



中华人民共和国国家标准

GB/T 4325.12—202×

代替GB/T 4325.12-2013、GB/T 4325.24-2013

钼化学分析方法 第12部分：杂质元素含量的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱法

Methods for chemical analysis of Molybdenum—
Part 12: Determination of the content of impurity elements—
Flame atomic absorption spectrometry and
inductively coupled plasma atomic emission spectrometry

(送审稿)

××××-××-××发布

××××-××-××实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会

发布

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。

本文件是GB/T 4325《钼化学分析方法》的第12部分。GB/T 4325已经发布了以下部分：

- 第1部分：铅、铋、锡、锑、砷含量的测定 原子荧光光谱法；
- 第2部分：镉、钴、镍、铜、钙、镁、锰、钠和钾含量的测定 火焰原子吸收光谱法；
- 第7部分：铁量的测定 邻二氮杂菲分光光度法和电感耦合等离子体发射光谱法；
- 第8部分：钴量的测定 钴试剂分光光度法和火焰原子吸收光谱法；
- 第9部分：镍量的测定 丁二酮肟分光光度法和火焰原子吸收光谱法；
- 第10部分：铜量的测定 火焰原子吸收光谱法；
- 第11部分：铝量的测定 铬天青S分光光度法和电感耦合等离子体原子发射光谱法；
- 第12部分：杂质元素含量的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱法；
- 第17部分：钛量的测定 二安替比林甲烷分光光度法和电感耦合等离子体原子发射光谱法；
- 第18部分：钒量的测定 钼试剂分光光度法和电感耦合等离子体原子发射光谱法；
- 第19部分：铬量的测定 二苯基碳酰二肼分光光度法；
- 第21部分：碳量和硫量的测定 高频燃烧红外吸收法；
- 第22部分：磷量的测定 钼蓝分光光度法；
- 第23部分：氧量和氮量的测定 惰气熔融红外吸收法-热导法；
- 第25部分：氢量的测定 惰气熔融红外吸收法/热导法；
- 第26部分：痕量元素含量的测定 电感耦合等离子体质谱法。

本文件代替GB/T 4325.12-2013《钼化学分析方法 硅量的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱法》、GB/T 4325.24-2013《钼化学分析方法 钨量的测定 电感耦合等离子体发射光谱法》；与GB/T 4325.12-2013、GB/T 4325.24-2013相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a)增加了“电感耦合等离子体原子发射光谱法测定铁量、铝量、钛量、钒量、镁量、钙量、锰量、钴量、镉量、铬量、锌量的方法；
- b)更改了测定范围，铝量的测定范围由0.0050%~1.00%更改为0.0010%~1.00%；钨量的测定范围由0.0050%~1.50%更改为0.0020%~1.50%。
- c)改变了工作曲线浓度；
- d)增加附录A精密度（见附录A）。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国有色金属工业协会提出。

本文件由全国有色金属标准化技术委员会（SAC/TC 243）归口。

本文件起草单位：金堆城钼业股份有限公司、西安汉唐分析检测有限公司、北矿检测技术股份有限公司徐州分公司、广东省科学院工业分析检测中心、国标（北京）检验认证有限公司、宝鸡钛业集团有限公司、陕西天成航空材料股份有限公司、昆明冶金研究院、成都长城钨钼新材料有限责任公司、宁夏东方钽业股份有限公司、湖北绿钨资源循环有限公司。

本文件主要起草人：王波、柴玉青、左烨盖、刘延波、王郭亮、惠博楠、王国栋、刘雷雷、周童、蒋佳洁、张闯、曾怡轩、冯雪艳、毛智慧、张萍、殷佳、冯浩、高敏兰。

GB/T 4325.12-20XX

本文件及所代替文件的历次版本发布情况为：

——1984年首次发布GB/T 4325. 14—1984

——2013年第一次修订发布GB/T 4325. 13—2013。

——本次为第二次修订。

引 言

钼是一种高熔点难熔稀有金属，具有高强度、高熔点、耐腐蚀、耐磨研等优点，被广泛应用于钢铁、石油、化工、电气和电子技术、航空航天、医药和农业等领域。为落实“国家标准化发展纲要”，深化标准化改革创新，优化存量标准结构，实现标准体系动态维护，统筹标准的制定与实施，发展和完善钼化学分析方法，扩大方法的适用范围，在广泛开展企业需求调研的基础上，对 GB/T 4325《钼化学分析方法》（共 26 部分）进行整合修订。

