

储氢材料 PCT 压力组分等温自动测试仪

一、设备特点

采用等容法用于测试材料在 77K-873K 之间的吸氢热力学和动力学容量。也可用于材料吸附其他如 N₂, CO₂ 等气体性能的表征。

设备采用工业平板电脑控制、组态王控制软件编译而成，包括热力学和动力学两种测试程序界面。设定参数后，计算机自动运行完成设定条件下的吸氢热力学和动力学测试，避免了尤其是热力学测试过程，平衡时间等待长，材料实际未达到真实吸放氢平衡压力而导致的测量误差，因此具有高效和减少人为误差的优点。

设备完全满足以下国家标准测试要求：

- GB/T 33291-2016 氢化物可逆吸放氢压力-组成-等温线 (P-C-T) 测试方法
- GB/T 29918-2013 稀土系 AB₅ 型贮氢合金压力-组成等温线 (PCI) 的测试方法



二、设备构成：

(1) 低压 PCT 测试设备

- (a) 压力传感器：Pfeiffer 真空压力变送器；
- (b) 压力范围：0-100Pa 和 0-10000Pa，也可根据用户需要定制；
- (c) 温度范围：77K-873K，直接测量样品温度（标配 PT100 和 K 两种热偶）；
- (d) 程序控制：工业平板电脑控制，按照测试条件设定实验温度、自动完成测试过程的充氢、放氢和抽真空操作、储氢数据处理，直至完成全程测试；
- (e) 1/4 EP 级不锈钢管道焊接气路，确保气密性；
- (f) EP 级 VCR 接口低压气动隔膜阀，避免电火花造成用氢危险；
- (g) 快拆式吸氢样品罐设计和弹簧加热器，测试高效。

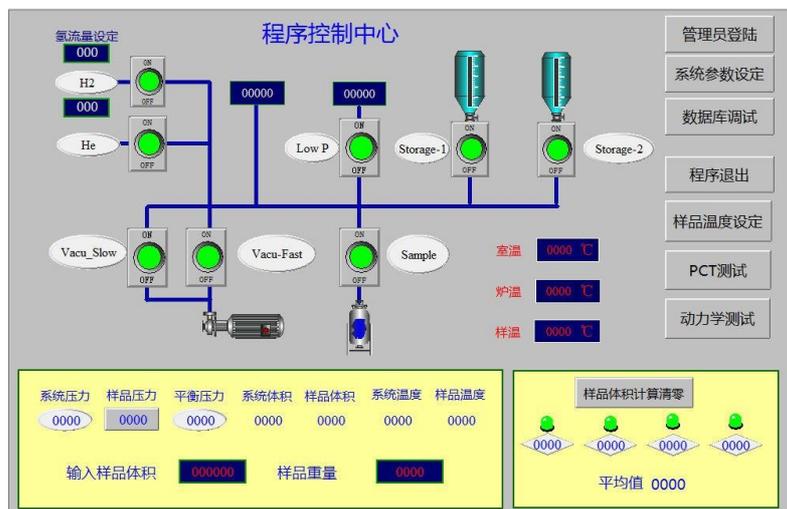
(2) 高压测试设备

- (a) 压力传感器：Rosemount 压力变送器；
- (b) 压力范围：0-1.5MPa 和 0-20MPa，也可根据用户需要定制；
- (c) 温度范围：77K-873K，直接测量样品温度；
- (d) 程序控制：工业平板电脑控制，按照测试条件设定自动完成充氢、抽真空、压缩直至完成全程测试；
- (e) 高压氢气测试中，程序自带压缩因子修正完成数据处理等，
- (f) 1/4 EP 级不锈钢管道焊接气路，确保气密性；
- (g) EP 级 VCR 接口高压气动隔膜阀，避免电火花造成用氢危险；
- (h) 快拆式吸氢样品罐设计和弹簧加热器，测试高效。

