

阿尔丹地盾的铂

地质出版社

阿尔丹地盾的铂

地质出版社

阿尔卑斯地区的地质

— — — — —

阿尔丹地盾的铂

〔苏联〕 И. С. 罗日科夫 В. И. 基 促 耳 著
Л. В. 腊 津 С. С. 鲍里沙斯卡娅

傅荫平 吕文彦 译

地质出版社

本书分两部分。

第一部分介绍铂族矿物的研究方法。这里着重介绍测定铂族矿物的反射率、显微硬度、导电性的仪器-光学方法以及伦琴光谱分析法和显微光谱分析法。此外，还介绍了含有铂族矿物的光片制备、浸蚀试验及单个元素的微化反应等方法。书末附有铂族矿物鉴定特征表。

第二部分论述超基性岩体的地质特征和岩石特征，讨论与岩体有成因联系的原生矿化及其砂矿，并且说明了铂族矿物及其伴生矿物的物质成分特点。

本书可供从事铂矿普查勘探的地质人员、科研人员及地质院校有关专业师生参考。

本书序、第一篇、第二篇第一章及书末铂族矿物鉴定特征表由傅荫平译，第二篇第二章至第五章及结束语由吕文彦译，全部译稿由梅厚钧校。

И. С. Рожков, В. И. Кицун,
Л. В. Разин, С. С. Боришанская
ПЛАТИНА АЛДАНСКОГО ШИТА
Издательство АН СССР
Москва—1962

阿尔丹地盾的铂

[苏联]И·С·罗日科夫等著

地质局书刊编辑室编辑
地质出版社出版
地质印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行各地新华书店经售
1974年4月北京第一版·1974年4月北京第一次印刷
印数1—3,400册·定价0.56元
统一书号：15038新34

序

近十年来,在阿尔丹地盾发现典型的地台型的中央型超基性碱性同心环带状侵入体,伴随有各种矿产。在一些含有纯橄榄岩的侵入体中(依纳格里,康焦尔,查德)发现了铂。这些侵入体在过去主要是作为稀有金属的一个可能来源而引起研究者的注意,对于铂的发现,并没有引起特别的兴趣。然而,铂的发现如今引起极大兴趣,是因为根据文献资料判断,以前没有发现铂矿与中央型侵入体的超基性岩有成因关系。到目前为止,人们只知道铂在成因上与辉长岩-橄榄岩建造的超基性岩和基性岩有关,在少数情况下与奥菲奥岩建造的超基性岩和基性岩有关。显然,阿尔丹含铂的超基性岩不能认为是属于这两种岩浆岩建造的任何一种;而最好是把它列入超基性碱性岩建造中。由于在文献中还没有阐述过超基性碱性岩建造的岩石含铂性的研究资料,现在进行这方面的研究工作自然是有很大意义的,而且是很迫切的。

我们对阿尔丹地盾的依纳格里、康焦尔和查德等含铂岩体进行了研究。我们研究的主要问题是:岩体的地质构造,岩体的岩石成分,岩体含铂性的特征(原生的和砂矿的)以及铂的物质成分。为了解决这些问题,于1958—1960年间进行了野外工作,并采用各种不同的方法进行了综合的实验室研究。

为了查明岩体的地质构造和岩体组成,进行了路线调查,还顺便依据露头和坑探工程的研究资料编制了地质-构造剖面图。这就使我们有可能对以前所提出的有关岩体的地质构造、岩体组成以及含铂超基性杂岩体的时代等概念进行修正,并作了补充。

为了研究原岩的含铂性,首先要查明超基性岩在铂矿矿化方面有远景的部分(粗粒的或富含铬铁矿的纯橄榄岩),在这些地方,纯橄榄岩和铬铁矿矿条都取了样,同时为矿物学和矿相学的研究,还采集了标本和矿块。所有的铬铁矿分凝体都从其形态、构造及其与围岩的相互关系等方面做了详细的研究。由于进行了上述工作,取得了有关铂族金属矿化的性质和原生铂矿物质成分等方面的新资料。然而,现有的资料对于判断被研究的超基性岩体中有关铂的富集程度和铂族金属矿化规模等问题仍是不够的。为了解决这些在实际上很为重要的一些问题,还必须作进一步工作。

砂铂矿的研究工作,由于可以利用现在已有的有关铂矿的分布和地质构造等方面的资料,是容易得多了。但冲积物重组份的矿物成分,特别是铂重砂的物质成分的研究还很不够。因此,我们又重新进行了河谷冲积物的重砂取样,并利用了本书中详细介绍的各种方法在实验室中对铂重砂作了研究。我们所取得的资料,可能比过去提出的资料能够更精确地说明依纳格里岩体和康焦尔岩体砂铂矿的特征。

本书共由两个独立的部分组成,书中介绍了在依纳格里和康焦尔两个岩体上进行的全部研究过程中所取得的主要资料。

第一部分论述了铂族矿物的研究方法。基于积累的经验 and 大量文献来源,本部分列举了具有专门特点的铂族矿物的现代研究方法。这里描述了测定这些矿物细小的多矿物连生体的反射力、显微硬度(在磨光片中)及其导电性能的仪器-光学方法以及铂族矿物微细晶体的伦琴光谱和显微光谱分析的方法。本部分中还介绍了含有铂族矿物的磨光片的制备

方法，结构浸蚀和鉴定浸蚀的方法及对本族矿物中单个元素的微化反应方法。此外，本书的第一部分，还对铂族矿物的鉴定特征作了综合的描述。

第二部分论述了我们对阿尔丹地盾含铂性研究的主要成果。本部分中，还根据作者的资料，论述了依纳格里和康焦尔超基性岩体的地质-岩石特征，讨论了与岩体有成因关系的原生铂矿矿化及砂铂矿，并且说明了铂族矿物及其伴生矿物的物质成分特点。