GB/T 4325《钼化学分析方法》整合后为 16 个部分，本文件为第 12 部分。

- 第 1 部分：铅、铋、锡、锑、砷含量的测定 原子荧光光谱法；
- 第 2 部分：镉、钴、镍、铜、钙、镁、锰、钠和钾含量的测定 火焰原子吸收光谱法；
- 第 7 部分：铁量的测定 邻二氮杂菲分光光度法；
- 第 8 部分：钴量的测定 钴试剂分光光度法；
- 第 9 部分：镍量的测定 丁二酮肟分光光度法；
- 第 10 部分：杂质元素含量的测定 直流电弧原子发射光谱法；
- 第 11 部分：铝量的测定 铬天青 S 分光光度法；
- 第 12 部分：杂质元素含量的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱法；
- 第 17 部分：钛量的测定 二安替比林甲烷分光光度法；
- 第 18 部分：钒量的测定 钼试剂分光光度法；
- 第 19 部分：铬量的测定 二苯基碳酰二肼分光光度法；
- 第 21 部分：碳量和硫量的测定 高频燃烧红外吸收法；
- 第 22 部分：磷量的测定 钼蓝分光光度法；
- 第 23 部分：氧量和氮量的测定 惰气熔融红外吸收法-热导法；
- 第 25 部分：氢量的测定 惰气熔融红外吸收法/热导法；
- 第 26 部分：痕量元素含量的测定 电感耦合等离子体质谱法。

本文件《钼化学分析方法 第12部分：杂质元素含量的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱法》是将原GB/T 4325.12-2013《钼化学分析方法 硅量的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱法》、GB/T 4325.24-2013《钼化学分析方法 钨量的测定 电感耦合等离子体发射光谱法》的整合修订，并增加了铁量、铝量、钛量、钒量、镁量、钙量、锰量、钴量、镉量、铬量、锌量的测定。在主要技术内容保持一致的前提下，通过优化标准结构，方法具有快速、准确等特点，适用性强。本文件完善了钼产品全产业链检测体系，对提高钼产品质量、扩大应用领域、开拓产品市场具有重要意义。

钼化学分析方法

第 12 部分：杂质元素含量的测定

电感耦合等离子体原子发射光谱法

1 范围

本文件规定了钼酸铵、三氧化钼、钼粉、钼加工产品中铝、镁、钙、硅、钒、铬、锰、铁、钛、钴、锌、镉和钨量的测定方法。

本文件适用于钼酸铵、三氧化钼、钼粉、钼加工产品中铝、镁、钙、硅、钒、铬、锰、铁、钛、钴、锌、镉和钨量的测定方法。各元素测定范围见表 1。

表 1 各元素的测定范围

元素	测定范围 %	元素	测定范围
Al	0.0010~0.10	Mg	0.0002~0.10
Ca	0.0002~0.10	Si	0.0010~0.10
Fe	0.0002~0.10	V	0.0002~0.10
Cr	0.0002~0.10	Mn	0.0002~0.10
Ti	0.0002~0.10	Co	0.0002~0.10
Zn	0.0002~0.10	Cd	0.0002~0.10
W	0.0020~0.10		

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

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

试样以过氧化氢、氢氧化钠分解，在硝酸介质中，以氩等离子体为离子化源，在电感耦合等离子体发射光谱仪选定的最佳条件下，在相应波长处测定铝、镁、钙、硅、钒、铬、锰、铁、钛、钴、锌、镉和钨量发射强度，根据标准工作曲线计算钼中铝、镁、钙、硅、钒、铬、锰、铁、钛、钴、锌、镉和钨量的质量分数。

