

# 勘探过程中矿石加工技术

## 试样采集的有关问题

李济苍

地质普查勘探工作中的矿石加工技术试验研究是直接为地质勘探服务的一门工种。解放以来,我国在这方面进行了大量工作,大大丰富了有关的知識,积累了不少經驗。但对于在不同的普查勘探时期,应如何采集不同的矿石加工技术试样与加工技术本身在矿床评价中的作用的問題,在認識上还不够一致;对于矿石类型的划分和试样代表性的問題,尚缺乏应有的重視。本文将初步論述关于选矿加工技术方面的問題,仅供研討和参考。

### (一) 矿石加工技术试样采集的目的

地质勘探过程中,采集加工技术试样的目的,总的說来是对矿床所采试样进行矿石的物理化学特性的研究;对矿石的可选性进行研究,以确定矿石加工的技术工艺流程和经济技术指标;并根据試驗研究的結果,提供矿产儲量分級,矿床經濟评价的科学依据,同时作为下一步进行采集半工业试样或工业初步設計的重要参考資料。

### (二) 矿石加工技术试样类别的划分

根据采集试样的目的和要求,在地质勘探的各个阶段,需要采集不同的加工技术试样。一般分为:初步可选性试样、实验室试样(又称詳細可选性试样)和主要由工业部門負責采集的半工业性试样三个类别。

#### 1. 初步可选性试样

初步可选性试样是在初步勘探阶段时,对各种矿石类型所采集的试样。

对初步可选性试样的試驗研究,主要提供下列各項資料:

(1) 研究矿石的物理化学性质,弄清矿石的物质組成,特别是矿物种类、結構构造等情况;

(2) 根据矿石特性,对其中的有用矿物进行可选性試驗,証实該类型矿石选别的可能性;

(3) 确定大致的选矿指标;

(4) 通过实际試驗,提出正确划分矿石类型的意見,作为下一步进行实验室试样

采集的基础。

初步勘探阶段，在对矿体产状、矿体大致范围和矿体内品位分布，以及储量大小等情况，有了初步了解之后，即可对矿区所存在的各种不同矿石类型进行大致分类，按每个矿石类型，采集一个初步可选性试样。同一个矿床，可能有几个不同的矿石类型。因此，可以同时采取一个或几个初步可选性试样。

经过上述初步可选性试验，对矿区内各种类型的矿石质量、工艺特性，将有进一步认识。这可以作为详细勘探时划分矿石类型的参考。

在初步勘探阶段，并不是所有的矿床都必须采取初步可选性试样。对一些矿物结构构造简单，工艺技术已在工业上完全掌握的矿石，就可以考虑不采或少采，仅在详细勘探阶段采取实验室试样即可。

由初步可选性试验到实验室试验是分两步走的。对重要的大型矿床和在矿石工业利用上还有疑问的矿区，或矿物组成复杂、嵌布细小、品位低、工艺技术尚未掌握的矿区，这种初步可选性试验是完全必要的。它既可以及时的对矿床进行初步经济评价，指导下一步勘探，又可以对矿石的可选性技术作初步试验，为实验室试验打下基础，以便更好更快地解决工艺技术问题。

## 2. 实验室试样

实验室试样是在详细勘探阶段所采集的试样，它是地质勘探时期最主要的加工技术试样。实验室试样是根据初步可选性试验的结果，按照工业用途和技术特性划分出的矿石类型所采集的样品与按各类型矿石储量比

相混合的加工技术试样。

对实验室试样试验的要求应提供下列各项资料：

(1) 研究矿石的选别方法，选择合理的选矿工艺流程。对精矿品级进行工业评价，并提出综合利用矿石中有益元素特别是稀有元素的可能性；

(2) 对不同类型矿石的混合试样，进行试验，提出统一的原则流程；

(3) 提出实验室试验的选矿技术经济指标或工业初步设计的参考资料；

(4) 拟定矿石技术工艺分类，为进一步采取半工业试样的参考。

详细勘探阶段，对矿床的规模、矿石质量、矿体在地表和地下空间分布的情况，已有了全面的了解，勘探网的密度已足保证求出规定的高级储量，各类型矿石的储量比亦已掌握，最终地质储量报告正在准备中。这时，就应该对矿区内各类型的矿石进行详细的工业分类。根据初步可选性试样的试验结果，重新考虑矿石类型的划分，并分别采集实验室试样。同时按各主要矿石类型的储量比，采取一个代表全矿区的混合试样。这种类型试样和混合试样，均属于实验室试样，用来进行详细的可选性试验。

