

HPVA II

高压容量法气体吸附仪



高压容量法气体吸附分析

HPVA II 优势

- 双自由空间测试，确保精确的等温线数据
- 可选择测试或输入自由空间
- 使用从多状态方程计算的NIST REFPROP压缩因子校准非理想分析气体
- 交互式数据报告
- 自动建立等温线和重量百分比图。
- 提供用于报告计算的原始数据表
- 提供压力和温度随时间实时变化的图表
- 动力学数据以计算吸附速率
- I型等温线Langmuir方程
- 高精度的固态高压传感器，读数精度为 $\pm 0.04\%$ ，稳定性高达 $\pm 0.1\%$
- 低压传感器精度可达 $\pm 0.15\%$
- 系统压力最大可达200 bar
- 具备氢气传感器，氢气泄漏时可自动关闭系统
- 可计算BET表面积，Langmuir表面积和总孔体积

高压气体 吸附特性应用

HPVA II 系列气体吸附仪采用静态容量法技术，利用氢气、甲烷和二氧化碳等气体，获得高压吸脱附等温线。

容量法技术是在样品仓中引入一已知量的气体（吸附剂），当样品与吸附气体达到平衡时，记录最终的平衡压力。这些数据将用于计算样品对于这种气体的吸附量。

在指定的压力间隔下重复上述过程，直至达到最大预选压力。然后压力逐步降低，获取脱附等温线。每一个平衡点（吸附量和平衡压力）都用于绘制等温线。

采用独立的传感器分别监测低压和高压，可获取优异的重复性和精确性。



高压气体吸附特性应用



二氧化碳封存

在二氧化碳封存的研究中，评估碳材料和其他材料的二氧化碳吸附量是非常重要的。HPVA II 提供的高压能够模拟 CO₂ 注入位置的地下条件。HPVA II 配备冷浴或热浴后，可在稳定的温度范围内评估二氧化碳的消耗量，获取用于计算吸附热的数据。由于在高压下 CO₂ 会冷凝，所以室温下等温线的分析压力一般做到 50bar。



煤层甲烷

使用 HPVA II 能够分析地底层的多孔煤样品，确定其高压下的甲烷容量。用户可以此获取煤层样品的甲烷吸脱附性质，这对于确定煤层资源所含的碳氢化合物的量是极其有用的。实验获取的动力学数据还能够显示出一定温度和压力下，甲烷在多孔碳材料样品上的吸脱附速率。



储氢

在现代对于清洁能源的需求中，确定类似于多孔碳和有机金属框架 (MOFs) 材料的储氢能力是至关重要的。因为这些材料可以安全的吸附和脱附氢气，因此非常适合用于储氢。将氢气吸附在 MOFs 材料中存储，比储存的气态氢有更高的能量密度 / 体积比，也不需要维持液态氢的低温环境。HPVA II 软件可提供重量百分比图，可描述给定压力下气体吸附的量作为样品质量的函数，即检验样品储氢能力的标准方法。



页岩气

高压下将甲烷注入页岩样品即可生成页岩对甲烷的吸脱附曲线。从等温线中可以获取指定压力和温度下页岩对甲烷的吸附量。同时可计算页岩的 Langmuir 比表面积和体积。Langmuir 比表面积指的是在假设吸附气体在样品上形成单分子层吸附时页岩的表面积，Langmuir 体积是指在无限大压力下，甲烷的消耗量，即能够吸附到样品表面的甲烷的最大体积。

HPVA II 特点

- 操作压力范围：高真空到 100 或 200bar
- 操作温度范围：低温至 500° C
- 通过恒温循环浴、低温杜瓦或加热炉进行精确地温度控制
- 配备加热器控制歧管温度，以确保稳定性和精确度
- 配备交互式软件，全自动分析
- 精确的数据重复性
- 可使用的吸附气体：氮气、氢气、甲烷、氩气、氧气和二氧化碳
- 使用 Microsoft® Excel® 宏的综合数据分析软件包进行数据处理和作图。
- 软件包含 NIST REFPROP

