

解决方案 | 离子色谱法测定生活饮用水中五种消毒副产物及四种常见阴离子

水是生命的源泉，是人类赖以生存和发展不可或缺的重要资源之一。为确保向居民供给安全卫生的饮用水，国家颁布了《生活饮用水卫生标准》，主要从防止介水传染病的暴发，防止各类致病菌及其他健康危害的发生三个方面来保障饮用水的安全卫生。

在新版的 GB 5749-2022《生活饮用水卫生标准》中，就有针对消毒副产物的项目，其主要包括溴酸盐，亚氯酸盐、氯酸盐、二氯乙酸、三氯乙酸等。此外还有氟化物、氯化物、硝酸根、硫酸根这些常见阴离子的限定。本文根据新版 GB 5750-2023《生活饮用水卫生标准检验方法》建立了离子色谱法同时测定生活饮用水中的二氯乙酸、三氯乙酸、氯化物、氟化物、硝酸盐、硫酸盐、溴酸盐、亚氯酸盐、氯酸盐供 9 种阴离子的方法，供相关人员参考。

设备与试剂

IC-2800 离子色谱仪（电导检测器）；

EG-100 淋洗液发生器；

氟化物（F⁻）标准储备液 1000mg/L；

氯化物（Cl⁻）标准储备液 1000mg/L；

硝酸盐（NO₃⁻）标准储备液 1000mg/L；

硫酸盐（SO₄²⁻）标准储备液 1000mg/L；

氯酸盐（ClO₃⁻）标准储备液 1000mg/L；

亚氯酸盐（ClO₂⁻）标准储备液 1000mg/L；

溴酸盐 (BrO_3^-) 标准储备液 1000mg/L;

二氯乙酸 (DCAA) 标准储备液 1000mg/L;

三氯乙酸 (TCAA) 标准储备液 1000mg/L。

仪器条件

色谱柱: IonPac AS19 (4×250mm) ;

淋洗液: KOH 梯度洗脱 ;

淋洗液流速: 1.0 ml/min;

抑制器电流: 90mA;

检测器: 电导检测器;

进样量: 450 μL 。

表 1. 梯度洗脱表

序号	时间 (min)	浓度 (mM)
1	0.00	8
2	15.00	8
3	30.00	40.00
4	30.10	8
5	35.00	8

样品的前处理

样品经针式微孔滤膜过滤器 (0.22 μm) 过滤后直接进样测定。

实验结果

标准曲线

配制表 2 各离子的标准溶液，然后待仪器稳定后，依次进样，绘制标准曲线。

表 2 九种离子标准溶液

元素	浓度 $\mu\text{g/L}$				
F^-	50	100	250	500	1000
Cl^-	200	400	1000	2000	4000
NO_3^-	100	200	500	1000	2000
SO_4^{2-}	200	400	1000	2000	4000
ClO_3^-	50	100	250	500	1000
ClO_2^-	50	100	250	500	1000
BrO_3^-	5	10	25	50	100
DCAA	20	40	100	200	400
TCAA	20	40	100	200	400