5 试剂或材料

除非另有说明，在分析中仅使用确认为优级纯的试剂。

5.1 水，GB/T 6682，二级及以上。

5.2 盐酸（1+1）。

5.3 硝酸（1+1）。

5.4 硫酸（1+19）。

5.5 氢氧化钠（200g/L）。

5.6 过氧化氢（ $\rho=1.17\text{g/mL}$ ）。

5.7 硝酸（ $\rho=1.42\text{g/mL}$ ）。

5.8 铝标准贮存溶液：称取 1.0000g 金属铝（ $w_{\text{Al}}\geq 99.99\%$ ），置于 300mL 烧杯中，加入 20mL 水，加入 100mL 盐酸（5.2），低温加热溶解，冷却，移入 1000mL 容量瓶中，用水稀释至刻度，混匀。此溶液 1mL 含 1mg 铝。也可购买有证标准溶液替代。

5.9 镁标准贮存溶液：称取 1.0000g 金属镁（ $w_{\text{Mg}}\geq 99.99\%$ ），置于 150mL 烧杯中，加入 20mL 盐酸（5.2），加热至完全溶解，加热煮沸，冷却后移入 1000mL 容量瓶中，用水稀释至刻度，混匀。此溶液 1mL 含 1mg 镁。也可购买有证标准溶液替代。

5.10 钙标准贮存溶液：称取 2.4971g 碳酸钙（ $w_{\text{CaCO}_3}\geq 99.99\%$ ，预先在 105℃~110℃干燥至恒重），置于 300 mL 烧杯中，加入 20mL 水，滴加盐酸（5.2）至完全溶解，再加入 10mL 盐酸（5.2），煮沸除去二氧化碳，冷却，移入 1000mL 塑料容量瓶中，用水稀释至刻度，混匀。此溶液 1mL 含 1mg 钙。也可购买有证标准溶液替代。

5.11 硅标准贮存溶液：称取 0.1069g 于 900℃灼烧至恒重的二氧化硅（ $w_{\text{SiO}_2}\geq 99.99\%$ ，基准试剂），置于铂坩埚中加 3g 无水碳酸钠，在 900℃熔融后，冷却，溶于水，移入 500mL 容量瓶中，以水稀释至刻度，混匀存于塑料瓶中。此溶液 1mL 含 100 μg 硅。也可购买有证标准溶液替代。

5.12 钒标准贮存溶液：称取 0.1785g 五氧化二钒（ $w_{\text{V}_2\text{O}_5}\geq 99.99\%$ ），加 1mL~2mL 氢氧化钠溶液（10g/L）中和，加入 1mL~2mL 硫酸（2+98）酸化，移入 100mL 容量瓶中，用水稀释至刻度，混匀。此溶液 1mL 含 1mg 钒。也可购买有证标准溶液替代。

5.13 铬标准贮存溶液：称取 3.7349g 铬酸钾（ $w_{\text{K}_2\text{CrO}_4}\geq 99.99\%$ ，预先在 105℃烘烤 1h），置于 150mL 烧杯中，加入 20mL 水溶解，加入 10mL 硝酸（5.3），移入 1000mL 容量瓶中，用水稀释至刻度，混匀。此溶液 1mL 含 1mg 铬。也可购买有证标准溶液替代。

5.14 锰标准贮存溶液：称取 0.1000g 金属锰（ $w_{\text{Mn}}\geq 99.9\%$ ）于 250mL 烧杯中，加 100mL 硫酸（5.4），低温加热溶解完全。取下冷却至室温，移入 100mL 容量瓶中，用水稀释至刻度，混匀。此溶液 1mL 含 1mg 锰。也可购买有证标准溶液替代。

5.15 铁标准贮存溶液：称取 1.0000g 金属铁（ $w_{\text{Fe}}\geq 99.99\%$ ），置于 150mL 烧杯中，加入 30mL 硝酸（5.3），加热溶解完全后，加热除去二氧化氮，取下冷却，移入 1000mL 容量瓶中，用水稀释至刻度，摇匀。此溶液 1mL 含 1mg 铁。也可购买有证标准溶液替代。

