

赛默飞 iCAP PRO 系列 ICP-OES 技术优势说明

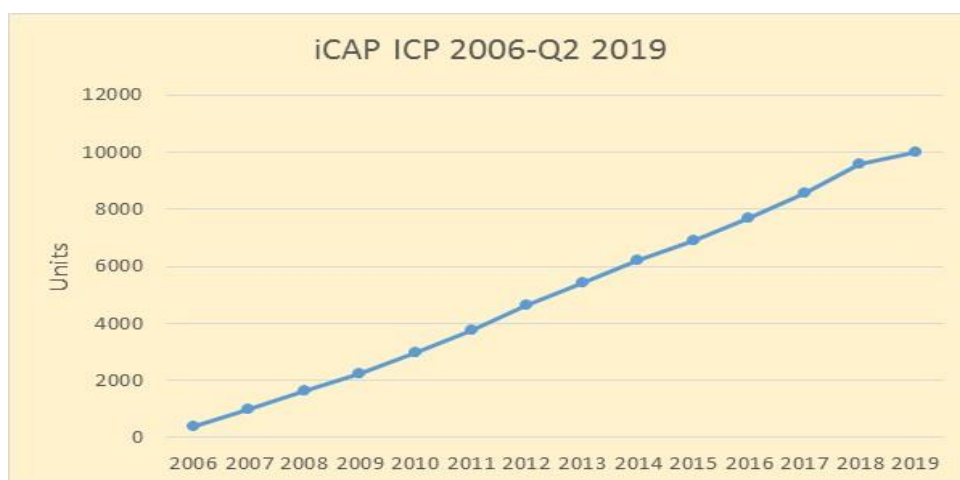


一. 关于我们

Thermo Fisher Scientific（纽约证交所代码：TMO，以下简称赛默飞）是全球科学服务领域的领导者，致力于帮助客户使世界更健康、更清洁、更安全。公司在全球 50 多个国家拥有超过 60000 名员工，年销售额 200 亿美元。主要客户类型包括：医药和生物公司，医院和临床诊断实验室，大学、科研院所和政府机构，以及环境与工业过程控制装备制造制造商等。公司借助于 Thermo Scientific 和 Fisher Scientific 这两个主要的品牌，帮助客户解决在分析化学领域从常规的测试到复杂的研发项目中所遇到的各种挑战。Thermo Scientific 能够为客户提供一整套包括高端分析仪器、实验室装备、软件、服务、耗材和试剂在内的实验室综合解决方案。Fisher Scientific 为卫生保健，科学研究，以及安全和教育领域的客户提供一系列的实验室装备、化学药品以及其他用品和服务。

Thermo Scientific 对光谱仪的研究与开发已经有 60 多年的历史，经营全谱直读型 ICPOES 更达 30 年：

- 1942 年，推出第一台光栅光谱仪；
- 1974 年，推出全球第一台商用 ICP 光谱仪；
- 1982 年，Thermo Jarrell Ash 推出多道+单道结合型 ICPOES；
- 1991 年，推出全球第一台 IRIS 全谱直读型 ICPOES；
- 1996 年，推出垂直、水平双向观测技术；
- 1998 年，推出第二代 IRIS Ad 全谱直读型 ICPOES；
- 2001 年，推出全功能型全谱直读 IRIS Intrepid；
- 2003 年，推出 IRIS Intrepid 升级产品 IRIS Intrepid II
- 2006 年，iCAP 6000 型全谱直读 ICPOES 面世；
- 2013 年，配合智能数据处理平台的全新 iCAP 7000 系列 ICPOES
- 2020 年，重塑经典，突破效率和性能边界的 iCAPPRO ICPOES 隆重登场.....



图一：Thermo iCAP6000-7000 系列 ICP-OES 销售已达 10000 台+

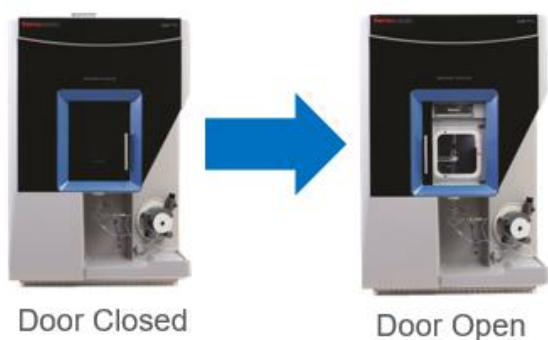
二. iCAP PRO 系列 ICP-OES 的独到之处

2020年3月发布的 iCAP PRO 系列 ICP-OES 秉承 iCAP6000-7000 系列的优势，采用了全新设计的炬室系统、光学系统和检测器，实现了快速、准确、高灵敏度的痕量元素分析。

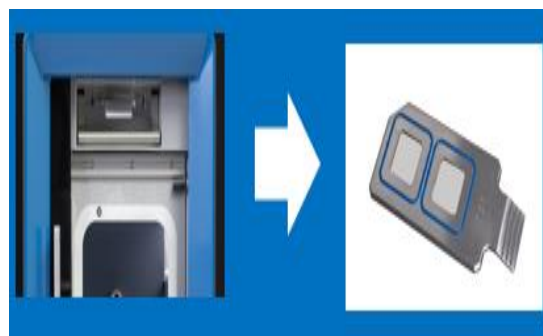
iCAP PRO 系列 ICP-OES 凭借着全新设计的精密控温的高分辨光学系统和大于 400 万像素的 CID 检测器，配合采用空气动力学设计的耐腐蚀炬管箱和垂直炬管设计的进样系统最大化保证您在环境、制药、工业或食品安全等领域样品的准确、稳定、快速的高通量检测。Qtegra™ 软件智能的工作流程节省您操作仪器的时间，培训的时间以及数据处理的时间。Qtegra™ 软件具有完善的权限的管理、审计追踪、电子签名等功能，符合 FDA 21CFR Part 11 的法规要求。

