

全国物理化学计量技术委员会（MTC17）

单波长色散 X 射线荧光测氯仪校准规范  
实验报告

2026 年 08 月

## 一、简介

制订本校准规范的技术关键是要针对国内使用的不同国别、不同型号规格、不同生产厂家的单波长色散 X 射线荧光测氯仪的性能指标规定出评价仪器的基本要求。规范中推荐的计量性能列于表 1。

表 1 单波长色散 X 射线荧光测氯仪计量特性

| 计量特性                | 技术指标          |          |
|---------------------|---------------|----------|
|                     | <10mg/kg      | ≥10mg/kg |
| 示值误差                | 不超过±0.5 mg/kg | 不超过±5%   |
| 测量重复性               | ≤0.2 mg/kg    | ≤3%      |
| 检出限                 | ≤0.3mg/kg     |          |
| 注：以上指标仅供参考，不做符合性判定。 |               |          |

为了考察规范制定的校准方法和技术指标的科学性、合理性和可操作性，起草小组按规范中的相应方法校准了 11 台/次仪器，包括了 5 个厂家 8 个型号，基本覆盖了在国内市场占有率较高的主要生产厂家及仪器型号。仪器国别及型号列于表 2。

表 2 国内常见单波长色散 X 射线荧光测氯仪生产厂家及国别

| 序号 | 厂家           | 型号             | 原理     | 数量 |
|----|--------------|----------------|--------|----|
| 1  | 美国 XOS       | Clora 2XP      | MWDXRF | 1  |
| 2  | 美国 XOS       | Clora          | MWDXRF | 3  |
| 3  | 美国 XOS       | Clora M-series | MWDXRF | 1  |
| 4  | 苏州佳谱科技有限公司   | E-Lite500      | MEDXRF | 2  |
| 5  | 上海爱斯特电子有限公司  | DM2400C1       | MEDXRF | 1  |
| 6  | 江苏天瑞仪器股份有限公司 | EDX 3300s      | MEDXRF | 1  |
| 7  | 北京安科慧生科技有限公司 | MERAK-LE       | MEDXRF | 1  |
| 8  | 北京安科慧生科技有限公司 | MERAK-LEII     | MEDXRF | 1  |

## 二、试验结果汇总

比对试验采用了 11 种标准物质进行测试，共获得 91 组示值误差校准结果，39 组重复性校准结果及 9 组检出限结果。校准结果汇总、统计分析及技术指标合理性验证如下：

### 2.1 示值误差校准结果

示值误差校准结果汇总见表 3，示值误差按照  $<10\text{mg/kg}$  和  $\geq 10\text{mg/kg}$  进行归类统计，包括了所有测量点的示值误差。测量点  $<10\text{mg/kg}$  时，一般包括 1-3 个浓度，测量点  $\geq 10\text{mg/kg}$  时，一般包括 4-7 个测量点。

对于示值误差校准结果的统计分析见表 4，当测量点  $<10\text{mg/kg}$  时，全部数据均不超过  $\pm 0.5\text{mg/kg}$ ，符合表 1 规定计量特性要求；当测量点  $\geq 10\text{mg/kg}$  时，有 4 个数据超过  $\pm 5\%$ ，约 94% 的数据符合计量特性要求。经起草组分析，不再为了保持 100% 符合率而降低示值误差的技术指标要求，因此维持表 1 中推荐的计量特性要求。

表 3 示值误差结果汇总

| 范围<br>仪器<br>型号           | $<10\text{mg/kg}$ |             | $\geq 10\text{mg/kg}$ |             |
|--------------------------|-------------------|-------------|-----------------------|-------------|
|                          | 示值误差<br>mg/kg     | 相对示值误差<br>% | 示值误差<br>mg/kg         | 相对示值误差<br>% |
| 1# : XOS<br>(Clora 2XP)  | 0.04              | 4.0         | 0.13                  | 1.3         |
|                          | 0.06              | 1.9         | -0.07                 | -0.24       |
|                          | 0.03              | 0.60        | 0.34                  | 0.67        |
|                          | -                 | -           | 0.52                  | 0.52        |
|                          | -                 | -           | 1.19                  | 0.40        |
|                          | -                 | -           | 0.62                  | 0.12        |
|                          | -                 | -           | 2.33                  | 0.23        |
| 2#: 安科慧生<br>(MERAK-LEII) | 0.13              | 13          | -0.01                 | -0.067      |
|                          | 0.02              | 0.56        | -0.01                 | -0.044      |
|                          | 0.02              | 0.33        | -0.53                 | -1.07       |
|                          | -                 | -           | -1.34                 | -1.34       |

|                         |        |       |        |       |
|-------------------------|--------|-------|--------|-------|
|                         | -      | -     | -1.35  | -0.27 |
|                         | -      | -     | -4.77  | -0.48 |
| 3#: XOS<br>(CLORA)      | -0.14  | -14.1 | 0.005  | 0.047 |
|                         | -0.20  | -6.5  | 0.98   | 3.26  |
|                         | 0.14   | 2.8   | -0.87  | -1.74 |
|                         | --     | -     | -0.30  | -0.30 |
|                         | -      |       | 0.075  | 0.015 |
| 4# 苏州佳谱<br>(E-lite500)  | 0.078  | 7.8   | 0.041  | 0.41  |
|                         | 0.092  | 3.1   | 0.191  | 0.38  |
|                         | 0.159  | 3.2   | 0.433  | 0.43  |
|                         | -      | -     | 1.1    | 0.23  |
| 5# 苏州佳谱<br>(E-lite500)  | 0.008  | 0.8   | 0.64   | 6.40  |
|                         | --     | -     | 0.77   | 2.56  |
|                         |        | -     | 0.21   | 0.42  |
|                         | --     | -     | 0.77   | 0.77  |
|                         | -      | -     | 2.82   | 0.94  |
|                         | -      | -     | 5.99   | 1.20  |
|                         | -      | -     | 1.47   | 0.15  |
| 6# 上海爱斯特<br>(DM2400C1)  | 0.033  | 3.3   | 0.297  | 3.0   |
|                         | -0.207 | -6.9  | 0.40   | 1.3   |
|                         | -0.447 | -8.9  | 0.327  | 0.3   |
|                         | -      | -     | 5.66   | 1.1   |
|                         | -      | -     | -9.28  | -0.93 |
| 7#: 江苏天瑞<br>(EDX 3300S) | -0.167 | -16.7 | 0.383  | 3.83  |
|                         | 0.183  | 6.11  | 0.730  | 1.46  |
|                         | -0.283 | -5.67 | -0.967 | -0.97 |

|                                |        |       |        |       |
|--------------------------------|--------|-------|--------|-------|
|                                | -      | -     | -0.587 | -0.20 |
|                                | -      | -     | 0.570  | 0.11  |
| 8#: 安科慧生<br>(MERAK-LE)         | -0.060 | -6.0  | 0.763  | 7.6   |
|                                | 0.070  | 2.3   | 1.560  | 5.2   |
|                                | 0.067  | 1.3   | 2.133  | 4.3   |
|                                | -      | -     | -1.983 | -2.0  |
|                                | -      | -     | -6.283 | -1.3  |
|                                | -      | -     | -5.720 | -0.6  |
| 9#XOS<br>(CLORA)               | -0.027 | -2.7  | 0.367  | 3.7   |
|                                | 0.133  | 4.4   | 0.300  | 1.0   |
|                                | 0.133  | 2.7   | -1.667 | -3.3  |
|                                | -      | -     | 1.033  | 1.0   |
|                                | -      | -     | 14.167 | 2.8   |
|                                | -      | -     | 56.33  | 5.6   |
| 10#XOS<br>(CLORA)              | 0.073  | 7.33  | 0.06   | 0.63  |
|                                | 0.073  | 2.44  | 0.57   | 1.90  |
|                                | -0.06  | -1.20 | 0.02   | 0.05  |
|                                | -      | -     | 0.25   | 0.25  |
|                                | -      | -     | 0.54   | 0.11  |
|                                | -      | -     | -1.75  | -0.18 |
| 11# XOS<br>(CLORA<br>M-series) | 0.010  | 1.00  | 0.06   | 0.60  |
|                                | -      | -     | 0.10   | 0.33  |
|                                | -      | -     | 0.22   | 0.22  |
|                                | -      | -     | -0.65  | -0.22 |
|                                | -      | -     | 1.30   | 0.26  |

