



帕莫瑞科技有限公司

地址：北京市海淀区中关村南大街大慧寺路19号院10号楼1层

电话：010-62116750

传真：010-62119703

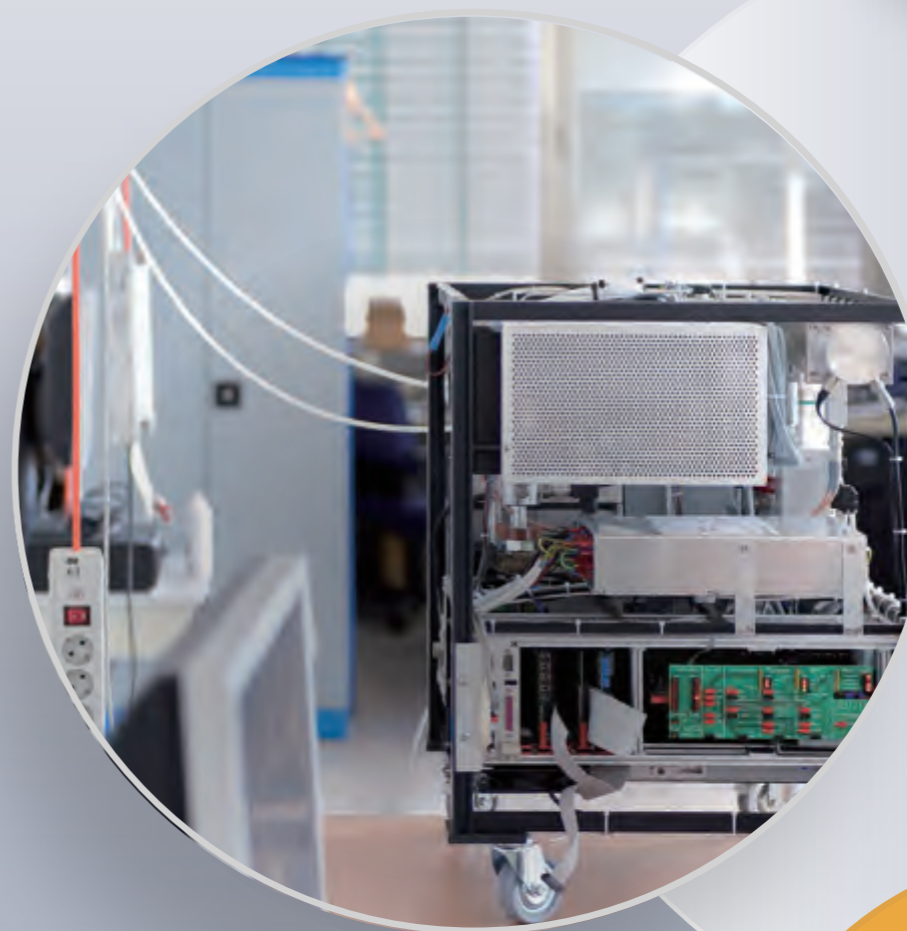
邮编：100081

网址：www.palmarytech.com

# IMR-MS 离子分子反应质谱仪

发动机研发、质量控制  
和性能测试的最佳工具

- 响应速度快（低于5毫秒）<
- 测试精度高（ppb级-百分含量）<
- 检测选择性好（测量近两百种不同的气体组分）<



IMR-MS离子分子反应质谱仪  
独特的技术特点  
使其在以下方面  
都有成熟的经典案例

- 动态的机油消耗和机油稀释在线监测
- 氢燃料发动机设计开发（0-100%浓度范围内的H2检测）
- 催化剂的开发和检测（催化剂的反应效率、催化剂的结构设计、催化剂的脱硫策略、催化剂的脱硝策略）
- 发动机缸内燃烧，燃油喷射系统，ECU控制策略，爆震和油品开发

## V&amp;F

IMR-MS 离子分子反应质谱仪是由高灵敏度质谱仪市场的领导者之一奥地利V&F提供。

V&F因其设备的易用性和可靠性而闻名。V&F致力于帮助客户获得最佳的解决方案以优化生产流程，提高产品质量，并减少污染排放。专注于工业客户对于灵活强大、快速敏感的测量需求，使得V&F质谱仪已经成为汽车工业中的一个标准测量技术，并在全球范围内广泛应用于不同的工业，医疗和环境测试。

