



赛默飞世尔科技

上海
上海市浦东新区新金桥路27号3,6,7号楼
邮编 201206
电话 021-68654588

生命科学产品和服务业务
上海市长宁区仙霞路99号21-22楼
邮编 200051
电话 021- 61453628 / 021-61453637

成都
成都市临江西路1号锦江国际大厦1406室
邮编 610041
电话 028-65545388

南京
南京市中央路201号南京国际广场南楼1103室
邮编 210000
电话 021-68654588

北京
北京市东城区北三环东路36号环球贸易中心C座7/8层
邮编 100013
电话 010-87946888

生命科学产品和服务业务
北京市朝阳区东三环北路2号南银大厦1711室
邮编 100027
电话 010-84461802

沈阳
沈阳市沈河区惠工街10号卓越大厦3109室
邮编 110013
电话 024-31096388

武汉
武汉市东湖高新技术开发区高新大道生物园路
生物医药园C8栋5楼
邮编 430075
电话 027-59744988

广州
广州国际生物岛寰宇三路36、38号合景星辉广
场北塔204-206单元
邮编 510000
电话 020-82401600

西安
西安市高新区科技路38号林凯国际大厦
1006-08单元
邮编 710075
电话 029-84500588

昆明
云南省昆明市五华区三市街6号柏联广场写字
楼908单元
邮编 650021
电话 0871-63118338

欲了解更多信息, 请扫描二维码关注我们的微信公众账号

赛默飞世尔科技在全国有共21个办事处。本资料中的信息, 说明和技术指标如有变更, 恕不另行通知。



赛默飞
官方微信

热线: 800 810 5118
电话: 400 650 5118
www.thermofisher.com

ThermoFisher
SCIENTIFIC

ThermoFisher
SCIENTIFIC

Thermo Scientific Prima BT 质谱仪燃料气分析方案

02 说明

03 Prima PRO 或 Prima BT

04 工作原理

05 样品导入

07 分析仪控制架构

08 计算机控制

09 系统维护

10 技术规格表

目录

contents

说明

Thermo Scientific™ Prima™ 和 Sentinel™ 过程质谱仪家族，应用在非常广阔的领域，成功的为过程的优化、增强安全和满足法规提供了快速、准确的全组份气体分析应用。然而，日益增加的全球竞争，超负荷的维护部门和碳排放审计的严格要求，都需要我们不断改进过程分析技术。由于其与生俱来的灵活性，质谱仪被要求在新一代的过程气体分析领域扮演更加重要的角色。崭新设计的 Prima BT 能够提供真正的新一代卓越质谱仪的性能，针对于实验室过程工艺开发的应用，它在一系列设计上大幅增强了系统测量的精确性、准确性和稳定性。

过程质谱仪的设计团队对新一代质谱仪应该具备的特性提出如下要求：

- 优异的在线测量精度
- 优异的测量稳定性
- 界面友好的软件能够灵活的设定分析方法
- 容错设计能够确保达到 99.9% 正常运行时间
- 延长预防性维护时间间隔
- 高度简单化的维护步骤
- 出色的“分析仪到分析仪”重复性

我们很高兴的宣布：我们的设计团队做到了！

技术选择

在质谱仪的技术掌握上，相对于其他过程分析仪公司，事实上赛默飞世尔科技有着非常宽广的选择。Prima PRO、Prima BT 和 Sentinel PRO 所选用的技术是扫描磁扇分析原理。首先，该技术所提供的平顶峰能够克服质量刻度的漂移，使其不会对测量产生影响。其次，它也是高能量设备，提供了最好的抗污染性能。最后，通过峰与峰之间干净的基线，能够有效消除拖尾效应，具备测非常低浓度成份的测量，而无论是否有质量数与其紧紧相邻、且浓度很高的成份。

Prima PRO 或 Prima BT

Thermo Scientific Prima BT 致力于实验室过程实验装置或小型过程的在线监测，能够对浓度在 20ppm-100%范围内的气体进行精确测量。同时，可选的微通道板倍增检测器可用于检测低于ppm 级的气体浓度。

Prima PRO 是一款专门用于在线分析的质谱仪，几乎可以配置在任何种类的工业环境中，并都能可靠的运行。Prima BT 使用了与 Prima PRO 完全一样的质谱分析技术，但是它被定义应用于小型工业环境和一般环境（环境温度得到控制），并且能够提供最好的分析性能。如果您为大型的工业在线检测寻求分析仪，Prima PRO 能够提供最好的应用测量品质。相对而言，如果您需要分析最多不超过15个监测点，且需要同样的性能，但是应用于您的过程开发实验室或是一般环境下的小型工业装置检测，Prima BT 同样能够提供完美的分析方案。