表 4 示值误差校准结果统计分析

| 项目           | <10mg/kg         |             | ≥10mg/kg      |                                              |
|--------------|------------------|-------------|---------------|----------------------------------------------|
|              | 示值误差<br>mg/kg    | 相对示值误差<br>% | 示值误差<br>mg/kg | 相对示值误差<br>%                                  |
| 参与数量         | 29               | 29          | 62            | 62                                           |
| 最大值<br>(绝对值) | -0.447           | -16.7       | 56.33         | 7.6                                          |
| 最小值<br>(绝对值) | 0.008            | 0.33        | 0.005         | -0.22                                        |
| 推荐计量特性<br>要求 | 不超过<br>±0.3mg/kg | /           | /             | 不超过±5%                                       |
| 比对结果分析       | 全部数据符合<br>计量特性要求 | /           | /             | 有 4 个数据超<br>过±5%，约<br>94%的数据符<br>合计量特性要<br>求 |

## 2.2 重复性校准结果汇总

重复性校准结果汇总见表 5，重复性按照<10mg/kg 和≥10mg/kg 进行归类统计，包括了所有测量点的重复性。测量点<10mg/kg 时，一般包括 1-2 个浓度，测量点≥10mg/kg 时，一般包括 1-2 个测量点。

对于重复性校准结果的统计分析见表 6。当测量点<10mg/kg 时，全部 100% 的数据符合计量特性要求；当测量点≥10mg/kg 时，有 1 个数据超过±3%，约 95.5%的数据符合计量特性要求。经起草组分析，不再为了保持 100%符合率而降低≥10mg/kg 时的技术指标要求，因此维持表 1 中推荐的重复性计量特性要求。

表 5 重复性校准结果汇总

| 范围<br>仪器<br>型号 | <10mg/kg      |             | ≥10mg/kg      |             |
|----------------|---------------|-------------|---------------|-------------|
|                | 标准偏差<br>mg/kg | 相对标准偏差<br>% | 标准偏差<br>mg/kg | 相对标准偏差<br>% |
| 1# XOS         | 0.16          | 3.1         | 0.22          | 2.2         |

|                                |       |      |       |      |
|--------------------------------|-------|------|-------|------|
| (Clora 2XP)                    | -     | -    | 0.88  | 1.8  |
|                                | -     | -    | 1.1   | 1.1  |
| 2# 安科慧生<br>(MERAK-LEII)        | 0.12  | 3.8  | 0.12  | 1.2  |
|                                | 0.11  | 2.1  | 0.26  | 0.52 |
| 3# XOS<br>(CLORA)              | 0.19  | 3.7  | 0.51  | 1.0  |
| 4# 苏州佳谱<br>(E-lite500)         | 0.04  | 0.69 | 0.11  | 0.21 |
| 5# 苏州佳谱<br>(E-lite500)         | 0.056 | 5.6  | 0.16  | 1.6  |
|                                | -     | -    | 1.7   | 0.57 |
| 6# 上海爱斯特<br>(DM2400C1)         | 0.072 | 2.5  | 0.20  | 1.9  |
|                                | 0.077 | 1.7  | 0.12  | 0.41 |
| 7# 江苏天瑞<br>(EDX 3300S)         | 0.073 | 2.3  | 0.15  | 1.5  |
|                                | 0.079 | 1.7  | 0.315 | 0.63 |
| 8# 安科慧生<br>(MERAK-LE)          | 0.08  | 2.6  | 0.26  | 2.4  |
|                                | 0.07  | 1.5  | 1.69  | 3.3  |
| 9# XOS<br>(CLORA)              | 0.08  | 2.4  | 0.12  | 1.2  |
|                                | 0.07  | 1.3  | 0.15  | 0.30 |
| 10# XOS<br>(CLORA)             | 0.10  | 3.2  | 0.22  | 2.2  |
|                                | 0.10  | 2.0  | 0.31  | 0.62 |
| 11# XOS<br>(CLORA<br>M-series) | 0.01  | 0.99 | 0.02  | 0.21 |
|                                | -     | -    | 0.02  | 0.07 |
|                                | -     | -    | 0.02  | 0.02 |

表 6 重复性校准结果统计分析

| 项目 | <10mg/kg |        | ≥10mg/kg |        |
|----|----------|--------|----------|--------|
|    | 标准偏差     | 相对标准偏差 | 标准偏差     | 相对标准偏差 |

|              | mg/kg                        | %    | mg/kg | %                                                       |
|--------------|------------------------------|------|-------|---------------------------------------------------------|
| 参与数量         | 17                           | 17   | 22    | 22                                                      |
| 最大值<br>(绝对值) | 0.19                         | 5.6  | 1.7   | 3.3                                                     |
| 最小值<br>(绝对值) | 0.01                         | 0.69 | 0.02  | 0.02                                                    |
| 推荐计量特性<br>要求 | 不超过<br>$\pm 0.2\text{mg/kg}$ | /    | /     | 不超过 $\pm 3\%$                                           |
| 结论           | 数据全部符合<br>计量特性要求             | /    | /     | 有 1 个数据超<br>过 $\pm 3\%$ , 约<br>95.5%的数据<br>符合计量特性<br>要求 |

### 2.3 检出限结果

检出限校准结果汇总及统计分析见表 7, 共计 9 家数据参与统计, 全部 100% 的数据符合 $\leq 0.3\text{mg/kg}$  的计量特性要求。

表 7 检出限校准结果汇总及统计分析

| 序号 | 仪器型号              | 检出限/mg/kg |
|----|-------------------|-----------|
| 1# | XOS (Clora 2XP)   | 0.076     |
| 2# | 安科慧生 (MERAK-LEII) | 0.154     |
| 3  | XOS (CLORA)       | 0.217     |
| 4  | 苏州佳谱 (E-lite500)  | 0.138     |
| 5  | 苏州佳谱 (E-lite500)  | 0.121     |
| 6  | 上海爱斯特 (DM2400C1)  | 0.246     |
| 7  | 江苏天瑞 (EDX 3300S)  | 0.085     |
| 8  | 安科慧生 (MERAK-LE)   | 0.010     |
| 9  | XOS (CLORA)       | -         |

|          |                      |            |
|----------|----------------------|------------|
| 10       | XOS (CLORA)          | 0.293      |
| 11       | XOS (CLORA M-series) | -          |
| 最大值      | /                    | 0.293      |
| 最小值      | /                    | 0.010      |
| 推荐计量特性要求 | /                    | $\leq 0.3$ |
| 结论       | 数据全部符合计量特性要求         |            |

## 2.4 技术指标合理性验证

由 2.1~2.3 的数据汇总和统计分析，可认为规范提出的校准项目和校准方法是可行的，表 1 推荐的计量特性要求也是合理的，为进一步的验证技术指标要求的合理性，将用数理统计的方式对技术要求进行验证。

### 2.4.1 示值误差

对于示值误差校准结果的统计验证，结果见表 8，首先采用 Jarque-Bera 检验（偏态-峰态）判断数据的正态性，数据满足正态分布后，采用 Grubbs 检验验证是否有异常值，然后用 t 检验单侧检验得到限值。

由表 8，由 J-B 检验和 Grubbs 的检验结果中发现氯含量  $< 10\text{mg/kg}$  时有 1 个异常值，即  $-0.447\text{mg/kg}$ ，使得数据显著偏离正态分布，经研判删除该数据后重新统计分析见表 9，为避免删除数据带来的风险，表 8 的全部数据依旧参与统计。由表 8 和表 9，在 95%置信概率下，氯含量  $< 10\text{mg/kg}$  时，由 t 分布单侧检验得到的限值分别为  $0.25\text{mg/kg}$  和  $0.22\text{mg/kg}$ ，均不大于表规定的  $\pm 0.5\text{mg/kg}$  的要求，可见比对数据结果是可靠的，技术要求也是合理的。同时满足 99%的置信概率时，氯含量的限值分别为  $0.36\text{mg/kg}$  和  $0.31\text{mg/kg}$ ，因此在 99%概率下获得技术要求  $\pm 0.5\text{mg/kg}$  也是可靠的。

