

# 在 7890 气相色谱仪和 Intuvo 9000 气相色谱仪上使用 Agilent J&W DB-HeavyWAX 气相色谱柱分析电子烟液体

## 作者

Vanessa Abercrombie  
安捷伦科技有限公司

## 摘要

本应用简报展示了在 Agilent 7890 和 Agilent Intuvo 9000 气相色谱仪上使用 Agilent J&W DB-HeavyWAX 气相色谱柱分析电子烟液体。电子烟液体含有多种果味化合物，要将它们从柱上洗脱下来需要更高的最终温度或更长的洗脱时间。DB-HeavyWAX 色谱柱的最高恒温操作温度为 280 °C，程序升温温度为 290 °C，且热稳定性高，可对后洗脱以及高沸点化合物进行有效分析。

## 前言

在电子烟（也称蒸汽烟）使用愈加风靡的当下，对电子烟液体中化合物的分析也越来越多。电子烟液体受到电池加热元件加热时会转变为气溶胶<sup>1</sup>。这种液体混合物中的两种主要化合物是丙二醇和甘油<sup>2</sup>。除主要成分外，还可能存在尼古丁和风味化合物，后者中最常见的是薄荷或水果风味物质。一些水果风味化合物具有较高的沸点，当使用传统的 WAX 型色谱柱时，若要将这些化合物从气相色谱柱上完全洗脱，则需要延长在 250 °C 下的最终保持时间。若未延长最终保持时间，则可能对后续进样造成交叉污染并产生干扰。

与传统的 WAX 色谱柱相比，DB-HeavyWAX 具有更高的温度上限，其恒温操作温度从 250 °C 提升到了 280 °C。更高的温度上限使其能分析更高沸点的化合物，且不会损坏色谱柱固定相的完整性<sup>3</sup>。通过使用更高的温度上限，DB-HeavyWAX 可降低交叉污染的风险并减少干扰，同时还能提高进样间的重现性。

随着电子烟越来越流行，对高通量分析技术的需求也在不断增加，而 Intuvo 9000 气相色谱仪正可以提供这种技术。盘式色谱柱设计可实现高达 250 °C/min 的高效升温速率，从而实现快速的气相色谱分析。将 DB-HeavyWAX 色谱柱和 Intuvo 9000 气相色谱仪结合，可实现对电子烟液体成分的快速分析，且具有更高的重现性。

## 材料与方法

本 GC/MSD 实验采用配备分流/不分流进样口的 Agilent 7890 气相色谱仪、配备分流/不分流进样口的 Agilent Intuvo 9000 GC/FID，以及 Agilent 7693 进样器和 MassHunter 控制软件。

