

团 体 标 准

T/SATA 074—2024

电子烟雾化物和释放物中元素的测定 电感耦合等离子体质谱法

Determination of Elements in E- Liquids and E-Vapour Emissions——ICP-MS
Method

2024 - 07 - 12 发布

2024 - 07 - 12 实施

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 原理	2
5 试剂和材料	2
6 仪器设备	4
7 测定	4
7.1 雾化物的测定	4
7.2 释放物的测定	4
7.3 仪器参考条件	6
7.4 标准工作曲线制作	7
7.5 样品的测定	7
8 结果计算与表述	8
8.1 雾化物中元素的计算	8
8.2 释放物中元素的计算	8
9 检出限与定量限	9
10 精密度	11
10.1 重复性	11
10.2 再现性	11
11 试验报告	11
附录 A (资料性) 元素重复性和再现性结果	12

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由深圳市分析测试协会提出并归口。

本文件起草单位：深圳市计量质量检测研究院、神州经纬技术服务有限公司、深圳市真味生物科技有限公司、深圳市雾羽科技有限公司、深圳麦克维尔科技有限公司、恒信永基科技（深圳）有限公司。

本文件主要起草人：姚祖秀、葛欣宇、马荣芳、霍巨垣、罗安、罗君君、邹军、汤树辉、孙红梅、姚继德、黄慧丽、黄勇、张心颖、姚浩宇、黄开胜、赵彦、吴海涛、吴琛、刘诗训、黄梓炜、唐春燕。

电子烟雾化物和释放物中元素的测定

电感耦合等离子体质谱法

警示——使用本标准的人员应有正规实验室工作的实践经验。本标准并未指出所有可能的安全问题。使用者有责任采取适当的安全和健康措施，并保证符合国家有关法规规定的条件。

1 范围

本文件规定电子烟雾化物和释放物中铍、镁、铝、钛、钒、铬、铁、锰、钴、镍、铜、锌、砷、硒、锶、锆、钼、钨、银、镉、锡、锑、钡、钨、金、汞和铅元素的捕集和处理方法及分析方法。

本文件适用于电子烟雾化物和释放物中的铍、镁、铝、钛、钒、铬、铁、锰、钴、镍、铜、锌、砷、硒、锶、锆、钼、钨、银、镉、锡、锑、钡、钨、金、汞和铅元素的测定。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 6682-2016 分析实验室用水规格和试验方法

GB/T 37837-2019 四级杆电感耦合等离子体质谱方法通则

GB 41700-2022 电子烟

ISO 20768（所有部分） 蒸汽产品-常规分析蒸汽机 定义和标准条件（Vapour products-Routine analytical vaping machine-Definitions and standard conditions）

AFNOR XP D90-300-2-2021（第2部分：电子烟烟液的要求和测试方法） 电子烟和电子烟烟液（Electronic cigarettes and E-liquids）

AFNOR XP D90-300-3-2021（第3部分：释放物的要求和测试方法） 电子烟和电子烟烟液（Electronic cigarettes and E-liquids）

Coresta Recommended Method No. 81（CRM No. 81） 电子烟气溶胶生成和收集的常规分析仪器 定义和标准条件（Routine Analytical Machine for E-cigarette Aerosol Generation and Collection - Definitions and Standard Conditions）

CORESTA Recommended Method No. 98（CRM No. 98） ICP-MS测定电子烟烟液中的特定金属（Determination Select Metals in E-liquid by ICP-MS）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 电子烟 *electronic cigarette*

用于产生气溶胶供人抽吸等的电子传送系统。

注：不包括卷烟。

[来源：GB/T 41700-2022，3.1]

3.2 雾化物 *e-atomization material*

可被电子装置全部或部分雾化为可吸入气溶胶的混合物及辅助物质。

[来源：GB/T 41700-2022，3.2]

3.3 电子烟烟液 e-liquid

液体形态的雾化物。

[来源：GB/T 41700-2022, 3.3]

3.4 电子烟烟具 electronic cigarette device

将雾化物雾化为可吸入气溶胶的电子装置。

[来源：GB/T 41700-2022, 3.4]

3.5 烟弹 cartridge

含有雾化物的电子烟组件。

[来源：[GB/T 41700-2022, 3.10]