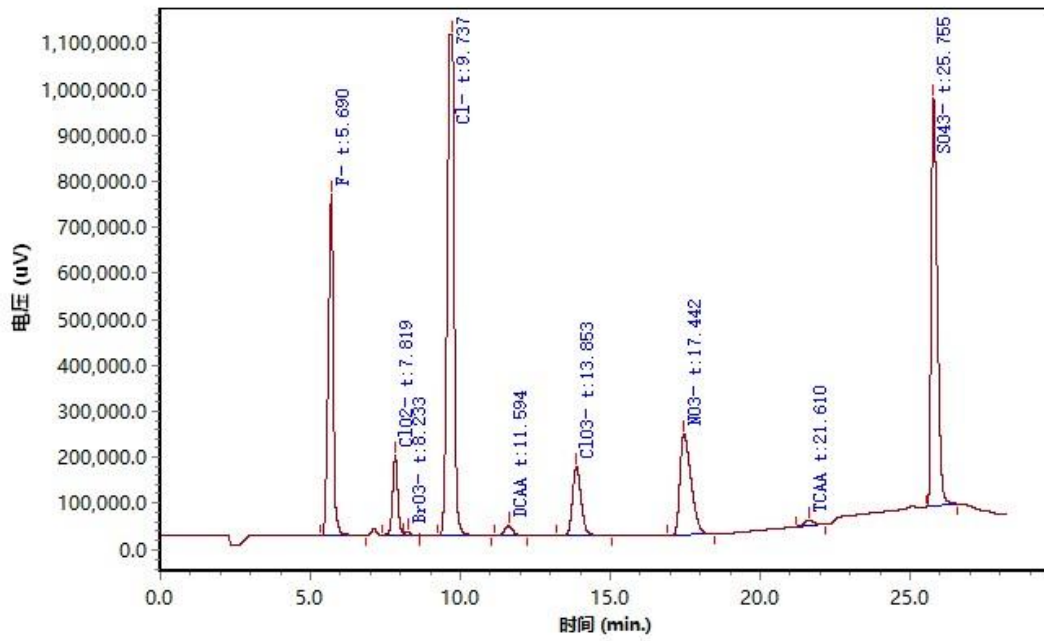
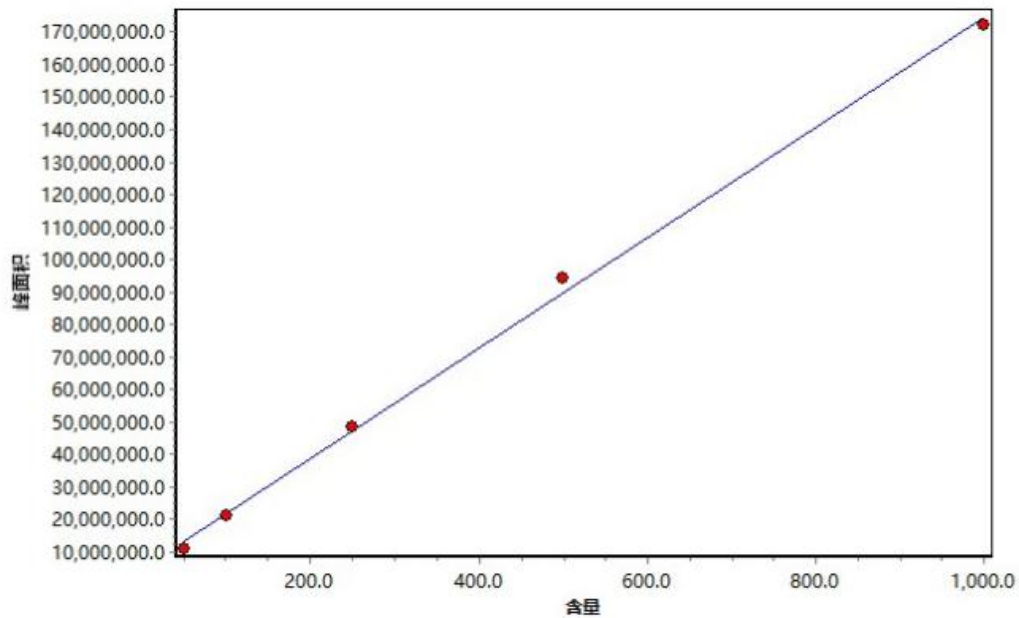


