ICS 77.100

H 11

团 体 标 准

**T/CSTM** XXXXX—202X

|  |
| --- |
|  |

钒钛磁铁矿 钒、锰、磷、铜、钴、镍、铬、钼、铅、砷、锡、镉、钡、锌含量的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱法

**Vanadium titanium magnetite ore—Determination of vanadium, manganese, phosphorus, copper, cobalt, nickel, chromium, molybdenum, lead, arsenic, stannum, cadmium, barium and zinc contents—Inductively coupled plasma atomic emission spectrometric method**

202X - XX - XX发布

202X - XX - XX实施

中关村材料试验技术联盟



发布

前  言

T/CSTM XXXXX-202X 钒钛磁铁矿化学分析方法共分为X个部分：

—第X部分：钒钛磁铁矿 钒、锰、磷、铜、钴、镍、铬、钼、铅、砷、锡、镉、钡、锌含量的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱法；

本文件是T/CSTM XXXXX-202X的第X部分。

本文件按照GB/T 1.1－2020给出的规则起草。

本文件由中国材料与试验团体标准委员会XXXX领域委员会提出。

本文件由中国材料与试验团体标准委员会XXXX领域委员会归口。

钒钛磁铁矿 钒、锰、磷、铜、钴、镍、铬、钼、铅、砷、锡、镉、钡、锌含量的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱法

警告——使用本部分的人员应有正规实验室工作的实践经验。本部分并未指出所有可能的安全问题。使用者有责任采取适当的安全和健康措施，并保证符合国家有关法规规定的条件。

1. 范围

本文件规定了电感耦合等离子体原子发射光谱法测定钒钛磁铁矿中的钒、锰、磷、铜、钴、镍、铬、钼、铅、砷、锡、镉、钡、锌的含量。

本文件适用于钒钛磁铁矿原矿、精矿、烧结矿、球团矿和尾矿等矿产品中钒、锰、磷、铜、钴、镍、铬、钼、铅、砷、锡、镉、钡、锌含量的测定，各元素测定范围见表1。

1. 测定范围

|  |  |
| --- | --- |
| 分析元素 | 测定范围（质量分数）/% |
| 钒、锰 | 0.010～5.00 |
| 磷、铜、钴、镍、铬、钼、铅、砷、锡、镉、钡、锌 | 0.003～0.50 |

1. 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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 6379.1 测量方法与结果的准确度（正确度与精密度） 第1部分：总则与定义

GB/T 6379.2 测量方法与结果的准确度（正确度与精密度） 第2部分：确定标准测量方法重复性与再现性的基本方法

GB/T 6682 分析实验室用水规格和试验方法（GB/T 6682-1992）

GB/T 6730.1 铁矿石化学分析方法 分析用预干燥试样的制备

GB/T 8170 数值修约规则与极限数值的表示和判定

GB/T 10322.1 铁矿石 取样和制样方法

GB/T 12806 实验室玻璃仪器 单刻度容量瓶

GB/T 12807 实验室玻璃仪器 分度移液管

GB/T 12808 实验室玻璃仪器 单标线吸量管

1. 原理

试料采用碱金属碳酸盐与硼酸构成的混合熔剂在高温炉内熔融分解，用硝酸浸取熔融物，以水稀释定容后引入电感耦合等离子体原子发射光谱仪，测量各元素分析谱线的信号强度，根据校准曲线回归方程计算待测元素的含量。

1. 试剂与材料

分析中除另有说明外，仅使用认可的优级纯试剂和符合GB/T 6682规定的二级及二级以上去离子水或其它纯度相当的水。

* 1. 碳酸钾（钠）-硼酸混合熔剂。

将研细的无水碳酸钾（钠）与硼酸按质量比2：1混匀，置于干燥器保存。

* 1. 三氧化化铁、二氧化钛

纯度不低于99.99 %，预先在105 ℃～110 ℃干燥1 h，并在干燥器中冷却至室温。

* 1. 盐酸

ρ 1.19 g/mL

* 1. 硝酸

ρ 1.42 g/mL

* 1. 硝酸

1+1

* 1. 标准储备溶液

1.00mg/L，钒、锰、磷、铜、钴、镍、铬、钼、铅、砷、锡、镉、钡、锌的单元素标准储备溶液，配制方法参见附录A，也可采用其它国家标准进行配制或使用有证标准物质。