3.6 释放量 emission amount

标准抽吸条件下电子烟释放物中某种或某类物质的量。

[来源：GB/T 41700-2022, 3.11]

4 原理

对于雾化物,使用 5% 稀硝酸加 10% 甲醇溶液和 5% 稀盐酸加 10% 甲醇溶液作为提取溶液对电子烟雾化物中不同的元素进行提取。对于释放物,使用捕集阱捕集法时,用 5% 稀硝酸和 5% 稀盐酸对电子烟释放物中不同的元素进行捕集,使用石英纤维滤片捕集法时,用 10% 稀硝酸溶液和 10% 稀盐酸溶液对捕集在石英纤维滤片上电子烟释放物中不同的元素进行提取。使用电感耦合等离子体质谱仪在线加入内标后进行分析,测定样品溶液中目标元素的浓度,进而计算出电子烟雾化物目标元素的含量和雾化电子烟装置体中的目标元素的释放量。

5 试剂和材料

5.1 一级水, GB/T 6682。

5.2 硝酸 (HNO_3), $\rho(\text{HNO}_3)=1.42\text{ g/mL}$, 65% (质量分数), 优级纯, CAS: 7697-37-2。

5.3 盐酸 (HCl), $\rho(\text{HCl})=1.179\text{ g/mL}$, 36%-38% (质量分数), 优级纯, CAS: 7647-01-0。

5.4 甲醇 (CH_3OH), 色谱纯, CAS: 67-56-1。

5.5 稀硝酸溶液 (5%, 体积分数): 向 1 L 聚丙烯瓶中加入约 500 mL 一级水 (5.1), 然后加入 50 mL 硝酸 (5.2), 用一级水 (5.1) 定容至刻度线。室温保存, 有效期为 1 个月。

5.6 5% HNO_3 +10% CH_3OH 溶液: 向 1 L 聚丙烯瓶中加入约 500 mL 一级水 (5.1), 然后加入 50 mL 硝酸 (5.2) 和 100 mL 的甲醇 (5.4), 用一级水 (5.1) 定容至刻度, 配制成 5% 硝酸+10% 甲醇溶液。室温保存, 有效期为 1 个月。

5.7 稀盐酸溶液 (5%, 体积分数): 向 1 L 聚丙烯瓶中加入约 500 mL 一级水 (5.1), 然后加入 50 mL 盐酸 (5.3), 用一级水 (5.1) 定容至刻度线。室温保存, 有效期为 1 个月。

5.8 5% HCl +10% CH_3OH 溶液: 向 1 L 聚丙烯瓶中加入约 500 mL 一级水, 然后加入 50 mL 盐酸 (5.3) 和 100 mL 的甲醇 (5.4), 用一级水 (5.1) 定容至刻度, 配制成 5% 盐酸+10% 甲醇溶液。室温保存, 有效期为 1 个月。

5.9 稀硝酸溶液 (10%, 质量分数): 向 1 L 聚丙烯瓶中加入约 500 mL 一级水 (5.1), 然后加入 114 mL 硝酸 (5.2), 最后用一级水 (5.1) 定容到刻度。

5.10 稀盐酸溶液 (10%, 质量分数): 向 1 L 聚丙烯瓶中加入约 500 mL 一级水 (5.1), 然后加入 246 mL 盐酸 (5.3), 最后用一级水 (5.1) 定容到刻度。

5.11 稀硝酸溶液 (20%, 体积分数): 向 1 L 聚丙烯瓶中加入约 500 mL 一级水 (5.1), 然后加入 200 mL 硝酸 (5.2), 最后用一级水 (5.1) 定容到刻度。

5.12 质谱调谐液（基体为（5.5））：配制成 10 ng/L 的 Li、Y、Ce、Tl 和 Co 的溶液。室温保存，有效期为 5 个月。

5.13 质谱调谐液（基体为（5.6））：配制成 10 ng/L 的 Li、Y、Ce、Tl 和 Co 的溶液。室温保存，有效期为 5 个月。

注：除非另有说明，在分析中仅使用确认为分析纯的试剂和蒸馏水或去离子水或相当纯度的水。

5.14 内标标准储备溶液（ $\rho=100$ mg/L）

选用含 ^6Li 、 ^{72}Ge 、 ^{103}Rh 、 ^{115}In 、 ^{159}Tb 、 ^{175}Lu 、 ^{209}Bi 为内标元素。可直接购买有证标准溶液，用 5% 稀硝酸溶液（5.5）稀释至 100 mg/L。置于 0~4 °C 避光保存，有效期为 1 个月。

