

苏联高等学校教学用书

固体矿产取样与储量计算

A. A. 雅克仁著

地质出版社

158
4/16
4

固体矿产取样与储量计算

A. A. 雅克仁 著

苏联高等教育部审定作为
高等工业学校地质勘探系教学用书

地质出版社

1958·北京

141254

А. А. Якин
ОПРОБОВАНИЕ И ПОДСЧЕТ
ЗАПАСОВ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ
ГОСГЕОЛТЕХИЗДАТ
МОСКВА 1954

本書是А. А. 雅克仁根據其在莫斯科奧爾忠尼啓則地質勘探學院地質勘探系教授的講義編寫而成。此書系統地綜合了蘇聯地質勘探工作多年積累的固體礦產取樣和儲量計算之豐富資料，主要敘述在勘探和開采時對各種固體礦產進行取樣的方法和技術以及對各種固體礦產礦床的儲量所採用的合理之計算方法。

本書可作為我國地質勘探和礦業高等學校教材及供普查、勘探和開采部門的地質人員參考之用。

本書第一篇取樣由任湘同志譯出，第二篇儲量計算由南京大學礦床教研室譯出，全書由劉啓華和趙興田二同志校。

固體礦產取樣與儲量計算

著者	А. А. 雅克仁
譯者	任湘等
出版者	地質出版社 北京宣武門外永光寺西街3號 北京市書刊出版業營業許可證出字第050號
發行者	新華書店
印刷者	天津人民印刷廠

印數(京)1—2,200冊	1958年7月北京第1版
開本 $31^{1/4} \times 43^{1/2}$	1958年7月第1次印刷
字數230,000字	印張11 $\frac{1}{5}$
定價(10)1.40元	

目 錄

原序	6
緒論	7

第 一 篇

取 样

第一章 坑道取样方法及影响取样方法选择的主要因素	14
一、刻槽法取样	21
二、剝層法取样	34
三、全巷法取样	38
四、炮眼取样	43
五、方格取样法	48
六、揀塊取样（攫取法取样）	49
七、單塊采取法取样	51
八、檢查取样	52
九、样品間距的确定	53
影响选择取样間隔的因素	53
十、合併样品	59
十一、組合样品	61
第二章 鑽探时的取样	62
一、岩心鑽探时的取样	63
二、鋼繩冲击鑽探时的取样	72
三、手搖和机械冲击迴轉鑽探时的取样	74
第三章 礦床开采时進行的取样	76
一、确定礦石損失与貧化的取样	76
二、回采坑道的取样	85
三、礦車內礦石的取样	85

四、旧石堆的取样	87
五、少量礦石的取样	87
六、脆弱石堆的取样	88
七、选礦厂內礦石的取样	88
八、为礦產工藝試驗而進行的取样	89
第四章 样品加工的方法	93
一、决定样品所需重量的原則	94
二、样品的破碎(碾碎)	103
三、样品的篩分(过篩)	104
四、样品拌勻	105
五、样品縮減	107
六、勘探和开采礦床时样品加工的實驗室組織	110
第五章 砂礦取样	113
一、砂礦取样的方法	113
二、样品中 useful 組份品位的計算方法	126
第六章 取样时的地質編錄	130
一、取样时地質編錄的种类和取样結果的圖解表示法	131
二、取样結果資料的整理	139
三、計算平均品位时合理应用厚度加权平均法的条件	149
四、計算有用組份平均品位时特高品位样品的計算	153
五、計算样品中金的平均品位时塊金的計算	161
六、計算从淺井里采取的样品中礦產平均品位时濃度的計算	161
七、計算从淺井里采取的样品中礦產平均品位时松散程度的計算	162
八、檢查分析	162

