

金相显微镜和
扫描电镜/能谱仪的使用

V 1.2

考古学国家级实验教学示范中心

目录

准备工作	2
Step1. 环氧树脂镶嵌样品	2
Step2. 样品表面磨抛	3
金相篇	5
Step1. 去除样品表面划痕	5
Step2. 金相显微镜的使用	6
扫描电镜与能谱篇	9
Step1. 样品烘干	9
Step2. 导电胶粘贴样品与吹扫	10
Step3. 样品高度调整	11
Step4. 电镜简单操作	12
Step5. 能谱简单操作	14
A. Acquisition:	14
C. Mapping:	15
B. Analysis:	16
Step6. 保存报告与报告的使用	18
Step7. 能谱关机与扫描电镜待机	19
Step8. ICP原始数据处理	20

准备工作

Step1. 环氧树脂镶嵌样品

A: 环氧树脂胶; B: 固化剂

体积比: 25:9 (A: B) (体积用水和量筒测量)

搅拌过程中若产生大量气泡, 静置法消泡即可;

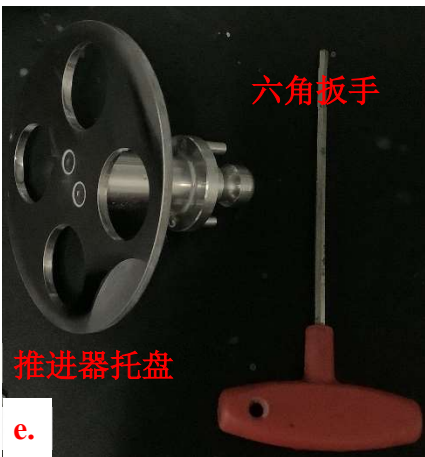
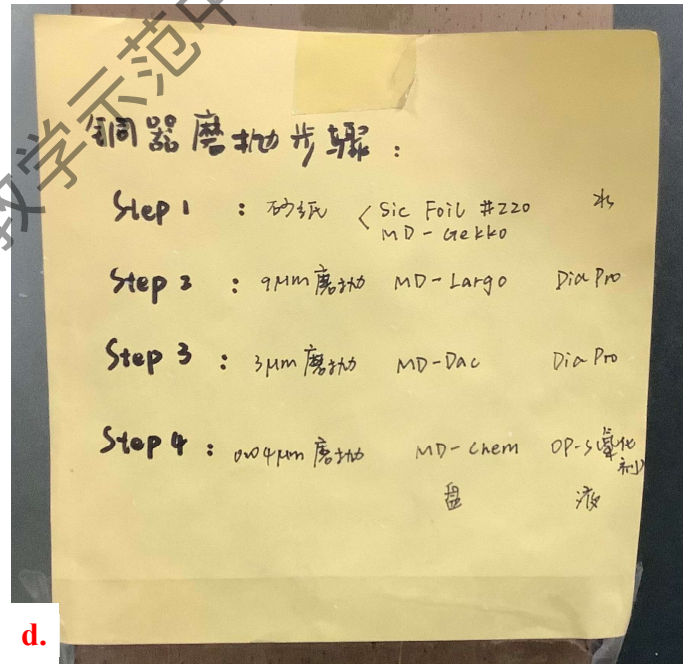
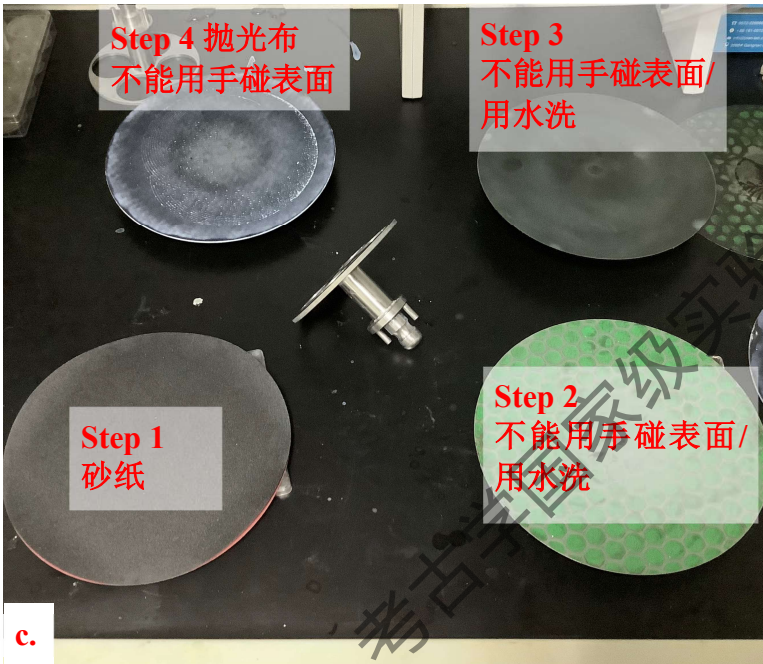
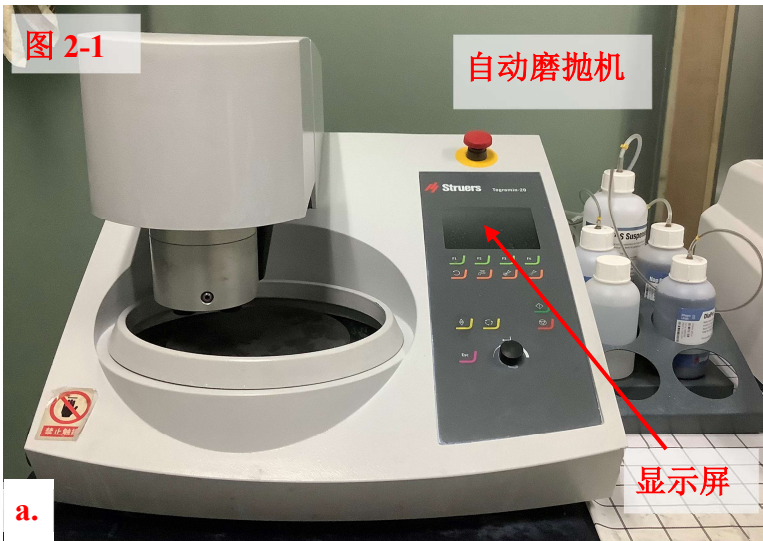
较小的样品用金相样品夹夹住;

冷镶样品不宜太高(太厚);

模子内壁提前放好对应样品信息条



Step2. 样品表面磨抛



2022.09.21修订:

Step2、3盘可以用自来水或无水乙醇冲洗, 但盘的表面不能碰到皮肤、尖锐物、各种硬质杂质等

3. 自动磨抛机界面

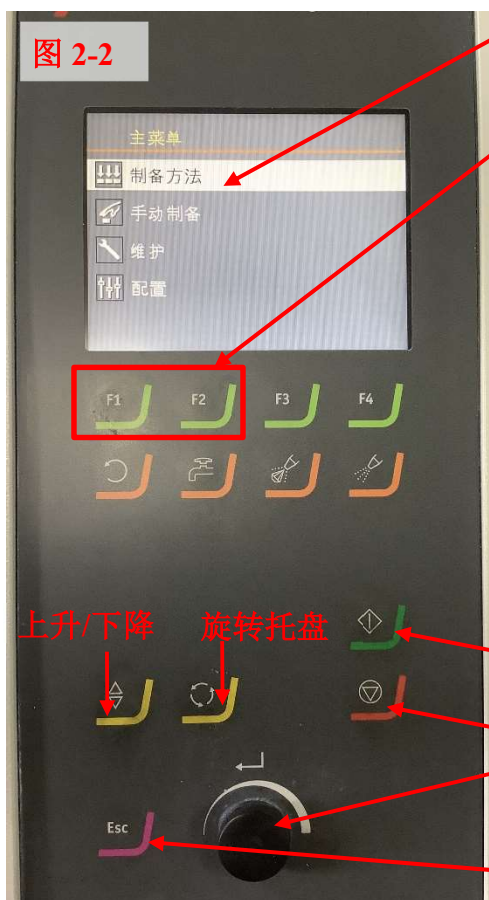


图 2-2

显示屏

F1、F2 键：

分别对应上一步、下一步。运行中显示界面(图 2-3)绿色条为当前选中步骤，通过 F1、F2 键切换上下步；

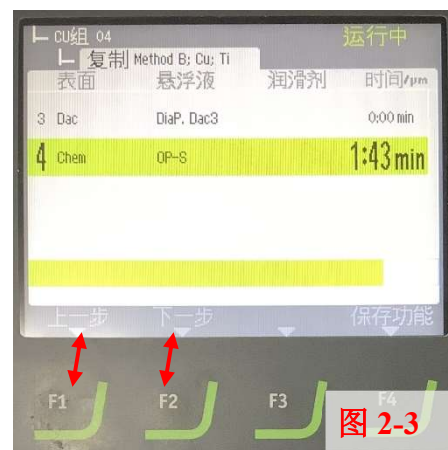


图 2-3

上升/下降

旋转托盘



开始键

暂停/结束键

选择/OK 键：按一下代表确定/OK；旋转为选择(功能类似上下键)

退出键

4. 使用流程

- >将推进器托盘插入，旋转至两个插脚对齐为止，然后将托盘向上推动
- >用六角扳手拧紧螺丝，检查推进器托盘是否固定好
- >按“上升/下降”键，使推进器下降到适合制备的高度
- >放入样品
- >  制备方法 → 方法组:CU 组 04 → 复制方法 
- >选择步骤，按开始键



请严格遵守铜器磨抛步骤(图 2-1 d.)，磨抛盘型号应当对应正确的磨抛液；点击开始前请务必检查显示屏上显示步骤是否与磨抛盘相匹配！

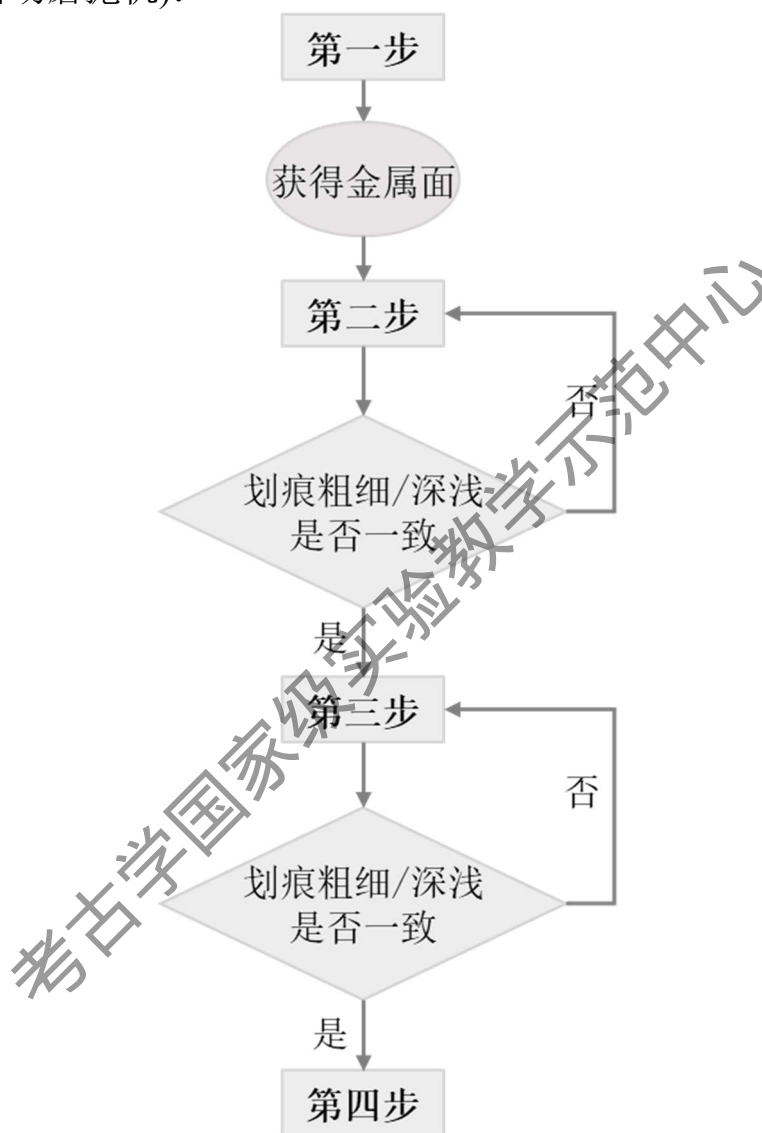
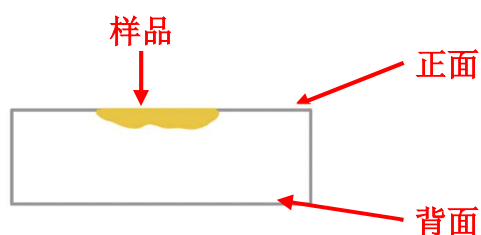
5. 样品表面磨光要求：

