

矿物原料研究

KUANGWU YUANLIAO YANJIU

中国工业出版社

56.8
349
C.2

矿物原料研究

E.B. 罗日科娃等著

譚 荣 森 等 译

中国工业出版社

本书是论文集，文章是从下列书刊中选译的：Современные методы минералогического исследования горных пород, руд и минералов (Госгеолтехиздат, 1957)、Методы исследования минерального сырья (Госгеолтехиздат, 1957)、Infrared Luminescence of Minerals (美国地质调查所汇刊 1052-C 号, 1958)。内容包括离心机分析，电化学分选，介电分选，矿物热电性质研究，矿物反射力和硬度的精确测定，利用“焦点隔屏”测定折光率，应用紫外显微镜鉴定矿物以及矿物的红外发光性研究等。这些方法对鉴别矿物与普查找矿有一定的实用价值，在矿物原料研究中有广阔的前景。

本书可供岩矿鉴定人员及科研人员参考。

矿物原料研究

E. B. 罗日科娃等著

譚荣森等译

*

地质部地质书刊编辑部编辑(北京西四羊市大街地质部院内)

中国工业出版社出版(北京佟麟阁路丙10号)

北京市书刊出版业营业许可证出字第110号

中国工业出版社第四印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ ·印张15·字数344,000

1964年9月北京第一版·1964年9月北京第一次印刷

印数0,001—2,660·定价(科七) 2.30 元

*

统一书号：15165·3130(地质-283)

目 录

离心机分析的意义及其应用的可能性 (E.B. 罗日科娃和 E.Γ. 拉汝姆娜娅).....	1
离心机及其附属设备和工作方法 (B. H. 卡留金娜).....	3
应用离心机分析来研究铝土矿的矿物成分 (E. B. 罗日科娃).....	15
用离心分离法研究钼和钒在碳硅质頁岩中的分布 (E. Γ. 拉汝姆娜娅).....	33
高铝矿石中硬水铝矿含量的离心分离法测定 (M. B. 索博列娃).....	37
测定矿石中刚玉含量的离心机方法 (Γ. A. 斯麦夏斯卡娅).....	40
用粘附面上的离心分选法从矿石和重砂中提取矿物 (A.Γ. 科茨和 E.B. 罗日科娃).....	52
电学分选矿物的新方法 (O. B. 谢尔巴克).....	59
矿物电容率的测定及其介电分选 (E.B. 罗日科娃和 Л.В. 普罗斯库罗夫斯基).....	70
黄铁矿和方铅矿的热电性质及其与矿物形成温度的可能联系 (Γ. A. 戈尔巴托夫).....	90
金属矿物反射力和硬度的精确测定法 (И. A. 普多弗金娜).....	103
論“焦点隔屏”在用油浸法测定折光率时的应用 (Ю. A. 契尔卡索夫).....	141
用紅外綫测定矿物中水的含量 (B. H. 卡留金娜).....	159
利用布隆堡紫外显微鏡鑑定矿物的經驗 (E. Γ. 拉汝姆娜娅).....	167
矿物紅外发光性 (D. F. 巴納斯).....	184
基性和酸性脉岩在石棉和滑石矿床形成中的作用 (Б. Я. 麦連科夫).....	218
关于哲茲卡茲甘含銅砂岩的变质作用問題 (H. C. 滿努依洛娃).....	230

离心机分析的意义及其应用的可能性

E. B. 罗日科娃和 E. Г. 拉汝姆娜娅

离心机分析是矿物学分析方法中目前广泛应用的一种。它是以构成矿产或岩石的矿物的比重不同作为基础的。方法的实质就在于用离心力的影响使矿物在各种比重的液体中发生分层。为此，要利用各种类型的离心机。

这一方法有可能使一些矿物（甚至在粉細状态下）彼此分开，并将它們集中在一定比重的級別中。这样一来，就使鑑定矿物和研究矿物的性质容易得多了。此外，用这种方法还能发现在研究对象中呈很少量存在、因而在薄片的光学研究中未被发觉的矿物。由于这些矿物在这一級或那一級中富集，因此就有可能使它們显现出来，并对它們作进一步的研究。

有些矿石，除含有用矿物以外，还含有其他矿物，在其他矿物的成分中也含有与有用矿物相同的組份；研究这些矿石时，該方法便具有重大的意义。例如，属于这种矿石的刚玉矿石，在其成分中，除刚玉以外，还有其他含鋁的矿物（硬水鋁矿、硬綠泥石、云母）。在阿克塔什矿床的含硬水鋁矿矿石的成分中，除了有用組份硬水鋁矿以外，还有叶腊石和高岭石。在这些情况下，将化学成分换算为矿物成分并不能确定有用組份在矿石中的百分含量。用光学几何方法也不一定确定有用組份的百分含量；在这类矿物組合中，利用合理化学分析方法也有困难。

在这样复杂的情况下，能帮忙的就是离心机分析，它将这些矿石中的有用矿物集中在某一級中，从而可以定量地确定它在矿石中或其选矿产物中的含量。

当研究沉积岩和沉积起因的有用矿产以及风化壳的产物的物质成分时，这种方法得到了广泛的应用。大家知道，这些产物在其成分中通常都含有細散的、胶体的矿物組份，用光学分析方法是不能对这些組份进行研究的，甚至常常連鑑定它們都办不到。属于該类型的有粘土矿物、蛋白石型二氧化硅、各种分散的磷酸盐、氧化鋁的分散状和胶体状水化物、鉄和錳的氧化物、有机物，以及某些矿物在风化壳中的变化产物（鉄鋁华、釩鎢石、鈷土矿等）。

要查明这些組份的成分和确定它們属于哪一个矿物种，就要求分出它們的单矿物級別或者至少也要使它們在某些級別中高度集中。这只有借助离心机在重液中分层的办法才能办到，因为利用离心力能够处理极細的、近于胶体的质点。

例如，在苏联各种矿床的鋁土矿物质成分的研究中，离心机分析起了很大的作用。大家知道，鋁土矿的有用組份主要是含水氧化鋁的細散矿物。它們在薄片中和油浸介质中均难以鑑定，而要在与鋁土矿的其他組份（高岭石、多水高岭石、水鋁英石等）的組合中研究这些矿物的成分和性质，即使将矿物学中已知的方法（热分析、伦琴射綫分析等）全部用上，也是不可能的。