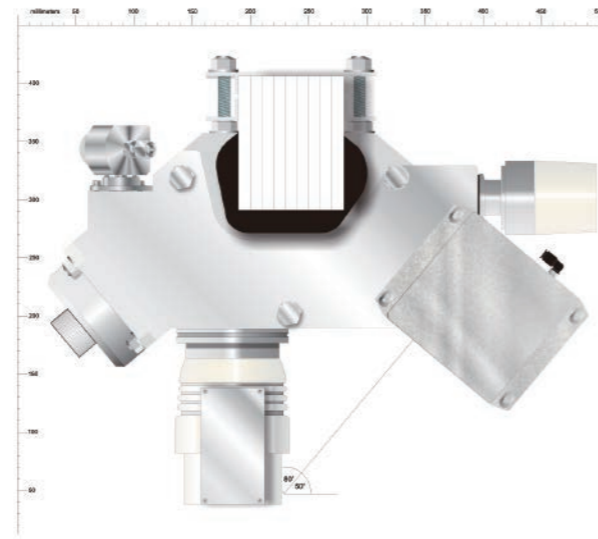


图1: Prima BT 质谱仪结构图

工作原理

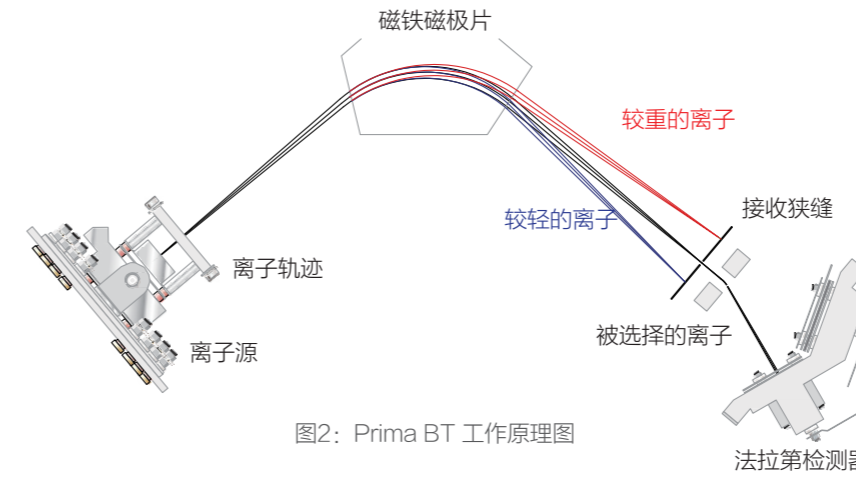


图2: Prima BT 工作原理图

$$\frac{M}{e} = \frac{\beta^2 r^2}{2V}$$

这里

R: 偏转轨道半径 (6 厘米)

M: 离子的质量数

V: 离子的加速电压 (1KV)

β : 磁场强度

e: 单位电荷 (1个电子的电荷)

磁扇质谱仪是根据离子化的样品分子（离子）和磁场之间的相互作用，实现了对组成样品的各个独立质量组份的分离和测量。

在离子化腔，离子由一束具有一定能量的电子与中性气态样气分子相互作用而形成。新生成的离子立即被电场加速，使其向着垂直于磁场方向运动。每一个带电粒子在磁场内受到一个横向力，该力的大小正比于磁场的强度、粒子的速度和它所携带的电荷大小。根据磁场强度预设值来确定选择需要分析的离子，每一个适合的离子被依次选中后通过前方的接收狭缝到达检测器。在这里，检测器测量到的信号正比于被选中的样气分子的浓度。通过测量这些预先定了的离子数量，一个完整组份分析得以呈现。