实验室试验报告，属于地质勘探最终储量报告中一个不可缺少的部分。它是储量等级、矿床经济评价的科学依据，同时又是工业生产设计的重要参考资料。

采集实验室试样，需要谨慎细致，既要结合整个矿床的具体情况，又应适当地考虑工业开采的条件。因此，对国家急需的和重要的矿床，采集试样时，最好征求有关选矿

或采矿人員的意見。負責試驗單位的實驗人員，亦應主動深入現場，了解採樣情況。

實驗室試驗由於試驗項目較多，需要較長的時間進行研究，對比較複雜難選的礦石（如稀有金屬方面的細粒嵌布的綠柱石礦床、偉晶岩中的鉍鉭礦床、可溶性鹽類的硼鉀鹽礦床、非金屬方面的膠質磷塊岩礦床、有色金屬的氧化鉛鋅、硅酸銅鎳礦床、黑色金屬的細粒嵌布的沉積類型鐵礦、硫化或氧化鈷礦床等），均應及時採集試樣，儘早進行試驗，以免影響地質儲量報告的提交。

### 3. 半工業試樣

半工業試樣是工業上為了建設選礦廠，獲取進行設計的資料所採集的礦石加工技術樣。採樣時需要詳細分析地質勘探資料，研究實驗室試驗結果和採礦部門的初步開採方案，然後根據礦床的主要礦石類型的工藝特性及開採的先后次序，採取混合試樣（亦可以先採好各類型試樣，到實驗室後再行混合）。

半工業試樣的混合比，與實驗室試樣以各類型礦石的儲量比相混合不同，它主要是以採礦時的出礦比為混合的依據。一般應保證最初生產期間5—10年的實際生產為準則。因為開始即採集全礦區的統一代表性試樣，是比較困難的。同時與具體採礦情況，也是很難一致的。採礦一般都是從淺及深，所以設計部門經常分階段，採集半工業試樣。有時在生產過程中，還採集工業試樣，這裡不詳細介紹了。

採取半工業性試樣，主要是由工業部門進行。在採集半工業試樣時，常常是地質工作已經結束，甚至地質隊已經轉移工作地

區，特別是一些已經勘探提交儲量而工業部門還未立刻投入生產的礦區。因此採樣工作常常遇到一些困難，如地質情況不明，原有勘探坑道倒塌或淹水等。這時工業部門只能詳細分析和研究地質資料，並參考實驗室試樣的採集情況和試驗結果。當然，工業部門最好能在勘探工作將結束時，就應考慮半工業試樣的採集問題；地質隊亦應主動與工業部門聯繫。

地質部門的加工技術試驗，一般只進行到實驗室試驗為止。但對於一些重要的新工業類型礦床，或一些有重要意義的礦區，也可以考慮採取半工業試樣，進行地質、選礦甚至冶金方面的系統試驗研究，以提供工業生產的完整設計資料。

關於詳細普查階段，應否採集加工試樣的問題，在認識上還未完全一致（即初步可選性試驗應該從初步勘探階段開始呢？還是提前到詳細普查階段開始？）。我們初步認為在普查階段，主要是進行岩礦鑑定和化學分析試驗，以查明礦石的物質組成、化學品位的情況。因此就一般情況說，可以不進行初步可選性試驗。但當地質條件有利，工業利用方面存在問題，並需要先弄清礦石的可選性，然後才能布置下一步勘探工作時，則必需在詳細普查階段即行採集試樣。例如某地的矽卡岩類型的金綠寶石鉍礦床，礦石的散布極細，物質組成複雜，選別方法又未被掌握，而該類型礦床的品位卻較富，儲量亦頗大，在這種情況下，雖然是在詳細普查階段，採集初步可選性試樣是完全必要的。另如某地鹼性岩鉍鉭礦床，在普查階段未進行採樣試驗，即投入不少勘探工作量，以後經過採