同理得到氯含量  $\geq 10\text{mg/kg}$  时，发现有 4 个极大值异常值 7.6%、6.4%、5.6% 和 5.2%，经研判删除该数据后重新统计分析见表 9，为避免删除数据带来的风险，表 8 的全部数据依旧参与统计。由表 8 和表 9，95%置信概率的 t 分布单侧检验限值为 4.1%和 2.8%，不大于表 1 推荐的不大于 5%的规定；同时在 99%置信概

率下，t 分布单侧检验限值分别为 5.6%和 3.8%，因此在 99%概率下获得更多可靠结果，需要定技术要求不低于 6%。

在一般的数理统计中，满足 95%的置信概率即可，因此，表 1 中计量特性的指标设置是合理的。

表 8 示值误差技术指标合理性验证

| 项目                     |                         | <10mg/kg      | ≥10mg/kg              |
|------------------------|-------------------------|---------------|-----------------------|
| 数据个数                   |                         | 29            | 62                    |
| 平均值                    |                         | -0.00134      | 0.836                 |
| 标准差                    |                         | 0.145         | 1.975                 |
| 正态性检验<br>(Jarque-Bera) | 偏度                      | -1.39         | 1.40                  |
|                        | 峰度                      | 1.97          | 2.54                  |
|                        | J-B 统计量                 | 14.06         | 36.94                 |
|                        | p 值                     | 0.000883      | $9.52 \times 10^{-9}$ |
|                        | 结论                      | 显著偏离正态分布      | 显著偏离正态分布              |
| 异常值检验<br>(Grubbs)      | G 计算值                   | 3.06          | 3.42                  |
|                        | G <sub>0.05</sub> (临界值) | 2.89          | 3.21                  |
|                        | 结论                      | 有异常值 (极小值)    | 有异常值 (极大值)            |
| t 分布单侧限值               | 自由度                     | 28            | 61                    |
|                        | t <sub>0.05</sub> (临界值) | 1.70          | 1.67                  |
|                        | t <sub>0.01</sub> (临界值) | 2.47          | 2.39                  |
|                        | t <sub>0.05</sub> 单侧限值  | 0.25 mg/kg    | 4.1%                  |
|                        | t <sub>0.01</sub> 单侧限值  | 0.36 mg/kg    | 5.6%                  |
|                        | 推荐技术要求                  | 不大于 ±0.5mg/kg | 不大于 ±5%               |

表 9 示值误差技术指标合理性验证 (经技术研判后)

| 项目    |    | <10mg/kg | ≥10mg/kg |
|-------|----|----------|----------|
| 数据个数  |    | 28       | 58       |
| 平均值   |    | 0.0146   | 0.466    |
| 标准差   |    | 0.120    | 1.40     |
| 正态性检验 | 偏度 | -0.969   | 0.593    |

|                   |                         |              |        |
|-------------------|-------------------------|--------------|--------|
| (Jarque-Bera)     | 峰度                      | 0.317        | 1.46   |
|                   | J-B 统计量                 | 4.50         | 8.58   |
|                   | p 值                     | 0.105        | 0.0137 |
|                   | 结论                      | 满足正态分布       | 近似正态分布 |
| 异常值检验<br>(Grubbs) | G 计算值                   | 2.49         | 2.72   |
|                   | G <sub>0.05</sub> (临界值) | 2.88         | 3.19   |
|                   | 结论                      | 无异常值         | 无异常值   |
| t 分布单侧限值          | 自由度                     | 27           | 57     |
|                   | t <sub>0.05</sub> (临界值) | 1.70         | 1.67   |
|                   | t <sub>0.01</sub> (临界值) | 2.47         | 2.39   |
|                   | t <sub>0.05</sub> 单侧限值  | 0.22mg/kg    | 2.8%   |
|                   | t <sub>0.01</sub> 单侧限值  | 0.31 mg/kg   | 3.8%   |
|                   | 推荐技术要求                  | 不大于±0.5mg/kg | 不大于±5% |

#### 2.4.2 重复性

对于重复性校准结果的统计验证, 结果见表 10, 首先采用 Jarque-Bera 检验(偏态-峰态)判断数据的正态性, 数据满足正态分布后, 采用 Grubbs 检验验证是否有异常值, 然后用 t 检验单侧检验得到限值。

由表 10, 氯含量<10mg/kg 时, 17 组数据符合正态性分布, 无异常值, 95% 概率下 t 检验单侧限值 0.161mg/kg, 99% 概率下 t 检验单侧限值 0.196mg/kg, 均不大于推荐的±0.2mg/kg; 氯含量≥10mg/kg 时, 22 组数据符合正态性分布, 无异常值, 95% 概率下 t 检验单侧限值 2.66%, 99% 概率下 t 检验单侧限值 3.37%, 95% 概率下推荐不大于±3%是合理的。尽管表 6 中 1 个数据超过±3%, 但并不影响统计判断。

表 10 重复性技术指标合理性验证

| 项目    |    | <10mg/kg | ≥10mg/kg |
|-------|----|----------|----------|
| 数据个数  |    | 17       | 22       |
| 平均值   |    | 0.087    | 1.134    |
| 标准差   |    | 0.0420   | 0.886    |
| 正态性检验 | 偏度 | 0.845    | 0.729    |

|                   |                         |              |         |
|-------------------|-------------------------|--------------|---------|
| (Jarque-Bera)     | 峰度                      | 1.659        | -0.0712 |
|                   | J-B 统计量                 | 3.97         | 1.95    |
|                   | p 值                     | 0.137        | 0.377   |
|                   | 结论                      | 满足正态分布       | 近似正态分布  |
| 异常值检验<br>(Grubbs) | G 计算值                   | 2.44         | 2.44    |
|                   | G <sub>0.05</sub> (临界值) | 2.62         | 2.76    |
|                   | 结论                      | 无异常值         | 无异常值    |
| t 分布单侧限值          | 自由度                     | 16           | 21      |
|                   | t <sub>0.05</sub> (临界值) | 1.745        | 1.721   |
|                   | t <sub>0.01</sub> (临界值) | 2.583        | 2.517   |
|                   | t <sub>0.05</sub> 单侧限值  | 0.161 mg/kg  | 2.66%   |
|                   | t <sub>0.01</sub> 单侧限值  | 0.196 mg/kg  | 3.37%   |
|                   | 推荐技术要求                  | 不大于±0.2mg/kg | 不大于±3%  |

#### 2.4.3 检出限

对于检出限校准结果的统计验证, 结果见表 11, 首先采用 Jarque-Bera 检验(偏态-峰态)判断数据的正态性, 数据满足正态分布后, 采用 Grubbs 检验验证是否有异常值, 然后用 t 检验单侧检验得到限值。

由表 11, 9 组数据符合正态分布, 无异常值, 95%概率下 t 检验单侧限值 0.316mg/kg, 99%概率下 t 检验单侧限值 0.409mg/kg, 均大于推荐的 0.3mg/kg。由表 7, 全部检出限数据均不大于 0.3mg/kg, 尽管在统计验证上的限值大于 0.3mg/kg, 但是实际测试结果并不大于 0.3mg/kg, 这并不矛盾, 因为 t 检验的限值也是在满足 t 分布基础上推导得出, 也是在一定置信概率下。经起草组研判, 检出限推荐≤0.3mg/kg 基本合理。

表 11 检出限技术指标合理性验证

| 项目                     |    | 检出限    |
|------------------------|----|--------|
| 数据个数                   |    | 9      |
| 平均值                    |    | 0.149  |
| 标准差                    |    | 0.0897 |
| 正态性检验<br>(Jarque-Bera) | 偏度 | 0.194  |
|                        | 峰度 | -0.611 |

|                   |                         |             |
|-------------------|-------------------------|-------------|
|                   | J-B 统计量                 | 0.197       |
|                   | p 值                     | 0.906       |
|                   | 结论                      | 满足正态分布      |
| 异常值检验<br>(Grubbs) | G 计算值                   | 1.60        |
|                   | G <sub>0.05</sub> (临界值) | 2.22        |
|                   | 结论                      | 无异常值        |
| t 分布单侧限值          | 自由度                     | 8           |
|                   | t <sub>0.05</sub> (临界值) | 1.859       |
|                   | t <sub>0.01</sub> (临界值) | 2.896       |
|                   | t <sub>0.05</sub> 单侧限值  | 0.316 mg/kg |
|                   | t <sub>0.01</sub> 单侧限值  | 0.409 mg/kg |
|                   | 推荐技术要求                  | ≤0.3mg/kg   |