下面将会看到，利用离心机分析来研究鋁土矿的物质成分，能够解决与含水氧化鋁矿物极复杂的构造有关的问题，能够确定矿石中各种氧化鋁組份的含量，同时也能了解矿石

成分中数量不定（有时很少）的其他胶体矿物和細散矿物的性质和作用。

阐明很少量的各种稀有元素（V、Mo、Sc 等）或有色金属元素（Cu、Pb、Bi 等）在沉积岩或沉积成因的矿石中存在的形式，及确定这些元素与这些或那些組份間的关系，无論是从这些元素的工业利用的观点看来，抑或是对于解决某些地球化学問題說来，均具有重大的意义。

沉积矿石和沉积岩的一些組份，即使在它們最紧密交生的条件下，离心机分析也能將它們分出来，因而它是目前解决这些問題的唯一方法。各种离心級別（单矿物級或某种矿物高度富集級）的化学研究和矿物学研究，能够查明某些元素究竟生在岩石成分的一种組份中或几种組份中。例如，借助离心机已經确定，在各种沉积岩中少量存在的一些元素，在許多情況下并不形成什么矿物，而是与岩石的某些組份，如有机物、粘土矿物、鈣的磷酸盐、氢氧化鉄等可能以吸附方式联系着。

应用离心机分析也可以对付較复杂的情况，这时，含在岩石中的一种元素并不是全部数量都以吸附方式与岩石的一些組份联系着，而是有一部分加入某些矿物的成分中。借助离心机分析还可以解决岩石中該元素在其各种表現形式之間的数量分布問題。在該情況下，离心机分析起了合理分析的作用，方法的这一可能性，在研究矿物原料的所有阶段，尤其是將它作为技术加工对象研究时，都应广泛地加以利用。

能保証有效地应用离心机分析的基本条件是被分离的矿物在比重上有足够的差別。比重相差0.1—0.2的矿物，就能成功地分离，但是，当比重相差較小（0.06—0.05）时，有經驗的工作人員也能得到滿意的結果。

用离心机法有效地工作的另一个很重要的条件就是物质在分析前的准备，准备工作就在于，首先应将矿石或岩石适当地粉碎，以便矿物顆粒从合晶中解脫出来。这时，很重要的是不要讓矿物粉碎过度，否則，對它們进行进一步的研究就有困难。

粉碎的必要的粗細，应根据矿石或岩石中矿物析出物的大小来选择，这要在显微镜下研究薄片时确定。但是，粉碎的上限应当大大地超过打算分离的矿物的包裹体的大小。例如，若已知該矿物包裹体的大小为0.1毫米，那末，应选择0.5—0.6毫米作为粉碎的上限。有用矿物的大部分顆粒在这时都会破开，而同时矿物却不会粉碎过度。

假如矿石的組份是細散狀的，則用不着顧慮粉碎过度的問題，而应将矿石粉碎到很細的状态。至于粉碎这样細的产物能否分离，那末，应用离心机是保証沒有問題的。

在离心分离前从鋁土矿或风化壳的产物中除去鉄的氢氧化物，應該算作不具普遍意义的准备操作。細散的氢氧化鉄蒙在必須分离的其他細散矿物上时，就会阻碍这些矿物在重液中按照它們的比重来分布。

下面发表了許多論文，都是描述离心机及其工作方法，以及应用离心机法来解决在研究各种类型的矿物原料时所碰到的某些問題的。

刘成剛、譚榮森譯

离心机及其附属設備和工作方法

В. Н. 卡留金娜

正如前面所指出的，离心机分析法的实质，就在于使矿物在不同比重的液体中进行分层。当将不同比重的矿物的混合物浸在重液中时，比液体比重小的矿物即漂浮到液体的表面，比液体比重大的矿物則沉降到进行分离的容器的底部，而与液体比重相近的矿物則仍呈悬浮状态。对于在重液中分离矿物，現有的方法和仪器都有很多种，由盛滿重液的普通容器直到各种系統的离心机。

分离的速度和純度，决定于顆粒的粗細和形状，决定于被分离的矿物之間和矿物与液体之間比重的差別，还决定于液体的粘度。

分离粗大的矿物顆粒（达0.25毫米）是沒有困难的。在这种情况下，顆粒的形状和液体的粘度虽然也影响到分离的純度，但影响程度不大。分离进行很迅速，一般是在蒸发皿、烧杯或專門的分液漏斗中进行的（Е.В.Копченко, 1951; П.М.Новиков, 1950）。

細小的矿物顆粒在重液中分层則比較緩慢，分离它們所需的时间也較长，因为液体的粘度在这里具有重大的意义，为了克服粘度的影响，則应利用离心力。目前，利用离心机在重液中分离矿物，已在实际工作中得到了广泛的应用。

离心机及其附属設備

按比重分离矿物，目前用的是轉速为6000轉/分的ИЭ-3型医用离心机（图1）和莫謝夫系統的离心机；但后一种应用有限。在全苏矿研所矿物学實驗室所进行的工作中，广泛应用的是医用离心机。离心机附有實驗室用調节自耦变压器（以下簡稱調压器——譯者），因而能够将它接到120伏和220伏的电源上。离心机的轉数也是借助調压器来調节的。离心机附有四只金属筒，当作專門分离物质用的玻璃試管的管套。金属筒要成对地放在專門为此而改装过的药用天秤上平衡。这种天秤的角质盘可代之以便于安放試管的金属套环（图2）。在天秤的套环中摆两只相对的金属筒，往筒底放一些从橡皮塞上切下的薄片，并用棉花团来平衡。橡皮和棉花层同时又作为試管底的軟墊。

只有套筒平衡过以后，才可以开动离心机。此外，金属筒上面的鋁板必須用某种漆涂上，因为杜列液掉到板上时，会很快地将它破坏，而形成粉末状的氧化鋁。

如果套筒与玻璃試管經過仔細的平衡，就沒有必要将离心机牢固地固定在杌子上；只要将它放在厚毡子或厚橡皮上就行了。

离心机的玻璃試管具有如图3所示的形状。市場上出售的离心試管，是供水溶液工作用的，对重液不适用。供重液工作用的試管應該用較厚的玻璃制成。

在玻璃工場中制造試管时，应将試管淬火。这种預防其破裂的淬火，应按下列方式进行：將試管放在冷的馬福炉中，將馬福炉升到600—700°C，然后将它关掉，冷却后便將試管取出。曾經提出另一形式的試管（关于它将在下面談到），但它未得到广泛的应用。