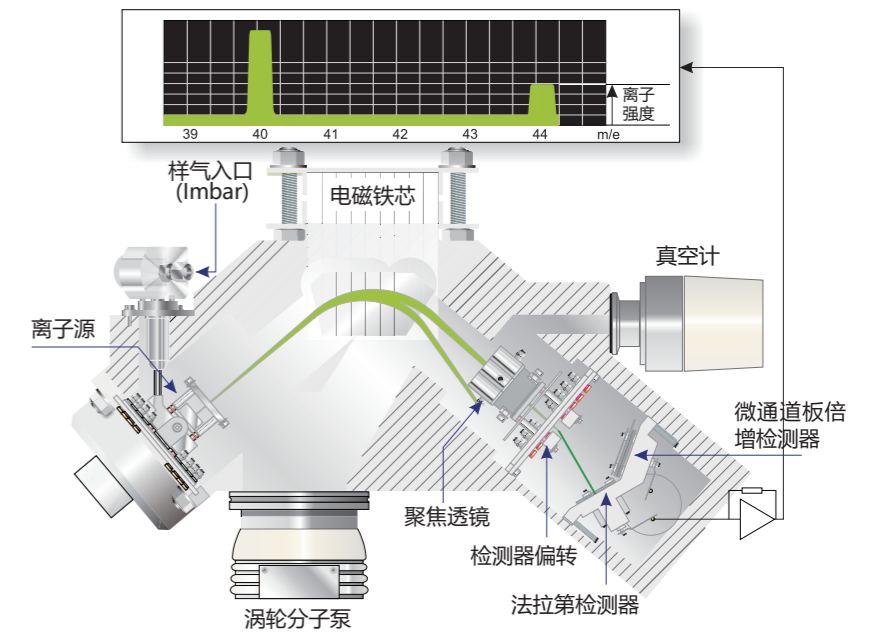


图3: Prima BT 的组份分析



样品导入

Prima BT 采用著名的快速多流路进样器 (RMS) 将样气导入分析仪。这种高可靠性的设备能够实现样气流路的切换同时不影响分析仪内部样气的品质。RMS具有长期的优良使用记录, 其坚如磐石的可靠性, 每年执行多达六百万次的流路切换, 而只需很少甚至根本不需要维护的能力已经被实践检验过。它确保 Prima BT 能够监测多达 15 个流路。步进电机驱动的快速多流路进样器在一定的时间依次切换至每个流路, 将样品导入质谱仪并且记录每一个流路的流量。该快速多流路进样器能够被加热到 80°C, 它能够确保对诸如甲醇、乙醇和氨等极性分子的快速响应。