图 1. 九种离子标准溶液谱图

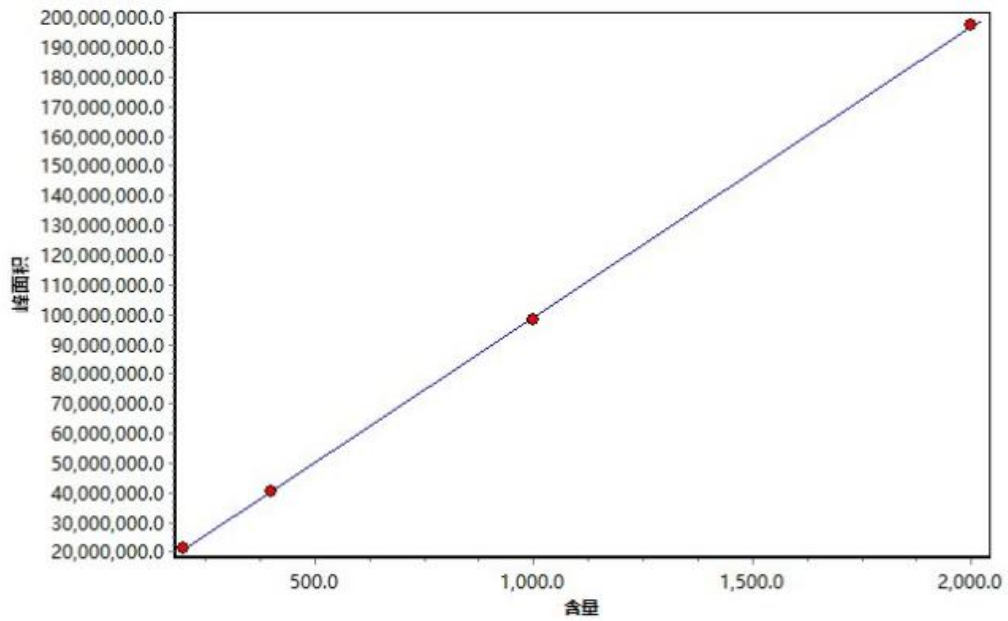
标准曲线

氟化物 (F⁻) 标准曲线



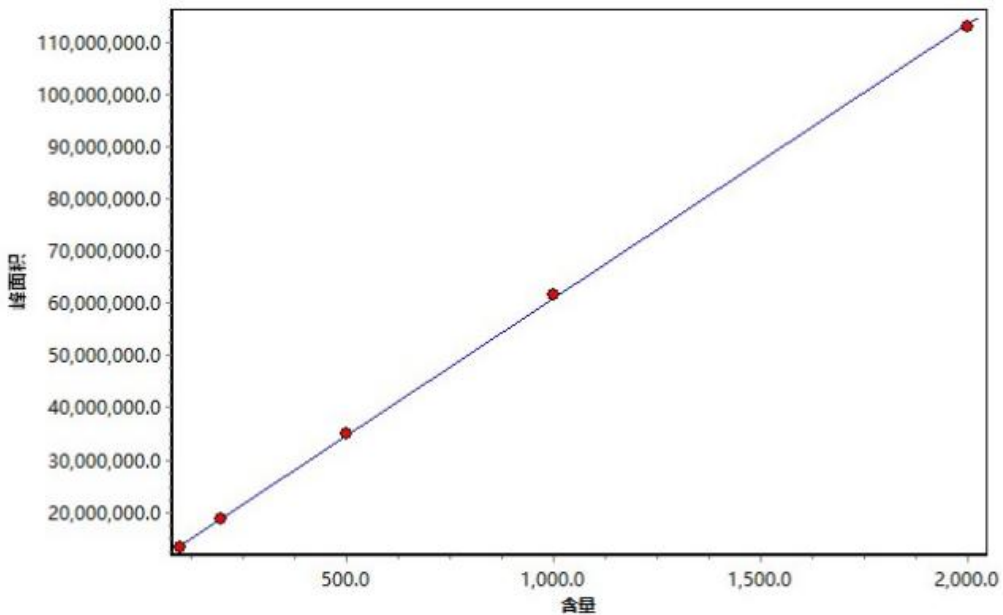
曲线点数: 5
 计算基础: 峰面积
 曲线方程: $y = 169760 * x + 4.83961e+06$
 相关系数: 0.998978
 R2: 0.997957

