

油气井钻录井及油气集输综合实训平台

设备更新项目购置合同

根据《中华人民共和国政府采购法》、《中华人民共和国民法典》及有关法律、法规规定，遵循平等、自愿、公平和诚实信用的原则，西安石油大学（甲方）与青岛石大石仪科技有限责任公司（乙方）就油气井钻录井及油气集输综合实训平台设备更新项目（招标编号：SZT2025-SN-SC-ZC-HW-0975）经双方协商达成如下合同条款：

一、合同内容

1、购置清单

货物名称	型号与规格	生产商、产地	数量	单位	单价（元）	总价（元）
油气井录井仿真实训平台	SDSY-YQJLJ-01	青岛石大石仪科技有限责任公司、青岛	1	套	1170000	1170000
油气长输综合实训平台	SDSY-YQCSZ-H-02	青岛石大石仪科技有限责任公司、青岛	1	套	1760000	1760000
油气生产（联合站）安全实训平台	SDSY-LHZAQ-SX-03	青岛石大石仪科技有限责任公司、青岛	1	套	1470000	1470000
LNG综合仿真接收站实训平台	SDSY-LNGZH-04	青岛石大石仪科技有限责任公司、青岛	1	套	2050000	2050000
合计金额（大写）： 陆佰肆拾伍万元整			合计（元）		6450000.00	

2、合同总额：6450000.00元，是指货物到达西安石油大学指定地点、完成验收后的价格，其中已包含货物价格、包装运杂费（含保险）、工程费、安装调试费、税金等全部费用。

3、合同总额为一次性包死价格，不受市场价格的变化和影响，在合同不发生变更时作为付款结算的依据。

二、产品质量

1、乙方提供的货物及配套产品，必须是合同规定厂家制造的、合格、全新、未曾使用的、且经过国家质检部门检验，并颁发了产品准销证的产品。

2、乙方提供的货物及配套产品必须等同于或优于合同技术指标要求，并能按国家标准或行业标准供应、检测、调试，确保产品技术指标满足使用要求。

3、安全可靠。有强制性安全标准的产品，乙方应提供该产品的制造许可证证明，在正常使用下不应对他及环境造成伤害，如因产品质量或标示不明确造成损失的，由乙方完全负责，甲方保留依法索赔的权利。

4、设计技术专利、外型专利、应用软件专利等均应符合我国的有关法律及行业标准，凡因以上问题与第三方发生的任何纠纷均与甲方无关。

5、产品质量保证期为货物验收合格后3年。质保期内，乙方对所供货物免费进行质保和服务。

三、产品包装要求及运输方式

货物的运输方式由乙方自行选择，但包装必须符合国家标准或行业标准，满足航空、铁路或公路运输以及货物装卸要求，保证使用人收到的是无任何损伤的货物。否则，因此造成的损失由乙方自行承担。涉及的商品包装和快递包装，均应符合《商品包装政府采购需求标准（试行）》《快递包装政府采购需求标准（试行）》的要求，包装应适应于远距离运输、防潮、防震、防锈和防野蛮装卸，以确保货物安全无损运抵指定地点。

四、交货时间地点及方式

乙方于合同签订后180天内完成货物安装调试并交付使用。安装地点：西安石油大学甲方指定地点，所有产生费用乙方负责。甲方联系人：张磊（15829355136），乙方联系人：陈波（13589373800）。

五、设备的安装、调试及验收

1、甲方和乙方应在现场安装设备前，共同确认所有设备是否符合招标要求。乙方负责安装调试，甲方提供必要的工作条件，安装调试所有费用乙方负责。

2、甲方对乙方所交产品依照本合同和相关技术合同进行现场验收。验收不合格的，限期整改；整改仍达不到要求的，按本合同第八条第3款处理。

六、质保期及售后服务

1、乙方提供的设备质保期限3年（从安装完成经甲方验收合格之日算起），终身维护。质保期内乙方接到甲方反映电话后，7*24即时响应（包括电话响应）；电话响应无法解决时，24小时内到达现场。修复时间48小时内；如48小时内无法修复，乙方应向甲方提供同类新产品替代，以保证甲方的正常使用。质保期外，乙方只收取材料费。

2、安装调试后，乙方免费为甲方提供现场操作培训，通过培训使用户人员了解设备工作原理，熟悉设备的安装及使用、维护方法，掌握各种设备的初始化及故障诊断、定位和排除技能。

3、设备正式运行后，定期回访用户，当系统出现重大缺陷问题而影响到甲方实际应用时需及时响应并派人到现场解决。乙方售后服务及维修专线：陈波（13589373800）。

七、付款时间及付款方式

1、履约保证金

1.1 合同签订前，乙方须向甲方提交合同总价的5%作为履约保证金；

1.2 履约保证金应使用人民币，按银行转账方式提交；

1.3 设备到货并由甲方验收合格后，乙方申请，甲方应把履约保证金（无息）退还乙方。

2、合同款支付

合同签订后，乙方开具全额银行保函，甲方收到银行保函正本后，一次性付清合同货款，待货物到达指定地点、安装调试验收合格后，甲方退还银行保函。

3、最终结算时，乙方须向甲方出具合同总价款的增值税专用发票。

八、违约责任

1、合同生效后，甲乙双方应按合同规定认真履约。合同履约责任只涉及合同甲乙双方，不考虑第三方因素。

2、除不可抗力原因外，如遇下列情况之一者，乙方所缴纳的履约保证金甲方有权不予退还，作为对甲方的赔偿，且甲方有权解除本合同：（1）合同签订后不能按合同时限要求供货或安装调试；（2）所供设备不合格、与合同不符；（3）不能按合同履行；（4）因产品质量原因，不能通过验收。

3、如乙方产品质量不符合国家标准、行业内控标准或本合同技术附件要求的，甲方有权退货，乙方应退还全部货款，并承担甲方合同总价款10%的违约金及其他损失。

4、在合同规定的供货期内乙方未全部交货，除应如数补齐外，还应承担合同总款的10%违约金。

5、乙方对货物不按招标文件要求，擅自更换，除恢复原招标产品外，应承担更换部分价款10%的违约金；乙方如对产品材质、随机配件以次充好，除全部按要求恢复外，应承担此部分价款10%的违约金。

6、除不可抗力因素外，乙方对所供产品出现的问题推诿、拖延，24小时未作出服务响应且

乙方没有按照合同规定的时间交货和提供服务，甲方可要求乙方支付违约金。违约金每日按合同总价款的 5% 计收。否则，甲方有权拒绝乙方以后参加学校竞标。

7、合同履行过程中，甲方应积极配合乙方进行设备验收以及验收前的外围配套等工作。否则，因此导致设备不能按期验收时，不能追究乙方责任；正常情况下应在设备验收合格后 15 天内按规定向乙方付款，最长不能超过 30 天。否则，每超过一周应向乙方支付合同应付款 5% 的滞纳金。

8、本合同约定的违约金不足以弥补甲方损失的，乙方还应赔偿甲方损失，包括但不限于直接损失、律师费、诉讼费、鉴定费、保全费、保全担保费等。

九、解决合同纠纷方式：双方友好协商解决，协商未果可向甲方所在地人民法院起诉。

十、其它事项

1、本合同一式七份，甲方五份，乙方一份，代理机构一份，经甲、乙双方签字盖章后生效，具有同等法律效力。

2、合同所有附件均为本合同不可分割的组成部分，与本合同具有同等法律效力。

3、甲方招标文件、乙方投标文件均为本合同不可分割的组成部分，与本合同具有同等法律效力。

甲方：西安石油大学（盖章）

法人或委托代理人：

户名：西安石油大学

开户行：工行西安电子工业区支行

帐号：3700023209014488850

电话：029—88382337

地址：西安市电子二路东段 18 号

日期：2025 年 月 日

乙方：青岛石大石仪科技有限责任公司（盖章）

法人或委托代理人：

户名：青岛石大石仪科技有限责任公司

开户行：中国农业银行青岛西海岸新区分行

帐号：38110101040031729

电话：0532-86981672

地址：山东省青岛市黄岛区长江西路 177 号长江国际 2216 室

日期：2025 年 月 日

见证方：陕西中技招标有限公司（盖章）

代表签字：

电话：029-88364979

地址：陕西省西安市莲湖区高新四路 1 号高科广场 A 座 1001 室

日期：2025 年 月 日

油气井钻录井及油气集输综合实训平台

设备更新项目技术协议

甲方：西安石油大学

乙方：青岛石大石仪科技有限责任公司

西安石油大学（以下简称甲方）和青岛石大石仪科技有限责任公司（以下简称乙方）通过谈判，就西安石油大学油气井钻录井及油气集输综合实训平台设备更新项目购置，达成以下技术协议：

一、设备名称、规格型号、生产厂家

序号	设备名称	规格型号	生产厂家
1	油气井录井仿真实训平台	SDSY-YQJLJ-01	青岛石大石仪科技有限责任公司
2	油气长输综合实训平台	SDSY-YQCSZH-02	青岛石大石仪科技有限责任公司
3	油气生产（联合站）安全实训平台	SDSY-LHZAQ SX-03	青岛石大石仪科技有限责任公司
4	LNG 综合仿真接收站实训平台	SDSY-LNGZH-04	青岛石大石仪科技有限责任公司

二、设备配置及技术指标:

参数性质	序号	技术参数与性能指标
油气井录井仿真实训平台	1	<p>一、硬件构成</p> <p>包括仿真起升系统、仿真旋转系统、仿真井控系统、仿真循环系统、仿真固控系统、仿真录井设备系统、系统辅助装置、仿真控制系统、仿真录井传感器系统、仿真录井测控柜等。</p> <p>(一) 仿真起升系统</p> <p>主要包括 K 型井架、天车、游车、绞车等, 详细技术参数如下:</p> <p>1. K 型井架, 尺寸$\geq 1.0\text{m} \times 0.8 \times 3\text{m}$, 包含爬梯、坡道等附件; 主体材质: 45#、A3 钢; 数量: 1 套。</p> <p>2. 天车, 尺寸$\geq 0.3\text{m} \times 0.1\text{m} \times 0.3\text{m}$; 主体材质: 45#、A3 钢; 定滑轮: 7 个; 数量: 1 套。</p> <p>3. 游车, 尺寸$\geq 0.1\text{m} \times 0.2\text{m} \times 0.1\text{m}$; 主体材质: 45#、A3 钢; 动滑轮: 6 个; 数量: 1 套。</p> <p>4. 绞车, 尺寸$\geq 0.3\text{m} \times 0.1\text{m} \times 0.1\text{m}$; 主体材质: 45#、A3 钢; 数量: 1 套。</p> <p>(二) 仿真旋转系统 (顶部驱动装置)</p> <p>尺寸$\geq 0.6\text{m} \times 0.1\text{m} \times 0.2\text{m}$; 主体材质 45#、A3 钢; 内部带有冲管总成, 可旋转、可走介质; 数量: 1 套。</p> <p>(三) 仿真井控系统</p> <p>包括环形防喷器、闸板防喷器、剪切防喷器、四通、节流管汇、压井管汇、气液分离器等设备。</p> <p>1. 环形防喷器, 尺寸$\geq 0.2\text{m} \times 0.2\text{m}$; 主体材质 45#、A3 钢; 数量: 1 套。</p> <p>2. 闸板防喷器, 尺寸$\geq 0.6\text{m} \times 0.2\text{m} \times 0.2\text{m}$; 主体材质 45#、A3 钢; 数量: 1 套。</p> <p>3. 剪切防喷器, 尺寸$\geq 0.6\text{m} \times 0.2\text{m} \times 0.2\text{m}$; 主体材质 45#、A3 钢; 数量: 1 套。</p> <p>4. 四通, 尺寸$\geq 0.2\text{m} \times 0.1\text{m}$; 主体材质 45#、A3 钢; 数量: 1 套。</p>

参数性质	序号	技术参数与性能指标
		<p>5. 节流管汇, 管道规格\geqDN20; 主体材质 304 不锈钢; 数量: 1 套。</p> <p>6. 压井管汇, 管道规格\geqDN20; 主体材质 304 不锈钢; 数量: 1 套。</p> <p>7. 气液分离器, 尺寸\geq0.4\times0.4m\times1.2m; 主体材质 45#、A3 钢; 数量: 1 套。</p> <p>(四) 仿真循环系统</p> <p>包括泥浆泵、泥浆池、循环管汇等。</p> <p>1. 泥浆泵, 尺寸\geq1m\times0.53m\times0.5m; 主体材质 45#、A3 钢; 电机可运转演示; 数量: 2 套。</p> <p>2. 泥浆池 (含围栏及爬梯), 尺寸可用于安放固控系统设备; 主体材质 45#、A3 钢; 数量: 5 节。</p> <p>3. 循环管汇, 管道规格\geqDN20; 主体材质 304 不锈钢; 数量: 1 套。</p> <p>(五) 仿真固控系统</p> <p>包括振动筛、除泥器、除砂器、离心机、混合漏斗、搅拌器等。</p> <p>1. 振动筛, 尺寸\geq0.8m\times0.57m\times0.32m; 主体材质 A3、304 不锈钢; 单筛型, 可调节筛角, 可电动、可走介质; 数量: 1 套。</p> <p>2. 除砂器, 尺寸\geq0.6m\times0.5m\times0.7m; 主体材质 A3、铝合金、304 不锈钢; 可电动、可走介质; 数量: 1 套。</p> <p>3. 除泥器, 尺寸\geq0.6m\times0.5m\times0.5m; 主体材质 A3、铝合金、304 不锈钢; 可电动、可走介质; 数量: 1 套。</p> <p>4. 离心机, 尺寸\geq0.9m\times0.5m\times0.5m; 主体材质 A3、45#钢; 数量: 1 套。</p> <p>5. 混合漏斗, 尺寸\geq0.6m\times0.21m\times0.3m; 主体材质 A3、45#钢; 数量: 2 套。</p> <p>6. 搅拌器, 尺寸\geq0.25m\times0.18m\times0.1m; 主体材质 A3、45#钢; 数量: 2 套。</p> <p>(六) 仿真录井设备系统</p> <p>包括录井房、脱气器、缓冲罐等。</p>