* 1. 氩气

纯度不低于99.99%。

1. 仪器
   1. 电感耦合等离子体原子发射光谱仪

可以使用任何型号的电感耦合等离子体原子发射光谱仪，根据制造商的建议和实验室定量分析操作规程初始调节电感耦合等离子体原子发射光谱仪，按照7.5.3进行仪器的准备和确认，按照附录B进行仪器设备性能试验，应达到下列技术指标：

1. 本标准不指定特殊的分析谱线，推荐使用的分析谱线列于附录D中的表D.1。在使用时，应根据仪器特点仔细检查谱线的背景校正位置以及光谱干扰情况。
2. 每条使用的分析谱线的带宽，带宽应小于0.03 nm。
3. 较短时间内连续测量待测元素的校准曲线的最高浓度的绝对强度或相对强度11次，绝对强度或相对强度的相对标准偏差不应超过0.5 %。
4. 每隔20 min测量待测元素的校准曲线的最高浓度的绝对强度或相对强度11次，绝对强度或相对强度的相对标准偏差不应超过1 %。
5. 校准曲线的线性通过计算相关系数进行检查，相关系数应大于0.999。
   1. 单刻度容量瓶、分度移液管、单标线移液管

分别符合GB/T 12806、GB/T 12807和 GB/T 12808的规定。

* 1. 铂坩埚

不小于30 mL。

1. 取制样

按照GB/T 4010的规定进行试样的采取和制备，试样应全部通过0.125 mm筛孔。

1. 分析步骤
   1. 测定次数

对同一试样，至少独立测定2次。

* 1. 试料

称取试样0.2000 g，精确至0.000 1 g。

* 1. 空白试验

随同试料做空白试验测定，所用试剂须取自同一试剂瓶。

* 1. 验证试验

随同试料分析同类型标准样品。

* 1. 测定
     1. 试液的制备

1. 称取1.00 g混合熔剂（见4.1）置于铂坩埚中，加入试料（见7.2），用铂丝或不锈钢丝将试料与熔剂

混匀，在950 ℃～1000 ℃的马弗炉中熔融30 min，取出坩埚，冷却至室温。

b） 洗净铂坩埚外壁，置于盛有50 mL硝酸（见4.4）溶液的250 mL烧杯中，盖上表面皿，加热浸取熔

融物至完全溶解，取出并洗净铂坩埚，溶液冷却至室温，移入100 mL容量瓶，用水稀释至刻度，

混匀。

* + 1. 校准曲线标准溶液的配制

可根据钒钛磁铁矿样品中三氧化二铁和二氧化钛的实际含量水平进行基体匹配。通常推荐按照样品中近似含有80%的三氧化二铁和15%的二氧化钛计算，称取0.16 g 三氧化二铁和0.03 g 二氧化钛（见4.1）8份，按7.5.1进行试料分解和熔融物酸溶解，试液转移至8个100 mL容量瓶中，然后按表2加入待测元素钒、锰、磷、铜、钴、镍、铬、钼、铅、砷、锡、镉、钡、锌的标准溶液，以纯水定容，制备8个校准标准溶液。

1. 推荐系列校准溶液

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 钒、锰 | | | | | 磷、铜、钴、镍、铬、钼、铅、砷、锡、镉、钡、锌 | | | | |
| 标准溶液 | | | 校准溶液 | | 标准溶液 | | | 校准溶液 | |
| 编号 | 浓度(μg/mL) | 分取体积(mL) | 浓度(μg/mL) | 对应含量 (%) | 编号 | 浓度(μg/mL) | 分取体积(mL) | 浓度(μg/mL) | 对应含量 (%) |
| 1 |  | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 |  | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 0.000 |
| 2 | A.16 | 10.00 | 2.00 | 0.20 | 0.010 | A.18 | 10.00 | 1.00 | 0.10 | 0.005 |
| 3 | A.15 | 100.00 | 2.00 | 2.00 | 0.100 | 10.00 | 2.00 | 0.20 | 0.010 |
| 4 | 100.00 | 5.00 | 5.00 | 0.250 | 10.00 | 5.00 | 0.50 | 0.025 |
| 5 | A.1、A.2 | 1000.00 | 1.00 | 10.00 | 0.500 | 10.00 | 10.00 | 1.00 | 0.050 |
| 6 | 1000.00 | 2.00 | 20.00 | 1.00 | A.17 | 100.00 | 2.00 | 2.00 | 0.100 |
| 7 | 1000.00 | 5.00 | 50.00 | 2.50 | 100.00 | 5.00 | 5.00 | 0.250 |
| 8 | 1000.00 | 10.0 | 100.00 | 5.00 | 100.00 | 10.00 | 10.0 | 0.500 |

