

三合一组合式超高分辨液质联用系统（蛋白质谱）
赛默飞世尔科技 Orbitrap Exploris 240（简称 OE 240）
技术白皮书

1. 工作条件

1.1 电源：230V±10%，AC（交流），50/60Hz；

1.2 环境温度：18-27℃（最优：18-21℃）；

1.3 相对湿度：20-80%，无冷凝；

1.4 气体需求：源区氮气（≥99%），最大消耗量≤20 L/min；高纯氮（≥99.999%），用于二级质谱碰撞气和内标校正；

2. 超高效液相色谱仪

2.1 高压混合二元梯度泵

▲2.1.1 混合方式：高压二元梯度泵，具有两个独立泵头；

2.1.2 泵采用 Smartflow 技术，柱塞杆采用专利材质，性能更好的同时降低磨损，提升泵寿命，减少用户维护。

▲2.1.3 流量范围：0.001-8 mL/min；

2.1.4 流量精度：≤0.05% RSD；

▲2.1.5 最大耐压：≥103 MPa（即 1034 bar 或 15,000 psi）；

2.1.6 梯度混合准确度：±0.2%；

2.1.7 混合精度：<0.15% RSD

2.1.8 延迟体积：≤50 μL（含混合器）；

2.1.9 含真空在线脱气装置，脱气通道 6 个；

2.2 自动进样器

2.2.1 样品容量：单层大空间转盘设计，标准容量包含 4 个样品盘，适用 2mL 常规样品瓶（216 位）、96 孔板和 384 孔板（样品容量分别为 384 位和 1536 位，包括深孔板和浅孔板，），也适用 4mL、10mL 样品瓶（样品容量分别为 64 位及 36 位）。也可通过样品仓扩展至 12 或者 19 个样品盘容量，2mL 样品瓶最高容量为 648 位，96 浅孔板和 384 浅孔板样品最高容量分别为 2208 位和 8832 位

2.2.2 进样范围：涵盖 0.01 - 25 μL；通过持续累计进样，达到 20 L；

2.2.3 进样精度：≤0.15% RSD；

2.2.4 样品污染度：≤0.005%；

2.2.5 最高操作压力：≥1034 bar，与泵耐压一致；（2.1.5 要求泵最大耐压：≥103 MPa（即 1034 bar 或 15,000 psi））

2.2.6 多重清洗：利用最多 3 种不同的溶剂进行外部进样针冲洗和针座反冲以减少交叉污染；

2.3 独立柱温箱

▲2.3.1 温度范围：具有降温功能（可控至室温以下），5 至 120℃；

2.3.2 控温精度：0.05℃；

2.3.3 控温准确度：±0.5℃；

▲2.3.4 柱温箱容量：可放置 30 cm 长色谱柱≥4 根或 10 cm 长色谱柱≥8 根；

2.3.5 柱温箱内部允许加装切换阀以扩展二维应用；

2.4 检测器

▲2.4.1 检测类型：1024 个光电二极管阵列检测器；

2.4.2 光源：氙灯；

- 2.4.3 波长范围：190–800 nm；
- 2.4.4 信号数量：≥8；
- 2.4.5 漂移：<1 mAU/h，在 254 nm 条件下
- 2.4.6 波长精确度：±1 nm，可利用氙灯谱线进行自矫正；
- 2.4.7 波长精度：<±0.1 nm；
- 2.4.8 光谱分离度：<1 nm；
- 2.4.9 时间可编程控制：波长、极性、峰宽、灯带宽、自动平衡、波长范围、阈值，光谱储存模式。

3. 纳升液相色谱系统

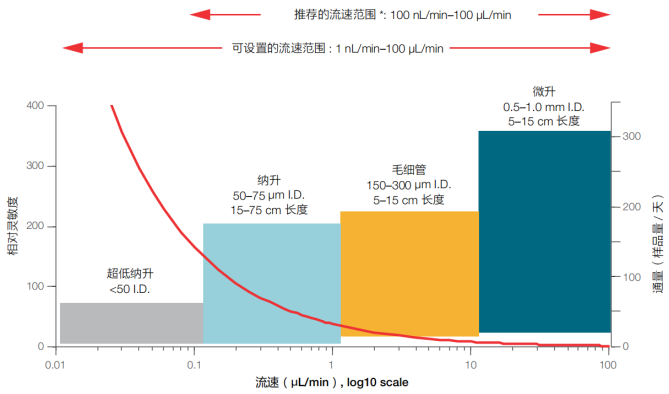
3.1 高压二元梯度泵

- 3.1.1 溶剂输送系统：带主动流量控制的高压二元梯度泵，具备自动溶剂压缩性补偿功能；
- ▲3.1.2 流速范围：1 nL/min – 100 μL/min（可设定），步进≤1 nL；
- ▲3.1.3 流速精度：≤0.2% RSD（纳升流速范围），需提供证明文件或官方指标；

多合一低流速 UHPLC 系统

凭借出色的性能和无与伦比的保留时间精度，该系统能够在短梯度应用、高通量应用、以及介于两者之间的任何应用中，从每一个样品挖掘到更多信息。Vanquish Neo 是首款既便于操作，又能在整个低流速范围内表现出出色的 UHPLC 系统，是 LC-MS 应用的理想选择。

- Thermo Scientific™ ProFlow™ XR 可在无需更换泵硬件的情况下实现从纳升到 100 μL/min 的可靠的流速控制
- 厂家多点流速校准可实现精确的、可重现的标准溶剂混合液的输送
- 超低的 0.5 μL 梯度延迟体积（GDV）可维持高效率，并确保快速梯度输送，从而最大限度地提高样品通量



Vanquish Neo UHPLC 系统可以提供从 1 nL/min 到 100 μL/min 的流速，从而支持广泛的高灵敏度的 LC-MS 工作流程。相对于 2.1mm 内径色谱柱在 450 μL/min 流速下，更低流速的电喷雾离子化效率增加，从而提升了灵敏度（红色曲线）。Vanquish Neo UHPLC 系统能够为各种低流速色谱柱和应用提供最大的样品通量（彩色条形图）。