第 二 篇

礦產儲量計算及礦床地質評價要素

概論	135
第七章 礦產儲量計算时礦床的圈定	167
一、礦体边界綫的圈定方法	169

二、在平面圖上和剖面圖上面積的測定·····	176
第八章 礦體厚度的測定·····	179
第九章 礦物原料體重和濕度的測定·····	181
第十章 儲量計算的精確性·····	187
第十一章 儲量計算方法·····	192
一、算術平均法·····	192
二、地質塊段法·····	194
三、統計法·····	195
四、最近地區法（鮑爾迪列夫法、多角形法、最近點法、 單獨計算法）·····	197
五、三角形法·····	202
六、四角形法·····	207
七、開采塊段法·····	210
八、斷面法（直綫法）·····	216
九、等值綫法·····	224
十、等高綫法（巴烏曼法、等絕對高度法）·····	230
十一、幾何圖形法·····	234
十二、儲量計算時含礦係數的測定與計算·····	235
十三、根據勘探方法選擇儲量計算方法·····	240
第十二章 儲量分類和不同礦產儲量列入不同級別的条件·····	243
第十三章 礦床工業評價的某些因素·····	256
第十四章 變化統計在取樣和儲量計算中的應用·····	261
參考文獻 ·····	275
附表 ·····	278

原 序

在苏联共产党第十九次代表大会关于發展苏联國民經濟的第五个五年計劃指示中，对發展地質勘探事業指出：“为了滿足國民經濟在原料和燃料資源方面不断增長的需要，必須保証進一步發展地下天然財富的勘探事業，查明各种礦產儲量，首先是有色金屬、稀有金屬、煉焦煤、鋁的原料、石油、富鉄礦以及其他各种工業原料的儲量”。

精煉銅的產量規定增加90%、鉛2.7倍、鋁不少于2.6倍、鋅2.5倍、鎳53%及錫80%。同时对黑色冶金工業、煤礦工業、化学工業及建筑材料工業也提出了高速度的發展。这样的生產發展要求地質普查事業和地質勘探事業大力擴展起來。由此可知，正确地評價礦床中工業原料及正确地計算該原料的儲量具有何等重大的意义。

此書系統地綜合了我國地質勘探事業發展过程中所積累的固体礦產取样和儲量計算之大量資料。

这里所談的取样方法主要适用于地質勘探工作，而部分則涉及到礦床的开采。液体礦產和气体礦產的取样和儲量計算不作論述。

此書是以作者按莫斯科奥尔忠尼啓則地質勘探学院地質勘探系的教学大綱所編寫的講課資料作为基礎的。

目前，由于缺乏一些符合高等地質勘探学校教学大綱的固体礦產取样和儲量計算的教材，于是这就成为出版此書的主要原因了。

作者对担承手稿審閱并提出批評性意見的B.И.斯米尔諾夫、E.Е.查哈洛夫、K.Л.波查里茨基、B.М.科索夫、Л.А.魯辛諾夫、A.П.普罗柯菲耶夫和Д.А.晉科夫表示感謝。在此書出版之前作者對他們的寶貴意見都作了考慮。

緒 論

進行地質勘探工作时，必須弄清根据現階段工業發展对原料提出的要求，此礦床是否有工業价值，从而对該礦床進行進一步勘探是否恰当。

这与解决下列諸問題，即：闡明礦產儲量及礦床擴大之总的远景；研究在礦床綜合开采时可能附帶提取的伴生有用組份；闡明礦產的產狀以及礦床开采的礦山技術条件等等有密切关系。

只有考慮到礦床的所有特点时才能对所研究的礦床作出正确的評價。首先应当正确地确定出礦產的質量和数量，因为二者均是礦床估价之基礎。

礦產的質量是以其化学、物理和技術性質而定。对某些礦物原料，例如金屬礦石（鉄、錳、銅等）來說，研究它們时最主要的是确定化学成分，其中包括有益和有害組成部分之含量以及金屬礦物的形狀和大小；对于許多非金屬礦產（云母、石棉、建筑材料等）最重要的是鑑定物理及技術性質。最后，对于某些礦物原料來說，除了鑑定它的物理及技術性質之外，还必須具有关于礦產（高嶺土、滑石等）化学成分的資料。因此，所有的礦產，从研究它們質量的观点來看，可分为三类。

第一类是黑色金屬、有色金屬、稀有金屬和貴重金屬的礦石以及某些非金屬礦產（硫、鹽、磷灰石、螢石等等）。研究这类礦產的礦物原料的質量时，首先应确定出它們的化学成分：有用組份的含量（为了提取它須拟定礦床开采方法）；有益或有害雜質的含量（它們可使有用組份从礦石中提取簡易或困难，以及可使从原料所得產品的价值增高或降低）；礦体内組成組份的分布和結合特点。根据所得礦