三、软件界面及功能

(1) 程序控制中心

- (a) 样品体积标定，程序设定最多标定 4 次后自动求得平均体积。手动点击阀门开关，标定过程压力和温度值自动填入计算；
- (b) 键盘输入样品重量；
- (c) 程序包含储氢材料的 PCT 热力学测试，动力学测试两种功能；
- (d) 系统两个压力传感器量程自动保护不会出现超压，自动测试运行后按照 程序设定执行 阀门开关操作，且锁定禁止阀门手动操作，防止因阀门的手动误操作而造成测量错误；
- (e) 良好系统扩展功能，用户根据需要更换样品罐或者需要器后，可以方便 通过管理员 重新设定系统；
- (f) 授权管理员登录后，可以方便进行系统参数设定，包括样品热偶选择信息、体积等。



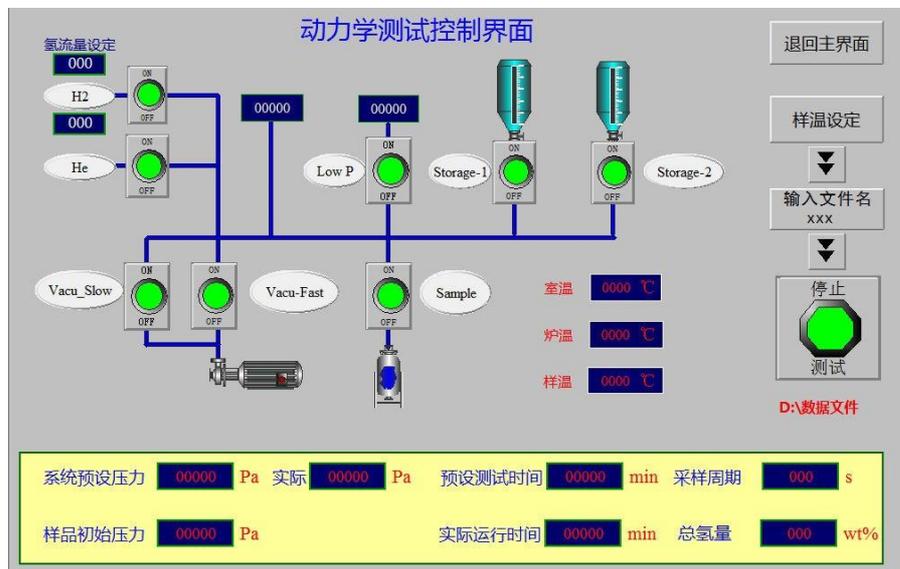
(2) 动力学测试界面

可以根据样品的种类和储氢容量，手动设定系统体积（系统标配两个储气罐，独立阀门控制，以改变系统体积满足不同测试需求）。

试样阀门一旦自动打开，即进入自动保护状态，程序按照设定执行阀门开关操作，锁定禁止阀门手动操作，防止因阀门的手动误操作而造成测量错误；

输入预定的初始系统压力，样品压力，输入文件名，运行。系统自动充氢到设定压力，带压力和温度稳定后，自动打开阀门进行动力学测量，采样速率从 1s 开始可设定，达到动力学设定测试时间后自动结束。