注意: 由于 RMS 不是旋转阀, 而是一个样品连续流动的进样选择器, 因此, 我们必须为标气设置控制阀, 它们位于快速多流路进样器的下方。

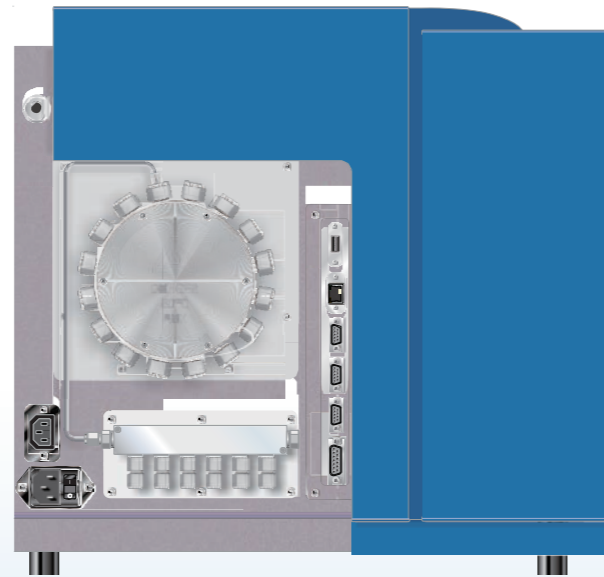


图4: 气体接口连接配置

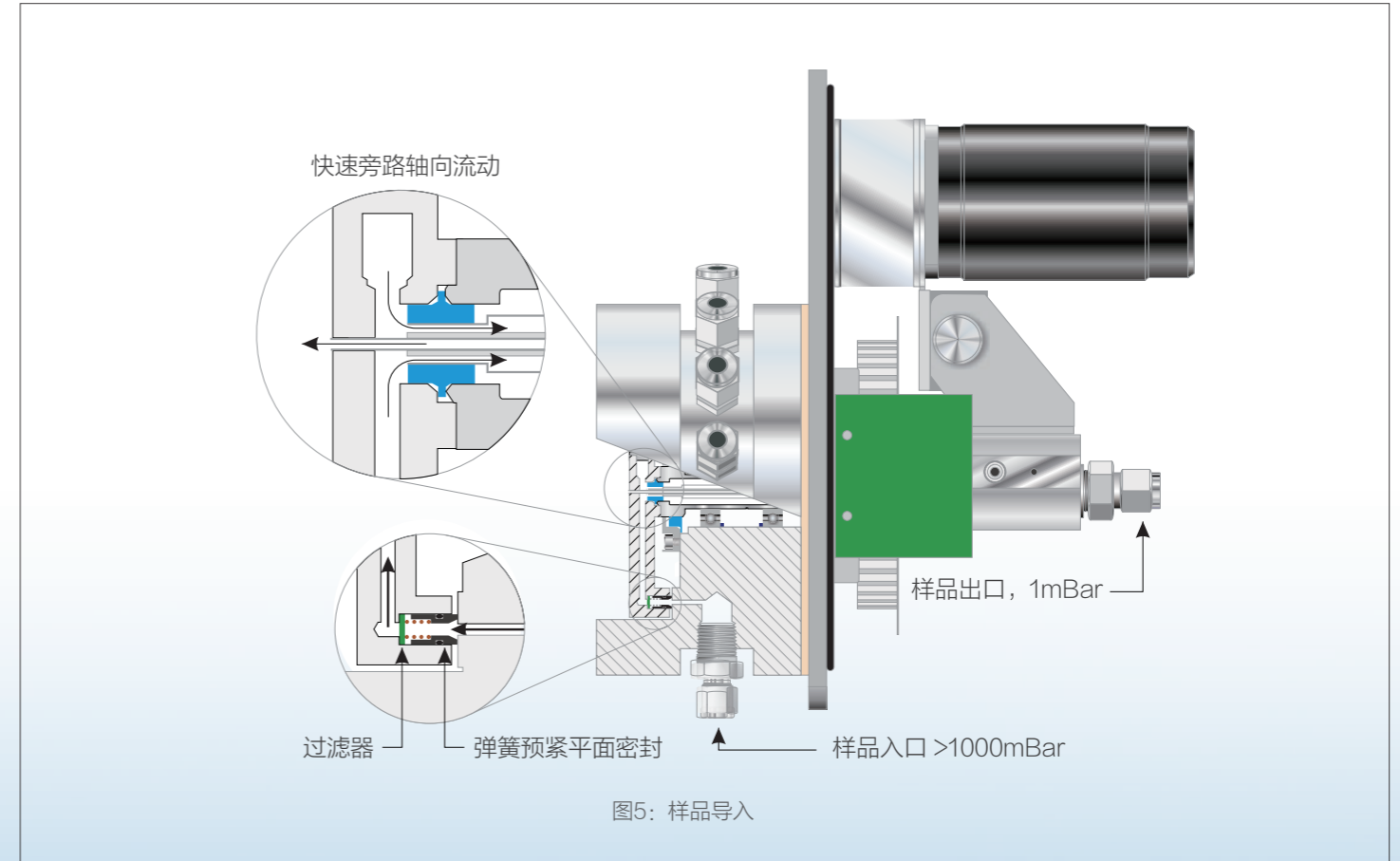


图5: 样品导入

Prima BT 的进样流量通常为大气压下 0.1-1 升 / 分钟, 标准的流量为 0.2 升 / 分钟, 该流量值可以通过转子流量计来调节。所需要的样品压力与排放总管有关, 该压力应能确保一定流量的样气通过快速多流路进样器 (RMS), 并克服 RMS 管路内径和长度相关的管道压降, 通常该值小于 100 毫巴 (1.5psi)。

当样品进样量为 0.1 升 / 分钟时, RMS 压降为 1.5 毫巴 (0.2psi)。RMS 管道产生的压降可以用下面的公式表示: $C = 0.006D^4P/L$, 这里 C 是样品的流速, 单位升 / 分钟; D 是样品管道的内径单位毫米; P 是样品管道内的压降, 单位毫巴; L 是样品管道的长度, 单位米; 例如: D = 3 毫米, L = 10 米, 当流量为 0.2 升 / 分钟, 差压 P 为 4 毫巴。

分析仪控制架构

如图 6 所示，分析仪的控制架构由高度集成的电路板与内部链接网线组成。基于 RS-485 通讯标准，它提供了安全、准确的控制和分析仪所有功能的监测，并且允许不需要切断整个分析仪的电源，就可以更换单独的系统模块。VGiNet 是 Prima PRO 内部的网络通讯协议，它具备分布式控制引擎的协助能力。该内部协议增强了内外部通讯的速度和安全性。

