与自适应学习系统 要求具备智能目标设定:学生选择实训模块后,系统需自动设定本次操作的量化目标组合。需至少覆盖四个目标维度:①时间目标;②质量目标;③安全目标;④经济目标。目标值需根据学生历史能力画像和课程标准自动分级生成——新手以掌握流程为主,进阶学生短板驱动,竞赛级学生四维同时紧逼。目标卡片需在操作前以可视化界面展示,学生可查看并确认;支持学生主动协商调整某一维度目标,调整后AI需提示难度变化和预估通过率。操作完成后需逐项对照目标出具达成情况报告 16.2.7 长期记忆与跨会话个性化系统 长期记忆存储:系统需具备跨会话
--	--	---

		长期记忆管理能力。每次操作会话结束后，需自动提取关键信息（至少包括五维得分、操作风格、认知缺陷清单、错误模式、求助偏好、对话上下文中断点）并持久化存储。记忆内容需支持基于语义的检索召回，在后续会话中自动注入大模型上下文，使 AI 能够提供跨会话的个性化交互 跨会话连续性交互：学生再次登录时，AI 需主动回顾学生历史状况，包括：上次任务核心短板及得分、上次苏格拉底式对话中断点、上次 AI 给出的关键建议是否已跟进。AI 需据此提供继续上次对话或开始新任务的选择等连贯性交互。 16.2.8 智能补强互动课堂系统 短板精准定位与课堂生成：每次操作评估完成后，系统需自动提取学生薄弱知识点和未达成目标维度，结合工艺相关教学资料，一键生成面向该学生的专属互动补强课堂。课堂内容需精准锚定该学生最薄弱的知识点，附带该学生自己的错误操作快照作为教学中的反面案例分析素材 多角色互动讲解：课堂需支持多 AI 角色互动讲解模式：AI 教师负责核心知识点讲解和全局节奏把控；AI 技术助教负责补充技术细节和操作演示（如讲解故障排查逻辑时，需同步展示仿真界面中的正确操作流程，并与该学生的错误操作操作路径进行逐帧对比，解析偏差原因）；AI 同学负责提出该学生可能也困惑的问题，模拟同伴讨论。课堂需支持学生实时参与问答和测验，支持 AI 教师点名该学生回答问题以检验理解程度 17. 制造执行智能系统（MES 系统） 17.1. 要求制造执行智能系统（MES 系统）至少包含 8 种模块功能，包含但不限于：计划执行管理模块、生产调度管理模块、设备管理模块、产品质量管理模块、物料管理模块、人员信息管理模块、模型管理模块、数据展示模块。 ▲提供 MES 模拟系统中生产调度
--	--	--

		管理部分相关截图≥ 2张,要求包含但不限于5类数据:关联计划编号、调度类型,预计开始、预计结束和执行状态。 17.2.计划执行管理模块要求 要求包含但不限于对生产计划、检维修计划、采购计划等进行管理和控制等3类或以上的信息内容管理,确保各类生产相关计划的顺利执行。计划执行管理模块要求可以实现基于MES系统的计划的跟踪和计划执行管理,培养学生利用计划执行管理模块制定并落实生产计划的“精益管理”能力,能够模拟企业实际生产计划编制、调整、优化流程,通过与多个生产要素平衡优化,建立最优的生产执行计划,满足生产计划控制和生产调控需要,满足企业对数智人才生产计划优化管理能力要求。具体要求如下: (1) 要求支持监控各类计划执行情况,包含但不限于计划的名称、计划类型、计划对象、计划内容、计划编号、执行进度、计划开始和结束时间等维度的执行情况; (2) 要求支持查询生产计划管理情况,包含但不限于计划的名称、计划类型、计划对象、计划内容、计划编号、执行进度、计划开始和结束时间等维度的执行情况; (3) 要求支持新建计划任务,包含但不限于计划的名称、计划类型、计划对象、计划内容、计划编号、执行进度、计划开始和结束时间等维度的计划信息编辑; (4) 要求计划任务的创建,支持添加包含但不限于附件文件,附件文件支持常见的图片、文档、视频、压缩包、PDF等格式; (5) 要求支持以包含但不限于表格、网页和文本的形式,创建计划任务,降低使用难度; (6) 要求支持导出创建好的计划任务,支持全部计划任务的下载和应用; (7) 要求支持计划任务的变更,
--	--	--

		支持通过对指定字段进行更新,完成计划的修改; (8) MES 系统需支持应用设计器功能,以便后期采购方能够根据实际教学需求,通过 MES 系统内置的功能模块,对基本信息、表单字段、表单设置、表单事件、表格设置及 workflow 设置等内容进行图形化编程的定制化扩展和开发。需提供相关功能的使用手册,并承诺该功能不涉及额外费用。 ▲ (9) 下列内容需提供截图证明材料: MES 排产计划制定任务: 1) 场景要求: 3D 场景,具体包含调度室、培训室、中央控制室、至少 2 种切换角色等,并分别提供其场景和角色。 2) 点击培训室大屏可以打开培训资料功能。 3) 点击调度室主机,查看 MES 系统功能 4) 点击 MES 系统生产计划,查看 ERP 生产计划、班次生产计划工单的功能。 5) 具有新建计划、删除计划、查看计划填报规则的功能,并提供新建计划界面截图,必填项目≥ 6个,提供计划填报规则文档全部内容截图。 6) 查看 MES 系统中产品销售管理模块、产品仓库模块相关内容的功能。其中产品销售管理模块还需具备新建销售记录和删除销售记录的功能,产品仓库模块具备查看产出记录和销售记录、新建产品仓库和删除产品仓库功能。 7) 具有打开《工艺技术规程》、《装置生产计划排产资料学习》等文件功能。 8) 完成装置生产计划排产相关测试题的功能。 9) 查看 MES 系统中原料仓库中原料相关信息的功能,比如查看原料采购记录、用料记录。 17.3. 生产调度管理模块要求
--	--	--

		要求生产调度管理模块,可以实现基于 MES 系统的生产车间调度管理,培养学生利用生产调度管理模块进行生产计划到生产任务拆分工作,能够完成生产过程管理、生产数据分析及生产操作流程优化,培养学生“会管理、能创新”的能力,满足企业对数智人才生产调度调整优化能力。生产调度管理模块可以对生产设备、生产工艺、物料等进行调度,以优化生产效率和生产质量,提高生产线利用率,可以模拟监控生产调度指令及相关信息的执行情况,并且根据生产执行计划和检修计划情况,支持相关人员调度指令和相关信息生成。具体要求如下: (1) 要求支持监控各类生产任务执行情况及调度情况,包括但不限于调度名称、调度类型、执行内容、执行状态、关联计划编号、执行人、时间等维度的执行情况; (2) 要求支持查询生产调度管理情况,能够支持从调度名称、调度类型、关联计划编号、执行内容、产量、执行人、时间和状态等多维度查看调度信息; (3) 要求支持新建生产调度任务,支持调度名称、调度类型、关联计划编号、执行内容、产量、执行人、时间和状态等多维度查看调度信息; (4) 要求生产调度任务的创建,支持添加附件文件,附件文件支持常见的图片、文档、视频、压缩包、PDF 等格式; (5) 要求支持以表格、网页和文本的形式,创建生产调度任务,降低使用难度; (6) 要求支持导出创建好的生产调度任务,支持全部生产调度任务的下载和应用; (7) 要求支持生产调度任务的变更,支持通过对指定字段进行更新,完成任务的修改; (8) 支持自动将所有和生产计划关联的生产调度任务进行统计分析,能
--	--	--

		够在计划执行管理模块用进度条方式展示相关生产执行进度,满足生产实时追踪统计需要; (9) 提供 MES 模拟系统中设备管理部分内容相关截图≥ 3 张。包含但不限于 5 类数据:检查点、检查时间、检查要求、设备位号、检查状态。 17.4.设备管理模块要求 要求设备管理模块,能够模拟实现对应的典型装置生产工艺生产的设备管理,包含但不限于对设备运行状况、维修保养等进行监控和管理,以保证设备的稳定运行和生产效率,支持监控设备运行情况。具体要求如下: (1) 要求支持根据部分设备运行参数监控设备运行情况的功能,关键重点设备监测数量≥ 5 个; (2)针对日常设备维护管理需求,要求支持记录并显示监控设备情况,包含但不限于:设备位号、设备名称、型号、供应商、设备状态、工段、设备描述、投入使用时间、关联检修任务等内容; (3)针对设备检修情况管理需求,要求支持记录并显示监控设备情况,包含但不限于:检查点、检查时间、检查要求、设备位号、检查情况等内容; (4)针对设备异常报修管理需求,要求支持记录并显示监控设备异常报修情况,包含但不限于:设备位号、故障设备、故障类型、处理状态等内容。 ▲(5) 提供系统截图,具体要求如下: 1) 设备异常上报:需包含设备位号、故障设备、所处工段、故障类型(噪音异常,换热异常,震动异常,漏液异常)、故障拍摄、处理状态(待处理,已处理,处理中)、异常报警时间等关键信息,截图数量≥ 2 张; 2) 设备监控处置:需包含计划类型(生产计划,检维修计划,采购计划)、计划编号、计划名称、计划对象、计划数量、实际数量、执行进度、计划对象、计划内容、计划开始时间、计划结束时
--	--	---

		间、计划执行人等关键信息，截图数量≥ 2张； 3) 设备检维修和维护记录：需包含设备位号、检查设备、检查时间、检查要求、责任人、检查状态等关键信息，截图数量≥ 1张。 17.5. 产品质量管理模块要求 要求产品质量管理模块，可以实现基于MES系统的产品质量管理和控制，通过建立产品质量指标和对产品生产质量信息进行记录，满足产品质量等进行长期持续监控追踪需要，确保产品符合质量标准和客户需求，培养学生“精益质量管理”能力。具体要求如下： (1) 要求指标管理模拟实现质量控制功能，支持监控业务过程中的相关指标是否达到预警方案的条件，能够监控原料质量指标监控、关键出口质量指标监控、成品质量指标监控、关键中间产品质量指标监控； (2) 要求模拟对检验的指标建立管理，能够新增、查看、编辑现有检验的指标。 17.6. 物料管理模块要求 要求物料管理模块，可以实现基于MES系统的用于对生产所需原材料和成品的管理和控制，包括但不限于对物料的库存、流转、使用等进行管理，以保证物料的合理利用和生产计划的顺利执行，实现对原料仓库、用料管理和采购管理。具体要求如下： (1) 要求支持模拟原料仓库管理，实现信息化记录和管理各种原材料使用情况和数量，确保生产所需的原料供给正常； (2) 要求支持原料领用进行用料管理，完成原料用料情况的申请审批，后方可领取使用； (3) 要求支持记录产品的产出记录，包括但不限于名称、入库量、规格、批次和负责人等； (4) 要求产品仓库支持关联生产批次，形成生产环节的执行闭环； (5) 要求支持通过预设表格填报
--	--	--

		的方式，进行物料管理的快速创建； 17.7.人员信息管理模块要求 要求人员信息管理模块,能够模拟实现对应典型装置生产工艺生产的人员信息管理,实现生产车间员工管理和权限管理，包含但不限于对员工信息、岗位等基础信息进行管理和监控,以便于生产车间的员工管控。具体要求如下： （1）要求支持生产工艺的人员情况管理； （2）要求支持录入学员详细的个人档案，以便支撑生产管理整体应用，主要包含：个人基本信息：工号/学号、姓名、性别、年龄（或工龄）、岗位、部门等； 17.8.模型管理模块要求 要求模型管理模块,可以实现基于MES系统的对生产模型进行管理和优化,实现生产模型各类操作手册、流程工艺图、管理制度等管理和维护,提高生产运行的效能。具体要求如下： （1）要求支持对生产模型进行管理,能够对相关文件记录、修改、上传； （2）要求支持现生产模型各类操作手册、流程工艺图、管理制度能够编辑上传，能够支持PDF、WRD等多种文件格式； 17.9.数据展示模块要求 数据展示模块要求利用大数据界面呈现生产监控动态数据和设备监控动态数据。支持实时采集生产数据，实时监测生产线上的温度、压力、流量组分、生产量等工艺参数展示。 （1）生产监控动态数据涵盖但不限于生产计划、生产指令、生产物料、生产原料、能耗等关键数据，具体要求如下： 1) 要求支持生产计划情况展示，通过计划、执行中、已完成、达标率、生产周期等指标进行实时监控； 2) 要求支持生产调度指令监控，对生产过程中的调度指令执行情况进行统计和监控；
--	--	---

		3) 要求支持生产能耗指标监控,确保各项能耗指标得到实时展示; 4) 要求支持物料原料情况展示,通过原料库存情况、产品产量进行展示和监控; 5) 要求支持生产质量情况展示,通过生产原料各项指标监控、产品纯度监控,确保产品纯度达标。 6) 要求支持场所危害监控情况展示,通过环境噪音、废水排污等监控,确保场所安全; 7) 要求支持通过通知形式告知厂内人员生产相关情况及各类生产管理异常。 (2) 设备监控动态数据涵盖但不限于设备运行状态、设备检修和维修分析、设备异常保修分析、设备异常保修处置记录等关键数据,具体要求如下: 1) 要求支持设备运行状态监控展示,通过对关键设备正常运行数量、设备完好率进行实时监控; 2) 要求支持设备检修和维修分析情况; 3) 要求支持设备检修和维修记录情况展示,包括设备位号、检查要求、检查时间、责任人等记录项; 4) 要求支持设备异常报修处置记录,包括设备位号、故障设备名称及类型、时间、报修人、处理状态等内容; 5) 要求支持设备异常报修监控和分析数据展示,包括异常设备名称、异常次数和报修分析情况。 6) 要求支持通过通知形式告知厂内人员设备相关情况及各类设备管理异常情况。 ▲MES 系统需支持应用设计器功能,以便后期采购方能够根据实际教学需求,通过 MES 系统内置的功能模块,对基本信息、表单字段、表单设置、表单事件、表格设置及 workflow 设置等内容进行图形化编程的定制化扩展和开发。需提供相关功能的使用手册,并承诺该功能不涉及额外费用。 18. 智能多变量先进控制系统(APC
--	--	---

		系统) 要求采用多变量模型进行预测控制,实现对典型设备的温度、流量等参数的智能先进控制,实现优化生产调节,提高生产平稳率和经济效益,满足节能降耗及提高产品质量的生产目标。学生可以在 DCS 界面中对控制点在传统PID控制和APC先进控制两种模式间进行切换、对比,通过趋势图,对比两种控制系统的控制效果,进行卡边操作与生产优化。能够培养学生利用 APC 系统提高生产运行过程中卡边操作与生产优化能力,培养学生的“工匠精神”。要求系统至少包括但不限于工程站模块、操作员站模块、模型矩阵模块、大数据监控模块的4个模块内容,具体要求如下: 18.1. 工程师站模块要求 (1) 要求具备控制器总览功能,显示乙烯装置工艺仿真软件中先进控制器基础信息; (2) 要求具备工程师操作站面板功能,显示先进控制器变量详细信息; 18.2. 操作员站模块要求 (1) 要求具备模拟典型设备先进控制系统认知展示功能,支持展示操作变量(MV),干扰变量(DV),被控变量(CV)在仿真工艺的位置及相关信息,支持展示 APC 系统各组成部分的关系及作用; (2) 要求具备模拟典型设备先进控制系统操作界面功能,能实现典型的 APC 系统投用、操作变量和被控变量上下限设定等功能,支持由于故障或为了维护而停用某个变量; (3) 要求具备模拟典型设备先进控制系统典型特性,投用 APC 系统后,能改善过程动态控制的性能,使之能更接近其优化目标值,从而改善质量控制; (4) 要求具备支持上位机与虚拟仿真 DCS 系统通信监控。要求当通信中断时,将各控制回路切出先进控制器,返回到常规控制状态;
--	--	---

		(5) 要求具备支持检查回路当前状态,判断是否具备投运条件。如具备,将回路状态设置为正确的投运状态,如不具备,将回路返回常规状态; 18.3.模型矩阵模块要求 (1) 要求具备支持查看≥ 3组控制变量和被控变量参数模型矩阵信息; (2) 要求具备支持≥ 3个参数趋势影响说明功能,显示模型矩阵中涉及各参数及影响说明信息; (3) 要求具备支持切换模型矩阵中的控制变量和被控变量,查看对应的模型矩阵信息和参数趋势影响说明信息; 18.4.大数据监控模块要求 (1) 要求具备支持显示运行状态监控、出料收率含量监控、关键点值实时监控、反应器温度、轻烃选择性等情况,最终实现可视化呈现。 ▲ (2) 提供系统截图,具体要求如下: 1) APC 工程师站: 需包含名称、描述、约束状态、请求开关、当前值、稳态值、操作下限、操作上限、当前步幅,并能够修改上下限设定值等关键信息,截图数量≥ 2张; 2) 多变量先进控制器运行监控: 需包含运行状态监控、出料收率含量监控、关键点值实时监控、多变量先进控制器模型矩阵等关键信息,截图数量≥ 2张。 18.5.乙烯实时优化(RT)仿真系统要求 (1) 系统整体要求 乙烯实时优化(RT)仿真系统需要依托乙烯半实物仿真工厂裂解工段(S&W工艺),构建基于严格机理模型的在线优化平台。系统应采用 AspenPlus 静态机理模型与 Aspenline 在线优化技术,与先进过程控制系统(APC)及 DCS 系统形成闭环联动,实现操作参数的全局优化。 系统需要以真实 80 万吨/年乙烯装置裂解工段为原型,建立严格工艺计
--	--	--

		算模型，通过实时采集 DCS 工艺数据（CT 温度、横跨温度、稀释蒸汽流量、裂解气组成等），以经济效益最大化为目标函数，每小时计算并输出最优操作参数至 APC 系统，作为 APC 外部目标值，最终通过 APC 调节 DCS 常规控制回路设定值，实现裂解工段闭环实时优化控制。 系统需支持与仿真工厂现有 DCS 系统通过 PC 协议进行双向数据通讯，确保在满足设备物理约束(炉管最大温度、压力降限制)及安全联锁的前提下，实现乙烯收率提升、能耗降低的优化目标。 (2) 功能要求 1) 工艺机理建模与优化计算 ①裂解炉机理模型 需建立裂解炉严格机理模型，模拟裂解炉的热裂解过程 模型需涵盖对流段与辐射段热量回收计算 需考虑结焦动力学模型，根据运行周期预测炉管结焦厚度，优化清焦周期。 ②优化目标函数 建立经济效益最大化目标方程： $\text{MaxPrfit} = \Sigma (\text{产品价值}) - \Sigma (\text{原料成本}) - \Sigma (\text{能耗})$ 产品包括：乙烯、丙烯等； 需支持多目标优化权重调整(最大产量模式/最低能耗模式/最大利润模式)，支持调整后经济数据追踪对比。 2) 在线数据通讯与处理 ①实时数据采集 需要支持通过通讯接口与 DCS 进行双向数据交换，扫描点数≥ 200点涵盖温度、压力、流量、液位、联锁状态，并通过数据监测实时进行数据监测： ②数据确认与处理 具备数据滤波功能，消除仪表噪声； 具备数据合理性检验（物料平衡、能量平衡），自动剔除异常值； ③稳态监测
--	--	--

		实现装置稳态自动判定,判定周期可设,判定条件包括: 进料流量波动$<\pm 5\%$; 无重大操作动作(无开停车、无联锁触发)。 3) RT-APC-DCS 闭环控制 ①优化变量设定 RT 计算输出的优化设定值作为 APC 的外部目标值,包括: 裂解炉 CT 最优设定值; 稀释蒸汽/烃比最优值; ②APC 协同机制 支持多变量预测控制,RT 提供稳态增益方向,APC 实现动态控制; ③DCS 界面集成 在 DCS 操作界面显示 RT 运行状态(暂停/优化) 19. 智能安全仪表联锁系统(SIS 系统) 要求结合本仿真工厂及乙烯虚拟仿真工艺软件,结合工艺生产过程危险性分析,提出 SIS 系统的控制点数,设置检测仪表、控制器、执行器等,系统包括模拟仪表改造模块、工程师站模块、操作员站模块、辅助操作台模块。培养学生掌握 SIS 运行过程,提高生产运行过程安全生产控制的“精操作、懂工艺”能力。 要求乙烯智能安全仪表 SIS 系统按照现行的《石油化工安全仪表系统设计规范》(GB/T50770-2013),结合工艺生产过程危险性分析,提出 SIS 系统的控制点数,设置检测仪表、控制器、执行器等,培养学生掌握 SIS 运行过程,提高生产运行过程安全生产控制的“精操作、懂工艺”能力。 要求结合现场乙烯装置进行 SIS 联锁改造和控制。系统包括模拟仪表改造模块、工程师站模块、操作员站模块、辅助操作台模块、智能安全仪表监控大数据辅助教学模块。 19.1. 模拟仪表改造模块要求 要求在乙烯装置生产工艺仿真软件中的联锁策略相关主要设备增加模
--	--	---

		拟仪表,模拟智能安全仪表联锁系统具备独立于虚拟仿真 DCS 系统的信号采集系统、逻辑控制系统、执行系统。模拟信号采集仪表≥ 3个。根据模拟设定装置的一种设备安全完整性等级,设计相应的安全仪表功能。 19.2. 工程师站模块要求 (1) 要求在乙烯半实物仿真装置中增加 1 套独立的智能安全仪表控制站; (2) 要求结合乙烯装置生产工艺仿真软件,设置独立的 SIS 控制,能够实现联锁功能; (3) 要求模拟展示 SIL1 等级下,设计测量仪表、控制阀和基本控制过程系统共用的安全仪表功能; (4) 要求模拟展示 SIL3 等级下,设计冗余测量仪表,冗余控制阀的安全仪表功能; (5) 要求支持多种国际标准工业编程语言,如梯形图(LD)、指令表(IL)、功能块图(FBD)、结构化文本(ST)等,满足不同编程学习需要和复杂控制逻辑的编写需求; (6) 要求具备图形化编程界面,支持离线编程和在线调试功能; (7) 要求支持对文件进行创建、保存、打开等操作; (8) 要求支持与虚拟仿真 DCS 系统、PLC、PC 通信,支持实时监测 PLC 系统状态,当出现故障时能及时报警并提供故障信息,方便排查; ▲ (9) 要求提供乙烯装置智能安全仪表联锁系统(SIS 系统)安全仪表功能截图,要求结合工艺软件说明截图中体现的联锁路线的合理性。提供智能安全仪表联锁系统(SIS 系统)联锁逻辑组态梯形图功能截图。 19.3. 操作员站模块要求 (1) 要求具备 SIS 系统报警功能,支持报警状态下根据 SIS 系统相关的规范产生相应的报警状态信息; (2) 要求具备 SIS 系统报警恢复功能,支持模拟生产数据异常状态下,
--	--	--

