**3.3技术要求**

采购包1：

标的名称：真三轴力学试验机设备

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 参数性质 | 技术参数与性能指标 |
| 1 |  | **一、真三轴压力试验机（1套）**  货物用途说明：用于真三轴条件下富油煤原位热解过程模拟。 |
| 2 |  | **1、主要功能**  ★1.1 模拟不同样品尺寸（100mm、200mm、300mm）的高温真三轴力学试验；  ★1.2 模拟原位状态下（温度、真三轴应力条件下）富油煤热解过程；  ★1.3 实现不同加热方式（电加热、对流加热）下富油煤热解模拟；  ★1.4 实现富油煤原位状态热解过程中煤体破裂声发射实时监测；  ★1.5 实现煤体内部多测点多层位温度、压力实时监测；  ★1.6 实现出口压力控制、瞬态大气量热解油气产量监测；  ★1.7 实现煤体塑性变形过程中三轴压力保持设定值且可持续给压力；  1.8 实现富油煤热解后“原位”力学性质测试、渗透率测试、孔隙度测试。 |
| 3 |  | **2、主要技术参数**  该套装置采用六缸原位加载，最大加载力≥15000KN，各方向压力可稳定跟进，不随煤体形变而变化，可实现不同尺寸样品的高温力学性质测试；装置热解温度常温～600℃，最大工作气体压力＞15MPa；可实现实时收油、收气及成分分析，可实现管路焦油清洗，防止堵塞。  2.1 正方体样品尺寸：100mm、200mm、300mm，实现不同规格样品的高温真三轴力学及热解模拟试验。  ▲2.2 压力范围：六缸原位加载，每轴最大加载力≥15000KN，试验力加载速率范围0.01～20kN/s，加载速率精度：≤0.1%FS，恒力、恒位移控制范围：0.5%～100%FS；恒力、恒位移控制精度：≤0.5%，加载控制精度≤1KN；最大加载行程：≥200mm。  ▲2.3 XYZ三方向六面加载位置均配备高精度位移传感器，可识别、记录各方向轴向变形位移量，变形测控范围:0-10mm，测量分辨率0.0001mm，测量精度≤0.5%；位移行程≥200mm，位移测量精度≤0.5%FS，测量分辨率≤0.001mm，同时要求采样频率≥2kHz。  2.4 模腔封闭系统：封闭囊腔可拆卸式，抗拉强度≥20MPa，最大使用温度≥700℃，最大使用温度下囊的抗压强度≥150MPa。  ▲2.5 加热系统：具有电加热与高温气体加热，常温～600℃，精度±0.5℃，温度分辨率0.1℃；电加热升温速率0～20℃/min连续可调，升温速率可调，精度为≤0.1℃/min。  ▲2.6 气体注入系统：实现气体（N2、CO2）和水蒸气加热与增压，温度≥600℃，气体压力＞15MPa，具有压力监测和自动控制阀，保证载热气体压力稳定和自动调节，压力波动范围控制在≤0.1MPa。同时具备流量控制装置，流量控制范围：0.001～45ml/min连续可调，控制精度≤0.001ml/min。  2.7 可实现样品内部温度、压力多测点多层位（≥4层）实时监测，测量精度≤0.01℃，≤0.01MPa。  2.8 反应釜出入口管道使用保温材料,出口管道添加粉尘过滤装置，配备两级冷阱实现热解产物回收，实现实时收油、收气，配备气液分离计量装置、天平、排水集气装置，可测量油、气产出量；计量装置精度≤0.01ml（气）、≤0.01g（油）。  2.9 热解封闭体安装声发射装置（8通道），可实时监测8个测点的煤、岩在热、力耦合下的破裂特征。  2.10 能够完成高温三轴全应力应变试验、高温三轴蠕变试验、高温三轴动态加载试验、自定义复合路径加载试验，计算弹性模量、泊松比等各项参数。  2.11 加装热解气体循环增温（不低于550℃）增压（不低于20MPa）回注系统，配备相应安全系统。  2.12 数据采集及软件系统：用于力学测试、压力、温度、热解产物计量数据等的显示与记录，全中文操作界面。包括温度、压力数据的显示、自动调整与记录；声发射信号、流量计、油气实时收集量的自动记录；传感器校准。 |