### 仪器条件

7890 气相色谱仪条件	
色谱柱	J&W DB-HeavyWAX, 60 m × 0.25 mm, 0.25 μm (部件号 122-7162)
载气	氮气, 恒流模式, 2.0 mL/min
柱温箱	60 °C (保持 2.0 min), 以 10 °C/min 升至 250 °C (保持 15.0 min) 60 °C (保持 2.0 min), 以 10 °C/min 升至 280 °C (保持 15.0 min)
进样口	分流模式, 250 °C, 分流比 50:1
进样口衬管	带玻璃毛的超高惰性分流低压降分流衬管 (部件号 5190-2295)
GC/FID	配备 5977 MSD 的 7890B 气相色谱仪
进样器	Agilent 7693 自动进样器
Intuvo 9000 气相色谱仪条件	
色谱柱	Agilent J&W DB-HeavyWAX Intuvo 气相色谱柱模块, 30 m × 0.25 mm, 0.25 μm (部件号 122-7132-INT)
载气	氮气, 恒流模式, 2 mL/min
柱温箱	60 °C (保持 2.0 min), 以 10 °C/min 升至 250 °C (保持 15.0 min) 60 °C (保持 2.0 min), 以 250 °C/min 升至 280 °C (保持 5.0 min)
进样口	分流模式, 250 °C, 分流比 50:1
进样口衬管	带玻璃毛的超高惰性分流低压降分流衬管 (部件号 5190-2295)
芯片式保护柱	芯片式保护柱, Intuvo 分流/不分流进样口 (部件号 G4587-60565), 250 °C 恒温温度
总线	250 °C
GC/FID	配备 5977 MSD 的 Intuvo 9000 气相色谱仪
进样器	7693 自动进样器
流路备件	
样品瓶	2 mL, 螺口, 棕色, 带书写签, 经认证 (部件号 5182-0716, 100/包)
样品瓶盖	9 mm 蓝色螺口盖, PTFE/RS (部件号 5185-5820, 500/包)
隔垫	流失性和温度经过优化 (BTO) 的 11 mm 隔垫 (部件号 5183-4757, 50/包)
分流平板 (7890)	超高惰性分流平板 (部件号 5190-6145, 10/包)
芯片式保护柱	芯片式保护柱, Intuvo 分流/不分流进样口 (部件号 G4587-60565)
芯片式流路	Intuvo 进样口芯片 (部件号 G4581-60031) 芯片式流路, Intuvo, D1 (部件号 G4581-60032) 检测器尾部, Intuvo, FID 或 TCD (部件号 G4583-60331)
进样口/FID (7890)	85:15 Vespel-石墨密封圈 (部件号 5062-3508, 10/包)
进样口/FID (Intuvo)	Intuvo 聚酰亚胺垫圈 (部件号 5190-9072)