		SIS 系统能产生相应的报警信号,支持操作班组对生产异常的处置及 SIS 系统联锁回路解除(恢复); (3)要求支持 SIS 系统日常巡检,支持将巡检记录输入 MES 系统中; 19.4.辅助操作台模块要求 (1)要求支持系统旁路、复位、手动触发、装置急停等关键操作; (2)要求支持实时显示系统运行状态(正常/故障/旁路); (3)要求支持与操作员站数据同步。 20.智能巡检系统 要求满足具备教师端与学生端联动的智能巡检系统,该系统需支持人工巡检与智能机器人全自动巡检两种模式。乙烯智能巡检系统包括人工巡检模块、全自动智能巡检模块、智能工厂设备控制模块、人工智能功能模块。 20.1.人工巡检模块 要求支持结合乙烯半实物仿真工厂,利用乙烯智能巡检系统,进行人工巡检和自动巡检任务发布、任务状态查看和任务进度监控和巡检单查看等功能,满足仿真工厂实训教学典型巡检教学任务管理和应用。 (1)发布巡检任务功能,进行设备隐患排查任务,要求支持结合现场装置,进行典型设备相关的巡检路线的选择,支持选择完成后进行巡检路线及巡检任务的确定; (2)要求支持查看巡检任务的发布情况,支持查看巡检任务的状态。 (3)要求支持巡检任务的巡检进度监控,支持以进度状态,确认实训教学巡检任务的完成情况。 (4)要求支持学生通过智能巡检终端,进行巡检任务的接收和开始巡检的确认。 (5)要求支持学生通过智能巡检终端,进行典型巡检任务情况的了解和学习。 (6)要求支持学生通过智能巡检终端,进行巡检单的填写;
--	--	--

		(7) 要求巡检单填写, 支持关联相关典型设备巡检任务内容, 支持切换巡检设备内容, 进行巡检任务的填写。 (8) 要求学生填写巡检单后, 提交时能够进行签名填写。 (9) 要求支持自动根据学生提交的巡检单, 对巡检任务进行评价并对巡检项内容进行指正。 ▲提供系统截图, 具体要求如下: (1) 巡检任务发布: 需包含人工巡检、人工巡检记录、全自动巡检、全自动巡检记录、巡检路线(急冷循环泵、急冷油塔、急冷水塔、裂解炉、裂解急冷器)、巡检电子地图等关键信息, 截图数量≥ 2张; (2) 巡检作业: 需包含设备信息、设备图片、填写巡检单、工艺数据、AI教学辅助指导等关键信息, 截图数量≥ 2张。 20.2 全自动智能巡检模块 (1) 要求支持通过全自动巡检功能, 一键操作进行全自动巡检任务的发布; (2) 要求支持显示全自动巡检任务列表, 支持查看全自动巡检任务发布时间和状态; (3) 全自动巡检任务进行中, 要求支持自动巡检任务的进度展示; (4) 全自动巡检任务, 要求支持查看巡检单情况; (5) 全自动巡检任务, 要求支持结合现场乙烯半实物仿真工厂, 进行巡检现场情况的采集。 20.3 智能工厂设备控制模块 (1) 要求支持针对现场乙烯半实物仿真工厂中典型设备, 进行生产运行常见故障设置, 故障类型包括但不限于: 故障位置、故障直径、内圈故障等内容, 保障实训教学任务的设定; (2) 要求支持针对现场乙烯半实物仿真工厂中典型设备智能控制的典型设备数量≥ 2个, 以此满足巡检实训教学任务的快速设定和恢复; (3) 要求支持针对现场乙烯半实
--	--	---

		物仿真工厂中典型设备,进行生产运行恢复设置,支持将典型设备故障状态,恢复为正常生产运行状态。 20.4 人工智能功能模块 (1) 要求支持学生通过智能巡检终端,通过人工智能功能,进行查看装置数字孪生体状态; (2) 要求支持学生通过智能巡检终端,通过人工智能功能,进行装置工艺数据的查看; (3) 要求支持学生通过智能巡检终端,通过人工智能功能,进行仿真操作测试; (4) 要求支持学生通过智能巡检终端,通过人工智能功能,结合内置装置专家知识库,通过语音和文字进行巡检实训内容的个性化讲解和指导。 20.5 智能巡检虚拟仿真软件 (1) 基本要求 智能巡检虚拟仿真软件采用三维虚拟现实仿真技术还原生产装置现场环境,构建出与实际生产现场完全相同的虚拟空间。软件包含互动任务及知识内容,并搭载自主巡检机器人,进行人机协同的动静设备智能化巡检任务。 (2) 智能巡检虚拟仿真化工装置三查四定培训内容要求 化工装置三查四定培训内容应包含查设计漏项、查施工质量、查未完工项目;定流程、定方案措施、定操作人员、定时间等内容。 (3) 智能巡检虚拟仿真生产装置智能巡检培训内容要求 生产装置智能巡检培训内容包括以外操岗位巡检工作任务为标准,运用智能巡检机器人,共同完成“人机协同+智能巡检+异常处置”的全系列巡检任务。并且以化工装置的动静设备为对象,进行离心泵倒泵、调节阀切换等实训模块的构建,使学生掌握设备的投用、切换、切除等技能。巡检流程包括: 1) 巡检前准备工作:巡检前准备工作包括巡检机器人电量情况检查,巡检路线确定等内容。
--	--	--

		2) 动设备巡检: 动设备巡检包括检查机泵周围有无跑、冒、滴、漏, 操作柱电流是否正常, 出口压力表是否正常, 接地线是否正常, 地脚螺栓有无松动等项巡检内容。 3) 静设备巡检: 静设备巡检包括设备外观是否完好, 连接部件是否完好, 液位计、压力表是否正常运行, 阀门有无跑、冒、滴、漏相等巡检内容。 4) 异常情况应急处置: 巡检机器人巡检发现泵振动异常, 相关人员进行泵联锁摘除、切泵、备用泵启用、工艺隔离、上锁挂签等操作, 完成离心泵倒泵实操内容。 5) 异常情况应急处置: 巡检机器人巡检发现调节阀泄漏异常, 相关人员进行调节阀、旁路阀、前后阀等操作, 完成调节阀在线切换的实操内容。 ▲6) 提供三查四定工况、智能巡检工况、异常情况应急处置工况所有的详细步骤与 3D 软件截图。其中①三查四定工况知识点≥9 项并提供具体内容、现场检查点≥5 个, 思考题≥12 道, 软件截图≥20 张; ②智能巡检工况知识点≥9 项并提供具体内容、现场实操任务≥11 项、思考题≥10 道, 软件截图≥30 张; ③异常情况应急处置工况离心泵切换任务≥25 项, 调节阀切换任务≥18 项, 换热器切换任务≥22 项, 软件截图≥65 张。提供相应证明材料。 21. 智能巡检机器人 数量要求: 1 台 要求提供智能巡检机器人, 具体要求如下: (1) 要求机器人的平衡算法采用触地判断的电机控制算法, 可以实现 360° 足底三维受力感测; 足底不安装压力传感器和气囊; (2) 要求机器人大腿采用铝合金材质、机器人小腿采用高强度复合塑料材质, 足底采用坚硬的实心防火耐磨橡胶, 路面适应性强; (3) 要求支持提供稳定的行走及
--	--	---

		快速步态，最高行走速度$\geq 2.5\text{m/s}$；最大稳定爬坡角度$\geq 35^\circ$；最大稳定上下台阶高度$\geq 14\text{cm}$； (4) 要求关节模组采用轻型复合材料，外径尺寸 70~80mm；整机自由度≥ 12；单腿自由度≥ 3； (5) 要求配备紧凑高性能锂电池，电池采用分离式设计，可以不借助外部工具快速拆装，续航时间：正常行走≥ 1 小时； (6) 要求机器人自带可输出内置电源（5V/24V）和通信接口（至少包括/Ethernet/USB3.0/HDMI），方便二次开发； (7) 要求髋侧摆电机：运动范围$-28^\circ \sim 28^\circ$；峰值转矩$\geq 24\text{Nm}$；髋前摆电机： 运动范围$-200^\circ \sim 20^\circ$；峰值转矩$\geq 24\text{Nm}$；膝关节电机：运动范围$25^\circ \sim 158^\circ$；峰值转矩$\geq 36\text{Nm}$。 1. 系统要求：安卓系统。 22. 智能能源管理系统（EMS 系统） 要求系统需模拟实现真实工厂装置区的能源介质数据自动采集、传输、计算、存储与分析功能，复现能源数据监测、能效预警、用能优化等典型工业场景。旨在帮助学生建立绿色石化智能能源管理认知，掌握数据驱动决策能力，理解跨系统协同优化与“双碳”减排的工业实践意义。 功能要求： 系统需包含三大核心功能：能源数据采集模块、能效分析与优化模块、能源数据可视化模块。 (1) 能源数据采集模块： 1) 要求系统需与仿真工厂工艺软件建立标准数据接口（OPCUA/ModbusTCP 等），实现对多组仿真操作数据采集。 2) 要求采集介质类型需包括：电、水、水蒸气、燃料、装置总能耗、碳排放等。 (2) 能效分析与优化模块： 1) 要求支持教师手动选择需要对
--	--	--

		比的工段（如：PDH 反应工段、聚丙烯本体聚合工段） 2) 要求支持对比的介质单耗至少包括：燃料单耗、电单耗、水单耗、水蒸气单耗。 3) 要求支持教师根据实训工位或班级任务，手动自定义小组数量。 4) 要求支持教师可将特定小组名称与仿真工艺客户端 IP 地址进行绑定，确保数据归属准确无误。 5) 要求支持基于 AI 算法，自动对各组数据进行分析，并输出文字分析结论和后续优化建议。 6) 要求系统支持在页面显示当前综合能耗/碳排放最优小组名称。 （3）能源数据可视化模块： 1) 要求支持三维数字孪生工厂展示，包括全装置 3D 模型 1:1 复原，通过数字孪生 3D 化展示整个仿真工厂运行情况； 2) 要求支持现场 6 座设备能耗、碳排放监测数据，并满足国家标准 GB30251-2024。 23. 智能设备预防性维护系统 要求能够模拟工业离心泵预防性维护工作任务场景。通过模拟展示工业环境下离心泵振动数据自动采集，人工智能振动大数据分析的过程进行展示，带领学生（学员）学习人工智能大数据分析先进技术在工业中的实际应用的基础知识。 23.1. 设备预警模块 要求在仿真工厂现场≥ 2 台离心泵上安装智能物联网模拟振动采集装置，可以根据下发的离心泵教学(培训)任务，模拟离心泵正常及外圈故障（故障直径 7 密耳，14 密耳，21 密耳），内圈故障（故障直径 7 密耳，14 密耳，21 密耳），滚动体故障（故障直径 7 密耳，14 密耳，21 密耳）等共 9 种不同状态振动信号。中控室根据离心泵振动状态监测系统的信息，能够自动产生报警信号。 23.2. 监测数据展示模块
--	--	---

		要求能够结合装置,建设智能巡检系统的异常及事故应急处理模块,进行数据对接,能够展示巡检过程中遇到的离心泵异常情况,能够通过三维数字孪生技术展示离心泵结构透视模型,展示不同异常信号下,并能动态将当前机泵健康状态和设备信息及时推送到其他智能化系统,满足设备智能管理和预警需要。 ▲要求投标人提供至少 9 张以上的设备正常和各种异常情况截图,每张截图内容至少包含 2 种设备信息内容,如离心泵振动时域曲线变化和当前设备状态和健康信息;要求投标人提供离心泵设备正常、外圈故障、内圈故障、滚动体故障等 9 种不同状态振动信号监测情况的现场拍摄照片。 24. 乙烯智能安全行为监控系统 24.1. 乙烯智能安全行为监控系统 要求结合乙烯实训装置和岗位能力实训区,通过配置智能安全行为监控设备,进行现场实训教学活动的学生(学员)行为进行图像采集和识别,通过配套的智能安全行为分析算法设备和人工智能技术,分析判断学生(学员)实训过程中出现的不安全行为,通过智能安全行为记录设备进行实训教学活动安全监控,实现对作业实操训练装置区域、装置周边区域等实操场所中的学生(学员)进行安全监督、行为监控,支持实现对实训作业区域场所中的学生(学员)进行安全监督、行为监控,支持实现对学生(学员)在实训场所的行为监控、现场报警等功能,支持对实训教学区域不安全行为实时监控,包括未正确佩戴安全帽、跌倒、局部人员聚集过多、攀爬、呼救、低头玩手机、上下楼梯未扶扶手等实训人员不安全行为,可实现对学生(学员)行为进行采集和管理,保障实训教学(培训)安全。系统包含安全行为采集与分析模块、结果查看与导出模块、安全管理设置模块、系统对接模块。 具体要求如下:
--	--	---

			(1) 安全行为采集与分析 要求教师通过智能化监控综合服务,可以实现在监控屏幕上能够按照不安全行为和区域查看画面,当学生发生不安全行为时,能够快速给予提醒,并可按照颜色区分紧急度,涉及生命安全的呼救设置红色,未戴安全帽、局部人员聚集过多、攀爬或者跌落等设置黄色。方便教师及时发现不安全行为发生的区域,根据预警等级进行相应的处理,确保实训安全。 (2) 结果查看与导出 要求教师能够按照时间段、不安全行为或者紧急程度去查看系统保存的不安全行为截图或者数据统计,用于课堂展示;课程结束后,能够将这些数据报表导出,用于教学结果展示和汇报。 (3) 安全管理设置 要求自定义安全行为参数及数据设置,包括事件数据下载、智能安全行为监控设备管理、网络及系统配置等。 (4) 系统对接 要求支持主流品牌智能安全行为监控设备对接,支持标准 RTSP 对接协议、图像采集设备账户密码设置等。 要求支持标准开发接口,支持数据统一对接。 24.2. 智能安全行为监控设备 要求提供≥ 8个智能安全行为监控设备,具体要求如下: (1) 要求 200 万像素网络摄像头或以上; (2) 要求分辨率 1920$\times$1080 或以上; (3) 要求最低照度 0.01Lux (彩色模式)、0.001Lux (黑白模式)、0Lux (补光灯开启); (4) 要求支持 50 米红外补光距离或以上。 24.3. 乙烯智能人员定位监控系统 (1) 基于仿真工厂,构建乙烯仿真工厂三维视图模型地图,覆盖全装置区的高精度人员定位网络。系统采用"基站+工牌+平台"三层架构,实现人员
--	--	--	---

		实时定位、电子围栏管控、实时轨迹监控、越界报警四大核心功能。定位精度需达到 30-50cm, 满足乙烯装置高危区域的精准管控需求。 (2) 软件功能要求 1) 定位引擎模块 要求采用 UDP/TCP 双协议架构, 支持混合定位算法, 具备钢结构多径抑制能力, 定位解算延迟$\leq 500\text{ms}$。引擎需支持≥ 200 个标签并发。 2) 电子地图模块 ①支持 CAD 图纸导入、PNG/JPG 底图 ②地图分辨率$\geq 300\text{dpi}$, 支持多层建筑分层显示(地面层/平台层), 满足装置多层平台结构的展示需求。 ③要求支持地图漫游功能, 鸟瞰装置情况, 全面了解装置各区域情况。 3) 电子围栏模块 ①支持多边形空间围栏设置 ②围栏响应时间$\leq 2\text{s}$, 支持进入/离开多种触发模式 ③要求设置关键区域围栏, 关键区域包含但不限于裂解炉高温模拟区、裂解气压缩机区、分离塔二层平台区域。 4) 报警管理模块 ①越界报警: 支持监控弹窗提醒 ②超员报警: 支持区域人数上限设置, 与实时监位置监控模块报警功能联动 ③一键 SS 报警: 工牌按键触发, 响应时间$\leq 1\text{s}$, 自动联动实时位置监控模块触发 SS 报警。 5) 轨迹管理模块 ①轨迹数据能够按工牌进行存储 ②支持按时间和工牌进行检索轨迹数据, 并在地图上绘制相关轨迹信息。 6) 实时位置监控模块 ①电子地图实时显示人员位置, 支持地面层/平台层分层切换 ②人员信息弹窗显示: 姓名、角色、工号、实时坐标 ③地图支持任意放大、缩小、旋转,
--	--	--

		具备地图复位按钮(一键恢复地图默认视角) 7) 定位工牌 ①定位精度: 要求静态$\leq 30\text{cm}$, 动态$\leq 50\text{cm}$ ②续航时间: 要求续航≥ 6个月 (@1Hz), 内置电池 ③防护等级: 要求支持$\geq \text{IP66}$ ④交互功能: 要求支持 LED 指示灯, 紧急呼叫按键 ⑤工作温度: $-20^{\circ}\text{C} \sim 60^{\circ}\text{C}$ ⑥配套数量: 要求≥ 50个 25. 智能生产辅助决策系统 要求结合乙烯装置,建设智能生产辅助决策系统,集成流程工业生产过程关键要素监控、工艺关键参数监控、乙烯智能生产管理 MES 系统监控、乙烯智能设备监测系统监控、乙烯智能先进控制 APC 系统监控、乙烯智能安全仪表 SIS 系统监控、三维数字孪生工厂展示、三维管道流动展示、关键设备运行监控等 9 种或以上信息展示多种功能模块。能够满足院校针对乙烯智能仿真工厂生产运行要素的采集、分析和决策支持,实现生产优化、安全保障和管理决策的智能化,为管理者提供直观、全面的生产现场信息,从而提高管理决策的准确性和效率。通过实时监测、分析和控制,系统能够有效地提高生产效率、降低成本、优化工艺流程、提高安全性,构建智能生产领导驾驶舱体验,提升学生精益化管理智能工厂能力。具体要求如下: 25.1 生产指标监控 (1) 生产计划监控 要求支持生产计划监控,包括现有生产计划总数、执行中的计划、已完成的计划、乙烯生产计划完成率、乙烯生产计划甘特图等功能可视化展示。能够直观反映乙烯仿真工厂生产计划执行情况,辅助学生模拟企业管理者针对计划执行情况进行相应决策响应,对生产执行延期未执行情况进行监督指导。 (2) 生产指令监控
--	--	---

		要求支持生产指令监控,包括生产指令达成率、生产指令类型分析、生产指令列表等可视化展示。能够通过指令达成情况和生产指令执行状态,辅助学生模拟管理者对生产指令进行监控并提升仿真工厂指令执行效率的实际工作场景。 (3) 生产质量监控 要求支持生产质量监控,包括原料纯度、乙烯产品纯度、乙烯产品浓度变化趋势监控等可视化展示。能够反映乙烯装置原料质量变化和产品质量变化,实时进行监控并对产品质量低于基准值时进行预警。辅助学生模拟管理者对质量进行监控跟踪并提升产品品质和质量稳定性的实际工作场景。 (4) 生产能耗监控 要求支持生产能耗监控,包括电量单耗、水量单耗、蒸汽量单耗的内容可视化展示。通过与基准消耗值比较反应当前能耗水平,辅助学生模拟管理者根据能耗及时调整生产计划和工艺参数,降低生产成本提升生产效率的实际工作场景。 (5) 生产原料监控 要求支持生产原料监控,包括原料库存量、库存率、库存用量趋势图等可视化展示,辅助学生模拟管理者对原料持续跟踪了解原料消耗情况的实际工作场景。学生可根据库存预警值情况完成生产原料周转效率提升的岗位工作任务。 (6) 生产物料监控 要求支持生产物料监控,包括库存成品、乙烯成品库存率等可视化展示,辅助学生模拟管理者对于成品库存监控并提升成品转运效率的实际工作场景。 (7) 实时生产数据监控 要求支持实时生产数据监控,包括当班计划产量、当班预计产量。能够通过工艺数据实时预测产量变化,提示生产计划完成情况,辅助学生模拟管理者合理平衡生产、设备和产出三者关系并
--	--	--

		提升装置稳定性、提升产量、提高产值的实际工作场景。 25.2 场所危害监控 要求支持场所危害监控,通过对仿真工厂场所危害物质监控,对于超过国标数值情况进行警示,培养学生了解场所危害的概念,提升职业病防范意识。 25.3 设备运行状态监控 要求支持设备运行状态监控,包括乙烯裂解、压缩制冷、分离等核心工段的设备总数、正常运行设备、异常报警设备、异常分析、异常处置记录列表、各工段设备情况、设备检维修状态分析等情况可视化展示。能够辅助学生模拟管理者对乙烯装置区重点设备进行监控,对仿真工厂设备异常进行实时监控,分析仿真工厂异常出现趋势,对已发生异常进行监控跟踪,提升异常处置时效性,保证生产计划顺利执行。 25.4APC 运行监控 要求支持多变量先进控制器运行监控,包括 APC 运行状态、轻烃选择性趋势等可视化展示。能够直观反应多变量先进控制器 APC 投用状态,跟踪投用后设备运行状态,辅助管理者掌控 APC 运行情况观察 APC 质量卡边操作状态。 25.5SIS 运行监控 要求支持智能安全仪表系统运行监控,包括至少两台核心设备联锁监控可视化展示,辅助管理者关注装置安全运行,提升装置安全仪表异常处置速度,确保生产安全平稳运行。 25.6 数字孪生仿真工厂监控预警 要求支持数字孪生仿真工厂监控预警,包括乙烯装置工段工艺数据监控、设备预防性维护状态监控、全装置 3D 模型 1:1 复原展示、全装置主要管线流动状态展示等。通过数字孪生 3D 化展示整个仿真工厂运行情况,动态提示安全情况和设备预防性维护情况,辅助学生模拟管理人员实时关注仿真工厂运行数据和运行状态,提升对整个仿真工厂态势把控能力。 ▲提供乙烯智能生产辅助决策系
--	--	--

