YS

ICS 77.120.30

CCS H 13

中华人民共和国有色金属行业标准

YS/T XXX.1—202X

代替YS/T 521.1-2009

粗铜化学分析方法

第1部分：铜含量的测定

碘量法和电解法

Methods for chemical analysis of blister copper—

Part 1 : Determination of copper content—

lodine titration method and electrolytic method

(预审稿)

202×-××-××实施

202×-××-××发布

中华人民共和国工业和信息化部 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。

本文件为YS/T 521的第1部分。YS/T 521—2009《粗铜化学分析方法》已经发布了以下部分：

——第1部分:铜含量的测定 碘量法和电解法

——第2部分: 金和银量的测定火试金法

——第3部分: 砷量的测定 氢化物发生-原子荧光光谱法和溴酸钾滴定法

——第4部分：铅、铋、锑量的测定火焰原子吸收光谱法

——第5部分：锌和镍量的测定 火焰原子吸收光谱法

——第6部分: 砷、铅、铋、锑、锌和镍量的测定电感耦合等离子体原子发射光谱法

本文件代替YS/T 521.1—2009《粗铜化学分析方法 第1部分：铜量的测定 碘量法》、YS/T 716.1-2009《黑铜化学分析方法 第1部分：铜量的测定 硫代硫酸钠滴定法》和YS/T 1230.1-2018《阳极铜化学分析方法第1 部分:铜量的测定 碘量法和电解法》。与 YS/T 521.1—2009相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

a）更改了范围，由“规定了粗铜中铜量的测定方法，测定范围：97.50%~99.70%”修改为“描述规定了粗铜中铜量的测定方法（适用于阳极铜、粗铜、黑铜）。方法1碘量法测定范围：80.00％～99.70％；方法2电解法测定范围：97.40％～99.70％”（见第1章，见2009版第1章）；

b）修改了方法1的原理（见4.1，见2009版第2章）；

c）修改了方法1的测定方法（见4.5.4，见2009版5.2）；

d）删除了“质量保证和控制”内容（见2009版第8章）。

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。

本文件由全国有色金属标准化技术委员会（SAC/TC 243）提出并归口。

本文件方法1中碘量法作为仲裁方法。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

本文件及所代替文件的历次版本发布情况为：

－ GB 5120.1-1985、GB/T 5120.1-1995、YS/T 521.1-2006、YS/T 521.1-2009；

－本次为第四次修订，并入了YS/T 716.1-2009和YS/T 1230.1-2018的内容。

引 言

粗铜、黑铜是铜冶炼过程中主要的中间物料，作为半成品进入精炼。铜冶炼中间物料分析，对过程中制定合理的配料比，强化工序操作与金属平衡管理，提高有色金属的回收率，具有重要意义。阳极铜、粗铜和黑铜的分析检测为改进工艺流程及提高综合利用提供依据。

本次阳极铜、粗铜、黑铜标准文本的整合，考察了企业目前工艺沿革，技术进步以及化验、检测的发展应用状况，修订时查新引用了新的技术标准，与行业的技术设备水平、管理现状相适应，符合现实需要，具备可操作性、可行性、全面性。标准内容能够满足当前和未来相当长时间内技术和产业发展的需要。

本次修订在YS/T 521.1-2009《粗铜化学分析方法第1部分铜量的测定碘量法》的基础上进行修订，并入了YS/T 1230.1-2018《阳极铜化学分析方法第1部分铜量的测定碘量法和电解法》和YS/T 716.1-2009《黑铜化学分析方法第1部分铜量的测定硫代硫酸钠滴定法》的内容。修订后有两种分析方法，其中：

