

地质薄片样品制备目的及制样过程

地质勘查包含的范围很广，进行地质勘查的主要目的是进行区域矿产基地及矿产远景区预测与评价，矿区与矿床的勘探、开发与评价，地质工程领域建设、勘查并评价项目可行性研究与决策等，在此过程中需要对所勘查的区域进行样品采集，通过对样品的分析来确定所勘查区域矿物成分、结构、构造及其组成等。在采集样品后进行分析的过程中就涉及到样品的制备，通常样品分析过程和采集过程需要的时间都很短，而由于地质样品质地和构造的不均匀性，在制样过程中就需要耗费大量的时间，因此如何缩短样品的制备时间，争取在短时间内制备出高质量的样品是一个急需解决的问题。因此，应通过大量的实验经验来选取最短时最优质的制样过程。本文通过对不同设备的使用，总结出了一套快捷的制样方案，使没有制样经验的研究人员也能自行获得优质的地质薄片样品。地质样品的种类繁多，如岩石样品、矿物样品、土壤样品等。本文以岩石样品为例介绍一下地质薄片类样品的基本制备过程。

1、岩石样品采样

1.1 薄片制样目的

- (1) 测定造岩矿物的种类及含量，对岩石进行定名、分类；
- (2) 测定透明矿物的晶形、粒度、构造、光性等特征，研究矿物的形成环境，并为岩石对比提供信息；
- (3) 鉴定岩石的结构（包括粒度）、构造特点，研究岩石的成因及形成史；
- (4) 鉴定矿物包裹体，了解岩石的形成条件；
- (5) 鉴定岩石的后期蚀变、交代及矿化，为找矿提供资料；
- (6) 鉴定化石的种属、特征，研究地层的时代及古生态环境；
- (7) 进行岩石组分分析，研究岩体、岩层的构造；
- (8) 鉴定岩石的微裂缝及孔隙度，为找油找气提供资料。

1.2 采样原则和要求

- (1) 所采集的样品应有充分的代表性。采集标本时要尽量采集新鲜的岩石，并做好野外地质观察描述工作；以下面 4 种典型的地质样品为例

沉积岩：对工作区内各时代地层的每一种代表性岩石均应按地层层序系统采样，同时也要适当采集能反映岩走向变化情况的样品；有沉积矿产的地段和沉积韵律发育地段，应视研究的需要而加密采样点

岩浆岩：在每个岩体中按相带系统采集各种代表性岩石样品，在各相带间的过度地段应加密采样点；对岩体的下列地段及地质体均应采集样品：析离体、捕掳体、同化混染带、脉岩、岩体各类围岩、接触变质带、岩体冷凝边等；对各种类型的火山岩，按其层序及岩性，沿走向和倾向系统采样。

变质岩：根据岩石变质程度按剖面系统采样，并注意样品中应含有划分变质带的标志矿物；对不同层、残留体（由边缘至中心）、各种混合岩应系统地分别采样。

矿石：应按不同自然类型、工业类型、矿化期次、矿物共生组合、结构、构造、围岩蚀变的矿石，以及根据矿石中各有用矿物的相互关系，有用矿物与脉石矿物的相互关系等特征分别采集矿石样品。对于矿石类型复杂，矿物组合变化大的矿体，还应选择有代表性的剖面系统采样，以便研究矿石的变化规律。

(2) 以能反映实际情况和满足切制薄片及手标本观察的需要为原则；

1.3 取样、制样要求

- (1) 样品大小一般 $5 \times 5 \times 5 \text{cm}$ ，粗粒岩石含量测量样品要加大至 $10 \times 10 \times 5 \text{cm}$ ；
- (2) 作岩组分析及区域构造研究的样品要定向，在样品的层理、片理、线理及节理面上标注产状；
- (3) 松散样品应用棉花及小硬盒包装保护，磨片前用稀释的环氧树脂浸泡固结。
- (4) 化石薄片样应在标本上圈出化石的位置及切片的位置；
- (5) 所采样品一般要用白漆在薄片标本的左上角涂一小长方形，待干后写上编号，与此同时要填写标签，然后用麻纸包好，并进行登记。（以下样品同）
- (6) 必要时送样要附采样地质图或剖面图，写明采样位置；
- (7) 一般薄片大小为 $2.4 \times 2.4 \text{cm}$ ，粗粒岩石含量测量要磨大薄片（ $5 \times 5 \text{cm}$ ）；岩组分析薄片要注明切面方向；
- (8) 一般薄片厚度 0.03mm 、化石鉴定薄片厚度 0.04mm 左右、包体测温薄片厚 $0.1 \sim 0.7 \text{mm}$ 。

