ICS 77.120.99
CCS H 14

中华人民共和国国家标准

GB/T 15076.1—XXXX
代替GB/T 15076.1-2017

钽铌化学分析方法
第1部分:铌中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 tantalum and niobium—
Part 1:Determination of impurity elements content in niobium—
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》给出的规则起草。

本文件是GB/T 15076《钽铌化学分析方法》的第1部分。GB/T 15076已经发布了以下部分：

——第1部分：铌中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2部分：钽中铌量的测定　电感耦合等离子体原子发射光谱法和色层分离重量法；

——第3部分：铜、钠和钾含量的测定　火焰原子吸收光谱法；

——第4部分：铁量的测定　1,10-二氮杂菲分光光度法；

——第5部分：钼量和钨量的测定　电感耦合等离子体原子发射光谱法；

——第6部分：钽中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7部分:铌中磷量的测定　4-甲基-戊酮-[2]萃取分离磷钼蓝分光光度法和电感耦合等离子体原子发射光谱法；

——第8部分：碳量和硫量的测定；

——第9部分：钽中铁、铬、镍、锰、钛、铝、铜、锡、铅和锆量的测定；

——第10部分：铌中多元素含量的测定　直流电弧原子发射光谱法；

——第12部分：钽中磷量的测定；

——第14部分：氧和氮含量的测定　脉冲红外吸收法/热导法；

——第15部分：氢含量的测定　脉冲红外吸收法；

——第16部分：钽中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 15076.1－2017《钽铌化学分析方法 第1部分：铌中钽量的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱法》本文件与GB/T 15076.1－2017相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

a）增加了硅、磷、钼和钨的测定（见第1章）；

b）更改了钽含量的测定范围（见第1章，GB/T 15076.1－2017年版的第1章）；

c）增加了微波消解仪（见6.1）；

d）增加了硅、磷、钼和钨的分析谱线（见6.3）；

e）更改了工作曲线的绘制（见8.5，GB/T 15076.1－2017年版的6.5）。

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。

本部分由中国有色金属工业协会提出。

本部分由全国有色金属标准化技术委员会（SAC/TC 243）归口。

本部分起草单位：宁夏东方钽业股份有限公司、西安汉唐分析检测有限公司、浙江创欣新材料有限公司、宝钛集团有限公司、稀美资源（广东）有限公司、广东广晟稀有金属光电新材料有限公司、新疆湘润新材料科技有限公司、西北稀有金属材料研究院宁夏有限公司、承德天大钒业股份有限公司、中色创新研究院（天津）有限公司。

本部分主要起草人：许宁辉、张俊峰、郝文婷、惠博楠、黄双、周梅玲、禄妮、曾俊雄、刘刚、朱婧、罗策、杨再江、庞梦阳、郑创彬、杜桃花、王巧、王东华、代彦明。

本部分所部分代替标准的历次版本发布情况为：

——本文件首次发布为GB/T 15076.1-1994，2017年第一次修订为GB/T 15076.1-2017，本次为第二次修订。

引　言

钽铌属于稀有难熔金属元素，是很好的电子功能材料，广泛应用于航空航天、电子技术、化工防腐、半导体、超导工业、硬质合金、核工业、生物医学、钢铁行业及加热设备等领域。GB/T 15076旨在通过实验研究建立一套完整、切实可行适应于钽铌产品生产和贸易需求的化学成分分析的方法标准。硅、磷、钽、钨和钽含量的高低直接影响着铌及其氧化物、碳化物等产品的性能，因此精确控制其含量是保证铌及其氧化物、碳化物等产品质量的关键。