石化学成分的资料可确定礦石工藝性質：精選和冶煉等性能。

第二類是許多非金屬礦床。對這一類礦床，除了確定有用組份的含量外，還應當從物理和技術性質方面詳細地研究礦物原料。例如：白云母礦床和金云母礦床中云母片之大小及品級；寶石礦床中晶体的大小和顏色；石棉礦床中石棉纖維之長度及結實性；建築石材的強度、磨損性、粘性和耐火性等等。

第三類是一定的非金屬礦床，其礦產質量既應按化學成分來確定，也應按物理性質來確定，例如耐火材料——高嶺土及其他。

採取樣品并藉其以後來確定礦產質量的工作稱為礦床取樣。由於礦床地質構造特征不同而採樣方法也各有不同。所採樣品應進行加工，并準備作礦產質量的研究。因此，更確切地說：取樣就是採取樣品方法、樣品加工和準備作礦產質量研究的一門科學。

礦產的數量是以其在礦床中的重量或體積來計算。已查明的并在質量方面符合于工業要求標準的礦床礦產數量稱之為該礦床的礦產儲量。

礦床中礦產儲量決定于含有該種礦產的礦體之大小和礦體中有用組份之品位。

礦體的規模及其形態特征應在地質普查和地質勘探工作過程中確定出來。

在許多情況下，逐漸過渡到圍岩中去的礦體的形狀只有藉助礦床取樣才能確定出來。對於砂礦和某些交代金屬礦床，以及沉積層狀礦床來說，當礦體的界綫不明顯和礦產逐漸過渡到脈岩中去的時候，這種現象特別明顯。

根據所做勘探結果確定礦產數量的工作稱之為礦產儲量計算。

本書的目的就是論述礦床的取樣方法和礦產儲量計算方法，因為這能使我們確定出礦產的數量和質量，從而作出礦床的工業評價。

正確地進行礦床取樣和礦產儲量計算在總的地質勘探工作過程中具有頭等重要的意義。

大家都知道，在每个礦床中構成礦床的組份之分布都是取決于一系列複雜的地質作用和地球化學作用，這些作用是在礦床形成和以後變化時產生的。由於這些作用對礦床的不同部分影響不同而使礦體在構造、結構和物質成分上以及在礦物原料的物理和化學性質上有很大的不同。不但如此，而且礦床各部分也常有如此之差異，以至其一些地段有工業意義，而另一些地段則無實際意義。但是，一個工業礦床或其各地段礦物原料的類型和品級可能極不相同，因而需用不同的工藝方法對它們進行加工，如氧化礦石和原生礦石或者塊狀礦石和浸染礦石等等。所有這些問題只有在正確地進行地質勘探工作條件下，在礦床取樣過程中才能闡明。這就是為什麼取樣對於礦床評價有着特別重要的意義。取樣結果乃是確定礦床中礦產儲藏數量和質量的基礎。

礦床開采和礦物原料加工中的許多問題也同樣與取樣結果有關係。例如：建築需要大量投資的選礦廠的問題，只有在具備可靠的化學取樣和工藝取樣及礦石試驗加工的原始資料時才可解決。

計算礦產儲量時應當將一定品級或類型的礦物原料儲量和各種伴生有用組份的儲量區別開來。自然，礦物原料成分之不同可在礦床開采時表現出來，並且影響對此原料的富選和加工過程。同時必須着重指出，全面研究礦物原料並闡明其綜合利用的可能性是具有特殊的意義，因為這往往能使原料開采的成本大大降低。

在儲量計算時應當查明礦產的產狀及其開采的礦山技術條件，因為它們對開采方法之選擇影響特別大。因此，應當劃分出並分別計算出不僅具有各種物質成分而且還具有不同產狀的礦產之儲量。

礦產儲量計算是地質勘探工作之結束階段，是一項非常重要的工作，因為計算出來的礦產儲量乃是今後礦山企業設計和建設的基礎。

評價礦床時可能有兩種錯誤。第一種錯誤是對可靠礦床評價過低，即礦床儲量大大降低；第二種錯誤是對不大可靠的礦床評價過高，即礦床儲量較之實際儲量計算得過高。犯這兩種錯誤都是不許可的。對工業礦床評價過低會引起礦產儲量不能利用到國民經濟上去。