2 试样制备的具体过程

从野外取回的样品进入实验室后第一步就是在大块样品上切取合适大小的小块试样，再在试样块上切取所要的尺寸的试样片。本实验室一般先将样品切割成 $25 \text{mm} \times 25 \text{mm} \times 5 \text{mm}$ 的长方体试样块，再根据实验需求从试样块上切取适合厚度的薄片。沈阳科晶自动化设备有限公司用来切割地质类样品的有两种类型的机器，一种是外圆切割机，一种是金刚石线切割机。

外圆切割机采用无级调速，扭矩大，运行平稳，刚性好、耐用、切削力强、切割面平整、光洁。不同型号的外圆切割机各具其自身的特点可根据不同需求选择不同的外圆切割机。沈阳科晶自动化设备有限公司制造的外圆切割机适合切割地质样品的有 SYJ-200 自动精密切割机、SYJ-200H 手动快速切割机。图 1 所示为用 SYJ-200H 手动快速切割机将大块岩石切割成小块的岩石样品。

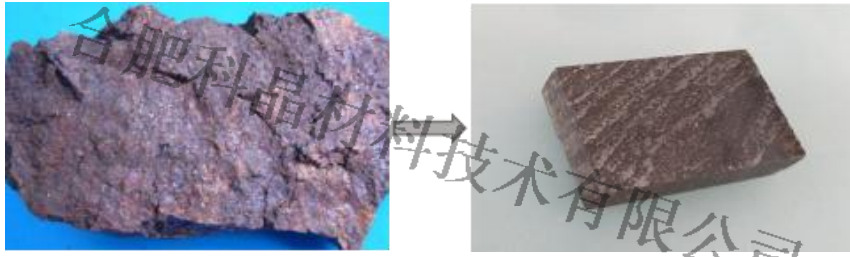


图 1 从大块样品中取出条形样块

金刚石线切割机的切割方式属于柔性切割，依靠金刚石线与材料之间的摩擦使材料切割开，对材料的损伤程度小，切割后的材料表面粗糙度低，平行度好，边缘无破边或破边极小，特适用于各种材料的精密切割。该种切割机主要用于脆性材料、难导电材料及各类金属材料的精密切割，尤其适用于材料的薄片切割。例如晶体、各种陶瓷（汽车尾气处理载体、结构陶瓷、工具陶瓷、功能陶瓷等）、玻璃、塑料、橡胶、PCB板、岩样、矿样、耐火材料、建筑材料、牙科材料、钨合金、紫铜、生物及仿生复合材料等。用金刚石线切割机进行超薄精密切割时，切得的薄片厚度最薄可达 0.08mm。

制作地质薄片时首先需要对样品切割薄片，切割薄片前首先要考虑样品的类型，若样品材质紧密，切割后不会碎裂则可直接切割成薄片进行研磨抛光。若样品质地疏松，切割后易碎裂，则需要先在样品上切割出一个平面，对该平面进行研磨抛光，研磨抛光后将磨抛面用光敏胶或树脂胶粘贴在载玻片上，然后以载玻片为基准面再切割出厚度为 0.5 mm 的薄片，再对切割后的薄片进行研磨抛光。

2.1 质地紧密可直接切割成薄片进行研磨抛光的样品的切割及研磨抛光过程

这里主要指普通薄片样品的制备过程而不包括粗粒岩石薄片样品的制备过程。

2.1.1 本实验所用切割设备

本实验可用到的切割设备是由沈阳科晶自动化设备有限公司制造的 SYJ-200H 手动快速切割机、SYJ-200 自动精密切割机、STX-202A 小型金刚石线切割机，设备形貌如图 2 所示：



SYJ-200H 手动快速切割机 SYJ-200 自动精密切割机 STX-202A 金刚石线切割机

图 2 本实验所用切割工具

2.1.2 本实验所用研磨抛光设备

本实验所用到的研磨抛光设备是由沈阳科晶自动化设备有限公司制造的 UNIPOL-1202 自动精密研磨抛光机、GPC-80A 精确磨抛控制仪，设备形貌如图 3 所示：