扫描电镜和能谱的使用**不要求**样品表面无划痕，因此在磨抛机上第一步~第四步过一遍就行；
拍**金相**照片就**要求**样品表面无划痕

金相篇

Step1. 去除样品表面划痕

1. 磨平样品背面，并在背面刻上样品编号
2. 步骤(对于自动磨抛机):



用自动磨抛机第一步或手动磨抛机低目数砂纸获得金属面

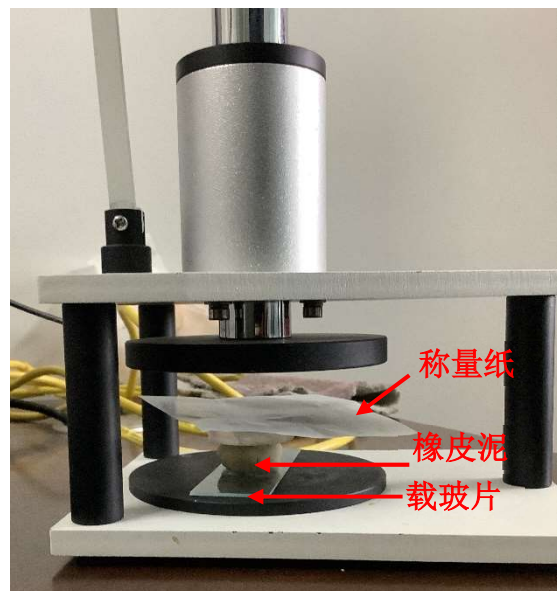
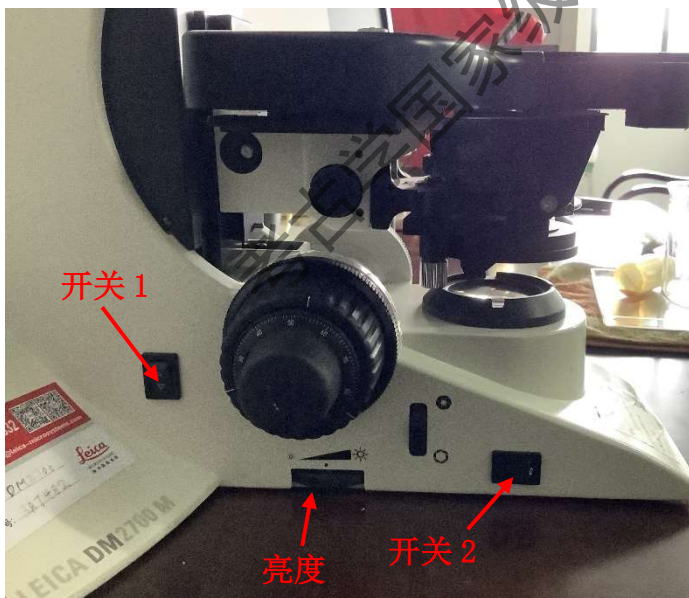
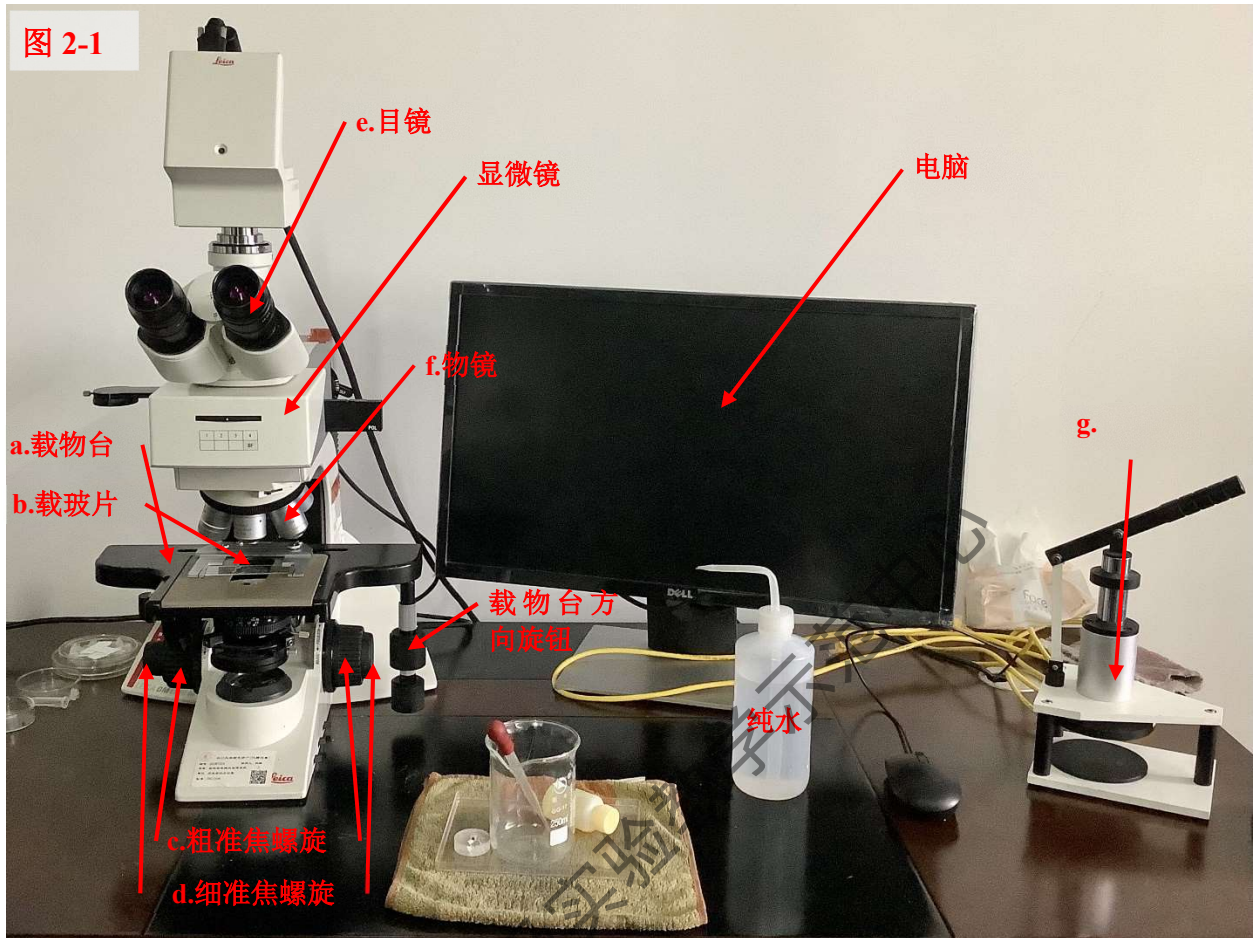


第一步运行时**需要随时监控样品的情况，以防样品被磨没了**；需要的是样品的**最大截面**。

获得金属面→逐步减小表面颗粒大小→抛光，因此，抛光前步骤越多，效果越好；获得金属面后一般就不重磨第一步了。

Step2. 金相显微镜的使用

图 2-1



1. (如图 2-1 右下), 将样品压平(快速、大力地压一次就行, 请勿长时间压, 这样压力不均, 样品还是不平)
2. 将粘着样品的载玻片放在载物台上, 调整载物台的方向, 使得物镜光心对准样品
3. 打开电脑桌面上的 LAS 软件, 根据实时视野来观察对焦情况
4. 对焦并拍照

对焦过程: 先调粗准焦, 再调细准焦



(I)首先找到样品的位置, 粗略聚焦使当前像较清晰, **时刻注意镜头与样品间的距离**

(II)物镜换倍数到 20 倍, 调细准焦使像清晰

(III)物镜换回倍数 10 倍

(IV)在(图 2-2)视野下**检查物镜倍数是否与实际一致**, 不一致会导致采集的照片比例尺错误

(V)采集未浸蚀样品照片

按“采集图像”键, 采集当前实时视野并保存

采集两张照片: 10X10 一张; 10X20 一张

命名规则: 样品号+目镜倍数 X 物镜倍数+编号; 示例: LJS65 10X10 01

(VI)拿下样品, 浸蚀样品表面

浸蚀溶液: 三氯化铁酒精

用滴管取适量浸蚀溶液, **滴在样品上后立刻用纯水冲洗掉**, 用称量纸或吹风机去除样品表面水分

(VII)采集浸蚀样品照片

将样品放回载物台, 检查对焦情况

按“采集图像”键, 采集当前实时视野并保存

采集两张照片: 10X10 一张; 10X20 一张

命名规则: 样品号+目镜倍数 X 物镜倍数+浸蚀+编号;