所研究的岩体是一个由两种侵入杂岩所组成的典型地台式同心环带状构造的侵入体：1.超基性的；2.次碱性的和碱性的；推测二者的时代是不同的。含铂的超基性杂岩体是较老的，可能为晚震旦世的；而次碱性和碱性的杂岩体大概形成于阿尔丹地盾的中生代岩浆活动时期。

在成因上与依纳格里和康焦尔超基性岩相关的一套矿石矿物是铂族矿物与铬尖晶石和橄榄石的共生组合。铂族矿物的组成成员中有自然铂组、钨铼矿组以及铂族元素的硫化物和砷化物组。

本书的最后结论，把包括阿尔丹在内的所有已知的铂矿床类型做了对比分析，其目的在于阐明阿尔丹铂矿的一般的和独有的特点。我们所研究的含铂超基性岩体极其明显地表明：其形态、构造、成分、铂矿矿化的性质及铂族矿物的物质成分最像乌拉尔的含铂岩体。

然而，在地质构造方面，在含铂侵入体的岩石成分上，在与岩石有成因关系的铂族矿物及其伴生矿物的成分上，阿尔丹与乌拉尔含铂岩体都有区别，因此就不能说它们完全相似。鉴于阿尔丹铂矿矿化现象在成因上同以往所知道的矿床相比完全是与另一种的超基性侵入体有关，并且注意到这里铂族矿物及其伴生矿物的矿物成分的特殊性，所以将这类矿化现象看作是特殊的、新的铂矿床类型是适宜的，可称之阿尔丹型铂矿床。

目 录

序.....	III
第一部分 铂族矿物的研究方法	1
重砂和精矿中的铂族矿物的研究方法	2
在反光显微镜下研究铂族矿物的方法	9
铂族矿物的结构浸蚀和鉴定浸蚀	14
铂族矿物成分中的各种元素的微化反应及进行试验的方法	15
铂族矿物化学成分的测定	16
在反光显微镜下铂族矿物的鉴定特征	19
第二部分 阿尔丹地盾超基性岩体的地质、岩石及铂矿矿化	22
第一章 依纳格里岩体的地质-岩石特征和铂矿矿化	22
概况和地质特征	22
超基性岩的岩石描述	24
依纳格里岩体的时代	33
铂矿矿化	33
第二章 与依纳格里岩体有关的铂族矿物及其伴生矿物的物质成分	38
铂的形态	38
砂铂晶粒的大小	40
铂的磁性	41
铂的化学成分	42
铂族矿物及其伴生矿物	43
第三章 康焦尔岩体的地质-岩石特征及其铂矿矿化	59
概况和地质特征	59
超基性岩的岩石描述	60
康焦尔岩体的时代	69
铂矿矿化	70
第四章 康焦尔岩体铂族矿物及其伴生矿物的矿物成分	72
铂的形态	72
铂晶粒的大小	74
铂的磁性	75
铂族矿物及其伴生矿物	75
第五章 铂矿床主要类型的特征对比	80
结束语	84
参考文献	86

第一部分 铂族矿物的研究方法

铂族矿物，无论是在以铂族矿物为主要开采对象的矿床中，抑或是在顺便提取的矿床中，通常总是成为细小的单体，分散地赋存在矿石中。当观察大量的矿石磨光片时，只是在个别的片子中可以发现铂族矿物。在研究这些矿物时，天然重砂和人工精矿(选矿产物)都能够提供很大的帮助。但是，就是在这种情况下，研究者在镜下对胶磨光片中的单体矿物进行鉴定时，由于对被鉴定的矿物的颜色、硬度或其它光性都不能同已知的矿物进行对比而常常会遇到一些困难。

鉴于上述，我们介绍了：重砂和精矿中铂族矿物的研究方法；制备分离出的铂族矿物颗粒的胶磨光片的合理方法以及在反光显微镜下利用目测鉴定、结构浸蚀、鉴定浸蚀和点滴微化反应来研究这些光片的方法；研究铂族矿物的仪器-光学方法。

然而，在介绍铂族矿物的研究方法以前，首先应列举分布最广的，而且研究得较好的一些铂族矿物的代表：

自然铂组

- 自然钯 (Pd)
- 硒钯矿 (Pd)
- 钯铂矿 ($\text{Pt}_6\text{Pd}_7\text{—Pt}_9\text{Pd}_4$)
- 铜铂矿 ($\text{Pt}_5\text{Fe}_4\text{Cu—Pt}_3\text{Fe}_3\text{Cu}_2$)
- 镍铂矿 ($\text{Pt}_6\text{Fe}_4\text{Ni}$)
- 铂(粗铂矿) ($\text{Pt}_3\text{Fe—Pt}_3\text{Fe}_2$)
- 铁铂矿 ($\text{PtFe—Pt}_2\text{Fe}$)
- 铱铂矿 ($\text{Pt}_4\text{Ir}_2\text{Fe—Pt}_{13}\text{Fe}_5\text{Ir}_2$)
- 铂铱矿 (Ir_4Pt)

铁铱矿组

- 亮铁铱矿(铁铱矿) ($\text{IrOs—Ir}_4\text{Os}$)
- 暗铁铱矿(铱铁矿) ($\text{IrOs}_3\text{—IrOs}_4$)

铂族元素的硫化物和砷化物组

- 砷铂矿 (PtAs_2)
- 硫钌矿 (RuS_2)
- 硫镍钯铂矿 ($(\text{PtPdNi})\text{S}$)
- 硫铂矿 (PtS)

铂族元素的金属互化物组

- 锑钯矿 (Pd_3Sb)
- 锡钯矿 (Pd_3Sn_2)
- 锡铂矿 (Pt_3Sn_2)
- 碲铂矿 ($\text{PtTe}_3(?)$)