UNIPOL-1202 自动精密研磨抛光机 GPC-80A 精确磨抛控制仪

图 3 本实验所用研磨抛光设备

2.1.3 本实验所用切割及研磨的辅助设备

本实验所用到的切割研磨辅助设备是由沈阳科晶自动化设备有限公司制造的 MTI-3040 加热平台、多工位薄片粘合台、DZF-6020 真空干燥箱、VGT-1620QTD 超声波清洗机，设备形貌如图 4 所示：



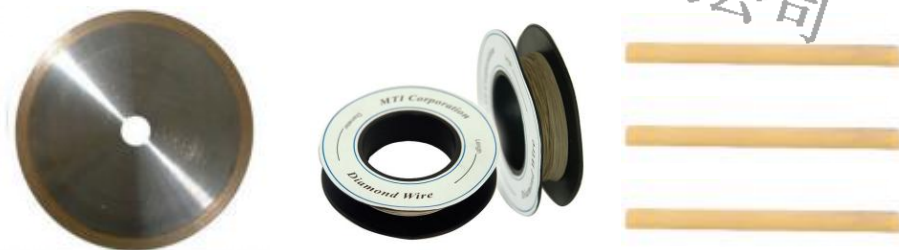
MTI-3040 加热平台多工位 薄片粘合台

真空干燥箱

超声波清洗机

图 4 本实验所用切割研磨辅助设备

本实验所用耗材是边缘烧结金刚石锯片、金刚石线、石蜡、载玻片、树脂陶瓷垫块、研磨粉、带背胶水磨砂纸、白色合成革抛光垫、金刚石悬浮抛光液及 UV 胶，其中载玻片的规格有两种，分别是 $25 \times 75 \times 1$ mm 和 $26 \times 50 \times 1$ mm 的载玻片，可根据个人需要进行选择，所有耗材如图 5 所示：