氯化物 (Cl⁻) 标准曲线



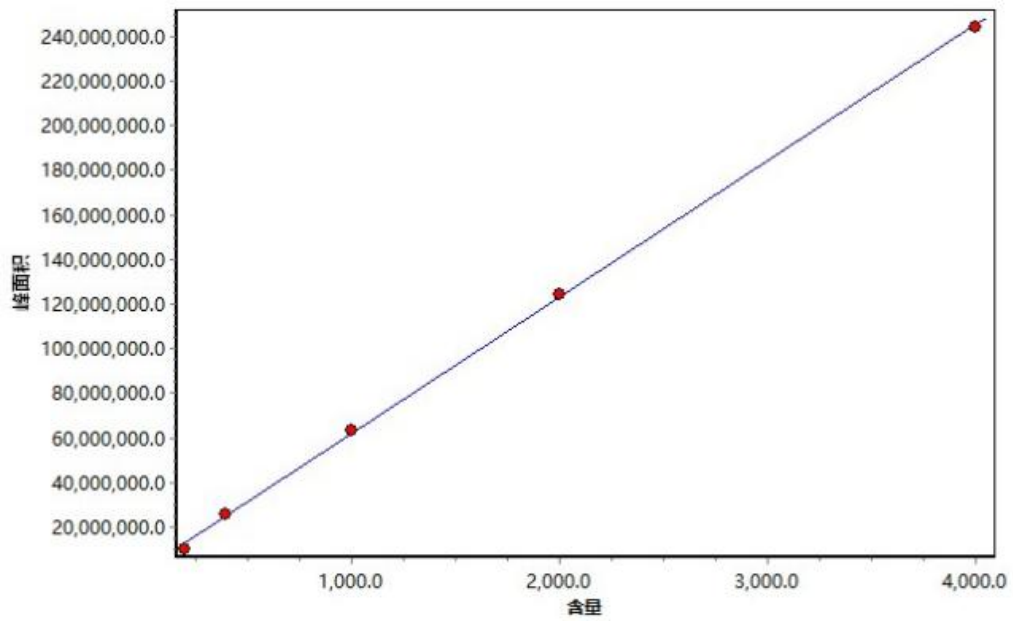
曲线点数: 4
计算基础: 峰面积
曲线方程: $y = 97788.5 * x + 1.19904e+06$
相关系数: 0.999954
R2: 0.999908

硝酸盐 (NO₃⁻) 标准曲线



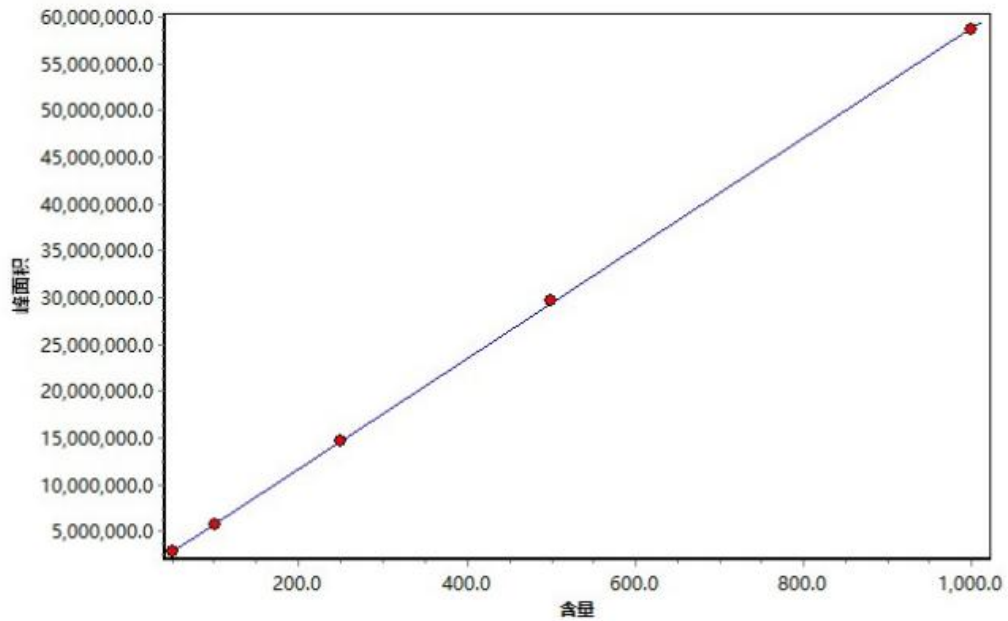
曲线点数: 5
计算基础: 峰面积
曲线方程: $y = 52490.9 * x + 8.43026e+06$
相关系数: 0.99992
R2: 0.999839