重砂和精矿中的铂族矿物的研究方法

所有的铂族矿物，都留在天然的或“人工的”（岩石破碎后淘洗所得的）重砂的重组份里。因此，首先必须将含有铂族矿物的重砂样品与轻组份矿物进行分离。分离开的重组份再进行筛析，以确定矿物的粒度。

对每个不同粒级的重砂样品，要分别地进行研究。最先是利用永久性磁铁把磁铁矿、铁铂矿和粗铂矿从重砂里选出。铜铂矿也可能同这些矿物一起被选在有磁性的组份里，因为它也常带磁性。随后是使用电磁铁分离其余的重砂组份。依电磁铁的结构情况可将剩下的重砂组份分成数个电磁组份。此种工序就可以把铂族矿物的各种矿物分离开来。比如说，锡铂矿就落在电磁组份中，而自然钯、钨铼矿、砷铂矿、硫钨矿、硫镍钯铂矿和硫铂矿则进入非电磁性的组份中。

在双筒显微镜下，须把每一个分选组份里的铂族矿物的颗粒变种以及颜色、光泽和形态有差别的各种矿物的连生体都挑选出来，并进行详尽的描述。

对每一种挑选出来的颗粒变种，随后都要在显微镜下研究，并做化学分析。为此，必须把分选出的物质分成两部分。一部分是分选物质的平均样品，用以制备胶磨光片，以便利用胶磨光片在显微镜下以不同的放大倍数进行研究（由低倍到最高倍）。如果这样就可以确定被研究的矿物变种为均一的物质，则对其第二部分就可以进行伦琴射线分析、光谱分析或化学分析。然而，若是经过显微镜的研究证实，所挑选的颗粒是以不同比例组合的各种铂族矿物集合体，并且不能进一步分开时，则应尝试对每一种组份进行数量的统计。如果可以这样做，则该变种的分选的第二部分就可以进行化学分析，而后把总化学成分换算为矿物的含量。这就能够精确的确定重砂中的矿物成分。

用微化分析方法测定矿物成分中的元素，这对鉴定某些矿物，有时是很有帮助的。例如，测定镍铂矿中的镍，铜铂矿中的铜，等等；同样，用光谱分析测定硫钨矿中的钨也是很有帮助的。

铂族矿物的性质跟重组份里的其它矿物显著不同。下面就描述重砂中的这些铂族矿物的鉴定标志。

自然钯 非电磁性的银白色颗粒，主要呈不规则的形状，有时呈胶状；易在王水中溶解，并且具有钯的微化点滴反应。硬度为4.5—5。

硒钯矿 板状六角形晶体，也是银白色。硒钯矿的典型的晶形可作为鉴定特征。硬度4。

钯铂矿 无磁性，灰色，并带有淡黄色调。其颗粒主要成结核-钟乳状。不同于自然钯的是，它能溶于硝酸中，并具有较大的比重（同自然钯相比）（见本书末 铂族矿物鉴定特征表）。硬度为4—4.5。

铂（粗铂矿）和铁铂矿 在重砂中所见的是银白色和钢灰色的浑圆形和扁平形颗粒。在精矿中，有时在冲积砂矿的重砂中，可见到规则的立方体、平行六面体及八面体的晶形。也常见铂呈他形晶粒的集合体。此外，铂和铁铂矿的析出体明显地充填在铬铁矿颗粒之间，形状奇特。铂的硬度为4.1—4.7。条痕灰色。金属光泽。钩状断口。有展性。

铜铂矿和镍铂矿 在双筒显微镜下，几乎不可能同粗铂矿和铁铂矿区别。要区别它们，只能是在做了微化试验及显微镜的研究之后。

铱铂矿和铂铱矿 这两种矿物实际上很难区别，而且与自然铂类的其它几种矿物几乎不可能区别。可做为它们的特征之处是具有淡黄色调，而且它们对于所有的反应试剂—溶剂（甚至于包括王水）都是负的反应。此外，铂铱矿在铂族矿物当中具有最高的比重——22.6—22.9。

铱铱矿 为细长的板状六角形的颗粒。颗粒一般甚小，具金属光泽，锡白色到钢灰色和黑色。硬度高——6.4—7.1。条痕灰色。在浓王水中也不溶解。本类中的矿物如**亮铱铱矿**和**暗铱铱矿**，要想在重砂中区别它们实际上是不可能的。

砷铂矿 呈结晶完整的颗粒细小的锡白色晶体。晶形常为八面体，或是八面体和立方体的聚形。也有些为五角十二面体。砷铂矿的晶体有着强烈的金属光泽；有时，在晶面上有海绵状花纹，在这种情况下，其光泽强度自然也就减弱了，以至使人感觉到是无光泽的。硬度6.2—6.8。条痕暗灰色。贝壳状断口。酸中不溶。易熔：在开口试管中加热时，可以获得多孔的熔渣。

硫钨矿 按其颗粒和小晶体的形状及贝壳状断口等同砷铂矿很相似。和后者不同之处是它的黑色、非常小的比重和较大的硬度。硫钨矿的颗粒为黑色。硬度7.5—8。条痕暗灰色。

硫铂矿 在重砂中常为黑色形状不规则的颗粒，并具有强金属光泽。硬度5.4—5.6。结晶的硫铂矿极罕见。

硫镍钯铂矿 呈黑色的细粒，晶形为正方双锥形。硬度为6.1—6.8。硫镍钯铂矿的颗粒和晶体都是特别少见的。根据许多性质来看，硫镍钯铂矿也像硫铂矿一样，与铱铱矿、砷铂矿和硫钨矿很相似；只是依据颜色和晶形，它同其它一些矿物有所不同。这些矿物只有在反光显微镜下，才有可能把它们互相区别开。