边缘烧结金刚石锯片

金刚石线

石蜡

合肥科晶材料技术有限公司

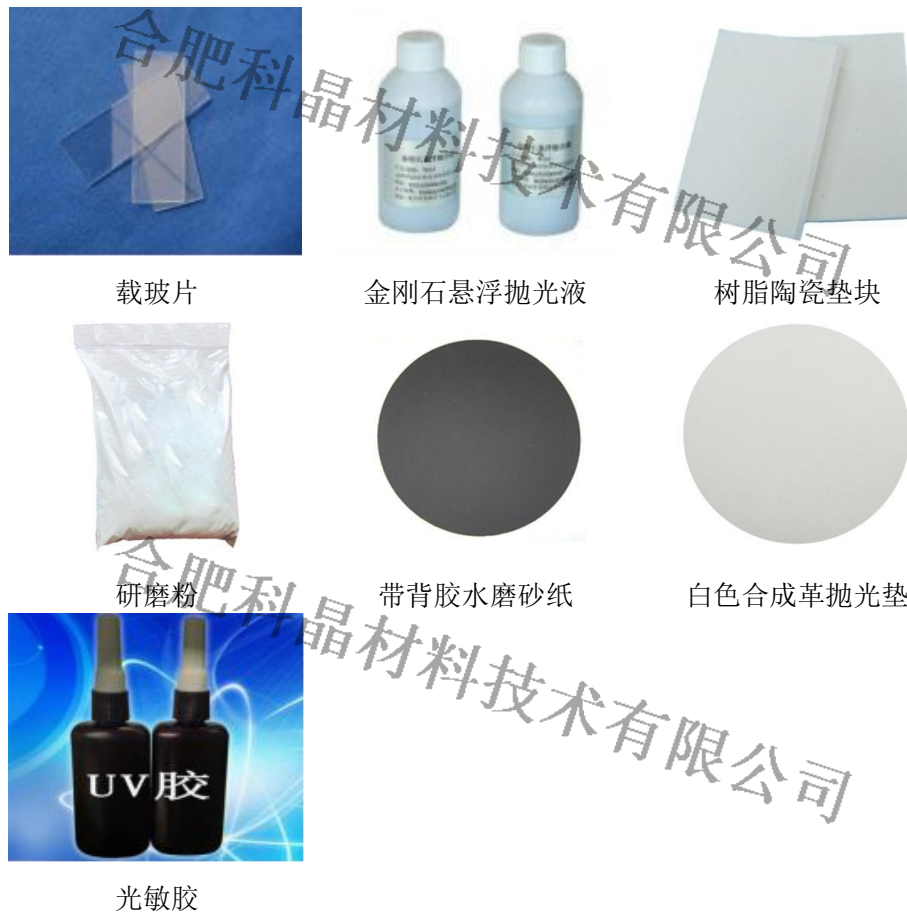


图 5 本实验所用耗材图

2.1.5 薄片样品的切割

经初加工成的 $25 \times 25 \times$ 一定长度 (mm) 的试样块再经由 STX-202A 将试样块切割成 $25 \times 25 \times 5$ mm 的试样片。切割前首先要对试样进行粘结, 粘结的过程依靠石蜡将样品粘附在树脂陶瓷垫块上。首先将初加工的试样块、STX-202A 专用载样块、树脂陶瓷垫块一同放到 MTI-3040 加热平台上进行预热, 石蜡的融化温度大约在 80°C 左右, 当加热平台使试样块、树脂陶瓷垫块及 STX-202A 专用载样块三者表面的温度达到 80°C 后将石蜡涂在三者表面将要进行连接的位置, 然后按载样块、树脂陶瓷垫块、试样块的顺序依次将三者叠放到一起, 三者叠放的顺序如图 6 所示, 然后将叠放到一起的试样移到加热平台下进行冷却, 当三者的温度冷却到室温后便可以对样品进行切割。样品的初始切割位置如图 6 所示若无特殊要求 STX-202A 金刚石线切割机标配的金刚石线为 $\phi 0.35$ mm 的金刚石线, 切割速度根据被切样品的具体情况而定, 样品过硬或切割困难则使用慢一点的切割速度, 若样品易于切割则可适当提升切割速度。由于样品的切割主要依靠金刚石线与试样间的摩擦, 因而会产生一定的热量, 切割过程中需要用冷却液对样品和切割线进行冷却, 实验室一般用切割专用油对样品进行冷却。若有特殊要求也可用

水或其它冷却液对样品进行冷却，视具体情况而定。切薄片过程中所需要的薄片数量等于切割次数减一，切割厚度设置时应将金刚石线径的长度加在其中。

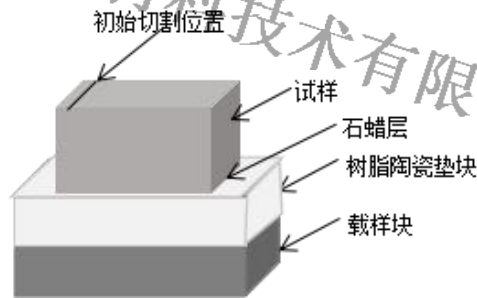


图 6 样品固定示意图

2.1.6 样品的研磨

切割后的 $25 \times 25 \times 5$ mm 的薄片样品需要进行双面研磨抛光。研磨过程一般使用水磨砂纸从 150 目砂纸一直研磨到 2000 目砂纸。研磨过程可以使用沈阳科晶自动化设备有限公司制造的 UNIPOL-1202 精密研磨抛光机搭配 GPC-80A 机械研磨手臂，UNIPOL-1202 精密研磨抛光机是实验室用来研磨抛光地质薄片样品最适合的研磨抛光机，该机配备两个加工工位，可同时使用两台 GPC-80A 机械研磨手臂，因此可同时进行多个样品的磨抛。GPC-80A 机械研磨手臂是用来研磨地质薄片样品不可或缺的设备，该设备使样品在研磨过程中保持相同的厚度和精确的平行度。

样品的研磨过程可分为粗磨和细磨两部分，粗磨过程是使用一定粒度的砂纸尽量减小样品切割过程中的机械损伤层，使样品表面变得平整。细磨过程中用粒度更细的砂纸使粗磨过程中在检验面上产生的较粗较深的磨痕淡化甚至消除，为样品表面的抛光做准备。无论粗磨还是细磨，所使用的砂纸应遵循从粗颗粒到细颗粒循序渐进的顺序进行，不能粗细砂纸交叉使用，也尽量不要跳过哪一号砂纸进行研磨，否则会得不到所需的研磨抛光面。