### 样品前处理

将购买的市售电子烟液体在异丙醇 (Sigma) 中以 10:1 的比例进行配制，然后以分流模式进样。

## 结果与讨论

图 1 展示了 7890 GC/FID 上风味 A 电子烟液体样品的分析结果，该样品含有 10 mg 尼古丁。图 2 展示了对风味 B 电子烟液

体样品的分析结果，该样品含有 2.5 mg 尼古丁。通过质谱分析确认电子烟液体中的成分，并通过 NIST14 EI 质谱数据库的谱库搜索进行鉴定。

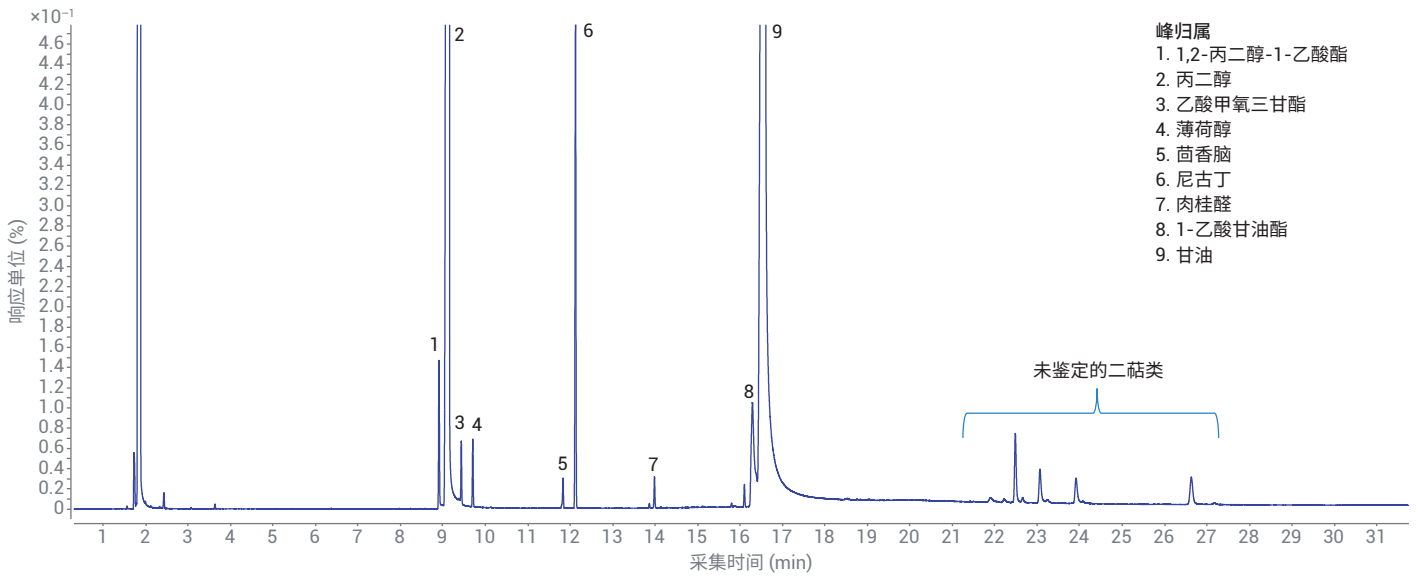


图 1. 在 7890 气相色谱仪上使用 DB-HeavyWAX 色谱柱分析风味 A 电子烟液体样品，最终温度为 250 °C

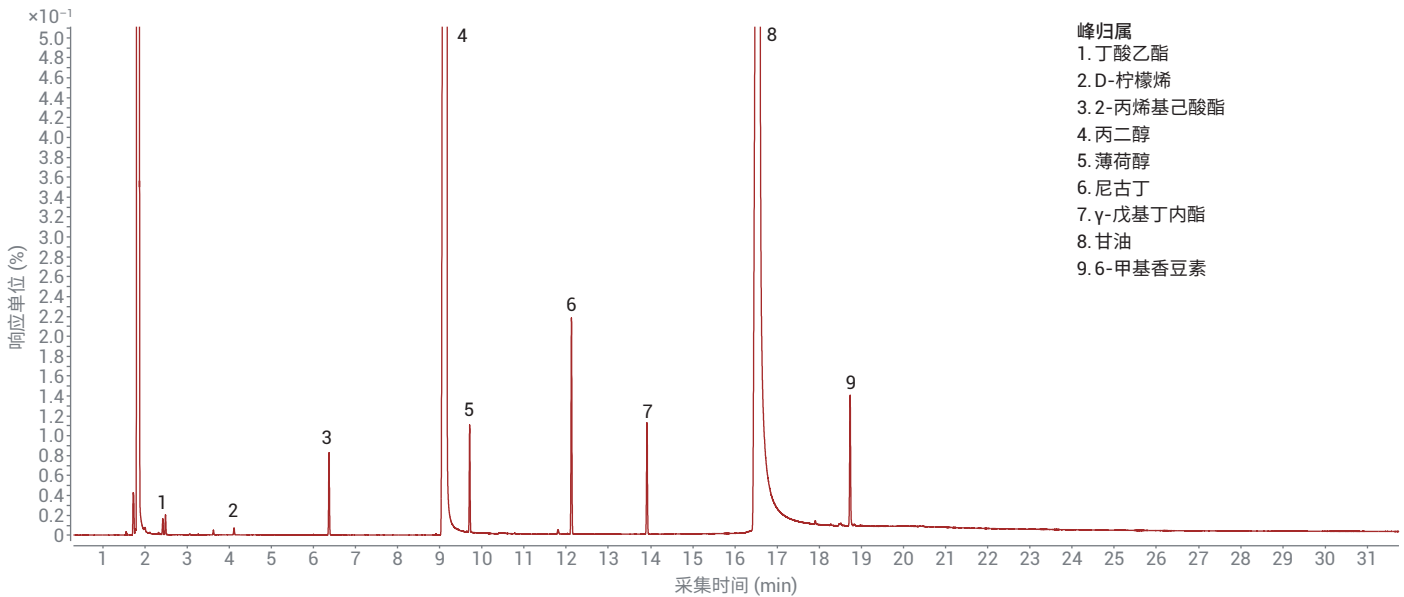


图 2. 在 7890 气相色谱仪上使用 DB-HeavyWAX 色谱柱分析风味 B 电子烟液体样品，最终温度为 250 °C

如图 3 所示，DB-HeavyWAX 色谱柱将恒温操作温度上限和程序升温温度上限分别增加到了 280 °C 和 290 °C，即使在 280 °C 的最终温度下，仍能保持低柱流失。柱流失减少是由于 DB-HeavyWAX 色谱柱的热稳定性得到了提高，同时还使后洗脱化合物在高温下具有更高的灵敏度。