HPVA II 系统

使用四种方法 进行样品温度控制

- 冷藏 / 加热循环容器 (客户提供温度控制浴)
- 四升不锈钢杜瓦, 装入液体制冷剂
- 加热炉, 可使操作温度高达 500 °C
- 低温恒温器, 可精确控制样品温度在室温到 30K 范围内

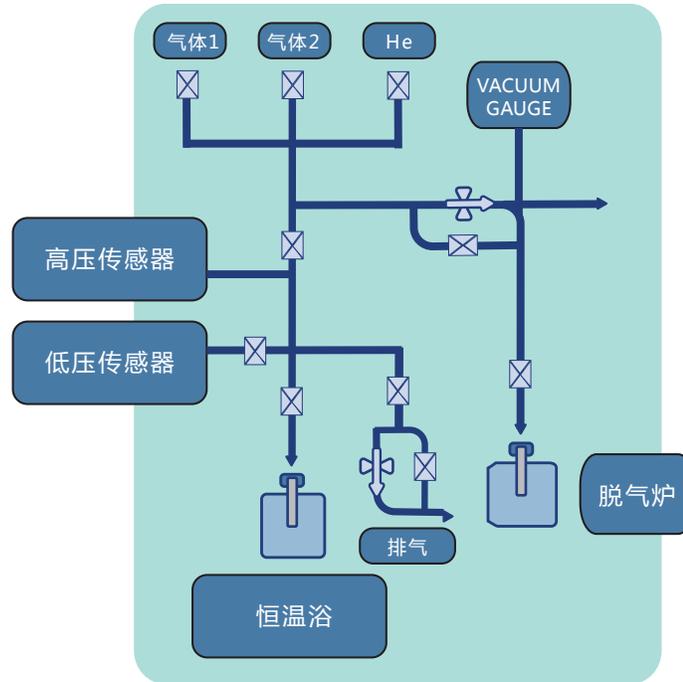
歧管

歧管内的所有阀门均为 Kel-F[®] 密封气动高压阀。阀管采用 316L 不锈钢材质, VCR 连接或焊接。歧管区域的温度通过可调节的 PID 控制器控制加热器来稳定。