铋钯矿 在重砂中特别少见；其颗粒为银白色到暗钢灰色，易溶于王水。铋钯矿在许多特征方面都同自然钯相似，作了化学和光学研究时，才能把它同自然钯区别开。

锡钯矿 无磁性，长柱状，钢灰色，表面有铁铂矿外壳。金属光泽。硬度3—4。

锡铂矿 见于在重砂的电磁组份中，为灰色的结晶完整的立方体。金属光泽。硬度为3—4。

碲铂矿 银白色无磁性的颗粒，极少见，只在铜镍矿石中见到它。通常这些颗粒都很细小，而且性脆。硬度3.5—4。在吹管火焰前可以很好地熔融，形成淡黄色的金属球。加热时，碲铂矿在王水中溶解。

上列有关铂族矿物性质的资料可以大大地有助于这些矿物的初步鉴定。至于更精确的鉴定这些矿物，只有在进行综合的详细的矿相、化学和伦琴射线等方面的研究以后才能做到。

含有铂族矿物的塑胶光块的制备

前面说过，铂族矿物最充分地出现在天然的重砂或者在铂矿床的选矿后的精矿中。在双筒显微镜下对它们进行研究，不能取得详尽无遗的资料，因为绝大多数的铂族矿物和它们的伴生矿物通常都为极其微细的晶体，并且往往又是相互紧密的连生体。因此，为了研究这些矿物，有必要使用放大几百倍或更大倍数的矿相显微镜。

要在反光显微镜下研究分选出来的矿石矿物，只是在胶磨光片上才有可能。利用各种

不同的材料做胶结物来制备胶磨光片的光块毛坯（шашки-заготовки）的方法，已知有数种。可以充当胶结物的有：特殊加工的塑料粉；专门制备的树脂，其主要组份是松香；牙科上所采用的塑胶；火漆，等等。

用树脂和火漆制做的光块毛坯在研磨时会变热而且发生软化。冷却后，其表面出现裂纹，而部分有价值的矿石矿物就会脱落下来。可是用口腔科塑胶制成的光块毛坯又过于坚硬，当必须从光片中刻出铂族矿物的颗粒时，就很困难。

为做磨光片而用树脂、火漆及口腔科塑胶等原料制备光块，以及在许多情况下用塑料粉（用手工压制毛坯时）制备光块，其全套技术过程是很简单的，可是其生产过程却是非常繁重，效率不高。

下边介绍的是最广泛采用的一种制做光块的方法，这种方法有可能利用任何一种塑料粉，只要它在加热到 90° — 110° 时能软化就可。

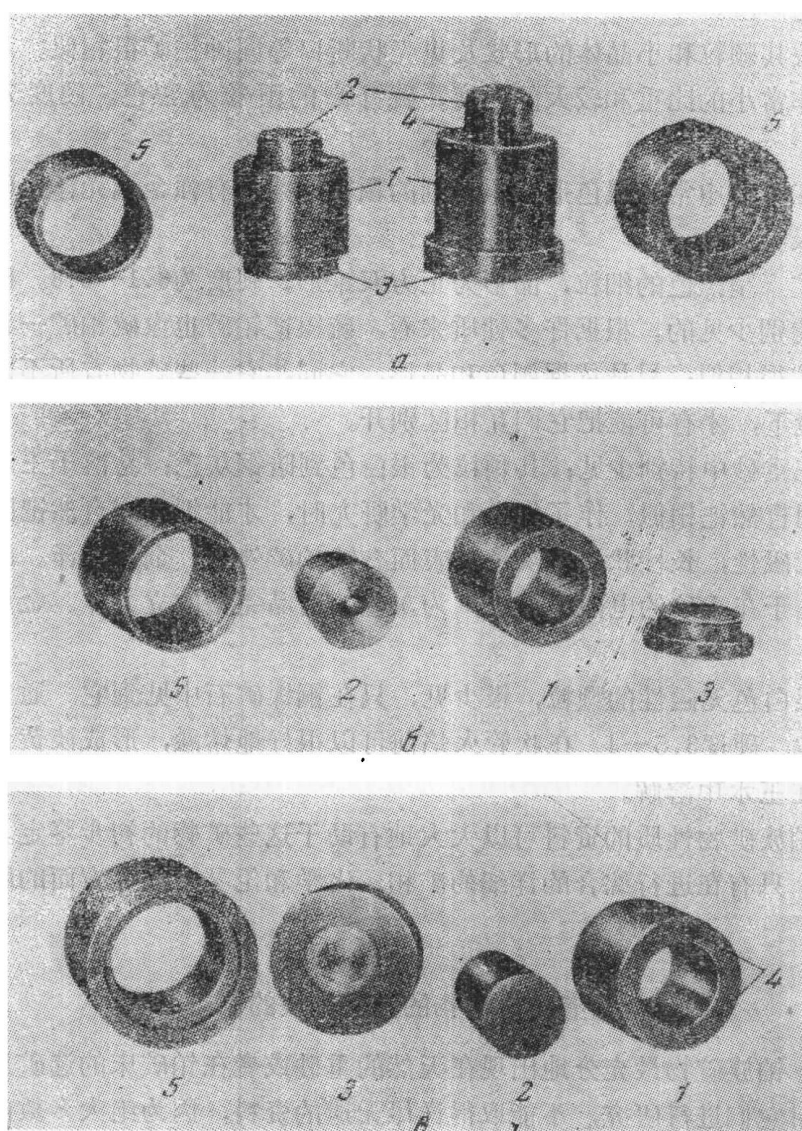


图 1 制备塑胶光块的压模

a—装好的压模的外观；*b*和*B*—拆开的压模的外观：1—母模，2—冲模，3—活底座，4—接热电偶孔，5—模套。为实物大小的2/3

为了制备含有铂族矿物颗粒的光块毛坯，我们采用电木和聚苯乙烯。其中前者较硬，用它制成的光块也最合适。这两种材料对于标准的试剂反应也很稳定，特别是对铂族矿物做浸蚀鉴定时使用的王水以及氧化铬和盐酸的混合物尤其稳定。