5.15 内标标准使用液

用稀硝酸溶液（5.5）稀释内标储备液，配制内标标准使用溶液，用于不同仪器采用不同内径蠕动泵管在线加入内标，致使内标进入样品中的浓度不同，故配制内标使用液浓度时应考虑使用内标在样品中的浓度 5 $\mu\text{g/L}$ ~50 $\mu\text{g/L}$ 。

5.16 元素标准溶液（ $\rho=100$ mg/L）

含铍、镁、铝、钛、钒、铬、铁、锰、钴、镍、铜、锌、砷、硒、锶、锆、钼、钨、银、镉、锡、锑、钡、钨、金、汞、铅的单个元素标准溶液或多元素标准溶液。

可直接购买有证标准溶液，也可采用纯度不低于 98% 的元素固体标准进行配制。

5.17 一级标准溶液储备液（1 mg/L）。

5.17.1 移取 0.5 mL 含钨和金的单个元素标准溶液或多元素标准溶液（5.16）到 50 mL 的聚丙烯管中。对于释放物，使用 5% 稀盐酸溶液（5.7）定容至 50 mL；对于雾化物，使用 5% HCl+10% CH₃OH 溶液（5.8）定容至 50 mL。

5.17.2 移取 0.5 mL 含铍、镁、铝、钛、钒、铬、铁、锰、钴、镍、铜、锌、砷、硒、锶、锆、钼、银、镉、锡、锑、钡、钨、汞、铅的单个元素标准溶液或多元素标准溶液（5.16）到 50 mL 的聚丙烯管中。对于释放物，使用 5% 稀硝酸溶液（5.5）定容至 50 mL；对于雾化物，使用 5% HNO₃+10% CH₃OH 溶液（5.6）定容至 50 mL。

将以上一级标准溶液储备液放置于 4 °C 冰箱保存，有效期为 6 个月。

5.18 二级标准储备液（0.1 mg/L）

5.18.1 移取 0.5 mL 一级储备液（5.17.1）到 50 mL 的聚丙烯管中。对于释放物，使用 5% 稀盐酸溶液（5.7）定容至 50 mL；对于雾化物，使用 5% HCl+10% CH₃OH 溶液（5.8）定容至 50 mL。

5.18.2 移取 0.5 mL 一级储备液（5.17.2）到 50 mL 的聚丙烯管中。对于释放物，使用 5% 稀硝酸溶液（5.5）定容至 50 mL；对于雾化物，使用 5% HNO₃+10% CH₃OH 溶液（5.6）定容至 50 mL。

将以上二级标准溶液储备液放置于 4 °C 冰箱保存，有效期为 1 个月。

5.19 标准工作溶液

5.19.1 移取二级标准储备液（5.18.1）于 50 mL 的聚丙烯管中。对于释放物，使用 5% 稀盐酸溶液（5.7）定容至 50 mL；对于雾化物，使用 5% HCl+10% CH₃OH 溶液（5.8）定容至 50 mL。推荐浓度范围为 0.1 ng/mL~10 ng/mL。

5.19.2 二级标准储备液（5.18.2）于 50 mL 的聚丙烯管中。对于释放物，使用 5% 稀硝酸溶液（5.5）定容至 50 mL；对于雾化物，使用 5% HNO₃+10% CH₃OH 溶液（5.6）定容至 50 mL。铍、镁、铝、钛、钒、铬、铁、锰、钴、镍、铜、锌、砷、锶、镉、锡、锑、钡、钨、汞、铅推荐浓度范围为 0.1 ng/mL~100 ng/mL；银、镉、锡、锑、钡、钨、汞、铅推荐浓度范围为 0.1 ng/mL~10 ng/mL。