参数性质	序号	技术参数与性能指标
		<p>1. 录井房, 尺寸$\geq 1\text{m} \times 0.5\text{m} \times 0.5\text{m}$; 主体材质 A3、45#钢; 数量: 1 套。</p> <p>2. 脱气器, 尺寸$\geq 0.35\text{m} \times 0.1\text{m} \times 0.1\text{m}$; 主体材质 304 不锈钢; 可电动旋转; 数量: 1 套。</p> <p>3. 缓冲罐, 尺寸$\geq 0.48\text{m} \times 0.36\text{m} \times 0.5\text{m}$; 主体材质 304 不锈钢; 数量: 1 套。</p> <p>(七) 系统辅助装置</p> <p>包括泥浆循环指示、供液系统、钻台配套设施等, 详细技术参数如下:</p> <p>1. 泥浆循环指示, 参照《工业管道的基本识别色、识别符号和安全标识》GB7231-2003 要求颜色制作, 材质为聚乙烯反光膜, 用三种颜色分别代表水、油、气;</p> <p>2. 供液系统, 供液水箱为 304 不锈钢材质, 容积$\geq 0.3\text{m}^3$, 供液泵为不锈钢离心泵, 扬程$\geq 20\text{m}$;</p> <p>3. 钻台配套设施, 包括司钻房、工具房、死绳固定器等;</p> <p>(八) 仿真控制系统</p> <p>PLC 控制机柜, 尺寸$\geq 0.9\text{m} \times 0.4\text{m} \times 1.0\text{m}$。可控制绞车、泥浆泵、顶驱、振动筛、除砂器、除泥器、离心机运转; 数量: 1 套。</p> <p>内部安装模块参数如下:</p> <p>(1) 中央处理计算模块: ≥ 14 点输入/10 点输出, $\geq 100\text{KB}$ 工作存储器/4MB 负载存储器; 实数数学运算执行速度$\leq 3.0\mu\text{s}$/指令, 通信接口: 以太网。</p> <p>(2) AO 模块: 4 通道电流信号输出, 12bit。信号类型 0-10V、0-5V 或 4-20mA, 满量程的$\pm 0.3\%$/$\pm 0.6\%$。</p> <p>(3) AI 模块: 8 路模拟量输入, 12bit。信号类型$\pm 10\text{V}$、$\pm 5\text{V}$、$\pm 2.5\text{V}$ 或 0-20mA, 满量程的$\pm 0.1\%$/$\pm 0.2\%$。</p> <p>(4) DI 模块: 16 路数字量输入, 支持 0~30V 输入, 输入响应时间$\leq 10\text{ms}$, 耐压值$\geq 500\text{VAC}/\text{min}$。</p> <p>(5) DO 模块: 16 路晶体管型数字量输出模块, 电压 20.4~26.4VDC, 负</p>

参数性质	序号	技术参数与性能指标
		<p>载能 100mA@24V/通道, 输出响应时间$\leq 10\text{ms}$, 耐压值$\geq 500\text{VAC}/\text{min}$。</p> <p>(九) 仿真录井传感器系统</p> <p>包括仿真绞车传感器、立管压力传感器、套管压力传感器、泵冲/转速传感器、电扭矩传感器、转盘扭矩传感器、泥浆流量传感器、大钩悬重传感器、硫化氢传感器、泥浆密度传感器、超声波泥浆液位传感器、泥浆温度传感器等, 制作材质为 A3、不锈钢、铝合金; 可输出模拟信号或者脉冲信号。</p> <p>▲(十) 录井测控柜</p> <p>含仿真红外二氧化碳分析仪、仿真气路分配单元、仿真色谱仪、仿真数据采集接口箱 (脉冲信号调理板和模拟信号调理板、脉冲信号采集卡、模拟信号采集卡)。</p> <p>(十一) 恒温系统 (8 套)</p> <p>温度范围 $18\text{--}30^{\circ}\text{C}$, 制冷功率$\geq 2000\text{W}$, 制热功率$\geq 2500\text{W}$, 循环风量$\geq 650\text{m}^3/\text{H}$, 噪音$\leq 25\text{db}$。</p> <p>二、软件系统</p> <p>主要包含录井仪软件、色谱仪软件、时间数据回放软件及地下三维可视化仿真软件, 详细的技术参数如下:</p> <p>(一) 录井仪软件</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 数据采集: 对仿真传感器进行数据采集, 实时地层压力异常检测。 2. 实现新井录入, 包含井名、井深设置、地面设备参数信息及流量、转速、泵冲等参数设置。 3. 实现门限值、钻具结构、压力检测、新钻头、钻井液等参数设置。 4. 实现钻具管理、井斜输入等功能。 ▲5. 实现参数校正、工程数据采集、色谱数据采集并进行实时打印 (包含数据打印和曲线打印)。 6. 包含井深钻时、瞬时钻时、岩屑运移、历史信息查看等功能。 <p>(二) 色谱仪软件</p>

参数性质	序号	技术参数与性能指标
		<p>由气路分配单元、分析单元及色谱仪软件三部分组成。仿真气路分配单元可对气体进行除尘、稳压仿真处理，并将处理后的气体送往分析单元。仿真分析单元包括仿真仪器控制系统、仿真检测器系统、仿真色谱柱系统等。色谱仪软件需包含菜单区、功能数据显示区、绘图区等功能区。</p> <p>(三) 时间数据回放软件</p> <p>建立时间数据库，可存储特征较明显的时间数据库片段，可通过软件将所有数据按时间向实时录井监控软件发送。</p> <p>(四) 地下三维可视化仿真软件</p> <p>建立至少 2 种完整地下三维地层模型，可视化展现录井生产过程中地质剖面结构，展现录井过程参数。</p> <p>(五) 配套教学资源</p> <p>1. 教学资源类型：三维动画，视频输出格式为 mp4 或 avi；输出像素：1920×1080，16:9 全高清 1080P 视频文件。</p> <p>2. 涵盖资源</p> <p>(1) 整体介绍：包含钻井井场布局、钻井六大作业系统等内容，单项时长≥5min；</p> <p>(2) 钻井设备：包含顶驱装置、泥浆泵、转盘、液气大钳、节流管汇、PDC 钻头等内容，单项时长≥10min；</p> <p>(3) 地面设备：包含双闸板防喷器、半封闸板、剪切闸板、全封闸板、变径闸板、环形防喷器、手动防喷器等内容，时长≥15min；</p> <p>(4) 井下工具：包含旋塞、内防喷器、HLR 封隔器、MCHR 封隔器、SHP 封隔器、割刀、打捞矛、打捞筒、正反循环磁力打捞器、磨鞋、铣鞋、捞钩、震击器、整形器等内容，时长≥30min；</p> <p>三、实训功能</p> <p>(一) 设备认知及工艺流程实操</p> <p>满足钻录井场布局、设备结构原理的认知学习和工艺流程的操作训练；</p>

参数性质	序号	技术参数与性能指标
		<p>可开展设备安全操作、设备故障诊断与处置、设备拆装、维护保养等方面的实训。</p> <p>(二) 多类型传感器的安装、操作训练 可实现传感器判识、准确安装、安全操作等实训功能。</p> <p>(三) 气体检测训练 可实现不同气体分析检测仪器判识、安全操作、应急响应等实训功能。</p> <p>(四) 信号采集及数据分析训练 可实现报警分析与处置实训功能；可利用大数据分析、人工智能等技术，提出预警及辅助决策，实现预警分析与决策实训。</p> <p>(五) 综合录井仪使用训练</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 系统认知：可开展综合录井仪系统构成、各部分功能及数据流认知学习。 2. 规范操作：可开展录井仪的启停、传感器校验和系统标定。 3. 数据监控：可开展实时参数监控，异常变化参数识别。 4. 资料处理：可开展基础数据处理、资料编辑和报表生成。 5. 地质应用：可开展气测、岩屑等数据仿真利用，对油气水层进行初步解释。 6. 应急维护：可实现录井仪常见故障的模拟诊断和应急处置。 <p>(六) 工况模拟及处置 可通过仿真传感器、仿真软件，实现正常测井工况数据模拟、异常工况数据模拟、仪表异常工况模拟，进而开展异常工况处置操作训练。</p>
油气长输综合实训平台	2	<p>油气长输综合实训平台涵盖天然气长输和原油长输两个实训模块，各模块均由硬件部分和软件部分构成。</p> <p>一、硬件构成 包含主体设备、辅助设备及配套设备三部分。</p> <p>(一) 天然气长输实训平台</p>

参数性质	序号	技术参数与性能指标
		<p>包含平台撬座、管汇仿真装置、旋风分离器仿真装置、过滤分离器仿真装置、空冷器仿真装置、清管器仿真装置、压缩机仿真装置等，设备外观与现场设备相近，相似度$\geq 95\%$，技术参数如下：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 平台撬座，面积$35-40\text{m}^2$；材质：Q235 碳钢；壁厚$\geq 3\text{mm}$；撬装结构$\geq 2\text{mm}$ 花纹板； 2. 管汇仿真装置，尺寸$\geq \Phi 100 \times 500\text{mm}$；主材$\geq 3\text{mm}$ 碳钢板；数量：1 套。 3. 旋风分离器仿真装置（包含壳体、旋风子等附件），尺寸$\geq \Phi 300 \times 1000\text{mm}$；主材$\geq 3\text{mm}$ 碳钢板；数量：2 台。 4. 过滤分离器仿真装置（包含壳体、滤芯、支撑等附件），尺寸$\geq \Phi 200 \times 900\text{mm}$；主材$\geq 3\text{mm}$ 碳钢板；数量：4 台。 5. 空冷器仿真装置（包含框架、电机、冷却管束等附件），尺寸$\geq 400 \times 400\text{mm}$；主材$\geq 3\text{mm}$ 碳钢板；数量：2 台。 6. 清管器仿真装置（包含平台、护栏、人孔等附件），尺寸$\geq \Phi 200 \times 900\text{mm}$；主材$\geq 3\text{mm}$ 碳钢板；数量：2 台。 7. 压缩机仿真装置，尺寸$\geq 300 \times 600\text{mm}$；材质：亚克力；数量：2 台，其中 1 台可展示内部结构及工作机理。 8. 放空仿真装置，尺寸$\geq \Phi 200 \times 2000\text{mm}$；主材：3mm 碳钢；数量：1 台。 <p>（二）原油长输实训平台</p> <p>工艺流程包含长输首站、长输中间站、长输末站三部分，对应设备包含储罐、加热炉、换热器、收球筒、发球筒、输油泵等，技术参数如下：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 平台撬座，面积$70-80\text{m}^2$；材质 Q235 碳钢；壁厚$\geq 3\text{mm}$；撬装结构$\geq 2\text{mm}$ 花纹板； 2. 管汇仿真装置，尺寸$\geq \Phi 200 \times 1000\text{mm}$；主材$\geq 3\text{mm}$ 碳钢板；数量：1 台。 3. 原油长输首站工艺设备 <ol style="list-style-type: none"> （1）储罐仿真装置（外浮顶罐，包含护栏、盘梯、人孔、检修孔、呼吸

参数性质	序号	技术参数与性能指标
		<p>阀、阻火器、罐体消防系统等附件)，数量：2台；尺寸$\geq \Phi 800 \times 900\text{mm}$；主材$\geq 3\text{mm}$ 碳钢板；其中1台加装外浮顶罐数字孪生系统：配套三维工况模拟交互控制器（显示尺寸≥ 55英寸，$\geq 1920 \times 1080$，控制器主机：\geq四核，$\geq 1\text{G}+8\text{G}$），能以三维形式展示外浮顶罐内部构造，并基于操作数据，三维动态展示外浮顶罐内的正常运行/异常工况等状态。</p> <p>(2) 加热炉仿真装置（包含燃烧器、平台、护栏、人孔等附件），数量：1台；尺寸$\geq \Phi 600 \times 1500\text{mm}$；主材$\geq 3\text{mm}$ 碳钢板；配套加热炉数字孪生系统：配套三维工况模拟交互控制器（显示尺寸≥ 43英寸，$\geq 1920 \times 1080$，控制器主机：\geq四核，$\geq 1\text{G}+8\text{G}$），以三维形式展示加热炉内部构造，并基于操作数据，三维动态展示加热炉内的正常运行/异常工况等状态。</p> <p>(3) 发球筒仿真装置，尺寸$\geq \Phi 200 \times 900\text{mm}$；主材$\geq 3\text{mm}$ 碳钢板；数量：1台。</p> <p>(4) 输油泵仿真装置（卧式单级离心泵），口径$\geq \text{DN}50$，功率$\geq 1.5\text{Kw}$；材质碳钢；扬程$\geq 20\text{m}$；安装方式：法兰连接；防爆变频电机（ExdIIBT4）；实物改造，含防爆式就地操作柱，具备就地/远程启停功能；数量：2台。</p> <p>4. 原油长输中间站工艺设备</p> <p>(1) 换热器仿真装置，尺寸$\geq \Phi 400 \times 1500\text{mm}$；主材$\geq 3\text{mm}$ 碳钢板；设备需内嵌换热器数字孪生系统：配套三维工况模拟交互控制器（显示尺寸≥ 32英寸，$\geq 1920 \times 1080$，控制器主机：\geq四核，$\geq 1\text{G}+8\text{G}$），以三维的形式展示换热器内部构造，并基于操作数据，三维动态展示换热器内的正常运行/异常工况等状态；数量：1台。</p> <p>(2) 收球筒仿真装置，尺寸$\geq \Phi 200 \times 900\text{mm}$；主材$\geq 3\text{mm}$ 碳钢板；数量：1台。</p> <p>(3) 发球筒仿真装置，尺寸$\geq \Phi 200 \times 900\text{mm}$；主材$\geq 3\text{mm}$ 碳钢板；数量：1台。</p> <p>(4) 输油泵仿真装置（卧式单级离心泵），口径$\geq \text{DN}50$，功率$\geq 1.5\text{Kw}$；</p>

参数性质	序号	技术参数与性能指标
		<p>材质碳钢；扬程$\geq 20\text{m}$；安装方式：法兰连接；防爆变频电机（ExdIIBT4），带变频器；实物改造，含就地操作柱（防爆式、非防爆式各1个）；具备就地/远程启停功能；数量：2台；</p> <p>5. 原油长输末站工艺设备</p> <p>(1) 储罐仿真装置（内浮顶罐仿真装置，含护栏、盘梯、人孔、检修孔、呼吸阀、阻火器、罐体消防系统等附件），尺寸$\geq \Phi 800 \times 900\text{mm}$；主材$\geq 3\text{mm}$碳钢板；数量：2台。其中1台加装内浮顶罐数字孪生系统：配套三维工况模拟交互控制器（显示尺寸≥ 55英寸，1920*1080，控制器主机：\geq四核，$\geq 1\text{G}+8\text{G}$），以三维的形式展示内浮顶罐内部构造，并基于操作数据，三维动态展示内浮顶罐内的正常运行/异常工况（如液位异常升降、溢流等）等状态；</p> <p>(2) 换热器仿真装置，尺寸$\geq \Phi 400 \times 1500\text{mm}$；主材$\geq 3\text{mm}$碳钢板；数量：1台。</p> <p>(3) 收球筒仿真装置，尺寸$\geq \Phi 200 \times 900\text{mm}$；主材$\geq 3\text{mm}$碳钢板；数量：1台。</p> <p>(4) 输油泵仿真装置（卧式单级离心泵），口径$\geq \text{DN}50$，功率$\geq 1.5\text{Kw}$；材质碳钢；扬程$\geq 20\text{m}$；安装方式：法兰连接；防爆定频电机（ExdIIBT4）；实物改造，含就地操作柱（防爆式、非防爆式各1个）；具备就地/远程启停功能；数量：2台。</p> <p>(三) 辅助设备</p> <p>辅助设备包含仿真阀门、仿真仪表、管道系统及施工附件、控制系统、情景构建系统等，技术参数如下：</p> <p>1. 仿真阀门</p> <p>包含仿真手动阀门、仿真安全阀、仿真电动阀门/气动阀门3类。技术参数符合工业和信息化部《钢制管法兰、垫片、紧固件》（HG/T20592~20635-2009）标准。</p> <p>(1) 仿真手动阀门</p>