* + 1. 仪器的准备和确认

1. 开启电感耦合等离子体原子发射光谱仪及其附属设备，点燃等离子体，直至仪器运行状态稳定。
2. 设置待测元素分析谱线（参见附录D表D.1）及其背景校正和检测积分区域，以及设定射频功率、

观测高度、蠕动泵速度、雾化器压力、积分时间等电感耦合等离子体原子发射光谱仪工作条件

（参见附录D表D.2）。

1. 检查并确认符合5.1中所要求的各项仪器性能指标。
   * 1. 校准曲线的绘制

仪器运行稳定后，分别按照待测元素浓度由低至高依次测量系列校准溶液（见7.5.2）中待测元素分析谱线的发射光谱信号强度，每次测量之间吸入水或稀盐酸溶液冲洗，试液至少应重复测量3次。以分析谱线的光谱信号强度值减去同步背景信号强度的净强度值作为纵坐标、校准溶液中待测元素的浓度值作为横坐标绘制校准曲线。计算相关系数，相关系数应符合5.1e。

校准曲线建立后宜储存于光谱仪操作软件内，以后使用时可直接调用并且可仅使用最高浓度点和最低浓度点两个校准标准溶液对保存的校准曲线执行两点再校正程序，然后进行试样的测量分析。

* + 1. 试液的测定

在与7.5.4相同条件下，将空白试液（见7.3）和待测试液（见7.5.1）依次引入ICP光谱仪进行测量，每次测量之间吸入水冲洗，试液至少应重复测量3次。

计算机采集所测定的试样溶液中待测元素分析谱线的净强度信号，然后通过所建立的校准曲线自动计算出元素在溶液中的含量。

1. 分析结果及其表示
   1. 结果计算

根据试液的光谱信号净强度值从校准曲线的回归方程中分别计算各元素的浓度值，按式（1）计算被测元素M的含量*ωM*，以质量分数（%）表示。

 …………………………………（1）

式中：

*ωM*——待测元素含量，单位为质量分数，（%）；

*c*——试液中待测元素浓度值，单位为微克每毫升（μg/mL）；

*c0*——空白试液中待测元素浓度值，单位为微克每毫升（μg/mL）；

*V*——被测试液的体积，单位为毫升（mL）；

*m*——试料质量，单位为克（g）。

* 1. 分析结果的确定和表示

同一试样两次测定结果的差值如不大于允许差，取其算术平均值作为分析结果，否则进行第三次测定；如三次测定结果的极差值不大于1.2倍允许差，取三次测定结果的算术平均值作为分析结果，否则进行第四次测定；四次测定结果的极差值如不大于1.3倍允许差，取四次测定结果的算术平均值作为分析结果，否则应查明原因重新分析。

分析结果应按GB/T 8170 的规定修约至与允许差小数相同位数。

1. 精密度

同一样品的两个分析结果的差值应不大于表3所列允许差。

1. 允许差

质量分数：％

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 成分 | 含量 | 允许差 |
| 钒、锰 | 0.010～0.050 | 0.005 |
| ＞0.050～0.100 | 0.010 |
| ＞0.100～0.250 | 0.020 |
| ＞0.250～0.500 | 0.030 |
| ＞0.500～1.00 | 0.040 |
| ＞1.00～2.00 | 0.070 |
| ＞2.00～3.50 | 0.10 |
| ＞3.50～5.00 | 0.15 |
| 磷、铜、钴、镍、铬、钼、铅、砷、锡、镉、钡、锌 | 0.003～0.005 | 0.001 |
| ＞0.005～0.010 | 0.002 |
| ＞0.010～0.050 | 0.005 |
| ＞0.050～0.100 | 0.010 |
| ＞0.100～0.250 | 0.020 |
| ＞0.250～0.500 | 0.030 |