| 4 |  | **3、压力系统附件**  3.1 配套压力自动跟踪装置一套，保证煤岩变形而设定三轴应力不变，精度≤0.1%。  3.2 配套静音空气压缩机一台，为气体增压泵，恒速恒压泵气动阀等提供动力源，配高压储气罐容量4L。  3.3 配套高质量真空泵一台，为整套热解反应釜提供真空环境，抽气速率≥48m3/h，极限压力4.0×10-2Pa，功率＞1.5kW，并实现对油气的低负压收集。同时具有真空缓冲容器，防止直接将水或其他液体抽至真空泵内。  3.4 气体注入系统配备气体增压泵（最大工作压力≥70MPa）、高压储气罐（容积＞4L，耐压≥60MPa）、气体高压调压阀（出入口≥30MPa，精度≤0.1MPa）、流量控制装置（流量控制范围：0.001～45ml/min，控制精度≤0.001ml/min）。  3.5 蒸汽注入系统配备恒速恒压泵（最大工作压力≥70MPa，精度：≤0.1MPa）、流量精度在最高流速情况下≤0.001 ml/min，蒸汽发生器（最大工作压力≥50MPa）。  3.6 出口回压系统配备回压自动跟踪泵（最大工作压力≥50MPa，精度：≤0.01MPa）、高精度回压阀（最大工作压力≥50MPa，精度：≤0.1MPa）。  3.7 配备压力传感器，实现囊内气体压力实时测量，压力监测范围0～20MPa，测量精度≤0.1MPa。 |
| 5 |  | **4、温度系统附件**  4.1 配套电加热与气体加热系统，加热范围：常温～600℃，升温速率0～20℃/min，升温速率可调，精度≤0.1℃/min。  4.2 电加热采用两种方式布置：（1）在真三轴加压板上布置加热管，3种尺寸规格各≥20套（一套18个），加热温度常温～600℃，考虑加热管耐压、布置数量、以及更换样品尺寸时的可调整性；（2）样品内部钻孔布置加热棒，3种尺寸规格各配置≥20套，考虑适应不同尺寸样品（100mm、200mm、300mm）长度加热，加热温度常温～600℃，考虑了内插加热棒的软连接和接插件引出。可通过温度控制器选择阶梯式加热或连续加热方式，同时可根据需求，自行设定。  4.3 气体加热要求实现N2、CO2和水蒸气加热与增压，加热温度常温～600℃可调，气体压力（压力范围：0～20MPa）和流量（0.001～45ml/min）可根据需要实时设置自动调节控制。同时保证囊腔进气口温度为目标温度，允许通过二次加热补偿温度损失。  4.4 配备温度传感器≥100个，实现样品内部多孔位多层（≥4层）位实时测温，温度监测范围常温～600℃，测量精度≤0.1℃，同时考虑内插温度传感器的软连接和接插件引出。  4.5 配套冷却循环装置（一级冷却装置控温范围－10℃～100℃，工作槽容积＞15L，制冷量＞1.8kW；二级冷却装置控温范围－20℃～100℃，工作槽容积＞15L，制冷量＞2.2kW），保证设备正常运行。 |
| 6 |  | **5、气路及油气收集系统**  5.1 氮气2瓶（容量40L、压力≥13MPa、氮气纯度≥99.99%）、减压阀2个（一个压力范围：0～10MPa，一个压力范围：0～2.5MPa）、气路一套；双瓶钢制气瓶柜1个。  5.2 热解产物的气、液分离、收集、计量装置一套，保证气、液实时收集，气体计量确保1min可测量气体体积≥10L，计量精度≤0.01ml（气）；焦油计量范围0～3000g，精度≤0.01g（油）。  5.3 气体注入系统配备高压气体流量控制器，最大工作压力≥50MPa，控制精度：±0.2%F.S。  5.4 油气收集系统配备两级冷阱实现热解产物回收与计量，冷阱温度可调，其中一级冷阱最低冷却温度至少为-10℃，二级冷阱最低冷却温度至少为-20℃。  5.5 设有蒸汽清洗和溶剂反冲洗回路，实验完成后可对相关回路进行清洗，防止热解油气冷凝堵塞管路。 |