硫酸盐 (SO₄²⁻) 标准曲线



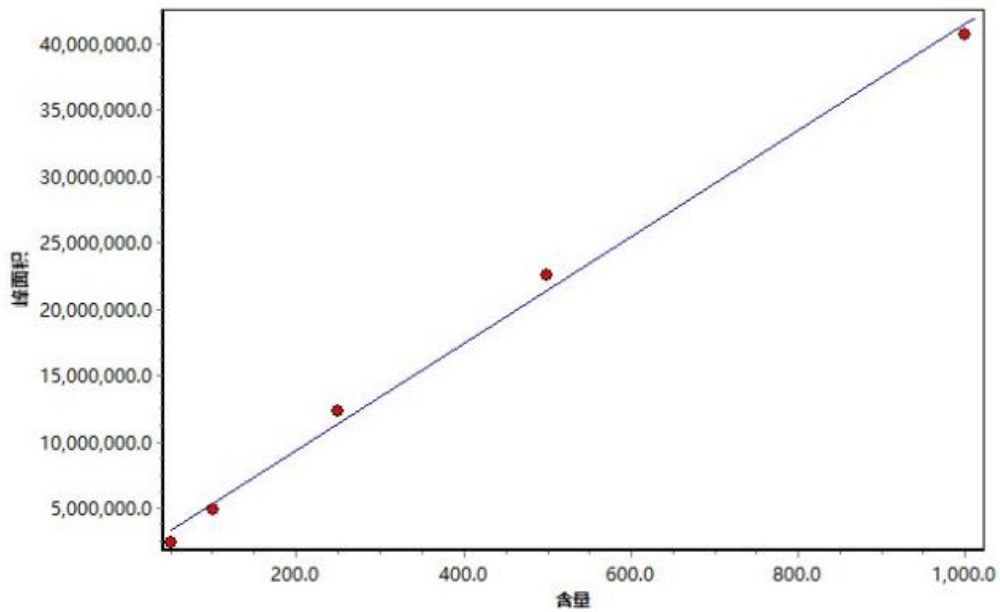
曲线点数: 5
计算基础: 峰面积
曲线方程: $y = 61132.9 * x + 620631$
相关系数: 0.999812
R2: 0.999624