1、人性化设计的进样系统

iCAP PRO 系列 ICP-OES 不断强调仪器的人体工程学设计及其易操作性。如图二所示，炬室门采用非常友好的滑动门设计，使用户在装卸进样系统时没有任何障碍，同时炬室门上大面积的观测窗可方便地观察等离子体火焰及样品引入时仪器的工作状态。面板前置式进样蠕动泵可以方便的安装泵管，随心所欲地进行维护操作；配合独特的废液排出传感器可实时对检测样品管线是否堵塞或可能出现的漏洞进行监测。新的 POP 观测窗设计（如图三），直接插拔式设计，用户自己就可轻松完成 POP 镜子的维护和更换。优异的设计为用户提供了充分的使用便利性。



图二：仪器前门及观察窗

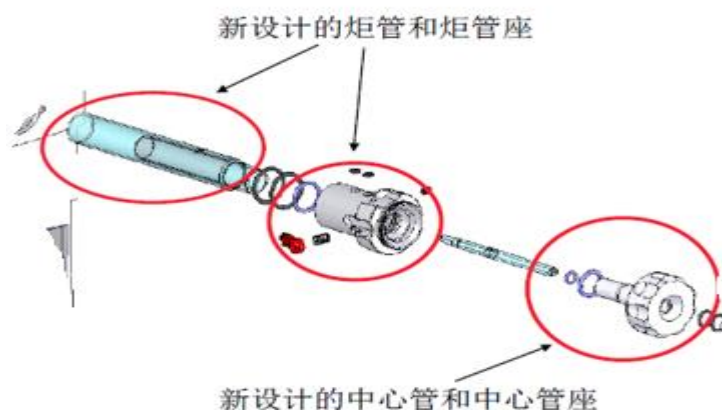


图三：方便观察和维护的 POP 窗口

iCAP PRO 系列 ICP-OES 配置有 12 滚轮 3-4 通道进样蠕动泵，确保进样的顺畅与稳定，最大限度降低样品引入中带来的信号噪音。3 通道或 4 通道蠕动泵的结构可以保证进样过程中内标的在线加入也可实现连接氢化物发生器附件进行 As、Bi、Hg、Sb、Se、Sn 以及 Te 等元素亚 ppb 级浓度的检测。

iCAP 6000 系列中经典的“即插即用”式可拆卸炬管及其定位结构在 iCAP PRO 系列中继续得到沿用，该优异设计甚至应用于荣获 2013 年“R&D100”大奖的 Thermo Scientific iCAP Q ICP-MS 仪器中。如图四所示，增强型可拆卸炬管（EMT）具有可以方便更换的中心喷射管，根据样品性质的差异可以选择不同材质以及不同口径的中心管，同时可拆卸式结构大大降低了炬管的使用成本。螺纹

式的中心管座锁定结构极大地简化了中心管的更换及维护操作；炬管自动定位锁定结构保证用户在安装炬管的过程中只需单手将炬管插入炬室内并旋转一定角度就位，即可完成原本复杂的炬管准直定位工作以及等离子气、辅助气的管路连接工作。



图四：增强型可拆卸炬管及螺纹式中心管座



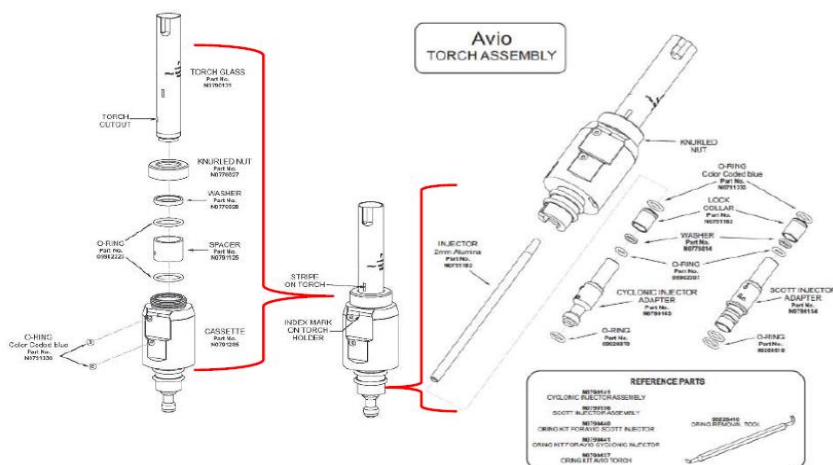
图五：炬管自动定位结构



图六：螺纹式中心管

炬管自准直和气路自动连接技术使进样系统的维护工作得以极大的简化，同时避免了由于人为误操作导致的等离子气（COOL）和辅助气（AUX）反接烧融炬管的情况发生。

iCAP PRO 系列 ICP-OES 整个炬管的维护时间仅需 40 秒，全部进样系统拆装工作在一分钟之内完成。相比较于其他公司同类产品复杂进样系统的结构设计以及多条气路管线的手动连接，iCAP PRO 系列人性化的进样系统设计令您在仪器的使用和维护上花费最少的培训成本，适用于各种水平的仪器操作者。（如图七）