示例: LJS65 10X10_jinshi 01

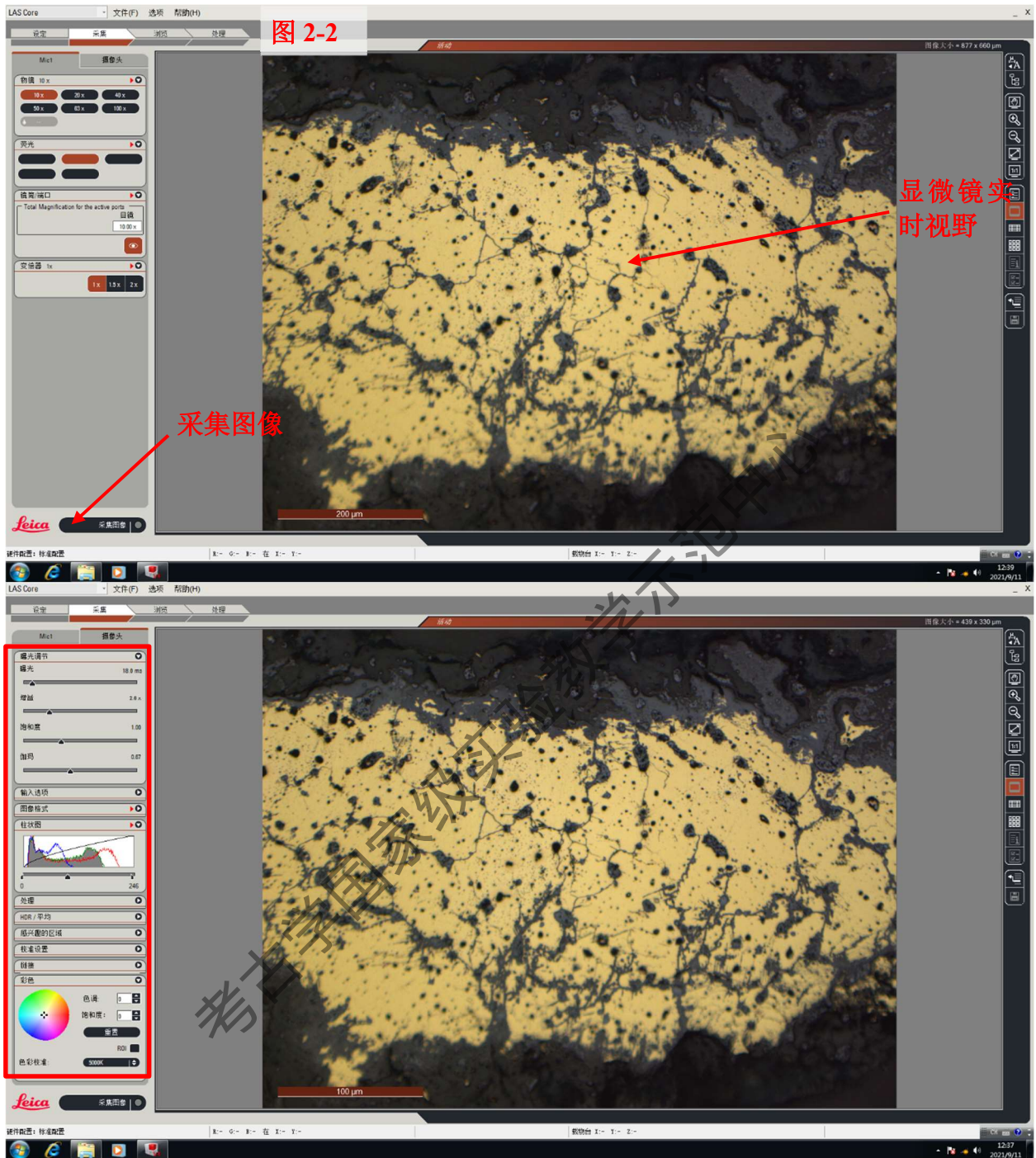


(VIII)样品完成拍照后, **物镜倍数回归 10 倍, 拿下样品, 注意不要碰到镜头**

5. 一般情况下, 一个样品总共拍四张照片浸蚀两张, 未浸蚀两张, 请以实际情况为准, 若样品较大、感兴趣的区域多等情况, 自行增加照片数量



6. LAS 软件的设置均不要随意调动



扫描电镜与能谱篇

Step1. 样品烘干


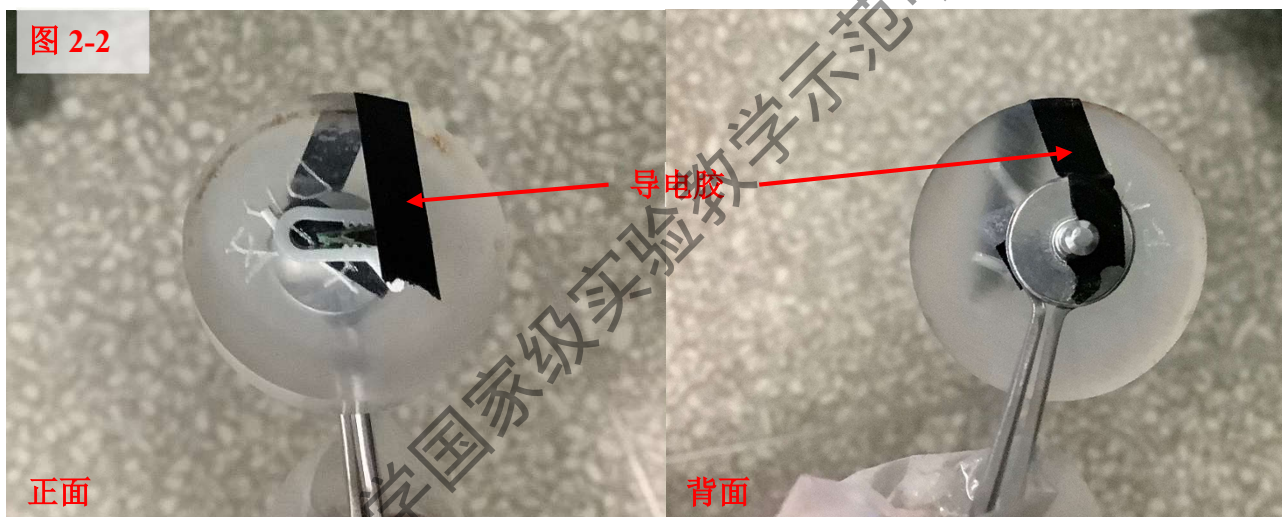
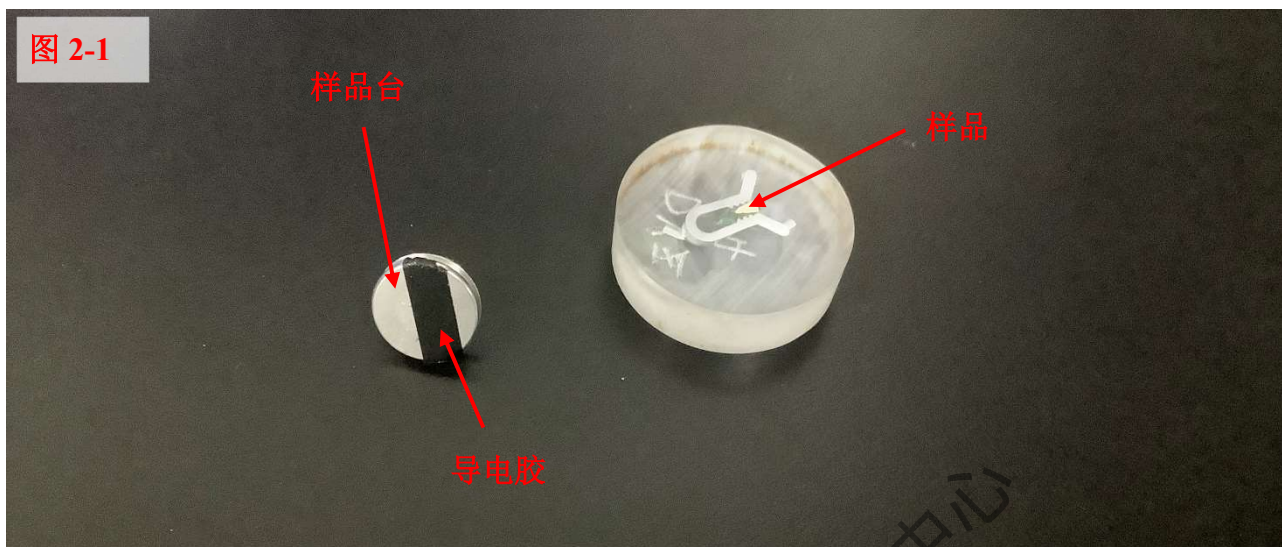
-  1. 如果松散粉末或是液体留在电镜内部，将对扫描电镜造成严重的损害！
样品放进扫描电镜里之前都要烘干，必须现烘干现用，前一天烘干的样品第二天要进电镜之前还是要再次烘干。
2. 一般烘干时间至少是 40 分钟
烘干时间指的是炉内温度达到目标温度后，烘干的时长，因此请提前来烘干

图 1-1

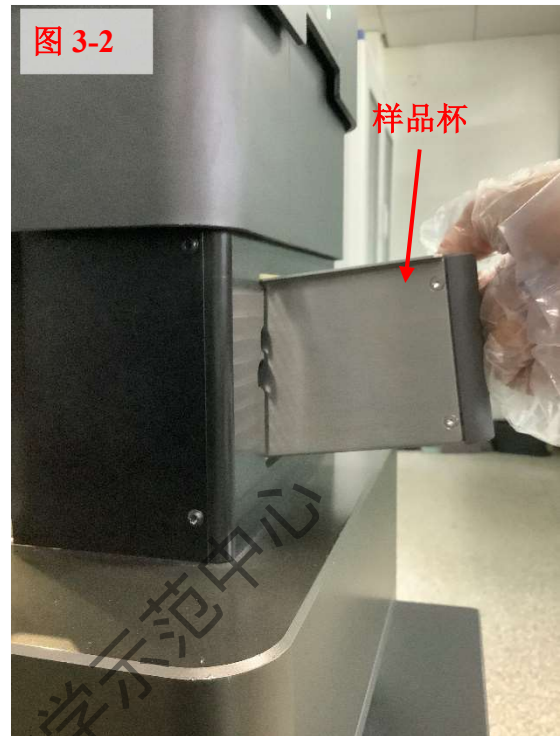
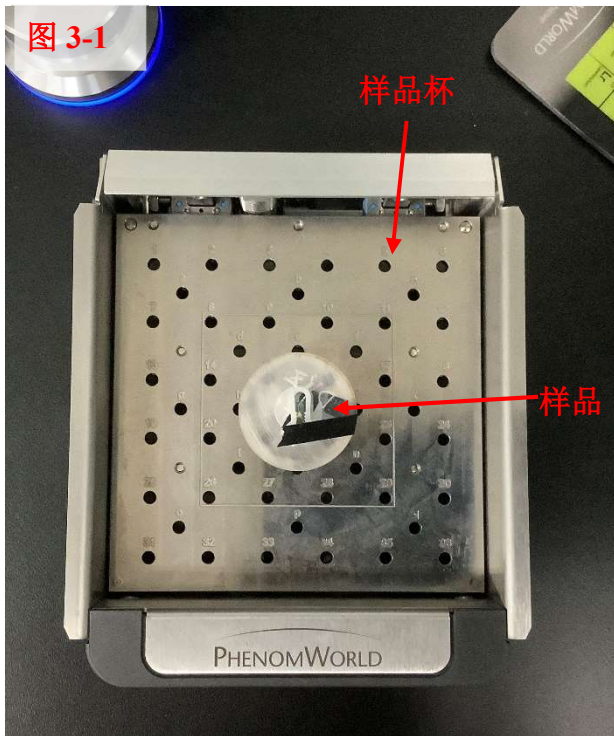


Step2. 导电胶粘贴样品与吹扫



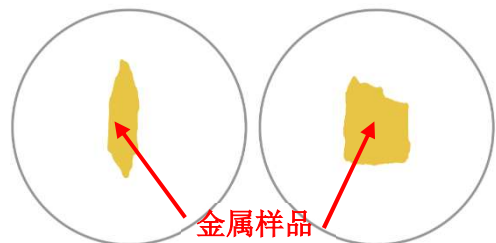
1. 戴上塑料手套
2. 首先在样品台上粘贴导电胶
3. 将样品背面与样品台粘在一起，**粘牢！**
4. 另取一段导电胶，**盖过一点点样品**，绕到样品背面粘在样品台上
5. 确认样品粘牢
6. 用压缩气体(参见准备工作图 2-1)**大力吹扫样品表面** 5-10 秒

Step3. 样品高度调整




1. 把样品放在样品杯里，**轻轻压牢**
2. 放样品的时候，调整青铜样品的位置，尽量水平或竖直放置

异形(非规则形状)样品找一条最直的边或中线，以此为标准，将样品放正，示例见右图：



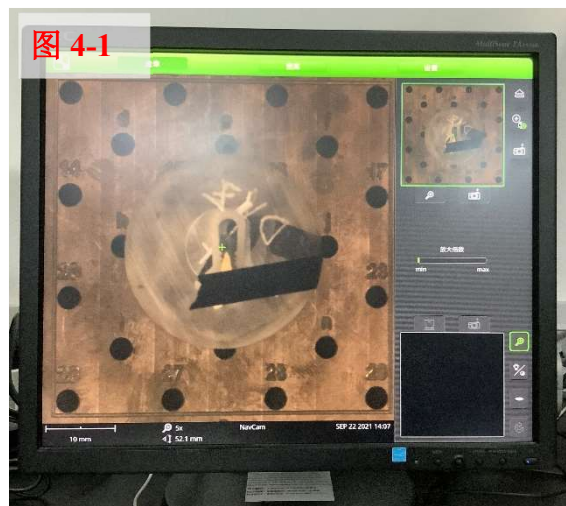
3. 调节样品在样品杯中的高度，**调节方式参看墙上操作指南**


4. 点击图标  (图 4-2 f.)打开舱门，将样品杯沿**向下倾斜的轨道**送入舱门，**轻推到底**
5. 关闭舱门


Step4. 电镜简单操作


1. 当样品正确安装且舱门正确关闭后，会自动进入低真空模式，**气泵声音不响了之后再**进行下一步。此时显示器显示样品的光学像。

因为青铜样品有时很小，电镜模式下不好找，在光学模式下调整位置，使屏幕中心**+**绿色十字在青铜样品上(在目标位置左击鼠标即可)




