

礦物比重的測定

Э. М. 班施切特—庫普列特斯卡婭

科学出版社

56.833
461
C2

矿物比重的测定

Э. М. 班施切特-庫普列特斯卡婭著
貢 素 珍 譯

34403/19

科学出版社

1954

Э. М. Бонштедт-Куплетская
ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОГО ВЕСА
МИНЕРАЛОВ

ИЗД. АН СССР, 1951

內 容 提 要

本書總結了近五十年来在矿物比重測定上的各方面的經驗，并且詳細地介紹了各种測定矿物比重的方法。其中关于測定矿物比重方面的許多难以解決的問題，作者也做出了一些批判性的總結。特別是对用各种方法測定矿物比重所得的結果也做出了詳細的評價。

本書可作为矿物学家，岩矿分析工作者，矿物方面的教学人員及有关矿物的研究者应用，而且也可作为陶磁、耐火材料及其它原料的研究工作人員参考。

矿 物 比 重 的 測 定

Э. М. 班施切特-庫普列特斯卡婭著

貢 素 珍 譯

陈光远 李文达校

*

科学出版社出版 (北京朝陽門大街117号)

北京市書刊出版業營業許可証出字第061号

科学出版社上海印刷厂印刷 新华書店总經售

*

1958年3月第一版

1958年3月第一次印刷

(滬): 1-1,259

書号: 1076 字数: 76,000

开本: 787×1092 1/32

印张: 3 11/16

定价: (10) 0.60 元

原 序

不管在国内或国外,都有很多从事矿物比重测定方法问题研究的人,不仅是矿物学家,而且有陶磁、耐火材料及其他原料研究方面的实际工作者。用普通的测定方法所获得的精确度——应用最广的,是用比重瓶装水的测定法——不能满足工作的需要。近十五年来发表在矿物学、化学、物理学、应用及技术科学方面的杂志上的 150 多种著作中在查明误差原因,及矿物比重测定方法的改进与革新上是有贡献的。

根据我自己的经验知道,在矿物比重测定的实践方面有多少难于解决的问题产生,我决定要对矿物学家们有关这问题的经验做出批判性的总结,并且要指出用各种方法来测定矿物比重并对所得结果做出评价是多么需要。本书是为矿物学家写的,他们一般要测定数量不多而经过仔细挑选的物质的比重,下面所作的一切结论及说明,单纯是指矿物学工作而说的。它们不适用于对精确度要求很高的物理学家,同样也不适用于从事研究的人们对成批矿石、耐火材料及其他原料样品比重的测定。但我想即使是这些归纳在一起的比重测定方法的资料对于这些工作人员也是有用的。

下面只叙述在矿物学实践中最常用到的比重测定方法。除了讲到的这些方法以外,还有着许多别的方法,许多计算图表,专用天平的式样等等被提出过。

我完全认识到本书的一切缺点,许多方法有必要进一

步批判檢查并改进,我也十分希望,作为第一次尝试,这一样式的本書会对測定有所帮助,并且对一連串的錯誤有所防止,这些錯誤主要是由于缺少指导書籍而發生的,这类指导書籍應該說明怎样完成測定,以及怎样来对測定进行評價。

我十分恳求那些使用本書的人們能把有关本書缺点及可能錯誤的評論寄給我。

我感謝 H. A. 斯莫里揚尼諾夫、И. Д. 波尔聶曼-斯達論克維奇、B. C. 依茲馬依洛夫、B. T. 巴勒維列夫、A. И. 波諾馬列夫、K. И. 安尔斯契赫諾在审閱手稿时給与的有价值的指示。在进行本書所述方法的方法学上的校正时及出版的技术准备工作上,我得到 O. B. 卡尔波娃及 B. C. 阿密尔里娜的很大帮助,对于这些人們謹表示衷心感謝。