5.16 钛标准贮存溶液：称取 1.668g 预先于 600℃灼烧至恒量二氧化钛（ $w_{\text{TiO}_2}>99.9\%$ ），置于石英坩埚中加入 2g 焦硫酸钾在 600℃熔融至透明。冷却，将熔块移于 200 mL 烧杯中，加入 20 mL 硫酸（1+1）溶解熔块，待完全溶解后移入 1000 mL 容量瓶中并用水稀释至刻度，混匀。此溶液 1mL 含 1mg 钛。也可购买有证标准溶液替代。

5.17 钴标准贮存溶液：称取 1.0000g 金属钴（ $w_{\text{Co}}\geq 99.99\%$ ），置于 150mL 烧杯中，加入 50mL 硝酸（5.3），在水浴上加热溶解，冷却后加入少量水并煮沸，取下冷却后，移入 1000mL 容量瓶中，用水稀释至刻度，混匀。此溶液 1mL 含 1mg 钴。也可购买有证标准溶液替代。

5.18 锌标准贮存溶液：称取 1.0000g 金属锌（ $w_{\text{Zn}}\geq 99.99\%$ ），置于 300 mL 烧杯中，加入 30mL 盐酸（5.2），

GB/T 4325.12-20XX

使其溶解完全后，加热煮沸几分钟，冷却后移入 1000mL 容量瓶中，用水稀释至刻度，混匀。此溶液 1mL 含 1mg 锌。也可购买有证标准溶液替代。

5.19 镉标准贮存溶液：称取 1.0000g 金属镉 ($w_{\text{Cd}} \geq 99.99\%$)，置于 150ml 烧杯中，加入 30mL 硝酸(5.3)，加热溶解，冷却，移入 1000mL 容量瓶中，用水稀释至刻度，混匀，此溶液 1mL 含 1mg 镉。也可购买有证标准溶液替代。

5.20 钨标准贮存溶液：准确称取 1.260g 三氧化钨 ($w_{\text{W}_2\text{O}_6} \geq 99.99\%$)，置于 250 mL，烧杯中，加入 20 mL 氢氧化钠溶液(5.5)使其溶解，移入 1000 mL 容量瓶中，用水稀释至刻度，混匀。此溶液 1 mL 含 1mg 钨。也可购买有证标准溶液替代。

5.21 混合标准溶液：分别移取 1.00mL 铝、镁、钙、钒、铬、锰、铁、钛、钴、锌、镉、钨标准贮存溶液（5.8-5.10，5.12-5.20）于 100mL 容量瓶中，补充硝酸（5.3）5mL，用水稀释至刻度，混匀。此溶液 1mL 分别含铝、镁、钙、钒、铬、锰、铁、钛、钴、锌、镉、钨各 10 μg 。也可购买有证标准溶液替代。

5.22 硅标准溶液：移取 10.00mL 硅标准贮存溶液（5.11）于 100mL 容量瓶中，用水稀释至刻度，混匀。此溶液 1mL 含硅 10 μg 。也可购买有证标准溶液替代。

5.23 钼基体：应与试料性质基本相同， $\omega_{\text{Al}} < 0.0010\%$ ， $\omega_{\text{Mg}} < 0.0001\%$ ， $\omega_{\text{Ca}} < 0.0001\%$ ， $\omega_{\text{Si}} < 0.0010\%$ ， $\omega_{\text{V}} < 0.0001\%$ ， $\omega_{\text{Cr}} < 0.0001\%$ ， $\omega_{\text{Mn}} < 0.0001\%$ ， $\omega_{\text{Fe}} < 0.0001\%$ ， $\omega_{\text{Ti}} < 0.0001\%$ ， $\omega_{\text{Co}} < 0.0001\%$ ， $\omega_{\text{Zn}} < 0.0001\%$ ， $\omega_{\text{Cd}} < 0.0001\%$ ， $\omega_{\text{W}} < 0.0010\%$ 。