		统生产计划监控、生产指令监控、生产质量监控、生产能耗监控、生产原料监控、生产物料监控、实时生产数据监控、设备运行状态监控、APC 监控、SIS 运行监控、数字孪生仿真工厂监控预警模块大数据可视化页面截图,所提供的內容符合以上內容要求。 26. AI 智能教学系统 AI 智能教学系统整体建设內容要求包含 AI 智能教学平台、AI 知识服务平台与 AI 乙烯产业链专业知识库等內容,具体技术参数要求如下: 26.1 AI 智能教学平台 要求 AI 智能教学平台可以满足课程开展中教师与学生两个角色的教学需求应用,包括 AI 教师端与 AI 学生端两部分。 (1) AI 教师端 要求 AI 教师端,通过自然语言交互,可以满足专业课老师在智能教学设计、智能教学过程辅助、智能教学评价功能、个性化教学推荐功能等方面的教学应用的需求。 1) 智能教学设计 要求支持协助教师进行专业核心课程的教学规划,教师输入课程主题、教学目标、课时安排等关键信息后,系统能自动生成包含教學內容框架、教学方法推荐、教学活动设计示例等內容的初步教案。 要求支持教师将系统生成的教案一键导出,方便打印、存档及课程教學使用。 要求支持教师对系统导出的教案可以进行二次编辑,满足教师根据教學情况及教學需求动态调整教案的需求,教案一键导出功能至少提供 1 张截图。 2) 智能教学过程辅助 要求支持协助教师组织课程开展过程和推荐适合的教學资源。 基于教师授課內容的要求,通过自然语言推荐与授課內容相关的视频、动画及微课等多媒体资源,交互式数字操作活动(移动 OTS、拖拽、连线等线上
--	--	---

		交互活动)、选择、单选、多选等习题,帮助教师实施理论及理实一体化教学过程,同时支持作业布置。 要求具备下发与收藏课程资源功能,允许教师选择特定学生群体,创建并管理在线教学课程及网络培训班,以及实时下发系统生成的课程内容。 3) 智能教学评价功能 要求支持通过人工智能技术分析网络培训班中课前、课中学习情况,包括教学活动完成度、成绩区间分析情况、知识点掌握情况、学习成果综合智能评价等内容。 要求支持为教师教学评价和诊改建议工作,查看和评价学生任务完成结果,分析学生对于课程知识点掌握情况并进行展示,根据学生掌握程度形成个性化学习规划,并对教学目标的达成进行评价与建议。 要求提供 AI 进行学生学习情况分析的截图至少 1 张。 要求支持通过大数据可视化页面展示课前、课中、课后网络培训班课堂教学情况智能监控分析数据,至少包括学生关注点 AI 分析、学生常问问题分析、课前一课中一课后知识点掌握情况分析、班级综合学习成果评价。 4) 个性化教学推荐功能 要求支持依据学生的学习行为数据,如课堂互动、作业完成、测试成绩等学生数据,运用先进算法分析,精准推送化工专业学习资源,涵盖视频、交互活动、作业题等,为不同学生推荐专属学习路径,教师可以为不同学生分配不同的个性化学习任务。 (2) AI 学生端 要求 AI 学生端主要面向学生的 AI 助学,学生可以通过 AI 学生端模块进行智能答疑指导、学习资源获取、学习评价与反馈等多场景应用。 1) 智能答疑指导功能 要求通过自然语言,支持课程教学过程中学生个人专业知识实时答疑和指导,支持语音输入和文字输入功能,
--	--	--

		通过语音、文字、视频等多模态形式给出专业、详细的解答。 2) 学习资源获取与呈现 系统应根据教师端下发的资源的学习时间,提醒学生进行线上学习。支持以文本、图片、视频等多种形式展示学习资源,且能在不同设备(手机、平板、电脑)上自适应显示,确保内容排版合理、清晰可读。视频音频播放流畅无卡顿,保障学生获得良好的学习体验。 3) 学习评价与反馈 学生提交化工专业特色活动或习题测试后,系统能立即自动批改客观题,批改准确率达100%,并提供详细的批改建议和得分点分析,帮助学生清晰了解自身学习状况。 要求支持学生个性化学习资源的查看与完善。 26.2 AI 知识服务平台 要求AI知识服务平台支持通过院校本地的资源与教学标准,升级现有的专业知识库,形成具备自己办学特色要求的私有化知识库,并拓展其他课程的AI知识服务。包括资源库建设与管理、AI空间建设与管理、教案库建设与管理。 (1) 资源库建设与管理 要求支持教师根据需求自定义新建资源库,并可以自主搜索、查看、编辑、删除等资源库常规管理功能 要求支持多种格式文档(如DOC, PDF, PPT, MOV, MP4等)、视频、音频等资源的上传和自动识别,支持多模态学习资源的上传与训练。要求单个文件支持$\geq 100\text{M}$;支持最大的文档页数≥ 2000页。 要求支持上传站外链接,包括仿真软件(OTS)链接以及仿真软件(TES)链接。 要求支持对资源内容进行AI标注标签与个性化的修改 要求支持资源列表内容进行在线预览
--	--	--

			(2) AI 空间建设与管理 要求利用大模型能力对资源库内容进行切片化处理、编辑、对话校调以及对外发布个性化教学大模型的核心模块，要求包括 AI 知识库建设、AI 对话校调、AI 模型配置发布三大模块。 1) AI 知识库模块 要求支持知识库的新建、描述、查看、编辑、删除等操作。 要求支持将资源库中所需资源切片为小的知识片段,要求同时支持至少 3 个资源的切片化处理。 要求可以实时查看资源切片状态,包括但不限于正在向量、正在切片、切片完成等状态。 要求对切片完成的知识点与切片资源进行查看、编辑、删除等功能。 要求支持教师在 AI 理解知识点的基础上进行个性化的新建、修改、删除等操作。 2) AI 对话校调 要求支持对知识库内容进行对话校调,根据对话内容 AI 显示知识库匹配结果,支持可视溯源知识检索源头。 要求用户支持自定义校调参数,包括但不限于自定义匹配知识条数、知识库匹配准确度、知识库输出概率等内容 3) AI 模型配置与发布 要求支持用户根据不同的教学需求配置个性化的知识库、资源库组合。形成具有教学特色的专业大模型配置与发布 要求支持自定义大模型名称与大模型描述,方便用户能够快速理解和备注大模型的应用场景。 要求支持大模型的人设设定,支持默认人设选择或新增人设,可调整 AI 对话风格、重点、方法等元素。要求至少包括资深化工专业教师、化工工程技术工程师人员两种人设设定。 要求支持用户可按个人习惯修改 AI 技能关键词的设定,从而使前端 AI 可以准确理解用户指示,做出行动。AI 技能包括但不限于查找习题、查找仿真
--	--	--	---

		操作、创建章节、下发资源、学习数据汇总等。 要求支持用户自定义快速找到并使用主要常用功能,包括 AI 教案设计、创建在线课程、教学资源下发、特色活动下发等卡片描述与设计 要求支持个性化设计推荐问题作为用户快速找到常用功能的补充,可帮助用户快速解决问题需求。要求推荐问题最少≥ 5个 要求支持用户选择资源库、知识库、教案库进行个性化组合,并进行 AI 个性化专业教育大模型的发布。 (3) 教案库建设与管理 要求支持上传不同类型的教案 要求支持前端 AI 协助教师生成教案设计 要求支持精准教案抽取生成功能,满足个性化教学设计安排。 ▲要求提供 AI 智能教学系统的评价功能截图(≥ 5张),真实展示以下核心功能:支持教师查看学生任务结果,分析知识点掌握情况,生成个性化学习规划,评估教学目标达成度并提供建议。涵盖课前/课中/课后阶段,包括:资源个性化推送、成绩分布热力图、学生常见问题;知识点掌握分析、自主学习能力分析、预习完成度、教学活动完成率。 26.3 AI 乙烯产业链专业知识库 AI 乙烯产业链专业知识库技术要求 基于 AI 智能教学系统,基于 AI 智能教学系统,提供乙烯产业链专业知识库,包含乙烯、聚乙烯工艺的工艺、设备、原理、安全相关、环境相关、仪表、操作规程、联锁等专业知识,总知识点 65 个。 另外,由于安全关注点是异常故障识别的核心内容,因此包含的安全关注点≥ 46个。通过操作评价子模块中的操作评价功能生成成绩反馈。 ▲AI 乙烯产业链专业知识库需提供:“基于仿真的人工智能教学模块”
--	--	---

		人工智能双向推理基础及结果展示功能的截图证明材料。 要求具备人工智能双向推理基础及结果展示功能,包括根据学生搭接的剧情、专家示范剧情,以及具体工况监测数据导出剧情推理结果以及具体工况数据推理结果,并通过自然语言自动生成剧情及事故排除详细分析与决策报告功能。剧情及事故排除详细分析与决策报告中需包含 Hazop 的部分要素,包括事件位置、状态/偏离、事件信息、安全措施/操作要求,并用事件链表示前因后果剧情推演结果。 要求投标人提供至少 2 个典型化工单元截图,需包含 40 个考察点: ≥ 10 个异常故障案例及训练任务、安全关注点 ≥ 21 个、开车要点查询 ≥ 19 个。 27. AIGC 虚拟企业导师系统 AIGC 虚拟企业导师系统依托乙烯产业链装置实践教学场景,通过全息封闭空间立体化设计,创建高仿真数字人虚拟形象,支持和 AI 乙烯产业链专业知识库对接,实现 AI 精准答疑和个性化指导,将理论知识与实践操作紧密结合,有效提升学生的实践操作能力和问题解决能力。 27.1. 数字人功能要求 (1)要求采用 3D 建模与动态捕捉技术,实现数字人 1:1 全息投影;要求形象具备微表情交互能力(如点头、微笑、手势),增强亲和力。 (2)要求支持联动天然气制甲醇专业知识库,支持智能问答;同时支持联动问答库,满足特定专业知识点的唯一问答。 (3)要求具备快捷问答功能,界面提供“常见问题列表”,用户可参考提问。具备字幕系统,要求实时显示用户问题与数字人回答的文字字幕;需支持通过语音指令(如“显示字幕”、“隐藏字幕”)控制字幕的显隐。 (3)要求支持交互引擎,支持语音唤醒,自然交流、沟通、指导,呈现语音、文本、视频等交互;要求唤醒响
--	--	--

		应时间<200ms;中文语音识别准确率≥95%。 (4) 要求提供数字人通用配置后台管理,方便用户配置问答库、问答辅助素材上传、语音服务地址配置、外部大模型地址配置、第三方知识库配置。 27.2. 数字人展示设备要求 提供配套数字人展示设备,具体如下: 显示面板: ≥75 英寸或以上、显示比例 16:9、对比度 1200:1、分辨率 ≥3840(H)×2160(V); 亮度 ≥500cd/m², 对比度 ≥1200:1, 色域覆盖 ≥90% sRGB, 确保全息投影画面清晰、色彩真实。 28. 乙烯产业链装置配套数智化产学研资源 本项目围绕乙烯产业链装置配套,开发数智化产学研培训资源。课程体系以企业实际岗位能力需求为导向,遵循工程教育理念,涵盖现代化工与化工智能生产典型工作过程,支持化工安全基础能力、化工职前基础能力、乙烯装置岗位胜任能力、智能化生产与管理、化工仪表与自动化五大培训模块。配套资源包括课件、题库、任务单、教学指导书等。 (1) 化工安全基础能力培训课程 面向精细化工、应用化工、化工智能制造、石油化工等专业学生,共 12 个实训任务,支撑 48 课时。投标人需开展化工企业培训调研,形成岗位培训矩阵(知识技能条目 ≥200 条)。课程具体包括: 安全生产基础认知: ≥4 课时,提供 PPT 课件至少 1 个(每个 PPT 课件 ≥70 页, 16:9 高清), 配套教师讲义、学生手册、理论题库(≥10 题)。 人本安全理念认知: ≥4 课时,每个 PPT 课件 ≥60 页, 其余配套同上。 职业健康基础认知: ≥4 课时,每个 PPT 课件 ≥55 页, 另需动画至少 2 个(合计 ≥15 分钟)。 个体防护认知与训练: ≥8 课时,
--	--	---

		PPT 课件≥2 个（总页数≥85 页，每个 PPT 课件≥30 页），配套讲解视频至少 8 个（合计≥25 分钟）。 环境保护基础认知：≥4 课时，每个 PPT 课件≥50 页。 危化品认知与训练：≥4 课时，每个 PPT 课件≥65 页，动画至少 3 个（合计≥70 分钟）。 装置危险源辨识：≥4 课时，每个 PPT 课件≥65 页。 典型伤害及预防认知：≥4 课时，每个 PPT 课件≥20 页。 典型安全事故案例分析：≥4 课时，每个 PPT 课件≥35 页，动画至少 4 个（合计≥15 分钟）。 现场救护技能训练：≥4 课时，每个 PPT 课件≥70 页，讲解视频至少 2 个（合计≥11 分钟）。 装置消防技能基础训练：≥4 课时，每个 PPT 课件≥45 页，动画至少 3 个（合计≥12 分钟）。 上述每门课程均需提供实施方案、开课计划表、教师讲义、学生手册（含 TSA 分析卡）、理论题库（题型包括单选、多选、判断）。 （2）化工职前基础能力培训课程面向学生及企业新员工，共 35 个实训任务，支撑 152 课时。投标人需进行企业培训调研，形成岗位培训矩阵（知识技能条目≥200 条）。课程包括： 乙烯装置安全认知与训练：≥20 课时，PPT 课件≥5 个（总页数≥315 页，每个 PPT 课件≥45 页），配套动画/视频至少 5 个（合计≥20 分钟），题库≥50 题。 乙烯装置环境熟悉：≥16 课时，PPT 课件≥4 个（总页数≥180 页，每个 PPT 课件≥30 页），题库≥30 题。 乙烯装置设备认知与训练：≥32 课时，PPT 课件≥8 个（总页数≥515 页，每个 PPT 课件≥45 页），动画/视频至少 8 个（合计≥20 分钟），题库≥80 题。 常规外操操作：≥36 课时，PPT
--	--	---

		课件≥6个(总页数≥235页,每个PPT课件≥35页),动画/视频至少4个(合计≥20分钟),题库≥50题。 常规内操操作:≥28课时,PPT课件≥7个(总页数≥355页,每个PPT课件≥35页),软件操作视频至少5个(合计≥50分钟),题库≥50题。 简单应急处置:≥20课时,PPT课件≥5个(总页数≥210页,每个PPT课件≥25页),应急处置视频至少3个(合计≥10分钟),题库≥40题;需提供火灾应急演练模拟操作的详细教学设计。 以上课程均需提供实施方案、开课计划表、教师讲义、学生手册、理论题库。 (3) 乙烯装置岗位胜任培训课程 面向学生及企业岗位员工,共20个实训任务,支撑112课时。投标人需进行企业培训调研,形成岗位培训矩阵(知识技能条目≥200条)。课程包括: 乙烯裂解装置基础知识:≥20课时,PPT课件≥7个(总页数≥270页,每个PPT课件≥30页),题库≥50题。 乙烯装置仿真开停车操作:≥48课时,PPT课件≥6个(总页数≥450页,每个PPT课件≥55页),题库≥40题。 乙烯装置生产运行操作:≥44课时,PPT课件≥7个(总页数≥240页,每个PPT课件≥35页),题库≥20题。 均需提供实施方案、开课计划表、教师讲义、学生手册、理论题库。 (4) 智能化生产与管理培训课程 面向应用化工、化工智能制造等专业,共15个实训任务,支撑64课时。投标人需进行企业培训调研,形成岗位培训矩阵(知识技能条目≥220条)。课程包括: 乙烯装置智能化生产基础认知:≥4课时,PPT课件至少1个(每个PPT课件≥35页),题库≥10题。 乙烯装置智能化生产运行:≥20课时,PPT课件≥4个(总页数≥150
--	--	---

		页，每个 PPT 课件≥35 页），题库≥40 题。 乙烯装置智能化生产控制与优化：≥24 课时，PPT 课件≥6 个（总页数≥175 页，每个 PPT 课件≥35 页），题库≥30 题。 乙烯装置智能化生产管控：≥16 课时，PPT 课件≥4 个（总页数≥85 页，每个 PPT 课件≥15 页），题库≥20 题。 均需提供实施方案、开课计划表、教师讲义、学生手册、理论题库。 （5）化工仪表与自动化培训课程面向精细化工、应用化工、化工智能制造等专业，共 12 个实训任务，支撑 28 课时。投标人需进行企业培训调研，形成岗位培训矩阵（知识技能条目≥220 条）。课程包括： 现场阀门与仪表认知：≥8 课时，PPT 课件≥5 个（总页数≥120 页，每个 PPT 课件≥15 页），动画/视频至少 20 个（合计≥25 分钟），题库≥20 题。 简单控制系统与复杂控制系统：≥12 课时，PPT 课件≥5 个（总页数≥160 页，每个 PPT 课件≥30 页），动画/视频至少 2 个（合计≥15 分钟），题库≥20 题。 SIS 系统联锁逻辑投用：≥8 课时，PPT 课件≥2 个（总页数≥85 页，每个 PPT 课件≥30 页），动画/视频至少 2 个（合计≥15 分钟），题库≥20 题。 均需提供实施方案、开课计划表、教师讲义、学生手册、理论题库。 以上所有课程 PPT 页面均需符合 16:9 高清比例，课件设计与制作结构合理，动画及视频素材需插入课件适当位置。理论题库题型包括单选题、多选题、判断题，并支持导入教学运行与管理平台进行考核。 29. 乙烯产业链装置中控室建设 （1）中控操作设备 要求提供 40 台中控操作设备，具体要求如下： 中控操作设备总计 40 台，确保符合国家节能认证要求，双屏配置，所有
--	--	--

		电脑配备双屏支架和 2 个 LED 显示器, 可让学生同时查看工艺流程图、实时数据监控界面等,提升实训操作的直观性和效率,符合石化行业智能制造实践教学多任务协同的需求。 要求中控操作设备与现场智能仿真工厂结合,模拟实现智能工厂中操作人员在现场典型工作场景中完成现场巡检及操作的典型工作任务。学生(学员)通过工控一体机完成现场实训任务,可以查看当前 APC 系统及 SIS 系统的工作状态,进行 MES 系统相关表单的智能填报,观测装置 APC 投用后能源消耗、产品质量、重点参数变化等情况,提升学生对装置运行状态的感知与把控。 1) CPU 规格: 主频$\geq 2.5\text{GHz}$ 2) 内存规格: $\geq 16\text{G DDR4 } 3200\text{MHz}$ 3) 主板规格: 采用当前市场主流芯片组,具备成熟的商用兼容性,不限定品牌及具体代际编号,具体规格要求如下: 插槽及接口≥ 1 个 M.2 接口; 1 个 PCI, 1 个 PCIe3.0X1, 1 个 PCIe4.0X16;单内存插槽最大可支持容量$\geq 32\text{G}$。 4) 存储设备规格: $\geq 512\text{G M.2}$ 固态硬盘,支持扩展 2 块机械硬盘 5) 显卡规格: 独立显卡显存容量$\geq 6\text{G}$。 6) 显示设备规格: $\geq 21.45"$宽屏 16:9 LED 背光 VA 液晶显示器 ,VGA,HDMI 1.4,HDMI 线缆 ,250 nits,3000:1 , 6.5ms, 100Hz, 1920x1080,可视角度为水平 178 度/垂直 178 度, 75x75 壁挂标准 7) 外设规格: 抗菌光电鼠标、抗菌防水键盘 8) 网络设备规格: 集成千兆网卡 9) 外部接口规格: 前置≥ 1 个音频组合接口; 2 个 USB Type-A 10Gbps 信率端口、2 个 USB Type-A 5Gbps 信率端口; 2 个 USB Type-A 2.0; 1 个 Type-c 接口。后置≥ 1 个音频线路输入; 1 个音频线路输出; 1 个 DP、1 个
--	--	---

		HDMI 接口；1 个 RJ-45；1 个串口；2 个 USB Type-A 2.0。 10) 机箱尺寸容量：≥15 升立式防尘机箱。 11) 电源功能：≥350W，能效比≥90%，高效防雷电源。 (2) 中控室操作台 要求提供 40 台中控室操作台，型号：定制，具体要求如下： 操作台台面采用实木颗粒板材质，双面加工，厚度≥25 毫米，尺寸为宽 800 毫米、深 900 毫米、高 750 毫米（屏风最高处高 950 毫米）。承重主体和材质要求：主承重立柱及骨架采用厚度≥1.5mm 的优质冷轧钢板。面板后侧配备 PVC 封边，并添加防护配件，确保线路畅通及防止灰尘侵入，同时保持外观整洁；各封边与桌面材质无缝粘接，整体协调统一。操作台前端采用聚氨酯鸭嘴封边手枕设计。所有操作台将严格按照设计要求制造并安装，确保使用安全、功能实用，满足中控室的实际需求。 (3) 多频道专业对讲机 要求提供多频道专业对讲机数量 30 个，具体要求如下： 1) 产品尺寸：≤170*60*35MM； 2) 频道数量：16 个； 3) 电源：锂电池； 4) 频率范围：403-470MHz； 5) 长续航；快速充电；充电功率≥10W； 6) 电池容量：2001mAh-4000mAh； 7) 对讲机采用大容量锂电池，单次充电待机时长≥60 小时； 8) 智能芯片，处理器速度更快； 9) 采用 PC+ABS 或 PC 工程塑料等材料，抗摔耐压，使用寿命 3-5 年； (4) 典型化工阀门仪表认知模型（含素材库） 要求提供化工生产过程中涉及的典型阀门、仪表认知模型。 1) 阀门认知模型应采用真实阀门或 3D 打印树脂模型，阀门类型≥10 种；其中对典型阀门进行半剖或 1/4 剖，展
--	--	---