2. 通过选择图标  (图 4-2 g.)实现由光学成像向电子成像模式的转变。带有十字的大圈代表更高放大倍数电子模式；大圈变绿说明该图标代表的功能已经能激活；箭头方向表示下次触摸该图标即将激活的功能。

3. 选中图标  (图 4-2 b.)即可调节亮度和对比度。当 **A** 出现在图标右上角时，对比度和亮度将会由系统自动调节。鼠标左键选中长按超过 2 秒，当 **A** 消失后，即可通过控制旋钮分别手动调节对比度和亮度。

4. 选中图标  (图 4-2 c.)调节焦距。鼠标左键选中长按超过 2 秒，图标右上角出现 **A** 时，系统将自动进行对焦。鼠标左键单击图标左上角出现 **F**，代表**精细聚焦**，再次鼠标左键单击图标左上角可以取消 **F**，转换为**粗略聚焦**，获得清晰的电子像：

(I)首先找到样品的位置，粗略聚焦使当前电子像较清晰，调整电子像视野大小，使视野里没有不导电的部分(图 4-2 i.)；

 (II)检查此时工作距离(图 4-2 l.)是否在 4.5~5.5mm 之间，**最佳工作距离为 5mm**，若不在上述范围内，请打开舱门重新调节样品在样品杯中的高度

(III)放大电子像，再次**粗略聚焦**使当前电子像为最清晰状态；

(IV)多次重复步骤(III)，直至放大倍数接近 10000 倍，中间重复次数越多像越清楚，一般重复 3 次左右就行；

(V)切换到精细聚焦，再次使当前电子像为最清晰状态；

(VI)缩小电子像(缩放倍数视情况而定)，使得视野中金属面尽量大，一般情况下避开大面积的锈蚀(图 4-2 j.)和巨大的孔洞(图 4-2 k.)


图 4-2





电镜设置界面请勿随意改动!


Step5. 能谱简单操作

A. Acquisition:

1. 选中图标  (图 5-1 a.)更新当前图像，使元素分析软件和扫描电镜图像一致

 刷新完毕后检查**状态指示灯**的情况(图 5-1 c.)，状态指示灯有以下：


绿色  : 所有参数最优

橘红色  : 有些参数并没有最优，按照提示信息进行优化设置。

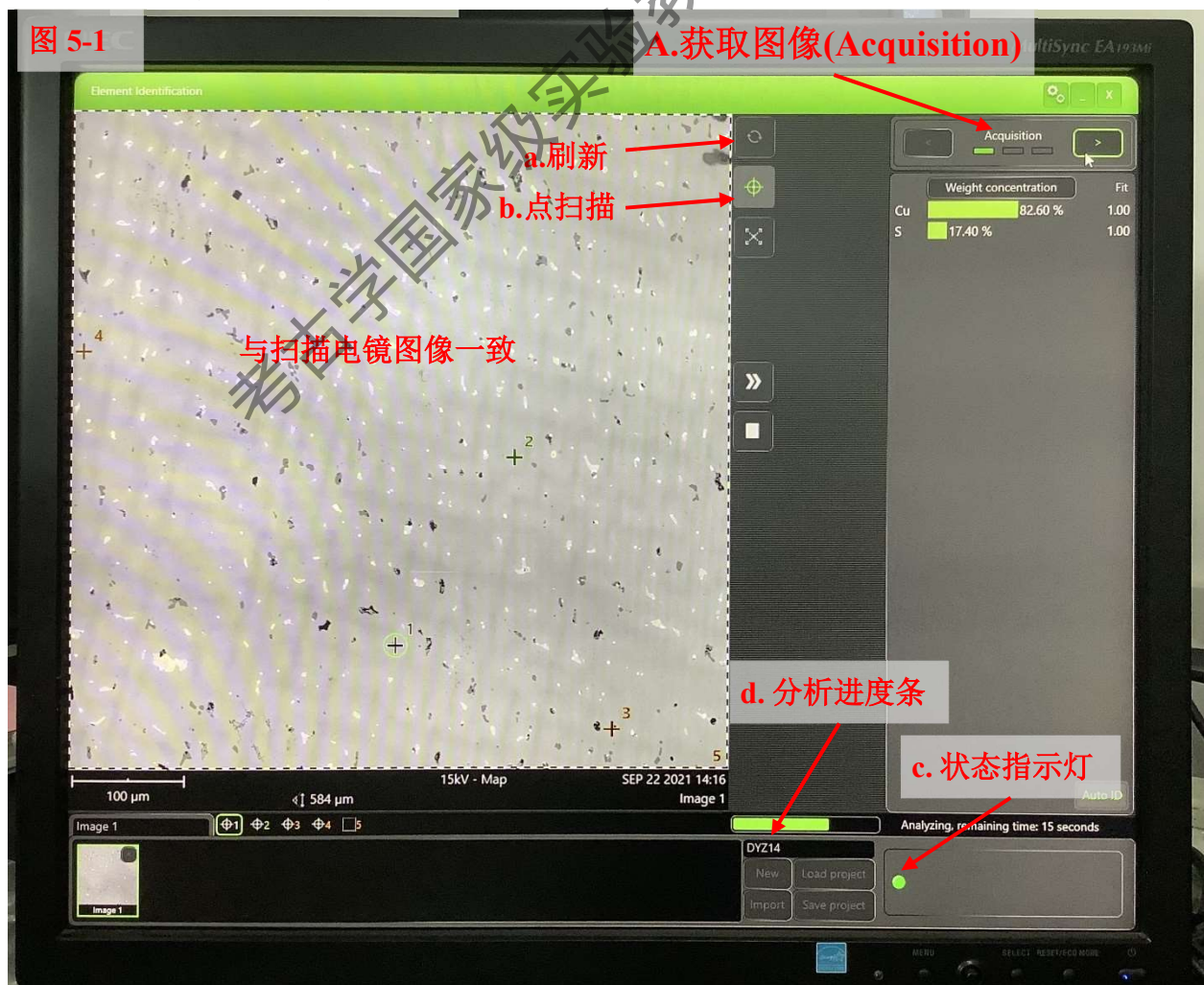
红色  : 参数较差，按照提示信息进行优化设置。

橘红色和红色指示灯亮起来时禁止任何形式的能谱分析！

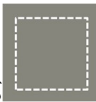
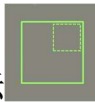
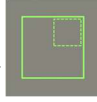
一般情况下红色指示灯只会在样品杯被拿出的情况下亮起，由于其他原因持续亮红灯请通知老师！

2. 选中图标  (图 5-1 b.)点扫描，在图像中进行选点分析操作。

这里可以选择视野中任意感兴趣的夹杂物，测定其成分。注意不要选样品中的黑色孔洞(图 4-2 k.)，孔洞一般非常黑且有纵深。



C. Mapping:

3. 选中图标  (图 5-2 a.)或图标  (图 5-2 b.)进行面扫, 若电子像有锈蚀与巨大的孔洞, 则用 , 在电子像中自行选择**面积最大**的金属面, 测定该区域的成分



B. Analysis:

4. 选定的点与面分析完毕后分析进度条消失(图 5-1 d.)，状态指示灯(图 5-1 c.)显示绿色

5. 检查分析结果

a. 元素分析结果 (图 5-3 a.)

显示所有元素分析结果，按照元素含量进行排序 (重量百分比)；

Fit 表明元素含量的拟合度/准确度；

图 5-3 Weight concentration

	Weight concentration	Fit
Cu	85.16 %	1.00
Sn	12.10 %	1.00
O	1.64 %	0.99
F	1.09 %	0.99



(I) 检查是否有测试样品中不存在的元素，例如右图 5-3 中测定青铜器样品测出了氟(F)，则需要在下图元素周期表中

右击鼠标，将氟(F)从元素分析结果删除(图 5-4 b.)

样品一般不会包含放射性元素(具体参见最后一页元素周期表附-1)；青铜样品不测碳(C)，除了硫(S)、氧(O)其余非金属元素存在概率低

(II) 检查拟合情况

实际测得能谱将以红色显示(图 5-4 c.)，白色线为计算拟合的结果(图 5-4 d.)

● 如果一个红色的峰不能被白色的线包含，证明此处有未自动识别的元素将鼠标停留在该处：

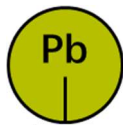
> 软件将自动给出该峰有可能代表的元素，自行筛选备选元素，在元素周期表中将你认为最有可能的元素选上；

右键点击可以选择添加或删除该元素；

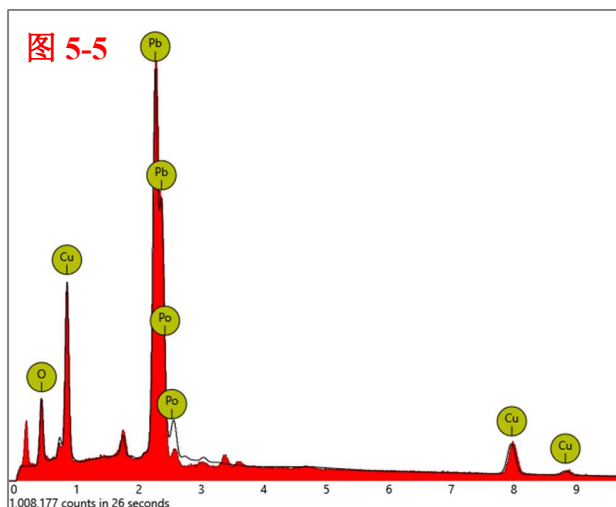
> 白色拟合线将立即随之变化。

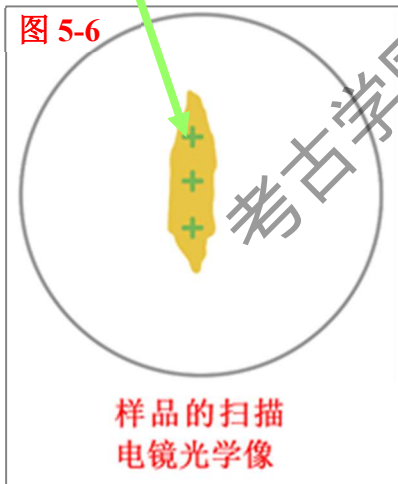
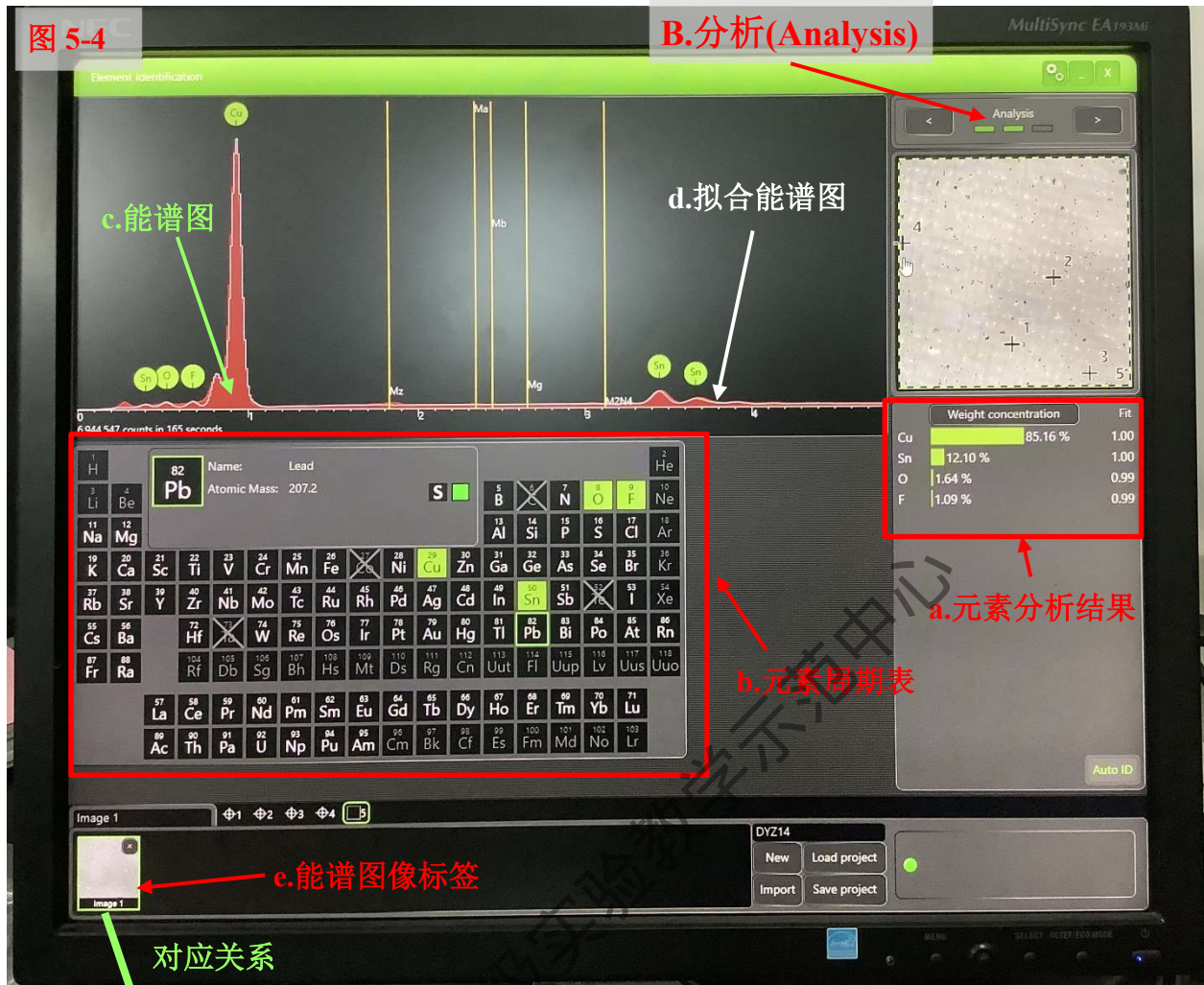
● 通过选择或删除某些元素，获得较好的拟合结果，即白线与红色谱**较好的吻合**