## Contents 目录

公司简介/01

产品与技术/02

AirSense/03

CombiSense/03

TwinSense/04

CO2Sense/04

HSense/04

汽车领域应用典型的气体组分/05

汽车领域内的典型应用/06

缸内燃烧分析/06

发动机爆震检测/06

油品匹配及冷启动优化/07

后处理技术研发/07

机油消耗在线检测/08

服务客户/09

## 帕莫瑞科技有限公司

成立于2009年，作为自动化和环境领域内的高新技术企业，为每一位客户提供更稳定、更可靠、更节能的产品、技术和服务，应用于确保生产过程的安全性，优化生产流程和制造工艺，同时降低直至避免对环境的不良影响。

我们先进的硬件和软件的核心技术与产品，已经广泛地服务于汽车制造，电力，半导体，农业，食品，医药，化工，钢铁，生物质处理，固体废物处理，污水处理，废气脱硝等众多不同领域的工业企业、科研机构，并自始至终持续地为相关的科学研究活动提供有力的创新型方法和手段。业务领域包括：

- > 车内环境和发动机测试
- > 固定源污染排放监测
- > 工业炉膛气监测
- > 烟气/烟尘净化装置运行和工艺过程控制监测
- > 燃烧过程监测与燃烧效能优化

我们承诺为客户提供包括从系统设计、产品制造、设备安装调试，到日常维护的整体解决方案和“交钥匙”式系统工程实施，并提供高品质与及时高效的技术支持和售后服务。

帕莫瑞科技始终坚持诚信与开放的原则，与我们的员工、客户、投资者共同成长。

全球唯一  
离子分子反应质谱技术

产品系列

产品	技术	应用
AirSense	IMR-MS	具有专利技术的旗舰产品，广泛的适用于不同的应用
CO <sub>2</sub> Sense	IMR-MS	基于AirSense的设备，特别开发用于CO <sub>2</sub> 气体中的杂质检测
CombiSense	IMR-MS plus EIMS	基于AirSense的设备，可以用于检测Vol%浓度范围内的样品；配备单一的气体进样系统
TwinSense	Ddouble IMR-MS	包含两台AirSense设备，用于灵活的检测应用，提供非常快速的高精度检测
HSense	SF-EIMS	用于氢气和氦气的高精度检测

IMR-MS：离子分子反应质谱

EIMS：电子轰击质谱

SF-EIMS：磁扇电子轰击质谱

技术特点

- 采用Xe, Kr和Hg三种气体离子分别与样品气体反应，不同的能级具有优异的选择性
- 低能量电离，有效的避免了样品分子的碎片化
- 从ppt到%含量的动态测量范围
- 小于5毫秒的检测响应时间
- 样气压力自动调节
- 内置自动标定功能

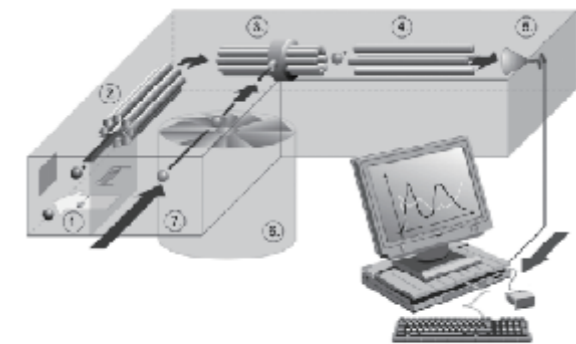
技术规格

质量范围	• 7 – 519 amu
分辨率	• <1 amu
分析时间	• ≥1msec/amu
测量范围	• ppt~%含量
响应时间	• T90 < 20 msec
最低检出限	• 0,4 ppt
浓度漂移	• 24小时内< ± 5%
精度	• < ± 2%