### 与 Intuvo 9000 气相色谱仪等效

在 Intuvo 9000 气相色谱仪和 7890 气相色谱仪上使用相同的方法，唯一不同的是 7890 气相色谱仪未使用芯片式保护柱。Intuvo 9000 采用盘式色谱柱设计和快速接头。在为具有传统 7 英寸柱架的 7890 气相色谱仪而设计的 DB-HeavyWAX 色谱柱上，以及为具有盘式色谱柱设计的

Intuvo 9000 气相色谱仪而设计的 DB-HeavyWAX 色谱柱上，对相同的电子烟液体样品进行分析。对 Intuvo 9000 气相色谱仪和 7890 气相色谱仪采用相同的升温程序、压力设置、色谱柱固定相和色谱柱规格。如图 4 所示，在相同的条件下，两幅色谱图在时间和峰高上几乎无法区分。

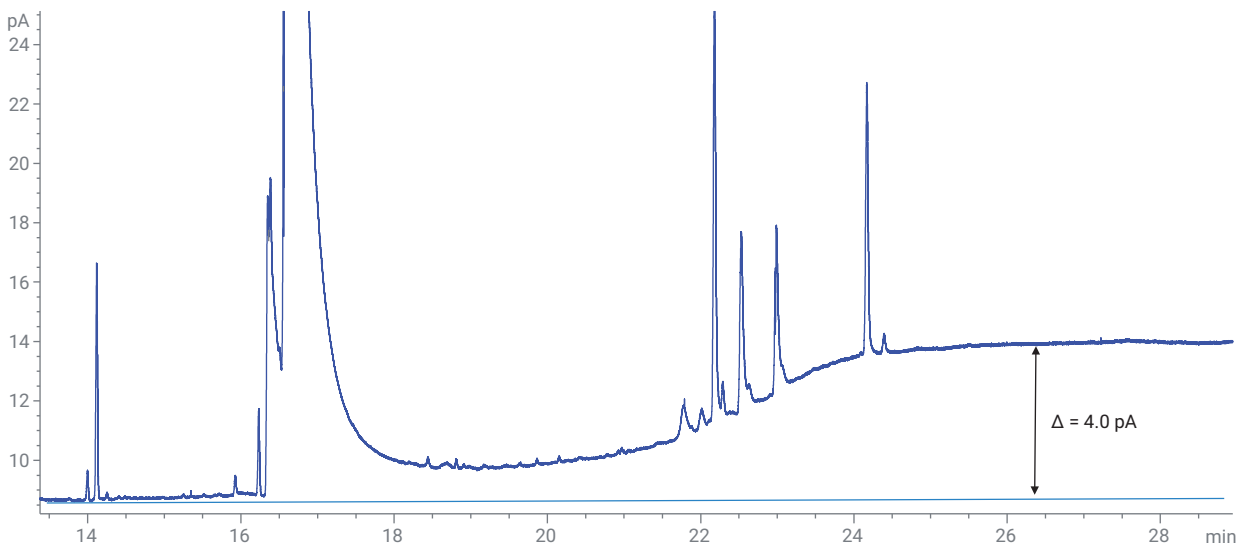


图 3. 在 DB-HeavyWAX 色谱柱上分析风味 A 电子烟液体样品，对谱图的 14–30 分钟范围进行放大。在 280 °C 时，柱流失仅为 4 pA

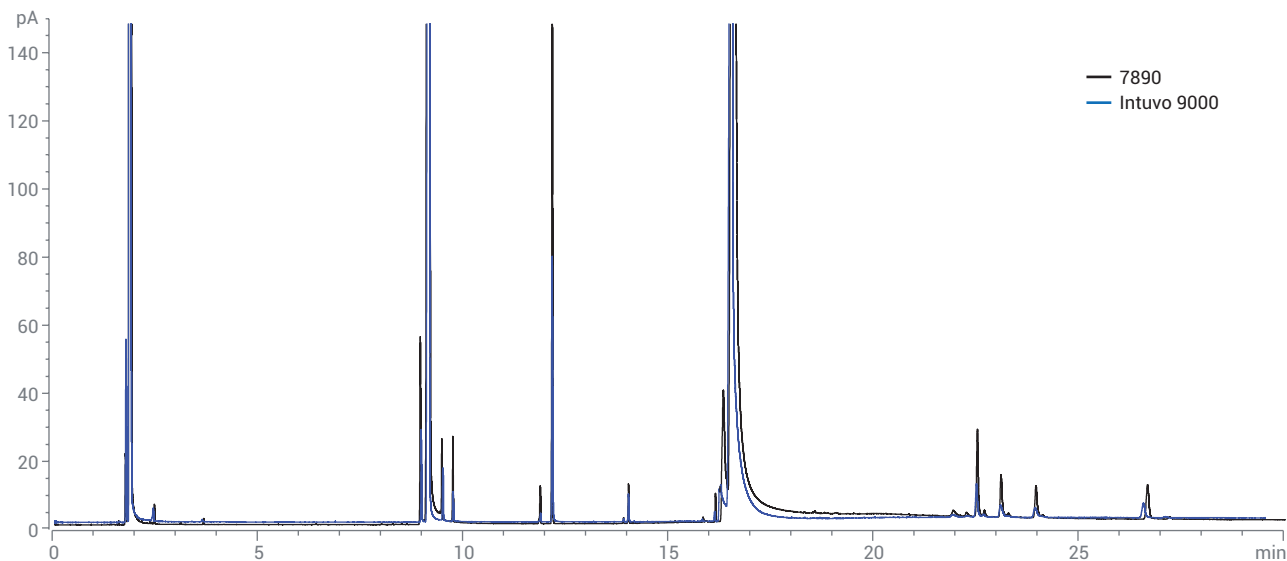


图 4. 在 7890 气相色谱仪和 Intuvo 9000 气相色谱仪上使用 DB-HeavyWAX 气相色谱柱对风味 A 电子烟液体样品进行分析

此外，通过 Intuvo 9000 气相色谱仪的快速升温功能，电子烟液体的分析时间显著缩短。如图 5 所示，通过将 Intuvo 9000 气相色谱仪的升温速率增加到 250 °C/min，其运行时间可由 20 分钟缩短至 10 分钟。

DB-HeavyWAX 色谱柱的程序升温温度最高可达 290 °C，该温度可在短时间内维持且不会损坏色谱柱。如图 6 所示，通过结合 Intuvo 9000 气相色谱仪的快速升温速率和 DB-HeavyWAX 色谱柱 290 °C 的最高程序升温温度，可将分析时间缩短至 6 分钟以内。DB-HeavyWAX 色谱柱可

达到 290 °C 的最终温度，且不会造成明显的柱流失增加。柱流失仅从最终温度为 280 °C 时的 4 pA（图 3）增加到最终温度为 290 °C 时的 10.5 pA（图 6），这清楚地证明了 DB-HeavyWAX 色谱柱的热稳定性得到了改善。