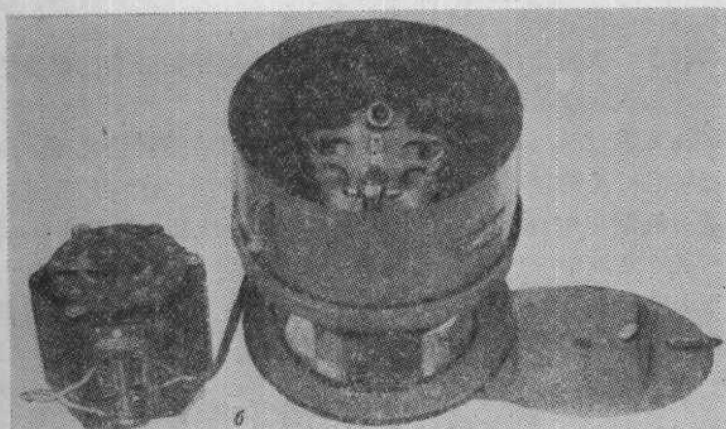
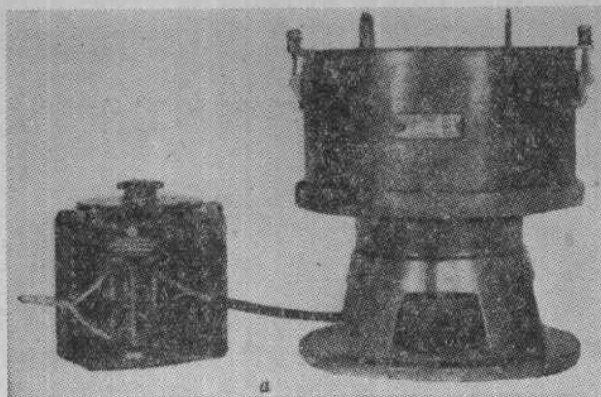


图 1 离心机
a—侧视全貌；b—俯视

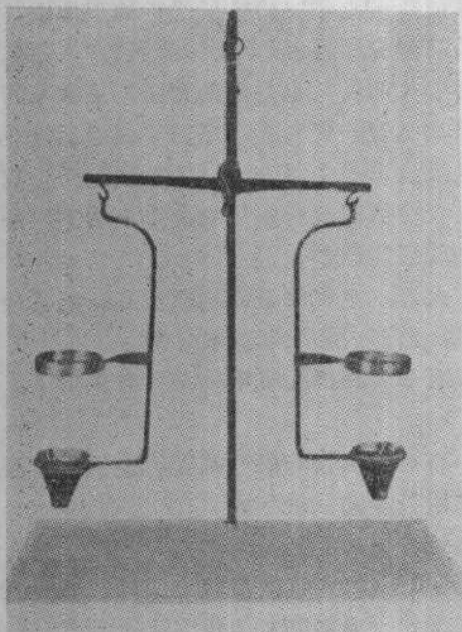


图 2 平衡试管的天秤

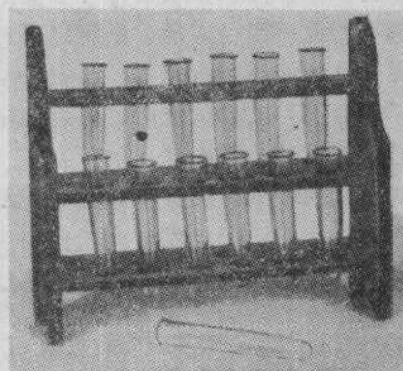


图 3 离心分离用的试管

重 液

为了按比重分离矿物，曾提出了一系列的重液。就其成分而论，其中一些是有机的，而另一些则是重金属盐的浓水溶液。在有机重液中，最常用的是三溴甲烷和二碘甲烷，无机重液中，则为杜列液、苏欣-罗尔巴赫液和克列里奇液。其他一些不太常用的重液和重熔融体，在柯普钦诺娃（Копченко，1951）和綑希捷特（Э.М.Бонштедт，1939、1951）的著作中均有叙述。

三溴甲烷（ CHBr_3 ）是易活动的无色液体，比重为2.9。能溶于醇、乙醚及苯中。用上述溶剂中的一种来稀释三溴甲烷，便能得到比重較小的液体。这时应该考虑到，由于溶剂易挥发，制成的液体的比重会迅速地改变。因此，用这些液体工作必须迅速地进行，并且要在封閉的試管内进行离心分离。

分离过的岩石或矿石，最好是用醇（乙醇、甲醇、变性酒精）来清洗，因为三溴甲烷从醇溶液中比从其他溶液中要容易分离一些。为了从洗液中分出三溴甲烷，須将洗液加5—6倍的水在分液漏斗中搖匀。将所得乳浊液靜置，让所有的三溴甲烷都集中到分液漏斗的下部。经过分液漏斗的活栓使它流到干燥的玻璃瓶中。

一次搖匀不一定能使三溴甲烷与酒精分开，因此，这一操作应重复进行两次。回收后，又得到比重为2.9的三溴甲烷。

吸入三溴甲烷的蒸气会引起头痛和呕吐，因此，凡是要用到它的工作都应在通风櫥内进行。

二碘甲烷（ CH_2I_2 ）是黄色易活动的液体，比重为3.33。能溶于苯、甲苯、二甲苯和乙醚中。用任一种溶剂将它稀释，就能得到比重較小的二碘甲烷。这时应该考虑到，由于溶剂易挥发，制成的液体的比重会迅速地改变。因为二碘甲烷有毒，故要用到这些液体的工作，也同用稀释的三溴甲烷工作时一样，应在通风櫥内进行，并且要在封閉的試管中进行离心分离。在阳光的作用下，二碘甲烷会由于碘的析出而变暗。应将它保存在橙色玻璃瓶内，并加入少量的銅片。