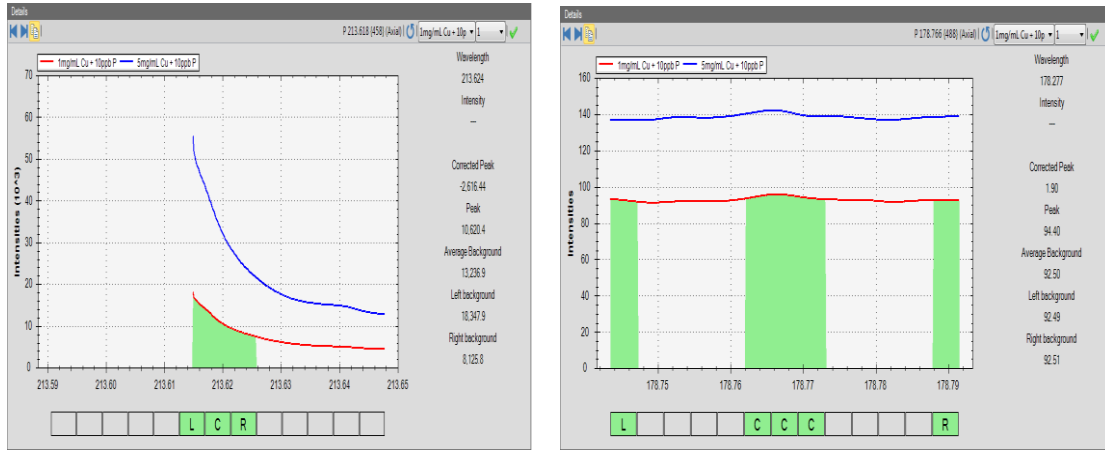
图七：其他公司的 ICP-OES 进样系统结构及管路极其复杂

2、超快速的智能全谱模式 (iFR)和超高灵敏度的紫外增强模式 (eUV)

全新的 iCAP PRO ICPOES 使用 iFR 智能全谱模式测试时，在全波长范围 167-852nm 内一次同时读取，测试 70 个元素或谱线可在小于 40 秒内完成，且远紫外区谱线 (<200nm)灵敏度依然优于其他仪器厂商，是高通量样品用户的最佳选择。而对于对远紫外区灵敏度有超高要求的特殊用户提供 eUV 紫外增强模式，在 167-240nm 波长范围可获得比 iFR 模式下高 20%以上的灵敏度。故无论采用 iFR 模式还是 eUV 模式 iCAPPRO 都可以获得比其他仪器厂商更低的远紫外区检出限(如图八)。例如对于铜基体中痕量磷元素的分析,由于铜基体对 P213nm 的干扰, 178nm 是铜基体中磷元素谱线的最佳选择 (如图九), 采用 eUV 模式测试 20000ppm 铜基体中磷元素可以获得小于 10ppb 的定量限。

元素	波长(nm)	5110VDV	Avio200/500	iCAP PRO iFR	iCAP PRO eUV
As	189.042/188.980	3.7	2	1.95	1.22
Al	167.079	0.6	1	0.07	0.05
P	177.495/177.434	3.7	4	1.55	1.26
S	180.731/181.972	4.9	10	1.95	1.55

图八：不同厂家远紫外区元素检出限比较 (单位: ug/L)



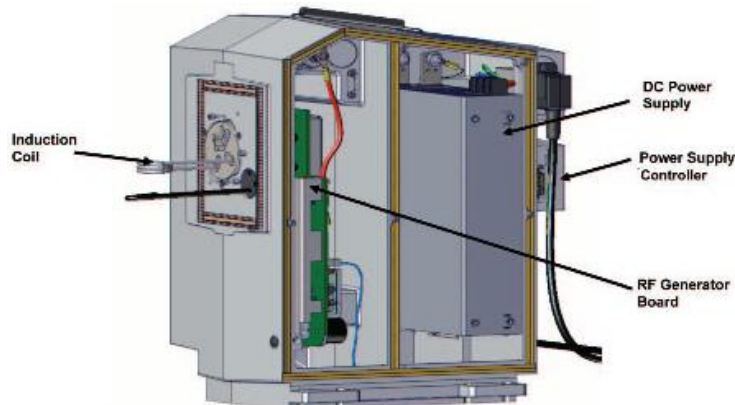
图九：铜基体中 P213.618 nm 干扰谱图（左）P178.2nm 无干扰谱图（右）

3、稳定且强健的等离子体技术

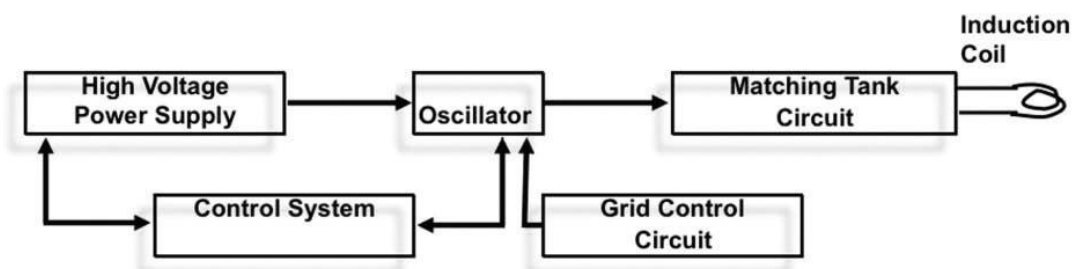
众所周知，等离子体技术相当于 ICP-OES 的心脏，强健而稳定的 RF 发生器在保证等离子体能够正常点火的同时又要有更高的转换效率以适应不同基质样品切换时 ICP 火焰的维持。Thermo Scientific 始终把 RF 发生器的性能放在第一位，自 iCAP 6000 系列 ICP-OES 首次使用 27.12MHz 固态发生器以来本公司不断的对该技术进行优化改进，致力于制造更加稳定、转换效率更高的 RF 发生器。在 iCAP PRO 系列产品中的自激式射频发生器使用直接耦合，变频阻抗控制结合平衡驱动电路，等离子体转换效率可达 80% 以上，令等离子体更容易点燃，可以分析更多的样品类型，甚至包括较为复杂的挥发性有机溶剂，即使环境条件有所改变也能保持最佳的等离子体稳定性。