* 在保留时间精确度的要求范围内（≤0.2% RSD 或 ≤0.1 SD）。

赛默飞官方彩页证明：流速精度：≤0.2% RSD（纳升流速范围）

- 3.1.4 系统耐压：≥150 MPa（≥1500 bar，≥21750 psi）；

3.2 梯度性能

- ▲3.2.1 梯度延迟体积：
纳升流速模式（20 μm 内径管路，direct injection 进样）：≤0.5 μL；毛细管流速模式（50 μm 内径管路，direct injection 进样）：≤2.0 μL；
- 3.2.2 梯度组成精度：≤0.2% RSD。

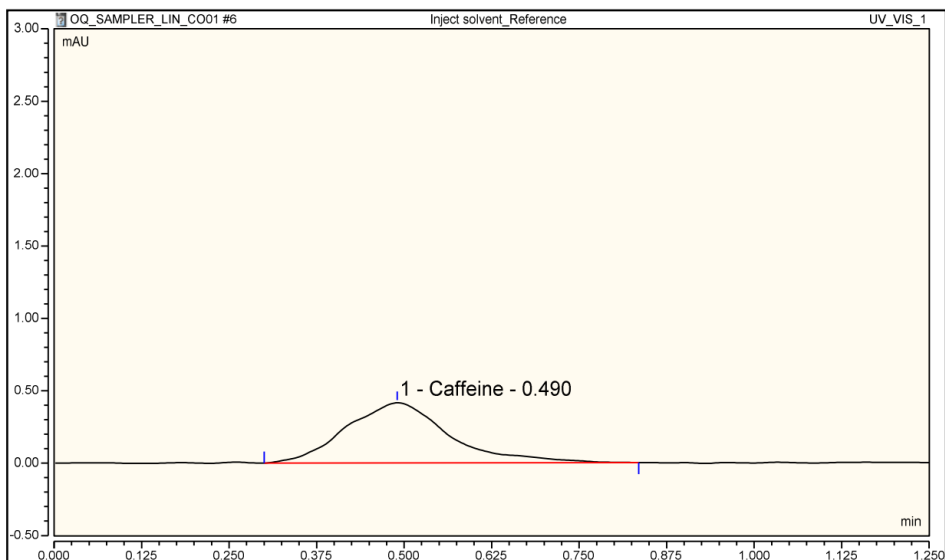
3.3 自动进样器

3.3.1 进样方式：支持多种进样模式，包括带定量环（loop）的直接进样、离线大体积富集进样（Trap-and-elute），且 Trap 柱具备加热及反吹功能；

3.3.2 进样体积：0.01 - 25 μL ，步进 $\leq 0.01 \mu\text{L}$ ；

3.3.3 样品残留： $< 0.04\%$ （需提供标准品测试数据）；

色谱——残留数据测试



残留数据测试

样品名称 <i>Sample Name</i>	保留时间 <i>Ret. Time</i> <i>min</i> <i>UV_VIS_1</i> 咖啡因 <i>Caffeine</i>	峰面积 <i>Area</i> <i>mAU*min</i> <i>UV_VIS_1</i> 咖啡因 <i>Caffeine</i>
进样溶剂_参考	0.49	0.071
残留_参考	0.42	9.824
残留	0.40	473.389
进样溶剂	0.44	0.032
样品残留		$< 0.005\%$
限制		$\leq 0.010\%$
结果		ok

3.3.4 样品盘容量及兼容性：

样品瓶位： ≥ 216 个（1.5 mL 样品瓶）；

板位：兼容 96 孔板和 384 孔板；

3.3.5 样品控温：4 - 40 $^{\circ}\text{C}$ ，可设定，稳定性 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ；

3.3.6 清洗系统： ≥ 4 个洗针液端口（可容纳强洗、弱洗溶剂），具备内外壁清洗功能；

3.4 柱温箱与阀切换系统：

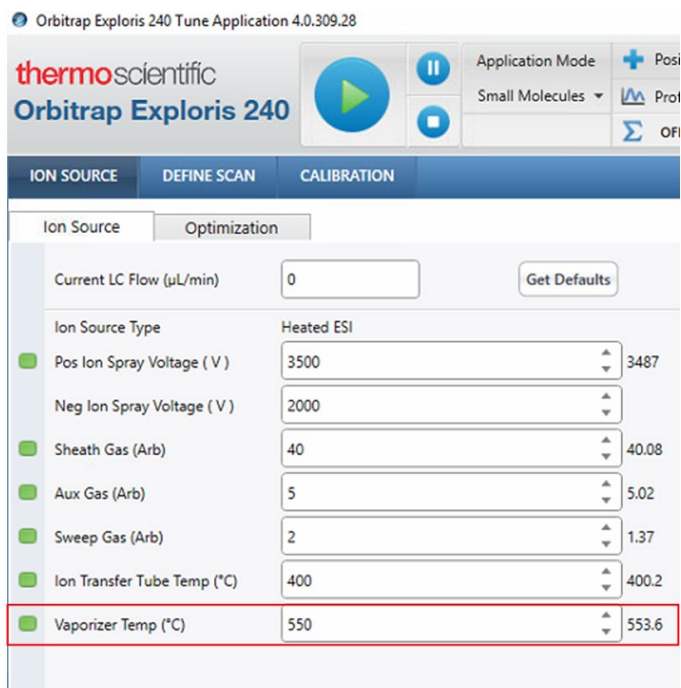
▲3.4.1 柱温箱：控温范围室温+5 $^{\circ}\text{C}$ - 90 $^{\circ}\text{C}$ （或更高），控温稳定性 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ，准确度 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ；

3.4.2 内置切换阀：配备高性能多位切换阀，用于实现 Trap-and-elute 进样及柱切换功能，最高耐压 $\geq 90 \text{ MPa}$ （即 $\geq 13000 \text{ psi}$ ， $\geq 900 \text{ bar}$ ）。