作者

苏联科学院地質研究所矿物研究室

1951年2月于莫斯科

目 录

原 序	v
引 論	1
比重瓶法	5
比重瓶描述(5)物質的制备(8)用比重瓶裝水的測定方法 (9)用比重瓶裝有机液体的測定方法(18)用比重瓶測定比 重时的誤差(30)	
用靜水力学称重法測定矿物比重	34
物質的制备(34)容器及称重天平(35)靜水力学称重时用的 液体(35)工作技术(36)方法的精确度(42)	
在重液中測定矿物比重	46
使标本处于悬浮状态(46)物質的特征(48)用作“重液”的液 体(49)液体的冲淡(54)方法的精确度(54)比液体更重的矿 物比重的測定(56)小顆粒比重的測定(59)	
測定矿物比重的倫琴氏法	62
用体积計測定矿物比重	64
滴液称重法	70
矿物比重測定方法評述	71
多孔結構矿物的比重測定	76
液体比重的測定	78
用来測定矿物比重的液体的特性	86
附 录	
I. 測定矿物比重时所用的公式	103
II. 比重計算的輔助表	107
参考文献	110

引 論

比重为矿物的主要常数之一。比重測定为矿物鑒定所必需；比重的大小反映了类質同象系列中各代表物質的化学成分，是决定基本晶胞体积及其中所含物質分子数的基础。

固体比重測定方法的指示在各种物理学教科書中均有論述。然而实际上在測定矿物比重时却常常会遇到困难。許多矿物的比重表現了相当大的变化，这种变化被解釋成由各种不同的原因所产生：物質本身的不均匀性，矿物精选不够純淨，物質結構（空隙、裂隙的存在），数量不足，最后是对待測定方法上不够細心。

物質的缺陷是測定矿物比重时常見的錯誤原因之一。很遺憾，这一錯誤的原因还常常未能消除，因为矿物学家常常只能支配数量非常有限的矿物，但正因为以很小的称重試样来工作，在对待測定上就要特別注意，并且要了解測定誤差的大小。

固体比重是物体重量与其体积的比值，这是抽象的数值，在数值上与物体密度相等。物質体积在数值上（以立方厘米計）与其同体积的水的重量（以克計）相等，因而比重可以由該物質重量与 4°C 时同体积的水的比来决定。

当被測定物質具有空隙性的特点时，像某些矿物常常

有的(还不必說岩石、矿石、防火及陶瓷原料),比重的概念就复杂化了。在这場合下,应区别真比重(或者矿物比重)——即物体固体部分的比重——与假比重(体重)——物体重量与其固体部分及其空隙体积总和的比值。

矿物比重数字呈现分歧的原因之一是对测定数据缺乏明确的交代。例如,有些研究者用某一方法测定矿物比重,不加任何修正,而另一些人,按照物理学原则,根据精确度的公式进行计算,但不管前一种人或者后一种人都没有指出他们在结果中有否加以修正;甚至都不去想一下,有时引用测定数据直到第四位小数,而在其测定中甚至第二位数字已可能不准确了。

在矿物比重测定的每一种情况下,应当弄清楚所得数值的精确度(参考下面),并根据这个列出测定结果中小数点后数值的大小。在矿物学的实践中,比重测定具有小数点后第三位数字上的精确度,因为物质本身一般不是理想地均匀的。

在大部情况下引用小数点后两位数字的比重已足够代表矿物,只有在特殊情况下,例如编排类质同像系列中各代表成分的比重及其他性质时,须求得小数点下第三位数字。但在这种情况下应特别注意测定误差问题。假定在利用最精确的方法时也计算到小数点下第四位,那末在最后结果中第四位小数可以弃去;取小数点下三位,我们已可以保证第二位数字。一般要说明所作测定具有小数点后第几位数字上 ± 多少的精确度。

假定比重测定方法引进到小数点后第三位数字上的测定误差时,最好对测定进行时的温度及在空气中的称重误差进行校正,即求出 $D_{4,0}^t$ 的值(参考下文)。被所用砝码所

替换的空气重量的校正是毋須計算的，因为这只对第四位小数有影响，而物質，即矿物本身，通常既不均匀也不純淨，要使矿物比重不在小数点后第三位範圍內变化并不决定于所采用方法的精确度。

永远应当說明在計算时有否引进校正。只有在这样的場合下，才能比較由不同的人所做的測定。同样应指出，矿物称重的大小对測定比重的准确度是影响很大的。通常关于引用校正的說明可采用指数或附注的形式。