为了制做光块，需要下列的设备：钢压模，加热炉，水压机，带有热电偶的毫伏计以及电压调整器。

我们采用过的两种压模的装好的和拆开的外观见照片（图1）。每一种压模都由活底座、母模（патрон）、冲模（пуансон）和为了使压好的光块由母模挤出的模套（подставки）组成。加热炉具有由耐火砖切制成的平行六面体的骨架。其高度与压模的高度相等，而方形的垫座的边长相当于水压机支柱间的距离（图2）。在耐火砖平行六面体骨架

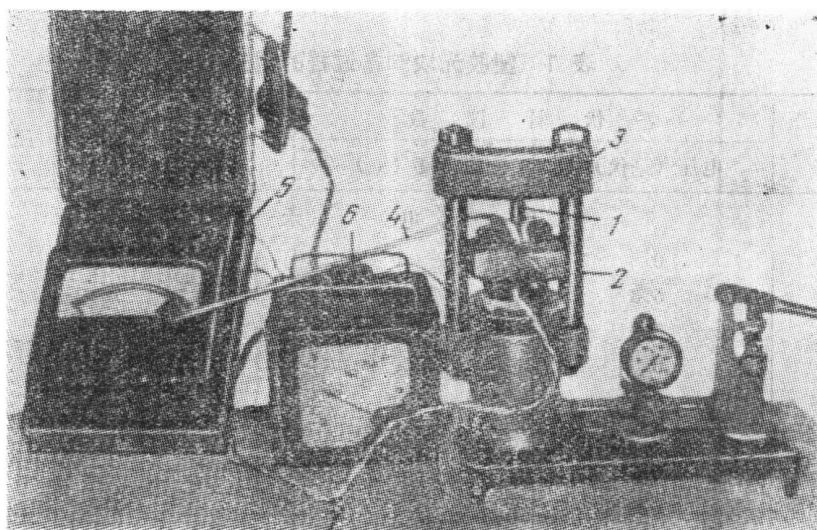


图 2 制备塑胶光块的设备的全貌

1—压模；2—加热炉；3—四冲程的水压机；4—铬铝热电偶；5—毫伏计（M-106型）；
6—电压调整器（PHIII-55牌）；7—连接加热炉和电压调整器的导线

的中间开有圆孔，可以让压模自由地通行。在圆孔中切了凹槽，以便安放镍铬合金的电阻线。用云母把电阻线同压模隔离开。把带有电阻线和云母的耐火砖骨架放在有把柄的金属外罩里边（图2，2）。加热炉上的电阻线用专门的电线（图2，7）同接通电源的电压调整器接通^①。

可以采用ЛАТР-1、PHIII-55等仪器（图2，6）做电压调整器。

为压制塑胶光块，采用教学用的四冲程（четырёхтонный）水压机是方便的（图2，3）。

因为在制备光块时，对温度测定的精度不要求太高，所以可利用热电偶和任何一种牌号的毫伏计来观察压模温度。我们采用МПП-154（ГрХА）型和带有铬铝合金热电偶的M-106型的毫伏计。

含金属矿物的塑胶光块的制做过程大致是这样：把要做研究的矿样撒在压模的活底座上（图1，3）。然后再在活底座上套上母模（图1，1）。把金属矿物的颗粒均匀地撒在压模的底上（为了在做单个矿物颗粒的浸蚀时不致损坏其它相邻的颗粒，所以必须均匀地撒布颗粒）。

① 加热炉的构造及其个别的小零件可以与这里介绍的不同。

在母模里金属矿物矿样的上面填上塑胶粉，填粉的高度约为母模高的 $\frac{2}{3}$ 。下余没有被胶粉填满的母模空间，为放冲模之处（图1，2）。把装上金属矿物矿样和塑胶粉的整套压模（图2，1）套上加热炉（图2，2），然后连同加热炉一起放在水压机活塞的基座上（图2，3）。为了减少在加热压模时热量的损失，在水压机活塞的底座上放有石棉衬垫，以便使活塞与压模和加热炉分隔开来。

将与毫伏计（图2，5）连接的热电偶（图2，4）插在压模母模上的特制圆孔中（图1，4）。通过电压调整器（图2，6）把加热炉和电源接通。①

整套压模由于加热炉的作用使温度升高到90~110℃（见表1），然后，带粘性的塑胶粉缩小了体积。水压机的压力达到50公斤/厘米²，以后要继续保持在这一水平上（依据压力计的读数）。

表 1 塑胶光块制备过程的规范

加热炉电阻线的电压 (伏)	毫 伏 计 读 数		连续加热的时间 (分)	压力 (公斤/厘米 ²)
	电压 (毫伏)	温 度 (℃)		
用 电 木				
160	0	0	} 9—10	0
160	5.3	110		0
160	5.3	110	} 3—4	50
160	6.0	120		
160—140	6.0	120	} 6—7	50
140	6.3	130		50
140—80	6.3	130	} 7—12	50
80	6.1	125		50
80—0	6.1	125	} 10—15	50
0	3.3	65		50
0	3.3	65		0
用 聚 苯 乙 烯				
160	0	0	} 7	0
160	4.5	90		0
160	4.5	90	} 2—3	50
160	5.2	106		50
160—140	5.2	106	} 3	50
140	5.7	115		50
140—80	5.7	115	} 3—4	50
80	5.5	112		50
80—0	5.5	112	} 9—10	50
0	2.5	50		50
0	2.5	50		0