——方法1：碘量法。适用于阳极铜、粗铜、黑铜。

——方法2：电解法。适用于阳极铜、粗铜。

阳极铜、粗铜和黑铜标准整合修订后，扩展了适用范围，统一了溶样方法、重复性和再现性的数值，对贸易结算和指导生产具有重要的现实性和必要性。

引言

粗铜化学分析方法

第1部分：铜含量的测定

碘量法和电解法

1. 范围

本文件描述了粗铜中铜量的测定方法（适用于阳极铜、粗铜、黑铜）。

本文件适用于粗铜中铜含量的测定，方法1碘量法测定范围：80.00％～99.70％；方法2电解法测定范围：97.40％～99.70％。

2 规范性引用文件

下列文件中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~~

3 术语和定义

本文件没有需要界定的术语和定义。

4 方法1：碘量法

4.1 原理

试料以硝酸、盐酸分解，调节溶液的pH值为3～4，用氟化氢铵掩蔽铁，加入碘化钾与二价铜作用，析出的碘以淀粉为指示剂，用硫代硫酸钠标准滴定溶液滴定。试料过滤回渣补正和分离铜后的滤液采用原子吸收光谱法测定铜。

4.2 试剂

除非另有说明，在分析中仅使用确认为分析纯的试剂。

4.2.1水，GB/T 6682，三级。

4.2.2 纯铜片：将铜（*w* Cu≥99.99%）放入微沸的冰乙酸溶液中，微沸1min，取出后用水和无水乙醇分别冲洗两次以上，在100℃～105℃烘箱中烘4min，冷却，置于磨口瓶中备用。

4.2.3 碘化钾。

4.2.4 溴。

4.2.5 硝酸（*ρ* = 1.42g/mL）。

4.2.6 盐酸( *ρ* = 1.18 g/mL)。

4.2.7 硫酸( *ρ* = 1.84 g/mL)。

4.2.8 硝酸溶液(1+1)。

4.2.9 硝硫混酸：将300mL硫酸（4.2.7）沿杯壁缓慢加入到700mL硝酸（4.2.5）中，边加边搅拌，混匀，冷却后备用。

4.2.10 乙酸铵饱和溶液。

4.2.11 氟化氢铵饱和溶液（贮存于聚乙烯瓶中）。

4.2.12 硫氰酸钾溶液（200 g/L）。

4.2.13硫代硫酸钠标准滴定溶液[*c*（Na2S2O3·5H2O）≈0.1 mol/L]。

按以下步骤进行配置和标定：

a）配制：称取250g硫代硫酸钠（Na2S2O3·5H2O）置于1000mL烧杯中，加入2g无水碳酸钠，加500mL水溶解，移入10L棕色试剂瓶中，用煮沸并冷却的蒸馏水稀释至约10L，充分摇匀，静置10天以上。使用时过滤至下口瓶中，混匀，静置2h以上，遮光保存。

b）标定：称取3g（精确至0.0001g）纯铜片（4.2.2）三份，按4.5.4.1～4.5.4.5与测定试料测定同时进行。

按公式（1）计算硫代硫酸钠标准滴定溶液的实际浓度：

…………………………（1）

式中：

*c* — 硫代硫酸钠标准滴定溶液的实际浓度，单位为摩尔每升（mol/L）；

m — 纯铜片的质量，单位为克（g）；

*w* —纯铜片中铜的质量分数（%）；

*r* —纯铜溶液分取比（r=分取溶液重量/溶液总重量）；

*V* — 标定时，滴定纯铜溶液消耗硫代硫酸钠标准滴定溶液的体积，单位为毫升（mL）；

*V*0 — 试剂空白消耗硫代硫酸钠标准滴定溶液体积，单位为毫升（mL）；

— 铜的摩尔质量，单位为克每摩尔（g/mol），[Cu=63.546]。

平行标定3份，结果保留4位有效数字，其极差值不大于1×10-4mol/L时，取其平均值，否则重新标定。

4.2.14铜标准贮存溶液：称取1.0000g纯铜片（4.2.2），置于500mL三角烧杯中，缓慢加入30mL硝酸（4.2.8），盖上表面皿，置于电热板低温处，加热使其完全溶解，取下，用水洗涤表面皿及杯壁，冷却至室温。将溶液移入1000mL容量瓶中，用水稀释至刻度，混匀。此溶液1mL含1mg铜。

4.2.15 铜标准溶液：移取10.00mL铜标准贮存溶液（4.2.14），置于100mL容量瓶中，加入4mL硝酸（4.2.8），用水稀释至刻度，混匀。此溶液1mL含100μg铜。