不同作者用不同的符号来代表比重： D, d, S, s, γ 及其他。右上角的指数表示进行測定时的温度，右下角的指数表示在其中进行測定的水的温度，这儿分数式中以字母表示的分母說明該測定是在空气中（“B”，“Взд”——表示空气，俄文空气为 Водух， α ——空气，英文空气为 air， T ——空气，德文空气为 Luft）进行称重的，还是换算成在真空中（ v ——真空）称重的。

这几个数值之間的关系如下：

$$D_{4/v}^t = D_{t/\text{空气}}^t (Q_t - \lambda) + \lambda;$$

$$D_{4/\text{空气}}^t = D_{t/\text{空气}}^t \cdot Q_t;$$

$$D_{4/v}^t = D_{t/\text{空气}}^t \left(1 - \frac{\lambda}{Q_t} \right) + \lambda,$$

式中 Q_t ——温度为 $t^\circ\text{C}$ 时水的密度；

λ ——1 立方厘米 空气的重量。

这些数值相差多少，可以从下列比較中判断：石英， $D_{23/\text{空气}}^{23} = 2.6596$ ， $D_{4/\text{空气}}^{23} = 2.6531$ ， $D_{4/v}^{23} = 2.6511$ ；白鎢矿， $D_{4/v}^{18} = 6.1142$ ， $D_{18/\text{空气}}^{18} = 6.1288$ 及 $D_{4/\text{空气}}^{18} = 6.1203$ 。

固体比重測定方法根据下列原則：

1. 直接測定物体重量及体积——从要測定的物質中

准备一个具有規則几何形态的物体，其体积可根据测定的数据来计算。这一方法在测量矿物比重时多不采用，而用来测定矿石、岩石等的比重。

2. 物体重量直接测定，体积間接用气体容积計测定——这方法适用于多孔性物体真比重的测定。由于仪器的复杂性这一方法矿物学家多不采用。

3. 物体重量的直接测定，体积則由沉沒在液体中所排出的液体体积来决定——液体排除的体积用特殊容器——体积仪(容积仪)来测定。

4. 物体重量直接测定，体积由物体沉沒在液体中时所排除的液体重量来决定。

这方法在十一世紀时已为著名的花拉子模省 (хорезмский) 学者阿尔-畢魯尼 (Ал-Бируни) 第一次所采用。把物体放于容器中，物体迫使排出同体积的水，流到特殊側管中，再测定排出水的重量。在决定矿石、岩石、陶瓷碎片等的比重时直到今天还采用这种方法 (維尔索夫斯基, 1934)。

5. 物体重量直接测定，体积則根据阿基米德原理由物体在液体中損失的重量来决定——即靜水力学称重法，同样也是阿尔-畢魯尼第一次应用的。

6. 比重用包圍物体的液体比重来比較的方法测定(在重液中的测定法)。

7. 倫琴射綫法。根据基本晶胞的大小、矿物的分子量及包含在基本晶胞中的分子数来计算。

下面將研究矿物学家实际所用的方法，并指出每一方法的精确范围。在專門的章节中將說明在不同情形下采用所研究方法的可能性。

比重瓶法

用比重瓶測定比重是在矿物学家中应用最广的方法，虽然它非常麻烦而且有时不能提供完全令人满意的结果。

方法的要点如下：先测定比重瓶的重量及容积，把称好重量的矿物放入比重瓶中；将液体装入比重瓶并称其重量。然后按公式计算比重。

测定可以在水或者有机液体中进行。后者表面张力较小，比起水来较为容易填满矿物碎块间的空隙。用这方法测定比重时，引起误差的主要原因之一是不能完全排除矿物称重试样中的空气。