在广泛开展企业需求调研的基础上，对GB/T 15076(共16部分)进行了整合修订，整合后的GB/T 15076由以下14个部分构成。

——第1部分：铌中杂质元素含量的测定　电感耦合等离子体原子发射光谱法。目的在于描述电感耦合等离子体原子发射光谱法测定铌中硅、磷、钽、钨和钽含量的方法。

——第2部分：钽中铌量的测定　电感耦合等离子体原子发射光谱法和色层分离重量法。目的在于描述电感耦合等离子体原子发射光谱法和色层分离重量法测定钽中铌含量的方法。

——第3部分：铜、钠和钾含量的测定　火焰原子吸收光谱法。目的在于描述火焰原子吸收光谱法测定钽、铌中铜、钠和钾含量的方法。

——第4部分：铁量的测定　1，10-二氮杂菲分光光度法。目的在于描述1,10-二氮杂菲分光光度法测定钽、铌中铁含量的方法。

——第5部分：钼量和钨量的测定　电感耦合等离子体原子发射光谱法。目的在于描述电感耦合等离子体原子发射光谱法测定钽、铌中钼和钨含量的方法。

——第6部分：钽中杂质元素含量的测定　电感耦合等离子体原子发射光谱法。目的在于描述电感耦合等离子体原子发射光谱法测定钽中硅、磷、钽、钨和铌含量的方法。

——第7部分:铌中磷量的测定　4-甲基-戊酮-[2]萃取分离磷钼蓝分光光度法和电感耦合等离子体原子发射光谱法。目的在于描述4-甲基-戊酮-[2]萃取分离磷钼蓝分光光度法和电感耦合等离子体原子发射光谱法测定铌中磷含量的方法。

——第8部分：碳量和硫量的测定。目的在于描述高频燃烧红外吸收法测定钽、铌中碳和硫含量的方法。

——第9部分：钽中铁、铬、镍、锰、钛、铝、铜、锡、铅和锆量的测定。目的在于描述直流电弧原子发射光谱法测定钽中铁、铬、镍、锰、钛、铝、铜、锡、铅和锆含量的方法。

——第10部分:铌中多元素含量的测定　直流电弧原子发射光谱法。目的在于描述直流电弧原子发射光谱法测定铌中铁、铬、镍、锰、钛、铝、铜、锆、钙、镁、砷、锑、铅、锡和铋含量的方法。

——第12部分:钽中磷量的测定。目的在于描述乙酸乙酯萃取分离磷钼蓝分光光度法测定钽中磷含量的方法。

——第14部分：氧和氮含量的测定　脉冲红外吸收法/热导法。目的在于描述脉冲红外吸收法和热导法测定钽、铌中氧和氮含量的方法。

——第15部分:氢含量的测定　脉冲红外吸收法。目的在于描述脉冲红外吸收法测定钽、铌中氢含量的方法。

——第16部分:钽中痕量元素含量的测定　电感耦合等离子体质谱法。目的在于描述电感耦合等离子体质谱法测定钽中痕量元素含量的方法。

本文件进一步提高了标准的适用性，测定范围完全覆盖产品标准和新型铌钨用中间铌合金的要求，在提升铌产品质量，促进其生产、贸易及助力铌行业扩大应用需求方面具有重要意义。

钽铌化学分析方法
第 1 部分:铌中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

本文件描述了电感耦合等离子体原子发射光谱法测定铌中硅、磷、钼、钨和钽含量的方法。

本文件适用于铌及其氢氧化物、氧化物、碳化物中硅、磷、钼、钨和钽含量的测定。测定范围（质量分数）见表1。

表1 各元素的测定范围

元素	测定范围 %
硅	0.0005～0.50
磷	0.0010～0.080
钼	0.0005～3.00
钨	0.0005～12.00
钽	0.0010～8.00

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 26814 微波消解装置

3 术语和定义

本文件没有需要界定的术语和定义。

4 原理

试料用硝酸和氢氟酸溶解，在稀酸介质中，以氩等离子体为离子化源，用电感耦合等离子体原子发射光谱仪，于各元素选定的波长处测量其发射强度，采用基体匹配法计算各元素的质量浓度，以质量分数表示测定结果。