离子分子反应技术  
-AirSense



我们的专利旗舰产品AirSense是一款基于离子分子反应技术的质谱仪（IMR-MS）。与常规电子轰击质谱仪不同的是，IMR技术是一种软电离的方法，通过三种带有不连续能级的离子与样品气体分子发生离子分子反应。AirSense主要由离子源、两个八级杆、四级质量过滤器及通道倍增器组成。离子源利用70eV电子电离产生三种带有不连续能级的源离子（Kr<sup>+</sup>、Xe<sup>+</sup>、Hg<sup>+</sup>），第一个八级杆将源离子导入第二个八级杆中并过滤可能存在的N<sub>2</sub><sup>+</sup>、O<sub>2</sub><sup>+</sup>等离子，在第二个八级杆中源离子与样品气体分子发生电荷交换。电荷交换后产生的携带正电荷的分子离子通过四极质量过滤器进行分离，并被通道倍增器检测出来，通常的检测质量范围为7至519amu。通过使用这种方法使待分析物样品的碎片化大大减少或消除。IMR-MS系统的工作灵敏度范围大，可覆盖从ppt到百分比的浓度范围。



1. Primary Ion Source  
2. Octapole Separation Device  
3. Charge Exchange Cell  
4. Quadrupole Mass Filter  
5. Particle Detector  
6. Measure System  
7. Gas Inlet System

联合质谱技术  
-CombiSense



针对发动机燃烧分析，需要同时检测高浓度的无机化合物以及低浓度的有机化合物，我们的CombiSense质谱仪就是最适合的仪器。CombiSense是一款集成IMR-MS离子分子反应质谱系统和EI-MS电子轰击质谱系统的联合质谱。CombiSense通过一个样品气进气系统为IMR-MS与EI-MS提供样品气体，从外部样品线进入质谱仪的样品气在质谱仪内部分别被导入IMR-MS与EI-MS中。CombiSense的IMR-MS系统是利用带有不连续能级的离子与样品气体分子发生离子分子反应，带正电荷的原子离子与包含待分析分子的中性气流中的分子发生低能量碰撞，碰撞所产生的分子离子后续通过四极质量过滤器进行分离，其结构与AirSense相同。CombiSense的EI-MS系统是由离子源、四级杆质量过滤器以及离子检测器组成。样品气通过压力自动调节进气系统进入真空室中，样品气体分子与离子源产生的70eV电子在真空室中发生碰撞，生成的离子通过四级杆质量过滤器进行分离后被检测器检测出来。CombiSense工作灵敏度范围大，可覆盖从ppt到百分比的浓度范围。

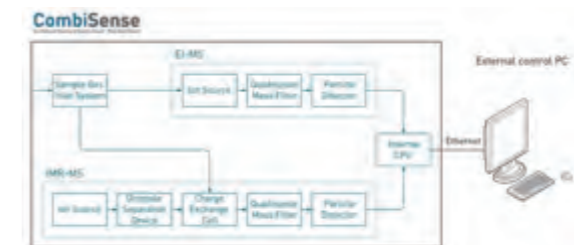
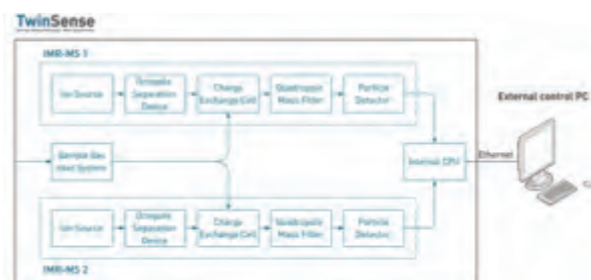