4. 质谱部分

4.1 离子源

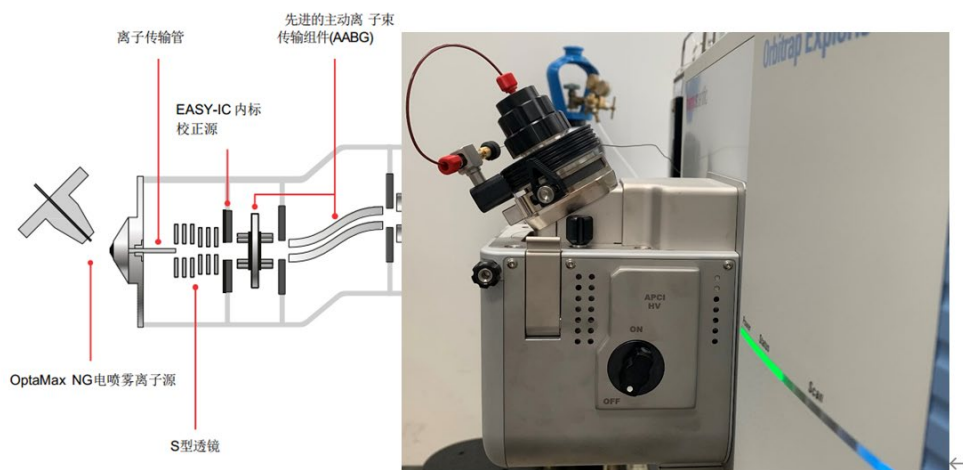
4.1.1 可加热电喷雾离子源（H-ESI）：独立配置，用于常规流速及微升流速分析。具备加热辅助雾化功能，最高加热温度 $\geq 550^{\circ}\text{C}$ ，在不分流的情况下采用纯水作为溶剂，流速适用范围为 $1\ \mu\text{L}/\text{min} - 1000\ \mu\text{L}/\text{min}$ ；



4.1.2 纳喷离子源（Nano-ESI）：独立配置或可方便更换的专用纳喷模块，用于与纳升液相色谱系统联用；

4.1.3 离子源切换：设计应保证两种离子源可在 30 分钟内完成硬件切换，且软件可识别；

4.1.4 喷针采用 60 度喷雾设计，前后左右上下 3 位可调。底部设计有废液出口，雾化后废产物直接进入废液出口；



（左侧截图来自官方 Datasheet 结构，显示了离子源喷针与质谱离子入口切面的夹角呈现 60° ；右侧为离子源照片，显示了 60° 夹角喷雾）



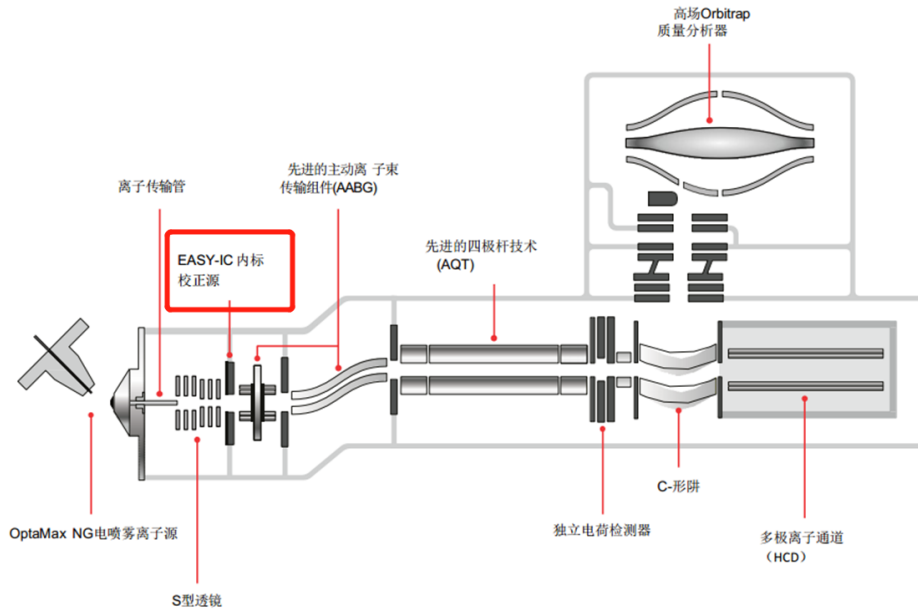
(该图为 OE 240 离子源照片，显示了喷针前后“1/2/3”，左右，上下“L/M/H”三维可调，方便对喷雾条件进行优化) ←



(该图为离子源照片，显示了底部设计有废液出口，雾化后废产物直接进入废液出口，确保离子源腔体洁净) ←

- 4.1.5 具有雾化气、辅助雾化气和吹扫气设计；
- 4.1.6 全自动蠕动泵实现质谱直接进样，自动调谐和校正；
- 4.1.7 质谱配置软件具备实时监控并反馈喷雾稳定性功能；
- 4.1.8 离子源腔体具有观察窗口，可以直接观察喷雾效果以及离子源腔体洁净程度；
- ▲4.1.9 具有自动内标校正源，无需外接校正液可实现自动实时校正质量轴；

