

工业和信息化部标准报批公示

工业和信息化部标准报批公示

工业和信息化部标准报批公示

工业和信息化部标准报批公示

工业和信息化部标准报批公示

工业和信息化部标准报批公示

引 言

粗碳酸锂是由含锂矿物、锂离子电池废料及其他含锂物料加工回收得到的湿法冶炼中间产品，主要用于生产电池级碳酸锂、氢氧化锂等锂盐。粗碳酸锂中碳酸锂、镍、钴、锰、铜、铝、铁、钙、镁、钠、钾、铅、镉、铬、砷、磷、氟离子、氯离子、硫酸根等含量直接影响粗碳酸锂产品的品质，也对下游锂盐加工企业的生产工艺具有影响。准确测定粗碳酸锂产品的化学成分是开展产品贸易的基础，也可为下游加工企业提供数据支撑。因此，建立一套针对粗碳酸锂化学成分的分析方法标准是十分必要的。

YS/T XXXX《粗碳酸锂化学分析方法》由六个部分构成。

- 第1部分：锂含量的测定 火焰原子吸收光谱法。目的在于确立锂含量的测定方法。
- 第2部分：镍、钴、锰、铜、铝、铁、钙、镁、钠、钾、铅、镉、铬、砷、磷含量的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱法。目的在于确立杂质元素含量的测定方法。
- 第3部分：氟离子含量的测定 离子选择性电极法。目的在于确立氟离子含量的测定方法。
- 第4部分：阴离子含量的测定 离子色谱法。目的在于确立阴离子含量的测定方法。
- 第5部分：氯离子含量的测定 氯化银比浊法。目的在于确立氯离子含量的测定方法。
- 第6部分：酸不溶物含量的测定 重量法。目的在于确立酸不溶物含量的测定方法。

本文件的目的在于规定粗碳酸锂中杂质元素含量的测试方法及其精密度。电感耦合等离子体原子发射光谱法具有操作简便、检出限低、精密度高、能同时测定多个元素等优点，是测定粗碳酸锂中杂质元素含量的理想方法。本文件的制定为科学、准确的测定粗碳酸锂的杂质元素含量提供了依据，对于提高粗碳酸锂产品质量、促进粗碳酸锂产业化发展及减少供需双方之间因检测误差造成的商业纠纷具有重要作用。

粗碳酸锂化学分析方法

第2部分：镍、钴、锰、铜、铝、铁、钙、镁、钠、钾、铅、镉、铬、砷、磷含量的测定

电感耦合等离子体原子发射光谱法

1 范围

本文件规定了粗碳酸锂中镍、钴、锰、铜、铝、铁、钙、镁、钠、钾、铅、镉、铬、砷、磷含量的测定方法。

本文件适用于粗碳酸锂中镍、钴、锰、铜、铝、铁、钙、镁、钠、钾、铅、镉、铬、砷、磷含量的测定。各元素的测定范围见表1。

表1 各元素测定范围

元素	质量分数 %	元素	质量分数 %
Ni	0.0050~0.50	Na	0.0050~3.00
Co	0.0050~0.50	K	0.0050~0.50
Mn	0.0050~0.50	Pb	0.0050~0.10
Cu	0.0050~0.50	Cd	0.0050~0.10
Al	0.0050~0.50	Cr	0.0050~0.10
Fe	0.0050~0.50	As	0.0050~0.20
Ca	0.0050~2.00	P	0.0050~1.00
Mg	0.0050~3.00	-	-

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 分析实验室用水规格和试验方法

GB/T 8170 数值修约规则与极限数值的表示和判定

GB/T 17433 冶金产品化学分析基础术语

YS/T 1552 粗碳酸锂

3 术语和定义

GB/T 17433界定的术语和定义适用于本文件。

4 原理

试料用王水溶解，在王水介质中，采用工作曲线法，于电感耦合等离子体原子发射光谱仪上测定镍、钴、锰、铜、铝、铁、钙、镁、钠、钾、铅、镉、铬、砷、磷的发射强度，自工作曲线上查得各元素质量浓度并计算其质量分数。