仪器搭载的全质量流量计气路控制系统（等离子气、辅助气、载气均采用质量流量计控制），即使在大气压或温度变化时也能绝对保证气体控制的稳定性。

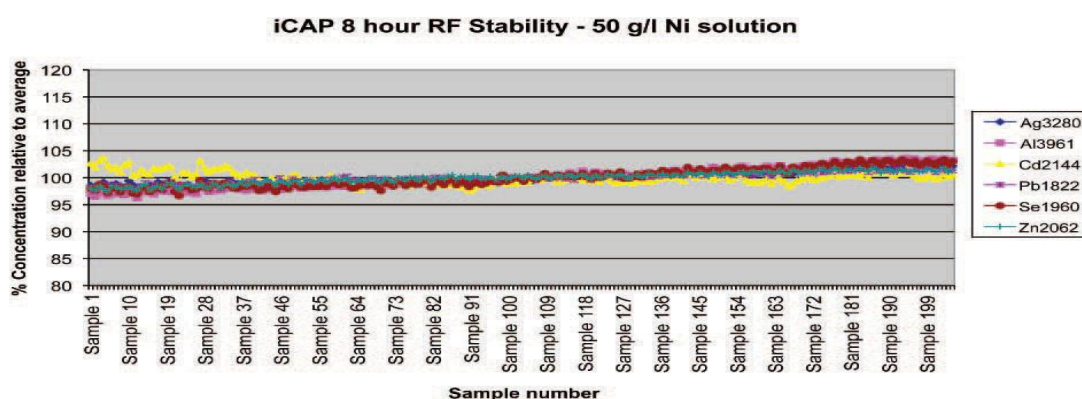
新一代 RF 发生器在整合了电子学元器件的同时又对其中的独立部件进行了细化，便于在后期维修过程中单独更换降低了用户的维修成本（如图十）。自激式的发生器结构通过对等离子体的状态进行监控反馈（如图十一），根据反馈快速调整射频发生器频率实现对复杂样品的快速适应。超高的稳定性以及匹配速度快的特性保证客户不但可以直接分析 100% 甲醇溶液或油品，在分析 5% 镍溶液高盐样品时也可获得极佳的稳定性（如图十二），甚至可以在等离子体点燃的状态下进行雾化器，中心管的更换。



图十：具有实时反馈功能的射频发生器



图十一：自激式射频发生器结构图

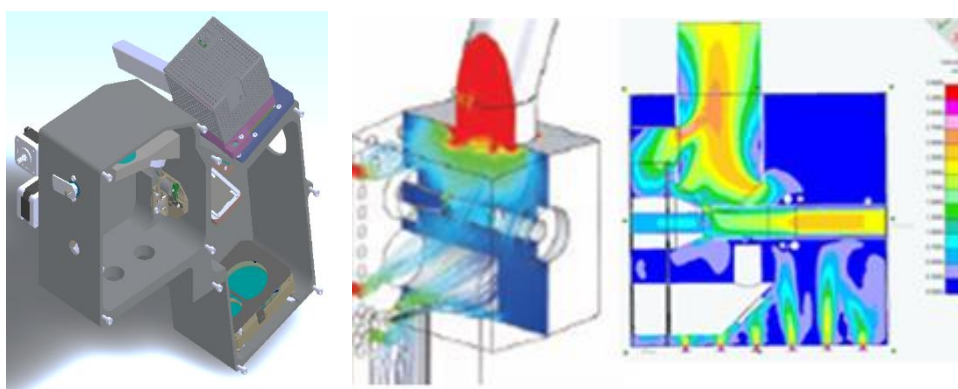


图十二：iCAP PRO ICPOES 分析 50g/L 镍溶液杂质 8 小时稳定性

4、精密控温的高分辨光学系统

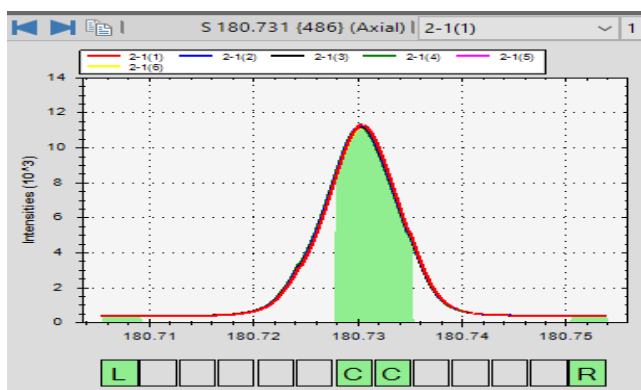
对于光谱仪器来说光学系统的稳定性和性能表现直接决定了其对不同待测元素检测能力，光学稳定性取决于温度的稳定和机械结构的稳定。iCAP PRO 系列 ICP-OES 先进的光学系统来自于 Thermo Scientific 对光路结构的深入设计研究。中阶梯光栅配合棱镜的二维分光系统，球面镀膜 (MgF₂) 反射镜，小于 300mm 短焦距光学结构，全光路没有可移动的光学元件，使光强损失及杂散光噪音最小化，光通量及光学分辨率最优化，光学稳定性最佳化，200nm 处 <7pm 的光学分辨率为您提供了更加优异的灵敏度和检出限。

随着温度的变化光学元件会发生不同程度的变形导致波长的漂移，因而精密的光室控温系统在 ICP-OES 中是非常必要的。iCAP PRO 系列光谱仪可以对光室进行异常精密的控温，达到 38°C ± 0.1°C，配合 CFD 辅助导流技术快速排出由等离子体产生的热量（如图十三），降低炬室对光室温度的影响。从而极大程度的提高了波长稳定性，对于长时间的样品分析工作也无需担心波长的变化，无需多次重复校正波长。