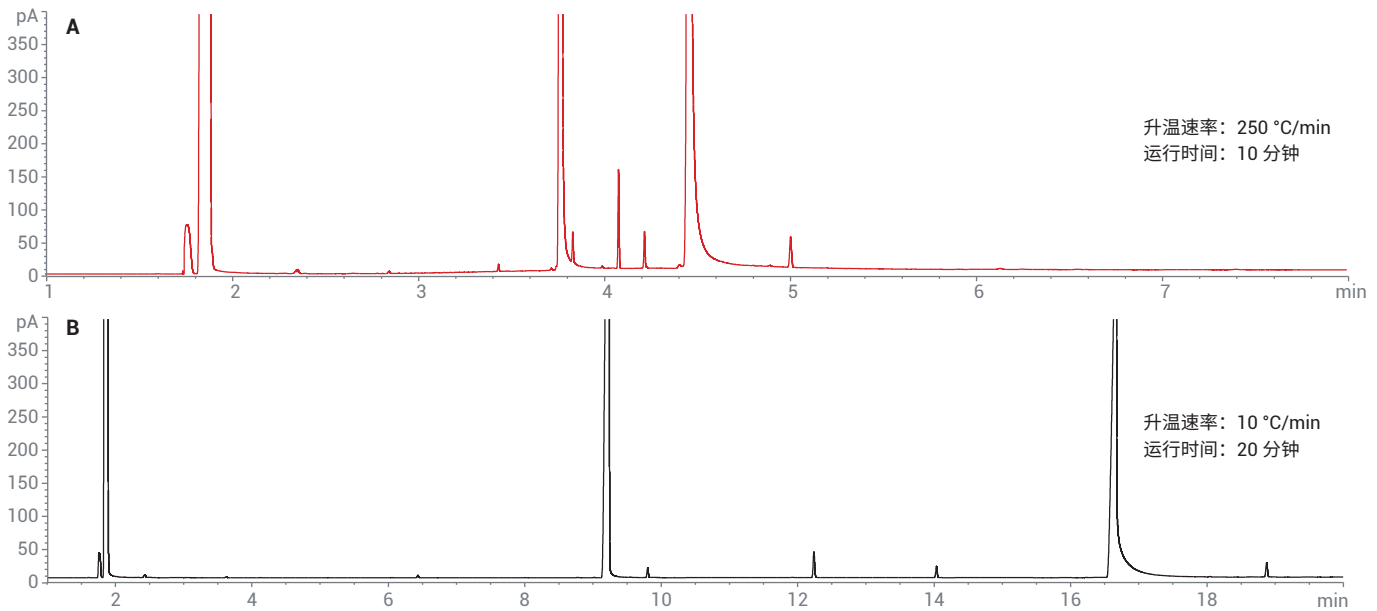


图 5. 在 Intuvo 9000 气相色谱仪上使用 DB-HeavyWAX 色谱柱分析风味 B 电子烟液体样品，最终温度为 280 °C，升温速率为 10 °C/min 和 250 °C/min