当工作中碰到能溶于水的矿物时，建议使用三溴甲烷和二碘甲烷。

杜列液是 $\text{HgI}_2 \cdot 2\text{KI}$ 复盐的水溶液，白黄色，比重为3.2。

为了制备杜列液，通常是在大瓷皿中将620克的二碘化汞、500克的碘化鉀与180毫升的水摻和，并将混合物在80—90°C的水浴中加热，直到液体达到最大比重（3.20）时为止。这个时刻，根据螢石晶体（比重为3.18）在液体中的行为是容易确定的。如果液体已达到最大比重，螢石就会漂浮到其表面上，或者，当用玻璃棒将螢石攪起来时，它是慢慢地沉向底部。将液体从水浴中取出，让它完全冷却，并将沉淀的晶体过滤掉。检查过比重以后，液体就可以用了。

将滤出的晶体放在少量的水中溶解，蒸发，过滤；这一过程要重复两、三次。又重新得到了几份杜列液，如果前后两份杜列液的比重相同，即可将它併到前一份中去。当后面几份液体的比重达不到3.20时，則将它们倒在另一玻璃瓶中。

杜列液可按任意比例与水混合，而得到由3.2到略微高于1的各种比重的液体。

在杜列液中分离矿物以后，滤紙上的物质要用3%的碘化鉀溶液清洗，然后再用溫水清洗到将杜列液完全除去时为止，这一点可根据滤紙的黄色消失来确定。

在杜列液中分离后的各級別，如只用水清洗而不加碘化鉀，就常常会导致紅色的二碘化汞晶体沉淀出来。

将稀释了的杜列液（清洗水）在水浴中蒸发濃縮，并以螢石晶体来检查它的比重；当需用比重为 2.9 的液体时，則用方解石晶体来检查比重。

当杜列液长期使用后，它有时会呈现出紅褐色，并变暗而成为不大透明。这是由于游离的碘析出，液体发生分解而引起的。往液体中加几滴金属汞并在水浴中蒸发，使游离的碘結合成汞盐，顏色即行消失。

用加碘使杜列液飽和的办法，可使它的比重增高到 3.30—3.40。为此，将液体放在水浴中濃縮到出現結晶皮壳以后，繼續加热，并拌入相当大量的碘。碘被溶解，液体便呈近于黑色的深棕色，并变成不透明。当冷却后，在容器的底上会析出部分的碘和复盐的晶体。将液体瀉出，用来分离矿物。

杜列液有毒，因此，在制备它和蒸发清洗水时，都应在通风櫥内进行。此外，用杜列液工作时，必須戴上医用橡皮手套，或者，至少也要戴指套，才能进行，因为它能腐蝕皮肤。

当杜列液与硫化物或自然金属接触时，它便迅速分解，并依次析出二碘化汞和金属汞。当有上述矿物存在时，分离和过滤都必須尽快地进行。

苏欣-罗尔巴赫液（以下簡称为苏罗液）是二碘化汞和二碘化鋇两种盐的水溶液，这是一种黄色的粘性液体，比重为 3.5。为了得到比重較小的液体，則往它的浓溶液表面倒些水，并让它靜置，以便进行扩散。在全苏矿研所的矿物学实验室中，是在攪拌时加进少量的水来稀释苏罗液的。只是当稀释时疏忽大意，或者用它配制比重小的液体，即强烈用水稀释时，苏罗液才会分解并析出二碘化汞。由此应得出結論，苏罗液只应稀释到比重 3.3 为止。没有必要将它进一步稀释，因为这已可用容易稀释得多的杜列液来代替了。

将輕微稀释的苏罗液（比重为 3.3）放在水浴中蒸发，即能达到最大比重。强烈稀释的溶液和清洗水則不能用蒸发的方式达到最初的比重（3.5）。

克列里奇液是丙二酸鉍 $\text{CH}_2(\text{COO})_2\text{Ti}_2$ 和蚁酸鉍 HCOOTi 复盐的水溶液。液体为白黄色，比重为 4.27，当加热时，比重可升到 5.0。克列里奇液十分稳定，在化学上是惰性，粘度比杜列液小，容易与水按任意比例混合，只有在真空中才能在水浴中蒸发濃縮。鉍的化合物价格昂貴，因此，克列里奇液应用不广。

列宁格勒紡織研究所的工作人員，在 1952 年提出了一系列牌号为 $\Pi\Delta-1$ 、 $\Pi\Delta-2$ 和 $\Pi\Delta-3$ 的液体，这些液体都是氧化鋅或鋅片在碘氢酸和溴氢酸的混合物中的溶液。这些液体用水很好稀释，加入鋅片蒸发，即恢复到原来的比重。在 $\Pi\Delta-1$ 、 $\Pi\Delta-2$ 和 $\Pi\Delta-3$ 等液体中分离后的各級別，必須先用 10% 的盐酸清洗，然后再用水清洗，因而限制了上列液体在矿物学分析中应用的可能性。

最近，列宁格勒紡織研究所的那些工作人員又提出了一些新的重液——碘化鋇、碘化鋇和碘化鋅等盐类的水溶液，比重为 2.9 和 3.0。它們用水很好稀释，因此，在其中分离后的各級別一般都用溫水清洗。这些液体的优点是，它們不具有杜列液所固有的毒性，此外，价格也較低廉。但是，較小的比重限制了它們在矿物学分析中应用的可能性。以鋅的化合物为基础制成的液体，吸湿性强，因此，应将它們保存在有磨砂瓶塞的玻璃瓶中。

重液比重的測定

用摩尔-韦斯特法尔天秤測定液体的比重。杜列液制好或經稀释后，以及三溴甲烷和二碘甲烷被相应的液体稀释后，都有必要測定新得到的液体的比重。在全苏矿研所矿物学实验室的实践中，是用装有加重墜子的摩韦天秤（摩尔-韦斯特法尔天秤的简称，下同）來測定比重的。