1. 试验报告

试验报告应包括下列内容：

a) 实验室名称和地址；

b) 试验报告发布日期；

c) 采用标准；

d) 样品识别必要的详细说明；

e) 分析结果；

f) 结果的测定次数；

g) 测定过程中存在的任何异常特性以及标准中未规定而可能对试样或认证标样的分析结果产生影响的任何操作。

1. （规范性）  
   标准储备溶液配制方法
   1. 钒标准储备溶液，1.00 mg/mL

称取0.892 6 g五氧化二钒（V2O5）（纯度不低于99.99 %，预先在105 ℃～110 ℃干燥1 h，并在干燥器中冷却至室温）置于500 mL锥形瓶中，加入30 mL盐酸（见4.3）和10 mL硝酸（见4.4）加热溶解完全，冷却后，移入500 mL容量瓶，用水稀释至刻度，混匀。此溶液1 mL含1.00 mg钒。

* 1. 锰标准储备溶液，1.00 mg/mL。

准确称取0.500 0 g金属锰粉（纯度不小于99.99%）于500 mL锥形瓶中，加入40 mL （1+2）硝酸加热溶解完全，煮沸驱尽氮氧化物，冷却至室温后转移到500 mL容量瓶中，定容。此溶液1 mL含1.00 mg锰。

* 1. 磷标准储备溶液，1.00 mg/mL。

称取2.196 8 g磷酸二氢钾（KPH2PO4）（纯度不小于99.99%，预先经105 ℃灼烧1小时，置于干燥器中，冷却至室温）置于500 mL锥形瓶中，加入适量水加热煮沸溶解完全，冷却至室温后转移到500 mL容量瓶中，定容。此溶液1 mL含1.00 mg磷。

* 1. 铜标准储备溶液，1.00 mg/mL。

称取1.000 0 g金属铜粉（纯度不小于99.99%）置于500 mL烧杯中，加入50 mL （1+1）硝酸加热溶解完全，冷却至室温后转移到1 L容量瓶中，定容。此溶液1 mL含1.00 mg铜。

* 1. 钴标准储备溶液，1.00 mg/mL。

称取0.351 8 g三氧化二钴（Co2O3）（纯度不小于99.99%）置于500 mL锥形瓶中，加入30 mL 硝酸（1+1）加热溶解完全，冷却至室温后转移到500 mL容量瓶中，定容。此溶液1 mL含1.00 mg钴。

* 1. 镍标准储备溶液，1.00 mg/mL。

准确称取0.500 0 g金属镍粉（含量不小于99.99%）置于500 mL烧杯中，加入40 mL （1+1）硝酸加热溶解完全，冷却至室温后转移到500 mL容量瓶中，定容。此溶液1 mL含1.00 mg镍。

* 1. 铬标准储备溶液，1.00 mg/mL。

准确称取0.500 0 g金属铬粉（纯度不小于99.99%）置于500 mL锥形瓶中，加入50 mL （1+1）盐酸加热溶解完全，冷却至室温后转移到500 mL容量瓶中，定容。此溶液1 mL含1.00 mg铬。

* 1. 钼标准储备溶液，1.00 mg/mL。

准确称取1.021 2g(NH4)2MoO4（纯度不小于99.99%）置于500 mL锥形瓶中，加入水溶解完全，冷却室室温后转移到500 mL容量瓶中，定容。此溶液1 mL含1.00 mg钼。

* 1. 铅标准储备溶液，1.00 mg/mL。

称取0.500 0 g金属铅粉（纯度不小于99.99%）置于500 mL锥形瓶中，加入30 mL硝酸（见4.4）加热溶解完全，冷却室室温后转移到500 mL容量瓶中，定容。此溶液1 mL含1.00 mg铅。

* 1. 砷标准储备溶液，1.00 mg/mL。

称取0.500 0 g砷粉（纯度不小于99.99%）置于500 mL锥形瓶中，加入30 mL硝酸（见4.4）加热溶解完全，冷却室室温后转移到500 mL容量瓶中，定容。此溶液1 mL含1.00 mg砷。