标准工作溶液需现配现用。

5.20 聚乙烯薄膜手套。

5.21 高纯氩气，纯度不低于 99.999%，CAS：7440-37-1。

- 5.22 高纯氦气，纯度不低于 99.999%，CAS：7440-59-7。
- 5.23 石英纤维滤片，直径 47 mm，CAS：1851-047。
- 5.24 捕集阱，捕集效率 $\geq 85\%$ 。
- 5.25 陶瓷剪刀。
- 5.26 塑料瓶。
- 5.27 塑料镊子。
- 5.28 搪瓷托盘。
- 5.29 塑料晾晒盘。
- 5.30 聚四氟乙烯（PTFE）滤膜，0.45 μm 。
- 5.31 移液管（10-100 μL ，100-1000 μL ，0.5-5 mL，1-10 mL）。
- 5.32 聚丙烯（PP）烧瓶（1 L）。
- 5.33 离心管（无元素本底），规格为 15 mL 和 50 mL。
- 5.34 针筒。

6 仪器设备

- 6.1 分析天平，感量 0.1 mg。
- 6.2 旋涡混合器，最大涡旋速度小于 2000 r/min。
- 6.3 碰撞池和/或反应池技术的电感耦合等离子体质谱仪（ICP-MS）。
- 6.4 自动进样管（15 mL）。
- 6.5 超声水浴锅。
- 6.6 电热鼓风干燥箱。
- 6.7 电子烟吸烟机，配夹持器。
- 6.8 超纯水机。

7 测定

7.1 雾化物的测定

7.1.1 样品前处理

进行分析测试的样品应具有代表性。样品称重前应混合均匀，保证样品的均匀性。试验样品应该避光保存。

称取约 0.5 g（精确至 0.1 mg）电子烟雾化物于 50 mL 离心管中，用 5% HNO_3 +10% CH_3OH 溶液（5.6）或 5% HCl +10% CH_3OH （5.8）定容到 50 mL。盖上盖子，放到旋涡仪（6.2）上涡旋使样品混合均匀，得到待测的样品溶液，用于电感耦合等离子体质谱仪（6.3）分析。制备样品时，应同时保证至少 10%~20% 平行样。样品提取时应同时做加标回收样品。按照相同步骤制作空白样品，且每批至少保证 10%~20% 空白样。

7.2 释放物的测定

7.2.1 抽吸准备

将雾化电子烟装置插入夹持器，插入时应避免漏气，放置方向应确保是电子雾化液正常供液，且吸烟机能够正常触发雾化电子烟装置的触发开关。

7.2.2 推荐的抽吸条件

依据要求设置抽吸条件，通常推荐的抽吸条件有 GB 41700 附录 D 电子烟标准抽吸条件、CRM No. 81、ISO 20768 等进行设置，亦可参照客户要求设置，需在测试结果中注明具体抽吸条件。经典的抽吸参数见表 1。同时，测量前，应在吸烟机抽吸端口和测量装置间的气路中串接（1000 \pm 50）Pa 压降装置，

以调节抽吸容量符合对应的标准要求。此外,选择对应标准使用时,环境要求要符合对应的标准的要求。如果对应的标准有抽吸角度的要求或者客户有抽吸角度要求,需按照对应的角度进行抽吸。

表 1 经典的抽吸参数

抽吸参数	参考标准
1. 抽吸模式: 梯形 2. 抽吸持续时间: $3.0\text{ s} \pm 0.1\text{ s}$ 3. 抽吸频率: $30.0\text{ s} \pm 0.5\text{ s}$ 4. 抽吸容量: $55.0\text{ mL} \pm 0.6\text{ mL}$ 5. 最大抽吸速率: $18.3\text{ mL/s} \pm 1.8\text{ mL/s}$	ISO20768: 2018/GB 41700-2022
1. 抽吸模式: 梯形 2. 抽吸持续时间: $3.0\text{ s} \pm 0.1\text{ s}$ 3. 抽吸频率: $30.0\text{ s} \pm 0.5\text{ s}$ 4. 抽吸容量: $55.0\text{ mL} \pm 0.3\text{ mL}$ 5. 最大抽吸速率: $18.5\text{ mL/s} \pm 1.0\text{ mL/s}$	CRM No. 81

