

TD-2000N 型全自动真密度分析仪

一、概述

(一) 真密度的定义：

真密度（True Density）指材料在绝对密实状态下的实际密度，不包括内部、外部空隙的实际体积下测得的密度。

(二) 应用范围：

粉体、颗粒、多孔材料、浆状物质、不易挥发性液体的真实

密度测定；聚氨酯泡沫的开闭孔率测试。

(三) 测试原理（波马定律）

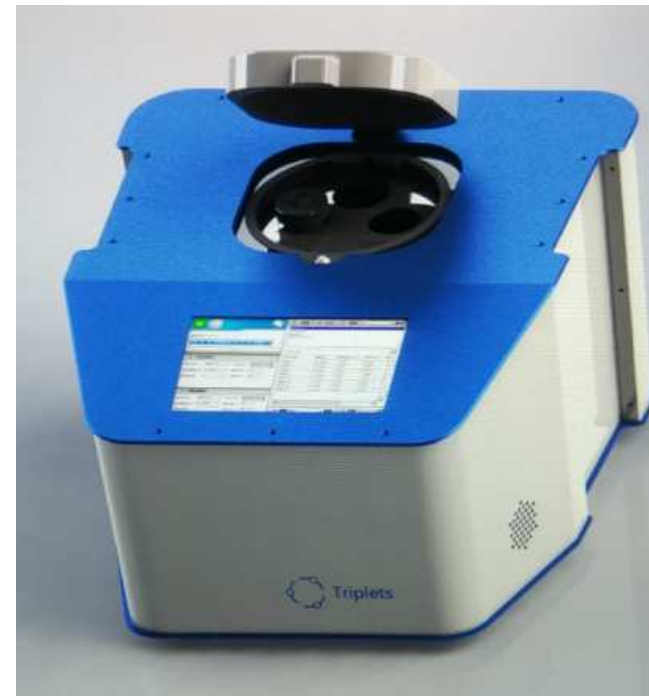
理想气态方程 $pV=nRT$ 在恒温条件的下应用：

恒温下，在密闭容器中气体的体积变化与压强的关系为

$P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2$ ，即气体的体积和压力成反比关系。

二、产品特点(优势)：

- (一) 唯一拥有全恒温测试系统的真实密度分析仪
- (二) 独家使用真空预处理技术
- (三) 2个分析仓体可同时测试，双仓体具备一致的测试精度
- (四) 智能化触屏工控系统，操作便捷
- (五) 多种分析模式可选
- (六) 独家拥有自动校准技术



- (七) 分析精度 0.0001g/cm³, 测试体积精度 0.0001ml
- (八) 针对特殊样品可使用其它气体进行定量
- (九) 独有气路自检功能
- (十) 测试压力可调
- (十一) 零发热锁闭式电磁阀
- (十二) 样品仓自动弹出, 方便取仓
- (十三) 粉末冶金过滤片, 零污染
- (十四) 主机嵌入超强稳定的 windowsCE 触控系统, 拥有双控制系统

三、技术先进性

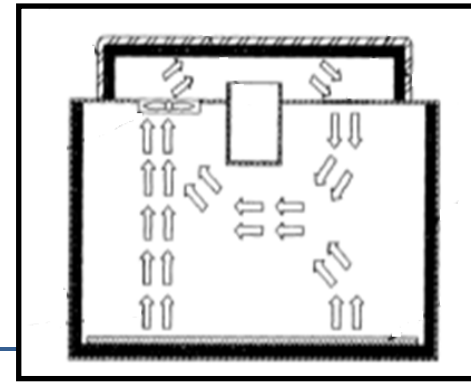
(一) 最先进全恒温系统

1. 全恒温系统性能

该仪器采用先进的风热循环装置, 内置多点智能化温度控制终端, 实现测试系统的全恒温, 恒温精度可达 $\pm 0.01^{\circ}\text{C}$ 。全恒温系统包括: 恒温样品仓、恒温测控装置、恒温气路、温度控制设备。