5.24 氩气，体积分数不小于 99.99%。

6 仪器设备

电感耦合等离子体原子发射光谱仪。推荐分析谱线见表 2。

表 2 各元素推荐分析谱线

元素	分析谱线 nm	元素	分析谱线 nm
Al	237.312	Mg	279.553
Ca	393.366	Si	288.158 或 185.067
V	309.311	Cr	283.563 或 267.716
Mn	257.610	Fe	238.204
Ti	334.941	Co	228.616
Zn	213.856	Cd	214.438
W	209.475		

7 样品

钼加工产品应粉碎并通过 0.75mm 标准筛网。

8 试验步骤

8.1 试料

按表3称取样品，精确至0.0001 g。

表 3 称样量

杂质元素的质量分数 %	试料质量 g
0.0002~0.01	1.0000
0.01~0.10	0.1000

8.2 平行试验

平行做两份试验，试验结果取其平均值。

8.3 空白试验

随同试料做空白试验。

8.4 测定

8.4.1 分析试液的制备

8.4.1.1 测铝、镁、钙、钒、铬、锰、铁、钛、钴、锌、镉、钨试液的制备

将试料（8.1）置于 200mL 烧杯中，加入少量水润湿，加 5mL 过氧化氢（5.6），加热溶解完全后，稀释至体积约 50mL，加入 2mL 硝酸（5.7），煮沸 2min，取下冷却。移入 100mL 容量瓶，用水稀释至刻度，混匀。此样品溶解方法适用于钼酸铵、高纯三氧化钼、钼粉、钼制品中铝、镁、钙、钒、铬、锰、铁、钛、钴、锌、镉、钨含量的测定。

注：如果在溶样过程中溶解不彻底，可补加过氧化氢直至完全溶解。

8.4.1.2 测硅试液的制备

将试料（8.1）置于 50mL 聚四氟乙烯烧杯中，加入少量水润湿，加入 0.5mL 氢氧化钠溶液（5.5），加热微沸 5min，取下冷却，加入少量水和 1mL 过氧化氢（5.6）和 3mL 硝酸（5.7），移入 100mL 容量瓶中，以水稀释至刻度，混匀。此样品溶解方法适用于钼酸铵、高纯三氧化钼、钼粉、钼制品中硅含量的测定。

注：钼制品先用适量过氧化氢溶解后再进行碱溶解。

8.4.2 在电感耦合等离子体原子发射光谱仪相应波长处测定试液（8.4.1）及随同空白（8.3）的发射强度，从工作曲线查得相应元素的质量浓度。

8.5 工作曲线溶液的配制

8.5.1 铝、镁、钙、钒、铬、锰、铁、钛、钴、锌、镉、钨标准溶液的配制

称取一系列与试料中含钼量相当的钼基体于一组 200mL 烧杯中，加入少量水润湿，加 5mL 过氧化氢（5.6），加热溶解完全后，稀释至体积约 50mL，加入 2mL 硝酸（5.7），煮沸 2min，取下冷却。移入 100mL 容量瓶，用水稀释至刻度，分别加入 0mL、0.50mL、1.00mL、2.00mL、5.00mL、10.00mL 铝、镁、钙、钒、铬、锰、铁、钛、钴、锌、镉、钨混合标准溶液（5.21），用水稀释至刻度，混匀。

8.5.2 硅标准溶液的配制

称取一系列与试料中含钼量相当的钼基体于一组 50mL 聚四氟乙烯烧杯中，加入少量水润湿，加入 0.5mL 氢氧化钠溶液（5.5），加热微沸 5min，取下冷却，加入少量水和 1mL 过氧化氢（5.6）和 3mL 硝酸（5.7），移入 100mL 容量瓶中，以分别加入 0mL、0.50mL、1.00mL、2.00mL、5.00mL、10.00mL 硅标准溶液（5.22），用水稀释至刻度，混匀。