7.2.3 样品的准备

电子烟烟弹应在密封的条件下,在测试环境大气中放置至少 12 h 进行温湿度平衡。可充电电子烟应在试验前应将电池充满。

7.2.4 捕集阱法

7.2.4.1 捕集阱准备

捕集阱以及串联的硅胶管在使用前需用 20% 硝酸溶液至少浸泡 12 h,并用自来水和一级水 (5.1) 依次对捕集阱进行冲洗,以确保捕集阱的洁净,然后避尘烘干备用。对于硅胶管,放置于晾晒盘 (5.29) 上室温下自然干燥。实验开始前,先用 5% HNO_3 (5.5) 对捕集阱润洗两遍,再进行实验。实验完成后,对捕集阱和串联的硅胶管进行冲洗,冲洗干净后浸泡于 20% 硝酸溶液中。

7.2.4.2 抽吸样品

使用装有 5% HNO_3 (5.5) 或 5% HCl (5.7) 的捕集阱捕集电子烟的释放物。其中装有 5% HNO_3 捕集液用来测定铍、镁、铝、钛、钒、铬、铁、锰、钴、镍、铜、锌、砷、硒、锶、钨、钼、银、镉、锡、锑、钨、汞和铅元素,5% HCl 捕集液的样品用来测定钨和金等元素。用量筒量取适量 5% HNO_3 溶液或 5% HCl (推荐移取量约占捕集阱总体积 25%~50%,需确保内管的冒泡部分完全浸没在溶液中)置于捕集阱中,按推荐的标准抽吸条件对电子烟进行抽吸。

7.2.4.3 空白测试

在不添加样品的情况下,采用相同的方法制备空白样品。每抽吸批次样品处理最少制备一个样品空白。

7.2.4.4 抽吸后测试溶液准备

抽吸完成后,从吸烟机上取下捕集阱,将捕集阱中的适量捕集溶液移至离心管 (5.33) 中,待电感耦合等离子体质谱仪 (6.3) 分析。

7.2.5 石英纤维滤片法

7.2.5.1 石英纤维滤片的准备

购买的石英纤维滤片 (5.23),在使用之前需对石英纤维滤片进行评估与验证,需符合 GB/T 16450 要求。

7.2.5.2 抽吸样品

使用经过7.2.5.1步骤确认过后的石英纤维滤片捕集电子烟雾化物。按表1中的标准条件进行电子烟抽吸。平行测试7支雾化电子烟装置。

7.2.5.3 空白检测

在不放置电子烟的情况下，采用相同的方法和步骤制备空白样品。每抽吸批次样品处理最少制备一个样品空白。

7.2.5.4 抽吸后石英纤维滤片处理

抽吸完成后，放置在天平（6.1）上进行称重，移出石英纤维滤片于50 mL离心管（5.33）中，并准确加入20 mL的10% HNO_3 溶液（5.9）或10% HCl 溶液（5.10），随后放入超声水浴锅中（6.5），在60℃下恒温超声水浴提取30 min。同时按照样品的制备过程来制备方法空白（试剂空白）、滤片空白（未经过抽吸的石英纤维滤片）。恒温超声水浴结束后用0.45 μm 孔径滤膜（5.30）和针筒（5.34）过滤提取液，将过滤后得到的滤液装入干净的离心管中并用电感耦合等离子体质谱仪（6.6）在线加入内标后进行分析。

7.3 仪器参考条件

7.3.1 仪器调谐

点燃等离子体后，仪器需预热稳定30 min。编辑样品的采集方法。推荐按照表1的参数设置对应元素的采集参数。分析测试溶液前，应先用质谱仪调谐液（5.12）对仪器的灵敏度、氧化物和双电荷进行调谐。在涵盖待测元素的质量范围内进行质量校正和分辨率校验。随后，如果测定释放物则用调谐液（5.12）对所建立的方法进行调谐，测定雾化物时，需要使用加了甲醇的调谐液（5.13）对所建立的方法进行调谐。调谐的结果满足氧化物小于等于2%，双电荷小于等于3%，10%峰高所对应的峰宽变化范围0.65 u-0.80 u，质量轴与真实值变化不超过 ± 0.1 u的要求。如质量轴校正结果与真实值差超过 ± 0.1 u或者调谐元素信号的分辨率（10%峰高所对应的峰宽）超过0.65 u-0.80 u的范围，应按照仪器使用说明书的要求对质谱进行校正。表2中的电感耦合等离子体质谱仪的分析条件可供参考，典型的信号范围如表3所示。