参数性质	序号	技术参数与性能指标
		<p>①配置规格及数量：符合工艺流程及设备功能要求。 包含仿真球阀、闸阀、截止阀、仪表阀等；材质：碳钢；安装方式：法兰安装。</p> <p>②仿真改造 阀门状态采集传感器：供电 24VDC，三线制，OUT24V，低电平输出，反馈信号精度$<0.5\%$；阀门内部传感器执行机构：采用阀体内部镶嵌结构、304 不锈钢材质、非接触式电磁采集；状态采集器：开关式阀门采用 DI 低电平触发有效，感应距离 2~5mm；调节式阀门采用 AI 连续采集，4~20mA 有效；阀门的开度情况，实时上传至采控系统，采控精度$<0.5\%$；根据不同的流程导通工况，驱动相应仪表示数变换，阀门状态与中控参数相一致；采用 12V 安全电压电信号进行改装；</p> <p>③阀门信号线缆铺设方式：经工艺管道内部隐蔽铺设；</p> <p>④口径及耐压等级：主工艺流程$\geq DN50$；辅助工艺流程$\geq DN25$；压力表管线$\geq DN15$；耐压等级$\geq PN16$；</p> <p>(2) 仿真安全阀</p> <p>①仿真改造：阀门状态采集传感器：供电 24VDC，两线制，OUT：声光报警，反馈信号精度$\leq 0.5\%$；</p> <p>②阀门信号线缆铺设方式：经工艺管道内部隐蔽铺设；</p> <p>③口径$\geq DN25$；法兰安装；</p> <p>④耐压等级$\geq PN16$；</p> <p>⑤配置规格及数量：符合工艺流程及设备功能要求。</p> <p>(3) 仿真电动阀门、气动阀门</p> <p>①仿真气动阀外观应与薄膜式气动阀外观基本一致，总数≥ 10个。</p> <p>②技术要求： 气动球阀：口径$\geq DN50$；耐压等级$\geq PN16$；材质碳钢；安装方式：法兰安装；工作气源压力 4-8kg；电磁阀工作电压：DC24V/AC220V；采用仿真薄膜</p>

参数性质	序号	技术参数与性能指标
		<p>式气动执行机构；仿真改造：利用不同颜色指示阀门开关状态；</p> <p>气动调节阀：口径\geqDN50；耐压等级\geqPN16；材质碳钢；安装方式：法兰安装；工作气源压力：2-3kg；输入信号：4-20mA；采用仿真薄膜式气动执行机构；仿真改造：数显屏显示阀门开度；输入信号：4-20mA；</p> <p>电动球阀：口径\geqDN50；耐压等级\geqPN16；材质碳钢；安装方式：法兰安装；工作电压：AC220V；反馈信号：无源触点反馈；</p> <p>电动调节阀：口径\geqDN50；耐压等级\geqPN16；材质碳钢；安装方式：法兰安装；工作电压：AC220V；输入信号：4-20mA；反馈信号：4-20mA；仿真改造：数显屏显示阀门开度；输入信号：4-20mA。</p> <p>③仿真改造</p> <p>阀门状态驱动与反馈传感器：供电 AC220V，四线制，4~20mA 驱动，反馈信号精度\leq0.5%；执行机构：电子式执行器，以 220V 交流单相电源作为驱动电源，接受来自调节器控制信号(DC4-20MA 或 DC1-5V)，实现预定直线往复运动的新型执行器；精度：误差\leq0.8%、回差\leq1%、死区\leq1%；阀门操作指令由上位机根据流程切换情况、操作员指令、自动控制 PID 进行自主调节，并将开度信息反馈至上位机，与仿真实训软件实现数据的互联；阀门开度调节：依据底层数据分析软件下发的指令执行。</p> <p>④阀门信号线缆铺设方式：采用防爆软管+穿线管方式进行铺设；</p> <p>⑤配置规格及数量：按工艺流程图进行数量的配置；</p> <p>⑥配件：含配套法兰、密封垫、安装螺栓螺母、平垫、弹垫等。</p> <p>2. 仿真仪表</p> <p>包含数字式仿真仪表、机械式仿真仪表 2 类。技术参数符合《石油化工安全仪表系统设计规范》GB/T 50770-2013 和生产现场工艺要求。</p> <p>(1) 数字式仿真仪表</p> <p>分状态显示、流量计量、成分分析 3 类，主要技术参数如下：</p> <p>①状态显示类仪表（压力、温度、物位等）：</p>

参数性质	序号	技术参数与性能指标
		<p>供电: DC5V 或 DC24V; 量程: 可随意远程调整; 通讯方式: 同时具备 RS485 与 4-20mA 输入两种控制方式; 通讯协议 modbusRTU; 控制响应时间 $\leq 100\text{ms}$; 防护等级 $\geq \text{IP68}$; 防爆等级 Exd BT4; 工作温度: $-30^{\circ}\text{C} \sim 50^{\circ}\text{C}$; 驱动电路: 包括单片机、AD 芯片、DA 芯片、485 通讯模块等; 设备地址可设置; 据 RS485 通信协议发送数据显示内容, 数据根据量程输出 4mA-20mA 信号; 显示模块: 可显示正常数据、异常数据、故障代码; 显示类型及单位可动态设定, 单位随类型进行变化; 情景构建: 可显示故障代码, 包含传感器故障、主板故障、量程故障等。线缆铺设方式: 采用防爆软管+穿线管方式铺设; 配置种类及数量: 按工艺流程图进行仪表类型、数量配置。</p> <p>磁翻板液位计: 供电: DC24V; 驱动电流 4mA-20mA, 驱动电路: 包括单片机、AO 采集模块、灯光柱等; 采用灯光驱动显示表现液位升降;</p> <p>②流量计量类仪表 (电磁、涡轮、超声波等)</p> <p>供电: 5V-24V 宽幅供电; 显示: $\geq 128*128$ 液晶屏显示瞬时流量和累计流量; 通讯方式: RS485 通讯, modbus RTU 通讯协议, 设备地址可设置; 防护等级 $\geq \text{IP68}$; 防爆等级 Exd BT4; 工作温度: $-30^{\circ}\text{C} \sim 50^{\circ}\text{C}$; 驱动电路: 包括单片机、DA 采集模块、显示屏、485 通讯模块等; 显示模块: 可显示正常数据、异常数据、故障代码; 显示类型及单位可动态设定; 情景构建: 可通过 RS485 显示故障代码, 包含传感器故障、主板故障、超出应用环境故障等。线缆铺设方式: 采用防爆软管+穿线管模式进行铺设; 配置种类及数量: 符合工艺实际与工艺流程图配套。</p> <p>③成分分析类仪表 (含水率、气体浓度等)</p> <p>供电: 5V-24V 宽幅供电; 显示: $\geq 128*128$ 液晶屏; 通讯方式: RS485 通讯, modbus RTU 通讯协议, 设备地址可设置; 防护等级 $\geq \text{IP68}$; 防爆; 工作温度: $-30^{\circ}\text{C} \sim 50^{\circ}\text{C}$; 驱动电路: 包括单片机、DA 采集模块、显示屏、485 通讯模块、报警蜂鸣器等; 显示模块: 可显示正常数据、异常数据、故障代码; 显示类型及单位可动态设定; 情景构建: 可通过 RS485 显示故障代码,</p>

参数性质	序号	技术参数与性能指标
		<p>包含传感器故障、主板故障、超出应用环境故障、量程故障等。根据 RS485 通信协议发送数据显示气体类型和气体数据并带 4mA-20mA 输出，气体检测仪可模拟检测气体种类包含 CH₄、H₂S、CO、O₂ 等，数据超限蜂鸣器报警；线缆铺设方式：采用防爆软管+穿线管模式进行铺设；配置种类及数量：符合工艺实际并与工艺流程图配套。</p> <p>(2) 机械式仿真仪表（压力、温度等）</p> <p>供电：5V-24V 宽幅供电；量程：表盘量程可快捷更换；通讯：同时具备 RS485 与 4mA-20mA 输入两种控制方式；通讯协议 modbusRTU；控制响应时间 ≤100ms；标度盘公称直径：100mm、150mm；工作温度 -30℃~50℃；角度调整误差：上电电机自复位至 0 位，接收上位机信号，单片机驱动步进电机带动指针进行旋转。旋转最大角度 270°，角度调整误差不超过量程的 1%；重复性：不大于基本误差限绝对值的 1/2；驱动电路：主要包括单片机、AD 芯片、步进电机及驱动器等；可任意控制指针角度，可显示正常数据、异常数据、指针异常摆动等显示状态；外观：表壳材质不锈钢；线缆铺设方式：采用工艺管道内部隐蔽铺设。配置种类及数量：符合工艺实际并与工艺流程图配套。</p> <p>3. 管道系统</p> <p>(1) 工艺管道，材质：Q235 碳钢，含管道本体及附件；口径，主管道口径 ≥DN50、辅助管道（如放空、排污等）口径 ≥DN25、压力表管道口径 ≥DN15；数量：满足工艺搭建需求；</p> <p>(2) 穿线管，材质镀锌管，口径 ≥DN25；数量：满足电气仪表配套需求；</p> <p>(3) 线缆桥架，槽式金属桥架，单槽尺寸约 2000*100*50mm；碳钢 Q235 材质，表面防腐处理；数量满足电气仪表配套需求；</p> <p>(4) 电缆：动力电缆：国标护套线；规格：RVV5*4、RVV4*6、RVV4*2.5、RVV3*2.5、RVV3*1.5 等；信号电缆：国标护套线，带屏蔽层；规格：RVVP4*0.5、RVVP3*0.5 等；数量满足电气仪表配套需求；</p>

参数性质	序号	技术参数与性能指标
		<p>4. 控制系统</p> <p>控制系统包含标准机柜、CPU 模块、AI 模块、AO 模块、DI 模块、DO 模块、串口服务器、交换机、模块转接端子板及电器附件。总点数≥ 256点。</p> <p>(1) 控制系统采用分布式控制系统，配套专用端子板和电缆实现系统集成，提供板载保险丝，通道状态指示灯等配件。</p> <p>(2) 系统支持电源模块冗余、控制器模块冗余、通讯模块冗余、I/O 模块冗余、网络冗余、通讯冗余等全系统部件冗余。可实现对控制器 CPU 占用率、剩余内存、控制网络负荷、通讯网络负荷等运行状态进行监测。</p> <p>(3) 系统控制柜：前后单开门，尺寸$\geq 800*800*2100$mm，板材厚度≥ 1.5mm。机柜门内带 A3 横向聚苯乙烯电路图盒（带自粘固定带）。机柜配置电源，风扇工作状态在 DCS 实现监控，1 套；内部安装模块参数：</p> <p>①CPU：32 位工业级微处理器；系统内存≥ 256MB、数据区≥ 2GB；RTOS 实时多任务操作系统，每秒 2048 个控制回路，扫描周期：数字量≥ 50ms，模拟量≥ 100ms，CNet 接口 2 个，通讯速率 1Mbps，SNet 接口 2 个，通讯速率 100Mbps，内置轻量级实时数据库；支持 1:1 热备冗余 MRAM 存储，掉电不丢失数据；具有 I/O 信号处理、回路控制计算、网络通讯处理、冗余诊断交互等功能，支持的 ModBusRTU、ModBusTCP、ProfibusDP、104 等通讯协议；1 套；</p> <p>②AO 模块：16 通道电流信号输出，信号类型 0~10mA、4~20mA、0~20mA，精度 0.1%F.S. 输出响应≤ 100ms；通道信号统一隔离；支持断线检测功能。配套专用端子板和连接导线。</p> <p>③AI 模块：16 路模拟量输入。信号类型 4~20mA 或 0~20mA，精度 0.1%F.S. 输入响应≤ 100ms；通道信号统一隔离；支持断线检测功能。配套专用端子板和连接导线。</p> <p>④DI 模块：32 路数字量输入，支持 0~30V 输入，输入响应时间≤ 10ms，耐压值≥ 500VAC/min；支持在线自诊断。配套专用端子板和连接导线。</p> <p>⑤DO 模块：32 路晶体管型数字量输出模块，电压 20.4~26.4VDC，负载</p>

参数性质	序号	技术参数与性能指标
		<p>能 100mA@24V/通道,输出响应时间$\leq 10\text{ms}$,耐压值$\geq 500\text{VAC}/1\text{min}$;支持在线自诊断。配套专用端子板和连接导线。</p> <p>⑥串口服务器: 4 串口通讯管理服务器, 32 位工业级 ARM 处理器, 两路 100BaseT 自适应以太网接口, 四路隔离的 RS485 接口 (单路 RS485 接口可接入 8 个设备, 共 32 个设备), 接口形式: RJ45, 电源输入 24VDC$\pm 20\%$, 工作温度$-30\sim 60^{\circ}\text{C}$。</p> <p>5. 情景构建系统</p> <p>以企业隐患排查资料及 HAZOP 分析、典型事故案例等为依据进行开发, 具备预置隐患、故障、异常工况情景再现及故障排故功能, 可实现以下情景模拟内容:</p> <p>(1) 隐患故障模拟点, 涵盖设备设施本体、仪表、人员操作、装置运行等类型隐患故障内容:</p> <p>①设备设施本体类, 包含罐体设备 (旋风分离器壁腐蚀减薄、爆破片失效等)、压缩机 (压缩机喘振、异常振动等)、手动/自动阀门 (闸阀无法完全关闭或开启、球阀卡死等)、安全阀 (拒跳、频跳等)、压力管道 (焊缝腐蚀、管壁减薄) 等点位模拟;</p> <p>②仪表类, 包含压力指针表和温度指针表 (指针卡死、不落零等), 压力变送器、温度变送器、流量变送器和液位传感器 (输出信号异常、零点漂移、超量程等), 可燃/有毒气体检测仪 (报警功能失效、测量值不准确等);</p> <p>▲ (2) 事故模拟设备, 包含泄漏点模拟 (法兰、阀门盘根处、三通等)、火灾点模拟 (天然气管线、快开盲板等)、爆炸点模拟、人员事故 (行走仿真模拟中毒倒地) 等;</p> <p>(3) 工艺生产运行参数异常模拟, 结合现场典型异常工况, 进行工艺异常参数模拟, 异常点位与工艺运行参数匹配。</p> <p>(三) 配套设备</p> <p>包含手持式仿真气体检测仪、手持式仿真风速仪、接地电阻测量仪、测</p>