### 三、结论

综上所述，本规程中校准项目和计量特性的设置科学合理，校准方法可操作性强。

### 四、原始记录

原始记录共 11 份，如下：

## 原始记录 1

|                      |                |                |
|----------------------|----------------|----------------|
| 仪器名称：单波长色散 X 射线荧光测氯仪 |                | 校准地点：中国计量科学研究院 |
| 制造厂商：XOS             | 仪器型号：Clora 2XP | 仪器编号：/         |
| 环境温度：26.5            | 环境湿度：53.7%RH   | 校准依据：本规范草案     |
| 校准日期：2025.8.15       | 校准员：/          | 核验员：/          |

### 一、示值误差

| 标准值<br>mg/ kg | 测量值<br>mg/kg |         |         | 平均值<br>mg/ kg | 示值误差<br>mg/kg | 相对示值误差% | 扩展不确定度 $U$<br>( $k=2$ ) |
|---------------|--------------|---------|---------|---------------|---------------|---------|-------------------------|
|               | 1            | 2       | 3       |               |               |         |                         |
| 1             | 1.02         | 1.04    | 1.06    | 1.04          | 0.04          | 4.00    | /                       |
| 3             | 3.04         | 2.97    | 3.16    | 3.06          | 0.06          | 1.89    | /                       |
| 5             | 4.96         | 5.00    | 5.13    | 5.03          | 0.03          | 0.60    | /                       |
| 10            | 9.87         | 10.18   | 10.33   | 10.13         | 0.13          | 1.27    | /                       |
| 30            | 29.52        | 30.01   | 30.25   | 29.93         | -0.07         | -0.24   | /                       |
| 50            | 50.25        | 50.16   | 50.60   | 50.34         | 0.34          | 0.67    | /                       |
| 100           | 99.73        | 100.31  | 101.53  | 100.52        | 0.52          | 0.52    | /                       |
| 300           | 300.97       | 300.10  | 302.49  | 301.19        | 1.19          | 0.40    | /                       |
| 500           | 497.59       | 501.02  | 503.26  | 500.62        | 0.62          | 0.12    | /                       |
| 1000          | 994.31       | 1005.67 | 1007.00 | 1002.33       | 2.33          | 0.23    | /                       |

### 二、重复性

| 标准值<br>mg/ kg | 测量值<br>mg/ kg |        |        |        |       |        |       | 重复性<br>(s) | 重复性<br>(RSD, %) |
|---------------|---------------|--------|--------|--------|-------|--------|-------|------------|-----------------|
| 5             | 4.80          | 5.12   | 5.28   | 5.14   | 5.16  | 5.09   | 4.94  | 0.16       | 3.1             |
| 10            | 10.10         | 9.98   | 10.29  | 9.79   | 10.38 | 9.85   | 10.14 | 0.22       | 2.2             |
| 50            | 49.38         | 50.73  | 48.84  | 51.36  | 50.03 | 49.25  | 50.04 | 0.88       | 1.8             |
| 100           | 99.89         | 100.16 | 102.43 | 100.16 | 99.76 | 101.73 | 99.84 | 1.1        | 1.1             |

### 三、检出限

| 序号                        | 标准物质标准值<br>mg/ kg | 测量响应值<br>cps |               |      | 响应值平均值<br>/cps | 斜率   |
|---------------------------|-------------------|--------------|---------------|------|----------------|------|
| 1                         | /                 | /            | /             | /    | /              | /    |
| 2                         | /                 | /            | /             | /    | /              |      |
| 3                         | /                 | /            | /             | /    | /              |      |
| 空白溶液 11 次测量响应值/mg/kg      | 0.09              | 0.08         | 0.08          | 0.09 | 0.11           | 0.12 |
|                           | 0.14              | 0.08         | 0.11          | 0.13 | 0.15           | -    |
| 空白溶液 11 次测量响应值的标准偏差/mg/kg | 0.025             |              | 检出限<br>mg/ kg |      | 0.076          |      |

## 原始记录 2

|                     |                 |                |
|---------------------|-----------------|----------------|
| 仪器名称：高灵敏度 X 射线荧光光谱仪 |                 | 校准地点：中国计量科学研究院 |
| 制造厂商：北京安科慧生科技有限公司   | 仪器型号：MERAK-LEII | 仪器编号：/         |
| 环境温度：20℃            | 环境湿度：12%RH      | 校准依据：本规范草案     |
| 校准日期：2026.1.22      | 校准员：/           | 核验员：/          |

### 一 示值误差

| 标准值<br>mg/ kg | 测量值<br>mg/kg |         |        | 平均值<br>mg/ kg | 示值误差<br>mg/kg | 相对示值误差% | 扩展不确定度 $U$<br>( $k=2$ ) |
|---------------|--------------|---------|--------|---------------|---------------|---------|-------------------------|
|               | 1            | 2       | 3      |               |               |         |                         |
| 1             | 1.14         | 1.11    | 1.15   | 1.13          | 0.13          | 13      | /                       |
| 3             | 2.98         | 2.90    | 3.17   | 3.02          | 0.02          | 0.56    | /                       |
| 5             | 4.93         | 4.96    | 5.16   | 5.02          | 0.02          | 0.33    | /                       |
| 10            | 10.12        | 9.97    | 9.89   | 9.99          | -0.01         | -0.067  | /                       |
| 30            | 29.70        | 30.22   | 30.04  | 29.99         | -0.01         | -0.044  | /                       |
| 50            | 49.68        | 49.39   | 49.33  | 49.47         | -0.53         | -1.07   | /                       |
| 100           | 98.94        | 98.17   | 98.88  | 98.66         | -1.34         | -1.34   | /                       |
| 500           | 499.53       | 498.34  | 498.09 | 498.65        | -1.35         | -0.27   | /                       |
| 1000          | 985.98       | 1001.02 | 998.68 | 995.23        | -4.77         | -0.48   | /                       |

### 二 重复性

| 标准值<br>mg/ kg | 测量值<br>mg/ kg |       |       |       |       |       |       | 重复性<br>(s) | 重复性<br>(RSD, %) |
|---------------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------|-----------------|
| 3             | 2.98          | 2.90  | 3.17  | 3.00  | 3.18  | 2.99  | 2.90  | 0.12       | 3.8             |
| 5             | 4.93          | 4.96  | 5.16  | 5.10  | 5.14  | 4.91  | 4.95  | 0.11       | 2.1             |
| 10            | 10.12         | 9.97  | 9.89  | 9.93  | 9.95  | 9.83  | 10.17 | 0.12       | 1.2             |
| 50            | 49.68         | 49.39 | 49.33 | 49.31 | 49.35 | 49.84 | 49.90 | 0.26       | 0.52            |

### 三 检出限

| 序号                      | 标准物质标准值<br>mg/ kg | 测量响应值<br>cps |               |        | 响应值平均值<br>/cps | 斜率      |
|-------------------------|-------------------|--------------|---------------|--------|----------------|---------|
| 1                       | 1                 | 42.790       | 41.923        | 43.821 | 42.8           | 20.6697 |
| 2                       | 3                 | 84.980       | 85.213        | 84.392 | 84.9           |         |
| 3                       | 5                 | 123.50       | 124.86        | 123.47 | 123.9          |         |
| 4                       | 10                | 229.17       | 230.32        | 228.03 | 229.2          |         |
| 空白溶液 11 次测量响应值/cps      | 14.955            | 13.928       | 14.074        | 13.756 | 14.529         | 11.989  |
|                         | 11.963            | 13.307       | 11.881        | 14.004 | 13.567         | -       |
| 空白溶液 11 次测量响应值的标准偏差/cps | 1.063             |              | 检出限<br>mg/ kg |        | 0.154          |         |

## 原始记录 2

|                     |                 |                |
|---------------------|-----------------|----------------|
| 仪器名称：高灵敏度 X 射线荧光光谱仪 |                 | 校准地点：中国计量科学研究院 |
| 制造厂商：北京安科慧生科技有限公司   | 仪器型号：MERAK-LEII | 仪器编号：/         |
| 环境温度：20℃            | 环境湿度：12%RH      | 校准依据：本规范草案     |
| 校准日期：2026.1.22      | 校准员：/           | 核验员：/          |