Orbitrap Exploris 240 质谱结构示意图

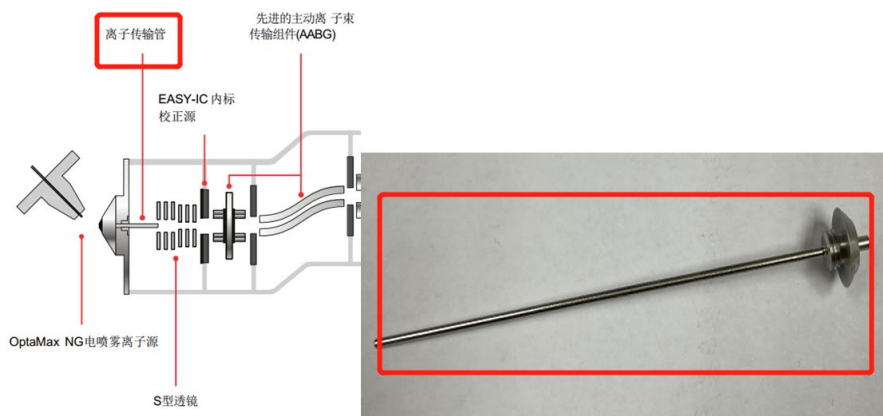


(该图来自 OE 240 官方 Datasheet 结构示意图, 显示了 EASY-IC 内标校正源处于离子透镜系统) ←

- 4.1.10 离子源切换只需更换喷针，且整个过程无需拆卸离子源；

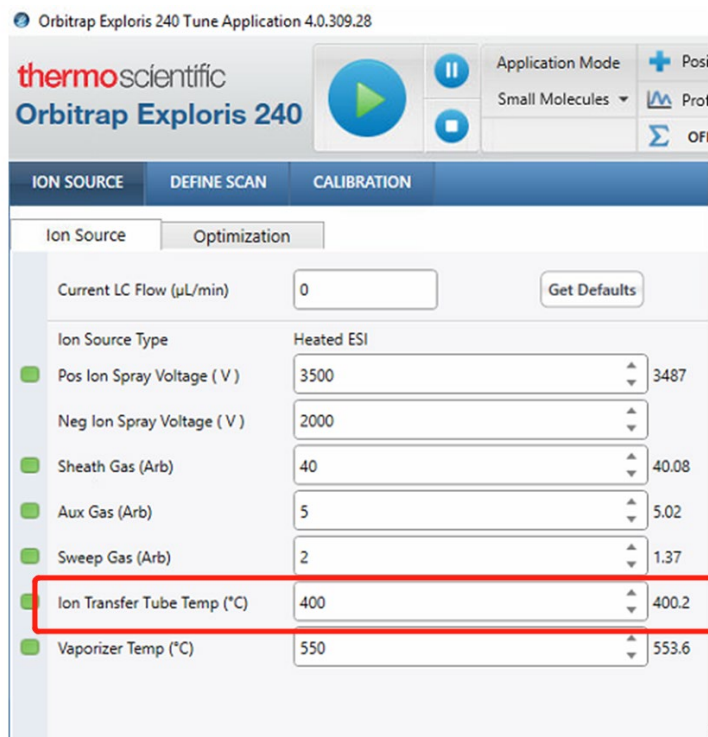
4.2 离子传输系统

- ▲4.2.1 离子传输系统配有金属离子传输管设计，保护分子涡轮泵，减少真空负担；无需提供与所投产品技术路线相适配的 8 年易耗品及关键零配件包并免费提供维护，以确保用户在后续使用中的低成本；



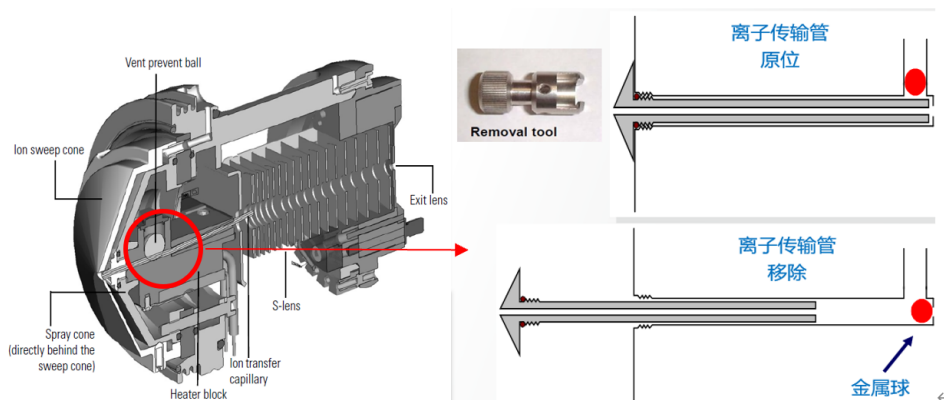
(左图来自 OE 240 官方 Datasheet 结构示意图, 明确离子传输管设计, 右图为金属材质离子传输管)

- 4.2.2 大口径高容量离子传输管，确保更多离子进入质谱系统，得到更好的信号响应；
- 4.2.3 离子传输管独立加热，最高温度 $\geq 400^{\circ}\text{C}$ ；



(该截图为仪器软件界面截图，显示了离子传输管可加热至 400°C)