样試驗，才查明該矿床的有用矿物是呈分散状态存在，在目前的选矿技术条件下，回收尚有困难。如能在詳細普查阶段，即进行初步可选性試驗，类似这种情况就得以避免。

除了上述这种情形外，对普通矿床（如铁、銅、鉛、鋅等矿区），加工技术大部分已掌握的情况下，初步可选性試驗，是在初步勘探阶段进行的。

另外，實驗室規模的技术试样，一般是在詳細勘探阶段采取，但对那些比較复杂的矿床或难选的矿石，則在初步勘探时期，即应考虑采集。

以上論述地质普查勘探阶段应采集的各类试样及其采集的程序，并不是一成不变的。因为勘探阶段本身，有时就很难截然地划分清楚。在实际工作中，普查和勘探常常是交錯进行的。在初步勘探时，可能有部分地区仍是属于普查阶段。如果矿体产状复杂，勘探費用高，考虑到即使进行詳探，亦不易获得高級儲量和矿石质量的可靠程度时，就有可能减少对高級儲量的要求。因此采集试样亦应按实际情况决定。

### （三）采集试样在地质勘探和矿床评价中的作用

采集试样的目的是为了获得矿床评价和工业初步設計的参考資料。因此，采集试样在地质勘探和矿床评价中的作用，可从下列方面加以討論：

1. 結合地质条件，指导下一步地质勘探工作

各类型试样的研究主要是查明矿石工业利用的可能性和如何利用的問題。地质普查

勘探工作中，在野外經常发现不少結構复杂，有用矿物嵌布細致、或品位較貧的矿石，或发现新的矿床类型。这些矿石或矿床类型，应否进一步勘探？就需要弄清楚它在一定的地质条件下是否有工业利用的价值。只有当掌握了工艺技术特性以后，才能布置下一步勘探工作。普查应否轉入勘探或初步勘探，是否应投入更大的勘探工作量，除了决定于地质的有利条件外，矿石被工业利用的可能与否，是很重要的因素，有时甚至是决定的因素。因此，对各类型试样的研究，实际是在一定程度上起着指导地质勘探布置的作用。

2. 根据试样研究的结果进行矿床的經濟评价

对试样进行試驗研究，将为工业生产提出合理的工艺流程和选矿指标。

地质人員根据各个阶段采取的试样研究的结果，可以对矿床作出重要的經濟评价。即根据原矿品位、精矿品位及金屬采收率，来換算出每吨矿石中总的提取价值，然后按矿床規模和地质条件，大致核算每吨矿石的采矿和选矿成本。将每吨矿石采选成本相加，与每吨矿石的可提取价值相比較，如經濟上有利，則可决定該矿床是具有工业价值的矿床。

工业上对精矿有一定的要求，根据精矿的质量，划分为不同的工业品級，各品級的精矿，經濟价值亦不同。通过对各类型的矿石进行工艺試驗后，即可对儲量划分及矿床作出评价。

3. 提出工业指标和扩大工业儲量

矿石加工技术問題沒有解决的矿床儲量，工业部門一般不予接受。

儲量的可采与否，决定于工艺問題的解决与經濟成本的是否合算，地质勘探結束时需要提出这方面的資料，作为工业开发的重要参考依据。

决定地质边界品位的因素，是比较复杂的（如地质条件、采矿方法、选矿成本等都足以影响边界品位）。如果在工艺技术上能够从品位較低的矿石中，有效地提取合格精矿和获得較高的采收率，降低了选矿成本，这就使工业利用有了可能，甚至使原属于表外儲量的矿石，轉变为可采的矿石，扩大了工业儲量。

#### 4. 解决綜合利用問題

矿石加工技术試驗，除了研究矿石中主要的有用矿物的用途以外，对其中伴生的有益組份，特别是各种稀有分散元素的綜合回收的可能性，亦需进行探討。由于矿石的綜合利用問題获得合理解决，常使不少品位較貧的矿床，可能改变为有工业意义的矿床，相应地提高了矿床的經濟价值。