4.2.16 淀粉溶液（5 g/L）。

4.2.17 乙酸铅溶液（10 g/L）。

4.3 仪器设备

4.3.1 电子天平，感量0.001g，量程不小于500g。

4.3.2 电子天平，感量0.0001g。

4.3.3 滴定管（50mL），可精确到0.02mL，如图1所示，单位为毫米。


图1 滴定管示意图

4.3.4 原子吸收光谱仪，附铜空心阴极灯。

在仪器最佳工作条件下，凡能达到下列指标者均可使用：

—— 特征浓度：在与测量溶液基体一致的溶液中，铜的特征浓度应不大于0.042μg/mL；

—— 精密度：用最高浓度的标准溶液测量10次吸光度，其标准偏差应不超过平均吸光度的1.0%；用最低浓度的标准溶液（不是“零”标准溶液）测量10次吸光度，其标准偏差应不超过最高浓度标准溶液平均吸光度的0.5%。

——工作曲线线性：将工作曲线按浓度等分为五段，最高段的吸光度差值与最低段的吸光度差值之比不小于0.8。

4.4 样品

将样品加工破碎全量通过2mm标准筛，再用0.45mm标准筛筛分成筛上、筛下两个部分，并分别称重。

4.5 试验步骤

4.5.1 试料

按筛分后的质量比合称3.00g样品，精确至0.0001g。（如样品不均匀，可以取较大质量的样品进行分析。应从该测试溶液中提取与4.5.1 测试溶液对应的等量部分，并按照给定的步骤进行处理。）

4.5.2 平行试验

平行做两份试验。

4.5.3 空白试验

随同试料做空白试验。

4.5.4 测定

4.5.4.1 将试料置于250mL三角烧杯中，缓慢加入30mL硝酸（4.2.8），盖上表皿，待反应停止后，置于电热板上低温处，加热至赶尽氮的氧化物（如试料未完全溶解，加入0.5mL～1mL溴，低温加热至溴挥发完全，再加入10mL盐酸（4.2.6）加热5min）。取下，用水洗涤表面皿和杯壁，冷至室温。

**注**：如加入溴和盐酸后仍有残渣，须过滤回渣补正。用快速滤纸过滤，用水冲洗三角烧杯和滤纸，至滤纸无蓝色后再洗涤4次。将滤渣连同滤纸一起放入原三角烧杯中，加入10mL硝酸（4.2.5）和3mL硫酸（4.2.7），加热溶解，直至冒浓白烟（如残渣仍有残留，少量多次加入硝硫混酸（4.2.9），直至残渣溶解完全，并冒浓白烟至湿盐状），取下，稍冷。加入5mL盐酸（4.2.6），加热使盐类溶解，取下，吹水至30mL，冷却，将溶液移入100mL容量瓶中，用水稀释至刻度，混匀。

4.5.4.2 分取（两种分取方法选其一）

a）称重分取法：将溶液转移至已干燥至恒重的300mL锥形瓶中，用水洗涤烧杯，洗液并入锥形瓶中，加水稀释至200mL左右，混匀，用天平称溶液的总重量。在天平上称取溶液总重量的约1/10（精确至0.001g），移入250mL三角烧杯中，用水吹洗杯壁至溶液体积约为30mL。

b）体积分取法：将溶液移入250mL容量瓶中，用水洗涤烧杯，洗液并入容量瓶中，用水稀释至刻度，混匀。移取25.00mL试液于250mL三角烧杯中，用水吹洗杯壁至溶液体积约为30mL。

4.5.4.3 将分取后的溶液置于电热板上低温蒸至溶液体积约为3mL。取下，稍冷，用水吹洗杯壁至溶液体积约为30mL，摇匀，冷至室温。

4.5.4.4 滴加乙酸铵饱和溶液（4.2.10）至溶液颜色恰好变成深蓝色，并过量1mL，再加入氟化氢铵饱和溶液（4.2.11）使溶液恰好变回蓝色，并过量1mL～2mL，混匀。