### 一 示值误差

| 标准值<br>mg/ kg | 测量值<br>mg/kg |         |        | 平均值<br>mg/ kg | 示值误差<br>mg/kg | 相对示值误差% | 扩展不确定度 $U$<br>( $k=2$ ) |
|---------------|--------------|---------|--------|---------------|---------------|---------|-------------------------|
|               | 1            | 2       | 3      |               |               |         |                         |
| 1             | 1.14         | 1.11    | 1.15   | 1.13          | 0.13          | 13      | /                       |
| 3             | 2.98         | 2.90    | 3.17   | 3.02          | 0.02          | 0.56    | /                       |
| 5             | 4.93         | 4.96    | 5.16   | 5.02          | 0.02          | 0.33    | /                       |
| 10            | 10.12        | 9.97    | 9.89   | 9.99          | -0.01         | -0.067  | /                       |
| 30            | 29.70        | 30.22   | 30.04  | 29.99         | -0.01         | -0.044  | /                       |
| 50            | 49.68        | 49.39   | 49.33  | 49.47         | -0.53         | -1.07   | /                       |
| 100           | 98.94        | 98.17   | 98.88  | 98.66         | -1.34         | -1.34   | /                       |
| 500           | 499.53       | 498.34  | 498.09 | 498.65        | -1.35         | -0.27   | /                       |
| 1000          | 985.98       | 1001.02 | 998.68 | 995.23        | -4.77         | -0.48   | /                       |

### 二 重复性

| 标准值<br>mg/ kg | 测量值<br>mg/ kg |       |       |       |       |       |       | 重复性<br>(s) | 重复性<br>(RSD, %) |
|---------------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------|-----------------|
| 3             | 2.98          | 2.90  | 3.17  | 3.00  | 3.18  | 2.99  | 2.90  | 0.12       | 3.8             |
| 5             | 4.93          | 4.96  | 5.16  | 5.10  | 5.14  | 4.91  | 4.95  | 0.11       | 2.1             |
| 10            | 10.12         | 9.97  | 9.89  | 9.93  | 9.95  | 9.83  | 10.17 | 0.12       | 1.2             |
| 50            | 49.68         | 49.39 | 49.33 | 49.31 | 49.35 | 49.84 | 49.90 | 0.26       | 0.52            |

### 三 检出限

| 序号                      | 标准物质标准值<br>mg/ kg | 测量响应值<br>cps |               |        | 响应值平均值<br>/cps | 斜率      |
|-------------------------|-------------------|--------------|---------------|--------|----------------|---------|
| 1                       | 1                 | 42.790       | 41.923        | 43.821 | 42.8           | 20.6697 |
| 2                       | 3                 | 84.980       | 85.213        | 84.392 | 84.9           |         |
| 3                       | 5                 | 123.50       | 124.86        | 123.47 | 123.9          |         |
| 4                       | 10                | 229.17       | 230.32        | 228.03 | 229.2          |         |
| 空白溶液 11 次测量响应值/cps      | 14.955            | 13.928       | 14.074        | 13.756 | 14.529         | 11.989  |
|                         | 11.963            | 13.307       | 11.881        | 14.004 | 13.567         | -       |
| 空白溶液 11 次测量响应值的标准偏差/cps | 1.063             |              | 检出限<br>mg/ kg |        | 0.154          |         |

### 原始记录 3

|                       |            |                   |
|-----------------------|------------|-------------------|
| 仪器名称：单波长 X 射线荧光氯含量分析仪 |            | 校准地点：中石化石油化工科学研究院 |
| 制造厂商：XOS              | 仪器型号：CLORA | 仪器编号：/            |
| 环境温度：25℃              | 环境湿度：70%RH | 校准依据：本规范草案        |
| 校准日期：2025.10.13       | 校准员：/      | 核验员：/             |

#### 一 示值误差

| 标准值<br>mg/ kg | 测量值<br>mg/kg |         |         | 平均值<br>mg/ kg | 示值误差<br>mg/kg | 相对示值误差% | 扩展不确定度 $U$<br>( $k=2$ ) |
|---------------|--------------|---------|---------|---------------|---------------|---------|-------------------------|
|               | 1            | 2       | 3       |               |               |         |                         |
| 1             | 0.741        | 0.944   | 0.892   | 0.859         | -0.14         | -14.1   | /                       |
| 3             | 2.677        | 2.973   | 2.763   | 2.804         | -0.20         | -6.5    | /                       |
| 5             | 4.943        | 5.114   | 5.370   | 5.142         | 0.14          | 2.8     | /                       |
| 10            | 10.079       | 10.073  | 9.862   | 10.005        | 0.005         | 0.047   | /                       |
| 30            | 30.526       | 31.251  | 31.160  | 30.979        | 0.98          | 3.26    | /                       |
| 50            | 48.658       | 49.532  | 49.195  | 49.128        | -0.87         | -1.74   | /                       |
| 100           | 99.457       | 100.144 | 99.496  | 99.699        | -0.30         | -0.30   | /                       |
| 500           | 499.896      | 497.317 | 503.013 | 500.075       | 0.075         | 0.015   | /                       |

#### 二 重复性

| 标准值<br>mg/ kg | 测量值<br>mg/ kg |        |        |        |        |        |        | 重复性<br>(s) | 重复性<br>(RSD, %) |
|---------------|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------------|-----------------|
| 5             | 4.943         | 5.114  | 5.370  | 5.022  | 5.409  | 4.963  | 5.035  | 0.19       | 3.7             |
| 50            | 48.658        | 49.532 | 49.195 | 49.643 | 48.677 | 50.024 | 49.027 | 0.51       | 1.0             |

### 三 检出限

| 序号                        | 标准物质标准值<br>mg/ kg | 测量响应值<br>cps |               |       | 响应值平均值<br>/cps | 斜率    |
|---------------------------|-------------------|--------------|---------------|-------|----------------|-------|
| 1                         | /                 | /            | /             | /     | /              | /     |
| 2                         | /                 | /            | /             | /     | /              |       |
| 3                         | /                 | /            | /             | /     | /              |       |
| 4                         | /                 | /            | /             | /     | /              |       |
| 空白溶液 11 次测量响应值/mg/kg      | 0.144             | 0.202        | 0.143         | 0.196 | 0.262          | 0.242 |
|                           | 0.216             | 0.111        | 0.235         | 0.065 | 0.314          | -     |
| 空白溶液 11 次测量响应值的标准偏差/mg/kg | 0.072             |              | 检出限<br>mg/ kg |       | 0.217          |       |

原始记录 4

|                       |                 |                 |
|-----------------------|-----------------|-----------------|
| 仪器名称：单波长 X 射线荧光氯含量分析仪 |                 | 校准地点：苏州佳谱科技有限公司 |
| 制造厂商：苏州佳谱科技有限公司       | 仪器型号：E-Lite 500 | 仪器编号：/          |
| 环境温度：25℃              | 环境湿度：70%RH      | 校准依据：本规范草案      |
| 校准日期：2025.9.30        | 校准员：/           | 核验员：/           |

一 示值误差

| 标准值<br>mg/ kg | 测量值<br>mg/kg |         |         | 平均值<br>mg/ kg | 示值误差<br>mg/kg | 相对示值误差% | 扩展不确定度 $U$<br>( $k=2$ ) |
|---------------|--------------|---------|---------|---------------|---------------|---------|-------------------------|
|               | 1            | 2       | 3       |               |               |         |                         |
| 1             | 1.051        | 1.113   | 1.070   | 1.078         | 0.078         | 7.800   | /                       |
| 3             | 3.119        | 3.096   | 3.062   | 3.092         | 0.092         | 3.067   | /                       |
| 5             | 5.168        | 5.176   | 5.133   | 5.159         | 0.159         | 3.18    | /                       |
| 10            | 10.117       | 10.068  | 9.937   | 10.041        | 0.041         | 0.407   | /                       |
| 50            | 50.120       | 50.249  | 50.205  | 50.191        | 0.191         | 0.383   | /                       |
| 100           | 100.340      | 100.410 | 100.548 | 100.433       | 0.433         | 0.433   | /                       |
| 500           | 501.255      | 500.979 | 501.161 | 501.132       | 1.132         | 0.226   | /                       |