参数性质	序号	技术参数与性能指标
		<p>厚仪、就地操作站、壁挂教学装置、行为监测装置等，技术参数如下：</p> <p>1. 手持式仿真气体检测仪，数量：2 台 包括基站和手持端，手持端和基站无线数据通讯，采用 UWB 进行距离检测及数据发送。基站：24V 供电，RS485 通讯，modbus 通讯协议，波特率 9600 无奇偶检验 8 位数据位 1 位停止位，可同时和三个手持端通讯，通讯数据包含距离及显示数据、报警数据。手持端 ≥ 3.5 吋，续航时间 $\geq 2h$。可同时模拟 ≥ 6 种气体类型及单位 (CH_4、O_2、H_2S、CO、Cl_2、HCl、H_2、SO_2、NH_3)，可设置报警数值。</p> <p>2. 手持式仿真风速仪，数量：2 台 包含基站和风速仪手持端；手持端和基站无线数据通讯，采用 LORA 进行数据发送。基站：RS485 通讯，24V 供电，包含 LORA 模块。modbus 通讯协议，波特率 9600 无奇偶检验 8 位数据位 1 位停止位，可同时带 8 个设备。手持端 ≥ 3.5 吋，续航时间 $\geq 2h$。无线数据接收 (LORA)，modbus 协议。数据显示温度、湿度及风速。通过控制系统设置天气及环境，下放给 DCS 系统，并通过 modbus RTU 发送给基站，基站无线传输下发手持终端并显示。</p> <p>3. 模拟中毒假人倒地装置，数量：1 套。 可根据泄露浓度的提高，模拟行走假人中毒后倾倒演示；</p> <p>4. 接地电阻测量仪，数量：2 台 测量方式：2 线法/3 线法；显示：背光显示；IP65 防尘防水；接地电压：0~200V；接地电阻：2 Ω (0~1.999)、20 Ω (2~19.99)、200 Ω (20~199.9)。</p> <p>5. 测厚仪，数量：2 台 显示 ≥ 2.4 吋；测量范围 1.00~300.00mm；测量单位 0.1mm/0.01mm/0.01in；示值误差 $H < 10mm$，$+0.1mm$，H 为实际厚度，$H > 10mm$，$\pm (1\%H + 0.1)mm$；管材测量下限 $\phi 20 \times 3mm$ (钢)。</p> <p>6. 操作站：双工位琴式操作台，防火板桌面，冷轧钢柜体，配套滚轮办公椅；控制终端，$\geq 2.5GHz$ 主频；$\geq 4.4GHz$ 睿频；≥ 6 核；≥ 12 线程、$\geq 16G$</p>

参数性质	序号	技术参数与性能指标
		<p>内存、≥512GB 存储、≥6G 独显、≥23 吋；数量：1 套；</p> <p>7. 壁挂教学装置，≥4000 流明；≥1280*800 分辨率；数码变焦投射；双 HDMI 接口；功率≥200w，配套 120 吋电动幕布；数量：2 套；</p> <p>8. 行为监测装置，≥800 万像素；≥2560×1440；支持红外、背光补偿、人形检测，强光抑制，3D 数字降噪；POE 供电；≥1 路 RJ45 接口；存储终端：≥8 路，≥4T 存储量，支持 H. 265 高效视频编码码流、H. 265、H. 264 编码的 IP 设备混合接入；≥400 万像素高清网络视频的预览、存储与回放；数量：1 套；</p> <p>（四）装置安全要求</p> <p>装置整体不通入实际物料，不产生高温高压环境，配套有相应的防静电、漏电设施和紧急停止按钮，主要部件还应设有保护罩和显著的警示标识。</p> <p>二、软件系统</p> <p>包含油气长输安全生产仿真控制软件、油气长输工艺数值仿真软件、油气长输实训考核评估软件，技术参数如下：</p> <p>（一）油气长输安全生产仿真控制软件</p> <p>参照真实输油站和输气站使用的 SCADA（数据采集与控制）系统，模拟油气长输管道全线（首站、中间站、末站）集中监控、操作、控制和应急响应全过程。软件应包括以下功能或界面：</p> <p>1. 动态工艺流程图：显示从首站、中间站到末站的完整工艺过程。设备信息（泵、加热炉、压缩机、阀门、分离器）、管线、数据点（压力、温度、流量）均跟随仿真模型状态实时更新。</p> <p>2. 实时数据监控：以数字、趋势曲线、棒状图等形式，实时显示管道关键节点的压力、温度、流量、转速等工艺参数。</p> <p>3. 报警管理：当参数超限、设备异常时，系统能以声、光、弹窗等形式发出分级（如预警、一般报警、紧急报警）报警。</p> <p>4. 远程控制操作：可通过软件远程启停压缩机、开关电动阀门、调节调</p>

参数性质	序号	技术参数与性能指标
		<p>节阀（PID 控制）、设置压力/流量设定值等。</p> <p>5. 关键设备仿真操作：可查看核心设备（离心式压缩机、往复式压缩机、燃气轮机、紧急截断阀等）的内部状态、性能曲线，并进行启停、加载、卸载等操作。</p> <p>6. 故障触发与模拟：可对预先设置故障场景进行触发与模拟，同时驱动现场故障单元进行物理展示，如管道泄露、压缩机喘振等。</p> <p>7. 应急演练流程引导：可按应急预案标准流程引导操作，包括：报警确认、紧急调度、流程切换（如干线截断）、放空、泄压、消防系统启动等。</p> <p>8. 工艺数值仿真软件联动：仿真控制软件接收操作指令，下发给工艺数值仿真软件进行计算；后者将计算出的管道全线动态水力、热力状态实时返回，驱动 SCADA 画面更新。</p> <p>9. 实训考核评估软件联动：可将所有操作行为、响应时间、处置结果等数据实时记录并发送至实训考核评估软件，作为评分依据。</p> <p>（二）油气长输工艺数值仿真软件</p> <p>基于油气长输实训装置流程，建立数字模拟系统，涵盖油气长输过程的正常状态、非正常状态的各类情况，可针对输油和输气过程进行设计分析的稳态仿真和运行分析的动态仿真。其中：</p> <p>1. 全工况机理模型建模：采用机理模型对输油和输气工艺以及各个工况进行模拟。建立的输油输气工艺模型应和工厂装置的稳定状态完全匹配，逼真再现输油和输气站场装置各类动态特性，实现对输气站场动态模拟；</p> <p>2. 稳态仿真精度$\geq 5\%$，动态仿真精度$\geq 8\%$；</p> <p>3. 仿真速率：仿真计算平台根据现场操作实时模拟数据，并利用 API 接口进行数据交互，整体速率$\leq 1s$；</p> <p>4. 实训过程动态模拟实时生产数据，提供精确的操作数据反馈。</p> <p>（三）油气长输实训考核评估软件</p> <p>考核评估软件分为管理和评价两部分。</p>

参数性质	序号	技术参数与性能指标
		<p>1. 管理部分具有班级管理、学生管理、培训设备管理、工器具管理、训练科目管理、操作步骤分数评分、成绩管理等功能；可自由建立、编辑或删除长输类训练科目，关联初始化表以及各点表，实现项目自动评分功能；</p> <p>▲2. 评分部分汇聚操作数据流，基于操作规程及考核模型，实现输油和输气站场实训过程的记录、自动评分、成绩归档；</p> <p>3. 具有培训设备选择、训练班级指定、项目选择、实时评价、隐患触发、过程记录回放、操作规程查看、操作成绩记录、操作过程记录等功能。</p> <p>(四) 配套教学资源</p> <p>1. 技术要求：教学资源类型：三维动画，视频输出格式为 mp4 或 avi；输出像素：1920*1080，16:9，≥720P 高清视频文件。</p> <p>2. 涵盖资源</p> <p>(1) 油气长输管道的基础知识：原油管道组成、天然气管道组成、管道输送介质基础知识、长输管道管材知识、管道标志设置、管道周围地形地貌及管道穿跨越工程、油气输送管道完整性管理规范等，总时长≥60 分钟；</p> <p>(2) 输油工艺知识：包含输油工艺介绍、收油倒罐流程、发油倒罐流程、转油流程、清管流程、出站调节阀、“站启动”控制程序、“站 ESD”控制程序、降凝剂系统、停输再启动流程、给油泵机组程序、输油主泵机组程序、给油泵、输油主泵联合启动、泵切换、进站过滤器切换等，总时长≥60 分钟；</p> <p>(3) 输气工艺知识类：包括输气工艺介绍、正输流程切换为全越站流程、全越站流程切换为正输流程、全越站流程切换为压力越站流程、压力越站流程切换为正输流程、正输流程切换为压力越站流程、正输流程切换到站内循环流程、站内循环流程切换到正输流程、清管流程、管道启/停输操作等，总时长≥60 分钟；</p> <p>(4) 设备类：包含旋风分离器、卧式分离器、清管装置、空气冷却器、撬装调压系统、计量泵、天然气压缩机组基础知识等，总时长≥60 分钟；</p> <p>(5) 自控仪表：包含质量流量计、超声波流量计、火焰探测器结构原理、</p>

参数性质	序号	技术参数与性能指标
		<p>温度变送器、压力变送器、可燃气体探测器、磁致伸缩液位计、雷达液位计、电动执行器组成及工作原理、罗托克执行器、Shafer 气液联动执行器等，总时长≥ 90分钟；</p> <p>(6) 管阀件知识类：包含闸阀、蝶阀、球阀、旋塞阀、截止阀、针形调节阀、篮式过滤器、Y型过滤器、止回阀、疏水阀、呼吸阀、减压阀、安全阀、氮气式水击泄压阀、先导式水击泄压阀等，总时长≥ 90分钟；</p> <p>三、实训功能</p> <p>(一) 工艺设备认知与操作</p> <p>可开展油气长输站场（输油站和输气站）典型工艺工序的认知学习与工艺流程实操训练；可学习典型设备结构原理，并围绕设备安全操作、故障诊断与处置等内容开展全流程实操训练。</p> <p>(二) 智能化工艺调整与优化</p> <p>可通过对油气长输模拟生产过程多种工况模拟，实现生产数据分析调控与优化，直观掌握油气长输参数（如压力、流量、温度等）变化对输送效果的影响规律，进而支撑参数调整与工艺优化实操等。</p> <p>(三) 风险辨识与隐患排查</p> <p>可通过的风险及隐患场景构建，实现工艺设备操作的风险辨识及隐患排查等训练。</p> <p>(四) 事故应急处置模拟演练</p> <p>在风险辨识与隐患排查实训基础上，可开展事故应急处置模拟演练等。</p> <p>(五) 科教融合</p> <p>在满足上述实践教学需求基础上，可开展油气长输工艺设备的优化设计及创新，服务生产管理、新理念、新技术应用等方面的创新与实践。</p>
油气生产(联合站)安全	3	<p>一、硬件部分</p> <p>包含主体设备、辅助设备及配套设备三部分。</p> <p>(一) 主体设备</p>

参数性质	序号	技术参数与性能指标
实训平台		<p>包含平台撬座、管汇仿真装置、三相分离器仿真装置、过滤分离器仿真装置、加热炉仿真装置、电脱水器仿真装置、缓冲罐仿真装置、事故罐仿真装置、稳定塔仿真装置、净油储罐仿真装置、污水沉降罐仿真装置、脱水泵、外输泵、输水泵等，外观参照现场实物制作，整体相似度$\geq 95\%$，技术参数如下：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 平台撬座，面积$70-80\text{m}^2$；材质 Q235 碳钢；壁厚$\geq 3\text{mm}$；撬装结构$\geq 2\text{mm}$花纹板； 2. 管汇仿真装置，尺寸$\geq \Phi 200 \times 1000\text{mm}$；主材$\geq 3\text{mm}$ 碳钢板；数量：1 台。 3. 三相分离器仿真装置（含平台、护栏、人孔等附件），数量 1 台，尺寸$\geq \Phi 600 \times 1500\text{mm}$；主材$\geq 3\text{mm}$ 碳钢板；装置内嵌三维工况模拟系统：配套三维工况模拟交互控制器（显示尺寸≥ 43 英寸，$\geq 1920 \times 1080$，控制器主机：\geq四核，$\geq 1\text{G}+8\text{G}$）； <ul style="list-style-type: none"> ▲三维工况模拟交互系统能以三维的形式展示三相分离器内部构造，并基于操作数据，三维动态展示油气水三种介质在分离器内的正常运行/异常工况等状态； 4. 过滤分离器仿真装置（含平台、护栏、人孔等附件），尺寸$\geq \Phi 500 \times 1200\text{mm}$；主材$\geq 3\text{mm}$ 碳钢板；数量：1 台； 5. 加热炉仿真装置（含燃烧器、平台、护栏、人孔等附件），尺寸$\geq \Phi 600 \times 1500\text{mm}$；主材：$\geq 3\text{mm}$ 碳钢板；装置内嵌三维工况模拟系统：配套三维工况模拟交互控制器（显示尺寸≥ 43 吋，1920×1080，控制器主机：\geq四核，$\geq 1\text{G}+8\text{G}$），以三维的形式展示加热炉内部构造，并基于操作数据，三维动态展示加热炉内的正常运行/异常工况（如液位异常升降、超压等）等状态；数量：1 台。 6. 电脱水器仿真装置（含平台、护栏、人孔、整流器等附件），尺寸$\geq \Phi 500 \times 1200\text{mm}$；主材$\geq 3\text{mm}$ 碳钢板；装置内嵌三维工况模拟系统：配套三维