Figure 16. Simplified block diagram of a VAC CombiSense

## 双离子分子反应技术 —TwinSense



在发动机后处理技术研发时，需要同时在线的检测催化剂前后各组分的浓度变化，以判断催化剂的转换效率。为了满足这种多点采样高速在线检测多种组分的需求，TwinSense应运而生。TwinSense是一种集成了两套IMR-MS离子分子反应质谱系统的双系统质谱仪，可以独立的检测从两个不同采样点提取的样品气体。每套IMR-MS系统都是由离子源、八级杆、离子交换室、四级质量过滤器及离子探测器组成。离子源产生的三种源气体离子（Kr<sup>+</sup>,Xe<sup>+</sup>,Hg<sup>+</sup>）经八级杆加速后再离子交换池中与待测气体中的分子发生低能量碰撞，将待测分子电离成待测离子。碰撞所产生的待测离子后续通过四级质量过滤器进行分离并筛选，经管道倍增器放大后信号被探测出来。TwinSense质谱仪的最快响应时间为1ms，最低检出限是0.4ppt，完全能够满足对催化剂前后低浓度组分的快速检测。



## 离子分子反应技术 —CO2Sense



对于气体生产商和碳酸饮料生产商而言，它们生产或注入饮料中的CO2中有害杂质的含量对于产品质量是至关重要的。CO2Sense能够检测出CO2中含有的微量有机和无机物杂质，在五分钟之内完成最终的质量控制检测。CO2Sense是一款基于离子分子反应技术的质谱仪（IMR-MS），其主要由离子源、两个八级杆、四级质量过滤器及管道倍增器组成。离子源利用70eV电子电离产生三种带有不连续能级的源离子（Kr<sup>+</sup>、Xe<sup>+</sup>、Hg<sup>+</sup>），第一个八级杆将源离子导入第二个八级杆中并过滤可能存在的N2<sup>+</sup>、O2<sup>+</sup>等离子，在第二个八级杆中源离子与样品气体分子发生电荷交换。电荷交换后产生的分子离子通过四级质量过滤器进行分离，并被管道倍增器检测出来。CO2Sense的最低检出限为0.5ppb，最快响应时间为1ms，完全能够满足气体生产商和碳酸饮料生产商在质量控制过程中对高精度快速检测的需求。



## 磁扇电子轰击质谱技术 —HSense



HSense质谱仪能够实时检测氢燃料电池内的氢和氮的浓度。HSense是一款基于磁扇电子轰击质谱技术的质谱仪（SF-EIMS）。HSense主要由离子源、扇形磁场质量过滤器和离子探测器组成。离子源的作用是通过70eV电子与样品气体分子发生碰撞产生带电离子，带电粒子进入扇形磁场质量过滤器时，不同质量的离子会以不同的偏转半径运动，扇形磁场质量过滤器通过离子的偏转半径将不同质荷比的离子区分开。离子探测器检测被区分开的不同离子。HSense质谱仪是唯一可以实时检测0-100%浓度范围内的氢、氮的仪器，并且不会受到其他组分的交叉干扰。

## 全硫氧化器 —GasOxidizer



发动机烧机油一直是困扰发动机行业的难题，在缸内直喷发动机以及涡轮增压发动机上，烧机油问题显得尤为突出。

我们提供一种与传统方法相比更快速更精确的全新的机油消耗检测手段——使用V&F质谱仪应用硫示踪法对机油消耗进行实时在线检测。全硫氧化器是我们提供的采样硫示踪法检测机油消耗技术的标准设备之一。

全硫氧化器GasOxidizer内部装有一个O3发生器和一个管式反应器，发动起排气中的气态硫组分以及含硫颗粒物在高达1200°C的温度下在管式反应器中被O3和O2全部氧化成SO2。

### 碳氢类组分

Components		LDL ppb	amu
CH <sub>4</sub>	Methane	150	16, Xe
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	Acetylene	70	26, Xe
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	Ethene	300	28, Hg
C <sub>3</sub> H <sub>4</sub>	Propine	40	40, Hg
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	Propene	30	42, Hg
C <sub>4</sub> H <sub>6</sub>	Butadiene	25	54, Hg
C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	Butene	25	56, Hg
C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	Pentane	60	72, Hg
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	Benzene	10	78, Hg
C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	Hexane	30	86, Hg
C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	Toluene	10	92, Hg
C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	Heptane	20	100, Hg
C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	Octane	20	114, Hg
C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	Xylene	10	102, Hg
C <sub>9</sub> H <sub>12</sub>	3M-Benzene	10	120, Hg
C <sub>9</sub> H <sub>20</sub>	Nonane	40	118, Hg
C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>	Naphthalene	15	128, Hg
C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>	Decane	40	142, Hg