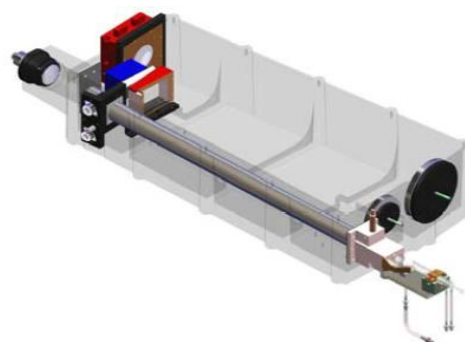
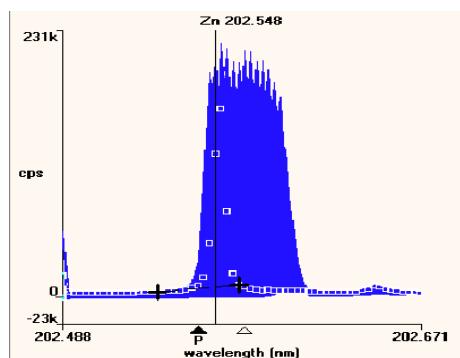
图十三：最小的光室结构及 CFD 辅助导流技术

远紫外波段因为干扰少是 ICP-OES 较为常用的波长范围，例如：Al167nm、P177nm、B182nm、S180.731nm。而空气中的氧气及二氧化碳对紫外区波长有较强的吸收，为了保证紫外区元素正常的检测工作，对光室使用惰性气体吹扫是必不可少的。iCAP PRO 系列短焦距紧凑光室的结构使吹扫时间降至 30 分钟以下，即在等离子体稳定期间就可完成光室的吹扫工作，同时大大的减少了氦气的消耗节省成本。iCAP PRO 测试远紫外区波长 S180.73nm 时既可获得极佳的灵敏度又可获得最佳的稳定性。(图十四)



图十四 iCAP PRO 测试 S180.731 nm 2 小时谱图叠加无任何漂移

一些宣传光室无需恒温控制（五分钟即开即用）的仪器厂商为了保证光学稳定性必须在检测过程中不断的对波长进行校正，测试时间增加的同时也大大的提高了仪器的运行成本；还有一些厂家利用长焦距大光室作为卖点宣传，大的光室既不能很好的保证光室的机械稳定性，同时加大了吹扫以及温度稳定的时间和氦气消耗量。(图十五)

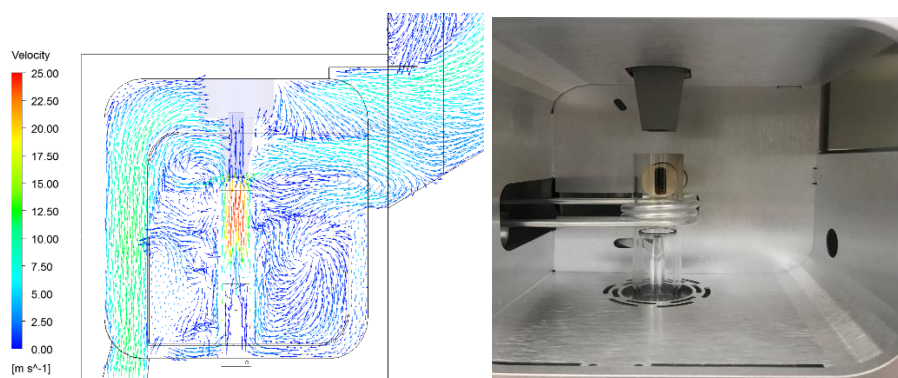


图十五：无恒温光室导致的波长漂移及 800mm 大光程光室

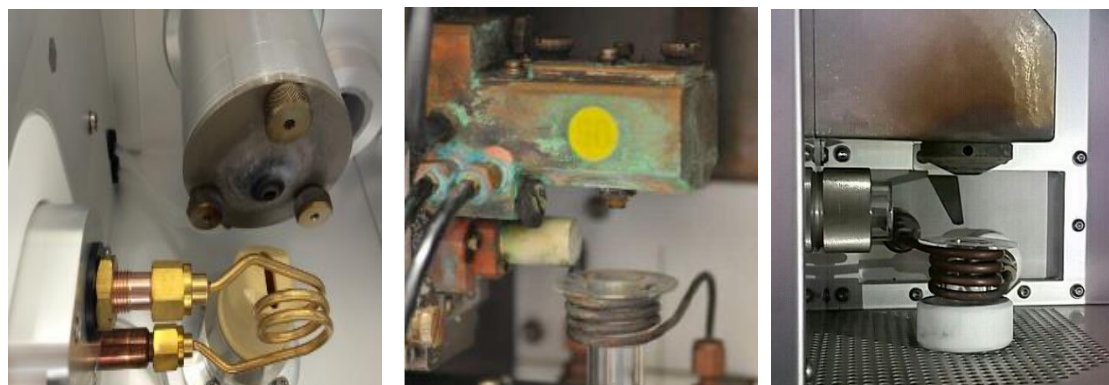
5、最稳健的垂直炬管双向观测技术

iCAPPRO 采用全新设计的垂直炬管双向观测进样系统，其配备空气动力学设计的双层炬箱，炬管冷却效果佳，既保证了等离子体的稳定性，并具有最少的样品沉积（图十六）。一些采用垂直炬管双向观测的仪器厂商，采用简单的抽风和炬室设计，造成炬室内腐蚀严重，并且造成轴向观测 POP 观测窗样品沉积（图

十七)。iCAPPRO 垂直炬管双向观测的结构既可保证优异的检测限又能测试高基体高盐样品，并且高低含量元素检测结果可以在一次检测中获得。在同一检测方法中，对于低含量简单基体样品采用轴向观测，高含量复杂基体采用径向观测，无需重复两次测量，无需多次稀释，减少了人为操作误差，提高数据的可靠性。对于样品仅为有机物、高盐等高基体的客户，iCAP PRO 系列还可为您提供更加专业的单垂直观测型仪器。