参数性质	序号	技术参数与性能指标
		<p>工况模拟交互控制器(显示尺寸≥ 43吋, 1920*1080, 控制器主机:\geq四核, $\geq 1G+8G$), 以三维的形式展示电脱水器内部构造; 并基于操作数据, 三维动态展示电脱水器内的正常运行/异常工况(如电场波动、分离效果差等)等状态; 数量: 1台。</p> <p>7. 缓冲罐仿真装置(含平台、护栏、人孔等附件), 尺寸$\geq \Phi 400 \times 1200\text{mm}$; 主材$\geq 3\text{mm}$碳钢板; 数量: 1台。</p> <p>8. 事故罐仿真装置(含护栏、盘梯、人孔、检修孔、呼吸阀、阻火器、罐体消防系统等附件), 尺寸$\geq \Phi 800 \times 900\text{mm}$; 主材$\geq 3\text{mm}$碳钢板; 数量: 1台;</p> <p>9. 稳定塔仿真装置(含护栏、爬梯、人孔等附件), 尺寸$\geq \Phi 400 \times 2000\text{mm}$; 主材$\geq 3\text{mm}$碳钢板。数量: 1台;</p> <p>10. 净油储罐仿真装置(含护栏、盘梯、人孔、检修孔、呼吸阀、阻火器、罐体消防系统等附件), 尺寸$\geq \Phi 800 \times 900\text{mm}$; 主材$\geq 3\text{mm}$碳钢板; 数量: 1台;</p> <p>11. 污水沉降罐仿真装置(含护栏、盘梯、人孔、检修孔、呼吸阀、阻火器等附件), 尺寸$\geq \Phi 700 \times 900\text{mm}$; 主材$\geq 3\text{mm}$碳钢板; 设备内嵌三维工况模拟系统: 配套三维工况模拟交互控制器(显示尺寸≥ 43吋, 1920*1080, 控制器主机:\geq四核, $\geq 1G+8G$), 以三维的形式展示污水沉降罐内部构造, 并基于操作数据, 三维动态展示污水沉降罐内的正常运行/异常工况(如液位异常升降、超压等)等状态; 数量: 1台;</p> <p>12. 脱水泵, 卧式单级离心泵, 口径$\geq \text{DN}50$, 功率$\geq 1.5\text{Kw}$; 材质: 碳钢; 扬程$\geq 20\text{m}$; 安装方式: 法兰连接; 防爆定频电机; 实物改造, 含就地操作柱(防爆式、非防爆式各1个); 具备就地/远程启停功能; 数量: 2台;</p> <p>13. 外输泵, 卧式单级离心泵, 口径$\geq \text{DN}50$, 功率$\geq 1.5\text{Kw}$; 材质: 碳钢; 扬程$\geq 20\text{m}$; 安装方式: 法兰连接; 防爆变频电机, 带变频器; 实物改造, 含防爆式就地操作柱, 具备就地/远程启停功能; 数量: 1台; 卧式单螺杆泵,</p>

参数性质	序号	技术参数与性能指标
		<p>进口口径\geqDN50, 出口口径\geqDN40, 材质: 碳钢; 扬程\geq60m; 安装方式: 法兰连接; 防爆变频电机, 带变频器; 实物改造, 含防爆式就地操作柱, 具备就地/远程启停功能; 数量: 1 台;</p> <p>14. 输水泵, 卧式单级离心泵, 口径\geqDN50, 功率\geq1.5Kw; 材质: 碳钢; 扬程\geq20m; 安装方式: 法兰连接; 防爆定频电机; 实物改造, 含就地操作柱 (防爆式、非防爆式各 1 个); 具备就地/远程启停功能; 数量: 2 台;</p> <p>15. 放空火炬实训装置, 尺寸$\geq$$\Phi200\times$2000mm; 主材 3mm 碳钢; 数量: 1 台。</p> <p>16. 二氧化碳驱油仿真装置</p> <p>主要用于模拟二氧化碳驱油过程的设备, 通过该装置可研究二氧化碳在油藏中的驱油效果和相关机理, 为提高石油采收率提供技术支持。该装置能够准确模拟不同地层的厚度和高度, 真实还原油田的地质状况, 为调整水驱油藏的二氧化碳驱油策略提供数据支持。</p> <p>(二) 辅助设备</p> <p>包含仿真阀门、仿真仪表、管道系统及施工附件、控制系统、情景构建系统等, 技术参数如下:</p> <p>1. 仿真阀门</p> <p>包含仿真手动阀门、安全阀、电动阀门/气动阀门 3 类。技术参数符合工业和信息化部《钢制管法兰、垫片、紧固件》(HG/T20592~20635-2009) 标准。</p> <p>(1) 仿真手动阀门</p> <p>①配置规格及数量: 按工艺流程图进行阀门种类、规格、数量配置; 种类包含仿真球阀、仿真闸阀、仿真截止阀、仿真仪表阀等; 材质碳钢; 安装方式法兰安装。</p> <p>②仿真改造</p> <p>阀门状态采集传感器: 供电 24VDC, 三线制, OUT24V, 低电平输出, 反馈</p>

参数 性质	序 号	技术参数与性能指标
		<p>信号精度$\leq 0.5\%$；阀门内部传感器执行机构：阀体内部镶嵌结构、304 不锈钢材质、非接触式电磁采集；状态采集器：开关式阀门采用 DI 低电平触发有效，感应距离 2mm~5mm；调节式阀门采用 AI 连续采集，4mA~20mA 有效；阀门的开度情况，实时上传至采控系统，采控精度$\leq 0.5\%$；根据不同的流程导通工况，驱动相应仪表示数变换，阀门状态与中控参数相一致；阀门改装后，具备阻尼操作手感，采用 12V 安全电压电信号进行改装；</p> <p>③口径及耐压等级：主工艺流程$\geq DN50$；辅助工艺流程$\geq DN25$；压力表管线$\geq DN15$；耐压等级$\geq PN16$；</p> <p>④阀门信号线缆铺设方式：仿真手动阀应经工艺管道内部隐蔽铺设；</p> <p>(2) 仿真安全阀</p> <p>①仿真改造：阀门状态采集传感器：供电 24VDC，两线制，OUT：声光报警，反馈信号精度$\leq 0.5\%$；</p> <p>②阀门信号线缆铺设方式：仿真安全阀应经工艺管道内部隐蔽铺设；</p> <p>③口径$\geq DN25$；法兰安装；</p> <p>④耐压等级$\geq PN16$；</p> <p>⑤配置规格及数量：按工艺流程图进行阀门规格、数量配置；</p> <p>(3) 仿真电动阀门、气动阀门</p> <p>①阀门类型：仿真电动阀、仿真气动阀 2 类。其中仿真气动阀外观应与薄膜式气动阀外观基本一致，总数≥ 10 个。</p> <p>②技术要求：</p> <p>气动球阀：口径$\geq DN50$；耐压等级$\geq PN16$；材质：碳钢；安装方式：法兰安装；工作气源压力：4kg-8kg；电磁阀工作电压：DC24V/AC220V；采用仿真薄膜式气动执行机构；仿真改造：利用不同颜色指示阀门开关状态；</p> <p>气动调节阀：口径$\geq DN50$；耐压等级$\geq PN16$；材质：碳钢；安装方式：法兰安装；工作气源压力：2kg-3kg；输入信号：4mA-20mA；采用仿真薄膜式气动执行机构；仿真改造：数显屏显示阀门开度；输入信号：4mA-20mA；</p>

参数性质	序号	技术参数与性能指标
		<p>电动球阀：口径\geqDN50；耐压等级\geqPN16；材质：碳钢；安装方式：法兰安装；工作电压：AC220V；反馈信号：无源触点反馈；电动调节阀：口径\geqDN50；耐压等级\geqPN16；材质碳钢；安装方式：法兰安装；工作电压：AC220V；输入信号：4mA-20mA；反馈信号：4mA-20mA；仿真改造：数显屏显示阀门开度；输入信号：4mA-20mA。</p> <p>③仿真改造</p> <p>阀门状态驱动与反馈传感器：供电 AC220V，四线制，4mA~20mA 驱动，反馈信号精度\leq0.5%；执行机构：电子式执行器，以 220V 交流单相电源作为驱动电源，接受来自调节器控制信号(DC4-20MA 或 DC1-5V)，实现预定直线往复运动的新型执行器；精度：误差：\leq0.8%、回差：\leq1%、死区：\leq1%；阀门操作指令由上位机根据流程切换情况、操作员指令、自动控制 PID 进行自主调节，并将开度信息反馈至上位机，与仿真实训软件实现数据的互联；阀门开度调节：依据底层数据分析软件下发的指令执行。</p> <p>④阀门信号线缆铺设方式：采用防爆软管+穿线管模式进行铺设；</p> <p>⑤配置规格及数量：按工艺流程图进行数量和种类配置；</p> <p>2. 仿真仪表</p> <p>根据《石油化工安全仪表系统设计规范》GB/T 50770-2013 和生产现场工艺要求配套，包含数字式仿真仪表、机械式仿真仪表 2 类。</p> <p>(1) 数字式仿真仪表</p> <p>①状态显示类仪表（压力、温度、物位等）：</p> <p>供电：DC5V 或 DC24V；量程：可随意远程调整；通讯方式：同时具备 RS485 与 4mA-20mA 输入两种控制方式；通讯协议 modbusRTU；控制响应时间\leq100ms；防护等级\geqIP68；防爆等级：Exd BT4；工作温度：$-30^{\circ}\text{C}\sim 50^{\circ}\text{C}$；驱动电路：至少包括单片机、AD 芯片、DA 芯片、485 通讯模块等；设备地址可设置；据 RS485 通信协议发送数据显示内容，数据根据量程输出 4mA-20mA 信号；显示模块：可显示正常数据、异常数据、故障代码（如传感器损坏、超出测量量</p>

参数性质	序号	技术参数与性能指标
		<p>程、串口参数设置错误等)；显示类型及单位可动态设定(包含压力、温度、液位等)，单位随类型进行变化；情景构建：可显示故障代码，包含传感器故障、主板故障、超出应用环境故障、量程故障等。外观：外观与现场数字式仪表一致；线缆铺设方式：防爆软管+穿线管模式进行铺设；配置种类及数量：符合工艺实际并与工艺流程图配套。</p> <p>磁翻板液位计：供电：DC24V；驱动电流 4mA-20mA，驱动电路：至少包括单片机、AO 采集模块、灯光柱等；采用灯光驱动显示表现液位升降；</p> <p>②流量计量类仪表(电磁、涡轮、超声波等)</p> <p>供电：5V-24V 宽幅供电；显示：≥128*128 液晶屏显示瞬时流量和累计流量；通讯方式：RS485 通讯，modbus RTU 通讯协议，设备地址可设置；防护等级≥IP68；防爆等级：Exd BT4；工作温度：-30℃~50℃；驱动电路：至少包括单片机、DA 采集模块、显示屏、485 通讯模块等；显示模块：可显示正常数据、异常数据、故障代码；显示类型及单位可动态设定，单位随类型进行变化；情景构建：可通过 RS485 显示故障代码，包含传感器故障、主板故障、超出应用环境故障、量程故障等。外观与现场数字式仪表一致；线缆铺设采用防爆软管+穿线管的模式进行；配置种类及数量：符合工艺实际与工艺流程图配套。</p> <p>③成分分析类仪表(含水率、气体浓度等)</p> <p>供电：5V-24V 宽幅供电；显示：≥128*128 液晶屏；通讯方式：RS485 通讯，modbus RTU 通讯协议，设备地址可设置；防护等级：IP68；防爆；工作温度：-30℃~50℃；驱动电路：至少包括单片机、DA 采集模块、显示屏、485 通讯模块、报警蜂鸣器等；显示模块：可显示正常数据、异常数据、故障代码；显示类型及单位可动态设定，单位随类型进行变化；情景构建：可通过 RS485 显示故障代码，包含传感器故障、主板故障、超出应用环境故障、量程故障等。根据 RS485 通信协议发送数据显示气体类型和气体数据并带 4-20mA 输出，气体检测仪可模拟检测气体种类包含 CH₄、EDC、H₂S、CO、NH₃、</p>

参数性质	序号	技术参数与性能指标
		<p>SO₂、NO₂、H₂、Cl₂、O₂、HCl，数据超限蜂鸣器报警；外观：外观与现场数字式仪表一致；线缆铺设方式：采用防爆软管+穿线管方式进行；配置种类及数量：符合工艺实际与工艺流程图配套。</p> <p>(2) 机械式仿真仪表（压力、温度等）</p> <p>供电：5V-24V 宽幅供电；量程：表盘量程可快捷更换；通讯：同时具备 RS485 与 4mA-20mA 输入两种控制方式；通讯协议 modbusRTU；控制响应时间 ≤100ms；标度盘公称直径：100mm、150mm；工作温度：-30℃~50℃；角度调整误差：上电电机自复位至 0 位，接收上位机信号，单片机驱动步进电机带动指针进行旋转。旋转最大角度 270°，角度调整误差不超过量程的 1%；重复性：不大于基本误差限绝对值的 1/2；驱动电路：主要包括单片机、AD 芯片、步进电机及驱动器等；可任意控制指针角度，可显示正常数据、异常数据、指针异常摆动等显示状态；表壳材质不锈钢；外观与现场一致；安装方式与现场一致；信号传输线采用工艺管道内部隐蔽铺设。配置种类及数量：符合工艺实际与工艺流程图配套。</p> <p>3. 管道系统</p> <p>(1) 工艺管道，材质：Q235 碳钢，包括管道本体、接头、弯头、三通、法兰、管帽、管托等；口径，主管道口径 ≥DN50、辅助管道（如放空、排污等）口径 ≥DN25、压力表管道：≥DN15；数量：满足工艺搭建需求；</p> <p>(2) 穿线管，材质：镀锌管，口径 ≥DN25；数量：满足电气仪表配套需求；</p> <p>(3) 线缆桥架，槽式金属桥架，单槽尺寸 2000*100*50mm；材质：碳钢 Q235，表面防腐处理；数量：满足电气仪表配套需求；</p> <p>(4) 电缆：动力电缆：国标护套线；规格：RVV5*4、RVV4*6、RVV4*2.5、RVV3*2.5、RVV3*1.5 等；信号电缆：国标护套线，带屏蔽层；规格：RVVP4*0.5、RVVP3*0.5 等；数量：满足电气仪表配套需求；</p> <p>4. 控制系统</p>