8.5.3 将标准系列溶液于电感耦合等离子体发射光谱仪，在选定波长处测定发射强度。以待测元素的质量浓度为横坐标，发射强度为纵坐标，绘制工作曲线。确保线性相关系数优于0.9995。

9 试验数据处理

待测元素含量以质量分数 w_{Me} 计，按公式（1）计算：

$$w_{me} = \frac{(\rho_1 - \rho_0) \cdot V \times 10^{-6}}{m} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- w_{Me} ——试料中待测元素的质量分数；
- ρ_1 ——自工作曲线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 ——自工作曲线查得随同试样空白中待测元素的质量浓度，单位为微克每毫升（ $\mu\text{g/mL}$ ）；
- V ——试液总体积，单位为毫升（ mL ）；
- m ——试料的质量，单位为克（ g ）。

当测定结果小于 0.0010%时，结果保留至小数点后四位；当测定结果不小于 0.0010%时，保留两位有效数字，按 GB/T 8170 修约。

10 精密度

精密度数据是由 11 家实验室对待测元素含量的 9 个不同水平样品进行共同试验确定的。每个实验室对每个水平的待测元素含量在重复性条件下独立测定 11 次。精密度试验原始数据见附录 A。

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，测试结果差的绝对值不超过重复性限（ 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

$w_{Al}/\%$	0.0012	0.0054	0.019	0.051	0.081
$r/\%$	0.0002	0.0004	0.0011	0.0015	0.0020
$w_{Mn}/\%$	0.0011	0.0048	0.019	0.048	0.079
$r/\%$	0.0002	0.0005	0.0009	0.0025	0.0029
$w_{Cu}/\%$	0.0009	0.0050	0.019	0.049	0.078
$r/\%$	0.0002	0.0005	0.0008	0.0026	0.0029
$w_{Si}/\%$	0.0013	0.0061	0.021	0.046	0.080
$r/\%$	0.0002	0.0005	0.0012	0.0016	0.0026
$w_{Fe}/\%$	0.0011	0.0048	0.020	0.049	0.084
$r/\%$	0.0002	0.0005	0.0010	0.0020	0.0023
$w_{Cr}/\%$	0.0014	0.0055	0.020	0.050	0.086

$x/\%$	0.0003	0.0005	0.0011	0.0012	0.0019
$w_{Mn}/\%$	0.0011	0.0051	0.020	0.048	0.084
$x/\%$	0.0002	0.0004	0.0016	0.0023	0.0024
$w_{Fe}/\%$	0.0025	0.0068	0.021	0.052	0.084
$x/\%$	0.0004	0.0006	0.0012	0.0017	0.0025
$w_{Ti}/\%$	0.0010	0.0047	0.021	0.050	0.075
$x/\%$	0.0003	0.0004	0.0013	0.0016	0.0020
$w_{Co}/\%$	0.00095	0.0047	0.019	0.048	0.078
$x/\%$	0.0002	0.0004	0.0017	0.0026	0.0029
$w_{Zn}/\%$	0.0010	0.0051	0.021	0.046	0.081
$x/\%$	0.0002	0.0003	0.0017	0.0019	0.0021
$w_{Cd}/\%$	0.0012	0.0051	0.021	0.046	0.076
$x/\%$	0.0003	0.0005	0.0016	0.0019	0.0020
$w_{P}/\%$	0.0042	0.010	0.026	0.053	0.084
$x/\%$	0.0002	0.0011	0.0014	0.0018	0.0023

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，测试结果差的绝对值不超过再现性限（ 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。