摩韦天秤的墜子是預定为測定比重不超过2.9的液体用的，而为了測定較重液体的比重，就必须更換較重的墜子，并相应地将平衡錘加重。新墜子的体积可以是任意的，但是它每一立方厘米的重量不应小于4.5克。通常是将5—10毫升的移液管一端熔化封口拿来制作这种墜子。将这种移液管放在盛有水的量筒中，根据排开的水大致确定移液管的体积，并按每一立方厘米体积的重量不小于4.5克的計算往其中装填鉛砂。然后将移液管的另一端熔融，做成挂鉤。把它穿进細鉑絲的圈套中，如沒有細鉑絲，至少也要用細鋼絲（但不能用細銅絲），細鉑絲的另一端也做成一个圈套。利用这个圈套将墜子挂在摩韦天秤横梁右端的挂鉤上。

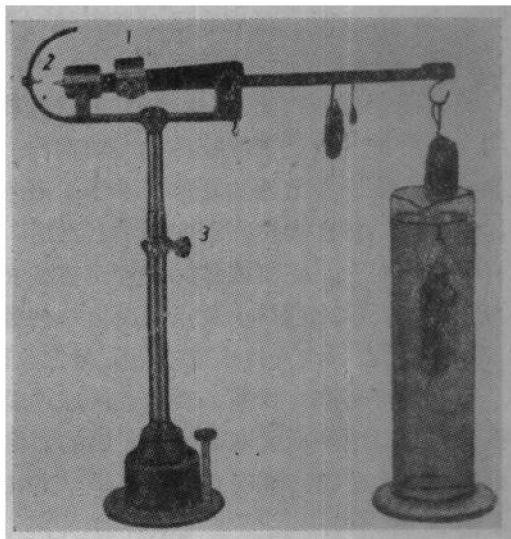


图 4 装有加重墜子的摩韦天秤

墜子做好以后，必須精确測定它的体积。为此，将墜子与細絲一起放在精度达四位小数的分析天秤上称重。这以后即按下述方式測定墜子在水中的重量。用紙板或白铁皮搭一个跨过分析天秤盘的小台子，在它上面摆一只盛有蒸餾水的烧杯。将墜子挂在分析天秤的挂鉤上，并让它浸在水中，使墜子的下端高出杯底10毫米，上端（挂鉤）被水盖过5—10毫米。在水中進行称重并記下天秤的示数，然后将墜子在空气中的重量减去墜子在水中的重量，即得排开的水的重量，也就是墜子的体积。

如果在水中称重时溫度高于 25° ，那就必須考虑与該溫度相当的水的密度。測定体积要重复两、三次，計算出平均体积，再按此体积用鉛块做一些砝碼。为此，将一块鉛板放在工艺天秤上称重，使其重量稍大于墜子所排开的水的重量，将它用挂鉤挂上，用銼刀銼，直到它的重量等于墜子排开的水的重量时为止。边銼边称重，开始是在工艺天秤上进行，然后再在与測定墜子排水体积时精度相同的分析天秤上进行。

用这种方式先做两个砝碼，其中每一个都具有墜子排开的水的重量，再做两个等于两倍重量的砝碼和一个为排水重量十分之一的砝碼。如果注意到，水的密度在正常条件下等于1，則砝碼将相当于比重的一、二和十分之一。

市上出售的天秤，其横梁的左端附有平衡錘，它能使加在天秤上的墜子平衡。当出售的墜子代之以較重的墜子时，必須制备附加的平衡錘。它是用銅或黃銅制成的帶螺釘的套筒，重約50克（图4,1）。

为了找出这个平衡錘在橫梁左端的位置，須将一个相当于比重 1 的砝碼和墜子挂在橫梁右端的极限刻度 10 上，并将墜子放进盛有蒸餾水的烧杯中。用左手的手指将天秤的指針 2 調整来互相对准，用右手松开支架 3 上的螺釘，使橫梁上升或下降，找出使墜子低于水面不少于 5 毫米的这样一个位置。找到后，将螺釘擰紧。在橫梁左端加上制好的平衡錘，并将它左右移动，直到找到平衡位置为止；在这种情况下，两根指針應該是正好对准的。然后，将平衡錘上的螺釘擰紧。当擰紧螺釘时，可能会使平衡錘輕微移动。因此，还必须檢驗一次，看平衡是否被破坏，必要时可小心地将平衡錘向某一边移动一下。平衡錘装好后，就可着手測定液体的比重了。

測定某种液体的比重时，将它倒进玻璃筒或烧杯內，将墜子挂在摩韦天秤右面杠杆的挂鈎上，并将其放进装着液体的玻璃筒內。使天秤的指針互相对准。松开支架上的螺釘，調整墜子，使墜子上的液体不少于 5 毫米。然后将螺釘擰紧。接着，用砝碼使墜子平衡，开始时，将砝碼挂在刻度 10 上。然后，用相当于比重 1 及其 $1/10$ 的砝碼挂在 0 和 10 之間的中間刻度上。待測液体的比重可直接在天秤上讀出来，它就等于砝碼的总和。相当于 1 的砝碼，表示比重的小数点后面第一位数（它等于該刻度上所刻的数字），而相当于 $1/10$ 的砝碼則表示比重的小数点后面第二位数。

为了获得可靠的結果，須检查所取讀数的正确性。为此，应将一个小砝碼向这边或那边移一格，以便确証所取讀数是正确的。例如，当在刻度 10 上加有等于 2 的砝碼，刻度 5 上为等于 1 的砝碼，刻度 6 上为等于 $1/10$ 的砝碼时，对某种液体达到了平衡。这种液体的比重便等于 2.56。

当目的在于配制一定比重的液体时，則在橫梁的右端挂上一定数量的砝碼和墜子。将墜子放进盛有液体的玻璃筒中，并逐渐注入水或其他稀释剂，直到系統达到平衡为止。每加一次水后，都必须仔細地将液体混勻并将墜子提高，以便使它上面的液体数量保持恒定（5 毫米）。

由此可見，借助专用的摩韦天秤可迅速地配制由 1 到 4.27 的任何比重的液体。

在分析天秤上測定液体的比重。当沒有摩韦天秤时，可以通过公式計算或利用当时由毕納西克提出并由 B.A. 集尔别尔明茨和 M.B. 薩莫依洛所发表的曲綫来配制具一定比重的液体。