对礦床評價过高会在开采价值不大的礦床中之原料时造成非生產性的浪费。正如大家所知，任何一个礦床都是一个生成条件复杂的礦物組份的天然聚集体。正确勘探和評價任一礦床的必須条件乃是計算礦產儲量时尽可能使其与实际存在儲量偏差小。

計算出來的儲量与实际儲量偏大或偏小是由于各种不同的原因造成的，例如礦床的地质研究不够（礦床的構造、產狀、形态特点、形狀的变化程度、物質成分等等）；勘探工作进行得不正确或者礦床的勘探程度低；取样方法不正确，最后，礦床中礦產儲量計算得不正确。

在勘探形狀复杂的礦床时和在礦化性質極不穩定时常常碰到計算出來的礦產儲量与实际儲量偏差特別大的情况。这样就有必要对評價此类礦床时所得的儲量計算之原始資料提出特殊要求。

礦產質量的研究过程可分成两个階段。第一階段就是样品的采取和加工，第二階段就是样品的研究和試驗。

取样的基本原则之一就是取样时要保持作为样品而采的礦物質之成分和性質，即样品中和取样地段上組份的数量比例应是相同的；换言之，样品在質量上尽可能近似于并在可能範圍内相似于它所采出的那个整体；或者象通常所說的一样，样品应具有代表性。此时必須指出，从取样条件允許的礦体間段上或礦物質体積上采取之每个样品并非經常都可以比較正确地符合于整个取样物質的質量，特別是有用組份分布不均匀的礦床更是如此。在这些情況下，礦產的質量可用数个样品或其总和比較可靠地确定出來。

必須着重指出，取样的基本任务之一是研究礦体中有用組份的分布情况，闡明含礦地段和无礦地段的特点及大小，前者在礦床开采时可以选择地开采，而后者則可留作礦柱，这对于闡明提高从地下所采礦產質量的可能性來說是極其重要的。

取样的第二个条件或原則就是采取足夠数量的样品，使之最正确地表明整个礦床或其所研究的部分。大家都知道，有用組份在礦体内

的分布是不穩定的。只有整個礦床經過均勻而又完全地取樣之後，才能對該礦床之礦產質量有一正確的概念。

第三個條件就是選擇礦床取樣方法時要考慮到礦床構造的地質特徵和取樣前所提出之任務，而所選擇的取樣方法也是最合理的，也就是說正確的、經濟的和有效的，否則只有正確地研究礦物原料的質量時，才能夠對礦床及其工業價值得出真正的概念。

礦床中礦產儲量計算應根據地質勘探和取樣工作的資料來進行。固體礦產儲量分類的現行條例規定：計算地下礦產儲量時勿須從儲量中扣除在礦床開采和礦石工藝加工時所造成的損失量。

所有計算出之地下礦產儲量可分為兩種——平衡表內的和平衡表外的。平衡表內的儲量就是指在生產力發展的現階段內適用於國民經濟上的礦物原料之儲量而言，即指在現代的技術和經濟水平上可以開采和加工的儲量而言。平衡表外的儲量就是指在現代技術和經濟情況下不能開采的礦物原料儲量而言。這種儲量必須單獨計算，因為它可作為後備儲量。

在緒論結語中再簡短地敘述一些涉及到本書所闡述的取樣和儲量計算發展歷史的問題。

取樣和儲量計算很早就成為地質工作的獨立科目了。在普查和開采礦產的同時總是對礦床露頭進行取樣，並對礦物原料質量進行評價。

根據保存到現今的礦業書面資料可確定，礦床的取樣方法在礦業發展的早期階段還具有原始性質。例如，M. H. 阿爾波夫在其“金屬礦床取樣”一書（1952）中指出：給1643年從雅庫茨克到澤雅和石爾卡去觀察銀-鉛礦床的瓦西里·波雅爾科夫這樣的指示：“熔化一定量的銀礦石和應記下得到多少銀礦”。礦床取樣一般只限於採取一個含礦樣品，而對其研究則很片面。