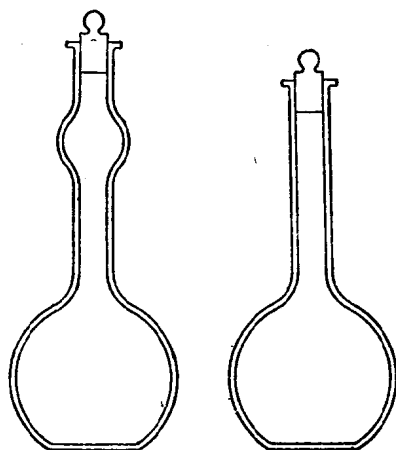


圖 1： 用来测定矿物及液体比重的比重瓶。

比重瓶描述 工作时应用各种形状及大小的玻璃或者石英的比重瓶。在某些比重瓶中，液体盛到颈部一定刻度

处(圖 1),在另一些比重瓶中,液体要盛到瓶塞的毛細管空隙中(圖 2, *a*, *b*, *c*, *e*),最后也采用完全盛滿液体的比重瓶(圖 2, *z* 及 *d*, 圖 5)。

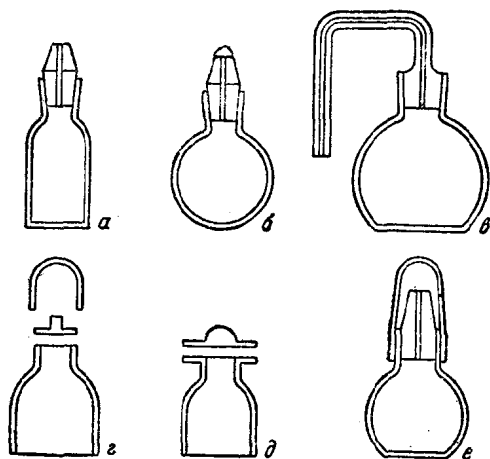


圖 2. 用来測定矿物比重的比重瓶的各种形狀。

用比重瓶測定时發生誤差的原因之一是比重瓶本身的質量,这主要决定于瓶塞是否琢磨得很好^{*};琢磨应当使得瓶塞永远达到瓶頸中的一定深度,保証比重瓶容积为一个常数。除此以外当装备具有毛細管的瓶塞的比重瓶时,应当使得在盖上比重瓶时,瓶塞下端不應該留下一頸端,否則瓶塞周圍將含有气泡(圖 3)。合适的是 A. И. 科尔宋斯基 (Корсунский, 1942) 所建議的瓶塞構造,末端具有凹陷(圖

^{*} 毛玻璃瓶塞与瓶頸的密接程度最好以下列方法来檢查:將液体(水)裝滿比重瓶,盖上瓶塞,很好地擦淨其表面,用濾紙吸干瓶塞周圍的接縫处,然后将比重瓶放置数分鐘,再以濾紙条微微接触瓶塞与瓶頸接縫处;如果濾紙变湿,毛細管中液体高度明显下降,这就說明瓶塞未琢磨得与瓶頸紧密接触,比重瓶應該报废。

4), 以便于空气跑出。瓶塞毛细管应当尽可能的窄一些。假定称重时液体装满到瓶塞刻度线的高度上, 那末当用水实验时清晰的刻度线应当刻在离瓶塞上端低几个毫米的地方, 当用有机液体工作时距离应大一些。

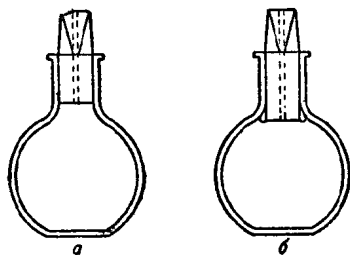


圖 3. 帶有毛細管的比重瓶

a—具有正确适用的瓶塞;
b—气泡阻塞在瓶塞周圍。

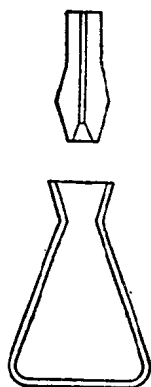


圖 4. 比重瓶塞, 具有凹陷, 以便空气跑出 (根据 A. H. 科尔宋斯基)。

称重试样一般只装满比重瓶容积的三分之一, 因而应根据工作人员所处置的物质数量来选用某一容积的比重瓶。这时必须记得, 物质称重越大时, 比重测定就越准确, 如果是可能的话, 应取 5, 10 甚至 15 克的称重试样。市面出售的比重瓶一般计算到 20—25 立方厘米。对于一般矿物学的目的来说它们是过大了, 矿物学家进行工作时大部分用容积为 2—3—5 立方厘米的比重瓶。