▲4.2.4 具有真空隔断阀设计，在移去、清洗离子传输部件时，不需破坏真空，待机时不需要消耗氮气；



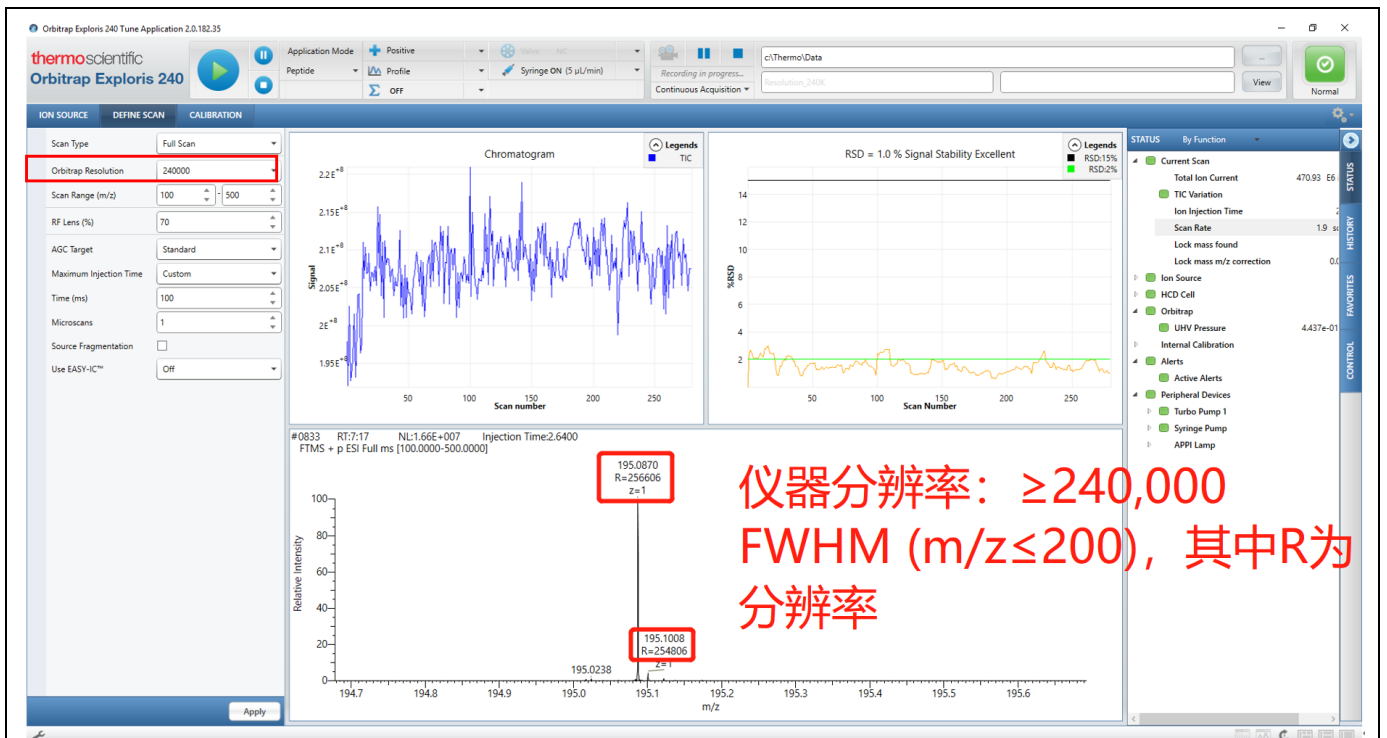
(该截图为离子传输管拆卸过程中不用卸真空的示意图)

4.2.5 电动离子漏斗，采用不锈钢材质，拆卸清洗方便；

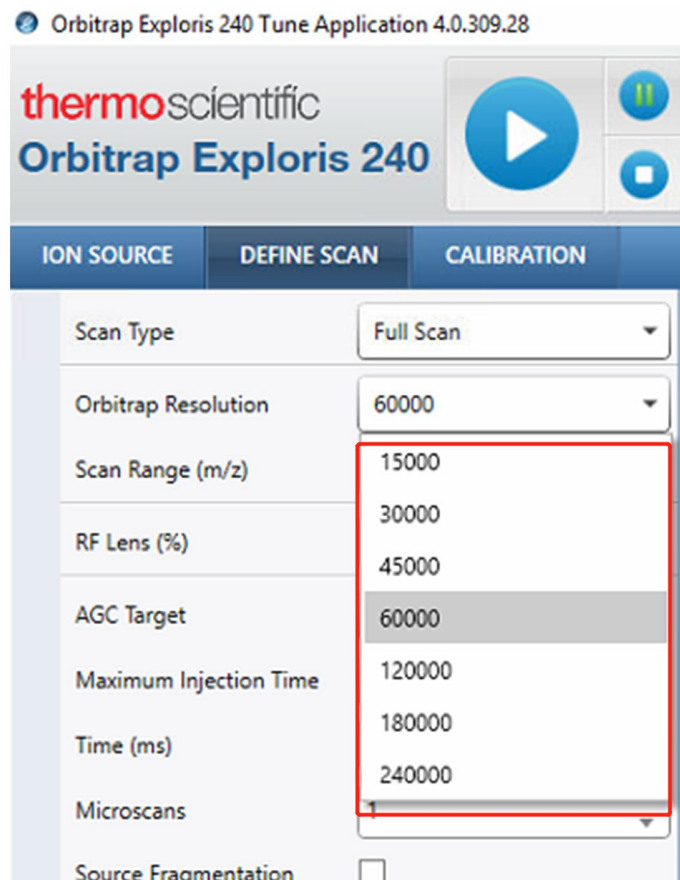
4.2.6 带轴向场和过滤作用的双弯曲几何设计的主动离子束传输组件；

4.3 质量分析器部分

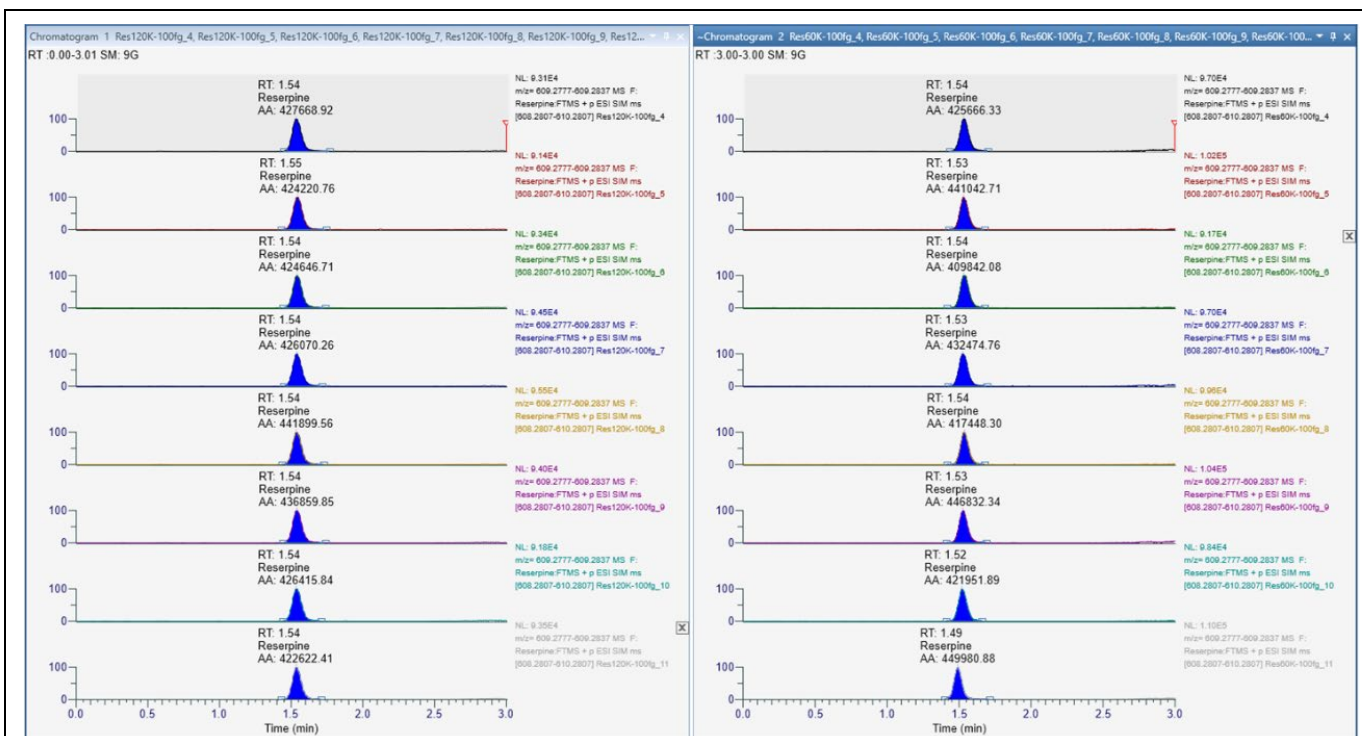
▲4.3.1 仪器分辨率： $\geq 240,000$ FWHM ($m/z \leq 200$)，分辨率 7 档可调；提高仪器分辨率时，设备的灵敏度基本保持不降低；采用利血平标品 100 fg 进样，ESI+模式下，分辨率分别为 60,000 和 120,000 时，其他仪器参数维持不变的前提下，利血平分子离子峰的峰面积值相差不超过 10%；