氯酸盐 (ClO₃⁻) 标准曲线



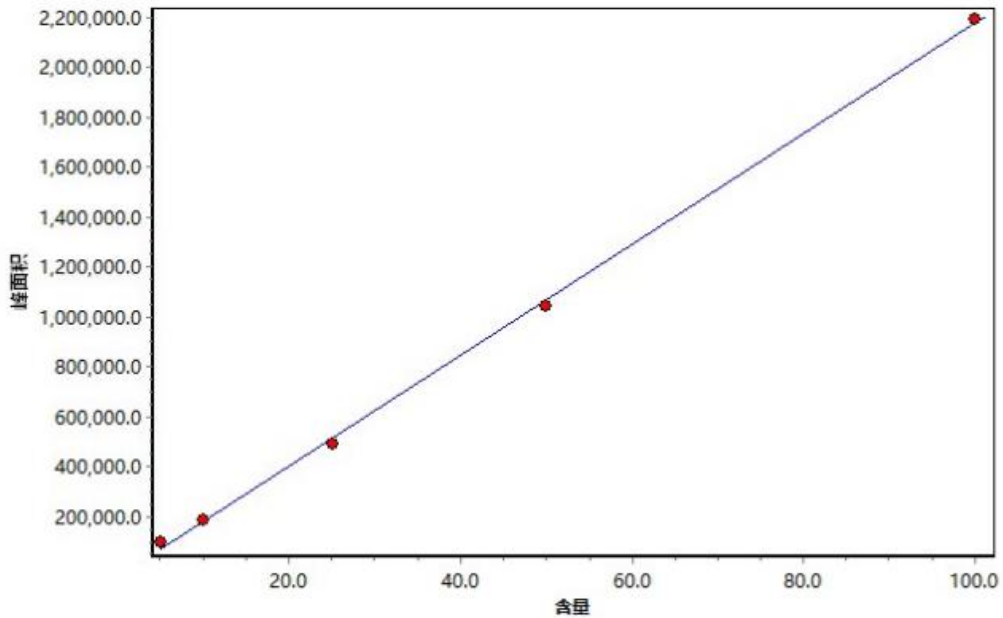
曲线点数: 5
计算基础: 峰面积
曲线方程: $y = 58828.8 * x - 31108.7$
相关系数: 0.999976
R2: 0.999952

亚硝酸盐 (ClO₂⁻) 标准曲线



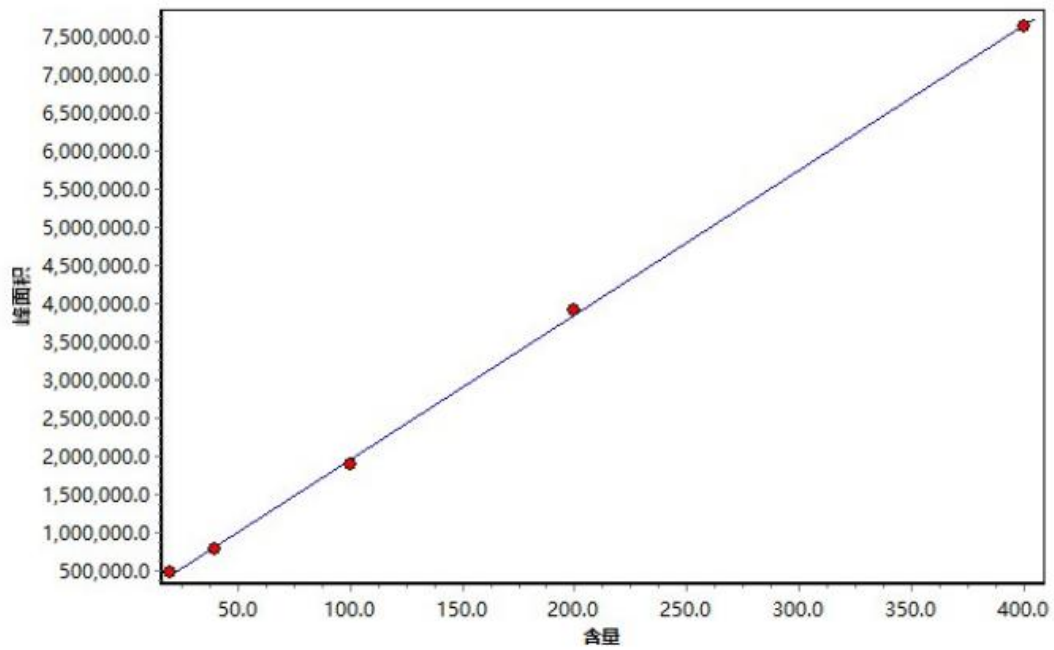
曲线点数: 5
计算基础: 峰面积
曲线方程: $y = 40075.7 * x + 1.38249e+06$
相关系数: 0.998084
R2: 0.996172