5 试剂和材料

除非另有说明，本文件所用试剂均为优级纯的试剂。

5.1 水，GB/T 6682，二级。

5.2 王水 (1+1)：由 1 体积硝酸、3 体积盐酸、4 体积水混匀。使用时配制。

5.3 含镍、钴、锰、铜、铝、铁、钙、镁、钠、钾、铅、镉、铬、砷、磷元素的标准贮存溶液 (1 mg/mL)，购买国家有证标准贮存溶液。

5.4 镍、钴、锰、铜、铝、铁、钙、镁、钠、钾混合标准溶液 A：各移取 10.00 mL 镍标准贮存溶液 (5.3)、钴标准贮存溶液 (5.3)、锰标准贮存溶液 (5.3)、铜标准贮存溶液 (5.3)、铝标准贮存溶液 (5.3)、铁标准贮存溶液 (5.3)、钙标准贮存溶液 (5.3)、镁标准贮存溶液 (5.3)、钠标准贮存溶液 (5.3)、钾标准贮存溶液 (5.3) 置于 200 mL 容量瓶中，加入 20 mL 王水 (5.2)，以水稀释至刻度，混匀，移入干燥塑料瓶中。此溶液 1 mL 含 50 μ g 镍、钴、锰、铜、铝、铁、钙、镁、钠、钾。

5.5 镍、钴、锰、铜、铝、铁、钙、镁、钠、钾混合标准溶液 B：移取 20.00 mL 镍、钴、锰、铜、铝、铁、钙、镁、钠、钾混合标准贮存溶液 A (5.4) 置于 100 mL 容量瓶中，加入 10 mL 王水 (5.2)，以水稀释至刻度，混匀，移入干燥塑料瓶中。此溶液 1 mL 含 10 μ g 镍、钴、锰、铜、铝、铁、钙、镁、钠、钾。

5.6 铅、镉、铬混合标准溶液 A：各移取 10.00 mL 铅标准贮存溶液 (5.3)、镉标准贮存溶液 (5.3)、铬标准贮存溶液 (5.3) 置于 100 mL 容量瓶中，加入 10 mL 王水 (5.2)，以水稀释至刻度，混匀。此溶液 1 mL 含 100 μ g 铅、镉、铬。

5.7 铅、镉、铬混合标准溶液 B：移取 20.00 mL 铅、镉、铬标准贮存溶液 A (5.6) 置于 100 mL 容量瓶中，加入 10 mL 王水 (5.2)，以水稀释至刻度，混匀。此溶液 1 mL 含 20 μ g 铅、镉、铬。

5.8 砷标准溶液 A：移取 10.00 mL 砷标准贮存溶液 (5.3) 置于 100 mL 容量瓶中，加入 10 mL 王水 (5.2)，以水稀释至刻度，混匀。此溶液 1 mL 含 100 μ g 砷。

5.9 砷、磷混合标准溶液：移取 20.00 mL 砷标准溶液 A (5.8)、10.00 mL 磷标准贮存溶液置于 100 mL 容量瓶中，加入 10 mL 王水 (5.2)，以水稀释至刻度，混匀。此溶液 1 mL 含 20 μ g 砷和 100 μ g 磷。

6 仪器设备

6.1 电感耦合等离子体原子发射光谱仪。200 nm 时光学分辨率不大于 0.007 nm；400 nm 时光学分辨率不大于 0.020 nm。

6.2 推荐的分析谱线见表 2。

表 2 推荐的分析谱线

元素	波长 nm
Ni	216.556
Co	238.892

表 2 推荐的分析谱线 (续)

元素	波长 nm
Mn	257.610
Cu	324.754
Al	396.152
Fe	259.940
Ca	393.366
Mg	285.213
Na	589.592
K	766.490
Pb	216.999
Cd	228.802
Cr	283.563
As	189.042
P	177.495

7 样品

7.1 按 YS/T 1552 的要求进行取样与制样。

7.2 样品分析前应于 250 °C ~ 260 °C 烘干 2 h, 取出, 稍冷后研磨, 再于 250 °C ~ 260 °C 烘干 1 h, 置于干燥器中冷却至室温后称取。

8 试验步骤

8.1 试料

称取 0.20 g (m) 样品 (7), 精确至 0.000 1 g。

8.2 平行试验

平行做两份试验, 取其平均值。

8.3 空白试验

随同试料做空白试验。

8.4 测定

8.4.1 将试料 (8.1) 置于 100 mL 烧杯中, 用少量水润湿, 缓慢加入 5 mL 王水 (5.2), 盖上表面皿, 低温加热至微沸约 5 min, 冷却至室温, 移入 250 mL (V_1) 容量瓶中, 以水稀释至刻度, 混匀。干过滤。