最先进的即插即用的电子部件、卓越的分析功能和工业级标准的通讯工具的集合，提供了灵活的平台，能够适用于非常宽泛的气体分析应用。

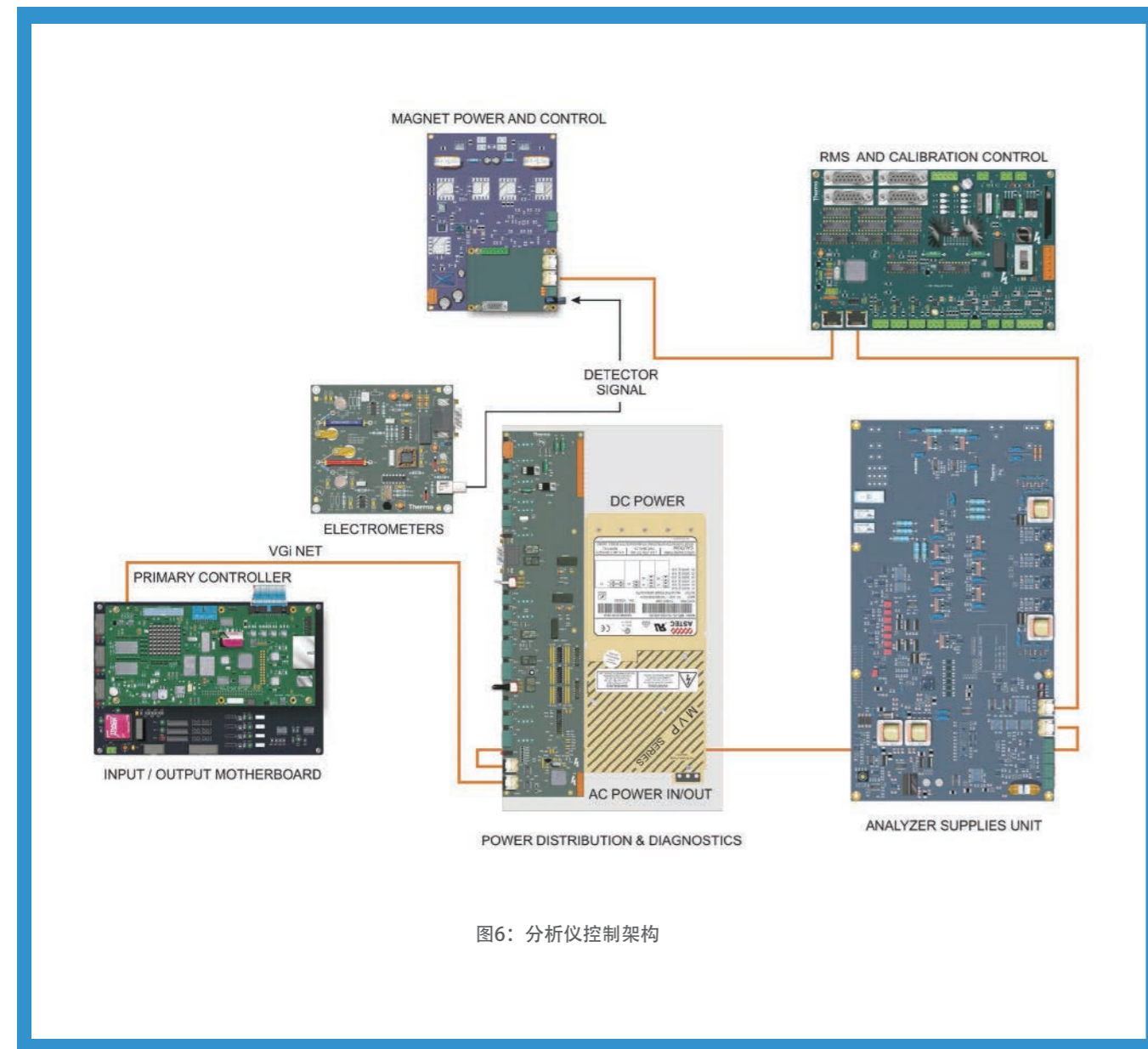


图6：分析仪控制架构

计算机控制

作为控制电路核心的是基于 Freescale 的控制器，它通过快速逻辑运行工业级实时操作系统（RTOS）。拥有超过十亿的应用，RTOS 被证明是最可靠的。该控制器是赛默飞世尔科技设计的，拥有数以万计的使用量和可靠的可靠性记录。

处理器的母板是专为 Prima BT 而特殊设计的，它提供了一系列灵活的通讯选项。三个串口中的一个被保留与远程安装有 GasWorks 的 PC 进行通讯，该 PC 用于分析仪组态和数据显示（当需要时）。处理器的独立设计确保了当 PC 被锁定或崩溃时不会对分析仪的性能产生冲击，该分析仪的数据通过其他两个串口直接传输至 LIMS, DCS, SCAD, PLC 总线或上位主机。这些接口可以单独按照各种通讯协议配置。这些协议包括标准的配置 Modbus 和 OPC。该模板同时提供 15 针的插头，用于连接一定数量的数字输入和输出信号，该信号可根据多种不同应用被组态。

历史数据存贮

分析仪本地的历史数据存储器首先用于记录分析仪整个生命周期内的诊断信息。这里被采集的数据被设计成用以提供系统全面的健康状况。它为维护工程师提供了识别导致故障发生根本原因的最大可能性。如果需要，该存储器也可以用于分析数据的存储。