5 试剂和材料

除非另有说明，在分析中仅使用确认为高纯试剂。

5.1 水，GB/T 6682，二级。

5.2 硝酸：ρ=1.42 g/mL。

5.3 氢氟酸：ρ=1.14 g/mL。

5.4 金属铌：w_{Nb}≥99.99%，单一的其他被测元素含量 w_i≤0.0001%。

5.5 硅标准贮存溶液：称取 2.1394 g 二氧化硅（w_{SiO2}≥99.99%）于铂坩埚中，加入 10 g 碳酸钠-碳酸钾混合熔剂，混匀，在喷灯上熔融至清亮，再灼烧 10 min。冷却后用热水浸取，加热到溶液澄清，冷

却后移入 1000 mL 聚乙烯容量瓶中，用水稀释到刻度，混匀。此溶液 1 mL 含 1 mg 硅。或使用有证国家标准溶液。

5.6 硅标准溶液：移取 10.00 mL 硅标准贮存溶液(5.5)于 100 mL 聚乙烯容量瓶中，以水稀释至刻度，混匀。此溶液 1 mL 含 100 μg 硅。

5.7 磷标准贮存溶液：称取 4.2636 g 预先在 105℃烘 1 h 并置于干燥器中冷至室温的磷酸氢二铵（基准试剂）置于 200 mL 烧杯中，加入 50 mL 水溶解，转移入 1000 ml 容量瓶中，以水稀释至刻度，混匀。此溶液 1 mL 含 1 mg 磷。或使用有证国家标准溶液。

5.8 磷标准溶液：移取 10.00 mL 磷标准贮存溶液（5.7）置于 100 mL 容量瓶中，以水稀释至刻度，混匀。此溶液 1 mL 含 100 μg 磷。

5.9 钼标准贮存溶液：称取 1.8403 g 钼酸铵（w_{Mo}≥99.99%)于 250 mL 烧杯中，以少量水溶解，移入 1000 mL 容量瓶中，以水稀释至刻度，混匀。此溶液 1 mL 含 1.0 mg 钼。或使用有证国家标准溶液。

5.10 钼标准溶液：移取 10.00 mL 钼标准贮存溶液(5.9)于 100 mL 容量瓶中，以水稀释至刻度，混匀。此溶液 1 mL 含 100 μg 钼。

5.11 钨标准贮存溶液：称取 1.2611 g 三氧化钨(w_{W}≥99.99%)于 250 mL 烧杯中，加入 20 mL 氢氧化钠溶液(200 g/L)使其溶解，移人 1000 mL 聚乙烯容量瓶中，以水稀释至刻度，混匀。此溶液 1 mL 含 1.0 mg 钨。或使用有证国家标准溶液。

5.12 钨标准溶液：移取 10.00 mL 钨标准贮存溶液(5.11)于 100 mL 聚乙烯容量瓶中，以水稀释至刻度，混匀。此溶液 1 mL 含 100 μg 钨。

5.13 钽标准贮存溶液：称取 1.0000 g 金属钽(w_{Ta}≥99.99%)于 250 mL 聚四氟乙烯烧杯中，加入 10 mL 氢氟酸(5.3)，滴加 10 mL 硝酸（5.2），低温缓慢加热溶解至清亮，冷却，移入 1000 mL 容量瓶中，用水稀释至刻度，混匀。此溶液 1 mL 含 1 mg 钽。贮存于聚乙烯容量瓶中。或使用有证国家标准溶液。

5.14 钽标准溶液：移取 10.00 mL 钽标准贮存溶液(5.13)于 100 mL 容量瓶中，加入 2 mL 氢氟酸（5.3），用水稀释至刻度，混匀。此溶液 1 mL 含 100 μg 钽。贮存于聚乙烯容量瓶中。

5.15 氩气：纯度（体积分数）不小于 99.99%。

6 仪器

6.1 微波消解仪：符合 GB/T 26814 的规定。

6.2 电感耦合等离子体原子发射光谱仪，以氩气（5.15）为载气，具有耐氢氟酸进样系统。

——在仪器的最佳工作条件下，用最低浓度的标准溶液（不是“零”浓度标准溶液）测量 11 次，各元素发射光强度的相对标准偏差不超过 2.5 %。

——各元素推荐的分析谱线见表 2。

表2 各元素推荐的分析谱线

元素	波长 nm
磷	178.221/177.433
钼	202.030/203.844
钨	207.912/209.475
钽	240.063/226.143
硅	251.612/250.690