8.4.2 待测钙、镁、钠含量不小于 0.50% 时, 移取 10.00 mL (V_2) 试液 (8.4.1), 置于 100 mL (V_3) 容量瓶中, 加入 5 mL 王水 (5.2), 以水稀释至刻度, 混匀。

8.4.3 于电感耦合等离子体原子发射光谱仪 (6) 上, 在选定的分析谱线测定空白试液 (8.3) 和试液 (8.4.1 或 8.4.2) 中待测元素的发射强度。自工作曲线上查得空白试液中待测元素的质量浓度 (ρ_0) 和试液中待测元素的质量浓度 (ρ)。

8.5 工作曲线的绘制

8.5.1 镍、钴、锰、铜、铝、铁、钙、镁、钠、钾、铅、镉、铬工作曲线的绘制

8.5.1.1 按表3移取标准溶液分别置于一组100 mL的容量瓶中，各加入5 mL王水（5.2），以水稀释至刻度，混匀，移入干燥塑料瓶中。

8.5.1.2 于电感耦合等离子体原子发射光谱仪上按选定的分析谱线测定待测元素的发射强度，以待测元素的质量浓度为横坐标，对应的发射强度（减去“零”溶液的发射强度）为纵坐标，绘制待测元素的工作曲线。

表3 移取标准溶液体积表

标准溶液	移取标准溶液体积 mL						
	1#	2#	3#	4#	5#	6#	7#
镍、钴、锰、铜、铝、铁、钙、镁、钠、钾混合标准溶液B (5.5)	0	1.00	5.00	10.00	-	-	-
镍、钴、锰、铜、铝、铁、钙、镁、钠、钾混合标准溶液A (5.4)	-	-	-	-	5.00	10.00	20.00
铅、镉、铬混合标准溶液B (5.7)	0	0.25	0.50	1.00	2.50	5.00	10.00

8.5.2 砷、磷工作曲线的绘制

8.5.2.1 移取0 mL、0.50 mL、1.00 mL、2.50 mL、5.00 mL、10.00 mL、20.00 mL砷、磷混合标准溶液（5.9），分别置于一组100 mL的容量瓶中，各加入5 mL王水（5.2），以水稀释至刻度，混匀。

8.5.2.2 于电感耦合等离子体原子发射光谱仪上按选定的分析谱线测定待测元素的发射强度，以待测元素的质量浓度为横坐标，对应的发射强度（减去“零”溶液的发射强度）为纵坐标，绘制待测元素的工作曲线。

9 试验数据处理

各元素含量以该元素的质量分数 w_x 计，按公式（1）计算：

$$w_x = \frac{(\rho - \rho_0) \cdot V_1 \cdot V_3 \times 10^{-6}}{m \cdot V_2} \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$

式中：

ρ ——自工作曲线上查得试液中待测元素的质量浓度，单位为微克每毫升（ $\mu\text{g/mL}$ ）；

ρ_0 ——自工作曲线上查得空白试液中待测元素的质量浓度，单位为微克每毫升（ $\mu\text{g/mL}$ ）；

V_1 ——试液定容的体积，单位为毫升（mL）；

V_3 ——分取试液所定容的总体积，单位为毫升（mL）；

m ——样品的质量的数值，单位为克（g）；

V_2 ——分取试液的体积，单位为毫升（mL）。

当 $w_x \geq 0.10\%$ 时表示到小数点后两位，当 $0.010\% \leq w_x < 0.10\%$ 时表示到小数点后三位，当 $w_x < 0.010\%$ 时表示到小数点后四位，按GB/T 8170的规定进行修约。

10 精密度

10.1 重复性

在重复性条件下获得的两次独立测试结果的测定值，在表4给出的平均值范围内，这两个测试结果的绝对差值不超过重复性限（ r ），超过重复性限（ r ）的情况不超过5%。重复性限（ r ）按表4数据采用线性内插法或外延法求得。