图十六：iCAP PRO 系列空气动力学设计双层炬管箱和垂直炬管双向观测仪器

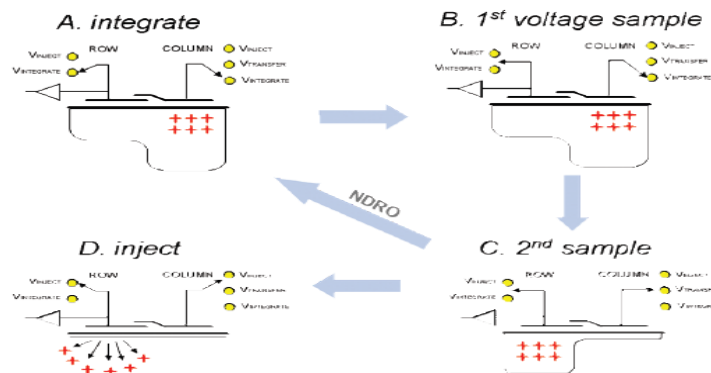


图十七：其他厂家的垂直炬管双向观测炬室腐蚀严重

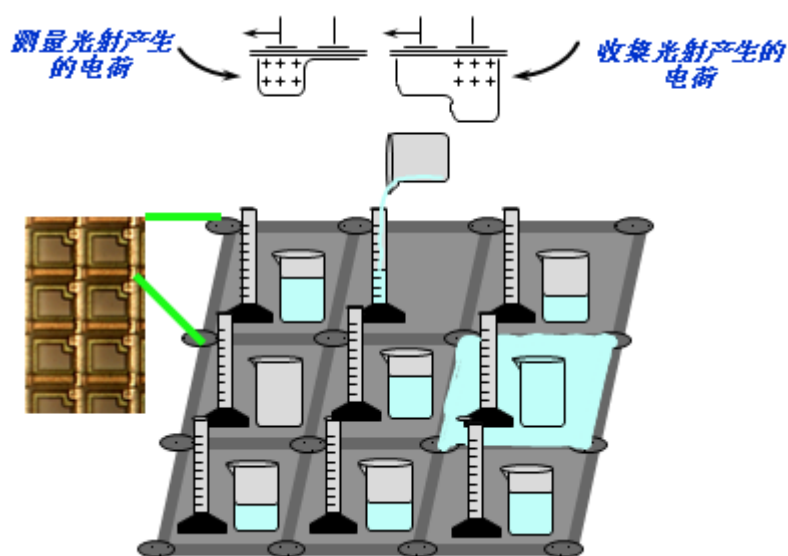
6、防溢出电荷注入式检测器（CID）

Thermo Scientific 专利独有的 RACID 检测器是当今最新一代的 CID 检测器，最新研发的 CID 检测器具有 419 万像素，像素分辨率达 0.002nm，读取速率达 2Mhz，具有更高的灵敏度，更低的读出噪音和更宽的线性动态范围以及更快的读取速度，使之成为 ICP-OES 检测器的最佳选择。

与其他类型的固态检测器相比，CID 检测器具有非破坏性读取功能（如图十八），每个像素都配有防溢出隔离沟（如图十九）它可以自动对地注入并反复多次读取强信号以防止电荷溢出；而对于弱信号可以进行长时间的电荷积累以获得最佳信噪比。检测器配备的高速奔腾数据处理系统，读取速度可达 2Mhz，可大大降低数据处理时间，提高分析效率，对于 70 多种元素的分析工作在 1 分钟内完成。