仪器分辨率: $\geq 240,000$ FWHM ($m/z \leq 200$)



OE 240 分辨率 7 档可调



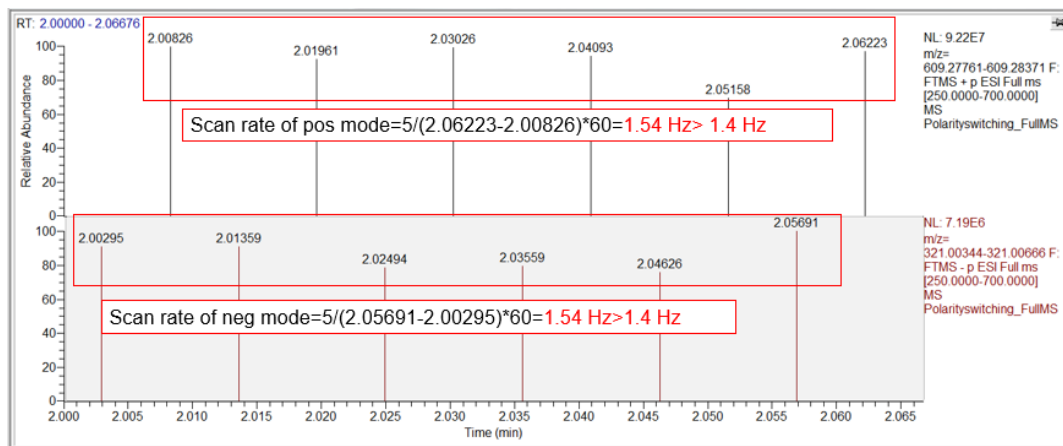
data_120K	Area	data_60K	Area
Res120K-100fg_4	427669	Res60K-100fg_4	425666
Res120K-100fg_5	424221	Res60K-100fg_5	441043
Res120K-100fg_6	424647	Res60K-100fg_6	409842
Res120K-100fg_7	426070	Res60K-100fg_7	432475
Res120K-100fg_8	441900	Res60K-100fg_8	417448
Res120K-100fg_9	436860	Res60K-100fg_9	446832
Res120K-100fg_10	426416	Res60K-100fg_10	421952
Res120K-100fg_11	422622	Res60K-100fg_11	449981
Average	428801	-	430655
SD	6839	-	14416
RSD%	1.59	-	3.35
Area Differ%	0.43	-	-

(该图来自 Orbitrap Exploris 240 实验测试数据, 显示采用利血平标品 100fg 进样, ESI+模式下, 分辨率分别为 60,000 和 120,000 时, 其他仪器参数维持不变的前提下, 利血平分子离子峰的峰面积值相差为 0.43%)

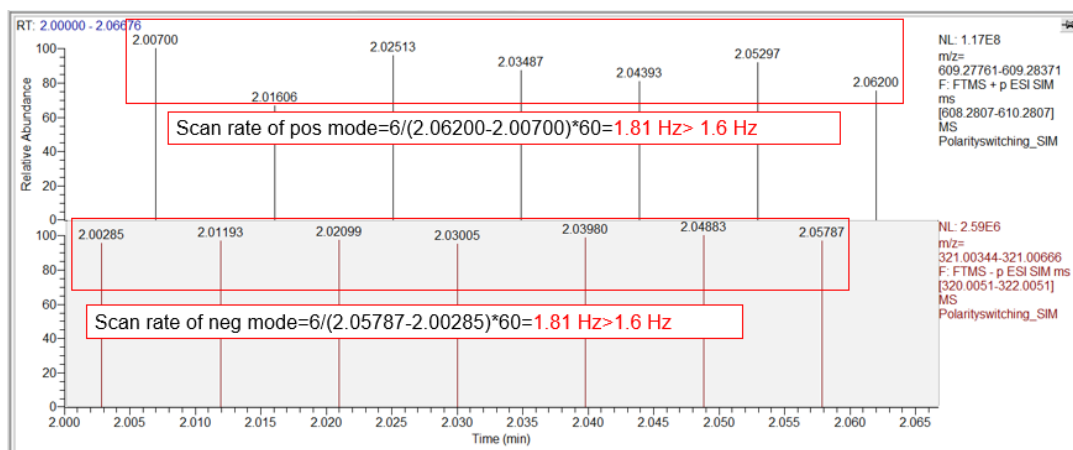
4.3.2 质量范围: 40 - 6,000 m/z;