		示阀门的内部结构，数量≥ 10个。 2) 阀门执行器模型应采用真实执行器或 3D 打印树脂模型，执行器类型≥ 2种。 3) 仪表认知模型应采用真实仪表或 3D 打印树脂模型，仪表类型≥ 20种。 4) 所提供阀门、执行器、仪表均需配备素材动画，基于丰富的表现力和良好的交互性，将抽象的、无法直接观察的工艺和设备技术形象化、具体化、声情并茂，使传统技术教学过程中枯燥、乏味、抽象的图、表和文字记忆转变为形象记忆。 (5) 素材动画需包括设备的结构、工作原理等内容。要求如下： 1) 画面高清，图像清晰，色彩饱和，吸引人的注意力，画质稳定，动画色彩搭配合理、造型和谐，画面简洁清晰。动画连续，帧和帧之间的关联性强，动画演播过程流畅。 2) 节奏合适，播放流畅；更好的凸显动画的功能性，进行声画结合，满足视觉和听觉的统一。语音解说，配合整体画面感觉，无噪声，适当调节声音大小，使得画面解说音量适中，快慢适中。 3) 动画的表现通过镜头语言来实现，通过镜头语言，借助镜头与镜头之间的衔接，更好的表现动画的内部以及细节。 4) 动画需采用 3D 建模，并配备动画特效，能够生动、直观地展示设备的运行过程。 5) 视频分辨率$\geq 1080p$，帧数$\geq 25fps$，视频格式 MP4，编码格式 H.264，每个视频时长保持在 1 分钟左右。 6) 所有素材需提供二维码访问，并制作实体二维码悬挂在设备上，材质亚克力。 7) 在仿真工厂对典型阀门（球阀、截止阀、气动执行器等）悬挂实体二维码挂牌；在仿真工厂对典型仪表（弹簧管压力表、差压式流量计、浮力式液位计、热电偶温度计等）悬挂实体二维码
--	--	---

		挂牌。 (6) 展示柜 所有实体模型或 3D 打印树脂模型，需要陈列于展示柜。要求 2000×500×1300 (mm) 展示柜 2 座，颜色白色。 1) 超白玻璃，玻璃做两层，每层高 35，中间用玻璃板支撑； 2) 玻璃内部上下两层装白光灯带； 3) 左右移门，带锁； 4) Z 字造型贴电信蓝亚克力，侧面不发光； 30 工程型化工单元 3D 虚拟仿真教学服务系统 工程型化工单元 3D 虚拟仿真教学服务系统要求包含以下四个子系统： 一、精馏塔设计模块（化工传质分离设备(精馏塔)设计 3D 虚拟仿真教学服务系统）、二、吸收塔解析操作模块（化工传质分离设备(吸收解吸)3D 虚拟仿真教学服务系统）、三、精馏 MES 管理模块（化工传质分离设备(精馏塔)MES 仿真教学服务系统）、四、精馏塔 3D 操作（化工传质分离设备(精馏塔)3D 虚拟仿真教学服务系统）。具体要求如下： 30.1. 精馏塔设计模块（化工传质分离设备(精馏塔)设计 3D 虚拟仿真教学服务系统） 教学服务系统基本内容 (1) 包含模块 化工传质分离设备(精馏塔)设计 3D 虚拟仿真教学服务系统 (2) 工艺内容要求 本流程是利用精馏方法，在脱丁烷塔中将丁烷从脱丙烷塔釜混合物中分离出来。精馏是将液体混合物部分汽化，利用其中各组分相对挥发度的不同，通过液相和气相间的质量传递来实现对混合物分离。本装置中将脱丙烷塔釜混合物部分汽化，由于丁烷的沸点较低，即其挥发度较高，故丁烷易于从液相中汽化出来，再将汽化的蒸汽冷凝，可得到丁烷组成高于原料的混合物，经
--	--	---

		过多次汽化冷凝,即可达到分离混合物中丁烷的目的。 原料为 67.8℃脱丙烷塔的釜液(主要有 C4、C5、C6、C7 等),进入脱丁烷塔(DA-405),进料量由流量控制器 FIC101 控制。灵敏板温度由调节器 TC101 通过调节再沸器加热蒸汽的流量,来控制提馏段灵敏板温度,从而控制丁烷的分离质量。 脱丁烷塔塔釜液(主要为 C5 以上馏分)一部分作为产品采出,一部分经再沸器(EA-408A、B)部分汽化为蒸汽从塔底上升。塔釜的液位和塔釜产品采出量由 LC101 和 FC102 组成的串级控制器控制。再沸器采用低压蒸汽加热。塔釜蒸汽缓冲罐(FA-414)液位由液位控制器 LC102 调节底部采出量控制。 塔顶的上升蒸汽(C4 馏分和少量 C5 馏分)经塔顶冷凝器(EA-419)全部冷凝成液体,该冷凝液靠位差流入回流罐(FA-408)。塔顶压力 PC102 采用分程控制:在正常的压力波动下,通过调节塔顶冷凝器的冷却水量来调节压力,当压力超高时,压力报警系统发出报警信号,PC102 调节塔顶至回流罐的排气量来控制塔顶压力调节气相出料。操作压力 0.43063MPa(表压),高压控制器 PC101 将调节回流罐的气相排放量,来控制塔内压力稳定。冷凝器以冷却水为载体。回流罐液位由液位控制器 LC103 调节塔顶产品采出量来维持恒定。回流罐中的液体一部分作为塔顶产品送下一工序,另一部分液体由回流泵(GA-412A、B)送回塔顶做为回流,回流量由流量控制器 FC104 控制。 学生需要根据工艺背景,通过查询资料,进行物料衡算、热量衡算及理论板数计算。 (3) 培训内容要求 正常工况包含任务书、精馏塔设计说明书、数据查询图表三个关键模块。 要求任务书模块应提供工艺流程背景介绍及题目设置功能,学员在阅读背景并参考 DCS 信息后完成题目设置,
--	--	--

		提交前可无限修改但不计得分,提交后锁定答案并计入成绩。 要求精馏塔设计说明书模块应包含物料衡算、热量衡算、塔板数计算三部分,支持公式下拉选择与参数输入,系统自动计算结果并评分;物料衡算表格由输入组分自动生成摩尔分数,塔板数计算采用逐板算法,学员判断终止条件后提交最终理论板数,评分以最后一次为准。 要求数据查询图表模块应提供工艺参数、DCS图、组分表、汽化热、史密斯关联图、比热容等设计所需资料查询功能,三个模块应支持自由切换,系统同时内置AI对话功能辅助设计过程中的问题解答。 30.2.吸收塔解析操作模块(化工传质分离设备(吸收解吸)3D虚拟仿真教学服务系统) 软件基本内容 (1)教学内容要求 教学内容包含:工业双塔吸收解吸装置常规生产启动运行、工业双塔吸收解吸装置稳态运行调控、工业双塔吸收解吸装置常规生产关停处置、工业双塔吸收解吸装置突发事故分析与处置、工业双塔吸收解吸装置对比实验(实验一和实验二)的内容。 1)满足化工企业人才培养的需求。软件包含系统化的化工专业知识内容,能让学生动手开展基于实际任务的项目化实训,掌握吸收解吸工艺流程、真实企业装置的操作方法,培养懂工艺、精技术、高水平的化工复合型人才。 2)满足学校专业课程建设要求。以化工原理知识应用为重点,将化工理论应用到实践中去,体现出化工教育具有特色的、开放性的和共享型的专业教学课程体系。 (2)包含模块 化工传质分离设备(吸收解吸)3D仿真软件 (3)工艺内容要求 吸收解吸是石油化工生产过程中
--	--	--

		较常用的重要单元操作过程。吸收过程是利用气体混合物中各个组分在液体(吸收剂)中的溶解度不同,来分离气体混合物。被溶解的组分称为溶质或吸收质,含有溶质的气体称为富气,不被溶解的气体称为贫气或惰性气体。 溶解在吸收剂中的溶质和在气相中的溶质存在溶解平衡,当溶质在吸收剂中达到溶解平衡时,溶质在气相中的分压称为该组分在该吸收剂中的饱和蒸汽压。当溶质在气相中的分压大于该组分的饱和蒸汽压时,溶质就从气相溶入溶质中,称为吸收过程。当溶质在气相中的分压小于该组分的饱和蒸汽压时,溶质就从液相逸出到气相中,称为解吸过程。 提高压力、降低温度有利于溶质吸收;降低压力、提高温度有利于溶质解吸,正是利用这一原理分离气体混合物,而吸收剂可以重复使用。 该单元以 C6 油为吸收剂,分离气体混合物(其中 C4:25.13%, CO 和 CO2:6.26%, N2:64.58%, H2:3.5%, O2:0.53%)中的 C4 组分(吸收质)。 从界区外来的富气从底部进入吸收塔 T-101。界区外来的纯 C6 油吸收剂贮存于 C6 油贮罐 D-101 中,由 C6 油泵 P-101A/B 送入吸收塔 T-101 的顶部,C6 流量由 FRC103 控制。吸收剂 C6 油在吸收塔 T-101 中自上而下与富气逆向接触,富气中 C4 组分被溶解在 C6 油中。不溶解的贫气自 T-101 顶部排出,经盐水冷却器 E-101 被 -4℃ 的盐水冷却至 2℃ 进入尾气分离罐 D-102。吸收了 C4 组分的富油(C4:8.2%, C6:91.8%)从吸收塔底部排出,经贫富油换热器 E-103 预热至 80℃ 进入解吸塔 T-102。吸收塔塔釜液位由 LIC101 和 FIC104 通过调节塔釜富油采出量串级控制。 来自吸收塔顶部的贫气在尾气分离罐 D-102 中回收冷凝的 C4, C6 后,不凝气在 D-102 压力控制器 PIC103(1.2MPaG)控制下排入放空总管
--	--	--

		进入大气。回收的冷凝液 (C4, C6) 与吸收塔釜排出的富油一起进入解吸塔 T-102。 预热后的富油进入解吸塔 T-102 进行解吸分离。塔顶气相出料 (C4:95%) 经全冷器 E-104 换热降温至 40℃ 全部冷凝进入塔顶回流罐 D-103, 其中一部分冷凝液由 P-102A/B 泵打回流至解吸塔顶部, 回流量 8.0T/h, 由 FIC106 控制, 其他部分做为 C4 产品在液位控制 (LIC105) 下由 P-102A/B 泵抽出。塔釜 C6 油在液位控制 (LIC104) 下, 经贫富油换热器 E-103 和盐水冷却器 E-102 降温至 5℃ 返回至 C6 油贮罐 D-101 再利用, 返回温度由温度控制器 TIC103 通过调节 E-102 循环冷却水流量控制。 T-102 塔釜温度由 TIC104 和 FIC108 通过调节塔釜再沸器 E-105 的蒸汽流量串级控制, 控制温度 102℃。塔顶压力由 PIC-105 通过调节塔顶冷凝器 E-104 的冷却水流量控制, 另有一塔顶压力保护控制器 PIC-104, 在塔顶有凝气压力高时通过调节 D-103 放空量降压。 因为塔顶 C4 产品中含有部分 C6 油及其他 C6 油损失, 所以随着生产的进行, 要定期观察 C6 油贮罐 D-101 的液位, 补充新鲜 C6 油。 (4) 培训内容要求 1) 工业双塔吸收解吸装置常规生产启动运行 要求包含氮气充压、进吸收油、C6 油冷循环、进 C4 物料、再沸器投用、建立回流、进富气等等关键步骤。 要求生产启动运行互动操作步骤 ≥ 50 个。 2) 工业双塔吸收解吸装置稳态运行调控包含质量调节、压力控制、液位控制和流量调节等维稳操作。 要求在 3D 界面有 ≥ 3 道稳态运行调控的理论情景题, 学员在菜单栏中点击作答。 3) 工业双塔吸收解吸装置常规生
--	--	---

		产关停处置要求包含停富气进料、停吸收塔系统、停解吸塔系统、吸收油贮罐D-101排油等关键步骤。 要求生产关停处置互动操作步骤≥ 50个。 4) 工业双塔吸收解吸装置突发事故分析与处置学员根据工艺参数变化情况、判断出故障原因,并采取处理措施,使工艺参数恢复正常。 事故名称:吸收塔超压 要求在3D界面有≥ 3道事故分析与处置的理论情景题,学员在菜单栏中点击作答。 5) 工业双塔吸收解吸装置实验一在保证产品质量前提下,进行吸收剂循环量调整,要求经济性最优,并记录理想实验数据,完成调整方案一的实验。切换至调整方案二,完成调整方案二和实验的后续部分。 要求提供方案一模块的实验目的、任务内容、装置工艺图、以及数据采集界面相关截图,并且具备“采集数据”功能。 6) 工业双塔吸收解吸装置实验二在工业双塔吸收解吸装置调整方案二的工况下,在保证产品质量前提下,吸收塔进气气相组成发生改变进行吸收剂循环温度调整,要求经济性最优,并记录理想实验数据,完成调整方案。 要求根据方案一和方案二两种不同的调整方案的实际操作和数据的对比分析,完成实验分析与结论,形成实验报告并提供相应的实验报告截图。 实验结论与分析模块具备≥ 6道本实验相关的思考题供学员分析问题加深认识。 要求提供方案二模块实验目的、任务内容、装置工艺图、以及数据采集界面相关截图,并且具备“采集数据”功能。 要求演示“采集数据”功能,并生成数据对比分析曲线图功能;以及采集数据后,生成实验报告功能。 30.3.精馏MES管理模块【化工传
--	--	--

		质分离设备(精馏塔)MES 仿真教学服务系统】 系统基本内容 (1) 教学内容要求 教学内容要求包含:生产日报的填报、生产计划的制定、生产平衡的调整、物料的出/入库操作≥4 项内容等。使学生掌握从智能生产计划制定到执行监控、从设备操作到质量控制的全方位能力,进而运用数据分析技术挖掘更优工艺参数,实现高效低耗的绿色生产目标。具体内容要求如下: 1) 生产日报的填报:通过生产监控大屏实时数据,填写当日的标准化生产日报,以培养学生掌握生产数据闭环管理流程,从实时监控到标准化报告输出的全链路技能。 2) 生产计划的制定:按照任务背景以及装置的约束条件制定生产计划。通过动态价格、优化算法调用与人工干预结合,还原排产调整流程。学生既能学习数学模型的应用,又能体验实际生产中的复杂决策场景,为未来参与智能制造系统管理打下坚实基础。 3) 生产平衡:通过读取 DCS 的加工量,产量等数据,对存在显著误差的数据进行校正,为全厂生产平衡提供可靠数据。让学生在仿真环境中掌握装置投入产出校正与全厂平衡的核心技能。以培养其流程优化与能效管理能力,跨学科应用能力以及实时数据分析能力。 4) 出/入库管理操作:按照任务背景及任务要求对物料进行入库/出库操作,让学生掌握 MES 中物料从入库到出库的全流程管理,理解数据驱动的库存优化逻辑,为复杂生产调度打下基础。 (2) 包含模块 本系统要求至少包括 AI 人工智能助手模块、可视化工厂管理模块、计划执行管理模块、生产调度管理模块、物料管理模块、教学系统模块及系统设置模块等 7 个模块。 (3) 工艺内容要求 本流程是利用精馏方法,在脱丁烷
--	--	---

		塔中将丁烷从脱丙烷塔釜混合物中分离出来。精馏是将液体混合物部分气化,利用其中各组分相对挥发度的不同,通过液相和气相间的质量传递来实现对混合物分离。本装置中将脱丙烷塔釜混合物部分气化,由于丁烷的沸点较低,即其挥发度较高,故丁烷易于从液相中气化出来,再将气化的蒸汽冷凝,可得到丁烷组成高于原料的混合物,经过多次气化冷凝,即可达到分离混合物中丁烷的目的。 原料为 67.8℃脱丙烷塔的釜液(主要有 C4、C5、C6、C7 等),由脱丁烷塔(DA-405)的第 16 块板进料(全塔共 32 块板),进料量由流量控制器 FIC101 控制。灵敏板温度由调节器 TC101 通过调节再沸器加热蒸汽的流量,来控制提馏段灵敏板温度,从而控制丁烷的分离质量。 脱丁烷塔塔釜液(主要为 C5 以上馏分)一部分作为产品采出,一部分经再沸器(EA-408A、B)部分汽化为蒸汽从塔底上升。塔釜的液位和塔釜产品采出量由 LC101 和 FC102 组成的串级控制器控制。再沸器采用低压蒸汽加热。塔釜蒸汽缓冲罐(FA-414)液位由液位控制器 LC102 调节底部采出量控制。 塔顶的上升蒸汽(C4 馏分和少量 C5 馏分)经塔顶冷凝器(EA-419)全部冷凝成液体,该冷凝液靠位差流入回流罐(FA-408)。塔顶压力 PC102 采用分程控制:在正常的压力波动下,通过调节塔顶冷凝器的冷却水量来调节压力,当压力超高时,压力报警系统发出报警信号,PC102 调节塔顶至回流罐的排气量来控制塔顶压力调节气相出料。操作压力 4.25atm(表压),高压控制器 PC101 将调节回流罐的气相排放量,来控制塔内压力稳定。冷凝器以冷却水为载热体。回流罐液位由液位控制器 LC103 调节塔顶产品采出量来维持恒定。回流罐中的液体一部分作为塔顶产品送下一工序,另一部分液体由回流泵(GA-412A、B)送回塔顶做为回流,回流
--	--	---

		量由流量控制器 FC104 控制。 (4)培训内容要求 1)可视化工厂管理 本模块要求至少包括生产监控及生产日报两部分内容。 生产监控模块的数据要求与 DCS 通讯,并根据 DCS 工艺参数的变化实时发生变化。生产监控至少要求包含生产计划监控、生产指令监控、塔釜塔顶组分变化趋势、生产物料监控、危害场所监控以及生产能耗监控等内容。 生产计划监控:用于厂区生产计划总数、已完成数量、计划达标率、计划生产周期实时监控,保证生产计划按照既定时间安排统筹兼顾,保证产出平稳,提高效益。 生产指令监控:用于厂区指令达成率监控、生产计划执行等信息监控,展示各类计划执行进度及周期时间。 生产物料监控:用于成品库存率、计划产量与实际产量监控。 塔釜塔顶组分变化趋势:用于实时对塔顶及塔釜产品组分的变化趋势进行监测。 场所危害监控:用于环境噪音、粉尘、可燃气浓度等监测,保证人员正常工作状态。 生产能耗监控:用于当班耗电量、耗水量、耗蒸汽量等能源数据监控。 生产日报模块要求能够根据生产监控的数据进行计算并填报,后台要求能够实时对填报的数据进行评判。 2)计划执行管理 计划执行管理界面布局要求由上下两部分组成,上部分为计划详细执行情况;下部分为计划列表,要求可新建、导入、导出及删除。 其中计划类型要求$\geq$采购计划及生产计划两种,计划执行看板能随着计划执行进度进行变化,计划数量、计划内容、计划开始和节数时间能够根据实际情况进行输入或调整。执行中的计划不得修改。 3)生产调度管理
--	--	--

		此模块要能够实时获取脱丁烷塔装置 DCS 中各节点的累计量。 能够识别出存在大误差的节点并用提示框提示,且存在大误差的节点要求用红色字体对其突出标识,直至调整其确认量使生产平衡重新达到误差范围 2%以内,此时存在大误差的节点要求能够消除红色标识提示并变成黑色。 4) 物料管理 此模块要求包括入库管理和出库管理两部分内容。 入库管理要求包含如下主要功能: 添加业务单: 要求包括入库时间、物料名称、质量等级、重量、库位等信息;明确物料将去向哪个仓库;并通过入库单创建可查询由于入库移动对库位存量影响;自动生成入库单号。同时要求包括增加物料、删除物料、保存及返回等功能。 修改未登帐入库单 删除未登帐记录 全部登帐: 登账后业务单只可查看,不可修改及删除。 出库管理要求包含如下主要功能: 添加业务单: 要求包括出库时间、关联的生产订单、物料名称、库存信息、出库重量、出库质量等级等信息;并通过出库单创建可查询由于出库移动对库位存量影响;自动生成出库单号。同时要求包括增加物料、删除物料、保存及返回等功能。 删除未登帐记录 5) 教学系统 该模块要求包含任务说明和操作报告两部分内容。 任务要求展示各模块的任务要求、任务目标、任务目标等信息。 操作报告要求能够对所有操作过程进行记录。 ▲要求提供生产平衡识别出存在大误差的节点并用提示框提示,且存在大误差的节点用红色字体对其突出标识,直至调整其确认量使生产平衡重新达到误差范围 2%以内,此时存在大误
--	--	---

		差的节点能够消除红色标识提示并变成黑色的截图。 30.4.精馏塔 3D 操作(化工传质分离设备(精馏塔)3D 虚拟仿真教学服务系统) 软件基本内容 (1)教学内容要求 教学内容包含:工业单塔精馏装置常规生产运行启动运行、工业单塔精馏装置稳态运行调控、工业单塔精馏装置常规生产关停处置、工业单塔精馏装置突发事件分析与处置、工业单塔精馏脱丁烷实验(单参数调整和综合参数调整)的内容。 1)满足化工企业人才培养的需求。软件包含系统化的化工专业知识内容,能让学生动手开展基于实际任务的项目化实训,掌握精馏塔工艺流程、真实企业装置的操作方法,培养懂工艺、精技术、高水平的化工复合型人才。 2)满足学校专业课程建设要求。以化工原理知识应用为重点,将化工理论应用到实践中去,体现出化工教育具有特色的、开放性的和共享型的专业教学课程体系。 (2)包含模块 化工传质分离设备(精馏塔)3D 仿真软件。 (3)工艺内容要求 本流程是利用精馏方法,在脱丁烷塔中将丁烷从脱丙烷塔釜混合物中分离出来。精馏是将液体混合物部分气化,利用其中各组分相对挥发度的不同,通过液相和气相间的质量传递来实现对混合物分离。本装置中将脱丙烷塔釜混合物部分气化,由于丁烷的沸点较低,即其挥发度较高,故丁烷易于从液相中气化出来,再将气化的蒸汽冷凝,可得到丁烷组成高于原料的混合物,经过多次气化冷凝,即可达到分离混合物中丁烷的目的。 原料为 67.8℃脱丙烷塔的釜液(主要有 C4、C5、C6、C7 等),由脱丁烷塔(DA-405)的第 16 块板进料(全塔
--	--	--