研磨前首先要对样品进行固定，由于样品需要进行双面研磨，因此，首次研磨可不使用光敏胶对样品进行粘结。实验室通常用石蜡对样品进行粘结固定，沈阳科晶自动化设备有限公司自行研制的石蜡的融化温度在 80°C 左右。样品在进行固定前要进行预热，本实验室使用沈阳科晶自动化设备有限公司制造的 MTI-3040 加热平台对样品和 GPC-80A 专用载样块进行加热，当样品和载样块表面温度达到 80°C 后便可以将石蜡涂在两者之间将要进行连接的位置，然后将样品在载样块上对称放置好移到加热平台下进行冷却，当样品和载样块冷却到室温后便可以将载样块装载回 GPC-80A 机械研磨手臂上对样品进行研磨了。

研磨是依靠样品与砂纸之间的摩擦而进行的，摩擦就会生热，因此样品研磨过程中应用水对样品进行冷却。粗磨过程首先使用 150 目砂纸对样品进行磨平，研磨后的样品平整度已经很高，再进行小粒度砂纸的研磨是为了使样品表面的机械损伤层更小，使样品表面更光滑。当用 150 目砂纸将样品整个表面研磨一遍后再依次换用 240 目、320 目、400 目、600 目砂纸对样品进行研磨，每一个型号的砂纸研磨完后，样品表面的划痕和凹坑都会减轻很多。当完全经过这些型号的砂纸的研磨后样品表面已经很光滑，划痕和凹坑已经没有明显的存在了。到此，粗磨过程基本完成，粗磨后就要用细砂纸对样品进行细磨了。

细磨过程中通常将样品经 800 目、1000 目、1200 目、1500 目、1800 目、2000 目砂纸各研磨一遍，保证样品表面的划痕缓慢均匀的消除。当最后两种型号的砂纸研磨完后样品表面已经可以见到微弱的亮光了。值得注意的是，在整个研磨过程中，每换一次砂纸时都应将上一道工序用过的研磨盘、样品、载样块、修盘环等用水认真清理干净，以免上一道砂纸研磨后的颗粒带入到下一道研磨工序中去，影响了样品表面的研磨质量，给样品表面带来不易去除的划痕，从而需要对样品进行返工，不仅影响样品的表面质量也耗费了大量的时间。因此，保证每次研磨没有新杂质的进入是研磨成败的关键所在。

研磨后将要对试样进行抛光，本实验室对大多数地质薄片样品的抛光通常使用合成革抛光布，抛光时抛光液通常使用 W5 以下的金刚石悬浮抛光液，样品抛光后便可从载样块上取下。此时地质薄片样品已经研磨完成一面。接下来应对另一面进行研磨。

为保证样品在显微镜下透光性好，成像清晰，取下的样品应进行认真清洗，本实验室用来清洗样品的设备是沈阳科晶自动化设备有限公司制造的 VGT-1620QTD 超声波清洗机，清洗后的样品用电风吹干，然后在样品表面涂上透光性良好的光敏胶，将样品固定于载玻片上，固定样品的基本过程如图 7 所示；

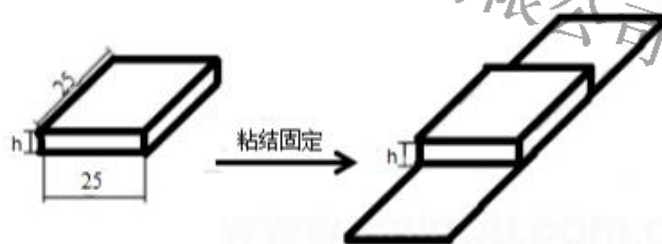


图 7 在载玻片上固定样品的基本过程

为保证样品与载玻片之间完全贴合，没有气泡残留且黏胶层尽可能的薄，本实验室用沈阳科晶自动化设备有限公司制造的多工位样品粘合台将试样与载玻片压实，多工位样品粘合台压实样品的过程如图 8 所示，该设备主要运用弹簧张力对所固定的样品进行中心加压，使样品整个面均匀受力，还可根据被固定样片的