表4 重复性限

元素	w_x %	重复性限 r %
Ni	0.0084	0.0012
	0.023	0.002
	0.096	0.004
	0.20	0.01
	0.48	0.02
Co	0.0071	0.0010
	0.022	0.002
	0.087	0.005
	0.21	0.02
	0.49	0.03
Mn	0.0075	0.0014
	0.021	0.002
	0.091	0.004
	0.20	0.02
	0.45	0.03
Cu	0.0064	0.0010
	0.021	0.002
	0.091	0.003
	0.20	0.01
	0.47	0.02
Al	0.0075	0.0008
	0.022	0.002
	0.099	0.005
	0.22	0.01
	0.51	0.02
Fe	0.0081	0.0009
	0.021	0.002
	0.093	0.005
	0.20	0.02

表4 重复性限 (续)

元素	w_x %	重复性限 r %
Fe	0.45	0.03
Ca	0.0061	0.0009
	0.027	0.003
	0.11	0.01
	0.69	0.04
	1.80	0.08
Mg	0.0076	0.0007
	0.032	0.002
	0.12	0.01
	1.07	0.05
Na	2.59	0.09
	0.028	0.003
	0.044	0.005
	0.16	0.01
	1.11	0.05
K	2.72	0.10
	0.0075	0.0012
	0.023	0.003
	0.095	0.005
	0.21	0.02
Pb	0.48	0.03
	0.0066	0.0012
	0.015	0.002
	0.032	0.003
	0.064	0.006
Cr	0.094	0.007
	0.0062	0.0005
	0.016	0.002
	0.032	0.003
	0.065	0.006
Cd	0.093	0.007
	0.0060	0.0005
	0.016	0.002
	0.033	0.003
	0.064	0.004
As	0.093	0.005
	0.0047	0.0007
	0.025	0.002
	0.099	0.006
P	0.15	0.01
	0.0080	0.0010
	0.026	0.003
	0.13	0.02
	0.58	0.03
	1.06	0.07

10.2 再现性

在再现性条件下获得的两次独立测试结果的测定值，在表 5 给出的平均值范围内，这两个测试结果的绝对差值不超过再现性限（ R ），超过再现性限（ R ）的情况不超过 5%。再现性限（ R ）按表 5 数据采用线性内插法或外延法求得。实验室间试验结果得到的统计数据和其他数据见附录 C。

表 5 再现性限

元素	w_x %	再现性限 R %
Ni	0.0084	0.0024
	0.023	0.004
	0.096	0.007
	0.20	0.02
	0.48	0.04
Co	0.0071	0.0020
	0.022	0.004
	0.087	0.009
	0.21	0.04
	0.49	0.05
Mn	0.0075	0.0023
	0.021	0.003
	0.091	0.008
	0.20	0.03
	0.45	0.05
Cu	0.0064	0.0015
	0.021	0.004
	0.091	0.005
	0.20	0.02
	0.47	0.04
Al	0.0075	0.0016
	0.022	0.004
	0.099	0.009
	0.22	0.02
	0.51	0.04
Fe	0.0081	0.0015
	0.021	0.004
	0.093	0.008
	0.20	0.03
	0.45	0.04
Ca	0.0061	0.0018
	0.027	0.005
	0.11	0.02
	0.69	0.08
	1.80	0.15
Mg	0.0076	0.0011
	0.032	0.003
	0.12	0.02
	1.07	0.10
	2.59	0.17
Na	0.028	0.006
	0.044	0.008
	0.16	0.02
	1.11	0.09
	2.72	0.19

表5 再现性限 (续)

元素	W_x %	再现性限 R %
K	0.0075	0.0017
	0.023	0.005
	0.095	0.009
	0.21	0.03
	0.48	0.04
Pb	0.0066	0.0024
	0.015	0.004
	0.032	0.006
	0.064	0.009
Cr	0.094	0.011
	0.0062	0.0010
	0.016	0.003
	0.032	0.004
Cd	0.065	0.008
	0.093	0.010
	0.0060	0.0009
	0.016	0.003
As	0.033	0.004
	0.064	0.006
	0.093	0.008
	0.0047	0.0014
P	0.025	0.004
	0.099	0.011
	0.15	0.02
	0.0080	0.0018
	0.026	0.005
	0.13	0.03
	0.58	0.06
	1.06	0.13

11 试验报告

试验报告应包含以下几个方面的内容:

- 试验对象;
- 本文件编号;
- 分析结果及其表示;
- 与基本分析步骤的差异;
- 观察到的异常现象;
- 试验日期。

附录 A

(资料性)