二 重复性

| 标准值<br>mg/ kg | 测量值<br>mg/ kg |        |        |        |        |        |        | 重复性<br>(s) | 重复性<br>(RSD, %) |
|---------------|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------------|-----------------|
| 5             | 5.235         | 5.197  | 5.155  | 5.218  | 5.134  | 5.204  | 5.173  | 0.036      | 0.69            |
| 50            | 50.081        | 50.295 | 50.294 | 50.364 | 50.301 | 50.150 | 50.357 | 0.11       | 0.21            |

### 三 检出限

| 序号                        | 标准物质标准值<br>mg/ kg | 测量响应值<br>cps |               |       | 响应值平均值<br>/cps | 斜率    |
|---------------------------|-------------------|--------------|---------------|-------|----------------|-------|
| 1                         | /                 | /            | /             | /     | /              | /     |
| 2                         | /                 | /            | /             | /     | /              |       |
| 3                         | /                 | /            | /             | /     | /              |       |
| 4                         | /                 | /            | /             | /     | /              |       |
| 空白溶液 11 次测量响应值/mg/kg      | 0.220             | 0.235        | 0.250         | 0.173 | 0.184          | 0.258 |
|                           | 0.136             | 0.218        | 0.224         | 0.140 | 0.135          | -     |
| 空白溶液 11 次测量响应值的标准偏差/mg/kg | 0.046             |              | 检出限<br>mg/ kg |       | 0.138          |       |

原始记录 5

|                       |                 |                 |
|-----------------------|-----------------|-----------------|
| 仪器名称：单波长 X 射线荧光氯含量分析仪 |                 | 校准地点：苏州佳谱科技有限公司 |
| 制造厂商：苏州佳谱科技有限公司       | 仪器型号：E-Lite 500 | 仪器编号：/          |
| 环境温度：25℃              | 环境湿度：75%RH      | 校准依据：本规范草案      |
| 校准日期：2026.1.26        | 校准员：/           | 核验员：/           |

一 示值误差

| 标准值<br>mg/ kg | 测量值<br>mg/kg |         |         | 平均值<br>mg/ kg | 示值误差<br>mg/kg | 相对示值误差% | 扩展不确定度 $U$<br>( $k=2$ ) |
|---------------|--------------|---------|---------|---------------|---------------|---------|-------------------------|
|               | 1            | 2       | 3       |               |               |         |                         |
| 1             | 1.02         | 0.97    | 1.04    | 1.01          | 0.008         | 0.84    | /                       |
| 10            | 10.56        | 10.69   | 10.67   | 10.64         | 0.64          | 6.40    | /                       |
| 30            | 30.62        | 30.57   | 31.11   | 30.77         | 0.77          | 2.56    | /                       |
| 50            | 50.09        | 50.41   | 50.13   | 50.21         | 0.21          | 0.42    | /                       |
| 100           | 100.58       | 100.71  | 101.03  | 100.77        | 0.77          | 0.77    | /                       |
| 300           | 302.89       | 303.01  | 302.55  | 302.82        | 2.82          | 0.94    | /                       |
| 500           | 505.99       | 506.38  | 505.60  | 505.99        | 5.99          | 1.20    | /                       |
| 1000          | 998.20       | 1002.08 | 1004.14 | 1001.47       | 1.47          | 0.15    | /                       |

二 重复性

| 标准值<br>mg/ kg | 测量值<br>mg/ kg |        |        |        |        |        |        | 重复性<br>(s) | 重复性<br>(RSD, %) |
|---------------|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------------|-----------------|
| 1             | 1.02          | 0.97   | 1.04   | 1.01   | 1.05   | 0.96   | 0.89   | 0.056      | 5.6             |
| 10            | 10.25         | 10.39  | 10.18  | 10.20  | 10.61  | 10.39  | 10.51  | 0.16       | 1.57            |
| 300           | 302.63        | 307.94 | 304.67 | 304.15 | 303.60 | 305.95 | 304.61 | 1.72       | 0.57            |

### 三 检出限

| 序号                        | 标准物质标准值<br>mg/ kg | 测量响应值<br>cps |               |        | 响应值平均值<br>/cps | 斜率   |
|---------------------------|-------------------|--------------|---------------|--------|----------------|------|
| 1                         | 1                 | 6.31         | 5.99          | 6.35   | 6.2            | 6.27 |
| 2                         | 10                | 63.82        | 64.83         | 64.65  | 64.4           |      |
| 3                         | 30                | 188.05       | 187.05        | 190.44 | 188.5          |      |
| 空白溶液 11 次测量响应值/mg/kg      | 0.77              | 0.84         | 0.12          | 0.52   | 0.54           | 0.33 |
|                           | 0.86              | 0.88         | 0.64          | 0.78   | 0.36           | -    |
| 空白溶液 11 次测量响应值的标准偏差/mg/kg | 0.253             |              | 检出限<br>mg/ kg |        | 0.121          |      |

## 原始记录 6

|                    |               |                  |
|--------------------|---------------|------------------|
| 仪器名称：单波长 X 射线荧光测氯仪 |               | 校准地点：上海爱斯特电子有限公司 |
| 制造厂商：上海爱斯特电子有限公司   | 仪器型号：DM2400C1 | 仪器编号：/           |
| 环境温度：24℃           | 环境湿度：62%RH    | 校准依据：本规范草案       |
| 校准日期：2026.2.26     | 校准员：/         | 核验员：/            |

### 一 示值误差

| 标准值<br>mg/ kg | 测量值<br>mg/kg |        |        | 平均值<br>mg/ kg | 示值误差<br>mg/kg | 相对示值误差% | 扩展不确定度 $U$<br>( $k=2$ ) |
|---------------|--------------|--------|--------|---------------|---------------|---------|-------------------------|
|               | 1            | 2      | 3      |               |               |         |                         |
| 1             | 1.04         | 1.02   | 1.04   | 1.033         | 0.033         | 3.3     | /                       |
| 3             | 2.76         | 2.73   | 2.89   | 2.793         | -0.207        | -6.9    | /                       |
| 5             | 4.500        | 4.600  | 4.560  | 4.553         | -0.447        | -8.9    | /                       |
| 10            | 10.23        | 10.33  | 10.33  | 10.297        | 0.297         | 3.0     | /                       |
| 30            | 30.24        | 30.53  | 30.43  | 30.400        | 0.400         | 1.3     | /                       |
| 100           | 100.20       | 100.38 | 100.40 | 100.327       | 0.327         | 0.3     | /                       |
| 500           | 505.29       | 505.24 | 506.45 | 505.660       | 5.660         | 1.1     | /                       |
| 1000          | 990.47       | 990.92 | 990.76 | 990.717       | -9.283        | -0.93   | /                       |

### 二 重复性

| 标准值<br>mg/ kg | 测量值<br>mg/ kg |       |       |       |       |       |       | 重复性<br>(s) | 重复性<br>(RSD, %) |
|---------------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------|-----------------|
|               |               |       |       |       |       |       |       |            |                 |
| 3             | 2.76          | 2.73  | 2.89  | 2.90  | 2.90  | 2.86  | 2.89  | 0.072      | 2.5             |
| 5             | 4.40          | 4.48  | 4.50  | 4.39  | 4.50  | 4.60  | 4.56  | 0.077      | 1.7             |
| 10            | 10.23         | 10.33 | 10.33 | 10.42 | 10.72 | 10.66 | 10.66 | 0.20       | 1.9             |
| 30            | 30.24         | 30.53 | 30.43 | 30.37 | 30.58 | 30.52 | 30.57 | 0.12       | 0.41            |

### 三 检出限

| 序号                        | 标准物质标准值<br>mg/ kg | 测量响应值<br>cps |               |       | 响应值平均值<br>/cps | 斜率      |
|---------------------------|-------------------|--------------|---------------|-------|----------------|---------|
| 1                         | 1                 | 734          | 733           | 734   | 733.7          | 26.3918 |
| 2                         | 3                 | 775.9        | 733           | 734   | 747.6          |         |
| 3                         | 5                 | 815.8        | 817.7         | 817.3 | 817.3          |         |
| 4                         | 10                | 957.7        | 960.1         | 960.1 | 959.3          |         |
| 空白溶液 11 次测量响应值/mg/kg      | 717.4             | 715.1        | 715.2         | 718.1 | 719.9          | 720.1   |
|                           | 719.8             | 714.5        | 718.3         | 717.9 | 716.9          | -       |
| 空白溶液 11 次测量响应值的标准偏差/mg/kg | 2.165             |              | 检出限<br>mg/ kg |       | 0.246          |         |