		共 32 块板), 进料量由流量控制器 FIC101 控制。灵敏板温度由调节器 TC101 通过调节再沸器加热蒸汽的流量, 来控制提馏段灵敏板温度, 从而控制丁烷的分离质量。 脱丁烷塔塔釜液 (主要为 C5 以上馏分) 一部分作为产品采出, 一部分经再沸器 (EA-408A、B) 部分汽化为蒸汽从塔底上升。塔釜的液位和塔釜产品采出量由 LC101 和 FC102 组成的串级控制器控制。再沸器采用低压蒸汽加热。塔釜蒸汽缓冲罐 (FA-414) 液位由液位控制器 LC102 调节底部采出量控制。 塔顶的上升蒸汽 (C4 馏分和少量 C5 馏分) 经塔顶冷凝器 (EA-419) 全部冷凝成液体, 该冷凝液靠位差流入回流罐 (FA-408)。塔顶压力 PC102 采用分程控制: 在正常的压力波动下, 通过调节塔顶冷凝器的冷却水量来调节压力, 当压力超高时, 压力报警系统发出报警信号, PC102 调节塔顶至回流罐的排气量来控制塔顶压力调节气相出料。操作压力 4.25atm(表压), 高压控制器 PC101 将调节回流罐的气相排放量, 来控制塔内压力稳定。冷凝器以冷却水为载热体。回流罐液位由液位控制器 LC103 调节塔顶产品采出量来维持恒定。回流罐中的液体一部分作为塔顶产品送下一工序, 另一部分液体由回流泵 (GA-412A、B) 送回塔顶做为回流, 回流量由流量控制器 FC104 控制。 (4) 培训内容要求 1) 工业单塔精馏装置常规生产启动运行 要求包含进料、再沸器启动、建立回流以及调节至正常等关键步骤。 要求生产启动运行互动操作步骤 ≥ 50 个。 2) 工业单塔精馏装置稳态运行调控 包含质量调节、压力控制、液位控制和温度调节等维稳操作。 要求在 3D 界面有 ≥ 3 道稳态运行调控的理论情景题, 学员在菜单栏中点
--	--	--

		击作答。 3) 工业单塔精馏装置常规生产关停处置 包含降负荷、停进料和再沸器、停回流、降压和降温等步骤。 要求生产关停处置互动操作步骤≥ 30个。 4) 工业单塔精馏装置突发事件分析与处置学员根据工艺参数变化情况、判断出故障原因,并采取处理措施,使工艺参数恢复正常。 事故名称: 回流泵故障 要求在 3D 界面有≥ 3道事故分析与处置的理论情景题,学员在菜单栏中点击作答。 5) 工业单塔精馏脱丁烷实验(单参数调整)本模块以乙烯裂解工艺流程中的工业单塔脱丁烷为例,精馏装置脱丁烷塔进料组成发生改变,原料液轻组分(C4 以及 C4 以下组分)含量从 46%下降到 41%。要求学员在保证产品质量前提下,进行单一参数调整(塔釜蒸汽量),完成单一参数调整方案,要求经济性最优。 要求提供单一参数调整模块的实验目的、任务内容、装置工艺图、以及数据采集界面相关截图,并且具备“采集数据”功能。 6) 工业单塔精馏脱丁烷实验(综合参数调整)软件中引入工程实际问题,并参考实验教学流程进行设计,进行操作实践后,最终得出结论形成实验报告,将工程问题教学化,满足提高学生解决实际问题能力的需求。 本模块以乙烯裂解工艺流程中的工业单塔脱丁烷为例,精馏装置脱丁烷塔进料组成发生改变,原料液轻组分(C4 以及 C4 以下组分)含量从 46%下降到 41%。要求学员在保证产品质量前提下,进行综合参数调整,完成综合参数调整方案,要求经济性最优。 要求根据单一参数和综合参数不同的调整方案的实际操作和数据的对比分析,完成实验分析与结论,形成实
--	--	---

		验报告并提供相应的实验报告截图。 实验结论与分析模块具备≥ 6道本实验相关的思考题供学员分析问题加深认识。 要求提供综合参数调整模块实验目的、任务内容、装置工艺图、以及数据采集界面相关截图,并且具备“采集数据”功能。 要求演示“采集数据”功能,并生成数据对比分析曲线图功能;以及采集数据后,生成实验报告功能。 (5)教学组织与管理 1)线下教学组织管理平台(PC端) 在教学或培训过程中,通过基于网络传输协议教师站管理系统,教师可以完成课前计划组织、课中实时监控、课后成绩统计等各种教学活动。丰富、方便、实用的教师站功能,是仿真机系统能力得以发挥的重要手段,在仿真课堂中,教师可以使用鼠标方便地完成各种对仿真机的控制和监视。教师站管理系统的功能模块包括: 大厅管理:显示系统的相关信息,包括有培训规模 and 实际连接的学员站台数等。 策略管理:包括有考试策略、培训策略、权限策略、事故管理和思考题管理等5个功能。 运行管理:包括项目终止与交卷、仿真系统冻结与解冻、变量监视、事故监视、浏览成绩单、查看详细评分、查看报告、考核管理、联合操作、临时故障设置、存储与加载快门、手动补时等功能。 显示设置:包括设置服务器所连接的最大人数、服务器的名称、是否启用培训室学员名单、设置实时监控表格中显示的学生信息等功能。 视图:该模块用于调整培训室在教师站中的显示模式,即详细信息或缩略图模式。 成绩统计:在教学、培训和考试过程中,可以查看某个学生的单个成绩单以及带有操作步骤的详细成绩单,查看
--	--	---

		学生的历史成绩。统计参加培训和培训的所有学生成绩。 要求能够查看学习参与人数、学员实时操作成绩、学习时长、学习成绩分布、学习平均成绩等。 2) 线下客户端管理平台（PC 端）管理所有本地安装的仿真软件的启动运行 (6) 软件系统功能 软件依据计算机虚拟仿真技术进行开发,真实再现化工厂环境和操作过程,并对操作数据进行分析,得到仿真结果,能够满足日常教学、常规考核以及实验大赛等各种需求。 1) 三维仿真软件系统功能要求 现场操作模块:主要用于实验操作中对现场设备的操作仿真,其包括了各实验的主要设备、泵、流量计、必备的开关阀和调节阀,并能与 2D 界面实时通讯。学员可以在仿真的工厂环境中漫游,认识各设备组件。 调节阀模块: 主要用于现场和 DCS 操作中,对现场阀和控制阀的操作,根据阀门开度大小,仪表显示不同,要求每个单元至少有 20 个阀门可以进行调节。 要求演示当移动到目标阀门附近时,鼠标悬停在阀门上,显示阀门位号,点击后进行开关操作,同时阀门手轮或手柄会相应转动。 查找模块: 显示查找的仪表阀门,提供路线指引和直接移动至查找的仪表阀门的功能。 仪表查看模块:当移动到目标仪表附近时,鼠标悬停在仪表上,显示仪表类型与位号,点击进入仪表显示界面。仪表数值显示与 DCS 界面一致。 要求演示当移动到目标仪表附近时,鼠标悬停在仪表上,显示仪表类型与位号,点击进入仪表显示界面。在仪表界面上显示有相应的实时数据显示,如温度、压力值等。空格键退出仪表显示界面。 2) 学员站功能要求培训项目选择:
--	--	---

		根据需要进行不同的培训项目； 重做当前任务:重新加载当前工况内容 切换工艺内容:切换到其他工况 冻结/解冻:在任何时间都可以冻结、解冻、重新运行仿真系统； 进度存盘/重演:实现系统的存储、读取； 变量监视:受训者可监控各种变量数据； 画面显示:包括趋势画面、报警画面、控制组画面等； 仿真时钟设置:根据需要加快或者减慢数据运算的速率,实现在 25%——2000%范围内的无限制调节； 评分自动提示:为方便查看评分步骤,将满足条件的单挑操作步骤显示在小窗口画面,避免在 DCS 画面与完整评分文件之间频繁切换。评分内容包括工艺指标考核；操作步骤考核。 和教师站的连接:跟教师站管理端采用 TCP/IP 方式连接通讯；可设置培训模式,启动后可自由切换培训项目；对模型可进行冻结、解冻等操作；可查看模型变量的相关信息。 (7)教学服务系统配件清单 学员站客户端管理平台(1套)、教师站教学组织管理平台(1套)、软件加密锁(1套)、软件安装光盘(1套)、仿真软件操作手册(1套) (8)售后服务 配备使用说明书等相关资料。 安装、培训:现场调试,现场培训该软件的使用方法及维护,安装实施日期,售后服务期限等。 30.5.要求提供化工自动化安全控制轻量化资源教学服务系统线上使用账号 100 个,其中包含教师账号 1 个,学生练习账号 99 个。线上使用权限≥1 年。要求包含以下内容: (1)要求轻量化交互资源包括:压力检测仪表拆装、流量检测仪表类别判定、物位检测仪表类别判定、温度检测仪表类别判定、液位控制系统组成分
--	--	--

		析、液位控制系统方框图、液位控制系统作用方向判断、流量控制系统方框图、流量控制系统作用方向判断、KMM 可编程序调节器面板认知、气动薄膜式执行机构形式判定、临界比例度整定方法、衰减曲线整定方法、串级控制系统方框图、串级控制系统作用方向判断、计算机控制系统组成框图绘制等资源。 (2) 要求配套手机端适配的轻量化交互式仿真资源,通过打开网页链接或者扫描二维码,即可进入交互资源操作界面,操作完成实时显示操作成绩,交互资源类型包含拖拽题、卡片翻转、设备拆装等形式,要求交互式仿真资源≥ 16个。 ▲(3) 学生通过二维码推进行串级控制系统作用方向判断的相关知识学习和互动操作。可以对学习情况进行实时统计包括但不限于统计学生列表(包含学号、姓名、班级和操作详情),可以针对每个学生的任意知识点的操作分数形成学习成绩曲线,并记录每次操作的学习记录(尝试次数、学习日期、得分、操作时长和较上次分数的差别情况)。并可针对历史学习记录进行查看,根据日期和资源的章节记性筛选查看。本系统支持查看资源学习的统计(包括资源名称对应下的学生人数、访问次数、平均分数和最高分情况),以及全部班级的整体成绩分布,助力教师进行教学诊改。上述学生学习数据统计、成绩曲线生成、历史记录查询、资源学习统计及班级成绩分布等功能,均需提供对应的功能实现的佐证图片或视频。 ▲要求交互式资源-串级控制系统作用方向判断。要求投标人提供交互式资源-串级控制系统作用方向判断的截图,具体要求如下:1) 要求提供点击问号图标,弹出各环节名称的截图。2) 要求提供点击问号图标,可翻转显示的+、-反馈的截图。3) 要求提供交互资源操作完成后,在教师端实时显示成绩的截图。 30.6. 要求配套化工自动化安全控
--	--	--

		制虚拟仿真软件网络在线账号：提供 1 个管理员账号，结合学员账号使用，可以组织在线的培训、考核、成绩收集等。学员账号数量≥ 100 个，使用时长≥ 1 年，至少包含以下内容： (1) 自控知识能量站 要求自控知识模块包含仪表认知、控制器认知、执行器认知、过程控制系统认知、计算机控制系统认知等≥ 40 知识点内容。 仪表认知包括仪表基础知识、检测仪表原理等知识内容； 控制器认知包括模拟式控制仪表、数字单回路调节器等知识内容； 执行器认知包括电动执行机构、气动执行机构、液动执行机构等知识内容； 过程控制系统包括控制规律选择、控制器参数整定方法、串级控制系统等知识内容； 计算机控制系统包括集散式控制系统、可编程控制器等知识内容。 知识点包含图文、视频等形式。 要求进行趣味性理论教学场景设计，人员可在厂区中漫游行走，通过与电脑控制角色互动了解软件工艺单元场景中涉及到的仪表（压力、温度、流量、物位）、执行器、过程控制系统（串级控制系统），理论与现场实践相结合，便于加深学员对工艺单元自控系统的认知。 需演示从知识能量区获取足够能量，前往挑战区进行任务 PK 挑战的过程，PK 期间答对答错双方会有相应能量值的损失变化。 (2) 自控仿真实操 要求自控仿真实操模块包含简单控制系统认识、PID 参数整定；复杂控制系统认知、PID 参数整定；SIS 系统联锁分析；ITCC 系统调速操作；SIS、ITCC 系统认知等≥ 14 个实训任务。 要求自动化仿真实训，仿实际化工生产的 DCS 操作界面和工艺模拟，使学生能够通过训练真正掌握 PID 整定等
--	--	---

		核心技能,克服学生难以参与实际操作的痛点。 自动化仿真实训依托企业实际生产的运营流程规范,剧情化模拟化工企业联动试车等场景下的 PID 整定工作流程,为学员提供贴近生产实践的操作体验。 要求设置简单控制系统、复杂控制系统等自控系统的 PID 参数整定实训任务,并且匹配临界比例度法、衰减曲线法等不同的 PID 在线整定方法,直观体现实时的信息流运作过程、振荡曲线。 简单控制系统包括流量控制系统认知、液位控制系统认知、PID 整定准备、流量控制系统作用 PID 参数在线整定(临界比例度法)、液位控制系统作用 PID 参数在线整定(衰减曲线法)等培训内容; 复杂控制系统包括串级控制系统认识、PID 整定准备、串级控制系统作用 PID 参数整定、比值控制系统、选择性控制系统、分程控制系统等培训内容; SIS 系统包括 SIS 系统联锁触发分析等培训内容; ITCC 系统包括 ITCC 系统汽轮机调速操作等培训内容。 ▲要求投标人提供如下内容截图:通过临界比例度法调试出等幅振荡曲线的过程,且直观体现实时信号流的传输。并通过暂停/启动按钮功能测量计算出临界振荡周期。 (3)故障分析 采用任务化教学,按照教学标准、生产实际工作过程,进行项目化任务设计,更有针对性和应用价值。克服照本宣科的填鸭式教学模式痛点。 要求故障分析包含流量简单控制系统、液位串级复杂控制系统、压力分程复杂控制系统的故障分析等≥ 3个实训任务。 (4)日常维护 通过对过程控制系统日常维护的
--	--	---

		培训学习,能够培养学员运行与维护的能力,保障自动控制系统可靠的运行。 要求日常维护模块包括过程控制系统的仪表控制阀气源压力、调节阀行程核对,保温伴热、仪表本体、工艺接口泄漏等任务的检查。 30.7.要求提供化工装备维护检修轻量化资源教学服务系统线上使用账号100个,其中包含教师账号1个,学员账号数量≥ 99个,使用时长≥ 1年。 包括化工容器结构识别、化工容器的类别判定、带传动类型判定、齿轮传动类型判定、蜗杆传动类型判定、传动比计算、压力容器法兰的应用、封头的选型、容器支座类型的判定、弹簧式安全阀的拆装、填料塔结构拆装、板式塔结构拆装、换热设备类型判定、浮头式换热器结构拆装、U型管换热器结构拆装、反应釜结构拆装、搅拌装置的选型等资源。 要求配套手机端适配的交互式仿真资源,手机通过打开网页链接或者扫描二维码,即可进入交互资源操作界面,操作完成显示操作成绩,交互资源类型包含拖拽题、连连看、设备拆装等形式,要求交互式仿真资源≥ 17个。 ▲化工装备维护检修轻量化资源教学服务系统支持通过教学数据大屏进行整体数据分析与展示,可支持统计总学习次数和平均得分;其中各资源学习情况对比以柱形图和散点图联动展示学习人数、访问次数和平均分数。资源趋势曲线以曲线图进行展示,可根据章节和资源进行不同情况的曲线显示。支持从高到底进行学生平均成绩的排名。以上各资源学习情况对比展示、趋势分析曲线、成绩排行等功能,均需提供对应的功能实现的佐证图片或视频。并且要求投标人投标文件中采用图文详细展示化工装备检修轻量化资源-容器支座类型,具体内容包含: 1)要求在工艺装置全景中触发展示各容器支座;通过各类场景切换形式进行任务的推进。2)动态展示场景中塔设备
--	--	--

		支座、储罐支座、换热器支座，选出匹配的支座类型。要求提供以上对应功能和内容的作证图片。 学生通过二维码推进行相关知识点学习和互动操作,可以对学习情况进行实时统计包括但不限于统计学生列表(包含学号、姓名、班级和操作详情),可以针对每个学生的任意知识点的操作分数形成学习成绩曲线,并记录每次操作的学习记录(尝试次数、学习日期、得分、操作时长和较上次分数的差别情况)。并可针对历史学习记录进行查看,根据日期和资源的章节记性筛选查看。本系统支持查看资源学习的统计(包括资源名称对应下的学生人数、访问次数、平均分数和最高分情况),以及全部班级的整体成绩分布,助力教师进行教学诊改。上述学生学习数据统计、成绩曲线生成、历史记录查询、资源学习统计及班级成绩分布等功能。要求提供以上对应功能和内容的作证图片。 系统支持通过教学数据大屏进行整体数据分析与展示,可支持统计总学习次数和平均得分;其中各资源学习情况对比以柱形图和散点图联动展示学习人数、访问次数和平均分数。资源趋势曲线以曲线图进行展示,可根据章节和资源进行不同情况的曲线显示。支持从高到底进行学生平均成绩的排名。以上各资源学习情况对比展示、趋势分析曲线、成绩排行等功能,均需提供对应的功能实现的截图或佐证图片。 30.8. 配套塔设备检维修模块仿真软件网络在线账号:要求提供 1 个管理员账号,结合学员账号使用,可以组织在线的培训、考核、成绩收集等。学员账号数量≥ 100 个,使用时长≥ 1 年,至少包含以下内容: 塔设备检维修模块仿真软件要求如下: (1) 在“塔设备检维修模块”中,开发包含“结构拆装”、“状态监测和维护”、“故障诊断处理”、“检查修理”四部分内容的操作任务,其中“结
--	--	---

		构拆装”部分以典型装置塔设备为模型，开发包含：工作原理教学、结构展示教学、结构拆装与清理清洗等任务训练操作。 （2）“状态监测和维护”部分以塔设备运行参数监测为开发基础，在软件设置的情景化任务中实现的仿真训练任务，包含（1）参数维护（2）停车维护等任务训练操作。 （3）“故障诊断和处理”以塔设备运行过程中出现的故障现象为开发基础，基于故障问题导向，对故障原因分析，以及问题解决方法的操作教学。开发≥四种故障类型的操作任务：1）管路不正常振动 2）人孔法兰密封面损坏 3）弯头腐蚀冲刷 4）产生超压行为等故障类型。 （4）“检查修理”部分软件形象逼真还原检维修作业安全分析与安全作业流程，现场设备检修过程等岗位情景任务，开发包含检维修 1）安全风险因素辨识 2）安全作业票办理 3）现场设备环境检查 4）塔体检修 5）塔内件检修 6）零部件测量更换等检修过程操作任务。 （5）要求提供软件具备塔设备检维修的操作过程详细步骤文字说明并配以软件截图。 ▲要求投标人提供如下内容截图：软件具备塔设备塔体检修、塔内件检修等操作，具体包含：焊缝检测、法兰平面损坏、仪表检查、裙座检查、检查塔板水平度、降液板与受液盘间距检查、检查塔盘等操作环节。 （7）课程资源体系通用技术要求 1）要求所有课程资源模块在同一平台下统一账号、统一数据接口，支持教师像搭积木一样自由组织课前预习、课中互动和课后作业。 2）要求系统内置工程教育专业认证全流程数字化管理系统，支持课程目标与毕业要求指标点支撑矩阵的自动配置，可一键生成课程目标达成度评价报告（专业级、班级级、学生级）及能
--	--	---

		力雷达图。 3) 要求系统具备 AI 实时教练模块,支持苏格拉底式引导教学,提供五维能力量化评价(安全、工艺控制、异常处理、经济性、稳定性),实现过程性评价与个性化指导。 4) 要求软件部分兼容国产操作系统, AI 模型可选配国产大模型,满足信创要求。 30.9.要求提供化工原理课程设计教学服务系统线上使用账号 100 个,其中包含教师账号 1 个,学员账号数量$\geq$99 个,使用时长$\geq$1 年。 (1) 教师端功能要求 个性化参数配置:教师可为同一课程设计任务下的不同学生或小组,灵活分配差异化的设计参数(如原料组成、产品纯度、处理量等)。系统需支持参数模板的创建、批量配置及参数重复性自动检测。 1) 可视化课程管理:所有课程设计任务支持按名称、状态(未开始/进行中/已结束)进行筛选与搜索。教师可一键发布、暂停或结束任务。 2) 实时进度监控:系统需提供可视化仪表盘,让教师能实时查看班级整体及各学生 3) 个人的课程设计进度,包括各模块(如计算、绘图、报告)的完成情况。 4) 学生错误反馈:系统应能自动检测并记录学生在设计过程中的常见错误(如计算超差、结构设计不合理、操作步骤错误),并汇总错误类型、频次及涉及学生名单,供教师进行针对性辅导。 5) AI 辅助报告评阅: ▲AI 辅助报告评阅功能,应能实现报告原文与 AI 评语、评分的对照查看。AI 生成的批注(如数据错误、逻辑缺陷、格式问题)可在原文对应位置高亮显示。教师可对 AI 批注进行一键采纳、修改或忽略,并手动补充评语。投标人需提供以上功能的截图。
--	--	--

		立体化成绩管理:评分系统应采用模块化结构(如摘要、计算、绘图、分析等),分别显示AI建议分与教师最终评分,并能按预设权重自动汇总为总成绩。支持教师输入总体评语或选择快捷评语库。 报告导出:支持将带有全部AI及教师批注的课程设计报告,以班级为单位或按学生批量导出为格式规范的PDF文档,便于存档。 (2) 学生端功能要求 1) 课程设计任务中心:学生登录后应能清晰查看需参与的所有课程设计任务列表、状态及截止时间,支持一键进入设计平台。 2) 参数计算模块: 需提供全面、准确的化工设计计算功能,至少包括:物料衡算、热量衡算、回流比与最小理论板数计算、逐板计算、塔径/塔高计算、管壳式换热器设计计算。 每个计算环节应内置公式库与计算模板,引导学生按正确步骤进行,并支持中间结果的实时显示与保存。 3) 结构与三维建模: 学生应根据计算结果,进行设备的结构设计。对于精馏塔,应分为塔板设计(溢流装置、塔板布置)和塔体设计(接管、筒体);对于换热器,应能设计管径、管长、管程数、壳程数等。 系统需提供三维建模实时展示功能。当设计参数改变时,三维模型应自动更新,准确反映设备结构与尺寸变化。学生可对模型进行旋转、缩放、剖切操作。 4) 模拟验证与流体力学验算: 系统需根据设计参数,对设备操作工况进行智能验算,并能自动判断与可视化提示典型异常况。要求包含以下三种异常工况: 漏液模拟:展示漏液位置与程度,并分析影响。 液沫夹带模拟:计算夹带量,并通过三维可视化展示分布情况。
--	--	---