7 样品

7.1 铌粉粒度小于 180μm；氧化铌粒度应小于 160 μm；碳化铌粒度小于 150 μm。

7.2 从铌锭顶部10 cm处至中部任一部位，用刨床去除表皮后刨屑取样，加工成质量不大于0.03 g的颗粒。

8 试验步骤

8.1 试料

按表3称取样品（7），精确至0.0001g。

表3 称样量、分取试液体积和工作曲线编号

w_u %	称样量 g	分取试液体积 mL	工作曲线编号
0.0005～0.080	1.00	—	I
>0.080～1.00	0.50	20.00	II
>1.00～12.00	0.20	10.00	III

8.2 平行试验

平行做两份试验，取其平均值。

8.3 空白试验

称取与试料对等的金属铌（5.4），随同试料做空白试验。

8.4 分析试液的制备

8.4.1 将试料（8.1）置于100 mL聚四氟乙烯烧杯中，以少许水湿润。

8.4.2 缓慢加入2 mL硝酸（5.2），滴加4mL氢氟酸（5.3），待剧烈反应停止后，盖上盖子，于沸水浴中加热至溶解完全，取下冷却，补加2 mL硝酸（5.2），将溶液移入100 mL聚乙烯容量瓶中，用水稀释至刻度，混匀。对难溶氧化物样品，可采用微波消解仪（6.1）溶解样品。微波消解参考程序见附录A。

8.4.3 按表3分取部分溶液于100 mL聚乙烯容量瓶中，并补加2 mL硝酸（5.2）和2 mL氢氟酸（5.3），用水稀释至刻度，混匀。

8.5 工作曲线的绘制

8.5.1 工作曲线Ⅰ的绘制

按表1称取6份与试料对等的金属铌（5.4），分别置于6个100 mL聚四氟乙烯烧杯中，按表4分别加入硅标准溶液（5.6）、磷标准溶液（5.8）、钼标准溶液（5.10）、钨标准溶液（5.12）和钽标准溶液（5.14），以下步骤按8.4.2条操作。

表4 工作曲线Ⅰ中各元素标准溶液的加入量

元素	加入量 mL					
	1#	2#	3#	4#	5#	6#
P、Ta	0	0.10	0.50	1.00	5.00	8.00
Si、Mo、W	0	0.050	0.10	1.00	5.00	8.00

8.5.2 工作曲线Ⅱ的绘制

按表 1 称取 6 份与试料对等的金属铌（5.4），分别置于 6 个 100mL 聚四氟乙烯烧杯中，按表 5 分别加入硅标准溶液（5.6）、钼标准溶液（5.10）、钨标准溶液（5.12）和钽标准溶液（5.14），以下步骤按 8.4.2 条操作。

表 5 工作曲线 II 中各元素标准溶液的加入量

元素	加入量 mL					
	1#	2#	3#	4#	5#	6#
Si	0	0.80	2.00	3.00	4.00	5.00
Mo、W、Ta	0	0.80	2.00	5.00	7.50	10.00

8.5.3 工作曲线 III 的绘制

按表 1 称取 6 份与试料对等的金属铌（5.4），分别置于 6 个 100 mL 聚四氟乙烯烧杯中，按表 6 分别加入钼标准贮存溶液（5.9）、钨标准贮存溶液（5.11）和钽标准贮存溶液（5.13），以下步骤按 8.4.2 条操作。

表 6 工作曲线 III 中各元素标准溶液的加入量

元素	加入量 mL					
	1#	2#	3#	4#	5#	6#
Mo	0	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60
Ta	0	0.20	0.50	0.75	1.00	1.60
W	0	0.20	0.50	1.00	1.50	2.40