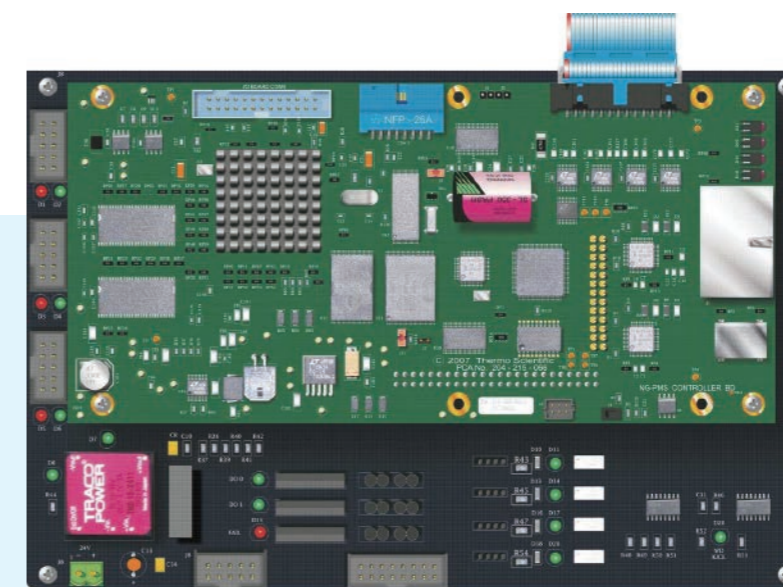


图7：Prima BT 控制面板

系统维护

图 8 显示了标准的服务组件。这是一个可选项。一旦客户购买，可以随 Prima BT 一起运输。该组件包括了完成固定维护的所有的部件和工具。该组件能够最大限度方便客户，简化维护步骤。例如：客户如今仅需简单的更换整个离子源，而不是更换灯丝或是清洗离子源，经过测试的部件完全可以替代。对于真空计也是一样，不需要拆解清洗真空计，使用服务组件中的备件方便的替换该真空计。一旦服务结束，简单的将替换下来的部件寄给最近的服务中心做清洗。由于精心设计，“百宝箱”将服务间隔扩展至 3 年。仅有的必要性预防维护是对处于机箱外部的二级真空泵的固定维护。该维护间隔与具体的应用有关，而维护步骤仅需要花费很少的几分钟。



图8：标准服务组件（与Primo PRO通用）

服务与支持

我们提供的服务和支 持确保了仪表运行的优化，并能减小其停运的时间。由于每个客户和每个仪表的需求不同，我们将根据他们独特的需求提供与之一致的服务。

- 服务合同
- 备件
- 技术支持
- 现场安装与服务
- 产品培训

技术规格表

离子源	封闭型，电子轰击式，双灯丝，温度控制（可在 120–200°C 范围内设定，精度为 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ ）。
分析原理	层叠式扫描磁扇，半径 6cm，80 度偏转角。
质量范围	可调整。离子加速电压为 1000V 时，质量范围 1–150amu（标准）；离子加速电压为 750V 时，质量范围 1–200amu。
分辨率	可通过两个收集解析狭缝进行切换，标准配置为 60/20，1mm 狭缝为 60，4mm 狭缝为 20；也可以选择其他组合，140/81(0.36mm/0.69mm), 100/45(0.56mm/1.45mm), 140/45(0.36mm/1.45mm)。
质量稳定性	质量数为 28 时， $<0.013\text{amu}$ ，24 小时测量。
峰形	平顶峰，分辨率为 60 时，峰顶（99% 峰高处的宽度）与峰底（5% 峰高处的宽度）的比值为 0.5。
丰度灵敏度	$<250\text{ppm}$, 27/28
检测器	法拉第检测器。可选法拉第检测器 / 微通道板倍增检测器
进样类型	带分子渗漏和旁路（标准配置）的毛细管
真空系统	涡轮分子泵和外部旋转机械泵，可选涡轮分子泵和内部膜片泵
样品流速	对每个流路进行数字测量并记录
精度	$<0.1\%$ ，相对精度（典型值，根据实际应用）
线性度	$<1\%$ 相对精度，浓度变化超过 10%
动态范围	10 ppb – 100%（理论值，根据实际应用）
稳定性	$<1\%$ 相对值，超过一周，（典型值，根据实际应用）

Prima BT 工业燃料气热值测量

炼油厂、石化厂燃料气热值测量

在实际使用领域，炼油厂或石化厂的燃料气可能来源于附近的气田或其他加工过程（如炼油厂的尾气），以及油田收集的伴生气。因此，气体处理工厂燃料气体积和成份会有很大的差别。通常天然气含有85%的甲烷和数量不定的天然气凝液（NGL），包括液化乙烷（C₂H₆）、丙烷（C₃H₈）、正丁烷（n-C₄H₁₀）、异丁烷（i-C₄H₁₀）、戊烷和更重烃（C₅+）、惰性气体（典型的是氮和氩），和硫化氢（H₂S）、二氧化碳（CO₂）等酸性气体。