		液泛模拟：预测液泛条件，展示塔内气液异常流动状态。 投标人需提供漏液模拟、液沫夹带模拟和液泛模拟三种异常工况的截图。 5) 专业绘图功能： 系统需支持自动绘制课程设计所需的专业图纸，至少包括： 精馏塔负荷性能图（含液沫夹带线、液泛线、漏液线等）。 精馏过程 M-T 图（用于确定最小回流比、理论板数）。 工艺流程简图。 (3) AI 智能评价引擎要求 多维度评价模型：AI 评阅需从至少三个维度对报告进行分析： 内容质量：评估数据的准确性、计算的正确性与知识的完备性。 逻辑结构：分析章节衔接、论证过程与设计路线的合理性。 语言表达：检查语法、格式、术语使用的规范性与清晰度。 30.10. 要求提供化工数字博物馆 3D 虚拟仿真教学服务系统使用账号或网络地址,化工数字博物馆 3D 虚拟仿真教学服务系统的具体要求如下： (1) 总体建设要求 建设背景要求 化工数字博物馆要充分考虑课程思政、化工通识、化工的重要基点，重点介绍化工发展史以及中国化学工业的崛起、化工与人们生活的关系、优秀化工企业典型案例、优秀代表人物典型案例等,目的是突出化学工业在国民经济中的重要地位,增强化工从业的责任感与自豪感,促进大众对化学工业的认知。 设计思路力求简洁,汲取中国化工博物馆及主流线上展馆的布置灵感,配套完整的解说脚本。主馆分为五个部分:化工行业历史馆、化工行业体验馆、化工行业产品馆、化工行业企业馆、化工行业文化馆。每个馆的设计与馆的主题贴合,除了展馆内设计的内容可以学习,展馆中还会增加一些交互点,进行
--	--	---

		内容的拓展学习。交互内容的形式有图文、视频、语音、设备模型等，展现形式多样，内容丰富生动。 (2) 教学内容要求 化工数字博物馆 3D 仿真教学服务系统主要以通识教育为主,补充校内理论课堂,通过科普类讲解,运用引导与任务等方法,使学生初步了解行业发展史、行业典型人物事迹和成长路径,为学生职业规划提供参考。 (3) 包含模块要求 场馆划分为化工行业历史馆、化工行业体验馆、化工行业产品馆、化工行业企业馆、化工行业文化馆五个场馆。 场馆建设内容要求 (4) 化工行业历史馆 化工行业历史馆,分为古代化学加工、世界近现代化学工业史、中国近代化学工业史、中国化工业崛起四大篇章。 1) 古代化学加工篇章主要以图文形式介绍古代化学加工,并包括但不限于四羊方尊、乳钉纹青铜爵的视频介绍。 2) 世界近现代化学工业史篇章主要介绍本行业发展简史,以时间为主线,以文字介绍形式展现世界近现代化学工业的发展史; 3) 中国近代化学工业史篇章以时间为主线,主要以图文形式展现中国近代化学工业的发展史。 4) 中国化工业崛起篇章主要以图文形式展现新中国成立之后,中国化工业的发展。并包括但不限于大庆油田、现代化工厂的视频介绍。 5) 化工行业历史馆,资源包含但不限于以下内容: ①化工行业历史馆场景,720 度全景图分辨率控制在 4K 以内,每张图片$\geq 20M$,不得有明显的接缝。 ②视频资源,包含四羊方尊、乳钉纹青铜爵、大庆油田、现代化工厂的视频介绍。 (5) 化工行业体验馆
--	--	--

		化工行业体验馆，主要分为化工+国民经济、化工产业链、化工智能制造三大板块。 1) 化工+ 国民经济板块以图文和视频形式介绍化工与人们衣、食、住、行、药的关联性和化工在国民经济中的重要性。 2) 化工产业链板块以图文形式，介绍煤化工产业链、石化行业产业链、天然气化工行业产业链相关知识。 3) 化工智能制造板块以图文形式，展现现代化智能工厂的特点并以视频方式，介绍丙烯酸甲酯智能化工厂的厂区和智能管理等。 4) 化工行业体验馆，资源包含但不限于以下内容： ①化工行业体验馆场景,720 度全景图分辨率控制在 4K 以内,每张图片$\geq 20M$,不得有明显的接缝。 ②视频资源，包含化工有多重要、化工与生活、化学合成药、丙烯酸甲酯智能化工厂的介绍视频。 (6) 化工行业产品馆 主要分为化工设备来熟悉和化工产品知多少两个板块。 1) 化工设备类熟悉板块，主要介绍化工设备的分类以及典型的化工设备。以图文或视频等形式对典型产品设备的外观、内部构造、特性及工作原理等方面进行动态直观的展示,让用户更全面了解产品设备，增加设备认知； 2) 化工产品知多少板块，主要介绍常见的化工产品。 化工行业产品馆,资源包含但不限于以下内容： ①化工行业产品馆场景,720 度全景图分辨率控制在 4K 以内,每张图片$\geq 20M$,不得有明显的接缝。 ②化工设备展示，要求以图文+设备模型的方式，直观展示设备的外观。 ③设备交互模型，运用 3D 模型旋转的形式展示 U 型管换热器整体。 ④视频资源，包含调节阀、多级离心泵、分馏塔（填料、板式）、石油精
--	--	--

		炼过程的介绍视频。 (7) 化工行业企业馆 化工行业企业馆,主要分为全球化工 50 强、省内外其他优质化工企业、化工产业链、化工+科技创新、核心企业介绍五大板块。 1) 全球化工 50 强板块以图文等形式介绍全球化工 50 强的企业名称、年销售额等。 2) 省内外其他优质化工企业板块以图文等方式,介绍省内外其他优质化工企业。 3) 化工产业链板块以图文等方式,介绍煤化工、石油化工、天然气化工产业链的上游、中游和下游的企业分布。 4) 化工+科技创新板块以图文等形式,介绍化工新能源技术。 5) 核心企业板块以图文等形式,介绍全球的一些核心企业。 6) 化工行业企业馆,资源包含但不限于以下内容: ①化工行业企业馆场景,720 度全景图分辨率控制在 4K 以内,每张图片 $\geq 20M$,不得有明显的接缝。 ②视频资源不得包含公司。 (8) 化工行业文化馆 化工行业文化馆,主要分为化工名师名将、化工职业岗位、探索化工未来世界三大板块。 1) 化工名师名将板块以图文等形式介绍中国化工的百年百人以及典型人物事迹。 2) 化工职业岗位板块以图文等形式,介绍化工的职业岗位,科研人员、外操人员、检修人员的岗位职责等。 3) 探索化工未来世界板块以图文等形式,介绍未来化工可以探索的方向。 4) 化工行业文化馆,资源包含但不限于以下内容: ①化工行业企业馆场景,720 度全景图分辨率控制在 4K 以内,每张图片 $\geq 20M$,不得有明显的接缝。 ②视频资源,包含范旭东、侯德榜、
--	--	--

		吴蕴初生平事迹介绍视频；装置岗位操作介绍视频；数字化工、太阳燃料、石墨烯、矿化固碳技术的介绍视频。 ▲（9）提供 720 度全景图行业历史馆场景、化工行业体验馆场景、化工行业体产品馆场景、化工行业体企业馆场景、化工行业文化馆场景，交互内容包括交互模型、视频、图文等，总交互内容数量≥ 30 个。 31. 综合实践教学智能中枢(智慧教学平台) 31.1. 平台总体要求 （1）一体化教学中枢：平台需为 B/S 架构，构建“教、学、练、考、评、管”全流程闭环，深度融合 AI 智能体。覆盖常规理论课堂、集中仿真机房实训、半实物智慧工厂实习三大核心教学场景，打破数据孤岛，实现教学资源、行为数据、能力评价的统一管理与分析。 （2）AI 深度集成：平台需原生集成 AI 大模型能力（如自然语言处理、行为序列分析、图像识别等），无需用户额外配置 API 密钥。AI 需深度嵌入备课、教学、实训、评价各环节，形成个性化教学闭环。 （3）全链路数据驱动：需能实时采集学生在理论交互、仿真软件操作、半实物装置动手实践等各场景的全过程行为数据,并进行清洗、存储与分析。支持数据导出（JSN/Excel），并可对接到学校已有的教务系统或 LMS 平台。 （4）高并发与高可靠：平台需支持≥ 500 用户并发，在仿真考试、大赛等高压场景下,保证指令下发的低延迟（≤ 1 秒）和数据同步的高稳定性。系统需具备完善的安全机制，支持 HTTPS 协议、数据加密、防注入、防暴力破解。 （5）极简部署与运维：支持极简部署，关键模块实现“一键安装、一键激活”。支持与学生端仿真软件自动组网，无需人工配置复杂 IP。具备硬件健康度监控看板,对半实物装置的通
--	--	--

		讯状态、故障点位进行可视化展示与一键屏蔽,防止单点硬件故障影响整体教学流程。 31.2.AI 核心能力模块 (1) AI 智慧备课助手 学情驱动备课:能够根据班级历史学情数据(知识薄弱点、平均操作得分等)及课程目标,通过 AI 分析为教师推荐教学重点与预习资源。 智能教案生成:教师输入课程主题或关键知识点, AI 可自动匹配并推荐相关的仿真工况、3D 动画、微课视频、交互式课件等多媒体资源。支持教师像“搭积木”一样拖拽式组织课程内容,一键生成课堂互动任务和课后作业。 资源智能切片:支持将上传的长视频、长文档(如操作规程)等进行 AI 自动切片化、标签化处理,形成碎片化的知识卡片,方便学生精准学习。 (2) AI 实时学伴与教练 苏格拉底式引导:在学生进行仿真操作或任务时, AI 能实时监测操作序列与工艺参数。当学生遇到困难或操作失误时,不直接给出答案,而是通过反问、提示(如“你观察到现在塔顶压力变化了吗?可能是什么原因?”)来引导学生自主思考与排查。 多模态智能问答:支持学生通过文字或语音进行自然语言提问, AI 结合专家知识库、操作规程和实时工况数据,给出专业解答、操作步骤指示或故障排查思路。响应时间不超过 2 秒。 五维能力实时评价: AI 需能从安全控制能力、工艺参数控制能力、异常工况处理能力、操作经济性(能耗/物耗)、操作稳定性五个维度,对学生的每一次实操进行全程实时量化评价,并生成雷达图。 (3) AI 智能作业与报告批改 多模态作业批改:系统不仅支持客观题的自动批改,还能利用 AI 辅助评阅主观题、实验报告、操作心得等文本作业。 AI 能进行语义理解和关键词匹配,提供批改建议和得分点分析,辅助
--	--	--

		教师快速完成大量批改工作。 仿真实训报告自动生成与评价:学生完成仿真操作后,系统能自动采集其操作步骤、参数曲线、得分情况等数据,一键生成标准格式的实训报告初稿。AI可根据预设的评分标准,从数据完整性、操作规范性、分析结论的逻辑性等维度对报告进行初步评分。 31.3.理论课堂场景模块 (1) 课堂互动与管控 支持教师一键下发签到、随堂测验、投票、主题讨论等互动任务至学生端(PC/移动端)。 具备“一键投屏”功能,可将任意学生的仿真操作画面或优秀作业实时投射到教室大屏进行讲解。 具备“一键黑屏”或“屏幕管控”功能,确保学生在理论讲解环节专注于教师授课。 (2) AI 学情监控仪表盘 教师在一个界面可总览全班学生实时学习状态,包括任务完成进度、正确率、得分分布。 AI 自动识别并高亮标注“卡顿”、“低分”、“无操作”的学生,帮助教师快速定位学习困难者并主动干预。 (3) 教学数据分析看板 课后,AI 自动生成课堂分析报告,涵盖学生关注点分析、高频错误知识点统计、课前-课中-课后知识点掌握度对比分析图。 31.4.仿真机房与考试场景模块 (1) 仿真教学深度集成 任务一键分发:教师可在平台上直接创建包含特定工况(如“精馏塔冷态开车+进料扰动”)的仿真任务,并通过局域网一键发送至所有学生端,学生端仿真软件可被自动拉起并加载对应场景。 全过程数据采集:不仅能采集最终的仿真软件评分,还需能完整记录学生每一步操作序列、每个阀门开度的调整、每个参数设定值的变化曲线,形成全过程操作“黑匣子”数据,用于深度
--	--	---

		分析。 断点续学/续考：支持仿真训练或考试过程中因死机、断网等意外中断后的断点恢复，已产生数据不丢失。 ▲（2）全景智能监考 多维防作弊：支持题目乱序、过程异常行为（长时间未操作、切屏）的监测与告警。 智能组卷：教师通过图形化界面拖拽知识点、题型、难度系数等，即可自动生成试卷。支持在固定题目中设置随机化干扰，模拟真实工况波动。 自动化考试分析：考后一键生成包含成绩单（含实操得分率）、试卷信度/效度、得分分布、题目区分度的专业考试分析报告。 ▲（3）工程认证达成度自动计算 评价矩阵配置：支持教师或教务管理者在后台，将课程目标与毕业要求指标点（如 1.2、5.3）进行支撑矩阵（H/M/L）配置。 达成度自动计算：平台能自动提取该课程下所有班级学生的理论考试成绩、仿真操作评分、实验报告成绩等数据，依据预设的矩阵关系和权重，自动计算课程目标达成度和毕业要求指标点达成度。可一键生成面向专业、班级、学生三级的《课程目标达成度评价报告》及能力雷达图，满足工程教育专业认证的持续改进与数据举证需求。 31.5. 仿真工厂实习场景模块 （1）虚实协同教学系统 柔性分组与角色分配：教师可根据班级名单，通过拖拽方式灵活地将学生分为若干小组，并为组员分配内操（DCS 操作员）、外操（现场巡检员）、班长等不同角色。不同角色登录后，系统自动为其加载专属操作界面（内操为 DCS 界面，外操为巡检平板界面）。 外操行为数字化：通过集成现场半实物装置上的 PLC 信号、阀门开度传感器、手持终端的 AR 识别与定位、智能物联网设备（如动设备振动传感器）等，将外操学员的物理操作（如拧阀门、巡
--	--	--

		检打卡、工具选择、个人防护用品穿戴识别)全部转化为数字信号,纳入系统评分体系。教师端可实时看到外操的行动轨迹和操作记录。 内外操联动与评价:系统能记录内操下达指令、外操执行指令的完整通讯链条和响应时间。配合对讲机等通讯设备,可对团队协作效率和指令准确性进行评价。 (2) 岗位胜任力画像 ▲要求投标人提供如下内容截图:平台汇总学生在校期间所有仿真与实训数据,从操作熟练度、团队协作度、安全合规性、异常处置能力等多个维度,生成动态“学生个人能力画像”。与传统成绩单相比,该画像更直观地反映了学生的岗位胜任力。 31.6. 资源库与开放生态 (1) AI 知识库构建 ▲要求投标人提供如下内容截图:提供 AI 空间,允许教师上传学院特色的专业文档(如自编教材、操作规程、SDS 等),使 AI 大模型成为精通本校教学资源的“数字专家”,为师生提供更精准、贴切的知识服务。 (2) 开放式 API 与低代码 提供标准的 RESTfulAPI 接口文档和 Webhook,支持第三方应用调用平台数据,或向平台推送数据。 32. 基于乙烯产业链的智慧化生产工艺半实物仿真工厂课程资源体系 (1) 针对本项目乙烯产业链智慧化生产工艺半实物仿真工厂,要求投标方提供一套可拆解、可融入、可生长的模块化教学资源体系。要求精准支撑学校人才培养方案中的工程知识与实践能力、管理与团队协作能力、工程伦理与安全意识、终身学习与国际视野四大培养目标。 (2)要求覆盖专业核心必修课≥6 门、专业限选课≥6 门、实践教学课程≥5 门,具体包括化工原理、化工热力学、化学反应工程、化工设计概论、化工安全与环保、化工工艺学等核心课
--	--	--

		程,化工设备机械基础、化工过程模拟、化工分离过程、化工仪表与智能控制、化工技术经济、化工仿真实训等限选课程,以及工程综合实践、认识实习、生产实习、化工工程设计、毕业论文(设计)等实践课程。 (3) 要求提供≥ 40 课时的课程资源体系。 《化工原理》课程教学资源体系技术要求如下: 1) 要求融入的仿真工厂核心模块与工具至少包括 4 部分: a. 半实物装置换热器、塔器、泵阀、仪表实体; b. 典型化工阀门仪表认知模型; c. 精馏塔 3D 仿真设计系统; d. 化工原理实验 AI 评判系统。 2) 要求核心教学内容创新点至少包括如下 3 部分: a. 理论课堂应用场景:结合实体塔器、换热器讲解传质传热原理,直观理解结构。 b. 实验课应用场景:学生完成实验后, AI 自动评判实验报告, 对比批改结果。 c. 单元设计应用场景:基于网页版完成精馏塔或换热器设计, AI 从经济性、技术性多维评判并给出优化建议。 33. 真实工业数据接入适配与脱敏治理服务 33.1 真实工业级数据集提供 (1) 要求提供一套来源于真实煤化工企业(乙烯工艺)稳定工况下的脱敏历史数据集作为冷启动底座。 (2) 预置数据集需包含至少连续 2000S 以上的核心工段 DCS (分布式控制系统) 高频时序数据。数据需带有工业噪声、缺失值及工况波动特征。 (3) 平台提供标准化的接口与工业通讯驱动,支持通过 csv 等格式导入外部工业数据集。 33.2 动态数据脱敏与清洗治理 (1) 系统需内置专业级的工业数据治理引擎,提供包括但不限于:时间
--	--	--

		戳对齐、异常离群点剔除、缺失值插补（如线性插值、多项式插值）、滤波降噪（如卡尔曼滤波、滑动平均）等工具集。 （2）为了支撑实训教学需要，数据清洗模块不仅要提供“一键式”图形化清洗节点，还需开放底层编程接口，允许学生通过内置的云端集成开发环境（IDE）自主编写 Python 代码进行数据预处理验证。 33.3 产教融合技术服务承诺 ▲供应商提供承诺函并加盖公章，承诺在质保期内，当学校与区域龙头企业达成产学研合作并获取到企业真实运行数据授权时，供应商需免费提供针对该企业特定数据源的二次适配、数据抽取转换（ETL）脚本编写及脱敏映射技术指导服务，确保企业真实数据能够源源不断地转化为学校的教学与科研资产。 34. 大数据仿真实验模块 34.1 动态场景配置 （1）模块应支持通过图形化界面进行仿真实验场景配置，教师或学生可根据教学和实训需要快速建立不同实验场景。 （2）模块应支持边界条件扰动、设备故障注入、控制策略调整等功能，满足不同工况下的数据采集、分析、验证和对比实验需求。 34.2 自定义故障与控制配置 （1）故障配置需求 故障配置要求支持用户在仿真模型中注入各类故障事件，模拟真实生产过程中可能出现的故障场景，为故障诊断、异常检测、容错控制等算法研究提供带标签的训练数据和验证环境。 故障配置体系按影响范围和机理特征至少包括通用事故、设备事故量个层级。 1) 通用事故：要求包括仪表、阀门故障等事故类型，要求提供可视化图形配置，能够直观观察故障名称、点名、点描述等内容。
--	--	--

		2) 设备事故：要求针对乙烯特定工艺装置提供专有设备故障,如换热器结垢、原料堵塞、循环水堵塞等故障类型。 (2) 边界物流配置需求 物流配置要求支持用户修改进入装置的温度、压力等参数,模拟原料变化对生产过程的影响,为工艺优化、软测量、自适应控制等研究提供丰富的工况数据。 要求每种物流参数的动态变化包含但不限于如下配置方式：阶跃配置、斜坡配置、正弦配置、一阶动态配置、自定义配置等。 (3) 控制仪表配置需求 控制配置要求支持用户对仿真模型中的控制方案进行灵活设置和修改,包括控制器参数调整、先进控制算法接入等,为控制策略研究、控制器性能评估、智能控制算法验证提供实验环境。以 PID 控制器配置为例 要求至少包含但不限于如下的方式对仿真模型中所有 PID 控制器进行参数配置和修改。比例增益 P、积分时间 I、微分时间 D 等控制器模式配置。 (4) 下列内容需提供截图证明材料： ▲1) 自定义故障注入 系统中故障的配置与触发过程,故障类型至少包含换热器结垢、滑阀卡涩等同类故障中的 1 项。内容应包括： 展示故障配置界面； 展示故障对象选择或故障点定位； 展示故障参数设置及故障触发过程； 展示故障触发后相关工艺参数的动态响应趋势曲线。 ▲2) 边界物流扰动 系统中边界物流扰动配置功能,至少提供阶跃扰动和正弦波扰动 2 种方式。内容应包括： 展示边界物流扰动配置界面； 展示阶跃扰动的参数设置与触发过程；
--	--	--

		展示正弦波扰动的参数设置与触发过程； 展示扰动触发后相关工艺参数的动态响应趋势曲线。 ▲3) 动态响应结果展示与数据留存 展示故障或扰动触发后系统的响应结果及数据留存能力。内容应包括： 展示≥ 3个相关工艺参数的趋势曲线； 展示参数随时间变化的动态响应过程； 展示响应前后对比或关键时点变化情况； 展示实验结果查询、记录或导出功能。 34.3.AI 训练集数据中台建设需求 要求大数据实验模块支持面向 AI 训练数据集的数据管理与服务系统,将模型运行产生的“原始数据”转化为可复用、可追溯、可共享的“数据资产”。具体要求如下： (1) 自动记录与关联存储：每次实验的完整信息自动记录并关联存储，形成不可篡改的实验档案： (2) 具备实验元数据记录：实验名称、创建者、创建时间、实验描述。 (3) 具备配置参数功能：模型版本、修改的参数列表、注入的扰动序列。 (4) 具备运行数据统计：所有测点的完整时间序列数据、事件日志。 35. 工业大数据与开发模块 35.1 工业物联网（IIoT）标准接入数据准备 (1) 系统需要支持内置数据、仿真数据、现场采集数据等不同形式的数据获取。支持通过大数据仿真实验模块自定义配置和参数生成，以及实验室 IoT 网关上传的历史运行记录，包含多种工况变化。 (2) 系统需内置 OPCUA、MQTT 等工业标准协议接口。要求仿真模块或物理实验台产生的数据,能够通过上述工
--	--	---