表2 质谱仪分析条件

参数	建议值
RF功率	1550 w
等离子体气体	氩气, 15.0 L/min
载气	氩气, 1.2 L/min
反应气	氦气, 4.3 mL/min
雾化室温度	2℃
蠕动泵转速	0.1 rpm
每峰测定点数	3次
重复次数	3次

表3 质谱仪典型的信号范围

项目	范围
质量轴 (7)	± 0.1 amu
Y (89)	± 0.1 amu
Tl (205)	± 0.1 amu
分辨率 (W 10%)	0.65 amu-0.80 amu
灵敏度 (0.1 sec, 1 ppb)	Li (3000), Y (10000), Tl (6000)

7.3.2 内标的选择

一般选择在目标元素质量数 ± 50 的元素作为待测元素的内标（表 4）。

表 4 特定元素的采集参数

元素	质量数	气体模式	内标（质量数）
铍 (Be)	9	He	Li (6)
镁 (Mg)	24	He	Sc (45)
铝 (Al)	27	He	Sc (45)
钛 (Ti)	47、48	He	Sc (45)
钒 (V)	51	He	Sc (45)
铬 (Cr)	52、53	He	Sc (45)
锰 (Mn)	55	He	Sc (45)
铁 (Fe)	54、56、57	He	Sc (45)
钴 (Co)	59	He	Sc (45)
镍 (Ni)	58、60	He	Sc (45)
铜 (Cu)	63、65	He	Sc (45)
锌 (Zn)	64、66	He	Sc (45)
砷 (As)	75	He	Ge (72)
硒 (Se)	78、82	He	Ge (72)
锶 (Sr)	88	He	Rh (103)
锆 (Zr)	90、92	He	Rh (103)
钼 (Mo)	94、95、96	He	Rh (103)
钌 (Ru)	101、102	He	Rh (103)
银 (Ag)	107、109	He	In (115)
镉 (Cd)	111、112	He	In (115)
锡 (Sn)	118、120	He	In (115)
锑 (Sb)	121、123	He	In (115)
钡 (Ba)	135、137	He	Tb (159)
钨 (W)	182、184	He	Lu (175)
金 (Au)	197	He	Lu (175)
汞 (Hg)	202	He	Lu (175)
铅 (Pb)	206、207、208	He	Lu (175)

7.4 标准工作曲线制作

采用配有自动进样器 (6.4) 的电感耦合等离子体质谱仪 (6.3) 对元素标准工作溶液 (5.19) 进行测定, 仪器分析条件参考 (7.3)。纵坐标为待测元素质荷比强度与对应内标元素质荷比强度的比值, 横坐标为待测元素含量与内标元素含量的比值, 建立各元素的标准工作曲线, 相关系数 r 应大于 0.995。

每进行 20 次样品测定后, 应加入一个中等浓度的标准工作溶液, 如果测得的值与原值相差超过 10%, 则应重新进行整个工作曲线的制作。

7.5 样品的测定

每个试样测定前, 先用 5% 稀硝酸溶液 (5.5) 冲洗系统直到信号降到最低, 待分析信号稳定后开始测定。在线加入内标 (5.15), 按顺序依次测定混合标准工作溶液 (5.19)、空白溶液和试样溶液。从校准曲线上计算出各被测元素的含量, 若测定结果超出线性范围, 则将测试液适当稀释后测定或可适当调整标准工作溶液的范围。

样品测定过程中，至少保证插入 10% 的测样空白和标准溶液。需要注意的是样品测定过程中，应当先测定低浓度样品，再测高浓度样品，若不小心测到高浓度样品，则需要用 5% 稀硝酸溶液（5.5）冲洗系统，直至系统空白降下来后，再进行其它样品的测试。

测试完成后，使用 5% 稀硝酸（5.5）和一级水（5.1）依次对系统进行冲洗，待冲洗结束后再关闭仪器。

8 结果计算与表述

8.1 雾化物中元素的计算

雾化物样品的测试结果按下式进行计算：

$$X = \frac{(C_i - C_0) \times V \times N}{m} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

X ——电子烟油中目标元素含量，单位为纳克每克（ng/g）；

C_i ——待测液中目标元素的质量浓度，单位为纳克每毫升（ng/mL）；

C_0 ——空白样品液中目标元素的质量浓度，单位为纳克每毫升（ng/mL）；

V ——待测液的体积，单位为毫升（mL）；

N ——稀释倍数；

m ——电子烟油的测试质量，单位为克（g）；

最终结果保留三位有效数字。

8.2 释放物中元素的计算

8.2.1 捕集阱法

样品的测试结果按下式进行计算：

$$\rho_{\#} = (C - C_0) \times V / \text{口数} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