4.3.3 质谱采集速率最大 30 Hz;

▲4.3.4 正负极性同时切换扫描速度：在分辨率 60,000 FWHM 条件下，全扫描模式正负切换时间 <700 ms；tSIM 模式下正负切换时间 <600 ms；



(该图来自 OE 240 实验测试数据，显示分辨率 60,000 FWHM 条件下，全扫描模式正负切换时间 <700ms，等效扫描速度 >1.4 Hz)



(该图来自 OE 240 实验测试数据，显示分辨率 60,000 FWHM 条件下，SIM 模式下，正负切换时间 <600ms，等效扫描速度 >1.6 Hz)

4.3.5 质量轴稳定性

4.3.5.1 外标校正：设备外标校正一次后，连续 48 小时内不再校正质量轴，质量精确度 ≤3 ppm RMS；

4.3.5.2 内标校正：通过实时内标校正源（EASY-IC），可自动实时校正一级质谱和二级质谱，实现至少连续 5 天质量偏差 <1 ppm RMS；

4.3.6 灵敏度

4.3.6.1 MS/MS 灵敏度（常规流速）：≥200 fg 利血平进样，信噪比（S/N）≥100:1。

4.3.6.2 选择离子扫描（tSIM）灵敏度（常规流速）：≥200 fg 利血平进样，信噪比（S/N）≥250:1；

4.3.6.3 纳升流速灵敏度：采用纳升液相系统，进样 1 μg Hela 蛋白酶解肽段，60 分钟色谱梯度，蛋白鉴定数 ≥5,300 个（FDR <1%）；

4.3.7 扫描模式

4.3.7.1 高分辨全扫描 MS 和 MS/MS；

4.3.7.2 高分辨选择离子扫描（tSIM）；

4.3.7.3 高分辨全子离子碰撞碎裂扫描（AIF）；

4.3.7.4 高分辨正负离子切换扫描；

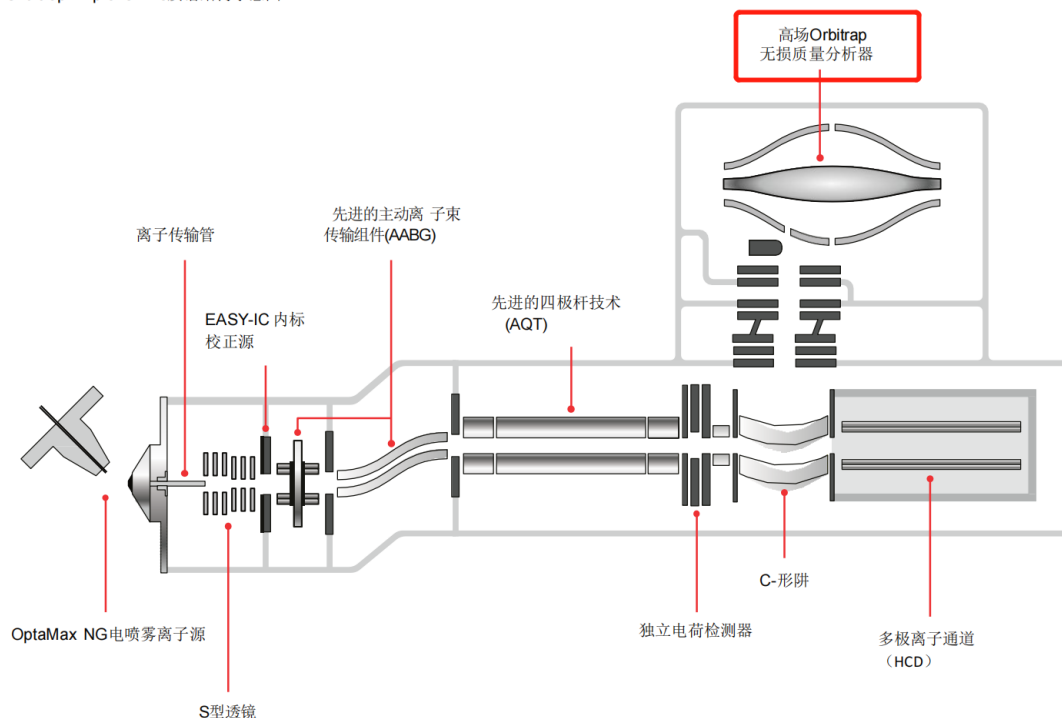
4.3.7.5 高分辨数据依赖离子扫描（Full MS-ddMS2）；

4.3.7.6 高分辨数据非依赖扫描（DIA）；

4.3.7.7 数据采集流程可自动更新一级和二级扫描的目标物列表和排除列表。

▲4.3.8 检测器：采用无损检测器（如 FT），无需额外提供相应原厂全新备用检测器至少 50 套；

Orbitrap Exploris 240质谱结构示意图



4.4 真空系统

4.4.1 配备大抽速分子涡轮泵系统，确保质谱仪在高分辨率下工作时的高真空度；

4.4.2 配备前级机械泵。

5. 软件与数据处理系统

▲5.1 仪器控制和数据处理系统软件 1 套，采用同一软件平台控制所有的液相色谱各模块和质谱仪，控制性能稳定可靠，高效液相色谱各模块、高分辨质谱仪及质谱软件平台均来自同一生产厂家，不接受任何形式的贴牌产品，以保证联机稳定性和售后服务便捷性；