测试数据输出为 excel 文件，包含测试时间，压力，体积，吸氢容量等诸多参数值，如图。



| 时间 | 实验时 | 系统初 | 样品初 | 瞬时压力 | 系统体积 | 样品体积 | 系统温度 | 炉温 | 样品温度 | Hydrogen ₁ | Hydrogen ₂ | delta_Hyd | 重量 |
|----------|-----|-------|-----|--------|----------|-------|-------|-------|-------|-----------------------|-----------------------|-----------|------|
| 15:59:16 | 0 | 10157 | 0 | 5792.9 | 32.2667 | 8.365 | 304.7 | 319.2 | 266.2 | .007641 | .004401 | .622216 | 1.05 |
| 16:00:31 | 1 | 10113 | 0 | 10113 | 1905.824 | 8.365 | 304.4 | 318.3 | 259.6 | .007616 | .007691 | -.014428 | 1.05 |
| 16:00:33 | 2 | 10113 | 0 | 10072 | 1905.824 | 8.365 | 304.4 | 318.3 | 259.6 | .007616 | .00766 | -.008444 | 1.05 |
| 16:00:35 | 3 | 10113 | 0 | 10012 | 1905.824 | 8.365 | 304.4 | 318.3 | 259.5 | .007616 | .007614 | .000314 | 1.05 |
| 16:00:37 | 4 | 10113 | 0 | 9990.6 | 1905.824 | 8.365 | 304.3 | 318.3 | 259 | .007618 | .0076 | .003428 | 1.05 |
| 16:00:39 | 5 | 10113 | 0 | 9940.2 | 1905.824 | 8.365 | 304.4 | 318.3 | 258.9 | .007616 | .00756 | .010781 | 1.05 |
| 16:00:41 | 6 | 10113 | 0 | 9914 | 1905.824 | 8.365 | 304.4 | 318.2 | 258.8 | .007616 | .00754 | .014603 | 1.05 |
| 16:00:43 | 7 | 10113 | 0 | 9861.6 | 1905.824 | 8.365 | 304.4 | 318.2 | 258.6 | .007616 | .0075 | .022249 | 1.05 |
| 16:00:45 | 8 | 10113 | 0 | 9809.5 | 1905.824 | 8.365 | 304.3 | 318.3 | 258.3 | .007618 | .007463 | .02986 | 1.05 |
| 16:00:47 | 9 | 10113 | 0 | 9783.5 | 1905.824 | 8.365 | 304.4 | 318.3 | 258.3 | .007616 | .00744 | .033644 | 1.05 |
| 16:00:49 | 10 | 10113 | 0 | 9731.8 | 1905.824 | 8.365 | 304.4 | 318.3 | 258.2 | .007616 | .007401 | .041191 | 1.05 |
| 16:00:51 | 11 | 10113 | 0 | 9706.1 | 1905.824 | 8.365 | 304.4 | 318.2 | 258.1 | .007616 | .007382 | .044941 | 1.05 |
| 16:00:53 | 12 | 10113 | 0 | 9654.8 | 1905.824 | 8.365 | 304.5 | 318.2 | 257.8 | .007613 | .00734 | .052403 | 1.05 |
| 16:00:55 | 13 | 10113 | 0 | 9629.4 | 1905.824 | 8.365 | 304.4 | 318.2 | 257.6 | .007616 | .007323 | .056126 | 1.05 |
| 16:00:57 | 14 | 10113 | 0 | 9578.8 | 1905.824 | 8.365 | 304.5 | 318.3 | 257.6 | .007613 | .007282 | .063492 | 1.05 |
| 16:00:59 | 15 | 10113 | 0 | 9528.5 | 1905.824 | 8.365 | 304.4 | 318.1 | 257.6 | .007616 | .007247 | .07086 | 1.05 |
| 16:01:01 | 16 | 10113 | 0 | 9503.6 | 1905.824 | 8.365 | 304.4 | 318.2 | 257.4 | .007616 | .007228 | .07449 | 1.05 |
| 16:01:03 | 17 | 10113 | 0 | 9453.8 | 1905.824 | 8.365 | 304.4 | 318.1 | 257.2 | .007616 | .00719 | .081756 | 1.05 |
| 16:01:05 | 18 | 10113 | 0 | 9429.1 | 1905.824 | 8.365 | 304.4 | 318 | 257.1 | .007616 | .007171 | .085363 | 1.05 |
| 16:01:07 | 19 | 10113 | 0 | 9379.7 | 1905.824 | 8.365 | 304.5 | 318.1 | 256.9 | .007613 | .007131 | .092535 | 1.05 |
| 16:01:09 | 20 | 10113 | 0 | 9330.9 | 1905.824 | 8.365 | 304.5 | 318 | 256.8 | .007613 | .007078 | .103225 | 1.05 |
| 16:01:11 | 21 | 10113 | 0 | 9306.7 | 1905.824 | 8.365 | 304.4 | 318 | 256.8 | .007616 | .007039 | .110295 | 1.05 |
| 16:01:13 | 22 | 10113 | 0 | 9258 | 1905.824 | 8.365 | 304.5 | 317.9 | 256.7 | .007613 | .007039 | .113796 | 1.05 |
| 16:01:15 | 23 | 10113 | 0 | 9234 | 1905.824 | 8.365 | 304.5 | 317.9 | 256.6 | .007613 | .00702 | .113796 | 1.05 |
| 16:01:17 | 24 | 10113 | 0 | 9186.3 | 1905.824 | 8.365 | 304.4 | 318 | 256.4 | .007616 | .006987 | .120795 | 1.05 |