表 5 再现性限

$w_{Al}/\%$	0.0011	0.0053	0.020	0.051	0.081
$R/\%$	0.0005	0.0006	0.0024	0.0031	0.0048
$w_{Mg}/\%$	0.0011	0.0048	0.020	0.049	0.080
$R/\%$	0.0002	0.0007	0.0043	0.0047	0.0058
$w_{Ca}/\%$	0.0010	0.0050	0.020	0.050	0.080
$R/\%$	0.0003	0.0005	0.0011	0.0040	0.0077
$w_{Si}/\%$	0.0012	0.0058	0.021	0.048	0.082
$R/\%$	0.0005	0.0010	0.0016	0.0075	0.0111
$w_{V}/\%$	0.0011	0.0048	0.020	0.049	0.082
$R/\%$	0.0003	0.0005	0.0018	0.0030	0.0063
$w_{Cr}/\%$	0.0013	0.0053	0.020	0.050	0.083
$R/\%$	0.0005	0.0009	0.0013	0.0017	0.0073
$w_{Mn}/\%$	0.0011	0.0051	0.020	0.049	0.082

R/%	0.0002	0.0007	0.0015	0.0044	0.0065
wFe/%	0.0024	0.0065	0.021	0.052	0.083
R/%	0.0006	0.0014	0.0025	0.0036	0.0042
wTi/%	0.0010	0.0047	0.021	0.050	0.077
R/%	0.0002	0.0006	0.0016	0.0022	0.0076
wCo/%	0.0010	0.0048	0.019	0.049	0.079
R/%	0.0002	0.0007	0.0019	0.0027	0.0032
wZn%	0.0009	0.0050	0.020	0.047	0.081
R/%	0.0002	0.0008	0.0020	0.0062	0.0040
wCd%	0.0011	0.0050	0.021	0.048	0.077
R/%	0.0003	0.0007	0.0020	0.0038	0.0054
wW%	0.0042	0.0096	0.024	0.052	0.083
R/%	0.0006	0.0036	0.0057	0.0070	0.0089

11 试验报告

试验报告至少应给出以下几个方面的内容：

- a) 试验对象；
- b) 使用的标准（包括发布或出版年号）；
- c) 分析结果及其表示；
- d) 观察到的异常现象；
- e) 试验日期。

附 录 A
(资料性)

精密度试验结果统计数据

精密度数据是在 2026 年由 10 家实验室对铝、镁、钙、硅、钒、铬、锰、铁、钛、钴、锌、镉和钨含量的 5 个不同水平样品共同试验确定的。每个实验室对每个水平的铝、镁、钙、硅、钒、铬、锰、铁、钛、钴、锌、镉和钨含量在重复性条件下独立测定 11 次，测量结果统计数据见表 A.1。

表 A.1 精密度统计数据

元素	水平	参加实验室 个数	可接受结果的 实验室个数	可接受的数 据数目	平均值 %	重复性 标准差 (Sr) %	再现性 标准差 (SR) %	重复性限 (r) %	再现性限 (R) %
Al	1	10	10	110	0.0011	0.0001	0.0002	0.0002	0.0005
	2	10	10	110	0.0053	0.0001	0.0002	0.0004	0.0006
	3	10	10	110	0.020	0.0004	0.0009	0.0011	0.0024
	4	10	10	110	0.051	0.0005	0.0011	0.0015	0.0031
	5	10	10	110	0.081	0.0007	0.0017	0.0020	0.0048
Mg	1	10	10	110	0.0011	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002
	2	10	10	110	0.0048	0.0002	0.0003	0.0005	0.0007
	3	10	10	110	0.020	0.0003	0.0015	0.0009	0.0043
	4	10	10	110	0.049	0.0009	0.0017	0.0025	0.0047
	5	10	10	110	0.080	0.0010	0.0021	0.0029	0.0058
Ca	1	10	10	110	0.0010	0.0001	0.0001	0.0002	0.0003
	2	10	10	110	0.0050	0.0002	0.0002	0.0005	0.0005
	3	10	10	110	0.020	0.0003	0.0004	0.0008	0.0011
	4	10	10	110	0.050	0.0009	0.0014	0.0026	0.0040
	5	10	10	110	0.080	0.0010	0.0028	0.0029	0.0077
Si	1	10	10	110	0.0012	0.0001	0.0002	0.0002	0.0005
	2	10	10	110	0.0058	0.0002	0.0004	0.0005	0.0010
	3	10	10	110	0.021	0.0004	0.0006	0.0012	0.0016
	4	10	10	110	0.048	0.0006	0.0027	0.0016	0.0075
	5	10	10	110	0.082	0.0009	0.0040	0.0026	0.0111
V	1	10	10	110	0.0011	0.0001	0.0001	0.0002	0.0003
	2	10	10	110	0.0048	0.0002	0.0002	0.0005	0.0005
	3	10	10	110	0.020	0.0004	0.0006	0.0010	0.0018
	4	10	10	110	0.049	0.0007	0.0011	0.0020	0.0030
	5	10	10	110	0.082	0.0008	0.0023	0.0023	0.0063
Cr	1	10	10	110	0.0013	0.0001	0.0002	0.0003	0.0005