● 能谱图中元素标示图



均标注在红色能谱峰峰顶上，右图 5-5 钋(Po)元素标示图并不满足上述条件，因此需要在元素周期表(图 5-4 b.)删除 Po





6. 默认的能谱图像标签(图 5-4 e.), 为“Image 1”, “Image 2” etc. 标签可以自定义
 同一个样品在扫描电镜光学像上**选择 3~4 个位置**(左图 5-6 绿色十字+), 不同+对应不同的电子像/ Image 1, 电子像与能谱图像标签对应关系由刷新建立, 详见 Step7. 能谱简单操作, 1.;
 若样品过小, 则选择 1~2 个不同位置即可

Step6. 保存报告与报告的使用

这里写样品编号，请在样品放进扫描电镜前就填好

一个样品检测完毕后，新建 Project。参见 Step5. 能谱简单操



保存 Project，形式为文件夹，文件夹内容参见下文

保存下来的 Project 文件夹以填入的样品编号为文件夹名，文件夹内容如下图：

图 6-2

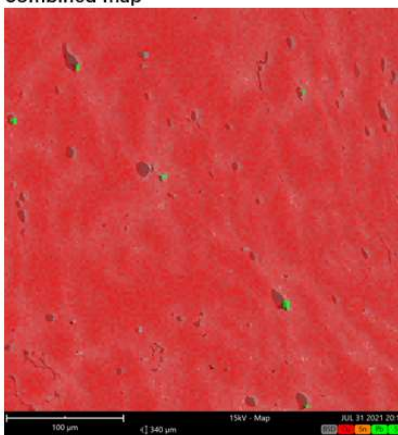
名称	修改日期	类型	大小
Report_20210731212732.docx	2021/7/31 21:27	Microsoft Word ...	38,918 KB

DYZ21

User name: PHENOM-WORLD-PC\Phenom-World
Contains 4 images with a total of 33 analyses

- 01. part1
 - 8 analyses: 1x map, 7x spot
- 02. part2
 - 9 analyses: 1x map, 8x spot
- 03. part3
 - 7 analyses: 1x map, 6x spot
- 04. part4
 - 9 analyses: 9x spot

part2
1. map
Combined map





Element Number	Element Symbol	Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.
29	Cu	Copper	97.05	94.62
50	Sn	Tin	2.50	4.55
82	Pb	Lead	0.23	0.73
16	S	Sulfur	0.22	0.11

样品主成分质量分数计算，计算平均值，位置 p ；元素 e ；位置个数 n ：
计算结果单位是%，能谱仪测定的是相对含量，因此各元素质量分数之和为 1

$$\overline{w(e)} = \frac{w(e_{p_1}) + w(e_{p_2}) + \dots + w(e_{p_n})}{n}$$

Step7. 能谱关机与扫描电镜待机

1. 待测试样品测完后关闭能谱仪(普通的电脑关机操作)
2. 扫描电镜用完后关闭舱门，按主机上电源键，

 变成  ；显示器上显示“设备已待机”



Step8. ICP原始数据处理

1. 原始数据

认定的元素

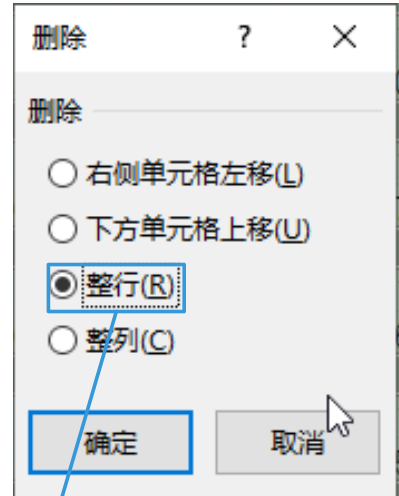
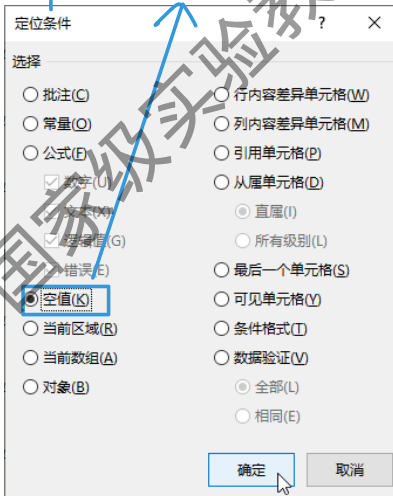
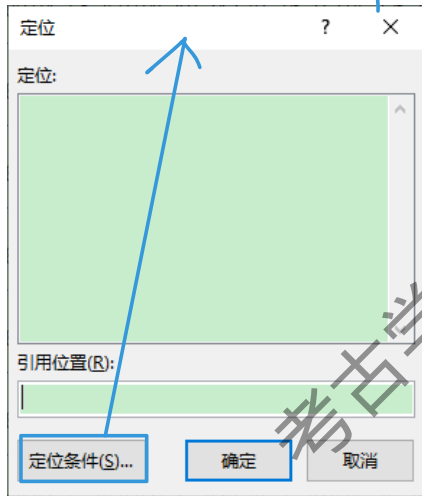
需要的数据

Sample	Pb	Ni	Bi	Co	Mn	Ag	Cu	Sn	As	Fe	Au	Zn	Sb	Ca	Mg	P
3-373 DYZ	0.5122	0.3411	-0.3829	0.0239	-0.0131	0.2716	462.5856	37.1724	2.6682	0.1645	0.1587	0.1335	1.0233	0.2949	0.0057	-102.614
3-374 DYZ	2.4748	0.3051	-0.2624	0.1018	-0.013	0.2607	434.289	128.54	2.8819	11.2068	11.1948	0.172	0.4819	0.1427	-0.0035	-86.9033
3-375 DYZ	0.3506	0.2415	-0.272	0.0483	-0.0133	0.2503	446.7146	31.1863	2.9009	0.7019	0.7101	0.1458	0.9168	0.1097	0.0021	-86.0554
3-377 DYZ	3.8625	0.063	-0.6115	-0.0041	-0.0125	0.261	686.8716	22.0801	0.4371	0.1975	0.1972	0.2391	0.0136	0.1661	0.0046	-148.025
3-378 DYZ	6.081	0.062	-0.476	-0.0137	-0.0102	0.3161	581.157	97.1322	0.8839	0.1219	0.1265	0.1808	1.0289	14.0902	0.0651	-126.505

2. 整理数据

- ① 先把这块，整块向上移，使样品编号对齐 Mean 那一行
- ② 把这一列的“Line”和“Mean”给替换成空

Ctrl + G 打开定位，选择“定位条件”，选“空值”



“确定”后变成下图

右击，选删除，删除整行

Sample	Pb	Ni	Bi	Co	Mn	Ag	Cu	Sn	As	Fe	Au	Zn	Sb	Ca	Mg	P
3-373 DYZ	0.5122	0.3411	-0.3829	0.0239	-0.0131	0.2716	462.5856	37.1724	2.6682	0.1645	0.1587	0.1335	1.0233	0.2949	0.0057	-102.614
3-374 DYZ	2.4748	0.3051	-0.2624	0.1018	-0.013	0.2607	434.289	128.54	2.8819	11.2068	11.1948	0.172	0.4819	0.1427	-0.0035	-86.9033
3-375 DYZ	0.3506	0.2415	-0.272	0.0483	-0.0133	0.2503	446.7146	31.1863	2.9009	0.7019	0.7101	0.1458	0.9168	0.1097	0.0021	-86.0554
3-377 DYZ	3.8625	0.063	-0.6115	-0.0041	-0.0125	0.261	686.8716	22.0801	0.4371	0.1975	0.1972	0.2391	0.0136	0.1661	0.0046	-148.025
3-378 DYZ	6.081	0.062	-0.476	-0.0137	-0.0102	0.3161	581.157	97.1322	0.8839	0.1219	0.1265	0.1808	1.0289	14.0902	0.0651	-126.505

完成!