### 醛酮类组分

Components		LDL ppb	amu
HCHO	Formaldehyde	700	30, Hg
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> CHO	Propionaldehyde	100	57, Hg
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> HO	Benzaldehyde	70	105, Hg
CH <sub>3</sub> COOH	Acetic Acide	20	60, Xe
MTBE		20	73, Hg
ETBE		20	87, Hg
CH <sub>3</sub> OH	Methanol	200	31, Xe
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	Ethanol	130	45, Hg
C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> OH	Propanol	200	59, Hg
C <sub>4</sub> H <sub>7</sub> HO	Butyraldehyd	20	
C <sub>5</sub> H <sub>9</sub> HO	Valeraldehyd	20	
C <sub>4</sub> H <sub>7</sub> HO	Butyraldehyd	20	

### 燃料电池应用

(Matrix N<sub>2</sub> = 0 - 100%; H<sub>2</sub>O = saturated, P=2 - 7bar)

Components		LDL ppb	amu
TS	Total Sulfur	5 - 500 ppm	Σ S*
NH <sub>3</sub>	Ammonia	5 - 200 ppm	17, Hg
CH <sub>4</sub>	Methane	0 - 80 %	16, Xe
NO	Nitrogen monoxid	0 - 60 %	30, Hg
NO <sub>2</sub>	Nitrogen dioxid	0 - 70 %	46, Hg
CO <sub>2</sub>	Carbon dioxid	0 - 80 %	44, Kr
CO	Carbon monoxid	0 - 60 %	28, Kr
O <sub>2</sub>	Oxygene	0 - 3 %	33, Xe
N <sub>2</sub>	Nitrogen	0 - 100 %	
H <sub>2</sub>	Hydrogen	0 - 100%	

### 含硫组分

Components *		LDL ppb	amu
SO <sub>2</sub>	Sulfur dioxide	200	64, Xe
SO <sub>3</sub>	Sulfur Trioxide	70	80, Xe
COS	Carbonyl Sulfide	70	60, Xe
CS <sub>2</sub>	Carbon disulfide	50	76, Hg
H <sub>2</sub> S	Hydrogen sulfide	30	34, Hg, Xe
CH <sub>3</sub> SH	Methyl mercaptane	30	48, Hg

### 无机类气体组分

Components		LDL ppb	amu
NH <sub>3</sub>	Ammonia	120	17, Hg
NO	Nitrogen monoxid	100	30, Hg
NO <sub>2</sub>	Nitrogen dioxid	50	46, Hg
HNO <sub>2</sub>	Nitrous acid	80	47, Hg
N <sub>2</sub> O	Nitrous oxide	< 2 ppm	44, Xe
CO <sub>2</sub>	Carbon dioxid	< 50 ppm	44, Kr
CO	Carbon monoxid	< 5 ppm	28, Kr
O <sub>2</sub>	Oxygene	< 5 ppm	33, Xe

## 缸内燃烧分析



燃料在缸内燃烧后排放的碳氢组分有几种不同的类型：

- 小分子碳氢及再结合碳氢组分
- 燃料中原有的碳氢组分
- 部分氧化的碳氢组分

不同类型的碳氢组分有着不同的来源。间隙效应、壁面淬冷、润滑油膜吸附等都是碳氢排放的重要来源，发动机工作参数的改变会影响不同类型碳氢组分在燃烧产物中的占比。应用V&F质谱仪可实时检测从C1到C14以上的各类碳氢组分，帮助客户了解发动机参数与燃烧产物的直接对应关系，判断发动机的燃烧状态。