5. 作为矿产儲量报告的重要附件之一的試驗报告书，在地质儲量报告审批后，应一併提交工业部門。試驗报告书是作为企业設計前的重要参考資料之一。

由此可見，采集試样进行加工技术試驗，在地质勘探过程中，与将来工业开发阶段，都有其一定的作用。目前仍有些人，对运用矿石加工試驗为地质服务，在認識上还不够重視。因此，往往延誤了采样時間，或对采集試样缺乏应有的注意，以至影响了地质勘探工作。

#### (四) 怎样采集加工技术試样

#### 1. 划分矿石类型

划分矿石类型的原則，最好是按矿石的工业用途和工艺技术特性来分类。影响矿石的工业用途的因素是矿石的共生矿物种类、金屬含量等情况；影响矿石的工艺技术特性方面的主要因素則是脉石成份、氧化或泥化程度和嵌布粗細等情况。如在鉄矿床中，不同的鉄矿石，其金屬含鉄量和加工冶炼特性有所区别；銅矿床中，黄銅矿、黄鉄矿的用途不一样；多金屬矿床中，块状硫化矿、浸染状矿石技术加工性质不同；稀有金屬矿床中，伟晶岩矿床在矿物和脉石不同时，选矿方法上有很大的区别。因此，应该分別考虑进行矿石分类。

在同一矿床內，矿石类型不宜划分过多。如矿石的共生矿物相同，只是含量上稍有变动，則可以划为同一矿石类型。有用矿物种类和粒度相似，脉石种类虽有所变化，在采用重选方法分离时，影响矿石选別的结果是不大的，也不宜多分类型。又如矿物的浮游性能很好，氧化带很薄，占儲量比很小等情况，均不应该多分或分別采集試样。例如：某地磷矿床，划分为八个矿石类型，分別采集八个初步可选性試样。經過分析研究，实际上只需分为三个类型即可代表全矿区的矿石工艺特性。

詳細勘探期間，矿石类型的划分，有了初步可选性試驗的基础，对矿石的工艺特性比較明了，因此容易决定其中主要的矿石类型問題。例如，某地一个錫石-硫化物类型矿床，采集了三个矿石类型試样：（1）錫石-磁黄鉄矿黄鉄矿类型；（2）錫石-石英电气石类型；（3）上下围岩浸染状矿脉、砂

頁岩为主的矿石类型。經過选矿試驗証明，采用一样的重选-浮选或浮选-重选的工艺流程，均有可能获得有效矿石选别結果。这三种矿石，实际上可以采用同一的选矿方法处理。这类矿床，如果脉寬不大，在开采时又难于分别采掘，則应该采集一个混合矿样。但这样的認識只是通过初步可选性試驗而后才能逐渐明确的。

現举一些矿床矿石分类实例說明：

(1) 某褐鉄矿矿床，矿石类型可分：

- ①自熔性褐鉄矿富矿石(含鉄38%以上)；
- ②非自熔性褐鉄矿富矿石(含鉄38%以上)；
- ③自熔性褐鉄矿貧矿石(含鉄25—38%)；
- ④鏡鉄矿、赤鉄石英脉矿石(含鉄25—38%)；
- ⑤矿化灰岩(含鉄20%以上)。

上述类型矿石中，第一、二类不需进行采样，第三、四类应该采样試驗；第五类可采样，如能直接掺杂第一、二类富矿石入爐，則更为理想。

(2) 某多金屬矿床，矿石类型可分：

- ①块状硫化矿；②浸染状硫化矿；③含硫化物斑晶的矿化片岩；④氧化矿。

这些矿石在脉石成分及金屬含量上不同，工艺技术性质亦不同。

(3) 某綠柱石矿床的矿石类型可分：

- ①石英-长石-綠柱石类型矿石；②輝鉬矿-黑鎢矿-綠柱石类型矿石；③云母-綠柱石类型矿石。

## 2. 矿样的代表性

代表性是說所采的工艺試样，应该能代表采样区內的矿石类型，即所采的試样在矿石的物质組成、結構构造、品位、氧化和风化程度、围岩与夹层的性质及矿石的硬度、比重、湿度等因素方面，甚至矿体在空間位置的变化方面，对于一定的矿石类型都具有充分的代表性。