参数性质	序号	技术参数与性能指标
		<p>包含标准机柜、CPU 模块、AI 模块、AO 模块、DI 模块、DO 模块、串口服务器、交换机、模块转接端子板及电器附件。总点数≥ 256点。</p> <p>(1) 控制系统采用分布式控制系统，可快速集成，配套专用端子板和电缆，实现系统集成。提供板载保险丝，通道状态指示灯。</p> <p>(2) 系统支持电源模块冗余、控制器模块冗余、通讯模块冗余、I/O 模块冗余、网络冗余、通讯冗余等全系统部件冗余。可实现对控制器 CPU 占用率、剩余内存、控制网络负荷、通讯网络负荷等运行状态进行监测。</p> <p>(3) 系统控制柜：前后单开门，尺寸$\geq 800*800*2100\text{mm}$（包括底座），板材厚度$\geq 1.5\text{mm}$。机柜门内带 A3 横向聚苯乙烯电路图盒（带自粘固定带）。机柜配置电源，风扇工作状态在 DCS 实现监控，1 套；内部安装模块参数：</p> <p>①CPU：32 位工业级微处理器；系统内存$\geq 256\text{MB}$、数据区$\geq 2\text{GB}$；RTOS 实时多任务操作系统，每秒 2048 个控制回路，扫描周期：数字量$\geq 50\text{ms}$，模拟量$\geq 100\text{ms}$，CNet 接口 2 个，通讯速率 1Mbps，SNet 接口 2 个，通讯速率 100Mbps，内置轻量级实时数据库；支持 1:1 热备冗余 MRAM 存储，掉电不丢失数据；具有 I/O 信号处理、回路控制计算、网络通讯处理、冗余诊断交互等功能，支持的 ModBusRTU、ModBusTCP、ProfibusDP、104 等通讯协议；1 套；</p> <p>②AO 模块：16 通道电流信号输出，信号类型 0mA~10mA、4~20mA、0~20mA，精度 0.1%F.S. 输出响应$\leq 100\text{ms}$；通道信号统一隔离；支持断线检测功能。配套专用端子板和连接导线。</p> <p>③AI 模块：16 路模拟量输入。信号类型 4~20mA 或 0~20mA，精度 0.1%F.S. 输入响应$\leq 100\text{ms}$；通道信号统一隔离；支持断线检测功能。配套专用端子板和连接导线。</p> <p>④DI 模块：32 路数字量输入，支持 0V~30V 输入，输入响应时间$\leq 10\text{ms}$，耐压值$\geq 500\text{VAC}/\text{min}$；支持在线自诊断。配套专用端子板和连接导线。</p> <p>⑤DO 模块：32 路晶体管型数字量输出模块，电压 20.4V~26.4V，负载能 100mA@24V/通道，输出响应时间$\leq 10\text{ms}$，耐压值$\geq 500\text{VAC}/\text{min}$；支持在线自诊</p>

参数性质	序号	技术参数与性能指标
		<p>断。配套专用端子板和连接导线。</p> <p>⑥串口服务器：≥4 串口，32 位工业级 ARM 处理器，两路 100BaseT 自适应以太网接口，四路隔离的 RS485 接口（单路 RS485 接口可接入 8 个设备，共 32 个设备），接口形式：RJ45，电源输入 24VDC±20%，工作温度-30~60℃。</p> <p>5. 情景构建系统</p> <p>以企业隐患排查资料及 HAZOP 分析、典型事故案例等为开发依据，具备预置隐患、故障、异常工况情景再现及故障排故功能。可实现以下情景内容模拟：</p> <p>(1) 隐患故障模拟点，涵盖设备设施本体、仪表、电气、监控通信、人员操作、装置运行等类型隐患故障内容：</p> <p>①设备设施本体类，包含罐体设备（爆破片失效、加热炉焊接缺陷渗漏等）、离心泵（叶轮堵塞或损坏、泵抽空等）、螺杆泵（入口管线堵、电机过载、振动异常增大等）、手动/自动阀门（闸阀无法完全关闭或开启、球阀卡死等）、安全阀（拒跳、频跳、排放后阀瓣不回座等）、压力管道（焊缝腐蚀、管壁减薄）等点位模拟；</p> <p>②仪表类，包含压力指针表和温度指针表（指针抖动大、卡死、不落零等），压力变送器、温度变送器、流量变送器、油水界面分析仪和液位传感器（输出信号与现场显示不一致、零点漂移、传感器故障、超量程、被写保护等），可燃/有毒气体检测仪（报警功能失效、测量值不准、数据显示异常、误报等）等设备；</p> <p>③电气类，含配电柜（柜体带电、断电等）、机泵防爆接线柱过载、离心泵电机漏电等点位模拟；</p> <p>④监控通信类，含电源故障、网络故障、网络设备故障、参数配置错误等点位模拟；</p> <p>(2) 事故模拟点，包含泄漏点模拟（法兰、阀门盘根处、管道直管段、弯头、三通等处）、火灾点模拟、爆炸点模拟、人员事故等；</p>

参数性质	序号	技术参数与性能指标
		<p>(3) 工艺生产运行参数异常模拟, 基于工艺生产运行实际运行正常工况, 结合现场典型异常工况, 进行工艺异常参数模拟, 总数量与工艺运行参数匹配; 包含各类仪表异常参数报警等。</p> <p>(三) 配套设备</p> <p>安全生产实训平台配套设备主要包含手持式仿真气体检测仪、手持式仿真风速仪、接地电阻测量仪、测厚仪、就地操作站、壁挂教学装置、行为监测装置等, 详细的技术参数如下:</p> <ol style="list-style-type: none"> 手持式仿真气体检测仪, 数量: 1 台 包括基站和手持端, 手持端和基站无线数据通讯, 采用 UWB 进行距离检测及数据发送。基站: 24V 供电, RS485 通讯, modbus 通讯协议, 波特率 9600 无奇偶检验 8 位数据位 1 位停止位, 通讯数据包含距离及显示数据、报警数据。手持端: 锂电池供电, 续航时间: $\geq 2h$。可同时模拟 4 种气体类型及单位 (CH_4、O_2、H_2S、CO、Cl_2、HCl、H_2、SO_2、NH_3), 可设置报警数值。 手持式仿真风速仪, 数量: 1 台 包含基站和风速仪手持端; 手持端和基站无线数据通讯, 采用 LORA 进行数据发送。基站: RS485 通讯, 24V 供电, 包含 LORA 模块, modbus 通讯协议, 波特率 9600 无奇偶检验 8 位数据位 1 位停止位。手持端: 锂电池供电, 续航时间: $\geq 2h$, 无线数据接收 (LORA)。数据显示温度、湿度及风速。通过控制系统设置天气及环境, 下放给 DCS 系统, 并通过 modbus RTU 发送给基站, 基站无线传输下发手持终端并显示。 模拟中毒假人倒地装置, 数量: 1 套。 可根据泄露浓度的提高, 模拟行走假人中毒后倾倒演示; 接地电阻测量仪, 数量: 1 台 测量方式: 2 线法/3 线法; 显示屏: 背光显示屏; IP65 防尘防水; 接地电压: 0~200V; 接地电阻: 2Ω (0~1.999)、20Ω (2~19.99)、200Ω (20~199.9)

参数性质	序号	技术参数与性能指标
		<p>5. 测厚仪，数量：1 台</p> <p>测量范围：1.00~300.00mm；测量单位：0.1mm/0.01mm/0.01in；示值误差：$H < 10\text{mm}$，$+0.1\text{mm}$，H 为实际厚度，$H > 10\text{mm}$，$\pm(1\%H+0.1)\text{mm}$；管材测量下限：$\phi 20 \times 3\text{mm}$ (钢)。</p> <p>6. 操作站：双工位琴式操作台，防火板桌面，冷轧钢柜体，控制终端，$\geq 2.5\text{GHz}$ 主频；$\geq 4.4\text{GHz}$ 睿频；≥ 6 核；≥ 12 线程、$\geq 16\text{G}$ 内存、$\geq 512\text{GB}$ 存储、$\geq 6\text{G}$ 独显、23.8 吋；数量：1 套；</p> <p>7. 壁挂教学终端，尺寸≥ 98 吋；分辨率$\geq 3840 \times 2160$，4K；防眩光玻璃；内置双系统：安卓系统运行内存$\geq 4\text{G}$、存储$\geq 32\text{G}$，WIN 系统：CPU 主频$\geq 3.3\text{GHz}$，最高睿频$\geq 3.4\text{GHz}$，≥ 4 核，线程≥ 4 线程，内存$\geq 8\text{G}$，存储$\geq 128\text{GB}$ SSD；壁挂安装。数量：1 套；</p> <p>8. 行为监测装置，≥ 800 万像素；$\geq 2560 \times 1440$；支持红外、背光补偿、人形检测，强光抑制，3D 数字降噪；POE 供电；≥ 1 路 RJ45 接口；存储终端：8 路，4T 存储量，支持 H.265 高效视频编码码流、H.265、H.264 编码的 IP 设备混合接入；≥ 400 万像素高清网络视频的预览、存储与回放；数量：1 套；</p> <p>(四) 装置安全要求</p> <p>装置整体不通入实际物料，不产生高温高压环境，配套有相应的防静电、漏电设施和紧急停止按钮，主要部件还应设有保护罩和显著的警示标识。</p> <p>二、软件系统</p> <p>包含安全生产仿真控制软件、工艺数值仿真软件、实训考核评估软件，技术参数如下：</p> <p>(一) 油气安全生产仿真控制软件</p> <p>开发数据采集与监控模拟系统，全流程再现油气处理工艺的集中监控、操作、控制和应急响应全过程。</p> <p>1. 动态工艺流程图：显示联合站油气处理的完整工艺过程，图内设备（机泵、阀门、分离器）、管线、数据点（压力、温度、流量）均根据仿真模型</p>

参数性质	序号	技术参数与性能指标
		<p>实时更新状态。</p> <p>2. 实时数据监控：以数字、趋势曲线、棒状图等形式，实时显示管道关键节点的压力、温度、流量、设备转速等工艺参数</p> <p>3. 报警管理：内置完善的报警逻辑。当参数超限、设备异常时，系统能以声、光、弹窗等形式发出分级报警，并记录在报警列表中。</p> <p>4. 远程控制操作：通过软件实现远程启停压缩机、开关电动阀门、调节调节阀（PID控制）、设置压力/流量设定值等。</p> <p>▲5. 设备仿真操作：对关键设备（如三相分离器、电脱水器、加热炉、稳定塔、污水沉降罐等）进行精细化建模。可查看设备内部状态、性能曲线，并进行泵启停、阀门开关/调节等操作。</p> <p>6. 故障触发与模拟：可对预先设置故障场景进行触发与模拟，同时驱动现场故障单元进行物理展示等。</p> <p>7. 应急演练流程引导：可按照应急预案的标准流程进行操作引导，包括：报警确认、紧急调度、流程切换（如干线截断）、放空、泄压、消防系统启动等。</p> <p>8. 工艺数值仿真软件联动：仿真控制软件接收学员的操作指令，下发给工艺数值仿真软件进行计算；后者将计算出的管道全线动态水力、热力状态实时返回，驱动控制系统画面更新。</p> <p>9. 实训考核评估软件联动：可将所有操作行为、响应时间、处置结果等数据都被实时记录并发送至实训考核评估软件，作为客观、量化的评分依据。</p> <p>（二）生产实训平台工艺数值仿真软件</p> <p>选用数值模拟平台，基于联合站油气处理流程，建立数字模拟系统，涵盖正常状态、非正常状态的各类情况，可针对工艺过程进行设计分析的稳态仿真和运行分析的动态仿真。</p> <p>1. 全工况机理模型技术建模：采用机理模型对整体工艺和各工况进行模拟。建立的工艺模型应与工厂装置的稳定状态相匹配，逼真再现工厂装置的</p>

参数性质	序号	技术参数与性能指标
		<p>各类动态特性，实现对工厂装置动态模拟；</p> <p>2. 稳态仿真精度$\geq 5\%$，动态仿真精度$\geq 8\%$；</p> <p>3. 仿真速率：能根据现场操作实时模拟，并利用 API 接口进行数据交互，整体速率$\leq 1s$；</p> <p>4. 实训过程动态模拟可反应实时数据，提供精确操作数据反馈；</p> <p>（三）生产实训平台实训考核评估软件</p> <p>实训考核评估软件分为管理和评价两部分。</p> <p>1. 管理部分具有班级管理、学生管理、培训设备管理、工器具管理、训练科目管理、操作步骤分数评分、成绩管理等功能；可自由建立、编辑或删除天然气长输类训练科目，关联初始表以及各点表，实现项目自动评分功能；</p> <p>2. 评分部分汇聚操作数据流，基于操作规程及考核模型，实现输油和输气站场实训过程的记录、自动评分、成绩归档；</p> <p>3. 具有培训设备选择、训练班级指定、项目选择、实时评价、隐患触发、过程记录回放、操作规程查看、操作成绩记录、操作过程记录等功能。</p> <p>（四）配套教学资源</p> <p>1. 教学资源类型：三维动画，视频输出格式为 mp4 或 avi；输出像素：$\geq 1920*1080$，16:9 全高清 1080P 视频文件。</p> <p>2. 涵盖资源</p> <p>（1）设备类：包含水套加热炉、管式加热炉、管壳式换热器、套管换热器、三相分离缓冲罐、电脱水器、过滤器、板式塔、原油稳定塔、填料塔、分馏塔、吸收塔、解析塔、重力沉降罐、混凝沉降罐、拱顶罐、外浮顶储罐、LNG 储罐、球罐、低温球罐、料仓、缓冲罐、汽油沉降罐、常减压电脱盐罐等设备结构原理三维动画资源，总时长≥ 90分钟。</p> <p>（2）阀门仪表类：包含三通球阀、双液控单向阀、MOKVELD 轴流式单向阀、弹簧式安全阀、重锤杠杆式安全阀、弹簧式安全阀、先导式安全阀、RGM</p>

参数性质	序号	技术参数与性能指标
		<p>调节阀、气动调节阀、调节阀结构及工作原理、针型调节阀、液压安全阀、电磁流量计、超声波流量计等设备结构原理，时长≥ 60分钟。</p> <p>三、实训功能</p> <p>(一) 工艺设备认知与操作</p> <p>实现对联合站典型工艺工序、典型设备结构的认知学习，工艺流程的操作训练；可开展设备的安全操作、设备故障诊断与处置、设备拆装、维护保养等方面的实训。</p> <p>(二) 智能化工艺调整与优化</p> <p>可实现生产数据分析调控与优化，开展数据调整及优化实训等。</p> <p>(三) 异常工况分析与应对</p> <p>可开展联合站各类异常工况的分析与处置实训。</p> <p>(四) 报警处置及预警分析与决策</p> <p>可开展设备类、工艺类等各类报警分析与处置实训，实现预警分析与决策实训。</p> <p>(五) 风险、隐患辨识与事故应急处置模拟演练</p> <p>可开展工艺设备操作的风险辨识及隐患排治等训练，在此基础上，可开展工艺事故应急处置模拟演练。</p> <p>(六) 科教融合</p> <p>可开展联合站工艺设备的优化设计及创新，可满足生产管理、新理念、新技术应用等方面的验证、研究。</p>
LNG 综合仿真接收站实训平台	4	<p>一、硬件构成</p> <p>包含主体设备、辅助设备及配套设备三部分。</p> <p>(一) 主体设备</p> <p>包含平台撬座、仿真 LNG 船系统、仿真卸船系统、仿真 LNG 储存系统、仿真再冷凝系统、仿真气化系统等，外观与现场设备相近，相似度$\geq 95\%$，技术参数如下：</p>