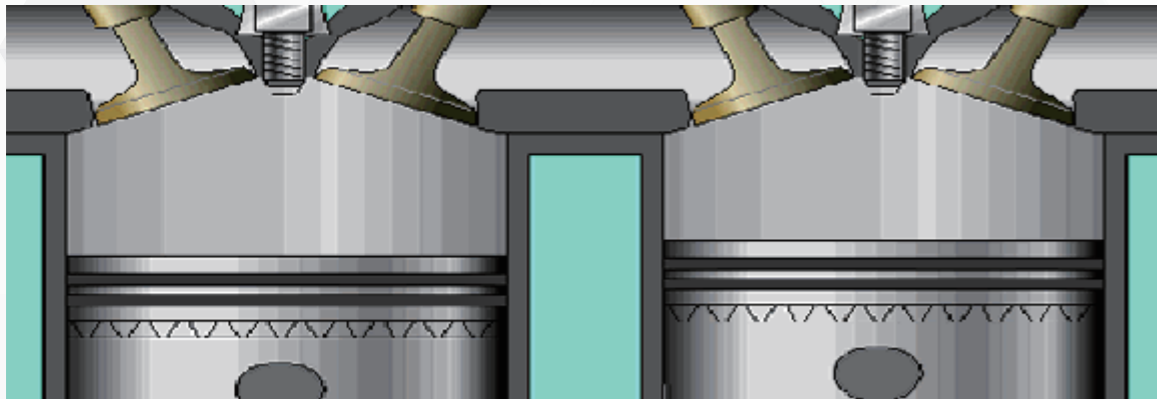
- 多组分检测
- 相应时间快
- 支持AK协议

## 发动机爆震检测

爆震会对压缩比的提升有所限制，从而影响汽油机的循环热效率。目前控制爆震的策略主要是改变点火提前角，保证发动机处于爆震发生的边缘，但是这种方法只能控制提前点火爆震，而对表面点火爆震无能为力。同时，微弱爆震又会提高发动机的功率和热效率，因此将发动机控制在微弱爆震区对发动机的动力性和燃油经济性比较有利。

应用V&F质谱仪可以快速检测出爆震发生时产生的极低浓度的醛酮类物质，并且能够检测出爆震发生前后与爆震相关的小分子烷烃、炔烃以及芳香烃，能够还原爆震发生前后的整个燃烧过程，是了解爆震发生的原因、爆震的类型以及快速检测微弱爆震的有利工具。

- 快速检测爆震
- 还原爆震前后的缸内燃烧过程



## 油品匹配及冷启动优化



在发动机冷启动时，由于较低的排气温度使得三元催化器不能正常工作，因此发动机在冷启动时的排放很难通过尾气后处理技术来降低。同时，在冷启动过程中由于大部分的燃料没有燃烧就被排出气缸，因此发动机在冷启动时油耗率较高。为了减少发动机在冷启动过程中的排放以及提高发动机在冷启动过程中的燃油经济性，需要提高发动机点火成功的概率以保证发动机在几个循环之内就能够点火成功。对冷启动优化的核心在于了解缸内混合气的状态以及燃料组分对点火的影响。