8.6 测定

将系列标准溶液（8.5）、空白溶液（8.3）与分析试液（8.4.3）于选定的分析谱线处，依次进行氩等离子体光谱测定。以系列标准溶液中各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，工作曲线的相关系数应不小于0.999。仪器根据工作曲线，自动进行数据处理，计算并输出空白试液及分析试液中各元素的质量浓度。

9 试验数据处理

待测元素的含量以待测元素的质量分数 w_M 计，按公式（1）计算：

$$w_M = \frac{(\rho_M - \rho_0)\cdot V_2 \cdot V_0 \times 10^{-6}}{m \cdot V_1} \times 100\% \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

式中：

ρ_M——分析试液中待测元素的质量浓度，单位为微克每毫升（μg/mL）；

ρ_0——空白试液中待测元素的质量浓度，单位为微克每毫升（μg/mL）；

V_2——测定试液体积，单位为毫升（mL）；

V_0——试液总体积，单位为毫升（mL）；

m——试料的质量，单位为克（g）；

V_1——分取试液体积，单位为毫升（mL）。

当 w_M＜0.0010%时，计算结果保留一位有效数字；当 0.0010%≤w_M＜1.00%时，计算结果保留两位有

效数字；当w_{Ni}≥1.00%时，计算结果保留至小数点后两位。数字修约按GB/T 8170的规定执行。

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7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7数据采用线性内插法或外延法求得。从实验室间试验结果得到的统计数据见附录B。

表7 重复性限

w_{Si}/%	0.0008	0.0045	0.055	0.17	0.52	—	—
r/%	0.0001	0.0002	0.002	0.02	0.03	—	—
w_{Ti}/%	0.0019	0.0055	0.022	0.079	—	—	—
r/%	0.0002	0.0003	0.002	0.003	—	—	—
w_{Mn}/%	0.0008	0.0049	0.038	0.12	1.07	2.35	—
r/%	0.0001	0.0002	0.002	0.01	0.03	0.05	—
w_{Ni}/%	0.0008	0.0050	0.094	0.30	2.60	5.79	11.40
r/%	0.0002	0.0003	0.002	0.02	0.04	0.09	0.15
w_{Cu}/%	0.0012	0.0054	0.098	0.58	2.91	6.82	—
r/%	0.0002	0.0003	0.002	0.02	0.05	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8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8数据采用线性内插法或外延法获得。从实验室间试验结果得到的统计数据见附录B。

表8 再现性限

w_{Si}/%	0.0008	0.0045	0.055	0.17	0.52	—	—
R/%	0.0002	0.0003	0.003	0.03	0.07	—	—
w_{Ti}/%	0.0019	0.0055	0.022	0.079	—	—	—
R/%	0.0003	0.0005	0.003	0.005	—	—	—
w_{Mn}/%	0.0008	0.0049	0.038	0.12	1.07	2.35	—
R/%	0.0002	0.0004	0.004	0.02	0.05	0.10	—
w_{Ni}/%	0.0008	0.0050	0.094	0.30	2.60	5.79	11.40
R/%	0.0002	0.0004	0.003	0.03	0.06	0.13	0.24
w_{Cu}/%	0.0012	0.0054	0.098	0.58	2.91	6.82	—
R/%	0.0003	0.0005	0.005	0.04	0.07	0.12	—

11 试验报告

试验报告应包括但不限于下列内容：

——试验对象；

——本文件编号；

——计算结果；
——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）

微波消解参考程序

微波消解仪消解样品为高压作业，为安全起见，请严格遵守厂商提供仪器说明书使用规定，最高消解使用温度和压强不应超过说明书规定范围。微波消解仪消解程序参照表A.1，具体消解程序以厂商提供说明书推荐并经实验验证优化为宜。