4.5.4.5加入3g～4g碘化钾，摇动溶解，立即用硫代硫酸钠标准滴定溶液（4.2.13）滴定至淡黄色，加入5mL淀粉溶液（4.2.16），继续滴定至溶液呈淡蓝色，加入5mL硫氰酸钾溶液（4.2.12）（为更好判断终点，可加入1mL左右乙酸铅溶液（4.2.17）），激烈摇振至蓝色加深，再滴定至颜色恰好变为亮黄色即为终点。

4.5.4.6 容量瓶中溶液（4.5.4.1注）用空气-乙炔火焰，于原子吸收光谱仪波长324.7nm处，与测定系列标准溶液同时以水调零，测量试液的吸光度。减去试料的空白溶液的吸光度，从工作曲线上查出相应的铜的质量浓度（*ρ*）。

4.5.4.7 工作曲线的绘制

移取0 mL、1.00 mL、2.00 mL、3.00 mL、4.00 mL、5.00 mL铜标准溶液，分别置于一组100 mL容量瓶中，加入5mL盐酸（），用水稀释至刻度，混匀。在仪器最佳条件下，测量系列标准溶液的吸光度，减去系列标准溶液中“零”浓度溶液的吸光度，以铜的质量浓度为横坐标、吸光度为纵坐标，绘制工作曲线。

4.6 试验数据处理

铜含量以铜的质量分数*w* Cu计，按公式（1）计算：

…………………………（2）

式中：

*c* —硫代硫酸钠标准滴定溶液的实际浓度，单位为摩尔每升（mol/L）；

—滴定试样溶液消耗硫代硫酸钠标准滴定溶液的体积，单位为毫升（mL）；

—试剂空白消耗硫代硫酸钠标准滴定溶液的体积，单位为毫升（mL）；

— 铜的摩尔质量，单位为克每摩尔（g/mol），[Cu=63.546]；

m1—试料的质量，单位为克（g）；

*r* —试料溶液分取比（r=分取溶液重量/溶液总重量）；

*ρ*—从工作曲线上查出相应的试液中铜的质量浓度，单位为微克每毫升（μg/mL）；

—残渣铜溶液总体积，单位毫升（mL）。

计算结果表示至小数点后2位。

4.7 精密度

4.7.1 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1给出的平均值范围内，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1数据采用线性内插法或外延法求得。

表1 方法一重复性限（*r*）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *wCu*% | 80.74 | 85.14 | 89.35 | 95.08 | 97.43 | 98.37 | 99.21 | 99.66 |
| *r*% | 0.26 | 0.22 | 0.22 | 0.25 | 0.19 | 0.20 | 0.20 | 0.18 |

4.7.2 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2给出的平均值范围内，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2数据采用线性内插法或外延法求得。

表2 方法一再现性限（*R*）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *wCu%* | 80.74 | 85.14 | 89.35 | 95.08 | 97.43 | 98.37 | 99.21 | 99.66 |
| *R%* | 0.27 | 0.28 | 0.31 | 0.32 | 0.29 | 0.24 | 0.25 | 0.23 |

5 方法2：电解法

5.1 原理

试料用稀硝酸、稀硫酸溶解，稀释至一定的体积，于1.5A电流处进行电解。电解终止后，铂电极用水和无水乙醇洗涤、干燥、冷却后称重。电解液中残留的铜用火焰原子吸收光谱法测定。对于银的干扰，采用氯化钠沉淀法消除或减银法扣除。

5.2 试剂

除非另有说明，在分析中仅使用确认为分析纯的试剂。

5.2.1水，GB/T 6682，三级。

5.2.2 纯铜片（Cu≥99.99%）：将纯铜放入微沸的冰乙酸溶液中，微沸1min，取出后用水和无水乙醇分别冲洗两次以上，在100℃~105℃烘箱中烘4min，冷却，置于磨口瓶中备用。