溴酸盐 (BrO₃⁻) 标准曲线



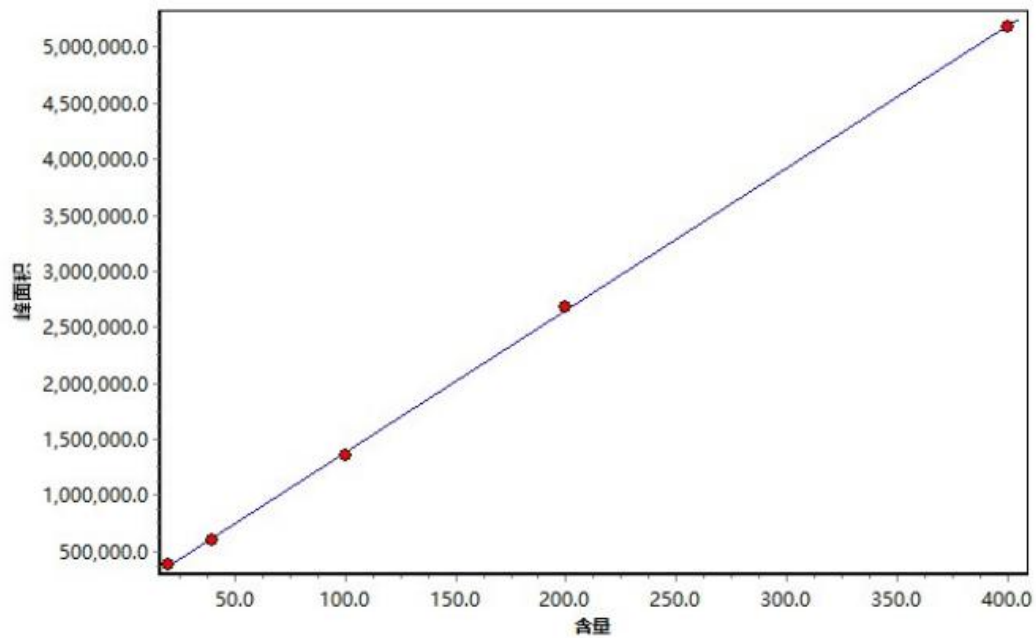
曲线点数: 5
计算基础: 峰面积
曲线方程: $y = 22157.1 * x - 39856.7$
相关系数: 0.999615
R2: 0.999229

二氯乙酸 (DCAA) 标准曲线



曲线点数: 5
计算基础: 峰面积
曲线方程: $y = 18930.2 * x + 66048.5$
相关系数: 0.99986
R2: 0.99972

三氯乙酸 (TCAA) 标准曲线



曲线点数: 5
计算基础: 峰面积
曲线方程: $y = 12690.4 * x + 111781$
相关系数: 0.999918
R2: 0.999835

实验总结

本文参考 GB/T 5750-2023《生活饮用水卫生标准检验方法》建立离子色谱法测定生活饮用水中的二氯乙酸、三氯乙酸、氯化物、氟化物、硝酸盐、硫酸盐、溴酸盐、亚硝酸盐、氯酸盐等共计九种离子。实验过程中，标准曲线可以九种离子同时测定，但在实际样品测试时，需要注意，因为一般水质中氯离子、硝酸根和硫酸根离子含量很高，需要稀释进样，防止色谱柱过载及色谱峰平头；而消毒副产物含量基本在 ppb 级，需直接进样才能满足检出限。通过实验表明，该方法操作简单、线性及重复性良好，测试结果准确，可以满足生活饮用水中消毒副产物及常见离子的测定需求，可供相关人员参考。