从实验室间试验结果得到的统计数据和其他数据

统计结果是在 2021 年由 11 家实验室对 4 个~5 个不同水平的样品进行共同试验确定的。每个实验室对每个水平的样品在重复性条件下独立测定 11 次。统计结果见表 A.1~A.15。

表 A.1 镍统计结果表

水平	1	2	3	4	5
参加试验室的数目	11	11	11	11	11
可接受结果的数目	11	11	11	11	11
平均值/ (质量分数, %)	0.0084	0.023	0.096	0.20	0.48
重复性标准差 (s_r)	0.00041	0.00067	0.0012	0.0023	0.0062
重复性变异系数 (%)	4.9	2.9	1.2	1.1	1.3
重复性限 (r) ($2.8 \times s_r$)	0.0012	0.0019	0.0033	0.0065	0.018
再现性标准差 (s_R)	0.00085	0.0013	0.0023	0.0041	0.011
再现性变异系数 (%)	10.0	5.5	2.4	2.0	2.4
再现性限 (R) ($2.8 \times s_R$)	0.0024	0.0036	0.0064	0.012	0.032

表 A.2 钴统计结果表

水平	1	2	3	4	5
参加试验室的数目	11	11	11	11	11
可接受结果的数目	11	11	11	11	11
平均值/ (质量分数, %)	0.0070	0.022	0.087	0.21	0.49
重复性标准差 (s_r)	0.00025	0.00065	0.00088	0.0035	0.0057
重复性变异系数 (%)	3.5	2.9	1.0	1.7	1.2
重复性限 (r) ($2.8 \times s_r$)	0.00070	0.0019	0.0025	0.010	0.017
再现性标准差 (s_R)	0.00068	0.0014	0.0031	0.011	0.016
再现性变异系数 (%)	9.7	6.5	3.5	5.5	3.3
再现性限 (R) ($2.8 \times s_R$)	0.0020	0.0041	0.0086	0.033	0.046

表 A.3 锰统计结果表

水平	1	2	3	4	5
参加试验室的数目	11	11	11	11	11
可接受结果的数目	11	11	11	11	11
平均值/ (质量分数, %)	0.0075	0.021	0.091	0.20	0.45
重复性标准差 (s_r)	0.00021	0.00036	0.00096	0.0029	0.0086
重复性变异系数 (%)	2.8	1.7	1.1	1.5	1.9
重复性限 (r) ($2.8 \times s_r$)	0.00059	0.0011	0.0027	0.0083	0.025

表 A.3 锰统计结果表 (续)

水平	1	2	3	4	5
再现性标准差 (s_R)	0.00080	0.0011	0.0025	0.011	0.016
再现性变异系数 (%)	11.0	5.1	2.8	5.3	3.5
再现性限 (R) ($2.8 \times s_R$)	0.0023	0.0030	0.0071	0.030	0.045

表 A.4 铜统计结果表

水平	1	2	3	4	5
参加试验室的数目	11	11	11	11	11
可接受结果的数目	11	11	11	11	11
平均值/ (质量分数, %)	0.0067	0.021	0.090	0.20	0.47
重复性标准差 (s_r)	0.00021	0.00048	0.00095	0.0029	0.0065
重复性变异系数 (%)	3.1	2.3	1.0	1.5	1.4
重复性限 (r) ($2.8 \times s_r$)	0.00059	0.0014	0.0027	0.0081	0.019
再现性标准差 (s_R)	0.00043	0.0014	0.0017	0.0039	0.013
再现性变异系数 (%)	6.5	6.7	1.9	2.0	2.7
再现性限 (R) ($2.8 \times s_R$)	0.0013	0.0040	0.0048	0.011	0.037

表 A.5 铝统计结果表

水平	1	2	3	4	5
参加试验室的数目	11	11	11	11	11
可接受结果的数目	11	11	11	11	11
平均值/ (质量分数, %)	0.0075	0.022	0.099	0.22	0.51
重复性标准差 (s_r)	0.00028	0.00056	0.0013	0.0035	0.0058
重复性变异系数 (%)	3.8	2.5	1.3	1.6	1.1
重复性限 (r) ($2.8 \times s_r$)	0.00079	0.0016	0.0036	0.010	0.017
再现性标准差 (s_R)	0.00058	0.0011	0.0031	0.0062	0.014
再现性变异系数 (%)	7.8	4.8	3.1	2.8	2.7
再现性限 (R) ($2.8 \times s_R$)	0.0016	0.0030	0.0088	0.018	0.038