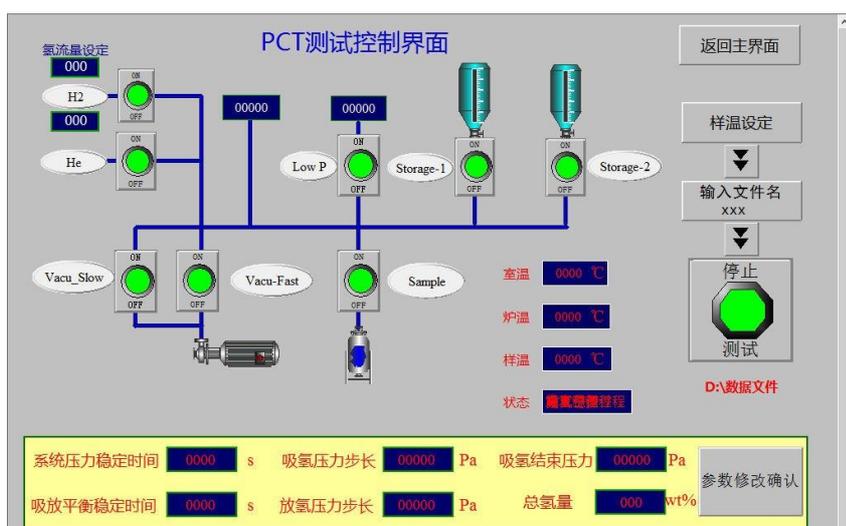
(3) 热力学界面

可以根据样品的种类和储氢容量，手动设定系统体积（系统标配两个储气罐，独立阀门控制，以改变系统体积满足不同测试需求）。

试样阀门一旦自动打开，即进入自动保护状态，程序按照设定执行阀门开关操作，锁定禁止阀门手动操作，防止因阀门的手动误操作而造成测量错误，但在试样阀门关闭状态，可手动操作除试样阀门以外的任何阀门；

输入吸放氢压力步长，吸氢稳定等待时间，吸氢结束最高压力，输入文件名，运行，程序自动根据压力步长设定进行 PCT 测试，并自动判断是否达到吸放氢稳定状态，当吸氢最终结束压力达到设定的最高值时，自动转入放氢测试，直到最终放氢结束，完成测试。

PCT 测试数据输出 2 份，均为 excel 文件，一份为包含测试时间，压力，体积，吸氢容量等诸多参数值的 PCT 数据，如图；另一份为记录每个吸放氢数据点在稳定等待过程中的压力和温度变化数值，可以用于检查材料每步吸放氢过程详细情况，用于间接的考察评价储氢材料的动力学性能。