压力传感器

采用两个传感器来精确的测试系统压力。使用 1000 torr 的压力传感器来精确监测低于常压的压力, 系统配备隔离阀对其进行高压保护, 阀打开即释放压力。

系统流程图



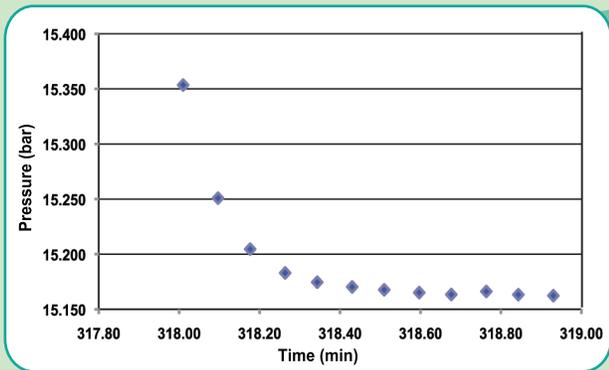
伺服阀

伺服阀可自动调节歧管内的气体流速, 以实现排气和抽真空。

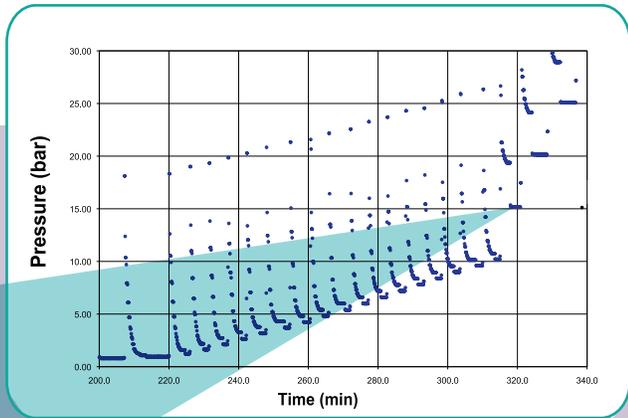
真空系统

由一个机械泵和内置的皮拉尼真空规组成。用户可使用自有的泵或选购高真空涡轮泵组件。

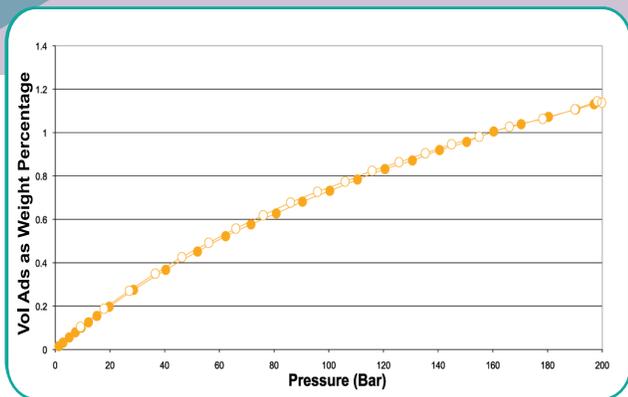




Cu(BTC) 在 100K 下的摄 H₂ 量的动力学数据
压力的降低代表对气体产生了吸附



Cu(BTC) 在 100K 下的摄 H₂ 量的动力学数据

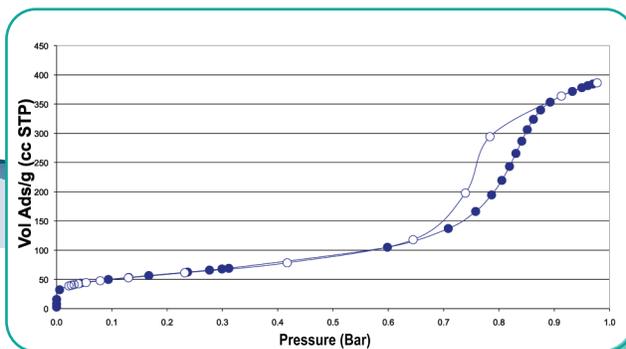


MOF (CuBTC) 摄 H₂ 量的重量百分比

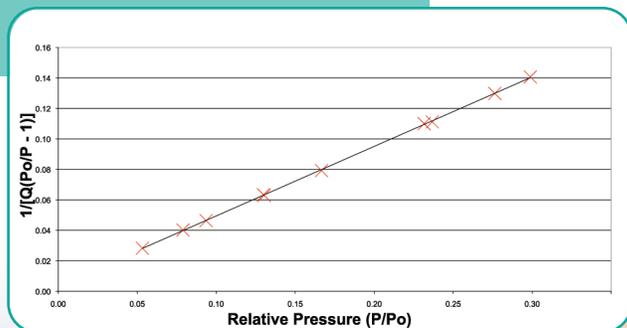
数据整理

HPVA II 软件使用 National Instruments 数据采集接口与分析仪器相连。分析获得的数据将被写入可被 Microsoft Excel 宏读取的文件中。

此宏可使用温度和压力数据，从 NIST REFPROP 软件中获得相应的压缩因子，以校准高压气体的非理想性。数据处理使用 Excel 宏提供交互式表格报告，包含用于吸附量计算的温度和压力数据列表，以及等温线、质量百分比、Langmuir 理论、动力学数据、BET 比表面积和总孔体积。