在彼得大帝時代，特別是在M. B. 羅蒙諾索夫時期，礦床的普查、礦石的取樣及礦床的評價在地質科學知識的基礎上就已開始進行並且

迅速地达到完善地步。

1721年B. H. 塔基謝夫在烏拉爾設立了礦業學校，在該校的其他課目中也學習了“礦石實際鑑別”方法。

在M. B. 羅蒙諾索夫的名著“冶金或礦業之主要原理”（1763）中指出，為了對礦石成分和質量進行評價必須採取作研究用的樣品，同時要描述取樣方法。

再晚一些時候，即在十九和二十世紀，取樣和儲量計算已成為很重要的礦山技術課目。在B. C. 列烏托夫斯基（1899）、И. 柯爾祖辛（1908）、И. C. 瓦西里也夫（1929）、Н. И. 特魯什科夫（1922）、Г. О. 切喬特（1922）及其他許多人的著作中均論述到取樣和儲量計算問題。

Г. О. 切喬特（1922）的著作是他於1920—1922年在列寧格勒礦業學院講課的講稿，但由於創造性地解釋了礦床取樣及樣品試驗的進行方法，故至今尚保留其價值。

卓越的金屬礦床鑑定專家Н. И. 特魯什科夫在1931年所寫的“金屬礦床取樣”一書也仍未失去其意義。

在B. A. 格拉茲科夫斯基的著作（1932）中第一個全面地研究了礦物原料的技術取樣問題。

1936—1940年“國立稀有金屬研究所”全體地質人員（Н. Е. 索洛金及А. К. 科米薩洛夫等人）在К. Л. 波查里茨基領導下所進行的金屬礦床取樣實驗研究，以及П. Л. 卡利斯托夫和Н. В. 沃洛多蒙諾夫等人所進行的金屬礦床取樣實驗研究在現在都具有很大的價值。由於這些研究的結果曾提出了新的合理的樣品加工程序，這個程序較之切喬特和特魯什科夫所推薦的樣品加工程序要簡便許多倍。

在波查里茨基的著作（1947）中綜合了所有這些實驗研究。波查里茨基所提出的許多情況，尤其是關於樣品加工和在一定條件下可以用刻槽樣品代替昂貴而做起來又複雜的剝層樣品和全巷樣品的可能性以及對有色金屬和稀有金屬礦床取樣時合併樣品的可能性的合理化建

議已為我們在本書中採用了。

在制定儲量計算方法方面，如同在制定取样及样品加工方法方面一樣，優先權無疑應屬於俄國學者們。絕大部分的儲量計算方法都是俄國學者們制定的。

例如，用“等高綫法”計算儲量乃是列寧格勒礦業學院教授В.И. 巴烏曼于1908年首創的。

1914年同一學院的教授 А.К. 鮑爾迪列夫又制定了並提出了另一種儲量計算方法，即所謂“多角形法”或“鮑爾迪列夫法”。

1920—1921年 Ф.Н. 施克良爾斯基在理論上制定了並且應用了所謂“等值綫法”計算儲量，而後，即在 1928 — 1930 年此法又曾由 П. К. 索波列夫斯基作了改進，他提出用度分器計算體積，這樣一來便大大簡化了所有計算手續。

1950年，В. И. 斯米爾諾夫教授曾就儲量計算提出了一種“地質塊段法”。

所有這一切都證明蘇聯學者在制定儲量計算方法方面是付出了巨大的創造性勞動。

第一篇

取 样

第一章 坑道取样方法及影响取样 方法选择的主要因素

采取样品并藉其在以后确定礦產質量的專門性地質工作称为取样。

按一定規則所采之部分礦產称为样品，而每一所采样品或样品总和的礦產質量应尽可能正确地符合于取样的那一整个礦產物質的質量。在这种情况下采出的所有样品被研究的物質的平均質量將符合于按一定方法作过取样的所研究的一个整个礦段的平均質量。

在普查勘探和开采工作的各个階段中，取样的目的是不同的。由于所提出之任务不同，取样可分为礦物取样、化学取样、技術取样和工藝取样。由于生產过程之各个階段不同，取样又可分为：普查和勘探时所進行的取样（普查勘探取样）；礦山准备和回采时所進行的取样（开采取样）；礦物原料加工和貴重組份提取时所進行的取样（工厂取样）。按研究对象的性質可分为：礦体取样；开采时采出的礦物原料的取样；原料加工的成品和尾礦的取样。

在所有上述情況下，取样均是由三个基本手續組成的。首先是采取原始样品，其次是加工样品，即將原始样品物質縮減到試驗时所需要的重量，最后是分析研究样品，即將样品作試驗室研究。