* 1. 锡标准储备溶液，1.00 mg/mL。

称取0.500 0 g金属锡粉（纯度不小于99.99%）置于500 mL锥形瓶中，加入50 mL盐酸（见4.3）加热溶解完全，冷却室室温后转移到500 mL容量瓶中，补充加入80 mL盐酸（见4.2），定容。此溶液1 mL含1.00 mg锡。

* 1. 镉标准储备溶液，1.00 mg/mL。

称取0.500 0 g金属镉粉（纯度不小于99.99%）置于500 mL锥形瓶中，加入30 mL硝酸（见4.4）加热溶解完全，冷却室室温后转移到500 mL容量瓶中，定容。此溶液1 mL含1.00 mg镉。

* 1. 钡标准储备溶液，1.00 mg/mL。

称取0718 6 g碳酸钡（BaCO3）（纯度不小于99.99%）置于500 mL锥形瓶中，加入30 mL硝酸（见4.4）加热溶解完全，冷却室室温后转移到500 mL容量瓶中，定容。此溶液1 mL含1.00 mg钡。

* 1. 锌标准储备溶液，1.00 mg/mL。

称取0.500 0 g金属锌粉（纯度不小于99.99%）置于500 mL锥形瓶中，加入30 mL盐酸（见4.3）加热溶解完全，冷却室室温后转移到500 mL容量瓶中，定容。此溶液1 mL含1.00 mg锌。

* 1. 钒、锰混合标准溶液，100.00 μg/mL。

分别移取1.00 mg/L的钒标准储备溶液（见A.1）和锰标准储备溶液（见A.2）各10.0 mL于100 mL容量瓶，加入5.0 mL盐酸（见4.3），定容。此溶液1 mL含钒和锰各100.00 μg。

* 1. 钒、锰混合标准溶液，10.00 μg/mL。

移取100.00 g/mL的钒、锰混合标准溶液（见A.15）10.0 mL于100 mL容量瓶， 加入5.0 mL盐酸（见4.3），定容。此溶液1 mL含钒和锰各10.00 μg。

* 1. 磷、铜、钴、镍、铬、钼、铅、砷、锡、镉、钡、锌混合标准溶液，100.00 μg/mL。

分别移取1.00 mg/L的磷、铜、钴、镍、铬、钼、铅、砷、锡、镉、钡、锌标准储备溶液（见A.3～A.14）各10.0 mL于250 mL烧杯中，置于电热板上低温加热，缓慢浓缩溶液体积至约60 mL，冷却，转移至100 mL容量瓶中，加入5.0 mL硝酸（见4.4），定容。此溶液1 mL含有磷、铜、钴、镍、铬、钼、铅、砷、锡、镉、钡、锌各100.00 μg。

* 1. 磷、铜、钴、镍、铬、钼、铅、砷、锡、镉、钡、锌混合标准溶液，10.00 μg/mL。

移取100.00 μg/mL的磷、铜、钴、镍、铬、钼、铅、砷、锡、镉、钡、锌标准储备溶液（见A.17）10.0 mL于100 mL容量瓶，加入5.0mL盐酸（见4.3），定容。此溶液1 mL含有磷、铜、钴、镍、铬、钼、铅、砷、锡、镉、钡、锌各10.00 μg。

1. （规范性）  
   电感耦合等离子体原子发射光谱仪性能试验
   1. 目的

本附录中给出的性能试验目的在于使用不同类型的仪器对等离子体光谱仪的性能进行适当的测定，允许不同的仪器使用不同的操作条件，但等离子体光谱仪最终能产生一致的结果。

整个性能试验步骤用三个基本参数考核：检测限（DL），背景等效浓度（BEC）和短期精密度（RSD）。

1. 对于试样溶液中元素浓度高于5000×DL，RSD是唯一的需要评价的性能参数。

需要试验的元素列入表B.1。

表B.1 元素检测限

|  |  |
| --- | --- |
| 元 素 | DL（μg /mL） |
| V | ≤0.04 |
| Mn | ≤0.04 |
| P | ≤0.02 |
| Cu | ≤0.02 |
| Co | ≤0.02 |
| Ni | ≤0.02 |
| Cr | ≤0.02 |
| Mo | ≤0.02 |
| Pb | ≤0.02 |
| As | ≤0.02 |
| Sn | ≤0.02 |
| Cd | ≤0.02 |
| Ba | ≤0.02 |
| Zn | ≤0.02 |