组份不断变化的加热炉或电厂燃料气对工艺工程师提出了特别的挑战，这些工艺工程师需要达到最佳的运行效率和产品的产量。由于燃料气成份的变化，它的加热（发热）值的变化，所以燃烧器的温度因此而改变。燃烧所需的空气量也同样如此。除非这些特性得到监控和补偿，否则炉子或发电厂将无法控制，造成显著的效率低下，能源浪费甚至燃烧器损坏。

表 1: 典型的天然气性能指标

气体成份	摩尔浓度%	绝对精度%
CO ₂	6.000	0.005
CH ₄	84.849	0.010
N ₂	0.100	0.005
C ₂ H ₆	5.500	0.003
C ₃ H ₈	1.000	0.001
n-C ₄ H ₁₀	0.500	0.001
i-C ₄ H ₁₀	0.500	0.001
n-C ₅ H ₁₂	0.200	0.001
i-C ₅ H ₁₂	0.200	0.001
C ₆ H ₁₄	0.100	0.001
H ₂ S	0.001	0.00005

注：精度是超过 24 小时标准偏差，基于 15 秒/流路的分析时间。

通常加热炉运行在恒温状态；为实现这一理想，需要保持燃气炉燃料气组份和燃烧时燃料气供给量不变；并使用恒定的空气，以确保燃料气在正确的比率下完全燃烧。在实践中，所供应的燃料气的组份是不同的，特别是在工艺复杂的石化厂或综合钢铁厂，-他们从各种各样的生产过程中获取燃料气。因此，为了保持恒定的温度，无论是燃料气的供给速率需要改变，或者，在混合站要确保混合后的热值稳定，需要改变各种气体的混合流量。此外，空气供应量也需要变化。因为，如果空气太少或使用太多的空气都会有能源浪费。如果空气量太少，一些燃气将未燃尽，将会产生浪费。如果添加太多的空气，那么一些热量就会被浪费掉。在冶金过程中，过量的空气也会引起金属表面由于氧化而产生的表面缺陷，而温度控制不佳也会对产品质量产生不利影响。利用对燃气组份进行分析可以准确预测前馈控制的热特性。CV（热值）的计算是根据已知的所有纯组份摩尔分数测量的CV值（热值）得到。但实际上，燃气流会受到限制，比如管口或阀门。实际流量大小与气体比重（SG）的平方根成反比，这就使得在实际操作中，WI（沃泊指数）值比CV值（热值）更加实用。WI（沃泊指数）定义如下：

$$WI = \frac{CV}{\sqrt{SG}}$$

钢厂燃料气热值测量

一般而言，炉子工作在恒温状态（理论上以恒定速率，向燃气炉加入份固定的气体并按充分燃烧条件以正确速率连续通气可保证温度恒定）。但实际上，钢铁厂提供的气体成分变化的，并且保持温度恒定需要变化通气速率。通入空气的速率也必须是变化着的以在过少或使用空气时最大限度减少能量浪费。此外，过量的空气会导致金属表面氧化带来缺陷。在一个典型的钢铁联合企业，

表2: 典型热值

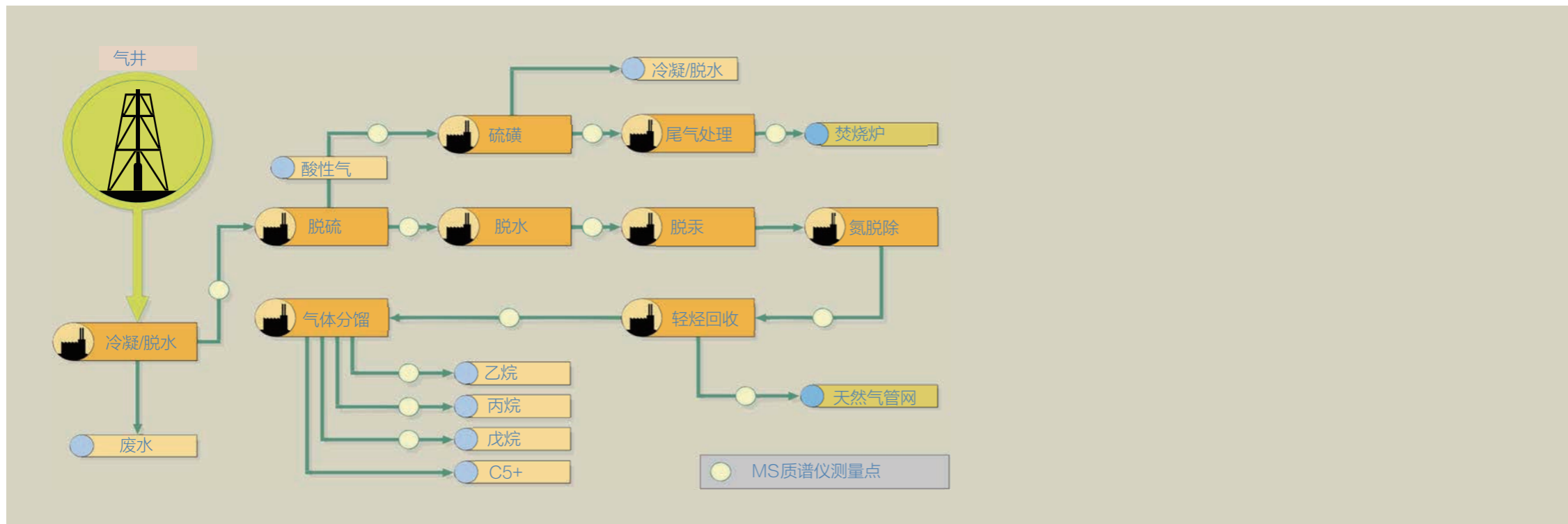
	CV (热值, kcal/m ³)	SAR (燃烧空气需要量)
焦炉煤气	4000	4
高炉煤气	750	0.6
转炉煤气	2000	1.6
天然气	9000	10