参数 性质	序 号	技术参数与性能指标
		<p>1. 平台撬座，面积：40-50 m²；材质：Q235 碳钢；壁厚≥3mm；撬装结构≥2mm 花纹板；</p> <p>2. 仿真 LNG 船系统，（1）LNG 船，尺寸≥2200×600×1800mm；主材≥2mm 碳钢板；外观与实物 LNG 船基本一致，外观及附件的相似度≥95%，数量：1 台。（2）LNG 卸料泵，潜液泵，口径≥DN50，功率≥0.75kW；材质碳钢；扬程≥30m；安装方式法兰连接；防爆定频电机；实物改造，防爆式就地操作柱，具备就地/远程启停功能；数量：1 台；</p> <p>3. 仿真卸船系统：（1）卸料臂（可实际操控），尺寸≥800×180×1200mm；主材≥2mm 碳钢；外观与现场设备相近，相似度≥95%，数量：1 台。（2）回气臂（可实际操控），尺寸≥800×180×1200mm；主材≥2mm 碳钢；数量：1 台。</p> <p>4. 仿真储存系统： （1）LNG 储罐 A/B（含平台、护栏、人孔等附件），数量：2 座，尺寸≥Φ1400×1700mm；主材：≥2mm 碳钢板；设备内嵌 LNG 储罐三维工况模拟系统：其中一套设备配套三维工况模拟交互控制器（显示尺寸≥32 吋，≥1920*1080，控制器主机：≥四核，≥1G+8G），以三维静态的形式展示 LNG 储罐内部构造，并基于操作数据，三维动态展示 LNG 储罐加注、卸料、储存的动态工况模拟。 （2）LNG 高压输送泵 A/B，高压柱塞泵，数量：2 台；口径≥DN50，功率≥1.5KW；材质：碳钢；出口压力≥25.0MPa；安装方式：法兰连接；防爆定频电机；实物改造，防爆式就地操作柱，具备就地/远程启停功能。（3）LNG 低压输送（倒灌）泵，立式潜液泵，口径≥DN50，功率≥0.75KW；材质≥2mm 碳钢；出口压力≥1.6MPa；安装方式：法兰连接；防爆定频电机；实物改造，防爆式就地操作柱，具备就地/远程启停功能；数量：1 台；</p> <p>5. 仿真再冷凝系统：（1）再冷凝器，尺寸≥Φ9500×9500mm；主材≥2mm 碳钢板；数量：1 台。（2）BOG 压缩机，往复式压缩机（活塞式）口径≥DN50，功率≥1.5KW；材质≥2mm 碳钢；排出压力：4~25MPa；安装方式：法兰连接；防爆定频电机；实物改造，防爆式就地操作柱，具备就地/远程启停功能；数</p>

参数性质	序号	技术参数与性能指标
		<p>量：1台；</p> <p>6. 仿真气化系统：（1）气化器，数量：燃烧式、开架式各1座，尺寸$\geq \Phi 1400 \times 1700\text{mm}$；主材$\geq 3\text{mm}$碳钢板；气化器内嵌三维工况模拟系统：配套三维工况模拟交互控制器（显示尺寸≥ 32吋，$\geq 1920 \times 1080$，控制器主机：\geq四核，$\geq 1\text{G}+8\text{G}$），以三维静态的形式展示汽化器（燃烧式、开架式）内部构造，并基于操作数据，三维动态展示汽化器的气化动态工况模拟。（2）LNG中压输送泵，中压活塞泵，口径$\geq \text{DN}50$，功率$\geq 0.75\text{KW}$；材质$\geq 2\text{mm}$碳钢；出口压力$\geq 4\text{MPa}$；安装方式法兰连接；防爆定频电机；实物改造，防爆式就地操作柱，具备就地/远程启停功能；数量：1台；</p> <p>7. 离心泵：流量$\geq 11\text{m}^3/\text{h}$、扬程$\geq 16$米、功率$\geq 1.5\text{KW}$、泵效率$\geq 60\%$，数量1台。</p> <p>8. 金属质架：数量2组。</p> <p>9. 金属骨架为主的椅凳：数量10张。</p> <p>（二）辅助设备</p> <p>包含仿真阀门、仿真仪表、管道系统及施工附件、控制系统、情景构建系统等，技术参数如下：</p> <p>1. 仿真阀门</p> <p>包含仿真手动阀门、仿真安全阀、仿真电动阀门/气动阀门3类。技术参数符合工业和信息化部《钢制管法兰、垫片、紧固件》（HG/T20592~20635-2009）标准。</p> <p>（1）仿真手动阀门</p> <p>①配置规格及数量：符合工艺流程及设备功能要求。种类包含仿真球阀、闸阀、截止阀、仪表阀等；材质碳钢；安装方式法兰安装。</p> <p>②仿真改造</p> <p>阀门状态采集传感器：供电24VDC，三线制，OUT24V，低电平输出，反馈信号精度$\leq 0.5\%$；阀门内部传感器执行机构：采用阀体内部镶嵌结构、304</p>

参数性质	序号	技术参数与性能指标
		<p>不锈钢材质、非接触式电磁采集；状态采集器：开关式阀门采用 DI 低电平触发有效，感应距离 2~5mm；调节式阀门采用 AI 连续采集，4~20mA 有效；阀门的开度情况，实时上传至采控系统，采控精度$\leq 0.5\%$；根据不同的流程导通工况，驱动相应仪表示数变换，阀门状态与中控参数相一致；阀门改装后，具备阻尼操作手感，采用 12V 安全电压电信号进行改装；</p> <p>③阀门信号线缆铺设方式：经工艺管道内部隐蔽铺设；</p> <p>④口径及耐压等级：主工艺流程$\geq DN50$；辅助工艺流程$\geq DN25$；压力表管线$\geq DN15$；耐压等级$\geq PN16$；</p> <p>⑤配件：含配套法兰、密封垫、安装螺栓螺母、平垫、弹垫等。</p> <p>(2) 仿真安全阀</p> <p>①仿真改造：阀门状态采集传感器：供电 24VDC，两线制，OUT：声光报警，反馈信号精度$\leq 0.5\%$；</p> <p>②阀门信号线缆铺设方式：经工艺管道内部隐蔽铺设；</p> <p>③口径$\geq DN25$；法兰安装；</p> <p>④耐压等级$\geq PN16$；</p> <p>⑤配置规格及数量：按工艺流程图进行规格、数量配置；</p> <p>⑥配件：含配套法兰、密封垫、安装螺栓螺母、平垫、弹垫等。</p> <p>(3) 仿真电动阀门、气动阀门</p> <p>①阀门类型及数量：按工艺流程图进行阀门规格、数量配置，其中仿真气动阀外观应与薄膜式气动阀外观基本一致。</p> <p>②技术要求：</p> <p>气动球阀：口径$\geq DN50$；耐压等级$\geq PN16$；材质碳钢；安装方式法兰安装；工作气源压力：4-8kg；电磁阀工作电压：DC24V/AC220V；采用仿真薄膜式气动执行机构；仿真改造：显示不同颜色指示阀门开关状态；</p> <p>气动调节阀：口径$\geq DN50$；耐压等级$\geq PN16$；材质碳钢；安装方式法兰安装；工作气源压力：2-3kg；输入信号：4-20mA；采用仿真薄膜式气动执行</p>

参数性质	序号	技术参数与性能指标
		<p>机构；仿真改造：数显屏显示阀门开度；输入信号：4~20mA；</p> <p>电动球阀：口径\geqDN50；耐压等级\geqPN16；材质碳钢；安装方式法兰安装；工作电压：AC220V；反馈信号：无源触点反馈；</p> <p>电动调节阀：口径\geqDN50；耐压等级\geqPN16；材质碳钢；安装方式法兰安装；工作电压：AC220V；输入信号：4~20mA；反馈信号：4~20mA；仿真改造：数显屏显示阀门开度；输入信号：4~20mA。</p> <p>③仿真改造</p> <p>阀门状态驱动与反馈传感器：供电 AC220V，四线制，4~20mA 驱动，反馈信号精度\leq0.5%；执行机构：3810L 系列电子式执行器；精度：误差\leq0.8%、回差\leq1%、死区\leq1%；阀门操作指令由上位机根据流程切换情况、操作员指令、自动控制 PID 进行自主调节，并将开度信息反馈至上位机，与仿真实训软件实现数据的互联；阀门开度调节：依据底层数据分析软件下发的指令执行。</p> <p>④阀门信号线缆铺设方式：采用防爆软管+穿线管的模式进行铺设；</p> <p>⑤配件：含配套法兰、密封垫、安装螺栓螺母、平垫、弹垫等。</p> <p>2. 仿真仪表</p> <p>包含数字式仿真仪表、机械式仿真仪表 2 类。相关参数符合《石油化工安全仪表系统设计规范》（GB/T 50770-2013）和生产现场工艺要求。</p> <p>(1) 数字式仿真仪表</p> <p>①状态显示类仪表（压力、温度、物位等）：</p> <p>供电：DC5V 或 DC24V；量程：可远程调整；通讯方式：同时具备 RS485 与 4~20mA 输入两种控制方式；通讯协议 modbusRTU；控制响应时间\leq100ms；防护等级\geqIP68；防爆等级：Exd BT4；工作温度：-30~50℃；驱动电路：包括单片机、AD 芯片、DA 芯片、485 通讯模块等；设备地址可设置；据 RS485 通信协议发送数据显示内容，数据根据量程输出 4~20mA 信号；显示模块：可显示正常数据、异常数据、故障代码（如传感器损坏、超出测量量程、串</p>

参数性质	序号	技术参数与性能指标
		<p>口参数设置错误等)；显示类型及单位可动态设定(包含压力、温度、液位等)；情景构建：可显示故障代码(含传感器故障、主板故障、量程故障等)。线缆铺设方式：采用防爆软管+穿线管的模式进行；配置种类及数量：符合工艺实际与工艺流程图配套。</p> <p>②流量计量类仪表(质量、涡轮、超声波等)</p> <p>供电：5~24V宽幅供电；显示：≥128*128液晶屏显示瞬时流量和累计流量；通讯方式：RS485通讯，modbus RTU通讯协议，设备地址可设置；防护等级≥IP68；防爆等级：Exd BT4；工作温度：-30~50℃；驱动电路：至少包括单片机、DA采集模块、显示屏、485通讯模块等；显示模块：可显示正常数据、异常数据、故障代码；显示类型及单位可动态设定，单位随类型变化；情景构建：可通过RS485显示故障代码(含传感器故障、主板故障、超出应用环境故障、量程故障等)。线缆铺设方式：采用防爆软管+穿线管的模式进行铺设；配置种类及数量：符合工艺实际与工艺流程图配套。</p> <p>③成分分析类仪表</p> <p>供电5~24V宽幅供电；显示≥128*128液晶屏；通讯方式：RS485通讯，modbus RTU通讯协议，设备地址可设置；防护等级≥IP68；防爆；工作温度：-30~50℃；驱动电路：至少包括单片机、DA采集模块、显示屏、485通讯模块、报警蜂鸣器等；显示模块：可显示正常数据、异常数据、故障代码等；显示类型及单位可动态设定，单位随类型变化；情景构建：可通过RS485显示故障代码，包含传感器故障、主板故障、量程故障等。根据RS485通信协议发送数据显示气体类型和气体数据并带4~20mA输出，固定式气体检测仪可模拟检测气体种类包含：甲烷、硫化氢、一氧化碳、氧气、氨气、氯气、氯化氢等，数据超限蜂鸣器报警；线缆铺设方式：采用防爆软管+穿线管的模式进行铺设；配置种类及数量：符合工艺实际与工艺流程图配套。</p> <p>(2)机械式仿真仪表(压力、温度等)</p> <p>供电：5~24V宽幅供电；量程：表盘量程可更换；通讯：同时具备RS485</p>

参数性质	序号	技术参数与性能指标
		<p>与 4~20mA 输入两种控制方式；通讯协议 modbusRTU；控制响应时间≤等于 100ms；标度盘公称直径：100mm、150mm；工作温度：-30~50℃；角度调整误差：上电电机自复位至 0 位，接收上位机信号，单片机驱动步进电机带动指针进行旋转。旋转最大角度 270°，角度调整误差不超过量程的 1%；重复性：≤基本误差限绝对值的 1/2；驱动电路：主要包括单片机、AD 芯片、步进电机及驱动器等；可任意控制指针角度，可显示正常数据、异常数据、指针异常摆动等显示状态；表壳不锈钢材质；安装方式与现场一致；线缆铺设方式：采用工艺管道内部隐蔽铺设。配置种类及数量：符合工艺实际并与工艺流程图配套。</p> <p>3. 管道系统及施工附件</p> <p>(1) 工艺管道，材质 Q235 碳钢，包括管道本体、接头、弯头、三通、法兰、管帽、管托等；口径，主管道口径≥DN50、辅助管道（如放空、排污等）口径≥DN25、压力表管道：≥DN15；数量：满足工艺搭建需求；</p> <p>(2) 穿线管，材质镀锌管，口径≥DN25；数量：满足电气仪表配套需求；</p> <p>(3) 线缆桥架，槽式金属桥架，单槽尺寸约 2000*100*50mm；材质：碳钢 Q235，表面防腐处理；数量：满足电气仪表配套需求；</p> <p>(4) 电缆：动力电缆：国标护套线；规格：RVV5*4、RVV4*6、RVV4*2.5、RVV3*2.5、RVV3*1.5、RVV2*1；信号电缆：国标护套线，带屏蔽层；规格：RVVP4*0.5、RVVP3*0.5、RVVP2*0.5；数量：满足电气仪表配套需求；</p> <p>(5) 施工附件：防爆挠性软管、防爆密封胶泥等，数量：满足电气仪表配套需求。</p> <p>4. 控制系统</p> <p>包含标准机柜、CPU 模块、AI 模块、AO 模块、DI 模块、DO 模块、串口服务器、交换机、模块转接端子板及电器附件。总点数≥120 点。</p> <p>(1) 控制系统采用分布式控制系统，配套专用端子板和电缆，实现系统集成。提供板载保险丝，通道状态指示灯。</p>