GB/T 4325.12-20XX

	2	10	10	110	0.0053	0.0002	0.0003	0.0005	0.0009
	3	10	10	110	0.020	0.0004	0.0005	0.0011	0.0013
	4	10	10	110	0.050	0.0004	0.0006	0.0012	0.0017
	5	10	10	110	0.083	0.0007	0.0026	0.0019	0.0073
Mn	1	10	10	110	0.0011	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002
	2	10	10	110	0.0051	0.0001	0.0003	0.0004	0.0007
	3	10	10	110	0.020	0.0006	0.0005	0.0016	0.0015
	4	10	10	110	0.049	0.0008	0.0016	0.0023	0.0044
	5	10	10	110	0.082	0.0009	0.0023	0.0024	0.0065
Fe	1	10	10	110	0.0024	0.0001	0.0002	0.0004	0.0006
	2	10	10	110	0.0065	0.0002	0.0005	0.0006	0.0014
	3	10	10	110	0.021	0.0004	0.0009	0.0012	0.0025
	4	10	10	110	0.052	0.0006	0.0013	0.0017	0.0036
	5	10	10	110	0.083	0.0009	0.0015	0.0025	0.0042
Ti	1	10	10	110	0.0010	0.0001	0.0001	0.0003	0.0002
	2	10	10	110	0.0047	0.0001	0.0002	0.0004	0.0006
	3	10	10	110	0.021	0.0005	0.0006	0.0013	0.0016
	4	10	10	110	0.050	0.0006	0.0008	0.0016	0.0022
	5	10	10	110	0.077	0.0007	0.0027	0.0020	0.0076
Co	1	10	10	110	0.0010	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002
	2	10	10	110	0.0048	0.0001	0.0003	0.0004	0.0007
	3	10	10	110	0.019	0.0006	0.0007	0.0017	0.0019
	4	10	10	110	0.049	0.0009	0.0010	0.0026	0.0027
	5	10	10	110	0.079	0.0010	0.0011	0.0029	0.0032
Zn	1	10	10	110	0.0009	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002
	2	10	10	110	0.0050	0.0001	0.0003	0.0003	0.0008
	3	10	10	110	0.020	0.0006	0.0007	0.0017	0.0020
	4	10	10	110	0.047	0.0007	0.0022	0.0019	0.0062
	5	10	10	110	0.081	0.0008	0.0014	0.0021	0.0040
Cd	1	10	10	110	0.0011	0.0001	0.0001	0.0002	0.0003
	2	10	10	110	0.0050	0.0002	0.0003	0.0005	0.0007
	3	10	10	110	0.021	0.0006	0.0007	0.0016	0.0020
	4	10	10	110	0.048	0.0007	0.0014	0.0019	0.0038
	5	10	10	110	0.077	0.0007	0.0019	0.0020	0.0054
W	1	10	10	99	0.0041	0.0001	0.0002	0.0002	0.0006
	2	10	10	66	0.0096	0.0004	0.0013	0.0011	0.0036

	3	10	10	66	0.024	0.0005	0.0020	0.0014	0.0057
	4	10	10	66	0.052	0.0006	0.0025	0.0018	0.0070
	5	10	10	66	0.083	0.0008	0.0032	0.0023	0.0089