表 A.6 铁统计结果表

水平	1	2	3	4	5
参加试验室的数目	11	11	11	11	11
可接受结果的数目	10	11	11	11	11
平均值/ (质量分数, %)	0.0080	0.021	0.093	0.20	0.45
重复性标准差 (s_r)	0.00031	0.00046	0.0017	0.0038	0.0064
重复性变异系数 (%)	3.9	2.2	1.9	1.9	1.4
重复性限 (r) ($2.8 \times s_r$)	0.00089	0.0013	0.0049	0.011	0.019
再现性标准差 (s_R)	0.00050	0.0014	0.0022	0.0056	0.011
再现性变异系数 (%)	6.3	6.7	2.4	2.8	2.4

表 A.6 铁统计结果表 (续)

水平	1	2	3	4	5
再现性限 (R) ($2.8 \times s_R$)	0.0015	0.0039	0.0062	0.016	0.032

表 A.7 钙统计结果表

水平	1	2	3	4	5
参加试验室的数目	11	11	11	11	11
可接受结果的数目	11	10	11	11	11
平均值/ (质量分数, %)	0.0061	0.027	0.11	0.69	1.8
重复性标准差 (s_r)	0.00024	0.00080	0.0022	0.010	0.019
重复性变异系数 (%)	3.9	2.9	2.1	1.5	1.0
重复性限 (r) ($2.8 \times s_r$)	0.00067	0.0023	0.0063	0.029	0.053
再现性标准差 (s_R)	0.00062	0.0018	0.0046	0.026	0.051
再现性变异系数 (%)	10.0	6.6	4.4	3.8	2.8
再现性限 (R) ($2.8 \times s_R$)	0.0018	0.0050	0.014	0.073	0.15

表 A.8 镁统计结果表

水平	1	2	3	4	5
参加试验室的数目	11	11	11	11	11
可接受结果的数目	11	11	11	11	10
平均值/ (质量分数, %)	0.0076	0.032	0.12	1.1	2.6
重复性标准差 (s_r)	0.00022	0.00058	0.0019	0.014	0.016
重复性变异系数 (%)	2.9	1.8	1.5	1.4	0.6
重复性限 (r) ($2.8 \times s_r$)	0.00062	0.0017	0.0053	0.041	0.044
再现性标准差 (s_R)	0.00037	0.00099	0.0024	0.035	0.057
再现性变异系数 (%)	4.8	3.1	2.0	3.3	2.2
再现性限 (R) ($2.8 \times s_R$)	0.0011	0.0028	0.0068	0.099	0.17

表 A.9 钠统计结果表

水平	1	2	3	4	5
参加试验室的数目	11	11	11	11	11
可接受结果的数目	10	10	10	10	10
平均值/ (质量分数, %)	0.028	0.044	0.16	1.1	2.7
重复性标准差 (s_r)	0.00062	0.0011	0.0021	0.0096	0.025
重复性变异系数 (%)	2.3	2.5	1.3	0.86	0.92
重复性限 (r) ($2.8 \times s_r$)	0.0018	0.0031	0.0061	0.027	0.071
再现性标准差 (s_R)	0.0019	0.0022	0.0043	0.030	0.066
再现性变异系数 (%)	6.9	5.0	2.6	2.7	2.4
再现性限 (R) ($2.8 \times s_R$)	0.0053	0.0062	0.012	0.085	0.19

表 A.10 钾统计结果表

水平	1	2	3	4	5
参加试验室的数目	11	11	11	11	11
可接受结果的数目	10	11	11	11	11
平均值/ (质量分数, %)	0.0075	0.023	0.095	0.21	0.48
重复性标准差 (s_r)	0.00040	0.00084	0.0017	0.0051	0.0057
重复性变异系数 (%)	5.3	3.6	1.8	2.4	1.2
重复性限 (r) ($2.8 \times s_r$)	0.0012	0.0024	0.0047	0.015	0.016
再现性标准差 (s_R)	0.00059	0.0018	0.0031	0.0077	0.013
再现性变异系数 (%)	7.9	7.6	3.3	3.6	2.7
再现性限 (R) ($2.8 \times s_R$)	0.0017	0.0050	0.0087	0.022	0.037