* 1. 定义
     1. 检测限（DL）

当元素产生最小浓度信号时，可以认为超出了任何带有一定规定等级的伪背景信号；另一方面，元素浓度产生信号是背景水平值标准偏差的三倍。

* + 1. 背景等效浓度（BEC）

是产生与背景强度值相等的净强度相当于分析元素的浓度；是对给定波长灵敏度的度量。

* + 1. 短期精密度（RSD）

在测定条件下所得仪器的一系列读数的相对标准偏差。

* 1. 背景等效浓度和检测限

制备3份溶液，含待测元素浓度分别为：0浓度水平，10倍检测限，1000倍检测限。这些溶液含有与待测样品相似浓度的酸、基体元素。

制备参比溶液的检测限可以是实验室值或是表B.1中给出的估计值。

应按制造商的建议和实验室定量分析的实践经验对等离子体光谱仪进行最初的调节。吸入空白液并取10次强度读数。对另外两种参比溶液重复此操作。

按式（A.1）计算分析曲线的斜率。

M = C2/（I2－Ib）…………………………………………………(B.1）

式中：

*M*——分析曲线的斜率，单位为微克每毫升（µg/mL）；

C2——10倍检测限溶液的浓度，单位为微克每毫升（µg/mL）；

I2——10倍检测限溶液10次原始强度读数的平均值；

Ib——空白溶液10次强度读数的平均值。

按式（B.2）计算检测限（DL），单位为微克每毫升（µg/mL）。

DL = ……………………………………………………（B.2）

式中：

Sb——10次空白强度读数的标准偏差。

按式（B.3）计算背景等效浓度（BEC）：

BEC = *M*×Ib………………………………………………………(B.3）

式中：

BEC——背景等效浓度，单位为微克每毫升（µg/mL）。

按式（B.4）从原始平均强度（I3）与空白平均强度Ib的差值来计算1000倍检测限溶液的净平均强度（IN3），如下：

IN3 = I3－Ib ………………………………………………(B.4）

式中：

I3——1000倍检测限溶液10次原始强度读数的平均值。

按式（B.5）计算1000倍检测限溶液的净强度相对标准偏差。

………………………………… (B.5)

式中：

S3——1000倍检测限溶液的10次强度读数的标准偏差。

RSDNmin是元素浓度为1000×DL溶液的估计值。

1. （规范性）  
   试验样分析值接受程序流程图

图C.1为试样分析结果接受程序流程图。

│X1-X2│≤r

Xmax-Xmin≤1.2 r

Xmax-Xmin≤1.3 r

再次测定X3

再次测定X4

否

否

否

是

是

是

= 中位值（X1，X2，X3，X4）







从独立的重复结果开始

分析结果X1、X2

图C.1 试验样分析值接受程序流程图

1. （资料性）  
   电感耦合等离子体原子发射光谱仪工作参数

表D.1、表D.2分别给出了推荐分析谱线以及美国赛默飞世尔公司6300型全谱直读等离子体原子发射光谱仪的工作参数。

表D.1 推荐分析谱线

|  |  |
| --- | --- |
| 元 素 | 波长（nm） |
| V | 289.332，292.464，290.882 |
| Mn | 293.306，293.930，403.307 |
| P | 178.284，213.618，185.942 |
| Cu | 327.396，224.700，324.754 |
| Co | 237.862，230.786，231.160 |
| Ni | 221.647，231.604，216.556 |
| Cr | 283.563，267.716，205.560 |
| Mo | 202.030，204.598，281.615 |
| Pb | 220.353，216.999 |
| As | 189.042，193.759 |
| Sn | 189.989 |
| Cd | 228.802，226.507，214.438 |
| Ba | 455.403，230.424，238.527 |
| Zn | 213.856，206.200，202.548 |

表D.2 光谱仪工作参数

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| RF功率  (W) | 观测高度  （mm） | 辅助气流量  （L/min） | 泵速  （rpm） | 积分时间(s) | | 雾化器压力（MPa） |
| >260nm | <260nm |
| 1150 | 11.9 | 1.0 | 55 | 15 | 25 | 0.22 |

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_