参数性质	序号	技术参数与性能指标
		<p>(2) 系统支持电源模块冗余、控制器模块冗余、通讯模块冗余、I/O 模块冗余、网络冗余、通讯冗余等全系统部件冗余。可实现对控制器 CPU 占用率、剩余内存、控制网络负荷、通讯网络负荷等运行状态的监测。</p> <p>(3) 系统控制柜：前后单开门，尺寸$\geq 800*800*2100\text{mm}$（含底座），板材厚度$\geq 1.5\text{mm}$。机柜门内带 A3 横向聚苯乙烯电路图盒。机柜配置电源，风扇工作状态在 DCS 实现监控，1 套；内部安装模块参数：</p> <p>①CPU：32 位工业级微处理器；系统内存：$\geq 256\text{MB}$、数据区：$\geq 2\text{GB}$；RTOS 实时多任务操作系统，每秒 2048 个控制回路，扫描周期：数字量$\geq 50\text{ms}$，模拟量$\geq 100\text{ms}$，CNet 接口 2 个，通讯速率 1Mbps，SNet 接口 2 个，通讯速率 100Mbps，内置轻量级实时数据库；支持 1:1 热备冗余 MRAM 存储，掉电不丢失数据；具有 I/O 信号处理、回路控制计算、网络通讯处理、冗余诊断交互等功能，支持的 ModBusRTU、ModBusTCP、ProfibusDP、104 等通讯协议；1 套；</p> <p>②AO 模块：16 通道电流信号输出，信号类型 0~10mA、4~20mA、0~20mA，精度 0.1%F.S. 输出响应$\leq 100\text{ms}$；通道信号统一隔离；支持断线检测功能。配套专用端子板和连接导线。</p> <p>③AI 模块：16 路模拟量输入，12bit。信号类型$\pm 10\text{V}$、$\pm 5\text{V}$、$\pm 2.5\text{V}$或 0~20mA，满量程的$\pm 0.1\%$/$\pm 0.2\%$。</p> <p>④DI 模块：32 路数字量输入，支持 0~30V 输入，输入响应时间$\leq 10\text{ms}$，耐压值$\geq 500\text{VAC}/\text{min}$；支持在线自诊断。配套专用端子板和连接导线。</p> <p>⑤DO 模块：32 路晶体管型数字量输出模块，电压 20.4~26.4VDC，负载能 100mA@24V/通道，输出响应时间$\leq 10\text{ms}$，耐压值$\geq 500\text{VAC}/\text{min}$；支持在线自诊断。配套专用端子板和连接导线。</p> <p>⑥串口服务器：≥ 4 串口，32 位工业级 ARM 处理器，两路 100BaseT 自适应以太网接口，四路隔离的 RS485 接口（单路 RS485 接口可接入 8 个设备，共 32 个设备），接口形式：RJ45，电源输入 24VDC$\pm 20\%$，工作温度$-30\sim 60^{\circ}\text{C}$。</p>

参数性质	序号	技术参数与性能指标
		<p>5. 情景构建系统</p> <p>以企业隐患排查资料及 HAZOP 分析、典型事故案例等为开发依据，具备预置隐患、故障、异常工况情景再现及故障排故功能。可实现以下情景内容模拟：</p> <p>(1) 隐患故障模拟点，涵盖设备设施本体、仪表、电气、监控通信、人员操作、装置运行等类型隐患故障内容：</p> <p>①设备设施本体类，需在 LNG 船系统、卸船系统、LNG 储存系统、再冷凝系统等位置设置故障模拟点；故障内容包含罐体（罐壁腐蚀减薄、防雷接地失效、安全阀故障等）、机泵（入口管线堵、叶轮堵塞或损坏、泵抽空、密封失效等）、手动/自动阀门（无法完全关闭或开启、卡死等）、安全阀（拒跳、频跳等）、压力管道（焊缝腐蚀、管壁减薄）等；</p> <p>②仪表类，分别在压力监测仪表、温度监测仪表、液位监测仪表、流量监测仪表等位置设置隐患故障模拟点；故障内容包含压力指针表和温度指针表（卡死、不落零、误差大等），压力变送器、温度变送器、流量变送器、液位传感器（输出信号和现场显示不一致、零点漂移、传感器故障等），检测仪（报警功能失效、数据显示异常、误报）等；</p> <p>③电气类，分别在电机操作柱、接地装置等位置设置隐患故障模拟点；故障包含电机操作柱壳体带电、打火等；</p> <p>(2) 事故模拟点，包含：汽化器的气体泄漏；气相管线中超压泄漏；应急放空；输送泵的轴承高温、震动异响、高温烧蚀等事故；低温管道结霜伤人；储罐高压气态介质泄漏；火灾与爆燃等，总数量≥ 5处；</p> <p>(3) 工艺生产运行参数异常模拟，包含各类仪表异常参数报警等。</p> <p>(三) 配套设备</p> <p>包含手持式仿真气体检测仪、手持式仿真风速仪、测厚仪、就地操作站、壁挂教学装置、行为监测装置等，技术参数如下：</p> <p>1. 手持式仿真气体检测仪，数量 1 台</p>

参数性质	序号	技术参数与性能指标
		<p>包括基站和手持端，手持端和基站无线数据通讯，采用 UWB 进行距离检测及数据发送。基站：24V 供电，RS485 通讯，modbus 通讯协议，波特率 9600 无奇偶检验 8 位数据位 1 位停止位，通讯数据包含距离及显示数据、报警数据。手持端：锂电池供电，续航时间：≥2h。显示电量及设备地址，设备地址通过拨码开关设置。</p> <p>▲可同时模拟≥6 种气体类型及单位，气体类型可设置（CH₄、O₂、H₂S、CO、Cl₂、HCl、H₂、SO₂、NH₃），可设置报警数值，报警蜂鸣器报警及马达震动。</p> <p>2. 手持式仿真风速仪，数量 1 台</p> <p>包含基站和风速仪手持端；手持端和基站无线数据通讯，采用 LORA 进行数据发送。基站：RS485 通讯，24V 供电，包含 LORA 模块，modbus 通讯协议，波特率 9600 无奇偶检验 8 位数据位 1 位停止位。手持端：≥3.5 寸显示屏。锂电池供电，续航时间：≥2h，无线数据接收（LORA）。数据显示温度、湿度及风速。实时显示电量及设备地址。通过控制系统设置天气及环境，下放给 DCS 系统，并通过 modbus RTU 发送给基站，基站无线传输下发手持终端并显示。</p> <p>3. 测厚仪，数量 1 台</p> <p>显示屏：≥2.4 吋；测量范围：1.00~300.00mm；测量单位：0.1mm/0.01mm/0.01in；示值误差：H<10mm，+0.1mm，H 为实际厚度，H>10mm，±(1%H+0.1)mm；管材测量下限：φ20*3mm(钢)。</p> <p>4. 操作站：双工位琴式操作台，防火板桌面，冷轧钢柜体，控制终端，主频≥2.5GHz；≥4.4GHz 睿频；≥6 核；≥12 线程、≥16G 内存、存储≥512GB、≥6G 独显、≥23 吋；数量：1 套；</p> <p>5. 壁挂教学终端，尺寸≥98 吋；分辨率：≥3840×2160，4K；防眩光玻璃；内置双系统：安卓系统运行内存≥4G、存储≥32G，WIN 系统：主频≥3.3GHz，最高睿频≥3.4GHz，≥4 核，线程≥4 线程，内存≥8G，存储≥128GB SSD；</p>

参数性质	序号	技术参数与性能指标
		<p>壁挂安装。数量：1套；</p> <p>6. 行为监测装置，≥ 800万像素；$\geq 2560 \times 1440$；支持红外、背光补偿、人形检测，强光抑制，3D数字降噪；POE供电；≥ 1路RJ45接口；存储终端：8路，4T存储量，支持H.265高效视频编码码流、H.265、H.264编码的IP设备混合接入；≥ 400万像素高清网络视频的预览、存储与回放；数量：1套；</p> <p>(四) 装置安全要求</p> <p>装置整体不通入实际物料，不产生高温高压环境，配套有相应的防静电、漏电设施和紧急停止按钮，主要部件还应设有显著的警示标识。</p> <p>二、软件系统</p> <p>包含安全生产仿真控制软件、工艺数值仿真软件、实训考核评估软件及配套教学资源，规格如下：</p> <p>(一) LNG综合接收站安全生产仿真控制软件</p> <p>实现LNG综合接收站的安全生产控制与培训控制，功能如下：</p> <p>1. IO通讯：可对多种类型设备执行读写操作，通过对接现场控制设备硬件采集实时信号，实现对现场生产状态的监视与精准控制。</p> <p>2. 图形界面：以图形、动画等直观形式呈现现场信息，可直接通过界面向控制系统发送指令、设置参数，实现对工业现场控制流程的干预。</p> <p>3. 时序数据库：内置时序数据库，支持按时间序列存储与展示数据，能精准匹配现场设备按时间采集的点数据。</p> <p>4. 逻辑控制：配备逻辑编程引擎，可通过动态脚本编程，对工业现场数据进行逻辑运算、数字运算等处理，并将结果反馈至控制系统。</p> <p>5. 报警预警：当控制系统出现紧急工况时，可通过系统界面、电子邮件、声音、自动语音等多种方式及时通知相关人员。</p> <p>6. 趋势曲线：具备趋势曲线展示功能，支持多种图表类型，可加载历史数据与实时数据。</p> <p>7. 历史记录：可记录并存储从控制系统获取的数据及软件自身产生的数</p>

参数性质	序号	技术参数与性能指标
		<p>据。</p> <p>8. 数据报表：可整合工程运行状况、实时数据、历史数据、警告信息、外部数据库数据及统计运算结果。</p> <p>9. 干预控制：可远程控制各类隐患、故障、事故现象的触发、演变与关闭。</p> <p>(二) LNG 综合接收站工艺数值仿真软件</p> <p>采用数值模拟平台，以 LNG 综合接收站实际流程为依据，对码头、LNG 储罐、压缩机、增压泵、海水汽化器等设备的生产数值进行模拟。可实现用于工艺设计分析的稳态仿真和用于运行分析的动态仿真，要求如下：</p> <p>1. 全工况机理模型建模：工艺模型与工厂装置稳定状态一致，实现对工厂装置的动态模拟。</p> <p>2. 仿真精度：稳态仿真精度$\geq 5\%$，动态仿真精度$\geq 8\%$。</p> <p>3. 仿真速率：根据现场操作实时模拟数据，并通过 API 接口完成数据交互，整体交互速率$\leq 1s$。</p> <p>4. 实训数据反馈：可实时追踪生产数据，提供操作数据反馈。</p> <p>5. 工艺模型自定义：支持对设备及实际操作的工艺模型进行自定义设置，仿真过程中可实时调整参数，实现不同工况的动态模拟。</p> <p>(三) LNG 综合接收站实训考核评估软件</p> <p>1. 管理模块：具备训练科目管理、训练科目步骤编辑、操作步骤评分逻辑编辑、科目初始化表管理、站场点表管理、成绩记录等功能。用户可自由创建、编辑或删除训练科目、初始化表、站场点表；在单个训练科目内，可自由添加、删除、编辑操作步骤，关联初始化表及各点表，实现项目启动后的自动初始化判断与自动评分；具备全流程训练科目组态编辑能力。</p> <p>2. 评分模块：汇聚操作数据流，依据操作规程与考核模型，完成实训过程记录、自动评分与成绩归档。</p> <p>3. 辅助功能：具备实时评价、过程回放、操作规程查看、操作成绩、操</p>

参数性质	序号	技术参数与性能指标
		<p>作过程记录等功能。</p> <p>(四) 配套视频教学资源</p> <p>1. 技术要求: 教学视频输出格式为 mp4 或 avi; 输出像素为 $\geq 1920 \times 1080$, 采用 16:9 全高清 1080P 标准;</p> <p>2. 资源内容</p> <p>(1) 设备类: 包含 LNG 储罐、球罐、低温球罐、储气单元等教学内容, 总时长 ≥ 20 分钟。</p> <p>(2) 检维修类: 涵盖更换法兰阀门、更换法兰垫片、清洗更换 Y 型过滤器滤网、更换阀门填料、离心式轻烃泵操作、管线壁厚检测、保温保冷维修(弯头保温加装钢管)、往复式增压机操作、离心压缩机操作等内容, 总时长 ≥ 70 分钟。</p> <p>(3) 综合运维类: 包含天然气压缩机燃驱压缩机组控制系统、压缩机组运行操作、压缩机组维护检修等内容, 总时长 ≥ 100 分钟。</p> <p>三、实训功能</p> <p>(一) 基础操作与设备认知实训</p> <p>实现码头装卸、LNG 运输船对接、储罐存储、压缩机增压、增压泵输送、海水汽化器汽化、再冷凝器冷凝、火炬放空等全流程典型工序工艺实训。可同步实现设备安全操作规范训练、常见故障诊断与应急处置演练、设备拆装实操等。</p> <p>(二) 智能化工艺应用实训</p> <p>通过模拟接收站各关键节点参数动态变化, 实现参数波动波及 LNG 输送效率分析、存储安全性影响机制等内容训练。在此基础上, 可开展智能化工艺调整实操训练。</p> <p>(三) 异常与风险应对实训</p> <p>1. 异常工况处置能力训练</p> <p>通过典型异常工况(如储罐超压、输送管道堵塞、汽化器效率下降等)</p>

参数性质	序号	技术参数与性能指标
		<p>模拟场景搭建，实现异常工况处置实训。</p> <p>2. 报警与预警决策训练</p> <p>可通过不同层级的报警场景（如设备温度超标、工艺参数偏离、系统故障等）搭建，实现报警原因排查、报警处置实训；在此基础上，借助历史数据与实时监测信息分析，实现预警与决策制定实训。</p> <p>3. 风险与隐患治理训练</p> <p>可利用 LNG 接收站模拟实训装置构建多元化的风险与隐患场景（如设备损伤、工艺参数失控等），并在此基础上开展风险辨识训练。</p> <p>（四）应急实训与科教融合</p> <p>1. 事故应急演练</p> <p>依托模拟实训装置构建贴近实际的 LNG 接收站事故场景（如 LNG 泄漏起火、设备爆炸、管道破裂等），组织开展事故应急处置模拟演练。</p> <p>2. 科教融合</p> <p>可依托设备进行工艺设备优化设计（如汽化器结构改进、储罐保温方案优化等）、生产管理模式优化、新理念应用、新技术（如数字孪生技术）融合等方向的创新研究。</p>

三、解决协议纠纷方式

双方友好协商解决，协商未果可向甲方所在地人民法院起诉。

四、其它事项

- 1、本协议作为设备购置合同附件与合同同时生效。
- 2、本协议一式七份，甲方五份，乙方一份，代理机构一份，经甲、乙双方签字盖章后生效。

甲方

单位名称：西安石油大学

地址：西安市电子二路118号

代表人：

联系电话：029—88382333

2025年 月 日

乙方

单位名称：青岛石大石仪科技有限责任公司

地址：山东省青岛市黄岛区长江西路177号长江国际2216室

代表人：

联系电话：0532-86981672

2025年 月 日