地质勘探阶段所采集的不同試样应有不同的代表性要求。初步可选性試样要求在主要因素上能代表所采集的矿石类型；實驗室試样則应该有严格的要求，对上述各因素都应充分考虑，同时可适当考虑到工业上开采条件和矿体在地表或深部的分布情况。在采取混合样品时，要求符合全矿区的平均品位。

代表性的主要因素，在不同的矿床类型中可能不一样。有一些矿床，矿石嵌布的粗細是主要决定其工艺处理方法的因素；有些可能是共生矿物或其他因素，这对其工艺处理方法有着决定性的影响。因此采集試样时，需要按具体情况深入研究其矿石代表性的条件。

試样缺乏代表性，将导致錯誤的試驗結果，影响矿床的評價和工业設計，造成人力物力的浪费。

如某銅矿，由于設計前对矿体深部出現的一种共生矿物“墨銅矿”考虑不足，設厂后逐渐发现严重地影响选矿指标和生产計劃的完成。又如在某地一个伟晶岩鉍矿所采的一个試样，矿石是大块(500mm±)的富鉍矿石，經化驗含 $\text{BeO} > 1\%$ ，而实际矿床的平均品位只有万分之几。因此，于审批該矿床儲量报告时，由于矿样缺乏代表性，决定另行采样。

### 3. 采样設計书

采样設計书是采样工作的重要文件，凡大型矿床或重要矿区，在采样前需詳細分析地质情况，根据矿石类型、試样代表性要求，拟訂采样設計书。內容应包括下列各点：

- (1) 采样的目的和要求；
- (2) 矿床地质簡介（地质情况，矿床类型等）；
- (3) 矿床勘探情况，儲量或儲量比；
- (4) 采样数、重量和采样点的选择；
- (5) 代表性的要求和矿石类型划分的依据；
- (6) 采样方法和縮分流程；
- (7) 采样劳动組織和工作安排；
- (8) 有关图表包括地质平面图、剖面图、样点分布图、化驗鑑定等資料。

設計书的拟訂由地质队負責，也可以配合实验室人員共同商量。拟訂后，經有关领导批准执行，并应随矿样送实验单位一份。

初步可选性試样的采集，仅需編写采样說明书即可，內容基本上与設計书相同。过去常有些試样，由于缺乏必要的說明书，实验单位不能投入試驗工作，因而延誤了提交試驗报告的时间。

### 4. 采样点的选择和試样重量

采样点选择的正确与否，是决定矿样能否具备代表性的关键。采样点愈多，代表性愈强。同一矿石类型，采样点不应低于3—4点。点的多少，需視矿石的性质和品位变化的情况而定。

試样的重量，可根据有用矿物种类、金属含量及选别的难易等情况而定。茲按过去經驗，提出下列試驗需用重量以供参考。

試驗用矿样重量表

矿石种类	試样重量 (公斤)		备注
	初步可选性試样	实验室試样	
黑色、有色、非金屬矿石	100—500	500—1000	不包括分散元素的回收試驗
稀有金属矿石	300—2000	1000—5000	脉矿
砂矿	2000—5000	5000—10000	包括鉍鉭风化壳及錫鋇矿床

### 5. 采样方法

試样的采取方法，一般采用刻槽和剝层法、坑道或浅井爆破法和鉆探岩心法，系利用地质勘探过程中各种揭露矿体的探槽、浅井、水平坑道和傾斜巷道等工程来进行。

采样时对矿层、夹层与围岩的关系，应細心处理。

初步可选性試样应只采矿层矿石，其刻槽位置应该包括在矿体之内。如認為表外矿石有可能被工业利用并扩大儲量时，可在表外矿体（矿化带）部分再行刻槽，作为另一試样处理。刻槽位置如图1。