計算两种液体的混合物的比重 d 的一般公式如下：

$$d = \frac{d_0 V_0 + d_1 V_1}{V_1 + V_0},$$

式中 V_0 ——原来所取重液的体积；

V_1 ——添加溶剂的体积；

d_0 ——原来所取重液的比重；

d_1 ——添加溶剂的比重。

由此式可得出添加溶剂的数量

$$V_1 = V_0 \frac{d_0 - d}{d - d_1}.$$

这样就能算出，为了得到所要求的比重的液体，必須往液体中加进多少溶剂。例如，假若有 50 毫升比重为 3.0 的杜列液，需要用它配制比重为 2.8 的液体，那末，根据公式可以

求得：

$$V_1 = 50 \times \frac{3.0 - 2.8}{2.8 - 1} = 5.5 \text{ 毫升}$$

但应记住，按公式计算得不出十分精确的结果。

当预计用比重为3.2的杜列液来配制所需比重的液体时，可以利用根据经验资料作出的曲线，这种曲线以图解方式反映了比重的大小与稀释水的数量之间的关系（图5）。杜

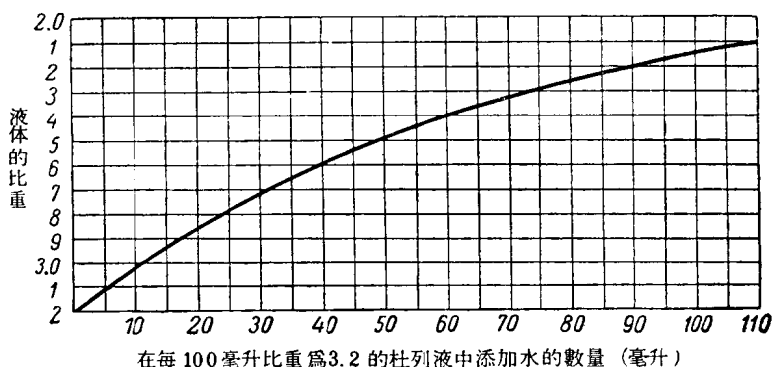


图5 对比重为3.2的杜列液所作的稀释水的数量与比重的关系曲线

列液与水的“混合物”的比重，总是要略微大于按上述公式计算而得出的比重。倒在一起的杜列液和水的体积，总是要小于原始物质的体积之和：

$$V_{cp} < V_0 + V_1.$$

曲线上，与0%的水相应的一点，相当于杜列液的最大比重3.20。当开始稀释时，曲线急剧地上升，而比重则迅速地下降，但是，随着溶液中水的含量的增加，比重的下降便会减慢。必须考虑到，所提出的曲线只是在曲线上与100%的水相当的点以前，即是当添加的水的体积小于和等于原来液体的体积时，才能保证足够的精度；在这种情况下，混合物的比重等于2.15。实际上，就连这种比重的杜列液也是很少使用的，只是在分离有机物质时才用到它；通常分离矿物都是用比重较大的液体。

由此可见，利用公式或曲线也能配制接近于指定比重的液体。

为了较精确地测定所配制液体的比重，可以利用萨尔特里乌斯当时提出的众所周知的方法。这种方法能够在普通分析天秤上测定重液的比重，它也是根据墜子浸在液体中重量损失这一原则来测定比重的。为此，要制造一个与在摩韦天秤上工作时一样的墜子。照上面所讲的方式，在分析天秤上测定它的体积，并对该墜子编制一份说明书，其中写明墜子在不同温度下的体积 V 和重量 P_1 。为了测定比重，将稀释了的液体倒进玻璃筒，将玻璃筒摆在跨过天秤盘而搭成的小台子上，往液体中放下墜子，将墜子挂在分析天秤的挂钩上后，便进行称重。必须注意，在安静状态下（不是当天秤摆动时），墜子上的液体不应少于5毫米。记下墜子在液体中的重量 P_2 。如果墜子在空气中的重量等于 P_1 ，墜子在液体中的重量等于 P_2 ，而墜子的体积为 V ，那么，液体的比重即将等于：

$$d = \frac{P_1 - P_2}{V}.$$

如果测定表明，液体的比重比需要的比重略低一些，则可添加杜列液，如果高一些，

則添加水，并重新检查配制的液体是否与指定的比重一致。将配制好的杜列液倒在干燥的、带有磨砂瓶塞的玻璃瓶中。

可以用这种方式在几只玻璃瓶中预先配好具有工作所需要的比重的液体，以便于利用，只要間或检查一下这些液体的比重就行了。

在容量瓶中称重和借助比重瓶来测定液体的比重。重液比重的测定，可在一定体积（20—50毫升）的容量瓶中并在分析天秤或工艺天秤上称重来进行。为此，将容量瓶在烘箱中烘到恒重，称重，将液体灌到标记处（根据下弯月面确定），再称重。将这一重量减去空瓶的重量，并将差换成体积，这样便得到液体的比重。测定要重复几次，算出液体比重的平均值。

当用这种方法工作时，必须考虑到：（1）瓶上的标记是否与瓶上所标的容量符合；（2）瓶上所标的温度是否与测定液体比重时的温度一致。为了避免错误，在测定之前必须检查量瓶刻度的正确性。检查最好是在瓶上所注明的温度下进行，用水灌到标记处，进行称重。如水的温度与瓶上所标的温度不一致，则将所得重量换成与此温度相当的水的密度。量瓶的检查要进行几次；几次的平均数即当作量瓶的实际容量。装着重液的量瓶的称重，也应考虑到温度。

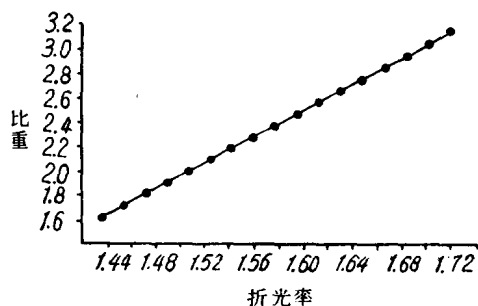


图 6 杜列液的比重与折光率的关系曲线

测定液体比重的光学方法。重液的比重可以根据折光率来确定，因为折光率和比重之间存在着直线关系（Н.М. Меланхолин, 1940）。这种关系可以用图解来表示；图 6 便是为杜列液作的这种曲线。