等到压模的温度达到106~120℃时，加热系统中的电压就会有些降低。由于热量的惯性，压模的温度可能继续升高到115~130℃，但是以后随着电压的减弱而逐渐降低。为了尽量地缩短压模的冷却时间，须把加热炉向上提高一些，并使台子上的鼓风机吹来的冷空气流对着压模。压模的温度经过17—22分钟以后就会降到50—65℃。以后，水压机的压力

① 对于制备塑胶光块，在装备系统中加上电压调整器和毫伏计，可以使塑胶物质在加热时保持一定的温度。

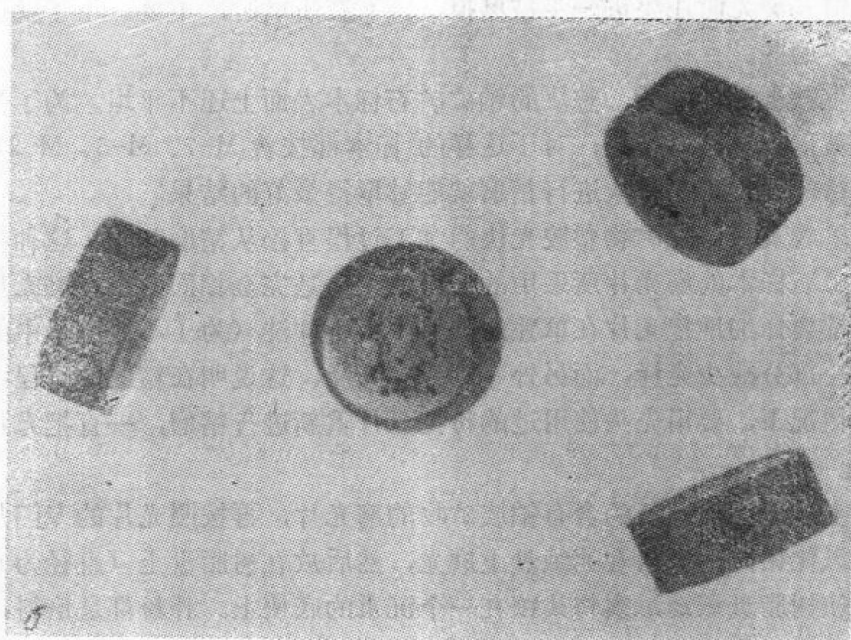
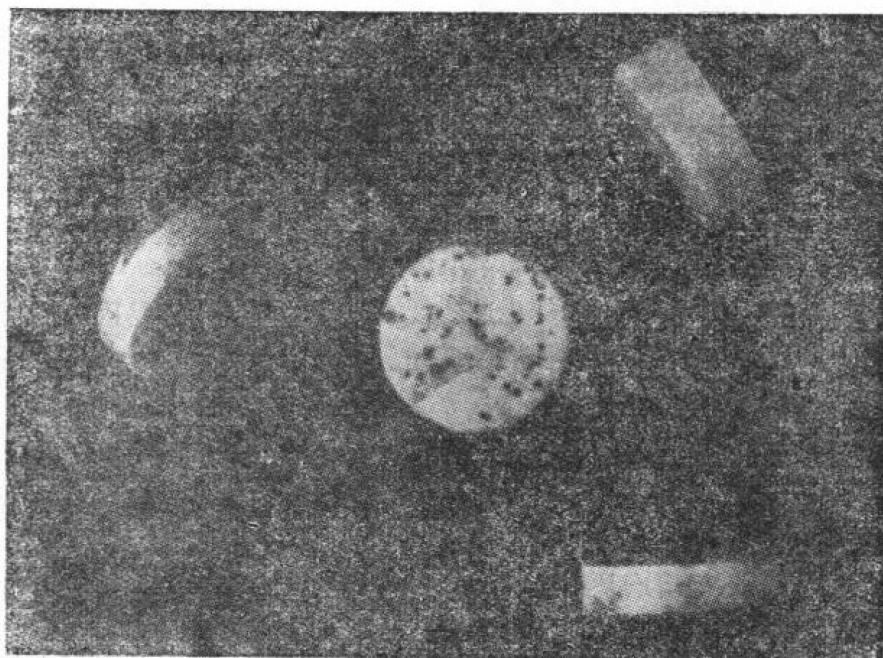


图3 做成了的含有铂族矿物颗粒的胶磨光块的全貌
a—用电木制成的；b—用聚苯乙烯制成的。实物大小

也解除了。利用专门的模套将压制好的光块（图3）从压模中挤出来（图1，5）。制备含有矿物的塑胶光块的全部过程，对于缺少经验的工作者来说，一开始需用40—50分钟，在做了三、四个光块以后，只需25—35分钟。缩短装着塑胶粉的压模加热时间以及过早地去掉压力，会对光块的质量有不良的影响，因为光块还没来得及获得所需要的特性（形态的规则性，固结性，等等），并且会发生变形和翘曲。

在制做含有铂族矿物的聚苯乙烯光块时，我们利用了稀有元素矿物学、地球化学和晶体化学研究所用过的制作规范，但我们稍加修改（见表1）。本规范要求塑胶料和掺入其中的矿样保持合乎规格的性能。据此，我们制定了一个由电木制备光块的规范（表1）。应

当指出，由于电木光块对磨光时引起的摩擦热较为稳定，所以用电木制成的胶磨光片的质量比用聚苯乙烯制的好得多。

本法同样也成功地应用在含金刚石砂矿金属矿物（钛铁矿、黄铁矿、磁铁矿、氢氧化铁等）的塑胶光块的制备上。

含有铂族矿物的磨光片的制备

铂族矿物及硬度大小极不均一的伴生矿物要求特殊的加工，这是因为需要保持光片中具有不同硬度的所有各种矿物的特征性的硬度起伏。若想达到这种要求就必须选择专门的磨料和认真地执行以下所介绍的全部操作程序。