5.2.3 硝酸( *ρ* =1.42 g/mL)。

5.2.4 硫酸( *ρ* =1.84 g/mL)。

5.2.5 无水乙醇。

5.2.6 硝酸溶液(1+1)。

5.2.7 硫酸溶液(1+1)。

5.2.8 硝硫混酸：将300mL硫酸（5.2.3）沿杯壁缓慢加入到700mL硝酸（5.2.2）中，边加边搅拌，混匀，冷却后备用。

5.2.9 硝酸铅溶液（10 g/L）。

5.2.10 氯化钠溶液（1 g/L）。

5.2.11 氯化铵溶液（0.02 g/L)。

5.2.12铜标准贮存溶液：称取1.0000g纯铜片（5.2.5），置于500mL三角烧杯中，缓慢加入30mL硝酸（5.2.6），盖上表面皿，置于电热板低温处，加热使其完全溶解，取下，用水洗涤表面皿及杯壁，冷却至室温。将溶液移入1000mL容量瓶中，用水稀释至刻度，混匀。此溶液1mL含1mg铜。

5.2.13 铜标准溶液：移取10.00mL铜标准贮存溶液（5.2.12），置于100mL容量瓶中，加入4mL硝酸（5.2.6），用水稀释至刻度，混匀。此溶液1mL含100μg铜。

5.3 仪器设备

5.3.1 备有自动搅拌装置和精密直流电流表、电压表的电解仪。

5.3.2 电热恒温干燥箱。

5.3.3 铂阴极：用直径约0.2mm的铂丝，编制成每平方厘米约36µm筛孔的网，制成网状圆筒形。（见图2）。

5.3.4 铂阳极：螺旋形（见图3）。

5.3.5 原子吸收光谱仪，附铜空心阴极灯。

在仪器最佳工作条件下，凡能达到下列指标者均可使用。

——特征浓度：在与测量溶液基体一致的溶液中，铜的特征浓度应不大于0.042µg/mL；

——精密度：用最高浓度的标准溶液测量10次吸光度，其标准偏差应不超过平均吸光 度的1.0 %；用最低浓度的标准溶液（不是“零”标准溶液）测量10次吸光度，其标准偏差应不超过最高浓度的标准溶液平均浓度的0.5%；

——工作曲线线性：将工作曲线按浓度等分成5段，最高段的吸光度差值与最低段吸光度的差值之比不小于0.8。



**图2 铂阴极 图3 铂阳极**

5.4 样品

分析样品加工破碎至全量通过2mm标准筛，再用0.45mm标准筛筛分成筛上、筛下，分别称重。

5.5 试验步骤

5.5.1试料

按筛分后的质量比合称3.00g样品（5.4），精确至0.0001g。

5.5.2平行试验

平行进行两次试验，取其平均值。

5.5.3 空白试验

随同试料做空白实验(不电解)。

5.5.4 测定

5.5.4.1 溶解

5.5.4.1.1 除银法（若试料中银含量未知，按此操作进行）：将试料置于250mL电解杯中，加入30mL硝酸（5.2.6），盖上表面皿，待反应停止，在不高于80℃下加热至试料完全溶解，继续加热彻底赶尽氮的氧化物，取下，稍冷，加入20mL硫酸（5.2.7）继续低温加热5min。取下，用水洗涤表皿和杯壁，冷却，加入8mL氯化钠溶液，继续低温加热使沉淀凝聚完全，取下，冷至室温。用中速定量滤纸过滤，用水冲洗电解杯和滤纸，至滤纸无蓝色后再洗涤4次。收集滤液至250mL电解杯中，加入3mL硝酸铅溶液（5.2.9）和2mL氯化铵溶液（5.2.11），用水冲洗表面皿和杯壁，稀释至体积约为150mL。保留沉淀和滤纸，按5.5.4.3进行操作。

5.5.5.4.2 减银法（若已知试料中银的含量，按此操作进行）：将试料置于250mL电解杯中，加入30mL硝酸（5.2.6），盖上表面皿，待反应停止，在不高于80℃下加热至试料完全溶解，继续加热彻底赶尽氮的氧化物，取下，稍冷，加入20mL硫酸（5.2.7）继续低温加热5min。取下，用水洗涤表皿和杯壁，冷却。若溶液混浊，用中速定量滤纸过滤，洗涤滤纸和沉淀8～10次，收集滤液至250mL电解杯中，加入3mL硝酸铅溶液（5.2.9）和2mL氯化铵溶液（5.2.11），用水冲洗表面皿和杯壁，稀释至体积约为150mL。保留沉淀和滤纸，按5.5.4.3进行操作。