这种方法能够利用小体积的液体来进行，并能将液体的比重直接在试管中进行连续的改变，而毋须将标本离析。任何一种折光仪都可用来测定液体的折光率。

在上述测定液体比重的各种方法中，应优先采用摩韦天秤法，因为它是最快速的方法之一，又能得到十分精确的结果。假如实验室中没有摩韦天秤，最好是预先将比重为 3.2 的杜列液稀释到必要的比重，并在分析天秤上测定液体的比重；稀释时，应该利用图表（图 5）或公式来计算添加溶剂的数量。很显然，在这种情况下测定比重要比用摩韦天秤时花费更多的时间。

完成分析的程序

为了在重液中按比重分离矿物，须将标本粉碎到没有合晶的状态，因为合晶的存在总是导致被分出的级别混杂不纯。在矿物为细小浸染的情况下，则应将标本研成粉末，并用

当必须配制预先指定的、一定比重的液体时，应用上述方法便要花费许多时间，同时，还不能保证结果的精度。

在比重瓶中测定液体的比重，也是在容量瓶中测定的方式进行的。这种方法比前一种方法优越的地方就在于，比重瓶附有具毛细管孔的瓶塞，故能将液体的体积取得更准确。

比重瓶法比在带坠子的分析天秤上测定比重，需要的时间要多得多。

0.06毫米的篩子反复过篩。

通常一次进行四个标本的分离（根据离心机的試管数而定），或者，在收集某一級別的情况下，則四只試管都裝同一个标本。往每只試管中放入标本的試样 2 克（試管应当是干燥的），注入少量用来分离的液体，并用玻璃棒將試管內的东西仔細拌勻，以防有粘結的团粒存在。添加液体，并用它將玻璃棒上附着的顆粒冲入試管中。將試管放进天秤的套环中后，为了使其平衡，可一滴一滴地加入液体，一直加到試管完全平衡为止（但往試管中加液体不应加得过多，最好是距离試管口約有 1 厘米空着）。

將这样平衡过的試管轉移到离心机中，放入預先平衡过的、对应的两只金属筒中，接上调压器，逐渐增加轉数。离心分离的时间和轉数，决定于被分离的矿物之間以及每种矿物与液体之間比重的差別，也决定于研磨的細度和液体的粘度。在 2000—2500 轉/分时，一般离心分离 5—10 分钟。为了得到这种轉数，將調压器逐渐开大，使指針指到 40—50 的标记。

經過 5—10 分钟，逐渐將調压器关小，降低轉数，离心机停止后，取出試管。在試管的上部，集中了比液体輕的矿物，試管的底部則集中了比重比液体大的矿物。用一根細玻璃棒小心地將两层分別攪拌，勿使它們彼此混合。这对于防止比重大的矿物机械捕获輕級的矿物和相反的捕获，都是必須的。攪拌后，再离心分离，这一次，時間較短，但离心机的轉数同前。假如重复分离后，得到截然分开的两层，并且分隔这两层的液体又是透明的，就可着手將輕級与重級分开了。

如果輕級大量存在，它就会在試管的上部集結成致密的一层。用左手拿住試管，再用一根細玻璃棒通过試管壁与輕級的致密层之間，这样来使它与玻璃分开。將这一級倒在干燥的滤紙和漏斗中，同时迅速轉动玻璃棒，利用剩下的液体將粘在試管壁上的顆粒冲下。必須注意，倒出的液体不要帶出重級的矿物顆粒。將試管保持在水平位置，用鑷子夹一小团棉花去擦拭粘在管壁上的輕級顆粒。如果在离心分离中要避免輕級的損失，并要获得中級与輕級較精确的比例，那就不要用棉花来清除粘在管壁上的顆粒，而將試管灌上分离用的那种液体，平衡后进行离心分离。由于离心分离的結果，剩下的顆粒便会聚集在液体的表面，將它們倒入刚才过滤輕級的漏斗中。在这样的工作方法中，輕級的損失是很少的。

这以后，用洗瓶的細水流將重級冲洗到另一只漏斗中的另一张滤紙上。

过滤建議用紅帶滤紙，至少也要用白帶滤紙；假如这两种都没有，則应采用不太致密的滤紙。当往干燥的烧瓶中过滤輕級时，液体并不改变原先的比重，可以將它倒在原来貯存分离用液体的玻璃瓶中。

無論是輕級还是重級，都必須很好地清洗。假如是在杜列液中离心分离的，那么，先要用 3 % 的碘化鉀溫热溶液（三、四倍）来清洗，然后再用溫水清洗到滤紙上不再剩下杜列液的痕跡为止。如果在水清洗的过程中，滤紙上出現二碘化汞的紅色晶体，那么，須將滤紙上的东西再用碘化鉀的溫热溶液和水来清洗。当标本在重液中分离后打算要送去作化学分析时，标本的清洗应进行得特別仔細。

將洗液在水浴上蒸发，以便以后分离用。

当在三溴甲烷和二碘甲烷中用离心机分离矿物时，試管要用橡皮塞塞住。在这种情况下，試管要与塞子一起平衡。在三溴甲烷或二碘甲烷中分离后，各級都要用这种液体的稀釋剂中的一种来清洗（見前）。

清洗后的沉淀，连同滤纸一起（不要将它们从漏斗中取出）放在温度不超过100°的烘箱内烘干。

当必须将所得到的轻级或重级放在另一种比重的液体中分离时，便将呈干燥状态的该级转移到试管中离心分离，做法和上面所说的一样，但是，换了另外一种液体。如果碰到粘土（细散）物料，那么，各级在分离和烘干后就会固结，因此，须在研钵中用小杵将它们轻轻研散。

烘干后，用小毛刷将一个级别从滤纸上收集到称量瓶中，并在工艺天秤或分析天秤上称重，至于在哪种天秤上称重，系随该级的数量及研究任务而定。将称过重的各级均包成小包保存起来，以便用光学方法、化学方法和其他方法作进一步的研究。

如果只用一种液体进行分离，即只分为两级，那么，烘干后，就没有必要将它们都去称重。可以只称较少的一级（大部分这都是重级），而另一级则根据原来所取试样减去该级的重量之差来求得。