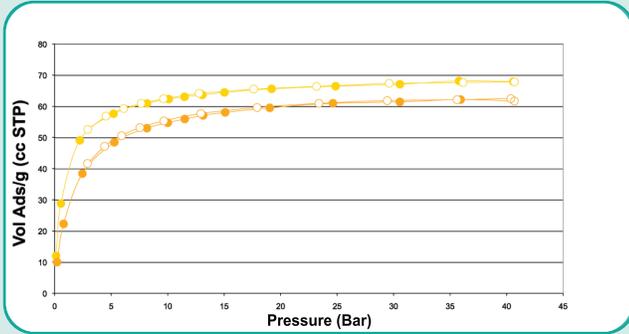
硅铝的 N₂ 吸附



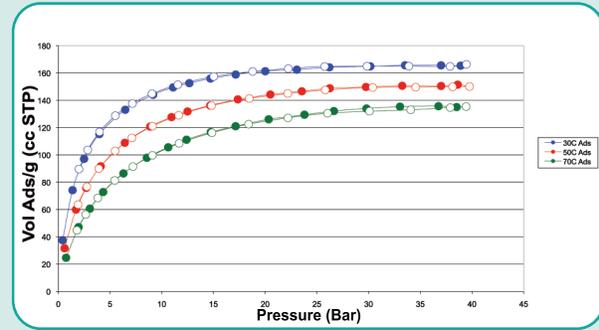
SiAl 的比表面图

HPVA II 报告

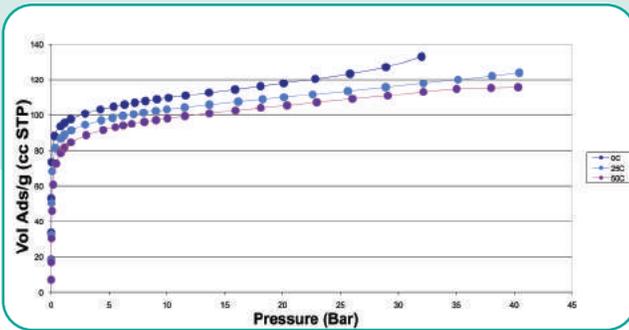
CO₂



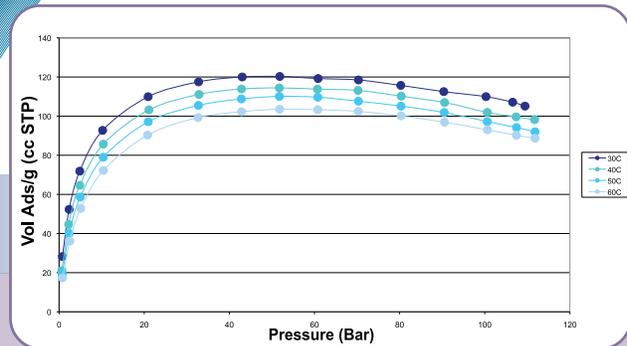
25°C 下两种分子筛的 CO₂ 吸附



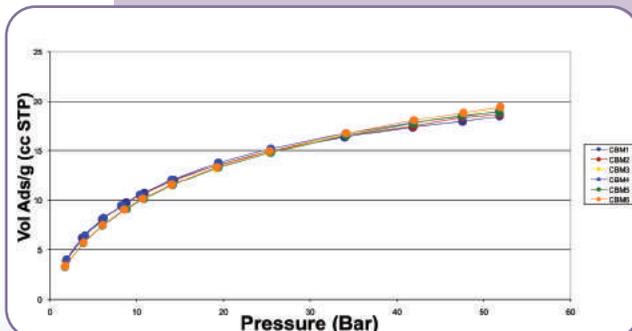
不同温度下微孔碳材料的 CO₂ 吸附



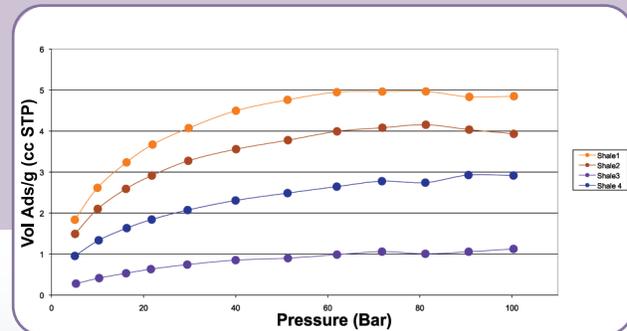
不同温度下 5A 分子筛的 CO₂ 吸附



不同温度下 S-III 微孔碳材料的 CH₄ 吸附

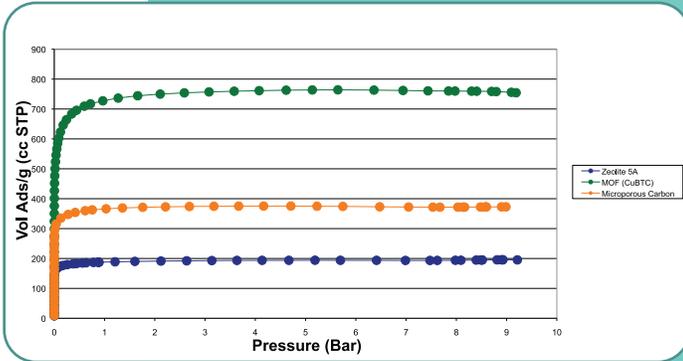