制备高质量的含铂整块矿石的磨光片的过程，包括三个独立的工序：研磨、精磨和磨光。在加工含有铂族矿物的塑胶光块时，制备磨光片的开始工序——研磨没有包括在内，因为这一工序对于塑胶来说是过于粗糙了。

研磨 铂矿矿石标本的研磨是用标准的方式进行的——在生铁盘上使用粗的刚玉粉砂进行研磨。这道工序一直进行到使所需的标本块度不再需要再进行修整为止。应当考虑到该标本块在精磨和磨光时还要进一步被磨掉，因而在研磨时，不要一下子就达到预期的切片大小，而要少磨些。

精磨 用生铁盘加工之后，整块的铂矿矿石标本表面上还不平坦。为了把它磨平，就必须在厚的毛玻璃板上进行精磨；对于这样的标本都按着 M-7、M-5、M-3 和 M-2^① 牌号的电炉刚玉细粉的固定顺序依次进行精磨就能够取得最好的结果。

含有铂族矿物及其伴生矿物塑胶光块的加工过程直接从精磨开始。这种精磨工序与精磨整块的铂矿矿石标本的磨光片所采用的磨料的工序是完全相同的。在磨光片精磨的每一个阶段之后，都要仔细地把光片在单独的器皿中小心冲洗（为了不混进水中的粉末）。若被精磨的光片一部分缺少光泽，而另外一部分有光泽，这说明在精磨的过程中光片磨得不平整。在这种情况下，要用先头使用过的粉把光片重新进行精磨，一直把光片磨到平滑得完全发光为止。

磨光 用上述方法所制备的含有铂族矿物的磨光片，再按照光片的专门加工规范进行磨光：先使用氧化铬做的磨料在呢绒盘上磨光，然后放在树脂盘上（直径为 5—6 厘米）磨光。为了不使树脂盘振动，须将其镶在一个沉重的底座上。扑粉都是磨料：开始用玫瑰色的，后用天蓝色的^②。

① 研磨粉牌号代表粉末粒度的平均值（以微米为单位）。M-7 牌号研磨粉为由莫斯科“磨片”厂制备的。M-5、M-3 和 M-2 牌号研磨粉被称为分钟粉，它们分别相当于旧牌号的 500'、1000' 和 2000'。这些牌号的研磨粉主要是用 M-7 或 M-10 号的工厂电炉刚玉粉经过制粉机粉碎后淘析而成。在容量 20 升的玻璃器皿里装进一公斤粉碎的电炉刚玉粉进行淘析是很容易的。苏联科学院金属矿床地质学、岩石学和地球化学研究所磨片师的实践业已证实的计算表明，为了淘析 M-5 号的细粉需时 1 小时 30 分，M-3 号细粉需 3 小时 30 分，M-2 号细粉需 6 小时。淘出的细粉要在显微镜下仔细地加以检查，当发现其组份中有比本牌号允许的颗粒较大的颗粒时，要将其剔除。

② 玫瑰色的扑粉通常用于磁铁矿类的硬矿物上，它是 1000 克的铝铵矾 $[(\text{NH}_4)_2\text{Al}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}]$ 和 10 克的重铬酸铵 $[(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7]$ 在耐火粘土坩埚中焙烧出的混合物。焙烧分两个阶段。盛有配料的耐火粘土坩埚装在马弗炉上烤六小时，炉中的温度逐渐上升到 900℃（第一阶段）。然后，再经过 6 小时温度升高到 1200—1250℃（第二阶段）。达到这样的温度后，可关闭电炉，使配料在其中经过 10—12 小时的冷却。焙烧后的配料再过 200 号筛（0.074 毫米），结果就可得到了玫瑰色的扑粉。天蓝色的扑粉用于中等硬度的矿物，制备的过程同制玫瑰色的扑粉一样，仅是在配料中不用 $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ，而用 10 克硝酸钴 $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ 。

若磨光片在树脂盘上磨光得较好，再就在沾上水的呢绒盘上将其擦净。如果磨光片磨得不够光时，就放在呢绒盘上用氧化铬粉打光。最后一道工序是用玫瑰色的扑粉当做磨料在呢绒盘上进行磨光片的加工。假如经过这一工序之后，在矿物上留有擦痕，就应当在沾上水的干净呢绒盘上将光片再补磨一下。

这样，铂族矿物及其伴生矿物的磨光片的加工可以归纳为如下的步骤：

1. 在生铁盘上研磨（只是整块的矿石标本才有这一步）；
2. 在毛玻璃板上利用 M-7、M-5、M-3 和 M-2 牌号的电炉刚玉细粉用手工精磨（整块矿石磨光片和塑胶光块）；
3. 磨光：（1）使用氧化铬（ Cr_2O_3 ）在呢绒盘上磨光；（2）在树脂盘上先是用玫瑰色的扑粉，然后用天蓝色的扑粉磨光（用沾上水的或带 Cr_2O_3 的呢绒盘将光片擦净）；（3）在呢绒盘上用玫瑰色的扑粉进行磨光。

在每个盘上用各种磨料研磨之后，加工的光片表面和胶磨光块的质量可能不够好，故必须在显微镜下做定时的检查。在100—300倍的显微镜下进行检查效果最好。此外，对于制备磨光片的过程中每一道工序的成果的经常性的检查，可以大致地确定为制备光片所必需的时间。制备含有铂族矿物光片的经验表明，对于高度熟练的磨片工人来说，生产一块光片的全部加工过程所需的时间，平均为一个小时^①。