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1	编号	Pb 220.35	Ni 231.60	Bi 223.061	Co 228.61	Mn 257.61	Ag 328.06	Cu 324.75	Sn 189.99	As 189.04	Fe 259.94	Au 242.79	Zn 213.85	Sb 206.83	Ca 317.93	Mg 279.51	P 214.914 r	
2	3-373 DYZ	0.5122	0.3411	-0.3829	0.0239	-0.0131	0.2716	462.5856	37.1724	2.8682	0.1645	0.1587	0.1335	0.1023	0.2949	0.0057	-102.614	
3	3-374 DYZ	2.4748	0.3051	-0.2624	0.1018	-0.013	0.2607	434.289	128.54	2.8819	11.2068	11.1948	0.172	0.4819	0.1427	-0.0035	-86.9033	
4	3-375 DYZ	0.3506	0.2415	-0.272	0.0483	-0.0133	0.2503	446.7146	31.1863	2.9009	0.7019	0.7101	0.1458	0.9168	0.1097	0.0021	-86.0554	
5	3-377 DYZ	3.8625	0.063	-0.6115	-0.0041	-0.0125	0.261	686.8716	22.0801	0.4371	0.1975	0.1972	0.2391	0.0136	0.1661	0.0046	-148.025	
6	3-378 DYZ	6.081	0.062	-0.476	-0.0137	-0.0102	0.3161	581.57	97.1322	0.8839	0.1219	0.1265	0.1808	1.0289	14.0902	0.0651	-126.505	
7	3-379 DYZ	13.5644	0.1054	-0.3564	-0.0029	-0.013	0.2934	421.0062	65.2447	1.8936	0.1106	0.1058	0.122	1.0532	0.1418	0.0108	-88.1241	
8	3-380 DYZ	1.6561	0.2983	-0.2722	0.0395	-0.0134	0.2797	428.4613	37.2298	2.4849	0.7346	0.7355	0.1279	0.1939	0.1311	0.0073	-87.2949	
9	3-381 DYZ	0.2515	0.0119	-0.3951	-0.0146	-0.0103	0.287	453.7316	163.8395	0.5621	1.5539	1.5533	0.1403	-0.2891	0.2931	0.0404	-94.4726	
10	3-382 DYZ	1.1305	0.1546	-0.404	0.0144	-0.0134	0.3668	533.7406	68.9372	2.0956	0.3981	0.3947	0.1667	0.4812	0.0231	-0.0158	-115.353	
11	3-383 DYZ	0.8251	0.3336	-0.2506	0.0976	-0.0134	0.2846	417.0733	103.6696	1.6115	1.2122	1.2015	0.1473	0.8236	0.1592	0.0105	-90.1774	
12	3-384 DYZ	0.3933	0.0192	-0.5971	-0.013	-0.003	0.2806	615.7672	209.2336	0.5532	0.8931	0.8779	0.1775	-0.4707	0.0383	-0.0127	-145.452	
13	3-385 DYZ	0.4958	0.0452	-0.627	-0.0138	-0.0111	0.3092	628.0675	204.9794	0.6018	5.5645	5.4858	0.1855	-0.2668	0.0987	-0.0071	-149.621	
14	3-386 DYZ	1.2521	0.3867	-0.5063	0.0226	-0.0133	0.2678	592.1032	83.656	1.7819	0.6225	0.6166	0.1714	1.5229	0.2308	0.0012	-140.316	
15	3-387 DYZ	0.7882	0.4116	-0.2789	0.1131	-0.0132	0.2809	454.5211	51.8828	3.4809	13.2272	12.9753	0.1644	1.5514	0.0241	-0.0114	-105.779	
16	3-388 DYZ	2.5247	0.7095	-0.8886	0.1111	-0.0138	0.3263	1017.99	54.3961	3.2478	1.6127	1.5633	0.3808	1.0393	0.0414	-0.0136	-276.292	
17	3-389 DYZ	2.234	0.2681	-0.5965	0.0198	-0.0126	0.3511	696.5958	106.7434	3.1604	0.3561	0.3466	0.2213	0.8619	0.1915	0.011	-178.221	
18	3-390 DYZ	1.1497	0.387	-0.4054	0.0997	-0.0108	0.3081	540.4218	85.4515	3.8225	4.9898	4.8845	0.1701	1.3831	0.1126	-0.0056	-131.04	
19	3-391 DYZ	9.3063	0.3683	-0.4559	0.1223	-0.0126	0.2653	619.3831	92.4041	2.9078	9.1406	8.9063	0.2082	0.9502	0.1692	0	-153.651	
20	3-392 DYZ	1.0814	0.2014	-0.5379	-0.0032	-0.0132	0.3336	631.7706	11.1557	3.4048	0.2405	0.2308	0.18	1.2126	0.0449	-0.006	-158.532	
21	3-393 DYZ	0.8207	0.3571	-0.4087	0.0884	-0.0127	0.3068	564.8394	37.5579	3.9831	14.3866	13.9807	0.1848	1.525	0.0848	0.0009	-140.967	
22	3-394 DYZ	1.589	0.1	-0.4044	0.0044	-0.0135	0.2621	457.8961	79.5928	1.6585	0.7859	0.7629	0.1083	0.2551	0.0432	-0.0171	-113.531	
23	3-396 DYZ	7.0741	0.1643	-0.3961	0.0615	-0.0135	0.2741	471.8631	66.3895	1.4327	7.6884	7.426	0.1601	0.4847	-0.0171	-0.0118	-118.458	
24	3-397 DYZ	7.4802	0.6312	-1.019	0.1185	-0.013	0.3915	1082.958	131.2449	3.2389	1.8397	1.7797	0.3875	1.8987	0.0397	-0.0222	-78.616	
25	3-398 DYZ	0.1798	0.0442	-0.3381	-0.0121	-0.0124	0.2365	326.4905	117.153	0.8964	1.1676	1.1274	0.0645	0.1742	0.1902	0.0028	-79.759	
26	3-399 DYZ	1.0118	0.3223	-1.0707	0.0219	-0.0105	0.2636	1045.704	197.6223	2.9535	7.4316	7.157	0.3761	0.4548	-0.0175	-0.0194	-306.224	
27	3-400 DYZ	1.2535	0.141	-0.6793	0.0293	-0.0129	0.3723	664.7684	3.4389	4.2178	8.9005	8.5571	0.2274	1.3413	0.2039	0.0175	-180.149	
28	3-402 DYZ	6.1312	0.0901	-0.3711	-0.0025	-0.013	0.2585	404.134	76.9172	1.8795	0.5791	0.5571	0.0897	0.1563	0.0415	-0.0076	-101.112	
29	3-403 DYZ	0.7796	0.3267	-0.7472	0.0103	-0.0127	0.3035	373.1894	99.3895	3.7176	0.4801	0.4566	0.2178	1.3204	0.0642	-0.006	-204.439	
30	3-404 DYZ	1.2116	0.504	-0.6636	0.1527	-0.0125	0.3477	824.4569	114.4402	5.0633	19.0691	18.2969	0.8782	1.1827	0.2231	0.021	-230.464	
31	3-405 DYZ	5.7095	0.127	-0.4875	0.0054	-0.0117	0.3079	528.0478	80.2776	1.359	0.4624	0.4432	0.1355	0.5606	0.3086	0.0179	-137.969	

3. 开始计算

可以先按定容大小排个序
一样定容的放在一起好算

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
1	编号	器类	Pb 220.	Ni 231.60	Bi 223.061	Co 228.61	Mn 257.61	Ag 328.	Cu 324.	Sn 189.	As 189.	Fe 259.94	Au 242.	Zn 213.	Sb 206.83	Wet. (mg)	定容(ml)	Pb	Ni	Bi	Co	Mn	Ag
2	DYZ01	铜锡(右)	0.5122	0.3411	-0.383	0.0239	-0.013	0.2716	462.59	37.172	2.8682	0.1645	0.1587	0.1335	0.1023	27.24	50						
3	DYZ02	铜饰(不带)	2.4748	0.3051	-0.262	0.1018	-0.013	0.2607	434.29	128.54	2.8819	11.207	11.195	0.172	0.4819	31.16	55						
4	DYZ03	铜矛	0.3506	0.2415	-0.272	0.0483	-0.013	0.2503	446.71	31.186	2.9009	0.7019	0.7101	0.1458	0.9168	52.09	100						
5	DYZ04	绿松石																					
6	DYZ05	铜戈	3.8625	0.063	-0.612	-0.004	-0.013	0.261	686.87	22.08	0.4371	0.1975	0.1972	0.2391	0.0136	94.65	100						
7	DYZ06	铜剑	6.081	0.062	-0.476	-0.014	-0.01	0.3161	581.57	97.132	0.8839	0.1219	0.1265	0.1808	1.0289	76.37	100						
8	DYZ07	铜矛	13.5644	0.1054	-0.356	-0.003	-0.013	0.2934	421.01	65.245	1.8936	0.1106	0.1058	0.122	1.0532	52.01	100						
9	DYZ08	铜削	1.6561	0.2983	-0.272	0.0395	-0.013	0.2797	428.46	37.23	2.4849	0.7346	0.7355	0.1279	0.1939	52.07	100						
10	DYZ09	铜扣	0.2515	0.0119	-0.395	-0.015	-0.012	0.287	453.73	163.84	0.5621	1.5539	1.5533	0.1403	-0.289	64.72	100						
11	DYZ10	铜锡	1.1305	0.1546	-0.404	0.0144	-0.013	0.3668	533.74	68.937	2.0956	0.3981	0.3947	0.1667	0.4812	66.32	100						
12	DYZ11	残铜器	0.8251	0.3336	-0.251	0.0976	-0.013	0.2846	417.07	103.67	1.6115	1.2122	1.2015	0.1473	0.8236	56.06	100						
13	DYZ12	铜扣(残)	0.3933	0.0192	-0.597	-0.013	-0.003	0.2806	615.77	209.23	0.5532	0.8931	0.8779	0.1775	-0.471	92.25	100						
14	DYZ13	铜扣	0.4958	0.0452	-0.627	-0.014	-0.011	0.3092	628.07	204.98	0.6018	5.5645	5.4858	0.1855	-0.267	91.67	100						
15	DYZ14	铜戈	1.2521	0.3867	-0.506	0.0226	-0.013	0.2678	592.1	83.656	1.7819	0.6225	0.6166	0.1714	1.5229	37.46	100						
16	DYZ15	铜剑	0.7882	0.4116	-0.278	0.1131	-0.013	0.2809	454.52	51.883	3.4809	13.227	12.975	0.1644	1.5514	57.44	100						
17	DYZ16	铜	2.5247	0.7095	-0.889	0.1111	-0.014	0.3263	1018	54.396	3.2478	1.6127	1.5633	0.3808	1.0393	143.71	100						
18	DYZ17	铜矛	2.234	0.2681	-0.597	0.0198	-0.013	0.3511	696.6	106.74	3.1604	0.3561	0.3466	0.2213	0.8619	91.46	100						
19	DYZ18	铜剑	1.1497	0.387	-0.405	0.0997	-0.011	0.3081	540.42	85.452	3.8225	4.9898	4.8845	0.1701	1.3831	34.76	50						
20	DYZ19	铜削	9.3063	0.3683	-0.456	0.1223	-0.013	0.2653	619.38	92.404	2.9078	9.1406	8.9063	0.2082	0.9502	84.26	100						
21	DYZ20	铜矛	1.0814	0.2014	-0.538	-0.003	-0.013	0.3336	631.77	11.156	3.4048	0.2405	0.2308	0.18	1.2126	72.38	100						
22	DYZ21	铜矛	0.8207	0.3571	-0.409	0.0884	-0.013	0.3068	564.84	37.558	3.9831	14.387	13.981	0.1848	1.525	67.57	100						
23	DYZ22	铜戈	1.589	0.1	-0.404	0.0044	-0.014	0.2621	457.9	79.593	1.6585	0.7859	0.7629	0.1083	0.2551	57.33	100						
24	DYZ23	铜矛																					
25	DYZ24	铜剑残部	7.0741	0.1643	-0.396	0.0615	-0.014	0.2741	471.86	66.39	1.4327	7.6884	7.426	0.1601	0.4847	59.97	100						
26	DYZ25	铜剑	7.4802	0.6312	-1.019	0.1185	-0.013	0.3915	1083	131.24	3.2389	1.8397	1.7797	0.3875	1.8987	154.21	100						
27	DYZ26	铜扣	0.1798	0.0442	-0.338	-0.012	-0.012	0.2365	326.49	117.15	0.8964	1.1676	1.1274	0.0645	-0.174	23.08	50						
28	DYZ27	铜锡(残)	1.0118	0.3																			

输入公式: $= (\text{定容} / 10) \times \text{Mean}_{(c)} / \text{Wet}_{(c)}$

如. 这里示例: $= 5 \times C_2 / \$P_2$ (一定要加上 "\$" 符号)