对于少量的物质, 人们曾建议用各种构造的所谓“微比重瓶”。如雷吉尔斯 (Retgers, 1889) 置备一个长为 10 厘米, 直径为 5 毫米的玻璃管, 一端钎合, 另一端用毛玻璃薄片

盖住；测定是在苯中进行的。Ф. В. 謝罗苗特尼科夫 (Сыромятников, 1930) 描述一种比重瓶是由普通玻璃管制成的，盖以毛玻璃片 (圖 5)，容积为 0.07 立方厘米，测定时用三溴甲烷进行。文契尔 (Winchell, 1938) 采用一体积固定在 0.13 立方厘米左右的石英比重瓶，液体装满到瓶塞的毛细管中的刻度为止 (圖 6)，哈拉及都罗 (Halla 及 Thury, 1942) 认为这种比重瓶应加一合适的补充瓶盖；盛满这种比重瓶时应当用一枚针通入瓶中，几乎通到瓶底，然后沿此针从毛细管一滴一滴地引进液体。克桑达及茂尔文 (Ksanda 及 Merwin, 1939) 采用一容积为 0.1110 立方厘米的比重瓶，此比重瓶是由一厚管壁的，长为 5 厘米，内径为 1.6 毫米的毛细管制成的，借助于安置在天平附近的一种特殊照明装置来查明比重瓶中的液体是否在固定的高度上。最后，彭尼斯特尔及赫依 (Bannister 及 Hey, 1938) 用一支长 9 厘米，内径为 0.5 毫米的石英玻璃做的末端铎合的直管作为微比重瓶；微比重瓶的分度是借助于显微镜刻出的。

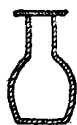


圖 5. Ф. В. 謝罗苗特尼科夫式比重瓶，放大。

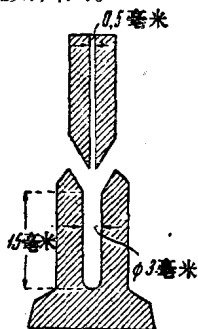


圖 6. 文契尔氏比重瓶。

物質的制备 碾碎物質顆粒的大小一方面決定于比重瓶頸的直徑，另一方面決定于从碎塊之間的空隙中排除空

气的容易程度；物質碎塊越小，排除空气也越困难，空隙間就愈难被液体填满。当碎塊大小一致时，能获得最好的結果。所以被粉碎的物質最好事先在篩子上篩过，在每一各別情況下都要考虑均匀性，裂隙性，結構等等，并尽可能地采用較大的粒級(фракция)来做測定。

在測定以前，物質应在酒精或者二甲苯中洗淨，然后根据矿物成分及其对于加热的关系再在室温或者在恒温器中烘干。

用比重瓶装水的測定方法 用水工作时，測定可按下列程序来进行：

1. **測定空比重瓶的重量** 比重瓶和瓶盖一起在分析天平上称数次，写下求得平均值，作为比重瓶的常数 P （每次称比重之前必須洗淨并烘干）。

2. **測定比重瓶的容积** 即測定其容积与比重瓶容积一样的 4°C 时的水重。为此須測定 P_t ——盛滿 $t^{\circ}\text{C}$ 的水时比重瓶的重量，并以盛滿 4°C 水时的比重瓶重量为 P_4 ；比重瓶的容积 $(P_4 - P)$ 为第二个常数。

比重瓶放置于盛有蒸餾水的玻璃杯中，并开始排除其中空气，排除空气可以用煮沸或者用抽气机吸出的办法。为了比重瓶在煮沸时不会顛簸，可把它放在一專門的架子上，如果没有这样的架子，可以把比重瓶悬挂在玻璃棒上，玻璃棒橫架在玻璃杯杯口上。用抽气的方法排除空气是很方便并且很快，把比重瓶放在裝有水的玻璃杯中，玻璃杯安置在真空干燥器中。抽出空气时会引起液体沸騰。在这兩种情況下都应沸騰到完全排除空气为止。然后，不把比重瓶从玻璃杯中取出，而是把玻璃杯放在天平旁边，并使其水的温度变成与周圍空气的温度相同。不要把比重瓶从