		业协议“推送”至数据库或大数据平台，满足学生实践工业物联网（IIoT）标准数据接入的教学需求。 （3）系统支持、数据下载、数据预览等功能。 （4）支持训练/测试数据集构建，系统内置 AI 算法，能够根据研究问题推荐数据特征组合，支持一键划分训练/测试训练集，支持生成并下载最终的数据集。 35.2 云端集成开发环境与模型训练 （1）平台支持可视化模型训练 1）要求支持“可视化参数配置”与“内置 JupyterNotebook 在线编程”双模式自由切换。允许学生通过图形化界面自定义模型参数，同时支持在代码域进行底层逻辑修改。 2）为满足多种工业场景需求，系统内置的算法库要求原生支持并预置主成分分析（PCA）、随机森林模型、孤立森林模型以及自编码器等多种高级机器学习与深度学习算法。 3）要求能够可视化显示模型的训练损失（Loss）曲线、训练准确率（Accuracy）曲线及各类训练指标的动态变化过程。 （2）测试评估与结果解读 1）支持在独立测试集上对模型性能进行交叉验证与评估。评估结果面板需能够直观展示整体指标评分、混淆矩阵以及多种测试效果的可视化对比图表。 2）系统支持不同形式的测试内容，包括针对预置算法的“一键自动化测试”与针对自定义代码的“在线编程深度测试”。 3）支持对不同的模型的参数对比，支持学生能够优化模型的开发。 （3）模型上传 1）要求支持模型的云端化管理。学生可对模型进行自定义命名、上传并长期保存至云端个人资产库，或将训练好的权重文件下载至本地环境。
--	--	---

		2) 要求具备“提交模型评估”的专属功能按钮,支持将训练完成的AI模型连同测试指标一键提交至教师端;教师可接收该模型文件并进行针对性的教学评价与打分。 ▲投标人需提供模型训练与评估模块的真实系统操作截图。截图需完整展示主成分分析(PCA)、随机森林或自编码器等高级算法的“可视化参数配置”面板,以及模型训练 Loss 曲线、准确率曲线的动态渲染效果。 35.3 数据源链接与模型部署验证 (1) 要求提供可视化的外部数据源链接配置面板。通过输入数据库的连接凭证,实现数据源的动态切换与接入。 (2) 要求配置界面需具备“测试连接”功能,能够验证与数据库(或实验台)的连通状态,确保数据抽取的可用性。 (4) 平台支持模型部署界面一键部署。 ▲要求展示至少1个实时数据展示看板,支持与上述直连的数据源进行绑定。支持多维度的工艺数据及模型在线推理结果,以动态折线图、散点图或仪表盘等形式同屏渲染,实现“数据接入-模型预测-结果呈现”的端到端可视化闭环。 36. 智能化实验教学模块 36.1. 产教融合实训项目库 (1) 系统需要针对乙烯工艺内置数据采集技术、数据预处理技术、大数据分析技术与应用等与专业深度结合的实训项目库,并配套实训不得少于30课时实训内容 (2) 任务支持理实一体化的形式进行,在具体的实训任务界面中,系统需提供直观的AI建模工作任务进度导览。 (3) 实验任务需包含真实的化工背景与明确的工程指标。系统需在任务面板中明确设立工业级的模型调优目标,以此作为AI自动评分的硬性基准。
--	--	---

		要求至少列出一个任务的设计与考核指标。 ▲投标人需提供至少一个完整乙烯数据挖掘实训项目的任务指导书及系统界面截图。截图中需清晰体现该任务包含的“数据采集-预处理-AI 建模”全链条拆解,并明确标出工业级模型调优目标的设定方式。 36.2. 全链式任务下发 (1) 系统需支持教师直接下发预置项目。 (2) 项目任务需支持按照数据挖掘的真实工业生命周期进行细粒度拆解。教师能够将一个大项目便捷地分解为“数据采集”、“数据预处理”、“AI 建模”专属子任务。 36.3. 多维模型评价体系与教学监控 (1) 系统需要内置标准化的模型性能评价基准,明确列出如 MSE (均方误差)、RMSE (均方根误差)、MAE (平均绝对误差) 及 R^2 (决定系数) 等多维度评价指标。 (2) 系统支持可视化监控学生完成进度,实时同步全班所有学生的整体项目进度。 (3) 要求教学监控包括操作得分,并能够展示最终训练出的“模型性能关键指标”。 37. 实验报告 AI 评价模块 (1) 要求系统支持自动记录学生的实验步骤、代码运行结果、模型输出和可视化图表,并整合成标准化的实验报告初稿。 (2) 要求不仅支持评价结果,还可基于代码质量、数据预处理规范性、模型选择的合理性等多个维度进行初步自动评分,并给出改进建议,教师进行最终审核。 投标人需提供实验报告评价界面截图。截图中需清晰体现该任务实验过程、实验记录以及实验评价建议等内容。 38. 沙盘模型
--	--	---

		沙盘具体精确尺寸与详细实施方案待项目定标后在深化设计阶段由投标方依据仿真工厂的实际建设布局及展厅空间具体确定、优化与实施。 38.1.技术要求 乙烯工厂全景沙盘模型尺寸≥ 20平方米。 要求以本项目装置为背景，按约 1: 20 的比例进行缩小设计建造（根据具体需要，部分设备比例可作适当的调整），采用金属按钮分区域控制灯光。实现“看实体沙盘，懂整体布局；触虚拟模型，知内部结构”的双重认知。装置具有工艺特征和典型设备的内部结构。通过 LED 灯演示工质工作流程，并可根据介质的流向显示，便于学生学习和教师讲解。采用声、光、电等手段模拟展示装置生产和工艺流程，可实现仿真手动操作演示各介质流程演示。 要求工艺流程中的主体设备部分可展示内部构造原理，并分色展示详细结构功能。管线工质配合 LED 灯光演示系统及操作；“透明部分”突出各设备的内部构造，并可灯光演示设备的工作理；各种管线如：水管线、气管线、油管线、加药管线、采暖管线、污水管线、润滑油管线等用不同颜色区分；各个站分区布置、通过绿化带间隔，整个装置制作精致，美观大方，流程清晰、设备中文标注清楚。 38.2.工艺要求 要求基于本项目定制沙盘模型，呈现乙烯产业链智慧化生产工艺半实物仿真工厂的整体布局，要求采用融合工艺重点呈现典型设备。实现“看实体沙盘，懂整体布局；触虚拟模型，知内部结构”的双重认知教学功能。 38.3.主要设备及组成要求 （1）设备模型要求 塔设备、炉设备等主要设备结构透明，分色展示详细结构功能，依据现场按比例制作。换热器、罐、泵等每同一类设备，选择其一展示内部透明结构。管线工质配合 LED 灯光演示系统及操
--	--	--

		作。 各种管线如：水管线、气管线、油管线、加药管线、采暖管线、污水管线、润滑油管线等用不同颜色区分。 各个站分区布置、通过绿化带间隔，整个装置制作精致，美观大方，流程清晰、设备中文标注清楚。 流程中的主要设备的外部特征及内部构造，都能清晰体现，标识名牌等，应齐全、准确、到位。 （2）环境与景观要求 路网采用 ABS 胶板喷漆按适当比例制作。在路面上标注其名称，并在主干道路面上配置小车。反映其良好的地理位置，便利的交通网。园林景观用常绿和落叶乔灌木、花卉及草坪组成，以其姿态、色彩、季相变化等特性，经艺术配置、组织空间、衬托出工业园林，着力再现和营造出工业园区与自然完美结合，建筑与园林相交融的休闲空间，做到植物体量、质量和色彩的变化统一，既有统一的基调，又有各细节的主次。周边空地地块根据地块不同，采用不同的处理方式表现，如种植绿地草粉铺装再用标识牌标示出地块名称。 （3）管路与流向演示要求 管线直径大小不一，模型制作处理时，其主管线尽可能的满足演示具体要求。 根据实际生产线上的管线大小，模型采用 1: 12 的比例进行缩小制作，其主管线 DN16mm、12mm 以及 10mm 等规格，演示表现方式：利用光柱叠加与流水灯光配合演示。实际工艺流程中的不同介质，采用不同色光的 LED 流水灯光进行演示，模拟介质从相应的透明设备流出、流入。 （4）台座要求 采用厚度≥ 1.5 毫米的不锈钢方管（或者木制结构）为骨架，600$\times$600 九宫格方式焊接，按实际布置要求，台座高 600mm。设计成可拆卸式，便于移动、搬迁。 （5）标识与名称牌
--	--	--

		标识名牌等，其准确、到位，提高整个流程的认识和理解。 38.4. 制作工艺及材料要求 (1) 制作工艺 1) 塔、罐类等容积式设备根据各种规格和工作条件要求，精制模具，热压成型，确保接缝处及整个设备的强度。 2) 工艺管道，根据各种规格要求，精制模具，配合成型机，一次式无缝挤压成型方式。 3) 精细部件加工，整体策划、精心设计，利用电脑精雕机、激光切割机，火焰抛光机、数控车床等目前最先进的机械设备制作。可使设备的细部结构更显准确和精致。 (2) 材料要求 材料主要选用 PVC、密度板、防锈漆、防火涂料、LED 及控制用的其它电子原器件。 模型的设备、阀门、管道以珠光玻璃为材料制作。其中设备用无色透明的珠光玻璃制作，能显示设备内部结构。工艺管道用规格为 $\phi 10\text{mm} \sim \phi 25\text{mm}$ 的有色珠光玻璃管制作，利用光柱叠加及流水灯光演示，配合介质的流动。 工艺管道分别用各色珠光玻璃一次成型。如油为红色，天然气管路为黄色，溶液管路为蓝色，放空管路为红色，排污管路为紫色，循环水、燃料气等公用管路为绿色等。 39. 乙烯 MR 混合现实教学系统 39.1 .MR 混合现实眼镜 数量要求：5 台 (1) 要求内存 $\text{RAM} \geq 2\text{G}$，内部存储 $\text{ROM} \geq 16\text{GB}$; (2) 要求单眼分辨率 $\geq 1920 \times 1080$; (3) 要求支持 WIFI6, 支持 802.11b/g/n/AC/AX 协议；双 Wifi2.4/Wifi5; 支持 BT5.1; (4) 要求支持 9 轴传感器、6DoF 空间定位; (5) 要求支持 6DoF 宽频触感手
--	--	---

		柄、手势识别交互； （6）要求电池容量$\geq 5000\text{mAh}$； 39.2. 乙烯 MR 混合现实教学系统 （1）设备认知模块 1) 精馏塔 与现场实训设备深度叠加融合,整合混合现实（MR）三维数字孪生模型、精馏塔完整工艺原理解析、关键设备实时运行状态监测、设备内部及外部完整结构展示等核心内容,内置标准化设备拆装实操任务,搭配专业语音讲解功能,全程辅助实训人员完成认知、学习与实操练习,确保实训内容贴合现场实际,提升实训的沉浸式与实效性。 ①要求能够满足清晰、直观展示精馏塔内槽盘式分布器的液体分布效果,精准还原液体在分布器上的分布轨迹、均匀度及流动状态,清晰呈现槽盘式分布器的工作原理,便于实训人员理解其在精馏过程中的核心作用。 ②要求能够满足清晰展示精馏塔塔底液体进入再沸器后被加热、部分汽化的完整变化过程,精准模拟加热温度、汽化速率及气液分离状态,直观呈现再沸器与精馏塔的联动工作逻辑,助力实训人员掌握精馏塔的传热传质核心机制。 ③要求能够满足清晰展示精馏塔内气液两相接触的真实状态,精准还原气相上升、液相下降的流动轨迹,直观呈现气液两相在塔板或填料表面的接触、传质过程及浓度变化,让实训人员深入理解精馏分离的核心原理。 ④要求能够满足全面展示装置内部进料管线、塔釜部件、塔板或填料等核心内部结构,其中展示结构的内件数量≥ 4个（如进料管线、塔釜、塔板、填料、降液管等）；同时,支持通过文字标注、射线定位的方式,精准标明各部件的名称、安装位置及核心功能,便于实训人员快速识别与记忆；交互方面,支持以自然手势交互形式操作,可实现对精馏塔整体及各内件的放大、缩小、360° 旋转、抓取移动等交互式操
--	--	---

		作，助力实训人员开展沉浸式、具象化的实践认知。 2) 换热器 与现场实训设备深度叠加融合，整合混合现实（MR）三维数字孪生模型、换热器完整工艺原理解析、关键设备实时运行状态监测、设备内部及外部完整结构展示等核心内容，内置标准化设备拆装实操任务，搭配专业语音讲解功能，全程辅助实训人员完成认知、学习与实操练习，确保实训内容贴合现场实际，提升实训的沉浸式与实效性。 ①要求能够满足清晰、直观展示换热器内部冷热物流的相变变化过程，精准还原冷物流降温、热物流升温及相变的完整轨迹，清晰呈现相变发生的位置、速率及状态变化，便于实训人员理解换热器的传热核心原理。 ②要求能够满足清晰展示换热器内部物流的流动状态，精准模拟冷热物流的流动方向、流动速度及分布均匀度，直观呈现物流在换热器内的路径及与换热部件的接触过程，助力实训人员掌握换热器的内部流动逻辑。 ③要求能够满足清晰展示换热器传热形式的微观现象，精准还原传导、对流、辐射等传热形式的具体表现，直观呈现热量传递的微观过程及速率变化，让实训人员深入理解换热器的传热机制及影响因素。 ④要求能够满足全面展示换热器封头和筒体部件结构、防冲板部件结构、管束部件结构、管板部件结构等核心内部结构，其中展示结构的内件数量≥ 4个；同时，支持通过文字标注、射线定位的方式，精准标明各部件的名称、安装位置及核心功能，便于实训人员快速识别与记忆；交互方面，支持以自然手势交互形式操作，可实现对换热器整体及各内件的放大、缩小、360°旋转、抓取移动等交互式操作，助力实训人员开展沉浸式、具象化的实践认知。 3) 离心泵
--	--	--

		与现场实训设备深度叠加融合,整合混合现实(MR)三维数字孪生模型、离心泵完整工艺原理解析、关键设备实时运行状态监测、设备内部及外部完整结构展示等核心内容,内置标准化设备拆装实操任务,搭配专业语音讲解功能,全程辅助实训人员完成认知、学习与实操练习,确保实训内容贴合现场实际,提升实训的沉浸式与实效性。 ①要求能够满足清晰、直观展示离心泵叶轮的运行状态,动态模拟叶轮正常旋转时的转速、旋转方向,精准还原叶轮表面流体的流动轨迹、流速分布及压力变化,直观呈现叶轮的做功过程,便于实训人员理解离心泵的核心工作原理。 ②要求能够满足全面展示离心泵的结构认知体验,需包含但不限于电机部件、泵体部件、机械密封部件、叶轮部件等核心内部结构,其中展示结构的内件数量≥ 4个;同时,支持通过文字标注、射线定位的方式,精准标明各部件的名称、安装位置及核心功能,便于实训人员快速识别与记忆;交互方面,支持以自然手势交互形式操作,可实现对离心泵整体及各内件的放大、缩小、360°旋转、抓取移动等交互式操作,助力实训人员开展沉浸式、具象化的实践认知。 4)裂解炉 与现场实训设备深度叠加融合,整合混合现实(MR)三维数字孪生模型、裂解炉完整工艺原理解析、关键设备实时运行状态监测、设备内部及外部完整结构展示等核心内容,内置标准化设备拆装实操任务,搭配专业语音讲解功能,全程辅助实训人员完成认知、学习与实操练习,确保实训内容贴合现场实际,提升实训的沉浸式与实效性。 ①要求能够满足清晰、直观展示裂解炉内部的完整反应过程,精准还原物料进入裂解炉后,在不同温度、压力条件下的反应轨迹、反应阶段及反应产物变化,可清晰呈现物料从初始状态到反
--	--	--

		应完成的全过程,便于实训人员理解裂解炉的核心反应机制及操作要点。 ②要求能够满足全面展示裂解炉、炉管等核心部件的内部结构,其中展示结构的内件数量≥ 3个;同时,支持通过文字标注、射线定位的方式,精准标明各部件的名称、安装位置及核心功能,便于实训人员快速识别与记忆;交互方面,支持以自然手势交互形式操作,可实现对裂解炉整体、炉管及各内件的放大、缩小、360°旋转、抓取移动等交互式操作,助力实训人员开展沉浸式、具象化的实践认知,深入掌握裂解炉的内部结构及各部件的关联关系。 5) 冷箱 与现场实训设备深度叠加融合,整合混合现实(MR)三维数字孪生模型、冷箱完整工艺原理解析、关键设备实时运行状态监测、设备内部及外部完整结构展示等核心内容,内置标准化设备拆装实操任务,搭配专业语音讲解功能,全程辅助实训人员完成认知、学习与实操练习,确保实训内容贴合现场实际,提升实训的沉浸式与实效性。 ①要求能够满足展示冷箱内换热器组运行效果; ②要求能够满足展示冷箱内分离设备组运行效果; ③要求能够满足展示冷箱内管道流动及工作原理效果; ④要求能够满足全面展示冷箱内部各类设备的完整结构,支持一键触发拆装操作及一键还原功能,完整呈现冷箱的整体结构组成,涵盖冷箱壳体、换热翅片、分隔隔板、密封密封条、各类换热器及分离罐等所有核心部件;同时,支持通过文字标注、射线定位的方式,精准标明各部件的名称、安装位置及核心功能,便于实训人员快速识别;交互方面,支持以自然手势交互形式操作,可实现对冷箱整体及各部件的放大、缩小、360°旋转、抓取移动等交互式操作,助力实训人员开展沉浸式、具象化的实践认知,深入掌握冷箱内部
--	--	---

		结构及各部件的关联关系。 (2) 乙烯巡检模块 通过协同平台与中控装置配套工艺仿真软件数据关联,实现内外操关键设备实时数据关联与展示功能 1) 要求能够满足基于仿真工厂装置并结合 OTS 工艺仿真软件,构建拟真的生产运行环境; 2)要求能够满足以“虚”引“实”,以“产”代“练”,以 MR 混合现实技术形式体现真实生产过程中的现场巡检场景; 3) 要求能够满足通过佩戴头显的方式,结合实训装置,按照巡检岗位要求,参照特定巡检路线,完成“四懂三会”的巡检岗位能力培训; 4) 要求能够满足完成统计并回传巡检过程数据,保证巡回检查的有效性。 ▲ 投标人需提供 MR 混合现实实训系统的应急演练作业模块的详细设计方案,说明技术的可行性与合理性,并辅以作证材料。
--	--	---

采购包 2:

标的名称: 全自动催化剂物化性能综合评价与联用分析系统

序号	参数性质	技术要求名称	技术参数与性能指标
1		●全自动催化剂物化性能综合评价与联用分析系统	1. 样品筛选及制备模块 1.1 基于古登 (Gooden) 和史密斯变换柯青-卡门方程设计而成,在样品压缩精度方面,精密的步进电梯系统,确保粉末压缩精度$\leq 1\text{mm}$;基于 MFCs 的气体流量控制,结合差分 and 绝对压力传感器,样品管前后的流量及压力平稳,筛选并制备最适合进行化学吸附的样品。(需提供彩页等证明材料) 1.2 挤压力范围: 0~500N。 1.3 压缩精度: $\leq$

		0.03mm。 1.4 孔隙度范围： 0.2-0.9。 1.5 粒度范围：0.5~75 μm。 1.6 控制软件可进行仪器操作、数据采集、处理和报告以及系统集成。 1.7 设置方法步进式参数设定,实时数据显示。 1.8 实时显示所有试验参数和结果数据。 1.9 基于MFCs的流量控制系统，可在量程0-30mL/min、精度$\leq 1\%$范围内实现气体流速的稳定及可靠。（需提供彩页等证明材料） 1.10 压差传感器设计，实时监控出入口的压力值。 1.11 完全自定义式的方法设置，力矩、压实次数及测量次数。 1.12 可配力矩测量压力检测单元，在量程0-500N，精度$\leq 1\text{N}$范围内获取样品压实的力矩信息。 2. 物理吸附模块 2.1 概述：该设备采用静态容量法，配备4个分析站和6个制备站（分析站与制备站配备独立真空系统）。配备精度$\leq 1\text{mmHg/s}$的比例阀用于精确的气流控制（1-50mmHg/s）。（需提供彩页等证明材料） 2.2 比表面积分析范围：0.01m²/g至无已知上限，0.0001m²/g至无已知上限（Kr）；
--	--	--

		2.3 孔径分析范围：3.5 Å~ 5000 Å； 2.4 重复性：≤1%； 2.5 每个分析站、P0 站和歧管均配有量程 1000mmHg、精度≤0.01mmHg 独立压力传感器； 2.6 采用 7nm 光刻机的采样控制电路系统，≥120DB 灵敏度，≥24BIT 转换电路，控制延迟≤150 纳秒； 2.7 一体成型的歧管设计，≤15 mL 的死体积控制； 2.8 采用医用级高精度比例阀，进行抽气和注气控制； 2.9 温度恒定系统和液氮系统：杜瓦瓶容积≥3 升，维持时间≥60 小时； 2.10 配备恒温套管保持液面恒定系统，精度≤0.1mm，至少适用于液氮，液氩，冰水等冷浴； 2.11 真空系统：真空度≤10-3mmHg； 2.12 配备独立的饱和蒸汽压力 P0 站，P0 管具有独立的压力传感器进行实时测量； 2.13 仪器连接方式：以太网连接控制口。 2.14 脱气单元：包括 6 个脱气站，温度范围：室温~400 度，温度控制精度：≤1℃； 2.15 软件主要功能：软件本身具有对仪器控制数据处理的功能。BET 比表面积，Langmuir 表面积；BJH 孔径分布，
--	--	--