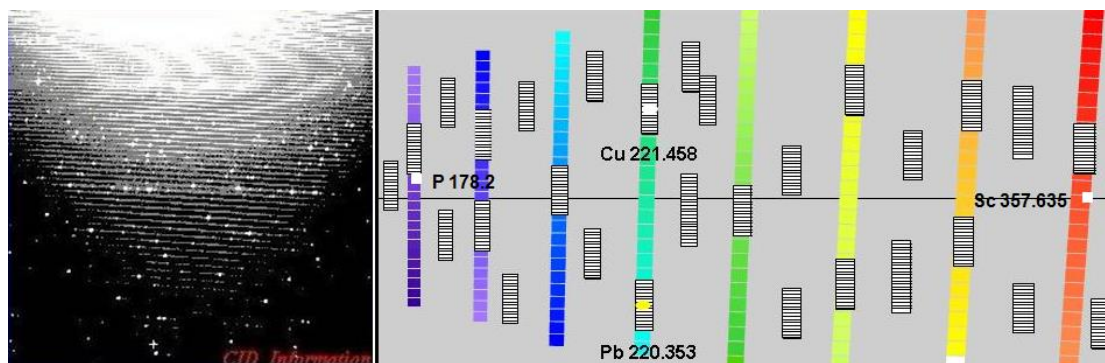


图十八：CID 检测器的非破坏性读取



图十九：CID 检测器防溢出的结构

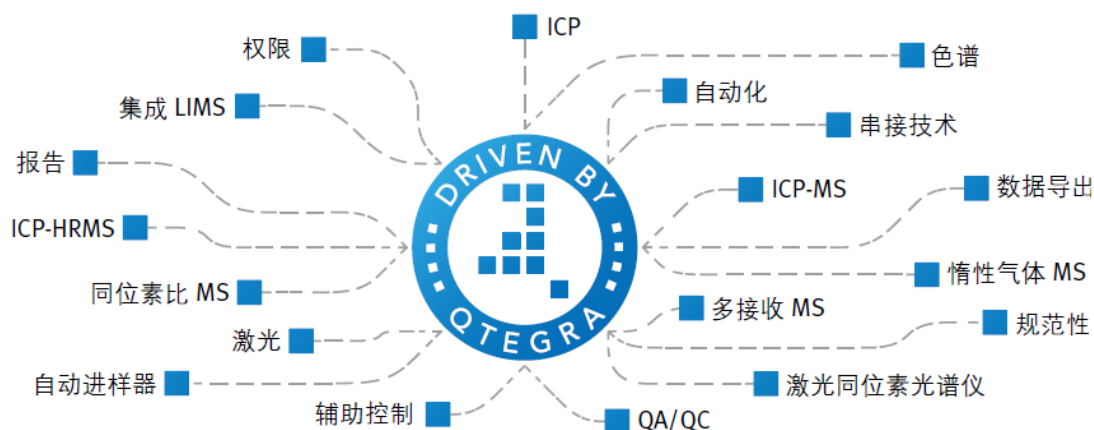
目前主流 ICP-OES 仪器供应商提供的检测器类型包括电荷注入型 (CID) 检测器, 电荷耦合型 (CCD) 检测器以及一些基于电荷耦合型检测器改进的检测器。全新 CID 检测器平面上的两个方向均有 2048 个连续检测单元, 因而可以对连续谱线进行读取覆盖全部波段谱线。CCD 检测器为了解决光强饱和溢出的问题, 需要去除感光平面上一些检测单元将其改造成为导流沟槽进行溢出电荷的导出工作。失去了部分感光单元的 CCD 检测器也就失去了某些特定波长的读取能力, 因此该种改进设计的 CCD 检测器无法实现全部波段谱线的读取 (如图二十, 彩色条纹处因为没有检测单元, 全部为损失的波长)。全波段谱线的读取能力可以为您提供更宽裕的谱线选择余地, 从而有效的避免谱线干扰和次灵敏线的选择来扩展线性范围。



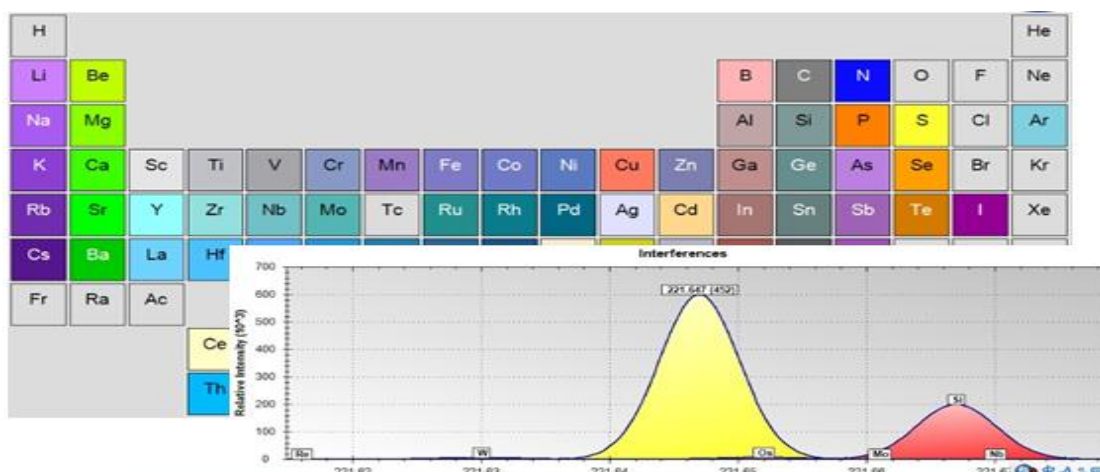
图二十：CID 检测器（左）与改进式 CCD 检测器（右）检测谱线信息

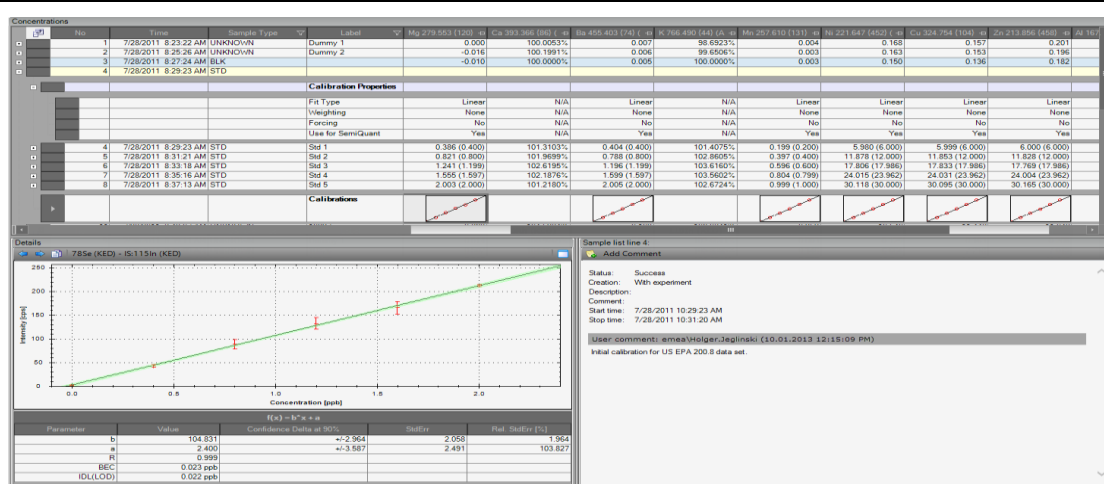
7、全新智能数据处理软件平台

Thermo Scientific 最新开发的智能数据处理软件平台（Qtegra™ ISDS）是多种不同分析仪器的核心控制软件。除了 ICP-OES, Qtegra™ 软件可以控制 Thermo Scientific 的一系列分析仪器，并可灵活连接外围设备。跨平台和新仪器的使用都变得更快更容易，使现代综合科学实验室更具灵活性（如图二十一）。与此同时，直观的操作界面，简洁的设置流程以及全面清晰的结果呈现使仪器操作者获得更好的操作体验（如图二十二）。