特性及检测需要来调整弹簧张力大小和样片数量。粘合过程中当样品与载玻片间没有气泡残留且样品与载玻片间完全贴合就可以了。

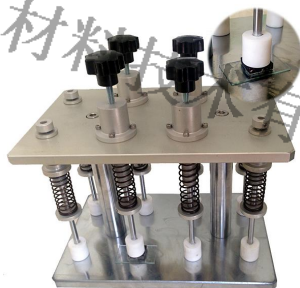


图 8 样品在多工位薄片粘合台压实的过程

此时取出样品放到紫外光灯下或真空干燥箱中使 UV 胶完全凝固。本实验室使用沈阳科晶自动化设备有限公司制造的真空干燥箱使样品与载玻片间的胶凝固。取出样品然后就可以对样品的另一面进行研磨了，另一面的研磨与第一面的研磨过程相同，即重复第一面的研磨过程即可，研磨后的样品的厚度不能超过 $30\ \mu\text{m}$ ，这样能保证样品在透光偏光显微镜下有良好的透光性，才会观察到清晰的岩石组织形貌，为下一步的分析及观察做好准备。研磨过程中加载玻片的样品在 GPC-80A 上的固定位置如图 9 所示。研磨过程中用 SKCH-1 (A) 精密测厚仪对样品的剩余厚度进行测量，直到观察到样品厚度在合格范围内为止，测量剩余样品厚度的设备和过程如图 10 所示。完全研磨后样品应将表面清洗干净。



图 9 加载玻片样品固定方式



图 10 用 SKCH-1 (A) 精密测厚仪测量剩余样品厚度

以上便是可直接切成 $25 \times 25 \times 5\ \text{mm}$ 薄片进行研磨的样品的切割和研磨的基本过程，实验者应认真遵循实验过程的基本步骤。

2.2 质地疏松应先切割出基面的样品的切割与研磨过程

对于质地疏松的样品切割完 $25 \times 25 \times$ 一定长度的条形块后，应对切割出的 $25 \times 25\ \text{mm}$ 的面进行研磨，研磨时用手持试样或用专用工装夹具夹持样品按第一

种样品的研磨步骤将 25×25 mm 的面研磨抛光，然后将研磨抛光后的样品面上涂上光敏胶盖上载玻片压实，将载玻片与样品间的气泡全部挤压出去，然后放到真空干燥箱中进行干燥，使胶凝固，使载玻片完全固定在样品上。接下来要对样品进行切片操作，由于固定载玻片时胶黏剂会有一定量渗透到样品中去，因此样品切割成薄片时不会碎裂。薄片的切割要用到地址薄片切割专用夹具，夹具示意图如图 11 所示。



图 11 薄片样品切割夹具

将真空吸盘装载于 STX-202A 金刚石线切割机样品台上，然后将载玻片吸附于真空吸盘上，设置切割参数将样品切割成近似 50 μm 的薄片，此薄片应是留在载玻片上的样品的厚度，样品的切割位置如图 12 所示。切割后用手扶住载玻片，关闭真空泵，然后取下载玻片，取下载玻片后将载玻片粘贴于 GPC-80A 机械手臂上进行研磨抛光，研磨抛光的基本过程同第一种样品的研磨抛光过程相同，研磨过程中应使用精密测厚仪对剩余样品厚度进行测量，研磨后的样品厚度应在 30 μm 左右。

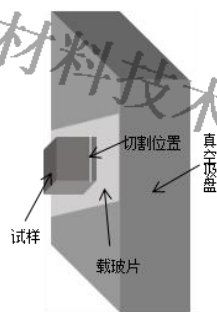


图 12 样品切割位置示意图

研磨抛光后将试样清洗干净，清洗干净后便可以对样品进行观察了。需要注意的是样品研磨过程中首号砂纸的使用，当样品易磨削时首号砂纸可以使用颗粒度相对较小的砂纸进行研磨，以免砂纸颗粒度过大样品表面去除量过多，样品表面划痕过深，后期研磨不易去除，具体使用哪一号砂纸可视样品的材质而定。图 13 是本实验室根据自己的研磨抛光经验制作的几种地质薄片样品，地质薄片样品的大小也可视情况而定，只要大小不超出载玻片的大小就可以。