表A.1 微波消解参考程序

步骤	升温时间 min	目标温度 ℃	保温时间 min
1	8	150	5
2	5	200	8
3	5	210	45

附 录 B
（资料性）
从实验室间试验结果得到的统计数据

精密度试验原始数据是2025年由8家实验室分别对钽铌中硅、磷、钼、钨和钽的4个～7个不同水平样品进行共同试验确定。每个实验室分别对每个水平的硅、磷、钼、钨和钽的含量在重复性条件下独立测定11次。数据统计结果见表B.1～表B.7。

表B.1 水平1统计结果

元素	结果可接受的实验室数量	可接受的数据数量	平均值 %	重复性标准差 (S_r)	再复性标准差 (S_R)	重复性限 (r) %	再现性限 (R) %
Si	8	88	0.0008	0.000028	0.000052	0.0001	0.0002
P	8	88	0.0019	0.000045	0.000102	0.0002	0.0003
Mo	8	88	0.0008	0.000030	0.000054	0.0001	0.0002
W	8	88	0.0008	0.000036	0.000046	0.0002	0.0002
Ta	8	88	0.0012	0.000049	0.000095	0.0002	0.0003

表B.2 水平2统计结果

元素	结果可接受的实验室数量	可接受的数据数量	平均值 %	重复性标准差 (S_r)	再复性标准差 (S_R)	重复性限 (r) %	再现性限 (R) %
Si	8	88	0.0045	0.000063	0.000094	0.0002	0.0003
P	8	88	0.0055	0.000074	0.00015	0.0003	0.0005
Mo	8	88	0.0049	0.000060	0.00013	0.0003	0.0004
W	8	88	0.0050	0.000086	0.00012	0.0003	0.0004
Ta	8	88	0.0054	0.000079	0.00014	0.0003	0.0005

表B.3 水平3统计结果

元素	结果可接受的实验室数量	可接受的数据数量	平均值 %	重复性标准差 (S_r)	再复性标准差 (S_R)	重复性限 (r) %	再现性限 (R) %
Si	8	88	0.055	0.00061	0.00095	0.002	0.003
P	8	88	0.022	0.00045	0.00093	0.002	0.003
Mo	8	88	0.038	0.00060	0.0012	0.002	0.004
W	8	88	0.094	0.00050	0.0010	0.002	0.003
Ta	8	88	0.098	0.00069	0.0015	0.002	0.005

表B.4 水平4统计结果

元素	结果可接受的实验室数量	可接受的数据数量	平均值 %	重复性标准差 (S_r)	再复性标准差 (S_R)	重复性限 (r) %	再现性限 (R) %
Si	8	88	0.17	0.0040	0.011	0.02	0.03
P	8	88	0.079	0.00072	0.0017	0.003	0.005
Mo	8	88	0.12	0.0023	0.0046	0.01	0.02
W	8	88	0.30	0.0054	0.0083	0.02	0.03
Ta	8	88	0.58	0.0064	0.013	0.02	0.04

表B.5 水平5统计结果

元素	结果可接受的实验室数量	可接受的数据数量	平均值 %	重复性标准差 (S_r)	再复性标准差 (S_R)	重复性限 (r) %	再现性限 (R) %
Si	8	88	0.52	0.0082	0.021	0.03	0.07
Mo	8	88	1.07	0.0083	0.016	0.03	0.05
W	8	88	2.60	0.011	0.019	0.04	0.06
Ta	8	88	2.91	0.017	0.023	0.05	0.07

表B.6 水平6统计结果

元素	结果可接受的实验室数量	可接受的数据数量	平均值 %	重复性标准差 (S_r)	再复性标准差 (S_R)	重复性限 (r) %	再现性限 (R) %
Mo	8	88	2.35	0.014	0.034	0.05	0.10
W	8	88	5.79	0.031	0.043	0.09	0.13
Ta	8	88	6.82	0.022	0.042	0.07	0.12

表B.7 水平7统计结果

元素	结果可接受的实验室数量	可接受的数据数量	平均值 %	重复性标准差 (S_r)	再复性标准差 (S_R)	重复性限 (r) %	再现性限 (R) %
W	8	88	11.40	0.051	0.082	0.15	0.24