2. 全恒温系统应用必要性

恒温条件是波马定律成立的必要条件, 温度的变化会直接影响气体定量技术精度, 该系统可有效提高数据精度和测试重



复性，避免空调直吹、开窗通风，使用环境温差变化对仪器测试精度和重复性的影响，该条件也是保证多仓体测试数据高度一致的必要条件。

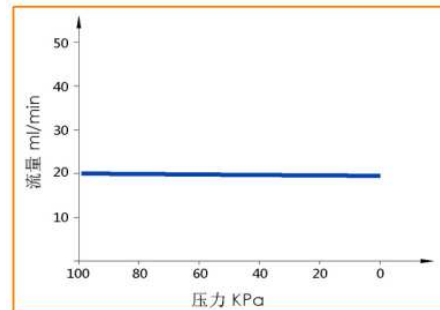
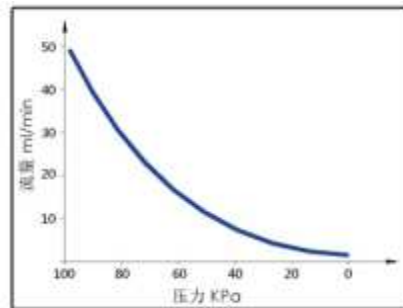
（二）先进的真空预处理技术（真空动态可调技术 I-PID）

1. 其他品牌真实密度仪的前处理技术

其他品牌真实密度仪的预处理技术应用方面主要分为两种情况：一种采用氦气置换法，通过充放“氦气”进行预处理。该方式所需时间长，气体消耗量大；另一种为不进行预处理，将样品仓内和样品孔道内的杂质气体及水分忽略不计，直接注入一定压力的氦气进行测试，该方式测试时间短，但误差较大。

2. 真空动态可调技术 I-PID 的优势

传统真空系统采用限流阀，对真空抽速进行限制，但往往不能得到满意效果，不能解决粉末状样品飞溅污染问题，I-PID 技术解决了该问题，利用对电磁阀开启频率和气路开度的控制，使抽速始终保持恒定，避免因抽速过快造成的样品倒吸，也有效解决压差造成的真空效率降低，提高真空泵工作效率的同时，也大大提高真空泵的使用寿命。



3. 与气体置换方式相比有以下优势：

- (1) 能够将样品仓内的空气完全抽离，提高氦气定量精度。
- (2) 可以脱除材料表面和材料孔隙内吸附的微量水分和杂质气体，提高测试精度。

（三）多结构密封仓体

采用多结构密封仓体，旋压式结构，与传统旋钮式舱

盖相比有以下优势：

1. 结构精密，密封性能好。
2. 不会因安装力度过大或过小引起内仓体积变化。
3. 仓体体积可扩展，满足大体积样品用户测试需求。
4. 样品仓自动弹出，方便取仓装样
5. 仓体配置粉末冶金过滤片，实现零污染