但是应该考虑到，由于用棉花擦拭试管壁时损失了若干数量的轻级物质，故称重的各级的总和通常都不与试样一致。假如只称重级，而轻级是根据差减求得，则损失便落在轻级身上。当从岩石和矿石中分出比重不同的几个级别时，工作开始时不取试样，而将粉碎的标本倒入试管中，用它填满试管的收缩部分。分离之后，将各级称重，它们的总和即当作试样，并计算每一级的百分含量。

设分离是在比重为3.0和3.2的液体中进行的。分离的结果得到三个级别：

$$(1) \text{ 比重 } < 3.0 \text{ 的一级重量为 } a \text{ 克； } \% = \frac{a \times 100}{a + b + c} ;$$

$$(2) \text{ 比重 } 3.0 - 3.2 \text{ 的一级重量为 } b \text{ 克； } \% = \frac{b \times 100}{a + b + c} ;$$

$$(3) \text{ 比重 } > 3.2 \text{ 的一级重量为 } c \text{ 克； } \% = \frac{c \times 100}{a + b + c} .$$

在这种情况下，损失是均匀分摊在各级之中的。

在细散岩石中或当被分离矿物的比重接近于液体的比重时，分离便难于进行；在这些情况下，必须加大转数并延长离心分离的时间。

在简单的离心试管中工作时，要将轻级和重级分开便带有某些困难。集利别尔明茨和萨莫依洛(В. А. Зильберминц и М. В. Самойло, 1932)，以及马尔古利斯(Л. М. Маргулис, 1949)曾提出具夹层管壁的试管(图7)。标本在这种试管中离心分离后，轻级便聚集在内管的上部。将内管用塞子塞住或用手指按紧，并将它从外管中抽出来。将这样分开的轻级转移到滤纸上，清洗、烘干并称重。应当记住，试管内应磨得很光，否则，轻级的矿物就会跑到管壁之间的空隙中和卡在研磨的地方。

假如当某一比重级别的产量小，而又必须将该级大量收集时，那么，用医用离心机便不得不将试管用研究物质装填好几次，离心分离好几次，这就造成了某种不便。在这种情况下，可利用莫谢夫离心机(А. П. Мошев, 1935)。这种离心机是基于悬浮液通过特殊形状的陀螺(图8, 4)而连续漏出的原则。这种离心机的陀螺安装在“星”型或“羚羊”型的牛奶分离机的传动机构上；这种分离机是彼尔姆工厂出品的，当摇柄的转速为60—70

轉/分时，陀螺每分鐘轉10000轉。

在其中分离矿物按下述方式进行：

将粉碎过的标本（碎到必要的顆粒大小）在重液中攪渾（60—80毫升液体中放样品15

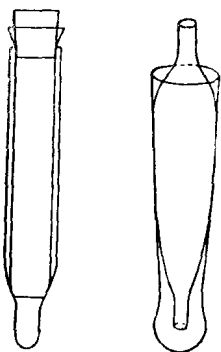


图 7 具夹层管壁的試管

—20克）；把所得到的悬浮液轉移到滴液漏斗中(图 8, 1)，让陀螺旋轉，打开漏斗的活栓，使悬浮液慢慢地漏到旋轉着的陀螺中去。輕級的矿物与进行分离的液体一起被离心力排出，經過陀螺的邊緣排到專門的接收器中；接收器乃是一只倒置的漏斗，它的边向內卷，并带有出水口。液体与輕級从接收器中順着出水口流到放在布氏漏斗中的滤紙上，布氏漏斗还通过一只烧瓶与水流泵相連。

当全部悬浮液都漏完后，将剩在漏斗中和接收器中的顆粒用純淨的液体（也就是进行分离的那种液体）冲洗到陀螺上。然后使陀螺停止，先将玻璃漏斗和接收器取下，拿开，接着从中取出重級；重級一般都是聚集在陀螺的內壁上的。这以后，便照上面所說的，将輕級和重級清洗，烘干。

为了使分离級別比較仔細，在研究标本的全部悬浮液都漏出后，应该用进行分离的液体将輕級的矿物从滤紙上冲洗到小烧杯中，并再次将这种悬浮液通过陀螺漏出。

在莫謝夫离心机中进行分离，可以用三溴甲烷，也可以用杜列液。陀螺系用不銹鋼制成或鍍有鉻，以免杜列液分解。当分离大小由0.25到0.01毫米的粒級时，莫謝夫离心机的效果最好。当用較粗的粒級工作时，如果玻璃接收器在制造时淬火和退火不充分，則常被打碎。分离顆粒大小小于0.01毫米的細粒物料，据 E. B. 柯普欽諾娃的研究，在莫謝夫离心机中不能得出令人滿意的結果，而要在医用离心机中来完成。分离少量的試样时，不管顆粒粗細如何，也建議借助医用离心机来进行。

为了将輕級的矿物分离得比較完全，阿弗杜辛（П. П. Авдусин, 1953）建議利用他提出的三級陀螺。此外，当分离大小小于0.01毫米的粘土矿物时，他将总共 2—5 克的标本在 100 毫升杜列液中攪渾，并且，他認為，被研究的級別随时与液相保持接触，是有效的

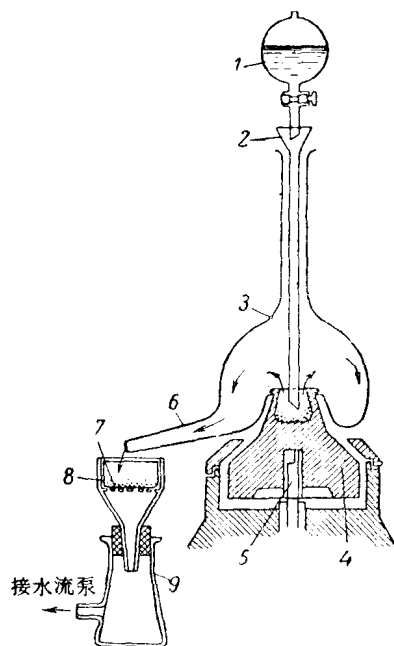


图 8 在莫謝夫离心机上用液体分离矿物的裝置

- 1—滴液漏斗；2—漏斗；3—玻璃接收器；
- 4—陀螺；5—分离机的軸；6—玻璃管；
- 7—滤紙；8—布氏漏斗；9—烧瓶