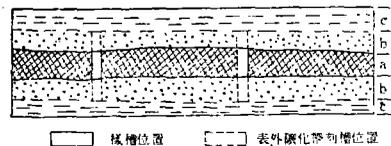


图1 刻槽位置示意图

a. 矿体厚度； b. 表外矿化带(浸染状)； c. 围岩

采集实验室試样应考虑围岩的因素。因为当矿山开采时，部分围岩混入矿石是难于避免的，这将引起矿石的貧化，并在一定程度上影响工艺特性。

矿层中往往含有脉石夹层，如夹层厚度很大，采样时应将它分开，以免影响矿石品位。如夹层很薄，开采时又难于分別采掘，

則可以全部採取。

當礦體厚度大，又同屬一個礦石類型時，應採集一個試樣；不屬一個類型，則應考慮在將來開採時能否分別開採，而採取混合試樣或分別類型採取試樣。

採用爆破法採取基岩露頭樣時，需先除掉表面岩石，在0.5公尺下新鮮面處採取。

岩心採樣的缺點是代表性較差、數量少，特別是用衝擊鉆及砂礦班加鉆時，代表性更差，應加以注意。作為代表性的試樣，岩心採取率需在80%以上。用班加鉆進行勘探的礦床，由一些砂礦勘探的經驗得知，涌水量大或流砂層鉆孔品位，一般較檢查淺井品位偏低15—25%。因此採取砂礦試樣，最好用淺井刻槽或全井採樣。除非水量大、礦層深，受施工條件所限制時，才採用岩心作為試樣。

在砂礦或風化殼的淺井中也應按礦層厚度、層數進行刻取樣品。刻取試樣處只限于

合乎工業品位的含礦層，其餘含泥土、礫石的廢石層均不進行採樣（如圖2）。風化殼礦床，如淺井所通過的礦層均屬表內儲量，則應採用長槽，並全部通過淺井。

當試樣需要數量較多時，可以將所採集淺井的含礦層的全部礦石作為試樣，或用四分法縮分至需要的

礦石數量。

### 6. 試樣的縮分和包裝運輸

礦石試樣採集後，粒度規定不大於50毫米，如大於這一粒度，應進行破碎。

將所採原始試樣，首先用四分法進行縮分，以一半作為地質隊保留樣品，其餘一半包裝寄送試驗負責單位進行試驗。

礦樣縮分按一般公式進行：

$$Q = Kd^2$$

縮分後試樣品位應與原始試樣一致，原始品位又應與礦床平均品位相符。

原始試樣品位的驗算公式：

$a$ （加權平均品位）=

$$\frac{\sum \text{每點試樣重量} \times \sum \text{每點試樣品位}}{\text{各取樣點重量總和}} \times 100$$

縮分後應該取化學樣品進行分析，化驗結果與原始試樣經核對一致後，始能將試樣包裝運出。

包裝試樣的箱子不宜過大，每箱礦石重量以不超過50公斤為宜。箱內應用防水防滲和防礦粉漏失的牛皮紙墊好。箱外詳細寫明地址，礦樣亦應仔細編號登記。包裝時，最好能將原試樣縮分並按篩分的粒度分別裝箱。說明書亦應列出礦樣實際的縮分流程。

試樣寄出的同時，應採取代表各類型試樣的礦石標本，每個試樣取5—10塊，另行裝箱郵寄到負責試驗單位，作為選礦試驗前進行岩礦鑑定之用。如有幾個類型樣品，不能只採一個混合礦石標本。

### 主要參考文獻

- (1) M. A. 愛格列斯：《關於礦床工藝採樣方法和有用礦物的可選性評價》
- (2) H. A. 赫魯曉夫：《地質勘探工作的若干經濟問題》
- (3) И. И. 果洛登茨基《礦山企業設計》

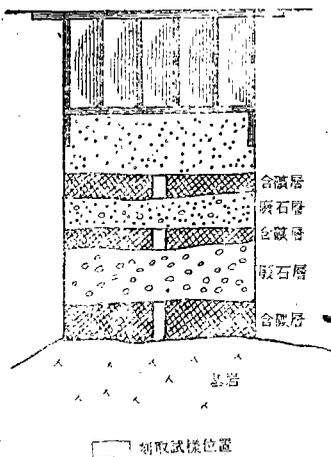


圖 2. 砂礦或風化殼淺井採樣示意圖