多结构密封仓体

(四) 微量测试技术

标配 20ml 小样品仓，可对真实体积 0.5ml 以上的小量样品准确测量，体积误差 $< 0.2\mu\text{L}$ 。

很多产品采用大样品仓 ($> 50\text{ml}$)，目的是为了引导用户多装样品，弥补自身氦气定量技术的不足；通常大样品仓的测



不同尺寸仓体可选

试误差要 $> 60\mu\text{L}$ ，而较大的测试体积（50-100ml），足以掩盖自身较大的固定测量误差。

（五）集成气路

使用集成气路，减少气路管使用，提高真空度和气路控制能力，并可降低漏气率。高集成度的气路模块也更有利于测试气体及装置的恒温。

（六）全自动智能双控制系统

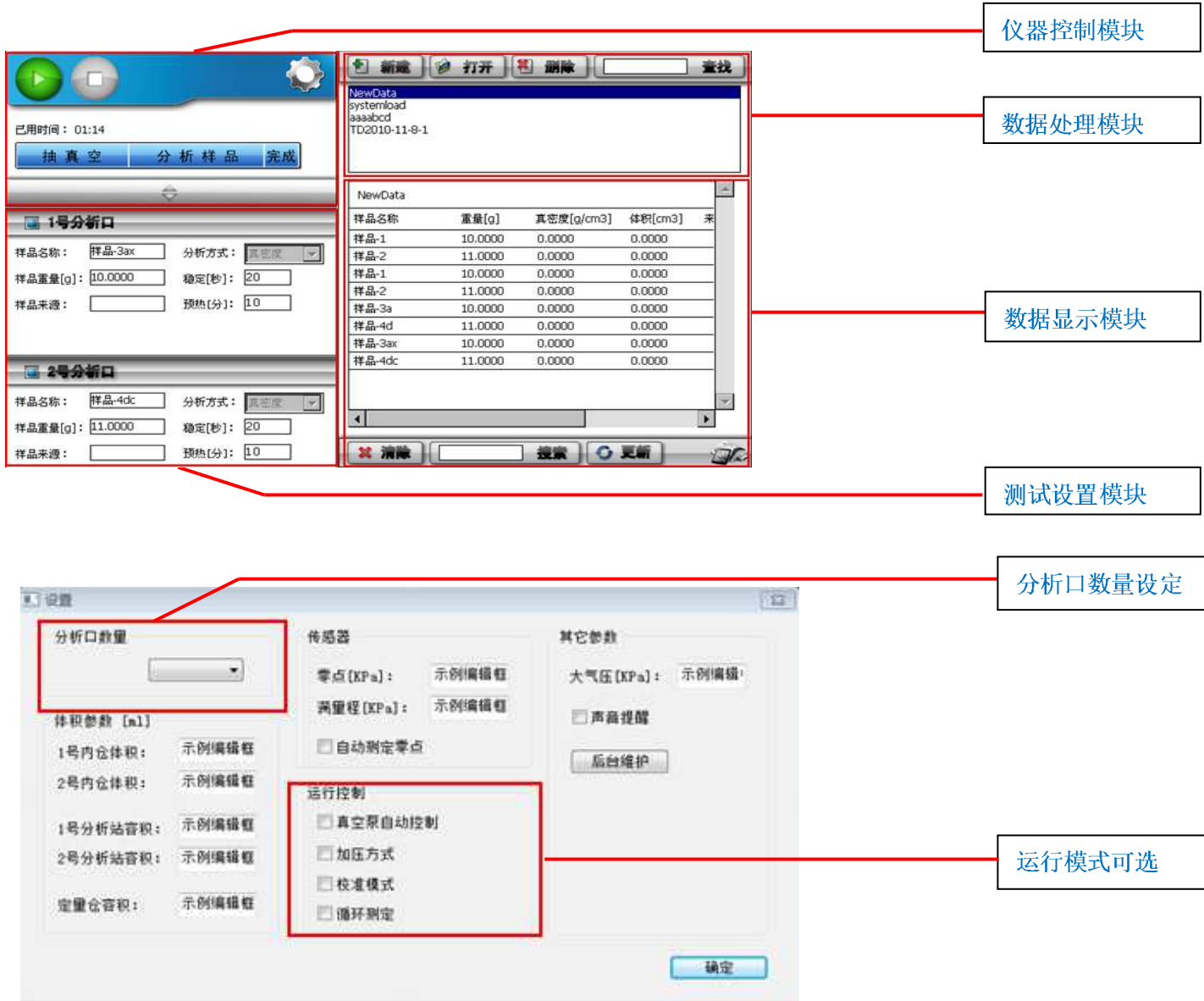
主机嵌入 windows CE 触控系统，可与计算机系统共同控制仪器运行，并实时显示仪器运行状态，在无计算机情况下也可独立运行。主要功能如下：

1. 全自动测试，自动输出测试报告
2. 拥有多种分析模式可选（平行数据测试、循环数据测试、加压测试等）
3. 独有自动校准技术，保证仪器始终具备优良的测试精度
4. 独有气路自检功能，可有效侦测气源故障。当气源未开启或气量不足时，系统也会

给予相应提示。

（七）零发热锁闭式电磁阀

1. 阀门使用先进的自锁结构，无需线圈维持，“零”发热
2. 阀门结构模块化，便于拆卸，可快速维护，使用寿命长
3. 阀门材质采用不锈钢，密封材质可更换



The screenshot shows the main software interface with several callout boxes pointing to specific areas:

- 仪器控制模块** (Instrument Control Module): Points to the top toolbar with buttons for '新建' (New), '打开' (Open), '删除' (Delete), and '查找' (Find).
- 数据处理模块** (Data Processing Module): Points to the 'NewData' list on the right side of the main window.
- 数据显示模块** (Data Display Module): Points to the data table in the 'NewData' window.
- 测试设置模块** (Test Settings Module): Points to the control panels for '1号分析口' (Port 1) and '2号分析口' (Port 2) on the left side.
- 分析口数量设定** (Number of Analysis Ports Setting): Points to the '设置' (Settings) window, specifically the '分析口数量' (Number of Analysis Ports) dropdown menu.
- 运行模式可选** (Optional Operation Mode): Points to the '运行控制' (Operation Control) section in the settings window, which includes checkboxes for '真空泵自动控制' (Automatic Vacuum Pump Control), '加压方式' (Pressurization Method), '校准模式' (Calibration Mode), and '循环测定' (Cyclic Measurement).

| 样品名称 | 重量[g] | 真密度[g/cm3] | 体积[cm3] | 未 |
|--------|---------|------------|---------|---|
| 样品-1 | 10.0000 | 0.0000 | 0.0000 | |
| 样品-2 | 11.0000 | 0.0000 | 0.0000 | |
| 样品-1 | 10.0000 | 0.0000 | 0.0000 | |
| 样品-2 | 11.0000 | 0.0000 | 0.0000 | |
| 样品-3a | 10.0000 | 0.0000 | 0.0000 | |
| 样品-4d | 11.0000 | 0.0000 | 0.0000 | |
| 样品-3ax | 10.0000 | 0.0000 | 0.0000 | |
| 样品-4dc | 11.0000 | 0.0000 | 0.0000 | |

四、不同测试方法间数据拟合方法

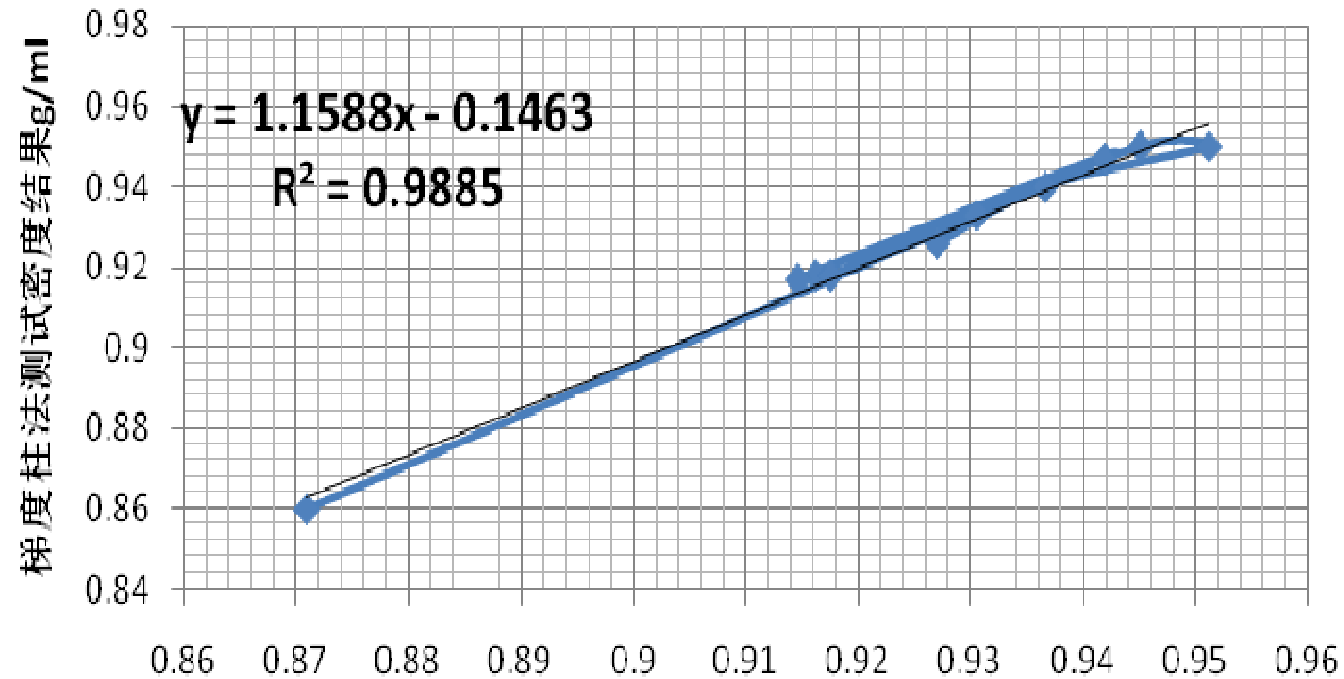
目前中石化系统用来检测固体密度最常用的方法是密度梯度柱法。此方法不仅操作繁琐，且存在很多的不确定度，主要有以下几点：1、标准曲线引入的不确定度；2、测量重复性难以保证；3、恒温水浴的温度不好控制；4、标准玻璃浮珠密度的不确定性。