C ——样品溶液捕集阱中目标元素含量，单位为纳克每毫升（ng/mL）；

C_0 ——空白溶液捕集阱中目标元素含量，单位为纳克每毫升（ng/mL）；

V ——待测液的体积，单位为毫升（mL）；

$\rho_{\#}$ ——电子烟释放物中目标元素含量，单位为纳克每口（ng/puff）；

最终结果保留三位有效数字。

8.2.2 石英纤维滤片法

样品的测试结果按下式进行计算：

$$\rho_{\#} = (C - C_0) \times V / \text{口数} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

C ——样品中目标元素含量，单位为纳克每毫升（ng/mL）；

C_0 ——抽吸的空白滤片中目标元素含量，单位为纳克每毫升（ng/mL）；

V ——提取溶液的体积，单位为毫升（mL）；

$\rho_{\text{样}}$ ——电子烟释放物中目标元素含量，单位为纳克每口（ng/puff）；

最终结果保留三位有效数字。

9 检出限与定量限

本方法的检出限和定量限见表 5、表 6、表 7。

表 5 电子烟雾化物中元素的方法检出限和定量限

目标元素	检出限 ng/g	定量限 ng/g
⁹ Be	6.0	18
²⁴ Mg	90	2.7×10 ²
²⁷ Al	70	2.1×10 ²
⁴⁸ Ti	7.0	21
⁵¹ V	5.0	15
⁵² Cr	25	75
⁵⁵ Mn	5.0	15
⁵⁶ Fe	65	2.0×10 ²
⁵⁹ Co	1.0	3.0
⁶⁰ Ni	5.0	15
⁶⁵ Cu	15	45
⁶⁶ Zn	20	60
⁷⁵ As	7.0	21
⁷⁸ Se	9.0	27
⁸⁸ Sr	9.0	27
⁹² Zr	10	30
⁹⁶ Mo	5.0	15
¹⁰¹ Ru	0.50	1.5
¹⁰⁷ Ag	5.0	15
¹¹¹ Cd	3.0	9.0
¹²⁰ Sn	3.0	9.0
¹²¹ Sb	5.0	15
¹³⁷ Ba	15	45
¹⁸⁴ W	9.0	27
¹⁹⁷ Au	3.0	9.0
²⁰² Hg	3.0	9.0
²⁰⁸ Pb	5.0	15.0

表 6 电子烟释放物中元素的方法检出限和定量限（捕集阱捕集法）

目标元素	检出限 ng/puff	定量限 ng/puff
⁹ Be	0.10	0.30
²⁴ Mg	5.0	15
²⁷ Al	5.00	15
⁴⁸ Ti	0.50	1.5
⁵¹ V	0.10	0.30
⁵² Cr	1.0	3.0
⁵⁶ Fe	1.0	3.0
⁵⁵ Mn	0.50	1.5
⁵⁹ Co	0.10	0.30
⁶⁰ Ni	0.50	1.50
⁶⁵ Cu	1.0	3.0
⁶⁶ Zn	1.50	4.5
⁷⁵ As	0.10	0.30
⁷⁸ Se	0.10	0.30
⁸⁸ Sr	0.10	0.30
⁹² Zr	0.10	0.30
⁹⁶ Mo	0.10	0.30
¹⁰¹ Ru	0.10	0.30
¹⁰⁷ Ag	0.10	0.30
¹¹¹ Cd	0.10	0.30
¹²⁰ Sn	0.50	1.5
¹²¹ Sb	1.0	3.0
¹³⁷ Ba	3.0	9.0
¹⁸⁴ W	0.50	1.5
¹⁹⁷ Au	0.30	0.90
²⁰² Hg	0.10	0.30
²⁰⁸ Pb	0.50	1.5