在反光显微镜下研究铂族矿物的方法

在反光显微镜下研究磨光片时，首先要注意矿物的反射力。转动载物台时，可以看到这种或那种矿物都具有双反射的性质，熟习了矿物的这些特点，就可以分辨出矿物的颜色。

经过这样在反光下对任何一种不透明矿物的性质作初步鉴定之后，一般说都能够弄清该矿物是否有内反射和对于偏光的性质如何。

假如所观查的对象是数种矿物的集合体，其中一种矿物为已知，就可以用对比突起的方法，给予集合体中其余一些矿物的硬度作出相对的估计。在这些综合性的初步目测光性鉴定之后，就可以转入到对矿物的性质进行比较精确的仪器研究——测量显微硬度、反射力、磁性、导电性能，等等。矿石矿物的矿相鉴定，结束于其化学性质的研究：鉴定浸蚀、结构浸蚀、微化试验，以及确定矿物的化学成分。后一步，只有当用其它所有的鉴定标志的综合尚不足以正确无误地鉴定被研究矿物时才被应用。

任何一种不透明矿物的一般研究方案都是这样；这种研究方案对于研究铂族矿物及其伴生矿物也完全是可以采用的。然而，本组矿物的矿相研究也有着许多特点，这些特点介绍于后。

反 射 力 的 测 定

以极其简单的方法就能够测定铂族矿物的反射力：将所研究的矿物与铂或其它已知的矿物进行对比。假如在视域以内没有已知的矿物，就用伊诺斯特兰采夫比色箱使被鉴定的矿物与铂——标准矿物进行对比。利用测微光度计（микрофотометр）可以精确地测定

① 根据大量制造光片时统计的。

铂族矿物的反射率。此法已详细的介绍于 C. A. 尤什科的教科书中。近来对于反射率的测定广泛地采用了配备光电管的光电测量法。

反射光的强度测定可以用装任何一种带垂直照明器并附有显相照相器的显微镜。为此目的, 应把显相照相器里的毛玻璃用装着光电管的暗匣来代替, 而光电管里被反射光流所激发的电流的测定, 最好利用带有读值设备的镜面电流计来记录。目前, 这样的设备在许多光学仪器上都已采用。在全苏矿物原料研究所的矿相实验室里, 为了这一目的, 采用了供测硬度用的由 M. M. 赫鲁绍夫和 E. C. 别尔科维奇设计的仪器 (ПМТ-3)。利用迴转固定器使这个仪器成为偏光仪器的装置后, 可以轮换地用在目镜测微计和装有晒光电管的 МФН-1 显相照相器上。

国立莫斯科大学地质系矿物教研组物理研究方法实验室, 对测定矿石矿物的反射率也是采用了此种晒光电管。只是这里将晒光电管安装在为了金相显微镜 МИМ-7 照象的仪器里以代替暗匣。

我们在这两个实验室里所测定的铂族矿物反射率, 得到了非常近似的结果。在此两种情况下, 都是使用了反射率为 17.2% 的纯闪锌矿当做标准矿物的。纯闪锌矿的反射率是根据弗兰涅尔公式计算出来的。纯闪锌矿的折光率对于这个公式是用合金求得的。纯闪锌矿的反射率的大小对于白光和黄光是一样的, 黄光是用最大滤过波长 590 мμ 的滤色器得到的。

П. С. 罗曼诺夫工程师倡议用显微镜 МИМ-7 和显微硬度计 ПМТ-3 作为测定不透明矿物反射力的装备系统, И. А. 普多夫金娜的著作以及 А. Г. 捷列麦茨卡娅、С. С. 鲍里沙斯卡娅和 Г. И. 鲍查罗娃等人的教科书里都作了描述。为了测定反射率, 必须是矿物不带擦痕, 也就是说, 磨光片必须经过很好的磨光。

在反光显微镜下颜色的鉴定及其对偏光的关系

大家知道, 在反光镜下鉴定金属矿物时, 矿物的颜色是一个很重要的鉴定标志。对于铂族矿物来说, 正确的鉴定其颜色有着头等重要的意义。因为对于铂族大部分矿物来说, 由于它们对于标准试剂的化学反应都很稳定, 不可能利用鉴定浸蚀的办法来鉴定它们。

铂族矿物基本上全是白色, 带有轻淡的各种色调 (黄色、乳脂色、玫瑰色、天蓝色)。要想辨别这些矿物的颜色, 只有充分地考虑到影响颜色辨认的一切因素时才可能做到。必须有稳定的照明、镜面般光亮的磨光片, 还必须考虑到周围矿物颜色的影响。例如, 锇铱矿是一种白色的矿物, 但在铂的背景中, 则使人感觉为天蓝色; 而白色的硫钨矿则仿佛是灰色。铂存在于洁白的铱铂矿当中, 则有非常引人注目的浅黄色调。应当考虑到, 矿物的颜色在干燥的镜头下和在油浸的镜头下观察时是有极大的差别的。在大多数的情况下, 油浸时, 矿物的色调会变得更清晰一些。铂族矿物的颜色, 顶好是同标准矿物——铂来做对比, 因为对于绝大多数的铂族矿物来说, 其反射力都是特别高, 所以它们同一般的标准矿物进行颜色对比时就有一定的困难。

绝大多数铂族矿物的自然化合物都是均质的。然而, 对于某些铂族矿物来说也有特征的非均质色效应, 根据这种效应可以查明铂族矿物的构造。例如, 对于硫镍钨铂矿来说, 显著的非均质效应表现在其颜色的变化从乳脂色到深灰色 (近于黑色), 这种变化突出了它的一种扇形非均质性 (секторальная анизотропность)。对于硫铂矿来说, 除了颜色