应用V&F质谱仪可以通过检测火花塞附近火核形成区域的混合气，判断混合气的混合均匀程度，燃料中各组分的蒸发延迟特性为发动机冷启动优化提供有力的支撑。

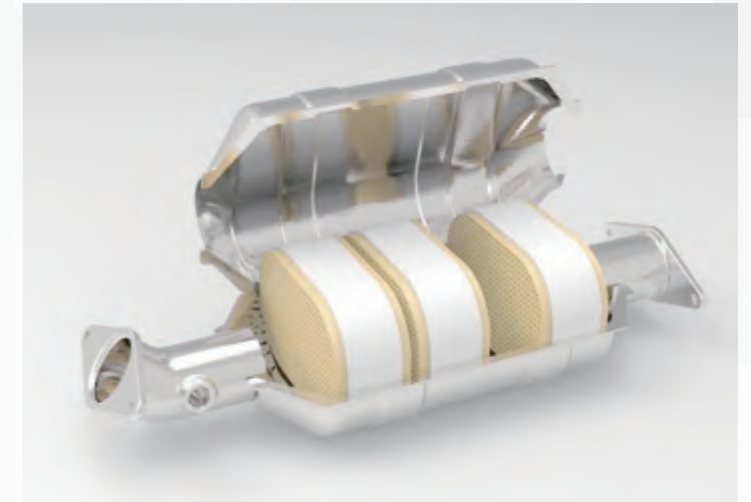
- 燃料组分蒸发特性检测
- 响应时间快

## 后处理技术研发

催化剂的转换效率、催化剂硫中毒、催化剂的再生是后处理技术开发中比较核心的关键点，V&F质谱仪针对这些关键点都有着成熟的应用。

应用V&F质谱仪可以同时检测对催化器前后的发动机废气中的多种组分进行实时的在线检测，得到催化器在不同工作状态下对不同组分的转换效率。V&F质谱仪可以检测出尾气中含有的SO<sub>2</sub>、COS以及H<sub>2</sub>S，并且在催化剂再生过程中实时检测这些硫组分的浓度变化，还原整个催化剂硫中毒及再生过程。

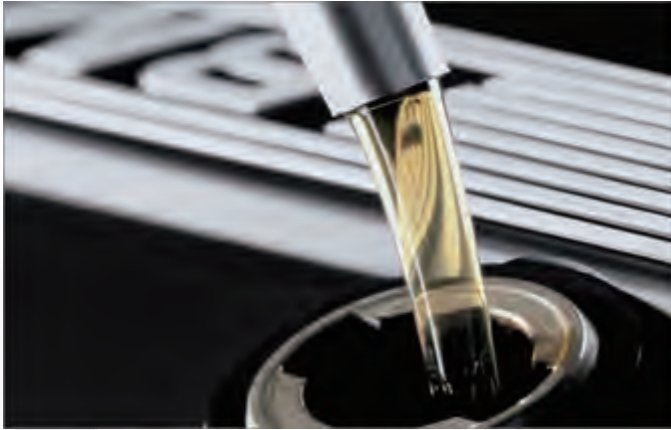
针对NH<sub>3</sub>-SCR技术的研发，V&F质谱仪可以检测与NH<sub>3</sub>-SCR技术相关的所有组分，包括(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>CO、HNCO、NH<sub>3</sub>、NO、NO<sub>2</sub>以及N<sub>2</sub>O，能够还原尿素在排气管中转换成氨气的过程并且能够得到SCR对NO<sub>x</sub>的转化效率。



DPF的再生对柴油机颗粒物的排放有着重要的影响。V&F质谱仪可以通过实时检测DPF后废气中多环芳香烃的浓度变化还原DPF的整个再生过程。V&F质谱仪可以用于发动机尾气后处理技术研发中的各个领域，其响应时间和多组分检测特性完全能够满足后处理技术的研发。

- 针对不同后处理技术选择性检测组分
- 响应时间快

## 机油消耗在线检测



尽管传统方法在十几年内被广泛的应用，但是由于其较低的精度和复杂的实验过程使得机油消耗仍然是困扰诸多汽车生产商的难题。为了解决这一难题，我们提供一种与传统方法相比更快速更精确的全新的机油消耗检测手段——使用V&F质谱仪应用硫示踪法对机油消耗进行实时在线检测。

硫示踪法是基于对发动机尾气中的示踪物质硫的检测来完成的。进入发动机燃烧室中的硫基本被氧化成SOX（主要是SO<sub>2</sub>）并随尾气被排入到大气中，通过选用已知硫浓度的润滑油和燃油，使用GasOxidizer将发动机尾气中的硫全部氧化成SO<sub>2</sub>并用V&F质谱仪检测尾气中SO<sub>2</sub>的浓度，根据进出气缸的硫质量守恒即可计算出燃烧室中消耗的机油量，计算出发动机的机油消耗率。这种方法可以准确的检测出发动机的机油消耗率，不会受到漏油以及机油稀释的干扰。

- SO<sub>2</sub>示踪法
- 无需添加危险的示踪性物质
- 不会受到水分的干扰
- 检测单缸机油消耗判断机油消耗原因
- 检测结果不受到漏油和机油稀释的干扰
- 5分钟检测为一个工况点，半天绘制发动机全工况机油消耗MAP图

凭借独特的技术和稳定的系统，V&F质谱仪已经在全球汽车行业得到广泛的应用，为客户提供了超过1000套方案。