5.1.1 数据采集软件；

5.1.1.1 能够完全控制超高分辨质谱主机、超高效液相色谱系统及纳升液相色谱系统；

5.1.1.2 具备仪器调谐、方法编辑、序列采集、实时监控等功能；

5.1.1.3 可实现全扫描、选择离子扫描、数据依赖采集（DDA）、数据非依赖采集（DIA）等多种采集模式；

5.1.1.4 具备正负离子模式快速切换采集功能；

5.1.1.5 支持实时质量轴校正（内标或外标方式）；

5.1.1.6 具备实时监控并反馈喷雾稳定性功能；

5.1.2 数据分析软件（终身免费升级）；

5.1.2.1 具备定性分析功能：化合物鉴定、分子式预测、结构解析等；

5.1.2.2 具备定量分析功能：峰积分、标准曲线绘制、浓度计算等；

5.1.2.3 支持多种扫描模式的数据处理：FullMS、MS/MS、tSIM、AIF、DDA、DIA 等；

5.1.2.4 具备批量处理功能，支持多批次数据的自动处理；
5.1.2.5 支持数据导出为通用格式（如 mzXML、mzML、CSV 等）；
5.1.2.6 具备用户权限管理和审计追踪功能（符合 21 CFR Part 11 要求）；
5.2 蛋白质组学分析软件 1 套
5.2.1 支持蛋白质鉴定（数据库搜索、de novo 测序）；
5.2.2 支持蛋白质定量（标记定量如 TMT、iTRAQ；非标记定量如 LFQ）；
5.2.3 支持翻译后修饰分析（磷酸化、乙酰化、糖基化等）；
5.2.4 具备质量控制模块，评估鉴定结果的假阳性率（FDR）；
5.2.5 包含常用蛋白质数据库（如 UniProt、NCBI）或支持自定义数据库导入；
5.3 代谢组学分析软件 1 套
5.3.1 支持非靶向代谢组学数据分析：峰检测、对齐、归一化、化合物鉴定；
5.3.2 支持靶向代谢组学数据分析：标准曲线定量、MRM 数据批处理；
5.3.3 具备统计学分析功能：PCA、PLS-DA、差异代谢物筛选、热图、火山图等；
5.3.4 包含代谢物数据库或支持公共数据库（如 HMDB、KEGG、METLIN）检索；
5.3.5 支持代谢通路分析及可视化；
5.4 脂质组学分析软件 1 套
5.4.1 支持脂质鉴定（基于精确质量数、二级碎片、保留时间规则）；
5.4.2 支持脂质定量（标记定量或非标记定量）；
5.4.3 包含脂质数据库（如 LIPID MAPS）或支持自定义脂质库导入；
5.4.4 具备脂质类别分类及统计分析功能；
5.5 永久性差异化数据分析软件 1 套
5.5.1 具备组学数据的深度统计学分析功能；
5.5.2 支持多组学数据关联分析（蛋白质组+代谢组等）；
5.5.3 具备机器学习算法（如 OPLS-DA、随机森林等）；
5.5.4 支持可视化图形输出（火山图、箱线图、聚类热图、ROC 曲线等）；
▲5.6 软件为 5 年内免费升级，后续按需签订维护协议；
5.7 数据库 1 套（终身免费升级）
5.7.1 包含质谱谱库或化合物数据库，用于化合物鉴定和检索；
5.7.2 数据库应包含化合物的精确质量数、保留时间、二级谱图等信息；
5.7.3 支持自定义数据库导入和扩展；
5.8 工作站 2 套： ≥27 寸显示器，分辨率 ≥4K；（或同等性能）；系统：不低于中文正版 Win10 专业系统（或同等性能操作系统），处理性能不低于 Intel® Core i9-14900（或同等性能 cpu）；内存 ≥32 GB（2×16 GB）DDR5 4800（或同等性能）；硬盘 ≥2TB SSD；≥8 TB 机械硬盘（或同等性能）；
▲6. 耗材及配置
6.1 色谱柱总数 ≥6 支，其中 2.1×100 mm 规格不少于 2 支
6.1.1 十八烷基硅烷键合硅胶为填充剂的超高压色谱柱（2.1 mm × 100 mm，1.8 μm） ≥2 支；
6.1.2 配套色谱柱（具体规格型号根据实际需求补充） ≥2 支；NANO 柱（分离蛋白质） ≥2 支；
6.2 常用消耗品包 3 套；
6.2.1 液相前端过滤器 2 套，含可更换滤芯 5 个；
6.2.2 液相 2 mL 样品瓶 5 盒（含瓶盖和瓶垫）；
6.2.3 质谱调谐校正液 2 套；
6.2.4 机械泵油 1 L/瓶，2 瓶；

6.2.5 无尘清洁白布 2 套；
6.2.6 离子源喷雾针更换备件 5 套（含喷雾针头及配套密封圈）；
6.2.7 质谱安装工具包 1 套；
6.2.8 液相色谱系统工具包（含工具、透明溶剂瓶 4 个，棕色溶剂瓶 1 个，备用管线等）2 套；
6.2.9 柱芯固定夹 1 个；
6.2.10 不锈钢毛细管 1 包；
6.2.11 溶剂净化柱组件包 1 套；
6.2.12 离子源喷针备用组件 2 套（含喷雾针头及配套密封圈）；
6.3 氮气发生器 2 套
6.3.1 采用超细化中空纤维膜分离技术，环保、无噪音；
6.3.2 氮气流速范围： ≥ 32 L/min，纯度 99.5%；
6.3.3 空压机和氮气发生器连接方式：空压机内置式，快速启动，即开即用；
6.3.4 空压机具备节能模式，实现智能化运行和关闭，节省能耗，延长使用寿命；
6.3.5 具有双压力保护装置，当氮气发生器内部压力异常时，系统具有自我保护功能；
6.3.6 采用多重静音系统，系统（包括主机和压缩机）噪音水平： < 60 dB(A)；
6.3.7 耐高湿环境：环境相对湿度 $\geq 70\%$ 情况下，氮气发生器仍可正常运行；
6.3.8 内置除水模块，再热技术和蓄水—排水系统，可有效提高排水效率，氮气露点： $< 40^{\circ}\text{C}$ ；
6.3.9 配 RAC 滤芯更换备件 3 套；
6.3.10 多级过滤系统，提供实验室分析级氮气，无悬浮液体，无邻苯二甲酸酯，颗粒物 < 0.01 μm ；
6.3.11 内置彩色触屏控制界面，实时监测压力，配备故障记录存储系统，具有在线服务和诊断功能；
6.3.12 配套高纯氮气钢瓶 2 套。