30 °C 下六种不同煤层样品的 CH₄ 吸附

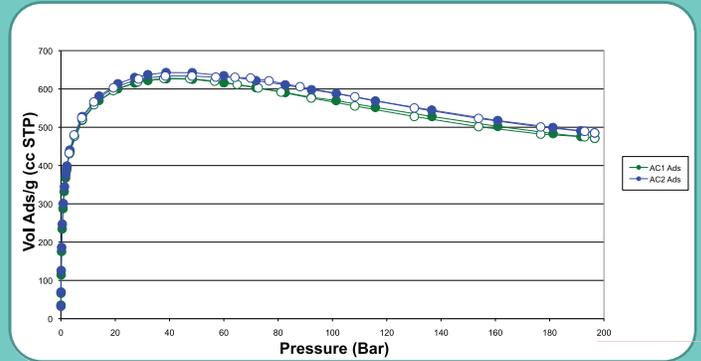


30 °C 下四种不同页岩的 CH₄ 吸附

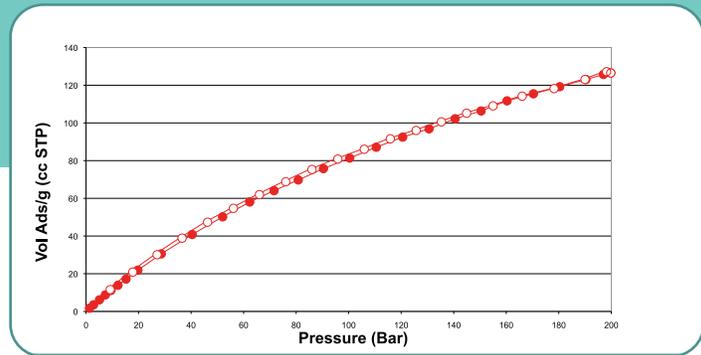
H₂



30K 下多种材料的 H₂ 吸附



77K 下两种活性炭的 H₂ 吸附



0°C 下 MOF (CuBTC) 的 H₂ 吸附

低温恒温器

为了进行高压低温下的储氢研究，HPVA II 能够连接一个低温恒温器，以控制分析温度可达低至 30K，稳定性为 ± 0.003 K。此低温恒温器无需液体制冷剂，仅利用 Gifford-McMahon 制冷循环原理，以压缩 He 来产生低温。HPVA II 软件可直接与低温恒温器的温度控制器连接，以便在吸附实验过程中能够精确的进行温度测量记录。在多个低温下进行氢吸附等温线的研究，能够帮助研究人员更加精确的计算他们所研究材料的等容吸附热。