原始记录 7

|                      |                |                   |
|----------------------|----------------|-------------------|
| 仪器名称：单波长色散 X 射线荧光光谱仪 |                | 校准地点：江苏天瑞仪器股份有限公司 |
| 制造厂商：江苏天瑞仪器股份有限公司    | 仪器型号：EDX 3300S | 仪器编号：/            |
| 环境温度：25℃             | 环境湿度：37%RH     | 校准依据：本规范草案        |
| 校准日期：2026.4.1        | 校准员：/          | 核验员：/             |

一 示值误差

| 标准值<br>mg/ kg | 测量值<br>mg/kg |         |         | 平均值<br>mg/ kg | 示值误差<br>mg/kg | 相对示值误差% | 扩展不确定度 $U$<br>( $k=2$ ) |
|---------------|--------------|---------|---------|---------------|---------------|---------|-------------------------|
|               | 1            | 2       | 3       |               |               |         |                         |
| 1             | 0.887        | 0.875   | 0.738   | 0.833         | -0.167        | -16.67  | /                       |
| 3             | 3.190        | 3.150   | 3.210   | 3.183         | 0.183         | 6.11    | /                       |
| 5             | 4.810        | 4.640   | 4.700   | 4.717         | -0.283        | -5.67   | /                       |
| 10            | 10.360       | 10.330  | 10.460  | 10.383        | 0.383         | 3.83    | /                       |
| 50            | 51.050       | 50.540  | 50.600  | 50.730        | 0.730         | 1.46    | /                       |
| 100           | 99.030       | 99.030  | 99.040  | 99.033        | -0.967        | -0.97   | /                       |
| 300           | 299.400      | 299.420 | 299.420 | 299.413       | -0.587        | -0.20   | /                       |
| 500           | 500.580      | 500.570 | 500.560 | 500.570       | 0.570         | 0.11    | /                       |

二 重复性

| 标准值<br>mg/ kg | 测量值<br>mg/ kg |       |       |       |       |       |       | 重复性<br>(s) | 重复性<br>(RSD, %) |
|---------------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------|-----------------|
| 3             | 3.19          | 3.15  | 3.21  | 3.20  | 3.12  | 3.05  | 3.03  | 0.073      | 2.3             |
| 5             | 4.81          | 4.64  | 4.70  | 4.82  | 4.69  | 4.65  | 4.81  | 0.079      | 1.7             |
| 10            | 10.36         | 10.33 | 10.46 | 10.12 | 10.14 | 10.10 | 10.09 | 0.151      | 1.5             |
| 50            | 51.05         | 50.54 | 50.60 | 50.04 | 50.86 | 50.70 | 50.71 | 0.315      | 0.62            |

### 三 检出限

| 序号                        | 标准物质标准值<br>mg/ kg | 测量响应值<br>cps |               |        | 响应值平均值<br>/cps | 斜率     |
|---------------------------|-------------------|--------------|---------------|--------|----------------|--------|
| 1                         | 1                 | 91.16        | 91.12         | 90.65  | 91.0           | 3.9642 |
| 2                         | 3                 | 99.09        | 99.17         | 99.14  | 99.1           |        |
| 3                         | 5                 | 103.73       | 104.1         | 104.11 | 104.0          |        |
| 4                         | 10                | 127.02       | 127.03        | 126.55 | 126.9          |        |
| 空白溶液 11 次测量响应值/mg/kg      | 90.71             | 90.71        | 90.71         | 90.70  | 90.70          | 90.70  |
|                           | 90.70             | 90.33        | 90.33         | 90.70  | 90.70          | -      |
| 空白溶液 11 次测量响应值的标准偏差/mg/kg | 0.112             |              | 检出限<br>mg/ kg |        | 0.085          |        |

## 原始记录 8

|                     |               |              |
|---------------------|---------------|--------------|
| 仪器名称：高灵敏度 X 射线荧光光谱仪 |               | 校准地点：浙江省石油公司 |
| 制造厂商：北京安科慧生科技有限公司   | 仪器型号：MERAK-LE | 仪器编号：/       |
| 环境温度：23℃            | 环境湿度：51.2%RH  | 校准依据：本规范草案   |
| 校准日期：2026.4.1       | 校准员：/         | 核验员：/        |

### 一 示值误差

| 标准值<br>mg/ kg | 测量值<br>mg/kg |         |          | 平均值<br>mg/ kg | 示值误差<br>mg/kg | 相对示值误差% | 扩展不确定度 $U$<br>( $k=2$ ) |
|---------------|--------------|---------|----------|---------------|---------------|---------|-------------------------|
|               | 1            | 2       | 3        |               |               |         |                         |
| 1             | 0.900        | 0.950   | 0.970    | 0.940         | -0.060        | -6.0    | /                       |
| 3             | 3.090        | 2.990   | 3.130    | 3.070         | 0.070         | 2.3     | /                       |
| 5             | 5.010        | 5.100   | 5.090    | 5.067         | 0.067         | 1.3     | /                       |
| 10            | 10.730       | 10.800  | 10.760   | 10.763        | 0.763         | 7.6     | /                       |
| 30            | 31.260       | 31.430  | 31.990   | 31.560        | 1.560         | 5.2     |                         |
| 50            | 51.770       | 51.970  | 52.660   | 52.133        | 2.133         | 4.3     | /                       |
| 100           | 96.500       | 98.040  | 99.510   | 98.017        | -1.983        | -2.0    | /                       |
| 300           | 487.740      | 495.980 | 497.430  | 493.717       | -6.283        | -1.3    | /                       |
| 500           | 982.480      | 996.930 | 1003.430 | 994.280       | -5.720        | -0.6    | /                       |

### 二 重复性

| 标准值<br>mg/ kg | 测量值<br>mg/ kg |       |       |       |       |       |       | 重复性<br>(s) | 重复性<br>(RS<br>D, %) |
|---------------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------|---------------------|
| 3             | 3.09          | 2.99  | 3.13  | 3.20  | 3.07  | 2.97  | 3.04  | 0.08       | 2.6                 |
| 5             | 5.01          | 5.10  | 5.09  | 5.00  | 4.90  | 4.96  | 5.07  | 0.07       | 1.5                 |
| 10            | 10.73         | 10.80 | 10.76 | 10.10 | 10.36 | 10.48 | 10.67 | 0.26       | 2.4                 |
| 50            | 51.77         | 51.97 | 52.66 | 48.00 | 52.37 | 51.07 | 52.72 | 1.69       | 3.3                 |

### 三 检出限

| 序号                        | 标准物质标准值<br>mg/ kg | 测量响应值<br>cps |               |        | 响应值平均值<br>/cps | 斜率      |
|---------------------------|-------------------|--------------|---------------|--------|----------------|---------|
| 1                         | 1                 | 16.459       | 16.438        | 16.44  | 16.4           | 13.7961 |
| 2                         | 3                 | 42.392       | 43.965        | 41.711 | 42.7           |         |
| 3                         | 5                 | 66.306       | 68.793        | 68.751 | 68.0           |         |
| 4                         | 10                | 139.92       | 140.82        | 140.27 | 140.3          |         |
| 空白溶液 11 次测量响应值/mg/kg      | -0.628            | -0.708       | -0.693        | -0.672 | -0.653         | -0.551  |
|                           | -0.703            | -0.636       | -0.643        | -0.651 | -0.685         | -       |
| 空白溶液 11 次测量响应值的标准偏差/mg/kg | 0.044             |              | 检出限<br>mg/ kg |        | 0.010          |         |

### 原始记录 9

|                     |              |                     |
|---------------------|--------------|---------------------|
| 仪器名称：单波长 X 荧光氯含量分析仪 |              | 校准地点：中海石油宁波大榭石化实验中心 |
| 制造厂商：XOS            | 仪器型号：CLORA   | 仪器编号：/              |
| 环境温度：23℃            | 环境湿度：51.2%RH | 校准依据：本规范草案          |
| 校准日期：2026.4.1       | 校准员：/        | 核验员：/               |