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W			
1	编号	器类	Pb 2%	Ni 2%	Bi 2%	Co 2%	Mn 2%	Ag 3%	Cu 3%	Sn 1%	As 1%	Fe 2%	Au 2%	Zn 2%	Sb 2%	Wet (r)	定容 (r)	Pb	Ni	Bi	Co	Mn	Ag		
2	DYZ01	铜钨(右)	0.5122	0.3411	-0.383	0.0239	-0.013	0.2716	462.59	37.172	2.8682	0.1645	0.1587	0.1335	1.0233	27.24	50	0.094							
3	DYZ14	铜钨	1.2521	0.3867	-0.506	0.0226	-0.013	0.2678	592.1	83.656	1.7819	0.6225	0.6166	0.1714	1.5229	37.5	50	0.0169							
4	DYZ18	铜钨	1.1497	0.387	-0.405	0.0997	-0.011	0.3081	540.42	85.452	3.8225	4.9898	4.8845	0.1701	1.3831	34.76	50	0.0164							
5	DYZ26	铜钨	0.1798	0.0442	-0.338	-0.012	-0.012	0.2365	326.49	117.15	0.8964	1.1676	1.1274	0.0645	-0.174	23.08	50	0.039							
6	DYZ28	铜片	1.2535	0.141	-0.679	0.0293	-0.013	0.3723	664.77	3.4389	4.2178	8.9005	8.5571	0.2274	1.3413	39.31	50	0.0194							
7	DYZ37	钨	3.6055	0.1931	-0.382	0.0362	-0.013	0.3147	506.83	60.342	4.0438	1.7088	1.6386	0.1414	0.8591	33.46	50	0.588							
8	DYZ39	铜钨	2.0718	0.6422	-0.481	0.0786	-0.013	0.3366	561.78	42.362	7.2013	5.528	5.2322	0.1888	2.7887	34.36	50	0.315							
9	DYZ40	铜钨	1.2233	0.3399	-0.24	0.0349	-0.012	1.7756	313.29	22.149	3.748	2.9776	2.8335	0.0833	1.1569	17.69	50	0.358							
10	DYZ54	铜钨	1.4912	0.3753	-0.481	0.0949	-0.01	0.3253	570.91	121.78	4.4546	3.5289	3.343	0.1556	1.2	38.41	50	0.141							

先向下自动填充, 再向右自动填充

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W		
1	编号	器类	Pb 2%	Ni 2%	Bi 2%	Co 2%	Mn 2%	Ag 3%	Cu 3%	Sn 1%	As 1%	Fe 2%	Au 2%	Zn 2%	Sb 2%	Wet (r)	定容 (r)	Pb	Ni	Bi	Co	Mn	Ag	
2	DYZ01	铜钨(右)	0.5122	0.3411	-0.383	0.0239	-0.013	0.2716	462.59	37.172	2.8682	0.1645	0.1587	0.1335	1.0233	27.24	50	0.094						
3	DYZ14	铜钨	1.2521	0.3867	-0.506	0.0226	-0.013	0.2678	592.1	83.656	1.7819	0.6225	0.6166	0.1714	1.5229	37.5	50	0.0169						
4	DYZ18	铜钨	1.1497	0.387	-0.405	0.0997	-0.011	0.3081	540.42	85.452	3.8225	4.9898	4.8845	0.1701	1.3831	34.76	50	0.0164						
5	DYZ26	铜钨	0.1798	0.0442	-0.338	-0.012	-0.012	0.2365	326.49	117.15	0.8964	1.1676	1.1274	0.0645	-0.174	23.08	50	0.039						
6	DYZ28	铜片	1.2535	0.141	-0.679	0.0293	-0.013	0.3723	664.77	3.4389	4.2178	8.9005	8.5571	0.2274	1.3413	39.31	50	0.0194						
7	DYZ37	钨	3.6055	0.1931	-0.382	0.0362	-0.013	0.3147	506.83	60.342	4.0438	1.7088	1.6386	0.1414	0.8591	33.46	50	0.588						
8	DYZ39	铜钨	2.0718	0.6422	-0.481	0.0786	-0.013	0.3366	561.78	42.362	7.2013	5.528	5.2322	0.1888	2.7887	34.36	50	0.315						
9	DYZ40	铜钨	1.2233	0.3399	-0.24	0.0349	-0.012	1.7756	313.29	22.149	3.748	2.9776	2.8335	0.0833	1.1569	17.69	50	0.358						
10	DYZ54	铜钨	1.4912	0.3753	-0.481	0.0949	-0.01	0.3253	570.91	121.78	4.4546	3.5289	3.343	0.1556	1.2	38.41	50	0.141						
11	DYZ57	铜钨	0.8409	0.3496	-0.557	0.0021	-0.013	0.2334	614.49	34.493	0.998	0.1173	0.1663	0.1568	8.6358	37.29	50	0.128						
12	DYZ68	铜钨	9.0967	0.0594	-0.262	-0.005	-0.013	0.2809	276.83	46.079	1.1607	0.3179	0.3531	0.064	0.4847	18.58	50	0.128						
13	DYZ02	铜饰(下敷)	2.4748	0.3051	-0.262	0.1018	-0.013	0.2607	434.29	128.54	2.8819	1.1201	1.195	0.172	0.4819	31.16	55							
14	DYZ42	铜矛	0.2854	0.1469	-0.133	0.0204	-0.013	0.2221	204.47	41.304	1.722	1.1681	1.1045	0.0303	0.3539	12.94	55							

计算完成!

H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	
1	Ag 3%	Cu 3%	Sn 1%	As 1%	Fe 2%	Au 2%	Zn 2%	Sb 2%	Wet (r)	定容 (r)	Pb	Ni	Bi	Co	Mn	Ag	Cu	Sn	As	Fe	Au	Zn	Sb
2	0.2716	462.59	37.172	2.8682	0.1645	0.1587	0.1335	1.0233	27.24	50	0.094	0.0626	-0.07	0.0044	-0.002	0.0499	84.909	6.8231	0.5265	0.0302	0.0291	0.0245	0.1878
3	0.2678	592.1	83.656	1.7819	0.6225	0.6166	0.1714	1.5229	37.5	50	0.1669	0.0516	-0.068	0.003	-0.002	0.0357	78.947	11.154	0.2376	0.083	0.0822	0.0229	0.2031
4	0.3081	540.42	85.452	3.8225	4.9898	4.8845	0.1701	1.3831	34.76	50	0.1654	0.0557	-0.058	0.0143	-0.002	0.0443	77.736	12.292	0.5498	0.7178	0.7026	0.0245	0.1989
5	0.2365	326.49	117.15	0.8964	1.1676	1.1274	0.0645	-0.174	23.08	50	0.039	0.0096	-0.073	-0.003	-0.003	0.0512	70.73	25.38	0.1942	0.2529	0.2442	0.014	-0.038
6	0.3723	664.77	3.4389	4.2178	8.9005	8.5571	0.2274	1.3413	39.31	50	0.1594	0.0179	-0.086	0.0037	-0.002	0.0474	84.555	0.4374	0.5365	1.1321	1.0884	0.0289	0.1706
7	0.3147	506.83	60.342	4.0438	1.7088	1.6386	0.1414	0.8591	33.46	50	0.5388	0.0289	-0.057	0.0054	-0.002	0.047	75.737	9.0171	0.6043	0.2553	0.2449	0.0211	0.1284
8	0.3366	561.78	42.362	7.2013	5.528	5.2322	0.1888	2.7887	34.36	50	0.3015	0.0935	-0.07	0.0114	-0.002	0.049	81.749	6.1644	1.0479	0.8044	0.7615	0.0275	0.4058
9	1.7756	313.29	22.149	3.748	2.9776	2.8335	0.0833	1.1569	17.69	50	0.3458	0.0961	-0.068	0.0099	-0.003	0.0519	88.551	6.2602	1.0594	0.8416	0.8009	0.0235	0.327
10	0.3253	570.91	121.78	4.4546	3.5289	3.343	0.1556	1.2	38.41	50	0.1941	0.0489	-0.063	0.0124	-0.001	0.0423	74.317	15.853	0.5799	0.4594	0.4352	0.0203	0.1562
11	0.2334	614.49	34.493	0.998	0.1713	0.1661	0.1568	8.6358	37.29	50	0.1128	0.0469	-0.075	0.0003	-0.002	0.0313	82.394	4.625	0.1338	0.023	0.0223	0.021	1.1579
12	0.2809	276.83	46.079	1.1607	0.3719	0.3531	0.064	0.4847	18.58	50	2.448	0.016	-0.07	-0.001	-0.003	0.0756	74.498	12.4	0.3124	0.1001	0.095	0.0172	0.1304
13	0.2607	434.29	128.54	2.8819	1.1207	1.195	0.172	0.4819	31.16	55	0.4368	0.0539	-0.046	0.018	-0.002	0.046	76.656	22.688	0.5087	1.9781	1.976	0.0304	0.0851
14	0.2221	204.47	41.304	1.722	1.1681	1.1045	0.0303	0.3539	12.94	55	0.1213	0.0624	-0.056	0.0087	-0.006	0.0944	86.908	17.556	0.7319	0.4965	0.4695	0.0129	0.1504
15	0.2503	446.71	31.186	2.9009	0.7019	0.7101	0.1458	0.9168	52.09	100	0.0673	0.0464	-0.052	0.0093	-0.003	0.0481	85.758	5.987	0.5569	0.1347	0.1363	0.028	0.176
16	0.261	686.87	22.08	0.4371	0.1975	0.1972	0.2391	0.0136	94.65	100	0.4081	0.0067	-0.065	-4E-04	-0.001	0.0276	72.57	2.3328	0.0462	0.0209	0.0208	0.0253	0.0014
17	0.3161	581.57	97.132	0.8839	0.1219	0.1265	0.1808	0.289	76.27	100	0.7973	0.0081	-0.062	-0.002	-0.001	0.0414	76.251	12.735	0.1159	0.0169	0.0166	0.0237	0.1349
18	0.2934	421.01	65.245	1.8936	0.1106	0.1058	0.122	1.0532	53.76	100	2.5231	0.0196	-0.066	-5E-04	-0.002	0.0546	78.312	12.136	0.3522	0.0206	0.0197	0.0227	0.1959
19	0.2797	428.46	37.23	2.4849	0.7346	0.7355	0.1279	0.1939	52.14	100	0.3176	0.0572	-0.052	0.0076	-0.003	0.0536	82.175	7.1404	0.4766	0.1409	0.1411	0.0245	0.0372
20	0.287	453.73	163.84	0.5621	1.5539	1.5533	0.1403	-0.289	64.75	100	0.0388	0.0018	-0.061	-0.002	-0.002	0.0443	70.074	25.303	0.0868	0.24	0.2399	0.0217	-0.045
21	0.3668	533.74	68.937	2.0956	0.3981	0.3947	0.1667	0.4812	66.32	100	0.1705	0.0233	-0.061	0.0022	-0.002	0							

4.微量元素分组

① 查找内容: "-*" 将负数替换成0

② 调整元素顺序
As, Sb, Ag, Ni, Pb, Sn


方便直接复制到分组工程

分组完成!