表2 所列出的气体既可单独作为燃料也可混合作为燃料。表格列出了燃烧优化的CV（热值）及相应的SAR（燃烧空气需要量）值。

$$CARI = \frac{SAR}{\sqrt{SG}}$$

理想的分析仪能够快速在线检测WI（沃泊指数）和CARI（燃烧空气指数）值，可进行前馈控制。Prima 系列质谱仪是这些参数测量的首选技术，因为磁扇质谱技术提供了全面、精确、快速和稳定的燃气分析性能。使用Prima BT，可在不到30秒时间内对燃气里的所有组份进行分析，包括H₂，CH₄，CO，N₂，O₂，C₂H₆，CO₂，C₃H₈，C₄H₁₀和C₆H₆，并且其相对精度高于0.1%或者绝对精度为0.01mol%。

多流路的Prima BT 可测量高炉煤气（BFG），焦炉煤气（COG），转炉煤气（LDG）和天然气（NG）。它还可提供准确地气体成分并记录较低/较高位的精确热值、较低/较高位的WI，密度和CARI值。这些数据通过某个数据通路直接传输用于气体混合与空气供应的前馈控制。改变。燃烧所需的空气量也同样如此。除非这些特性得到监控和补偿，否则炉子或发电厂将无法控制，造成显著的效率低下，能源浪费甚至燃烧器损坏。





与其他技术的比较

理论上，有更简单、更低成本的仪器可用于测量一些燃气特性。但相比之下，PrimaBT的测量方法更加充分、精确、快速。用于测量燃气燃烧热效率的热量计可用于测量CV或WI，但无法对两者同时测量。将热量计与密度计结合可提供计算其他特性值的数据。Prima系列质谱仪精度是提高了10倍（热量计相对精度的1%，而PrimaBT相对精度为0.1%）。Prima BT的响应时间也同样提高了10倍（PrimaPRO响应时间为15秒，热量计为2.5分钟）。热量计无法测量多种组份燃气的CV值，也无法计算SAR值（燃烧空气需要量,对于高效燃烧很重要）。SAR（燃烧空气需要量）有时可通过离散氧气分析仪测量炉内过量的氧气得到。但是，该方法使复杂度增加并且当炉内空气泄漏时容易出错。与使用在线质谱仪测量燃气相比，且由于热量计测量多流路多类型样本时的不适用性，唯一的解决办法便是使用多台热量计和密度计外加一台离散氧气分析仪。同老式多分析仪系统相比，单台Prima BT的成本、复杂度和维护需要使之成为极为有利的解决方案。测量不同组份时，调整Prima BT分析方法很简单，可忽略气体随时间改变而产生的一切问题。例如，对于供来源的变化而言，天然气的分析方法很容易便可更改为用于分析含CO₂，C₂H₆，C₆H₁₄的气体。

Prima BT：快速、准确的气体成分分析

利用PrimaBT，可对燃料气的成份进行快速、高精度的在线分析，包括全面和精确的成份分析以及热值（粗热值和净热值）、密度、比重、华比指数、燃烧空气需要量（SAR）和燃烧需气量指数（CARI）的计算。燃烧需气量用于工厂燃烧气体时对燃烧的控制。Prima BT还能控制气体加工阶段的物料平衡方程提供精确的气体组成数据。

Prima BT还有下列应用优势：

- 减少能源消耗（燃气和电能）
- 提高产品的回收
- 精确测量产品的能值
- 减少炉管结垢/结焦
- 减少环境排放