PCT 数值输出表格

| 系统压力 | 样品压力 | 平衡压力 | 系统体积 | 样品体积 | 系统温度 | 炉温 | 样品温度 | n1 | n2 | delta_Hyd | Hydrogen | 重量 |
|--------|--------|--------|----------|-------|-------|-------|-------|---------|---------|-----------|----------|------|
| 822.93 | 13.294 | 767.98 | 1905.824 | 8.365 | 303.4 | 306.4 | 281.3 | .000622 | .000586 | .006986 | .006986 | 1.05 |
| 1608.7 | 768.08 | 1575 | 1905.824 | 8.365 | 302.9 | 304.1 | 281.5 | .001223 | .001203 | .003789 | .010725 | 1.05 |
| 2399.5 | 1575.1 | 2366.5 | 1905.824 | 8.365 | 302.3 | 303.1 | 281.5 | .001831 | .001811 | .003717 | .014443 | 1.05 |
| 3207.3 | 2366.4 | 3161.8 | 1905.824 | 8.365 | 302.3 | 302.8 | 281.4 | .002449 | .00242 | .005531 | .019974 | 1.05 |
| 4002.6 | 3161.9 | 3562.2 | 1905.824 | 8.365 | 301.5 | 302.1 | 281.5 | .003066 | .002734 | .063738 | .083712 | 1.05 |
| 4407.1 | 3562.2 | 3764 | 1905.824 | 8.365 | 300.7 | 302.1 | 281.3 | .003684 | .002893 | .093725 | .177437 | 1.05 |
| 4587 | 3764 | 4138 | 1905.824 | 8.365 | 300.5 | 301.5 | 281.5 | .004302 | .003184 | .065711 | .244149 | 1.05 |
| 4987.1 | 4138.1 | 4576.1 | 1905.824 | 8.365 | 300.1 | 300.5 | 281.4 | .004919 | .003528 | .059673 | .303821 | 1.05 |
| 5407.9 | 4576.2 | 5036.3 | 1905.824 | 8.365 | 300.4 | 300.7 | 281.4 | .00416 | .003302 | .049373 | .353194 | 1.05 |
| 5915.5 | 5036.6 | 5554.4 | 1905.824 | 8.365 | 302.7 | 308.2 | 281.4 | .004516 | .004246 | .051884 | .405028 | 1.05 |
| 6405.3 | 5554.4 | 5991.2 | 1905.824 | 8.365 | 304.2 | 304.9 | 281.3 | .004866 | .004557 | .059314 | .464343 | 1.05 |
| 7230.7 | 5991.2 | 6401.6 | 1905.824 | 8.365 | 303.2 | 303.9 | 281.3 | .00551 | .004886 | .119788 | .584131 | 1.05 |
| 7645.9 | 6401.8 | 7574.2 | 1905.824 | 8.365 | 303 | 303.6 | 281.4 | .00583 | .005784 | .008806 | .552937 | 1.05 |
| 8821.9 | 7574.2 | 8713.4 | 1905.824 | 8.365 | 302.7 | 303.3 | 281.3 | .006735 | .006661 | .014211 | .607148 | 1.05 |
| 9951 | 8713.6 | 9850.6 | 1905.824 | 8.365 | 301.9 | 302.6 | 281.3 | .007618 | .00755 | .013073 | .620221 | 1.05 |

| 吸氢时间 | 放氢时间 | 压力 | 温度 |
|------|------|--------|-------|
| 902 | 0 | 788.46 | 250.8 |
| 902 | 0 | 1577.5 | 281.3 |
| 902 | 0 | 2368.3 | 281.5 |
| 902 | 0 | 3164.8 | 281.5 |
| 902 | 0 | 3872.3 | 281.4 |
| 1802 | 0 | 3814.3 | 281.4 |
| 2702 | 0 | 3592.2 | 281.4 |
| 3602 | 0 | 3582.7 | 281.4 |
| 4502 | 0 | 3575.4 | 281.4 |
| 5402 | 0 | 3570.6 | 281.4 |
| 6302 | 0 | 3564.7 | 281.4 |
| 902 | 0 | 3934.5 | 281.5 |
| 1802 | 0 | 3828.4 | 281.5 |
| 2702 | 0 | 3792 | 281.5 |
| 3602 | 0 | 3776 | 281.5 |
| 4502 | 0 | 3770.6 | 281.5 |
| 5402 | 0 | 3766.4 | 281.5 |
| 902 | 0 | 4283.4 | 281.3 |
| 1802 | 0 | 4194.3 | 281.3 |
| 2702 | 0 | 4163.7 | 281.3 |
| 3602 | 0 | 4151.7 | 281.3 |
| 4502 | 0 | 4143.7 | 281.3 |
| 5402 | 0 | 4140.7 | 281.3 |
| 902 | 0 | 4738.5 | 281.5 |
| 1802 | 0 | 4658 | 281.5 |

PCT 每步吸放氢过程 压力和温度变化数据

系统配备一个样品反应罐，通过辅助改变内部传热结构，同时满足热力学和动力学测试。
样品罐采用刀口法兰密封管，样品罐内径 10mm，高度 40mm，空体积 3ml。



北京亿诚恒达科技有限公司

Join Honors Tech Co., LTD

地址：北京市海淀区西三旗桥东新龙大厦 B 座518 室，100085

电话：010-62961582，82718430

传真：010-82718430

网址：www.ychdbj.com