编号	器类	分组	As	Sb	Ag	Ni	Pb	Sn	Bi	Co	Mn	Fe	Au	Zn	Cu	Ni	Ni
1	DY201	铜锡(右)	6	0.5265	0.1878	0.0499	0.0626	0.0940	6.8231	0.0000	0.0044	0.0000	0.0302	0.0291	0.0245	84.9093	0.5122
2	DY202	铜锡(下侧)	6	0.5008	0.0851	0.0460	0.0539	0.4368	22.6884	0.0000	0.0180	0.0000	1.9781	1.9760	0.0304	76.6556	2.4748
3	DY203	铜牙	6	0.5569	0.1760	0.0481	0.0464	0.0673	5.9870	0.0000	0.0093	0.0000	0.1347	0.1363	0.0280	85.7582	0.3506
4	DY204	绿松石															
5	DY205	铜戈	1	0.0462	0.0014	0.0276	0.0067	0.4081	2.3328	0.0000	0.0000	0.0000	0.0209	0.0208	0.0253	72.5696	3.8625
6	DY206	铜剑	6	0.1189	0.1349	0.0414	0.0081	0.7973	12.7353	0.0000	0.0000	0.0000	0.0160	0.0166	0.0237	76.2515	6.081
7	DY207	铜牙	6	0.3522	0.1859	0.0546	0.0196	2.5231	12.1363	0.0000	0.0000	0.0000	0.0206	0.0197	0.0227	78.3122	13.5644
8	DY208	铜削	2	0.4766	0.0372	0.0536	0.0572	0.3176	7.1404	0.0000	0.0076	0.0000	0.1409	0.1411	0.0245	82.1752	1.6561
9	DY209	铜扣	2	0.0968	0.0000	0.0443	0.0018	0.0388	25.3034	0.0000	0.0000	0.0000	0.2400	0.2399	0.0217	70.0744	0.2515
10	DY210	铜锤	2	0.3160	0.0726	0.0553	0.0233	0.1705	10.3946	0.0000	0.0022	0.0000	0.0600	0.0595	0.0251	80.4796	1.1305
11	DY211	残铜器	6	0.2875	0.1469	0.0508	0.0595	0.1472	18.4926	0.0000	0.0174	0.0000	0.2162	0.2143	0.0263	74.3977	0.8251
12	DY212	铜扣(残)	1	0.0630	0.0000	0.0319	0.0022	0.0448	23.8152	0.0000	0.0000	0.0000	0.1017	0.0999	0.0202	70.0873	0.3933
13	DY213	铜扣	1	0.0657	0.0000	0.0337	0.0049	0.0541	22.3630	0.0000	0.0000	0.0000	0.6071	0.5985	0.0202	68.5214	0.4958
14	DY214	铜戈	6	0.2376	0.2031	0.0357	0.0516	0.1669	11.1541	0.0000	0.0030	0.0000	0.0830	0.0822	0.0229	78.9471	1.2521
15	DY215	铜剑	6	0.6063	0.2702	0.0489	0.0717	0.1373	9.0372	0.0000	0.0197	0.0000	2.3040	2.2601	0.0286	79.1711	0.7882
16	DY216	钲	2	0.2260	0.0723	0.0227	0.0494	0.1757	3.7851	0.0000	0.0077	0.0000	0.1122	0.1088	0.0265	70.8364	2.5247
17	DY217	铜牙	6	0.3455	0.0942	0.0384	0.0293	0.2443	11.6710	0.0000	0.0022	0.0000	0.0389	0.0379	0.0242	76.1640	2.234
18	DY218	铜剑	6	0.5498	0.1989	0.0443	0.0557	0.1654	12.2916	0.0000	0.0143	0.0000	0.7178	0.7026	0.0245	77.7362	1.1497
19	DY219	铜剑	6	0.3451	0.1128	0.0315	0.0437	1.1045	10.9665	0.0000	0.0145	0.0000	1.0848	1.0570	0.0247	73.5086	9.3063
20	DY220	铜牙	6	0.4704	0.1675	0.0461	0.0278	0.1494	1.5413	0.0000	0.0000	0.0000	0.0332	0.0319	0.0249	87.2852	1.0814
21	DY221	铜牙	6	0.5895	0.2257	0.0454	0.0528	0.1215	5.5584	0.0000	0.0131	0.0000	2.1291	2.0691	0.0273	83.5932	0.8207
22	DY222	铜戈	2	0.2893	0.0445	0.0457	0.0174	0.2772	13.8833	0.0000	0.0008	0.0000	0.1371	0.1331	0.0189	79.8702	1.589
23	DY223	铜牙															
24	DY224	铜剑残部	2	0.2389	0.0808	0.0457	0.0274	1.1796	11.0705	0.0000	0.0103	0.0000	1.2820	1.2383	0.0267	78.6832	7.0741
25	DY225	铜剑	6	0.2100	0.1231	0.0254	0.0409	0.4851	8.5108	0.0000	0.0077	0.0000	0.1193	0.1154	0.0251	70.2262	7.4802
26	DY226	铜扣	2	0.1942	0.0000	0.0512	0.0096	0.0390	25.3798	0.0000	0.0000	0.0000	0.2529	0.2442	0.0140	70.7302	0.1798
27	DY227	铜锡(残)	2	0.1948	0.0300	0.0174	0.0213	0.0667	13.0323	0.0000	0.0014	0.0000	0.4901	0.4720	0.0248	68.9596	1.0118
28	DY228	铜片	6	0.5365	0.1706	0.0474	0.0179	0.1594	0.4374	0.0000	0.0037	0.0000	1.1321	1.0884	0.0289	84.5546	1.2535
29	DY229	刀															
30	DY230	铜扣	2	0.3691	0.0307	0.0508	0.0177	1.2041	15.1055	0.0000	0.0000	0.0000	0.1137	0.1094	0.0176	79.3665	6.1312

安全与卫生

安全

1. 各个仪器使用前准备工作/使用过程中严格遵守标注的步骤
2. 拷贝数据/照片时使用的 U 盘/移动硬盘均要求安全，不带病毒，不能使用频繁接入高危电脑(例如：打印店电脑，自己家电脑， etc.) 存储设备
3. 实验室除了公用电脑，其余电脑一律严禁联网，蓝牙
4. 请注意用电安全，离开实验室关闭饮水机下面的插线板，其余插线板需要通电
5. 用完的东西请归位，请勿动他人的东西尤其是样品
6. 有条件的话样品请做好备份，样品极少的情況下优先做金相、电镜

清洁

1. 平日清洁工作注意不要用湿抹布擦拭扫描电镜主机，需要用**无水乙醇**与无尘布擦拭；主机周围桌面上有灰尘、垃圾要及时清理；一般在使用完毕后清洁
2. 自动磨抛机的清洁：能拆下来的部件都洗
3. 玻璃器皿(如滴管、量筒、烧杯)用完后用自来水冲干净，再用纯水冲洗
4. 装纯水的尖嘴瓶请勿装其他液体，请勿碰出水嘴

族	I A	II A
1	1 H 氢 1s ¹ 1.008	4 Be 铍 2s ² 9.012
2	3 Li 锂 2s ¹ 6.941	11 K 钾 4s ¹ 39.10
3	11 K 钾 4s ¹ 39.10	12 Mg 镁 3s ² 24.31
4	19 K 钾 4s ¹ 39.10	20 Ca 钙 4s ² 40.08
5	37 Rb 铷 5s ¹ 85.47	38 Sr 锶 5s ² 87.62
6	55 Cs 铯 6s ¹ 132.9	56 Ba 钡 6s ² 137.3
7	87 Fr 钫 7s ¹ [223]	88 Ra 镭 7s ² 226.0

原子序数。红色为放射性元素

元素名称，带*为人造元素

相对原子质量。带括号的为可能的原子质量

92 U
铀
5f³6d¹7s²
238.0

非金属

金属

过渡元素

族	III A	IV A	V A	VI A	VII A	0
13	13 Al 铝 3s ² 3p ¹ 26.98	14 Si 硅 3s ² 3p ² 28.09	15 P 磷 3s ² 3p ³ 30.97	16 S 硫 3s ² 3p ⁴ 32.07	17 Cl 氯 3s ² 3p ⁵ 35.45	18 Ar 氩 3s ² 3p ⁶ 39.95
14	31 Ga 镓 4s ² 4p ¹ 69.72	32 Ge 锗 4s ² 4p ² 72.61	33 As 砷 4s ² 4p ³ 74.92	34 Se 硒 4s ² 4p ⁴ 78.96	35 Br 溴 4s ² 4p ⁵ 79.90	36 Kr 氪 4s ² 4p ⁶ 83.80
15	49 In 铟 5s ² 5p ¹ 114.8	50 Sn 锡 5s ² 5p ² 118.7	51 Sb 锑 5s ² 5p ³ 121.8	52 Te 碲 5s ² 5p ⁴ 127.6	53 I 碘 5s ² 5p ⁵ 126.9	54 Xe 氙 5s ² 5p ⁶ 131.3
16	81 Tl 铊 6s ² 6p ¹ 204.4	82 Pb 铅 6s ² 6p ² 207.2	83 Bi 铋 6s ² 6p ³ 209.0	84 Po 钋 6s ² 6p ⁴ [209]	85 At 砹 6s ² 6p ⁵ [210]	86 Rn 氡 6s ² 6p ⁶ [222]
17	113 Uut * [284]	114 Fl * [289]	115 Uup * [288]	116 Lv * [293]	117 Uus * [294]	118 Uuo * [294]

族	III B	IV B	V B	VI B	VII B	VIII	I B	II B		
21	21 Sc 钪 3d ¹ 4s ² 44.96	22 Ti 钛 3d ² 4s ² 47.87	23 V 钒 3d ³ 4s ² 50.94	24 Cr 铬 3d ⁵ 4s ¹ 52.00	25 Mn 锰 3d ⁵ 4s ² 54.94	26 Fe 铁 3d ⁶ 4s ² 55.85	27 Co 钴 3d ⁷ 4s ² 58.93	28 Ni 镍 3d ⁸ 4s ² 58.69	29 Cu 铜 3d ¹⁰ 4s ¹ 63.55	30 Zn 锌 3d ¹⁰ 4s ² 65.39
39	39 Y 钇 4d ¹ 5s ² 88.91	40 Zr 锆 4d ² 5s ² 91.22	41 Nb 铌 4d ⁴ 5s ¹ 92.91	42 Mo 钼 4d ⁵ 5s ¹ 95.94	43 Tc * [99]	44 Ru 钌 4d ⁷ 5s ¹ 101.1	45 Rh 铑 4d ⁸ 5s ¹ 102.9	46 Pd 钯 4d ¹⁰ 106.4	47 Ag 银 4d ¹⁰ 5s ¹ 107.9	48 Cd 镉 4d ¹⁰ 5s ² 112.4
57-71	La-lu 镧系 f系	72 Hf 铪 5d ² 6s ² 178.5	73 Ta 钽 5d ³ 6s ² 180.9	74 W 钨 5d ⁴ 6s ² 183.8	75 Re 铼 5d ⁵ 6s ² 186.2	76 Os 锇 5d ⁶ 6s ² 192.2	77 Ir 铱 5d ⁷ 6s ² 192.2	78 Pt 铂 5d ⁹ 6s ¹ 195.1	79 Au 金 5d ¹⁰ 6s ¹ 197.0	80 Hg 汞 5d ¹⁰ 6s ² 200.6
89-103	Ac-Lr 锕系 f系	104 Rf * [261]	105 Db * [262]	106 Sg * [263]	107 Bh * [262]	108 Hs * [265]	109 Mt * [266]	110 Ds * [269]	111 Rg * [272]	112 Cn * [285]

57-La 镧系 5d ¹ 6s ² 138.9	58-Ce 铈 4f ¹ 5d ¹ 6s ² 140.1	59-Pr 镨 4f ³ 6s ² 140.9	60-Nd 钕 4f ⁴ 6s ² 144.2	61-Pm 钷 4f ⁵ 6s ² [147]	62-Sm 钐 4f ⁶ 6s ² 150.4	63-Eu 铕 4f ⁷ 6s ² 152.0	64-Ga 铟 4f ⁷ 5d ¹ 6s ² 157.3	65-La 镧系 4f ⁷ 6s ² 158.9	66-Dy 镝 4f ¹⁰ 6s ² 162.5	67-Ho 铥 4f ¹¹ 6s ² 164.9	68-Er 铒 4f ¹² 6s ² 167.3	69-Tm 铥 4f ¹³ 6s ² 168.9	70-Yb 镱 4f ¹⁴ 6s ² 173.0	71-Lu 镥 4f ¹⁴ 6s ² 175.0
89 Ac 锕系 6d ¹ 7s ² 227.0	90 Th 钍 6d ² 7s ² 232.0	91 Pa 镤 5f ² 6d ¹ 7s ² 231.0	92 U 铀 5f ³ 6d ¹ 7s ² 238.0	93 Np 镎 5f ⁴ 6d ¹ 7s ² 237.0	94 Pu 钚 5f ⁶ 7s ² [244]	95 Am 镅 5f ⁷ 7s ² [243]	96 Cm 锔 5f ⁶ 6s ¹ 7s ² [247]	97 Bk 锫 5f ⁹ 7s ² [247]	98 Cf 锿 5f ¹⁰ 7s ² [251]	99 Es 镱 5f ¹¹ 7s ² [252]	100 Fm 镆 5f ¹² 7s ² [257]	101 Md 镎 5f ¹³ 7s ² [258]	102 No 锘 5f ¹⁴ 7s ² [259]	103 Lr 铹 5f ¹⁴ 6d ¹ 7s ² [260]

注：

- 1.相对原子质量自1995年国际原子量表，全部取4位有效数字。
- 2.相对原子质量加括号的，为放射性元素半衰期最长的同位素原子量。