图二十一：Qtegra™ 多平台智能数据处理软件

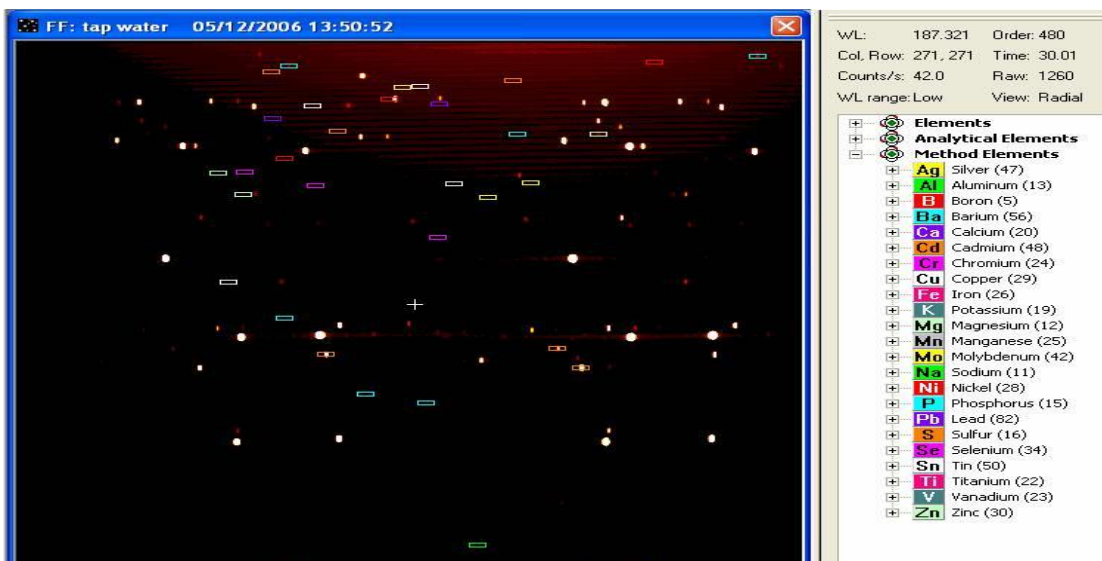




图二十二：Qtegra™方法编辑界面（上）与数据处理界面（下）

全新的 Qtegra™ 软件首次将自动调谐功能引入到 ICP-OES 仪器中，只需点击软件中的“Get Ready”键即可实现仪器的自动调谐、自动校正以及性能检查功能，确保您每次测得结果的准确性。仪器同时可自动优化等离子体参数包括功率、雾化气流量、冷却气流量、辅助气流量、观测高度等，让初学者也可利用自动优化功能获得样品运行时的最佳参数。

新软件仍然可以通过“指纹”摄谱技术利用 CID 芯片记录整个图谱。通过该图谱进行元素识别和半定量分析。该技术不但可以识别样品中存在的全部元素，还可以作为判断干扰的最佳工具。



图二十三：指纹摄谱技术识别样品中存在的元素

Qtegra™ 软件具有六级以上的权限管理功能（图二十四），并能实现数据自动备

Application Access Rights:							
Application Name	System Administrator	Administrator	Data Administrator	Manager	Supervisor	Analyst	User
Configurator	Allowed	Allowed	Prohibited	Prohibited	Prohibited	Prohibited	Prohibited
FakeTool	Prohibited	Allowed	Prohibited	Prohibited	Prohibited	Prohibited	Prohibited
InstrumentControl	Prohibited	Allowed	Prohibited	Prohibited	Prohibited	Prohibited	Prohibited
InstrumentInstall	Prohibited	Allowed	Prohibited	Prohibited	Prohibited	Prohibited	Prohibited
Qtegra	Prohibited	Allowed	Allowed	Allowed	Allowed	Allowed	Allowed

Configurator Access Rights:							
Configurator Name	System Administrator	Administrator	Data Administrator	Manager	Supervisor	Analyst	User
Access Control	Allowed	Allowed	Prohibited	Prohibited	Prohibited	Prohibited	Prohibited
Access Rights	Allowed	Allowed	Prohibited	Prohibited	Prohibited	Prohibited	Prohibited
File Access Rights	Allowed	Allowed	Prohibited	Prohibited	Prohibited	Prohibited	Prohibited
Elements	Prohibited	Allowed	Prohibited	Prohibited	Prohibited	Prohibited	Prohibited
Experiment Configurator	Prohibited	Allowed	Prohibited	Prohibited	Prohibited	Prohibited	Prohibited
Hardware Configurator	Prohibited	Allowed	Prohibited	Prohibited	Prohibited	Prohibited	Prohibited
Hardware Panel Configurator	Prohibited	Allowed	Prohibited	Prohibited	Prohibited	Prohibited	Prohibited
Molecules	Prohibited	Allowed	Prohibited	Prohibited	Prohibited	Prohibited	Prohibited

份，具有完善的审计追踪（包括系统审计追踪、方法和结果修改审计追踪、日志等）和附加的电子签名功能，符合 FDA 21CFR Part 11 的法规要求。

图二十四：Qtegra™ 软件权限管理截图

8、众多附件的选择性搭配

除了一系列常规雾化器、雾化室和炬管的配套使用外，iCAP PRO 系列 ICP-OES 还可以配备多种附件以满足客户的多种分析需求。



长寿命陶瓷炬管

适用于有机、腐蚀性（氢氟酸）以及高盐基体样品分析。



半导体控温雾化室

针对有机物及易挥发物质的溶液稳定进样。



超声波雾化器

改进雾化和样品传输效率，对于很多元素检出限可达亚ppb级，也适用于较难分析的挥发性有机溶剂。



氢化物发生器

利用高效的气液分离膜技术，在分析可形成氢化物的As、Bi、Hg、Sb、Se、Sn和Te等元素时，检出限可以达到亚ppb级。



氢气加湿器

适用于饱和食盐水等高盐样品