5.5.4.2 电解

5.5.4.2.1 将铂阳极和已恒重的铂阴极安装在电解仪上，使铂电极浸在试液中，用两块半片表面皿盖上电解杯。在搅拌下，于1.5A电流处进行电解。电解至铜的颜色褪去，以水洗涤表皿。杯壁和电极杆，继续电解30min。

5.5.4.2.2 电解完成后，冲洗表面皿和杯壁。不切断电源，慢慢地提升电极，立即用水冲洗电极，迅速取下铂阴极，并依次浸入两杯水和两杯无水乙醇中。再在105℃的恒温干燥箱中干燥3min～5min，取出置于干燥器中，冷却至室温后称重。

5.5.4.3 电解液、滤纸及沉淀中铜的测量

5.5.4.3.1 将除银法或减银法中沉淀和滤纸放入500mL三角烧杯中，加入10mL硝酸（5.2.2）、3mL硫酸（5.2.3），加热溶解，直至冒浓白烟。如果仍有残渣，缓慢加入少量硝硫混酸（5.2.8），直至残渣溶解完全，并冒浓白烟至湿盐状，取下，稍冷。加入5mL盐酸（），加热使盐类溶解，取下，冷却，将溶液并入上述电解残液（5.5.4.4），最后再一并转移入250mL容量瓶中，用水稀释至刻度，混匀。若溶液中铜浓度大于5*μ*g/mL时，需进行稀释。

5.5.4.3.2 将容量瓶中电解残液（5.5.4.5）用空气-乙炔火焰，于原子吸收光谱仪波长324.7nm处，与测定系列标准溶液同时以水调零，测量试液的吸光度。减去试料的空白溶液的吸光度，从工作曲线上查出相应的铜的质量浓度（）。

5.5.4.4 工作曲线的绘制

移取0 mL、1.00 mL、2.00 mL、3.00 mL、4.00 mL、5.00 mL铜标准溶液，分别置于一组100 mL容量瓶中，加入5mL盐酸，用水稀释至刻度，混匀。在仪器最佳条件下，测量系列标准溶液的吸光度，减去系列标准溶液中“零”浓度溶液的吸光度，以铜的质量浓度为横坐标、吸光度为纵坐标，绘制工作曲线。

5.6 分析结果的计算

按5.5.4.1除银法操作时，按公式（3）计算铜的质量分数Cu；按5.5.4.2减银法操作时，按公式（4）计算铜的质量分数Cu。

………………………（3）

…………………（4）

式中：

m1—电解前铂阴极的质量，单位为克（g）；

m2—电解后铂阴极的质量，单位为克（g）；

*ρ*—从工作曲线上查出相应的试液中铜的质量浓度，单位为微克每毫升（μg/mL）；

0—残渣铜溶液总体积，单位为毫升（mL）；

1 —分取残铜溶液的体积，单位为毫升（mL）；

2 —残铜溶液分取后的稀释体积，单位为毫升（mL）；

m—试样的质量，单位为克（g）；

计算结果表示至小数点后2位。

5.7 精密度试验

5.7.1重复性

在重复性条件下获得两次独立测试结果的测定值，在以下表3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）超过重复性限的情况不超过5%。重复性限（r）按表3数据采用线性内插法或外延法求得。

表3重复性限

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *w*Cu /（%） | 97.44 | 98.38 | 99.22 | 99.66 |
| r/（%） | 0.13 | 0.14 | 0.13 | 0.11 |

5.7.2再现性

在再现性条件下获得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再现性限（R）超过再现性限的情况不超过5%。再现性限（R）按表4数据采用线性内插法或外延法求得。

表4再现性限

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *w*Cu /（%） | 97.44 | 98.38 | 99.22 | 99.66 |
| R/（%） | 0.28 | 0.20 | 0.17 | 0.17 |

6试验报告

试验报告应至少给出以下内容：

──试验对象；

──本文件的编号；

──所使用的方法；

──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。