| 7 |  | **6、辅助系统**  6.1 配套激光焊接机，对模腔开放接口进行焊接密封，功率≥2kW。  6.2 配套切割机，试验完成后切割内腔体取出热解后的样品。  6.3 配套岩样钻孔机，对样品进行钻孔，适用岩石坚固性系数≥8。钻进深度≥300mm，钻孔垂直度偏移≤0.3mm/100mm，钻孔尺寸：φ13mm、φ15mm、φ17mm、φ19mm、φ21mm、φ23mm、φ25mm、φ30mm，并配备一套对应孔径的钻头。  6.4 配备刀盘切割机，用于加工正方体样品。岩样加工最大规格300×300×300mm，误差＜5mm。工装置采用气动夹具，通过电磁阀控制气动夹具自动夹紧岩心，方便进行操作。  6.5 配备超纯水机1台，制水量≥1.5L/min，水质不低于国标GB6682-2008一级水标准。  6.6 配备样品模具，用于制备标准尺寸样品，样品尺寸满足100mm，200mm，300mm。  6.7 配备样品粉碎机1台（容量≥500g，功率≥1.8kW，转速≥28000r/min，出料粒度：30～300目），超声波清洗机1台（容量≥15L，功率＞1kW），样品真空加压饱和仪1台（样品室尺寸φ120mm×250mm、真空泵功率≥1.5Kw、真空度为-0.098MPa、注压压力≥50MPa、压力表量程0-60MPa）。  6.8 配备样品称量电子秤1台，量程0～100kg，精度≤0.05kg。  6.9 配备焦油称量电子天平2台，量程：0～3000g，精度≤0.01g。 |
| 8 |  | **7、数据采集及处理系统**  7.1 配套温度、压力、声发射、流量计、油气产出量的数据采集模块。  7.2 配套计算机一台，六核十二线程i7处理器，8GB内存，1TB固态硬盘+2TB硬盘，4G独立显卡，27寸液晶显示器。  7.3 配备一台A4激光打印机，具备自动双面打印，复印扫描功能等。 |
| 9 |  | **8、试验耗材清单**  除了实现所要求功能的一套完整设备外，还需配备相应耗材。封闭囊腔≥80个（300mm尺寸的≥60个、200mm尺寸的≥10个、100mm尺寸的≥10个）、3种样品尺寸（100mm、200mm、300mm）的加热棒各配置≥20套，每种尺寸规格的加热管≥20套（一套18个）、样品内部多测点（单根测点≥4个）温度传感器≥100个、样品内部压力传感器≥50个、位移监测传感器≥12个、高温密封圈和电线密封圈≥500个、石墨组件和紫铜环≥500个、粉尘过滤器（可更换部位）≥5个、气液分离器≥3套、耐高温高压快速接头≥200个等试验所需耗材。 |
| 10 |  | 9、配置煤岩显微高温力学系统1套，用于实现的主要功能包括：高温力学性能测试,能够在高温环境下对煤岩样品进行力学实验；微观结构观察，配备显微镜系统，可实时观察煤岩在受力过程中的微观裂隙扩展、颗粒变形等现象，为深入理解煤岩的破坏机制提供直观依据；多物理场耦合研究，结合高温、力学加载和微观观察，模拟煤岩在地下热解过程中面临的复杂工况，为煤炭热解过程提供理论支持。技术参数要求包括：  （1）设备精度：高温炉温度最高温度1000℃，控制精度应达到±1℃，最大加热速率100℃/min，力学加载系统的位移精度应优于0.01 mm，最大力值5KN，力值测量精度应优于0.1%（力学传感器需具备第三方校准报告）。  （2）可靠性：设备应具备高可靠性，连续运行时间不少于8小时，且在正常使用条件下，年故障率应低于5%。  （3）兼容性：设备应能够与现有的实验室数据采集系统和显微镜系统兼容，支持主流的数据传输接口（如USB、RS232等）。设备需具备视窗和响应的台体水冷配置，允许在高温压缩的过程中通过显微镜进行观测。  （4）安全性：①电气安全：设备应符合国家电气安全标准，具备过载保护、短路保护、漏电保护等功能。②高温防护：高温炉应配备隔热装置，确保操作人员在设备运行过程中不会受到高温伤害。③紧急停止装置：设备应配备紧急停止按钮，能够在紧急情况下迅速切断电源，停止设备运行。④安全标识：设备应在明显位置标注安全警示标识，提醒操作人员注意安全。 |
| 11 |  | 10、配置GPC凝胶色谱检测系统1套，主要的功能是测定热解煤焦油分子量分布及平均分子量。具体分要求如下：  （1）GPC凝胶色谱检测系统可满足煤焦油及其中饱和烃、芳香烃、胶质、沥青质的分子量分布和平均分子量测量；  （2）GPC凝胶色谱检测系统的分子量检测范围应至少在100-1000之间，以满足多种分子量产物测定需要；  （3）示差折光检测器不低于以下配置：①折射率范围不低于1-1.75RIU；②噪声级别≤0.0025μRIU；③最大流量A模式≥20mL/min；P、L模式≥150mL/min；④检测器内部流通池容量≥9μL；⑤PH范围：不低于1-13；⑥归零：具备光学归零和自动归零功能；⑦包含极性切换功能；⑧响应：至少包含0.05-10秒，≥10段；⑨使用温度范围4℃-35℃；  （4）配备先进的色谱工作站以实现实时的数据处理；  （5）配备进样阀≥1只；  （6）配备高压输液泵1台；  （7）配备凝胶色谱柱≥3支，以满足不同分子量样品测试；  （8）配备微量进样器≥1只，进样阀≥2；  （9）配备柱温箱1台；  （10）配备电脑一台，配置符合主流配置并满足色谱数据处理 |