因此，中石化系统引入我公司的氦气置换法真密度仪，提高真密度测试结果的稳定性并减少实验操作误差和人力。但难以避免的是现有国标梯度柱测试法与氦气置换法的测试结果存在着一定偏差。虽然两种方法都具可靠的理论与应用支撑，但很难界定谁更“准确”，因此引入数据比对拟合法，获取不同测试方法间数据差异的线性关系，进而保证氦气置换法与国标数据标准的一致性

通过不同批次 11 种样品的比对测试数据，我们可以看出，虽然方法间存在差异，但真密度仪测试结果与梯度柱法测试结果差异不大，并且拟合后有较好的线性关系，具体数据如下表：

| 样品名 | 梯度柱法测试密度 | 真密度仪 |
|------------|----------|--------|
| | g/ml | g/ml |
| EXCECD3518 | 0.918 | 0.9163 |
| 9085 | 0.918 | 0.9176 |
| 2013/8/20 | 0.933 | 0.9306 |
| 2013-8-47 | 0.926 | 0.9271 |
| 31044 | 0.94 | 0.9367 |
| 6668 | 0.95 | 0.9513 |
| 5841 | 0.95 | 0.9452 |
| 1018 | 0.917 | 0.9147 |
| 中沙天津 | 0.947 | 0.942 |
| POE 8150 | 0.86 | 0.871 |

真密度仪测试结果与梯度柱法测试结果校准比对



2克样品真密度仪预热**40分钟**测试密度结果g/ml

通过对一系列数据的比对和拟合，发现真密度仪测试的数据和梯度柱法测试的数据有较好的线性相关，即 $y=1.1588x-0.1463$ 。

五、测试报告

聚丙烯标样

| 样品名称 | 样品重量[g] | 体积[cm ³] | 真实密度[g/cm ³] | 送样单位 | 测定日期 |
|------|---------|----------------------|--------------------------|------|-----------|
| PP | 6.3375 | 6.9775 | 0.9083 | 实验室 | 2017-8-26 |
| PP | 6.7950 | 7.4823 | 0.9081 | 实验室 | 2017-8-26 |
| PP | 6.3375 | 6.9789 | 0.9081 | 实验室 | 2017-8-26 |
| PP | 6.7950 | 7.4837 | 0.9080 | 实验室 | 2017-8-26 |
| PP | 6.3375 | 6.9811 | 0.9078 | 实验室 | 2017-8-26 |
| PP | 6.7950 | 7.4812 | 0.9083 | 实验室 | 2017-8-26 |
| PP | 6.3375 | 6.9814 | 0.9078 | 实验室 | 2017-8-26 |
| PP | 6.7950 | 7.4807 | 0.9083 | 实验室 | 2017-8-26 |