表 7 电子烟释放物中元素的方法检出限和定量限（捕集阱捕集法）

元素	检出限 ng/puff	定量限 ng/puff
⁹ Be	0.10	0.30
²⁴ Mg	10	30
²⁷ Al	9.0	27
⁴⁸ Ti	1.0	3.0
⁵¹ V	0.10	0.30
⁵² Cr	50	1.5×10 ²
⁵⁵ Mn	0.50	1.5
⁵⁶ Fe	9.0	27
⁵⁹ Co	0.10	0.30
⁶⁰ Ni	0.50	1.5
⁶⁵ Cu	0.90	2.7
⁶⁶ Zn	3.0	9.0
⁷⁵ As	0.30	0.90
⁷⁸ Se	0.20	0.60

表7 电子烟释放物中元素的方法检出限和定量限（捕集阱捕集法）（续）

元素	检出限 ng/puff	检出限 ng/puff
⁸⁸ Sr	1.0	3.0
⁹² Zr	0.50	1.5
⁹⁶ Mo	1.5	4.5
¹⁰¹ Ru	0.10	0.30
¹⁰⁷ Ag	0.10	0.30
¹¹¹ Cd	0.20	0.60
¹²⁰ Sn	0.20	0.60
¹²¹ Sb	0.50	1.5
¹³⁷ Ba	6.0	18
¹⁸⁴ W	0.50	1.5
¹⁹⁷ Au	0.50	1.5

10 精密度

10.1 重复性

对于雾化物中的元素，在同一实验室，由同一操作者使用相同设备，按照相同的测试方法，并在短时间内对同一被测对象相互独立进行测试后的两次独立测试结果的相对差值不大于 10%。

10.2 再现性

对于雾化物中的元素，在不同实验室，由不同的操作者使用不同的设备，按照相同的方法，对同一被测对象相互独立进行测试获得的两次独立测试结果的相对差值不大于 20%。

11 试验报告

试验报告应包含以下内容：

- 识别被测样品需要的所有信息；
- 参照本方法所使用的试验方法；
- 测定结果，包括各单次测定结果及其平均值；
- 与本方法规定的分析步骤的差异；
- 在试验中观察到的异常现象；
- 试验日期；
- 试验人员。

附 录 A
(资料性)
元素重复性和再现性结果

本标准的精密度是统计六家实验室的测试结果的标准偏差给出的,六家实验室的重复性和再现性的结果汇总见下表 A.1:

表 A.1 元素重复性和再现性结果

烟油	分析物质	平均值 (ng/g)	重复性限值r (ng/g)	再现性限值R (ng/g)	占平均值的百分比%	
					r%	R%
A1	铍	1101.2	91.4	258.6	4.52	12.8
	铝	1053.4	96.4	272.8	3.53	10.0
	钛	1036.1	46.4	131.3	2.43	6.89
	钒	1046.9	61.0	172.6	2.39	6.76
	铬	1053.1	76.3	216.0	2.92	8.27
	铁	1026.6	126.6	358.4	5.83	16.5
	锰	1054.5	82.4	233.2	2.66	7.52
	钴	1032.9	67.9	192.2	3.16	8.94
	镍	1046.2	52.0	147.3	2.60	7.36
	铜	1053.0	57.7	163.4	2.70	7.64
	锌	4114.8	319.6	904.4	2.94	8.32
	砷	1030.4	48.4	136.8	2.70	7.64
	锶	1056.9	49.4	139.7	2.27	6.43
	银	1014.8	69.6	196.9	3.38	9.56
	镉	1055.2	51.4	145.3	2.30	6.50
	锡	1066.9	112.2	317.6	2.98	8.44
	铅	1067.3	109.6	310.1	2.71	7.66
	铋	1068.5	95.1	269.3	2.81	7.95
X1	钡	1043.6	94.5	267.4	2.48	7.03
	镁	1039.4	116.1	328.4	4.41	12.5
	钛	196.6	12.19	34.5	3.47	9.82
	锌	2746.4	93.94	265.8	1.92	5.44
	金	183.6	9.94	28.1	2.40	6.79
	钒	209.4	10.70	30.3	2.48	7.02
	钼	197.8	5.26	14.9	1.75	4.95
	锆	196.4	12.74	36.1	2.10	5.94
	钨	202.9	13.21	37.4	2.75	7.77

注: r: 元素的实验室内最大的标准偏差; $r\% = r/\text{平均值} \times 100\%$ 。

R: 元素的实验室间最大的标准偏差; $R\% = R/\text{平均值} \times 100\%$ 。