| 12 |  | 11、配置布氏高温粘度仪1台。具体要求包括：（1）加热炉最大加热温度≥300℃，能够实现沥青混合物粘度的测试；（2）量程覆盖50-3300000mpa.s；（3）控温精度≤0.1℃。 |
| 13 |  | 12、配置富油煤高温热解装置1台。具体要求包括：（1）材质： C276＋蓝宝石；（2）设计最大温度≥800℃；（3）设计最大压力≥15MPa；（4）加热方式：电加热炉\*2（莫来石高温炉）；（5）气体流量范围：0-100mL/min（瞬时流量、累计流量可控制计量，数据可保存导出）；（6）背压阀量程覆盖0-20MPA；（7）冷凝器：立式冷凝器，S316L材质；（8）收集罐：容积≥100mL, S316L材质；（9）装置整体PLC系统集成控制，超温超压安全连锁保护；（10）电源：220V 50HZ 5KW。 |
| 14 |  | 13、配置低温恒温水槽1台。具体要求包括：（1）输入功率≥2.5kw；（2）电流电压220V50Hz；（3）温度分辨率≤0.01℃；（4）温度范围-40～100℃；（5）温度波动≤±0.05℃；（6）槽容积≥15L；（7）循环方式为内外循环；（8）循环泵流量≥6L/M；（9）循环泵扬程≥1.3M；（10）槽开口250\*160MM、槽深度200MM。 |
| 15 |  | 14、配置覆压孔渗装置1套。具体要求包括：（1）手动泵2套（最大工作压力≥50MPa，控制精度：±0.2%F.S）。（2）氮气1瓶（容量40L、压力≥13MPa、氮气纯度≥99.99%）、减压阀1个（压力范围：0～10MPa），气路一套。（3）压力调节器2套（1套进口SMC调压阀，控制精度高，入口压力：0～1MPa，提供低渗的测量压力；1套进口SMC调压阀，控制精度高，入口压力：0～1MPa、出口压力：0～0.02MPa，提供中高渗渗透率的测量压力。）（4）压力传感器4套（1套：量程1MPa、0.1MPa，精度0.1%FS；3套：量程50MPa、10MPa，0.25%FS）；（5）中间容器4套（容积＞1000ml，耐压≥50MPa）；（6）高压耐酸活塞容器（容积＞200ml，耐压≥50MPa）；（7）高压耐酸岩心夹持器（岩心φ25×(25-80)mm；耐压≥50MPa）；（8）回压系统（哈氏仿进口膜片式；容积＞200ml，耐压≥50MPa）；（9）排阀2套（6通；Ф3压力；耐压≥50MPa；材质：316L）；（10）压力表2套（0-50Mpa；0.4级）；（11）岩心饱和干馏仪（工作温度：常温～600℃；干馏水≤±3﹪；干馏油≤±5﹪，一次可做十个样品）；（12）岩心钻取机（钻取岩心规格：￠25×100mm、￠38×100mm，￠50×100mm钻取岩心速度：365、1000、1800、3150r/min）；（13）管阀件（哈氏不锈钢管线Ф3／50MPa；不锈钢阀门／50MPa，三通、四通等M8×1／50MPa。）；（14）岩心夹持器（岩心φ100×(25-150)mm；耐压≥50MPa）。 |
| 16 |  | **15、仪器安装、验收**  必须由仪器制造厂技术人员到现场安装仪器，仪器制造厂技术人员自行完成并承担一起安装所需的线路改造等工作，并在用户实验室人员在场的情况下完成仪器设备性能的证明文件。安装所需的地线、承重、通风管道布置等相关实验室改造由设备提供方负责并承担相应费用。 |
| 17 |  | **16、用户培训**  16.1 在设备安装场所提供免费现场培训，直至用户熟练操作系统各项功能；  16.2 安排两次国内实验室技术培训和应用培训，每次培训不少于3天；  16.3 卖方提供快速响应的维修服务体系，并提供应用、技术支持及软/硬件升级。 |
| 18 |  | **17、保修期**  不少于3年。 |