表 A.11 铅统计结果表

水平	1	2	3	4	5
参加试验室的数目	11	11	11	11	11
可接受结果的数目	11	11	11	11	11
平均值/ (质量分数, %)	0.0066	0.015	0.032	0.064	0.094
重复性标准差 (s_r)	0.00034	0.00058	0.0011	0.0021	0.0023
重复性变异系数 (%)	5.1	3.9	3.4	3.3	2.4
重复性限 (r) ($2.8 \times s_r$)	0.00095	0.0017	0.0030	0.0060	0.0065
再现性标准差 (s_R)	0.00083	0.0013	0.0018	0.0032	0.0038
再现性变异系数 (%)	13.0	8.6	5.8	5.0	4.0
再现性限 (R) ($2.8 \times s_R$)	0.0024	0.0037	0.0052	0.0091	0.011

表 A.12 镉统计结果表

水平	1	2	3	4	5
参加试验室的数目	11	11	11	11	11
可接受结果的数目	11	11	11	11	11
平均值/ (质量分数, %)	0.0060	0.016	0.033	0.064	0.093
重复性标准差 (s_r)	0.00017	0.00043	0.00068	0.0011	0.0012
重复性变异系数 (%)	2.9	2.7	2.1	1.7	1.3
重复性限 (r) ($2.8 \times s_r$)	0.00049	0.0013	0.0019	0.0031	0.0035
再现性标准差 (s_R)	0.00031	0.00057	0.0011	0.0017	0.0023
再现性变异系数 (%)	5.1	3.6	3.2	2.7	2.4
再现性限 (R) ($2.8 \times s_R$)	0.00086	0.0017	0.0030	0.0048	0.0064

表 A.13 铬统计结果表

水平	1	2	3	4	5
参加试验室的数目	11	11	11	11	11
可接受结果的数目	11	11	11	11	11

表 A.13 铬统计结果表 (续)

水平	1	2	3	4	5
平均值/ (质量分数, %)	0.0062	0.016	0.032	0.065	0.093
重复性标准差 (s_r)	0.00017	0.00044	0.00053	0.0018	0.0016
重复性变异系数 (%)	2.8	2.8	1.7	2.8	1.7
重复性限 (r) ($2.8 \times s_r$)	0.00050	0.0013	0.0015	0.0051	0.0044
再现性标准差 (s_R)	0.00034	0.00067	0.00099	0.0026	0.0028
再现性变异系数 (%)	5.4	4.1	3.1	3.9	3.0
再现性限 (R) ($2.8 \times s_R$)	0.00096	0.0019	0.0028	0.0072	0.0079

表 A.14 砷统计结果表

水平	1	2	3	4
参加试验室的数目	11	11	11	11
可接受结果的数目	11	10	11	11
平均值/ (质量分数, %)	0.0047	0.025	0.099	0.15
重复性标准差 (s_r)	0.00019	0.00037	0.0010	0.0014
重复性变异系数 (%)	4.1	1.5	1.0	0.96
重复性限 (r) ($2.8 \times s_r$)	0.00055	0.0011	0.0029	0.0041
再现性标准差 (s_R)	0.00049	0.0014	0.0038	0.0063
再现性变异系数 (%)	10.0	5.5	3.8	4.2
再现性限 (R) ($2.8 \times s_R$)	0.0014	0.0039	0.011	0.018

表 A.15 磷统计结果表

水平	1	2	3	4	5
参加试验室的数目	11	11	11	11	11
可接受结果的数目	11	11	11	11	11
平均值/ (质量分数, %)	0.0080	0.026	0.13	0.58	1.1
重复性标准差 (s_r)	0.00034	0.00086	0.0041	0.010	0.015
重复性变异系数 (%)	4.3	3.3	3.3	1.8	1.4
重复性限 (r) ($2.8 \times s_r$)	0.00097	0.0025	0.012	0.030	0.043
再现性标准差 (s_R)	0.00062	0.0015	0.0057	0.019	0.045
再现性变异系数 (%)	7.7	5.6	4.6	3.2	4.2
再现性限 (R) ($2.8 \times s_R$)	0.0018	0.0042	0.017	0.053	0.13