水中取出，用鑷子* 鉗住瓶塞，并在水中把瓶塞塞进比重瓶瓶頸中，以便使玻璃杯中的水面高过瓶塞。然后用鑷子將比重瓶从水中取出放在一張濾紙上，用鑷子鉗住比重瓶將瓶塞旋紧；这时毛細管頂上便会凸出一滴水，这一滴水是絕對应当保持着的。用濾紙片把比重瓶各处擦干淨，瓶頸与瓶塞接触处要特別小心(任何时候都要用鉗子夾住比重瓶!)。在擦干时應該这样，即使得瓶塞中毛細管孔道的頂上，永远保持一滴水，擦干的比重瓶在放上天平之前放置 15—20 分鐘，注意毛細管頂上水滴的持久性；如果水滴变小应当用小玻璃棒补上。然后將比重瓶移置于天平的秤盤上，先粗略地称一下，以便至測定 P_t 时有可能只需移动“游碼”就成。

进行比重瓶和水、比重瓶加水 and 矿物、或比重瓶和有机液体的称重时，永远要使液体高度在一定位置。例如，称重是在瓶塞中毛細管頂上的水滴蒸發后，液体的弯曲面位于瓶塞面的高度上时进行，或者在毛細管中液面达到刻度处时进行。第一种方法較為迅速，因而要求工作人員很有經驗，因为需要非常迅速地進行称量工作。

当液面达到一定刻度的情形下才称重时，可用一很窄的濾紙条吸去瓶塞上的水滴，观察毛細管中逐漸下降的水面，相应地移动天平的“游碼”。当液面与刻度相符的时刻即記下比重瓶的重量 P_t 及温度 t 。

假定比重瓶是用玻璃做的，比重瓶常数根据公式 Ia 計算，假定用石英比重瓶則按公式 I6 計算。

$$(P_t - P) = \frac{(P_t - P)Q_4}{[1 + 3\beta(t - t_4)]Q_t}; \quad (\text{Ia})$$

* 帶有螺旋綫的医藥用鑷子是很合用的。

$$(P_4 - P) = \frac{(P_t - P) Q_4}{Q_t} \quad (I6)$$

式中 P ——空比重瓶的重量；

P_4 ——比重瓶裝有 4°C 的水时的重量；

P_t ——比重瓶裝有 $t^\circ\text{C}$ 的水时的重量；

t ——測定溫度；

t_4 ——水最大密度时的溫度，即等于 4°C ；

Q_t —— t° 时水的密度；

Q_4 —— 4°C 时水的密度，等于 1.0000；

β ——玻璃的綫膨脹系数，等于 0.000025。

由于分数中的分母只决定于測定溫度 t ，为了計算迅速，在 107 頁的附表中引了不同溫度时的分母数值，即計算玻璃比重瓶的容积所必需的計算值 $[1 + 3\beta(t - t_4)] Q_t$ ，而 108 頁所列的是为計算石英比重瓶的 Q_t 的值*。

比重瓶常数的測定应重复数次，計算时利用公式 Ia 或 I6。

計算結果之間的差不应超过 0.0003—0.0004，否則比重瓶应当廢弃**。几次測定的平均值記錄下来作为比重瓶常数。

建議对每一个比重瓶每次都記下其常数（应当不时檢查它們），即空比重瓶的重量 P ，比重瓶盛有 4°C 的水时的重量 P_4 及 $\lg(P_4 - P)$ 。

3. 測定标本重量 (m) 选择矿物称重試样放入比重瓶时应注意恰使矿物占据比重瓶容积約三分之一。利用一个具有截断的管子的小漏斗可方便地把样品倒入比重瓶；矿

* 本段原文所指頁碼与原書附录頁碼不符，可能有誤。譯文所指頁碼系根据有关附表所在之頁碼而言——譯者注。

** 比重瓶質量的初步校正方法在 6 頁附注中有說明。