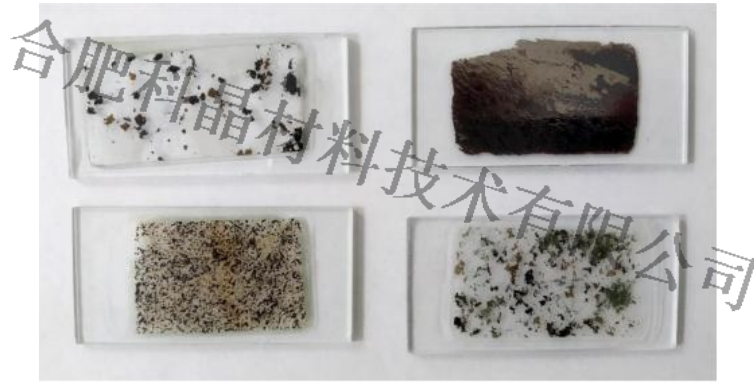


图 13 研磨后的几种地质薄片图

3 样品的观察

经研磨抛光后的地质薄片样品便可以用透光偏光显微镜对样品进行观察了，观察前将样品表面加盖玻片，加完盖玻片后放到偏光显微镜下进行观察，样品的观察过程如图 14 所示；

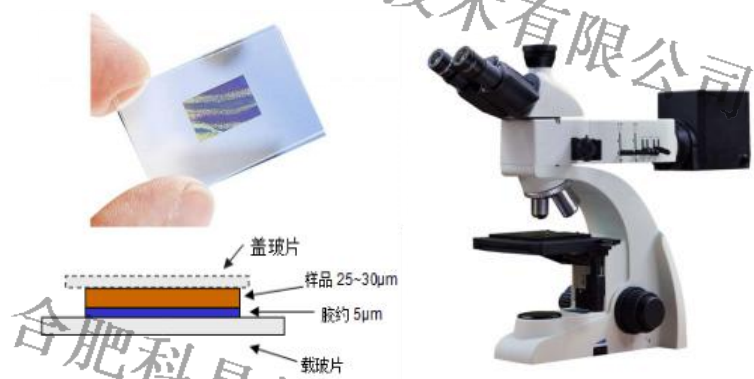
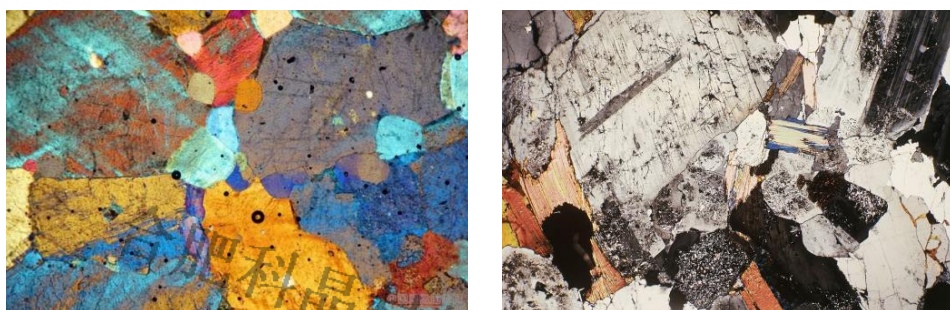


图 14 偏光显微镜下样品的观察过程

图 15 为几种常见地质薄片在偏光显微镜下成像的形貌图，从图可清楚观察到岩石样品的基本形貌，为进一步的分析提供依据。



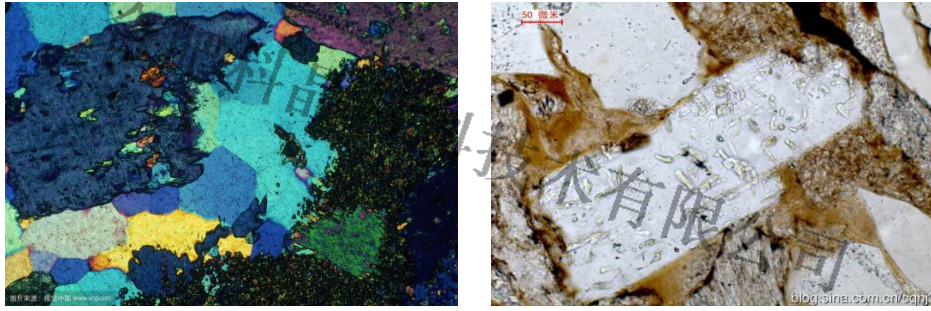


图 15 常见地质薄片形貌图

以上便为本实验室通过对本公司设备的使用，并通过常用的制样经验总结出的制备地质薄片样品的常用过程。

合肥科晶材料技术有限公司