### 一 示值误差

| 标准值<br>mg/kg | 测量值<br>mg/kg |        |        | 平均值<br>mg/kg | 示值误差<br>mg/kg | 相对示值误差% | 扩展不确定度 $U$<br>( $k=2$ ) |
|--------------|--------------|--------|--------|--------------|---------------|---------|-------------------------|
|              | 1            | 2      | 3      |              |               |         |                         |
| 1            | 0.98         | 0.97   | 0.970  | 0.973        | -0.027        | -2.7    | /                       |
| 3            | 3.10         | 3.20   | 3.10   | 3.133        | 0.133         | 4.4     | /                       |
| 5            | 5.10         | 5.20   | 5.10   | 5.133        | 0.133         | 2.7     | /                       |
| 10           | 10.50        | 10.3   | 10.3   | 10.367       | 0.367         | 3.7     | /                       |
| 30           | 30.3         | 30.3   | 30.3   | 30.300       | 0.300         | 1.0     |                         |
| 50           | 48.4         | 48.4   | 48.2   | 48.333       | -1.667        | -3.3    | /                       |
| 100          | 101.1        | 100.9  | 101.1  | 101.033      | 1.033         | 1.0     | /                       |
| 500          | 514.2        | 514.3  | 514.0  | 514.167      | 14.167        | 2.8     | /                       |
| 1000         | 1056.0       | 1056.0 | 1057.0 | 1056.333     | 56.333        | 5.6     | /                       |

### 二 重复性

| 标准值<br>mg/kg | 测量值<br>mg/kg |      |      |      |      |      |      | 重复性<br>(s) | 重复性<br>(RSD, %) |
|--------------|--------------|------|------|------|------|------|------|------------|-----------------|
| 3            | 3.10         | 3.20 | 3.10 | 3.20 | 3.10 | 3.30 | 3.20 | 0.08       | 2.4             |
| 5            | 5.10         | 5.20 | 5.10 | 5.00 | 5.12 | 5.10 | 5.20 | 0.07       | 1.3             |
| 10           | 10.5         | 10.3 | 10.3 | 10.1 | 10.2 | 10.3 | 10.3 | 0.12       | 1.2             |
| 50           | 48.4         | 48.4 | 48.2 | 48.0 | 48.3 | 48.3 | 48.4 | 0.15       | 0.3             |

### 原始记录 10

|                    |            |                 |
|--------------------|------------|-----------------|
| 仪器名称：单波长色散 X 荧光测氯仪 |            | 校准地点：中化泉州石化有限公司 |
| 制造厂商：XOS           | 仪器型号：CLORA | 仪器编号：/          |
| 环境温度：22.5℃         | 环境湿度：58%RH | 校准依据：本规范草案      |
| 校准日期：2026.3.17     | 校准员：/      | 核验员：/           |

### 一 示值误差

| 标准值<br>mg/kg | 测量值<br>mg/kg |        |        | 平均值<br>mg/kg | 示值误差<br>mg/kg | 相对示值误差% | 扩展不确定度 $U$<br>( $k=2$ ) |
|--------------|--------------|--------|--------|--------------|---------------|---------|-------------------------|
|              | 1            | 2      | 3      |              |               |         |                         |
| 1            | 1.07         | 0.98   | 1.17   | 1.073        | 0.073         | 7.33    | /                       |
| 3            | 3.07         | 3.10   | 3.05   | 3.073        | 0.073         | 2.44    | /                       |
| 5            | 4.85         | 4.92   | 5.05   | 4.940        | -0.06         | -1.20   | /                       |
| 10           | 9.85         | 10.12  | 10.22  | 10.063       | 0.06          | 0.63    | /                       |
| 30           | 31.03        | 30.07  | 30.61  | 30.570       | 0.57          | 1.90    |                         |
| 50           | 49.76        | 50.49  | 49.82  | 50.023       | 0.02          | 0.05    | /                       |
| 100          | 101.78       | 98.85  | 100.13 | 100.253      | 0.25          | 0.25    | /                       |
| 500          | 502.33       | 498.07 | 501.21 | 500.537      | 0.54          | 0.11    | /                       |
| 1000         | 997.20       | 999.43 | 998.11 | 998.247      | -1.75         | -0.18   | /                       |

### 二 重复性

| 标准值<br>mg/kg | 测量值<br>mg/kg |       |       |       |       |       |       | 重复性<br>(s) | 重复性<br>(RSD, %) |
|--------------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------|-----------------|
| 3            | 3.07         | 3.10  | 3.00  | 2.89  | 2.88  | 3.05  | 3.12  | 0.10       | 3.2             |
| 5            | 4.78         | 4.85  | 4.99  | 5.00  | 4.92  | 4.86  | 5.05  | 0.10       | 2.0             |
| 10           | 9.71         | 10.22 | 9.79  | 10.28 | 10.12 | 9.85  | 9.91  | 0.22       | 2.2             |
| 50           | 49.76        | 50.51 | 50.49 | 49.94 | 49.97 | 49.82 | 49.87 | 0.31       | 0.63            |

### 三 检出限

| 序号                        | 标准物质标准值<br>mg/ kg | 测量响应值<br>cps |               |       | 响应值平均值<br>/cps | 斜率      |
|---------------------------|-------------------|--------------|---------------|-------|----------------|---------|
| 1                         | 1                 | 228          | 232           | 211   | 223.7          | 114.214 |
| 2                         | 3                 | 449          | 428           | 442   | 439.7          |         |
| 3                         | 5                 | 666          | 640           | 659   | 655.0          |         |
| 4                         | 10                | 1255         | 1263          | 1228  | 1248.7         |         |
| 空白溶液 11 次测量响应值/mg/kg      | 120.0             | 132.0        | 104.0         | 105.0 | 129.0          | 122.0   |
|                           | 123.0             | 101.0        | 114.0         | 132.0 | 122.0          | -       |
| 空白溶液 11 次测量响应值的标准偏差/mg/kg | 11.139            |              | 检出限<br>mg/ kg |       | 0.293          |         |

原始记录 11

|                    |                     |                    |
|--------------------|---------------------|--------------------|
| 仪器名称：单波长色散 X 荧光测氯仪 |                     | 校准地点：中石化燕化公司检验计量中心 |
| 制造厂商：XOS           | 仪器型号：CLORA M-Series | 仪器编号：/             |
| 环境温度：23℃           | 环境湿度：52%RH          | 校准依据：本规范草案         |
| 校准日期：2026.4.17     | 校准员：/               | 核验员：/              |

一 示值误差

| 标准值<br>mg/kg | 测量值<br>mg/kg |        |        | 平均值<br>mg/kg | 示值误差<br>mg/kg | 相对示值误差% | 扩展不确定度 $U$<br>( $k=2$ ) |
|--------------|--------------|--------|--------|--------------|---------------|---------|-------------------------|
|              | 1            | 2      | 3      |              |               |         |                         |
| 1            | 1.01         | 1.00   | 1.01   | 1.01         | 0.010         | 1.0     | /                       |
| 10           | 10.06        | 10.08  | 10.04  | 10.06        | 0.06          | 0.60    | /                       |
| 30           | 30.08        | 30.12  | 30.06  | 30.10        | 0.10          | 0.33    | /                       |
| 100          | 100.21       | 100.18 | 100.26 | 100.22       | 0.22          | 0.22    | /                       |
| 300          | 299.35       | 299.36 | 299.34 | 299.35       | -0.65         | -0.22   |                         |
| 500          | 501.32       | 501.30 | 501.28 | 501.30       | 1.30          | 0.26    | /                       |

二 重复性

| 标准值<br>mg/kg | 测量值<br>mg/kg |        |        |        |        |        |        | 重复性<br>(s) | 重复性<br>(RSD, %) |
|--------------|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------------|-----------------|
| 1            | 1.00         | 1.02   | 1.01   | 1.00   | 1.02   | 1.00   | 1.02   | 0.01       | 0.99            |
| 10           | 10.05        | 10.06  | 10.08  | 10.02  | 10.03  | 10.03  | 10.05  | 0.02       | 0.21            |
| 30           | 30.09        | 30.01  | 30.13  | 30.07  | 30.10  | 30.07  | 30.08  | 0.02       | 0.07            |
| 100          | 100.25       | 100.18 | 100.22 | 100.20 | 100.19 | 100.22 | 100.20 | 0.02       | 0.02            |