		Dubinin-Radushkevich 微孔面积；总孔体积： 由用户选取可选的 P/P0；平均孔径：半径， 直径；统计壁厚（t- 曲线）：de Boer， Halsey 或碳黑模型； T-plot 法：微孔表面 积，中孔表面积，微孔 体积，相关系数；微孔 孔径分布：MP, HK, SF, DA, DFT/NLDFT。程序数 据库可存储测试程序。 具有编辑器功能例如复 制，删除，插入，移动 等。软件可对试验过程 的数据全程记录，并转 换为 Excel 或者其它 数据格式文件；对各种 测量值和计算值能实时 显示、存储支持随时调 出。 3. 化学吸附模块 3.1 高温炉 3.1.1 温度范围：室温 至 1200℃，线性程序升 温，温度控制采用“床 温”和“炉温”双重控 制。 3.1.2 升温速率： 1-50℃/min。 3.1.3 炉体结构：贝壳 开合炉体，样品管可装 卸。（需提供彩页等证 明材料） 3.2 检测器 3.2.1 结构设计：双臂 并联热导丝设计。 3.2.2 材质：使用高灵 敏镀金钨丝设计。 3.3 气路 3.3.1 至少具备≥6 路 气体接口，分别可接处 理气、载气等。
--	--	---

		3.3.2 配备高精度质量流量计（MFCs）控制流量，气体流动速率5-100SCCM。 3.3.3 仪器配备自动六通阀，电脑自动控制气路转换，六通阀区可在$\geq 150^{\circ}\text{C}$具有保温与控温功能，需提供仪器软件示意图进行指示说明。 3.3.4 反应器类型：U型石英样品管，样品放置于进气样品管端，无死体积，瞬时检测。 4. 傅里叶变换红外分析模块 4.1 整机为傅里叶变换红外设计原理，可以在$\leq 10\text{S}$对聚合物、有机物、液体、粉末状、粘稠状等样品进行无损快速定性分析，识别不同的原料与标准化合物是否符合，完成定性定量工作。 4.2 干涉仪：高稳定立体角镜干涉仪，恒久准直，使用寿命≥ 10年。 4.3 分束器：中红外分束器及窗片，能长期适应实验室环境。 4.4 光谱范围：8,000-350cm^{-1}。（需提供彩页等证明材料） 4.5 光谱分辨率：$\leq 1\text{cm}^{-1}$ 4.6 波数精度：$\leq 0.01\text{cm}^{-1}$ 4.7 信噪比：$\geq 40000:1$ 4.8 检测器：采用40000:1灵敏度的DLATGS检测器，内置ADC。
--	--	--

		4.9 红外光源：长寿命中红外陶瓷光源,1550K$\pm$50K。 4.10 激光器：半导体激光器，使用寿命$\geq$10年。 4.11 仪器密闭系统：仪器具有密封防潮性能，软件实时显示仪器内部温度和湿度数值，并有湿度自动报警功能，软件可自动提示；具有可再生的旋拧干燥管，可提供干涉仪和检测器的长期防护。 4.12 固体制样附件：粉末压片机，压力$\geq$15吨，1台；压片模具，直径13mm，1套；玛瑙研钵及研棒，1套，直径60mm；光谱纯KBr粉末：50克，纯度达99.99%，样品勺,烘烤灯。 4.13 其它辅助配套附件，包括：电源、网线等。 5. 在线质谱分析模块 5.1 离子源：EI 电子轰击电离源。 5.2 最小检测分压：$\leq 5 \times 10^{-15}$ mbar。 5.3 质量数范围：1~200 amu。 5.4 分辨率：≤ 0.5 amu。 5.5 稳定性：≤ 0.1 amu/24h；$\leq 0.5\%$ Peak Height /24h。 5.6 快速扫描速度：≥ 100 amu/s。 5.7 最小扫描步阶：≤ 0.01 amu。 5.8 软离子化技术：离
--	--	---

		子源可改变电离电压，减少对不需要成份的离子化，有效分辨复杂气体和蒸气。 5.9 双灯丝，双涂敷氧化钨的钨灯丝或双钨灯丝。 5.10 灵敏度：$\geq 3E-4$ A/Torr(FC)/500 A/Torr(EM)。 5.11 最大工作压力：$\leq 5E-4$Torr。 5.12 双检测器：法拉第杯，电子倍增器。 5.13 在线质谱分析模块操控系统 5.13.1 具备全扫描功能，选择离子检测功能。 5.13.2 真空模式：超高真空分子泵组系统，$1E-8$ mbar。 5.13.3 半磁浮涡轮分子泵、涡轮控制器、自动延时阀、碎片护罩、真空保护模式及抽速$\geq 80L/S$ (N2)，转速≥ 72000 rpm。 5.13.4 UHV 真空歧管，保护控制器和真空规，用于检测真空的完整性和在过压时进行互锁以保护质谱。 5.14.5 皮拉尼冷阴极全量程真空规，可测里真空范围：常压到 $5E-9$mbar； 5.14.6 进气毛细管带加热、除水除气功能。 5.14.7 设备内部带加热烘烤功能，烘烤温度$\geq 120^{\circ}$。 5.14.8 自带网页服务器，可提供 LabVIEW 软件二次开发套件。（需
--	--	---

			提供彩页等证明材料) 三、配置要求 (1)全自动催化剂物化性能综合评价与联用分析系统 1 台; 内含: 样品筛选及制备模块 1 套; 物理吸附模块 1 套; 化学吸附模块 1 套; 傅里叶变换红外分析模块 1 套; 在线质谱分析模块 1 套。 (2) 10%/90%氢氩混气及减压阀 1 套; (3) 99.999%高纯氩气及减压阀 1 套; (4) 99.999%高纯氮气及减压阀 1 套; (5) 99.999%高纯氦气及减压阀 1 套; (6)液氮罐 30L 灌满液氮。
--	--	--	---

采购包 3:

标的名称: 绝对相对分子量测定仪

序号	参数性质	技术要求名称	技术参数与性能指标
1		●绝对/相对分子量测定仪	一、光散射检测部分 1.1 Mw 测量范围: 不窄于 500~10⁶Daltons; (提供彩页等证明材料) 1.2 Rg 测量范围: 不窄于 10nm~500nm; (提供彩页等证明材料) 1.3 角度个数: ≥ 20 个检测角度; (提供彩页等证明材料) 1.4 检测器: 灵敏度: ≤500 ng BSA, 基线噪声 ≤1.5×10⁻⁵ V/THF 系统。 1.5 操作模式: 作为 GPC 检测器联机工作, 并且可单机操作。

		二、进样泵 2.1 自动进样器：≥ 96 位,进样量精密度：RSD≤0.5% 2.2 最大压力：≥ 5000psi；2.3 流速范围：不窄于 0.01~10.00mL/min，以 0.01mL/min 递增； 2.4 流速准确度：≤ 1.0%；2.5 流速精度：≤0.1%RSD。 三、示差折光检测器 3.1 RI 范围：不窄于 1.00~1.75 RIU； 3.2 噪音：≤1.5 x 10⁻⁹RIU； 3.3 基线漂移：≤1.0 x10⁻⁷RIU/hr； 3.4 测量范围：不窄于 7.0 x 10⁻⁹~5.0 x 10⁻⁴ RIU； 3.5 灵敏度 ≤1.5ng（果糖在水中）。 四、柱温箱 4.1 温度范围:室温以上 5℃~60℃； 4.2 温度稳定性± 0.1℃。 4.3 柱温箱容量：容纳≥2×30cm 分析柱。 五、主要配置 1.多角度激光散射检测器 1 台； 2.色谱泵 1 套； 3.光散射检测器温度控制单元 1 套，控温范围：室温+5℃ ~ 60℃，温度设定步长：1℃连续可调，升温速率：常温升至 60℃≤ 60min； 4.示差折光检测器 1 套；
--	--	--

		5.示差折光检测器用柱温箱 1 套； 6.备件包 1 套，包含适配管路 4 根、玻璃注射器 1 支、10cm 针头 1 个、0.22 μm 滤膜一盒、牛血清白蛋白标准样品 1 瓶、2 个鲁尔接头、以及配套使用的 peak 接头 6 个和堵头 4 个； 7.光散射与 GPC 联用控制和操作软件 1 套 7.1 三种外推拟合模型（可切换） 7.1.1 Zimm 模型（齐姆模型，高分子通用）； 7.1.2 Berry 模型（高分子高相对分子质量样品）； 7.1.3 Debye-Andersen 模型（小分子、蛋白质、多糖）。 7.2 可输出计算参数 7.2.1 绝对分子量分布：数均 M_n、重均 M_w、Z 均 M_z、多分散系数 $PDI (M_w/M_n)$； 7.2.2 分子结构参数：均方根回转半径 R_g；R_g- 分子量标度指数 α（用于分子支化程度、分子构象判定）； 7.2.3 第二维里系数 A_2；折光指数增量 dn/dc 自动拟合计算；浓度分布曲线、分子量- 洗脱体积曲线、R_g- M_w 构象曲线。 7.3 色谱峰处理功能 7.3.1. 基线校正：自动基线、手动多点基线；自动扣除溶剂散
--	--	---

		射背景、灰尘尖峰噪声剔除算法； 7.3.2.峰切割：手动/自动峰积分，可拆分重叠色谱峰； 7.3.3.校正方式：可输入已知 dn/dc 值固定计算；也可未知 dn/dc 模式，由色谱进样量反推 dn/dc； 7.3.4.浓度校正：支持 A₂ 第二维里系数浓度校正，消除高浓度散射相互作用误差。 8.单机光散射测定分子量操作软件 1 套 8.1.拟合模型：Zimm、Berry、Debye 三种作图拟合；可线性拟合、二阶多项式高阶拟合； 8.2.输出：Mw、Rg、A₂；可生成 Zimm 二维图、Berry 图，可导出拟合残差、置信区间误差； 8.3.分子量测量范围：软件计算范围 500 - 10⁸ Da；Rg 粒径计算范围 10- 500nm。 9.色谱柱及耗材： THF 相有机 GPC 色谱分析柱 1 根，填料为聚苯乙烯-二乙烯基苯，粒径 10 μm，孔径 10000 Å，长度 300 mm，分子量排阻范围 5,000~600,000 Da，pH 适用范围 2~12； THF 相有机 GPC 色谱分析柱 1 根，填料为聚苯乙烯-二乙烯基苯，粒径 10 μm，孔
--	--	---

		径 1000 Å，长度 300 mm，分子量排阻范围 50,000~4000,000 Da，pH 适用范围 2~12；THF 相有机 GPC 色谱保护柱 1 根，填料为聚苯乙烯-二乙烯基苯，粒径 20 μm，内径 4.6 mm，长度 30 mm，分子量排阻范围 100~10,000 Da，pH 适用范围 2~12；聚苯乙烯标样一套，共 10 瓶，每瓶含 0.5 克以下分子量标准品：800；1,000；2,100，4,000，10,000；16,000，33,000，100,000，300,000，600,000；3,000,000 Da。 在线柱前过滤器 1 套，滤芯孔径 2 μm，可匹配内径为 4.6 mm 的色谱柱； 色谱柱配套使用的不锈钢接头 1 包。 10. 配置光散射与 GPC 联用控制和操作软件的控制系统 1 套。
--	--	--

3.3. 服务要求

3.3.1. 服务内容要求

采购包 1:

序号	内容	说明
1	无	无

采购包 2:

序号	内容	说明
1	无	无

采购包 3:

序号	内容	说明
1	无	无

3.3.2. 商务要求

采购包 1:

序号	参数性质	类型	要求
1	★	其他	交货时间：合同签订后 100 天完成供货、调试及安装。
2	★	其他	交货地点：所有产品的交货地点均由采购人指定（山东省境内）
3	★	其他	合同支付方式：合同签订生效且具备实施条件后5个工作日内，采购人向成交供应商支付合同金额的 30% 作为预付款；货物到货安装调试完毕，经双方验收合格后，成交供应商向采购人出具真实有效的发票，采购人向成交供应商付至合同金额的 100%。
4		其他	验收： 1. 货物运抵现场后，采购人将对货物数量、质量、规格等进行检验。如发现货物或规格与招标文件、响应文件、合同不符，采购人有权根据检验结果要求成交供应商立即更换或者提出索赔要求。 2. 货物由成交供应商进行安装，完毕后，根据项目实际情况采购人选择是否分期履约验收，采购人应对货物的数量、质量、规格、性能等进行详细而全面的检验。安装完毕 10 日后，证明货物以及安装质量无任何问题，由采购人组成的验收小组签署验收报告，作为付款

			凭据之一。
5		其他	质量保证期： ★1.质保期：自验收合格之日起整体软硬件质保3年（供应商在此基础上也可延长质保期），软件终身升级（费用含在报价当中），技术规格里单独有质保期要求的以技术规格里的为准，国家主管部门或者行业标准对货物本身有更高要求的，从其规定并在合同中约定，供应商亦可提报更长的质保期。 2.质量保证期内，如果证实货物是有缺陷的，包括潜在的缺陷或者使用不符合要求的材料等，成交供应商应在规定时间内维修或者更换有缺陷的货物或者部件，保证达到合同规定的技术以及性能要求。如果成交供应商在收到通知后15天内没有弥补缺陷，采购人可自行采取必要的补救措施，但风险和费用由成交供应商承担，采购人同时保留通过法律途径进行索赔的权利。
6		其他	其他售后要求： 1.成交供应商应提供及时周到的售后服务，应保证每季度至少一次上门回访、检修。 2.成交供应商在接采购人通知1小时做出

			响应，24 小时内到达现场，48 小时内维修完毕，不能在规定时间内修好的要提供备品（机）备件。 3.成交供应商为采购人提供中文操作手册并培训操作人员，其中包括讲解产品的结构以及原理、产品的使用以及维护保养，直至操作人员能够独立的操作使用。 4.技术要求中有明确要求的执行技术要求中的售后服务。
7		其他	第三方验收要求： 本项目由学校指定的第三方进行验收，验收费用由中标人付款，比例如下： 1、计费金额区间（币种：人民币）一次性进场验收项目中标金额：100 万以下，费率比例（%）：中标金额的 1.9%，折扣 93%； 2、计费金额区间（币种：人民币）一次性进场验收项目中标金额：100 万-200 万以下（含），费率比例（%）：中标金额的 1.8%，折扣 93%； 3、计费金额区间（币种：人民币）一次性进场验收项目中标金额：200 万-300 万（含），费率比例（%）：中标金额的 1.7%，折扣 93%； 4、计费金额区间（币种：人民币）一次性进场验收项目中标金

			额：300 万-500 万（含），费率比例(%)：中标金额的 1.6%，折扣 93%； 5、计费金额区间（币种：人民币）一次性进场验收项目中标金额：500 万以上，费率比例(%)：中标金额的 1.5%，折扣 93%；
--	--	--	--

采购包 2:

序号	参数性质	类型	要求
1	★	其他	交货时间：合同签订后一个月内完成供货、调试及安装。
2	★	其他	交货地点：所有产品的交货地点均由采购人指定（山东省境内）
3	★	其他	合同支付方式：合同签订生效且具备实施条件后5个工作日内，采购人向成交供应商支付合同金额的 30% 作为预付款；货物到货安装调试完毕，经双方验收合格后，成交供应商向采购人出具真实有效的发票，采购人向成交供应商付至合同金额的 100%。
4		其他	验收： 1.货物运抵现场后，采购人将对货物数量、质量、规格等进行检验。如发现货物或规格与招标文件、响应文件、合同不符，采购人有权根据检验结果要求成交供应商立即更换或者提出索赔要求。 2.货物由成交供应商进行安装，完毕后，

			根据项目实际情况采购人选择是否分期履约验收，采购人应对货物的数量、质量、规格、性能等进行详细而全面的检验。安装完毕 10 日后，证明货物以及安装质量无任何问题，由采购人组成的验收小组签署验收报告，作为付款凭据之一。
5		其他	质量保证期： ★1. 质保期：自验收合格之日起整体软硬件质保 3 年（供应商在此基础上也可延长质保期），软件终身升级（费用含在报价当中），技术规格里单独有质保期要求的以技术规格里的为准，国家主管部门或者行业标准对货物本身有更高要求的，从其规定并在合同中约定，供应商亦可提报更长的质保期。 2. 质量保证期内，如果证实货物是有缺陷的，包括潜在的缺陷或者使用不符合要求的材料等，成交供应商应在规定时间内维修或者更换有缺陷的货物或者部件，保证达到合同规定的技术以及性能要求。如果成交供应商在收到通知后 15 天内没有弥补缺陷，采购人可自行采取必要的补救措施，但风险和费用由成交供应商承担，采

			购人同时保留通过法律途径进行索赔的权利。
6		其他	其他售后要求： 1. 成交供应商应及时周到的售后服务，应保证每季度至少一次上门回访、检修。 2. 成交供应商在接采购人通知 1 小时做出响应，24 小时内到达现场，48 小时内维修完毕，不能在规定时间内修好的要提供备品（机）备件。 3. 成交供应商为采购人提供中文操作手册并培训操作人员，其中包括讲解产品的结构以及原理、产品的使用以及维护保养，直至操作人员能够独立的操作使用。 4. 技术要求中有明确要求的执行技术要求中的售后服务。
7		其他	第三方验收要求： 本项目由学校指定的第三方进行验收，验收费用由中标人付款，比例如下： 1、计费金额区间（币种：人民币）一次性进场验收项目中标金额：100 万以下，费率比例（%）：中标金额的 1.9%，折扣 93%； 2、计费金额区间（币种：人民币）一次性进场验收项目中标金额：100 万-200 万以下（含），费率比例（%）：中标金额的

			1.8%，折扣 93%； 3、计费金额区间（币种：人民币）一次性进场验收项目中标金额：200 万-300 万（含），费率比例（%）：中标金额的 1.7%，折扣 93%； 4、计费金额区间（币种：人民币）一次性进场验收项目中标金额：300 万-500 万（含），费率比例（%）：中标金额的 1.6%，折扣 93%； 5、计费金额区间（币种：人民币）一次性进场验收项目中标金额：500 万以上，费率比例（%）：中标金额的 1.5%，折扣 93%；
--	--	--	--

采购包 3:

序号	参数性质	类型	要求
1	★	其他	交货时间：合同签订后一个月内完成供货、调试及安装。
2	★	其他	交货地点：所有产品的交货地点均由采购人指定（山东省境内）
3	★	其他	合同支付方式：合同签订生效且具备实施条件后5个工作日内，采购人向成交供应商支付合同金额的 30% 作为预付款；货物到货安装调试完毕，经双方验收合格后，成交供应商向采购人出具真实有效的发票，采购人向成交供应商付至合同金额的 100%。
4		其他	验收： 1. 货物运抵现场后，

			采购人将对货物数量、质量、规格等进行检验。如发现货物或规格与招标文件、响应文件、合同不符，采购人有权根据检验结果要求成交供应商立即更换或者提出索赔要求。 2. 货物由成交供应商进行安装，完毕后，根据项目实际情况采购人选择是否分期履约验收，采购人应对货物的数量、质量、规格、性能等进行详细而全面的检验。安装完毕 10 日后，证明货物以及安装质量无任何问题，由采购人组成的验收小组签署验收报告，作为付款凭据之一。
5		其他	质量保证期： ★1. 质保期：自验收合格之日起整体软硬件质保 3 年（供应商在此基础上也可延长质保期），软件终身升级（费用含在报价当中），技术规格里单独有质保期要求的以技术规格里的为准，国家主管部门或者行业标准对货物本身有更高要求的，从其规定并在合同中约定，供应商亦可提报更长的质保期。 2. 质量保证期内，如果证实货物是有缺陷的，包括潜在的缺陷或者使用不符合要求的材料等，成交供应

			商应在规定时间内维修或者更换有缺陷的货物或者部件，保证达到合同规定的技术以及性能要求。如果成交供应商在收到通知后 15 天内没有弥补缺陷，采购人可自行采取必要的补救措施，但风险和费用由成交供应商承担，采购人同时保留通过法律途径进行索赔的权利。
6		其他	其他售后要求： 1. 成交供应商应及时周到的售后服务，应保证每季度至少一次上门回访、检修。 2. 成交供应商在接采购人通知 1 小时做出响应，24 小时内到达现场，48 小时内维修完毕，不能在规定时间内修好的要提供备品（机）备件。 3. 成交供应商为采购人提供中文操作手册并培训操作人员，其中包括讲解产品的结构以及原理、产品的使用以及维护保养，直至操作人员能够独立的操作使用。 4. 技术要求中有明确要求的执行技术要求中的售后服务。
7		其他	第三方验收要求： 本项目由学校指定的第三方进行验收，验收费用由中标人付款，比例如下： 1、计费金额区间（币

			种：人民币）一次性 进场验收项目中标金 额：100 万以下，费率 比例（%）：中标金额 的 1.9%，折扣 93%； 2、计费金额区间（币 种：人民币）一次性 进场验收项目中标金 额：100 万-200 万以 下（含），费率比例 （%）：中标金额的 1.8%，折扣 93%； 3、计费金额区间（币 种：人民币）一次性 进场验收项目中标金 额：200 万-300 万 （含），费率比例（%）： 中标金额的 1.7%，折 扣 93%； 4、计费金额区间（币 种：人民币）一次性 进场验收项目中标金 额：300 万-500 万 （含），费率比例（%）： 中标金额的 1.6%，折 扣 93%； 5、计费金额区间（币 种：人民币）一次性 进场验收项目中标金 额：500 万以上，费率 比例（%）：中标金额 的 1.5%，折扣 93%；
--	--	--	--

3.4. 其他要求

采购包 1:

注：上述要求以及标注中：带“★”条款为实质性条款，投标人必须按照招标文件的要求做出实质性响应。否则投标无效。带“●”标注的产品为核心产品，系指在非单一产品采购项目中，采购人根据采购项目技术构成、产品价格比重等合理确定的产品。带“▲”的为重要条款：

采购包 2:

注：上述要求以及标注中：带“★”条款为实质性条款，投标人必须按照招标文件的要求做出实质性响应。否则投标无效。带“●”标注的产品为核心产品，系指在非单一产品采购项目中，采购人根据采购项目技术构成、产品价格比重等合理确定的产品。：

采购包 3:

注：上述要求以及标注中：带“★”条款为实质性条款，投标人必须按照招标文件的要求做出实质性响应。否则投标无效。带“●”标注的产品为核心产品，系指在非单一产品采购项目中，采购人根据采购项目技术构成、产品价格比重等合理确定的产品。：