現在我們就來敘述各种取样的內容。

礦物取樣的目的就是研究礦物原料的礦物成分和構造特征。這種研究首先是闡明礦物在數量上的比例，以便確定出樣品中這種或那種礦物的含量；其次是確定各種組份的相互關係及它們的形成條件。再次是確定這些組份的物理性質——礦物的解理和它們在礦石內的分佈、礦物的形狀和塊度、硬度、脆性、磁性、導電性、潤濕性等等。

研究上述特性對於解決原料加工方法及礦石粉碎後顆粒分出的可能形狀問題具有很大的意義。例如，在南部沿海地區的某些多金屬礦床的工業富集礦石中遇到錫石，在方鉛礦中呈晶粒—微晶形狀；根據對錫石顆粒形狀和大小研究結果所得到的資料，可製出礦石粉碎必需程度的程序，以便從中提取錫石。

採取礦物樣品常常就是採取作研究用的標本（石塊）（揀塊取樣）。標本是從礦體中和圍岩中採集的。

礦物樣品是用普通礦物學、礦相學和岩相學方法進行研究的。

根據分析資料可以確定出礦體的礦物成分，它在礦床各地段上的變化規律性，各種礦物在不同類型礦石中的分佈程度；查明礦床的形成條件，並得出解決工藝問題的重要資料。

礦物取樣也包括從砂礦中採取的樣品淘洗時或原生岩石樣品碾碎後淘洗時所得之重砂的礦物研究。例如，由於重砂取樣可確定出在研究砂礦時所採取之樣品中的錫石、黑鎢礦、獨居石的含量。

但是，在大多數情況下礦物取樣又不可能使我們對礦產定量成分得到十分可靠的觀念。往往礦物取樣就是查明所研究物質的質量特點，僅僅在研究某些種類的礦物原料時，才可能根據礦物取樣資料得到所研究礦產中有用組份含量的較可靠資料。一般礦物取樣只能作為化學取樣、技術取樣和工藝取樣時礦產研究的輔助方法。

化學取樣的目的是確定所研究物質的化學成分及其中有用和有害組份的含量。例如，在鐵礦中要確定有用組份——鐵和鎳及有害組份——硫和磷的含量。

化學取樣應用得最廣。根據這種取樣的結果無論在勘探時期或在

开采过程中确定各个地段和塊段的儲量时期都可对礦床中礦產定量含量作出評價并可对其質量作出鑑定。

在研究礦山采出的礦石質量时，以及在檢查选礦厂礦石加工时的尾礦和精礦中 useful 組份的含量时都广泛采用化学取样法。

根据化学取样資料，可把礦体划分成具有不同品級和类型礦石的單个塊段或地段。

化学取样时，最初采取的样品要經過加工，以便从中选出化学样品。

化学样品的特点就是重量較小，所以对原始样品的正确加工（即將其縮減到化驗室要求的重量）具有極大的意义；最后样品（化驗室样品）的化学成分应当与最初采取的样品的化学成分相符合。

正确進行化驗室样品的化学分析是得到礦產成分的精确資料之保證。所以，在作化学取样时，采取样品和加工样品应当嚴格遵守相应的技術规范。

技術取样是在礦產原料的質量根据化学取样还不可能完全查明时進行的。这主要是指研究作为建筑材料或技術材料用的礦產而言。例如，对白云母或金云母以及石棉礦床取样时，除了确定这些礦物在岩石內含量以外，还必须对云母片進行技術分析，以便确定各級云母的数量比例及其牌号成分。

除了确定石棉在样品中的百分含量以外，同时为了确定其品級的產量还要進行技術性質的研究（強度、撓曲性等等）。建筑石材和鋪路石材（火成岩、變質岩、石灰岩、白云岩、砂岩、石英岩、巨礫、凝灰岩等等）要从它們的堅固性和抗磨強度等方面進行研究。寶石和帶色石头（金剛石、紅寶石、黃玉等等）要从單个晶体的大小以及技術性質与精美性質的觀點上進行研究。

顯然，在上述的所有例子中，化学取样單獨是不能提供原料質量評價的可靠資料的。

在許多情況下，除了研究礦產的技術性質以外，还应当对原料進