同一样品 2 个分析仓测试的平行性和重复性

六、技术参数

| 技术参数 | 技术内容 |
|---------|---|
| 测试原理： | 静态真空气体置换法/气体膨胀法（注压法） |
| 模型基础： | 波义耳 - 马略特定律（在密闭容器中的定量气体，在恒温下，气体的压强和体积成反比关系，其数学式为： $pV=C$ （常量））精确测量被测样品的体积 |
| 全恒温系统： | 测试系统温度变量不大于 $\pm 0.01^{\circ}\text{C}$ ，不受使用环境温度影响 |
| 真空系统： | 静态真空抽离技术 |
| 真空平衡时间： | 根据样品实际情况可灵活设置，可去除样品表面吸附的水分及气体，使定量更准确 |
| 测试精度： | 优于 $\pm 0.02\%$ ，重复性优于 $\pm 0.02\%$ ，分辨率 0.0001g/ml |
| 测定体积范围： | 1 ~ 20 cm^3 |
| 气体定量仓： | 标配精准加工 40 cm^3 不锈钢气体定量仓 |
| 分析仓数量： | 2 个完全独立分析仓，每个样品仓可进行独立测试 |
| 双控制系统： | 10 英寸高分辨率液晶触摸屏，嵌入式 Windows 工控系统，处理速度快，性能稳定，摆脱系统瘫痪，无需外接电脑 |

| | |
|----------|---|
| 测试时间: | 2 组样品测试时间<15 分钟 |
| 压力检测系统: | 进口压力传感器 |
| 压力检测精度: | 读数精度的 0.15% |
| 气路控制系统: | 超高真空双稳态阀体与集成歧管气路系统 |
| 多结构仓体密封: | 样品仓采用先进的机械密封结构（专用工具操作，保证仓体密闭性和操作可靠性），并配置粉末冶金过滤片 |
| 定量仓切换系统: | 对极微量样品实现准确分析 |
| 样品前处理功能: | 真空抽离、程序升温等方式对被测样品进行脱气脱水 |
| 数据校准: | 智能自动校准 |
| 数据采集系统: | 高精度 24 位模数转换系统，拥有仪器意外断电数据储存功能 |
| 其它功能: | 开孔率/闭孔率测试 |
| 真空泵: | 德国原厂真空泵 |
| 应用领域: | 粉末、颗粒、块状、浆状及不易挥发液体的测试 |

七、特殊定制型号

| 特制型号 | TD-1000N | TD-1000L | TD-1000M/2000M |
|---------|---|---|---|
| 分析仓数量: | 1 个标准分析仓 | 1 个大型分析仓 | TD-1000M 一个微量分析仓 TD-2000M 两个微量分析仓 |
| 全恒温系统: | 温度变量不大于 $\pm 0.01^{\circ}\text{C}$ | 温度变量不大于 $\pm 0.01^{\circ}\text{C}$ | 温度变量不大于 $\pm 0.01^{\circ}\text{C}$ |
| 预处理方式: | 静态真空抽离或注压法 | 静态真空抽离或注压法 | 静态真空抽离或注压法 |
| 测试精度: | 优于 $\pm 0.02\%$ 重复性优于 $\pm 0.02\%$ | 优于 $\pm 0.02\%$ 重复性优于 $\pm 0.02\%$ | 优于 $\pm 0.1\%$ 重复性优于 $\pm 0.1\%$ 最小体积分辨率 0.2 微升 |
| 样品仓体积 | 20 cm ³ | 150 cm ³ | 0.5 cm ³ |
| 样品体积范围: | 1 ~ 20 cm ³ | 10 ~ 150cm ³ | 0.025 ~ 0.5 cm ³ |
| 气体定量仓: | 标配精准加工 40cm ³ 不锈钢气体定量仓 | 标配精准加工 100cm ³ 不锈钢气体定量仓 | 标配精准加工 1cm ³ 不锈钢气体定量仓 |
| 双控制系统: | 10 英寸高分辨率液晶触摸屏, 嵌入式 Windows 工控系统, 处理速度快, 性能稳定, 摆脱系统瘫痪, 无需外接电脑 | 10 英寸高分辨率液晶触摸屏, 嵌入式 Windows 工控系统, 处理速度快, 性能稳定, 摆脱系统瘫痪, 无需外接电脑 | 10 英寸高分辨率液晶触摸屏, 嵌入式 Windows 工控系统, 处理速度快, 性能稳定, 摆脱系统瘫痪, 无需外接电脑 |