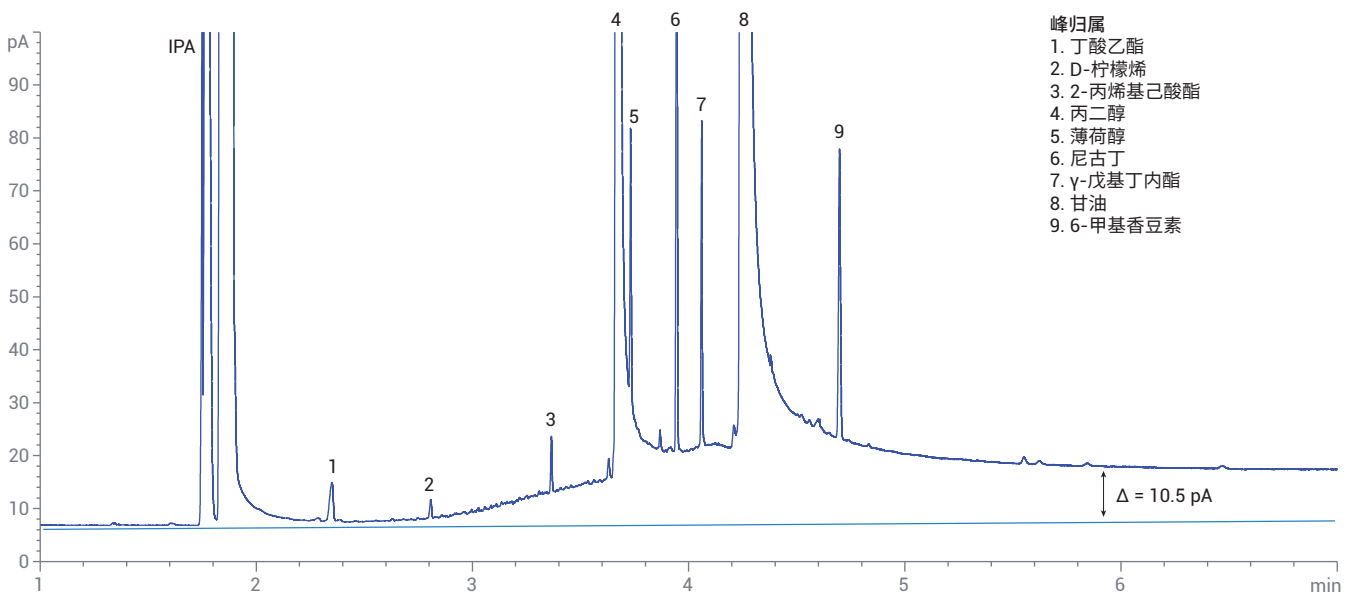


图 6. 在 Intuvo 9000 气相色谱仪上使用 DB-HeavyWAX 色谱柱分析风味 B 电子烟液体样品，最终温度为 290 °C

## 结论

DB-HeavyWAX 色谱柱可用于 7890 气相色谱仪和 Intuvo 9000 气相色谱仪进行电子烟液体分析，且可获得等效结果。DB-HeavyWAX 的热稳定性得到了改善，其恒温操作温度上限和程序升温温度上限分别提高到了 280 °C 和 290 °C，可为电子烟液体化合物分析中可能出现的后洗脱化合物提供更高的灵敏度。此外，通过结合 Intuvo 9000 气相色谱仪 250 °C/min 的快速升温速率和 DB-HeavyWAX 色谱柱 290 °C 的最高程序升温温度，总体运行时间可缩短至 6 分钟以内。

## 参考文献

1. C. Sandy. Qualitative analysis of e-cigarette liquids using gas chromatography / mass spectrometry (采用气相色谱/质谱联用系统对电子烟液体进行定性分析)，安捷伦科技公司应用简报，出版号 5991-6412EN，**2015**
2. F. David, B. D’Haenens, C. Devos. Determination of nicotine, propylene glycol, and glycerol in e-liquids according to ISO/CD 20714 using an Agilent Intuvo 9000 (使用 Agilent Intuvo 9000 根据 ISO/CD 20714 测定电子烟液体中的尼古丁、丙二醇和甘油)，安捷伦科技公司应用简报，出版号 5991-8990EN，**2018**
3. V. Abercrombie, L. Provoost. 提高 Agilent J&W DB-HeavyWAX 色谱柱的热稳定性和最高温度，安捷伦科技公司应用简报，出版号 5991-9035ZHCN，**2018**

查找当地的安捷伦客户中心：

[www.agilent.com/chem/contactus-cn](http://www.agilent.com/chem/contactus-cn)

免费专线：

**800-820-3278, 400-820-3278 (手机用户)**

联系我们：

[LSCA-China\\_800@agilent.com](mailto:LSCA-China_800@agilent.com)

在线询价：

[www.agilent.com/chem/erfq-cn](http://www.agilent.com/chem/erfq-cn)

[www.agilent.com](http://www.agilent.com)

本文中的信息、说明和指标如有变更，恕不另行通知。